www.789pdf.com 789书库网

常用电工技术数据速查手册

孙克军○主　编
杨　征○副主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

将城市能耗降低30%？

作为增效节能解决方案的领先供应商，ABB的楼宇智能化电力控制系统，ABB的过程工业全方位能源管理系统，ABB的高压直流输电系统等，都可以帮助大幅度实现节能减排的目标。当人人都在谈论能源价格，电力短缺和气候变化之时，ABB已经行动多时了。欲了解更多，请登录 **www.abb.com.cn**

当然能实现。

用电力与效率
创造美好世界™

ABB

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

常用电工技术数据速查手册

主　　编　孙克军
副 主 编　杨　征　李　争
参编人员　曾　礼　商晓梅　于　静
　　刘宝坤　王惠新　高进发
　　杜　华　李宜林　贾　红
　　孙丽君　燕轻轻　田常葛

机 械 工 业 出 版 社

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

本手册共17章，内容包括低压电器、高压电器、小型发电设备、交流电动机、直流电机、控制电机、常用变压器、弧焊电源、电力电阻器、电力电容器、电抗器、变频器、电动机软起动器、电气照明、电工仪表、蓄电池和常用电工材料等常用电工技术数据，并简要地介绍了各种常用电气设备与电器元件的结构、特点与用途，而且还介绍了各种常用电气设备与电器元件的选择、使用与维护方法等。本手册搜集的电工技术数据量大面广，所涉及的内容尽量采用表格或图片，文字简练、编排合理、便于迅速查找。

本手册具有实用性和可操作性强的特点，可供广大电气工程技术人员和电气维修人员选用电气设备和电器元件时使用，也可供设计、生产、管理和销售人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

常用电工技术数据速查手册/孙克军主编. —北京：机械工业出版社，2013.3

ISBN 978-7-111-41311-0

Ⅰ.①常… Ⅱ.①孙… Ⅲ.①电工技术-技术手册 Ⅳ.①TM-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第020014号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：张沪光 责任编辑：张沪光
版式设计：霍永明 责任校对：刘秀丽 张莉娟
封面设计：陈 沛 责任印制：张 楠
北京京丰印刷厂印刷
2013年4月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·40.5印张·1111千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-41311-0
定价：99.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务		网络服务	
社服务中心：	(010)88361066	教材网：	http://www.cmpedu.com
销售一部：	(010)68326294	机工官网：	http://www.cmpbook.com
销售二部：	(010)88379649	机工官博：	http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：	(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

随着科学技术的飞速发展，新技术、新材料不断涌现，新的电工产品不断研发，电气设备在工农业生产、军事、科技及人民日常生活中的应用越来越广泛。常用电工技术数据也应不断更新，新知识也需要不断补充。本手册是根据广大电气工程技术人员和电气维修人员的实际需要而编写的，突出了简明实用、通俗易懂、可操作性强的特点。

本手册在编写过程中，搜集和查阅了大量的电工产品资料，精心收集了各种常用电气设备的主要技术数据。内容包括低压电器、高压电器、小型发电设备、交流电动机、直流电机、控制电机、常用变压器、弧焊电源、电力电阻器、电力电容器、电抗器、变频器、电动机软起动器、电气照明、电工仪表、蓄电池和常用电工材料等。在编写时，根据广大电气工程技术人员和电气维修人员的实际需要，在内容上力求简明实用、通俗易懂，重点介绍了常用电气设备和电器元件的结构特点、用途、主要技术数据、选择、安装、使用与维护等，以便选用电气设备时参考。在表达方式上，尽可能采用插图、数据表格，更加便于读者理解和迅速查找有关技术数据。同时，还注意到内容的先进性，手册中介绍的电工产品主要是经过国家有关部门鉴定、推广应用的新产品，但考虑到维修工作的需要，手册中还介绍了目前仍在使用的部分老型号产品。

本手册由孙克军任主编，杨征、李争任副主编，第1章由刘宝坤编写、第2章由于静编写、第3章由王惠新编写、第4章由孙克军编写、第5章由高进发编写、第6章由李争编写、第7章由杨征编写、第8章由杜华编写、第9章由商晓梅编写、第10章和第11章由曾礼编写、第12章由燕轻轻编写、第13章由田常葛编写、第14章由李宜林编写、第15章由贾红编写、第16章和第17章由孙丽君编写。编者向支持本手册出版，为本手册出版热心提出建议、提供资料的有关单位、专家和技术人员表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，手册中难免会有错误和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编　者

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　录

前言
第 1 章　低压电器 …… 1
1.1　概述 …… 1
1.2　刀开关、隔离器、隔离开关和熔断器组合电器 …… 6
1.2.1　刀开关和刀形转换开关技术数据 …… 7
1.2.2　隔离器和熔断器式隔离器技术数据 …… 10
1.2.3　负荷开关技术数据 …… 11
1.2.4　开关熔断器组技术数据 …… 13
1.2.5　熔断器式开关技术数据 …… 14
1.2.6　组合开关技术数据 …… 16
1.2.7　刀开关与隔离器的选择、使用与维护 …… 17
1.3　低压熔断器 …… 20
1.3.1　插入式熔断器技术数据 …… 21
1.3.2　螺旋式熔断器技术数据 …… 22
1.3.3　无填料密闭管式熔断器技术数据 …… 22
1.3.4　有填料封闭管式熔断器技术数据 …… 23
1.3.5　快速式熔断器技术数据 …… 24
1.3.6　自复式熔断器技术数据 …… 25
1.3.7　低压熔断器的选择、使用与维护 …… 26
1.4　断路器 …… 29
1.4.1　万能式断路器技术数据 …… 30
1.4.2　塑壳式断路器技术数据 …… 33
1.4.3　漏电断路器技术数据 …… 37
1.4.4　断路器的选择、使用与维护 …… 39
1.5　接触器 …… 43
1.5.1　交流接触器技术数据 …… 44
1.5.2　直流接触器技术数据 …… 53
1.5.3　真空接触器技术数据 …… 55
1.5.4　接触器的选择、使用与维护 …… 57
1.6　继电器 …… 58
1.6.1　电磁式通用继电器技术数据 …… 59
1.6.2　电流继电器技术数据 …… 62
1.6.3　中间继电器技术数据 …… 65
1.6.4　时间继电器技术数据 …… 68
1.6.5　热继电器技术数据 …… 75
1.6.6　温度继电器技术数据 …… 82
1.6.7　速度继电器技术数据 …… 82
1.6.8　固态继电器技术数据 …… 83
1.6.9　干簧继电器技术数据 …… 83
1.6.10　继电器的选择、使用与维护 …… 84
1.7　起动器 …… 87
1.7.1　电磁起动器技术数据 …… 88
1.7.2　手动起动器技术数据 …… 90
1.7.3　星-三角起动器技术数据 …… 91
1.7.4　自耦减压起动器技术数据 …… 92
1.7.5　综合起动器技术数据 …… 94
1.7.6　起动器的选择、使用与维护 …… 95
1.8　按钮 …… 97
1.8.1　常用按钮技术数据 …… 98
1.8.2　按钮的选择、使用与维护 …… 100
1.9　行程开关 …… 100
1.9.1　行程开关技术数据 …… 101
1.9.2　行程开关的选择、使用与维护 …… 104
1.10　接近开关 …… 104
1.10.1　接近开关技术数据 …… 105
1.10.2　接近开关的选择、使用与维护 …… 106
1.11　万能转换开关 …… 107
1.11.1　万能转换开关技术数据 …… 107
1.11.2　万能转换开关的选择、使用与维护 …… 110
1.12　主令控制器 …… 110
1.12.1　主令控制器技术数据 …… 111
1.12.2　主令控制器的选择、安装与维护 …… 112
1.13　电磁铁 …… 112
1.13.1　牵引电磁铁技术数据 …… 113

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.13.2　制动电磁铁技术数据 …… 114
1.13.3　起重电磁铁技术数据 …… 115
1.13.4　阀用电磁铁技术数据 …… 116
1.13.5　电磁铁的选择、使用与维护 …… 117
1.14　信号灯 …… 118
1.14.1　AD0 系列信号灯技术数据 …… 119
1.14.2　AD1 系列信号灯技术数据 …… 120
第 2 章　高压电器 …… 121
2.1　高压断路器 …… 121
2.1.1　高压油断路器技术数据 …… 123
2.1.2　高压真空断路器技术数据 …… 126
2.1.3　高压 SF_6 断路器技术数据 …… 127
2.1.4　高压断路器的选择与维护 …… 128
2.2　高压隔离开关 …… 129
2.2.1　户内高压隔离开关技术数据 …… 130
2.2.2　户外高压隔离开关技术数据 …… 132
2.2.3　高压隔离开关的选择、使用与维护 …… 133
2.3　高压负荷开关 …… 135
2.3.1　户内高压负荷开关技术数据 …… 136
2.3.2　户外高压负荷开关技术数据 …… 137
2.3.3　高压负荷开关的选择、使用与维护 …… 137
2.4　操动机构 …… 138
2.4.1　手动操动机构技术数据 …… 139
2.4.2　电磁操动机构技术数据 …… 140
2.4.3　弹簧储能操动机构技术数据 …… 141
2.4.4　操动机构的使用与维护 …… 143
2.5　高压熔断器 …… 143
2.5.1　户内高压熔断器技术数据 …… 144
2.5.2　户外高压熔断器技术数据 …… 145
2.5.3　高压熔断器的选择、使用与维护 …… 146
第 3 章　小型发电设备 …… 148
3.1　概述 …… 148
3.1.1　TZH 系列自励恒压三相同步发电机技术数据 …… 149
3.1.2　T2 系列三相同步发电机技术数据 …… 150
3.1.3　T2H 系列船用三相同步发电机技术数据 …… 152
3.1.4　STC 系列三相同步发电机技术数据 …… 153
3.1.5　TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机技术数据 …… 153
3.1.6　TFW 系列无刷三相交流同步发电机技术数据 …… 155
3.1.7　TFDW 系列单相交流无刷同步发电机技术数据 …… 156
3.1.8　TFDX 系列单相交流同步发电机技术数据 …… 157
3.1.9　ST2 系列单相交流同步发电机技术数据 …… 157
3.1.10　同步发电机的使用与维护 …… 158
3.2　柴油发电设备 …… 159
3.2.1　GF 系列普通型柴油发电机组技术数据 …… 162
3.2.2　GFZ 系列自动化型柴油发电机组技术数据 …… 164
3.2.3　MS 系列柴油发电机组技术数据 …… 165
3.2.4　DF 系列柴油发电机组技术数据 …… 165
3.2.5　GQ 系列汽车电站技术数据 …… 166
3.2.6　MGET 系列移动电站技术数据 …… 166
3.2.7　柴油发电机组的选择、使用与维护 …… 167
3.3　微型水力发电设备 …… 172
3.3.1　微型水力发电常用发电机技术数据 …… 176
3.3.2　常用微型水轮发电机组技术数据 …… 178
3.3.3　微型水轮发电机组的选择、使用与维护 …… 180
3.4　风力发电设备 …… 184
3.4.1　小型风力发电机组技术数据 …… 187
3.4.2　大、中型风力发电机技术数据 …… 188
3.4.3　风力发电机型及安装场地的选择以及使用与维护 …… 188
3.5　太阳能光伏发电设备 …… 191
3.5.1　太阳电池技术数据 …… 192
3.5.2　光伏应用系统的设备配置和技术数据 …… 195
3.5.3　太阳能光伏发电系统的安装、使用与维护 …… 195

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 4 章 交流电动机 …… 198
4.1 概述 …… 198
4.2 三相异步电动机 …… 200
4.2.1 Y 系列（IP23）小型三相异步电动机技术数据 …… 206
4.2.2 Y 系列（IP44）小型三相异步电动机技术数据 …… 207
4.2.3 Y2 系列（IP54）三相异步电动机技术数据 …… 209
4.2.4 YR 系列（IP23）绕线转子三相异步电动机技术数据 …… 211
4.2.5 YR 系列（IP44）绕线转子三相异步电动机技术数据 …… 211
4.2.6 三相异步电动机的选择、使用与维护 …… 212
4.3 特种三相异步电动机 …… 215
4.3.1 YX 系列高效率三相异步电动机技术数据 …… 217
4.3.2 YH 系列高转差率三相异步电动机技术数据 …… 218
4.3.3 YD 系列变极多速三相异步电动机技术数据 …… 219
4.3.4 YVP 系列变频调速三相异步电动机技术数据 …… 223
4.3.5 YCT 系列电磁调速三相异步电动机技术数据 …… 225
4.3.6 YEZ 系列锥形转子制动三相异步电动机技术数据 …… 226
4.3.7 YEJ2 系列电磁制动三相异步电动机技术数据 …… 227
4.3.8 Y-F、Y-WF 系列户内、户外化工防腐蚀型三相异步电动机技术数据 …… 228
4.3.9 YB2 系列隔爆型三相异步电动机技术数据 …… 229
4.3.10 YA 系列增安型三相异步电动机技术数据 …… 231
4.3.11 Y-H 系列船用三相异步电动机技术数据 …… 233
4.3.12 YTD 系列电梯用三相异步电动机技术数据 …… 234
4.3.13 YLJ 系列（IP44）力矩三相异步电动机技术数据 …… 235
4.3.14 YDF 系列电动阀门用三相异步电动机技术数据 …… 237
4.3.15 YZ2 系列起重及冶金用三相异步电动机技术数据 …… 237
4.3.16 YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机技术数据 …… 238
4.3.17 YZO 系列振动三相异步电动机技术数据 …… 239
4.3.18 YM 系列木工用三相异步电动机技术数据 …… 240
4.3.19 KCT 系列开关磁阻调速电动机技术数据 …… 240
4.3.20 YTDP 系列变频调速电梯用三相异步电动机技术数据 …… 241
4.3.21 特种电动机的使用与维护 …… 241
4.4 同步电动机 …… 244
4.4.1 T 系列三相同步电动机技术数据 …… 246
4.4.2 TD 系列三相同步电动机技术数据 …… 247
4.4.3 TK 系列空气压缩机用三相同步电动机技术数据 …… 247
4.4.4 TDZ 系列轧钢机用三相同步电动机技术数据 …… 248
4.4.5 TDMK 系列矿山磨机用三相同步电动机技术数据 …… 249
4.4.6 TY 系列永磁式三相同步电动机技术数据 …… 249
4.4.7 FTY 系列永磁式纺织用三相同步电动机技术数据 …… 249
4.4.8 TYD 系列单相永磁低速同步电动机技术数据 …… 250
4.5 单相异步电动机 …… 250
4.5.1 BO2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… 253
4.5.2 CO2 系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… 254
4.5.3 DO2 系列单相电容运转电动机技术数据 …… 254
4.5.4 YU 系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… 255
4.5.5 YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… 255
4.5.6 YY 系列单相电容运转异步电动机技术数据 …… 256

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.5.7　YL 系列单相双值电容异步电动机技术数据 …… 256
4.5.8　YJ 系列罩极式单相异步电动机技术数据 …… 257
4.5.9　YJF 系列罩极式单相异步电动机技术数据 …… 257
4.5.10　单相异步电动机的使用 …… 257
4.6　单相串励电动机 …… 258
4.6.1　G 型单相串励电动机技术数据 …… 259
4.6.2　U 型单相串励电动机技术数据 …… 259
4.6.3　SU 型交、直流两用串励电动机技术数据 …… 260
4.6.4　单相串励电动机的使用与维护 …… 260
4.7　电动工具 …… 260
4.7.1　J1Z 系列单相电钻技术数据 …… 262
4.7.2　J3Z 系列三相电钻技术数据 …… 264
4.7.3　Z1J 系列单相冲击电钻技术数据 …… 264
4.7.4　Z1C 系列单相电锤技术数据 …… 265
4.7.5　P1B 系列单相电动扳手技术数据 …… 265
4.7.6　S1MJ 系列单相电动角向磨光机技术数据 …… 265
4.7.7　电动工具的使用与维护 …… 266
4.8　潜水电泵和深井泵用电动机 …… 268
4.8.1　YQS 系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据 …… 271
4.8.2　YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据 …… 273
4.8.3　YQSY 系列充油式井用潜水三相异步电动机技术数据 …… 273
4.8.4　QY、Q、QS、QX、QDX 系列潜水电泵技术数据 …… 275
4.8.5　QJ 系列井用潜水电泵技术数据 …… 278
4.8.6　YLB 系列深井水泵用三相异步电动机技术数据 …… 279
4.8.7　潜水电泵和深井泵用电动机的使用与维护 …… 280
第 5 章　直流电机 …… 283
5.1　概述 …… 283
5.2　直流电动机技术数据 …… 287
5.2.1　Z2 系列直流电动机技术数据 …… 287
5.2.2　Z3 系列直流电动机技术数据 …… 290
5.2.3　Z4 系列直流电动机技术数据 …… 293
5.2.4　ZBL4 系列直流电动机技术数据 …… 294
5.2.5　ZY 系列永磁直流电动机技术数据 …… 296
5.2.6　ZYCD 系列永磁直流电动车电动机技术数据 …… 296
5.2.7　ZYK（W）系列永磁直流高速电动机技术数据 …… 297
5.3　直流发电机技术数据 …… 297
5.3.1　Z2 系列直流发电机技术数据 …… 297
5.3.2　Z2 系列直流调压发电机技术数据 …… 299
5.3.3　ZHC2 系列充电用直流发电机技术数据 …… 301
5.4　直流电机的选择、使用与维护 …… 301
第 6 章　控制电机 …… 303
6.1　概述 …… 303
6.2　直流伺服电动机 …… 306
6.2.1　SZ 系列电磁式直流伺服电动机技术数据 …… 308
6.2.2　SY 系列永磁式直流伺服电动机技术数据 …… 309
6.2.3　SYK 系列空心杯电枢永磁式直流伺服电动机技术数据 …… 310
6.2.4　SXP 系列线绕盘式电枢直流伺服电动机技术数据 …… 310
6.2.5　SZK 系列宽调速直流伺服电动机技术数据 …… 311
6.2.6　直流伺服电动机的选择、使用与维护 …… 311
6.3　交流伺服电动机 …… 312
6.3.1　SL 系列笼型转子两相交流伺服电动机技术数据 …… 313
6.3.2　ADP 系列空心杯转子两相交流伺服电动机技术数据 …… 314
6.3.3　SNW4000 系列交流伺服电动机技术数据 …… 315
6.3.4　交流伺服电动机的选择、使用与维护 …… 315
6.4　直流测速发电机 …… 316

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.4.1 CY 系列永磁式直流测速发电机技术数据 …… 316
6.4.2 CYD 系列永磁式低速直流测速发电机技术数据 …… 317
6.4.3 CYB 系列带温度补偿永磁式直流测速发电机技术数据 …… 317
6.4.4 ZCF 系列大功率直流测速发电机技术数据 …… 318
6.4.5 直流测速发电机的使用与维护 …… 319
6.5 交流测速发电机 …… 319
6.5.1 JCY 系列永磁式三相同步测速发电机技术数据 …… 320
6.5.2 GGT-250 型感应子式测速发电机技术数据 …… 321
6.5.3 CK 系列空心杯转子异步测速发电机技术数据 …… 321
6.5.4 测速发电机的选择、使用与维护 …… 321
6.6 自整角机 …… 323
6.6.1 ZKF、ZKC、ZFB 系列自整角机技术数据 …… 325
6.6.2 ZLF、ZCF、ZLJ 系列自整角机技术数据 …… 326
6.6.3 自整角机的选择、使用与维护 …… 326
6.7 步进电动机 …… 327
6.7.1 BF 系列磁阻式步进电动机技术数据 …… 329
6.7.2 BY 系列永磁式步进电动机技术数据 …… 330
6.7.3 BYG 系列永磁感应子式步进电动机技术数据 …… 330
6.7.4 步进电动机的使用与维护 …… 330
6.8 旋转变压器 …… 331
6.8.1 XZ、XX、XL 系列旋转变压器技术数据 …… 333
6.8.2 XDX 系列单绕组线性旋转变压器技术数据 …… 334
6.8.3 XZW 系列无接触式正余弦旋转变压器技术数据 …… 334
6.8.4 XXW 系列无接触式线性旋转变压器技术数据 …… 334
6.8.5 XJ 系列锯齿波旋转变压器技术数据 …… 335
6.8.6 XS、XZB 系列三角波旋转变压器技术数据 …… 335
6.8.7 旋转变压器的选择、使用与维护 …… 335
6.9 直流力矩电动机 …… 336
6.9.1 LY 系列永磁式直流力矩电动机技术数据 …… 337
6.9.2 LYX 系列稀土永磁直流力矩电动机技术数据 …… 338
6.9.3 SYL 系列直流力矩电动机技术数据 …… 339
6.9.4 SYZ 系列直流力矩电动机技术数据 …… 339
6.9.5 LXJ 系列有限转角直流力矩电动机技术数据 …… 339
6.9.6 LW 系列无刷直流力矩电动机技术数据 …… 340
6.9.7 LC 系列永磁直流力矩-测速机组技术数据 …… 340
6.9.8 LCX 系列稀土永磁直流力矩-测速机组技术数据 …… 340
6.9.9 直流力矩电动机的选择与使用 …… 341
6.10 交流力矩电动机 …… 341
6.10.1 AJ 系列三相交流力矩电动机技术数据 …… 342
6.10.2 DJ 系列单相交流力矩电动机技术数据 …… 342
6.10.3 交流力矩电动机的使用与控制 …… 343
第 7 章 常用变压器 …… 344
7.1 概述 …… 344
7.2 油浸式电力变压器 …… 348
7.2.1 10kV 级 S9 系列电力变压器技术数据 …… 350
7.2.2 10kV 级 SZ9 系列有载调压电力变压器技术数据 …… 350
7.2.3 S9-M 系列全密封波纹油箱配电变压器技术数据 …… 351
7.2.4 S9B 系列箔式线圈低损耗电力变压器技术数据 …… 351
7.2.5 10kV 级 S11 系列配电变压器技术数据 …… 352

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.2.6　SZ11-T 系列有载调容配电变压器技术数据 …… 352
7.2.7　S11-M·R 系列卷铁心配电变压器技术数据 …… 353
7.2.8　D11 系列单相油浸式电力变压器技术数据 …… 353
7.2.9　电力变压器的选择与使用 …… 354
7.3　干式电力变压器 …… 355
7.3.1　20kV 级 SC（B）9 系列三相绝缘树脂干式配电变压器技术数据 …… 357
7.3.2　干式电力变压器的使用与维护 …… 358
7.4　非晶合金电力变压器 …… 359
7.4.1　单相油浸式非晶合金电力变压器技术数据 …… 360
7.4.2　三相油浸式非晶合金电力变压器技术数据 …… 360
7.4.3　三相干式非晶合金电力变压器技术数据 …… 361
7.4.4　SH11 系列非晶合金电力变压器技术数据 …… 361
7.4.5　非晶合金电力变压器的使用与维护 …… 362
7.5　箱式变电站 …… 363
7.5.1　ZB（W）、ZBN 系列组合变电站技术数据 …… 364
7.5.2　XB 系列箱式变电站技术数据 …… 365
7.5.3　YB 系列移动变电站技术数据 …… 365
7.5.4　箱式变电站的使用与维护 …… 365
7.6　整流变压器 …… 367
7.6.1　ZH 系列电解电化学用整流变压器技术数据 …… 368
7.6.2　ZSG 系列干式整流变压器技术数据 …… 370
7.6.3　ZC 系列充电用整流变压器技术数据 …… 370
7.6.4　ZD 系列电镀用整流变压器技术数据 …… 371
7.6.5　ZL 系列励磁用整流变压器技术数据 …… 371
7.6.6　牵引用硅整流变压器技术数据 …… 371
7.6.7　矿用整流变压器技术数据 …… 372
7.7　电炉变压器 …… 372
7.7.1　HS 系列电弧炉用变压器技术数据 …… 373
7.7.2　HSJ 系列三相电弧炼钢炉用变压器技术数据 …… 374
7.7.3　HGSC 系列环氧浇注干式电炉变压器技术数据 …… 374
7.7.4　HC 系列电石炉用变压器技术数据 …… 375
7.7.5　HK 系列矿热炉变压器技术数据 …… 376
7.7.6　电炉变压器的使用与维护 …… 376
7.8　高压试验变压器 …… 377
7.8.1　YD 系列试验变压器技术数据 …… 379
7.8.2　试验变压器的使用 …… 379
7.9　电压互感器 …… 381
7.9.1　常用电压互感器技术数据 …… 383
7.9.2　电压互感器的选择、使用与维护 …… 384
7.10　电流互感器 …… 386
7.10.1　0.5kV 电流互感器技术数据 …… 389
7.10.2　10kV 电流互感器技术数据 …… 389
7.10.3　电流互感器的选择、使用与维护 …… 390
7.11　调压器 …… 392
7.11.1　TDGC2、TSGC2 系列接触调压器技术数据 …… 394
7.11.2　TDGA、TSGA（P）系列干式自冷感应调压器技术数据 …… 395
7.11.3　TDA、TSA 系列油浸自冷感应调压器技术数据 …… 396
7.11.4　TW 系列可调可稳感应调压器技术数据 …… 397
7.11.5　TSJA-Y 系列电机试验感应调压器技术数据 …… 398
7.11.6　TYDZ、TYSZ 系列高压试验柱式调压器技术数据 …… 398
7.11.7　接触调压器和感应调压器的使用与维护 …… 399
7.12　常用小型变压器 …… 401
7.12.1　JMB 系列局部照明变压器技术数据 …… 402
7.12.2　DBK2 系列低损耗单相控制变压器技术数据 …… 402
7.12.3　JBK3 系列单相控制变压器技术

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数据 …… 403
7.12.4 小型 DG 系列单相干式变压器技术数据 …… 404
7.12.5 小型 SG 系列三相干式变压器技术数据 …… 404
7.12.6 DDG2 系列低电压大电流干式变压器技术数据 …… 405
第 8 章 弧焊电源 …… 406
8.1 概述 …… 406
8.2 弧焊变压器 …… 410
8.2.1 常用弧焊变压器技术数据 …… 412
8.2.2 弧焊变压器的使用与维护 …… 417
8.3 弧焊整流器 …… 419
8.3.1 磁放大器式和抽头式弧焊整流器技术数据 …… 421
8.3.2 ZXE1 系列交直流两用弧焊整流器技术数据 …… 421
8.3.3 ZX5 系列晶闸管式弧焊整流器技术数据 …… 422
8.3.4 ZX7 系列逆变式弧焊整流器技术数据 …… 422
8.4 其他弧焊设备 …… 422
8.4.1 埋弧焊机技术数据 …… 422
8.4.2 钨极氩弧焊机技术数据 …… 423
8.4.3 熔化极气体保护电弧焊设备技术数据 …… 425
第 9 章 电力电阻器 …… 426
9.1 电阻器 …… 426
9.1.1 ZX1、ZX1D 系列铸铁电阻器技术数据 …… 429
9.1.2 ZX2 系列板形电阻器技术数据 …… 429
9.1.3 ZX15 系列铁铬铝合金电阻器技术数据 …… 430
9.1.4 ZX18 系列不锈钢合金板形通用电阻器技术数据 …… 431
9.1.5 ZX20 系列不锈钢电阻器技术数据 …… 432
9.1.6 ZX28 系列不锈钢电阻器技术数据 …… 433
9.1.7 ZX97、ZX98 系列电阻器技术数据 …… 433
9.1.8 ZG11 系列管形电阻器技术数据 …… 434
9.1.9 ZB1～ZB4 系列电阻元件技术数据 …… 434
9.1.10 ZB5 系列板形电阻元件技术数据 …… 435
9.2 变阻器 …… 436
9.2.1 BC1、BC1D 系列瓷盘式变阻器技术数据 …… 439
9.2.2 BX7 系列滑线变阻器技术数据 …… 439
9.2.3 BX8 系列滑线变阻器技术数据 …… 439
9.2.4 BX7D 系列滑线变阻器技术数据 …… 440
9.2.5 BX8D 系列滑线变阻器技术数据 …… 441
9.2.6 BL7 系列励磁变阻器技术数据 …… 442
9.2.7 BQ1 系列起动变阻器技术数据 …… 442
9.2.8 BT1 系列起动调速变阻器技术数据 …… 442
9.2.9 BP4 系列频敏变阻器技术数据 …… 443
9.2.10 BP6 系列频敏变阻器技术数据 …… 443
9.3 电力电阻器的选择、使用与维护 …… 444
第 10 章 电力电容器 …… 447
10.1 概述 …… 447
10.2 常用电容器技术数据 …… 451
10.2.1 常用高压并联电容器技术数据 …… 451
10.2.2 BKMJ、BKMJP 系列干式自愈式高压并联电容器技术数据 …… 453
10.2.3 常用串联电容器技术数据 …… 453
10.2.4 常用并联电容器技术数据 …… 454
10.2.5 RFM 系列电热电容器技术数据 …… 456
10.2.6 电气化铁道专用并联电容器技术数据 …… 457
10.2.7 TBB 系列并联补偿成套装置技术数据 …… 458
10.3 并联电容器的选择、使用与维护 …… 458

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 11 章　电抗器 …… 462
11.1　概述 …… 462
11.2　电抗器技术数据 …… 463
11.2.1　CKGKL 系列干式空心串联电抗器技术数据 …… 463
11.2.2　BKGKL 系列干式空心并联电抗器技术数据 …… 465
11.2.3　CKSC 系列串联电抗器技术数据 …… 466
11.2.4　BKSC 系列干式铁心并联电抗器技术数据 …… 467
11.2.5　CKSQ、CKS 系列油浸式铁心串联电抗器技术数据 …… 468
11.2.6　BKS、BKD 系列油浸铁心并联电抗器技术数据 …… 468
11.2.7　PK 系列平波电抗器技术数据 …… 469
11.2.8　XK10 系列限流电抗器技术数据 …… 470
11.2.9　SYOL 系列电抗器技术数据 …… 471
11.2.10　WDSK 系列电抗器技术数据 …… 472
11.2.11　TKQ 系列高压电抗器柜技术数据 …… 472
11.3　电抗器的安装、使用与维护 …… 473
第 12 章　变频器 …… 475
12.1　概述 …… 475
12.2　通用变频器的标准技术规范 …… 478
12.3　常用变频器技术数据 …… 479
12.3.1　森兰 SB200 系列变频器技术数据 …… 479
12.3.2　西门子 MICROMASTER430 系列变频器技术数据 …… 481
12.3.3　普传科技 P17800 系列高性能变频器技术数据 …… 482
12.3.4　艾默生 EV3000 系列高性能矢量控制变频器技术数据 …… 485
12.3.5　富凌 DZB500 系列矢量控制变频器技术数据 …… 488
12.3.6　三垦 HALLMARK-HW05 系列高速专用变频器技术数据 …… 489
12.3.7　三菱 FREQROL-F700 系列变频器技术数据 …… 491
12.3.8　富士 FRENIC 5000 G11S/P11S 系列变频器技术数据 …… 493
12.3.9　AB 公司 PowerFlex4 系列变频器技术数据 …… 495
12.3.10　安川 VARISPEED-616G5 系列多功能全数字式变频器技术数据 …… 497
12.3.11　日立 L100 系列小型通用变频器技术数据 …… 501
12.3.12　西普 P189 系列变频器技术数据 …… 502
12.4　变频器的选择、使用与维护 …… 503
第 13 章　电动机软起动器 …… 508
13.1　概述 …… 508
13.2　电动机软起动器技术数据 …… 512
13.2.1　STR 系列数字式交流电动机软起动器技术数据 …… 512
13.2.2　SM1 系列电动机软起动器技术数据 …… 515
13.2.3　WITR 系列电动机软起动器技术数据 …… 515
13.2.4　3RW34 系列电动机软起动器技术数据 …… 516
13.2.5　JUGRQ 系列高压软起动器 …… 517
13.2.6　SJR1 系列电动机软起动器技术数据 …… 518
13.2.7　CR1 系列电动机软起动器技术数据 …… 520
13.3　电动机软起动器的选择、使用与维护 …… 520
第 14 章　电气照明 …… 525
14.1　概述 …… 525
14.2　白炽灯 …… 528
14.2.1　普通白炽灯技术数据 …… 528
14.2.2　特殊用途白炽灯技术数据 …… 529
14.2.3　白炽灯的安装与使用 …… 530
14.3　荧光灯 …… 530
14.3.1　直管式荧光灯技术数据 …… 532
14.3.2　环形荧光灯技术数据 …… 533
14.3.3　U 形荧光灯技术数据 …… 534
14.3.4　H 形荧光灯技术数据 …… 534
14.3.5　节能荧光灯技术数据 …… 534
14.3.6　荧光灯镇流器技术数据 …… 535

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.3.7 荧光灯的安装与使用 …… 536
14.4 高压汞灯 …… 537
14.4.1 常用高压汞灯技术数据 …… 538
14.4.2 荧光高压汞灯配镇流器技术数据 …… 538
14.4.3 高压汞灯的安装与使用 …… 538
14.5 高压钠灯 …… 539
14.5.1 NG 和 NGG 型高压钠灯技术数据 …… 539
14.5.2 普通型高压钠灯（SON）技术数据 …… 540
14.5.3 高光效型高压钠灯（SON Plus）技术数据 …… 540
14.5.4 高压钠灯的使用 …… 541
14.6 低压钠灯 …… 541
14.6.1 常用低压钠灯技术数据 …… 541
14.6.2 低压钠灯的使用 …… 541
14.7 疝灯 …… 542
14.7.1 管形疝灯技术数据 …… 542
14.7.2 直管长弧疝灯技术数据 …… 542
14.7.3 疝灯的使用 …… 543
14.8 金属卤化物灯 …… 543
14.8.1 金属卤化物灯技术数据 …… 544
14.8.2 高显色性金属卤化物灯技术数据 …… 544
14.8.3 金属卤化物灯的安装与使用 …… 544
14.9 卤钨灯 …… 545
14.9.1 管形卤钨灯技术数据 …… 545
14.9.2 卤钨灯的安装与使用 …… 546
14.10 LED 灯 …… 546
14.10.1 LED 灯杯技术数据 …… 549
14.10.2 LED 灯泡技术数据 …… 550
14.10.3 LED 荧光灯管技术数据 …… 550
14.10.4 LED 投光灯技术数据 …… 551
14.10.5 LED 道路灯技术数据 …… 551
14.10.6 LED 隧道灯技术数据 …… 552
14.10.7 LED 灯的安装与使用 …… 552
第 15 章 电工仪表 …… 554
15.1 概述 …… 554
15.2 电流表与电压表 …… 559
15.2.1 常用磁电系电流表和电压表技术数据 …… 559
15.2.2 常用电磁系电流表和电压表技术数据 …… 561
15.2.3 常用电动系电流表和电压表技术数据 …… 562
15.2.4 常用整流系电流表和电压表技术数据 …… 563
15.2.5 PZ 系列面板式数字电压表技术数据 …… 564
15.2.6 PZ 系列便携式数字电压表技术数据 …… 564
15.2.7 PZ119 型直流数字电压表技术数据 …… 565
15.2.8 PZ120 型数字电压表技术数据 …… 565
15.2.9 DP 系列固定式数字电流表和电压表技术数据 …… 565
15.2.10 SWP-AC 型智能电流电压表技术数据 …… 567
15.2.11 SWP-DC 型智能电流电压表技术数据 …… 567
15.2.12 电流表和电压表的选择与使用 …… 568
15.3 万用表 …… 569
15.3.1 常用万用表技术数据 …… 571
15.3.2 DT-830 型数字万用表技术数据 …… 573
15.3.3 DT-860 型数字万用表技术数据 …… 573
15.3.4 DT-890 型数字万用表技术数据 …… 574
15.3.5 万用表的选择与使用 …… 574
15.4 钳形电表 …… 577
15.4.1 常用钳形电表技术数据 …… 577
15.4.2 常用数字钳形电表技术数据 …… 578
15.4.3 钳形电表的使用 …… 578
15.5 绝缘电阻表 …… 579
15.5.1 常用绝缘电阻表技术数据 …… 580
15.5.2 KD 系列绝缘电阻表技术数据 …… 581
15.5.3 PC 系列数字式绝缘电阻表技术数据 …… 582
15.5.4 YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪技术数据 …… 582
15.5.5 绝缘电阻表的选择与使用 …… 583
15.6 电能表 …… 586
15.6.1 常用电能表技术数据 …… 587

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15.6.2　电能表的选择与使用 …… 591
15.7　功率表 …… 593
15.7.1　便携式功率表技术数据 …… 593
15.7.2　固定式功率表技术数据 …… 594
15.7.3　功率表的选用 …… 594
15.8　电桥 …… 596
15.8.1　常用电桥技术数据 …… 597
15.8.2　电桥的选择与使用 …… 599
第16章　蓄电池 …… 602
16.1　概述 …… 602
16.2　蓄电池技术数据 …… 603
16.2.1　常用固定型铅酸蓄电池技术数据 …… 603
16.2.2　FM系列免维护铅酸蓄电池技术数据 …… 604
16.2.3　GFM系列免维护铅酸蓄电池技术数据 …… 605
16.2.4　JFM系列阀控型胶体免维护铅酸蓄电池技术数据 …… 605
16.2.5　JGFM系列胶体铅酸蓄电池技术数据 …… 606
16.2.6　内燃机车、电力机车用蓄电池技术数据 …… 606
16.2.7　铁路客车用蓄电池技术数据 …… 606
16.2.8　非阀控式摩托车用蓄电池技术数据 …… 607
16.2.9　动力用锂离子电池技术数据 …… 607
16.2.10　GN系列碱性镉-镍蓄电池技术数据 …… 607
16.2.11　XY系列碱性锌-银蓄电池技术数据 …… 607
16.3　蓄电池的使用与维护 …… 608
第17章　常用电工材料 …… 613
17.1　导电材料 …… 613
17.1.1　裸电线 …… 613
17.1.2　绝缘电线 …… 618
17.1.3　电磁线 …… 621
17.1.4　电缆 …… 624
17.2　绝缘材料 …… 626
17.2.1　绝缘漆 …… 628
17.2.2　绝缘浸渍纤维制品 …… 629
17.2.3　电工用薄膜、粘带及复合材料 …… 630
17.2.4　层压制品 …… 630
17.2.5　云母制品 …… 631
17.3　磁性材料 …… 632
17.3.1　电磁纯铁 …… 632
17.3.2　电工硅钢片 …… 632
参考文献 …… 634

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第1章 低压电器

1.1 概述

1. 分类及用途

电器是指能够根据外界的要求或所施加的信号，自动或手动地接通或断开电路，从而连续或断续地改变电路的参数或状态，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节的电气设备。简单地说，电器就是接通或断开电路或调节、控制、保护电路和设备的电工器具或装置。电器按工作电压高低可分为高压电器和低压电器两大类。

低压电器通常是指用于交流 50Hz（或 60Hz）、额定电压为 1200V 及以下，直流额定电压为 1500V 及以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器。

目前，低压电器在工农业生产和人们的日常生活中有着非常广泛的应用，低压电器的特点是品种多、用量大、用途广。

低压电器的种类很多，按不同的分类方式有着不同的类型。

（1）按用途分类

低压电器按用途可分为以下两类。

1）配电电器：配电电器主要用于低压配电系统和动力装置中，包括刀开关、转换开关、断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是分断能力强、限流效果和保护性能好，有良好的动稳定性和热稳定性等。

2）控制电器：控制电器主要用于电力拖动及自动控制系统，包括接触器、继电器、起动器、控制器、主令电器、电阻器、变阻器和电磁铁等。控制电器的主要技术要求是有一定的转换能力、操作频率高、电气寿命和机械寿命长等。

低压电器按用途分类的详细品种和用途见表 1-1。

表 1-1 低压电器的分类及用途

电器名称		主要品种	用途
配电电器	刀开关	刀开关、熔断器式刀开关、开启式负荷开关、封闭式负荷开关	主要用于电路隔离，也能接通和分断额定电流
	转换开关	组合开关、换向开关	用于两种以上电源或负载的转换和通断电路
	断路器	万能式断路器、塑料外壳式断路器、限流式断路器、漏电保护断路器	用于线路过载、短路或欠电压保护，也可用作不频繁接通和分断电路
	熔断器	半封闭插入式熔断器、无填料熔断器、有填料熔断器、快速熔断器、自复熔断器	用于线路或电气设备的短路和过载保护
控制电器	接触器	交流接触器、直流接触器	主要用于远距离频繁起动或控制电动机，以及接通和分断正常工作的电路
	继电器	电流继电器、电压继电器、时间继电器、中间继电器、热继电器	主要用于控制系统中，控制其他电器或作主电路的保护

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电器名称		主要品种	用途
控制电器	起动器	电磁起动器、减压起动器	主要用于电动机的起动和正反向控制
	控制器	凸轮控制器、平面控制器、鼓形控制器	主要用于电气控制设备中转换主回路或励磁回路的接法，以达到电动机起动、换向和调速的目的
	主令电器	控制按钮、行程开关、主令控制器、万能转换开关	主要用于接通和分断控制电路
	电阻器	铁基合金电阻	用于改变电路的电压、电流等参数或变电能为热能
	变阻器	励磁变阻器、起动变阻器、频敏变阻器	主要用于发电机调压以及电动机的减压起动和调速
	电磁铁	起重电磁铁、牵引电磁铁、制动电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置

（2）按操作方式分类

1）自动电器：自动电器是指通过电磁或气动机构动作来完成接通、分断、起动和停止等动作的电器，它主要包括接触器、断路器、继电器等。

2）手动电器：手动电器是指通过人力来完成接通、分断、起动和停止等动作的电器，它主要包括刀开关、转换开关和主令电器等。

（3）按工作条件分类

1）一般工业用电器：这类电器用于机械制造等正常环境条件下的配电系统和电力拖动控制系统，是低压电器的基础产品。

2）化工电器：化工电器的主要技术要求是耐腐蚀。

3）矿用电器：矿用电器的主要技术要求是能防爆。

4）牵引电器：牵引电器的主要技术要求是耐振动和冲击。

5）船用电器：船用电器的主要技术要求是耐腐蚀、颠簸和冲击。

6）航空电器：航空电器的主要技术要求是体积小、重量轻、耐振动和冲击。

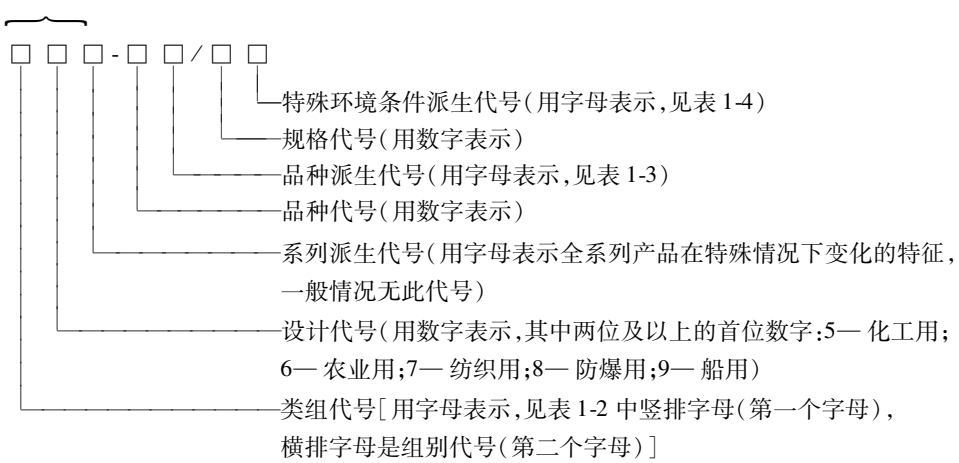
（4）按工作原理分类

1）电磁式电器：电磁式电器的感测元件接受的是电流或电压等电量信号。

2）非电量控制电器：这类电器的感测元件接受的是热量、温度、转速、机械力等非电量信号。

2. 型号含义

基本型号



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-2 低压电器产品的类别及组别代号

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断器式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	封闭管式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	低压断路器										灭磁				快速			万能式	限流	其他	塑料外壳式
K	控制器					鼓形						平面				凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流				中频			时间	通用				其他	直流
Q	起动器	按钮式		磁力				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	中间
L	主令电器	按钮						接近开关	主令控制器						主令开关	足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件	带形元件	管形元件									烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	
B	变阻器			旋臂式						励磁		频敏	起动		石墨	起动调速	油浸起动	液体起动	滑线式	其他	
T	调整器				电压																
M	电磁铁												牵引					起重		液压	制动
A	其他		触电保护器	插销	灯		接线盒			电铃											

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-3 低压电器型号的通用派生代号

派生字母	代表意义
A、B、C、D…	结构设计稍有改进或变化
J	交流、防溅型、较高通断能力型、节电型
Z	直流、自动复位、防振、重任务、正向、组合式、中性接线柱式
W	无灭弧装置、无极性、失压、外销用
N	可逆、逆向
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈、保持式、塑料熔管式
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压的、电动机操作
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁、母线式
Q	防尘式、手车式、柜式
L	电流的、擢板式、漏电保护、单独安装式
F	高返回、带分励脱扣、多纵缝灭弧结构式、防护盖式
X	限流

表 1-4 低压电器型号的特殊环境条件派生代号

派生字母	代表意义	派生字母	代表意义	派生字母	代表意义
T	按临时措施制造	TA	干热带	H	船用
TH	湿热带	G	高原、高电感、高通断能力	F	化工防腐用

注：特殊环境条件派生代号加注在全型号之后。

3. 常用术语

1）操（动）作：电器的活动零部件（如动触头）从一个位置转换至另一个相邻位置。

2）操作循环：从一个位置转换到另一个位置再返回至起始位置的连续操作。如有多个位置，则需通过所有其他位置（注：不构成操作循环的连续操作称为操作序列）。

3）操作顺序：在规定时间间隔内完成规定的连续操作。

4）控制：使电气设备的工作状况适应于变化的运行要求。

5）闭合：使电器的动、静触头在规定位置上建立电接触的操作过程。

6）断开：使电器的动、静触头在规定位置上解除电接触的操作过程。

7）接通：由于电器的闭合，而使电路内电流导通的操作过程。

8）分断：由于电器的断开，而使电路内电流被截止的操作过程。

9）可逆转换：通过电器主触头的转换改变电动机定子回路上的电源相序，以实现电动机反向运转的过程。

10）周期工作制：不管负载变动与否，总是有规律地反复进行的工作制。

11）操作频率：开关电器在每小时内可能实现的操作循环次数。

12）负载因数（通电持续率）：电器的有载时间与工作周期之比（工作周期是每一次操作中的有载时间与无载时间之和），常用百分数表示。

13）点动：在很短时间内多次通断电动机或线圈电路，使被驱动的机构得到小的移动。

14）反接制动与反向：在电动机运转时用反接电动机定子绕组相序的方法而使电动机快速

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

停止或反向。

15）使用类别：与开关电器或熔断器完成其功能的条件有关的、表示实际使用特点的若干规定要求。

对开关电器而言，是指有关工作条件要求的组合，通常用额定工作电流的倍数、额定工作电压的倍数及其相应的功率因数或时间常数等来表征电器额定接通和分断能力的类别。

4. 使用环境条件

低压电器的常用使用类别及其代号见表1-5。

表1-5 低压电器的常用使用类别及其代号

电流种类	使用类别代号	典型用途举例	相关产品
AC	AC-1	无感或低感负载，电阻炉	低压接触器和电动机起动器
	AC-2	绕线转子异步电动机的起动、分断	
	AC-3	笼型异步电动机的起动、运转中分断	
	AC-4	笼型异步电动机的起动、反接制动或反向运转、点动	
	AC-5a	控制放电灯的通断	
	AC-5b	控制白炽灯的通断	
	AC-6a	变压器的通断	
	AC-6b	电容器组的通断	
	AC-7a	家用电器和类似用途的低电感负载	
	AC-7b	家用的电动机负载	
	AC-8a	具有手动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机中的电动机控制	
	AC-8b	具有自动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机中的电动机控制	
	AC-12	控制电阻负载和光耦合器隔离的固态负载	控制电路电器和开关元件
	AC-13	控制变压器隔离的固态负载	
	AC-14	控制小容量电磁铁负载	
	AC-15	控制交流电磁铁负载	
	AC-20	空载条件下闭合和断开电路	低压开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器
	AC-21	通断电阻负载，包括通断适中的过载	
	AC-22	通断电阻电感混合的负载，包括通断适中的过载	
	AC-23	通断电动机负载或其他高电感负载	
AC和DC	A	无额定短时耐受电流要求的电路保护，即非选择性保护	低压断路器
	B	具有额定短时耐受电流要求的电路保护，即选择性保护	
DC	DC-1	无感或低感负载，电阻炉	低压接触器
	DC-3	并励电动机的起动、反接制动或反向运转、点动、电动机在动态中分断	
	DC-5	串励电动机的起动、反接制动或反向运转、点动、电动机在动态中分断	
	DC-6	白炽灯的通断	
	DC-12	控制电阻性负载和光耦合器隔离的固态负载	控制电路电器和开关元件
	DC-13	控制直流电磁铁	
	DC-14	控制电路中有续流电阻的直流电磁铁负载	
	DC-20	空载条件下的闭合和断开电路	低压开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器
	DC-21	通断电阻负载，包括通断适度的过载	
	DC-22	通断电阻电感混合负载，包括通断适中的过载（如并励电动机）	
	DC-23	通断高电感负载（如串励电动机）	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.2　刀开关、隔离器、隔离开关和熔断器组合电器

1. 用途

刀开关又称闸刀开关，是一种带有动触头（触刀），在闭合位置与底座上的静触头（刀座）相契合（或分离）的一种开关。它是一种结构比较简单的开关电器，只能进行手动操作。主要用于各种配电设备和供电线路，可作为非频繁地接通和分断容量不太大的低压供电线路之用。

隔离器是指在断开位置上，能符合规定的隔离功能要求的一种机械开关电器。如分断或接通的电流可以忽略，或（在分断或接通电流时）隔离器的每个极的两端的电压不发生显著变化，隔离器可以将电路断开或闭合。它能承载正常电路条件下的电流，也能在一个规定的时间内承载非正常电路条件下的电流（例如短路电流）。

一般情况下，刀开关不能当隔离器使用，因为它不具备在断开位置上的隔离功能，也就不能确保维修供电设备时维修人员的人身安全；反之，也不能把隔离器当开关使用，因为它不能切断分断电流时产生的电弧。但特殊情况除外，例如，当能满足隔离功能时，刀开关也可用来隔离电源。

2. 类型

刀开关和隔离器按极数分，有单极、双极和三极；按操作方式分，有直接手柄操作式、杠杆操作机构式、旋转操作式和电动操作机构式；按转换方式分，有单投和双投，双投即为刀形转换开关。通常，除特殊的大电流刀开关有采用电动操作方式外，一般都是采用手动操作方式。

常用的大电流刀开关有 HD11、HD12、HD13、HD14 等四个系列的单投刀开关（中央手柄式、侧方正面杠杆操作机构式、中央正面杠杆操作机构式和侧面操作手柄式）和 HS11、HS12、HS13 等三个系列的双投刀形转换开关。

常用的隔离器主要有 HD17 系列刀形隔离器（开关）和 HS17 系列刀形转换隔离器等。

常用的开关熔断器组主要有 HH 系列封闭式负荷开关（俗称铁壳开关）和 HK 系列开启式负荷开关（俗称胶盖开关）等。

3. 基本结构

图 1-1 所示为平板式手柄操作的三极刀开关的结构。由图可见，刀开关由手柄、触刀、静插座（简称插座或刀座）、铰链支座和绝缘底板所组成，绝缘底板一般用酚醛玻璃布板或环氧玻璃布板等层压板制造，也有的采用陶瓷材料。绝缘手柄多用塑料压制。触刀材料一般为硬纯铜板，静插座及铰链支座采用硬纯铜板或黄铜板制成。

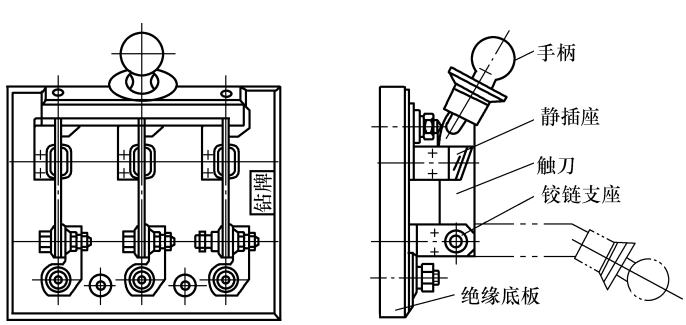


图 1-1　手柄操作式三极刀开关

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

同一般开关电器比较，刀开关的触刀相当于动触头，而静插座相当于静触头。当操作人员握住手柄，使触刀铰链支座转动，插到静插座内的时候，就完成了接通操作。这时，由铰链支座、触刀和静插座就形成了一个电流通路。如果操作人员使触刀绕铰链支座作反方向转动，脱离静插座，电路就被切断。

1.2.1 刀开关和刀形转换开关技术数据（见表1-6和表1-7）

表1-6 常用HD系列单投刀开关技术数据

型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	额定短时(1s)耐受电流/动稳定电流峰值/kA	通断能力/A		操作力/N	主要特征
				AC380V	DC220V		
HD11	AC380 DC220 DC440	100 200	6/15 10/20	100 200	100 200	≤300	中央手柄式 板前、板后接线极数：1,2,3
		400 600	20/30 25/40	400 600	400 600	≤400	
		1000 1500	30/50 50/—	1000 1500	1000 1500	≤450	
HD12	AC380 DC220 DC440	100 200	6/20 10/30	100 200	100 200	≤300	侧方正面杠杆操作机构式 有灭弧室和无灭弧室两种 极数:2,3
		400 600	20/40 25/50	400 600	400 600	≤400	
		1000 1500	30/60 50/80	1000 1500	1000 1500	≤450	
HD13	AC380 DC220 DC440	100 200	6/20 10/30	100 200	100 200	≤300	中央杠杆操作机构式 有灭弧室和无灭弧室两种 极数:2,3极
		400 600	20/40 25/50	400 600	400 600	≤400	
		1000 1500 2000 3000	30/60 40/80 50/100 50/100	1000 1500 2000 3000	1000 1500 2000 3000	≤450	
HD14	AC380 DC220 DC440	100 200	6/15 10/20	100 200	100 200	≤300	侧方手柄式 有灭弧室和无灭弧室两种
		400 600	20/30 25/40	400 600	400 600	≤400	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-7　常用 HS 系列双投刀开关（刀形转换开关）技术数据

型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	额定短时(1s)耐受电流/动稳定电流峰值/kA	通断能力/A		操作力/N	主要特征
				AC380V	DC220V		
HS11	AC380 DC220 DC440	100 200	6/15 10/20	100 200	100 200	≤300	中央手柄式 板前、板后接线 极数:1,2,3
		400 600	20/30 25/40	400 600	400 600	≤400	
		1000 1500	30/50 50/—	1000 1500	1000 1500	≤450	
HS12	AC380 DC220 DC440	100 200	6/20 10/30	100 200	100 200	≤300	侧方正面杠杆操作机构式 有灭弧室和无灭弧室两种 极数:2,3
		400 600	20/40 25/50	400 600	400 600	≤400	
		1000	30/60	1000	1000	≤450	
HS13	AC380 DC220 DC440	100 200	6/20 10/30	100 200	100 200	≤300	中央杠杆操作机构式 有灭弧室和无灭弧室两种 极数:2,3
		400 600	20/40 25/50	400 600	400 600	≤400	

HD 系列单投刀开关和 HS 系列双投刀开关（又称刀形转换开关）适用于交流 50Hz、额定电压至 380V，直流至 440V，额定电流至 3000A 的成套配电装置中，作为不频繁地手动接通和分断交、直流电路或作隔离开关用，其中手柄式的单投和双投刀开关主要作为隔离开关之用；侧面操作手柄式刀开关，主要用于电力箱中；中央正面杠杆操作机构刀开关主要用于正面操作、后面维修的开关柜中，操作机构装在正前方；侧方正操作机构式刀开关主要用于正面两侧操作、前面维修的开关柜中，操作机构可以在柜的两侧安装。带有灭弧室的刀开关可以切断电流负载，其他系列刀开关只作隔离开关用。

型号含义：

□ □ □ - □ / □ □ □

HD— 单投刀开关;HS— 双投刀开关

11— 中央手柄式;12— 侧方正面杠杆操作机构式;

13— 中央正面杠杆操作机构式;14— 侧面手柄式

派生代号 B(小安装尺寸)

额定电流(A)

极数:1— 单极;2— 二极;3— 三极

接线:8— 板前接线;

9— 板后接线(若无此位数,表示仅有一种接线,且为板前接线)

灭弧室:0— 不带灭弧装置(仅作隔离器用);

1— 带灭弧装置(可作开关用)

HD 系列 HS 系列单投或双投刀开关由触刀、静触头、手柄、铰链支座、绝缘底板等构成。常见结构如图 1-2 所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

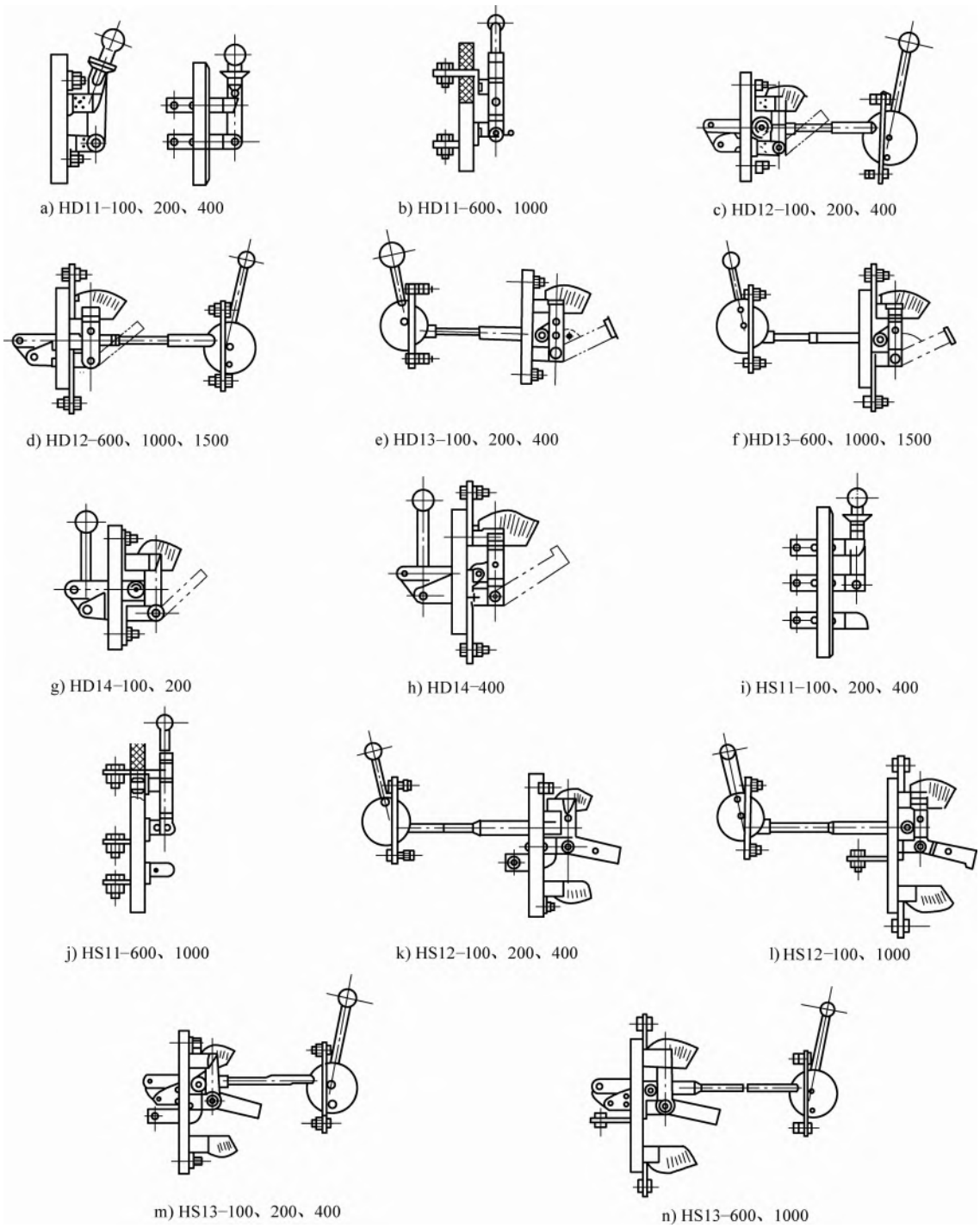


图 1-2 HD 系列和 HS 系列刀开关的结构

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.2.2 隔离器和熔断器式隔离器技术数据（见表 1-8）

表 1-8 常用隔离器技术数据

型号	产品名称及主要特征		额定工作电压/V	额定工作电流/A	额定短时(1s)耐受电流/kA	通断能力 AC 380V/A	配用熔断体		
							型号	电流/A	短路电流/kA
HD17	刀形隔离器	手柄式和杠杆式(中央和侧方) 板前、板后接线有灭弧室和无灭弧室两种 极数:1,2,3	AC380 DC220	100 200 400 600 1000 1600	6 10 20 20 25 32	100 200 400 600 1000 1500	RT16,NT0 RT16,NT1 RT16,NT2 RT16,NT3 — —	100 200 400 600 — —	50
HD18	空气式隔离器	操作方式:手动,电动 极数:1,2,3	AC1200 DC1500	2500 4000	50 80	2500 4000	— —	— —	— —
HG1	熔断式隔离器	熔断信号装置:有,无 极数 2,3	AC380	20 32 63	6/20 10/30 20/40	50000	RT14	2～20 2～32 10～63	100
HG30 RT18 RT28		模数化结构 极数:1,2,3,4	AC220 AC380	10 16 20 32 63	—	—	—	10 16 20 32 63	6 20
HS17	转换隔离器	手柄式和杠杆式(中央和侧方) 板前、板后接线有灭弧室和无灭弧室两种 极数:1,2,3	AC380 DC220	100 200 400 600 1000	6 10 20 20 25	100 200 400 600 1000	NT00 NT1 NT2 NT3 —	100 200 400 600 1000	50

1）HD17 系列刀形隔离器（简称隔离器）：适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、直流电压至 220V、约定发热电流（即额定工作电流）至 1500A 的工业企业的配电设备作电源隔离用。带灭弧室的产品在规定的条件下用来接通或分断交流电路。

2）HD18 系列空气式隔离器：适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 1200V，直流电压至 1500V 的电力线路中，作为无载操作、隔离电源用。

3）HG1 系列熔断器式隔离器：适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、约定发热电流至 63A，有高短路电流的配电回路和电动机回路中，作为电源隔离器，并作电路保护用。

4）HG30 系列熔断器式隔离器：适用于交流 50Hz，额定电压至 380V，约定发热电流至 32A，有高短路电流的照明和动力线路中，作为电源隔离器，并作线路过载和短路保护用。

5）HS17 系列刀形隔离器（简称隔离器）：适用于交流 50Hz、额定电压至 380V，直流至 220V，约定发热电流至 1000A 的工业企业的配电设备作为电源隔离用。带灭弧室的产品在规定的条件下用来接通或分断交流电路。

型号含义：

1）HD17 系列刀形隔离器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

HD17 - □ / □ □ □ □

- 约定发热电流(即额定电流)(A)
- 极数:1— 单极;2— 二极;3 三极
- 操作方式:
  - 1— 中央手柄式;
  - 2— 侧方正面杠杆操作机构式;
  - 3— 中央正面杠杆操作机构式;
  - 4— 侧面手柄式
- 灭弧室:0— 不带灭弧装置;1— 带灭弧装置
- 接线:8— 板前接线;9— 板后接线

2）HD18 系列空气式隔离器

HD18 - □ / □ □

- 额定工作电流(A)
- 极数:1— 单极;2— 二极;3 三极
- 1— 有关人力操作
- 2— 有关动力操作

3）HG1 系列熔断器式隔离器

HG1 - □ / □ □

- 额定工作电流(A)
- 极数:2— 二极;3 三极
- 0— 无熔断信号装置型(配用无熔断撞击器的熔断体);
- 1— 有熔断信号装置型(配用有熔断撞击器的熔断体)

4）HG30 系列熔断器式隔离器

HG30 - □ / □ □ □

- 额定工作电流(A)
- 极数:P— 单极;2P— 二极;3P— 三极;4P— 四极
- 0— 无熔断信号装置;
- 1— 有熔断信号装置
- 0— 不带可开闭的中性极;
- 1— 带有可开闭的中性极

5）HS17 系列刀形转换隔离器的型号含义

HS17 - □ / □ □ □

- 约定发热电流(即额定电流)(A)
- 极数:1— 单极;2— 二极;3— 三极
- 灭弧室:0— 不带灭弧装置;1— 带灭弧装置
- 操作方式:1— 中央手柄式;
  - 2— 侧方正面杠杆操作机构式;
  - 3— 中央正面杠杆操作机构式

1.2.3 负荷开关技术数据（见表 1-9）

表 1-9 常用负荷开关技术数据

型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	接通与分断电流/A	熔断短路电流/A	外形及安装尺寸			
					（长×宽×高）/mm³		（长×宽）/mm²	安装孔/mm
HH3	AC415 AC230	10	40	500	172×151×82	三极	43×113	6
		15 20	60 80	1000 1000	224×194×95		122×113	6
		30	120	2000	170×232×105		118×206	5
		60	240	3000	390×312×138		107×300	7
		100	250	4000	440×361×187		230×370	9
		200	300	6000	512×364×204		254×445	9

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	接通与分断电流/A	熔断短路电流/A	外形及安装尺寸		
					（长×宽×高）/mm^3	（长×宽）/mm^2	安装孔/mm
HH4	AC415	15	60	500	270×220×91	150×80	6
		30	200	1500	224×194×95	190×120	7
		60	240	3000	406×316×132	250×150	7
		100	250	3000	410×340×164	351×240	7
HH12	AC415	20	80	1500	180×160×70	100×60	5
		32	140	1500	260×220×85	200×106	6
		63	250	2500	360×300×110	260×140	6
		100	400	2500	430×347×134	320×160	7
		200	800	2500	490×361×143	352×168	7
HK2	AC380 AC220	10/2	40	500	55×132×58	64	5
		15/2	60	500	62×165×66	89	5
		30/2	120	1000	62×188×64	106	5
		15/3	30	500	84×193×64.5	100×24.5	5
		30/3	60	1000	100×224×77.5	116×31	5
		60/3	90	1500	130×280×93	142×40	7
HK4	AC380 AC220	10/2	40	1000	44×122×47	76	4
		16/2	64	1500	62×165×50	84	4
		32/2	128	2000	54×159×56	104	5
		63/2	252	2500	67×205×70	110	5
		16/3	48	1500	70×152×50	93×24	4
		32/3	96	2000	82×174×56	117×28	5
		63/3	189	2500	108×219×70	130×38	5
HK8	AC380	10/2	40	1000	40×104×50	88	4
		16/2	64	1500	44×112×51	94	4
		32/2	128	2000	52×124×60	108	4
		16/3	48	1500	63×116×50	99×22.5	4
		32/3	96	2000	72×150×67	130×25	4
		63/3	189	2500	100×188×92	166×38	4

1）封闭式负荷开关：封闭式负荷开关俗称铁壳开关（因为封闭式负荷开关的早期产品，都带有一个铸铁外壳，所以俗称为铁壳开关。现在，铸铁外壳早已被结构轻巧的薄钢板冲压外壳所取代，但其习称仍然被沿用着），简称负荷开关，它是由刀开关和熔断器组合而成的一种电器。

由于开启式负荷开关的缺点在于它没有灭弧装置，而且触头的断开速度比较慢，以致在分断大电流时，往往会有很大的电弧向外喷出，引起相间短路，甚至灼伤操作人员。如果能够提高触刀的通断速度，在断口处设置灭弧罩，并将整个开关本体装在一个防护壳体内，就可以极大地改善开关的通断性能。封闭式负荷开关便是根据这个思路设计出来的。因此，封闭式负荷开关具有通断性较好、操作方便和使用安全等优点。

封闭式负荷开关主要由触头及灭弧系统、熔断器以及操作机构等三部分共装于一个防护外壳内构成。封闭式负荷开关主要由闸刀、夹座、熔断器、铁壳、速断弹簧、转轴和手柄等组成。

封闭式负荷开关的操作机构都具有以下两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

以执行合闸和分闸机能，使开关的闭合和分断速度都与操作速度无关，这既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能，又能防止触头停滞在中间位置上；二是设有联锁装置，它可以保证开关合闸时不能打开箱盖，而当箱盖打开的时候，也不能将开关合闸。既有助于充分发挥外壳的防护作用，防止操作人员被电弧灼伤，又保证了更换熔丝等操作的安全。

2）开启式负荷开关：开启式负荷开关又叫胶盖瓷底刀开关（俗称胶盖闸），是由刀开关和熔丝组合而成的一种电器。主要适用于交流频率为50Hz，额定电压为单相220V、三相380V，额定电流至100A的电路中的总开关、支路开关以及电灯、电热器等操作开关，作为手动不频繁地接通与分断有负载电器及小容量线路的短路保护之用的负荷开关。开启式负荷开关具有结构简单、价格低廉、使用维修方便等优点，广泛应用于工业、农业、矿山、交通、家庭等各个行业。

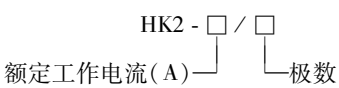
开启式负荷开关的类型主要HK1 、HK2、HK4 和HK8 等系列产品。按极数分为两极和三极两种，两极式产品的额定电压为220V（或250V），额定电流有10、15、30A 三种（或10A、16A、32A、63A四种）；三极式产品的额定电压为380V，额定电流有15、30、60A 三种（或16A、32A、63A 三种）。

开启式负荷开关主要由瓷质手柄、触刀（又称动触头）、触刀座、进线座、出线座、熔丝、瓷底座、上胶盖、下胶盖及紧固螺母等零件装配而成。

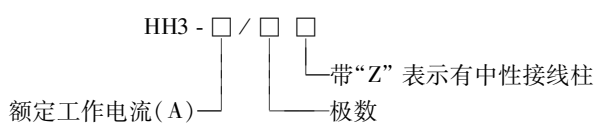
开启式负荷开关的全部导电零件都固定在一块瓷底板上面。触刀的一端固定在瓷质手柄上，另一端固定在触刀座上，并可绕着触刀座上的铰链转动。操作人员手握瓷柄朝上推的时候，触刀绕铰链向上转动，插入触刀座，将电路接通；反之，将瓷柄向下拉，触刀就绕铰链向下转动，脱离触刀座，将电路切断。

型号含义：

1）HK2、HK4、HK8 系列开启式负荷开关



2）HH3、HH4 系列封闭式负荷开关



1.2.4 开关熔断器组技术数据（见表1-10 和表1-11）

表1-10 HH10、HH10D 系列开关熔断器组技术数据

型号	额定工作电流/A	使用类别	接通前电压/V	接通电流/A	恢复电压/V	分断电流/A	cosφ
HH10 HH10D	20 32 63 100	AC-21	1.1×415 ±5%	30 48 95 150	1.1×415 ±5%	30 48 95 150	0.95±0.05
	20 32 63 100	AC-22		60 96 190 300		60 96 190 300	0.65±0.05
	20 32 63 100	AC-23		80 140 250 400		64 112 200 320	0.65±0.05 0.35±0.05

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-11 HH15 系列开关熔断器组技术数据

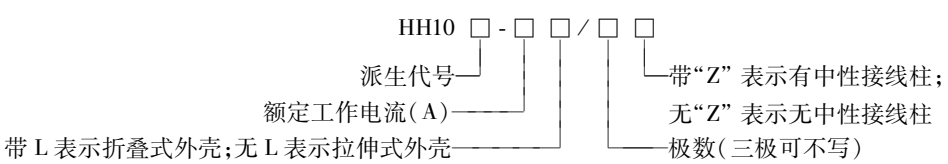
型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	使用类别	额定接通和分断能力						通断次数
				接通			分断			
				I/I_e	U/U_e	$\cos\varphi$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos\varphi$	
HH15	380	100、200、400、600	AC-20	—	—	—	—	—	—	接通和分断各5次
			AC-21	1.5	1.1	0.95	1.5	1.1	0.95	
			AC-22	3		0.65	3		0.65	
		100	AC-23	10		0.35	8		0.35	
		200、400、630		8			6			
	660	80、125、315、400	AC-20	—	—	—	—	—	—	
			AC-21	1.5	1.1	0.95	1.5	1.1	0.95	
			AC-22	3		0.65	3		0.65	
		80	AC-23	10		0.35	8		0.35	
		125、315、400		8			6			

HH10、HH10D 系列开关熔断器组适用于交流 50Hz、额定绝缘电压 500V、额定工作电压 415V、最大额定电流 100A。在配电电路中作电源开关和不频繁接通和分断负载电路，并作为线路的过载与短路保护用。装有中性接线柱的开关熔断器组可作为一般照明回路的控制开关用。

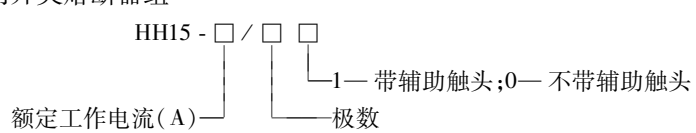
HH15 系列开关熔断器组适用于交流 50Hz、额定绝缘电压 660V、额定工作电压 380V、额定电流至 630A 或额定工作电压 660V，额定电流至 400A 的电力线路中，供在有高短路电流的工业电气装置中作配电和电动机电路中的电源开关和应急开关，并作电路保护用。本系列开关为旋转操作式，适用于抽屉式开关柜安装使用。

型号含义：

1）HH10、HH10D 系列开关熔断器组



2）HH15 系列开关熔断器组



1.2.5 熔断器式开关技术数据（见表 1-12 和表 1-13）

HR3 系列熔断器式刀开关适用于交流 50Hz、额定电压 380V 或额定直流电压 440V、额定电流至 1000A 的工业企业配电网络中，作为电缆、导线及用电设备的过载和短路保护用。在正常的情况下，可供不频繁地手动接通和分断额定电流及小于额定电流的电路。

HR5 系列熔断器式隔离开关适用于交流 50Hz、额定工作电压至 660V、额定电流至 630A、短路电流大配电电路和电动机电路中，用作电源开关、隔离开关和应急开关、并作为电路保护用，但一般不适用于直接接通和断开单台电动机。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-12 常用熔断器式刀开关技术数据

型号	额定工作电压/V	额定工作电流/A	熔体额定电流/A	刀开关分断能力/A		熔断器分断能力/A		主要特征
				AC380V	DC440V	AC380V	DC440V	
HR3	AC380 DC440	100	30、40、50、60、80、100	100	100	50000	25000	操作方式有:正面侧方杠杆式;正面中央杠杆式;侧面手柄式;无面板侧方杠杆式 极数:2,3
		200	80、100、120、150、200	200	200			
		400	150、200、250、300、350、400	400	400			
		600	350、400、450、500、550、600	600	600			
		1000	700、800、900、1000	1000	1000	25000		
HR5	AC380 AC660	100	4~160(NT00)	100	—	50000	—	熔断信号装置有:有,无 极数2,3
		200	80~250(NT1)	200				
		400	125~400(NT2)	400				
		630	315~630(NT3)	630				
HR6	AC380 DC660	160	4~160(NT00)	960	480	50000	—	可装隔离刀片或熔断体,可装接通分断信号装置和断相信号器
		250	80~250(NT1)	1500	750			
		400	125~400(NT2)	2400	1200			
		630	315~630(NT3)	3780	1890			
HR11	AC415	100	100	300	—	50000		有中性接线柱和开启式或封闭式 极数:2,3
		200	200	600				
		315	315	945				
		400	400					

表 1-13 ABB 公司 SLM 系列熔断器式刀开关技术数据

特性参数		00	1	2	3
额定电流 I_N/A		125	250	400	630
额定电压 U_N/V		660			
试验电压/V		2500			
额定频率范围/Hz		50~60			
绝缘等级		C组			
熔断体持续电流 I_{th}/A		125	250/220	400	630/570
短路能力/kA	NH熔体最大允通电流	16	25	44	44
	最大允许短路电流	50	50	50	50
	500V时的触头熔焊电流	95	95	95	95
额定分断能力/A	660V AC-23	500	775	2400	3780
	500V AC-23	750	1500	2400	3780
	220V DC-22	500	1000	1600	2400
抗短路能力/kA		100			
机械寿命/次		3000	3000	1000	1000
电寿命(AC-23,660V;DC-22,220V)/次		150	150	50	50

www.789pdf.com 789书库网

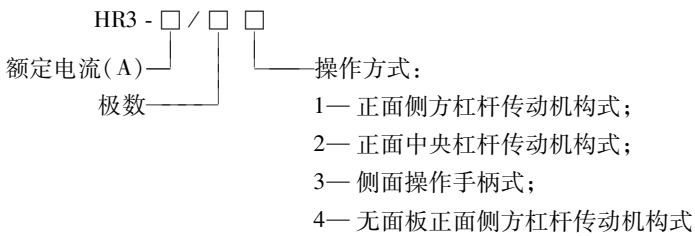
www.789pdf.com 789书库网

HR6 系列熔断器式开关适用于交流 50Hz、额定电压 660V、额定电流至 630A、有高短路电流的配电电路和电动机的电路中，作为电源开关、隔离开关和应急开关并作短路保护用。

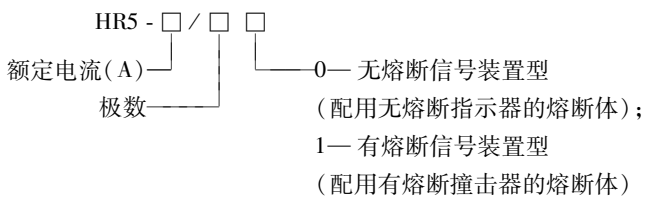
HR11 系列熔断器式开关适用于交流 50（60）Hz、额定绝缘电压为 500V，额定工作电压至 415V，额定电流至 400A 的电路中，在配电电路中作电源开关和不频繁地接通和分断负载电路，并作为线路的过载与短路保护用。

型号含义：

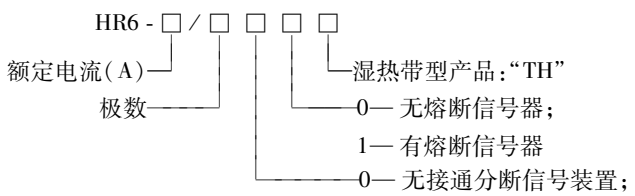
1）HR3 系列熔断器式刀开关



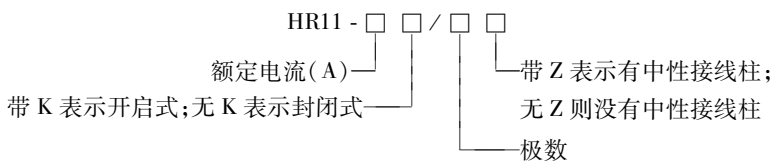
2）HR5 系列熔断器式隔离开关



3）HR6 系列熔断器式开关



4）HR11 系列熔断器式开关



1.2.6 组合开关技术数据（见表 1-14）

组合开关（又称转换开关）实质上也是一种刀开关，只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动的。而组合开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。组合开关由于其可实现多组触头组合而得名。

组合开关一般用于电气设备中，作为不频繁地接通和分断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转和Y-△起动等用。常用的组合开关主要是 HZ5 系列、HZ10 系列、HZ12 系列、HZ15 系列、3LB 系列等产品。

HZ10 系列组合开关适用于交流 50Hz、额定电压至 380V，直流额定电压至 220V 的电气线路中，供手动操作不频繁地接通或分断电路；换接电源或负载；测量三相电压；改变负载的连接方式；调节电加热器的串、并联；控制小型电动机正反转等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

HZ15 系列组合开关适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 380V，直流额定电压至 220V 的电气线路中，供手动操作不频繁地接通或分断电路；亦可直接控制小容量交流电动机。

表 1-14 HZ15 系列组合开关技术数据

电流种类	使用类别代号		额定工作电流/A	接通			分断		
				试验电流/A	试验电压/V	功率因数 $\cos\varphi \pm 0.05$	试验电流/A	试验电压/V	功率因数 $\cos\varphi \pm 0.05$
交流	作配电电器用	AC-20 AC-21 AC-22	10	30	420	0.65	30	420	0.65
			25	75			75		
			63	190			190		
	作控制电动机用	AC-3	3(10)①	30	420	0.65	24	420	0.65
			5.5(25)①	55			44		

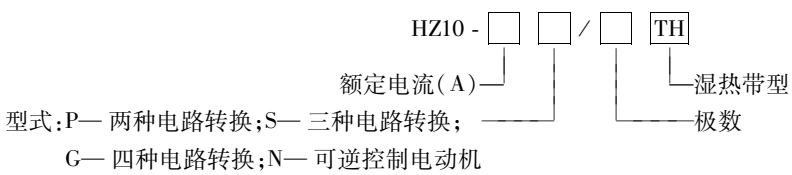
电流种类	使用类别代号	额定工作电流/A	接通			分断		
			试验电流/A	试验电压/V	时间常数 $T \pm 15\%$/ms	试验电流/A	试验电压/V	时间常数 $T \pm 15\%$/ms
直流	DC-20 DC-21	10	15	242	1	15	242	1
		25	38			38		
		63	95			95		

① 10A、25A 开关在分别控制容量不大于 1.1kW、2.2kW 的交流电动机时，其额定工作电流分别为 3A、5.5A。

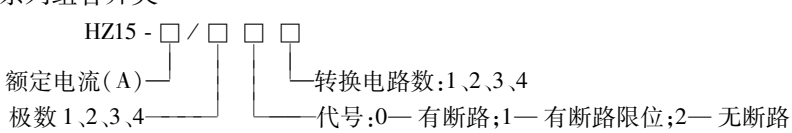
组合开关主要由动触头、静触头、接线柱、绝缘杆、手柄、转轴、弹簧、凸轮、绝缘垫板等构成。

型号含义：

1）HZ10 系列组合开关



2）HZ15 系列组合开关



1.2.7 刀开关与隔离器的选择、使用与维护

1. 选择

（1）刀开关（或隔离器）的选择

1）刀开关（或隔离器）结构型式的确定：选用刀开关时，首先应根据其在电路中的作用和其在成套配电装置中的安装位置，确定其结构形式。如果电路中的负载由低压断路器、接触器或其他具有一定分断能力的开关电器（包括负荷开关）来分断，即刀开关仅仅是用来隔离电源时，则只需选用没有灭弧罩的产品；反之，如果刀开关必须分断负载，就应选用带有灭弧罩，而且是通过杠杆操作的产品。此外，还应根据操作位置、操作方式和接线方式来选用。

2）刀开关（或隔离器）规格的选择：刀开关的额定电压应等于或大于电路的额定电压。刀

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

开关的额定电流一般应等于或大于所分断电路中各个负载额定电流的总和。若负载是电动机，就必须考虑电动机的起动电流为额定电流的 4 ~ 7 倍，甚至更大，故应选用额定电流大一级的刀开关。此外，还要考虑电路中可能出现的最大短路电流（峰值）是否在该额定电流等级所对应的电动稳定性电流（峰值）以下。如果超出，就应当选用额定电流更大一级的刀开关。

（2）封闭式负荷开关的选择

1）与控制对象的配合：由于封闭式负荷开关不带过载保护，只有熔断器用作短路保护，很可能因一相熔断器熔断，而导致电动机断相运行（又称单相运行）故障。另外，根据使用经验，用负荷开关控制大容量的异步电动机时，有可能发生弧光烧手事故。所以，一般只用额定电流为 60A 及以下等级的封闭式负荷开关，作为小容量异步电动机非频繁直接起动的控制开关。

另外，考虑到封闭式负荷开关配用的熔断器的分断能力一般偏低，所以它应当装在短路电流不太大的线路末端。

2）额定电流的选择：当封闭式负荷开关用于控制一般照明、电热电路时，开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各个负载额定电流之和。当用封闭式负荷开关控制异步电动机时，考虑到异步电动机的起动电流为额定电流的 4 ~ 7 倍，故开关的额定电流应为电动机额定电流的 1.5 倍左右。

（3）开启式负荷开关的选择

1）额定电压的选择：开启式负荷开关用于照明电路时，可选用额定电压为 220V 或 250V 的二极开关；用于小容量三相异步电动机时，可选用额定电压为 380V 或 500V 的三极开关。

2）额定电流的选择：在正常的情况下，开启式负荷开关一般可以接通或分断其额定电流。因此，当开启式负荷开关用于普通负载（如照明或电热设备）时，负荷开关的额定电流应等于或大于开断电路中各个负载额定电流的总和。

当开启式负荷开关被用于控制电动机时，考虑到电动机的起动电流可达额定电流的 4 ~ 7 倍，因此不能按照电动机的额定电流来选用，而应把开启式负荷开关的额定电流选得大一些，换句话说，即负荷开关应适当降低容量使用。根据经验，负荷开关的额定电流一般可选为电动机额定电流的 3 倍左右。

3）熔丝的选择：

①对于变压器、电热器和照明电路，熔丝的额定电流宜等于或稍大于实际负载电流；

②对于配电线路，熔丝的额定电流宜等于或略小于线路的安全电流；

③对于电动机，熔丝的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍；在重载起动和全电压起动的场合，应取较大的数值；而在轻载起动和减压起动的场合，则应取较小的数值。

4）开启式负荷开关的选用实例

例 1-1 一台 Y112M-4 电动机，额定电压为 380V、功率为 4kW、额定电流为 8.8A，试选择开启式负荷开关的型号。

解： 由于开启式负荷开关被用于控制电动机，所以选用负荷开关的额定电流为

$$I_n \geqslant 3 \times 8.8\text{A} = 26.4\text{A}$$

查表 1-9 可知，可选用 HK4-32/3 型开启式负荷开关。

（4）组合开关的选择

组合开关是一种体积小、接线方式多、使用非常方便的开关电器。选择组合开关时应注意以下几点：

1）组合开关应根据用电设备的电压等级、容量和所需触头数进行选用。组合开关用于一般照明、电热电路时，其额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和；组合开关用于控

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

制电动机时，其额定电流一般取电动机额定电流的1.5～2.5倍。

2）组合开关接线方式很多，应根据需要，正确地选择相应规格的产品。

3）组合开关本身是不带过载保护和短路保护的，如果需要这类保护，应另设其他保护电器。

2. 使用与维护

（1）刀开关（或隔离器）的使用与维护

1）刀开关和隔离器的安装

①刀开关应垂直安装在开关板上，并要使静插座位于上方。若静插座位于下方，则当刀开关的触刀拉开时，如果铰链支座松动，触刀等运动部件可能会在自重作用下向下掉落，同静插座接触，发生误动作而造成严重事故。

②电源进线应接在开关上方的静触头进线座，接负荷的引出线应接在开关下方的出线座，不能接反，否则更换熔体时易发生触电事故。

③动触头与静触头要有足够的压力、接触应良好，双投刀开关在分闸位置时，刀片应能可靠固定。

④安装杠杆操作机构时，应合理调节杠杆长度，使操作灵活可靠。

⑤合闸时要保证开关的三相同步，各相接触良好。

2）刀开关和隔离器的使用与维护

①刀开关作电源隔离开关使用时，合闸顺序是先合上刀开关，再合上其他用以控制负载的开关电器。分闸顺序则相反，要先使控制负载的开关电器分闸，然后再让刀开关分闸。

②严格按照产品说明书规定的分断能力来分断负载，无灭弧罩的刀开关一般不允许分断负载，否则有可能导致稳定持续燃弧，使刀开关寿命缩短，严重的还会造成电源短路，开关被烧毁，甚至发生火灾。

③对于多极的刀开关，应保证各极动作的同步性，而且应接触良好。否则，当负载是三相异步电动机时，便可能发生电动机因断相运转而烧坏的事故。

④如果刀开关未安装在封闭的控制箱内，则应经常检查，防止因积尘过多而发生相间闪络现象。

⑤当对刀开关进行定期检修时，应清除底板上的灰尘，以保证良好的绝缘；检查触刀的接触情况，如果触刀（或静插座）磨损严重或被电弧过度烧坏，应及时更换；发现触刀转动铰链过松时，如果是用螺栓的，应把螺栓拧紧。

（2）开启式负荷开关的使用与维护

1）开启式负荷开关的防尘、防水和防潮性能都很差，不可放在地上使用，更不应在户外、特别是农田作业中使用，因为这样使用时易发生事故。

2）开启式负荷开关的胶盖和瓷底板（座）都易碎裂，一旦发生了这种情况，就不宜继续使用，以防发生人身触电伤亡事故。

3）由于过载或短路故障而使熔丝熔断，待故障排除后需要重新更换熔丝时，必须在触刀（闸刀）断开的情况下进行，而且应换上与原熔丝相同规格的新熔丝，并注意勿使熔丝受到机械损伤。

4）更换熔丝时，应特别注意观察绝缘瓷底板（座）及上、下胶盖部分。这是由于熔丝熔化后，在电弧的作用下，使绝缘瓷底板（座）和胶盖内壁表面附着一层金属粉粒，这些金属粉粒将会造成绝缘部分的绝缘性能下降，甚至不绝缘，致使重新合闸送电的瞬间，易造成开关本体相间短路。因此，应先用干燥的棉布或棉丝将金属粉粒擦净，再更换熔丝。

5）当负载较大时，为防止开关本体相间短路现象的发生，通常将开启式负荷开关与熔断器配

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

合使用。熔断器装在开关的负载一侧，开关本体不再装熔丝，在应装熔丝的接点上安装与线路导线截面积相同的铜线。此时，开启式负荷开关只作开关使用，短路保护及过载保护由熔断器完成。

（3）封闭式负荷开关的使用与维护

1）封闭式负荷开关的安装

①尽管封闭式负荷开关设有联锁装置以防止操作人员触电，但仍应当注意按照规定进行安装。开关必须垂直安装在配电板上，安装高度以安全和操作方便为原则，严禁倒装和横装，更不允许放在地上，以免发生危险。

②开关的金属外壳应可靠接地或接零，严禁在开关上方放置金属零件，以免掉入开关内部发生相间短路事故。

③开关的进出线应穿过开关的进出线孔并加装橡胶垫圈，以防检修时因漏电而发生危险。

④接线时，应将电源线牢靠地接在电源进线座的接线端子上，如果接错了将会给检修工作带来不安全因素。

⑤保证开关外壳完好无损，机械联锁正确。

2）封闭式负荷开关的使用和维护

①封闭式负荷开关不允许放在地上使用。

②不允许面对着开关进行操作，以免万一发生故障而开关又分断不了短路电流时，铁壳爆炸飞出伤人。

③严禁在开关上方放置紧固件及其他金属零件，以免它们掉入开关内部造成相间短路事故。

④检查封闭式负荷开关的机械联锁是否正常，速断（动）弹簧有无锈蚀变形。

⑤检查压线螺钉是否完好，能否拧紧而不松扣。

⑥经常保持外壳及开关内部清洁，不致积垢。

（4）组合开关的使用与维护

①由于组合开关的通断能力较低，故不能用来分断故障电流。当用于控制电动机作可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后，才允许反向接通。

②当操作频率过高或负载功率因数较低时，组合开关要降低容量使用，否则会影响开关寿命。

③在使用时应注意，组合开关每小时的转换次数一般不超过 15 ~ 20 次。

④经常检查开关固定螺钉是否松动，以免引起导线压接松动，造成外部连接点放电、打火、烧蚀或断路。

⑤检修组合开关时，应注意检查开关内部的动、静触片接触情况，以免造成内部接点起弧烧蚀。

1.3 低压熔断器

1. 用途

熔断器是一种起保护作用的电器，它串联在被保护的电路中，当线路或电气设备的电流超过规定值足够长的时间后，其自身产生的热量能够熔断一个或几个特殊设计的和相应的部件，断开其所接入的电路并分断电源，从而起到保护作用。熔断器包括组成完整电器的所有部件。

熔断器结构简单、使用方便、价格低廉，广泛应用于低压配电系统和控制电路中，主要作为短路保护元件，也常作为单台电气设备的过载保护元件。

2. 类型

常用低压熔断器的种类及基本特点见表 1-15。

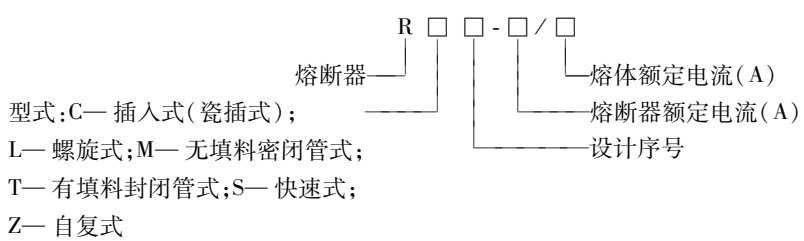
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-15 常用低压熔断器的种类及基本特点

名 称	主要型号系列	基本特点	用 途
插入式熔断器	RC1A	由装有熔丝的瓷盖、瓷底等组成,更换熔丝方便,分断能力小	380V 及以下线路末端,作为配电支线及电气设备的短路保护
螺旋式熔断器	RL1 RL2	由瓷帽、熔体、底座等组成,熔体内填石英砂,分断能力大	500V 以下、200A 以下电路中,作过载及短路保护
有填料封闭式熔断器	RT0	由装填有石英砂的瓷管及底座等组成,分断能力大	500V 以下、1kA 以下具有大短路电流电路中,作过载及短路保护
无填料密闭式熔断器	RM7 RM10	由无填料纤维密闭熔管和底座等组成,熔断能力较大	500V 以下、600A 以下电路中,短路保护及防止连续过载
快速式熔断器	RLS RS0	分断能力大,熔断速度快	硅半导体器件过载保护
管式熔断器	R1	由装有熔丝的玻璃管、底座等组成	二次电路过载及短路保护
高分断能力熔断器	RT16 (NT)	高分断能力	线路、设备的过载及短路保护
限流线	XLSG	高阻、低熔点导线,具有良好的限流性能	与自动开关配合使用

3. 型号含义



1.3.1 插入式熔断器技术数据(见表 1-16)

插入式熔断器又称瓷插式熔断器,指熔断体靠导电插件插入底座的熔断器。它具有结构简单、价格低廉、更换熔体方便等优点,被广泛用于照明电路和小容量电动机的短路保护。

常用的插入式熔断器主要是 RC1A 系列,RC1A 系列插入式熔断器适用于交流 50Hz、三相 380V 或单相 220V 线路末端,供低压配电系统作为电缆、导线及其他有关电气设备的短路保护用。

插入式熔断器由瓷盖、瓷座、动触头、静触头和熔丝等组成。其中,瓷盖和瓷座由电工陶瓷制成,电源线和负载线分别接在瓷座两端的静触头上,瓷座中间有一空腔,它与瓷盖的凸起部分构成灭弧室。插入式熔断器的接触形式为面接触,由于这种熔断器只有在瓷盖拔出后才能更换熔丝,而且对于额定电流为 60A 及以上的熔断器,在灭弧室中还垫有帮助灭弧的编织石棉,所以比较安全。

RC1A 系列插入式熔断器产品型号及主要技术数据见表 1-16。

表 1-16 RC1A 系列插入式熔断器技术数据

额定电压/V	额定电流/A	可装熔体额定电流/A	极限分断电流/A	$\cos\varphi \pm 0.05$
220	5	1、2、3、5	300	0.4
	10	2、4、6、8、10	500	
	15	6、10、12、15		
	30	15、20、25、30	1500	
380	60	30、40、50、60	3000	
	100	60、80、100		
	200	100、120、150、200		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.3.2 螺旋式熔断器技术数据（见表 1-17）

表 1-17 RL 系列螺旋式熔断器技术数据

型号	额定电压/V	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	短路分断能力/kA	试验电路参数		熔断体耗散功率/W
					$\cos\varphi$	T/ms	
RL1	AC380 DC440	15	2、4、6、10、15	25	0.25	15～20	—
		60	20、25、30、35、40、50、60				
		100	60、80、100	50			
		200	100、125、150、200				
RL1B	AC380	15	2、4、5、6、10、15	25	0.35	带断相保护	—
		60	20、25、30、35、40、50、60				
		100	60、80、100	50	0.25		

螺旋式熔断器是指带熔体的载熔件借螺纹旋入底座而固定于底座的熔断器，它实质上是一种有填料封闭式熔断器，具有断流能力大、体积小、熔丝熔断后能显示、更换熔丝方便、安全可靠等特点，广泛用于低压配电设备、机械设备的电气控制系统中的配电箱、控制箱及振动较大的场合，作为过载及短路保护元件。

RL1、RL1B、RL6、RL7、RL8 系列螺旋式熔断器适用于交流 50Hz（或 60Hz）、额定电压至 660V，直流 440V，额定电流至 200A 的电路中，作为输配电设备、电缆、导线过载和短路保护用。

螺旋式熔断器主要由瓷帽、熔管、瓷套、上接线端、下接线端和底座等组成。这种熔断器的熔管由电工陶瓷制成，熔管内装有熔体（丝或片）和石英砂填料，石英砂具有导热性好、绝缘性能强、热容量大、能大量吸收电弧能量等特点，所以它对灭弧非常有利，可以提高熔断器的分断能力。熔断器的熔管上盖中还有一熔断指示器（上有色点），当熔体熔断时指示器跳出，显示熔体熔断，通过瓷帽可观察到。底座装有上下两个接线触头，分别与底座螺纹壳、底座触头相连。当熔断器熔断后，只须旋开瓷帽，取下已熔断的熔管，换上新熔管即可。其缺点是它的熔体无法更换，只能更换整个熔管，成本相对较高。

1.3.3 无填料密闭管式熔断器技术数据（见表 1-18）

表 1-18 RM10 系列无填料密闭管式熔断器技术数据

型号	额定电压/V	额定电流/A		交流极限分断能力/kA
		熔断管	熔断体	
RM10-15	交流 380 220 （660）	15	6、10、15	1.2
RM10-60		60	15、20、25、30、35、40、45、50、60	3.5（660V 为 2.5）
RM10-100		100	60、80、100	10（660V 为 7）
RM10-200		200	100、125、160、200	10（660V 为 7）
RM10-350	直流 440 220	350	200、225、260、300、350	10
RM10-600		600	350、430、500、600	10
RM10-1000		1000	600、700、850、1000	12

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

无填料密闭管式熔断器是指熔体被密闭在不充填料的熔管内的熔断器。它是一种可拆卸的熔断器，其特点是当熔体熔断时，管内产生高气压，能加速灭弧。另外，熔体熔断后，使用人员可自行拆开，装上新熔体后可尽快恢复供电。还具有分断能力大、保护特性好和运行安全可靠等优点，常用于频繁发生过载和短路故障的场合。

常用的无填料密闭管式熔断器产品主要是RM10系列。RM10系列无填料密闭管式熔断器适用于交流50Hz、额定电压至660V，直流额定电压至440V，额定电流至1000A的电路中，作为工业配电设备的过载和短路保护用。

RM10系列无填料密闭管式熔断器主要由熔管、熔体和夹座等部分组成。其中，15A和60A熔断器的熔管由钢纸管、黄铜套和黄铜帽等组成；100A及以上的熔断器熔管由钢纸管、黄铜套、黄铜帽和触刀等组成。熔片由变截面锌片制成，中间有几处狭窄部分。当短路电流通过熔片时，首先在狭窄处熔断，熔管内壁在电弧的高温作用下，分解出大量气体，使管内压力迅速增大，很快将电弧熄灭。

1.3.4 有填料封闭管式熔断器技术数据（见表1-19）

表1-19 RT系列有填料封闭管式熔断器技术数据

型号	额定电压/V	熔断体额定电流/A	熔体额定电流/A	短路分断能力		备注
				kA	cosφ	
RT0	AC 380、660 DC 440	50 100 200 400 600	5、10、15、20、30、40、50 30、40、50、60、80、100 80、100、120、150、200 150、200、250、300、350、400 350、400、450、500、550、600	50	0.1～0.2	刀形触头
	AC 380 DC 440	1000	700、800、900、1000			
	AC 1140	200	30、60、80、100、120、160、200			
RT12	AC 415	20 32 63 100	2、4、6、10、16、20 20、25、32 32、40、50、63 63、80、100	80	0.1～0.2	螺栓连接式
RT14	AC 380	20 32 63	2、4、6、10、16、20 2、4、6、10、16、20、25、32 10、16、20、25、32、40、50、63	100	0.1～0.2	圆筒形帽式
RT15	AC 415	100 200 315 400	40、50、63、80、100 125、160、200 250、315 350、400	100	0.1～0.2	螺栓连接式
RT16（NT）	AC 500、660	160	4、6、10、16、20、25、35、40、50、63、100、125、160	50（660V） 120（500V）	0.1～0.2	刀形触头，引进产品
		250	80、100、125、160、200、224、250			
		400	125、160、200、224、250、300、315、355、400			
		630	315、355、400、425、500、630			
	AC 380	1000	800、1000	100	0.1～0.2	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有填料封闭管式熔断器是指熔体被封闭在充有颗粒、粉末等灭弧填料的熔管内的熔断器。它是一种为增强熔断器的灭弧能力，在其熔管中填充了石英砂等介质材料而得名。石英砂具有较好的导热性能、绝缘性能，而且其颗粒状的外形增大了同电弧的接触面积，便于吸收电弧的能量，使电弧快速冷却，从而可以加快灭弧过程。

有填料封闭管式熔断器具有分断能力强、保护特性好、带有醒目的熔断指示器、使用安全等优点，广泛用于具有高短路电流的电网或配电装置中，作为电缆、导线、电动机、变压器以及其他电器设备的短路保护和电缆、导线的过载保护。其缺点是熔体熔断后必须更换熔管，经济性较差。

常用有填料封闭管式熔断器主要是 RT 系列和 NT 系列等产品，另外螺旋式熔断器也可列为有填料封闭管式熔断器的一种。

有填料封闭管式熔断器主要由熔管和底座两部分组成。其中，熔管包括管体、熔体、指示器、触刀、盖板和石英砂，管体一般采用滑石陶瓷或高频陶瓷制成，它具有较高的机械强度和耐热性能，管内装有工作熔体和指示器熔体。熔体通常由薄纯铜片冲制成扁截面形状，中间部分用锡桥连接，装配时一般将熔片围成笼状，以增大熔体与石英砂的接触面积，从而提高了熔断器的分断能力，又能使管体受热均匀而不易断裂。熔断指示器是一个机械信号装置，指示器上装有与熔体并联的细康铜丝。在正常情况下，由于细康铜丝电阻很大，从其上面流过电流极小，只有当电路发生过载或短路，工作熔体熔断后，电流才全部转移到铜丝上，使它很快熔断。而指示器便在弹簧的作用下立即向外弹出，显露出醒目的红色信号，表示熔体已经熔断。从而可迅速发现故障，尽快检修，以恢复电路正常工作。

1.3.5 快速式熔断器技术数据（见表 1-20）

表 1-20 RS 系列有填料快速熔断器技术数据

型号	额定电压/V	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	短路分断能力/kA	cosφ	备注
RS0	250	50	30、50	50	≤0.25	
		100	50、80			
		200	150			
		350	350			
		500	480			
	500	50	30、50			
		100	50、80			
		200	150			
		350	320			
		500	480			
	750	350	320			
		700	700			
RS3	500	50	10、15、30、50	25	≤0.3	
		100	80、100			
		200	150、200			
		300	250、300			
	750	200	150			
		300	200			
	1000	450	450			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定电压/V	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	短路分断能力/kA	cosφ	备 注
RLS1	500	10 50 100	3、5、10 15、20、25、30、40、50 60、80、100	50	≤0.25	螺旋式
RLS2	500	30 63 100	16、20、25、30 35、(45)、50、63 (75)、85、(90)、100	50	0.1～0.2	螺旋式

随着电子技术的迅猛发展，半导体器件已开始被广泛应用于电气控制和电力拖动装置中。然而，由于各种半导体器件的过载能力很差，通常只能在极短的时间内承受过载电流，时间稍长就会将其烧坏。因此，一般熔断器已不能满足要求，应采用动作迅速的快速熔断器进行保护。

快速熔断器又称为半导体器件保护用熔断器，是指在规定的条件下，能快速切断故障电流，主要用于保护半导体器件过载及短路的有填料熔断器。应当注意的是，快速熔断器的熔体一般不能用普通熔体代替。这是由于普通熔体不具备快速熔断的特性，不能有效地保护半导体器件。

目前，常用的快速熔断器主要有 RS 系列有填料快速熔断器、RLS 系列螺旋式快速熔断器和 NGT 系列半导体器件保护用熔断器三大类。

常用的 RS 系列有填料快速熔断器主要有 RS0、RS3 和 RS4 等系列产品，其结构基本相同，都与 RT0 系列有填料封闭管式熔断器的结构相似，只是熔体的材料和形状有所不同。快速熔断器主要由瓷熔管、石英砂填料、熔体、熔断指示器和接线端子等组成。其中，熔管一般用高频陶瓷制成，具有机械强度高、耐热、耐弧性能好等优点。熔管内填充石英砂填料，起冷却电弧、使电弧迅速熄灭的作用。熔体一般由性能优于铜的纯银片制成，银片上开有 V 形深槽，使熔片的狭窄部分特别细，因此，过载时极易熔断。另外，熔体沿轴向还设有多个断口以适应熄弧的需要。还有，为缩小安装空间和保证接触良好，快速熔断器的接线端子一般做成表面镀银的汇流排式。熔断指示器通常为红色醒目的机械信号装置，以便于识别熔断器的动作情况。以上结构使熔断器达到快速熔断的要求。

1.3.6 自复式熔断器技术数据（见表 1-21）

表 1-21 RZ1 型自复式熔断器的主要技术数据

额定电压 U_N	额定电流 I_N	与自动开关组合后的分断能力	限流系数	直流电阻值	并联电阻值	断开过电压峰值
380V	100A	100kA	≤0.1	<0.5mΩ	90mΩ±20mΩ	$\leq 2.5U_N$

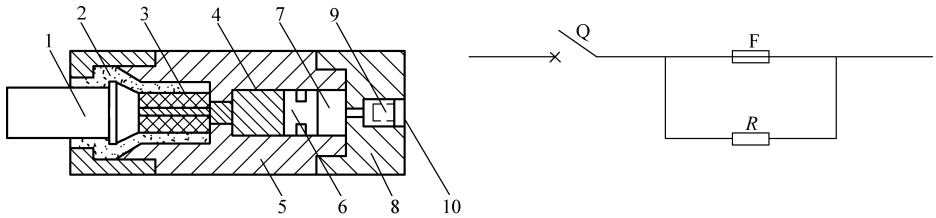
自复式熔断器与一般熔断器不同，它不能最终分断电路，故必须与自动开关组合使用。自复式熔断器的主要用途是：与自动开关配合使用，起短路保护与限流作用。

自复式熔断器的结构示意图如图 1-3a 所示。通过自复式熔断器的电流从进线端子进入，经熔体、不锈钢套管到出线端子流出，当电流为正常工作电流时，金属钠是导体，电阻很小。当短路电流通过自复式熔断器时，钠迅速气化成高温、高压和高电阻状态的气体，使电路电阻迅速增大、限制电流的增长，与自复式熔断器串联的断路器分闸，分断电路，此后钠在很短的时间内冷却，活塞在高压惰性气体——氩气的推动下，将钠又压到瓷心之中，重新恢复导通状态，供再次使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

自复式熔断器与断路器的组合接线如图 1-3b 所示。正常工作时，自复式熔断器的电阻很小，电阻 R 中仅流过很小的电流。在电路短路时，自复式熔断器的电阻迅速提高，电阻 R 中的电流增大，接着断路器 Q 动作，分断电流。



a) 结构　　b) 与自动开关组合接线

图 1-3　自复式熔断器及其与断路器的配合

1—进线端子　2—特殊玻璃　3—瓷心　4—熔体（金属钠）　5—不锈钢套管

6—活塞　7—氩气　8—出线端子　9—螺钉　10—软铅

Q—断路器　F—自复式熔断器　R—电阻

1.3.7　低压熔断器的选择、使用与维护

1. 选择

（1）熔断器选用的一般原则

1）应根据使用条件确定熔断器的类型。

2）选择熔断器的规格时，应首先选定熔体的规格，然后再根据熔体去选择熔断器的规格。

3）熔断器的保护特性应与被保护对象的过载特性有良好的配合。

4）在配电系统中，各级熔断器应相互匹配，一般上一级熔体的额定电流要比下一级熔体的额定电流大 2 ~ 3 倍。

5）对于保护电动机的熔断器，应注意电动机起动电流的影响。熔断器一般只作为电动机的短路保护，过载保护应采用热继电器。

6）熔断器的额定电流应不小于熔体的额定电流；额定分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

（2）一般用途熔断器的选择

1）熔断器类型的选择：熔断器主要根据负载的情况和电路短路电流的大小来选择类型。例如，对于容量较小的照明线路或电动机的保护，宜采用 RC1A 系列插入式熔断器或 RM10 系列无填料密闭管式熔断器；对于短路电流较大的电路或有易燃气体的场合，宜采用具有高分断能力的 RL 系列螺旋式熔断器或 RT（包括 NT）系列有填料封闭管式熔断器；对于保护硅整流器件及晶闸管的场合，应采用快速熔断器。

熔断器的形式也要考虑使用环境，例如管式熔断器常用于大型设备及容量较大的变电场合；插入式熔断器常用于无振动的场合；螺旋式熔断器多用于机床配电；电子设备一般采用熔丝座。

2）熔体额定电流的选择：

①对于照明电路和电热设备等电阻性负载，因为其负载电流比较稳定，可用作过载保护和短路保护，所以熔体的额定电流 I_{rn} 应等于或稍大于负载的额定电流 I_{fn}，即

$$I_{rn} = 1.1 I_{fn}$$

②电动机的起动电流很大，因此对电动机只宜作短路保护，对于保护长期工作的单台电动机，考虑到电动机起动时熔体不能熔断，即

$$I_{rn} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_{fn}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中，轻载起动或起动时间较短时，系数可取近1.5；带重载起动、起动时间较长或起动较频繁时，系数可取近2.5。

③对于保护多台电动机的熔断器，考虑到在出现尖峰电流时不熔断熔体，熔体的额定电流应等于或大于最大一台电动机的额定电流的1.5～2.5倍，加上同时使用的其余电动机的额定电流之和，即

$$I_{rn} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_{fnmax} + \sum I_{fn}$$

式中 I_{fnmax}——多台电动机中容量最大的一台电动机的额定电流；

$\sum I_{fn}$——其余各台电动机额定电流之和。

必须说明，由于电动机负载情况不同，其起动情况也各不相同，因此上述系数只作为确定熔体额定电流时的参考数据，精确数据需在实践中根据使用情况确定。

3）熔断器额定电压的选择：熔断器的额定电压应等于或大于所在电路的额定电压。

4）熔断器的选型实例：

例1-2 一台Y160M-4三相异步电动机，额定电压为380V、功率为11kW、额定电流为23A，试选择RC1A系列熔断器的型号。

解： 熔体的额定电流为

$$I_{rn} \geqslant (1.5 \sim 2.5) \times 23A = 34.5 \sim 57.5A$$

查表1-16可知，可选用RC1A-60系列瓷插式熔断器。

（3）快速熔断器的选择

快速熔断器的选择与其接入电路的方式有关，以三相硅整流和三相晶闸管电路为例，常见的接入电路方式有接入交流侧、接入整流桥臂和接入直流侧（即与硅整流器件串联）三种，如图1-4所示。

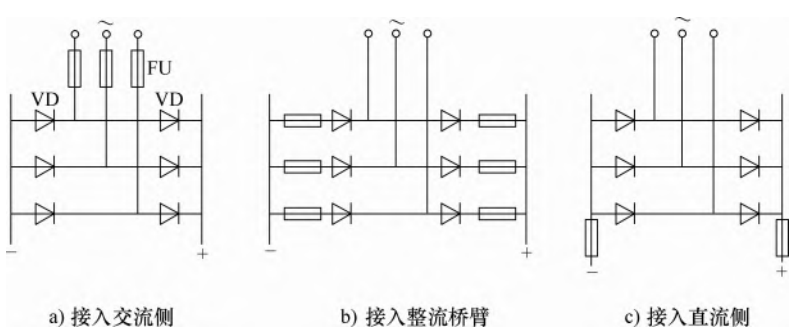


图1-4 快速熔断器接入整流电路的方式

1）熔体额定电流的选择：选择熔体的额定电流时应注意，快速熔断器熔体的额定电流是以有效值表示的，而硅整流器件和晶闸管的额定电流则是用平均值来表示的。

①当快速熔断器接入交流侧时，熔体的额定电流 I_{rn} 为

$$I_{rn} \geqslant k_1 I_{zmax}$$

式中，k_1 为与整流电路的形式及导电情况有关的系数，保护硅整流器件时，见表1-22；保护晶闸管时，见表1-23；I_{zmax} 为可能使用的最大整流电流。

表1-22 不可控整流电路时的 k_1 值

整流电路的形式	单相半波	单相全波	单相桥式	三相全波	三相桥式	双星形六相
k_1	1.57	0.785	1.11	0.575	0.816	0.29

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-23 可控整流电路及不同导通角时的 k_1 值

整流电路的形式 \ 晶闸管导通角	180°	150°	120°	90°	60°	30°
单相半波	1.57	1.66	1.83	2.2	2.78	3.99
单相桥式	1.11	1.17	1.33	1.57	1.97	2.82
三相桥式	0.816	0.828	0.865	1.02	1.29	1.88

②当快速熔断器接入整流桥臂时，熔体的额定电流 I_{rn} 为

$$I_{rn} \geqslant 1.5 I_{gn}$$

式中，I_{gn} 为硅整流器件或晶闸管的额定电流（平均值）。

2）快速熔断器额定电压的选择：快速熔断器分断电流的瞬间，最高电弧电压一般可达电源电压的 1.5 ~ 2 倍。因此，硅整流器件或晶闸管的反向峰值电压必须大于此电压才能安全工作，即

$$U_f = k_2 \sqrt{2} U_{rn}$$

式中，U_f 为硅整流器件或晶闸管的反向峰值电压；k_2 为安全系数，其值一般为 1.5 ~ 2；U_{rn} 为快速熔断器的额定电压。

最后需说明，采用快速熔断器保护虽然具有结构简单、价格低廉和维修方便等优点，但它也有局限性，主要是它一旦动作了，更换起来比较麻烦，故常用于负载波动不大、故障不多的场合。而对于负载波动较大且故障发生较多的场合，宜采用快速断路器代替快速熔断器工作。

2. 使用与维护

（1）熔断器的安装

1）安装前，应检查熔断器的额定电压是否大于或等于线路的额定电压，熔断器的额定分断能力是否大于线路中预期的短路电流，熔体的额定电流是否小于或等于熔断器支持件的额定电流。

2）熔断器一般应垂直安装，应保证熔体与触刀以及触刀与刀座的接触良好，并能防止电弧飞落到临近带电部分上。

3）安装时应注意不要让熔体受到机械损伤，以免因熔体截面变小而发生误动作。

4）安装时应注意使熔断器周围介质温度与被保护对象周围介质温度尽可能一致，以免保护特性产生误差。

5）安装必须可靠，以免有一相接触不良，出现相当于一相断路的情况，致使电动机因断相运行而烧毁。

6）安装带有熔断指示器的熔断器时，指示器的方向应装在便于观察的位置。

7）熔断器两端的连接线应连接可靠，螺钉应拧紧。

8）熔断器的安装位置应便于更换熔体。

9）安装螺旋式熔断器时，熔断器的下接线板的接线端应在上方，并与电源线连接。连接金属螺纹壳体的接线端应装在下方，并与用电设备相连，有油漆标志端向外，两熔断器间的距离应留有手拧的空间，不宜过近。这样更换熔体时螺纹壳体上就不会带电，以保证人身安全。

（2）熔断器的运行维护

1）熔体烧断后，应先查明原因，排除故障。分清熔断器是在过载电流下熔断，还是在分断

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

极限电流下熔断。一般在过载电流下熔断时响声不大，熔体仅在一两处熔断，且管壁没有大量熔体蒸发物附着和烧焦现象；而分断极限电流熔断时与上面情况相反。

2）更换熔体时，必须选用原规格的熔体，不得用其他规格熔体代替，也不能用多根熔体代替一根较大熔体，更不准用细铜丝或铁丝来替代，以免发生重大事故。

3）更换熔体（或熔管）时，一定要先切断电源，将开关断开，不要带电操作，以免触电，尤其不得在负载未断开时带电更换熔体，以免电弧烧伤。

4）熔断器的插入和拔出应使用绝缘手套等防护工具，不准用手直接操作或使用不适当的工具，以免发生危险。

5）更换无填料密闭管式熔断器熔片时，应先查明熔片规格，并清理管内壁污垢后再安装新熔片，且要拧紧两头端盖。

6）更换瓷插式熔断器熔丝时，熔丝应沿螺钉顺时针方向弯曲一圈，压在垫圈下拧紧，力度应适当。

7）更换熔体前，应先清除接触面上的污垢，再装上熔体。且不得使熔体发生机械损伤，以免因熔体截面变小而发生误动作。

8）运行中如有两相断相，更换熔断器时应同时更换三相。因为没有熔断的那相熔断器实际上已经受到损害，若不及时更换，很快也会断相。

1.4 断路器

1. 用途

断路器曾称自动开关，是指能接通、承载以及分断正常电路条件下的电流，也能在规定的非正常电路条件（例如短路）下接通、承载一定时间和分断电流的一种机械开关电器。断路器可以按规定条件，对配电电路、电动机或其他用电设备实行通断操作并起保护作用，即当电路内出现过载、短路或欠电压等情况时，断路器能自动分断电路。

通俗地讲，断路器是一种可以自动切断故障线路的保护开关，它既可用来接通和分断正常的负载电流、电动机的工作电流和过载电流，也可用来接通和分断短路电流，在正常情况下还可以用于不频繁地接通和断开电路以及控制电动机的起动和停止。

断路器具有动作值可调整、兼具过载和保护两种功能、安装方便、分断能力强，特别是在分断故障电流后一般不需要更换零部件，因此应用非常广泛。

2. 类型

断路器的种类繁多，可按使用类别、结构型式、操作方式、极数、安装方式、灭弧介质、用途等多种方式进行分类。

1）按使用类别，可分为非选择型（A 类）和选择型（B 类）两类。

2）按结构型式，可分为万能式（曾称框架式）和塑料外壳式（曾称装置式）。

3）按操作方式，可分为人力操作（手动）和无人力操作（电动、储能）。

4）按极数，可分为单极、两极、三极和四极式。

5）按安装方式，可分为固定式、插入式和抽屉式等。

6）按灭弧介质，可分为空气式和真空式，目前国产断路器空气式较多。

7）按采用的灭弧技术，可分为零点灭弧式和限流式两类。其中，零点灭弧式可使被触头拉开的电弧在交流电流自然过零时熄灭；限流式可把峰值预期短路电流限制到一个较小的截断电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）按用途，可分为配电用、电动机保护用、家用和类似场所用、剩余电流（漏电）保护用、特殊用途用等，详见表1-24。

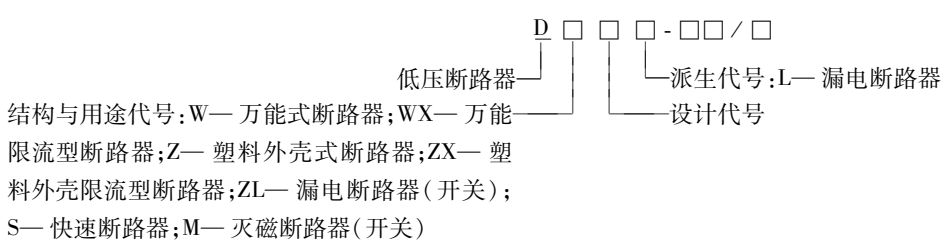
表1-24 低压断路器按用途分类

名 称	电流种类和范围①	保护特性			主要用途
配电型	AC 200～6300A	选择型	二段保护	瞬时、短延时	电源总开关和支路近电源端开关
			三段保护	瞬时、短延时、长延时	
		非选择型	限流型	长延时、瞬时	支路近端开关
			一般型		支路末端开关
	DC 600～6000A	快速型	有极性、无极性		保护硅整流设备
		一般型	长延时、瞬时		保护一般整流设备
电动机保护用	AC 60～600A	直接起动	一般型	过电流脱扣器瞬动倍数 $(8\sim15)I_n$②	保护笼型电动机
			限流型	过电流脱扣器瞬动倍数 $12I_n$	保护笼型电动机，还可装于变压器近端
		间接起动	过电流脱扣器瞬动倍数 $(3\sim8)I_n$		保护笼型和绕线转子电动机
家用和类似场所用	AC 6～125A	过载长延时，短路瞬时			除用于照明外，还可用于二次信号回路
漏电保护用	AC 20～200A	30mA、0.1s内分断			确保人身安全防止漏电引起火灾
特殊用途	AC或DC	瞬时动作			灭磁断路器

① 根据断路器容量和需要，可以超出此范围。

② I_n 为电动机额定电流。

3. 型号含义



1.4.1 万能式断路器技术数据（见表1-25和表1-26）

万能式断路器曾称为框架式断路器，这种断路器一般都有一个钢制的框架（小容量的也可用塑料底板加金属支架构成），所有零部件均安装在这个框架内，主要零部件都是裸露的，导电部分需先进行绝缘，再安装在底座上，而且部件大多可以拆卸，便于装配和调整。这种断路器容量较大，其额定电流一般为630～5000A，可装设多种脱扣器，辅助触头的数量很多，不同的脱扣器组合可以构成不同的保护特性。因此，这种断路器可设计成选择型或非选择型配电电器，也可进行具有反时限动作特性的电动机保护，另外它还可通过辅助触头实现远距离遥控和智能化控制。一般情况下，容量较小（600A以下）的万能式断路器多用于保护线路和电源设备的过载、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

欠电压和短路的保护；容量较大（1000A 以上）的万能式断路器多用于变压器出线总开关、大容量馈线开关及大型电动机控制。

表 1-25 常用万能式断路器技术数据

型号	额定电流/A	机械寿命/电寿命/次	过电流脱扣器范围/A	短路通断能力						备注
				交流			直流			
				电压/V	电流（有效值）/kA	cosφ	电压/V	电流/kA	时间常数/s	
DW15	200	20000/10000	100～200	380 660	20 10	0.3/0.8 0.3				热磁脱扣或半导体脱扣630A以下等级可带电磁铁操作和有抽屉式，1000A以上等级可带电动操作
	400	10000/5000	200～400	380 660 1140	25 15 10	0.4/0.5 0.3 0.3				
	630	10000/5000	300～630	380 660 1140	30 20 12	0.3 0.3 0.3				
	1000	5000/500	100～1000	380	40/30	0.3				
	1500	5000/500	1500		40/30	0.3				
	2500	5000/500	1500～2500		60/30	0.25				
	4000	4000/500	2500～4000		60/30	0.25				
DWX15	200		100～200	380	50	0.25				
	400		200～400		50	0.25				
	630		400～630		70	0.2				
ME630	630	20000/1000	200～400 350～630	500	50	0.25		40		即 DW17 型
ME800	800		200～400、 350～630、 500～800							
ME1000	1000		200～400、 350～630、 500～1000							
3WE13	630	20000/10000	200～630	500	40	0.25				
3WE23	800		200～800							
3WE33	1000		200～1000							
3WE43	1250	20000/5000	320～1250							
3WE53	1600		320～1600							
3WE63	2000	10000/3000	800～2000		50	0.20				
3WE73	2500		800～2500		60					
3WE83	3150		800～3150		80					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-26 ZW1 系列智能型万能式断路器的主要技术数据

壳架等级电流 I_{nm}/A	额定电流 I_n/A	额定极限短路分断能力 I_{cu}/kA		额定运行短路分断能力 I_{cs}/kA		额定短时耐受电流(1s) I_{cw}/kA		机械寿命/次(免维护)	电气寿命/次
		400V	690V	400V	690V	400V	690V		
2000	400、630、800、1000、1250、1600、2000	80	50	50	50	50	50	2500	500
3200	2000、2500、3200	100	65	65	50	65	65		
4000	3200、3600、4000	100	75	80	65	80	65	2000	
6300	4000、5000、6300	120	85	100	75	100	75	2000	

DW15 系列万能式断路器分为一般型和限流型两大类，适用于交流 50Hz、额定工作电压至 1140V、额定工作电流至 4000A 的陆上和煤矿井下配电网络中，用来分配电能、保护线路及电源设备的过载、欠电压和短路，也可用于保护电动机或在正常条件下作不频繁起动控制。

DW17 系列万能式断路器是从德国 AEG 公司引进技术生产的产品，国外型号为 ME。它适用于交流 50Hz、额定工作电压 380V/660V、额定电流 630～4000A 的配电网络中，用来分配电能、保护线路及电源设备（如发电机、整流装置等）免受过载、欠电压和短路等故障的危害，还能直接起动电动机，并具有选择性保护功能。

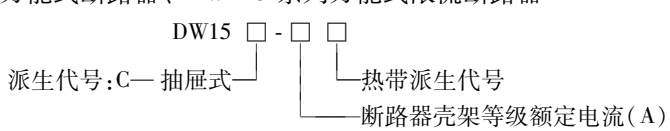
3WE 系列万能式断路器是从德国西门子公司引进技术生产的产品，主要用于交流 50Hz、额定工作电压至 1000V、额定工作电流至 4000A 的输配电网络中，作为电气设备的控制和保护开关，在正常条件下也可对线路进行不频繁转换。

ZW 系列智能型万能式断路器适用于额定频率 50Hz、额定工作电压 400V/690V、额定电流 400～6300A 的配电网络中，用于分配电能、保护线路，防止电气设备遭受过载、欠电压、短路、单相接地等故障的危害。该断路器具有多种智能保护功能，可做到选择性保护，可避免不必要的停电，提高电网运行的安全性、可靠性。

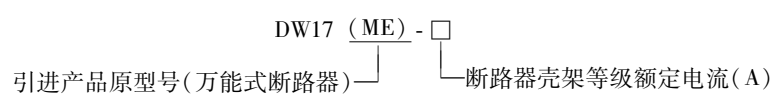
DW15 系列万能式断路器主要由速饱和电流互感器（或电流电压变换器）、瞬动过电流脱扣器、静触头、动触头、灭弧罩、电磁铁、操作机构、欠电压脱扣器、热继电器（或电子型脱扣器）、分断按钮、分励脱扣器、底板等构成。

型号含义：

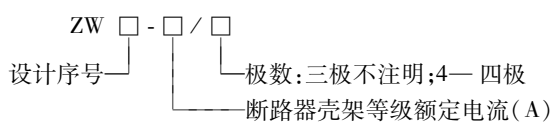
1）DW15 系列万能式断路器、DWX15 系列万能式限流断路器



2）DW17（ME）系列万能式断路器



3）ZW 系列智能型万能式断路器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.4.2 塑壳式断路器技术数据（见表1-27～表1-30）

表1-27 DZ20系列塑壳式断路器技术数据

型号	额定电流/A	机械寿命/电寿命/次	过电流脱扣器范围/A	短路通断能力						备注
				交流			直流			
				电压/V	电流（有效值）/kA	cosφ	电压/V	电流/kA	时间常数/s	
DZ20Y-100	100	8000/4000	16、20、32、40、50、63、80、100	380	18	0.3	220	10	0.01	统一设计更新换代产品 Y—一般型 J—较高型 G—最高型
DZ20J-100					35	0.25		15		
DZ20G-100					75	0.20		20		
DZ20Y-200	200	8000/2000	（100）、125、160、180、200、（225）		25	0.25		20		
DZ20J-200					35	0.25		20		
DZ20G-200					70	0.20		25		
DZ20Y-400	400	5000/1000	（200）、125、315、350、400	380	30	0.25	380	20		
DZ20J-400					42	0.25		25		
DZ20G-400					80	0.2		30		
DZ20Y-630	630	5000/1000	500、630、700、800		30	0.25		25		
DZ20J-630					65	0.20		30		
DZ20G-800	800	3000/500	500、630、700、800	380	75	0.20	380	35	0.01	
DZ20Y-1250	1250		（630）、（700）、800、1000、1250		50	0.20		10		

表1-28 H系列塑壳式断路器技术数据

型号	极数	额定电流/A	额定电压/V	脱扣器额定电流 I_n/A	分断能力/kA				
					AC380V时对称分量有效值				DC250V、P-1 $T=15$ms
					P-1	cosφ	P-2	cosφ	
HFB-150	2.3	150	AC380 DC250	15、20、25、30、35、40、50、70、90、100、125、150	22	0.25	10	0.5	20
HKB-250	2.3	250		70、90、100、125、150、175、200、225、250	28		18	0.3	20
HLA-600	2.3	600		250、300、350、400、500、600	35		30	0.25	20
HNB-1200	2.3	1200		700、800、900、1000、1100、1200	50		35	0.25	20
PB-3000	2.3	3000		1000、1200、1400、1600、1800、2000、2500、3000	97	0.2	65	0.2	75

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-29 3VE 系列塑壳式断路器技术数据

型号		3VE1	3VE3	3VE4
额定工作电压/V		660	660	660
额定工作电流/A		20	32	63
断开能力/(kA/cosφ)	380V	1.5/0.95	10/0.5	22/0.3
	660V	1/0.95	3/0.9	7.5/0.7
可控电动机功率 AC-3/kW	380V	10	16	32
	660V	13	26	58
保护及参数		短路保护：$12I_n \pm 20\%$ 瞬时动作 过载保护： 配电型：$1.05I_n \geqslant 1h$ 不动作 $1.3I_n < 1h$ 动作 电动机保护型：$1.05I_n \geqslant 2h$ 不动作 $1.2I_n < 2h$ 动作		
辅助触头				
额定发热电流/A		6		
额定接通能力/A		18		
AC	额定工作电压/V	220	380	500
	额定工作电流/A	1.8	1.5	1.2
	额定断开能力/A	18	15	12
DC	额定工作电压/V	24	60	110 / 220/400
	额定工作电流/A	2.3	0.7	0.55 / 0.3
	额定断开能力/A	2.5	0.8	0.6 / 0.35

表 1-30 C45 系列塑壳式断路器技术数据

型号	额定电压/V	额定电流 I_n/A	极数	额定断开能力/A	短路通断能力/A	瞬时动作电流倍数	电寿命/次	机械寿命/次
C45	220、240	5、10、15、20、25、32	2、3	6000	3000	(4~7)I_n	6000	20000
	380、415			5000				
C45N	220、240	1	2、3、4	20000	6000			
	380、415			10000				
	220、240	3、5		20000				
	380、415			8000				
	220、240	10、15、20、25、32、40		16000				
	380、415			8000				
	220、240	50		10000	4000			
	380、415			6000				
	220、240	60		10000				
	380、415			5000				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定电压/V	额定电流 I_n/A	极数	额定断开能力/A	短路通断能力/A	瞬时动作电流倍数	电寿命/次	机械寿命/次
C45AD	220、240 380、415	1、3、5、10、15、20、25、32、40	1	6000	4000	(10～14)I_n		

注：表中 N—导线保护型；AD—电动机保护型。

塑壳式断路器曾称为装置式断路器，这种断路器的所有零部件都安装在一个塑料外壳中，没有裸露的带电部分，使用比较安全。

塑壳式断路器多为非选择型，而且容量较小，一般在600A以下，新型的塑壳式断路器也可制成选择型，而且容量不断增大，有的容量已达3000A以上。小容量的断路（50A以下）一般采用非储能闭合、手动操作；大容量断路器的操作机构多采用储能式闭合，而且还可进行远距离遥控。塑壳式断路器可以装设多种附件以适应各种不同控制和保护的需要，具有较高的短路分断能力、动稳定性和比较完备的选择性保护功能。它与万能式断路器相比，具有结构紧凑、体积小、操作简便、安全可靠等特点，缺点是通断能力比万能式断路器低，保护和操作方式较少，而且有些可以维修，有些则不能维修。这种断路器广泛用于配电线路中，作为主电路和小容量发电机的保护和配电开关，也可用作小型配电变压器低压侧出线总开关以及各种大型建筑（如宾馆、大楼、机场、车站等）和住宅的照明电路控制和保护，还可用作各种生产设备的电源开关。

DZ系列塑壳式断路器主要在电力系统中作配电及保护电动机之用，也可作为线路的不频繁转换及电动机的不频繁起动用。DZ12系列主要装在照明配电箱中，用于交流50Hz、单相120/240V、三相240/415V额定电流至60A的照明线路中，作为线路的工作、短路保护及线路不频繁转换用。供宾馆、公寓、高层建筑、广场、航空站、火车站及工矿企业单位用作照明开关；DZX19系列主要用于交流50Hz、电压至220/380V（单极）或380V（双、三极）、电流至63A的各种有关建筑物的照明线路及类似场所的用电设备中，作线路过载及短路保护用。在正常使用条件下，亦可作不频繁的操作转换用；DZ20系列主要用于交流50Hz（或60Hz）、额定绝缘电压500V、额定工作电压380V及以下或直流220V及以下、额定电流电流至1250A。用来分配电能并对线路及电源设备进行过载、欠电压和短路保护。正常情况下，也可作为线路的不频繁转换用。

H系列塑壳式断路器是美国西屋公司技术生产的产品。H系列塑壳式断路器适用于交流50Hz或60Hz、额定工作电压单相380V、直流额定工作电压250V及以下的配电线路中，作为分断电能和保护线路及电源设备的过载、欠电压和短路保护，以及在正常情况下作为线路的不频繁转换用。

T系列塑壳式断路器是引进日本寺崎公司技术生产的产品，国内代号为DZ949。T系列断路器分为TO系列、TG系列、TL系列、TS系列等多种类型。其中，TO为标准型，TG为高断开能力型，应用最广泛。T系列塑料外壳式断路器的特点是断开能力高、耐冲击、抗振动，能耐受潮湿空气、盐雾、霉菌等的影响，体积小、飞弧距离短。适用于船舶及陆地，交流50Hz或60Hz、额定绝缘电压660V及以下、直流250V及以下的电路中作不频繁的闭合和断开之用。该系列断路器具有过载和短路保护装置，能闭合电缆和线路不受损坏。额定电流400A及以下的断路器还可作为电动机的不频繁起动和停止。

3VE系列塑壳式断路器是引进德国西门子公司技术生产的产品。3VE系列塑壳式断路器适用于交流50Hz或60Hz、额定电压660V及以下的电路中，作为电动机的过载、短路保护，并可在AC-3负载下，作为起动和停止电动机的全压起动器，也可在配电网络中作为线路的电源开关，

www.789pdf.com 789书库网

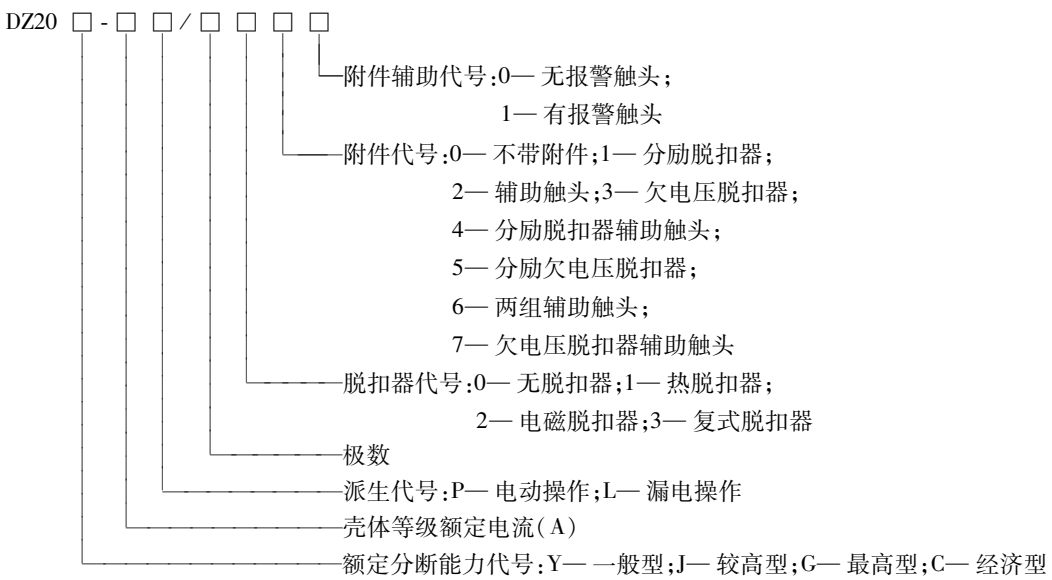
www.789pdf.com 789书库网

作线路或电气设备的过载和短路保护，加上附件后还可进行远距离控制和保护。

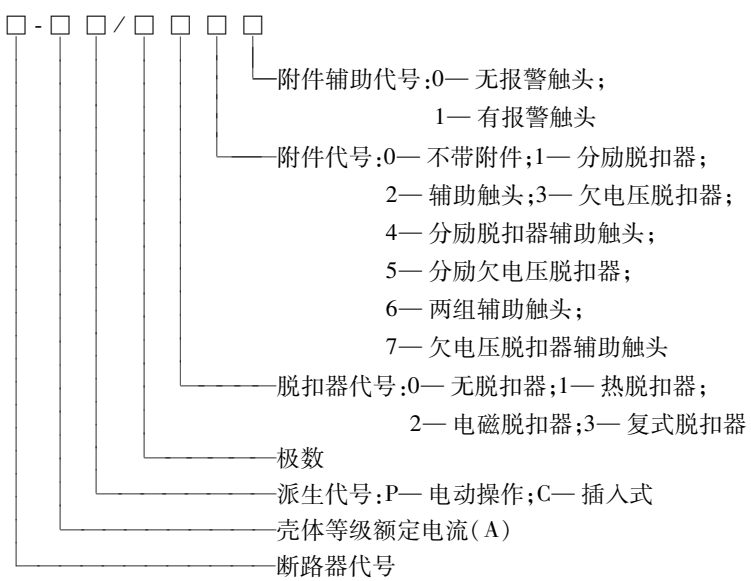
C45 系列塑壳式断路器是引进法国梅兰日兰公司技术生产的产品，国内代号为 DZ47。C45 系列塑壳式断路器是一种小型断路器，适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压单相 240V、三相 415V 及以下的电路中，作为照明配电系统或电动机动力配电系统和线路的过载与短路保护，也可在正常情况下不频繁地通断电器装置和照明线路。

型号含义：

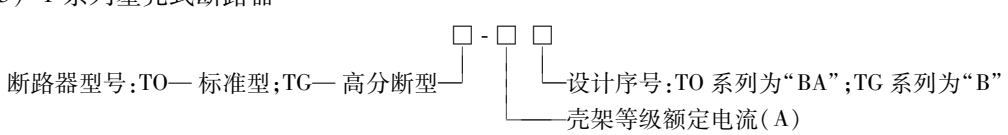
1）DZ20 系列塑壳式断路器



2）H 系列塑壳式断路器



3）T 系列塑壳式断路器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）DZ47（C45N、C45AD）系列微型塑壳断路器

DZ47 - □ / □

壳架等级额定电流(A)　极数

注：C45N（照明）；C45AD（电动机保护）。

1.4.3 漏电断路器技术数据（见表1-31～表1-33）

表1-31 DZ15L系列漏电断路器技术数据

型号	额定电压/V	壳架等级额定电流/A	极数	额定电流/A	额定漏电动作电流/mA	额定漏电不动作电流/mA	漏电脱扣全动作时间/s
DZ15L-40/390	380	40	3	6、10、15、20、30、40	30 50 75	15 25 40	<0.1
DZ15L-40/490			4		50 75 100	25 40 50	
DZ15L-63/390	380	63	3	10、15、20、30、40	30 50 75	15 25 40	<0.1
DZ15L-63/490			4	10、15、20、30、40、63	50 75 100	25 40 50	

表1-32 DZ47L系列漏电断路器技术数据

型号	壳架等级额定电流/A	额定电流/A	额定短路通断能力		过流瞬时脱扣器类型	额定电压/V	极数	加中性线
			I_{cu}/kA	cosφ				
DZ47L-32	32	6、10、16、20、25、32	6000	0.7	C	220	1	N
							2	
						380	3	
							3	N
							4	
DZ47L-32			4000	0.8	D	220	1	N
							2	
						380	3	
							3	N
							4	
DZ47L-63	63	40、50、63			C	220	1	N
							2	
						380	3	
							3	N
							4	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-33 DZL118-63 系列漏电断路器技术数据

型　　号	额定电压/V	壳架等级电流/A	极数	过电流脱扣器额定电流/A	额定漏电动作电流/mA	额定漏电不动作电流/mA	$I_{\Delta n}$时的总动作时间 t/s	过电压动作整定值/V	额定短路分断能力/kA
DZL118-63/□	220（240）	63	2P 或 1P + N	6、10、16、20、25、32、40、50、63	30	15	≤0.1	280	5
					75、100	40、50	0.3 ~ 0.5		
DZL118-63/F□				5、10、15、20、25、30、40、50、60	30	15	≤0.1		

漏电保护断路器（简称漏电断路器或漏电保护器）是在规定的条件下，当漏电电流达到或超过给定值时能自动断开电路的机械开关或组合电器。漏电断路器可分为电磁式和电子式两大类。

漏电断路器是用以防止触电、漏电引起人身伤亡事故、设备损坏以及火灾的一种安全保护电器。装设漏电断路器仅是防止发生人身触电伤亡事故的一种有效的后备安全措施，而最根本的措施是防患于未然。不能过分夸大漏电断路器的作用，而忽视了根本安全措施，对此应有正确的认识。

DZ15L 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下、额定电流 63A 及以下的电路作漏电保护用，并兼有线路和电动机的过载与短路保护功能。

DZ15LE 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下、额定电流至 100A 的电路中。当人身触电或电网漏电达到动作电流值时，能迅速分断故障电源，保护人身和用电设备的安全。同时可以保护线路和电动机的过载或短路，亦可作为线路的不频繁转换及电动机的不频繁起动之用。

DZ20L 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定工作电压 380V、额定电流至 630A 的配电网络中，用来对人身进行间接接触保护，也可用来防止因设备绝缘损坏，产生接地故障电流而引起的火灾危险，并可用来分配电能和保护线路及电源设备的过载和短路，还可作为线路的不频繁转换和电动机不频繁起动之用。

DZ47LE-50 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定工作电压 380V 及以下、额定电流至 50A 及以下的场所。主要用于办公楼、住宅和类似的建筑物的照明、配电线路及设备的漏电、过载、短路保护或线路不频繁的转换之用，也可以根据用户的需要增加过电压、欠电压保护功能。

DZ47LE-63 系列漏电断路器适用于交流 50Hz（或 60Hz）、额定工作电压 380V 及以下、额定电流至 63A 的电路中，作过载、短路、漏电保护之用。当电路泄漏电流超过规定值时，漏电断路器能在 0.1s 内自动切断电源，保障电气设备防止因发生泄漏电流造成的事故，也可作为人体触电的间接保护。该断路器可作为线路不频繁的转换之用，C 型用以照明线路保护，D 型用于电机、动力保护。

DZL18-20 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定工作电压 220V、额定电流 20A 及以下单相电路中，作为漏电触电保护之用（当加装脱扣器后，还可以作为线路过载保护之用），也可用来防止设备绝缘损坏，产生接地故障电流而引起的火灾危险。

DZL118-63 系列漏电断路器适用于交流 50Hz、额定工作电压 220V/240V、额定电流 63A 及以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

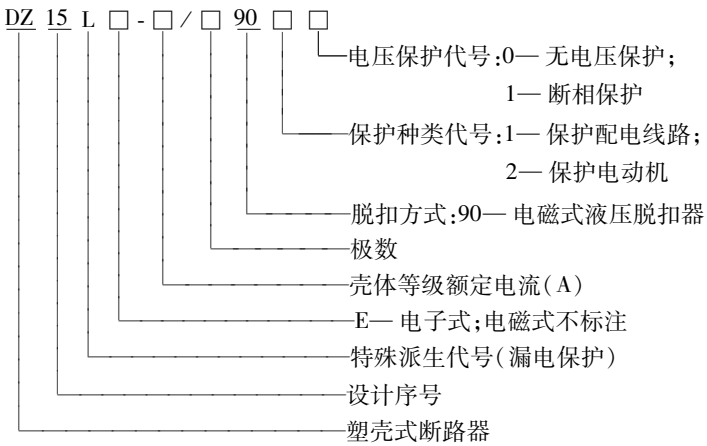
下单相电路中，主要用作对有致命危险的人身触电进行保护，并可作为配电线路的漏电、过载、短路保护以及供电系统负载控制用，也可在正常情况下作为线路的不频繁转换之用。

DZL119-32 系列漏电断路器适用于交流 50Hz，额定工作电压 230V，额定电流 32A 及以下单相电路中，主要用作对有致命危险的人身触电进行保护，并可作为配电线路的漏电、过载、短路、过电压保护。DZL119-32C 系列漏电断路器还具有电源隔离功能。

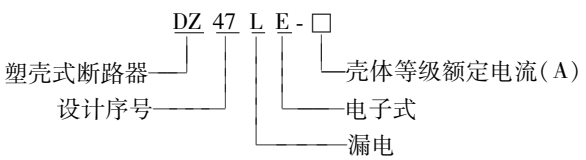
DZ47LE-63 系列漏电断路器主要由操作机构、电磁继电器、零序电流互感器、触头、试验按钮、底座和盖等构成。

型号含义：

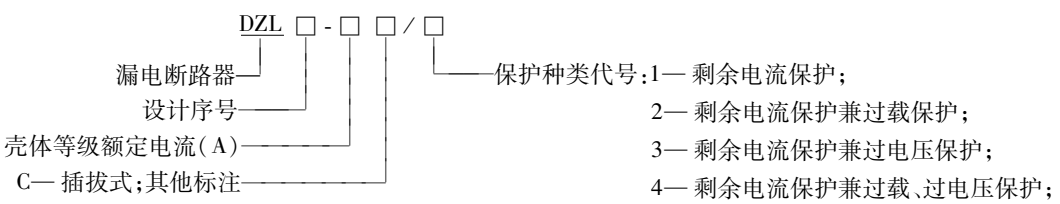
1）DZ15L 系列和 DZ15LE 系列漏电断路器



2）DZ47LE 系列漏电断路器



3）DZL 漏电断路器



1.4.4 断路器的选择、使用与维护

1. 选择

（1）断路器选用的一般原则

目前，断路器被广泛用于低压电网中作过载、短路保护。如果选用不当，可能会发生误动作或不动作，失去保护作用，甚至产生安全隐患。因此，应根据具体使用条件、与相邻电器的配合以及断路器的结构特点等因素，选择最合适的断路器类型。

1）类型的选择：应根据电路的额定电流、保护要求和断路器的结构特点来选择断路器的类型。例如，对于额定电流 600A 以下，短路电流不大的场合，一般选用塑壳式断路器；若额定电流比较大，则应选用万能式断路器；若短路电流相当大，则应选用限流式断路器；在有漏电保护

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

要求时，还应选用漏电保护式断路器。

需要说明的是，近年来，塑壳式断路器的额定电流等级在不断地提高，现已出现了不少大容量塑壳式断路器；而对于万能式断路器则由于新技术、新材料的应用，体积、重量也在不断减小。从目前情况来看，如果选用时注重选择性，应选用万能式断路器；而如果注重体积小、要求价格便宜，则应选用塑壳式断路器。

2）电气参数的确定：断路器的结构选定后，接着需选择断路器的电气参数。所谓电气参数的确定主要是指除断路器的额定电压、额定电流和通断能力外，一个重要的问题就是怎样选择断路器过电流脱扣器的整定电流和保护特性以及配合等，以便达到比较理想的协调动作。选用的一般原则（指选用任何断路器都必须遵守的原则）如下：

①断路器的额定工作电压≥线路额定电压。

②断路器的额定电流≥线路计算负载电流。

③断路器的额定短路通断能力≥线路中可能出现的最大短路电流（一般按有效值计算）。

④线路末端单相对地短路电流≥1.25 倍断路器瞬时（或短延时）脱扣器整定电流。

⑤断路器脱扣器的额定电流≥线路计算电流。

⑥断路器欠电压脱扣器额定电压 = 线路额定电压。

并非所有断路器都需要带欠电压脱扣器，是否需要应根据使用要求而定。在某些供电质量较差的系统，选用带欠电压保护的断路器，反而会因电压波动而经常造成不希望的断电。在这种场合，若必须带欠电压脱扣器，则应考虑有适当的延时。

⑦断路器分励脱扣器的额定电压 = 控制电源电压。

⑧电动传动机构的额定工作电压 = 控制电源电压。

⑨断路器的类型应符合安装条件、保护功能及操作方式的要求。

⑩一般情况下，保护变压器及配电线路可选用万能式断路器，保护电动机可选塑壳式断路器。

⑪校核断路器的接线方向，如果断路器技术文件或端子上表明只能上进线，则安装时不可采用下进线，母线开关一定要选用可下进线的断路器。

需要注意的是，选用时除一般选用原则外，还应考虑断路器的用途。配电用断路器和电动机保护用断路器以及照明、生活用导线保护断路器，应根据使用特点予以选用。

（2）配电用断路器的选用

配电用断路器是指在低压电网中专门用于分配电能的断路器，包括电源总开关和负载支路开关。在选用这类断路器时，除应遵循一般选用原则外，还应把限制系统故障范围和防止电路故障的扩大作为考虑的重点。因此，需要增加下列选用原则：

1）断路器的长延时动作电流整定值≤导线容许载流量。对于采用电线电缆配电时，可取电线电缆容许载流量的 80%。

2）3 倍长延时动作电流整定值的可返回时间≥线路中最大起动电流的电动机起动时间。

3）短延时动作电流整定值≥$1.1(I_{jx}+1.35kI_n)$

式中，I_{jx}为线路计算负载电流；k 为电动机的起动电流倍数；I_n 为电动机额定电流。

4）瞬时电流整定值≥$1.1(I_{jx}+1.35k_1kI_{nm})$

式中，k_1 为电动机起动电流的冲击系数，一般取 $k_1=1.7\sim2$；I_{nm}为最大的一台电动机的额定电流。

5）短延时的时间阶梯，按配电系统的分断而定。一般时间阶梯为 2 ~ 3 级。每级之间的短延时时差为 0.1 ~ 0.2s，视断路器延时机构的动作精度而定，其可返回时间应保证各级的选择性动作。短延时阶梯选定后，最好再对被保护对象的热稳定性加以校核。

（3）电动机保护用断路器的选用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

选择断路器保护电动机时，应注意到电动机的两个特点，一是它具有一定的过载能力，二是它的起动电流通常是额定电流的几倍到十几倍。因此，电动机保护用断路器分为两类：一类只作保护而不负担正常操作；另一类需兼作保护和不频繁操作之用。后一类情况需考虑操作条件和电寿命。电动机保护用断路器的选用原则：

1）长延时电流整定值=电动机额定电流。

2）瞬时整定电流：对于保护笼型电动机的断路器，瞬时整定电流为8~15倍电动机额定电流，其值的大小取决于被保护电动机的型号、容量和起动条件。对于保护绕线转子电动机的断路器，瞬时整定电流为电动机额定电流的3~6倍，其值的大小取决于绕线转子电动机的型号、容量和起动条件。

3）6倍长延时电流整定值的可返回时间≥电动机实际起动时间。按起动时负载的轻重，可选用可返回时间为1s、3s、5s、8s、15s中的某一档。

例1-3 一台Y132M-4型三相异步电动机，额定电压为380V、功率为7.5kW、额定电流为15A，拟用断路器作保护和不频繁操作，试选择断路器的型号。

解：因额定电流为15A，故断路器脱扣器的额定电流≥15A。

查表1-27可知，可选用DZ20-100型断路器，脱扣器的额定电流为20A。

（4）导线保护断路器的选用

照明、生活用导线保护断路器，是指在生活建筑中用来保护配电系统的断路器。由于被保护的线路容量一般都不大，故多采用塑壳式断路器。其选用原则如下：

1）长延时整定值≤线路计算负载电流。

2）瞬时动作整定值=6~20倍线路计算负载电流。

（5）漏电断路器的选用

1）必须选用符合国家技术标准的产品：漏电保护电器是一种关系到人身、设备安全的保护电器，因而国家对其质量的要求非常严格，用户在使用时必须选用符合国家技术标准，并具有国家认证标志的产品。

2）根据保护对象合理选用：漏电保护器的保护对象主要是为了防止人身直接接触或间接接触触电。

①直接接触触电保护：直接接触触电保护是防止人体直接触及电气设备的带电体而造成触电伤亡事故。直接接触触电电流就是触电保护电器的漏电动作电流，因此从安全角度考虑，应选用额定漏电动作电流为30mA以下的高灵敏度、快速动作型的漏电保护器。如对于手持电动工具、移动式电气设备、家用电器等，其额定漏电动作电流一般应不超过30mA；对于潮湿场所的电气设备，以及在发生触电后可能会产生二次性伤害的场所，如高空作业或河岸边使用的电气设备，其额定漏电动作电流一般为10mA；对于医院中的医疗电气设备，由于病人触电时，其心室纤颤阈值比健康人低，容易发生死亡，因此建议选用额定漏电动作电流为6mA的漏电保护器。

②间接接触触电保护：间接接触触电保护是为了防止电气设备在发生绝缘损坏时，在金属外壳等外露导电部件上出现持续带有危险电压而产生触电的危险。漏电保护器用于间接接触触电保护时，主要是采用自动切断电源的保护方式。如对于固定式的电气设备、室外架空线路等，一般应选用额定漏电动作电流为30mA及以上，快速动作型或延时动作型（对于分级保护中的上级保护）的漏电保护器。

3）根据使用环境要求合理选用：漏电保护器的防护等级应与使用环境条件相适应。

4）根据被保护电网不平衡泄漏电流的大小合理选用：由于低压电网对地阻抗的存在，即使在正常情况下，也会产生一定的对地泄漏电流，并且这个对地泄漏电流的大小还会随着环境气

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

候，如雨雪天气的变化影响而在一定范围内发生变化。

从保护的观点，漏电保护器的漏电动作电流选择得越小，无疑可以提高安全性。但是，任何供电电路和电气设备都存在正常的泄漏电流，当触电保护器的灵敏度选取过高时，将会导致漏电保护器的误动作增多，甚至不能投入运行。因此，在选择漏电保护器时，其额定漏电动作电流一般应大于被保护电网的对地不平衡泄漏电流的最大值的 4 倍。

5）根据漏电保护器的保护功能合理选用：漏电保护器按保护功能分，有漏电保护专用、漏电保护和过电流保护兼用以及漏电、过电流、短路保护兼用等多种类型产品。

①漏电保护专用的保护器适用于有过电流保护的一般住宅、小容量配电箱的主开关，以及需在原有的配电电路中增设漏电保护器的场合。

②漏电、过电流保护兼用的保护器适用于短路电流比较小的分支电路。

③漏电、过电流和短路保护兼用的保护器适用于低压电网的总保护或较大的分支保护。

6）根据负载种类合理选用

低压电网的负载有照明负载、电热负载、电动机负载（又称动力负载）、电焊机负载、电解负载、电子计算机负载等。

①对于照明、电热等负载可以选用一般的漏电保护专用或漏电、过电流、短路保护兼用的漏电保护器。

②漏电保护器有电动机保护用与配电保护用之分。对于电动机负载应选用漏电、电动机保护兼用的漏电保护器，保护特性应与电动机过载特性相匹配。

③电焊机负载与电动机不同，其工作电流是间歇脉冲式的，应选用电焊设备专用漏电保护器。

④对于电力电子设备负载，应选用能防止直流成分有害影响的漏电保护器。

⑤对于一旦发生漏电切断电源时，会造成事故或重大经济损失的电气装置或场所，如应急照明、消防设备、防盗报警的电源以及其他不允许停电的特殊设备和场所，应选用报警式漏电保护器。

7）根据电网特点选用：

①对于中性点接地电网，无论是直接接地电网，还是高阻抗或低阻抗接地电网，只要配电变压器中性点与“地”有人为联系，均可选用漏电电流动作式漏电保护器。

②中性点不接地电网有对地电容变化的供电电路（如矿井挖掘设备的供电电缆）和对地电容相对稳定的供电电路两种。对于前者，应选用可进行电容跟踪补偿的专用漏电保护器；对于后者，则应选用装有对地电容补偿电路的漏电电流动作式漏电保护器。

8）额定电压与额定电流的选用：漏电保护器的额定电压和额定电流应与被保护线路（或被保护电气设备）的额定电压和额定电流相吻合。

9）极数和线数的选用：漏电保护器的极数和线数型式应根据被保护电气设备的供电方式来选用。

单相 220V 电源供电的电气设备，应选用二极或单极二线式漏电保护器；三相三线 380V 电源供电的电气设备，应选用三极式漏电保护器；三相四线 380V 电源供电的电气设备，应选用三极四线或四极式漏电保护器。

2. 使用与维护

（1）低压断路器的安装

1）安装前应先检查断路器的规格是否符合使用要求。

2）安装前先用 500V 绝缘电阻表（习称兆欧表、摇表）检查断路器的绝缘电阻，在周围空气温度为（20 ±5）℃和相对湿度为 50% ~70% 时，绝缘电阻应不小于 10MΩ，否则应烘干。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）安装时，电源进线应接于上母线，用户的负载侧出线应接于下母线。

4）安装时，断路器底座应垂直于水平位置，并用螺钉固定紧，且断路器应安装平整，不应有附加机械应力。

5）外部母线与断路器连接时，应在接近断路器母线处加以固定，以免各种机械应力传递到断路器上。

6）安装时，应考虑断路器的飞弧距离，即在灭弧罩上部应留有飞弧空间，并保证外装灭弧室至相邻电器的导电部分和接地部分的安全距离。

7）在进行电气连接时，电路中应无电压。

8）断路器应可靠接地。

9）不应漏装断路器附带的隔弧板，装上后方可运行，以防止切断电路因产生电弧而引起相间短路。

10）安装完毕后，应使用手柄或其他传动装置检查断路器工作的准确性和可靠性。如检查脱扣器能否在规定的动作值范围内动作，电磁操作机构是否可靠闭合，可动部件有无卡阻现象等。

（2）低压断路器的维护

1）断路器在使用前应将电磁铁工作面上的防锈油脂抹净，以免影响电磁系统的正常动作。

2）操作机构在使用一段时间后（一般为1/4机械寿命），在传动部分应加注润滑油（小容量塑壳式断路器不需要）。

3）每隔一段时间（六个月左右或在定期检修时），应清除落在断路器上的灰尘，以保证断路器具有良好绝缘。

4）应定期检查触头系统，特别是在分断短路电流后，更必须检查，在检查时应注意：

①断路器必须处于断开位置，进线电源必须切断；

②用酒精抹净断路器上的划痕，清理触头毛刺；

③当触头厚度小于1mm时，应更换触头。

5）当断路器分断短路电流或长期使用后，均应清理灭弧罩两壁烟痕及金属颗粒。若采用的是陶瓷灭弧室，灭弧栅片烧损严重或灭弧罩碎裂，不允许再使用，必须立即更换，以免发生不应有的事故。

6）定期检查各种脱扣器的电流整定值和延时。特别是半导体脱扣器，更应定期用试验按钮检查其动作情况。

7）有双金属片式脱扣器的断路器，当使用场所的环境温度高于其整定温度，一般宜降容使用；若脱扣器的工作电流与整定电流不符，应当在专门的检验设备上重新调整后才能使用。

8）有双金属片式脱扣器的断路器，因过载而分断后，不能立即“再扣”，需冷却1～3min，待双金属片复位后，才能重新“再扣”。

9）定期检修应在不带电的情况下进行。

1.5 接触器

1. 用途

接触器是指仅有一个起始位置，能接通、承载和分断正常电路条件（包括过载运行条件）下的电流的一种非手动操作的机械开关电器。它可用于远距离频繁地接通和分断交直流主电路和大容量控制电路，具有动作快、控制容量大、使用安全方便、能频繁操作和远距离操作等优点，主要用于控制交直流电动机，也可用于控制小型发电机、电热装置、电焊机和电容器组等设备，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是电力拖动自动控制电路中使用最广泛的一种低压电器元件。

接触器能接通和断开负载电流，但不能切断短路电流，因此常与熔断器和热继电器等配合使用。

交流接触器的外形如图 1-5 所示。

2. 类型

接触器的种类繁多，有多种不同的分类方法。

1）按操作方式分，有电磁接触器、气动接触器和液压接触器。

2）按接触器主触头控制电流种类分，有交流接触器和直流接触器。

3）按灭弧介质分，有空气式接触器、油浸式接触器和真空接触器。

4）按有无触头分，有有触头式接触器和无触头式接触器。

5）按主触头的极数，还可分为单极、双极、三极、四极和五极等。

其中，目前应用最广泛的是空气电磁式交流接触器和空气电磁式直流接触器，习惯上简称为交流接触器和直流接触器。

图 1-5　交流接触器外形

常用交流接触器的型号有 CJ20、CJ40、3TB、3TF、B、1SC1、CDC10、CJX2 和 SC 系列等产品，常用直流接触器的型号有 CZ0、CZ18、CZ20、CZ28 等系列产品。

3. 结构

接触器的基本结构主要由电磁系统和触头系统两部分组成。电磁系统是感测驱动部分，它接受操作信号，并通过本身的动作将操作信号转换为执行信号；触头系统是执行部分，它在接受来自电磁系统的执行信号后，就通过本身的动作执行操作者的指令——闭合或断开主电路。由于接触器在工作过程中，经常要在额定电压下闭合和分断额定电流或更大电流，而这种过程往往是常伴随着电弧的产生和燃炽，故接触器一般都设有灭弧装置。从结构方面考虑，常将它同触头列在一起，共称为触头灭弧系统。除上述两个关键部分外，接触器中还有其他一些辅助的零部件，如传动机构、外壳及接线端子等。

1.5.1　交流接触器技术数据（见表 1-34 ~ 表 1-42）

1）CJ20 系列交流接触器主要用于交流 50/60Hz、额定电压至 660V、电流 10 ~ 630A 的电力系统中，现场或远距离频繁接通和分断电路，并可与相应的热继电器或电子式保护装置合成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

2）CJ29 系列交流接触器主要用于交流 50Hz、额定电压至 660V、电流至 2000A 的电力系统中，供远距离接通和分断线路和电动机频繁起动、制动和反接控制系统用，并适用于热继电器或电子式保护装置合成电磁起动器。

3）CJ40 系列交流接触器主要用于交流 50Hz、额定电压至 660V 的电路中，远距离接通和分断交流主电路及大容量控制电路之用。它主要用作控制交流感应电动机的起动、停止、反转、调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

速。并适用于热继电器或其他适当的保护装置组合，保护可能发生的过载或断相。

表 1-34 CJ40 系列交流接触器技术数据

型号	框架代号	额定绝缘电压 U_i/V	额定工作电压 U_N/V	约定发热电流 I_{th}/A	断续周期工作制下额定电流 I_N/A			AC-3 类控制的功率/kW	不间断工作制下的额定电流 I_N/A
					AC-1	AC-2 及 AC-3	AC-4		
CJ40-63	125	690	220	80	80	63	63	18.5	80
			380			63	63	30	
			660			63	63	55	
CJ40-80			220			80	80	22	
			380			80	80	37	
			660			63	63	55	
CJ40-100			220	125	125	100	100	30	125
			380			100	100	45	
			660			80	80	75	
CJ40-125			220			125	125	37	
			380			125	110	55	
			660			80	80	75	
CJ40-160	250	690	220	250	250	160	160	45	250
			380			160	160	75	
			660			125	125	110	
CJ40-200			220			200	200	55	
			380			200	200	90	
			660			125	125	110	
CJ40-250			220			250	250	75	
			380			250	250	132	
			660			125	125	110	
CJ40-315	500	690	220	500	500	315	315	90	500
			380			315	250	160	
			660			315	250	300	
CJ40-400			220			400	400	110	
			380			400	315	220	
			660			315	315	300	
CJ40-500			220			500	500	150	
			380			500	400	280	
			660			315	315	300	
CJ40-630	800	690	220	630	630	630	630	200	630
			380			630	500	335	
			660			500	500	475	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	框架代号	额定绝缘电压 U_i/V	额定工作电压 U_N/V	约定发热电流 I_{th}/A	断续周期工作制下额定电流 I_N/A			AC-3 类控制的功率/kW	不间断工作制下的额定电流 I_N/A
					AC-1	AC-2 及 AC-3	AC-4		
CJ40-800	800	690	220	800	800	800	800	250	800
			380			800	630	450	
			660			500	500	475	
CJ40-125/11	125	1140	1140	125	125	40	40	55	125
CJ40-250/11	250		1140	250	250	80	80	110	250
CJ40-500/11	500		1140	500	500	160	160	220	500
CJ40-800/11	800		1140	800	800	250	250	400	800

表 1-35　CJ45 系列交流接触器技术数据

型　　号	额定绝缘电压 U_i/V	约定发热电流 I_{th}/A	断续周期工作下的额定电流 I_N/A						AC-3 类控制功率/kW			操作频率/(次/h)			电寿命/万次		机械寿命/万次
			AC-2A 或 AC-3			AC-4											
			220/230V	380/400V	660/690V	220/230V	380/400V	660/690V	220/230V	380/400V	660/690V	AC-3	AC-4	无载操作	AC-3	AC-4	
CJ45-9	690	20	9	9	6.9	6.3	6.3	5	2.2	4	5.5	800	250	7000	100	5	1000
CJ45-12			12	12	9.1	9	9	6.7	3.0	5.5	7.5						
CJ45-16		30	16	16	12.5	12	12	8.9	4	7.5	11						
CJ45-25			25	25	12.5	16	16	8.9	6.1	11	11				60		
CJ45-32		45	32	32	22.1	25	25	17.8	8.5	15	18.5						
CJ45-40			40	40	22.1	32	32	17.8	11	18.5	18.5						

表 1-36　1SC1 系列交流接触器技术数据

型　　号	约定发热电流 I_{th}/A	AC-3 使用类别				机械寿命/$\times 10^6$ 次	电气寿命/$\times 10^6$ 次
		额定工作电流 I_N/A		可控制的三相笼型电动机最大功率 P_N/kW			
		380V	660V	380V	660V		
1SC1-9	20	9	—	4	5.5	10	0.8
1SC1-12	20	12	—	5.5	7.5		
1SC1-16	30	16	—	7.5	11		
1SC1-22	30	22	—	11	11		
1SC1-32	55	32	—	15	23		
1SC1-38	55	38	—	18.5	23		
1SC1-45	80	45	45	22	39		
1SC1-63	80	63	63	30	55		
1SC1-75	100	75	75	37	67		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	约定发热电流 I_{th}/A	AC-3 使用类别				机械寿命 /×10^6 次	电气寿命 /×10^6 次
		额定工作电流 I_N/A		可控制的三相笼型电动机最大功率 P_N/kW			
		380V	660V	380V	660V		
1SC1-85	100	85	75	45	67	6	0.8
1SC1-110	160	110	110	55	100		
1SC1-140	160	140	110	75	100		
1SC1-170	200	170	170	90	156		
1SC1-205	220	205	170	110	156		
1SC1-250	300	250	250	132	235		
1SC1-300	300	300	250	160	235		
1SC1-400	400	400	400	200	375		

注：吸引线圈电压：AC 为 24V、36V、48V、110V、220V、380V；DC 为 12V、24V、48V、110V、220V。

表 1-37　CDC3 系列交流接触器技术数据

型　　号	框架代号	额定绝缘电压 U_i/V	约定发热电流 I_{th} /A	AC-3 使用类别					
				额定工作电流 I_N/A			可控制电动机的最大功率/kW		
				220V	380V	660V	220V	380V	660V
CDC3-9	16	100	26	9	9	7	2.2	4	5.5
CDC3-12			28	12	12	9	3	5.5	7.5
CDC3-16			30	17	17	10	4	7.5	9
CDC3-26	26		45	26	26	17	6.5	11	15
CDC3-30	40		65	32	32	21	9	15	18.5
CDC3-40			65	37	37	25	11	18.5	22
CDC3-50	75		100	50	50	35	15	22	30
CDC3-63			125	65	65	43	18.5	30	37
CDC3-75			125	75	75	46	22	37	40
CDC3-95	110		145	96	96	65	25	45	55
CDC3-110			160	110	110	82	30	55	75

表 1-38　CJX2 系列交流接触器技术数据

型　　号			CJX2-09	CJX2-12	CJX2-18	CJX2-25	CJX2-32	CJX2-40	CJX2-50	CJX2-65	CJX2-80	CJX2-95
额定工作电流/A	380V	AC3	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
		AC4	3.5	5	7.7	8.5	12	18.5	24	28	37	44
	660V	AC3	6.5	8.9	12	18	21	34	39	42	49	55
		AC4	1.5	2	3.8	4.4	7.5	9	12	14	17.3	213
约定发热电流/A			20	20	32	40	50	60	80	80	125	125
可控三相笼型电动机功率/kW（AC-3）		220V	2.2	3	4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	25
		380V	4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45
		660V	5.5	7.5	7.5	15	18.5	30	33	37	45	55

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号		CJX2-09	CJX2-12	CJX2-18	CJX2-25	CJX2-32	CJX2-40	CJX2-50	CJX2-65	CJX2-80	CJX2-95
操作频率/(次/h)	AC3	1200				600					
	AC4	300									
电寿命/万次	AC3	100				80				60	
	AC4	20					15			10	
机械寿命/万次		1000				800				600	
配用熔断器型号		NT00-16	NT00-20	NT00-25	NT00-32	NT00-50	NT00-63	NT00-63	NT00-80	NT00-100	NT00-125

型　　号			CJX2-115	CJX2-150	CJX2-170	CJX2-205	CJX2-245	CJX2-300	CJX2-410	CJX2-475	CJX2-620
额定工作电流/A	380V	AC3	115	150	170	205	245	300	410	475	620
		AC4	52	60	75	85	105	210	138	147	180
	660V	AC3	86	107	110	130	170	325	305	355	460
		AC4	49	61	69	80	90	118	135	145	170
约定发热电流/A			250	250	250	275	315	400	500	700	1000
可控三相笼型电动机功率/kW（AC-3）	220V		30	40	55	63	75	100	110	147	200
	380V		55	75	90	110	132	160	220	265	335
	660V		80	100	110	129	160	220	280	335	450
操作频率/(次/h)	AC3		600						300		
	AC4		150								
电寿命/万次	AC3		60		50				30		20
	AC4		15						8		5
机械寿命/万次			600						500		
配用熔断器型号			NT16-160	NT16-250	NT16-250	NT16-315	NT16-315	NT16-400	NT16-500	NT16-630	NT16-630

表 1-39　SC 系列交流接触器技术数据

型　　号	约定发热电流 I_{th}/A	AC-3 负荷下额定电流 I_N/A				电动机最大容量/kW				电寿命/万次	机械寿命/万次	操作频率/(次/h)
		200～240V	380～440V	500～550V	600～660V	200～240V	380～440V	500～550V	600～660V			
SC-03	20	11	9	7	5	2.5	4	4	4	200	1000	1800
SC-0		13	12	9	7	3.5	5.5	5.5	5.5			
SC-05		13	12	9	7	3.5	5.5	5.5	5.5			
SC-4-0	25	18	16	13	9	4.5	7.5	7.5	7.5	150	1000	
SC-4-1	32	22	22	17	9	5.5	11	11	7.5	200	1000	
SC-5-1		22	22	17	9	5.5	11	11	7.5			
SC-1N	50	27	30	24	15	7.5	15	15	11			1200
SC-2N	60	39	37	29	19	11	18.5	18.5	15			
SC-2SN	80	52	48	38	26	15	22	25	22	100	500	
SC-3N	100	65	65	60	38	18.5	30	37	30			
SC-4N	135	80	80	60	44	22	40	37	37			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	约定发热电流 I_{th}/A	AC-3 负荷下额定电流 I_N/A				电动机最大容量/kW				电寿命/万次	机械寿命/万次	操作频率/(次/h)
		200～240V	380～440V	500～550V	600～660V	200～240V	380～440V	500～550V	600～660V			
SC-5N	150	105	105	85	64	30	55	55	55	100	500	1200
SC-6N		126	120	90	72	37	60	60	60			
SC-7N	200	152	150	120	103	45	75	75	90			
SC-8N	260	182	180	180	150	55	90	130	132			
SC-10N		220	220	200	150	65	110	132	132			
SC-11N	350	300	265	230	230	90	132	160	200			
SC-12N	420	408	408	360	360	120	220	250	300	50		
SC-14N	660	600	600	600	600	180	315	400	480			
SC-16N	800	800	800	720	630	220	440	500	500	25	250	

表 1-40 3TB 系列交流接触器技术数据

型号	额定绝缘电压 U_i/V	约定发热电流/A	额定工作电流 I_N/A				可控制电动机功率/kW AC-2 及 AC-3				在 AC-3 类		机械寿命/次	辅助触头		线圈吸持功率/W
			AC-1 不间断工作制①	AC-2 及 AC-3		AC-4②	220V	380～415V	500V	660V	操作频率/(次/h)	电寿命/次		U_i/V	I/A	
				380V	660V											
3TB40	660	32	—	9	7.2	—		4		5.5	1000	1.2×10^6	15×10^6	600	10	10
3TB41				12	9.5			5.5		7.5						
3TB42		35		16	13.5			7.5		11	750					
3TB43				22	13.5			11		11						
3TB44		55		32	18			15		15			10×10^6			
3TB46	750		80	45		24	15	22	30	37	500	10×10^6				16
3TB47	1000		90	63		34	18.5	30	37	37						20
3TB48			100	75		34	22	37	45	55						26
3TB50			160	110		52	37	55	75	90						32
3TB52			200	170		72	55	90	110	132						40
3TB54			300	250		103	75	132	160	200						48
3TB56			400	400		120	115	200	255	355						84
3TB58			630	630		150	190	325	430	560						470

① 在35°C时。

② AC-4（100%点动）在380～415V下触头寿命为20万次时的额定电流。

www.789pdf.com 789书库网

表 1-41　3TF 系列交流接触器技术数据

型　号	额定绝缘电压 U_i/V	额定电流/A			控制电动机功率/kW										AC-3 时操作频率/(次/h)	AC-3 时电寿命/万次	机械寿命/万次	线圈吸持功率/W
		AC-1 660V 时	AC-2 及 AC-3 380V 时	AC-4 380V 时	AC-1			AC-2 及 AC-3				AC-4 负荷触头寿命为 20 万次时						
					220V	380V	660V	220V	380V	660V	1000V	220V	380V	660V				
3TF20	660		9					2.4	4	4	—					130	1000	
3TF22			9					2.4	4	4	—							
3TF40		20	9	3.3	7.5	13	22	2.4	4	5.5	—	0.8	1.4	2.4	1000			10
3TF41		20	12	4.3	7.5	13	22	3	5.5	7.5	—	1.1	1.9	3.3				12
3TF42		30	16	7.7	11.4	19.7	34	4	7.5	11	—	2	3.5	6	750			10
3TF43		30	22	8.5	11.4	19.7	34	5.5	11	11	—	2.2	4	6.6				12
3TF44		55	32	15.6	20.9	36	62.7	8.5	15	23	—	4.3	7.5	13				12.1
3TF45		55	38	18.5	20.9	36	62.7	11	18.5	23	—	5.2	9	15.5	600			16.1
3TF46		80	45	24	30	52	91	15	22	39	—	6.9	12	20.8	1200			17
3TF47		90	63	28	30	52	91	18.5	30	55	—	8.1	14	24.3	100			21
3TF48		100	75	34	38	66	114	22	37	67	39	9.8	17	29.5				32
3TF49		100	85	42	38	66	114	26	45	67	39	12	21	36	850			39
3TF50		160	110	54	61	105	183	37	55	100	55	15.6	27	46.9	1000			39
3TF51		160	140	68	61	105	183	43	75	100	55	20	35	60	750			48
3TF52		210	170	75	76	132	228	55	90	156	90	22	38	66	700			58
3TF53		220	205	96	80	138	240	64	110	156	90	28	50	86	500			70
3TF54		300	250	110	114	195	340	78	132	235	132	34	58	100	700		600	84
3TF55		300	300	125	114	195	340	93	160	235	132	38	66	114	500			105
3TF56		400	400	150	152	262	457	125	215	375	250	47	81	140	500			146
3TF57		550	475	150	219	381	657	145	250	375	250	47	81	140	420			
3TF68		630	630					191	330	573	600					100		

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-42 B 系列交流接触器技术数据

型号	最高工作电压/V	约定发热电流 I_{th}/A	额定电流 I_N/A		380V 控制功率/kW	AC-3 电寿命/(×10⁶ 次)		机械寿命/(×10⁶ 次)	AC-3 操作频率/(次/h)	线圈吸持功率/W	重量/kg
			380V	660V		380V	660V				
B9	660	16	8.5	3.5	4	1		10	600	2.2	0.31
B12		20	11.5	4.9	5.5					2.2	0.31
B16		25	15.5	6.7	7.5					2.2	0.31
B25		40	22	13	11					3	0.46
B30		45	30	17.5	15					3	0.56
B37		45	37	21	18.5					5	1.06
B45		60	44	25	22					5	1.08
B65		80	65	45	33					8	2.1
B85		100	85	55	45					8	2.1
B105		140	105	82	55					9	2.3
B170		230	170	118	90					15	3.2
B250		300	245	170	132			6	400	16	6.5
B370		400	370	268	200					27	10.6

4）1SC1 系列交流接触器主要用于交流 50Hz、额定工作电压 380V/660V，在 AC-3 使用类别下额定工作电流至 400A 的电路中，远距离接通和分断之用，并适用于频繁地起动及控制电动机。亦可与热继电器组成电磁起动器，以保护可能发生的过载的电路和断相故障。

5）CDC1 系列交流接触器主要用于交流 50Hz、额定工作电压 660V，在 AC-3、AC-4 使用类别下，380V 时的额定工作电流至 370A、660V 时的额定工作电流至 268A 的电力系统中，供远距离接通和分断电路或频繁地起动和控制交流电动机之用，亦可与相应的热继电器或电子式保护装置组合成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

6）CDC3 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压至 660V，在 AC-3、AC-4 使用类别下，380V 时的额定工作电流至 110A、660V 时的额定工作电流至 82A 的电力系统中，供现场或远距离接通和分断电路及频繁地起动和控制交流电动机之用，亦可与相应的热继电器或电子式保护装置组合成电磁起动器。

7）CDC10 系列交流接触器主要用于交流 50Hz、额定工作电压 660V，在 AC-3、AC-4 使用类别下，380V 时的额定工作电流至 150A、660V 时的额定工作电流至 100A 的电力系统中，接通和分断电路或控制交流电动机的运转，它可与相应的热继电器或电子式保护装置组合成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

8）CJX1 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定绝缘电压 660～1000V，在 AC-3 使用类别下，额定电压为 380V 时额定工作电流为 9～475A 的电路中，主要可供现场或远距离接通和分断电路用，也可适用于控制交流电动机的起动、停止及反转，并可与相应的热继电器组成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

9）CJX1-F 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定绝缘电压 660V，在 AC-3 使用类别下，额定电压为 380V 时额定工作电流至 630A 的电路中，供远距离接通和分断电路，频繁地起动和控制交流电动机。并可与适当的热继电器或电子式保护装置组成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

10）SC 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 1000V、额定工作电流至 800A 的电力系统中接通和分断电路，并可与适当的热继电器或电子式保护装置组成电动机起动

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

器，以保护运行中可能发生过载的设备。

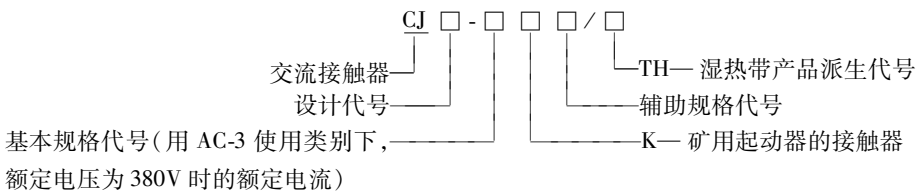
11）3TB 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 660V、额定电流至 630A 的电力系统中，供远距离频繁起动和控制电动机之用，也可用于闭合和断开电容负载、照明负载、电阻负载及部分直流负载。

12）3TF 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 1000V，在 AC-3 使用类别下，额定工作电压为 380V 时、额定工作电流至 400A 的电路中，供远距离接通和分断电路，并可与适当的热继电器组成电磁起动器，以保护可能发生过载的电路。

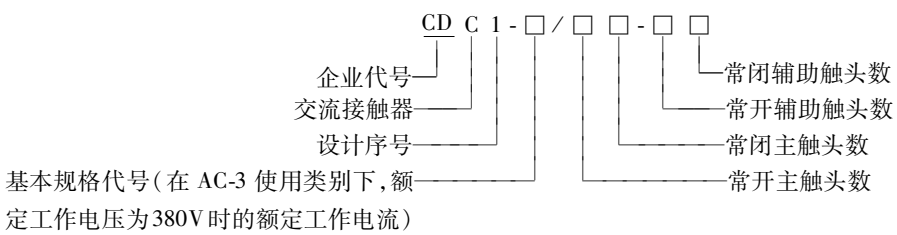
13）B 系列交流接触器主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 660V、额定电流至 475A 的电力系统中，供远距离闭合和断开电力线路或频繁地起动和控制电动机之用。它具有失电压保护作用，常与 T 系列热继电器组成电磁起动器，此时具有过载和断相保护作用。

型号含义：

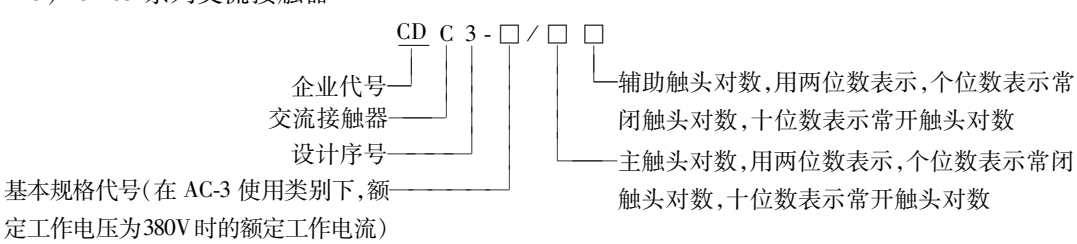
1）CJ 系列交流接触器



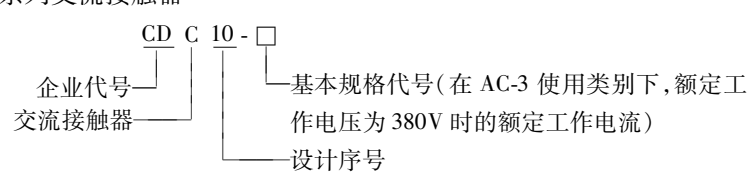
2）CDC1 系列交流接触器



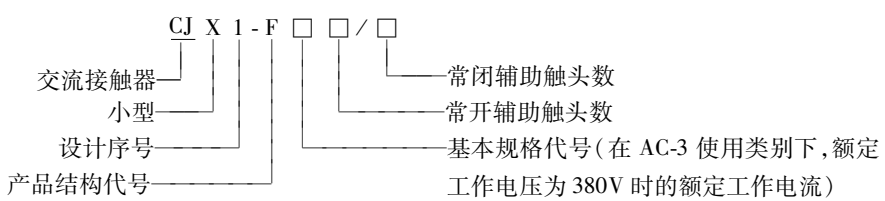
3）CDC3 系列交流接触器



4）CDC10 系列交流接触器



5）CJX1-F 系列交流接触器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.5.2 直流接触器技术数据（见表1-43～表1-46）

表1-43 CZ18系列直流接触器技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	常开主触头数	辅助触头数		操作频率/(次/h)	机械寿命/10^4次	电寿命/10^4次
				常开	常闭			
CZ18-40/10	440	40	1	2	2	1200	500	50
CZ18-40/20			2					
CZ18-80/10		80	1					
CZ18-80/20			2					
CZ18-160/10		160	1			600		
CZ18-160B/10			1					
CZ18-315/10		315	1				300	30
CZ18-315B/10			1					
CZ18-630/10		630	1					
CZ18-630B/10			1					

表1-44 CZ28系列直流接触器技术数据

型 号	额定工作电压/V	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	额定工作电流(DC-1、DC-3、DC-5)/A	吸引线圈功率/W
CZ28-25/10	440	440	25(2.5、5、10、20)		18
CZ28-25/20					28
CZ28-40/10			40	40	22
CZ28-40/20					32
CZ28-63/10	750	1000	63	63	22
CZ28-63/20					32
CZ28-100/10			100	100	22
CZ28-100/20					32
CZ28-160/10			160	160	39
CZ28-160/20					53
CZ28-250/10			250	250	39
CZ28-250/20					53
CZ28-315/10			315	315	39
CZ28-315/20					53
CZ28-400/10			400	400	97
CZ28-400/20					
CZ28-630/10			630	630	97
CZ28-630/20					
CZ28-1000/10		750	1000	1000	71
CZ28-1600/10			1600	1600	164

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-45 CZT 系列直流接触器技术数据

型 号	额定绝缘电压 U_i/V	额定工作电压 U_N/V	额定控制电压（线圈电压）U_s/V	额定工作电流 I_N/A	约定发热电流 I_{th}/A
CZT-10	440	110、220、440	24、48、110、220	20、17、12	100
CZT-20	440			40、35、25	100
CZT-40 CZT-60	440			85、85、60、 125、120、80	100
CZT-100	440			320、290、200	360

表 1-46 西门子公司 3TC 系列直流接触器技术数据

规格	型号	440V 时的额定工作电流/A	DC-2 至 DC-4 使用类别控制直流电动机的功率/kW				
			110V	220V	440V	600V	750V
2	3TC22	30	2.5	5	9	9	4
	3TC44	32	2.5	5	9	9	4
4	3TC24	40	3.5	7.5	15	20	25
	3TC48	75	6.5	13	27	38	45
6	3TC26	75	6.5	13.5	27	38	45
8	3TC28	155	14	28	56	78	93
	3TC52	200	20	41	82	110	110
10	3TC30	220	20	41	82	110	138
12	3TC78	400	35	70	140	200	250
	3TC56	400	35	70	140	200	250
	3TC78	400	35	70	140	200	250

直流接触器与交流接触器在结构与工作原理上基本相同，也是由触头系统、电磁机构和灭弧装置等部分组成。但也有不同之处，其铁心通过恒定的磁通，不会产生涡流和磁滞损耗，所以不发热。为方便加工，铁心由整块软钢制成。为了使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形，易于散热。直流接触器灭弧困难，一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

直流接触器主要用于额定电压为 1200V 及以下的直流主回路及大容量的控制电路，其主要控制对象是直流电动机的起动、停止、反转和反接制动以及直流电磁铁等。

CZ0 系列直流接触器主要用于额定电压 440V、额定电流至 600A 的直流电力线路，控制直流电动机的起动、停止、反转和反接制动，如用于用于冶金、机床等电器控制设备中。

CZ3 系列直流接触器适用于直流 220V 及以下转换控制电路（如电器的电压线圈、伺服电动机等）、纯电阻负载电路（如照明、电阻、电炉等）、信号电路及励磁电路。

CZ16 系列直流接触器主要供远距离接通与分断额定电压至 600V、额定电流 1000A/1500A 的直流电力线路用。

CZ17 系列直流接触器用于直流电压 24～48V、额定电流 150A 的直流电路中，作蓄电池搬运车及铲车等直流电动机起动、停止、调速和反转之用。

GZT 系列直流接触器适用于额定电压至 440V 的直流控制电路中，作为接通和分断电路负载

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

之用。该系列直流接触器能够满足电力机车、内燃机车和电动机车中电器控制系统的特殊要求，可广泛用于直流电机、直流电磁铁及蓄电池回路、电容器回路的控制系统中。

CZT 系列直流接触器由电磁系统、触头系统及灭弧系统组成，CZT-10、20、40 型接触器采用装甲螺管式结构，其吸力特性较平坦，其起始力矩大，漏磁可充分利用。为克服直动式螺管电磁铁机械寿命低的缺点，在套管内衬套了聚四氟乙烯套。由于聚四氟乙烯材料的高耐磨性和特有的自润性，加之将动铁心（衔铁）用无心磨精加工，使其摩擦力降至最小，从而大大提高了接触器的寿命。CZT-100 型电磁铁采用 U 形铁心结构，线圈电源回路与电子模块相连，采用高压吸合低电压保持方式，能收到节能效果。

主触头采用桥式双断点形式，增加了断点，减小了开距。辅助触头采用斜滑道自摩擦结构，在触头闭合过程中，动触头和静触头接触后，产生相对滑动摩擦，使衬套接触的灵敏度和可靠性都得到大幅度提高，可以用于 24V、10mA 的电路中。

灭弧系统采用永久磁铁磁吹灭弧方式。由于采用了合适的磁性材料，磁钢表面的磁场强度可保持恒定，从而具有较高的灭弧性能，并且没有临界分断困难现象。

直流接触器有许多分类的方法，常用的分类方法如下：

1）按用途分类

①一般工业用：控制直流电动机的起动、停止、反转和反接制动。用于冶金、机床等电器控制设备中。

②牵引用：用于蓄电池搬运车及铲车等直流电动机起动、停止、调速和反转。

③高电感电路用：用于高电感负载的直流电力线路中，供远距离接通与分断起重电磁铁、电磁操作机构的控制电路。

2）按操作线圈的控制电源分类

①交流线圈：用于晶闸管整流电路中；

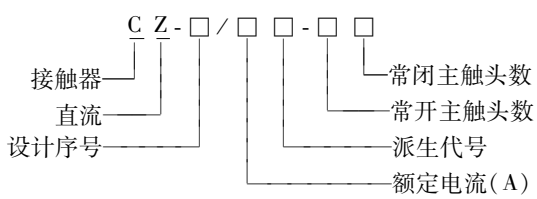
②直流线圈：用于直流控制电路中。

3）按有无灭弧室分类

①有灭弧室：用于电压较高的电路中；

②无灭弧室：用于电压较低的电路中。

型号含义：



1.5.3 真空接触器技术数据（见表 1-47 ~ 表 1-49）

表 1-47 CKG3 系列真空接触器技术数据

型号	额定电压			额定电流 I_N/A	主触头参数			极限分断能力/kA	机械寿命/万次	电寿命/万次
	主电路 U_N/kV	控制电路 U_N/V	辅助回路 U_N/V		终压力 F/N	开距 L_a/mm	超程 L_b/mm			
CKG3-160/6 CKG3-250/6	6	AC220 DC220	AC220、380 DC220	160 250	>85	3 ±0.3	2 ±0.2	4000 ($\cos\varphi$ = 0.6 ±0.05)	100	30

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-48 CKJ7、CKJ8 系列真空接触器技术数据

型号	额定电压 U_N/V	额定电流 I_N/A	额定通断能力/A		极限分断能力/A	额定操作频率/(次/h)	机械寿命/万次	电寿命/万次	
			接通	分断				AC-3	AC-4
CKJ7-125 CKJ7-160 CKJ7-250	660	125 160 250	$10I_N$ (100 次)	$8I_N$ (25 次)	2500(3 次) 4500(3 次) 4500(3 次)	600	300	60	6
CKJ8-125 CKJ8-315 CKJ8-400	1140	125 315 400	$10I_N$ (100 次)	$8I_N$ (25 次)	3000(3 次) 5000(3 次) 6000(3 次)	600	300	60	6 2.5 2

表 1-49 3RT12 系列真空接触器技术数据

壳架			S10			S12	
型号			3RT12 64	3RT12 65	3RT12 66	3RT12 75	3RT12 76
机械寿命/万次			1000				
额定绝缘电压 U_i/V(污染等级 3)			1000				
额定脉冲耐受电压 U_{imp}/kV			8				
允许的环境温度/°C		工作	-25 ~ +60/+55(用 AS)				
		贮存	-55 ~ +80				
负载能力	AC-1 类别 至 40°C	1000V/A	330			610	
	至 60°C	1000V/A	300			550	
	$\cos\varphi = 0.95$	230V/kW	113			206	
	在 60°C	400V/kW	197			362	
		500V/kW	246			452	
		690V/kW	340			624	
		1000V/kW	492			905	
	AC-2 及 AC-3	至 1000V/A	225	265	300	400	500
	类别	230V/kW	73	85	97	132	164
		400V/kW	128	151	171	231	291
		500V/kW	160	189	215	291	363
		690V/kW	223	265	268	400	527
		1000V/kW	320	328	428	578	728

真空接触器是一种将通断主电路的触头密封在真空开关管之中的接触器。相对常规的空气接触器而言，真空接触器拥有使用寿命长的优点。它们既不在空气中产生电弧，又不会在通断时产生开关气体，这意味着主触头磨损率非常小。在某些需要频繁通断、重载起动或电压到达 1000V 的应用场合，真空接触器在技术、经济上的优势极为明显。它能提高设备的性能和有效性，增强人员和设备的安全性。

常用的真空接触器有 CKG 系列、CKJ 系列和 3RT12 系列等。

3RT12 系列真空接触器利用电弧在真空中容易熄灭的特性制成。因此它有电寿命长、燃弧时

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

间短、介质强度恢复快、触头磨损小、电弧不外露、维修间隔时间长等优点。可以大幅度地提高电气设备的利用率和寿命。但是由于直流电弧没有电流过零的瞬间，因此直流电弧不易在真空中熄灭，所以一般的真空接触器不能用于通断直流。

由于其在电流过零后，介质强度恢复很快，电弧会很快地熄灭，容易产生重燃和振荡过电压。虽然在设计产品时采取了有效的措施，防止产生过高的电压，为了安全起见，建议在接触器的输出端装上 RC 压敏电阻抑制器。

3RT12 系列真空接触器规格从 S10 到 S12，覆盖了 110～250kW/400V 的功率范围。

1.5.4 接触器的选择、使用与维护

1. 选择

（1）接触器的选择

由于接触器的安装场所与控制的负载不同，其操作条件与工作的繁重程度也不同。因此，必须对控制负载的工作情况以及接触器本身的性能有一个较全面的了解，力求经济合理、正确地选用接触器。也就是说，在选用接触器时，不能仅考虑接触器的铭牌数据，因铭牌上只规定了某一条件下的电流、电压、控制功率等参数，而具体的条件又是多种多样的，因此在选择接触器时应注意以下几点：

1）选择接触器的类型：接触器的类型应根据电路中负载电流的种类来选择。也就是说，交流负载应使用交流接触器，直流负载应使用直流接触器。若整个控制系统中主要是交流负载，而直流负载的容量较小，也可全部使用交流接触器，但触头的额定电流应适当大些。

2）选择接触器主触头的额定电流：接触器的额定工作电流应不小于被控电路的最大工作电流。

3）选择接触器主触头的额定电压：接触器的额定工作电压应不小于被控电路的最大工作电压。

4）接触器的额定通断能力应大于通断时电路中的实际电流值；耐受过载电流能力应大于电路中最大工作过载电流值。

5）应根据系统控制要求确定主触头和辅助触头的数量和类型，同时要注意其通断能力和其他额定参数。

6）如果接触器用来控制电动机的频繁起动、正反转或反接制动时，应将接触器的主触头额定电流降低使用，通常可降低一个电流等级。

（2）交流接触器不能作为直流接触器使用的原因

因为交流接触器的线圈匝数较少，电阻较小，当线圈通入交流电时，将产生一个较大的感抗，此感抗值远大于线圈的电阻，线圈的励磁电流主要取决于感抗的大小。如果将直流电流通入时，则线圈就成为纯电阻负载，此时流过线圈的电流会很大，使线圈发热，甚至烧坏。所以，在一般情况下，不能将交流接触器作为直流接触器使用。

2. 使用与维护

（1）安装注意事项

1）接触器安装前注意事项：

①接触器在安装前应认真检查接触器的铭牌数据是否符合电路要求；线圈工作电压是否与电源工作电压相配合；

②接触器外观应良好，无机械损伤；活动部件应灵活，无卡滞现象；

③检查灭弧罩有无破裂、损伤；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④检查各极主触头的动作是否同步；触头的开距、超程、初压力和终压力是否符合要求；

⑤用万用表检查接触器线圈有无断线、短路现象；

⑥用绝缘电阻表（兆欧表）检测主触头间的相间绝缘电阻，一般应大于10MΩ。

2）接触器安装时注意事项：

①安装时，接触器的底面应与地面垂直，倾斜度应小于5°；

②安装时，应注意留有适当的飞弧空间，以免烧损相邻电器；

③在确定安装位置时，还应考虑到日常检查和维修方便性；

④安装应牢固，接线应可靠，螺钉应加装弹簧垫和平垫圈，以防松脱和振动；

⑤灭弧罩应安装良好，不得在灭弧罩破损或无灭弧罩的情况下将接触器投入使用；

⑥安装完毕后，应检查有无零件或杂物掉落在接触器上或内部，检查接触器的接线是否正确，还应在不带负载的情况下检测接触器的性能是否合格；

⑦接触器的触头表面应经常保持清洁，不允许涂油。

（2）维护项目

接触器经过一段时间使用后，应进行维护。维护时，应在断开主电路和控制电路的电源情况下进行。

1）应定期检查接触器的外观是否完好，绝缘部件有无破损、脏污现象；

2）定期检查接触器的螺钉是否松动，可动部分是否灵活可靠；

3）检查灭弧罩有无松动、破损现象，灭弧罩往往较脆，拆装时注意不要碰坏；

4）检查主触头、辅助触头及各连接头有无过热、烧蚀现象，发现问题及时修复；当触头磨损至其厚度的1/3时，应更换；

5）检查铁心极面有无变形、松开现象，交流接触器的短路环是否破裂，直流接触器的铁心非磁性垫片是否完好。

1.6 继电器

1. 用途

继电器是一种自动和远距离操纵用的电器，广泛地用于自动控制系统、遥控、遥测系统、电力保护系统以及通信系统中，起着控制、检测、保护和调节的作用，是现代电气装置中最基本的器件之一。

继电器定义为，当输入量（或激励量）满足某些规定的条件时，能在一个或多个电气输出电路中产生预定跃变的一种器件。即继电器是一种根据电气量（电压、电流等）或非电气量（热、时间、转速、压力等）的变化闭合或断开控制电路，以完成控制或保护的电器。电气继电器是当输入激励量为电量参数（如电压或电流）的一种继电器。

继电器的用途很多，一般可以归纳如下：

1）输入与输出电路之间的隔离；

2）信号转换（从断开到接通）；

3）增加输出电路（即切换几个负载或切换不同电源负载）；

4）重复信号；

5）切换不同电压或电流负载；

6）保留输出信号；

7）闭锁电路；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）提供遥控。

2. 结构特点

不论继电器的动作原理、结构型式如何千差万别，它们都是由感测机构（又称感应机构）、中间机构（又称比较机构）和执行机构三个基本部分组成，感测机构把感测得到的电气量或非电气量传递给中间机构，将它与预定值（整定值）进行比较，当达到整定值（过量或欠量）时，中间机构便使执行机构动作，从而闭合或断开电路。

虽然继电器与接触器都是用来自动闭合或断开电路，但是它们仍有许多不同之处，其主要区别如下：

1）继电器一般用于控制小电流的电路，触头额定电流不大于5A，所以不加灭弧装置，而接触器一般用于控制大电流的电路，主触头额定电流不小于5A，有的加有灭弧装置。

2）接触器一般只能对电压的变化作出反应，而各种继电器可以在相应的各种电量或非电量作用下动作。

3. 类型

（1）按对被控电路的控制方式分类

1）有触头继电器：靠触头的机械运动接通与断开被控电路。

2）无触头继电器：靠继电器元件自身的物理特性实现被控电路的通断。

（2）按应用领域、环境分类

继电器按应用领域、环境可分为电气系统继电保护用继电器、自动控制用继电器、通信用继电器、船舶用继电器、航空用继电器、航天用继电器、热带用继电器、高原用继电器等。

（3）按输入信号的性质分类

继电器按输入信号的性质可分为直流继电器、交流继电器、电压继电器、电流继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。

（4）按工作原理分类

继电器按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、双金属继电器、电动式继电器、电子式继电器等。

（5）按动作时间分类

继电器的动作时间包括吸合时间 t_x 和释放时间 t_f。吸合时间是指从继电器输入回路接受信号开始到执行机构达到工作状态时所需的时间。释放时间是指从输入回路断电开始到执行机构恢复到通电前的状态所需要的时间。继电器按动作时间可分：

1）时间继电器：$t_x > 1\text{s}$。

①通电延时：时间继电器接受输入信号后延迟一定的时间，输出信号才发生变化；当输入信号消失后，输出瞬时复原。

②断电延时：时间继电器接受输入信号时，瞬时产生相应的输出信号；当输入信号消失后，延迟一定时间，输出才复原。

2）缓动继电器：$t_x = 0.05 \sim 1\text{s}$。

3）普通继电器：$t_x = 0.005 \sim 0.05\text{s}$。

4）速动继电器：$t_x < 0.005\text{s}$。

1.6.1 电磁式通用继电器技术数据（见表1-50和表1-51）

电磁式通用继电器（简称电磁式继电器）是由控制电流通过线圈所产生的电磁吸力，驱动磁路中的可动部分而实现触头开、闭或转换功能的继电器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电磁式继电器是电气控制设备中用得最多的一种继电器。其结构有两种类型：一种电磁系统是直动式，它与小容量的接触器相似；另一种电磁系统是拍合式。

在电磁式继电器中装设不同的线圈后，可分别制成电流继电器、电压继电器和中间继电器。这种继电器的线圈有交流的和直流的两种，直流的继电器再加装铜套，可以构成电磁式时间继电器。

表 1-50　JQX 系列电磁继电器技术数据

型　号	重量/g	触头容量	线圈额定电压	线圈额定功率	绝缘电阻/MΩ	接触电阻/mΩ	抗电强度	寿命/万次	
								电	机械
JQX-981F	≤75	AC30A 250V DC30A 28V	DC6～220V AC6～380V	DC≤2.0W AC≤3.5VA	≥500	≤50	BOC AC 1500V BCC AC 1500V	10	1000
JQX-30F									
JQX-38F		AC30A/40A 120V DC30A/40A 250V		DC2～2.5W AC≤4.5VA					
JQX-38A				DC6～220W AC≤4.5VA	≥500				
JQX-12F（JL-6）	≤130	AC20A 250V DC30A 250V		DC≤2.5W AC≤4.0VA					
JQX-50F	≤140	AC30A 250V DC40A 250V							
JQX-40F	≤150	AC40A 250V DC40A 24V		DC≤2.0W AC≈2.5W	≥1000		BOC AC 1500V BCC AC 2500V	5	
JQX-60F	≤160	AC60A 250V DC60A 24V							
JQX-40F 2Z	≤150	AC40A 250V DC40A 24V						10	1000
JQX-52F	≤170			DC≤2.5W AC≤4.0VA				10	
JQX-58F	≤175	AC60A 250V DC60A 24V		DC≤2.0W AC≈2.5W				5	
JQX-59F	≤240			DC≤3.6W AC≈4.4W				1	1000
JQX-62 1Z 80A	≤210	AC80A 250V DC80A 30V		DC≤2.0W AC≤10VA				10	
JQX-62F 1Z 80A	≤220							10	
JQX-62F 1Z 120A	≤223	AC120A 250V DC120A 30V						5	
JQX-62F 2Z 80A	≤340	AC80A 250V DC80A 30V						1	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-51 JT18 系列电磁式通用继电器技术数据

型号	额定绝缘电压/V	类别	继电时间/s	规格	调整为额定值的(%)		电气寿命/10^4 次
				额定电压/V 或额定电流/A	吸引	释放	
JT18-11	440	直流电压		12、24、48、75、110、220、440	30~50	7~20	50
JT18-22					35~50		
JT18-□□/1		时间	1				
JT18-□□/3			2				
JT18-□□/5			3				
JT18-11L		直流欠电流		1.6、2.5、4、10、16、25、40、63、100、160、250、400、630	30~65	10~20	
JT18-22L					35~65		

JQX 系列电磁式继电器用于交、直流电路中的信号放大和扩展，以便用弱小的信号控制较大功率的设备的联锁、显示和报警。

JT3 系列直流电磁式通用继电器适用于直流 440V 以下的电力拖动自动控制系统中，作为电压（或中间）、电流和时间继电器之用，派生的双线圈继电器，具有独特的性能，应用在电气联锁繁多的自动控制系统中，能使系统的工作稳定和可靠，因而在高炉加料自动控制系统中，广泛选作时间或中间继电器之用。

JT4 系列交流电磁式通用继电器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下的自动控制系统中，作为零电压（或中间）、过电流和过电压继电器。过电流继电器也适用于 60Hz 控制电路中。

JT18 系列直流电磁式通用继电器适用于直流额定电压至 440V 的主电路、直流额定电压至 220V 的控制电路、直流电流至 630A 的电路中作控制与保护。

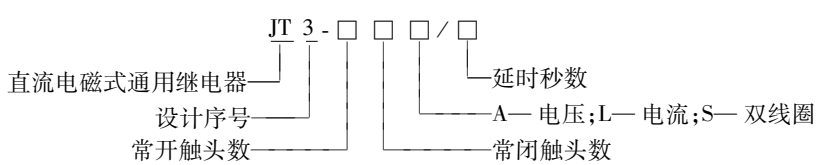
电磁式继电器是由控制电流通过线圈所产生的电磁吸力，驱动磁路中的可动部分而实现触头开、闭或转换功能的继电器。其通过小型电磁铁直接带动排合式动触头的动作，实现所控制电路的通断。由于只是通过触头断口对电弧的拉长而熄灭电弧，所以分断电路的能力有限。

为了便于与电子电路配合，继电器的体积尽量小，并密封在透明或不透明的外壳内，提高其接触的可靠性。出线端有焊接和螺钉连接方式，便于安装在印制电路板上。触头有一对至三对转换。

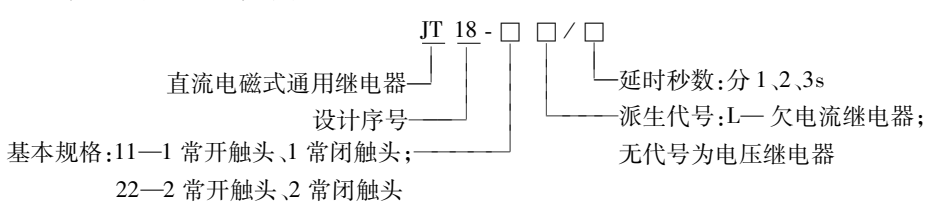
JQX 系列电磁继电器的外形如图 1-6 所示。

型号含义：

1）JT3 系列直流电磁式通用继电器



2）JT18 系列直流电磁式通用继电器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

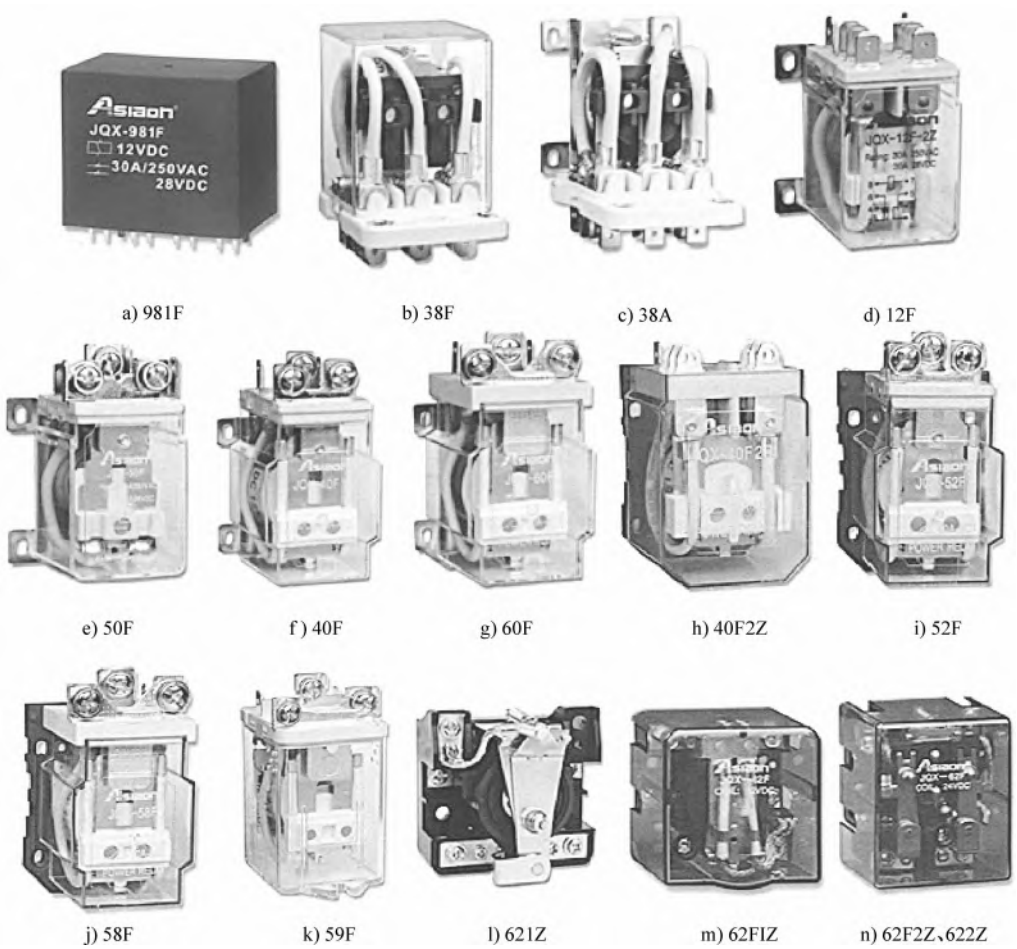


图 1-6　JQX 系列电磁继电器的外形

1.6.2　电流继电器技术数据（见表 1-52 ~ 表 1-54）

表 1-52　JL15 系列过电流继电器技术数据

型　　号	额定电压 U_N/V	约定发热电流 I_{th}/A	线圈额定电流 I_N/A	接线方式	复位方式	触头组合	返回系数	电寿命/万次	机械寿命/万次
JL15-1.5	AC 380 DC 440	5	1.5	板前接线	自动和手动	四种： 1 常闭； 2 常闭； 1 常开 1 常闭； 2 常开 2 常闭	AC 0.25 DC 0.15	50	控制用 100、保护用 50
JL15-2.5			2.5						
JL15-5			5						
JL15-10			10						
JL15-15			15						
JL15-20			20						
JL15-30			30						
JL15-40			40						
JL15-60			60						
JL15-80			80						
JL15-100			100	板后接线					
JL15-150			150						
JL15-250			250						
JL15-300			300						
JL15-400			400						
JL15-600			600						
JL15-800			800						
JL15-1200			1200						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-53 JL18 系列过电流继电器的主要技术数据

型号	额定电压 U_N/V	线圈额定电流 I_N/A	触头主要额定参数			调整范围	动作误差值	操作频率/(次/h)	电寿命/万次	机械寿命/万次	复位方式	外形尺寸/mm(宽×高×深)
			发热电流/A	工作电流/A	控制容量							
JL18-1.0	AC 380 DC 220	1.0	10	AC 2.0 DC 0.27	AC 1000V·A DC 60W	交流吸合:(110%~350%)I_N 直流吸合:(70%~300%)I_N	±10%	12	10	10	自动及手动	77×120×105
JL18-1.6		1.6										
JL18-2.5		2.5										
JL18-4.0		4.0										
JL18-6.3		6.3										
JL18-10		10										
JL18-16		16										100×120×105
JL18-25		25										
JL18-40		40										102×120×105
JL18-63		63										
JL18-100		100										110×120×105
JL18-160		160										
JL18-250		250										115×120×105
JL18-400		400										
JL18-630		630										

表 1-54 DL-20、DL-30 系列电流继电器技术数据

型号	最大整定值/A	整定范围/A	额定工作电流/A		长期允许电流/A		接点规格	
			线圈串联	线圈并联	线圈串联	线圈并联	常开	常闭
DL-21 DL-22 DL-23 DL-24 DL-25 DL-31 DL-32 DL-33 DL-34	0.01	0.0025~0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	1 0 1 2 0	0 1 1 0 2
	0.05	0.0125~0.05	0.08	0.16	0.08	0.16		
	0.2	0.052~0.2	0.3	0.6	0.3	0.6		
	0.6	0.15~0.6	1	2	1	2		
	2	0.5~2	3	6	4	8		
	6	1.6~6	6(10)	12(20)	6(10)	12(20)		
	10	2.5~10	10	20	15	30		
	20	5~20	10	20	15	30		
	50	12.5~50	15	30	20	40		
	100	25~100	15	30	20	40		
	200	50~200	15	30	20	40		

根据线圈中（输入）电流大小而接通或断开电路的继电器称为电流继电器，即触头的动作与否与线圈动作电流大小有关的继电器称为电流继电器。电流继电器按线圈电流的种类可分为交流电流继电器和直流电流继电器，按用途可分为过电流继电器和欠电流继电器。

电流继电器的特点是电流继电器的线圈与被测量电路串联，以反映电路电流的变化，为不影响电路的工作情况，其线圈的匝数少、导线粗、线圈阻抗小。

过电流继电器的任务是，当电路发生短路或严重过载时，必须立即将电路切断。因此，当电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

路在正常工作时，即当过电流继电器线圈通过的电流低于整定值时，继电器不动作，只要电流超过整定值时，继电器才动作。瞬动型过电流继电器常用于电动机的短路保护；延时动作型常用于过载兼具短路保护。过电流继电器复位分自动和手动两种。

欠电流继电器的任务是，当电路电流过低时，必须立即将电路切断。因此，当电路在正常工作时，即欠电流继电器线圈通过的电流为额定电流（或低于额定电流一定值）时，继电器是吸合的。只有当电流低于某一整定值时，继电器释放，才输出信号。欠电流继电器常用于直流电动机和电磁吸盘的失磁保护。

1）JL12 系列过电流延时继电器适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、直流额定电压至 440V、线圈电流 5～300A 的电路中，供绕线转子异步电动机或直流电动机的起动、过载、过电流保护之用。

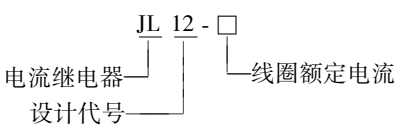
2）JL15 系列过电流继电器适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、直流额定电压至 440V、电流至 1200A 的一次回路电路中，作为电力系统的过电流保护元件。交流高返回系数继电器（JL15-F）主要用于频繁操作的异步电动机的堵转保护。

3）JL18 系列过电流继电器适用于交流 50Hz、电压至 380V 或直流电压至 440V，电流至 630A 的电力传动系统中，供过电流保护之用。

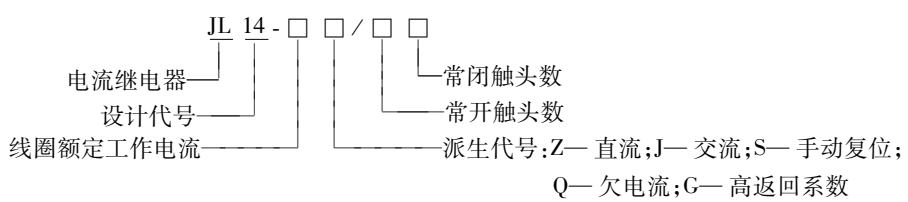
4）DL 系列电流继电器适用于电机、变压器和输电线路的过载和短路的继电器保护回路中，作为起动元件。

型号含义：

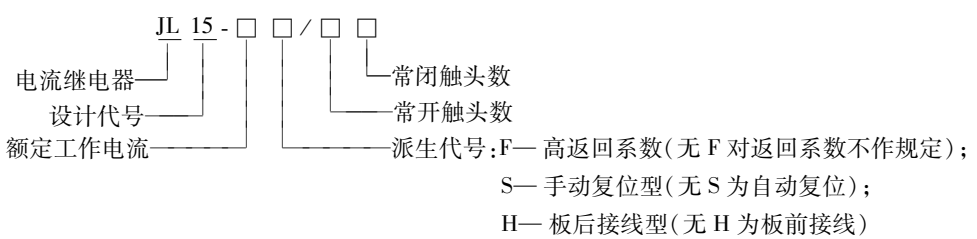
1）JL12 系列过电流延时继电器



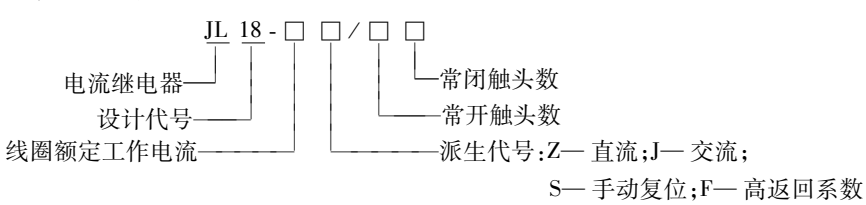
2）JL14 系列过电流继电器



3）JL15 系列过电流继电器



4）JL18 系列过电流继电器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.6.3 中间继电器技术数据（见表1-55～表1-60）

表1-55 JZ11、13、14、15、17系列中间继电器技术数据

型号	吸引线圈额定电压 U_N/V		吸引线圈消耗功率		触点额定电流 I_N/A	触点数量		动作时间/s	操作频率/(次/h)	机械寿命/万次	电寿命/万次
	交流	直流	交流/VA	直流/W		动合	动断				
JZ-11	110、127、220、380	12、24、48、110、220	10	7.5	5	6 4 2	2 4 6	—	2000	1000	100
JZ13	—	6、12、24	—	—	1	—	—	—	1200	1000	20
JZ14	110、127、220、380	24、48、110、220	10	7	5	6 4 2	2 4 6	—	≤2000	1000	100
JZ15	36、127、220、38	24、48、110、220	12	11	10	6 4 2	2 4 6	≤0.05	1200	300	30
JZ17	24、36、48、(100)、110、127、(200)、220、38	—	7.5	—	6			<0.03	1200	>600	—

表1-56 JZ18系列中间继电器技术数据

型号	额定绝缘电压/V	额定电流/A	约定发热电流/A	线圈额定电压/V	机械寿命/万次	电寿命/万次	操作频率/(次/h)	型号	额定绝缘电压/V	额定电流/A	约定发热电流/A	线圈额定电压/V	机械寿命/万次	电寿命/万次	操作频率/(次/h)
JZ18-22 JZ18-31 JZ18-40 JZ18-33 JZ18-42 JZ18-51 JZ18-60	380	AC 380V 0.79 DC 220V 0.27	6	36、(110)、127、220、380	300	100	1200	JZ18-26 JZ18-35 JZ18-44 JZ18-53 JZ18-62 JZ18-71 JZ18-80	380	AC 380V 0.79 DC 220V 0.27	6	36、(110)、127、220、380	300	100	1200

注：括号中数据表示这种规格不经常使用。

表1-57 MA-A系列中间继电器技术数据

型 号	额定电压/V	约定发热电流/A	线圈额定电压/V	动作电压	释放电压	线圈功耗/VA	动作时间/ms	机械寿命/($\times10^4$ 次)	电寿命/($\times10^4$ 次)	操作频率/(次/h)
MA306A MA406A MA415A	AC：220、110 DC：24	6 6 15	24、100/110、200/200、380、400	<80%	7%～30%	8	30	1000	50	1800

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-58 JZC1 系列接触式继电器技术数据

型号	触头对数		额定电流/A						线圈额定电压/V	外形尺寸($A \times B \times C$)/mm
	动合	动断	AC-11			DC-11				
			220V	380V	660V	110V	220V	600V		
JZC1-22	2	2	10	6	2	0.9	0.45	0.2	24～380V30Hz 24～380V50Hz 24～380V60Hz	75×45×100
JZC1-31	3	1								
JZC1-40	4	0								
JZC1-44	4	4								
JZC1-53	5	3								
JZC1-62	6	2								
JZC1-71	7	1								
JZC1-80	8	0								

表 1-59 3TH 系列接触式继电器技术数据

型号	触头数据				额定绝缘电压/V	额定发热电流/A	机械寿命/万次	线圈额定功耗/VA（交流 50Hz）		额定工作电流/A
	动合	动断	重叠动合	重叠动断				接通	吸持	
3TH8040	4	0	—	—	660	16	30	68	10	AC-11 时： 220V：10 380V：6 500V：4 660V：2 DC-11 时： 24V：10(10) 48V：5(10) 110V：0.9(10) 220V：0.45(2) 440V：0.25(0.9) 600V：0.2(0.8)
3TH8031	3	1	—	—						
3TH8022	2	2	—	—						
3TH8013	1	3	—	—						
3TH8004	0	4	—	—						
3TH8095	2	—	1	1						
3TH8096	1	1	1	1						
3TH8092	—	—	2	2						
3TH8280	8	0	—	—						
3TH8271	7	1	—	—						
3TH8262	6	2	—	—						
3TH8263	5	3	—	—						
3TH8244	4	4	—	—						
3TH8233	3	3								

注：括号内数据为三相串联数据。

表 1-60 1SZ1 系列接触式继电器技术数据

型号		1SZ1-40(3TH40)	1SZ1-42(3TH42)	1SZ1-30(3TH30)
额定绝缘电压/V		690	690	690
额定工作电流/A（380V）	AC-15	6	6	6
	DC-13	0.25	0.25	0.25
	AC-3	9	9	9
机械寿命($\times 10^6$)/次		12	12	12
吸引线圈工作电压范围		$(0.8 \sim 1.1)U_s$		
线圈电压/V		50Hz 线圈	50/60Hz 线圈	
		24、36、48、110、220、230、380、400	24、42、110、115、208、220、230、249、440	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号		1SZ1-40(3TH40)	1SZ1-42(3TH42)	1SZ1-30(3TH30)
吸引线圈功率消耗	保持/VA	10	10	10
	功率因数	0.29	0.29	0.29
	吸合/VA	68	68	68
	功率因数	0.82	0.82	0.82
约定发热电流/A		16	16	16

中间继电器（接触式继电器）是一种通过控制电磁线圈的通断，将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大（即增大触头容量）的继电器。中间继电器是用来转换控制信号的中间元件，其输入信号为线圈的通电或断电信号，输出信号为触头的动作。它的触头数量较多，触头容量较大，各触头的额定电流相同。

中间继电器的主要作用是，当其他继电器的触头数量或触头容量不够时，可借助中间继电器来扩大它们的触头数或增大触头容量，起到中间转换（传递、放大、翻转、分路和记忆等）作用。中间继电器的触头额定电流比其线圈电流大得多，所以可以用来放大信号。将多个中间继电器组合起来，还能构成各种逻辑运算与计数功能的线路。

常用的中间继电器有 JZ7 系列、JZ11 系列、J13 系列、JZ14 系列、JZ15 系列、JZ17 系列、JZ20 系列、JZC1 系列、JZC4 系列、3RH1、3TH 系列等。

JZ 系列中间继电器适用于交流 50Hz、额定电压至 380V 及额定直流电压至 220V 的控制电路中，用于控制各种电磁线圈，以使信号放大或将信号同时传递给有关控制元件。

JZC 系列中间继电器为接触式继电器，适用于交流 50/60Hz、额定电压 660V 及以下或直流额定工作电压 600V 及以下的控制电路中，用于控制各种电磁线圈，作为电信号放大和传递之用。

3TH 系列中间继电器为接触式继电器，适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 660V 或直流额定工作电压至 600V 的控制电路中，用来控制各种电磁线圈及用作电信号放大和传递。

MA-A 系列中间继电器适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压 400V 及以下或直流额定工作电压 240V 及以下的控制电路中，作为信号传递、放大、联锁以及隔离用。

1SZ1 系列接触式继电器适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压至 660V 或直流额定工作电压至 600V 的控制电路中，用来控制各种电磁线圈，作为电信号放大和传递用。

3RH1 系列接触式继电器适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 600V 的控制电路中，用来控制各种电磁装置，增加和放大控制信号。

1）中间继电器与接触器的区别：

①接触器主要用于接通和分断大功率负载电路，而中间继电器主要用于切换小功率的负载电路。

②中间继电器的触头对数多，且无主辅触头之分，各对触头所允许通过的电流大小相等。

③中间继电器主要用于信号的传送，还可以用于实现多路控制和信号放大。

④中间继电器常用以扩充其他电器的触头数目和容量。

2）中间继电器的结构特点：

①JZ7 系列中间继电器的结构：JZ7 系列中间继电器的结构和工作原理与小型直动式接触器基本相同，只是它的触头系统中没有主、辅之分，各对触头所允许通过的电流大小是相等的。由于中间继电器触头接通和分断的是交、直流控制电路，电流很小，所以一般中间继电器不需要灭

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

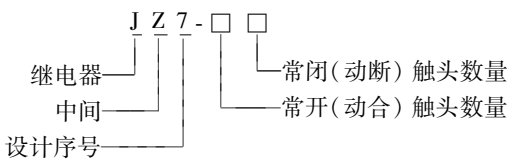
弧装置。中间继电器线圈在加有 85% ~105% 额定电压时应能可靠工作。

②JZ15 系列中间继电器的结构：JZ15 系列中间继电器的电磁系统为直动式螺管铁心，交直流两用。交流的铁心极面开了槽，并嵌有分磁环（短路环），而直流的磁极端部为圆锥形的。其触头在电磁系统两侧。

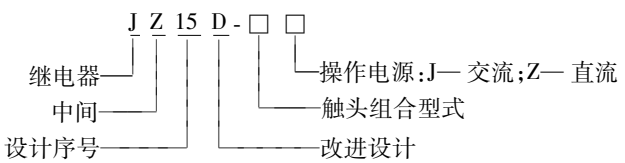
新型 JZ 系列中间继电器大都可以采用卡轨安装，安装和拆卸方便；触头闭合过程中动、静触头间有一段滑擦、滚压过程，可以有效地清除触头表面的各种生成膜及尘埃，减小了接触电阻，提高了接触的可靠性（如 JZ18 系列等）；输出触头的组合形式多样，有的还可加装辅助触头组（如 JZ18 系列等）；有的还装有防尘罩，或采用密封结构，提高了可靠性。

型号含义：

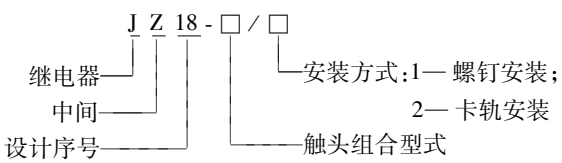
1）JZ7 系列中间继电器



2）JZ15D 系列中间继电器



3）JZ18 系列中间继电器



1.6.4 时间继电器技术数据（见表 1-62 ~ 表 1-68）

时间继电器有电磁式、同步电动机式、空气阻尼式、晶体管式（又称电子式）等。

1）电磁式时间继电器结构简单、价格低廉，但延时较短（例如 JT3 型延时时间只有 0.3 ~ 5.5s），且只能用于直流断电延时。电磁式时间继电器作为辅助元件用于保护及自动装置中，使被控元件达到所需要的延时，在保护装置中用以实现主保护与后备保护的选择性配合。

2）空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器，其结构简单、价格低廉，延时范围较大（0.4 ~ 180s），有通电延时和断电延时两种，但延时准确度较低。

3）数字式时间继电器适用于交流 50Hz、额定工作电压 380V 及以下或直流 24V 及以下的机床电气或自动控制电路中，可按预定的时间和工作程序接通和分断电路，并且可广泛应用于电力拖动，自动顺序控制，以及各种生产过程的自动控制系统。

4）电子式时间继电器适用于交流 50Hz/60Hz、额定工作电压 380V 及以下或直流 24V 及以下的控制电路中作延时元件，按预定的时间接通或分断电路。

5）数显式时间继电器适用于交流 50Hz、额定工作电压 380V 及以下或直流 24V 及以下的控制电路中作延时元件，按预定的时间接通或分断电路。

a）把数字开关及时段开关预置在所需的位置后接通电源，此时数显从零开始计时，当到达所预置的时间时，延时触头实行转换，数显保持此刻的数字，实现了定时控制。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

b）复零功能可作断开延时使用：在任意时刻接通复零端子，延时触头将回复到初始位置，断开后数显从0处开始计时。利用此功能，将复零端接外控触头可实现断开延时。

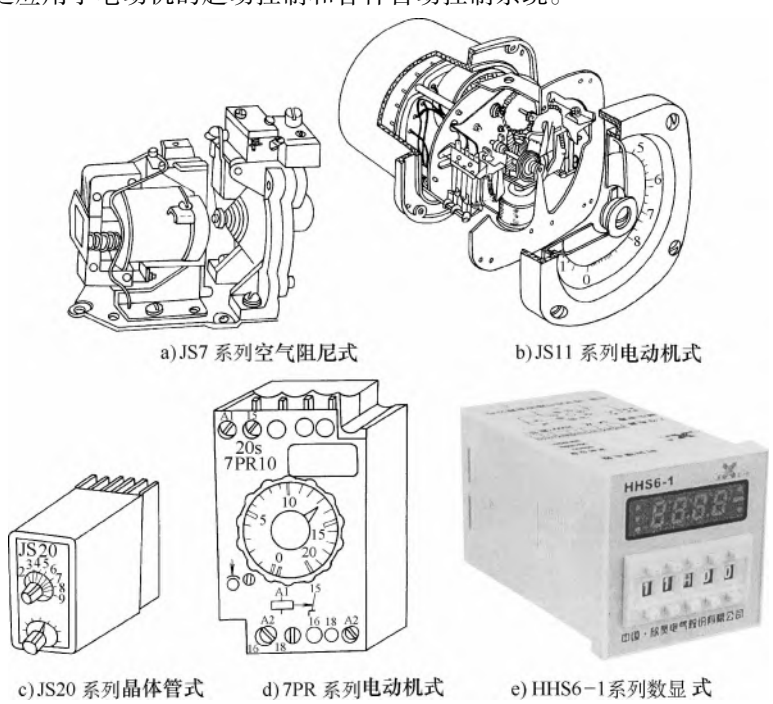
c）在任意时刻接通暂停端子，计时暂停，显示将保持此刻时间，断开后继续计时（利用此功能作累时器使用）。

d）在强电场环境中使用，并且复零暂停导线较长时，应使用屏蔽导线。须注意：复零及暂停端子切勿从外输入电压。

6）晶体管时间继电器适用于交流50Hz、额定工作电压380V及以下或直流24V及以下的控制电路中作延时元件，按预定的时间接通或分断电路。是自动化装置中的重要元件。

7）同步电动机式时间继电器（又称电动机式或电动式时间继电器）的延时精确度高、延时范围大（有的可达几十小时），但价格较昂贵。同步电动机式时间继电器适用于对延时精确度要求高的场合。

时间继电器是一种自得到动作信号起至触头动作或输出电路产生跳跃式改变有一定延时，该延时又符合其准确度要求的继电器，即从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延时后才输出信号（触头的闭合或断开）的继电器。常用时间继电器的外形如图1-7所示，时间继电器被广泛应用于电动机的起动控制和各种自动控制系统。



a）JS7系列空气阻尼式　b）JS11系列电动机式

c）JS20系列晶体管式　d）7PR系列电动机式　e）HHS6-1系列数显式

图1-7　常用时间继电器的外形

1）电磁式时间继电器由电磁铁带动钟表延时机构来完成延时动作。每只继电器有两对瞬时转换触头，一对延时主触头。根据不同的规格可以安装一对滑动延时触头，其延时整定值可以等于或小于延时主触头的整定值。

2）空气阻尼式时间继电器的结构主要由电磁系统、延时机构和触头系统等三部分组成。它是利用空气的阻尼作用进行延时的。其电磁系统为直动式双E型，触头系统是借用微动开关，延时机构采用气囊式阻尼器。

空气阻尼式时间继电器的电磁机构有交流、直流两种。延时方式有通电延时型和断电延时

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型。当动铁心（衔铁）位于静铁心和延时机构之间位置时为通电延时型；当静铁心位于动铁心和延时机构之间位置时为断电延时型。

3）数字式时间继电器具有延时精度高、延时范围宽、寿命长、功耗低、触头容量大、延时调整方便直观等特点，安装方式一般为面板式，也有装置式。

4）电子式时间继电器具有体积小、重量轻、结构紧凑、延时范围广、延时精度高、可靠性好、寿命长等特点。

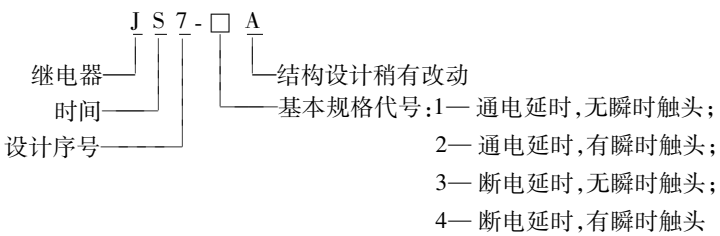
5）数显式时间继电器采用集成电路和 LED 显示器件取代电动机和机械传动系统。除兼有电动式长延时的优点外，并具有无机械磨损、工作稳定、精度高、计数清晰、准确直观和结构新颖等优点，安装方式一般为面板式。

6）晶体管式时间继电器体积小、精度高、可靠性好。晶体管式时间继电器的延时可达几分钟到几十分钟，比空气阻尼式长，比电动机式短；延时精确度比空气阻尼式高，比同步电动机式略低。随着电子技术的发展，其应用越来越广泛。

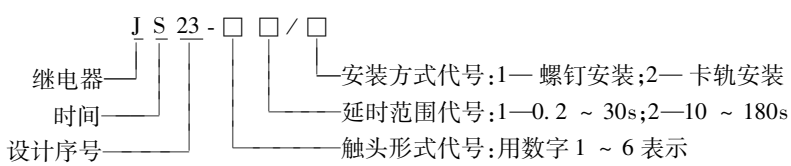
7）7PR 系列电动机式时间继电器的结构主要由永磁式同步电动机、电磁离合器、减速齿轮组、断电记忆杠杆及带动延时触头动作的延时滑板、带动瞬时触头动作的瞬时滑板、凸轮等组成。

型号含义：

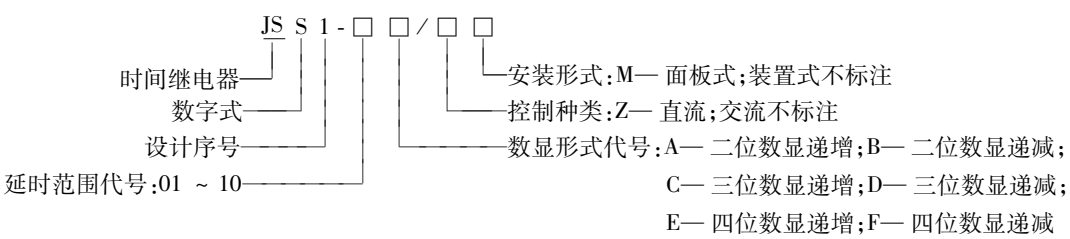
1）JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器



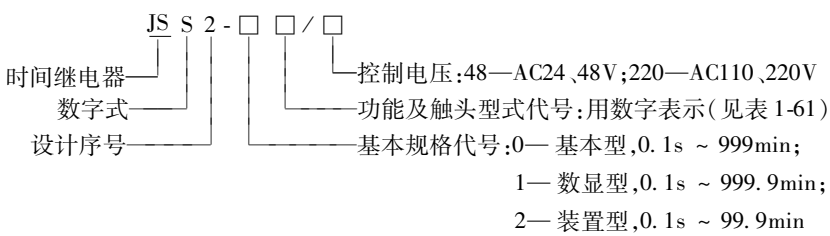
2）JS23 系列空气阻尼式时间继电器



3）JSS1 系列数字式时间继电器



4）JSS2 系列数字式时间继电器



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-61 JSS2 系列数显式继电器功能及触头型式代号

代　　号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
功能型式	清除型	清除型	积累型	积累型	循环型	循环型	保持型	保持型	全功能型	全功能型
转换触头对数	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

5）7PR 系列电动机式时间继电器

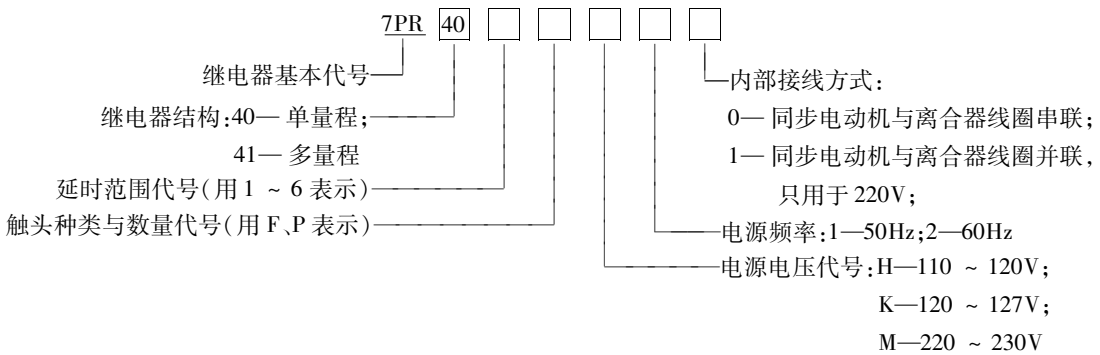


表 1-62 常用电磁式时间继电器技术数据

型　　号	电源种类	额定工作电压/V	延时范围/s	延时变差/s ≤	功率消耗/W ≤	动作电压 ≤
DS-21、21C	DC	220、110、48、24	0.2 ~ 1.5	0.07	10	70% 额定工作电压,带 C 的为 75%
DS-22、22C			1.2 ~ 5	0.16		
DS-23、23C			2.5 ~ 10	0.26		
DS-24、24C			5 ~ 20	0.5		
DS-31、31C			0.125 ~ 1.25	0.06	20	
DS-32、32C			0.5 ~ 5	0.125		
DS-33、33C			1 ~ 10	0.25		
DS-34、34C			2 ~ 20	0.5		
DS-111、111C			0.1 ~ 1.3	0.06	30	
DS-112、112C			0.25 ~ 3.5	0.12		
DS-113、113C			0.5 ~ 0.9	0.25		
DS-25	AC	100、110、127、220、380	0.2 ~ 1.5	0.07	35	85% 额定工作电压
DS-26			1.2 ~ 5	0.16		
DS-27			2.5 ~ 10	0.26		
DS-28			5 ~ 20	0.5		
DS-121			0.1 ~ 1.3	0.06		
DS-122、125			0.25 ~ 3.5	0.12	85	
DS-123、126			0.5 ~ 0.9	0.25		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-63 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器技术数据

型号	瞬时动作触头数量		有延时的触头数量				触头额定电压/V	触头额定电流/A	线圈电压/V	延时范围/s	额定操作频率/(次/h)
			通电延时		断通延时						
	常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭					
JS7-1A	—	—	1	1	—	—	380	5	24、36、110、127、220、380、420	0.4～60及0.4～180	600
JS7-2A	1	1	1	1	—	—					
JS7-3A	—	—	—	—	1	1					
JS7-4A	1	1	—	—	1	1					

表 1-64 JS23 系列空气阻尼式继电器技术数据

型 号	误差	额定控制电压/V	触头容量		延时触头数				瞬动触头数	
			电压/V	发热电流/A	通电延时		断电延时			
					闭合	断开	闭合	断开	闭合	断开
JS23-1□/□	重复误差≤9%	AC 110、220、380	AC 380 DC220	6	1	1			4	0
JS23-2□/□					1	1			3	1
JS23-3□/□					1	1			2	2
JS23-4□/□							1	1	4	0
JS23-5□/□							1	1	3	1
JS23-6□/□							1	1	2	2

表 1-65 常用数字式时间继电器技术数据

型 号	延时范围	设定方式	工作方式	触点数量
JS10-01	0.1～9.9s,1～99s	按键开关	通电延时	延时 1 转换
JS10-02	0.1～99.9s,1～999s			
JS10-03	0.1～999.9s,1～9999s			
JS10-04	1～999min,1～9999min			延时 2 转换 瞬动 1 转换
JS11-01	0.1～9.9s,1～99s			
JS11-02	0.1～99.9s,1～999s			
JS11-03	0.1～999.9s,1～9999s			
JS11-04	1～999min,1～9999min			
JS14P-01	0.1～9.9s			延时 2 转换
JS14P-02	1～99s			
JS14P-03	10～990s			
JS14P-04	0.1～9.9min			
JS14P-05	1～99min			
JS14P-06	0.1～9.9h			
JS14P-07	1～99h			
JS14P-08	0.1～99.9s			
JS14P-09	1～999s			
JS14P-10	0.1～99.9min			
JS14P-11	1～999min			
JS14P-12	0.1～99.9h			
JS14P-13	1～999h			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	延时范围	设定方式	工作方式	触点数量
JSS1-01	0.1～9.9s,1～99s	不标注： 发光二极管指示 A:二位递增数显 C:三位递增数显 E:四位递增数显	不标注： 通电延时 W:往复循环延时 D:断开延时	延时2转换
JSS1-02	0.1～9.9s,10～990s			
JSS1-03	1～99s、10～990s			
JSS1-04	0.1～9.9min,1～99min			
JSS1-05	0.1～99.9s,1～999s			
JSS1-06	1～999s,10～9990s			
JSS1-07	10～9990s,1～999min			
JSS1-08	0.1～999.9s,1～9999s			
JSS1-09	1～9999s,10～99990s			
JSS1-10	10～99990s,1～9999min			
JSS20-11	0.1～9.9s,1～99s 0.1～99min,1～99min	按键开关	不标注:通电延时 Z:循环时	延时1转换
JSS20-21				延时2转换
JSS20-48AM	0.1～9.9s,1～99s 1～99min	二位按键开关	通电延时	延时2转换
	0.01～9.99s,0.1～99.9s 1～999s,1～999min	三位按键开关		
	0.01～99.9s,0.1～999.9s 1～9999s,1～9999min	四位按键开关		
JSS27A-1	0.01～9.99s	三位按键开关	不标注： 通电延时 X:循环延时 D:断开延时	1常开无触点 4常开4常闭
JSS27A-2	0.1～99.9s			
JSS27A-3	1～999s			
JSS27A-4	1～999min			
JSS48P	0.01s～99.99s	四位按键开关	通电延时	延时1转换
	1s～99min59s			
	1min～99h59min			

注：常用数字式时间继电器的额定工作电压有AC36V、110V、127V、220V、380V和DC24V，延时准确度≤1%，也可≤0.5%，触点容量AC220V为3A，DC28V为5A，电寿命1×10^5次，机械寿命1×10^6次。

表1-66　常用电子式时间继电器技术数据

型　号	延时范围	设定方式	工作方式	工作电压	触点容量	触点数量
JSZ2,JSZ3-3 (AH2,ATDV) (ASTP)	0.1～12h	电位器	一般:通电延时 带X:循环延时	AC36V、 110V、 127V、 220V、 380V、 DC24V	AC220V、3A DC28V、5A	延时1转换 瞬动1转换
JSZ3-1(AH3)						延时1转换
JSZ3-2(AH3)						延时2转换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	延时范围	设定方式	工作方式	工作电压	触点容量	触点数量
JSZ3A(SP3P)	0.05s～0.5s/5s/30s/3min	电位器	通电延时	AC24V DC110V、48V、24V	AC220V、3A	延时2转换
JSZ3C(SP3P)	0.1s～1s/10s/60s/6min 0.5s～5s/50s/5min/30min 1s～10s/100s/10min/60min 5s～60s/10min/60min/6h 0.25s～2min/20min/2h/12h 0.5s～4min/40min/4h/24h		通电延时带瞬动触点			延时1转换，瞬动1转换
JSZ3F(SP3P)	0.1～1s、0.2～2s、0.5～5s、1～10s、2.5～30s、5～60s、10～180s、0.5～5min		断电延时		AC220V、1A	延时1转换
JSZ3K(SP3P)	0.1～1s、0.2～2s、0.5～5s、1～10s、2.5～30s、5～60s、10～180s		信号断开延时	AC220V、110V DC24V		延时1转换
JSZ3Y(SP3P)	1～10s、2.5～30s、5～60s		星-三角起动延时	AC220V 110V	AC220V、3A	延时星三角1转换
JSZ3R(SP3P)	0.5～6s/60s、1s～10s/10min、2.5s～30s/30min		往复循环延时	AC220V、110V DC24V	AC220V、3A	延时1转换
JSZ3B-8(H3BA)	0.1s～100h分四个时段		通电延时	AC36V、110V、127V、220V、380V DC24V	AC220V、3A DC24V、5A	延时2转换
JSZ3B-8H(H3BA)						延时瞬时各1转换
JSZ3B-A/11(H3BA)			四种模式转换			延时2转换
JSZ6-2(ST6P)	0.1～1s、0.5～5s、1～10s、2.5～30s、5～60s、10～180s、1～10min、2.5～30min、5～60min、0.2～2h、1～12h		通电延时			延时2转换
JSZ6-4(ST6P)					AC220V、5A	延时4转换
JSM8	0.1s～12h		通电延时		AC220V、3A DC24V、5A	延时2转换
JSM8-F			断电延时			
JSM8-H			瞬动延时			延时瞬时各1转换
模数化时间继电器	0.1～10s、10～120s、30～480s		通电或断开延时	AC230V DC24V	5A	常开1

注：常用电子式时间继电器的延时准确度≤10%，也可≤5%，电寿命 1×10^5 次，机械寿命 1×10^6 次。其他主要技术参数见表1-66。

表1-67　7PR系列电动机式时间继电器技术数据

型　　号	延时范围（延时代号与时间）	误差	额定控制电压/V（电压代号）	触头容量		延时触头数				瞬动触头数	
				电压/V	发热电流/A	通电延时		断电延时			
						闭合	断开	闭合	断开	闭合	断开
7PR40401P-6P	1-0.15～6s 2-1.5～60s 3-0.15～6min 4-1.5～60min 5-0.15～6h 6-1.5～60h	重复误差 秒为单位 ±1% 分为单位 ±0.4% 时为单位 ±0.2%	H-110～120 K-120～127 M-220～230	AC、DC 220	5	2	1			1	
7PR40401F-6F						1	1			1	1
7PR41406P						2	1			1	
7PR41406F						1	1			1	1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-68 HHS6 系列时间继电器技术数据

型　　号	HHS6-1	HHS6、HHS6-2、HHS6P	HHS6C-2	HHS6R(HHS6-S)
额定电压	AC 380V、220V、127V、110V、36V、24V、50Hz;DC 24V			
动作形式	通电延时		通电延时带瞬动	循环延时
延时范围	0.01～99.99s、1～99min99s、1～99h99min			A:1～99s、1～99min、1～99h B:0.1～9.9s、1～99s、0.1～9.9min 1～99min、0.1～9.9h
重复误差	≤1%			
触头数量	延时1转换	延时2转换	延时1转换 瞬时1转换	1—延时1转换 2—延时2转换
触头容量	AC 250V、5A、$\cos\varphi=1$;DC 24V、7A			
机械寿命/次	100×10^4			
电寿命/次	10×10^4			
安装方式	面板式			

1.6.5 热继电器技术数据（见表1-69～表1-76）

表 1-69 JR36 系列热继电器的主要技术数据

型　　号	额定工作电流/A	热元件等级		辅助触头	
		热元件额定电流/A	电流调节范围/A	额定电压/V	额定电流/A
JR36-20	20	0.35	0.25～0.35	380	0.47
		0.5	0.32～0.5		
		0.72	0.45～0.72		
		1.1	0.68～1.1		
		1.6	1～1.6		
		2.4	1.5～2.4		
		3.5	2.2～3.5		
		5	3.2～5		
		7.2	4.5～7.2		
		11	6.8～11		
		16	10～16		
		22	14～22		
JR36-32	32	16	10～16		
		22	14～22		
		32	20～32		
JR36-63	63	22	14～22		
		32	20～32		
		45	28～45		
		63	40～63		
JR36-160	160	63	40～63		
		85	53～85		
		120	75～120		
		160	100～160		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-70 JRS1 系列热继电器技术数据

型号	主电路	控制触头		热元件		
	额定电流/A	额定电压/V	额定电流/A	编号	额定电流/A	整定电流调节范围/A
JRS1-12/Z	12	220	4	1	0.15	0.11～0.13～0.15
				2	0.22	0.15～0.18～0.22
				3	0.32	0.22～0.27～0.32
		380	3	4	0.47	0.32～0.40～0.47
				5	0.72	0.47～0.60～0.72
				6	1.1	0.72～0.90～1.1
JRS1-12/F		500	2	7	1.6	1.1～1.3～1.6
				8	2.4	1.6～2.0～2.4
				9	3.5	2.4～3.0～3.5
				10	5.0	3.5～4.2～5.0
				11	7.2	5.0～6.0～7.2
				12	9.4	6.8～8.2～9.4
				13	12.5	9.0～11～12.5
JRS1-25/Z JRS1-25/F	25	220	4	14	12.5	9.0～11～12.5
		380	3	15	18	12.5～15～18
		500	2	16	25	18～22～25

表 1-71 JRS1D 系列热继电器技术数据

型号	额定电流/A	整定电流调节范围/A	适配的接触器型号	推荐熔断器型号
JRS1D-2.5	2.5	0.1～0.12～0.14～0.16 0.16～0.19～0.22～0.25 0.25～0.3～0.35～0.4 0.4～0.5～0.63	CJX2-09-32	RT16-2
		0.63～0.8～0.9～1 1～1.2～1.4～1.6 1.6～1.9～2.2～2.5		RT16-4 RT16-6
JRS1D-25	25	2.5～3～3.5～4 4～5～6 5.5～6～7～8 7～8～9～10	CJX2-09-32	RT16-10 RT16-16 RT16-20
		9～11～13 12～14～16～18 17～21～25	CJX2-12-32 CJX2-18-32 CJX2-25 和 32	RT16-25 RT16-35 RT16-50
JRS1D-36	36	23～26～29～32 30～33～36～40	CJX2-18-32 CJX2-32	RT16-63 RT16-80
JRS1D-93	93	23～26～29～32 30～33～36～40	CJX2-40～95	RT16-80 RT16-100
		37～41～46～50 48～54～60～65	CJX2-50～95	
		55～60～65～70 63～71～80	CJX2-65～95 CJX2-80 和 95	RT16-125
		80～85～93	CJX2-95	RT16-160

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-72 3UA 系列热继电器技术数据

型 号	额定工作电流/A	额定绝缘电压/V	整定电流范围/A
3UA50	12.5	660	0.1～0.16、0.16～0.25、0.25～0.4、0.32～0.5、0.4～0.63、0.63～1、0.8～1.25、1～1.6、1.25～2、1.6～2.5、2～3.2、2.5～4、3.2～5、4～6.3、5～8、6.3～10、8～12.5、10～14.5
3UA52	25	660	0.1～0.16、0.16～0.25、0.25～0.4、0.4～0.63、0.63～1、0.8～1.25、1～1.6、1.25～2、1.6～2.5、2～3.2、2.5～4、3.2～5、4～6.3、5～8、6.3～10、8～12.5、10～16、12.5～20、16～25
3UA54	36	660	4～6.3、6.3～10、10～16、12.5～20、16～25、20～32、25～36
3UA58	80	1000	16～25、20～32、25～40、32～50、40～57、50～63、57～70、63～80
3UA59	63	660	0.1～0.16、0.16～0.25、0.25～0.4、0.4～0.63、0.63～1、0.8～1.25、1～1.6、1.25～2、1.6～2.5、2～3.2、2.5～4、3.2～5、4～6.3、5～8、6.3～10、8～12.5、10～16、12.5～20、16～25、20～32、25～40、32～45、40～57、50～63
3UA62	180	1000	55～80、63～90、80～110、90～120、110～135、120～150、135～160、150～180
3UA66	400	1000	80～125、125～200、160～250、200～320、250～400
3UA68	630	1000	320～500、400～630

表 1-73 T 系列热继电器技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	约定发热电流/A	热元件整定电流范围/A
T16	660	16	17.6	0.11～0.16 0.14～0.21 0.19～0.29 0.27～0.40 0.35～0.52 0.42～0.63 0.55～0.83 0.70～1.00 0.90～1.30 1.10～1.50 1.30～1.80 1.50～2.10 1.70～2.40 2.10～3.00 2.70～4.00 3.00～4.50 4.00～6.00 5.20～7.50 6.30～9.00 7.50～11.0 9.00～13.0 12.0～17.6
T25		25	32	0.10～0.16 0.16～0.25 0.25～0.40 0.40～0.63 0.63～1.00 1.00～1.40 1.30～1.80 1.70～2.40 2.20～3.10 2.80～4.00 3.50～5.00 4.50～6.50 6.00～8.50 7.50～11.0 10.0～14.0 13.0～19.0 18.0～25.0 24.0～32.0
TSA45P		45	45	0.28～0.40 0.35～0.52 0.45～0.63 0.55～0.83 0.70～1.00 0.86～1.30 1.10～1.60 1.40～2.10 1.80～2.50 2.20～3.30 2.80～4.00 3.50～5.20 4.50～6.30 5.50～8.30 7.00～10.0 8.60～13.0 11.0～16.0 14.0～21.0 18.0～27.0 25.0～35.0 30.0～45.0
T75		75	80	18.0～25.0 22.0～32.0 29.0～42.0 36.0～52.0 45.0～63.0 63.0～80.0
T105		105	115	27.0～42.0 36.0～52.0 45.0～63.0 57.0～82.0 70.0～105 80.0～115
T170		170	200	90.0～130 110～160 140～200
T250		250	400	100～160～250～400
T370		370	500	100～160～250～400 310～500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-74 TK 系列热继电器技术数据

型 号	整定电流范围/A	配用交流接触器	脱扣级别	功耗/W	辅助触头最小工作参数	单独安装型
TK-E02	0.1～25/23 组	SC-E02～E05	12A	2.2	DC 5V/3mA	+SZ-HCE(1)
TK-E2	4～50/10 组	SC-E1、E2、E2S		3.6		+SZ-HDE(1)
TK-E3	7～105/12 组	SC-E3、E4		6.6		+SZ-HEE(1)
TK-E5	18～105/7 组	SC-E5		6.6		—
TK-E6	45～160/5 组	SC-E6、E7		8		TK-E6H
TK-N8	65～185/4 组	SC-N8		9.6		—
TK-N10	85～240/4 组	SC-N10	20	5.2		TK-N10H
TK-N12	110～450/6 组	SC-N11、N12		12		TK-N12H
TK-N14	240～600/3 组	SC-N14		13		TK-N14H
TK-E02Q	1.4～18/10 组	SC-E02-05	5	2		+SZ-HCE(1)
TK-E2Q	12～36/3 组	SC-E1、E2、E2S		3.3		+SZ-HDE(1)
TK-E3Q	18～95/6 组	SC-E3、E4		6.9		+SZ-HEE(1)
TK-E5Q	18～95/6 组	SC-E5		6.9		—

表 1-75 LR1-D 系列热继电器技术数据

型 号	整定电流范围/A	控制电动机功率(AC-3)/kW					可插接安装的接触器型号
		220V	380V	415V	440V	660V	
LR1-D09301	0.1～0.16						D09～D25
LR1-D09302	0.16～0.25						D09～D25
LR1-D09303	0.25～0.40						D09～D25
LR1-D09304	0.40～0.63					0.37	D09～D25
LR1-D09305	0.63～1					0.55	D09～D25
LR1-D09306	1～1.6		0.37		0.55	0.75 1.1	D09～D25
LR1-D09307	1.6～2.5	0.37	0.55 0.75	1.1	0.75 1.1	1.5	D09～D25
LR1-D09308	2.5～4	0.55 0.75	1.1 1.5	1.6	1.5	2.2 3	D09～D25
LR1-D09310	4～6	1.1	2.2	2.2	2.2	4	D09～D25
LR1-D09312	5.5～8	1.5	3	3.7	3 3.7	5.5	D09～D25
LR1-D09314	7～10	2.2	4	4	4	7.5	D09～D25
LR1-D12316	10～13	3	5.5	5.5	5.5	10	D09～D25
LR1-D16321	13～18	4	7.5	9	9	15	D09～D25
LR1-D25322	18～25	5.5	11	11	11	18.5	D09～D25
LR1-D40353	23～32	7.5	15	15	15	22	D40、D50、D63

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	整定电流范围/A	控制电动机功率(AC-3)/kW					可插接安装的接触器型号
		220V	380V	415V	440V	660V	
LR1-D40355	30～40	10	18.5	22	22	30	D40、D50、D63
LR1-D63357	38～50	11	22	25	25	37	D40、D50、D63
LR1-D63359	48～57	15	25	30	30	45	D40、D50、D63
LR1-D63361	57～66	18.5	30	37	37	55	D40、D50、D63
LR1-D80363	63～80	22	33 37	40 45	40 45	59 63	

表 1-76　3RB12 系列热继电器技术数据

用于 3RT1、3RW30、3RW31 的壳体	适用的功率/kW	整定范围/A	短路保护熔断器(gL/gG)/A	额定控制供电电压	直接安装的型号
S00-S3	0.09～2.2	1.25～6.3	25	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 46-1PG□□
					3RB12 46-1PM□□
					3RB12 46-1PB□□
	3～11	6.3～25	125	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 46-1QG□□
					3RB12 46-1QM□□
					3RB12 46-1QB□□
	11～45	25～100	250	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 46-1EG□□
					3RB12 46-1EM□□
					3RB12 46-1EB□□
S6	55～110	50～205	500	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 53-0FG□□
					3RB12 53-0FM□□
					3RB12 53-0FB□□
S10、S12	110～250	125～500	630	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 57-0KG□□
					3RB12 57-0KM□□
					3RB12 57-0KB□□
S14（配 3TF68、3TF69）	132～450	200～820	630	110～120V(50/60Hz)、220～240V(50/60Hz)、DC 24V	3RB12 62-0LG□□
					3RB12 62-0LM□□
					3RB12 62-0LB□□

注：3RB12 脱扣等级可在 5/10/15/20/25/30 中调节；PTC 热敏电阻输入 T1/T2，可对电动机进行全面的保护；有接地故障保护；用发光二极管显示。

1. 分类

1）按动作方式分，有双金属片式、热敏电阻式和易熔合金式三种。

①双金属片式：利用双金属片（用两种膨胀系数不同的金属，通常为锰镍、铜板轧制成），受热弯曲去推动执行机构动作。这种继电器因具有结构简单、体积小、成本低，在选择合适的热元件的基础上能得到良好的反时限特性（热继电器的动作时间随着过载电流的增大而在一定范围内缩短）等优点被广泛应用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

②热敏电阻式：利用电阻值随温度变化而变化的特性制成的热继电器。

③易熔合金式：利用过载电流发热使易熔合金达到某一温度时，合金熔化而使继电器动作。

2）按加热方式分，有直接加热式、复合加热式、间接加热式和电流互感器加热式四种。

3）按极数分，有单极、双极和三极三种。其中三极的又包括带有和不带断相保护装置的两类。

4）按复位方式分，有自动复位和手动复位两种。

热过载继电器（简称热继电器）用以交流 50Hz、额定绝缘电压 660V、电流 0.1～630A 的电路中，主要用于三相交流电动机的过载和断相保护。并可与适当的交流接触器组成起动器。

常用热继电器的外形如图 1-8 所示。

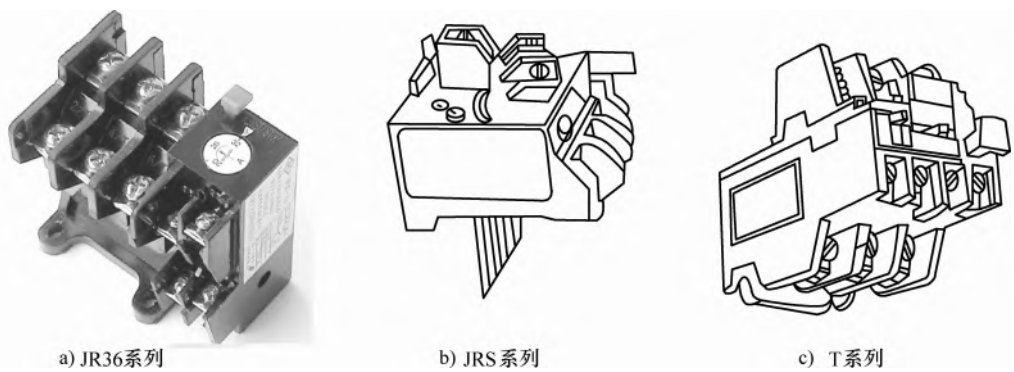


图 1-8　常用热继电器的外形

2. 结构

1）JR20 系列热过载继电器：适用于交流 50Hz、主电路额定电压至 660V、电流至 160A 的电力系统中，作为三相交流电动机的过载和断相保护。产品具有温度补偿、自动或手动复位、动作灵活性检查、动作脱扣指示及手动断开常闭触头等功能。该热继电器充分考虑了 CJ20 交流接触器各电流等级的相间距离、接线高度及外形尺寸，通过专用的导电板可方便地安装在相应电流等级的交流接触器上。当主电路中电动机过载或断相时，热继电器动作，同时脱扣指示件弹出，显示热继电器已动作。热继电器可手动复位，也可自动复位，复位后，热继电器即可再次投入工作。

2）JR21（引进德国芬纳尔公司 K7D 型号）热继电器：适用于主回路交流 50Hz、额定电压至 660V、电流至 63A 的长期工作的电动机的过载保护和断相保护。该热继电器的温度补偿装置装有微调螺钉，通过微调可保证补偿的精度，并设有扳键选择开关，用户容易按需要转换触头，复位方式："自动复位式"和"手动复位式"，与 CJ21 交流接触器配套使用时，可将其线端和连接板直接插入接触器的主触头和线圈端子，既组合紧凑可靠，又简单方便。

3）JR36 系列热过载继电器：是 JR16 的更新换代产品，安装尺寸完全相同，外形相仿，但功能增加很多，性能有大幅度提高。除了具有过载保护和断相保护功能外，还具有温度补偿、动作灵活性检查、可转换的手动复位或自动复位和手动断开常闭触头的装置。

4）JRS1 系列热继电器：主要用于交流 50Hz 或 60Hz、电压至 690V、电流 0.1～80A 的长期工作或间断长期工作的交流电动机的过载与断相保护。分 Z 型（组合式）和 F 型（独立式）两种。Z 型为组合安装式，可直接与 CJX2 系列交流接触器插接安装。F 型为独立安装型，具有全部接线端子。具有断相保护，温度补偿，动作指示，手动复位，停止功能。产品结构合理、动作可靠、使用安全。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）JRS2 系列热过载继电器：适用于交流 50Hz 或 60Hz、电压至 600V、电流 0.1～630A 的长期工作或间断工作的一般交流电动机过载保护。具有两种安装方式，组合式可直接插入接触器，独立式可单独安装或安装在导轨上。具有差动式断相保护和温度补偿装置。整定电流连续可调。具有自动或手动复位按钮。有检测按钮和脱扣指示。产品性能稳定，动作可靠。

6）JRS5 系列热过载继电器：带断相保护，其造型新颖、美观，具有断相保护、温度补偿、整定电流可调、自动和手动复位任意选项按钮。可进行动作灵活性检查。有防止手指触电护罩，使用安全。有闭锁装置防止误操作，装上附件还可以进行远距离操作等，是功能齐全，品质优良、符合时代要求的产品。

7）3UA 系列热继电器：是西门子公司生产的产品，具有差动式断相保护、整定电流连线性可调装置等，可用软轴式复位线进行远距离手动复位，非常适用于抽屉式开关柜。适用于交流 50Hz 或 60Hz、电压 690～1000V、电流 0.1～400A 的一般交流电动机的过载与断相保护，也可用作直流电磁铁和直流电动机的过载保护。继电器可与接触器接插安装，也可独立安装。3UA 系列为双金属片式热过载继电器，具有差动式断相保护、整定电流连续可调装置、脱扣指示、测试按钮、手动复位和自动复位按钮，在电气上相互绝缘的一常开和一常闭触头，接线方便牢固，接触可靠性高，抗振性强，安全防护性好。

8）T 系列热继电器：是 ABB 公司生产的产品，可与 ABB 公司的 EB、BC、BH 和 EH 型接触器结合使用，T 系列每相都有一片双金属片，间接地加热至双金属片弯曲使继电器脱扣，由辅助触头来改变其开或闭的状态，具有多种附件，如端子模块、遥控跳闸线圈、遥控复位线圈、端子盖、辨识标识和铜电线夹等，均配备温度补偿和断相保护的元件。

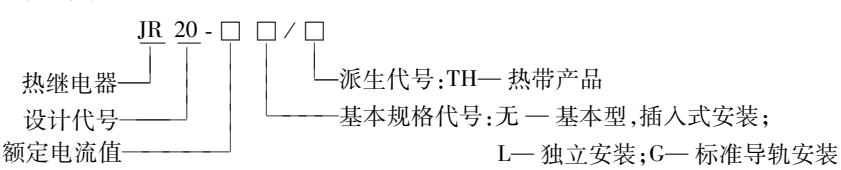
9）TK 系列热继电器：主要用于交流 50/60Hz、额定电压至 690V、额定电至 600A 的电力系统中，作为三相交流电动机的过载保护和断路保护。该热继电器主要由热双金属片、热元件、动作机构、调节旋钮、复位按钮和外壳组成。

10）LR1-D 系列热继电器：适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压至 660V、额定电流至 80A 的电路中，供交流电动机热保护用。它具有差动机构和温度补偿环节，可与 D 系列交流接触器插接安装。

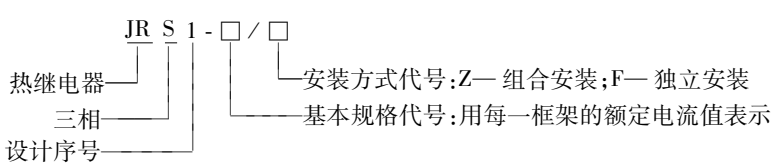
11）3RB10、3RB12 系列电子式热继电器：是使用电子元件及线路来实现热双金属片式热继电器功能的一种新型电器，利用电子技术的特点，增加了许多保护功能。它是用来保护电动机工作中的过载及因断相或堵转引起的过热损坏。3RB10 不适宜用来保护单相电动机、单相负载及变频器。

型号含义：

1）JR20 系列热继电器



2）JRS1 系列热继电器



3）T 系列热继电器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

T(TSA)□(P)

热继电器(TSA□P 仅用于 TSA45P 型号)——以热继电器的额定电流值表示

1.6.6 温度继电器技术数据（见表 1-77）

表 1-77 JW7、JW7AM 系列温度继电器技术数据

型 号	额定电压/V	额定断开温度/°C	额定断开温度允差/°C	复位温度	触头容量
JW7	AC 220	60、70、80、90、100、110、120、130、140、150	±5 ±8	低于额定断开温度 20°C 以上	AC 220V 5A
W7AM	AC 220	75、80、85、90、95、100、105、110、115、120、125、130、135、140、145、150	±5 ±8	低于额定断开温度 20°C 以上	AC 220V 14A

电动机出现过载电流时，会使其绕组温升过高，而利用发热元件可间接地反映出绕组温升的高低，热继电器就可以起到电动机过载保护的作用。然而，即使电动机不过载，由于电网电压升高，也会导致电动机的铁心损耗增加而使铁心发热，这样也会使绕组温升过高，或者电动机环境温度过高以及通风不良等，同样会使绕组温度过高。出现后两种情况时，若用热继电器显得无能为力。为此，出现了按温度原则动作的继电器，这就是温度继电器。

温度继电器是一种对温度变化甚为敏感的微型过热保护元件。它主要可供埋设在电机发热部位，如电机定子槽内、绕组端部等，可直接反映该处发热情况，无论是电机本身出现过载电流引起温度升高，还是其他原因引起电机温度升高，温度继电器都可起保护作用。不难看出，温度继电器具有“全热保护”作用。而且温度继电器也可用于其他电气设备非正常情况下的过热保护以及介质温度控制。

温度继电器大体上有两种类型，一种是双金属片温度继电器，另一种是热敏电阻式温度继电器。

JW6 系列温度继电器采用双金属片作为动作元件，结构简单小巧，外形结构如“鸭嘴形”，其结构示意图如图 1-9 所示。双金属元件用环氧树脂封装于外壳内，外壳以 0.4mm 厚的 H68 黄铜带拉伸而成，导热性能较好。

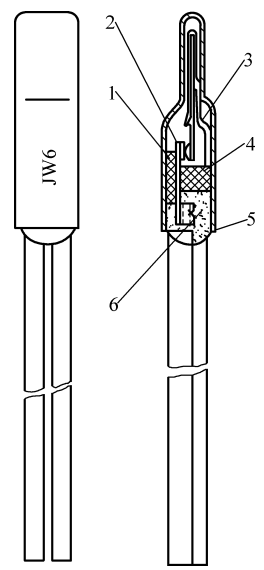


图 1-9 JW6 温度继电器结构示意图

1—绝缘垫 2—常闭触头 3—双金属元件 4—绝缘固定器 5—外壳 6—环氧树脂

1.6.7 速度继电器技术数据（见表 1-78）

表 1-78 速度继电器技术数据

型 号	触头容量		触头数量		额定工作转速/(r/min)	允许操作频率/(次/h)
	额定电压/V	额定电流/A	正转时动作	反转时动作		
JY1	380	2	1 动合 1 动断	1 动合 1 动断	100～3000	<30
JFZ0					300～3600	

速度继电器是当转速达到规定值时动作的继电器。它常被用于电动机反接制动的控制电路

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

中，当反接制动的转速下降到接近零时，它能自动地及时切断电源。

感应式速度继电器是依靠电磁感应原理实现触头动作的，因此它的电磁系统与一般电磁式继电器的电磁系统是不同的，而与交流电动机的电磁系统相似，即由定子和转子组成其电磁系统。

JFZ0 系列速度继电器由转子、定子和触头三部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁。定子是一个笼型空心圆环，由硅钢片叠压而成，并装有笼型绕组，如图 1-10 所示。

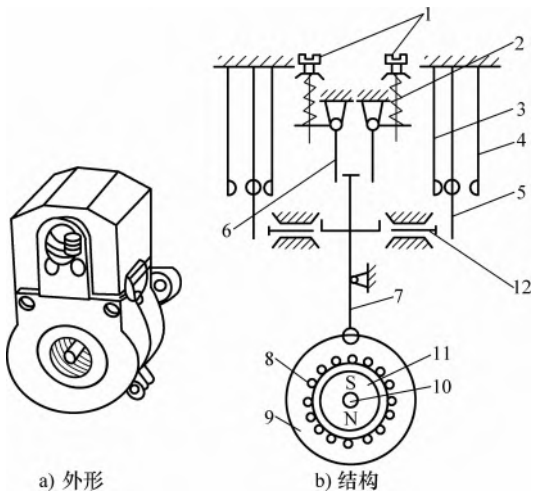


图 1-10 JFZ0 系列速度继电器的外形及结构

1—螺钉 2—反力弹簧 3—常闭触头 4—常开触头 5—静触头 6—返回杠杆 7—杠杆 8—定子导体 9—定子 10—转轴 11—转子 12—推杆

1.6.8 固态继电器技术数据（见表 1-79）

表 1-79 CTJ6 系列固态继电器技术数据

输入参数		输出参数				
输入电压	关闭电压	输入电流	接通电流	工作电压	工作电流	绝缘电压
DC 3～12V	DC 1.5V	≤25mA	5mA	AC 220V AC 380V	0.5～2A	AC≥2000V
DC 3～12V					1～3A	AC≥2500V
DC 3～32V					10～60A	AC≥2500V

固态继电器简称 SSR，是一种由固态电子器件组成个新型无触点电子开关器件，它利用分立元件、集成器件及微电子技术，实现了控制回路与负载回路之间的电隔离和信号隔离，达到无触点、无火花接通和断开电路的目的。

固态继电器具有体积小、重量轻、工作可靠、寿命长、对外界干扰小、能与逻辑电路兼容、抗干扰能力强、开关速度快、使用方便等一系列优点；在微机检测等领域应用十分广泛。

固态继电器按负载电源的类型可分为交流型（AC-SSR）和直流型（DC-SSR）两种。交流型可分为过零型（零压型）和随机导通型两种。主要区别在于负载端交流电流导通的条件不同。

1.6.9 干簧继电器技术数据（见表 1-80）

干簧继电器是一种新型密封触点的继电器。具有动作灵敏、稳定可靠、功率消耗低等优点，为自动控制装置和通信设备所广泛采用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-80 JAG 系列干簧继电器技术数据

型号 / 参数	JAG-2		JAG-3		JAG-4		JAG-5	
	H 型	Z 型	H 型	Z 型	H 型	Z 型	H 型	Z 型
触点型式	动合	转换	动合	转换	动合	转换	动合	转换
使用环境温度/°C	-10 ~ +55		-25 ~ +55		-10 ~ +55		-10 ~ +55	
舌簧管外形尺寸/mm	ϕ4 ×36	ϕ4 ×35	ϕ3 ×20	ϕ3 ×20	ϕ3 ×21	ϕ3 ×20	ϕ8 ×42	ϕ8 ×50
吸合安匝	60 ~ 80	45 ~ 65	45 ~ 85	45 ~ 85	25 ~ 40	60 ~ 100	180 ~ 330	180 ~ 330
释放安匝	≥25	≥20	25 ~ 30	25 ~ 30	≥8	≥20	≥60	≥60
吸合时间/ms	≤1.7	≤2.5	≤3	≤3	≤0.9		≤5	≤5
接触电阻/Ω	≤0.1	≤0.15	≤0.2	≤0.2	≤0.15	≤0.15	≤0.5	≤0.5
触点容量(阻性)	DC 24V ×0.2A	DC 24V ×0.1A	DC 24V ×0.1A	DC 24V ×0.1A	DC 12V ×0.05A	DC 12V ×0.05A	最大电压 DC 300V 最大电流 2A 最大功率 200W	
寿命/次	10^7	10^6	10^5	10^5	10^6		5×10^4	
备注	上述参数均在标准线圈中测出						环境温度可达 +55°C	

干簧继电器的主要部件是铁镍合金制成的干簧片，它既能导磁又能导电，兼有普通电磁继电器的触点和磁电系统的双重作用。干簧片装在密封的玻璃管内，管内充有惰性气体，以防止触点表面氧化。

在干簧管外面套一励磁线圈就构成一只完整的干簧继电器，如图 1-11 所示。当线圈通过电流时，在线圈的轴向产生磁场，该磁场使密封管内的两干簧片被磁化，于是两干簧片触点产生极性相反的两种磁极，它们相互吸引而闭合。当切断线圈电流时，磁场消失，两干簧片也失去磁性，依靠自身的弹性而恢复原位，使触点断开。

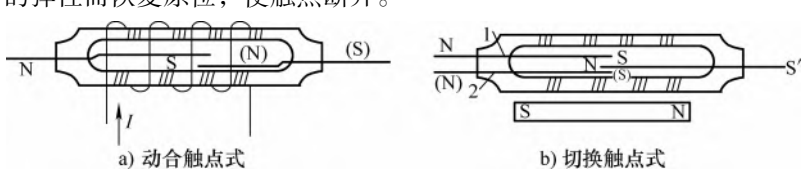


图 1-11 干簧继电器

干簧片的触点有两种：一种是如图 1-11a 所示的动合触点式，另一种是如图 1-11b 所示的切换式触点。

常用的干簧继电器有 JAG-2-1 型、小型 JAG-4 型、大型 JAG-5 型等。

1.6.10 继电器的选择、使用与维护

1. 选择

（1）电流继电器的选择

1）过电流继电器的选择：过电流继电器的额定电流应当大于或等于被保护电动机的额定电流，其动作电流一般为电动机额定电流的 1.7 ~ 2 倍，频繁起动时，为电动机额定电流的 2.25 ~ 2.5 倍；对于小容量直流电动机和绕线式异步电动机，其额定电流应按电动机长期工作的额定电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流选择。

2）欠电流继电器的选择：欠电流继电器的额定电流应不小于直流电动机的励磁电流，释放动作电流应小于励磁电路正常工作范围内可能出现的最小励磁电流。一般为最小励磁电流的0.8倍。

（2）电压继电器的选择

1）电压继电器的线圈电流的种类和电压等级应与控制电路一致。

2）根据继电器在控制电路中的作用（是过电压或欠电压）选择继电器的类型，按控制电路的要求选择触头的类型（动合或动断）和数量。

3）继电器的动作电压一般为系统额定电压的1.1～1.2倍。

4）零电压继电器常用一般电磁式继电器或小型接触器，因此选用时，只要满足一般要求即可，对释放电压值无特殊要求。

（3）中间继电器的选择

1）中间继电器线圈的电压或电流应满足电路的需要。

2）中间继电器触头的种类和数目应满足控制电路的要求。

3）中间继电器触头的额定电压和额定电流也应满足控制电路的要求。

4）应根据电路要求选择继电器的交流或直流类型。

（4）时间继电器的选择

1）时间继电器延时方式有通电延时型和断电延时型两种，因此选用时应确定采用哪种延时方式更方便组成控制线路。

2）凡对延时精度要求不高的场合，一般宜采用价格较低的电磁阻尼式（电磁式）或空气阻尼式（气囊式）时间继电器；若对延时精度要求较高，则宜采用电动机式或晶体管式时间继电器。

3）应注意电源参数变化的影响。例如，在电源电压波动大的场合，采用空气阻尼式或电动机式比采用晶体管式好；而在电源频率波动大的场合，则不宜采用电动机式时间继电器。

4）应注意环境温度变化的影响。通常在环境温度变化较大处，不宜采用空气阻尼式和晶体管式时间继电器。

5）对操作频率也要加以注意。因为操作频率过高不仅会影响电气寿命，还可能导致延时误动作。

（5）热继电器的选择

热继电器选用是否得当，直接影响着对电动机进行过载保护的可靠性。通常选用时应按电动机型式、工作环境、起动情况及负载情况等几方面综合加以考虑。

1）原则上热继电器（热元件）的额定电流等级一般略大于电动机的额定电流。热继电器选定后，再根据电动机的额定电流调整热继电器的整定电流，使整定电流与电动机的额定电流相等。对于过载能力较差的电动机，所选的热继电器的额定电流应适当小一些，并且将整定电流调到是电动机额定电流的60%～80%。当电动机因带负载起动而起动时间较长或电动机的负载是冲击性的负载（如冲床等）时，则热继电器的整定电流应稍大于电动机的额定电流。

2）一般情况下可选用两相结构的热继电器。对于电网电压均衡性较差、无人看管的电动机或与大容量电动机共用一组熔断器的电动机，宜选用三相结构的热继电器。定子三相绕组为三角形联结的电动机，应采用有断相保护的三元件热继电器作过载和断相保护。

3）热继电器的工作环境温度与被保护设备的环境温度的差别不应超出15～25℃。

4）对于工作时间较短、间歇时间较长的电动机（例如摇臂钻床的摇臂升降电动机等），以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

及虽然长期工作，但过载可能性很小的电动机（例如排风机电动机等），可以不设过载保护。

5）双金属片式热继电器一般用于轻载、不频繁起动电动机的过载保护。对于重载、频繁起动的电动机，则可用过电流继电器（延时动作型的）作它的过载和短路保护。因为热元件受热变形需要时间，故热继电器不能作短路保护。

因为热继电器是利用电流热效应，使双金属片受热弯曲，推动动作机构切断控制电路起保护作用的，双金属片受热弯曲需要一定的时间。当电路中发生短路时，虽然短路电流很大，但热继电器可能还未来得及动作，就已经把热元件或被保护的电气设备烧坏了，因此，热继电器不能用作短路保护。

2. 使用与维护

（1）电磁式继电器的安装、使用与维护

1）安装

①安装前，应按控制电路和设备的技术要求，仔细核对继电器的铭牌数据，如线圈的额定电压、电流、整定值及延时等参数是否符合要求。

②安装前，应检查继电器的外罩及壳体是否完好，有无损坏或缺件现象。检查继电器的活动部分是否动作灵活、可靠，并去除铁心等部件表面污垢。

③安装时，应按正确位置安装，保证使用导线适宜、接线准确无误，牢固可靠，所有安装、接线螺钉都应拧紧。

④安装后，对电磁式继电器，应在触头不带电的情况下，使吸引线圈带电操作几次，观察继电器动作是否灵活可靠。

2）使用

①对要求较严的时间控制，应通电校准，有条件或有必要时，还可进行回路的统调检查。

②对保护用继电器，如过电流继电器、欠电压继电器等，运行前应检查其整定值是否符合要求，待确认或调整准确后，方可投入运行，以保证对电路及设备的可靠保护。

3）维护

①经常保持清洁，避免尘垢积聚，致使绝缘水平降低，发生相间闪络等事故。

②经常监视继电器的工作情况，若发现异常现象，应查明原因，及时处理。

③定期检查继电器的触头表面及接触状况。当触头磨损至1/3厚度时，需考虑更换。若触头有较严重的烧损、起毛刺等现象，应进行修整或更换。在触头修理或更换后，应注意调整好触头开距、超程、触头压力及反作用力等。

④定期检查继电器各零部件有否松动、损坏、锈蚀，检查活动部分是否有卡住现象，如有应及时修复或更换。

⑤应经常注意环境条件的变化，若不符合继电器使用环境时，应采取可靠的防护措施，以保证继电器工作的可靠性。

⑥继电器整定值的调整应在线圈工作温度下进行，防止冷态和热态下对动作值产生影响。

（2）热继电器的安装、使用与维护

1）安装与使用

①热继电器必须按产品使用说明书的规定进行安装。当它与其他电器装在一起时，应将其装在其他电器的下方，以免其动作特性受到其他电器发热的影响。

②热继电器的连接导线应符合规定要求。

③安装时，应清除触头表面等部位的尘垢，以免影响继电器的动作性能。

④运行前，应检查接线和螺钉是否牢固可靠，动作机构是否灵活、正常。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑤运行前，还要检查其整定电流是否符合要求。

⑥若热继电器动作后必须对电动机和设备状况进行检查，为防止热继电器再次脱扣，一般采用手动复位；而对于易发生过载的场合，一般采用自动复位。

⑦对于点动、重载起动，连续正反转及反接制动运行的电动机，一般不宜使用热继电器。

⑧使用中，应定期清除污垢，双金属片上的锈斑，可用布蘸汽油轻轻擦拭。

⑨每年应通电校验一次。

2）维护

①应定期检查热继电器的零部件是否完好，有无松动和损坏现象，可动部分有无卡碰现象，发现问题及时修复。

②应定期清除触头表面的锈斑和毛刺，若触头严重磨损至其厚度的1/3时，应及时更换。

③热继电器的整定电流应与电动机的情况相适应，若发现其经常提前动作，可适当提高整定值；而若发现电动机温升较高，且热继电器动作滞后，则应适当降低整定值。

④对重要设备，在热继电器动作后，应检查原因，以防再次脱扣，应采用手动复位；若其动作原因是电动机过载所致，应采用自动复位。

⑤应定期校验热继电器的动作特性。

（3）温度继电器的使用与维护

①不同绝缘等级的电机应选用不同额定动作温度的温度继电器，考虑到实际使用中热传导的滞后性，继电器的额定动作温度应选择比电机绕组绝缘等级极限温度略为偏低些。

②温度继电器安装使用时，应避免损伤温度继电器的外壳和封装，否则会影响保护效果或失败。

③用于电机过热保护时，温度继电器应埋设在定子槽内或装入电机绕组端部线圈内并绑扎牢固，每相绕组应装入一个，将常闭触头与控制电路串联，然后进行绝缘浸烘处理。对于成品电机，应用环氧树脂将温度继电器粘贴于电机绕组端部。

④用于冷却电路及大电流母线等类似场合的超温报警时，可直接用环氧树脂将温度继电器粘上，如加一固定夹效果更好。

1.7 起动器

起动器是一种供控制电动机起动、停止、反转用的电器。除少数手动起动器外，一般由通用的接触器、热继电器、控制按钮等电器元件按一定方式组合而成，并具有过载、失电压等保护功能。在各种起动器中，电磁起动器应用最广。

起动器一般可按下述方法分类：

1）按起动方式可分为全压直接起动和减压起动两大类。其中，减压起动器又可再分为星-三角（Y-△）起动器、自耦减压起动器、电抗减压起动器、电阻减压起动器、延边三角形起动器等。

2）按用途可分为可逆电磁起动器和不可逆电磁起动器。

3）按外壳防护型式可分为开启式和防护式两种。

4）按操作方式可分为手动、自动和遥控三种。手动起动器是采用不同外缘形状的凸轮或按钮操作的锁扣机构来完成电路的分、合、转换。可带有热继电器、失电压脱扣器、分励脱扣器。

常用起动器的用途见表1-81。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-81 常用起动器的用途

名称			用途
全压直接起动器	电磁		供远距离频繁控制三相笼型异步电动机的直接起动、停止及可逆转换，并具有过载、断相及失电压保护作用
	手动		供不频繁控制三相笼型异步电动机的直接起动、停止，可具有过载、断相及欠电压保护作用。由于结构简单、价廉、操作不受电网电压波动影响，故特别适于广大农村使用
减压起动器	星-三角起动器	自动	供三相笼型异步电动机作星－三角起动及停止用，并具有过载、断相及失电压保护作用。在起动过程中，时间继电器能自动地将电动机定子绕组由星形联结转换为三角形联结
		手动	供三相笼型异步电动机作星-三角起动及停止用
	自耦减压起动器	自动	供三相笼型异步电动机作不频繁地减压起动及停止用，并具有过载、断相及失电压保护作用
		手动	
	电抗减压起动器		供三相笼型异步电动机的减压起动用，起动时利用电抗线圈来降压，以限制起动电流
	电阻减压起动器		供三相笼型异步电动机或小容量直流电动机的减压起动用，起动时利用电阻元件来降压，以限制起动电流
	延边三角形起动器		供三相笼型异步电动机作延边三角形起动，并具有过载、断相及失电压保护作用，在起动过程中，将电动机绕组接成延边三角形，起动完毕时自动换接成三角形
无触头起动器			供三相笼型异步电动机起动、停止和可逆转换，并具有过载、断相、短路、电流不平衡和防止停电自起动等保护，也可用来控制其他三相负载（如电炉控制等），特别适用于操作频率高和要求频繁可逆转换的场合，有易燃、易爆气体的场所和要求组成自动控制的系统中
软起动器			是集电动机软起动、软停车、轻载节电和多种保护功能于一体的新型电动机控制装置

1.7.1 电磁起动器技术数据（见表 1-83 和表 1-84）

电磁起动器曾称磁力起动器，是一种直接起动器。电磁起动器一般由交流接触器、热继电器等组成，通过按钮操作可以远距离直接起动、停止中小型的笼型三相异步电动机。

电磁起动器分为可逆型和不可逆型两种。可逆电磁起动器具有两只接线方式不同的交流接触器以分别控制电动机的正、反转。不可逆电磁起动器只有一只交流接触器，只能控制电动机单方向旋转。

电磁起动器不具有短路保护功能，因此在使用时还要在主电路中加装熔断器或低压断路器。

1）QC25 系列电磁起动器：该系列电磁起动器适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压 600V 及以下，额定功率至 75kW 的交流电动机直接起动、停止、正反向运转的控制，并对笼型电动机进行过载、断相、失电压保护。

2）MSJB、MSBB 系列电磁起动器：该系列电磁起动器系引进德国技术生产的产品，是由 B 系列交流接触器和 T 系列热继电器及有关附件组成。MSJB 为塑料保护外壳；MSBB 为金属保护外壳。该系列有不可逆起动器和可逆起动器两种形式，其中可逆起动器除有电气连锁外，还有机械联锁装置。该系列电磁起动器还分带按钮与不带按钮两种形式。

该系列电磁起动器适用于交流 50Hz、额定电压 600V 及以下的电力线路中，供远距离直接控制笼型三相异步电动机的起动、停止和可逆运转。并具有失电压、过载保护等功能。

型号含义：

1）QC 系列电磁起动器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

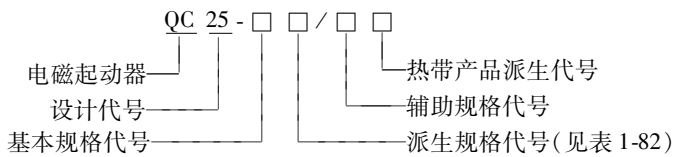


表1-82 电磁起动器派生代号及含义

数字表示	拼音字母	含义		
2	K	开启式	不可逆	有热保护
3	NWK	开启式	可逆	无热保护
4	NK	开启式	可逆	有热保护
5	WH	防护式	不可逆	无热保护
6	H	防护式	不可逆	有热保护
7	NWH	防护式	可逆	无热保护
8	NH	防护式	可逆	有热保护

2）MS系列电磁起动器

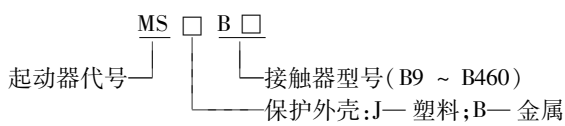


表1-83 QC25系列电磁起动器技术数据

型号	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定工作电流/A	可控制电动机最大功率/kW	接触器型号	热继电器型号	热继电器整定电流范围/A
QC25-4	660	10	660 380 220	5.2 9 9	4 4 2.2	CJ20-10	JR20-10	1.2~11.6
QC25-7.5		16	660 380 220	9 16 16	7.5 7.5 4.5	CJ20-16	JR20-16	3.6~18
QC25-11		25	660 380 220	14.5 25 25	13 11 5.5	CJ20-25	JR20-25	7.8~29
QC25-22		45	660 380 220	25 45 45	22 22 11	CJ20-40	JR20-63	16~55
QC25-30		63	660 380 220	40 60 60	35 30 17	CJ20-63	JR20-63	16~71
QC25-50		100	660 380 220	60 100 100	50 50 28	CJ20-100	JR20-160	33~115
QC25-75		160	660 380 220	100 150 150	85 75 43	CJ20-160	JR20-160	33~176

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-84 MSJB、MSBB 系列电磁起动器技术数据

分类	起动器型号	配装主要元件			起动器额定工作电流/A		可控制笼型电动机功率/kW	
		交流接触器		热继电器型号				
		型号	额定电流/A		380V	660V	380V	660V
带按钮	MSJB9	B9	16	T16	8.5	3.5	4	3
	MSJB12	B12	20	T16	11.5	4.9	5.5	4
	MSJB16	B16	25	T16	15.5	6.7	7.5	5.5
不带按钮（但能装按钮）		B9	16	T16	8.5	3.5	4	3
		B12	20	T16	11.5	4.9	5.5	4
		B16	25	T16	15.5	6.7	7.5	5.5
		B25	40	T16、T25	22	13	11	11
		B30	45	T25、T45	30	17.5	15	15
带按钮	MSBB9	B9	16	T16	8.5	3.5	4	3
	MSBB12	B12	20	T16	11.5	4.9	5.5	4
	MSBB16	B16	25	T16	15.5	6.7	7.5	5.5
不带按钮（但能装按钮）		B9	16	T16	8.5	3.5	4	3
		B12	20	T16	11.5	4.9	5.5	4
		B16	25	T16	15.5	6.7	7.5	5.5
		B25	40	T16、T25	22	13	11	11
		B30	45	T25、T45	30	17.5	15	15
		B37	45	T25、T45	37	21	18.5	18.5
		B45	60	T45	45	25	22	22
		B65	80	T85	65	44	33	40
		B85	100	T85	85	53	45	50
		B105	140	T85、T105 T170	105	82	55	75
		B170	230	T105、T170	170	118	90	110
		B250	300	T250	250	170	132	160
		B370	410	T370	370	286	200	250
		B460	600	T370	475	337	250	315

1.7.2 手动起动器技术数据（见表 1-85）

QS5、QS5A 系列手动起动器适用于交流 50Hz、额定工作电压至 660V，功率至 18.5kW 的三相异步电动机作正、反向直接起动、停止及电路转换。

QS6 系列手动起动器适用于交流 50～60Hz、额定工作电压至 500V、额定工作电流至 6A 的电路中，供功率在 2.2kW 以下的三相异步电动机直接起动和停止之用。

表 1-85 QS5、QS5A 系列手动起动器技术数据

型号	额定绝缘电压/V	额定工作电压/V	约定发热电流/A	可控电动机功率/kW	机械寿命/万次	电寿命/万次	操作频率/(次/h)	定位角度
QS5-16 QS5A-15	380	380	15	4	25	10	120	直接起动 0°～60° 其余为 60°～0°～60°
QS5-30 QS5A-30			30	7.5				
QS5-63	660		63	18.5				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.7.3 星-三角起动器技术数据（见表1-86和表1-87）

对于正常运行时定子绕组为三角形联结的笼型三相异步电动机，若起动时将定子绕组接成星形，待起动完毕后再接成三角形，就可以降低起动电流，减轻电动机对电网的冲击。这样的起动方式称为星-三角减压起动，或简称为星-三角（Y-△）起动。

星-三角起动器是改变三相异步电动机定子绕组的接线方式，使起动时电动机接成星形联结，起动完毕后接成三角形联结，从而达到减压起动目的的起动器。

星-三角起动方式的主要优点如下：

1）起动电流小（起动电流为直接起动时的1/3），对电网的冲击小。

2）星-三角起动器结构简单、价格便宜。

3）当负载较轻时，可以让电动机就在星形联结下运行，从而实现额定转矩与负载间的匹配，提高电动机的运行效率。

星-三角起动方式的缺点，在于起动转矩为直接起动时的1/3，所以不能胜任重载起动。

星-三角起动器按操作方式可分为手动和自动两种。

（1）手动星-三角起动器

手动星-三角起动器主要由四个结构相似的触头元件和一个定位机构组成，并且有开启式和防护式两种结构。起动器有起动（Y）、停止（0）和运行（△）三个位置，且利用双滚轮卡棘轮的方式定位。四个触头元件的触头部分完全相同，是双断点形式的银触头，其分合动作由不同外缘形状的凸轮控制。

手动星-三角起动器不带任何保护，所以要与熔断器等配合使用。当电动机因失电压停转后，应立即将手柄扳到停止位置上，以免电压恢复时电动机自行全压起动。

常用的手动星-三角起动器产品有QX1、QX2系列和QXS系列等。

（2）自动星-三角起动器

自动星-三角起动器主要由接触器、热继电器、时间继电器和按钮等组成，能自动控制电动机定子绕组的星-三角换接，并具有过载和失电压保护。

常用的自动星-三角起动器产品有QX3、QX4两个系列。

表1-86 QX1～QX4系列星-三角起动器技术数据

型 号	额定电压 U_N/V	额定电流 I_N/A	可控制电动机最大功率/kW		热元件额定电流/A	热元件整定电流调节范围（近似值）/A	时间继电器额定近似值/s
			220V	380V			
QX1-13	380	16	7.5	13	—	—	—
QX1-30		40	17	30			
QX2-13	500	12	7.5	13			
QX2-30		36	17	30			
QX3-13		12.5	7.5	13	11 16 22	6.8～11 10～16 14～22	—
QX3-30		28	17	30	32 45	20～32 28～25	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压 U_N/V	额定电流 I_N/A	可控制电动机最大功率/kW		热元件额定电流/A	热元件整定电流调节范围（近似值）/A	时间继电器额定近似值/s
			220V	380V			
QX4-17	380	26 33		13 17		15 19	11 13
QX4-30		42.5 58		22 30		25 34	15 17
QX4-55		77 105		40 55		45 61	20 24
QX4-75		142		75		85	30
QX4-125		260		125		100 ~ 160	14 ~ 60

表 1-87　QX10 系列星-三角起动器技术数据

型　　号	额定电压/V	热继电器额定电流/A	控制电动机的最大功率/kW		控制线圈的额定电压/V
			220V	380V	
QX10-13	380	32	7.5	13	AC 50Hz，36、110、220、346、380、400；AC 60Hz，36、380、400
QX10-30		32	17	30	
QX10-55		60	30	55	
QX10-75		150	40	75	

1.7.4　自耦减压起动器技术数据（见表 1-88 和表 1-89）

自耦减压起动器又称起动补偿器，是一种利用自耦变压器降低电动机起动电压的控制电器。对容量较大或者起动转矩要求较高的三相异步电动机可采用自耦减压起动。

自耦减压起动器由自耦变压器、接触器、操作机构、保护装置和箱体等部分组成。自耦变压器的抽头电压有多种，可以根据电动机起动时的负载大小选择不同的起动电压。起动时，利用自耦变压器降低定子绕组的端电压；当电动机的转速接近额定转速时，切除自耦变压器，将电动机直接接入电源全电压正常运行。

自耦减压起动器的优点：

1）由于自耦减压起动器有多种抽头降压，故可适应不同负载起动的需要，又能得到比星-三角起动更大的起动转矩。

2）因设有热继电器和低电压脱扣器，故具有过载和失电压保护功能。

自耦减压起动器的主要缺点是体积大、重量大、价格昂贵及维修不便。

自耦减压起动器按操作方式可分为手动和自动两种。

手动式自耦减压起动器由箱体、自耦变压器、操作机构、接触系统和保护系统等五部分组成。箱体是由薄钢板制成的防护外壳。

常用的空气式手动自耦减压起动器有 QJ10、QJ10D 等系列。

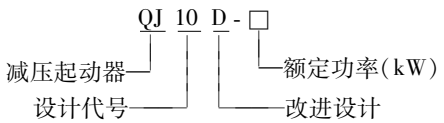
QJ10 系列空气式手动自耦减压起动器适用于电压自 220 ~ 440V 的三相异步电动机以作不频繁起动和停止控制用。QJ10D 系列空气式手动自耦减压起动器是改进型产品。

型号含义：

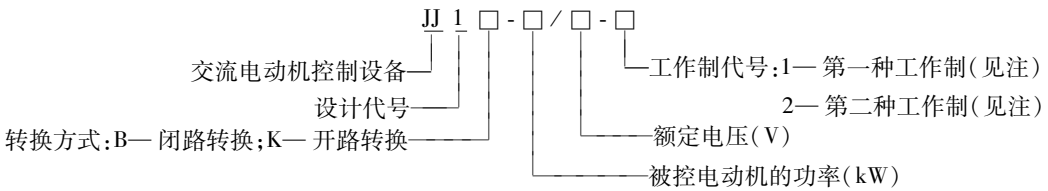
1）QJ10 系列自耦减压起动器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



2）JJ1 系列自耦减压起动控制柜



注：第一、第二种工作制都包括 8h 工作制、不间断工作制、短时工作制、断续周期和断续非周期工作制。但第一种工作制的断续周期工作制 1h 操作 3 次，断续非周期工作制允许 1h 内操作 6 次（时间间隔均匀），然后冷却 2h；第二种工作制的断续周期工作制 1h 操作 6 次，断续非周期工作制允许 1h 内操作 12 次（时间间隔均匀），然后冷却 2h。

表 1-88 QJ3、QJ10 和 QJ10D 系列自耦减压起动器技术数据

系 列	型号	380V 时被控制电动机功率/kW	电动机额定工作电流/A	过载保护整定电流/A	最大起动时间/s
QJ3	QJ3-10	10	22.5	25	30
	QJ3-14	14	30.5	33	
	QJ3-20	20	43	43	40
	QJ3-28	28	59	62.5	
	QJ3-40	40	86	90	60
	QJ3-55	55	120	120	
	QJ3-75	75	145	142.5	80
	QJ3-100	100	190	190	
QJ10	QJ10-10	10	20.5		30
	QJ10-13	13	25.7		
	QJ10-17	17	34		40
	QJ10-22	22	43		
	QJ10-30	30	58		
	QJ10-40	40	77		60
	QJ10-55	55	105		
	QJ10-75	75	142		
QJ10D	QJ10D-11	11	24.6		30
	QJ10D-15	15	31.4		
	QJ10D-18.5	18.5	37.6		40
	QJ10D-22	22	43		
	QJ10D-30	30	58		
	QJ10D-37	37	71.8		
	QJ10D-45	45	85.2		60
	QJ10D-55	55	105		
	QJ10D-75	75	142		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-89 JJ1 系列自耦减压起动控制柜技术数据

型 号	工作电流参考值/A	电流转换器整定参考值/A	热继电器整定电流参考值/A	最大起动时间总和/s	断路器电磁脱扣器额定电流/A
JJ1B-11/380-1	22	3.3	22	30	32
JJ1B-15/380-1	29	4.0	29	30	40
JJ1B-18.5/380-1	36	5.3	36	40	40
JJ1B-22/380-1	42	4.2	42	40	50
JJ1B-30/380-1	57	5.7	57	40	63
JJ1B-37/380-1	70	5.3	70	60	80
JJ1B-45/380-1	84	6.3	84	60	100
JJ1B-55/380-1	103	3.8	103	60	125
JJ1B-75/380-1	140	5.2	140	60	180
JJ1B-100/380-1	184	4.6	3.0	90	200
JJ1B-115/380-2	219	5.4	3.7	90	250
JJ1B-135/380-2	252	3.1	2.1	90	315
JJ1B-190/380-2	351	4.3	2.9	90	400
JJ1B-255/380-2	407	3.8	2.5	90	500
JJ1B-260/380-2	469	4.4	2.9	90	500
JJ1B-300/380-2	637	5.0	3.4	90	630
JJ1K-110/380-2	184	4.6	3.0	90	200
JJ1B-115/380-2	219	5.4	3.7	90	250
JJ1K-135/380-2	252	3.1	2.1	90	315
JJ1K-190/380-2	351	4.3	2.9	90	400
JJ1K-225/380-2	407	4.8	2.5	90	500
JJ1K-260/380-2	469	4.4	2.9	90	600
JJ1K-300/380-2	537	5.0	3.4	90	630

注：型号 JJ1 后的 B 和 K 表示不同的转换方式，B 为闭路转换，K 为开路转换。

1.7.5 综合起动器技术数据（见表 1-90 ~ 表 1-92）

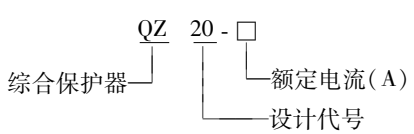
1）QZ20 系列综合保护起动器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 的三相异步电动机，作不频繁起动及停止之用。能有效地对电动机过载、断相起保护作用。广泛应用于潜水电泵、棉纺机械、脱粒机、矿山机械等机电设备中。

2）QZ73 系列综合保护起动器适用于交流 50Hz、额定电压 380V、额定功率至 20kW 的三相异步电动机中，作不频繁直接起动及停止。并能对电动机作过载、断相起保护作用。

3）QZ610 系列电动机保护器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下、额定功率至 40kW 的三相异步电动机中，作不频繁直接起动及停止之用。

型号含义：

1）QZ20 系列综合保护起动器



2）QZ610 系列综合保护起动器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

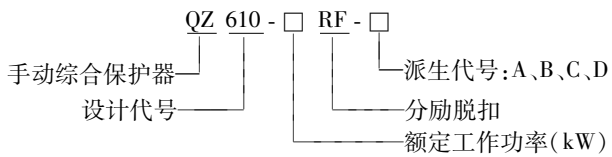


表 1-90 QZ20 系列综合保护起动器技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	控制电机功率/kW	热元件额定电流/A	分励脱扣线圈脱扣电压/V
QZ20-10	380	10	1.1 1.5 2.2 4	1.5~2.4 3.5~5 4.5~7.2 6.8~11	152~418
QZ20-20		20	5.5 10	10~16 14~22	

表 1-91 QZ73 系列综合保护起动器技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	控制电动机功率/kW			辅助触头	
			127V	220V	380V	数量	额定电流/A
Q273-1	380	20	1	1.8	3.2	2常开 2常闭	5
Q273-2		20	—	—	3.2		
Q273-3		20	—	—	10		
Q273-4、6		20	1	1.8	3.2		
Q273-5、7		20	3.2	5.8	10		
Q273-8、9、10		40	4	7	10		

表 1-92 QZ610 系列农用起动器技术数据

型 号	可控制电动机最大功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	热继电器等级/A	热元件额定电流/A	热继电器额定电流调节范围/A
QZ610-4	1.1	380	10	20	2.4	1.5~2.4
	1.5				3.5	2.2~3.5
	2.2				5.0	3.2~5.0
	3				7.2	4.5~7.2
	4				11.0	6.8~11.0
	5.5	380	20	20	11.0	6.8~11.0
QZ610-10	7.5	380	20	20	16.0	10.0~16.0
	10				22.0	14.0~22.0
QZ610-17	10	380	40	60	22.0	14.0~22.0
	13				32.0	20.0~32.0
	17				45.0	28.0~45.0

1.7.6 起动器的选择、使用与维护

1. 选择

选用起动器时，首先应对各种起动器的特点进行分析比较，先确定起动器的型号。然后再根

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

据被控电动机的功率决定起动器的容量等级。最后再按电动机的额定电流选择热元件的规格。

选用起动器时，还应注意以下几点：

1）选用时应考虑起动器的操作频率。

2）选用时还应考虑起动器与短路保护电器的协调配合。通常选用熔断器作为短路保护电器，熔断器应安装于起动器的电源侧（综合起动器除外，其内已装有熔断器，一般起动器应按制造厂要求选配合适的熔断器）。通常按起动器额定电流的2.5倍左右选择熔断器，以保证电动机起动时不发生误动作。

3）选用星-三角起动器时，要求被控电动机正常运行时应为三角形联结。

4）选用延边三角形起动器时，不仅要求被控电动机正常运行时应为三角形联结，而且要求被控电动机必须具备九个接线端头。

5）选用电磁起动器时，应先根据使用环境确定起动器是开启式（无外壳）的还是防护式（有外壳）的。再根据线路要求确定起动器是可逆式的还是不可逆式的、是有热保护的还是无热保护的。电磁起动器（其他装有热继电器的起动器也是一样）是否具有断相保护功能，取决于其所配用的热继电器是否具有这项功能。

6）选用自耦减压起动器（柜）时应注意其转换方式。开路转换在转换过程中电流有短暂中断，会产生电流冲击，造成转矩的突变和产生较高的过电压；闭路转换在转换过程中电流连续，电动机加速平滑，无转矩突变，可避免出现过电压。

2. 使用

1）安装前，应对起动器内各组成元器件进行全面检查与调整、保证各参数合格。

2）检查内部接线是否正确，螺钉是否拧紧。

3）清除元器件上的油污与灰尘，将极面上的防锈油脂擦拭干净。

4）在转动部分加上适量的润滑油，以保证各元器件动作灵活，无卡住与损坏现象。

5）应按产品使用说明书规定的安装方式进行安装。手动式起动器一般应安装在墙上，并保持一定高度，以利操作。

6）充油式起动器的油箱倾斜度不得超过5°，而且油箱内应充入质量合格的变压器油，并在运行中保持清洁，油面高度应维持在油面线以上。

7）起动器的箱体应可靠接地，以免发生触电事故。

8）若自装起动设备，应注意各元器件的合理布局，如热继电器宜放在其他元器件下方，以免受其他元器件的发热影响。

9）安装时，必须拧紧所有的安装与接线螺钉，防止零件脱落，导致短路或机械卡住事故。

10）安装完毕后，应核对接线是否有误。

11）对于自耦减压起动器，一般先接在65%抽头上，若发现起动困难、起动时间过长时，可改接至80%抽头。

12）按电动机实际起动时间调节时间继电器的动作时间，应保证在电动机起动完毕后及时地换接线路。

13）根据被控电动机的额定电流调整热继电器的动作电流值，并进行动作试验。应使电动机既能正常起动，又能最大限度地利用电动机的过载能力，并能防止电动机因超过极限容许过载能力而烧坏。

3. 维护

1）定期清理起动器，可用压缩空气或小毛刷清除污垢，并在活动部位加注适量润滑油。在灭弧罩未装上前切勿操作起动器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）定期检查触头表面状况，若发现触头表面粗糙，应以细锉修整，切忌以砂纸打磨。对于充油式产品的触头，应在油箱外修整，以免将油污染，使其绝缘强度降低。

3）定期检查触头的行程、超程和接触压力是否符合规定。注意触头接触是否良好、三相是否同时接触。

4）定期对热继电器进行校验。若线路发生短路事故后，应对各元器件逐个检查，及时更换已发生永久变形的零部件。即使热元件未发生永久变形，也应经检验调试合格后，方可继续使用。

5）对于手动式减压起动器，当电动机运行时因失电压而停转时，应及时将手柄扳回停止位置，以防电压恢复后电动机自行全压起动。因此，最好另装一个失电压脱扣器作保护。

6）手动式起动器的操作机械应保持灵活，并定期添加润滑剂。

7）若起动器长期搁置不用，应密封后放置于干燥处，防止污染及受潮。

1.8 按钮

按钮又称按钮开关或控制按钮，是一种短时间接通或断开小电流电路的手动控制器，一般用于电路中发出起动或停止指令，以控制电磁起动器、接触器、继电器等电器线圈电流的接通或断开，再由它们去控制主电路。按钮也可用于信号装置的控制。

随着工业生产的需求，按钮的规格品种也在日益增多。驱动方式由原来的直接推压式，转化为旋转式、推拉式、杠杆式和带锁式（即用钥匙转动来开关电路，并在将钥匙抽走后不能随意动作，具有保密和安全功能）。传感接触部件也发展为平头、蘑菇头以及带操纵杆式等多种形式。带灯按钮也日益普遍地使用在各种系统中。按钮的具体分类如下：

1）按钮按用途和触头的结构分，有起动按钮（动合按钮）、停止按钮（动断按钮）和复合按钮（动合和动断组合按扭）等三种。

2）按钮按结构形式、防护方式分，有开启式、防水式、紧急式、旋钮式、保护式、防腐式、钥匙式和带指示灯式等。常用按钮的类别及结构特点见表1-93。

表1-93 常用按钮的类别及结构特点

类 别	结构特点	代 号
开启式	适用于嵌装在固定的开关板、柜面板上	K
保护式	带保护外壳，可防止内部零件受机械损伤，防止人触及带电部分	H
防水式	带密封的外壳，可防止雨水侵入	S
防腐式	能防止化工腐蚀性气体侵入	F
防爆式	能用于含有爆炸性气体的场所	B
旋钮式	用把手旋转操作触头的通断，固定于面板上	X
钥匙式	用钥匙插入操作，供专人操作，可防止误操作	Y
紧急式	有红色大蘑菇钮头凸出于外，作紧急时切除电源用	J或M
自锁式	按钮内装有电磁机构，可自保持，用于某些试验设备和特殊设备	Z
带灯式	按钮装有信号灯，用于控制屏、台面板上	D
组合式	多个按钮组合	Z
联锁式	多对触头互相联锁	L
紧急带灯式	紧急式带指示灯	DJ

为了标明各个按钮的功能，一般要在按钮的头部采用不同的颜色标志和在固定面板上标示特定的字符，分别见表1-94和表1-95。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-94 按钮颜色标志

颜 色	代表意义	典型用途
红	停车、断开	一台或多台电动机的停车 机器设备的一部分停止运行 磁力吸盘或电磁铁的断电 停止周期性的运行
	紧急停车	紧急开断 防止危险性过热的开断
绿或黑	起动、工作、点动	控制回路励磁 辅助功能的一台或多台电动机开始起动 机器设备的一部分起动 激励磁力吸盘装置或电磁铁 点动或缓行
黄	返回的起动、移动出界、正常工作循环或移动-开始时去抑止危险情况	在机械已完成一个循环的始点,机构元件返回 按黄色按钮的功能可取消预置的功能
白或蓝	以上颜色所未包括的特殊功能	与工作循环无直接关系的辅助功能控制 保护继电器的复位

表 1-95 表示按钮功能的标牌名称

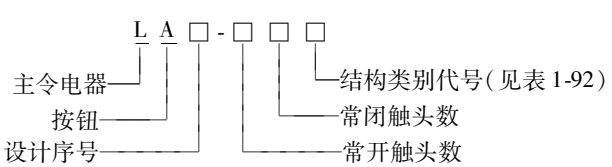
标牌名称		代号	标牌名称		代号	标牌名称		代号
英 文	中 文		英 文	中 文		英 文	中 文	
ON	通	ON	SECOND	中速	SE	LEFT	左	L
OFF	断	OFF	SLOW	低速	SL	RIGHT	右	R
START	起动	ST	HAND	手动	M,MAN	HIGH	高	H
STOP	停止	STP	AUTO	自动	A,AUT	LOW	低	L
INCH	点动	INCH	RESET	复位	R,RST	TEST	试验	
RUN	运转	RUN	UP	上升	UP	JOG	微动	
FORWARD	正转(向前)	FW	DOWN	下降	D	ACKNOWLEDGE	受信	
REVERSE	反转(向后)	R	OPEN	开	OPEN,ON	EMERG STOP	紧停	
FAST	高速	F	CLOSE	关	CLOSE,OFF			

按钮主要由按钮帽、复位弹簧、触头、接线柱和外壳等组成。

按钮的工作原理是，当用手按下按钮帽时，动断触头断开，动合触头接通；而当手松开后，复位弹簧便将按钮的触头恢复原位，从而实现对电路的控制。

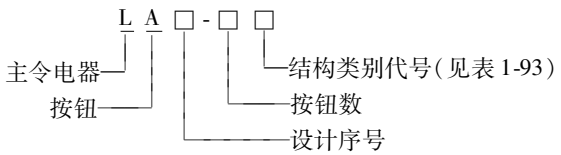
1.8.1 常用按钮技术数据（见表 1-96 ~ 表 1-98）

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



1）额定电压：有交流660V、380V和直流440V、220V等；

2）额定发热电流：有10A、5A；

3）额定控制容量：如交流为300VA，直流为60W；

4）电寿命：通常交流为60万次，直流为24万次；

5）机械寿命：因结构型式不同而异。如LAZ系列一般钮、带灯钮、蘑菇头钮、双钮、杆式钮、高平头钮为300万次，旋钮、钥匙钮、扳键钮为30万次，自锁钮、带灯自锁钮为10万次。

表1-96 LA32系列按钮技术数据

型号	触头数目		品种代号及含义	额定绝缘电压/V		约定发热电流/A	(额定工作电压/额定工作电流)/(V/A)		机械寿命/万次	电寿命/万次
	动合	动断		AC	DC		AC-15	AC-13		
LA32-10			X:旋钮式 ZF:柄旋钮式							
LA32-01			Y:钥匙式							
LA32-11	1	1	M:蘑菇式 ZS:自锁式							
LA32-21	2	1	D:带灯式 FN:方型式	660	440	10	660/1.1 380/1.9 220/3.27 120/6	440/0.36 220/0.63 125/1.1 110/1.25	一般钮 蘑菇钮 带灯钮 } 100 旋钮 钥匙钮 } 10 自锁钮:5	一般钮 蘑菇钮 带灯钮 } 20 旋钮 钥匙钮 自锁钮 } 5
LA32-12	1	2	DFN:方型带灯式 DFS:防水型带灯式							
LA32-22	2	2	FS:防水型							
LA32-33	3	3	XFS:防水型旋柄式 MFS:防水型蘑菇式							
LA32-44	4	4	ZSFS:防水型自锁式 HZ:三挡转换旋柄式							

表1-97 LAY1系列按钮技术数据

型号	电压/V	电流/A	结构型式	触头对数		按钮		型号	电压/V	电流/A	结构型式	触头对数		按钮	
				动合	动断	钮数	颜色					动合	动断	钮数	颜色
LAY1-11	AC 380 DC 220	5	平按钮	1	1	1	红、黄、绿、黑	LAY1-04	AC 380 DC 220	5	平按钮	0	4	4	红、黄、绿、黑
LAY1-01				0	1	1		LAY1-40				4	0	4	
LAY1-10				1	0	1		LAY1-14				1	4	4	
LAY1-22				2	2	2		LAY1-41				4	1	4	
LAY1-02				0	2	2		LAY1-24				2	4	4	
LAY1-20				2	0	2		LAY1-42				4	2	4	
LAY1-12				1	2	2		LAY1-34				3	4	4	
LAY1-21				2	1	2		LAY1-43				4	3	4	
LAY1-33				3	3	3		LAY1-01DJ/2			带灯紧急式	0	1	1	红
LAY1-03				0	3	3		LAY1-02DJ/2				0	2	2	
LAY1-30				3	0	3		LAY1-03DJ/2				0	3	3	
LAY1-13				1	3	3		LAY1-04DJ/2				0	4	4	
LAY1-31				3	1	3		LAY1-01DJ/3				0	1	1	
LAY1-23				2	3	3		LAY1-02DJ/3				0	2	2	
LAY1-32				3	2	3		LAY1-03DJ/3				0	3	3	
LAY1-44				4	4	4		LAY1-04DJ/3				0	4	4	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-98 RA10 系列按钮技术数据

型号	结构特征	钮头颜色	灯泡电压/V	按钮钮数	外形尺寸/mm			说明
					长	宽	高	
RA10-22/F1	带灯自复式	白、红、浅黄、淡绿、天蓝	6、12、18、24、48、60	1	44	50	86	1）按钮接通和分断电流为0.2A(电阻性负载) 2）按钮触头接触电阻0.05Ω 3）最高操作次数为30次/min 4）按钮机械寿命10万次
RA10-22/F2				2	93			
RA10-22/F4				4	143			
RA10-22/F6				6	193			
RA10-22/F8				8	243			
RA10-22/F10				10	293			
RA10-22/F12				12	343			
RA10-22/Z1	带灯自锁式	白、红、浅黄、淡绿、天蓝	6、12、18、24、48、60	1	44			
RA10-22/Z2				2	93			
RA10-22/Z4				4	143			
RA10-22/Z6				6	193			
RA10-22/Z8				8	243			
RA10-22/Z10				10	293			
RA10-22/Z12				12	343			

1.8.2 按钮的选择、使用与维护

1. 选择

1）应根据使用场合和具体用途选择按钮的类型。例如，控制台柜面板上的按钮一般可用开启式；若需显示工作状态，则用带指示灯式；在重要场所，为防止无关人员误操作，一般用钥匙式；在有腐蚀的场所一般用防腐式。

2）应根据工作状态指示和工作情况的要求选择按钮和指示灯的颜色。如停止或分断用红色；起动或接通用绿色；应急或干预用黄色。

3）应根据控制回路的需要选择按钮的数量。例如，需要作“正（向前）”、“反（向后）”及“停”三种控制处，可用三只按钮，并装在同一按钮盒内；只需作“起动”及“停止”控制时，则用两只按钮，并装在同一按钮盒内。

2. 使用与维护

1）按钮应安装牢固，接线应正确。通常红色按钮作停止用，绿色或黑色表示起动或通电。

2）应经常检查按钮，及时清除它上面的尘垢，必要时采取密封措施。

3）若发现按钮接触不良，应查明原因；若发现触头表面有损伤或尘垢，应及时修复或清除。

4）用于高温场合的按钮，因塑料受热易老化变形，而导致按钮松动，为防止因接线螺钉相碰而发生短路故障，应根据情况在安装时，增设紧固圈或给接线螺钉套上绝缘管。

5）带指示灯的按钮，一般不宜用于通电时间较长的场合，以免塑料件受热变形，造成更换灯泡困难，若要使用，可降低灯泡电压，以延长使用寿命。

6）安装按钮的按钮板或盒，应采用金属材料制成的，并与机械总接地母线相连，悬挂式按钮应有专用接地线。

1.9 行程开关

在生产机械中，常需要控制某些运动部件的行程，或运动一定行程使其停止，或在一定行程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

内自动返回或自动循环。这种控制机械行程的方式叫“行程控制”或“限位控制”。

行程开关（又称限位开关）是实现行程控制的小电流（5A以下）主令电器，其作用与控制按钮相同，只是其触头的动作不是靠手按动，而是利用机械运动部件的碰撞使触头动作，即将机械信号转换为电信号，通过控制其他电器来控制运动部件的行程大小、运动方向或进行限位保护。

行程开关按用途不同可分为两类：一类是一般用途行程开关（即常用的行程开关），它主要用于机床、自动生产线及其他生产机械的限位和程序控制；另一类是起重设备用行程开关，它主要用于限制起重机及各种冶金辅助设备的行程。常用的行程开关有JLXK1和LX19等系列。

JLXK1系列行程开关主要由滚轮、杠杆、转轴、凸轮、撞块、调节螺钉、微动开关和复位弹簧等部件组成。

当运动机械的挡铁撞到行程开关的滚轮上时，行程开关的杠杆连同转轴一起转动，使凸轮推动撞块，当撞块被压到一定位置时，便推动微动开关快速动作，使其动断触头（常闭触头）断开，动合触头（常开触头）闭合；当滚轮上的挡铁移开后，复位弹簧就使行程开关的各部件恢复到原始位置，这种单轮旋转式行程开关能自动复位，在生产机械的自动控制中被广泛应用。

1.9.1 行程开关技术数据（见表1-99～表1-103）

型号含义：

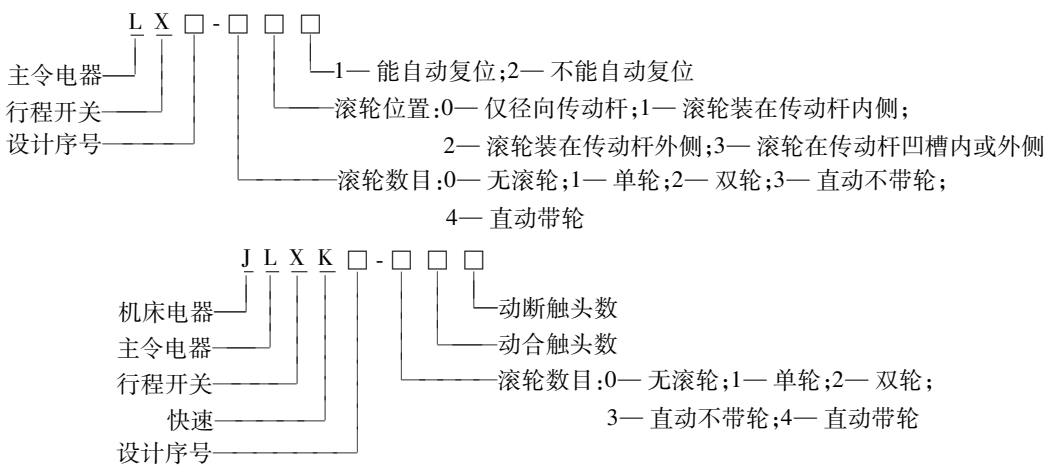


表1-99 LX32系列行程开关技术数据

型号	额定电压/V	约定发热电流/A	额定电流/A	额定控制容量	操作频率/(次/h)	电寿命/($\times10^4$次)	机械寿命/($\times10^4$次)	动作力/N(最小值)	释放力/N(最小值)	动作行程/mm(最大值)	超行程/mm(最小值)	差程/mm(最大值)
LX32-1S	DC 24、110、220 AC 380、220	6	DC 0.42、0.09、0.046 AC 0.79、1.3	DC 10W AC 300VA	1200	DC 20 AC 100	1000	12	2.4	2	3	0.4
LX32-1								10	2.0	2	3	0.5
LX32-2								10	2.0	4	3	0.4
LX32-3								7	2.0	4	5	0.4
LX32-3S								10	2.4	动作半径 *R*20	5	0.5
LX32-5S								5				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-100 LX33 系列起重机用行程开关技术数据

型号	额定电压/V	约定发热电流/A	操作频率/(次/h)	机械寿命/($\times10^4$ 次)	电寿命/($\times10^4$ 次)	极限速度/(m/min)		外形尺寸(宽×高×深)/mm	控制回路数
						最高	最低		
LX33-11	AC 380 DC 220	10	1200	100	20	200	5	185×160×170	1
LX33-12									2
LX33-13									3
LX33-14									4
LX33-21									1
LX33-22						100	3	235×160×170	2
LX33-23									3
LX33-24									4
LX33-31						80	1	260×155×160	1
LX33-32									2
LX33-33									3
LX33-34									4
LX33-41									1
LX33-42			300			不限	AC 4 DC 8	170×178×265	2
LX33-43									3
LX33-44									4

表 1-101 LX36 型限位开关技术数据

型号	额定控制容量	额定工作电压/V		额定工作电流/A	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	额定操作频率/(次/h)	电寿命/万次	机械寿命/万次
LX36-8	300VA	AC	380	0.8	380	6	300	10	100
			220	1.36					
	10W	DC	220	0.045					
			110	0.09					

表 1-102 LX37 型差动限位开关技术数据

型号	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	持续工作电流/A	额定控制功率	额定工作电压/V	额定工作电流/A	操作频率/(次/h)	机械寿命及电寿命/次
LX37-35	500	25	25	AC 500VA	380	1.35	600	10^6
					220	2.27		
				DC 50W	220	0.23		
					110	0.45		

表 1-103 常用微动开关技术数据

型号	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定控制容量	触头对数	动作力/N	动作行程/mm	超行程/mm	结构型式
LXW2-11	5	AC 380 DC 220	AC 100VA DC 30W	1a1b	≤49	1.8	≥0.2	控制行程,限位保护用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定控制容量	触头对数	动作力/N	动作行程/mm	超行程/mm	结构型式
LXW5-11Z	10	AC 380 DC 220	AC 100VA DC 10W	1a1b	≤0.8	≤1.0		推杆柱塞式
LXW5-11D					≤3.8			短弹簧柱塞式
LXW5-11M					≤3.8			面板安装柱塞式
LXW5-11Q1					≤3.8			面板安装滚轮柱塞式
LXW5-11Q2					≤3.8			面板安装十字形滚轮柱塞式
LXW5-11N1					≤0.8	2～4		铰链杠杆式
LXW5-11N2					≤1.0	3～5		铰链短杠杆式
LXW5-11G1					≤0.8	≤3.0		铰链滚轮杠杆式
LXW5-11G2					≤1.6	2～4		铰链滚轮短杠杆式
LXW5-11G3					≤0.9	3～6		铰链滚轮中杠杆式
LXW6-11	3	AC 380 DC 220	AC 100VA DC 30W	1a1b	≤6	≤1.6	≥2	基型
LXW6-11CA					≤5		≥3	长按钮传动
LXW6-11DA					≤5		≥3	短按钮传动
LXW6-11CG					≤1.7		≥10	长杠杆传动
LXW6-11DG					≤2.6		≥5	短杠杆传动
LXW6-11CL					≤2.6		≥5	长杠杆带滚轮型
LXW6-11DL					≤3		≥8	短杠杆带滚轮型
LXW6-11DCL					≤5		≥2	单向长杠杆带滚轮型
LXW6-11DDL					≤5		≥2	单向短杠杆带滚轮型
LXW6-11BZ					≤6		≥5	带安装螺母长滚轮型
LXW6-11ZL					≤6		≥5	带安装螺母纵滚轮型
LXW6-11HL					≤6		≥5	带安装螺母横滚轮型
LXW18-11A	5	AC 380 DC 250	AC 720VA DC 138W	1a1b	≤1.6	≤5	≥2	短杠杆型
LXW18-11B					≤1.6	≤3.1	≥2.4	短滚轮型
LXW18-11C					≤0.7	≤9	≥5	长杠杆型
LXW18-11D					≤1	≤1	≥4	长滚轮型
LXW18-11E					≤1	≤5	≥4	R 型杠杆
LXW18-11Z					≤3.5	≤0.4	≥5.5	直动型
LXW18-11G					≤0.04	≤12	≥6	直型钢丝
LXW8 （831330）	20	AC 380 DC 220	AC 100VA DC 44W	1a1b	≤4.5	≤12	≥0.8	有铰链杠杆 铰链滚轮杠杆 焊接型 接插型等
LXW9 （831060）	17.5				≤5	≤1.5	≥0.8	
LXW10 （831600）	8.5				≤2	≤2	≥0.2	
LXW11 （831180）	1				≤2.7	≤2.7	≥0.2	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定控制容量	触头对数	动作力/N	动作行程/mm	超行程/mm	结构型式
ZC-D55	10	AC 250 DC 250 DC 125 DC 30	AC 100VA DC 30W	1a1b	≤12	≤1.5	≥2.4	
ZC-Q55					≤12	≤1.5	≥3	
ZC-Q2255					≤12	≤1.5	≥3	
ZC-N2255					≤7	≤1.5	≥2.5	

1.9.2　行程开关的选择、使用与维护

1. 选择

1）根据使用场合和控制对象来确定行程开关的种类。当生产机械运动速度不是太快时，通常选用一般用途的行程开关；而当生产机械行程通过的路径不宜装设直动式行程开关时，应选用凸轮轴转动式的行程开关；而在工作效率很高、对可靠性及精度要求也很高时，应选用接近开关。

2）根据使用环境条件，选择开启式或保护式等防护形式。

3）根据控制电路的电压和电流选择系列。

4）根据生产机械的运动特征，选择行程开关的结构型式（即操作方式）。

2. 使用与维护

1）检查行程开关的安装使用环境。若环境恶劣，应选用防护式，否则易发生误动作和短路故障。

2）行程开关安装时，应注意滚轮的方向，不能接反。与挡铁碰撞的位置应符合控制电路的要求，并确保能与挡铁可靠碰撞。

3）应经常检查行程开关的动作是否灵活或可靠，螺钉有无松动现象，发现故障要及时排除。

4）应定期清理行程开关的触头，清除油垢或尘垢，及时更换磨损的零部件，以免发生误动作而引起事故的发生。

1.10　接近开关

1. 用途

接近开关又称无触头接近开关，是理想的电子开关量传感器。当金属检测体接近开关的区域时，开关能无接触、无压力、无火花、迅速发出电气命令，准确反应出运动机构的位置和行程，若用于一般的行程控制，其定位精度、操作频率、使用寿命、安装调整的方便性和对恶劣环境的适用能力，是一般机械式行程开关所不能相比的。

接近开关还可用于高速计数、检测金属体的存在、测速、液压控制、检测零件尺寸以及用作无触头式按钮等。

2. 分类

1）高频振荡型：用以检测各种金属体。

2）电容型：用以检测各种导电或不导电的液体或固体。

3）光电型：用以检测所有不透光物质。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）超声波型：用以检测不透过超声波的物质。

5）电磁感应型：用以检测导磁或不导磁金属。

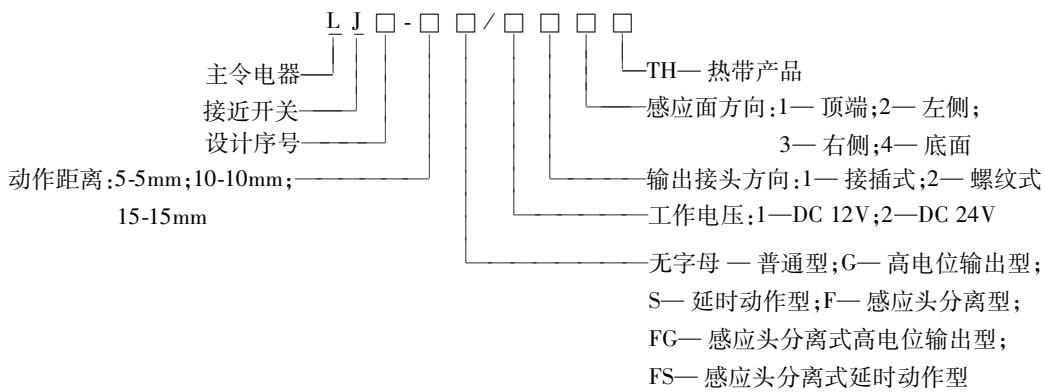
3. 结构特点

接近开关的种类很多，其中以高频振荡型最为常用，它约占全部接近开关产量的80%以上。高频振荡型接近开关主要由传感器（感应头）、振荡器、开关电路、输出电路以及稳压电源等组成。

当装在生产机械上的金属检测体（铁磁件）接近感应头时，由于感应作用，处于高频振荡器线圈磁场中的金属检测体内部产生涡流损耗（如果是铁磁金属物体，还有磁滞损耗），这时，振荡器的回路电阻增大，能量损耗增加，以致振荡减弱，直至终止。因此，接在振荡电路后面的开关动作，发出相应的信号，即能检测出金属检测体的存在。当金属检测体离开感应头后，振荡器即恢复振荡，开关恢复为原始状态。

1.10.1 接近开关技术数据（见表1-104～表1-107）

型号含义：



主要技术性能：

1）动作距离：不同类型接近开关的动作距离含义不同。大多数接近开关是以开关刚好动作时感应头与检测体的距离为动作距离。

2）重复精度：重复精度是指在常温和额定电压下连续进行十次试验，取其中最大或最小值与十次试验的平均值之差为接近开关的重复精度。

3）操作频率：操作频率与接近开关信号发生机构的原理和输出元件的种类有关。采用无触头输出形式的接近开关，其操作频率主要决定于信号发生机构及电路中的其他储能元件。若为有触头输出形式，则主要决定于所用继电器的操作频率。

4）复位行程：复位行程是指开关从“动作”到“复位”位置的距离。

表1-104 LJ5系列接近开关技术数据

接近开关类型		额定工作电压/V	输出电流/mA	开关压降/V	截止状态电流/mA	工作电压 U_n(%)	操作频率/(次/s)	外螺纹直径/mm	外壳防护等级
直流	二线型	10～30	5～50	8	1.5	85～110	100～200	M18、M30	IP65
	三线型	6～30	5～300	3.5	0.5				
	四线型	10～30	2×(5～50)						
交流		30～220	20～30	10	2.5	80～110	5		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-105 LXJ3 系列晶体管交流接近开关技术数据

型 号	额定工作电压/V	输出电压/V	输出电流/mA	动作距离/mm	回环宽度/mm	重复定位精度/mm	最高工作频率/(次/s)
LXJ3-5	AC110～220	“1”态≤10 “0”态≤95% U_n	100(max) 20(min)	5	≤1	≤0.03	10
LXJ3-10				10	≤2	≤0.05	
LXJ3-15				15	≤3	≤0.10	

注：LXJ3 系列晶体管交流接近开关适用于交流 50Hz、电压 110V 至 220V 的线路中，作机床及自动生产线的定位控制或信号检测之用。

表 1-106 LXJ6 系列电感式接近开关技术数据

型 号	动用距离/mm	复位行程差/mm	额定工作电压/V		输出能力		重复定位	开关压降/V	
			AC	DC	长期/mA	瞬时/ms	精度/mm	AC	DC
LXJ6-2/12	2±1		100～250	10～30	100 30～200	1A t≤20	±0.15	<9	<4.5
LXJ6-2/18	2±1	≤1							
LXJ6-4/18	4±1								
LXJ6-4/22	4±1								
LXJ6-6/22	6±1	≤2							
LXJ6-8/30	8±1						±0.3		
LXJ6-10/30	10±1								

注：LXJ6 系列电感式接近开关适用于交流 50Hz/60Hz、电压 100V 至 250V 的线路中，作机床及自动生产线的定位控制或信号检测之用。当运动的金属体接近开关的感应达到动作距离之内，无接触、无压力地发出检测信号，用以驱动小容量的接触器或中间继电器。

表 1-107 LXJ9 系列电容式接近开关技术数据

型 号	额定电源电压/V		允许输入电压/V		作用距离/mm	重复精度(%)	复位行程差(%)	输出电流/mA		开关频率/Hz		开关压降/V	
	AC	DC	AC	DC				AC	DC	AC	DC	AC	DC
LXJ9-6/18	—	24	—	10～30	6min2max10	≤±15	≤20	—	max:100	—	100	—	≤2
LXJ9-15/30	220	24	100～250	10～30	15min2max20			200	max:100	—	100	≤15	≤2
LXJ9-20/55	220	24	100～250	10～30	20min2max30			200	max:100	—	100	≤15	≤2

注：LXJ9 系列电容式接近开关适用于直流电压 10～30V、交流电压 90～250V 的线路中，作机床及自动生产线的定位控制或信号检测、计数等之用。

1.10.2 接近开关的选择、使用与维护

1. 选择

1）接近开关较行程开关价格高，因此仅用于工作频率高、可靠性及精度要求均较高的场合。

2）按有关距离要求选择型号、规格。

3）按输出要求是有触头还是无触头以及触头数量，选择合适的输出型式。

2. 使用与维护

接近开关应按产品使用说明书的规定正确安装，注意引线的极性、规定的额定工作电压范围和开关的额定工作电流极限值。对于非埋入式接近开关，应在空间留有一非阻尼区（即按规定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

使开关在空间偏离铁磁性或金属物一定距离）。接线时，应按引出线颜色辨别引出线的极性和输出型式。在调整动作距离时，应使运动部件（被测工件）离开检测面轴向距离在驱动距离之内。

1.11 万能转换开关

1. 用途

万能转换开关是由多组相同结构的触头组件叠装而成的多回路控制电器，主要用于各种控制线路的转换，电气测量仪表的转换，以及配电设备（高压油断路器、低压空气断路器等）的远距离控制，也可用于控制小容量电动机的起动、制动、正反转换向及双速电动机的调速控制。由于它触头档数多、换接的线路多、且用途广泛，所以常被称为“万能”转换开关。

2. 万能转换开关的分类

1）按手柄形式：有旋钮、普通手柄、带定位可取出钥匙的和带信号灯指示的等。

2）按定位形式：有复位式和定位式。定位角分30°、45°、60°、90°等数种，它由具体系列规定。

3）按接触系统档数：如LW5分1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16等16种单列转换开关。

3. 结构

万能转换开关主要由操作机构、定位装置和触头三部分组成。其中，触头为双断点桥式结构，动触头设计成自动调整式以保证通断时的同步性。静触头装在触头座内。每个由胶木压制的触头座内可安装2~3对触头，而且每组触头上均装有隔弧装置。

定位装置采用滚轮卡棘轮辐射形结构。操作时滚轮与棘轮之间的摩擦为滚动摩擦，故所需操作力小、定位可靠、寿命长。另外，这种机构还起一定的速动作用，既有利于提高分断能力，又能加强触头系统动作的同步性。

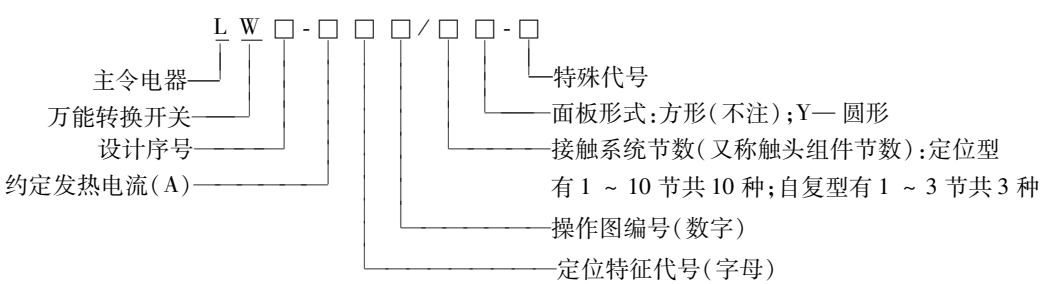
触头的通断由凸轮控制。由于凸轮与触头支架之间为塑料与塑料或塑料与金属滚动摩擦副，所以有助于减小摩擦力和提高使用寿命。

在操作转换开关时，手柄带动转轴和凸轮一起旋转。当手柄在不同的操作位置，利用凸轮顶开和靠弹簧力恢复动触头，控制它与静触头的分与合，从而达到对电路断开和接通的目的。

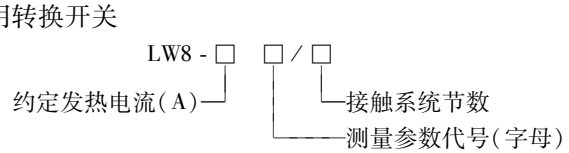
1.11.1 万能转换开关技术数据（见表1-108~表1-110）

型号含义：

1）基本产品



2）电气测量仪表用转换开关



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）直接操作电动机用的转换开关

LW8 - □ □ / □

约定发热电流(A)

□ 可控交流电动机最大容量

□ 用途代号:Q1— 直接起动;N1— 可逆转换;S1— 双速电动机变速

表 1-108 LW12 系列万能转换开关技术数据

使 用 类 别	AC-15		DC-13	AC-3	AC-4
额定工作电压/V	380	220	220	380	380
额定工作电流/A	2.60	4.60	0.27	12	12
电寿命/ $\times 10^4$ 次	10		20	19.5	0.5
机械寿命/ $\times 10^4$ 次	100				
操作频率/(次/h)	120				
额定绝缘电压/V	500				
约定发热电流/A	16				

表 1-109 LW12 系列万能转换开关的定位特征代号

操作方式	特征代号	操作器位置											
自复型	A						0°	←45°					
	B					45°→	0°	←45°					
定位型	C						0°	←45°					
	D					45°	0°	45°					
	E					45°	0°	45°	90°				
	F				90°	45°	0°	45°	90°				
	G				90°	45°	0°	45°	90°	135°			
	H			135°	90°	45°	0°	45°	90°	135°			
	I			135°	90°	45°	0°	45°	90°	135°	180°		
	J		120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°		
	K		120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
	L	150°	120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
	M	150°	120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
	S						0°	60°	120°	180°	240°	300°	
	N					45°		45°					
	P						0°	90°					
						90°	0°						
						90°	0°	90°					
	R						0°	90°	180°	270°			
定位自复型	Z					45°	0°	←45°					
						90°	0°	←45°					
					90°→	45°	0°	45°	←90°				
					135°→	90°	0°	←45°					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

操作方式	特征代号	操作器位置											
定位自复型带闭锁装置	ZL					45°→	0°	←45°	90°				
					90°	45°→	0°	←45°					
					90°	45°→	0°	←45°	90°				

表 1-110 LW128 系列万能转换开关技术数据

型号	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	转换方式		电气/机械寿命/万次	额定电压和额定电流的对应关系			同一开关元件邻近极	额定操作频率/(次/h)	开关元件数量
			代号	操作角度说明		使用类别	U_n/V	I_n/A			
LW28-10	AC 380 DC 220	10	01	−45°↔0°↔45°	10/10	AC−14	24	2	不同电位	300	1～18
			02	−45°−0°↔45°							
			03	−45°↔0°−45°			127	0.5			
			04	−45°↔0°							
			05	0°↔45°			220	0.2			
			06−08	−45°−0°−45°							
			10	−45°−0°			380	0.1			
			11	0°−45°							
			12−14	0°−45°−90°−135°		AC−15	24	4	同电位		
			15−16	0°−45°−90°↔135°							
			17	0°−45°−90°−135°−180°−225°−270°−315°−0°			127				
			18	0°−45°−90°−135°−180°−225°−270°−315°							
			20	0°−45°−90°−135°−180°−225°−27°			220				
			21	0°−45°−90°−135°−180°−225°							
			22	0°−45°−90°−135°−180°			380				
			23	0°−90°−180°−27°−0°							
			24	0°−90°−180°−27°		DC−13	24	2	不同电位		
			25	0°−90°−180°			110	0.5			
			26−28	0°−90°			220	0.2			
			30	−45°↔0°−90°↔135°			24	5	同电位		
			31	−45°↔0°−90°			110	1			
			32	0°−90°↔135°			220	0.6			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.11.2 万能转换开关的选择、使用与维护

1. 选择

1）按额定电压和工作电流等参数选择合适的系列。

2）按操作需要选择手柄形式和定位特征。

3）选择面板形式及标志。

4）按控制要求，确定触头数量和接线图编号。

5）因转换开关本身不带任何保护，所以必须与其他保护电器配合使用。

2. 使用与维护

1）转换开关一般应水平安装在屏板上，但也可倾斜或垂直安装。应尽量使手柄保持水平旋转位置。

2）转换开关的面板从屏板正面插入，并旋紧在面板双头螺栓上的螺母，使面板紧固在屏板上，安装转换开关要先拆下手柄，安装好后再装上手柄。

3）有些型号的转换开关固定在屏板上时，必须预先从开关上拆下面板和固定垫板，为此旋出三个固定法兰盘与触头盒圆形凸缘连接的螺栓，然后松开三个压紧螺栓和转动固定垫板，使得在面板圆柱部分的四个凸楔旋出对应冲口，此后固定垫板就很容易脱离面板了。将已拆下的面板，从屏板的正面插入到已开好的孔内。从屏板的后面在面板的圆柱体部分先套上木质垫圈，然后旋在法兰盘上。同时将螺栓按水平方向旋紧，并装牢转换开关。

4）转换开关应注意定期保养，清除接线端处的尘垢，检查接线有无松动现象等，以免发生飞弧短路事故。

5）当转换开关有故障时，必须立即切断电路。检验有无妨碍可动部分正常转动的故障、检验弹簧有无变形或失效、触头工作状态和触头状况是否正常等。

6）在更换或修理损坏的零件时，拆开的零件必须除去尘垢，并在转动部分的表面涂上一层凡士林，经过装配和调试后，方可投入使用。

1.12 主令控制器

1. 用途

主令控制器（又称主令开关）是用来频繁地转换复杂的多个控制电路的主令电器。用它在控制系统中发出命令，通过接触器来实现控制电动机的起动、调速、制动和反转。

主令控制器主要用于电力传动装置中，按一定顺序分合触头，以达到发布命令或与其他控制线路联锁、转换的目的。

2. 分类

1）凸轮调整式主令控制器：凸轮片上开有孔和槽，凸轮片的位置能按给定的分合表进行调整。它能直接通过减速器与操纵机械连接。在控制电路数较多时，为缩短开关长度，采用两组凸轮轴，两轴直接连接或通过减速器连接。

2）凸轮非调整式主令控制器：凸轮不能调整，只能按触头分合表作适当的排列组合。此种主令控制器适用于组成联动控制台，实现多点多位控制。若应用万向轴承，手柄可将在纵横倾斜的任意方向转动，能得到数十个位置，以达到控制起重机等负载作上下、左右、前后等方向运转的目的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 结构

主令控制器由触头、凸轮、定位机构、转动轴、面板及其支承件等部分组成。触头为双断点的桥式结构，适用于按顺序操作多个控制电路。

主令控制器的工作原理是，当转动方轴时，凸轮块随之转动，当凸轮块的凸起部分转到与小轮接触时，则推动支杆向外张开，使动触头离开静触头，将被控电路断开。当凸轮的凹陷部分与小轮接触时，支杆在反力弹簧作用下复位，使动、静触头闭合，从而接通被控电路。这样安装一串不同形状的凸轮，可使触头按一定顺序闭合和断开，以获得按一定顺序进行控制的电路。

1.12.1 主令控制器技术数据（见表1-111和表1-112）

型号含义：

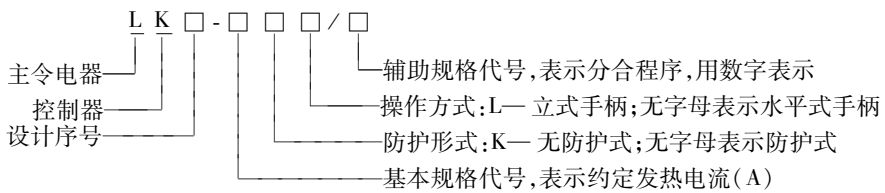


表1-111 LK17系列主令控制器技术数据

型号	额定电压/V	约定发热电流/A	额定控制容量	接通能力/A	分断能力/A	机械寿命/(×10⁴次)	电寿命/(×10⁴次)	开关挡位数
LK17-2 LK17-3 LK17-4 LK17-5 LK17-6 LK17-7 LK17-8 LK17-9 LK17-10 LK17-11 LK17-12	AC 380 DC 220	10	AC 1000VA; DC 180W	AC:42 DC:57	AC:2.6 DC:0.8	300	AC:60 DC:30	1~6

表1-112 LK18系列主令控制器技术数据

型号	额定电压/V	额定电流/A	控制容量	操作频率/(次/h)	机械寿命/(×10⁴次)	电寿命/(×10⁴次)	外形尺寸(宽×高×深)/mm
LK18-10K LK18-10KL LK18-10L	380、220	AC 380V:2.6 220V:4.5 DC 220V:0.4 110V:0.8	AC:1000VA DC:90W	1200	300	AC-11:100 DC-11:60	243×88×150 190×208×160
LK18-10B	AC 380 AC 220	2.6 4.5				100	—
LK18-10B/□L	AC 380 AC 220	0.4 0.8				60	—
LK18A-10/□	改型设计,性能同上						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.12.2 主令控制器的选择、安装与维护

1. 选择

1）使用环境：室内用应选用防护式、室外用应选用防水式。

2）电路数及控制电路的选择：全系列主令控制器的电路数有 2、5、6、8、16、24 等规格，一般选择时应留有若干电路空着作备用。

3）减速器传动比的选择：LK 系列的减速器传动比有 1∶5、1∶20、1∶30、1∶36、1∶16.65 等几种型式，其中 1∶16.65 的传动比为凸轮鼓串联型。串联是指控制器内有两个凸轮鼓交替旋转；并联是指两个凸轮鼓同时旋转。

2. 安装与维护

1）安装前应认真查对产品铭牌上的技术数据与所选择的规格是否一致。

2）检查外壳、灭弧罩等是否损坏。

3）安装前应操作手柄不少于 5 次，检查有无卡滞现象，触头的开闭顺序是否符合要求。

4）应按图接线，经检查无误才能通电。

5）保养时应注意清除控制器内灰尘，所有活动部分应定期加润滑油。

6）不使用时，手柄应停在零位。

1.13 电磁铁

1. 用途

电磁铁是一种通电后对磁性物质产生吸力，将电能转换为机械能的电器或电器部件。

电磁铁由线圈、铁心（动、静铁心）两部分组成。当线圈中通以电流时，静铁心被磁化而产生吸力，吸引动铁心动作。电磁铁是利用其电磁吸力来操纵、牵引机械装置完成预期的动作的，或用于钢铁零件的吸持固定、铁磁物质的起重搬运等。

2. 分类

电磁铁的种类很多，作为电器使用的电磁铁一般可从以下几方面分类：

1）按动铁心运动方式可分为直动式和转动式（又称拍合式）两大类。

2）按线圈中通过电流的种类可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

3）按动铁心的行程可分为长行程和短行程两种。

4）按用途可分为牵引电磁铁、制动电磁铁、起重电磁铁和阀用电磁铁等。此外，电力液压推动器常代替制动电磁铁用。

电磁铁的用途、分类及特点见表 1-113。

表 1-113 电磁铁的用途、分类及特点

类型		代表系列型号	特点及主要用途
制动电磁铁	单相转动型	MZD1 系列	该系列电磁铁必须配用于 JWZ 系列 TJ2 系列闸瓦式制动器上，作机械设备操动装置用，由单相交流电源供电
	三相长行程保护式	MZS1 系列	MZS1 系列电磁铁采用三相交流长行程、保护式结构，属反复短时工作制电器制动类，用在闸瓦式制动器上
	短行程开启式	MZZ1A 系列	该系列电磁铁是直流短行程开启式制动电磁铁，适用于操动闸瓦式制动器，220V 并励线圈，如用于 440V 时则应在结构上增加附加电阻
	长行程直流电磁式	MZZ5 系列	该系列为长行程直流电磁式制动电磁铁，从保护方式分为保护式及防水式，通电持续率有 25% 及 40% 两种。用于操作负载动作的闸瓦制动器上，必须装在空气流通设备上

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类型		代表系列型号	特点及主要用途
牵引电磁铁	单相螺旋式	MQ3 系列	用在机床及自动化系统中，用于远距离控制与操作各种机构，也可控制液压阀门
	单相牵引电磁铁	MQ2 系列	MQ2 系列的结构基本上与 MQ1 系列相同，主要用在自动控制设备中，用于开启和关闭气压及液压油门、阀门，也可牵引其他机械设备
起重电磁铁	MW5 系列		主要用在钢铁企业及机械运输行业，用于吸取钢铁、钢材，作吊运和移位用

3. 主要性能

电磁铁的主要参数有额定电压、工作电流、额定行程、额定吸力。

1）额定电压：额定电压是指电磁铁正常工作时线圈所需要的工作电压。对于直流电磁铁是直流电压；对于交流电磁铁是交流电压。必须满足额定电压要求才能使电磁铁长期可靠地工作。

2）工作电流：工作电流是指电磁铁正常工作时通过线圈的工作电流。直流电磁铁的工作电流是一恒定值，仅与线圈电压和线圈直流电阻有关。交流电磁铁的工作电流不仅取决于线圈电压和线圈直流电阻，更取决于线圈的电抗，而线圈电抗与铁心工作气隙有关。因此，交流电磁铁在启动时电流很大，一般是动铁心吸合后的工作电流的几倍至几十倍。在使用时应保证提供足够的工作电流。

3）额定行程：额定行程是指电磁铁吸合前后动铁心的运动距离。常用电磁铁的额定行程从几毫米到几十毫米有多种规格，可按需要选用。

4）额定吸力：额定吸力是指电磁铁通电后所产生的吸引力。应根据电磁铁所操作的机械部件的要求选用具有足够额定吸力的电磁铁。

1.13.1 牵引电磁铁技术数据（见表 1-114）

牵引电磁铁主要用于各种机车和自动控制设备中，牵引或推斥其他机械装置，以达到自控或遥控的目的。

牵引电磁铁按额定电压可分为 36V、110V、127V、220V、380V 等，按吸引线圈频率分为 50Hz、60Hz。

表 1-114 MQ3 系列交流牵引电磁铁技术数据

型号	产品分级	额定吸力/N	额定行程/mm	操作次数/(次/h)	吸引线圈额定电压/V	线圈绝缘等级	机械寿命/($\times10^4$ 次)
MQ3-6.2(0.63) MQ3-7.8(0.8) MQ3-9.8(1.0) MQ3-12.3(1.25)	微型	6.2 7.8 9.8 12.3	10	1200	36、110、220、380	E	120
MQ3-15.7(1.6) MQ3-19.6(2.0) MQ3-24.5(2.5) MQ3-31(3.15) MQ3-39(4.0)	小型	15.7 19.6 24.5 31 39	20	600	110、220、380	E	120

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	产品分级	额定吸力/N	额定行程/mm	操作次数/(次/h)	吸引线圈额定电压/V	线圈绝缘等级	机械寿命/($\times10^4$ 次)
MQ3-49(5.0) MQ3-62(6.3) MQ3-78(8.0) MQ3-98(10.0)	中型	49 62 78 98	30	600	110、220、380	E	100
MQ3-123(12.5)/1 MQ3-157(16)/1 MQ3-196(20)/1 MQ3-245(25)/1	大型	123 157 196 245	40	300	220、380	B	70

MQ3 系列牵引电磁铁为单相直动螺管式结构，分推拉两用式和拉动式两种，在安装方式上可分为垂直安装、水平安装（仅适用于中、小型派生产品）和垂直水平两用安装（仅适用于微型）三种。

1.13.2　制动电磁铁技术数据（见表 1-115 ~ 表 1-117）

1. 分类

制动电磁铁主要用来产生制动力矩，使生产机械迅速而准确地停车。操纵制动器作机械制动的电磁铁，通常与闸瓦式制动架配合使用，在电气传动装置中用作电动机的机械制动。

制动电磁铁的种类很多，一般有以下几种：

1）按动铁心行程可分为长行程和短行程两种。

2）按线圈中通过电流的种类可分为交流与直流两种，交流制动电磁铁又可分为单相和三相两种。

3）励磁线圈可分为并励和串励两种。

4）按动铁心运动方式可分为直动式和转动式两种。

表 1-115　MZS1 系列三相交流长行程制动电磁铁技术数据

型　　式	视在功率/VA		消耗功率/W	电磁吸力/N	动铁心重量/kg	动铁心行程/mm
	吸合时	吸持时				
MZS1-6	2700	330	70	80	2	20
MZS1-7	7700	500	90	100	3	40
MZS1-15	14000	750	150	200	4.5	50
MZS1-25	23000	750	200	350	11	50
MZS1-45	33000	2100	530	570	11	50
MZS1-80	96000	3500	750	1150	33	60
MZS1-100	120000	5500	1000	1400	42	80

表 1-116　MZD1 系列转动式交流短行程制动电磁铁主要技术数据

型　　号	电磁铁转矩/N·cm 通电持续率		动铁心的重力转矩/N·cm	回转角	额定回转角度下制动杆的位移/mm	反复短时制时/(次/h)
	40%	100%				
MZD1-100	550	300	50	7.5°	3	300
MZD1-200	4000	2000	360	5.5°	3.8	
MZD1-300	10000	4000	920	5.5°	4.4	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 1-117 MZZ5 系列直流短行程制动电磁铁技术数据

型号	行程/mm		额定推力/N				电流(max)/A				额定操作频率/(次/h)	机械寿命/万次
	起始	额定	通电持续率(%)			八小时工作制	通电持续率(%)			八小时工作制		
			25	40	60		25	40	60			
MZZ5-32	1.8	2.8	320	250	200	16	1.25	0.95	0.55	0.33	1200	300
MZZ5-125	2.2	3.6	1250	1000	800	63	2.30	1.23	0.76	0.45		
MZZ5-250	3.0	4.5	2500	2000	1600	125	3.80	2.40	1.6	1.04		

2. 结构特点

1）交流长行程制动电磁铁：MZS1 系列制动电磁铁是一种三相交流长行程制动电磁铁。它由动铁心、线圈、静铁心、牵引杆等组成，外壳由钢板焊接而成。为提高机械寿命，大型的制动电磁铁均具有缓冲装置。

2）交流短行程制动电磁铁：MZD1 系列制动电磁铁是转动式交流短行程电磁铁，常与 TJ2 型闸瓦式制动器配套使用，组成电磁机械制动装置。交流短行程制动电磁铁主要由铁心（静铁心、动铁心）和线圈两部分组成，其动铁心是转动式的。

当线圈通电或断电时，动铁心即被吸合或释放。动铁心绕轴转动，转动的最终位置即转动的角度受停挡板的限制。停挡板由薄钢片组成，欲调节动铁心转角时，可增加或减少钢板片数。

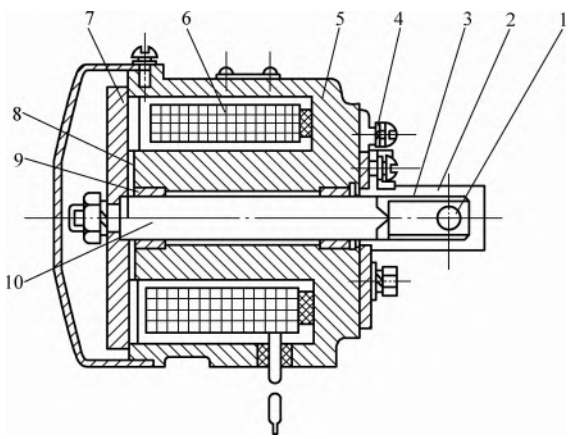


图 1-12 MZZ5 系列直流短行程制动电磁铁

1—轴孔 2—支座 3—刻度 4—指针 5—底座 6—线圈 7—动铁心 8—气隙 9—套 10—杆

3）直流短行程制动电磁铁：MZZ5 系列制动电磁铁为直流短行程制动电磁铁，其基本结构如图 1-12 所示。当线圈通电时，动铁心即被吸合，带动杆在青铜轴套 9 中运动，杆 10 通过孔 1 用销轴与制动器的主拉杆连接，使制动器动作。线圈断电后，杆 10 在制动器主弹簧的作用下返回，使动铁心释放。

1.13.3 起重电磁铁技术数据（见表 1-118）

起重电磁铁广泛用于冶炼、铸造、机械制造和运输部门，起重搬运钢板、生铁锭、废钢屑，铁矿石等铁磁物质，其形状随搬运物而异，可做成圆盘形、矩形及由多个圆盘电磁铁组合成等。

MW1 系列起重电磁铁是圆盘形电磁铁由外壳、线圈、内磁极、外磁极等组成，通过被吸物形成闭合回路。外壳内放置线圈，其下用非磁性锰钢板封盖，借内外磁极用螺钉固紧于外壳上，以防止电磁铁在工作时，其线圈被吸物碰坏。

表 1-118 MW5 系列起重电磁铁技术数据

型号	额定电压/V	通电持续率(%)	冷态电流/A	吸重能力/kg(冷态/热态)				消耗功率/kW
				钢球	铸铁锭	切断头	废钢	
MW5-70L/1	DC 220	50	14.7	2500	380/200	380/200	120/100	3.1
MW5-80L/1			18	3000	480/250	480/250	150/130	3.9
MW5-90L/1			26.5	4500	600/400	600/400	250/230	6.2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/V	通电持续率(%)	冷态电流/A	吸重能力/kg(冷态/热态)				消耗功率/kW
				钢球	铸铁锭	切断头	废钢	
MW5-110L/1	DC 220	50	35.1	6500	1000/800	1000/800	450/400	9
MW5-130L/1			54	8500	1400/1100	1400/1100	700/600	13.8
MW5-150L/1			71	11000	1900/1500	900/1500	1100/900	18.8
MW5-180L/1			102.4	14500	2750/2100	2750/2100	1600/1350	25

1.13.4　阀用电磁铁技术数据（见表 1-119 ~ 表 1-121）

阀用电磁铁主要用于金属切削机车中远距离操作各种液压阀、气动阀，以实现自动控制。当线圈不通电时，动铁心被阀体推杆推到额定行程；当线圈通电时，电磁力使阀杆移动，控制阀门的开闭。阀用电磁铁可分为干式和湿式，动铁心在液压油中工作的称为湿式。

型号含义：

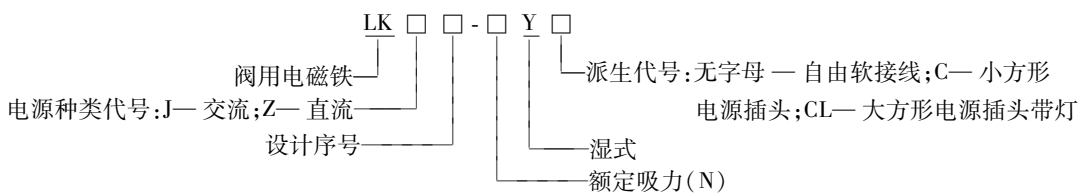


表 1-119　MFJ1 系列交流阀用电磁铁技术数据

型　　号	额定吸力/N	额定行程/mm	全行程/mm	通电持续率 60% 时允许最高操作频率/(次/h)
MFJ1-0.7	7	5	≥6	2000
MFJ1-1.5	15	6	≥8.5	2000
MFJ1-3	30	5(7)	≥7.5	2000
MFJ1-4A	40	6	≥8	2000
MFJ1-4.5	45	8	≥8.5	2000
MFJ1-5.5	55	8	≥8.5	2000
MFJ1-7	70	7	≥10	2000
H-4.5	45	8	≥10	1800

表 1-120　MFZ1 系列直流阀用电磁铁技术数据

型　　号	额定吸力/N	额定行程/mm	全行程/mm	机械寿命/$\times 10^4$	电压/V	操作频率/(次/h)
MFZ1-0.7	7	4	≥5	6	MFZ1 DC24	1200
MFZ1-1.5	15	4	≥6		110	
MFZ1-MFB1-1.5YC		3	≥5.5		MFB1 AC 380、110、220	
MFZ1-2	20	5	≥6.5			
MFZ1-2.5	25	4	≥6.5			
MFZ1-MFB1-2.5YC	25	3	≥6		MFZ1 DC24、110	
MFZ1-MFB1-3YC	30	5	≥7			
MFZ1-4D	38	7	≥8.5			
MFZ1-MFB1-4YC	40	6	≥8.5			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定吸力/N	额定行程/mm	全行程/mm	机械寿命/×10⁴	电压/V	操作频率/(次/h)
MFZ1-4.5	45	6	≥8.5	6	MFB1 AC 110、220、380	1200
MFZ1-MFB1-5.5YC	55	4	≥8.5			
MFZ1-7	70	7	≥10			
MFZ1-MFB1-7						

表 1-121　MFB1-YC 系列交流湿式阀用电磁铁技术数据

型　　号	额定吸力/N	额定行程/mm	全行程/mm	额定电压/V	导套承受公称油压/MPa	通电持续率(%)	最高操作频率/(次/h)
MFB1-1.5YC	15	3	≥5.5	110、220、380	6.3	60	12000
MFB1-2.5YC	25	3	≥6				
MFB1-3YC	30	5	≥7				
MFB1-4YC	40	6	≥8.5				
MFB1-5.5YC	55	4	≥8.5				
MFB1-7YC	70	7	≥10.5				

1.13.5　电磁铁的选择、使用与维护

1. 选择

（1）牵引电磁铁的选用

1）按控制系统的电压选定电磁铁的线圈电压。

2）根据工作要求选择结构型式，即拉动式或推动式。

3）根据牵引对象所要求的吸力和行程选择电磁铁的型号。应使电磁铁的吸力大于牵引对象所要求的吸引力，但也不要留过多的裕量。一般要求电磁铁线圈在75%额定电压时的特性位于所要求的特性处即可。

（2）制动电磁铁的选用

1）电源种类的选择：制动电磁铁的电源一般应与电动机的电源一致。另外，还应考虑制动装置的操作频率，当操作频率超过300次/h时，一般应选用直流电磁铁。

2）结构型式的选择：起重电动机用的制动器有带式制动器和闸瓦制动器两种。它们都是在制动电磁铁有电时松闸，在电磁铁断电时抱闸，以保障安全。

通常，与带式制动器配合的是长行程直动式制动电磁铁；与闸瓦式制动器配合的是短行程转动式制动电磁铁。带式制动器在制动过程中所作的功较大，适用于需要制动力矩或制动功较大的场合，而闸瓦制动器适用于中小型制动装置。

3）励磁方式的选择：串励电磁铁的线圈与电动机的电枢绕组串联，其优点是当电动机电枢绕组断路时，无须任何操作就能自动抱闸，因为其线圈同电枢一起断电。串联电磁铁的缺点是其产生的电磁力与电动机的负载有关，如果负载电流小，电磁力就有可能克服不了反力，以致在不该抱闸时却发生了抱闸动作。此外，当电动机起动时，还会因起动电流大而使动铁心受到很大的机械冲击。因此，串励制动电磁铁宜用于电动机负载变化不大的场合。

并励电磁铁的线圈与电动机的电枢绕组并联，其优点是电磁力的大小与电动机无关。其缺点

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是万一电枢绕组断路，本应立即抱闸却又不能抱闸，以致设备或现场工作人员遭到危险。

习惯上串励电动机的制动装置采用串励电磁铁，并励电动机的制动装置采用并励电磁铁。有时，为安全计，在一台电动机的制动中既采用串励电磁铁，又采用并励电磁铁。

（3）起重电磁铁的选用

1）根据起重物品的种类和重量选取电磁铁的型号。

2）按电源电压选择起重电磁铁的线圈电压。

3）由于起重电磁铁均需直流电源，通常还要选取整流控制设备。

（4）阀用电磁铁的选用

1）根据控制系统电源电压选定阀用电磁铁的种类（即交流电磁铁或直流电磁铁）及电磁铁的线圈电压。

2）根据液压阀（或气动阀）的有关技术要求来确定阀用电磁铁的额定吸力和额定行程。

3）根据阀用电磁铁的工况，选择其结构型式（即干式阀用电磁铁或湿式阀用电磁铁）。

2. 安装、使用与维护

（1）电磁铁的安装与使用

1）安装前应清除电磁铁的灰尘和污物。

2）电磁铁如在仓库内存放时间较久后，安装使用前必须烘干。

3）电磁铁的铁心表面应洁净无锈蚀，通电前应去除防护油脂。

4）用手移动电磁铁的动铁心数次，以证实并无卡住现象。如有卡住现象，必须查明原因使其消除。

5）电磁铁的传动机构的动作应迅速、准确、无阻滞现象。

6）直流电磁铁的动铁心上应有隔磁措施，以消除剩磁影响。

7）电磁铁应牢固地固定在坚固的底座上，并在紧固螺钉下放弹簧垫圈锁紧。

8）电磁铁的接线应完全按照机构的总系统接线图进行。

9）接通电磁铁的电源，操作数次，检查动铁心动作是否正常。如接通后有较大的噪声，必须重新安装和调整。

10）制动电磁铁的衔铁吸合时，铁心的接触面应紧密地与其固定部分接触，且不得有异常现象。

11）有缓冲装置的制动电磁铁，应调节其缓冲器气道孔的螺钉，使动铁心动作至最终位置时平稳，无剧烈冲击。

12）调整好制动电磁铁与制动器之间连接关系，保证制动器能获得所需的制动力矩。

13）牵引电磁铁固定位置应与推杆（或拉杆）准确配合，使动作行程符合设备的技术要求。

（2）电磁铁的维护

1）定期检查动铁心行程的大小。

2）经常在可动部分加注润滑油，注意可动部分的磨损，适时处理与更换。

3）经常检查螺钉连接的旋紧程度。

4）定期清除电磁铁零件表面的灰尘和污物。

1.14 信号灯

1. 种类与用途

信号灯在交、直流线路中，作各种灯光指示信号、预告信号、事故信号及其他指示信号之

www.789pdf.com 789书库网

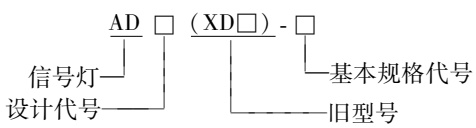
www.789pdf.com 789书库网

用。常用信号灯的种类、特点及用途见表1-122。

表1-122 常用信号灯的种类、特点及用途

型号系列	主要特点	主要用途
AD0 AD1	其结构有直接式、变压器降压式、电阻降压式、辉光式，安全性能好、温升低，是全国统一设计新产品，符合IEC标准	配电、控制屏上的指示信号。属通用型
XD	采用E型螺口灯泡，体积较小、安装方便，其中XD13、XD14为较新产品	配电、控制屏上的指示信号。属通用型
XDN	采用氖、氩辉光灯，功耗小、寿命长	家用电器等小型电气设备上
XDS	为双灯式，互不混涉，可横、竖排列	信号屏上
DH	采用E型白炽灯，外形小、电压低	电子仪器设备
LDDH	配用发光二极管，功耗小、体积小	电子仪器设备
DF1	小型、矩形	电子仪器设备
XDC	配小型白炽灯，属超小型	电子仪器设备

2. 型号含义



1.14.1 AD0系列信号灯技术数据（见表1-123）

表1-123 AD0系列信号灯技术数据

型号规格	额定工作电压/V	配用白炽灯泡	配用电阻器	颜色
AD0-0(XD0) AD0-1(XD1)	6 12	XZ6.3-0.15E10/13 XZ12-0.1E10/13		红、黄、蓝、绿、白、透明
AD0-5(XD5) AD0-6(XD6)	24 48 110 220	XZ12-0.1E10/13	RXY 25W 150Ω RXY 25W 400Ω RXY 30W 1000Ω RXY 30W 2200Ω	
	380	XZ12-0.06E10/13	RXY 30W 6000Ω	
AD0-11(XD11) AD0-12(XD12)	6 12 24	XZ6.3-0.15E10/13 XZ12-0.1E10/13 XZ24-0.06E10/13		
AD0-13(XD13) AD0-14(XD14)	220	辉光灯泡ND2	RJ 0.5W 30kΩ	红、黄 白、绿
	380	辉光灯泡NDL	RJ 1W 80kΩ	
			配用变压器	
AD0-7(XD7) AD0-8(XD8)	24 36 48 110 127 220 380	XZ12-0.1 E10/13	24/10V 1.5VA 36/10V 1.5VA 46/10V 1.5VA 110/10V 1.5VA 127/10V 1.5VA 220/10V 1.5VA 380/10V 1.5VA	红、黄、蓝、绿、白、透明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.14.2 AD1 系列信号灯技术数据（见表 1-124）

表 1-124 AD1 系列信号灯技术数据

型号规格	额定工作电压/V	配用灯泡	内装降压装置		颜色
AD1-22/31、AD1-25/31 AD1-30/31、AD1-22/32、 AD1-25/32、AD1-30/32	110 220 380	XZ8-1W E10/13	变压器 110/6V 变压器 220/6V 变压器 380/6V		红、黄、蓝、绿、白、透明
AD1-22/21、AD1-25/21、 AD1-30/21、AD1-22/22、 AD1-25/22、AD1-30/22	110 220	XZ60-1.5W E10/13	电阻 RX27-1-3,1.2kΩ×2 电阻 RX27-1-7,3kΩ×2		
AD1-22/11、AD1-25/11、 AD1-30/11、AD1-22/12、 AD1-25/12、AD1-30/12	6 12 24 36 48	XZ8-1W E10/13 XZ12-1.2W E10/13 XZ24-1.5W E10/13 XZ36-1.5W E10/13 XZ48-1.5W E10/13			
AD1-30/111	24 36 48 110 127 220	24V 3W E14 36V 3W E14 48V 3W E14 110V 3W E14 127V 5W E14 220V 5W E14			
			串联电阻	并联电阻	
AD1-22/212、AD1-25/212、 AD1-30/212、AD1-22/222、 AD1-25/222、AD1-30/222	110 220 380	ND1-110 红 NDL1-110 绿 ND1 红 NDL1 绿	RI-1W 10kΩ RI-1W 27kΩ RI-1W 75kΩ	RI-1W 100kΩ RI-1W 200kΩ RI-1W 350kΩ	红、黄、绿、白

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第2章　高压电器

2.1　高压断路器

1. 用途

高压断路器是最重要、最复杂的一种高压开关电器。它是电力系统不可或缺的主要控制、保护设备。

高压断路器由于有完善的灭弧系统，不仅可以分、合断路器本身的额定电流，还可以切断短路故障电流。因此，断路器的主要用途是作为中、大型重要的电气设备（如变压器、高压电动机等）或电气线路的主开关，正常运行时，用来接通和开断电路中的负载电流；在故障时，用来切断电路中的短路电流，切除故障电路，按照重合闸的要求还能关合短路电流。所以，高压断路器具有控制和保护的双重任务。

高压断路器在继电保护装置的配合下能自动切断故障电流，这时高压断路器是继电保护装置的执行装置。

高压断路器在自动装置的配合下能实现自动重合闸、备用电源自动投入等自动功能。有关的信号由自动装置进行接收、判断、处理，而最终用断路器去执行。

2. 分类和特点

按装设地点断路器可分为户内式和户外式；按灭弧介质断路器可分为油断路器（又分多油和少油两类）、空气断路器、六氟化硫（SF_6）断路器、真空断路器、磁吹断路器和自产气断路器。目前，我国电力系统中及其他电力用户使用的高压断路器主要有油断路器、空气断路器、六氟化硫（SF_6）断路器和真空断路器。根据发展趋势，六氟化硫（SF_6）断路器和真空断路器将逐步取代其他断路器。

高压断路器的操作结构，按合闸能源的不同可分为手动式、电磁式、弹簧式、气动式、液压式等。

高压断路器的分类及主要特点见表2-1。

表2-1　高压断路器的分类及主要特点

类别	结构特点	技术性能	运行维护	主要使用场所
少油（S）	对地绝缘主要依靠固体介质，结构较简单，制造方便 若配用液压机构，工艺要求较高	积木式结构可做到任何使用电压等级，开断电流大，全开断时间短。加机械油吹后，可满足开断空载长线的要求 额定电流不宜做得很大，但35kV以下，可加并联回路提高额定电流	运行经验较多，易于维护，噪声低 灭弧室油易劣化，需要一套油处理装置	各级电压的户内、外变电所，是生产量最大的品种
多油（D）	触头系统及灭弧室安置在接地的油箱中，主要用油作为对地绝缘介质。结构简单，制造方便，易于加装单匝环形电流互感器及电容分压装置 不能实现积木式结构，耗钢耗油量大	额定电流不宜做大，一般开断小电流时，燃弧时间较长，动作速度慢	运行经验较多，易于维护，噪声低 需要一套油处理装置	35kV及以下变电所

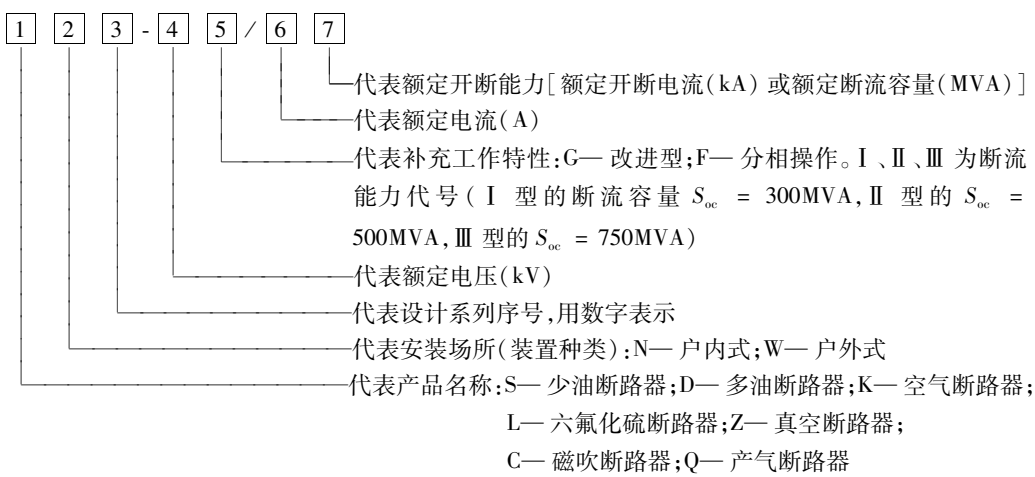
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	结构特点	技术性能	运行维护	主要使用场所
压缩空气（K）	易于加装并联电阻 结构较复杂，工艺要求较高	额定电流和开断能力都可以做得很大，开断空载长线易于做到不重复击穿，动作快，开断时间短	检修方便，不检修间隔期长 噪声大，需一套空压机系统	110kV及以上大容量发电站、变电所，发电机保护断路器及操作频繁的断路器
固体产气（Q）	结构简单、质量轻、制造方便	额定电流和开断电流不宜做大，断口电压亦不宜做高	易于维护检修，噪声大	35kV及以下户外小容量变电所
真空（Z）	体积小，质量轻 灭弧室工艺及材料要求较高	可连续多次自动重合闸，能进行频繁操作，开断电容电流性能好 断口电压不宜做得高	不需检修灭弧室，运行维护简单。无爆炸可能，噪声小	35kV及以下户内变电所及工矿企业中要求频繁操作的场所
六氟化硫（L）	单压式结构简单 密封要求严，对工艺和材料要求高	额定电流和开断能力都可以做得很大，各种开断性能均好。触头系统在开断大小电流时损耗均小，断口电压可做得高（例如单断口220kV）	不检修间隔期长，噪声低 检修前准备工作量较大，需一套充放气及过滤装置	110kV及以上大容量变电站及频繁操作场所

3. 型号含义



型号示例：

1）SN10-10/1000-16型，指额定电压10kV、额定电流1000A、额定开断电流16kA、10型户内式高压少油断路器。

2）ZN1-10/300-3型，指额定电压10kV、额定电流300A、额定开断电流3kA、1型户内式真空断路器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）SN10-10/3000-750 型，指额定电压 10kV、额定电流 3000A、额定断流容量 750MVA、设计系列序号为 10 的户内式高压少油断路器。

2.1.1 高压油断路器技术数据（见表 2-2 ~ 表 2-5）

表 2-2 高压油断路器的型号及主要用途

名 称	型 号	主要用途	特 点
户内少油断路器	SN1、SN2-10G	主要用于 3 ~ 10kV 配电线路的工矿企业、农村发电站及小型变电所	
	SN3-10g	主要用于中小型发电厂、变电所的送电或受电线路，作为控制和切除线路故障用	
	SN4-10、20G	主要用于大型发电厂及配电站	风扇冷却，分主、弧回路
	SN10-10、35	主要用于发电厂、变电所及工矿企业等电力系统中，作为保护和控制高压电气设备之用，也适用于频繁操作和切断电容器组	
	SN-10	适用于发电厂，变电所和工矿企业配电站，用作保护和控制高压电器设备	附装有液压操作机构
户内多油断路器	DN1-10 DN1-10G DN3-10	适用于小型发电厂、变电所及电动机的控制	三极共箱绝缘结构 DN_1-10G 的触头含有钨合金，耐弧性能较好

表 2-3 高压户内少油断路器技术数据

型 号	额定电压/kV	额定电流/A	额定断流容量/kVA	额定开断电流/kA	最大关合电流/kA	极限通过电流峰值/kA	4s 热稳定电流/kA	合闸时间/s	固有分闸时间/s
SN4-10G/5000	10	5000	1800	58	60	300	120①	0.65	0.15
SN4-10G/6000		6000							
SN4-20G/6000	20		3000						
SN4-20G/8000		8000							
SN4-20G/12000		12000						0.75	
SN10-10/600	10	600	300	17.3	40	40	17.3	0.2	0.06
SN10-10/600			350	20			20		
SN10-10/600				20.2			20.2		
SN10-10/1000		1000	300	17.3	44.1	44.1	17.3	0.25	
SN10-10/1000			500	29	74	74	29		
SN10-10/1000				28.9			28.9		
SN10-10/1000				31.5	79	79	31.5	0.2	
SN10-10/1250		1250	750	43.3	130	130	43.3		
SN10-10/2000		2000							
SN10-10/3000		3000							
SN10-35/1250	35	1250	1000	16	40	40	16	0.25	

① 为 5s 热稳定电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-4 高压户外少油断路器技术数据

型号	工作电压/kV		额定电流/A	额定开断能力		极限通过电流/kA		配用操动机构型号
	额定	最高		电流/kA	容量/MVA	峰值	有效值	
SW2-35 Ⅰ	35	40.5	1000	16.5	1000	45		GD3-XG GT2-XG Ⅱ
SW2-35 Ⅱ	35	40.5	1000	24.8	1500	63.4	36.6	
SW2-35 Ⅱ	35	40.5	1500	24.8	1500	63.4	36.6	
SW2-35 Ⅲ	35	40.5	2000	24.8	1500	63.4	36.6	
SW2-60	60	69	1000	9.6 14.4	1000 1500			CD5-X Ⅱ G
SW2-60G	60	69	1000	24.1	2500	67	39	
SW2-110 (SW6-110GA)	110	126	1500	31.5	6000	80		CY-5
SW2-110 Ⅱ (SW3-110)	110	126	1500	21	4000	54		CD5-X
SW2-220	220	252	1500	31.5	12000	80		CY3-Ⅱ
SW4-110 Ⅰ	110	126	1000	18.4	3500	55	32	CT2-XG
SW4-110 Ⅱ	110	126	1000	21	4000	55	32	CT6-XG
SW4-110 Ⅲ	110	126	1250	31.5	12000	80		CT6-XG
SW4-220 Ⅰ	220	252	1000	18.4	7000	55	32	
SW4-220 Ⅱ	220	252	1000	21	8000	55		
SW4-220 Ⅲ	220	252	1250	31.5	12000	80		
SW6-220 /1200-31.5	220	252	1200	31.5	12000	80		CY3 CY
SW6-220 Ⅰ	220	252	1500	31.5	12000	80		CY3-Ⅲ
SW6-330	330	363	1500	21	12000	55	32	
SW6-330 Ⅰ	330	363	1500	31.5	18000	80		

表 2-5 多油断路器技术数据

名称	型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量(在3.6、10kV时)/MVA	额定断流量(在3.6、10kV时)/kA	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			固有分闸时间/s	合闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	使用操动机构型号	使用说明	
						峰值	有效值	1s	5s	10s							
柱上油断路器	DW_4-10	10	10 200 400	50	2.88	12.8	7.4	7.4	4.2	3	0.1		45	145	钩棒或绳索操作	装有过流脱扣装置	用于高压配电线路的控制和保护
	DW_5-10G		50 100 200	50	2.9	7.4	4.2	4.2	2.9	2.05			60	210			还装有重锤式的重合闸机构
	DW_7-10		30、50 75、100 200、400	25	1.5	5.6	2.3	1.8	1.6	1.15	0.2		55	135	钩棒或绳索操作		具有延时跳闸装置

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名称	型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量（在3.6、10kV时）/MVA	额定断流量（在3.6、10kV时）/kA	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			固有分闸时间/s	合闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	使用操动机构型号	使用说明
						峰值	有效值	1s	5s	10s						
户外多油断路器	DW_6-35	35	400	350 400	5.6 6.6	19	11	11	6		0.1	0.27	360	1050 1068	CS2、CD2或CT4-G	套管电流互感器4组（每相2个LR-35及LRD-35），适用于35kV输配电系统的控制和保护
	DW_8-35	35	60 800 1000	1000	16.5	41	29		16.5 （4s）		0.07	0.3	380	1300	CD11-X	

注：开断电流不大于6kA，关合电流不大于15kA，同时必须保证开合速度不小于0.5m/s，必须保证一次合到底，否则不能采用CS13。35kV及以下的断路器，当断流容量符合要求时，无需校验其动稳定和热稳定。

1）少油断路器的结构特点：图2-1是SN10-10型高压少油断路器的外形。在少油断路器中，断路器的导电部分与接地部分之间的绝缘主要靠瓷件完成。油只作灭弧和触头开断后弧隙的绝缘介质，用油量比多油断路器少得多。因而少油断路器体积小、重量轻、油和钢材用量少、占地面积小、价格便宜。制造质量良好的少油断路器可以认为具有防爆、防火特征。少油断路器的灭弧，主要依赖于灭弧室。

2）多油断路器的结构特点：多油断路器的触头系统放置在装有变压器油的由钢板焊成的油箱中，油箱是接地的。油一方面用来熄灭电弧，另一方面又作为断路器导电部分之间以及导电部分与接地的油箱之间的绝缘介质。由于用油量很多，所以称为多油断路器。图2-2为多油断路器的结构原理图。

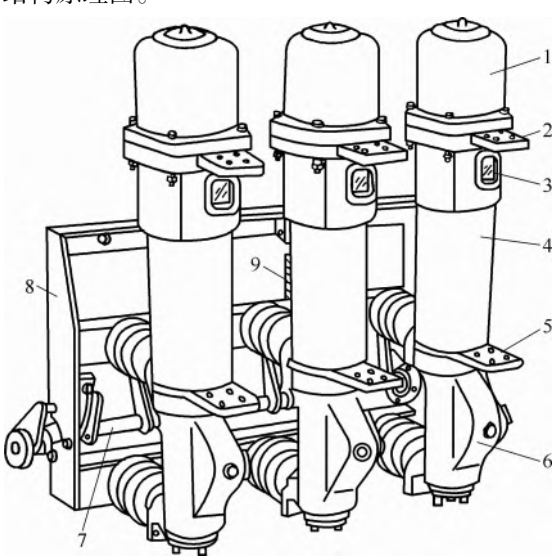


图2-1 SN10-10型高压少油断路器的外形

1—铝帽 2—上接线端子 3—油标 4—绝缘筒 5—下接线端子 6—基座 7—主轴 8—框架 9—断路弹簧

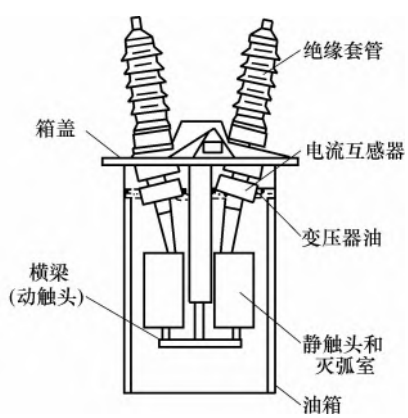


图2-2 多油断路器的结构原理图

多油断路器的缺点是油量多，钢材消耗量也多。油量太多不仅给检修断路器带来困难，而且增加了爆炸和火灾的危险性，所以几乎被少油断路器取代。但应注意到多油断路器也有自己的一些特点，例如断路器内部带有电流互感器，配套性强；油量虽多，但在户外使用时，不易受大气

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

条件的影响。

2.1.2 高压真空断路器技术数据（见表 2-6）

表 2-6 部分高压真空断路器技术数据

型　　号	ZN12-35C/1600-25	ZN5-10/630-20 1000-20,25	ZN12-10/1250-31.5 2000-31.5	ZN12-10/1600-40 3150-40	ZN12-10/2000-50 3150-50
额定电压/kV	35	10	10	10	10
额定电流/A	1600	630、1000	1250、2000	1600、3150	2000、3150
额定开断电流/kA	25	20,25	31.5	40	50
额定关合电流/kA	63	50	80	100	125
额定动稳定电流(峰值)/kA	63	50	80	100	125
额定热稳定电流(峰值)/kA	25(4s)	20(4s)	31.5(4s)	40(4s)	50(4s)
合闸时间/s	≤0.075	≤0.1	≤0.2	≤0.2	≤0.2
固有分闸时间/s	≤0.06	≤0.05	≤0.06	≤0.06	≤0.06
机械寿命次数	6000	10000	10000	10000	10000
配用操动机构型号	CT10	CD10-Ⅰ	CD17-Ⅲ或 CT□	CD17-Ⅳ或 CT□	CD17-Ⅳ或 CT□

型　　号	ZN28-10/630-20 1250-20	ZN28-10/1000-25	ZN28-10/1250-31.5 2500-31.5	ZN28-10/3150-40
额定电压/kV	10	10	10	10
额定电流/A	630、1250	1000	1250、2500	3150
额定开断电流/kA	20	25	31.5	40
额定关合电流/kA	50	63	80	100
额定动稳定电流(峰值)/kA	50	63	80	100
额定热稳定电流(峰值)/kA	20(4s)	20(4s)	31.5(4s)	40(4s)
合闸时间/s	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
固有分闸时间/s	≤0.05	≤0.05	≤0.06	≤0.06
机械寿命次数	10000	10000	10000	10000
配用操动机构型号	CD17-Ⅱ或 CT□		CD17-Ⅲ或 CT□	CD17-Ⅳ或 CT□

1）真空断路器以真空作为绝缘，没有油、没有易燃易爆物质。使用起来具有很高的可靠性和安全性。它的动、静触头皆密封在真空室内，其分合引出的电弧被密封在真空中，产生的炽热气体不外露，无爆炸危险。

2）真空断路器在分断时，电弧在真空中很快被熄灭，之后真空的绝缘性能迅速恢复，此外真空断路器的开关动作行程小，动导电杆惯性小，因而很适于频繁操作。

3）无油，对环境无污染。

4）操作简单、维修工作量小。真空断路器中的真空开关管本身是无需维修的。

真空断路器主要由真空灭弧室（又叫真空开关管）、支撑部分及操动机构组成。图 2-3 是 ZN12-12 型户内式真空断路器的结构图。其真空灭弧室由气密绝缘系统、导电系统和屏蔽系统组成，真空灭弧室的中部，有一对圆盘状的触头。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

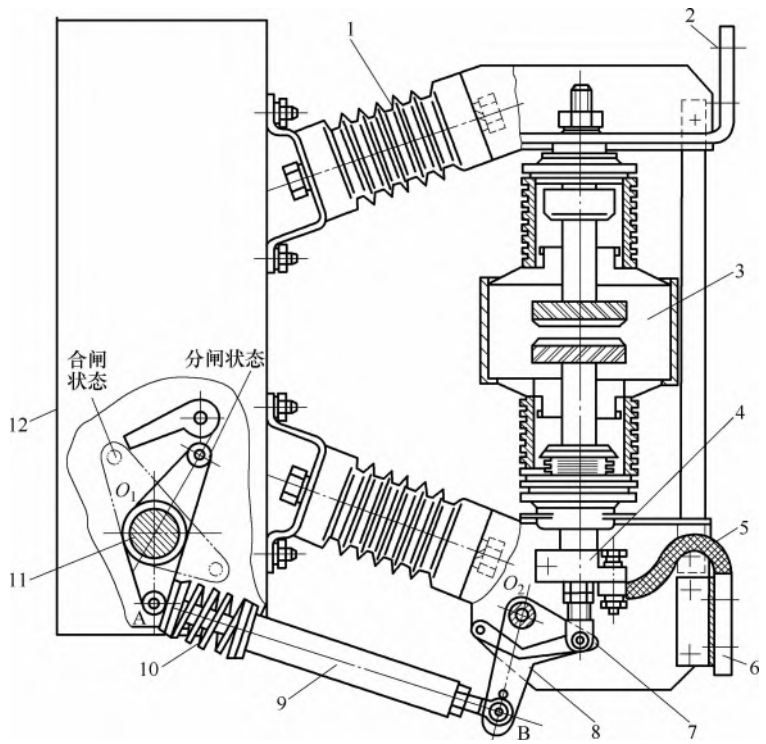


图 2-3 ZN12-12 型真空断路器结构图

1—绝缘子 2—上出线端子 3—真空灭弧室 4—出线导电夹 5—出线软连接 6—下出线端子
7—万向杆端轴承 8—转向杠杆 9—绝缘拉杆 10—触头压缩弹簧 11—主轴 12—操作机构箱

真空断路器具有体积小、动作快、寿命长、安全可靠和便于维护检修等优点，但价格较贵。真空断路器配用 CD10 等型电磁操动机构或 CT7 等型弹簧操动机构。

2.1.3 高压 SF_6 断路器技术数据（见表 2-7）

表 2-7 部分高压 SF_6 断路器技术数据

型 号	LW7-35	LN2-35	LN2-10	型 号	LW7-35	LN2-35	LN2-10
SF_6 气体压力(20°C)/MPa	0.45	0.65	0.55	额定失步开断电流/kA	6.3	4	6.5
额定电压/kV	35	35	10	合闸时间/s	≤0.1	≤0.15	≤0.15
最高工作电压/kV	40.5	40.5	11.5	分闸时间/s	≤0.06	≤0.06	≤0.06
额定电流/A	1600	1250	1250	年漏气率(%)	≤1	≤2	≤2
额定开断电流/kA	25	16	25	机械寿命次数	3000	10000	10000
额定动稳定电流/kA	63	40	63	配用操作机构型号	CT14 或 CT-35	CT12-Ⅱ	CT12-Ⅰ
额定热稳定电流/kA	25(4s)	16(4s)	25(4s)				

1）SF_6 气体介质绝缘强度高、灭弧能力强。当压力超过 294.2Pa 时，其绝缘强度要高于变压器油。而且它本身的特异热化学性和强负电性，使其具有特别强的灭弧能力，有利于开断大短路电流。

2）SF_6 气体介质绝缘恢复速度特别快，因此开断近区故障性能好。同时，在切断各种故障

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时，还不易产生过电压。

3）SF_6 气体的电弧中，不含碳等影响绝缘水平的物质。同时触头在其气体中烧损极轻微。因此，同其他类型断路器比较，SF_6 断路器允许开断的次数多，检修周期长，维护工作量小。

SF_6 断路器与油断路器比较，具有断流能力大、灭弧速度快、绝缘性能好和检修周期长等优点，适用于频繁操作，且无易燃易爆危险的场合。但其缺点是，要求制造加工的精度很高，对其密封性能要求更严，因此价格较贵。

SF_6 断路器与真空断路器一样具有很大的短路电流开断能力，都能满足配电系统的要求。两者比较，真空断路器更适用于操作特别频繁的场合，如电弧炉、高压电动机、电力电容器组的控制。但是，真空断路器易产生较高的操作过电压，真空开关管的制造工艺较复杂。

SF_6 断路器和真空断路器一样，维修都非常简单。但 SF_6 的电弧分解物是有毒的，检修其灭弧室时要采取防护措施，防止人身中毒，而真空断路器没有这个问题。

SF_6 断路器利用 SF_6 气体作灭弧和绝缘介质的一种断路器。SF_6 是一种无色、无味、无毒且不易燃烧的惰性气体。

SF_6 断路器的结构，按其灭弧方式分，有双压式和单压式两类。双压式具有两个气压系统，压力低的作为绝缘，压力高的作为灭弧。单压式只有一个气压系统，灭弧时，SF_6 的气流靠压力活塞产生。单压式的结构简单，LN1、LN2 型断路器均为单压式。

图 2-4 是 LN2-10 型户内式 SF_6 断路器的外形结构图。

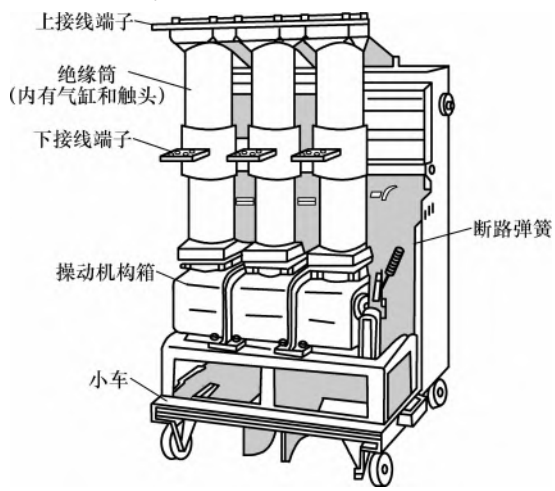


图 2-4　LN2-10 型 SF_6 断路器

SF_6 气体压力是否正常是断路器能否可靠灭弧的关键。采用密度控制器可显示 SF_6 气体压力，并能对断路器实行自动监控，它能自动修正温度对压力变化的影响，当断路器内气体压力低于报警压力值时，密度控制器的一对常开触点接通，发出 SF_6 气体压力低的信号；当断路器内气体压力低于闭锁压力值时，密度控制器的另外一对触点接通，闭锁断路器的跳合闸回路。

2.1.4　高压断路器的选择与维护

1. 选择

高压断路器是高压配电网络最核心的设备。必须严格遵守国家标准、企业标准以及相关的国际标准来选用。所以，选用高压电器时应注意以下几点：

1）断路器应符合安装处的环境条件。尤其污秽等级应符合环境条件的要求。

2）断路器的额定电压应与所在网络的额定电压相同。断路器的最高工作电压应与所在网络的最高电压一致。

3）断路器开断、关合短路电流值应大于或等于所在网络短路电流的计算值。

4）所选配的操作机构应与操作的断路器及其负载等级相匹配。一般是室内采用电磁操动机构，室外采用弹簧操动机构为佳。

5）选用国家质量认证的产品，且必须附有各种例行试验说明书和安装使用说明书。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 维护

（1）少油断路器的检修

少油断路器的检修周期一般应根据运行情况决定。

1）大修：检修周期可按缺陷情况及运行条件来决定，一般每五年大修一次，新投入运行的断路器，一年后应进行一次大修，故障跳闸三次以上或开关严重喷油及喷烟时，应立即停电检修。

2）小修：根据断路器的操作次数决定，也可由现场具体情况观察决定，一般情况下每2～3年应小修一次。

必须指出，在故障跳闸时发生喷油、冒烟或油箱变形，油面过低等现象时，应立即检修，及时消除故障缺陷。

少油断路器的小修步骤分为外部检查，动作特性检查和检修调整三个部分。

检修重点：①对操动机构全面检查；②测定低电压分、合闸数值；③测试分、合闸过程各部件的角度、位置、缓冲行程等；④消除渗漏油；⑤清洗灭弧室；⑥检查触头；⑦调整和紧固导向管使其位置正中；⑧检修油标管。

（2）真空断路器的日常维护

操作简单、使用方便和维修工作量小是真空断路器的突出优点之一。真空断路器的真空灭弧室本身是无需维修的。平时的维护工作只是保持绝缘子、绝缘杆、绝缘件的清洁干燥；有活动摩擦的部位保有适量的润滑油，使操动机构动作灵活，磨损严重的零件及时更换；紧固件保持紧固，不得松脱；对于有条件能观察到开断电流时颜色的，要认真观察，以及时发现真空度的不足。

维护真空断路器时，应注意以下几点：

1）需要用手触及真空断路器进行维护的，断路器必须处于开断状态，同时。还应断开主回路和控制回路，并将主回路可靠接地。

2）采取储能弹簧操动机构的，要松开合闸弹簧才能维修。

3）松动的螺栓、螺母之类的零件要完全拧紧，弹簧垫片之类的零件用过之后，禁止再使用。

（3）SF_6 断路器的日常维护

1）采用 SF_6 断路器自带密度控制器或采用其他专用 SF_6 气体密度监视器监视断路器内 SF_6 气体压力，如果压力下降即表明有漏气现象，应及时查出泄漏位置并进行消除，否则将危及人身和设备安全。

2）检查外部瓷件有无破损、裂纹和严重污秽现象。

3）检查接触端子有无发热迹象，如有即应停电退出，消除后方可继续运行。

4）断路器在投入运行前应检查操动机构是否灵活，分、合闸指示及红绿灯信号是否正确。

5）运行中应严格防止潮气进入断路器内部，以免由于电弧产生的氟化物和硫化物与水作用对断路器结构材料产生腐蚀。

断路器在运行时，要定期进行维护检查。如发现问题，须查明原因，如果对正常运行有严重影响，应及时退出运行，进行检修。

2.2 高压隔离开关

1. 用途

高压隔离开关是一种最简单的高压开关，类似于低压刀开关，在实际中也有称为闸刀的。隔离开关是发电厂和变电所中使用最多的一种高压开关电器，因为它没有专门的灭弧结构，所以它

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

不能用来开断负载电流和短路电流。隔离开关一般需与断路器配合使用，只有当断路器开断电流后才能进行分、合闸操作。但是，隔离开关可以接通和开断符合规定的小电流的电路。

隔离开关的主要用途如下：

1）隔离电压：保证将需检修的电气设备与带电的电网隔离，以确保被隔离的电气设备能安全地进行检修。

2）切换电路（倒闸操作）：在双母线的接线电路中，利用隔离开关将电气设备或电路从一组母线切换到另一组母线上。

3）切合小电流：接通或开断小电流电路，例如：

①接通或开断电压 10kV、距离 5km 的空载送电线路；

②接通或开断电压为 35kV、容量为 1000kVA 及以下，以及电压为 110kV、容量为 3200kVA 及以下的空载变压器等。

③接通或开断电压互感器和避雷器。

在电力系统中，室外型隔离开关，常用作把供电线路与用户分开的第一断路隔离开关；室内型隔离开关与高压断路器串联连接，配套使用，以保证停电的可靠性。

在高压成套配电装置中，隔离开关常用作电压互感器、避雷器、配电所用变压器及计量柜的高压控制电器。

2. 分类

隔离开关可按下列原则进行分类：

1）按绝缘支柱的数目可分为单柱式、双柱式和三柱式三种。

2）按闸刀的运行方式可分为水平旋转式、垂直旋转式、摆动式和插入式四种。

3）按装设地点可分为户内式和户外式两种。

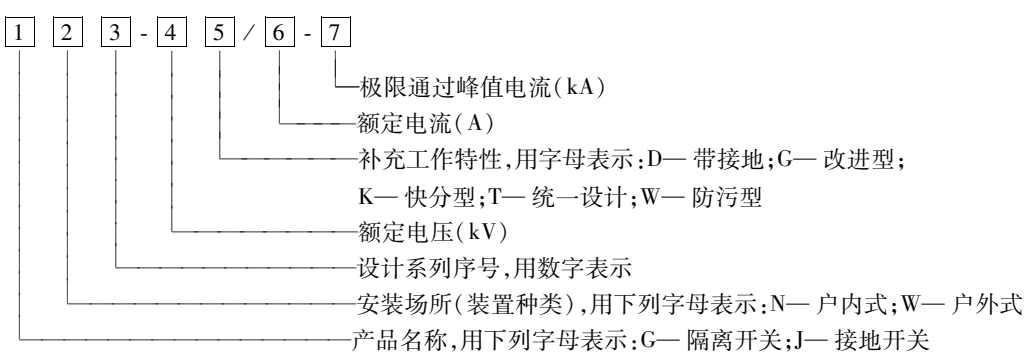
4）按是否带接地闸刀可分为有接地闸刀和无接地闸刀两种。

5）按极数多少可分为单极式和三极式两种。

6）按配用的操动机构可分为手动、电动和气动等。

7）按用途分一般用、快速分闸用和变压器中性点用。

3. 型号含义



型号示例：

1）GN2-10/400 表示额定电压 10kV、额定电流 400A、2 型户内式隔离开关。

2）GW5-60GD/1000 表示额定电压 60kV、额定电流 1000A、改进的、带接地刀的 5 型户外隔离开关。

2.2.1 户内高压隔离开关技术数据（见表 2-8 ~ 表 2-10）

户内型隔离开关有单极式和三极式两种，一般为刀闸隔离开关，通常可动触头（刀闸）与

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

支柱绝缘子的轴垂直装设，而且大多采用线触头。

隔离开关的动触头每相有两条铜制闸刀，用弹簧紧夹在静触头两边形成线接触。这种结构的优点是电流平均流过两片闸刀，所产生的电动力使接触压力增大。为了提高短路时触头的电动稳定性，在触头上装有磁锁，它是由装在两闸刀外侧的钢片组成，当电流通过闸刀时，产生磁场，磁通沿钢片及其孔隙形成回路，而磁力线力图缩短本身的长度，使两侧钢片互相靠拢产生压力。在通过冲击电流时，触头便可得到很大的附加压力，因此提高了它的电动稳定性。

表 2-8 GN19-10 系列户内高压隔离开关技术数据

型号	额定电压/kV	最大工作电压/kV	额定电流/A	极限通过峰值电流/kA	热稳定电流/kA		配用操动机构	器身重量/kg
					1s	5s		
GN19-10/600-40G	10	11.5	600	40	16①		CS6-1G	
GN19-10C/600-40G	10	11.5	600	40	16①		CS6-1G	
GN19-10/400-30G	10	11.5	400	30		12②		
GN19-10/400-30	10	11.5	400	30		12②		
GN19-10C/400-30	10	11.5	400	30		12②		
GN19-10/600-52	10	11.5	600	52		20②		
GN19-10C/600-52	10	11.5	600	52		20②		
GN19-10/1000-75	10	11.5	1000	75		30②		
GN19-10C/1000-75	10	11.5	1000	75		30②		

注：在型号标注中末尾加“G”者均为适用在高原地区。

① 系 2s 热稳定电流值。

② 系 4s 热稳定电流值。

表 2-9 GN19-12 系列户内高压隔离开关技术数据

型号		额定电压/kV	额定电流/A	4s 短路时耐受电流/kA	额定峰值耐受电流/kA	1min 工频耐压/kV		雷电冲击耐压/kV	
						对地和相间	断口间	对地和相间	断口间
GN19-12/400	GN19-12C/400	12	400	12.5	31.5	42	53	75	90
GN19-12/630	GN19-12C/630		630	20	50				
GN19-12/1000	GN19-12C/1000		1000	31.5	80				
GN19-12/1250	GN19-12C/1250		1250	40	100				

注：GN19-12 型为平装型；GN19-12C 型为穿墙型（带套筒），其中：C1—转动在套管侧；C2—开断在套管侧；C3—两侧均为套管。

表 2-10 GN22-10 系列户内高压隔离开关技术数据

型号	额定电压/kV	最高工作电压/kV	1min 工频耐受电压/kV	额定电流/A	动稳定电流/kA	4s 热稳定电流/kA
GN22-10/2000-40	10	12	42	2000	100	40
GN22-10C/2000-40						
GN22-10D/2000-40						
GN22-10/3150				3150	125	50
GN22-10C/3150						
GN22-10D/3150						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	最高工作电压/kV	1min 工频耐受电压/kV	额定电流/A	动稳定电流/kA	4s 热稳定电流/kA
GN22-10/4000-50	10	12	42	4000	125	50
GN22-10C/4000-50						
GN22-10D/4000-50						
GN22-10/4000-63					160	63
GN22-10/5000-63				5000	160	63
GN22-10/6300-63				6300	160	63
GN22-10D/6300-63						
GN22-10/6300-100				6300	250	100
GN22-10/8000-100				8000	250	100

注：GN22-10 型为平装型；GN22-10C 型为穿墙型（C1 型套管在动刀侧；C2 型套管在静触头侧）；GN22-10D 型为穿墙型（D1 型接地刀在动触头侧；D2 型接地刀在静触头侧）。

2.2.2 户外高压隔离开关技术数据（见表 2-11）

表 2-11　户外高压隔离开关技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定电流/A	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			分闸时间/s	破冰厚度/mm	接线端拉力/N	泄漏比距/(cm/kV)	配用操动机构
			有效值	峰值	4s	5s	10s					
GW1-6/200	6	200	9	15		7						CS8-1
GW-6/400	6	400	15	21		14	10					CS8-1
GW1-6/600	6	600	25	35		20	14					CS8-1
GW1-10/200	10	200		15		7						CS8-1
GW1-10/400	10	400	15	21		14						CS8-1
GW1-10/600	10	600	25	35		20	10					CS8-1
GW1-10(W)/200	10	200		15		7	14				4	CS8-1
GW1-10(W)/400	10	400		25		14					4	CS8-1
GW1-10(W)/600	10	600		35		20					4	CS8-1
GW2-35/600	35	600	29	50			10					CS8-2
GW2-35D/600	35	600	29	50			10					CS8-2D
GW2-35/1000	35	1000	29	50			10					CS8-2
GW2-35D/1000	35	1000	29	50			10					CS8-2D
GW2-35G/600	35	600		42	20							CS11-D
GW2-35GD/600	35	600		42	20							CS8-6D
GW4-35/600	35	600		50	15.8							CS11-G
GW4-35D/1000	35	1000		50	23.7							CS8-6D
GW4-35D(W)/600	35	600		50	15.8				10～15	500		CJ5 或
GW4-35D(W)/1000	35	1000		80	23.7				10～15	500		CS14G
GW5-35G/600	35	600										CS-G
GW5-35G/1000	35	1000										CS-G
GW5-35GD/600	35	600	29	50		14						CS-G

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	额定电流/A	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			分闸时间/s	破冰厚度/mm	接线端拉力/N	泄漏比距/(cm/kV)	配用操动机构
			有效值	峰值	4s	5s	10s					
GW5-35GD/1000	35	1000						0.25				CS-G
GW5-35GK/600	35	600						0.25				CS1-XG
GW5-35GK/1000	35	1000										CS1-XG
GW9-10(W)/200	10	200		15			5				5	
GW9-10(W)/400	10	400		21			10				5	
GW9-10(W)/600	10	600		35			14				5	
GWT1-10/600	10	600	20	35		14					4.1	
GWT2-10/200	10	200	9	15		5					4.3	
GWT2-10/400	10	400	15	25		10					4.3	
GWT2-10/600	10	600	20	35		14					4.3	
GWT5-10/200	10	200	9	15		5					4.1	
GWT5-10/400	10	400	15	25		10					4.1	
GWT5-10/600	10	600	20	35		14					4.1	

户外型隔离开关的工作条件比户内型隔离开关差，受气候变化影响大，例如冰、风、雨、严寒和酷热等。因此，其绝缘强度和机械强度相应要求比较高。户外型隔离开关有三柱式、双柱式和单柱式三种。

GW4 型隔离开关采用双柱式结构，绝缘子采用棒式，体积小、重量轻、技术性能较好。

图 2-5 所示为 GW5 型 V 形隔离开关单极外形图，它目前在发电厂和变电所中应用较为广泛。这种隔离开关每极有两个棒式绝缘子，构成 V 形布置，故称为 V 形隔离开关。开关刀闸分为两半，可动触头成楔形连接。进行操作时，两个棒式绝缘子以相同速度反向（一个顺时针，另一个逆时针）转动 90°，使隔离开关接通或断开。

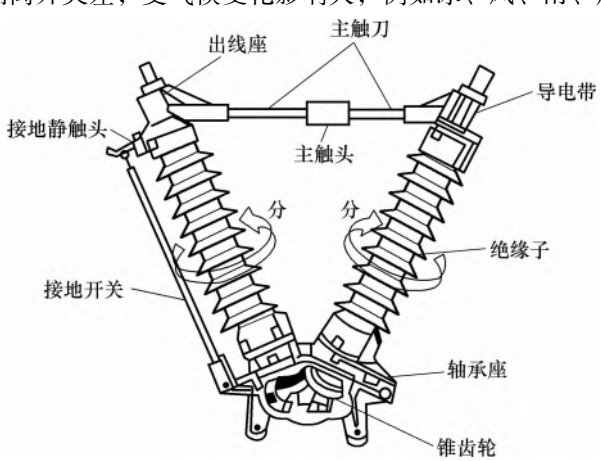


图 2-5　GW5 型隔离开关

GW6 型隔离开关采用单柱式，应用在 220kV 的配电装置中，由于其剪刀式结构，能有效地节约占地面积。

2.2.3　高压隔离开关的选择、使用与维护

1. 选择

隔离开关应按其额定电压、额定电流及使用的环境条件选择出合适的规格和型号，然后按短路电流的动、热稳定性进行校验。

按环境条件选择隔离开关时，可根据安装地点和环境条件选择户内式、户外式、普通型或防污型等类型。户外隔离开关应能耐受大气污染并应考虑到温度突变、雨、雾、覆冰等因素的影

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

响；防污型用于污染严重的地方。

隔离开关按构造可分为三柱式、双柱式和 V 形结构，工矿企业 35kV 变电所户外多选用 V 形结构。

此外，隔离开关还有带接地刀和不带接地刀两种，带接地刀的一般用于变电所进线。在选择隔离开关的同时还必须选定配套的手动、电动（或气动）操作机构，信号及位置指示器与联、闭锁装置等附属装置。

隔离开关应配备接地开关，以保证线路或其他电气设备检修时的安全。选用合适的隔离开关还应考虑配电装置空间尺寸的要求及引线位置与形式（架空线或电缆）。

2. 安装

1）户外型的隔离开关，露天安装时应水平安装，使带有瓷裙的支持绝缘子确实能起到防雨作用。

2）户内型的隔离开关，在垂直安装时，静触头在上方，带有套管的可以倾斜一定角度安装。

3）一般情况下，静触头接电源，动触头接负载，但安装在受电柜里的隔离开关采用电缆进线时，则电源在动触头侧，这种接法俗称“倒进火”。

4）隔离开关两侧与母线及电缆的连接应牢固，遇有铜、铝导体接触时，应采用铜铝过渡接头。

5）隔离开关的动、静触头应对准，否则合闸时就会出现旁击现象，使合闸后动、静触头接触面压力不均匀，造成接触不良。

6）隔离开关的操动机构、传动机械应调整好，使分、合闸操作能正常进行。还要满足三相同期的要求，即分、合闸时三相动触头同时动作，不同期的偏差应小于 3mm。

7）处于合闸位置时，动触头要有足够的切入深度，以保证接触面积符合要求，但又不允许过头，要求动触头距静触头底座有 3 ~ 5mm 的孔隙，否则合闸过猛时将敲碎静触头的支持绝缘子。

8）处于拉开位置时，动、静触头间要有足够的拉开距离，以便有效地隔离带电部分，这个距离应不小于 160mm，或者动触头与静触头之间拉开的角度不应小于 65°。

3. 使用注意事项

隔离开关都配有手动操动机构，操作时应注意以下几点：

1）操作时要先拔出定位销，分、合闸动作要果断、迅速，终了时注意不可用力过猛，操作完毕一定要用定位销销住，并目测其动触头位置是否符合要求。

2）用绝缘杆操作单极隔离开关时，合闸应先合两边相，后合中相；分闸时，顺序与此相反。

3）不管合闸还是分闸的操作，都应在不带负载或负载在隔离开关允许的操作范围之内时才能进行。为此，操作隔离开关之前，必须先检查与之串联的断路器，应确实处于断开位置。

如隔离开关带的负载是规定容量范围内的变压器，则必须先停掉变压器的全部低压负载，令其空载之后再拉开该隔离开关；送电时，先检查变压器低压侧主开关确在断开位置，方可合隔离开关。

如果发生了带负载分或合隔离开关的误操作，则应冷静地避免可能发生的另一种反方向的误操作。即已发现带负载误合闸后，不得再立即拉开；当发现带负载分闸时，若已拉开，不得再合（若刚拉开一点，发觉有火花产生时，可立即合上）。

4. 维护

（1）高压隔离开关的检修周期和内容

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

隔离开关小修一般为一年一次，污秽严重的地区小修周期应适当缩短。隔离开关小修的内容如下：

1）清除隔离开关绝缘子表面的灰尘、污垢。

2）检查传动杆和操动机构各部分有无损伤、锈蚀、松动和脱落等不正常现象，在活动部位加注适量的润滑油。

3）检查导体接触部分的烧痕及氧化情况，在接触部分涂一层中性凡士林。

4）在进行分、合闸操作时检查机械联锁、电气联锁的准确性和可靠性，使其切换正常，接触良好。

5）检查接线端设备线夹有无损伤、松动现象，若有松动应紧固，损伤严重应更换。

隔离开关大修周期一般为4、5年，根据运行中的缺陷，大修周期可适当延长或缩短。

隔离开关的大修项目包括对绝缘子进行清扫、检查表面有无破损、裂纹，按规定进行绝缘试验，不合格的应及时更换；并且分别对导电部分、操动机构及传动机构进行检修。大修后的隔离开关应达到绝缘良好、操作灵活、分合顺利到位。同时在操作中各部分不能发生变形、失调、振动等情况，接线端、接地端连接牢固可靠。

（2）隔离开关的维护

1）隔离开关连接板的连接点过热变色，说明接触不良、接触电阻大，检修时应打开连接点，将接触面锉平再用砂纸打光（但开关连接板上镀的锌不要去除），然后将螺钉拧紧，并要用弹簧垫片防松。

2）动触头存在旁击现象时，可旋动固定触头的螺钉，或稍微移动支持绝缘子的位置，以消除旁击。

3）三相不同期，则可通过调整操作绝缘子两端的螺钉，借以改变其有效长度来克服。

4）触头间的接触压力可通过调整夹紧弹簧来实现，而夹紧的程度可用塞尺来检查。

5）触头间一般可涂中性凡士林以减少摩擦阻力，延长使用寿命，还可防止触头氧化。

6）隔离开关处于断开位置时，触头间拉开的角度或其拉开距离不符合规定时，应通过操作绝缘子来调整。

7）隔离开关发生了下列异常现象时，应采取紧急措施：

①接触部分过热，当温度超过+75°C时；

②绝缘子破裂，胶合处脱落；

③绝缘子表面严重放电。

遇上述情况，即应采取措施，迅速减少负载，利用适当的断路器或经旁路备用母线上的开关设备转移负载，以减轻发热，在停止运行后进行检修。

2.3 高压负荷开关

1. 用途

高压负荷开关是具有一定开断能力和关合能力的高压开关设备，其性能介于隔离开关和断路器之间。高压负荷开关与隔离开关一样有明显的断开点，不一样的是它有简单的灭弧装置，因而具有比隔离开关大得多的开断能力，通常用来开断和关合电网的负载电流。但是它不能开断电网的短路电流，这是负荷开关和一般断路器的主要区别。

负荷开关的用途与它的结构特点是相对应的。

从结构上看，负荷开关主要有两种类型，一种是独立安装在墙上、架构上的，其结构类似于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

隔离开关；另一种是安装在高压开关柜中，特别是采用真空或 SF_6 气体的，则更接近于断路器。负荷开关的用途是包含了这两种类型的负荷开关的综合用途。

1）负荷开关在断开位置时，像隔离开关一样有明显的断开点，因此可起电气隔离作用。对于停电的设备或线路提供可靠停电的必要条件。

2）负荷开关具有简易的灭弧装置，因而可分、合负荷开关本身额定电流之内的负载电流。它可用来分、合一定容量的变压器、电容器组，一定容量的配电线路。有的车间变压器距高压配电室的断路器较远，停电时在车间变压器室中看不到明显的断开点，往往在变压器室的墙上加装一台高压负荷开关，既可以就近操作变压器的空载电流，又可以提供明显的断开点，确保停电的安全可靠。

3）配有高压熔断器的负荷开关，可作为断流能力有限的断路器使用。这时负荷开关本身用于分、合正常情况下的负载电流，高压熔断器则用来切断短路故障电流。环网柜普遍采用这种组合：负荷开关、高压熔断器、接地刀、带有熔体熔断后能自动使负荷开关分断的操作机构。但这里的负荷开关多为真空式或 SF_6 式，整个环网柜体积不大，最大可带容量为 1250kVA 的变压器。

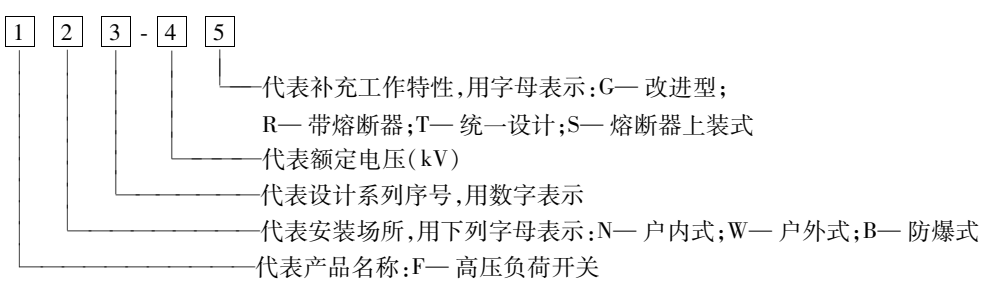
2. 类型

负荷开关种类较多，从使用环境上分，有户内式、户外式；从灭弧形式和灭弧介质上分，有压气式、产气式、真空式、SF_6 式等（以往的油负荷开关和磁吹负荷开关已被淘汰）。

负荷开关按用途分为一般型和频繁型两种，产气式和压气式为一般型，真空式和 SF_6 式为频繁型。一般型分合操作次数为 50 次，频繁型为 150 次。频繁型适用于频繁操作和大电流系统，而一般型用在变压器中小容量范围。

对应 10kV 高压用户来说，老用户用的多为户内型压气式或产气式的；新用户采用环网柜，用的多为真空式的和 SF_6 式的。而 10kV 架空线路上用的则为户外式的。

3. 型号含义



型号示例：

FN3-10R 表示额定电压 10kV、带熔断器、3 型户内式高压负荷开关。

2.3.1 户内高压负荷开关技术数据（见表 2-12）

户内型高压负荷开关有 FN2、FN3、FN4 系列等，其中 FN4 系列为真空式负荷开关。该类型负荷开关一般配用 CS2、CS3 型手动操动机构进行操作。FN2 型及 FN3 型负荷开关利用分闸动作带动汽缸中的活塞压缩空气，使空气从喷嘴中喷出，吹熄电弧，灭弧性能较好。

FN3 系列负荷开关有三种形式：

1）无熔断器的负荷开关。

2）有熔断器的 FN3-10R/S 负荷开关（熔断器在开关的上面）。

3）有熔断器的 FN3-10R 负荷开关（熔断器在开关的下面）。

FN4-10 系列负荷开关是真空式开关，具有开断电流大、真空绝缘强度高、触头开距小等优点。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-12 FN 系列户内高压负荷开关技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	额定断流容量/MVA	最大开断电流/A	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA		固有分闸时间不大于/s	器身重量/kg	操动机构	外形尺寸/mm		
					有效值	峰值	4s	5s				高	宽	深
FN2-10/400	10	400	25	1200	14.5	25		8.5		44	CS4、CS4-T	450	932	586
FN2-10R/400	10	400	25	1200	14.5	25		8.5		44	CS4、CS4-T		932	586
FN3-6/400	6	400	20	1950	14.5	25		8.5		42		226	850	590
FN3-6R/400	6	400	20	1950	14.5	25		8.5		58	CS3、CS3-T		850	590
FN3-10/400	10	400	25	1450	14.5	25		8.5		42	及 CS2	662	850	590
FN3-10R/400	10	400	25	1450	14.5	25		8.5		58			850	590
FN4-10/600	10	600	50	3000		7.5	3		0.05	75	电磁	810	560	365

2.3.2 户外高压负荷开关技术数据（见表 2-13）

FW 系列户外产气式负荷开关，用于户外 10kV 配电线路中，可开合负荷电流、电容电流及环流。用绝缘棒或线绳索操作，开关采用固体产气材料灭弧，分闸状态具有明显断口，可起隔离作用。户外产气式负荷开关有 FW1、FW2、FW4、FW5 等系列。

表 2-13 FW 系列户外高压负荷开关技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	最大开断电流/A	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA		器身重量/kg	操动机构	外形尺寸/mm		
				有效值	峰值	4s	5s			高	宽	深
FW1-10/400	10	400	800					80				
FW2-10G/200 FW2-10G/400	10	200 400	1500 1500	8 8	14	7.9	7.8 12.7	164 168	绝缘棒或绳索	810	530	412
FW4-10/200 FW4-10/400	10	200 400	800 800	8.7 8.7	15	5.8		157 174	绝缘棒或绳索	557	640	630
FW5-10/200	10	200	1500		10	4		75	绝缘棒或绳索	760	900	850

2.3.3 高压负荷开关的选择、使用与维护

1. 选择

选择负荷开关时应注意以下几点：

1）所分断、关合的负荷电流应在其额定电流范围之内。

2）当保护变压器时，应能在变压器瓦斯、缺相、温度升高时切除变压器。

3）当与断路器配合使用时，断路器应先动作开断短路电流二者整定值应匹配。

4）合闸状态时，接触部件的热稳定性满足要求。

5）开关的操作方式应与系统运行方式相匹配，所用操作机构中弹簧机构最佳。

2. 使用与维护

对负荷开关的安装与调整，除了按照隔离开关的要求执行外，根据负荷开关的特点，其导电部分还应满足以下要求。

1）在负荷开关合闸时，主固定触头应可靠地与主刀闸接触；分闸时，三相的灭弧刀片应同时跳离固定灭弧触头。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）灭弧筒内产生气体的有机绝缘物应完整无裂纹，灭弧触头与灭弧筒的间隙应符合要求。

3）负荷开关三相触头接触的同期性和分闸状态时，触头间净距及拉开角度应符合产品的技术规定。

4）带油的负荷开关的外露部分及油箱应清理干净，油箱内应注以合格油并无渗漏。

2.4 操动机构

1. 用途与分类

高压开关的分合闸动作是经过以下三个环节来实现的：

1）人或自动装置（如自动重合闸装置、继电保护装置等）接受到操作命令或动作信号。

2）专门设置的操动机构受到人的操作或自动信号的驱动，使操动机构内部的机械机构完成一定的动作，使操动机构对外伸出的主轴（杆）转动一定的角度或推拉一定的距离。

3）通过把操动机构的主轴（杆）和开关本身的转轴联系起来的传动机械，将操动机构的动作传递到开关上，从而带动开关执行分或合的动作。

上述第二个环节的操动机构和第三个环节的传动机械有时合起来称为操动机构。实际上操动机构是标准化了的定型产品，而传动机械是装配性的非标准化产品。

为了保证人身安全，操作人应与高压带电部分保持足够的安全距离，以防触电和电弧灼伤，必须借助于操动机构间接地进行高压开关的分、合闸操作。

另外，使用操动机构可以满足对受力情况及动作速度的要求，保证了开关动作的准确、可靠和安全。再有，操动机构可以与控制开关以及继电保护装置配合，完成远距离控制及自动操作。

总之，操动机构的作用是，保证操作时的人身安全；满足开关对操动速度、力度的要求；根据运行方式需要实现自动操作。

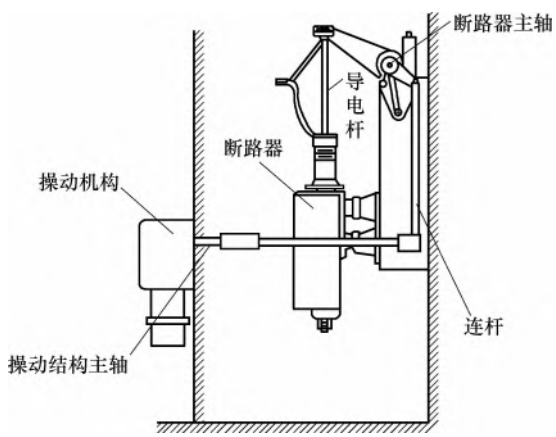


图 2-6 断路器与操动机构

例如，高压断路器都需配备操动机构。其操动机构的作用是使断路器合闸和分闸，并使合闸后的断路器维持在合闸状态为了达到以上目的，断路器的操动机构必须具有合闸机构、分闸机构和维持机构。操动机构通常与断路器分离，使用时用传动机构与断路器连接起来。图 2-6 是断路器与操动机构之间的联系图。能源输入操动机构后，转变成机械能。操动机构的机械运动通过传动机构，把位移传递给提升机构，最终使断路器触头运动，达到合闸和分闸的目的。

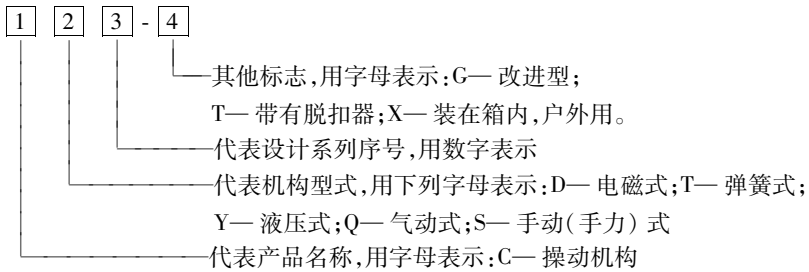
操动机构的种类很多，常用的操动机构主要有电磁式、弹簧式、液压式、气动式和手动（手力）式。

高压断路器的操动机构，大多数是由制造厂配套供应，仅部分少油断路器有电磁式、弹簧式或液压式等几种型式的操动机构可供选择。一般电磁式操动机构虽需配有专用直流合闸电源，但其结构简单可靠；弹簧式的结构比较复杂，调整要求较高；液压式操动机构的加工精度要求较高。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 型号含义



2.4.1 手动操动机构技术数据(见表2-14和表2-15)

CS系列手动操动机构能手动和远距离分闸,但只能手动合闸,其结构简单,且为交流操作,因此相当经济实用。然而由于其操作速度有限,其操作的断路器断开的短路容量不宜大于100MVA。它广泛地用于GN型隔离开关的手动合闸和手动分闸的操作。

CS6-1T型手动操动机构为杠杆式手柄传动机构,机构本身备用自锁装置,可固定隔离开关"分"与"合"的位置。操作时,必须先拔出定位销,操作到位后,定位销在弹簧作用下插入新位置的定位孔中,从而实现锁定。

表2-14 CS2系列手动操动机构脱扣器技术数据

脱扣器种类		额定电压/V		动作值		额定电压下的电流/A	消耗功率/VA	线圈匝数
				额定电压百分率	电流/A			
瞬时过载脱扣器	T_1-1				5~10			300
	T_1-6				5~15			300
延时过载脱扣器	T_1-2				5~15			300
失电压脱扣器	T_1-3	110~127 220 380 500		35%~65%				3000 6000 10800 14300
切断电磁铁	T_1-4	直流	24 48 110 220	65%~120%		5.05 2.4 1.7 0.68	121 115 128 150	407 840 1960 3530
		交流	110~127 220 380			3.1~3.45 2.15 0.85	341~440 473 312	1100 1800 3500
	T_1-5 接 LQS-1				3.5			350

表2-15 CS系列隔离开关手动操动机构技术数据

型 号	使用环境	操动隔离开关型号	重量/kg	型 号	使用环境	操动隔离开关型号	重量/kg
CS1-XG	户外	GW5-35GK	27	CS7	户内	GN2-10/3000	
CS6-1T	户内	GN5-10、GN9-$^{6}_{10}$T、GN8-$^{6}_{10}$T	1.8~3.95	CS8-1	户外	GW1-6、GW1-10	
CS6-2	户内	GN2-10、GN2-20、GN2-35	7.8	CS8-2D	户外	GW2-35D	16
CS6-2T	户内	GN2-35T	6.1~7.8	CS8-3	户外	GW2-35	11

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	使用环境	操动隔离开关型号	重量/kg	型　　号	使用环境	操动隔离开关型号	重量/kg
CS8-3D	户外	GW2-35GD		CS11-G	户外	GW2-35G、GW4-$\frac{10}{35}$	9.6
CS8-5	户外	GW8-35		CS11-1	户外	GW4-15	
CS8-6D	户外	GW4-35D、GW2-35GD	16	CS14-G	户外	GW4-35D	10
CS9	户内	GN10-10T、GN3-10		CS-G	户外	GW5-35	

2.4.2　电磁操动机构技术数据（见表 2-16 ~ 表 2-18）

表 2-16　CD3 系列电磁操动机构技术数据

型　号	配用的断路器型号	线圈动作电流/A						额定电压允许变动范围		辅助开关				重量/kg
		合　闸		分　闸						常开接点		常闭接点		
		110V	220V	110V	220V	24V	48V	合闸	分闸	合闸	分闸	合闸	分闸	
CD3-346	DN3-10	157	78.5	5	2.5	22.6	11.3	80% ~ 110%	65% ~ 110%	$5\times F_1$	$1\times F_2$	$5\times F_1$	$1\times F_2$	190
CD3-X	SW2-35	157	78.5	5	2.5	24	12							
CD3-XG	SW2-35	286	143	5	2.5									

表 2-17　CD10 系列电磁操动机构技术数据

机构型号			CD10-Ⅰ	CD10-Ⅱ		CD10-Ⅲ
配断路器型号			ZN28-10/1250A ~ 20kA	ZN28-10/1250A ~ 20kA	ZN28-10/2000A ~ 31.5kA	ZN28-10/3150A ~ 40kA
合闸线圈	-220V	电流/A	99	120		147
		电阻/Ω	2.22 ±0.18	1.82 ±0.15		1.50 ±0.12
	-110V	电流/A	196	240		294
		电阻/Ω	0.56 ±0.05	0.46 ±0.04		0.38 ±0.04
分闸线圈	-48V	电流/A	18.5			
		电阻/Ω	2.60 ±0.13			
	-110V	电流/A	5			
		电阻/Ω	22 ±1.1			
	-220V	电流/A	2.5			
		电阻/Ω	88 ±4.4			
正常工作电压			合闸：80% ~110% 的额定工作电压 分闸：65% ~120% 的额定工作电压，小于 30% 额定工作电压时不得分闸			

表 2-18　CD17、CD17A 系列电磁操动机构技术数据

型　　号		合闸线圈		分闸线圈		型　　号		合闸线圈		分闸线圈	
		电流/A	电阻/Ω	电流/A	电阻/Ω			电流/A	电阻/Ω	电流/A	电阻/Ω
CD17-Ⅰ	-220V	55	4 ±0.24	1.5	146 ±8	CD17-Ⅱ	-220V	89	2.47 ±0.2	1.5	146 ±8
	-110V	110	1 ±0.06	3.0	36.5 ±2		-110V	178	0.62 ±0.05	3.0	36.5 ±2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号		合闸线圈		分闸线圈		型号		合闸线圈		分闸线圈	
		电流/A	电阻/Ω	电流/A	电阻/Ω			电流/A	电阻/Ω	电流/A	电阻/Ω
CD17-Ⅲ	-220V	128	1.72±0.1	1.5	146±8	CD17A-Ⅱ	-220V	128	1.72±0.1	1.5	146±8
	-110V	256	0.43±0.03	3.0	36.5±2		-110V	256	0.43±0.03	3.0	36.5±2
CD17A-Ⅰ	-220V	89	2.47±0.2	1.5	146±8	CD17A-Ⅲ	-220V	120	1.82±0.15	1.5	146±8
	-110V	178	0.62±0.05	3.0	36.5±2		-110V	240	0.46±0.04	3.0	36.5±2

注：CD17、CD17A 系列直流电磁操动机构专供操动 ZN28-10 系列户内高压真空断路器及其他操作频繁的真空断路器。

电磁操动机构能手动和远距离操作断路器的分、合闸，可以实现自动合闸或自动重合闸，但需直流操作，且要求合闸功率大。

图 2-7 是 CD10 型电磁操动机构的外形图和剖面图。

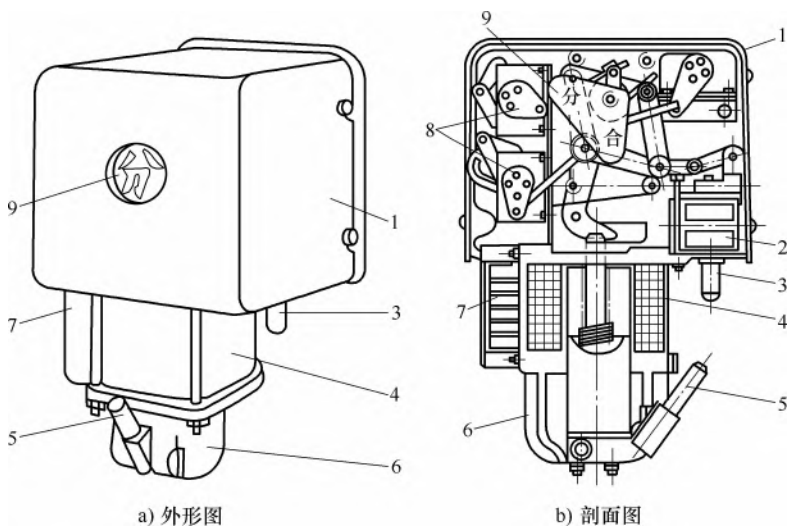


图 2-7 CD10 型电磁操动机构的外形图和剖面图

1—外壳 2—跳闸线圈 3—手动跳闸铁心 4—合闸线圈 5—手动合闸操动手柄
6—缓冲底座 7—接线端子排 8—辅助开关 9—分合指示器

2.4.3 弹簧储能操动机构技术数据（见表 2-19～表 2-24）

CT 系列弹簧储能操动机构能手动和远距离操作断路器的分合闸，但其结构较复杂。

弹簧储能操动机构按操作方式可分为手动储能弹簧机构和电动储能弹簧机构两种。手动储能弹簧机构是靠人力将弹簧储能，然后释放能量达到合闸目的。合闸的同时，又向分闸弹簧储能，以保证分闸时间和速度。电动储能弹簧机构是由电动机驱动，以棘轮使弹簧储能。

手动储能弹簧机构和电动储能弹簧机构的工作原理：

1）储能合闸：当手动操作机构手柄或电动机转动机构储能轴上的棘轮旋转时，轴上的弹簧拐臂也随其旋转，把储能弹簧拉长。过死点时储能弹簧已储满能量，无制动装置时，过死点即释放，使开关合闸并使分闸弹簧储存足够的能量等待分闸。当有制动时，以其他方式控制掣子，完成合闸功能。

2）分闸操作：手动控制分闸时，拉动分闸拉环即可分闸。当过电流时，电流脱扣线圈（约

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.5A）将启动，使分闸扣解除，完成分闸。

CT8 型弹簧储能操动机构供操动各类手车柜、固定柜中 ZN28 型户内高压真空断路器及与其具有相当合闸功能的断路器使用。

机构合闸弹簧的储能方式有电动机储能和手动储能两种。合闸操作有合闸电磁铁及手动按钮操作两种。分闸操作有分闸电磁铁、过电流分闸电磁铁及手动按钮操作三种。

CT19 型弹簧储能操动机构供操动 10kV 手车柜中 ZN28 型户内高压真空断路器及与其具有相当合闸功能的其他高压断路器使用（其他同 CT8 型）。

表 2-19　CT8 型操动机构储能电动机技术数据

型　　号	HDZ-113	HDZ-213	HDZ-313
额定工作电压/V	AC/DC110	AC/DC220	AC380
额定电功率/W	≤50		
正常工作电压范围	85% ~110% 额定工作电压		
额定工作电压下储能时间/s	<6		

注：储能电动机为单相交、直流两用串励电动机。

表 2-20　CT8 型操动机构合闸电磁铁的技术数据

额定工作电压/V	AC110	AC220	AC380	DC48	DC110	DC220
额定工作电流/A	<9.5	<5	<6	6	2.3	2.34
额定电功率/VA	<1045	<1100	<1140	288	253	514.8
20°C 时线圈电阻值/Ω	3.65 ±0.365	14.7 ±1.47	44.6 ±4.46	8.1 ±0.57	44.6 ±3.12	94 ±6
正常工作电压范围	85% ~110% 额定工作电压					

表 2-21　CT8 型操动机构分闸电磁铁的技术数据

额定工作电压/V	AC110	AC220	AC380	DC48	DC110	DC220
额定工作电流/A	<2.5	<1.2	<0.8	2.4	1.1	0.51
额定电功率/VA	<2.75	<264	<304	115	111	112.2
20°C 时线圈电阻值/Ω	16.7 ±1.67	69 ±6.9	233 ±23.3	24.8 ±1.74	111 ±7.77	430 ±30
正常工作电压范围	65% ~120% 额定工作电压，小于 30% 额定工作电压时不得分闸					

注：本机构输出轴工作转向角为 68° ~71°。

表 2-22　CT19 型操动机构型号及与其配合的主要部件参数

型　　号	质量/kg	体积（高×宽×深）/mm	电动机输出功率/W	合闸弹簧/mm	匹配真空断路器开断电流/kA
CT19-Ⅰ	30	420×350×160	70	ϕ6	20
CT19-Ⅱ	30	420×350×160	70	ϕ7	31.5
CT19-Ⅲ	30	420×350×160	70	ϕ8	40

表 2-23　CT19 型操动机构储能电动机技术数据

型　　号	66ZYCJ-11		型　　号	66ZYCJ-11
额定工作电压/V	DC100	DC220	正常工作电压范围	85% ~110% 额定工作电压
电动机额定输入功率/W	110		额定工作电压储能时间/s	≤12

注：储能电动机为永磁直流电动机。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-24 CT19 型操动机构合、分闸电磁铁技术数据

额定工作电压/V	AC110	AC220	AC380	DC48	DC110	DC220
额定工作电流/A	5	2.6			2.34	1.63
额定电功率/W	<572	<572			257	359
20°C 时线圈电阻值/Ω	9.5±0.5	20.8±1			47±2.5	13.5±7
正常合闸工作电压范围	85%～110%额定工作电压					
正常分闸工作电压范围	65%～120%额定工作电压,小于30%额定工作电压时不得分闸					

注：本机构输出轴工作转向角为50°～55°。

2.4.4 操动机构的使用与维护

1. 使用注意事项

对用电动合闸操作的油断路器，在合闸时有以下要求：

1）操作手把必须拧到终点位置，同时应监视合闸电流表的起动值是否到达合闸电流正常值范围，当合闸指示红灯亮时，即将手把返回到中间位置，但应注意不能过早返回，否则断路器将合不上闸。

2）当断路器合上、手把返回后，合闸电流表应指在零位，以防止因合闸接触器打不开而烧毁合闸线圈。

3）断路器合上后，要检查机械分、合指示装置、传动连杆、分闸弹簧、支持绝缘子等应正常完好，断路器内部应无异常声响。

2. 维护

1）检查紧固元件有无松动、各种元件是否生锈、变形、损伤，更换不合格的部件，涂上防锈油。

2）多次进行分、合闸操作试验、自由脱扣试验、通电合闸操作试验，断路器应无异常。

3）测定电磁操动机构在120%～65%的额定电压范围内分、合闸操作有无异常。

2.5 高压熔断器

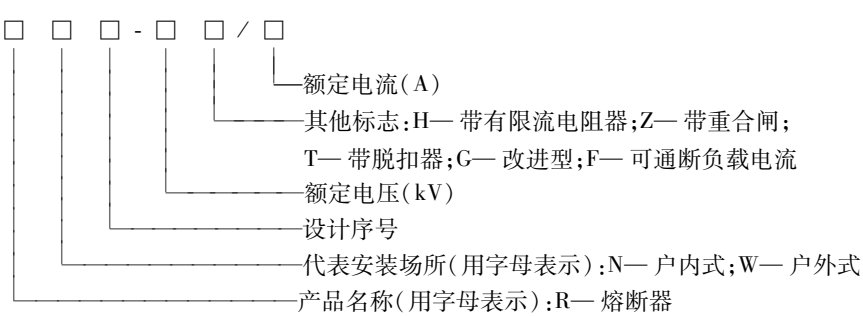
1. 用途与分类

熔断器是最早被采用的也是最简单的一种保护电器，它串联在电路中使用。

熔断器主要由金属熔体、连接熔体的触头装置和外壳组成。金属熔体是熔断器的主要元件，熔体的材料一般有铜、银、锌、铅和铅合金等。熔体在正常工作时，仅通过不大于熔体的额定电流值的负载电流，其正常发热温度不会使熔体熔断。当电路中通过过负载电流或短路电流时，利用熔体产生的热量使自身熔断，切断电路，以达到保护的目的。

熔断器的种类很多，按电压可分为高压和低压熔断器；按装设地点可分为户内式和户外式；按结构可分为螺旋式、插片式和管式；按是否有限流作用又可分为限流式和无限流式熔断器等。

2. 型号含义



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.5.1 户内高压熔断器技术数据（见表 2-25 ~ 表 2-27）

表 2-25 RN2 系列户内高压熔断器技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	最大开断容量(三相)/MVA	最大切断电流/kA	当切断极限短路电流时的最大电流峰值/kA	最小熔断电流(1min)/A	过电压倍数	熔丝电阻/Ω	熔丝管重量/kg	器身重量/kg
RN2-3/0.5	3	0.5	500	100	160	0.6 ~ 0.8	不超过2倍工作电压	90	0.9	6.4
RN2-6/0.5	6		1000	85	300					
RN2-10/0.5	10			50	1000					
RN2-15/0.5	15			40	350			200	1.0	10
RN2-20/0.5	20			30	850					
RN2-35/0.5				17	700			315	2.5	14
RN2-35/2		2								14
RN2-35/3		3								14
RN2-35/5		5								14

表 2-26 RN3 系列户内高压熔断器技术数据

型号	额定电压/kV	最高工作电压/kV	额定电流/A	最大断流容量(三相)/MVA	熔断管额定电流/A	器身重/kg
RN3-3	3	3.5	50	200	2,3,5,7.5,10,15,20,30,40,50	6
			75		75	
			200		100,150,200	10
RN3-6	6	6.9	50		2,3,5,7.5,10,15,20,30,40,50	6
			75		75	
			200		100,150,200	10
RN3-10	10	11.5	50		2,3,5,7.5,10,15,20,30,40,50	7
			75		75	8
			200		100,150	11
RN3-35	35	40.5	7.5		2,3,5	16

表 2-27 RN4 系列户内高压熔断器技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	1min 内的熔断电流/A	最大切断电流/kA	最大断流容量(三相)/MVA	过电压倍数
RN4-10/0.5	3	0.5	0.6 ~ 1.8	100	500	不超过2.5倍工作电压
	6			85	1000	
	10			140	500	
RN4-20/0.35	20	0.35			1500	

户内型高压熔断器全部是限流型，又称限流式熔断器。RN1 和 RN2 系列熔断器的结构相同，是由 2 个支柱绝缘子、触座、熔丝管及底板 4 个部分组成。图 2-8a 为 RN1 和 RN2 型熔断器的外

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

形图，熔丝管1卡在静触头座2内，静触头座2和接线座3固定在支持绝缘子4上，绝缘子固定在底座5上。

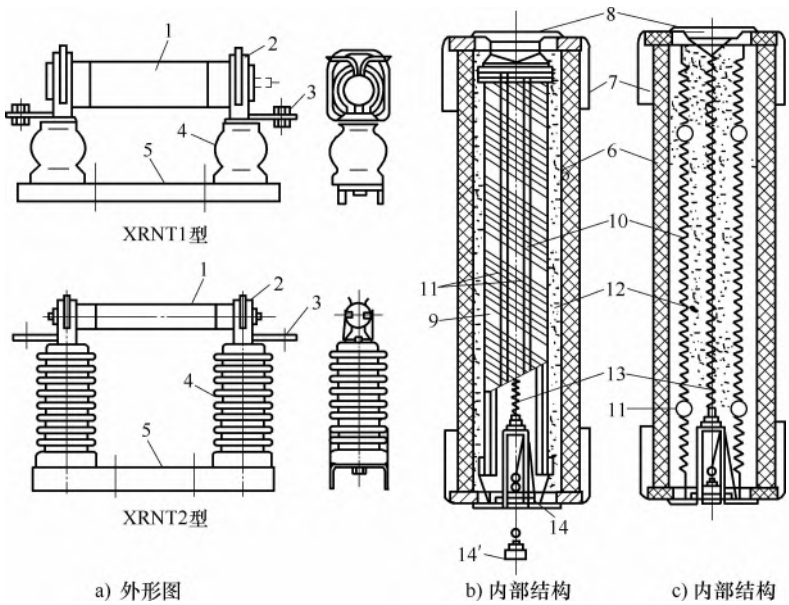


图2-8 RN1和RN2型熔断器

1—熔丝管 2—静触头座 3—接线座 4—支持绝缘子 5—底座 6—瓷质熔管 7—黄铜端盖 8—顶盖 9—陶瓷芯 10—熔体 11—小锡球 12—石英砂 13—细钢丝 14、14′—熔断指示器

2.5.2 户外高压熔断器技术数据（见表2-28）

表2-28 户外高压熔断器技术数据

类别	型号	额定电压/kV	额定电流/A	熔体额定电流/A	分合负荷电流/A	断流容量/MVA	
						上限	下限
户外高压跌落式熔断器	RW4-10/50 RW4-10/100 RW4-10/200	10	50 100 200	2,3,5,…	—	75 100 100	10 30 30
	RW5-35/50 RW5-35/100 RW5-35/200	35	50 100 200	2,3,5,…	—	200 400 800	15 20 30
	RW10-10(F)/50 RW10-10(F)/100 RW10-10(F)/200	10	50 100 200	2,3,5,…	50 100 200	200	40
户外高压限流式熔断器	RW0-35/0.5 RXW10-35/0.5	35	0.5	0.5	—	2000 1000	— —
	RW10-35/2 RW10-35/3 RW10-35/5 RW10-35/7.5 RW10-35/10	35	2 3 5 7.5 10	2 3 5 7.5 10	—	600	—
	RW0-35/2 RW0-35/3 RW0-35/5	35	2 3 5	2 3 5	—	200	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

户外高压熔断器的种类较多，如户外高压跌落式熔断器（俗称跌落保险）、户外高压限流熔断器等。

跌落式熔断器由导电部分、熔丝管、绝缘部分、固定部分等部分组成。

图 2-9 为 RW4 型跌落式熔断器的基本结构。

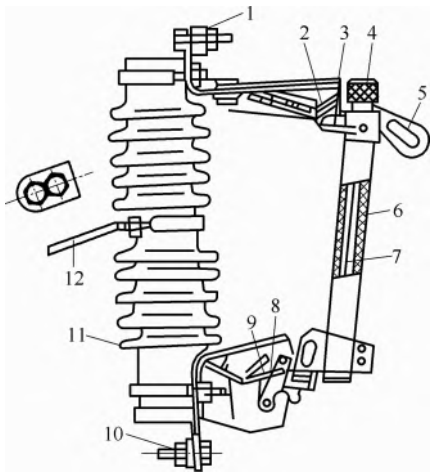


图 2-9 RW4-10 型跌落式熔断器基本结构图
1—上接线端 2—上静触头 3—上动触头 4—管帽 5—操作环 6—熔管 7—熔丝 8—下动触头 9—下静触头 10—下接线端 11—绝缘瓷瓶 12—固定安装板

2.5.3 高压熔断器的选择、使用与维护

1. 选择

高压熔断器有户内和户外型两种，熔断器额定电压一般不超过 35kV。首先应根据使用环境、负载种类、安装方式和操作方式等条件选择出合适的类型，然后按照额定电压、额定电流及额定断流能力选择熔断器的技术参数，高压熔断器在选择时，要注意以下几点。

1）户内型熔断器主要有 RN1 型和 RN2 型，RN1 型用于线路和变压器的短路保护，而 RN2 型用于电压互感器保护。

2）熔断器的额定电压应与线路额定电压相同。

3）户外型跌落式熔断器需校验断流能力上下限值，应使被保护线路的三相短路的冲击电流小于其上限值，而两相短路电流大于其下限值。

4）高压熔断器除了选择熔断器额定电流，还要选择熔体额定电流。

2. 跌落式高压熔断器的安装

对跌落式熔断器的安装要求应满足产品说明书及电气安装规程的要求：

1）熔管轴线与铅垂线的夹角一般应为 15°～30°。

2）熔断器的转动部分应灵活，熔管跌落时不应碰及其他物体而损坏熔管。

3）抱箍与安装固定支架连接应牢固；高压进线、出线与上接线螺钉和下接线螺钉应可靠连接。

4）相间距离，室外安装时应不小于 0.7m；室内安装时，不应小于 0.6m。

5）熔管底端对地面的距离，装于室外时以 4.5m 为宜；装于室内时，以 3m 为宜。

6）对下方的电气设备的水平距离，不应小于 0.5m。

7）熔丝应位于消弧管的中部偏上处。

3. 使用与维护

（1）跌落式熔断器操作注意事项

操作跌落式熔断器时，应有人监护，使用合格的绝缘手套，穿绝缘靴，戴防护眼镜。

操作时动作应果断、准确而又不要用力过猛、过大。要用合格的绝缘杆来操作。对管的操作环往下拉。合闸时，先用绝缘杆金属端钩穿入操作环，令其绕轴向上转动到接近上静触头的地方，稍加停顿，看到上动触头确已对准上静触头，果断而迅速地向上方推，使上动触头与上静触头良好接触，并被锁紧机构锁在这一位置，然后轻轻退出绝缘杆。

操作时应戴上防护色镜，以免拉、合闸时发生意外故障产生弧光灼伤眼睛；同时站好位置，操作时果断迅速，用力适度，防止冲击力损伤瓷体。

操作跌开式熔断器有两个突出的安全事项必须严格遵守：

1）跌落式熔断器如同户外型隔离开关，只能操作 500kVA 及以下的空载的变压器。因此，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

操作前必须认真检查，确认该变压器低压侧总开关已处于断开状态，合或拉开跌落式熔断器之前必须履行此项检查。

2）一组三相跌落式熔断器由三个单极跌落式熔断器组成。为避免操作时造成相间弧光短路，要求合闸时，先合两边相（遇有较强的与熔断器排列方向大体一致的风时，还要先合迎风相，后合背风相），再合中相；拉闸时，操作顺序恰恰与合闸顺序相反。

3）不允许带负载操作。

（2）跌落式熔断器的检查项目

1）瓷绝缘部分应完整，铸件无松动。

2）上、下两部分触头位置应在一直线上，不能上下扭歪。

3）熔丝管与触头的接触应紧密。

4）压紧弹簧片的弹性应良好。

5）熔丝管上、下部位触头位置的距离应合适，以便灵活拉、合。

6）静触头上的防护金属盖弹簧应完好，使合闸后闭锁正常、灵活。

7）触头的接触面应光滑无麻点。

8）熔丝管应完好，外绝缘层表面无损伤变形。

9）各活动部位应涂润滑油。

10）熔体完整无损伤并与负载相配合。

11）熔断器安装角度和相间距离应符合规程要求。

（3）高压熔断器的检修和更换部件注意事项

1）检查并判明熔体熔断的原因（是过负载，还是短路或其他）。

2）检查熔断器绝缘管的损伤程度，有否开裂、烧坏。

3）检查熔断器导电部分有无熔焊、烧损、影响接触的情况。

4）检查熔断器上、下触头处的弹簧是否有足够的弹性，接触面是否紧密。

5）检查熔断器与其他保护的配合关系是否正确无误。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 3 章　小型发电设备

3.1　概述

1. 分类

同步发电机可按相数、励磁方式、原动机的类别和结构型式等进行分类。

1）按相数可分为以下两种：①三相同步发电机；②单相同步发电机。

2）按励磁方式可分为以下几种：①直流励磁机励磁；②双绕组电抗分流自励恒压励磁；③晶闸管自励恒压励磁；④相复励励磁；⑤三次谐波励磁；⑥永磁式。

3）按原动机的类别，同步电机可分为以下几种：①汽轮发电机；②水轮发电机；③柴油（或汽油）发电机；④燃汽轮发电机；⑤风力发电机。

4）按结构型式，同步电机可分为以下两种：①旋转磁极式（按照磁极的形状又可分为凸极式和隐极式两种）；②旋转电枢式。

由于旋转磁极式同步电机的磁极装在转子上，其励磁绕组的电压和容量通常比电枢绕组（即定子绕组）的电压和容量小很多，可以使电刷和集电环的负载和工作条件大为减轻和改善，所以旋转磁极式同步电机被广泛应用，并成为同步电机的基本结构型式。

2. 基本结构

三相交流同步发电机由定子、转子、风扇、前端盖、后端盖、出线盒等组成，如图 3-1 所示。

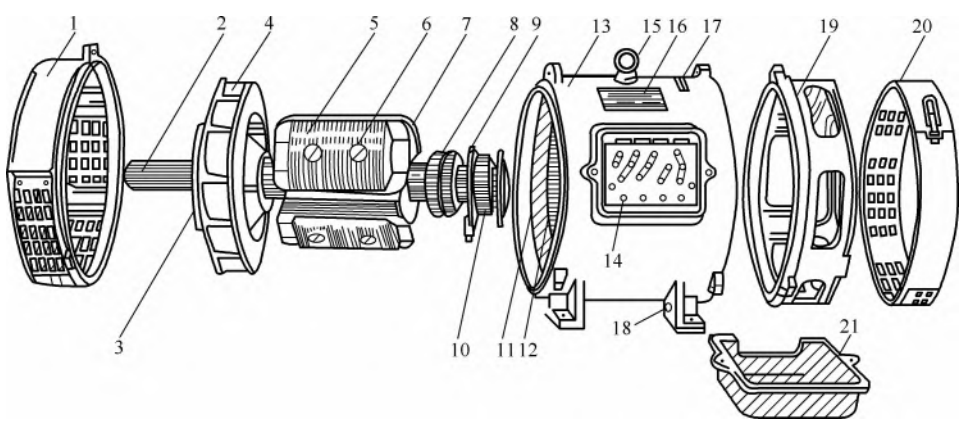


图 3-1　小型同步发电机结构图

1）定子：由机座、定子铁心、定子绕组等组成，用以产生三相交流电。

2）转子：由轴、磁极、磁轭、磁极绕组、平衡环、集电环、轴承等组成，用以产生磁通。

3）风扇：用以加强电机的轴向通风。风扇用键固定装在转轴的前部，转动时，冷风从发电机后端盖两侧的百叶窗进入电机内，将热风从前端盖两侧的百叶窗吹出，使发电机的定子和转子得到冷却。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）前端盖和后端盖：用螺钉固定在机座前后两端，以支撑前后轴承，并通过前后端盖将同步发电机的定子和转子固定为一个整体。

5）接线盒：装在发电机机座的右侧，盒内有8个接线柱。4个较粗的接线柱表示中性线和三根相线（俗称火线），标记为U、V、W、N；4个较细的接线柱标有L1、L2、S1、S2，其中L1、L2是励磁绕组的输入导线，S1、S2是谐波绕组的输出导线。有的电机出线盒内还装有4只硅整流器件组成的桥式整流电路，将谐波绕组中感应的电动势经整流后变为直流电供给发电机的励磁绕组。

3. 额定值

同步发电机的铭牌上标明同步发电机的一系列数据，表明发电机的性能，是正确使用发电机的主要依据。同步发电机的铭牌上的主要项目如下：

1）型号：标明发电机的型式、容量和磁极数等。例如T2-160M-4，表示中心高160mm，铁心长为中型，4极，第二次改型设计同步发电机。

2）额定容量：表示发电机输出交流电做功的能力。常用额定有功功率或额定视在功率表示。额定有功功率用P_N表示，单位为瓦或千瓦（W或kW）；额定视在功率用S_N表示，单位为伏安或千伏安（VA或kVA）。

3）额定功率因数：表示发电机做功能力的利用率，即有功功率P与视在功率S的比值。额定功率因数用$\cos\varphi_N$表示。

4）额定电压、额定电流及接法：额定电压指发电机输出的线电压，额定电压用U_N表示，单位为伏或千伏（V或kV）；额定电流指发电机额定运行是输出的线电流，额定电流用I_N表示，单位为安（A）；发电机定子三相绕组常用的接法有星形（Y）和三角形（△）。

5）工作方式：工作方式（又称工作制）表明连续使用的时间。例如“S1”，表示允许长时间连续使用。特殊用途的电机在不允许连续使用时，则标明允许连续使用的最长时间。

6）额定频率和额定转速：额定频率用f_N表示，单位为赫兹（Hz）；额定转速用n_N表示，单位为转/分（r/min）。

同步发电机的额定频率，额定转速和磁极对数间的关系为$f=pn_1/60$。当磁极对数设计好以后，转速高，频率也高，转速低，频率也低。国家标准规定，一般交流发电机输出频率为50Hz，有特殊用途时，则根据不同要求设计。

7）额定励磁电压和额定励磁电流：在保证输出交流额定值时所需要的励磁电压及励磁电流。额定励磁电压用U_{fN}表示，单位为伏（V）；额定励磁电流用I_{fN}表示，单位为安（A）。

8）绝缘等级：电机所需绝缘材料的等级。因其所用绝缘材料不同，其允许工作温度也不同。

9）标准编号：为统一产品规格，保证产品质量所制定的标准的编号，产品性能等技术指标均应符合此标准规定。

3.1.1　TZH系列自励恒压三相同步发电机技术数据（见表3-1）

TZH系列自励恒压三相同步发电机是目前国内常用的自励恒压三相同步发电机。它与柴油机配套，组成柴油发电机组或移动电站，作为一般用途的电源，或备用、应急电源。

TZH系列发电机的防护型式为防滴式。发电机自带风扇循环冷却。发电机转子为隐极式。

TZH系列发电机定子绕组为星形联结，三相四线制，额定电压为400V/230V，额定频率为50Hz，额定功率因数为0.8（滞后）。连续工作制S1。定子绕组有中间抽头，以供给励磁装置。发电机采用相复励励磁方式，有不可控和可控两种。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号含义：

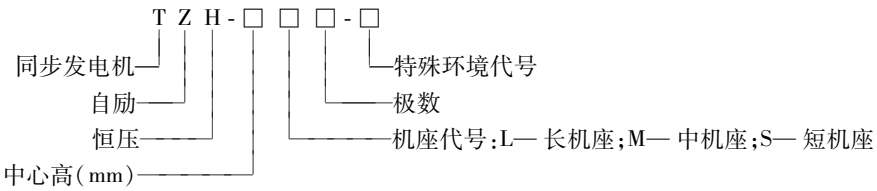


表 3-1 TZH 系列自励恒压三相同步发电机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V（线/相）	额定电流/A	额定频率/Hz	额定转速/(r/min)	效率(%)	励磁电压/V	励磁电流/A	功率因数	重量/kg	直接起动异步电动机最大功率/kW	电压调整率(%)
TZH-160	3	400/230	5.4	50	1500	75.5	—	—	0.8（滞后）	90	—	
TZH-160	5	400/230	9.02	50	1500	79.5	—	—	0.8（滞后）	115	—	
TZH-180	7.5	400/230	13.5	50	1500	81.0	—	—	0.8	145	—	
TZH-180	10	400/230	18.04	50	1500	82.5	—	—	0.8	160	—	
TZH-180S4-TH	12	400/230	21.7	50	1500	84.5	64	9.2	0.8	210	8.4	
TZH-180M4-TH	16	400/230	28.9	50	1500	85.3	83	9.6	0.8	245	11.2	
TZH-200S4-TH	20	400/230	36.1	50	1500	86.0	68	10.2	0.8	285	14.0	
TZH-200M4-TH	24	400/230	43.3	50	1500	87.0	86	10.2	0.8	295	16.8	≤ ±3
TZH-225S4-TH	30	400/230	54.1	50	1500	88.0	82	15	0.8	380	21	
TZH-225-M4-TH	40	400/230	72.2	50	1500	89.0	87	14	0.8	435	28	
TZH-225L4-TH	50	400/230	90.2	50	1500	89.5	103	15	0.8	500	30	
TZH-250M4-TH	64	400/230	115	50	1500	90.5	82	15.2	0.8	620	30	
TZH-250L4-TH	75	400/230	135	50	1500	90.8	93	15.3	0.8	630	30	
TZH-200M2-TH	30	400/230	54.1	50	3000	85.0	75	17	0.8	285	21	
TZH-200M2-TH	40	400/230	72.2	50	3000	87.0	85	16	0.8	320	28	
TZH-225L2-TH	64	400/230	115	50	3000	87.0	75	19	0.8	470	30	

3.1.2 T2 系列三相同步发电机技术数据（见表 3-2 和表 3-3）

T2 系列系小型三相同步发电机，采用自励恒压励磁系统。T2 系列发电机功率范围从 3 ~ 250kW，分 17 个等级；发电机的额定电压为 400V；发电机的额定功率因数为 0.8（滞后）。电枢绕组为带有中性引线的星形联结；发电机的额定频率为 50Hz；连续工作制（S1）为基准的定额；外壳防护等级为 IP11、IP21、和 IP22 三种。

T2 系列小型三相同步发电机是目前国内常用的有刷自励恒压三相同步发电机。它通常与柴油机配套成机组或移动电站，供小型城镇、农村、车站、工地照明用电源及动力电源。

T2 系列同步发电机的防护型式为防滴式。发电机的转子装有后倾式离心风扇。50kW 及以下发电机，转子一般为凸极式；64kW 及以上发电机，转子一般为隐极式。

T2 系列同步发电机定子绕组为星形联结，不允许接成三角形，中性线引出。发电机为自励、有刷励磁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号含义：

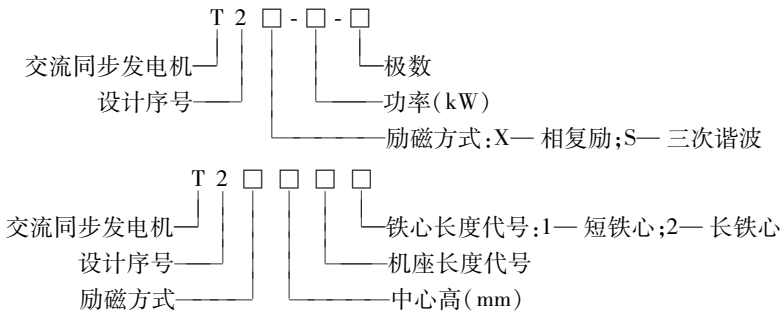


表 3-2　T2 系列三相交流同步发电机技术数据（1）

型　　号	额定容量		额定电流/A	效率(%)	重量/kg	直接起动异步电动机最大功率/kW	原动机拖动最小马力/hp①
	kVA	kW					
T2X-10-4	12.5	10	18.1	82.5	300	7	16.5
T2X-12-4	15	12	21.7	83.5	320	8.4	19.5
T2X-20-4	25	20	36.1	86	380	14	31.6
T2X-24-4	30	24	43.3	87	400	16.8	37.5
T2X-30-4	37.5	30	54.1	88	500	21	46.3
T2X-40-4	50	40	72.2	89	530	28	61
T2X-50-4	62.5	50	90.2	89.5	580	30	76
T2X-64-4	80	64	115.4	90	690	30	96.6
T2X-75-4	93.8	75	135.3	90.5	750	30	112.6
T2XV-40-4	50	40	72.2	89	530	28	61
T2XV-50-4	62.5	50	90.2	89.5	580	30	76
T2XV-64-4	80	64	115.4	90	690	30	96.6
T2XV-75-4	93.8	75	135.3	90.5	750	30	112.6
T2XV-90-4	113	90	162	91	950	55	134.4
T2XV-120-4	150	120	216	91.5	1105	55	178.2
T2XV-150-4	188	150	270	91.7	1400	75	222.3
T2XV-200-4	250	200	361	92	1500	100	295.4

注：表中 T2XV 型号是 T2X 的派生产品，安装尺寸与 T2X 有差别。T2XV 的结构有与柴油机飞轮壳对接的凸缘端盖。

① 1hp = 745.7W，后同。

表 3-3　T2 系列三相交流同步发电机技术数据（2）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数	效率(%)	励磁电压/V	励磁电流/A	重量/kg
T2S-2	2	400	3.61	3000	0.8		53	1.8	22
T2S-3	3	400	5.41	3000	0.8		60	2.3	32
T2S160S1	3	400/230	5.4	1500	0.8	75.0	43	5.3	90
T2S160S2	5	400/230	9.0	1500	0.8	81.5	40	7.3	92
T2S160L	8(7.5)	400/230	14.4	1500	0.8	84.3	50	6.6	95
T2S180S1	10	400/230	18.0	1500	0.8	84.0	60	6.6	115
T2S180S2	12	400/230	21.7	1500	0.8	85.0	72	6.6	130
T2S180M	16	400/230	28.9	1500	0.8	86.5	85	6.0	160

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数	效率(%)	励磁电压/V	励磁电流/A	重量/kg
T2S200S	20	400	36.0	1500	0.8	87.5	48.5	11.0	200
T2X200M	24	400/230	43.3	1500	0.8	88.5	99	9.0	230
T2S225S	30	400/230	54.2	1500	0.8	89.0	62	12.0	280
T2S225M	40	400/230	72.3	1500	0.8	90.0	73	12.0	310
T2S225L	50	400/230	90.3	1500	0.8	90.5	76	14.0	340

3.1.3　T2H 系列船用三相同步发电机技术数据（见表 3-4）

T2H 系列发电机通常与柴油机配套组成柴油发电机组或移动电站，用作船舰照明和动力电源或应急电源。该发电机采用不可控相复励励磁，结构简单、运行可靠。静态电压调整率：T2H1 型在功率因数 0.6～0.9 范围内≤±4%；T2H2 型在功率因数 0.8 时≤±2.5%。

T2H 系列发电机的额定电压为 400V、电枢绕组为带有中性点引出线的星形联结、额定频率为 50Hz、额定转速为 1500r/min、功率因数为 0.8（滞后）、工作方式为连续（S1）。

型号含义：

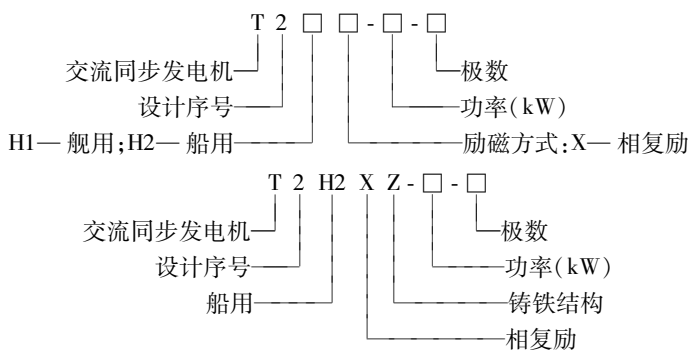


表 3-4　T2H 系列船用三相交流同步发电机技术数据

型　　号	额定容量		额定电流/A	效率(%)	重量/kg	直接起动异步电动机最大功率/kW	原动机拖动最小马力/hp
	kVA	kW					
T2H1X-12-4 T2H2X-12-4	15	12	21.7	83.5	290	8.4	20
T2H1X-24-4 T2H2X-24-4	30	24	43.3	87	365	16.8	38
T2H1X-40-4 T2H2X-40-4	50	40	72.2	89	470	28	64
T2H1X-64-4 T2H2X-64-4	80	64	115.4	90	650	30	102
T2H1XV-90-4 T2H2XV-90-4	113	90	162	91	1060	55	144
T2H1XV-120-4 T2H2XV-120-4	150	120	216	91.5	1200	55	192
T2H1XV-200-4 T2H2XV-200-4	250	200	316	92	1500	75	320

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.1.4　STC 系列三相同步发电机技术数据（见表 3-5）

STC 系列发电机与内燃机配套组成固定或移动的小型发电站，供农村、城镇或工地、牧区作为照明及动力电源。

STC 系列发电机的额定线电压为 400V，相电压为 230V，电枢绕组为带有中性点引出线的星形联结、额定频率为 50Hz、额定转速为 1500r/min、功率因数为 0.8（滞后）、工作方式为连续（S1）。

型号含义：

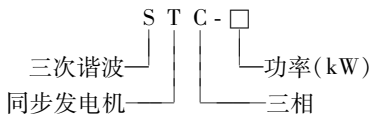


表 3-5　STC 系列三相交流同步发电机技术数据

型　号	功　率		额定电压/V	频率/Hz	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	电压调整率(%)	飞逸转速/(r/min)	励磁方式	励磁电压/V	励磁电流/A	重量/kg
	kVA	kW												
STC-5-2	6.3	5	400	50	9	3000	—	0.8	±5	—	谐波	—	—	—
STC-3	3.8	3			5.4	1500	75.5			1800		50	3.0	49
STC-5	6.3	5			9	1500	79.5			1800		43	5.5	82
STC-7.5	9.4	7.5			13.5	1500	81.0			1800		48	6.5	123
STC-10	12.5	10			18.1	1500	82.5			1800		71	5.1	164
STC-12	15	12			21.7	1500	83.5			1800		80	5.5	196
STC-15	18.8	15			27.1	1500	85.0			1800		70	6.5	248
STC-20	25	20			36.1	1500	86.0			1800		91	6.5	238
STC-24	32	24			43.3	1500	88.5			1800		77	7.6	235
STC-30	37.5	30			54.1	1500	88.0			1800		81	11.6	257
STC-40	50	40			72.2	1500	89.0			1800		93	11.4	290
STC-50	62.5	50			92.2	1500	89.5			1800		108	11.5	344

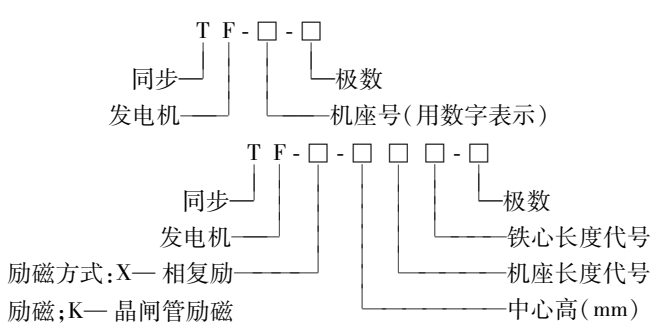
3.1.5　TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机技术数据（见表 3-6）

TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机采用相复励励磁或晶闸管励磁。该发电机与柴油机直接配合，组成柴油发电机组，作为农村、城镇、工矿的动力或照明电源。

TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机的额定电压为 400V、额定频率为 50Hz、功率因数为 0.8（滞后）。

TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机为自扇冷防滴式。安装结构型式为 IMB3，机座带底脚，端盖无凸缘。

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-6 TF、TF-X、TF-K 系列三相交流同步发电机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	电压调整率(%)	飞逸转速/(r/min)	励磁方式	励磁电压/V	励磁电流/A	外形尺寸/mm			重量/kg
												长	宽	高	
TF750-4	750	400	1353	1500	94.5	0.8	±2.5	1800	直流机	30	191	2820	1430	1360	6750
TF280-4	280	400	505	1500		0.8		1800	相复励			1750	1235	1125	
TF13-4	300	400	541	1500	92	0.8		1800	带励磁机 ZL-210	64	104	1940	1150	1150	3200
TF-X-20-4	20	400	36.1	1500		0.8		1800		123	6.45				
TF-X-24-4	24	400	43.3	1500		0.8		1800		135	6.22				
TF-X-30-4	30	400	54	1500		0.8		1800		74	19				
TF-X-40-4	40	400	72.2	1500		0.8		1800		87	19				
TF-X-50-4	50	400	90.2	1500		0.8		1800		96	18.5				
TF-X-64-4	64	400	115.5	1500		0.8		1800		170	11				
TF-X-75-4	75	400	135.3	1500		0.8		1800		185	11				
TF-X-90-4	90	400	162.4	1500		0.8		1800		81	25				
TF-X-120-4	120	400	216.5	1500		0.8		1800		93	25.5				
TF350-6	350	400	632	1000	94	0.8	±1.8	1200	相复励	101	48	1600	1050	1306	2800
TF600-6	600	400	1083	1000	94.8	0.8	±2.5	1200	相复励	48	122	2000	1460	1100	4230
TF12-6	160	400	289	1000	90	0.8		1200	带励磁机 ZL-182	37	90	1840	1080	990	1550
TF-X-355M1-6	160	400	288	1000	91	0.8	±3	1200	相复励	130	130	1240	710	1120	1350
TF-X-355M2-6	200	400	361	1000	92	0.8	±1、±3	1200	相复励	160	30	1320	710	1085	1700
TF800-8	800	400	1443	750	93.5	0.8	±2.5	900	相复励						
TF-X-355M1-8	84	400	152	750	90	0.8	±3	900	相复励	95	27	1240	710	1120	1200
TF-X-355M2-8	120	400	217	750	90.5	0.8	±3	900	相复励	122	29	1240	710	1120	1350
TF-K-14-8	400	400	722	750	92	0.8	±2.5	900	—	42	155	2050	1400	1300	3700
TF-X-14-8	400	400	722	750	92	0.8	±2.5	900	相复励	42	155	2050	1400	1300	3700
TF200-10	200	400	361	600	91.5	0.8	±2.5	720	相复励	53.5	92.4	1820	1360	1100	3050
TF300-10	300	400	541	600	93	0.8	±2.5	720	相复励	54	121	1940	1360	1100	3500
TF320-10	320	400	577	600	93	0.8	±2.5	720	相复励	52	113	1860	1510	1250	3700
TF400-10	400	400	722	600	93.2	0.8	±2.5	720	相复励	53	126	2000	1710	1250	4150
TF450-10	450	400	812	600	93.2	0.8	±2.5	720	相复励	57	138	2000	1710	1250	4150
TF-13-10	200	400	361	600	91	0.8	—	720	带励磁机 ZL-218-3	34	128	1940	1155	1155	2400
TF-14-10	300	400	541	600	92	0.8	—	720	带励磁机 ZL-245	38	158	2050	1400	1300	4080
TF-$\frac{K}{X}$-13-10	200	400	361	600	91	0.8	—	720	—	34	128	1740	1155	1155	2300
TF-$\frac{K}{X}$-14-10	320	400	541	600	91.5	0.8	—	720	—	45	115	2050	1400	1300	3700
TF-200-12	200	400	314	500	91	0.8	±2.5	600	相复励	41	111	1820	1360	1100	2900
TF250-12	250	400	410	500	92	0.8	±2.5	600	相复励	41	113	2040	1360	1100	3300
TF300-12	300	400	541	500	91	0.8	—	600	—	38	181	1740	1510	1280	4150

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	电压调整率(%)	飞逸转速/(r/min)	励磁方式	励磁电压/V	励磁电流/A	外形尺寸/mm			重量/kg
												长	宽	高	
TF360-12	360	400	565	500	93	0.8	—	600	相复励	36	171	1820	1500	1255	3950
TF400-12	400	400	722	500	93	0.8	±2.5	600	相复励	68	106	2100	1710	1250	4800
TF500-12	500	400	902	500		0.8		600		56	186	1941	1675	1540	3800
TFX-500-12	500	400	901	500		0.8			相复励			1980	1815	1485	6500
TF250-14	250	400	451	428	92	0.8	±2.5	514	相复励	55	120	1890	1510	1250	3800

3.1.6　TFW 系列无刷三相交流同步发电机技术数据（见表 3-7）

TFW 系列无刷三相交流同步发电机是在 T2 系列基础上发展起来的更新换代产品，通常与柴油机配套组成柴油发电机或移动电站。

TFW 系列无刷三相同步发电机的励磁电流是由同轴连接的交流励磁机发出的交流电，经过旋转整流器整流为直流电，再送到同步发电机的励磁绕组。交流励磁机为旋转电枢式的三相中频发电机。交流励磁机的电枢绕组、旋转整流器和同步发电机的励磁绕组同在转子上，它们之间用固定的连接线连接，不需要电刷、集电环或换向器等部件，故称无刷励磁。

所谓 TFW 系列无刷三相同步发电机的励磁方式是指对交流励磁机的磁场进行励磁的方式。

TFW 系列无刷三相同步发电机没有磨损的炭粉和铜末所引起的污染，绝缘介质寿命较长；由于不会产生火花，故尤其适用于有易燃易爆气体的恶劣环境中运行；因为省去了对电刷、集电环或换向器的维护，所以提高了发电机的运行可靠性。

型号含义：

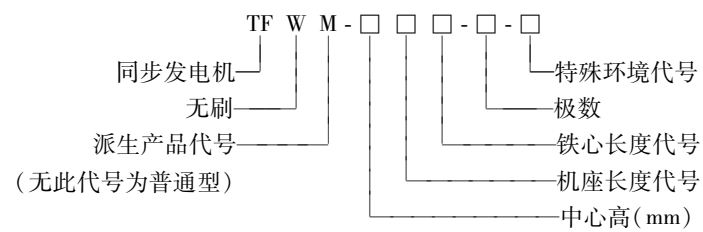


表 3-7　TFW 系列无刷三相同步发电机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	电压调整率(%)	重量/kg	转动惯量/(kg·m²)	直接起动异步电动机最大功率/kW	原动机最小拖动马力/hp
TFW-160L1-4	5	15.7	1500	—		—	—	—	—
TFW-160L2-4	7.5	23.5	1500						
TFW-180S-4-TH	12	21.7	1500	85		215	0.35	8.4	—
TFW-180M-4-TH	16	28.9	1500	86.5		235	0.465	11.2	—
TFW-200S-4-TH	20	36.1	1500	87.5		285	0.5675	14	—
TFW-200M-4-TH	24	43.3	1500	88.5		290	0.655	16.8	—
TFW-225S-4-TH	30	54.1	1500	89	±1 ~ ±2.5	380	0.902	21	45.2
TFW-225M-4-TH	40	72.2	1500	89.8		420	1.09	28	59.6
TFW-225L-4-TH	50	90.2	1500	90.3		453	1.24	30	74.1
TFW-250M-4-TH	64	115	1500	90.6		590	1.975	30	94.3
TFW-250L-4-TH	75	135	1500	91		650	2.17	30	110
TFW-280S-4-TH	90	162	1500	91.5		730	2.65	55	131
TFW-280L-4-TH	120	217	1500	92		890	3.3	55	175

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.1.7 TFDW 系列单相交流无刷同步发电机技术数据（见表 3-8）

TFDW 系列单相交流无刷同步发电机采用电容式负序磁场励磁方式，与有刷单相发电机相比，该励磁方式不需要电刷和集电环等部件，具有成本低、体积小、效率高、起动迅速、动态性能好、结构简单、维护方便、运行可靠、对环境无污染等优点。

TFDW 系列单相交流无刷同步发电机与内燃机配套，组成小容量的单相发电机组（移动式电源设备），可为用户提供 50Hz、230V 或 115V 单相交流电源。

TFDW 系列单相交流无刷同步发电机主要用作城镇、乡村、别墅、牧区、工地、探测和室外工作以及小型船舶等照明、通信、电动工具、医疗器械、电影机械的电源和应急或备用电源。

型号含义

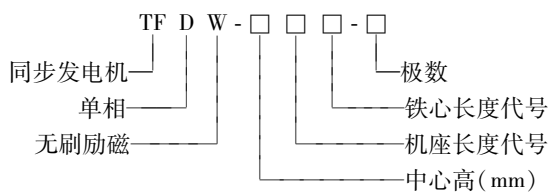


表 3-8 TFDW 系列单相交流无刷同步发电机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数滞后	电压调整率(%)	飞逸转速/(r/min)	励磁方式
TFDW-1	1	230/115	4.35/8.7	3000	72.3	1	±5	3600	电容式
TFDW-1.5	1.5	230/115	6.5/13	3000	75.1	1	±5	3600	
TFDW-2	2	230/115	8.7/17.4	3000	77.4	1	±5	3600	
TFDW-3	3	230/115	13/26	3000	79.0	1	±5	3600	
TFDW-5	5	230/115	21.8/43.5	3000	81.0	1	±5	3600	
TFDW-7.5	7.5	230/115	32.6/65.2	3000	82.5	1	±5	3600	
TFDW132M2-4	2	230/115	9.7/19.3	1500	73	0.9	±5.0	—	逆序磁场无刷励磁
TFDW132M2-4	3	230/115	14.5/29	1500	76	0.9	±5.0		
TFDW160L-4	5	230/115	24.2/48.4	1500	80	0.9	±5.0		三次谐波无刷励磁
TFDW160L-4	7.5	230/115	36.2/72.4	1500	81	0.9	±5.0		
TFDW180S1-4	10	230/115	48.3/96.6	1500	82	0.9	±5.0		
TFDW112L1-2	1	230	4.35	3000	70.1	1	±2.5		无刷
TFDW112L2-2	2	230	8.7	3000	72.1	1	±2.5		
TFDW132M1-2	3	230	15.94	3000	74.2	1	±2.5		
TFDW132M2-2	5	230	27.05	3000	78.2	1	±2.5		
TFDW2-112S-2	1	230	4.4	3000	80	1.0	±5		电容无刷励磁
TFDW2-112L2-2	2	230	8.7	3000	82	1.0	±5		
TFDW2-112L3-2	3	230	13	3000	83	1.0	±5		
TFDW2-132M1-2	4	230	17.4	3000	84	1.0	±5		
TFDW2-132M2-2	5	230	21.7	3000	84	1.0	±5		
TFDW2-160L1-4	5	230	21.7	1500	84	1.0	±5		
TFDW2-160L2-4	6	230	26.1	1500	85	1.0	±5		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.1.8　TFDX 系列单相交流同步发电机技术数据（见表 3-9）

TFDX 系列单相交流同步发电机与内燃机配套，组成小容量的单相发电机组（移动式电源设备），可为用户提供 50Hz、230V 或 115V 单相交流电源。

TFDX 系列单相交流同步发电机主要用作城镇、乡村、别墅、牧区、工地、探测和室外工作以及小型船舶等照明、通信、电动工具、医疗器械、电影机械的电源和应急或备用电源。

型号含义：

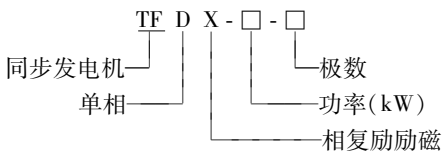


表 3-9　TFDX 系列单相交流同步发电机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	频率/Hz	转速/(r/min)	极数	功率因数	工作方式	励磁方式	外形尺寸/mm		
										长	宽	高
TFDX-1.5-2	1.5	230/115	6.5/13	50 或 60	3000 或 3600	2	1.0	连续	相复励	388	200	370
TFDX-2-2	2	230/115	8.7/17.4	50 或 60	3000 或 3600	2	1.0			418	200	370
TFDX-3-2	3	230/115	13/26	50 或 60	3000 或 3600	2	1.0			478	200	370
TFDX-5-2	5	230/115	21.8/43.5	50 或 60	3000 或 3600	2	1.0			548	285	462
TFDX-7.5-4	7.5	230/115	32.6/65.2	50 或 60	1500 或 1800	4	1.0			615	314	580
TFDX-10-4	10	230/115	43.5/87	50 或 60	1500 或 1800	4	1.0			664	385	580
TFDX-12-4	12	230/115	52.2/104.4	50 或 60	1500 或 1800	4	1.0			694	385	580
TFDX132L-4	3.5	230/115		50 或 60	1500 或 1800	4	1.0		谐波励磁			
TFD112L-2	1	230	4.3	50	3000	2	1.0			395	234	320
TFD112L-2	1.5	230	6.5	50	3000	2	1.0			497	294	520
TFD132M-4	3	230	13	50	1500	4	1.0					

3.1.9　ST2 系列单相交流同步发电机技术数据（见表 3-10）

ST2 系列小型单相交流同步发电机通常与小型汽油机或柴油机配套组成小型单相交流发电机组，适用于小型船舶照明以及农村、别墅用的小型电源，也可作为小型应急用电源。

ST2 系列小型单相交流同步发电机为防滴式，转子采用凸极结构，励磁方式为晶闸管励磁。

型号含义：

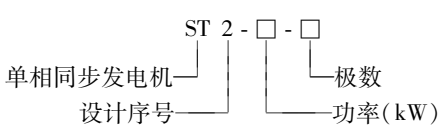


表 3-10　ST2 系列单相交流同步发电机技术数据

型　　号	容量/kW	电压/V		电流/A		转速/(r/min)	频率/Hz	效率(%)	功率因数	原动机拖动最小马力/hp
		串联	并联	串联	并联					
ST2-2-4	2	230	115	8.7	17.4	1500/1800	50/60	73	1.0	3.7
ST2-3-4	3	230	115	13	26	1500/1800	50/60	76		5.4
ST2-5-4	5	230	115	21.7	43.5	1500/1800	50/60	80		8.4

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	容量/kW	电压/V		电流/A		转速/(r/min)	频率/Hz	效率(%)	功率因数	原动机拖动最小马力/hp
		串联	并联	串联	并联					
ST2-7.5-4	7.5	230	115	32.6	65.2	1500/1800	50/60	81		12.5
ST2-10-4	10	230	115	43.5	87	1500/1800	50/60	82		16.1
ST2-12-4	12	230	115	52.2	104.3	1500/1800	50/60	83	1.0	19.6
ST2-15-4	15	230	115	65.2	130.4	1500/1800	50/60	84		24.3
ST2-20-4	20	230	115	87	174	1500/1800	50/60	85		32

3.1.10　同步发电机的使用与维护

1. 安装

发电机一般安装在水泥礅上。水泥礅的面积应根据发电机底座的大小而定，高度要视原动机和发电机之间的拖动情况而定，但通常不应低于120mm。在砌礅时，要预先安放四根底脚螺栓。螺栓与螺栓之间的纵横距离，必须根据发电机的底脚螺孔距离而定。为了安全和可靠起见，从发电机通往开关控制板的电线，要穿套钢管，并应把钢管埋在200mm深的地下，同时要予以接地。

2. 试车前的准备

1）检查各部线路接线是否正确，并应特别注意各连接部分是否紧密可靠。要检查熔丝和连接发电机导线的截面积是否与铭牌上或技术特性中的额定电流相符合，并要了解负载的性质。

2）吹净积尘，电机进出风口必须通畅无杂物堵塞。

3）集电环、电刷应紧固，集电环表面应清洁，电刷压力应适当［一般要求为20～25kPa（200～250g/cm^2）］，并且接触良好。

4）检查发电机安装是否正确，转动是否平稳，与原动机连接是否可靠，慢慢转动发电机转子，应该灵活无异常声音。

5）检查负载是否断开，也就是说连接发电机的一切负荷开关都需断开。

6）测量发电机各绕组绝缘电阻。对于额定电压为400V的发电机，用500V兆欧表测量，绕组对地绝缘电阻应不小于1MΩ。测量时应将各个回路之间的电气连接全部断开。整流管、电容器等应从所有电路中断开。如绝缘电阻太低时，须查明原因排除故障，如系受潮应予以烘干。

7）发电机接地标志处应接好保护地线，连接必须牢固，接触必须良好。

3. 试车的步骤

1）先做空载低速运转：断开所有开关，起动原动机，使机组低速运行。观察内部有无碰撞，运转声音是否正常，振动是否超过要求。如有异常现象应停机进行检查。

2）空载额定转速运行：空载低速运行一段时间，如果情况正常则将转速升到额定值后再进行观察。可空载运转2～3h，轴承温升应不超过额定值，同时观察电刷、集电环接触是否良好。

3）机组带负载运行：原动机拖动发电机至额定转速时，发电机即能靠剩磁自励建立电压。这时磁场变阻器（即励磁调节电阻）可放在电压升高位置（与励磁绕组并接时即应将变阻器放在电阻最大位置），以利于自动起励。在发电机达到额定转速时，发电机的空载电压应为400V，如偏低或偏高，可调节磁场变阻器。合上发电机与线路连接开关，逐渐增加负载，最后应使发电机满载运行。运行中，根据负载变化调节原动机的转速，使频率维持额定值。

4）停车：逐渐降低原动机出力，同时调节磁场变阻器，减少励磁电流，以保证电压不升高。当发电机负载全减时，断开发电机与线路连接开关，使原动机停止运转，停车后，要立即检查电机绕组，硅器件、磁场变阻器、连接导线以及有关接触部分的发热状况、接触状况，观察有无异

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

常现象，判断发电机的运行和线路安装是否合乎要求，有了问题应立即研究解决。

在起动或运行中出现不正常情况时，必须随时停车检查，待查明原因排除故障后才能再行试车。

4. 运行中的检查与维护

1）配电盘上各种仪表的指示，不应高于技术规格或铭牌上所规定的数值，特别是电流表和电压表的数值。

2）轴承的温度，一般不允许比周围空气的温度高出60～65℃。如用手摸轴承盖以不烫手为原则。

3）发电机的温度上升情况。其发电机绕组上的温度不应高于允许值（即额定温升与室温之和）。

4）机组是否安放平稳，防止振动，随时监听运转声音是否正常。

5）如发电机没有自动电压调整器，遇到负载变化时，应特别注意，须及时调整变阻器，使电压保持平稳。否则电压变动太大，突增突减，易损坏电机，烧毁线路。

6）要保持集电环光滑清洁，无擦伤及烧痕，并经常检查和擦拭。

7）要经常检查电刷磨损情况。电刷破损或磨损过多均须及时更换。新换电刷的磨合按照接触部位顺集电环旋转方向进行，换后须调整好电刷的压力。

8）要检查轴承及轴承润滑脂，隔一定时间应对轴承进行清洗、换油。

9）要定期检查各线圈部分的绝缘电阻，如绝缘电阻过低须查明原因，如为变潮应予以烘干。还要检查磁极线圈有否变形，极间连接线是否松动等，如有问题须及时处理。

10）要经常检查各接触部分是否良好，风扇是否紧固。否则应予以调整、紧固。

3.2　柴油发电设备

1. 内燃机的种类及特点

内燃机的种类很多，根据基本工作原理可分为往复活塞式内燃机；旋转活塞式内燃机和燃气轮机等。其中以往复活塞式内燃机使用最广泛。为了表示和区别各种内燃机在构造和工作上的特点，内燃机又可分为以下各种类型：

（1）按照所采用的主要燃料分类：①柴油机；②汽油机；③煤气机；④天然气机。

（2）按照工作循环过程分类：

1）二冲程：活塞移动两个冲程，完成一个循环。

2）四冲程：活塞移动四个冲程，完成一个循环。

（3）按照机体结构型式分类：

1）单缸：一台内燃机只有一个气缸。

2）多缸：一台内燃机具有两个或两个以上气缸。所有气缸轴线在同一垂直平面内的称为直列立式内燃机；所有气缸中心线在同一水平平面内的称为直列卧式内燃机；而气缸中心线分别在两个平面上，并且两平面相交呈“V”形的称为V型内燃机；当V形夹角为180°时则称为对置式内燃机。

（4）按照冷却方式分类：

1）风冷：利用空气作为冷却介质。

2）水冷：利用水作为冷却介质。

（5）按照进气方式分类：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）非增压式（又称自然吸入式）：内燃机没有增压器，空气是靠活塞的抽吸作用进入气缸内。

2）增压式：内燃机上装有增压器，空气通过增压器提高压力，然后进入气缸内。

（6）按照点火方式分类：

1）压燃式：利用气缸内的空气被高度压缩后产生的高温，使燃料自行着火燃烧。柴油机就属于这种点火方式，所以柴油机又称为压燃式内燃机。

2）点燃式：利用外界热源（如火花塞发出的电火花）点燃燃料，使其着火燃烧。如汽油机、天然气机等都属于这种点火方式。

（7）按照额定转速分类：

1）高速：额定转速在1000r/min以上。

2）中速：额定转速在600～1000r/min范围内。

3）低速：额定转速在600r/min以下。

（8）按照用途分类：

1）固定式：作为固定设备动力的内燃机，如发电机、钻井机、水泵等所用的内燃机。

2）移动式：作为移动机械动力的内燃机，如汽车、拖拉机、船舶、机车等所用的内燃机。

2. 柴油发电机组的特点

柴油发电机组是一种以柴油为动力，拖动发电机发电的电源设备。柴油发电机组具有效率高、体积小、重量轻、起动及停机时间短、成套性好、建站速度快、操作方便、维护简单等优点，但存在着电能成本高、机组振动和噪声大、操作人员工作条件较差等缺点。

目前生产的柴油发电机组容量范围自几千瓦至几千千瓦（kW），在农村小型发电设备中，以75kW以下自励恒压应用最广。在大电网供电范围以内的用电单位，通常采用柴油发电机组作为应急备用电源，而在大电网电力不能输送的地方以及一些流动单位，则采用柴油发电机组作为正常照明或动力电源。

由于柴油机轴上输出的转矩是周期性脉动转矩，使得发电机在剧烈振动条件下工作，因此要求发电机的机座、端盖及风扇等具有足够的机械强度和刚度，特别是柴油发电机组轴系的设计要适当，以防止因机械扭振而断轴。

3. 柴油发电机组的构成

柴油发电机组主要由柴油机、发电机、联轴器、底盘、控制屏、燃油箱、蓄电池以及备件工具箱等组成。有的机组还装有消声器和外罩。为了便于移动和在野外条件下使用，有的机组还固定安装在汽车或拖车上，作为移动电站使用。

1）柴油机：柴油机是柴油发电机组的原动机，通过燃烧柴油产生的热能带动曲轴旋转，从而输出机械能。

2）发电机：发电机是将机械能转换为电能的机器，通常采用三相同步发电机。发电机的型式一般采用卧式、防滴式。中小型发电机通常采用风扇自冷方式。

3）控制屏：柴油发电机组产生的电能通过控制屏向用电设备输出并进行分配。控制屏上装有机组的操作系统、测量仪表、指示灯及各种保护装置，供操作人员进行操作和监视机组运行。控制屏有箱式和柜式等型式。小容量机组的控制屏一般为箱式结构，通过支架直接固定在底盘上；大容量机组的控制屏一般为柜式结构，单独落地安装在机组旁。

4）联轴器：柴油机与发电机之间通过联轴器直接传动或用传动带传动。联轴器一般采用弹性联轴器或刚性联轴器。其中弹性联轴器用得较多，这种联接方式对柴油机和发电机轴的校正中心要求较低，并具有缓冲和吸振的能力，可以在一定程度内减轻和消除由于负载波动所引起的冲

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

击或振动。

5）底盘：小型发电机组的柴油机、发电机及控制屏、油箱等均装在底盘上。底盘一般用型钢和钢板焊接而成，形似雪橇，以便于滑行移动和安装。

6）燃油箱：燃油箱是储存燃油的容器，一般安装在机组的上方或水箱前方，其容量可以保证机组连续运行4～6h。燃油箱的加油口处装有滤网，对燃油进行初步过滤。加油口盖上有通气孔，以保持燃油箱内压力与大气压力相同。

7）蓄电池：一般采用铅酸蓄电池。其作用是给起动电动机供电，停机时作为站房的照明电源。此外，还可供发电机充磁和机组预热用。

8）备件工具箱：供存放维修保养用的备件及工具用。

在没有专用柴油机的情况下，可根据农村的实际条件，自行组装简易柴油发电机组。简易柴油发电机组的型式较多。例如，可以利用现有的柴油机或拖拉机的发动机，通过带轮用传动带（或通过变速箱用齿轮传动）带动发电机发电。

4. 柴油发电机组的主要性能

柴油发电机组的性能指标是指机组功率因数在0.8～1.0，而三相对称负载在0～100%额定值的范围内渐变或突变的情况下，应达到的性能。

1）稳态电压调整率δ_U(%)为

$$\delta_U = \frac{U_1 - U}{U} \times 100\%$$

式中，U_1为负载变化后的稳定电压的最大值（或最小值）；U为空载整定电压值。

Ⅰ～Ⅲ类机组δ_U为±(1%～±3%)；Ⅳ类机组δ_U不超过±5%。

2）稳态频率调整率δ_f(%)为

$$\delta_f = \frac{f_1 - f_0}{f} \times 100\%$$

式中，f_1为负载渐变后的稳态频率的最大值（或最小值）；f_0为负载变化前的频率；f为额定频率。

Ⅰ～Ⅲ类机组δ_f为0.5%～3%；Ⅳ类机组δ_f不超过5%。

3）电压稳定时间（s），是指从负载突变时算起到电压开始稳定所需的时间，通常用示波器来测量。

Ⅰ～Ⅲ类机组电压稳定时间为0.5～1s；Ⅳ类机组电压稳定时间为3s。

4）频率稳定时间（s），是指从负载突变时算起到频率开始稳定所需的时间，通常也是用示波器来测量。

Ⅰ～Ⅲ类机组频率稳定时间为2～5s；Ⅳ类机组频率稳定时间为7s。

5）空载电压整定范围，是指机组整定电压应能在额定值的95%～105%范围内调节和稳定工作。例如额定电压为400V的机组，其空载电压可在380～420V之间调整。

6）在三相不对称负载下运行线电压的稳定度，是指机组供电在三相不对称负载下运行时，如果每相电流都不超过额定值，而且各相电流之差不超过额定值的25%，则各线电压与三相电压平均值之差应不超过三相线电压平均值的5%。

7）机组的并机性能，是指两台规格型号完全相同的三相机组，在额定功率因数下，应能在20%～100%额定功率范围内稳定并联运行。为了提高有功功率和无功功率合理分配精度和运行的稳定性，要求机组中柴油机调速器具有稳态调速率在2%～5%范围内调节的装置。在控制箱（屏）内的调压装置可使稳态电压调整率在5%范围内调整。

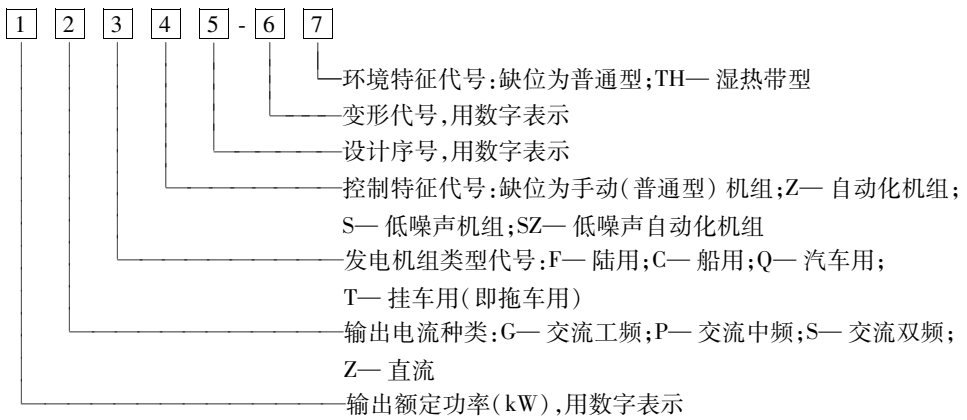
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

另外，还有电压、频率波动率、超载运行时限、瞬态电压、频率调整率及直接起动空载异步电动机的能力等性能。

5. 柴油发电机组的型号含义

柴油发电机组是以柴油机作动力，驱动同步交流发电机而发电的电源设备。为了便于生产管理和使用，国家对柴油发电机组的名称和型号编制方法做了统一规定，机组的型号排列和符号含义如下：



柴油发电机组型号实例：

1）300GF18　表示输出额定功率为300kW、交流工频、陆用、设计序号为18的普通型柴油发电机组。

2）500GFZ　表示输出额定功率为500kW、交流工频、陆用、自动化柴油发电机组。

3）30PT1　表示输出额定功率为30kW、400Hz中频、挂车式、设计序号为1的柴油发电机组。

4）90GQ1　表示输出额定功率为90kW、交流工频、汽车式、设计序号为1的柴油发电机组（电站）。

5）17ZQ1　表示输出额定功率为17kW、直流、汽车式、设计序号为1的柴油发电机组。

6）200GFC1　表示输出额定功率为200kW、交流工频、船用、设计序号为1的柴油发电机组。

3.2.1　GF系列普通型柴油发电机组技术数据（见表3-11和表3-12）

表3-11　GF系列单相柴油发电机组技术数据

机组型号	相数	额定值						传动方式	发电机型号	柴油机型号	起动方式
		功率/kW	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数				
1GF	单相	1	230	4.35	3000	70.1	1.0	V带			手起动
2GF		2	230/115	8.7	3000	73	1.0		SB-DT-2	R175AN	
3GF		3	230/115	13	3000	76	1.0		SB-DT-3	R175AN	
4GF		4	230/115	17.4	3000	80	1.0		SB-DT-4	S195	
5GF		5	230/115	21.7	3000	80	1.0		SB-DT-5	S195	
7.5GF		7.5	230/115	32.6	3000	81	1.0		SB-DT-7.5	S195	
12.5GF		12.5	220	56.8	1500	—	1.0				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-12　GF 系列三相柴油发电机组技术数据

型　号	额　定　值					稳态电压调整率（%）	电压波动率（%）	发电机型号	柴油机型号	柴油机功率/hp
	功率/kW	电压/V	电流/A	功率因数	转速/(r/min)					
20GF46	20	400/230	36	0.8	1500	±3	1	T2S-20	4100D	44
24GF70	24	400/230	43.3	0.8	1500	±3	1	T2S-24	4100D	44
30GF59	30	400/230	54	0.8	1500	±3	1	T2S-30	4115DH	55
40GF	40	400/230	72.2	0.8	1500	±3	1	TFW-40TH、TZH-40TH	A4135D	80
50GF	50	400/230	90.2	0.8	1500	±3	1	T2S-50	4135D	80
64GF	64	400/230	115	0.8	1500	±3	1	TFW-64TH、TZH-64TH	6135D-3	120
75GF	75	400/230	135	0.8	1500	±3	1	T2S-75	6135D-3	120
90GF	90	400/230	162	0.8	1500	±3	1	T2S-90	6135AD	190
120GF	120	400/230	217	0.8	1500	±3	1	T2S-120	6135AZD	190
150GF	150	400	270.6	0.8	1500	±3		SB-W-150	12V6135D	
160GF	160	400/230	289	0.8	1500	±2.5 ±3	1	TZH160-$\frac{6}{4}$	6160A-6 12V135D	250 300
200GF	200	400/230	361	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5	TFW-200TH、TZH-200TH	12V135ZD	380
250GF	250	400/230	451	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-250、TZH-250	KTA-855-G2	339
320GF	320	400/230	577	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-320-6、TZH-320-6	8190ZP-2 6200Z-7	530 600
400GF	400	400/230	722	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-400、TZH-400	P28V190	860
500GF	500	400/230	902	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-500-6 TZH-500	P28V190 P212V-1908	800 1200
630GF	630	400/230	1137	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-630、TZH-630	P212V1908	1200
800GF	800	400/230	1443	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW-800-4、TZH-800-4	KTA50-G1	1087
1000GF	1000	400/230	1805	0.8	1500	±2.5 ±3	0.5 1	TFW1000-TH、TZH1000-TH	12V20127	1632

GF 系列柴油发电机组适用于油田、工矿、林区、地质、通信、农村、水利排灌及中小企业和影剧院作为动力和照明之用。

GF 系列柴油发电机组是由发电机（单相或三相）和柴油机配套组成，有钢质的公共底盘，便于移动和安装。柴油机与发电机一般采用 V 带或联轴器连接，使用方便。

GF 系列柴油发电机组的外形如图 3-2 所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

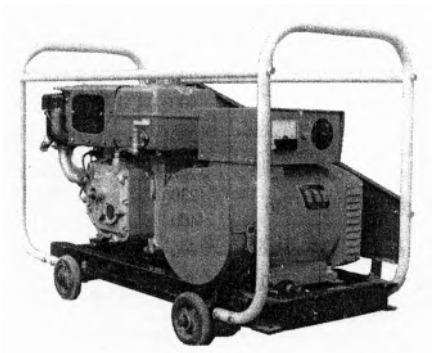


图 3-2 GF 系列柴油发电机组的外形

3.2.2 GFZ 系列自动化型柴油发电机组技术数据（见表 3-13）

表 3-13 GFZ 系列 40～1000kW 自动化型柴油发电机组技术数据

机组型号	额定功率/kW	额定电流/A	柴油机			发电机		控制箱型号	机组外形尺寸（长×宽×高）/mm	机组重量/kg
			型号	额定功率/kW	燃油消耗率/[g/(kW·h)]	型号	励磁方式			
40GFZ	40	72.2	A4135D	58.8	238	TZH-40	相复励	PFXZ-40	2300×820×1500	1750
						TFW-40	无刷	PFHZ-40		
50GFZ	50	90.2	A4135D	58.8	238	TZH-50	相复励	PFXZ-50	2280×880×1500	1850
						TFW-50	无刷	PFHZ-50		
64GFZ	64	115	4135AD	73.5	230	TFW-64	无刷	PFHZ-64	2450×850×1500	2200
75GFZ	75	135	6135D	88.3	230	TZH-75	相复励	PFXZ-75	2730×990×1650	2230
						TFW-75	无刷	PFHZ-75	2830×990×1650	
90GFZ	90	162	6135AD	110	230	TZH-90	相复励	PFXZ-90	2990×910×1590	2600
						TFW-90	无刷	PFHZ-90		
120GFZ	120	217	6135AZD	161	230	TZH-120	相复励	PFXZ-120	3050×910×1910	2500
						TFW-120	无刷	PFHZ-120		
160GFZ	160	289	12V135AD	220	227	TZH-160	相复励	PFXZ-160	3390×1710×1920	4000
						TFW-160	无刷	PFHZ-160		
200GFZ	200	361	12V135ZD	279.7	227	TZH-200	相复励	PFXZ-200	3410×1700×1910	4000
						TFW-200	无刷	PFHZ-200		
250GFZ	250	450	12V135AZD	294.4	227	TZH-250	相复励	PFXZ-250	3520×1710×1920	
						TFW-250	无刷			
320GFZ	320	577	PZ8V190	389.3	209.4	TZH-320	相复励	PFXZ-320	4800×1890×2700	10000
						TFW-320-6	无刷			
400GFZ	400	721	PZ8V190	588.4	209.4	TZH-400	相复励	KPFWZ-400 KPSC-400	5120×1890×2700	11000
						TFW-400	无刷			
500GFZ	500	902	PZ12V190B	882.6	209.4	TZH-500	相复励	KPFWZ-500 KPSC-500	5790×1870×2690	13400
						TFW-500	无刷			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

机组型号	额定功率/kW	额定电流/A	柴油机			发电机		控制箱型号	机组外形尺寸（长×宽×高）/mm	机组重量/kg
			型号	额定功率/kW	燃油消耗率/[g/(kW·h)]	型号	励磁方式			
630GFZ	630	1136	PZ12V190B	882.6	209.4	TZH-630	相复励	KPFWZ-630 KPSC-630	6000×1890×2440	12000
						TFW-630	无刷			
700GFZ	700	1263	PZ12V190B	882.6	209.4	TZH-700	相复励	KPFWZ-700 KPSC-700	6000×1870×2690	13500
						TFW-700	无刷			
1000GFZ	1000	1804	12V180ZBD	1104	210	DKBH-1000	无刷			

3.2.3　MS系列柴油发电机组技术数据（见表3-14）

表3-14　MS系列352～1440kW柴油发电机组技术数据

（转速1000r/min、电压400V、频率50Hz）

机组型号	额定功率/kW	柴油机		发电机型号	机组外形尺寸（长×宽×高）/mm	机组重量/kg
		型号	额定功率/kW			
MS-352-A10	352	4L20/27	400	1FC5406-6TA42	3520×1600×2425	8000
MS-424-A10	424	5L20/27	500	1FC5454-6TA42	3860×1600×2425	9900
MS-520-A10	520	6L20/27	600	1FC5456-6TA42	4210×1600×2540	11500
MS-616-A10	616	7L20/27	700	1FC5502-6TA42	4550×1600×2540	12500
MS-720-A10	720	8L20/27	800	1FC5504-6TA42	4925×1600×2540	13700
MS-824-A10	824	9L20/27	900	1FC5506-6TA42	5285×1600×2540	14800
MS-1000-A10	1000	12V20/27	1200	1FC5564-6TA42	5190×1600×2965	18000
MS-1440-A10	1440	16V20/27	1600	1FC5634-6TA42	6090×1600×2965	22400

3.2.4　DF系列柴油发电机组技术数据（见表3-15）

表3-15　DF系列50～2500kW柴油发电机组技术数据

机组型号	输出功率/kW(kVA)	额定电流/A	额定转速/(r/min)	柴油机型号	发电机型号	机组外形尺寸（长×宽×高）/mm	机组重量/kg
DF50GF	50(62.5)	90	1500	4135D	TZH-50 1FC6-226-4	2180×780×1360	1700
DF75GF	75(94)	135		6135D	TZH-75 1FC6-283-4	2800×960×1450	2200
DF75GFK						2480×800×1450	2100
DF90GF	90(112.5)	162		6135AD	TZH-90 1FC6-283-4	2800×960×1450	2300
DF90GFK						2480×800×1450	2200
DF120GF	120(150)	217		6135ZD	MP-120-4 1FC6-284-4	2930×960×1450	2750
DF120GFK						2790×800×1450	2650
DF150GF	150(187.5)	271		12V135D	MP-150-4 1FC6-286-4	3240×1440×1600	3800
DF150GFK						2830×1150×1600	3700
DF200GF	200(250)	361		12V135AD	MP-200-4 1FC6-352-4	3950×1440×1600	4000
DF200GFK						3500×1150×1600	3900

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

机组型号	输出功率/kW(kVA)	额定电流/A	额定转速/(r/min)	柴油机型号	发电机型号	机组外形尺寸(长×宽×高)/mm	机组重量/kg
DF250GF	250(312.5)	451	1500	12V135ZD	MP-250-4 1FC6-353-4	3950×1440×1800	4300
DF250GFK						3500×1150×1800	4100
DF280GF	280(350)	505		12V135AZD	MP-320-4 1FC6-354-4	3950×1440×1800	4300
DF280GFK						3500×1150×1800	4100
DF300GF	300(375)	541	1000	8V190	MP-320-4 1FC6-404-4	4900×1730×2800	11000
DF300GFK						3760×1730×2800	9300
DF400GF	400(500)	722	1500	Z8V190	1FC6-404-4	4900×1730×2800	11000
DF400GFK						3760×1730×2800	9300
DF500GF1	500(625)	902		Z8V190	1FC5-454-4 1FC6-453-4	4900×1730×2800	11000
DF500GFK1						3760×1730×2800	9300
DF500GF2	500(625)	902	1000	12V190B2	1FC5-456-6 1FC6-454-4	5900×1730×2800	13500
$DF500GFK_2$						4760×1730×2800	11800

3.2.5 GQ 系列汽车电站技术数据（见表 3-16）

表 3-16 GQ 系列 50～200kW 汽车电站技术数据

汽车电站型号	柴油机型号	额定功率/kW	汽车底盘型号	重量/kg	外形尺寸(长×宽×高)/mm
50GQ	4135	50	EQ210		7025×2400×3180
50GQ6	F8L413	50	EQ245	9671	7740×2500×3355
75GQ2	F8L413	75	LA1317		7725×2400×3165
75GQ4	F8L413	75	SX250DF		8085×2450×3250
75GQ4	F8L413	75	EQ141-1	9050	7600×2500×3150
90GQ	6135AD	90	CA141	9300	7350×2500×3450
90GQ1	6135AZD	90	SC2030	9500	7850×2400×3300
150GQ	F12L413	150	JN512		7900×2362×3520
200GQ3	NHT141-G3	200	JN152	13200	8100×2400×3500

注：发电机额定电压为三相 400/230V。

3.2.6 MGET 系列移动电站技术数据（见表 3-17）

表 3-17 MGET 系列 20～300kW 移动电站技术数据

移动电站型号	额定功率/kW	柴油机型号	发电机型号	牵引车、汽车型号	外形尺寸(长×宽×高)/mm	重量/kg
MGET20	20	F4L912D1	1FC6-184-4	EQ140、CA141	4136×2100×2015	4975
MGET30	30	F6L912D1	1FC6-224-4		4786×2100×2015	5075
MGET40	40	F6L912D1				
MGET50	50	F6L913D4	1FC6-226-4			5500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

移动电站型号	额定功率/kW	柴油机型号	发电机型号	牵引车、汽车型号	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
MGET200	200	NTA855G1 LTA10G1	1FC6-352-4	EQ140、CA141	6740×2415×3000	7500
MGET250	250	NTA855G2	1FC6-354-4			7700
MGET300	300	KTA19G2	1FC6-356-4			
MGEQ20	20	F4L912D1	1FC6-184-4	BJ1041Q2DG、BJ1041C2DG	4790×2000×2170	4975
MGEQ30	30	F6L912D1	1FC6-224-4		4790×2000×2170	5075
MGEQ40	40					
MGEQ50	50	F6L913D4	1FC6-226-4		4790×2000×2170	5500
MGEQ90	90	F8L413F	1FC6-284-4		4790×2000×2170	6100
MGEQF200	200	NTA855G1 LAT10G1	1FC6-352-4	EQ1116H	8340×2470×3800	11400
MGEQF250	250	NTA855G2	1FC6-354-4			11600
MGEQF300	300	KTA19G2	1FC6-356-4			

3.2.7　柴油发电机组的选择、使用与维护

1. 选择

（1）柴油发电站总容量的选择

电站总容量应能满足全部用电设备的需要。电站的实际输出功率应有一定的富裕容量，以适应负载的变化。富裕容量一般为实际运行容量的10%～15%。

（2）柴油发电机组台数的选择

机组台数应根据负载的大小，用户对供电连续性和可靠性的需求以及远景规划等条件来决定。农村小型柴油发电机组的台数一般为1～2台，同时并列运行的台数不宜超过4～5台。

（3）柴油发电机组型式的选择

1）电源类型的选择

①单相发电机组：单相发电机组适用于用电量较少，且集中在一处用电，又不需要三相电源的场合。家用电器的电压一般为220V，故家用发电机组多选用单相发电机组。

②三相发电机组：三相发电机组适用于用电量较大，且用电地点分布在相邻的几个地方（例如一个院内或一栋楼房）及需要使用三相交流电的场合。

2）发电机组结构型式的选择

①无刷与有刷发电机组：无刷与有刷系指发电机内部有无配备集电环和电刷而言。前者适用于国防、邮电、通信、计算机等对防无线电干扰要求高的部门和场所；后者适用于除上述部门以外的各行业。

②低噪声与一般型机组：低噪声机组适用于地处城镇及其对环境噪声污染有较高要求的部门；一般型机组由于结构简单、价格低廉，适用于对噪声污染无特殊要求的部门和场所。

③罩式和开启式机组：罩式机组适用于室外及有沙尘、风雪的场所；开启式机组适用于室内及无污染的场所。

④湿热型与普通型机组：湿热型机组适用于化工、轻工、医药、冶炼、海上作业等对防潮、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

防霉有要求的部门和场所；普通型机组适用于其他部门和场所。

为了有利于电站的维护、操作与管理，便于备件的互换，在机组选型时，同一个电站内的机组型号、容量、规格应尽可能一致。

为了减小磨损，增加机组的使用寿命，常用电站宜选用额定转速不大于1000r/min的中、低速柴油机；备用电站可选用中、高速机组。

（4）柴油发电机组单机容量的选择

选择柴油发电机组的单机容量时，应考虑当地环境条件对柴油机功率的影响。

国家标准规定柴油机的标定功率，也就是柴油机铭牌上标注的功率，是指柴油机连续运行12h的最大功率。持续长期运行的功率是标定功率的90%；超过标定功率10%运行时，可超载运行1h（包括在12h以内）。

标定功率是在标准大气状况（大气压力101.325kPa、环境温度20℃、相对湿度50%）下发出的功率。当柴油机工作地点的大气状况与标准大气状况不符时，其实际输出功率应进行修正，即

$$P_e = K_3 P_{eN}$$

式中，P_e为柴油机的实际输出功率；P_{eN}为柴油机的标定功率（或称额定功率）；K_3为大气状况对非增压柴油机的功率修正系数。

（5）柴油机与发电机的功率匹配

农用柴油机一般功率较小，结构较简单。一定功率的柴油机只能拖动一定大小的发电机，不能匹配错，否则不是浪费，就是超负荷。

柴油机功率P_{eN}（以hp计）与发电机功率P_N（以kW计）之比称为匹配比，通常用字母K_1表示，因此

$$P_{eN} = K_1 P_N \qquad 或 \qquad P_N = \frac{P_{eN}}{K_1}$$

式中，P_{eN}为柴油机的额定功率（hp或PS）；P_N为发电机的额定功率（kW）。

匹配比K_1与当地的海拔、大气温度、湿度等参数，以及机组的传动效率、发电机效率等有关。对于在平原上使用的一般要求的机组（如固定电站等），匹配比K_1可取为1.6∶1；对于要求较高的机组（如移动电站等），匹配比K_1可取为2∶1。

（6）柴油机与发电机的转速匹配

同步发电机的额定转速有3000r/min、1500r/min、1000r/min、750r/min、600r/min等，组装柴油发电机组时，应使柴油机的转速与发电机的转速一致。如果两者的转速不一致，可通过变速器使发电机的转速变为额定转速。变速器可以是带传动装置或齿轮变速箱。如果采用带传动方式，应考虑因传动带打滑而产生的转速比的变化。

2. 使用

（1）机组使用前的准备工作

柴油机在静止状态下，不能自行开始运转，必须借助外力矩，创造一定条件才能开始工作。根据柴油机起动所使用的能量来源不同，有以下四种起动方式。

①人力起动（又称手摇起动）；

②电动机起动（又称电起动）；

③压缩空气起动；

④辅助发动机起动（又称小汽油机起动）。

其中以电动机起动方式较为普遍。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

要使柴油发电机组工作的好，就必须认真做好开机前的各项准备工作，其主要内容如下：

1）检查发电机绕组冷态绝缘电阻，用500V兆欧表在常温下测量，发电机绕组对机壳之间的绝缘电阻应不低于2MΩ。对采用由电子元器件构成自动电压调节器的发电机，在测量绝缘电阻之前，应将电压调节器和整流器等与电机绕组间的连接点断开，以免电子元器件损坏。

2）检查柴油机、发电机、控制屏以及各附件的固定和连接是否牢靠，尤其应注意各电气接头、油管接头、水管接头、地脚螺栓、接地装置等的连接是否牢靠，电刷与集电环（或换向器）的接触是否良好，电刷在刷握中的活动是否正常。

3）检查控制屏上的仪表、开关和熔断器是否完好；发电机的总开关和分路开关均应断开，将手动/自动转换开关置于手动位置；将励磁电压调节手柄转到起动位置。

4）检查传动装置各运动部件的转动是否灵活，联轴器的连接是否正常，传动带松紧程度是否适当（用手在传动带中部推进时，以传动带被压下10～15mm为适宜）。

5）检查机油油位是否在规定范围，并按日常保养要求向各人工加油点加注润滑油。

6）按规定加足经过沉淀过滤的柴油，检查燃油箱上部的通气孔，使其通畅。打开油箱开关，依次排除油路中的空气；并检查油路系统中有无漏油现象。

7）检查调速器和喷油泵齿杆的连接是否可靠；工作是否灵活。

8）水箱加满冷却水，并检查各水管接头处有无漏水现象。

9）对于在冬季气温较低环境下工作的机组，还应采取防冻及预热措施；根据机组使用的环境温度换用适当牌号的柴油和机油；检查、调整和安装好预热装置；冷却系统应灌注热水或防冻液。

在准备过程中，对所发现的不正常现象，应予排除。

（2）柴油机的起动

做好开机前的准备工作后，须再仔细检查一遍，然后按下列步骤起动柴油机。

1）手摇起动步骤

①将调速把手置于转速指示牌的中间位置。

②左手打开减速器，右手摇动柴油机起动柄，并逐渐加快，当摇到最高转速时，迅速放松左手。但右手仍应握住起动手柄继续全力摇动。柴油机即能起动。注意：柴油机一经起动，起动手柄凭借起动轴斜面之推力会自行滑出。因此，起动手柄仍需握紧，以防止起动手柄甩出伤人。

③起动后关小油门，再检查一次机油压力指示阀红色标志是否升起，并倾听柴油机有无不正常响声。

④起动柴油机后，必须空载低转速运转3～5min。然后逐渐将转速增高和加上负载，严禁起动后立即高速、高负载运转。

⑤柴油机正常运转转速应与标定转速相接近。转速过高，会影响使用寿命，转速过低，则功率输出不足。

2）电起动步骤

①打开燃油箱的供油阀门。

②扳动输油泵上的手泵数次，以排除燃油系统内的空气，同时将调速器的油量控制手柄置于起动的位置上。

③用钥匙接通起动电路，按下起动按钮，使柴油机起动。待柴油机着火后随即松开按钮。如果按钮已按下经10s柴油机仍不能着火运转，则应立即松开按钮，在柴油机曲轴还没有完全停止转动时绝不能再按起动按钮，否则会打坏起动机上的齿轮。如果连续四次起动失败，应查明原因，待故障排除后再起动。

④柴油机起动后，检查油压表、充电电流表的指示是否正常；监听机组运转声音是否正常；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

检查冷却水泵的工作是否正常。特别应注意的是，如果起动1min后，油压表仍无油压指示，应立即停车并查明原因。

⑤先在低速下运转3～5min暖机，在冬季暖机时间还应稍长一些。当柴油机运转正常，水温和机油温度上升后，逐渐增加转速至额定转速，再空载运行几分钟。

⑥当柴油机的水温在50℃以上，机油温度在45℃以上，机油压力为0.15～0.3MPa，并且机组各部分工作情况均为正常后，才允许接通主开关，逐渐地增加负载。与此同时，应调节发电机的电压，即转动励磁电压调节手柄，使电压表读数逐渐升高到额定电压。然后将手动/自动转换开关扳到自动位置。对于有励磁开关的励磁系统，应先接通励磁开关后再调节发电机的电压。

在紧急情况下，才允许起动后立即将转速均匀加快到额定转速，因这样做运动机件磨损很大，严重影响柴油机寿命。

新柴油机在开始工作的60h内，应降低功率使用，最好不超过额定功率的80%，以改善磨合情况，提高使用寿命。

（3）低温条件下的起动方法

环境温度低于5℃时，机油黏度增加，机件运动阻力增大，燃油蒸发性变差，不易着火；蓄电池容量降低，起动转速减少。环境温度愈低，这种情况愈严重，柴油机的发动愈困难。为使内燃机在低温条件下能顺利起动，常用的方法有以下几种：

①使用防冻液、低温润滑油和低温蓄电池；

②在散热器中注入80～90℃的热水；

③在曲轴箱内注入80℃左右的热机油；

④用90℃以上的热水淋浇进气管，提高进气温度，改善燃油的蒸发性；

⑤向柴油机进气管内喷入适量的乙醚，靠乙醚较好的发火性，发火引燃柴油。

以上方法应根据环境温度和实际可能灵活选用一种或几种，通常情况下，均应进行整机预热，再辅以进气预热。严禁用火烧油底壳。

（4）机组运行中的监视

1）注意观察机油压力、机油温度、冷却水温度、充电电流等仪表指示是否正常，其值应在规定的范围内（各种发电机组不完全一样），一般为：机油压力0.15～0.4MPa；机油温度75～90℃；出水温度75～85℃。

2）观察排气颜色是否正常。正常情况下的排气颜色为无色或淡灰色；工作不正常时排气颜色变成深灰色；超负载时排气呈黑色。

3）观察集电环、换向器有无不正常的火花。

4）观察机组各部位的固定和连接情况，注意有无松动或剧烈振动现象。

5）检查机组有无漏油、漏水、漏风、漏气、漏电现象。注意燃油、机油、冷却水的消耗情况，不足时应及时按规定的牌号添加。各人工加油点应按规定时间加油。

6）观察发电机及励磁装置，电气线路接头等处的工作情况。

7）观察机组的保护装置和信号装置是否正常。

8）监听机组运转声音是否正常，发现不正常的敲击声，应查明原因。

9）注意机组各处有无异常气味，尤其是电气装置有无烧焦气味。

10）用手触摸发电机外壳和轴承盖，检查其温度是否过高。

11）严格防止机组在低温低速、高温超速或长期超载情况下运行。柴油机长期连续运行时，应以90%额定功率为宜。柴油机以额定功率运行时，连续运行时间不允许超过12h。

12）注意观察发电机的电压、电流及频率的指示值。在负载正常时，发电机电压应为额定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

值，频率为50Hz，三相电流不平衡量应不超过允许值。

13）不能让水、油或金属碎屑进入发电机或控制屏内部。

14）使用过程中应有记录，记载有关数据以及停机时间、原因、故障的检查及修理结果等。

（5）柴油机运行中应注意事项

1）水冷蒸发式柴油机，冷却水应该在工作时沸腾蒸发，不必一出现“水开”就加水。但当冷却水不断蒸发减少至水箱浮子红色标志降到漏斗口时，须立即加水。采用自然对流冷却的柴油机，要经常观察有无漏水现象，如有漏水应立即排除，以免柴油机过热而损坏。

2）经常检查机油压力指示阀的红色标志是否升起，若发现下降，则应立即停机检查排除。

3）当油箱里的柴油剩下不多时，应及时加足，防止柴油用完时，将空气吸入油路中。

4）柴油机正常工作时，排出的废气应是无色或淡灰色的。若出现排气管冒黑烟、白烟或蓝烟的情况，说明柴油机工作不正常，应停机检查、排除，不允许在冒黑烟的情况下长期运行。

5）要经常倾听柴油机有无不正常的响声，若听到有异常声音时，应立即停机检查处理。

6）柴油机起动后，首先以中速空载运转10～20min，然后逐渐加大油门，使转速升高至额定转速，待柴油机运转稳定正常后，才能加上负载。

7）采用电动机起动的柴油机，应注意观察电流表的读数。柴油机正常运转时，电流表的指针应指向“+”的一边。

3. 维护与保养

一般柴油机的技术保养分为日常保养（每班或每日工作完毕时）、一级技术保养（柴油机累计运行100h后）和二级技术保养（柴油机累计运行500h后）。

（1）柴油发电机组的日常保养

1）检查机油油位，油量不足时应按规定添加机油。

2）检查并排除漏油、漏水和漏气现象。

3）检查地脚螺栓及各部件连接螺栓有无松动。

4）检查柴油机与发电机的连接情况。对采用带传动的机组，应检查传动带的接头是否牢靠。

5）检查电气线路及仪表装置的连接是否可靠。

6）擦拭设备，清除油污、水迹及尘土，尤其要注意燃油系统和电气系统的清洁。

7）在尘土多的地区，应于每班后清洗空气滤清器。

8）检查燃油箱内燃油是否足够。

9）排除所发现的故障及不正常现象。

（2）柴油发电机组的一级保养

1）完成日常保养的各项工作。

2）清洗机油滤清器，并更换机油（若机油比较清洁，可延长到200h再换油）。

3）清洗空气滤清器，并更换油池内的机油。若滤芯是纸质的，应更换新的滤芯。

4）清洗燃油箱和燃油滤清器（如使用经过沉淀及滤清的燃油，可每隔200h清洗一次）。

5）检查蓄电池电压及电解液密度，并检查电解液面是否高出极板10～15mm，不足时，添加蒸馏水补充。

6）检查风扇及充电发电机的传动带的松紧程度，并进行调整。

7）检查喷油泵机油存量，需要时添注机油。

8）按规定要求向各注油嘴处注入润滑脂或润滑油。

9）检查调整气门间隙。

10）重新装配因保养工作而拆卸的零部件时，应确保安装位置正确无误。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11）完成保养工作后起动柴油机，检查运转情况、排除所存在的故障和不正常现象。

（3）柴油发电机组的二级保养

1）完成一级技术保养的各项工作。

2）检查喷油器的喷油压力及喷雾情况，必要时清洗喷油器并进行调整。

3）检查喷油泵工作情况和喷油提前角是否正确，必要时加以调整。

4）拆下气缸盖，清除积灰，并检查进气门、排气门与气门座的密封是否良好，必要时用气门砂进行研磨；清除活塞、活塞环、气缸壁的积灰；活塞环间隙过大时，应予以更换。

5）检查连杆轴承间隙是否过大，活塞销是否空旷，必要时予以更换。检查连杆螺栓、主轴承螺栓的紧固及锁定情况，必要时重新紧固、锁定或更换。

6）清洗油底壳和机油冷却器芯子。

7）检查冷却系统结垢情况，如结垢严重，可放净冷却系统的存水，加入清洗液（清洗液由每升水加入150g烧碱的比例配成），静置8～12h后起动柴油机，当水温达到工作温度后停车放出清洗液，并用清水清洗。对于用铝合金制作的机体，可用弱碱水清洗液（由每升水加入15g水玻璃和2g液体肥皂配成），加入冷却系统后起动柴油机，运转至正常温度后再运转1h，放出清洗液，并用清水冲洗。

8）每累计工作1000h后，将充电发电机及起动机拆下，拆掉旧的轴承油并换新的，同时检查和清洗起动机的齿轮传动装置。

9）普遍检查机组各主要零部件，并进行必要的调整和修理。

10）拆洗和重新装配后，全面检查安装位置的正确性和紧固情况，擦拭干净并开动柴油机，检查运转情况，排除存在的故障及不正常现象。

（4）柴油发电机组冬季使用时的注意事项

在严寒的冬季，使用内燃机必须按下述冬季特殊方法操作，否则会发生严重事故。

1）停机后约30min应放去冷却系统内的存水（放置防冻液或有保温措施的除外），如果长时间停机还必须把机油放干净，以免将机件冻裂。

2）在冬季换机油时，必须一停机就换，换入的机油要加热到60℃以上，但也不要超过90℃，否则会使机油变质。绝对禁止在明火上烤机油，最好使用带盖的锅子在水中加热。

3）冬季起动前，应将机油加热，使机油黏度降低，易于到达各摩擦表面。

4）起动前应用80～90℃的水由排气管上的出水口灌入。由气缸体侧面的放水开关（或水泵进水口）流出，一直放到放出的水温度在60℃以上为止。然后把放水开关关闭，把冷却系统注满。这样做可防止气缸盖等炸裂，且易于起动。冬季绝对不允许不加预热起动柴油机。

5）冬季必须绝对保证柴油机在热车状态下工作（水温在80℃以上），如水温太低，外界气温寒冷，柴油在气缸内燃烧时便会形成稠厚焦油层和积炭，粘在燃烧室壁、活塞头部、气门座和活塞环槽上，造成粘住气门和卡住活塞的故障。当胶结的排气门在导管内被粘住时，甚至能导致柴油机熄火。而且柴油机温度不够时，进气温度低，柴油发火延迟，会使柴油机工作粗暴，发出敲击声。同时，排气管由于燃烧不完全冒白烟。此时应使柴油机慢速运转，如果水温过低，要加换热水，同时采取保暖，待温度升高后，再接上负载。

3.3 微型水力发电设备

1. 种类及特点

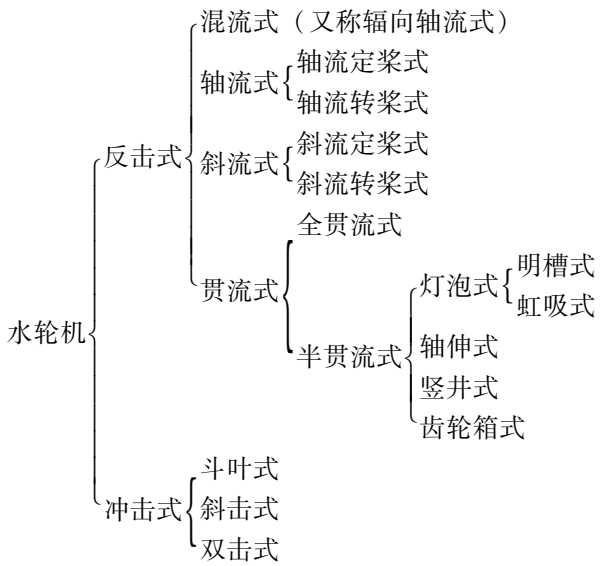
水轮机是把天然河道中水流的能量转变为旋转机械能的一种动力机械，利用水电站的水头和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流量作功。当水流冲动水轮机转轮叶片时，水轮机带动发电机一起旋转便发出电来。由于水轮机的出力大小、工作情况，决定于水电站的水头和流量等水力条件，而天然河道的水力条件又是千差万别的，所以为了合理开发水力资源，水轮机的类型是多种多样的。

按照水流对水轮机转轮作用方式不同，水轮机可分为反击式和冲击式两大类，每类按其结构和水流在水轮机中运动规律的不同，又分为若干种不同型式：



反击式水轮机的转轮是由若干个具有空间曲面的叶片组成。它是利用水流在轮叶正反面所产生的压力差，使转轮转动作功的。反击式水轮机按水流经过转轮的方向不同，又分为混流式、轴流式、斜流式、贯流式。

冲击式水轮机主要由喷嘴和转轮组成，它是利用喷嘴将高压水管引来的水，形成一股坚实的射流，冲击转轮上的部分斗叶，使之转动做功的。冲击式水轮机按射流冲击转轮的方式不同，又分为斗叶式（水斗式）、斜击式和双击式。

2. 发电机组的构成

微型整装水轮发电机组的特点是水轮机、发电机及调速器组装成一整体，由于是整装，所以机组结构紧凑、体积小、重量轻、建站容易、安装方便、操作简单、运行可靠，适用于山泉、小溪等微型水力资源的开发利用。

根据水流作用的原理，微型水轮机可分为以下三类：

1）轴流式微型水轮发电机组：轴流式微型水轮发电机组由水轮机体、转轮、尾水管、发电机和控制器组成。它是利用低水头、小流量的水流，通过水轮机及尾水管，驱动水轮机叶片，带动发电机发电。

这类机组适用于10m以下的低水头微型水电站。机组为竖轴金属蜗壳，轮叶四片，有三种不同安装角，配同步发电机或异步发电机。一种采用电动调速器操纵导水叶片外的罩筒，自动地调节通过水轮机的流量；另一种采用机械调速器，由飞摆、弹簧和杆件组成机械调速装置来操纵导水叶片外的罩筒，自动调节通过水轮机的流量。

2）混流式微型水轮发电机组：混流式微型水轮发电机组由水轮机体、转轮、蜗壳、转轴、带轮、发电机等组成。水流通过引水室、导叶进入转轮，驱动水轮机叶片，带动发电机发电。

这类机组适用于水头为5～20m的微型水电站。微型混流式水轮机有两种机型：一种是单导叶型，用装在蜗壳进口处的平板单导叶来起闭机组，调节流量；另一种是蝴蝶阀型，用装在蜗壳

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进口处的蝴蝶阀起闭机组、调节流量。该机组一般配异步发电机，并装有带轮，不发电时（切除电容器）可直接拖动加工机械。

3）斜击式微型水轮发电机组：斜击式微型水轮发电机组由水轮机体、转轮、喷嘴、流量调节闸阀、发电机、带轮等组成。它是利用高水头、微小流量的水流通过压力水管形成高速射流，冲击转轮叶片，带动发电机发电。

这类机组适用于水头 10～35m 的微型水电站。水轮机转轮的进水平面与水流相交成一锐角，该机组一般配用异步发电机或永磁同步发电机，并装有带轮，不发电时（切除电容器）可直接拖动加工机械。

3. 基本工作性能

水轮机的工作参数表示了这台水轮机的整体性能。在规定的工作参数范围内运转时，水轮机的使用最经济，最合理。

1）水轮机的工作水头：水轮机的工作水头是指保证水轮机发出额定出力的最小水头，这是选择水轮机的主要参数，用 H 表示（单位为 m）。水轮机在此范围内工作，其工作情况和效率都比较好。

2）水轮机计算流量：水轮机计算流量是指在工作水头下，水轮机在额定出力时每秒钟内通过每台水轮机的水量，用 Q 表示（单位为 m^3/s）。在运行中，水轮机的流量是随机组负荷的变化而变化的。当流量减小到一定值时，水轮机的效率急剧下降，机组运行情况将变坏。

3）水轮机有效出力：根据水轮机的工作水头和计算流量，计算出来的出力，称为有效出力，用 N 表示（单位为 kW），即

$$N=\frac{1000QH\eta}{102}=9.81QH\eta_{\mathrm{T}}$$

式中，Q 为水轮机的计算流量（m^3/s）；H 为工作水头（m）；η_{T} 为水轮机效率（在初步计算时，一般采用 $\eta_{\mathrm{T}}=0.7\sim0.8$）。

发电机出功率 P（kW）为

$$P_{发}=\mathrm{N}\eta_{发}\ \eta_{传}=9.81QH\eta_{\mathrm{T}}\eta_{发}\ \eta_{传}$$

式中，$\eta_{发}$ 为发电机效率（一般采用 $\eta_{发}=0.8\sim0.9$）；$\eta_{传}$ 为传动效率（如平传动带传动 $\eta_{传}=0.90$，V 带传动 $\eta_{传}=0.95$，直接传动 $\eta_{传}=1.0$）。

4）水轮机效率：当具有工作水头为 H，计算流量为 Q 的水流通过水轮机时，水流功率不可能全部转换为水轮机的有效功率，而有部分功率被水轮机自身消耗掉了，消耗的这部分功率的大小，就用水轮机效率来表示。水轮机在工作过程中，效率不是一个常数，它有两个特征效率：当水轮机达到极限出力时的效率，称为极限工况下的极限效率；水轮机在最优工况（设计水头、设计流量）下的效率，称为最高效率。水轮机在运行中当出力（负载）变化时，效率也跟着变化，但变化程度随水轮机类型不同而有很大差别，轴流定桨式和贯流定桨式的效率受出力变化的影响最显著。

水轮机的损失有容积损失、水力损失和机械损失三种。水轮机的效率 η_{T} 为

$$\eta_{\mathrm{T}}=\eta_{容}\ \eta_{水}\ \eta_{机}$$

式中，$\eta_{容}$ 为容积效率；$\eta_{水}$ 为水力效率；$\eta_{机}$ 为机械效率。

一般小型水轮机的效率为 0.80 左右。

5）水轮机额定转速：水轮机额定转速是指水轮机的转轮，在正常运转情况下，每分钟旋转次数，用 n 表示（单位为 r/min）。一定的水头和流量，可以选用不同类型和不同转速的水轮机。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在初选水轮机时，如有几种类型的水轮机可供选择，应优先选用转速高的水轮机，这样再选择配套的发电机就较为经济，而且容易与水轮机直接连接（因为发电机的转速一般都比较高）。如果水轮机和发电机是直接连接的，水轮机的额定转速，必须符合发电机同步转速的要求。

6）比转速（又称比速）：比转速 n_s，是水轮机的综合特征参数，它等于工作水头 1m，水轮机发出功率 1kW 时的转速

$$n_s = \frac{n\sqrt{N}}{H^{5/4}}$$

式中，N 为水轮机有效出力（kW）；H 为工作水头（m）；n 为水轮机的额定转速（r/min）。

几何尺寸相似的水轮机，在相似的工作条件下其特性相同，比转速 n_s 相等。但每个水轮机，在不同的工作条件下有不同的比转速。

由上式可以看出，在同样条件下（H 和 N 相同），比转速越高的水轮机，其转速越大，要求的直径越小；反之，同一直径的水轮机，比转速越高，发出的功率越大，即过水流量越大。因此，选择比转速较高的水轮机是有利的。但是比转速与汽蚀有关，比转速越大，汽蚀越容易发生。

比转速是水轮机重要的综合参数，代表着水轮机系列的特性。它对于同系列的水轮机为常数，不同系列的水轮机则不相等，所以常用它来对水轮机进行分类。

4. 水轮机的型号

为了便于水轮机规格的统一和工作方便起见，我国对水轮机的型号作了统一规定，规定的型号由以下三部分组成，分别用汉语拼音字母及阿拉伯数字说明，各部分之间分别用一短横线分开。其具体形式如下：

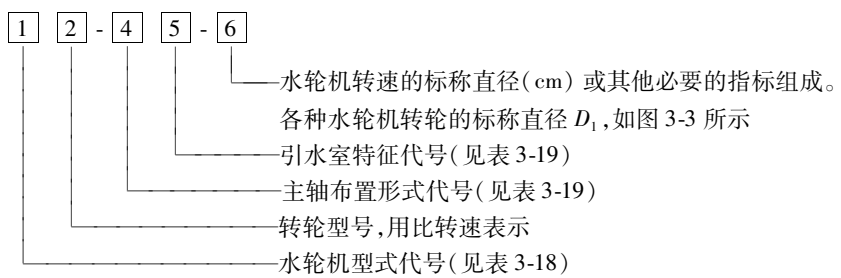


表 3-18　水轮机型式代表符号

水轮机形式	缩写	代号	水轮机形式	缩写	代号	水轮机形式	缩写	代号
混流式水轮机	混流	HL	轴流定桨式水轮机	轴定	ZD	切击式水轮机	切击	CJ
斜流式水轮机	斜流	XL	贯流转桨式水轮机	贯转	GZ	斜击式水轮机	斜击	XJ
轴流转桨式水轮机	轴转	ZZ	贯流定桨式水轮机	贯定	GD	双击式水轮机	双击	SJ

表 3-19　主轴布置形式及引水室特征代表符号

主轴布置形式	代　号	引水室特征	代　号	主轴布置形式	代　号	引水室特征	代　号
卧轴	W	金属罐	G	立轴	L	竖井式	S
		金属蜗壳	J			灯泡式	P
		混凝土蜗壳	H			单导叶	D
		明槽	M			虹吸式	X
		有压明槽	MY			轴伸式	Z

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

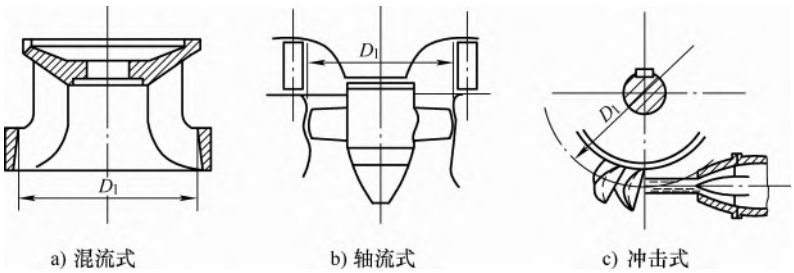


图 3-3 各种水轮机标称直径的规定

对于冲斗式和斜击式水轮机型号的第三部分，规定按下列方式表示：

$$\frac{\text{水轮机转轮的标称直径}}{\text{作用在每一转轮上的喷嘴数目}\times\text{射流直径}}$$

对于双击式水轮机，则按下列方式表示：

$$\frac{\text{转轮的标称直径}}{\text{转轮宽度}}$$

水轮机型号举例：

1）ZD760-LM-25 型水轮机 表示轴流定桨式水轮机。转轮型号（比转速）为 760，主轴布置方式为立轴式，引水型式为明槽式，转轮直径为 25cm。

2）GD260-LP-35 型水轮机 表示贯流定桨式水轮机。转轮型号（比转速）为 260，主轴布置方式为立轴式，水轮机室型式为灯泡式，转轮直径为 35cm。

3）HL240-WJ-25 型水轮机 表示混流式水轮机。转轮型号（比转速）为 240，主轴布置方式为卧轴式，引水型式为金属蜗壳，转轮直径为 25cm。

4）XJ13-W-$\frac{20}{1\times5}$型水轮机 表示斜击式水轮机。比转速为 13，主轴布置方式为卧轴式，转轮直径（轮叶节圆直径）为 20cm，一个喷嘴，射流直径为 5cm。

3.3.1 微型水力发电常用发电机技术数据（见表 3-20 ~ 表 3-22）

表 3-20 TSWN、TSN 系列小容量水轮发电机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定频率/Hz	额定转速/(r/min)	满载时						空载励磁电流/A	定子铁心				磁极		气隙长度
					电流/A	功率因数（滞后）	效率(%)		励磁电压/V	励磁电流/A		外径	内径	长度	槽数	极距	铁心长度	
							TSWN系列	TSN系列				/mm				/mm		
TSWN 或 TSN 36.8/14-4	18	400	50	1500	32.5	0.8	85.1	84.2	32.2	24.5	9.73	368	265	140	48	208	140	1.1
TSWN 或 TSN 36.8/20-4	26				46.9		88.5	87.6	41.6	24	9.8			200			200	
TSWN 或 TSN 36.8/12.5-6	12	400	50	1000	21.7	0.8	84.3	83.5	27.9	23.7	8.8	368	285	125	54	149	125	0.7
TSWN 或 TSN 42.3/18-6	18				32.5		85.5	85	41.2	24.2	9.06			180			180	
TSWN 或 TSN 42.3/20.5-4	40	400	50	1500	72.2	0.8	88.3	87.4	24.7	51.2	19.5	423	305	205	48	240	210	1.45
TSWN 或 TSN 42.3/27-4	55				99.1		89.7	89	30.8	51.6	19.6			270			280	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定频率/Hz	额定转速/(r/min)	满载时						空载励磁电流/A	定子铁心				磁极		气隙长度
					电流/A	功率因数(滞后)	效率(%)		励磁电压/V	励磁电流/A		外径/mm	内径/mm	长度/mm	槽数	极距/mm	铁心长度/mm	
							TSWN系列	TSN系列										
TSWN或TSN 42.3/19-6	26	400	50	1000	46.9	0.8	87.5	86.8	42.4	23.7	8.32	423	327	190	54	171	190	0.8
TSWN或TSN 42.3/25-6	40				72.2		88.6	88	30	49.1	16.4			250			260	
TSWN或TSN 49.3/25-6	55	400	50	1000	99.1	0.8	89.5	88.9	37	46.5	15.5	493	384	250	72	201	250	1.0
TSWN或TSN 49.3/30-6	75				135.5		91	90.4	43.3	40.6	13			300			300	
TSWN或TSN 49.3/25-8	40	400	50	750	72.2	0.8	88.2	87.8	36	47	18.6	493	384	250	72	151	250	
TSWN或TSN 49.3/30-8	55				99.1		89.5	89.1	45.6	45.5	17.1			300			310	

表3-21　SFW系列水轮发电机技术数据

型　　号	功率/kW	电压/V	电流/A	功率因数	励磁电压/V	励磁电流/A	转速/(r/min)
SFW42.3/16-4	30	400	54.2	0.8	25	38	1500
SFW42.3/20.5-4	40	400	72.2	0.8	27	40	1500
SFW42.3/27.5-4	55	400	99.3	0.8	28	43	1500
SFW42.3/19-6	30	400	54.2	0.8	23	50	1000
SFW42.3/25-6	40	400	72.2	0.8	30	50	1000
SFW49.3/23-4	75	400	135.4	0.8	32	57	1500
SFW49.3/32-4	100	400	180.5	0.8	40	55	1500
SFW49.3/22-6	55	400	99.3	0.8	30	53	1000
SFW49.3/31-6	75	400	135.4	0.8	40	53	1000
SFW49.3/15-8	30	400	54.2	0.8	44	30	750
SFW49.3/19-8	40	400	72.2	0.8	37	44	750
SFW49.3/25-8	55	400	99.3	0.8	45	45	750
SFW59/27-6	100	400	180.6	0.8	22.2	113.6	1000
SFW59/27-8	75	400	135.2	0.8	22.35	112.6	750
SFW59/34-8	100	400	180.5	0.8	26.9	112.8	750

表3-22　SF系列水轮发电机技术数据

型　　号	功率/kW	电压/V	电流/A	功率因数	励磁电压/V	励磁电流/A	转速/(r/min)
SF42.3/16-4	30	400	54.2	0.8	25	38	1500
SF42.3/20.5-4	40	400	72.2	0.8	27	40	1500
SF42.3/27.5-4	55	400	99.3	0.8	28	43	1500
SF42.3/19-6	30	400	54.2	0.8	23	50	1000
SF42.3/25-6	40	400	72.2	0.8	30	50	1000
SF49.3/23-4	75	400	135.4	0.8	32	57	1500
SF49.3/32-4	100	400	180.5	0.8	40	55	1500
SF49.3/22-6	55	400	99.3	0.8	30	53	1000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	功率/kW	电压/V	电流/A	功率因数	励磁电压/V	励磁电流/A	转速/(r/min)
SF49.3/31-6	75	400	135.4	0.8	40	53	1000
SF49.3/15-8	30	400	54.2	0.8	44	30	750
SF49.3/19-8	40	400	72.2	0.8	37	44	750
SF49.3/25-8	55	400	99.3	0.8	45	45	750
SF59/27-6	100	400	180.5	0.8	22.2	113.5	1000

3.3.2　常用微型水轮发电机组技术数据（见表 3-23 和表 3-24）

表 3-23　XJ、HL、GD 系列微型水轮发电机组技术数据

机组名称及型号	水　轮　机				发　电　机	
	水头/m	流量/(m^3/s)	功率/kW	转速/(r/min)	功率/kW	转速/(r/min)
斜击式微型水轮发电机组 XJ13-L-10/3	10	0.0094	0.67	1500	0.55	1500
	11	0.0099	0.78	1500	0.55	1500
	12	0.0104	0.9	1500	0.55	1500
	13	0.0108	1	1500	0.75	1500
	14	0.0112	1.13	1500	0.75	1500
	15	0.0116	1.25	1500	0.75	1500
	16	0.0120	1.38	1500	0.75	1500
	17	0.0124	1.51	1500	0.75	1500
	18	0.0127	1.64	1500	1.5	1500
	19	0.0131	1.77	1500	1.5	1500
	20	0.0135	1.93	1500	1.5	1500
斜击式微型水轮发电机组 XJ13-L-15/4.5	16	0.0275	3.2	1000	2.2	1000
	18	0.0285	3.8	1000	3	1000
	20	0.0304	4.5	1000	4	1000
	22	0.0319	5.15	1000	4	1000
	24	0.0333	5.9	1500	5.5	1500
	26	0.0346	6.6	1500	5.5	1500
	28	0.036	7.4	1500	5.5	1500
	30	0.0372	8.2	1500	7.5	1500
	32	0.0384	9	1500	7.5	1500
	34	0.0396	10	1500	7.5	1500
斜击式微型水轮发电机组 XJ02-W-20/1×5	20	0.038	5.6	873	5	1000
	24	0.041	7.35	955	5	1000
	28	0.045	9.29	1032	7.5	1000
	32	0.048	11.3	1103	7.5	1000
	36	0.051	13.5	1171	11	1000
	40	0.054	15.8	1234	11	1000
	44	0.056	18.3	1295	11	1500
	48	0.059	21	1351	18.5	1500
	52	0.061	23	1405	18.5	1500
	56	0.064	26.2	1460	22	1500
	60	0.066	29	1510	22	1500
	64	0.068	32.1	1560	22	1500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

机组名称及型号	水　轮　机				发　电　机	
	水头/m	流量/(m^3/s)	功率/kW	转速/(r/min)	功率/kW	转速/(r/min)
混流式微型水轮发电机组 HL123-LJ-14	5	0.054	2.1	1300	1.5	1500
	6	0.06	2.8	1400	2.2	1500
	7	0.065	3.6	1520	3	1500
	8	0.069	4.3	1630	3	1500
	9	0.073	5.1	1720	4	1500
混流式微型水轮发电机组 HL210-LJD-20	6	0.119	5.36	826	4	1000
	7	0.129	6.8	890	4	1000
	8	0.138	8.3	950	7.5	1000
	9	0.149	9.9	1020	7.5	1000
	10	0.154	11.6	1075	7.5	1000
	11	0.162	13.5	1130	11	1000
	12	0.169	15.28	1180	11	1000
	13	0.176	17.2	1225	11	1000
	14	0.183	19.25	1275	18.5	1000
	15	0.189	21.4	1320	18.5	1000
贯流式微型水轮发电机组 GD002-LM-20	2	0.136	1.95	1060	1.5	1500
	3	0.166	3.56	1300	3	1500
	4	0.192	5.5	1500	4	1500
	5	0.215	7.69	1680	5.5	1500

表 3-24　SJ-W 系列双击式水轮发电机组技术数据

水　轮　机					发　电　机			调速器	阀门及伸缩节直径/mm
型　　号	设计水头/m	设计水头下		转速/(r/min)	型　　号	容量/kW	额定转速/(r/min)		
		流量/(m^3/s)	功率/kW						
SJ-W-20/12	14	0.0494	4.89	748	SFW5-8/368	5	750	手动	ϕ150
	18	0.0560	7.17	849	SFW5-8/368	5	750	手动	ϕ150
	20	0.0590	8.35	894	SFW8-8/368	8	750	手动	ϕ150
	24	0.0646	11.0	982	SFW10-6/368	10	1000	手动	ϕ150
SJ-W-20/18	14	0.094	9.1	748	SFW8-8/368	8	750	手动	ϕ200
	16	0.101	11.1	800	SFW10-8/368	10	750	手动	ϕ200
	18	0.107	14.0	849	SFW12-8/368	12	750	手动	ϕ200
	20	0.112	15.4	892	SFW14-6/368	14	1000	手动	ϕ200
	22	0.118	16.2	930	SFW14-6/368	14	1000	手动	ϕ200
	24	0.123	20.3	980	SFW20-6/368	20	1000	手动	ϕ200
SJ-W-30/18	12	0.104	9.3	462	SFW10-8/368	10	750	手动	ϕ300
	16	0.131	14.4	533	SFW12-8/368	12	750	手动	ϕ300
	18	0.139	17.2	566	SFW16-8/368	16	750	手动	ϕ300
	20	0.147	20.1	595	SFW20-8/368	20	750	手动	ϕ300
	24	0.160	26.4	661	SFW24-8/423	24	750	手动	ϕ300
	28	0.174	33.4	707	SFW30-8/493	30	750	手动	ϕ300

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.3.3 微型水轮发电机组的选择、使用与维护

1. 选择

当水电站的水头、流量及装机容量确定以后，就可以进行水轮机的选择工作了。水轮机的选择对水电站的建造影响很大，它直接影响机组的运行效率、供电情况、投资数量等。

（1）选择原则

1）机组效率高，供电可靠；

2）工程投资少，管理运行方便；

3）尽可能选用本地已有产品，加快建站速度；

4）尽可能选用价廉、性能好、结构简单的水轮机；

5）最好选择转速高的水轮机，这样便于和发电机配套，减少传动设备。

水轮机选择内容主要包括：确定机组台数和容量；选择水轮机的型号（主要是选择水轮机型式、转轮直径、转速、装置方式等）；选出配套的发电机型号。

（2）选择机组台数

水电站的装机台数与装机容量大小、工作条件和用户性质有关。一般情况下，微型水力发电站均考虑单机运行。这样对机房布置、土建工程、机电安装、运行管理都比较简单。其缺点是当流量变化很大时，影响出力和效率；当检修时，全部停电，影响供电。

机组台数确定后，就可以大致知道单机容量了。装 1 台时，单机容量就等于水电站装机容量；装 2 台时，单机容量等于水电站装机容量的一半，或一台大些，另一台小些。

（3）选择水轮机型号

一般在低水头、较大流量的电站，多采用轴流定桨式或贯流定桨式水轮机。这类水轮机的过水能力大、直径小、转速高。但要求负载和来水量比较稳定，当出力离开最高效率点后，其效率会急剧下降，甚至不能运转。

当水头较高流量较小时，最好采用冲击式水轮机。中等水头、中等流量时，多采用混流式水轮机。

选择水轮机一般采用性能表法。具体步骤如下：

1）确定机组台数和单机容量。

2）初选水轮机型式。根据水电站水头、流量、单机容量，初步确定水轮机型式。当可选两种型号时，应通过比较后再加以确定。

3）利用水轮机性能表选择水轮机型号。在初步选出水轮机型式的基础上，根据设计水头和单机容量，利用性能表，再选出水轮机的型号，主要是选择水轮机的转轮直径和转速。

在利用性能表选择水轮机时，若在性能表中查不到所选水轮机的设计水头时，则应用下列公式和水轮机性能表中的数值作插值计算，换算出设计水头下的水轮机工作性能。即

$$n_2 = n_1 \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}},\quad Q_2 = Q_1 \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}},\quad N_2 = N_1 \frac{H_2\sqrt{H_2}}{H_1\sqrt{H_1}}$$

式中，n_1、Q_1、N_1 分别代表水轮机在水头 H_1 时的转速、流量和出力；n_2、Q_2、N_2 分别代表同一水轮机在设计水头 H_2 时的转速、流量和出力。

（4）选择发电机

发电机一般由水轮机制造厂负责配套供应，部分水轮机性能表中同时列出配套发电机的型号。若在某种情况下，配套产品中的发电机不合适，则需另行选配发电机。发电机应根据水轮机容量，按现有产品系列来选取。一台水轮机配一台发电机。发电机单机容量 $P_{发}$（kW）可按下式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

计算，即

$$P_{发} = N\eta_{发}\ \eta_{传}$$

2. 安装

1）间隙：水轮机转动部分与固定部分间隙的大小与水轮机类型、尺寸有关，一般在说明书中有规定，可参照执行。间隙的大小可用塞尺进行测量。

2）找高程及水平：在安装过程中，对立式机组的座环及卧式机组基础板等部件的高程和水平要特别重视，因为水轮机顶盖、尾水管等，都要在座环上进一步安装，座环高程不对或不平，必然影响整个机组的位置。安装人员根据座环尺寸算出座环顶面的高程，作为基准，应用U形管水平仪或U形塑料管，在座环顶面沿圆周等分找四点或六点，这样不但找准了高程，而且座环顶面水平也达到了一定的标准。利用同样的方法也可以找正卧式机组基础板的高程和水平。

3）找中心：在安装过程中，一般利用下述方法找中心：在发电机平面上规定的主轴位置处，经推力轴承孔，悬吊下一根线锤，安装座环就可以这根线锤为标准，使座环顶部圆周上各点到线锤的水平距离均相等（可用钢卷尺测量），这样就找正了座环的中心。还可以根据此轴心线，利用同样的方法，找正机组其他部件的中心位置。

4）主轴垂直度的检查：当主轴初步固定好，转轮中心测好后，可用四线法检查主轴的垂直度（见图3-4）。即由固定在主轴上端的十字架（专用工具）上吊下四条带有重锤的细钢丝（0.3～0.75mm），将重锤放入油桶内（保证悬锤稳定），然后准备施测。十字架四臂要与机组轴线相符合，细钢丝要直而无结。

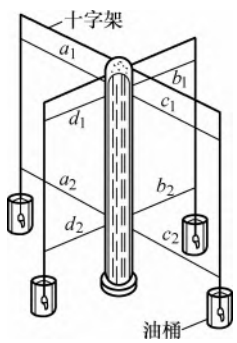


图3-4　用四线法检查主轴的垂直度

施测时选择主轴上部（靠近带轮或法兰盘的地方）和下部（装导轴承的地方）用内径千分尺测量轴与悬线间的距离 a_1、c_1，b_1、d_1，a_2、c_2，b_2、d_2，若其距离相等即已垂直，否则需调整使其相等。

以上介绍的是微型水轮发电机组的一般安装方法和要求，各类微型水轮发电机组的安装步骤详见使用说明书。

3. 使用

（1）开机前的常规检查

1）水流部分

①检查并记录上、下游水位。

②引水渠道应无渗漏，压力前池、进水口及拦污栅亦应无阻塞物，否则应及时清理。

③闸门操作机构应灵活。水轮机前的闸阀或蝴蝶阀应在全关位置，放气阀应打开。

④压力水管、水轮机室、尾水管及尾水渠中应无杂物。进入孔应关闭，尾水闸门应提起。

⑤检查拦污栅和进水闸门有无松动、损坏，检查压力水管有无漏水现象。

2）水轮机部分

①检查水轮机的外壳有无裂缝，连接螺栓是否紧固。

②检查传动装置、调速器以及水轮机的转动部分是否灵活。

③检查联轴器的连接是否正常，传动带接头是否牢靠，传动带松紧程度是否适当。

④检查全部阀门和导叶是否在关闭位置。导叶从全开至全关时，对应的开度指针指示应正确。

⑤各轴承及润滑部位应按要求润滑，油质及油面应符合要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）电气部分

①检查发电机和控制屏的接线是否牢靠，绝缘介质有无破损现象。

②转动发电机转子，并细听是否有异常的摩擦或撞击等不正常声响。

③检查电刷与集电环或换向器的接触是否良好，电刷压力是否适当，电刷在刷握中的活动是否正常。

④检查各开关的分合是否灵活，各熔断器的熔体是否已全部插上。控制屏上全部开关位置应正确，使发电机处于空载状态。

⑤检查互感器的接线是否正确。电流互感器二次回路不可开路，电压互感器二次回路不可短路。

⑥检查发电机、变压器及各电气设备的接地线是否牢固。电流互感器、电压互感器的二次绕组一端应接地。

（2）机组的起动

1）反击式水轮机的正常开机步骤

①关闭蜗壳下部的放水小阀门。

②打开蜗壳上部的放气小阀门，慢慢打开闸阀或蝴蝶阀，向蜗壳内充水。

③有旁通阀时应先打开旁通阀，同时打开放气阀，向蜗壳内充水，待蜗壳充满水后，再打开闸阀或蝴蝶阀。

④待放气阀冒水，说明蜗壳内的空气已全部排出，立即关闭放气阀。

⑤打开真空表和压力表的开关。

⑥慢慢打开水轮机的导水机构（调速器此时进行手动操作），为了达到空载时的正常转速，导水机构可开到约相当于全部开度的 10% 左右。

⑦确认机组空载运转无问题后，将调速器调到自动操作位置。当自动调速器已正常运转时，逐步增加负载。

2）冲击式水轮机的正常开机步骤

①机组应在空载条件下起动。

②缓慢开启进水阀，使机组转速逐渐升高。

③待发电机电压升高到额定值后再合上开关，对外送电。

④调节好进水阀门，保持额定电压。

⑤异步发电机的负载应以阻性负载为主，感性负载（电动机）一般不应超过总功率的 25%。

⑥对配带轮的异步发电机，将开关置电容器切断位置，可作动力使用，带动各种加工机械。

（3）机组的停机

1）反击式水轮机的正常停机步骤

①转动调速器的开度限制机构，慢慢关闭水轮机的导水叶，使水轮机的转速逐步降低（机组若有制动装置，当转速降到 35% 额定转速时进行制动）。

②关闭水轮机前的进水阀门（若不是长期性停机，而导水叶漏水又不大时，可考虑不必关闭进水阀门）。

③关闭压力表和真空表的开关。

④当水轮机长时间停车时应打开蜗壳下面的放水小阀门，排除积水。

⑤用注油器或黄油枪向所有润滑点注油。

⑥清除机器及仪表上的灰尘，并对其进行认真检查，要特别注意轴承是否有不正常的发热现象。

2）冲击式水轮机的正常停机步骤

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

①缓慢关闭进水阀门。

②待发电机电压降至80%额定电压时，拉下负载开关。

③迅速关闭进水阀门。

④机组长时间不用，要将发电机拆下来，存放在干燥处，以防受潮。

⑤长期停机时，要将水轮机过流部件上涂防锈漆。

3）单机运行机组的停机操作步骤

①做好停机前的记录。

②缓慢关闭水轮机导叶至水轮机空载额定位置以下。

③缓慢加大磁场变阻器电阻值，直至空载励磁电流以下。

④断开各支路的开关，然后断开相应的各隔离开关。

⑤断开发电机的主开关，然后断开发电机的隔离开关。

⑥断开发电机的灭磁开关。

⑦继续关闭水轮机导叶，使机组停止转动，并将磁场变阻器电阻调到最大值。

⑧切换自动调速器和自动励磁装置到手动位置，关闭调速器进油阀。

⑨切除各操作电源和厂用电源。

⑩关闭水轮机前的进水阀门。

4）并列运行机组的停机操作步骤

①做好停机前的记录。

②缓慢关闭水轮机导叶，加大磁场变阻器电阻值，使发电机的有功、无功功率同时缓慢减少。

③当发电机的有功功率表、交流电流表指示均为零时，断开发电机主开关，然后断开隔离开关，使发电机与电网解列。

以下操作与单机运行机组的停机操作相同。

5）机组的紧急停机

当发生紧急事故时，例如发生需要立即停机的人身事故、发电机有焦味或冒烟起火、机组剧烈振动和发出异常声响、重要机件断裂、带轮脱落、传动带断裂、联轴器损坏、轴承温度急剧升高、压力水管或水轮机外壳损坏而漏水严重、水轮机调速设备失灵、发电机电刷发生强烈火花经处理无效、电缆头爆炸或冒烟等事故时，应采取紧急停机措施。此时应迅速断开发电机总开关和励磁开关，切断电源；关闭进水闸门，切断水源。其他操作可在停机后补做。

4. 维护

（1）水轮机部分

1）紧贴水轮机轴的密封填料不能过松或过紧，应及时检查、调整，一般应在压紧后略有滴水。密封填料磨损或硬化后，应及时更换。

2）在水轮机运行时，用肥皂水检查尾水管是否有漏气现象，如有漏气应压紧或更换密封。

3）打开轴承盖，检查有无水、灰、砂等侵入，并予以清除。检查轴承在运行中有无漏油现象，并及时添加润滑油，对水下部分的轴承每月应加一次润滑脂。

4）传动带要保持清洁，注意不使柴油、机油等油类沾污传动带。检查传动带的接头是否牢靠，及时修理或更换传动带扣、传动带钉。

5）定期清理导叶、转轮间的污物，检查并调整其间隙。

（2）电气部分

1）严防各种油类、水和其他液体溅进发电机内部，更不能让铁钉、螺钉、螺母等金属物件

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

或金属碎屑掉进发电机内部，如有发现，必须及时取出。

2）保持集电环、换向器的清洁，可用柔软、干燥、清洁而无毛头的布块沾少许汽油或酒精擦拭。对严重灼伤或失圆的集电环、换向器应磨光或修圆。

3）检查电刷与集电环、换向器的接触情况，对磨损过短、碎裂和严重灼伤的电刷应更换成与原牌号一致的电刷。同时应注意检查调整电刷的压力。

4）检查开关的接触面有无变形，并及时修整。对灼伤的触头可用细锉或细砂纸打磨平。

5）及时更换碰伤、变形、变色的熔丝以及损坏的熔断器零件。

6）检查接线头是否变色，如有发黑等现象应加以清除，并拧紧螺钉。检查导线绝缘层有无损坏，并及时用绝缘胶布包扎好。

总之，还要经常保持厂房内、外和机组的清洁。定期清除各机件表面灰尘，并用压缩空气或用打气筒打气吹净发电机内部的灰尘。对机组外露的金属加工面，应经常涂抹黄油，以防锈蚀。厂房内不得有危害发电机绝缘性能的酸碱性气体。

停机清扫后的机组，应用防尘罩盖好。停车 3 天以上的发电机，在起动前应进行绝缘电阻的测量，其值不得小于规定值，否则应进行烘干处理，达到要求后，才可开机。

3.4 风力发电设备

1. 组成及分类

（1）风力发电系统的组成

风力机是把风能转换成机械能而对外做功的一种动力机械，也称之为风轮机、风动机或风车。

风力发电系统通常由两大部分组成（见图 3-5）：机械部分和电气部分。

（2）风力发电的分类

风力机的品种繁多，用途各异，原理上都是把风能转变成机械能，然后变成其他形式的能量使用。风力机从不同的角度有多种分类方法。风力机通常的分类方法有以下几种。

1）按风轮轴与地面的相对位置可分为水平轴式风力机和垂直轴（立轴）式风力机。

2）按叶片工作原理可分为升力型风力机和阻力型风力机。

3）按风力机的用途可分为风力发电机、风力提水机、风力铡草机和风力脱粒机等。

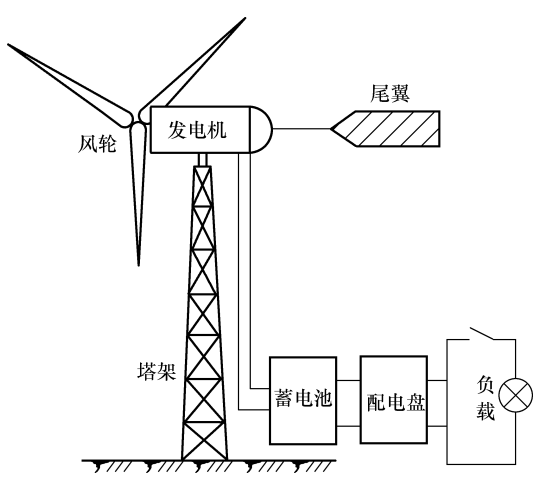


图 3-5 小型风力发电系统

4）按风轮叶片的叶尖线速度与吹来的风速之比的大小可分为高速风力机（比值大于等于 3）和低速风力机（比值小于 3），也有的把该比值为 2 ~ 5 者称为中速风力机。

5）按风力机容量（功率）大小分类：国际上通常将风力机组分为小型（100kW 以下）、中型（100 ~ 1000kW）和大型（1000kW 以上）3 种；我国则分成微型（1kW 以下）、小型（1 ~ 10kW）、中型（10 ~ 100kW）和大型（100kW 以上）4 种；也有的将 1000kW 以上的称为巨型风力机。

6）按风轮相对于塔架的位置可分为上风式（又称为前置式或迎风式）风力机和下风式（又

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

称后置式或顺风式）风力机。风力机一般为上风式。

7）按风轮的叶片数量可分为单叶片、双叶片、三叶片、四叶片及多叶片式风机。应用较多的是水平轴、升力型、少叶式的风力发电机（多数为两个或三个叶片）。

8）按风轮桨叶可分为失速型和变桨型。

①失速型：高风速时，因桨叶形状或叶尖处的扰流器动作，限制风力机的输出转矩与功率。

②变桨型：高风速时，调整桨距角，限制输出转矩与功率。

9）按风轮转速可分为定速型和变速型。

①定速型：风轮保持一定转速运行，风能转换率低。

②变速型：其中双速型可在两个设定转速下运行，以改善风能转换率；连续变速型速度连续可调，可捕捉最大风能功率。

10）按传动机构可分为升速型和直驱型。

①升速型：齿轮箱连接低速风力机和高速发电机。

②直驱型：将低速风力机与低速发电机直接连接。

2. 风力机的基本结构

风力机主要由风轮、塔架、调速器或限速器、调向器等组成，如图3-6所示。

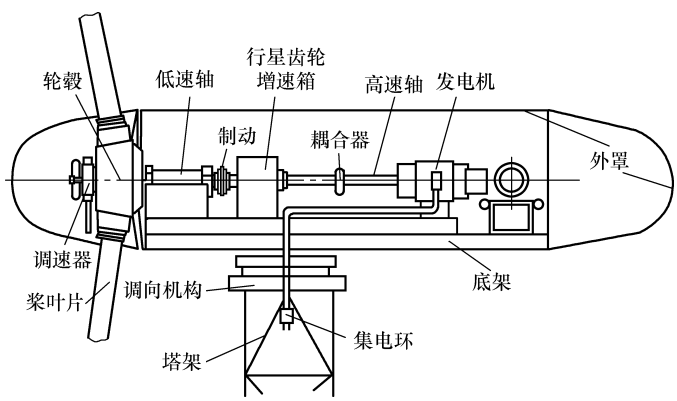


图3-6　水平轴式风力机结构简图

风轮是集风装置，它是风力机最重要的部件。风轮的作用是捕捉和吸收风能，并将风能转变为机械能，再由风轮轴将能量送给传动装置。风轮一般由叶片（也称桨叶）、叶柄、轮毂及风轮轴等组成。

叶片横截面形状基本类型有3种：平板型、弧板型和流线型。流线型阻力小、效率高，但制造稍难，是高速风力机普遍采用的类型。

小型风力机叶片常用整块优质木材加工制成；大中型风力机叶片如果用木质时，不用整块木料，而是用很多纵向木条胶接在一起。

3. 小型风力机的特点

小型风力发电机按风力机与发电机连接方式分类，可分为变速连接和直接连接两种。

（1）变速连接的小型风力发电机

对于风轮叶片高速性不佳的风力机，每分钟转速不过数百转，而发电机转速很高，可达1000～3000 r/min。这时必须采用变速机构，把低速轴（即风力机主轴，又称风轮轴）和高速轴（即发电机转轴）连接起来。变速装置有采用齿轮传动的，也有采用传动带传动的。

（2）直接连接的小型风力发电机

由于直接连接的小型风力发电机的中间减少了变速机构，风力机直接套在发电机轴上，使整

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

个机组具有更简单的结构。

直接连接的小型风力发电机具有以下特点。

1）采用了高速性能好的薄翼型叶片，风力机风轮转速较高。

2）采用了低速发电机，发电机转速较低。

小型风力发电机一般没有调速装置或只具有比较简单的单级调速装置。离心增阻式制动翼或旋转叶尖调节等都是通过改变风轮叶片转动阻力实现调速的；而机头壳体偏心调速法或侧翼调速法都是通过改变风轮的迎风面积实现调速的。

小型风轮发电机的迎风调向装置（对风装置）一般采用尾舵（尾翼）法。尾舵采用薄钢板制造，对风效果较好。

由于风具有不恒定性，发电机的输出也是不断变化的。为了保证无风或风小时的用电质量，小型风轮发电机都必须配有相当容量的蓄电池，用户的用电均需通过蓄电池取得。

4. 风力发电的运行方式

（1）风力发电系统独立运行

风力发电系统独立运行，又称为离网型户用风力发电系统。

风力发电系统独立运行有配以蓄电池储能的独立运行方式和采用负载自动调节法的独立运行方式两类。

1）配以蓄电池储能的独立运行方式：配以蓄电池储能的独立运行方式是将独立运行的风力发电机发出的电力经整流后给蓄电池充电及向直流负载供电，经逆变器转换后向交流负载供电。对于10kW以下的小型风力发电机组，特别是1kW以下的微型风力发电机组，普遍采用这种方式向用户供电。

对于1kW以下的微型机组，一般不加增速器（齿轮箱），直接由风力机带动发电机运转，且一般采用低速交流永磁发电机；对于1kW以上的机组，大多装有增速器，发电机则有交流永磁发电机、同步或异步自励发电机等。经整流后直接供给直流负载，并将多余的电能向蓄电池充电。在需要交流供电的情况下，通过逆变器将直流电转换为交流电供给交流负载。

风力机在额定风速以下变速运行，超过额定风速后限速运行。

当风力减小，风力机转速下降，致使发电机电压低于蓄电池电压时，发电机不再向蓄电池充电，而蓄电池要向发电机反送电，运行中应避免这种情况。

对于容量较大的机组（如20kW以上），由于所需的蓄电池容量大、投资高、不经济，所以较少采用这种运行方式。

2）采用负载自动调节法的独立运行方式：采用负载自动调节法的独立运行方式是在不同的风速下接入数量不同的负载，以使风力发电机的输出功率与负载功率相匹配。这种运行方式可以更好地利用风能，使风力发电机组能在安全的转速下工作。

具有负载自动调节的独立运行的风力发电系统与配以蓄电池储能的独立运行方式的区别是增加了可调节负载和泄能负载。

当风力机的转速变化致使风力发电机的输出功率变化时，负载控制器可依据风力发电机输出电压、频率的高低决定可调负载的投入和切除。

从风力发电机直接输出的电能，其频率随转速而变化，可直接用于电热器类的负载（如电供暖、电加热水等）。同时这类负载和泄能负载均可作为负载调节之用。

采用负载调节的运行方式，负载级别分得越细，风轮运行越平稳，频率稳定度也越高。

（2）风力发电系统并网运行

风力发电系统并网运行是将风力发电机组接于电网，向电网输出电能。它有利于克服风的随

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

机性而带来的储能问题。10kW 以上直至兆瓦级的风力发电机皆可采用这种运行方式。并网运行又可分为以下几种运行方式。

1）恒速恒频方式：恒速恒频运行方式风力发电机组的转速不随风速的波动而变化，维持恒速运转，从而输出恒定频率的交流电。这种方式具有简单可靠的优点，但是对风能的利用不充分，因为风力机只有在一定的叶尖速比的数值下才能达到最高的风能利用率。

2）变速恒频方式：变速恒频运行方式风力发电机组的转速随风速的波动作变速运行，但仍可输出恒定频率的交流电。这种运行方式可以提高风能的利用率。变速恒频方式必须增加实现恒频输出的电力电子设备，或者利用变极同步发电机，同时还应解决由于变速运行而在发电机组支撑结构上出现共振现象的问题。

3）风力场（风力田或发电机集群）：风力场是在风力资源丰富的地区按一定的排列方式成群安装风力发电机组，组成集群。集群内的风力发电机，少的有 3～5 台，多的可达几十台、几百台，甚至数千台，其容量多数为几十千瓦至几百千瓦，也有达到兆瓦以上的。一个风力场内可能兼有恒速恒频和变速恒频两种发电系统。风力发电机集群属于大规模利用风能，其发出的电能全部经变电设备送往大电网。

3.4.1　小型风力发电机组技术数据（见表 3-25～表 3-27）

表 3-25　FD 系列小型风力发电机组技术数据

型　　号	风轮直径/m	额定功率/W	额定风速/(m/s)	起动风速/(m/s)	工作风速/(m/s)	叶片数	最大抗风能力/(m/s)	塔架高度/m	重量/kg
FD2.2-0.2/7	2.2	200	7	3.5		2	40	6	88
FD2.5-0.3/8	2.5	300	8	3.5		3	40	6.2	120
FD3.0-0.5/8	3	500	8	3.5		3	40	7	140
FD2-200	2	200	8	3	3～25	2	40	5.5～7	85
FD2.2-300	2.2	300	8	3	3～25	3	40	5.5～7	96
FD2.5-500	2.5	500	8	3	3～25	3	40	5.5～7	125
FD2.8-1000	2.8	1000	9	3	3～25	2	40	3.5～7	175
FD4-200	4	2000	10	3	3～25	2	40	9～12	330

表 3-26　TFYF 系列永磁风力发电机组技术数据

型　　号	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	最高转速/(r/min)	起始充电转速/(r/min)	效率(%)	起动阻转矩/N·m
TFYF80S	50	14;28	3.6;1.8	600	900	390	56	0.20
TFYF90S	100	14;28	7.2;3.6	400	600	260	65	0.30
TFYF90L	200	28;42	7.2;4.8	400	600	260	66	0.35
TFYF112S	300	28;42	10.8;7.2	300	500	195	70	0.50
TFYF112L	500	56;115	9;4.4	360	540	234	75	1.2
TFYF132S	500	56;115	9;4.4	360	540	234	75	1.2
TFYF160	1000	115;230	8.7;4.4	240	360	156	77	1.5

表 3-27　常用小型风力发电机组技术数据

额定功率/W	100	200	300	500	1000	2000	5000
最大输出功率/W	225	300	450	750	1500	2600	6000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

叶片数	3	3	3	3	3	3	3
风轮直径/m	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	4.8	5.8
额定风速 v_w/(m/s)	8	8	8	8	9	9	10
风能利用系数 C_P	0.127	0.206	0.233	0.304	0.343	0.251	0.313
风轮额定转数/(r/min)	600	570	530	459	390	250	200
速比 λ	7.07	7.46	7.98	7.81	6.58	6.98	6.07
输出电压/V	28	28	28	28	56	115	230
支架高度/m	6	6	6	6	6	10.5	10.5
重量/kg	80	85	90	110	150	1000	1200
调速方式	定桨距气动偏侧限速,人工保护					电动、手动保护	
使用方式	不配逆变器		蓄电型/配逆变器输出交流220V				

3.4.2 大、中型风力发电机技术数据（见表3-28）

表3-28 S系列风力发电机技术数据

型　　号	S43-600	S48-750	S62-1200
额定功率/kW	600	750	1200
叶轮直径/m	43.2	48.4	62
扫风面积 A/m^2	1466	1840	3019
额定风速 v_w/(m/s)	14	15	12
风能利用系数 C_p	0.247	0.200	0.380
叶片数	3	3	3
转速范围/(r/min)	17.8～26.8	17.8～26.8	11～20
额定转速/(r/min)	22.3	22.3	15.4
尖速比 λ	3.60	3.77	4.17
叶片材料	玻璃纤维增强树脂		

型　　号	S43-600	S48-750	S62-1200
传动方式	一级行星 二级固定	一级行星 一级固定	
传动比 i	56.6	68.2	67.9
发电机	双绕组异步	交流永磁 同步	交流永磁 同步
发电机转速/(r/min)	1013～1519	1520	747～1358
叶片重/t	1.96	3.1	4.6
叶轮重/t	13	13.8	30.5
电机重/t	4.5	4.4	42
机舱重/t	22	22	10.5
塔架重/t	47	52.4	97.3
设计寿命/y	20	20	20

3.4.3 风力发电机型及安装场地的选择以及使用与维护

1. 选择

（1）机型的选择

1）单机容量的选择：风电场工程经验表明，对于平坦地形，在技术上可行、价格上合理的条件下，单机容量越大，越有利于充分利用土地，越经济。通过经济分析可知，在相同装机容量条件下，单机容量越大，机组安装的轮毂高度越高，发电量越大，而分项投资和总投资均降低，效益好。

2）机型的选择：选择“性能价格比最优”的机组是风力发电机组选型的原则之一。“物美价廉”这一通用原则在风力发电机选型中依然适用。选择性价比最好的机组就是要以最低的价格购买其对应综合性能指标最好的风力发电机组。

另一个风力发电机组选型的原则就是以“电能成本最低”作为指标。这一指标考虑了经济方面的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

因素，在商业运营中，要注重资金投入和经营效益的问题。不同类型的机组，其初期投资及环境适应性、运行维护的成本都不同，只有选择适当的风力发电机组，才能提高风电场的经济效益。

3）风力发电机组选型的影响因素：

①机组的安全性：风力发电机组应根据不同的现场条件有不同的设计要求及相应的安全等级。

②风电场风能资源与风力发电机组性能的关系：应根据风能资源评估的结论，确定风电场年平均风速和年风功率密度等，从而选用适合该风场的高效能风力发电机组。

③机组的经济性：在机型选择时应优先考虑技术先进、风能利用率高、应用广泛的先进风电机组。

④其他相关因素：在机型选择时还应考虑风力发电机组装配和主要部件生产厂家的情况；考虑运输与吊装的条件和成本；考虑本地的环境和气候条件等。

（2）安装场地的选择

风力发电机安装场地的选择，对于风力发电机效率的发挥有重要影响。场地选择得好，不仅可以使安装费用和维修费用减少，而且可以避免发生事故，保证正常运转。

1）选择方法：首先，应对风力发电机场地的气象情况进行认真了解。对风能利用最有用的气象资料是风速频度表，即在一定时间内出现某种速度的风的频繁程度。对于一定的地区，平均风速与各种风速频度有统计学上的相关关系。从风速频度表可以了解全年风能的实际值和风力设备的可能工作小时数。这对于风力发电机的选择和运行都很重要。

风力发电机安装场地的具体选择方法如下：

①在平原上安装风力发电机应选择开阔或上风侧没有高大建筑物的地方。

②在山区，山脊和山顶是自然的高塔，也是风速最高的地方。尤其是当山脊构成的方向和主风向垂直时，对风的加速作用最大，可成为最理想的安装风力发电机的地方。

2）注意事项：选择风力发电机安装场地时，还应注意以下几点：

①应当避开那些风向和风速变化无常的地方。尤其在设置较大的风力发电机时，要对气象情况作深入了解，必要时用气球进行观察或用风筝进行检查。

②在干旱地区，应考虑到沙尘对风力发电机的损伤，为此需要作必要的保护。

③在工厂区，应注意空气中有害气体的腐蚀作用。

④在海边，必须认真对待盐雾的腐蚀问题。

⑤在建筑物上，应注意风力发电机运转时产生的振动、噪声以及风力发电机事故性损害等问题。

总之，风力发电机的选址是风力利用中至关重要的环节，也是一个较难把握的问题，它是建立风力发电系统的最基础的工作之一。

2. 安装

（1）基础的准备

安装前必须首先详细阅读使用说明书，并对照实物了解使用说明书中所说明的细节，然后再进行基础准备工作。基础准备工作是十分重要的，如果忽视这一工作，将会造成机组倒下、摔坏风力发电机等事故。

基础工作必须按照说明书中的要求去施工，尤其对水泥基础，必须有保养期。对于四周有拉索的风力发电机，对拉索的基础应予以特别注意。因为它承担了风压的力量，一旦松脱，则会倒机。特别是地表比较松散的地区，往往拉索的基础需要比说明书中的要求更要坚固。有些小型风力发电机，如50W、100W机型，没有专门的预置基础，一般用地脚螺钉和地锚直接打入地下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这些零件的长度设计是从一般地质状态来考虑的，如遇到岩石就必须按水泥地基的情况进行，如遇到松软的沙质土壤就必须作加深或其他加固处理。

（2）机组的安装

机组的安装必须严格遵守说明书中的安装程序，否则会造成安装中的倒机事故。

在机组的安装过程中必须特别注意叶片的安装。安装叶片时必须对准有关标记，认真清理结合面，以保证叶片安装角的精度。

在机体与塔杆连接时，要保证安装正确和螺栓的紧固，务必保证其中的弹簧垫圈平整。机组竖立起来时，要特别注意找正塔杆的垂直度。一般可采用吊线的方法，即用一根普通的线下缚一小块重物，用手拿着伸直手臂，下垂的线可作为铅直线标准，用眼对准塔杆的边缘，调整拉索的松紧使塔杆保持铅直线位置。应注意，这种方法必须在相互垂直的两个方位进行，如先在东面调整，然后再在南面调整。如此反复进行，方可奏效。

机组的安装工作必须在 5 级风以下进行，最好是风速在 5 ~ 8m/s 之间，这样既比较安全又能及时了解安装后机组的运行情况。安装完毕后，必须观察机组在各风速下的运行情况。主要是起动时风速大小，在额定风速下是否达到额定功率，机组在运行中的振动情况如何等。

一般质量正常的风力发电机应能达到说明书中的技术指标。如果各数据与说明书中的规定有较大差异，首先应检查叶片的安装是否正确，因为叶片的安装位置正确与否直接影响机组的大部分技术参数。如果各部件均安装正确，则可与制造厂家联系，以进一步检查机组的制造质量。

若机组在运行中出现强烈振动，可以适当调整拉索的松紧度。一般希望振动出现在低风速情况下，即出现在 5m/s 左右的风速时。在风速较大时希望机组能平稳运转，放松拉索可改变机组的固有频率，否则在强烈振动下运行的机组很容易损坏。

（3）电气控制箱及蓄电池的安装

电气控制箱及蓄电池的安装与当地的地形、使用者到风力发电机的距离以及风力发电机的电压等级有直接关系。一般对于输出电压为 24V、12V 的机组，希望电气控制箱及蓄电池装在离机组 5m 的距离之内，因为距离太长会造成线路压降太大，影响使用。因此，选择机组时必须注意风力发电机的电压等级。例如海岛上居民都居住在无风的山下，而风力发电机必须安装在有风的山顶，两者距离常有 300 ~ 500m，选用 24V 电压的机组就有困难，而选用 110V 或 220V 电压的机组则比较合适。

3. 使用与维护

（1）小型风力发电机的使用与维护

风力发电设备暴露在大自然中，终日受到风吹日晒雨淋，设备的外面虽然有一定的防护层，但仍然不能抵御长期的自然侵袭，仍必须定期加以清理。

机组旋转部分的轴承的润滑油在暴晒下容易干涸，因此也要定期加油，以保证运转部分的磨损和阻力减少，使得机组能够正常工作。

在定期检查中对一些紧固件，如螺栓、螺母、法兰、螺钉等均应给予注意，发现松动、移位、腐蚀等应及时调整和更换，以免造成更大的事故。

检查中还要注意基础的情况，尤其是拉线基础。当出现基础松动的情况时，应予以加固。特别是在大风到来之前，更应着重检查。

（2）电气控制器及其线路的检查与维护

风力发电机发出的交流电是通过电气控制器变为直流，并经过其内部的保护送到蓄电池，使蓄电池得以充电，同时用电器具也通过电气控制器得到稳定的直流电压。因此，从发电机到电气控制器，再到蓄电池这一线路，是必须加强维护的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

由于一般机组的寿命往往比较长，而其他电气元件、线路的寿命往往比较短，因此对电气控制器及其线路必须经常检查。最好备有一定数量的备品，作维护时更换旧件之用。

（3）蓄电池的维护

蓄电池是风力发电机组中投资比较大的部件，它仅次于风力发电机本身，但它的寿命又远小于风力发电机。因此，在风力发电机组寿命期限内，蓄电池要更换几次，蓄电池投资数的总和要大于风力发电机的购置费用，这也是构成发电成本增加的重要因素。为尽量延长蓄电池的寿命，平时维护应注意以下几点：①适当充放电；②经常检查电解液密度；③保持蓄电池通风；④尽力避免在高温和低温下使用。

3.5　太阳能光伏发电设备

1. 太阳能光伏发电系统的基本构成

太阳能光伏发电系统主要由太阳电池阵列、功率调节器（包含逆变器和并网保护装置等）、蓄电池（根据情况可不用）、负载以及控制保护装置等构成。

太阳能光伏发电系统的装置在实际应用时会根据系统的种类和用途而有所不同。图3-7为住宅用并网型太阳能光伏发电系统，太阳电池产生直流电，直流电通过功率调节器转换为交流电后并入电网，可以与电力公司提供的交流电一起使用。

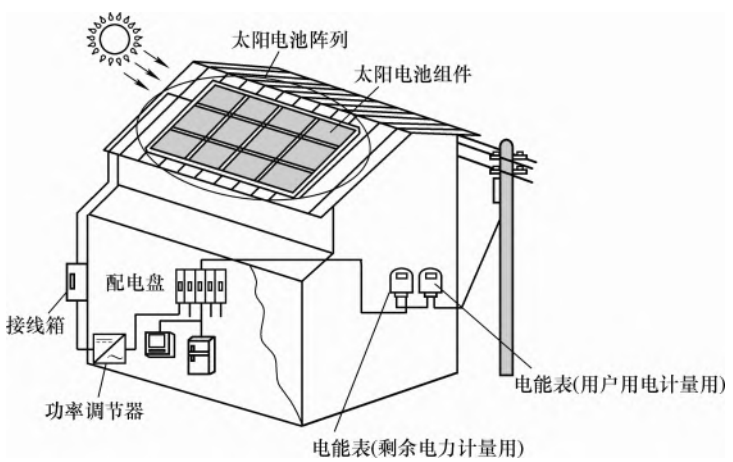


图3-7　住宅用太阳能光伏发电系统

2. 太阳能光伏发电系统的主要类型

太阳能光伏发电系统根据应用领域可分为住宅用、公共设施用以及产业设施用等三种类型。住宅用太阳能光伏发电系统可以用于一家一户，也可以用于集合住宅以及由许多集合住宅构成的小区等；公共设施用太阳能光伏发电系统主要用于学校、道路、广场以及其他公用设施；产业设施用太阳能光伏发电系统主要用于工厂、营业所以及加油站等设施。

太阳能光伏发电系统根据其是否与电力系统并网可分为独立型和并网型，再根据负载的形式（直流、交流），蓄电池的有无等还可以分为多种多样的类型。

光伏发电系统的分类及其具体应用见表3-29。

3. 太阳电池的基本结构

太阳电池是太阳能光伏发电的基础和核心，是一种利用光生伏打效应把光能转变为电能的器件，故又称为光伏电池（或光伏器件）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-29 太阳能光伏发电系统的分类及用途

类 型	分 类	具体应用实例
独立光伏发电系统	无蓄电池的直流光伏发电系统	直流光伏水泵、充电器、太阳能风扇帽
	有蓄电池的直流光伏发电系统	太阳能手电筒、太阳电池手机充电器，太阳能草坪灯、庭院灯、路灯、交通标志灯、杀虫灯、航标灯，直流户用系统、高速公路监控系统，无电地区微波中继站、移动通信基站，农村小型发电站，石油管道阴极保护等
	交流及交、直流混合光伏发电系统	交流太阳能户用系统，无电地区小型发电站，有交流设备的微波中继站，移动通信基站，气象、水文、环境检测站等
	市电互补型光伏发电系统	城市太阳能路灯改造、电网覆盖地区一般住宅光伏电站
并网光伏发电系统	有逆流并网光伏发电系统	一般住宅、建筑物、光伏建筑一体化
	无逆流并网光伏发电系统	一般住宅、建筑物、光伏建筑一体化
	切换型并网光伏发电系统	一般住宅、重要及应急负载、建筑物、光伏建筑一体化
	有储能装置的并网光伏发电系统	一般住宅、重要及应急负载、光伏建筑一体化、自然灾害避难所、高层建筑应急照明

（1）太阳电池单元

太阳电池由将太阳的光能转换成电能的最小单元，即太阳电池单元（又称为太阳电池单体）构成。

太阳电池单元一般由边长为 10 ~ 15cm 的板状硅片形成 PN 结半导体器件构成。因为太阳电池单元本身产生的电压约为 0.5V，所以除特殊情况外，太阳电池单元一般不单独使用。

（2）太阳电池组件及阵列

单独的太阳电池单元的发电量很小，所以使用时必须串联连接作为电池组件使用。

太阳电池组件由数十个太阳电池单元构成。把太阳电池组件内的太阳电池单元以适当的方式串、并联后，可以得到规定的电压和输出功率。

对太阳电池组件进行必要的组合，然后安装在房顶等处而构成的太阳电池全体称为太阳电池阵列（又称为太阳电池方阵）。太阳电池阵列由若干太阳电池组件经串、并联而组成的组件群以及支撑这些组件群的台架构成。

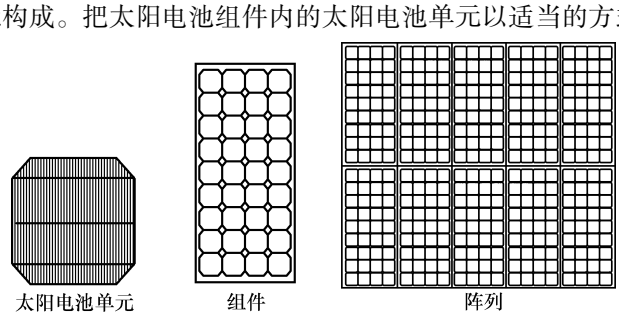


图 3-8 太阳电池阵列的构成

在图 3-8 中示出了太阳电池单元、太阳电池组件及太阳电池阵列之间的关系。

3.5.1 太阳电池技术数据（见表 3-30 ~ 表 3-33）

表 3-30 单晶硅太阳电池技术数据

型 号	尺寸/mm	转换效率（%）	最大功率/W	最佳工作电压/mV	最佳工作电流/A	开路电压/mV	短路电流/A
STP103S-M/A	103 × 103，ϕ135	15.5	1.63	503	3.228	605	3.522
STP103S-M/A	103 × 103，ϕ135	15	1.57	500	3.14	600	3.443

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	尺寸/mm	转换效率（%）	最大功率/W	最佳工作电压/mV	最佳工作电流/A	开路电压/mV	短路电流/A
STP103S-M/B	103×103,ϕ135	14.5	1.52	495	3.071	598	3.367
STP103S-M/C	103×103,ϕ135	14	1.47	490	3	595	3.294
STP103S-M/D	103×103,ϕ135	13.5	1.42	485	2.928	592	3.220
STP103S-M/E	103×103,ϕ135	13	1.36	480	2.833	590	3.115
STP103S-M/F	103×103,ϕ135	12.5	1.31	475	2.758	585	3.047
STP103S-M/G	103×103,ϕ135	12	1.26	470	2.681	580	2.976

表 3-31　多晶硅太阳电池技术数据

型　　号	STPO75-12/B	STPO80-12/B	STPO85-12/B	型　　号	STPO75-12/B	STPO80-12/B	STPO85-12/B
开路电压/V	21.6	21.6	21.6	最佳工作电流/A	4.36	4.65	4.82
最佳工作电压/V	17.2	17.2	17.6	最大功率/W	75	80	85
短路电流/A	4.87	5	5	组件实际效率(%)	13.3	14	14.8

注：均为典型值。

表 3-32　太阳电池组件技术数据

型号 STP	峰值功率/W	最大工作电压/mV	最大工作电流/mA	开路电压/V	短路电流/A	型号 STP	峰值功率/W	最大工作电压/mV	最大工作电流/mA	开路电压/V	短路电流/A
150-12/A	150	34.4	4.36	43.2	4.87	010-12/H	10	16.8	0.59	21	0.66
		17.2	8.72	21.6	9.72	008-12/I	8	16.8	0.48	21	0.58
085-12/B	85	17.6	4.82	21.6	5	006-12/J	6	16.8	0.36	21	0.39
080-12/B	80	17.2	4.65	21.6	5	005-12/J	5	16.8	0.3	21	0.39
075-12/B	75	17.2	4.36	21.6	4.87	004-12/K	4	8.5	0.47	10.5	0.58
043-12/C	43	17.6	2.44	21.5	2.5	002-12/L	2	8.5	0.24	10.5	0.33
040-12/C	40	17.2	2.33	21.5	2.5	060-12/M	60	17.8	3.37	22	3.6
037-12/C	37	17.2	2.15	21.5	2.5	055-12/M	55	17.6	3.12	21.6	3.2
034-12/C	34	17.2	1.97	21.5	2.4	050-12/M	50	17.2	2.9	21.6	3.2
026-12/D	26	16.8	1.55	21	1.61	045-12/M	45	17.2	2.62	21.6	3.2
024-12/D	24	16.8	1.43	21	1.61	026-12/N	26	16.8	1.55	21	1.59
022-12/D	22	16.8	1.31	21	1.61	024-12/N	24	16.8	1.43	21	1.59
020-12/E	20	16.8	1.19	21	1.21	022-12/N	22	16.8	1.3	21	1.59
018-12/E	18	16.8	1.07	21	1.21	020-12/N	20	16.8	1.19	21	1.5
016-12/E	16	16.8	0.95	21	1.21	012-12/O	12	16.8	0.72	21	0.8
014-12/F	14	16.8	0.83	21	0.97	010-12/O	10	16.8	0.6	21	0.8
012-12/G	12	16.8	0.71	21	0.81	005-12/P	5	16.8	0.3	21	0.4

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-33 太阳电池组件规格尺寸与技术数据

组件规格	电池片尺寸/mm	峰值功率/W	峰值电压 V_m/V	峰值电流 I_m/A	开路电压 V_{oc}/V	短路电流 I_{sc}/A	重量/kg	组件尺寸/mm			固定孔距/mm			固定孔		电池片排列
								长	宽	厚	*A*	*B*	*C*	直径/mm	数量/个	
5W	125×125	5	17.5	0.29	21	0.33	0.75	280	160	18	190	138	—	6	4	4×9
10W	156×156	10	17.5	0.57	21	0.67	1.40	344	294	28	230	260	—	6	4	4×9
10W	125×125	10	17.5	0.57	21	0.67	1.50	440	285	28	290	251	—	6	4	4×9
15W	125×125	15	17.5	0.85	21	1.00	1.70	455	305	28	300	271	—	6	4	4×9
20W	156×156	20	17.5	1.15	21	1.35	2.40	491	369	28	330	335	—	6	4	4×9
20W	125×125	20	17.5	1.15	21	1.35	2.40	635	295	28	420	261	—	6	4	4×9
30W	125×125	30	17.5	1.70	21	1.93	3.10	555	455	28	370	421	—	7	4	4×9
40W	125×125	40	17.3	2.31	21	2.53	4.50	600	541	28	400	510	—	7	4	4×9
50W	125×125	50	17.3	2.93	21	3.18	5.20	760	541	28	500	510	—	7	4	4×9
60W	125×125	60	17.3	3.51	21	3.82	5.90	900	541	28	600	510	—	7	4	4×9
70W	156×156	70	17.2	4.12	21	4.53	7.50	750	660	35	500	620	250	7	6	4×9
70W	125×125	70	17.2	4.12	21	4.53	7.50	1055	550	35	700	510	350	7	6	4×9
75W	125×125	75	17.2	4.31	21	4.72	7.50	1200	550	35	800	510	400	7	6	4×9
80W	125×125	80	17.2	4.61	21	4.91	7.50	1200	550	35	800	510	400	7	6	4×9
85W	125×125	85	17.2	4.86	21	5.36	7.50	1200	550	35	800	510	400	7	6	4×9
85W	156×156	85	17.2	4.86	21	5.36	7.50	1075	685	35	720	645	360	7	6	4×9
90W	125×125	90	17.2	5.23	21	5.86	9.50	905	800	35	600	760	300	7	6	6×6
100W	156×156	100	17.2	5.81	21.2	6.74	10.0	1485	665	35	1000	625	500	9	6	4×9
110W	156×156	110	17.2	6.31	21.2	7.32	10.0	1485	665	35	1000	625	500	9	6	4×9
120W	156×156	120	17.2	6.86	21.2	7.95	10.0	1485	665	35	1000	625	500	9	6	4×9
130W	125×125	130	17.2	7.43	21.2	8.21	13.5	1200	808	35	800	768	400	9	6	6×9
160W	125×125	160	34.5	4.65	42	5.04	15.0	1580	808	35/40	1200	768	600	9	6	6×12
170W	125×125	170	34.5	4.84	42	5.25	15.0	1580	808	35/40	1200	768	600	9	6	6×12
180W	125×125	180	34.5	5.29	42	5.65	15.0	1580	808	35/40	1200	768	600	9	6	6×12
180W	156×156	180	25.8	6.98	32.4	7.70	16.20	1485	990	35/40	1000	950	500	9	6	6×9
190W	156×156	190	25.8	7.28	32.4	7.85	16.20	1485	990	35/40	1000	950	500	9	6	6×9
200W	156×156	200	25.8	7.66	32.4	8.10	16.20	1485	990	35/40	1000	950	500	9	6	6×9

注：1. 电池组件参数标准测试条件：幅照度为 1000W/m^2，组件温度为 25°C，AM 为 1.5。

2. 组件型号由各生产厂商自行命名，没有统一的命名方法。型号中一般包括厂商拼音字头简称、组件功率、规格尺寸、硅片材料等内容。因此本表中无法具体体现组件的型号，只根据组件规格进行区分。

3. 不同生产厂家的组件固定孔距将略有差异。

4. 太阳电池组件规格尺寸及固定孔孔距示意图如图 3-9 所示，不同生产厂家的组件固定孔距将略有差异。

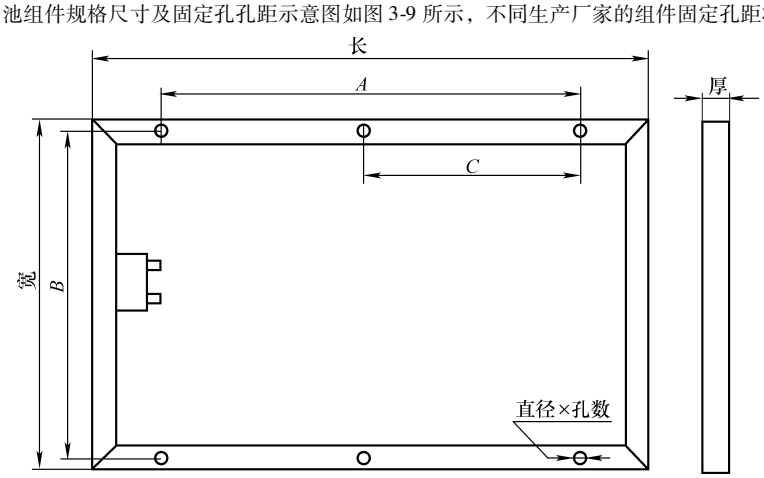


图 3-9 太阳能电池组件规格尺寸及固定孔孔距示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.5.2　光伏应用系统的设备配置和技术数据（见表3-34～表3-36）

表3-34　太阳能直流照明系统的设备配置和技术数据

设　备	型　号	技术参数	数　量	设　备	型　号	技术参数	数　量
太阳电池组件	S-50D	17V/2.95A/50Wp	1	阀控密封铅酸蓄电池	6GFM-65	12V/65A·h	1
支架	SS-50-1.5	高1～5m	1	直流节能灯	DC12-9	12V/9W	3(1只备用)
				充电控制器	JK-12/5	12V/5A	1

表3-35　太阳能路灯系统的设备配置和技术数据

项　目	太阳能路灯	太阳能庭院灯	项　目	太阳能路灯	太阳能庭院灯
太阳电池组件	140～160Wp	70～80Wp	照明器	35W高压钠灯或金卤灯	18W节能灯
蓄电池	24V/(80～100A·h)	12V/(80～100A·h)	灯杆	6～8m	4～5m
控制器	24V/10A	12V/10A	每日工作时间	8h	8h

表3-36　交流太阳能户用电源的设备配置和技术数据

设　备	型　号	技术参数	数　量	设　备	型　号	技术参数	数　量
太阳电池组件	S-50D	17V/2.95A/50Wp	2	逆变器	SQ12-100	12V/100V·A	1
支架	SS-100-1.5	高1～5m	1	交流节能灯	AC-9W	220V/9W	3(1只备用)
阀控密封铅酸蓄电池	6GFM-65	12V/65A·h	2	充电控制器	JK-12/10	12V/10A	1

3.5.3　太阳能光伏发电系统的安装、使用与维护

1. 安装

太阳能光伏发电系统的安装包括太阳电池阵列的安装、电气设备的安装、配线以及接地等。

太阳电池的安装方式根据太阳电池的设置场所的不同，主要有柱上安装方式、地上安装方式、建筑物屋上安装方式以及壁面安装方式等。

（1）太阳电池阵列在屋顶上的安装方法

1）屋顶安装的方式与特点

对于住宅用太阳能光伏发电系统，太阳电池在屋顶上的安装方式有两种：一种是在屋顶已有的瓦或金属屋顶上固定台架，然后在其上安装太阳电池，称为屋顶安装型（或称为屋顶直接放置型）；另一种是将建材一体型太阳电池组件直接安装在屋顶上，称为建材一体型（或称为屋顶建材型）。其中屋顶安装又分为整体式、直接式、间隙式以及架子式等四种型式。

2）屋顶安装注意事项

①屋顶作为安装太阳电池的场所，要有荷重（自重、积雪、风压等）的承受能力。

②支架、支撑金属件和其他的安装材料，须由能在室外长期使用的耐用材料构成。在有盐雾的区域安装时，应采取必要的措施。

③对于屋顶构造材料和支撑金属件的结合部位进行防水处理，确保住宅屋顶的防水性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④从太阳电池组件到室内的配线性能及保护方法，必须满足电气设备技术规定。

（2）太阳电池阵列在地面或平屋顶上的安装方法

太阳电池阵列的支架，通常由从钢筋混凝土基础中伸出的钢制热浸镀锌地脚螺栓或不锈钢地脚螺栓固定。

直接基础是一种构造简单、价格低廉的施工方法，常用于地基比较硬的地面。直接基础由于形式不同，又分为独立底座基础和复合底座基础。

在房屋屋顶上采用混凝土基础的场合，将房屋的防水层揭开一部分，剥掉混凝土表面，在其钢筋上把阵列用的混凝土座的钢筋焊接在一起。若不能焊接钢筋时，为了借助混凝土的附着力和自重对抗风压，应使混凝土底座表面凹凸不平，以使其附着力加大。然后，用防水填充剂进行二次防水处理。

如果上述方法不能实施时，可制作重量大的热浸镀锌的钢骨架，然后再在钢骨架上固定阵列支架。将钢骨架用螺栓连接在房上周围突出的压檐墙上，目的是风压不致使阵列及钢骨架移动，起辅助强化作用。

2. 使用与维护

（1）太阳能光伏发电系统的检查

太阳能光伏发电系统的检查可分成系统安装完成时的检查、日常检查以及定期检查三种。

1）系统安装完成时的检查：太阳能光伏发电系统安装结束后，应对系统进行全面的检查。检查内容除外观检查外，还应对太阳电池阵列的开路电压、各部分的绝缘电阻及接地电阻等进行测量。进行检查和测量时，应将检查结果和测量结果记录下来，为以后的日常检查和定期检查提供参考。

2）日常检查：日常检查主要是外观检查，一般一个月进行一次检查。日常检查项目见表3-37。在检查时，如果发现有异常现象应尽快与有关部门联系，以便尽早解决问题。

3）定期检查：定期检查一般一年进行一次，在一般家庭中安装的小型太阳能光伏发电系统可根据实际需要自主决定定期检查时间和检查项目。若发现异常应及时向生产厂家和专业技术人员咨询。

表3-37 日常检查项目

检查对象	外观检查
太阳能电池阵列	1）表面有无污物、破损 2）支架是否腐蚀、生锈 3）外部布线是否破损
接线箱	1）外壳是否腐蚀、生锈 2）外部布线是否损伤
功率调节器（包括逆变器、并网系统保护装置、绝缘变压器）	1）外壳是否腐蚀、生锈 2）外部布线有无损伤 3）工作时声音是否正常，有无异味产生 4）换气口过滤网（有的场合）是否堵塞（必要时进行清洗） 5）安装环境（是否有水、高温）
接地	布线是否损伤
发电状况	通过显示装置了解是否正常发电

（2）太阳能光伏发电系统的使用与维护

1）太阳电池阵列应放置在周围没有高大建筑物、树木、电杆等遮挡太阳光的地方，以便于太阳光的接收。

2）应随季节的变化调整太阳电池阵列与地面的夹角，以便太阳电池阵列更充分地接收太阳光。

3）太阳电池阵列在安装和使用中，都要轻拿轻放，严禁碰撞、敲击，以免损坏封装玻璃，影响性能，缩短寿命。

4）遇有大风、暴雨、冰雹、大雪、地震等情况，应采取措施，对太阳电池阵列加以防护，以免遭受损坏。

5）应保持太阳电池阵列采光面的清洁，如有尘土，应先用清水冲洗，然后再用干净的纱布

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

将水迹轻轻地擦干，切勿用硬物或腐蚀性溶剂冲洗，擦拭。

6）太阳电池阵列的引出线带有电源“+”“-”极性的标志，使用时应加以注意，切勿接反。

7）太阳电池阵列与蓄电池匹配使用时，太阳电池阵列应串联逆流防止二极管，然后再与蓄电池连接。

8）与太阳电池匹配使用的蓄电池，应严格按照蓄电池的使用与维护方法使用。

9）带有向日跟踪装置的太阳电池方阵，应经常检查维护跟踪装置，以保证其正常工作。

10）应定期进行日常检查和定期检查，如发现问题，应及时加以解决，以确保系统不间断地正常供电。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 4 章　交流电动机

4.1　概述

1. 分类及特点

交流电动机的种类很多，分类方法也很多，简单的分类、特点及用途见表 4-1。

表 4-1　交流电动机的分类、特点及用途

名　　称	特点及用途
异步电动机	异步电动机带负载运行时的转速与所接电源频率之比不是恒定值。普通异步电动机的定子绕组接交流电源，转子绕组不需与其他电源连接。因此，其具有结构简单、制造方便、坚固耐用、成本较低、效率较高和运行可靠等优点，所以其在工农业生产和人们的日常生活中得到了广泛应用。但是异步电动机要从电网吸取滞后电流，使电网的功率因数变坏
同步电动机	同步电动机的转速不随负载的变化而改变，其功率因数是可以调节的，因此，广泛地用以拖动大容量恒定转速的机械负载。但是同步电动机的结构复杂，需要直流励磁、造价高、运行维护较麻烦
交流换向器电动机	单相串励换向器电动机（简称单相串励电动机）是一种交直流两用的有换向器的电动机，它被广泛用于电动工具、牵引机车等；三相并励换向器电动机是一种能均匀调节转速的电动机，由于它具有调节范围广、速度调节平滑、起动性能好、功率因数高等优点，所以在纺织、造纸、印刷等工业中得到应用。但是由于上述两种电动机有换向器，所以结构复杂、维护困难

2. 电动机的工作制

电动机的工作制（又称工作方式或工作定额）是指电动机在额定值条件下运行时，允许连续运行的时间，即电动机的工作方式。

工作制是对电动机各种负载，包括空载、停机和断电，及其持续时间和先后次序情况的说明。根据电动机的运行情况，分为多种工作制。连续工作制、短时工作制和断续周期工作制是基本的三种工作制，是用户选择电动机的重要指标之一。

1）连续工作制。其代号为 S1，是指该电动机在铭牌规定的额定值下，能够长时间连续运行。适用于风机、水泵、机床的主轴、纺织机、造纸机等很多连续工作方式的生产机械。

2）短时工作制。其代号为 S2，是指该电动机在铭牌规定的额定值下，能在限定的时间内短时运行。我国规定的短时工作的标准时间有 15min、30min、60min、90min 四种。适用于水闸闸门启闭机等短时工作方式的设备。

3）断续周期工作制。其代号为 S3，是指该电动机在铭牌规定的额定值下，只能断续周期性地运行。按国家标准规定每个工作与停歇的周期 $t_z = t_g + t_o \leqslant 10\text{min}$。每个周期内工作时间占的百分数称为负载持续率（又称暂载率），用 *FS*% 表示，计算公式为

$$FS\% = \frac{t_g}{t_g + t_o} \times 100\%$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中，t_g 为工作时间；t_o 为停歇时间。

我国规定的标准负载持续率有15%、25%、40%、60%四种。

断续周期工作制的电动机频繁起动、制动，其过载能力强、转动惯量小、机械强度高，适用于起重机械、电梯、自动机床等具有周期性断续工作方式的生产机械。

3. 电动机的绝缘等级与温升

电动机的绝缘等级（或温升）是指电动机绕组所采用的绝缘材料的耐热等级，它表明电动机所允许的最高工作温度。

绝缘等级是指电动机绕组采用的绝缘材料的耐热等级。电动机中常用的绝缘材料，按其耐热能力可分为A、E、B、F、H五种等级。每一绝缘等级的绝缘材料都有相应的极限允许工作温度（电动机绕组最热点的温度），见表4-2。电动机运行时，绕组最热点的温度不得超过表4-2中的规定。否则，会引起绝缘材料过快老化（表征绝缘老化的现象，除电气绝缘性能降低外，绝缘材料变脆、机械强度降低，在振动、冲击和湿热条件下出现裂纹、起皱、断裂、寿命大大降低），缩短电动机寿命；如果温度超过允许值很多，绝缘就会损坏，导致电动机烧毁。

表4-2　绝缘材料的耐热等级及极限工作温度

绝缘等级	A	E	B	F	H
极限工作温度/℃	105	120	130	155	180

电动机某部件的温度与周围介质温度（周围环境温度）之差，就称为该部件的温升。电动机在额定状态下长期运行而其温度达到稳定时，电动机各部件温升的允许极限值称为温升限度（又称温升限值）。国家标准对电动机的绕组、铁心、冷却介质、轴承、润滑油等部分的温升都规定了不同的限值。表4-3给出了适用于中小型电动机绕组温升的限值。

表4-3　中小型电动机绕组的温升限值　　（单位：℃）

绝缘等级	绝缘结构许用温度	环境温度	热点温差	温升限值（电阻法）
A	105	40	5	60
E	120	40	5	75
B	130	40	10	80
F	155	40	15	100
H	180	40	15	125

由表中数值可见，绕组的温升限值除了与各种绝缘等级的许用温度（即极限工作温度）有关外，还与环境温度、热点温差有关，表中各温度值与温升限值之间存在如下关系：

温升限值 = 许用温度 − 环境温度 − 热点温差

国家标准中规定 +40℃作为环境温度。所谓热点温差是指当电动机为额定负载时，绕组最热点的稳定温度与绕组平均温度（即测得的温度）之差。测量电动机绕组温度的基本方法有三种，即电阻法、温度计法和埋置检温计法。测量温度的方法不同，会造成测得的温度与被测部件中最热点温度之间的差别（即热点温差）也不同，而被测部件中最热点的温度才是判断电动机能否长期安全运行的关键。

4. 电动机的防护等级

电动机的外壳防护型式分两种。第一种，防止固体异物进入电动机内部及防止人体触及电机内的带电或运动部分的防护；第二种，防止水进入电动机内部程度的防护。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电动机外壳防护等级的标志由字母 IP 和两个数字表示。IP 后面的第一个数字代表第一种防护形式（防尘）的等级，见表 4-4；第二个数字代表第二种防护形式（防水）的等级，见表 4-5。数字越大，防护能力越强。

表 4-4 电动机的外壳按防止固体异物进入内部及防止人体触及内部的带电或运动部分划分的防护等级

防护等级	简　称	定　义
0	无防护	没有专门的防护
1	防止大于 50mm 的固体进入的电动机	能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内，能防止人体的某一大面积部分（如手）偶然或意外地触及壳内带电或运动部分，但不能防止有意识地接近这些部分
2	防止大于 12mm 的固体进入的电动机	能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内，能防止手指、长度不超过 80mm 物体触及或接近壳内带电或运动部分
3	防止大于 2.5mm 的固体进入的电动机	能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内，能防止厚度（或直径）大于 2.5mm 的工具、金属线等触及或接近壳内带电或转动部分
4	防止大于 1mm 的固体进入的电动机	能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内，能防止厚度（或直径）大于 1mm 的导线、金属条等触及或接近壳内带电或转动部分
5	防尘电动机	能防止触及或接近机内带电或转动部分。不能完全防止尘埃进入，但进入量不足以影响电动机的正常运行

表 4-5 电动机外壳按防止水进入内部程度的防护等级

防护等级	简　称	定　义
0	无防护电动机	没有专门的防护
1	防滴电动机	垂直的滴水应无有害影响
2	15°防滴电动机	与铅垂线成 15°角范围内的滴水，应无有害影响
3	防淋水电动机	与铅垂线成 60°角范围内的淋水，应无有害影响
4	防溅水电动机	任何方向的溅水应无有害的影响
5	防喷水电动机	任何方向的喷水应无有害的影响
6	防海浪电动机	猛烈的海浪或强力喷水应无有害的影响
7	防浸水电动机	在规定的压力和时间内浸在水中，进入水量应无有害的影响
8	潜水电动机	在规定的压力下长时间浸在水中，进入水量应无有害的影响

4.2 三相异步电动机

1. 用途与种类

（1）三相异步电动机用途

三相交流异步电动机，又称为三相交流感应电动机。由于三相异步电动机具有结构简单、制造容易、工作可靠、维护方便、价格低廉等优点，现已成为工农业生产中应用最广泛的一种电动

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

机。例如，在工业方面，它被广泛用于拖动各种机床、风机、水泵、压缩机、搅拌机、起重机等生产机械；在农业方面，它被广泛用于拖动排灌机械及脱粒机、碾米机、榨油机、粉碎机等各种农副产品加工机械。

（2）三相异步电动机的分类

为了适应各种机械设备的配套要求，三相异步电动机的系列、品种、规格繁多，其分类方法也很多。三相异步电动机的主要分类见表4-6。

表4-6　三相异步电动机分类

序号	分类因素	主要类别
1	输入电压	1）低压电动机（3000V以下）；2）高压电动机（3000V以上）
2	轴中心高等级	1）微型电动机（<80mm）；2）小型电动机（80～315mm）；3）中型电动机（355～560mm）；4）大型电动机（≥630mm）
3	转子绕组型式	1）笼型转子电动机；2）绕线转子电动机
4	使用时的安装方式	1）卧式；2）立式
5	使用环境（防护功能）	1）封闭式；2）开启式；3）防爆型；4）化工腐蚀型；5）防湿热型；6）防盐雾型；7）防震型
6	用途	1）普通型；2）冶金及起重用；3）井用（潜油或水）；4）矿山用；5）化工用；6）电梯用；7）需隔爆的场合用；8）附加制动器型；9）可变速型；10）高起动转矩型；11）高转差率型

2. 基本结构

三相异步电动机主要由两大部分组成，一个是静止部分，称为定子；另一个是旋转部分，称为转子。转子装在定子腔内，为了保证转子能在定子内自由转动，定、转子之间必须有一定的间隙，称为气隙。此外，在定子两端还装有端盖等。笼型三相异步电动机的结构如图4-1所示，绕线转子三相异步电动机的结构如图4-2所示。

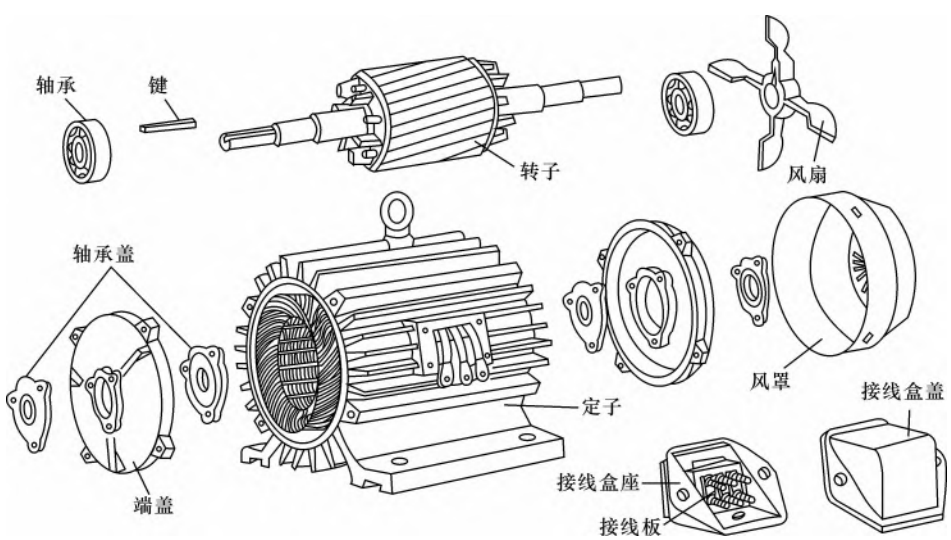


图4-1　笼型三相异步电动机的结构

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

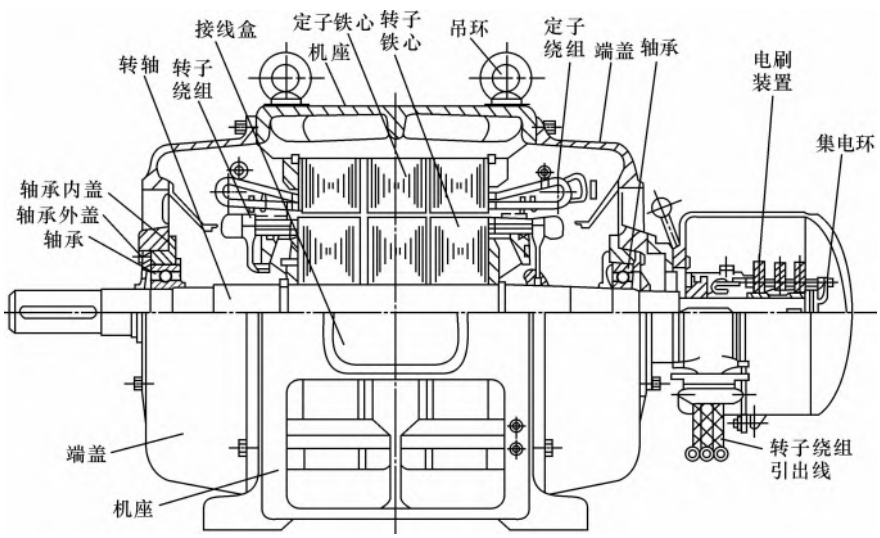
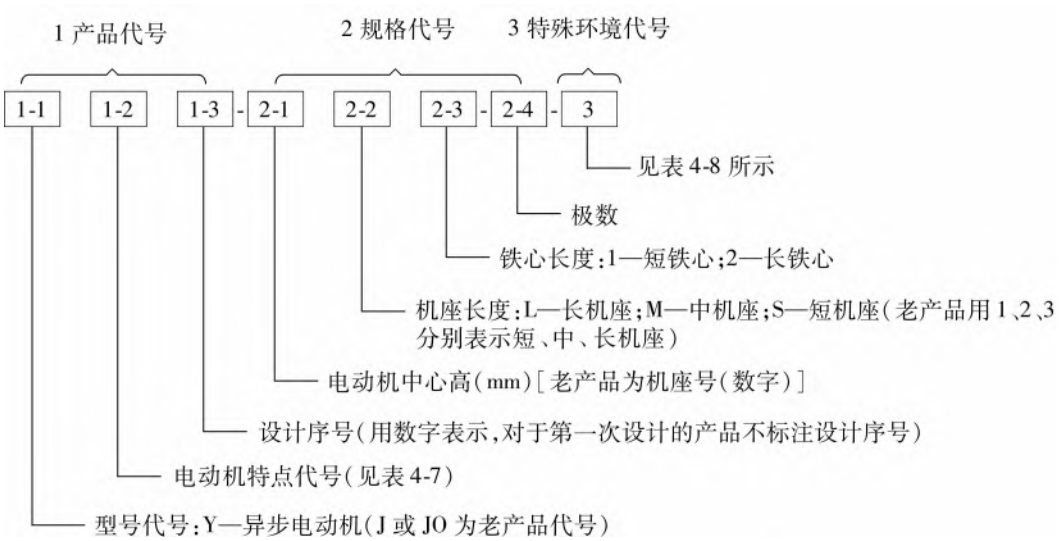


图 4-2 绕线转子三相异步电动机的结构

3. 型号含义

国产三相异步电动机的型号一律采用大写印刷体的汉语拼音字母和阿拉伯数字来表示。三相异步电动机的型号一般由三部分组成，排列顺序及含义如下：



注：大型异步电动机的规格代号由功率（kW）-极数/定子铁心外径（mm）三个小节组成。

表 4-7 常用异步电动机的主要型号、特点和用途

名 称	型 号		型号的汉字意义	结构特点	用 途
	新型号	旧型号			
异步电动机	Y	J2、JO2 J3、JO3 JK、JS、JL JQ、JQO JQ2	异	铸铁外壳，小机座有散热筋，大机座采用管道通风，铸铝笼型转子，大机座用双笼型转子，有防护式和封闭式	用于一般机器与设备上，如拖动水泵、鼓风机、机床等

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　称	型　号		型号的汉字意义	结构特点	用　途
	新型号	旧型号			
绕线转子异步电动机	YR	JR JRO	异绕	有防护式和封闭式，铸铁外壳，绕线转子	用于电源容量不足以起动笼型电动机及要求起动电流小，起动转矩高等场合
高起动转矩异步电动机	YQ	JQ JQO JGO	异起	同Y型，转子采用双笼或深槽，起动转矩大	用于起动静止负载或惯性较大的负载机械。如压缩机、粉碎机等
高转差率异步电动机	YH	JH JHO	异滑	结构同Y型，转子一般采用铝合金浇铸	用于传动较大飞轮力矩和不均匀冲击负载的金属加工机械。如锤击机、剪切机、冲压机、压缩机、绞车等
多速异步电动机	YD	JD JDO	异多	结构同Y型，以改变极对数得到多种转速，引出线为6～12根	同Y型，使用于要求有2～4种转速的机械
精密机床用异步电动机	YJ	JJO	异精	结构同Y型，转子精密平衡，采用低噪声轴承及槽配合	同Y型，使用于要求振动小、噪声低的精密机床
制动异步电动机（旁磁式）	YEP	JZD	异（制）旁	定子同Y型，转子有旁磁路结构	用于要求快速制动的机械，如电动葫芦、卷扬机、起重机、电动阀等机械
制动异步电动机（杠杆式）	YEG	JZD	异（制）杠	定子同Y型，转子上带杠杆式制动机构	
制动异步电动机（附加制动器）	YEJ	JZD	异（制）加	定子同Y型，转子非出轴端带有制动器	
锥型转子制动异步电动机	YEZ	JZZ	异（制）锥	定、转子均采用锥型结构，防护式或封闭式，铸铁外壳上有散热，自扇吹冷	
电磁调速异步电动机	YCT	JZT	异磁调	封闭式异步电动机与电磁转差离合器组成	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械上
换向器式调速异步电动机	YHT	JZS	异换调	防护式，铸铁外壳，手动及电动遥控调速两种，有换向器转子	同上，但效率与功率因数比YCT高
齿轮减速异步电动机	YCJ	JTC	异齿减	由封闭式异步电动机与两级圆柱齿轮减速箱合成一整体	用于要求低速、大转矩的机械，如运输机械、矿山机械、炼钢机械、造纸机械及其他要求低转速的机械
摆线针轮减速异步电动机	YXJ	JXJ	异线减	由封闭式异步电动机与摆线针轮减速器组成	同YCJ型
力矩异步电动机	YLJ	JLJ	异力矩	强迫通风式铸铁外壳，笼型转子导条采用高电阻材料	用于纺织、印染、造纸、电线电缆、橡胶、冶金等具有软特性及恒转矩的机械上
起重冶金用异步电动机	YZ	JZ	异重	封闭式，铸铁外壳上有散热，自扇吹冷，笼型钢条转子	用于起重机械及冶金辅助机械

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　称	型　号		型号的汉字意义	结构特点	用　途
	新型号	旧型号			
起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	JZR	异重绕	同上，转子为绕线转子	同 YZ 型
隔爆型异步电动机	YB	JB JBS	异爆	防爆式，钢板外壳，铸铝转子，小机座上有散热筋	用于有爆炸性气体的场合
电动阀门用异步电动机	YDF		异电阀	同 Y 型	用于起动转矩与最大转矩高的场合，如电动阀门
化工防腐用异步电动机	Y-F	JO-F JO2-F	异—腐	结构同 Y 型，采取密封及防腐措施	用于化肥、氯碱系统等化工厂的腐蚀环境中
船用异步电动机	Y-H	JO2-H	异船	结构同 Y 型，机座由钢板焊成或由高强度具有韧性铸铁制成	用于船舰上
井用（充水式）潜水异步电动机	YQS	JQS	异潜泵	由水泵、电机及整体密封盒等三大部分组成	用于农业排灌及消防等场合

表 4-8　特殊环境及代号

特殊环境条件	高原用	船用	户外用	化工防腐用	热带用	湿热带用	干热带用
代号	G	H	W	F	T	TH	TA

三相异步电动机的型号示例：

Y-100L2-4 为三相异步电动机，中心高为 100mm、长机座、2 号铁心长、4 极。

Y2-132S-6 为三相异步电动机，第二次系列设计、中心高为 132mm、短机座、6 极。

YZR630-10/1180 为大型起重冶金用绕线型异步电动机，功率为 630kW、10 极、定子铁心外径为 1180mm。

J2-61-2 为防护式三相异步电动机，第二次系列设计、6 号机座、1 号铁心长、2 极。

JO2-32-4 为封闭式三相异步电动机，第二次系列设计、3 号机座、2 号铁心长、4 极。

4. 三相异步电动机的额定值

在电动机铭牌上标明了由制造厂规定的表征电动机正常运行状态的各种数值，如功率、电压、电流、频率、转速等，称为额定值（额定参数）。异步电动机按额定参数和规定的工作制运行，称为额定运行。它们是正确使用、检查和维修电动机的主要依据。图 4-3 为一台三相异步电动机的铭牌实例，其中各项内容的含义如下：

三相异步电动机			
型号：　Y132S-4			出厂编号：
功率：5.5kW		电流：11.6A	
电压：380V	转速：1440r/min		噪声：Lw78dB
接法：△	防护等级：IP44	频率：50Hz	重量：68kg
标准编号：	工作制：S1	绝缘等级：B 级	年　月
× × 电机厂			

图 4-3　三相异步电动机的铭牌

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）型号：型号是表示电动机的类型、结构、规格及性能等的代号。

2）额定功率：异步电动机的额定功率，又称额定容量，指电动机在铭牌规定的额定运行状态下工作时，从转轴上输出的机械功率（W 或 kW）。

3）额定电压：指电动机在额定运行状态下，定子绕组应接的线电压（V 或 kV）。如果铭牌上标有两个电压值，表示定子绕组在两种不同接法时的线电压。例如，电压 220/380，接法△/Y，表示若电源线电压为 220V 时，三相定子绕组应接成三角形，若电源线电压为 380V 时，定子绕组应接成星形。

4）额定电流：指电动机在额定运行状态下工作时，定子绕组的线电流（A）。如果铭牌上标有两个电流值，表示定子绕组在两种不同接法时的线电流。

5）额定频率：指电动机所使用的交流电源频率（Hz）。我国规定电力系统的工作频率为 50Hz。

6）额定转速：指电动机在额定运行状态下工作时，转子每分钟的转数（r/min）。一般异步电动机的额定转速比旋转磁场转速（同步转速 n_s）低 2% ~5%，故从额定转速也可知道电动机的极数和同步转速。电动机在运行中的转速与负载有关。空载时，转速略高于额定转速；过载时，转速略低于额定转速。

7）接法：接法是指电动机在额定电压下，三相定子绕组 6 个首末端头的连接方法，常用的有星形（Y）和三角形（△）联结两种。

8）工作制（或定额）：指电动机在额定值条件下运行时，允许连续运行的时间，即电动机的工作方式。

9）绝缘等级（或温升）：指电动机绕组所采用的绝缘材料的耐热等级，它表明电动机所允许的最高工作温度。

10）防护等级：电机外壳防护等级的标志由字母 IP 和两个数字表示。IP 后面的第一个数字代表第一种防护形式（防尘）的等级；第二个数字代表第二种防护形式（防水）的等级。数字越大，防护能力越强。

5. 三相异步电动机的接法

三相异步电动机的接法是指电动机在额定电压下，三相定子绕组 6 个首末端头的连接方法，常用的有星形（Y）和三角形（△）联结两种。

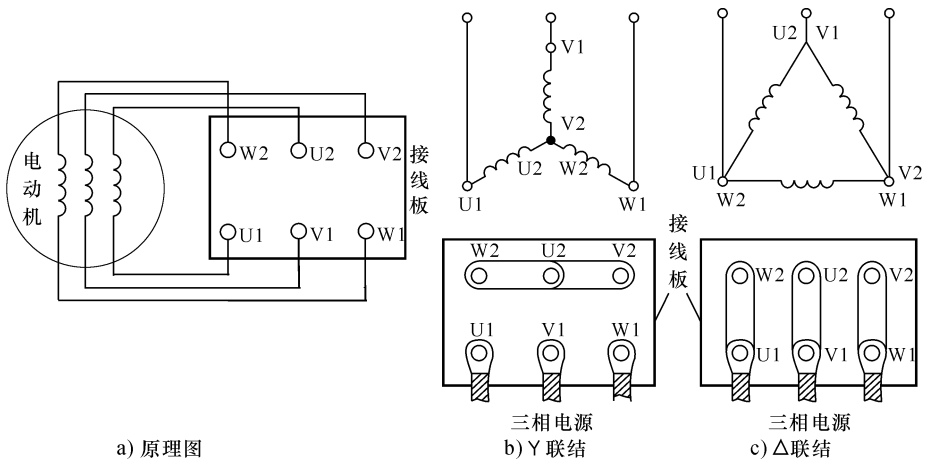
三相定子绕组每相都有两个引出线头，一个称为首端，另一个称为末端。按国家标准规定，第一相绕组的首端用 U1 表示，末端用 U2 表示；第二相绕组的首端和末端分别用 V1 和 V2 表示；第三相绕组的首端和末端分别用 W1 和 W2 表示。这 6 个引出线头引入接线盒的接线柱上，接线柱标出对应的符号，如图 4-4 所示。

三相定子绕组的 6 根端头可将三相定子绕组接成星形（Y）或三角形（△）。星形联结是将三相绕组的末端连接在一起，即将 U2、V2、W2 接线柱用铜片连接在一起，而将三相绕组的首端 U1、V1、W1 分别接三相电源，如图 1-15b 所示。三角形联结是将第一相绕组的首端 U1 与第三相绕组的末端 W2 连接在一起，再接入一相电源；将第二相绕组的首端 V1 与第一相绕组的末端 U2 连接在一起，再接入第二相电源；将第三相绕组的首端 W1 与第二相绕组的末端 V2 连接在一起，再接入第三相电源。即在接线板上将接线柱 U1 和 W2、V1 和 U2、W1 和 V2 分别用铜片连接起来，再分别接入三相电源，如图 4-4c 所示。一台电动机是接成星形或是接成三角形，应视生产厂家的规定而进行，可从铭牌上查得。

三相定子绕组的首末端是生产厂家事先预定好的，绝不能任意颠倒，但可以将三相绕组的首末端一起颠倒，例如将 U2、V2、W2 作为首端，而将 U1、V1、W1 作为末端。但绝对不能单独将一相绕组的首末端颠倒，如将 U1、V2、W1 作为首端，将会产生接线错误。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



a) 原理图　b) Y联结　c) △联结

图 4-4　接线盒的接线方法

4.2.1　Y 系列（IP23）小型三相异步电动机技术数据（见表 4-9）

表 4-9　Y 系列（IP23）小型三相异步电动机（H160～208mm）技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	转速/(r/min)	电流(380V 时)/A	效率(%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	噪声/dB(A)	重量/kg
2 极　同步转速 3000r/min										
Y160M-2	15	2928	29.3	88	0.88	1.7	7.0	2.2	85	—
Y160L1-2	18.5	2929	35.2	89	0.89	1.8	7.0	2.2	85	—
Y160L2-2	22	2928	41.8	89.5	0.89	2.0	7.0	2.2	85	160
Y180M-2	30	2938	56.7	89.5	0.89	1.7	7.0	2.2	88	—
Y180L-2	37	2939	69.2	90.5	0.89	1.9	7.0	2.2	88	220
Y200M-2	45	2952	84.8	91	0.89	1.9	7.0	2.2	90	—
Y200L-2	55	2950	100.8	91.5	0.89	1.9	7.0	2.2	90	310
Y225M-2	75	2955	137.9	91.5	0.89	1.8	7.0	2.2	92	380
Y250S-2	90	9266	164.9	92	0.89	1.7	7.0	2.2	97	—
Y250M-2	110	2965	199.4	92.5	0.90	1.7	7.0	2.2	97	465
Y280M-2	132	2967	238	92.5	0.90	1.6	7.0	2.2	99	750
4 极　同步转速 1500r/min										
Y160M-4	11	1459	22.4	87.5	0.85	1.9	7.0	2.2	76	—
Y160L1-4	15	1458	29.9	88.0	0.86	2.0	7.0	2.2	80	—
Y160L2-4	18.5	1458	36.5	89.0	0.86	2.0	7.0	2.2	80	160
Y180M-4	22	1467	43.2	89.5	0.86	1.9	7.0	2.2	80	—
Y180L-4	30	1467	57.9	90.5	0.87	1.9	7.0	2.2	87	230
Y200M-4	37	1473	71.1	90.5	0.87	2.0	7.0	2.2	87	—
Y200L-4	45	1473	85.5	91.0	0.87	2.0	7.0	2.2	89	310
Y225M-4	55	1476	103.6	91.5	0.88	1.8	7.0	2.2	89	380
Y250S-4	75	1480	140.1	92.0	0.88	2.0	7.0	2.2	93	—
Y250M-4	90	1480	167.2	92.5	0.88	2.2	7.0	2.2	93	490
Y280S-4	110	1482	202.4	92.5	0.88	1.7	7.0	2.2	93	—
Y280M-4	132	1483	241.3	93.0	0.88	1.8	7.0	2.2	96	820

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	转速/(r/min)	电流(380V时)/A	效率(%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	噪声/dB(A)	重量/kg
6极　同步转速1000r/min										
Y160M-6	7.5	971	17.6	85.0	0.79	2.0	6.5	2.0	78	—
Y160L-6	11	971	23.9	86.5	0.78	2.0	6.5	2.0	78	150
Y180M-6	15	974	31.0	88.0	0.81	1.8	6.5	2.0	81	—
Y180L-6	18.5	975	37.8	88.5	0.83	1.8	6.5	2.0	81	215
Y200M-6	22	978	43.7	89.0	0.85	1.7	6.5	2.0	81	—
Y200L-6	30	975	58.6	89.5	0.85	1.7	6.5	2.0	84	295
Y225M-6	37	982	70.2	90.5	0.87	1.8	6.5	2.0	84	360
Y250S-6	45	983	862	91.0	0.86	1.8	6.5	2.0	87	—
Y250M-6	55	983	104.2	91.0	0.87	1.8	6.5	2.0	87	465
Y280S-6	75	986	104.8	91.5	0.87	1.8	6.5	2.0	90	—
Y280M-6	90	986	166.8	92.0	0.88	1.8	6.5	2.0	90	820
8极　同步转速750r/min										
Y160M-8	5.5	723	13.5	83.5	0.73	2.0	6.0	2.0	72	—
Y160L-8	7.5	723	18.0	85.0	0.73	2.0	6.0	2.0	75	150
Y180M-8	11	727	25.1	86.5	0.74	1.8	6.0	2.0	75	—
Y180L-8	15	726	34.0	87.5	0.76	1.8	6.0	2.0	83	215
Y200M-8	18.5	728	40.2	88.5	0.78	1.7	6.0	2.0	83	—
Y200L-8	22	729	47.7	89.0	0.78	1.8	6.0	2.0	83	295
Y225M-8	30	734	61.7	89.5	0.81	1.7	6.0	2.0	86	360
Y250S-8	37	735	76.3	90.0	0.80	1.6	6.0	2.0	86	—
Y250M-8	45	736	92.8	90.5	0.79	1.8	6.0	2.0	88	465
Y280S-8	55	740	112.4	91.0	0.80	1.8	6.0	2.0	88	—
Y280M-8	75	740	151.0	91.5	0.81	1.8	6.0	2.0	91	820

4.2.2　Y系列（IP44）小型三相异步电动机技术数据（见表4-10）

表4-10　Y系列（IP44）小型三相异步电动机（H80～315mm）技术数据（380V、50Hz）

型　　号	额定功率/kW	满　载　时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数					
同步转速3000r/min										
Y801-2	0.75	2830	1.81	75.0	0.84	6.5	2.2	2.3	0.00075	16
Y802-2	1.1		2.52	77.0	0.86	7.0			0.00090	17
Y90S-2	1.5	2840	3.44	78.0	0.85				0.0012	22
Y90L-2	2.2		4.74	80.5	0.86				0.0014	25
Y100L-2	3.0	2870	6.39	82.0	0.87				0.0029	33
Y112M-2	4.0	2890	8.17	85.5					0.0055	45
Y132S1-2	5.5	2900	11.1		0.88		2.0		0.0109	64
Y132S2-2	7.5		15.0	86.2					0.0126	70

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额定功率/kW	满载时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数					
同步转速 3000r/min										
Y160M1-2	11	2930	21.8	87.2	0.88	7.0	2.0	2.3	0.037	117
Y160M2-2	15		29.4	88.2					0.0449	125
Y160L-2	18.5		35.5	89.0	0.89			2.2	0.055	147
Y180M-2	22	2940	42.2						0.075	180
Y200L1-2	30	2950	56.9	90.0					0.124	240
Y200L2-2	37		69.8	90.5					0.139	255
同步转速 1500r/min										
Y801-4	0.55	1390	1.51	73	0.76	6.0	2.4	2.3	0.0018	17
Y802-4	0.75		2.01	74.5			2.3		0.0021	18
Y90S-4	1.1	1400	2.75	78	0.78	6.5			0.0021	22
Y90L-4	1.5		3.65	79	0.79				0.0027	27
Y100L1-4	2.2	1430	5.03	81	0.82	7.0	2.2		0.0054	34
Y100L2-4	3.0		6.82	82.5	0.81				0.0067	38
Y112M-4	4.0	1440	8.77	84.5	0.82				0.0095	43
Y132S-4	5.5		11.6	85.5	0.84				0.0214	68
Y132M-4	7.5		15.4	87	0.85				0.0296	81
Y160M-4	11	1460	22.6	88	0.84	7.0	2.2	2.3	0.0747	123
Y160L-4	15		30.3	88.5	0.85				0.0918	144
Y180M-4	18.5	1470	35.9	91	0.86		2.0	2.2	0.139	182
Y180L-4	22		42.5	91.5					0.158	190
Y200L-4	30		56.8	92.2	0.87				0.262	270
Y225S-4	37	1480	69.8	91.8			1.9		0.406	284
同步转速 1000r/min										
Y90S-6	0.75	910	2.3	72.5	0.70	6.0	2.0	2.0	0.0029	23
Y90L-6	1.1	910	3.2	73.5	0.72				0.0035	25
Y100L-6	1.5	940	4.0	77.5	0.74				0.0069	33
Y112M-6	2.2		5.6	80.5	0.74				0.0138	45
Y132S-6	3	960	7.2	83	0.76	6.5			0.0286	63
Y132M1-6	4		9.4	84	0.77				0.0357	73
Y132M2-6	5.5		12.6	85.3	0.78				0.0449	84
Y160M-6	7.5	970	17.0	86	0.78				0.0881	119
Y160L-6	11		24.6	87	0.78				0.116	147
Y180L-6	15		31.6	89.5	0.81				0.207	195
Y200L1-6	18.5		37.7	89.8	0.83		1.8		0.315	220
Y200L2-6	22		44.6	90.2	0.83				0.360	250

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	满　载　时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数					
同步转速750r/min										
Y132S-8	2.2	710	5.8	81.0	0.71	5.5	2.0	2.0	0.0314	63
Y132M-8	3		7.7	82.0	0.72				0.0395	79
Y160M1-8	4	720	9.9	84.0	0.73	6.0			0.0753	118
Y160M2-8	5.5		13.3	85.0	0.74	6.0			0.0931	119
Y160L-8	7.5		17.7	86.0	0.75	5.5			0.126	145
Y180L-8	11	730	25.1	86.5	0.77	6.0	1.7		0.203	184
Y200L-8	15		34.1	88.0	0.76		1.8		0.339	250

4.2.3　Y2系列（IP54）三相异步电动机技术数据（见表4-11）

表4-11　Y2系列（IP54）三相异步电动机（H63～355mm）技术数据（380V、50Hz）

型　　号	额定功率/kW	满　载　时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数					
同步转速3000r/min 2极										
Y2-631-2	0.18	2720	0.53	65.0	0.80	5.5	2.2	2.2	—	—
Y2-632-2	0.25		0.69	68.0	0.81					
Y2-711-2	0.37	2740	0.99	70.0	0.81	6.1	2.2	2.3	—	—
Y2-712-2	0.55		1.4	73.0	0.82					
Y2-801-2	0.75	2830	1.83	75.0	0.83	6.1	2.2	2.3	0.00075	16
Y2-802-2	1.1		2.55	77.0	0.84	7.0			0.00090	17
Y2-90S-2	1.5	2840	3.40	79.0					0.0012	22
Y2-90L-2	2.2		4.80	81.0	0.85				0.0014	25
Y2-100L-2	3.0	2870	6.31	83.0	0.87	7.5			0.0029	33
Y2-112M-2	4.0	2890	8.23	85.0	0.88				0.0055	45
Y2-132S1-2	5.5	2900	11.18	86.0					0.0109	64
Y2-132S2-2	7.5		15.06	87.0					0.0126	70
Y2-160M1-2	11	2930	21.35	88.0	0.89				0.0377	117
Y2-160M2-2	15		28.78	89.0					0.0449	125
Y2-160L-2	18.5		34.72	90.0	0.90				0.055	147
Y2-180M-2	22	2940	41.28	90.5			2.0		0.075	180
Y2-200L1-2	30	2950	55.37	91.2					0.124	240
同步转速1500r/min 4极										
Y2-631-4	0.12	1310	0.44	57.0	0.72	4.4	2.1	2.2	—	—
Y2-632-4	0.18		0.62	60.0	0.73				—	—
Y2-711-4	0.25	1330	0.79	65.0	0.74	5.2			—	—
Y2-712-4	0.37		1.12	67.0	0.75				—	—
Y2-801-4	0.55	1390	1.57	71.0	0.75	5.2	2.4	2.3	0.0018	17
Y2-802-4	0.75		2.03	73.0	0.77	6.0	2.3		0.0021	18
Y2-90S-4	1.1	1400	2.82	75.0		7.0			0.0021	22

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额定功率/kW	满载时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数					
同步转速1500r/min 4极										
Y2-90L-4	1.5	1400	3.7	78.0	0.79	7.0	2.3	2.3	0.0027	27
Y2-100L1-4	2.2	1430	5.16	80.0	0.81				0.0054	34
Y2-100L2-4	3.0		6.78	82.0	0.82				0.0067	38
Y2-112M-4	4.0	1440	8.83	84.0					0.0095	43
Y2-132S-4	5.5		11.7	85.0	0.83				0.0214	68
Y2-132M-4	7.5		15.6	87.0	0.84		2.2		0.0296	81
Y2-160M-4	11	1460	22.35	88.0	0.85	7.5			0.0747	123
Y2-160L-4	15		30.14	89.0					0.0918	144
Y2-180M-4	18.5	1470	36.47	90.5		7.2			0.139	182
Y2-180L-4	22		43.14	91.0					0.158	190
Y2-200L-4	30		57.63	92.0	0.86				0.262	270
同步转速1000r/min 6极										
Y2-711-6	0.18	850	0.74	56.0	0.66	4.0	1.9	2.0	—	—
Y2-712-6	0.25	850	0.95	59.0	0.68				—	—
Y2-801-6	0.37	890	1.3	62.0	0.70	4.7			0.00158	17
Y2-802-6	0.55		1.79	65.0	0.72			2.1	0.0021	19
Y2-90S-6	0.75	910	2.26	69.0	0.72	5.5	2.0		0.0029	23
Y2-90L-6	1.1		3.14	72.0	0.73				0.0035	25
Y2-100L-6	1.5	940	3.95	76.0	0.75				0.0069	33
Y2-112M-6	2.2		5.57	79.0	0.76	6.5			0.0138	45
Y2-132S-6	3.0	960	7.41	81.0			2.1		0.0286	63
Y2-132M1-6	4.0		9.64	82.0					0.0357	73
Y2-132M2-6	5.5		12.93	84.0	0.77				0.0449	84
Y2-160M-6	7.5	970	17.0	86.0	0.77		2.0		0.0881	119
Y2-160L-6	11		24.23	87.5	0.78				0.116	147
Y2-180L-6	15		31.63	89.0	0.81	7.0			0.207	195
Y2-200L1-6	18.5		38.1	90.0			2.1		0.315	220
Y2-200L2-6	22		44.52	90.0	0.83				0.360	250
同步转速750r/min 8极										
Y2-801-8	0.18	630	0.88	51.0	0.61	3.3	1.8	1.9	0.00158	17
Y2-802-8	0.25	640	1.15	54.0					0.0021	19
Y2-90S-8	0.37	660	1.49	62.0		4.0			0.0029	23
Y2-90L-8	0.55		2.18	63.0				2.0	0.0035	25
Y2-100L1-8	0.75	690	2.43	71.0	0.67				0.0069	33
Y2-100L2-8	1.1		3.42	73.0	0.69	5.0			0.0107	38
Y2-112M-8	1.5	680	4.47	75.0					0.0149	50
Y2-132S-8	2.2	710	6.04	78.0	0.71	6.0			0.0314	63
Y2-132M-8	3.0		7.9	79.0	0.73				0.0395	79
Y2-160M1-8	4.0	720	10.28	81.0	0.73		1.9		0.0753	118
Y2-160M2-8	5.5		13.61	83.0	0.74		2.0		0.0931	119
Y2-160L-8	7.5		17.88	85.5	0.75				0.126	145
Y2-180L-8	11	730	25.29	87.5	0.76	6.6			0.203	184
Y2-200L-8	15		34.09	88.0					0.339	250

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.2.4　YR系列（IP23）绕线转子三相异步电动机技术数据（见表4-12）

表4-12　YR系列（IP23）绕线转子三相异步电动机（H160～280mm）技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	满载时				最大转矩/额定转矩	转子电压/V	转子电流/A	噪声（声功率级）/dB（A）	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流380V/A	效率(%)	功率因数						
同步转速1500r/min											
YR160M-4	7.5	1421	16.0	84.0	0.84	2.8	260	19	83	0.099	
YR160L1-4	11	1434	22.6	86.5	0.85	2.8	275	26	83	0.122	
YR160L2-4	15	1444	30.2	87.0	0.85	2.8	260	37	85	0.149	
YR180M-4	18.5	1426	36.1	87.0	0.88	2.8	197	61	85	0.25	
YR180L-4	22	1434	42.5	88.0	0.88	3.0	232	61	85	0.273	
YR200M-4	30	1439	57.7	89.0	0.88	3.0	255	76	89	0.455	
YR200L-4	37	1448	70.2	89.0	0.88	3.0	316	74	89	0.533	335
同步转速1000r/min											
YR160M-6	5.5	949	12.7	82.5	0.77	2.5	279	13	79	0.143	
160L-6	7.5	949	16.9	83.5	0.78	2.5	260	19	80	0.164	160
180M-6	11	940	24.2	84.5	0.78	2.8	146	50	80	0.313	
YR180L-6	15	947	32.6	85.5	0.79	2.8	187	53	83	0.37	
200M-6	18.5	949	39	86.5	0.81	2.8	187	65	83	0.543	
200L-6	22	955	45.5	87.5	0.82	2.8	224	63	83	0.638	315
同步转速750r/min											
YR160M-8	4	703	10.5	81	0.71	2.2	262	11	77	0.142	
160L-8	5.5	705	14.2	81.5	0.71	2.2	243	15	77	0.162	160
180M-8	7.5	692	18.4	82	0.73	2.2	105	49	80	0.309	
180L-8	11	699	26.8	83	0.73	2.2	140	53	80	0.368	
200M-8	15	706	36.1	85	0.73	2.2	153	64	83	0.536	
200L-8	18.5	712	44	86	0.73	2.2	187	64	83	0.63	

注：振动速度有效值：*H*160～200mm为2.8mm/s；*H*225～280mm为4.5mm/s。

4.2.5　YR系列（IP44）绕线转子三相异步电动机技术数据（见表4-13）

表4-13　YR系列（IP44）绕线转子三相异步电动机（H132～280mm）技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	满载时				最大转矩/额定转矩	转子电压/V	转子电流/A	噪声（声功率级）/dB（A）	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流380V/A	效率(%)	功率因数						
同步转速1500r/min											
YR132M1-4	4	1440	9.3	84.5	0.77	3.0	230	11.5	82	0.0895	80
YR132M2-4	5.5	1440	12.6	86.0	0.77	3.0	272	13.0	82	0.104	95
YR160M-4	7.5	1460	15.7	87.5	0.88	3.0	250	19.5	86	0.238	130
YR160L-4	11	1460	22.5	89.5	0.88	3.0	276	25.0	86	0.294	155
YR180L-4	15	1465	30.0	89.5	0.85	3.0	278	34.0	90	0.448	205

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额定功率/kW	满　载　时				最大转矩/额定转矩	转子电压/V	转子电流/A	噪声（声功率级）/dB（A）	转动惯量/kg·m²	重量/kg
		转速/(r/min)	电流380V/A	效率(%)	功率因数						
同步转速1500r/min											
YR200L1-4	18.5	1465	36.7	89.0	0.86	3.0	247	47.5	90	0.8	265
YR200L2-4	22	1465	43.2	90.0	0.86	3.0	293	47.0	90	0.862	290
YR250M1-4	37	1480	71.4	91.5	0.86	3.0	289	79.0	92	2.17	440
YR250M2-4	45	1480	85.9	91.5	0.87	3.0	340	81.0	94	2.37	490
YR280S-4	55	1480	103.8	91.5	0.88	3.0	385	70.0	94	4.09	670
YR280M-4	75	1480	140.0	92.5	0.88	3.0	354	128.0	98	5.04	800
同步转速1000r/min											
YR132M1-6	3	955	8.2	80.5	0.69	2.8	206	9.5	81	0.127	80
YR132M2-6	4	955	10.7	82.0	0.69	2.8	230	11.0	81	0.148	95
YR160M-6	5.5	970	13.4	84.5	0.74	2.8	244	14.5	81	0.3	135
YR160L-6	7.5	970	17.9	86.0	0.74	2.8	266	18.0	85	0.3598	155
YR180L-6	11	975	23.6	87.5	0.81	2.8	310	22.5	85	0.676	205
YR200L1-6	15	975	31.8	88.5	0.81	2.8	198	48.0	88	1.075	280
同步转速750r/min											
YR160M-8	4	715	10.7	82.5	0.69	2.4	216	12.0	79	0.298	135
YR160L-8	5.5	715	14.2	83.0	0.71	2.4	230	15.5	79	0.357	155
YR180L-8	7.5	725	18.4	85.0	0.73	2.4	255	19.0	82	0.624	190
YR200L1-8	11	725	26.6	86.0	0.73	2.4	152	46.0	82	1.07	280
YR225M1-8	15	735	34.5	88.0	0.75	2.4	169	56.0	85	1.75	365
YR225M2-8	18.5	735	42.1	89.0	0.75	2.4	211	54.0	85	1.98	390

4.2.6　三相异步电动机的选择、使用与维护

1. 选择

（1）电动机防护型式的选择

常用电动机的防护形式有开启式、防护式、封闭式和防爆式等。

开启式电动机的定子两侧和端盖上都有很大的通风口，散热好、价格便宜，但容易进灰尘、水滴和铁屑等杂物，只能在清洁、干燥的环境中使用。

防护式电动机的机座下面有通风口，散热好，能防止水滴、沙粒和铁屑等杂物溅入或落入电动机内，但不能防止潮气和灰尘侵入，适用于比较干燥、没有腐蚀性和爆炸性气体的环境。

封闭式电动机的机座和端盖上均无通风孔，完全封闭。封闭式又分为自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式及密封式等。前四种电动机外的潮气及灰尘不易进入，适用于尘土多、特别潮湿、有腐蚀性气体、易受风雨等较恶劣的环境。密封式的可以浸在液体中使用，如潜水泵。

防爆式电动机在封闭式基础上制成隔爆形式，机壳有足够的强度，适用于有易燃易爆气体的场所，如矿井、油库、煤气站等。

（2）电动机额定电压的选择

电动机的额定电压和额定频率应与供电电源的电压和频率相一致。如果电源电压高于电动机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的额定电压太多，会使电动机烧毁；如果电源电压低于电动机的额定电压，会使电动机的输出功率减小，若仍带额定负载运行，将会烧毁电动机。如果电源频率与电动机的额定频率不同，将直接影响交流电动机的转速，且对其运行性能也有影响。因此，电源的电压和频率必须与电动机铭牌规定的额定值相符。电动机的额定电压一般可按下列原则选用。

1）当高压供电电源为6kV时，额定功率不小于200kW的电动机应选用额定电压为6kV的电动机，额定功率小于200kW的电动机选用额定电压为380V的电动机。

2）当高压供电电源为3kV时，额定功率不小于100kW的电动机应选用额定电压为3kV的电动机，额定功率小于100kW的电动机应选用额定电压为380V的电动机。

（3）电动机额定转速的选择

额定功率相同的电动机，额定转速越高，电动机的体积越小、重量越轻、成本越低，效率和功率因数一般也越高，因此选用高速电动机较为经济。但是，由于生产机械对转速的要求一定，电动机的转速选得太高，势必加大传动机构的转速比，导致传动机构复杂化和传动效率降低。此外，电动机的转矩与“输出功率/转速”成正比，额定功率相同的电动机，极数越少，转速就越高，但转矩将会越小。因此，一般应尽可能使电动机与生产机械的转速一致，以便采用联轴器直接传动；如果两者转速相差较多时可选用比生产机械的转速稍高的电动机，采用带传动等。

几种常用负载所需电动机的转速如下（仅供参考）：

1）泵：主要使用2极、4极三相异步电动机（同步转速为3000r/min或1500r/min）。

2）压缩机：采用带传动时，一般选用4极、6极三相异步电动机（同步转速为1500r/min或1000r/min）；采用直接传动时，一般选用6极、8极三相异步电动机（同步转速为1000r/min或750r/min）。

3）轧钢机、破碎机：一般选用6极、8极、10极三相异步电动机（同步转速为1000r/min、750r/min或600r/min）。

4）通风机、鼓风机：一般选用2极、4极三相异步电动机。

总之，选用电动机的转速需要综合考虑，既要考虑负载的要求，又要考虑电动机与传动机构的经济性等。具体根据某一负载的运行要求，进行方案设计。但一般情况下，多选同步转速为1500r/min的三相异步电动机。

（4）电动机额定功率的选择

电动机额定功率的选择是一个很重要又很复杂的问题。电动机的额定功率选择应适当，不应过小或过大。如果电动机的额定功率选择得过小，就会出现“小马拉大车”的现象，势必使电动机过载，也就必然会使电动机的电流超过额定值而使电动机过热，电动机内绝缘材料的寿命也会缩短，若过载较多，可能会烧毁电动机；如果电动机的额定功率选择得过大，就会变成“大马拉小车”，电动机处于轻载状况下运行，其功率因数和效率均较低，运行不经济。

通常，电动机额定功率选择的步骤如下。

1）计算负载功率P_L。

2）根据负载功率，预选电动机的额定功率P_N和其他参数。

3）校核预选电动机。一般先校核温升，再校核过载倍数，必要时校核起动能力。二者都通过，预选得电动机便选定；若通不过，从第二步重新开始，直到通过为止。

在满足生产机械要求的前提下，电动机额定功率越小越经济。

对于连续工作制的生产机械，应选用连续工作制的电动机。在环境温度为40℃，电动机不调速的前提下，电动机的额定功率应满足

$$P_N \geqslant P_L$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这个条件本身是从发热温升的角度考虑的，因此不必再校核电动机发热问题，只需校核过载能力（又称最大转矩倍数或过载倍数）和起动能力。

（5）电动机的熔体的选择

熔体（或熔丝）的选择须考虑电动机的起动电流的影响，同时还应注意，各级熔体应互相配合，即下一级熔体应比上一级熔体小。选择原则如下。

1）保护单台电动机的熔体的选择：由于笼型异步电动机的起动电流很大，故应保证在电动机的起动过程中熔体不熔断，而在电动机发生短路故障时又能可靠地熔断。因此，异步电动机的熔体的额定电流一般可按下式计算

$$I_{RN} = (1.5 \sim 2.5)\ I_N$$

式中，I_{RN}为熔体的额定电流（A）；I_N为电动机的额定电流（A）。

上式中的系数1.5～2.5应视负载性质和起动方式而选取。对轻载起动、起动不频繁、起动时间短或降压起动者，取较小值；对重载起动、起动频繁、起动时间长或直接起动者，取较大值。当按上述方法选择系数还不能满足起动要求时，系数可大于2.5，但应小于3。

2）保护多台电动机的熔体的选择：当多台电动机应用在同一系统中，采用一个总熔断器时，熔体的额定电流可按下式计算

$$I_{RN} = (1.5 \sim 2.5) I_{Nm} + \Sigma I_N$$

式中，I_{RN}为熔体的额定电流（A）；I_{Nm}为起动电流最大的一台电动机的额定电流（A）；ΣI_N为除起动电流最大的一台电动机外，其余电动机的额定电流的总和（A）。

根据上式求出一个数值后，可选取等于或稍大于此值的标准规格的熔体。

另外，在选择熔断器时应注意：熔断器的额定电流应大于或等于熔体的额定电流；熔断器的额定电压应大于或等于电动机的额定电压。

2. 使用与维护

（1）新按装或长期停用的电动机起动前的检查

1）用绝缘电阻表检查电动机绕组之间与及绕组对地（机壳）的绝缘电阻。通常对额定电压为380V的电动机，采用500V绝缘电阻表测量，其绝缘电阻值不得小于0.5MΩ，否则应进行烘干处理。

2）按电动机铭牌的技术数据，检查电动机的额定功率是否合适，检查电动机的额定电压、额定频率与电源电压及频率是否相符。并检查电动机的接法是否与铭牌所标一致。

3）检查电动机轴承是否有润滑油，滑动轴承是否达到规定油位。

4）检查熔体的额定电流是否符合要求，起动设备的接线是否正确，起动装置是否灵活，有无卡滞现象，触头的接触是否良好。使用自耦变压器减压起动时，还应检查自耦变压器抽头是否选得合适，自耦变压器减压起动器是否缺油，油质是否合格等。

5）检查电动机基础是否稳固，螺栓是否拧紧。

6）检查电动机机座、电源线钢管以及起动设备的金属外壳接地是否可靠。

7）对于绕线转子三相异步电动机，还应检查电刷及提刷装置是否灵活、正常。检查电刷与集电环接触是否良好，电刷压力是否合适。

（2）正常使用的电动机起动前的检查

1）检查电源电压是否正常，三相电压是否平衡，电压是否过高或过低。

2）检查线路的接线是否可靠，熔体有无损坏。

3）检查联轴器的连接是否牢固，传送带连接是否良好，传送带松紧是否合适，机组传动是否灵活，有无摩擦、卡住、窜动等不正常的现象。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）检查机组周围有无妨碍运动的杂物或易燃物品。

（3）异步电动机起动时的注意事项

1）合闸起动前,应观察电动机及拖动机械上或附近是否有异物,以免发生人身及设备事故。

2）操作开关或起动设备时，应动作迅速、果断，以免产生较大的电弧。

3）合闸后，如果电动机不转，要迅速切断电源，检查熔丝及电源接线等是否有问题。绝不能合闸等待或带电检查，否则会烧毁电动机或发生其他事故。

4）合闸后应注意观察，若电动机转动较慢、起动困难、声音不正常或生产机械工作不正常，电流表、电压表指示异常，都应立即切断电源，待查明原因，排除故障后，才能重新起动。

5）应按电机的技术要求，限制电动机连续起动的次数。对于Y系列电动机，一般空载连续起动不得超过3～5次。满载起动或长期运行至热态，停机后又起动的电动机，不得连续超过2～3次。否则容易烧毁电动机。

6）对于笼型电动机的星-三角起动或利用补偿器起动，若是手动延时控制的起动设备，应注意起动操作顺序和控制好延时长短。

7）多台电动机应避免同时起动，应由大到小逐台起动，以避免线路上总起动电流过大，导致电压下降太多。

（4）电动机的定期维护

在电动机的运行过程中，除了要加强日常维护外，为了保证电动机的安全运转和延长电动机的使用寿命，还应进行定期维修。定期维修可分为定期小修和定期大修两种。前者不需拆开电动机，后者需把电动机全部拆开进行维修。

4.3　特种三相异步电动机

三相异步电动机系列产品有一般用途（基本）系列、派生系列和专用系列。一般用途系列是适应一般传动要求、适用范围最广的通用产品。派生系列是按照不同的使用要求，在一般用途系列基础上作部分改动，零部件与一般用途系列有较高通用性的系列产品。派生系列产品有电气派生、结构派生和特殊环境派生产品。专用系列是具有特殊使用要求或特殊防护要求的系列产品。

各种系列产品的特点及应用见表4-14。

表4-14　三相异步电动机系列产品的特点及应用

系列		性能或结构特点	应　用
一般用途异步电动机（基本系列电机）		适用一般传动要求，使用面广的系列产品	驱动水泵、风机、压缩机、机床等一般机械设备
电气派生系列	高效率电动机	降低电机运行损耗，提高效率	驱动长期连续高负载率运行的设备，如纺织机械及年运行时间长的机械设备
	高转差率电动机	较高的转差率、较高的起动转矩、较低的起动电流和较软的机械特性	驱动转动惯量大且具有冲击性负载的机械，如剪床、压力机、锻压机
	多速电动机	改变定子绕组接线方法以改变极对数，得到多种转速	驱动要求有级变速的设备
	变频调速电动机	适应变频器供电的要求，通过调节变频器频率，以改变电动机供电频率而调速	驱动要求无级调速的机械设备

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

系列		性能或结构特点	应　　用
结构派生系列	电磁调速电动机	由异步电动机和电磁转差离合器组成，通过调节离合器的励磁电流而调速	驱动恒转矩或风机型负载要求无级调速的设备
	齿轮减速电动机	由异步电动机和圆柱齿轮减速机组成	驱动低速大转矩的机械设备
	电磁制动电动机	由异步电动机和电磁制动器组成，电动机定子断电时，转子迅速被制动停转	驱动要求快速准确停机的设备，如起动运输机械、输送机械
	低振动低噪声电动机	提高转子动平衡精度及关键部位加工精度，降低电动机振动噪声	驱动精密机床设备及要求低噪声的设备
特殊环境派生系列	户外防腐蚀电动机	防护等级为 IP54 或 IP55，结构、材料、工艺采用防腐蚀措施及密封措施	用于有腐蚀性气体或粉尘的户内、户外场所
	隔爆型电动机	加强外壳机械强度，并严格保证各接合面上具有一定的间隙参数	用于石油、化工、煤矿井下有爆炸危险的场所
	增安型电动机	正常运行不产生火花、电弧或危险温度，并提高其防爆安全型	用于仅在不正常情况下才能形成爆炸性混合物的场所
	船用电动机	加强外壳机械强度，绝缘处理能防凝露、盐雾及霉菌的侵蚀	驱动船舶上一般机械设备
专用系列	辊道用电动机	高起动转矩，能频繁起动及正反转	驱动轧钢辊道
	电梯电动机	短时工作制的变频调速电动机或变极双速电动机	驱动电梯
	力矩电动机	机械特性软，能在堵转到接近同步转速范围内稳定运行	驱动恒张力、恒线速（卷绕）和恒转矩（导辊）的机械
	电动阀门用电动机	短时工作制，高起动转矩及低转动惯量，电动机与阀门组成一体	用于自动开闭输油、输气管线上的阀门
	起重及冶金用电动机	断续定额，起动转矩较高，并能频繁起动，过载能力大	驱动冶金辅助设备及一般起重机械
	振动电动机	电动机带偏心块，使其本身整体产生振动	传送带上物料传输及用作建筑机械
	木工电动机	转动惯量小，且过载能力大	驱动各种木工机械
	井用潜水电动机	外形细长，内腔充水或充油密封，与潜水泵配套组成潜水电泵	潜入井下供灌溉提水用
	浅水潜水电动机	电动机内腔充水、充油或干式，与潜水泵配套组成一体	潜入 0.5 ~ 3m 浅水中提水，用于农田、城市建设
	井用潜油电动机	电动机细长，内腔充油密封，与深井油泵配套组成潜油电泵	潜入油井中直接提油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.3.1　YX系列高效率三相异步电动机技术数据（见表4-15）

表4-15　YX系列高效率三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	转速/(r/min)	电流/A	效率（%）			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	重量/kg
				输出功率/额定功率							
				100%	75%	50%					
YX100L-2	3	2880	5.9	86.5	86.8	86.3	0.89	2.0	8.0	2.2	—
YX112M-2	4	2910	7.7	88.3	88.6	88	0.89	2.0	8.0	2.2	—
YX132S1-2	5.5	2920	10.6	88.6	89	88.2	0.89	1.8	8.0	2.2	65
YX132S2-2	7.5	2920	14.3	89.7	90.2	89.4	0.89	1.8	8.0	2.2	70
YX160M1-2	11	2950	20.9	90.8	91.2	90.4	0.88	1.8	8.0	2.2	115
YX160M2-2	15	2950	27.8	92	92.4	91.6	0.89	1.8	8.0	2.2	125
YX160L-2	18.5	2950	34.3	92	92.4	91.7	0.89	1.8	8.0	2.2	138
YX180M-2	22	2950	40.1	92.5	92.5	92.1	0.90	1.8	8.0	2.2	165
YX200L1-2	30	2960	54.5	93	93	92.7	0.90	1.8	7.5	2.2	225
YX200L2-2	37	2960	67.0	93.2	93.4	93	0.90	1.8	7.5	2.2	230
YX280M-2	90	2980	162.6	94.5			0.89	1.8	7.5	2.2	590
YX100L1-4	2.2	1440	4.7	86.3	87	86.5	0.82	2	8	2.2	
YX100L2-4	3	1440	6.4	86.5	87.2	86.6	0.82	2	8	2.2	
YX112M-4	4	1460	8.3	88.3	89	88.5	0.83	2	8	2.2	
YX132S-4	5.5	1460	11.2	89.5	90.2	89.5	0.83	2	8	2.2	69
YX132M-4	7.5	1460	14.8	90.3	90.7	90.3	0.85	2	8	2.2	84
YX160M-4	1.1	1470	20.9	91.8	92	91.6	0.87	2	8	2.2	130
YX160L-4	15	1470	28.5	91.8	92.2	91.7	0.87	2	8	2.2	141
YX180M-4	18.5	1480	35.2	93	93.2	92.8	0.86	1.8	8	2.2	180
YX180L-4	22	1480	41.7	93.2	93.5	93	0.86	1.8	8	2.2	198
YX200L-4	30	1480	56	93.5	93.8	93.5	0.87	1.8	7.5	2.2	255
YX100L-6	1.5	960	3.8	82.4	82.8	82	0.72	2	7	2	
YX112M-6	2.2	970	5.3	85.3	85.8	84.8	0.74	2	7	2	
YX132S-6	3	980	6.9	87.2	87.5	86.8	0.76	2	7	2	65
YX132M1-6	4	970	9	88	88.4	87.6	0.77	2	7	2	76
YX132M2-6	5.5	970	12.1	88.5	88.8	88.3	0.78	2	7	2	85
YX160M-6	7.5	980	16	90	90.4	89.6	0.79	2	7	2	125
YX160L-6	11	980	23.4	90.4	91	90.2	0.79	2	7	2	140
YX180L-6	15	980	30.7	91.7	92.2	91.5	0.81	1.8	7	2	185
YX200L1-6	18.5	980	36.9	91.7	92.2	91.5	0.83	1.8	7	2	235
YX200L2-6	22	980	43.2	92.1	92.5	91.8	0.84	1.8	7	2	250

YX系列高效率三相异步电动机顾名思义是具有较高效率的异步电动机。是在Y系列（IP44）基础上派生出来的高效节能型三相异步电动机。该电动机不但效率高，而且具有噪声低、振动小、可靠性高、起动性能好等优点。

YX系列高效率三相异步电动机与Y系列（IP44）相比，采用了铁耗较低的磁性材料，降低

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

了电动机损耗，效率平均提高了3%左右、功率因数平均提高了0.04左右、总损耗平均下降了8%左右。但成本增加，价格较高，适用于长期连续运行、负载率高和消耗电能较多的场合，如化工、冶金、纺织、造纸等部门的风机、水泵和压缩机等负载。

4.3.2 YH系列高转差率三相异步电动机技术数据（见表4-16）

表4-16 YH系列高转差率三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	在额定功率时						堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	净重/kg
		转速/(r/min)	电流/A	负载持续率(%)	转差率(%)	效率(%)	功率因数					
同步转速3000r/min												
YH801-2	0.75	2670	1.87	60	11	71.0	0.86				0.00075	16
YH802-2	1.1	2670	2.63	60	11	73.0	0.87				0.0009	17
YH90S-2	1.5	2670	3.67	40	11	73.0	0.85				0.0012	22
YH90L-2	2.2	2670	5.15	40	11	75.5	0.86				0.0014	25
YH100L-2	3	2700	6.89	40	10	76.0	0.87				0.0029	33
YH112M-2	4	2730	8.81	40	9	77.5	0.89	5.5	2.7	2.7	0.0055	45
YH132S1-2	5.5	2730	11.9	40	9	78.0	0.90				0.0109	64
YH132S2-2	7.5	2730	16.0	25	9	78.5	0.91				0.0126	70
YH160M1-2	11	2760	22.9	25	8	81.0	0.90				0.0377	117
YH160M2-2	15	2760	30.5	25	8	82.0	0.91				0.0449	125
YH160L-2	18.5	2760	37.4	25	8	82.5	0.91				0.055	147
同步转速1500r/min												
YH801-4	0.55	1305	1.65	60	13	66.5	0.76				0.0018	17
YH802-4	0.75	1305	2.18	60	13	68.0	0.77				0.0021	18
YH90S-4	1.1	1305	2.98	60	13	70.0	0.80				0.0021	22
YH90L-4	1.5	1305	3.96	60	13	72	0.80				0.0027	27
YH100L1-4	2.2	1305	5.52	40	13	73	0.83				0.0054	34
YH100L2-4	3.0	1305	7.42	40	13	74	0.83				0.0067	38
YH112M-4	4.0	1335	9.51	40	11	77	0.83				0.0095	43
YH132S-4	5.5	1350	12.5	40	10	77.5	0.86	5.5	2.7	2.7	0.0214	68
YH132M-4	7.5	1350	17.0	40	10	78	0.87				0.0296	81
YH160M-4	11	1365	24.3	25	9	80	0.86				0.0747	123
YH160L-4	15	1380	32.3	25	8	82.0	0.86				0.0918	144
YH180M-4	18.5	1380	38.5	25	8	82.0	0.89				0.139	182
YH180L-4	22	1380	45.2	25	8	83.0	0.89				0.158	190
YH200L-4	30	1380	61.0	25	8	84.0	0.89				0.262	270
同步转速1000r/min												
YH90S-6	0.75	870	2.48	60	13	66.5	0.69	5.0	2.7	2.7	0.0029	23
YH90L-6	1.1	870	3.46	60	13	67	0.72	5.0	2.7	2.7	0.0035	25
YH100L-6	1.5	880	4.28	40	12	70	0.76	5.0	2.7	2.7	0.0069	33
YH112M-6	2.2	880	6.02	40	12	73	0.76	5.0	2.7	2.7	0.0138	45
YH132S-6	3.0	900	7.69	40	10	76	0.78	5.0	2.7	2.7	0.0286	63

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	在额定功率时						堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	净重/kg
		转速/（r/min）	电流/A	负载持续率（%）	转差率（%）	效率（%）	功率因数					
同步转速1000r/min												
YH132M1-6	4.0	900	10	40	10	77	0.79	5.0	2.7	2.7	0.0357	73
YH132M2-6	5.5	900	13.6	40	10	78	0.79	5.0	2.7	2.7	0.0449	84
YH160M-6	7.5	890	17.8	25	11	79	0.81	5.0	2.5	2.5	0.0881	119
YH160L-6	11	890	25.8	25	11	80	0.81	5.0	2.5	2.5	0.116	147
YH180L-6	15	910	33.5	25	9	82	0.83	5.0	2.5	2.5	0.207	195
YH200L1-6	18.5	920	39.8	25	8	82	0.86	5.0	2.5	2.5	0.315	220
YH200L2-6	22	920	46.6	25	8	82.5	0.87	5.0	2.5	2.5	0.360	250
同步转速750r/min												
YH132S-8	2.2	660	6.27	60	12	73	0.73	4.5	2.6	2.6	0.0314	63
YH132M-8	3.0	660	8.21	60	12	74	0.75	4.5	2.6	2.6	0.0395	79
YH160M1-8	4.0	670	10.5	60	11	77	0.75	4.5	2.4	2.4	0.0753	118
YH160M2-8	5.5	670	13.9	60	11	78	0.77	4.5	2.4	2.4	0.0931	119
YH160L-8	7.5	670	18.5	60	11	79	0.78	4.5	2.4	2.4	0.126	145
YH180L-8	11	675	27.3	25	10	76.5	0.80	4.5	2.4	2.4	0.203	184
YH200L-8	15	683	36.6	25	9	77.5	0.80	4.5	2.4	2.4	0.339	250

YH系列高转差率三相异步电动机是Y系列（IP44）三相异步电动机派生的电动机。该电动机不但效率高，而且具有噪声低、振动小、可靠性高、起动性能好等优点。

YH系列高转差率电动机采用高电阻率铝合金铸造转子，具有转差率高（额定转差率在7%～13%范围内）、堵转转矩大、堵转电流小、机械特性软、能承受冲击负载的特点，适用于驱动转动惯量较大和不均匀冲击负载以及起动、反转次数较多的金属加工机床、冲床、剪床锻冶机械和锤击机等。

YH系列高转差率电动机的工作方式为断续周期性工作制S3。如果电动机不能按其额定负载持续率使用，可以调整电动机的输出功率，保证电动机正常使用。

YH系列高转差率三相异步电动机的额定电压为380V、额定频率为50Hz。3kW及以下为Y联结，4kW及以上为△联结。

4.3.3　YD系列变极多速三相异步电动机技术数据（见表4-17）

表4-17　YD系列变极多速三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	极数	额定数据				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/kg
		功　率/kW	电　压/V	电　流/A	转速/（r/min）				
YD801-4/2	4	0.45	380	1.4	1420	6.5	1.5	1.8	17
	2	0.55		1.5	2860	7.0	1.7		
YD802-4/2	4	0.55	380	1.7	1420	6.5	1.6	1.8	18
	2	0.75		2.0	2860	7.0	1.8		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定数据				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/kg
		功　率/kW	电　压/V	电　流/A	转速/(r/min)				
YD90S-4/2	4	0.85	380	2.3	1430	6.5	1.8	1.8	22
	2	1.1		2.8	2850	7.0	1.9		
YD90L-4/2	4	1.3	380	3.3	1430	6.5	1.8	1.8	27
	2	1.8		4.3	2850	7.0	2.0		
YD100L1-4/2	4	2	380	4.8	1430	6.5	1.7	1.8	34
	2	2.4		5.6	2850	7	1.9		
YD100L2-4/2	4	2.4	380	5.6	1430	6.5	1.6	1.8	38
	2	3		6.7	2850	7	1.7		
YD112M-4/2	4	3.3	380	7.4	1450	6.5	1.9	1.8	43
	2	4		8.6	2890	7	2		
YD132S-4/2	4	4.5	380	9.8	1450	6.5	1.7	1.8	68
	2	5.5		11.9	2860	7	1.8		
YD132M-4/2	4	6.5	380	13.8	1450	6.5	1.7	1.8	81
	2	8		17.1	2880	7	1.8		
YD160M-4/2	4	9	380	18.5	1460	6.5	1.6	1.8	123
	2	11		22.9	2920	7	1.8		
YD160L-4/2	4	11	380	22.3	1460	6.5	1.7	1.8	144
	2	14		28.8	2920	7	1.9		
YD180M-4/2	4	15	380	29.4	1470	6.5	1.8	1.8	182
	2	18.5		36.7	2940	7	1.9		
YD180L-4/2	4	18.5	380	35.9	1470	6.5	1.6	1.8	190
	2	22		42.7	2940	7	1.8		
YD90S-6/4	6	0.65	380	2.2	920	6	1.6	1.8	23
	4	0.85		2.3	1420	6.5	1.4		
YD90L-6/4	6	0.85	380	2.8	930	6.0	1.6	1.8	25
	4	1.1		3.0	1400	6.5	1.5		
YD100L1-6/4	6	1.3	380	3.8	940	6.0	1.7	1.8	34
	4	1.8		4.4	1440	6.5	1.4		
YD100L2-6/4	6	1.5	380	4.3	940	6.0	1.6	1.8	38
	4	2.2		5.4	1440	6.5	1.4		
YD112M-6/4	6	2.2	380	5.7	960	6.0	1.8	1.8	49
	4	2.8		6.7	1440	6.5	1.5		
YD132S-6/4	6	3	380	7.7	970	6.0	1.8	1.8	65
	4	4		9.5	1440	6.5	1.7		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定数据				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/kg
		功　率/kW	电　压/V	电　流/A	转速/(r/min)				
YD132M-6/4	6	4	380	9.8	970	6.0	1.6	1.8	84
	4	5.5		12.3	1440	6.5	1.4		
YD160M-6/4	6	6.5	380	15.1	970	6.0	1.5	1.8	119
	4	8		17.4	1460	6.5	1.5		
YD160L-6/4	6	9	380	20.6	970	6.0	1.6	1.8	147
	4	11		23.4	1460	6.5	1.7		
YD180M-6/4	6	11	380	25.9	980	6.0	1.6	1.8	192
	4	14		29.8	1470	6.5	1.7		
YD180L-6/4	6	13	380	29.4	980	6.0	1.7	1.8	224
	4	16		33.6	1470	6.5	1.7		
YD90L-8/4	8	0.45	380	1.9	700	5.5	1.6	1.8	25
	4	0.75		1.82	1420	6.5	1.4		
YD100L-8/4	8	0.85	380	3.1	700	5.5	1.6	1.8	38
	4	1.5		3.5	1410	6.5	1.4		
YD112M-8/4	8	1.5	380	5.0	700	5.5	1.7	1.8	49
	4	2.4		5.3	1410	6.5	1.7		
YD132S-8/4	8	2.2	380	7.0	720	5.5	1.5	1.8	63
	4	3.3		7.1	1440	6.5	1.7		
YD132M-8/4	8	3	380	9.0	720	5.5	1.5	1.8	80
	4	4.5		9.4	1440	6.5	1.6		
YD160M-8/4	8	5	380	13.9	730	5.5	1.5	1.8	119
	4	7.5		15.2	1450	6.5	1.6		
YD160L-8/4	8	7	380	19	730	5.5	1.5	1.8	147
	4	11		21.8	1450	6.5	1.6		
YD180L-8/4	8	11	380	26.7	730	6	1.5	1.8	254
	4	17		32.3	1470	7	1.5		
YD90S-8/6	8	0.35	380	1.6	700	5	1.8	1.8	23
	6	0.45		1.4	930	6	2		
YD90L-8/6	8	0.45	380	1.9	700	5	1.7	1.8	25
	6	0.65		1.9	920	6	1.8		
YD100L-8/6	8	0.75	380	2.9	710	5	1.8	1.8	38
	6	1.1		3.1	950	6	1.9		
YD112M-8/6	8	1.3	380	4.5	710	5	1.7	1.8	51
	6	1.8		4.8	950	6	1.9		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定数据				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/kg
		功　率/kW	电　压/V	电　流/A	转速/(r/min)				
YD132S-8/6	8	1.8	380	5.8	730	5	1.6	1.8	63
	6	2.4		6.2	970	6	1.9		
YD132M-8/6	8	2.6	380	8.2	730	5	1.9	1.8	84
	6	3.7		9.4	970	6	1.9		
YD160M-8/6	8	4.5	380	13.3	730	5	1.6	1.8	119
	6	6		14.7	980	6	1.9		
YD160L-8/6	8	6	380	17.5	730	5	1.6	1.8	147
	6	8		19.4	980	6	1.9		
YD180M-8/6	8	7.5	380	21.9	730	5	1.9	1.8	195
	6	10		24.2	980	6	1.9		
YD180L-8/6	8	9	380	24.8	730	5	1.8	1.8	224
	6	12		28.3	980	6	1.8		
YD160M-12/6	12	2.6	380	11.6	480	4	1.2	1.8	119
	6	5		11.9	970	6	1.4		
YD160L-12/6	12	3.7	380	16.1	480	4	1.2	1.8	147
	6	7		15.8	970	6	1.4		
YD180L-12/6	12	5.5	380	19.6	490	4	1.3	1.8	224
	6	10		20.5	980	6	1.3		
YD100L-6/4/2	6	0.75	380	2.6	950	5.5	1.8	1.8	38
	4	1.3		3.7	1450	6	1.6		
	2	1.8		4.5	2900	7	1.6		
YD112M-6/4/2	6	1.1	380	3.5	960	5.5	1.7	1.8	43
	4	2		5.1	1450	6	1.4		
	2	2.4		5.8	2920	7	1.6		
YD132S-6/4/2	6	1.8	380	5.1	970	5.5	1.4	1.8	70
	4	2.6		6.1	1460	6	1.3		
	2	3		7.4	2910	7	1.7		
YD132M1-6/4/2	6	2.2	380	6.0	970	5.5	1.3	1.8	74
	4	3.3		7.5	1460	6	1.3		
	2	4		8.8	2910	7	1.7		
YD112M-8/4/2	8	0.65	380	2.7	700	4.5	1.4	1.8	45
	4	2		5.1	1450	6	1.3		
	2	2.4		5.8	2920	7	1.2		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定数据				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/kg
		功　率/kW	电　压/V	电　流/A	转速/(r/min)				
YD132S-8/4/2	8	1	380	3.6	720	4.5	1.4	1.8	68
	4	2.6		6.1	1460	6	1.2		
	2	3		7.1	2910	7	1.4		
YD132M-8/4/2	8	1.3	380	4.6	720	4.5	1.5	1.8	81
	4	3.7		8.4	1460	6	1.3		
	2	4.5		10	2910	7	1.4		

通过不同的换接来改变笼型三相异步电动机的定子绕组的极对数 p，可以改变笼型三相异步电动机的旋转磁场的转速，从而改变转子的转速。这种通过改变定子绕组的极对数 p，而得到多种转速的电动机，称为变极多速异步电动机。

由三相异步电动机的工作原理可知，三相异步电动机转子绕组的极数必须与定子绕组的极数相同，因此变极调速时，极对数的改变必须在定子绕组和转子绕组上同时进行。由于笼型转子绕组本身没有固定的极数，它的极数随定子绕组的极数而改变，变换电动机的极数时，仅改变定子绕组的极数即可，所以变极多速异步电动机都采用笼型转子。

变极调速设备简单、运行可靠，是一种比较经济的调速方法，它属于有级调速电动机，适用于不需要平滑调节转速的场合。

YD 系列（IP44）变极多速三相异步电动机是 Y 系列三相异步电动机的电气派生系列，是取代 JD02、JD03 系列的更新换代产品。

该电动机是利用改变定子绕组的联结方法以改变电动机的极数来达到变速的。电动机具有可随负载的不同要求而有级地变化功率和转速的特性，从而可达到与负载的合理匹配，这对简化变速系统和节约能源有很大意义。因此它广泛应用于机床、矿山、冶金、纺织等工业部门的各式万能、组合、专用金属切削机床以及需要变速的各种传动机构。

变极多速电动机的电压、频率、安装及外形尺寸、绝缘等级、防护等级、冷却方式均与 Y 系列相同，安装尺寸符合 IEC 标准要求。

变极多速三相异步电动机具有体积小、重量轻、性能优良、运行可靠，控制系统简单等特点。与 JD02 系列变极多速电动机相比，全系列效率提高 4.65%，功率因数提高 5.3%，堵转转矩提高 25.2%，噪声振动有较大降低，并且在功率等级、起动性能与力能指标方面与国际同类变极多速电动机的先进水平相近。

变极多速电动机中心高 H80～280mm，转速有双速、三速和四速三种，极数比有 4/2、6/4、8/4、8/6、12/6、6/4/2、8/4/2、8/6/4 和 12/8/6/4 等九种。

4.3.4　YVP 系列变频调速三相异步电动机技术数据（见表 4-18）

1）本系列电动机所选用的变频器为通用型变频器，控制方式为变压变频（VVVF）控制方式。

2）本系列电动机在 Y2 系列电动机的基础上派生，相同功率等级所对应的机座号及安装尺寸与 Y2 系列一致，其外形总长度允许适当增加。

3）机座号中心高范围为 H80～H315，基准同步转速为 1500r/min，额定频率为 50Hz，额定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电压为380V，连续额定工作方式。调速时 H80～H225 为 5～100Hz，5～50Hz 为恒转矩调速，50～100Hz 为恒功率调速；H250～H315 为 3～100Hz，3～50Hz 为恒转矩调速，50～100Hz 为恒功率调速。

表 4-18　YVP 系列变频调速三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			重量/kg
									长	宽	高	
YVP801-4	0.55	1.8	1420	76	0.68	7	2.2	2.2	380	237.5	175	27
YVP802-4	0.75	2.3	1380	75.1	0.77	6.5	2.2	2.2	380	237.5	175	27
YVP90S-2	1.5	4.3	2900						410	257.5	195	22
YVP90L-2	2.2	4.9	2900						420	257.5	195	25
YVP90S-4	1.1	3	1400	79	0.78	6.5	2.2	2.2	410	257.5	195	22
YVP90L-4	1.5	4.1	1400	79	0.79	6.5	2.2	2.2	440	257.5	195	27
YVP90S-6	0.75	2.5	920						410	257.5	195	23
YVP90L-6	1.1	3.5	920						440	257.5	195	25
YVP100L-2	3	6.2	2900	85	0.87	7	2.2	2.2	490	287.5	245	35
YVP100L1-4	2.2	5.5	1440	84.4	0.79	7.03	3.27	3.42	490	287.5	245	36
YVP100L2-4	3	7.5	1430	82.5	0.81	7	2.2	2.3	490	287.5	245	40
YVP100L-6	1.5	4.4	940						490	287.5	245	38
YVP112M-2	4	8	2900	85.5	0.87	7	2.2	2.3	530	310	265	45
YVP112M-4	4	9.6	1490	85.2	0.85	6.5	2.61	2.61	530	310	265	47
YVP112M-6	2.2	6.1	940	81	0.75	6.5	2.2	2.2	530	310	265	45
YVP132S1-2	5.5	10.9	2920						610	347.5	315	
YVP132S2-2	7.5	14	2920	87	0.9	7	2.2	2.2	610	347.5	315	
YVP132S-4	5.5	12.7	1450	85.5	0.84	7	2.2	2.3	610	347.5	315	72
YVP132M-4	7.5	17	1455	87	0.85	7	2.2	2.3	700	347.5	315	85
YVP132S-6	3	7.9	970						610	347.5	315	67
YVP132M1-6	4	10.3	970						700	347.5	315	76
YVP132M2-6	5.5	13.8	960	83	0.8	7	2	2.2	700	345.5	315	87
YVP132S-8	2.2	6.4	715						610	347.5	315	
YVP132M-8	3	8.5	720						700	347.5	315	83
YVP160M1-2	11	21.5	2940	90.9	0.89	7	2	2.2	730	432.5	385	119
YVP160M2-2	15	29.2	2940	90	0.89	7	2.2	2.2	730	432.5	385	127
YVP160L-2	18.5	38.9	2930						780	432.5	385	149
YVP160M-4	11	24.8	1465	88	0.84	7	2.2	2.3	730	432.5	385	125
YVP160L-4	15	33	1472	88.5	0.85	7	2.2	2.3	780	432.5	385	146
YVP160M-6	7.5	18.7	970	86	0.78	6.5	2	2	730	432.5	385	121
YVP160L-6	11	27	970						780	432.5	385	149
YVP160M1-8	4	10.9	720	84	0.73	6	2	2	730	432.5	385	120
YVP160M2-8	5.5	14.6	720	85	0.74	6	2	2	730	432.5	385	121
YVP160L-8	7.5	19.5	716	86	0.75	5.5	2	2	780	432.5	385	148
YVP180M-2	22	44	2960	90	0.86	7	2.2	2.2	840	475	430	195
YVP180M-4	18.5	37.7	1460						840	475	430	187
YVP180L-4	22	44.5	1470						880	475	430	195
YVP180L-6	15	34.6	970						880	475	430	190
YVP180L-8	11	26.4	730						880	475	430	190

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）为提高电动机的可靠性，绝缘等级选用F级（按B级考核）。

5）由于电动机在Y2系列上进行派生设计，结构件和冲片三圆与Y2系列通用，定转子槽形尽量考虑通用。

6）为了保证电动机在整个调速范围内的冷却效果，电动机采用独立供电的轴向外风扇，对电动机进行强迫冷却。电动机的冷却方式为全封闭外表轴向风机冷却，也可按需要制成其他冷却方式。

7）电机的定额是以连续工作制（S1）为基准的连续定额。

8）电机的定子绕组接线，功率在55kW及以下为Y联结，功率在55kW以上为△联结。

4.3.5　YCT系列电磁调速三相异步电动机技术数据（见表4-19）

表4-19　YCT系列电磁调速三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	标称功率/kW	额定转矩/N·m	转速范围/(r/min)	转速变化率(%)	轴　承		重量/kg
					离合器	拖动电机	
YCT90-4A	0.25	1.6	1200～120	≤2.5			34
YCT90-4B	0.37	2.3	1200～120	≤2.5			36
YCT112-4A	0.55	3.6	1250～125	≤2.5	205Z1	180205Z1	55
					204Z1	180204Z1	55
YCT112-4B	0.75	4.9	1250～125	≤2.5	205Z1	180205Z1	60
					204Z1	180204Z1	60
YCT132-4A	1.1	7.1	1250～125	≤2.5	306Z1	180306Z1	85
					205Z1	180205Z1	85
YCT132-4B	1.5	9.7	1250～125	≤2.5	306Z1	180306Z1	90
					205Z1	180205Z1	90
YCT160-4A	2.2	14	1250～125	≤2.5	307Z1	180308Z1	120
					206Z1	180206Z1	120
YCT160-4B	3	19	1250～125	≤2.5	307Z1	180308Z1	125
					206Z1	180206Z1	125
YCT180-4A	4	25	1250～125	≤2.5	307Z1	180308Z1	162
					306Z1	180306Z1	162
YCT200-4A	5.5	35	1250～125	≤2.5	309Z1	310Z1	220
					308Z1	180308Z1	220
YCT200-4B	7.5	47.7	1250～125	≤2.5	309Z1	310Z1	230
					308Z1	180308Z1	230
YCT225-4A	11	69	1250～125	≤2.5	310Z1	311Z1	465
					309Z1	309Z1	465
YCT225-4B	15	94	1250～125	≤2.5	310Z1	311Z1	475
					309Z1	309Z1	475
YCT250-4A	18.5	115	1320～132	≤2.5	312Z1	312Z1	490
					311Z1	311Z1	490
YCT250-4B	22	137	1320～132	≤2.5	312Z1	312Z1	510
					311Z1	311Z1	510

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电磁调速三相异步电动机（又称转差电动机）是一种交流恒转矩无级调速电动机。其调速特点是调速范围大、无失控区、起动转矩大、可以强励起动，频繁起动时，对电网无冲击。适用于纺织、化工、冶金、建材、食品、矿山等部门，如用于油漆流水线、装配流水线的传送带、注塑机、印刷机、印染机、水泵、鼓风机、卷板机、压延机、空调设备、输送设备等。

电磁调速三相异步电动机更适用于变转矩的离心式水泵和风机上，用转速调节来代替阀门的开闭以控制流量和压力，从而获得节能的效果。

电磁调速三相异步电动机由拖动电动机（Y 系列电动机）、电磁转差离合器、测速发电机等组成。中小型电磁调速异步电动机是组合式结构；较大的电磁调速异步电动机是整体式结构。笼型三相异步电动机为原动机；测速发电机安装在电磁调速异步电动机的输出轴上，用来控制和指示电动机的转速；电磁转差离合器是电磁调速的关键部件，电动机的平滑调速就是通过它的作用来实现的。

4.3.6 YEZ 系列锥形转子制动三相异步电动机技术数据（见表 4-20）

表 4-20 YEZ 系列锥形转子制动三相异步电动机技术数据（S4-40%）

型　　号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	额定电流/A	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/A	效率(%)
YEZ112S-4	3.0	1380	7.6	2.7	2.7	42	78
YEZ112M-4	3.7	1380	9	2.8	2.8	54	78
YEZ132S-4（带底脚）	5.5	1400	15	3.0	3.0	85	79
YEZ132S-4	5.5	1400	15	3.0	3.0	85	79
YEZ132M-4	7.5	1400	18	3.0	3.0	100	79
YEZ160S-4	11	1421	22.7	3.0	3.0	140	86.7
YEZ160M-4	13	1400	30	3.0	3.0	165	80
YEZ160L-4	15	1400	34	3.0	3.0	200	81
YEZ180M-4	18.5	1400	42	3.0	3.0	229	82
YEZ112M-4/8	3.7/1.8	1380/680	9.0/8.5	3.0/2.5	2.7/2.4	49/23	75/66
YEZ132S-4/8	5.5/2.7	1380/680	15/13	3.0/2.5	2.8/2.5	74/35	75/60
YEZ132M-4/8	7.5/3.7	1390/690	18/15	3.0/2.5	3.0/2.5	102/42	78/63

型　　号	功率因数	制动力矩/N·m	转动惯量/kg·m²	重量/kg	配套机械吨位/t	外形尺寸/mm		
						长	宽	高
YEZ112S-4	0.77	42.14	0.13		0.5	419	315	288
YEZ112M-4	0.78	51	0.31	50	0.5			
YEZ132S-4（带底脚）	0.79	66.7	0.16	62	0.75	456	355	297
YEZ132S-4	0.79	66.7	0.16	62	0.75			
YEZ132M-4	0.80	98	0.39	103	1.0	533	372	340
YEZ112M-4/8	0.78/0.58	51	0.13	50		419	315	288
YEZ132S-4/8	0.78/0.58	76	0.16	62		456	355	297
YEZ132M-4/8	0.78/0.58	100	0.39	103		533	372	297

锥形转子制动三相异步电动机的定子内腔和转子外圆均呈圆锥形，它是一种将电动机与制动器两项功能集于一体的电力驱动器具。当定子三相绕组接通电源，其产生的轴向电磁拉力（简

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

称轴向磁拉力）使转子产生轴向移动，压缩轴向弹簧，推开制动器，使锥形异步电动机运转。断电时，轴向磁拉力消失，在弹簧恢复力的作用下，制动器动作，使电动机转子停转，从而实现快速制动的功能。即电动机不通电时，电动机常处于制动状态。

锥形转子制动三相异步电动机主要为电动葫芦配套的电动机。该电动机具有起动转矩大、制动可靠、结构紧凑、可频繁起动等特点，可用于起重运输机械、生产流水线和其他需要迅速制动的场合。

按照锥形转子制动异步电动机转子型式分类,则有笼型锥形异步电动机和绕线转子锥形异步电动机;按照锥形异步电动机的运行速度分类,则有单速锥形异步电动机和双速锥形异步电动机。

锥形异步电动机的使用特点：

1）断续周期工作制：其负载持续率分别有15%、25%、40%、60%等四种，在这种工作制中，工作时间和停歇时间轮流交替，每个工作周期为10min。

2）频繁的起动、制动：锥形异步电动机除了在运行时产生正常电损耗外，还会在起动、制动的过渡过程中产生附加电损耗。当起动次数超过每小时300次时，附加电损耗不可忽略，即起动和制动过程的发热情况不可忽略。

3）供电电压降大：当锥形异步电动机用在起重设备中，从受电端到供电变压器必须经过较长的输电电缆和滑线，以致造成线路上的电压降落大，将影响锥形异步电动机的性能，特别是锥形异步电动机的轴向磁拉力，其大小与电压的二次方成正比，电压太低，将使锥形异步电动机不能正常制动，会造成不安全后果。为此，用于电动葫芦的锥形异步电动机的标准中规定：当电压为额定电压的85%、电动葫芦起吊额定负载时，锥形异步电动机应仍能保证各机构正常工作。

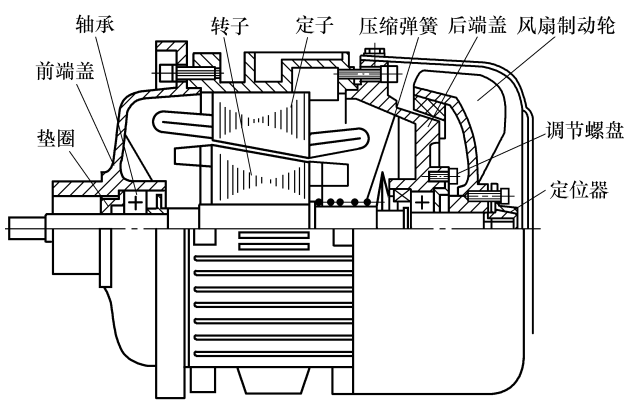


图4-5　锥形转子制动三相异步电动机

锥形转子制动三相异步电动机的定子内腔和转子外形都呈锥形，如图4-5所示，其转子绕组为笼型绕组，后端盖与风扇之间有制动装置。机座不带底脚，前端盖有凸缘，安装孔在前端盖凸缘上。

锥形转子异步电动机与普通异步电动机的主要不同之处在于，除了其内表面呈圆锥形外，为了运行需要都带有附加的机械装置，如弹簧、齿轮及摩擦机构等。

4.3.7　YEJ2系列电磁制动三相异步电动机技术数据（见表4-21）

表4-21　YEJ2系列电磁制动三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　号	极数	额定功率/kW	满载时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			重量/kg
			转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数				长	宽	高	
YEJ2-801-2	2	0.75	2825	1.9	73.0	0.84	7.0	2.2	2.2	375	250	180	20
YEJ2-802-2		1.1	2825	2.6	76.0	0.85							21
YEJ2-90S-2		1.5	2840	3.4	79.0	0.85	7.0	2.2	2.2	410	255	190	26
YEJ2-90L-2		2.2	2840	4.7	82.0	0.86				425			29

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定功率/kW	满　载　时				堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			重量/kg
			转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数				长	宽	高	
YEJ2-100L-2	2	3.0	2880	6.4	82.0	0.87	7.0	2.2	2.2	465	305	245	39
YEJ2-112M-2		4.0	2890	8.2	85.5	0.87	7.0	2.2	2.2	495	325	265	53
YEJ2-132M1-2		5.5	2900	11.1	86.2	0.88	7.0	2.0	2.2	575	370	315	85
YEJ2-132M2-2		7.5	2900	15.0	86.2	0.88							90
YEJ2-801-4	4	0.55	1390	1.6	70.5	0.76	6.5	2.2	2.2	375	250	180	20
YEJ2-802-4		0.75	1390	2.1	72.5	0.76							21
YEJ2-90S-4		1.1	1400	2.7	79.0	0.78	6.5	2.2	2.2	410	255	190	27
YEJ2-90L-4		1.5	1400	3.7	79.0	0.79				425			30
YEJ2-100L1-4		2.2	1420	5.0	81.0	0.80	7.0	2.2	2.2	465	305	245	39
YEJ2-100L2-4		3.0	1420	6.8	82.5	0.81							44
YEJ2-112M-4		4.0	1440	8.8	84.5	0.82	7.0	2.2	2.2	495	325	265	55
YEJ2-132S-4		5.5	1440	11.6	85.5	2.84	7.0	2.2	2.2	575	370	315	80
YEJ2-132M-4		7.5	1440	15.4	87.0	0.84				615			95
YEJ2-90S-6	6	0.75	910	2.3	71.5	0.70	6.0	2.0	2.0	410	255	190	27
YEJ2-90L-6		1.1	910	3.2	72.5	0.72				425			28
YEJ2-100L-6		1.5	940	4.0	72.5	0.74	6.0	2.0	2.0	465	305	245	37
YEJ2-112M-6		2.2	940	5.6	80.5	0.74	6.0	2.0	2.0	495	325	265	51
YEJ2-132S-6		3.0	960	7.2	83.0	0.76	6.5	2.0	2.0	575	370	315	81
YEJ2-132M1-6		4.0	960	9.4	84.0	0.77				615			90
YEJ2-132M2-6		5.5	960	12.6	85.3	0.78				615			100
YEJ2-132S-8		2.2	710	5.8	71.0	0.71	5.5	2.2	2.0	575	370	315	82
YEJ2-132M-8		3.0	710	7.7	82.0	0.72				615			95

4.3.8　Y-F、Y-WF 系列户内、户外化工防腐蚀型三相异步电动机技术数据（见表 4-22）

表 4-22　Y-F、Y-WF 系列户内、户外化工防腐蚀型三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			重量/kg
										长	宽	高	
Y355M-2-F、WF	185	380	336	2980	94.0	0.89	6.8	1.2	2.2	1470	730	1010	1740
Y355M-2-F、WF	200	380	363	2980	94.1	0.88	6.8	1.2	2.2	1470	730	1010	1760
Y355M-2-F、WF	220	380	398	2980	94.2	0.89	6.8	1.2	2.2	1470	730	1010	1780
Y355M-2-F、WF	250	380	447	2980	94.5	0.90	6.8	1.2	2.2	1470	730	1010	1800
Y355M-4-F、WF	185	380	343	1488	94.2	0.87	6.8	1.3	2.2	1500	730	1010	1780
Y355M-4-F、WF	200	380	370	1488	94.4	0.87	6.8	1.3	2.2	1500	730	1010	1800

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm 长	宽	高	重量/kg
Y355M-4-F、WF	220	380	408	1488	94.6	0.87	6.8	1.3	2.2	1500	730	1010	1830
Y355M-6-F、WF	160	380	301	991	94.2	0.86	6.5	1.3	2.0	1500	730	1010	1780
Y355M-6-F、WF	185	380	347	991	94.3	0.86	6.5	1.3	2.0	1500	730	1010	1800
Y355M-6-F、WF	200	380	374	991	94.4	0.86	6.5	1.3	2.0	1500	730	1010	1830
Y355M-8-F、WF	132	380	261	742	93.8	0.82	6.0	1.4	2.0	1500	730	1010	1780
Y355M-8-F、WF	160	380	317	742	94.0	0.82	6.0	1.4	2.0	1500	730	1010	1800
Y355M-10-F、WF	90	380	185	594	92.8	0.76	5.8	1.4	2.0	1500	730	1010	1900
Y355L-10-F、WF	110	380	226	593	93.2	0.76	5.8	1.4	2.0	1570	730	1010	1950
Y355L-10-F、WF	132	380	267	593	93.4	0.76	5.8	1.4	2.0	1570	730	1010	2000

4.3.9　YB2 系列隔爆型三相异步电动机技术数据（见表4-23）

表4-23　YB2 系列隔爆型三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm 长	宽	高
同步转速3000r/min											
YB2-801-2	0.75	2830	1.8	75	0.83	6.0	2.2	2.3	330	172.5	320
YB2-802-2	1.1	2830	2.6	78	0.84	6.0	2.2	2.3	330	172.5	320
YB2-90S-2	1.5	2840	3.4	79	0.84	7.0	2.2	2.3	360	180	350
YB2-90L-2	2.2	2840	4.9	81	0.85	7.0	2.2	2.3	385	180	350
YB2-100L-2	3	2870	6.2	83	0.88	7.0	2.2	2.3	440	190	400
YB2-112M-2	4	2890	8.1	85	0.88	7.0	2.2	2.3	460	222.5	420
YB2-132S1-2	5.5	2900	11.0	86	0.88	7.5	2.2	2.3	510	240	450
YB2-132S2-2	7.5	2900	14.9	87	0.88	7.5	2.2	2.3	510	240	450
YB2-160M1-2	11	2930	21.6	88	0.88	7.5	2.2	2.4	655	275	520
YB2-160M2-2	15	2930	28.8	89	0.89	7.5	2.2	2.4	655	275	520
YB2-160L-2	18.5	2930	35.5	89	0.89	7.5	2.2	2.4	695	275	520
YB2-180M-2	22	2940	41.0	90.5	0.90	7.5	2.0	2.3	730	287.5	550
同步转速1500r/min											
YB2-801-4	0.55	1390	1.6	71	0.75	5.0	2.4	2.3	330	172.5	320
YB2-802-4	0.75	1390	2.0	73	0.77	5.0	2.4	2.3	330	172.5	320
YB2-90S-4	1.1	1400	2.9	75	0.77	6.0	2.3	2.3	360	180	350
YB2-90L-4	1.5	1400	3.7	78	0.79	6.0	2.3	2.3	385	180	350
YB2-100L1-4	2.2	1430	5.2	80	0.81	6.0	2.3	2.4	440	190	400
YB2-100L2-4	3	1430	6.8	82	0.82	6.0	2.3	2.4	440	190	400
YB2-112M-4	4	1440	8.8	84	0.82	6.0	2.3	2.4	460	222.5	420
YB2-132S-4	5.5	1440	11.6	86	0.84	7.0	2.3	2.4	510	240	450

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm		
									长	宽	高
同步转速 1500r/min											
YB2-132M-4	7.5	1440	15.4	87	0.85	7.0	2.3	2.4	550	240	450
YB2-160M-4	11	1460	22.3	88	0.85	7.0	2.2	2.4	655	275	520
YB2-160L-4	15	1460	30.1	89	0.85	7.0	2.2	2.4	695	275	520
YB2-180M-4	18.5	1470	36.5	90.5	0.85	7.0	2.2	2.3	730	287.5	550
YB2-180L-4	22	1470	43.1	91.2	0.85	7.0	2.2	2.3	750	287.5	550
同步转速 1000r/min											
YB2-801-6	0.37	890	1.3	63	0.70	4.0	1.9	2.1	330	172.5	320
YB2-802-6	0.55	890	1.8	66	0.72	4.0	1.9	2.1	330	172.5	320
YB2-90S-6	0.75	910	2.3	69	0.72	4.0	2.1	2.1	360	180	350
YB2-90L-6	1.1	910	3.1	73	0.73	5.0	2.1	2.1	385	180	350
YB2-100L-6	1.5	940	3.9	76	0.76	5.0	2.1	2.1	440	190	400
YB2-112M-6	2.2	940	5.6	79	0.76	5.0	2.1	2.1	460	222.5	420
YB2-132S-6	3	960	7.3	81	0.77	6.0	2.1	2.4	510	240	450
YB2-132M1-6	4	960	9.4	83	0.78	6.0	2.1	2.4	550	240	450
YB2-132M2-6	5.5	960	12.6	85	0.78	6.5	2.1	2.4	550	240	450
YB2-160M-6	7.5	970	16.8	86	0.79	6.5	2.1	2.4	655	275	520
YB2-160L-6	11	970	24.2	87.5	0.79	6.5	2.1	2.4	695	275	520
YB2-180L-6	15	970	31.6	89	0.81	7.0	2.1	2.1	750	287.5	550
同步转速 750r/min											
YB2-801-8	0.18	630	0.86	52	0.61	3.3	1.8	1.9	330	172.5	320
YB2-802-8	0.25	640	1.1	55	0.61	3.3	1.8	1.9	330	172.5	320
YB2-90S-8	0.57	660	1.4	63	0.62	4.0	1.8	2.0	360	180	350
YB2-90L-8	0.55	660	2.1	64	0.63	4.0	1.8	2.0	385	180	350
YB2-100L1-8	0.75	690	2.4	71	0.68	4.0	1.8	2.0	440	190	400
YB2-100L2-8	1.1	690	3.3	73	0.69	4.0	1.8	2.0	440	190	400
YB2-112M-8	1.5	680	4.4	75	0.69	4.0	1.8	2.0	460	222.5	420
YB2-132S-8	2.2	710	5.8	79	0.73	5.5	1.8	2.2	510	240	450
YB2-132M-8	3	710	7.7	81	0.73	5.5	1.8	2.2	550	240	450
YB2-160M1-8	4	720	10.3	81	0.73	6.0	1.9	2.2	655	275	520
YB2-160M2-8	5.5	720	13.4	83	0.75	6.0	1.9	2.2	655	275	520
YB2-160L-8	7.5	720	17.6	85	0.76	6.0	1.9	2.2	695	275	520
YB2-180L-8	11	730	25.3	87	0.76	6.0	1.9	2.2	750	287.5	550

在电气部分及外壳上采取不产生火花、高温或者防止易燃、易爆物质进入电动机内腔，或者虽然进入电动机内腔，爆炸后火焰不能传到电动机壳体之外等措施的电动机，称为防爆电动机。

防爆电动机是在正常电动机结构的基础上，进一步加强机械、电气和热保护措施，使之在过载条件下避免出现电弧、火花或高温危险，确保防爆安全性的电动机。防爆电动机适用于石油、化工、制药、煤矿及贮存、输送燃料油等行业中具有易燃、易爆的气体、蒸汽的场合。

防爆电动机按其防爆原理有以下四种：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）增安型：其防爆原理是在电动机的设计、制造中，采取一系列措施，使其在正常允许情况下不会产生火花、电弧及可能引燃爆炸性混合物的高温。

2）隔爆型：其防爆原理简而言之就是“间隙灭焰”。电动机外壳做成“隔爆”式的，有足够的强度，当壳内爆炸性混合物（隔爆型电动机允许爆炸性混合物进入内腔）爆炸时，壳体不但能承受住爆炸压力及爆炸火焰的高温而不破损变形；又能靠隔爆结合面的“间隙灭焰”作用，防止引起周围爆炸性混合物爆炸。

3）正压型：正压型防爆电动机是将壳内充入保护气体——新鲜空气或惰性气体，其压力保持高于周围爆炸性混合物的压力，以避免外部爆炸性混合物进入壳内达到防爆目的。

4）无火花型：它是一种在正常运行条件下不产生火花、电弧和危险温度，因而也就不会将周围爆炸性混合物引爆的防爆电动机（原理与增安型类似）。

为了在正常电动机结构的基础上，进一步加强机械、电气和热保护措施，避免出现电弧、火花或高温危险，确保防爆安全性，防爆型三相异步电动机的结构有以下特点：

1）机座、端盖、轴承盖一般均用高强度灰铸铁制成（容量较大的电机则采用钢板焊接结构），具有足够的机械强度。机座外表面铸有轴向散热片，有利于通风散热。

2）定子绕组经浸烘处理，具有良好的电气、机械、防潮和热稳定的性能。

3）转轴采用优质钢制成，转子经校动平衡，运转平稳。

4）接线盒外壳防护等级为IP54，位于电动机的顶部，内有较大空腔，便于接线。进线方式分橡套电缆和钢管布线两种，按不同起动要求，制成一个进线口或双进线口，分别适用于电动机直接起动或Y-△起动。接线盒空腔与机座主空腔之间采用螺纹隔爆结构。接线盒座与接线斗之间配备了一个连通节，密封用橡胶垫安置在里面，用户检修时，不必拆下橡胶垫，并确保电动机的隔爆性能。

5）风扇采用铸铝合金制成，风扇与轴用键配合；风罩采用小方孔钢板结构，刚性好，防护等级为IP20。

隔爆电动机的外壳结构具有足够的机械强度，能承受由于内部爆炸时产生的巨大压力而不致破损，同时电动机外壳相连接的地方都制成为隔爆间隙、长度和表面粗糙度的隔爆接合面。当内部发生爆炸而泄出的火焰和灼热气体通过这些狭小光洁的隙缝后，不致点燃存在于隔爆外壳外部的爆炸性混合物。

隙缝的结合宽度称为隔爆面（俗称防爆面）；隙缝的大小称为隔爆间隙；隙缝的结合宽度称为隔爆结合面宽度。而这些间隙、宽度是根据各使用场所不同爆炸性混合物的传爆能力而划分成的级别而有所不同。它们对隔爆性能有极重要的关系。

隔爆结合面有两种形式：一种是圆筒形结合面，如机座与端盖止口配合处，转轴与轴孔配合处等；另一种是平面结合面，如机座与接线盒座、接线盒座与接线盒盖等的平面。

4.3.10　YA系列增安型三相异步电动机技术数据（见表4-24）

表4-24　YA系列增安型三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	额定功率/kW		额定电流/A		额定转速/(r/min)	效率(%)		功率因数		堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩		最大转矩/额定转矩		重量/kg
	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1～T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1～T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	
YA801-2	0.75		1.8		2825	75.0		0.84		6.5	2.2	2.2	2.3	2.3	15
YA802-2	1.1		2.5		2825	77.0		0.86		7.0	2.2	2.2	2.3	2.3	16

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW		额定电流/A		额定转速/(r/min)	效率(%)		功率因数		堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩		最大转矩/额定转矩		重量/kg
	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1 ~ T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1 ~ T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	
YA90S-2	1.5		3.5		2840	78.0		0.84		7.0	2.2	2.2	2.3	2.3	21
YA90L-2	2.2		4.8		2840	80.5		0.86		7.0	2.2	2.2	2.3	2.3	24
YA100L-2	3		6.4		2880	82.0		0.87		7.0	2.2	2.2	2.3	2.3	32
YA112M-2	4		8.2		2890	85.5		0.87		7.0	2.2	2.2	2.3	2.3	44
YA132S1-2	5.5		11.1		2900	85.5		0.88		7.0	2.0	2.0	2.3	2.3	63
YA132S2-2	7.5		15.0		2900	86.7		0.88		7.0	2.0	2.0	2.3	2.3	69
YA160M1-2	11		21.8		2930	87.2	880	0.88	0.90	7.0	2.0	1.8	2.3	2.3	116
YA160M2-2	15		29.4		2930	88.2	89.0	0.88	0.90	7.0	2.0	1.8	2.3	2.2	123
YA160L-2	18.5		35.4		2930	89	88.5	0.89	0.91	7.0	2.0	1.8	2.2	2.2	146
YA180M-2	22	18.5	42.2	34.9	2940	89	88.5	0.89	0.91	7.0	2.0	1.5	2.2	2.2	180
YA801-4	0.55		1.6		1400	73.0		0.74		6.0	2.4		2.3		16
YA802-4	0.75		2.1		1400	74.5		0.74		6.0	2.3		2.3		17
YA90S-4	1.1		2.8		1400	77.5		0.76		6.5	2.3		2.3		21
YA90L-4	1.5		3.7		1400	78.5		0.78		6.5	2.3		2.3		26
YA100L1-4	2.2		5.1		1420	81		0.815		7.0	2.2		2.3		33
YA100L2-4	3		6.9		1430	82.5		0.800		7.0	2.2		2.3		37
YA112M-4	4		8.9		1440	84.5		0.810		7.0	2.2		2.3		42
YA132S1-4	5.5		11.8		1440	85.5		0.830		7.0	2.2		2.3		67
YA132S2-4	5.5		11.8		1440	85.5		0.830		7.0	2.2		2.3		68
YA132M1-4	7.5		15.6		1440	87		0.880		7.0	2.2		2.3		80
YA132M2-4	7.5		15.6		1440	87		0.880		7.0	2.2		2.3		80
YA160M1-4	11		—	22.6	1460	88		0.88		7.0	2.2		2.3		123
YA160M2-4	11		—	22.6	1460	88		0.88		7.0	2.2		2.3		123
YA160L-4	15		—	30.3	1460	88.5		0.850		7.0	2.2		2.3		144
YA180M-4	18.5	—	35.5	—	1470	91	—	0.87	—	7.0	2.0	—	2.2	—	182
YA180L-4	22	18.5	42.7	35.7	1470	90	90.5	0.87	0.87	7.0	2.0	1.9	2.2	2.2	190
YA90S-6	0.75		2.3		910	72		0.68		5.5	2.0		2.2		22
YA90L-6	1.1		3.3		910	73		0.70		5.5	2.0		2.2		24
YA100L1-6	1.5		4		938	77.5		0.73		6.0	2.0		2.2		32
YA100L2-6	1.5		4		938	77.5		0.73		6.0	2.0		2.2		44
YA112M-6	2.2		5.7		940	80				6.0	2.0		2.2		62
YA132S1-6	3		7.3		960	83		0.75		6.5	2.0		2.2		72
YA132S2-6	3		7.3		960	83		0.75		6.5	2.0		2.2		83
YA132M1-6	4		9.3		960	84		0.78		6.5	2.0		2.2		118
YA132M2-6	5.5		12.6		960	85.3		0.78		6.5	2.0		2.2		146
YA160M1-6	7.5		17.2		970	86		0.77		6.5	2.0		2.0		194
YA160M2-6	7.5		17.2		970	86		0.77		6.5	2.0		2.0		220

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW		额定电流/A		额定转速/(r/min)	效率(%)		功率因数		堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩		最大转矩/额定转矩		重量/kg
	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1～T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	T1～T3	T1、T2	T3	T1、T2	T3	
YA160L-6	11		25.3		970	87		0.76		6.5	2.0		2.0		240
YA180L-6	15		31.8		970	88.5		0.81		6.5	1.8		2.0		291
YA132S1-8	2.2		5.8		710	80.5		0.71		5.5	2.0		2.0		62
YA132S2-8	2.2		5.8		710	80.5		0.71		5.5	2.0		2.0		62
YA132M1-8	3		7.8		710	81.5		0.72		5.5	2.0		2.0		78
YA132M2-8	3		7.8		710	81.5		0.72		5.5	2.0		2.0		78
YA160M1-8	4		10.2		720	84		0.71		6.0	2.0		2.0		116
YA160M2-8	5.5		13.3		720	85		0.74		6.0	2.0		2.0		118
YA160L-8	7.5		17.9		720	86		0.74		5.5	2.0		2.0		145
YA180L-8	11		24.8		730	87.5		0.77		6.0	1.7		2.0		146

4.3.11　Y-H 系列船用三相异步电动机技术数据（见表 4-25）

表 4-25　Y-H 系列（IP23）船用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	功率/kW	电流/A		转速/(r/min)		堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	堵转视在功率/额定功率	效率（%）		功率因数		外形尺寸/mm			重量/kg
		50Hz 380V	60Hz 440V	50Hz 380V	60Hz 440V				50Hz 380V	60Hz 440V	50Hz 380V	60Hz 440V	长	宽	高	
Y160M-2-H	15	29.5	27.5	2920	3515	1.4	2.0	12	88	87.5	0.88	0.88	550	380	485	
Y160L1-2-H	18.5	35	33	2920	3515	1.3	1.9	12	89	89	0.88	0.90	595	380	485	
Y160L2-2-H	22	41	39	2920	3515	1.3	1.9	12	89.5	89.5	0.88	0.90	595	380	485	
Y180M-2-H	30	57	55	2930	3520	1.2	1.9	11	89.5	89	0.88	0.88	605	420	525	
Y180L-2-H	37	71	68	2930	3520	1.2	1.9	11	90.5	89.5	0.88	0.88	645	420	525	
Y200M-2-H	45	88	85	2935	3530	1.1	1.8	11	90.5	89.5	0.88	0.86	730	465	565	270
Y200L-2-H	55	104	99	2935	3530	1.1	1.8	11	91.5	90.5	0.88	0.88	770	465	565	310
Y225M-2-H	75	138	130	2940	3540	1.0	1.8	11	91.5	91.5	0.89	0.88	800	520	618	415
Y250S-2-H	90	168	166	2945	3545	1.0	1.8	11	92	91	0.88	0.87	830	550	736	430
Y250M-2-H	110	200	192	2945	3545	0.9	1.7	10	92.5	92	0.89	0.89	865	550	736	460
Y160M-4-H	11	23.5	22.5	1420	1730	1.5	2.0	12	87.5	85.5	0.83	0.82	550	380	485	
Y160L1-4-11	15	31.5	29.5	1425	1735	1.5	2.0	12	88	87	0.84	0.82	595	380	485	
Y160L2-4-H	18.5	38.5	36.5	1425	1735	1.4	1.9	12	89	87.5	0.86	0.82	595	380	485	
Y180M-4-H	22	43.5	41.5	1440	1745	1.4	1.9	12	89.5	88.5	0.86	0.86	605	420	525	
Y180L-4-H	30	59	57	1440	1745	1.3	1.9	11	90.5	89	0.87	0.86	645	420	525	
Y200M-4-H	37	73	69	1450	1755	1.3	1.9	11	90.5	89.5	0.87	0.85	730	465	565	270
Y200L-4-H	45	86	81	1450	1755	1.2	1.8	11	91.5	90	0.87	0.86	770	465	565	310
Y225M-4-H	55	107	104	1460	1765	1.2	1.8	11	91.5	90.5	0.88	0.84	800	520	618	415
Y250S-4-H	75	146	143	1460	1765	1.1	1.8	11	92	90.5	0.88	0.83	830	550	736	430
Y250M-4-H	90	175	170	1460	1765	1.1	1.8	11	92.5	91	0.88	0.83	865	550	736	460

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	功率/kW	电流/A		转速/(r/min)		堵转转矩	最大转矩	堵转视在功率	效率（%）		功率因数		外形尺寸/mm			重量/kg
		50Hz 380V	60Hz 440V	50Hz 380V	60Hz 440V	额定转矩	额定转矩	额定功率	50Hz 380V	60Hz 440V	50Hz 380V	60Hz 440V	长	宽	高	
Y160M-6-H	7.5	17.2	16.2	950	1155	1.5	1.8	12	85	84	0.76	0.77	550	380	485	
Y160L1-6-H	11	24.5	23.5	950	1155	1.4	1.8	12	86.5	85	0.76	0.79	595	380	485	
Y180M-6-H	15	32	30.5	965	1165	1.4	1.8	12	88	87.5	0.78	0.79	605	420	525	
Y180L-6-H	18.5	38.5	37.5	965	1165	1.4	1.8	12	88.5	88	0.83	0.80	645	420	525	
Y200M-6-H	22	45.5	44.5	970	1170	1.4	1.8	12	89	88.5	0.83	0.80	730	465	565	270
Y200L-6-H	30	61	60	970	1170	1.3	1.8	11	89.5	89.5	0.82	0.81	770	465	565	310
Y225M-6-H	37	75	73	975	1170	1.3	1.8	11	90.5	90	0.87	0.80	800	520	618	415
Y250S-6-H	45	90	86	970	1170	1.2	1.7	11	91	89.5	0.86	0.82	830	550	736	430
Y250M-6-H	55	109	107	970	1170	1.2	1.7	11	91	90	0.87	0.82	865	550	736	460
Y160M-8-H	5.5	14.1	14.1	695	850	1.3	1.8	13	83.5	81	0.73	0.69	550	380	485	
Y160L1-8-H	7.5	18.8	18.4	695	850	1.3	1.7	12	85	81.5	0.73	0.70	595	380	485	
Y180M-8-H	11	27	27	710	865	1.2	1.7	12	86.5	84	0.74	0.70	605	420	525	
Y180L-8-H	15	35.5	34.5	710	865	1.2	1.7	12	87.5	85.5	0.76	0.71	645	420	525	
Y200M-8-H	18.5	43.5	42.5	720	875	1.2	1.7	12	88.5	86	0.77	0.72	730	465	565	270
Y200L-8-H	22	50	50	720	875	1.2	1.7	12	89	86.5	0.78	0.73	770	465	565	310
Y225M-8-H	30	64	64	715	870	1.2	1.7	11	89.5	88	0.77	0.77	800	520	618	415
Y250S-8-H	37	78	74	725	875	1.2	1.7	11	90	88.5	0.77	0.80	830	550	736	430
Y250M-8-H	45	93	88	725	875	1.1	1.7	11	90.5	89.5	0.78	0.80	865	550	736	460

4.3.12　YTD 系列电梯用三相异步电动机技术数据（见表 4-26）

表 4-26　YTD 系列电梯用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	极数	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率（%）	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	转差率（%）	重量/kg	外形尺寸/mm		
											长	宽	高
YTD160S-6/24	6	3.2	8.8	930	78	0.70	4.5	3.1	—	130	560	435	350
	24	0.49	6.2	175	26	0.37	1.3	3.0					
YTD160M-6/24	6	4.0	9.5	930	795	0.78	5	3.1	—	151	590	435	350
	24	0.67	8.4	175	38	0.41	1.4	3.0					
YTD160L1-6/24	6	5.5	13.5	930	79.5	0.79	4.3	3.2	—	182	655	435	350
	24	1.0	12	175	41	0.31	1.3	2.4					
YTD160L1-4/16	4	5.5	15.6	1420	78	0.69	6	3.8	—	174	655	435	350
	16	1.0	16.9	280	31	0.29	1.7	3.6					
YTD160L2-4/16	4	6.4	18	1420	78	0.69	6	3.8	—	194	655	435	350
	16	1.2	19.8	280	31	0.29	1.7	3.6					
YTD200M1-6/24	6	4	10	915	79.8	0.80	4.4	3.4	7.6/36.8	150	731	480	460
	24	0.67	13	175	26.5	0.30	1.0	3.1					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	转差率(%)	重量/kg	外形尺寸/mm		
											长	宽	高
YTD200M2-6/24	6	5.5	13	925	81.9	0.79	4.9	3.5	7.5/36.1	173	731	480	460
	24	1	16	190	34.3	0.28	1.0	3.2					
YTD200M3-6/24	6	6.4	15	930	80	0.80	5.0	3.5	—	205	731	480	460
	24	1.2	19	200	34	0.28	1.1	3.2					
YTD225M1-6/24	6	7.5	18	915	81.4	0.78	4.6	3.3	7.1/29.3	280	819	530	510
	24	1.45	16	175	38.3	0.36	1.1	3.2					
YTD225M2-6/24	6	11	25	920	82.6	0.79	4.9	3.4	6.8/24.4	320	819	530	510
	24	2.3	21	175	42.4	0.39	1.0	2.9					
YTD225M3-6/24	6	15	33	930	83	0.79	5.0	3.4	—	340	819	530	510
	24	3.4	27	180	42	0.39	1.0	2.8					
YTD250M1-6/24	6	15	33	915	83.7	0.82	4.8	3.5	6.8/18.9	448	976	590	580
	24	3.4	30	190	48	0.36	1.2	3.3					

4.3.13　YLJ系列（IP44）力矩三相异步电动机技术数据（见表4-27）

表4-27　YLJ系列（IP44）力矩三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	中心高/mm	极　数	输出转矩/(N·m)	堵转电流/A	允许堵转时间/s	调速范围/(r/min)	重量/kg
YLJ631-0.3/4	63	4	0.3	0.2	30	0～1400	7
YLJ632-0.5/4	63	4	0.5	0.3	30	0～1400	8
YLJ711-0.8/4	71	4	0.8	0.4	30	0～1400	11
YLJ712-1.2/4	71	4	1.2	0.55（0.5）	30	0～1400	12
YLJ801-1.6/4	80	4	1.6	0.75（0.7）	30	0～1400	14
YLJ802-2/4	80	4	2	1.05（0.9）	30	0～1400	15
YLJ90S-2.5/4	90	4	2.5	1.25（1.05）	30	0～1400	21
YLJ90L-3/4	90	4	3	1.35（1.15）	30	0～1400	22
YLJ100L-4/4	100	4	4	（2）	15	0～1400	31
YLJ100L-3.5/4	100	4	3.5	1.65	30	0～1400	
YLJ112M-4/4	112	4	4	2.0	10	0～1400	
YLJ100L-5-6	100	6	5	2.0（2.5）	10（15）	0～900	22
YLJ112M-6-6	112	6	6	2.2			
YLJ132M-10-6	132	6	10	3.5	5	0～920	
YLJ631-0.5/8	63	8	（0.5）	（0.25）	（30）		7
YLJ632-0.8/8	63	8	（0.8）	（0.3）	（30）		8
YLJ711-1.2/8	71	8	（1.2）	（0.4）	（30）		11
YLJ712-1.6/8	71	8	（1.6）	（0.5）	（30）		12
YLJ801-2/8	80	8	（2）	（0.7）	（30）		14

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	中心高/mm	极　数	输出转矩/(N·m)	堵转电流/A	允许堵转时间/s	调速范围/(r/min)	重量/kg
YLJ802-2.5/8	80	8	(2.5)	(0.9)	(30)		15
YLJ90S-3/8	90	8	(3)	(1.05)	(30)		21
YLJ90L-4/8	90	8	(4)	(1.15)	(30)		22
YLJ100L-5-8	100	8	(5)	(2.8)	(15)		31

力矩三相异步电动机（简称力矩异步电动机或交流力矩电动机）是一种机械特性软、线性度好和调速范围宽，具有独特电气性能的电动机。当负载增加时，电动机转速随之下降，而输出转矩增加，保持与负载平衡。由于电动机具有较大的的阻抗，堵转电流远较一般电动机小，且最大转矩发生在堵转附近，可稳定运行的范围很广，可以在接近同步转速一直到堵转都能稳定运行。同时，较小的负载变化即能引起电动机的转速相应改变；较小的电压变化即能引起转矩或转速的相应改变，是一种理想的调压无级调速电动机。

力矩异步电动机在低速场合中的应用很多。在使用条件不允许有换向器和电刷的场合，力矩异步电动机的优点更显著。其制造成本比直流力矩电动机低，结构简单、维护方便。该电动机适用于造纸、电线电缆、橡胶、塑料、纺织以及金属材料加工部门作卷绕、开卷堵转和调速等设备的动力，也可以利用其能堵转、反转的特点，而使用于频繁正、反转的装置或其他类似动作的各种机械，如挤压、夹紧、张、拉、螺杆转动等转速、转矩随意变化的场所。

（1）力矩异步电动机的分类

力矩异步电动机是普通异步电动机的派生系列，目前按下列方法分类。

1）按相数分类：

①三相力矩电动机：其电源电压为380V，是目前应用最广泛的产品。

②单相力矩电动机：其电源电压为220V，均为单相电容运转力矩电动机。

2）按机械特性分类：

①卷绕型力矩电动机：其机械特性较软，在堵转时输出最大转矩。这类力矩电动机是目前应用最多的产品。

②导辊型力矩电动机：其机械特性在一段转速范围内，转矩的大小变化能保持在一定的容差范围内。

③放线型力矩电动机：由放线工况要求，该电动机运行在制动状态，即在产品放线过程中所放的线基本上保持张力和线速度不变。

（2）力矩异步电动机的结构特点

由于力矩电动机运行长期低速运转和堵转，电动机发热相当严重，故电动机采用开启式结构，转子附有轴向通风孔，并装有独立的鼓风机，以带走电动机的热量。小容量的力矩电动机亦有采用密封式结构的。

1）卷绕型力矩电动机的结构：

①笼型转子力矩电动机：其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，转子导体有两种材料：一种为电阻率较高的黄铜，牌号为H62，端环为纯（紫）铜，用银铜焊将导条与端环焊接；另一种为电阻率较高的硅铝等，端环也用硅铝，与普通笼型转子一样用铸造方法制成。

②实心钢转子力矩电动机：其定子冲片材料，结构与普通笼型转子异步电动机相同，而转子

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

采用20～45号钢制成实心结构，没有硅钢片和导条。

2）导辊型力矩电动机的结构：其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，只是在电磁设计时考虑机械特性为导辊特性。

3）放线型力矩电动机的结构：其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，只是在电磁设计时，用不对称绕组两相供电，使其得到运行在制动状况时的机械特性为放线特性。

4.3.14　YDF系列电动阀门用三相异步电动机技术数据（见表4-28）

表4-28　YDF系列电动阀门用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	功率/kW	额定电流/A	额定转速/（r/min）	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
YDF-1114	0.09	0.72				
YDF-1124	0.12	0.90	1300	3.0	7.0	2.8
YDF-1124	0.15①	1.0				
YDF-2114	0.18	1.2				
YDF-2124	0.25	1.5				
YDF-2214	0.37	1.9	1320	3.0	7.0	2.8
YDF-2224	0.55	2.8				
YDF-2234	0.75	3.4				
YDF-3114	1.1	3.4				
YDF-3124	1.5	4.5	1330	3.0	7.0	2.8
YDF-3214	2.2	6.5				
YDF-3224	3.0	9.0				
YDF-4114	4.0	11		3.0		2.8
YDF-4124	5.5	14		3.0		2.8
YDF-4214	7.5	19	1440	3.0	7.0	2.8
YDF-4224	10	26		2.8		2.4
YDF-4224	11①	27		2.8		2.4
YDF-5114	13	32				
YDF-5114	15①	35	1440	2.8	7.0	2.4
YDF-5124	17	40				

① 为YDF系列的派生产品。

4.3.15　YZ2系列起重及冶金用三相异步电动机技术数据（见表4-29）

表4-29　YZ2系列起重及冶金用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

负载持续率(%)	25	40								60	100	转动惯量/kg·m²
型　　号	额定功率/kW	额定功率/kW	定子电流/A	转速/(r/min)	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	效率(%)	功率因数	额定功率/kW	额定功率/kW	
YZ2-112M1-6	1.7	1.5	3.84	860	2.0	2.0	4.0	65.8	0.78	1.3	1.1	0.018
YZ2-112M2-6	2.5	2.2	5.58	864	2.0	2.0	4.0	65.8	0.78	1.9	1.6	0.022
YZ2-132M1-6	3.3	3.0	7.78	850	2.0	2.0	4.0	73.8	0.754	2.6	2.2	0.036

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

负载持续率(%)	25	40								60	100	
型　　号	额定功率/kW	额定功率/kW	定子电流/A	转速/(r/min)	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	效率(%)	功率因数	额定功率/kW	额定功率/kW	转动惯量/kg·m²
YZ2-132M2-6	4.5	4.0	10.35	862	2.0	2.0	4.0	73.8	0.754	3.5	3.0	0.043
YZ2-160M1-6	6.3	5.5	12.77	865	2.0	2.0	4.0	77.9	0.822	4.8	4.0	0.103
YZ2-160M2-6	8.5	7.5	17.06	868	2.3	2.3	4.5	77.9	0.822	6.3	5.5	0.132
YZ2-160L-6	13	11	25.17	890	2.5	2.5	5.5	77.9	0.822	9.5	8.0	0.169
YZ2-160L-8	8.5	7.5	19.82	642	2.3	2.3	4.5	77.9	0.822	6.3	5.5	0.169
YZ2-180L-8	13	11	26.27	675	2.5	2.5	5.5	80.1	0.805	9.5	8.0	0.314
YZ2-200L-8	17	15	32.12	681	2.5	2.5	5.5	82.8	0.806	13	11	0.539
YZ2-225M-8	26	22	46.91	677	2.5	2.5	5.5	82.8	0.806	19	16	0.717
YZ2-250M1-8	36	30	63.09	683	2.5	2.5	5.5	83.4	0.822	26	22	1.266
YZ2-250M2-8	42	37	77.4	682	2.5	2.5	5.5	83.4	0.822	32	27	1.495

4.3.16　YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机技术数据（见表 4-30）

表 4-30　YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

工作方式	S3　6 次/h										转动惯量/kg·m²	转子开路电压/V
负载持续率(%)	25	40							60	100		
型　　号	额定功率/kW	额定功率/kW	定子电流/A	转子电流/A	最大转矩/额定转矩	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	额定功率/kW	额定功率/kW		
YZR2-100L-4	2.5	2.2	5.53	18.6	2.4	1358	77.0	0.725	1.9	1.6	0.012	85
YZR2-112M1-4	3.3	3.0	7.67	19.8	2.4	1379	75.0	0.768	2.6	2.0	0.025	110
YZR2-112M1-6	1.7	1.5	4.27	10.8	2.4	895	69.0	0.645	1.3	1.1	0.023	100
YZR2-112M2-4	4.5	4.0	9.77	19.1	2.4	1375	78.0	0.798	3.5	3.0	0.026	145
YZR2-112M2-6	2.5	2.2	6.07	12.1	2.4	897	69.0	0.645	1.9	1.6	0.026	132
YZR2-132M1-4	6.3	5.5	12.36	26.1	2.4	1398	82.9	0.844	4.8	4.0	0.042	140
YZR2-132M1-6	3.3	3.0	8.15	18.7	2.4	923	75.8	0.733	2.6	2.2	0.045	110
YZR2-132M2-4	7.0	6.3	13.92	25.8	2.4	1399	82.9	0.844	5.3	4.8	0.044	170
YZR2-132M2-6	4.5	4.0	10.35	14.7	2.4	923	76.8	0.763	3.5	3.0	0.051	185
YZR2-160M1-4	8.5	7.5	16.07	27.7	2.6	1419	84.5	0.842	6.3	5.0	0.11	180
YZR2-160M1-6	6.3	5.5	13.59	26.4	2.4	949	80.0	0.76	4.8	4.0	0.12	138
YZR2-160M2-4	13	11	22.79	39.8	2.8	1423	84.5	0.862	9.5	8.0	0.13	180
YZR2-160M2-6	8.5	7.5	18.45	26.3	2.6	958	80.0	0.77	6.3	5.5	0.149	185
YZR2-160L-4	17	15	30.9	38.6	2.8	1437	85.5	0.862	13	11	0.15	260
YZR2-160L-6	13	11	25.23	29.1	2.8	954	82.0	0.79	9.5	8.0	0.19	250
YZR2-160L-8	8.5	7.5	21.01	24.2	2.6	712	78.0	0.69	6.3	5.5	0.19	205

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工作方式	S3　6次/h											
负载持续率（%）	25	40							60	100	转动惯量/kg·m²	转子开路电压/V
型　　号	额定功率/kW	额定功率/kW	定子电流/A	转子电流/A	最大转矩/额定转矩	转速/（r/min）	效率（%）	功率因数	额定功率/kW	额定功率/kW		
YZR2-180L-4	25	22	44.02	52.1	2.8	1442	87.0	0.89	19	16	0.25	270
YZR2-180L-6	17	15	32.94	45.2	2.8	964	85.0	0.81	13	11	0.37	218
YZR2-180L-8	13	11	26.84	43.3	2.8	715	83.0	0.74	9.5	8.0	0.37	172
YZR2-200L-4	35	30	57.91	70.4	2.8	1453	89.0	0.88	26	22	0.41	270
YZR2-200L-6	25	22	43.84	74.3	2.8	963	88.0	0.84	19	16	0.63	200
YZR2-200L-8	17	15	33.24	56.6	2.8	719	85.0	0.75	13	11	0.63	178

4.3.17　YZO系列振动三相异步电动机技术数据（见表4-31）

表4-31　YZO系列振动三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	最大激振力/kN	额定功率/kW	额定电流/A
振动次数　2900/min			
YZO-1-2	1	0.09	0.32
YZO-2-2	2	0.18	0.59
YZO-3-2	3	0.25	0.78
YZO-5-2	5	0.37	1.10
YZO-10-2A	10	0.75	1.96
YZO-20-2A	20	0.50	3.66
YZO-30-2A	30	2.2	5.10
YZO-50-2B	50	3.7	8.47
振动次数　1450/min			
YZO-2-4	2	0.12	0.47
YZO-3-4	3	0.18	0.68
YZO-5-4	5	0.25	0.87
YZO-8-4	8	0.37	1.18
YZO-10-4	10	0.55	1.76
YZO-16-4	16	0.75	2.17
YZO-17-4	17	0.85	2.20
YZO-20-4	20	1.1	3.18
YZO-30-4	30	1.5	3.80
YZO-32-4	32	1.5	3.80
YZO-50-4	50	2.2	5.57
YZO-75-4A	75	3.7	8.90
YZO-100-4A	100	6.3	14.41

型　　号	最大激振力/kN	额定功率/kW	额定电流/A
振动次数　970/min			
YZO-1.5-6	1.5	0.12	0.50
YZO-3-6	3	0.25	0.99
YZO-5-6	5	0.37	1.37
YZO-6-6	6	0.40	1.40
YZO-10-6	10	0.75	2.47
YZO-20-6	20	1.5	4.47
YZO-30-6	30	2.2	6.22
YZO-50-6A	50	3.7	9.37
YZO-75-6A	75	5.5	13.6
YZO-100-6A	100	7.5	18.08
YZO-140-6A	140	10	23.83
振动次数　720/min			
YZO-5-8	5	0.37	1.73
YZO-10-8	10	0.75	2.79
YZO-20-8	20	1.5	4.93
YZO-30-8A	30	2.2	6.72
YZO-50-8A	50	3.70	9.77
YZO-75-8A	75	5.50	14.15
YZO-100-8A	100	7.50	18.55
YZO-140-8A	140	10.00	24.44

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.3.18 YM 系列木工用三相异步电动机技术数据（见表 4-32）

表 4-32 YM 系列木工用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定电压/V	额定频率/Hz	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	温升/K	绝缘等级	防护等级	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	噪声/dB(A) Ⅰ	噪声/dB(A) Ⅱ	振动/(mm/s)	重量/kg
YM71S1-2	0.55	1.30	380	50	2871	75	0.86	80	B	IP44	2.5	3	7.5	66	71	1.8	12.6
YM71S2-2	0.75	1.70	380	50	2867	77.5	0.86	80	B	IP44	2.5	3	7.5	66	71	1.8	13.3
YM71L1-2	1.1	2.48	380	50	2856	78.5	0.86	80	B	IP44	2.5	3	7.5	66	71	1.8	14.4
YM71L2-2	1.5	3.32	380	50	2853	79	0.87	80	B	IP44	2.5	3	7.5	70	75	1.8	15.6
YM80-2	2.2	4.66	380	50	2867	82.5	0.87	80	B	IP44	2.5	3	7.5	70	75	1.8	20.1
YM90S-2	3.0	6.27	380	50	2882	83.5	0.87	80	B	IP44	2.5	3	8	74	79	1.8	26.8
YM90L-2	4.0	8.12	380	50	2881	85	0.88	80	B	IP44	2.5	3	8	74	79	1.8	30.9
YM100S-2	5.5	10.73	380	50	2906	86.5	0.90	80	B	IP44	2.3	3	8	78	83	1.8	38.6
YM100L-2	7.5	14.47	380	50	2901	87.5	0.90	80	B	IP44	2.3	3	8	78	83	1.8	43.9

4.3.19 KCT 系列开关磁阻调速电动机技术数据（见表 4-33）

表 4-33 KCT 系列开关磁阻调速电动机技术数据（380V、50Hz）

型号	连续定额下额定功率/kW	额定输出转矩/N·m	额定转矩下的调速范围/(r/min)	额定功率下的调速范围/(r/min)	频繁正反转工作定额下的额定功率/kW	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩(50r/min)	外形尺寸/mm 长	外形尺寸/mm 宽	外形尺寸/mm 高
KCT132M1-1500	5.5	35.0					84.5	0.9	0.4	1.4	1.4	555	350	315
KCT132M2-1500	7.5	47.8					85.5	0.9	0.4	1.4	1.4	555	350	315
KCT160L1-1500	11	70.0					86.5	0.9	0.4	1.4	1.4	690	433	385
KCT160L2-1500	15	95.5					87.5	0.9	0.4	1.4	1.4	690	433	385
KCT180L1-1500	18.5	117.8	50～1500	1500～2000		1500	88.5	0.9	0.4	1.4	1.4	750	475	430
KCT180L2-1500	22	140					89	0.9	0.4	1.4	1.4	750	475	430
KCT200L2-1500	30	191					90	0.9	0.4	1.4	1.4	815	525	475
KCT225M-1500	37	235.6					90.2	0.9	0.4	1.4	1.4	885	583	530
KCT250M1-1500	45	286.5					90.5	0.9	0.4	1.4	1.4	970	643	575
KCT250M2-1500	55	350.2					91	0.9	0.4	1.4	1.4	970	643	575
KCT132M1-1000	4	38.2					83	0.9	0.4	1.4	1.4	555	350	315
KCT132M2-1000	5.5	52.5					84	0.9	0.4	1.4	1.4	555	350	315
KCT160L1-1000	7.5	71.6					85	0.9	0.4	1.4	1.4	690	423	385
KCT160L2-1000	11	105.1	50～1500	1000～1500		1000	86	0.9	0.4	1.4	1.4	690	423	385
KCT180L2-1000	15	143.3					87	0.9	0.4	1.4	1.4	750	475	430
KCT200L1-1000	18.5	176.7			22		87.5	0.9	0.4	1.4	1.4	815	525	475
KCT200L2-1000	22	210.1			30		88	0.9	0.4	1.4	1.4	815	525	475
KCT225M-1000	30	286.5			37		89	0.9	0.4	1.4	1.4	885	583	530
KCT250M2-1000	37	385.4			55(45)		89.2	0.9	0.4	1.4	1.4	970	643	575

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

KCT 系列开关磁阻调速电动机是一种新型交流无级调速电动机，具有调速范围宽、低速性能好、起动转矩大、可频繁起动制动和综合效率高等优点，可广泛适用于各行业各类机械设备配套，满足不同的工艺调速和节能调速要求。

该电动机采用 F 级绝缘，防护等级为 IP44，外形安装尺寸与 Y 系列相同，具有较好的互换性。

4.3.20　YTDP 系列变频调速电梯用三相异步电动机技术数据（见表 4-34）

表 4-34　YTDP 系列变频调速电梯用三相异步电动机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	功率/kW	额定转速/(r/min)	额定电流/A	额定转矩/N·m	转动惯量/kg·m²	噪声/dB(A)	振动速度有效值/(mm/s)	重量/kg
YTDP270. 10-4	7. 5	1450	20	49	0. 06	≤75	≤1. 12	150
YTDP270. 15-4	11	1450	26	72	0. 09			160
YTDP270. 15-4	15	1450	36	100	0. 09			160
YTDP270. 20-4	18. 5	1450	42	120	0. 12			190
YTDP335. 16-4	22	1450	45	143	0. 25			220
YTDP335. 16-4	25	1450	51	162	0. 25			220
YTDP335. 16-4	30	1450	62	195	0. 25			220
YTDP270. 15-6	7. 5	960	21	73	0. 09			160
YTDP270. 20-6	11	960	29	107	0. 12			190
YTDP270. 20-6	12. 5	960	33	122	0. 12			190
YTDP335. 16-6	15	960	35	146	0. 25			220
YTDP335. 16-6	18. 5	960	43	180	0. 25			220
YTDP335. 18-6	22	960	51	215	0. 28			240
YTDP335. 22-6	25	960	58	244	0. 35			270

4.3.21　特种电动机的使用与维护

1. 变极多速三相异步电动机的使用与维护

由于变极多速异步电动机的结构与一般三相异步电动机的结构相似，因此其使用、维修也基本相同。不同的是定子绕组的接线，所以变极多速异步电动机在试车前要检查定子绕组的接线是否正确，然后根据不同极数，分别单独通电试车，试车前还应注意以下几点：

1）测量绕组的直流电阻时，应在各种不同极数的接线方法下分别测量。

2）测量双绕组多速异步电动机的绝缘电阻时，要分别测量两套绕组的绝缘电阻及两套绕组之间的绝缘电阻。

3）对双绕组多速异步电动机进行耐压实验时，也要分别对两套绕组进行实验。

4）空载实验应在各种极数下逐一进行。

2. 变频调速三相异步电动机的使用与维护

1）变频器选用注意事项：负载种类不同其转矩 T 与转速 n 的关系亦不同，选用通用变频器时应根据负载特性正确选择，否则不但不能充分发挥通用变频器的性能，有时还会发生损坏通用变频器和异步电动机的故障。实际上，负载在运行过程中随着工况的变化和工件状态的变化等影响，其呈现的负载特性是要变化的，并不是一成不变的，因此应根据工艺的要求和可能发生的工况变化及工件可能出现的状态，确定主要的负载特性，依此作为选择通用变频器的依据，并根据

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其他可能出现的特性，确定应采取的措施，必要时应选用相应的可选件协调运行。

2）变频电动机选用注意事项：由于变频器专用异步电动机需要和指定的通用变频器系列进行配合才能得到理想特性，在选用时应该注意厂商的说明，或选用变频器电动机一体机等。为了满足速度控制的需要，还可以根据需要在变频器专用异步电动机上安装作为速度传感器的编码器或光码盘，以达到利用通用变频器对速度进行闭环控制的目的。

3）变频调速时基本控制方式选用注意事项：异步电动机变频调速时，根据 U_1 和 f_1 的不同比例关系，将有不同的变频调速方式。保持 $U_1'/U_1 = (f_1'/f_1)^2$（注：U_1 和 f_1 为变频前的电压和频率；U_1'和f_1'为变频后的电压和频率）的控制方式适用于转矩随转速的二次方变化的负载，例如风机、水泵等；保持 $U_1'/U_1 = f_1'/f_1$ 的控制方式适用于调速范围较大的恒转矩性质的负载，例如升降机械、搅拌机、传动带等；保持 $U_1'/U_1 = \sqrt{f_1'/f_1}$的恒功率控制方式适用于负载随转速的增高而变轻的地方，例如主轴传动、卷绕机等。

3. 电磁调速三相异步电动机的使用与维护

（1）电磁调速三相异步电动机的选择

电磁调速异步电动机的主要优点是调速范围广、调速平滑，可以实现无级调速，而且结构简单、操作维护较方便。适用于风机、泵类负载。其缺点是由于离合器是利用电枢中的涡流与磁极磁场相互作用而进行工作的，因此运行时损耗大、效率较低，尤其是在低速时更为严重，所以它不宜长期在低速下运行。另一方面，由于其机械特性较软，特别是在低速运行时，其转速随负载的波动变化很大，运行的稳定性差。因此电磁调速最适用于造纸机、传动带运输机等恒转矩负载和风机、泵类负载，也适用于离心式分离机等负载；不适用于恒功率负载。

（2）电磁调速电动机使用注意事项

使用电磁调速异步电动机时应注意的问题可参考普通三相异步电动机，并且还应注意以下几点：

1）在多粉尘环境中使用时，应采取防尘措施，以防电枢表面积尘过多，而导致电枢和磁极之间的间隙堵塞，影响调速。

2）为了避免电磁转差离合器存在摩擦转矩和剩磁而导致控制特性恶化或失控，负载转矩一般不应小于 10% 额定转矩。

3）电磁调速异步电动机属于改变转差率调速方法，其特点是转差功率全部消耗于电磁转差离合器的电枢电路中，调速时发热较严重，低速时效率较低，应予以注意。

4）在电磁调速异步电动机无负载时，开机试车，虽然控制器旋钮可从低速调为高速，或从高速调为低速，但是电磁调速异步电动机的输出转速无明显的变化。这主要是负载转矩小于 10% 额定转矩的缘故。

（3）电磁调速三相异步电动机的维护注意事项

1）调速电动机在使用过程中，应经常注意清洁和检查，防止受潮和其他异物进入机体内部，并随时注意有无任何不正常的现象产生。每月至少停车检查一次，并用压缩空气清洁内部。

2）调速电动机使用日久，由于轴承的磨损，可能导致气隙不均，影响运转性能，甚至产生相擦现象。因此，必须经常注意检查气隙的大小，如发现气隙不均匀或电机过分发热时，应及时加以修整或调换新轴承。

3）保持周围环境清洁，防止控制器受潮。

4）印制线路板插脚必须保持清洁，确保接触可靠。

5）控制器长时间不运行，应在使用前作必要的检查。绝缘电阻不得低于 1MΩ，否则须干燥处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）为了保证转速表的正确性，须根据实际要求定期校正。

4. 锥形转子制动三相异步电动机的调试

ZD、ZDY 系列锥形转子制动三相异步电动机修理结束总装配后必须重新调整气隙，使之达到其规定要求。调整气隙有两种方法：对 1.5kW 及以下电动机可以通过增减原来存放在后端盖轴承室内的垫圈来调试；另一种是通过后端盖调节螺盘来调整。气隙的大小可以通过空载电流的大小来决定。

锥形转子制动三相异步电动机的风扇制动轮，经拆卸后装配时要重新调整制动力矩，制动力矩可以通过固定在电动机轴伸上的杆和砝码进行测量。测量时应计及杆的重量，具体过程是旋转定位器，将风扇制动轮沿轴向移动，使转子轴向移动量保持在 2.5mm 左右，然后测量制动力矩，看其数值是否达到规定值（见有关技术数据）的要求。如达不到要求，说明制动轮和制动面的接触面积不够，应拆下风扇制动轮，用着色法和刮刀修正制动圈上的制动面，使之与后端盖的制动面增加接触面积，然后按同样的方法装上制动轮再重新测量制动力矩，如此反复直到达到规定指标为止。当风扇制动轮装上新的制动圈时，应先在车床上车去 0.5mm 左右，再按调整方法进行调整，制动制动力矩达到规定值后才能投入运行。

5. 隔爆型三相异步电动机的使用与维护

（1）隔爆电动机选择注意事项

选择防爆电动机时应该十分注意的是：各种级、组的隔爆电动机，必须严格地按照所划定的区域中安装使用，不得任意互换，否则将引起不必要的爆炸事故。当然高级、组的隔爆电动机可使用在低级、组的场所中；但是，低级组的隔爆电动机是不允许使用在高级组的场所中，为安全起见，用户应主动与制造厂取得联系。

（2）防爆电动机的防爆标记与防爆标志

1）防爆电动机的防爆标记：防爆电动机的防爆标记为“Ex”，标在铭牌的右上角及外壳的明显处。

2）防爆电动机的防爆标志：防爆电动机的防爆标志在 Ex 之后由从左至右依次标明防爆类型、类别、级别、温度组别的代号构成。防爆电动机的防爆标志示例：

①一台隔爆型、Ⅱ类（工厂用的防爆电动机均属Ⅱ类）、隔爆等级为 B 级、用在 T4 组爆炸性混合物中的电动机。其防爆标志为 ExdⅡBT4（也可将Ⅱ、B 合在一起，即将ⅡB 称为级别）。

②对于无级别要求的防爆类型，其标志则无级别代号。如一台增安型、Ⅱ类、用于 T3 组的电动机，其防爆标志为 ExeⅡT3。

③对于粉尘防爆电动机，则在 Ex 之后加粉尘防爆代号 DIP、外壳类别（DT 或 DP）及温度组别。如一台粉尘防爆、采用 DT 型尘密外壳、点燃温度为 T13 组的电动机，其防爆标志为 Ex-DIPDTT13。

④若一台电动机带有与主体防爆类型不同的部件，则称为“复合型”防爆结构。其标注方法是，在 Ex 之后先注主体防爆类型，其后是部件的防爆类型，然后依次是类别、级别、组别。如一台隔爆型、带有增安型接线盒、Ⅱ类、B 级、用在 T3 组的电动机，其防爆标志为 ExdeⅡBT3。

（3）防爆电动机的安装

电动机在安装前需仔细地核对铭牌上所列的数据是否与要求的相符合（如隔爆级组、电压、功率、转速等）。各种不同安装形式表示在铭牌上型号后面。在使用立式（轴向下）电动机时，轴向负载不允许超过转子的重量（特制的例外），否则将影响轴承寿命。

长期搁置不用的电动机，在使用前应先用兆欧表测量电动机的绝缘电阻，当其阻值低于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

0.5MΩ 时，电动机应进行干燥处理（测量和干燥方法与一般电动机相同）。

电动机与被拖动的机械连接时，应采用弹性联轴器或齿轮，钢性联轴器应避免使用。采用联轴器连接时，必须注意两轴中心线的校正，使两轴中心线重合在一直线上，同时要使联轴器间留有一定的间隙。电动机中心高的校正，可增减底脚的垫片来完成。若采用齿轮传动时，应注意齿轮间的压力须垂直于二齿轮的中心连线。如不按上述要求安装，将严重影响轴承使用寿命；甚至使轴伸弯曲或断裂。

电动机外壳应可靠接地，以保证安全。矿用的应将四芯电缆中的接地芯线接在位于接线盒内的接地螺钉上；工厂用的可接在机座底脚上的专用接地螺钉上。

在电动机的风罩进风口后面，不应有物品直接挡住，需留有一定的间距，以利于散热。还应避免其他热源对电动机的影响。因为这些因素都将导致电动机温度的升高。

在有腐蚀性气体、液体能喷射或滴溅到的地方，电动机必须采取防护措施，以避免电动机外壳遭受腐蚀而影响隔爆性能。

安装在露天或半露天场所的电动机，也要采取适当措施，以防止砂尘、雨、雪的侵袭和阳光直射曝晒。

6. 力矩异步电动机的使用与维护

力矩电动机力矩的产生需要有与之相应的输入电功率。尤其是在低速时效率低、损耗大、发热严重，大功率的力矩电动机则更加明显。选用力矩电动机时应注意以下几点：

1）使力矩电动机的转速尽量在其空载转速的 1/2 ~ 2/3 区域内运行，以保证恒功率或恒转矩的控制。

2）堵转转矩选取要正确，不能过大或过小，以防止将负载（产品）拉断或者出现拖不动的现象。

3）确定力矩电动机的力矩时，应考虑机械摩擦力矩的作用。

4）电线、布、丝等在生产线上卷绕时，所需力矩 T =（张力）×（卷绕半径）+（机械摩擦力矩）。因此，力矩电动机的转速与卷绕物的线速度成正比，与卷绕半径成反比。也就是说，随着卷绕半径的变化，电动机的转速和转矩也应随之变化。依靠力矩电动机本身在上述特性中难以做到完全协调，通常使用调压器调节电压来进行补偿或与减速机配合使用。

5）当需要较大力矩时，宜采用绕线型转子力矩电动机，这样一来就在电动机转子电阻上增加了额外损耗。这时，调节外加电阻的大小就可以改变电动机的机械特性。

4.4 同步电动机

1. 种类与特点

（1）电励磁式三相同步电动机的特点

电励磁式三相同步电动机简称三相同步电动机，其主要特点是用直流电流进行励磁，建立三相同步电动机的主磁极的磁场。

同步电动机具有补偿无功功率的能力，可以改善电网功率因数，从而降低发、变、输、配电等各个环节的运行损耗，减少运行费用，提高发配电设备的输出能力。

同步电动机的转速恒定（即同步电动机的转速不会因负载转矩的变化而改变），劳动生产率高。

同步电动机的结构主要也是由定子和转子两大部分组成。定子、转子之间是空气隙。同步电动机的定子部分与三相异步电动机的完全一样，也是由机座、定子铁心和定子绕组（电枢绕组）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三个部分组成。

同步电动机的转子上装有磁极，一般做成凸极式的，即有明显的磁极，磁极用钢板叠成或用铸钢铸成。在磁极上套有线圈，各磁极上的线圈串联起来，构成励磁绕组。在励磁绕组里通入直流电流 I_f，便使磁极产生主磁场。

大容量高转速的同步电动机转子也有做成隐极式的，即转子是圆柱体，里面装有励磁绕组。隐极式同步电动机空气隙是均匀的。

现代生产的同步电动机，其励磁电源有两种，即由励磁机供电或由交流电源经整流（可控的）而得到，所以每台同步电动机应配备一台励磁机或整流励磁装置，这样可以很方便地调节它的励磁电流。

（2）永磁式三相同步电动机的特点

永磁同步电动机的运行原理与电励磁同步电动机完全相同，都是基于定转子磁动势相互作用，并保持相对静止获得恒定的电磁转矩。其定子绕组与普通交流电动机定子绕组完全相同，但其转子励磁则由永磁体提供，使电动机结构较为简单，省去了励磁绕组及集电环和电刷，提高了电动机运行的可靠性，又因无需励磁电流，不存在励磁损耗，提高了电动机的效率。

永磁同步电动机与异步电动机、电励磁式同步电动机相比较，具有以下特点。

1）永磁同步电动机与笼型异步电动机相比较

①转速与频率成正比：异步电动机的转速略低于电动机的同步转速，其转速随负载的增加或减小而有所波动，转速不太稳定；永磁同步电动机的转速与频率严格成正比，电源频率一定时，电动机的转速恒定，与负载的变化无关，这一特点非常适合于转速恒定和精确同步的驱动系统中，如纺织化纤、轧钢、玻璃等机械设备。

②效率高节能：因为异步电动机有转差，所以有转差损耗；永磁同步电动机无转差，转子上没有基波铁损耗；永磁同步电动机为双边励磁，且主要是转子永磁体励磁，其功率因数可高达1；功率因数高，一方面节约无功功率，另一方面也使定子电流下降，定子铜耗减少，效率提高。

③与异步电动机相比，永磁同步电动机结构复杂、成本较高。

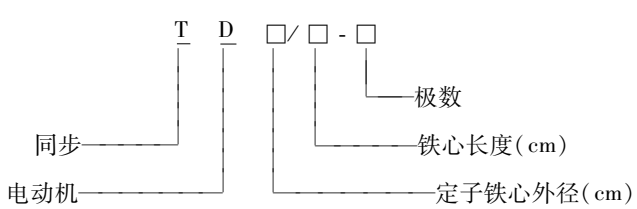
2）永磁同步电动机与电励磁式同步电动机相比较

①电励磁式同步电动机有电刷、集电环和励磁绕组，需要励磁电流，有励磁损耗；永磁同步电动机无需电流励磁，不设电刷和集电环，无励磁损耗、无电刷和集电环之间的摩擦损耗和接触电损耗。因此，永磁同步电动机的效率比电励磁式同步电动机要高，而且结构简单，可靠性高。

②电励磁式同步电动机的转子有凸极和隐极两种结构形式；永磁同步电动机转子结构多样，结构灵活，而且不同的转子结构往往带来自身性能上的特点，故永磁同步电动机可根据设计需要选择不同的转子结构型式。

③永磁同步电动机在一定功率范围内，可以比电励磁式同步电动机具有更小的体积和重量。

2. 型号含义



型号示例：

TD118/41-6 表示极数为6（同步转速为1000r/min），铁心外径为118cm，铁心长度为41cm

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的同步电动机。

常用的同步电动机型号如下：

TD 系列：是防护式，卧式结构一般同步电动机配直流励磁机或可控硅励磁装置。可拖动通风机、水泵等。

TDK 系列：一般为开启式，也有防爆型或管道通风型拖动压缩机用的同步电动机，配可控硅整流励磁装置。用于拖动空压机、磨煤机等。

TDZ 系列：是一般管道通风，卧式结构轧钢用同步电动机，配直流发电机励磁或晶闸管整流励磁装置。用于拖动各种类型的轧钢设备。

TDG 系列：是封闭式轴向分区通风隐极结构的高速同步电动机，配直流发电机励磁或晶闸管整流励磁。用于化工、冶金或电力部门拖动空压机、水泵及其他设备。

TDL 系列：是立式，开启式自冷通风同步电动机，配单独励磁机。用于拖动立式轴流泵或离心式水泵。

3. 三相同步电动机的额定值

同步电动机的额定数据：

1）额定容量 P_N：是指轴上输出的有功功率（kW）。

2）额定电压 U_N：指加在定子绕组上的线电压（V 或 kV）。

3）额定电流 I_N：电动机额定运行时，流过定子绕组的线电流（A）。

4）额定功率因数 $\cos\varphi_N$：电动机额定运行时的功率因数。

5）额定转速 n_N：单位为（r/min）。

6）额定效率 η_N：为电动机额定运行时的效率。

此外，同步电动机铭牌上还给出额定频率 f_N（Hz）；额定励磁电压 U_{fN}（V）；额定励磁电流 I_{fN}（A）。

4.4.1 T 系列三相同步电动机技术数据（见表 4-35）

表 4-35 T 系列三相同步电动机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	牵入转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电动机自身惯量矩/t·m²	励磁数据（额定负载时）	
										电压/V	电流/A
T800-6/1180	800	6000	90	1000	6.4/7.0	1.92/1.0	1.13/1.0	2.11/1.8	0.5	33.5	243
T1000-6/1180	1000	6000	112	1000	6.62/7.0	1.74/1.0	1.275/1.0	2.25/1.8	1.0	37.5	290
T1250-6/1180	1250	6000	140	1000	5.62/7.0	1.58/1.0	1.1/0.9	1.97/1.8	0.68	35.0	320
T1600-6/1180	1600	6000	178	1000	7.24/7.5	1.99/1.5	1.324/1.0	2.15/1.9	1.03	42.7	292
T800-8/1180	800	6000	91	750	5.58/6.0	1.22/1.0	1.11/0.9	2.1/2.0	0.55	31	372
T1000-8/1180	1000	6000	113	750	5.7/6.0	1.2/1.0	1.167/0.9	2.09/2.0	0.76	39.8	320
T1250-8/1430	1250	6000	141	750	5.17/6.0	1.276/1.1	0.972/0.9	2.14/1.8	1.7	46.0	349
T1600-8/1430	1600	6000	179	750	5.69/6.0	1.16/1.0	1.18/0.9	2.06/1.8	2.3	52.4	310
T2000-8/1430	2000	6000	224	750	5.5/6.0	1.29/1.0	1.06/0.9	2.0/1.8	2.0	70.5	283
T630-10/1180	630	6000	72	600	5.91/6.5	1.16/1.0	1.26/1.0	2.06/1.8	0.7	50.0	225
T630-10/1180	630	10000	43	600	6.06/6.5	1.52/1.0	0.95/0.9	2.24/2.0	0.91	57.3	177.7
T800-10/1180	800	6000	91	600	6.35/7.0	1.26/1.1	1.37/1.1	2.1/2.0	0.8	60.0	231

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

T系列三相同步电动机主要用于驱动鼓风机、水泵、变频机组及其他通用机械。

4.4.2　TD系列三相同步电动机技术数据（见表4-36）

表4-36　TD系列三相同步电动机技术数据

型　　号	型式	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数（超前）	效率(%)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	牵入转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	飞轮力矩/N·m²	额定励磁电压/V	额定励磁电流/A
TD116/25-6	1	425	3000/6000	49/98	1000	0.9	92	7.5	1.2	0.5	2.5	3.5	32	265
TD116/29-6	1	560	6000	64	1000	0.9	92	6.5	0.8	0.5	1.8		40	192
TD116/41-6	1	800	6000	102	1000	0.8	93	7	0.8	0.7	2.5		46	240
TD116/50-6	1	1000	6000	114	1000	0.9	94	7	0.8	0.6	1.5		40	192
TD140/50-6	1	1600	6000	180	1000	0.9	94	7	0.8	1	1.8		46	249
TD140/50-6	2	1600	6000	180	1000	0.9	94	7	0.8	1	1.8		46	249
TD173/48-6	2	3000	6000	356	1000	0.85	95	6.5	0.8	0.9	1.5	2.8	77	257
TD118/44-8	1	800	6000	90.5	1000	0.9	94	6	0.8	1	1.8		61	174
TD143/42-8	1	1250	3000/6000	140	750	0.9	94	6	1	1	1.8		58	261
TD118/44-10	1	630	6000	71.5	600	0.9	93	6	0.9	1	1.8		59	181
TD116/49-10	1	800	6000	1470	600	0.9	93	7	0.7	0.5	1.8	7.13	59	188
TD116/64-10	1	800	6000	92	600	0.9	93	7	1	1	2		76	179
TD143/44-10	1	1000	6000	113	600	0.9	94	6	1	0.8	0.8		54	286
TD143/44-10	2	1000	6000	113	600	0.9	94	6	1	0.8	0.8		54	286
TD173/35-12	1	1250	3000	284	500	0.9	94	6	0.7	1	0.8	35	86	267
TD173/41-12	1	1250	6000	142	500	0.9	94	6	0.7	1	0.8	39	89	245
TD118/32-16	3	250	6000	29.7	375	0.9	90	6	0.8	0.6	2.0		83	103
TD143/24-20	1	250	3000	59	300	0.9	90	5	1	0.5	0.8	10	63	140
TD215/39.5-20	1	1000	6000	130	300	0.8	92	6.5	0.7	0.8	2.5	103	90	267
TD173/47-28	3	630	6000	73	214.3	0.9	92	6	0.7	0.7	0.8	39	92	157

注：1—开启式；2—管道通风；3—半管道通风。

TD系列三相同步电动机为户内工作的卧式结构，主要用于驱动风机、水泵等各种通用机械。

4.4.3　TK系列空气压缩机用三相同步电动机技术数据（见表4-37）

表4-37　TK系列空气压缩机用三相同步电动机技术数据

型　　号	额定数据			堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
	功率/kW	电压/kV	转速/(r/min)			
TK230-10/990	230	6/3	600	7.0	0.9	1.7
TK250-10/990	250	0.38	600	5.9	2.2	2.2
TK250-10/990	250	10	600	5.6	1.12	2.26

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定数据			堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
	功率/kW	电压/kV	转速/(r/min)			
TK550-10/1180	550	6	600	5.9	1.2	2.2
TK320-12/1180	320	6	500	6.0	1.0	2.0
TK350-12/1180	350	6	500	6.5	0.6	1.8
TK400-12/1180	400	6	500	6.0	1.0	1.8
TK550-12/1430	550	6	500	4.8	1.1	2.05
TK550-12/1430	550	10	500	6.0	0.7	1.8
TK630-12/1430	630	6	500	6.0	1.0	1.8
TK250-14/1180	250	6/3	428	6.2	0.9	1.8
TK320-14/1180	320	0.38	428	5.42	1.37	2.54
TK320-14/1430	320	6	428	5.4	1.0	2.3
TK350-14/1180	350	6	428	5.4	1.3	2.5
TK400-14/1180	400	6	428	5.5	0.5	1.8
TK550-14/1430	550	6	428	6.5	0.6	1.8
TK550-14/1430	550	10	428	6.5	0.6	1.8
TK600-14/1430	600	6	428	6.5	0.6	1.8
TK600-14/1430	600	10	428	6.5	0.6	1.8
TK630-14/1180	630	6	428	6.5	1.2	1.8
TK630-14/1430	630	10	428	6.5	0.6	1.8
TK320-16/1730	320	6	375	6.0	0.9	2.0
TK550-16/1730	550	6/3	375	6.0	0.9	2.1
TK550-16/1730	550	6	375	5.1	1.0	2.6
TK630-16/1730	630	6	375	6.1	0.9	2.1
TK630-16/1730	630	10	375	6.5	0.6	1.8

TK 系列空气压缩机用三相同步电动机主要用于与活塞式压缩机配套，适用于制冷设备及化肥设备等。

4.4.4　TDZ 系列轧钢机用三相同步电动机技术数据（见表 4-38）

表 4-38　TDZ 系列轧钢机用三相同步电动机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	最大转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²	励磁电压/V	励磁电流/A
TDZ173/44-6	1600	123	1000	94	2.5	3300	68	349
TDZ173/59-6	2500	318	1000	95	2.5	4000	76	399
TDZ215/56-8	4000	302	750	95	2	11500	67	453
TDZ143/49-10	860	109	600	94	2.4	1700	58	270
TDZ143/54-10	1250	159	600	95	2.4		59.2	296
TDZ173/51-12	1600	202	500	95	2.4	5900	93	228
TDZ215/49-12	2500	316	500	95	2.4	16000	94	257
TDZ260/66-12	5600	421	500	95	2.8	35000	109	525

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

TDZ 系列轧钢机用三相同步电动机过载能力大，主要用于驱动各种用途的轧钢设备。

4.4.5　TDMK 系列矿山磨机用三相同步电动机技术数据（见表 4-39）

表 4-39　TDMK 系列矿山磨机用三相同步电动机技术数据

型　号	额定功率/kW	额定电压/kV	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数(超前)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	牵入转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	重量/t	备注
TDMK350-32	350	6	41	187.5	0.9	6.72	2.04	1.1	3.56	10.7	
TDMK400-32	400	6	47	187.5	0.9	6.54	2.12	1.132	4.06	11.3	轴打孔
TDMK400-32	400	10	28	187.5	0.9	6.67	1.9	1.09	3.21	12.2	
TDMK500-32	500	10	35	187.5	0.9	6.24	1.71	1.03	3.5	13.7	
TDMK500-36	500	6	58	167	0.9	6.27	1.7	1.04	3.0	12.7	
TDMK630-36	630	6	74	167	0.9	6.13	1.73	1.02	2.9	13.5	
TDMK800-36	800	6	63	167	0.9	5.9	1.7	1.0	2.7	16.0	
TDMK830-36	800	10	55.8	167	0.9	6.67	1.93	1.08	3.47	16.8	

TDMK 系列为驱动矿山磨机用大型三相交流同步电动机，主要用于驱动球磨机、棒磨机、磨煤机等。

4.4.6　TY 系列永磁式三相同步电动机技术数据（见表 4-40）

表 4-40　TY 系列永磁式三相同步电动机技术数据

型　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
TY200L2-6	22	380	36.1	1000	95.5	0.97	6.3	1.8	2.0
TY225M-6	30	380	49.0	1000	95.5	0.97	6.3	1.8	2.0
TYFJ60-6	0.6	380	1.1	1000	90	0.92	8.0	2.0	2.0
TYFJ80-6	0.8	380	1.4	1000	90	0.93	8.0	2.0	2.0

4.4.7　FTY 系列永磁式纺织用三相同步电动机技术数据（见表 4-41）

表 4-41　FTY 系列永磁式纺织用三相同步电动机技术数据

型　号	额定功率/W	额定电压/V	额定频率/Hz	同步转速/(r/min)	满载时			堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	牵入性能		使用频率范围/Hz	转速范围/(r/min)	重量/kg
					电流/A	效率(%)	功率因数				牵入转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²			
FTY120-2	120	150	59	3000	0.85	74	0.73	10	1.4				40~110	2400~6600	
FTY1100-2	1100	210	50	3000	5.2	81	0.75	10	1.8				50~85	3000~5100	
FTY2200-2	2200	250	50	3000	7.12	84	0.86	10	1.8				10~80	600~4800	
FTY90-4	90	110	50	1500	0.91	72	0.72	7	1.4	1.4	0.5	0.0075	40~110		13
FTY90-4	90	173	50	1500	0.7	73	0.76	10	1.4				40~110	1200~3300	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/W	额定电压/V	额定频率/Hz	同步转速/(r/min)	满载时			堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	牵入性能		使用频率范围/Hz	转速范围/(r/min)	重量/kg
					电流/A	效率(%)	功率因数				牵入转矩/额定转矩	转动惯量/kg·m²			
FTY100-4	100	115	50	1500	0.92	73	0.725	7	1.4	1.4	0.5	0.0075	25～110		13
FYT120-4	120	110	50	1500	1.19	73	0.725	7	1.4	1.4	0.5	0.01	40～110		13
FTY120-4	120	173	50	1500	0.86	73	0.72	10	1.4				40～110	1200～3300	
FTY180-4	180	110	50	1500	1.73	75	0.73	7	1.4	1.4	0.5	0.0175	40～110		15
FTY180-4	180	173	50	1500	1.2	75	0.73	10	1.4				40～110	1200～3300	
FTY250-4	250	115	50	1500	2.2	77	0.74	7	1.4	1.4	0.5	0.025	40～110		15
FTY250-4	250	173	50	1500	1.8	83	0.75	10	1.4				40～110	1200～3300	
FTY370-4	370	110	50	1500	3.6	81	0.745	7	1.4	1.4	0.5	0.05	40～110	1200～3300	17
FTY550-4	550	110	50	1500	4.64	83	0.75	7	1.8	1.4	0.5	0.0875	40～110	1200～3300	24
FTY750-4	750	110	50	1500	6.17	84	0.76	7	1.8	1.4	0.5	0.1125	40～110	1200～3300	30
FTY750-4	750	173	50	1500	3.9	84	0.76	10					40～110	1200～3300	
FTY750-4	750	220	50	1500	3.08	81	0.745	10					15～80	450～2400	
FTY800-4	800	220	50	1500	3.69	79	0.72	7	1.8	1.4	0.8	0.0875	20～110		
FTY1000-4	1000	220	50	1500	4.12	81	0.745	10					15～80	450～2400	
FTY1100-4	1100	110	50	1500	10.87	80	0.73	7	1.8	1.4	0.8	0.0875	29～185		
FTY1100-4	1100	173	50	1500	6.3	81	0.75	10	1.8				50～110	1500～3300	
FTY120-6	120	220	50	1000	0.56	75	0.75	7	1.8	1.6	0.5	0.125	25～70	500～1400	17

4.4.8　TYD 系列单相永磁低速同步电动机技术数据（见表 4-42）

表 4-42　TYD 系列单相永磁低速同步电动机技术数据

型　　号	电压/V	电流/A	频率/Hz	转速/(r/min)	额定转矩/N·m	最大同步转矩/N·m	电容/(μF/V)
TYD110-1	220	0.35	50	60	2.56	3.2	2.5/500
TYD110-2	220	0.50	50	60	3.99	5.0	4.0/500
TYD150-1	220	0.80	50	60	6.38	8.3	6.0/500
TYD150-2	220	1.20	50	60	9.56	12.4	8.0/500
TYD200-1	220	1.60	50	60	15.94	20.7	10.0/500
TYD200-2	220	2.80	50	60	25.50	33.2	16.0/500

4.5　单相异步电动机

1. 特点与用途

单相异步电动机，是用单相交流电源供电的一种小容量交流电动机。

单相异步电动机与单相串励电动机相比，具有结构简单、成本低廉、维修方便、噪声低、振动小和对无线电系统的干扰小等特点，被广泛应用于工业和人们日常生活的各个领域，如小型机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

床、电动工具、医疗器械和诸如电冰箱、电风扇、排气扇、空调器、洗衣机等家用电器中。

单相异步电动机与同容量的三相异步电动机相比，具有体积大、运行性能较差、效率较低等缺点。因此，一般只制成小容量的（功率从8W到750W）。但是，由于单相异步电动机只需单相交流电源供电，在没有三相交流电源的场合（如家庭、农村、山区等）仍被广泛应用。

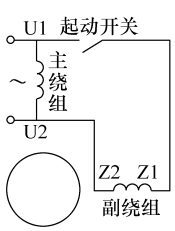
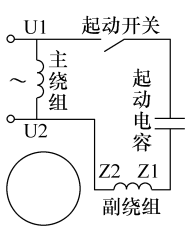
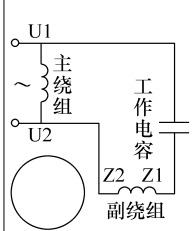
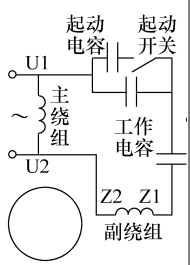
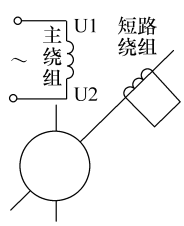
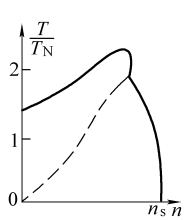
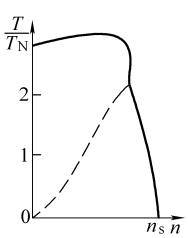
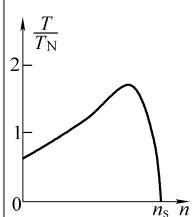
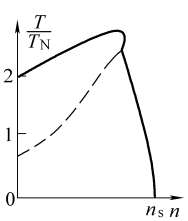
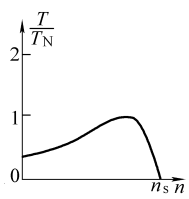
2. 基本类型

单相异步电动机最常用的分类方法，是按起动方法进行分类的。不同类型的单相异步电动机，产生旋转磁场的方法也不同，常见的有以下几种：①单相电容分相起动异步电动机；②单相电阻分相起动异步电动机；③单相电容运转异步电动机；④单相电容起动与运转异步电动机；⑤单相罩极式异步电动机。

常用单相异步电动机的特点和典型应用见表4-43。

表4-53中的前4种电动机都具有两个空间位置上相差90°电角度的绕组，并且用电容或电阻使两个绕组中的电流之间产生相位差，从而产生旋转磁场，所以统称为分相式单相异步电动机。

表4-43　常用单相异步电动机的特点和典型应用

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动与运转	罩极式
基本系列代号	YU(JZ、BO、BO2)	YC(JY、CO、CO2)	YY(JX、DO、DO2)	YL	YJ
接线原理图					
机械特性曲线 $T/T_N=f(n)$；T/T_N—输出转矩倍数；T_N—额定输出转矩；n—转速					
最大转矩倍数	>1.8	>1.8	>1.6	>2	
起动转矩倍数	1.1~1.6	2.5~2.8	0.35~0.6	>1.8	<0.5
起动电流倍数	6~9	4.5~6.5	5~7		
功率范围/W	40~370	120~750	8~180	8~750	15~90
额定电压/V	220	220	220	220	220
同步转速/(r/min)	1500；3000	1500；3000	1500；3000	1500；3000	1500；3000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动与运转	罩极式
结构特点	定子具有主绕组和副绕组，它们的轴线在空间相差90°电角度。电阻值较大的副绕组经起动开关与主绕组并接于电源。当电动机转速达到75% ~ 80%同步转速时，通过起动开关将副绕组切离电源，由主绕组单独工作 为使副绕组得到较高的电阻对电抗的比值，可采取如下措施：①用较细铜线，以增大电阻；②部分线圈反绕，以增大电阻、减少电抗；③用电阻率较高的铝线；④串入一个外加电阻	定子主绕组、副绕组分布与电阻起动电动机相同，副绕组和一个容量较大的起动电容器串联，经起动开关与主绕组并联于电源。当电动机转速达到75% ~ 80%同步转速时，通过起动开关，将副绕组切离电源，由主绕组单独工作	定子具有主绕组和副绕组，它们的轴线在空间相差90°电角度。副绕组串联一个工作电容器（容量较起动电容小得多）后，与主绕组并接于电源，且副绕组长期参与运行	定子绕组与电容运转电动机相同，但副绕组与两个并联的电容器串联。当电动机转速达到75% ~ 80%同步转速时，通过起动开关将起动电容器切离电源，而副绕组和工作电容器继续参与运行 起动电容器容量大于工作电容器容量	一般采用凸极定子，主绕组是集中绕组，并在极靴的一小部分上套有电阻很小的短路环（又称罩极绕组）。另一种是稳极定子，其冲片形状和一般异步电动机相同，主绕组和罩极绕组均为分布绕组，它们的轴线在空间相差一定的电角度（一般为45°），罩极绕组匝数少，导线粗
典型应用	具有中等起动转矩和过载能力，适用于小型车床、鼓风机、医疗机械等	具有较高起动转矩，适用于小型空气压缩机、电冰箱、磨粉机、水泵及满载起动的机械等	起动转矩较低，但有较高的功率因数和效率，体积小、重量轻，适用于电风扇、通风机、录音机及各种空载起动的机械	具有较高的起动性能、过载能力、功率因数和效率，适用于家用电器、泵、小型机床等	起动转矩、功率因数和效率均较低，适用于小型风扇、电动模型及各种轻载起动的小功率电动设备

注：1. 单相电容起动与运转异步电动机，又称单相双值电容异步电动机。

2. 基本系列代号中括号内是老系列代号。

3. 基本结构

单相异步电动机一般由机壳、定子、转子、端盖、转轴、风扇等组成，有的单相异步电动机还具有起动元件。

（1）定子

定子由定子铁心和定子绕组组成。单相异步电动机的定子结构有两种形式，大部分单相异步电动机采用与三相异步电动机相似的结构，也是用硅钢片叠压而成。但在定子铁心槽内嵌放有两套绕组：一套是主绕组，又称工作绕组或运行绕组；另一套是副绕组，又称起动绕组或辅助绕组。两套绕组的轴线在空间上应相差一定的电角度。容量较小的单相异步电动机有的则制成凸极形状的铁心，其磁极的一部分被短路环罩住。凸极上放置主绕组，短路环为副绕组。

（2）转子

单相异步电动机的转子与笼型三相异步电动机的转子相同。

（3）起动元件

单相异步电动机的起动元件串联在起动绕组（副绕组）中，起动元件的作用是在电动机起动完毕后，切断起动绕组的电源。常用的起动元件有以下几种：

www.789pdf.com 789书库网

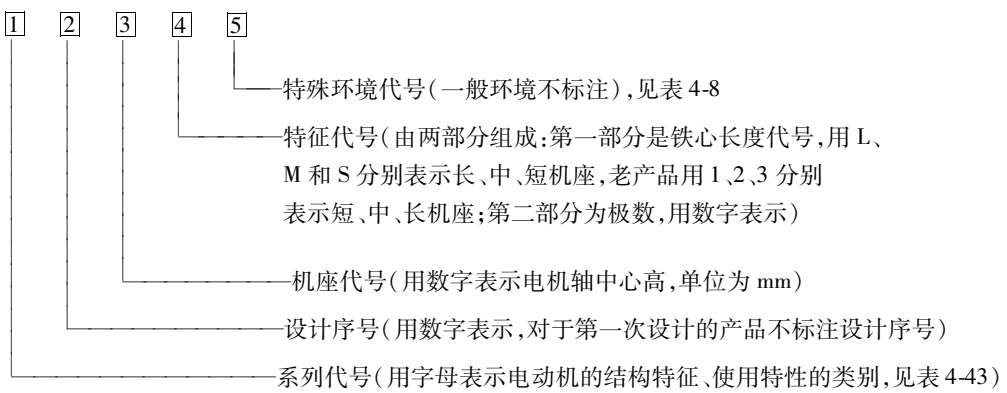
www.789pdf.com 789书库网

1）离心开关：离心开关位于电动机端盖的里面，它包括静止和旋转两部分。其旋转部分安装在电动机的转轴上，它的3个指形铜触片（称动触头）受弹簧的拉力紧压在静止部分上。静止部分是由两个半圆形铜环（称静触头）组成，这两个半圆形铜环中间用绝缘材料隔开，它装在电动机的前端盖内。

当电动机静止时，无论旋转部分在什么位置，总有一个铜触片与静止部分的两个半圆形铜环同时接触，使起动绕组接入电动机电路。电动机起动后，当转速达到额定转速的70%～80%时，离心力克服弹簧的拉力，使动触头与静触头脱离接触，使起动绕组断电。

2）起动继电器：起动继电器是利用流过继电器线圈的电动机起动电流大小的变化，使继电器动作，将触头闭合或断开，从而达到接通或切断起动绕组电源的目的。

4. 型号含义



单相异步电动机的型号示例：

YU6324表示单相电阻起动异步电动机，轴中心高为63mm、2号铁心长、4极。

YC90L6表示单相电容起动异步电动机，轴中心高为90mm、长铁心、6极。

BO5612表示单相电阻起动异步电动机，轴中心高为56mm，1号铁心长，2极。

DO2-5014表示单相电容运转异步电动机，第二次系列设计、轴中心高为50mm、1号铁心长、4极。

4.5.1　BO2系列单相电阻起动异步电动机技术数据（见表4-44）

表4-44　BO2单相电阻起动异步电动机技术数据

型　号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙长度	定子转子槽数 Z/Z_2	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	长度					
							mm							
BO2-6312	90	220	1.02	2800	56	0.67	96	50	45	0.25	24/18	12	1.5	1.8
BO2-6322	120		1.36		58	0.69			54			14	1.4	
BO2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50			17	1.3	
BO2-7122	250		2.40		64	0.74			62			22	1.1	
BO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58			30		
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45		24/30	9	1.7	
BO2-6324	90		1.64		48	0.58			54			12	1.5	
BO2-7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50			14		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.5.2 CO2 系列单相电容起动异步电动机技术数据（见表 4-45）

表 4-45 CO2 单相电容起动异步电动机技术数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙长度	定转子槽数 Z/Z_2	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器容量/μF
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	长度						
							mm								
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25	24/18	12	3.0	1.8	75
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62			15			
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58			21	2.8		100
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75			29			150
CO2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25	24/30	9	3.0		75
CO2-7124	180		2.49		53	0.62			62			12			
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58			15	2.8		100
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75			21	2.5		

4.5.3 DO2 系列单相电容运转电动机技术数据（见表 4-46）

表 4-46 DO2 单相电容运转异步电动机技术数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙长度	定转子槽数 Z/Z_2	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器	
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	长度						容量/μF	工作电压/V
							mm									
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12/18	0.8	0.60	1.8	1	630
DO2-4522	16		0.26		35							1.0				
DO2-5012	25		0.33		40	0.85	80	44				1.5			2	
DO2-5022	40		0.42		42	0.90						2.0	0.50			
DO2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24/18	2.5			4	
DO2-5622	90		0.81		56							3.2	0.35			
DO2-4514	6		0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.2	12/18	0.5	1.0		1	
DO2-4524	10		0.26		24							0.8	0.60			
DO2-5014	16		0.28		33		80	44				1.0			2	
DO2-5024	25		0.36		38	0.82						1.5	0.50			
DO2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24/18	2.0				
DO2-5624	60		0.64		50	0.85						2.5			4	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.5.4　YU系列单相电阻起动异步电动机技术数据（见表4-47）

表4-47　YU系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型号	额定功率/W	额定电流/A	额定电压/V	额定频率Hz	同步转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	声功率级/dB
YU6312	90	1.09	220	50	3000	56	0.67	1.5	11.01	1.8	70
YU6314	60	1.23			1500	39	0.57	1.7	7.32		65
YU6322	120	1.36			3000	58	0.69	1.4	10.29		70
YU6324	90	1.64			1500	43	0.58	1.5	7.32		65
YU7112	180	1.89			3000	60	0.72	1.3	9.0		70
YU7114	120	1.88	220	50	1500	50	0.58	1.5	7.45	1.8	65
YU7122	250	2.40			3000	64	0.74	1.1	9.17		70
YU7124	180	2.49			1500	53	0.62	1.4	6.83		65
YU8012	370	3.36			3000	65	0.77	1.1	8.93		75
YU8014	250	3.11			1500	58	0.63	1.2	7.07		65
YU8022	550	4.65			3000	68	0.79	1.0	9.03		75
YU8024	370	4.24			1500	62	0.64	1.2	7.08		70

4.5.5　YC系列单相电容起动异步电动机技术数据（见表4-48）

表4-48　YC系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
YC7112	0.18	220	1.89	2800	60	0.72	12	3.0	1.8
YC7122	0.25	220	2.40	2800	64	0.74	15	3.0	1.8
YC8012	0.37	220	3.36	2800	65	0.77	21	2.8	1.8
YC8022	0.55	220	4.65	2800	68	0.79	29	2.8	1.8
YC90S-2	0.75	220	6.09	2800	70	0.80	37	2.5	1.8
YC90L-2	1.1	220	8.68	2800	72	0.80	60	2.5	1.8
YC7114	0.12	220	1.88	1400	50	0.58	9	3.0	1.8
YC7124	0.18	220	2.49	1400	53	0.62	12	2.8	1.8
YC8014	0.25	220	3.11	1400	58	0.63	15	2.8	1.8
YC8024	0.37	220	4.24	1400	62	0.64	21	2.5	1.8
YC90S-4	0.55	220	5.49	1400	66	0.69	29	2.5	1.8
YC90L-4	0.75	220	6.87	1400	68	0.73	37	2.5	1.8
YC100L1-4	1.1	220	9.52	1400	71	0.74	60	2.5	1.8
YC100L2-4	1.5	220	12.45	1400	73	0.75	80	2.5	1.8
YC90S-6	0.25	220	4.21	900	54	0.50	20	2.5	1.8
YC90L-6	0.37	220	5.27	900	58	0.55	25	2.5	1.8
YC100L1-6	0.55	220	6.94	900	60	0.60	35	2.5	1.8
YC100L2-6	0.75	220	9.01	900	61	0.62	45	2.2	1.8

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.5.6 YY 系列单相电容运转异步电动机技术数据（见表 4-49）

表 4-49 YY 系列单相电容运转异步电动机技术数据

型号	功率/W	电流/A	电压/V	频率/Hz	同步转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	声功率级/dB
YY4512	16	0.23	200	50	3000	35	0.90	0.60	4.34	1.7	65
YY4514	10	0.22	200	50	1500	24	0.85	0.55	3.46	1.7	60
YY4522	25	0.32	200	50	3000	40	0.90	0.60	3.75	1.7	65
YY4524	16	0.26	200	50	1500	33	0.85	0.55	3.85	1.7	60
YY5012	40	0.43	200	50	3000	47	0.90	0.50	3.40	1.7	65
YY5014	25	0.35	200	50	1500	38	0.85	0.55	3.43	1.7	60
YY5022	60	0.57	200	50	3000	53	0.90	0.50	3.51	1.7	70
YY5024	40	0.48	200	50	1500	45	0.85	0.55	3.13	1.7	60
YY5612	90	0.79	220	50	3000	56	0.92	0.50	3.16	1.7	70
YY5614	60	0.61	220	50	1500	50	0.90	0.45	3.28	1.7	65
YY5622	120	0.99	220	50	3000	60	0.92	0.50	3.54	1.7	70
YY5624	90	0.87	220	50	1500	52	0.90	0.45	2.87	1.7	65
YY6312	180	1.37	220	50	3000	65	0.92	0.40	3.65	1.7	70
YY6314	120	1.06	220	50	1500	57	0.90	0.40	3.30	1.7	65
YY6322	250	1.87	220	50	3000	66	0.92	0.40	3.74	1.7	70
YY6324	180	1.54	220	50	1600	59	0.90	0.40	3.25	1.7	65

4.5.7 YL 系列单相双值电容异步电动机技术数据（见表 4-50）

表 4-50 YL 系列单相双值电容异步电动机技术数据

型 号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
YL7112	0.37	220	2.73	2800				1.8	1.7
YL7122	0.55	220	3.88	2800				1.8	1.7
YL8012	0.75	220	5.15	2800	72	0.92	29	1.8	1.7
YL8022	1.1	220	7.02	2800	75	0.95	40	1.8	1.7
YL90S-2	1.5	220	9.44	2800	76	0.95	55	1.7	1.7
YL90L-2	2.2	220	13.67	2800	77	0.95	80	1.7	1.7
YL8014	0.55	220	4.00	1400	68	0.92	21	1.8	1.7
YL8024	0.75	220	5.22	1400	71	0.92	29	1.8	1.7
YL90S-4	1.1	220	7.21	1400	73	0.95	40	1.7	1.7
YL90L-4	1.5	220	9.57	1400	75	0.95	55	1.7	1.7

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.5.8　YJ系列罩极式单相异步电动机技术数据（见表4-51）

表4-51　YJ系列罩极式单相异步电动机技术数据

型号	电压/V	频率/Hz	电流/A	空载转速/（r/min）	额定功率/W	额定转矩/mN·m	噪声小于/dB
20YJ	220	50	<0.15	2700	0.8	2	30
24YJ①	220	50	<0.3	>2700	1	4	30
24YJ-1	100	50	<0.18	>2700	1	4	30
24YJ-2	100	50	<0.36	>2700	2	10	30
24YJ-3	220	50	<0.3	>2700	1	4	30
24YJ-4	110	50	0.14	2700	1	4	30
27YJ	220	50	0.3	2800	1.7	10	35
30YJ	220	50	0.4	2600	5	20	35
35YJ	220	50	<0.45	2700	5	30	40

① 复印机专用电动机，用于驱动风机。

4.5.9　YJF系列罩极式单相异步电动机技术数据（见表4-52）

表4-52　YJF系列罩极式单相异步电动机技术数据

型　　号	效率（%）	输出功率/W	电压/V	频率/Hz	同步转速/（r/min）
YJF-0.4	5	0.4	220/110	50/60	3000/3600
YJF-0.6	7	0.6	220/110	50/60	3000/3600
YJF-1.0	8	1.0	220/110	50/60	3000/3600
YJF-1.6	10	1.6	220/110	50/60	3000/3600
YJF-2.5	12	2.5	220/110	50/60	3000/3600
YJF-4	14	4	220/110	50/60	3000/3600
YJF-6	16	6	220/110	50/60	3000/3600
YJF-8	17	8	220/110	50/60	3000/3600
YJF-10	18	10	220/110	50/60	3000/3600

4.5.10　单相异步电动机的使用

1. 改变分相式单相异步电动机转向的方法

分相式单相异步电动机旋转磁场的旋转方向与主、副绕组中电流的相位有关，由具有超前电流的绕组的轴线转向具有滞后电流的绕组的轴线。如果需要改变分相式单相异步电动机的转向，可把主、副绕组中任意一套绕组的首尾端对调一下，接到电源上即可。

2. 改变罩极式单相异步电动机转向的方法

罩极式单相异步电动机转子的转向总是从磁极的未罩部分转向被罩部分，即使改变电源的接线，也不能改变电动机的转向。如果需要改变罩极式单相异步电动机的转向，则需要把电动机拆开，将电动机的定子或转子反向安装，才可以改变其旋转方向。

3. 单相异步电动机使用注意事项

单相异步电动机的使用与维护和三相异步电动机基本相似，可参考4.2.6节。但是，单相异步电动机在结构上有它的特殊性：有起动装置，包括离心开关或起动继电器；有起动绕

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

组及电容器；电动机的功率小，定、转子之间的气隙小。如果这些部件发生了故障，必须及时进行检修。

使用单相异步电动机时应注意以下几点：

1）改变分相式单相异步电动机的旋转方向时，应在电动机静止时或电动机的转速降低到离心开关的触头闭合后，再改变电动机的接线 。

2）单相异步电动机接线时，应正确区分主、副绕组，并注意它们的首尾端。若绕组出线端的标志已脱落，电阻大的绕组一般为副绕组。

3）更换电容器时，应注意电容器的型号、电容量和工作电压，使之与原规格相符。

4）拆装离心开关时，用力不能过猛，以免离心开关失灵或损坏。

5）离心开关的开关板与后端盖必须紧固，开关板与定子绕组的引线焊接必须可靠。

6）紧固后端盖时，应注意避免后端盖的止口将离心开关的开关板与定子绕组连接的引线切断。

4.6 单相串励电动机

1. 用途与特点

单相串励电动机曾称单相串激电动机，是一种交直流两用的有换向器的电动机。

单相串励电动机主要用于要求转速高、体积小、重量轻、起动转矩大和对调速性能要求高的小功率电气设备中。例如电动工具、家用电器、小型机床、化工、医疗器械等。

单相串励电动机常常和电动工具等制成一体，如电锤、电钻、电动扳手等。单相串励电动机有以下特点。

（1）单相串励电动机的优点

1）转速高、体积小、重量轻。单相串励电动机的转速不受电动机的极数和电源频率的限制。

2）调速方便。改变输入电压的大小，即可调节单相串励电动机的转速。

3）起动转矩大、过载能力强。

（2）单相串励电动机的主要缺点

1）换向困难、电刷容易产生火花。

2）结构复杂、成本较高。

3）噪声较大、运行可靠性较差。

2. 基本结构

单相串励电动机的基本结构如图4-6所示。它主要由定子、电枢、换向器、电刷、刷架、机壳、轴承等几部分组成。其结构与一般小型直流电动机相似。

1）定子：定子由定子铁心和励磁绕组组成。定子铁心用0.5mm厚的硅钢片冲制的凸极形冲片叠压而成。励磁绕组是用高强度漆包线绕制成的集中绕组。

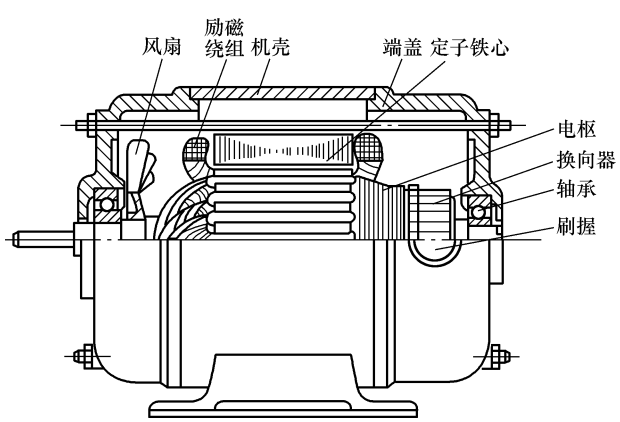


图4-6 单相串励电动机的结构

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电枢（转子）：电枢是单相串励电动机的转动部分，它由转轴、电枢铁心、电枢绕组和换向器等组成。

电枢铁心由0.35～0.5mm厚的硅钢片叠压而成，铁心表面开有很多槽，用以嵌放电枢绕组。电枢绕组由许多单元绕组（又称元件）构成。每个单元绕组的首端和尾端都有引出线，单元绕组的引出线与换向片按一定的规律连接，从而使电枢绕组构成闭合回路。

3）电刷架和换向器：单相串励电动机的电刷架一般由刷握和弹簧等组成。刷握按其结构形式可分为管式和盒式两大类。刷握的作用是保证电刷在换向器上有准确的位置，从而保证电刷与换向器的接触全面且紧密。

换向器是由许多换向片组成的，各个换向片之间都要彼此绝缘。单相串励电动机采用的换向器一般有半塑料和全塑料两种。

4.6.1　G型单相串励电动机技术数据（见表4-53）

表4-53　G型单相串励电动机技术数据

型号	功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心/mm			气隙/mm	转子槽数	磁极绕组		转子绕组				
				外径	内径	长度			线规/mm	每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
G25/40	25	220	4000	71.3	39.3	20	0.4	11	0.21	690	0.14	84	1～6	33	1～2
G30/40	30	220	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	74	1～6	33	1～2
G40/40	40	220	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	76	1～6	33	1～2
G60/40	60	220	4000	71.3	39.3	36	0.4	11	0.29	358	0.21	53	1～6	33	1～2
G80/40	80	220	4000	71.3	39.3	44	0.4	11	0.33	310	0.23	46	1～6	33	1～2
G90/40	90	220	4000	71.3	39.3	53	0.4	11	0.35	286	0.25	39	1～6	33	1～2
G120/40	120	220	4000	90	51.3	40	0.45	19	0.41	282	0.29	37	1～10	38	1～2
G180/40	180	220	4000	90	51.3	55	0.45	19	0.53	182	0.38	29	1～10	38	1～2
G250/40	250	220	4000	90	51.3	68	0.45	19	0.59	146	0.41	18	1～10	38	1～2

4.6.2　U型单相串励电动机技术数据（见表4-54）

表4-54　U型单相串励电动机技术数据

型号	功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心/mm			气隙/mm	转子槽数	磁极绕组		转子绕组				
				外径	内径	长度			线规/mm	每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
U15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	0.2	740	0.15	110	1～5	20	1～2
U15/56-220D	15	220	5600	55	29	22	0.35	10	0.19	600	0.13	110	1～5	20	1～2
U30/40-220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	0.25	575	0.18	62	1～6	36	1～2
U40/36-24D	40	24	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.86	76	0.64	7	1～6	24	1～2
U40/36-110D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.41	350	0.33	34	1～6	24	1～2
U55/45-220D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	0.38	360	0.25	50	1～6	24	1～2
U80/50-110D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.49	220	0.41	13	1～6	36	1～2
U80/50-220D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.35	435	0.29	27	1～6	36	1～2
U120/40-220	120	220	4000	94	51.6	60	0.55	16	0.44	220	0.31	23	1～8	48	1～2
U180/40-220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	0.53	160	0.35	20	1～8	48	1～2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.6.3 SU 型交、直流两用串励电动机技术数据（见表 4-55）

表 4-55 SU 型交、直流两用串励电动机技术数据

型号	功率/W		电压/V		转速/(r/min)	定子铁心/mm			气隙/mm	转子槽数	磁极绕组			转子绕组				
	交流	直流	交流	直流		外径	内径	长度			线规/mm		每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
											交流	直流						
SU-1	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.62	0.49	直流 111	0.47	12	1～8	48	1～2
SU-1C	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.62	0.49	直流 209	0.47	12	1～8	48	1～2
SU-2	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.44	0.35	交流 219	0.33	25	1～8	48	1～2
SU-2C	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.44	0.35	直流 441	0.33	25	1～8	48	1～2

4.6.4 单相串励电动机的使用与维护

1. 单相电动机使用前的准备及检查

1）清扫电动机内部及换向器表面的灰尘、电刷粉末及污物等。

2）检查电动机的绝缘电阻，对于额定电压为 500V 以下的电动机，若绝缘电阻低于 0.5MΩ 时，需进行烘干后方能使用。

3）检查换向器表面是否光洁，如发现有机械损伤、火花灼痕或换向片间云母凸出等，应对换向器进行保养。

4）检查电刷边缘是否碎裂、刷辫是否完整，有无断裂或断股情况，电刷是否磨损到最短长度。

5）检查电刷在刷握内有无卡涩或摆动情况、弹簧压力是否合适，各电刷的压力是否均匀。

6）检查各部件的螺钉是否紧固。

7）检查各操作机构是否灵活，位置是否正确。

2. 单相串励电动机运行中的维护

1）注意电动机声音是否正常，定子、转子之间是否有摩擦。检查轴承或轴瓦有无异声。

2）经常测量电动机的电流和电压，注意不要过载。

3）检查各部分的温度是否正常，并注意检查主电路的连接点、换向器、电刷刷辫、刷握及绝缘体有无过热变色和绝缘枯焦等不正常气味。

4）检查换向器表面的氧化膜颜色是否正常，电刷与换向器间有无火花，换向器表面有无碳粉和油垢积聚，刷架和刷握上是否有积灰。

5）检查各部分的振动情况，及时发现异常现象，消除设备隐患。

6）检查电动机通风散热情况是否正常，通风道有无堵塞不畅情况。

4.7 电动工具

1. 种类及特点

电动工具的分类方法有多种，依据不同，分类方法也不同，分述如下：

（1）按供电电源种类分类

1）交、直流两用串励电动工具；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）三相工频电动工具；

3）永磁式直流电动工具。

（2）按工作方式分类

1）连续工作的电动工具：可在额定电压、额定频率、额定功率下长期运转。

2）断续工作的电动工具：在额定功率下周期性运转，一般以10min为一个标准周期，以工作时间所占的百分比来表示负载的性质。例如负载持续率为40%，则表明在一个周期中，工作时间占40%，停歇或空载时间占60%。

（3）按触电保护方法分类

1）Ⅰ类工具：即普通型工具。它的额定电压超过50V（通常是220V），而绝缘结构中多数部位只有基本绝缘，一旦绝缘损坏，操作者即有触电危险，因此对于这类工具中操作时人手可触及的金属零部件，必须可靠地保护接地或保护接零。

2）Ⅱ类工具：即双重绝缘工具。其额定电压也超过50V。所谓双重绝缘，即除基本绝缘外，还有一层独立的附加绝缘，这样即使基本绝缘损坏，仍可保证操作者与带电体隔离而不致触电。双重绝缘的规定符号为“回”。有的是加强绝缘，即对基本绝缘的性能进行改善和加强，使其具有双重绝缘相当的介电强度和机械强度，从而有等同的安全保护效能。Ⅱ类工具规定不再采用保护接地或保护接零。

3）Ⅲ类工具：即低额定电压工具（不超过50V，即42V以下，一般有36V和24V）。这种电压统称为安全电压，必须由变压器变压而得或从低压发电设备而得。这类工具也不采用保护接地或保护接零的方法。

（4）按加工性质分类

电动工具按加工性质的不同可分为，钻孔工具、剪切工具、铣刨工具、插削工具、锤击工具及多种用途旋转工具等。

（5）按工具运动形式分类

电动工具按运动形式可分为，旋转运动、往复直线运动、振动运动、冲击运动、旋转－冲击复合运动等工具。

此外，按电动机是否与工具组成一体分有软轴式和直动式。同一品种，还要按规格区分，例如电钻的规格有6、10、13、16、19、23等几种。

2. 型号含义

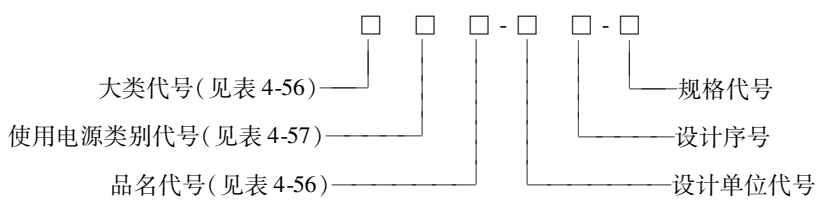


表4-56　电动工具的分类、品种及代号

分类及代号	品种及代号
金属切削电动工具（J）	电钻（Z）、多速电钻、角向电钻、万向电钻、磁座钻（C）、电铰刀（A）、电动刮刀（K）、电剪刀（J）、电冲剪（H）、电动往复锯（F）、电动锯管机（U）、电动攻丝机（S）、电动型材切割机（G）、电动斜切割机（X）、电动焊缝坡口机（P）、多功能电动工具（D）
砂磨电动工具（S）	直向砂轮机（S）、角向磨光机（M）、软轴砂轮机（R）、模具电磨（J）、平板砂光机（B）、盘式砂光机（A）、带式砂光机（T）、直式抛光机（P）、盘式抛光机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分类及代号	品种及代号
装配电动工具（P）	电动扳手（B）、定扭矩扳手（D）、智能电动扳手、电动液压扳手、电动螺丝刀（L）、电动胀管机（Z）、电动自攻螺丝刀（U）、电动拉铆枪（M）
建筑道路电动工具（Z）	平板式振动器、插入式振动器、电锤（C）、锤钻（A）、冲击电钻（J）、电镐（G）、电动地板抛光机（B）、电动石材切割机（E）、电动夯实机、铆胀螺栓扳手（L）、湿式磨光机（M）、电动钢盘切割机（Q）、电动套丝机（T）、电动弯管机（W）、电动混凝土钻机（Z）、电动铲刮机（Y）、电动砖墙铣沟机（R）
矿山电动工具（K）	电动凿岩机（Z）、岩石电钻（Y）、煤电钻
铁道电动工具（T）	铁道螺钉电动扳手（B）、枕木电钻（Z）、枕木电镐（G）
农牧电动工具（N）	电动剪毛机(J)、电动采茶机(A)、电动喷洒机(P)、电动修蹄机(T)、电动粮食抽样机(L)
林工加工电动工具（M）	电动带锯机（A）、电刨（B）、电插（C）、木工多用工具（D）、电动修枝机（E）、电动截枝机（H）、电动开槽机（K）、电链锯（L）、电动曲线锯（Q）、电木铣（R）、木工刃磨砂轮机（S）、电圆锯（Y）、电木钻
其他电动工具（Q）	塑料电焊枪（A）、电动裁布机（C）、电动气泵（E）、电动管道清洗机（G）、电动卷花机（H）、石膏电锯（S）、电动雕刻机（K）、电喷枪（P）、电动除锈机（Q）、石膏电剪（J）、电动地毯剪（T）、电动牙钻（Y）、电动胸骨锯、电动骨钻（Z）

有些企业的双重绝缘产品在型号前标有“回”，它不属于型号范围，仅表示双重绝缘符号。电子调速或控速产品，可以在品名代号后加“E”。

设计单位代号是表示或识别某一品种规格的电动工具属于某一企业、研究所或多个单位联合设计的标志。

目前生产的电动工具，绝大部分电动工具均按照表 4-57 编制产品型号，有些企业生产的个别电动工具，企业自行编制了产品型号。

电动工具使用电源类别代号见表 4-57。

表 4-57　电动工具使用电源类别代号

工具使用电源类别/Hz		代　号	工具使用电源类别/Hz		代　号
直流		0	三相交流	400	4
单相交流	50	1	三相交流	150	5
三相交流	200	2	三相交流	300	6
三相交流	50	3			

4.7.1　J1Z 系列单相电钻技术数据（见表 4-58 和表 4-59）

表 4-58　J1Z 单相电钻技术数据

型号	最大钻孔直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W		钻轴转速/(r/min)		钻轴额定转矩/N·cm	负载持续率(%)	外形尺寸/mm			重量/kg	钻夹头形式
				输入	输出	额定	空载			长	宽	高		
J1Z-6	6	36	5.6	190	90	720	1400	90	40	225	62	150	1.8	三爪钻夹头
		110	1.85			850								
			0.91	190		850	1400	90	40	225	62	150	1.8	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	最大钻孔直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W		钻轴转速/(r/min)		钻轴额定转矩/N·cm	负载持续率(%)	外形尺寸/mm			重量/kg	钻夹头形式
				输入	输出	额定	空载			长	宽	高		
J1Z-6	6	220	1.14	250	120	1200	2000	90	40	226	57	144	1.5	三爪钻夹头
			1.4		150	1300		90	40	235	80	142	1.25①	
			1		110		1700	90	100	220	70	160	1.7	
J1Z-10	10	36	7.3	250		450	900	240	40	350	170	125	3.6	三爪钻夹头
		110	2.5			510								
		220	1.2			510								
		220	1.7	340		750	1150	240	40	350	90	160	2.5①	
J1Z-13	13	36	11	380	240	330	600	420	40	335	100	370	4.35	三爪钻夹头
		110	3.7			390		450						
		220	1.8	380		390	600	450	40	335	100	370	4.35	
			2		200		850	450	100	360	90②	120	3.5	
			2.4	490	246	600	900	400	40	330	100	295	3.2	
J1Z-19	19	110	7.2	730	400	330	530	1300	60	355	115	445	7.5	2号莫氏锥套
		220	3.6	730	400	330	530	1300	60	355	115	445	7.5	
			3.6		450	400	530	1200	60	355	115	440	6.5	
J1Z-23	23	220	5.1	1030	620	300	530	2000	60	355	115	445	7.5	

注：用于普通钢铁上；适用电源为单相50Hz交流或直流。

① 不包括钻夹头。

② 不包括辅助手柄。

表4-59　□J1Z单相电钻技术数据

型号	最大钻孔直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W		钻轴转速/(r/min)		钻轴额定转矩/N·cm	负载持续率(%)	外形尺寸/mm			重量/kg	钻夹头形式
				输入	输出	额定	空载			长	宽	高		
□J1Z2-4	4	220	1.2	250	120	2200	3600	40	100	260	70	160	1.4	三爪钻夹头
□J1ZZ-4		220	1.2	250		2200		40	100	265	60	68	1.06	
□J1Z-6	6	220	1.0			1200			40	193①		158	1.06	
			1.2	240	122	1200	2000	90	40	245	65	156	1.33	
			1.2	250	140	1200		90	100	240	65	135	1.34	
□J1Z2-6		36	6.7	240	120	1200	1900	90	100	200	62	140	1.25	
		110	2.2											
		220	1.1											
		220	1.2	250	120	1200	2000	90	100	260	70	160	1.4	
		220	1.2	250		1200		90	100	265	60	68	1.06	
□J1Z10	10	220	1.81		210	700		240	40	325	90②	122	2.2①	
		220	2.1	430		700		250	100	370	82	126	2.9	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	最大钻孔直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W		钻轴转速/(r/min)		钻轴额定转矩/N·cm	负载持续率(%)	外形尺寸/mm			重量/kg	钻夹头形式
				输入	输出	额定	空载			长	宽	高		
回J1ZZ2-10	10	36	9.6	320	170	700	1150	240	100	215	67②	160	2.1	三爪钻夹头
		110	3.2											
		220	1.6											
回J1ZH2-10		220	2.1	430	250	700	1160	250	100	380	200	120	3	
		220	2.1	430	230	720		250	100	373	82②	197	3.1	

注：表注均同表4-58。

电钻又称手枪钻、手电钻，是一种手提式电动钻孔工具，适用于在金属、塑料、木材等材料或构件上钻孔。通常，对于因受场地限制，加工件形状或部位不能用钻床等设备加工时，一般都用电钻来完成。

电钻按结构分为手枪式和手提式两大类，按供电电源分单相串励电钻、三相工频电钻和直流电钻三类。单相串励电钻有较大的起动转矩和软的机械特性，利用负载大小可改变转速的高低，实现无级调速。小电钻多采用交、直流两用的串励电动机，大电钻多采用三相工频电动机。

4.7.2 J3Z系列三相电钻技术数据（见表4-60）

表4-60 J3Z三相电钻技术数据

型号	最大钻孔直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W		钻轴额定转速/(r/min)	钻轴额定转矩/N·cm	最大转矩/额定转矩	负载持续率(%)	外形尺寸/mm			重量/kg	钻夹头形式
				输入	输出					长	宽	高		
J3Z-13	13	380	0.86		270	530	500	3	连续	340	115	400	6.8	三爪钻夹头
J3Z-19	19	380	1.18		400	290	1300	3	60	315	125	445	8.2	2号莫氏锥套
J3Z-23	23	380	1.50		500	235	2000	3	60	346	125	445	9.8	
J3Z-32	32	380	2.4		900	190	4600	2.5	60	610	150	650	19	3号莫氏锥套
			2.8	1600	800	190	3200	2.5	60	570	140	654	17	
J3Z-38	38	380	2.8	1600	870	160	4650	2.5	60	600	140	654	17	4号莫氏锥套
J3Z-49	49	380	3.52		1400	120	11300	2.5	60	675	150	650	24	
			3.3	1800	890	120	5950	2.5	60	600	140	654	17	

注：用于普通钢铁上；适用电源为三相50Hz交流。

4.7.3 Z1J系列单相冲击电钻技术数据（见表4-61）

表4-61 Z1J系列单相冲击电钻技术数据

型号	最大孔径/mm		额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	额定转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
	钢铁	混凝土						
Z1J-12	8	12	220	1.6	350	750	11000	35%
回Z1J-10	6	10		1.2，1.4	250，290	1200	24000，18000	
回Z1JC-16	10	16		1.6	320	1500，700	30000，14000	
回Z1JS-16	6，10	12，16		1.86	390	700，1930	10500，28450	
回Z1JH-16	13	16		2.1	430（输出）	585	10000	100%
回Z1J-20	13	20		2.7	600	800	8000	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

冲击电钻又叫冲击钻，其结构与普通电钻基本相同，仅多一个冲击头，是一种能够产生旋转带冲击运动的特种电钻。使用时，将冲击电钻调节到旋转无冲击位置时，装上麻花钻头即能在金属上钻孔；当调节到旋转带冲击位置时，装上镶有硬质合金的钻头，就能在砖石、混凝土等脆性材料上钻孔。

冲击电钻主要由单相串励电动机、齿形离合器、调节环、电源开关和电源连接装置等组成。

4.7.4　Z1C系列单相电锤技术数据（见表4-62）

表4-62　Z1C系列单相电锤技术数据

型　　号	最大混凝土孔径/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	主轴转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
□Z1C-16	16	220	2.3	480	560	2950	100%
□Z1C-22	22		2.5	530	370	2850	
□Z1C-26	26		2.5	520	300	2650	
□Z1C-38	38		3.7	800	380	3200	

电锤是一种具有旋转和冲击复合运动机构的电动工具，可用来在混凝土、砖石等脆性建筑材料或构件上钻孔、开槽和打毛等作业，功能比冲击电钻更多，冲击能力更强。

电锤由电动机、齿轮减速器、曲柄连杆冲击机构、转钎机构、过载保护装置、电源开关及电源连接组件等组成。

4.7.5　P1B系列单相电动扳手技术数据（见表4-63）

表4-63　P1B系列单相电动扳手技术数据

型　　号	适用范围	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W	额定转矩/N·m	冲击次数/(次/min)	额定工作方式(%)
□P1B-8	M8	220	0.76	165	15	1600～1800	25
□P1B-12	M10～M12	220	0.8	165	60～80	1600～1800	25
□P1B-16	M12～M16	220	1.5～1.6	300～414	150	1600～1800	25
□P1B-20	M16～M20	220	2.1	430	200～250	1600～1800	25
□P1B-24	M20～M24	220	3.2～4.1	620～740	392～400	1600～1800	25

电动扳手和电动螺丝刀用于装卸螺纹连接件，它由电动机、开关、壳体、减速器和工作头五部分组成。电动扳手的传动结构有牙嵌式安全离合器结构和滚珠螺旋槽冲击结构两种。

4.7.6　S1MJ系列单相电动角向磨光机技术数据（见表4-64）

表4-64　S1MJ系列单相电动角向磨光机技术数据

型　　号	砂轮尺寸 外径×内径×厚度/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定输入功率/W	砂轮空载转速/(r/min)	额定工作方式(%)
□S1MJ-100	ϕ100×ϕ16×4	220	1.75	370	10000	100
□S1MJ-125	ϕ125×ϕ22×6	220	2.71	580	10000	100
□S1MJ-180	ϕ180×ϕ22×6	220	7.8	1700	8000	100
□S1MJ-230	ϕ230×ϕ22×8	220	7.8	1700	5800	100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电动角向磨光机是一种以高速旋转驱动作业工具进行磨削、坡口、切割、砂光、抛光及除锈等作业的电动工具。电动角向磨光机有单相串励角向磨光机和三相中频角向磨光机两种。

电动角向磨光机由电动机、减速箱、手柄、电源开关、纤维增强拨形砂轮及砂轮夹紧装置等组成。

4.7.7 电动工具的使用与维护

1. 电钻的使用与维护

1）为了保证安全和延长电钻的使用寿命，电钻应定期检查保养。长期搁置不用的电钻或新电钻，使用前应用500V绝缘电阻表测量其绝缘电阻，电阻值应不小于0.5MΩ，否则应进行干燥处理。

2）应根据使用场所和环境条件选用电钻。对于不同的钻孔直径，应尽可能选择相应的电钻规格，以充分发挥电钻的性能及结构上的特点，达到良好的切削效率，以免过载而烧坏电动机。

3）与电源连接时，应注意电源电压与电钻的额定电压是否相符（一般电源电压不得超过或低于电钻额定电压的10%），以免烧坏电动机。

4）使用前，应检查接地线是否良好。在使用电钻时，应戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在绝缘板上，以确保安全。

5）使用前，应空转1min左右，检查电钻的运转是否正常。三相电钻试运转时，还应观察钻轴的旋转方向是否正确，若转向不对，可将电钻的三相电源线任意对调两根，以改变转向。

6）使用的钻头必须锋利，钻孔时用力不宜过猛，以免电钻过载。遇到钻头转速突然降低时，应立即放松压力。如发现电钻突然刹停时，应立即切断电源，以免烧坏电动机。

7）在工作过程中，如果发现轴承温度过高或齿轮、轴承声音异常时，应立即停转检查。若发现齿轮、轴承损坏，应立即更换。

8）电钻一般不要在含有易燃、易爆或腐蚀性气体的环境中使用，也不要在潮湿的环境中使用。

9）电钻应保持清洁，通风良好，经常清除灰尘和油污，并注意防止铁屑等杂物进入电钻内部而损坏零件。

10）应注意保持换向器的清洁。当发现换向器表面上黑痕较多，而火花增大时，可用细砂纸研磨换向器表面，清除黑痕。

11）应注意调整电刷弹簧的压力，以免产生火花而烧坏换向器。电刷磨损过多时，应及时更换。

12）单相串励电动机空载转速很高，不允许拆下减速机构试转，以免飞车而损坏电动机绕组。

13）移动电钻时，必须握持电钻手柄，不能拖拉电源线来搬动电钻，并随时防止电源线擦破和扎坏。

14）电钻使用完毕后应注意轻放，应避免受到冲击而损坏外壳或其他零件。

2. 冲击电钻的使用与维护

（1）冲击电钻的选择

1）根据作业对象及成孔直径选择：在室内装饰和电器布置时，一般使用尼龙膨胀螺栓，成孔直径6～12mm，应选用10mm、12mm规格的冲击电钻；而在建筑施工、水电安装及外墙装饰时，一般使用M8～M14的金属膨胀螺栓，成孔直径在12～20mm之间，应选用16mm、20mm规格的冲击电钻。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）按加工材料选择：10mm、12mm 规格的冲击电钻的冲击频率较高，适宜于加工脆性材料，如瓷砖、红砖等制品；16mm、20mm 规格的冲击电钻输出功率和转矩大，适宜于在红砖、轻质混凝土上钻孔。

3）按作业环境选择：10mm、12mm 规格的冲击电钻可以单手操作，适宜于爬高和向上钻孔作业；16mm、20mm 规格的冲击电钻置有侧手柄及钻孔深度标尺，可以用双手操作，适宜于地面及侧面成孔作业。

（2）冲击电钻的使用与维护

1）冲击电钻在钻孔前，应空转 1min 左右，运转时声音应均匀，无异常的周期性杂音，手握工具无明显的麻感。然后将调节环转到“锤击”位置，让钻夹头顶在硬木板上，此时应有明显而强烈的冲击感；转到“钻孔”位置，则应无冲击现象。

2）冲击电钻的冲击力是借助于操作者的轴向进给压力而产生的，但压力不宜过大，否则，不仅会降低冲击效率，还会引起电动机过载，造成工具的损坏。

3）在钻孔深度有要求的场所钻孔，可使用辅助手柄上的定位杆来控制钻孔深度。使用时，只要将蝴蝶螺母拧松，将定位杆调节到所需长度，再拧紧螺母即可。

4）在脆性材料上钻凿较深或较大孔时，应注意经常把钻头退出钻凿孔几次，以防止出屑困难而造成钻头发热磨损，钻孔效率降低，甚至堵转的现象。

5）冲击电钻工作时有较强的振动，内部的电气接点易脱落，操作者应戴绝缘手套。

6）冲击钻在向上钻孔时，操作者应戴防护眼镜。

冲击电钻是由一般电钻变换工作头演化而来的，所以它的使用与保养与一般电钻基本相同。

3. 电锤的使用与维护

1）电源线与外壳接线应采用橡套软铜线，外壳应可靠接地。电源应装有熔断器和漏电保护器后，才能合上电源。

2）新电锤在使用前，应检查各部件是否紧固，转动部分是否灵活。如果都正常，可通电空转一下，观察其运转灵活程度，有无异常声响。

3）在使用电锤钻孔时，要选择无暗配电源线处，并应避开钢筋。对钻孔深度有要求的场所，可使用辅助手柄上的定位杆来控制钻孔深度；对上楼板钻孔时，应装上防尘罩。

4）工作时，应先将钻头顶在工作面上，然后再按下开关。在钻孔中若发现冲击停止时，应断开开关，并重新顶住电锤，然后再接通开关。

5）使用电锤时严禁戴纱手套，应戴绝缘手套或穿绝缘鞋，站在绝缘垫上或干燥的木板木凳上作业，以防触电。

6）携带电锤时必须握紧，不得采用提橡皮线等错误方法。

4. 电动角向磨光机的使用与维护

1）使用前要检查拨形砂轮，砂轮厚薄应一致，砂粒分布应均匀，内孔偏差应为 0.11 ~ 0.13mm；外圆与内孔的同轴度应较小，一般为 0.15 ~ 0.20mm。用木槌轻击砂轮应无破裂声。砂轮出厂日期应在一年之内，如超过一年，由于增强树脂性能改变，应重新进行回转强度试验，以保证使用安全。

2）在起动电动角向磨光机进行磨削或切割前，应先检查砂轮旋转方向与齿轮箱头部标记的表示旋转方向的箭头方向是否相符，如一致才能进行作业。

3）检查、调换砂轮或更换零件之前，应拔下电源插头。

4）严禁拆除砂轮保护罩进行磨削作业，以防止万一砂轮爆裂飞出伤人。

5）不允许使用大于电动角向磨光机规格最大允许尺寸的砂轮。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）操作电动角向磨光机时，不得穿宽大的衣服，以防止被高速旋转的砂轮卷住。

7）操作电动角向磨光机进行磨削作业时，必须戴上护目镜，防止飞溅的磨粒进入眼睛。

8）操作电动角向磨光机不要用力过猛或冲撞工件，以免薄形砂轮受冲击使砂轮爆裂而引起伤亡事故。

9）砂光、抛光作业时应按下述事项进行操作。

①进行砂光作业应先卸下砂轮，装上专用的弹性圆盘和圆盘式砂布或砂纸。砂布或砂纸一般粘有36号或46号磨料，适用于去毛刺、爪痕、锈刃及打底和腻平前的粗磨等。

②进行抛光作业应先卸下砂轮和防护罩，装上抛盘，但抛盘的直径应比砂轮直径小，以不能大于抛盘的允许线速度为准。抛光常用的磨料有氧化铬、氧化铁、硅藻石或由这些磨料组成的各种混合物等。氧化铬磨料主要是作硬度高的金属抛光用；氧化铁磨料供镍、钢、铜抛光用；硅藻石供软金属抛光用。

10）进行除锈作业应先卸下砂轮和防护罩，装上钢丝刷。换装的钢丝刷的外径一般应比砂轮小（如100mm电动角向磨光机装用ϕ75mm外径的钢丝刷），以免过载。

4.8 潜水电泵和深井泵用电动机

1. 用途

潜水电动机是一种用于水下驱动的动力源，它常与潜水泵组装成潜水电泵机组或直接在潜水电动机的轴伸端装上泵部件组成机泵合一的潜水电泵产品，潜入井下或江、河、湖泊、海洋水中以及其他任何场合的水中工作。

潜水电泵具有体积小、重量轻、起动前不需引水、不受吸程限制、不需另设泵房、安装使用方便、性能可靠、效率较高、价格低廉、可节约投资等优点。其广泛应用于从井下或江河、湖泊中取水、农业排灌、城镇供水、工矿企业给排水、城乡建筑排水、居民生活用水、城市或工厂污水污物处理，宾馆和饭店排污，纺织、印染、造纸和化工等行业浆料输送、养殖场排污、粪便处理以及盐场海水和卤水输送等场合。

潜水电动机也可作为各种水下机械的配套动力源，如桥梁建筑勘探用钻机驱动电动机、深海水下考察船用推进器动力源等。

2. 分类

潜水电泵（潜水电动机）的种类繁多，其分类的方法也很多，常用的分类方法有以下几种：

（1）按潜水电动机的供电电源分类

按照潜水电动机的供电电源的不同，潜水电泵（潜水电动机）分为交流和直流两大类。目前大量生产和广泛使用的是交流潜水电泵（潜水电动机）。

交流潜水电泵（潜水电动机）又分为同步和异步两种。其中异步潜水电泵又分为三相和单相两种。永磁同步潜水电泵是正在发展的一种潜水电泵，有着良好的发展前景。

由于交流异步潜水电泵是目前大量生产和广泛使用的潜水电泵，所以以下将交流异步潜水电泵简称为潜水电泵，将交流异步潜水电动机简称为潜水电动机。

（2）按电压等级分类

按潜水电动机的供电电压等级可分为以下两种：

1）低压潜水电泵和低压潜水电动机：潜水电动机的供电电压为1000V以下，如单相220V；三相380V、660V等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）高压潜水电泵和高压潜水电动机：潜水电动机的供电电压为1000V以上，如3000V、6000V或更高的电压。

（3）按潜水电动机的内部结构分类

按潜水电动机内部的不同结构形式，可将潜水电泵和潜水电动机分为充水式、充油式、屏蔽式和干式四种基本的结构形式，如图4-7所示。

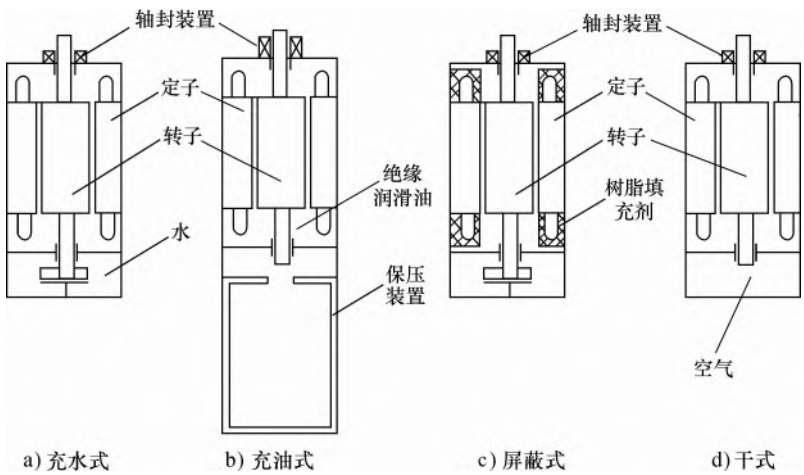


图4-7　潜水电动机基本结构示意图

1）干式潜水电动机和干式潜水电泵：电动机采用干式结构，内腔充满空气，与陆用电动机相似，结构比较简单。轴伸端装有机械密封和橡胶密封，用以阻止水分和潮气进入电动机内腔。

2）充油式潜水电动机和充油式潜水电泵：电动机为充油密封结构，内腔充满绝缘润滑油。轴伸端装有机械密封，既能防止水分和潮气进入电动机内腔，又能阻止机内绝缘润滑油的外泄。有的电动机（如井用充油式潜水电动机）下部装有包压装置，能保持电动机内腔油压大于外部水压，能更好地阻止外水进入电动机内部。

3）充水式潜水电动机和充水式潜水电泵：电动机一般采用充水密封结构，内腔充满洁净清水或防锈润滑液（防锈缓蚀剂），但有的电动机（如QS型）采用水流动循环结构，电动机端盖上装有过滤网，允许机内水和机外水通过过滤网进行交换，有利于电动机的散热。轴伸端装有橡胶油封或机械密封，防止水中的泥沙杂质进入潜水电动机内腔。有的充水式电动机（如井用潜水电动机）下部装有热膨胀调节装置，用以调节电动机内充水因发热产生的膨胀。

4）屏蔽式潜水电动机和屏蔽式潜水电泵：电动机采用屏蔽式结构，定子由非磁性不锈钢制作的薄壁屏蔽套、端环和机壳组成的密封室严密封闭，内填充固体填充物，阻止机内防锈液泄出和外部泥沙杂物进入。电动机下部一般装有热膨胀调节装置。

（4）按泵与电动机的配置方式分类

1）按泵与电动机在电泵上、下不同的相对位置分

①上泵型潜水电泵：泵置于电动机的上方。整个潜水电泵有轴伸向上的立式电动机、进水节和安装连接件（或油室）等组成，如图4-8a所示。

②下泵型潜水电泵：泵置于电动机的下方。整个潜水电泵有轴伸向下的立式电动机、进水节和安装连接件（或油室）等组成，如图4-8b、c、d所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

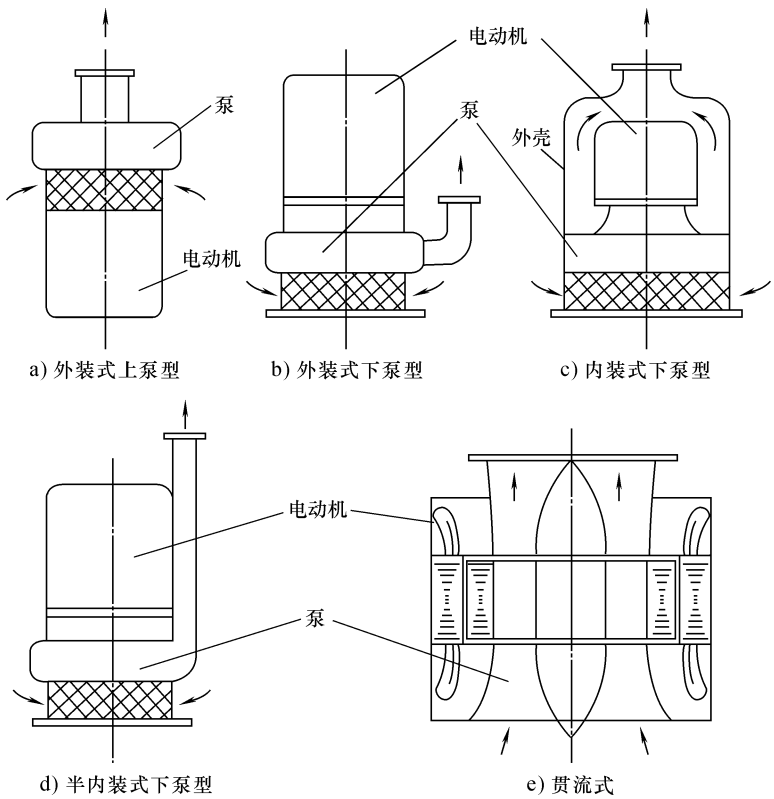


图 4-8　潜水电泵结构示意图

2）按电动机在潜水电泵中的装置位置分

①外装式潜水电泵：下泵型潜水电泵，在电动机的外侧安装出水管作为水泵的出水流道，如图 4-8b 所示，液体直接从泵体接排水管排出，不流过电动机表面，当电动机露出水面运行时，它的冷却效果较差。

②内装式潜水电泵：下泵型潜水电泵，在电动机机座外面另有电泵外壳将其围绕起来（电动机的机座和潜水电泵的外壳也可作成一体，成环形结构），其上安装潜水电泵的出水罩（或出水节），如图 4-8c 所示。液体流经潜水电泵外壳与电动机机座之间的环形空间向上流动，直接冷却电动机机座表面，经出水罩流出。

③半内装式潜水电泵：下泵型潜水电泵，泵出水管经过电动机机壳的部分与电动机机壳连成一体，如图 4-8d 所示。液体流经电动机机壳的部分表面向上流动，对电动机起一定的冷却作用。当电动机露出水面时，其散热条件优于无夹套的外装式潜水电泵。

④贯流式潜水电泵：电动机位于潜水电泵的外部，泵叶轮装在电动机转子内部，两者成为一体，泵输送的水流流经电动机转子内壁冷却转子，如图 4-18e 所示。贯流式潜水电泵的电动机一般为充水式电动机，外径较大，高度较低，冷却条件较好。

（5）按潜水电泵的用途分类

按潜水电泵的用途可将潜水电泵分为下列七类。

1）井用潜水电泵：由井用潜水电动机与井用潜水泵组成，潜入井下水中，用于抽吸地下水或向高处或远距离输水的潜水电泵。由于井用潜水电泵的外径尺寸受到它所安装的井的直径的限制，电动机和泵都很细长。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）清水型潜水电泵：适用于浅水排灌，用于输送清水的潜水电泵。

3）污水污物型潜水电泵：适用于输送含有污物、固体颗粒等的污水的潜水电泵。

4）矿用隔爆型潜水电泵:适用于输送含有污物、煤粉、泥沙等固体颗粒的污水的潜水电泵。

5）轴流潜水电泵：适用于农田水利排灌、城市供水、下水道排水，特别适用于水位涨落很大的江、河、湖泊沿岸泵站的防洪抗涝。

6）矿、井用高压潜水电泵：主要适用于矿山排水和井中抽水，也可用于城市供水或江河取水。

7）大型潜水电泵：主要适用于江河、湖泊取水或城市供水，泵站给水、抗洪排涝。

4.8.1　YQS系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（见表4-65～表4-68）

表4-65　YQS150系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（2极、380V、50Hz）

件　号	型　号	额定功率		额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流
		hp	kW					
20001075	YQS150-3	4	3	380	7.9	74.0	0.78	7.0
20001076	YQS150-4	5.5	4		10.3	75.0	0.79	
20001077	YQS150-5.5	7.5	5.5		13.7	76.0	0.80	
20001078	YQS150-7.5	10	7.5		18.5	77.0	0.80	
20001079	YQS150-9.2	12.5	9.2		22.1	78.0	0.81	
20001080	YQS150-11	15	11		26.3	78.5	0.81	
20001081	YQS150-13	17.5	13		30.9	79.0	0.81	
20001082	YQS150-15	20	15		35.6	79.0	0.81	

表4-66　YQS175系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（2极、380V、50Hz）

件　号	型　号	额定功率		额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流
		hp	kW					
01354506	YQS175-7.5	10	7.5	380	18.4	77.5	0.80	7.0
01354507	YQS175-9.2	12.5	9.2		22.1	78.0	0.81	
01354508	YQS175-11	15	11		26.5	79.0	0.81	
01354509	YQS175-13	17.5	13		30.1	80.0	0.82	
01354510	YQS175-15	20	15		34.5	80.0	0.82	
01354511	YQS175-18.5	25	18.5		42.3	80.5	0.82	
01354512	YQS175-22	30	22		49.4	81.0	0.83	
01354513	YQS175-25	35	25		55.8	81.0	0.83	
01354514	YQS175-30	40	30		65.4	83.0	0.84	

表4-67　YQS200系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（2极、380V、50Hz）

件　号	型　号	额定功率		额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流
		hp	kW					
01354535	YQS200-4	5.5	4	380	10.1	76.0	0.79	7.0
01354536	YQS200-5.5	7.5	5.5		13.5	77.0	0.80	
01354537	YQS200-7.5	10	7.5		18.0	78.0	0.81	
01354538	YQS200-9.2	12.5	9.2		21.7	78.5	0.82	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

件　号	型　号	额定功率		额定电压/V	额定电流/A	效率（%）	功率因数	堵转电流/额定电流
		hp	kW					
01354539	YQS200-11	15	11		25.7	79.0	0.82	
01354540	YQS200-13	17.5	13		29.6	80.0	0.83	
01354541	YQS200-15	20	15		33.8	81.0	0.83	
01354542	YQS200-18.5	25	18.5		41.6	81.5	0.83	7.0
01354543	YQS200-22	30	22	380	48.2	82.0	0.84	
01354544	YQS200-25	35	25		54.5	82.5	0.84	
01354545	YQS200-30	40	30		65.4	83.0	0.84	
01354546	YQS200-37	50	37		79.7	84.0	0.84	
01354547	YQS200-45	60	45		96.9	84.0	0.84	6.5

表 4-68　YQS250 系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（2 极、380V、50Hz）

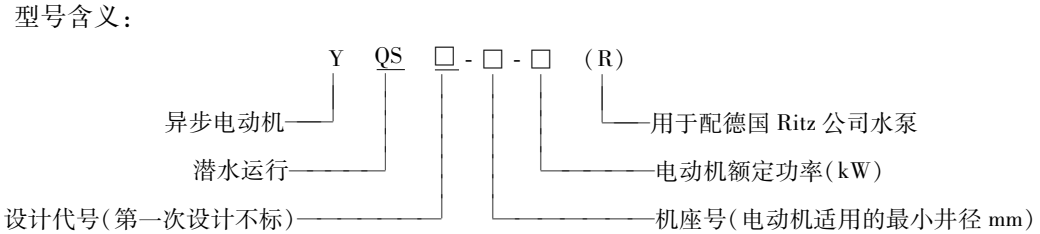
件　号	型　号	额定功率		额定电压/V	额定电流/A	效率（%）	功率因数	堵转电流/额定电流
		hp	kW					
20000987	YQS250-18.5	25	18.5		41.0	82.0	0.84	
20000988	YQS250-22	30	22		48.0	83.0	0.84	
20000989	YQS250-25	35	25		54.0	84.0	0.84	7.0
20000990	YQS250-30	40	30		64.0	84.5	0.84	
20000991	YQS250-37	50	37		78.0	85.0	0.85	
20000992	YQS250-45	60	45	380	94.0	85.5	0.85	
20000993	YQS250-55	75	55		114.0	86.0	0.85	
20000994	YQS250-63	87	63		131.0	86.0	0.85	6.5
20000995	YQS250-75	102	75		152.0	87.0	0.86	
20000996	YQS250-90	122	90		183.0	87.0	0.86	
20000997	YQS250-100	136	100		203.0	87.0	0.86	

充水式井用潜水电动机的内腔充满清水或防锈润滑液（防锈缓蚀剂）。各止口接合面用 O 型橡胶密封圈或密封胶密封。

采用薄钢板卷焊机壳的电动机，其轴伸端安装橡胶骨架油封或机械密封，适用于功率较小、铁心较短、机壳受力较小的井用潜水电动机。采用钢管机壳的电动机，整体刚性较好，适用于功率较大、铁心较长、机壳受力较大的井用潜水电动机。

充水式电动机的绕组、铁心和轴承均在水中工作，对绕组所使用的导线及其加工工艺、接头材料及包扎工艺，水润滑轴承的结构、材料及加工工艺，铁心与金属材料的防锈防腐蚀处理等有很高的要求。充水式电动机已具有足够的可靠性，是井用潜水异步电动机中产量最多、使用最广泛的一种。

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.8.2　YQS2系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据（见表4-69）

表4-69　YQS2系列充水式井用潜水三相异步电动机技术数据

型　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定频率/Hz	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	温升/℃ ≤	极座号/mm	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大外径/mm	总长/mm
YQS2-150	3	380	50	7.8	2880	74	0.79	45	150	1.2	7	143	840
	4			10.0	2880	76	0.80						890
	5.5			13.3	2880	77.5	0.81						925
	7.5			17.8	2880	78	0.82						955
	9.2			21.1	2880	80.5	0.82						973
	11			25.1	2880	81	0.82						1045
	13			29.7	2880	81	0.82						1140
	15			34	2880	81.5	0.82			1.1			1190
YQS2-200	4	380	50	10	2880	76	0.80	45	200	1.2	7	184	784
	5.5			13.4	2860	77	0.81						799
	7.5			17.8	2855	78	0.82						829
	9.2			21.3	2845	79	0.83						856
	11			25.1	2860	80	0.83						904
	13			29.3	2840	81	0.83						909
	15			33.2	2835	81.5	0.84			1.1			934
	18.5			40.2	2880	83	0.84						994
	22			47.5	2880	83.5	0.84						1064
	25			53.8	2880	84	0.84						1124
	30			64.6	2880	84	0.84						1024
	37			79.2	2880	84.5	0.84			1.0			1294
	45			94.4	2880	85	0.85				6.5		1349

4.8.3　YQSY系列充油式井用潜水三相异步电动机技术数据（见表4-70）

表4-70　YQSY系列充油式井用潜水三相异步电动机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转速/(r/min)	电机总高/mm	电机总重/kg
YQSY150-3	3	380	8.3	73	0.75	7	1.2	2	2820	1015	65
YQSY150-4	4	380	10.8	74	0.76	7	1.2	2	2820	1045	68
YQSY150-5.5	5.5	380	14.5	75	0.77	7	1.2	2	2820	1100	73
YQSY150-7.5	7.5	380	19.5	75	0.78	7	1.2	2	2820	1210	81
YQSY150-9.2	9.2	380	23.6	76	0.78	7	1.2	2	2820	1235	85
YQSY150-11	11	380	28.2	76	0.78	7	1.2	2	2820	1305	91

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

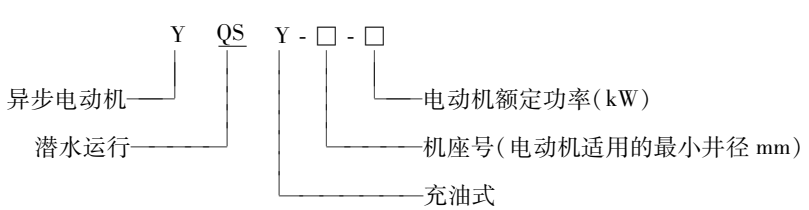
（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转速/（r/min）	电机总高/mm	电机总重/kg
YQSY150-13	13	380	32.5	77	0.79	7	1.2	2	2820	1425	98
YQSY150-15	15	380	34.5	77	0.79	7	1.1	2	2820	1470	106
YQSY150-18.5	18.5	380	46.2	77	0.79	7	1.1	2	2820	1605	117
YQSY200-4	4	380	10.2	76	0.80	7	1.2	2	2850	1005	104
YQSY200-5.5	5.5	380	13.4	77	0.81	7	1.2	2	2850	1020	106
YQSY200-7.5	7.5	380	18.0	77.5	0.82	7	1.2	2	2850	1085	117
YQSY200-9.2	9.2	380	21.6	78	0.83	7	1.2	2	2850	1105	120
YQSY200-11	11	380	25.7	78.5	0.83	7	1.2	2	2850	1135	125
YQSY200-13	13	380	29.8	79	0.84	7	1.1	2	2850	1185	134
YQSY200-15	15	380	33.9	80	0.84	7	1.1	2	2850	1285	150
YQSY200-18.5	18.5	380	41.3	81	0.84	7	1.1	2	2850	1325	156
YQSY200-22	22	380	48.0	82	0.85	7	1.1	2	2850	1355	162
YQSY200-25	25	380	54.2	82.5	0.85	7	1.1	2	2850	1435	175
YQSY200-30	30	380	63.9	83	0.86	7	1.1	2	2850	1585	200
YQSY200-37	37	380	78.3	83.5	0.86	7	1.0	2	2850	1610	205
YQSY200-45	45	380	97.5	84	0.86	7	1.0	2	2850	1750	233

充油式井用潜水电动机的内腔充满变压器油或其他种类的绝缘润滑油。各止口配合部位均装有耐油橡胶O形圈或涂密封胶密封。轴伸端装有一组单端面机械密封或双端面机械密封及甩沙环，用于防止井水或水中固体杂质进入电动机内腔，同时阻止电动机内所充的绝缘润滑油泄漏到机外。

充油式电动机的定子、转子和滚动轴承均在油中工作。电动机的定子绕组采用特殊的耐油绝缘结构，以保证充油式潜水电动机能在井下水中恶劣的环境中工作。电动机的下部装有保压装置，其主要作用是调节电动机内腔所充油液因温度变化或压力变化所造成的体积变化，并维持电动机内腔油压略大于外部水压。当电动机正常工作时，只有机内油液向外微量泄漏，能阻止井水浸入充油式电动机内部，以免造成定子绕组绝缘性能下降，从而影响充油式电动机的运行可靠性。当电动机内腔所充油液因电动机长期运行正常泄漏或因机械密封故障等原因造成非正常泄漏导致电动机“贫油”时，信号装置就会向控制系统发出报警信号，并能断开电源，避免电动机受到进一步的损害。

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.8.4　QY、Q、QS、QX、QDX 系列潜水电泵技术数据(见表4-71和表4-72)

表4-71　QY、Q、QS 系列潜水电泵技术数据技术数据

型　　号	额定流量/(m^3/h)	额定扬程/m	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	额定电压/V	额定电流/A	效率(%)			功率因数	绝缘等级	出水口径/mm
							泵	电动机	机组			
QY-3.5	100	3.5	2.2	2860	380	5.7	—	72	40	0.82	E	125
QY-7A	65	7							43.5			100
QY-15	25	15							40.5			50
QY-25	15	25							37.5			40
QY-40A	8.4	40							30			25
QY100-3.5-2.2	100	3.5	2.2	2860	380	5.4	66	72	—	0.86	E	125
QY65-7-2.2	65	7					69					100
QY25-17-2.2	25	17					68.5					50
QY15-26-2.2	15	26					58.5					40
QY10-36-2.2	10	36					49					40
QY40-16-3	40	16	3	2860	380	7.2	—	—	51.5	0.86	E	65
QY25-26-3	25	26							47.9			50
QY15-36-3	15	36							40			40
QY12.5-40-3	12.5	40							34			40
Q100-3.5-2.2	100	3.5	2.2	2860	380	5.1	66	76	—	0.86	E	125
Q65-7-2.2	65	7					69					100
Q25-17-2.2	25	17					68.5					50
Q15-26-2.2	15	26					58.5					40
Q15-34-3	15	34	3	2860	380	6.7	—	—	42.9	0.87	E、B	40
Q25-24-3	25	24							50.5			50
Q40-16-3	40	16							54.3			65
Q65-10-3	65	10							54.7			100
Q100-6-3	100	6							53.2			125
QS10-32-2.2	10	32	2.2	2860	380	5.4	—	—	36.2	0.83	—	40
QS15-26-2.2	15	26							43.3			40
QS25-17-2.2	25	17							50.3			50
QS40-12-2.2	40	12							51.8			65
QS65-7-2.2	65	7							50.7			100
QS100-4.5-2.2	100	4.5							51.0			125
QS120-5-3	120	5	3	2860	380	7.3	63	72	—	0.86	—	150
QS60-10-3	60	10					70					100
QS50-15-3	50	15					69					80
QS25-25-3	25	25					64					65

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定流量/（m^3/h）	额定扬程/m	额定功率/kW	额定转速/（r/min）	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）			功率因数	绝缘等级	出水口径/mm
							泵	电动机	机组			
QS40-20-4	40	20	4	2860	380	9.5	68	76	—	0.85	—	80
QS30-30-4	30	30					60					65
QS25-32-4	25	32					60					65
QS15-50-4	15	50					60					50

表 4-72　QX、QDX 系列潜水电泵技术数据技术数据

型　　号	额定流量/（m^3/h）	额定扬程/m	额定功率/kW	额定转速/（r/min）	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）			功率因数	绝缘等级	出水口径/mm
							泵	电动机	机组			
QDX3-8-0.18	3	8	0.18	2860	220	2.3	46.5	49	—	0.72	B	25
QDX6-5-0.18	6	5					61					32
QDX10-3.5-0.18	10	3.5					66					40
QDX3-10-0.25	3	10	0.25	2850	220	2.9	43.5	53	—	0.74	B	25
QDX6-7-0.25	6	7					60					32
QDX10-4.5-0.25	10	4.5					66					40
QDX15-3-0.25	15	3					66					40
QDX3-14-0.37	3	14	0.37	2850	220	3.8	39.5	58	—	0.77	B	25
QDX6-10-0.37	6	10					57					32
QDX10-7-0.37	10	7					66					40
QDX15-5-0.37	15	5					69					40
QD7.8-6.5J	7.8	6.5	0.4	2850	220	3.9	—	—	19.5	0.74	B	10
QD6-9J	6	9							19.5			15
QD3-15J	3	15							17.5			15
QX6-15J	6	15	0.75	2850	380	2.1	—	—	28.5	0.85	B	25
QX10-10J	10	10										40
QX22-15JZ	22	15	2.2	2870	380	6.5	—	—	37	0.82	E	50
QX120-10JY	120	10	5.5	1440	380	11.5	—	—	50	0.85	B	150
QX10	11	10	0.75	2800	380	2.1	—	—	41	0.84	E	40
QX20	11	20	1.5	2900	380	3.9	—	—	44	0.86	E	40
QX30	12	30	2.2	2900	380	5.5	—	—	45	0.86	E	40
QX3-24-0.75	3	24	0.75	2860	380	2.1	—	—	21.7	0.84	E、B	25
QX6-18-0.75	6	18							33.0			32
QX10-13-0.75	10	13							41.3			40
QX15-10-0.75	15	10							45.5			40
QX25-6-0.75	25	6							47.6			50

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定流量/（m^3/h）	额定扬程/m	额定功率/kW	额定转速/（r/min）	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）			功率因数	绝缘等级	出水口径/mm
							泵	电动机	机组			
QX7.5-25-1.1	7.5	25	1.1	2880	380	2.9	—	—	39	0.85	E	40
QX10-20-1.1	10	20							45			40
QX15-15-1.1	15	15							48			40
QX25-10-1.1	25	10							52			50
QX6-32-1.5	6	32	1.5	2860	380	3.6	—	—	30.9	0.86	E、B	32
QX10-24-1.5	10	24							39.6			40
QX15-18-1.5	15	18							46.8			40
QX25-12-1.5	25	12							52.2			50
QX40-8-1.5	40	8							53.6			65
QX10-32-2.2	10	32	2.2	2860	380	5.1	—	—	38.5	0.86	E	40
QX15-26-2.2	15	26							45.2			50
QX25-17-2.2	25	17							52.9			50
QX40-12-2.2	40	12							55.5			65
QX65-7-2.2	65	7							54.4			80
QX6-40-2.2	6	40							29.6			32

QY 型电泵为泵械合一的浇水排灌设备，具有体积小，重量轻、移动方便、经久耐用，使用电压 380V、50Hz，同步转速 3000r/min。在电源严重失电压、过载及断相状态下电泵的保护装置能对电泵进行有效的保护。该电泵主要用于农业排灌、水塔送水、井下提水、防汛防台风和雨后排涝等场合。

QX 型为手提式小型电泵，下泵外装式结构。电泵内装有自动复位的热保护器，耐磨的双端面机械密封，保证了电泵的使用安全和延长了电泵的使用寿命，使用电压 380V、50Hz，同步转速 3000r/min。电泵适用于水塔送水、井下提水、雨后排涝、农村排灌、工矿企业及家庭花园、小片农田给排水。

QD 型电泵为单相异步电动机和下泵组成的手提式小型电泵。电泵内装有自动复位的热保护器，耐磨的双端机械密封，保护了电泵的使用安全和延长了电泵的使用寿命。使用电压 220V、50Hz，同步转速 3000r/min。QD 型工程用泵采用不易阻塞的半开式叶轮，还可用于工程污水排放。

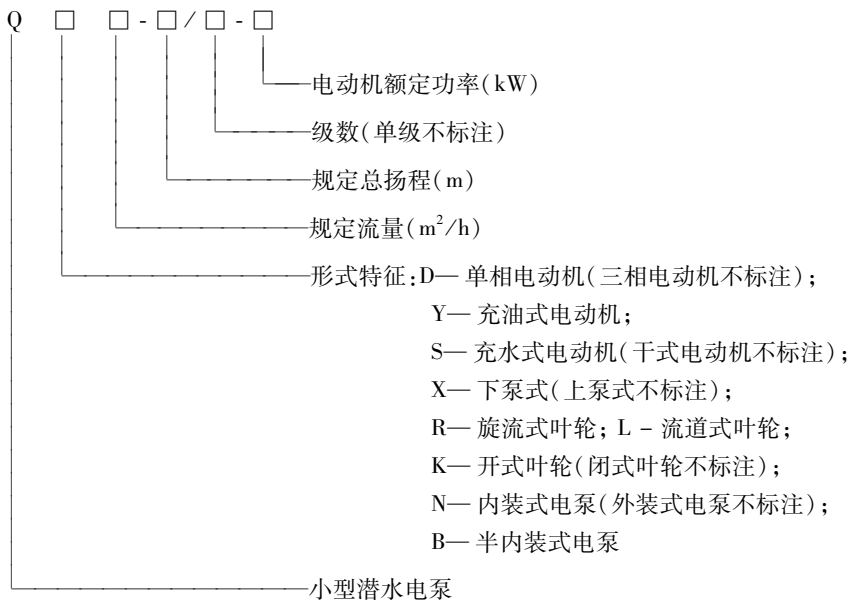
QDX 型为清水用电泵采用离心式叶轮、涡壳式泵体，其效率高、性能好，为节能型产品，适用于水塔送水、井下提水、雨后排涝、农村排灌、工矿企业及家庭花园、小片农田给排水。

QS 型潜水电泵是充水式三相异步电动机和水泵同轴构成一体的电力排灌设备。广泛用于农田排灌、喷灌、浅井提水、工业及民用建筑的供水和排水系统以及丘陵、山区引水、低洼地区的排涝及防汛、防台风等。

型号含义：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



4.8.5 QJ 系列井用潜水电泵技术数据（见表 4-73）

表 4-73 QJ 系列井用潜水电泵技术数据

型　　号	扬程参考使用范围/m	电机功率/kW	额定电流/A	出水管直径①/in	配套电缆规格	控制开关型号
200QJ20-40/3	35 ~ 45	4	10.1	2	3 ×2.5	DZ15-40
200QJ20-54/4	45 ~ 58	5.5	13.6		3 ×2.5	DZ15-40
200QJ20-67/5	58 ~ 72	7.5	18		3 ×4	DZ15-40
200QJ20-81/6	72 ~ 86	7.5	18		3 ×4	DZ15-40
200QJ20-93/7	86 ~ 98	9.2	21.7		3 ×6	DZ15-40
200QJ20-108/8	98 ~ 115	11	25.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ20-121/9	115 ~ 128	13	29.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ32-26/2	23 ~ 30	4	10.1	2.5	3 ×2.5	DZ15-40
200QJ32-39/3	35 ~ 45	5.5	13.6		3 ×4	DZ15-40
200QJ32-52/4	45 ~ 55	7.5	18		3 ×4	DZ15-40
200QJ32-65/5	55 ~ 73	11	25.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ32-78/6	70 ~ 84	11	25.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ32-91/7	80 ~ 105	13	29.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ32-104/8	95 ~ 110	15	33.9		3 ×6	DZ15-40
200QJ40-26/2	23 ~ 30	5.5	13.6		3 ×4	DZ15-40
200QJ40-39/3	35 ~ 45	7.5	18		3 ×4	DZ15-40
200QJ40-52/4	45 ~ 55	9.2	21.7		3 ×6	DZ15-40
200QJ40-65/5	55 ~ 73	11	25.8		3 ×6	DZ15-40
200QJ40-78/6	70 ~ 84	15	33.9		3 ×6	DZ15-40
200QJ40-104/8	95 ~ 110	18.5	41.6		3 ×10	QJQ_3-18.5
200QJ50-26/2	23 ~ 29	5.5	13.6	3	3 ×4	DZ15-40
200QJ50-39/3	35 ~ 43	9.2	21.7		3 ×4	DZ15-40

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

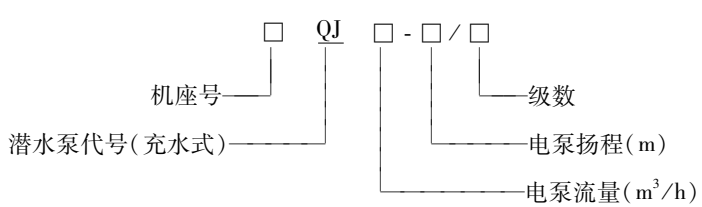
（续）

型　　号	扬程参考使用范围/m	电机功率/kW	额定电流/A	出水管直径①/in	配套电缆规格	控制开关型号
200QJ50-52/4	43～58	11	25.8	3	3×6	DZ15-40
200QJ50-65/5	58～75	15	33.9		3×6	DZ15-40
200QJ50-78/6	70～90	18.5	41.6		3×6	QJO_3-18.5
200QJ50-91/7	80～110	22	48.2		3×10	QJO_3-22
200QJ63-12/1	8～15	4	10.1		3×2.5	DZ15-40
200QJ63-24/2	19～30	7.5	18		3×4	DZ15-40
200QJ63-36/3	28～44	11	21.7		3×6	DZ15-40
200QJ63-48/4	38～58	15	33.9		3×6	DZ15-40
200QJ63-60/5	47～75	18.5	41.6		3×6	QJO_3-18.5
200QJ63-72/6	56～88	22	48.2		3×10	QJO_3-22
200QJ63-84/7	68～105	25	54.5		3×10	QJO_3-25
200QJ63-96/8	76～118	30	65.4		3×16	QJO_3-30
200QJ63-108/9	86～130	30	65.4		3×16	QJO_3-30
200QJ80-11/1	8～13	4	10.1	4	3×2.5	DZ15-40
200QJ80-22/2	16～25	7.5	18		3×4	DZ15-40
200QJ80-33/3	28～42	11	25.8		3×6	DZ15-40
200QJ80-44/4	40～50	15	33.9		3×6	DZ15-40
200QJ80-55/5	50～60	18.5	41.6		3×10	QJO_3-18.5
200QJ80-66/6	60～70	22	48.2		3×10	QJO_3-22
200QJ80-77/7	70～80	30	65.4		3×16	QJO_3-30
250QJ80-20/1	17～22	7.5	18		3×4	DZ15-40
250QJ80-40/2	35～44	15	33.9		3×6	DZ15-40
250QJ80-60/3	52～66	22	47.9		3×10	QJ_3-22
250QJ80-80/4	70～90	30	64.2		3×16	QJ_3-30
250QJ80-100/5	87～110	37	77.8		3×16	QJ_3-37

① 1in=25.4mm。

QJ系列潜水电泵属于机电一体化产品，用来替代深井水泵。它具有振动小、噪声低等优点。该电泵由电缆输入能源，驱动泵旋转提水，不需泵房，使用安全。

型号含义：



4.8.6　YLB系列深井水泵用三相异步电动机技术数据（见表4-74）

表4-74　　YLB系列深井水泵用三相异步电动机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定电压/V	额定频率/Hz	同步转速/(r/min)	轴向负载/N	绝缘等级	防护等级
YLB132-1-2	5.5	10.8	380	50	3000	7840	B	IP44
YLB132-2-2	7.5	14.5						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

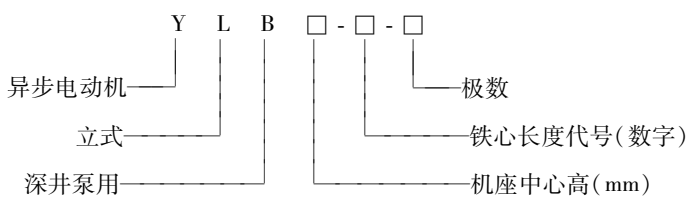
（续）

型　号		额定功率/kW	额定电流/A	额定电压/V	额定频率/Hz	同步转速/(r/min)	轴向负载/N	绝缘等级	防护等级
YLB160	-1-2	11	22	380	50	3000	9800	B	IP23
	-2-2	15	30						
	-1-4	11	22.5			1500	12740		
	-2-4	15	30						
YLB180	-1-2	18.5	36	380	50	3000	12740	B	IP23
	-2-2	22	42.3						
	-1-4	18.5	36.6			1500	15680		
	-2-4	22	42.9						
YLB200	-1-2	30	58.2	380	50	3000	16660	B	IP23
	-2-2	37	69.8						
	-1-4	30	58.4			1500	21560		
	-2-4	37	71.2						
	-3-4	45	85.6						
YLB250	-1-4	55	103.7	380	50	1500	28420	B	IP23
	-2-4	75	140.1						
	-3-4	90	167.3						
YLB280	-1-4	110	202.2	380	50	1500	39200	B	IP23
	-2-4	132	241.0						

YLB 系列深井水泵用三相异步电动机，是 Y 系列电动机的结构派生产品，专供驱动长轴式深井水泵用的立式专用电动机，广泛用于工矿企业、城市、农村等汲取地下水之用。

该电动机具有效率高、起动转矩大、噪声低、振动小、温升低、承受轴向力大、结构可靠、维护方便等优点。

型号含义：



4.8.7 潜水电泵和深井泵用电动机的使用与维护

1. 潜水电泵

（1）安装前的注意事项

1）潜水电动机用电缆应可靠地固定在泵管上，避免与井壁相碰。不允许将电缆当绳索使用。

2）电动机应有可靠的接地措施。如果限于条件，没有固定的地线时，可在电源附近或潜水电泵使用地点附近的潮湿土地中埋入 2m 的金属棒作为地线。

3）井用潜水泵使用前，应先对井径、水深度、水质情况进行测量检查，符合要求后才允许装机运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）使用前应检查各零部件的装配是否良好，紧固件是否松动。充水式电动机内腔必须充满清水，充油式电动机必须充满绝缘油，并检查绝缘电阻。当测得的冷态绝缘电阻值低于1MΩ时，应检查定子绕组绝缘电阻降低的原因，排除故障，使绝缘电阻恢复到正常值后才能使用，否则可能造成潜水电动机定子绕组的损坏。

5）对于充油式潜水电泵和干式潜水电泵应检查电动机内部或密封油室内是否充满了油，如果未按规定加满，应补充注满至规定油面；对于充水式潜水电泵，电动机内腔应充满清水或按制造厂规定配制的水溶液。

6）检查过载保护开关是否与潜水电动机的规格相符，以使潜水电泵在使用中发生故障时，能得到可靠的保护而不至于损坏潜水电动机的定子绕组。

7）使用前应先试验电动机转向，如不符合转向箭头的转向，应更正。

（2）使用

1）电泵潜入水中后，应再一次测量绝缘电阻，以检查电缆与接头的绝缘情况。

2）运转过程中应注意电流、电压值，且注意有无振动和异常声音。如发现中途水量减少或中断，应查明原因后再继续使用。

3）电泵不允许打泥浆水，更不能埋入河泥中工作，否则使电泵散热不良、工作困难，会缩短电泵使用寿命，甚至烧坏电动机绕组。如果水中含砂量增加，密封块也容易磨损。在河流坑塘提水时，最好把电泵放在篮筐中再将泵吊起在水中架空使用，以免杂物扎进叶轮。

4）合理选用起动保护装置，必须设有过载保护和短路保护。

5）电泵停止后不得立即再起动，否则负载过重，起动电流过大，使电动机过热。

6）潜水电泵一般不应脱水运转，如需在地面上进行试运转时，其脱水运行时间一般不应超过2min。充水式潜水电泵如电动机内部未充满清水或不能充满清水（过滤循环式）时，严禁脱水运转。

（3）定期检查与维护

潜水电泵在水下运行，使用条件比较恶劣，平时又难以直接观察潜水电泵在水下运行的情况，因此应经常对潜水电泵进行定期的检查与维护。

1）应经常利用停机间隙测量潜水电动机的绝缘电阻。停机后立即测得的定子绕组对地的热态绝缘电阻值，对于充水式潜水电泵应不低于0.5MΩ；对于充油式、干式和屏蔽式潜水电泵应不低于1MΩ；如果测量冷态绝缘电阻，一般应不低于5MΩ。潜水电动机定子绕组的绝缘电阻若低于上述值，一般应进行仔细的检查，然后进行修理。

2）对潜水电动机运行电流应进行经常的监视，若三相电流严重不平衡或运行电流逐渐变大，甚至超过额定电流时，应尽快停机进行检查和修理。

3）对潜水电泵的运行情况应进行经常的监视，如发现流量突然减少或有异常振动或噪声时，应及时停机，进行检查和修理。

4）潜水电泵使用满一年（对频繁使用的潜水电泵，可适当缩短时间），应进行定期的检查和修理，更换油封、O形圈等易损件、磨损件，并更换润滑油、清水等。

2. 深井泵用电动机

（1）使用注意事项

1）因为深井泵的传动轴很长，安装难度较大，在安装时应仔细检查各部件完好情况。电动机安装在露天时，必须加遮盖保护措施。

2）深井水泵用立式电动机一般采用满压起动，如果电网（变压器）容量小，直接起动有困难时，允许采用降压起动。电动机起动时，应注意电动机转向。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）深井水泵传动轴的橡胶导轴承是用泵管中所充满的水进行润滑的。运转前，泵管中尚未充水，应对橡胶轴承进行预润滑。通过出水节上的预置孔，注入润滑水，预润滑3 ~5min，方可起动。

4）深井水泵运行时，深井中的动水位不应降低到水泵进水管附近，以免造成因动水位下降过大，使出水量急剧减少，引起水泵的振动，导致电动机和水泵的损坏。

（2）深井泵用电动机的维护与保养

为了保证深井水泵装置的正常工作，减小故障率，延长使用寿命，除了配备合适的控制保护设备和进行规范化的操作外，还应进行定期的检查和维护工作。当运行中深井水泵装置出现故障时，应及时排除，查明原因，进行修复。

1）深井水泵装置的使用环境应经常保持干燥。立式电动机表面应保持清洁，进风口不应受尘土、纤维等杂物的阻碍，保证风道畅通无阻。

2）电动机周围不应放置热源，也尽量不要在户外直射阳光下使用，以免运行中过热造成损坏。

3）深井水泵装置运行时，应经常注意有关仪表的读数，并定时记录水泵运行中的有关参数（如电动机的电压、电流、绝缘电阻；水泵的流量、扬程等）和运行时间。

4）运行中如发现有任何不正常的响声，应立即停车进行检查。如发现电动机的防逆转装置失去作用时，必须进行检修，清除污物，使其能良好地工作。

5）电动机控制装置的过电流保护或短路保护连续发生动作时，应检查故障是来自电动机过载还是保护装置整定值太低。如果是保护装置的整定值太低，应调整保护装置的整定值至合理的数值；如果是因电动机过载造成，应及时检查电动机过载的原因，消除过载故障才可重新投入运行。

6）每次运行中因故停车时，应注意检查电动机油标的油位，如发现油位面低于油标的一半时，应及时补充新油，以保证电动机角接触球轴承的可靠润滑。

7）立式专用电动机停止使用，并要存放一定时间之前，应进行如下工作：

① 彻底清除立式专用电动机内外的积尘，并检查各零部件是否完整、良好；

② 立式专用电动机所有的通风窗口都应加以遮盖，以防止灰尘进入电动机内部；

③ 立式专用电动机零部件易生锈的部分应涂以防锈油或其他防锈剂。

8）立式专用电动机保存在仓库不用时，应按原包装贮存，仓库内需保持干燥，通风良好；仓库内温度应保持在0℃以上。

9）对贮存的电动机应定期检查是否受潮，有无生锈情况，以便确定是否需要改善贮存条件。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第5章　直流电机

5.1　概述

1. 用途

直流电机是根据电磁感应定律和电磁力定律实现机械能与直流电能转换的机器。它包括直流发电机和直流电动机。

直流电动机的特点是具有良好的起动性能和调速性能，它的起动转矩大，能在宽广范围内平滑经济地调速。因此直流电动机广泛地使用在对起动性能和调速性能要求较高的机械上，如发电厂中锅炉给粉系统，矿井卷扬机械、大型机床和电力机车以及城市无轨电车，都采用直流电动机拖动。与交流电动机相比，直流电动机结构复杂，生产成本高。

直流发电机可作为各种直流电源。例如直流电动机的电源，同步电机的励磁机以及化学工业中的电解、电镀用低压大电流直流电源等。随着晶闸管技术的发展，特别是大功率晶闸管整流元件的出现，有逐步取代直流发电机的趋势，不过在某些性能（如波形平滑性）方面仍不及直流发电机，故至今有些工业部门仍在继续使用。

2. 结构

直流电机主要由两大部分组成：①静止部分，称为定子，主要用来产生磁通；②旋转部分，称为转子（通称电枢），是机械能转换为电能（发电机），或电能转换为机械能（电动机）的枢纽。在定子与转子之间留有一定的间隙，称为气隙。直流电机的结构如图 5-1 所示。

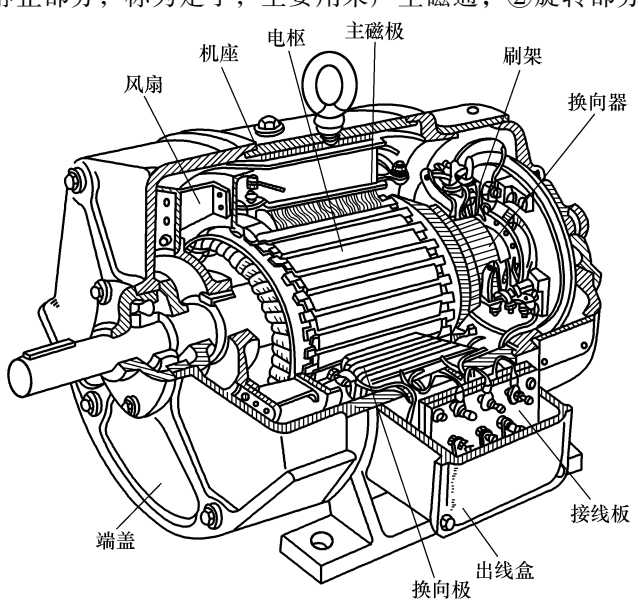


图 5-1　直流电机结构图

静止部分主要由主磁极、换向极、机座、端盖、轴承和电刷装置等部件组成。直流电机的旋转部分又称电枢，它由电枢铁心、电枢绕组、换向器等组成。

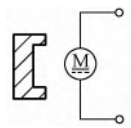
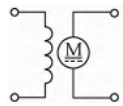
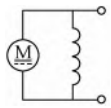
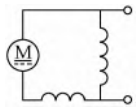
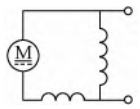
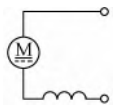
3. 分类

直流电机可按转速、电压、用途、容量、定额以及防护等级、结构安装型式和通风冷却方式等进行分类。但按励磁方式分类则更有意义。因为不同励磁方式的直流电机的特性有明显的区别，为便于人们了解其特点。通常按励磁方式分类有，永磁、他励、并励、串励、复励、和稳定并励等六种。不同励磁方式的直流电动机的特性和用途见表 5-1。直流电机产品名称、新老产品代号见表 5-2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-1 不同励磁方式的直流电动机的特性和用途

励磁方式	永磁	他励	并励	稳定并励①	复励	串励
励磁特征图						
起动转矩	起动转矩约为额定转矩的2倍，也可制成为额定转矩的4～5倍	由于起动电流一般限制在额定电流的2.5倍以内，起动转矩为额定转矩的2～2.5倍，特殊设计的电动机可达3倍			起动转矩较大，约为额定转矩的4倍，特殊设计的电动机可达4.5倍，由复励程度决定	起动转矩很大，可达额定转矩的5倍左右
短时过载转矩	一般为额定转矩的1.5倍，也可制成为额定转矩的3.5～4倍	一般为额定转矩的1.5倍，带补偿绕组时可达额定转矩的2.5～2.8倍			短时过载转矩比他励、并励电动机为大，可达额定转矩的3.5倍左右	可达额定转矩的4～4.5倍
转速变化率	3%～15%	5%～20%			由复励程度决定，可达25%～30%	转速变化率很大，空载转速极高
调速范围	转速与电枢电压是线性关系，有较好的调速特性，调速范围较大	削弱磁场恒功率调速，转速比可达1∶2～1∶4，特殊设计可达1∶8，他励时，可调节电枢电压，恒转矩向下调速范围较宽广			削弱磁场调速，可达额定转速的2倍	用外接电阻与串励绕组串联或并联；或将串励绕组串联或并联连接而实现调速。调整范围较广。
用途	自动控制系统中作为执行元件及一般传动动力用，如力矩电动机	用于起动转矩稍大的恒速负载和要求调速的传动系统，如离心泵、风机、金属切削机床、纺织印染、造纸和印刷机械等			用于要求起动转矩较大，转速变化不大的负载，如拖动空气压缩机、冶金辅助传动机械等	用于要求很大的起动转矩、转速允许有较大变化的负载，如蓄电池供电车、起货机、起锚机、电车、电力传动机车等

① 稳定并励直流电动机的主极励磁绕组由并励绕组和稳定绕组组成，稳定绕组实质上是少量匝数的串励绕组，在并励或他励电动机中采用稳定绕组的目的，在于使转速不致于随负载增加而上升，而是略为降低，亦即使电动机运行稳定。

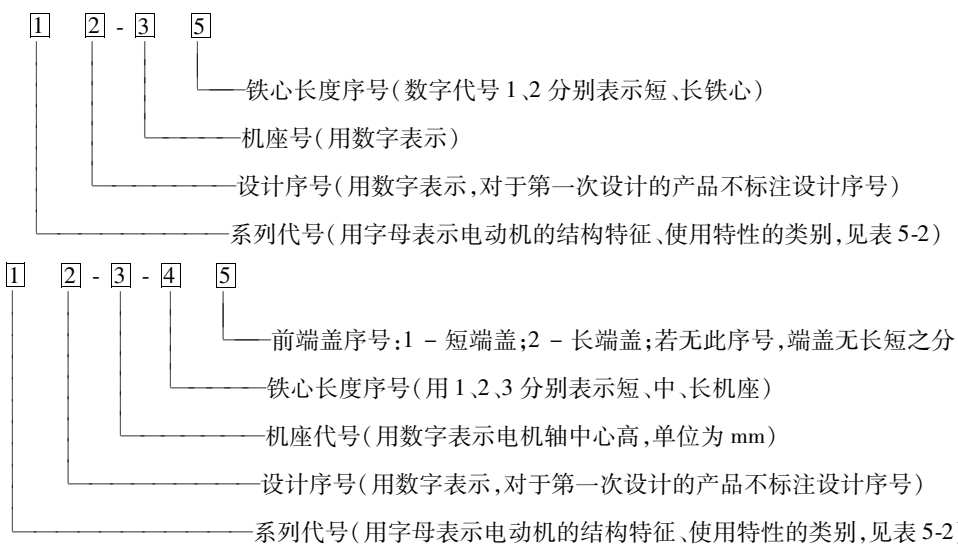
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-2 直流电机产品名称、新老产品代号

产品名称	新品代号	新代号意义	老品代号	产品名称	新品代号	新代号意义	老品代号
直流电动机	Z	直	Z、ZD、ZJD	隔爆型直流电动机	ZB	直爆	
高速(快速)直流电动机	ZK	直快	ZKD、ZDG	无槽直流电动机	ZW	直无	ZWC
宽调速直流电动机	ZT	直调	ZT	无换向器直流电动机	ZWH	直无换	
直流牵引电动机	ZQ	直牵	ZQ	力矩直流电动机	ZLJ	直力矩	
船用直流电动机	ZH	直船	Z_2C、ZH	直流测功机	CZ	直测	ZC
精密机床用直流电动机	ZJ	直精	ZJD	直流发电机	ZF	直发	Z、ZF
龙门刨床用直流电动机	ZU	直刨	ZBD	单极直流发电机	ZFD	直发单	
空气压缩机用直流电动机	ZKY	直空压	ZKY	脉冲直流发电机	ZFM	直发脉	ZMF
轧机主传动直流电动机	ZZ	直轧		充电用直流发电机	ZFCD	直发充电	ZHC
轧机辅传动直流电动机	ZZF	直轧辅		电解用直流发电机	ZFJ	直发解	ZJ
挖掘机用直流电动机	ZWJ	直挖掘	ZDJ、ZZC	电铲用直流发电机	ZFC	直发铲	ZZF
冶金起重直流电动机	ZZJ	直重金	ZZ、ZZK	直流励磁机	ZFL	直发励	ZL、ZZL
增安型直流电动机	ZA	直安	Z	试验用直流电机	ZFS	直发试	

4. 型号含义



直流电动机的型号示例:

Z2-21 表示直流电动机,第二次系列设计,2 号机座、1 号铁心长。

Z4-180-31 表示直流电动机,第四次系列设计,轴中心高为 180mm,长机座,短端盖。

5. 额定值

直流电机的额定值主要有下列几项:

1)额定功率 P_N:指电机在长期运行时所允许的输出功率(W 或 kW)。对发电机而言,额定功率为出线端输出的电功率;对电动机而言,额定功率为转轴上输出的机械功率。

2)额定电压 U_N:指在运转情况下发电机电枢绕组两端的输出电压或电动机电枢回路两端的输入电压(V)。

3)额定电流 I_N:发电机的额定电流是指发电机在长期连续运行时,允许供给负载的电流;

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电动机的额定电流是指电动机在长期连续运行时，允许从电源输入的电流（A）。

而对于短时工作制的电机来说，则由于连续运行的时间不同而有几个允许电流值。

4）额定转速 n_N：指在额定电压、额定输出功率运转时，电机转子的旋转速度（r/min）。

5）额定励磁电压 U_{fN}：指加在励磁绕组两端的额定电压（V）。

6）额定励磁电流 I_{fN}：指在保证额定励磁电压值时，励磁绕组中的电流（A）。

7）额定工作方式：指电机在正常使用时的持续时间，它分为连续、断续与短时三种。

8）额定温升：指电机在额定工况下所允许的温升（K 或℃）。

还有一些额定值，如额定效率 η_N、额定转矩 T_N 等，不一定标在铭牌上。

发电机的额定功率 $P_N = U_N I_N$；电动机的额定功率 $P_N = U_N I_N \eta_N$。

6. 励磁方式

励磁绕组的供电方式称为励磁方式。按照励磁方式，直流电机分为以下几种。

1）他励式：他励式直流电机的励磁绕组由其他电源供电，励磁绕组与电枢绕组不相连接，其接线如图 5-2a 所示。永磁式直流电机亦归属这一类，因为永磁式直流电机的主磁场由永久磁铁建立，与电枢电流无关。

2）并励式：励磁绕组与电枢绕组并联的就是并励式。并励直流电机的接线如图 5-2b 所示。这种接法的直流电机的励磁电流与电枢两端的电压有关。

3）串励式：励磁绕组与电枢绕组串联的就是串励式。串励直流电机的接线如图 5-2c 所示，因此 $I_a = I = I_f$。

4）复励式：复励式直流电机既有并励绕组又有串励绕组，两种励磁绕组套在同一主极铁心上。这时，并励和串励两种绕组的磁动势可以相加，也可以相减，前者称为积复励，后者称为差复励。复励直流电机的接线图如图 5-2d 所示。图中并励绕组接到电枢的方法可按实线接法或虚线接法，前者称为短复励，后者称为长复励。事实上，长、短复励直流发电机在运行性能上没有多大差别，只是串励绕组的电流大小稍微有些不同而已。

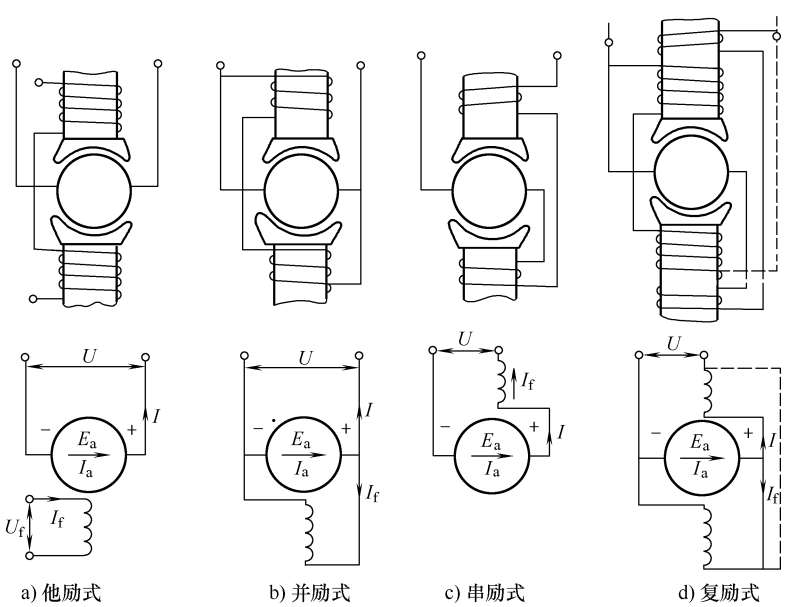


图 5-2　直流电机励磁方式分类

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一般直流发电机的主要励磁方式是他励、并励和复励。由于并励和复励时的励磁电流是发电机自己供给的，所示又总称为自励发电机。而直流电动机的励磁电流都是由外电源供给的，无所谓他励和自励之分。

5.2 直流电动机技术数据

5.2.1 Z2 系列直流电动机技术数据（见表 5-3 ~ 表 5-7）

表 5-3 Z2 系列直流电动机技术数据（110V、220V）3000r/min

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m²①	重量/kg
Z2-11	0.8	110	9.83	3000	74	0.012	30
	0.8	220	4.85	3000	75		
Z2-12	1.1	110	12.9	3000	77.5	0.015	35
	1.1	220	6.41	3000	78		
Z2-21	1.5	110	17.5	3000	78	0.045	50
	1.5	220	8.64	3000	79		
Z2-22	2.2	110	24.7	3000	81	0.055	55
	2.2	220	12.35	3000	81		
Z2-31	3	110	33.2	3000	82	0.085	67
	3	220	16.52	3000	82.5		
Z2-32	4	110	43.8	3000	83	0.105	79
	4	220	21.65	3000	84		
Z2-41	5.5	110	60.6	3000	82.5	0.15	85
	5.5	220	30.3	3000	82.5		
Z2-42	7.5	110	81.6	3000	83.5	0.18	100
	7.5	220	40.8	3000	83.5		
Z2-51	10	220	53.8	3000	84.5	0.35	144
Z2-52	13	220	68.7	3000	86	0.4	156
Z2-61	17	220	88.9	3000	87	0.56	180
Z2-62	22	220	114.2	3000	87.5	0.65	200

① 1kgf·m² = 10N·m²，后同。

表 5-4 Z2 系列直流电动机技术数据（110V、220V）1500r/min

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m²	重量/kg
Z2-11	0.4	110	5.35	3000	68	0.012	30
	0.4	220	2.68	3000	68		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m^2	重量/kg
Z2-12	0.6	110	7.68	3000	71	0.015	35
	0.6	220	3.82	3000	71.5		
Z2-21	0.8	110	9.84	3000	74	0.045	50
	0.8	220	4.92	3000	74		
Z2-22	1.1	110	13	3000	77	0.055	55
	1.1	220	6.5	3000	77		
Z2-31	1.5	110	17.6	3000	77.5	0.085	67
	1.5	220	8.7	3000	78.5		
Z2-32	2.2	110	25	3000	80	0.105	79
	2.2	220	12.35	3000	81		
Z2-41	3	110	34	3000	80	0.15	85
	3	220	17	3000	80		
Z2-42	4	110	44.6	3000	81.5	0.18	100
	4	220	22.3	3000	81.5		
Z2-51	5.5	110	60.5	2400	82.5	0.35	144
	5.5	220	30.3	2400	82.5		
Z2-52	7.5	110	82.2	2400	83	0.4	156
	7.5	220	40.8	2400	83.5		
Z2-61	10	110	107.6	2400	84.5	0.56	1800
	10	220	53.8	2400	84.5		
Z2-62	13	110	139	2400	85	0.65	200
	13	220	69.5	2400	85		

表 5-5　Z2 系列直流电动机技术数据（110V、220V）**1000r/min**

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m^2	重量/kg
Z2-21	0.4	110	5.51	2000	66	0.045	50
	0.4	220	2.755	2000	66		
Z2-22	0.6	110	7.68	2000	71	0.055	55
	0.6	220	3.79	2000	72		
Z2-31	0.8	110	10	2000	72.5	0.085	67
	0.8	220	4.95	2000	73.5		
Z2-32	1.1	110	13.33	2000	75	0.105	79
	1.1	220	6.58	2000	76		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m^2	重量/kg
Z2-41	1.5	110	17.8	2000	76.5	0.15	85
	1.5	220	8.9	2000	76.5		
Z2-42	2.2	110	25.32	2000	79	0.18	100
	2.2	220	12.66	2000	79		
Z2-51	3	110	34.3	2000	79.5	0.35	144
	3	220	17.2	2000	79.5		
Z2-52	4	110	45.2	2000	80.5	0.4	156
	4	220	22.3	2000	81.5		
Z2-61	5.5	110	60.6	2000	82.5	0.56	180
	5.5	220	30.3	2000	82.5		
Z2-62	7.5	110	32.6	2000	82.5	0.65	200
	7.5	220	41.3	2000	82.5		

表 5-6　Z2 系列直流电动机技术数据（110V、220V）**750r/min**

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	弱磁调速时最大转速/(r/min)	效率(%)	飞轮力矩 GD^2/kgf·m^2	重量/kg
Z2-31	0.6	110	7.91	1500	60	0.085	67
	0.6	220	3.9	1500	70		
Z2-32	0.8	110	10	1500	72.5	0.105	79
	0.8	220	4.95	1500	73.5		
Z2-41	1.1	110	13.8	1500	72.5	0.15	85
	1.1	220	6.9	1500	72.5		
Z2-42	1.5	110	18.2	1500	74.5	0.18	100
	1.5	220	9.16	1500	74.5		
Z2-51	2.2	110	26.2	1500	76.5	0.35	144
	2.2	220	13	1500	77		
Z2-52	3	110	35	1500	78	0.4	156
	3	220	17.4	1500	78.5		
Z2-61	4	110	46.4	1500	78.5	0.56	180
	4	220	23	1500	79		
Z2-62	5.5	110	62.2	1500	80.5	0.65	200
	5.5	220	31.1	1500	80.5		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-7 Z2 系列直流电动机技术数据（110V、220V）600r/min

型 号	额定功率 /kW	额定电压 /V	额定电流 /A	弱磁调速时最大转速 /(r/min)	效率 (%)	飞轮力矩 GD^2 /kgf·m^2	重量 /kg
Z2-91	17	110	193	1200	80	5.9	650
	17	220	95.5	1200	81		
Z2-92	22	110	242.5	1200	82.5	7.0	685
	22	220	119.7	1200	83.5		
Z2-101	30	110	324.4	1200	84	10.3	945
	30	220	161.5	1200	84.5		
Z2-102	40	110	431	1200	84.5	12	1080
	40	220	214	1200	85		
Z2-111	55	220	289	1200	86.5	20.4	1265

5.2.2 Z3 系列直流电动机技术数据（见表 5-8 和表 5-9）

表 5-8 Z3 系列并励直流电动机技术数据

型 号	额定功率 /kW	额定电压 /V	额定转速 /(r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	最高转速 /(r/min)	电枢回路电感 /μH	转动惯量 /kg·m^2
Z3-11	0.55	220	3000	3.52	71	3600 (3200)	55.91	0.0081
Z3-12	0.75			4.55	75		44.81	0.01
Z3-21	1.1			6.50	76.5		34.00	0.022
Z3-22	1.5			8.74	78		25.96	0.026
Z3-31	2.2			12.5	80		26.04	0.049
Z3-32	3			17.1	79.5		19.88	0.057
Z3-33	4			22.5	81		14.19	0.073
Z3-41	5.5			30.5	82		2.62	0.1
Z3-42	7.5			41.3	82.5		2.21	0.13
Z3-11	0.25	220	1500	1.85	61.5	3000 (2000)	194.98	0.0081
Z3-12	0.37			2.51	67	3000 (2000)	149.42	0.01
Z3-21	0.55			3.52	71	3000 (2000)	111.71	0.022
Z3-22	0.75			4.64	73.5	3000 (2000)	83.33	0.026
Z3-31	1.1			6.68	76.5	3000 (2000)	95.67	0.049
Z3-32	1.5			8	78.5	3000 (2000)	75.17	0.057
Z3-33	2.2			12.6	81	3000 (2000)	52.48	0.073
Z3-41	3			17	80	3000 (1800)	9.48	0.1
Z3-42	4			22.3	81	3000 (1800)	6.77	0.13
Z3-51	5.5			30.3	82.5	3000 (2000)	5.54	0.21
Z3-52	7.5			40.8	83.5	3000 (2000)	4.42	0.26
Z3-61	10			53.8	84.5	3000 (2000)	4.08	0.41
Z3-62	13			69.5	85	3000 (2000)	3.16	0.50

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型 号	额定功率 /kW	额定电压 /V	额定转速 /(r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	最高转速 /(r/min)	电枢回路电感 /μH	转动惯量 /kg·m²
Z3-22	0.37	220	1000	2.54	66	3000（1500）	184.59	0.026
Z3-31	0.55			3.5	71.5	3000（1500）	196.95	0.049
Z3-32	0.75			4.64	73.5	3000（1500）	153.40	0.057
Z3-33	1.1			6.72	76	3000（1500）	114.95	0.073
Z3-41	1.5			8.9	76.5	3000（1200）	20.58	0.10
Z3-42	2.2			12.7	78.5	3000（1200）	16.82	0.13
Z3-51	3			17.1	79.5	3000（1200）	13.11	0.21
Z3-52	4			22.3	81.5	3000（1200）	11.32	0.26
Z3-61	5.5			30.3	82.5	3000（1800）	9.18	0.41
Z3-62	7.5			41.4	82.5	3000（1800）	7.10	0.50
Z3-32	0.5	220	750	3.57	70	2250（1000）	259.25	0.057
Z3-33	0.5			4.8	73.5	2250（1000）	193.46	0.073
Z3-41	1.1			7.14	71.5	2250（1000）	34.02	0.10
Z3-42	1.5			9.25	73.5	2250（1000）	27.08	0.13
Z3-51	2.2			13.1	77	2250（1000）	22.15	0.21
Z3-52	3			17.3	78.5	2250（1000）	17.69	0.26
Z3-61	4			23	79	2250（1000）	14.34	0.41
Z3-62	5.5			31.25	80	2250（1200）	10.61	0.50
Z3-52	2.2	220	600	13.1	73.5	1800（900）	25.45	0.26
Z3-61	3			17.8	76.5	1800（900）	23.00	0.41
Z3-62	4			23.6	77	1800（900）	17.18	0.50
Z3-71	5.5			31.9	78.5	1800（1200）	15.67	0.93
Z3-72	7.5			42.9	79.5	1800（1200）	12.77	1.1
Z3-73	10			56.8	80	1800（1200）	9.62	1.4

表 5-9 Z3 系列他励直流电动机技术数据

型 号	额定功率 /kW	额定电压 /V	额定转速 /(r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	最高转速 /(r/min)	电枢回路电感 /μH	转动惯量 /kg·m²
Z3-11	0.25	220	1500	1.58	61.5	1700	194.80	0.0081
Z3-12	0.37			2.25	67	1700	149.42	0.01
Z3-21	0.55			3.18	71	1700	111.71	0.022
Z3-22	0.75			4.25	73.5	1700	83.33	0.026
Z3-31	1.1			6.18	76.5	1700	95.67	0.049
Z3-32	1.5			8.38	78.5	1700	75.17	0.057
Z3-33	2.2			12	81	1700	52.48	0.073
Z3-41	3			16.1	80	1700	9.48	0.10
Z3-42	4			21.15	81	1700	6.77	0.13
Z3-51	5.5			28.6	82.5	1700	5.54	0.21
Z3-52	7.5			39.2	83.5	1700	4.42	0.26
Z3-61	10			52.1	84.5	1700	4.08	0.41
Z3-62	13			67.5	85	1700	3.16	0.50
Z3-71	17			87.6	86	1700	2.63	0.93

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额定功率 /kW	额定电压 /V	额定转速 /(r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	最高转速 /(r/min)	电枢回路电感 /μH	转动惯量 /kg·m²
Z3-72	22			113.2	86.5	1700	2.07	1.1
Z3-73	30			15.66	87	1700	1.54	1.4
Z3-81	40	220	1500	205.2	87.5	1700	1.41	2.5
Z3-82	30			156.2	87	1700	2.52	3.1
Z3-83	40			206.9	87.5	1700	1.89	3.8
Z3-51	5.5			14.4	82.5	1700	22.05	0.21
Z3-52	7.5			19.5	83.5	1700	17.69	0.26
Z3-61	10			25.7	84.5	1700	16.32	0.41
Z3-62	13	440	1500	33.3	85	1700	12.62	0.50
Z3-71	17			44.8	86	1700	11.51	0.93
Z3-72	22			57.9	86.5	1700	8.26	1.1
Z3-73	30			76	87	1700	7.36	1.4
Z3-81	40			102.2	87.5	1700	5.63	2.5
Z3-61	5.5			14.5	82.5	(1800)	36.72	0.41
Z3-62	7.5			19.7	82.5	(1800)	28.4	0.50
Z3-71	10			26.3	83	(1800)	25.9	0.93
Z3-72	13			35.4	83.5	(1800)	20.68	1.1
Z3-73	17			46	84	(1800)	15.03	1.4
Z3-81	22			58.1	84.5	(1800)	14.44	2.5
Z3-82	30	440	1000	77.7	86	(1800)	9.42	3.1
Z3-92	75			190	88.5	(1500)	3.59	8.7
Z3-101	100			251	89	(1500)	2.95	13.9
Z3-81	22			58.1	84.5	(1800)	14.44	2.1
Z3-82	30			77.7	86	(1800)	9.42	3.5
Z3-92	75			190	88.5	(1500)	3.59	8.7
Z3-101	100			251	89	(1500)	2.95	13.0
Z3-62	5.5			14.8	80	(1200)	42.42	0.50
Z3-71	7.5			21.1	81	(1200)	42.29	0.93
Z3-72	10			27.9	81.5	(1200)	34.19	1.1
Z3-73	13			36.1	82	(1200)	25.40	1.4
Z3-81	17			44.5	83	(1200)	25.67	2.5
Z3-82	22			58.2	84	(1200)	18.26	3.1
Z3-83	30	440	750	78.3	85	(1200)	11.40	3.8
Z3-91	40			103	86	(1200)	9.4	7.3
Z3-101	75			189	88	(1200)	5.61	13.9
Z3-81	17			44.5	83	(1200)	25.67	2.5
Z3-82	22			58.2	84	(1200)	18.26	3.1
Z3-83	30			78.3	85	(1200)	11.40	3.8
Z3-91	40			103	86	(1200)	9.4	7.3
Z3-101	75			189	88	(1200)	5.61	13.9

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.3 Z4系列直流电动机技术数据（见表5-10）

表5-10 Z4系列直流电动机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/最高转速/(r/min)	励磁功率/W	电枢回路电阻(20℃)/Ω	电枢电感/mH	磁场电感/H	外接电感/mH	效率(%)	转动惯量/kg·m²	重量/kg
Z4-100-1	2.2	160	17.9	1500/3000	215	1.19	11.2	22	10	67.8	0.044	60
	1.5	160	13.4	1000/2000	315	2.2	21.4	13	13	58.5		
	4	440	10.7	3000/4000	250	2.85	26	18		80.1		
	2.2	440	6.5	1500/3000	250	9.23	86	18		70.6		
	1.5	440	4.8	1000/2000	250	16.8	163	18		63.2		
Z4-112/2-1	5.5	440	14.7	3000/4000	280	2.02	17.9	18		81.1	0.072	78
	3	440	8.7	1500/3000	280	6.26	59	17		72.8		
	2.2	440	7.1	1000/2000	335	11.7	110	13		63.5		
	3	160	24	1500/3000	335	0.79	7.1	13	9	69.1		
	2.2	160	19.6	1000/2000	335	1.5	14.1	13	20	62.1		
Z4-112/2-2	7.5	440	19.6	3000/4000	305	1.29	14	19		83.5	0.088	86
	4	440	11.3	1500/3000	260	4.45	48.5	24		76		
	3	440	9.3	1000/2000	375	7.94	83	14		67.3		
	4	160	31.4	1500/3000	375	0.575	6.2	14	9	72.3		
	3	160	24.8	1000/2000	375	0.934	10.3	14	9	66.8		
Z4-112/4-1	5.5	160	42.7	1500/3000	375	0.392	3.85	6.8	6	73	0.128	84
	4	160	33.7	1000/2000	375	0.741	7.7	6.7	4	64.9		
	11	440	28.9	3000/4000	450	0.939	9	6.8		83.3		
	5.5	440	15.6	1500/2200	365	3.28	32	9.3		75.7		
	4	440	12.3	1000/1400	365	5.95	63	9.1		68.7		
Z4-112/4-2	5.5	160	43.6	1000/2000	590	0.445	5.1	5.8	3	69.5	0.156	94
	15	440	38.6	3000/4000	590	0.565	6.4	5.8		85.4		
	7.5	440	20.6	1500/2200	480	2.2	24.1	7.8		78.4		
	5.5	440	16.1	1000/1500	590	4	42.5	5.8		71.9		
Z4-132-1	18.5	440	47.4	3000/4000	625	0.409	5.3	6.5		85.9	0.32	123
	11	440	29.6	1500/2500	505	1.31	18.9	9		80.9		
	7.5	440	21.4	1000/1600	625	2.56	37.5	6.4		74.5		
Z4-132-2	22	440	55.3	3000/3600	535	0.223	3.65	10		88.3	0.4	142
	15	440	39.3	1500/2500	635	0.806	13.5	7.9		83.4		
	11	440	30.7	1000/1600	635	1.62	27.5	7.8		77.7		
Z4-132-3	30	440	75	3000/3600	780	0.168	2.75	7.2		88.6	0.48	162
	18.5	440	48	1500/3000	780	0.558	9.8	7.1		84.7		
	15	440	41	1000/1600	780	1.02	19.4	7		80.5		
Z4-160-11	37	440	93.4	3000/3500	620	0.183	3.15	10		88.5	0.64	202
	22	440	58.8	1500/3000	740	0.62	10.4	7.7		82.6		
Z4-160-21	45	440	113	3000/3500	670	0.143	2.7	10		89.1	0.76	224
Z4-160-22	18.5	440	51.1	1000/2000	810	0.915	17.7	7.9		79.4		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/最高转速/(r/min)	励磁功率/W	电枢回路电阻(20℃)/Ω	电枢电感/mH	磁场电感/H	外接电感/mH	效率(%)	转动惯量/kg·m²	重量/kg
Z4-160-31	55	440	137	3000/3500	725	0.0967	2.07	11		90.2	0.88	250
	30	440	77.8	1500/3000	725	0.376	8.3	10		85.7		
	22	440	59.2	1000/2000	870	0.675	15.2	8.2		81.7		
Z4-180-11	37	440	95	1500/3000	975	0.263	4.9	7.67		86.5	1.52	305
	18.5	440	51.2	750/1900	1150	0.912	16.2	6.36		78.1		
	15	440	43.8	600/2000	975	1.41	22.7	7.85		74.1		
Z4-180-21	22	440	185	3000/3400	1210	0.064	1.2	6.67		90.7	1.72	335
	21	440	115	1500/2800	1230	0.217	4.7	6.3		87		
	30	440	79	1000/2000	1060	0.423	9.2	7.96		83.7		
	21	440	60.3	750/1400	1060	0.766	16.3	7.76		79.7		
	21	440	52	600/1600	1210	0.973	19.9	6.96		76.8		
Z4-180-31	37	440	97.5	1000/2000	1350	0.346	6.8	6.34		83.6	1.92	370
	22	440	62.1	600/1250	1350	0.87	18.3	6.18		76.6		
Z4-180-41	42	440	221	3000/3200	1230	0.0504	0.82	8.10		91.3	2.2	395
	55	440	140	1500/3000	1230	0.159	3.2	8.03		87.1		
	41	30	440	80.6	750/2250	1540	0.0495	11.3	5.61		81.1	
Z4-200-11	12	110	440	270	3000/3000	1260	0.0373	0.78	7.91		91.6	3.68	470
	11	45	440	117	1000/2000	1260	0.267	7.9	7.07		85.5		
	11	37	440	97.8	750/2000	1260	0.354	9.9	8.12		83.5		
	11	22	440	61.6	500/1350	925	0.839	23.3	12		78.6		
Z4-200-21	75	440	188	1500/3000	1170	0.094	2.6	9.84		89.6	4.2	515
	30	440	82.1	600/1000	1190	0.563	15.3	9.3		80.4		
Z4-200-31	32	132	440	332	3000/3200	1360	0.0318	0.74	7.79		92.4	4.8	565
	31	90	440	224	1500/2800		0.0754	2.5	8.2		89.8		
	31	55	440	140	1000/2000		0.173	4.5	8.7		87.1		
	31	45	440	118	750/14000		0.295	8	8.53		84.1		
	31	37	440	99.5	600/1600		0.403	11.4	8.67		82		
	31	30	440	82.7	500/750		0.575	16.5	8.44		79.5		

5.2.4 ZBL4 系列直流电动机技术数据（见表 5-11）

ZBL*4* 系列直流电动机是 *Z4* 系列直流电动机的派生系列。型号中的“BL”表示封闭自冷却。

表 5-11 ZBL*4* 系列直流电动机技术数据

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速 最高转速/(r/min)	励磁功率/W	电枢回路电阻(20℃)/Ω	电枢电感/mH	磁场电感/H	飞轮力矩 GD^2/kgf·m²	重量/kg	外形尺寸/mm		
											长	宽	高
ZBL4-100-1	1.1	160	8.4	3000/3600	116	0.465	4.3	57	0.044	68	530	250	330
	0.75	160	5.7	1480/3000	116	1.73	15.9	57	0.044	68	530	250	330
	0.55	160	4.39	1010/2000	116	3.6	33	75	0.044	68	530	250	330

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速 最高转速/(r/min)	励磁功率/W	电枢回路电阻(20℃)/Ω	电枢电感/mH	磁场电感/H	飞轮力矩 GD^2/kgf·m^2	重量/kg	外形尺寸/mm 长	宽	高
ZBL4-100-2	1.5	160	11.2	2900/3600	116	0.322	3.43	31.5	0.044	68	570	250	330
	1.1	160	8.1	1510/3000	116	1.16	12.5	42.5	0.044	68	570	250	330
	0.75	160	5.8	980/2000	116	2.44	27	43	0.044	68	570	250	330
	0.55	160	4.4	730/1500	116	4.02	45	66	0.044	68	570	250	330
	1.5	440	4.0	2900/3600	116	2.59	27	86	0.044	68	570	330	330
ZBL4-100-3	2.2	160	15.8	2940/3600	116	0.228	3.05	181	0.044	68	630	250	330
	1.5	160	10.9	1480/3000	116	0.722	9.3	83	0.044	68	630	250	330
	0.75	160	5.8	740/1500	116	2.63	34.5	110	0.044	68	630	250	330
	2.2	440	5.7	2990/3600	116	1.8	20.9	141	0.044	68	630	250	330
	1.5	440	39.0	1510/3000	116	5.65	72	108	0.044	68	630	250	330
ZBL4-112/2-3	3	160	21.8	2970/2970	140	0.988	2.65	138	0.088	100	645	280	340
	1.1	160	8.3	1010/2000	140	1.30	15.0	71	0.088	100	645	280	340
	3.0	440	7.8	2980/3600	140	1.36	15.0	72	0.088	100	645	280	340
ZBL4-112/2-4	2.2	160	15.9	1500/3000	140	0.442	5.8	85	0.088	100	715	280	340
	1.5	160	11.0	1020/2000	140	0.860	11.3	85	0.088	100	715	280	340
ZBL4-112/2-4	1.1	160	8.3	730/1500	140	1.60	20.9	85	0.088	100	715	280	340
	2.2	440	5.7	1500/3000	140	3.26	42	85	0.088	100	715	280	340
	1.5	440	3.9	1010/2000	140	6.71	88	85	0.088	100	715	280	340
ZBL4-132-2	4.0	160	29.1	3030/3600	250	0.097	1.25	109	0.4	150	705	320	410
	3.0	160	21.7	1520/3000	250	0.22	5	107	0.4	150	705	320	410
	2.2	160	16.4	990/2000	250	0.375	11.2	106	0.4	150	705	320	410
	1.5	160	11.0	750/1500	250	0.575	9.2	29	0.4	150	705	320	410
	4.0	440	10.4	2940/3600	250	1.125	18.5	271	0.4	150	705	320	410
	3.0	440	7.7	1510/3000	250	2.08	36.5	106	0.4	150	705	320	410
	2.2	440	5.8	1020/2000	250	3.88	66	85	0.4	150	705	320	410
	1.5	440	3.97	755/1500	250	5.87	95	61	0.4	150	705	320	410
ZBL4-132-3	5.5	160	39.7	3000/3600	250	0.118	2.16	296	0.48	150	765	320	410
	4.0	160	28.1	1480/3000	250	0.143	2.75	55	0.48	150	765	320	410
	3.0	160	21.5	920/2000	250	0.372	6.6	74	0.48	150	765	320	410
	2.2	160	16.0	745/1500	250	0.591	10.9	74	0.48	150	765	320	410
	5.5	440	14.1	2950/3600	250	0.471	8.6	121	0.48	150	765	320	410
	4.0	440	10.2	1460/3000	250	1.536	28.5	86	0.48	150	765	320	410
	3	440	7.8	975/2000	250	2.96	54	71	0.48	150	765	320	410
	2.2	440	5.8	750/1500	250	4.55	84	71	0.48	150	765	320	410

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.5 ZY 系列永磁直流电动机技术数据（见表 5-12）

表 5-12 ZY 系列永磁直流电动机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	工作制	重量/kg	外形尺寸/mm	
							总长	外径
ZY-110-45	0.18	110	2.4	1500	51	6	150	110
	0.1	60	2.6	300	51	6	150	110
ZY-110-64	0.6	45	18	1500	S3	7	181	110
ZY-130-32	0.3	220	1.8	1500	51	8	175	130
	0.16	120	2	800	S1	8	175	130
ZY-130-50	0.5	24	27	1500	S2-30min	11	230	130
	0.3	48	7.8	900	S2-90min	11	230	130
ZY-130-160	0.8	48	19.6	800	S2-90min	25	330	130
ZY-200-65	2.2	180	14.4	3000	S1	28	240	200
ZY-220-75	5	180	33.5	3000	S2-30min	35	256	220
	2.2	100	14.2	1500	S1	35	256	220
ZY-240-78	6	180	39.5	1800	S2-30min	49	266	240
	3	180	19.6	1800	S1	49	266	240
ZY-150-65	0.37	110	4.2	1500	S1	12	250	150
	0.75	110	8.1	3000	S1	12	250	150
	0.37	160	2.8	1500	S1	12	250	150
	0.75	160	5.5	3000	S1	12	250	150
ZY-150-95	0.55	110	6.1	1500	S1	16	280	150
	1.1	110	11.6	3000	S1	16	280	150
	0.55	160	4.2	1500	S1	16	280	150
	1.1	160	8	3000	S1	16	280	150

5.2.6 ZYCD 系列永磁直流电动车电动机技术数据（见表 5-13）

表 5-13 ZYCD 系列永磁直流电动车电动机技术数据

型号	电源电压/V	额定电压/V	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	额定效率(%)	最大功率/kW	最高转速/(r/min)	最大转矩/N·m	工作制	使用范围	结构特点	外形尺寸/mm			重量/kg
												总长	外径	轴径	
ZYCD-6	120	100	6	3300	90	9	4000	45	S2-40min	电动小客：2.4 座	半无槽结构	270	190	25	31
ZYCD-20	120	100	20	3000	90	36	3600	160	S2-60min	电动小客：5 座		454	245	38	84
ZYCD-30	240	180	30	3000	94	50	4000	250	S2-90min	电动中客：16～20 座	无槽结构	504	300	38	123
ZYCD-40	288	210	40	3000	92	60	4000	330	S2-90min	中客车		572	284	42	140
ZYCD-60	384	350	60	2000	92	100	2500	1000	S2-60min	大客车	无槽结构、有辅助励磁绕组	670	400	55	300
ZYCD-75A	384	300	75	2000	93	125	2500	1050	S2-60min	大客车		850	500	66	500
ZYCD-75B	384	288	75	2550	94	116	3400	800	S2-90min	大客车		857	420	55	400
ZYCD-75T	384	288	75	2550	94	116	3400	1200	S2-90min	大客车		1007	420	55	500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.7 ZYK（W）系列永磁直流高速电动机技术数据（见表5-14）

表5-14 ZYK（W）系列永磁直流高速电动机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	工作制	外形尺寸/mm			备注
						总长	外径	轴径	
ZYKW55-1	0.12	110	1.28	9000	S1	96	55	6	
	0.15	180	0.98	15000					
				17000					
				20000					
			1	22000					
	0.18		1.18	20000	S2-15min				
	0.5	110	5.35	12000	S2-3min				
		180	3	15000					
ZYKW55-2	0.15	180	1.2	16000	S1	108	55	7	大法兰、加长轴
ZYKW70-1		160				117	70	10.5	有加长轴
ZYKW70-2	0.45	170	3.12	14000		160	70		可带测速装置
ZYKW70-3	0.4			16000		194	70	12	大法兰、加长轴
	0.15	160	1.2					10	
ZYKW72-1	0.4	170	2.7		S2-60sin	195	70	12	
ZYKW75-1	0.6	110	6.42	18000	S1	146	75	11	
ZYK110-1		160	4.42	15000		125	110	11	
ZYK110-2		170	4.2	7000		160	110		有槽、可带测速装置
ZYK110-3	0.4		2.77	3500		165	110		
ZYK110-4	1.2	170	8.31	10000	S1	168	110	11	有槽
ZYKW110-5	3	220	16	27000	S2-3min	200	110	16	
	6	180	37	20000					可带测速装置
ZYK110-6	0.75	170	5.2	10000		234	110	12	大法兰、加长轴
ZYK110-7	0.6		4.2	5000		250	110		有槽
ZYKW125-1	1	110	11.5	4000	S1	212	125	19	
ZYK130-1	1.5	180	9.7	4000		248	125	19	有槽
ZYKW130-1			9.5	20000		200	130	16	
				10000				14	

注：型号中“W”表示转子结构为无槽；“B”表示转子结构为半无槽；转子有槽省略不注。

5.3 直流发电机技术数据

5.3.1 Z2系列直流发电机技术数据（见表5-15～表5-17）

表5-15 Z2系列直流发电机技术数据（115V、230V）2850r/min

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	重量/kg	励磁方式	原动机型号
Z2-21	1.1	115	9.57	76	50	复励	Y90S-2
	1.1	230	4.78	76.5			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）	重量/kg	励磁方式	原动机型号
Z2-22	1.7	115	14.8	80	55	复励	Y90L-2
	1.7	230	7.39	80.5			
Z2-31	2.4	115	20.85	81	67		Y100L-2
	2.4	230	10.42	82			
Z2-32	3.2	115	27.8	82.5	79		Y112M-2
	3.2	230	13.9	83.5			
Z2-41	4.2	115	36.5	79.5	85		Y132S1-2
	4.2	230	18.25	81.5			
Z2-42	6	115	52.2	82.5	100		Y132S2-2
	6	230	26.1	83			
Z2-51	8.5	115	74	83.5	144		Y160M1-2
	8.5	230	37	84.5			
Z2-52	11	230	47.8	85.5	156		

表 5-16　Z2 系列直流发电机技术数据（115V、230V）**1450r/min**

型　　号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率（%）	重量/kg	励磁方式	原动机型号
Z2-22	0.8	115	6.95	74	55	复励或他励 110V、220V	Y90S-4
	0.8	230	3.48	75			
Z2-31	1.1	115	9.56	75.5	67		Y90L-4
	1.1	230	4.78	76.5			
Z2-32	1.7	115	14.8	78	79		Y100L1-4
	1.7	230	7.4	79			
Z2-41	2.4	115	20.9	76.5	85		Y100L2-4
	2.4	230	10.45	77.5			
Z2-42	3.2	115	27.8	80.5	100		Y112M-4
	3.2	230	13.9	80.5			
Z2-51	4.2	115	36.5	81	144		Y132S-4
	4.2	230	18.25	81			
Z2-52	6	115	52.2	83	156		Y132M-4
	6	230	26.1	83			
Z2-61	8.5	115	74	84.5	180		Y160M-4
	8.5	230	37	84.5			
Z2-62	11	115	95.6	85	200		Y160L-4
	11	230	47.8	85.5			

注：额定电压为115V的发电机，励磁电压为110V。

额定电压为230V的发电机，励磁电压为110V或220V。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-17 Z2 系列直流发电机技术数据（115V、230V）960r/min

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	效率(%)	重量/kg	励磁方式	原动机型号
Z2-81	14	115	121.8	81.5	405	复励或他励 110V、220V	Y200L1-6
	14	230	60.9	82.5			
Z2-82	19	115	165	82.5	430		Y200L2-6
	19	230	82.5	83.5			
Z2-91	26	115	226	84.5	650		Y225M-6
	26	230	113	85.5			
Z2-92	35	115	304	86	685		Y280S-6
	35	230	152	87			
Z2-101	48	115	418	86.5	945		Y280M-6
	48	230	209	87.5			
Z2-102	67	115	582	87	1085		Y315S-6
	67	230	291	88			
Z2-111	90	230	391	88.5	1265		—
Z1-112	115	230	500	89	1510		

注：励磁电压与表 5-16 同。

5.3.2 Z2 系列直流调压发电机技术数据（见表 5-18、表 5-19）

表 5-18 Z2 系列直流调压发电机技术数据（110V/160V）2850、1450r/min

型号	额定值					调压范围/V				励磁方式	原动机型号	重量/kg
						110		160				
	功率/kW	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率/kW	电流/A	功率/kW	电流/A			
2850r/min												
Z2-21	1.1	135	8.15	2850	76	0.896	8.15	1.1	6.87	并励	Y90S-2	50
Z2-22	1.5		11.1		79	1.23	11.1	1.5	9.38		Y90L-2	55
Z2-31	2.2		16.3		79.5	1.80	16.3	2.2	13.75		Y100L-2	67
Z2-32	3		22.2		81.5	2.44	22.2	3	18.8		Y112M-2	79
Z2-41	4		29.6		78	3.26	29.6	4	25.0		Y135S1-2	82
Z2-42	5.5		40.7		81	4.40	40.7	5.5	34.4		Y135S2-2	96
Z2-51	7.5		55.6		82	6.12	55.6	7.5	46.9		Y160M1-2	144
Z2-52	10		74.1		83	8.15	74.1	10.0	62.5		Y160M2-2	156
1450r/min												
Z2-21	0.6	135	4.45	1450	67	0.49	4.45	0.6	3.75	并励	Y90S-4	50
Z2-22	0.8		5.93		73	0.65	5.93	0.8	5.0		Y90S-4	55
Z2-31	1.1		8.15		77	0.90	8.15	1.1	6.88		Y90L-4	67
Z2-32	1.5		11.1		77	1.22	11.1	1.5	9.37		Y100L1-4	79

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额　定　值					调压范围/V				励磁方式	原动机型号	重量/kg
	功率/kW	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	110		160				
						功率/kW	电流/A	功率/kW	电流/A			
1450r/min												
Z2-41	2.2	135	16.3	1450	75	1.80	16.3	2.2	13.74	并励	100L2-4	82
Z2-42	3.0		22.2		80	2.44	22.2	3.0	18.7		Y112M-4	96
Z2-51	4.0		29.6		80	3.26	29.6	4.0	25.0		Y132S-4	144
Z2-52	5.5		40.7		81	4.48	40.7	5.5	34.4		Y160M-4	156
Z2-61	7.5		55.6		83	6.12	55.6	7.5	46.9		Y160-4	180
Z2-62	10.0		74.1		81	8.15	74.1	10.0	62.5		Y180M-4	200

表 5-19　Z2 系列直流调压发电机技术数据（220V/230V）**2850、1450r/min**

型　号	额　定　值					调压范围/V				励磁方式	原动机型号	重量/kg
	功率/kW	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	220		320				
						功率/kW	电流/A	功率/kW	电流/A			
2850r/min												
Z2-21	1.1	270	4.07	2850	76	0.9	4.07	1.1	3.44	并励	Y90S-2	50
Z2-22	1.5		5.50		79	1.23	5.56	1.5	4.96		Y90L-2	55
Z2-31	2.2		8.15		79.5	1.8	8.15	2.2	6.88		Y100L-2	67
Z2-32	3		11.1		81.5	2.44	11.1	3.0	9.40		Y112M-2	79
Z2-41	4		14.8		78	3.26	14.8	4.0	12.5		Y135S1-2	82
Z2-42	5.5		20.35		81	4.49	20.35	5.5	17.2		Y135S2-2	96
Z2-51	7.5		27.8		82	6.12	27.8	7.5	23.4		Y160M1-2	144
Z2-52	10.0		37.0		83	10.0	31.25				Y160M2-2	156
Z2-61	13.0		48.1		84	10.6	48.1	13.0	40.60		Y160M2-2	180
Z2-62	17.0		63.1		86	13.1	63.0	17.0	53.1		Y180M-2	200
1450r/min												
Z2-21	0.6	270	2.23	1450	67	0.49	2.23	0.6	1.88	并励	Y90S-4	50
Z2-22	0.8		2.97		73	0.95	2.97	0.8	2.5		Y90S-4	55
Z2-31	1.1		4.075		77	0.9	4.07	1.1	3.44		Y90L-4	67
Z2-32	1.5		5.55		77	1.22	5.55	1.5	4.69		Y100L1-4	79
Z2-41	2.2		8.15		75	1.8	8.15	2.2	6.87		Y100L2-4	82
Z2-42	3.0		11.1		80	2.46	11.1	3.0	9.38		Y112M-4	96
Z2-51	4.0		14.8		80	3.26	14.8	4.0	12.5		Y132S-4	144
Z2-52	5.5		20.4		81	4.49	20.4	5.5	17.2		Y132M-4	156
Z2-61	7.5		27.8		83	6.12	27.8	7.5	23.5		Y160M-4	180

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定值					调压范围/V				励磁方式	原动机型号	重量/kg
	功率/kW	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	220		320				
						功率/kW	电流/A	功率/kW	电流/A			
1450r/min												
Z2-62	10.0	270	37.0	1450	81	8.15	37.0	10.0	31.3	并励	Y160-4	200
Z2-71	13.0		48.2		83	10.6	48.2	13.0	40.7		Y180M-4	265
Z2-72	17.0		62.9		84	13.85	62.9	17.0	53.1		Y180L-4	300

5.3.3 ZHC2 系列充电用直流发电机技术数据（见表5-20）

表5-20 ZHC2系列充电用直流发电机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定转速/(r/min)	额定电流/A	励磁变阻器型号	原动机型号	机组外形尺寸/mm		
							长	宽	高
ZHC2-1/30	1	24/36	1450	33.4/27.8	CB-302	Y90L-4	950	450	450
ZHC2-1.5/30	1.5	24/36		50/41.7	CB-301	$100L_1$-4	1015	450	450
ZHC2-2.1/30	2.1	24/36		70/58.3	CB-501	$100L_2$-4	1095	460	500
ZHC2-4/30	4	24/36		134/111	CB-502	132S-4	1250	500	560
ZHC2-7.5/30	7.5	24/36		250/208	CB-501	160M-4	1370	575	650
ZHC2-15/30	15	24/36		500/417	CB-801	180L-4	1700	665	720
ZHC2-7.5/60	7.5	48/72		125/104	CB-506	160M-4	1310	575	650
ZHC2-12/60	12	48/72		200/166.5	CB-807	180M-4	1550	665	720
ZHC2-4/75	4	60/90		53.3/44.5	CB-507	132S-4	1250	500	560
ZHC2-7.5/75	7.5	60/90		100/83.3	CB-507	160M-4	1310	575	650
ZHC2-15/75	15	60/90		200/166.6	CB-808	180L-4	1700	665	720
ZHC2-22.5/75	22.5	60/90		300/250	CB-806	200L-4	1780	740	820

注：额定电流的数值：分子为额定电压下限时的最大电流，分母为额定电压为上限时的最小电流。

5.4 直流电机的选择、使用与维护

1. 直流电动机的选择

直流电动机以其良好的起动性能和调速性能著称。但是它与交流电动机相比，结构较复杂、成本较高、维护不便、可靠性稍差；尤其是换向问题，使得它的发展和应用受到限制。近年来，由于电力电子技术的迅速发展，与电力电子装置结合而具有直流电动机性能的电机不断涌现。但是，交流调速技术替代直流调速还需要经历一个较长的过程。因此，在比较复杂的拖动系统中，仍有很多场合要使用直流电动机。目前，直流电动机仍然广泛应用于冶金、矿山、交通、运输、纺织印染、造纸印刷、制糖、化工和机床等工业中需要调速的设备上。

各种常用直流电动机的用途见表5-1，供选用时参考。

2. 直流电动机电刷的选用

正确地选用电刷，对改善换向有很重要的意义。一般来说，碳-石墨电刷接触电阻最大，石墨电刷和电化石墨电刷次之，青铜-石墨电刷和紫铜-石墨电刷接触电阻最小。为减小附加换向电流，宜选用接触电阻大的电刷，但这时电刷接触压降将增大，随之，很可能发热也增大；另一方面，接触电阻较大的电刷其允许的电流密度一般较小，因而增加了电刷的接触面积和换向器的尺

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

寸。因此，选用电刷时应考虑接触电阻、允许电流密度和最大速度（单位为 m/s），权衡得失，参考经验，慎重处之。通常，对于换向并不困难的中、小型直流电机，多采用石墨电刷或电化石墨电刷；对于换向比较困难的直流电机，常采用接触电阻较大的碳-石墨电刷；对于低压大电流直流电机，则常采用接触电压降较小的青铜-石墨电刷或紫铜-石墨电刷。对于换向问题严重的大型直流电机，电刷的选择应以电机制造厂的长期试验和运行经验为依据。

在更换电刷时，还应注意选用同一牌号的电刷或特性尽量相近的电刷，以免造成各电刷间电流分配不均匀而产生火花。

3. 改变直流电动机转向的方法

直流电动机旋转方向由其电枢导体受力方向来决定，当电枢电流的方向或磁场的方向（即励磁电流的方向）两者之一反向时，电枢导体受力方向即改变，电动机旋转方向随之改变。但是，如果电枢电流和磁场两者方向同时改变时，则电动机的旋转方向不变。

在实际工作中，常用改变电枢电流的方向来使电动机反转。这是因为励磁绕组的匝数多，电感较大，换接励磁绕组端头时火花较大，而且磁场过零时，电动机可能发生“飞车”事故。

4. 直流电动机使用前的准备及检查

1）清扫电机内部及换向器表面的灰尘、电刷粉末及污物等。

2）检查电机的绝缘电阻，对于额定电压为 500V 以下的电机，若绝缘电阻低于 0.5MΩ 时，需进行烘干后方能使用。

3）检查换向器表面是否光洁，如发现有机械损伤、火花灼痕或换向片间云母凸出等，应对换向器进行保养。

4）检查电刷边缘是否碎裂、刷辫是否完整，有无断裂或断股情况，电刷是否磨损到最短长度。

5）检查电刷在刷握内有无卡涩或摆动情况、弹簧压力是否合适，各电刷的压力是否均匀。

6）检查各部件的螺钉是否紧固。

7）检查各操作机构是否灵活，位置是否正确。

5. 直流电动机运行中的维护

1）注意电机声音是否正常，定子、转子之间是否有摩擦。检查轴承或轴瓦有无异声。

2）经常测量电机的电流和电压，注意不要过载。

3）检查各部分的温度是否正常，并注意检查主电路的连接点、换向器、电刷刷辫、刷握及绝缘体有无过热变色和绝缘枯焦等不正常气味。

4）检查换向器表面的氧化膜颜色是否正常，电刷与换向器间有无火花，换向器表面有无碳粉和油垢积聚，刷架和刷握上是否有积灰。

5）检查各部分的振动情况，及时发现异常现象，消除设备隐患。

6）检查电机通风散热情况是否正常，通风道有无堵塞不畅情况。

6. 使用串励直流电动机的注意事项

因为串励直流电动机空载或轻载时，$I_f = I_a \approx 0$，磁通 Φ 很小，由电路平衡关系可知，电枢只有以极高的转速旋转，才能产生足够大的感应电动势 E_a 与电源电压 U 相平衡。若负载转矩为零，串励直流电动机的空载转速从理论上讲，将达到无穷大。实际上因电机中有剩磁，串励直流电动机的空载转速达不到无穷大，但转速也会比额定情况下高出很多倍，以致达到危险的高转速，即所谓“飞车”，这是一种严重的事故，会造成电动机转子或其他机械的损坏。所以，串励直流电动机不允许在空载或轻载情况下运行，也不允许采用传动带等容易发生断裂或滑脱的传动机构传动，而应采用齿轮或联轴器传动。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第6章 控 制 电 机

6.1 概述

1. 用途

随着自动控制系统和计算装置的不断发展，在普通旋转电机的基础上产生出多种具有特殊性能的小功率电机，它们在自动控制系统和计算装置中分别作为执行元件、检测元件和解算元件，这类电机统称为控制电机。显然，从基本的电磁感应原理来说，控制电机和普通旋转电机并没有本质上的差别，但普通旋转电机着重于对起动和运行状态的力能指标的要求，而控制电机则着重于特性的高精度和快速响应。

各种控制电机从它们的外表看差不多都是一个圆柱体，中间有一根转轴，体积一般都比较小，因此控制电机是一种微电机。

控制电机是现代工业自动控制系统、现代科学技术和现代军事装备中必不可少的重要元件。它的使用范围也非常广泛。例如，火炮和雷达的自动定位、舰船方向舵的自动操纵、飞机的自动驾驶、遥远目标位置的显示、机床加工过程的自动控制和自动显示、阀门的遥控、天文望远镜和大型绘图机的自动控制，以及电子计算机、自动记录仪表、医疗设备、录音、录像、摄影等方面的自动控制系统。

从它们完成的任务来看，各种控制电机又各不相同，有的用来带动自动控制系统中的机构运动，有的用来量测机械转角或转速，有的可以进行三角函数运算，有的可以进行积分或微分运算等。

2. 分类及特点

各种控制电机的用途和功能尽管不同，但基本上可划分为信号元件和功率元件两大类。凡是用来转换信号的都为信号元件，又称为量测元件；凡是把信号转换成输出功率或把电能转换为机械能的都为功率元件，又称为执行元件。若以电源分类，控制电机有直流和交流两类。

（1）作信号元件用的控制电机

1）旋转变压器：一般做成两个极，其输出电压是转子转角的正、余弦函数。主要用于坐标变换、三角运算和角度数据传输，以及用作移相元件（感应移相器）。

2）感应同步器：它是利用多极旋转变压器原理的精密检测元件，用作直线位移和角位移的检测。

3）交流和直流测速发电机：其输出电压正比于转速，用以检测转速，或用作微分、积分的计算元件。

4）自整角机：一般是两个以上元件对接使用，用作角度数据传输。输出电压信号的属于信号元件；输出转矩的属于功率元件。输出量是两元件转子角差的正弦函数。

（2）作功率元件用的控制电机

1）交流和直流伺服电动机：在系统中作为执行元件，受输入电信号控制，并作快速响应的电动机。其起动转矩正比于控制电压，机械特性近于线性均降。

2）力矩电动机：它能在长期堵转状态下工作，低转速运转时能产生足够大的转矩，用作直

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接驱动负载的执行元件。

3）功率放大机：它可以利用较小的功率输入来控制较大的功率输出，在系统中用作功率放大元件。

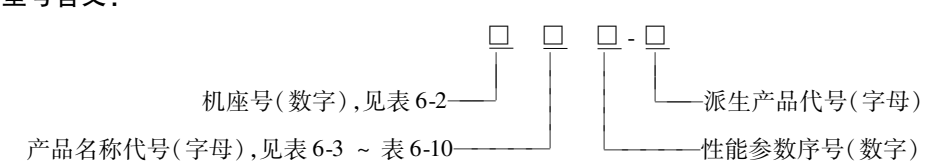
4）步进电动机：又称脉冲电动机，其输入信号是脉冲电压，输出角位移是断续的。它的角位移和转速与所接受的电脉冲数成正比。在开环系统中用作执行元件。

控制电机的分类、功能及用途见表 6-1。

表 6-1 控制电机的分类、功能及用途

类别	产品名称	代号	产品分类	功 能	用 途
信号测量元件	自整角机	Z（自）	1）力矩式自整角机 2）控制式自整角机 3）差动式自整角机 4）多极自整角机	发送机与接收机成对运行，能使两者在非机械连接下完成角度的远距离传送、接收和变换	广泛应用在同步传动系统中作远距离指示用；以及在随动系统中做检测元件以实现自动指示角度、位置、距离和指令的目的
	旋转变压器	X（旋）	1）正、余弦旋转变压器 2）线性旋转变压器 3）比例式旋转变压器 4）多极旋转变压器	输出电压与转子的转角成正弦、余弦函数或在一定范围内的正比例关系	用作坐标变换、三角解算和角度数据的传输与移相。多极的旋变在多通道系统中做解算和检测元件
	测速发电机	C（测）	1）直流测速发电机 2）交流感应子式测速发电机 3）交流同步测速发动机	输出电压与转速成严格的线性函数关系	用在控制系统检测转速、速度反馈作提高系统精度和稳定性的校正元件；或用作进行微分和积分的解算元件
功率放大元件	伺服电动机	S（伺）	1）直流伺服电动机 2）交流伺服电动机	把输入电信号转换成转轴上角位移或角速度输出。可控性好	广泛用于自控、随动及计算装置中做执行元件；或普通驱动元件
	力矩电动机	L（力）	1）直流力矩电动机 2）交流力矩电动机（异步、同步）	输出转矩较大；能低速甚至堵转状态运行。反应速度快，机械特性和调节特性的线性度好	广泛应用在快速响应、位置精度和速度精度要求较高的伺服系统中做直接驱动负载的执行元件
	步进电动机	B（步）	1）反应式步进电动机 2）永磁式步进电动机 3）混合式步进电动机	把输入电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移。能按控制要求在很大范围内调节电机转速，且能快速起动、制动和反转	广泛应用于数字控制系统，且主要是在系统中做执行元件，并使系统大为简化

3. 型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-2 控制电机的机座号

机座号	12	16	20	24	28	36	45	55	70	90	110	130
机座外径/mm	12.5	16	20	24	28	36	45	55	70	90	110	130

表 6-3 伺服电动机产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
电磁式直流伺服电动机	SZ	伺、直	无刷直流伺服电动机	SW	伺、无
永磁式直流伺服电动机	SY	伺、永	笼型转子两相伺服电动机	SL	伺、笼
空心杯电枢永磁式直流伺服电动机	SYK	伺、永、空	空心杯转子两相伺服电动机	SK	伺、空
无槽电枢直流伺服电动机	SWC	伺、无、槽	绕线转子两相伺服电动机	SX	伺、线
印制绕组直流伺服电动机	SN	伺、印	直线伺服电动机	SZX	伺、直、线

表 6-4 力矩电动机产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
电磁式直流力矩电动机	LD	力、电	笼型转子交流力矩电动机	LL	力、笼
永磁式直流力矩电动机	LY	力、永	空心杯转子交流力矩电动机	LK	力、空
无刷直流力矩电动机	LW	力、无	有限转角力矩电动机	LXG	力、限、角

表 6-5 测速发电机产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
电磁式直流测速发电机	CD	测、电	空心杯转子异步测速发电机	CK	测、空
永磁式直流测速发电机	CY	测、永	空心杯转子低速异步测速发电机	CKD	测、空、低
永磁式低速直流测速发电机	CYD	测、永、低	感应子式测速发电机	CG	测、感
笼型转子异步测速发电机	CL	测、笼	直线测速发电机	CX	测、线

表 6-6 自整角机产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
控制式自整角发送机	ZKF	自、控、发	力矩式无接触自整角发送机	ZFW	自、发、无
控制式差动自整角发送机	ZKC	自、控、差	力矩式无接触自整角接收机	ZJW	自、接、无
控制式自整角变压器	ZKB	自、控、变	多极自整角发送机	ZFD	自、发、多
控制式无接触自整角发送机	ZKW	自、控、无	多极差动自整角发送机	ZCD	自、差、多
控制式无接触自整角变压器	ZBW	自、变、无	多极自整角变压器	ZBD	自、变、多
力矩式自整角发送机	ZLF	自、力、发	双通道自整角发送机	ZFS	自、发、双
力矩式差动自整角发送机	ZCF	自、差、发	双通道差动自整角发送机	ZCS	自、差、双
力矩式自整角接收机	ZLJ	自、力、接	双通道自整角变压器	ZBS	自、变、双
力矩式差动自整角接收机	ZCJ	自、差、接	控制力矩自整角机	ZKL	自、控、力

表 6-7 旋转变压器产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
正余弦旋转变压器	XZ	旋、正	无接触线性旋转变压器	XXW	旋、线、无
线性旋转变压器	XX	旋、线	无接触比例式旋转变压器	XLW	旋、例、无
单绕组线性旋转变压器	XDX	旋、单、线	多极旋变发送机	XFD	旋、发、多
比例式旋转变压器	XL	旋、例	多极差动旋变发送机	XCD	旋、差、多
旋变发送机	XF	旋、发	多极旋变变压器	XBD	旋、变、多
旋变差动发送机	XC	旋、差	双通道旋变发送机	XFS	旋、发、双
旋变变压器	XB	旋、变	双通道差动旋变发送机	XCS	旋、差、双
无接触正余弦旋转变压器	XZW	旋、正、无	双通道旋变变压器	XBS	旋、变、双

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-8 感应移相器产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
感应移相器	YG	移、感	无接触式感应移相器	YW	移、无
多极感应移相器	YD	移、多	双通道感应移相器	YS	移、双

表 6-9 步进电动机产品名称代号

产品名称	代号	含 义	产品名称	代号	含 义
电磁式步进电动机	BD	步、电	印制绕组步进电动机	BN	步、制
永磁式步进电动机	BY	步、永	直线步进电动机	BX	步、线
感应子式永磁步进电动机	BYG	步、永、感	滚切步进电动机	BG	步、滚
反应式步进电动机	BF	步、反			

表 6-10 机组产品名称代号

产品名称	代 号	含 义
交流伺服测速机组	S-C	伺、测

型号示例：

1）36SZ01 表示 36 号机座电磁式直流伺服电动机，第 1 个性能参数序号产品。

2）36XZ14-C 表示 36 号机座正余弦旋转变压器，第 14 个性能参数序号产品，轴伸型派生为齿轮轴伸。

6.2 直流伺服电动机

1. 伺服电动机的用途与特点

伺服电动机又称为执行电动机。在自动控制系统中作为执行元件，把输入的电压信号变换成转轴的角位移或角速度输出。输入的电压信号又称为控制信号或控制电压，改变控制电压可以变更伺服电动机的转速及转向。

伺服电动机按其使用的电源性质不同，可分为直流伺服电动机和交流伺服电动机两大类。因自动控制系统对电动机快速响应的要求越来越高，使各种低惯量的伺服电动机相继出现。

伺服电动机的种类虽多，用途也很广泛，但自动控制系统对它们的基本要求可归结为以下几点：

1）宽广的调速范围：即要求伺服电动机的转速随着控制电压的改变能在宽广的范围内连续调节。

2）机械特性和调节特性均为线性：伺服电动机的机械特性是指控制电压一定时，转速随转矩的变化关系；调节特性是指电动机转矩一定时，转速随控制电压的变化关系。线性的机械特性和调节特性有利于提高自动控制系统的动态精度。

3）无“自转”现象：即要求伺服电动机在控制电压降为零时能立即自行停转。

4）快速响应：即电动机的机电时间常数要小，相应地伺服电动机要有较大的堵转转矩和较小的转动惯量。这样，电动机的转速才能随着控制电压的改变而迅速变化。

此外，还有一些其他的要求，如希望伺服电动机的重量轻、体积小、控制功率小等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 直流伺服电动机的类型

直流伺服电动机有传统式结构和低惯量型两大类。

传统式直流伺服电动机的结构型式和普通直流电动机基本相同，也是由定子、转子两大部分组成。体积和容量都很小，无换向极、转子细长，便于控制。

传统式直流伺服电动机按励磁方式可分为永磁式和电磁式两种。永磁式直流伺服电动机是在定子上装置永久磁铁做成的磁极；电磁式直流伺服电动机的定子通常由硅钢片冲制叠压而成，磁极和磁轭整体相连。电枢绕组和励磁绕组分别由两个独立电源供电，属于他励式。

常用的低惯量直流伺服电动机有以下几种：

1）盘形电枢直流伺服电动机；

2）空心杯形电枢永磁式直流伺服电动机；

3）无槽电枢直流伺服电动机。

3. 盘形电枢直流伺服电动机

盘形电枢直流伺服电动机如图 6-1 所示。它的定子由永久磁铁和前后磁轭组成，磁铁可在圆盘的一侧放置，也可以在两侧同时放置，电动机的气隙就位于圆盘的两边，圆盘上有电枢绕组，可分为印制绕组和绕线式绕组两种形式。

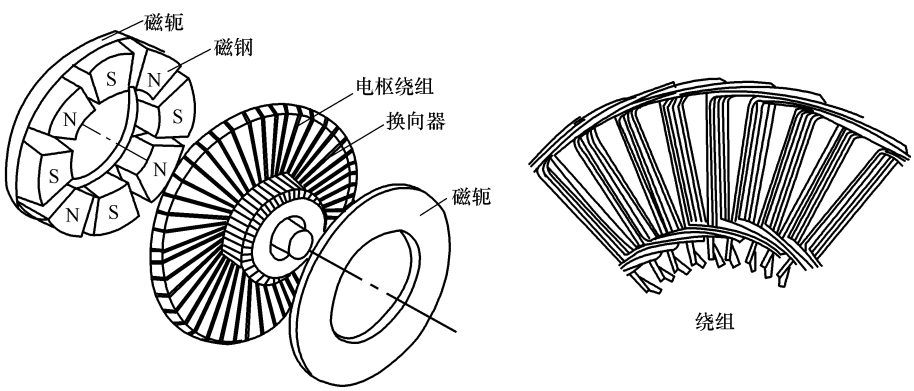


图 6-1 盘形电枢直流伺服电动机结构图

4. 空心杯形电枢永磁式直流伺服电动机

空心杯形电枢永磁式直流伺服电动机如图 6-2 所示。它有一个外定子和一个内定子，通常外定子是由两个半圆形（瓦片形）的永久磁铁所组成；而内定子则为圆柱形的软磁材料做成，仅作为磁路的一部分，以减小磁路的磁阻。也可采用与此相反的形式，内定子为永磁体，而外定子采用软磁材料。

空心杯形电枢上的电枢绕组可采用印制绕组，也可以先绕成单个成型线圈，然后将它们沿圆周的轴向方向排列成空心杯形，再用环氧树脂热固化成型。空心杯电枢直接装在转轴上，在内、外定子间的气隙中旋转。电枢绕组接到换向器上，由电刷引出。

5. 无槽电枢直流伺服电动机

无槽电枢直流伺服电动机如图 6-3 所示。它的电枢铁心上并不开槽，电枢绕组直接排列在铁心表面，再用环氧树脂把它与电枢铁心粘成一个整体。其定子磁极可以用永久磁铁做成，也可采用电磁式结构。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

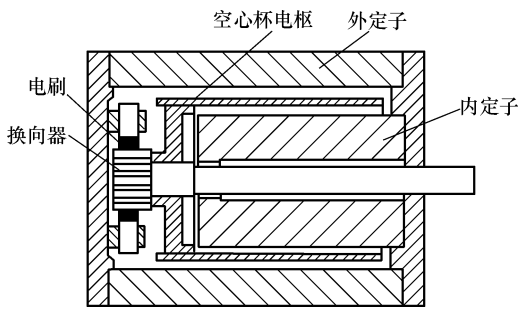


图 6-2 空心杯形电枢永磁式直流伺服电动机结构示意图

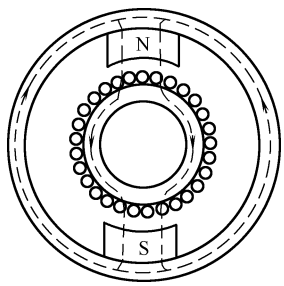


图 6-3 无槽电枢直流伺服电动机结构示意图

无槽电枢直流伺服电动机的转动惯量和电枢绕组电感比较大，因而其动态性能不如盘形电枢直流伺服电动机和空心杯电枢永磁式直流伺服电动机。

6.2.1 SZ 系列电磁式直流伺服电动机技术数据（见表 6-11）

表 6-11 SZ 系列电磁式直流伺服电动机技术数据

型号	转矩 /N·m	转速 /N·m	功率/W	电压/V		电流/A		允许顺逆转速差 /(r/min)
				电枢	励磁	电枢	励磁	
36SZ01	0.017	3000	5	24		0.55	0.32	200
36SZ02	0.017	3000	5	27		0.47	0.3	200
36SZ03	0.017	3000	5	48		0.27	0.18	200
36SZ04	0.0145	6000	9	24		0.85	0.32	300
36SZ05	0.0145	6000	9	27		0.74	0.3	300
36SZ51	0.024	3000	7	24		0.7	0.32	200
36SZ52	0.024	3000	7	27		0.61	0.3	200
36SZ53	0.024	3000	7	48		0.33	0.18	200
36SZ54	0.0205	6000	12	24		1.15	0.32	300
36SZ55	0.0205	6000	12	27		1	0.3	300
45SZ01	0.034	3000	10	24		1.1	0.33	200
45SZ02	0.034	3000	10	27		1.0	0.30	200
45SZ03	0.034	3000	10	48		0.52	0.17	200
45SZ04	0.034	3000	10	110		0.22	0.082	200
45SZ05	0.029	6000	18	24		1.60	0.33	300
45SZ51	0.047	3000	14	24		1.3	0.45	200
45SZ52	0.047	3000	14	27		1.2	0.42	200
45SZ53	0.047	3000	14	48		0.65	0.22	200
45SZ54	0.047	3000	14	110		0.27	0.12	200
45SZ55	0.04	6000	25	24		2	0.45	300
55SZ01	0.066	3000	20	24		1.55	0.43	200
55SZ02	0.066	3000	20	27		1.37	0.42	200
55SZ03	0.066	3000	20	48		0.79	0.22	200

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	转矩 /N·m	转速 /N·m	功率/W	电压/V		电流/A		允许顺逆转速差 /(r/min)
				电枢	励磁	电枢	励磁	
55SZ04	0.066	3000	20	110		0.34	0.09	200
55SZ05	0.056	6000	35	24		2.7	0.42	300
55SZ51	0.093	3000	29	24		2.25	0.49	200
55SZ52	0.093	3000	29	27		2	0.44	200
55SZ53	0.093	3000	29	48		1.15	0.24	200
55SZ54	0.093	3000	29	110		0.46	0.097	200
55SZ55	0.08	6000	50	24		3.45	0.49	300
70SZ01	0.13	3000	40	24		3	0.5	200
70SZ02	0.13	3000	40	27		2.6	0.44	200
70SZ03	0.13	3000	40	48		1.6	0.25	200
70SZ04	0.13	3000	40	110		0.6	0.11	200
70SZ05	0.11	6000	68	24		4.8	0.5	300
70SZ51	0.18	3000	55	24		4	0.57	200
705252	0.18	3000	55	27		3.5	0.5	200
70SZ53	0.18	3000	55	48		1.9	0.31	200
70SZ54	0.18	3000	55	110		0.8	0.13	200
70SZ55	0.15	6000	92	24		6	0.57	300
90SZ01	0.33	1500	50	110		0.66	0.2	100
90SZ02	0.33	1500	50	220		0.33	0.11	100
90SZ03	0.3	3000	92	110		1.2	0.2	200
90SZ04	0.3	3000	92	220		0.6	0.11	200
90SZ51	0.52	1500	80	110		1.1	0.23	100
90SZ52	0.52	1500	80	220		0.55	0.13	100
90SZ53	0.49	3000	150	110		2	0.23	200
90SZ54	0.49	3000	150	220		1	0.13	200

6.2.2 SY 系列永磁式直流伺服电动机技术数据（见表 6-12）

表 6-12 SY 系列永磁式直流伺服电动机技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W	额定转速/(r/min)	额定转矩/N·m
20SY004	27	0.12	1	4000	
20SY007	27	0.25	1.6	4000	3.92×10^{-3}
24SY001	27	0.33	4.7	7100	
28SY003	27	0.5	8	6000	
28SY006	12	0.4		4000～5000	3.92×10^{-3}
36SY001	24	0.64	8	9000～11000	
36SY002	24	0.64	8	9000～11000	
36SY003	28	0.95		5500（1±10%）	21.56×10^{-3}
40SY001	12	0.3	1.6	4000～4500	392×10^{-5}
40SY002	12	0.3		4000	
40SY003	28	2.6		6400	5292×10^{-5}
40SY004	24	2.5		6400	3430×10^{-5}

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.2.3 SYK 系列空心杯电枢永磁式直流伺服电动机技术数据（见表 6-13）

表 6-13 SYK 系列空心杯电枢永磁式直流伺服电动机技术数据

型号	额定电压/V	空载电流/A ≤	堵转转矩/mN·m	空载转速/(r/min)	机电时间常数/ms	外形尺寸/mm		
						总长	外径	轴径
16YK04	9	0.3	3.92	18000	18	24	16	1.8
16SYK06	6	0.04	0.99	12000	35	20	16	1.5
16SYK06-J760	6	0.05		12～22		38.5	16	2
16SYK06-J1258	6	0.15		8～12		38.5	16	2
20SYK0	4	0.3	0.39	8500		37.5	20	2
20SYK-51	6	0.03	6	5000	≤26	50	20	2.5
15SYK1	6	0.1	0.19	8500	75	22.5	15	1.8
15SYK-01	6	0.03	0.17	16000	≤30	30	15	1.5
15SYK3	6	0.04	0.17	4500	75	23.6	15	1.8
20SYK02	4	0.06	2.786	12000	28	34	20	2
20SYK03	6	0.06		10500	18	44	20	2
20SYK04	6	0.035	4.169	8200	21	44	20	2
20SYK05	6	0.025	2.98	4000	16	32	20	2.5
20SYK06	4	0.1	0.589	12000	28	29	20	2

6.2.4 SXP 系列线绕盘式电枢直流伺服电动机技术数据（见表 6-14）

表 6-14 SXP 系列线绕盘式电枢直流伺服电动机技术数据

型号	输出功率/W	额定电压/V (±10%)	额定电流/A (+10%)	额定转速/(r/min)	电枢电阻/Ω	电枢电感/mH	瞬时最大力矩/N·m	瞬时最大电流/A	反电势系数/(mV·r/min)	转矩系数/(N·m/A)	转动惯量/kg·m²	电气时间常数/ms
100SXP01	13	24	1	1600								
100SXP02	25	12	3.3	2350								
100SXP03	40	12	5.8	2330								
160SXP01	200	42	11	5000								
160SXP03	400	48	11	5000 ±15%	0.6	0.075	3.97	47 +15%	6.7	0.07	6.96×10^{-5}	0.15
184SXP-MZ01	750	80	12	3000	0.71		12.4	60 ±15%	21	2		
192SXP-MZ01	545	78	8.5	3200	0.71		8.9	40 ±15%	20	1.9		
250SXP-MZ01	1500	160	11	3000	1.0	0.39	25	55 ±15%	45	4.5	4.8×10^{-4}	0.5
360SXP-CMZ01	4500	215	23	1800	0.42		99.5	92 ±15%	100	9.8		
360SXP-CMZ02	4500	165	32	1800	0.25		99.3	120 ±15%	77	7.5		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.2.5 SZK 系列宽调速直流伺服电动机技术数据（见表 6-15）

表 6-15 SZK 系列宽调速直流伺服电动机技术数据

型 号	额定转矩 /N·m	额定功率 /kW	最高电压 /V	额定电流 /A ≤	最高工作转速 /(r/min)	电流过载倍数 ≤	外径 /mm	重量 /kg
130SZK01	2.7	0.4	50	12	2000	8.5	130	13
130SZK02	5.4	0.8	100	12	2000	8.5	130	18
176SZK01	10	1.0	120	19	2000	8.0	176	28
176SZK02	11.8	1.1	120	19	1500	8.0	176	30
176SZK02A	11.8	1.1	73	31	1500	7.9	176	30
176SZK03	17.6	1.4	92	31	1500	8.7	176	35
176SZK04	34.3	2.5	122	31	1000	9.0	176	58
176SZK05	13	1.04	130	20	1500	6.2	176	32
176SZK06	21	1.68	140	30	1500	5.3	176	41
176SZK07	23	1.84	155	30	1500	5.2	176	45

6.2.6 直流伺服电动机的选择、使用与维护

1. 直流伺服电动机的选择

直流伺服电动机的选择不仅仅是指对电动机本身的要求，还应根据自动控制系统所采用的电源、功率和系统对电动机的要求来决定。如果控制系统要求线性的机械特性和调节特性、控制功率较大，则可选用直流伺服电动机。对随动系统，要求伺服电动机的响应快；对短时工作的伺服系统，要求伺服电动机以较小的体积和重量，给出较大的转矩和功率；对长期工作的伺服系统，要求伺服电动机的寿命要长。

为了便于选用，特将部分直流伺服电动机的性能特点和应用范围介绍如下：

1）传统式直流伺服电动机：机械特性和调节特性线性度好，机械特性下垂，在整个调速范围内都能稳定运行，低速性能好、转矩大；气隙小、磁通密度高、单位体积输出功率大、精度高；电枢齿槽效应会引起转矩脉动；电枢电感大、高速换向困难；过载性能好、转子热容量大，因而热时间常数大、耐热性能好。

永磁式直流伺服电动机一般可用作小功率直流伺服系统的执行元件，但不适合于要求快速响应的系统；电磁式直流伺服电动机可用作中、大功率直流伺服系统的执行元件。

2）空心杯形电枢直流伺服电动机：电枢比较轻、转动惯量极低、响应快；电枢电感小、电磁时间常数小、无齿槽效应；转矩波动小、运行平稳、换向良好、噪声低；机械特性和调节特性线性度好、机械特性下垂；气隙大、单位体积的输出功率小。适应于快速响应的伺服系统。空心杯形电枢直流伺服电动机功率较小，可用干电池供电，用于便携式仪器。

3）无槽电枢直流伺服电动机：在磁路上不存在齿饱和的限制，故气隙磁通密度较高；换向性能好；转动惯量小；机电时间常数小、响应快；低速时能平稳运行；调速比大。适用于需要快速动作而负载波动不大且功率较大的直流伺服系统作执行元件。

4）盘形电枢直流伺服电动机：电枢绕组全部在气隙中，散热良好，能承受较大的峰值电流；电枢由非磁性材料组成，轻而且电抗小；换向性能良好、转矩波动小；电枢转动惯量小，机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电时间常数小、响应快。适用于低速和起动、制动、反转频繁的直流伺服系统。

2. 直流伺服电动机的使用与维护

1）使用时应先接通励磁电压 U_f，再接电枢电压 U_a。

2）励磁回路不可开路。如果起动前励磁回路已断开，则电动机不能起动，否则起动持续的时间长，可能烧毁电动机。

3）为了获得大起动转矩，起动时励磁磁通应为最大。因此，在起动时励磁回路的调节电阻必须短接，并在励磁绕组两端加上额定励磁电压。

4）在运行中，决不允许励磁回路断路，否则电动机将“飞车”而损坏。

6.3 交流伺服电动机

1. 种类及特点

交流伺服电动机为两相异步电动机，其定子两相绕组在空间相距 90°电角度。定子绕组中的一相作为励磁绕组，运行时接至电压为 U_f 的交流电源上；另一相则作为控制绕组，输入控制电压 U_c，电压 U_c 与 U_f 为同频率。

为了满足自动控制系统对伺服电动机的要求，伺服电动机必须具有宽广的调速范围、线性的机械特性、无“自转”现象和快速响应等性能。为此，它和普通异步电动机相比，应具有转子电阻大和转动惯量小这两个特点。

交流伺服电动机与直流伺服电动机的性能比较见表 6-16。

表 6-16 交、直流伺服电动机的性能比较

项　目	类　型	
	直流伺服电动机	交流伺服电动机
机械性能和调节性能	机械特性硬、线性度好，不同控制电压下斜率相同，堵转转矩大，调速范围广	机械特性软、非线性，不同控制电压下斜率不同，系统的品质因数变坏，调整范围较小，受频率及极对数限制
体积、重量和效率	功率较大、体积较小、重量较轻、效率高	功率小、体积和重量较大、效率低
放大器	直流放大器产生“零点漂移”现象，精度低、结构复杂、体积和重量较大	交流放大器，结构简单、体积和重量较小
自转	不会产生自转	参数选择不当，制造工艺不良时会产生自转现象
结构、运行的可靠性及对系统的干扰	有电刷和换向器，结构和工艺复杂、维修不便、运行的可靠性差、换向火花会产生无线电干扰、摩擦转矩大	无电刷和换向器，结构简单、运行可靠、没有电火花，因而也无无线电干扰、摩擦转矩小

2. 基本结构

1）笼型转子交流伺服电动机

笼型转子交流伺服电动机的结构如图 6-4 所示。励磁绕组和控制绕组均为分布绕组；转子结构与普通异步电动机的笼型转子一样，但是，为了减小转子的转动惯量。需做成细长转子。笼型导条和端环采用高电阻率的导电材料（如黄铜、青铜等）制造。也可采用铸铝转子，其导电材料为高电阻率的铝合金材料。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）空心杯转子交流伺服电动机

空心杯形转子交流伺服电动机的结构如图6-5所示。外定子铁心和内定子铁心均由硅钢片冲制叠装而成，外定子槽内放置两相绕组，内定子铁心上通常都不放置绕组，仅作为主磁通的磁路。空心杯转子用铝、铝合金或紫铜等非磁性导电材料制成，其壁很薄，通常只有0.2～0.8mm。空心杯转子固定在转轴上，能随转轴在内、外定子之间自由转动。

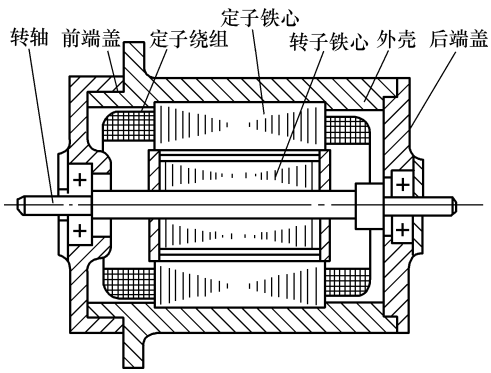


图6-4 笼型转子交流伺服电动机结构示意图

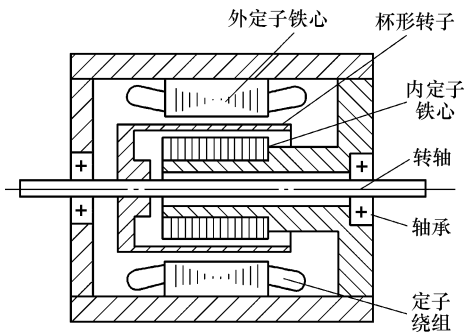


图6-5 空心杯形转子交流伺服电动机结构示意图

空心杯形转子交流伺服电动机的气隙较大，励磁电流占额定电流的80%～90%，因此效率低、功率因数低，体积和重量都较大。但是，与笼型转子相比，杯形转子的转动惯量小、摩擦力矩小，所以运行时反应灵敏、改变转向迅速、无噪声以及调速范围大等，这些优点使它在自动控制系统中得到了广泛应用。

6.3.1 SL系列笼型转子两相交流伺服电动机技术数据（见表6-17）

表6-17 SL系列笼型转子两相交流伺服电动机技术数据

型号	极数	频率/Hz	电压/V		堵转转矩/N·m	堵转电流/A		每相输入功率/W	额定输出功率/W	空载转速/(r/min)	机电时间常数/ms
			励磁	控制		励磁	控制				
12SL01	4	400	26	26	0.0006	0.11	0.11	2	0.16	9000	20
20SL01	6	400	26	26	0.0015	0.11	0.15	2.5	0.25	6000	15
20SL02	6	400	36	36	0.0015	0.11	0.11	2.5	0.25	6000	15
20SL03	6	400	36	36	0.0015	0.11	0.15	2.5	0.25	6000	15
20SL04	4	400	26	36	0.0012	0.11	0.15	2.5	0.25	9000	20
20SL05	4	400	36	36	0.0012	0.11	0.11	2.5	0.32	9000	20
20SL06	4	400	36	36	0.0012	0.11	0.15	2.5	0.32	9000	20
28SL01	6	400	36	36	0.005	0.33	0.33	6.5	1.0	6000	20
28SL02	6	400	115	115	0.005	0.10	0.10	6.5	1.0	6000	20
28SL03	6	400	115	36	0.005	0.10	0.33	6.5	1.0	6000	20
36SL01	8	400	36	36	0.01	0.55	0.55	8.5	1.6	4800	20
36SL02	8	400	115	115	0.0098	0.17	0.17	8.5	1.6	4800	20
36SL03	8	400	115	36	0.0098	0.17	0.55	8.5	1.6	4800	20
36SL04	6	400	36	36	0.0069	0.48	0.48	8.5	2.0	9000	35

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	极数	频率/Hz	电压/V		堵转转矩/N·m	堵转电流/A		每相输入功率/W	额定输出功率/W	空载转速/(r/min)	机电时间常数/ms
			励磁	控制		励磁	控制				
36SL05	6	400	115	115	0.0069	0.15	0.15	8.5	2.0	9000	35
36SL06	6	400	115	36	0.0069	0.15	0.48	8.5	2.0	9000	35
45SL01	8	400	36	36	0.0167	0.9	0.9	14	2.5	4800	20
45SL02	8	400	115	115	0.0167	0.28	0.28	14	2.5	4800	20
45SL03	8	400	115	36	0.0167	0.28	0.9	14	2.5	4800	20
45SL04	4	4000	36	36	0.0147	1.0	1.0	18	4	9000	30
45SL05	4	400	115	115	0.0147	0.32	0.32	18	4	9000	30
45SL06	4	400	115	36	0.0147	0.32	1.0	18	4	9000	30
20SL51	2	50	20	20	0.0015	0.18	0.18	2.5	0.1	2500	15
28SL51	2	50	36	36	0.0032	0.09	0.09	2.5	0.25	2500	15
28SL52	2	50	36	36	0.005	0.13	0.13	3.5	0.4	2500	15
36SL51	2	50	36	36	0.01	0.21	0.27	5.5	0.8	2700	15
36SL52	2	50	110	110	0.01	0.07	0.07	5.5	0.8	2700	15
36SL53	2	50	110	36	0.01	0.07	0.21	5.5	0.8	2700	15
45SL51	4	50	36	36	0.027	0.30	0.30	7	1	1200	15
45SL52	4	50	110	110	0.027	0.10	0.10	7	1	1200	15
45SL53	4	50	110	36	0.027	0.10	0.30	7	1.6	1200	15
45SL54	2	50	36	36	0.019	0.33	0.33	8	1.6	2700	30
45SL55	2	50	110	110	0.0186	0.11	0.11	8	1.6	2700	30
45SL56	2	50	110	36	0.0186	0.11	0.33	8	1.6	2700	30
45SL57	2	50	36	36	0.0294	0.50	0.50	12	2.5	2700	30
45SL58	2	50	110	110	0.0294	0.17	0.17	12	2.5	2700	30
45SL59	3	50	110	36	0.0294	0.17	0.50	12	2.5	2700	30

6.3.2　ADP 系列空心杯转子两相交流伺服电动机技术数据（见表 6-18）

表 6-18　ADP 系列空心杯转子两相交流伺服电动机技术数据

型号	励磁电压/V	频率/Hz	额定输出功率/W	额定转速/(r/min)	额定转矩/mN·m	控制电压/V	控制电流/A	外形尺寸/mm			重量/kg
								总长	外径	轴径	
ADP-1	120	500	3.7	9000	3.92	35	0.15	87	58	4	750
ADP-120	110	400	2.4	4000±40	5.88	110		100	50	4	650
	110	500	2.4	4000±40	5.88	110					
ADP-123	110	400	4.1	≥4000	9.81	110	0.27	90	50	4	550
	110	500	4.6	≥5000	8.83	110	0.2				
ADP-123B	110	400	8.9	≥6000	14.22	110	0.23	90	50	4	550
	110	500	9	≥7000	12.25	110	0.18				
ADP-202	110	400	1.5	6000	2.45	110	0.06	66.5	41	3	250
	110	500	1.3	6300	1.96	110	0.06				
ADP-261	120	330	12	6600	17.64	170	0.23	122.5	70	6	1400
ADP-262	110	50	9.5	1850	49	125	0.53	122.5	70	6	1600
ADP-263	110	500	24.5	6000	39.2	170	0.75	122.5	70	6（4）	1600
ADP-263A	36	500	24.7	6000	39.2	275	0.55	122.5	70	6（4）	1600

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.3.3 SNW4000 系列交流伺服电动机技术数据（见表 6-19）

表 6-19 SNW4000 系列交流伺服电动机技术数据

型号	规格	连续转矩 /N·m	峰值转矩 /N·m	转动惯量 /kg·m	转矩系数 /（Nm/A）	电阻 /Ω	反电势系数 /（V/r/min）	转速 /（r/min）	重量 /kg
4001	01	3.0	7.0	0.00053	0.802	1.56	100	2.0	7.0
4001	02	3.0	7.0	0.00053	0.401	2.78	50	4.0	7.0
4002	01	5.0	11.0	0.00079	1.204	1.88	140	1.5	8.6
4002	02	5.0	11.0	0.00079	0.602	0.94	70	3.0	8.6
4002	03	5.0	11.0	0.00079	0.301	0.47	35	6.0	8.6
4003	01	7.0	14.0	0.00105	0.802	1.08	100	2.0	10.6
4003	02	7.0	14.0	0.00105	0.401	0.54	50	4.0	10.6

注：型号中，N 为钕铁硼合金碳钢；W 为无刷。

6.3.4 交流伺服电动机的选择、使用与维护

1. 运行性能的选择

1）机械特性：交流伺服电动机的机械特性是非线性的。从机械特性的线性度进行比较，相位控制时最好，而幅值-相位控制时为最差。从机械特性的斜率进行比较，幅值控制时机械特性斜率很大，所以在选择时要综合考虑。

2）快速响应：衡量伺服电动机的响应快慢（起动快慢）以机电时间常数为依据。一般来说，交流伺服电动机具有较好的快速响应特性。

3）自转：应注意在控制电压等于零时，交流伺服电动机应不产生自转现象。

4）使用频率：交流伺服电动机常用频率分低频和中频两大类。低频为 50Hz（或 60Hz），中频有 400Hz（或 500Hz）。因为频率越高，涡流损耗越大，所以中频电动机的铁心采用 0.2mm 以下的硅钢片叠成，以减少涡流损耗；低频电动机则采用 0.35～0.5mm 的硅钢片。低频电动机不应用中频电源，否则电动机的性能会变差。在不得已时，若低频电源与中频电源互相代替使用，应注意随频率正比地改变电压，以保持电流仍为额定值，这样电动机发热可以基本上不变。

2. 结构型式的选择

1）笼型转子交流伺服电动机：叠片式定子铁心，细而长的笼型转子，转动惯量小，控制灵活，定、转子之间气隙小；重量轻、体积小、效率高、耐高温、机械强度高、可靠性高、价格低廉。ND 系列应用于自动装置及计算机中作执行元件；SD 系列应用领域同 ND 系列外，还可在上述领域作驱动动力；SA 系列在控制系统中将电信号转换为轴上的机械传动量；SL 系列应用在自动控制、随动系统及计算机中作执行元件。

2）空心杯形转子交流伺服电动机：转子用铝合金制成空心杯形状，转子细而长、重量轻、转动惯量小、快速响应好、运行平稳；但气隙大，电动机尺寸大，在高温和振动下容易变形。主要用于要求转速平稳的装置，如计算装置中的积分网络。

3. 使用与维护

1）50Hz 工频的伺服电动机多为 2 或 4 极高速电机，400Hz 中频的多为 4、6、8 极的中速电机，更多极数的慢速电动机是很不经济的。

2）为了提高速度适应性能，减小时间常数，应设法提高起动转矩，减小转动惯量，降低起动电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）伺服电动机的起动和控制十分频繁，且大部分时间在低速下运行，所以需要注意散热问题。

交流伺服电动机因为没有电刷之类的滑动接触，故其机械强度高、可靠性高、寿命长，只要使用恰当，使用中发生的故障率通常较低。

交流伺服电动机应按照制造厂提供的使用维护说明书中的要求正确存放、使用和维护。对于超过制造厂保证期的交流伺服电动机，必须对轴承进行清洗并更换润滑油脂，有时甚至需要更换轴承。经过这样的处理并重新进行出厂项目的性能测试后，便可以作为新出厂的电动机来使用。

因为两相交流伺服电动机的基本结构和运行情况与电容式单相异步电动机相似。所以，两相交流伺服电动机的常见故障及其排除方法可参考单相异步电动机。

6.4 直流测速发电机

1. 分类及特点

测速发电机是一种测量转速的信号元件。它将输入的机械转速变换为电压信号输出。这就要求输出电压 U_2 与转速 n 成正比关系。其输出电压也可用下式表示：

$$U_2 = Kn$$

或

$$U_2 = K'\omega = K'\frac{\mathrm{d}\theta}{d_t}$$

式中 ω 为测速发电机的角速度；θ 为测速发电机转子的转角（角位移）；K、K'为比例系数。

由上式可知，测速发电机的输出电压正比于转子转角对时间的微分。因此，在解算装置中也可以把它作为微分或积分元件。所以，测速发电机在自动控制系统和计算装置中通常作为测速元件、校正元件、解算元件和角加速度信号元件。

测速发电机主要分为交流和直流两大类。其中，交流测速发电机按工作原理可分为同步和异步（又称感应）两种；直流测速发电机按励磁方式可分为电磁式和永磁式两种。

2. 类型

直流测速发电机是一种微型直流发电机,它的定子、转子结构均和直流伺服电动机基本相同。若按定子磁极的励磁方式来分,直流测速发电机可以分为电磁式和永磁式两大类。若按电枢的不同结构型式来分,直流测速发电机可分为有槽电枢、无槽电枢、空心杯形电枢、盘形电枢等几种。

电磁式直流测速发电机的励磁方式通常为他励式；永磁式直流测速发电机不需要另加励磁电源，也不存在因励磁绕组温度变化而引起的特性变化，因此永磁式直流测速发电机被广泛采用。

为满足控制的要求，有一些直流测速发电机采用了无槽电枢，空心杯形电枢或盘形电枢等特殊结构，以减小转动惯量、提高性能。与交流测速发电机相比，直流测速发电机突出的优点是灵敏度高、线性误差小。缺点是结构复杂。存在不灵敏区，这是由电刷和换向器的存在而引起的。

6.4.1 CY 系列永磁式直流测速发电机技术数据（见表 6-20）

表 6-20 CY 系列永磁式直流测速发电机技术数据

型 号	输出特性斜率/（10^{-3}V/r·min^{-1}）	纹波系数（%）	最大线性工作转速/（r/min）	线性误差（%）	电枢电阻（±12.5%）/Ω
20CY002	3	1	0～3500	1.2～3	120
28CY001	7	3（在 100r/min 下）	0～12000	0.1	580

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型 号	输出特性斜率/（10^{-3}V/r·min^{-1}）	纹波系数（%）	最大线性工作转速/（r/min）	线性误差（%）	电枢电阻（±12.5%）/Ω
36CY001	10	1	0～6000	0.5～0.1	160
45CY002	15	3	0～3600	0.1	60
45CY003	15	3	0～3600	0.1	50
45CY004	15	3	0～3600	0.1	50
75CY001	120	≤1	0～2500	≤1	190
96CY001	60	5	0～4000	0.5	150

注：45CY002 为双轴伸结构。

6.4.2 CYD 系列永磁式低速直流测速发电机技术数据（见表 6-21）

表 6-21 CYD 系列永磁式低速直流测速发电机技术数据

型 号	输出特性斜率/（V/r·min^{-1}）	纹波系数（%）	最大线性工作转速/（r/min）	电枢电阻/Ω	输出特性斜率不对称度（%）
70CYD001	0.25	<5	150	1200	—
133CYD001	1.57	≤2	30	2500	≤1
140CYD001	1.047	4	50	2000	—
160CYD001	2.6	1	55	1150	<1
160CYD002	0.9	1	20	280	1
160CYD004	3	1.5	50	1500	1
170CYD002	2.0	1.5	50	2100	1
170CYD003	≥0.6	<1.5	160	500	1
170CYD004	>3	<1.5	30	2300	1
220CYD001	8.0	0.5	19	4200	0.5

6.4.3 CYB 系列带温度补偿永磁式直流测速发电机技术数据（见表 6-22）

表 6-22 CYB 系列带温度补偿永磁式直流测速发电机技术数据

型 号	最大输出功率/W	输出斜率/[V/(kr/min)]	额定电流/A	直流电阻/Ω	线性误差（%）	输出电压不对称度（%）	纹波系数（有效值）（%）	最大线性工作转速/（r/min）
75CYB01		60	0.08	110	≤0.5	≤0.5	≤0.5	3000
130CYB	25	100	0.250	39.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	2000
170CYB01	50	100	0.5	5.7	≤0.5	≤0.5	≤0.5	2500
170CYB02S	20	100	0.2	50.1	≤0.5	≤1.0	≤0.5	1000
170CYB02	20	100	0.2	50.1	≤0.5	≤1.0	≤0.5	1000
170CYB03	40	150	0.333	10.4	≤0.5	≤0.5	≤0.5	800
192CYB	30	100	0.15	5.4	≤0.5	≤1.0	≤0.5	2000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.4.4 ZCF 系列大功率直流测速发电机技术数据（见表 6-23）

表 6-23 ZCF 系列大功率直流测速发电机技术数据

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	额定电压/V	额定电流/A	额定励磁电压/V	额定励磁电流/A	外形尺寸/mm			重量/kg
							长	宽	高	
ZCF-11	50	2000	30	1.67	220	0.29	390	297	215	30
ZCF-11	150	1500	230	0.65	220	0.29	390	297	215	30
ZCF-11	150	1500	230	0.65	110	0.50	390	297	215	30
ZCF-11	150	1500	115	1.31	220	0.29	390	297	215	30
ZCF-11	150	1500	115	1.31	110	0.50	390	297	215	30
ZCF-11	200	3000	230	0.87	220	0.23	390	297	215	30
ZCF-11	200	3000	230	0.87	110	0.38	390	297	215	30
ZCF-11	200	3000	115	1.74	220	0.28	390	297	215	30
ZCF-11	200	3000	115	1.74	110	0.38	300	297	215	35
ZCF-12	150	1000	230	0.65	220	0.33	410	297	215	35
ZCF-12	150	1000	230	0.65	110	0.65	410	297	215	35
ZCF-12	150	1000	115	1.31	220	0.33	410	297	215	35
ZCF-12	150	1000	115	1.31	110	0.65	410	297	215	35
ZCF-12	300	1500	230	1.31	220	0.33	410	297	215	35
ZCF-12	300	1500	230	1.31	110	0.65	410	297	215	35
ZCF-12	300	1500	115	2.61	220	0.33	410	297	215	35
ZCF-12	300	1500	115	2.61	110	0.65	410	297	215	35
ZCF-21	150	750	230	0.65	220	0.4	425	370	305	50
ZCF-21	150	750	230	0.65	110	0.65	425	370	305	50
ZCF-21	150	750	115	1.31	220	0.4	425	370	305	50
ZCF-21	150	750	115	1.31	110	0.65	425	370	305	50
ZCF-21	300	1000	230	1.31	220	0.4	425	370	305	50
ZCF-21	300	1000	230	1.31	110	0.65	425	370	305	50
ZCF-21	300	1000	115	2.61	220	0.35	425	370	305	50
ZCF-21	300	1000	115	2.61	110	0.65	425	370	305	50
ZCF-22	150	600	230	0.65	220	0.4	450	370	305	55
ZCF-22	150	600	230	0.65	110	0.7	450	370	305	55
ZCF-22	150	600	115	1.31	220	0.4	450	370	305	55
ZCF-22	150	600	115	1.31	110	0.7	450	370	305	55
ZCF-22	300	750	230	1.31	220	0.4	450	370	305	55
ZCF-22	300	750	230	1.31	110	0.8	450	370	305	55
ZCF-22	300	750	115	2.61	220	0.4	450	370	305	55
ZCF-22	300	750	115	2.61	110	0.76	450	370	305	55
ZCF-31	300	600	230	1.80	220	0.35	490	390	335	67
ZCF-31	500	750	230	2.18	220	0.638	490	390	335	67
ZCF-32	130	400	115	1.15	110	1.57	525	390	335	67
ZCF-32	170	750	115	1.53	110	1.57	525	390	335	79
ZCF-32	150	350	230	0.65	50	0.70	525	390	335	79
ZCF-32	250	2850	230	1.09	220	0.88	525	390	335	79

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	额定电压/V	额定电流/A	额定励磁电压/V	额定励磁电流/A	外形尺寸/mm			重量/kg
							长	宽	高	
ZCF-41	1000	1000	230	4.35	220	0.495	520	415	360	82
ZCF-42	270	1500	115	2.3	110	0.5	550	415	360	96
ZCF-51	500	650	230	2.18	220	1.09	620	505	420	144
ZCF-52	200	600	115	1.74	24	9.8	660	505	420	156
ZCF-52	200	1500	115	1.74	24	9.8	600	505	420	156
ZCF-52	200	1500	115	1.74	220	0.90	660	505	420	156

6.4.5 直流测速发电机的使用与维护

1）直流测速发电机在出厂前已经将电刷调整到合适位置以保证输出电压的不对称度符合要求，使用中不允许松动刷架系统的紧固螺钉。

2）永磁直流测速发电机不允许将电枢从电机定子中抽出，以免失磁。

3）应使测速发电机工作环境条件符合规定。使用场合下不允许有强的外磁场的存在，以免影响测速发电机输出特性的稳定。

4）选型时应充分注意该测速发电机的负载情况，不允许超出测速发电机的最大允许负载电流使用，以免引起输出特性变坏或失磁。

5）在使用中,转速不应超过产品的最大线性工作速度;负载电阻不应小于规定的负载电阻。

6）应注意由于电机自身发热或环境温度的变化会导致输出斜率的降低或升高。

7）在电磁式直流测速发电机的励磁回路中，串接一个比励磁绕组电阻大几倍且温度系数小的电阻，可以减少温度变化所引起的输出电压变化误差。

6.5 交流测速发电机

1. 永磁式交流测速发电机

永磁式交流测速发电机实质上就是一台单相永磁同步发电机，转子由永磁体构成，定子绕组感应的交变电动势的大小和频率都随输入信号（转速）而变化。由于感应电动势的频率随转速而改变，致使发电机本身的阻抗和负载阻抗均随转速而变化，所以这种测速发电机的输出电压不再和转速成正比关系。因此，尽管它结构简单，也没有滑动接触，但是仍不适用于自动控制系统，通常只作为指示式转速计。

2. 感应子式测速发电机

感应子式测速发电机的原理结构如图 6-6 所示。其定子、转子铁心均由硅钢片冲制叠成，在定子内圆周和转子外圆周上都有均匀分布

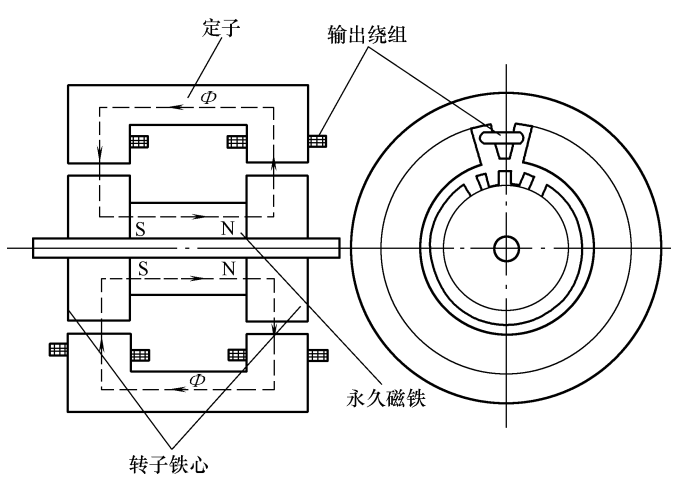


图 6-6 感应子式测速发电机的原理结构图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的齿槽。在定子槽中放置节距为一个齿距的输出绕组，通常组成三相绕组。定子、转子的齿数应符合一定的配合关系。

当转子不转时，由永久磁铁在发电机气隙中产生的磁通是不变的，所以定子输出绕组中没有感应电动势。但是，当转子以一定的速度旋转时，由于定子、转子齿之间的相对位置发生了周期性的变化，则定子齿上的输出绕组所匝链的磁通大小也相应地发生了周期性的变化。于是输出绕组中就产生了交变的感应电动势。每当转子转过一个齿距，输出绕组中的感应电动势也就变化一个周期。因此输出电动势的频率f（Hz）为

$$f=\frac{Z_r n}{60}$$

式中 Z_r 为转子的齿数；n 为发电机的转速（r/min）。

由于感应子式测速发电机的感应电动势频率和转速之间有严格的关系，所以属于同步发电机。相应地，感应电动势的大小也和转速成正比，故可以作为测速发电机用。但是，它也和永磁式同步测速发电机一样，由于电动势的频率随转速而变化，致使负载阻抗和发电机本身的内阻抗大小均随转速而变化，所以也不宜用于自动控制系统中，通常只作为指示式转速计。将感应子式测速发电机输出电压经整流后亦可作直流测速发电机使用。

3. 脉冲式测速发电机

脉冲式测速发电机和感应子式测速发电机的工作原理基本相同，都是利用定子、转子齿槽相互位置的变化，使输出绕组所匝链的磁通发生脉动，从而感应出电动势。

脉冲式测速发电机是以脉冲频率作为输出信号的。由于输出电压的脉冲频率和转速保持严格的比例关系，所以也属于同步发电机类型。其特点是输出信号的频率相当高，即使在较低的转速（如每分钟几转或几十转）下，也能输出较多的脉冲数，因而以脉冲个数显示的速度分辨率就比较高，适用于速度比较低的调节系统，特别适用于鉴频锁相的速度控制系统。

4. 异步测速发电机的类型

异步测速发电机（又称感应测速发电机）按其结构可分为笼型转子和空心杯形转子两种。

笼型转子异步测速发电机的结构与笼型转子两相伺服电动机的结构相似，它的输出特性的斜率大，但线性误差大、相位误差大、剩余电压高，一般用在对精度要求不高的系统中。

空心杯形转子异步测速发电机的结构与空心杯形转子伺服电动机的结构相似。不同的是，为了减小误差，使输出特性的线性度较好、性能稳定，测速发电机的空心杯转子多采用电阻率较高和温度系数较低的材料制成，如磷青铜、锡锌青铜、硅锰青铜等。

空心杯形转子异步测速发电机输出特性的精度比笼型转子异步测速发电机要高得多，而且空心杯形转子的转动惯量小，有利于控制系统的动态品质。所以，目前在自动控制系统中广泛应用的是空心杯形转子异步测速发电机。

6.5.1 JCY 系列永磁式三相同步测速发电机技术数据（见表 6-24）

表 6-24 JCY 系列永磁式三相同步测速发电机技术数据

型号	线电压/V ≥	电流/A	功率/W	频率/Hz	转速/(r/min)	线性误差(%)	负载	重量/kg ≤
JCY264	44	0.2	15	100	3000	1	纯电阻	1.2
JCY264T	44	0.2	15	120	3600	1	纯电阻	1.3

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.5.2 GGT-250 型感应子式测速发电机技术数据（见表 6-25）

表 6-25 GGT-250 型感应子式测速发电机技术数据

型号	直流励磁电压/V	额定转速/(r/min)	额定频率/Hz	三相额定线电压/V	三相整流后直流输出电压/V	线性误差(%)	正反转误差(%)	稳定度(%)
GGT-250 GGT-250s	60	1500	1000	380	510	≤0.45	≤0.3	≤0.2

6.5.3 CK 系列空心杯转子异步测速发电机技术数据（见表 6-26）

表 6-26 CK 系列空心杯转子异步测速发电机技术数据

型 号	额定励磁电压/V	额定励磁频率/Hz	剩余电压及波动范围/mV <	输出特性斜率 $\Big/\left(\frac{\text{V}}{\text{kV/min}}\right)$	输出相位移/(°)	空载励磁电流/mA <	空载励磁功率/W <	短路输出阻抗/Ω <	同相线性误差(%) <
20CK01	26	400	15～25	0.2	0～30	110	2.2	1200	0.5
20CK02	36	400	20～30	0.32	0～10	90	2.2	2500	0.25
28CK01	36	400	15～25	0.5	0～5	220	4.5	1000	0.07
28CK02	36	400	30～40	0.7	0～30	220	4.5	1000	0.5
28CK03	115	400	35～50	1	0～10	70	4.5	5000	0.1
28CK04	115	400	20～30	1.6	0～5	70	4.5	6000	0.07
28CK05	115	400	50～70	2	0～30	70	4.5	5000	0.5
36CK01	36	400	20～30	0.7	0～10	240	5	1000	0.1
36CK02	36	400	35～50	1	0～30	240	5	1000	0.5
36CK03	115	400	45～60	1.6	0～10	80	5	5000	0.1
36CK04	115	400	25～35	2.5	0～5	80	5	6000	0.07
36CK05	115	400	60～80	3	0～30	80	5	6000	0.5
28CK51	110	60	15～25	0.5		100	3		2
36CK51	36	50	20～35	1		200	5		1
36CK52	110	50	25～40	2		70	5		1

6.5.4 测速发电机的选择、使用与维护

1. 测速发电机的选择

在选择测速发电机时，应根据系统的频率、电压、工作速度的范围和系统中所起的作用来选。例如用作解算元件时，应选用精度高（即要求线性误差小、剩余电压低等）、输出电压稳定的异步测速发电机；用作测速或校正元件时，应着重考虑输出特性的斜率，即静态放大系数要大，希望转速的微小变化能引起输出电压较大的变动，而对于精度要求则是次要的。

当使用直流或异步测速发电机都能满足要求时，则需要考虑它们的优缺点，合理选用。

异步测速发电机的主要优点：不需要电刷和换向器，因而结构简单、维护方便，惯量小、无滑动接触。因而输出特性稳定、精度高、摩擦转矩小，不产生无线电干扰，工作可靠，正、反向旋转时，输出电压对称；但缺点：存在剩余电压和相位误差，负载的大小和性质会影响输出电压

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的幅值和相位。

直流测速发电机不存在输出电压的相位移问题；转速为零时，输出绕组不切割励磁磁通，无感应电动势，因而无剩余电压。输出电路只有电阻上的压降，因而输出特性斜率比异步测速发电机的大。然而，由于直流测速发电机具有电刷和换向器，因而结构复杂、维护不便、摩擦转矩大、有换向火花、产生干扰信号；正、反向旋转时，输出电压不对称。

经过上述比较后，如确定采用异步测速发电机，则还要在笼型转子异步测速发电机和空心杯形转子异步测速发电机之间作一选择。

笼型转子异步测速发电机输出特性的斜率大，但特性差、误差大、转子惯量大，一般只用于精度要求不高的系统中。而空心杯形转子异步测速发电机的精度要高得多，转子惯量也小，是目前应用最广泛的一种异步测速发电机。

2. 永磁同步测速发电机的使用与维护

1）使用场合应避免有外加强磁场存在，以避免失磁或工作性能变坏。

2）严禁自行拆卸，特别是不允许将转子从定子腔内抽出，以免失磁（因为一般是不标明电机充磁状态的）。

3）应按照发电机规定的环境条件等级使用并保持使用环境的清洁。长期未使用的电机重新使用时至少应检查其绝缘电阻是否符合规定。

4）测速发电机的永磁体多为铝镍钴系磁钢，矫顽力较小，加之设计时并未考虑过载能力，一旦过载就会失磁。出现这种情况，测速发电机就需要重新充磁。

3. 感应子测速发电机的使用与维护

1）在选型和使用中应注意输出电压的极性是不随电机转向的变化而变化。

2）由于该测速发电机输出特征（线性误差和稳定度）的好坏在相当程度上取决于其气隙磁场的稳定性，因此在使用时应注意保持其励磁电流的高稳定性（0.05% 以上）。

4. 空心杯转子异步测速发电机的使用与维护

1）由于装配中紧固螺钉紧固不牢，造成发电机在运输和使用过程中紧固螺钉松动，导致内、外定子间相对位置变化，将会使剩余电压或零速输出电压增加，一般需送制造厂调整。

2）由于装配时接线混乱或使用中接线错误，导致输出电压相位倒相和剩余电压（零速输出电压）与出厂要求不符时，需改变接线。

3）使用时应根据系统的要求来选择合适的测速发电机品种，提出切合实际的技术要求。一项技术指标的合理降低可以使另一项指标得到明显改善。

4）异步测速发电机的输出特性一般都是在空载条件下给出的（一般要求负载阻抗≥50 ~ 100kΩ），使用时应注意到这一点，还应注意到输出特性还与负载性质（阻抗、容性或感性）有关。

5）异步测速发电机在出厂前都经过严格调试，以使其剩余电压（即零速输出电压）达到要求，调试后已用红色磁漆将紧固螺钉点封，使用中严禁拆卸，否则剩余电压将急剧增加以至无法使用（使用者是不易调整的）。

6）空心杯转子异步测速发电机是一种精密控制元件，使用中应注意保证它和驱动它的伺服电动机之间连接的高同心度和无间隙传动，否则会使该测速发电机损坏或导致系统误差增加。此外应按照各品种规定的安装方式安装测速发电机，安装中应使电机各部分受力均匀，以免导致剩余电压增加。

7）异步测速发电机可以在超过它的最大线性工作转速 1 倍左右的转速下工作，但应注意：随着工作转速范围的扩大，其线性误差、相位误差都将增大。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.6 自整角机

1. 用途

在自动装置和遥控系统中，常需要监视和控制远处的工作设备。一方面要了解远处工作设备的运行情况，例如液面的高低、阀门的开度、电梯和矿井提升机的位置、变压器分接开关位置等；另一方面控制中心还要发出控制指令，以便对工作设备进行操纵。为完成上述任务，常常需要使用自整角机。

自整角机是一种感应式机电元件。它被广泛应用于随动系统中，作为角度的传输、变换和指示。在系统中通常有两台或多台组合使用。

随动系统是通过两台或多台电机在电路上的联系，使机械上互不相连的两根或多根转轴能够自动地保持相同的转角变化，或同步旋转。电机具有的上述性能，称为自整步特性，在该系统中使用的这类电机称为自整角机。在随动系统中，产生信号的一方称为发送方，它所使用的自整角机称为发送机。它安装在需要发出指令的控制中心；接受信号的一方称为接收方，它所使用的自整角机称为接收机，它安装在需要监督和控制的设备处。

2. 类型

自整角机通常有以下几种分类方法：

根据在同步传动系统中的作用，可分为自整角发送机和自整角接收机。

根据使用要求的不同，可分为力矩式自整角机和控制式自整角机（见表6-27）。前者主要用于指示系统，后者主要用于随动系统。

表6-27 自整角机的分类与用途

分类		国内代号	国际代号	功 用
力矩式	发送机	ZLF	TX	将转子转角变换成电信号输出
	接收机	ZLJ	TR	接收力矩发送机的电信号，变换成转子的机械能输出
	差动发送机	ZCF	TDX	串接于力矩发送机与接收机之间，将发送机转角及自身转角的和（或差）转变为电信号，输送到接收机
	差动接收机	ZCJ	TDR	串接于两个力矩发送机之间，接收电信号，并使自身转子转角为两发送机转角的和（或差）
控制式	发送机	ZKF	CX	将转子转角变换成电信号输出
	变压器	ZKB	CT	接收控制式发送机的信号，变换成与失调角呈正弦关系的电信号
	差动发送机	ZKC	CDX	串接于发送机与变压器之间，将发送机转角及其自身转角的和（或差）转变为电信号，输送到变压器

根据相数不同，可分为三相自整角机和单相自整角机。前者用于电轴系统，后者用于角传递系统。

自动控制系统中通常使用的均是单相自整角机。常用的电源频率有400Hz和50Hz两种。

单相自整角机按结构型式可分为接触式和无接触式两大类。接触式自整角机的结构如图6-7所示，其结构简单，制造方便。其定子由铁心和绕组两部分组成。铁心用硅钢片或铁镍软磁合金带（坡莫合金）冲制后叠压而成。铁心槽内放置三相整步绕组。转子由铁心、绕组、转轴及集电环等几部分组成。转轴通常用不锈钢制造。这种自整角机由于结构简单，性能较好，使用较为广泛。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为了消除由于滑动接触所引起的误差和提高运行的可靠性，可采用无接触式结构，如图 6-8 所示。其特点是，没有电刷、集电环装置，其励磁绕组和整步绕组都是固定不动的。励磁绕组做成两个环行线圈放在定子铁心的两侧，转子由硅钢片叠成两部分，中间用非磁性材料铝相隔并铸成整体，转子上无绕组。

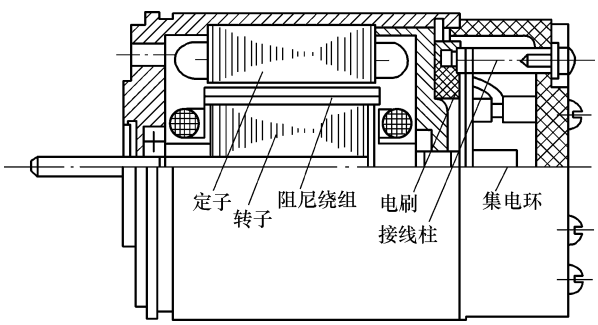


图 6-7　接触式自整角机结构图

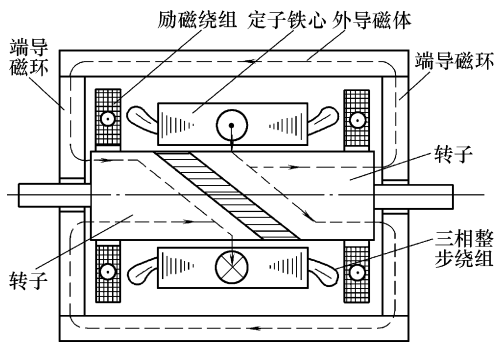


图 6-8　无接触式自整角机结构图

无接触式自整角机具有可靠性高、寿命长、不产生无线电干扰等优点。缺点是结构复杂、电气性能差。

3. 主要性能指标

（1）力矩式自整角机的主要技术指标

力矩式自整角机通常用于角度传输的指示系统，因此要求它们有较高的角度传输精度。

1）比整步转矩 T_0（也称比力矩）：是指失调角为 1°时的整步转矩（N · m/°）。它与摩擦力矩的大小决定了静态误差，也就决定了接收机的精度。

2）阻尼时间 t_n：是指力矩式接收机与相同电磁性能的标准发送机同步连接后，失调角为 177° ±2°时，力矩式接收机由失调位置稳定到协调位置所需的时间。阻尼时间按规定应不大于 3s。阻尼时间越小，表示接收机的跟随性能越好。

3）零位误差 $\Delta\theta_0$：力矩式自整角发送机励磁后，从基准电气零位开始，转子每转过 60°，在理论上整步绕组中有一组线间电动势为零，此位置称作理论电气零位。由于设计和工艺因素的影响，实际电气零位与理论电气零位有差异，此差值即为零位误差，以角分表示。力矩式发送机的精度是由零位误差来确定的。

4）静态误差 $\Delta\theta_j$：理论上发送机和接收机的转子只能稳定在失调角为零的位置上，但是由于机轴总存在着摩擦转矩，所以只要失调角所引起的转矩小于或等于摩擦转矩，系统可以保持稳定。这时的失调角称为静态误差，以角度表示。力矩式接收机的精度是由静态误差来确定的。

（2）控制式自整角机的主要技术指标

1）电气误差 $\Delta\theta_e$：当自整角发送机和自整角变压器转子处在协调位置时，从理论上讲，自整角变压器的输出电压为零。但是，由于设计、工艺、材料等因素的影响，实际的转子转角与理论值是有差异的，此差值即为电气误差，以角分表示。控制式自整角发送机及自整角变压器的精度是由电气误差所决定的。

2）剩余电压 U_0（也称零位电压）：从理论上讲，当自整角变压器转子和发送机转子处在协调位置时，自整角变压器的输出电压应等于零。但实际上，由于制造和结构原因常有误差存在，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

使输出电压不为零。人们把自整角变压器转子和自整角发送机转子处在协调位置时，输出绕组出现的端电压称为剩余电压（又称零位电压）。它会降低系统的灵敏度。

3）比电压：自整角变压器的比电压是指它与自整角发送机处于协调位置附近，失调角为1°时的输出电压（V/°）。比电压是自整角变压器的一项重要性能指标，它直接影响到系统的灵敏度。比电压越大，表示系统的精度和灵敏度越高。

4）输出相位移 φ：由于自整角发送机的励磁阻抗、自整角变压器的输出绕组阻抗和两者整步绕组阻抗及负载阻抗的影响，使输出电压和励磁电压之间存在相位差。所谓输出相位移就是指自整角变压器的输出电压的基波分量与自整角发送机励磁电压的基波分量之间的时间相位差（角度）。它将直接影响到系统的移相要求。

6.6.1 ZKF、ZKC、ZFB 系列自整角机技术数据（见表6-28）

表6-28 ZKF、ZKC、ZFB 系列自整角机技术数据

类别	型 号	频率/Hz	励磁电压/V	最大输出电压/V	空载电流/mA	空载功率/W	开路输入阻抗/Ω	短路输出阻抗/Ω	开路输出阻抗/Ω
控制式发送机	12ZKF01	400	26	12					
	12ZKF02	400	20	9	100	1.5	200	45.4	
	16ZKF01	400	20	9					
	20ZKF01	400	36	16	72	1.2	500	60	
	24ZKF01	400	26	12					
	28ZKF01	400	115	90	42	1.0	2740	500	
	28ZKF02	400	36	16	135	1.5	267	15	
	36ZKF01	400	115	90	92	2	1250	150	
	36ZKF02	50	36	16					60
控制式差动发送机	16ZKC01	400	9	9					
	20ZKC01	400	16	16	100	1.0	138	60	
	24ZKC01	400	12						
	28ZKC01	400	90	90	39	1.2	2000	600	
	28ZKC02	400	16	16	200	1.0	69	20	
	36ZKC01	400	90	90	30	2.0	975	200	
控制式自整角变压器	12ZKB01	400	9	18	72	0.5	108	835	
	16ZKB01	400	9	18					
	20ZKB01	400	16	32	80	0.6	172	700	
	24ZKB01	400	12	24					
	28ZKB01	400	90	58	11	0.3	3090	1700	
	28ZKB02	400	90	58	25	0.5	3120	1700	
	28ZKB03	400	16	32	55	0.4	251	650	
	36ZKB01	400	16	32	110	0.6	126	350	
	36ZKB02	400	90	58	11	0.3	7090	1000	
	36ZKB03	400	90	58	30	0.5	2600	450	1075
	36ZKB04	50	90	58	55	1.0	1420	200	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.6.2 ZLF、ZCF、ZLJ 系列自整角机技术数据（见表 6-29）

表 6-29 ZLF、ZCF、ZLJ 系列自整角机技术数据

类 别	型 号	频率 /Hz	励磁电压 /V	最大输出电压/V	比整步转矩 /(μN·m/°)	空载电流 /mA	空载功率 /W
力矩式发送机	20ZLF01	400	36	16	29.4	140	1.3
	24ZLF01	400	36	16	49.0	220	1.7
	28ZLF01	400	115	90	58.8	110	2
	28ZLF02	400	115	16	58.8	100	2
	28ZLF03	400	36	16	58.8	300	2
	36ZLF01	400	115	90	245	250	4
	36ZLF02	400	115	16	245	250	4
	45ZLF01	400	115	90	784	550	8
	45ZLF02	50	110	90	294	100	3.5
力矩式差动发送机	20ZCF01	400	16	16		250	1.3
	28ZCF01	400	90	90		110	2
	28ZCF02	400	16	16		600	2
	36ZCF01	400	90	90	147	300	4
	45ZCF01	400	90	90	392	600	8
力矩式接收机	20ZLJ01	400	36	16	29.4	140	1.3
	24ZLJ01	400	36	16	49.0	220	1.7
	28ZLJ01	400	115	90	58.8	100	2
	28ZLJ02	400	115	16	58.8	100	2
	28ZLJ03	400	36	16	58.8	300	2
	36ZLJ01	400	115	90	245	250	4
	36ZLJ02	400	115	16	245	250	4
	45ZLJ01	400	115	90	784	500	8
	45ZLJ02	50	110	90	294	100	3.5

6.6.3 自整角机的选择、使用与维护

1. 选择

1）自整角机的励磁电压和频率必须与使用的电源符合。当电源可以任意选择时，对尺寸小的自整角机，选电压低的比较可靠；对长传输线，选用电压高的可降低线路压降的影响；要求体积小、性能好的，应选 400Hz 的自整角机；否则，采用工频比较方便（不需要专用中频电源）。

2）相互连接使用的自整角机，其对接绕组的额定电压和频率必须相同。

3）在电源容量允许的情况下，应选用输入阻抗较低的发送机，以便获得较大的负载能力。

4）选用自整角变压器和差动发送机时，应选输入阻抗较高的产品，以减轻发送机的负载。

2. 使用与维护

1）自整角机使用时，励磁电压和频率应符合铭牌要求。

2）进行发送机和接收机的零位调节时，要先转动发送机转子，使其刻度盘上读数为零；然后固定发送机转子，再转动接收机定子，使接收机刻度盘上读数也为零时，固定接收机定子。

3）发送机和接收机切勿调错。为了简化理论分析，曾假设发送机与接收机结构相同。实际

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

上，发送机和接收机是有差异的。

4）发送机和接收机不能互换使用。

5）在自整角系统中，有时会遇到不同自整角机相互代换的问题，应注意它们的性能、参数和阻尼等因素。

6.7 步进电动机

1. 用途

步进电动机又称为脉冲电动机，是一种用电脉冲信号进行控制，并将电脉冲信号转换成相应的角位移或直线位移的执行元件。

一般电动机都是连续旋转的，而步进电动机，则是一步一步转动的，它是由专用电源供给电脉冲，每输入一个电脉冲信号，电动机就转过一个角度，如图6-9所示。步进电动机也可以直接输出线位移，每输入一个电脉冲信号，电动机就走一段直线距离。

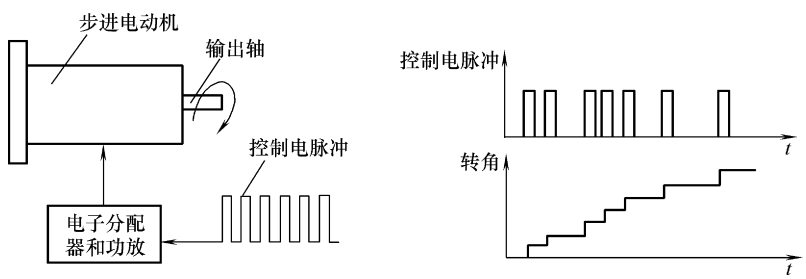


图6-9 步进电动机的功用

步进电动机的步距角和转速不受电源电压波动和负载变化的影响，也不受环境条件如温度、气压、冲击和振动等影响，仅与脉冲频率有关。它每转一周都有固定的步数，在不丢步的情况下运行，其步距误差不会长期积累，即每一步虽然有误差，但转过一周时，累积误差为零。通过改变脉冲频率就可以在很大范围内调节电动机的转速，而且能够快速起动、制动和反转。如果停机后某些相绕组仍保持通电状态，还具有自锁能力。由于以上这些特点，步进电动机日益广泛地应用于数字控制系统中，例如数控机床、绘图机、自动记录仪表、数/模变换装置以及航空、导弹、无线电等工业中。

2. 分类

步进电动机的种类很多，按运动形式分有旋转式步进电动机、直线步进电动机和平面步进电动机。按励磁方式分类，步进电动机可分为反应式、永磁式和感应子式等。按工作方式分类，步进电动机可分为功率式和伺服式，前者能直接带动较大的负载，后者仅能带动较小负载。其中反应式步进电动机用得比较普遍，结构也较简单。

步进电动机的分类和特点见表6-30。

表6-30 步进电动机的分类和特点

代号	名 称	特 点
BF	磁阻式步进电动机（反应式）	是一种将电脉冲信号转换成角位移的执行元件，定转子磁路均由软磁材料制成，只有控制绕组，基于磁导变化而产生转矩，其性能特点是步距角小，起动和运行频率较高，断电时无定位转矩，消耗功率较大

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

代号	名　称	特　点
BYG	感应子式永磁步进电动机	转子为感应子式结构型式，也称混合式，兼顾永磁式和磁阻式两类电机优点，它具有步距角小，有较高的起动和运行频率的特点，需要正负脉冲供电，消耗功率较小，有定位转矩
BY	永磁式步进电动机	在结构上采用永久磁钢的步进电动机，其持点是控制功率小，电磁阻尼大、步距角大，起动频率低，需要正、负脉冲供电，有定位转矩
BD	电磁式步进电动机	无需一般步进电动机的专用电源，施加直流电即可工作，控制简便，应用于监测系统中

3. 通电方式和步距角

（1）反应式步进电动机的通电方式

定子控制绕组每改变一次通电方式，称为一拍。此时电动机转子所转过的空间角度称为步距角 θ_s。

三相反应式步进电动机的通电方式主要有以下三种：

1）三相单三拍通电方式：按 U→V→W→U 顺序通电，若改成 U→W→V→U 顺序通电，则电动机转向相反。

2）三相单、双六拍通电方式：按 U→UV→V→VW→W→WU→U 顺序通电，或按 U→UW→W→WV→V→VU→U 顺序通电。也就是说，先接通 U 相；以后再同时接通 U、V 相；然后断开 U 相，使 V 相单独接通；再同时接通 V、W 相，依此进行。其特点是三相控制绕组需经 6 次切换才能完成一个循环，故称为“六拍”，而且通电时，有时是单个绕组接通，有时又为两个绕组同时接通，因此称为“单、双六拍”。

3）三相双三拍通电方式：按 UV→VW→WU→UV 顺序通电，或按 UW→WV→VU→UW 顺序通电。

（2）反应式步进电动机的步距角

步进电动机的步距角 θ_s 的大小是由转子的齿数 Z_r、控制绕组的相数 m 和通电方式所决定的。它们之间存在以下关系：

$$\theta_s = \frac{360°}{mZ_rC}$$

式中，C 为状态系数，当采用单三拍和双三拍通电方式运行时，$C=1$；而采用单、双六拍通电方式运行时，$C=2$。

若步进电动机通电的脉冲频率为 f（拍/s 或脉冲数/s），则步进电动机的转速 n（r/min）为

$$n = \frac{60f}{mZ_rC}$$

由此可知，相数和转子齿数越多，步距角越小，转速也越低。在同样脉冲频率下，转速越低，其他性能也有所改善，但相数越多，电源越复杂。目前步进电动机一般做到六相，个别的也有做成八相或更多相数。

（3）永磁式步进电动机的步距角

一般来说，永磁式步进电动机步距角的值为

$$\theta_s = \frac{360°}{2mp}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中，m 为相数；p 为转子极对数。

永磁式步进电动机需要电源供给正、负脉冲，否则不能连续运转，这会使电源的线路复杂化。这个问题也可以这样来解决，就是在同一个极上绕两套绕向相反的绕组，这样虽增加了用铜量和电动机的尺寸，但简化了对电源的要求，即电源只要供给正脉冲就可以了。

这种步进电动机的步距角大，起动和运行频率低。但是它消耗的功率比反应式步进电动机小，在断电情况下有定位转矩，有较强的内阻尼力矩。

（4）感应子式步进电动机的步距角

当定子各相绕组按顺序通以正、负电脉冲时，转子每次将转过一个步距角 θ_s，其值为

$$\theta_s = \frac{360°}{2mZ_r}$$

式中，m 为相数；Z_r 为转子齿数。

这种步进电动机也可以做成较小的步距角，因而也有较高的起动和运行频率；消耗的功率也较小；并具有定位转矩，兼有反应式和永磁式步进电动机两者的优点。但是它需要有正、负电脉冲供电，并且制造工艺比较复杂。

永磁感应子式步进电动机中的恒定励磁是由转子上的永久磁铁产生的，永久磁铁性能不太稳定，转动惯量比较大，无论在装配上和制造上都不太方便。如果在定子轴向放置励磁绕组，并通以直流电流励磁来代替永久磁铁，这就成了电磁感应子式步进电动机，其工作原理与永磁感应子式步进电动机完全相同。

6.7.1 BF 系列磁阻式步进电动机技术数据（见表 6-31）

表 6-31 BF 系列磁阻式步进电动机技术数据

项目 / 型号	相数	电压/V	相电流/A	步距角/(°)	最大静转矩/N·m	空载起动频率(步/s)	空载运行频率/(步/s)	电感/mH	电阻/Ω	分配方式	外形尺寸/mm	重量/kg
28BF001	3	27	0.8	3	0.0245	1800		10	2.7	三相六拍	ϕ28×32	<0.1
36BF002-Ⅱ	3	27	0.6	3	0.049	1900			6.7	三相六拍	ϕ36×42	<0.2
36BF003	3	27	1.5	1.5	0.078	3100		15.4	1.6	三相六拍	ϕ36×43	<0.22
45BF003Ⅱ	3	60	2	1.5	0.196	3700	12000	15.8	0.94	三相六拍	ϕ45×82	<0.38
45BF005Ⅱ	3	27	2.5	1.5	0.196	3000		15.8	0.94	三相六拍	ϕ45×58	0.4
55BF001	3	27	2.5	7.5	0.245	850		27.6	1.2	三相六拍	ϕ55×60	0.65
75BF001	3	24	3	1.5	0.392	1750		19	0.62	三相六拍	ϕ75×53	1.1
75BF003	3	30	4	1.5	0.882	1250		35.5	0.82	三相六拍	ϕ75×75	1.58
90BF001	4	80	7	0.9	3.92	2000	8000	17.4	0.3	四相八拍	ϕ90×145	4.5
90BF006	5	24	3	0.36	2.156	2400			0.76	五相十拍	ϕ90×65	2.2
110BF003	3	80	6	0.75	7.84	1500	7000	35.5	0.37	三相六拍	ϕ110×160	6
110BF004	3	30	4	0.75	4.9	500		56.5	0.72	三相六拍	ϕ110×110	5.5
130BF001	5	80/12	10	0.75	9.31	3000	16000		0.162	五相十拍	ϕ130×170	9.2
150BF002	5	80/12	13	0.75	13.72	2800	8000		0.121	五相十拍	ϕ150×155	14
150BF003	5	80/12	13	0.75	15.64	2600	8000		0.127	五相十拍	ϕ150×178	16.5
200BF006	5	24	4	0.16 (10′)	14.7	1300			0.77	五相十拍	ϕ200×93	16

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.7.2 BY 系列永磁式步进电动机技术数据(见表 6-32)

表 6-32 BY 系列永磁式步进电动机技术数据

型 号	相数	电压/V	相电流/A	步距角/(°)	每转步数	每相电阻/Ω	起动频率/Hz	运行频率/Hz	最大静态转矩/N·m	定位转矩/N·m
20BY001	4	6	0.12	18	20	55(1±5%)	300	350~400	0.1×10^{-2}	0.02×10^{-2}
36BY001	4	10	0.175	7.5	—	—	700	—	0.78×10^{-2}	<0.003
42BY001	4	24	0.5	7.5	—	—	600	—	0.034	<0.003
42BY002	4	24	0.17	7.5	—	—	450	—	0.044	<0.003
42BY003	4	24	0.3	7.5	—	—	430	—	0.026	<0.003
55BY001	4	16	0.22	7.5	—	—	300	—	0.78	<0.005
66BY001	4	12	0.14	1.8	—	—	400		0.044	<0.002

6.7.3 BYG 系列永磁感应子式步进电动机技术数据(见表 6-33)

表 6-33 BYG 系列永磁感应子式步进电动机技术数据

型 号	相数	电压/V	相电流/A	步距角/(°)	步距角误差(%)	每转步数	每相电阻/Ω	每相电感/mH	起动频率/(步/s)	运行频率/(步/s)	静态转矩/N·m	定位转矩/N·m
35BYG001	2	12	0.35	1.8/0.9	±3/±6	200/400	9	—	2000	7500	4.9×10^{-2}	—
39BYG001	4	12	0.16	3.6	—	—	75	70	500	—	4.9×10^{-2}	5.8×10^{-3}
39BYG002	4	12	0.16	1.8	—	—	75	65	800	—	5.9×10^{-2}	4.9×10^{-3}
42BYG111	2	12	0.24	0.9	—	—	38	22	800	—	7.8×10^{-2}	2.4×10^{-3}
46BYG001	2	12	0.09	1.8	±3	200	130	—	—	1000	2×10^{-2}	3.4×10^{-3}
50BYG001	5	12	0.1	20′22″	±8	1060	18.5	—	7500	12000	2.8×10^{-2}	0.1×10^{-2}
55BYG002	4	15	0.44	1.8/0.9	±20	200/400	22	90	1000	1000	34.3×10^{-2}单	
55BYG004	4	27	4	1.8/0.9	±20	200/400	1.2	—	1500	3000	53.9×10^{-2}	2×10^{-2}
55BYG005	4	27	1	1.8/0.9	±20	200/400	4.8	—	1500	1600	双	
55BYG006	4	27	1	1.8/0.9	±20	200/400	4.5	—	1500	—	19.6×10^{-2}	—

6.7.4 步进电动机的使用与维护

1)根据需要的脉冲当量和可能的传动比决定步进电动机的步距角。

2)根据负载需要的最大角速度和速度以及传动比,选择运行频率。

3)起动和停止的频率应考虑负载的转动惯量,大转动惯量的负载,起动和停止频率应选低一些。起动时先在低频下起动然后再升到工作频率;停车时先把电动机从工作频率下降到低频再停止。

4)应尽量使工作过程中负载均称,避免由于负载突变而引起动态误差。

5)强迫风冷的步进电动机,工作中冷却装置应正常运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）发现步进电动机有失步现象时，应首先考虑是否超载，电源电压是否在规定范围内，指令安排是否合理。然后再检查驱动电源是否有故障，波形是否正常。在修理过程中，不宜任意更换元件和改用其他规格的元件代用。

6.8 旋转变压器

1. 用途

旋转变压器是自动装置中的一种精密控制微电机。从物理本质来看，旋转变压器可以看成是一种可以转动的变压器。

旋转变压器的一、二次绕组分别放置在定子、转子上，一、二次绕组之间的电磁耦合程度与转子的转角有关。因此，当一次侧外施单相交流电源励磁时，转动它的转子可以改变输入绕组与输出绕组之间的耦合关系，使二次侧的输出电压与转子转角成正弦、余弦或线性关系。在控制系统中它可作为解算元件，主要用于坐标变换、三角运算等；也可用于随动系统中，传输与转角相应的电信号；此外，还可用作移相器和角度-数字转换装置。

2. 种类及特点

旋转变压器有多种分类的方法。如按有无电刷和集电环之间的滑动接触来分，可分为接触式和无接触式两种。在无接触式中又可再分为有限转角和无限转角两种。通常在无特别说明时，均是指接触式旋转变压器。

若按电机的极对数多少来分，又可分为单极对和多极对两种。通常在无特别说明时，均是指单极对旋转变压器。

若按照它的使用要求来分，又可分为用于解算装置的旋转变压器和用于随动系统的旋转变压器。

1）用于解算装置中的旋转变压器，还可分为以下四种基本型式：

①正余弦旋转变压器：当它的一次侧外施单相交流电源励磁时，其二次侧的两个输出电压分别与转子转角呈正弦和余弦函数关系。

②线性旋转变压器：它是在一定的工作转角范围内，其输出电压与转子转角（弧度）呈线性函数的一种旋转变压器。为了获得输出电压与转子转角呈线性函数关系，可以通过对正、余弦旋转变压器的定子、转子绕组采用不同的连接方式来实现。通常这种正、余弦旋转变压器具有一个最佳的电压比。

③比例式旋转变压器：它除了在结构上增加了一个带有调整和锁紧转子位置的装置以外，其他都与正、余弦旋转变压器相同。在系统中作为调整电压的比例元件。

④特殊函数旋转变压器：它是在一定转角范围内，输出电压与转子转角呈某一给定的函数关系（如正割函数、倒数函数、弹道函数、圆函数以及对数函数等）的一种旋转变压器。它的工作原理和结构与正、余弦旋转变压器基本相同。

2）在随动系统中使用的旋转变压器也可分为以下三种型式：

①旋变发送机；

②旋变差动发送机；

③旋变变压器。

以上三种旋转变压器的工作原理与控制式自整角机没有多少区别，只不过是采用四线制。通常使用在要求精度较高的系统中。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 结构

接触式旋转变压器的结构类似于普通绕线转子异步电动机，如图 6-10 所示。为了获得良好的电气对称性，以提高其精度，通常采用两极隐极式结构。

旋转变压器的定子、转子铁心采用高导磁率的铁镍软磁合金片或高硅钢片经冲制、绝缘、叠装而成。在定子铁心内圆周和转子铁心外圆周上都冲有槽。定子、转子槽中分别放置有两个互相垂直的绕组，如图 6-11 所示，其绕组常采用高精度的正弦绕组，其中 D_1-D_2 为定子励磁绕组，D_3-D_4 为定子补偿绕组，这两套绕组的结构是完全相同的。Z_1-Z_2 及 Z_3-Z_4 分别为转子上的余弦输出绕组和正弦输出绕组，同样它们的结构也完全相同。转子绕组由电刷和集电环引出。

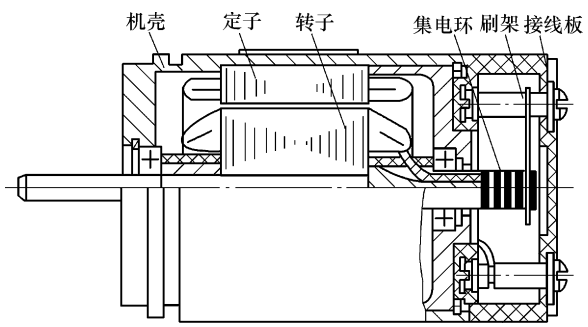


图 6-10　旋转变压器结构图

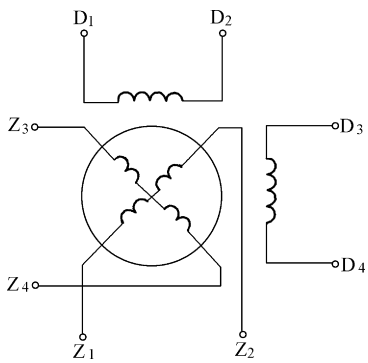


图 6-11　旋转变压器绕组示意图

无接触式旋转变压器，有一种是将转子绕组引出线做成弹性卷带状，这种转子只能在一定的转角范围内转动，称为有限转角的无接触式旋转变压器；另一种是将两套绕组中的一套自行短接，而另一套则通过环形变压器从定子边引出。它和无接触式自整角机的结构相似。这种无接触式旋转变压器的转子转角不受限制，因此称为无限转角的无接触式旋转变压器。

无接触式旋转变压器，由于没有电刷和集电环之间的滑动接触，所以工作时更为可靠。

4. 主要性能指标

正余弦旋转变压器作为解算元件时，其精度由函数误差和零位误差来决定。当作为四线自整角机使用时，其精度则由电气误差来决定。

1）正余弦函数误差 f_e：当正、余弦旋转变压器的励磁绕组外施额定的单相交流电源励磁，且补偿绕组短接时，在不同的转子转角位置，转子上两个输出绕组的感应电动势与理论的正弦（或余弦）函数值之差对最大理论输出电压之比，称为该旋转变压器的正、余弦函数误差。这种误差直接影响作为解算元件的解算精度。

2）零位误差 $\Delta\theta_0$：当正、余弦旋转变压器的励磁绕组外施额定的单相交流电源励磁，且补偿绕组短接时，转动转子使两个输出绕组中任意一个的输出电压为最小值的转子位置称为电气零位。零位误差是实际电气零位与理想电气零位（即转子转角为 0°、90°、180°、270°）之差，以角分来表示。零位误差的大小将直接影响到解算装置和角度传输的精度。

3）电气误差 $\Delta\theta_e$：当正、余弦旋转变压器的励磁绕组外施额定的单相交流电源励磁，且补偿绕组短接时，在不同的转子转角位置，两个输出绕组的输出电压之比所对应的正切或余切的角度，与实际转角之差值称为电气误差，通常以角分来表示。

电气误差包括了函数误差、零位误差、电压比误差及阻抗不对称等因素的综合影响。它直接影响到角度传输系统的精度。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）零位电压 U_0：正、余弦旋转变压器的转子处于电气零位时的输出电压的大小，称为零位电压（又称剩余电压）。旋转变压器的最大零位电压与额定电压之比应不超过规定值。

产生函数误差的主要原因是加工不良和磁性材料不均匀而使磁路不对称，磁铁材料的饱和性能而引起磁路的非线性。产生零位误差的主要原因是磁路不对称，定子、转子不同心，绕组不对称以及匝间短接而使旋转变压器磁路、电路不对称。

6.8.1 XZ、XX、XL 系列旋转变压器技术数据（见表 6-34）

表 6-34 XZ、XX、XL 系列旋转变压器技术数据

型 号	绕组类别	励磁电压/V	频率/Hz	开路输入阻抗/Ω	变压比	相位移/(°)	重量/kg
20XZ006	2S/2R	12	400	2500	1.000	8.5	0.055
20XZ007	2S/2R	12	400	1000	1.000	8.5	
20XZ008	2R/2S	12	400	2000	1.000	1.4	
20XZ009	2R/2S	12	2000	1000	1.000	4	
28XZ011	2S/2R	26	400	4000	1.000	4	0.140
28XZ012	2S/2R	36	400	1000	0.565	4	
28XZ013	2R/2S	10	1000	—	1.000	±1	
28XZ014	2R/2S	26	400	400	0.454	6	
28XZ015	2R/2S	26	400	2000	0.454	6	
36XZ011	2S/2R	60	400	600	0.454	3	0.280
36XZ012	2S/2R	60	400	2000	1.000	3	
36XZ013	2S/2R	60	400	3000	0.565	3	
36XZ014	2S/2R	60	400	4000	1.000	3	
36XZ015	2S/2R	26	400	1000	1.000	3	
36XZ016	2S/2R	12	400	1000	1.000	3	
36XZ017	2S/2R	60	400	1000	0.454	3	
36XZ018	2S/2R	60	400	3000	1.000	3	
36XZ019	2S/2R	60	400	1000	0.565	3	
45XZ010	2S/2R	115	400	1000	0.565	2.5	0.480
45XZ011	2S/2R	115	400	1000	0.565	2.5	
45XZ012	2S/2R	115	400	4000	0.565	3.0	
45XZ013	2S/2R	115	400	600	0.565	3.0	
45XZ014	2S/2R	115	400	2000	0.565	2.5	
45XZ015	2S/2R	36	400	400	1.000	3.5	
45XZ016	2S/2R	26	1000	1500	1.000	1.5	
45XZ017	2S/2R	115	400	1000	1.000	2.5	
45XZ018	2S/2R	115	400	4000	1.000	—	

注：1. 选用 XX 型线性旋转变压器时，选用机座号稍大（36°以上）的较合理。

2. 2S/2R 表示定子两相绕组一次侧、转子两相绕组为二次侧，2R/2S 表示转子两相绕组为一次侧、定子两相绕组为二次侧。

3. 引线方式均采用接线片。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.8.2 XDX 系列单绕组线性旋转变压器技术数据（见表 6-35）

表 6-35 XDX 系列单绕组线性旋转变压器技术数据

型 号	绕组类别	励磁电压/V	频率/Hz	开路输入阻抗/Ω	输出特性斜率/(V/°)	线性误差(%)	工作转角/(°)	引线方式	重量/kg
20XDX003	1R/1S	26	400	1500	0.3	0.5	±50	接线柱	≤0.055
20XDX004	1R/1S	26	400	1500	0.2	0.5	±30		
20XDX005	1R/1S	26	400	1500	0.2	0.5	±15		
28XDX005	1R/1S	26	400	—	0.3	0.3	±15	接线片	≤0.14
28XDX006	1S/1R	26	400	—	0.3	0.3	±65		
28XDX007	1S/1R	26	400	600	0.3	0.3	±60		
28XDX008	1S/1R	26	400	1000	0.3	0.3	±60		
28XDX009	1S/1R	26	400	2000	0.3	0.3	±60		
28XDX010	1R/1S	26	400	600	0.3	0.3	±15		
28XDX011	1R/1S	26	400	600	0.3	0.3	±40		

注：1. 1R/1S 表示转子一相绕组为一次侧（原方）、定子一相绕组为二次侧（副方）；
1S/1R 表示定子一相绕组为一次侧（原方）、转子一相绕组为二次侧（副方）。
2. 选用 XDX 型线性旋转变压器时，宜选稍小机座号（28#以下）的较合理。

6.8.3 XZW 系列无接触式正余弦旋转变压器技术数据（见表 6-36）

表 6-36 XZW 系列无接触式正余弦旋转变压器技术数据

型 号	绕组类型	励磁电压/V	频率/Hz	开路输入阻抗/Ω	变压比	引线方式	零位电压/mV	电气误差/(′)
28XZW003	1R/2S	10	5000	400	0.500	接线片	8	3.8
28XZW004	2S/1R	12	2000	6000	0.500	引出线	10	3.8
28XZW005	2S/1R	12	2000	6000	0.500	引出线	10	3.8
28XZW006	1R/2S	2	2000	800	1.000	接线片	2	3.8
36XZW001	1R/2S	26	400	1300	1.000	接线片	13.26	3.8
45XZW001	1R/2S	36	400	300	0.900	接线片	32	3.8

6.8.4 XXW 系列无接触式线性旋转变压器技术数据（见表 6-37）

表 6-37 XXW 系列无接触式线性旋转变压器技术数据

型 号	绕组类型	励磁电压/V	频率/Hz	开路输入阻抗/Ω	输出特性斜率/(V/°)	线性误差(%)	工作转角/(°)	引线方式
38XXW001	1R/1S	6(方波)	2000	—	0.025	0.5	±45	接线片
36XXW001	1R/1S	15	1000	1700	0.13	0.3,0.5	±15	
36XXW002	1R/1S	15	400	800	0.13	0.3,0.5	±30	
45XXW001	—	36	400	700	0.35	0.5	±60	引出线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.8.5 XJ 系列锯齿波旋转变压器技术数据（见表 6-38）

表 6-38 XJ 系列锯齿波旋转变压器技术数据

技术数据	28XJ001	45XJ001	45XJ002	技术数据	28XJ001	45XJ001	45XJ002
励磁电压/V	12	20	20	频率响应			
测试频率/Hz	400	400	400	下限频率（-3dB）/Hz	50	20	15
空载输入阻抗/Ω	400	500	500	峰值频率/kHz	500	80	80
变压比	0.25	0.97	0.97	定子补偿绕组变压比	—	1	—
定子绕组直流电阻/Ω	26	20	15	定子补偿绕组直流电阻/Ω	—	20	—
转子绕组直流电阻/Ω	26	26	26	相移（参考值）	4°30′	—	1°40′
输入端	定子	定子	定子				

6.8.6 XS、XZB 系列三角波旋转变压器技术数据（见表 6-39）

表 6-39 XS、XZB 系列三角波旋转变压器技术数据

型 号	45XS-01	36XZB01	型 号	45XS-01	36XZB01
电压/V	36	10	线性误差/(′)	±7	—
频率/Hz	400	400	变压比		
开路输入阻抗/Ω	1000	1000	转子/定子	—	1.0
剩余电压/mV	15	15	补偿/定子	—	0.58
零位误差/(′)	—	≤3,8,16	输出阻抗/Ω	≤70	—
电压梯度/(V/°)	0.145	—	补偿形式	—	双补偿
函数误差(%)	—	±0.05, ±0.1, ±0.2	相位移/(°)	≤2	—
线性范围/(°)	$\frac{n\pi}{2}\pm46°$	—	交轴误差/(′)	≤5	—

6.8.7 旋转变压器的选择、使用与维护

1. 选择

旋转变压器在自动控制系统中具有检测和解算功能，是一种高精度的检测解算元件。目前主要用于三角运算、坐标变换、移相器、角度数据传输和角度数据转换等方面，并可进行远距离的数据传输和角位测量。在选择产品时根据系统的使用场合和精度要求确定其主要技术数据，如电压、频率、变比和开路输入阻抗等。

1）应根据系统要求旋转变压器在系统中的不同功用，在正余弦旋转变压器（XZ）、线性旋转变压器（XX）、比例式旋转变压器（XL）、旋变发送机（XF）、旋变差动发送机（XC）和旋变变压器（XB）中选择相应的品种。由于大机座号产品的性能受外界环境变化的影响较小，因此在使用时应尽可能优先选用 28 号以上机座的旋转变压器。

2）选用的旋转变压器的额定电源和频率必须与励磁电源相匹配，否则会导致旋转变压器的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

精度下降，变比和相位移改变，严重时甚至会使旋转变压器损坏。旋转变压器串联使用时，后级的额定输入电压应与前级的最大输出电压相等。

3）旋转变压器串联使用时，前、后级旋转变压器的阻抗应匹配，以保证精度。另外，由于后级旋转变压器的励磁电压变化范围大，故在后级中应尽可能选用以坡莫合金为铁心的旋转变压器。

2. 使用与维护

在使用旋转变压器时主要应注意以下几点：

1）因旋转变压器要在接近空载的状态下工作，其开路输入阻抗应远大于旋转变压器的输出阻抗。两者的比值越大，输出特性的畸变就越小。

2）使用前首先应准确地调整零位，否则误差将加大，精度降低。

3）只接一相励磁绕组时，另一相要短接或接一与励磁电源内阻相等的阻抗。

4）当采用两相绕组同时励磁时，因只能采用二次侧补偿的方法，两相输出绕组的阻抗应尽可能相等。

6.9 直流力矩电动机

1. 用途

力矩电动机是一种机械特性软、线性度好和调速范围宽，具有独特电气性能的电动机。当负载增加时，电动机转速随之下降，而输出转矩增加，保持与负载平衡。由于电动机具有较大的阻抗，堵转电流远较一般电动机小，且最大转矩发生在堵转附近，可稳定运行的范围很广，可以在接近同步转速一直到堵转都能稳定运行。同时，较小的负载变化即能引起电动机的转速相应改变；较小的电压变化即能引起转矩或转速的相应改变，是一种理想的调压无级调速电动机。

2. 种类及特点

按励磁方式分类，直流力矩电动机和直流伺服电动机一样可分为电磁式和永磁式直流力矩电动机。永磁式直流力矩电动机因结构简单、励磁磁通不受电源电压的影响等优点被首选采用。

直流力矩电动机按结构型式分类，有组装式和分装式直流力矩电动机两种。实际多采用分装式结构，因该电动机与负载轴直接耦合，没有传动齿轮和间隙误差，在负载轴上有高的转矩惯量比和耦合刚度。

直流力矩电动机按其电枢结构分类，还可分为有槽电枢和光滑电枢两种。

直流力矩电动机按有无电刷装置分类，又可分为有刷和无刷直流力矩电动机。

直流力矩电动机和低速高灵敏度直流测速发电机组装在一起，组成力矩-测速机组，使结构更紧凑。

直流力矩电动机具有以下特点：

1）折算到负载轴上的转矩/惯量比高；

2）具有较快的响应速度；

3）较高的速度和位置分辨率；

4）特性线性度好；

5）低速时输出力矩大、转矩波动小、运行平稳、可以革除减速齿轮，使得电动机本身可动部件减少，功耗小。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.9.1 LY 系列永磁式直流力矩电动机技术数据（见表6-40）

表 6-40 LY 系列永磁式直流力矩电动机技术数据

型号	峰值堵转转矩/mN·m ≥	峰值堵转电流/A	峰值堵转电压/V（20℃）	峰值堵转功率/W（20℃）	最大空载转速/（r/min）	外形尺寸/mm						重量/kg	
						总长		外径		轴径	内孔	组装	分装
						组装	分装	组装	分装				
36LY51	49.05	2.7	12	32.4	5800	57.5	21	48	36	4	4	—	0.05
36LY52	49.05	1.2	27	32.4	5800	57.5	21	48	36	4	4	—	0.05
36LY53	98.1	3.2	12	38.4	3500	57.5	21	48	36	4	4	—	0.1
36LY54	98.1	1.6	27	43	3500	57.5	21	48	36	4	4	—	0.1
45LY51	63.31	2.9	12	35	4200	62.5	23	58	45	4	6	—	0.08
45LY52	63.31	1.3	27	35	4200	62.5	23	58	45	4	6	—	0.08
45LY53	122.63	3.3	12	40	2700	62.5	23	58	45	4	6	—	0.15
45LY54	122.63	1.6	27	43	2700	62.5	23	58	45	4	6	—	0.15
55LY51	122.63	3.1	12	37	2400	67.5	24	70	55	6	10	—	0.13
55LY52	122.63	1.37	27	37	2400	67.5	24	70	55	6	10	—	0.13
55LY53	245.25	3.8	12	45.4	1500	67.5	24	70	55	6	10	—	0.25
55LY54	245.25	1.68	27	45.4	1500	67.5	24	70	55	6	10	—	0.25
70LY51	313.92	1.79	27	48.3	1400	88	31	85	70	8	16	—	0.3
70LY52	313.92	1.14	48	54.7	1400	88	31	85	70	8	16	—	0.3
70LY53	637.65	2.26	27	61	900	88	31	85	70	8	16	—	0.6
70LY54	637.65	1.26	48	60.5	900	88	31	85	70	8	16	—	0.6
90LY51	686.70	2.3	27	62	750	93	36	105	90	9	25	—	0.55
90LY52	686.70	1.3	48	62	750	93	36	105	90	9	25	—	0.55
90LY53	1373.40	2.7	27	73	450	93	36	105	90	9	25	—	1.0
90LY54	1373.40	1.5	48	73	450	93	36	105	90	9	25	—	1.0
110LY51	1226.30	2.8	27	75.6	600	102	36	130	110	11	40	—	0.75
110LY52	1226.30	1.69	48	81	600	102	36	130	110	11	40	—	0.75
110LY53	2452.50	3.08	27	83	400	102	36	130	110	11	40	—	1.5
110LY54	2452.50	1.93	48	92.6	400	102	36	130	110	11	40	—	1.5
130LY51	1716.8	4.16	27	112	600	113	38	150	130	14	60	—	1
130LY52	1716.8	2.58	48	123	600	113	38	150	130	14	60	—	1
130LY53	1716.8	2.08	60	125	600	113	38	150	130	14	60	—	1
130LY54	3432.45	5.46	27	147	400	113	38	150	130	14	60	—	1.8
130LY55	3432.45	3.13	48	150	400	113	38	150	130	14	60	—	1.8
130LY56	3432.45	2.58	60	154	400	113	38	150	130	14	60	—	1.8
130LY011	1500	2.45	23	—	340	102	—	150	—	14	—	—	—
130LY021	3000	2.8	28	—	230	113	—	150	—	14	—	—	—
130LY02J	3000	2.8	28	—	230	128	—	150	—	14	—	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.9.2 LYX 系列稀土永磁直流力矩电动机技术数据（见表 6-41）

表 6-41 LYX 系列稀土永磁直流力矩电动机技术数据

型 号	峰值堵转				最大空载转速/(r/min)	连续堵转			
	转矩/N·m	电流/A	电压/V	功率/W		转矩/N·m	电流/A	电压/V	功率/W
45LYX01	0.22	7.7	12	92.4	3300	0.064	2.26	3.53	7.8
45LYX02	0.22	3.4	27	91.8	3300	0.064	1.00	7.94	7.94
45LYX03	0.44	9.7	12	116.4	2700	0.13	2.85	3.53	10
45LYX04	0.44	5.6	27	151.2	2700	0.13	1.65	7.94	13.1
55LYX01	0.42	8.9	12	106.8	2000	0.14	2.97	4	11.9
55LYX02	0.42	4.2	27	113.4	2000	0.14	1.4	9	12.6
55LYX03	0.84	11	12	132	1500	0.28	3.7	4	14.8
55LYX04	0.84	5.6	27	151.2	1500	0.28	1.87	9	16.8
70LYX01	1.2	5.8	27	156.6	1100	0.455	2.2	10.2	22.4
70LYX02	1.2	3.1	48	148.8	1100	0.455	1.18	18.2	21.5
70LYX03	1.8	7.2	27	194.4	900	0.68	2.73	10.2	27.8
70LYX04	1.8	4.6	48	220.8	900	0.68	1.74	18.2	31.7
90LYX01	2	6.1	27	164.7	640	0.83	2.54	11.25	28.6
90LYX02	2	3.42	48	164.2	640	0.83	1.43	20	28.6
90LYX03	3	6.8	27	183.6	500	1.25	2.83	11.25	31.8
90LYX04	3	4	48	192	500	1.25	1.67	20	33.4
90LYX05	4	8.6	27	232.2	470	1.67	3.6	11.25	40.5
90LYX06	4	4.4	48	211.2	470	1.67	1.83	20	36.6
110LYX01	3.33	8.8	27	237.6	520	1.39	3.67	11.25	41.3
110LYX02	3.33	4.3	48	206.4	520	1.39	1.79	20	35.8
110LYX03	5	8.8	27	237.6	400	2.1	3.67	11.25	41.3
110LYX04	5	5.5	48	264	400	2.1	2.29	20	45.8
110LYX05	6.66	10.6	27	286.2	350	2.78	4.42	11.25	49.7
110LYX06	6.66	6.25	48	300	350	2.78	2.6	20	52
130LYX01	5.5	10	27	270	420	2.3	4.17	11.25	46.9
130LYX02	5.5	5.85	48	280.8	420	2.3	2.44	20	48.8
130LYX03	8.25	11.3	27	306.1	330	3.44	4.7	11.25	52.9
130LYX04	8.25	6.7	48	321.6	330	3.44	2.8	20	56
130LYX05	11	15	27	405	300	4.58	6.25	11.25	70.3
130LYX06	11	8	48	384	300	4.58	3.33	20	66.6

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.9.3 SYL 系列直流力矩电动机技术数据（见表6-42）

表 6-42 SYL 系列直流力矩电动机技术数据

型号	峰值堵转转矩/mN·m	峰值堵转电流/A	峰值堵转电压/V（≈）	空载转速/(r/min)（≈）	峰值堵转功率/W	外形尺寸/mm						重量/kg	
						总长		外径		轴径	内孔	组装	分装
						组装	分装	组装	分装				
SYL-0.5	49.05-5%	0.65	20	1300	15	70		56		5		0.35	
SYL-1.5	147.15-5%	0.9	20	800	20	80		76		7		0.6	
SYL-2.5	245.25-5%	1.6	20	700	34	80		85		7		0.85	
SYL-5	490.5-5%	1.8	20	500	38	88		85		7		1.1	
SYL-10	981-5%	2.32	23.5	510	54.5		25		130		56		0.72
SYL-15	1471.5-5%	2.45	23	349	56.4		29		130		56		0.97
SYL-20	1962-5%	2.43	24	260	58.4		33		130		56		1.24
SYL-30	2943-5%	2.8	28	230	80		40		130		56		1.73
SYL-50	4905-5%	2.8	30	140	90		42		170		60		2.5
SYL-100	9810-5%	3	36	80	108								5.2
SYL-200	19620-5%	5	30	50	150		52		300		165		8.4
SYL-400	39240-5%	10	30	50	300								17

6.9.4 SYZ 系列直流力矩电动机技术数据（见表6-43）

表 6-43 SYZ 系列直流力矩电动机技术数据

型号	连续堵转转矩/N·m	堵转电压/V	堵转电流/A	空载转速/(r/min)	堵转输入功率/W	转矩波动(%)	转矩灵敏度/(N·m/A)	外形尺寸/mm			重量/kg
								总长	外径	孔径	
SYZ-01	0.1176	15	0.5	600	7.5	10	0.2352	19	72	20	0.5
SYZ-02	0.2744	28	0.6	330	16.8	7	0.4606	24	88	50	0.7
SYZ-03	0.49	24	1	300	24	7	0.49	29	35	12	0.9
SYZ-20A	2.058	24	2.4	220	57.6	7	0.882	25	143	30	1.8

6.9.5 LXJ 系列有限转角直流力矩电动机技术数据（见表6-44）

表 6-44 LXJ 系列有限转角直流力矩电动机技术数据

型号	电压/V	电流/A	连续堵转转矩/mN·m	峰值堵转转矩/mN·m	转子转动范围/(°)	力矩-惯量比/(1/s²)	外形尺寸/mm			备注
							总长	外径	轴径	
25LXJ01	24	0.13	0.3		95		40	25		
45LXJ01	15	0.6	40		±30		71	45	6	双轴伸
55LXJ01	27	1.3	118	176	±25	7500	41	55	8	双轴伸
70LXJ01	24	2	150		±30		85	70		
70LXJ02	28	1.9	120		90		71	70	9	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.9.6 LW 系列无刷直流力矩电动机技术数据（见表 6-45）

表 6-45 LW 系列无刷直流力矩电动机技术数据

型 号	峰值堵转转矩/N·m	峰值堵转电流/A	电压/V	空载转速/(r/min)	转矩波动系数	传感方式	驱动方式	外形尺寸/mm		
								总长	外径	轴径
110LW-01	9.8	10	85	400	0.07	旋变	正弦波	—	110	11
160LW-01	20	3	130	120	0.07	霍尔	方波	311	160	35
160LW-02	10	6	60	270	0.07	霍尔	方波	250	160	36

6.9.7 LC 系列永磁直流力矩-测速机组技术数据（见表 6-46）

表 6-46 LC 系列永磁直流力矩-测速机组技术数据

型 号	永磁直流力矩电动机						测速发电机		外形尺寸/mm		
	峰值堵转转矩/N·m	峰值堵转电流/A	峰值堵转电压/V（20℃）	连续堵转转矩/N·m	连续堵转电流/A	连续堵转电压/V（20℃）	输出斜率/(V/r/min) ≥	纹波系数(%) ≤	总长	外径	轴径
45LC-1	0.12	1.6	27±15%	0.05	0.64	10.8±15%	0.02	5	92	58	4
70LC-1	0.49	2.2	27±15%	0.26	1.2	15±15%	0.08	5	118	80	8
90LC-1	1.37	2.7	27±15%	0.78	1.54	15.4±15%	0.2	4	113	105	9
130LC-1	3.43	3.13	48±15%	1.67	1.52	23.3±15%	0.1	4	143	150	14
160LYC-01	4.9	1.95	约 60±15%	3.43	1.35	约 42±15%	0.2	3	163	180	16
200LC-1	7.85	2.62	48±15%	5.40	1.8	33±15%	0.4	4	175	220	20
250LC-1	12.75	2.8	48±15%	8.34	1.84	31.4±15%	0.5	3	195	280	25

6.9.8 LCX 系列稀土永磁直流力矩-测速机组技术数据（见表 6-47）

表 6-47 LCX 系列稀土永磁直流力矩-测速机组技术数据

型 号	力矩电动机				测速发电机				转动惯量/kg·m²
	峰值转矩/N·m	电流/A	电压/V	电气时间常数/ms	输出斜率/(V/r/min)	最大转速/(r/min)	纹波系数(%)	最小负载电阻/kΩ	
55LCX-1	0.4	4.1	27	1.5	0.025	2000	4	3	1.1×10^{-4}
70LCX-1	1.8	7.2	27	2	0.08	900	4	15	4×10^{-4}
90LCX-1	3	7	27	3	0.2	510	1	30	13×10^{-4}
110LCX-1	5	8.8	27	3	0.2	400	4	30	22×10^{-4}
110LCX-2	10	19	27	3	0.2	350	4	30	30×10^{-4}
130LCX-1	8	8	48	3	0.2	120	1	30	38×10^{-4}
160LCX-1	19.6	5	48	2	0.2	120	1	30	0.015

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.9.9 直流力矩电动机的选择与使用

1. 直流力矩电动机的选用

1）根据系统装置的结构、空间位置大小，选用电动机的结构型式、安装方式。

2）根据系统装置的使用环境条件及特殊要求，选择能适应在此条件下可靠运行的电动机。

3）根据系统装置的技术参数要求，选择能满足此要求的电动机。

在实际使用选型中应着重考虑的是直流力矩电动机的技术参数，因为它对保证系统稳定运行起着重要的影响作用。

2. 使用注意事项

1）峰值转矩是指直流力矩电动机受磁钢去磁条件限制的最大堵转转矩。在短时间内电动机电流允许超过连续堵转电流，但不能超过峰值电流，否则磁钢会去磁，使电动机的转矩下降。一旦磁钢去磁，电动机需要重新充磁后才能正常使用。

2）转子从定子中取出时，定子要用磁短路环保磁，否则会引起磁钢退磁。

3）直流力矩电动机也可以作测速发电机使用，但要选用适当的电刷，以减少由于电刷和换向器接触电阻的变化而引起输出电压的波动。

6.10 交流力矩电动机

1. 用途

交流力矩电动机在低速场合中的应用很多。在使用条件不允许有换向器和电刷的场合，交流力矩电动机的优点更显著。其制造成本比直流力矩电动机低，结构简单、维护方便。该电动机适用于造纸、电线电缆、橡胶、塑料、纺织以及金属材料加工部门作卷绕、开卷堵转和调速等设备的动力，也可以利用其能堵转、反转的特点，而使用于频繁正、反转的装置或其他类似动作的各种机械，如挤压、夹紧、张、拉、螺杆转动等转速、转矩随意变化的场所。

2. 种类及特点

交流力矩电动机是普通交流异步电动机的派生系列，可按下列方法分类。

（1）按相数分类

1）三相力矩电动机：其电源电压为380V，是目前应用最广泛的产品。

2）单相力矩电动机：其电源电压为220V，均为单相电容运转力矩电动机。

（2）按机械特性分类

1）卷绕型力矩电动机：其机械特性较软，在堵转时输出最大转矩。这类力矩电动机是目前应用最多的产品。

2）导辊型力矩电动机：其机械特性在一段转速范围内，转矩的大小变化能保持在一定的容差范围内。

3）放线型力矩电动机：由放线工况要求，该电动机运行在制动状态，即在产品放线过程中所放的线基本上保持张力和线速度不变。

3. 结构

由于力矩电动机运行长期低速运转和堵转，电动机发热相当严重，故电动机采用开启式结构，转子附有轴向通风孔，并装有独立的鼓风机，以带走电动机的热量。小容量的力矩电动机亦有采用密封式结构的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）卷绕型力矩电动机的结构

1）笼型转子力矩电动机：其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，转子导体有两种材料；一种为电阻率较高的黄铜（牌号为 H62），端环为纯（紫）铜，用银铜焊将导条与端环焊接；另一种为电阻率较高的硅铝等，端环也用硅铝，与普通笼型转子一样用铸造方法制成。

2）实心钢转力矩电动机：其定子冲片材料，结构与普通笼型转子异步电动机相同，而转子采用 20 ~ 45 号钢制成实心结构，没有硅钢片和导条。

3）卷绕型力矩电动机的冷却方式：三相交流力矩电动机冷却方式为自扇风冷和强迫风冷两种，视不同规格或使用要求而决定。强迫风冷有离心式或轴流式两种型式。

（2）导辊型力矩电动机的结构

其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，只是在电磁设计时考虑机械特性为导辊特性。

（3）放线型力矩电动机的结构

其定子和转子冲片材料以及结构与普通笼型转子异步电动机相同，只是在电磁设计时，用不对称绕组两相供电，使其得到运行在制动状况时的机械特性为放线特性。

6.10.1 AJ 系列三相交流力矩电动机技术数据（见表 6-48）

表 6-48 AJ 系列三相交流力矩电动机技术数据

型号	额定电压/V	起动电流/A	起动转矩/mN·m	空载转速/(r/min)	外形尺寸/mm			重量/g
					总长	宽	高	
AJ5618-3	380	0.15	294.21	670	191	133	114	3500
AJ5618-5	380	0.20	490.35	670	191	133	114	3500
AJ5618-7	380	0.25	686.47	670	191	133	114	3500
AJ5638-10	380	0.35	980.66	670	191 170	133 133	114 114	4000 4000
AJ5638B-10	220	0.55	980.66	670	191	133	114	4000
AJ5638-10	380	1.5	980.66	1200	191	133	114	
AJ6338-15	380	0.36	1470.99	670	212	148	128	5500
AJ6338-15	380/220	0.36/0.62	1470.99	670	212	148	128	5500
AJ6334B-20	220	1.15	1961.33	1200	228	146	128	4500
AJ7114B-20	220	1.1	1961.33	1200	260	185	126	7000

6.10.2 DJ 系列单相交流力矩电动机技术数据（见表 6-49）

表 6-49 DJ 系列单相交流力矩电动机技术数据

型号	额定电压/V	起动电流/A	起动转矩/mN·m	空载转速/(r/min)	外形尺寸/mm			重量/kg
					长	宽	高	
DJ6314-5	220		490.33	1200				
DJ6334-7	220	1.2	686.46	1200	228	146	126	4.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.10.3 交流力矩电动机的使用与控制

1. 使用注意事项

力矩电动机的力矩产生需要有与之相应的输入电功率。尤其是在低速时效率低、损耗大、发热严重，大功率的力矩电动机则更加明显。选用力矩电动机时应注意以下几点：

1）使力矩电动机的转速尽量在其空载转速的1/2～2/3区域内运行，以保证恒功率或恒转矩的控制。

2）堵转转矩选取要正确，不能过大或过小，以防止将负载（产品）拉断或者出现拖不动现象。

3）确定力矩电动机的力矩时，应考虑机械摩擦力矩的作用。

4）电线、布、丝等在生产线上卷绕时，所需力矩 T =（张力）×（卷绕半径）+（机械摩擦力矩）。因此，力矩电动机的转速与卷绕物的线速度成正比，与卷绕半径成反比。也就是说，随着卷绕半径的变化，电动机的转速和转矩也应随之变化。依靠力矩电动机本身在上述特性中难以做到完全协调，通常使用调压器调节电压来进行补偿或与减速机配合使用。

5）当需要较大力矩时，宜采用绕线型转子力矩电动机，这样一来就在电动机转子电阻上增加了额外损耗。这时，调节外加电阻的大小就可以改变电动机的机械特性。

2. 力矩电动机的控制

力矩电动机使用时，不光是卷绕和导辊，而且会遇到如开卷和产品规格改变等情况，这时可通过改变电动机的端电压来满足不同的张力要求（转矩与电压平方近似地成正比）。

例如，开卷时要求电动机的转向与产品传递方向相反，从而产生一个制动力矩，使开卷的产品始终保持张紧。张力的大小可通过调节电压来控制。

力矩电动机电压的调节方法通常有以下两种：

1）三相平衡调节：额定电压为380V的力矩电动机采用三相调压器来调节其电压。

2）三相不平衡调节：额定电压为380V的力矩电动机，将单相调压器接于一相，其原理接线及机械特性如图6-12所示。

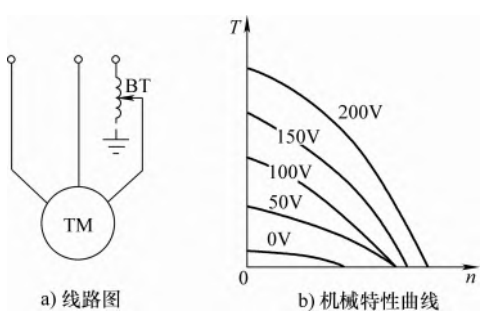


图6-12 力矩电动机三相不平衡调节原理接线及机械特性

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 7 章　常用变压器

7.1　概述

1. 用途

变压器是一种静止的电气设备。它是利用电磁感应作用把一种电压等级的交流电能变换成频率相同的另一种电压等级的交流电能。变压器是电力系统中的重要设备，它在电能检测、控制等诸多方面也得到广泛的应用。另外，变压器还有变换电流、变换阻抗、改变相位和电磁隔离等作用。

由于变压器是利用电磁感应作用工作的，因此它的构成原则是，两个（或两个以上）相互相绝缘的绕组套在一个共同的铁心上，它们之间有磁的耦合，但没有电的直接联系。所以，如同旋转电机一样，变压器也是以磁场为媒介的。

在电力系统中，一方面，向远方传输电能时，因线路的功率损失与电流的平方成正比，为减少线路上的电能损耗，需要通过升高电压、降低电流来传输电能；另一方面，又因用户的用电设备一般不能直接使用高压，又需要降低电压，这就需要能实现电压变换的变压器。

此外，还有以大电流和恒流为特性的某些特殊工艺装备用变压器，如弧焊变压器（又称电焊变压器）、电炉变压器和电解或化工用的整流变压器等。

变压器在电力系统中的应用概况如图 7-1 所示。

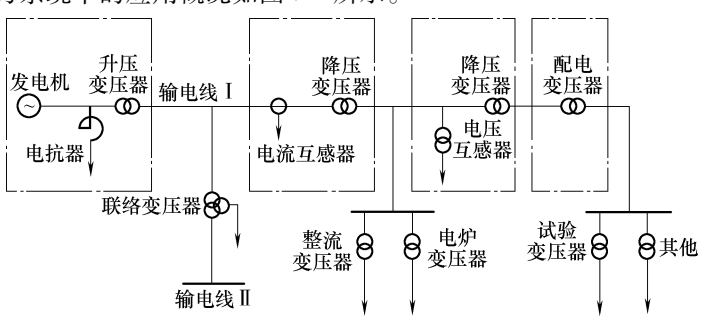


图 7-1　变压器在电力系统中的应用

2. 分类

变压器的品种和规格多种多样，但是原理相同，都是根据电磁感应原理制成的。常用变压器的分类见表 7-1。

表 7-1　常用变压器的分类

分　类	名　称	主 要 用 途
按用途分	电力变压器	用于电力系统中的升压或降压，供输电、配电和厂矿企业用电使用，是一种最普通的常用变压器
	试验变压器	可产生高压电，用于对电气设备进行高压试验

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分　类	名　称	主 要 用 途
按用途分	测量变压器	包括电流互感器和电压互感器，用于测量仪表和继电保护装置
	调压器	可将系统电压波动控制在一定范围内以满足特殊设备的需要
	特种变压器	包括冶炼用的电炉变压器，电解用的整流变压器，焊接用的弧焊变压器等
按绕组结构分	双绕组变压器	用于连接两个电压等级的电力系统，应用最普遍
	三绕组变压器	用于连接三个电压等级的电力系统，多用于区域变电站
	自耦变压器	用于连接超高压、大容量的电力系统，其特点是损耗少、效率高、成本低，便于运输和安装，但调压范围小
按相数分	单相变压器	用于单相负载和三相变压器组
	三相变压器	用于三相系统的升、降电压
按冷却方式分	油浸式变压器	包括油浸自冷、油浸风冷、油浸水冷、强迫油循环、风冷或水冷等
	干式变压器	依靠空气对流进行冷却，一般用于小容量、不能有油的场所

3. 型号含义

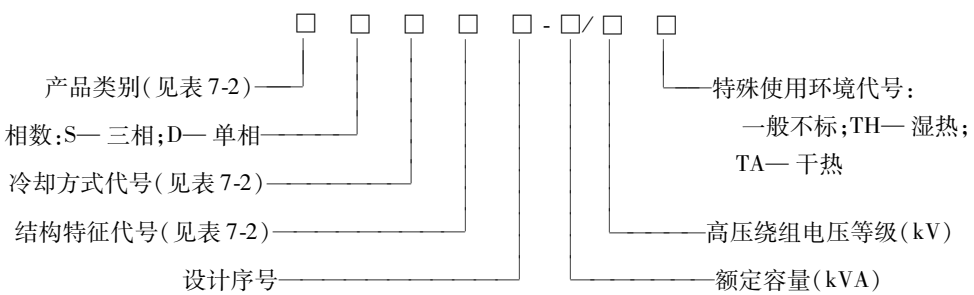


表 7-2　变压器产品代号及含义

内　容	代　号	含　义	内　容	代　号	含　义
产品类别（第一位）	O	自耦变压器(O 在前为降压) (O 在后为升压)	冷却方式（第三位）	G	干式
				（略）	油浸自冷
	（略）	电力变压器		F	油浸风冷
	H	电弧炉变压器		W（S）	水冷
	ZU	电阻炉变压器		FP	强迫油循环风冷
	R	加热炉变压器		WP（SP）	强迫油循环水冷
	Z	整流变压器		P	强迫油循环
	K	矿用变压器	结构特征（第四位）	S	三线圈
	D	低压大电流用变压器		L	铝线
	J	电力机车用变压器 (机床用、局部照明用)		（略）	铜线
	Y	试验用变压器		C	接触调压
	T	调压器		A	感应调压
	TN	电压调整器		Y	移圈式调压
	TX	移相器		Z	有载调压
	BX	焊接变压器		（略）	无激磁调压
	HU	盐浴变压器		K	带电抗器
	G	感应电炉变压器		T	成套变电站用
	BH	封闭电弧炉变压器		Q	加强型

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号示例：

S9-500/10 表示三相自冷油浸式双绕组铜导线电力变压器，其额定容量为 500kVA，高压绕组电压等级为 10kV。

4. 额定值

额定值是制造厂对变压器在指定工作条件下运行时所规定的一些量值。在额定状态下运行时，可以保证变压器长期可靠地工作，并具有优良的性能。额定值亦是变压器厂进行产品设计和试验的依据。额定值通常标在变压器的铭牌上，亦称为铭牌值。

变压器的额定值主要有：

1）额定容量 S_N：指在铭牌上所规定的额定状态下变压器的额定输出视在功率（VA、kVA 或 MVA）。由于变压器效率高，通常把一、二次额定容量设计得相等。

2）额定电压 U_{1N} 和 U_{2N}：一次额定电压 U_{1N} 是指电网施加到变压器一次绕组上的额定电压值。二次额定电压 U_{2N} 是指变压器一次绕组上施加额定电压 U_{1N} 时，二次绕组的空载电压值。对三相变压器的额定电压均指线电压（V 或 kV）。

3）额定电流 I_{1N} 和 I_{2N}：额定电流是指变压器在额定运行情况下允许发热所规定的线电流（A）。根据额定容量和额定电压可以求出一、二次绕组的额定电流。

对单相变压器，一、二次绕组的额定电流为

$$I_{1N}=\frac{S_N}{U_{1N}} \qquad I_{2N}=\frac{S_N}{U_{2N}}$$

对三相变压器，一、二次绕组的额定电流为

$$I_{1N}=\frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} \qquad I_{2N}=\frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}}$$

4）额定频率 f_N：我国规定工频为 50Hz。

5）效率 η：变压器的效率为输出的有功功率与输入的有功功率之比的百分数。

6）温升：指变压器在额定状态下运行时，所考虑部位的温度与外部冷却介质温度之差。

7）阻抗电压：阻抗电压曾称短路电压，指变压器二次绕组短路（稳态），一次绕组流过额定电流时所施加的电压。

8）空载损耗：指当把额定电压施加于变压器的一次绕组上，而其他绕组开路时的损耗（W 或 kW）。

9）负载损耗：指在额定频率及参考温度下，稳态短路时所产生的相当于额定容量下的损耗（W 或 kW）。

10）联结组标号：指用来表示变压器各相绕组的连接方法以及一、二次绕组线电压之间相位关系的一组字母和序数。

例 7-1 一台 Yd 联结（一次侧星形联结，简记为 Y；二次侧三角形联结，简记为 d）的三相变压器，额定容量 $S_N=3150\text{kVA}$，$U_{1N}/U_{2N}=35\text{kV}/6.3\text{kV}$。试求该变压器一、二次侧的额定电流；一、二次侧的额定相电压；一、二次侧的额定相电流。

解：

1）一次侧额定电流：

$$I_{1N}=\frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}}=\frac{3150\times10^3}{\sqrt{3}\times35\times10^3}\text{A}=51.96\text{A}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）二次侧额定电流：

$$I_{2N}=\frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}}=\frac{3150\times10^3}{\sqrt{3}\times6.3\times10^3}\text{A}=288.68\text{A}$$

3）一次侧额定相电压：因为一次侧为星形联结，所以

$$U_{1\phi N}=\frac{U_{1N}}{\sqrt{3}}=\frac{35\times10^3}{\sqrt{3}}\text{V}=20207\text{V}$$

4）二次侧额定相电压：因为二次侧为三角形联结，所以

$$U_{2\phi N}=U_{2N}=6300\text{V}$$

5）一次侧额定相电流：因为一次侧为星形联结，所以

$$I_{1\phi N}=I_{1N}=51.96\text{A}$$

6）二次侧额定相电流：因为二次侧为三角形联结，所以

$$I_{2\phi N}=\frac{I_{2N}}{\sqrt{3}}=\frac{288.68}{\sqrt{3}}\text{A}=166.67\text{A}$$

5. 联结组别

我国现行标准中规定，三相变压器的3个相绕组或组成三相变压器组的三台单相变压器，同一电压的绕组连接为星形、三角形或曲折形时，高压绕组分别用Y、D或Z表示；中、低压绕组分别用y、d、z表示；有中性点引出的星形或曲折形联结用YN（yn）或ZN（zn）表示。自耦连接的低压绕组用a表示。

在表示变压器不同的联结组标号时，我国采用了时钟表示法，即把高压和低压绕组的线电压相量分别作为时钟面上的分针和时针，当分针固定指向12点时，时针所指的小时数即为联结组的标号。新旧电力变压器绕组联结组标号的对照见表7-3。

表7-3　新旧电力变压器绕组联结组标号的对照

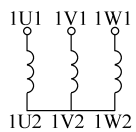
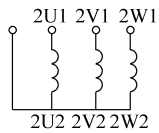
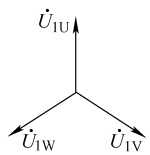
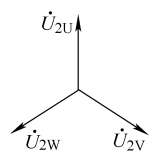
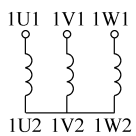
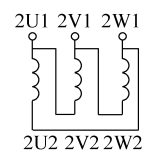
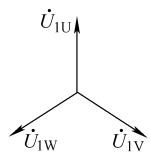
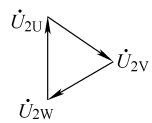
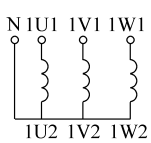
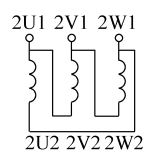
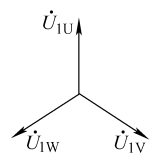
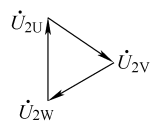
名　　称	旧标准（GB 1094—1979）			新标准（GB 1094.1-5—1996）		
	高压	中压	低压	高压	中压	低压
星形联结	$\curlyvee$	$\curlyvee$	$\curlyvee$	Y	y	y
星形联结并有中性点引出	$\curlyvee_0$	$\curlyvee_0$	$\curlyvee_0$	YN	yn	yn
三角形联结	△	△	△	D	d	d
曲折形联结	Z	Z	Z	Z	z	z
曲折形联结并有中性点引出	Z_0	Z_0	Z_0	ZN	zn	zn
自耦变压器	联结组代号前加0			有公共部分两绕组额定电压较低的用a		
组别数	用1～12，且前加横线			用0～11		
联结符号间	联结符号间用斜线			联结符号间不加逗号		
联结组标号举例	$\curlyvee_0$/△-11			YNd11		

联结组的数目很多，为了制造和并联运行方便，我国国家标准规定只生产Yyn0、Yd11、YNd11、YNy0、Yy0等五种。其中前三种最常用，其接线和相量图见表7-4，其应用范围如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 7-4 双绕组三相变压器常用联结组

绕组连接		相量图		联结组标号
高压	低压	高压	低压	
				Yyn0（即以前的 Y/Y$_0$-12）
				Yd11（即以前的 Y/△-11）
				Yd11（即以前的 Y$_0$/△-11）

1）Yyn0 联结组：主要用于中、小容量的三相配电变压器，可带照明负载和动力负载，其高压侧电压不得超过 35kV，低压侧电压不得超过 400V，变压器容量不应超过 1800kVA，且星形联结的低压绕组中性点必须引出。

2）Yd11 联结组：用于高压为 10 ~ 35kV、低压为 3 ~ 10kV 电压等级的中、小容量变压器或较大容量的发电厂厂用变压器。

3）YNd11 联结组：主要用于高压输电线路中。

7.2 油浸式电力变压器

1. 种类及特点

用于电力系统升、降压等的变压器称为电力变压器。在电力系统中，由于绝缘水平的限制，发电机发出的电压一般只有 10.5kV，为了将发出的电能向远方传输，减少线路上的损耗，需要把电压升高，减小电流，这时就需要升压变压器（见图 7-1），输电距离越远、输送的功率越高，则要求电压升的越高，目前我国输送电压最高达 500kV。但是，把电能输送到用电地区后，为了用户低电压的要求，又需要降压变压器来完成，降低的电压一般为 6kV 以及 380V、220V 等。

变压器是一种重要的电气设备。将发电厂（站）发出的电能从发电厂（站）用高压输送到远处的用电地区，需要用升压变压器；再将高压电降低为低压电分配到各工矿企业、家庭等用户，则需要用降压变压器。因此，在电力系统中，变压器对电能的经济传输、灵活分配和安全使

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用，具有重要的意义。

电力变压器小至电杆上数千伏安，巨至大型电站数十万千伏安的变压器，大小差别悬殊。习惯上又把降压后直接接负载的变压器称为配电变压器。

输配电系统示意图如图 7-2 所示。

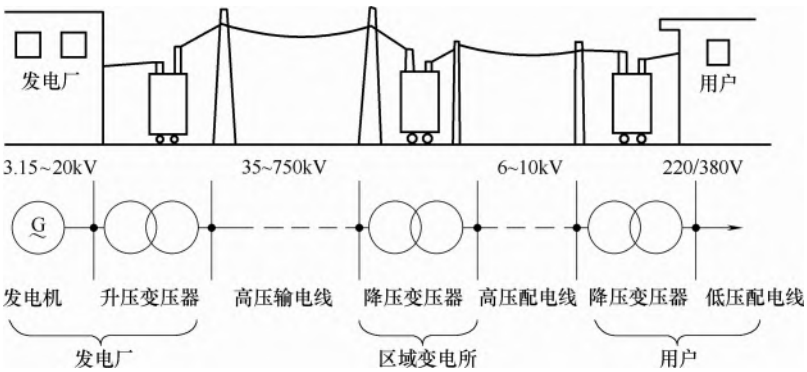


图 7-2　输配电系统示意图

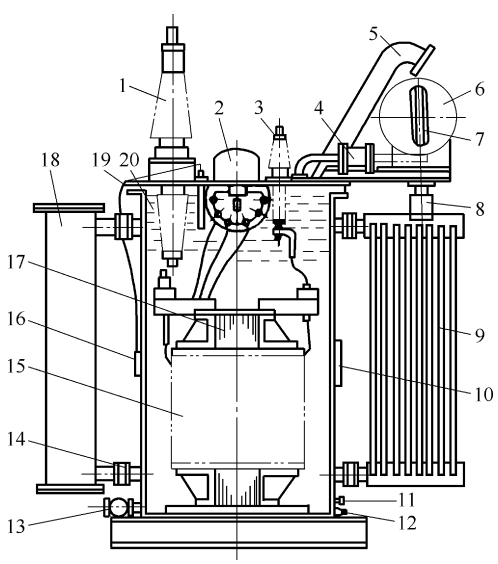


图 7-3　油浸式电力变压器的结构图

1—高压套管　2—分接开关　3—低压套管　4—气体继电器　5—安全气道（防爆管或释压阀）　6—储油柜　7—油位计　8—吸湿器　9—散热器　10—铭牌　11—接地螺栓　12—油样活门　13—放油阀门　14—活门　15—绕组　16—信号式温度计　17—铁心　18—净油器　19—油箱　20—变压器油

2. 基本结构

目前，油浸式电力变压器的产量最大，应用面最广。油浸式电力变压器的结构如图 7-3 所示。其主要由下列部分组成。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

变压器
- 器身
  - 铁心
  - 绕组
  - 引线和绝缘
- 油箱
  - 油箱本体（箱盖、箱壁和箱底或上、下节油箱）
  - 油箱附件（放油阀门、活门、小车、油样活门、接地螺栓、铭牌等）
- 调压装置—无励磁分接开关或有载分接开关
- 冷却装置—散热器或冷却器
- 保护装置—储油柜、油位计、安全气道、释放阀、吸湿器、测温元件、净油器、气体继电器等
- 出线装置—高、中、低压套管，电缆出线等

7.2.1 10kV 级 S9 系列电力变压器技术数据（见表 7-5）

该变压器供交流 50Hz 输配电系统中作分配电能、变换电压用。

表 7-5 10kV 级 S9 系列电力变压器技术数据

型号	额定容量/kVA	额定电压/kV		连接组标号	阻抗电压(%)	空载电流(%)	损耗/kW		重量/kg	外形尺寸/mm			轨距/mm
		高压	低压				空载	负载		长	宽	高	
S9-30/10	30	6、6.3、10、10.5、11 调压 ±5%	0.4	Yyn0 或 DYn11 Yyn11	4	2.1	0.13	0.60	0.34	990	650	1140	400
S9-50/10	50					2.0	0.17	0.87	0.46	1070	690	1190	
S9-63/10	63					1.9	0.20	1.04	0.51	1090	710	1210	550
S9-80/10	80					1.8	0.24	1.25	0.60	1210	700	1370	
S9-100/10	100					1.6	0.29	1.50	0.65	1220	800	1400	
S9-125/10	125					1.5	0.34	1.80	0.79	1310	850	1430	
S9-160/10	160					1.4	0.40	2.20	0.93	1340	870	1460	
S9-200/10	200					1.3	0.48	2.60	1.05	1380	980	1490	
S9-250/10	250					1.2	0.56	3.05	1.25	1410	1000	1540	660
S9-315/10	315					1.1	0.67	3.65	1.43	1460	1010	1580	
S9-400/10	400					1.0	0.80	4.30	1.65	1500	1230	1630	
S9-500/10	500				4.5	1.0	0.96	5.10	1.90	1570	1250	1670	
S9-630/10	630					0.9	1.20	6.20	2.83	1850	1530	1980	820
S9-800/10	800					0.8	1.40	7.50	3.22	2200	1550	2320	
S9-1000/10	1000					0.7	1.70	10.30	3.95	2280	1560	2480	
S9-1250/10	1250					0.6	1.95	12.00	4.65	2310	1910	2630	
S9-1600/10	1600					0.6	2.40	14.50	5.21	2350	1950	2700	

7.2.2 10kV 级 SZ9 系列有载调压电力变压器技术数据（见表 7-6）

在输配电系统中，当电网电压波动时，该变压器可在带负载的情况下，自动稳定输出电压。适用于交流 50Hz 的三相电路中。

表 7-6 10kV 级 SZ9 系列有载调压电力变压器技术数据

型号	额定容量/kVA	额定电压/kV		连接组标号	阻抗电压(%)	空载电流(%)	损耗/kW		重量/kg	外形尺寸/mm		
		高压	低压				空载	负载		长	宽	高
SZ9-250/10	250	6、6.3、10、10.5、11 ±5%	0.4	Yyn0	4	1.5	0.61	3.09	1.37	1410	1100	1560
SZ9-315/10	315					1.4	0.73	3.60	1.56	1460	1120	1600

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定容量/kVA	额定电压/kV		连接组标号	阻抗电压(%)	空载电流(%)	损耗/kW		重量/kg	外形尺寸/mm		
		高压	低压				空载	负载		长	宽	高
SZ9-400/10	400	6、6.3、10、10.5、11 ±5%	0.4	Yyn0	4	1.3	0.37	4.40	1.78	1500	1340	1650
SZ9-500/10	500					1.2	1.04	5.25	2.03	1570	1360	1690
SZ9-630/10	630				4.5	1.1	1.27	6.30	2.96	1880	1640	2000
SZ9-800/10	800					1.0	1.51	7.56	3.36	2200	1550	2420
SZ9-1000/10	1000					0.9	1.78	10.50	4.09	2280	1560	2580
SZ9-1250/10	1250					0.8	2.08	12.00	4.80	2310	1910	2730
S-1600/10	1600					0.7	2.54	14.70	5.35	2350	1950	2840
SZ9-5000/10	5000	10 ±4 ×2.5%	3.15 6.3	Yd11	5.5	0.7	6.15	31.40	10.43	2840	2350	3030
SZ9-6300/10	6300					0.7	7.21	35.10	12.32	3020	2420	3190

7.2.3　S9-M 系列全密封波纹油箱配电变压器技术数据（见表7-7）

表7-7　S9-M 系列全密封波纹油箱配电变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/kW	负载损耗/kW	空载电流(%)	阻抗电压(%)	重量/kg	轨矩/mm	外型尺寸（长×宽×高）/mm
	高压/kV	分接范围(%)	低压/kW								
30	6、6.3、10、10.5、11	±5	0.4	Yyn0 Dyn11	0.13	0.60	2.1	4	370	400	1040×660×1030
50					0.17	0.87	2.0		430	400	1090×675×1080
63					0.20	1.04	1.9		450	400	1115×680×1090
80					0.24	1.25	1.8		540	400	1145×690×1100
100					0.29	1.50	1.6		550	400	1195×720×1110
125					0.34	1.80	1.5		640	550	1240×730×1135
160					0.40	2.20	1.4		765	550	1300×735×1155
200					0.48	2.60	1.3		980	550	1302×740×1235
250					0.56	3.05	1.2		1058	550	1358×783×1201
315					0.67	3.65	1.1		1334	660	1462×822×1320
400					0.80	4.30	1.0		1570	660	1505×850×1390
500					0.96	5.10	1.0		1685	660	1521×851×1391
630					1.20	6.20	0.9	4.5	2040	660	1608×878×1510
800					1.40	7.50	0.8		2680	820	1750×970×1590
1000					1.70	10.3	0.7		2985	820	1820×1015×1635
1250					1.95	12.0	0.6		3450	820	1880×1140×1770
1600					2.40	14.5	0.6		3860	820	1970×1160×1820

7.2.4　S9B 系列箔式线圈低损耗电力变压器技术数据（见表7-8）

表7-8　S9B 系列箔式线圈低损耗电力变压器技术数据

额定容量/kVA	额定电压/kV		联结组标号	阻抗电压(%)	空载电流(%)	损耗/W		重量/kg		外形尺寸（长×宽×高）/mm	轨距/mm
	高　压	低　压				空载	负载	油	总		
315	6	0.4	Yyn0	4	1.1	670	3650	225	1310	1460×880×1540	550
315①	6.3			4	1.1	670	3650	230	1320	1330×1040×1540	550
400	10			4	1.0	800	4300	250	1520	1420×1050×1610	660

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

额定容量/kVA	额定电压/kV		联结组标号	阻抗电压（%）	空载电流（%）	损耗/W		重量/kg		外形尺寸（长×宽×高）/mm	轨距/mm
	高　压	低　压				空载	负载	油	总		
500				4	1.0	960	5100	290	1780	2180×1070×1650	660
630				4.5	0.9	1200	6200	375	2145	1600×1100×1705	660
630①	6			4.5	0.9	1200	6200	370	2130	1600×1154×1705	660
800	6.3	0.4	Yyn0	4.5	0.8	1400	7500	390	2380	1870×1120×1960	660
1000	10			4.5	0.7	1700	10300	450	2750	2290×1420×2000	820
1250				4.5	0.6	1750	12000	520	3340	2570×1450×2070	820
1600				4.5	0.6	2400	14500				

① 为带片式散热器产品。

7.2.5 10kV 级 S11 系列配电变压器技术数据（见表 7-9）

表 7-9 10kV 级 S11 系列配电变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
30					100	630/600	2.3	
50					130	910/870	2.0	
63					150	1090/1040	1.9	
80					180	1310/1250	1.9	
100					200	1580/1500	1.8	
125					240	1890/1800	1.7	4.0
160					280	2310/2200	1.6	
200					340	2730/2600	1.5	
250	10	±5	0.4	Yyn0 Dyn11	400	3200/3050	1.4	
315					480	3830/3650	1.4	
400					570	4520/4300	1.3	
500					680	5410/5150	1.2	
630					810	6200	1.1	
800					980	7500	1.0	
1000					1150	10300	1.0	4.5
1250					1360	12000	0.9	
1600					1640	14500	0.8	

注：表中斜线左方的负载损耗值适用于 Dyn11 或 Yzn11 联结组；斜线右方的负载损耗值适用于 Yyn0 联结组。

7.2.6 SZ11-T 系列有载调容配电变压器技术数据（见表 7-10）

表 7-10 SZ11-T 系列有载调容配电变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
160(50)	10、10.5、11	±4×2.5 ±3×2.5 ±2×2.5	0.4	Dyn11（Yyn0）	280(130)	2600(1030)	1.6(0.8)	4.0(4.0)
200(63)					340(150)	3060(1230)	1.5(0.7)	
250(80)					400(180)	3600(1480)	1.4(0.7)	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

额定容量/kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
315(100)	10、10.5、11	±4×2.5 ±3×2.5 ±2×2.5	0.4	Dyn11（Yyn0）	480(1200)	4320(1770)	1.4(0.7)	4.0(4.0)
400(125)					570(240)	5220(2130)	1.3(0.6)	
500(160)					680(280)	6210(2600)	1.2(0.6)	
630(200)					810(340)	7650(3060)	1.1(0.5)	4.5(4.0)

注：括号内数据为小容量方式的技术数据。

7.2.7　S11-M·R系列卷铁心配电变压器技术数据（见表7-11）

表7-11　S11-M·R系列卷铁心配电变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	短路阻抗（%）	空载电流（%）	损耗/W		重量/kg		
	高压/kV	分接范围（%）	低压/kV				空载	负载	器身	油	总质量
30	10	±5	0.4	Yyn0	4.0	0.8	100	600	165	86	358
50						0.75	130	870	240	112	477
63						0.75	150	1040	285	126	550
80						0.7	180	1250	320	137	602
100						0.65	200	1500	384	159	665
125						0.65	240	1800	426	170	780
160						0.6	280	2200	505	193	900
200						0.5	340	2600	582	217	1020
250						0.5	400	3050	690	251	1175
315						0.45	480	3650	805	270	1335
400						0.45	570	4300	970	309	1570
500						0.4	680	5100	1115	334	1775
630					4.5	0.4	810	6200	1260	452	2195
800						0.35	980	7500	1480	512	2530
1000						0.35	1150	10300	1590	573	2805
1250						0.3	1360	12800	—	—	—
1600						0.3	1640	14500	—	—	—

注：1. 铁心采用30ZH120冷轧晶粒取向硅钢片、三相平面式卷铁心。

2. 全密封结构、波纹油箱。

3. 空载电流小，噪声小。

7.2.8　D11系列单相油浸式电力变压器技术数据（见表7-12）

表7-12　D11系列单相油浸式电力变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	阻抗电压（%）
	高压/kV	高压分接范围	低压/kV					
5	6、6.3、10、10.5、11	±5%或±2×2.5%	2×(0.22~0.24)或0.22~0.24	Ii0 Ii6	35	145	4.0	3.5
10					55	260	3.5	
16					65	365	3.2	
20					80	430	3.0	
30					100	625	2.8	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	阻抗电压（%）
	高压/kV	高压分接范围	低压/kV					
40	6、6.3、10、10.5、11	±5%或±2×2.5%	2×(0.22～0.24)或0.22～0.24	Ii0 Ii6	125	775	2.5	3.5
50					150	950	2.3	
63					180	1135	2.1	
80					200	1400	2.0	
100					240	1650	1.9	
125					285	1950	1.8	
160					365	2365	1.7	

7.2.9 电力变压器的选择与使用

1. 选择

电力变压器的容量选择很重要，如果容量选小了，会使变压器经常过载运行，甚至会烧毁变压器；如果容量选大了，会使变压器得不到充分利用，不仅会增加设备投资，还会使功率因数变低，增大线路和变压器本身耗损，效率降低。因此，变压器的容量一般按下式选择：

$$\text{变压器容量}=\frac{\text{用电设备总容量}\times\text{同时率}}{\text{用电设备功率因数}\times\text{用电设备效率}}$$

式中，同时率为同一时间投入运行的设备实际容量与用电设备总容量的比值，一般为0.7左右；用电设备功率因数一般为0.8～0.9；用电设备效率一般为0.85～0.9。

选择变压器容量时还应注意：一般用电设备的起动电流与额定电流不同，如三相异步电动机的起动电流为额定电流的4～7倍。因此，选择变压器时应考虑到这种电流的冲击。一般直接起动的电动机中最大的一台电动机的容量，不宜超过变压器容量的30%。

2. 变压器注油时的注意事项

1）绝缘油必须按规定试验合格后，方可注入变压器中。

2）不同牌号的绝缘油或同牌号的新油与旧油不宜混合使用，如必须混合时，应进行混油试验。

3）绝缘油取样应在晴天、无风沙时进行，温度应在0℃以上。取样用的玻璃杯应洗刷干净，取样前用烘箱烘干。

4）混油试验取样应标明实际比例。油样应取自箱底或桶底。取样时，先开启放油阀，冲去阀口脏物，再将取样瓶冲洗两次，然后取样封好瓶口（如运往外地检验，瓶口应蜡封）。

5）绝缘油检验后，如绝缘强度（耐压）不合格，应进行过滤。

6）为防止注油时在变压器心部凝结水分，要求注入绝缘油的温度在10℃左右，心部的温度与油温之差不宜超过5℃，并应尽量使心部温度高于油温。

7）注油应从油箱下部油阀进油，加补充油时应通过储油柜（油枕）注入。对导向强迫油循环的变压器，注油应按制造厂的规定执行。

8）胶囊式储油柜注油应按制造厂规定进行，一般采取油从变压器油箱逐渐注入，慢慢将胶囊内空气排出，然后放油使储油柜内油面下降至规定油位。如果油位计也带小胶囊结构时，应先向油表内注油，然后进行储油柜的排气和注油。

9）冷却装置安装完毕后即应注油，以免由于阀门渗漏造成变压器绝缘部分露出油面。

10）油注到规定油位，应从油箱、套管、散热器、防爆筒、气体继电器等处多次排气，直到

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

排尽为止。

11）注油完毕，在施加电压前，变压器应进行静置，静置时间规定为，110kV 及以下的变压器静置 12h。静置完毕后，应从变压器的套管、升高座、冷却装置、气体继电器及压力释放装置等有关部位进行多次放气。

3. 特殊巡视检查

当变压器过载或供电系统发生短路事故，以及遇到特殊的天气时，应对变压器及其附属设备进行特殊巡视检查。

1）在变压器过载运行的情况下，应密切监视负载、油温、油位等的变化情况；注意观察接头有无过热、示温蜡片有无熔化现象。应保证冷却系统运行正常，变压器室通风良好。

2）当供电系统发生短路故障时，应立即检查变压器及油断路器等有关设备，检查有无焦臭味、冒烟、喷油、烧损、爆裂和变形等现象，检查各接头有无异常。

3）在大风天气时，应检查变压器引线和周围线路有无摆动过近引起闪弧现象，以及有无杂物搭挂。

4）在雷雨或大雾天气时，应检查套管和绝缘子有无放电闪络现象，变压器有无异常声响，以及避雷器的放电记录器的动作情况。

5）在下雪天气时，应根据积雪融化情况检查接头发热部位，并及时处理积雪和冰凌。

6）在气温异常时，应检查变压器油温和是否有过载现象。

7）在气体继电器发生报警信号后，应仔细检查变压器的外部情况。

8）在发生地震后，应检查变压器及各部分构架基础是否出现沉陷、断裂、变形等情况；有无威胁安全运行的其他不良因素。

4. 重大故障的紧急处理

当发现变压器有下列情况之一时，应停止变压器运行。

1）变压器内部响声过大、不均匀、有爆裂声等。

2）在正常冷却条件下，变压器油温过高并不断上升。

3）储油柜或安全气道喷油。

4）严重漏油，致使油面降到油位计的下限，并继续下降。

5）油色变化过甚或油内有杂质等。

6）套管有严重裂纹和放电现象。

7）变压器起火（不必先报告，立即停止运行）。

7.3　干式电力变压器

1. 特点

所谓干式电力变压器，是指这类变压器的铁心和绕组等构成的器身，都不浸在绝缘液体介质（变压器油）中，而是和空气直接接触（如干式自冷型），或和密封的固体绝缘接触（如环氧浇注型）。

干式电力变压器分为普通结构型和环氧浇注型两大类。干式电力变压器具有下列特征：

1）无油、无污染、难燃、阻燃及自熄防火，没有火灾和爆炸危险。

2）绝缘等级高，进一步提高了变压器的过载能力和使用寿命。

3）损耗低、效率高。

4）噪声小，通常可控制在 50dB 以下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）局部放电量小、可靠性高、可保证长期安全运行。

6）抗裂、抗温度变化，机械强度高，抗突发短路能力强。

7）防潮性能好，停运后不需干燥处理即可投入运行。

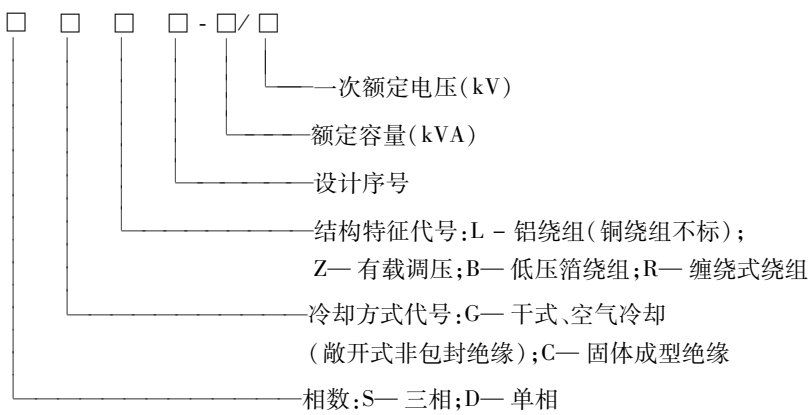
8）体积小、重量轻。不需单独的变电室，减少了土建造价。

9）安装便捷，无需调试，几乎不需维护；无需更换和检查油料，运行维护成本低。

10）配备有完善的温度保护控制系统，为变压器安全运行提供了可靠保障。

干式变压器的铁心和绕组一般为外露结构，不采用液体绝缘，不存在液体泄漏和污染环境问题；干式变压器结构简单，维护和检修较油浸变压器要方便许多；同时干式变压器都采用阻燃性绝缘材料，基于这些优点，被广泛应用在对安全运行要求较高的场合。许多国家和地区都规定，在高层建筑的地下变电站、地铁、矿井、电厂、人流密集的大型商业和社会活动中心等重要场所必须选用干式电力变压器供电。

2. 型号含义



型号示例：

SCZ（B）10-100/10 表示三相环氧树脂绝缘、有载调压、低压为箔式绕组，设计序号为 10 的干式变压器，其额定容量为 100kVA；一次侧额定电压为 10kV。

3. 分类

（1）按绕组结构分类

1）分散式绕组干式变压器：它的一个或几个绕组用固体绝缘封装。

2）开启式绕组干式变压器：它的全部绕组都不用固体绝缘封装。

（2）按外壳结构分类

1）密封干式变压器：它是放在密封保护外壳中，外壳中充有空气或其他气体，壳内气体不能与外界大气交换。

2）全封闭式干式变压器：它是放在保护外壳中，外壳中充有空气。外壳结构使壳内周围空气不能以循环方式来冷却铁心和绕组，但壳内空气可向大气呼吸。

3）封闭干式变压器：它是在保护外壳中充以空气的干式变压器，外壳结构使周围空气以循环方式来冷却铁心和绕组。

4）非封闭式干式变压器：它是一种没有外壳保护的干式变压器，它的铁心和绕组由外界空气冷却。

即干式变压器外形结构又可分为有箱式（封闭式）和无箱式（非封闭式）两种，箱体有铁板结构和铝合金结构两种。

（3）按损耗水平代号分类

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

干式变压器的损耗水平一般通过编码的代号来分，代号通常分为8、9、10型。损耗水平代号的数值越大，损耗的数值越小，产品的性能也越好。

（4）按绝缘等级分类

按绝缘等级可分为B级、F级、H级、C级等，国外有些国家在H级和C级之间还设有一个N级。

（5）按绝缘介质和制造工艺分类

干式变压器按绝缘介质和制造工艺可分为浸渍式、环氧树脂型浇注式、环氧树脂绕包式（又称缠绕式树脂包封）等。

在干式变压器中，空气自冷又分为非封闭式（开启式）和封闭式两种。环氧树脂浇注又可分为带填料的厚绝缘浇注和用玻璃纤维加强的薄绝缘浇注两种，即树脂加填料浇注和树脂浇注两种。

（6）按填料的材料分类

环氧树脂浇注变压器的主导产品可分为以下三类：

1）以石英粉为填料的真空浇注型产品：因石英粉为填料的环氧树脂产品的机械强度有所降低，所以用石英粉为填料浇注外包封厚度通常为6～12mm，通称厚绝缘，散热能力较差。由于树脂加石英粉后，减少了树脂用量，可使干式变压器的生产成本相对降低。

2）以短玻璃丝毡为填料的真空浇注型产品：以短玻璃丝毡为填料浇注的绕组，其玻璃丝毡填料是在绕组绕制过程中预先放置在绕组的层间、段间和内外包封层内的，浇注时只需注入纯环氧树脂。局部放电量很小，保证了电气强度。高压绕组分为段层式结构，低压绕组采用箔式结构。

3）以长玻璃丝纱束为填料的数控缠绕成型产品：用长玻璃丝纱束作为填料绕组时，使用数控缠线机。在缠制时通过玻璃丝纱束把环氧树脂带入层间和匝间进行充分浸透，每绕一层电磁线后，平行和交叉地缠绕有环氧树脂玻璃丝纱束，大大提高了机械强度，故适用于大容量的变压器。

（7）按调压方式分类

干式变压器按调压方式可分为无励磁调压（如SG系列、SCL系列和DG系列）和有载调压（如SGZ系列）两类。

（8）按相数分类

干式变压器按相数可分为三相和单相两种。

三相干式变压器的种类按型号可分为SC系列和SG系列，即包封线圈和非包封线圈两大类。包封线圈又分为纯树脂浇注式、带填料树脂浇注式和缠绕式；非包封线圈又分为普通浸渍式和包封浸渍式。

7.3.1　20kV级SC（B）9系列三相绝缘树脂干式配电变压器技术数据（见表7-13）

表7-13　20kV级SC（B）9系列三相绝缘树脂干式配电变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			连接组标号	空载损耗/W	负载损耗/W			空载电流（%）	短路阻抗（%）	声级 L_{PA}/dB
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV			75℃	120℃	145℃			
160	18、20、22	±5、±2×2.5	0.4	Yyn0、Dyn11	680	2180	2500	2670	1.4	6	50
200					780	2570	2950	3150	1.2		50
250					900	2820	3240	3470	1.2		50

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

额定容量/kVA	电压组合			连接组标号	空载损耗/W	负载损耗/W			空载电流（%）	短路阻抗（%）	声级 L_{PA}/dB
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV			75℃	120℃	145℃			
315	18、20、22	±5、±2×2.5	0.4	Yyn0、Dyn11	1140	3490	4000	4280	1.0	6	50
400					1300	4270	4900	5240	1.0		52
500					1550	5230	6000	6420	1.0		52
630					1760	6200	7100	7600	0.7		52
800					2070	7330	8400	9000	0.7		54
1000					2340	8550	9800	10500	0.7		54
1250					2740	10300	11800	12600	0.6		54
1600					3170	12400	14300	15300	0.6		54
2000					3900	15000	17200	18400	0.5		56
2500					4700	17900	20500	22000	0.5		56

7.3.2 干式电力变压器的使用与维护

1. 干式变压器的启动

1）安装工程结束并经验收后，干式变压器已带电连续试运行24h。

2）干式变压器分接开关符合运行要求。若为无励磁分接开关，在调好运行分接位置后，测量该分接位置绕组的直流电阻，并符合有关规定。

3）接地部分接触紧密，牢固可靠，设备中及带电部分无遗留杂物，具备通电条件。

4）所有保护装置已全部投入，进行空载合闸5次，第一次带电时间不少于10min，且无异常。

5）变压器并列运行时，应该核对相位。

6）在带电情况下将有载分接开关操作一个循环，逐级控制正常，电压调节范围与铭牌相符。

7）温控开关整定符合要求，温控与温显所指示的温度一致。

8）冷却装置自启动及运转正常。

9）干式电力变压器在高湿度下投运时，绕组外表无凝露。

10）投运干式电力变压器操作时，在中性点有效接地系统中的中性点必须先接地，投入后，可按系统需要决定中性点是否断开。

2. 干式变压器运行中的巡视检查

1）检查绝缘子、绕组的底部和端部有无积尘。

2）观察绕组绝缘表面有无龟裂、爬电和碳化痕迹。

3）注意紧固部件有无松动、发热，声音是否正常。

4）干式变压器采用自然空气冷却（AN）时，可连续输出100%容量。

5）干式变压器配置风冷系统，采用强迫空气冷却（AF）方式时，输出容量可提高40%左右。

6）干式变压器超载运行中应密切注意变化，切忌因温升过高而损坏绝缘，无法恢复运行。

7）干式电力变压器在低负载下运行、温升较低时，风机可不投入运行。

值班人员发现干式电力变压器运行中有不正常现象时，设法尽快消除，并报告上级和做好记录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.4　非晶合金电力变压器

1. 特点

传统电力变压器一般均采用各种类型的硅钢片制作铁心。非晶合金铁心电力变压器是一种采用非晶合金材料制作铁心的电力变压器，简称非晶合金变压器。

考虑到非晶合金的特点，传统的铁心结构必须加以改变，以便使非晶合金变压器既能获得良好的性能，又能方便地制造。非晶变压器有如下三种生产制造方法：

1）在铁心上缠绕绕组：非晶合金出厂时，制成卷带形状。把非晶合金带卷绕成铁心后，加工压成矩形，用专用的绕线机绕制绕组。但绕组的导线截面积大，铁心重量重，对工装设备和工艺操作都有较严格的要求，所以较大的变压器难以采用这种方法。

2）采用叠片式铁心结构：把非晶合金卷材剪切成所需的长度，再加以粘结成电力铁心片后叠装成铁心。这种工艺过程复杂，因为非晶合金材料薄、脆而硬。要达到没有毛刺，对剪切的设备和刀具要求很高，而且相互粘结工艺要求高、工时多。

3）非晶合金铁心套装绕组：把卷绕成型的铁心在一端剪切出接缝，各片的接缝均错开，压制成矩形，打开接缝，套入绕组，组成为铁心和绕组的整体部件。这种生产方式的铁心和绕组都是矩形，效果较好。

2. 型号含义

1）油浸式非晶合金电力变压器的型号含义：

□ □ H □ M - □/□

- □：一次额定电压(kV)
- □：额定容量(kVA)
- M：密封式
- □：损耗水平代号(数字)
- H：铁心材质为非晶合金
- □：结构特征代号：B— 低压为箔式线圈；绕线式线圈不标注
- □：相数：S— 三相；D— 单相

2）干式非晶合金铁心电力变压器的型号含义：

□ □ □ H □ - □/□

- □：一次额定电压(kV)
- □：额定容量(kVA)
- □：损耗水平代号(数字)
- H：铁心材质为非晶合金
- □：结构特征代号：B— 低压为箔式线圈；绕线式线圈不标注
- □：冷却方式代号：C— 成型固体浇注；G— 敞开式空气绝缘
- □：相数：S— 三相；D— 单相

型号示例：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）SBH16M-630/10 表示三相、低压为箔式绕组、非晶合金铁心、损耗水平为 16 型、容量为 630kVA、10kV 级油浸式电力变压器。

2）SCBH15M-1600/10 表示三相、成型固体（浇注式）、低压为箔式绕组、非晶合金铁心、损耗水平为 15 型、容量为 1600kVA、10kV 级干式电力变压器。

7.4.1 单相油浸式非晶合金电力变压器技术数据（见表 7-14）

表 7-14 5～160kVA 单相油浸式非晶合金电力变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
5	6、6.3、6.6、10、10.5、11	±5、±2×2.5	2×（0.22～0.24）或 0.22～0.24	Ii0、Ii6	15	130	2.4	3.5
10					18	235	2.2	
16					22	330	2.0	
20					25	385	1.8	
30					30	560	1.6	
40					35	700	1.4	
50					40	855	1.2	
63					50	1020	1.0	
80					60	1260	0.9	
100					70	1485	0.8	
125					85	1755	0.7	
160					100	2130	0.7	

注：1. 其他容量的产品性能参数由制造厂与用户协商确定。

2. 低压为 2×（0.22～0.24）kV 组合的变压器，当低压为 0.22～0.24kV 时，容量减半（并联使用时除外）。

7.4.2 三相油浸式非晶合金电力变压器技术数据（见表 7-15）

表 7-15 30～2500kVA 三相油浸式非晶合金电力变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
30	6、6.3、6.6、10、10.5、11	±5、±2×2.5	0.4	Dyn11	33	600	1.7	4.0
50					43	870	1.3	
63					50	1040	1.2	
80					60	1250	1.1	
100					75	1500	1.0	
125					85	1800	0.9	
160					100	2200	0.7	
200					120	2600	0.7	
250					140	3050	0.7	
315					170	3650	0.5	
400					200	4300	0.5	
500					240	5150	0.5	
630					320	6200	0.3	4.5
800					380	7500	0.3	
1000					450	10300	0.3	
1250					530	12000	0.2	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W	空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV					
1600	6、6.3、6.6、10、10.5、11	±5、±2×2.5	0.4	Dyn11	630	14500	0.2	4.5
2000					750	17400	0.2	5
2500					900	20200	0.2	
2000					750	19140	0.2	
2500					900	22220	0.2	

注：当铁心为三相三柱时，根据需要也可采用 Yyn0 联结组。

7.4.3　三相干式非晶合金电力变压器技术数据（见表7-16）

表7-16　30～2500kVA 三相干式非晶合金电力变压器技术数据

额定容量/kVA	电压组合			联结组标号	空载损耗/W	负载损耗/W			空载电流（%）	短路阻抗（%）
	高压/kV	高压分接范围（%）	低压/kV			100℃（B级）	120℃（F级）	145℃（H级）		
30	6、6.3、6.6、10、10.5、11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	70	670	710	760	1.6	4.0
50					90	940	1000	1070	1.4	
80					120	1290	1380	1480	1.3	
100					130	1480	1570	1690	1.2	
125					150	1740	1850	1980	1.1	
160					170	2000	2130	2280	1.1	
200					200	2370	2530	2710	1.0	
250					230	2590	2760	2960	1.0	
315					280	3270	3470	3730	0.9	
400					310	3750	3990	4280	0.8	
500					360	4590	4880	5230	0.8	
630					420	5530	5880	6290	0.7	
630					410	5610	5960	6400	0.7	6.0
800					480	6550	6960	7460	0.7	
1000					550	7650	8130	8760	0.6	
1250					650	9100	9690	10370	0.6	
1600					760	11050	11730	12580	0.6	
2000					1000	13600	14450	15560	0.5	
2500					1200	16150	17170	18450	0.5	
1600					760	12280	12960	13900	0.6	8.0
2000					1000	15020	15960	17110	0.5	
2500					1200	17760	18890	20290	0.5	

注：表中所列的负载损耗为括号内参考温度下的值。

7.4.4　SH11 系列非晶合金电力变压器技术数据（见表7-17）

表7-17　SH11 系列非晶合金电力变压器技术数据

型　　号	损耗/kW		短路阻抗（%）	空载电流（%）	器身重/kg	油重/kg	总重/kg	外形尺寸（长×宽×高）/mm
	空载	负载						
SH11-100/10	0.08	1.50	4	0.9	480	155	755	1240×585×955
SH11-125/10	0.09	1.80		0.8	560	170	860	1300×655×1005

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	损耗/kW		短路阻抗（%）	空载电流（%）	器身重/kg	油重/kg	总重/kg	外形尺寸（长×宽×高）/mm
	空载	负载						
SH11-160/10	0.13	2.20	4	0.7	635	210	995	1315×690×1075
SH11-200/10	0.14	2.60		0.6	750	260	1150	1405×740×1095
SH11-250/10	0.16	3.05		0.6	855	280	1335	1500×805×1125
SH11-315/10	0.19	3.65		0.5	1020	300	1550	1615×875×1165
SH11-400/10	0.23	4.30		0.5	1285	415	2010	1720×940×1200
SH11-500/10	0.27	5.10		0.4	1565	485	2350	1845×1015×1235
SH11-630/10	0.32	6.20	4.5	0.4	1865	560	2825	1955×1105×1275
SH11-800/10	0.39	7.50		0.4	2070	610	3100	2065×1185×1295
SH11-1000/10	0.45	10.30		0.3	2370	705	2815	2155×1260×1335
SH11-1250/10	0.55	12.80		0.3	2455	790	3250	2240×1330×1350
SH11-1600/10	0.66	14.50		0.3	2830	915	3700	2305×1450×1455

7.4.5　非晶合金电力变压器的使用与维护

1. 非晶合金变压器投入运行前的检测

为保障非晶合金铁心电力变压器的安全运行，变压器投运前必须进行现场检测，其主要内容如下：

1）储油柜（如果有）上的油位计是否完好，油位是否清晰，油位线是否在与实际环境温度相符。

2）变压器的套管、油位计、排油阀以及盖板等处密封是否良好，是否存在渗油现象。

3）变压器的外壳和低压侧中性点等接地是否牢固可靠，接地电阻是否符合有关规定。

4）变压器的绝缘电阻和直流电阻是否符合 GB50150—2006《电器装置安装工程电气设备交接试验标准》的相关规定，并将各挡直流电阻的测量结果与出厂数据比较，应无明显变化（换算至同温度下）。

5）防爆管（安全气道）的防爆膜是否完好，如果变压器有呼吸器，还应检查呼吸器的吸潮剂是否合格有效。

6）变压器一、二次出线套管及其与导线的连接是否良好，并检查高低压各相的相色是否正确。

7）外施工频耐压试验，耐受电压按例行试验值的 85% 持续 1min。

8）测试空载电流及空载损耗，验收变压器三相绕组是否击穿、短路现象。空载损耗与标准值比不大于 5%。

若以上检查全部合格，则先将变压器空载带电试运行，并在电源侧做好完善的保护措施，仔细聆听变压器的电磁声有无异常，并测量二次电压是否平衡，如果三相电压平衡，则说明变压器的电压比正常，不存在匝间短路情况，变压器可以带负载运行。已安装非晶合金铁心电力变压器停运半年以上再次投运时，应测量绝缘电阻，并做油耐压试验。

2. 非晶合金变压器的运行

1）变压器经上述试验和可靠接地并确认无问题时，接入三相电源，在额定电压下空载合闸

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3次（中间隔5min）后可接负载运行。

2）环境要求为最高气温+40℃，最高日平均气温+30℃，最高年平均气温+20℃，最低气温-30℃，海拔不超过1000m。

3）安装地点不得有导电尘埃与破坏金属及绝缘的腐蚀性气体。

4）安装地点应该是没有爆炸危险的场所（如果不符，负载等标准相应进行变动）。

5）用电负载一般控制在变压器额定容量的30%～70%范围使变压器处于经济运行状态。

6）通过调节变压器无励磁分接开关来改变低压侧出口电压，保证末端用户的电压偏移在允许范围内。

7）要确保变压器在无励磁状态下进行分接头换接，并要切换3～5次，最后将需要的位置对准，以消除油膜和氧化膜对接触电阻的影响。进行电阻测量与上一次检修或出厂值无明显变化（换算到同一温度下）方可投运。当需要器身检查时，应测其分接开关的接触电阻。

3. 非晶合金变压器的维护

非晶合金变压器不同制造方法获得不同结构的铁心，其牢固程度即抗短路、抗振动的影响是不同的。以叠铁心结构最牢固，其次是不断轭卷铁心，最不牢固的是断轭卷铁心结构。因此对断轭卷铁心结构的变压器验收和运行特别要注意。对空载损耗是否会变动，抗短路能力是否好等更应留意关心。

对非晶合金变压器型号有SH11～SH16型（如是干式也有SCH10～SCH15型等），数字越小、损耗越大，说明此种变压器生产较早或工艺不成熟、材质不太好，但修理时性能可能不容易变化。相反，数字越大，说明此种变压器生产工艺要求高，材质较好，生产时间较迟，一般大厂生产才能达的到，但此种变压器一般性能容易变化，如遇振动、修理性能变化较大，特别是对一些新生产此产品的厂家。

由此可见，对不同结构和不同型号的非晶变压器运行管理时必须先心中有数，最好能先到制造厂获得有关信息，有利于管理经验的积累。

7.5　箱式变电站

1. 箱式变电站的用途与特点

成套变电站是组合变电站、箱式变电站和移动变电站（预装式变电站）的统称，习惯上均简称为箱式变电站。箱式变电站是变换电压与分配电能的成套变电设备，适用于高层建筑、机场、宾馆、医院、矿山、居民住宅小区等室内、室外供电，在额定电压10kV及以下变配电系统作为变配电、动力及照明用。

箱式变电站简称箱式变或箱变。箱式变电站是在工厂按用电线路要求，集高压开关设备、电力变压器和低压配电屏三位一体的户内外型配电设备。它具有体积小、重量轻、组装灵活、适应性强、运输安装方便、外形美观和造价低等特点，而且技术性能好、运行安全可靠、使用寿命长、施工快、维护工作量小，具有明显的经济效益。

新型箱式变电站其外壳采用不锈钢全封闭结构，高压配电装置选用RM6型环网供电单元；电力变压器选用全封闭低损耗油浸变压器；低压配电装置选用GGD型交流低压配电柜的结构和元器件，可装置低压电能计量装置和无功自动补偿装置等配套组件。

箱式变电站由于其独特的适应性能，被广泛用于城镇配电系统和住宅小区、商场、大厦等终端变电站，也可作为临时性用电的户内、外变电站。

箱式变电站的进出线方式可为架空线进出、电缆进出、架空线进电缆出、电缆进架空线出四

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

种。

2. 布置方式

箱式变电站由高压开关设备、变压器及低压配电装置三个部分组成，总体布置有组合式和一体式。所谓组合式是这三个部分各为一室而组成“目”字形或“品”字形布置，而一体式即组合式变压器，是以变压器为主体，熔断器及负荷开关等装在变压器箱体内，构成一体式布置。箱式变电站组合式布置的“目”字形与“品”字形相比，接线方便，但“品”字形结构较为紧凑，当变压器室排布多台变压器时，按“品”字形布置较为有利。

3. 型号含义

成套变电站：

□ □ □ - □/ □

代号：ZB— 组合式变电站；XB— 箱式变电站；YB— 移动变电站（预装式变电站）

- 高压侧额定电压（kV）
- 额定容量（kVA）
- 设计代号（数字）
- N— 户内；W— 户外（可以不标）；M— 目字形布置；P— 品字形布置

7.5.1 ZB（W）、ZBN 系列组合变电站技术数据（见表 7-18）

表 7-18 ZB（W）、ZBN 系列组合变电站技术数据

型 号	变压器容量/kVA	高压配电装置电压/kV	低压配电装置电压/V	外形尺寸/mm		
				长	宽	高
ZB（W）-100/10	100	10	380/220	3000	2200	2500
ZB（W）-125/10	125					
ZB（W）-160/10	160					
ZB（W）-200/10	200					
ZB（W）-250/10	250			3500	2200	2500
ZB（W）-315/10	315					
ZB（W）-400/10	400					
ZB（W）-500/10	500			5500	2500	2600
ZB（W）-630/10	630					
ZB（W）-800/10	800					
ZB（W）-1000/10	1000					
ZBN1-100/3，6，10	100	3、6、10	400/230	2200	1300	2300
ZBN1-125/3，6，10	125					
ZBN1-160/3，6，10	160					
ZBN1-200/3，6，10	200					
ZBN1-250/3，6，10	250					
ZBN1-315/3，6，10	315			2400	1700	2300
ZBN1-400/3，6，10	400					
ZBN1-500/3，6，10	500					
ZBN1-630/3，6，10	630					
ZBN1-800/3，6，10	800			260	1800	2500
ZBN1-1000/3，6，10	1000					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.5.2　XB系列箱式变电站技术数据（见表7-19）

表7-19　XB系列箱式变电站技术数据

型　　号	变压器容量/kVA	高压配电装置电压/kV	低压配电装置电压/V	外形尺寸/mm		
				长	宽	高
XB-30/10	30	10	380/230	3000	2200	2320
XB-50/10	50					
XB-80/10	80					
XB-100/10	100					
XB-160/10	160			3340	2200	2320
XB-200/10	200					
XB-250/10	250					
XB-315/10	315					
XB-400/10	400					
XB-500/10	500			3600	2400	2550
XB-630/10	630					
XB-800/10	800					
XB-1000/10	1000					
XB-1250/10	1250					

7.5.3　YB系列移动变电站技术数据（见表7-20）

表7-20　YB系列移动变电站技术数据

型　　号	变压器容量/kVA	高压配电装置电压/kV	低压配电装置电压/V	外形尺寸/mm		
				长	宽	高
YB-100/6，10	100	6、10	380/230	7000	3200	2800
YB-160/6，10	160					
YB-200/6，10	200					
YB-250/6，10	250					
YB-315/6，10	315					
YB-400/6，10	400					
YB-500/6，10	500					
YB-630/6，10	630					

7.5.4　箱式变电站的使用与维护

1. 运行前的检查

1）检查箱式变电站内所有设备的外观是否完整。

2）检查所有紧固件、连接件是否松动，并重新紧固。

3）检查箱式变电站上是否有异物存在。

4）检查各接地点是否正确接地。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）检查高压断路器、高压隔离开关、接地开关等，操作应灵活可靠，指示准确。高压断路器储能操动机构手动、电动皆能正常工作。

6）检查断路器、隔离开关、接地开关、柜门之间的防误闭锁功能是否完备，即

①接地开关在合位时，隔离开关、断路器应不能合闸；

②断路器、隔离开关在合位时，接地开关应不能合闸接地；

③断路器在合位时，隔离开关不能分合闸；

④断路器、隔离开关在合位时，内层柜门不能打开；

⑤内层柜门打开时，隔离开关、断路器不能合闸（即防止隔离开关带负载分、合）。

7）采用短接和断开电触点温度计上触点方式，检查换气扇的起动和停止是否正常。

2. 箱式变压器的运行

箱式变压器投入运行的方法步骤如下：

1）把无励磁分接开关调到相应的位置上。

2）将高压室、变压器室内的柜门关好，然后按送电程序操作。

3）合上外部高压进线电源，高压室内带电指示装置氖灯发光。

4）合上高压隔离开关，合上高压断路器，观察电压表，操动机构上分合闸指示标牌在合位，监听变压器空载声音是否正常。

5）合上低压进线隔离开关，按合闸按钮，电动合上低压进线断路器，红色指示灯亮，操动机构上分合闸指示标牌在合位。

6）分别合上低压出线低压断路器，观察对应的电流表、红色指示灯（负载侧要有人监视，若有故障，立即分断断路器）。

7）将电容装置打到自动状态，观察电容器投、切变化，要求 $\cos\varphi$ 始终跟踪在 0.95 以上。

8）投入运行后，所带负载应由小到大逐渐增大，并检查内部有无异响。

3. 箱式变电站的维护

箱式变电站是一种无人值班、监护的集受、变、馈电为一体的成套电器装置，一般应每年进行一次检查，环境恶劣、污染严重的应每 3 ~ 6 个月进行一次检查。高低压开关按规定检修，每两年进行预防性试验一次，投运半年内出现故障的可能性较大，在此半年内应加强巡视。

箱式变电站检查维护内容如下：

1）检查开关柜内的元器件是否正常工作。

2）检查是否渗漏油，变压器油是否正常，定期抽取油样化验。

3）清除所有灰尘（注意带电），防止雨水及尘土进入高低压室内。

4）检查所有操作部件是否正常工作。

5）检查所有仪表是否正常工作。

6）检查熔断丝、避雷器是否正常。

7）检查紧固件、连接件是否松动、导电零件及其他零件有无发热、生锈、腐蚀的痕迹、绝缘表面有无爬电痕迹和碳化等。

8）箱体为金属结构，虽经防腐处理，如巡视中发现锈蚀部分，应及时涂补。

9）检查转动部分及门锁是否灵活，并加润滑油。

10）检查箱内照明是否损坏，保持照明良好。

11）箱体通风孔是否堵塞，自动排风扇是否正常工作，否则应及时停运检修。

12）查看箱体内温升情况。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.6　整流变压器

1. 用途与分类

整流变压器是整流设备中重要的组成部分之一，它和各种整流装置组成整流电路系统。为实现把交流电变为直流电，整流变压器首先将交流电网的电压变成一定大小及相位的电压，再经整流装置（整流器）进行整流，输出给直流电气设备。整流变压器的作用有以下两点：

1）将电网的高电压降低到相当于直流电压的数值。

2）将电源的相数转变为整流需要的相数（三相、六相或十二相）。

工业用直流电源大部分是由交流电经整流而得到的。整流变压器可用于电化、牵引、传动、直流输电、电镀、励磁、充电、串级调速及静电除尘等各行各业。

整流变压器常用的分类方法有以下几种：

1）按相数可分为单相、三相及多相（如六相、十二相等）。为使输出的直流电更平直，整流变压器的二次侧通常为多相。

2）按冷却方式可分为干式和油浸式两种。

3）按用途可分为电力拖动用整流变压器、牵引整流变压器、电解电镀用整流变压器、充电用整流变压器及同步电动机励磁系统整流装置用整流变压器等。

4）按调压方式可分为不调压、无励磁调压及有载调压三种整流变压器。

各种不同整流变压器的用途和特点见表7-21。

表7-21　整流变压器的用途和特点

序号	用　途		特　点
1	电解用（用于电解法制取铝等金属）		低电压、大电流，阀侧直流电流可达100kV，直流电压不超过1000V，单台容量可达数万千伏安。电解负载连续而恒定，为保持电解槽电流恒定，调压频繁，必须有载调压。调压范围较大，铝电解约为10%～105%
2	牵引用	用于矿山、城市电动机车的直流电网供电	基本结构型式与电力变压器的相同，采用无励磁调压，调压范围±5%。负载变化幅度大，经常有不同程度的短期过载。阀侧接架空线，短路故障机会较多。因此，较大容量的变压器的阻抗要求大些
		用于电气化铁道的干线电力机车	变压器为单相，用于单相整流电路，网侧电压为单相输电线的线电压。大幅度有载调压，调压频繁。变压器外形尺寸要适于装在电力机车上。二次绕组有两个以上，分别供给电动机的电枢，励磁和其他用途
3	传动用（用于电力传动中的直流电动机供电）		阀侧有时要求有两个线圈，分别供给正反向传动或正相传动，反相制动。用晶闸管调压
4	直流输电用		电压高、容量大，对地绝缘交直流高压叠加，需特别考虑
5	电镀用，电加工用		电压低、电流大，阀侧直流电压自数伏至数十伏，电流至数万安。一般为晶闸管调压
6	励磁用（同步电动机励磁）		要求短期过载。晶闸管调压
7	充电用（蓄电池充电）		小容量做成单相，此时在反电动势作用下，因导通角减小，线圈电流有效值加大。有单独的调压器调压
8	串级调速用（绕线式感应电动机的串级调速）		经常在逆变方式下运行，无其他特殊要求
9	静电除尘用		电压高、电流小，变压器的结构型式与高压试验变压器相仿

注：表中除序号8用于逆变，序号4用于整流和逆变，序号2中干线电力机车及序号3在制动时用于逆变外，其余都用于整流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 特点

整流变压器的一次侧接交流电网，称为网侧；二次侧接整流器，称为阀侧。

不论是干式还是油浸式整流变压器，其基本结构与普通电力变压器相同。如油浸式整流变压器有与油浸式电力变压器类似的油箱、储油柜等附件，有铁心、绕组、引线、夹件构成的器身等。但整流变压器另有其特殊结构特点，整流变压器不同于电力变压器之处在于：

1）整流变压器的电流波形不是正弦波。由于整流器各臂在同一周期内轮流导通，流经整流臂的电流波形为断续的近似矩形波，所以整流变压器各相绕组中的电流波形也不是正弦波。

2）整流电路输出的直流电压不是纯的直流，其波形在某种程度上是脉振的，带有交流成分。显然相数越多，直流电压的脉动就越小。一般实际应用的整流线路相数最多不超过 12 相，为了减小直流电压的脉动，在整流电路中串联着滤波电抗器及并联电容器，这样可以使整流后的电压接近纯的直流。

3）在三相整流电路中，二次绕组的利用系数 K_2，三相半波的 $K_2=0.67$；而六相半波的 $K_2=0.55$，都不高，变压器利用系数的高低与其连接方式直接有关，根据整流装置的要求，整流变压器的二次侧有多种的联结组，但为了提高变压器的利用系数，应尽量采用三相桥式和双反星形带平衡电抗器的整流电路。

4）所有的整流变压器实际上都用漏抗存在，在整流过程中，当某一阳极整流完毕后而换另一个阳极整流时，阳极电流的变化不会突变，而是一个阳极电流慢慢减弱，另一个阳极电流慢慢增强，因而产生了两个阳极同时整流即所谓重叠现象。有重叠现象存在时，一、二次电流以及整流后的直流电压等的数值都要引起变化。

5）整流变压器绕组网侧和阀侧的联结方式，对于三相整流变压器，通常网侧只有星形联结和三角形联结。而阀侧为了输出不同相数的电压，联结法有简单和复杂式两大类，每类又有多种联结方式。如双反星形、双反三角形、双重曲折形等。

6）整流变压器的阻抗比通常电力变压器的大。整流变压器往往二次电流大、电压较低。因此当整流器件击穿时，变压器绕组中就会流过很大的电流，产生比普通变压器大得多的电动力。为了有效地限制短路电流，变压器的阻抗要设计的大些，其绕组和铁心等结构的机械强度也要相应增强，所以其外形较矮胖。

7）整流变压器漏抗压降大，输出外特性较软，所以它有特殊的绕组联结组及补偿装置。

8）整流变压器的绝缘强度及绝缘厚度比同电压等级、同容量的电力变压器大。

7.6.1 ZH 系列电解电化学用整流变压器技术数据（见表 7-22）

表 7-22 ZH 系列电解电化学用整流变压器技术数据

型　　号	一次电压/kV	二次电压/kV	变压器联结组	配套整流柜系列	直流容量/kVA	备　　注
ZHZ-16000/35 ZHZ-20000/35	35			ZHS、ZES		
ZHK-100/0.5 ZHK-200/0.5	0.5	二次电压按用户要求	Yy_Ty、Dy_Ty	KES、KGS、KHS、KDS、KGHS、GHS		
ZHK-250/10	10、0.5					
ZHK-400/10 ZHK-500/10 ZHK-800/10	10、6					
ZHK-1000/10						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	一次电压/kV	二次电压/kV	变压器联结组	配套整流柜系列	直流容量/kVA	备　　注
ZHK-1250/10 ZHK-1600/10 ZHK-2000/10	10、6	二次电压按用户要求	Yy_Ty、Dy_Ty	KES、KGS、KHS、KDS、KGHS、GHS		
ZHZK-1000/10 ZHZK-2000/10 ZHZK-3000/10 ZHZK-4000/10 ZHZK-5000/10		二次电压按用户要求，有载电压最大27级，另带饱和电抗器	Yy_Ty、Dy_Ty 或 $Yy_Ty\times2$、$Dy_Ty\times2$	KGS、KHS、KDS、KGHS、GHS、KES（有载系列）		
ZHZK-7500/35 ZHZK-10000/35 ZHZKB-7500/35 ZHZKB-12500/35 ZHZKB-16000/35	35、10					
ZHSSPZ-4000/10 ZHSSPZ-5500/10	10、6	按用户要求，最大调压范围60%～105%	Yyy 或Dyy			单机6脉同相逆并联
ZHSSPZ-7500/35 ZHSSPZ-12500/35 ZHSSPZ-16000/35	35					
ZHSZ-1000/10 ZHSZ-2000/10 ZHSZ-2500/10 ZHSZ-3150/10	10、6					
ZHS-100/10 ZHS-200/10	10、6、0.5	二次电压按用户要求	Yd11、Ydy、Ydd	GHS、ZHS、ZES		
ZHS-400/10 ZHS-500/10 ZHS-800/10 ZHS-1000/10 ZHS-1250/10	10、6					
ZHS-1600/35 ZHS-2000/35	35、10、6					
ZHS-3000/35 ZHS-4000/35	35、10					
ZHZ-1000/10 ZHZ-1500/10 ZHZ-2250/10 ZHZ-3200/10	10、6	二次电压按用户要求，最大有载电压54级	Yd11、DYdd	GHS、ZHS、ZES（有载系列）		
ZHZ-4000/35	35、10、6					
ZHZ-5000/35 ZHZ-7500/35 ZHZ-12500/35	35					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	一次电压/kV	二次电压/kV	变压器联结组	配套整流柜系列	直流容量/kVA	备　　注
ZHZ-2250/10	10、6	有载 15 级 19 级 27 级	Dd0、Yd11、Ydd、Ydy、Dd		560	
ZHZ-3200/10					1000	
ZHZ-3500/10					1250	
ZHZ-4000/10	35、10				1500	
ZHZ-5500/10					2000	
ZHZ-6300/10					2500	
ZHZ-7500/10					3000	
ZHZ-12000/10					5000	
ZHZ-15000/10	35				6300	

7.6.2　ZSG 系列干式整流变压器技术数据（见表 7-23）

表 7-23　ZSG 系列干式整流变压器技术数据

型　　号	额定电压/V		联结组标号	重量/kg	外形尺寸（长×宽×高）/mm
	网　　侧	阀　　侧			
ZSG-10/0.38	380	173	Yy0	105	570×240×450
ZSG-15/0.38	380	173	Yy0	130	580×270×460
ZSG-20/0.38	380	130	Yy0	175	670×300×500
ZSG-25/0.38	380	160	Dy11	200	685×260×500
ZSG-30/0.38	380	189	Dy11	210	660×260×500
ZSG-40/0.38	380	129	Dy11	230	700×280×510
ZSG-50/0.38	380	40	Dy11	325	720×300×570
ZSG-68/0.38	380	210	Dy11	415	850×330×640
ZSG-70/0.38	380	100	Dy11	420	1050×400×650
ZSG-100/0.38	380	230	Dy11	540	915×360×740
ZSG-160/0.38	380	230	Dy11	940	1080×390×880
ZSG-200/0.38	380	250	Dy11	1150	1080×400×1020
ZSG-250/0.38	380	230	Dy11	1300	1160×420×1010
ZSG-315/0.5	380	270	Dy11	1480	1230×800×1240
ZSG-400/0.5	380	127	Dy11	1600	1310×820×1280
ZSG-500/0.5	380	189	Dy11	2080	1420×900×1320

7.6.3　ZC 系列充电用整流变压器技术数据（见表 7-24）

表 7-24　ZC 系列充电用整流变压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA	额定电压/V		联结组标号	阻抗电压（%）	空载电流（%）	空载损耗/W	负载损耗/W	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
		一次侧	二次侧							
ZCSG-100/0.4	86.5	380	305	Yd11	5	4	600	1500	1070×700×945	555
ZCSL-125/0.4	120	380	302		4～5	6.5	700	2800	1419×859×1412	890

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.6.4　ZD系列电镀用整流变压器技术数据（见表7-25）

表7-25　ZD系列电镀用整流变压器技术数据

型　　号	容量/kVA	额定电压/V		联结组标号	阻抗电压（%）	空载电流（%）	空载损耗/W	负载损耗/W	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
		一次侧	二次侧							
ZDDG-30/0.9	24	190	40	Ii0	5.5	5	190	820	655×340×932	200
ZDSK-250/0.4	188	380	$31\sqrt{3}$	Dy5y11	10	6	1040	7340	2020×1240×1990	2420
ZDSK-315/0.4	208	500	$17\sqrt{3}$		8	6	1250	10060	2140×1270×1785	2513
ZDSK-400/0.4	184	650,380	$25\sqrt{3}$		8~10	4	1000	8170	1960×1160×2043	2130
ZDSK-500/0.4	195	650	$16\sqrt{3}$		7	10	1430	9000	2140×1260×1785	2475
ZDSK-500/0.4	332	420	$18\sqrt{3}$		7.7	5	1300	14000	2590×1490×2220	3600
ZDS-500/10	500	10000	435、395 350	Yy0、Yd11	6~8	2.5	1750	8750	2330×1225×2560	2930
ZDS-500/10	500	$10000^{+5\%}_{-10\%}$	265，350，395	Yy0、Yd11	6~8	2.5	1800	8500	2330×1225×2560	3000

7.6.5　ZL系列励磁用整流变压器技术数据（见表7-26）

表7-26　ZL系列励磁用整流变压器技术数据

型　　号	容量/kVA	额定电压/V		联结组标号	阻抗电压（%）	空载电流（%）	空载损耗/W	负载损耗/W	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
		一次侧	二次侧							
ZLS-100/0.4	94	380	110	Yd11	5	6	540	2100	1410×861×1276	680
ZLS-160/0.4	156	380	246		5	3.5	620	3900	1577×1027×1376	916
ZLS-200/0.4	200	380	200		5	6	1150	4300	1550×885×1411	1150
ZLS-250/0.4	210	380	245		5	6.5	1000	4300	1540×930×1412	1080
ZLS-250/0.4	210	380	205		5	6.5	1150	4500	1540×930×1412	1165
ZLSL-80/0.4	64	380	75		5	8	500	2150	1125×792×1266	548
ZLSL-100/0.4	100	380	420		5	4.5	500	2400	1320×820×1204	590
ZLSL-125/0.4	102	380	160		5	7	600	2300	1405×865×1312	763
ZLSL-160/0.4	136	380	160		5.5	7	800	3150	1426×836×1356	895

7.6.6　牵引用硅整流变压器技术数据（见表7-27）

表7-27　地面装置的牵引用硅整流变压器及配套硅整流器主要技术数据

型式容量/kVA	牵引用硅整流变压器						配套硅整流器			
	额定容量/kVA	电压组合		联结组标号	短路阻抗（%）	负载等级	型　　号	直流输出		接线方式
		网侧/kV	阀侧/V					额定电流/A	额定电压/V	
630	510	6、10、35、66	480	Yy0、Yd11、Dy11	10	V	GQ-750/600	750	600	三相桥式
800	680						GQ-1000/600	1000		
1250	1019						GQ-1500/600	1500		
1600	1359						GQ-2000/600	2000		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型式容量/kVA	牵引用硅整流变压器						配套硅整流器			
	额定容量/kVA	电压组合		联结组标号	短路阻抗（%）	负载等级	型　　号	直流输出		接线方式
		网侧/kV	阀侧/V					额定电流/A	额定电压/V	
1250	934	6、10、35、66	660	Yy0、Yd11、Dy11	10	V	GQ-1000/825	1000	825	三相桥式
2000	1401						GQ-1500/825	1500		
2500	1868						GQ-2000/825	2000		
2500	1868						GQ-1000/1650	1000	1650	
4000	2802						GQ-1500/1650	1500		
5000	3726		1320				GQ-2000/1650	2000		
8000	5604						GQ-3000/1650	3000		

7.6.7　矿用整流变压器技术数据（见表 7-28）

表 7-28　矿用整流变压器及配套硅整流器主要技术数据

型式容量/kVA	矿用整流变压器						配套硅整流器			
	额定容量/kVA	电压组合		联结组标号	短路阻抗（%）	负载等级	型　　号	直流输出		接线方式
		网侧/kV	阀侧/V					额定电流/A	额定电压/V	
10	10	0.38	94	Yd11、Yy0、Dy11	5	V	GQ-75/115KY	75	115	三相桥式
30	20						GQ-150/115KY	150		
40	32	0.38、0.66	220	DYy11、DYd11			GQ-100/275KY	100	275	
80	63						GQ-200/275KY	200		
125	94	0.38、0.66、1.14、3、6、10			6		GQ-300/275KY	300		
160	125						GQ-400/275KY	400		
250	137						GQ-600/275KY	600		
80	68		480	Dy11、Yy0、Yd11			GQ-100/600KY	100	600	
160	136						GQ-200/600KY	200		
250	204						GQ-300/600KY	300		
315	272						GQ-400/600KY	400		
500	408						GQ-600/600KY	600		

7.7　电炉变压器

1. 用途与分类

在电炉工作过程中，电能要以热能的形式工作。一般来说，通过普通降压变压器得到的电流仍嫌小，这就需要配上电炉变压器，用它得到更大的工作电流，从而得到更大的热能。

由于炼钢工艺的需要，电弧炉变压器具有如下特点：

1）变压器二次侧为低电压大电流。为调节输入炉内的功率，二次电压需要经常变换，其二次侧最高电压与最低电压之比往往达到 2∶1 和 3∶1，为了缩短作业时间，这种调换必须在负载条

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

件下进行。大电流线圈及其引出线的结构，比电力变压器要复杂得多。

2）能够适应经常发生的工作短路，其短路电流大约可达额定电流的 2 ~ 3 倍，同时应具有相当时间的 20% 的过载能力。要求变压器必须具备足够的机械强度和耐热能力，以及防止操作过电压的绝缘结构。

工业电炉有多种结构型式，为各工业电炉提供的供电电源变压器也相应有多种结构型式。工业电炉用变压器常用的分类方法如下：

1）按用途可分为炼钢用电炉用变压器、电渣炉用变压器、电阻炉用变压器、盐浴炉用变压器及工频感应炉用变压器等。

2）按冷却方式可分为干式及油浸式两类。

3）按电源相数可分为单相及三相两类。

2. 特点

（1）炼钢电弧炉用变压器的特点

由于冶金工业广泛应用电炉炼钢，故电炉用变压器是冶炼用电炉的主要电源设备。

炼钢电弧炉用变压器的基本结构与普通电力变压器相似。可分为油浸自冷及强迫油循环水冷两种，油箱内附有串联电抗器或补偿回路限流电抗器，采用改变漏磁阻结构。该类变压器均为户内装置。

炼钢电弧炉用变压器与一般电炉用变压器一样，二次电压为数十伏至数百伏，并要求能在较大范围内调节，二次电流往往数千安至数万安。另外，又要适合冶炼过程中的三个时期。在熔化期需要功率大，变压器要有经常承受短路的能力。由于炉料熔化时易造成电极间短路，故要增大电抗。在氧化期和还原期，所需功率小，而且不易短路，电抗应减小。

（2）盐浴炉用变压器的特点

盐浴炉用变压器是一种低电压、供给大电流流经盐浴液对工件进行淬火等热处理的一种变压器。这种变压器输出低电压、大电流，为了安全防火起见，一般采用干式自冷（也有水冷）结构形式，二次绕组采用裸铜排绕制，匝数较少，甚至只有 1 ~ 3 匝。绕组型式采用同心式，为使引出线及并联支路的连接方便，将低压绕组放在高压绕组的外面。盐浴炉变压器常要求二次电压有较宽的电压调节范围，一般可以通过改变一次绕组的匝数来改变输出电压，所以它的绕组连接比普通变压器复杂得多。随着电子技术的发展，盐浴炉变压器的调压方式逐渐从有触点过渡到无触点的调压方式。

7.7.1　HS 系列电弧炉用变压器技术数据（见表 7-29）

表 7-29　HS 系列电弧炉用变压器技术数据

型　　号	额定容量 /kVA	二次电压 /V	联结组标号	配电炉 /kg	重量 /kg	备　　注
HS-3200/10	3200	170 ~ 125（4 档）	Dyd0d11	25000	13500	钢包精炼炉用
HSSP-5500/10	5500	212 ~ 150	Dd0	50000	18500	
HSSPZ-20000/35	20000	240 ~ 148（有载）	Yd11	60000	36800	
HS-630/10	630	200 ~ 98（4 档）	Yd0d11	500	4000	电弧炉用（大小阻抗）
HS-1000/10	1000	200 ~ 98（4 档）		1000	5500	
HS-1250/10	1250	210 ~ 104（4 档）		1500	6500	
HS-2000/10	2000	220 ~ 110（4 档）		3000	9800	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定容量/kVA	二次电压/V	联结组标号	配电炉/kg	重量/kg	备　　注
HS-2500/10	2500	220～110（4 档）	Yd0d11	4000	13500	电弧炉用（大小阻抗）
HS-3150/10	3150	220～110（4 档）		5000	14500	
HSK-800/10	630	200～98（4 挡）	Yd0d11	500	6000	电弧炉用（带串联电抗器）
HSK-1000/10	800	200～98（4 挡）		750	7200	
HSK-1250/10	1000	200～98（4 挡）		1000	8500	
HSK-1800/10	1250	210～104（4 挡）		1500	9800	
HSK-3000/10	2200	220～110（4 挡）		3000	12500	
HSK-4200/10	3200	220～121（4 挡）		5000	16500	
HSK-7200/10	5500	260～121（4 挡）		10000	24300	

7.7.2　HSJ 系列三相电弧炼钢炉用变压器技术数据（见表 7-30）

表 7-30　HSJ 系列三相电弧炼钢炉用变压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA		额定电压/kV		损耗/W		阻抗电压（%）	空载电流（%）	联结组标号	重量/kg			外形尺寸（长×宽×高）/mm			轮距/mm
	主变	电抗器	高压	低压	空载	负载				器身	油	总体				
HSJ-100/0.38	100		0.38	81～140	900	4000	30	9	D(Y)d0d11	4200	220	990	1670	1220	1510	660
HSJ-175/10	175		10	101/175	1200	4600	23	7		630	260	1200	1295	1040	1750	660
HSJ-180/0.5	160		0.5	47～74	965	4900	26.2	5.8		920	350	1900	1740	1430	1880	660
HSJ-240/10	200		10	110/190	1700	9800	26	4		1165		1990	1660	1190	1950	820
HSJ-400/10	350		10	110/190	1950	11000	28	6		1550	470	2950	1890	1280	1980	820
HSJ-560/10	500		10	110/190	2260	14200	26	8		2100	605	3400	2110	1350	2020	820
HSJ-650/10	600		10	110/190	2440	14600	28.5	6.5		2100	690	3710	2150	1370	2100	820
HSJ-750/10	750		10	110/190	2600	18900	26	5		2260	880	4100	2595	1500	2650	820
HSJ-800/10	800	50	10	110/190	3000	15800	15.5	5		2300	1200	4450	2400	1400	2450	820
HSJ-1000/10	1000	100	10	110/190	2800	18200	18	5.5		2500	1300	4700	2680	1620	2520	820
HSJ-1200/10	1200	200	10	110/190	3100	19500	15	6.5		3110	1600	5500	2730	1750	2610	1070
HSJ-1500/10	1500	300	10	110/190	3950	21700	12.5	5.5		3790	1850	6740	2810	1895	2690	1070
HSJ-1800/10	1800	300	10	121/210	4500	22000	12.5	4.5		4600	1940	7890	3050	1980	2770	1070
HSJ-2700/10	2250	450	10	121/210	5950	31000	10.5	4.5		4960	2055	8615	3215	2140	2920	1070
HSJ-3150/10	3150	550	10	121/210	6540	33400	12.5	5.5		5570	2250	9520	3550	2620	3160	1070
HSJ-4000/10	4000	650	10	121/210	7390	38600	12.5	4.5		7255	2530	11700	3710	2880	3325	1070

7.7.3　HGSC 系列环氧浇注干式电炉变压器技术数据（见表 7-31）

表 7-31　HGSC 系列环氧浇注干式电炉变压器技术数据

型　　号	额定功率/kVA	一次电压/kV	二次电压/V		联结组标号	配电炉/kg	重量/kg
			二次	三次			
HGSC-400/10	400	10	500～425	232～197	DYd0d11	750	2500
HGSC-500/10	500	10	500～425	232～197		1000	2900
HGSC-630/10	630	10	750～638	288～245		1500	3400

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定功率/kVA	一次电压/kV	二次电压/V		联结组标号	配电炉/kg	重量/kg
			二次	三次			
HGSC-1000/10	1000	10	1000～850	381～324	DYd0d11	3000	4800
HGSC-1600/10	1600	10	1000～850	333～283		5000	6700
HGSC-2000/10	2000	10	2000～981	679～333		7000	8300
HGSC-3150/10	3150	10	2000～1700	653～554		10000	9600

7.7.4　HC系列电石炉用变压器技术数据（见表7-32）

表7-32　HC系列电石炉用变压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA	额定电压/V		联结组标号	阻抗电压（%）	损耗/W		空载电流（%）	轨距/mm
		一　次	二　次			空　载	负　载		
HCSSP-10000/35	10000	35000	156～99（17级）	Yd11	12～66	14770	116900	1	2000
HCSSP-11500/35	11500	35000	170～138（6级）	Dd0	7.3	17220	135000	0.85	2000
HCSSP-12500/35	12500	35000	160～130（7级）	Dd0	7～11.5	15800	177000	1，5	2000
HCSSP-13500/35	13500	35000	162～132（7级）	Dd0	7～10	18655	178750	0.7	1594
HCSSPZ-16500/35	16500	35000	178～139（7级）	Yd11	6.5～7.5	24000	18000	2	2000
HCSSPZ-18000/35	18000	35000	190～120（27级）	Dd0 Yd11	7	48000	216000	3.5	2000
HCSSP-3000/10	3000	10000	165～123（7级）	Dd0	6～8	8500	41000	2.5	1505
HCSSPZ-5000/10	5000	10000	183～140（15级）	Dd0	6～7	11000	78000	2	1435
HCS7-1000/6	1000	6000	50、55、60	Yd11	7	2530	15000		1070
HCS7-1000/6	1000	6000	66.5、70、73.5	Yd11	7	2530	15000		1070
HCS7-1800/6	1800	6000	72、78、84、90、96	Dd0	7～9	3400	28000		1070
HCS7-1000/6.3	1000	6300	71.6、75、78	Yd11	7～5	3000	16500		1070
HCS7-1200/6.3	1200	6300	72.5、78、83.5	Yd11	10	3000	20000		1070
HCS7-1800/6.3	1800	6300	72、84、96	Dd0	10.5	9000	26000		1070
HCSL7-400/10	400	10000	65、70、75	Yd11	8	2400	9400		1050
HCS7-1000/10	1000	10000	66.5、70、73.5	Yd11	7	2900	16910		820
HCS-400/10	400	10000	65、60、55	Yd11	6	1200	9000		1070
HCS-1350/10	1350	1000 6300	98、85、80、75、70	Dd0	8	3600	28200	2	1070
HCSSP-2500/10	1800	10000 6300	92、88、84	Dd0	7～10	5500	32000	5	1070
HCSSP-2000/10	2000	10000 6300	82、78、75、72、68	Dd0	7～6	5000	30000	1.5	1070
HCSSP-3000/35	2000	35000	105～70（5级）	Yd11	7.4，5	13150	36400	4	1505
HCSSP-2500/10	2500	10000	100、95、90、87、84	Dd0	6～7	8250	34540	2	1505
HCSSP-2500/10	2500	10000	88、84、80、76、72	Yd11	7	7000	35000	2	1050
HCSSP-3000/10	3000	10000 6300	96、92、88、 84、80、76	Yd11	7～8	8500	64000	2	1055
HCSSP-3200/35	3200	35000	108、101、95、89、85	Yd11	7～8	7000	55000	1	1055

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.7.5 HK 系列矿热炉变压器技术数据（见表 7-33）

表 7-33 HK 系列矿热炉变压器技术数据

型号	额定容量/kVA	额定电压/V		联结组标号	阻抗电压（%）	损耗/kW		空载电流（%）	轨距 纵向/横向/mm
		一次	二次			空载	负载		
HKS-1800/10	1800	10000	90、100、110、120、130	Dd0	9.5	3.4	28	1.5	1070
HKS-1800/10	1800	10000 6000	121、138、156、173、210、240、270、300	(Y-D) d0d11	7	5.2	23.6	2.7	1070
HKS2-400/6.3	400	6300	35～85	Yd11	4～4.5	1.9	50	3	1435
HKSSP-1800/10	1800	10000	76、80、84、88、92	Dd0	7～9	3.4	28	1.5	1070
HKSSP-3000/10	3000	10000	75、80、85、90、95	Yd11	8～9	5.3	47	1	1070
HKSSP-3500/10	3500	10000	125、155、185、200、220	Dd0	9	5.6	58.5	0.8	1505
HKSSP-1800/35	1800	35000	72、78、84、90、96	Yd11	9	4.1	32.2	1	1475
HKSSP7-3500/35	3500	35000	200	(Y-D) d0d11	8.5	4.3	57	0.8	1070/2000
HKS-400/10	400	10000 6300	95、90、85	Yd11	6.79	1.17	8.675	2.8	1070
HKS-650/10	650	10000 6300	95、85、75	Yd11	8～10	1.97	12.76	3	1070
HKS-1000/10	750	10000 6300	130、120、110、100	Dd0	8.5	3	15.8	2.5	1070
HKSZ-1000/10	750	10000 6300	130～90(9级)	Yd11	6.5	3	11	3	1070

7.7.6 电炉变压器的使用与维护

1. 电弧炉原料装入量应和变压器容量匹配

电弧炉专用变压器的额定容量一般按下式计算：

$$S_N = \frac{QT}{\cos\varphi f t_E K_E}$$

式中，Q 为炉料熔化单耗（kW·h/t），一般为 400～450kW·h/t；S_N 为变压器额定容量（kVA）；T 为装入废钢量（t）；$\cos\varphi$ 为熔化期的平均功率因数，一般为 0.78～0.8；f 为变压器最大功率利用率（%）；t_E 为熔化期通电的净熔化时间（h）；K_E 为熔化期变压器过载系数，一般取 1.2。

合理使用电弧炉变压器最重要的是合理的废钢装入量，避免炉用变压器长期过载；同时应注意平均功率因数，因为功率因数大小也表示采用电弧的长短以及电抗使用等炉体操作状况。

2. 电炉变压器的监视和检查

电炉变压器运行中，应做好以下监视和检查。

1）严格监视炼钢操作人员按操作规程配电。一般情况下，熔化期最大电弧电流不超过额定电流值的 1.2 倍。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）对调压装置应经常核实开关整定位置与实际指示电压的一致性，防止传动机构失灵和内部触头错位带来的故障。

3）检查变压器油温与冷却装置运行是否正常。

4）监听变压器运行的声音，响声加大或出现任何新的异常响声都可能是不正常的现象。

5）检查变压器油面和油色是否正常，储油柜各密封处有无渗油和漏油现象。

6）检查各高压绝缘子有无放电现象，电源电缆接头有无过热现象。

7）检查变压器排气管玻璃膜是否完整。

8）变压器室地面应保持干净，不可遗留棉丝和油垢，并应设置灭火装置（器材）。

9）要堵塞周围墙壁的孔洞，特别是电炉出钢侧，防止钢水花溅入变压器室内。

10）检查变压器接地线的是否完好与牢固。

3. 日常保养

电炉用变压器的日常维护保养，原则上同电力变压器是一致的，但针对电炉用变压器冲击电流大，由于机械力的强烈振动使变压器的绝缘衬垫、紧固螺栓发生松弛，容易造成线圈短路的特点，必须经常对高、低压引出线连接的可靠性加以检查。为了避免电抗器投切时电流过大，在操作切换前应先将电极提高，电弧断路后再用油断路器切断电源，操作调压开关。并且要经常检查开关机构的灵活性和接触是否良好，对调整控制设备均应定期检修，以保证生产和设备的安全。

4. 维护注意事项

1）严格限制电弧炉变压器不合理的超载。如果电弧炉变压器长期超载 30% 左右，甚至在熔化期超载 50%。尽管采用强迫油循环冷却，仍会造成绕组绝缘迅速老化和局部温升过高而导致事故。

2）严格限制电弧炉变压器三相电极的短路电流倍数，合理使用电抗器。合理使用电抗器或适当选用二次电压，可以把短路电流限制在变压器允许范围以内（一般为 2.5 ~ 3 倍额定电流），从而减轻电动力对绕组的冲击。

3）定期吊心检查变压器二次大电流引线的固定情况。由于二次大电流引线产生的磁场和热损耗，容易导致固定引线的穿钉过热，烧坏绝缘套管，造成二次引线的短路。

4）加强变压器二次出线端子的维护。以防出线端子连接板螺钉松动造成过热，将绝缘板烧着起火。

5）对使用有载调压开关的电弧炉变压器应保证调压开关触头接触良好和位置正确；防止传动机构失灵，使开关错位而造成电源接线在变压器内部短路。

6）消除变压器大盖渗漏油，清除储油池内的油垢和棉丝。特别防止钢水火花飞溅入变压器室内引起着火。

7）防止变压器高压瓷瓶炸裂。

7.8　高压试验变压器

1. 用途

电气设备出厂、交接或大修后，应当进行交流耐压试验，实际考核设备绝缘承受过电压的绝缘水平。所以无论在制造部门、运行部门的高压实验室或试验现场，应设有交流耐压设备。

高压试验变压器简称为试验变压器。试验变压器一般为升压变压器。这种试验变压器利用其二次侧所感应的工频高电压，对各种电工产品和绝缘材料等进行绝缘性能试验。

试验变压器是电机、变压器、电器产品修造中不可少的一种耐压试验用电气设备。试验变压

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

器主要用于电气产品的工频耐压试验、局部放电测量、绝缘介质的热稳定试验等；对中、高频电气设备还可采用特殊频率的试验变压器进行耐压试验及有关电气参数的测量。

试验变压器一、二次绕组具有很大的电压比，一次电压为 0.4kV、3kV、6kV、10kV 不等，二次电压可制成 100～2000kV 或更高，容量可为 3～9000kVA。对电力设备现场试验，一般用轻型试验变压器；对 6kV、10kV 级变压器等电力设备的耐压试验用 50kV 级升压试验变压器；对 35kV 以上电压等级的高压、超高压变压器等电力设备的耐压试验用大于被试设备一次额定电压 5 倍以上的超高压试验变压器，如 500kV、700kV、800kV 级和一定容量级的升压试验变压器。

试验变压器和电力变压器的原理相同，所不同的是试验变压器的工作电压高、使用时间短、温升小，一般没有散热器。另外，试验变压器的负载较小，且多为电容性负载。试验变压器的容量比电力变压器的容量相对的要小。

2. 特点

1）电压高：试验变压器的一次电压为 220V 或 380V，但单台试验变压器二次电压则常达数千伏至数万伏。二次电压超过 750kV 的试验变压器，通常采用多台串级式结构。

2）电流小：试验变压器的额定电流实际上是被试品的电容电流，所以一般小于 1A。但用于电缆和大型电机试验、外绝缘污秽试验、线路电晕试验等项目的试验变压器，二次电流可达数安。

3）工作时间短：因被试产品的耐压时间短，所以试验变压器除了用于外绝缘污秽试验、线路电晕试验、电缆试验外，一般均为 0.5h 或 1h 的短时工作制。

4）试验变压器一般为单相、户内装置（也有做成户外装置的）：均为油浸自冷式结构，绕组绝缘层较厚，高压绕组通常一端接地。

5）试验变压器的二次绕组首末端绝缘水平不同：首端为高电位，而末端直接接地或通过电流表接地。

6）设计和制造工艺要求高：由于工作电压高，绝缘结构对试验变压器的整体尺寸有决定性的影响。器身一般要求真空干燥，100kV 以上要求真空注油。

7）电压波形要求高：为了减少由于空载电流的谐波分量通过调压器和变压器的阻抗以后，产生波形畸变，试验变压器输出电压波形应尽量接近正弦波。因此，通常试验变压器本身的磁通密度不宜高，磁通密度应选在铁心磁化曲线的线性段；同时要选用波形畸变小的调压设备，必要时加滤波装置。

8）阻抗电压不宜过大：试验变压器的二次电流一般为容性电流，当二次电流流经调压器和试验变压器的阻抗时，将导致输出电压超过由电压比所确定的数值，所以试验变压器的阻抗电压不宜过大，否则可能影响测试结果的准确性。但是阻抗电压也不宜太小，以免短路电流过大。故单台试验变压器的阻抗电压一般为 4.5%～10%；多台串级时，则可达 40% 左右。

3. 分类

1）从结构上分，有铁壳式与绝缘外壳式试验变压器。

2）从电源频率上分，有工频、倍频、中频及高频几种频率级试验变压器。

3）按电压等级可分为低压、高压及超高压试验变压器。

4）按使用形式可分为轻型移动式及固定式；又有单台使用及两台或多台串级使用试验变压器等。

试验变压器一般为单相、户内装置，均为油浸自冷式结构。因为它的工作电压高，所以其绕组绝缘层较厚，而且高压绕组一端接地。

试验变压器的具体结构型式，一般有单套管式、双套管式及绝缘筒式三种。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.8.1　YD 系列试验变压器技术数据（见表 7-34）

表 7-34　YD 系列试验变压器技术数据

型　　号	容量/kVA	电　　压		损耗/W		阻抗电压（%）	空载电流（%）	连接组
		高压/kV	低压/kV	空　　载	短　　路			
YD-3/20	3	20	220		150	5.9	14.5	Ii0
YD-3/50	3	50	220		85	3.7	3.9	
YD-5/50	5	50	220/380		198	4.4	6.7	
YD-10/50	10	50	220		280	3.9	3.0	
YD-10/100	10	100	220		274	5.4	6.5	
YD-25/25	25	25	220		400	5.2	6.8	
YD-25/100	25	100	220		600	5.2	4.6	
YD-50/50	50	50	380		1140	4.5	4.6	
YD-50/150	50	150	380		154	3.5	10	
YD-100/100	100	100	380		2140	10	2	
YD-100/150	100	150	380		2490	12.5	2.2	
YD-150/50	150	50	380		2814	5.7	1.1	
YD-200/50	200	50	380			4.8	1.9	
YD-200/150	200	150	380			6.7	2.1	
YD-250/250	250	250	380			11.2	2.2	
YD-400/100	400	100	380	1156	3870	10	1.5	
YD-500/150	500	150	380	1700	3800	7.2	2.5	
YD-500/250	500	250	380	1620	4470	12.5	4	
YD-750/60	750	60	380	1450	8620	6.7		

7.8.2　试验变压器的使用

1. 试验的接线

单台试验变压器的原理图和对被试品进行高压试验时的接线图如图 7-4 所示。ax 为一次绕组，一般由同步发电机、自耦调压器、移圈调压器、感应调压器等供电。$a_p x_p$ 为电表绕组，供测量电压用。AX 为高压绕组。图中 T 为调压器、TB 为试验变压器、R_1 为限流电阻、R_2 为阻尼电阻、FV 为球隙器、C 是被试品。在对被试品进行耐压试验前，应先做其他绝缘试验，如绝缘电阻、吸收比、介质损耗角正切等试验，以免造成不必要的绝缘损伤。

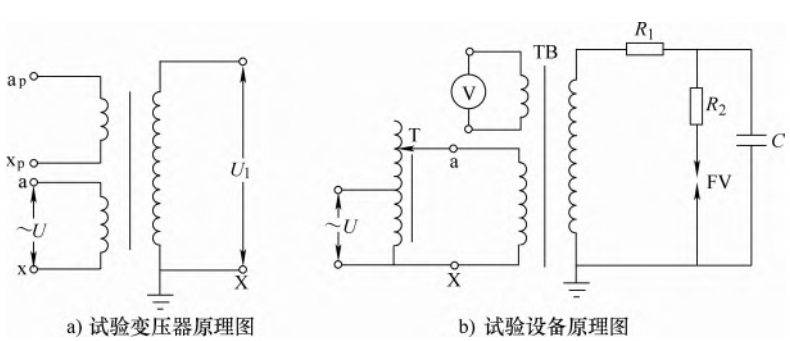


图 7-4　高压试验变压器接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为了避免或减小试验设备输出电压波形的畸变，调压器或其他电源电压应尽量保持正弦波形。采用工频电源要用线电压而不用相电压；调压器以自耦接触式的电压波形最好，其他调压器波形差一些。必要时还可以加滤波装置。图 7-4 中的限流电阻 R_1 主要是减少被试品击穿时所造成的短路电流和相应引起的振荡。在被试品击穿、误操作或校正球隙器时，均会发生球隙器击穿的情况，此时阻尼电阻 R_2 便可限制击穿时所产生的振荡过电压，并保护球隙器表面不被烧伤。球隙器 FV 在试验线路中作保护和电压测量用（测量也可采用电容分压器）。

2. 耐压试验实例

对于新制作或全部更换绕组的电动机，如有条件，在修复后应进行绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验（俗称耐压试验）。

试验电压是频率为 50Hz 的高压交流电，耐压试验可以发现电动机的绝缘能否经受一定的高压而不击穿。试验电压见表 7-35 和表 7-36。

表 7-35 定子试验电压 （单位：V）

试验阶段	1kW 以下 闭口槽电机	1 ~ 3kW 以下 半闭口槽电机	3kW 以上 半闭口槽电机	3 ~ 1000kW 开闭口槽电机
线圈绝缘后未嵌线	—	—	—	$2.75U_N+4500$
嵌线后未接线	$2U_N+1000$	$2U_N+2000$	$2U_N+2500$	$2.5U_N+2500$
接线后未浸漆	$2U_N+750$	$2U_N+1500$	$2U_N+2000$	$2.25U_N+2000$
总装后	$2U_N+500$	$2U_N+1000$	$2U_N+1000$	$2U_N+1000$

注：U_N 为电机额定电压。

表 7-36 转子试验电压 （单位：V）

试验阶段	不可逆转子	可逆转子	试验阶段	不可逆转子	可逆转子
包绝缘未嵌线	$2\ U_K+3000$	$4\ U_K+3000$	接线后未浸漆	$2\ U_K+1500$	$4\ U_K+1500$
嵌线后未接线	$2\ U_K+2000$	$4\ U_K+2000$	总装后	$2\ U_K+1000$	$4\ U_K+1000$

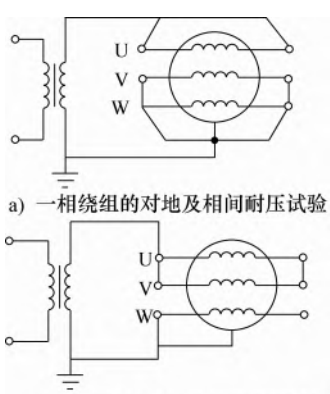
注：U_K 为转子绕组开路电压。

通常电机的耐压试验只对总装配完成，各部件处于正常工作状态的电机进行。而且试验应在电机静止的状态下进行。大型电机在包绝缘、嵌线、接线过程中，为了及时发现缺陷，防止返工，各工序都要进行耐压试验。

在耐压试验前，应先测量电机的绝缘电阻，如绝缘电阻低于 0.5MΩ 时，不得进行耐压试验。

对于不同类型电机的耐压试验，国家标准均有明确的规定，可查阅有关标准。下面以三相电机为例作一说明。

三相绕组进行对地及相间耐压试验时，将一相绕组的两端接高压，其余两相的两端接机壳并接地，如图 7-5a 所示，同时进行一相绕组



a) 一相绕组的对地及相间耐压试验

b) 两相绕组的对地及相间耐压试验

图 7-5 耐压试验时电机的接线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的对地及相间耐压试验，按同样的方法逐相试验三次。对于低压电机也可按图7-5b接线，这样可使试验减少到两次。即将U相和V相都接高压，W相接机壳并接地，同时进行两相绕组的对地及相间耐压试验；然后将W相和V相（或U相）接高压，U相（或V相）接机壳并接地，再试一次。

加于被试电机的试验电压，应从不超过试验电压全值的1/3～1/2开始，逐渐地或阶段地（不超过全值的5%）升高到全值试验电压，试验电压由全值的1/3升到全值的时间宜为10～15s，全值试验电压维持1min。试验结束时，在10～15s的时间内，将试验电压逐渐降低到全值的1/3～1/2以后，再切断电源。在耐压试验中，不允许直接加全值试验电压或满压断开，以免产生操作过电压。在电机的型式试验中，耐压试验最好在电机的热状态下进行。

7.9　电压互感器

1. 用途

互感器是一种利用电磁感应原理进行电压变换的变压器类设备，在电力系统中应用十分广泛，它将电力系统一次回路中的电量信息按一定的比例关系传递到二次回路，提供给测量仪表和继电保护装置等二次设备，对系统进行监视、测量和保护。按变换电量不同，互感器分为电压互感器（TV）和电流互感器（TA）。

电压互感器是将电力系统的高电压变成标准的低电压（通常为100V或$100/\sqrt{3}$V）的电器。它与测量仪表配合时，可测量电力系统的电压；与继电保护装置配合时，则可对电力系统进行保护。同时，它能使测量仪表和继电保护装置标准化，并与高压电隔离。

电压互感器的原理接线如图7-6所示。它的一次绕组应与线路并联，一次绕组的额定电压应与电压一致。二次绕组与测量仪表、继电保护装置和指示电路等并联。

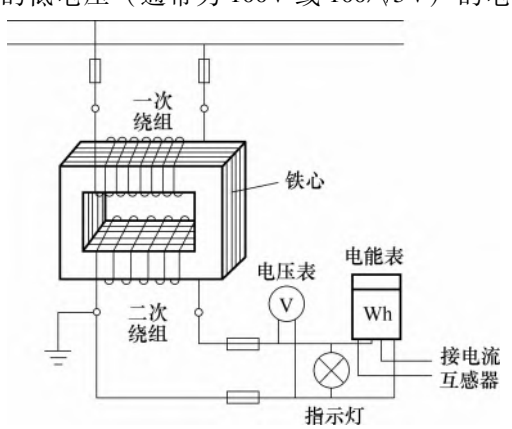


图7-6　电压互感器原理接线图

2. 特点

电压互感器从结构上讲是一种小容量、大电压比的降压变压器，因而其基本原理与变压器无任何区别。

但是，电压互感器与普通变压器毕竟有所不同，因为它是用于测量和保护的，而不是输送电能的。它有以下两个特点：

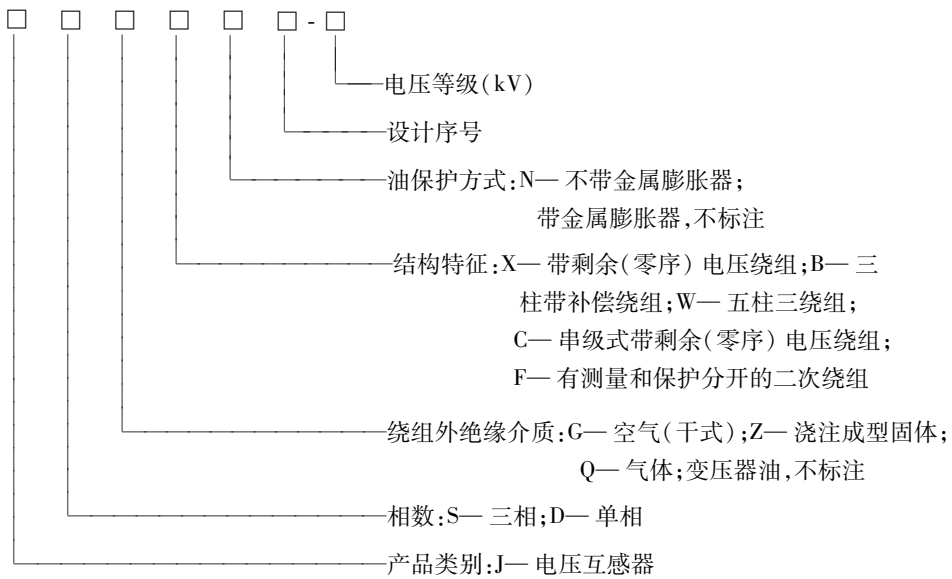
1）电压互感器二次回路的负荷是电压表和继电器的电压线圈，阻抗大，二次侧电流小，相当于变压器的空载运行。电压互感器吸取功率小，且始终处于空载运行状态，二次电压基本上等于二次绕组的感应电动势，只决定于恒定的一次电压，所以能测量电压，且具有一定的准确级。

2）电压互感器的二次绕组不能短路。这是因为电压互感器的负荷是阻抗很大的仪表的电压线圈，短路后二次回路阻抗仅仅是二次绕组的阻抗，二次电流增大，电压互感器就有烧坏的危险。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 型号含义



型号示例:

1）JDZ6-10 表示单相环氧树脂浇注绝缘、设计序号为 6 的 10kV 级电压互感器。

2）JDX1-110 表示单相油浸式带剩余电压绕组，设计序号为 1 的 110kV 级电压互感器。

4. 分类

电压互感器大致可以分为以下几类:

1）按用途分：电压互感器按用途可分为测量用电压互感器和保护用电压互感器。

2）按相数分：电压互感器按相数可分为单相电压互感器和三相电压互感器。

3）按绕组数分：电压互感器按绕组数目可分为双绕组电压互感器、三绕组电压互感器和四绕组电压互感器。

4）按绝缘介质分：电压互感器按绝缘介质可分为干式电压互感器、浇注式电压互感器、油浸式电压互感器和气体绝缘式电压互感器。

5）按安装场所分：电压互感器按安装场所可分为户内电压互感器和户外电压互感器。

6）按工作原理分：电压互感器按工作原理可分为电磁式电压互感器和电容式电压互感器。电磁式电压互感器又分为单极式和串级式。

7）按电压等级分：电压互感器按电压等级可分为低压电压互感器和高压电压互感器。

5. 电压互感器的主要技术性能

1）额定一次电压：三相电压互感器和相间连接用的单相电压互感器的额定一次电压是指线电压；而对供相地间连接用的单相电压互感器的额定一次电压指相电压。

2）额定二次电压：二次绕组额定电压，对三相电压互感器和供相间连接用的单相电压互感器为 100V，对供相地间连接用的单相电压互感器为 $100/\sqrt{3}$V。

3）额定电压比：电压互感器的变压比是指一次绕组与二次绕组额定电压之比。

电压互感器的额定电压比 $U_{1N}/U_{2N}=K_u$ 与变压器的定义是一样的。但是，实用上电压互感器的电压比都采用铭牌上标出的一、二次额定电压的比式，即用分数式表达，分子为一次额定电压，分母为二次额定电压。

4）误差和准确级次：电压互感器的测量误差亦分为电压比误差和相角误差两种。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

变比误差百分数（$\Delta U\%$）由下式决定：

$$\Delta U\% = \frac{K_u U_2 - U_{1N}}{U_{1N}} \times 100\%$$

式中，K_u 为电压互感器的变压比；U_{1N}为电压互感器一次额定电压（V）；U_2 为电压互感器二次电压实测值（V）。

5）容量：电压互感器的容量，是指二次绕组允许接入的负载功率，分为额定容量和最大容量两种，以 V·A 表示。铭牌上每一个给定容量是和一定的准确级次相对应的，通常所说的额定容量，是指对应于最高准确级次的容量。

最大容量是允许发热条件规定的极限容量，除特殊情况及瞬时负载需用外，一般正常运行情况下，二次负载不应达到这个容量。

6）接线组别:电压互感器的接线组别,是指一次绕组线电压与二次绕组线电压间的相位关系。

7）额定电压因数：额定电压因数是在规定时间内能满足热性能及准确级的最大电压与额定一次电压的比值。它与系统最高电压及接地方式有关。

7.9.1　常用电压互感器技术数据（见表 7-37）

表 7-37　0.5～35kV 常用电压互感器技术数据

型　　号	额定电压/V				准确级与额定输出/VA			热极限输出/VA
	一次绕组	二次绕组 1	二次绕组 2	剩余电压绕组	二次绕组 1	二次绕组 2	剩余电压绕组	
JDG-0.5	220、380、400、500	100			0.5 级 25 1 级 40 3 级 100			200
JDG4-0.5	200、220、380、500	100			0.5 级 15 1 级 25 3 级 50			200
JDZ9-3、6、10	3000、6000、10000	100			0.2 级 40 0.5 级 100 1 级 200 3 级 240			500
	3000、6000、10000	100	100		0.2 级 20 0.2 级 30 0.5 级 30	0.2 级 20 0.5 级 30 0.5 级 30		300
JDZX9-10Q	$3000/\sqrt{3}$、$6000/\sqrt{3}$、$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$		100/3	0.2 级 30 0.5 级 90		6P，100 6P，100	400
JDZXF14～3、6、10	$3000/\sqrt{3}$、$6000/\sqrt{3}$、$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	0.2 级 20 0.2 级 30 0.5 级 70	0.2 级 20 0.5 级 30 0.5 级 70	6P，150 6P，150 6P，150	300
JDZR10-3、6、10 带高压熔断器	3000、6000、10000	100	100		0.2 级 15 0.2 级 15 0.5 级 30	0.2 级 15 0.5 级 20 0.5 级 30		300

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/V				准确级与额定输出/VA			热极限输出/VA
	一次绕组	二次绕组1	二次绕组2	剩余电压绕组	二次绕组1	二次绕组2	剩余电压绕组	
JDZXR2-3、6、10带高压熔断器	3000/$\sqrt{3}$、6000/$\sqrt{3}$、10000/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$	100/3	0.2级15 0.2级15 0.5级20	0.2级15 0.5级20 0.5级20	6P，100 6P，100 6P，100	200
JSZVR2-3、6、10三相V接法带熔断器	3000、6000、10000	100	100		0.2级10 0.2级10 0.5级15	0.2级10 0.5级15 0.5级15		150
JSZF-3、6、10G三相防谐振电压互感器	3000/$\sqrt{3}$、6000/$\sqrt{3}$、10000/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$	100（中点零序电压互感器）	0.2级45 0.2级45 0.5级90	0.2级45 0.5级75 0.5级90	3P，50（中点零序互感器）	600
JSZW-6、10三相五柱互感器	6000/$\sqrt{3}$、10000/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$		100/3	0.5级90 1级150 3级300		6P，75	600
JDZW-3、6、10户外，不接地，二绕组	3000、6000、10000	100			0.2级40			800
JDZXW-3、6、10户外，接地，三绕组	3000/$\sqrt{3}$、6000/$\sqrt{3}$、10000/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$		100/3	0.2级30 0.5级60		6P，100	600
JDZW14-3、6、10户外，不接地，三绕组	3000、6000、10000	100	100		0.2级30 0.2级30 0.5级40	0.2级30 0.5级40 0.5级40		500
JDZXW14-3、6、10户外，接地，三绕组	3000/$\sqrt{3}$、6000/$\sqrt{3}$、10000/$\sqrt{3}$	100/$\sqrt{3}$		100/3	0.2级40 0.5级80		6P，150 6P，150	600

7.9.2　电压互感器的选择、使用与维护

1. 按技术条件选择

电压互感器正常工作条件时，按一次回路电压、二次负荷、准确度等级、机械荷载条件选择。

电压互感器承受过电压能力，按绝缘水平等条件选择。

环境条件按环境温度、污秽等级、海拔高度等条件选择。

2. 型式选择

1）10kV 配电装置一般采用油浸绝缘结构；在高压开关柜中，可采用树脂浇注绝缘结构。当需要零序电压时，一般采用三相五柱电压互感器。

2）35～110kV 配电装置一般采用油浸绝缘结构电磁式电压互感器。目前采用电容式电压互感器，实现无油化运行，减少电磁谐振。

3）220kV 配电装置，当容量和准确度等级满足要求时，一般采用电容式电压互感器。

4）按在 110kV 及以上线路侧的电压互感器，当线路上装有载波通信时，应尽量与耦合电容器结合，统一选用电容式电压互感器。

3. 电压互感器的运行要求

1）启用电压互感器时，应检查绝缘是否良好，定相是否正确，外观、油位是否正常，接头

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是否清洁。

2）电压互感器二次绕组所接负载应在准确等级所规定的负载范围内。

3）电压互感器的一次绕组N（X）端必须可靠接地；各个二次绕组（包括备用）也必须有可靠的保护接地，且只允许有一个接地点。

4）运行中的电压互感器二次绕组严禁短路。如果电压互感器的二次绕组在运行中短路，那么二次侧就会出现很大的短路电流，使二次绕组因严重发热而烧毁。

5）电压互感器允许在1.2倍额定电压下连续运行，对中性点有效接地系统，允许在1.5倍额定电压下运行30s；如果系统有自动切除对地故障保护，允许在1.9倍额定电压下运行30s。

6）电压互感器的一、二次侧一般应装设熔断器或断路器作为短路保护，同时其一次侧应装设隔离开关作为检修安全用（110kV及以上电压等级除外）。

7）在中性点非有效接地系统中，作单相接地监视用的电压互感器，一次侧中性点应接地。同时在一次中性点或二次侧应装设消谐装置，防止出现谐振过电压。

8）油浸式电压互感器应装设油位计和吸湿器，以监视油位在减少时免受空气中水分和杂质的影响。凡新装的110V及以上的油浸式电压互感器都应采用全密封式；发现有渗漏油现象应及时处理或更换。

9）充氮密封互感器的压力应正常。

10）SF_6绝缘互感器应装设压力表和密度继电器。运行中气体压力应保持在制造厂规定的范围内，设备年泄漏率应小于1%。

4. 电压互感器的巡视检查

对运行中的电压互感器需巡视检查。一般情况下只进行外部检查，只有试验判断有不正常现象（如断线或直流电阻不对）时，才作内部检查。

检查电压互感器时，应注意以下几点：

1）检查瓷套管是否清洁、完整，绝缘介质有无损坏、裂纹和放电痕迹。

2）检查充油电压互感器的油位是否正常，油色是否透明，有无严重的渗漏现象。

3）检查油位是否正常，油色是否正常。不正常时需补油或换油。

4）检查一次侧引线和二次侧各连接部分螺钉有无松动，若有松动，应予以紧固，保证接触良好。

5）注意电压互感器内部是否有异常响声，有无放电声和剧烈振动声，当外部线路接地时，更要注意响声是否正常，有无焦臭味。

6）检查6～35kV电压互感器的开口三角绕组上安装的灯泡（指示过电压用）有无损坏，若已损坏，应及时更换。

7）检查电压互感器的保护接地是否良好，若有断开或锈蚀，应及时进行更换，防止二次侧绝缘击穿，假如二次侧击穿，使一次侧高压窜入二次回路会造成人身和设备事故。

8）检查高压侧导线接头有无过热，低压回路的电缆和导线有无损伤，低压侧熔断器及限流电阻是否完好。

9）检查高压中性点所串联电阻是否良好，若已损坏，应立即更换，当无备品时应尽快恢复中性点接地。

10）观察接至测量仪表、继电器和自动装置及回路的熔断器熔体有无熔断；电压互感器一、二次侧熔体有无熔断，表针指示是否正常。

11）检查呼吸器内部的吸潮剂是否变色，若硅胶由原来的天蓝色变成粉红色，即表明硅胶已受潮，应及时更换。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 电压互感器使用注意事项

电压互感器的一次绕组接于一次高压系统中，如果在运行中，发生高压绕组对低压绕组绝缘击穿，高压电将窜入二次回路，对二次设备（如仪表、保护、自动装置）是一个极大的损坏，更重要的是严重威胁到电气工作人员的安全。因此，为保证二次设备和人身安全，要求电压互感器的二次回路有一点接地，在电压互感器每组二次绕组均应只能有一个接地点，接地点必须设在电压互感器二次引出端子处。

运行中更换电压互感器注意事项：

1）个别电压互感器在运行中损坏需要更换时，应选用电压等级与电网电压相符、电压比与原来相同、极性正确、励磁特性相近的电压互感器，并试验合格。

2）更换电压互感器时，还应对二次侧与其他并列运行的电压互感器检查其接线或组别，并核对相位。

3）电压互感器二次绕组更换后，必须进行核对，以免造成接线错误，特别要防止二次回路短路。

检修电压互感器时应注意以下几点：

1）油浸式电压互感器的油面距油箱盖一般应在 10 ~ 15mm 左右。如果距离太大，则器身和引线将露出油面，此时应检查绝缘是否受潮。

2）测量绕组的绝缘电阻，测得的值不应低于出厂值或上次测量值的 70%（换算到同一温度时的值）。

3）电压互感器二次回路不得短路。如果短路，应立即退出运行，并进行检查处理。

4）一次侧熔丝熔断时，应对一次侧进行反复检查。只在有限流电阻时，才可换上同样规格的熔断器试送电。如果没有限流电阻，不得随意更换试送电，否则可能会使故障扩大。

检修电压互感器的方法与检修变压器类似。

7.10 电流互感器

1. 用途

电流互感器是将高压系统中的电流或低压系统中的大电流，变成标准的小电流（5A 或 1A）的电器。它与测量仪表相配合时，可测量电力系统的电流；与继电器配合时，则可对电力系统进行保护。同时，它能使测量仪表和继电保护装置标准化，并与高电压隔离。

电流互感器的原理接线如图 7-7 所示。它的一次绕组应串联在电力线路中，二次绕组接测量仪表、继电保护装置及指示电路等。

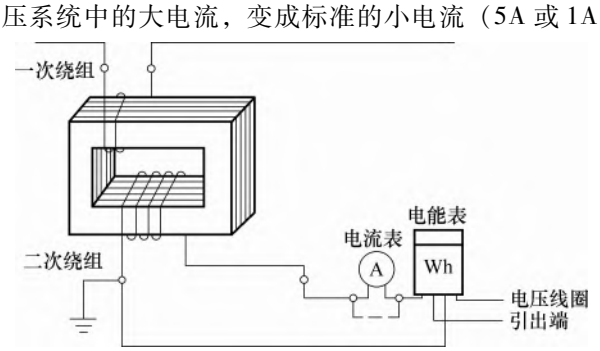


图 7-7 电流互感器的原理接线图

2. 特点

电流互感器是接近于短路运行的变压器，其基本原理与变压器没有多大差别，只是取其电流的变换罢了。

但是，电流互感器与普通变压器毕竟有所不同，它有以下两个特点：

1）电流互感器二次回路的负载是电流表或继电器的电流线圈，阻抗小，相当于变压器的短

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

路运行。而一次电流由线路的负载决定，不由二次电流决定。因此，二次电流几乎不受二次负载的影响，只随一次电流的改变而变化，所以能测量电流，且具有一定的准确性。

2）电流互感器二次绕组绝对不允许开路运行。这是因为二次电流对一次电流产生的磁通是去磁的，一次电流一部分用以平衡二次电流，另一部分是励磁电流。如果二次开路，则一次电流全部是励磁电流，铁心过饱和，产生很高的感应电动势，从而产生很高的电压，极不安全。同时铁心损耗也增加，有烧坏的可能，所以它不能开路运行。

3. 分类

电流互感器和电压互感器统称互感器，所以它的种类和分类基本一致，仅仅各自的规格、型号及代号不同。电流互感器按铁心形状可分为方框形和环形等。

通常，电流互感器主要是以一次绕组结构的不同，而分成不同的品种。因为它的一次绕组是串联在线路中，要求通过较大的电流，所以导线截面积较大，而匝数较少，往往只有1匝或几匝，有其独立的特点。

电流互感器的分类如下：

1）按安装地点分：电流互感器按安装地点可分为户内式、户外式及装入式。35kV以上多制成户外式，并以瓷套为箱体。以节约材料，减轻重量和缩小体积；装入式是套在35kV及以上变压器或多油断路器的套管上，故也称套管式。

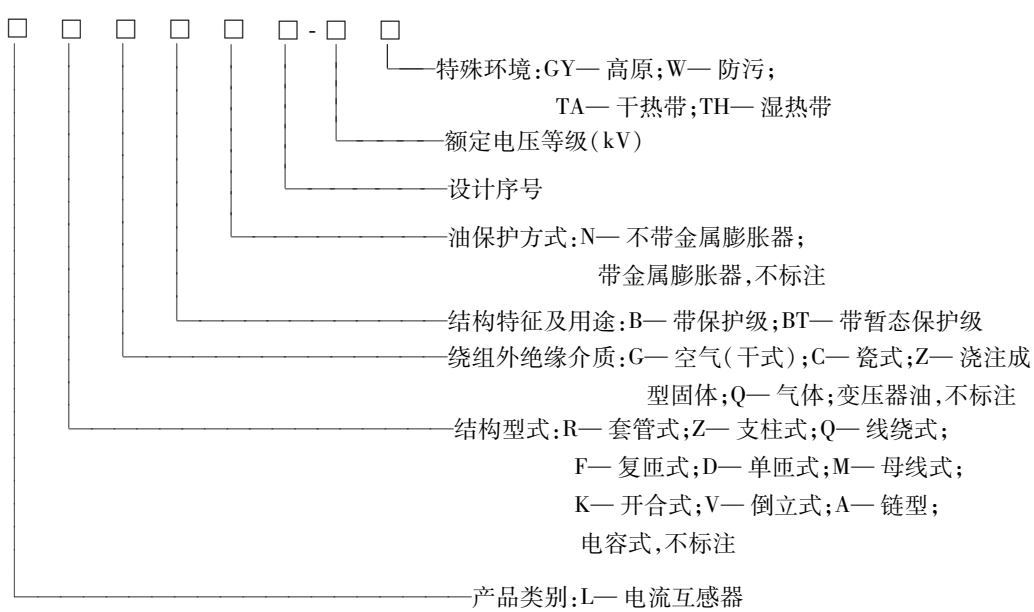
2）按安装方法分：电流互感器按安装方法可分为穿墙式和支持式。穿墙式装在墙壁或金属结构的孔中，可节约穿墙套管；支持式则安装在平面或支柱上。

3）按绝缘分：电流互感器按绝缘可分为干式、浇注式、油浸式和气体绝缘式等。干式用绝缘胶浸渍，适用于低压的户内电流互感器；浇注式利用环氧树脂作绝缘，浇注成型，其适用于35kV及以下的户内电流互感器，油浸式多为户外设备。

4）按一次绕组匝数分：电流互感器按一次绕组匝数可分为单匝式和多匝式。单匝式按一次绕组型式又可分为贯穿式（一次绕组为单根铜杆或铜管）和母线式（以母线穿过互感器作为一次绕组），多匝式按其结构可分为绕组式、“8”字形（也称链形）、“U”字形。

5）按用途分：电流互感器按用途可分为测量用电流互感器和保护用电流互感器。

4. 型号含义



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号示例：

1）LMZ-20 表示母线浇注绝缘，额定电压为 20kV 级电流互感器。

2）LB-220 表示带保护级户外一般地区用油浸电容型，额定电压为 220kV 级电流互感器。

5. 电流互感器的主要技术性能

1）额定电压：电流互感器不标额定一、二次电压，只有额定电压。额定电压是一次绕组所接线路的线电压，与电压互感器的额定一次电压相同。因此它不是一次绕组两端的电压，而是标志一次绕组对二次绕组和地的绝缘水平，只说明电流互感器的绝缘强度，而与容量无关。

由于电流互感器的二次绕组的电压等于二次电流乘以二次负载，它是随二次负载变化的，于是一次绕组的电压也随二次负载变化，所以电流互感器都不标明一、二次（绕组）电压。电流互感器的电流比一般都大于 1，所以一次电压小于二次电压。

2）额定一次电流：是决定电流互感器误差和温升的一个参数，它取决于系统的额定电流。

3）额定二次电流：是一个标准电流，一般为 5A 和 1A。它取决于二次设备的标准化。

4）额定电流比：是额定一次电流与额定二次电之比，一般不以其比值表示，而是写成比式，例如 150/5A 等。

5）额定负载：是电流互感器二次所接电气仪表、仪器或继电保护装置、连接导线等的总阻抗，而负载是随二次回路变化的，所以规定有额定负载。额定负载以伏安（VA）表示，它是在规定的功率因数和额定二次电流条件下所吸取的。

因为二次额定电流是一定的，所以额定二次负载下的阻抗也是一定的，即等于伏安数除以额定二次电流的平方。

在规定的额定二次负载下，电流互感器的二次侧所供给的视在功率（规定功率因数下）又称额定输出或额定容量。额定负荷以 VA 表示时，与额定输出数值相等。

6）误差和准确级次：电流互感器的测量误差分为变比误差（简称比差）和相角误差（简称角差）两种。

变比误差百分数（$\Delta I\%$）由下式决定：

$$\Delta I\% = \frac{K_i I_2 - I_{1N}}{I_{1N}} \times 100\%$$

式中，K_i 为电流互感器的电流比；I_{1N}为电流互感器一次额定电流（A）；I_2 为电流互感器二次电流实测值（A）。

7）保护用电流互感器的 10% 倍数：对保护用的电流互感器提出一个最大允许误差值的要求，即允许变比误差最大不超过 10%，角差最大不超过 7°。所谓 10% 倍数，就是指一次电流倍数增加到 n 倍（一般规定 6 ~ 15 倍）时，电流误差达到 10%，此时的一次电流倍数 n 倍称为 10% 倍数，10% 倍数越大表示此互感器的过电流性能越好。

8）热稳定及动稳定倍数：电流互感器的热稳定及动稳定倍数，是表示互感器承受短路电流热作用和机械力作用的能力。

①热稳定电流：是指互感器在 1s 内承受短路电流的热作用而无损伤的一次电流有效值。所谓热稳定倍数，就是热稳定电流与电流互感器额定电流之比值。

②动稳定电流：是指一次线路发生短路时，互感器所能承受的无机械损伤的最大一次电流峰值。动稳定电流，一般为热稳定电流的 2.55 倍。所谓动稳定倍数，就是动稳定电流与电流互感器额定电流的比值。

9）电流互感器的极性：电流互感器一次绕组的头尾出线端分别用 L_1 和 L_2 标志；二次绕组的头尾出线端分别用 K_1 和 K_2 标志。L_1 和 K_1 为同极性；L_2 和 K_2 为同极性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.10.1　0.5kV 电流互感器技术数据（见表 7-38）

表 7-38　0.5kV（含 0.38kV）电流互感器技术数据

型　　号	额定电流/A		额定二次负载/Ω（$\cos\varphi=0.8$）			10%倍数	动稳定倍数
	一次侧	二次侧	0.5级	1级	3级		
LQK6-0.38、LQKB6	5～200	5	0.2	0.3	0.6	50	127.5
LMZ6-0.38、LMK6-0.38	300、400	5	0.2	0.3	—	—	—
LMZB6-0.38、LMKB6-0.38	300～800	5	0.4	0.6	1	—	—
LMZJ6-0.38、LMKJ6-0.38	300～800、	5	0.4	0.6	—	—	—
	1000～3000	5	0.8	1.2	2	—	—
LMZ1-0.5	5～400	5	0.2	0.3	—	—	—
LMZJ1-0.5	5～800	5	0.4	0.6	—	—	—
LMZB1-0.5	5～800	5	0.4	0.6	1	—	—
LMZJ1-0.5	1000～3000	5	0.8	1.2	2	—	—
LMK1-0.5	5～400	5	0.2	0.3	—	—	—
LMKJ1-0.5	5～800	5	0.4	0.6	—	—	—
LMKB1-0.5	5～800	5	—	—	1	—	—
LQG-0.5，LQG1-0.5，LQG2-0.5	5～800	5	0.4	0.6	—	50	70～100

注：1. 型号中字母含义：L—电流互感器；Q—线圈式；M—母线式；K—塑料外壳；Z—浇注绝缘；B—保护用；J—加大容量。

2. 额定电压：380V 或 500V。

3. 额定一次电流等级有 5、10、15、20、30、40、50、60、70、100、160、200、315、400、500、630、800、1000A…。

7.10.2　10kV 电流互感器技术数据（见表 7-39）

表 7-39　10kV 电流互感器技术数据

型　号	额定电压/kV	额定电流/A		额定二次负载/Ω			10%倍数	1s 热稳定倍数	动稳定倍数
		一次侧	二次侧	0.5	1	3			
LA-10	10	5～200 300～400 500 600～1000	5	0.4	0.4	0.6	10 （3级）	90 75 60 50	160 135 110 90
LAJ-10	10	20～200 300 400 500 600、800	5	0.8	—	0.8 （D级）	15 （D级）	120 100 75 60 50	215 180 135 110 90
LQJ-10	10	5～100 150～400	5	0.4	0.4	0.6	6（0.5、1级） 10（3级）	90 75	225 160
LCZ-35	35	20～600 800、1000	5	2	—	2	10（3级）	65 65	150 100

注：型号中字母含义：L—电流互感器；A—穿墙式；Q—线圈式；C—瓷绝缘；J—加大容量（LAJ）、树脂浇注（LQJ）；Z—浇注绝缘。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.10.3 电流互感器的选择、使用与维护

1. 额定电压的选择

选择的电流互感器一次回路允许最高工作电压 U_{max} 应大于或等于该回路的最高运行电压，即

$$U_{max} \geqslant U_g$$

式中，U_{max} 为电流互感器最高电压（kV）；U_g 为回路工作电压，即系统标称电压（kV）。

变电所常用的电流互感器选择电压应等于或大于系统额定电压 10、35、110、220kV。

2. 一次额定电流的选择

电流互感器的一次额定电流有 5、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200、300、400、600、800、1000、1200、1500、2000、3000、4000、5000、6000、8000、10000、15000、20000、25000A。

1）当电流互感器用于测量、计量时，其一次额定电流应尽量选择得比回路中正常工作电流大 1/3 左右，以保证测量仪表的最佳工作，并在过载时，使仪表有适当的指示。

选定电流互感器一次和二次额定电流之后，电流比就基本确定了。但新建变电所投运时往往负载较轻，但运行一段时间后，负载变得很大。这种情况下，就应当考虑选用双电流比的电流互感器，届时改变其电流比。一般双电流比电流互感器的大电流比是小电流比的两倍，利用电流互感器顶部的一次分头连接片，实现一次回路串并联切换连接。电流比的改变不影响其额定容量。

2）电力变压器中性点电流互感器的一次额定电流应按大于变压器允许的不平衡电流选择，一般情况下，可按变压器额定电流的 1/3 进行选择。

3）为保证自耦变压器零序差动保护装置各臂正常电流平衡，供该保护用的高、中压侧和中性点电流互感器，电流比应尽量一致，一般按电流较大的的中压侧额定电流来选择。

4）在自耦变压器公共绕组上作过载保护和测量用的电流互感器，应按公共绕组的允许负载电流选择。此电流通常发生在低压侧开断，而高、中压侧传输自耦变压器的容量时，公共绕组上的电流为中压侧和高压侧额定电流之差。

3. 电流互感器的二次额定电流的选择

电流互感器的二次额定电流有 5A 和 1A 两种，强电系统一般选 5A，弱电系统一般用 1A，当配电装置距离控制室较远时亦可考虑用 1A。

当使用直读式电流表时（安装式电流表一般为直读式）所选用的电流互感器应与电流表配套。例如，电流表规定用 100/5 的互感器（在表盘上标出），则应选用一次电流为 100A，二次电流为 5A 的互感器与之配套使用。此时电流表显示的读数即是被测量的实际数值。

4. 按电流互感器额定的二次负载选择

电流互感器的二次负载 S_e 的计算式为

$$S_N = I_N^2 Z_N$$

因为电流互感器的二次电流 I_N 已标准化为 5A、1A，所以，二次负载主要决定于外接阻抗 Z_N，可按下式测量计算。应满足选用的电流互感器额定负载的要求。

$$Z_N = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

式中，r_1 为测量仪表电流线圈电阻（Ω）；r_2 为继电器电流线圈电阻（Ω）；r_3 为连接导线电阻（Ω）；r_4 为接触电阻，通常取 0.5Ω。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电流互感器额定二次负载标准值为5、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100VA。当额定电流为5A时，相对应的额定负载阻抗值为0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.6、2.0、2.4、3.2、4.0Ω。当一个二次绕组的容量不能满足要求时，可将两个二次绕组串联使用。

仪表用的普通型电流互感器的额定容量推荐值为2.5、5、10、15、30VA五种。普通保护用电流互感器的标准额定伏安值为2.5、5、10、15、30VA共五种。30VA已经可以满足一般保护装置的要求。

5. 电流互感器接线注意事项

1）电流互感器的一次应串联在被测电路中，其标有L_1的端子应与电源相接，标有L_2的端子应与负载（用电器）相接。

对穿心式互感器，电源线应由标有L_1的一端穿入，穿过后去接负载，电源线穿过互感器中心孔几次，即为几匝。

2）电流表或功率表的电流回路与电流互感器的二次K_1、K_2相接。与功率表的电流回路相接时，其K_1端应接功率表标有“＊”的一端（该端被称为“发电机端”）。

3）K_2端子和铁心均应可靠接地。

6. 电流互感器的巡视检查

对运行中的电流互感器需巡视检查。一般情况下只进行外部检查，只有试验判断有不正常现象时，才做内部检查。

巡视检查电流互感器时，应注意以下几点：

1）各接头有无过热及打火现象，螺栓有无松动，有无异常气味。

2）瓷套管是否清洁，有无缺损、裂纹和放电现象，声音是否正常。

3）对于充油电流互感器应检查油位是否正常，有无渗漏油现象。

4）检查吸湿器是否完整，干燥剂有无变色。

5）检查干式电流互感器外壳有无裂纹、碳化、熔化、烧痕和冒烟等现象，有无异常气味。

6）电流表的三相指示值是否在允许范围之内，电流互感器有无过载运行。

7）二次绕组有无开路，接地线是否良好，有无松动和断裂现象。

8）定期校验电流互感器的绝缘情况，如定期放油，化验油质是否合格，若绝缘油变潮，其绝缘性能降低，将引起发热膨胀，造成电流互感器爆炸起火。

9）监听内部有无异常声响。如有较大声响，很可能是二次侧有开路或过载，此时若电流表不指示，则可判断电流互感器二次侧开路。

10）当发现运行的电流互感器冒烟、变形，应切断电源。

11）电流互感器一次端部引线的接头要保持接触良好，并有足够的接触面积，以防接触不良，产生过热现象。

12）怀疑存在缺陷的电流互感器，应适当缩短试验周期，并进行跟踪和综合分析，查明原因。

13）检查电流表三相指示是否在允许范围内，电流互感器是否过载运行。

电流互感器在最高气温为35℃时，允许在电流超过其额定电流10%的线路中长期运行。当最高气温高于35℃，但不高于50℃时，长期允许的工作电流最大值可按下式计算：

$$I_{t2} = I_{35}\sqrt{\frac{80 - t_2}{45}}$$

式中，I_{35}为最高气温为35℃时，电流互感器所允许的工作电流最大值（A）；t_2为环境的实际气

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

温（℃）。

14）检查二次回路连接是否可靠。不允许在二次回路中装设开关和熔断器，运行中严禁二次侧开路。

15）若因某种原因要拆除二次侧的仪表或其他设备时，必须先将二次侧短路，然后才能拆除。

16）按电气试验规程，进行全面试验合格。

7. 电流互感器的维护

（1）运行中二次回路工作及清扫注意事项

1）工作中不允许电流互感器二次回路开路。

2）根据工作需要可在适当地点将电流互感器二次侧短路，但必须采用短路片或专用短路线，严禁用熔体或导线缠绕。

3）严禁在电流互感器与短路端子间的回路上进行任何工作。

4）工作中必须有专人监护，要使用绝缘工具，并站在绝缘垫上。

5）工作中应小心，以免损坏元件造成二次回路断线，不得将回路永久性接地断开。

6）清扫时，应穿长袖工作服，戴手套，使用干燥工具。

（2）电流互感器的维修

1）经常保持电流互感器的清洁。

2）接地应牢固可靠。

3）若是油浸电流互感器，检查有无渗漏油现象。

4）检查各部分之间的距离是否符合要求，有无放电现象，有无异味异声。

5）应定期进行预防性试验。

6）测量绕组绝缘电阻是否合格。

7）电流互感器的运行温度最高不得超过 50℃。

8）电流互感器二次侧不能开路，一旦开路必须立即退出运行，并检查二次绕组的绝缘情况，铁心必须退磁处理。

9）运行的电流互感器由于绝缘受潮或过电压而发生绝缘击穿，损坏后应按原样进行修复。

10）当电流互感器二次绕组的绝缘电阻低于 10～20MΩ（或比出厂值显著降低）时，必须进行干燥处理。如用干燥箱干燥，温度控制不要超过 80℃，一般保持在 75℃左右。升温和降温都要缓慢进行。干燥期间，每隔 1h 测量一次绕组的绝缘电阻（为便于测量，可将互感器绕组的抽头引至干燥箱外）。当绝缘电阻升至 100MΩ 以上并保持稳定不变时，即可停止干燥。

检修好后的电流互感器需进行试验，合格后方可投入运行。

7.11 调压器

1. 用途与特点

调压器又称电压调整器，它是一种利用电磁感应原理，可以在较大范围内平滑无级地调节负载电压的交流电器，被广泛用于各种需要连续调节电压的场合。自动调压器就是稳压器，还有调功器等共有数百种规格。调压器被广泛应用于工农业生产、国防建设以及科研等领域，如冶金、化工、电信、电镀、整流、交通、广播电视、电梯、计算机、仪器仪表、家用电器、医疗设备及高楼大厦等作为调光、稳压调光、控制温度及电气试验的电源设备。

调压器与自动调压器的特点与主要用途见表 7-40 和表 7-41。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 7-40　调压器与自动调压器的特点与主要用途

分类	产品名称	容量及电压范围	特　　点	主要用途
变压器型	接触调压器	≤100kVA <0.5kV	效率高、电压波形及调压特性好，体积小、重量轻	见表7-41
	接触自动调压器	≤100kVA <0.5kV	效率高、稳压精度高、反应速度快，体积小、重量轻	
	移圈调压器	≤2250kVA ≤10kV	调压范围大、电压波形较好，效率低、空载电流大	适用于高压试验及中小型整流
	磁性调压器	≤1000kVA ≤10kV	无传动机构，便于实现自动控制，非额定运行时波形差，三相结构复杂	适用于低电压大电流工业电炉控温
电机型	感应调压器	≤1900kVA ≤10kV	调压范围大、电压波形及调压特性好	适用于发电机励磁、工业电炉控温、中小型整流、电信、冶金、煤矿、化工、纺织等设备
	感应自动调压器	≤4000kVA ≤10kV	稳压精度高，反应速度慢	
电子型	晶闸管调压器	≤450kVA <0.5kV	效率高，电压波形差	适用于调光、调温及整流
	晶闸管自动调压器	≤100kVA <0.5kV	稳压精度最高、反应速度最快、效率高，体积小、重量轻	适用于计算机稳压
	晶闸管调功器	≤450kVA <0.5kV	效率高，功率因数较低，线路冲击大、重量轻、体积小	适用于电炉控温

表 7-41　接触调压器的主要用途和特点

形　　式		容量和电压范围	主要用途	特　　点
接触调压器	环式	0.1～30kVA 500V以下	实验室、小型工业电炉、电信设备、家用电器等	波形及调压特性好、体积小
	柱式	10～100kVA 500V以下	工业、农业、国防、科研，特别适用于对波形要求高的科学试验场合	波形畸变小、噪声小、调压快，具有自动回零设备

2. 种类

调压器可分为变压器型、电机型和电子型三大类，见表7-40。变压器型常用的有接触调压器（或称自耦调压器）、移圈调压器和磁性调压器等；电机型是感应调压器。常见的调压器有变压器型和电机型两种。

调压器按相数可分为单相、三相；按冷却方式分干式自冷、油浸自冷、强迫风冷、水冷。

3. 型号含义

电流互感器产品型号表示方法如下：

□ □ □ □ □ □ □/□

- □ 额定电压等级（kV）
- □ 额定容量（kVA）
- □ 设计序号
- □ 调压方式：C— 接触式；A— 感应式
- □ 冷却装置类型：F— 风冷却；S— 水冷却；自然循环冷却不标注
- □ 绝缘介质：G— 干式；J— 变压器油（一般不标注）
- □ 相数：S— 三相；D— 单相
- □ 用途：T— 调压器；TE— 电动调压器；TN— 自动调压器；TX— 移相调压器；TZ— 组合调压器；TY— 特殊试验用调压器；W— 稳压器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号示例：

TDGC-2/0.25 表示单相（D）调压器（T），干式（G），接触式（C），额定容量 2kVA，额定电压等级 0.25kV。

4. 调压器的技术性能

调压器额定值是标注在调压器上的用来表示其在本标准规定条件下运行特征的一组参数的数值，这些参数值是制造厂保证和试验的基础。

1）额定容量：额定容量是指调压器视在功率（以 kVA 表示），它和额定输出电压一起决定其额定输出电流。

2）额定输入电压：额定输入电压是指在调压器的输入端指定施加的电压。

3）输入电压范围：为使稳压器的输出电压稳定在规定精度范围内，允许其输入电压的变化范围。输入电压范围允许以额定输入电压与正、负变化值之和表示。输入电压变化值还可用额定输入电压的百分数表示。

4）额定输出电压：额定输出电压是指在调压器输出端规定达到的电压。

5）输出电压范围：在额定输入电压条件下，调压器输出电压的最小值与最大值之间的范围。输出电压规定达到的最大值即为额定输出电压。

6）额定输出电流：额定输出电流是由调压器额定容量和额定输出电压计算出后流经输出端的电流。

7）稳压精度：稳压精度是指稳压器的输入电压在规定范围内变化时，输出电压对额定输出电压的最大偏离值占额定输出电压的百分数。

8）调压时间：调压时间是指调压器输出电压由最小值调至最大值，或由最大值调至最小值所需的时间（s）。

9）反应时间：反应时间是指当输入电压在规定范围内变化时，稳压器的输出电压自动返回到额定值的稳压精度范围内所需的时间（s）。

10）参考温度：参考温度是指计算损耗时依据的温度。

11）空载损耗及空载电流：空载损耗是指当调压器的输出端开路，输入端施加额定频率的额定输入电压时所吸取的有功功率。空载电流是指当调压器的输出端开路，输入端施加额定频率的额定输入电压时，流经输入端电流的方均根值。

对于三相调压器，是三相空载电流的算术平均值。

12）负载损耗：负载损耗是指调压器的输出端在规定的输出电压位置短接，输入端施加额定频率的电压，当输出电流等于额定值时，所吸取的并折算到参考温度后的有功功率。

13）总损耗：调压器的总损耗是空载损耗和负载损耗之和。辅助装置损耗不包括在调压器的总损耗中，并应单独说明。

7.11.1 TDGC2、TSGC2 系列接触调压器技术数据（见表 7-42）

表 7-42 TDGC2、TSGC2 系列接触调压器技术数据

名称	型号	输出容量/kVA	输入电压/V	输出电压（$\cos\varphi=1$）/V	最大输出电流/A	额定电压时空载损耗/W	额定电流时短路损耗/W	空载电流（%）
单相接触调压器	TDGC2-0.2	0.2	220	0～250	0.8	3.5	6.5	0.1
	TDGC2-0.5	0.5	220	0～250	2	6	17	0.2
	TDGC2-1	1	220	0～250	4	10	25	0.25

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名称	型　　号	输出容量/kVA	输入电压/V	输出电压（$\cos\varphi=1$）/V	最大输出电流/A	额定电压时空载损耗/W	额定电流时短路损耗/W	空载电流（%）
单相接触调压器	TDGC2-2	2	220	0～250	8	15	42	0.3
	TDGC2-3	3	220	0～250	12	18	55	0.4
	TDGC2-4	4	220	0～250	16	20	65	0.5
	TDGC2-5	5	220	0～250	20	22.5	75	0.6
	TDGC2-7	7	220	0～250	28	26	95	0.7
	TDGC2-10	10	220	0～250	40	33	140	1.0
	TDGC2-15	15	220	0～250	60	53	230	1.5
	TDGC2-20	20	220	0～250	80	67	300	2.0
	TDGC2-30	30	220	0～250	120	101	460	3.0
三相接触调压器	TSGC2-3	3	380	0～430	4	30	75	0.25
	TSGC2-6	6	380	0～430	8	45	126	0.3
	TSGC2-9	9	380	0～430	12	54	165	0.4
	TSGC2-12	12	380	0～430	16	60	195	0.5
	TSGC2-15	15	380	0～430	20	67.5	225	0.6
	TSGC2-20	20	380	0～430	27	78	260	0.7
	TSGC2-30	30	380	0～430	40	99	420	1.0

7.11.2　TDGA、TSGA（P）系列干式自冷感应调压器技术数据（见表7-43）

表7-43　TDGA、TSGA（P）系列干式自冷感应调压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流（%）	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
TDGA-10	10	1	50	220	0～400	25	560	10	570×450×990	300
TDGA-10	10			380	0～650	15.4	560	5.8		
TDGA-12.5	12.5			220	0～400	31.3	670	12.2		
TDGA-12.5	12.5			380	0～650	19.2	670	7.1		
TDGA-16	16			380	200～500	32	690	5.8		
TSGA-3.5	3.5	3	50	193～253	220	9.2	180	1.8	460×260×300	45
TSGA-7.5	7.5			330～430	380	12	300	2.2	880×680×720	60
TSGA-10	10			380	0～650	8.9	630	3.4	570×450×990	270
TSGA-12.5	12.5			380	0～650	11.1	750	4.1		270
TSGA-16	16			380	0～420	22	1000	5.6		300
TSGA-16	16			380	200～500	18.5	710	3.4		270
TSGA-16	16			380	0～650	14.2	900	5		300
TSGA-25	25			380	200～500	28.9	1000	5		300
TSGAP-16	16	3	50	110	0～90	103	750	12	570×450×990（中频）	270
TSGAP-20	20			220	0～130	88.8	900	7.4		300
TSGAP-25	25			220	0～400	36.1	750	7		270

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流（%）	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
TDGA-50	50	1	50	220	0～250	200	2800	13.5	1130×1130×1470	750
TDGA-50	50			220	0～400	125	2600	12.5		650
TDGA-50	50			380	0～420	119	2800	11.9		650
TDGA-50	50			380	0～500	100	2600	12.5		650
TDGA-50	50			380	0～650	77	2600	12.5		650

7.11.3　TDA、TSA 系列油浸自冷感应调压器技术数据（见表 7-44）

表 7-44　TDA、TSA 系列油浸自冷感应调压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流（%）	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
TDA-10/0.5	10	1	50	220	0～400	25	650	8.2	880×880×1292	345
TDA-10/0.5	10			380	0～650	15.4	650	4.2		345
TDA-16/0.5	16			220	0～400	40	1000	11.5		380
TDA-16/0.5	16			380	0～650	25	1000	6.7		380
TDA-20/0.5	20			220	0～400	50	1265	14		420
TDA-20/0.5	20			380	0～500	40	1265	9.3		420
TDA-20/0.5	20			380	0～650	31	1265	9		420
TDA-25/0.5	25			220	0～650	100	1600	18.7	1130×1130×1470	450
TDA-25/0.5	25			220	0～400	63	1400	17		420
TDA-25/0.5	25			380	0～500	50	1400	10.4	880×880×1292	420
TDA-25/0.5	25			380	0～650	39	1400	10.5		420
TDA-30/0.5	30			220	0～400	75	1730	20.6		450
TDA-30/0.5	30			380	0～500	60	1730	10.5		420
TDA-30/0.5	30			380	0～650	46	1730	12.4		450
TDA-75/0.5	75			220	0～400	187	3500	12	1056×1056×1663	1100
TDA-75/0.5	75			380	0～500	150	3500	12		1100
TDA-75/0.5	75			380	0～650	115	3500	12		1100
TSA-10/0.5	10	3	50	380	0～400	4.4	560	3.6	570×570×900	300
TSA-10/0.5	10			380	0～650	8.9	560	4.5		300
TSA-10/0.5	10			380	0～420	22	560	4.5		300
TSA-10/0.5	10			380	0～650	14.2	560	5.6		300
TSA-20/0.5	20			380	0～380	31	1600	5.8	880×880×1300	405
TSA-20/0.5	20			380	0～500	23	1400	5.2		405
TSA-20/0.5	20			380	0～650	18	1400	5		405
TSA-25/0.5	25			380	0～400	36	650	6.5	570×570×900	300
TSA-30/0.5	30			380	0～380	46	2250	8.7	880×880×1300	436
TSA-30/0.5	30			380	0～420	41.5	2250	8		436

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流（%）	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
TSA-30/0.5	30	3	50	380	0～500	35	1900	7.1	880×880×1300	436
TSA-30/0.5	30			380	0～650	27	1900	7.3		436
TSA-50/0.5	50			380	0～380	76	3200	14	1130×1130×1470	720
TSA-50/0.5	50			380	0～420	69	3200	13	980×980×1470	720
TSA-50/0.5	50			380	0～500	58	2900	11.8		720
TSA-50/0.5	50			380	0～650	45	2900	11.5		720
TSA-75/0.5	75			380	0～380	114	4200	16.7	1130×1130×1470	8100
TSA-75/0.5	75			380	0～500	87	3900	16.1		720
TSA-75/0.5	75			380	0～650	67	3900	21.7		720

7.11.4　TW系列可调可稳感应调压器技术数据（见表7-45）

表7-45　TW系列可调可稳感应调压器技术数据

型号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	稳压范围（%）	稳压精度（%）	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流/A	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg	控制器型号
TWDA-16	16	1	50	220	0～400	30～90	±(1～5)	40	900	11.5	880×880×1300	380	TK-420/1.6
TWDA-16	16			380	650			24.6	900	6.5		380	TK-650/1.6
TWDA-25	25			220	0～400			62.5	1250	17.5		420	TK-420/1.6
TWDA-25	25			380	0～500			50	1320	10.3		420	TK-500/1.6
TWDA-25	25			380	0～650			38.5	1250	9.8		420	TK-650/1.6
TWDA-40	40			220	0～400			100	1800	25.8	980×980×1470	650	TK-420/1.6
TWDA-40	40			380	0～650			61.5	1800	14.5		650	TK-650/1.6
TWDA-56	56			380	0～420	30～90	±(1～5)	133	2800	24.4	1130×1130×1470	750	TK-420/1.6
TWDA-63	63			220	0～400			158	2500	38.7		750	TK-420/1.6
TWDA-63	63			380	0～500			126	2650	23		750	TK-500/1.6
TWDA-63	63			380	0～650			96.9	2500	21.3		750	TK-650/1.6
TWSA-22	22	3	50	380	0～420	30～90	±(1～5)	30.2	1600	5.7	880×880×1300	405	TK-420/1.6
TWSA-25	25				0～500			28.9	1500	6		405	TK-500/1.6
TWSA-25	25				0～650			22.2	1400	5.6		405	TK-650/1.6
TWSA-35	35				0～420			48.1	2250	8.8		450	TK-420/1.6
TWSA-40	40				0～500			46.2	2120	9		450	TK-500/1.6
TWSA-40	40				0～650			35.5	2000	8.5		450	TK-650/1.6
TWSA-56	56				0～420			77	3200	14	1130×1130×1470	720	TK-420/1.6
TWSA-63	63				0～500			72.7	3000	13.2		720	TK-500/1.6
TWSA-63	63				0～650			56	2800	12.5		720	TK-650/1.6
TWSA-90	90				0～420			124	4500	21.7		810	TK-420/1.6
TWDGA-10	10	1	50	220	0～400	30～90	±(1～5)	25	560	10	570×450×990	300	TK-420/0.72
TWDGA-10	10			380	0～650			15.4	560	5.8		300	TK-650/0.72

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	稳压范围（%）	稳压精度（%）	额定输出电流/A	总损耗（75℃）/W	空载电流/A	外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg	控制器型号
TWSGA-10	10	3	50	380	0～650	30～90	±(1～5)	8.9	630	3.4	570×450×990	270	TK-650/0.72
TWSGA-16	16				0～420			22	1000	5.6		300	TK-420/0.72
TWSGA-16	16				0～650			14.2	900	5		300	TK-650/0.72

注：稳压范围用输出电压上限值的百分数表示。

7.11.5 TSJA-Y 系列电机试验感应调压器技术数据（见表 7-46）

表 7-46 TSJA-Y 系列电机试验感应调压器技术数据

型号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压/V	输出电流/A
TSJA-63Y	63	3	50	380	0～650	56
TSJA-100Y	100			380	0～650	88.6
TSJA-160Y	160			380	0～650	142
TSJA-250Y	250			380	0～650	222
TSJA-400Y	400			380	0～650	355
TSJA-630Y	630			380	0～650	560
TSJA-1000Y	1000			380	0～650	888
TSJA-1250Y	1250			380	0～650	1111

注：TSJA-Y 也能写成 TYSA。

7.11.6 TYDZ、TYSZ 系列高压试验柱式调压器技术数据（见表 7-47）

表 7-47 TYDZ、TYSZ 系列高压试验柱式调压器技术数据

型号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输入电流/A	额定输出电流/A	产品组成		重量/kg			伺服电动机型号
								代号	台数	器身	油	总	
TYDZ-20	20	1	50	380	0～430	53	46.5	TZ	1	109	107	285	ZD200/20-220
TYDZ-50	50	1	50	380	0～430	132	116	TZ	1	178	204	485	ZD200/20-220
TYDZ-100	100	1	50	380	0～430	264	232	TZ	1				ZD200/20-220
TYDZ-150	150	1	50	380	0～430	397	349	TZ	1	736	650	1900	ZD200/20-220
TYDZ-200	200	1	50	380	0～430	529	465	TZ	1				
TYDZ-250/3	250	1	50	380	0～3300	661	76	TZ	1				
TYDZ-300/3	300	1	50	3000	0～3300	101.2	91	TZ	1	1500	1268	3600	ZD200/20-220
TYDZ-300/10	300	1	500	10000	0～3300	30.3	91	TZ	1	1522	1455	3900	ZD200/20-220
TYDZ-500/3	500	1	50	380	0～3300	1320	152	BJ	1	1510	720	3100	ZD200/20-220
								TZ	1	990	1080	2900	
TYDZ-500/10	500	1	50	10000	0～3300	50.5	152	BJ	1	1510	720	3100	ZD200/20-220
								TZ	1	990	1080	2900	
TYDZ-750/3	750	1	50	380	0～3300	1990	227	BJ	1	1710	815	3450	ZD200/20-220
								TZ	1	1320	1440	3800	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定容量/kVA	相数	频率/Hz	额定输入电压/V	输出电压范围/V	额定输入电流/A	额定输出电流/A	产品组成		重量/kg			伺服电动机型　　号
								代号	台数	器身	油	总	
TYDZ-750/10	750	1	50	10000	0～3300	75.6	227	BJ	1	1710	815	3450	ZD200/20-220
								TZ	1	1320	1440	3800	
YTSZ-50	50	3	50	380	0～430	76	67	TZ	1				
YTSZ-100	100	3	50	380	0～430	153	134	TZ	1				
YTSZ-150	150	3	50	380	0～430	229	201	TZ	1				
TYSZ-200	200	3	50	380	0～430	305	269	TZ	1	830	660	2070	ZD200/20-220
TYSZ-200	200	3	50	380	0～650	305	178	TZ	1	830	660	2070	ZD200/20-220
TYSZ-300	300	3	50	380	0～430	458	403	TZ	1	1520	975	3200	ZD200/20-220
TYSZ-300	300	3	50	400	0～420	449	412	TZ	1	1520	975	3200	ZD200/20-220
TYSZ-300	300	3	50	380	0～650	458	266	TZ	1	1520	975	3200	ZD200/20-220

7.11.7　接触调压器和感应调压器的使用与维护

1. 接触调压器的使用

1）运行：接触调压器不能并联运行。大容量的单相调压器都是由几个相同的单元绕组、电刷等组装并联而成的。电刷通过同轴进行调节。因制造工艺造成的各输出电压差值，控制在3V以内，然后用输出平衡电抗器来限制电压差造成的环流。一般情况下，两台及以上相同产品的电刷不是同步调节的，故不能并联运行。

2）短时过载能力：接触调压器内部不存在与输出电流成正比的电磁扭矩，因此它的短时过载能力主要受到发热（热稳定性）的限制。这样，它的短时过载能力就与过载时间和电刷的位置有关。故短时过载能力应以总损耗最大的电刷位置（在1/2输入电压位置）进行考核。当过载20%时，允许运行60min；过载40%时，允许运行30min；过载60%时，允许运行5min。

3）接触调压器使用注意事项：接触调压器是不能代替安全变压器使用的，因为万一接线不合适，就会发生触电事故。如图7-8所示，若将电源相线位置接反（误将1端接地线），尽管二次输出电压很低，但当人站在地面上触及低压侧的任一导线时，都相当于触及了上百伏的电压，将有生命危险。因此，安全变压器一定要采用双绕组变压器。

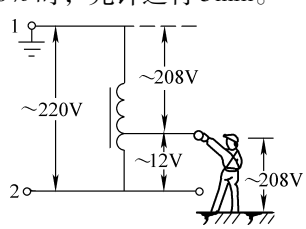


图7-8　接触变压器作安全变压器时的错误接法

2. 接触调压器的维护

接触调压器不用时，应放在干燥、无腐蚀性气体的场合。使用前应检查其导电部分与外罩的绝缘电阻是否正常，各电刷的刷握应在刷架的配合孔内滑动自如，不能有卡死现象。使用期间应保持绕组磨面处的清洁，经常清除磨面处的尘埃。由电刷磨损或火花引起的绕组磨面上的石墨粉迹，可用少量汽油或酒精擦拭。当电刷火花严重灼蚀绕组磨面时，可用00号细砂布轻轻打磨磨面，重新修正电刷与绕组磨面的配合。方法是将电刷抬起，将00号细砂布垫在电刷与绕组磨面中间，按住砂布，电刷在砂布上往返几次磨平即可。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接触式调压器日常检查和维护内容如下：

1）调压器是个自耦变压器，为了确保安全，必须做好保护接地（接零）。平时要注意检查。

2）小型密闭式接触调压器允许横卧使用。

3）应在调压器输入和输出端加装合适的熔断器，以确保安全。

4）调整电压可带负载操作，但应缓慢进行，以免电刷接触点受损。

5）应定期检查电刷的磨损情况。如发现电刷接触不良，应及时拆开修理。若电刷变形或磨损，应修磨电刷或更换新电刷。电刷接触不良主要表现为，输出电压时有时无，输出电压跳动，以及电刷打火等。

6）不宜在潮湿的环境或有导电粉尘的环境中使用，以免使绝缘性能下降，导致调压器遭损毁。安装处应通风良好。

7）搬移调压器时应轻搬轻放，较重的调压器宜用小架车搬移，切不可在地面上大力拖动，以免振松固定机件和振坏电刷。

8）使用调压器时，先将指针置于零位，然后将负载接在输出端，再在输入端接入电源电压。

9）调压器的输出电流不能超过额定值（短时超载可以），如果超载时间较长，易烧坏线圈。

10）对于电动式调压器，应注意对限位开关位置和动作准确性的调整和维护，以及对控制回路和伺服电动机的维护。

3. 感应调压器的使用

感应调压器应避免在最高输出电压、满载情况下直接投入运行，以免在投入运行瞬间会产生过电流，危及涡轮组件和绕组。另外，在风机停转时，感应调压器应停止运行，以防烧毁产品。

和接触调压器一样，感应调压器也不能并联运行。对三相感应调压器应尽可能地均衡分布负载。当发现感应调压器的绝缘电阻低时，必须进行干燥处理，直至符合要求后才能投入运行。另外，在拆卸定子、转子部件时，必须记好各个接线位置，以便维修好后按原位置装配，否则有可能造成涡轮组件报废。

4. 感应调压器的维护

感应调压器的日常检查和维护内容如下：

1）伺服电动机进行空载运行检查。运转方向应与调压器“升压”、“降压”的指示标志一致；输出电压在最高、最低极限值位置，行程开关应保证切断电动机电源停止运转。

2）调压器的四周应留适当空间，以利通风散热，并便于随时检查。

3）检查调压器的传动系统。传动装置在180° 内或90°内正反方向应转动灵活。

4）调压器在带负载调节时，应使它的输出电压从最低值逐渐升高到需要值，尽量减少由最高值逐渐下降到需要值，以避免产生瞬时过电流。

5）实用时应使负载电流不超过额定值，如超过时间过长，易使调压器烧毁或寿命缩短。

6）当因过载或短路而使调压器保险螺栓切断时，应立即查明原因，排除故障，并换上同样尺寸和同样材料的螺栓。

7）经常检查调压器传动装置的发热情况并定期给蜗轮、蜗杆补充润滑油。

8）除传动机构与控制机构外，调压器其他部分的使用与维护保养均与一般电力变压器相仿。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）调压器通常用于生产车间、试验室等场所，与人的接触机会多，因此必须做好外壳保护接地（接零），平时要注意接地线是否良好，接地螺钉有无锈蚀等。发现问题，及时处理。

10）补充加注冷却油，必须与该调压器油箱上标注的冷却油牌号相同并经过干燥处理。使用中对冷却油还需做定期的过滤和干燥处理。

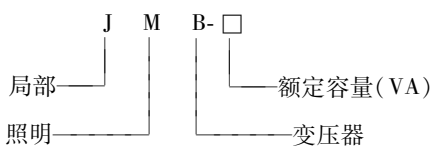
7.12　常用小型变压器

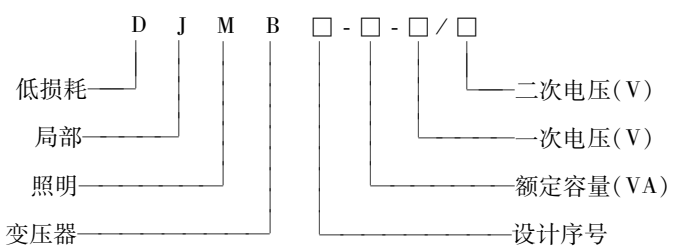
1. 种类

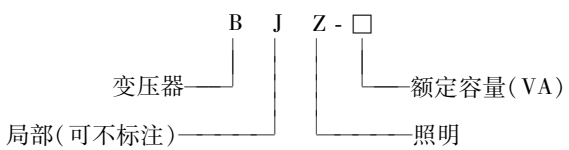
小型电源变压器一般均为干式变压器，广泛用于冶金、机械、电子、轻纺、化工、交通运输、林业等部门作为安全照明、电气设备中控制电路等的电源部件。主要有局部照明变压器（简称照明变压器）、控制变压器、隔离变压器等种类。

2. 型号含义

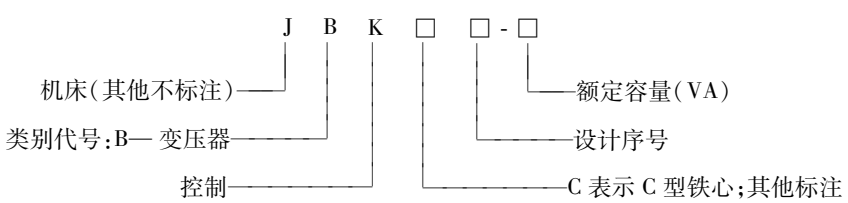
照明变压器型号含义：



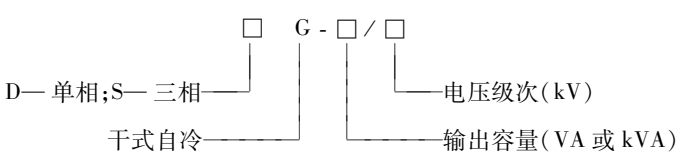




控制变压器型号含义：



小型干式变压器型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.12.1 JMB 系列局部照明变压器技术数据（见表 7-48）

表 7-48 JMB 系列局部照明变压器技术数据

型号	额定容量/kVA	额定电压/V		外形尺寸（长×宽×高）/mm	重量/kg
		一次	二次		
JMB-0.05	0.05	380、220、380/220	36、24、12、36～12、36～24、36～24～12、127、127～36、127～36～6.3、220	210×128×90	3.8
JMB-0.1	0.1			210×128×100	4.2
JMB-0.15	0.15			210×128×110	5
JMB-0.2	0.2			210×128×115	5.5
JMB-0.25	0.25			210×128×124	6
JMB-0.3	0.3			210×128×130	8
JMB-0.4	0.4			210×128×140	10
JMB-0.5	0.5			260×170×200	14
JMB-1	1			280×190×200	20
JMB-1.5	1.5			280×200×200	24
JMB-2	2			300×240×250	30
JMB-3	3			320×260×250	40
JMB-4	4			340×280×250	50
JMB-5	5			340×300×250	56

7.12.2 DBK2 系列低损耗单相控制变压器技术数据（见表 7-49）

表 7-49 DBK2 系列低损耗单相控制变压器技术数据

型号	额定容量/VA	额定电压/V		损耗/W		空载电流（%）	阻抗电压（%）	外形尺寸（长×宽×高）/mm	安装尺寸/mm	重量/kg
		一次	二次	空载	负载					
DBK2-50/0.5	50	220、380	36、127、36～24、127～36、127～110（抽头式）	2	5	40	10	75×69×122	40×40	1.4
DBK2-100/0.5	100			3	10	30	10	80×69×132	40×40	1.8
DBK2-150/0.5	150			4	13.5	25	9	90×77×145	56×56	2.5
DBK2-200/0.5	200			5	15	22	7.5	93×77×151	56×56	2.9
DBK2-250/0.5	250			6	18	22	7.2	99×77×157	56×56	3.3
DBK2-300/0.5	300			7	20	30	6.7	120×101×181	70×63	4.6
DBK2-400/0.5	400			8	24	25	6	120×112×181	70×73	5.6
DBK2-500/0.5	500			10	26	20	5.1	120×122×181	70×83	6.6
DBK2-1000/0.5	1000			15	35	12	3.5	150×133×221	90×101	13
DBK2-2000/0.5	2000			23	55	9	2.8	174×152×258	110×115	22
DBK2-3000/0.5	3000			30	75	8	2.6	195×205×293	130×125	29
DBK2-4000/0.5	4000			39	99	7	2.6	232×194×344	150×115	37
DBK2-5000/0.5	5000			48	99	7	2.1	229×219×344	150×130	45

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.12.3　JBK3 系列单相控制变压器技术数据（见表 7-50）

表 7-50　JBK3 系列单相控制变压器技术数据

容量/VA	额定输入电压 U_1/V	额定输出电压 U_2/V			各绕组分配容量/VA			每伏匝数/(匝/V)		电流密度/(A/mm²)	
		控制	照明	指示	控制	照明	信号	一次侧	二次侧	一次侧	二次侧
40	220（1±5%） 380（1±5%）	110 (127) 220 380	24 (36)	6 (12)	40			4.15	4.46	2.8	3
						40					
					37		3				
63					63			4.15	4.46	3	3.21
						60	3				
					20	40	3				
					60		3				
100					100			2.68	2.89	3.2	3.85
						100					
						90	10				
					90		10				
					40	60					
					50	40	10				
160					160			2.21	2.39	3.19	3.8
					90	60	10				
					100	60					
					150		10				
250					250			1.692	1.795	2.65	3.4
					240		10				
					170	80					
400					400			1.50	1.57	2.5	3.4
					390		10				
					320	80					
					310	80	10				
630					630			1.23	1.274	2.3	3.4
					610		20				
					510	120					
					490	120	20				
1000					980		20	1.226	1.327	4	3.25
					880	120					
					860	120	20				
1600					1600			0.972	1.025	2.85	2.5
					1400	200					
					1380	200	20				
2500					2500			0.782	0.834	2.65	2.42
					2460		40				
					2200	300					
					2160	300	40				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.12.4 小型 DG 系列单相干式变压器技术数据（见表 7-51）

该系列变压器适用于交流 50Hz 电路中，作一般电器及照明灯的电源变压器。

表 7-51 小型 DG 系列单相干式变压器技术数据

型号	容量/kVA	一次电压/V	二次电压/V	外形尺寸/mm			重量/kg
				长	宽	高	
DG-0.05/0.5	0.05	380、220、127	220、127、36、12	130	140	150	4
DG-0.1/0.5	0.1			155	140	180	10
DG-0.25/0.5	0.25			245	175	230	14
DG-0.5/0.5	0.5			245	175	230	15.5
DG-1/0.5	1			245	175	290	22.4
DG-1.5/0.5	1.5			285	225	340	28.4
DG-2/0.5	2			285	229	340	32
DG-2.5/0.5	2.5			285	229	340	37
DG-3/0.5	3			365	256	380	41
DG-4/0.5	4			385	306	390	62.7
DG-5/0.5	5			387	306	390	65
DG-5	5	380、220	6、12、24、36、42、100、133、230	387	307	390	
DG-10	10			430	280	485	

7.12.5 小型 SG 系列三相干式变压器技术数据（见表 7-52）

该系列变压器适用于交流 50Hz 的电路中，供照明、小型动力设备用。

表 7-52 小型 SG 系列三相干式变压器技术数据

型号	额定电压/V		联结组标号	损耗/W		空载电流（%）	阻抗电压（%）	重量/kg
	高压	低压		空载	短路			
SG-1/0.5	220、380、400、660	36、110、127、220、380（可任选）	Dy11	19	40	≤8	6	15
SG-2/0.5				28	60	≤8	6	25
SG-3/0.5				35	80	≤8	6	30
SG-4/0.5				45	110	≤8	6	35
SG-5/0.5				55	130	≤8	5	39
SG-6/0.5				65	160	≤7	5	52
SG-7/0.5				75	200	≤7	5	55
SG-8/0.5				85	260	≤7	5	60
SG-9/0.5				95	310	≤7	5	63
SG-10/0.5				110	350	≤7	4.5	65
SG-12/0.5				130	410	≤7	4.5	70
SG-15/0.5				150	520	≤6	4.5	120
SG-20/0.5				170	600	≤6	4.5	140
SG-25/0.5				210	700	≤5	4.5	180
SG-30/0.5				240	750	≤5	4.5	210
SG-35/0.5				290	850	≤5	4.5	250

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/V		联结组标号	损耗/W		空载电流（%）	阻抗电压（%）	重量/kg
	高　　压	低　　压		空载	短路			
SG-50/0.5	220、380、400、660	36、110、127、220、380（可任选）	Dyn11	360	1100	≤4	4.5	350
SG-63/0.5				420	1350	≤4	4.5	400
SG-75/0.5				500	1600	≤4	4.5	460
SG-100/0.5			Yyn0	620	1850	≤3	4	520
SG-150/0.5				780	2100	≤3	4	650
SG-250/0.5				1100	2500	≤3	4	1000
SG-315/0.5				1550	3600	≤2	4	1300
SG-500/0.5				2250	6200	≤2	4	1850

7.12.6　DDG2 系列低电压大电流干式变压器技术数据（见表 7-53）

表 7-53　DDG2 系列低电压大电流干式变压器的技术数据

型　　号	额定容量/kVA	初级电压/V	次级电压/V			次级电流/A			外形尺寸（长×宽×高）/mm	安装尺寸（长×宽）/mm	重量/kg
			并	并	串	双并	并	串			
DDG2-10/0.5	10	220、380、650	6	4	8	3333	2500	1250	410×400×470	200×190	75
DDG2-20/0.5	20			12	24		1667	883	440×420×540	200×210	130
DDG2-30/0.5	30		7	14	28	4286	2143	1072	480×450×590	200×230	175
DDG2-50/0.5	50		9	18	36	5556	2778	1389	530×520×650	300×250	240
DDG2-100/0.5	500		12	24	48	8333	4167	7083	675×520×720	380×330	460

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第8章　弧 焊 电 源

8.1　概述

手工电弧焊机（简称电焊机）是利用电能加热使金属熔解，实现金属焊接的一种加工设备。手工电弧焊机通常由弧焊电源和焊钳组成，可用来焊接碳钢、合金钢和不锈钢等材料。

1. 分类

弧焊电源可按输出电流种类、按电源外特性以及按对外特性和焊接参数的控制与调节方式进行分类。常用的是以输出电流种类进行分类，可分为交流电源、直流电源和脉冲电源三大类，如图 8-1 所示。

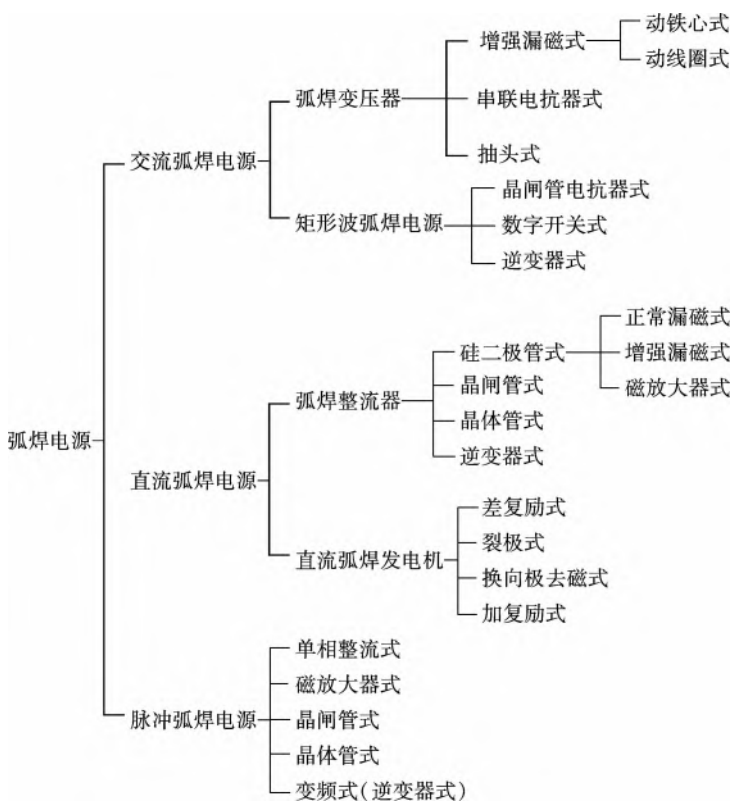


图 8-1　弧焊电源分类图

焊条电弧焊电源一般按输出电流种类分为交流和直流两大类，有时把交直流两用也列为一类。其中每一类又可分为若干小类，每一小类又有若干不同形式，图 8-2 为通用焊条电弧焊电源分类图。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

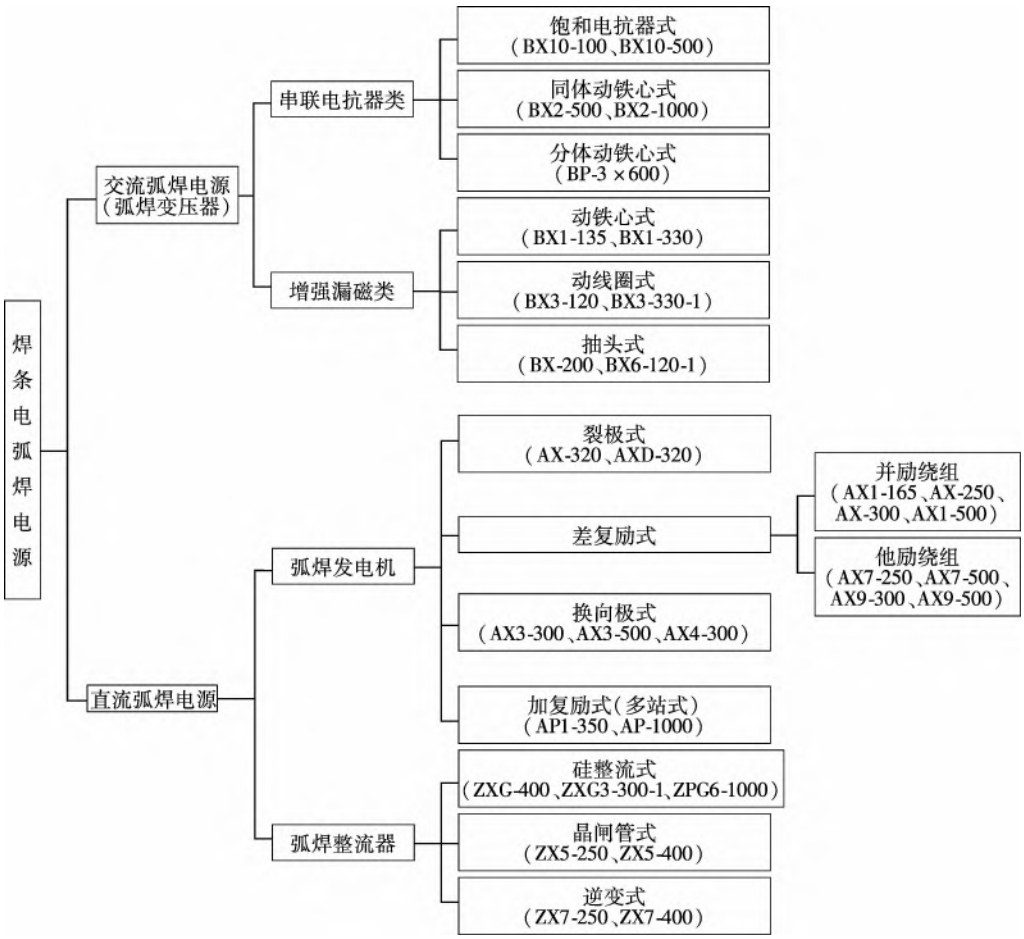
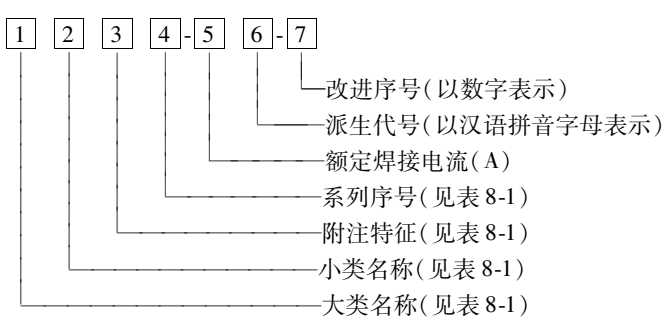


图 8-2 通用焊条电弧焊电源分类图

2. 型号含义



焊条弧焊机的型号示例：

ZX5-315 表示具有下降外特性的晶闸管式弧焊整流器，额定焊接电流为 315A。

BX1-250 表示具有下降外特性的动铁心式弧焊变压器，额定焊接电流为 250A。

3. 性能和适用范围

弧焊变压器、直流弧焊发电机和弧焊整流器的性能和适用范围见表 8-2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-1 焊条电弧焊机的型号含义

序号	字母	第一字位 大类	字母	第二字位 小类	字母	第三字位 附注特征	数字序号	第四字位 系列序号	（A）	第五字位 基本规格
1	A	弧焊发电机	X	下降特性	（省略）	电动机驱动	（省略）	直流	A	额定焊接电流
			P	平特性	D	单纯弧焊发电机		交流发电机整流		
			D	多特性	Q	汽油机驱动		交流		
					C	柴油机驱动				
					T	拖拉机驱动	1			
					H	汽车驱动				
2	Z	弧焊整流器	X	下降特性	（省略）	一般电源	（省略）	磁放大器或饱和电抗器式		
			P	平特性	M	脉冲电源	1	动铁心式		
			D	多特性	L	高空载电压	2	—		
					E	交直流两用电源	3	动线圈式		
							4	晶体管式		
							5	晶闸管式		
							6	变换抽头式		
							7	变频式		
3	B	弧焊变压器	X	下降特性			（省略）	磁放大器或饱和电抗器式		
			P	平特性			1	动铁心式		
					高空载电压		2	串联电抗器式		
							3	动线圈式		
							4	—		
							5	晶闸管式		
							6	变换抽头式		

表 8-2 焊条电弧焊机的性能和适用范围

项目	弧焊变压器①	直流弧焊发电机②	弧焊整流器②	项目	弧焊变压器①	直流弧焊发电机②	弧焊整流器②
焊接电流种类	交流	直流	直流	功率因数	较低	高	较高
电弧稳定性	较差	好	较好	效率	高	低	较高
磁偏吹	很小	较大	较大	噪声	较小	大	很小
极性可换性	无	有	有	结构与维修	简单	复杂	较简单
空载电压	较高	较低	较低	触电危险	较大	较小	较小
空载损耗	较小	较大	较小	成本	低	高	较高
供电方式	一般为单相供电	三相供电	一般为三相供电	重量	轻	重	较轻

① 适用范围：一般焊接结构的手弧焊；铝合金的钨极氩弧焊；埋弧焊。

② 适用范围：较重要焊接结构的手弧焊；各种埋弧、气体保护焊及等离子弧切割、焊接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

直流弧焊发电机具有引弧容易、电弧稳定、焊接质量好等优点，但是其结构较复杂、价格较高。在焊接过程中，如电网电压有波动时，直流弧焊发电机能保持电弧的稳定性。在电源容量很小，要求三相均衡用电的地区，或者要求采用直流焊条的场合，应选用直流弧焊发电机。此外，在野外工作而没有交流电网时，可采用柴油机或汽油机驱动的直流弧焊发电机作为焊接电源。对弧焊设备的要求如下：

1）对空载电压和短路电流的要求：欲使电弧稳定的燃烧且引弧容易，就必须有足够高的空载电压（但必须安全），因此要求直流手弧焊机的空载电压 U_0 为 50～90V。短路电流一般限制在 1.5 倍焊接电流的范围。

2）电源调节特性的要求：为了适应不同厚度的材料、焊条直径，以及不同焊缝的焊接，要求焊接电流有一定的调节范围，通常用改变手工电弧焊机外特性曲线来得到不同的焊接电流。

4. 电弧对弧焊电源的要求

（1）电弧对弧焊电源外特性的要求

在电弧焊接过程中，弧焊电源向负载提供足够的电能，而电弧正是消耗电能的负载，于是它们之间就构成一个电源-电弧系统。在该系统中想使电弧能稳定燃烧，要求电路输出的电流和电压与电弧电流和电压能保持平衡。因此要求电源的外特性曲线，能相交于一点，如图 8-3 中的 A 点。只有这样，系统才能保持静平衡状态。为使焊接电弧稳定燃烧，要求电源电能按照一定规律提供电压和电流，也就是要求电源在引弧时能提供较高的电压及较小的电流。当电弧稳定燃烧时，要求电流提高，而电压急剧下降。当焊条与工件发生短路时，其短路电流也不应过大，而要限值在一定的数值上。凡能满足上述要求的电源称为具有陡降外特性电源，是一般弧焊机的理想电源。

总之，电弧对要求弧焊电源具有陡降外特性。弧焊电源不但能确保电弧的稳定燃烧，而且能保证短路时，不会产生过大的短路电流使电源设备燃烧造成事故。一般焊机的短路电流应在正常焊接电流的 120%～130%，最大也不应超过 150%。

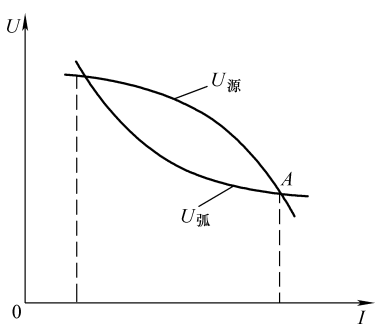


图 8-3 电弧静特性与电源外特性的配合

（2）电弧对弧焊电源空载电压的要求

空载电压 U_0 的大小是弧焊电源的一个极重要的技术指标。它对弧焊的引弧与电弧能否稳定燃烧有着很大影响。电弧对弧焊电源空载电压的要求如下：

1）引弧方便：引弧时焊丝或焊条与工件表面接触应迅速起弧，而影响引弧和稳定燃烧的工艺因素很多，如电流的性质，焊条中的电流密度大小，在电弧区域内气体介质的电离电位高低，电极材料成分与接触情况、工件表面是否有锈等。由于上述原因使其接触不良、接触电阻加大，因此要求有较高的空载电压，只有这样才能将电阻接触面击穿，达到引弧的目的。

2）使电弧稳定燃烧：直流弧焊电源（直流弧焊发电机电源或整流式直流弧焊电源）比交流弧焊电源在电弧燃烧时稳定得多。为使交流弧焊电弧能稳定燃烧，可采用一些办法，如提高弧焊电源的频率、改善焊接电流的波形等，这些措施都改变结构、增加设施、提高费用、加大成本。比较简单易行的方法是合理提高弧焊电源的空载电压，它能有效地提高交流电弧的稳定性，但空载电压越高对操作者越不安全，从而增大材料消耗，降低功率因数。因此要合理适当地控制空载电压的提高。目前手工电弧焊电源空载电压一般为

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

弧焊变压器：$U_0 \leqslant 80V$

弧焊整流器：$U_0 \leqslant 90V$

（3）电弧对弧焊电源调节的要求

在焊接时根据焊件材料、几何形状、厚度及焊接位置的不同，要选用不同直径的焊条，同时要选用不同的焊接规范。在实际手工焊接时依靠调节电源外特性的方法来调节弧焊电流的大小，外特性位置不同，外特性与电弧静特性的交点 A 也在移动，由 A 点决定的焊接电流也随之增减，如图 8-4 所示。

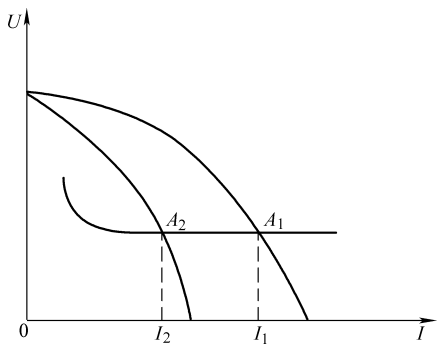


图 8-4 弧焊电源的调节特性

在实际焊接工作中要求能灵活地调节焊接电流，一般情况下，焊接电源能调出最大电流应达到最小电流的 4 ~ 5 倍以上。

8.2 弧焊变压器

1. 用途

交流弧焊变压器（简称弧焊变压器或电焊变压器）又称交流弧焊机，其外形如图 8-5 所示。弧焊变压器是具有下降的外特性的交流弧焊电源，它是通过增大主回路电感量来获得下

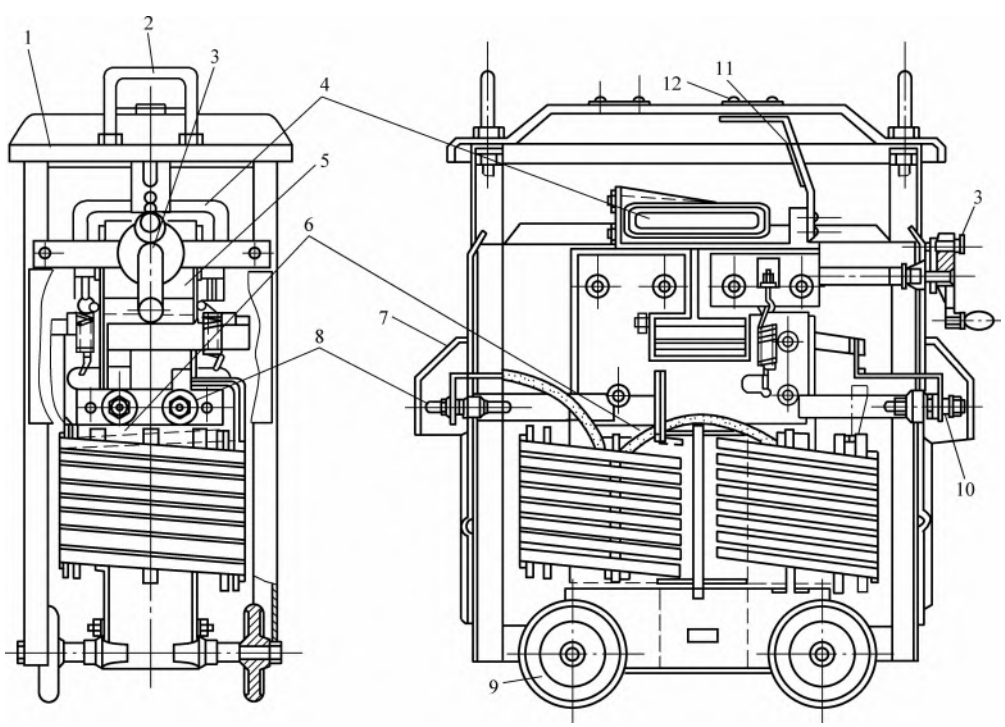


图 8-5 BX-550 型弧焊变压器

1—外壳 2—牵引手柄 3—调节手柄 4—电抗绕组 5—动铁心 6—固定（静）铁心 7—安全罩 8—二次接线板 9—滚轮 10—一次接线板 11—电流指示器 12—电流指示牌

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

降的外特性，以满足焊接工艺的需要。它实际上是一种特殊用途的降压变压器，在工业中应用极为广泛。

2. 特点

弧焊变压器按结构特点主要可分为动铁心式、串联电抗器式、动线圈式和变换抽头式。

弧焊变压器与普通变压器相比，其基本工作原理大致相同，都是根据电磁感应原理制成的。但是为了满足焊接工艺的要求，弧焊变压器与普通变压器仍有以下不同之处。

1）普通变压器是在正常状态下工作的，而弧焊变压器则在短路状态下工作。

2）普通变压器在带负载运行时，其二次侧电压随负载变化很小，而弧焊变压器则要求在焊接时具有一定的引弧电压（60～75V）。当焊接电流增大时，输出电压急剧下降，当电压降到零时，二次电流也不致过大。

3）普通变压器的一、二次绕组是同心地套在同一个铁心柱上，而弧焊变压器的一、二次绕组则分别装在两个铁心柱上，这样就可以通过调节磁路间隙，使二次侧得到焊接所需要的工作电流。

3. 工作原理

图 8-6 是弧焊变压器原理电路图。它是由变压器 T 在二次侧回路串入电抗器 L 构成的。焊接时，焊钳夹持的电焊条与工件间产生电弧，该电弧的高温熔化焊条和工件金属，对工件实现焊接。焊接过程中，焊接电流在变压器二次侧回路中流通，电抗器起限流作用。

未进行焊接时，变压器二次侧开路电压为 60～75V。开始焊接时，焊工用焊条迅速地轻敲工件，焊条接触工件后，随即较缓地离开，当焊条离开工件约 5mm 时，将产生电弧（起弧）。在电弧稳定燃烧进行焊接的过程中，焊钳与工件间电压约为 20～40V。要停止焊接，只需把焊条与工件间的距离拉长，电弧即可熄灭。

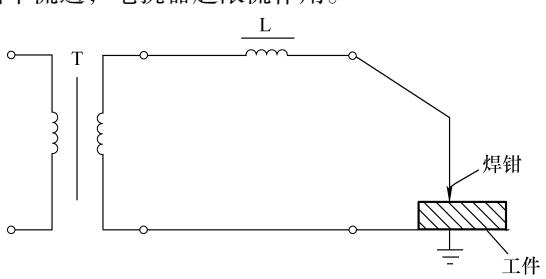


图 8-6 弧焊变压器原理电路图

焊接不同的工件，要采用不同直径的电焊条，也就需要不同大小的焊接电流。由图 8-6 可知，要调节变压器二次侧回路中流通的焊接电流，一种方法是改变变压器二次绕组的匝数，另一种是改变电抗器的电抗值的大小。通常改变电抗器的电抗值可通过改变它的铁心状况、线圈匝数、绕组位置等方法来实现。

4. 分类

（1）动铁心式弧焊变压器

动铁心式弧焊变压器的电抗器是变压器二次绕组的一部分。它对电抗器的调节由动铁心的移动来完成，故又称为磁分路动铁心式弧焊变压器。

动铁心式弧焊变压器是一台有三个铁心柱的变压器，中间的铁心是可以移动的。为了增加变压器的漏抗，其铁心窗口特别高而宽。它的一次绕组绕在一个主铁心柱上；二次绕组分成两部分，一部分绕在一次绕组的外面（像普通层式绕组那样）；另一部分绕在另一个主铁心柱上，兼作电抗线圈。

需调节焊接电流时，可转动弧焊变压器中部的调节螺杆，使活动铁心进入或退出主铁心。活动铁心退出时，电抗线圈磁路的磁阻增大，电抗值减小，将使焊接电流增加；反之，活动铁心进入主铁心，将使电抗值增大，焊接电流减小。

实用中的动铁心式弧焊变压器，把活动铁心的移动作为焊接电流的细调；而把电抗器绕组、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二次绕组都分成两部分，通过它们的不同组合来实现焊接电流的粗调。

动铁心式弧焊变压器体积小、重量轻、成本低、振动较小。同时，它在小电流焊接时，稳定性好。适用于经常移动的场合。

（2）串联电抗器式弧焊变压器

串联电抗器式（又称组合电抗式）弧焊变压器又分为同体式和分体式两种。

同体式弧焊变压器的特点是，整台弧焊变压器由降压变压器和电抗器两部分组合而成，其铁心呈“日”字形，上部为电抗器，下部为变压器。降压变压器的一次绕组和二次绕组分绕在两侧的铁心柱上；电抗线圈绕在铁心上部，与变压器二次绕组串联。通过摇动手柄，改变动铁心与静铁心的相对位置，可改变铁心中气隙的大小，从而改变电抗器的电抗值，实现对焊接电流的调节。当气隙增加时，磁阻增大、电抗值减小、焊接电流增加；反之，当气隙减小时，磁阻减小、电抗值增大、焊接电流减小。

分体式弧焊变压器与同体式弧焊变压器的不同之处只是降压变压器与电抗器是分开的，其工作原理完全相同。

串联电抗器式弧焊变压器的特点是较易振动，小电流焊接时不够稳定。一般适用于大容量的场合。

（3）动线圈式弧焊变压器

动线圈式（简称动圈式，又称动绕组式）弧焊变压器没有专门设置电抗线圈，它是靠二次绕组本身的漏电抗来限制焊接电流的。

动线圈式弧焊变压器的一、二次绕组重叠地套在铁心柱上。一次绕组在下面，是固定的；二次绕组叠在上面，可以随调节机构而上下移动。由于铁心柱较长，窗口较大，为二次绕组提供了较大的调节余地。焊接时，转动调节机构的手柄，便可改变变压器一、二次绕组的距离。当两绕组之间的距离增大时，使二次回路内的漏电抗增加，焊接电流减小；反之，当两绕组之间的距离减小时，则焊接电流增大，从而实现了对焊接电流的细调节。粗调则是通过改变一次绕组的接法（串联或并联）来实现的。

在实际应用中，也常采用“口”字形铁心。这时，一、二次绕组均分成两部分，叠放在两个铁心柱上，仍一上、一下呈交叠式布置。二次绕组仍可随调节机构上下移动。

动线圈式弧焊变压器振动很小，电流调节范围大，小电流焊接时电弧也稳定。缺点是重心偏高，不利于搬运。

（4）变换抽头式弧焊变压器

变换抽头式弧焊变压器的铁心为两铁心柱结构的“口”字形。其一次绕组分为同侧及分置绕组两部分，分别套在两个铁心柱上。二次绕组与同侧的一次绕组套在同一铁心柱上。

变换抽头式弧焊变压器的一次绕组为多抽头的绕组，分置在两个铁心柱上，它是通过一次绕组分置来增大漏抗，以获得焊接所需要的陡降外特性，通过更换分接档位改变两铁心柱上的一次绕组的串联匝数比（即分置比）K_i来改变漏抗的大小，从而实现有效调节焊接电流的。$K_i = N_{11}/(N_{11} + N_{12})$，即分置绕组匝数与一次绕组匝数比。

依次接通各分档位时，K_i 由最大变为最小，漏抗也由最大变为最小，焊接电流则由最小变为最大。

变换抽头式弧焊变压器的特点是结构紧凑、体积小、轻便可提。

8.2.1 常用弧焊变压器技术数据（见表 8-3）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-3 弧焊变压器技术数据

结构型式		动 铁 式					
型号		BX1-120	BX1-135	BX1-160-1	BX1S-2×160	BX1-200	BX1-250-1
额定焊接电流/A		120	135	160	2×160	200	250
一次电压/V		220	220/380	380	380	220/380	380
二次空载电压/V		50	接法 Ⅰ 75 Ⅱ 60	70~78.5	60	80	76
额定工作电压/V			30	21.4~28.4	30	21.6~27.8	30
额定一次电流/A		29.8	40/23	27.4~35.4	54		54
焊接电流调节范围/A		60~120	接法 Ⅰ 25~85 Ⅱ 50~150	40~192	35~230(双人) 70~460(单人)	40~200	62~300
额定负载持续率(%)		20	65	60	60	40	60
相数		1	1	1	1	1	1
频率/Hz		50	50	50	50		50
额定输入容量/kVA		6	8.7	13.5	20.5	16.9	20.5
各负载持续率时容量/kVA	100%	2.7		10.4	16.2	10.7	15.9
	额定负载持续率	6	8.7	13.5	26.8 (负载35%)	16.9	20.5
各负载持续率时焊接电流/A	100%	54	110	124	2×124	126	194
	额定负载持续率	120	135	160	2×210 (负载35%)	200	250
使用焊条直径/mm			1.5~4	2~4	1.5~7		2~5
效率(%)			78		85		80
功率因数			0.58		0.55		
重量/kg		32	98	78	135	93	106
外形尺寸/mm	长	360	680	495	660	587	510
	宽	245	480	305	540	325	360
	高	305	580	592	725	645	660
用 途		手提轻便弧焊电源	手弧焊及电弧切割电源	手弧焊电源，也可作切割及氩弧焊电源	可同时供三人操作的手弧焊电源及电弧切割电源	手弧焊电源	手弧焊电源亦可作为切割及钨极氩弧焊电源

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

结构型式		动铁式						
型号		BX1-300		BX1-330-1	BX1-400	BX1-500	BX1K-500	BX1-630
额定焊接电流/A		300	300	330	400	500	500	630
一次电压/V		380	220/380	220/380	380	220/380	380	380
二次空载电压/V		70	78	接法 Ⅰ 78 Ⅱ 66	77	77	80	80
额定工作电压/V		22.34	22.5～32	30	24～36	24～36	40	22～44
额定一次电流/A				104/60	83	142～82	110	147.5
焊接电流调节范围/A		50～380	62.5～300	接法 Ⅰ 50～180 Ⅱ 160～450	100～480	100～500	125～600	110～760
额定负载持续率(%)		60	40	65	60	40	60	60
相数		1	1	1	1	1	1	1
频率/Hz				50	50	50	50	50
额定输入容量/kVA		21	25	22.8	31.4	39.5	42	56
各负载持续率时容量/kVA	100%	16.3	15.8	18.4	24.4	25	32.5	43.4
	额定负载持续率	21	25	22.8	31.4	39.5	42	56
各负载持续率时焊接电流/A	100%	232	190	265	310	316	388	488
	额定负载持续率	300	300	330	400	500	500	630
使用焊条直径/mm				3～7			2.5～6	3.2～8
效率(%)				80	84.5	86	87	
功率因数				0.50	0.55	0.52		
重量/kg		160	116	155	144	144	310	270
外形尺寸/mm	长	670	600	820	640	640	926	760
	宽	400	360	542	390	390	520	460
	高	660	700	675	764	754	880	890
用途		手弧焊电源				手弧焊电源亦可作切割电源	手弧焊电源，也可作钨极氩弧焊和重力焊电源	单人手弧焊电源及切割电源，对较厚板材尤为适用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

结构型式		动圈式				
型号		BX3-120-1	BX3-160	BX3-200	BX3-250	BX3-300-1
额定焊接电流/A		120	160	200	250	300
一次电压/V		220/380	380	220/380	380	220/380
二次空载电压/V		接法 Ⅰ 75 Ⅱ 70	接法 Ⅰ 78 Ⅱ 70	70/70	接法 Ⅰ 78 Ⅱ 70	75/60
额定工作电压/V		25	26.4		30	30
额定一次电流/A		41/23.5	31	67.5/39.5	48.5	54
焊接电流调节范围/A		接法 Ⅰ 20～65 Ⅱ 60～160	接法 Ⅰ 23～80 Ⅱ 79～252	35～100/ 95～250	接法 Ⅰ 36～121 Ⅱ 120～376	40～400
额定负载持续率(%)		60	60	40	60	60
相数		1	1	1	1	1
频率/Hz		50	50	50	50	50
额定输入容量/kVA		9	11.8	15	18.4	20.5
各负载持续率时容量/kVA	100%	7	9.15	9.4	14.25	15.9
	额定负载持续率	9	11.8	15	18.4	20.5
各负载持续率时焊接电流/A	100%	93	124	125	194	232
	额定负载持续率	120	160	200	250	300
使用焊条直径/mm			1～4		2～7	2～7
效率(%)		80	80	80	85	83
功率因数			0.44	0.43	0.48	0.53
重量/kg		100	100	100	150	190
外形尺寸/mm	长	485	580	445	630	580
	宽	470	430	410	480	600
	高	680	710	750	810	880
用途		手弧焊电源		手弧焊电源，也可作电弧切割用	手弧焊电源	手弧焊电源，亦可作电弧切割用电源

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

结构型式		动圈式				抽头式	
型号		BX3-1-400	BX3-500-1	BX3-500-2	BX3-1-500	BX-200	BX5-120
额定焊接电流/A		400	500	500	500	200	120
一次电压/V		220/380	220/380	220/380	220/380	380	220
二次空载电压/V		接法 Ⅰ 88 Ⅱ 80	接法 Ⅰ 75 Ⅱ 70	接法 Ⅰ 75 Ⅱ 70	接法 Ⅰ 88 Ⅱ 80	48～70	35～60 （六挡）
额定工作电压/V		20	22～44	40	20	22～28	25
额定一次电流/A		193.4	169/98	176/101.4	/119	40	18
焊接电流调节范围/A		接法 Ⅰ 60～180 Ⅱ 175～500	接法 Ⅰ 60～210 Ⅱ 200～600	接法 Ⅰ 60～220 Ⅱ 220～655	接法 Ⅰ 50～200 Ⅱ 200～600	60～200	50～160
额定负载持续率(%)		60	60	60	60	20	30
相数		1	1	1	1	1	1
频率/Hz		50	50	50	50	50	50
额定输入容量/kVA		35.6	37.2	38.6	45	15	6.6
各负载持续率时容量/kVA	100%	28	28.8	30.5	35		3
	额定负载持续率	35.6	37.2	38.6	45	15	6.6
各负载持续率时焊接电流/A	100%	310	387	388	387		74
	额定负载持续率	400	500	500	500		120
使用焊条直径/mm			2～8	2～8			
效率(%)		70	87	87			78.5
功率因数			0.61				0.55
重量/kg		225	230	225	225	49	28
外形尺寸/mm	长	730	680	730	890	270	290
	宽	540	566	540	350	351	220
	高	900	880	900	550	474	240
用途		手工氩弧焊电源，亦可供手弧焊及电弧切割用	手弧焊电源	手弧焊电源，亦可供电弧切割用	手工氩弧焊电源，亦可供手弧焊及电弧切割用	手提式手弧焊电源	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

结构型式		抽头式		分体式		同体式		饱和式		
型号		BX6-120-2	BXD6-120	BP-3×500		BX2-700	BX2-2000	BX9-300	BX10-100	BX10-500
				BM-3×500	附电抗器					
额定焊接电流/A		120	120	3×500	155	700	2000	300	100	500
一次电压/V		220/380	380	220/380		380	380	380	380	380
二次空载电压/V		52		70		75	72～84	80	80	81
额定工作电压/V		22～26	25		25	28～56	50	35	15	30
额定一次电流/A		28.4/16.4	14.5/20.5	320/185		147	450		21	
焊接电流调节范围/A		50～160	接法 Ⅰ 98～115 Ⅱ 110～130		25～210	200～600	800～2200	40～375	15～100	50～500
额定负载持续率(%)		20	60	100	65	60	50	60	60	60
相数		1	1	3		1	1	1	1	1
频率/Hz		50	50					50	50	50
额定输入容量/kVA		6.24	8.4	120		56	170	24	6.2	40.5
各负载持续率时容量/kVA	100%	2.8				44	120	18.6	6	31
	额定负载持续率	6.24	8.4			56	170	24	8	40.5
各负载持续率时焊接电流/A	100%	54				542	1400	230	77.5	387
	额定负载持续率	120	120			700	2000	300	100	500
使用焊条直径/mm				2～5				2～6		
效率(%)				95		89	89	84		
功率因数						0.5	0.69	0.52		
重量/kg		22	35	700	62	340	890	150	183	650
外形尺寸/mm	长	345	320	1360	361	840	1020	550	614	570
	宽	246	225	860	402	430	818	464	340	810
	高	188	280	1120	732	880	1260	645	470	1100
用 途		手提式手弧焊电源		可同时供12个焊工工作的手弧焊电源		自动与半自动埋弧焊电源		手弧焊电源	小电流钨极氩弧焊电源	钨极氩弧焊电源

8.2.2 弧焊变压器的使用与维护

1. 使用

1）弧焊变压器应放在通风良好、避雨的地方。

2）弧焊变压器不允许在高温（周围空气温度超过40℃），高湿（空气中的相对湿度超过90%）环境中工作，更不应在有害工业气体、易燃、易爆场合下工作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）在弧焊变压器接入电网前，应注意检查其铭牌上的一次额定电压是否与电源电压一致，并检查接线是否正确。

4）弧焊变压器的外壳必须有牢固接地，应采用单独导线与接地网络连接在一起，多台弧焊变压器向一个接地装置连接时，应采取单独直接与地线网连接的方式。在焊机全部工作过程中不得随意拆除接地线。

5）要注意配电系统的开关、熔断器是否合格，导线绝缘是否完好，电源容量是否够用。

6）弧焊变压器的电源应由电力网供给，弧焊变压器的电源导线，可采用 BXR 型橡皮绝缘铜线或橡皮套电缆，弧焊变压器的焊把线采用 YHH 型焊接用橡套铜芯软电缆（或 YHHR 型），须有良好绝缘，必要时应加保护，不要有任何损伤及高温不良影响。

7）根据工作需要合理选择电缆截面，使电缆电压下降不大于 4V。否则电弧不能稳定燃烧，影响焊接质量。

8）工作中不能用铁板、铁管线搭接代替电缆使用。

9）有时因生产需要，使用多台电焊机时，应考虑将电焊机接在三相交流电源网络上，使三相网络负载尽量平衡。

10）电焊机在使用前，应认真检查一次绕组的额定电压与电源电压是否相同，检查电焊机接线端子上的接线是否正确。如新电焊机或长期停用的电焊机重新使用时应用 500V 绝缘电阻表测量绝缘电阻，不应小于 0.5MΩ。

11）按照焊接对象的需要，正确选用端子连接方式，以获得合适的焊接电流。切忌使绕组过载。

12）应按弧焊变压器的额定焊接电流和负载持续率进行工作。不得超载使用。在工作过程中，应注意弧焊变压器的温升不要超过规定值，以防烧坏弧焊变压器绕组的绝缘。

13）焊机一、二次接线端子，应紧固可靠，不得有松动现象。否则因接触不良端子过热，甚至把接线板烧损，造成事故，电缆接头应坚固可靠，保持接触面清洁、平整。

14）在焊接过程中，如发现接线松动或发热、发红时，应立即停止焊接，停电后再进行处理。

15）常用强制排风或电动机传动调整电抗器铁心的电焊机，在通电后应注意转动方向是否正确。

16）电焊机不得过载运行，以免破坏绕组绝缘，在户外露天使用时，应防雨水侵入和太阳曝晒等。

17）在焊接过程中，焊钳与工件相接触的时间不能过长，以免烧坏弧焊变压器。

18）工作完毕后，应及时切断弧焊变压器的电源，以确保安全。

2. 维护

弧焊变压器的日常检查和维护内容如下：

1）检查使用环境是否清洁、干燥。弧焊变压器在多尘或潮湿的环境中工作，容易造成绝缘降低，引起漏电及短路故障。如果必须在这些场所工作，使用前应做好准备工作，尽量缩短作业时间，用后需对弧焊变压器进行除尘及干燥处理。若在户外工作，弧焊变压器应采取防雨、防晒措施。

2）检查弧焊变压器是否漏电，金属外壳接地（接零）是否良好。

3）检查一次侧和二次侧接线是否牢固可靠。尤其是二次侧，由于电流很大，连接不好容易造成接头过热及烧坏绝缘板。因此，每次焊接前都应认真检查，拧紧连接螺钉。若连接处有氧化层，应用细锉清理干净。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）注意焊机的每个接头的牢固性，调节手柄应保持灵敏，指示准确。

5）检查变压器绕组和铁心是否过热，绝缘是否损坏。

6）检查一次侧电缆绝缘是否良好。由于弧焊变压器经常移动，电源电缆在地上拖来拖去容易有机械损伤，因此每次使用前都应检查电缆的绝缘是否良好。一次侧电缆一般采用500V单芯或多芯橡皮软线，切不可使用一般的绝缘导线，否则绝缘极易损坏而造成事故。

7）检查二次侧电缆截面积是否符合要求。二次侧电缆过细易造成严重发热，浪费电能。导线长达20m以上时，电流密度可取4～10A/ mm^2。一般要求焊接回路导线压降小于4V，即约小于电焊机二次侧电弧电压的10%。具体选择见表8-4。

表8-4 焊接导线截面积与电流、导线长度的关系

截面积/mm^2 导线长度/m 电流/A	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	25	25	25	25	25	25	25	28	35
150	35	35	35	35	50	50	60	70	70
200	35	35	35	50	60	70	70	70	70
300	35	50	60	60	70	70	70	85	85
400	35	50	60	70	85	85	85	95	95
500	50	60	70	85	95	95	95	120	120
600	60	70	85	85	95	95	120	120	120

8）检查一次侧电缆截面积是否符合要求。对于一般长度的单芯电缆，电流密度可取5～10A/ mm^2；如用三芯或敷设在管道内或长度较大时，可取3～6A/ mm^2。

8.3 弧焊整流器

弧焊整流器是一种将交流电转换成直流电的焊接电源。常用的有动圈式、磁放大器式和可控式弧焊整流器。根据整流方式的不同，可分为硅整流焊机和晶闸管整流焊机。

（1）动圈式弧焊整流器的特点

动圈式弧焊整流器由三相高漏抗动绕组变压器、整流器组、转换开关和阻容保护环节等组成。为了使三相平衡，变压器铁心及绕组的布置如图8-7所示，一次绕组固定在铁心下部，二次绕组安装在星形支架上。借助手柄转动丝杠，支架即能上下移动，改变一、二次绕组间的距离，即改变绕组间的耦合，从而改变焊机电流的大小。一、二次绕组间距离增大，耦合减弱，焊接电流减小，反之焊接电流增大。动圈式弧焊整流器采用三相动绕组来调节电流，可获得到陡降的外特性。

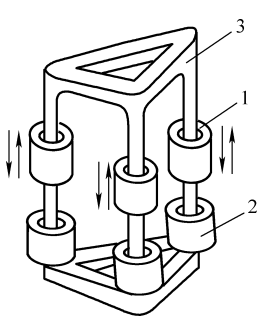


图8-7 动圈式弧焊整流器绕组布置示意图
1—二次绕组 2——次绕组 3—铁心

（2）磁放大器式弧焊整流器的结构特点

磁放大器式弧焊整流器主要由电源变压器、磁放大器、硅整流器组和输出电抗器等组成。电源变压器由三相电网供电，一、二次绕组的接法为Y－△联结。硅整流器接成三相桥式。磁放大器为电流正外

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

反馈式，控制功率小，瞬时冲击电流小。改变反馈绕组匝数，可获得不同的陡降外特性。适当选择反馈绕组匝数，可得到理想的外特性曲线。焊接电流调节分粗调、细调两种。粗调有两挡，是利用转换开关将磁放大器工作绕组接在变压器二次侧三角形之中或之外，以改变工作绕组的电压而获得的。电流细调是通过调节面板上的电位器，改变磁放大器的励磁电流来实现的。

（3）硅整流弧焊整流器的结构特点

硅整流弧焊整流器（硅整流弧焊机）由三相变压器、饱和电抗器、硅整流器组、输出电抗器等组成。三相变压器把交流电降至几十伏的三相交流电；硅整流器组利用硅元件把三相交流电变为直流电，供焊接使用；饱和电抗器相当于一个很大的电感，空载时，没有焊接电流通过，因此不产生压降，电源输出较高的空载电压。焊接时，由于饱和电抗器通过交流电，且电流越大压降也越大，从而使电源获得陡降的外特性。焊接电流的调节是借助面板上的焊接电流控制器来进行的。通过它来改变饱和电抗器控制绕组中的直流电的大小，使铁心中的磁通发生变化。增大直流绕组中控制电流的数值，则饱和电抗器产生的电压降减小，使焊接电流增大；反之，焊接电流将减小。

（4）晶闸管式弧焊整流器的特点

晶闸管式弧焊整流器（晶闸管整流弧焊机）是以晶闸管作为开关元件并整流（取代硅二极管），可取代直流弧焊发电机、磁放大器式、抽头式及硅整流式直流弧焊电源，用于焊条电弧焊、气体保护焊和埋弧焊。

晶闸管式弧焊整流器采用晶闸管整流，电源效率较高、耗材少、省电、动特性良好，当电网电压波动时，可以通过电流补偿，保证焊机电流稳定。该类焊机适用于所有牌号焊条的直流焊条电弧焊接。

晶闸管式弧焊整流器的主要工作特点如下：

1）动态特性好：由于内部电感小，因此电磁惯性小，反应速度快。用于平特性电源时可满足其短路电流增长速度，用于下降特性电源时不易产生过大的电流冲击。其输出电抗器除用于滤波外，也有改善动特性的作用。

2）控制性能好：可用极小的控制功率进行控制，通过不同的反馈方式可获得多种外特性形状，电流、电压可在较大的范围内均匀快速地调节，且易于实现对网络电压的补偿。

3）电源中加有连弧操作和断弧操作选择装置，可以实现连弧和断弧操作的选择。选择连弧时，可保证电弧拉得很长而不熄弧。选择断弧时，配以适当的推力电流，保证焊条与焊件刚刚一碰就引燃电弧，当电弧拉的一定长度时就熄灭，并且断弧的长度可调。

4）电源控制板全部采用集成电路元件，一旦控制板出现故障，只需更换备用板即可，维修很方便。

5）比直流弧焊发电机节能、节材、噪声小。

6）电路较复杂，使用电子元件较多，常由于电子元器件本身的质量或组装质量差，而导致焊机故障，降低使用寿命。

（5）逆变式弧焊整流器的特点

逆变（变频）式弧焊整流器（逆变弧焊电源）是一种节能弧焊电源，具有体积小、电弧稳定性较好、焊接质量好、操作容易、维修方便等优点。适用于需要频繁移动焊机的场所。

逆变弧焊整流器通常采用三相交流电源供电，380V 交流电经过三相全波整流后，变成600Hz 的高压脉冲直流电，经过滤波变频后，变成几百 Hz 到几十 kHz 的中频高压交流电，再经过中频变压器降压，整流后变成低压直流电。通过这一系列的逆变过程，实现了整机的闭环控制，改善其焊接性能。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

根据逆变器所采用的开关元件不同，可分为晶闸管式、晶体管式、MOSHET（场效应晶体管）式和 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）式。

逆变式弧焊整流器具有以下优点。

1）高效节能：焊机效率可达 80% ~90%，功率因数可达 0.95 以上。空载时其他电器基本不工作，只有几十瓦左右的消耗，大大节约了电能。

2）重量轻、体积小，节材显著。因为变压器用材与工作频率成反比，所以使中频变压器的重量仅为工频变压器的 1/10，整机重量为其他弧焊电源的 1/5 ~1/10。体积则为其他弧焊电源的 1/3 左右。

3）由于开关速度比晶闸管又高一个数量级，故极大地改善了电源的动态品质和弧焊工艺性能。正常焊接时，当由于某种原因电弧突然缩短，电弧电压降到某一数值时，输出电流增大，加速熔滴过渡，电弧仍然能够稳定燃烧，不会发生焊条与焊件粘黏的现象。

4）电流显示系统为数字显示，具有很强的电网波动补偿系统，焊接电流精度高。

8.3.1 磁放大器式和抽头式弧焊整流器技术数据（见表 8-5）

表 8-5 磁放大器式和抽头式弧焊整流器技术数据

类别	磁放大器式			抽 头 式			
型号规格	ZXG-160	ZXG-250	ZXG-400	ZX6-160	ZX6-200	ZX6-250	ZX6-315
输入电压/V	380						
相数	3						
输入容量/kVA	12	19	34.9	9.2	14.5	16.5	23
空载电压/V	70	70	70	40 ~70	40 ~67	40 ~70	40 ~79
负载持续率(%)	60						
电流调节范围/A	20 ~200	30 ~300	40 ~480	65 ~175	70 ~215	80 ~260	90 ~330
适用焊条直径/mm	2 ~4	2 ~6	2 ~7	2.5 ~4	2.5 ~4	3.2 ~5	3.2 ~6
绝缘等级	B			F			
机身重量/kg	170	200	330	80	90	120	140

8.3.2 ZXE1 系列交直流两用弧焊整流器技术数据（见表 8-6）

表 8-6 ZXE1 系列交直流两用弧焊整流器技术数据

型号规格		ZXE1-200	ZXE1-250	ZXE1-315	ZXE-400	ZXE1-500
输入电压/V		380				
相数		1				
输入容量/kVA		16.7	17.1	24.7	31	
空载电压/V		70 ~78				
负载持续率(%)		60 ~65				
电流调节范围/A	AC	40 ~200	50 ~250	60 ~315	80 ~400	100 ~500
	DC	40 ~150	40 ~200	50 ~250	65 ~340	80 ~400
适用焊条直径/mm		2 ~5	2 ~5	2 ~6	3.2 ~7	3.2 ~8
绝缘等级		F				
机身重量/kg		140	145	150	160	170

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.3.3 ZX5 系列晶闸管式弧焊整流器技术数据（见表 8-7）

表 8-7 ZX5 系列晶闸管式弧焊整流器的技术数据

型号规格	ZX5-250	ZX5-315	ZX5-400	ZX5-500	ZX5-630
输入电压/V	380				
相数	3				
输入容量/kVA	14	17	24	33	46
空载电压/V	60～70			65～75	70～78
负载持续率(%)	60				
电流调节范围/A	50～250	50～315	50～400	80～500	120～630
适用焊条直径/mm	2～5	2～6	3.2～7	3.2～7	3.2～8
绝缘等级	F				
机身重量/kg	120	135	188	230	290

8.3.4 ZX7 系列逆变式弧焊整流器技术数据（见表 8-8）

表 8-8 ZX7 系列逆变式弧焊整流器技术数据

型号规格	ZX7-160	ZX7-200	ZX7-315	ZX7-400	ZX7-500	ZX7-630
输入电压/V	220		380			
相数	1		3			
输入容量/kVA	5.4	6.5	12.4	17.6	23.5	30.4
空载电压/V	65	70	75	80	85	85
负载持续率(%)	60					
电流调节范围/A	5～160	5～200	10～315	20～400	25～500	30～630
适用焊条直径/mm	2～4	2～5	2～6	3.2～7	3.2～7	3.2～8
机身重量/kg	19.5	21.5	38	50	54	58

8.4 其他弧焊设备

8.4.1 埋弧焊机技术数据

埋弧焊电源也有交直流之分，直流电源包括硅弧焊整流器、晶闸管式弧焊整流器和内燃机驱动直流弧焊发电机（电动机驱动的已趋于淘汰），可提供平特性、缓降特性、陡降特性、垂降特性的输出。交流电源大都为弧焊变压器，一般为陡降特性输出。由于埋弧焊的特点，一般埋弧焊机都要求有 100% 负载持续率的大电流输出。

埋弧焊电源可以用交流、直流，或交直流并用。要根据具体的应用条件，如焊接电流范围、焊接速度、焊剂类型等选用。

埋弧焊机的分类有以下几种：

1）按电源分：可分为交流、交直流两用和直流三类。直流电源的电弧稳定性和对焊剂的适

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

应性均优于交流，尤其小电流场合，实际使用中也是以直流为多。

2）按用途分：可分为通用和专用两类。通用焊机广泛用于焊接结构的对接、角接等纵、环缝焊接，专用焊机则适用于特殊焊缝和构件，如自动角焊机、T形梁焊机、埋弧堆焊机等。

3）按送丝方式分：可分为等速送丝式和变速送丝式两类。

4）按电极数量和形状分：按电极形状可分为丝极和带极两类；按电极数量可分为单丝（单带）、双丝（双带）和多丝三类。多丝主要用于厚板，带极主要用于堆焊。

5）按行走机构形式分：可分为小车式、悬臂式和门架式三类。其中通用焊机均为小车式。

常用埋弧焊机的主要技术数据见表8-9。

表8-9 常用埋弧焊机技术数据

型号规格	NZA-1000	MZ-1000	MZ1-1000	MZ2-1500	MZ6-2×500	MU1-1000
送丝方式	变速送丝	变速送丝	等速送丝	等速送丝	等速送丝	变速送丝
结构特点	埋弧、明弧两用焊车	焊车	焊车	悬挂式自动机头	焊车	堆焊专用
焊接电流/A	200～1200	400～1200	200～1000	400～1500	200～600	400～1000
焊丝直径/mm	3～5	3～6	1.6～5	3～6	1.6～2	(30～80)×(0.5～1)焊带
送丝速度/(cm/min)	50～600	50～200	87～672	47.5～375	250～1000	25～100
焊接速度/(cm/min)	3.5～130	25～117	26.7～210	22.5～187	13.3～100	12.5～58.3
电流类别	DC	AC或DC	DC	AC或DC	AC	DC
送丝速度调节方法	电位器无级调速(以晶闸管导通角控制电动机转速)	电位器无级调速	调换齿轮	调换齿轮	自耦变压器无级调速	电位器无级调速

8.4.2 钨极氩弧焊机技术数据（见表8-10）

表8-10 常用钨极氩弧焊机技术数据

类 别	手工交流钨极氩弧焊机	手工交直流钨极氩弧焊机	手工直流钨极氩弧焊机	自动交直流钨极氩弧焊机	手工脉冲钨极氩弧焊机
型号	WSJ-400-1	WSE5-315	WS-300	WZE-500	WSM-250
空载电压/V	70～75	80	72	68(DC)、809(AC)	55
额定焊接电流/A	400	315	300	500	脉冲峰值50～250
电流调节范围/A	50～400	30～315	20～300	50～500	基值25～50
引弧/稳弧方式	脉冲/脉冲	高频高压/脉冲(AC)	高频高压/—	脉冲/脉冲	高频高压/—
消除直流分量方法	电容	—	—	电容(AC)	—
钨极直径/mm	1～7	1～6	1～5	2～7	1.6～4
额定负载持续率(%)	60	35	60		
电流衰减时间/s	—	0～10	0～5	5～15	0～15

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　别	手工交流钨极氩弧焊机	手工交直流钨极氩弧焊机	手工直流钨极氩弧焊机	自动交直流钨极氩弧焊机	手工脉冲钨极氩弧焊机
气体滞后时间/s	—	0～15			
氩气流量/(L/min)	25	25	15	50	15
冷却水流量/(L/min)	1				
配用焊枪型号	PQ1-150、350、500	PQ1-150、350	QQ-0～90/75 QS-65/300	—	QS-85/250
用途	焊接铝及其合金	焊接铝及其合金、纯铜、不锈钢、高合金钢等	焊接不锈钢、耐热钢、铜等	焊接不锈钢、耐热钢及各类有色金属	焊接不锈钢、耐热钢、钛合金等
备注	配 BX3-300 电源	交流为矩形波，可变30%～70%	—	配 ZX5-300 及 BX3-500 电源各一	峰值0.02～3s，基值0.025～3s

注：1. 供电电网均为单相380V。

2. 自动交直流钨极氩弧焊机 WZE-500 的焊接速度为8～130cm/min，送丝速度为33～1700cm/min。

钨极氩弧焊按施焊方式，有手工焊、半自动焊和自动焊。半自动焊是填充焊丝的送进由机械完成，而焊接操作由人工进行。自动焊是指焊接操作按程序自动完成，包括提前送气、自动引弧、工件和焊枪的自动运行及停止，有些自动焊还包括焊缝跟踪、焊丝摆动、弧长自动调节等功能。

无论是直流还是交流钨极氩弧焊，都要求焊接电源具有陡降的或垂直下降的外特性。焊接电源和焊枪、工件、气路及水路的连接如图8-8所示。

1）直流电源：焊条电弧焊用的直流弧焊发电机和磁放大器式弧焊整流器，都可以用作直流手工钨极氩弧焊的电源。晶闸管整流弧焊电源和晶体管弧焊电源可以给出恒流外特性，能自动补偿电网电压波动，有较宽的电流调节范围。晶闸管整流弧焊电源通过串联电抗器来改善焊接电流的脉动率，可调制脉冲电流，但频率较低、失真度较大。晶闸管弧焊电源的动态响应速度高、电流脉动率小、调制的脉冲电流频率较高。

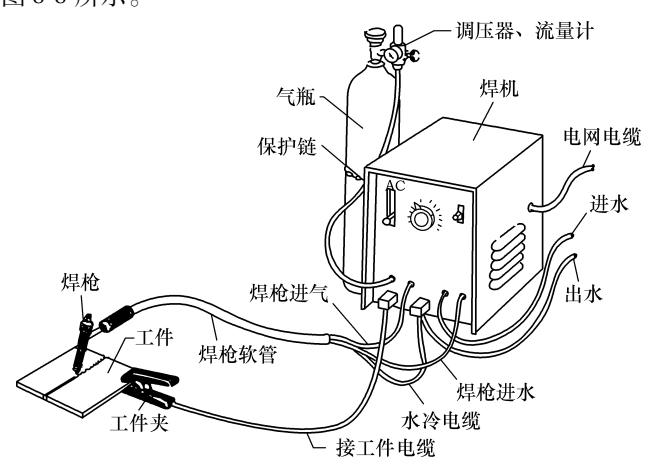


图8-8　钨极氩弧焊机的连线

直流电源适合于焊接除铝、镁及其合金以外的各种金属材料，一般采用正极性。但对于薄壁的铝或镁合金构件，也可以采用直流反极性施焊。

2）交流电源：普通焊条电弧焊电源经过安装引弧、稳弧装置和消除直流分量后，就可以作交流钨极氩弧焊电源。

引弧装置包括高频振荡器和高压脉冲发生器。高频振荡器用作引弧装置时，可在引弧完成以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

后自动切断，也可以一直在焊接回路中稳定电弧。为了减小高频电对操作者的有害影响，通常高频振荡器只作引弧，电弧引燃后自动切断。

高压脉冲发生器具有引弧的作用，当交流弧焊变压器的电压升到负的最大值时，高压脉冲发生器产生高达800V左右的电压，叠加在电源上，使钨电极与焊件之间的间隙被击穿而引燃电弧。在电弧燃烧期间，当焊接电流由正半周向负半周转换时，高压脉冲发生器同步产生一高电压，使电弧在转向时立即引燃，起稳弧作用。

8.4.3 熔化极气体保护电弧焊设备技术数据（见表8-11）

表8-11 常用熔化极气体保护焊设备技术数据

型号	名称	空载电压/V	外特性	额定电流/A	应用特点
NBA2-200	半自动熔化极脉冲氩弧焊机	75	硅整流 垂直下降	200	可控金属过渡，用于铝、不锈钢半自动全位置焊
NBA-400	半自动氩弧焊机	65	硅整流 平特性	400	用于铝、不锈钢焊接，送丝平稳
NZA-1000	自动氩弧焊机	—	硅整流 缓降特性	1000	适于中厚板自动焊接，可当埋弧焊机用
NBC1-300	半自动 CO_2 弧焊机	17～30	晶闸管整流 平特性	300	适于焊接角焊缝，熔敷系数高，生产率高
NBC-160	半自动 CO_2 弧焊机	18.5～28	硅整流 平特性	160	适合于薄板钢结构的短路过渡 CO_2 焊
NBC1-250	半自动 CO_2 弧焊机	18～36	硅整流 平特性	250	可进行1.5～5mm钢板的短路过渡焊接
NBC1-500-1	半自动 CO_2 弧焊机	75	硅整流 平特性	500	焊接低碳钢、不锈钢、合金钢
MM-350	MAG焊脉冲半自动焊机	—	晶体管整流	350	可进行碳钢MAG脉冲焊，低碳钢MAG短路焊，CO_2 焊

熔化极气体保护电弧焊设备可分为半自动焊和自动焊两种类型。焊接设备主要由焊接电源、焊枪、供气系统、冷却水系统和控制系统组成，如图8-9所示。焊接电源提供焊接过程所需要的能量，维持电弧的稳定燃烧；送丝系统将焊丝从焊丝盘中拉出，并送给焊枪；供气系统提供焊接时所需要的保护气体；冷却水系统为水冷焊枪提供冷却水；控制系统控制和调整整个焊接程序。

熔化极气体保护电弧焊电源通常采用直流焊接电源，可分为变压器-整流器式、电动机-发电机式和逆变电源式。焊接电源的额定功率取决于各种用途所需要的电流范围。

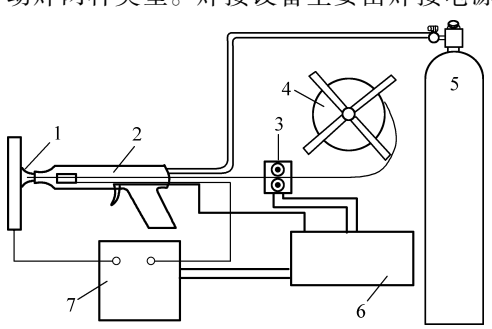


图8-9 熔化极气体保护电弧焊设备组成

1—保护气体 2—焊枪 3—送丝轮 4—送丝机 5—气源 6—控制装置 7—焊机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 9 章　电力电阻器

9.1　电阻器

1. 电阻器按用途分类（见表 9-1）

表 9-1　电阻器按用途分类

类别	用　　途
起动电阻	用于起动电动机，限制电动机的起动电流
调节电阻	串联在电动机励磁回路，以改变电动机的转速，或用以调节电路内的电流，或改变电动机的输入端电压。一般包括直流电动机调速电阻、磁场调节电阻和磁场调压电阻
制动电阻	用于电动机能耗制动，以限制电动机制动时的电流
放电电阻	并接于电器的电压绕组或励磁绕组两端，以防止断电时绕组两端出现过电压
负载电阻	在试验发电机时，作为调节负载的电阻
限流电阻	在正常情况下，电阻值很小；电流增大时，电阻值增大，将短路电流限制在断路器额定分断电流之下
中性点接地电阻	接于地与发电机或变压器中性点之间，限制线路对地短路电流
经济电阻	在电路中与某一电气元件串联（例如接触器线圈），起动时电阻被短接，元件工作时将电阻投入，使元件两端电压降低，实现经济运行
稳定电阻	在发电机励磁回路中，通过此电阻引入反馈量，达到稳定电压的作用
整定电阻	在电路中，通过调节此电阻的大小，整定某一电器的运行参数，如动作值等
加热电阻	为了保证电器工作正常，需对元件加热而接入的电阻
附加电阻	为了改善电路工作特性而附加接入的电阻
标准电阻	在电气测量中作为比较而参考的标准电阻

2. 电阻器按材料分类（见表 9-2）

表 9-2　电阻器按材料分类

类别	特　　点
金属电阻	由金属电阻元件制成。如由合金电阻丝绕制的电阻、铸铁电阻等。是应用最广的一类电阻
碳质电阻	由焦炭或其他碳素粉末加以沥青压制而成，其电阻温度系数为负值，电阻值随压力增加而减小
液体电阻	如在水中加入食盐或苛性钠等构成水电阻，改变电极与水的接触面或调节极间距离以改变电阻值

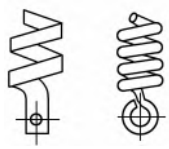
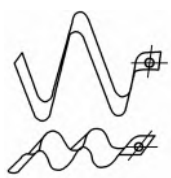
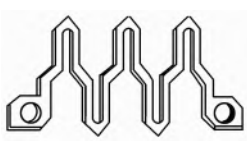
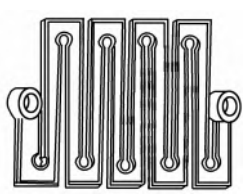
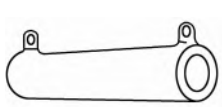
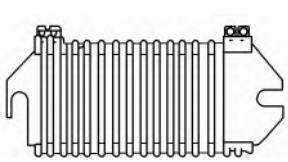
3. 常用金属电阻器

（1）常用金属电阻元件的分类及特点（见表 9-3）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 9-3　常用金属电阻元件的分类及特点

名称	外　形	结构特点及用途	型号
螺旋形		由电阻线或带绕成，两端通过螺钉固定引出。结构简单、散热好，但结构刚性差、不能规格化、可靠性差。适用于直径大于1mm的线或0.4×4mm以上的带，绕制直径为10～20mm。不能用于有振动场合	ZY
波形		用电阻带冲压成型，用螺钉或焊接引出，允许工作电流大、重量轻、安装方便	ZD
冲压栅片式		用合金板冲压成型，用于大电流、大容量场合时，出线用焊接或螺钉连接，元件尺寸整齐、机械强度高	ZD
铸铁栅片式		用电阻铸铁浇铸成型，热容量大、价格便宜，但温度系数过大、易脆裂，用叠装压紧接触时接触不密合、不稳定、性能差	ZT
管形		常用的为有涂料管形电阻元件：用电阻线绕于瓷管骨架上，并涂以高温涂料（如珐琅釉层）。电阻值较大、热容量大，能防止直接机械损伤，且耐潮，适于小电流场合，如经济电阻。此外尚有无涂料有槽管形电阻和密绕管形电阻	ZG
板形		用电阻线或带绕于具有带槽的瓷质衬垫绝缘的钢板骨架上。带形可用焊接引出抽头，而圆线用夹紧式抽头，接触电阻往往不够稳定	ZB

（2）常用金属电阻器的分类、特点及用途（见表9-4）

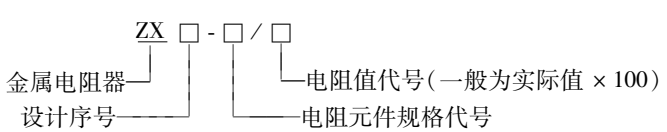
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 9-4 常用金属电阻器的种类、特点及用途

名称	型号	基本结构	用途
铸铁电阻器（铁基电阻器）	ZX1、ZX1D	由 ZT1 大型或 ZT2 小型铸铁栅片电阻元件装配而成。电阻元件用套有云母绝缘管的两根螺杆穿在一起，并紧固在薄铁板制的左右壁上，绝缘管上固定有接线夹，以供接线	适用于交流 50Hz、660V 以下及直流 440V 以下电路中，主要作为绕线转子异步电动机和直流电动机的起动、调速、制动和放电等用
板形电阻器	ZX2	由康铜带或线绕成 ZB1 或 ZB2 型板形电阻元件装配而成，两端具有开口的长孔，供按装用，电阻器为敞开式，故应该安装在室内，并加以遮拦，以防工作人员不慎触及电阻器的带电部分	适用于交流 50Hz、660V 以下及直流 440V 以下电路中，主要作为电动机起动、调速、制动和放电等用
铁铬铝合金电阻器	ZX9	由铁铬铝合金电阻带轧成 ZD1-4 型波形电阻元件装配而成，其两端冲有两孔，供安装用	适用于交流 50Hz、660V 以下及直流 440V 以下电路中，供电机起动、调速、制动和放电等用
	ZX10	采用由铁铬铝合金带制成螺旋形管状电阻元件（ZY 型）装配而成	
	ZX12	采用由铁铬铝合金带轧成齿形电阻元件，按其宽度分为大、中小三种。大片与中片两端冲孔供安装用，小片两端直接由接线板连接，电阻元件用紧固螺钉压紧连接	
	ZX15	采用铁铬铝合金电阻材料制成，具有工作温度高、使用寿命长、电阻温度系数小等优点	
不锈钢网状	ZX18	采用不锈钢合金板制成	适用于交流 50Hz、1140V 以下及直流 1000V 以下电路中，主要用于电机起动、调速、制动；变频器制动时的能量吸收；工厂电力配电系统高压变压器中性点接地等
	ZX20	采用不锈钢合金板制成	
	ZX28	由不锈钢板加工成网状，元件四边均有孔，供组装使用，在每块电阻元件之间装有瓷柱固定，电阻元件连接采用点焊和氩弧焊连接，元件紧固采用防震及热胀冷缩装置，不锈钢电阻器具有容量大、耐腐蚀、无感应、阻值稳定、阻值精度高、耐震动的优点	
管形电阻器	ZG11	在陶瓷管上绕单层镍铜或镍铬合金电阻丝，表面经高温处理涂珐琅质保护层，电阻丝两端用电焊法连接多股绞合软铜线或连接紫铜导片作为引出端头 可调式在珐琅表面上开有使电阻丝裸露的窄槽，并装有供移动的调节夹	适用于电压不超过 500V 的低压电器设备电路中，供降低电压、电流

（3）金属电阻器的型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.1.1　ZX1、ZX1D 系列铸铁电阻器技术数据（见表 9-5）

表 9-5　ZX1、ZX1D 系列铸铁电阻器技术数据

型　　号	+20℃时的电阻值/Ω						允许负载电流/A	发热时间常数/s	额定功率/kW	铸铁电阻型号	元件数量	重量/kg
	总电阻	各级电阻										
	R1～R5（R1～R6）	R1～R2	R2～R3	R3～R4	R4～R5	R5～R6						
ZX1、ZX1D-1/5	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03		215	510		ZT1-5	20	41
ZX1、ZX1D-1/7	0.14	0.042	0.028	0.028	0.042		181	384		ZT1-7	20	32
ZX1、ZX1D-1/10	0.20	0.06	0.04	0.04	0.06		152	441		ZT1-10	20	36
ZX1、ZX1D-1/14	0.28	0.084	0.056	0.056	0.084		128	333		ZT1-14	20	32
ZX1、ZX1D-1/20	0.40	0.12	0.08	0.08	0.12		107	288		ZT1-20	20	30
ZX1、ZX1D-1/28	0.56	0.168	0.112	0.112	0.168	—	91	336		ZT1-28	20	30
ZX1、ZX1D-1/40	0.80	0.24	0.16	0.16	0.24		76	270		ZT1-40	20	30
ZX1、ZX1D-1/55	1.10	0.33	0.22	0.22	0.33		65	255		ZT1-55	20	29
ZX1、ZX1D-1/80	1.60	0.48	0.32	0.32	0.48		54	245	4.6	ZT1-80	20	28
ZX1、ZX1D-1/110	2.20	0.66	0.44	0.44	0.66		46	223		ZT1-110	20	27
ZX1、ZX1D-2/38	1.52	0.456	0.304	0.304	0.228	0.228	55	396		ZT2-38	40	34
ZX1、ZX1D-2/54	2.16	0.648	0.432	0.432	0.324	0.324	46	293		ZT2-54	40	30
ZX1、ZX1D-2/75	3.0	0.9	0.6	0.6	0.45	0.45	39	268		ZT2-75	40	29
ZX1、ZX1D-2/105	4.2	1.26	0.84	0.84	0.63	0.63	33	294		ZT2-105	40	29
ZX1、ZX1D-2/140	5.6	1.68	1.12	1.12	0.84	0.84	29	270		ZT2-140	40	29
ZX1、ZX1D-2/200	8.0	2.4	1.6	1.6	1.2	1.2	24	231		ZT2-200	40	26

注：1. “1D”为验证攻关达标代号。

2. 电阻器额定发热功率统一为 4.6kW，其值为表中允许负载电流的平方乘以总电阻。

9.1.2　ZX2 系列板形电阻器技术数据（见表 9-6）

表 9-6　ZX2 系列板形电阻器技术数据

型　　号	额定电流/A	+20℃时电阻值/Ω		电阻元件		电阻元件匝数	电阻线尺寸或直径/mm
		总电阻	每片电阻元件电阻	型号	数量		
ZX2-1/0.2	42	2.0	0.2	ZB1	10	15	10×1.0
ZX2-1/0.25	37	2.5	0.25				10×0.8
ZX2-1/0.33	32	3.3	0.33				10×0.6
ZX2-1/0.4	29	4.0	0.4				10×0.5
ZX2-1/0.5	26	5.0	0.5				10×0.4
ZX2-1/0.66	23	6.6	0.66				10×0.3

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电流/A	+20℃时电阻值/Ω		电阻元件		电阻元件匝数	电阻线尺寸或直径/mm
		总电阻	每片电阻元件电阻	型号	数量		
ZX2-2/0.7	22.3	7	0.7				2.0
ZX2-2/0.9	19.9	9	0.9				1.8
ZX2-2/1.1	17.7	11	1.1			2×36	1.6
ZX2-2/1.45	15.4	14.5	1.45				1.4
ZX2-2/1.95	13.8	19.5	1.95				1.2
ZX2-2/2.8	11.2	28	2.8				2.0
ZX2-2/3.5	10.1	35	3.5				1.8
ZX2-2/4.4	8.9	44	4.4			74	1.6
ZX2-2/5.8	7.7	58	5.8				1.4
ZX2-2/8	6.6	80	8				1.2
ZX2-2/12	5.4	120	12	ZB2	10		1.2
ZX2-2/18	4.4	180	18			112	1.0
ZX2-2/21.6	4.0	216	21.6				0.9
ZX2-2/27.6	3.5	276	27.6				0.8
ZX2-2/37	3.1	370	37				0.8
ZX2-2/48	2.7	480	48				0.7
ZX2-2/68	2.3	580	68				0.6
ZX2-2/96	1.9	960	96			150	0.5
ZX2-2/140	1.6	1400	140				0.4
ZX2-2/188	1.4	1880	188				0.35
ZX2-2/260	1.2	2600	260				0.3

9.1.3　ZX15 系列铁铬铝合金电阻器技术数据（见表 9-7）

表 9-7　ZX15 系列铁铬铝合金电阻器技术数据

型号	允许负载电流/A	总电阻/Ω	电　阻　元　件		
			型号	发热时间常数 T/s	数量
ZX15-5	215	0.10	ZY-0.08	186	5
ZX15-7	181	0.14	ZY-0.112	354	5
ZX15-10	152	0.20	ZY-0.16	252	5
ZX15-14	128	0.30	ZY-0.24	144	5
ZX15-20	107	0.40	ZY-0.08	186	5
ZX15-28	91	0.56	ZY-0.112	354	5
ZX15-40	76	0.80	ZY-0.16	252	5
ZX15-55	64	1.2	ZY-0.24	144	5
ZX15-80	54	1.6	ZY-0.32	225	5
ZX15-110	46	2.1	ZY-0.42	255	5
ZX15-75	39	3.0	ZY-0.60	192	5
ZX15-105	33	4.2	ZY-0.84	78	5
ZX15-140	29	5.6	ZY-1.12	50	5
ZX15-200	24	8.0	ZY-1.6	45	5
ZX15-280	20	11.0	ZY-2.2	90	5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.1.4　ZX18系列不锈钢合金板形通用电阻器技术数据（见表9-8）

表9-8　ZX18系列不锈钢合金板形通用电阻器技术数据

型号	额定工作电流/A	电阻值/Ω						电阻元件		替代原电阻器系列
		总电阻	各级电阻					型号	数量	
			1	2	3	4	5			
ZX18-0.1	237	0.1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	ZC3-1-1	20	ZX1、ZX9、ZX12、ZX15
ZX18-0.14	200	0.14	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	ZC3-1-2		
ZX18-0.2	167	0.2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	ZC3-1-3		
ZX18-0.28	141	0.28	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	ZC3-1-4		
ZX18-0.4	118	0.4	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	ZC3-1-5		
ZX18-0.56	100	0.56	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	ZC3-1-6		
ZX18-0.8	84	0.8	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	ZC3-1-7		
ZX18-1.1	71	1.1	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	ZC3-1-8		
ZX18-1.6	59	1.6	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	ZC3-1-9		
ZX18-2.2	50	2.2	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	ZC3-2-1		
ZX18-3	43	3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	ZC3-2-2		
ZX18-4.2	37	4.2	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	ZC3-2-3		
ZX18-5.6	32	5.6	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	ZC3-2-4		
ZX18-8	27	8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	ZC3-2-5		
ZX18-11.2	22	11.2	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	ZC3-2-6		
ZX18-16	19	16	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	ZC3-2-7		
ZX18-2	53	2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	ZC3-3-1		ZX2
ZX18-2.5	47	2.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	ZC3-3-2		
ZX18-3.3	41	3.3	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	ZC3-3-3		
ZX18-4	37	4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	ZC3-3-4		
ZX18-5	34	5	1	1	1	1	1	ZC3-3-5		
ZX18-6.6	29	6.6	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	ZC3-3-6		
ZX18-7	28	7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	ZC3-3-7		
ZX18-9	25	9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	ZC3-3-8		
ZX18-11	23	11	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	ZC3-3-9		
ZX18-14.5	20	14.5	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	ZC3-3-10		
ZX18-19.5	17	19.5	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	ZC3-3-11		
ZX18-28	14	28	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	ZC3-3-12		
ZX18-35	13	35	7	7	7	7	7	ZC3-3-13		
ZX18-44	11	44	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	ZC3-3-14		
ZX18-58	9.8	58	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	ZC3-3-15		
ZX18-80	8.4	80	16	16	16	16	16	ZC3-3-16		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.1.5 ZX20 系列不锈钢电阻器技术数据（见表 9-9）

表 9-9 ZX20 系列不锈钢电阻器技术数据

电阻器型号	额定工作电流/A	总电阻/Ω	每级电阻值/Ω					发热时间常数/ms	电阻元件				重量/kg
			1	2	3	4	5		型号	接法	数量	每片阻值/Ω	
ZX20-0.1	237	0.1	0.02	0.02	0.03	0.03		301	ZP_1-1	串	20	0.005	19
ZX20-0.14	199	0.14	0.028	0.028	0.042	0.042		253	ZP_1-2	串	20	0.007	19
ZX20-0.2	167	0.2	0.04	0.04	0.06	0.06		225	ZP_1-3	串	20	0.01	19
ZX20-0.28	141	0.28	0.056	0.056	0.084	0.084		235	ZP_1-4	串	20	0.014	19
ZX20-0.4	120	0.4	0.08	0.08	0.12	0.12		246	ZP_1-5	串	20	0.02	19
ZX20-0.56	100	0.56	0.112	0.112	0.168	0.168		205	ZP_1-6	串	20	0.028	19
ZX20-0.8	84	0.8	0.16	0.16	0.24	0.24		233	ZP_1-7	串	20	0.04	19
ZX20-1.1	71	1.1	0.22	0.22	0.33	0.33		197	ZP_1-8	串	20	0.055	19
ZX20-1.6	60	1.6	0.32	0.32	0.48	0.48		166	ZP_1-9	串	20	0.08	19
ZX20-2.2	51	2.2	0.44	0.44	0.66	0.66		215	ZP_1-10	串	20	0.11	19
ZX20-3.0	43	3.0	0.6	0.6	0.9	0.9		200	ZP_1-11	串	20	0.15	19
ZX20-4.2	36.5	4.2	0.84	0.84	1.26	1.26		185	ZP_1-12	串	20	0.21	19
ZX20-5.6	32	5.6	1.12	1.12	1.68	1.68		175	ZP_1-13	串	20	0.28	19
ZX20-8.0	27	8	1.6	1.6	2.4	2.4		179	ZP_1-14	串	20	0.4	19
ZX20-10	24	10	2.0	2.0	3.0	3.0		106	ZP_1-15	串	20	0.5	19
ZX20-12	21.5	12	2.4	2.4	3.6	3.6		88	ZP_1-15	串	20	0.5	20
ZX20A-0.18	237	0.18	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	301	ZP_1-1	串	36	0.005	30
ZX20A-0.25	199	0.252	0.028	0.042	0.056	0.056	0.07	253	ZP_1-2	串	36	0.007	30
ZX20A-0.36	167	0.36	0.04	0.06	0.08	0.08	0.07	225	ZP_1-3	串	36	0.01	30
ZX20A-0.50	141	0.504	0.056	0.084	0.112	0.112	0.14	235	ZP_1-4	串	36	0.014	30
ZX20A-0.72	120	0.72	0.08	0.12	0.16	0.16	0.2	246	ZP_1-5	串	36	0.02	30
ZX20A-1.01	100	1.008	0.112	0.168	0.224	0.224	0.25	205	ZP_1-6	串	36	0.028	30
ZX20A-1.44	84	1.44	0.16	0.24	0.32	0.32	0.4	233	ZP_1-7	串	36	0.04	30
ZX20A-1.98	71	1.98	0.22	0.33	0.44	0.44	0.55	197	ZP_1-8	串	36	0.55	30
ZX20A-2.88	60	2.88	0.32	0.48	0.64	0.64	0.8	166	ZP_1-9	串	36	0.08	30
ZX20A-3.96	51	3.96	0.44	0.66	0.88	0.88	1.1	215	ZP_1-10	串	36	0.11	30
ZX20A-5.40	43	5.4	0.6	0.9	1.2	1.2	1.5	200	ZP_1-11	串	36	0.15	30
ZX20A-7.56	37	7.56	0.84	1.26	1.68	1.68	1.68	185	ZP_1-12	串	36	0.21	30
ZX20A-10.08	32	10.08	1.12	1.68	2.24	2.24	2.8	175	ZP_1-13	串	36	0.28	30
ZX20A-14.40	27	14.4	1.6	2.4	3.2	3.2	4.0	179	ZP_1-14	串	36	0.4	30
ZX20A-18	24	18	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	106	ZP_1-15	串	36	0.5	30

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.1.6　ZX28 系列不锈钢电阻器技术数据（见表 9-10）

表 9-10　ZX28 系列不锈钢电阻器技术数据

型号	允许负载电流/A	电阻值发热时/Ω					发热时间常数/s	电阻元件			
		总电阻	每级电阻					型号	接法	数量	每片阻值/Ω
			1	2	3	4					
ZX28-0.1	237	0.1	0.02	0.02	0.03	0.03	301	ZP_1-1	串	20	0.005
ZX28-0.14	199	0.14	0.028	0.028	0.042	0.042	253	ZP_1-2	串	20	0.007
ZX28-0.2	167	0.2	0.04	0.04	0.06	0.06	225	ZP_1-3	串	20	0.01
ZX28-0.28	141	0.28	0.056	0.056	0.084	0.084	235	ZP_1-4	串	20	0.014
ZX28-0.4	120	0.4	0.08	0.08	0.12	0.12	246	ZP_1-5	串	20	0.02
ZX28-0.56	100	0.56	0.112	0.112	0.168	0.168	205	ZP_1-6	串	20	0.028
ZX28-0.8	84	0.8	0.16	0.16	0.24	0.24	233	ZP_1-7	串	20	0.04
ZX28-1.1	71	1.1	0.22	0.22	0.33	0.33	197	ZP_1-8	串	20	0.055
ZX28-1.6	60	1.6	0.32	0.32	0.48	0.48	166	ZP_1-9	串	20	0.08
ZX28-2.2	51	2.2	0.44	0.44	0.66	0.66	215	ZP_1-10	串	20	0.11
ZX28-3.0	43	3.0	0.6	0.6	0.9	0.9	200	ZP_1-11	串	20	0.15
ZX28-4.2	36.5	4.2	0.84	0.84	1.26	1.26	185	ZP_1-12	串	20	0.21
ZX28-5.6	32	5.6	1.12	1.12	1.68	1.68	175	ZP_1-13	串	20	0.28
ZX28-8.0	27	8	1.6	1.6	2.4	2.4	179	ZP_1-14	串	20	0.4
ZX28-10	24	10	2.0	2.0	3.0	3.0	106	ZP_1-15	串	20	0.5
ZX28-12	21.5	12	2.4	2.4	3.6	3.6	88	ZP_1-16	串	20	0.5

9.1.7　ZX97、ZX98 系列电阻器技术数据（见表 9-11）

表 9-11　ZX97、ZX98 系列电阻器技术数据

型号	电阻元件		额定电流/A	总电阻值/Ω	容量/kW	接线端子数
	型号	数量				
ZX97-1	ZB1 和 ZB2	2	50	0.15～500	0.4	9
ZX97-2		4		0.3～1000	0.8	
ZX97-3		6		0.45～1500	1.2	
ZX97-4		8		0.6～2000	1.6	
ZX97-5		10		0.75～2500	2.0	
ZX97-6		12		0.9～3000	2.4	
ZX97-7		14		1.05～3500	2.8	
ZX97-8		16		1.2～4000	3.2	
ZX97-9		18		1.35～4500	3.6	
ZX97-10		20		1.5～5000	4.0	
ZX97-11		22		1.65～5500	4.4	
ZX97-12		24		1.8～6000	4.8	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	电阻元件		额定电流/A	总电阻值/Ω	容量/kW	接线端子数
	型号	数量				
ZX98-1	ZG3 和 ZG11	2	15	1～4000	15	9
ZX98-2		2	15	1～4000	15	
ZX98-3		4	15	1～8000	15	
ZX98-4		4	15	1～8000	15	
ZX98-5		6	30	1～12000	15	
ZX98-6		6	30	1～12000	15	

9.1.8 ZG11 系列管形电阻器技术数据（见表 9-12）

表 9-12 ZG11 系列管形电阻器技术数据

型号	功率/W	电阻值/Ω		型号	功率/W	电阻值/Ω	
		最小	最大			最小	最大
ZG11-7.5	7.5	5	1000	ZG11-50A	50	1	1500
ZG11-7.5A	7.5	5	200	ZG11-75	75	1.5	10000
ZG11-15	15	5	2500	ZG11-75A	75	1.5	3000
ZG11-15A	15	5	400	ZG11-100	100	3	5000
ZG11-20	20	5	3000	ZG11-100A	100	3	4000
ZG11-20A	20	5	500	ZG11-150	150	3	20000
ZG11-25	25	2	3500	ZG11-150A	150	3	4500
ZG11-25A	25	2	550	ZG11-200	200	3	25000
ZG11-50	50	1	3000	ZG11-200A	200	3	5500

注：结构为固定式和可调式。

9.1.9 ZB1～ZB4 系列电阻元件技术数据（见表 9-13）

表 9-13 ZB1～ZB4 系列电阻元件技术数据

型号	20℃时的电阻值/Ω	额定电流/A	型号	20℃时的电阻值/Ω	额定电流/A
ZB1-0.2	0.2	43	ZB2-1.25	1.25	16.7
ZB1-0.25	0.25	33	ZB2-1.45	1.45	15.4
ZB1-0.33	0.33	32	ZB2-1.95	1.95	13.8
ZB1-0.4	0.4	29	ZB2-2.8	2.8	11.2
ZB1-0.5	0.5	26	ZB2-3.5	3.5	10.1
ZB1-0.66	0.66	23	ZB2-4.4	4.4	8.9
ZB1-0.95	0.95	19	ZB2-5.0	5.0	8.4
ZB2-0.7	0.7	22.3	ZB2-5.8	5.8	7.7
ZB2-0.9	0.9	19.9	ZB2-8.0	8.0	5.6
ZB2-1.1	1.1	17.7	ZB2-12	12	5.4

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	20℃时的电阻值/Ω	额定电流/A	型号	20℃时的电阻值/Ω	额定电流/A
ZB2-14	14	5	ZB4-0.90	0.90	22.3
ZB2-18	18	4.4	ZB4-1.14	1.14	19.9
ZB2-21.5	21.5	4	ZB4-1.4	1.4	17.7
ZB2-27.6	27.6	3.5	ZB4-1.85	1.85	15.4
ZB2-37	37	3.1	ZB4-2.5	2.5	13.8
ZB2-48	48	2.7	ZB4-3.5	3.5	11.2
ZB2-58	58	2.3	ZB4-4.5	4.5	10.1
ZB2-96	96	1.9	ZB4-5.5	5.6	8.9
ZB2-140	140	1.6	ZB4-7.5	7.5	7.7
ZB2-188	188	1.4	ZB4-10	10	6.6
ZB2-250	250	1.2	ZB4-15	15	5.4
ZB3-0.25	0.25	42	ZB4-23	23	4.4
ZB3-0.32	0.32	37	ZB4-35	35	3.5
ZB3-0.35	0.35	35	ZB4-47	47	3.1
ZB3-0.40	0.40	33	ZB4-60	60	2.7
ZB3-0.50	0.50	30	ZB4-85	85	2.3
ZB3-0.60	0.60	27	ZB4-122	122	1.9
ZB3-0.80	0.80	23	ZB4-178	178	1.6
ZB3-1.20	1.20	19	ZB4-330	330	1.2

9.1.10　ZB5 系列板形电阻元件技术数据（见表 9-14）

表 9-14　ZB5 系列板形电阻元件技术数据

型号	电阻值/Ω	允许电流/A	OCr25A15 铁铬铝线材			瓷件齿数及数量	延伸后的最大电阻值/Ω
			直径/mm	重量/kg	匝数		
ZB5-0.7	0.7	17	ϕ2×2	0.181	2×16	20 牙×4 只	0.8
ZB5-0.9	0.9	15	ϕ1.8×2	0.151	2×16		1.0
ZB5-1.1	1.1	13.5	ϕ1.6×2	0.117	2×16		1.3
ZB5-1.45	1.45	11.8	ϕ1.4×2	0.092	2×16		1.7
ZB5-1.95	1.95	10.1	ϕ1.2×2	0.067	2×16		2.3
ZB5-2.8	2.8	8.5	ϕ2	0.184	1×32		3.4
ZB5-3.5	3.5	7.6	ϕ1.8	0.151	1×32		4.0
ZB5-4.4	4.4	6.8	ϕ1.6	0.117	1×32		5.0
ZB5-5.8	5.8	5.9	ϕ1.4	0.092	1×32		6.5
ZB5-8	8	5	ϕ1.2	0.067	1×32		9.4
ZB5-12	12	4.1	ϕ1.2	0.102	1×49	30 牙×4 只	14
ZB5-18	18	3.35	ϕ1	0.071	1×51		20

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	电阻值/Ω	允许电流/A	OCr25A15 铁铬铝线材			瓷件齿数及数量	延伸后的最大电阻值/Ω
			直径/mm	重量/kg	匝数		
ZB5-21.6	21.6	3.1	ϕ0.9	0.057	1×49	30 牙×4 只	25
ZB5-27.6	27.6	2.7	ϕ0.8	0.046	1×49		32
ZB5-37	37	2.35	ϕ0.8	0.062	1×67	40 牙×4 只	43
ZB5-48	48	2.06	ϕ0.7	0.046	1×67		57
ZB5-68	68	1.72	ϕ0.6	0.034	1×67		77
ZB5-96	96	1.46	ϕ0.5	0.024	1×67		110
ZB5-140	140	1.2	ϕ0.4	0.015	1×63		174
ZB5-188	188	1.04	ϕ0.35	0.011	1×65		227
ZB5-260	260	0.88	ϕ0.3	0.008	1×66		300

9.2 变阻器

1. 分类及特点（见表 9-15）

表 9-15 变阻器（可变电阻器）的分类及特点

型号名称	结构特点	电阻元件材料	用途
BL1 系列励磁变阻器	主要部件都固定在绝缘安装板上，该板又用螺栓固定于底板上，其正面装有静触头、由桥形触头组成的动触臂及接线螺针等，其反面装有管状或板状的电阻元件，这些部件都罩在一个防滴式的外壳内，手轮固定在转轴上	镍铬丝或康铜丝（带）	适用于直流电压不超过500V 的励磁电路中调整直流或交流发电机的电压，也可用于调整直流电动机的转速
BL7 系列励磁变阻器	由电阻元件及转换装置组成，均安装在可移动的防护式箱壳内，电阻元件的合金带或丝绕于螺纹瓷管或板型瓷件上，转换装置连接触头均装于绝缘板上。通过转动手轮使刷形触头移动而改变电阻数值	康铜或新康铜等合金带或丝	同上，并可在电气设备电路中手动调节电压或电流
BQ1 系列起动变阻器、BT1 系列起动调速变阻器	由电阻元件及转换装置组成，均安装在防护式箱体内。电阻元件由电阻丝绕在螺纹瓷管上制成。转换装置的静触头安装在经绝缘处理的环氧玻璃布层压板上，并通过手轮的旋转带动桥式动触头与多级指式静触头接触，以改变电阻值。手轮下装有指针，以指示“停止-起动-运转”或“停止-起动-运转-调速”的位置	电阻丝	适用于 220V 以下并励和复励直流电动机起动 BT1 系列还可兼有改变励磁电流的方式来调节电动机的转速
BX2 系列滑线变阻器	由装在四周开有通风孔的防护式罩壳内的板形电阻元件和转换装置组成。电阻元件由高电阻合金线绕在带有瓷衬垫的钢板上，靠绝缘螺杆固定于基脚上。通过手柄在轴上滑动或手轮的转动使电刷移动来改变电阻数值。手柄或手轮附近均有指示电流增加或减少方向的指示牌	高电阻合金导线	适用于 250V 以下的电路中调整电路电流、电压

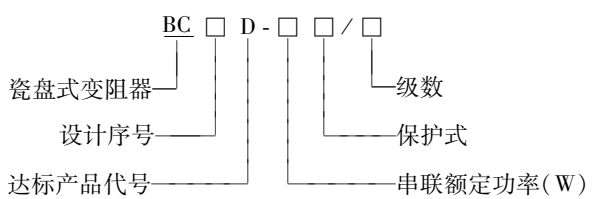
www.789pdf.com 789书库网

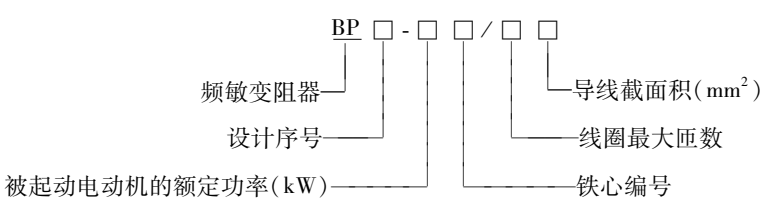
www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号名称	结构特点	电阻元件材料	用　途
BX7、BX8 系列滑线变阻器	主要由陶瓷管和金属材料组成，采用氧化绝缘膜层的康铜电阻丝密绕在外面涂釉的瓷管上，装于金属支架上。变阻器的滑动装置采用导电炭精刷在电阻丝表面均匀滑动调节	康铜	适用于交流50Hz、500V以下及直流440V以下电路中校验电气仪表时，改变电压电流或代替未定的实验电阻值，在实验室中作为研究试验或教学用的电压、电流调节器
BT2 系列三相起动调速变阻器	主要由电阻元件、转换装置和外壳组成。转换装置的静触头均安装在绝缘板上，调节装置的手轮轴与地面平行，转动手轮时其压力可调的动触头随中心轴旋转，手轴上有指针，指示操作方向	康铜或新康铜	适用于交流50Hz、380V以下三相绕线转子异步电动机的转子对称电路中作恒转矩负载的不频繁起动调速
BC1 系列瓷盘式变阻器	采用陶瓷金属结构，能在最高使用温度350℃下正常工作。其主要结构是电阻丝绕制于陶瓷盘上。瓷盘除调节滑动接触面外，均覆以珐琅保护层，并胶合固定在陶瓷质底盘上，中心配以钢质旋轴，经绝缘瓷头联动刷握及炭精电刷，使其在电阻丝上滑动。分开启式和保护式两种，保护式即在变阻器上加有涂漆面金属防护箱壳，并配以调节手轮	电阻丝	适用于380V以下工业电气设备中作电流、电压调节，也可用于电站、交直流发电机、电子设备及仪器等电路调整或控制
BS1 系列石墨碳阻变阻器	由石墨炭精片、可动调节极板（石墨）、固定极板（石墨）及用石墨炭柱体支撑的瓷套管等组成，用绝缘板或石棉水泥板制成前后面板	石棉炭精片	适用于电压不超过12V的直流发电机配电线路中，及用于控制电镀槽电流、电压
BP1、BP2、BP3、BP4、BP6、BP8 频敏变阻器	频敏变阻器类似于变压器，由铁心和绕组两部分组成。铁心和绕组构成的不同，其性能也不同。铁心结构形式有叠片式、钢管式、方柱式等；绕组形式有单绕组式、绕组加感应线圈、绕组加多层短路环等	钢板和电磁线	适用于交流50Hz、380V以下绕线转子三相异步电动机的转子对称电路中，作不频繁起动

2. 型号含义





www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 分类及特性

（1）分类

BP 系列变阻器主要供电动机作短时起动、重复短时起动用。根据负载机械设备的不同，频敏变阻器的负载可分为轻载、中载、重载和满载四种类型。BP8 系列为 BP1、BP2、BP3、BP4 的改进替代产品。

（2）结构特征

BP 系列频敏变阻器是一种静止无触点的电磁元件，相当于一个等效阻抗。在电动机起动过程中，由于等效阻抗随转子电流频率（随着三相异步电动机的转速的上升，转子电流的频率逐渐降低）的减小而自动下降（自动变阻），从而只需一级变阻器，就能使电动机完成平稳起动。变阻器实质上是一个铁心损耗特大的三相电抗器。它由铁心和绕组两个主要部分组成。铁心结构型式有叠片式、钢管式、方柱式等；绕组有单绕组式、绕组加感应线圈、绕组加多层短路环等形式。变阻器绕组由高温双玻璃丝包线绕制而成，每相绕组上有 5 个抽头，抽头比例为 0 – 30% – 80% – 90% – 100%。

频敏变阻器的分类及特性见表 9-16。

表 9-16 频敏变阻器的分类及特性

产品分类及特性	负载形式										
	轻载				中载				重载		满载
型号	BP2、BP8R2	BP3、BP8R3	BP8Y	BP1、BP8R1	BP8R2	BP1、BP8R3	BP8Y	BP1、BP8R1	BP2、BP8R3	BP4、BP8R4	BP4、BP6、BP8R4
起动特性分类	偶尔短时起动（不频繁起动）		重复短时起动（频繁起动）		偶尔短时起动（不频繁起动）		重复短时起动（频繁起动）		偶尔短时起动（不频繁起动）		
铁心编号	7	2、3	1、8、9	0、4、5	7	2、3	1、8、9	0、4、5	2、3	圆钢管	
负载系数	0.4				0.7		0.85				1.0
起动及切除时定子冲击电流倍数参考值	1.6		—		2.0		—		2.5		2.5
起动转矩/电机额定转矩参考值	≥0.5		—		≥0.8		—		≥1.0		≥1.2
最大起动时间/s	60		—		90		—		90		90
起动至运行后对电动机要求	需用短接设备短接电动机转子		不需短接电动机转子		需用短接设备短接电动机转子		不需短接电动机转子		需用短接设备短接电动机转子		
负载设备种类	空压机、水泵		推钢机、拉钢机工作辊道、桥式吊车、打钢车、拔钢板、翻钢机		轧钢机、锯床、真空泵		推钢机、拉钢机工作辊道、桥式吊车、轧机中辊		运输皮带、轴流泵、破碎机		鼓风机、球磨机、破碎机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.2.1　BC1、BC1D 系列瓷盘式变阻器技术数据（见表 9-17）

表 9-17　BC1、BC1D 系列瓷盘式变阻器技术数据

型号	额定功率/W	最高温度/℃	+20℃时电阻值/Ω		型号	额定功率/W	最高温度/℃	+20℃时电阻值/Ω	
			最小	最大				最小	最大
BC1、BC1D-25	25	300	2	3000	BC1、BC1D-150/3	450	350	0.65	9000
BC1、BC1D-50	50	300			BC1、BC1D-300/3	900	350		
BC1、BC1D-100	100	300			BC1、BC1D-500/3	1500	350		
BC1、BC1D-150	150	350			BC1-150H	150	350	2	3000
BC1、BC1D-300	300	350			BC1-300H	300	350		
BC1、BC1D-500	500	350			BC1-500H	500	350		
BC1、BC1D-50/2	100	300	1	6000	BC1-300H/2	600	350	1	6000
BC1、BC1D-100/2	200	300			BC1-500H/2	1000	350		
BC1、BC1D-150/2	300	350			BC1-300H/3	900	350		
BC1、BC1D-300/2	600	350			BC1-500H/3	1500	350		
BC1、BC1D-500/2	1000	350							

9.2.2　BX7 系列滑线变阻器技术数据（见表 9-18）

表 9-18　BX7 系列滑线变阻器技术数据

型号	电阻范围/Ω	电流范围/A	型号	电阻范围/Ω	电流范围/A
BX7-11	5k～0.55	0.2～20	BX7-16	14k～1.44	0.2～20
BX7-12	7k～0.72		BX7-21	17k～1.8	
BX7-13	8.5k～0.9		BX7-22	20k～2.2	
BX7-14	10k～1.1		BX7-23	24k～2.52	
BX7-15	12k～1.26		BX7-24	28k～2.9	

9.2.3　BX8 系列滑线变阻器技术数据（见表 9-19）

表 9-19　BX8 系列滑线变阻器技术数据

型号	电阻范围/Ω	电流范围/A	型号	电阻范围/Ω	电流范围/A
BX8-11	18.5k～2	0.2～20	BX8-25	24k～6.5	0.2～20
BX8-12	21k～2.25		BX8-26	26k～7	
BX8-13	24k～2.5		BX8-27	28k～7.5	
BX8-14	10.5k～3		BX8-31	52k～6	
BX8-15	12k～3.25		BX8-32	63k～6.75	
BX8-16	13k～3.5		BX8-33	72k～7.5	
BX8-17	14k～3.75		BX8-34	31k～9	
BX8-21	35k～4		BX8-35	36k～9.75	
BX8-22	42k～4.5		BX8-36	39k～10.5	
BX8-23	48k～5		BX8-37	42k～11.25	
BX8-24	21k～6				

www.789pdf.com 789书库网

9.2.4 BX7D 系列滑线变阻器技术数据（见表 9-20）

表 9-20 BX7D 系列滑线变阻器技术数据

阻值/Ω 型号 / 电流/A	BX7D-1/1	BX7D-1/2	BX7D-1/3	BX7D-1/4	BX7D-1/5	BX7D-1/6	BX7D-1/7	BX7D-1/8	BX7D-1/9	BX7D-1/10	BX7D-1/11	BX7D-1/12	BX7D-1/13	BX7D-2/3	BX7D-2/4	BX7D-2/5	BX7D-2/6
0.10	5k	7k	8.7k	10.5k	12.5k	14.5k	18.5k	21.5k	24.5k					17.5k	21k	25k	29k
0.13	3.5k	4.7k	6k	7k	8k	9.5k	13k	15k	17k					12k	14k	16k	19k
0.16	2.3k	3.3k	4.3k	5.3k	6.3k	7k	9k	10k	11k					8.5k	10.5k	12.5k	14k
0.20	1.9k	2.6k	3.2k	4k	4.5k	5k	7k	8.5k	9.5k	10.5k	11.5k	12.5k	13.5k	6.4k	8k	9k	10k
0.25	1.4k	1.9k	2.4k	2.9k	3.4k	3.9k	5.5k	6.2k	7k	7.5k	8.5k	9.5k	10.5k	4.8k	5.8k	6.8k	7.8k
0.30	1.1k	1.5k	1.9k	2.3k	2.7k	3k	4k	4.7k	5.3k	5.7k	6.3k	6.7k	7.3k	3.8k	4.6k	5.4k	6k
0.40	650	900	1.1k	1.4k	1.6k	1.8k	2.5k	3k	3.5k	4k	4.3k	4.6k	5k	2.2k	2.8k	3.2k	3.6k
0.50	600	800	1k	1.2k	1.4k	1.6k	2k	2.4k	2.7k	3k	3.3k	3.7k	4k	2k	2.4k	2.8k	3.2k
0.6	400	550	700	850	1k	1.1k	1.5k	1.7k	2k	2.2k	2.5k	2.7k	3k	1.4k	1.7k	2k	2.2k
0.80	250	350	420	500	600	700	800	1k	1.2k	1.4k	1.6k	1.8k	2k	840	1k	1.2k	1.4k
1.00	140	190	240	290	340	390	500	580	650	730	800	880	950	480	580	680	780
1.3	100	140	180	210	250	280	380	430	500	550	600	650	700	360	420	500	560
1.6	50	70	90	100	120	140	190	215	240	270	300	330	360	180	200	240	280
2	35	45	55	70	80	90	130	145	160	180	200	220	235	110	140	160	180
2.5	23	32	40	50	55	65	90	100	110	120	130	140	150	80	100	110	130
3	17	23	30	35	40	48	63	72	82	92	100	110	120	60	70	80	95
4	10	15	18	22	25	30	45	50	55	60	65	70	75	36	44	50	60
5	6.5	9	12	15	18	20	25	28	30	35	40	45	50	24	30	36	40
6	3	4	5	6.5	7.5	8.5	12	14	16	18	20	22	24	10	13	15	17
8	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	9.5	11	12	13.5	15	16.5	18	9	11	13	15
10	1.5	2	2.5	3	3.5	4.2	5.6	6.5	7.5	8.2	9	10	11	5	6	7	8.5
13	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3	3.7	4.3	4.8	5.5	6	6.5	7.2	3.8	4.5	5.2	6
16	0.75	1	1.3	1.5	1.8	2	2.7	3	3.5	3.8	4.2	4.6	5	2.6	3	3.5	4
20	0.55	0.75	0.95	1.1	1.3	1.5	2	2.4	2.7	3	3.3	3.6	4	1.9	2.2	2.6	3

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

9.2.5 BX8D 系列滑线变阻器技术数据（见表 9-21）

表 9-21 BX8D 系列滑线变阻器技术数据

阻值/Ω 型号 / 电流/A	BX8D -3/1	BX8D -3/2	BX8D -3/3	BX8D -3/4	BX8D -3/5	BX8D -3/6	BX8D -3/7	BX8D -2/1	BX8D -2/2	BX8D -2/3	BX8D -2/4	BX8D -2/5	BX8D -2/6	BX8D -2/7
0.10	55k	65k	74k					37k	43k	49k				
0.13	39k	45k	51k					26k	30k	34k				
0.16	27k	30k	33k					18k	20k	22k				
0.20	21k	24k	27k	30k	33k	36k	39k	14k	16k	18k	20k	22k	24k	26k
0.25	16.5k	18k	21k	22.5k	25.5k	28.5k	30k	11k	12k	14k	15k	17k	19k	20k
0.30	12k	14k	16k	17k	19k	20k	22k	8k	9.5k	10.5k	11.5k	12.5k	13.5k	14.5k
0.40	8k	9k	10.5k	12k	13k	14k	15k	5.4k	6k	7k	8k	8.6k	9.4k	10k
0.50	6k	7.2k	8.1k	9k	10k	11k	12k	4k	4.7k	5.3k	6k	6.5k	7k	8k
0.60	4.5k	5k	5.7k	6.5k	7.5k	8k	9k	3k	3.4k	4k	4.4k	5k	5.4k	6k
0.80	2.7k	3.1k	3.6k	4k	4.3k	4.6k	5k	1.8k	2k	2.4k	2.6k	2.8k	3.1k	3.4k
1.00	1.5k	1.75k	1.95k	2.2k	2.4k	2.65k	2.85k	1k	1.2k	1.3k	1.5k	1.6k	1.8k	1.9k
1.30	1.15k	1.3k	1.5k	1.65k	1.8k	2k	2.1k	750	850	1k	1.1k	1.2k	1.3k	1.4k
1.60	570	650	720	810	900	1k	1.15k	380	430	480	540	600	650	700
2	390	435	480	540	600	650	700	250	290	320	360	400	440	470
2.5	270	300	350	390	420	450	480	180	200	230	260	280	300	320
3	190	220	250	275	300	330	360	125	145	165	185	200	220	240
4	120	135	155	175	190	210	225	80	90	105	115	125	140	150
5	75	90	100	115	120	130	140	52	60	66	72	80	85	92
6	34	39	45	50	54	60	66	23	26	30	33	36	40	44
8	27	31	36	40	45	48	52	18	21	24	27	30	32	35
10	17	19	22	24	27	30	32	11.2	13	14.5	16.5	18	20	21.5
13	11.5	13	14.5	16	18	20	22	7.5	8.5	9.5	10.5	12	13	14.5
16	7.8	9	10.5	11.5	12.5	14	15	5.2	6	7	7.5	8.5	9.2	10
20	6	7.2	8	9	10	10.8	12	4	4.8	5.4	6	6.6	7.2	8

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.2.6 BL7 系列励磁变阻器技术数据（见表 9-22）

表 9-22 BL7 系列励磁变阻器技术数据

型号	额定功率/kW	电阻分级数		重量/kg	型号	额定功率/kW	电阻分级数		重量/kg
		≤60A	≤100A				≤60A	≤100A	
BL7-15	15	60	30	100	BL7-26	26	60	30	150
BL7-21	21	60	30	130	BL7-31	31	60	30	180

注：该产品的元件材料为康铜或新康铜等合金带或丝。

9.2.7 BQ1 系列起动变阻器技术数据（见表 9-23）

表 9-23 BQ1 系列起动变阻器技术数据

型号	电流/A	级数		电阻元件		重量/kg	保护装置型号	
		起动	调速	型号	数量		接触器	继电器
BQ1-1 BQ1-1Z	30	4			2	5.5 6.0	CZ8-40/00 CZ8-40/01	
BQ1-2 BQ1-2A	40	7		ZG3	6 12	12 14	CZ8-40/00	
BQ1-3 BQ1-3A	100	8	—		8 16	21 27	CZ8-100/00	JL1-01
BQ1-4 BQ1-4A BQ1-4B BQ1-4C	200	12		ZB3 和 ZB4	6 10 14 18	52 55 60 66	CZ8-200/00	

注：型号含义举例：BQ1-2 起动变阻器（BQ），设计序号 1，电流等级 2（40A）。

9.2.8 BT1 系列起动调速变阻器技术数据（见表 9-24）

表 9-24 BT1 系列起动调速变阻器技术数据

型号	额定电流/A	级数		重量/kg	触头压力/N	保护装置型号	
		起动	调速			接触器	继电器
BT1-3/1 BT1-3/2	40	6	10	12 14	8～12	CZ8-40/00	
BT1-12/3 BT1-12/4 BT1-12/5	100	7	15	22 25 29	15～20	CZ8-100/00	JL1-01
BT1-24/6 BT1-24/7 BT1-24/8	200	10	20	60 65 70	20～25	CZ8-200/00	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.2.9　BP4 系列频敏变阻器技术数据（见表 9-25）

表 9-25　BP4 系列频敏变阻器技术数据

型　号	电动机		型　号	电动机	
	容量/kW	转子电流/A		容量/kW	转子电流/A
BP4-02501/24504	14～25	25～30	BP4-06304/10016	50～63	101～125
BP4-02501/19605		31～40	BP4-06304/08020		126～160
BP4-02501/14006		41～50	BP4-06304/06325		161～200
BP4-02501/11208		51～63	BP4-06304/05032		201～250
BP4-02501/09010		64～80			
BP4-04002/15506	25～40	40～50	BP4-08005/09020	63～80	126～160
BP4-04002/12508		51～63	BP4-08005/07125		161～200
BP4-04002/10010		64～80	BP4-08005/05632		201～250
BP4-04002/08012		81～100	BP4-08005/04540		251～315
BP4-04002/06316		101～125			
BP4-05003/11210	40～50	64～80	BP4-10006/10020	80～100	126～160
BP4-05003/09012		81～100	BP4-10006/08025		161～200
BP4-05003/07116		101～125	BP4-10006/06332		201～250
BP4-05003/05620		126～160	BP4-10006/05040		251～315
BP4-05003/04525		161～200			
BP4-16008/10025	125～160	161～200	BP4-12507/09025	100～125	161～200
BP4-16008/08032		201～250	BP4-12507/07132		201～250
BP4-16008/06340		251～315	BP4-12507/05640		251～315
BP4-16008/05050		316～400	BP4-12507/04550		316～400
BP4-20009/09032	160～200	201～250	BP4-31511/08040	250～315	251～315
BP4-20009/07140		251～315	BP4-31511/06350		316～400
BP4-20009/05650		316～400	BP4-31511/05063		401～500
BP4-20009/04563		401～500	BP4-31508/06340（二组并联 2Y）		501～630
BP4-25010/09032	200～250	201～250	BP4-40012/10040	315～400	251～315
BP4-25010/07140		251～315	BP4-40012/08050		316～400
BP4-25010/05650		316～400	BP4-40012/06363		401～500
BP4-25010/04563		401～500	BP4-40008/07140（二组并联 2Y）		501～630

9.2.10　BP6 系列频敏变阻器技术数据（见表 9-26）

表 9-26　BP6 系列频敏变阻器技术数据

电动机额定功率 P_N/kW	75～160			161～315		
电动机转子开路电压 E_{20}/V	电动机转子额定电流 I_{2N}/A					
	200～250	251～315	316～400	250～315	316～400	401～500
0.32～0.50			BP6-1/4040			BP6-2/3250
0.40～0.63						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电动机额定功率 P_N/kW	75～160			161～315		
电动机转子开路电压 E_{20}/V	电动机转子额定电流 I_{2N}/A					
	200～250	251～315	316～400	250～315	316～400	401～500
51～0.80 0.64～10		BP6-1/5032	BP6-1/5040		BP6-2/4040	BP6-2/4050
0.81～125 1.01～1.6	BP6-1/6325	BP6-1/6332		BP6-2/5032	BP6-2/5040	
1.26～2.0 1.61～2.5	BP6-1/8025			BP6-2/6332		

注：当起动过程的最低电网电压不低于90%额定电压时，变阻器适当抽头后可连续三次（总起动时间不超过90s）可靠起动带额定负载的电动机，起动时电动机定子电流不大于2.5倍额定电流。

9.3 电力电阻器的选择、使用与维护

1. 电阻器和变阻器的选择

选用电阻器时，应满足下列要求：

1）电阻器的额定电压应大于电路的工作电压。

2）电阻器功率应大于计算功率。一般，功率与电流较小而电阻值大时可选用管形电阻；而功率与电流大时，则可选用板形等电阻；如需功率、电流与电阻都大时，则可采用多个电阻串、并联或混联。

3）当电阻器的电阻值需进行调整的，可选用可调或带有抽头的电阻器，如需在正常运行中随时调整的，则可选用变阻器。

4）若电阻器的安装尺寸有一定限制，则需根据允许的安装尺寸选用电阻器型号。

5）若电阻器周围有耐温较差的材料、零件或仪器等，但又无法变更安装位置时，则应采用电阻器降容措施（即将电阻器降低功率使用），使电阻器表面温升降到周围元器件允许的温升。

6）电阻值的选择：接电持续率虽不同但又近似时，允许选用同一规格的电阻器。起动用电阻器各级电阻选用值与计算值允差±5%；为了缩减电阻器箱数，个别级的电阻其选用值允差±10%，但各相总电阻选用允差不应超过±8%。

7）根据发热容量选择电阻器：起动用电阻器一般按重复短时工作制选择，一循环周期时间为60s，接电持续率分别为100%、70%、50%、35%、25%、17.5%、12.5%、8.8%、6.25%和4.4%。对于同一个电阻器而言，不同的接电持续率对应于不同的允许电流值。选用元件的允许电流值应不小于电动机额定电流。为了减少电阻箱数，个别级选用元件的允许电流可比电动机额定电流小5%。调速用电阻器一般应按长期工作制选择，选用元件允许电流应不小于电动机额定电流。

2. 频敏变阻器的选择

选用频敏变阻器时，可参考电阻器的选择方法，并应注意以下几点：

1）根据电动机规格和操作频繁程度的不同，选择频敏变阻器的规格。

2）当起动冲击电流过大时，在保证频敏变阻器绕组能承载电动机转子电流的情况下，可适当调整线圈匝数及增加变阻器的串联数量，从而有效抑制起动冲击电流，确保输电网络正常。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）当电动机起动力矩不够、起动较慢时，在保证电网电压正常的情况下，可适当调整线圈匝数及增加变阻器的并联数量，从而增大起动力矩，使设备正常工作。

常用频敏变阻器的特点与典型用途见表9-27，可供选择频敏变阻器时参考。

表9-27　常用频敏变阻器的特点与典型用途

频敏变阻器	系　列				
	BP1	BP3	BP2	BP4	BP6
结构	铁心由12mm山字形厚钢板制成	铁心由6～8mm山字形钢板叠成	铁心由50×50（mm）方钢制成山形铁片组成	铁片由10mm厚钢管外套铝环组成	铁心由两层钢管和两层铝环组成
铁心功率因数	0.6～0.75	0.5～0.7	0.7～0.75	0.75～0.85	0.8～0.9
变阻能力	较好	较好	较好	较差	较好
典型用途	起动带轻负载和重轻载的偶尔起动的电动机	起动反复短时工作制的电动机	起动带轻负载和重轻载的偶尔起动的电动机	起动带90%以下负载的偶尔起动的电动机	起动带100%负载的偶尔起动的电动机
控制绕线转子异步电动机的功率范围/kW	2.2～2240	0.6～125	10～1120	14～1000	75～315

3. 电阻器和变阻器的使用与维护

（1）电阻器的使用与维护

电阻器和可变电阻器系高发热电器，安装时应注意：

1）变阻器应通风良好，便于散热，电阻器上方一般不宜再安装其他电器。

2）组装电阻器时，电阻器应位于垂直面上。电阻器垂直叠装不应超过四箱；当超过四箱时，应采用支架固定，并保持适当距离；当超过六箱时应另列一组。有特殊要求的电阻器，其安装方式应符合设计规定。电阻器底部与地面间应留有间隔，并且不应小于150mm。

3）电阻器与其他电器垂直布置时，应安装在其他电器的上方，两者之间应留有间隔。

4）对于敞开式电阻器应加护罩，以防人员触及。

5）电阻器与电阻元件的连接应采用铜或钢的裸导体，接触应可靠。

6）电阻器引出线夹板或螺栓应设置与设备接线图相应的标志；当与绝缘导线连接时，应采取防止接头处的温度升高而降低导线的绝缘强度的措施。

7）多层叠装的电阻箱的引出导线，应采用支架固定，并不得妨碍电阻元件的更换。

（2）变阻器的使用与维护

1）转换调节装置移动应均匀平滑、无卡阻，并应有与移动方向相一致的指示阻值变化的标志。

2）电动传动的转换调节装置，其限位开关及信号联锁接点的动作应准确和可靠。

3）齿轮传动的转换调节装置，可允许有半个节距的窜动范围。

4）由电动传动及手动传动两部分组成的转换调节装置，应在电动及手动两种操作方式下分别进行试验。

5）电阻器内部不得有断路或短路，其直流电阻值误差应符合产品的规定。

6）转换调节装置的滑动触头与固定触头的接触应良好，触头间的压力应符合要求，在滑动

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

过程中不得开路。

4. 频敏变阻器的使用与维护

1）频敏变阻器应牢固地固定在基础上，当基础为铁磁物质时应在中间垫放 10mm 以上的非磁性垫片，以免影响其工作特性。

2）频敏变阻器的连接线应按电动机转子额定电流选用相应的截面积。

3）频敏变阻器的极性和接线应正确。

4）测量频敏变阻器线圈对地绝缘电阻，其绝缘电阻不小于 1MΩ。

5）频敏变阻器的抽头和气隙调整，应使电动机起动特性符合机械装置的要求。

6）频敏电阻器配合电动机进行调整过程中，连续起动次数及总的起动时间，应符合产品技术文件的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 10 章　电力电容器

10.1　概述

1. 种类及用途

电力电容器是一种在电力系统、工业生产设备中广泛应用的电气元件，而最为普遍的是并联电容器（原称移相电容器）。

电力电容器常用的分类方法有以下几种：

1）按安装方式分：户内式和户外式电容器。

2）按相数分：单相和三相电容器。

3）按接入电力系统的方式分：并联和串联电容器。并联电容器用于补偿感性无功功率。串联电容器用于补偿电力线路的感抗。

4）按额定电压分：高压和低压电容器。

5）按用途分：高压交流滤波电容器、交流电动机电容器、耦合电容器、电容分压器、电热电容器、断路器电容器、脉冲电容器、防护电容器、直流滤波电容器等。

6）按结构分：电解电容器，纸、膜、复合介质电容器，金属化、金属箔电容器，自愈式电容器，压缩气体电容器，浸渍、干式、水冷、自冷式电容器等。

电力电容器的种类及用途见表 10-1。电力电容器装置的种类及用途见表 10-2。

表 10-1　常用电力电容器的种类及用途

系列代号	类别	额定电压/kV	主　要　用　途
B	高电压并联电容器	1.05～35	并联连接于 50Hz 或 60Hz 交流电力系统中，用于补偿感性无功功率，改善功率因数，改善电压质量，降低线路损耗，提高系统或变压器的有功输出
	低电压并联电容器	0.23～1.00	
	自愈式低电压并联电容器	0.23～1.00	
	集合式并联电容器	3.15～38.5	
C	串联电容器	0.6～2.0	串联连接于工频交流输配电线路中，补偿电力线路的感抗，减少线路电压降落，增大传输容量，提高系统静、动态特性，改善线路电压质量
A	交流滤波电容器	1.25～18.0	通常用于电力整流装置附近交流线路一侧，与电抗器串联组成消除某次谐波的串联谐振电路，以达到改善电压波形的目的
D	直流滤波电容器	1～500	用于含有一定交流分量的直流电路中，降低直流电路的交流分量，如用于高压整流滤波装置及高压直流输电中
E	电动机电容器	0.25～0.66	与单相电动机辅助绕组相串联，以促成单相电动机起动或改善其运转特性，也可与三相异步电动机相连接，以使其可由单相电源供电，还可用于电动机的异步发电
F	防护电容器	0.25～23	接于线路与地之间，用来降低大气过电压波前陡度和峰值，配合避雷器保护发电机和电动机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

系列代号	类别	额定电压/kV	主 要 用 途
J	断路器电容器	20～180	并联连接于高压交流断路器断口上，使各断口间的电压在开断时分布均匀
M	脉冲电容器	0.5～500	用于冲击电压和冲击电流发生器及振荡电路等高压试验装置，还可用于电磁成型、液电成型、储能焊接、海底探矿以及产生高温等离子、激光等装置中，即可用于连续脉冲装置中
O	耦合电容器	35～750	高压端接于输电线路中，低压端经耦合线圈接地，用于载波通信，也可作为测量、控制和保护
R	电热电容器	0.375～2.0	用于40～40000Hz的电热设备中，以提高功率因数，改善电压、频率特性
X	谐振电容器	0.4～0.46	在电力系统中用来与电抗器组成谐振电路
Y	标准电容器	50～1100	与高压电桥配合，测量介质损耗和电容，也可用作电容分压

表 10-2 电力电容器装置的种类及用途

系列代号	名称	额定值、主接线、保护和控制	组成和用途
BB	并联电容器装置	电压：0.4～66kV 容量：90～60000kvar 接线：1kV以上为单Y或双Y 1kV及以下为单Y或单△ 保护：过电流、过电压、失电压、中性线电流不平衡保护、单台熔断器保护和内部熔丝保护等 控制：手动或自动	由并联电容器组、开关、串联电抗器、放电线圈、氧化锌、避雷器、接地装置、投切、保护控制屏、组架及框体等组成，主要用来与50Hz或60Hz交流电力系统并联连接，补偿感性无功功率，改善电压质量、降低线路损耗
YD	电容式电压互感器	电压：$66/\sqrt{3}$～$500/\sqrt{3}$kV 二次绕组额定电压：$100/\sqrt{3}$kV 准确等级：0.2～1级 二次线圈额定容量：50～300VA 频率：50Hz	由耦合电容器、电容分压器、中压变压器、电抗器和阻尼器等组成 主要接在线与地之间，用来获得准确的二次电压，作高电压输配电系统的电压测量、保护和控制之用，并可兼作电力线载波耦合装置中的耦合电容器之用
CY	冲击电压发生器	电压：400～6000kV 电容：0.01～0.1μF	由高压脉冲电容器、球隙、电阻器、高压直流电源和控制、计算设备等组成 可由较低电压、较小功率的电源产生短时高电压、大功率的具有规定波形的冲击电压
CL	冲击电流发生器	电压：20～30kV 电流：5～500kA	由脉冲电容器、球隙、电阻器、直流充电电源等组成，可产生10^5～10^6A的冲击电流

2. 型号

电容器的型号由系列代号、介质代号、设计序号、额定电压、额定容量、相数或频率、尾注号或使用环境等部分组成，符号代号一般用汉语拼音字头表示。

并联电容器的型号含义：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

□ □ □ □ □-□-□ □

R— 表示内有熔丝；TH— 用于湿热带地区

W— 户外型；无标记表示户内型

1— 单相；3— 三相

标称容量（kvar）

额定电压（kV）

固体介质：F— 纸薄膜复合；M— 全聚丙烯薄膜；无标记时为全电容纸

液体介质：Y— 矿物油浸渍；W— 十二烷基苯浸渍；F— 二芳基乙烯浸渍；B— 异丙基联苯浸渍；G— 苯甲基硅油浸渍

系列代号（见表10-1）

并联电容器型号示例：

1）BW0.4-12-3TH表示十二烷基苯浸渍的并联电容器，额定电压0.4kV单台容量12kvar，三相湿热型并联电容器。

2）BWF10.5-25-1W表示复合介质，十二烷基苯浸渍的并联电容器，额定电压10.5kV，单台容量25kvar，单相户外型并联电容器。

无功功率自动补偿装置的型号含义：

T BB □-□/□ T

成套装置

并联补偿

额定电压（kV）

装置总标称容量（kvar）

单台标称容量（kvar）

自动调节

3. 并联电容器的结构

高压并联电容器一般为油浸式，主要由元件、绝缘件、连接件、出线套管和箱壳等组成，在有的电容器内部还设有放电电阻和熔丝，在1000kvar以上的电容器中常设有油补偿装置和放电线圈。高压并联电容器的外形及内部结构如图10-1所示。

并联电容器的钢质外壳内，装有电容元件，这些电容元件是由薄铝箔作为两极，中间隔以极薄的固体介质（包含电容器纸）再卷绕成单元的电容元件，高压电容器芯子中的电容元件接成串联为主，为了满足足够的容量有若干电容元件并联为一单元，然后多单元进行串联连接，低压电容器芯子中的元件采用并联，按其容量与电压等级组合成所需规格的并联电容器。其内部可根据需要接成单相或三相。

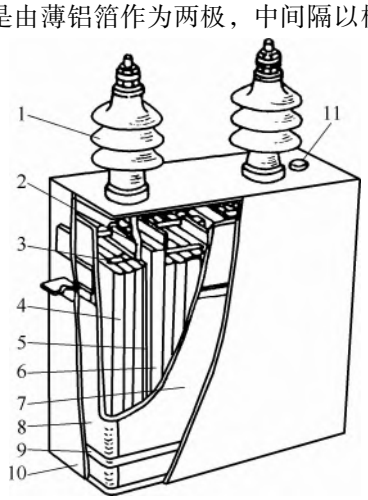


图10-1　并联电容器的结构

1—出线套管　2—出线连接片　3—连接片　4—元件　5—出线连接片固定板　6—组间绝缘　7—包封件　8—夹板　9—紧箍　10—外壳　11—封口盖

电容器元件、绝缘件等的制造和装配均应在高度洁净的环境中进行，然后按工艺要求对电容器进行严格的真空干燥浸渍处理，除去水分、空气等，并用经过预处理的洁净绝缘油进行充分的浸渍，最后进行封口，使其内部介质不与大气相通，防止介质受大气作用发生早期老化，影响电容器的使用寿命和可靠性，因而保持电容器的密封性是十分重要的。

4. 并联电容器与电网的连接

并联电容器与电力网的连接，额定电压应相符。

在三相供电系统中，当单相电容器的额定电压与电力网的额定线电压相同时，电容器应采用三角形联结；当单相电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

容器的额定电压与电力网的额定相电压相同时，电容器应采用星形联结。

当单相电容器的额定电压较线路的额定电压低时，应采用星形联结或几个电容器串联以后接成三角形联结。

三相电容器只要其额定电压等于或高于电网的额定电压即可直接接入使用。

值得注意的是，若采用星形联结且需电容并联提高补偿无功功率时，必须是电容器组中性点可以接地的供电系统。否则若某支路并联的电容器发生故障，该支路的容抗增大，电压降增大，将击穿电容器。

5. 并联电容器的补偿方法

并联电容器的补偿方法可分为个别补偿、分散补偿和集中补偿三种。

1）个别补偿（又称单独就地补偿）：电容器装在用电设备附近，与用电设备并联。按照其本身无功功率的需要量装设电容器组，一般与用电设备同时投入运行或断开。

对感应电动机个别补偿时，一般应以空载时补偿至功率因数接近 1 为准，因为空载时所消耗的无功功率最少，补偿后既使电动机满载，功率因数也是滞后的，如果以满载时耗用的无功功率作补偿依据，则空载或轻载时必然形成过补偿。在采用个别补偿时，可以最大限度地减少系统中流过的无功电流，使整个供电系统的功率及能量损耗、线路的导线截面、有色金属消耗量、开关设备和变压器容量等都相应减少或降低。从效果而论，这是较好的补偿方式。但这种补偿方式存在以下缺点：

①电容器的利用率低，需要和电动机同时投入运行；

②有可能产生自激过电压；

③易受机械振动和环境的影响；

④初投资和维修费用较大。

因此，该补偿方法适用于负载相当平稳且长时间使用的大容量用电设备，及某些容量虽小但数量多而分散的用电设备。

2）分散补偿：分散补偿的电容器，一般接在车间配电母线上，其利用率较高，投资费用省，但只能补偿供电线路和变压器中的无功功率，而配电线路中的无功功率可由个别补偿来解决，是一种比较经济合理的补偿方式。

3）集中补偿：集中补偿是将电容器设置在工厂总降压变电所内。

集中补偿的电容器容量，仅需按照变、配电所的总负载选择。容量比个别或分散补偿所需要的少，利用率更高，投资费用少，变、配电所的无功负载比较平稳，便于管理和电容器的维护保养。但变、配电所的各馈电线路未得到补偿，仅减轻了供电电网的无功功率。对于补偿容量相当大的工厂，多采用高压集中补偿和低压分散补偿相结合的方式。

6. 并联电容器补偿容量的确定

对电力用户的无功负载进行无功补偿时，用户变、配电所需要装设的电容器组总容量，可由用户最大负荷月的平均有功功率 P_{cp}，补偿前的最大负载月的平均功率因数 $\cos\varphi_1$，以及补偿后欲达到的平均功率因数 $\cos\varphi_2$ 来确定。

通常，可参照下式进行补偿电容器容量的计算：

$$Q_c = P_{cp}(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

式中，Q_c 为需要安装的电容器补偿容量（kvar）；P_{cp} 为月平均有功功率（kW）；$\tan\varphi_1$ 为对应于自然功率因数 $\cos\varphi_1$ 的正切值；$\tan\varphi_2$ 为对应于预计达到的功率因数 $\cos\varphi_2$ 的正切值。

比较简便的方法是查表法，一般可参考每千瓦有功功率所需电容器容量速查表（见表 10-3）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 10-3　每千瓦有功功率所需电容器容量速查表　　（单位：kvar/kW）

补偿前 $\cos\varphi_1$	补偿后 $\cos\varphi_2$												
	0.7	0.75	0.8	0.82	0.84	0.86	0.88	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	1.0
0.30	2.16	2.30	2.42	2.48	2.53	2.59	2.65	2.70	2.76	2.82	2.89	2.98	3.18
0.35	1.66	1.80	1.93	1.98	2.03	2.08	2.14	2.19	2.25	2.31	2.38	2.47	2.68
0.40	1.27	1.41	1.54	1.60	1.65	1.70	1.76	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09	2.29
0.45	0.97	1.11	1.24	1.29	1.34	1.40	1.45	1.50	1.56	1.62	1.69	1.78	1.99
0.50	0.71	0.85	0.98	1.04	1.09	1.14	1.20	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53	1.73
0.52	0.62	0.76	0.89	0.95	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22	1.28	1.35	1.44	1.64
0.54	0.54	0.68	0.81	0.86	0.92	0.97	1.02	1.08	1.14	1.20	1.27	1.36	1.56
0.56	0.46	0.60	0.73	0.78	0.84	0.89	0.94	1.00	1.05	1.12	1.19	1.28	1.43
0.58	0.39	0.52	0.66	0.71	0.76	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.11	1.20	1.41
0.60	0.31	0.45	0.58	0.64	0.69	0.74	0.80	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33
0.62	0.25	0.39	0.52	0.57	0.62	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.97	1.06	1.27
0.64	0.18	0.32	0.45	0.51	0.56	0.61	0.67	0.72	0.78	0.84	0.91	1.00	1.20
0.66	0.12	0.26	0.39	0.45	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14
0.68	0.06	0.20	0.33	0.38	0.4	0.49	0.54	0.60	0.65	0.72	0.79	0.88	1.08
0.70		0.14	0.27	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54	0.60	0.66	0.73	0.82	1.02
0.72		0.08	0.22	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.97
0.74		0.03	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.48	0.55	0.62	0.71	0.91
0.76			0.11	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.50	0.56	0.65	0.86
0.78			0.05	1.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80
0.80				0.05	0.10	0.16	0.21	0.27	0.33	0.39	0.16	0.55	0.75
0.82					0.05	0.10	0.16	0.22	0.27	0.33	0.40	0.49	0.70
0.84						0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35	0.44	0.65
0.86							0.06	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39	0.59
0.88								0.06	0.11	0.17	0.25	0.33	0.54
0.90									0.06	0.12	0.19	0.23	0.48
0.92										0.06	0.13	0.22	0.43
0.94											0.07	0.16	0.36

10.2　常用电容器技术数据

10.2.1　常用高压并联电容器技术数据（见表 10-4）

常用高压并联电容器的外形及安装尺寸如图 10-2 所示。

表 10-4　常用高压并联电容器技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	额定频率/Hz	外形尺寸/mm							试验电压/kV		重量/kg
					L_1	L_2	L_3	B	b	H_1	H_2	极间	极地	
BFF11/$\sqrt{3}$-50-1W	11/$\sqrt{3}$	50	3.94	50	380	420	450	110	110	360	560	13.7	42	27
BFF11/$\sqrt{3}$-100-1W	11/$\sqrt{3}$	100	7.89	50	383	420	450	160	150	360	610	13.7	42	36

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	额定频率/Hz	外形尺寸/mm							试验电压/kV		重量/kg
					L_1	L_2	L_3	B	b	H_1	H_2	极间	极地	
BFF11-100-1W	11	100	2.63	50	383	420	450	160	150	360	610	23.7	42	36
BFF6.6/$\sqrt{3}$-100-1W	6.6/$\sqrt{3}$	100	21.9	50	383	420	450	160	150	360	610	8.19	30	36
BFF12/$\sqrt{3}$-167-1W	12/$\sqrt{3}$	167	11.1	50	383	420	445	160	250	655	895	14.9	42	64
BFF11/$\sqrt{3}$-200-1W	11/$\sqrt{3}$	200	15.8	50	383	420	445	160	250	655	895	13.7	42	64
BFF11/$\sqrt{3}$-334-1W	11/$\sqrt{3}$	334	26.4	50	645	682	707	180	250	685	965	13.7	42	123
BFF11-334-1W	11	334	8.79	50	645	682	707	180	250	685	965	23.7	42	123
BFF19-334-1W	19	334	2.95	50	645	682	707	180	250	720	1034	40.9	65	127
BFM11/$\sqrt{3}$-50-1W	11/$\sqrt{3}$	50	3.94	50	383	420	445	160	150	220	420	13.7	42	20
BFM6.6/$\sqrt{3}$-50-1W	6.6/$\sqrt{3}$	50	10.9	50	383	420	445	160	150	220	420	8.19	30	20
BFM11/$\sqrt{3}$-30-1W	11/$\sqrt{3}$	30	2.36	50	360	440	400	140	100	190	390	13.7	42	15
BFM11/$\sqrt{3}$-100-1W	11/$\sqrt{3}$	100	7.89	50	360	440	400	140	100	360	610	13.7	42	27
BFM6.6/$\sqrt{3}$-100-1W	6.6/$\sqrt{3}$	100	21.9	50	360	422	397	160	150	360	560	8.19	30	30
BFM11/$\sqrt{3}$-150-1W	11/$\sqrt{3}$	150	11.8	50	375	437	412	180	200	460	710	13.7	42	47
BFM11/$\sqrt{3}$-200-1W	11/$\sqrt{3}$	200	15.8	50	410	472	447	180	200	460	710	13.7	42	51
BFM11-200-1W	11	200	5.26	50	490	552	527	180	200	460	710	23.7	42	61
BFM11/$\sqrt{3}$-334-1W	11/$\sqrt{3}$	334	26.4	50	770	832	807	180	200	460	710	13.7	42	96
BFM6.6/$\sqrt{3}$-334-1W	6.6/$\sqrt{3}$	334	73.2	50	770	832	807	180	200	460	710	8.19	30	96
BFM11/$\sqrt{3}$-300-1W	11/$\sqrt{3}$	300	23.7	50	695	757	732	180	200	460	710	13.7	42	86
BFM6.6/$\sqrt{3}$-300-1W	6.6/$\sqrt{3}$	300	65.8	50	695	757	732	180	200	460	710	89.19	30	86
BAM12/$\sqrt{3}$-200-1W	12/$\sqrt{3}$	200	13.3	50	440	502	477	160	200	460	710	14.9	42	49
BAM11/$\sqrt{3}$-334-1W	11/$\sqrt{3}$	334	26.4	50	790	852	827	180	200	460	710	13.7	42	98
BFM11-30-3W	11	30	0.79	50	450	485	520	110	75	255	455	23.7	42	18.9
BFM11-36-3W	11	36	0.95	50	400	435	470	110	105	295	495	23.7	42	19.4
BFM11-40-3W	11	40	1.05	50	450	485	520	110	105	295	495	23.7	42	21.9
BFM11-50-3W	11	50	1.32	50	705	740	775	110	100	200	400	23.7	42	23
BFM11-60-3W	11	60	1.58	50	690	725	760	110	110	240	400	23.7	42	23
BFM11-100-3W	11	100	2.63	50	450	485	520	110	225	415	665	23.7	42	31
BFM11-120-3W	11	120	3.16	50	450	485	520	140	225	415	665	23.7	42	39
BFM12-100-3W	12	100	2.21	50	450	485	520	110	225	415	665	25.8	42	31
BFM6.6-100-3W	6.6	100	7.31	50	450	485	520	110	225	415	665	14.2	30	31
BFM11-200-3W	11	200	5.26	50	635	672	697	180	150	370	620	23.7	42	63
BFM11-300-3W	11	300	7.89	50	705	742	767	180	150	470	720	23.7	42	89
BFF11-60-3W	11	60	1.58	50	660	697	722	140	110	240	490	23.7	42	40
BFF11-100-3W	11	100	2.63	50	450	487	512	160	210	415	665	23.7	42	40
BFF11-120-3W	11	120	3.16	50	450	487	512	160	210	415	665	23.7	42	40
BFF11-200-3W	11	200	5.26	50	700	737	762	160	150	380	630	23.7	42	51

注：外形尺寸对应图 10-2 中。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

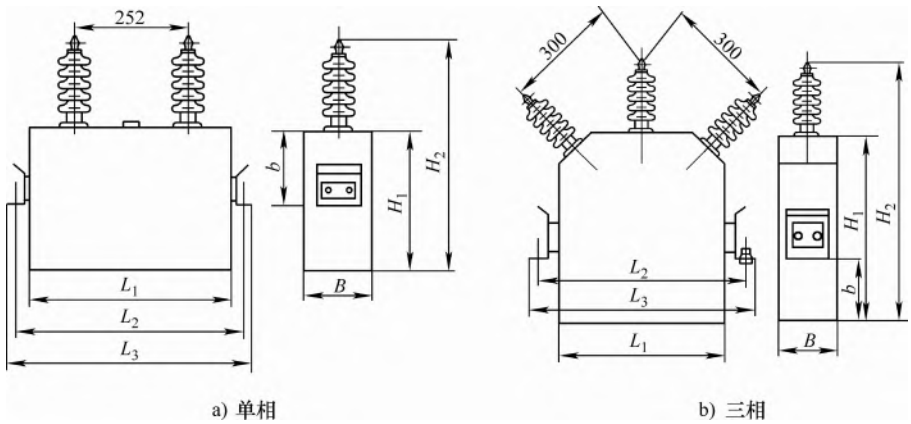


图 10-2　高压并联电容器外形及安装尺寸

10.2.2　BKMJ、BKMJP 系列干式自愈式高压并联电容器技术数据（见表 10-5）

表 10-5　BKMJ、BKMJP 系列干式自愈式高压并联电容器技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电流/A	额定电容/μF	外形尺寸（长×宽×高）/mm	内部电器（并×串）	重量/kg	备注
BKMJ11/$\sqrt{3}$-334-1	11/$\sqrt{3}$	334	52.6	26.4	1000×590×740		122	
BKMJ11/$\sqrt{3}$-400-1	11/$\sqrt{3}$	400	63.0	31.6	1000×590×805		134	
BKMJ11/$\sqrt{3}$-500-1	11/$\sqrt{3}$	500	78.7	39.5	1000×590×930		156	
BKMJ12/$\sqrt{3}$-334-1	12/$\sqrt{3}$	334	48.1	22.2	1000×590×675		113	
BKMJ12/$\sqrt{3}$-400-1	12/$\sqrt{3}$	400	57.7	26.5	1000×590×740		122	
BKMJ12/$\sqrt{3}$-500-1	12/$\sqrt{3}$	500	72.2	33.2	1000×590×865		143	
BKMJP11/$\sqrt{3}$-200-1	11/$\sqrt{3}$	200	31.5	15.8	600×75×1950	8×8	65	拼接式
BKMJP11/$\sqrt{3}$-300-1	11/$\sqrt{3}$	300	47.2	23.7	800×75×1950	11×8	85	
BKMJP11/$\sqrt{3}$-334-1	11/$\sqrt{3}$	334	52.6	26.4	860×75×1950	12×8	95	
BKMJP11/$\sqrt{3}$-400-1	11/$\sqrt{3}$	400	63.0	31.6	1050×75×1950	15×8	115	
BKMJP11/$\sqrt{3}$-500-1	11/$\sqrt{3}$	500	78.7	39.5	1250×75×1950	18×8	135	
BKMJP11/$\sqrt{3}$-600-1	11/$\sqrt{3}$	600	94.5	47.4	1500×75×1950	22×8	165	

10.2.3　常用串联电容器技术数据（见表 10-6）

表 10-6　常用串联电容器技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	外形及安装尺寸/mm					重量/kg
				L	*B*	*h*	*H*	*F*	
CWF1.15-45-1W	1.15	45	108.5	383	163	430	620	250	45
CWF1.0-50-1W	1.0	50	159	383	163	430	620	250	45
CFF1.0-50-1W	1.0	50	159	383	163	365	555	250	36
CFF1.2-50-1W	1.2	50	110.6	383	163	365	555	250	36

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	外形及安装尺寸/mm					重量/kg
				L	*B*	*h*	*H*	*F*	
CAM1.2-50-1W	1.2	50	110.6	383	123	365	555	250	28
CAM1.2-100-1W	1.2	100	221	483	163	440	630	300	52

注：*L*、*B*、*h* 为串联电容器外形尺寸；*H* 为总高；*F* 为电容器套管之间的距离。

10.2.4　常用并联电容器技术数据（见表 10-7）

表 10-7　常用并联电容器技术数据

型　　号	额定电压/kV	标称容量/kvar	标称电容/μF	相数	外形尺寸/mm			重量/kg
					长 *L*	宽 *B*	高 *H*	
BCMJ0.23-2.5-1/3	0.23	2.5	151	1/3	220	80	253	2
BCMJ0.23-5-3	0.23	5	302	3	220	80	253	2.3
BCMJ0.23-5-3	0.23	5	302	3	140	405	92	4.4
BCMJ0.23-10-3	0.23	10	604	3	140	405	184	8.8
BCMJ0.23-15-3	0.23	15	906	3	140	405	276	13.2
BCMJ0.23-20-3	0.23	20	1208	3	140	405	318	17.6
BCMJ0.4-4-3	0.4	4	80	3	140	46	405	2.2
BCMJ0.4-5-1	0.4	5		1	220	80	253	2.0
BCMJ0.4-5-3	0.4	5	99.4	3	140	46	405	2.2
BCMJ0.4-5-3	0.4	5	100	3	220	80	253	2.0
BCMJ0.4-5-3	0.4	5	99.4	3	173	70	220	2.3
BCMJ0.4-8-3	0.4	8	160	3	140	92	405	4.5
BCMJ0.4-10-1	0.4	10	200	1	175	64	306	
BCMJ0.4-10-3	0.4	10	200	3	140	92	405	4.5
BCMJ0.4-12-1/3	0.4	12	238.8	1/3	220	80	253	2.3
BCMJ0.4-14-3	0.4	14	278.3	3	220	80	253	2.3
BCMJ0.4-15-1/3	0.4	15	298	1/3	138	140	405	6.6
BCMJ0.4-15-3	0.4	15	298	3				
BCMJ0.4-16-3	0.4	16	318.5	3	173	70	340	4.0
BCMJ0.4-20-3	0.4	20	398	3	345	70	255	11.0
BCMJ0.4-20-3	0.4	20	390	3	140	184	405	9.0
BCMJ0.4-50-3	0.4	50	976	3	140	460	410	23
$BCMJ_3$0.4-14-1	0.4	14	278.7	1	105	233	231	
$BCMJ_3$0.4-14-3	0.4	14	279	3	105	233	231	
$BCMJ_3$0.4-15-3	0.4	15	299	3				
$BCMJ_3$0.4-50-3	0.4	50	995.2	3	110	380	410	
$BCMJ_6$0.4-10-1/3	0.4	10	200	1/3	175	64	306	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	标称容量/kvar	标称电容/μF	相数	外形尺寸/mm			重量/kg
					长 L	宽 B	高 H	
$BCMJ_6$0.4-12-1/3	0.4	12	239	1/3	175	64	306	
$BCMJ_6$0.4-14-1/3	0.4	14	279	1/3	175	64	306	
$BCMJ_6$0.4-15-1/3	0.4	15	299	1/3	175	64	306	
BKMJ0.23-15-1/3	0.23	15	300	1/3	346	152	310	12
BKMJ0.23-20-1/3	0.23	20	400	1/3	346	152	310	17
BKMJ0.4-6-1/3	0.4	6	120	1/3	156	96	245	2.2
BKMJ0.4-7.5-1/3	0.4	7.5	150	1/3	176	64	300	4.0
BKMJ0.4-9-1/3	0.4	9	180	1/3	176	64	300	4.0
BKMJ0.4-12-1/3	0.4	12	240	1/3	152	96	245	2.6
BKMJ0.4-15-1/3	0.4	15	300	1/3	152	96	245	2.75
BKMJ0.4-20-1/3	0.4	20	400	1/3	350	64	300	
BZMJ0.4-5-1/3	0.4	5	100	1/3	173	70	180	2.0
BZMJ0.4-7.5-1/3	0.4	7.5	150	1/3	173	70	180	2.3
BZMJ0.4-10-1/3	0.4	10	199	1/3	173	170	240	2.8
BZMJ0.4-12-1/3	0.4	12	239	1/3	173	70	260	3.1
BZMJ0.4-14-1/3	0.4	14	279	1/3	173	70	300	3.6
BZMJ0.4-16-1/3	0.4	16	318	1/3	173	70	300	3.8
BZMJ0.4-20-1/3	0.4	20	398	1/3	354	100	245	9.7
BKMJ0.525-10-1/3	0.525	10	200	1/3	152	96	246	2.5
BKMJ0.525-20-1/3	0.525	20	400	1/3	176	152	275	6.5
BCMJ0.525-25-3	0.525	25	288.8	3	220	80	253	2.3
BCMJ0.525-4-3	0.525	4		3	46	140	405	2.2
BCMJ0.525-5-3	0.525	5		3	46	140	405	2.2
BCMJ0.525-8-3	0.525	8		3	92	140	405	4.5
BCMJ0.525-10-3	0.525	10		3	92	140	405	4.5
BCMJ0.525-12-3	0.525	12		3	138	140	405	6.6
BCMJ0.525-15-3	0.525	15		3	138	140	405	6.6
BCMJ0.525-16-3	0.525	16		3	184	140	405	9.0
BCMJ0.525-20-3	0.525	20		3	184	140	405	9.0
BCMJ0.525-25-3	0.525	25		3	230	140	405	11.5
BGMJ0.4-2.5-3	0.4	2.5	55	3	ϕ60×215			
GBMJ0.4-3.3-3	0.4	3.3	66	3	ϕ60×215			
BGMJ0.4-5-3	0.4	5	99	3	ϕ60×290			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	标称容量/kvar	标称电容/μF	相数	外形尺寸/mm			重量/kg
					长 L	宽 B	高 H	
BGMJ0.4-10-3	0.4	10	198	3	232	65	265	
BGMJ0.4-12-3	0.4	12	239	3	232	65	295	
BGMJ0.4-15-3	0.4	15	298	3	232	65	325	
BGMJ0.4-20-3	0.4	20	398	3	232	130	265	
BWF0.4-14-1/3	0.4	14	279	1/3	340	115	420	18
BWF0.4-16-1/3(TH)	0.4	16	318	1/3	450	115	420	25
BWF0.4-20-1/3	0.4	20	398	1/3	375	122	360	26
BWF0.4-25-1/3	0.4	25	497.6	1/3	380	115	420	25
BWF0.4-75-1/3	0.4	75	1500	1/3	422	163	722	60
BWF10.5-16-1	10.5	16	0.462	1	440	115	595	25
BWF10.5-25-1	10.5	25	0.722	1	440	115	595	25
BWF11/$\sqrt{3}$-16-1	11/$\sqrt{3}$	16	1.26	1	440	115	595	25
BWF11/$\sqrt{3}$-25-1	11/$\sqrt{3}$	25	1.97	1	440	115	595	25
BWF11/$\sqrt{3}$-30-1	11/$\sqrt{3}$	30	2.37	1	440	115	595	25
BWF11/$\sqrt{3}$-40-1	11/$\sqrt{3}$	40	3.16	1	440	115	595	25
BFF10.5-50-1W	10.5	50	1.44	1	372	122	570	24
BFF11/$\sqrt{3}$-50-1W	11/$\sqrt{3}$	50	3.95	1	372	122	570	24
BGF11/$\sqrt{3}$-50-1W	11/$\sqrt{3}$	50	3.95	1	450	110	603	25
BGF10.5-50-1W	10.5	50	1.44	1	443	123	603	25

10.2.5　RFM 系列电热电容器技术数据（见表 10-8）

RFM 系列电热电容器的外形及安装尺寸如图 10-3 所示。

表 10-8　RFM 系列电热电容器技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	额定频率/kHz	外形尺寸/mm							重量/kg
					L_0	L	L_1	H_0	H	H_1	W	
RFM1.0-360-1S	1.0	360	57.30	1	377	337	407	180	270	350	127	17.5
RFM1.0-500-2.5S	1.0	500	31.83	2.5	377	337	407	180	270	350	127	17.5
RFM1.0-720-1S	1.0	720	114.6	1	377	337	407	230	350	430	127	22.5
RFM1.0-1000-0.5S	1.0	1000	318.3	0.5	472	438	508	230	350	430	165	36
RFM1.0-1000-1S	1.0	1000	159.2	1	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM1.0-1280-1S	1.0	1280	203.7	1	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM1.0-1400-0.5S	1.0	1400	445.6	0.5	472	438	508	230	350	530	165	48
RFM1.2-800-0.5S	1.2	800	176.8	0.5	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM1.2-1000-0.5S	1.2	1000	221.0	0.5	472	438	508	230	350	430	165	36

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电容/μF	额定频率/kHz	外形尺寸/mm							重量/kg
					L_0	L	L_1	H_0	H	H_1	W	
RFM1.2-1000-1S	1.2	1000	110.5	1	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM1.2-1200-1S	1.2	1200	132.6	1	472	438	508	230	350	430	165	36
RFM1.25-2000-1.2S	1.25	2000	169.8	1.2	472	438	508	230	350	430	165	36
RFM1.4-800-0.5S	1.4	800	129.9	0.5	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM1.4-1000-0.5S	1.4	1000	162.4	0.5	472	438	508	230	350	430	165	36
RFM1.4-2000-1S	1.4	2000	162.4	1	472	438	508	230	350	430	165	36
RFM1.5-1000-1S	1.5	1000	70.74	1	434	400	470	230	350	430	165	33
RFM2.0-1000-25S	2.0	1000	1.592	25	377	337	407	180	270	350	128	17.5

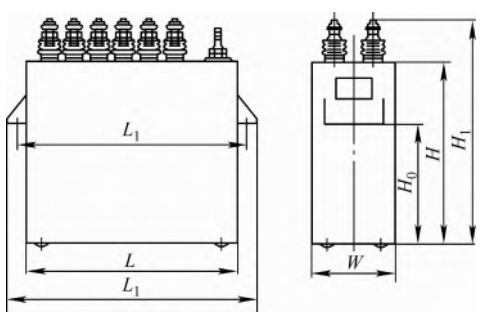


图 10-3　电热电容器外形及安装尺寸

10.2.6　电气化铁道专用并联电容器技术数据（见表 10-9）

表 10-9　电气化铁道专用并联电容器技术数据

型　　号	基本参数				外形尺寸（长×宽×高）/mm	安装尺寸/mm
	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电流/A	标称电容/μF		
BAMH33.6-1300-1W	33.6	1300	38.69	3.67	2498×1200×2035	1070×900
BAMH33.6-1500-1W	33.6	1500	44.64	4.23	2498×1200×2115	1070×900
BAMH33.6-2000-1W	33.6	2000	59.52	5.64	2182×1058×2320	1070×1100
BAMH33.6-2400-1W	33.6	2400	71.43	6.77	2182×1158×2320	1070×1100
BAMH42-4400-1CW	42	4400	104.76	7.94	2380×1400×2760	1070×1000
BFF8.4-100-1W	8.4	100	11.90	4.51	443×163×890	
BAM8.4-100-1W	8.4	100	11.90	4.51	443×143×700	
BAM8.4-100-1GW	8.4	100	11.9	4.51	444×163×890	
BAM10.5-100-1W	10.5	100	9.52	2.89	443×123×650	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.2.7 TBB 系列并联补偿成套装置技术数据（见表 10-10）

表 10-10 TBB 系列并联补偿成套装置技术数据

型　　号	额定电压/kV	总标称容量/kvar	单台标称容量/kvar	频率/Hz	接线方式	控制保护方案	外形尺寸①（宽×深×高②）/m	重量/kg
TBB10.5-750/25	10.5	750	25	50	双Y	1. 控制方案（可选） 1）手动投切 2）按时间自动投切 3）按电压偏移自动投切 4）按功率因数自动投切 5）按 1.2.3.4 合理组合的自动投切 2. 保护方案 1）过电流、过电压、欠电压保护 2）单台熔断器、中性电流平衡保护 3）放电线圈（附指示）、接地刀闸，避雷器等安全保护 4）适宜的互锁、联锁装置保护	2.4×1.47×3.3	1600
TBB10.5-1000/33.4	10.5	1000	33.4	50	双Y		2.4×1.47×3.3	1600
TBB10.5-1500/25	10.5	1500	25	50	双Y		3.6×1.47×3.3	2800
TBB10.5-1500/50	10.5	2000	50	50	双Y		2.4×1.47×3.3	1600
TBB10.5-2000/33.4	10.5	2000	33.4	50	双Y		3.6×1.47×3.3	2800
TBB10.5-2250/25	10.5	2250	25	50	双Y		4.8×1.47×3.3	4000
TBB10.5-3000/25	10.5	3000	25	50	双Y		6.0×1.47×3.3	5200
TBB10.5-3000/33.4	10.5	3000	33.4	50	双Y		4.8×1.47×3.3	4000
TBB10.5-3000/50	10.5	3000	50	50	双Y		3.6×1.47×3.3	2800
TBB10.5-3750/25	10.5	3750	25	50	双Y		7.2×1.47×3.3	6400
TBB10.5-4000/33.4	10.5	4000	33.4	50	双Y		6.0×1.47×3.3	5200
TBB10.5-4500/25	10.5	4500	25	50	双Y		8.4×1.47×3.3	7600
TBB10.5-4500/50	10.5	4500	50	50	双Y		4.8×1.47×3.3	4000
TBB10.5-5000/33.4	10.5	5000	33.4	50	双Y		7.2×1.47×3.3	6400
TBB10.5-5250/25	10.5	5250	25	50	双Y		9.6×1.47×3.3	8800
TBB10.5-6000/25	10.5	6000	25	50	双Y		10.8×1.47×3.3	10000
TBB10.5-6000/33.4	10.5	6000	33.4	50	双Y		8.4×1.47×3.3	7600
TBB10.5-6000/50	10.5	6000	50	50	双Y		6.0×1.47×3.3	5200

① 外形尺寸仅为电容器柜尺寸。

② 柜体高度可降为 3.0m。

10.3 并联电容器的选择、使用与维护

1. 并联电容器的选择

1）额定电压：电容器的额定电压不小于接入系统的标称电压。当系统具有谐波源时，电容器的额定电压应高于系统最高工作电压，使其具有一定的承受过电压的能力。

2）额定容量：电容器总装机容量应满足补偿的需要。配电变压器按其额定容量的 10% ~ 15%；对电动机类的感性负载按其空载电流的 0.9 倍计算电容器补偿容量，或按经验数据选择补偿容量。

3）当所在系统具有谐波且较严重时，应选用高性能电容器，且加装电抗器调谐装置。

4）电容器温度类别的上下限应与安装处的温度变化幅度相符。

5）电容器外壳防护等级：户内不得低于 IP20；户外不得低于 IP43。

2. 并联电容器保护装置的选用

为了保证并联电容器组在系统中的安全运行，防止事故的扩大、蔓延，并联电容器组应合理

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

地选用保护装置。选用高压并联电容器的保护装置可参考以下几个方面。

1）高压并联电容器容量不大于100kvar时，可用跌落式熔断器或负荷开关控制，用熔丝或熔管作为短路保护。

2）当并联电容器大于100kvar小于300kvar时，可用采用负荷开关或油断路器控制，也可集中控制分组熔丝保护，如果采用油断路器控制可以装设过电流、速断保护装置。

3）并联电容器总装容量300kvar及以上时，需要采用油断路器控制并装设过电流速断保护，但是由于并联电容器内部局部元件故障虽然对并联电容器有较大危险，但是故障电流不会显著增大到过电流、速断保护动作跳闸的数值，以致使故障蔓延扩大甚至发生电容器爆炸的恶性事故，为此应装设专门用来保护并联电容器的高灵敏度的保护装置。

4）当并联电容器采用熔断器保护时，一般参照下式选择熔丝和熔管的额定电流。

对于单台电容器的熔丝保护

$$I_{FU} = (1.5 \sim 2.5) I_{Cn}$$

电容器组的熔丝保护

$$I_{FU} = (1.3 \sim 1.8) I_{Cn}$$

式中，I_{FU}为熔丝或熔管的额定电流；I_{Cn}为电容器或电容器组的额定电流。

3. 并联电容器的安装要求

1）电容器分层装于铁架上不超过三层，层间不加隔板。电容器母线对上层构架的垂直距离不小于20cm。下层电容器的底部距地面应大于30cm。

2）并联电容器组的构架之间水平距离应不小于50cm。每台电容器之间的距离不小于50mm。电容器的铭牌应面向通道。电容器的通道宽度不应小于1.5m，电容器组的构架应设置网孔为3～4cm的金属网状遮栏。

3）电容器分层安装时，各层布置应一致，以便于空气的流通。

4）并联电容器和母线之间不宜使用硬母线连接。采用软绝缘电线连接时，注意防止在连接过程中损坏电容器，导致电容器渗漏油，以及损坏电容器瓷套管的螺钉。

5）并联电容器的安装要保证各部分触点的接触良好，接地部分应与接地装置可靠地连接。

6）并联电容器组要与电压互感器的一次可靠地连接，作为放电装置。

7）对每台运行的电容器都要编号，号码应写在电容器的明显部位，以便于管理。

8）当电容器的额定电压低于系统额定电压时，应将电容器装在对地绝缘的支架上，支持绝缘子的绝缘等级按系统电压选择。

9）户外安装的电容器应尽量安装在台架上，台架底部距地不应小于3m；采用户外落地式安装的电容器组，应安装在变、配电所围墙内的混凝土地面上，底部距地不小于0.4m。同时，电容器组应安装在不低于1.7m的固定遮栏内，并采取防止小动物进入的措施。

10）高压电容器组和总容量在30kvar及以上的低压电容器组，每相应加装电流表。总容量在60kvar及以上的低压电容器组应加装电压表。

11）选择可靠的保护方式。

12）星形联结电容器组中性点必须装有接地刀闸并应与整组接地刀闸装在一起。

4. 并联电容器组操作注意事项

1）正常运行时的操作注意事项：

①变、配电所全停时，先拉开电容器组开关，然后才能拉开各配线开关；

②变、配电所送电时，先合各配线开关，最后合电容器组开关。

2）事故情况下，电容器组操作注意事项：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

①变、配电所全所无电后，必须先将电容器组的开关拉开，来电后应先将各配线送电后，根据电源电压高、低情况投入电容器组；

②在运行中，电容器组开关跳闸后，严禁强送电；

③在运行中，电容器保护熔断器的熔丝熔断后，未查明原因及故障排除之前，不准更换完熔丝就送电；

④电容器组禁止带电荷合闸，必须在电容器组停电后放电 3min 后，才能再次合闸。

3）电容器组操作时，特别注意事项：

①任何电压等级的电容器组禁止带电荷合闸，电容器组每次重新合闸前必须放电后方可进行；

②为防止事故发生，电容器与电源断开后应立即放电，必要时操作人员将绝缘棒装上接地线对电容器单独放电；

③有时操作过电压是运行电容器断开后产生的，在未采取有效地降低操作过电压措施之前，应尽量减少操作次数。

5. 并联电容器组运行中的检查与监视

对运行中的并联电容器在进行正常巡视检查、定期停电检查以及在发生跳闸、熔丝熔断等现象后进行额外的特殊巡视检查。

电容器组的正常巡视检查应与变、配电所配电装置巡视检查同时进行。

电容器组正常巡视检查的内容如下：

1）观察电容器外壳有无膨胀（鼓肚现象）。

2）电容器油箱是否渗漏油。

3）熔丝是否完好。

4）电压表、电流表、功率因数表、温度计指示是否正常。

5）电容器是否有过热现象。

6）瓷套管是否有松动和发热，有无放电痕迹。

7）电容器有无异常声音和火花。

8）电容器放电回路是否异常。

9）观察放电指示灯，以鉴别放电回路电阻是否完好（放电指示灯不参加运行者除外）。

10）接地线是否牢固可靠。

11）运行中的线路各部接点是否牢固可靠。

12）电容器回路内的电流是否相应于其端电压下的电流值。

13）电容器组电流值的情况（当每投入一组电容器组时，原运行电容器组的电流变化幅值不应大于电容器组额定电流的 5%）。

14）电容器端点电压是否相应于额定电压。

15）电容器组的每相负荷是否相等。

16）放电指示灯是否熄灭。

17）自动投切装置动作是否正确。

除对电容器组进行日常巡视检查外，还应定期进行停电检查，以及在发生断路器动作、熔丝熔断等现象后，应进行特殊巡视检查。

6. 并联电容器定期停电检查的内容

1）检查各部螺钉接点的松紧及接触情况。

2）检查放电回路的完整性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）检查通风道的畅通情况。

4）检查电容器外壳的保护接地线是否完好（不允许接地者除外）。

5）检查继电保护装置的动作情况及熔丝是否完好。

6）检查电容器组的开关及线路等电气设备。

7）清扫检查架构瓷绝缘有无破裂等情况。

8）清扫检查电容器组回路其他设备元件。

7. 并联电容器组的日常维护

1）经常保持部件及电容器表面无油垢和灰尘，检查箱壳有无变形现象。

2）对运行中的电容器经常检查时，并做好运行情况记录，发现温升过高，箱壳膨胀及渗漏油严重等异常现象，应退出运行。

3）周围空气温度不应超过电容器的允许温度的范围，否则应将电容器与网络断开。可用温度计检查外壳上最热点的温度，用示温蜡片来监视电容器过热现象。

4）经常观察电容器的工作电压和电流，不应超过其允许值，以免影响使用寿命。在轻负载下电压过分升高时，应将部分或全部电容器组与电网断开。

5）电容器回路中的任何连接处接触不良时，都可能引起高频振荡的电弧，将使电容器过热和场强过高而早期损坏，严重会使整个设备发生故障。所以各部接点必须牢固可靠。

6）对损坏的绝缘子、导线，应及时更换。

7）对外壳必要时应进行油漆处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第11章 电 抗 器

11.1 概述

1. 分类

具有一定电感值的电器，通称为电抗器。即从本质上讲，电抗器就是一种电感元件，用于电网、电路中，起限流、稳流、无功补偿、移相等作用。

电抗器分为空心电抗器和铁心电抗器两大类。

（1）空心电抗器

空心电抗器只有绕组而中间无铁心，是一个空心的电感线圈。空心电抗器主要用作限流、滤波、阻波等元件，如限流电抗器、分裂电抗器、断路器、低压开关和接触器等型式试验用的试验电抗器，以及串联在高压输电线路上的阻波器。

空心电抗器的结构分为绝缘胶束包绕式、水泥柱式、固体绝缘夹持式。一般做成干式，也可以做成油浸式。

（2）铁心电抗器

铁心电抗器结构上与变压器相似，有铁心和绕组。在整体结构上，铁心式并联电抗器与变压器相似，有铁心、绕组、器身绝缘、变压器油、油箱等部件，所不同的是电抗器铁心有气隙，每相只有一个绕组。铁心电抗器绕组的结构形式与变压器一样，可采用连续、多层圆筒、饼式等形式。根据主磁通的磁路，铁心电抗器可分为以下两种：

1）无气隙铁心电抗器：铁心不带气隙而全部为硅钢片，磁路是一个闭合的铁心回路，具有这种铁心结构的电抗器包括饱和电抗器、平衡电抗器等。

2）有气隙铁心电抗器：电抗器的铁心是有气隙的，带气隙的铁心柱外面套有绕组。具有这种铁心结构的电抗器包括铁心式并联电抗器、消弧电抗器、起动电抗器等。

电抗器的分类见表11-1。

表11-1 电抗器的分类

分 类	含义	代表的字母	分 类	含义	代表的字母
型式	并联电抗器	BK	冷却装置种类	自然循环冷却装置	—
	串联电抗器	CK		风冷却装置	F
	混凝土电抗器	NK		水冷却装置	S
	限流电抗器	XK	油循环方式	自然循环	—
	平波电抗器	PK		强迫油循环	P
	消弧线圈	XH			
相数	单相	D	结构特征	铁心	—
	三相	S		空心	K
绕组外绝缘介质	变压器油	—	线圈导线材质	铜	—
	空气	G		铝	L
	浇注成型固体	C			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 用途

1）并联电抗器就是并联连接在系统上的电抗器，主要用以补偿电容电流。在超高压输电系统中广泛应用并联电抗器，可以补偿输电线的电容电流，防止线端电压升高，使线路的传输能力和效率提高，并使系统的操作过电压有所降低。

2）限流电抗器就是串联连接在系统上的电抗器，在系统发生故障时，用以限制电流。

3）中性点接地电抗器就是连接在系统的中性点和大地之间的单相电抗器，当系统发生接地故障时，用以限制接地电流。

4）消弧电抗器是指接于系统中性点和大地之间的单相电抗器，用以补偿因系统发生单相接地故障引起的接地电容电流。

5）阻尼电抗器是指与电容器组串联连接的电抗器，用以限制开关操作时的涌流。

6）调谐电抗器或滤波电抗器是与电容器组串联或并联连接，用以降低、阻断或过滤谐波以及通信频率。

7）平波电抗器是在直流系统中，用以减少谐波电流和暂态过电流的电抗器。

8）接地变压器也可归属在电抗器内，因为接地变压器（中性点耦合器）是并联连接在系统上的三相变压器或电抗器，以提供一个中性点，当然接地变压器可为近区辅助网络供电。

3. 特点

（1）空心电抗器与铁心式电抗器的特点

通常，电压低于35kV的空心电抗器制成干式，大于或等于35kV以上的空心电抗器制成油浸式。干式限流电抗器一般采用混凝土浇筑结构，或环氧玻璃纤维包封结构。

由于硅钢片的导磁率是随磁密的变化而变化的，因此铁心电抗器的电感不是恒定值，其电抗也不稳定，在铁心磁密低时，电感变化很小，但当铁心饱和时，电感的变化就很大。

空心电抗器与铁心电抗器所不同的是，空心电抗器的电感是由绕组自身结构所决定的，一经制成只要绕组不变，电感应不变，其所提供的电抗（$X=2\pi fL$）为恒定值，其磁路为空气或变压器油；从理论上讲，并联电抗器既可由空心电抗器充当，也可由铁心电抗器充当，但实际上很难制造出大容量、高电压的空心电抗器。

（2）消弧电抗器的特点

消弧电抗器的外形和单相变压器相似。内部实际上是由一只具有带间隙的分段铁心绕以线圈构成的。由于铁心带有间隙，所以感抗值较稳定，可得到较大的电感电流。消弧电抗器设有若干抽头，以便在一定的范围内，分级调节电感的大小。

11.2 电抗器技术数据

11.2.1 CKGKL系列干式空心串联电抗器技术数据（见表11-2）

CKGKL系列干式空心串联电抗器安装在电容器回路中，在电容器回路投入时起到抑制一次电流的作用，同时还与电容器组一起组成谐波电路，起特定谐波的滤波作用。

CKGKL系列干式空心串联电抗器广泛应用电力、化工、冶金、电气化铁道、高电压大容量试验室以及其他特定场合。

型号含义：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

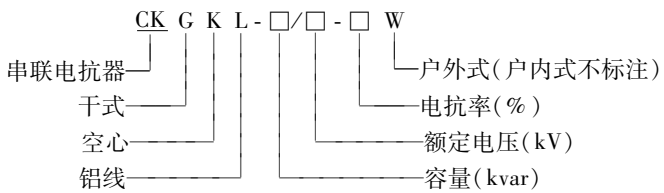


表 11-2 CKGKL 系列干式空心串联电抗器技术数据

型号	系统电压/kV	额定电抗率(%)	额定端电压/V	单相容量/kvar	额定电流/A	额定电抗/Ω	外形尺寸(外径×高度)($D\times H$)/mm	相间距/mm	单相重量/kg	三相容量/kvar	75℃时损耗比值(%)	并联额定电容量/kvar	电容器额定电压/kV
CKGKL-20/10-6	10	6	381.1	20	52.5	7.259	900×450	252	90	60	4.0	1000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-24/10-6	10	6	381.1	24	63.0	6.049	900×480	252	110	72	4.0	1200	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-30/10-6	10	6	381.1	30	78.7	4.842	950×500	252	150	90	4.0	1500	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-36/10-6	10	6	381.1	36	94.5	4.033	1000×500	252	160	108	4.0	1800	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-40/10-6	10	6	381.1	40	105.0	3.630	1050×520	252	210	120	4.0	2000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-48/10-6	10	6	381.1	48	126.0	3.025	1050×540	252	220	144	3.5	2400	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-54/10-6	10	6	381.1	54	141.7	2.689	1050×540	252	230	162	3.5	2700	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-60/10-6	10	6	381.1	60	157.4	2.421	1100×540	252	260	180	3.5	3000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-72/10-6	10	6	381.1	72	188.9	2.017	1180×540	252	300	216	3.0	3600	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-80/10-6	10	6	381.1	80	209.9	1.816	1120×540	252	300	240	3.0	4000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-84/10-6	10	6	381.1	84	220.4	1.729	1120×540	252	300	252	3.0	4200	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-96/10-6	10	6	381.1	96	251.9	1.513	1140×600	252	340	288	3.0	4800	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-100/10-6	10	6	381.1	100	262.4	1.452	1140×620	252	380	300	3.0	5000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-108/10-6	10	6	381.1	108	283.4	1.345	1170×650	252	400	324	2.4	5400	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-120/10-6	10	6	381.1	120	314.9	1.210	1200×660	252	410	360	2.4	6000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-144/10-6	10	6	381.1	144	377.8	1.011	1250×670	252	440	432	2.4	7200	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-156/10-6	10	6	381.1	156	409.3	0.931	1270×670	252	480	468	2.4	7800	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-168/10-6	10	6	381.1	168	440.8	0.865	1320×700	252	520	504	2.4	8400	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-192/10-6	10	6	381.1	192	503.8	0.756	1340×720	252	580	576	2.4	9600	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-200/10-6	10	6	381.1	200	524.8	0.726	1420×760	252	600	600	2.4	10000	$11/\sqrt{3}$
CKGKL-48/10-12	10	12	831.4	48	57.7	14.404	1000×540	252	220	144	3.5	1200	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-60/10-12	10	12	831.4	60	72.2	11.515	1050×540	252	240	180	3.5	1500	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-72/10-12	10	12	831.4	72	86.6	9.600	1100×560	252	340	216	3.0	1800	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-84/10-12	10	12	831.4	84	101.0	8.232	1120×600	252	360	252	3.0	2100	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-96/10-12	10	12	831.4	96	115.5	7.198	1120×650	252	370	288	3.0	2400	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-108/10-12	10	12	831.4	108	129.9	6.400	1150×650	252	400	324	2.4	2700	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-120/10-12	10	12	831.4	120	144.3	5.762	1220×650	252	420	360	2.4	3000	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-144/10-12	10	12	831.4	144	173.2	4.800	1260×660	252	480	432	2.4	3600	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-168/10-12	10	12	831.4	168	202.1	4.114	1300×700	252	540	504	2.4	4200	$12/\sqrt{3}$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	系统电压/kV	额定电抗率（%）	额定端电压/V	单相容量/kvar	额定电流/A	额定电抗/Ω	外形尺寸（外径×高度）（$D\times H$）/mm	相间距/mm	单相重量/kg	三相容量/kvar	75℃时损耗比值（%）	并联额定电容量/kvar	电容器额定电压/kV
CKGKL-192/10-12	10	12	831.4	192	230.9	3.601	1310×710	252	580	576	2.4	4800	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-216/10-12	10	12	831.4	216	259.8	3.200	1310×740	252	600	648	2.4	5400	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-240/10-12	10	12	831.4	240	288.7	2.880	1320×700	252	610	720	2.4	6000	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-264/10-12	10	12	831.4	264	317.5	2.619	1320×710	252	620	792	2.4	6600	$12/\sqrt{3}$
CKGKL-288/10-12	10	12	831.4	288	346.4	2.400	1340×720	252	640	864	2.4	7200	$12/\sqrt{3}$

11.2.2 BKGKL 系列干式空心并联电抗器技术数据（见表 11-3）

BKGKL 系列干式空心并联电抗器在超高压远距离输电系统中，用于补偿线路的电容性充电电流，限制系统电压升高和操作过电压，从而降低系统绝缘水平，保证线路可靠运行。

表 11-3 BKGKL 系列干式空心并联电抗器技术数据

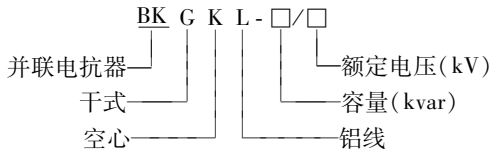
型 号	额定电压/kV	额定容量/kvar	额定电感/mH	额定电抗/Ω	额定电流/A	外径/mm	本体高度/mm	总高/mm	单相本体重/kg	损耗比（%）	安装支点	安装底脚/mm
BKGKL-1000/10	10	1000	106.09	33.33	173.2	1385	1509	2384	1231	1.08	6	1240
BKGKL-2000/10	10	2000	53.16	16.70	346.4	1660	1540	2590	1636	0.87	8	1525
BKGKL-3333/10	10	3333	31.83	10.0	577.4	1810	1666	2766	2623	0.58	6	1670
BKGKL-5000/10	10	5000	21.22	6.67	866.0	1840	1510	2510	3500	0.60	8	1590
BKGKL-6700/10	10	6700	15.84	4.98	1160.5	1960	1590	2650	4650	0.52	8	1710
BKGKL-10000/10	10	10000	10.61	3.33	1732.1	2360	1596	3021	4152	0.34	8	2220
BKGKL-15000/10	10	15000	7.07	2.22	2598.1	2430	1790	3090	5600	0.36	12	2130
BKGKL-1000/11	11	1000	128.4	40.33	157.5	1400	1569	2349	1183	1.18	8	1260
BKGKL-10000/11	11	10000	12.8	4.03	1574.6	2182	1660	2940	4253	0.40	12	2045
BKGKL-667/35	35	667	1949.1	612.3	33.0	2405	2534	3964	1325	1.63	8	2170
BKGKL-1000/35	35	1000	1299.4	408.2	49.5	2350	2386	3761	1455	1.40	8	1760
BKGKL-2000/35	35	2000	650.0	204.1	99.0	209.5	2314	3514	2088	0.96	8	1940
BKGKL-3333/35	35	3333	389.8	122.47	165.0	2070	2214	3444	2720	0.68	8	1760
BKGKL-5000/35	35	5000	259.9	81.66	247.4	2280	2330	3550	4100	0.64	8	2030
BKGKL-6700/35	35	6700	194.0	60.94	331.6	2410	2006	3366	4352	0.43	8	2250
BKGKL-10000/35	35	10000	130.0	40.83	495	2550	2326	3896	4820	0.38	8	2400
BKGKL-13333/35	35	13333	97.5	30.63	659.8	2405	2520	4035	7970	0.30	12	2218
BKGKL-15000/35	35	15000	86.7	27.22	742.3	2830	3136	3971	7077	0.33	12	2660
BKGKL-18883/35	35	18883	68.8	21.6	934.5	3090	2356	3996	8992	0.25	12	2900
BKGKL-20000/35	35	20000	65.0	20.42	989.8	3130	2316	4061	9228	0.27	12	2950

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

CKGKL 系列干式空心并联电抗器广泛应用电力、冶金、矿山、石油化工、电气化铁道、高电压大容量试验室以及其他特定特殊行业。

型号含义：



11.2.3 CKSC 系列串联电抗器技术数据（见表 11-4）

CKSC 系列串联电抗器采用特殊处理工艺，有效降低运行时的震荡和噪声。平板式夹件具有良好的通风效果。线圈环氧树脂浇注，玻璃纤维增强，在真空状态下实现无气泡浇注。蜂窝式冷却气道设置均匀密集合理，散热好，过载能力强，线圈与铁心组装时，采用弹性连接，整体具有减振功能和很好的抗短路冲击性能。

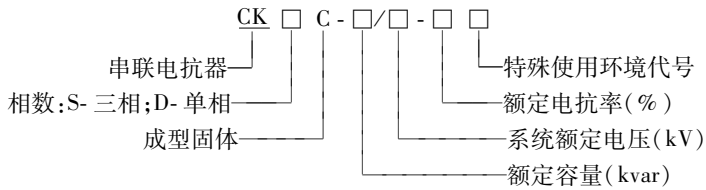
表 11-4 CKSC 系列串联电抗器技术数据

型　　号	额定容量 /kVA	线路额定电压 /kV	端子电压 /V	端子电流 /A	电抗率 (%)	损耗 /W	重量 /kg
CKSC-27/6-6	27	6.3	218	42	6	850	200
CKSC-27/10-6	27	10.5	364	25	6	850	200
CKSC-36/6-6	36	6.3	218	55	6	1000	250
CKSC-36/10-6	36	10.5	364	33	6	1000	250
CKSC-60/6-6	60	6.3	218	92	6	1350	350
CKSC-60/10-6	60	10.5	364	55	6	1350	350
CKSC-90/6-6	90	6.3	218	138	6	1800	450
CKSC-90/10-6	90	10.5	364	82	6	1800	450
CKSC-120/6-6	120	6.3	218	184	6	2200	550
CKSC-120/10-6	120	10.5	364	110	6	2200	550
CKSC-150/6-6	150	6.3	218	229	6	2500	650
CKSC-150/10-6	150	10.5	364	137	6	2500	650
CKSC-180/6-6	180	6.3	218	275	6	2850	750
CKSC-180/10-6	180	10.5	364	165	6	2850	750
CKSC-240/6-6	240	6.3	218	367	6	3450	900
CKSC-240/10-6	240	10.5	364	220	6	3450	900
CKSC-300/10-6	300	10.5	364	275	6	3900	1100
CKSC-360/10-6	360	10.5	364	320	6	4000	1300
CKSC-450/10-6	450	10.5	364	415	6	4300	1600
CKSC-600/10-6	600	10.5	364	550	6	6300	2000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

型号含义：



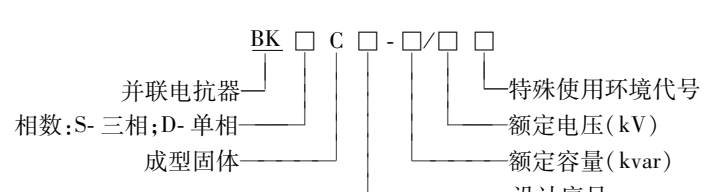
11.2.4 BKSC 系列干式铁心并联电抗器技术数据（见表 11-5）

BKSC 系列干式铁心并联电抗器应用引进树脂绝缘干式电力变压器的设计技术、工艺技术和生产设备及检验设备进行产品设计、生产和检验，因此具有绝缘强度好、机械强度高、节能、体积小、重量轻、防潮、阻燃、损耗小、无污染、安装方便、免维修、噪声低、可靠性高、漏磁少、匝间过电压承受能力强等优点，有良好的散热条件和足够的过载能力。可广泛用于输变电系统、电气铁道、冶金、石化等领域，特别适于安装空间有限和具有特殊防火要求的城网变电站和地下变电站。

表 11-5 BKSC 系列干式铁心并联电抗器技术数据

型号	额定容量 /kvar	额定电压 /kV	额定电流 /A	额定电抗 /Ω	损耗(75℃) /kW	重量 /kg
BKSC-3000/10	3000	10	173	33.3	15.4	7000
BKSC-5000/10	5000		289	20.0	20.3	11300
BKSC-6000/10	6000		346	16.7	25.2	12000
BKSC-8000/10	8000		462	12.5	30.5	16600
BKSC-10000/10	10000		577	10.0	50.8	17000
BKSC-6000/35	6000	35	99	204.1	38.6	11500
BKSC-8000/35	8000		132	153.1	44.5	15000
BKSC-10000/35	10000		495	40.8	32.0	15800
BKSC-4000/10	4000	10	230.9	25	28	8300
BKSC-5000/10	5000		288.7	20	32.5	9800
BKSC-6000/10	6000		346.4	16.5	736.8	11500
BKSC-8000/10	8000		461.9	12.5	42.8	13800
BKSC-10000/10	10000		577.4	10	50	1680
BKSC-6000/35	6000	35	99	204.1	38.5	1500
BKSC-8000/35	8000		132	153.1	44	14550
BKSC-10000/35	10000		165	122.5	52	18300
BKSC-16000/35	16000		263.9	76.6	75	26350

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

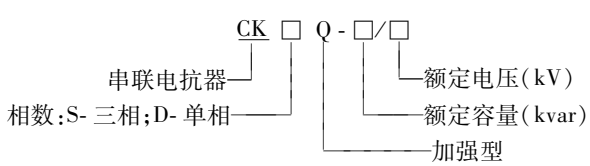
11.2.5 CKSQ、CKS 系列油浸式铁心串联电抗器技术数据（见表 11-6）

CKSQ、CKS 系列油浸式铁心串联电抗器适用于频率为 50Hz、电压等级 6～35kV 并与高压并联电容器相串联的线路中，是电力系统静止无功补偿装置的重要组成部分，能有效地抑制谐波，限制合闸涌流和操作过电压，对电容器组的安全运行，改善网路电压波形，提高供电质量和电网安全起到重要作用。

表 11-6 CKSQ、CKS 系列油浸式铁心串联电抗器技术数据

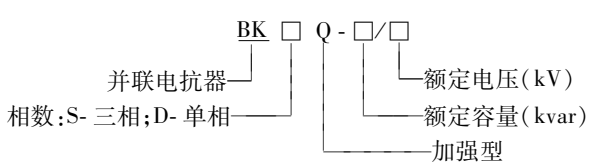
型号	额定容量/kvar	系统电压/kV	额定电流/A	电抗率（%）	损耗/kW	端子电流/A	总体重量/kg	外形尺寸（长×宽×高）/mm	轨距/mm
CKSQ-60/6	60	6	87	6			1000	960×1070×1440	550
CKSQ-120/6	120	6	175	6			1300	1020×1100×1660	550
CKSQ-120/10	120	10	105	6			1300	1120×1100×1600	660
CKSQ-150/35	150	35	124	6			1800	1300×1300×1940	400
CKSQ-300/10	300	10	262	6			2350	1300×1320×1900	770
CKSQ-450/10	450	10	394	6			2800	1500×1680×2010	820
CKSQ-600/10	600	10	525	6			3500	1550×1850×2150	820
CKSQ-240/35	240	35	61	6			2350	1700×1250×2100	820
CKSQ-450/35	450	35	114	6			2900	1500×1660×2200	770
CKSQ-600/35	600	35	152	6			3500	2200×1720×2470	820
CKSQ-600/35	600	35	69	12			3700	1900×1830×2400	820
CKS-60	60	10.5			0.96	55		1175×500×1570	
CKS-90	90	10.5			1.32	82.5		1175×830×1670	
CKS-150	150	10.5			2.00	137.4		1300×1000×1470	
CKS-180	180	10.5			2.30	165		1340×1030×1500	
CKS-240	240	10.5			2.90	220		1450×1010×1650	

型号含义：



11.2.6 BKS、BKD 系列油浸铁心并联电抗器技术数据（见表 11-7）

型号含义：



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-7 BKS、BKD 系列油浸铁心并联电抗器技术数据

型 号	系统电压 /kV	额定容量 /kvar	额定电流 /A	工频感抗 /Ω	损耗 /kW	噪声 /dB	绕组平均温升 /K
BKS-30000/10	10.5	30000	1650	3.85	176.7	77	36.95
BKS-20000/63	66	20000	175	225	106.3	69	33.74
BKS-45000/35	38.5	45000	675	33	160	72	38
BKS-60000/35	38.5	60000	900	24.7	196	77	39
BKD-20000/330	$363/\sqrt{3}$	20000	95.4	2196	71	72	39
BKD-30000/330	$363/\sqrt{3}$	30000	143	1464	99	74	39
BKD-50000/500	$550/\sqrt{3}$	50000	157.5	2017	120	78	36

11.2.7 PK 系列平波电抗器技术数据（见表 11-8）

PK 系列平波电抗器在直流系统中的作用主要为谐波电流提高阻抗，以抑制直流系统中电压和电流谐波分量的有害作用，特别是在轻载状态下减少直流系统中电压和电流的脉动分量，以保证直流电流的恒定值，即起到平波作用。在系统出现故障（例如换流站中逆变器换相失败）的情况下，平波电抗器能够有效地抑制故障电流上升的速度，限制短路电流的峰值。

表 11-8 PK 系列平波电抗器技术数据

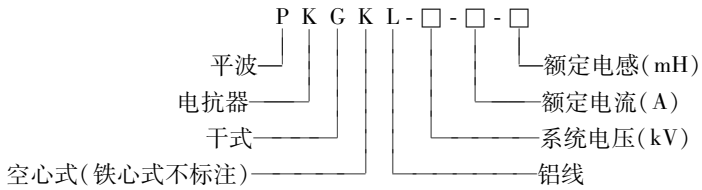
型 号	直流电压 /kV	交流电压 /V	电流 /A	工作频率 /Hz	容量 /kvar	损耗/kW		外形尺寸（长×宽×高） /mm	重量 /kg
						空载	负载		
PKD-630/1		1050	600		630	1.0	5.3	1625×1245×2265	2160
PKD-400/1		785	510		400	0.99	3.1	1345×1100×2209	1800
PKDL-500/0.5		500	1000		500	0.76	3.8	1380×1040×1565	1305
PKD-250/0.4		400	625		250	0.47	2.5	963×890×1560	690
PKDGN-162		92.5	1750	300	162			440×430×640	160
PKDGN-340		310 555	2200	300	340			530×480×690	335
PKDGN-700		700	2000	300	700			530×480×870	400
PKDGN-875	0.7	460	2500	300	875			750×665×1225	1150
PKDG-600		150	4000	300	600			630×428×1158	
PKG-400-250		400	250		100			520×370×770	300
PKG-860-272		860	372		320			740×1020×850	653
PKD-1000/1		1050	952.4		1000			1630×1748×3020	3110
PKD-2500/1		2100	1190.5		2500			1790×2550×3265	5130
PKDFP-100000/100	100		500						46000
PKDFP-500000/1200A			1200						
PKDFP-500000/300A			300						
PKDFP-500000/300A			3000						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

平波电抗器主要用在超高压直流输电系统以及工业性直流系统中，如钢铁、采矿和加工工业的大型整流馈电式直流电动机拖动系统。

型号含义：



11.2.8 XK10 系列限流电抗器技术数据（见表 11-9）

XK10 系列限流电抗器用于较大容量配电装置中，安装于母线间或馈线出口端，作为限制短路电流用。

表 11-9 XK10 系列限流电抗器技术数据

型号	额定电流/A	额定电抗率(%)	动稳定电流/kA	热稳定电流/(kA/s)	额定损耗/kW	支持柱数	外形尺寸/mm		重量/kg	安装尺寸 ϕ/mm
							直径 ϕ	高度		
XK10-150-3	150	3	9.75	9.2	1.56	8	900	935	145	630
XK10-150-4	150	4	9.56	9.3	1.86	8	1000	1000	145	730
XK10-150-5	150	5	7.65	9.25	2.2	8	1060	1060	180	780
XK10-150-6	150	6	6.4	9.28	2.5	8	1050	1210	180	780
XK10-150-8	150	8	4.78	9.22	2.98	8	1100	1275	230	830
XK10-200-3	200	3	13.0	9.8	2.10	8	850	940	180	580
XK10-200-4	200	4	12.75	9.87	2.435	8	950	1000	200	680
XK10-200-5	200	5	10.20	9.85	2.91	8	1000	1040	230	730
XK10-200-6	200	6	8.5	9.8	3.34	8	1000	1125	250	730
XK10-200-8	200	8	6.4	9.8	3.99	8	1100	1205	260	830
XK10-200-10	200	10	5.1	9.55	4.9	8	1150	1315	300	880
XK10-300-3	300	3	19.5	17.15	2.015	8	900	985	230	630
XK10-300-4	300	4	19.12	17.45	2.54	8	900	1010	250	630
XK10-300-5	300	5	15.3	12.6	3.68	8	1000	1040	280	730
XK10-300-6	300	6	12.75	12.65	4.07	8	1000	1125	300	730
XK10-300-8	300	8	9.56	12.6	5.0	8	1100	1180	360	800
XK10-300-10	300	10	7.65	12.2	6.0	8	1150	1275	400	880
XK10-400-3	400	3	26.0	22.25	3.06	8	900	810	280	630
XK10-400-4	400	4	25.5	22.2	3.525	8	1000	845	300	730
XK10-400-5	400	5	20.4	22.0	4.18	8	1050	900	340	780
XK10-400-6	400	6	17.0	15.5	4.78	8	1050	990	370	780
XK10-400-8	400	8	12.75	15.5	5.78	8	1150	1060	400	880
XK10-400-10	400	10	10.2	15.3	6.8	10	1200	1150	450	930

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	额定电流/A	额定电抗率(%)	动稳定电流/kA	热稳定电流/(kA/s)	额定损耗/kW	支持柱数	外形尺寸/mm		重量/kg	安装尺寸 ϕ/mm
							直径 ϕ	高度		
XK10-500-3	500	3	32.5	27.0	3.29	8	1000	845	300	730
XK10-500-4	500	4	31.9	27	4.0	8	1050	930	340	780
XK10-500-5	500	5	25.5	21	5.64	8	1100	990	370	830
XK10-500-6	500	6	21.25	20.5	6.29	8	1150	1050	400	880
XK10-500-8	500	8	15.95	20.5	7.58	10	1250	1130	440	980
XK10-600-4	600	4	38.25	34	4.13	10	1100	895	380	830
XK10-600-5	600	5	30.6	28.6	5.87	8	1100	990	400	830
XK10-600-6	600	6	25.5	24.7	6.8	8	1100	1080	440	830
XK10-600-8	600	8	19.12	24.8	8.19	10	1200	1160	550	930
XK10-600-10	600	10	15.3	24.4	9.77	10	1300	1210	680	1030
XK10-750-5	750	5	38.25	32.1	6.18	10	1250	845	600	970
XK10-750-6	750	6	31.9	31.6	6.77	10	1250	910	800	970
XK10-750-8	750	8	23.9	31.6	8.1	10	1250	1070	860	970
XK10-750-10	750	10	19.12	30.3	9.87	10	1250	1215	900	970

11.2.9 SYOL 系列电抗器技术数据（见表 11-10）

SYOL 系列电抗器是在电路中用于限流、稳流、无功补偿、移相等的一种电感元件，可降低系统的短路电流，保证线路的可靠运行。

SYOL 系列电抗器为铁心式三相交流电抗器。由它产生的感性电流可抵消容性电流。因而可提高电网的 $\cos\varphi$，同时可减少电路接通时和甩负载时的过电压倍数。

表 11-10 SYOL 系列电抗器技术数据

型号	额定电流/A	电感/(mH/相)	配电动机容量/kW	型号	额定电流/A	电感/(mH/相)	配电动机容量/kW
SYOL-3.7-L	9	3.5	3.7	SYOL-132-L	253	0.0792	132
SYOL-7.5-L	18	1.8	7.5	SYOL-160-L	304	0.0625	160
SYOL-15-L	30	1.1	15	SYOL-200-L	377	0.0577	200
SYOL-22-L	45	0.7	22	SYOL-220-L	415	0.0533	220
SYOL-30-L	60	0.263	30	SYOL-280-L	520	0.0387	280
SYOL-37-L	75	0.237	37	SYOL-315-L	585	0.0368	315
SYOL-45-L	91	0.19	45	SYOL-355-L	650	0.0332	355
SYOL-55-L	112	0.16	55	SYOL-400-L	740	0.0291	400
SYOL-75-L	150	0.124	75	SYOL-450-L	840	0.0257	450
SYOL-90-L	170	0.097	90	SYOL-500-L	960	0.0225	500
SYOL-110-L	210	0.104	110	SYOL-630-L	1170	0.0187	630

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.2.10 WDSK 系列电抗器技术数据（见表 11-11）

WDSK 系列电抗器串联入容性负载电路中能改善回路的功率因数；与变频器一起能减少后者产生的谐波对电的污染，并能在接通电路时减少电网冲击电流对变频器的伤害。

该产品实质是一种铁心线圈（电感 L），改变铁心尺寸和线圈匝数即可改变电感 L 值。在容性负载回路中，电流相位超前于电压相位。串入电抗器后，能减小电流相位与电压相位之间的夹角，从而改善回路的 $\cos\varphi$。

电抗器的阻抗值随流过其中的电流的频率增高而增大，因此它在电路中能抑制谐波。

由于电感 L 在电路瞬时接通时具有抵抗电流突变的作用，所以当电抗器串联入负载电路中后，能减小电网冲击电流对负载的伤害。

表 11-11 WDSK 系列电抗器技术数据

型号	功率/kW	电流/A	电感量/mH	重量/kg	型号	功率/kW	电流/A	电感量/mH	重量/kg
WDSK-0.4	0.4	1.3	18	3.5	WDSK-30	30	80	0.26	21
WDSK-0.75	0.75	2.5	8.4	4	WDSK-37	37	90	0.24	22
WDSK-1.5	1.5	5	4.2	5	WDSK-45	45	120	0.18	29
WDSK-2.2	2.2	7.5	3.6	6	WDSK-55	55	150	0.15	34
WDSK-3.7	3.7	10	2.2	6.2	WDSK-75	75	200	0.11	38
WDSK-5.5	5.5	15	1.42	7.5	WDSK-110	110	250	0.09	44
WDSK-7.5	7.5	20	1.06	10	WDSK-160	160	330	0.06	46
WDSK-11	11	30	0.7	12	WDSK-185	185	490	0.04	64
WDSK-15	15	40	0.53	15	WDSK-220	220	490	0.04	64
WDSK-18.5	18.5	50	0.42	17	WDSK-300	300	660	0.03	72
WDSK-22	22	60	0.36	20					

11.2.11 TKQ 系列高压电抗器柜技术数据（见表 11-12）

大型高压电动机有时用定子串电抗器降压起动方式降低电动机的起动电流，能在 3 倍额定电流左右条件下顺利起动负载为轻载或较重载（拖动水泵、风机）的电动机。TKQ 系列高压电抗器柜和 GKQ 系列高压电动机控制柜一起，作为轻载、重载起动的高压笼型电动机降压起动之用。

表 11-12 TKQ 系列高压电抗器柜技术数据

型号	额定电压/kV	匹配电动机额定功率/kW	电抗器								
			100%匝数			80%匝数			65%匝数		
			电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A	电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A	电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A
TKQ6-200	6	200	23.1	1732	75	14.8	1351	92	9.8	1039	105
TKQ6-250		250	18.5		94	11.8		114	7.8		131
TKQ6-315		315	14.7		118	9.4		144	6.2		165
TKQ6-400		400	11.5		150	7.4		183	4.9		210
TKQ6-500		500	9.2		188	5.9		229	3.9		263

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定电压/kV	匹配电动机额定功率/kW	电抗器								
			100%匝数			80%匝数			65%匝数		
			电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A	电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A	电抗值/Ω	工作电压/V	起动电流/A
TKQ6-630	6	630	7.3	1732	236	4.7	1351	288	3.1	1039	331
TKQ6-800		800	5.8		300	3.7		366	2.5		420
TKQ6-1000		1000	4.6		375	2.9		458	1.9		525
TKQ6-1250		1250	3.7		469	2.4		572	1.6		656
TKQ10-200	10	200	64.2	2887	45	40.9	2252	55	27.5	1732	63
TKQ10-250		250	51.5		56	32.6		69	21.9		79
TKQ10-315		315	40.7		71	26.2		86	17.5		99
TKQ10-400		400	32.1		90	20.5		110	13.7		126
TKQ10-500		500	25.5		113	16.4		137	11.0		158
TKQ10-630		630	20.3		142	13.0		173	8.8		198
TKQ10-800		800	16.0		180	10.2		220	6.9		252
TKQ10-1000		1000	12.8		225	8.2		276	5.5		315
TKQ10-1250		1250	10.3		281	6.6		343	4.4		394

11.3 电抗器的安装、使用与维护

1. 电抗器的安装

消弧电抗器的安装地点应考虑到，在任何运行方式下断开1～2条线路时，大部分电网不致失去补偿，同时可以保证电网主要部分的消弧电抗器过补偿运行。因此，不应将多台消弧电抗器集中安装在电网的一处，且尽量避免电网只装一台消弧电抗器。

另外，并不是任何一台变压器的中性点都能接消弧电抗器。在选择安装消弧电抗器的变压器时，一方面要考虑和消弧电抗器串联的变压器的阻抗，另一方面还要考虑因接入消弧电抗器而使变压器过载的条件。消弧电抗器的电流是通过变压器绕组的。因此，需注意以下几点：

1）对Yd绕组的变压器，因有三角形联结绕组的存在，会产生抵消零序电流安匝的环境，所以变压器不会受到任何不利的影响。对心式变压器，接于中性点的消弧电抗器的最大容量主要受到温升的限制。

2）对Yyd联结的三绕组变压器，消弧电抗器的容量应不超过变压器任一绕组的容量。

3）对Yy联结的三相心式变压器，可接消弧电抗器，但其容量受到零序电压降及外壳零序磁通损失的限制，消弧电抗器的容量应不超过变压器额定容量的20%～25%。

4）对Yy联结的壳式三相变压器或者单相变压器组，因其零序阻抗大，这种变压器的中性点不要加装消弧电抗器。

2. 电抗器的使用与维护

1）电抗器的运行应按铭牌规范的要求进行，运行中电压不得超过额定电压的10%，工作电流应不大于额定电流。当环境温度高于35℃时，工作电流应适当降低，并加强通风。

2）在运行巡视时，要检查油温、油位是否正常，油色是否发黑。气体继电器应未渗油。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）要检查接头是否接触良好，有无过热现象。

4）电抗器周围应无磁性物体，并无其他杂物。

5）检查套管、隔离开关、绝缘子是否污损破裂、吸湿器硅胶是否变色，支持瓷绝缘子应清洁无裂纹，安装牢固。

6）电抗器室内空气应流通，无漏水，栏栅应完好。

7）应注意电抗器运行中的振动和噪声。正常运行时，会发出均匀的“嗡嗡”声。若线路或电容器短路时，响声会显著增大。

运行中一旦发生下列异常情况，应设法切除电抗器：防爆门破裂且向外喷油；严重漏油、油位计已不见油位，且响声异常或有放电声；套管破裂放电或接地；电抗器着火或冒烟；温度或温升超过极限值；分接开关接触不良严重；接地引线折断；隔离开关严重接触不良或根本不接触。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 12 章　变　频　器

12.1　概述

1. 用途

直流电源向交流负载供电时，必须经过直流-交流变换，能够实现直流（DC）-交流（AC）变换的电路称为逆变电路。

利用电力半导体器件的通断作用，将工频电源变换为另一频率的电能的控制电路称为变频电路。根据交换方式的不同，可分为交-交和交-直-交两种形式。

把直流变交流、交流变交流的技术称为变频技术。

变频器是一种静止的频率变换器，它可以把电力配电网 50Hz 恒定频率的交流电，变换成频率、电压均可调节的交流电。变频器可以作为交流电动机的电源装置，实现变频调速，还可以用于中频电源加热器、不间断电源（UPS）、高频淬火机等。

2. 变换频率的方法分类

（1）交-直-交变频器

交-直-交变频器又称间接变频器，它是先将工频交流电通过整流器变成直流电，再经过逆变器将直流电变换成频率、电压均可控制的交流电。

（2）交-交变频器

交-交变频器又称直接变频器，它可将工频交流电直接变换成频率、电压均可控制的交流电。其整个系统由两组晶闸管整流装置反向并联组成，正、反向两组按一定周期相互切换，在负载上就可获得交变的输出电压 u。

交-直-交变频器和交-交变频器的主要特点比较见表 12-1，目前应用较多的是交-直-交变频器。

表 12-1　交-交变频器与交-直-交变频器主要特点比较

比较内容 \ 变频器分类	交-交变频器（电压型）	交-直-交变频器
换能方式	一次换能，效率较高	二次换能，效率较高
换流方式	电源电压换流	强迫换流或负载换流
元器件数量	较多	较少
元器件利用率	较低	较高
调频范围	输出最高频率为电源频率的 $\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}$ ①	频率调节范围宽
电源功率因数	较低	如用晶闸管整流桥调压，则低频低压时，功率因数较低，如用斩波器或 PWM 方式调压，则功率因数较高
适用场合	低速大功率传动	各种传动装置，稳频稳压电源和不间断电源

① 指一段所采用电源电压换流的交-交变频器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 主电路工作方式分类

（1）电压型变频器

电压型变频器的特点是整流电路产生逆变所需的直流电压，通过中间直流环节的电容进行滤波后输出。由于采用大电容滤波，故主电路直流电压波形比较平直，在理想情况下可看成一个内阻为零的电压源。变频器输出的交流电压波形为矩形波或阶梯波。电压型变频器多用于不要求正反转或快速加减速的通用变频器中。

（2）电流型变频器

电流型变频器的特点是中间直流环节采用大电感滤波。由于电感的作用，直流电流波形比较平直，因而直流电源的内阻抗很大，近似于电流源。变频器输出的交流电流波形为矩形波或阶梯波。电流型变频器的最大优点是可以进行四象限运行，将能量回馈给电源，且在出现负载短路等情况时容易处理，故该方式适用于频繁可逆运转的变频器和大容量变频器。

电流型变频器与电压型变频器主要特点的比较见表 12-2。

表 12-2 电流型变频与电压型变频主要特点的比较

变频器分类 / 比较项目	电 流 型	电 压 型
直流回路滤波环节	电抗器	电容器
输出电压波形①	决定于负载，当负载为异步电动机时，近似为正弦波	矩形
输出电流波形①	矩形	决定于逆变器电压与电动机的电动势，有较大谐波分量
输出动态阻抗	大	小
再生制动（发电制动）	方便、不需附加设备	需要附加电源侧反并联逆变器
过电流及短路保护	容易	困难
动态特性	快	较慢，用 PWM 则快
对晶闸管要求	耐压高，对关断时间无严格要求	一般耐压较低，关断时间要求短
线路结构	较简单	较复杂
适用范围	单机，多机	多机，变频或稳频电源

① 指三相桥式变频器，既不采用脉冲宽度调制也不进行多重叠加。

4. 电压调节方式分类

（1）PAM 变频器

脉冲幅值调节（Pulse Amplitude Modulation，PAM）方式，它是一种以改变电压源的电压 E_d 或电流源的电流 I_d 的幅值进行输出控制的方式。因此，在变频器中，逆变器只负责调节输出频率，整流部分则控制输出电压或电流。

（2）PWM 变频器

脉冲宽度调制（Pulse Width Modulation，PWM）方式，它在变频器输出波形的一个周期中产生多个脉冲，其等效电压为正弦波，波形平滑且谐波少。如果把三角波（载波）与正弦波（信号波）作比较，通过逻辑控制就可得到相应于信号波幅值的脉宽调制波形，它与正弦波等效。这种参考信号为正弦波，输出电压平均值近似为正弦波的 PWM 方式，称为正弦 PWM 方式，简称 SPWM（Sinusoidal Pulse Width Modulation）方式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 控制方式分类

异步电动机变频调速时，变频器可以根据电动机的特性对供电电压、电流、频率进行适当的控制，不同的控制方式所得到的调速性能、特性及用途是不同的。同理，变频器也可以按控制方式分类。

（1）*U/f* 控制变频器

U/f（电压 *U* 和频率 *f* 的比）控制方式又称为 VVVF（Variable Voltage Variable Freqency）控制方式，它的基本特点是对变频器输出的电压和频率同时进行控制，通过使 *U/f* 的值保持一定而得到所需的转矩特性。基频以下可以实现恒转矩调速，基频以上则可以实现恒功率调速。采用 *U/f* 控制方式的变频器控制电路成本较低，多用于对精度要求不太高的通用变频器。

（2）转差频率控制变频器

转差频率控制方式是对 *U/f* 控制方式的一种改进。在采用转差频率控制方式的变频器中，变频器通过电动机、速度传感器构成速度反馈闭环调速系统。变频器的输出频率由电动机的实际转速与转差频率自动设定，从而达到在调速控制的同时也使输出转矩得到控制。该控制方式是闭环控制，故与 *U/f* 控制方式相比，在负载发生较大变化时，仍能达到较高的速度精度和具有较好的转矩特性。但是，由于采用这种控制方式时，需要在电动机上安装速度传感器，并需要根据电动机的特性调节转差，故通用性较差。

（3）矢量控制变频器

矢量控制的基本思想是将交流异步电动机的定子电流分解为产生磁场的电流分量（励磁电流）和与其垂直的产生转矩的电流分量（转矩电流），并分别加以控制。由于这种控制方式中必须同时控制电动机定子电流的幅值和相位，即控制定子电流矢量。所以，这种控制方式被称为矢量控制。采用矢量控制方式的交流调速系统能够提高变频调速的动态性能，不仅在调速范围上可以与直流电动机相媲美，而且可以直接控制异步电动机产生的转矩。因此，已经在许多需要进行精密控制的领域得到了应用。

6. 用途分类

（1）通用变频器

通用变频器的特点是可以对普通的交流异步电动机进行调速控制。通用变频器可以分为低成本的简易型通用变频器和高性能多功能的通用变频器两种类型。

简易型通用变频器是一种以节能为主要目的而减少了一些系统功能的通用变频器。它主要应用于水泵、风机等对于系统的调速性能要求不高的场合，并具有体积小和价格低等方面的优点。

高性能多功能通用变频器为了满足可能出现的各种需要，在系统硬件和软件方面都做了许多工作。在使用时，用户可以根据负载特性选择算法，并对变频器的各种参数进行设定。该变频器除了可以应用于简易型通用变频器的所有应用领域外，还广泛应用于传动带、升降装置以及各种机床、电动车辆等对调速系统的性能和功能有较高要求的场合。

（2）高性能专用变频器

随着控制理论、交流调速理论和电力电子技术的发展，异步电动机的矢量控制方式得到了重视和发展。高性能专用变频器主要是采用矢量控制方式。采用矢量控制方式的高性能专用变频器和变频调速专用电动机所组成的调速系统，在性能上已达到和超过了直流调速系统。此外，高性能专用变频器往往是为了满足特定行业（如冶金行业、数控机床、电梯等）的需要，使变频器在工作中能发挥出最佳性价比而设计生产的。

（3）高频变频器

在超精密机械加工中，常常用到高速电动机。为了满足其驱动的需要，出现了高频变频器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）单相变频器和三相变频器

与单相交流电动机和三相交流电动机相对应，变频器也分为单相变频器和三相变频器。两者的工作原理相同，但电路的结构不同。

12.2 通用变频器的标准技术规范

1. 型号

变频器的型号都是生产厂商自定的产品系列名称，无特定意义。但其中一般包括电压级别和标准可适配的电动机容量，可作为选择变频器的参考。

2. 容量

大多数变频器的容量均以所适用的电动机的功率（kW）、变频器输出的视在功率（kVA）和变频器的输出电流（A）来表征。其中，最重要的是额定电流，它是指变频器连续运行时，允许输出的电流。额定容量是指额定输出电流与额定输出电压下的三相视在功率。

至于变频器所适用的电动机的功率，是以标准的4极电动机为对象，在变频器的额定输出电流限度内，可以拖动的电动机的功率。如果是6极以上的异步电动机，在同样的功率下，由于其功率因数比4极异步电动机的功率因数低，故其额定电流比4极异步电动机的额定电流大，所以变频器的额定电流应该相应扩大，以使变频器的电流不超出其允许值。

另外，电网电压下降时，变频器输出电压会低于额定值，在保证变频器输出电流不超出其允许值的情况下，变频器的额定容量会随之减小。可见，变频器的容量很难确切表达变频器的负载能力。所以，变频器的额定容量只能作为变频器负载能力的一种辅助表达手段。

由此可见，选择变频器的容量时，变频器的额定输出电流是一个关键量。因此，采用4极以上电动机或者多台电动机并联时，必须以负载总电流不超过变频器的额定输出电流为原则。

3. 输出电压与输入电压

变频器的输出电压的等级是为适应异步电动机的电压等级而设计的。通常等于电动机的工频额定电压。

变频器的输入电压一般是以适用电压范围给出，它是允许的输入电压变化范围。如果电源电压大幅上升超过变频器内部器件允许电压时，则元（器）件会有被损坏的危险。相反，若电源电压大幅度下降，就有可能造成控制电源电压下降，引起CPU工作异常，逆变器驱动功率不足，管压降增加、损耗加大而造成逆变器模块永久性损坏。因此，电源电压过高、过低对变频器都是有害的。

4. 输出频率

变频器的最高输出频率根据机种不同而有很大的差别，一般有50Hz、60Hz、120Hz、240Hz以及更高的输出频率。以在额定转速以下范围内进行调速运转为目的，大容量通用变频器几乎都具有50Hz或60Hz的输出频率。最高输出频率超过工频的变频器多为小容量，在50Hz或60Hz以上区域，由于输出电压不变，为恒功率特性，要注意在高速区转矩的减小，而且还要注意，不要超过电动机和负载容许的最高速度。

5. 瞬时过载能力

基于主回路半导体开关器件的过载能力，考虑到成本问题，通过变频器的电流瞬时过载能力常常设计为150%额定电流、持续时间1min或120%额定电流、持续时间1min。与标准异步电动机（过载能力通常为200%左右）相比较，变频器的过载能力较小，允许过载时间亦很短。因此，在变频器传动的情况下，异步电动机的过载能力常常得不到充分的发挥。此外，如果考虑到

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通用电动机的散热能力的变化，在不同转速下，电动机的过载能力还要有所变化。

6. 防护结构

变频器内部产生的热量大，考虑到散热的经济性，除小容量变频器外，几乎都是开启式结构，采用风扇进行强制冷却。变频器设置在室外或周围环境恶劣时，最好装在独立盘上，采用具有冷却用热交换装置的全封闭式。

12.3 常用变频器技术数据

12.3.1 森兰 SB200 系列变频器技术数据（见表 12-3 和表 12-4）

森兰 SB200 系列变频器是森兰公司研制高性能数字式变频器，应用了优化空间矢量变压变频技术和森兰公司的多项专利、专有技术，在外观、机构、散热、电路、软件等方面都做了精心的设计，产品的可靠性和易用性可满足多种场合的变频调速需求。

表 12-3 森兰 SB200 系列变频器基本规格

型号	额定容量/kVA	额定输出电流/A	适配电动机/kW	型号	额定容量/kVA	额定输出电流/A	适配电动机/kW
SB200-1.5T4	2.4	3.7	1.5	SB200-75T4	99	150	75
SB200-2.2T4	3.6	5.5	2.2	SB200-90T4	116	176	90
SB200-4T4	6.4	9.7	4	SB200-110T4	138	210	110
SB200-5.5T4	8.5	13	5.5	SB200-132T4	167	253	132
SB200-7.5T4	12	18	7.5	SB200-160T4	200	304	160
SB200-11T4	16	24	11	SB200-200T4	248	377	200
SB200-15T4	20	30	15	SB200-220T4	273	415	220
SB200-18.5T4	25	38	18.5	SB200-250T4	310	475	250
SB200-22T4	30	45	22	SB200-280T4	342	520	280
SB200-30T4	40	60	30	SB200-315T4	389	590	315
SB200-37T4	49	75	37	SB200-375T4	460	705	375
SB200-45T4	60	91	45	SB200-400T4	490	760	400
SB200-55T4	74	112	55	—	—	—	—

表 12-4 森兰 SB200 系列变频器主要技术数据

项目		项目描述
输入	额定电压（频率）	三相 380V（50/60Hz）
	允许范围	电压为 320～420V，电压不平衡度小于 3%；频率为 47～63Hz
输出	输出电压	三相，0V～输入电压，误差小于 5%
	输出频率范围	*U*/*f* 控制，0.00～650.00Hz
	过载能力	110% 额定电流 1min
	频率分辨率	数字给定时为 0.01Hz，模拟给定时为 0.1% 最大频率
	输出频率精度	模拟给定时为 ±0.2% 最大频率［(25±10)℃］，数字给定时为 0.01Hz(－10～＋40℃)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目		项　目　描　述
输出	运行命令通道	操作面板给定、控制端子给定、通信给定，可通过端子切换
	频率给定通道	操作面板、通信、UP/DOWN 调节值、AI1、AI2、AI3、PFI、算术单元
	辅助频率给定	实现灵活的辅助频率微调、给定频率合成
	转矩提升	自动转矩提升，手动转矩提升
	U/f 曲线	用户自定义 *U/f* 曲线、线性 *U/f* 曲线和 5 种降转矩特性曲线
	点动	点动频率范围为 0.10～50.00Hz，点动加减速时间为 0.1～60.0s
	自动节能运行	根据负载情况，自动优化 *U/f* 曲线，实现自动节能运行
	自动电压调整（AVR）	当电网电压在一定范围内变化时，能自动保持输出电压恒定
	自动载波调整	可根据负载特性和环境温度，自动调整载波频率
	随机 PWM	调节电动机运行时的声音
	瞬停处理	瞬时掉电时，通过母线电压控制，实现不间断运行
	能耗制动能力	22kW 及以下功率等级内置制动单元，使用外置制动电阻
	直流制动能力	制动时间为 0.0～60.0s，制动电流为 0.0～100.0% 额定电流
	PFI	最高输入频率为 50kHz
	PFO	0～50kHz 的集电极开路型脉冲方波信号输出，可编程
	模拟输入	3 路模拟信号输入，电压型、电流型均可选，可正负输入
	模拟输出	2 路模拟信号输出，分别可选 0/4～20mA 或 0/2～10V，可编程
	数字输入	8 路可选多功能数字输入
	数字输出	2 路可选多功能数字输出；5 路多功能继电器输出
	通信	内置 RS485 通信接口，支持 MODBUS 协议、USS 指令
特色功能	过程 PID	两套 PID 参数，多种修正模式，具有自由 PID 功能
	多段速方式	7 段多段频率选择
	用户自定义菜单	可定义 30 个用户参数
	更改参数显示	支持与出厂值不同的参数显示
	供水功能	多种供水模式，包括消防控制、注水功能、清水池检测、污水池检测及污水泵控制、休眠运行、定时换泵、水泵检修等
	保护功能	过电流、过电压、欠电压、输入输出缺相、输出短路、过热、电动机过载、外部故障、模拟输入掉线、失速防止等
	选配件	制动组件、远程控制盒、数字 I/O 扩展板、液晶显示屏、模拟输入扩展板、带参数复制功能或电位器的操作面板、操作面板安装盒、操作面板延长线、输入输出电抗器、电磁干扰滤波器、PROFIBUS-DP 模块等
环境	使用场所	海拔低于 1000m，室内，不受阳光直晒，无尘埃、腐蚀性气体、可燃性气体、油雾、水蒸气、滴水、盐雾等场合
	工作环境温度/湿度	－10～＋40℃/20%～90% RH，无水珠凝结
	贮存温度	－20～＋60℃
	振动	小于 5.9m/s^2（0.6*g*）
结构	防护等级	IP20
	冷却方式	强制风冷，带风扇控制

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12.3.2 西门子 MICROMASTER430 系列变频器技术数据（见表 12-5）

MICROMASTER430 是用于控制三相交流电动机速度的变频器系列。本系列有多种型号，额定功率范围为 7.5～250kW，可供用户选用。

在采用变频器的出厂设定功能和默认设定值时，MICROMASTER430 变频器特别适合用于水泵和风机的驱动。

本变频器由微处理器控制，并采用具有现代先进技术水平的绝缘栅双极型晶体管（IGBT）作为功率输出器件。因此它们具有很高的运行可靠性和功能的多样性。其脉冲宽度调制的开关频率是可选的，因而降低了电动机运行的噪声。全面而完善的保护功能为变频器和电动机提供了良好的保护。

表 12-5 西门子 MICROMASTER430 系列变频器技术数据

特 性	技 术 规 格
电源电压和功率范围(VT)	3 AC 380～480（1±10%）V，7.50～90.0kW（10.0～120hp）
输入频率	47～63Hz
输出频率	0～650Hz
功率因数	0.98
变频器的效率	外形尺寸 C～F：96%～97% 外形尺寸 FX 至 GX：97%～98%
过载能力，变转矩（VT）方式	外形尺寸 C～F：1.1 倍额定输出电流（即 110% 过载）过载时间 60s，间隔时间 300s，和 1.4 倍额定输出电流（即 140% 过载）过载时间 3s，间隔时间 300s 外形尺寸 FX～GX：1.1 倍额定输出电流（即 110% 过载）过载时间 59s，间隔时间 300s，和 1.5 倍额定输出电流（即 150% 过载）过载时间 1s，间隔时间 300s
合闸冲击电流	小于额定输入电流
控制方法	线性 *U/f* 控制，带 FCC（磁通电流控制）功能的线性 *U/f* 控制，抛物线 *U/f* 控制，多点 *U/f* 控制，适用于纺织工业的 *U/f* 控制，适用于纺织工业的带 FCC 功能的 *U/f* 控制，带独立电压设定值的 *U/f* 控制
脉冲调制频率	外形尺寸 C～F：2～8kHz（每级调整 2kHz）外形尺寸 FX～GX：2～8kHz（每级调整 2kHz）标准设置为 2kHz（VT）
固定频率	15 个，可编程
跳转频率	4 个，可编程
设定值的分辨率	0.01Hz 数字输入，0.01Hz 串行通信的输入，10 位二进制模拟输入（电动电位计 0.1Hz［0.1%（在 PID 方式下）］）
数字输入	6 个，可编程（带电位隔离），可切换为高电平/低电平有效（PNP/NPN）
模拟输入 1（AIN1）	0～10V，0～20mA 和 -10～+10V
模拟输入 2（AIN2）	0～10V 和 0～20mA
继电器输出	3 个，可编程 30V DC/5A（电阻性负载），250V AC 2A（电感性负载）
模拟输出	2 个，可编程（0～20mA）
串行接口	RS485，可选 RS232
电磁兼容性	外形尺寸 C～F：选用的 EMC 滤波器符合 EN55011 标准 A 级和 B 级的要求，变频器带有内置的 A 级滤波器时也符合该标准的要求外形尺寸 FX～GX：带有 EMC 滤波器（作为选件供货）时，其传导性辐射满足 EN55011，A 级标准限定值的要求（必须安装进线电抗器）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

特　　性	技　术　规　格
制动	直流注入制动，复合制动
防护等级	IP20
温度范围（VT）	外形尺寸 C ~ F：－10 ~ ＋40℃（14 ~ 104℉）外形尺寸 FX ~ GX：0 ~ ＋40℃（32 ~ 104℉），至50℃（131℉）
存放温度	－40 ~ ＋70℃（－40 ~ 158℉）
相对湿度	<95% RH-无结露
工作地区的海拔	外形尺寸 C ~ F：海拔1000m以下不需要降低额定值运行。外形尺寸 FX ~ GX：海拔2000m以下不需要降低额定值运行
保护的特征	欠电压、过电压、过载、接地、短路、电动机失步保护、电动机锁定保护、电动机过温、变频器过温、参数联锁
标准	外形尺寸 C ~ F：UL，cUI，CE，C-tick 外形尺寸 FX ~ GX：UL（正在准备中），cUL（正在准备中），CE
CE 标记	符合 CE 低电压规范 73/23/EEC 和电磁兼容性规范 89/336/EEC 的要求

12.3.3　普传科技 P17800 系列高性能变频器技术数据（见表 12-6 和表 12-7）

普传科技 P17800 系列高性能变频器采用先进的空间电压矢量 PWM 控制技术，采用高效能的功率模块和先进的变频器制造工艺，既可用于简单的变频控制，也可用于复杂的高性能伺服控制。该系列变频器广泛用于装备制造业、电子、机械、石化、冶金、矿山、造纸、纺织建材、交通等工业领域和高科技领域，以及中央空调、高楼给水、广场音乐喷泉等。

表 12-6　普传科技 P17800 系列高性能变频器基本规格

型　　号	轻型负载 F 系列		标准负载 G 系列		较重型负载 M 系列		重型负载 H 系列		机座号
	P_F/kW	I_F/A	P_G/kW	I_G/A	P_M/kW	I_M/A	P_H/kW	I_H/A	
三相电源电压 380V、50/60Hz									
P17800●●●□3	11	25	7.5	16	5.6	13	5.6	13	1N2
P17800●●●□3	15	32	11	25	7.5	16	7.5	16	1N2
P17800●●●□3	18.5	38	15	32	11	25	11	25	1N2
P17800●●●□3	22	45	18.5	38	15	32	11	25	1N3
P17800●●●□3	30	60	22	45	18.5	38	15	32	1N3
P17800●●●□3	37	75	30	60	22	45	18.5	38	2N1
P17800●●●□3	45	90	37	75	30	60	22	45	2N1
P17800●●●□3	55	110	45	90	37	75	30	60	2N2
P17800●●●□3	75	150	55	110	45	90	37	75	2N2
P17800●●●□3	93	170	75	150	55	110	45	90	2N2
P17800●●●□3	110	210	93	170	75	150	55	110	2N3
P17800●●●□3	132	250	110	210	93	170	75	150	2N3
P17800●●●□3	160	300	132	250	110	210	93	170	2N4
P17800●●●□3	187	340	160	300	132	250	110	210	2N4

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	轻型负载 F 系列		标准负载 G 系列		较重型负载 M 系列		重型负载 H 系列		机座号
	P_F/kW	I_F/A	P_G/kW	I_G/A	P_M/kW	I_M/A	P_H/kW	I_H/A	
三相电源电压 380V、50/60Hz									
P17801●●●□3			132	250					3N1
P17801●●●□3			160	300					3N1
P17800●●●□3	200	380	187	340	160	300	132	250	3N1
P17800●●●□3	220	415	200	380	187	340	160	300	3N1
P17800●●●□3	250	470	220	415					3N1
P17800●●●□3	280	520	250	470	200	380	187	340	3N2
P17800●●●□3	315	600	280	520	220	415	200	380	3N2
P17800●●●□3	355	640	315	600	250	470	220	415	3N2
P17800●●●□3	400	750	355	640	280	520	250	470	3N2
P17800●●●□3	450	770	400	750	355	710	315	600	6N8
P17800●●●□3	500	912	450	770	400	750	355	710	6N8
P17800●●●□3	560	988	500	912	450	770	400	750	6N8
P17800●●●□3	630	1094	560	988	500	912	450	770	6N8
P17800●●●□3			630	1094	560	988	500	912	6N8

表 12-7　普传科技 P17800 系列高性能变频器技术数据

项　　目		规　　范
电源	电压频率等级	单相 200～240V、50/60Hz，三相 200～240V、50/60Hz，三相 380～415V、50/60Hz，三相 440～460V、50/60Hz，三相 575V、50/60Hz，三相 660V、50/60Hz，三相 1140V、50/60Hz
	允许波动	电压：±15%；频率：±5%
控制	控制系统	基于 DSP 的高性能矢量控制变频器
	输出频率	G/F/Z/S/T/M 型：0.00～800.0Hz，最高频率可在 10.00～800.0Hz 之间设定 H 型：0.00～2000.0Hz，最高频率可在 10.00～2000.0Hz 之间设定
	控制方法	*U/f* 控制，*U/f* + PG 控制，矢量控制 + PG 控制
	波形产生方式	异步空间矢量 PWM，无级分段同步空间矢量 PWM，两相优化空间矢量 PWM
	自动转矩提升功能	实现 *U/f* 控制方式下低频率（1Hz）大输出转矩控制
	加减速控制	加减速 S 曲线分段设定方式，最大运行时间 26h
	程序运行控制	7 段速度程序运行，最大运行时间 88h
	频率设定分辨率	数字：0.01Hz（300Hz 以下），0.1Hz（300Hz 以上） 模拟：0.05Hz/60Hz
	频率精度	速度控制公差 0.01%（25℃ ±10℃）
	U/f 曲线方式	线性，平方根，用户自设定 8 段 *U/f* 曲线
	过载能力	G/S 型：150% 额定电流 1min，200% 额定电流 0.1s F 型：120% 额定电流 1min，150% 额定电流 0.1s Z/M/T 型：180% 额定电流 1min，250% 额定电流 0.1s H 型：250% 额定电流 1min，300% 额定电流 0.1s
	转差补偿	0～10%，自动转差补偿

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目			规范
运行	输入信号	运行方法	键盘/端子/通信
		频率设定	12 种频率设定方式，包括 DC 0 ~ 10V 范围可调整，DC 0 ~ 20mA 范围可调整，面板电位器等
		起动信号	正转，反转
		多段速度	至多可以设定 7 段速度（使用多功能端子或者程序运行）
		多段加速度	至多可以设定 8 段加速度（使用多功能端子）
		紧急停止	中断控制器的输出
		摆频运行	程序控制运行
		寸动	慢速运行
		故障复位	当保护功能处于有效状态时，可以自动复位故障状态
		PID 反馈信号	包括 DC 0 ~ 10V，DC 1 ~ 5V，DC 0 ~ 20mA，DC 4 ~ 20mA
	输出信号	运行状态	电动机状态显示，停止，加减速，匀速，程序运行状态
		故障输出	触头输出：交流 250V、5A，直流 30V、5A
		模拟输出	两路模拟输出，可以选择频率、电流、电压、温度等 8 种信号，输出信号范围在 0 ~ 10V/0 ~ 20mA 内可任意设定
		输出信号	多达 6 路输出信号，每路有 32 种信号可供选择
	运行功能		限制频率，回避频率，转差补偿，反转保护，自整定，PID 控制
	直流电流制动		内置 PID 调节制动电流，在不过电流的前提下，保证足够的制动转矩
保护功能	变频器保护		过电压、欠电压、过电流、过载保护、过热、过电流失速、过电压失速、断相保护（可选功能），外部故障，通信错误，PID 反馈信号异常，PG 故障
	IGBT 温度显示		显示当前 IGBT 温度
	变频器风扇控制		可设定的风扇起动温度（可选功能）
	瞬间掉电再起动		小于 15ms：连续运行 大于 15ms：自动检测电动机转速，瞬间掉电再起动
	转速起动追踪方式		变频器起动前自动追踪电动机转速
	参数保护功能		通过设定管理员密码和解码，保护变频器参数
显示	液晶显示 + LED 键盘	运行信息	共有 16 个运行监视对象：给定频率，实际频率，电动机实际电流，电流百分比，直流母线电压，输出电压，电动机实际转速，累计运行时间，IGBT 温度，PID 给定值，PID 反馈值，电动机输出功率，励磁给定值，励磁实际值，转矩给定值，转矩实际值；最多可同时显示任意 3 个参数，通过 F00 和 F65、F66 来选择
		错误信息	最多保存有 5 个错误信息，可以查询故障发生时刻的故障类型、电压、电流、频率和工作状态
通信	RS485		可选完全隔离的 RS485 通信模块，实现与上位机连网通信
	CAN BUS		可选 CAN 总线模块
环境	环境温度		－10 ~ 40℃
	贮存温度		－20 ~ 65℃
	环境湿度		不超过 90% RH
	海拔、振动		3500m 以下，5.9m/s^2（=0.6g）以下
	应用地点		无日光照射或腐蚀性、爆炸性气体及水蒸气
冷却方法			强制风冷和自然风冷

www.789pdf.com 789书库网

12.3.4 艾默生 EV3000 系列高性能矢量控制变频器技术数据（见表 12-8～表 12-10）

表 12-8 艾默生 EV3000 系列高性能矢量控制变频器基本规格（一）

型号 EV3000-4T		0022G	0037G	0055G	0075G	0110G	0150G	0150G	0185G	0220G	0220G1	0300G	0370G	0450G	0550G	0750G	0900G	1100G	1320G	1600G	2000G	2200G
适配电动机/kW		2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	18.5	22	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220
额定容量/kVA		3	5.5	8.5	11	17	21	24	24	30	30	40	50	60	72	100	116	138	167	200	250	280
输出	额定输出电流/A	5	8	13	17	25	32	37	37	45	45	60	75	90	110	152	176	210	253	304	380	426
	输出频率/Hz	0～400																				
	过载能力	150%额定电流 2min，180%额定电流 10s																				
电源	相数、电压、频率	三相 380V、50Hz/60Hz																				
	允许电压波动	320～460V；电压不平衡率＜3%																				
	允许频率波动	±5%																				
起动转矩		闭环矢量：200%/0r/min；开环矢量：150%/0.5Hz																				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 12-9 艾默生 EV3000 系列高性能矢量控制变频器基本规格（二）

型　　号	额定容量/kVA	额定输入电流/A	额定输出电流/A	适配电动机/kW	型　　号	额定容量/kVA	额定输入电流/A	额定输出电流/A	适配电动机/kW
EV3000-4T0022G	3	6	5	2.2	EV3000-4T0370G	50	76	75	37
EV3000-4T0037G	5.5	9	8	3.7	EV3000-4T0450G	60	92	90	45
EV3000-4T0055G	8.5	16.1	13	5.5	EV3000-4T0550G	72	113	110	55
EV3000-4T0075G	11	18	17	7.5	EV3000-4T0750G	100	157	152	75
EV3000-4T0110G	17	26	25	11	EV3000-4T0900G	116	180	176	90
EV3000-4T0150G	21	35	32	15	EV3000-4T1100G	138	214	210	110
EV3000-4T0185G	24	38.5	37	18.5	EV3000-4T1320G	167	256	253	132
EV3000-4T0185G1	24	38.5	37	18.5	EV3000-4T1600G	200	307	304	160
EV3000-4T0220G	30	46.5	45	22	EV3000-4T2000G	250	385	380	200
EV3000-4T0220G1	30	46.5	45	22	EV3000-4T2200G	280	430	426	220
EV3000-4T0300G	40	62	60	30					

表 12-10 艾默生 EV3000 系列高性能矢量控制变频器技术数据

项　　目		指　标　及　规　格
主电输入	额定电压、频率	三相 380V、50Hz/60Hz
	变动容许值	电压：320～460V，电压不平率 <3%；频率：±5%
主电输出	输出电压	三相，0～380V
	输出频率	0～400Hz
	过载能力	150% 额定输出电流 2min，180% 额定输出电流 10s
控制性能	调制方式	优化空间电压矢量 PWM 模式
	控制方式	有 PG 反馈矢量控制、无 PG 反馈矢量控制、*U/f* 控制
	运行命令给定方式	面板给定；外部端子给定；通过串行通信口由上位机给定
	速度设定方式	操作面板数字设定；模拟设定；上位机串行通信等 10 种速度（频率）设定方式
	速度设定精度	数字设定：±0.01%（－10～＋40℃）；模拟设定：±0.05%（25℃ ±10℃）
	速度设定分辨率	数字设定：0.01Hz；模拟设定：1/2000 最大频率
	速度控制精度	有 PG 反馈矢量控制：±0.05%；（25℃ ±10℃） 无 PG 反馈矢量控制：±0.5%；（25℃ ±10℃）
	速度控制范围	有 PG 反馈矢量控制：1∶1000；无 PG 反馈矢量控制：1∶100
	转矩控制响应	有 PG 反馈矢量控制：<150ms；无 PG 反馈矢量控制：<200ms
	起动转矩	有 PG 反馈矢量控制：200%/0r/min；无 PG 反馈矢量控制：150%/0.5Hz
	转矩控制精度	±5%
控制输入信号	设定参考电压源输出	2 路，＋/－10V，5mA
	控制电压源输出	24V，100mA。也可通过 PLC 端子由外部提供
	外部用户电源输入	1 路，接点输入端子的工作电源可使用外部有源接点的电源（8～24V）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项 目		指 标 及 规 格
控制输入信号	模拟输入	2路，DC －10V～＋10V，11位＋符号位 1路，DC 0～10V/0～20mA，10位，由主板CN10跳线在V/I侧的位置选择
	模拟仪表输出	2路，0～20mA，输出可编程，11种输出量可选
	运行命令接点输入	2路，FWD/STOP和REV/STOP控制命令输入接点端子
	可编程接点输入	8路可编程，可选择故障复位、转矩控制、预励磁命令等30种运行控制命令
	PG信号输入	A＋、A－、B＋、B－差动输入/A－、B－开路集电极码盘输入
控制输出信号	FAM频率信号输出	11路，频率表信号（输出频率为变频器输出频率的倍率信号）
	集电极开路输出	2路，14种运行状态可选。最大输出电流50mA
	可编程继电器输出	1路，14种运行状态可选，触点容量：AC 250V/3A或DC 30V/1A
	故障报警继电器输出	1路，触点容量：AC 250V/3A或DC 30V/1A
	串行通信接口	RS485接口
显示	四位数码显示（LED）	设定频率、输出频率、输出电压、输出电流、电动机转速、输出转矩、开关量端子等16种状态参数、编程菜单参数以及28种故障代码等
	中/英文液晶显示(LCD)	控制方式、方向指示、当前编程或监视参数名称、报警内容、面板操作指导等
	指示灯（LED）	参数单位、设定方向、RUN/STOP状态、特殊状态说明、Charge灯说明
环境	使用场所	室内，不受阳光直射，无尘埃、腐蚀性气体、可燃性气体、油雾、水蒸气、滴水或盐分等
	海拔	低于1000m（高于1000m时需降额使用）
	环境温度	－10～＋40℃
	湿度	（20%～90%）RH，无水珠凝结
	振动	$<5.9m/s^2$（0.6g）
	贮存温度	－20～＋60℃
结构	防护等级	IP20
	冷却方式	强制风冷
安装方式		壁挂式

艾默生EV3000系列高性能矢量控制变频器的主要技术特点如下：

1）控制性能

①先进的控制算法：支持有速度传感器矢量控制、无速度传感器矢量控制、*U/f*控制。

②速度控制准确度：有速度传感器时±0.05%，无速度传感器时±0.5%。

③速度控制范围：有速度传感器时1∶1000，无速度传感器时1∶100。

2）功能

①支持直接转矩控制，转矩与速度在线切换，速度方式下多模式转矩限定；

②零伺服功能；

③多段速、简易PLC、PID过程闭环等。

3）系统配置

①逆变采用智能功率模块（IPM），集驱动、保护、功率变换于一体；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

②LCD/LED 中/英文面板，支持参数复制；

③内置 PG 卡，支持差动/推挽/集电极开路编码器脉冲输入；

④22kW 及以下内置制动单元，无需外配，成本低。

12.3.5 富凌 DZB500 系列矢量控制变频器技术数据（见表 12-11～表 12-13）

表 12-11 富凌 DZB500 系列矢量控制变频器基本规格（AC220 系列）

型号	AC 220V 系列		0005	0007	0015	0022	0037	0055	0075	0110	0150	0185	0220	0300	0370	0450	0550	0750	0930
输出额定	适用电动机额定功率/kW		0.5	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	93
	额定输出容量/kVA		1.2	1.6	2.7	3.7	5.7	8.8	12	17	22	27	32	44	55	69	82	110	130
	额定输出电流/A		3.2	4.1	7.0	10.0	15	23	31	45	58	71	85	115	145	180	215	283	346
	最高输出电压/V		三相 220V(对应输入电压)																
额定输入	输入电流/A	三相 220V 输入	3.8	4.9	8.4	11.5	18	24	37	52	68	84	94	120	160	198	237	317	381
		单相 220V 输入	4.0	5.2	10	15	25	—											
	定额输入电压及频率		220V、50/60Hz																
	允许电压变动范围		±15%																
	允许频率变动范围		47～63Hz																

表 12-12 富凌 DZB500 系列矢量控制变频器基本规格（AC380 系列）

型号	AC 380V 系列	0007	0015	0022	0037	0055	0075	0110	0150	0185	0220	0300	0370	0450	0550
额定输出	适用电动机额定功率/kW	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
	额定输出容量/kVA	1.0	2.0	3.0	5.0	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75
	额定输出电流/A	2.5	3.7	5.0	8.5	13	18	24	30	39	46	58	75	90	110
	最高输出电压/V	三相 380V(对应输入电压)													
额定输入	输入电流/A	3.2	4.8	6.5	11	16	23	31	39	50	58	75	97	110	140
	额定输入电压及频率	三相 380V、50/60Hz													
	允许电压变动范围	±15%													
	允许频率变动范围	47～63Hz													

型号	AC 380V 系列	0750	0930	1100	1320	1600	1870	2000	2200	2500	2800	3150	4000	5000	6300
额定输出	适用电动机额定功率/kW	75	93	110	132	160	187	200	220	250	280	315	400	500	630
	额定输出容量/kVA	100	125	150	175	220	250	270	300	330	370	420	575	710	890
	额定输出电流/A	150	170	210	250	300	340	380	430	470	520	620	754	930	1180
	最高输出电压/V	三相 380V(对应输入电压)													
额定输入	输入电流/A	190	220	260	320	350	390	450	480	520	590	700	830	1023	1300
	额定输入电压及频率	三相 380V、50/60Hz													
	允许电压变动范围	±15%													
	允许频率变动范围	47～63Hz													

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 12-13 富凌 DZB500 系列矢量控制变频器技术数据

电源	额定电压、额定频率	三相 380V、50/60Hz
	允许电压波动	±15%
	允许频率波动	±5%
控制特性	控制方式	正弦波 PWM 方式
	起动转矩	150%/0r/min（150%/1Hz，不带 PG）
	速度控制范围	1:1000（1:100 不带 PG）
	速度控制准确度	±0.02%（±0.2% 不带 PG）
	速度响应	30Hz（5Hz 不带 PG）
	频率控制范围	0.1～400Hz
	频率设定分辨率	数字指令：0.01Hz，模拟量指令：±0.1%
	输出频率分辨率	0.01Hz
	过载能力	150% 额定输出电流 1min，200% 额定输出电流时保护动作
	频率给定方式	0～10V，4～20mA，多段频率给定
	加减速时间	0.1～6000s（加/减速时间可分 4 段分别设定）
	制动转矩	制动转矩（0.0～150%）
	主要控制功能	瞬时停电再起动，PID 控制，固定偏差控制，速度搜寻，过转矩检测，转矩限制，多步速度操作，加/减速时间选择，3 线定序，速度/转矩控制选择，自动调整，转矩控制，节能运行，RS485/232 通信等
	显示	采用 5 位 LED 显示或者 LCD 显示
保护功能	瞬时过电流保护	输出电流超过额定电流的 200% 以上
	过电压、欠电压保护	380V 等级直流电压 800V、380V
	瞬时停电补偿	15ms 以上时停止
	散热器过热保护	散热器温度到达 75℃ ±5℃
	接地短路保护	通过检测主回路电流保护
	整流桥过热保护	散热器温度到达 75℃ ±5℃
适用环境	环境温度	－10～＋40℃挂式机箱 －10～＋45℃柜式机箱
	湿度	95% RH 以下（不结露）
	贮存温度	－20～＋60℃（运输中的短时间温度）
	使用场所	室内（无腐蚀性气体、尘埃等场所）
	海拔	1000m 以下
	振动	低于 10～20Hz 时 9.8m/s^2，20～50Hz 时 2m/s^2

12.3.6 三垦 HALLMARK-HW05 系列高速专用变频器技术数据（见表 12-14）

表 12-14 三垦 HALLMARK-HW05 系列高速专用变频器的主要技术数据

型 号	HW05-1.5K	HW05-2.2K	HW05-4.0K	HW05-5.5K	HW05-7.5K	HW05-11K	HW05-15K
标准适用电动机功率/kW	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5	11	15

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号			HW05-1.5K	HW05-2.2K	HW05-4.0K	HW05-5.5K	HW05-7.5K	HW05-11K	HW05-15K
输出	额定容量①/kVA		2.8	4.2	6.2	8.7	11.8	17.3	22.2
	额定电流②/A		4	6	9	12.6	17	25	32
	额定过载电流		150%1min						
	额定输出电压		3ϕ380V/50Hz，400V/50Hz，460V/60Hz						
输入	额定电压、频率		三相380～460V、50/60Hz						
	变动允许值		电压：－15%～10%频率：±5%电压不平衡率：3%以内						
	电源阻抗		1%以上（未满1%时，使用选购电抗器）						
保护结构			封闭型（P20）						
冷却方式			强制风冷						
大约重量/kg			4	4	4.5	6.5	6.5	7	10
控制功能	控制方式		*U/f*控制或无速度传感器矢量控制						
	高频载波		正弦波PWM（载波频率1～14kHz）③						
	输出频率范围		0.05～600Hz（起动频率0.05～20Hz可变）④						
	频率设定分辨率	数字设定	0.01Hz（0.05～600Hz）						
		模拟设定	0.1%（10bit 0～10V，4～20mA），0.2%（9bit 0～5V），对于最大输出频率						
	频率准确度	数字设定	输出频率的±0.01%（－10～40℃）						
		模拟设定	最大输出频率的±0.2%（25℃±10℃）⑤						
	直流制动		开始频率（0.2～20Hz）、动作时间（0.1～10s）、制动力（1～10级）						
	附属功能		顺停再起动、转速跟踪起动、多档速运转、频率回避、警报自动恢复、PID控制、图形运转、节能运转、转矩限制（只适用于无速度传感器矢量控制模式）						
运转功能	运转/停止设定		操作面板、串行通信（RS485，RS232C）、控制电路端子						
	频率指令设定	数字设定	操作面板、串行通信（RS485，RS232C）、端子台频率升降信号						
		模拟设定	2通道、0～5V、0～10V、4～20mA、电位器（5kΩ、0.3W以上）						
	输入信号		频率指令、正转指令、反转指令、加速/减速时间设定、空转停止/警报复位、紧急停止、寸动选择、步进频率设定、运转信号保持、转矩限制（只适用于无速度传感器矢量控制模式）、（数字输入：8通道可任意设定分配）（模拟输入：电压1通道、电流/电压兼用1通道）						
	输出信号	触点输出	各种报警信号及多功能触点输出（1C触点、AC250V、0.3A）						
		监视信号	运转中、频率一致、过载警告、电压不足、频率到达（开路集电极输出3通道可任意设定、模拟输出2通道）						
	LED显示		频率、输出电流、同步转速、负载率、输出电压、压力、线速度（无单位）、运转中、警报						
串行通信I/F			RS485、RS232C						
功能扩展			基于RS232C串行通信的软件版本升级⑥						
外部电源输出			DC 24V、150mA（控制端子盘）						
保护功能			电流限制、过电流切断、电动机过载、外部热敏器、欠电压、瞬时停电、过电压、散热片过热、断相						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型 号		HW05-1.5K	HW05-2.2K	HW05-4.0K	HW05-5.5K	HW05-7.5K	HW05-11K	HW05-15K
警告功能		防止电压动作中、加减速时电流限制功能动作、制动电阻过热警告、过载警告、散热片过热警告						
环境	周围温度	-10～50℃（但是，40℃以上时，拆掉上部通风盖）						
	贮存温度	-20～65℃⑥						
	周围湿度	90%以下（无水珠凝结现象）						
	使用环境	海拔1000m以下、屋内（避免阳光直射、无腐蚀性气体、无易燃性气体、无油雾及尘埃）						

① 额定容量为输出电压是400V时的容量。

② 当输入电压为AC 400V以上时，将根据输出功率降低额定电流。

③ 载波频率的最大值根据变频器容量及运转状态而变化。

④ 在4极电动机中，无速度传感器矢量控制模式的频率设定范围为1～130Hz（极数不同，范围也不同）。

⑤ 最大输出频率是指为5V、10V、20mA时的频率。

⑥ 可适应运输等短时间的温度。

12.3.7 三菱 FREQROL-F700 系列变频器技术数据（见表12-15～表12-17）

表12-15 三菱 FREQROL-F700 系列变频器基本规格（一）

FR-F740-□□k-CH			0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
适用电动机容量/kW			0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
输出	额定电流/A		2.1	3.5	4.8	7.6	11.5	16	23	29	35	43	57	70	85	106
	过载能力		120%，60s，150% 3s（反时限特性）													
	电压		三相380～480V 50/60Hz													
	再生制动能力		15%转矩，连续													
输入	额定输入电压、频率		三相380～480V 50/60Hz													
	允许波动范围		电压：323～528V，频率：+5%													
	电源/kVA	无直流电抗器	2.5	4.5	5.5	9	12	17	20	28	34	41	52	66	80	100
		有直流电抗器	1.2	2.6	3.3	5.0	8.1	10	16	19	24	31	41	50	61	74
大约重量/kg			3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	6.5	6.5	7.5	7.5	13	13	23	35	35

表12-16 三菱 FREQROL-F700 系列变频器基本规格（二）

FR-F740-□□k-CH		S75	S90	S110	S132	S160	S185	S220	S250	S280	S315	S355	S400	S450	S500
适用电动机容量/kW		75	90	110	132	160	185	220	250	280	315	355	400	450	500
输出	额定电流/A	144	180	216	260	325	360	432	481	547	610	683	770	866	962
	过载能力	110%，60s，120% 3s（反时限特性）													
	电压	三相380～500V 50/60Hz													
	再生制动能力	10%转矩，连续													
输入	额定输入电压、频率	三相380～500V 50/60Hz													
	允许波动范围	电压：323～550V，频率：+5%													
	电源容量/kVA	110	137	165	198	248	274	329	367	417	462	521	587	660	733

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 12-17 三菱 FREQROL-F700 系列变频器技术数据

控制特性	控制方式		高载波 PWM 控制（*U/f* 控制）/最佳励磁控制/简易磁通矢量控制
	输出频率范围		0.5～400Hz
	频率设定分辨率	模拟输入	0.015Hz/0～60Hz（端子 2、4：0～10V/12 位） 0.03Hz/0～60Hz（端子 2、4：0～5V/11 位，0～20mA/11 位；端子 1：－10～＋10V/11 位） 0.06Hz/0～60Hz（端子 1、0：±5V/10 位）
		数字输入	0.01Hz
	频率准确度	模拟输入	最大输出频率 ±0.2% 以内（25℃ ±10℃）
		数字输入	设定输出频率的 0.01% 以内
	电压/频率特性		基准频率可以在 0～400Hz 之间任意设定。可以选择恒转矩，变转矩式样，*U/f* 5 点可调整
	起动转矩		设定转差补偿时 120%（3Hz 时）（使用简易磁通矢量控制）
	加/减速时间设定		0～3600s（可分别设定加速与减速时间），可以选择直线或 S 形加减速模式
	直流制动		动作频率（0～120Hz），动作时间（0～10s），动作电压（0～30%）可变
	失速防止动作水平		动作电流水平可以设定（0～150% 间可变），可以选择有或无
运行特性	频率设定信号	模拟输入	端子 2、4：可在 0～10V，0～5V，4～20mA 间选择 端子 1：可在 －10～＋10V，－5～＋5V 间选择
		数字输入	用操作面板的 M 旋钮，参数单元输出及 BCD4 位或者 16 位二进位制（使用选件 FR-A7AX 时）
	起动信号		正转、反转分别控制。起动信号自动保持输入（3 线输入）可以选择
	输入信号		有多段速度选择，第二功能选择，端子 4 输入选择，点动运行选择，瞬间停电再起动选择，外部热继电器输入，HC 连接（变频器运行许可信号），HC 连接（瞬时停电检测），PU 操作外部互锁信号，PID 控制有效端子，PU 操作，外部操作切换，输出停止，起动自保持，三角波功能选择，正转指令，反转指令，复位变频器，PTC 热敏电阻输入，PID 正反动作切换，PU-网络操作切换，网络-外部操作切换，指令权切换中可以用 Pr. 178～Pr. 189（输入端子功能选择）选择任意的 12 种
	运行功能		上、下限频率设定，频率跳变操作，外部热继电器输入选择。极性可逆操作，瞬时停电再起动运行，瞬时停电运行继续，工频切换运行，防止正转或反转，操作模式选择，PID 控制，计算机通信操作（RS485）
	输出信号	运行状态	有变频器运行中，速度到达，瞬间停电，欠电压，过负载报警，输出频率检测，第二输出频率检测，再生制动预报警④，电子热继电器报警，PU 操作模式，变频器运行准备完毕，输出电流检测，零电流检测，PID 下限，PID 上限，PID 正转反转输出，工频切换 MC1～MC3，工频侧电动机 1～4 连接，变频器侧电动机 1～4 连接，风扇故障输出，风扇过热预报警，变频器运行中起动指令 ON，停电减速时，PID 控制动作中，重试中，PID 输出中断，寿命报警，异常输出 3（电源切断信号），省电计时器值更新时间，电流平均值监视器，异常输出 2，变频器维持时间报警，远程输出，轻故障输出，再生制动预报警，异常输出中可以用 Pr. 190～Pr. 196（输出端子功能选择）选择 7 种。集电极开路输出（5 点），继电器输出（2 点），变频器的报警代码可用集电极开路输出（4 位）
		FR-A7AY（选件安装时）	还有除了上述功能之外可以在控制电路电容寿命，主电路电容寿命，冷却风扇寿命，浪涌电流抑制电路寿命中使用 Pr. 313～Pr. 319（增设输出端子功能选择）选择

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

运行特性	输出信号	模拟输出	输出频率，电动机电流（恒定或峰值），输出电压，异常显示，频率设定值，运行速度，直流侧电压（恒定或峰值），电子过电流保护负载率，输入功率，输出功率，负载表，基准电压输出，电动机负载率，再生制动使用率④，省电效果，PID目标值，PID测定值用Pr. 54“CA端子功能选择（模拟电流输出）”，Pr. 158“AM端子功能选择（模拟电压输出）”选择PID目标值，PID测定值	
显示	PU（FR-DU07/FR-PU04-CH）	运行状态	输出频率，电动机电流（恒定或峰值），输出电压，异常显示，频率设定值，运行速度，直流侧电压（恒定或峰值），电子过电流保护负载率，输入功率，输出功率，负载大小，累计通电时间，运行时间，电动机负载率，累计电量，省电效果，累计省电，再生制动使用率④，PID目标值，PID测定值，PID偏差，变频器输出端子监视器，输入端子可选监视器①，输出端子可选监视器①，选件安装状态②，端子安装状态②	
		异常内容	保护功能起动时显示异常内容。保护功能起动前的输出电压、电流、频率、累计通电时间，记录近8次异常内容	
		对话式引导	借助于帮助功能进行操作指南故障分析②	
保护/报警功能			加速时过电流，恒速时过电流，减速时过电流，加速时过电压，恒速时过电压，减速时过电压，变频器过热保护继电器动作，电动机保护热继电器动作，风扇过热，发生瞬时停电，制动晶体管异常④，电压不足，输入断相，电动机过载，输出侧直接接地过电流，输出缺相，外部热继电器动作，PIC热敏电阻动作，选件异常，参数错误，PU脱离，重试次数溢出，CPU异常，操作面板用电源短路，DC 24V电源输出短路，超过输出电流检测值，防入侵电阻过热，通信异常（主机），模拟输入异常，内部电路异常，（15V电源），风扇故障，过电流失速防止，过电压失速防止，电子过电流保护预报警，PU停止，维持时间报警①，参数写入错误，复制操作错误，操作面板锁，参数复制	
环境	周围温度		正常负载	-10～+50℃（不结冰）
			轻负载	-10～+40℃（不结冰）
	周围湿度		90% RH以下（无凝露）	
	储存温度③		-20～+65℃	
	周围环境		屋内（保持无腐蚀性气体，可燃性气体，油雾，尘埃）	
	海拔，振动		1000m以下，5.9m/s^{2}以下（根据JIS C 0040）	

① 只能显示在操作面板上（FR-DU07）。

② 只能显示在参数单元上（FR-PU04-CH）。

③ 在运输时等短时间内可以使用的温度。

④ 仅S75K以上的机种无此功能。

12.3.8 富士 FRENIC 5000 G11S/P11S 系列变频器技术数据（见表12-18和表12-19）

表12-18 富士 FRENIC 5000 G11S/P11S 系列变频器基本规格

	一般工业用		风机、泵用	
	FRENIC5000 G11S系列		FRENIC5000 P11S系列	
适配电动机/kW	200V系列	400V系列	200V系列	400V系列
0.2	FRN0.2G11S-2JE			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

	一般工业用		风机、泵用	
	FRENIC5000 G11S 系列		FRENIC5000 P11S 系列	
适配电动机/kW	200V 系列	400V 系列	200V 系列	400V 系列
0.4	FRN0.4G11S-2JE	FRN0.4G11S-4CX		
0.75	FRN0.75G11S-2JE	FRN0.75G11S-4CX		
1.5	FRN1.5G11S-2JE	FRN1.5G11S-4CX		
2.2	FRN2.2G11S-2JE	FRN2.2G11S-4CX		
3.7	FRN3.7G11S-2JE	FRN3.7G11S-4CX		
5.5	FRN5.5G11S-2JE	FRN5.5G11S-4CX		
7.5	FRN7.5G11S-2JE	FRN7.5G11S-4CX	FRN7.5P11S-2JE	FRN7.5P11S-4CX
11	FRN11G11S-2JE	FRN11G11S-4CX	FRN11P11S-2JE	FRN11P11S-4CX
15	FRN15G11S-2JE	FRN15G11S-4CX	FRN15P11S-2JE	FRN15P11S-4CX
18.5	FRN18.5G11S-2JE	FRN18.5G11S-4CX	FRN18.5P11S-2JE	FRN18.5P11S-4CX
22	FRN22G11S-2JE	FRN22G11S-4CX	FRN22P11S-2JE	FRN22P11S-4CX
30	FRN30G11S-2JE	FRN30G11S-4CX	FRN30P11S-2JE	FRN30P11S-4CX
37	FRN37G11S-2JE	FRN37G11S-4CX	FRN37P11S-2JE	FRN37P11S-4CX
45	FRN45G11S-2JE	FRN45G11S-4CX	FRN45P11S-2JE	FRN45P11S-4CX
55	FRN55G11S-2JE	FRN55G11S-4CX	FRN55P11S-2JE	FRN55P11S-4CX
75	FRN75G11S-2JE	FRN75G11S-4CX	FRN75P11S-2JE	FRN75P11S-4CX
90	FRN90G11S-2JE	FRN90G11S-4CX	FRN90P11S-2JE	FRN90P11S-4CX
110		FRN110G11S-4CX	FRN110P11S-2JE	FRN110P11S-4CX
132		FRN132G11S-4CX		FRN132P11S-4CX
160		FRN160G11S-4CX		FRN160P11S-4CX
200		FRN200G11S-4CX		FRN200P11S-4CX
220		FRN220G11S-4CX		FRN220P11S-4CX
280		FRN280G11S-4CX		FRN280P11S-4CX
315		FRN315G11S-4CX		FRN315P11S-4CX
355				FRN355P11S-4CX
400				FRN400P11S-4CX

注：所有机种（0.2～400kW）为统一的技术规范，便于用户构成各种应用系统。

表 12-19　富士 FRENIC 5000 G11S/P11S 系列变频器技术数据

项　　目		规　　范
控制	载波频率	0.75～15kHz 可变设定（G11S：≤55kW，P11S：≤22kW）
		0.75～10kHz 可变设定（G11S：≥75kW，P11S：30～75kW）
		0.75～6kHz 可变设定（P11S：≥90kW）
	频率精度	模拟设定：最高输出频率的 ±0.2%（25℃ ±10℃）以下
		数字设定：最高输出频率的 ±0.01%（－10～＋50℃）以下

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项 目			规 范		
控制	频率设定分辨率		模拟设定：最高输出频率的1/3000		
			键盘面板设定：0.01Hz（99.99Hz以下），0.1Hz（100.0Hz以上）		
			链接设定：能选择以下两种之一：		
			1）最高输出频率的1/20000		
			2）0.01Hz（固定）		
	电压-频率特性		基本频率和最高频率时的输出电压可分别设定，范围为320～480V（有AVR控制）		
	转矩提升			恒转矩特性负载	二次方转矩特性负载
			自动（设定代码）	0.0	—
			手动（设定代码）	2.0～20.0	0.1～0.9
	起动转矩		200%以上（动态转矩矢量控制时）		（G11S：≤22kW）
			180%以上（动态转矩矢量控制时）		（G11S：≥30kW）
			50%以上（P11S）		
制动	标准	制动转矩	150%（G11S：≤0.75kW），100%以上（G11S：1.5～7.5kW）		
			约20%（G11S：11～22kW，P11S：7.5～22kW）		约10～15%（≥30kW）
		制动时间	5s（G11S：≤7.5kW）	没有限制（G11S：≥11kW，P11S）	
	选件	制动转矩	150%以上（G11S：≤22kW），100%以上（G11S：≥30kW，P11S：≤22kW）		
			70%以上（P11S：≥30kW）		
	直流制动		制动开始频率：0.1～60.0Hz，制动时间：0.0～30.0s		
			制动动作值：0～100%（G11S）0～80%（P11S）各数值能可变设定		
			制动动作过程中输入运行命令，将按起动频率再起动运行		
			正转←→反转切换运行时，直流制动不作用		
			在有运行命令的条件下，降低设定频率，直流制动不作用		
防护结构（IEC60529）			IP40全封闭（≤22kW）		IP00开放式（≥30kW）
冷却方式			自冷（≤0.75kW）	风扇冷却（≥1.5kW）	
重量/kg			2.2～140		

12.3.9 AB公司PowerFlex4系列变频器技术数据（见表12-20）

表12-20 AB公司PowerFlex4系列变频器技术数据

型 号	输出额定值		输入额定值			支路保护		功耗	
	功率/kW（hp）	电流/A	电压范围/V	功率/kVA	电流/A	熔断器等级	其他设备	IP20敞开型/W	IP20框架型/W
AC 100～120V、单相（4kV瞬时电压保护、标准型）									
22A-V1P5N104	0.2(0.25)	1.5	90～126	0.75	6.1	10	10	25	15
22A-V2P3N104	0.37(0.5)	2.3	90～126	1.15	9.4	15	15	30	21
22A-V4P5N104	0.75(1.0)	4.5	90～126	2.25	18.4	30	30	50	38

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	输出额定值		输入额定值			支路保护		功耗	
	功率/kW（hp）	电流/A	电压范围/V	功率/kVA	电流/A	熔断器等级	其他设备	IP20 敞开型/W	IP20 框架型/W
AC 200～240V、单相① （4kV 瞬时电压保护、标准型）									
22A-A1P5N104	0.2(0.25)	1.5	180～265	0.75	3.1	10	5	25	15
22A-A2P3N104	0.37(0.5)	2.3	180～265	1.15	4.7	10	10	30	21
22A-A4P5N104	0.75(1.0)	4.5	180～265	2.25	9.2	15	15	50	38
22A-A8P0N104	1.5(2.0)	8.0	180～265	4.0	16.4	30	25	80	64
AC 200～240V、三相（4kV 瞬时电压保护、标准型）									
22A-B1P5N104	0.2(0.25)	1.5	180～265	0.75	1.8	3	5	25	15
22A-B2P3N104	0.37(0.5)	2.3	180～265	1.15	2.7	6	5	30	21
22A-B4P5N104	0.75(1.0)	4.5	180～265	2.25	5.3	10	7	50	38
22A-B8P0N104	1.5(2.0)	8.0	180～265	4.0	9.5	15	15	80	64
22A-B012N104	2.2(3.0)	12.0	180～265	5.5	14.2	25	25	115	99
22A-B017N104	3.7(5.0)	17.5	180～265	8.6	20.7	35	30	165	149
AC 380～480V、三相（6kV 瞬时电压保护、标准型）									
22A-D1P4N104	0.37(0.5)	1.4	340～528	1.4	1.7	3	3	30	15
22A-D2P3N104	0.75(1.0)	2.3	340～528	2.3	2.7	6	4	40	27
22A-D4P0N104	1.5(2.0)	4.0	340～528	4.0	4.7	10	7	60	47
22A-D6P0N104	2.2(3.0)	6.0	340～528	5.9	7.1	15	10	90	73
22A-D8P7N104	3.7(5.0)	8.7	340～528	8.6	10.3	15	15	145	131

输入/输出额定值	
输出频率	0～240Hz（可编程）
效率	97.5%（典型值）
数字量控制输入（输入电流=6mA）　　模拟量控制输入	
SRC（源流）模式	18～24V=ON，0～6V=OFF
SNK（汇流）模式	4～20mA：250Ω（输入阻抗），0～6V=ON；DC 0～10V：100kΩ（输入阻抗），18～24V=OFF；外接阻抗：1～10kΩ，最小功率为2W
控制输出	
可编程输出	（C 型继电器）
阻性额定值	DC 30V、AC 125V、AC 240V 时均为3.0A
感性额定值	DC 30V、AC 125V、AC 240V 时均为0.5A
熔断器和断路器	
推荐熔断器类型	ULJ、CC、T 类或 BS88 型；电压为600V（550V）或相当等级
其他保护设备	140M-xxx（A-B Bulletin 140 手动起动器）或 HMCP 断路器或相当产品
保护特性	
电动机保护	I^2t 过载保护，150% 持续1min，200% 持续3s（提供10级保护）
过电流保护	硬件限制在200%，瞬时故障可达300%

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型 号	输出额定值		输入额定值			支路保护		功耗	
	功率/kW（hp）	电流/A	电压范围/V	功率/kVA	电流/A	熔断器等级	其他设备	IP20 敞开型/W	IP20 框架型/W
过电压保护	AC 100～120V 输入，在总线电压为 DC 405V（相当于进线电压 AC 150V）时跳闸 AC 200～240V 输入，在总线电压为 DC 405V（相当于进线电压 AC 290V）时跳闸 AC 380～480V 输入，在总线电压为 DC 810V（相当于进线电压 AC 575V）时跳闸								
欠电压保护	AC 100～120V 输入，在总线电压为 DC 210V（相当于进线电压 AC 75V）时跳闸 AC 200～240V 输入，在总线电压为 DC 210V（相当于进线电压 AC 150V）时跳闸 AC 380～480V 输入，在总线电压为 DC 390V（相当于进线电压 AC 275V）时跳闸								
掉电保持	最小值为 0.5s，典型值为 2s								
无故障掉电保持	100ms								
动态制动：额定功率大于等于 0.75kW（1hp）的所有变频器都包含内部制动 IGBT									

① AC 200～240V，单相变频器也可以带有集成化的 EMC 滤波器。型号后缀由 N104 变为 N114。

12.3.10 安川 VARISPEED-616G5 系列多功能全数字式变频器技术数据（见表 12-21 和表 12-22）

表 12-21 安川 VARISPEED-616G5 系列多功能全数字式变频器技术数据（200V）

形式 CIMR-G5A□		20P4	20P7	21P5	22P2	23P7	25P5	27P5	2011	2015	2018	2022	2030	2037	2045	2055	2075
最大适用电动机功率①/kW		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75
额定输出	输出功率/kVA	1.2	2.3	3.0	4.2	6.7	9.5	13	19	24	30	37	50	61	70	85	110
	额定输出电流/A	3.2	6	8	11	17.5	2.5	33	49	64	80	96	130	160	183	224	300
	最大输出电压	三相 200/208/220/230V（对应输入电压）															
	额定输出频率	由参数设定最高 400Hz 可对应															
电源	电压、频率	三相 200/208/220V、50Hz 200/208/220/230V、60Hz															
	允许电压波动	+10%，-15%															
	允许频率波动	±5%															
控制特性	控制方式	正弦波 PWM															
	起动转矩	150%/1Hz（有 PG 情况 150%/0r/min）②															
	速度控制范围	1:100（有 GP 情况，1:1000）②															
	速度控制准确度	±0.2%（25℃±10℃）（有 PG 情况，±0.02%）②															
	速度应答	5Hz（有 PG 情况 30Hz）②															
	转矩极限	有（用参数设定，可在四象限切换）															
	转矩准确度	±5%															
	频率控制范围	0.1～400Hz															
	频率准确度（温度波动）	数字式指令 ±0.01%（-10～+40℃）															
		模拟量指令 ±0.01%（25±10℃）															

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

形式 CIMR-G5A□		20P4	20P7	21P5	22P2	23P7	25P5	27P5	2011	2015	2018	2022	2030	2037	2045	2055	2075
控制特性	频率设定分辨率	数字式指令 0.01Hz 模拟量指令 0.03Hz/60Hz（11bit + 符号）															
	输出频率分辨率（演算分辨率）	0.001Hz															
	过负载能力	额定输出电流的 150% 1min															
	频率设定信号	-10 ~ 10V，0 ~ 10V，4 ~ 20mA															
	加减速时间	0.01 ~ 6000.0s（加速减速个别设定……4 种切换）															
	制动力矩	约 20%															
保护功能	电动机保护	由电子热保护															
	瞬时过电流	额定输出电流约 200% 以上															
	熔丝熔断保护	用熔丝熔断方式停止															
	过负载	额定输出电流的 150%，1min															
	过电压	主回路电压 410V 以上时停止															
	欠电压	主回路电压 190V 以下时停止															
	瞬时停电补偿	15ms 以上时停止（出厂设定） 由运行方式选择，约 2s 内的停电恢复时，继续运行															
	散热片过热	由热敏电阻保护															
	失速防止	加减速中运行中失速防止															
	接地保护	由电子回路保护（过电流级别）															
	充电中表示	主回路直流电压降到 50V 以下表示															
环境	周围温度	-10 ~ +40℃（封闭壁挂形） -10 ~ +45℃（柜内安装形）															
	湿度	90% RH 以下															
	贮存温度	-20 ~ +60℃															
	使用场所	室内（无腐蚀性气体，尘埃的地方）															
	海拔	1000m 以下															
	振动	10 ~ 20V 未满 9.8m/s^2（1G），20 ~ 50Hz2m/s^2（0.2G）															

① 最大适用电动机功率，以本公司制造的 4 极标准电动机表示。更加严格的选定方法是选择变频器额定电流必须大于电动机额定电流。

② 也有必要调整的情况。

www.789pdf.com 789书库网

表 12-22　安川 VARISPEED-616G5 系列多功能全数字式变频器技术参数（400V）

形式 CIMR-G5A□		40P4	40P7	41P5	42P2	43P7	45P5	47P5	4011	4015	4018	4022	4030	4037	4045	4055	4075	4110	4160	4185	4220	4300
最大适用电动机功率①/kW		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	110	160	185	220	300
额定输出	额定输出容量/kVA	1.4	2.6	3.7	4.7	6.1	11	4	21	26	31	37	50	61	73	98	130	170	230	260	340	460
	额定输出电流/A	1.8	3.4	4.8	6.2	8	14	18	27	34	41	48	65	80	96	128	165	224	302	340	450	605
	最大输出电压	三相 380/400/415/440/460V（对应输入电压）																				
	额定输出频率	由参数设定最高 400Hz 可对应																				
电源	电压、频率	三相 380/400/415/440/460V、50/60Hz																				
	允许电压波动	±10%，－15%																				
	允许频率波动	±5%																				
控制特性	控制方式	正弦波 PWM																				
	起动转矩	150%/1Hz（有 PG 情况 150%/0r/min）②																				
	速度控制范围	1:100（有 PG 情况，1:100）②																				
	速度控制精度	（有 PG 情况，±0.02%30）②																				
	速度应答	5Hz（有 PG 情况 30Hz）②																				
	转矩极限	有（用参数设定，可在四象限切换）																				
	转矩准确度	±5%																				
	频率控制范围	0.1～400Hz																				
	频率准确度（温度波动）	数字式指令 ±0.01%（－10～＋40℃）																				
		模拟量指令 ±0.01%（25±10℃）																				
	频率设定分辨率	数字式指令 0.01Hz																				
		模拟量指令 0.03Hz/60Hz（11bit＋符号）																				
	输出频率分辨率（演算分辨率）	0.01Hz																				
	过负载能力	额定输出电流的 150% 1min																				
	频率设定信号	－10～10V，0～10V，4～20mA																				

www.789pdf.com 789书库网

（续）

形式 CIMR-G5A□		40P4	40P7	41P5	42P2	43P7	45P5	47P5	4011	4015	4018	4022	4030	4037	4045	4055	4075	4110	4160	4185	4220	4300
控制特性	加减速时间	0.01～6000.0 秒（加速减速个别设定……4 种切换）																				
	制动转矩	约 20%																				
保护功能	电动机保护	由电子热保护																				
	瞬时过电流	额定输出电流约 200% 以上																				
	熔丝熔断保护	用熔丝熔断方式停止																				
	过负载	额定办出电流的 150%，1min																				
	过电压	主回路电压 820V 以上时停止																				
	欠电压	主回路电压 380V 以下时停止																				
	瞬时停电补偿	15ms 以上时停止（出厂设定） 由运行方式选择约 2s 内的停电恢复时，继续运行																				
	散热风扇过热	由热敏电阻保护																				
	失速防止	加减速中运行中失速防止																				
	接地保护	由电子回路保护（过电流级别）																				
	充电中表示	主回路直流电压降到 50V 以下表示																				
环境	周围温度	-10～+40℃（封闭壁挂形） -10～+45℃（柜内安装形）																				
	湿度	90% RH 以下																				
	贮存温度	-20～+60℃																				
	使用场所	室内（无腐蚀性气体，尘埃的地方）																				
	海拔	1000m 以下																				
	振动	10～20V 未 9.8m/s^2（1G），20～50Hz2m/s^2（0.2G）																				

① 最大适用电动机功率，以本公司制造的 4 极标准电动机表示。更加严格的选择方法是选择变频器额定电流必须大于电动机额定电流。

② 也有必要调整的情况。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12.3.11 日立 L100 系列小型通用变频器技术数据（见表 12-23）

表 12-23 日立 L100 系列小型通用变频器技术数据

项 目	200V 级						
型号(L100-)	002NFE 002NFU	004NFE 002NFU	005NFC	007NFE 007NFU	011NFE	015NFE 015NFU	022NFE 022NFU
防护等级	IP20						
适用电动机功率/kW	0.2	0.4	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2
适用电动机容量	0.6	1.0	1.2	1.6	1.9	3	4.2
额定输入电压	单相：200～240V，50/60Hz±5% 三相：220～230（1+10%）V，50/60Hz±5%（037LFR 只有三相）						
额定输出电压	三相 200～240V						
额定输出电流/A	1.6	2.6	3.0	4.0	5.0	8.0	11
重量/kg	0.7	0.8	0.8	1.3	1.3	2.3	2.8
深度 *D*/mm	107	107	129	129	153	153	164
阔度 *W*/mm	84	84	110	110	140	140	140
高度 *H*/mm	120	120	130	130	180	180	180
项 目	400V 级						
型号(L100-)	004HFE 004HFU	007HFE 007HFU	015HFE 015HFU	022HFE 022HFU	040HFE 040HFU	055HFE 055HFU	075HFE 075HFU
防护等级	IP20						
适用电动机功率/kW	0.4	0.75	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5
适用电动机容量	1.1	1.9	2.9	4.2	6.6	10.3	12.7
额定输入电压	三相 380～460（1±10%）V						
额定输出电压	三相 380～460V（取决于输入电压）						
额定输出电流/A	1.5	2.5	3.8	5.5	8.6	13	16
重量/kg	1.3	1.7	1.7	2.8	2.8	5.5	5.7
深度 *D*/mm	129	156	156	164	164	170	170
阔度 *W*/mm	110	110	110	140	140	182	182
高度 *H*/mm	130	130	130	180	180	257	257
控制方法	SPWM 控制						
输出频率范围	0.5～360Hz						
频率设定分辨率	数字设定：0.1Hz 模拟设定：最大频率/1000						
电压/频率特性	可选择恒转矩、变转矩特性，无速度传感器矢量控制						
过载电流额定值	150%，持续时间 60s						
加/减速时间	0.1～3000s，可设定直线或曲线加/减速、第二加/减速						
起动转矩	200% 以上			200% 以上（0.4～2.2kW） 180% 以上（3.0～7.5kW）			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目		400V 级	
制动转矩	再生制动（不用外部制动电阻）	约 100%（0.2～0.75kW）	约 100%（0.4～0.75kW）
		约 70%（1.1～1.5kW）	约 70%（1.5～2.2kW）
		约 20%（2.2kW）	约 20%（3.0～7.5kW）
保护功能		过电流、过电压、欠电压、过载、温度过高/温度过低、CPU 错误、起动时接地故障诊测、通信错误	
环境条件	环境/储存/温度湿度	－10～50℃/－10～70℃/20%～90%（无结露）	
	振动	5.9m/s^2（0.6g），10～55Hz	
	安装地点	海拔 1000m 以下，室内（无腐蚀型气体和灰尘），装饰色	

12.3.12　西普 PI89 系列变频器技术数据（见表 12-24 和表 12-25）

表 12-24　西普 PI89 系列变频器基本规格

型号	电压/V	电流/A	适配电动机/kW	外形尺寸/mm			型号	电压/V	电流/A	适配电动机/kW	外形尺寸/mm		
				宽	高	长					宽	高	长
9201	220	4	0.75	160	230	160	9325	380	38	18.7	310	490	285
9202	220	7	1.5	160	230	160	9330	380	45	22	310	490	285
9303	220	11	2.2	210	255	180	9340	380	60	30	310	490	285
9205	220	15	3.7	222	305	166	9350	380	80	37	355	680	300
9301	380	2.5	0.75	160	230	160	9360	380	95	45	355	680	300
9302	380	4	1.5	160	230	160	9375	380	115	65	355	680	300
9303	380	6	2.2	210	255	180	9380	380	125	60	355	680	300
9305	380	9.5	3.7	222	305	166	931A	380	150	75	520	1000	310
9308	380	13	5.5	222	305	166	932A	380	180	93	520	1000	310
9310	380	18	7.5	202	380	250	933A	380	220	110	520	1000	310
9315	380	25	11	202	380	250	934A	380	280	130	600	1200	400
9320	380	32	15	220	380	250	935A	380	300	150	600	1200	400

表 12-25　西普 PI89 系列变频器技术数据

项目		内　　容	项目		内　　容
输入电源	额定电压	三相 380(1±10%)V 或单相 220V	输出功能	起动转矩	*U/f* 方式可调，共 256 种图形任意选择
	额定频率	50～65Hz			
	功率因数	≥95%		过载能力	150% 额定输出电流，1min
输出功能	输出电压	100% 输入电压	控制功能	控制方式	微机 SPWM 方式
	输出频率	0～2～60～120Hz		加减速时间	0.2 ～ 150s（60Hz），0.6 ～ 150s（120Hz）
	频率分辨能力	0.5Hz（60Hz）、1Hz（120Hz）			
	可调速范围	20∶1		上限调整	30～120Hz

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目		内 容	项目		内 容
控制功能	转差补偿	依频率设定	保护功能		短路、过电流、欠电压，过电压、过载、断相、接线、充电回路、干扰、接地、瞬间停电等
	DC 制动	1.5Hz 以下输出，1s			
操作功能		无触头正反转，面板开关或外部信号起停控制	外形结构		半密闭式防滴型、垂直安装
			使用环境	温度	-10～40℃（通风良好）
		多段速度设定，微机控制，同步转速或频率显示		相对湿度	90% 以下，不结露
				海拔	1000m 以下
				振动	0.5g 以下
		分接输入指令：0～5V，0～10V，0～20mA，0～60Hz	机种额定值		额定容量 1～200kVA，适配电动机功率为 0.75～150kW

12.4 变频器的选择、使用与维护

1. 变频调速系统电动机容量的选择

在用通用变频器构成变频调速系统时，有时需要利用原有电动机，有时需要增加新电动机，但无论哪种情况，不仅要核算所必须的电动机容量，还要根据电动机的运行环境，选择相应的电动机的防护等级。同时，由于电动机由通用变频器供电，其机械特性与直接电网供电时有所不同，需要按通用变频器供电的条件选择，否则难以达到预期的目的，甚至造成不必要的经济损失。适用于通用变频器供电的电动机类型可分为普通异步电动机、专用电动机、特殊电动机等。下面以最常用的普通异步电动机为例，说明采用通用变频器构成变频调速系统时，如何选择或确定电动机的容量及一般需要考虑的因素。

1）所确定的电动机容量应大于负载所需要的功率，应以正常运行速度时所需的最大输出功率为依据，当环境较差时宜留一定的裕量。

2）应使所选择的电动机的最大转矩与负载所需要的起动转矩相比有足够的裕量。

3）所选择的电动机在整个运行范围内，均应有足够的输出转矩。当需要拆除原有的减速箱时，应按原来的减速比考虑增大电动机的容量，或另外选择电动机的形式。

4）应考虑低速运行时电动机的温升能够在规定的温升范围内，确保电动机的寿命周期。

5）针对被拖动机械负载的性质，确定合适的电动机运行方式。

考虑以上条件，实际的电动机容量可根据电动机的容量 = 被驱动负载所需的容量 + 将负载加速或减速到所需速度的容量的原则来定。

2. 变频器容量的选择

变频器容量的选择由很多因素决定，例如电动机容量、电动机额定电流、电动机加速时间等。其中，最主要的是电动机额定电流。

1）一台变频器驱动一台电动机

当连续恒载运转时，所需变频器的容量必须同时满足下列各项计算公式：

满足负载输出：$P_{CN} \geqslant \dfrac{kP_M}{\eta \cos\varphi}$

满足电动机容量：$P_{CN} \geqslant \sqrt{3} k U_M I_M \times 10^{-3}$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

满足电动机电流：$I_{CN} \geqslant kI_M$

式中，P_{CN}为变频器的额定容量（kVA）；I_{CN}为变频器的额定电流（A）；P_M为负载要求的电动机的轴输出功率（kW）；U_M为电动机的额定电压（V）；I_M为电动机的额定电流（A）；η为电动机的效率（通常约为0.85）；$\cos\varphi$为电动机的功率因数（通常约为0.75）；k为电流波形的修正系数（对PWM控制方式的变频器，取1.05～1.10）。

2）一台变频器驱动多台电动机

当一台变频器同时驱动多台电动机，即成组驱动时，一定要保证变频器的额定输出电流大于所有电动机额定电流的总和。对于连续运行的变频器，当过载能力为150%、持续时间为1min时，必须同时满足下列两项计算公式。

①满足驱动时容量，即

$$jP_{CN} \geqslant \frac{kP_M}{\eta\cos\varphi}[N_T + N_S(k_S - 1)] = P_{CN1}\left[1 + \frac{N_S}{N_T}(k_S - 1)\right]$$

$$P_{CN1} = \frac{kP_M N_T}{\eta\cos\varphi}$$

②满足电动机电流，即

$$jI_{CN} \geqslant N_T I_M\left[1 + \frac{N_S}{N_T}(k_S - 1)\right]$$

式中，P_{CN}为变频器的额定容量（kVA）；I_{CN}为变频器的额定电流（A）；P_M为负载要求的电动机的轴输出功率（kW）；I_M为电动机的额定电流（A）；η为电动机的效率（通常约为0.85）；$\cos\varphi$为电动机的功率因数（通常约为0.75）；N_T为电动机并联的台数；N_S为电动机同时启动的台数；k为电流波形的修正系数（对PWM控制方式的变频器，取1.05～1.10）；k_S为电动机启动电流与电动机额定电流之比；P_{CN1}为连续容量（kVA）；j为系数，当电动机加速时间在1min以内时，$j=1.5$；当电动机加速时间在1min以上时，$j=1.0$。

③大惯性负载起动时，变频器的容量应满足

$$P_{CN} \geqslant \frac{kn_M}{9550\eta\cos\varphi}\left(T_L + \frac{GD^2 n_M}{375t_A}\right)$$

式中，P_{CN}为变频器的额定容量（kVA）；GD^2为换算到电动机轴上的总飞轮力矩（N·m^2）；T_L为负载转矩（N·m）；η为电动机的效率（通常约为0.85）；$\cos\varphi$为电动机的功率因数（通常约为0.75）；t_A为电动机加速时间（s），根据负载要求确定；k为电流波形的修正系数（对PWM控制方式的变频器，取1.05～1.10）；n_M为电动机的额定转速（r/min）。

3. 通用变频器用于特种电动机时的注意事项

上述变频器类型、容量的选择方法，均适用于普通笼型三相异步电动机。但是，当通用变频器用于其他特种电动机时，还应注意以下几点。

1）通用变频器用于控制高速电动机时，由于高速电动机的电抗小，会产生较多的谐波，这些谐波会使变频器的输出电流值增加。因此，选择的变频器容量应比驱动普通电动机的变频器容量稍大一些。

2）通用变频器用于变极电动机时，应充分注意选择变频器的容量，使电动机的最大运行电流小于变频器的额定输出电流。另外，在运行中进行极数转换时，应先停止电动机工作，否则会造成电动机空载加速，严重时会造成变频器损坏。

3）通用变频器用于控制防爆电动机时，由于变频器没有防爆性能，应考虑是否将变频器设置在危险场所之外。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）通用变频器用于齿轮减速电动机时，使用范围受到齿轮传动部分润滑方式的制约。润滑油润滑时，在低速范围内没有限制；在超过额定转速以上的高速范围内，有可能发生润滑油欠供的情况。因此，要考虑最高转速允许值。

5）通用变频器用于绕线转子异步电动机时，应注意绕线转子异步电动机与普通异步电动机相比，绕线转子异步电动机绕组的阻抗小，因此容易发生由于谐波电流而引起的过电流跳闸现象，故应选择比通常容量稍大的变频器。一般绕线转子异步电动机多用于飞轮力矩（飞轮惯量）GD^2 较大的场合，在设定加减速时间时应特别注意核对，必要时应经过计算。

6）通用变频器用于同步电动机时，与工频电源相比会降低输出容量 10% ~20%，变频器的连续输出电流要大于同步电动机额定电流。

7）通用变频器用于压缩机、振动机等转矩波动大的负载及油压泵等有功率峰值的负载时，有时按照电动机的额定电流选择变频器，可能会发生峰值电流使过电流保护动作的情况。因此，应选择比其在工频运行下的最大电流更大的运行电流作为选择变频器容量的依据。

8）通用变频器用于潜水泵电动机时，因为潜水泵电动机的额定电流比普通电动机的额定电流大，所以选择变频器时，其额定电流要大于潜水泵电动机的额定电流。

总之，在选择和使用变频器前，应仔细阅读产品样本和使用说明书，有不当之处应及时调整，然后再依次进行选型、购买、安装、接线、设置参数、试车和投入运行。

值得一提的是，通用变频器的输出端允许连接的电缆长度是有限制的，若需要长电缆运行，或一台变频器控制多台电动机时，应采取措施抑制对地耦合电容的影响，并应放大一、二档选择变频器的容量或在变频器的输出端选择安装输出电抗器。另外，在此种情况下变频器的控制方式只能为 *U/f* 控制方式，并且变频器无法实现对电动机的保护，需在每台电动机上加装热继电器实现保护。

4. 变频器选择实例

1）一台笼型三相异步电动机，极数为 4 极、额定功率为 5.5kW、额定电压为 380V、额定电流为 11.6A、额定频率为 50Hz、额定效率为 85.5% 、额定功率因数为 0.84。试选择一台通用变频器（采用 PWM 控制方式）。

因为采用 PWM 控制方式的变频器，所以取电流波形的修正系数 $k=1.10$，根据已知条件可得

$$P_{CN}\geqslant\frac{kP_M}{\eta\cos\varphi}=\frac{1.10\times5.5}{0.855\times0.84}\text{kVA}=8.424\text{kVA}$$

$$P_{CN}\geqslant\sqrt{3}kU_MI_M\times10^{-3}=\sqrt{3}\times1.10\times380\times11.6\times10^{-3}\text{kVA}=8.398\text{kVA}$$

$$I_{CN}\geqslant kI_M=1.10\times11.6\text{A}=12.76\text{A}$$

故可选用 L100-055HFE 型或 L100-055HFU 型通用变频器，其额定容量 $P_{CN}=10.3\text{kVA}$，额定输出电流 $I_{CN}=13\text{A}$，可以满足上述要求。

2）一台笼型三相异步电动机，极数为 6 极、额定功率为 5.5kW、额定电源为 380V、额定电流为 12.6A、额定频率为 50Hz、额定效率为 85.3% 、额定功率因数为 0.78。试选择一台通用变频器（采用 PWM 控制方式）。

因为采用 PWM 控制方式，所以取电流波形的修正系数 $k=1.10$，根据已知条件可得

$$P_{CN}\geqslant\frac{kP_M}{\eta\cos\varphi}=\frac{1.10\times5.5}{0.853\times0.78}\text{kVA}=9.093\text{kVA}$$

$$P_{CN}\geqslant\sqrt{3}kU_MI_M\times10^{-3}=\sqrt{3}\times1.10\times380\times12.6\times10^{-3}\text{kVA}=9.122\text{kVA}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$I_{CN} \geqslant kI_M = 1.10 \times 12.6\text{A} = 13.86\text{A}$$

故可选用 L100-075HFE 型或 L100-075HFU 型通用变频器，其 $P_{CN} = 12.7\text{kVA}$，$I_{CN} = 16\text{A}$，可以满足上述要求。

5. 安装注意事项

1）用螺栓将变频器垂直安装到坚固的物体上，而且从正面就可以看见变频器正面的文字位置，请勿上下颠倒或平放安装。

2）变频器在运行中会发热，为确保冷却风道畅通，变频器的安装方向与周围空间应满足图 12-1 所示的要求（电线、配线槽不要通过这个空间）。

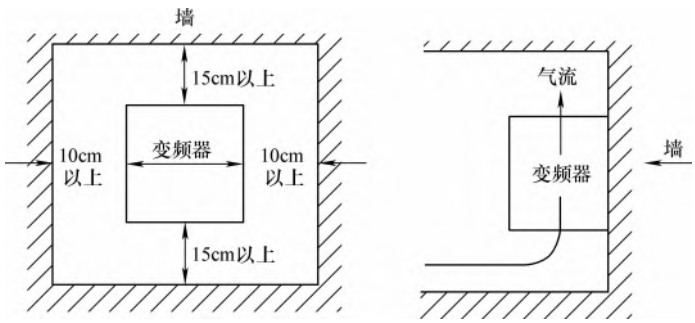


图 12-1　变频器安装方向与周围的空间

3）由于变频器内部热量从上部排出，故不要将变频器安装到不耐热的机器下面。

4）变频器在运行中，散热片附近的温度可上升到 90℃，故变频器背面要使用耐温材料。

5）将变频器安装在控制箱内时，要充分注意换气，防止变频器周围温度超过额定值。请勿将变频器安装在散热不良的小密闭箱内。

6）将多台变频器安装在同一装置或控制箱内时，为减少相互影响，建议横向并列安放。必须上下安装时，为了使下部变频器的热量不致影响上部的变频器，请设置隔板等物（见图 12-2）。

6. 通电前的检查

1）检查变频器的安装空间和安装环境是否合乎要求。

2）检查铭牌上的数据是否与所控制的电动机相适应。

3）检查电源电压是否在容许电源电压值以内。

4）检查变频器的主电路接线和控制电路接线是否合乎要求。在检查接线过程中，主要应注意以下几方面的问题：

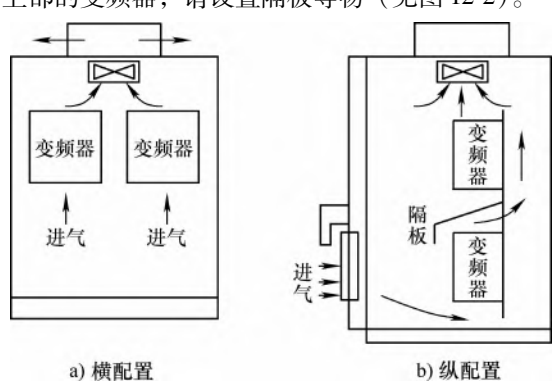


图 12-2　多台变频器的安装方法

①交流电源不要加到变频器的输出端上；

②变频器与电动机之间的接线不能超过变频器允许的最大布线距离。否则应加交流输出电抗器；

③交流电源线不能接到控制电路端子上；

④主电路地线和控制电路地线、公共端、中性线的接法是否合乎要求；

⑤在工频与变频相互转换的应用中，应注意电气与机械的互锁。

试运行正常以后，按照系统的设计要求进行功能单元操作或控制端子操作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7. 日常检查和定期检查

日常检查和定期检查主要目的是尽早发现异常现象，清除尘埃、紧固检查、排除事故隐患等。在通用变频器运行过程中，可以从设备外部目视检查运行状况有无异常，通过键盘、面板转换键查阅变频器的运行参数，如输出电压、输出电流、输出转矩、电动机转速等，掌握变频器日常运行值的范围，以便及时发现变频器及电机问题。

1）日常检查

日常检查包括不停止变频器运行或不拆卸其盖板进行通电和起动试验，通过目测变频器的运行状况，确认有无异常情况，通常检查以下内容。

①键盘面板显示是否正常，有无缺少字符。仪表指示是否正确、是否有振动、振荡等现象。

②冷却风扇部分是否运转正常，是否有异常声音等。

③变频器及引出电缆是否有过热、变色、变形、异味、噪声、振动等异常情况。

④变频器周围环境是否负载标准规范，温度与湿度是否正常。

⑤变频器的散热器温度是否正常。

⑥变频器控制系统是否有集聚尘埃的情况。

⑦变频器控制系统的各连接线及外围电气元器件是否有松动等异常现象。

⑧检查变频器的进线电源是否异常，电源开关是否有电火花、断相、引线压接螺栓松动等，电压是否正常。

⑨检查电动机是否有过热、异味、噪声、振动等异常情况。

2）定期检查

定期检查时要切断电源，停止变频器运行并卸下变频器的外盖。主要检查不停止运转而无法检查的地方或日常难以发现问题的地方，以及电气特性的检查、调整等，都属于定期检查的范围。检查周期根据系统的重要性、使用环境及设备的统一检修计划等综合情况来决定，通常为6～12个月。

开始检查时应注意，变频器断电后，主电路滤波电容器上仍有较高的充电电压，放电需要一定时间，一般为5～10min，必须等待充电指示灯熄灭，并用电压表测试确认充电电压低于DC25V以下后才能开始作业。主要的检查项目如下：

①周围环境是否符合规范。

②用万用表测量主电路、控制电路电压是否正常。

③显示面板是否清楚，有无缺少字符。

④框架结构有无松动，导体、导线有无破损。

⑤检查滤波电容器有无漏液，电容量是否降低。高性能的变频器带有自动指示滤波电容容量的功能，由面板可显示出电容量，并且给出出厂时该电容的容量初始值，并显示容量降低率，推算出电容器的寿命。普及型通用变频器则需要用电容量测试仪测量电容量，测出的电容量应大于初始电容量的85%，否则应予以更换。

⑥电阻、电抗、继电器、接触器的检查，主要看有无断线。

⑦印制电路板检查应注意连接有无松动、电容器有无漏液、板上线条有无锈蚀、断裂等。

⑧冷却风扇和通风道检查。

8. 保养

通用变频器在长期运行中，由于温度、湿度、灰尘、振动等使用环境的影响，内部零部件会发生变化或老化。为了确保变频器的正常运行，必须进行维护保养。通用变频器维护保养项目与定期检查按有关标准规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 13 章　电动机软起动器

13.1　概述

1. 用途

交流异步电动机因为结构简单、体积小、重量轻、价格便宜、维护方便等特点，在生产和生活中得到了广泛地应用，成为当今传动工程中最常用的动力来源。但是，由于其起动特性，如果这些电动机连接电源系统直接起动，将会产生过大的起动电流，该电流通常达电动机额定电流的 4 ~ 7 倍，甚至更高。为了满足电动机自身起动条件、负载传动机械的工艺要求、保护其他用电设备正常工作的需要，应当在电动机起动过程中采取必要的措施控制其起动过程，降低起动电流冲击和转矩冲击。

为了降低起动电流，必须使用起动辅助装置。传统的起动辅助装置有定子串电抗器起动装置、转子串电阻起动（针对绕线电动机）装置、星-三角起动器、自耦变压器起动器等。但传统的起动辅助装置，要么起动电流和机械冲击仍过大，要么体积庞大笨重。随着电力电子技术和微机技术、现代控制技术的发展，出现了一些新型的起动装置，如变频调速器和晶闸管电动机软起动器。

由于变频调速器结构复杂和价格高等因素，决定了其主要用于电动机调速领域，一般不单纯用于电动机起动控制。

晶闸管电动机软起动器也被成称为固态电子式软起动器，它是一种集电动机软起动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电动机控制装置，它不仅有效地解决了电动机起动过程中电流冲击和转矩冲击问题，还可以根据应用条件的不同设置其工作状态，有很强的灵活性和适应性。晶闸管电动机软起动器通常都由微型计算机作为其控制核心，因此可以方便地满足电力拖动的要求，所以电动机的软起动器正得到越来越广泛地应用。

2. 特点

晶闸管软起动器可以根据不同的应用情况设置初始转矩、起动时间、停机时间和各种保护值等。平滑的起动特性和维护量小等特点使其具有传统起动方法无法比拟的优越性。

在软起动器中三相交流电源与被控电动机之间串有三相反并联晶闸管及其电子控制电路。起动时，使晶闸管的导通角从 0°开始逐渐增大，电动机的端电压便按照预先设置的控制方式从零电压开始逐渐上升，直至达到电源电压。所以，软起动器实际上是个调压器，输出只改变电压，并没有改变频率。这一点与变频器有所不同。

（1）软起动器的优点

1）由于采用的晶闸管是无触点的电子器件，所以软起动器比传统的起动装置体积小、结构紧凑、安装使用简单、免维护、安全可靠、寿命长。

2）计算机数字控制，功能齐全，具有良好的人机界面、菜单丰富、显示直观。便于实现自动控制、远程组网控制。

3）无电流冲击，对机械负载的转矩冲击小。

4）能实现软停车，可消除骤然停机对某些设备的冲击与损坏，保证设备安全运行，可提高

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电动机和相关机械设备的使用寿命。

5）负载适应性强，调试方便，可根据负载变化，方便、自由地调整所有起动参数，从而使得各种负载达到最佳的起动效果。

（2）软起动器的缺点

1）起动过程中谐波含量较多。

2）抗干扰能力略差。由于控制部分是电子电路，抗干扰能力比星-三角起动器等差，但现代软起动器均采用计算机数字化控制，抗干扰能力足够满足工业现场要求。

3）高压领域产品价格较贵。

3. 额定值

1）额定电压：交流电动机软起动器的额定电压应依照国家标准的规定。

2）220～1000（1140）V的交流电力系统（三相三线或三相四线）及电气设备的标称电压或额定电压为220/380V、380/660V、1000（1140）V。

（注：1140V仅限于井下；斜线以上为相电压，斜线以下为线电压；无斜线为三相系统线电压。）

3）3000V及以上的交流三相系统的标称电压为3kV、6kV、10kV、（20kV）、35kV。

（注：括号中的数值为用户有要求时使用。）

4）额定频率：交流电动机软起动器的额定频率为50Hz（60Hz）。

5）额定电流：软起动装置的额定电流 I_N 是指装置在输出额定电压状态下的正常工作电流，并应考虑电动机极对数、额定频率、额定工作制、使用类别、过载特性及防护等级。

交流电动机软起动器的额定电流见表13-1。

表13-1　电气设备额定电流　　（单位：A）

—	—	16	20	25	31.5	40	50	63	80
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
1000	1250	1600	—	—	—	—	—	—	—

6）额定绝缘电压

软起动装置额定绝缘电压，由表13-2给出。

表13-2　软起动装置额定绝缘电压　　（单位：V）

额定电压 U_N	额定绝缘电压 U	额定电压 U_N	额定绝缘电压 U
$U_N \leqslant 230$	500	$660 < U_N \leqslant 1140$	1200
$230 < U_N \leqslant 660$	660		

4. 工作原理

由电机学可知，异步电动机的定子电流与定子端电压成正比，因此减小端电压可以相应地减小定子电流。

交流调压调速是一种比较简单的调速方法，在异步电动机定子回路中串入电抗器或在定子侧加调压变压器，可以实现调压调速。电力电子技术的发展，使我们能应用工作在“交流开关”状态的晶闸管来实现交流调压调速。

晶闸管软起动器正是应用了交流调压调速的原理，它的主电路结构形式同晶闸管三相交流调压电路完全一致，它利用晶闸管的可控导通特性，通过控制晶闸管的触发延迟角 α 来改变实际施

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

加在电动机定子上的电压有效值，从而减小电动机起动电流。这就是晶闸管电动机软起动器之所以能够减小电动机起动电流，从而实现软起动的最基本的原理。

晶闸管软起动器不同于一般交流调压调速装置之处，在于晶闸管软起动器通常只在起动和停车过程中起作用，正常工作时处于全压状态或者浅调速状态（节能运行时），因此可以说晶闸管软起动器就是交流晶闸管调压调速系统的一种特例。

5. 基本组成

最基本的电动机软起动器的基本组成如图 13-1 所示，该软起动器系统由三相晶闸管交流调压电路、电源同步检测环节、触发角控制和调节环节、触发脉冲形成和隔离放大环节、反馈量检测环节组成。在此基础上，为了丰富软起动器的操控功能还需要附加外接信号输入和输出电路、显示和操作环节、通信环节等。

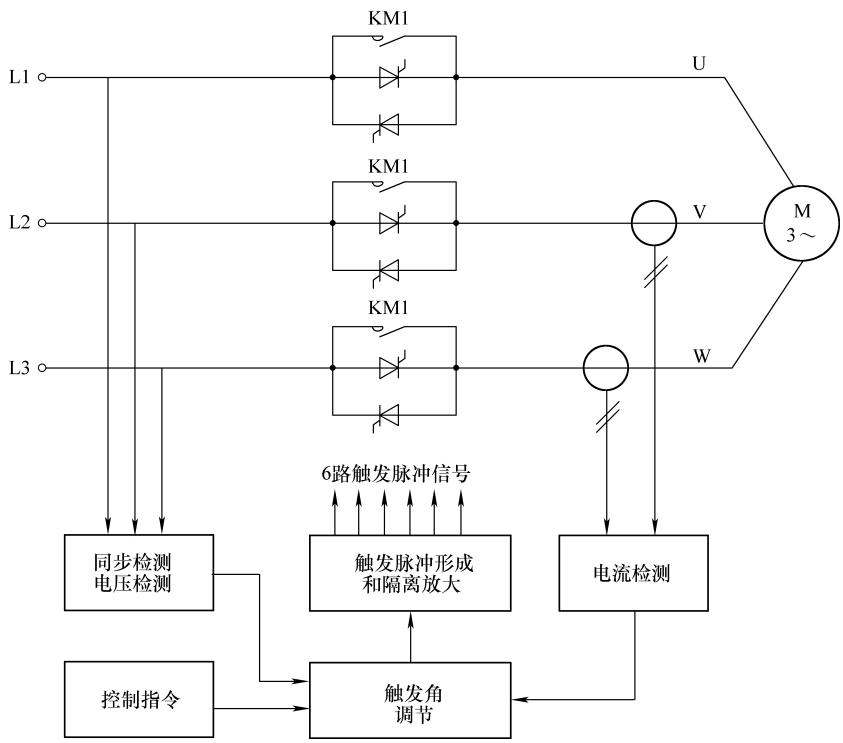


图 13-1　软起动器的系统组成

晶闸管交流调压电路在软起动器中作为执行机构，通过控制晶闸管的导通角大小起到最终调节输出到异步电动机定子上的电压和电流的作用。

同步检测环节是晶闸管交流调压电路的基本环节。晶闸管必须在承受正向电压的同时给门极施加触发信号才可以被触发导通，因此电路中每只晶闸管的触发相位必须以其刚刚承受正向电压时的相位点（即电源电压过零点）作为参照，这就必须对供电电源电压过零点进行检测，称为同步检测，并由此确定触发信号发出的时刻（该时刻决定触发延迟角的大小）和电路中 6 只晶闸管的触发顺序。

触发延迟角控制和调节环节是软起动器的核心环节，来自电源同步检测环节的同步信号和来自反馈量检测环节的信号都被送入触发延迟角控制和调节环节，通过控制环节对信号进行处理和计算，最后输出晶闸管的触发控制和调节信号。目前，软起动器的控制和调节环节通常由微机及

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其外围电路构成，软起动器的各种起动方式正是由微机内不同的程序算法来控制完成的。同时，各种外围功能，如外接信号输入和输出电路、显示和操作环节、通信环节等，通常也都由计算机来进行控制处理。

触发脉冲形成和隔离放大环节根据从计算机接收到的触发控制信号，通过脉冲形成、整形、隔离、功放后施加于三相反并联晶闸管的门极，控制晶闸管的导通。

6. 反馈量检测环节的类型及作用

根据各软起动器的功能不同，软起动器需要采集多种物理量，软起动器对于这些物理量的采集主要用于实现起动算法和各种保护。

（1）电流检测环节

电流检测环节包括电流传感器和信号变换电路。电流检测环节用于采集软起动器输出电流，参与实现电流闭环调节，同时提供给保护模块，完成诸如过电流、断相、过载、堵转等保护。

（2）电压检测环节

电压检测环节通常用来采集软起动器输入电压，并提供给保护模块，完成诸如过电压、欠电压、断相等保护。也有的采样软起动器输出电压，并提供给控制环节，完成输出电压的闭环调节等作用。

（3）其他检测环节

由于各种软起动器功能的不同，可能还具有其他检测环节，如功率因数检测环节、电动机转速检测环节等分别完成在节能控制中构成功率因数闭环调节和在转速闭环起动方式中构成转速闭环控制的作用。

7. 保护的类型及作用

在软起动器电路中，电感性负载的开断，晶闸管变流器件的换相，以及快速熔断器的熔断，都会在软起动器回路中产生过电压。同时，由于过载、短路、晶闸管正向误导通和反向击穿，都会在软起动器回路中产生过电流。由于外界存在不可抗因素和非正常工作条件，自然环境的影响（如雷电），负载的突然变化，电源系统的故障，线路的老化、人为的操作错误等，都容易造成软起动系统的故障。此外，电流流过晶闸管时总会产生热效应，如果散热、通风不好，会造成器件温度过高。

而作为软起动器的核心器件的晶闸管本身不同于其他低压电器，其承受过电压、过电流的能力很差，因此保护电路和保护措施是重要的和不可缺少的。

通常软起动系统由软起动装置、外围电路、电动机负载构成，因此软起动系统保护的对象也即软起动装置、外围电路、电动机负载。对软起动系统进行保护的目的是保证晶闸管器件、软起动器设备、电路安全可靠运行，在各种非正常工作状态下不致损坏或引起安全事故。

在电动机软起动器中，常用的保护方法有电器保护、电子保护。由于现代软起动器多以计算机作为控制核心，因此软起动器还具备了计算机综合保护的能力。

（1）电器保护

电器保护是指用快速熔断器、过电流继电器、过载继电器、快速断路器等电器来对软起动系统进行诸如短路、过电流、过载、断相等保护。通常，在电力电子电路中对一种故障同时采取几种保护措施，以提高保护的可靠性和合理性。

（2）电子保护

电子保护是指通过电子电路来实现对软起动系统的保护。通常电子保护由采样、判断、保护动作这三个保护环节组成。

按采样方式分，电子保护可分为直接检测电子保护和间接检测电子保护两种类型。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）直接检测电子保护：以过电流保护为例。直接检测电子保护是通过直接检测器件输出电流，判断过电流故障，并完成保护。电流检测可根据输出电流大小，采用电阻检测和电流传感器检测两种方法。

采用电阻检测无延时，辅助电路简单、成本低，但检测电路与主电路不隔离，适用于小功率器件。采用电流互感器检测，需选用响应速度满足要求的传感器，成本高，但检测电路与主电路隔离，适用于大功率器件。

2）间接检测电子保护：以过电流保护为例。间接检测电子保护是器件输出电流不直接检测，而是通过导通情况下检测输入、输出电压或其他参数，再间接计算出电流，判断过电流故障并完成保护。

按保护动作来分，电子保护可分为切断式保护和限流式保护两种类型。

1）切断式保护：当开关器件输出电流超出设定值，保护电路动作，使器件控制电路关闭，器件输出被切断。输出切断后不能恢复，必须改变保持器件的状态，即重起动才能恢复输出。

2）限流式保护：当开关器件输出电流超过一定限值，保护电路动作后，并不关闭器件控制电路，而是控制输出脉冲，使输出电压下降，维持输出电流在限定范围内。

13.2 电动机软起动器技术数据

13.2.1 STR 系列数字式交流电动机软起动器技术数据（见表 13-3 和表 13-4）

1）起动方式：根据负载特点选择不同的起动方式及参数设置，可最大程度地使电动机实现最佳的起动效果。

表 13-3 STR 系列数字式交流电动机软起动器技术数据

名称	STR 系列 A 型	STR 系列 B 型	STR 系列 G 型	STR 系列 L 型
结构	壁挂式	壁挂式	立柜式	壁挂式
冷却方式	自然冷却	强迫风冷	强迫风冷	75kW 以下—自然冷却 90kW 以上—强迫风冷
内部配置	内置旁路接触器	预留有旁路接触器接口	配有进线断路器 配有旁路接触器	旁路接触器需外接
功率范围	7.5～75kW	7.5～500kW	7.5～500kW	7.5～320kW
主电路接线端子	R、S、T—接三相交流电源 U、V、W—接三相电动机	R、S、T—接三相交流电源 U、V、W—接三相电动机 U_1、V_1、W_1—旁路接触器接口	L_1、L_2、L_3—接三相交流电源 U、V、W—接三相电动机	R、S、T—接三相交流电源 U、V、W—接三相电动机 注：旁路接触器跨接在 R、S、T 和 U、V、W 之间
控制电路接线端子	RUN 起动端子：RUN 和 COM 短接即可外控起动 STOP 停止端子：STOP 和 COM 短接即可外控停止 JOG 点动端子：JOG 和 COM 短接即可实现点动 COM 公共端			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名称	STR 系列 A 型	STR 系列 B 型	STR 系列 G 型	STR 系列 L 型
控制电路接线端子	RESET 故障复位端子：RESET 和 COM 短接即实现故障复位			RET 故障复位：RET 和 COM 短接即实现故障复位
	+12V　内部电源端子：内部输出电源，DC12V/100mA OC　起动完成端子：起动完成后 OC 门导通（DC30V/100mA）			
	K14　常开 K11　常闭　故障输出端子：故障时　K14-K12 闭合，K11-K12 断开 K12　公共　触头容量　AC250V/10A　DC30V/10A			
	K24　常开 K21　常闭　旁路接触器控制端子　起动完成后　K24-K22 闭合，K21-K22 断开 K22　公共　触头容量　AC250V/10A　DC30V/10A			K24　常开 K22　公共　旁路接触器控制端子
	I_0　运行电流输出信号端： COM1 运行电流输出地端：　0～2I_N 对应于 4～20mA（选件）			
操作键盘	控制软起动器起停 设置软起动器起停及运行参数 显示各种参数：运行、保护、故障代码值			
保护功能	起动过程及运行均有过电流、过载、断相、过热等保护，不用另加电动机保护元件			起动过程有过电流、断相、起动时间超限等保护，运行后由外加热继元件保护
应用	可直接使用或成套后使用（适用于配套商或直接用户）	需成套后使用（适用于配套商）	直接接线使用（适用于直接用户）	需成套后使用（适用于配套商）

表 13-4　STR 系列数字式交流电动机软起动器功能及代码

可编程代码	功　能	说明及数据	出厂设定值
P1----	斜坡初始电压设定	0～380V	40
P2----	斜坡上升时间设定	0～200s	30
P3----	起动电流限幅值设定	显示值为电动机额定电流百分比（20～400）	300
P4----	软停车时间设定	1～100s	1
P5----	运行过电流值设定	显示值为电动机额定电流百分比（20～400）	200
P6----	起动过电流值设定	显示值为电动机额定电流百分比（400～600）	400

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

可编程代码	功　　能	说明及数据	出厂设定值
P7----	软起动器额定电流标称值	此项只可查看，不可修改	软起动器额定电流标称值
P8----	电动机额定电流设定	10A～软起动器额定电流标称值	软起动器额定电流标称值
P9----	SCR 触发方式设定	①旁路后关闭 SCR 触发；②旁路不关闭 SCR 触发	2
PA----	电流值校准设定	5～2500A	出厂校准值
Pb----	操作方式设定	①键盘操作方式；②外控端子操作方式；③键盘及外控端子均可	1
PE----	起动模式设定	①电压斜坡起动模式；②电流限流起动模式；③点动控制模式	2
Pd----	停车模式设定	①自由停车；②软停车	1

注：代码中-表示可修改数据码的有效位。

2）高技术性能：由于采用了高性能微处理器及强大的软件支持功能，使控制电路得以简化。无需对电路参数进行调整，即可获得一致准确及快速的执行速度。

3）高可靠性：STR 软起动器所有元器件均经过严格的筛选。其主控板经过 72h 高温循环试验、振动试验，从而保证了出厂产品的高可靠性。

4）优化的结构：独特紧凑的模块化结构及上进线、下出线的连接方式，非常方便用户的集成、成套。

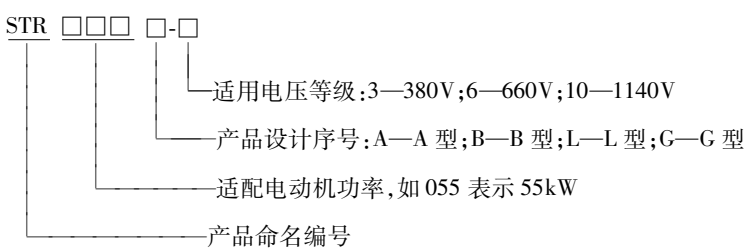
5）多重保护功能：STR 软起动器对电动机的起动和运行有多种保护功能（如过电流、过载、断相、过热等），单台控制无需另加电动机保护电路，可降低集成或成套成本。

6）键盘设置功能：便捷直观的操作显示键盘，可方便地对起动、停止参数根据不同负载进行设置修改。

7）模拟信号输出：可提供 4～20mA 模拟输出信号。

8）实际功率设置：软起动器的实际输出功率可根据负载进行设定。

型号含义



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13.2.2　SM1系列电动机软起动器技术数据（见表13-5）

SM1软起动器是采用电力电子技术、控制技术和微处理器技术而研制生产的节能产品，可广泛应用于石油、冶金、化工、建筑、建材、矿山、环保、消防等工业领域的笼型三相交流异步电动机，可与泵类、风机、压缩机、制冷设备、纺织机、滚轧机、粉碎机、搅拌机、传送带等机电装置配套使用，是传统笼型三相交流异步电动机起动装置理想的更新换代产品。

表13-5　SM1系列电动机软起动器技术数据

型号	额定电流/A	适配电机/kW	外形尺寸（长×宽×厚）/mm	安装尺寸（长×宽）/mm	备注	型号	额定电流/A	适配电机/kW	外形尺寸（长×宽×厚）/mm	安装尺寸（长×宽）/mm	备注
SM1-45	45	22	253×350×157	230×290	晶闸管为模块结构	SM1-320	320	160	490×430×292	465×355	晶闸管为平板型结构
SM1-60	60	30				SM1-370	370	185			
SM1-75	75	37				SM1-400	400	200			
SM1-90	90	45				SM1-450	450	220			
SM1-110	110	55				SM1-500	500	250	590×505×332	565×430	
SM1-150	150	75				SM1-560	560	280			
SM1-180	180	90	262×440×182	235×380		SM1-630	630	315			
SM1-220	220	110									
SM1-260	260	132									

13.2.3　WITR系列电动机软起动器技术数据（见表13-6）

WITR系列电动机软起动器适用于交流50Hz、电压380V、功率355kW及以下的笼型三相异步电动机，作为频繁起动、限流起动、运行及过载、短路、断相保护和手动软停止用，也可与PLC及计算机控制系统组合实现计算机远程控制及网络控制。

表13-6　WITR系列电动机软起动器技术数据

型号	电动机功率/kW	电动机额定电流/A	额定电压/V	软起动器电流/A	过载倍数	型号	电动机功率/kW	电动机额定电流/A	额定电压/V	软起动器电流/A	过载倍数
WITR××5.5	5.5	12.6	380	15	1.15	WITR××110	110	206	380	245	1.15
WITR××7.5	7.5	16.7		20		WITR××132	132	247		296	
WITR××15	15	31		37		WITR××160	160	298		355	
WITR××22	22	43.7		55		WITR××185	185	344		412	
WITR××30	30	58.6		70		WITR××200	200	372		446	
WITR××37	37	70.2		84		WITR××220	220	404		485	
WITR××45	45	86.2		103		WITR××250	250	458		550	
WITR××55	55	104.2		125		WITR××280	280	513		615	
WITR××75	75	140.8		169		WITR××315	315	564		677	
WITR××90	90	166.8		200		WITR××355	355	634		760	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13.2.4 3RW34 系列电动机软起动器技术数据（见表 13-7 和表 13-8）

表 13-7 3RW34 系列电动机软起动器技术数据（一）

	额定工作电压 U_e/V	额定工作电流 I_e/A	电动机额定功率 P_e/kW			型号		额定工作电压 U_e/V	额定工作电流 I_e/A	电动机额定功率 P_e/kW			型号
			230V	400V	500V					230V	400V	500V	
标准电路	200～400	57	15	22		54-0DC□4	内三角电路	200～400	110	22	45		54-0DC□4
		70	18.5	37		55-0DC□4			110	30	55		54-0DC□4
		110	22	45		57-0DC□4			135	37	75		55-0DC□4
		110	30	55		57-0DC□4			205	55	110		57-0DC□4
		135	37	75		58-0DC□4			235	75	132		58-0DC□4
		162	45	90		65-0DC□4			285	90	160		85-0DC□4
		195	55	110		66-0DC□4			352	110	200		66-0DC□4
		235	75	132		67-0DC□4			450	132	250		67-0DC□4
		352	90	160		72-0DC□4			608	160	335		72-0DC□4
		352	110	200		72-0DC□4			865		400		83-0DC□4
		500	160	250		83-0DC□4			865	250	500		83-0DC□4
		700		315		84-0DC□4			1216	315	560		84-0DC□4
		700		355		84-0DC□4			1216	375	630		84-0DC□4
		700		400		84-0DC□4			1216	400	710		84-0DC□4
		1050	315	560		86-0DC□4			1720	450	850		86-0DC□4
		1050	355	630		86-0DC□4			1720	530	1000		86-0DC□4
	230～575	70			37	54-0DC□5		230～575	110			55	54-0DC□5
		110			45	55-0DC□5			110			75	54-0DC□5
		135			55	57-0DC□5			135			90	55-0DC□5
		135			75	57-0DC□5			205			132	57-0DC□5
		162			90	58-0DC□5			235			160	58-0DC□5
		162			110	65-0DC□5			285			200	65-0DC□5
		195			132	66-0DC□5			450			250	67-0DC□5
		235			160	67-0DC□5			450			355	67-0DC□5
		352			220	72-0DC□5			608			400	72-0DC□5
		500			250	83-0DC□5			865			500	83-0DC□5
		500			355	83-0DC□5			865			630	83-0DC□5
		700			400	84-0DC□5			1216			670	84-0DC□5
		700			450	84-0DC□5			1216			750	84-0DC□5
		700			500	84-0DC□5			1216			850	84-0DC□5
		1050			670	86-0DC□5			1720			1000	86-0DC□5
		1050			750	86-0DC□5			1720			1200	86-0DC□5

注：环境温度为 40℃。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 13-8　3RW34 系列电动机软起动器技术数据（二）

控制单元			功　能	
额定控制电源电压/V		DC24，AC230(1^{+10}_{-15}%)	参数设置数量	1 组
额定频率/Hz		45 ~ 66	起始电压	30% ~ 80%
功率单元			起动时间	0.5 ~ 60s
额定工作电流 I_e/A	≤40℃	50 ~ 1050	限流	—
	≤50℃	57 ~ 960	限压	—
控制单元			软停止	✓
功率损耗/W		120 ~ 2550	泵停止	—
起动电流/最大起动时间/(%I_e/s)		300%I_e/10s	节能运行	—
允许环境温度/℃		−25 ~ +60℃	通信	AS-i 可选模块
工作电压范围/V		200(1 −15%) ~575(1 +10%)	过载能力	$3I_e$/10s
额定频率/Hz		45 ~ 66		

3RW34 系列电动机软起动器可用于标准电路和内三角电路。内三角电路接法与Y-△起动器的三角形联结很类似，软起动器的相线与电动机绕组串联，然后再接成△联结。这样软起动器只需要承担大约 57% 的线电流，如图 13-2 所示。3RW34 系列电动机软起动器用于对软起动器功能要求不高的驱动场合。该软起动器适用的功率范围在 1000kW 以下（400V）。

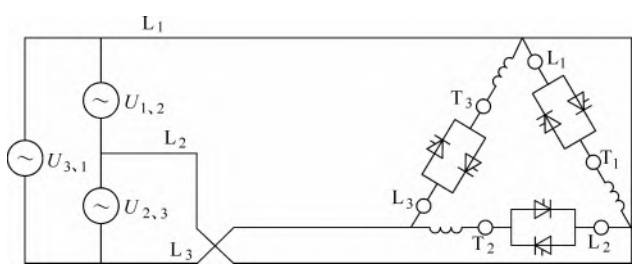


图 13-2　内三角电路接法的 3RW34 软起动器

13.2.5　JUGRQ 系列高压软起动器（见表 13-9 和表 13-10）

JUGRQ 系列为普通防护型高压软起动器，适用于化工、冶金、矿业等无爆炸性气体环境，其使用移相电抗器作为主要功率元件，实现对电动机平滑起动的同时，对电网无谐波干扰。

表 13-9　JUGRQ 型高压软起动器基本规格

型号	额定电压/kV	额定电流/A	输出功率/kW	外形尺寸($L\times W\times H$)/mm	型号	额定电压/kV	额定电流/A	输出功率/kW	外形尺寸($L\times W\times H$)/mm
JUGRQ-2.3-60	2.3	60	160	1000×2300×1500	JUGRQ-2.3-400	2.3	400	1200	1200×2300×1500
JUGRQ-2.3-110	2.3	110	315		JUGRQ-2.3-600	2.3	600	1800	
JUGRQ-2.3-200	2.3	200	590		JUGRQ-3.3-60	3.3	60	250	1000×2300×1500
JUGRQ-2.3-320	2.3	320	960		JUGRQ-3.3-110	3.3	110	460	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	额定电压/kV	额定电流/A	输出功率/kW	外形尺寸（$L\times W\times H$）/mm	型号	额定电压/kV	额定电流/A	输出功率/kW	外形尺寸（$L\times W\times H$）/mm
JUGRQ-3. 3-200	3. 3	200	860	1000×2300×1500	JUGRQ-6. 0-400	6. 0	400	3500	1200×2300×1500
JUGRQ-3. 3-320	3. 3	320	1350		JUGRQ-6. 0-600	6. 0	600	5250	
JUGRQ-3. 3-400	3. 3	400	1750	1200×2300×1500	JUGRQ-10-60	10	60	880	1100×2300×1500
JUGRQ-3. 3-600	3. 3	600	2550		JUGRQ-10-110	10	110	1600	
JUGRQ-6. 0-60	6. 0	60	530	1000×2300×1500	JUGRQ-10-200	10	200	2900	
JUGRQ-6. 0-110	6. 0	110	970		JUGRQ-10-320	10	320	4700	
JUGRQ-6. 0-200	6. 0	200	1760		JUGRQ-10-400	10	400	5880	1300×2300×1500
JUGRQ-6. 0-320	6. 0	320	2800		JUGRQ-10-600	10	600	8800	

表 13-10　JUGRQ 型高压软起动器技术指标

项目名称	性　能　指　标
功率范围	200～10000kW
额定电压	2. 3kV、3. 3kV、6kV、6. 6kV、10kV
过载能力	500%　30sec、150% 连续
可调电流倍数	1～6 倍
起动控制	电流闭环、电压斜坡（4 条曲线）、脉冲突跳起动、泵控起动
停机方式	直接停车、软停车
保护	过电压、欠电压、过电流、短路、电流不平衡、电压断相、漏电保护、起动间隔时间、参数非法修改
操作方式	遥控、远地、就地
软起时间	1～60s
旁路方式	内置
防护等级	IP42
总线功能	RS485（Modbus）可选
控制电源	内置（AC220V）、外接（AC110V、AC220V、DC110V、DC220V）
应急方式	直接起动

13. 2. 6　SJR1 系列电动机软起动器技术数据（见表 13-11 和表 13-12）

表 13-11　SJR1 系列电动机软起动器基本规格

电动机		起　动　器				电动机		起　动　器			
电动机功率/kW		出厂设置电流/A	额定电流（起动器电流极限）/A	起动器型号	重量/kg	电动机功率/kW		出厂设置电流/A	额定电流（起动器电流极限）/A	起动器型号	重量/kg
400V	500V					400V	500V				
5. 5	7. 5	11	12	SJR1-5. 5	5. 5	11	11	21	22	SJR1-11	5. 5
7. 5	9	15. 2	17	SJR1-7. 5	5. 5	15	17	28	32	SJR1-15	5. 5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电动机		起　动　器				电动机		起　动　器			
电动机功率/kW		出厂设置电流/A	额定电流（起动器电流极限）/A	起动器型号	重量/kg	电动机功率/kW		出厂设置电流/A	额定电流（起动器电流极限）/A	起动器型号	重量/kg
400V	500V					400V	500V				
17	22	34	38	SJR1-17	7.5	110	160	190	210	SJR1-115	33
22	30	42	47	SJR1-22	7.5	132	200	236	250	SJR1-132	33
30	37	54	63	SJR1-30	10	160	250	290	320	SJR1-160	33
37	45	68	75	SJR1-37	10	200	320	367	410	SJR1-200	37
45	55	80	88	SJR1-45	12	250	400	430	480	SJR1-250	37
55	90	98	110	SJR1-55	14	320、355		547	590	SJR1-320	42
75	115	128	140	SJR1-75	14	400、500	500	725	790	SJR1-400	55
90	132	160	170	SJR1-90	33	500、630	630	880	1000	SJR1-500	68

表 13-12　SJR1 系列电动机软起动器技术数据

项　　目		单位	技　术　性　能	
三相电压		V	208(1～10)%～240(1+10)% 380(1～15)%～415(1+10)% 440(1～15)%～500(1+10)%	
频率		Hz	50	
标称电流		A	10～1000 共 20 种额定值	
电动机功率		kW	5.5～500	
电动机额定铭牌电压		V	208～304 380～415 440～500	
调整电流			电动机的标称电流 I_n 可在起动器额定电流的 0.5～1.3 倍间调整 最大起动电流可在 2～7 倍的 I_n 间调整，限制为 5 倍的起动器电流极限	
起动方式			起动电流限制为 $5I_n$ 出厂设置：转矩控制斜坡为 10s 时，对于标准负载，为 $3I_n$；控制斜坡积分为 15s 时，对于重型负载，为 $3.5I_n$	
停止方式	自由停车		2s 软停	
	软停		在 0.5～60s 间可编程调整	
	制动停车		在 0.5～0.6s 间可编程调整	
显示器和与键盘			正常运行时可显示电动机运行电流（或电流百分比），故障时显示故障内容，键盘可设定参数和设定触头功能及锁停	
输出继电器（2 个）触头类型			JR	JM
			1“常开”+1“常闭”	1“常开”+1“常闭”
出厂设置			起动继电器的输出	故障继电器的输出

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	单位	技　术　性　能
最大工作功率（AC 220V）	VA	吸合功率 1200，维持功率 120
最小切换能力		100mA、24V
额定工作电流	A	0.5 等级 AC-14，AC-15（240V）和 DC-13（48V）
额定发热电流	A	5
最高工作电压	V	AC 400
机械寿命		5 亿次操作
保护 主电源保护		对电动机和起动器装置进行综合保护 断相保护和相位不平衡保护，由输出继电器输出信号
选择起动器件		可以根据电动机的标称功率和负载选择 SJR1 装置 起动器的功率可用于标准负载或实际负载

13.2.7　CR1 系列电动机软起动器技术数据（见表 13-13）

表 13-13　CR1 系列电动机软起动器技术数据

型号	框架代号	软起动器额定电流 I_N/A	被控制电动机额定功率① P_N/kW	额定工作电压 U_N	额定冲击耐受电压 U_{imp}	额定绝缘电压 U_i	额定控制电源电压 U_s	极数
CR1-30	63	30	15	50Hz 400V	8kV	690V	50Hz 230V、400V	三极
CR1-40		40	18.5					
CR1-50		50	22					
CR1-63		63	30					
CR1-75	125	75	37					
CR1-100		100	45					
CR1-125		125	55					
CR1-160	225	160	75					
CR1-200		200	90					
CR1-225		225	110					
CR1-250	315	250	132					
CR1-315		315	160					

① 被控制电动机指四极电动机。

13.3　电动机软起动器的选择、使用与维护

1. 适用的场合

根据软起动器的特性，它可以适用于以下这些场合：

1）要求降低电动机起动电流的场合。

2）要求较小配电容量或电动机起动时供电线路维持一定电压的场合。

3）要求避免出现电动机起动时产生过大力矩冲击的场合。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）不允许电动机自由停车的场合，如高层建筑等水泵系统。

5）要求控制起停加速时间的场合。

6）负载经常变化，需要方便地调节起动特性的场合。

7）对起动、制动、工作均有一定要求的场合。

8）需要频繁起停的场合。

2. 结构类型的选择

软起动器的结构类型有很多种，如无内置旁路接触器的柜内安装型、内置旁路接触器的柜内安装型、墙挂型、柜型、防爆型、户外型等，使用时应按实际需要进行选择。

由于晶闸管是一种半导体器件，工作时会发热，因此选择外接旁路接触器或选用具有内置旁路接触器的软起动器，可以避免晶闸管发热，提高软起动器的寿命和运行效率。目前，内置旁路接触器的软起动器，一般为小容量产品。该类产品的特点是可以非常方便地安装接线，并可在一个柜体内安装多个电动机软起动回路，节省器件安装空间和设备占地面积。

墙挂型通常具有较高的防护等级，可以允许直接安装在电气控制盘、柜外部。

柜型是指将柜内安装型的软起动器和相应的外围电器按照一定的电路方案完整地安装好的电动机电气控制屏和柜。

3. 带载能力的选择

软起动器的带载能力主要指过载能力。由于工作制的不同，软起动器实际带载情况也不同。例如，在起动过程中一般将承受2～4倍的额定电流，时间通常在60s以内，因此对于长期工作制来说，软起动器在起动过程中实际属于短时过载工作；而对于重复短时工作制来说，软起动器在起动过程中实际属于长时过载工作。由于电力半导体器件（晶闸管）的热容量很小，因此软起动器的过载能力主要决定于电力半导体器件的过载能力和软起动器的散热能力。

因此，在选择软起动器时，应查阅其相关说明，明确其产品所适用的额定工作制和适用的相关标准，以此来确定其产品实际带载能力。

注意：一般来说，晶闸管容量越大、散热器尺寸越大、散热风机越大，则相应软起动器的带载能力越强，当然，相应设备的体积、成本也越高。对于电力电子设备，同等容量下，决不是体积越小越好，这一点是应当引起高度注意的。

4. 容量的选择

软起动器容量的选择原则上应大于所拖动电动机的容量。

软起动器的额定容量通常有两种标称：一种按对应的电动机功率标称；另一种按软起动器的最大允许工作电流标称。

选择软起动器的容量时应注意以下两点：

1）以所带电动机的额定功率标称，则不同电压等级的产品其额定电流不同。例如，75kW软起动器，其电压等级若为AC 380V，则其额定电流为160A；其电压等级若为AC 660V，则其额定电流为100A。

2）以软起动器最大允许工作电流来标称，则不同电压等级的产品其额定容量不同。例如，160A软起动器，电压等级若为AC 380V，则其额定容量为75kVA；电压等级若为AC 660V，则其额定容量为132kVA。

软起动器容量的选择还应综合考虑，如软起动器的带载能力、工作制、环境条件、冷却条件等。

额定电流与被控电动机功率对应关系见表13-14。

这里需要说明的是，作为一个通用原则，电动机全电压堵转转矩比负载起动转矩高得越多，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

越便于对起动过程的控制；但单纯提高软起动器的容量而不加大电动机容量是不能够提高电动机的起动转矩的。

表 13-14 额定电流与被控电动机功率对应关系

额定电流 I_N/A	电动机额定功率 P_N/kW					额定电流 I_N/A	电动机额定功率 P_N/kW				
	220～230V	380～400/450V	500V	660V	1140V		220～230V	380～400/450V	500V	660V	1140V
30	7.5	15	22	—	—	200	55	110	132	185	315
50	11	22	30	—	—	250	75	132	185	220	400
60	17	30	45	55	—	400	100	185	220	315	—
100	22	45	55	75	132	500	110	220	280	380	—
125	30	55	75	90	160	630	160	315	400	500	—
160	37	75	110	132	250						

注：本表所列电动机是四极电动机。

必须加大软起动器容量的情况主要有以下几种：

1）在线全压运行的软起动器或使用了节能控制方式的软起动器经常处于重载状态下运行。

2）电动机用于连续变动负载或断续负载，且周期较短。电动机有可能短时间过载运行时。

3）电动机用于重复短时工作制，且周期小于厂家规定的起动时间间隔，则在起动期间可能引起软起动器过载时。

4）有些负载过于沉重，或者电网容量太小，起动时，电动机起动时间太长，使软起动器过载跳闸。

5）对加速时间有特殊要求的负载，电动机加速时间的长短是一个与惯性大小有关的相对概念。某些负载要求较短的加速时间，电动机的加速电流将比较大。

6）过渡过程有较大冲击电流的负载，可能导致过电流保护动作时。

5. 控制方式的选择

软起动器控制方式的选择，一般应按照以下三个原则来考虑：

1）按负载类型（转矩与转速的关系）选择控制方式：选择软起动器的控制方式应首先考虑负载类型。要做到控制特性和负载特性匹配，这是最基本的要求。

例如，对平方转矩类（风机、泵类）负载，由于通常惯性较大，且起动转矩随转速的提高而提高，起动之初不需要多大转矩，因此利用软起动装置起动这类设备，优先采用转矩控制方式。对恒转矩类负载，宜选用电流限幅方式起动，这样起动速度较快，电动机也较少发热。同样，对于恒功率负载也宜选用电流限幅方式起动。

2）按负载设备工艺要求选择控制方式：软起动器控制方式的选择还应适合不同工业设备的工艺要求，这样才能使软起动器的性能得到更好地发挥；相反若选择不正确，反而带来一系列不良的后果。

例如，软停车功能适用于要求平滑停车的场合。如水泵，若自由停车时会产生“水锤效应”，使用软停车功能则可以很好地抑制水锤。但是在一般场合使用软停车功能除了没有必要

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

外，还会浪费电能。又如，转速闭环控制功能适用于对起停车速度有较高控制要求的场合，由于需要使用和安装转速传感器，因此一般场合应用只会带来成本的提高和施工作业的麻烦。

3）按负载工作情况选择控制方式：有的控制功能还需要考虑负载工作情况。例如，轻载节能功能就不能随意使用。软起动器只有在变转矩负载（如风机、水泵等）且低负载率运行的条件下才有较好的节电效果，不能不分对象地使用。对于恒转矩负载工作于较高负载率情况下，不仅无轻载节能效果，还增加了功耗、转子发热、寿命降低，同时对电网产生持续的谐波干扰。

6. 安装

1）墙挂式安装：有些型号的软起动器本身具有防护等级较高的外壳，允许直接靠墙安装。为了保证冷却效果，软起动器应垂直安装。此外，为了防止异物掉在软起动器的出风口而阻塞风道，最好在软起动器出风口的上方加装保护网罩。

2）柜式安装：在一般的应用场合，软起动器通常装置在配电室内，并同配合使用的其他控制电器一同安装在电气控制屏或柜内，称为柜式安装。柜式安装时的注意事项如下：

①采用风冷时，应尽量在柜顶加装抽风式冷却风扇。冷却风扇的位置应尽量在软起动器的正上方。当周围环境粉尘较大时，应当在电气柜进/出风口安装防尘滤网。

②当一台控制柜内装有两台或两台以上软起动器时，应尽量并排安装。如必须采用纵向安装时，则应在上下两台软起动器间加一块隔板，以避免下面软起动器出来的热风进入到上面的软起动器内。

③为了保证良好通风，软起动器与周围阻挡物之间的距离应符合制造厂的规定，或参考如下要求：两侧大于100mm、上下大于150mm。

④控制柜内的电器元件布置密度不应过高，软起动器的下部不应放置发热功率大的电器部件。

7. 软起动器的维护

对软起动器进行维护时，一定要求专业技术人员进行操作或由专业技术人员指导下进行操作。对软起动器的维护可以将机器拆下后进行，也可以直接在配电盘上进行，但直接在配电盘上进行维护时应先断开主电源和控制电源，并锁上装设有本回路配电开关的配电箱，且在该配电箱上设置明显的警示标志，防止其他人无意间将配电开关合上，导致触电事故的发生。

1）用清洁干燥毛刷轻轻刷去设备内部的灰尘。

2）用压缩空气对印制电路板上的灰尘加以清除，对严重污垢可用酒精棉球轻轻拭去。

3）应在气候潮湿或秋季易凝露的时节经常检查设备内部是否有凝露现象。用电吹风或热风枪烘干。还可采用去湿机给配电间去湿。

4）对于凝露严重的场合，应给装设软起动器的配电柜内装设加热除湿设备。

5）装设散热风机的软起动器，应定期检查风道是否有堵塞现象和风机是否运转良好。如果风道堵塞，应及时清理风道内的堵塞物，使风道保持通畅。

6）在软起动器中，风机属于易耗品，如风机不转或明显转动缓慢，应予以更换。一般应更换相同型号的风机或使用相同尺寸、额定电压、且不小于原风机通风量的风机予以代换。

7）应定期检查控制器及屏柜内的其他元件，所有的连接是否紧固。各个元器件的安装紧固、接线端、安装件的螺钉等一般应在设备投入运转1～6个月后普遍紧固一次，以后应每隔1～2年紧固一次。对连线焊接处，经常检查有无虚焊、脱焊或被腐蚀的地方。

8）应定期检查控制器及屏柜内的主回路和控制回路导线，检查导线有无老化、炭化、龟裂、破损等问题。只要出现老化的现象，不管程度是否严重，都应及时更换导线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）若软起动器周边的使用环境发生了很大变化，应采取相应措施。例如，使用环境粉尘增大到一定程度应采取配电柜的密封和空气过滤措施；使用环境出现腐蚀性气体应采取防腐、加强绝缘措施。

10）每隔一定时期对各种电器元件的主、副触头用细砂纸清理一次。检查有无过热后留下的痕迹或器件损坏。对磨损较严重的触头和动铁心（衔铁）应进行修复或更换。

11）每隔一年应对各个保护器件或装置的动作顺序及整定值检查一次，确保正确无误。

12）对大功率多支路并联工作的软起动装置，要定期检查均流情况，均流系数应在 0.7 以上，否则应检查母线和快速熔断器的连接处是否松动以及晶闸管的特性是否变坏。

13）注意检查是否有接触不良或断线，对接触不良的电位器滑动片可采用纯净汽油或酒精进行清洗，对腐蚀磨损严重的操作电器应及时更换。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第14章　电气照明

14.1　概述

1. 基本概念

电气照明是指利用一定的装置和设备将电能转换成光能，为人们的日常生活、工作和生产提供的照明。电气照明一般由电光源、灯具、电源开关和控制线路等组成。良好的照明条件是保证安全生产、提高劳动生产率和人的视力健康的必要条件。

2. 常用物理量

（1）光

光是电磁波辐射到人的眼睛，经视觉神经转换为光线，即能被肉眼看见的那部分光谱。它仅仅是电磁辐射光谱非常小的一部份。

（2）光谱

光线依波长大小顺序之分布称为光谱。每种光源都可以依其波长组成而在光谱图上显示出其光谱能量分布图。太阳光及白炽灯泡之光谱能量分布为连续曲线，而一般放电灯为非连续曲线。

（3）光通量

光源在单位时间内发射出的光能称为光源的光通量 Φ［流明(lm)］。我们用光通量表示电光源发光的能力。如额定功率为15W的白炽灯泡的光通量为110lm，60W的白炽灯泡其光通量为630lm。

（4）照度及亮度

照度 E［勒克斯（lx)］是指单位面积上接收到的光通量，即

$$E=\frac{\Phi}{A}$$

式中，A 为被照面积（m^2）；Φ 为A面上接收到的总光通量（lm）；E 为照度（lx）。

1勒克斯（lx）相当 $1m^2$ 被照面上光通量为1流明（lm）时的照度。

亮度 L（cd/m^2）是指发光体在视线方向单位投影面上的发光强度。这里所指的发光体不是光源，由于所有受照物体都是反射光线，因此对于人眼来说均可视为间接发光体。应该指出的是，发光体的亮度值实际上与视线无关。

（5）显色性和显色指数

太阳光和白炽灯均辐射连续光谱，在可见光的波长（380～760nm）范围内，包含着红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各种色光。物体在太阳光和白炽灯的照射下，显示出它的真实颜色，但当物体在非连续光谱的气体放电灯的照射下，颜色就会有不同程度的失真。我们把光源对物体真实颜色的呈现程度称为光源的显色性。

光源的显色指数是指在待测光源照射下的物体的颜色，与在另一相近色温的黑体或日光参照光源照射下相比，物体颜色相符合的程度。一般显色指数用 Ra 表示。颜色失真越少，显色指数越高，光源的显色性越好。国际上规定参照光源的显色指数为100。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 电气照明应满足的质量要求

对照明的要求，主要是由被照明的环境内所从事活动的视觉要求决定的。一般应满足下列要求：

1）照度均匀：指被照空间环境及物体表面应有尽可能均匀的照度，这就要求电气照明应有合理的光源布置，选择适用的照明灯具。

2）照度合理：根据不同环境和活动的需要，电气照明应提供合理的照度。各类建筑中不同场所一般照明的推荐照度值见表 14-1。

表 14-1 各种建筑中不同场所推荐照度值

建筑性质	房 间 名 称	推荐照度/lx
居住建筑	厕所、盥洗室	5 ~ 15
	餐厅、厨房、起居室	15 ~ 30
	卧室	20 ~ 50
	单身宿舍、活动室	30 ~ 50
科技办公建筑	厕所、盥洗室、楼梯间、走道	5 ~ 15
	食堂、传达室	30 ~ 75
	厨房	50 ~ 100
	医疗室、报告厅、办公室、会议室、接待室	75 ~ 150
	实验室、阅览室、书库、教室	75 ~ 150
	设计室、绘图室、打字室	100 ~ 200
	电子计算机机房	150 ~ 300
医疗建筑	病房、健身房	15 ~ 30
	X 线诊断室、化疗室、同位素扫描室	30 ~ 75
	理疗室、麻醉室、候诊室	30 ~ 75
	解剖室、化验室、药房、护士站、医生值班室、门诊挂号病案室	75 ~ 150
	手术室、加速器治疗室、电子计算机 X 线扫描室	100 ~ 200
商业建筑	厕所、更衣室、热水间	5 ~ 15
	楼梯间、冷库、库房	10 ~ 20
	一般旅客客房、浴池	20 ~ 50
	大门厅、售票室、小吃店	30 ~ 75
	餐厅、照相馆营业厅、菜市场、粮店、钟表眼镜店、银行、邮电营业厅	50 ~ 100
	理发室、书店、服装商店等	70 ~ 150
	字画商店、百货商店	100 ~ 200
	自选市场	200 ~ 300
道路	住宅小区道路	0. 5 ~ 2
	公共建筑的庭园道路	2 ~ 5
	大型停车场	3 ~ 10
	广场	5 ~ 15

3）限制眩光：集中的高亮度光源对人眼的刺激作用称为眩光。眩光损坏人的视力，也影响照明效果。为了限制眩光，可采用限制单只光源的亮度，降低光源表面亮度（如用磨砂玻璃罩），或选用适当的灯具遮挡直射光线等措施。实践证明合理地选择灯具悬挂高度，对限制眩光的效果十分显著。一般照明灯具距地面最低悬挂高度的规定值见表 14-2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-2 照明灯具距地面最低悬挂高度的规定值

光源种类	灯具形式	光源功率/W	最低悬挂高度/m	光源种类	灯具形式	光源功率/W	最低悬挂高度/m
白炽灯	有反射罩	≤60	2.0	高压汞灯	有反射罩	≤125	3.5
		100～150	2.5			125～250	5.0
		200～300	3.5			≥400	6.0
		≥500	4.0				
	有乳白玻璃漫反射罩	≤100	2.0		有反射罩带格栅	≤125	3.0
		150～200	2.5			125～250	4.0
		300～500	3.0			≥400	5.0
卤钨灯	有反射罩	≤500	6.0	金属卤化灯	搪瓷反射罩	250	6.0
		1000～2000	7.0		铝抛光反射罩	1000	7.5
荧光灯	无反射罩	<40	2.0	高压钠灯	搪瓷反射罩	250	6.0
		>40	3.0		铝抛光反射罩	400	7.0
	有反射罩	≥40	2.0				

4. 常用电光源的种类

常用照明电光源按发光原理分为热辐射光源和气体放电光源。

1）热辐射光源：包括白炽灯和卤钨灯。

2）气体放电光源：包括荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、低压钠灯、氙灯和金属卤化物灯等。常用气体放电光源型号见表 14-3。

表 14-3 常用气体放电光源型号

光源名称		型号组成		
		第一部分	第二部分	第三部分
荧光灯	直管形荧光灯	YZ	额定功率（W）	颜色特征
	U形荧光灯管	YU		
	环形荧光灯管	YH		
	自镇流荧光灯管	YZZ		
高压汞灯	高压汞灯泡	GG	额定功率（W）	
	荧光高压汞灯泡	GGY		
	自镇流荧光高压汞灯	GYZ		
	反射型高压汞灯泡	GGF		
	反射型荧光高压汞灯	GYF		
氙灯	管形氙灯	XG	额定功率（W）	结构形式的顺序号
	管形水冷氙灯	XSG		
纳灯	低压纳灯泡	ND	额定功率（W）	
	高压纳灯泡	NG		
金属卤化物灯	管形镝灯	DDG	额定功率（W）	

5. 电光源的主要特性性能

1）额定电压和额定电流：在额定电压和额定电流下运行，电光源具有最佳的效果和最长的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

使用寿命。

2）额定功率：指电光源在额定状态下运行所消耗的电功率。

3）光通量输出：指电光源在正常工作状态下，所发出的光通量。

4）发光效率 η：发光灯具所发出的光通量 Φ 与消耗的电功率 P 之比。

$$\eta = \frac{\Phi}{p}$$

式中，η 为发光效率（lm/W）；Φ 为光通量（lm）；P 为电功率（W）。

5）寿命：电光源从初次通电到完全丧失或部分丧失使用价值时为止的全部点燃时间。

6）色温：色温是电光源的主要技术参数之一。当电光源的发光颜色与黑体（能吸收全部光能辐射而不反射、不透光的理想物体）被加热到某一温度所发出的光的颜色相同时，称黑体的这个温度为该电光源的颜色温度，简称色温。

7）显色性与显色指数：同一颜色的物体，在具有不同光谱功率分布的光源照射下显出不同的颜色，即物体在人眼内产生的颜色感觉是不同的（见 14.1 节第 2 条）。

为了对光源的显色性进行定量的比较，引入了显色指数这一概念。国际上规定以太阳光（日光）作为参照光源，规定日光的显色指数为 100，其他的人造电光源的显色指数均与之比较而定。因此，光源的显色指数是指在该光源照射下物体的颜色与在日光参照光源照射下物体颜色相符合的程度。颜色失真越少，显色指数越高，光源的显色性越好。显然人造电光源的显色指数都低于 100。

14.2 白炽灯

白炽灯（又称灯泡）具有结构简单、使用可靠、价格低廉、装修方便等优点，但发光效率较低、使用寿命较短，适用于照度要求较低，开关次数频繁的户内、外照明。

白炽灯主要由灯头、灯丝和玻璃壳组成。灯头可分为螺口和卡口两种。灯丝是用耐高温（可达 3000℃）的钨丝制成，玻璃壳分透明和磨砂两种，壳内一般都抽成真空，对 60W 以上的大功率灯泡，抽成真空后，往往再充入惰性气体（氩气或氮气）。

在白炽灯上施加额定电压时，电流通过灯丝，灯丝被加热成白炽体而发光。输入到白炽灯上的电能，大部分变成热能辐射掉，只有 10% 左右的电能转化为光能。

由于白炽灯耗能较大，将逐步被节能灯、LED 灯等所替代。

14.2.1 普通白炽灯技术数据（见表 14-4）

表 14-4 普通白炽灯技术数据

灯泡名称	灯泡型号	额定值			平均寿命/h	灯头型号
		电压/V	功率/W	光通量/lm		
普通照明灯泡	PZ220-15	220	15	110	1000	B22d/(25×26)或 E27/27
	PZ220-25		25	220		
	PZ220-40		40	350		
	PZ220-60		60	630		
	PZ220-100		100	1250		
	PZ220-150		150	2090		E27/27①

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

灯泡名称	灯泡型号	额定值			平均寿命/h	灯头型号
		电压/V	功率/W	光通量/lm		
普通照明灯泡	PZ220-200	220	200	2920	1000	E27/27①
	PZ220-300		300	4610		
	PZ220-500		500	8300		E40/45
	PZ220-1000		1000	18600		
双螺旋普通照明灯泡	PZS220-40	220	40	415		B22d/(25×26)或E27/27
	PZS220-60		60	715		
	PZS220-100		100	1350		
普通低压照明灯泡	JZ36-40	36	40	500		E27/27
	JZ36-60		60	800		
双螺旋低压照明灯泡	JZS36-40		40	550		
	JZS36-60		60	880		
反射型普通照明灯泡	PZF220-15	220	15			B22d/(25×26)或E27/27
	PZF220-25		25			
	PZF220-40		40			
	PZF220-100		100	925		E27/(35×30)
	PZF220-300		300	3410		E40/45
	PZF220-500		500	6140		
装饰灯泡	ZSQ220-10	220	10	70	1000	B22d/(25×26)或E27/27
	ZSGL220-10		10	70		
	ZSGL220-15		15	110		
	ZSNG220-10		10	70		

注：根据需要，灯泡玻璃壳可制成磨砂、内涂白色（或彩色）和乳白色。此时光通量比表中数值减少，其降低比例为，磨砂玻璃壳低8%、内涂白色玻璃壳低15%、乳白色玻璃壳低25%。

① 可按用户要求，采用E27/30×30型灯头。此时灯泡的全长和光中心高度亦应作相应改变。

14.2.2 特殊用途白炽灯技术数据（见表14-5）

表14-5 特殊用途白炽灯技术数据

灯泡名称	灯泡型号	额定值			平均寿命/h	灯头型号
		电压/V	功率/W	光通量/lm		
聚光灯泡	JG220-300	220	300	4850	400	E27/27
	JG220-500		500	8700		E40/45
	JG220-1000		1000	19500		
反射型聚光灯泡	JGF220-300		300	(850)①	100	E27/27
	JGF220-500		500	7120 (1500)①		E40/45

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

灯泡名称	灯泡型号	额定值			平均寿命/h	灯头型号
		电压/V	功率/W	光通量/lm		
反射型聚光灯泡	JGF220-1000	220	1000	17000（4000）①	100	E40/45
红外线灯泡	HW220-250		250		2500	E27/（35×30）
照相灯泡	ZX220-150		150	2730	50	E27/（35×30）
	ZX220-200		200	3940		
	ZX220-300		300	6450		
照相放大灯泡	ZF220-100		100	1000	500	
	ZF220-150		150	1670		
	ZF220-200		200	2340		

注：同表 14-4。

① 括号内为 JGF 发光强度（cd）。

14.2.3 白炽灯的安装与使用

1. 安装

安装白炽灯时，每个用户都要装设一组总熔断器，作为短路保护用。电灯开关应安装在相线（火线）上，使开关断开时，电灯灯头不带电，以免触电。对于螺口灯座，还应将中性线（零线）与铜螺套连接，将相线与中心簧片连接。

吊灯的导线应采用绝缘软线，并应在吊线盒及灯座罩盖内将导线打结，以免导线线芯直接承受吊灯的重量而被拉断。

2. 使用注意事项

1）使用时灯泡电压应与电源电压相符。为使灯泡发出的光能得到很好的分布和避免光线刺眼，最好根据照明要求安装反光适度的灯罩。

2）灯座的形式必须与灯头相一致。

3）大功率的白炽灯在安装时要考虑以免灯过热而引起玻璃壳与灯头松脱。

4）灯泡使用在室外时，应有防雨装置，以免灯泡玻璃遇雨破裂。

5）室内使用时要经常清扫灯泡和灯罩上的灰尘和污物，以保持清洁和亮度。

6）在拆换和清扫白炽灯泡时，应关闭电灯开关，注意不要触及灯泡螺旋部分，以免触电。

7）不要用灯泡取暖，更不要用纸张或布遮光。

14.3 荧光灯

荧光灯又称日光灯，是应用最广的气体放电光源。它是靠汞蒸气电离形成气体放电，导致管壁的荧光物质发光。目前我国生产的荧光灯有普通荧光灯和三基色荧光灯。三基色荧光灯具有高显色指数，色温达 5600K，在这种光源下，能保证物体颜色的真实性。所以适用于照度要求高，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

需辨别色彩的室内照明。

荧光灯主要由灯管、启动器（辉光启动器）、镇流器、灯座和灯架等组成。

1. 灯管

灯管由一根直径为15～40.5mm的玻璃管、灯丝、灯头和灯脚等组成。灯管内壁上涂有一层荧光粉（有毒的金属盐），灯管两端各有一个灯丝，灯丝由钨丝构成，用以发射电子。灯管内在真空情况下充有一定量的氩气与少量汞（水银）。

常用灯管的功率有6W、8W、12W、15W、20W、30W和40W等。

2. 启动器

主要由氖泡、电容器、电极、外壳等组成。氖泡为充有氖气的玻璃泡，其内装有由U形双金属片及静触头组成的两个电极，其间留有很小的间隙。电容器用以消除U形双金属片脱离静触头时发生的火花。并避免荧光灯对收音机和电视机的干扰。如果电容被击穿，去掉后氖泡仍可使灯管正常发光，但失去吸收干扰杂波的作用。

启动器的规格有4～8W、15～20W、30～40W和通用型4～40W等。

3. 镇流器

由于气体放电灯（如荧光灯、霓虹灯等）是一种负阻性电光源，要使其正常稳定工作，需加一个限流装置。这个限流装置叫做镇流器。目前气体放电灯使用的镇流器主要有两种：电感式镇流器和高频交流电子镇流器。

1）电感式镇流器：电感式镇流器主要由铁心和线圈组成。该镇流器是一只绕在硅钢片铁心上的电感线圈，它有两个作用：在启动时与启动器配合，产生瞬时高电压，促使灯管放电；在工作时起限制灯管中电流的作用。为了改善荧光灯的启动性能，可采用双线圈镇流器。双线圈镇流器中有主线圈L与附加线圈（又称副线圈）L_1。L_1与L经灯丝反向串联，可使启动时灯丝电流加大，易于灯管点燃。当灯管点燃后，灯丝回路处于断开状态，L_1不再起作用。接线时，主副线圈不能接错，否则会烧毁灯管或镇流器。

2）电子镇流器：由于电感式镇流器工作在工频市电频率，体积大、笨重，还需要消耗大量的铜和硅钢等金属材料，散热困难、镇流效率低、发光有频闪，所以现在一些电光源界的科技工作者正在寻找新的镇流方法，而高频交流电子镇流器就是一种有效的方法。

由于高频交流电子镇流采用高频开关变换电子线路的方法实现镇流，具有无频闪、镇流效率高、体积小、重量轻、可调光、不使用大量铜材和硅钢材料等一系列优点，利用高频交流电子镇流器后，可较普通电感式镇流器节电20%左右。

镇流器有两个作用：在启动时与启动器的配合，产生瞬时高电压，促使灯管放电；在工作时利用串联在电路中的电感来限制灯管中的电流，以延长灯管的使用寿命。

镇流器的选用必须与灯管配套（否则会影响日光灯的使用寿命），即镇流器的功率必须与灯管的功率相同，常用的有6W、8W、15W、30W和40W等规格（电压均为220V）。

4. 灯座

一对绝缘灯座将荧光灯管支撑在灯架上，再用导线连接成荧光灯的完整电路。灯座有开启式和插入弹簧式两种。开启式灯座还有大型和小型两种，6W、8W和12W等细灯管用小型灯座，15W以上的灯管用大型灯座。

5. 灯架

灯架是用来固定灯座、灯管、启动器等荧光灯零部件的，有木制、铁皮制、铝制等几种。其规格与灯管尺寸相配合，根据灯管数量和日照方向而选用。木制灯架一般用作散件自制组装的荧光灯具，而铁皮制灯架一般是厂家装好的套件荧光灯具。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.3.1 直管式荧光灯技术数据（见表 14-6 ~ 表 14-8）

表 14-6 常用直管式荧光灯技术数据

类别		灯管型号	功率/W	工作电压/V	工作电流/A	启动电流/A	灯管压降/V	光通量/lm	平均寿命/h	主要尺寸/mm			灯头型号
										直径 D	全长 L	管长 L	
直管式	预热式	YZ4RR	4	35	0.11			70	700	16	150	134	G5
		YZ6RR	6	55	0.14			160	1500		226	210	
		YZ8RR	8	60	0.15			250			302	288	
		YZ10RR	10	45	0.25			410		26	345	330	G13
		YZ15RR	15	51	0.33	0.44	52	580	3000	38.5	451	437	
		YZ20RR	20	57	0.37	0.50	60	930			604	589	
		YZ30RR	30	81	0.405	0.56	89	1550	5000		909	894	
		YZ40RR	40	103	0.45	0.65	108	2400			1215	1200	
		YZ85RR	85	120 ± 10	0.80			4250	2000	40.5	1778	1763.8	
		YZ125RR	125	149 ± 15	0.94			6250			2389.1	2374.9	
		YZ100RR	100		1.50	1.80	90	5000		38	1215	1200	
	快启动式	YZK15RR	15	51	0.33			450	3000	40.5	451	437	G13
		YZK20RR	20	57	0.37			770	5000	40.5	604	589	
		YZK40RR	40	103	0.43			2000			1213	1200	
	细管	YZS20RR	20	59	0.36			1000	3000	32.5	604	589	
		YZS40RR	40	107	0.42			2560	5000		1213	1200	
	三基色	STS40	40	103	0.43			3000	5000	40.5	1213	1200	

注：1. 型号中，Y—荧光灯；Z—直管式；RR—日光色（其他光色的表示方法：RL—冷白光；RN—暖白光；RC—绿；RH—红；RP—蓝；RS—橙红；RW—黄）。

2. 灯管功率不包括镇流器消耗功率。

表 14-7 T5 直管荧光灯技术数据

灯管型号	光色代码	光通量/lm	光效/(lm/W)	灯电压/V	灯电流/mA	直径/mm	长度/mm	灯头
TL5 14W	/827	1350	96	84	170	17.0	563.2	G5
	/830	1350	96					
	/835	1350	96					
	/840	1350	96					
	/850	1300	93					
	/865	1250	89					
TL5 21W	/827	2100	100	123	170	17.0	863.2	G5
	/830	2100	100					
	/835	2100	100					
	/840	2100	100					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

灯管型号	光色代码	光通量/lm	光效/(lm/W)	灯电压/V	灯电流/mA	直径/mm	长度/mm	灯头
TL5 21W	/850	2000	95	123	170	17.0	863.2	G5
	/865	1950	93					
TL5 28W	/827	2900	104	166	170	17.0	1163.2	G5
	/830	2900	104					
	/835	2900	104					
	/840	2900	104					
	/850	2800	100					
	/865	2700	96					
TL5 35W	/827	3650	104	205	170	17.0	1463.2	G5
	/830	3650	104					
	/835	3650	104					
	/840	3650	104					
	/850	3500	100					
	/865	3400	97					

表 14-8 T8 直管荧光灯技术数据

型号	功率/W	色温/K	显色指数 R_a	光通量/lm	长度/mm	型号	功率/W	色温/K	显色指数 R_a	光通量/lm	长度/mm
TLD36W/29	36	2900	51	2850	1213.6	TLD36W/930	36	3000	95	2350	1213.6
TLD36W/33	36	4100	63	2850	1213.6	TLD36W/940	36	4000	95	2350	1213.6
TLD36W/54	36	6200	72	2500	1213.6	TLD36W/965	36	6500	96	2300	1213.6
TLD36W/827	36	2700	85	3350	1213.6	TLD32W/830HF	32	3000	85	3200	1213.6
TLD36W/840	36	4000	85	3350	1213.6	TLD32W/840HF	32	4000	85	3200	1213.6
TLD36W/865	36	6500	85	3250	1213.6						

14.3.2 环形荧光灯技术数据（见表14-9）

表 14-9 环形荧光灯技术数据

型号		额定功率/W	起动电流/mA	工作电流/mA	灯管压降/V	额定光通量/lm	平均寿命/h	主要尺寸/mm		
统一型号	工厂型号							外圆	内圆	管直径
YH20	CRR20	20	500	350	60	970	2000	207	145	32
YH30	CRR30	30	560	350	95	1500	2000	308	244	32
YH40	CRR40	40	650	410	108	2200	2000	397	333	32

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.3.3 U形荧光灯技术数据（见表14-10）

表14-10 U形荧光灯技术数据

型号		额定功率/W	起动电流/mA	工作电流/mA	灯管压降/V	额定光通量/lm	平均寿命/h	主要尺寸/mm			
统一型号	工厂型号							外圆	全长	管长	管径
YU30	URR30	30	560	350	89	1550	2000	100	417.5	410	38
YU40	URR40	40	650	410	108	2200	2000	100	626.5	619	38

14.3.4 H形荧光灯技术数据（见表14-11）

表14-11 H形荧光灯技术数据

灯管型号	额定电压/V	额定功率/W	光通量/lm	工作电压/V	电流/A		外形尺寸/mm				灯头型号
					工作	预热	*D*	*C*	*L*	*I*	
YDN5H	220	5	220	33	0.18	0.19	28	13	106	83	G23
YDN7H	220	7	400	45	0.18	0.19	28	13	138	115	G23
YDN9H	220	9	600	60	0.17	0.19	28	13	168	145	G23
YDN11H	220	11	900	90	0.185	0.19	28	13	237	214	G23
YDN13H	220	13	780	60	0.3	0.52	28	13	188	166	G23

14.3.5 节能荧光灯技术数据（见表14-12）

表14-12 节能荧光灯技术数据

形状	型号	电压/V	功率/W	电流/mA	光通量/lm	相当白炽灯/W	重量/g	外形尺寸/mm	
								直径 *D*	全长 *L*
柱形灯	SE12	220/240	11	45/45	450	75	160	80	193
	SU14			155/155	470		500		
	SU145						450		
	SU141								
	SE16		13	60/60	600	80	160		180
	SU18			160/160			500		193
球形灯	SEB10	110/220/240	9	100/45/45	300	60	180	106	152
	SUB12			280/170/165			530	106	162
	SEB12		11	120/50/50	450	75	200	125	180
	SUB14	220/240		155/155			530	106	162
	SH16	110/220	5,7 9,11	—	220～750	—	400	73	101
	SH17E						65		92
H、U形灯	SDE-10N	110/220/240	9	90/45/45	420	50	90	58	152
	SDE-10U								
	SDE-11H		10						170

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

形状	型号	电压/V	功率/W	电流/mA	光通量/lm	相当白炽灯/W	重量/g	外形尺寸/mm	
								直径 D	全长 L
H、U形灯	SDE-12N	110/220/240	11	110/55/45	550	60	95	58	170
	SDE-12U								165
	SDE-14N		13	130/65/65	650	75	105		182
	SDE-14U								180
	SDE-14H						100		192
	SDE-20H		16	170/85/85	850	80	120		232
	YD9-2U	220	9	170	500	2×25	100	60	155
	YD18-2U		18	220	1000	100	150		230
	YD9-2H		9	170	500	2×25	110		155
	YD18-2H		18	220	1000	100	140		200
	YCD9-$\frac{2U}{2H}$		9	170	500	2×25	100	55	165
	YCD18-$\frac{2U}{2H}$		18	220	1000	100	130		250 220

14.3.6 荧光灯镇流器技术数据（见表14-13～表14-17）

表14-13 常用荧光灯镇流器技术数据

型号	功率/W	电压/V	工作状态		启动状态		最大功率损耗/W	阻抗/Ω	功率因数
			电压/V	电流/mA	电压/V	电流/mA			
YZ1-220/6	6	220	202	140	215	180	≤4.5	1400	0.075
YZ1-220/8	8		200	160		200		1285	0.075
YZ1-220/15	15		202	330		400	≤8	256	0.12
YZ1-220/20	20		196	350		460		214	0.12
YZ1-220/30	30(细)		163	320		530		460	0.10
YZ1-220/30	30		180	360		560			
YZ1-220/40	40		165	410		650	≤9	390	0.10

表14-14 常用荧光灯启动器技术数据

型号	电压/V	启动速度		欠压启动		启动电压/V	寿命/h
		电压/V	时间/s	电压/V	时间/s		
YQI-220/4～8	220	220	1～4	200	<5	≥75	5000
YQI-220/15～40					<4	≥130	
YQI-220/30～40							
YQI-220/100					<5		
YQI-110～127/15～20	110～127	125	<5	125		≥75	3000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-15 T5 电子镇流器技术数据

型号	规格	输入电压/V	输入电流/A	功率因数	总谐波失真(%)	配用灯管	外形尺寸/mm
PEB-EA114	1×14W	220~240	0.07	0.97	≤20	T5HE	290×30×30
PEB-EA121	1×21W	220~240	0.10	0.97	≤20	T5HE	290×30×30
PEB-EA128	1×28W	220~240	0.14	0.97	≤20	T5HE	290×30×30
PEB-EA135	1×35W	220~240	0.17	0.97	≤20	T5HE	290×30×30
PEB-EA214	2×14W	220~240	0.14	0.97	≤20	T5HE	358×30×30
PEB-EA221	2×21W	220~240	0.20	0.97	≤20	T5HE	358×30×30
PEB-EA228	2×28W	220~240	0.27	0.97	≤20	T5HE	358×30×30
PEB-EA235	2×35W	220~240	0.32	0.97	≤20	T5HE	358×30×30

表 14-16 T8 电子镇流器技术数据

型号	规格	输入电压/V	输入电流/A	功率因数	总谐波失真(%)	配用灯管	外形尺寸/mm
PEB-EA118	1×18W	220~240	0.09	0.97	≤20	T8	290×30×30
PEB-EA130	1×30W	220~240	0.14	0.97	≤20	T8	290×30×30
PEB-EA136	1×36W	220~240	0.18	0.97	≤20	T8	290×30×30
PEB-EA218	2×18W	220~240	0.18	0.97	≤20	T8	358×30×30
PEB-EA230	2×30W	220~240	0.27	0.97	≤20	T8	358×30×30
PEB-EA236	2×36W	220~240	0.32	0.97	≤20	T8	358×30×30

表 14-17 环形管电子镇流器技术数据

型　　号	规格	输入电压/V	功率因数	配用灯管	外壳尺寸/mm
YZ122A-FC	22W	220~240	0.97	环形管	76×28
YZ132A-FC	32W	220~240	0.97	环形管	98×30
YZ140A-FC	40W	220~240	0.97	环形管	98×30

14.3.7 荧光灯的安装与使用

1. 荧光灯的安装

荧光灯的安装形式有多种形式，但一般常采用吸顶式和吊链式。安装时应注意以下几点：

1）安装荧光灯时，应按电路图正确接线。

2）镇流器必须与电源电压、荧光灯功率相匹配，不可混用。

3）启动器的规格应根据荧光灯的功率大小来决定，启动器应安装在灯架上便于检修的位

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

置。

4）灯管应采用弹簧式或旋转式专用的配套灯座，以保证灯脚与电源线接触良好，并可使灯管固定。

5）为防止灯管脚松动脱落，应采用弹簧安全灯脚或用扎线将灯管固定在灯架上，不得用电线直接连接在灯脚上，以免产生不良后果。

6）荧光灯配用电线不应受力，灯架应用吊杆或吊链悬挂。

7）对环形荧光灯的灯头不能旋转，否则会引起灯丝短路。

2. 荧光灯使用注意事项

1）荧光灯的部件较多，应检查接线是否有误，经检查无误后，方可接电使用。

2）荧光灯的镇流器和启动器应与灯管的功率相匹配。

3）镇流器在工作中必须注意它的散热。

4）电源电压变化太大，将影响灯的光效和寿命，一般电压变化不宜超过额定电压的 ±5% 。

5）荧光灯工作最适宜的环境温度为 18 ~ 25℃ 。环境温度过高或过低都会造成起动困难和光效下降。

6）破碎的灯管要及时妥善处理，防止汞害。

7）荧光灯启动时，其灯丝所涂能发射电子的物质被加热冲击、发射，以致发生溅散现象（把灯丝表面所涂的氧化物打落）。启动次数越多，所涂的物质消耗越快。因此，使用中尽量减少开关的次数，更不应随意开关灯，以延长使用寿命。

14.4 高压汞灯

高压汞灯主要是利用高压汞气放电而发光，具有发光效率高（约为白炽灯的 3 倍）、耐振耐热性能好、耗电低、寿命长等优点，但启动时间长，适应电源电压波动的能力较差，适用于悬挂高度 5m 以上的大面积室内、外照明。

1. 镇流器式高压汞灯

镇流器式高压汞灯由灯头、石英放电管、玻璃外壳等组成。石英放电管内有主电极、启动电极（又称引燃极）、并充以汞和氩气。

镇流器式高压汞灯的工作原理为，当电源接通后，电压加在引燃极和相邻的主电极之间，也加在两个主电极之间。由于引燃极和相邻的主电极靠近，电压加上以后就在这两个电极之间产生辉光放电，使放电管温度上升，接着两个主电极之间便产生弧光（击穿）放电。随着主电极间的弧光放电，放电管内的汞逐渐气化，灯管就稳定地工作了。主电极之间的放电可以产生可见光和紫外线。紫外线激发玻璃外壳内壁的荧光粉，发出了近似日光的可见光。由于引燃极上串联着一个很大的电阻，当主电极间产生弧光放电时，引燃极和相邻的主电极间的电压不足以产生辉光放电，因此引燃极就停止工作了。灯工作时，石英放电管内汞蒸气的压力很高，故称这种灯为高压汞灯。使用这种灯具时，熄灯后不能马上再次启动。需要冷却 5 ~ 10min，待灯泡内汞蒸气的压力降低后，再行启动点燃。

2. 自镇流式高压汞灯

自镇流式高压汞灯和镇流器式高压汞灯的外形及工作原理均基本相同，不同的是自镇流式高压汞灯在灯泡内串联了一组起镇流作用的钨丝，从而省去了镇流器。这种灯除靠石英放电管放电发出紫外线激发玻璃壳内壁的荧光粉发光外，还靠电流加热钨丝使其发热至白炽体而发光，故这种灯发的光是一种复合光，因而光色好。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.4.1 常用高压汞灯技术数据（见表 14-18）

表 14-18 常用高压汞灯技术数据

形式	型号	额定电压/V	功率/W	工作电压/V	启动电压/V	启动电流/A	工作电流/A	稳定时间/min	光通量/lm	尺寸/mm 直径 D	尺寸/mm 全长 L	平均寿命/h	灯头型号
荧光高压汞灯	GGY50	220	50	95	不大于180	1.0	0.62	5～10	1500	56	140	2500	E27/27
	GGY80		80	110		1.3	0.85		2800	71	165		
	GGY125		125	115		1.8	1.25	4～8	4750	81	184		E27/35×30
	GGY175		175	130		2.3	1.50		7000	91	215		E40/45
	GGY250		250	130		3.7	2.15		10500	91	227	5000	
	GGY400		400	135		5.7	3.25		20000	122	292		E40/75
	GGY700		700	140		10.0	5.45		35000	152	358		
	GGY1000		1000	145		13.7	7.50		50000	182	400		
自镇流型	GYZ100	220	100		180	0.56	0.46		1150	60	154	2500	E27/35×30
	GYZ160		160			0.95	0.75		2560	81	184		
	GYZ250		250			1.70	1.20		4900	91	227	3000	E40/45
	GYZ400		400			2.70	1.90		9200	122	310		
	GYZ450		450			3.50	2.25		11000	122	292		
	GYZ750		750			6.00	3.55		22500	152	370		
反射型	GYF50	220	50	95	180	1.0	0.62	4～8	1230	81	152	3000	E27
	GYF80		80	110		1.3	0.85		2300	101	179		
	GYF125		125	115		1.8	1.25		3900	127	198		
	GYF400		400	135		5.7	3.25		16500	182	300	6000	E40

14.4.2 荧光高压汞灯配镇流器技术数据（表 14-19）

表 14-19 荧光高压汞灯配镇流器技术数据

型号	所配灯泡功率/W	工作时 镇流器电压/V	工作时 工作电流/A	启动时 镇流器电压/V	启动时 启动电流/A	镇流器功率损耗/W	阻抗/Ω
GYZ50	50	177	0.5～0.62	220	1.0+0.08	10	285
GYZ80	80	172	0.6～0.85		1.3+0.1	16	202
GYZ125	125	168	1.0～1.25		1.8+0.125	25	134
GYZ175	175	150	0.12～1.5		2.3+0.15	26.25	100
GYZ250	250	150	0.15～2.15		3.7+0.25	37.5	70
GYZ400	400	146	0.25～3.25		5.7+0.4	40	45
GYZ700	700	144	0.45～5.45		10.0+0.7	70	26.5
GYZ1000	1000	139	0.60～7.50		13.7+1	100	18.5

14.4.3 高压汞灯的安装与使用

1. 高压汞灯的安装

1）安装接线时，一定要分清楚高压汞灯是外接镇流器，还是自镇流式。需接镇流器的高压

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

汞灯，镇流器的功率必须与高压汞灯的功率一致，应将镇流器安装在灯具附近人体触及不到的位置，并注意有利于散热和防雨。自镇流式高压汞灯则不必接入镇流器。

2）高压汞灯以垂直安装为宜，水平安装时，其光通量输出（亮度）要减少7%左右，而且容易自灭。

3）由于高压汞灯的外玻璃壳温度很高，所以必须安装散热良好的灯具。否则会影响灯的性能和寿命。

4）高压汞灯的外玻璃壳破碎后仍能发光，但有大量的紫外线辐射，对人体有害。所以玻璃壳破碎的高压汞灯应立即更换。

5）高压汞灯的电源电压应尽量保持稳定。当电压降低5%时，灯就可能自灭，而再行启动点燃的时间较长。所以，高压汞灯不宜接在电压波动较大的线路上。否则应考虑采取调压或稳压措施。

2. 高压汞灯使用注意事项

1）高压汞灯使用时，必须配有镇流器，否则会使灯泡立即损坏。灯泡必须与相应规格的镇流器配套使用，不然会缩短灯泡的使用寿命或造成起动困难。

2）电源电压突然低于额定电压的20%时，就有可能造成灯泡自行熄灭。

3）灯泡点燃后的温度较高，要注意散热。配套的灯具必须具有良好的散热条件，不然会影响灯的性能和寿命。

4）灯泡熄灭后，须自然冷却8～15min，待管内水银气压降低后，方可再启动使用，所以该灯不能用于有迅速点亮要求的场所。

5）需要更换灯泡时，一定要先断开电源，并待灯泡自然冷却后方可进行。

6）破碎灯泡要及时妥善处理，防止汞害。

14.5 高压钠灯

高压钠灯的结构与高压汞灯相似，它的放电管内充有高压钠蒸气，利用钠气放电发光，其启动过程则与普通荧光灯相似。

高压钠灯的工作原理是当高压钠灯接入电源后，电流首先通过加热元件，使双金属片受热弯曲从而断开电路，在此瞬间镇流器两端产生很高的自感电动势，灯管启动后，放电热量使双金属片保持断开状态。当电源断开，灯熄灭后，即使立刻恢复供电，灯也不会立即点燃，约需10～15min待双金属片冷却后，回到闭合状态后，方可再启动。

高压钠灯发出的辐射光，是人眼易于感受的光波，光效很高，并能节约电能。

14.5.1 NG和NGG型高压钠灯技术数据（见表14-20）

表14-20 NG和NGG型高压钠灯技术数据

类别	型号	额定电压/V	额定功率/W	工作电压/V	工作电流/A	额定光通量/lm	启动稳定时间/min	平均寿命/h	灯头型号
普通高压钠灯	NG-35	220	35	90	0.48	2250	5～6	16000	E27/27
	NG-50		50	90	0.75	4000			
	NG-70		70	90	0.98	6000		18000	
	NG-75		75	115	0.8	5500		12000	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	型号	额定电压/V	额定功率/W	工作电压/V	工作电流/A	额定光通量/lm	启动稳定时间/min	平均寿命/h	灯头型号
普通高压钠灯	NG-100	220	100	100	1.2	9000	5～6	12000	E27/27
	NG-110		110	125	1.15	8500		12000	E40/45
	NG-150		150	100	1.8	16000		24000	
	NG-215		215	130	2.1	20000		16000	
	NG-250		250	100	3.0	28000		24000	
	NG-360		360	130	3.25	36000		16000	
	NG-400		400	100	4.6	48000		24000	
	NG-1000		1000	110	10.3	130000		24000	
高显色性高压钠灯	NGG-70	220	70			3000	5	5000	E27
	NGG-150		150			6500		5000	E40
	NGG-250		250			12500		5000	
	NGG-400		400			23000		5000	
	NGG-700		700			40000		5000	
中显色性高压钠灯	NGX-150	220	150	100	1.8	13000	5～6	12000	E40
	NGX-250		250		3.0	22500			
	NGX-400		400		4.6	38000			
	NGX-150/M		150		1.8	12000			
	NGX-250/M		250		3.0	21500			
	NGX-400/M		400		4.6	36000			

14.5.2 普通型高压钠灯（SON）技术数据（见表 14-21）

表 14-21 普通型高压钠灯（SON）技术数据

型号	灯泡功率/W	光通量/lm	发光效率/(lm/W)	显色指数 R_a	色温/K	寿命/h
SON50	50	3450	69	23	1950	24000
SON70	70	5900	84	23	1950	24000
SON150	150	14500	96	23	1950	24000
SON250	250	27500	110	23	1950	24000
SON1000	1000	130000	130	23	1950	24000

14.5.3 高光效型高压钠灯（SON Plus）技术数据（见表 14-22）

表 14-22 高光效型高压钠灯（SON Plus）技术数据

型号	灯泡功率/W	光通量/lm	发光效率/(lm/W)	显色指数 R_a	色温/K
SON Plus 50	50	4600	92	23	1950

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	灯泡功率/W	光通量/lm	发光效率/(lm/W)	显色指数 R_a	色温/K
SON Plus 70	70	6800	97	23	1950
SON Plus 100	100	1100	110	23	1950
SON Plus 150	150	16000	107	23	1950
SON Plus 250	250	31500	126	23	1950
SON Plus 400	400	56000	140	23	1950

14.5.4 高压钠灯的使用

1）电源电压的变化不宜大于5%。高压钠灯的管压、功率及光通量，随电压的变化而引起的变化比其他气体放电灯大。当电压升高时，由于管压降增大，容易引起灯的自熄；当电源电压降低时，光通量也随之减少，光色变差。

2）配套的灯具应有良好的散热性能，以免受热变形。

3）灯具的反射光不宜通过灯管，否则会因吸收放射热使灯管温度升高，影响使用寿命。

4）镇流器必须与灯管配套使用，否则会缩短灯的寿命和启动困难。

5）因高压钠灯的再启动时间长，故不能用于要求迅速启动的场所。

14.6 低压钠灯

低压钠灯是在低气压钠蒸气放电中钠原子被激发而辐射共振谱线这一原理制成的。低压钠灯是由U形或直线形的放电管放在圆管形热绝缘外套内构成。放电管内表面覆盖一层抗钠腐蚀玻璃。为了保证放电管的温度在270℃左右，外套涂有红外线发射膜，并抽成真空，以减少热损失。放电管的两端有两个自热式氧化物电极和一个帮助启动的辅助电极，放电管内充有惰性气体和金属钠。

14.6.1 常用低压钠灯技术数据（见表14-23）

表14-23 低压钠灯技术数据

型号	功率/W	电压/V	工作电流/A	工作电压/V	光通量/lm	外形尺寸/mm		灯头型号	镇流器参数	
						直径	全长		校准电流/A	电压/电流/Ω
ND18	18	220	0.60	70	1800	54	216	BY22d	0.6	77
ND35	35		0.60	70	4800	54	311		0.6	77
ND55	55		0.59	109	8000	54	425		0.6	77
ND90	90		0.94	112	12500	68	528		0.9	500
ND135	135		0.95	164	21500	68	775		0.9	655
ND180	180		0.91	240	31500	68	1120		0.9	655

14.6.2 低压钠灯的使用

1）低压钠灯必须与相应的镇流器配套使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）低压钠灯应水平方向安装，一般灯头向下偏离水平位置不超过5°。

3）低压钠灯安装时，除靠灯头固定外，还需辅助支撑，使灯管安装牢固。

4）18W、90W、135W和180W的低压钠灯灯管配套用的电容器的技术数据应由制造厂提供。

14.7 疝灯

氙气灯泡是一种气体放电灯泡。这种灯泡里面混装着几种高级惰性气体，包括氙气。这种气体放电灯并没有像一般的卤素灯那样带有灯丝，它是通过灯泡两端的电极在瞬间放电激发管内的氙电子游离，在两电极间形成一束超强电弧光持续发光，如同电焊中产生的电弧的亮光。由于氙气所产生的超强白色电弧光近似于白昼的太阳光，所以这种光不但照得更亮，也照得更广。

14.7.1 管形疝灯技术数据（见表14-24）

表14-24 管形疝灯技术数据

型号	功率/W	电源电压/V	工作电压/V	工作电流/A	光通量/lm	平均寿命/h	外径/mm	全长/mm	配用触发器型号
XG1500	1500	220	60	20	30000	1000	32	350	XG-S1.5A
XG3000	3000		220	13～18	72000		15	700	XC-3A
XG6000	6000			24.5～30	144000		21	1000	SQ-10
XG10000	10000			41～50	270000		26	1500	XC-10A
XG20000	20000			84～100	580000		38	1800	XC-S20A
XG20000	20000	380	380	47.5～58	580000		28	2600	SQ-20
XG50000	50000			118～145	1550000		45	3400	SCH-50
XSG4000	4000	220	220	15～20	1400000	500	25	450	DWC-3
XSG6000	6000			23～31					

14.7.2 直管长弧疝灯技术数据（见表14-25）

表14-25 直管长弧疝灯技术数据

型号	功率/W	电源电压/V	工作电流/A	启动电流/A	光通量/lm	尺寸/mm			触发器				寿命/h
						直径 D	全长 L	发光体长 L	型号	尺寸/mm			
										长	宽	高	
SZ1500	1500	220	20	22	30000	32	350	110	XC-S15A	170	115	53	1000
SZ3000	3000		13～18		72000	15±1	700	590	XC-3A	255	300	130	
SZ6000	6000		24.5～30	39	144000	21±1	1000	800	SQ-10	450	450	350	
SZ8000	8000				200000	23±1	1500	1050					
SZ10000	10000		41～50	65	270000	26±1	1500	1050	XC-10A	410	210	250	
SZ20000	20000		84～100		580000	28±1	1800	1300	XC-S20A	500	250	250	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	功率/W	电源电压/V	工作电流/A	启动电流/A	光通量/lm	尺寸/mm			触发器				寿命/h
						直径 D	全长 L	发光体长 L	型号	尺寸/mm			
										长	宽	高	
SZ20000	20000	380	47.5～58	75	580000	28±1	2500		SQ-20	450	450	350	
SZ50000	50000		118～145	189	1550000	45±1	3400		SCH-50	450	450	350	

14.7.3 疝灯的使用

氙灯发射的光通量是卤素灯的两倍以上，同时电能转化为光能的效率也比卤素灯提高70%以上，氙灯具有比较高的能量密度和光照强度，而运行电流仅为卤素灯的一半。氙灯的变压器和电子控制单元控制电弧的放电过程，保证了光亮的稳定性及连续性。所以氙灯一旦发生故障不会瞬间熄灭，而是通过逐渐变暗的方式熄灭。氙灯的成本比卤素灯高，但由于性能优越，亮度、色温、防眩目和耐用等方面氙灯都比卤素灯好，因此在汽车道路照明上日益受到重视。使用疝灯时应注意以下几点：

1）电源电压应与疝灯的额定电压相符，电源电压的变化不宜大于5%。

2）配套的灯具应有良好的散热性能，以免受热变形。

3）需要更换疝灯时，一定要先断开电源，并待疝灯自然冷却后方可进行。

14.8 金属卤化物灯

1. 分类

因金属卤化物灯的光谱主要是由添加金属辐射的光谱决定的，汞的辐射谱线的贡献很小。根据辐射光谱的特征，金属卤化物灯可分为四大类：

1）选择几种发出强线光谱的金属卤化物，将它们加在一起，得到白色的光源，如钠-铊-铟灯。

2）利用在可见光区能发射大量密集线光谱的稀土金属，得到类似日光的白光，如镝灯。

3）利用超高气压的金属蒸气放电或分子发光产生连续辐射，获得白色的光，如超高压铟灯。

4）利用具有很强的近乎单色辐射的金属，产生色纯度很高的光，如铊灯和铟灯。

2. 结构及工作原理

金属卤化物灯是在放电管内添加金属卤化物，使金属原子或分子参与放电而发出可见光，当调配金属卤化物的成分和配比时，可以得到全光谱（白光）的光源。

金属卤化物灯的结构与高压汞灯的结构相似，但其放电管比同功率的高压汞灯小。金属卤化物灯的放电管大部分是采用石英玻璃制成，有些金属卤化物灯的放电管最近已采用更耐高温、高温下化学稳定性更好的半透明的氧化铝陶瓷管。金属卤化物灯的电极形状与高压汞灯的相似，但电子发射材料有些特殊。当采用石英玻璃制成放电管时，为了提高放电管的冷端温度，在电极周围的泡壳区域涂以白色的氧化锆红外反射层。

金属卤化物灯的工作原理是当金属卤化物的蒸气扩散到电弧弧心时，在高温作用下分解成金属原子和卤素原子，金属原子辐射出所需要的光谱；当金属原子和卤素原子扩散到电弧外围的管壁区域时，两者又复合成金属卤化物。扩散-分解-扩散-复合这样的循环过程在灯中不断重复进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

金属卤化物灯的启动电流较小，它有一个较长时间的启动过程，在这个过程中灯的各个参数均发生变化。金属卤化物灯在关闭或熄灭后，须等待约10min左右才可再次启动，这是由于灯工作温度很高，放电管气压很高，启动电压升高，只有待灯冷却到一定程度后，才能再启动。

14.8.1 金属卤化物灯技术数据（见表14-26）

表14-26 金属卤化物灯技术数据

类别	型号	额定电压/V	额定功率/W	工作电压/V	工作电流/A	额定光通量/lm	启动稳定时间/min	平均寿命/h	灯头型号
日光色镝灯	DDG-125	220	125	125±15	1.15	6500	5~10	1500	E27
	DDG-250		250		2.3	18000			E40
	DDG-400		400		3.65	35000		2000	
	DDG-1000		1000	130	8.3	70000		500	
	DDG-2000	380	2000	220	10.3	150000		500	
	DDG-3500		3500	220	18	280000			
钪钠灯	KNG-250	220	250	110	2.4	15000		1500	E40
	KNG-400		400	130	3.3	28000			
	KNG-1000		1000	135	8.3	7000		1000	
	KNG-2000	380	2000	220	10.3	150000		8000	
高光效金属卤素灯	ZJD-100	220	100	110	1.30	7800		10000	E27
	ZJD-150		150	115	1.50	11500			
	ZJD-175		175	130	1.50	14000			E40
	ZJD-250		250	135	2.15	20500			
	ZJD-400		400	135	3.25	36000			
	ZJD-1000	380	1000	265	4.10	110000		3000	E40
	ZJD-1500		1500	270	6.20	155000			

14.8.2 高显色性金属卤化物灯技术数据（见表14-27）

表14-27 高显色性金属卤化物灯技术数据

型号	灯泡功率/W	光通量/lm	发光效率/(lm/W)	显色指数 R_a	色温/K	型号	灯泡功率/W	光通量/lm	发光效率/(lm/W)	显色指数 R_a	色温/K
HQI T 250/D	250	2000	80	90	6000	HQI T 2000/D	2000	180000	90	93	6000
HQI T 400/D	400	32000	80	93	6000	HQI T 3500/D	3500	320000	91.5	93	6000
HQI T 1000/D	1000	80000	80	93	6000						

14.8.3 金属卤化物灯的安装与使用

1）灯具安装高度应大于5m，导线应经接线柱与灯具连接，并不得靠近灯具表面。

2）灯管必须与触发器和镇流器配套使用，否则启动困难，影响灯管的使用寿命。

3）电源电源波动不宜大于±5%，否则会引起光效、管压、光色的变化。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）落地安装的反光照明灯具，应采取保护措施。

5）金属卤化物灯的玻璃外壳温度较高，灯具必须具有良好的散热性能。

6）无外玻璃壳的金属卤化物灯，悬挂高应不低于14m，以防紫外线辐射灼伤眼睛和皮肤。

7）安装时必须认清方向标记，正确安装，灯轴中心偏离不应大于15°。要求垂直点燃的灯，若水平安装，灯管就会炸裂；若灯头方向装错，灯的光色会变绿。

14.9 卤钨灯

卤钨灯是在白炽灯灯泡中充入微量卤化物，灯丝温度比一般白炽灯高，使蒸发到玻璃壳上的钨与卤化物形成卤钨化合物，遇灯丝高温分解把钨送回钨丝，如此再生循环，既提高发光效率又延长使用寿命。卤钨灯有两种：一种是石英卤钨灯；另一种是硬质玻璃卤钨灯。石英卤钨灯由于卤钨再生循环好，灯的透光性好，光通量输出不受影响，而且石英的膨胀系数很小，即使点亮的灯碰到水也不会炸裂。

卤钨灯由灯丝和耐高温的石英玻璃管组成。灯管两端为灯脚，管内中心的螺旋状灯丝安装在灯丝支持架上，在灯管内充有微量的卤元素（碘或溴）。

卤钨灯的工作原理与白炽灯一样，由灯丝作为发光体，所不同的是灯管内装有碘，在管内温度升高后，碘与灯丝蒸发出来的钨化合成为挥发性的碘化钨。碘化钨在靠近灯丝的高温处又分解为碘和钨，钨留在灯丝上，而碘又回到温度较低的位置，依次不断循环，从而提高了发光效率和灯丝寿命。

14.9.1 管形卤钨灯技术数据（见表14-28）

表14-28 管形卤钨灯技术数据

型号	额定电压/V	功率/W	光通量/lm	显色指数 R_a	色温/K	平均寿命/h	外形尺寸（直径×长度）/mm	灯头型号
LZG36-300	36	300	6000	95～99	2800±50	600	13×(88±2)	Fa4
LZG110-500	110	500	10250			1500	12×(123±2)	R7s
LZG220-300	220	300	5000			1000	12×(140±2)	Fa4
LZG220-500		500	9750			1500	12×(151±3)	R7s
							12×(155±3)	
							12×(175±3)	Fa4
LZG220-1000		1000	21000				13×(222±3)	Fa4
							13×(232±3)	
							13×(208±3)	R7s
LZG220-1500		1500	31500				13×(262±3)	Fa4
							13×(293±3)	R7s
LZG220-2000		2000	42000				13×(297±3)	Fa4
							13×(310±3)	
							13×(293±3)	R7s

注：1. 双头接点的卤钨灯应水平安装使用，倾斜角不得超过4°，否则会缩短其使用寿命。

2. 灯头和灯具的接触点应保持良好的电气接触，否则将使灯头严重气化，致使灯管封接处炸裂。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.9.2 卤钨灯的安装与使用

卤钨灯的接线与白炽灯相同，不需任何附件，安装时应注意以下几点：

1）电源电压的变化对灯管寿命影响很大，当电压超过额定值的5%时，寿命将缩短一半。所以电源电压的波动一般不宜超过±2.5%。

2）卤钨灯使用时，灯管应严格保持在水平位置，其斜度不得大于4°，否则会损坏卤钨的循环，严重影响灯管的寿命。

3）卤钨灯不允许采用任何人工冷却措施，以保证在高温下的卤钨循环。

4）卤钨灯在正常工作时，管壁温度高达500～700℃，故卤钨灯应配用成套供应的金属灯架，并与易燃的厂房结构保持一定距离。

5）使用前要用酒精擦去灯管外壁的油污，否则会在高温下形成污斑而降低亮度。

6）卤钨灯的灯脚引线必须采用耐高温的导线，不得随意改用普通导线。电源线与灯线的连接须用良好的瓷接头。靠近灯座的导线需套耐高温的瓷套管或玻璃纤维套管。灯脚固定必须良好，以免灯脚在高温下被氧化。

7）卤钨灯耐振性较差，不宜用在振动性较强的场所，更不能作为移动光源来使用。

14.10 LED灯

1. LED光源的特点

LED是一种新型半导体固态光源。它是一种不需要钨丝和灯管的颗粒状发光元件。LED光源凭借环保、节能、寿命长、安全等众多优点，已成为照明行业的新宠。

在某些半导体材料的PN结中，注入的少数载流子与多数载流子复合时会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换为光能。PN结加反向电压，少数载流子难以注入，故不发光。这种利用注入式电致发光原理制作的二极管叫发光二极管（Light Emitting Diode，LED）。

LED与普通二极管一样，仍然由PN结构成，同样具有单向导电性。LED工作在正偏状态，在正向导通时能发光，所以它是一种把电能转换成光能的半导体器件。

典型的点光源属于高指向性光源，如图14-1所示。如果将多个LED芯片封装在一个面板上，就构成了面光源，它仍具有高指向性，如图14-2所示。

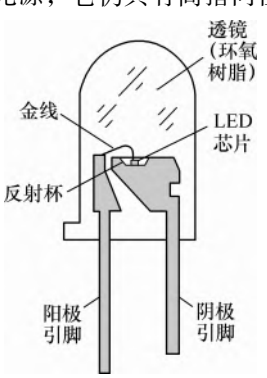


图14-1 LED截面图

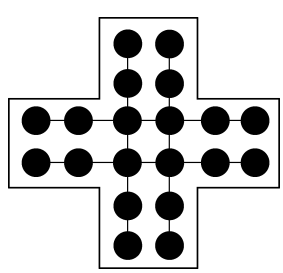


图14-2 LED面光源

LED光源注意具有以下优点：

1）发光效率高：LED的发光效率是一般白炽灯发光效率的3倍左右。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）耗电量少：LED电能利用率高达80%以上。

3）可靠性高、使用寿命长：LED没有玻璃、钨丝等易损部件，可承受高强度机械冲击和振动，不易破碎，故障率极低。

4）安全性好，属于绿色照明光源：LED发热量低、无热辐射，可以安全触摸；光色柔和、无眩光：不含汞、钠元素等可能危害健康的物质。

5）环保：LED为全固体发光体，耐振、耐冲击，不易破碎，废弃物可回收，没有污染。

6）单色性好、色彩鲜艳丰富：LED有多种颜色，光源体积小，可以随意组合，还可以控制发光强度和调整发光方式，实现光与艺术的完美结合。

7）响应时间短：LED的响应时间只有60ns，特别适合用于汽车灯具的光源。由于LED反应速度快，故可在高频下工作。

8）平面发光，方向性强：LED光源的视角度≤180°。设计与使用时一定要注意。

白光LED灯具与传统灯具在室内照明领域竞争时，面临的最大问题还是初次购买成本太高。目前市面上的LED灯具还不能达到普通灯泡所具有的亮度，在室内照明的应用主要集中在商业照明领域，基本以背景照明和局部照明等装饰性照明为主。

随着大功率、高光效、高显色性的白光LED照明灯具的研发和逐步投产，使其照度不断提高而成本不断降低，LED室内照明进入千家万户是一个必然的发展趋势。

2. LED驱动电源的类型

LED灯无论在结构上还是在发光原理上，都与传统的白炽灯有本质的不同。LED灯采用低电压电源驱动，安全线路可以标准化，线路可在任意位置以任意形状布置。因此，LED驱动电路除了要满足安全要求外，还必须具有以下两个基本功能：一是尽可能保持恒流特性，尤其在电源电压发生±15%的变动时，仍应能保持输出电流在±10%的范围内变动。二是驱动电路应保持较低的自身功耗，这样才能使LED的系统效率保持在较高水平。

LED具有低耗能、高寿命的优点，因此许多特殊应用均会用LED当做其发光源；然而因为LED所需要的电源为直流、低电压，故以前用来推动钨丝灯泡或日光灯的电源并不适合直接驱动LED灯具。为满足不同输入电压、不同的输出电流及不同的LED数量等要求，各半导体器件公司纷纷开发出各种新型LED驱动电源。常用LED驱动电源的分类及特性见表14-29。

表14-29 常用LED驱动电源的分类及特性

分类标准	种类	特性
按驱动方式分类	恒流式	1）恒流驱动电路输出的电流是恒定的，而输出的直流电压却随着负载电阻值的大小不同在一定范围内变化，负载电阻值越小，输出电压就越低，负载电阻值越大，输出电压也就越高 2）恒流电路不怕负载短路，但严禁负载完全开路 3）恒流驱动电路驱动LED是较为理想的，但相对而言价格较高 4）应注意所使用最大承受电流及电压值，它限制了LED的使用数量
	恒压式	1）当稳压电路中的各项参数确定以后，输出的电压是固定的，而输出的电流却随着负载的增减而变化 2）稳压电路不怕负载开路，但严禁负载完全短路 3）以稳压驱动电路驱动LED，每串需要加上合适的电阻方可使每串LED显示亮度平均 4）亮度会受整流而来的电压变化影响
按电路结构方式分类	电阻/电容降压方式	通过电容降压，在闪动使用时，由于充放电的作用，通过LED的瞬间电流极大，容易损坏芯片。易受电网电压波动的影响，电源效率低、可靠性低

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分类标准	种类	特　　性
按电路结构方式分类	电阻降压方式	通过电阻降压，受电网电压变化的干扰较大，不容易做成稳压电源，降压电阻要消耗很大部分的能量，所以这种供电方式电源效率很低，而且系统的可靠性也较低
	常规变压器降压方式	电源重量偏高、电源效率也很低，一般只有45%～60%，所以一般很少用，可靠性不高
	电子变压器降压方式	电源效率较低、电压范围也不宽，一般为180～240V，波纹干扰大
	RCC降压方式开关电源	稳压范围比较宽、电源效率比较高，一般可以做到70%～80%，应用也较广。由于这种控制方式的振荡频率是不连续的，开关频率不容易控制，负载电压波纹系数也比较大，异常负载适应性差
	PWM控制方式开关电源	脉宽调制型开关电源主要由四部分组成，输入整流滤波部分、输出整流滤波部分、PWM稳压控制部分、开关能量转换部分。其基本工作原理就是在输入电压、内部参数及外接负载变化的情况下，控制电路通过被控制信号与基准信号的差值进行闭环反馈，调节主电路开关器件导通的脉冲宽度，使得开关电源的输出电压或电流稳定（即相应稳压电源或恒流电源）。电源效率极高，一般可以做到80%～90%，输出电压、电流稳定。一般这种电路都有完善的保护措施，属高可靠性电源

3. LED在照明领域的应用及特点

（1）LED在照明领域的应用场合

1）室内商业气氛照明：LED光源节能环保、无紫外线，成为一些商家针对某些特殊产品展示的首选光源。

2）休闲娱乐场所照明：LED集成光源全彩易控，可以创造静态和动态的照明效果，给娱乐场、美容院等场所的空间环境装潢设计开启了新的思路。

3）专业场所的照明：博物馆、美术陈列馆等场所属于对照明环境要求较高的特殊场合，LED是冷光源，光线中不含紫外线，完全可以满足博物馆、美术陈列馆对照明的特殊要求。

4）舞台照明：将演播室的照明改变为LED，演播室在照明方面的能源利用减少了，室温也可降到更为舒适的程度。

5）酒店、宾馆照明：酒店、宾馆的照明运用LED产品，或是在大堂，或是在客房，给顾客带来一种不一样的感受，除了节约能源之外，还能尽显豪华和温馨。

6）会议室、多功能厅照明：智能化控制的LED，光度可调，可依据会议内容的不同调整会议室或多功能厅的照明环境，严肃或活泼可自由设定，LED智能化照明能够满足不同会议主题对光环境的要求。

7）起居室和家庭影院照明：利用LED的灯光色彩可以烘托一种温暖、和谐、浪漫的情调，体现舒适、休闲的氛围。LED的应用为家居照明诠释了另一种意义。

（2）LED在室内照明领域应用的特点

1）LED在室内照明领域应用的优势

①易控制：亮度和色彩的动态控制容易，能充分满足高档室内装饰气氛照明的市场需求。

②LED可实现与建筑有机融合，达到只见光不见灯的效果，同时可很方便地实现各种柔性化造型。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③长寿命：散热良好的大功率 LED 的实际寿命为一般光源的几倍甚至几十倍，适用于某些需要 24h 点亮和维护更换不方便的场合。

④光束中不含红外线和紫外线，特别适用于博物馆、美术馆、图书馆、化妆品商店、珠宝店等专业场所，可满足物品对展示照明的特殊要求。

⑤LED 有很强的发光方向性，光通量利用率高，且体积小，易于 LED 灯具的外观设计和配光分布的控制。

2）LED 在室内照明领域应用的劣势

①成本高：采用 LED 制成的室内照明灯具，其初次购买成本约是传统照明灯具的 5 ~ 10 倍，对于普通用户来讲成本劣势非常明显。在现阶段，有限的节能本身无法支持 LED 光源的高价格。

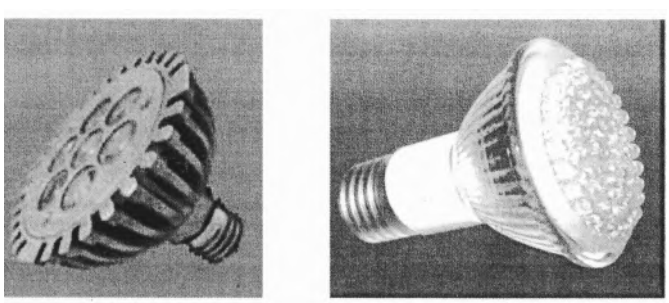
②光谱质量：人类的眼睛已经习惯于太阳所发出的连续光谱的光，而目前白光 LED 光谱的不连续性，尤其是荧光粉转化的白光 LED 存在色温偏高，显色性不够高等问题。这是 LED 大规模进入室内照明领域时需要解决的问题。

14.10.1 LED 灯杯技术数据（见表 14-30）

表 14-30 LED 灯杯技术数据

类型	功率/W	光通量/lm	色温/K	寿命/h	类型	功率/W	光通量/lm	色温/K	寿命/h
小功率 LED	0.8	56	5500 ~ 10000	20000	大功率 LED	1	80	5500	20000
	1	70	5500	20000		2	160	5500	20000
	1.2	80	5500	20000		3	240	5500	20000
	1.5	100	5500	20000		5	400	5500	20000
	2	130	5500	20000		7	560	5500	20000
	3	180	5500	20000		10	800	5500	20000
						14	1120	5500	20000
						20	1600	5500	20000

目前 LED 灯杯主要有两种组合方式，一种采用小功率 LED 排列，通常是功率小、光通量小、成本低；另一种采用大功率 LED 排列，光通量能够达到实际使用的要求，但散热问题需要特别注意，通常会采用铝金属的材质来制造散热结构。图 14-3 为两种组合方式的典型结构。LED 灯杯的驱动电压在使用时应注意，目前很多产品可以和市电直接连接。



a) 大功率LED灯杯　　b) 小功率LED灯杯

图 14-3 LED 灯杯

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.10.2 LED灯泡技术数据（见表14-31）

表14-31 LED灯泡技术数据

功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h	功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h
1	90～260	20～40	3000～6000	20000	9	90～260	200～400	3000～6000	20000
3	90～260	60～130	3000～6000	20000	10	90～260	210～450	3000～6000	20000
5	90～260	100～200	3000～6000	20000	11	90～260	220～460	3000～6000	20000
7	90～260	140～200	3000～6000	20000	12	90～260	250～500	3000～6000	20000

LED灯泡如图14-4所示。LED灯泡主要用来替代白炽灯和节能灯，目前照明使用的LED灯泡采用大功率LED芯片制作，为了防止眩光的问题，外壳通常会使用磨砂玻璃或亚克力来制作。与LED灯杯类似，散热目前绝大部分采用铝质散热结构。LED灯泡可以直接由市电驱动，大部分产品具有宽电压的输入，可以从90～260V输入。

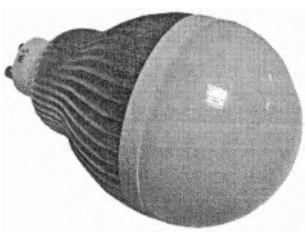


图14-4 LED灯泡

14.10.3 LED荧光灯管技术数据（见表14-32）

表14-32 LED荧光灯管技术数据

功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h	功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h
8	90～260	480	4000～7000	20000	18	90～260	1350	4000～7000	20000
10	90～260	900	4000～7000	20000	20	90～260	1500	4000～7000	20000
11	90～260	700	4000～7000	20000	36	90～260	2600	4000～7000	20000
16	90～260	1125	4000～7000	20000					

LED荧光灯管如图14-5所示。LED荧光灯管主要有两种方式，一种采用小功率器件，采用的LED颗粒比较多，成本也较低，但整体照度水平较低；另一种采用贴片式功率器件，采用的LED颗粒少，照度水平较高，但对光学设计的要求很高，否则光分布控制较差，眩光问题严重。

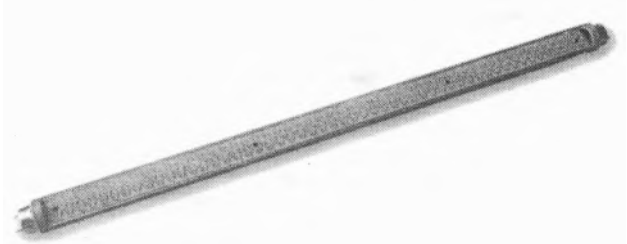


图14-5 LED荧光灯管

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.10.4 LED 投光灯技术数据（见表 14-33）

表 14-33 LED 投光灯技术数据

功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h	功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h
1	90～260	60	4000～9000	20000	36	90～260	2500	4000～9000	20000
5	90～260	320	4000～9000	20000	50	90～260	3200	4000～9000	20000
10	90～260	650	4000～9000	20000	60	90～260	3600	4000～9000	20000
15	90～260	1000	4000～9000	20000	100	90～260	5500	4000～9000	20000
20	90～260	1500	4000～9000	20000	120	90～260	7500	4000～9000	20000

LED 投光灯以其轻盈的结构，在景观照明中有较大的应用前景。目前有两类产品，一类采用功率型芯片组合，如图 14-6a 所示；另一类直接采用单颗大功率芯片，如图 14-6b 所示。前者的性能较稳定，适合小范围的投光照射；后者可以达到很高的功率，可以进行远距离大面积投光，但散热比较困难。

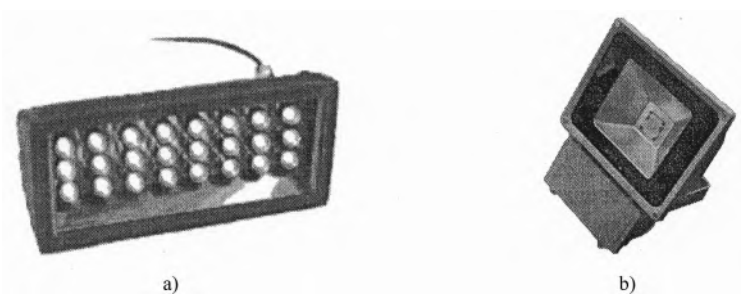


图 14-6 LED 投光灯

14.10.5 LED 道路灯技术数据（见表 14-34）

表 14-34 LED 道路灯技术数据

功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h	功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h
15	90～260 12/24	1000	4000～9000	20000	60	90～260 12/24	3600	4000～9000	20000
20	90～260 12/24	1500	4000～9000	20000	100	90～260	6500	4000～9000	20000
36	90～260 12/24	2500	4000～9000	20000	120	90～260	7500	4000～9000	20000
					150	90～260	10000	4000～9000	20000
50	90～260 12/24	3200	4000～9000	20000	200	90～260	14000	4000～9000	20000

LED 道路灯有两类产品，一类采用功率型芯片组合，另一类直接采用单颗大功率芯片。LED 道路灯的驱动电压有两种，一种为 12V/24V 的低压，主要是为了配合太阳能照明使用，另一种为电网电压，用于直接供电。目前小功率的 LED 太阳能路灯是其使用的重点，随着 LED 技术和灯具技术的突破，LED 道路灯将逐渐向等级高的道路照明发展。LED 道路灯如图 14-7 所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

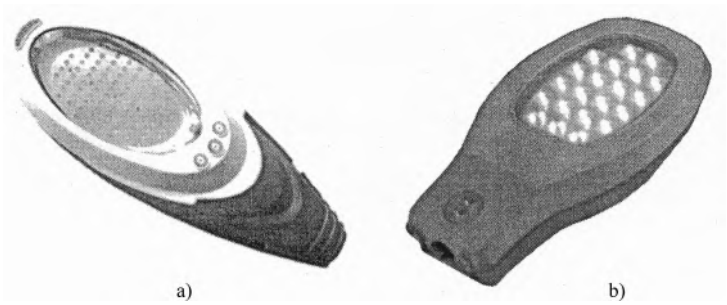


图 14-7 LED 道路灯

14.10.6 LED 隧道灯技术数据（见表 14-35）

表 14-35 LED 隧道灯技术数据

功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h	功率/W	电压/V	光通量/lm	色温/K	寿命/h
20	90～260	1500	6000～9000	50000	90	90～260	7200	6000～9000	50000
30	90～260	2000	6000～9000	50000	100	90～260	8000	6000～9000	50000
45	90～260	3600	6000～9000	50000	120	90～260	9600	6000～9000	50000
60	90～260	4800	6000～9000	50000	140	90～260	11200	6000～9000	50000
70	90～260	5600	6000～9000	50000	160	90～260	13000	6000～9000	50000
80	90～260	6400	6000～9000	50000	200	90～260	17000	6000～9000	50000

LED 隧道灯有两类产品，一类采用功率型芯片组合，另一类直接采用单颗大功率芯片，LED 隧道灯的最大特点是可以比较方便地实现调光控制，结合隧道照明的特点和要求，可以最大程度地节约能源。LED 隧道灯目前还无法提供足够高亮度的洞口照明，主要用于隧道照明的中间段。LED 隧道灯如图 14-8 所示。

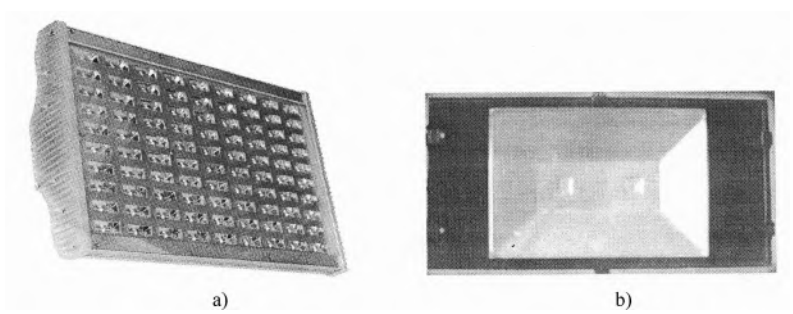


图 14-8 LED 隧道灯

14.10.7 LED 灯的安装与使用

1. 室内照明安装注意事项

1）电源电压应当与灯具标示的电压相一致，特别要注意输入电源是直流还是交流，电源线路要设置匹配的漏电及过载保护开关，确保电源的可靠性。

2）LED 灯具在室内安装时，防水要求与在室外安装基本一致，同样要求做好产品的防水措施，以防止潮湿空气、腐蚀气体等进入线路。安装时，应仔细检查各个有可能进水的部位，特别

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是线路接头位置。

3）LED灯具均自带公母接头，在灯具相互串接时，先将公母接头的防水圈安装好，然后将公母接头对接，确定公母接头已插到底部后用力锁紧螺母即可。

4）产品拆开包装后，应认真检查灯具外壳是否有破损，如有破损，请勿点亮LED灯具，并采取必要的修复或更换措施。

5）对于可延伸的LED灯具，要注意复核可延伸的最大数量，不可超量串接安装和使用，否则会烧毁控制器或灯具。

6）灯具安装时，如果遇到玻璃等不可打孔的地方，切不可使用胶水等直接固定，必须架设铁架或铝合金架后用螺钉固定；螺钉固定时不可随意减少螺钉数量，且安装应牢固可靠，不能有飘动、摆动和松脱等现象；切不可安装于易燃、易爆的环境中，并保证LED灯具有一定的散热空间。

7）灯具在搬运及施工安装时，切勿摔、扔、压、拖灯体，切勿用力拉动、弯折延伸接头，以免拉松密封固线口，造成密封不良或内部芯线断路。

2. 使用注意事项

1）LED的极性不得反接，通常引线较长的为正极，引线较短的是负极。

2）使用中各项参数不得超过规定极限值。正向电流 I_F 不允许超过极限工作电流 I_{FM} 值，并且随着环境温度的升高，必须降低工作电流使用。长期使用时温度不宜超过75℃。

3）LED的正常工作电流为20mA，电压的微小波动（如0.1V）都将引起电流的大幅度波动（10%～15%）。因此，在电路设计时，应根据LED的压降配对不同的限流电阻，以保证LED处于最佳工作状态。电流过大，LED会缩短寿命；电流过小，达不到所需发光强度。

4）在发光亮度基本不变的情况下，采用脉冲电压驱动可以减少耗电。

5）静电电压和电流的急剧升高将会对LED产生损害。严禁徒手触摸白光LED的两只引线脚。因为人体的静电会损坏发光二极管的结晶层，工作一段时间后（如10h）二极管就会失效（不亮），严重时会立即失效。

6）在给LED上锡时，加热锡的装置和电烙铁必须接地，以防止静电损伤器件，防静电线最好用直径为3mm的裸铜线，并且终端与电源地线可靠连接。

7）不要在引脚变形的情况下安装LED。

8）在通电情况下，避免80℃以上高温作业。如有高温作业，一定要做好散热。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第15章　电 工 仪 表

15.1　概述

1. 电工测量的基本概念

电工测量是借助于测量设备，将被测量的电量或磁量，与作为测量电位的同类标准量进行比较，从而确定被测电量或磁量的过程。比较的结果一般包括两部分，一是单位名称、二是数据值。

测量单位的确定和统一是非常重要的。为了对同一量在不同时间和地点进行测量时都能得到相同的结果，必须采用一种公认而又固定不变的单位。只有这样测量才有实际意义。

电工测量的数据主要是反映电和磁特征的物理量，如电流、电压、电功率、电能等；反映电路特征的物理量，如电阻、电容、电感等；反映电和磁变化规律的物理量，如频率、相位、功率因数等。进行电量或磁量测量的各种仪器、仪表，统称为电工测量仪表。进行电工测量时，还应根据被测量的性质和测量的目的，选择不同的测量仪表和不同的测量方法。

2. 常用电工测量的方法

1）直接测量法：直接测量指测量结果可从一次测量的数据中得到。如用电流表测量电流，用电压表测量电压，用欧姆表测量电阻等都属于直接测量法。此方法测量简便、读数迅速、但准确度较低。

2）间接测量法：间接测量只能测出与被测量有关的电量，然后经过计算求得被测量。如用伏安法测量电阻时，先用电压表和电流表分别测量出电阻两端的电压和流过该电阻的电流，最后再根据欧姆定律计算出被测的电阻的大小。间接测量法的误差比直接测量法大。

3）比较测量法：比较测量是将被测的量与度量器在比较仪器中进行比较后，而得到被测量数值的一种方法。比较法的优点是准确度和灵敏度都较高，其准确度最小时可达 ±0.001%；缺点是操作麻烦、设备复杂，此方法常用于精密测量。

3. 测量误差的分类

无论用什么方法测量，也无论怎样仔细地计算，由于测量仪器不准确，测量方法不完善等，使得测量结果与被测量的真实值之间总存在差别，这种差别就是测量误差。根据误差的性质，测量误差可分为以下几类：

1）随机误差（又称偶然误差）：是指单次测量时大小和符号都不固定的误差。它由一些偶然因素引起，如温度、磁场、电源频率的骤然变化。随机误差不可预测，无法采取措施予以修正，但可采用在相同条件下，多次重复同样的测量，求取平均值。由于正误差和负误差出现的机会相等，多次测量的平均值可以抵偿随机误差。

2）系统误差：是指在多次测量过程中，误差的数值恒定或按一定规律变化的误差。

3）综合误差：是指随机误差和系统误差的合成。

4）粗大误差（又称疏失误差）：由于测量人员的粗心大意或疏失而造成。如接线、读数、记录发生差错而造成的误差，对于明显的粗大误差，属于坏值，应予剔除。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 电工仪表的种类及特点

电工仪表是用来测量电流、电压、电阻、电能、功率、相位角、频率等电气参数的仪表。常用的电工仪表有电流表、电压表、电能表、钳形表、绝缘电阻表、万用表、数字万用表等。

常用电工仪表种类繁多，有多种不同的分类方法，通常可分为以下四大类：

1）指示仪表：在电工测量领域中，指示仪表品种最多，应用最为广泛，其分类方法如下：

①按工作原理分类：有磁电系、电磁系、电动系、感应系、静电系仪表等类型。

②按被测量分类：有电流表、电压表、电能表、功率表、绝缘电阻表等类型。

③按使用方法分类：有固定安装式（开关板式）、便携式（现场测量式）和实验室式仪表。

④按准确度等级分类：有0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0等7个准确度等级类型的仪表。

⑤按使用条件分类：有A、B、C三组类型的仪表。

⑥按仪表防御外界条件分类：有Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四种类型。

2）比较仪表：比较仪表用于比较测量中，它包括各类交、直流电桥及直流电位差计等。比较法测量准确度高，但操作比较复杂。

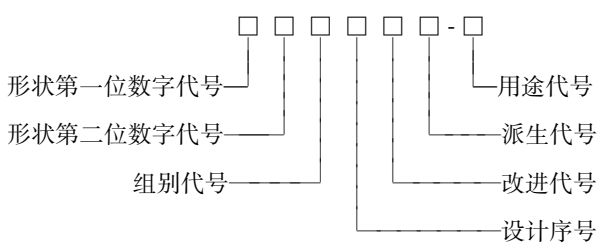
3）图示仪表：图示仪表主要用来显示两个相关量的变化关系，这类仪表直观效果好，常用的有示波器。

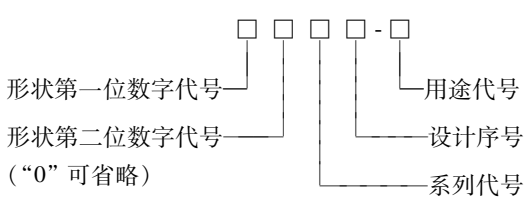
4）数字仪表：数字仪表是采用数字测量技术，将被测的模拟量转换成为数字量，直接读出，常用的有数字电压表、数字万用表等。

5. 电工仪表的型号

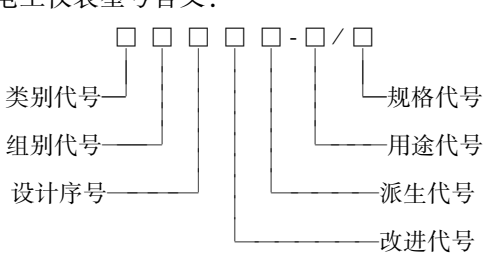
（1）型号的基本构成

1）固定安装式（开关板式）指示电工仪表型号含义：





2）便携式、实验室用电工仪表型号含义：



（2）电工仪表的类别代号（见表15-1）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15-1 电工仪表的类别代号

序号	类别	代号	序号	类别	代号	序号	类别	代号
1	指示电表	—	8	电阻度量	Z	15	示波器	S
2	电能表	D	9	电桥	Q	16	数字电表	P
3	各种专用仪表	M	10	电容度量	R	17	校验装置	X
4	仪用互感器	H	11	电感度量	G	18	遥测电表	J
5	测磁仪器	C	12	标准度量	B	19	附件配件	F
6	自动记录电表	L	13	自动控制仪器	K	20	其余	Y
7	微电计	A	14	电位差计	U			

（3）电工仪表的组别代号（见表 15-2）

表 15-2 电工仪表的组别代号

组别		代号	组别		代号
指示电表	谐振（振簧）式	B	指示电表	静电式	Q
	磁电式	C		热线式	R
	电动式	D		双金属式	S
	热电式	E		电磁式	T
	感应式	G		光电式	U
	整流式	L		电子式	Z
专用仪表	万用表、多用表	F	专用仪表	交流	S
	钳形表	G		组合成套仪表	Z
	整流式	L		其余	Y
电度表	安培小时计	A	电度表	直流	J
	标准	B		打点记录	L
	单相	D		三相三线	S
	伏特小时计	F		三相四线	T
	总耗	H		无功	X
电桥	复用	F	电桥	交流	S
	直流	J		其余	Y
数字电表	欧姆表	C	数字电表	相位表	X
	检验装置	F		伏特表	Z
	频率表	P		其余	Y

（4）电工仪表的用途代号（见表 15-3）

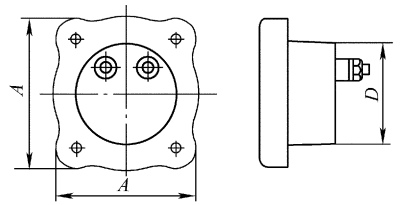
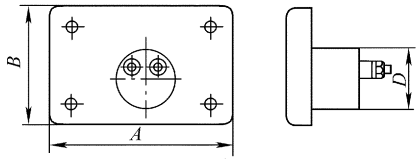
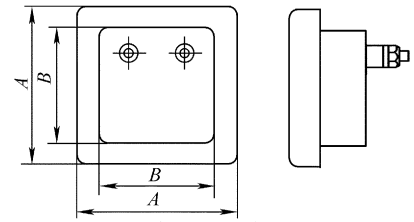
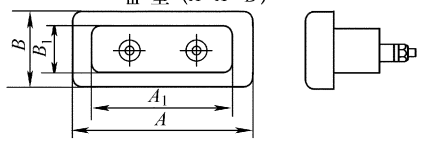
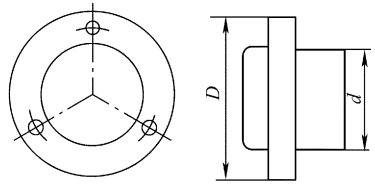
表 15-3 电工仪表的用途代号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
电流表	A、mA、μA、kA	欧姆表	Ω、mΩ、μΩ、kΩ、MΩ	功率因数表	$\cos\varphi$
电压表	V、mV、μV、kV	频率表	Hz、MHz	电量表	Q
有功功率表	W、kW、MW	整步表	S	多用表	V-A，V-A-Ω 等
无功功率表	Var、kVar、MVar	相位表	φ		

（5）电工仪表的形状特征代号（见表 15-4）

www.789pdf.com 789书库网

表 15-4 电工仪表的形状特征代号

外形形状	形状第一位代号（面板最大尺寸）/mm		形状第二位代号（外壳尺寸特征）						
			0	1	2	3	5	6	9
 Ⅰ型（$A\times A-D$）	1	150～200	160×160-150 Ⅲ	185×185-120 Ⅰ				160×160-150×70 Ⅳ	其他
	2	200～400		220×220-210 Ⅲ					其他
 Ⅱ型（$A\times B-D$）	4	100～120	110×110-100 Ⅲ	110×110-100 Ⅰ		110×85-60 Ⅱ			其他
 Ⅲ型（$A\times A-B$）	5	120～150	135×135-120 Ⅰ	135×110-80 Ⅱ	130×105-70 Ⅱ				其他
	6	80～100	85×65-40 Ⅱ		85×85-80 Ⅰ		85-70 Ⅴ	100-80 Ⅴ	其他
 Ⅳ型（$A\times B-A_1\times B_1$）	8	50～80		65×65-60 Ⅰ	80-65 Ⅴ				其他
 Ⅴ型（$D-d$）	9	50及以下	30×30-25 Ⅰ	45×45-40 Ⅰ					其他

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）电工仪表的系列代号（见表 15-5）

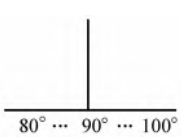
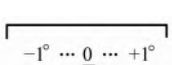
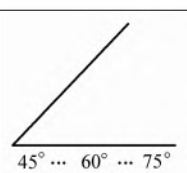
表 15-5 电工仪表的系列代号

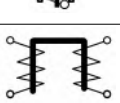
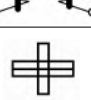
代号	B	C	D	E	G	L	Q	R	S	T	U	Z
系列	谐振（振簧）	磁电	电动	热电	感应	整流	静电	热线	双金属	电磁	光电	电子

6. 电工仪表表盘上的符号

电工仪表的面板上标有各种符号，表明仪表的基本特性。常用电工仪表的面板符号见表 15-6。

表 15-6 常用电工仪表的面板符号

被测量的性质	
名　称	符　号
直流线路和/或直流响应的测量元件	
交流线路和/或交流响应的测量元件	
直流和/或交流线路和/或直流和交流响应的测量元件	
三相交流线路（通用符号）	3 ~
使　用　位　置	
名　称	符　号
标度盘垂直使用的仪表	
标度盘水平使用的仪表	
标度盘相对水平面倾斜（例 60°）的仪表	
仪表按 D-1 使用的例子，标称使用范围为 80° ~ 100°	
仪表按 D-2 使用的例子，标称使用范围为 -1° ~ +1°	
仪表按 D-3 使用的例子，标称使用范围为 45° ~ 75°	

准确度等级	
名　称	符　号
等级指数（例如 1）基准值为标度尺长或指示值或量程者除外	1
等级指数（例如 1），基准值为标度尺长	
等级指数（例如 1），基准值为指示值	
等级指数（例如 1），基准值为量程	
常　用　符　号	
名　称	符　号
磁电系仪表	
磁电系比率表	
动磁系仪表	
动磁系比率表	
电磁系仪表	
极化电磁系仪表	
电磁系比率表	
电动系仪表	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

常 用 符 号		常 用 符 号	
名 称	符 号	名 称	符 号
铁磁电动（铁心电动）		双金属系仪表	
电动系比率表		静电系仪表	
铁磁电动（铁心电动）系比率表		振簧系仪表	
感应系仪表		直热式热电偶（热电变换器）	
感应系比率表		间热式热电偶（热电变换器）	

15.2 电流表与电压表

电流表和电压表是用来测量电流和电压的电工仪表。常用的电流表和电压表有磁电系、电磁系和电动系等类型。

15.2.1 常用磁电系电流表和电压表技术数据（见表15-7和表15-8）

磁电系仪表主要用于直流电路中测量电流和电压，如果配上整流器件可用于交流电流和电压的测量，配上变换器时，还可以用于非电量的测量，如磁量、温度及压力等。

表15-7 常用磁电系电流表和电压表技术数据

型号	名称	量 限	接法	准确度	外形尺寸（$A\times B\times C$）/mm
44C1-A	直流电流表	50μA、100μA、150μA、200μA、300μA、500μA	直接接入	±1.5%	100×80×60
		1mA、2mA、3mA、5mA、10mA、20mA、30mA、50mA、75mA、100mA、150mA、200mA、300mA、500mA			
		1A、2A、3A、5A、7.5A、10A、15A、20A	经外附分流器		
		30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、500A、750A			
		1kA、1.5kA、2kA、3kA			
44C1-V	直流电压表	1.5V、3V、5V、7.5V、10V、15V、20V、30V、50V、75V、100V、150V、200V、250V、300V、450V、500V、600V	直接接入		
		0.75kV、1kV、1.5kV、2kV、3kV、5kV	经外附附加电阻		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	名称	量　限	接法	准确度	外形尺寸（$A \times B \times C$）/mm
62C-11	高频电流表	0.025A、0.05A、0.1A、0.15A、0.2A、0.25A、0.5A（内附变换器，工作频率 50Hz～30MHz）	直接接入	50Hz 时 ±2.5%；>50Hz 时 ±5%	85×85×61
62C-51	高频电流表	0.5A、15A、50A、30A、50A（外附 FH1 或 FH2 热电变换器，50Hz～7.5MHz）	直接接入或磁环耦合		
81C-51		1A、2A、3A、5A、10A（外附热电变换器，50Hz～7.5MHz）			65×65×72
42C6-A	直流电流表	1mA、3mA、5mA、7.5mA、10mA、15mA、20mA、30mA、50mA、75mA、100mA、150mA、200mA、300mA、500mA	直接接入	±1.5%	120×120×95
		1A、3A、5A、7.5A、10A、15A、20A、30A			
		50A、75A、100A、150A、200A、300A、500A、750A	外附定值分流器		
42C6-A	直流电流表	1kA、1.5kA、2kA、3kA、4kA、5kA、6kA、7.5kA、10kA	外附定值分流器		
42C6-V	直流电压表	3V、7.5V、10V、15V、20V、30V、50V、75V、150V、250V、300V、450V、500V、600V	直接接入		
		0.75kV、1kV、1.5kV	外附定值附加电阻		
42L6-V	交流电压表	3V、5V、7.5V、10V、15V、20V、30V、50V、60V、75V、100V、120V、150V、200V、250V、300V、450V、500V、600V	直接接入		
		1kV、3kV、6kV、10kV、15kV、35kV、110kV、220kV、380kV	经口/100电压互感器		
6C2-A	直流电流表	50μA、100μA、150μA、200μA、300μA、500μA	直接接入	±1.5%	80×80×85
		1mA、2mA、3mA、5mA、7.5mA、10mA、15mA、20mA、30mA、50mA、75mA、100mA、150mA、200mA、300mA、500mA			
		1A、2A、3A、5A、7.5A、10A、15A、20A、30A、50A			
		75A、100A、150A、200A、300A、500A、750A	外附分流器		
		1kA、1.5kA、2kA、3kA、4kA、5kA、6kA、7.5kA、10kA			
6C2-V	直流电压表	1V、3V、5V、7.5V、10V、15V、20V、30V、50V、75V、100V、200V、250V、300V、450V、500V、600V	直接接入		
		0.75kV、1kV、1.5kV	外附附加电阻		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15-8 0.5 级便携式磁电系电流表和电压表技术数据

型号	名称	测 量 范 围	标度尺长/mm
C19-mA	电流电流表	0～25～50mA、0～50～100mA、0～75～150mA、0～100～200mA、0～150～300mA、0～250～500mA	135
C19-A	直流电流表	0～0.5～1A、0～0.75～1.5A、0～1.5～3A、0～2.5～5A、0～5～10A、0～7.5～15A、0～10～20A、0～15～30A	
C19-V	直流电压表	0～0.75～1.5～3V、0～1.5～3～7.5V、0～2.5～5～10V、0～15～30～75V、0～25～50～100V、0～75～150～300V、0～0.75～15～30V、0～125～250～500V、0～150～300～600V	
C21-μA	直流电流表	0～25μA、0～30μA、0～50μA、0～100μA、0～150μA、0～200μA、0～300μA、0～500μA、0～1000μA	
C21-mV	直流电压表	0～45mV、0～75mV、0～15～30mV、0～25～50～100mV、0～50～100～200mV、0～75～150～300mV、0～150～300～600mV、0～250～500～1000mV	
C21-A	直流电流表	0～50～5000A 配 75mV 外附分流器（代配）	
C46-V	直流电压表	0～0.5～1～2.5～5V、0～0.75～3～7.5V、0～1.5～3～7.5～15V、0～5～10～20～50V、0～7.5～15～30～75V，0～50～100～200～500V、0～75～150～300～750V	127
C72-VA	直流电流表	0～20～50～100～200～500μA、1～2～5～10～20～50～100～200～500mA～1～2～5～10A	150
	直流电压表	0～50～100～200～500mV～1～2～5～10～20～50～100～200～500～1000V	

15.2.2 常用电磁系电流表和电压表技术数据（见表 15-9 和表 15-10）

电磁系仪表可以制成交直流两用仪表，既能测量直流，又能测量交流。且无需辅助设备而直接测量大电流；还可用来测量非正弦量的有效值。

表 15-9 常用电磁系电流表和电压表技术数据

型号	级别	测 量 范 围		接入方式和用途
1T1-A/V 开关板式	2.5	电流表	0.5～200A	直接接入
			5～10kA	经电流互感器接入，二次侧为 5A
		电压表	15～600V	直接接入
			380V～380kV	经电压互感器接入，二次侧为 100V
44T1-A/V 59T4-A/V	2.5 1.5	电流表	50mA、100mA、300mA、500mA	固定式（开关板式）直接接入

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	级别	测量范围		接入方式和用途
44T1-A/V 59T4-A/V	2.5 1.5	电流表	1A、2A、3A、5A、10A、20A、30A、50A	开关板式直接接入
			10A、20A、30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、600A、1000A、1500A	开关板式配用电流互感器
		电压表	30V、50V、100V、150V、250V、300V、450V	开关板式直接接入
T19 T21	0.5	电流表	10～500mA、0.5～10A	实验室用（交直流两用）
		电压表	7.5～600V	
	1	电流表	10～500A、0.5～10A	实验室用（工频交流）
		电压表	15～600V	

表 15-10　0.5 级便携式电磁系交直流两用电流表和电压表的技术数据

型号	名称	测量范围	使用频率/Hz
T23-mA	交直流两用电流表	0～10～20mA、0～50～100mA、0～150～300mA	直流、交流 45～65，可扩频 90～1500
T23-A		0～0.5～1.0A、0～1～2A、0～2.5～5A，0～5～10A	
T23-V	交直流两用电压表	0～15～30～75V、0～75～150～300V、0～150～300～600V	直流、交流 45～65
T51-mA	交直流两用电流表	0～10～20～40mA、0～50～100～200mA、0～500～1000mA	
T51-A		0～0.5～1A、0～2.5～5A、0～5～10A	直流、交流 45～65～100
T51-V	交直流两用电压表	0～1.5～3～7.5V、0～7.5～15～30～50V、0～75～150～300～600V	直流、交流 45～65
T75-V		0～1.5～3～7.5V、0～7.5～15～30V、0～75～150～300～600V	

15.2.3　常用电动系电流表和电压表技术数据（见表 15-11）

电动系仪表主要用于交、直流的测量，也可用来测量非正弦量的有效值。适用于交流精密测量，可制成便携式交直流两用的电流表和电压表，还可制成测量功率的各种功率表。

表 15-11　常用电动系电流表和电压表技术数据

型号	级别	测量对象	测量范围	用途
D61 D75 A	0.2	交直流两用	0～2.5～5A	实验室用
D19 A/V	0.5	交直流两用	A：0.5～20A V：75～600V	实验室用
D2b-mA	0.5	交直流两用	mA：150～500mA	实验室用
D26-A/V			A：0.5～20A V：75～600V	
D9-mA	0.5	50～90Hz 交流直流	mA：25～500mA	实验室用
D9-A			A：1～10A	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	级别	测量对象	测 量 范 围	用途
D9-V	0.5	交直流两用	V：50～450V	实验室用
1D7-$\frac{A}{V}$	1.5	交流	A：0.5～60A	开关板式直接接入
		交流	V：15～600V	
41D4-$\frac{A}{V}$	1.5	交流电流表	5A、10A、15A、20A、30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、400A、600A、750A	经电流互感器接入
			1kA、1.5kA、2kA、2.5kA、3kA、4kA、5kA、6kA、7.5kA、10kA	
	1.5	交流电压表	3.6kV、7.2kV、12kV、18kV、42kV、150kV、300kV、460kV	经电压互感器接入

15.2.4 常用整流系电流表和电压表技术数据（见表15-12）

整流系表是由磁电系仪表的测量机构和整流电路组合而成的仪表。常用是整流电路有半波整流电路和全波整流电路。整流系仪表只适用于测量正弦交流电，所以整流系仪表的标度尺是按有效值刻度的。若用整流系仪表测量非正弦交流电，将会给测量带来较大的误差。

表15-12 常用整流系电流表和电压表技术数据

型号	名称	量 限	接法	准确度	外形尺寸（$A\times B\times C$）/mm
44L1-A	交流电流表	0.5A、1A、2A、3A、5A、10A、20A	直接接入	±1.5%	100×80×60
		5A、10A、15A、20A、30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、400A、600A、750A	经口/5电流互感器接入		
		1.5kA、2kA、3kA、4kA、5kA、6kA、7.5kA、10kA			
44L1-V	交流电压表	3V、5V、7.5V、10V、15V、20V、50V、75V、100V、150V、250V、300V、450V、500V、600V	直接接入		
		1kV、3kV、6kV、10kV、15kV、35kV、60kV、100kV、220kV、380kV	经口/100电压互感器接入		
42L6-A	交流电流表	0.5A、1A、2A、3A、5A、10A、30A、50A	直接接入	±1.5%	120×120×95
		5A、10A、15A、20A、30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、450A、600A	经口/5电流互感器		
		1kA、1.5kA、4kA、5kA、6kA、8kA、10kA			
6L2-A	交流电流表	0.5A、1A、2A、3A、5A、10A、15A、20A、30A、50A	直接接入	±1.5%	80×80×85
		5A、10A、15A、20A、30A、50A、75A、100A、150A、200A、300A、400A、600A、750A	经口/5电流互感器接入		
		1kA、1.5kA、2kA、3kA、5kA、6kA、7.5kA、10kA			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	名称	量　限	接法	准确度	外形尺寸（$A \times B \times C$）/mm
6L2-V	交流电压表	3V、5V、7.5V、10V、15V、20V、30V、50V、60V、75V、100V、120V、150V、200V、250V、300V、500V、600V	直接接入	±1.5%	80×80×85
		1kV、3kV、6kV、10kV、15kV、35kV、220kV、380kV	经口/100电压互感器接入		

15.2.5 PZ系列面板式数字电压表技术数据（见表15-13）

表15-13 PZ系列面板式数字电压表技术数据

名称	型号	测量范围	灵敏度	基　本　误　差	外形尺寸/mm
面板式数字电压表	PZ28C/1	0~19.999V	1mV	±(0.04%读数+0.01%满度)	70×130×160 开孔:62×122
	PZ28C/2	0~199.99V	10mV		
	PZ28C/3	0~999.9V	100mV		
面板式数字电压表	PZ88/1	0~19.99mV	10μV	±(0.1%读数+0.15%满度)	48×110×112 开孔:44×95
	PZ88/2	0~199.9mV	100μV	±(0.1%读数+0.15%满度)	
	PZ88/3	0~1.999V	1mV	±(0.1%读数+0.1%满度)	
	PZ88/4	0~19.99V	10mV	±(0.1%读数+0.1%满度)	
	PZ88/5	0~199.9V	100mV	±(0.1%读数+0.1%满度)	
面板式数字电压表	PZ90/1	0~199.9mV	100μV	±(0.2%读数+0.2%满度)(50Hz~1kHz)	48×110×112 开孔:44×95
	PZ90/2	0~1.999V	1mV	±(0.2%读数+0.2%满度)(50Hz~1kHz)	
	PZ90/3	0~19.99V	10mV	±(0.2%读数+0.2%满度)(50Hz~1kHz)	
	PZ90/4	0~199.9V	100mV	±(0.3%读数+0.2%满度)(50~500Hz)	
	PZ90/5	0~400V	1V	±(1%读数+1%满度)(50~500Hz)	
面板式数字电压表	PZ91/1	0~199.9mV	10μV	±(0.04%读数+0.01%满度)	48×110×112 开孔:44×95
	PZ91/2	0~1.9999V	100μV	±(0.03%读数+0.01%满度)	
	PZ91/3	0~19.999V	1mV	±(0.04%读数+0.01%满度)	
	PZ91/4	0~199.9V	10mV	±(0.04%读数+0.01%满度)	
	PZ114	0~199.99mV	2mV	±(0.04%读数+0.01%满度)	

15.2.6 PZ系列便携式数字电压表技术数据（见表15-14）

表15-14 PZ系列便携式数字电压表技术数据

型号名称	量程	测量范围	灵敏度	基　本　误　差	外形尺寸/mm
PZ92电压表	20mV	0~19.99mV	10μV	±(0.2%读数+0.15%满度)	157×54×140
	200mV	0~199.9mV	100μV	±(0.15%读数+0.1%满度)	
	2V	0~1.999V	1mV	±(0.1%读数+0.1%满度)	
	20V	0~19.99V	10mV		
	200V	0~199.9V	100mV	±(0.1%读数+0.1%满度)	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号名称	量程	测量范围	灵敏度	基 本 误 差	外形尺寸/mm
PZ93 电压表	200mV	0～199.99mV	10μV	±(0.035%读数+0.015%满度)	157×54×140
	2V	0～1.9999V	100μV	±(0.03%读数+0.01%满度)	
	20V	0～19.999V	1mV		
	200V	0～199.99V	10mV	±(0.04%读数+0.01%满度)	

15.2.7 PZ119型直流数字电压表技术数据（见表15-15）

表15-15 PZ119型直流数字电压表技术数据

型号	量程	测量范围	分辨率	基本误差	输入电阻	输入偏置电流	外形尺寸/mm
PZ119-1	200mV	0～199.99mV	10μV	±(0.08%读数+0.05%满度)	500MΩ	2×10^{-10}A	135×100×50
PZ119-2	2V	0～1.9999V	100μV		100MΩ		
PZ119-3	20V	0～19.999V	1mV				
PZ119-4	200V	0～199.99V	10mV		10±10kΩ		
PZ119-5	1000V	0～1000.0mV	100mV				

15.2.8 PZ120型数字电压表技术数据（见表15-16）

表15-16 PZ120型数字电压表技术数据

型号	量程	测量范围	分辨率	基本误差		输入阻抗	外形尺寸/mm
				45Hz～1kHz	45～500Hz		
PZ120-1	200mV	0～199.99mV	10μV	±(0.2%读数+1.5%满度)		1MΩ/100pF	135×100×50
PZ120-2	2V	0～1.9999V	100μV			1MΩ±0.1MΩ/100pF	
PZ120-3	20V	0～19.999V	1mV			1MΩ/100pF	
PZ120-4	200V	0～199.99V	10mV	±(0.3%读数+0.2%满度)			
PZ120-5	750V	0～750.0V	100mV		±(0.2%读数+1.5%满度)		

15.2.9 DP系列固定式数字电流表和电压表技术数据（见表15-17～表15-20）

表15-17 DP系列固定式直流数字电压表技术数据

型号	量程	分辨力	输入阻抗/MΩ	准确度	最大允许输入/V
DP3(I)-DV0.2	200mV	0.1mV	5	±0.5%满度+2个字	10
DP3(I)-DV2	2V	1mV			100
DP3(I)-DV20	20V	10mV			500
DP3(I)-DV200	200V	100mV			750
DP3(I)-DV500	500V	1V		±1%满度+2个字	800

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15-18 DP 系列固定式直流数字电流表技术数据

型号	量程	分辨力	接入方式	准确度	最大允许输入	内阻
DP3(I)-DA0.0002	200μA	100nA	直接接入	±0.5% 满度 ±2 个字	10mA	1kΩ
DP3(I)-DA0.002	2mA	1μA			100mA	100Ω
DP3(I)-DA0.02	20mA	10μA			500mA	10Ω
DP3(I)-DA0.2	200mA	0.1mA			1A	1Ω
DP3(I)-DA2	2A	1mA			5A	0.1Ω
DP3(I)-DA20	20A	10mA	20A、75mV 分流器		1.5 倍满度值	5MΩ（表）
DP3(I)-DA30	30A	100mA	30A、75mV 分流器	±1% 满度 ±2 个字		
DP3(I)-DA50	50A	100mA	50A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA100	100A	100mA	100A、75mV 分流器	±0.5% 满度 ±2 个字		
DP3(I)-DA150	150A	100mA	150A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA200	200A	100mA	200A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA300	300A	1A	300A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA500	500A	1A	500A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA1000	1000A	1A	1000A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA1500	1500A	1A	1500A、75mV 分流器			
DP3(I)-DA2000	2000A	1A	200A、75mV 分流器			

表 15-19 DP 系列固定式交流数字电压表技术数据

型　　号	量程	分辨力	接入方式	准确度	最大允许输入/V
DP3(I)-AV0.2	200mV	100μV	直接接入	±0.5% 满度 ±2 个字	5(峰值)
DP3(I)-AV2	2V	1mV			10(峰值)
DP3(I)-AV20	20V	10mV			50(峰值)
DP3(I)-AV200	200V	100mV			500(峰值)
DP3(I)-AV600	600V	1V			1000(峰值)
DP3(I)-AV3k	3kV	10V	经电压互感器 3kV/100V	±1% 满度 ±2 个字	—
DP3(I)-AV10k	10kV	10V	经电压互感器 10kV/100V		—

表 15-20 DP 系列固定式交流数字电流表技术数据

型　　号	量程	分辨力	接入方式	准确度	最大允许输入
DP3(I)-AA0.2	200mA	100μA	直接接入	±0.5% 满度 ±2 个字	500mA
DP3(I)-AA2	2A	1mA			5A
DP3(I)-AA20	20A	10mA	经 20/5A 电流互感器		1.2 倍满度值
DP(3)-AA50	50A	100mA	经 50/5A 电流互感器		
DP(3)-AA100	100A		经 100/5A 电流互感器		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　　号	量程	分辨力	接入方式	准确度	最大允许输入
DP3(I)-AA150	150A	100mA	经150/5A电流互感器	±0.5%满度 ±2个字	1.2倍满度值
DP3(I)-AA200	200A		经200/5A电流互感器		
DP3(I)-AA500	500A	1A	经500/5A电流互感器	±1%满度 ±2个字	
DP3(I)-AA1000	1000A		经1000/5A电流互感器	±0.5%满度 ±2个字	
DP3(I)-AA1500	1500A		经1500/5A电流互感器		
DP3(I)-AA2000	2000A		经2000/5A电流互感器		

15.2.10 SWP-AC型智能电流电压表技术数据（见表15-21）

表15-21 SWP-AC型智能电流电压表技术数据

型号	SWP-AC-C80系列	SWP-AC-C90系列	SWP-AC-C40系列
仪表尺寸/mm	160×80×140 80×160×140	96×96×105	96×48×105 48×96×105
输入信号	直接输入或配二次额定值分别为100V与5A的互感器		
特性	测量准确度	±0.5% F.S±2字	
	分辨率	1字	
	测量范围	−1999～+9999字	
	显示方式	0.8in或0.56in高亮度LED显示	
供电电源	常规型	AC 220V（+10%～15%）（50Hz±2Hz）	
	特殊型	DC 24V±2V，AC 90～260V（50～60Hz）—开关电源	
控制方式		ON/OFF带回差	
输出方式	模拟量变送输出：DC 4～20mA（负载电阻0～500Ω），DC 1～5V（≥250kΩ） DC 0～10mA（负载电阻0～1kΩ），DC 0～5V（≥250kΩ） SCR晶闸管过零触发 SSR固态继电器 通信方式：RS232、RS422、RS485任选；波特率：300～9600内部自由设定 辅助配电输出：DC 24V（负载<30mA）		
报警方式	继电器上限、下限、上上限、下下限输出；LED显示		
工作环境	环境温度：0～50℃；相对湿度：≤85RH；免强腐蚀气体		
重量	常规型：<450g；特殊型：<250g		

15.2.11 SWP-DC型智能电流电压表技术数据（见表15-22）

表15-22 SWP-DC型智能电流电压表技术数据

型号	SWP-DC-C80系列	SWP-DC-C90系列	SWP-DC-C40系列
仪表尺寸/mm	160×80×140 80×160×140	96×96×105	96×48×105 48×96×105
输入信号	直接输入或变换为满度75mV的信号		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	SWP-DC-C80 系列		SWP-DC-C90 系列	SWP-DC-C40 系列
特性	测量准确度	±0.5% FS ±1 字		
	分辨率	1 字		
	测量范围	-1999 ~ +99999 字		
	显示方式	0.8in 或 0.56in 高亮度 LED 显示		
供电电源	常规型	AC 220V（+10% ~15%）（50Hz ±2Hz）		
	特殊型	DC 24V ±2V，AC 90 ~260V（50 ~60Hz）开关电源		
控制方式	ON/OFF 带回差			
输出方式	模拟量变送输出：DC 4 ~20mA（负载电阻 0 ~500Ω），DC 1 ~5V（≥250kΩ） DC 0 ~10mA（负载电阻 0 ~1kΩ），DC 0 ~5V（≥250kΩ） SCR 晶闸管过零触发 SSR 固态继电器 通信方式：RS232、RS422、RS485 任选；波特率：300 ~9600 内部自由设定 辅助配电输出：DC 24V（负载 <30mA）			
报警方式	继电器上限、下限、上上限、下下限输出；LED 显示			
工作环境	环境温度：0 ~50℃；相对湿度：≤85RH；避免强腐蚀气体			
重量	常规型：<450g；特殊型：<250g			

15.2.12 电流表和电压表的选择与使用

1. 选择

电流表和电压表的测量机构基本相同，但在测量线路中的连接有所不同。因此，在选择和使用电流表和电压表时应注意以下几点：

1）类型的选择：当被测量是直流时，应选直流表，即磁电系测量机构的仪表。当被测量是交流时，应注意其波形与频率。若为正弦波，只需测出有效值即可换算为其他值（如最大值、平均值等），采用任意一种交流表即可。若为非正弦波，则应区分需测量的是什么值，有效值可选用电磁系或铁磁电动系测量机构的仪表；平均值则选用整流系测量机构的仪表。而电动系测量机构的仪表，常用于交流电流和电压的精密测量。

2）准确度的选择：因仪表的准确度越高，价格越贵，维修也较困难；而且，若其他条件配合不当，再高准确度等级的仪表，也未必能得到准确的测量结果。因此，在选用准确度较低的仪表可满足测量要求的情况下，就不要选用高准确度的仪表。通常 0.1 和 0.2 级仪表作为标准表选用；0.5 和 1.0 级仪表作为实验室测量使用；1.5 级以下的仪表一般作为工程测量选用。

3）量程的选择：要充分发挥仪表准确度的作用，还必须根据被测量的大小，合理选用仪表量限，如选择不当，其测量误差将会很大。一般使仪表对被测量的指示大于仪表最大量程的 1/2 ~2/3 以上，而不能超过其最大量程。

4）内阻的选择：选择仪表还应根据被测阻抗的大小来选择仪表的内阻，否则会给测量结果带来较大的测量误差。因内阻的大小反映仪表本身功率的消耗。所以，在测量电流时，应选用内阻尽可能小的电流表。测量电压时，应选用内阻尽可能大的电压表。

5）正确接线：测量电流时，电流表应与被测电路串联；测量电压时，电压表应与被测电路并联。测量直流电流和电压时，必须注意仪表的极性，应使仪表的极性与被测量的极性一致。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）高电压、大电流的测量：测量高电压或大电流时，必须采用电压互感器或电流互感器。电压表和电流表的量程应与互感器二次的额定值相符。一般电压为100V，电流为5A。

7）量程的扩大：当电路中的被测量超过仪表的量程时，可采用外附分流器或分压器，但应注意其准确度等级应与仪表的准确度等级相符。

另外，还应注意仪表的使用环境要符合要求，要远离外磁场，使用前应使指针处于零位，读数时应使视线与标度尺平面垂直等。

2. 直流电流和交流电流的测量

1）直流电流的测量：测量直流电流时，电流表的接法如图15-1所示。

2）交流电流的测量：测量交流电流时，电流表的接法如图15-2所示。

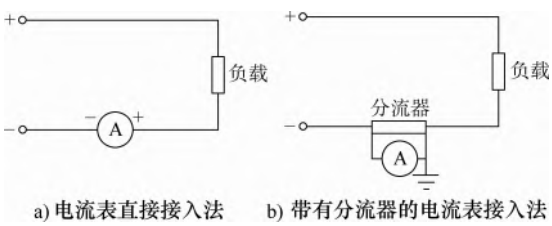


图15-1 直流电流的测量

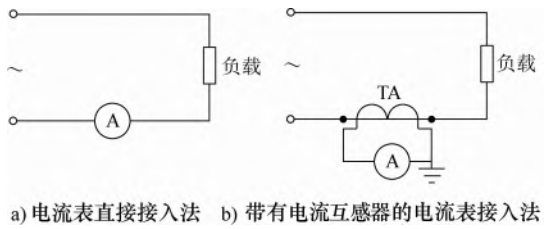


图15-2 交流电流的测量

3. 直流电压和交流电压的测量

1）直流电压的测量：测量直流电压时，电压表的接法如图15-3所示。

2）交流电压的测量：测量交流电压时，电压表的接法如图15-4所示。

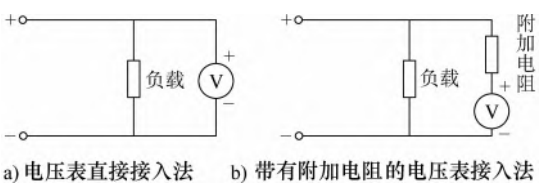


图15-3 直流电压的测量

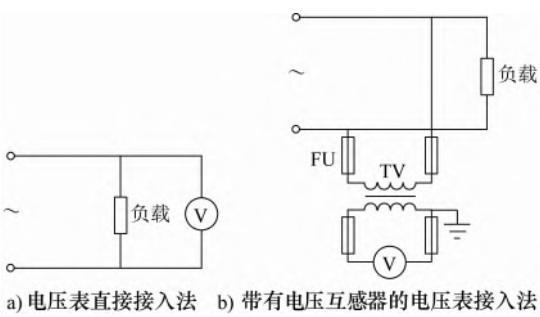


图15-4 交流电压的测量

15.3 万用表

1. 万用表的主要类型

万用表（又称繁用表、多用表）是一种多量限、多用途的电工仪表。一般的万用表可测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等，有些万用表还可测量交流电流、功率、电感、电容和音频电平等。万用表的性能主要以测量灵敏度来衡量，灵敏度以测量电压时每伏若干欧来表示，一般为1000Ω/V，2000Ω/V，5000Ω/V，10000Ω/V等，数值越大灵敏度越高，测量结果越准确。

常用的万用表有指针式万用表（又称模拟式万用表，简称万用表）和数字式万用表。

目前国产万用表的种类繁多，型号达数百种，可按以下几种情况进行分类。

（1）按表头分类

1）传统的万用表：一般采用外磁式动圈结构的表头。靠轴承支撑动圈，因此体积较大，扩

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

展性能差，并且由于轴承与轴尖之间存在摩擦力，限制了仪表准确度和灵敏度的进一步提高。

2）新型的万用表：大多采用内磁式张丝结构的表头。其优点是磁场集中、磁能利用率高、表头的体积小。

（2）按外形分类

1）便携式万用表：便携式万用表优点是携带比较方便、仪表的刻度盘较大、读数准确，但不足之处是体积较大。

2）袖珍式万用表：袖珍式万用表的体积小，可放在手掌上，因此携带更加方便。

3）薄型万用表：近年来薄型万用表已成为一种流行款式。

（3）按功能分类

1）简易型万用表：简易型万用表的价格低廉，性能指标较差，主要用来测量电流、电压和电阻。

2）多功能万用表：多功能万用表测量功能较强，价格也较高，增加了测量电容、电感、晶体管参数等功能。

2. 数字万用表的特点

数字万用表是指能将被测量的连续电量自动的变成断续电量，然后进行数字编码，并将测量结果以数字显示出来的电测仪表。

数字万用表主要具有以下特点：准确度高、分辨力高、显示直观、读数准确、测量速率快、输入阻抗高、过载能力强、测量参数多、功能齐全、性能稳定、耗电省、体积小、便于携带等特点。它是综合了电子技术和微计算机技术的最新成果，而发展起来的新型仪表，在电工测量中应用较广泛。

1）准确度高：数字万用表中没有指针式万用表中的机械运动部件，不产生磨擦损耗；也不需要刻度盘，因而不存在视差；外界电磁干扰和元器件参数的变化对数字万用表的影响也远比对指针万用表的影响要小。

2）分辨力高：数字万用表中采用了电子放大电路，能够检测微弱信号，由于电路多数是由集成电路构成，功耗较小，因此测量电压的灵敏度可达0.001μV，甚至更小。

特别指出的是，分辨力与准确度是两个不同的概念。分辨力表示的是仪表对微小电压的“识别”能力，即其“灵敏度”；而准确度则反映的是测量的“准确性”，即测量结果与真值的一致程度。两者无必然的联系，不能混为一谈。

3）显示直观、读数准确：数字万用表采用数字化测量及数显技术，读数具有客观性和唯一性，测量结果一目了然，不存在指针式万用表的读数误差。高档智能数字仪表还可以配微型计算机、打印机，按照规定的格式将数据打印出来。

4）测量速率快：测量速率是指数字万用表每秒钟内对被测电量的测量次数（次/s）。它主要取决于A/D转换器的转换速率。也有的数字万用表用测量周期来表示测量的快慢。完成一个测量过程所用的时间，称为测量周期。显然，测量周期越短，测量速率就越高，两者成倒数关系。

5）输入阻抗高：数字万用表的输入阻抗很高，在测量过程中对被测电路的影响极小，所以测量的准确性较高。因此，数字万用表更适用于对一些低功耗和易受温度影响的元器件（如热敏电阻）进行检测。

6）过载能力强：数字万用表内部有较完善的保护电路，一般过载几倍也不会损坏仪表，但是对于电流档，严重过载时，将会烧断熔丝管。

7）测量参数多：数字万用表除了能测量交直流电压、交直流电流和电阻外，还可以测量晶

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

体二极管的正向压降和晶体管的共射极电流放大系数 h_{FE}。一些数字万用表还具有电容、频率和温度等测量功能。另外，由电子蜂鸣器的声响还可以判断线路的通断，给电子线路的调试和维修带来了很大的方便。

8）功能齐全：数字万用表量程转换可分为两类，一类是能自动转换量程的，测量时显示自动选择量程符号“AUTO”，使用非常方便，但价格较高；另一类是手动转换量程的，操作方法与指针式万用表相似，价格相对较低。

15.3.1 常用万用表技术数据（见表15-23）

表15-23 常用万用表技术数据

型号	测量项目及范围		灵敏度及电压降	准确度等级
	项目	范 围		
MF30	DCV	0～1～5～25～100～500V	20kΩ/V 5kΩ/V	2.5 2.5
	ACV	0～10～100～500V	5kΩ/V	5.0
	DCA	0～50μA～0.5～5～50～500mA	≤0.3V	2.5
	R	×1，×10，×100，×1k，×10k		2.5
	C	500pF～0.03μF（100 V） 0.07～0.5μF（10 V）		
	L	0.5～10H（10 V）		
	DB	-10～+22dB		5.0
MF41	DCV	0～0.5～2.5～10～50～250V～500～1000V	20kΩ/V 8kΩ/V	2.5
	DCA	0～50μA～0.5～5～50～500mA	0.5V	2.5
	ACV	0～10～50～250～500～1000V	4kΩ/V	4.0
	R	Ω×1，×10，×100，×1k，×10k		2.5
	C	0.005～0.5μF		
	L	20～1kH		
	DB	-10～+22dB		
	h_{FE}	0～250		
MF47	DCA	0～0.05～0.5～5～50～500mA～5A	<0.25V ≈200mV	2.5
	DCV	0～0.25～1～2.5～10～50～250～500～1000～2500V	20kΩ/V	2.5
	ACV	0～10～50～250～500～1000～2500V	4kΩ/V	5.0
	R	Ω×1，×10，×100，×1k，×10k		2.5
	DB	-10～22dB		
	C	0.001～0.3μF		
	L	20～1000H		
	h_{FE}	0～300		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	测量项目及范围		灵敏度及电压降	准确度等级
	项目	范　　围		
MF92-1	DCV	0～2.5～10～50～250～1000V	20kΩ/V 10kΩ/V	2.5 5.0
	DCA	0～0.05～0.5～5～50～250mA～2.5A	0.5V	2.5 5.0
	ACV	0～10～50～250～500～1000V	5kΩ/V	5.0
	ACA	0～0.1～0.5～5A	1V	5.0
	R	Ω×1，×10，×100，×1k，×10k		2.5
	DB	－10～＋22～＋36～＋50～＋56dB		
	h_{FE}	0～250		
	P_0	0～12W（Z_0 =8Ω）		
	SG	1kHz，150mV，465kHz		
U-201	DCA	0～50～500μA～5～50～500mA	<450mV	2.5
	DCV	0～0.25～2.5～10～250～500～1500V	20kΩ/V	2.5
	ACV	0～5～25～100～250～500V	9kΩ/V	5.0
	R	0.5Ω～2～20～200kΩ～20MΩ		2.5
	h_{FE}	0～300		
	C	0～0.5μF		
	L	20～1000H		
	DB	－10～＋16～＋30～＋42～＋50～＋56dB		
500-1	DCA	0～50μA～1～10～100～500mA～5A	150～750mV	2.5
	DCV	0～2.5～10～50～250～500V 0～2500V 0～25000V	20kΩ/V 4000Ω/V	2.5 5.0 5.0
	ACV	0～10～50～250～500V 0～2500V	4000Ω/V 4000Ω/V	4.0 5.0
	R	0～40Ω～2～20～200kΩ～2～20MΩ		2.5
	DB	－10～22dB		
MF-18	DCA	0～60μA～1.5～2.5～15～75～300～1500mA		
	DCV	0～150mV～1.5～7.5～15～75～300～600V	20kΩ/V	±1
	ACA	0～1.5～7.5～15～75～300～1500mA		±1.5
	ACV	0～7.5～15V 0～75～300～600V	133kΩ/V 2kΩ/V	±1.5
		×1，×10，×100，×1k，×10k		±1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15.3.2 DT-830 型数字万用表技术数据（见表 15-24）

表 15-24 DT-830 型数字万用表技术数据

测量项目	量程	准确度	分辨力	备注
直流电压	200mV 2V 20V 200V 1000V	±0.5% 读数 ±2 字 ±0.8% 读数 ±2 字	0.1mV 1mV 10mV 100mV 1V	输入阻抗 10MΩ
交流电压	200mV 2V 20V 200V 750V	±1.0% 读数 ±5 字	0.1mV 1mV 10mV 100mV 1V	输入阻抗 10MΩ
直流电流	200μA 2mA 20mA	±1.0% 读数 ±2 字	0.1μA 1μA 10μA	
直流电流	200mA 10A	±2.0% 读数 ±2 字	100μA 10mA	
交流电流	200μA 2mA 20mA 200mA 10A	±1.2% 读数 ±5 字 ±2.0% 读数 ±5 字	0.1μA 1μA 10μA 100μA 10mA	
电阻	200Ω 2kΩ 20kΩ 200kΩ 2MΩ 20MΩ	±1.0% 读数 ±2 字 ±2.0% 读数 ±3 字	0.1Ω 1Ω 10Ω 100Ω 1kΩ 10kΩ	

15.3.3 DT-860 型数字万用表技术数据（见表 15-25）

表 15-25 DT-860 型数字万用表技术数据

测量项目	量程	准确度	分辨力	备注
直流电压	200mV 2V 20V 200V 1000V	±0.5% 读数 ±1 字 ±1.0% 读数 ±2 字	0.1mV 1mV 10mV 100mV 1V	输入阻抗 10MΩ
交流电压	200mV 2V 20V 200V 750V	±1.0% 读数 ±2 字 ±2.0% 读数 ±5 字	0.1mV 1mV 10mV 100mV 1V	输入阻抗 10MΩ
直流电流	2mA 20mA 200mA 10A	±0.5% 读数 ±1 字 ±2.0% 读数 ±2 字	0.1μA 1μA 10μA 1mA	电压降 200mV
交流电流	2mA 20mA 200mA 10A	±1.0% 读数 ±2 字 ±2.0% 读数 ±5 字	0.1μA 1μA 10μA 1mA	电压降 200mV
电阻	200Ω 2kΩ 20kΩ 200kΩ 2MΩ 20MΩ	±0.5% 读数 ±2 字	0.1Ω 1Ω 10Ω 100Ω 1kΩ 10kΩ	测试电压 <0.7V
h_{FE}	0 ~ 1000		1	$I_b = 10\mu A$ $U_{ce} = 2.8V$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15.3.4 DT-890 型数字万用表技术数据（见表 15-26）

表 15-26 DT-890 型数字万用表技术数据

测量项目	量程	准确度	分辨力	备注	测量项目	量程	准确度	分辨力	备注
直流电压	200mV 2V 20V 200V	±0.5% 读数 ±1 字	0.1mV 1mV 10mV 0.1V	输入阻抗 10MΩ	交流电压 40～200Hz	2mA 20mA	±1.0% 读数 ±3 字	1μA 10μA	输入阻抗 10MΩ
						200mA	±1.8% 读数 ±3 字	100μA	
						10A	±3% 读数 ±7 字	10mA	
	1000V	±0.8% 读数 ±2 字	1V		电容	2000pF 20nF 200nF 2μF 20μF	±2.5% 读数 ±3 字	1pF 10pF 100pF 1nF 10nF	
直流电流	200μA 2mA 20mA	±0.8% 读数 ±1 字	0.1μA 1μA 10μA						
	200mA	±1.2% 读数 ±1 字	0.1mA		电阻	200Ω	±0.8% 读数 ±3 字	0.1Ω	开路电压 <700mV
	10A	±2% 读数 ±5 字	10mA			2kΩ 20kΩ 200kΩ 2MΩ	±0.8% 读数 ±1 字	1Ω 10Ω 100Ω 1kΩ	
交流电压 40～200Hz	200mV	±1.2% 读数 ±3 字	0.1mV	输入阻抗 10MΩ					
	2V 20V 200V	±0.8% 读数 ±3 字	1mV 10mV 100mV			20MΩ	±1% 读数 ±2 字	10kΩ	
	700V	±1.2% 读数 ±3 字	1V						

15.3.5 万用表的选择与使用

1. 选择

万用表的用途广泛，可测量的电量较多，量程也多，其结构型式各不相同，往往因使用不当或疏忽大意造成测量误差或仪表损坏事故，因此必须正确使用万用表，一般应注意以下几点：

1）接线柱（插孔）的选择：在测量前，检查表笔应接插孔的位置，测量直流电流或直流电压时，红表笔的连接线应接在红色接线柱或标有“+”的插孔内，另一端接被测对象的正极；黑表笔的连接线应接在黑色接线柱或标有“*”的插孔内，另一端接被测对象的负极。测量电流时，应将万用表串联在被测电路中；测量电压时，应将万用表并联在被测电路中。

若不知道被测部分的正负极性，应先将转换开关置于直流电压最高档，然后将一表笔接入被测电路任意一极上，再将另一端表笔在被测电路的另一极上轻轻一触，立即拿开，观察指针的偏转方向，若指针往正方向偏转，则红表笔接触的为正极，另一极为负极；若指针往反方向偏转，则红表笔接触的为负极，另一极为正极。

2）种类的选择：根据被测的对象，将转换开关旋至需要的位置。例如，需要测量交流电压，则将转换开关旋至标有“V”的区间，其余类推。

有的万用表面板上有两个旋钮，一个是种类选择旋钮，一个是量限变换旋钮。使用时，应先将种类选择旋钮旋至对应被测量所需的种类，然后再将量限变换旋钮旋至相应的种类及适当的量限。

在进行种类选择时，要认真，否则若误选择，就有可能带来严重后果。例如，若需测量电压，而误选了测量电流或测量电阻的种类，则在测量时，将会使万用表的表头受到严重损伤，甚至被烧毁。所以，在选择种类以后，要仔细核对确认无误后，再进行测量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）量限的选择：根据被测量的大致范围，将转换开关旋至该种类区间适当量限上。例如，测量220V交流电压，应选用250V的量程档。通常在测量电流、电压时，应使指针的偏转在量程的1/2或2/3附近，读数较为准确。若预先不知被测量的大小，为避免量程选得过小而损坏万用表，应选择该种类最大量程预测，然后再选择合适的量程，以减小测量误差。

4）正确读数：万用表的标度盘上有多条标度尺，它们代表不同的测量种类。测量时，应根据转换开关所选择的种类及量程，在对应的标度尺上读数，并应注意所选择的量程与标度尺上的读数的倍率关系。例如，标有“DC”或“—”的标度尺为测量直流时用的；标有“AC”或“~”的标度尺为测量交流时用的（有些万用表的交流标度尺用红色特别标出）；在有些万用表上还有交流低电压档的专用标度尺，如6V或10V等专用标度尺；标有“Ω”的标度尺是测量电阻用的。

2. 使用注意事项

用万用表测量高电压或大电流时应注意以下安全事项：

1）要有监护人，监护人的技术等级要高于测量人员。监护人的作用是，使测量人与带电体保持规定的安全距离，监护测量人正确使用万用表和测量，若测量人不懂测量技术，监护人有权停止其测量工作。

2）测量时，不要用手触摸表笔的金属部分，以保证安全和测量准确性。

3）测量时，要注意被测量的极性，避免指针反打而损坏万用表，测量直流时，红表笔接正极，黑表笔接负极。

4）测量高电压或大电流时，不能在测量时旋转转换开关，避免转换开关的触头产生电弧而损坏开关。

5）为了确保安全，测量交直流2500V量限时，应将测试棒一端固定接在电路地电位上，将测试棒的另一端去接触被测高压电源，测试过程中应严格执行高压操作规程，双手必须带高压绝缘橡胶手套，地板应铺置高压绝缘橡胶板，测试时应谨慎从事。

6）当不知被测电压或电流有多大时，应先将量程档置于最高档，然后再向低量程逐渐转换。

7）测量完毕后，应将转换开关旋至交流电压最高档；这样一方面可防止转换开关放在欧姆档时，表笔短接，长期消耗表内电池，更主要的是可以防止在下次测量时，忘记旋转转换开关而损坏万用表。

3. 数字万用表的使用

1）使用数字万用表之前，应认真阅读有关的使用说明书，熟悉电源开关、量程开关、功能键和量程键、输入插孔、h_{FE}插口、旋纽（如“零位调整旋纽”）的作用，以及更换电池和熔丝管的方法。还应了解仪表的过载显示符号、过载报警声音、极性显示符号、低电压指示符号的特点，掌握小数点位置随量程开关的位置而变化的规律。一旦发生问题，也能做到心中有数，正确、迅速地加以处理，使测量顺利进行。数字万用表在刚测量时，显示屏上的数值会有跳数现象，应待显示数值稳定后才能读数，以减少测量误差。严禁在测量的同时转换量程开关，特别是高电压、大电流的情况，以免产生电弧烧损量程开关。

尽管数字万用表采用较完善的过电压保护与过电流保护措施，仍需防止出现操作上的误动作（如用电流档去测量电压等），以免损坏仪表。在测量前，必须认真核对一下量程开关（或按键）的位置，确认无误后，方可实际测量。对于能自动选择量程的数字万用表，也要注意功能键不得按错，输入插孔也不允许接错。

2）在使用数字万用表测量之前，应先估计被测量的大小范围，尽可能选用接近满度的量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

程，这样可提高测量准确度。如测 10kΩ 电阻，宜用 20kΩ 档，而不宜用 200kΩ 档或更高档。如果预先不能估计被测量值的大小，可从最高档开始测，逐渐减少到合适的量程位置。当发现测量结果显示只有“半位”上的读数“1”时，表明被测值超出所在档范围（称溢出），说明量程选的太小，应转换大量程。

3）测量电压时，应将数字万用表与被测电路并联。数字万用表具有自动转换极性的功能，测量直流电压时不必考虑正、负极性。但是，如果误用交流电压档去测量直流电压，或误用直流电压档去测量交流电压，将显示“000”，或在低位上出现跳数现象。

4）测量交流电压时，应当用黑表笔（接模拟地 COM）去接触被测电压的低电位端（例如，信号发生器的公共地端或机壳），以消除仪表对地分布电容的影响，减少测量误差。

5）数字万用表的输入阻抗很高，当两只表笔开路时，外界干扰信号会从输入端窜入，显示出没有变化规律的数字，这属于正常现象。干扰信号包括由荧光灯、电机等产生的 50Hz 干扰，以及空间电磁场干扰、电火花干扰等。因为上述干扰属于高内阻的信号，所以当被测电压的内阻较低时，干扰信号就被短路掉了，不会影响到测量准确度。但是，如果被测电压很低，内阻又超过 1MΩ，那么就会引起外界干扰。必要时，可将表笔改成屏蔽线接通大地，可以消除从表笔线感应进去的干扰信号。

6）测量电流时，应将数字万用表串联到被测电路中，如果电源内阻和负载电阻都很小，应尽量选择较大的电流量程，以降低分流电阻值，减小分流电阻上的压降，提高测量准确度。

测量直流电流时，也不必考虑正、负极性，仪表可自动显示极性。

7）数字万用表 AC-DC 转换器实际反映的是正弦电压的平均值，而正弦电压有效值与平均值存在确定关系，所以通过调整电路即可直接显示出有效值。但是，当被测正弦电压的非线性失真大于 5% 时，测量误差会明显增大。

数字万用表不能直接测量方波、矩形波、三角波、锯齿波等非正弦电压。但对于周期性变化的非正弦电压，只要确定其变化规律，可采用相应的方法测量出电压的有效值和峰值。

8）在电阻档，以及检测二极管时，红表笔接 V·Ω 插孔，带正电；黑表笔接模拟地 COM 插孔，带负电，这与指针式万用表恰好相反。指针式万用表置于电阻档时，红表笔接表内电池的负极，所以带负电；黑表笔接电池的正极，则带正电。测量二极管、电解电容等有极性的元器件时，必须注意两只表笔的极性。

9）测量焊接在线路上的元器件，应当考虑与之并联的其他电阻的影响，必要时可焊下被测元件的一端，然后再进行测量，对于晶体管则需焊开两个电极，才能作全面检测。

测量电阻时，两手应持表笔的绝缘杆，不得碰触表笔金属端或元件引出端，以免带来测量误差。尤其在测量几兆欧以上的大电阻时，人体等效电阻不能与被测电阻并联。

10）新型数字万用表大多带读数保持键（HOLD），按下此键即可将现在的读数保持下来，供读取数值或记录用。作连续测量时不需要使用此键，否则仪表不能正常采样并刷新新值。刚开机时，若固定显示某一数值且不随被测量发生变化，就是误按下 HOLD 键而造成的。松开此键即转入正常测量状态。

11）数字万用表检查测量线路通断时，应将量程开关拨到“•))”蜂鸣器档，红、黑表笔分别插入“V·Ω”和“COM”插口。若蜂鸣器发出叫声，说明线路接通。

12）当数字万用表测量电容时，因各电容档都存在失调电压，不测电容时也会显示从几个到几十个字的初始值。因此，在测量前必须调整零位调节旋钮，使初始值为 000 或 -000，然后再接上被测电容。测量时两手不得触及电容的电极引线或表笔的金属端，否则数字万用表将严重跳数，甚至过载。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13）有些数字万用表具有自动关机功能，当仪表停止使用或停留在某一档位的时间超过15min时，能自动切断主电源，使仪表进入低功率的备用状态。此时不能继续测量，必须按动两次电源开关，才能恢复正常。对于此类仪表，使用过程中发现LCD（液晶显示器）突然消隐，证明仪表进入备用状态，而非故障。

14）若将电源开关拨至“ON”位置，液晶不显示任何数字，应检查叠层电池是否失效，若发现数字万用表电池电压过低告警指示时，应更换电池。换新电池时，正、负极性不得装反（装反了会盖不上电池插头），否则仪表不能正常工作，还极易损坏集成电路。

15）为了延长电池的使用寿命，每次用完后，应将电源开关置于“OFF”位置。长期不用，要取出电池，防止因电池漏液而腐蚀印制电路板。

15.4 钳形电表

钳形电表是一种能在不切断电路的情况下测量交流电流的可携式仪表，一般用于低压系统，它分为交流和交直流两用两类。用来测量交流电流的钳形电表是由电流互感器和整流系电流表组成，如T301、T302、MG24型钳形表等，测量范围在5～1000A。

钳形电流表具有使用方便，不用拆线、切断电源及重新接线等特点。但它只限于在被测线路电压不超过500V的情况下使用，且准确度较低，一般只有2.5级和5.0级。

钳形电流表从工作原理上分可分为，整流系和电磁系两种；从指示形式上分可分为，指针式和数字式两种。

多用钳形表是由钳形电流互感器和测量仪表两个独立部分而组成，当两部分组合起来时，就是一个钳形表，将钳形互感器拔出，便可单独作为多用表使用。

15.4.1 常用钳形电表技术数据（见表15-27）

表15-27 常用钳形电表技术数据

名称	型号	测量范围	准确度	特 征
电压电流功率三用钳形表	MG4-1（V A W）（MG4）	A：10～30～100～300～1000A V：150～300～600V W：1～3～10～30～100kW	A、V为2.5级 W为5.0级	MG4不包括功率档
交直流钳形电流表	MG-20	0～100A，0～200A 0～300A，0～400A 0～500A，0～600A	5.0级	是唯一可以测量直流的钳形电流表，一般仅有一档量程
	MG-21	0～750A，0～1000A 0～1500A		
钳形交流电流电压表（袖珍式）	MG-24	V：0～300～600V A：①5～25～50A ②5～50～250A	2.5级	袖珍式钳形表，携带及使用均很方便
	MG-26	V：0～300～600V A：5～50～250A 10～50～150A		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名称	型号	测量范围	准确度	特　征
多用钳形表（袖珍式）	MG-28	$\underline{\overset{\simeq}{V}}$：0～50～250～500V $\underline{A}$：0.5～10～1000mA $\underline{A}$：5～25～50～100～250～500A Ω：1～10～100kΩ	5.0 级	由钳形互感器和袖珍式万用电表组合而成，两者分开后，万用表可单独用
叉式多用钳形表	MG-34	$\underline{\overset{\simeq}{V}}$：0～50～250～500V $\overset{\simeq}{A}$：1～5～25～100mA $\tilde{A}$：1～5～25～100～250～1000A Ω：R×10、R×1k	2.5 级	由叉式变换器和万用表组合而成，万用表采用运算放大器线路
交流钳形表	T-301	0～10～25～50～100～250A 0～10～25～100～300～600A 0～10～30～100～300～1000A	2.5 级	
	T-302	0～10～50～250～1000A 0～300～600V	2.5 级	

15.4.2　常用数字钳形电表技术数据（见表 15-28）

表 15-28　常用数字钳形电表技术数据

名称	型号	准确度等级	测量范围	1min 绝缘耐压/V
$3\frac{1}{2}$位数字钳形多用表	SB6266	±（0.5% 读数 +1 字）	U_{DC}：1000V	
		±（1% 读数 +4 字）	U_{AC}：750V	
		±（2% 读数 +5 字）	I_{AC}：200A	
		±（3% 读数 +5 字）	I_{AC}：1000A	
		±（1% 读数 +3 字）	R：200Ω	
		±（1% 读数 +1 字）	R：20kΩ	
$3\frac{1}{2}$位数字钳形多用表	MGS2	±（0.5% 读数 +0.1% 满度） ±（1.5% 读数 +0.2% 满度） ±（2% 读数 +0.2% 满度） ±（1% 读数 +0.2% 满度） —	U_{DC}：200V，1000V I_{DC}：200A，1000A I_{AC}：200A，1000A U_{AC}：200V，1000A f：40～500Hz	

15.4.3　钳形电表的使用

1. 钳形电表使用注意事项

1）测量前，应检查钳形电流表的指针是否在零位，若不在零位，应调至零位。

2）钳形电流表一般通过转换开关来改变量程，也有通过更换表头来改变量程的。测量时，应对被测电流进行粗略的估计，选好适当的量程。如被测电流无法估计时，应将转换开关置于最高档，然后根据测量值的大小，变换到合适的量程。应注意不要在测量过程中切换量程，以保证设备及人身安全。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）进行测量时，被测导线应置于钳口的中心位置，以减少测量误差。

4）为了使读数准确，钳口的结合面应保持良好的接触。当被测量的导线被卡入钳形电流表的钳口后，若发现有明显噪声或表针振动厉害时，可将钳口重新开合一次；若噪声依然存在，应检查钳口处是否有污物，若有污物，可用汽油擦净。

5）在变、配电所或动力配电箱内要测量母排的电流时，为了防止钳形电流表钳口张开而引起相间短路，最好在母排之间用绝缘隔板隔开。

6）测量5A以下的小电流时，为得到准确的读数，在条件允许时，可将被测导线多绕几圈放进钳口内测量，实际电流值应为仪表读数除以钳口内的导线根数。

7）禁止用钳形电流表测量高压电路中的电流及裸线电流，以免发生事故。

8）钳形电流表不用时，应将其量程转换开关置于最高档，以免下次误用而损坏仪表。并将其存放在干燥的室内，钳口铁心相接处应保持清洁。

9）在使用带有电压测量功能的钳形电流表时，电流、电压的测量须分别进行。

2. 数字钳形电流使用注意事项

数字式钳形电流表的型号有多种，且兼有多种附加功能（如测量交流电流、直流电压、交流电压、电阻等功能），使用注意事项如下：

1）首先检查仪表壳体，应无破裂损坏现象；表笔绝缘应完好无损，无断线脱头和铜线裸露现象。

2）按测量要求，应将量程开关置于正确位置。

3）测量时，需要将红、黑表笔插入对应输入插孔，并插到底，以保证安全和可靠接触，表笔接入被测电路时，应先接黑表笔，表笔与被测电路分离时，应先断开红表笔。

4）当改变量程或功能时，任何一根表笔都要与被测电路断开。

5）为避免损坏仪表，不要输入超过各量程档所规定的最大值。

6）在测量高于直流电压60V和交流电压30V以上电压时，应谨慎，避免触电。

7）当使用仪表进行测量时，绝对不要打开电池盖，以免有触电的危险。

8）在进行电流测量时，务必将表笔从仪表上取出。

9）在更换电池前，应将表笔离开被测电路。

3. 不能用整流系钳形电流表测量绕线转子异步电动机的转子电流的原因

当用整流系钳形电流表测量运行中的绕线转子异步电动机的转子电流时，不仅仪表上的指示值同被测量的实际值有很大出入，而且还会没有指示。这主要是因为整流系钳形电流表的表头电压是由二次绕组获得的，根据磁感应原理，互感电动势的大小和频率成正比。而转子上的频率很低，则表头上得到的电压要比测量同样电流值的工频电流小很多，以致于不能使表头中整流元件工作，致使整流系钳形电流表无指示或指示值与实际值相差太大，失去了测量的意义。

如果选用电磁系钳形电流表，由于测量机构没有二次绕组和整流元件，表头是和磁回路直接相连，又不存在频率关系，因此能比较准确地测量绕线转子异步电动机的转子电流。

由此可见，在测量时，应根据被测对象的特点，正确选择相应的钳形电流表。

15.5 绝缘电阻表

绝缘电阻表俗称摇表，又称兆欧表。它是专供用来检测电机绕组、电缆、电气设备、供电线路等绝缘电阻的一种可携式仪表。绝缘电阻表标度尺上的单位是兆欧（MΩ）。

绝缘电阻表的种类很多，但基本结构相同，主要由一个磁电系的比率表和高压电源（常用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

手摇发电机或晶体管电路产生）组成。

数字绝缘电阻测量仪（数字式绝缘电阻表）是一种没有手摇发电机的绝缘电阻测试仪器。电源是由6节5号电池构成的9V直流电压供给电路，通过直流变换原理，经过升压电路处理使较低的供电电压提升到较高的直流输出电压，提供给测试电路使用。产生的电压虽然很高，但输出功率并不大，这主要是输出电流较小的缘故。

电气设备绝缘性能的好坏直接关系到设备的运行和人身安全。绝缘电阻是衡量绝缘材料（或器件）绝缘性能的一个重要指标。绝缘材料在使用过程中，由于发热、受潮污染及老化等原因，其绝缘电阻将逐渐降低，可能会造成漏电或短路事故，为确保设备正常运行和人身安全。在下述情况下，要进行绝缘电阻的测量：

1）长期运行的电气设备和线路应定期进行绝缘电阻的检查。

2）新安装启用或检修后重新使用的电气设备，在投入运行前，必须检查其绝缘电阻是否符合要求。

3）电气设备因绝缘损坏而造成的故障，可利用检查绝缘电阻的方法，分析故障的性质和故障部位。

15.5.1 常用绝缘电阻表技术数据（见表15-29）

表15-29 常用绝缘电阻表技术数据

型号	准确度等级	额定电压/V	测量范围/MΩ	电源	测量机构
3123	1.0	5000/10000	$200 \sim 10^5$	交流220V晶体管倍压整流	数字表
Fluke1508	1.0	50/100/250/500/1000	$400 \sim 2 \times 10^5$		
日置3455	1.0	250/500/1000/2500	$0.01 \sim 10^4$		LCD显示数字表
CS2676C	1.3	100/250/500/1000	2～2000		
GM-100K	1.5	500/1000/2500/5000	$10^3 \sim 10^4$		
ZC11-1	1.0	100±10%	0～500	手摇发电机供电，晶体管倍压整流	交叉线圈式流比计
ZC11-2	1.0	250±10%	0～1000		
ZC11-3	1.0	500±10%	0～2000		
ZC11-4	1.0	1000±10%	0～5000		
ZC11-5	1.0	2500±10%	0～10000		
ZC11-6	1.0	100±10%	0～20		
ZC11-7	1.0	250±10%	0～50		
ZC11-8	1.0	500±10%	0～100		
ZC11-9	1.0	50±10%	0～200		
ZC11-10	1.5	2500±10%	0～2500		
ZC13-1	1.5	100±15%	0～100、0～0.05	交流220V晶体管整流	
ZC13-2	1.5	250±15%	0～250、0～0.05		
ZC13-3	1.5	500±15%	0～500、0～0.1		
ZC13-4	1.5	1000±15%	0～1000、0～0.2		
ZC14-1	1.5	100±20%	0～100	干电池供电，晶体管直流变换器整流	
ZC14-2		250±20%	0～250		
ZC14-3		500±20%	0～500		
ZC14-4		1000±20%	0～1000		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	准确度等级	额定电压/V	测量范围/MΩ	电源	测量机构
ZC25-1 ZC25-2 ZC25-3 ZC25-4	1.0	100±10% 250±10% 500±10% 1000±10%	0~100 0~250 0~500 0~1000	手摇发电机供电，晶体管整流	交叉线圈式流比计
0101 2525 5050 1010 2000	1.0	100±10% 250±10% 500±10% 1000±10% 500/1000/2500	0~100 0~250 0~500 0~1000 40GΩ	手摇发电机供电机换向器整流	
ZC30 ZC30-1 ZC30-2 KZC30	1.5	5000 2500±10% 5000±10% 500/1000/2500/5000	0~100000 0~20000 0~50000 0.2~200000	1号干电池10节或220V/50Hz交流电（晶体管变换器）	
ZC37	2.5	2500±10%	0.5~1000	220V/50Hz交流电（晶体管变换器）	磁电系指示仪表
ZC42-1	1.5	100±10% 250±10%	0~100 0~200	198~242V交流电，50~60Hz（晶体管变换器）	
ZC42-2	1.5	250±10% 500±10%	0~200 0~500		
ZC42-3	1.5	500±10% 1000±10%	0~500 0~1000		
ZC44-1 ZC44-2 ZC44-3 ZC44-4	1.5	50±10% 100±10% 250±10% 500±10%	0~50 0~100 0~200 0~500	2号电池8节共12V	
ZC-90 ZC-90A ZC-90B	1.0	100/250 500/1000 10/100/500	$0.1\sim2\times10^7$ $0.1\sim2\times10^9$ $0\sim2\times10^6$	防静电工程专用	数字式

15.5.2 KD系列绝缘电阻表技术数据（见表15-30）

表15-30 KD系列绝缘电阻表技术数据

型号	名称	量程	准确度	额定测试电压/V	特点
KD2675AL	指针式绝缘电阻表	10MΩ，20MΩ	±5%	50，100	便携式干电池供电二档
KD2675BL		20MΩ，50MΩ		100，250	
KD2675CL		50MΩ，100MΩ		250，500	
KD2675DL		100MΩ，200MΩ		500，1000	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	名称	量程	准确度	额定测试电压/V	特点
KD2675AH	指针式绝缘电阻表	100MΩ，200MΩ	±5%	50，100	便携式干电池供电 二档
KD2675BH		200MΩ，500MΩ		100，250	
KD2675CH		500MΩ，1000MΩ		250，500	
KD2675DH		1000MΩ，2000MΩ		500，1000	
KD2676		100MΩ，200MΩ		2500，5000	
KD2678	数字、指针两用绝缘电阻表	20GΩ	±5%	2500，5000	内附蓄电池可用交流电充电 可存储、带自放电

15.5.3 PC 系列数字式绝缘电阻表技术数据（见表 15-31）

表 15-31 PC 系列数字式绝缘电阻表技术数据

型号	额定电压/V	级别	量程范围/MΩ	备注
PC20（数字式）	500 1000	3.0	0～200 0～1000	还可测直流电压为 0～200V，0～1000V；交流电压为 0～200V，0～750V 电源为 1.5V5 号电池 6 节 外形尺寸为 162mm×100mm×45mm，重量为 0.34kg
PC10（数字式）	500 1000	1.0	0.05～2000 0.19～2000	交流 220V 供电 显示：LED3 $\frac{1}{2}$位，最大显示 1999 并有 BCD 码输出功能

15.5.4 YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪技术数据（见表 15-32）

表 15-32 YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪技术数据

输出电压		500V	1000V	2500V	5000V
准确度	温度	23℃ ±5℃			
	绝缘电阻	1MΩ～20GΩ ±5%		2MΩ～40GΩ ±5%	
	输出电阻	4MΩ～20GΩ 0～+10%	8MΩ～40GΩ 0～+10%	20MΩ～100GΩ 0～+10%	40MΩ～200GΩ 0～+10%
高压短路		≥3mA			
电源		8 节 AA 型充电电池，外置充电适配器			
工作温度		-10℃～40℃，最大相对湿度 85%			
保存温度及湿度		-20℃～60℃，最大相对湿度 90%			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

输出电压	500V	1000V	2500V	5000V
绝缘能力	电路与外壳间电压为 DC1000V 时，最大 2000MΩ			
耐压能力	电路与外壳间电压为 AC2500V 时，承受 1min			
外形尺寸	230mm×190mm×90mm（$L \times W \times H$）			
重量	2kg			

YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪具有多种电压输出等级（500V、1000V、2500V、5000V）、容量大、抗干扰强、指针与数字同步显示、交直流两用、操作简单、自动计算各种绝缘指标（吸收比、极化指数）、各种测量结果具有防掉电功能等特点。

YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪是测量大容量变压器、互感器、发电机、高压电动机、电力电容、电力电缆、避雷器等绝缘电阻的理想测试仪器。

YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪的特点如下：

1）有多种电压输出选择 YTC2000（2500V、5000V）、YTC2010（500V、1000V、2500V、5000V），测量电阻量程范围可达 0～200GΩ，电阻量程范围可自动转换，并有相应的指示。

2）两种方式同步显示绝缘阻值。机械指针采用超薄型张丝结构抗振能力强。机械指针的采用可容易观察绝缘电阻的变化范围，点阵液晶屏的采用可指导用户操作仪表并可精确得出测量结果。

3）机械表头与液晶屏合二为一。双刻度显示，量程自动转换。彩色刻度易于读识，并有 LED 显示相应色彩。

4）YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪采用嵌入式工业单片机和实时操作软件系统。自动化程度高、抗干扰能力强，仪器可自动计算吸收比和极化指数，无须人工干预。

5）操作界面友好，各种测量结果具有防掉电功能，可连续存储 20 次的测量结果。

6）YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪产生高压时，有提示音输出。

7）内置残留高压放电电路，测试完毕可自动放掉被测设备上的残留高压。

8）交直流两用，配置可充电池和交流适配器。

9）YTC2010 型智能双显绝缘电阻测试仪采用便携式设计，便于野外操作。

10）高压短路电流不小于 3mA，是测量大型变压器、互感器、发电机、高压电动机、电力电容、电力电缆、避雷器等绝缘电阻的理想测试仪器。

15.5.5 绝缘电阻表的选择与使用

1. 选择

1）电压等级的选择：选用绝缘电阻表电压时，应使其额定电压与被测电气设备或线路的工作电压相适应，不能用电压过高的绝缘电阻表测量低电压电气设备的绝缘电阻，以免损坏被测设备的绝缘。不同额定电压的绝缘电阻表的使用范围见表 15-33。

2）测量范围的选择：在选择绝缘电阻表测量范围时，应注意不能使绝缘电阻表的测量范围过多地超出所需测量的绝缘电阻值，以减少误差的产生。另外，还应注意绝缘电阻表的起始刻度，对于刻度不是从零开始的绝缘电阻表（例如从 1MΩ 或 2MΩ 开始的绝缘电阻表），一般不宜用来测量低电压电气设备的绝缘电阻。因为这种电气设备的绝缘电阻值较小，有可能小于 1MΩ，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在仪表上得不到读数，容易误认为绝缘电阻值为零，而得出错误的结论。

表 15-33 不同额定电压的绝缘电阻表使用范围

被测对象	被测设备额定电压/V	绝缘电阻表额定电压/V
线圈的绝缘电阻	500 以下	500
线圈的绝缘电阻	500 以上	1000
发电机绕组的绝缘电阻	380 以下	1000
电力变压器、发电机、电动机绕组的绝缘电阻	500 以上	1000 ~ 2500
电气设备绝缘电阻	500 以下	500 ~ 1000
电气设备绝缘电阻	500 以上	2500
绝缘子母线隔离开关绝缘电阻	—	2500 ~ 5000

2. 绝缘电阻表的使用

（1）用绝缘电阻表测量绝缘电阻的正确接法

用绝缘电阻表测量绝缘电阻的正确接法如图 15-5 所示，绝缘电阻表的接线柱有 3 个，分别标有地“E”、线路“L”和屏蔽（保护环）“G”的接线柱。

1）测量线路绝缘电阻时，将被测端接于“L”的接线柱上，而以良好的接地线接于“E”的接线柱上，如图 15-5a 所示。

2）测量电机绝缘电阻时，将电机绕组接于“L”的接线柱上，机壳接于“E”的接线柱上，如图 15-5b 所示。

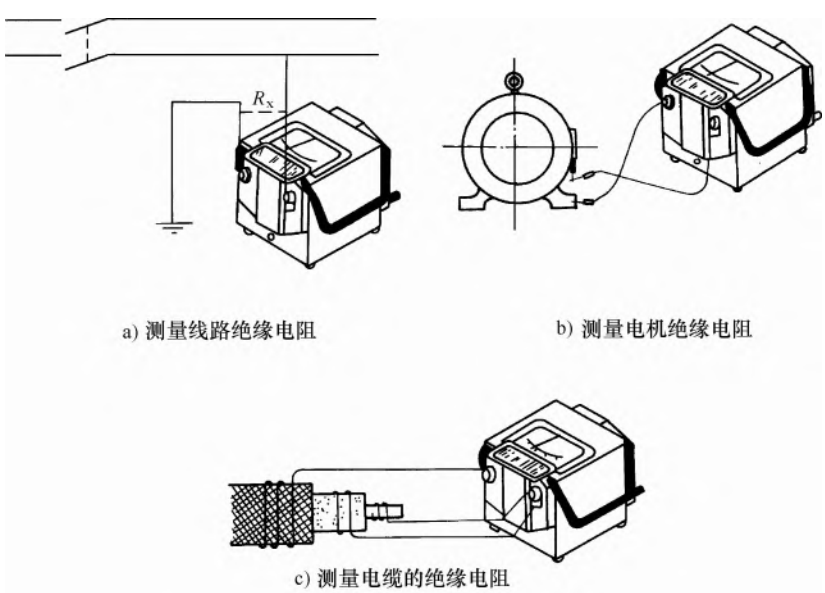


图 15-5 用绝缘电阻表测量绝缘电阻的正确接法

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）测量电缆的缆芯对护套的绝缘电阻时，除将缆芯和护套分别接于“L”和“E”接线柱外，还应将缆芯与护套之间的绝缘层接于“G”，以消除因表面漏电而引起的误差，如图15-5c所示。

（2）绝缘电阻表使用注意事项

1）在使用绝缘电阻表测量前，先对其进行一次开路和短路试验，以检查绝缘电阻表是否良好。将绝缘电阻表平稳放置，先使“L”和“E”两个端钮开路，摇动手摇发电机的手柄，使发电机转速达到额定转速，这时指针应指向标尺的“∞”位置（有的绝缘电阻表上有“∞”调节器，可调节使指针指在“∞”位置）；然后再将“L”和“E”两个端钮短接，缓慢摇动手柄，指针应指在“0”位。

2）测量前，应切断被测设备的电源，并对被测设备进行充分的放电，保证被测设备不带电。用绝缘电阻表测试过的电气设备，也要及时放电，以确保安全。

3）被测对象的表面应清洁、干燥，以减小测量误差。

4）绝缘电阻表与被测设备间的连接线应用单根绝缘导线分开连接。两根连接线不可缠绞在一起，也不可与被测设备或地面接触，以避免导线绝缘不良而引起误差。

5）测量时，摇动手柄的速度由慢逐渐加快，并保持在120r/min左右的转速，测量1min左右，这时读数才是准确的结果。如果被测设备短路，指针指零，应立即停止摇动手柄，以防表内线圈发热而损坏仪表。

6）测量电解电容器的介质绝缘电阻时，应按电容器耐压的高低选用绝缘电阻表，注意电容器的正极接“L”，负极接“E”，不可反接，否则会使电容器击穿。

7）当绝缘电阻表没有停止转动和被测物没有放电前，不可用手触及被测物的测量部分，或进行拆除导线的工作。在测量大电容的电气设备绝缘电阻时，在测定绝缘电阻后，应先将“L”连接线断开，再降速松开手柄，以免被测设备向绝缘电阻表倒充电而损坏仪表。

8）测量前，还应掌握环境温度及相对湿度，以便进行绝缘分析，当湿度较大时，应接屏蔽线。

9）禁止在有雷电时或邻近有高压设备时使用绝缘电阻表，以免发生危险。

3. 数字绝缘电阻测量仪的使用

（1）绝缘电阻测试方法步骤

下面以HDT2060系列数字绝缘电阻测量仪为例，介绍其使用方法。

1）测试线与插座的连接：将带测试棒（红色）的测试线的插头插入仪表的插座L，将带大测试夹子的测试线的插头插入仪表的插座E。将带表笔（表笔上带夹子）的测试线的插头插入仪表的插座G。

2）测试接线：根据被测电气设备或电路进行接线，一般仪表的插座E的接线为接地线；插座L的接线为线路线；插座G的接线为屏蔽线，接在被测试品的表面（如电缆芯线的绝缘层上），以防止表面泄漏电流影响测试阻抗，从而影响测量准确度。接线时应先将转换开关置于“POWER OFF”位置，然后把大测试夹子接到被测设备的地端，带表笔的小夹子接到绝缘物表面，红色高压测试棒接线路或被测极上。

3）额定电压选择：根据被测电气设备或电路的额定电压等级选择与之相适应的测试电压等级，这点与指针式绝缘电阻表是一样的。HDT2060绝缘电阻测量仪有100V、250V、500V、1000V共4档电压；HDT2061绝缘电阻测量仪有500V、1000V、2000V、2500V共4档电压。可以通过旋转开关进行选择。

4）测试操作：当把测试线与被测设备或电路连接好了以后，按一下高压开关“PUSH”，此

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时“PUSH ON”的红色指示灯点亮，表示测试用高压输出已经接通。当测试开始后，液晶显示屏显示读数，所显示的数字即为被测设备或电路的绝缘电阻值。如果按下高压开关后，指示灯不亮，说明电池容量不足或电池连接有问题（例如极性连接有错误或接触不良）。

5）关机：测试完毕后，按一下高压开关“PUSH”，此时“PUSH ON”的红色指示灯熄灭，表示测试高压输出已经断开。将转换开关置于“POWER OFF”位置，液晶显示屏无显示。对大电感及电容性负载，还应先将测试品上的残余电荷泄放干净，以防残余电荷放电伤人，再拆下测试线。至此测试工作结束。

（2）数字绝缘电阻测量仪使用安全注意事项

1）小心高压电击。当绝缘电阻测试完毕，应对被测物品进行放电，直到听不到放电声和看不到火花为止。

2）在测量过程中，不可触摸被测的物品，小心高压电击。

3）测量物品的绝缘电阻时，被测试品不应带电，所以在测试前应使测试品充分放电，并确认被测试品安全接地。

4）测量绝缘电阻时，要防止外界电压加入测试回路。

5）在测试开始前，要检查转换开关的位置及测试线的连接是否紧密。

6）每次测量完毕，应将转换开关置于“POWER OFF”位置。

7）仪表长期不用时，须将电池取出，防止电池漏液腐蚀线路或元器件。应将仪表存放在干燥、无尘、无腐蚀性气体、通风良好的场所。

15.6 电能表

1. 电能表的用途与分类

电能表（原称电度表）是用来测量某一段时间内发电机的电能或用户消耗电能的电工仪表。它不仅能反映出功率的大小，而且还能反映出电能随时间增长积累的总和。为了能指示出不断增长的被测电能，电能表就不能简单地用指针读数，必须装有“积算机构”，将活动部分的转数通过齿轮传动机构，折算成被测电能的数值，并由一系列齿轮上的数字直接指示出来。

电能表的分类：

1）按所测量电流分类可分为直流式和交流式，电力系统中广泛采用的是交流电能表。

2）按用途分类可分为普通电能表和专用电能表。普通电能表可分为单相电能表和三相电能表；专用电能表可分为最大需量电能表、定量电能表、多费率电能表、脉冲电能表、多功能电能表和标准电能表等。

3）按准确度等级分类可分为普通电能表和标准电能表。

4）按工作原理分类可分为感应式电能表、电子式电能表和感应电子式电能表。

5）按接入电路方式分类可分为直接接入式和经互感器接入式。

6）按测量能量分类可分为单相有功、三相三线有功、三相四线有功、三相三线无功及三相四线无功电能表。

7）按付款方式分类可分为普通电能表和定量电能表（磁卡电能表或投币电能表）。

2. 电能表铭牌上的标志

1）电能表的名称及型号。

2）计量单位名称或符号：如“kW·h”或“kvar·h”。

3）标定电流和额定最大电流：如5（10）A，即表示电能表的标定电流为5A，额定最大电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流为10A，若额定电流小于标定电流的15%时，则只标明标定电流。对于三相电能表应在前面乘以相数，如3×5（10）A；若经电流互感器接入式电能表应标明电流互感器的额定变流比。

4）额定电压：对于三相电能表的额定电压应在前面乘以相数，如3×380V；对于三相四线电能表应标明线电压与相电压，并用斜线分开，如3×380/220V；经电压互感器接入式电能表，应标明电压互感器的额定变压比。

5）计度器示数：整数与小数位的数字或窗口应有不同颜色，且在它们之间应有区分的小数点。

6）使用条件分组的代号。

7）电能表的常数：应标明“kW·h=×××盘转数”或“×××转/kW·h”；“1kvar·h=×××盘转数”或“×××转/kvar·h”。

8）止逆：对具有止逆器的电能表应标明“止逆”二字。

此外，电能表铭牌上还应标明额定频率、制造计量器具许可证标志和许可证编号、制造标准、制造厂名、制造年份和出厂编号等。

3. 电子式电能表的特点

随着微电子技术和半导体技术的发展，大规模集成电路技术已十分成熟，从而使高性能系统芯片的集成成为可能，并推动各行业的飞速发展，在电子式仪器仪表中得到广泛使用。电子式电能表将逐步代替感应式电能表。

全电子式电能表的工作原理是在数字功率表的基础上发展起来的，它采用乘法器实现对电功率的测量，其工作原理如图15-6所示。当被测的大电流i、高电压u经电流交换器和电压变换器转换后送至乘法器，乘法器完成电流和电压瞬时值相乘，输出一个与一段时间内的平均功率正比的直流电压U_0，然后利用U/f转换器，U_0被转换成相应的脉冲频率f_0，即f_0正比于平均功率，将该频率分频，通过一段时间内计数器的计数，显示出相应的电能。

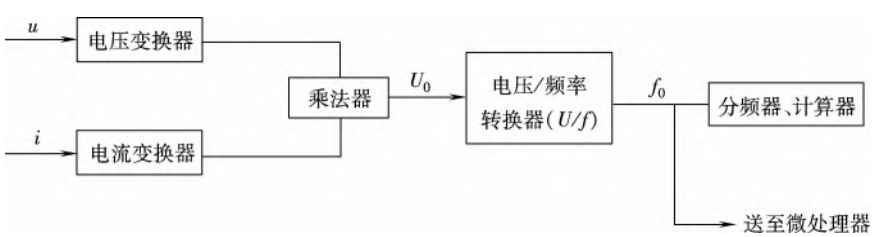


图15-6 全电子式电能表的工作原理框图

15.6.1 常用电能表技术数据（见表15-34）

表15-34 常用电能表技术数据

类 型	型号	准确度等级	规 格	主功能	辅功能	外形尺寸/mm	重量/kg
感应式单相交流有功电能表	DD301	2	220V，5（20）A、10（40）A	电能计量	脉冲输出	161×133×118	1.1
	DD701		220V，5～30（100）A			178×150×112	1.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　型	型号	准确度等级	规　格	主功能	辅功能	外形尺寸/mm	重量/kg
感应式单相交流有功电能表	DD862	2 2.0	1.5(6)A、2.5(10)A、3(12)A、5(20)A、10(40)A、15(60)A、20(80)A、30(100)A	电能计量	脉冲输出	172.5×124×118	1.5
	DD993		220V,5~20(80)A			169×117×116.5	1.4
电子式单相交流有功电能表	DDS-1	1.0、2.0	220V,5(30)A、10(40)A、2.5(10)A、5(20)A	电能计量	脉冲输出	156×57×110	0.8
	DDS15	1	220V,5(20)~20(80)A			168×124×100	0.8
	DDS71	1.0	1.5(6)A、2.5(10)A			158×110×58	0.7
	DDS146	2	2.5(10)A、2.5(20)A、5(10)A、5(20)A、5(30)A、5(40)A			165×118×65	0.6
	DDS580	1.0、2.0	15(90)A、1.5(6)A、2.5(10)A、5(20)A、10(40)A、15(60)A、20(80)A			156×110×63	
电子式单相电子式预付费电能表	DDSY580	1.0、2.0	220V,1.5(6)A、2.5(10)A、5(20)A、10(40)A、15(60)A、20(80)A	计量有功预付费	脉冲输出	155×110×60	
	DDYS22C系列	1.0	2(10)A、5(25)A、10(50)A、20(100)A		电量预购	196.5×127.5×82.5	0.89 0.91
机电一体式单相预付费电能表	DDY9	2	1.5(6)~40(100)A	测量电能预付费	防窃电、负载控制、电子单元可分离	245×156×120	2.3
	DDY17	2.0	10(20)A			160×132.4×128.5	
	DDY117	2.0	5(20)A			194.3×106	
	DDY117	2.0	15(60)A			194.3×106	
感应式单相预付费电能表	DDY102	2.0	220V,5~10(20)A		脉冲输出	127×204×120	
	DDY142J	2.0	50Hz、220V,10(40)A	电能计算	预付费	194.3×127	2.5
	DDY200	2.0	220V,5(20)A、5(10)A	预付费告警、记忆、显示	防窃电	140×106×113.5	1
	DDY108	2.0	220V,1.5、2.5、5、10、20		预付费	182×140×115	1.63
感应式三相三线多功能电能表	DS862	2	3×5(20)A	计量有功、分时计费等		273×150×124	4
		2	3×10(40)A				
		2	3×15(60)A			279×150×124	
		2	3×20(80)A				
		2	3×30(100)A			279×150×124	
	DS864	1	3×3(6)A				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　型	型号	准确度等级	规　格	主功能	辅功能	外形尺寸/mm	重量/kg
机电式三相三线多功能电能表	DSD20	1	3×3(6)A	计量有功、分时计费等			2
三相机电一体三相三线多功能电能表	DSD66-4E	2.0	3×100V,3×2.5(10)A、3×5(20)A		脉冲输出	273×150×124	
			3×380V,3×2.5(10)A、3×5(20)A				
	DSD200 DSD210	2.0 1.0	3×100V/380V 1.5~40A		电能脉冲输出	273×172×124	4
感应式三相三线多功能电能表	DSD933P	1.0	3×100V,3(6)A、1.5(6)A	电能计量		172×277.5×134	4
机电式三相三线多功能电能表	DSD939J	1.0	1.5(6)A	电能计量	通信抄表	273×150×130	3.5
机电式三相三线有功复费率最大需量电能表	DSZF9-1	1	3×1.5(6)A、3×3(6)A	测量电能	多费率和最大需量测量	273×150×145	3.4
电子式三相有功电能表	DS(T)S228	1.0	5(25)A、10(50)A、20(100)A	有功电能计量		279×168×86.5	1.43 1.65
电子式三相三(四)线复费率电能表	DS(T)SF22B	1.0	5(25)A、10(50)A、20(100)A	有功电能计量	分时计费	270×169×92	1.96 2.16
电子式三相三(四)线预付费电能表	DS(T)YS22C系列	1.0	5(25)A、10(50)A、20(100)A	有功电能计量	电量预购	270×169×87	1.73 2.11
电子式三相三(四)线多功能电能表	DS(T)SD22D	1.0	5(25)A、10(50)A、20(100)A	有功、无功电能计量	分时计费电量预购	270×169×94	2.09 2.3
电子式三相复费率有功电能表	DSSF27 DTSF27	1.0	3×1(6)A				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　型	型号	准确度等级	规　格	主功能	辅功能	外形尺寸/mm	重量/kg
三相机电一体有功电能表	DSF66-4C	2.0	3×220/380V,3×5(20)A、3×5(10)A	计量有功分时计费	脉冲输出	273×150×124	
电子式电能表	DSSD581D	有功1.0 无功2.0	3×100V,3×1.5(6)A	计量有功、无功分时计费	脉冲输出	265×168×56	
三相三线多功能电能表	DSZF931G	1级或2级	3×1.5(6)A、3×3(6)A	峰值、平谷、总电能计量		273×173×124	3.5
感应式三相四线有功电能表	DT862型	2.0	3×30(100)A、5(20)A、2.5(10)A、10(40)A、15(60)A、20(80)A、30(100)A	计量电能		279×150×124 279×172×124	3.2
	DT864-2	1.0	3×220/380V,3(6)A、1.5(6)A			172×277.5×128	
三相四线多功能电能表	DTD20型	1	3×3(6)A		记录	273×150×124	4.3
		1	3×1.5(6)A				
三相机电一体式电能表	DTD66-4E	2.0	3×100V,3×2.5(10)A、3×5(20)A	计量有功分时计费	脉冲输出	273×150×124	4.3
			3×380V,3×2.5(10)A、3×5(20)A				
	DTD66-4C	2.0	3×220/380V,3×2.5(10)A、3×5(20)A			273×150×124	
	DTD200 DTD210	2.0 1.0	3×220/380V,1.5~100A	分时电能计量,最大需量计量,数据传输	电能脉冲输出	273×172×124	4
机电式电能表	DTD939J	2.0	10(40)A	电能计量	通信抄表	273×150×130	3.5
感应式电能表	DTD932P	1.0 2.0	3×220/380V,3(6)A、1.5(6)A	有功电能计量		172×277.5×134	
三相四线多费率电能表	DTF930G	1级或2级	3×115(6)A	峰值、平谷总电能计量		273×173×124	3.5
			3×5(20)A			273×173×124	3.5
			3×10(40)A			273×173×124	3.5
			3×20(80)A			273×173×124	3.5
			3×30(100)A			273×173×124	3.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　型	型号	准确度等级	规　格	主功能	辅功能	外形尺寸/mm	重量/kg
三相机电一体式电能表	DTF66-4C	2.0	3×220/380V，3×2.5(10)A、3×5(20)A	计量有功分时计费主要是工业用	脉冲输出	273×150×124	4.1
三相四线有功复费率最大需量电能表	DTZF9	1和2	3×3(6)A	测量电能	多费率和最大需量测量	273×150×145	
感应式三相四线预付费有功电能表	DTY108	2.0	3×5(20)A、3×3(6)A、3×10(40)A、3×20(80)A、3×30(100)A、3×15(60)A	有功计测		279×172×124	3.75
感应式三相三线无功电能表	DX863-2	2.0	3×100V，3(6)A	无功电能计量		172×277.5×128	2.7
	DX865	3	3×1.5(6)~3(6)A	测量电能		280×150×124	
感应式三相四线无功电能表	DX862	3	3×1.5(6)~3(6)A	测量电能		280×150×124	3.3
	DX864	2	3×1.5(6)~3(6)A	测量电能		280×150×124	
	DX864-2	2.0	3×380V，3(6)A	无功电能计量		172×277.5×128	
感应式三相电能表	DX864-4	2.0	3×100V，3×3(6)A	计量无功电能			
			3×380V，3×3(6)A				

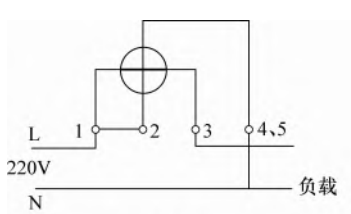
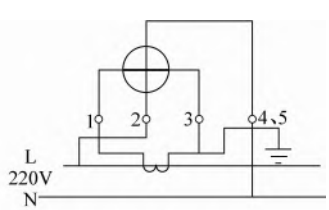
15.6.2 电能表的选择与使用

1. 电能表的选择与接线

1）首先是正确选择电能表的额定电压、额定电流和准确度。

2）电能表接线应遵循电流线圈与被测电路串联，电压线圈与被测电路并联的原则，且电源端钮必须接电源一方，单相和三相有功电能表的接线方式见表15-35。由于各种电能表的接线桩头排列是不同的，所以接线时应严格按照盒盖背面的接线图进行连接。电能表接线完毕，在通电前，应由供电部门把接线座盖加铅封，用户不得擅自打开。

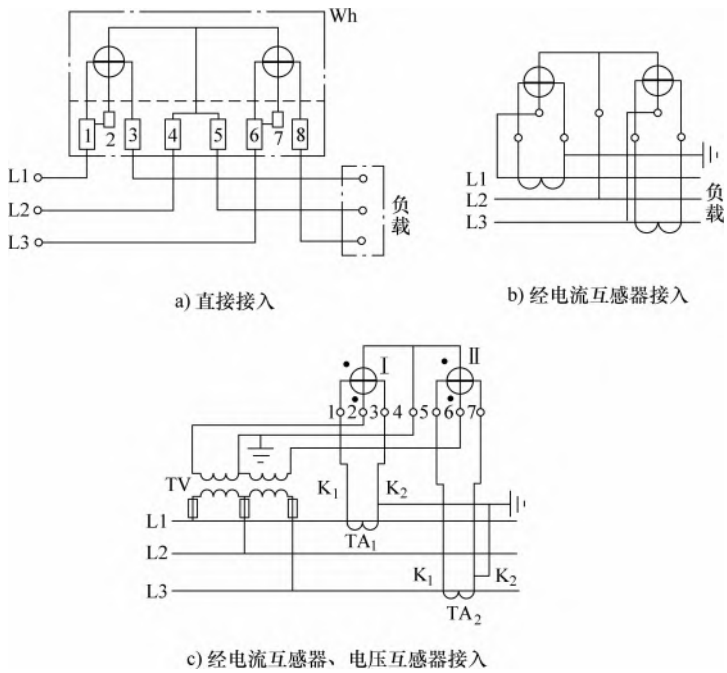
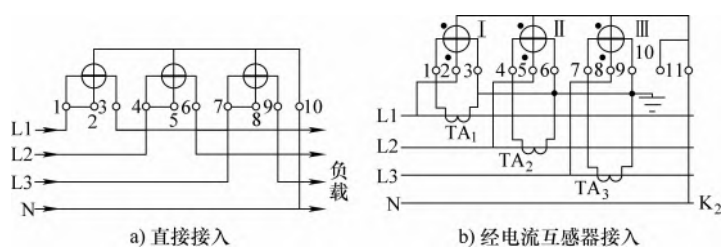
表15-35 单相和三相有功电能表的接线方式

名　称	接 线 方 式
单相有功电能表	 a）直接接入　  b）经电流互感器接入

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　称	接线方式
三相三线制有功电能表	
三相四线制有功电能表	

3）电能表在使用过程中，电路上不允许经常短路或负载超过额定值的125%。

4）当电能表的电流线路中无电流，而加于电压线路的电压为额定值的80%～110%时，电能表的转盘转动不应超过一整转，否则电能表为不合格，应禁止使用。

5）正确读取并计算电能表的实际耗电量。

2. 电能表的读取

1）直接接入式有功单相电能表的读数方法：单相有功电能表计算消耗的电能是累积的，因而它的读数是某一段时间内电能的总和。直接接入式有功单相电能表的读数是，用本次计量时电能表的读数减去上一次计量时电能表的读数，即为从上一次计量到本次计量这一段时间内负载所消耗的电能。

2）经电流互感器接入式有功单相电能表的读数方法：单相电能表经电流互感器后，扩大了单相电能表的测量范围。在计算用户消耗的电能时，应该用电能表消耗的电能乘以相应的电流比，才是实际消耗的电能。

例15-1　某一家庭的单相有功电能表，6月1日抄表时的读数为1568kW·h，7月1日抄表时的读数为1688kW·h，问这个家庭在这一个月内共使用了多少电能？

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

解：消耗电能 = 本月电能表读数 - 上月电能表读数

$W = 1688\text{kW} \cdot \text{h} - 1568\text{kW} \cdot \text{h} = 120\text{kW} \cdot \text{h}$

这个家庭在一个月内共使用了120kW·h的电能。即通常所说的电表走了120个字，或说消耗了120度电。

例15-2 某用户的单相有功电能表配用了电流比为300/5的电流互感器，6月1日抄表时的读数为0572kW·h，7月1日抄表时的读数为0628kW·h，问本月消耗的电能为多少？

解：消耗电能 =（本月电能表读数 - 上月电能表读数）× 电流互感器电流比

电流比 $K = 300/5 = 60$（300A为电流互感器一次额定电流，5A为电流互感器二次额定电流）

$W = (0628\text{kW} \cdot \text{h} - 0572\text{kW} \cdot \text{h}) \times 60 = 56\text{kW} \cdot \text{h} \times 60 = 3360\text{kW} \cdot \text{h}$

由此可知本用户本月消耗电能为3360kW·h。

15.7 功率表

功率表大多采用电动系测量结构，一般由一个电动系表头及各种分压、分流电阻构成。它与电动系电流表、电压表的不同之处是固定线圈和可动线圈不是串联起来构成一条支路。而是将固定线圈和负载串联，通过的是负载电流。将可动线圈与附加电阻串联后，再并接至负载，承受负载电压，通过的电流正比于负载电压，所以固定线圈又称电流线圈，可动线圈又称电压线圈。由于仪表指针的偏转角度与负载电流和电压的乘积成正比，故可测量负载的功率。

功率表的电压线圈与电流线圈上各有一端标有“*”号，称为电源端，表示电流应从“*”端流入线圈。

便携式功率表一般都制成多量程的，其功率量程由电流量程和电压量程来决定，因此功率量程的扩大是通过电流量程和电压量程的扩大来实现的。电动系功率表电流量程的扩大，一般是通过两段电流线圈（通常将电流线圈分为两段或若干段）连接方式的改变来实现的；电压量程的扩大，则是用改变附加电阻的方法来实现。

15.7.1 便携式功率表技术数据（见表15-36）

表15-36 便携式功率表技术数据

型 号	名 称	额定电流/A	额定电压/V	准确度
D5-W	低功率因数功率表	0.25/0.5/1/2.5/5/10	75/150/300/600	±1.0%
D8-W	单相功率表	0.05/0.1、0.25/0.5、0.5/1、2.5/5、5/10	37.5/75/150/300/600	±0.5%
D9W-1～4	中频功率表	0.15/0.3、0.5/1.0、2.5/5、5/10	150/300	±0.5%扩频到1500Hz时±1.0
D28-W	单相功率表（交、直流两用）	0.5/1、1/2、2.5/5、5/10、10/20	75/150/300、125/250/500、150/300/600	±0.5%
D26-W	低电压功率表	2.5/5	2.5/5、2.5/5/10	
D33-W	三相功率表	0.5、1、2、2.5、5、10	75/150/300、100/200/400、150/300/600	±1.0%
D39-W	低功率因数功率表	0.25、0.5、1、2.5、5、10	25/50/100/200、75/150/300/450、125/250/395/500	±0.5%
D61-W	单相功率表	0～2.5～5	75/150/240/600、48/100/240/480	±0.5%

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15.7.2 固定式功率表技术数据（见表 15-37）

表 15-37 固定式功率表技术数据

型号	名称	准确度	量限①		接入方式②	外形尺寸 $(A\times B\times C)$/mm
			电压/V	电流/A		
6L2-W	单相有功功率表	±2.5%	50、100、220	0.5,5	经外附功率变换器接入	80×80×86
6L2-W	三相有功功率表		50,100,380	5		
6L2-var	三相无功功率表		50,100			
42L6-W	单相有功功率表		50,100,220	0.5,5	直接接入或经互感器接入	120×120×85
42L6-W	三相有功功率表		50,100,380			
42L6-var	单相无功功率表		50,100,220			
42L6-var	三相无功功率表		50,100,380			
44L1-W	三相有功功率表		100,127,380	5	外附功率变换器	100×80×73
44L-var	三相无功功率表		100,127,380			
DP3-W20	数显功率表	±0.5%满度值±2字	90～450	0～0.1	直接输入	96×48×112
DP3-W200	数显功率表			0～1		
DP3-W1100	数显功率表			0～5		

① 固定式功率表均为单量程表，表中给出的电压、电流值均为仪表本身的量限值。而实际的 W、var 量限由于电流、电压档次有许多，所以固定式 W 和 var 表量限有数百种之多，选用时可根据被测电流、电压值和电流、电压互感器的电压、（电流）比来选择具体量限。

② 外附变换器是指有的固定式表有自用的“功率变换器”即电压、电流互感器的组合，专为功率表专用。直接接入是指在 380V、5A 以下可直接接入。而超过 380V、5A 的则是通过□/100 或□/50 电压互感器和□/0.5、□/5 电流互感器接入，有外附功率变换器的 W 表示可不用外附功率变换器而经互感器接入。

15.7.3 功率表的选用

1. 正确使用功率表

1）正确选择功率表的量程：功率表的量程包括三重含义，即电流量程、电压量程和功率量程。电流量程是指在仪表的串联回路中容许通过的最大工作电流；电压量程是指仪表的并联回路中所能承受的最高工作电压；功率量程则等于电流量程和电压量程的乘积，也即当负载功率因数 $\cos\varphi=1$ 时的仪表满刻度的功率值。

选择功率表量程时，不但要注意功率表的量程，而且还要注意功率表的电流量程和电压量程。只有这两个量程都满足要求时，功率表的量程才能满足。

例如，有一负载，其最大功率约为 800W，电压为 220V，电流为 4A。选择功率表量程时，应选额定电压 300V，额定电流 5A 的功率表，这样它的功率量程为 1500W，其功率、电压和电流量程都符合要求。如果选用额定电压 150V、额定电流 10A 的功率表，功率量程虽同样为 1500W，负载功率的大小并未超过它的值，但是由于负载电压 220V 已超过功率表所承受的 150V，故不能使用。

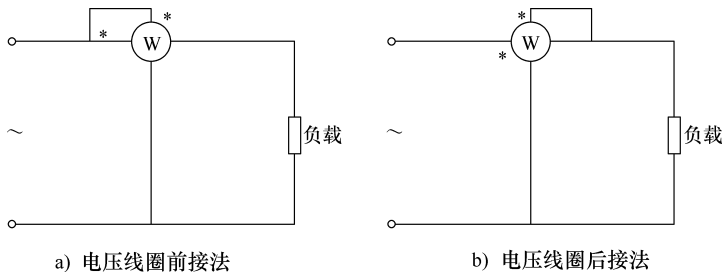
2）正确连接测量线路：功率表在接线时，必须遵循“发电机端”的接线规则，并可采用电压线圈前接电路或电压线圈后接电路。

电动系仪表测量机构的转动力矩方向和两线圈中是电流方向有关，为了防止电动系功率表的指针反偏，接线时功率表的电流线圈标有“*”号的端钮必须接到电源的正极端，而电流线圈

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的另一端则与负载相连，电流线圈以串联的形式接入电路中。功率表的电压线圈标有“*”号的端钮可以接到电流端钮的任一端上，而另一电压端钮则跨接到负载的另一端，功率表的接线方法如图15-7所示。如果功率表的接线正确，但指针反转，则应将电流端钮换接，而不应换接电压端钮。



a) 电压线圈前接法　　b) 电压线圈后接法

图15-7　功率表的接线方法

3）正确读取功率表的示值：一般安装式功率表为直读单量程式，表上示数即为功率数。但便携式功率表通常是多量程的，标度尺标出的是分格数，而不标明瓦数，每一分格代表的瓦数称为分格常数，功率表的说明书上，一般都给出了在不同电流、电压量程下的分格常数，测量时读得功率表的偏转格数，再乘以相应的分格常数，就可得出被测功率的数值，即

$$P = Cn$$

式中，C 为分格常数（W/格）；n 为偏转格数（格）；P 为被测功率（W）。

如果没给出分格常数，也可以按下式计算功率表的分格常数，即

$$C = \frac{U_N I_N}{N}$$

式中，U_N 为功率表的电压量程；I_N 为功率表的电流量程；N 为标度尺的满偏转格数。

4）如果使用电流互感器和电压互感器时，实际功率为功率表的读数乘以电流互感器和电压互感器的变比值。

例15-3　有一只电压量程为300V、电流量程为3A，满刻度格数为150格的功率表，在测量功率时，指针的偏转格数为50格，则被测功率是多少？

解： 分格常数 $C = \dfrac{U_N I_N}{N} = \dfrac{300 \times 3}{150}\text{W/格} = 6\text{W/格}$

功率 $P = Cn = 6 \times 50\text{W} = 300\text{W}$

2. 低功率因数功率表的读取

低功率因数表功率表是一种专门用来测量功率因数较低的交流电路功率的仪表。

低功率因数功率表的接线和使用方法与普通功率表相同，但设计时，使得其电流量程 I_N、电压量程 U_N 及额定功率因数 $\cos\varphi_N$（等于0.1或0.2）下指针能作满刻度偏转，因此，低功率因数功率表的分格常数为

$$C = \frac{U_N I_N \cos\varphi_N}{N}$$

式中 $\cos\varphi_N$ 的值在表面上标明，U_N、I_N 的值在功率表表壳相应的接线柱旁标明。

特别指出的是，功率表上标明的额定功率因数 $\cos\varphi_N$ 并非测量时的负载功率因数，而是功率表刻度时，在电流量程，电压量程下能使指针作满刻度偏转的额定功率因数。

例15-4　用 $\cos\varphi_N = 0.2$，电压量程为300V，电流量程为5A的具有150分格的低功率因数功

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

率表测量某一负载所消耗的功率，功率表读数为 70 分格，问该负载所消耗的功率为多少？若此时又测得负载的电压 U 为 250V，负载电流 I 为 4A，问该负载的实际功率因数为多少？

解：低功率因数功率表的分格常数为

$$C=\frac{U_N I_N \cos\varphi_N}{N}=\frac{300\times5\times0.2}{150}\text{W/格}=2\text{W/格}$$

负载所消耗的功率为

$$P=Cn=2\text{W}\times70=140\text{W}$$

负载的实际功率因数为

$$\cos\varphi=\frac{P}{UI}=\frac{140}{250\times4}=0.14$$

3. 用两只功率表测量三相三线制电路的功率的方法

当三相负载不对称时，由于每相的功率是不相等的，因此用一只功率表测量时，只能分别测出各相的功率，再将读数相加，获得总的功率。而在三相三线制电路中，可用两只功率表来测量其功率，其接线方法如图 15-8 所示。

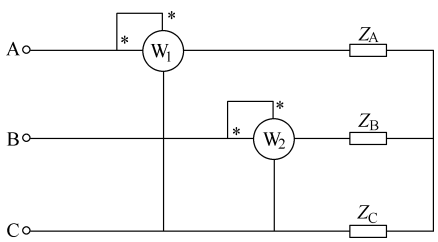


图 15-8 用两只功率表测量三相三线制电路的功率（二功率表法）

从图中可以看出，两只功率表的电流线圈串联在任意不同的两线上（A 线和 B 线），并使其发电机端接到电源侧，通过功率表电流线圈的电流分别为这两线的线电流；两只功率表电压线圈的发电机端接到各自电流线圈所在的线上，而非发电机端则共同接到没有电流线圈的另一线上（即 C 线），此时加在电压线圈支路上的电压，就是三相电路的线电压。则三相三线制电路总功率为两只功率表的读数之和。

如果功率因数等于 1，即负载为纯电阻时，则两只功率表的读数相等，则三相四线制电路总功率为两只功率表的读数之和。

如果负载功率因数低于 0.5，则会有一只功率表的读数为负值，即该功率表指针会反转。为了取得读数，这时需要将功率表电流线圈的两个端纽对换，使指针往正方向偏转。这时所测得三相四线制电路总功率应为两只功率表读数之差。

可见，在对称或不对称的三相电路中，两只功率表出现读数不同是正常现象，只要在使用中予以注意即可，需要指出的是，这种测量方法不能用于三相四线制的功率测量。

15.8 电桥

电桥是一种测量电参数的比较仪器，在电工测量中应用较为广泛。其特点是灵敏度高，测量准确度高。

电桥可分为直流电桥和交流电桥两大类。

1. 直流电桥

直流电桥主要用于测量电阻。它主要由比例臂、比较臂、被测臂等构成的桥式线路构成。在测量时，它是根据被测量与已知量进行比较而得到测量结果的。直流电桥除了用来测量电阻，还可作为标准电阻使用，比较臂也可作为精密电阻箱使用。

直流电桥可分为以下几类：

1）按线路类型分类，有单臂电桥、双臂电桥、单双臂电桥；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）按使用条件分类，有实验室型和可携带型；

3）按准确度等级分类，见表15-38。

表15-38 直流电桥按准确度等级分类

测量范围	使用条件	准确度等级
$10^{-5}\sim10^{6}$	实验室型	0.01、0.02、0.05
	携带型	0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0
$10^{6}\sim10^{12}$（高阻）	实验室型	0.02、0.05、0.1、0.2、0.5

2. 交流电桥

交流电桥主要用于测量电感、电容及阻抗等参数，它是将被测对象与标准器（如标准电感、标准电容）进行比较的仪器，具有较高的测量准确度。因此，交流电桥在电气测量和自动化控制等技术中有着较广泛的应用。交流电桥的种类多种多样，它们的用途也各有差异，平衡关系不但与复数阻抗有关，而且还与电路的频率有关。

15.8.1 常用电桥技术数据（见表15-39）

表15-39 常用电桥技术数据

名 称	型 号	主要规格	准确度	外形尺寸/mm 重量/kg	特点及用途
携式直流单臂电桥	QJ23	测量范围:1～999900Ω 比较臂:9×1Ω;9×10Ω;9×100Ω;9×1000Ω四个读数盘 比例臂:×0.001;×0.01;×0.1;×1;×10;×100;×1000七档	0.2	240×180×140 2	适用测直流电阻 内附:检流计、干电池
单臂电桥	QJ39	测量范围:1～9999×10^{3}Ω	0.1		测量各种导体直流电阻值
线路试验器	QJ43	测量范围:1～999900Ω 基本量程:10～9999Ω	0.1	230×180×130 5	可测各种导体电阻并可测量电缆的故障点 内附:晶体管放大器、检流计工作电源
携式线路故障测试器	QJ45	测量范围:1～1011000Ω	0.1	230×210×145	可测电阻及混线接地、断、错交线等通讯线路故障
携式直流双臂电桥	QJ26/1	测量范围:10^{-4}～11Ω 基本量程:10^{-3}～11Ω 使用温度:10～35°C	0.2	200×150×150 <1.5	适合测量低值电阻,如电机、变压器绕线组电阻、金属导体等 内附:晶体管放大器、检流计
携式直流单双臂电桥	QJ31	测量范围:单桥 10Ω～1MΩ 双桥 1～0.001Ω	0.2	335×260×135 5.2	测量直流电阻值

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　称	型　号	主要规格	准确度	外形尺寸/mm 重量/kg	特点及用途
携式直流双臂电桥	QJ44	测量范围:0.00001～11Ω	0.2	300×255×150	测量直流低值电阻
直流单双臂电桥	QJ5	测量范围: 双臂电桥:0.000001～0.00001Ω 0.000010001～0.0001Ω 0.00010001～0.001Ω 0.0010001～100Ω 单臂电桥:50～100000Ω 100010～1000000Ω 绝缘电阻:≥1000MΩ	0.05	451×321×212 13	测量导体电阻值
电雷管测试仪	QJ41	测量范围:电雷管 0～3～9Ω 导电线 0～3000Ω	1.5	150×90×70 1	检测电爆网路和电雷管的直流电阻
携带式直流双臂电桥	QJ42	测量范围:0.0001～11Ω	2	231×210×141	测量直流低值电阻
单臂电桥	QJ37	测量范围:1～10^7Ω 基本量程:10^2～10^5Ω 比较臂零电阻<0.02Ω	0.01	754×280×170 15	精密测量直流电阻用 内附:晶体管稳压电源
单双两用电桥	QJ17	测量范围: 双桥:10^{-6}～100Ω 单桥:100Ω～1MΩ	0.02	460×293×143 12	用于精密测量直流电阻
测温双臂电桥	QJ18	测量范围:0.1110～111.2110Ω 最小步进值:0.0001Ω 使用温度:15～30°C	0.02	413×254×155 8.2	在温度计量时用作精密测量二等标准铂电阻温度计的电阻
单双臂两用电桥	QJ36	测量范围: 单臂电桥:10^2～10^6Ω 双臂电桥:10^{-6}～10^2Ω 基本量程:10^{-3}～10^5Ω	0.02	565×330×180 约 16	用于测量导体电阻(代替 QJ16 型) 配用 AC15/6 或 AC15/2 和 AC15/4 检流计
万能电桥	QS14	电阻:1×10^{-1}～10^6Ω 电容:1×10^{-5}～10^2μF 电感:1×10^{-5}～10^2H 损耗角:1～10^{-4}～6×10^{-1}	0.5	420×290×230 410×250×220	用于测量电容、电感及电容损耗角正切值等电气参数
交流电桥	QS1	高压测量电压为 5～10kV 电容:0.3×10^{-4}～0.4μF 介质损耗角正切(tanδ)0.005～0.6 低	5	500×280×290 20	用于测量各种绝缘套管、瓷瓶变压器或旋转电机绕组、电缆

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15.8.2 电桥的选择与使用

1. 直流单臂电桥的选择

1）首先要大致估计一下被测电阻的阻值范围和所要求的准确度，而后根据所估计的数值选择电桥。所选择电桥的准确度等级应略高于被测电阻的准确度等级，其误差应小于被测电阻的允许误差的三分之一。

2）选择各桥臂的适当数值及工作电源电压。如果电源电压低于规定值，将影响电桥的灵敏度；若电源电压高于规定值，则可能会烧损桥臂电阻。为避免发生此事故，通常在电源回路中串联一只可调电阻，调整电压为规定值。如果需要外接直流电源，应按说明书要求选择，一般直流电桥的电源在2～4V。

3）当需要外接检流计时，所选择检流计的灵敏度要适宜，若检流计的灵敏度过高，会使电桥平衡困难，不易调整；若检流计的灵敏度过低，又不能达到应有的测量准确度。因此，所选择的检流计在调节电桥最低档时，只要指针有明显变化即可。

2. 直流单臂电桥使用注意事项

1）在使用直流单臂电桥时，应先将检流计的锁扣打开，并调节调零器把指针调到零位。

2）连接线路时，将被测电阻 R_x 接到标有 R_x 的两个接线柱上。如果是外接直流电源，电源的正极应接电桥的“+”接线柱，电源的负极接电桥的“-”接线柱。接线应选择较粗或较短的导线，并将接头拧紧，因为接头接触不良，会使电桥的平衡不稳定，甚至能损坏检流计。

3）先用万用表粗测被测电阻的大小，以选择适当的比率臂倍率，以便使比较臂的四档都充分利用，这样容易把电桥调到平衡，以提高读数精度，获得准确的测量结果。例如，被测电阻 R_X 为几欧时，应选用 $\times 0.001$ 的比率，电桥平衡时，若比较臂的读数为5821，则被测电阻为

$$R_X = \frac{R_2}{R_3} R_4 = 0.001 \times 5821\Omega = 5.821\Omega$$

若比率臂选在 $\times 1$ 档，则电桥平衡时读数为一位5，这时被测电阻为

$$R_X = \frac{R_2}{R_3} R_4 = 1 \times 5\Omega = 5\Omega$$

由此可见，比率臂选在 $\times 1$ 档，其读数误差很大，失去了电桥精测的意义。

4）进行测量时，应先接通电源按钮，然后再接通检流计按钮。如果检流计指针向“+”的方向偏转，表示需要增大比较臂的电阻；如果检流计指针向“-”的方向偏转，表示需要减小比较臂的电阻。如此反复调节比较臂的电阻，直到检流计指针指到零位，使电桥平衡为止。

调节过程中，在电桥尚未接近平衡状态前，通过检流计的电流较大，不应使检流计按钮旋紧，只能在每调节一次时短时按下按钮，观察平衡状况。当检流计指针偏转不大时，方可旋紧按钮进行反复调节。

5）当测量小电阻时，应注意把电源电压降低，并只能在测量的暂短时间内将电源接通，否则因通电时间较长，会导致桥臂过热。特别指出的是，直流单臂电桥不适合测量0.1Ω以下的电阻。

6）在测量感性元件的电阻值时，如变压器绕组的电阻，应先按下电源按钮，充一下电后，再按检流计按钮。

7）在测量电容性元件的电阻时，必须先放电，后测量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）对测量准确度要求较高时，除了选择精度较高的电桥外，为了消除热电动势和接触电动势对测量结果带来的影响，在测量时，应采取改变电源极性的方法，进行正反向两次测量，然后取其平均值。

9）测量完毕后，应先断开检流计按钮，再断开电源按钮。否则将因电源突然的通断，产生较大的自感电动势，而烧损检流计。

10）电桥使用完毕，应将检流计的锁扣锁住，以防搬动过程中损坏检流计。长期不使用时，应将检流计短路片放在“内接”位置，使检流计短路，并把内接电池取出。

11）当使用闲置较久的电桥时，应先将电桥上的有关接线柱、插孔或接触点等进行清洁处理，使其接触良好，转动灵活自如，避免接触不良等因素影响正常使用和测量结果。

3. 双臂电桥的选择

使用直流双臂电桥时应注意以下几点：

1）首先应将被测电阻与其他无关的电路元件断开。

2）将检流计上的锁扣打开，调节调零器使指针位于零位。

3）正确选择比率。选择比率时要考虑比较臂电阻应尽量与被测电阻在同一数量级。

4）根据所选择的比率臂的倍率，将比较臂和读数盘置于适当位置，原则是 R_X = 比率臂的倍率 ×（比较臂电阻的阻值 + 读数盘读数）。

5）在使用双臂电桥时，被测电阻的电流端与电位端应正确连接。被测电阻有四根接线，即被测电阻的电流端应接双电桥的电流接头 C_1、C_2；被测电阻的电位端应接双电桥的电压接头 P_1、P_2。在测量时，电位接头 P_1、P_2 的引线应比电流接头 C_1、C_2 的引线更靠近被测电阻，直流双臂电桥测量被测电阻的接线如图 15-9 所示。

在实际使用时，往往被测电阻只有两根引出线，没有电流端和电位端，因此测量时要从被测电阻引出四根线，将其分出电流端和电位端，对应接双臂电桥的 C_1、C_2、P_1、P_2，被测电阻电流端与电位端的接线方法如图 15-10 所示。应注意连接要牢固可靠，导线尽可能短。特别指出的是，被测电阻的电位端总是接在一对电流端的内侧，这时两个电位端之间的电阻就是被测电阻 R_x。

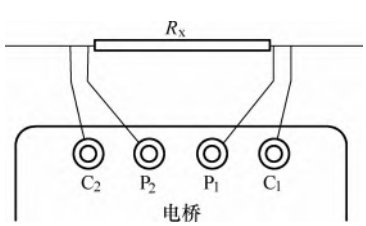


图 15-9　直流双臂电桥测量被测电阻的接线

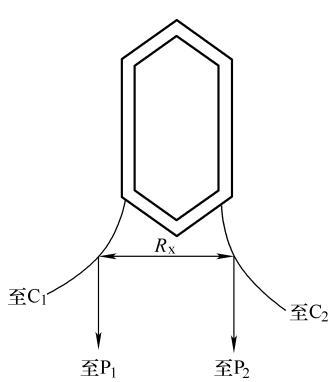


图 15-10　被测电阻电流端与电位端的接线方法

6）调节双臂电桥平衡时，应先按下电源按钮，再按下检流计按钮。双臂电桥接通后，若检流计指针向“ + ”方向偏转，则需增加比较臂电阻；若检流计指针向“ - ”方向偏转，则需减小比较臂电阻。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）因双臂电桥的工作电流较大，在使用外接电源时，应采用较大容量的蓄电池，且电源电压为2～4V，测量时要迅速，以免耗电量过多。

8）为防止电流回路的电流过大，而烧损被测电阻及标准电阻，可在电源回路中串联一个电流表和一个可调电阻。

9）测量完毕后，应先切断电源，然后拆除被测电阻，再将检流计锁扣锁上，以防搬动过程中损坏检流计。有的检流计设有锁扣，可将检流计按钮断开，其常闭接点会自动将检流计线圈短路，从而使可动部分在摆动时，受到强烈的阻尼作用而得到保护。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第16章 蓄 电 池

16.1 概述

1. 基本概念

电池是将化学能转换为电能的一种装置。由于电池是用化学转换方法得到电能，所以又称为化学电源。常用的化学电源有原电池和蓄电池，如手电筒用的干电池等属于原电池，酸性蓄电池和碱性蓄电池等属于蓄电池。

蓄电池可把电能转换为化学能储蓄起来（称为充电），使用时又可把化学能还原为电能而向各种设备供电（称为放电），其转换的过程是可逆的。放电时电流所流出的电极称为正极或阳极，以“+”号表示；电流经过外电路之后，返回电池的电极称为负极或阴极，以“-”号表示。

蓄电池容量的大小主要决定于极板的片数、尺寸大小和其多孔性。但容量并不是一个固定值。同一个蓄电池在使用情况不同时，如放电电流的大小和温度不同则其容量也不同。因为蓄电池的容量与放电电流的大小及温度有关，所以规定蓄电池的额定容量指在一定的放电条件下（即在一定的温度和一定的放电电流下），它所放出的电量。容量的单位为A·h，即放电电流（A）与放电时间（h）的乘积。

2. 分类

根据电极和电解液所用物质的不同，蓄电池一般分为酸性蓄电池和碱性蓄电池。

酸性蓄电池的电解液是稀硫酸，硫酸（H_2SO_4）是酸性化合物。酸性蓄电池的正极板是二氧化铅（PbO_2），负极板是海绵状铅（Pb），所以酸性蓄电池又称为铅酸蓄电池（或铅蓄电池）。

碱性蓄电池的电解液是氢氧化钾（KOH）水溶液。氢氧化钾是碱性化合物。在碱性蓄电池中，用氢氧化镍〔$Ni(OH)_3$〕作正极板，用铁（Fe）作负极板的称为铁镍电池；用镉（Cd）作负极板的称为镉镍蓄电池；用银（Ag）作正极板，用锌（Zn）作负极板的，称为锌银蓄电池。

目前，铅酸蓄电池的应用较广泛。

常用蓄电池的性能比较见表16-1。

表16-1 常用蓄电池的性能比较

类 别	铅酸蓄电池	镍-镉蓄电池	镍-铁蓄电池
正极板	铅板及 PbO_2 敷层	氢氧化镍 $Ni(OH)_3$	氢氧化镍 $Ni(OH)_3$
负极板	铅板及 $PbSO_4$ 敷层	镉	铁
电解液	稀硫酸 密度：1.12～1.14g/cm^3	稀KOH溶液 密度：1.17～1.19g/cm^3	稀KOH溶液 密度：1.17～1.19g/cm^3
蓄电池（每节）电压	1.9～2.2V（随电解液密度而变）	1.5～1.8V（充电时） 1.5～1.2V（放电时）	1.3～1.6V（充电时） 1.3～1.1V（放电时）
充电电流 正常充电 快速充电 维持性充电	 电流为 $Q/10$A，充10h 电流为 $Q/$A，充1h 电流为 $Q/500$A，连续	$\frac{Q}{5}$A	$\frac{Q}{5}$A

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　别	铅酸蓄电池	镍-镉蓄电池	镍-铁蓄电池
效率	83% ~90%	72%	72%
寿命	350 ~1500 次充放电	2000 ~4000 次充放电	2000 ~4000 次充放电
每 kg 的容量	4 ~16A · h/kg	14 ~25A · h/kg	14 ~25A · h/kg
每 dm^3 的容量	10 ~46A · h/dm^3	30 ~60A · h/dm^3	30 ~60A · h/dm^3
内阻	0.1 ~0.3ΩA · h	0.22 ~0.36ΩA · h	0.22 ~0.36ΩA · h
自放电	标称容量的1%/d	标称容量的1.4%/d	标称容量的1%/d
放出气体	过充电、过载时发生大量气体	无	少量气体
优点	价格较便宜,效率较高	过充电、过载影响不大	过充电、过载影响不大

3. 铅酸蓄电池的分类

铅酸蓄电池主要由正极群（又称正极板组）、负极群（又称负极板组）、电解液和容器等组成。根据使用范围、容器、正极板结构、额定容量和特殊性能等，又分为许多种类和不同形式。

如按不同用途和外形结构分，可以分为固定型和移动型两大类。固定型铅酸蓄电池可分为开口式、封闭式、防酸隔爆式和消氢式等；移动型铅酸蓄电池可分为汽车起动用、摩托车用、电瓶车用、火车用、船舶用、特殊用等。

如按极板结构分，可以分为涂膏式（又称涂浆式）、化成式（又称形成式）、半化成式（又称半形成式）、玻璃丝管式（又称管式）等。

铅酸蓄电池的容器（又称电槽）是用来储存电解液和支撑极板的，所以它必须具有防止酸液漏泄、耐腐蚀、坚固和耐高温等条件。根据材料不同，常用的铅酸蓄电池有玻璃槽、铅衬木槽、塑料槽、硬橡胶槽等。

4. 铅酸蓄电池的型号含义

□-□ □-□

- □：额定容量(A · h)
- □：特征代号:A— 干荷式;F— 防酸式;M— 密封式
- □：类别代号(一般根据用途划分):G— 固定用;D— 电池车用(电瓶车用或牵引用);N— 内燃机用;Q— 起动用;T— 铁路机车用;M— 摩托车用
- □：串联单体电池个数(单体电池为1个时,略去不写)

型号示例:

GF-30 表示固定型防酸式铅酸蓄电池，额定容量为 30A · h。

16.2 蓄电池技术数据

16.2.1 常用固定型铅酸蓄电池技术数据（见表 16-2）

表 16-2 常用固定型铅酸蓄电池技术数据

型　号	额定电压/V	单格极板额定容量/A · h	放电电流/V 及容量/A · h						外形尺寸/mm			安装电池的间距/mm	净重/kg
			10h 率放电		1h 率放电		大电流放电		长	宽	高		
			电流	容量	电流	容量	电流	容量					
GF-30	2	10	3	30	13.5	13.5	37.5	10	100	125	185	25	3.5
GF-50	2	10	5	50	22.5	22.5	62.5	10	138	125	185	25	4.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型　号	额定电压/V	单格极板额定容量/A·h	放电电流/V及容量/A·h						外形尺寸/mm			安装电池的间距/mm	净重/kg
			10h率放电		1h率放电		大电流放电		长	宽	高		
			电流	容量	电流	容量	电流	容量					
GF-100	2	25	10	100	45	45	125	10	124	160	310	25	7.7
GF-150	2	25	15	150	67.5	67.5	187.5	10	163	160	310	25	11.5
GF-200	2	25	20	200	90	90	250	10	202	160	310	25	15
GF-250	2	50	25	250	112.5	112.5	312.5	10	168	210	475	25	20
GF-300	2	50	30	300	135	135	375	10	168	210	475	25	23
GF-350	2	50	35	350	157.5	157.5	437.5	10	206	210	475	25	26
GF-400	2	50	40	400	180	180	500	10	206	210	475	25	29
GF-450	2	50	45	450	202.5	202.5	562.5	10	243	210	475	25	33
GF-500	2	50	50	500	225	225	625	10	243	210	475	25	36
GF-600	2	100	60	600	270	270			206	280	652	25	48
GF-700	2	100	70	700	315	315			206	280	652	25	54
GF-800	2	100	80	800	360	360			243	280	652	25	60
GF-900	2	100	90	900	405	405			243	280	652	25	69
GF-1000	2	100	100	1000	450	450			243	280	652	25	77
GF-1200	2	100	120	1200	540	540			370	285	652	40	95
GF-1400	2	100	140	1400	630	630			370	285	652	40	106
GF-1600	2	100	160	1600	720	720			480	285	652	40	122
GF-1800	2	100	180	1800	810	810			480	285	652	40	133
GF-2000	2	100	200	2000	900	900			480	285	652	40	145

16.2.2　FM系列免维护铅酸蓄电池技术数据（见表16-3）

表16-3　FM系列免维护铅酸蓄电池技术数据

规格型号	标准电压/V	10h标称容量/A·h	外形尺寸/mm				重量/kg
			长	宽	高	总高	
3-FM-4	6	4	70	46	98	108	0.8
6-FM-4	12	4	90	70	102	107	1.7
6-FM-4	12	4	195	47	70	75	1.65
6-FM-7	12	7	151	65	94	100	2.45
6-FM-12	12	12	151	99	94	100	3.9
6-FM-15	12	15	151	121	94	100	4.6
6-FM-18	12	18	181	76	169	176	5.9
6-FM-24	12	24	165	125	175	180	9.3
6-FM-33	12	33	196	130	164	178	11.0
6-FM-38	12	38	197	165	175	180	14.2
6-FM-50	12	50	260	133	205	205	17.5
6-FM-65	12	65	350	166	175	175	22.5
6-FM-75	12	75	259	168	208	231	24.5
6-FM-90	12	90	328	172	213	242	29.8
6-FM-100	12	100	407	173	210	236	32.7
6-FM-120	12	120	407	173	210	236	38.0
6-FM-150	12	150	484	171	242	242	50.5
6-FM-200	12	200	522	240	216	242	68.5

注：表16-3至表16-6中外形尺寸和重量因生产厂家不同会略有差异。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16.2.3 GFM系列免维护铅酸蓄电池技术数据（见表16-4）

表16-4 GFM系列免维护铅酸蓄电池技术数据

型 号	标准电压/V	标称容量/A·h		外形尺寸/mm				重量/kg
		10h	1h	长	宽	高	总高	
GFM-100	2	100	60	173.5	79.5	251	251	7.5
GFM-200	2	200	130	171	106	328	365	17.3
GFM-300	2	300	195	171	152	328	365	22.5
GFM-400	2	400	260	211	172	328	365	27.5
GFM-500	2	500	325	243	172	328	365	37.2
GFM-600	2	600	390	301	174	328	365	46.5
GFM-800	2	800	520	410	174	328	365	64.0
GFM-1000	2	1000	650	475	174	328	365	73.0
GFM-1200	2	1200	780	475	174	328	365	76.0
GFM-1500	2	1500	975	401	351	343	378	113
GFM-2000	2	2000	1200	491	351	343	383	142
GFM-3000	2	3000	1950	712	353	340	383	212

16.2.4 JFM系列阀控型胶体免维护铅酸蓄电池技术数据（见表16-5）

表16-5 JFM系列阀控型胶体免维护铅酸蓄电池技术数据

型 号	标准电压/V	10h标称容量/A·h	外形尺寸/mm				重量/kg
			长	宽	高	总高	
3-JFM-4	6	4	70	46	98	108	0.8
6-JFM-4	12	4	90	70	102	107	1.7
6-JFM-4	12	4	195	47	70	75	1.65
6-JFM-7	12	7	151	65	94	100	2.6
6-JFM-12	12	12	151	99	98	105	4.2
6-JFM-15	12	15	151	121	94	100	4.9
6-JFM-18	12	18	181	76	169	176	6.2
6-JFM-24	12	24	165	125	175	180	9.3
6-JFM-33	12	33	196	130	164	178	11.0
6-JFM-38	12	38	197	165	175	180	14.2
6-JFM-50	12	50	260	133	205	205	17.5
6-JFM-65	12	65	350	166	175	175	22.5
6-JFM-75	12	75	259	168	208	231	24.5
6-JFM-90	12	90	328	172	213	242	29.8
6-JFM-100	12	100	407	173	210	236	32.7
6-JFM-120	12	120	407	173	210	236	38.0
6-JFM-150	12	150	484	171	242	242	50.5
6-JFM-200	12	200	522	240	216	242	68.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16.2.5 JGFM 系列胶体铅酸蓄电池技术数据（见表 16-6）

表 16-6 JGFM 系列胶体铅酸蓄电池技术数据

型号	标准电压/V	标称容量/A·h		外形尺寸/mm				重量/kg
		10h	1h	长	宽	高	总高	
JGFM-100	2	100	60	173.5	79.5	251	251	7.5
JGFM-200	2	200	130	171	106	328	365	18.0
JGFM-300	2	300	195	171	152	328	365	23.0
JGFM-400	2	400	260	211	172	328	365	29.5
JGFM-500	2	500	325	243	172	328	365	38.0
JGFM-600	2	600	390	301	174	328	365	47.0
JGFM-800	2	800	520	410	174	328	365	65.0
JGFM-1000	2	1000	650	475	174	328	365	75.0
JGFM-1200	2	1200	780	475	174	328	365	79.0
JGFM-1500	2	1500	975	401	351	343	378	113
JGFM-2000	2	2000	1200	491	351	343	383	149
JGFM-3000	2	3000	1950	712	353	340	383	223

16.2.6 内燃机车、电力机车用蓄电池技术数据（见表 16-7）

表 16-7 内燃机车、电力机车用蓄电池技术数据

型号	额定电压/V	最大重量/kg	10h 率额定容量/A·h	10h 率终止电压/V	5h 率额定容量/A·h	5h 率终止电压/V	1h 率额定容量/A·h	1h 率终止电压/V	外形尺寸/mm		
									长	宽	总高
NM-450	2	39			450	1.70	325	1.60	223	187	370
DLM-170	2	15	170	1.80	140	1.75	102	1.70	85	173	365
3DLM-170	6	42	170	5.40	140	5.25	102	5.10	374	171	249
NM-360	2	35			360	1.70	260	1.60	244	174	370
N-420	2				420	1.70			223	187	370
2N-360	4				360	3.40			405	210	390
N-270	2				270	1.70			253	164	280
3N-270	6				270	5.10			515	270	295

16.2.7 铁路客车用蓄电池技术数据（见表 16-8）

表 16-8 铁路客车用蓄电池技术数据

型号	额定电压/V	最大重量/kg	10h 率额定容量/A·h	10h 率终止电压/V	5h 率额定容量/A·h	5h 率终止电压/V	1h 率额定容量/A·h	1h 率终止电压/V	外形尺寸/mm		
									长	宽	总高
6-TM-60	12	26	60	10.80	50	10.50	36	10.20	265	200	220
6-TM-40	12	16	40	10.80	33	10.50	24	10.20	198	165	171
TM-450	2	39	450	1.80	385	1.75	270	1.70	223	187	370

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16.2.8 非阀控式摩托车用蓄电池技术数据（见表16-9）

表16-9 非阀控式摩托车用蓄电池技术数据

型号	额定电压/V	额定容量/A·h	外形尺寸/mm(±2)			型号	额定电压/V	额定容量/A·h	外形尺寸/mm(±2)		
			L	*W*	*H*				*L*	*W*	*H*
6-MQ-5.5A	12	5.5	105	90	115	6-MQ-7D	12	7	135	75	135
6-MQ-5.5B	12	5.5	135	60	130	6-MQ-7E	12	7	135	75	140
6-MQ-6A	12	6	105	90	115	6-MQ-7F	12	7	135	75	150
6-MQ-6B	12	6	135	70	95	6-MQ-7G	12	7	145	55	125
6-MQ-6C	12	6	140	65	100	6-MQ-7H	12	7	150	60	130
6-MQ-6D	12	6	140	75	107	6-MQ-7I	12	7	150	85	95
6-MQ-6E	12	6	140	75	100	6-MQ-7J	12	7	150	90	100
6-MQ-6.5	12	6.5	140	70	100	6-MQ-9A	12	9	136	76	140
6-MQ-7A	12	7	130	90	115	6-MQ-9B	12	9	148	88	110
6-MQ-7B	12	7	135	75	120	6-MQ-10A	12	10	135	90	145
6-MQ-7C	12	7	135	75	125	6-MQ-10B	12	10	135	90	155

16.2.9 动力用锂离子电池技术数据（见表16-10）

表16-10 动力用锂离子电池技术数据

型号	标称电压/V	额定容量/A·h	重量/kg	重量比能量/(W·h/kg)	体积比能量/(W·h/L)
6ICR 50/3800	21.6	55	<13	>91.4	>154
4ICP 160/40/170	14.4	65	<10	>93.6	>153
4ICP 80/32/65	14.4	10	<2.0	>72	>128

16.2.10 GN系列碱性镉-镍蓄电池技术数据（见表16-11）

表16-11 GN系列碱性镉-镍蓄电池技术数据

型号	额定电压/V	额定容量/A·h	最大外形尺寸/mm			寿命(充放电不少于)/次	电解液用量/kg	带电解液最大重量/kg	极柱螺纹
			长	宽	高				
GN225	1.25	2.25	67	23	135	900	0.05	0.34	
GN10	1.25	10	84	38	126	900	0.12	0.66	
GN22	1.25	22	128	35	216	900	0.4	1.78	M5
2GN24	2.5	24	127	68	186	750	0.45	2.91	
GN45	1.25	45	128	56	216	900	1.56	2.78	
GN60	1.25	60	155	48	349	900	0.92	4.09	M10×1
GN100	1.25	100	155	73	349	900	1.43	6.63	M10×1

注：塑料壳电池宽度尺寸比表内略大5mm。

16.2.11 XY系列碱性锌-银蓄电池技术数据（见表6-12）

表16-12 XY系列碱性锌-银蓄电池技术数据

型号	额定电压/V	额定容量/A·h	外形尺寸/mm			重量/kg		低温性能	寿命	保存期
			长	宽	高	有电解液	无电解液			
XYZ5	1.5	5	46	33	81	5	1.5	在-20°C下以5h制电流放电，放出容量不低于额定容量的50%	灌入电解液后能使用8个月以上，连续充放电循环可达70次以上	干保存2.5年
2XY8	3.0	8	40	38.5	120	8	3			
XY20	1.5	20	40	38.5	120	20	1.5			
XYG45	1.5	45	55	51.5	158	45	1.5			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16.3 蓄电池的使用与维护

1. 铅酸蓄电池的充放电

（1）充电

蓄电池充电时必须使用直流电源。充电方法一般有下列几种：

1）恒流充电法：在充电过程中，使充电电流始终保持恒定的方法称为恒流充电法（或称为定流充电法）。在充电过程中由于蓄电池电压的逐渐升高，要保持充电电流一定，必须逐步提高电源电压。

恒流充电时所有串联的蓄电池最好容量相同，否则充电电流的大小必须按照容量最小的蓄电池选定，而容量大的蓄电池充电太慢。

恒流充电有较大的适应性，可以任意选择和调整充电电流，因此可以对各种不同情况的蓄电池充电，如新蓄电池的初充电，补充充电以及去硫充电均可采用这种方法。但这种方法的缺点是需要经常调节充电电流。

2）恒压充电法：在充电过程中，加在蓄电池两端的充电电压始终保持恒定的方法称为恒压充电法（又称定压充电法）。

在恒压充电开始时，充电电流很大，以后随着蓄电池端电压的增高，充电电流逐渐减小。充电终了时，充电电流将自动降低到零，因此不必由人照管。可以避免蓄电池过量充电。但恒压充电时不能调整充电电流的大小，因而不能对蓄电池进行初充电，也不能用来消除硫化，并且接在电源上充电的蓄电池电压必须相同才行。

3）改进恒流充电法：蓄电池在充电初期用较大电流充电，当蓄电池发出气泡时，改用末期较小电流充电。故此方法称为改进恒流充电法（又称为两阶段恒流充电法）。此方法不浪费电力，比较经济，对延长蓄电池寿命有利。至于两期所用的电流大小，宜照制造厂说明书进行。

4）脉冲快速充电法：脉冲快速充电的基本原理是，在充电初期采用0.8～1.0倍额定容量的大电流进行定流充电，使蓄电池在较短的时间内充到额定容量的50%～60%，然后停止充电（25ms）。在停止充电后，采用放电或反充电使蓄电池流过一个与充电方向相反的大电流脉冲，然后再停止充电（40ms）。以后的充电过程就一直按：正脉冲充电—停止充电—负脉冲瞬间放电—停止充电—再正脉冲充电的循环过程，直至充足。

脉冲快速充电法的优点是充电时间大为缩短，但对蓄电池的寿命有一定影响。

（2）放电

为了对新蓄电池进行充放电循环，以及试验蓄电池的工作能力，需要按一定的要求进行放电，以检查蓄电池的容量是否合乎额定容量。蓄电池的放电是用蓄电池额定容量1/20的电流放电至每单格电池电压为1.75V为止。当电压降到1.75V时，应立即停止放电，否则电压会迅速降至“0”，以致损坏极板并造成下次充电困难。

常用的放电有以下几种。

1）用灯泡放电：用灯泡进行放电如图16-1所示。若对12V的蓄电池进行放电，可将12V的灯泡与其并联起来，改变接入灯泡的数量，就可以得到不同的放电电流。

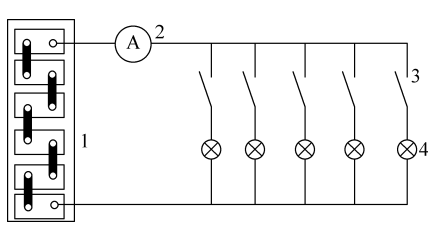


图16-1 用灯泡放电

1—蓄电池 2—电流表 3—开关 4—灯泡

2）用可变电阻放电：用可变电阻放电如图16-2所示。调节可变电阻就可以得到不同的放电电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）用电解液放电：用电解液放电如图16-3所示，将一废蓄电池壳去掉中间隔壁后，在壳内充入稀电解液，然后放入两块极板作为电极（注意不能相碰），改变两极板间的距离或改变两极板插入电解液的深度，就可得到不同的放电电流。

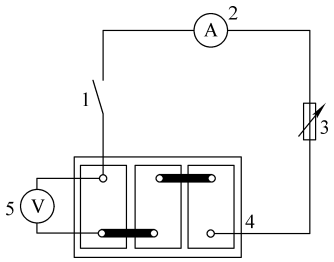


图16-2 用可变电阻放电
1—开关 2—电流表 3—可变电阻
4—蓄电池 5—电压表

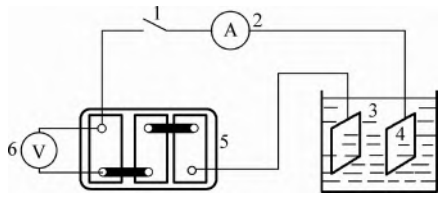


图16-3 用电解液放电
1—开关 2—电流表 3—电解液
4—极板 5—蓄电池 6—电压表

4）用放电电流给蓄电池充电：用放电电流给蓄电池充电如图16-4所示。这种方法适用于较多蓄电池的放电，比较经济，但放电蓄电池的电压必须高于被充电蓄电池的电压，且保持一定的放电电流。在放电蓄电池电压降到与被充电蓄电池电压相等时，应减少被充电蓄电池的数量或更换被充电蓄电池，以便能使放电蓄电池继续放电。

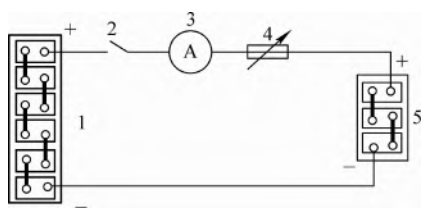


图16-4 利用放电电流给蓄电池充电
1—放电蓄电池 2—开关 3—电流表
4—可变电阻 5—充电蓄电池

（3）新蓄电池的充电方法

加注密度符合制造厂规定的电解液。电解液加入蓄电池之前温度不得超过30℃，注入电解液后，蓄电池应静置5～6h，待温度低于35℃后，才能以规定的初充电电流充电。充电过程通常分两个阶段。第一阶段的充电电流约为额定容量的1/15，充至电解液中放出气泡，单格电池电压达2.4V为止，然后将电流降低一半，转入第二阶段充电，一直充到电解液剧烈放出气泡（沸腾），密度和电压连续3h稳定不变为止。

充电过程中，如温度上升到40℃，就将电流减半，如温度继续上升，应立即停止充电，并采取人工冷却，待冷至35℃以下时再充电。

初充电完毕时，如电解液密度不符合规定，应用蒸馏水或相对密度为1.4的电解液进行调整。调整后，应再充电2h，如相对密度仍不符合规定，应再调整，再充电2h，直至相对密度符合规定时为止。

新蓄电池第一次充电后，往往达不到规定容量，应进行充放电循环。用20h放电率放电（即用额定容量1/20的电流放电至单格电池电压降到1.75V为止）。然后再用补充充电电流（又称普通充电电池）充足。经过一次充、放电循环，若容量仍低于额定容量的90%时，应再进行一次充放电循环。

2. 碱性蓄电池的充放电

（1）镉镍蓄电池的充放电

镉镍蓄电池的充电与铅酸蓄电池充电率概念有所不同，其充电小时和充电电流的乘积不等于额定容量，镉镍蓄电池的正常充电制的充电时间为7h，充电电流为额定容量的1/4；快速充电制充电时间为4h，充电电流为额定容量的1/2；过充电制充电时间为9h，充电电流为额定容量的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1/4。

放电以8h率放电为正常放电制。

（2）锌银蓄电池的充放电

锌银蓄电池正式使用之前，都要经过“化成”手续，其目的是为了改善极板的均匀性，保证电气性能一致。化成的方法是用10h率电流充放电循环。充电终止电压为2.1V，放电终止电压为1.0V。再以10h率电流放电，以5h率电流放电作容量检查。

锌银蓄电池化成和作容量检查及正常使用中均采用正常充电制。即采用恒定电流充电，一般用10h率电流充电。快速定时充电制是用大电流充电7～8h（相当于充到额定容量）。锌银蓄电池宁可充电稍微不足，不能过充电，这样可以延长寿命。蓄电池启用后暂不使用时，应以放电状态保存。若需充电状态保存备用，应不超过一个月，并在使用前用小电流进行补充充电，以恢复容量。

锌银蓄电池化成放电以10小时率电流进行，容量检查放电则以5小时率电流进行。

3. 铅酸蓄电池的维护

（1）固定型铅酸蓄电池的维护

1）摸清负载变化规律，随时注意充电及放电电流的大小，以免过充、过放或充电不足。放电后应及时充电，不宜搁置，即使有特殊情况，也不得超过24h。

2）注意极板的颜色，检查有无短路、变形、背梁上生盐、漏酸、弹簧有无位移等。发现异常及时纠正。

3）电解液的液面应经常保持高于极板上缘10～20mm，如液面下降（低于10mm）密度上升时，在充电开始前应加入纯水或蒸馏水，以防极板顶部干燥，但不得任意加入稀硫酸。

4）在更换容器时，应尽量缩短时间，以免极板氧化。

5）对电解液每年应化验一次，发现异常时应及时化验。

6）应定期（3～6月）对电池进行均衡充电。

7）在电池发生气体时，应开启通风装置，直到停充后抽到无酸雾时为止。

8）定期检查绝缘情况（包括回路的绝缘），应符合绝缘的规定。定期对电槽、木架、盖板、瓷垫脚等进行清洁。

9）定期检查极板的背梁和边框有无断裂变形，如发现裂纹应立即取出。

10）经常检查连接螺栓与导线（铜条）是否紧密，保持其清洁。并在各连接处涂上凡士林或黄油，以防锈蚀及酸液浸透。

11）定期检查防酸隔爆式铅酸蓄电池的防爆帽的通气能力，应十分通畅，否则应清洗。清洗后的防爆帽，最好再浸入硅油溶液（硅油5%，加入95%的甲苯或纯净汽油）中，浸透沥干，并进行烘干或晒干。

12）注液孔胶塞、防爆帽与蓄电池胶盖连接丝扣间应旋紧，并涂凡士林或黄油，以保证不漏气。防爆帽如发生破裂，必须立即更换。

（2）移动型铅酸蓄电池的维护

移动型铅酸蓄电池的维护工作有的和固定型铅酸蓄电池相同，但还有一些不同的要求。

1）电池在使用过程中，必须保持清洁。在充电完毕并旋上注液孔胶塞后，可用蘸有碳酸钠溶液（即苏打水）的抹布，擦去电池外壳、盖子和连接条上的酸液和灰尘。

2）极柱、夹头和铁质提手等零件表面应经常保持一层薄凡士林油膜，以防锈蚀。接线夹头和电池极柱，必须保持紧密接触。必要时拧紧线夹的螺母。

3）注液孔上胶塞必须旋紧，以免因振动使电解液泼出，但胶塞上的通气孔必须畅通，否则

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电池内部的气压增高将使胶壳破裂或胶盖上升。

4）电解液面应高于防护板 10～20mm，经常进行检查，如液面低落只能加入纯水（或蒸馏水），不能加入硫酸。若因不小心将电解液泼出而降低了液面，则必须加进和电池中同样比重的电解液，不能加入相对密度过高的电解液。

5）电池的电解液密度如降低到 35% 以下或已放电，必须立即进行充电，不能久置。

6）在电池上不可放置任何金属物体，以免发生短路。不要用导线在极柱上使用短路火花法来检查电池是否有电。因瞬时放电电流过大，电池容量损失较大。可用电压表或小灯泡检查电池是否有电。

7）凡有活接头的地方，在放电时，均应保证接触良好，以免引起火花而使电池爆炸。

8）搬动电池时，不要在地上拖拽。

9）新电池自出厂之日起，储存期限最好不超过三年，并需保存在 5～40℃ 的通风干燥室内。

10）电池在使用中，若不能全充全放者，每一个月中要进行一次 10h 率的全放全充。这样可保持电池的容量并避免极板硫化。

11）一般情况下，储存期最好不超过三个月，否则每隔三个月需作一次 10h 率的全放全充工作。

12）若电池在寒冷地区使用时，不能使电池完全放电，以免电解液冻结，损坏电池。在寒冷地区使用的电池电解液密度要增加 20%～30%，在炎热地区使用的电池，电解液密度则可降低 20%～30%。

4. 碱性蓄电池的维护

（1）镉镍蓄电池的维护

1）新的或长期存放的蓄电池，拧开气塞，注入电解液至液面高于极板 5～12mm 处，静置 1～2h，最好用过充电制进行，充电后即可使用。

2）在每次充电前对每只蓄电池应补加纯水，使液面保持一定高度，每使用 10～15 次充放电循环应进行检查或调整电解液浓度。

3）一般每经一年左右，或使用 50～100 次充放电循环后，应更换一次新电解液。更换电解液应在放电状态下进行。将蓄电池摇动使内部粉尘洗出，必要时可用纯水洗净，并及时注入新电解液。

4）蓄电池在 35℃ 以上使用时，应用氢氧化钠、氢氧化锂混合电解液，否则因温度过高会影响蓄电池容量和寿命。

5）蓄电池在 -40～0℃ 使用时，最好在常温下充电后，再在低温下使用才能保证其性能，如需在低温下进行充电，应用过充电制或快速充电制进行。

6）应定期打开气塞放出气体，或更换新橡胶套管，避免因套管弹性失效致，使蓄电池内部气体不易排出而造成蓄电池膨胀。

7）蓄电池在使用与保存中，不能使用金属器具将正、负极板或负极与外壳同时接触，防止短路。

8）在运输时为了安全起见，最好将蓄电池放电后倒出电解液，以免发生短路或漏出电解液腐蚀器具等问题。

（2）锌银蓄电池的维护

1）蓄电池在使用中，每两个月或 10 次循环后，应作一次容量检查和内部有无短路的检查。

2）除启用新蓄电池应按规定量加入电解液外，在使用中应保持电解液面正常，即充电后稍

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

低于上线，放电后略高于下线。若电解液不足，宜在充电后补加到接近上线。

3）蓄电池除加注电解液外，其他时间均应拧紧气塞，以防止电解液吸收二氧化碳和蒸发而使蓄电池性能变坏。

4）锌银蓄电池严禁与酸性蓄电池放在一起充电；极柱下面不应沾附电解液，在充放电或使用过程中，如有电解液溢出，应及时擦净，极柱表面要涂一层中性凡士林油。

5）蓄电池启用暂不使用时，应以放电状态保存。若需充电状态保持备用，应不超过 1 个月，并在使用前用小电流进行补充充电，以恢复容量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第 17 章　常用电工材料

17.1　导电材料

电工常用的导电材料主要是金属及其制品，主要用途是输送和传导电流。一般用于架空线路、室内布线用的各种电线、电缆，电机和电器中绕组用的电磁线、触头、电刷、接触片及其他导电零件。其中，应用最多的是电线和电缆。

电线和电缆按所用的金属材料分，可分为铜线、铝线、钢芯铝线、钢线、镀锌铁线等；按构造分为裸电线、绝缘电线、电磁线、电缆等，裸电线和绝缘电线又可分为单线和绞线两种；按金属性质分硬线和软线两种。硬线是未经退火处理的，抗拉强度大；软线经过退火处理，抗拉强度小；按导线截面的形状又可分为圆线和型线两种。

导电材料应具有良好的导电性能、足够的机械强度、耐氧化、耐腐蚀、容易加工和焊接等特征，一般多采用铜和铝。

17.1.1　裸电线

1. 常用裸电线的型号、特性和用途（见表 17-1）

表 17-1　常用裸电线的型号、特性和用途

类　别	名　称	型　号	特　性	用　途
圆线	硬圆铜线	TY	硬线的抗拉强度大，软线的延伸率高，半硬线介于两者之间	硬线主要用作架空导线；半硬线、软线主要用作电线、电缆及电磁线的线芯，亦用于其他电器制品
	软圆铜线	TR		
	硬圆铝线	LY		
	软圆铝线	LR		
绞线	铝绞线	LJ	导电性能、机械性能良好、钢芯铝绞线比铝绞线拉断力大 1 倍左右	用于高、低压架空电力线路
	钢芯铝绞线	LGJ		
	硬铜绞线	TJ		
型线	硬扁铜线	TBY	铜、铝扁线和母线的机械特性和圆线相同。扁线、母线的结构形状均为矩形	铜、铝扁线主要用于制造电机、电器的线圈。铝母线主要作汇流排用
	软扁铜线	TBR		
	硬扁铝线	LBY		
	软扁铝线	LBR		
	硬铜母线	TMY		
	软铜母线	TMR		
	硬铝母线	LMY		
	软铝母线	LMR		
软接线	铜电刷线	TS TSX TSR TSXR	柔软、耐振动、耐弯曲	用作电刷连接线
	铜软绞线	TJR	柔软	用作引出线、接地线、整流器和晶闸管引出线等
	软铜编织线	TZ	柔软	用作汽车、拖拉机蓄电池连接线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 常用圆铝、铜单线的规格（见表 17-2）

表 17-2 常用圆铝、铜单线的规格

直径/mm	截面积/mm²	铝			铜		
		重量/(kg/km)	20°C 时直流电阻/(Ω/km)	75°时直流电阻/(Ω/km)	重量/(kg/km)	20°C 时直流电阻/(Ω/km)	75°时直流电阻/(Ω/km)
0.05	0.00196				0.0175	8970	11060
0.06	0.00283				0.0252	6210	7660
0.07	0.00385				0.0342	4570	5640
0.08	0.00503				0.0447	3500	4320
0.09	0.00636				0.0565	2760	3410
0.10	0.00785				0.0698	2240	2770
0.11	0.00950				0.0845	1854	2290
0.12	0.01131				0.1005	1556	1918
0.13	0.0133				0.1179	1322	1630
0.14	0.0154				0.1368	1142	1410
0.15	0.01767				0.157	995	1227
0.16	0.0201				0.179	875	1080
0.17	0.0227				0.202	775	956
0.18	0.0255				0.226	690	852
0.19	0.0284				0.262	620	765
0.20	0.0314	0.085	901	1100	0.279	560	692
0.21	0.0346	0.097	820	1000	0.308	506	628
0.23	0.0415	0.112	682	835	0.369	424	524
0.25	0.0491	0.133	577	705	0.436	359	443
0.27	0.0573	0.155	494	604	0.509	307	379
0.29	0.0661	0.178	428	524	0.587	266	329
0.31	0.0755	0.204	375	458	0.671	233	285
0.33	0.0855	0.231	331	405	0.760	206	254
0.35	0.0962	0.260	294	360	0.855	183	226
0.38	0.1134	0.306	250	305	1.008	156.0	191.3
0.41	0.1320	0.357	214	262	1.170	133.0	164
0.44	0.1521	0.411	186	227	1.352	116.0	142.5
0.47	0.1735	0.469	163	199.5	1.54	101.0	125.0
0.49	0.1886	0.509	150	183.5	1.68	93.3	115.0
0.51	0.204	0.550	138.6	169.5	1.81	86.0	106.2
0.53	0.221	0.600	128.0	156.5	1.98	79.4	98.2
0.55	0.238	0.643	119.0	145.5	2.12	73.7	91.2
0.57	0.255	0.689	111.0	135.5	2.27	68.8	85.2
0.59	0.273	0.734	103.6	127	2.42	64.2	79.5
0.62	0.302	0.813	93.8	114.7	2.68	58.0	72.0
0.64	0.322	0.868	88.0	107.5	2.86	54.5	67.4
0.67	0.353	0.950	80.2	98.0	3.13	49.6	61.5
0.69	0.374	1.01	75.7	92.5	3.32	47.0	58.0
0.72	0.407	1.10	69.5	85.0	3.62	43.0	53.3
0.74	0.430	1.16	65.8	80.5	3.82	40.6	50.5
0.77	0.466	1.26	60.7	74.4	4.14	37.6	46.5
0.80	0.503	1.36	56.3	68.9	4.47	34.9	43.1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

直径/mm	截面积/mm²	铝			铜		
		重量/(kg/km)	20°C时直流电阻/(Ω/km)	75°时直流电阻/(Ω/km)	重量/(kg/km)	20°C时直流电阻/(Ω/km)	75°时直流电阻/(Ω/km)
0.83	0.541	1.46	52.4	64.0	4.81	32.4	40.1
0.86	0.581	1.57	48.7	59.6	5.16	30.2	37.3
0.90	0.636	1.72	44.5	54.5	5.66	27.5	34.1
0.93	0.679	1.83	41.7	51.7	6.04	25.8	31.9
0.96	0.724	1.95	39.1	47.8	6.43	24.3	30.0
1.00	0.785	2.12	36.1	44.1	6.98	22.3	27.6
1.04	0.849	2.28	33.3	40.9	7.55	20.7	25.6
1.08	0.916	2.47	30.9	37.8	8.14	19.20	23.7
1.12	0.985	2.65	28.8	35.1	8.75	17.80	22.0
1.16	1.057	2.85	26.8	32.8	9.40	16.6	20.6
1.20	1.131	3.05	25.0	30.6	10.05	15.50	19.17
1.25	1.227	3.31	23.1	28.2	10.91	14.3	17.68
1.30	1.327	3.58	21.5	26.1	11.80	13.2	16.35
1.35	1.431	3.86	19.8	24.2	12.73	12.30	14.10
1.40	1.539	4.15	18.4	22.5	13.69	11.40	13.90
1.45	1.651	4.45	17.15	20.9	14.70	10.60	13.13
1.50	1.767	4.77	16.00	19.6	15.70	9.33	12.28
1.56	1.911	5.15	14.80	18.1	17.0	9.18	11.35
1.62	2.06	5.56	13.73	16.8	18.32	8.53	10.5
1.68	2.22	5.98	12.75	15.6	19.7	7.90	9.78
1.74	2.38	6.40	11.95	14.54	21.1	7.37	9.12
1.81	2.57	6.95	11.00	13.45	22.9	6.84	8.45
1.88	2.78	7.49	10.2	12.45	24.7	6.31	7.80
1.95	2.99	8.06	9.46	11.60	26.5	5.88	7.26
2.02	3.20	8.65	8.85	10.8	28.5	5.50	6.78
2.10	3.46	9.34	8.18	10.0	30.8	5.11	6.27
2.26	4.01	10.83	7.05	8.63	35.7	4.39	5.41
2.44	4.68	12.64	6.05	7.40	41.6	3.76	4.63
2.63	5.43	14.65	5.22	6.37	48.3	3.24	4.00
2.83	6.29	16.98	4.50	5.50	55.9	2.80	3.45

注：温度为20°C时，铜的电阻率为$1.75\times10^{-8}\Omega\cdot m$，铝的电阻率为$2.83\times10^{-8}\Omega\cdot m$；温度为75°C时，铜的电阻率为$2.17\times10^{-8}\Omega\cdot m$，铝的电阻率为$3.46\times10^{-8}\Omega\cdot m$。

3. LG型铝绞线技术数据（见表17-3）

表17-3　LG铝绞线技术数据

标称截面积/mm²	结构（根数/直径）/(根/mm)	计算截面积/mm²	外径/mm	直流电阻/(Ω/km)≤	计算拉断力/N	重量/(kg/km)
16	7/1.70	15.89	5.10	1.802	2840	43.5
25	7/2.15	25.41	6.45	1.127	4355	69.6
35	7/2.50	34.36	7.50	0.8332	5760	94.1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标称截面积 /mm²	结构（根数/直径）/（根/mm）	计算截面积 /mm²	外径 /mm	直流电阻 /（Ω/km） ≤	计算拉断力/N	重量 /（kg/km）
50	7/3.00	49.48	9.00	0.5786	7930	135.5
70	7/3.60	71.25	10.80	0.4018	10950	195.1
95	7/4.16	95.14	12.48	0.3009	14450	260.5
120	19/2.85	121.21	14.25	0.2373	19120	333.5
150	19/3.15	148.07	15.75	0.1943	23310	407.4
185	19/3.50	182.80	17.50	0.1574	28440	503.0
210	19/3.75	209.85	18.75	0.1371	32260	577.4
240	19/4.00	238.76	20.00	0.1205	36260	656.9
300	37/3.20	297.57	22.40	0.09689	46850	820.4
400	37/3.70	397.83	25.90	0.07247	61150	1097.0

4. LGJ 型及 LGJF 型钢芯铝绞线的主要技术数据（见表 17-4）

表 17-4 LGJx 型及 LGJF 型钢芯铝绞线的主要技术数据

标称截面积（铝/钢） /mm²	结构（根数/直径）/mm		计算截面积/mm²			外径 /mm	直流电阻 /（Ω/km） ≤	计算拉断力 /N	重量 /（kg/km）
	铝	钢	铝	钢	总计				
10/2	6/1.50	1/1.50	10.60	1.77	12.37	4.50	2.706	4120	42.9
16/3	6/1.85	1/1.85	16.13	2.69	18.82	5.55	1.779	6130	65.2
25/4	6/2.32	1/2.32	25.36	4.23	29.59	6.96	1.131	9290	102.6
35/6	6/2.72	1/2.72	34.86	5.81	40.67	8.16	0.8230	12630	141.0
50/8	6/3.20	1/3.20	48.25	8.04	56.29	9.60	0.5946	16870	195.1
50/30	12/2.32	7/2.32	50.73	29.59	80.32	11.60	0.5692	42620	372.0
70/10	6/3.80	1/3.80	68.05	11.34	79.39	11.40	0.4217	23390	275.2
70/40	12/2.72	7/2.72	69.73	40.67	110.40	13.60	0.4141	58300	511.3
95/15	26/2.15	7/1.67	94.39	15.33	109.72	13.61	0.3058	35000	380.8
95/20	7/4.16	7/1.85	95.14	18.82	113.96	13.87	0.3019	37200	408.9
95/55	12/3.20	7/3.20	96.51	56.30	152.81	16.00	0.2992	78110	707.7
120/7	18/2.90	1/2.90	118.89	6.61	125.50	14.50	0.2422	27570	379.0
120/20	26/2.38	7/1.85	115.67	18.82	134.49	15.07	0.2496	41000	466.8
120/25	7/4.72	7/2.10	122.48	24.25	146.73	15.74	0.2345	47880	526.6
120/70	12/3.60	7/3.60	122.15	71.25	193.40	18.00	0.2364	98370	895.6
150/8	18/3.20	1/3.20	144.76	8.04	152.80	16.00	0.1989	32860	461.4
150/20	24/2.78	7/1.85	145.63	18.82	164.50	16.67	0.1980	46630	549.4
150/25	26/2.70	7/2.10	148.86	24.25	173.11	17.10	0.1939	54110	601.0
150/35	30/2.50	7/2.50	147.26	34.36	181.62	17.50	0.1962	65020	676.2
185/10	18/3.60	1/3.60	183.22	10.18	193.40	18.00	0.1572	40880	584.0
185/25	24/3.15	7/2.10	187.04	24.25	211.29	18.90	0.1542	59420	706.1
185/30	26/2.98	7/2.32	181.34	29.59	210.93	18.88	0.1592	64320	732.6
185/45	20/2.80	7/2.80	184.73	43.10	227.83	19.60	0.1564	80190	848.2
210/10	18/3.80	1/3.80	204.14	11.34	215.48	19.00	0.1411	45140	650.7

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标称截面积（铝/钢）/mm²	结构(根数/直径)/mm		计算截面积/mm²			外径/mm	直流电阻/(Ω/km)≤	计算拉断力/N	重量/(kg/km)
	铝	钢	铝	钢	总计				
210/25	24/3.33	7/2.22	209.02	27.10	236.12	19.98	0.1380	65990	789.1
210/35	26/3.22	7/2.50	211.73	34.36	246.09	20.38	0.1363	74250	853.9
210/50	30/2.98	7/2.98	209.24	48.82	258.06	20.86	0.1381	90830	960.8
240/30	24/3.60	7/2.40	244.29	31.67	275.96	21.60	0.1181	75620	922.2
240/40	26/3.42	7/2.66	238.85	38.90	277.75	21.66	0.1209	83370	964.3
240/55	30/3.20	7/3.20	241.27	56.30	297.57	22.40	0.1198	102100	1108
300/15	42/3.00	7/1.67	296.88	15.33	312.21	23.01	0.09724	68060	939.8
300/20	45/2.93	7/1.95	303.42	20.91	324.33	23.43	0.09520	75680	1002
300/25	48/2.85	7/2.22	306.21	27.10	333.31	23.76	0.09433	83410	1058
300/40	24/3.99	7/2.66	300.09	38.90	338.99	23.94	0.09614	92220	1133
300/50	26/3.83	7/2.98	299.54	48.82	348.36	24.26	0.09636	103400	1210
300/70	30/3.60	7/3.60	305.36	71.25	376.61	25.20	0.09463	128000	1402
400/20	42/3.51	7/1.95	406.40	20.91	427.31	26.91	0.07104	88850	1286
400/25	45/3.33	7/2.22	391.91	27.10	419.01	26.64	0.07370	95940	1295
400/35	48/3.22	7/2.50	390.88	34.36	425.24	26.82	0.07389	103900	1349
400/50	54/3.07	7/3.07	399.73	51.82	451.55	27.63	0.07232	123400	1511
400/65	26/4.42	7/3.44	398.94	65.06	464.00	28.00	0.07236	135200	1611
400/95	30/4.16	19/2.50	407.75	93.27	501.02	29.14	0.07087	171300	1860

注：LGJF 型的计算质量，应在表中规定值中增加防腐涂料的质量，其增值为：钢芯涂防腐涂料者增加 2%，内部铝铬各层间涂防腐涂料者增加 5%。

5. TJ 型硬铜绞线技术数据（见表 17-5）

表 17-5　TJ 型硬铜绞线技术数据

标称截面积/mm²	结构(根数/直径)/mm	铜截面积/mm²	导线直径/mm	直流电阻(20°C)/(Ω/m)	拉断力/N	重量/(kg/km)
10	7/1.33	9.73	3.99	1.870	3508	88
16	7/1.68	15.5	5.04	1.200	5586	140
25	7/2.11	24.5	6.33	0.740	8643	221
35	7/2.49	34.5	7.47	0.540	12152	311
50	7/2.97	48.5	8.91	0.390	17100	439
70	19/2.14	68.3	10.70	0.280	24010	618
95	19/2.49	92.5	12.45	0.200	32634	837
120	19/2.80	117	14.00	0.158	41258	1058
150	19/3.15	148	15.75	0.123	50764	1338
185	37/2.49	180	17.43	0.103	63504	1627
240	37/2.84	234	19.88	0.078	82614	2120
300	37/3.15	288	22.05	0.062	98980	2608
400	37/3.66	389	25.62	0.047	133770	3521

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6. 常用铝、铜母线技术数据（表 17-6）

表 17-6 常用铝、铜母线技术数据

尺寸（宽×厚）/mm	LMY 铝母线载流量/A						TMY 铜母线载流量/A					
	交流（每相）			直流（每极）			交流（每相）			直流（每极）		
	1 片	2 片	3 片	1 片	2 片	3 片	1 片	2 片	3 片	1 片	2 片	3 片
15×3	165	—	—	165	—	—	210	—	—	210	—	—
20×3	215	—	—	215	—	—	275	—	—	275	—	—
25×3	265	—	—	265	—	—	340	—	—	340	—	—
30×4	365	—	—	370	—	—	475	—	—	475	—	—
40×4	480	—	—	480	—	—	625	—	—	625	—	—
40×5	540	—	—	545	—	—	700	—	—	705	—	—
50×5	665	—	—	670	—	—	860	—	—	870	—	—
50×6	740	—	—	745	—	—	955	—	—	960	—	—
60×6	870	1350	1720	880	1555	1940	1125	1740	2240	1145	1990	2495
80×6	1150	1630	2100	1170	2055	2460	1480	2110	2720	1510	2630	3220
60×8	1025	1680	2180	1040	1840	2330	1320	2160	2790	1345	2485	3020
80×8	1320	2040	2620	1355	2400	2975	1690	2620	3370	1755	3095	3850
60×10	1155	2010	2650	1180	2110	2720	1475	2560	3300	1525	2725	3530
80×10	1480	2410	3100	1540	2735	3440	1900	3100	3990	1990	3510	4450

注：1. 表中数据是指当环境温度 25°C 时的载流量，不同的环境温度需采用控制温度校正系数。

2. 导体扁平放置时，当导体宽度在 60mm 及以下时，载流量应按表列数值减少 5%，当宽度在 60mm 以上时，应减少 8%。

17.1.2 绝缘电线

1. 绝缘电线的型号及用途（见表 17-7）

表 17-7 绝缘电线的型号及用途

名　称	型　号	用　途
聚氯乙烯绝缘铜芯线 聚氯乙烯绝缘铜芯软线 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线 聚氯乙烯绝缘铝芯线 聚氯乙烯绝缘铝芯软线 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铝芯线	BV BVR BVV BLV BLVR BLVV	用于交流 500V 及以下的电气设备和照明装置的连接，其中 BVR 型软线适用于要求电线比较柔软的场合
橡皮绝缘铜芯线 橡皮绝缘铝芯线	BX BLX	用于交流 500V 及以下，直流 1000V 及以下的户内外架空、明敷、穿管固定敷设的照明及电气设备电路
橡皮绝缘铜芯软线	BXR	用于交流 500V 及以下，直流 1000V 及以下电气设备及照明装置要求电线比较柔软的室内安装
聚氯乙烯绝缘平型铜芯软线 聚氯乙烯绝缘绞型铜芯软线	RVB RVS	用于交流 250V 及以下的移动式日用电器的连接
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯软线	RVZ	用于交流 500V 及以下的移动式日用电器的连接
复合物绝缘平型铜芯软线 复合物绝缘绞型铜芯软线	RFB RFS	用于交流 250V 或直流 500V 及以下的各种日用电器、照明灯座等设备的连接

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. BV、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯、铝芯线技术数据（见表 17-8）

表 17-8　BV、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯、铝芯线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	最大外径/mm		参考载流量/A			
	根数	直径/mm		单芯	双芯	BV		BLV	
						单芯	双芯	单芯	双芯
1.0	1	1.13	0.7	2.8	2.8×5.6	20	16	15	12
1.5	1	1.37	0.7	3.0	3.0×6.0	25	21	19	16
2.5	1	1.76	0.8	3.7	3.7×7.4	34	26	26	22
4.0	1	2.24	0.8	4.2	4.2×8.4	45	38	35	29
6.0	1	2.73	0.9	5.0	5.0×10	56	47	43	36
8.0	7	1.20	0.9	5.6	5.6×11.2	70	59	54	45
10.0	7	1.33	1.0	6.6	6.6×13.2	85	72	66	56
16	7	1.70	1.0	7.8	—	113	96	87	73
25	7	2.12	1.2	9.6	—	146	123	112	95
35	7	2.50	1.2	10.0	—	180	151	139	117
50	19	1.83	1.4	13.1	—	225	188	173	145
75	19	2.14	1.4	14.9	—	287	240	220	185
95	19	2.50	1.6	17.3	—	350	294	254	214

3. BVR、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线的技术数据（见表 17-9）

表 17-9　BVR、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线的技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	最大外径/mm		参考载流量/A			
	根数	直径/mm		单芯	双芯	BVR		BLVR	
						单芯	双芯	单芯	双芯
1.0	7	0.43	0.7	3.0	3.0×6.0	20	16	15	12
1.5	7	0.52	0.7	3.3	3.3×6.6	25	21	19	16
2.5	19	0.41	0.8	4.0	4.0×8.0	34	26	26	22
4.0	19	0.52	0.8	4.6	4.6×9.2	45	38	35	29
6.0	19	0.64	0.9	5.5	5.5×11.0	56	47	43	36
8.0	19	0.74	0.9	5.7	5.7×11.4	70	59	54	45
10.0	49	0.52	1.0	6.7	6.7×13.4	85	72	66	56
16.0	49	0.64	1.0	8.5	—	113	96	87	73
25	98	0.58	1.2	11.1	—	146	123	112	95
35	133	0.58	1.2	12.2	—	180	151	139	117
50	133	0.68	1.4	14.3	—	225	188	173	145

注：表中载流量是指环境温度 25°C，载流导线线芯温度 70°C 时，架空敷设的数据。

4. BVV、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线技术数据（见表 17-10）

表 17-10　BVV、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	护套厚度/mm		最大外径/mm			参考载流量/A					
	根数	直径/mm		单、双芯	三芯	单芯	双芯	三芯	BVV			BLVV		
									单芯	双芯	三芯	单芯	双芯	三芯
1.0	1	1.13	0.6	0.7	0.8	4.1	4.1×6.7	4.3×9.5	20	16	13	15	12	10
1.5	1	1.37	0.6	0.7	0.8	4.4	4.4×7.2	4.6×10.3	25	21	16	19	16	12

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	护套厚度/mm		最大外径/mm			参考载流量/A					
	根数	直径/mm							BVV			BLVV		
				单、双芯	三芯	单芯	双芯	三芯	单芯	双芯	三芯	单芯	双芯	三芯
2.5	1	1.76	0.6	0.7	0.8	4.8	4.8×8.1	5.0×11.5	34	26	22	26	22	17
4.0	1	2.24	0.6	0.7	0.8	5.3	5.3×9.1	5.5×13.1	45	38	29	35	29	23
5.0	1	2.50	0.8	0.8	1.0	6.3	6.3×10.7	6.7×15.7	51	43	33	39	33	26
6.0	1	2.73	0.8	0.8	1.0	6.5	6.5×11.3	6.9×16.5	56	47	36	43	36	28
8.0	7	1.20	0.8	1.0	1.2	7.9	7.9×13.6	8.3×19.4	70	59	46	54	45	35
10.0	7	1.33	0.8	1.0	1.2	8.4	8.4×14.5	8.8×20.7	85	72	55	66	56	43

5. BX、BLX 型橡皮绝缘铜芯线、铝芯线技术数据（见表 17-11）

表 17-11 BX、BLX 型橡皮绝缘铜芯线、铝芯线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	电线最大外径/mm				参考载流量/A	
	根数	直径/mm		单芯	双芯	三芯	四芯	BX	BLX
0.75	1	0.97	1.0	4.4	—	—	—	13	—
1	1	1.13	1.0	4.5	8.7	9.2	10.1	17	—
1.5	1	1.37	1.0	4.8	9.2	9.7	10.7	20	15
2.5	1	1.76	1.0	5.2	10.0	10.7	11.7	28	21
4	1	2.24	1.0	5.8	11.1	11.8	13.0	37	28
6	1	2.73	1.0	6.3	12.2	13.0	14.3	46	36
10	7	1.35	1.2	8.1	15.8	16.9	18.7	69	51
16	7	1.70	1.2	9.4	18.3	19.5	21.7	92	69
25	7	2.12	1.4	11.2	21.9	23.5	26.1	120	92
35	7	2.50	1.4	12.4	24.4	26.2	29.1	148	115
50	19	1.83	1.6	14.7	28.9	31.0	34.6	185	143
70	19	2.14	1.6	16.4	32.3	34.7	38.7	230	185
95	19	2.50	1.8	19.5	38.5	41.4	46.1	290	225
120	37	2.00	1.8	20.2	38.9	42.9	47.8	355	270

注：表中载流量是环境温度为 35°C，明线敷设时的数据。

6. BXR 型橡皮绝缘铜芯软线技术数据（见表 17-12）

表 17-12 BXR 型橡皮绝缘铜芯软线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘标称厚度/mm	电线最大外径/mm	参考载流量/A	标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘标称厚度/mm	电线最大外径/mm	参考载流量/A
	根数	直径/mm					根数	直径/mm			
0.75	7	0.37	1.0	4.5	13	50	133	0.68	1.6	15.8	185
1.0	7	0.43	1.0	4.7	17	70	189	0.68	1.6	18.4	230
1.5	7	0.52	1.0	5.0	20	95	259	0.68	1.8	21.4	290
2.5	19	0.41	1.0	5.6	28	120	259	0.76	1.8	22.2	355
4	19	0.52	1.0	6.2	37	150	336	0.74	2.0	24.9	400
6	19	0.64	1.0	6.8	46	185	427	0.74	2.2	27.3	475
10	49	0.52	1.2	8.2	69	240	427	0.85	2.4	30.8	580
16	49	0.64	1.2	10.1	92	300	513	0.85	2.6	34.6	670
25	98	0.58	1.4	12.6	120	400	703	0.85	2.8	38.8	820
35	133	0.58	1.4	13.8	148						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7. RBV、RVS型聚氯乙烯绝缘平型、绞型铜芯软线技术数据（见表17-13）

表17-13　RBV、RVS型聚氯乙烯绝缘平型、绞型铜芯软线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	电线最大外径/mm		参考载流量/A
	芯数×根数	直径/mm		RVB	RVS	
0.2	2×12	0.15	0.6	2.0×4.0	4.0	4
0.3	2×16	0.15	0.6	2.1×4.2	4.2	6
0.4	2×23	0.15	0.6	2.3×4.6	4.6	8
0.5	2×28	0.15	0.6	2.4×4.8	4.8	10
0.75	2×42	0.15	0.7	2.9×5.8	5.8	13
1	2×32	0.20	0.7	3.1×6.2	6.2	20
1.5	2×48	0.20	0.7	3.4×6.8	6.8	25
2	2×64	0.20	0.8	4.1×8.2	8.2	30
2.5	2×77	0.20	0.8	4.5×9.0	9.0	34

8. RFB、RFS型复合物绝缘平型、绞型铜芯软线技术数据（见表17-14）

表17-14　RFB、RFS型复合物绝缘平型、绞型铜芯软线技术数据

标称截面积/mm²	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	电线最大外径/mm		参考载流量/A
	芯数×根数	直径/mm		RFB	RFS	
0.2	2×12	0.15	0.6	2.0×4.0	4.0	4
0.3	2×16	0.15	0.6	2.1×4.2	4.2	6
0.4	2×23	0.15	0.6	2.3×4.6	4.6	8
0.5	2×28	0.15	0.6	2.4×4.8	4.8	10
0.75	2×42	0.15	0.7	2.9×5.8	5.8	13
1.0	2×32	0.20	0.7	3.1×6.2	6.2	20
1.5	2×48	0.20	0.7	3.4×6.8	6.8	25
2.0	2×64	0.20	0.8	4.1×8.2	8.2	30
2.5	2×77	0.20	0.8	4.5×9.0	9.0	34

17.1.3　电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的金属电线，主要用以绕制电工产品的线圈或绕组，故又称为绕组线。其作用是通过电流产生磁场或切割磁力线产生电流，以实现电能和磁能的相互转换。

电磁线的种类很多，按绝缘层和用途可分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线等四种。漆包线的漆膜均匀、光滑，广泛用于中小型或微型电工产品中；绕包线是用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线芯上制成的，绕包材料形成绝缘层或在漆包线上再绕包一层绝缘层，它承载能力较大，主要用于大、中型电工产品中；无机绝缘电磁线的绝缘层采用陶瓷、氧化铝膜等无机材料，其特点是耐高温、耐辐射，主要用于高温和有辐射的场合；特种电磁线有特殊绝缘结构与性能，适用于高温、高湿、超低温等特殊场合。

1. 漆包线的分类

常用漆包线的品种、型号及主要用途见表17-15，其中圆线规格以线芯直径表示，扁线以线芯窄边 a 及宽边 b 的长度表示。

表17-15　漆包线的品种、型号及主要用途

类　别	产品名称	型　号	规格/mm	主要用途
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q	0.02～2.50	中、高频线圈及仪表电器的线圈

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类　别	产品名称	型　号	规格/mm	主要用途
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ-1 QQ-2	0.20～2.50	普通中小电动机、微电机和油浸变压器的绕组，以及电器仪表用线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2	0.06～2.50	
	彩色缩醛漆包圆铜线	QQS-1 QQS-2	0.20～2.50	
	缩醛漆包扁铜线	QQB	*a* 边 0.8～5.6 *b* 边 2.0～18.0	
	缩醛漆包扁铝线	QQLB		
聚氨酯漆包线	聚氨酯漆包圆铜线 彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2	0.015～1.00	需要 *Q* 值稳定的高频线圈、电视线圈和仪表用的微细线圈
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	0.02～2.50	通用中小电动机、干式变压器的绕组，以及电器仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZL-1 QZL-2	0.06～2.50	
	聚酯漆包扁铜线	QZB	*a* 边 0.8～5.6 *b* 边 2.0～18.0	
	聚酯漆包扁铝线	QZLB		
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	0.02～2.50	耐高温电动机、干式变压器、密封式继电器及电子元件
	聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB	*a* 边 0.8～5.6 *b* 边 2.0～18.0	

2. 铜漆包线规格（见表 17-16）

表 17-16　各种铜漆包线的规格及安全载流量

标称直径/mm	外皮直径/mm	截面积/mm^2	重量/(kg/km)	$j=2.5$ (A/mm^2) 时，导线容许通过电流/A	$j=3$ (A/mm^2) 时，导线容许通过电流/A	每厘米可绕匝数/匝	每立方厘米可绕匝数/匝	20°C 时电阻值/(Ω/km)
0.06	0.085	0.0028	0.0252	0.0070	0.0084	117	13689	6440
0.07	0.095	0.0038	0.0342	0.0095	0.0114	105	11025	4730
0.08	0.105	0.005	0.0448	0.0125	0.0150	95	9025	3630
0.09	0.115	0.0064	0.0567	0.0160	0.0192	86	7395	2860
0.10	0.125	0.0079	0.070	0.0197	0.0237	80	6400	2240
0.11	0.135	0.0095	0.085	0.0237	0.0285	74	5476	1850
0.12	0.145	0.0113	0.101	0.0282	0.0339	68	4624	1550
0.13	0.155	0.0133	0.118	0.0332	0.0399	64	4096	1320
0.14	0.165	0.0154	0.137	0.0385	0.0462	60	3600	1140
0.15	0.180	0.0177	0.158	0.0442	0.0531	55	3025	994
0.16	0.190	0.0201	0.179	0.0502	0.0603	52	2704	873
0.17	0.200	0.0277	0.202	0.0567	0.0681	50	2500	773

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标称直径/mm	外皮直径/mm	截面积/mm²	重量/(kg/km)	$j=2.5$（A/mm²）时，导线容许通过电流/A	$j=3$（A/mm²）时，导线容许通过电流/A	每厘米可绕匝数/匝	每立方厘米可绕匝数/匝	20°C时电阻值/(Ω/km)
0.18	0.210	0.0254	0.227	0.064	0.0762	47	2209	688
0.19	0.220	0.0284	0.253	0.0710	0.0852	45	2025	618
0.20	0.230	0.0315	0.280	0.0787	0.0945	43	1849	558
0.21	0.240	0.0347	0.309	0.0867	0.104	41	1681	507
0.23	0.270	0.0415	0.370	0.103	0.124	37	1369	423
0.25	0.290	0.0492	0.437	0.123	0.147	34	1156	357
0.27	0.310	0.0573	0.510	0.143	0.171	32	1024	306
0.29	0.330	0.0660	0.589	0.165	0.198	30	900	266
0.31	0.350	0.0755	0.673	0.188	0.226	28	784	233
0.33	0.370	0.0855	0.762	0.213	0.256	27	729	205
0.35	0.390	0.0962	0.857	0.240	0.288	25	625	182
0.38	0.420	0.1134	1.01	0.283	0.340	23	529	155
0.41	0.450	0.1320	1.17	0.330	0.396	22	484	133
0.44	0.480	0.1521	1.35	0.380	0.456	20	400	115
0.47	0.510	0.1735	1.54	0.433	0.520	19	361	101
0.49	0.530	0.1886	1.67	0.471	0.565	18	324	93.1
0.51	0.560	0.204	1.82	0.510	0.612	17	317	85.9
0.53	0.580	0.221	1.96	0.552	0.663	17.2	295	79.3
0.55	0.600	0.238	2.11	0.595	0.714	16.6	275	73.9
0.57	0.620	0.255	2.26	0.637	0.765	16.1	259	68.7
0.59	0.640	0.273	2.43	0.682	0.819	15.6	243	64.3
0.62	0.670	0.302	2.69	0.755	0.906	14.8	222	57.9
0.64	0.690	0.322	2.89	0.805	0.966	14.4	207	54.6
0.67	0.720	0.353	3.14	0.882	1.05	13.8	190	49.7
0.69	0.740	0.374	3.33	0.935	1.12	13.5	182	46.9
0.72	0.770	0.407	3.72	1.01	1.22	12.9	166	43
0.74	0.800	0.430	3.83	1.07	1.29	12.5	156	40.8
0.77	0.830	0.466	4.15	1.16	1.39	12	144	37.6
0.80	0.860	0.503	4.48	1.25	1.50	11.6	134	34.9
0.83	0.890	0.541	4.28	1.35	1.62	11.2	125	32.4
0.86	0.920	0.581	5.17	1.45	1.74	10.8	117	30.2
0.90	0.960	0.636	5.67	1.59	1.99	10.4	108	27.5
0.93	0.990	0.679	6.05	1.69	2.03	10.1	102	25.8
0.96	1.02	0.724	6.45	1.81	2.17	9.8	96	24.2
1.00	1.08	0.785	7.00	1.96	2.35	9.25	85.6	22.4
1.04	1.12	0.849	7.87	2.12	2.54	8.92	79.5	20.6
1.08	1.16	0.916	8.16	2.29	2.74	8.62	74.3	19.2
1.12	1.20	0.986	8.78	2.46	2.95	8.33	69.4	17.75
1.16	1.24	1.057	9.41	2.64	3.17	8.06	65	16.6

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标称直径/mm	外皮直径/mm	截面积/mm²	重量/(kg/km)	$j=2.5$（A/mm²）时，导线容许通过电流/A	$j=3$（A/mm²）时，导线容许通过电流/A	每厘米可绕匝数/匝	每立方厘米可绕匝数/匝	20°C 时电阻值/(Ω/km)
1.20	1.28	1.131	10.0	2.84	3.35	7.81	61	15.5
1.25	1.33	1.227	10.9	3.06	3.68	7.51	66.4	14.3
1.30	1.38	1.327	11.8	3.31	3.98	7.24	52.4	13.2
1.35	1.43	1.431	12.7	3.57	4.29	7	49	12.2
1.40	1.48	1.539	13.7	3.84	4.61	6.75	45.56	11.4
1.45	1.53	1.651	14.7	4.12	4.95	6.53	42.44	10.6
1.50	1.58	1.767	15.7	4.41	5.30	6.32	39.94	9.89
1.56	1.64	1.911	17.0	4.77	5.73	6.09	37.08	9.18
1.62	1.70	2.06	18.3	5.15	6.18	5.88	34.57	8.50
1.68	1.76	2.22	19.7	5.55	6.66	5.68	32.26	7.92
1.74	1.82	2.38	21.1	5.95	7.14	5.49	30.14	7.36
1.81	1.90	2.57	22.9	6.42	7.71	5.26	27.66	6.83
1.88	1.97	2.78	24.7	6.95	8.34	5.07	25.70	6.30
1.95	2.04	2.99	26.6	7.47	8.97	4.9	24.01	5.87
2.02	2.11	3.20	28.5	8.00	9.60	4.73	22.37	5.48
2.10	2.20	3.46	30.8	8.65	10.3	4.54	20.61	5.06
2.26	2.36	4.01	35.7	10.0	12.0	4.23	17.89	4.38
2.44	2.54	4.67	41.6	11.6	14.0	3.93	15.44	3.75

注：j 为电流密度。

17.1.4 电缆

电缆用于电力设备的连接和电力线路中，它除具有一般电线的性能外，还具有芯线间绝缘电阻高、不易发生短路和耐腐蚀等优点。其品种繁多，按其传输电流性质分为交流电缆、直流电缆和通信电缆三类。其中，交流系统中常用的有电力电缆、控制电缆、通用橡套电缆和电焊机用电缆等。

1. 常用电缆的型号、名称和用途（见表 17-17）

表 17-17 常用电缆的型号、名称和用途

名称	型号	主要用途
轻型通用橡套软电缆	YQ	主要用于连接交流电压 250V 及以下的轻型移动电气设备
	YQW	主要用于连接交流电压 250V 及以下的轻型移动电气设备，并具有一定的耐油、耐气候性能
中型通用橡套软电缆	YZ	主要用于连接交流电压 500V 及以下的各种移动电气设备
	YZW	主要用于连接交流电压 500V 及以下的各种移动电气设备，并具有一定的耐油、耐气候性能
重型通用橡套软电缆	YC	主要用途同 YZ，并能承受较大的机械外力作用
	YCW	主要用途同 YZ，并具有耐气候和一定的耐油性能

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　　称	型　　号	主 要 用 途
电焊机用橡套铜芯软电缆 电焊机用橡套铝芯软电缆	YH YHL	用于供电焊机二次侧接线及连接电焊钳
铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	KVV KVVP	用于供交流电压450V/750V及以下控制、监视回路及保护线路等场合。另外KVVP型控制电缆还具有屏蔽作用
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	VV VLV	主要用途是固定敷设，用来供交流500V及以下或直流1000V以下的电力电路使用

2. YQ、YQW型橡套电缆规格（见表17-18）

表17-18　YQ、YQW型橡套电缆规格

线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm	线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm
2×0.3	16/0.15	0.5	0.8	5.5	3×0.5	28/0.15	0.5	1.0	6.8
3×0.3	16/0.15	0.5	0.8	5.8	2×0.75	42/0.15	0.6	1.0	7.4
2×0.5	28/0.15	0.5	1.0	6.5	3×0.75	42/0.15	0.6	1.0	7.8

3. YZ、YZW型橡套电缆规格（见表17-19）

表17-19　YZ、YZW型橡套电缆规格

线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm	线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm
2×0.75 3×0.75 4×0.75	24/0.15	0.8	1.2 1.2 1.4	8.8 9.3 10.5	2×1.5 3×1.5	48/0.20	0.8	1.2 1.4	9.7 10.7
					2×2.5 3×2.5	77/0.20	1.0	1.6	13.2 14.0
2×1.0 3×1.0 4×1.0	32/0.20	0.8	1.2 1.2 1.4	9.1 9.6 10.8	2×4.0 3×4.0	77/0.26	1.0	1.8	15.2 16.0
					2×6.0 3×6.0	77/0.32	1.0	1.8 2.0	16.7 18.1

4. YC、YCW型橡套电缆规格（见表17-20）

表17-20　YC、YCW型橡套电缆规格

线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm	线芯数及标称截面积/mm^2	线芯结构（根数/线径）/mm	绝缘厚度/mm	护套厚度/mm	成品外径/mm
2×2.5 3×2.5	49/0.26	1.0	2.0	13.9 14.6	2×6.0 3×6.0	49/0.39	1.0	2.5	17.4 18.3
2×4.0 3×4.0	49/0.32	1.0	2.0 2.5	15.0 17.0					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. YH 铜芯及 YHL 铝芯电焊机用电缆规格（见表 17-21）

表 17-21 YH 铜芯及 YHL 铝芯电焊机用电缆规格

标称截面积/mm²	线芯结构（根数/线径）/mm		绝缘厚度/mm		成品外径/mm		线芯直流电阻/(Ω/km)		参考载流量/A	
	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL
10	322/0.20		1.6		9.1		1.77		80	
16	513/0.20	228/0.30	1.8	1.8	10.7	10.7	1.12	1.92	105	80
25	798/0.20	342/0.30	1.8	1.8	12.6	12.6	0.718	1.28	135	105
35	1121/0.20	494/0.30	2.0	2.0	14.0	14.0	0.551	0.888	170	130
50	1596/0.20	703/0.30	2.2	2.2	16.2	16.2	0.359	0.624	215	165
70	999/0.30	999/0.30	2.6	2.6	19.3	19.3	0.255	0.493	265	205
95	1332/0.30	1332/0.30	2.8	2.8	21.1	21.1	0.191	0.329	325	250
120	1702/0.30	1702/0.30	3.0	3.0	24.5	24.5	0.150	0.258	380	295
150	2109/0.30	2109/0.30	3.0	3.0	26.2	26.2	0.212	0.208	435	340

6. 常用聚氯乙烯绝缘电力电缆规格（见表 17-22）

表 17-22 常用聚氯乙烯绝缘电力电缆规格

型号		芯数	额定电压/kV	
			0.6/1	3.6/6,6/6,6/10
铝芯	铜芯		导线线芯标称截面积/mm²	
VLV VLV22、VLV23	VV VV22、VV23	1	1.5～800 2.5～1000 10～1000	10～1000 10～1000 10～1000
VLV VLV22、VLV23	VV VV22、VV23	2	1.5～185 2.5～185 4～185	10～150 10～150 10～150
VLV VLV22、VLV23	VV VV22、VV23	3	1.5～300 2.5～300 4～300	10～300 10～300 10～300
VLV VLV22、VLV23	VV VV22、VV23	3+1	4～300 4～300	
VLV VLV22、VLV23	VV VV22、VV23	4	4～185 4～185	

17.2 绝缘材料

绝缘材料又称电介质，指电阻系数（电阻率）大于 $10^7\Omega\cdot m$，用来使电气设备中不同带电体相互绝缘而不形成电气通道的材料。绝缘材料应具有良好的介电性能，即具有较高的绝缘电阻和耐压强度；具有较好的耐热性能、导热性能和较高的机械强度，并便于加工。

1. 绝缘材料的分类

绝缘材料的品种很多，一般按大类、小类、温度指数及品种的差异分类，其产品型号一般用四位阿拉伯数字表示，必要时在型号后附加英文字母或用连字符后接阿拉伯数字表示品种差异。绝缘材料的类别和温度指数代号见表 17-23 和表 17-24，其产品型号含义如下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

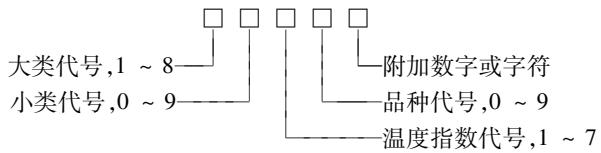


表17-23　电气绝缘材料产品的分类代号

大类代号	大类名称	小类代号	小类名称
1	漆、可聚合树脂和胶类	0	有溶剂漆
		1	无溶剂可聚合树脂
		2	覆盖漆、防晕漆、半导电漆
		3	硬质覆盖漆、瓷漆
		4	胶粘漆、树脂
		5	熔敷粉末
		6	硅钢片漆
		7	漆包线漆、丝包线漆
		8	灌注胶、包封胶、浇铸树脂、胶泥、腻子
		9	—
2	树脂浸渍纤维制品类	0	棉纤维漆布
		1	—
		2	漆绸
		3	合成纤维漆布、上胶布
		4	玻璃纤维漆布、上胶布
		5	混织纤维漆布、上胶布
		6	防晕漆布、防晕带
		7	漆管
		8	树脂浸渍无纬绑扎带
		9	树脂浸渍适形材料
3	层压制品、卷绕制品、真空压力浸胶制品和引拔制品类	0	有机底材层压板
		1	真空压力浸胶制品
		2	无机底材层压板
		3	防晕板及导磁层压板
		4	—
		5	有机底材层压管
		6	无机底材层压管
		7	有机底材层压棒
		8	无机底材层压棒
		9	引拔制品
4	模塑料类	0	木粉填料为主的模塑料
		1	其他有机填料为主的模塑料
		2	石棉填料为主的模塑料
		3	玻璃纤维填料为主的模塑料
		4	云母填料为主的模塑料
		5	其他矿物填料为主的模塑料
		6	无填料塑料
		7	—
		8	—
		9	—
5	云母制品类	0	云母纸
		1	柔软云母板
		2	塑型云母板
		3	—
		4	云母带
		5	换向器云母板
		6	电热设备用云母板
		7	衬垫云母板
		8	云母箔
		9	云母管
6	薄膜、粘带和柔软复合材料类	0	薄膜
		1	薄膜上胶带
		2	薄膜粘带
		3	织物粘带
		4	树脂浸渍柔软复合材料
		5	薄膜绝缘纸柔软复合材料、薄膜漆布柔软复合材料
		6	薄膜合成纤维纸柔软复合材料、薄膜合成纤维非织布柔软复合材料

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

大类代号	大类名称	小类代号	小类名称
6	薄膜、粘带和柔软复合材料类	7	多种材质柔软复合材料
		8	—
		9	—
7	纤维制品类	0	非织布
		1	合成纤维纸
		2	绝缘纸
		3	绝缘纸板
		4	玻璃纤维制品
		5	纤维毡
		6	—
		7	—
7	纤维制品类	8	—
		9	—
8	绝缘液体类	0	合成芳香烃绝缘液体
		1	有机硅绝缘液体
		2	—
		3	—
		4	—
		5	—
		6	—
		7	—
		8	—
		9	—

表 17-24　电气绝缘材料的温度指数代号

代　　号	1	2	3	4	5	6	7
温度指数≥	105	120	130	155	180	200	220

2. 绝缘材料的耐热等级（见表 17-25）

表 17-25　绝缘材料的耐热等级

级　　别	绝缘材料	极限工作温度/℃
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和溶点较低的塑料	90
A	工作于矿物油中的和用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料、漆包线、漆布、漆丝及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 A 级材料复合，玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜，经合适树脂浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等制品、聚酯漆、聚酯漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母片制品、玻璃丝和石棉、玻璃漆布、以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品、化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	耐高温有机粘合剂和浸渍剂及无机物如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

17.2.1　绝缘漆

绝缘漆主要以合成树脂或天然树脂等为漆基（成膜物质），与某些辅助材料（溶剂、稀释剂、填料、颜料等）组成。常用绝缘漆的主要性能和用途见表 17-26。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 17-26　常用绝缘漆的主要性能和用途

名称	型号	颜色	溶剂	耐热等级	主要用途
沥青漆	1010 1011	黑色	200 号溶剂二甲苯	A	用于浸渍电机转子和定子线圈及其他不耐油的电器零部件
沥青漆	1210 1211	黑色	200 号溶剂二甲苯	A	用于电机绕组覆盖用，采晾干漆，干燥快，在不须耐油处可以代替晾干灰瓷漆用
耐油性青漆	1012	黄至褐色	200 号溶剂	A	用于浸渍电机绕组、电器线圈
醇酸青漆	1030	黄至褐色	甲苯及二甲苯	B	用于浸渍电机绕组、电器线圈外，也可作覆盖漆和胶粘剂
三聚氰胺醇酸漆	1032	黄至褐色	200 号溶剂二甲苯	B	用于热带型电机绕组、电器线圈作浸渍之用
三聚氰胺环氧树脂浸渍漆	1033	黄至褐色	二甲苯和丁醇	B	用于浸渍湿热带电机、变压器绕组和电工仪表线圈以及电器零部件表面覆盖
覆盖瓷漆	1320 1321	灰色	二甲苯	E	用于电机定子绕组和电器线圈的覆盖及各种绝缘零部件的表面修饰
硅有机覆盖漆	1350	红色	甲苯及二甲苯	H	用于 H 级电机绕组和电器线圈作表面覆盖层，可先在 110～120℃下预热，然后再 180℃烘干

17.2.2　绝缘浸渍纤维制品

绝缘浸渍纤维制品是用特制棉布、丝绸及无碱玻璃布浸渍各种绝缘漆后，经烘干制成的。常用绝缘浸渍制品（漆布）的型号、性能和用途见表 17-27。

表 17-27　漆布的品种性能和用途

名　称	型号	耐热等级	特性和用途
油性漆布 （黄漆布）	2010 2012	A	2010 柔软性好，但不耐油。可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘。2012 耐油性好，可用于在变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作衬垫或线圈绝缘
油性漆绸 （黄漆绸）	2210 2212	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性。2210 适用于电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘；2212 耐油性好，适用于在变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作衬垫或线圈绝缘
油性玻璃漆布 （黄玻璃漆布）	2412	E	耐热性较 2010、2012 漆布好。适用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘，以及在油中工作的变压器、电器的线圈绝缘
沥青醇酸玻璃漆布 （黑玻璃漆布）	2430	B	耐潮性较好，但耐苯和耐变压器油性差，适用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘
醇酸玻璃漆布	2432	B	耐油性较好，并具有一定的防霉性。可用作油浸变压器、油断路器等线圈绝缘
醇酸玻璃-聚酯交织漆布	2432-1		
环氧玻璃漆布	2433	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性，良好的耐湿热性和较高的力学性能和电气性能，适用于化工电机、电器槽、衬垫和线圈绝缘
环氧玻璃-聚酯交织漆布	2433-1		
有机玻璃漆布	2450	H	具有较高的耐热性，良好的柔软性，耐霉、耐油和耐寒性好。适用于 H 级电机、电器的衬垫和线圈绝缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

17.2.3 电工用薄膜、粘带及复合材料

电工常用薄膜、粘带及复合材料制品的性能和用途见表 17-28 ~ 表 17-30。

表 17-28 电工常用薄膜的性能和用途

名　　称	耐热等级	厚度/mm	用　　途
聚丙烯薄膜	A	0.006 ~ 0.02	电容器介质
聚酯薄膜	E	0.006 ~ 0.10	低压电机绕组和电器线圈匝间、端部包扎、衬垫、电磁线绕包、E 级电机槽绝缘和电容器介质
聚萘酯薄膜	F	0.02 ~ 0.10	F 级电机槽绝缘，导线绕包绝缘和线圈端部绝缘
芳香族聚酰胺薄膜	H	0.03 ~ 0.06	E、H 级电机槽绝缘
聚酰亚胺薄膜	C	0.03 ~ 0.06	H 级电机、微电机槽绝缘，电机绕组、电器线圈和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕包绝缘

表 17-29 电工常用粘带的性能和用途

名　　称	耐热等级	厚度/mm	用　　途
聚酯薄膜粘带	E	0.06 ~ 0.02	耐热、耐高压、强度高。用于高低压绝缘密封
聚乙烯薄膜粘带	Y	0.22 ~ 0.26	较柔软、黏性强、耐热差。用于一般电线电缆接头包扎绝缘
聚酰亚胺薄膜粘带	H	0.05 ~ 0.08	具有良好的耐水性、耐酸性、耐溶性、抗燃性和抗氟里昂性。适用于 H 级电机绕组、电器线圈绕包绝缘和槽绝缘
橡胶玻璃布粘带	F	0.18 ~ 0.20	玻璃布，合成橡胶粘合剂组成
有机硅玻璃布粘带	H	0.12 ~ 0.15	有较高耐热性、耐寒性和耐潮性，以及较好的电气性能和力学性能。可用于 H 级电机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘
硅橡胶玻璃布粘带	H	0.19 ~ 0.25	具有耐热、耐潮、抗振动、耐化学腐蚀等特性，但抗拉强度较低。适用于高压电机绕组绝缘
自粘性橡胶粘带	E	—	具有耐热、耐潮、抗振动、耐化学腐蚀等特性，但抗拉强度较低。适用于电缆头密封

表 17-30 复合制品的性能和用途

名　　称	耐热等级	厚度/mm	用　　途
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	E	0.15 ~ 0.30	用于 E 级电机槽绝缘、端部层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	B	0.17 ~ 0.24	用于 B 级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。可用于湿热地区
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	B	0.20 ~ 0.25	
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	F	0.25 ~ 0.30	用于 F 级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酯亚胺薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	H	0.25 ~ 0.30	同上，但适用于 H 级电机

17.2.4 层压制品

层压制品是由天然或合成纤维纸、布，浸或涂胶后经热压卷制而成，层压制品分为层压板、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

层压管和层压棒等。电工最常用的是层压板，常用层压板的型号、特性和用途见表17-31。

表17-31　常用层压板的型号、特性和用途

名　称	型号	耐热等级	特性和用途
酚醛层压纸板	3020	E	电气性能较好、耐油性好，适于作电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
	3021	E	机械强度高，耐油性好，适于作电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
	3022	E	有较高的耐潮性。适于在高湿度条件下工作的电工设备中的绝缘结构件
	3023	E	介质损耗低，适于作无线电、电话和高频设备中的绝缘结构件
酚醛层压布板	3025	E	机械强度高，适于作电器设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
	3027	E	电气性能好，吸水性小。适于作高频无线电装置中绝缘结构件
酚醛层压玻璃布板	3230	B	力学性能、耐水和耐热性比层压纸、布板好，但粘合强度低。适于作电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
苯胺酚醛层压玻璃布板	3231	B	电气性能和力学性能比酚醛布板好，粘合强度与棉布板相近。可代替棉布板用作电机、电器中的绝缘结构件
环氧酚醛层压玻璃布板	3240	F	具有很高的机械强度，电气性能好，耐热性和耐水性较好，浸水后的电气性能较稳定。适于作要求高机械强度、高介电性能以及耐水性好的电机、电器绝缘结构件，并可在变压器油中使用
有机硅环氧层压玻璃布板	3250	H	电气性能和耐热性好，机械强度高。供作耐热和湿热地区H级电机、电器绝缘结构件
酚醛纸敷铜箔板	3420(双面) 3421(单面)	E	具有高的抗剥强度，较好的力学性能、电气性能和机械加工性。适于作无线电、电子设备和其他设备中的印制电路板
环氧酚醛层压玻璃布敷铜箔板	3440(双面) 3441(单面)	F	具有较高的抗剥强度和机械强度，电气性能和耐水性好。用于制造工作温度较高的无线电、电子设备及其他设备中的印制电路板

17.2.5　云母制品

云母制品是由胶粘漆将薄片云母或粉云母纸粘在单面或双面补强材料上，经焙烘、压制而成的柔软或硬质绝缘材料。云母制品主要分为云母带、云母板、云母箔等，常用云母制品的规格、特性和用途见表17-32。

表17-32　常用云母制品的规格、特性和用途

名　称	型号	耐热等级	特性和用途
醇酸纸云母带	5430	B	耐热性较高，但防潮性较差，可作直流电机电枢和低压电机绕组的绝缘
醇酸绸云母带	5432	B	
醇酸玻璃云母带	5434	B	
环氧聚酯玻璃粉云母带	5437-1	B	热弹性较高，但介质损耗较大，可作电机匝间和端部绝缘
醇酸纸柔软云母板	5130	B	用于低压交、直流电机槽衬和端部层间绝缘
醇酸纸柔软粉云母板	5130-1	B	
环氧纸柔软粉云母板	5136-1	B	用于电机槽绝缘及匝间绝缘
环氧玻璃柔软粉云母板	5137-1	B	用于低压电机槽绝缘和端部层间绝缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　　称	型号	耐热等级	特性和用途
醇酸衬垫云母板	5730	B	用于电机、电器衬垫绝缘
虫胶衬垫云母板	5731	B	
环氧衬垫粉云母板	5731-1	B	
醇酸纸云母箔	5830	B	用于一般电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘
虫胶纸云母箔	5831	E ~ B	
有机玻璃云母箔	5850	B	用于 H 级电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘

17.3　磁性材料

磁性材料按特性和用途一般分为软磁材料和硬磁材料（又称永磁材料）两大类。电工产品中应用最广的为软磁材料。软磁材料的磁导率高、矫顽力低，在较低的外磁场下，能产生高的磁感应强度，而且随着外磁场的增大能很快达到饱和；当外磁场去掉后，磁性又基本消失。常用的软磁材料主要有电工纯铁（又称电磁纯铁）和电工硅钢片等。

17.3.1　电磁纯铁

电磁纯铁的主要特征是饱和磁感应强度高，冷加工性好，但电阻率低、铁损耗高，故一般用于直流磁极。

电磁纯铁的牌号和磁性能见表 17-33。

表 17-33　电磁纯铁的牌号和磁性能

磁性等级	牌号	矫顽力 H_C/(A/m) ≤	最大磁导率 μ_m/(mH/m) ≥	在不同磁场强度下(A/cm)的磁感应强度 B/T ≥				
				B_5	B_{10}	B_{25}	B_{50}	B_{100}
普级	DT3、DT4、DT5、DT6	95	7.5	1.4	1.5	1.62	1.71	1.80
高级	DT3A、DT4A、DT5A、DT6A	72	8.8					
特级	DT4E、DT6E	48	11.3					
超级	DT4C、DT6C	32	15.1					

17.3.2　电工硅钢片

硅钢片是电力和电信工业的主要磁性材料，按制造工艺不同，分为热轧和冷轧两种类型。冷轧硅钢片又分为取向和无取向两类。热轧硅钢片用于电机和变压器；冷轧取向硅钢片主要用于变压器，冷轧无取向硅钢片主要用于电机。

硅钢片的品种和主要用途见表 17-34。

表 17-34　硅钢片的品种和主要用途

分　　类		牌　　号	厚度/mm	应 用 范 围
热轧硅钢片	热轧电机钢片	DR1200-100、DR740-50、DR1100-100、DR650-50	0.50、1.0	中小型发电机和电动机
		DR610-50、DR530-50、DR510-50、DR490-50	0.5	要求损耗小的发电机和电动机
		DR440-50、DR405-50、DR325-35	0.35、0.5	中小型发电机和电动机
		DR280-35、DR315-50、DR290-50、DR255-35	0.35、0.5	控制微电机、大型汽轮发电机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分类			牌号	厚度/mm	应用范围
热轧硅钢片	热轧变压器钢片		DR360-35、DR325-35、DR405-50	0.35、0.50	电焊变压器、扼流器
			DR325-35、DR280-35、DR255-35、DR360-50、DR315-50、DR290-35	0.35、0.50	电力变压器、电抗器和电感线圈
冷轧硅钢片	无取向	电机用	DW540-50、DW470-50	0.50	大型直流电机、大中小型交流电机
			DW360-50	0.35、0.50	大型交流电机
		变压器用	DW540-50、DW470-50	0.50	电焊变压器、扼流器
			DW310-35、DW265-35、DW360-50、DW315-50	0.35、0.50	电力变压器、电抗器
	单取向	电机用	DQ230-35、DQ133-35、DQ179-30、DQ151-35、DQ133G-30、DQ180-30、DQ122G-30、DQ126G-35、DQ137G-35	0.30、0.35	大型交流发电机
			G1、G2、G3、G4（日本牌号）	0.05、0.08、0.2	中高频发电机、微电机
		变压器用	DQ230-35、DQ133-35、DQ179-30、DQ151-35、DQ133G-30、DQ180-30、DQ122G-30、DQ126G-35、DQ137G-35	0.30、0.35	电力变压器、音频变压器
			G1、G2、G3、G4（日本牌号）	0.30、0.35	电抗器、互感器
			G1、G2、G3、G4（日本牌号） DG1、DG2、DG3、DG4、DG5、DG6	0.30、0.35	电源变压器、高频变压器、脉冲变压器、扼流器等电信用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

参 考 文 献

[1] 《电力设备选型手册》编写组. 电力设备选型手册［M］. 北京：中国水利水电出版社，2006.
[2] 上海电器科学研究所（集团）有限公司. 低压电器产品手册［M］. 北京：机械工业出版社，2007.
[3] 西安高压电器科学研究所有限责任公司. 高压电器产品手册［M］. 北京：机械工业出版社，2008.
[4] 上海电器科学研究所. 中小型电机产品样本［M］. 北京：机械工业出版社，2003.
[5] 黎文安. 电气设备手册［M］. 北京：中国水利水电出版社，2007.
[6] 仲明振，等. 低压变频器应用手册［M］. 北京：机械工业出版社，2009.
[7] 王其红，等. 电工手册［M］. 郑州：河南科学技术出版社，2010.
[8] 周小群. 简明电工实用手册［M］. 合肥：安徽科学技术出版社，2006.
[9] 周鹤良. 电气工程师手册［M］. 北京：中国电力出版社，2008.
[10] 吕如良，等. 电工手册［M］. 上海：上海科学技术出版社，2006.
[11] 袁任光，等. 柴油发电机组选用与安装维护［M］. 北京：机械工业出版社，2009.
[12] 李正吾. 新电工手册［M］. 2 版. 合肥：安徽科学技术出版社，2006.
[13] 何利民，等. 电工手册［M］. 2 版. 北京：中国建筑工业出版社，2002.
[14] 孙克军. 实用小型发电设备的使用与维修［M］. 北京：化学工业出版社，2010.
[15] 章运鹏，等. 实用电工手册［M］. 北京：中国水利水电出版社，2008.
[16] 何显富，等. 风力机设计、制造与运行［M］. 北京：化学工业出版社，2009.
[17] 赵丹平，等. 风力机设计理论及方法［M］. 北京：北京大学出版社，2012.
[18] 龚顺镒. 电工电子手册［M］. 北京：中国电力出版社，2008.
[19] 李钟实. 太阳能光伏发电系统设计施工与维护［M］. 北京：人民邮电出版社，2010.
[20] 田力文. 太阳能光伏照明手册［M］. 北京：化学工业出版社，2011.
[21] 李圣年. 潜水电泵检修技术问答［M］. 北京：化学工业出版社，2008.
[22] 西安微电机研究所. 微特电机应用手册［M］. 福州：福建科学技术出版社，2007.
[23] 孙成宝，等. 配电技术手册［M］. 北京：中国电力出版社，2005.
[24] 姚志松，等. 新型节能变压器选用运行与维修［M］. 北京：中国电力出版社，2010.
[25] 张占松. 电气技师实用手册［M］. 北京：机械工业出版社，2006.
[26] 盛万兴，等. 非晶合金铁心配电变压器应用技术［M］. 北京：中国电力出版社，2009.
[27] 姚志松，等. 中小型变压器实用全书［M］. 2 版. 北京：机械工业出版社，2008.
[28] 狄富清. 变电设备合理选择与运行维修［M］. 北京：机械工业出版社，2006.
[29] 阎士琦. 常用电气设备故障诊断技术手册［M］. 北京：中国电力出版社，2002.
[30] 杜国华. 新编焊接技术问答［M］. 北京：机械工业出版社，2008.
[31] 焦万才，等. 焊工设计操作手册［M］. 沈阳：辽宁科学技术出版社，2006.
[32] 万英. 新维修电工手册［M］. 福州：福建科学技术出版社，2006.
[33] 桂长清，等. 实用蓄电池手册［M］. 北京：机械工业出版社，2011.
[34] 孙克军. 中小微型电机使用与维修手册［M］. 北京：机械工业出版社，2011.

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

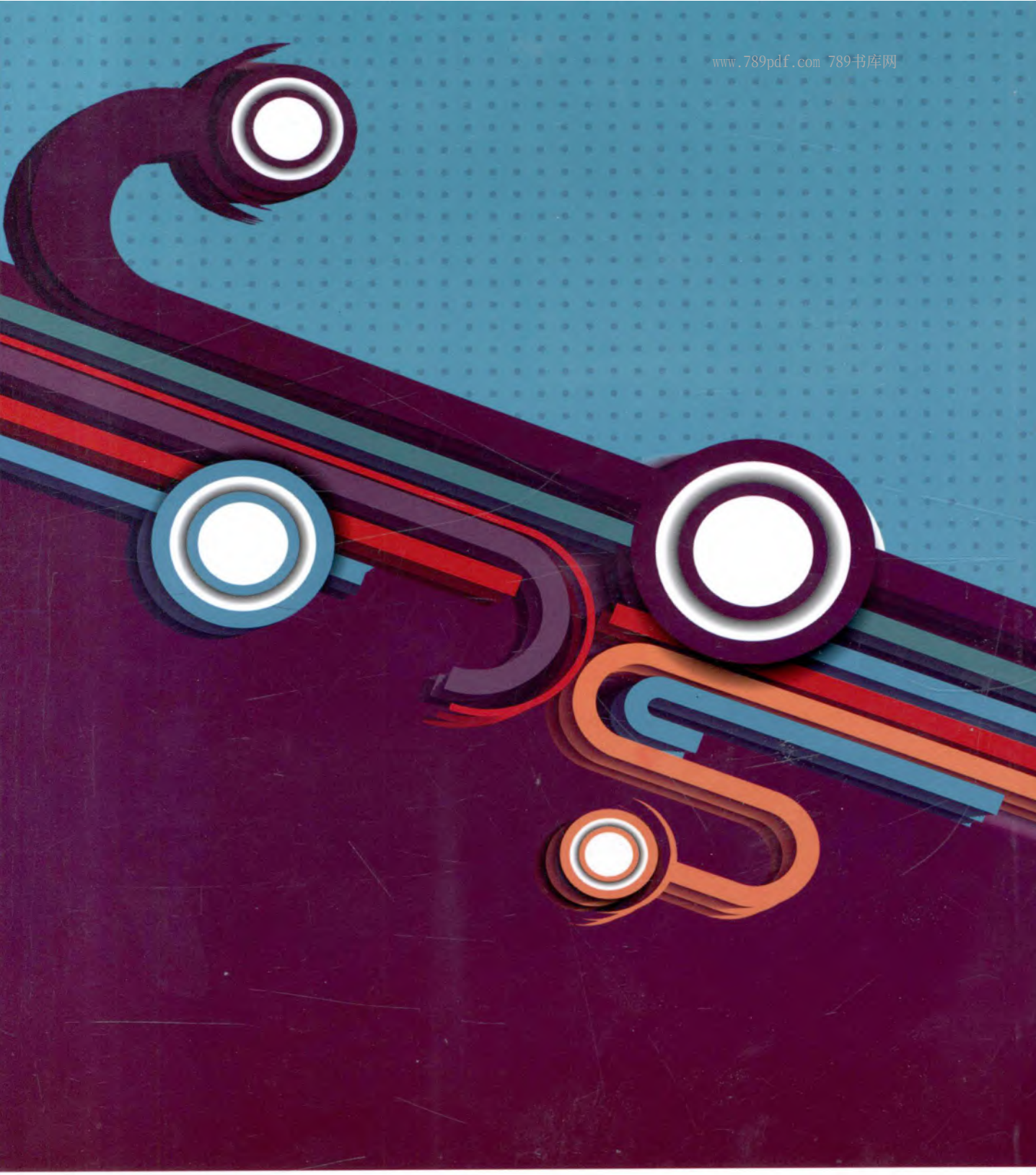
机械工业出版社相关图书

序号	书　名	书号	定价
1	电工实用技能手册(第2版)	32980-0	98
2	常用电工技能一本通	34515-2	29.80
3	电工技能迅速入门	27400-1	28
4	电工技能随身读	35768-1	28
5	电工技能学用速成(第2版)	35019-4	20
6	电工技能一点通	19044-8	20
7	电工入门一点通	30405-0	28
8	电工维修一本通	33191-9	29.80
9	电工安装一本通	33192-4	29.80
10	电工口诀(第3版)	29416-0	24.80
11	电工技能口诀	30894-2	19.80
12	电工速算口诀	39049-7	19.80
13	电工安全禁忌口诀	33015-8	20
14	电力施工及用电安全口诀	35043-9	19.8
15	农电安规速记口诀	26764-5	10
16	电工安全一点通	28552-6	18
17	图表速学电工技能	29739-0	29.80
18	图说电工识图入门	35631-8	29.80
19	图说电工实用技能入门	35722-4	39.80
20	图说万用表使用入门	35279-2	33
21	袖珍简明电工手册	32981-7	10
22	低压电工入门问答	36201-2	28
23	高压电工入门问答	36200-5	28
24	维修电工入门问答	36406-1	28
25	电工实用电路300例	28615-8	19
26	实用电路手册	28151-1	88
27	实用电路速学速用宝典	32744-8	99
28	中国十大行业常用电路	38351-5	28
29	从零起步轻松学电动自行车养护与修理问答	35057-6	18
30	从零起步轻松学家用电器检修方法与拆修技术问答	35125-2	18
31	从零起步轻松学太阳能热水器养护与修理问答	36365-1	19.80
32	家用太阳能热水器使用与维修200问	35330-0	20
33	漫话3G手机	29403-0	23
34	生活电子制作图说精解	32888-9	49.80
35	电子电路识图技能一点通	24872-9	25
36	电子技术一点通	26114-8	35

以上图书在全国书店均有销售,您也可在中国科技金书网(www. golden-book. com,电话:010-88379203)联系购书事宜。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电气工程／电工技术
ISBN 978-7-111-41311-0
策划编辑◎张沪光 / 封面设计◎陈沛
ISBN 978-7-111-41311-0
9 787111 413110 >
定价：99.00元

www.789pdf.com 789书库网