

# 工厂电气控制技术

刘顺禧 编著  
吴中俊

NGCHANGDIANQIKONGZHIJISHU

同济大学出版社

# 工厂电气控制技术

刘顺禧 吴中俊 编著

同济大学出版社

## 内 容 提 要

介绍了电气控制系统中常用电器结构、工作原理和主要技术参数。全书共分七章,分别论述了电气控制电路的组成、分析和设计,并且介绍工厂常用的其它电气设备、电子电器及其组成的控制装置的应用、半导体的基本知识和简易顺序控制器,可控硅控制技术等。此外,对常用的电工测量仪表以及电器及其组成的控制电路的维护、故障分析和修理也作了相应的介绍。在部分章节和附录中还列出了低压电器的命名法、技术数据、国家的有关标准等供选用时参考。

本书可作为具有初步电工知识的工人提高理论知识和实践能力的自学用书,也可作为职业学校、大专院校等有关专业的教学参考书。

责任编辑 余荣林

封面设计 冯德君

工厂电气控制技术

刘顺禧 吴中俊 编著

同济大学出版社出版  
(上海四平路1239号)

江苏省新华书店发行 江苏工学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 20.4 字数: 522.2千字

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数: 1—5000 定价: 5.00元

ISBN 7-5609-0189-X/TB·8

## 序

由江苏工学院刘顺禧、吴中俊编著的《工厂电气控制技术》一书大量收集了通用机床的电气控制线路,并阐明了这些机床控制的原理和组成控制系统的原则,介绍了检修机床控制线路的方式。书中还包括各种机床常用低压电器的结构,原理和典型的控制系统。此外,还论及晶体管基础知识和简易程序控制器等,内容丰富,图文并茂,是一本比较系统的教材。我国工业企业的设备中,各种机床的拥有量相当庞大,除了一部分先进设备外,大量的机床设备还比较陈旧,它们大都是采用继电接触控制的老设备,显然不能适应现代工业加工的需要。要使机械加工现代化,并不能采用废弃这些老机床的办法,而是应该把新技术应用到老机床上,改造老机床使之焕发青春,满足现代加工的要求。要做到这一点,首先必须对原有机床的运行性能和控制原理有全面和清楚的了解。本书的上述内容可为老机床的现代化改造提供基础知识并供改造老设备时的参考。

本书的出版是在电工领域内给企业电工提供了一本系统的低压电器和电气控制系统的基础教材,它无疑将对培养人才,提高职工技术素质起一定的促进作用。

本书的出版将能得到广大读者的欢迎。

唐 宝 乾

1987.6

# 目 次

## 序

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| <b>第一章 常用低压电器</b> .....              | ( 1 )   |
| 第一节 概述 .....                         | ( 1 )   |
| 第二节 低压电器的命名法和意义及标准电工符号 .....         | ( 2 )   |
| 第三节 常用低压电器的结构、工作原理及用途 .....          | ( 9 )   |
| 第四节 有触点电器选用的一般原则 .....               | ( 44 )  |
| 第五节 低压电器常见故障及维修 .....                | ( 46 )  |
| 第六节 电气控制系统中常用的其它类型电器 .....           | ( 50 )  |
| <b>第二章 机床电气控制线路</b> .....            | ( 57 )  |
| 第一节 组成电气控制线路的基本规律 .....              | ( 57 )  |
| 第二节 机床控制线路的基本电路 .....                | ( 58 )  |
| 第三节 怎样读机床电路图——典型生产机械的电气控制电路的分析 ..... | ( 71 )  |
| 第四节 机床电气控制线路的设计 .....                | ( 93 )  |
| 第五节 机床电气设备的一般维修 .....                | ( 106 ) |
| <b>第三章 电机放大机控制系统</b> .....           | ( 115 ) |
| 第一节 电机放大机的工作原理和运行特性 .....            | ( 115 ) |
| 第二节 电机放大机用于调速控制系统的几个基本反馈环节 .....     | ( 119 ) |
| 第三节 电机放大机控制的龙门刨床 .....               | ( 127 ) |
| <b>第四章 电子技术基础知识</b> .....            | ( 156 ) |
| 第一节 晶体二极管 .....                      | ( 156 ) |
| 第二节 二极管整流电路和滤波器 .....                | ( 161 ) |
| 第三节 晶体三极管 .....                      | ( 166 ) |
| 第四节 晶体三极管放大电路 .....                  | ( 173 ) |
| 第五节 晶体三极管放大器 .....                   | ( 175 ) |
| 第六节 脉冲电路技术 .....                     | ( 180 ) |
| 第七节 晶体管振荡器 .....                     | ( 193 ) |
| 第八节 可控硅的一般知识 .....                   | ( 196 ) |
| 第九节 可控硅整流电路 .....                    | ( 200 ) |

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 第十节 可控硅元件的保护及串并联 .....       | ( 206 ) |
| 第十一节 可控硅的应用 .....            | ( 210 ) |
| 第十二节 场效应管 .....              | ( 213 ) |
| <b>第五章 简易顺序控制器</b> .....     | ( 216 ) |
| 第一节 概述 .....                 | ( 216 ) |
| 第二节 逻辑代数 .....               | ( 217 ) |
| 第三节 基本逻辑型顺序控制器 .....         | ( 224 ) |
| 第四节 条件步进型顺序控制器 .....         | ( 233 ) |
| <b>第六章 工厂常用的其它电气设备</b> ..... | ( 246 ) |
| 第一节 电焊机 .....                | ( 246 ) |
| 第二节 常用的热处理电炉 .....           | ( 347 ) |
| 第三节 手电钻 .....                | ( 253 ) |
| 第四节 电风扇 .....                | ( 254 ) |
| 第五节 15/3吨重级交流吊钩桥式起重机 .....   | ( 258 ) |
| 第六节 电磁配铁秤 .....              | ( 264 ) |
| 第七节 温度检测与控制设备 .....          | ( 267 ) |
| <b>第七章 电工仪表及测量</b> .....     | ( 270 ) |
| 第一节 电工仪表的分类和组成 .....         | ( 270 ) |
| 第二节 电流和电压的测量 .....           | ( 274 ) |
| 第三节 电功率和电能的测量 .....          | ( 280 ) |
| 第四节 功率因数的测量 .....            | ( 287 ) |
| 第五节 绝缘电阻的测量 .....            | ( 289 ) |
| 第六节 万用表 .....                | ( 290 ) |
| <b>附 表</b> .....             | ( 295 ) |
| <b>参考文献</b> .....            | ( 320 ) |

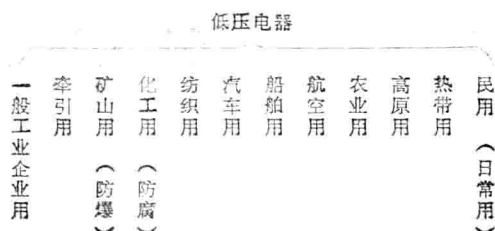
# 第一章 常用低压电器

## 第一节 概 述

电器是一种控制电能的工具。它对电能的产生，分配和使用起控制和保护作用。

在工厂里经常用到的接触器、继电器、主令控制器、电阻器、熔断器等都称为电器。

电器的种类很多，按其工作电压有以交流1 000伏、直流1 200伏为分界的高压电器和低压电器；按电器的动作可分为自动电器和手动电器；按其在电路中的作用可分为控制电器、保护电器等等。目前，我国低压电器的类别虽暂未统一划分，但一般按习惯，依其工作条件的不同，大致可以包括以下几类：



其中，工业企业用的低压电器，无论是品种或是数量，在整个低压电器中所占的比例最大。除民用低压电器外，其他各型统称“特殊用低压电器”，它们一般都是由“工业企业用”类产品派生而来的，而机床电器这个专业电器品种又构成了“工业企业用”类产品的主体。

本章着重讨论一般机械设备上用的电器类，并适当介绍一些配电用的电器。

低压电器在半个多世纪以来，随着工业、交通、冶金、纺织、化工、农业及人民生活水平的不断提高而得到了迅速的发展。产品的系列化，规格化，通用化以及品种也不断地得到完善。自本世纪三十年代开始，低压电器(尤其是机床电器)组成的自动控制系统——继电器接触器系统广泛运用于工农业的各个部门。

今后，低压电器的发展趋势将是：进一步提高它对各种使用条件的适应性和工作的可靠性，缩小外形尺寸，延长使用寿命，提高操作频率，并向小型、通用、积木化的结构方向发展。进一步提高产品的标准化、系列化的程度，以适应工农业生产 and 人民生活远景规划的要求。

由于电子工业的飞速发展，目前大量的晶体管电路(包括可控硅电路)、集成电路的广泛应用，已经使弱电元器件迈入强电领域，电子器件在低压电器中逐步占有了一定的地位。尤其是电子计算机的发展，机床的数字控制已经得到了推广使用，并将是机械工业中

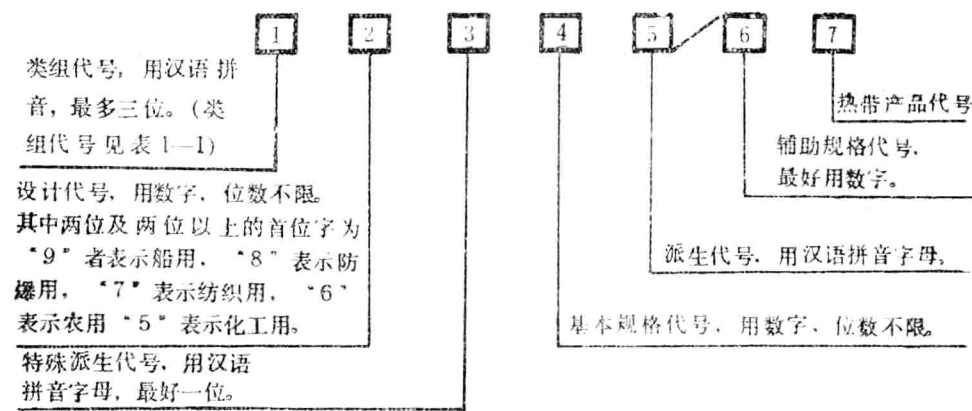
的发展方向。然而，即使应用计算机控制机床，低压电器中的某些产品仍然有着广泛的应用。因为电子计算机的输入输出信号都很小，要推动机械设备的动力——电动机，就必须在输出时加以放大。这就需要用到接触器（当然可用可控硅开关电路）。我国目前绝大多数工矿企业中的机械设备仍然是用低压电器组成的控制系统来控制的。因此我们对低压电器中有代表性的，常用的一些电器元器件的工作原理，结构及使用作些简单介绍。

## 第二节 低压电器的命名法和意义及标准电工符号

### 一、低压电器的命名法和意义

低压电器品种繁多，只要掌握低压电器型号的含义，从电器的铭牌上就可以知道电器所属的类别，系列及规格。

我国低压电器型号的命名意义如下：



类组代号与设计代号的组合，表示产品的系列。见表 1—1，表中竖着排列下来的 H、R、D…A 表示低压电器的十三大类产品，横排的 A、B、C…Z 表示低压电器产品的组别。如 DW10 表示框架式自动开关第 10 个系列，其中“D”代表自动开关类别，“W”表示万能式组别。

### 二、电气图形符号（标准电工图形）

电气控制图纸是电气工程的语言，语言是人们用于交换思想的工具，因而语言必须具有通用性和规范化。为了便于读者阅读电气图纸和设计图纸，现将我国电工常用基本符号列于表 1—2～表 1—4，电工系统图图形符号列于表 1—5。



表 1-1-1 低压电器产品型号代号表

| 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<br>转换开关 |     |      |      | 刀开关 |          | 封闭式<br>负荷开关 |      | 开启式<br>负荷开关 |             |    |    |    | 熔断器式<br>刀开关 | 刀形转<br>换开关 |           |          |            |      | 其他 | 组合<br>开关  |
| R  | 熔断器          |     |      | 插入式  |     |          | 汇流排式        |      |             | 螺旋式<br>密封管式 |    |    |    |             | 快速         | 有填料<br>管式 |          |            | 限流   | 其他 |           |
| D  | 自动开关         |     |      |      |     |          |             |      |             | 照明          | 灭磁 |    |    |             | 快速         |           |          | 框架式        | 限流   | 其他 | 塑料<br>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         |           |          |            |      | 其他 | 直流        |
| Q  | 起动器          | 按钮式 |      | 磁力式  |     |          |             | 减    |             |             |    |    |    |             | 手动         |           | 油浸       |            | 星三角  | 其他 | 综合        |
| J  | 控制<br>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<br>控制器   |             |    |    |    |             | 主令<br>开关   | 足踏<br>开关  | 按钮       | 万能转<br>换开关 | 行程开关 | 其他 |           |
| Z  | 电阻器          |     | 板形元件 | 冲片元件 |     | 管形<br>元件 |             |      |             |             |    |    |    |             | 烧结<br>元件   | 铸铁<br>元件  |          |            | 电阻器  | 其他 |           |
| B  | 变阻器          |     |      | 旋臂式  |     |          |             |      |             | 励磁          |    | 频敏 | 起动 |             | 石墨         | 起动<br>调速  | 油浸<br>起动 | 液体<br>起动   | 滑线式  | 其他 |           |
| T  | 调整器          |     |      |      | 电压  |          |             |      |             |             |    |    |    |             |            |           |          |            |      |    |           |
| M  | 电磁铁          |     |      |      |     |          |             |      |             |             |    |    | 牵引 |             |            |           |          | 起重         |      |    | 制动        |
| A  | 其他           |     | 保护器  | 插销   | 灯   |          | 接线盒         |      |             | 铃           |    |    |    |             |            |           |          |            |      |    |           |

表1—2 电工常用基本符号或字母

| 基本符号或字母 |      | 名 称    | 基本符号或字母 |      | 名 称 | 基本符号或字母    | 名 称   |
|---------|------|--------|---------|------|-----|------------|-------|
| 单独时用    | 组合时用 |        | 单独时用    | 组合时用 |     |            |       |
| R       | R    | 电阻(器)  | DL      | D    | 断路器 | A          | 安培表   |
| L       | L    | 电感(器)  | RD      | RD   | 熔断器 | mA         | 毫安表   |
| C       | C    | 电容(器)  | J       | J    | 继电器 | $\mu$ A    | 微安表   |
| DK      | K    | 电抗(器)  | C       | C    | 接触器 | kA         | 千安表   |
| W       | W    | 电位(器)  | Q       | Q    | 起动器 | V          | 伏特表   |
| F       | F    | 发电机    | KZ      | K    | 控制器 | mV         | 毫伏表   |
| D       | D    | 电动机    | T       | T    | 调整器 | kV         | 千伏表   |
| L       | L    | 励磁机    | ZL      | Z    | 整流器 | W          | 瓦特表   |
| FD      | F    | 放大器(机) | Y       | Y    | 扬声器 | kW         | 千瓦表   |
| Q       | Q    | 绕组或线圈  | Z       | Z    | 选择器 | Wh         | 千瓦时表  |
| B       | B    | 变压器    | ZO      | Z    | 终接器 | Ah         | 安时表   |
| H       | H    | 互感器    | LB      | L    | 滤波器 | Hz         | 频率表   |
| FL      | FL   | 分流器    | D       | D    | 灯   | $\cos\phi$ | 功率因数表 |
| FY      | FY   | 分压器    | DC      | DC   | 电池  | $\Omega$   | 欧姆表   |
| K       | K    | 开关     | M       | M    | 电母线 | M $\Omega$ | 兆欧表   |
| AN      | A    | 按钮     |         |      |     | n          | 转速表   |
|         |      |        |         |      |     | T          | 温度表   |

表1—3 电工常用辅助符号或字母

| 辅助符号或字母 |     |     | 名 称 | 辅助符号或字母 |     |     | 名 称 | 辅助符号或字母 |     |     | 名 称 |
|---------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
| 并 列     |     | 角 注 |     | 并 列     |     | 角 注 |     | 并 列     |     | 角 注 |     |
| 单组合     | 多组合 |     |     | 单组合     | 多组合 |     |     | 单组合     | 多组合 |     |     |
| ZL      | Z   | zl  | 直 流 | PY      | B   | by  | 备 用 | Q       | Q   | q   | 起 动 |
| JL      | J   | jl  | 交 流 | F       | F   | f   | 附 加 | T       | T   | t   | 停 止 |
| Y       | Y   | y   | 电 压 | Y       | Y   | y   | 异 步 | G       | G   | g   | 工 作 |
| L       | L   | l   | 电 流 | T       | T   | t   | 同 步 | K       | K   | k   | 控 制 |
| S       | S   | s   | 时 间 | LS      | L   | ls  | 联 锁 | X       | X   | x   | 信 号 |
| BH      | B   | bh  | 闭 合 | Z       | Z   | z   | 自 动 |         |     |     |     |
| DK      | D   | dk  | 断 开 | S       | S   | s   | 手 动 |         |     |     |     |

表1—4 专 用 文 字 符 号

| 文字符号 | 名 称     | 文字符号 | 名 称          | 文字符号 | 名 称         |
|------|---------|------|--------------|------|-------------|
| CSF  | 测速发电机   | TY   | 调 压 器        | XJQ  | 星三角起 动器     |
| SFD  | 伺服电动机   | LH   | 电 流 互 感 器    | ZBQ  | 自耦变压起 动器    |
| ZD   | 整流子电动机  | YH   | 电 压 互 感 器    | GQ   | 电 感 器       |
| BL   | 交 流 机   | DK   | 刀 开 关        | GK   | 鼓形控制 器      |
| JF   | 电机放大机   | GLK  | 隔 离 开 关      | LK   | 主 令 控 制 器   |
| ZLF  | 直流发电机   | ZK   | 自动开关(自动电气开关) | TK   | 凸 轮 控 制 器   |
| JLF  | 交流发电机   | FK   | 负 荷 开 关      | XK   | 程 序 控 制 器   |
| TF   | 同步发电机   | HK   | 转换开关(组合开关)   | CF   | 磁 放 大 器     |
| ZLD  | 直流电动机   | WK   | 万 能 转 换 开 关  | ZF   | 电 子 放 大 器   |
| JLD  | 交流电动机   | KK   | 控 制 开 关      | BF   | 半 导 体 放 大 器 |
| TD   | 同步电动机   | XWK  | 限 位 开 关      | GLF  | 功率放大器(机)    |
| YD   | 异步电动机   | GYD  | 高 压 断 路 器    | MF   | 脉 冲 放 大 器   |
| LD   | 笼型电动机   | KJ   | 控 制 继 电 器    | DL   | 电 铃         |
| HD   | 滑环电动机   | ZJ   | 中 间 继 电 器    | FM   | 蜂 鸣 器       |
| DSD  | 多速电动机   | LJ   | 电 流 继 电 器    | ZS   | 指 示 器       |
| TSD  | 调速电动机   | RJ   | 热 继 电 器      | XD   | 信 号 灯       |
| LQ   | 励 磁 绕 组 | YJ   | 电 压 继 电 器    | SB   | 示 波 器       |
| QQ   | 起 动 绕 组 | SJ   | 时 间 继 电 器    | LB   | 滤 波 器       |
| SQ   | 电 枢 绕 组 | WDJ  | 温 度 继 电 器    | JB   | 检 波 器       |
| DQ   | 定 子 绕 组 | CDJ  | 差 动 继 电 器    | XDC  | 蓄 电 池       |
| ZQ   | 转 子 绕 组 | XHJ  | 信 号 继 电 器    | DL   | 电 炉         |
| HXQ  | 换 向 绕 组 | PJ   | 频 率 继 电 器    | DCT  | 电 磁 铁       |
| BCQ  | 补 偿 绕 组 | JHJ  | 极 化 继 电 器    | DH   | 电 焊 机       |
| KQ   | 控 制 绕 组 | YLJ  | 压 力 继 电 器    | BL   | 避 雷 器       |
| ZOB  | 自耦变压器   | SDJ  | 速 度 继 电 器    | WL   | 稳 流 器       |
| KB   | 控制变压器   | ZC   | 正 转 接 触 器    | WY   | 稳 压 器       |
| LB   | 电力变压器   | NC   | 逆 转 接 触 器    | CLH  | 电 磁 离 合 器   |
| GLB  | 隔离变压器   | QC   | 起 动 接 触 器    | KX   | 控 制 箱       |
| ZB   | 照明变压器   | ZDC  | 制 动 接 触 器    | KT   | 控 制 台       |
| ZLB  | 整流变压器   | CQ   | 磁 力 起 动 器    | ZX   | 电 阻 箱       |

表1—5 电工系统图图形符号

| 名 称                             | 图 形 符 号 | 名 称                                                                             | 图 形 符 号 |
|---------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 直流电                             | —       | 变阻器(可调电阻)一般符号                                                                   |         |
| 交流电一般符号                         | ~       | 电位器的一般符号                                                                        |         |
| 交直流                             | ~       | 电容器的一般符号                                                                        |         |
| 相数m, 频率f的交流电                    | m ~ f   | 电解电容                                                                            | ①       |
| 交流电的相序                          |         | ②                                                                               |         |
| A相(第一相)                         | A       | 注: 允许不标注正负号                                                                     |         |
| B相(第二相)                         | B       | ② 无极性的                                                                          |         |
| C相(第三相)                         | C       | 可变电容                                                                            |         |
| 正极                              | +       | 变压器绕组                                                                           |         |
| 负极                              | -       | 注: 半圆数不作规定                                                                      |         |
| 三相V形连接的两个绕组                     |         | 电感线圈                                                                            |         |
| 星形连接的三相绕组                       |         | 有铁芯的电感线圈                                                                        |         |
| 有中性点引出线的星形连接三相绕组                |         | 电抗器                                                                             |         |
| 电气连接的一般符号                       |         | 不连接的跨越导线(或电缆、母线)                                                                |         |
| 注: ① 如需表示电气连接是可拆卸的(例如端子)必须采用的符号 | ①       | 互相连接的交叉导线(或电缆、母线)                                                               |         |
| ② 如果经过相应说明, 符号(2)也可用以表示可拆卸的电气连接 | ②       | 单级绕组电流互感器                                                                       |         |
| 接机壳一般符号                         |         | 旋转电机的绕组                                                                         |         |
| 接地一般符号                          |         | ① 换向绕组                                                                          | ①       |
| 导线、电缆及母线                        |         | ② 补偿绕组                                                                          | ②       |
| ① 一般符号                          | ①       | ③ 交流电机定子绕组(每相)或直流电机励磁绕组; 如果需将并励绕组和串励绕组区别, 可以用四个半圆表示并励绕组                         | ③       |
| ② 导线及电缆                         | ②       |                                                                                 |         |
| ③ 母线                            | ③       |                                                                                 |         |
| 软电缆、软导线                         |         |                                                                                 |         |
| 由三根导线或电缆组成的电路                   |         | 电刷与换向器                                                                          |         |
| 双星形连接的三相绕组                      |         | 三相笼型异步电动机                                                                       |         |
| 三角形连接的三相绕组                      |         | 旋转电机的一般符号                                                                       |         |
| 开口三角形连接的三相绕组                    |         | 在圆圈内允许加注表示电流种类的符号, 如~(交流), 3~(三相交流), -(直流); 在圆圈内允许加注电机用途的文字符号, 如F, D分别表示发电机、电动机 |         |
| 绝缘击穿的一般符号                       |         |                                                                                 |         |
| 电阻的一般符号(固定电阻)                   |         |                                                                                 |         |
| 有抽头的固定电阻                        |         | 有铁芯的单相双绕组变压器                                                                    |         |

续表

| 名 称                  | 图 形 符 号 | 名 称                                        | 图 形 符 号     |
|----------------------|---------|--------------------------------------------|-------------|
| 有铁芯的三相自耦变压器绕组连接为星形   |         | 带抽头的电池组                                    |             |
| 旋转变压器                |         | 保持触点<br>① 动合(常开)触点<br>② 动断(常闭)触点           | 继电器 接触器<br> |
| 三相隐极同步电机, 定子绕组三角形连接  |         | 带时限的继电器和接触器的触点                             | ①           |
| 他励式直流电机              |         | ② 延时闭合的动合(常开)触点                            | ②           |
| 串励式直流电机              |         | ③ 延时开启的动合(常开)触点                            | ③           |
| 并励式直流电机              |         | ④ 延时闭合与开启的动合(常开)触点                         | ④           |
| 复励式直流电机              |         | ⑤ 延时闭合的动断(常闭)触点                            | ⑤           |
| 交磁放大机有一控制绕组          |         | ⑥ 延时开启的动断(常闭)触点                            | ⑥           |
| 原电池或蓄电池              |         | 带电磁吹弧线圈的触点                                 | 接触器<br>①    |
| 三相滑环异步电动机            |         | ① 动合(常开)触点<br>② 动断(常闭)触点                   | ②           |
| 开关和转换开关触点            | ①       | 带灭弧装置的触点                                   | 接触器<br>①    |
| ① 动合(常开)触点           | ②       | ① 动合(常开)触点<br>② 动断(常闭)触点                   | ②           |
| ② 动断(常闭)触点           | ③       | 短时闭合触点(滑动的)                                | ①           |
| ③ 切换触点               | ④       | ① 动合(常开)触点(双方向滑动的)<br>② 动合(常开)触点(按箭头方向滑动的) | ②           |
| 自动开关的动合(常开)触点        |         | 非电继电器(反映非电物理量的变化)触点                        | ①           |
| 继电器触点                | ①       | ① 一般符号                                     | ②           |
| ① 动合(常开)触点           | ②       | ② 机械式                                      | ③           |
| ② 动断(常闭)触点           | ③       | ③ 气压或液压式(例如压力继电器)                          | ④           |
| ③ 切换触点               | ④       | ④ 液位式(例如浮子继电器)                             | ⑤           |
| ④ 继续动合(常开)触点         | ⑤       | ⑤ 温度式(例如温度继电器)                             | ⑥           |
| ⑤ 继续先合后断触点           | ⑥       | ⑥ 离心式或转速式                                  | 或           |
| ⑥ 双向继续先断后合触点         |         | 三极开关                                       |             |
| 接触器、起动器、动力控制器的触点     | ①       | 二极自动开关                                     |             |
| ① 动合(常开)触点           | ②       |                                            |             |
| ② 动断(常闭)触点           | ③       |                                            |             |
| ③ 切换触点               | ④       |                                            |             |
| ④ 不切断切换触点            |         |                                            |             |
| 注: 辅助触点应和该设备的主触点符号一致 |         |                                            |             |

续表

| 名 称                              | 图 形 符 号 | 名 称                       | 图 形 符 号 |
|----------------------------------|---------|---------------------------|---------|
| 三级自动开关                           |         | 带动合(常开)和动断(常闭)触点,能自动返回的按钮 |         |
| 插接器的一般符号                         |         | 带闭锁装置的按钮                  |         |
| 插头的一般符号                          |         | 继电器、接触器、磁力起动器线圈           | ①       |
| 插座的一般符号                          |         | ② 当需要指出继电器为单线圈时           | ②       |
| 带动合(常开)触点能自动返回的按钮                |         | 电磁离合器的一般符号                |         |
| 带动断(常闭)触点能自动返回的按钮                |         | 可逆式电磁离合器                  |         |
| 动力控制器                            |         | 电磁吸盘                      |         |
| 控制器或操作开关                         |         | 蜂鸣器                       |         |
| 双线圈继电器和接触器                       |         | 电铃的一般符号                   |         |
| 带时限的电磁继电器线圈                      | ①       | 电喇叭                       |         |
| ② 缓放线圈                           | ②       | 电警笛                       |         |
| 熔断器                              |         | 半导体二极管                    |         |
| 与工作机械联动的开关(如线路开关,极限开关,微动开关,连锁开关) | ①       | P-n-P型半导体管                |         |
| ① 动合(常开)触点                       | ②       | n-P-n型半导体管                |         |
| ② 动断(常闭)触点                       | ③       | 单结晶体管                     |         |
| ③ 线圈的引出线允许绘于矩形的一侧                | a       | 场效应管                      |         |
| ④ 当需指出不同作用的线圈时表示如下:              | b       | 照明灯的一般符号                  |         |
| a. 电流线圈                          | c       | 信号灯的一般符号                  |         |
| b. 电压线圈                          | d       | 电磁铁的一般符号                  |         |
| c. 过电流继电器线圈                      |         | 三相电磁铁                     |         |
| d. 低电压继电器线圈                      |         | 滑线式集电器                    |         |
|                                  |         | 热元件(热继电器的发热元件)            |         |
|                                  |         | 半导体稳压管                    |         |
|                                  |         | 晶闸管(可控硅)                  |         |

### 第三节 常用低压电器的结构、工作原理及用途

由于电器种类繁多，结构各异，用途也各不相同，本节主要介绍用于电力拖动自动控制500伏以下的常用低压电器的结构、工作原理及用途。

#### 一、接触器、继电器

接触器、继电器是使用最广泛的低压电器。这里主要介绍电磁式继电器。接触器是属于电磁式继电器中的一种，因此接触器与电磁式继电器都有类似的部分。电磁式继电器主要由铁芯、衔铁、励磁线圈、动触点和静触点（在接触器中通常称触头）、返回弹簧以及支座等构成。其动作原理并不复杂，只要在它的励磁线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，这时铁芯将产生一个电磁吸力将衔铁吸住，从而使与衔铁相连的动触点动作而与静触点闭合或分开。

电磁吸力可用下式计算： $F = 4 \times 10^5 B^2 S = 4 \times 10^5 \phi^2 / S$ ，单位N（牛顿）

式中  $B$ ——通过铁芯端面的磁感应强度，单位Wb/m<sup>2</sup>（特斯拉 = 韦伯/米<sup>2</sup>）

$\phi$ ——通过铁芯端面的磁通，单位Wb（韦伯）

$S$ ——铁芯端面面积，单位m<sup>2</sup>（米<sup>2</sup>）

#### （一）接触器

接触器是一种用来接通或断开带有负载的交、直流电路或大容量控制电路的自动化切换电器，其主要控制对象是电动机，也可用于其它电力负载，如电热器、电焊机、电炉变压器、电容器组等。从表面现象看，它的作用和刀开关相似，但是接触器不仅能接通和断开电路，还具有低压释放的保护作用。它有控制容量大、适用于频繁操作和远距离控制、工作可靠、寿命长等优点，而刀开关既无低电压释放保护又只能用手直接操作，一般只能作电路的隔离开关使用。

接触器是利用电磁吸力来使与衔铁相联动的动触点与静触点脱开或闭合的电器。从接触器问世开始，它就成为自动控制系统中常用的重要元件之一。

接触器按其触点通过电流的种类可分为交流接触器和直流接触器两种。

##### 1. 交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、返回弹簧、灭弧装置等部分组成。常见的有CJO、CJ10、CJ12、CJ12B等系列交流接触器。其中CJ12配有磁吹式纵缝灭弧系统，CJ12B配有栅片灭弧装置而不加磁吹。

##### （1）电磁机构

用来带动触点闭合与断开的电磁机构是由励磁线圈,铁芯和衔铁几部分组成。图1—1是CJ12B交流接触器的电磁机构结构图。

交流接触器的励磁线圈一般采用电压线圈,通以单相交流电。为减少涡流和磁滞损耗,以免铁芯发热过甚,铁芯用硅钢片迭铆而成,通常做成E型。因交流接触器励磁线圈的电阻相对于线圈的电感较小,故铜损引起的发热较小。为了增加铁芯的散热面积,励磁线圈均做成粗而短的圆筒状。

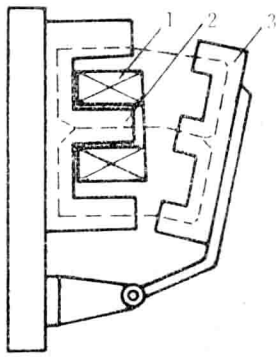


图1—1 交流接触器的电磁机构  
1—线圈 2—铁芯 3—衔铁

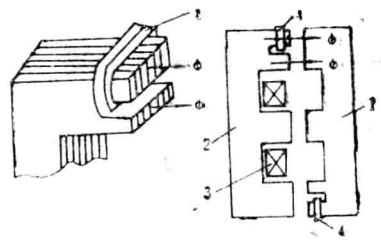


图1—2 交流电磁铁的短路环  
1—衔铁 2—铁芯 3—线圈 4—短路环

由于单相交流电压过零时,吸力为零,从而引起衔铁与铁芯之间产生振动与噪音。振动易使电器结构松散,寿命缩短,同时会使触点接触不良,易于熔焊与蚀损。噪音使人感到疲劳,妨碍操作。为了消除这一现象,在铁芯端面上嵌装一个自成回路的铜环,常称为分磁环或短路环(如图1—2所示)。短路环相当于变压器的付绕组,当励磁线圈通入交流电后,在短路环中就有感应电流存在。短路环把铁芯中的磁通分为两部分,即不穿过短路铜环的 $\phi_1$ 和穿过短路铜环的 $\phi_2$ 。磁通 $\phi_1$ 由电磁铁线圈电流 $I_1$ 产生,而 $\phi_2$ 则是 $I_1$ 及短路环中的感应电流 $I_2$ 产生的磁通的合成,故 $\phi_1$ 与 $\phi_2$ 的相位也不同,亦即 $\phi_1$ 与 $\phi_2$ 不同时为零,这样就能在磁通 $\phi_1$ 过零时,铁芯仍然吸住衔铁,使衔铁的振动减小或消失。短路环的作用愈大且铁芯和衔铁接触得愈紧密,气隙愈小,衔铁就不易产生振动。若短路环损坏,或者铁芯端面上有灰尘等杂质,衔铁就会产生强烈的振动和噪音。

短路环通常包围三分之二的铁芯截面,它一般用铜,康铜或镍铬合金等材料制成。

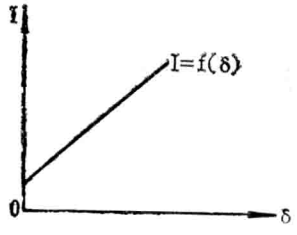


图1—3 交流接触器励磁线圈电流与气隙的关系

交流接触器起动时,由于铁芯气隙 $\delta$ 大,电抗小,所以通过励磁线圈的起动电流往往达到工作电流的十几倍(工作电流是指衔铁被吸合后通过励磁线圈的电流),它们的关系如图1—3所示。所以,交流接触器不宜用在频繁起动和停止的场合。

在安装调式和维护工作中,应注意衔铁是否灵活,有无卡住现象,若励磁线圈通电后,衔铁吸不上,线圈就会很快烧坏。

交流接触器的励磁线圈在电压为85~105% $U_N$ 时( $U_N$ 为励磁线圈的额定电压),能保证可靠的工作。但应指出,电压升高超过一定值时,由于交流接触器磁路趋于饱和,励磁线圈中电流将显著增大,这就有烧毁线圈的危险。



使用时,要特别注意线圈的额定电压,如把额定电压220伏的线圈接至380伏电源上,线圈将被烧毁。反之,电压过低衔铁将不动作,由于气隙大电抗小,励磁线圈通过的电流也大,也可能因过热烧坏线圈。

另外在使用时还应注意,决不能把接触器的交流线圈误接到直流电源上,否则因线圈电阻小而流过大电流将线圈烧坏。

## (2) 触点系统

接触器触点(有时又称触头)是接触器控制外电路的执行元件,起闭合或断开电路的作用。由于通过触点的电流大,因此,要求触点导电性能良好,所以通常用铜或铜银制成。但是铜的表面容易氧化而生成一层氧化铜,这一层氧化铜是不良导体,它将增大触点的接触电阻,甚至造成接触不良。所以在选择触点形状时,希望触点能在接触过程中自动清除接触面上的氧化铜。为了达到这个目的,应设法使触点在闭合或断开时,动触点能沿着静触点滚动(如图1—4所示)。开始,当衔铁被吸向铁芯时,动触点与静触点在A点接触,随着衔铁的继续移动,触点上的压力也随着增加,与此同时,动触点就在静触点上滚动,其接触点逐步由触点的下部向上部移动,最后接触点移到B点。这一移动的效果,不仅可以把氧化铜擦掉,而且保证了触点接通或断开时均在触点的下部进行(A点位置)。换句话说,断开电路时电弧也就只在触点下部A点产生,而对触点长期工作的区域(B点位置)就不会被电弧烧坏,从而保证了B点位置导电性能良好,延长了触点的使用寿命。

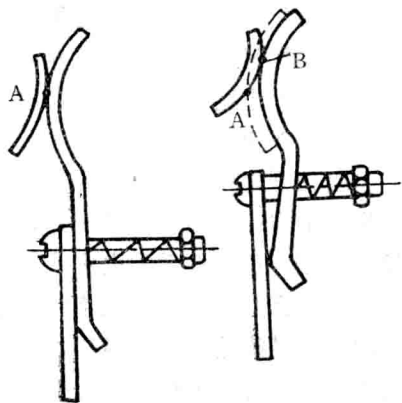


图1—4 触点滚动接触的位置

长时间工作的触点,不宜用铜做接触面。因为在长期工作情况下,触点不经常闭合、断开,因而不能经常清除触点表面的氧化铜。在这种情况下,触点上要嵌银片,因为氧化银的导电性能与银差不多,即使长期使用产生了氧化银也不影响其导电性能。

接触器的触点有主触点和辅助触点之分。主触点用以通断主回路(大电流回路,如电动机回路),常为三对常开触点。而辅助触点则用以通断控制回路,起电气联锁作用,所以又称联锁触点,它有常开和常闭两种。所谓常开、常闭是指电磁机构未动作前触点所处的断开或闭合的状态。

交流接触器的触点主要有以下几种结构型式:

①桥式触点 图1—5(a)是两个点接触的触点,它是两个球面或是一个球面与一个平面的接触。图1—5(b)是两个面接触的触点,它是由两个平面的接触。它们都是两副触点串于一条电路中,电路的断开与闭合是由两副触点共同完成的,这样的触点称为桥式触点。点接触触点适用于电流不大且触点压力小的地方,如接触器的辅助触点。面接触触点,适用于大电流的地方,如接触器的主触点。

②线接触指形触点 如图1—5(c)所示。它的接触区域为两个圆柱侧面的接触成一条直线,触点断开和闭合时产生滚动接触,这种接触适用于通断次数多,电流大的地方,如接触器的主触点。