



国家骨干高等职业院校建设项目成果  
高等职业教育“十二五”规划教材

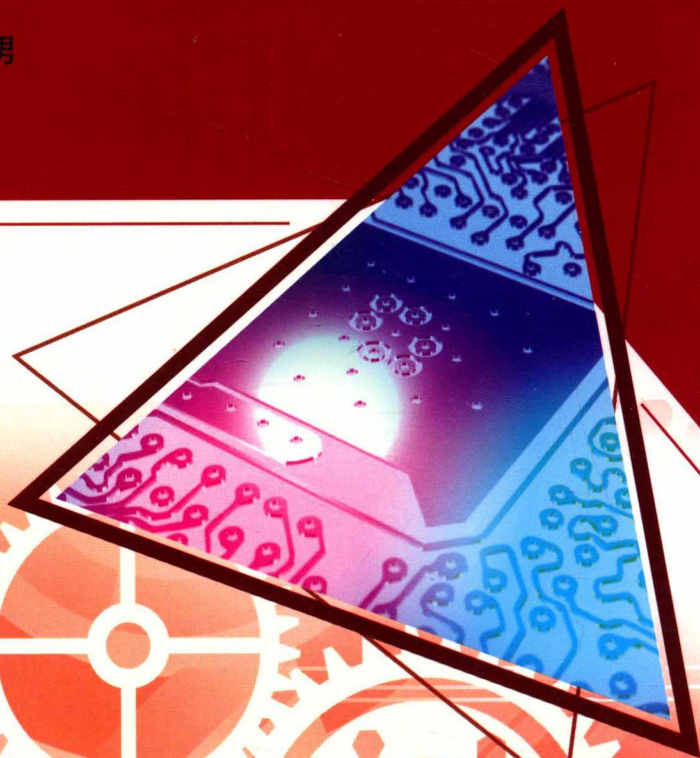
# 电气控制系统 安装与调试

Electric Control System Installation  
and Debugging

主 编 唐立伟 何荣誉

副主编 刘 胜 贺应和 曹胜男

主 审 王少华



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

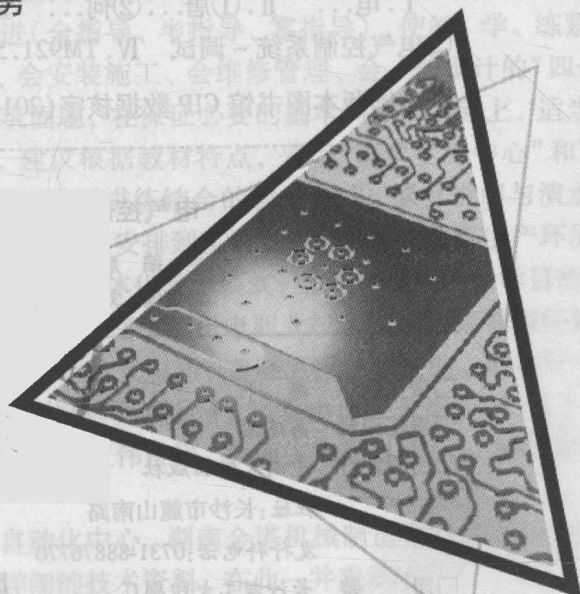


国家骨干高等职业院校建设项目成果  
高等职业教育“十二五”规划教材

# 电气控制系统 安装与调试

Electric Control System Installation  
and Debugging

主 编 唐立伟 何荣誉  
副主编 刘 胜 贺应和 曹胜男  
主 审 王少华



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

## 内容简介

本书是根据国家骨干高等职业院校重点建设专业机电一体化技术专业课程改革的需要,按照项目导向、任务驱动的模式,结合国家维修电工职业等级考核标准和职业技能鉴定规范编写而成。主要内容是以三相异步电动机和普通机床为控制对象,介绍电气控制系统中常用低压电器的认知与拆装、三相异步电动机典型电气控制线路的安装与调试、常用机床电气控制线路及常见故障的排除、电气控制系统的设计与调试。

本书从应用角度出发,强化技能训练,突出了职业教育的特点,将理论教学、实训、维修电工考证、高职机电一体化技术专业技能抽查有机地结合起来。作为技术应用类教材,在适度基础知识的支撑下,特别注重电气控制实用知识演绎和方法指导,以学习目标、任务描述、知识链接、任务实施、研讨与练习组成每个项目,力求接近真实工程项目的实施过程,前后任务的实现由浅入深、难度适中,还安排了对应内容的操作练习题和理论巩固题,在保证必要的基本训练的基础上,适当拓宽知识面,拓展应用能力。

本书为高职高专、高等工科院校、成人教育学院以及技师学院等机电类专业及相关专业的教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制系统安装与调试/唐立伟,何荣誉主编. —长沙:中南大学出版社,2015.1

ISBN 978 - 7 - 5487 - 1240 - 4

I. 电... II. ①唐... ②何... III. ①电气控制系统 - 安装  
②电气控制系统 - 调试 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 286112 号

### 电气控制系统安装与调试

主 编 唐立伟 何荣誉

副主编 刘 胜 贺应和 曹胜男

□责任编辑 谭 平

□责任印制 易建国

□出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

□印 装 长沙理工大印刷厂

□开 本 787×1092 1/16 □印张 14.25 □字数 352 千字

□版 次 2015 年 1 月第 1 版 □2015 年 1 月第 1 次印刷

□书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 1240 - 4

□定 价 38.00 元

# 前言

本书是根据国家骨干高等职业院校建设项目的需要编写的。从应用角度出发,按照“工学结合、项目导向、任务驱动、‘教学做’一体化”的模式,融入高级维修电工职业标准,突出机床电气控制线路的装调与检修技能的培养。

本书结合高职教育的人才培养特点,在注重基础理论教育的同时,突出实践性教学环节。按照项目化教学方法要求的体例,进行学习任务的设计,打破了元器件介绍和原理灌输的传统方式,实现逻辑知识的传授向职业活动中任务导向的能力训练转变。即采用基本知识与实训项目合一的体例,以任务为载体,将基本理论与技能融入各项工作任务中,采用“提出任务—分析任务—学习相关知识—任务实施—归纳总结与技能拓展”这样一种学习过程,从实践—理论—再实践循序渐进,学生在工作过程研讨中掌握必要的理论知识和应用技能。

本书分为十三个项目,内容涵盖:电气控制系统中常用低压电器的认知与拆装、三相异步电动机典型电气控制线路的安装与调试、常用机床电气控制线路及常见故障的排除、电气控制系统的设计与调试。每个项目由学习目标、任务描述、知识链接、任务实施、研讨与练习、巩固与提高六个环节构成,目标明确、任务具体、知识够用实用,针对重点、难点问题进行了深入研讨。任务实施部分实现三级递进(全指导、半指导、零指导),使教、学、练紧密结合,通过训练,达到对电气线路会分析、会安装施工、会维修管理、会一般设计的“四会”能力要求。项目后配有操作练习题和理论巩固题,在保证必要的基本训练的基础上,适当拓宽知识面,拓展应用能力。在教学方法上,建议根据教材特点,采用“以学生为中心”和“以项目为中心”灵活多样的教学方法。课程全程采用讲练结合的教学方式,课堂讲解与演示相结合,“我教”与“你做”相结合,课程的大部分内容安排到实训室进行,实现仿真生产环境下的“教、学、做合一”教学,实现课堂与实训地点一体化教学模式,达到本课程的教学目的。

本书由娄底职业技术学院唐立伟担任主编,湖南生物机电职业技术学院何荣誉担任第二主编,潇湘职业技术学院刘胜和娄底职业技术学院贺应和、曹胜男担任副主编。具体分工如下:项目1、2、3、8、9、11、13及附录由唐立伟编写;项目4、5、6由何荣誉编写;项目7、10由王少华编写;项目12由贺应和编写。全书由唐立伟统稿,湖南生物机电职业技术学院王少华教授主审。

本书在编写过程中,得到了涟钢信息自动化中心、湖南金塔机械制造有限公司的大力支持,他们为本书提供了全面的技术支持和详细的技术资料,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中如有不足之处,敬请使用本书的师生和读者批评指正,以便修订时改正。

编者

# 项目1 常用低压电器的安装与检修

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 项目1 常用低压电器的安装与检修                      | (1)   |
| 项目2 三相异步电动机单向运转控制线路的安装与调试             | (35)  |
| 项目3 三相异步电动机正反转控制线路的安装与调试              | (53)  |
| 项目4 三相异步电动机顺序控制线路的安装与调试               | (70)  |
| 项目5 三相异步电动机Y- $\Delta$ 降压起动控制线路的安装与调试 | (77)  |
| 项目6 三相异步电动机制动控制线路的设计与装调               | (90)  |
| 项目7 双速异步电动机控制线路的安装与调试                 | (102) |
| 项目8 CA6140 型卧式车床电气控制线路检修              | (110) |
| 项目9 M7120 型平面磨床电气控制线路检修               | (127) |
| 项目10 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路检修              | (140) |
| 项目11 X62W 型卧式万能铣床电气控制线路检修             | (153) |
| 项目12 T68 型镗床电气控制线路检修                  | (169) |
| 项目13 CW6163 型卧式车床电气控制系统的设计            | (182) |
| 附录                                    | (208) |
| 附录A 常用低压电器主要技术数据                      | (208) |
| 附录B Y 系列三相笼型异步电动机的型号及技术数据             | (217) |
| 附录C 常用电气符号一览表(GB/T4728—1996~2000)     | (220) |
| 参考文献                                  | (222) |

## 1. 低压电器的基本知识

### (一) 电器的分类

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。应用这些电器组成的自动控制系统,称为电气控制系统。

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多,结构各异。下面是几种常用的电器分类。

#### 1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器。用于交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器。用于交流 50 Hz(或 60 Hz),额定电压为 1200 V 以下,直流额定电压 1500 V 及以下的电路中的电器。例如接触器、继电器等。

#### 2. 按动作原理分类

(1) 手动电器。人操作发出动作指令的电器,如刀开关、按钮等。

(2) 自动电器。借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器。如接触器、继电器、热继电器、熔断器等。

# 项目1 常用低压电器的安装与检修

## 学习目标

- (1) 掌握常用低压电器的结构、工作原理、图形及文字符号。
- (2) 掌握常用低压电器选用方法与安装使用。
- (3) 掌握热继电器的使用和校验调整方法。
- (4) 熟悉交流接触器的拆卸与装配工艺。
- (5) 能正确拆卸、组装常用低压电器及排除常见故障。
- (6) 培养学生安全操作、规范操作、文明生产的行为习惯。

## 任务描述

对所给实物进行识别训练,熟悉其结构,理解工作原理;并能对常用低压电器进行拆卸与安装,对电器各个部件进行检修与调整。

## 知识链接

### 一、低压电器的基本知识

#### (一) 电器的分类

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。应用这些电器组成的自动控制系统,称为电气控制系统。

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多,结构各异。下面是几种常用的电器分类。

#### 1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器。用于交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器。用于交流 50 Hz(或 60 Hz),额定电压为 1200 V 以下,直流额定电压 1500 V 及以下的电路中的电器。例如接触器、继电器等。

#### 2. 按动作原理分类

(1) 手动电器。人操作发出动作指令的电器,如刀开关、按钮等。

(2) 自动电器。借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器,如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

### 3. 按用途分类

(1) 控制电器。用于控制电路或控制系统的电器,例如接触器、继电器、电动机启动器等。

(2) 配电电器。用于电能的输送和分配的电器,例如刀开关、低压断路器等。

(3) 主令电器。用于自动控制系统中发送动作指令的电器,如按钮、行程开关等。

(4) 保护电器。用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器等。

(5) 执行电器。用于完成某种动作或传送功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

### 4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器。依据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器。依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

#### (二) 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有:

1. 控制作用。如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

2. 保护作用。能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电机的过热保护,电网的短路保护、漏电保护等。

3. 测量作用。利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

4. 调节作用。低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

5. 指示作用。利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护吊牌指示等。

6. 转换作用。在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现。目前低压电器正沿着体积小、重量轻、安全可靠、使用方便的方向发展,大力发展电子化的新型控制电器,如接近开关、光电开关、电子式时间继电器、固态继电器与接触器等以适应控制系统迅速电子化的需要。

#### (三) 电磁式低压电器的基本结构

电磁式低压电器大都有两个主要组成部分,即感测部分—电磁机构和执行部分—触头系统。

##### 1. 电磁机构

电磁机构又称为磁路系统,其主要作用是将电磁能转换为机械能并带动触头动作从而接通或断开电路。

电磁机构由动铁芯(衔铁)、静铁芯和吸引线圈三部分组成,其工作原理是:当电磁线圈通电后,线圈电流产生磁场,衔铁获得足够的电磁吸力,克服弹簧的反作用力与静铁芯吸合。常用的电磁机构如图 1-1 所示,可分为 3 种形式。

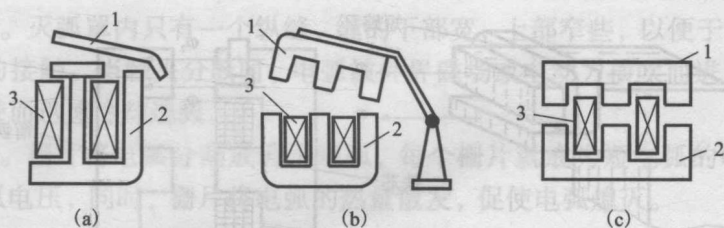


图1-1 常用电磁机构的结构形式

(a) U形拍合式; (b) E形拍合式; (c) E形直动式

1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

## 2. 直流电磁铁和交流电磁铁

按吸引线圈所通电流性质的不同,电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

直流电磁铁由于通入的是直流电,其铁芯不发热,只有线圈发热,因此线圈与铁芯接触以利散热,线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电,铁芯中存在磁滞损耗和涡流损耗,线圈和铁芯都发热,所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架,使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型,以利于铁芯和线圈的散热。铁芯用硅钢片叠加而成,以减小涡流。

当线圈中通以直流电时,气隙磁感应强度不变,直流电磁铁的电磁吸力为恒值。当线圈中通以交流电时,磁感应强度为交变量,交流电磁铁的电磁吸力  $F$  在  $0$  (最小值)  $\sim F_m$  (最大值) 之间变化,其吸力曲线如图 1-2 所示。在一个周期内,当电磁吸力的瞬时值大于反力时,衔铁吸合;当电磁吸力的瞬时值小于反力时,衔铁释放。所以电源电压每变化一个周期,电磁铁吸合两次、释放两次,使电磁机构产生剧烈的振动和噪声,因而不能正常工作。

为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声,在铁芯的端面开一小槽,在槽内嵌入铜制短路环,如图 1-3 所示。

当电磁线圈中通有交流电时,在铁芯中产生的是交变的磁通,所以它对衔铁的吸力是变化的,当磁通为零时,铁芯对衔铁的吸力也为零,衔铁在弹簧反作用力的作用下有释放的趋势,这样,衔铁不能被铁芯紧紧吸牢,就在铁芯上产生振动,发出噪声;这使衔铁与铁芯极易磨损,并造成触头接触不良,产生电弧火花灼伤触头,且噪声使人易感疲劳。为了消除这一现象,在铁芯柱端面上嵌装一个短路环,此短路铜环相当于变压器的副绕组,当电磁线圈通入交流电后,线圈电流  $I_1$  产生磁通  $\varphi_1$ ,短路环中产生感应电流  $I_2$  而形成磁通  $\varphi_2$ ,由于电流  $I_1$  与  $I_2$  的相位不同,所以  $\varphi_1$  与  $\varphi_2$  的相位也不同,即  $\varphi_1$  与  $\varphi_2$  不同时为零,这样,在磁通  $\varphi_1$  经过零时,  $\varphi_2$  不为零而产生吸力,吸住衔铁,使衔铁始终被铁芯所吸牢,振动和噪声会显著减少。

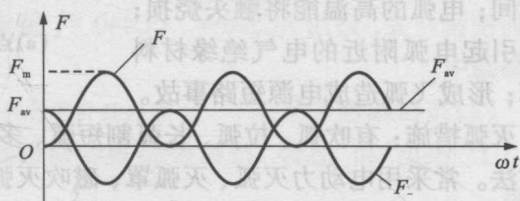


图1-2 交流电磁铁吸力变化情况

 $F$ —交流电磁吸力;  $F_m$ —最大吸力; $F_{av}$ —平均吸力;  $F_v$ —电磁吸力的交变分量

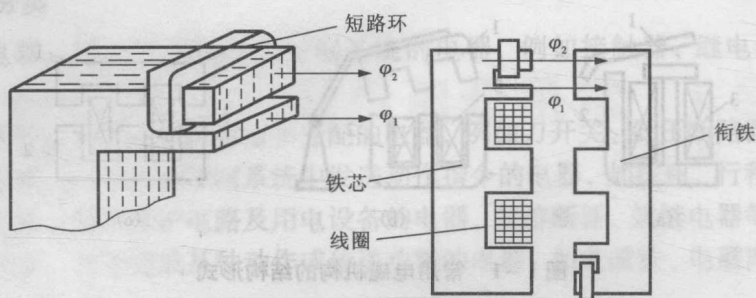


图 1-3 交流电磁的短路环

气隙越小，短路环作用越大，振动和噪声就越小。短路环一般用铜或镍铬合金等材料制成。

### 3. 触头系统

触头是有触点电器的执行部分，通过触头的闭合、断开控制电路通断。触头的结构形式有桥式触头和指式触头两种。如图 1-4 所示。

### 4. 灭弧系统

电弧：开关电器切断电流电路时，触头间电压大于 10 V，电流超过 80 mA 时，触头间会产生蓝色的光柱，即电弧。

电弧的危害：延长了切断故障的时间；电弧的高温能将触头烧损；高温引起电弧附近的电气绝缘材料烧坏；形成飞弧造成电源短路事故。

灭弧措施：有吹弧、拉弧、长弧割短弧、多断口灭弧、利用介质灭弧、改善触头表面材料等方法。常采用电动力灭弧、灭弧罩、磁吹灭弧和金属栅片灭弧。如图 1-5 所示。

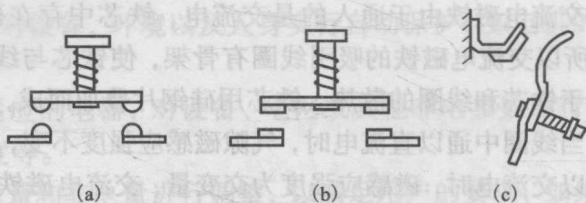


图 1-4 触头的结构形式

(a) 点接触桥式触头；(b) 面接触桥式触头；(c) 指形触头

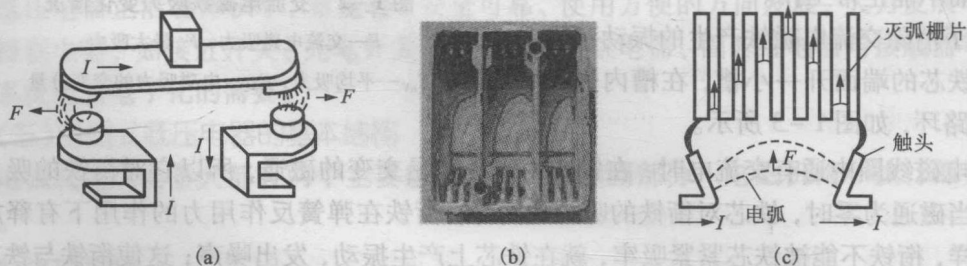


图 1-5 常用灭弧装置

(a) 双断口灭弧；(b) 灭弧罩；(c) 灭弧栅

(1) 电动力灭弧。这种灭弧是利用触头本身的电动力把电弧拉长，使电弧热量在拉长的过程中散发而冷却熄灭。

(2)双断口灭弧。这种方法是将整个电弧分成两段,同时利用上述电动力将电弧熄灭。

(3)纵缝灭弧。灭弧罩内只有一个纵缝,缝的下部宽,上部窄些,以便于电弧压缩,并和灭弧室壁有很好的接触。当触头分断时,电弧被外界磁场或电动力横吹而进入缝内,使电弧的热量传递给室壁而迅速冷却熄灭。

(4)栅片灭弧。栅片将电弧分割成若干短弧,每个栅片就成为短电弧的电极,栅片间的电弧电压低于燃弧电压,同时,栅片将电弧的热量散发,促使电弧熄灭。

## 二、主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的操纵电器。常见主令电器有按钮开关、位置开关等。由于是专门发号施令,故称为“主令电器”。主要用来切换控制电路,使电路接通或分断,实现对电力拖动系统的各种控制,以满足生产机械的要求。

### (一)控制按钮

控制按钮是一种用人的手指或手掌所施加的力来实现操作的,并具有储能(弹簧)复位的一种控制开关。按钮的触点允许通过的电流较小,一般不超过5 A,因此一般情况下它不直接控制主电路的通断,而是在控制电路中发出指令或信号去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路的通断,功能转换或电气联锁。

#### 1. 按钮的基本结构及工作原理

按钮由按钮帽1、复位弹簧2、桥式触头3、4、5和外壳等组成,通常做成复合式,即具有动合触点和动断触点。动合触点(常开触点):未按下时,触点是断开的,按下时触点闭合;松开后,按钮自动复位。动断触点(常闭触点)与动合触点相反,未按下时,触点是闭合的,按下时触点断开,松开后,按钮自动复位。其结构示意图如图1-6所示。

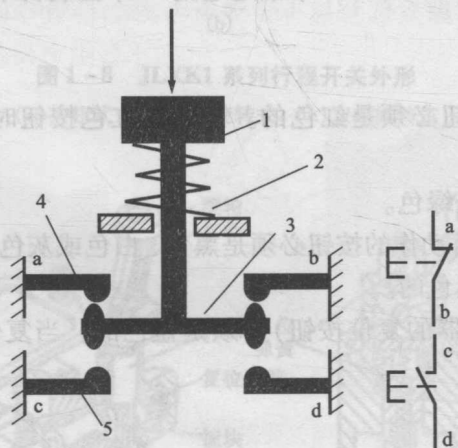


图1-6 按钮的结构图

#### 2. 按钮的文字图形符号及型号

按钮文字图形符号如图1-7所示。

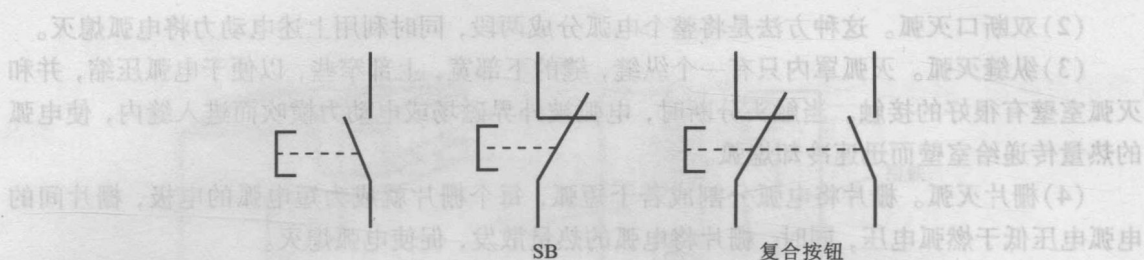


图 1-7 按钮文字图形符号

型号含义:



结构代号含义:

K——开启式；H——保护式；S——防水式；F——防腐式；J——紧急式；D——带指示灯式；X——旋钮式；Y——钥匙式。

### 3. 按钮的选用

(1) 选择时应根据所需的触头数、使用的场所及颜色来确定。常用的 LA18、LA19、LA20 系列按钮开关，适用 AC500 V、DC440 V，额定电流 5 A，控制功率为 AC300 W、DC70 W 的控制回路中。

(2) 按钮颜色要求：

①“停止”和“急停”按钮必须是红色的。当按下红色按钮时，必须使设备停止工作或断电。

②“起动”按钮的颜色是绿色。

③“起动”与“停止”交替动作的按钮必须是黑色、白色或灰色，不得用红色和绿色。

④“点动”按钮必须是黑色的。

⑤“复位”（如保护继电器的复位按钮）必须是蓝色的。当复位按钮还有停止的作用时，则必须是红色的。

### 4. 按钮常见故障分析

(1) 按下起动按钮时有触电感觉。故障的原因一般为按钮的防护金属外壳与连接导线接触或按钮帽的缝隙间充满铁屑，使其与导电部分形成通路。

(2) 停止按钮失灵，不能断开电路。故障的原因一般有接线错误、线头松动或搭接在一起、铁尘过多或油污使停止按钮两动断触头形成短路。

(3) 按下停止按钮，再按起动按钮，被控电器不动作。故障的原因一般为被控电器有故障、停止按钮的复位弹簧损坏或按钮接触不良。

行程开关

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(5 A 以下)主令电器，它是利用生产机械运动部件的碰撞来发出指令，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。

行程开关种类很多，以下介绍两种常用的系列产品。

1. 行程开关的结构及动作原理

常用的行程开关有 LX19 系列和 JLXK1 系列，各种系列的行程开关其基本结构相同，区别仅在于使行程开关动作的传动装置和动作速度不同。行程开关的结构分为操作机构、触头系统和外壳三个部分，其外形及结构分别如图 1-8 和图 1-9 所示。

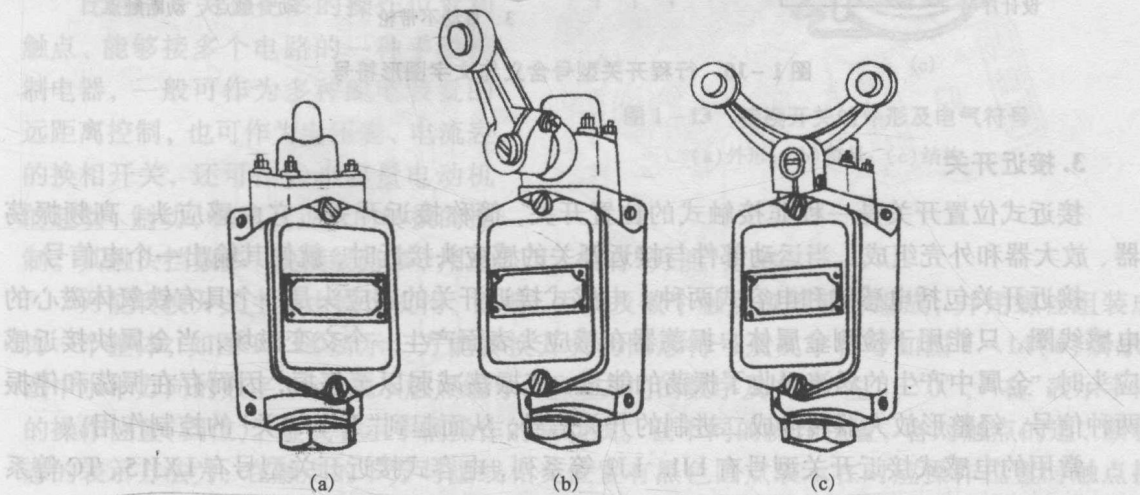


图 1-8 JLXK1 系列行程开关外形  
(a)按钮式；(b)单轮旋转式；(c)双轮旋转式

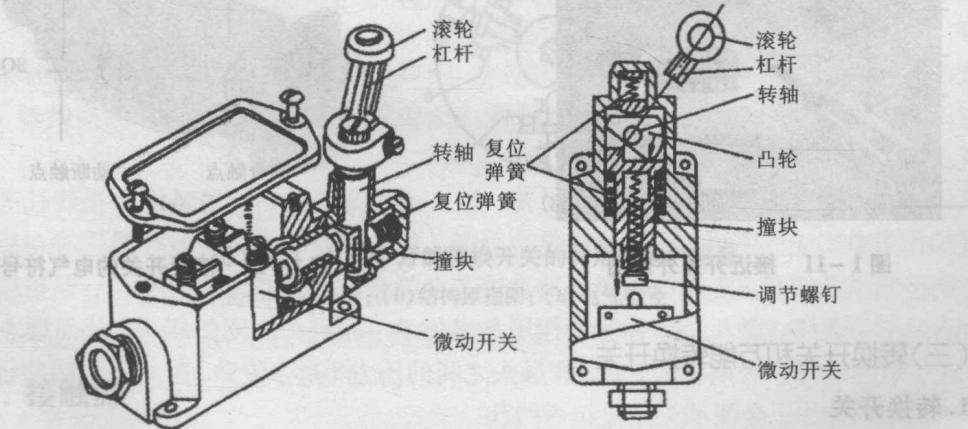


图 1-9 JLXK1 系列行程开关的结构和动作原理图

其动作原理是：当运动机械的挡铁撞到行程开关的滚轮上时，传动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，推动微动开关快速动作，使其常闭触头分断、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各部分恢复原始位置，这种单轮自动恢复的行程开关是依靠本身的恢复弹簧来复原的。双轮行程开关不能自动复位，它是依靠运动机械反向移动时，挡块碰撞另一滚轮将其复位。

2. 行程开关的型号及文字图形符号



图 1-10 行程开关型号含义与文字图形符号

3. 接近开关

接近式位置开关是一种非接触式的位置开关，简称接近开关。它由感应头、高频振荡器、放大器和外壳组成。当运动部件与接近开关的感应头接近时，就使其输出一个电信号。

接近开关包括电感式和电容式两种。电感式接近开关的感应头是一个具有铁氧体磁心的电感线圈，只能用于检测金属体。振荡器在感应头表面产生一个交变磁场，当金属块接近感应头时，金属中产生的涡流吸收了振荡的能量，使振荡减弱以至停振，因而存在振荡和停振两种信号，经整形放大器转换成二进制的开关信号，从而起到“开”、“关”的控制作用。

常用的电感式接近开关型号有 LJ1、LJ2 等系列，电容式接近开关型号有 LXJ15、TC 等系列产品。

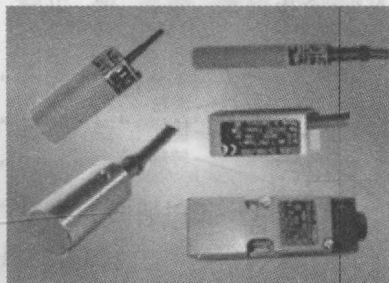


图 1-11 接近开关外形图

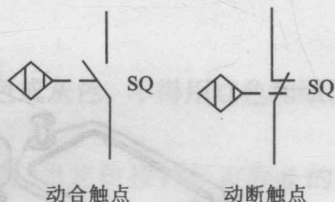


图 1-12 接近开关的电气符号

(三) 转换开关和万能转换开关

1. 转换开关

转换开关又称组合开关，是一种多挡位、多触点并能够控制多回路的主令电器。转换开关实质上是一种特殊刀开关，是操作手柄在与安装面平行的平面内左右转动的刀开关。只不

过一般刀开关的操作手柄是在垂直安装面的平面内向上或向下转动,而组合开关的操作手柄则是平行于安装面的平面内向左或向右转动而已。多用在机床电气控制线路中,作为电源的引入开关,也可以用作不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载以及控制5 kW 以下的小容量电动机的正反转和星三角起动等。HZ10 系列组合开关的外观和图形符号见图1-13。

## 2. 万能转换开关

比组合开关有更多的操作位置和触点、能够接多个电路的一种手动控制电器,一般可作为多种配电装置的远距离控制,也可作为电压表、电流表的换相开关,还可作为小容量电动机的起动、制动、调速及正反向转换的控制。其触头挡数多、换接线路多、用途广泛,故有“万能”之称。

万能转换开关主要由操作机构、面板、手柄及数个触点座等部件组成,并用螺栓组装成为一个整体,如图1-14所示。万能转换开关的图形符号及文字符号如图1-14(c)所示。图中水平方向的数字1~3表示触点编号,垂直方向的数字及文字“左”、“0”、“右”表示手柄的操作位置(挡位),虚线表示手柄操作的联动线。在不同的操作位置,各对触点的通、断状态的表示方法为:在触点的下方与虚线相交位置有黑色圆点表示在对应操作位置时触点接通,没涂黑色圆点表示在该操作位置不通。

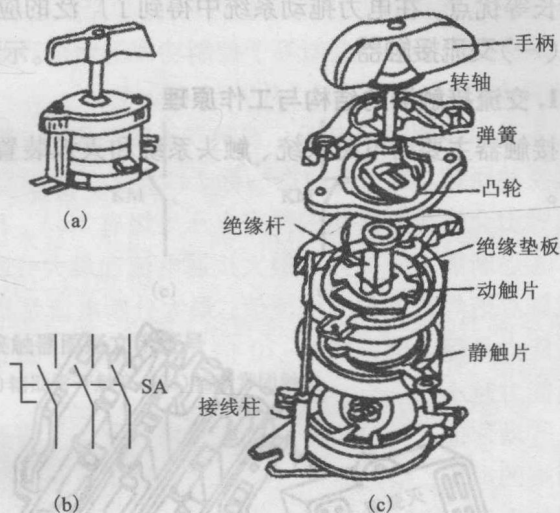


图1-13 转换开关的外形及电气符号

(a) 外形; (b) 符号; (c) 结构

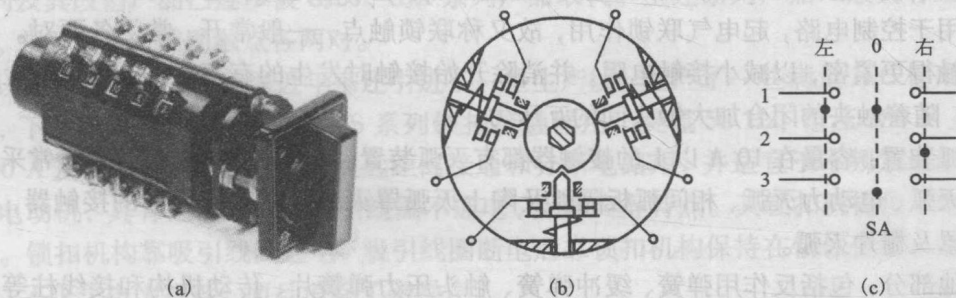


图1-14 LW12 万能转换开关的外形及电气符号

(a) 外形; (b) 结构原理图; (c) 电气符号

## 三、接触器

接触器是机床电气控制系统中使用量大、涉及面广的一种低压控制电器,用来不频繁地接通或断开交、直流主电路及大容量控制电路,主要控制对象是电动机。它不仅能实现远距

离自动操作和欠电压释放保护功能,而且还具有控制容量大、工作可靠、操作效率高、使用寿命长等优点,在电力拖动系统中得到了广泛的应用。

### (一)交流接触器

#### 1. 交流接触器的结构与工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置等部分组成,外形和结构简图如图 1-15 所示。

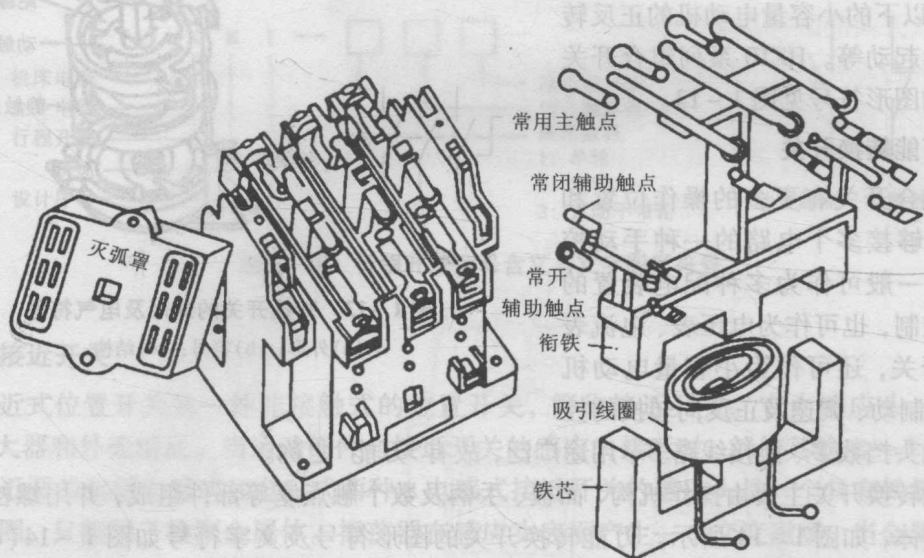


图 1-15 接触器的外形与结构

**电磁系统:** 用来操作触头闭合与分断,包括线圈、动铁芯和静铁芯。

**触头系统:** 包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路,通常为三对常开触点。辅助触点用于控制电路,起电气联锁作用,故又称联锁触点,一般常开、常闭各两对。为了使触头接触得更紧密,以减小接触电阻,并消除开始接触时发生的有害振动,在触头上装有接触弹簧,随着触头的闭合加大触头间的互压力。

**灭弧装置:** 容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器,常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器,采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

**其他部分:** 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧片、传动机构和接线柱等。反作用弹簧的作用是当线圈断电时,使触头复位分断。缓冲弹簧是一个安装在静铁芯与胶木底座之间的钢性较强的弹簧,它的作用是缓冲动铁芯在吸合时对静铁芯的冲击力,保护胶木外壳免受冲击,不易损坏。触头压力弹簧片的作用是增加动、静触头之间的压力,从而增大接触面积,以减小接触电阻。否则,由于动、静触头之间的压力不够,使动、静触头之间的接触面积减小,接触电阻增大,会使触头因过热而灼伤。

**接触器的工作原理如下:** 线圈通电后,在铁芯中产生磁通及电磁吸力。此电磁吸力克服弹簧反力使得衔铁吸合,带动触点机构动作,常闭触点打开,常开触点闭合,互锁或接通线

路。线圈失电或线圈两端电压显著降低时,电磁吸力小于弹簧反力,使得衔铁释放,触点机构复位,断开线路或解除互锁。

接触器的图形、文字符号如图1-16所示。

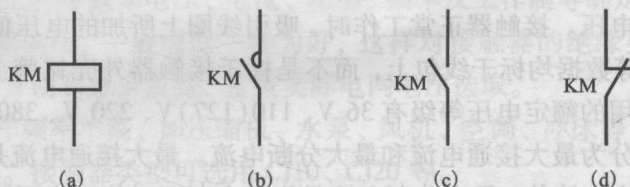
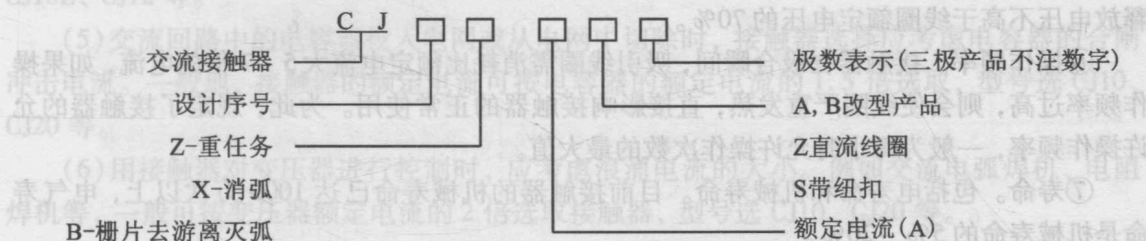


图1-16 接触器图形文字符号

(a)线圈;(b)主触头;(c)辅助常开触头;(d)辅助常闭触头

## 2. 交流接触器型号及主要技术参数

### (1) 型号含义



例如:CJ10Z-40/3为交流接触器,设计序号10,重任务型,额定电流40A,主触点为3极。CJ12T-250/3为改型后的交流接触器,设计序号12,额定电流250A,3个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有CJ10、CJ12、CJX1、CJ20等系列及其派生系列产品,CJ0系列及其改型产品已逐步被CJ20、CJX系列产品取代。上述系列产品一般具有三对常开主触点,常开、常闭辅助触点各两对。

除以上常用系列外,我国近年来还引进了一些生产线,生产了一些满足IEC标准的交流接触器,下面做简单介绍。CJ12B-S系列锁扣接触器用于交流50Hz,电压380V及以下、电流600A及以下的配电电路中,供远距离接通和分断电路用,并适宜于不频繁地起动和停止交流电动机,具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方。锁扣机构靠吸引线圈通电,吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电,不仅无电力损耗,而且消除了磁噪声。

由德国引进的西门子公司的3TB系列、BBC公司的B系列交流接触器等具有20世纪80年代初水平。它们主要供远距离接通和分断电路,并适用于频繁地起动及控制交流电动机。3TB系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点。额定电压为220~660V,额定电流为9~630A。

### (2) 主要技术参数

①额定电压。指主触点额定工作电压,应等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压,同时列出相应的额定电流或控制功率。通常,最大工作电压即为额定电压。常用

的额定电压值为 220 V、380 V、660 V 等。

②额定电流。接触器主触点在额定工作条件下的电流值。380 V 三相电动机控制电路中, 额定工作电流可近似等于控制功率的两倍。常用额定电流等级为 10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

③吸引线圈额定电压。接触器正常工作时, 吸引线圈上所加的电压值。一般该电压值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上, 而不是标于接触器外壳铭牌上, 使用时应加以注意。吸引交流线圈常用的额定电压等级有 36 V、110(127)V、220 V、380 V。

④通断能力。可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊时的最大电流值; 最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。一般通断能力是额定电流的 5~10 倍。当然, 这一数值与开断电路的电压等级有关, 电压越高, 通断能力越小。

⑤动作值。可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前, 缓慢增加吸合线圈两端的电压, 接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后, 缓慢降低吸合线圈的电压, 接触器释放时的最大电压。一般规定, 吸合电压不低于线圈额定电压的 85%, 释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

⑥操作频率。接触器在吸合瞬间, 吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流, 如果操作频率过高, 则会使线圈严重发热, 直接影响接触器的正常使用。为此, 规定了接触器的允许操作频率, 一般为每小时允许操作次数的最大值。

⑦寿命。包括电寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达 1000 万次以上, 电气寿命是机械寿命的 5%~20%。

## (二) 直流接触器

直流接触器主要用于控制直流电压至 440 V、直流电流至 1600 A 的直流电力线路, 常用于频繁地操作和控制直流电动机。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同, 在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等组成, 但也有不同之处。

交流接触器: 交流接触器线圈通以交流电, 主触头接通、分断交流主电路。当交变磁通穿过铁芯时, 将产生涡流和磁滞损耗, 使铁芯发热。为减少铁损, 铁芯用硅钢片冲压而成。为便于散热, 线圈做成短而粗的圆筒状绕在骨架上。为防止交变磁通使衔铁产生强烈振动和噪声, 交流接触器铁芯端面上都安装一个铜制的短路环。交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅。

直流接触器: 直流接触器线圈通以直流电流, 主触头接通、切断直流主电路。直流接触器铁芯中不产生涡流和磁滞损耗, 所以不发热, 铁芯可用整块钢制成。为保证散热良好, 通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。直流接触器灭弧较难, 一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

## (三) 接触器的选用

交流接触器的选用, 应根据负荷的类型和工作参数合理选用。具体分为以下步骤:

### 1. 选择接触器的类型

交流接触器按负荷种类一般分为一类、二类、三类和四类, 分别记为  $AC_1$ 、 $AC_2$ 、 $AC_3$  和  $AC_4$ 。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷, 如白炽灯、电阻炉等; 二类交流接