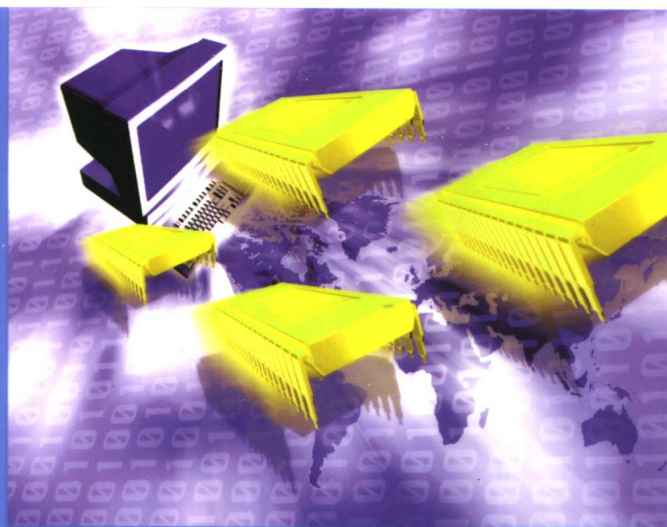


高职高专规划教材

# 电气控制与 可编程序控制器

黄 净 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



高职高专规划教材

# 电气控制与可编程序控制器

主 编 黄 净  
副主编 刘玉娟  
参 编 于 彤 崔 健



机械工业出版社

本书综合了“工厂电气控制”与“可编程序控制器”两门课程的主要内容。全书的内容编排充分考虑一要突出工程应用，二要便于课堂教学，主要介绍：常用低压电器、电气控制系统的基本环节及应用实例；可编程序控制器的基础知识、西门子公司的 S7—200 PLC 和日本欧姆龙公司的 C 系列 P 型 PLC 的指令系统和编程方法以及 PLC 控制系统的应用。并附有适量的练习和习题。

本书可作为高等职业学校“机电技术应用”及相关专业的教材，也可以作为职业培训教材和电气技术人员的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与可编程序控制器/黄净主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.8  
高职高专规划教材  
ISBN 7-111-14711-1

I. 电… II. 黄… III. ①电气控制 - 高等学校: 技术学校 - 教材②可编程序控制器 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①TM921.5②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 057483 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: 王小东 王玉鑫  
责任编辑: 孔熹峻 版式设计: 张世琴 责任校对: 魏俊云  
封面设计: 饶 薇 责任印制: 洪汉军  
北京京丰印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行  
2004 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷  
787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 18.25 印张 · 451 千字  
定价: 27.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

## 前 言

本书为高等职业教育教材。教材内容综汇了“工厂电气控制”与“可编程序控制器”两门课程的主要内容。书中精选传统继电器控制的内容，并大幅度增加了应用日益广泛的可编程序控制器的内容。编写中注意了两者的合理过渡与有机融合，并力求突出以下特点：

一、充分体现以工程实践为主线，除了在各章节的编写中注意结合实际，配有应用举例外，在第三章、第八章、第九章专门编排了工程应用内容供教学选用。

二、全书编写中淡化了理论教学与实验教学的界限。编写内容中注意选用一些结合生产实际的应用举例，其后配有注重培养学生操作技能和创新意识的针对性较强的练习题。采用这样的编写方式既便于教师课堂教学，又易于学生理解知识要领，提高动手能力，更适于实施专业教室上课的教学方式。

三、为了便于各学校根据现有设备选用教材，本书在第二篇可编程序控制器中选用目前工业现场应用较多且便于课堂教学的两种指令系统进行介绍，即西门子公司的 S7—200 系列小型 PLC 和日本欧姆龙公司的 C 系列 P 型 PLC，在编写介绍两种机型指令的章节中刻意选用了类似的应用举例和练习题，以利于学生自学和拓宽知识，为培养学生的知识迁移能力提供了便利。

全书共分两篇。第一篇共三章，依次介绍了常用低压电器、电气控制系统的基本环节和继电器控制系统的应用实例。第二篇共六章，第四章介绍了可编程序控制器的基础知识，第五、六章分别介绍了西门子公司的 S7—200 系列小型 PLC 和日本欧姆龙公司的 C 系列 P 型 PLC 的指令系统，第七~九章介绍 PLC 程序设计方法和 PLC 控制系统的设计与安装维护，并列举了几种 PLC 控制的应用实例。每篇后附有习题。附录中选有电气图常用图形符号及文字符号新旧对照表和西门子 STEP7-Micro/WIN32 编程软件、立石 3G2A6-PRO15-E 编程器及使用。

本书由黄净任主编（第五章第二~九节、第六章第二~五节、第九章、附录）。刘玉娟任副主编（第一章、第四章、第五章第一节、第六章第一节）。参加编写的有于彤（第二章、第三章）、崔健（第七章、第八章）。

由于编者水平有限，书中难免有不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 10 月

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 电气控制

<b>第一章 常用低压电器</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 手控电器 .....	5
第三节 接触器 .....	7
第四节 继电器 .....	10
第五节 主令电器 .....	16
第六节 熔断器 .....	19
第七节 断路器 .....	22
第八节 低压电器的产品型号 .....	24
<b>第二章 电气控制系统的基本环节</b> .....	26
第一节 电气控制电路图的绘制 .....	26
第二节 三相笼型异步电动机的直接启动控制 .....	29
第三节 三相笼型异步电动机的减压启动控制 .....	33
第四节 三相笼型异步电动机的制动控制 .....	38
第五节 其他典型控制环节 .....	40
第六节 电气控制保护环节简介 .....	44
<b>第三章 继电器控制系统应用实例</b> .....	47
第一节 继电器控制系统设计简介 .....	47
第二节 普通车床的电气控制 .....	50
第三节 平面磨床的电气控制 .....	52
第四节 铣床的电气控制 .....	56
<b>第一篇习题</b> .....	63

## 第二篇 可编程序控制器

<b>第四章 可编程序控制器基础知识</b> .....	65
第一节 概述 .....	65
第二节 PLC控制系统与继电器控制系统的比较 .....	68
第三节 PLC的基本组成 .....	70
第四节 PLC的基本工作原理 .....	75

第五节 PLC的分类 .....	76
<b>第五章 SIMATIC S7—200 系列 PLC 的程序编制</b> .....	78
第一节 概述 .....	78
第二节 S7—200 系列 PLC 的软继电器及其编号 .....	81
第三节 基本指令及编程方法 .....	86
第四节 定时器、计数器指令及编程方法 .....	93
第五节 置位/复位、脉冲生成指令及编程方法 .....	99
第六节 跳转/标号、取反、空操作、结束指令及编程方法 .....	105
第七节 数据传送、移位寄存器指令及编程方法 .....	108
第八节 顺序控制继电器指令及编程方法 .....	112
第九节 其他指令 .....	121
<b>第六章 OMRON C 系列 P 型 PLC 的程序编制</b> .....	137
第一节 概述 .....	137
第二节 C 系列 P 型 PLC 的软继电器及其编号 .....	139
第三节 基本指令及编程方法 .....	142
第四节 定时器、计数器指令及编程方法 .....	147
第五节 功能指令及编程方法 .....	156
<b>第七章 PLC 程序设计方法</b> .....	178
第一节 编程方法指导 .....	178
第二节 功能表图设计法 .....	181
第三节 程序设计举例 .....	186
<b>第八章 PLC 控制系统的设计、安装和维护</b> .....	192
第一节 PLC 控制系统设计简介 .....	192
第二节 减少 I/O 点数的措施 .....	197
第三节 PLC 应用中应注意的若干问题 .....	201

第四节	PLC 控制系统对安装的要求 .....	203	<b>第二篇习题</b> .....	248
第五节	PLC 的维护和故障诊断 .....	204	<b>附录</b> .....	255
第六节	PLC 通信网络简介 .....	205	附录 A 电气图常用文字、图形符号新旧 对照表 .....	255
<b>第九章</b>	<b>PLC 控制系统应用实例</b> .....	232	附录 B STEP7-Micro/WIN32 编程软件 使用简介 .....	262
第一节	PLC 在机床中的应用 .....	232	附录 C 立石 3G2A6-PRO15-E 编程器及 使用 .....	277
第二节	PLC 在电动单梁起重机质量检测 系统中的应用 .....	235	<b>参考文献</b> .....	286
第三节	PLC 在注塑机上的应用 .....	240		
第四节	PLC 在工件传送机械手上的 应用 .....	244		

# 第一篇 电气控制

## 第一章 常用低压电器

### 第一节 概述

凡是根据外界特定信号自动或手动地接通或断开电路，实现对电路或非电对象控制的电工设备都叫做电器。

工作在交流电压 1200V，或直流电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品叫做低压电器。

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件，控制系统的可靠性、先进性、经济性与所用的低压电器有着直接的关系，作为电气技术人员必须熟练掌握低压电器的结构、原理，并能正确选用和维护。

#### 一、低压电器的分类

低压电器用途广泛，功能多样，种类繁多，分类方法各异。

##### 1. 按用途分类

(1) 控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器，例如接触器、各种控制继电器、控制器、起动器等。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发送控制指令的电器，例如按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器，例如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 配电电器 用于电能的输送和分配的电器，例如低压断路器、隔离器、刀开关等。

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

##### 2. 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，例如交直流接触器、各种电磁式继电器等。

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

##### 3. 按执行机能分类

(1) 有触点电器 利用触点的接触和分离来通断电路的电器，例如刀开关、接触器、继

电器等。

(2) 无触点电器 利用电子电路发出检测信号, 达到执行指令并控制电路目的的电器, 例如电感式开关、电子接近开关、电子式时间继电器等。

有触点的电磁式电器在电气自动控制电路中使用最多, 其类型也很多, 各类电磁式电器在工作原理和构造上亦基本相同。就其结构而言, 大多由两个主要部分组成, 即感测和执行部分。感测部分在自动切换电器中常用电磁机构组成, 在手动切换电器中常为操作手柄, 执行部分包括触点<sup>⊖</sup>系统与灭弧装置。

## 二、电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分, 它的主要作用是将电磁能转换为机械能, 带动触点动作, 从而完成接通或分断电路。

电磁机构由吸引线圈、铁心、衔铁等几部分组成。

### 1. 常用的磁路结构

常用的磁路结构如图 1-1 所示。它可分为三种形式。

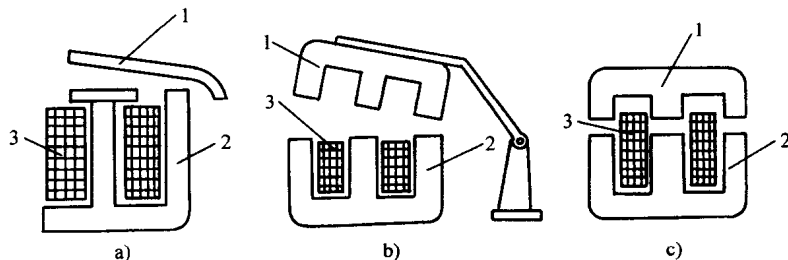


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心, 如图 1-1a 所示。这种形式的磁路结构广泛应用于直流电器中。

2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心, 如图 1-1b 所示。其铁心形状有 E 形和 U 形两种。此种结构多用于触点容量较大的交流电器中。

3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心, 如图 1-1c 所示。它多用于交流接触器、继电器中。

电磁式电器分为直流与交流两大类, 都是利用电磁铁的原理制成。通常直流电磁铁的铁心是用整块钢材或工程纯铁制成, 而交流电磁铁的铁心则是用硅钢片叠铆而成。

### 2. 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换成磁场能。按通入电流种类不同, 可分为直流和交流线圈。

对于直流电磁铁, 由于其铁心不发热, 只有线圈发热, 所以直流电磁铁的吸引线圈作成

⊖ 国家标准 GB/T 2900.18—1992 中规定: 低压电器中采用“触头”, 而不采用“触点”, 但 PLC 中常用触点, 为全书统一起见, 本书统一采用“触点”。

高而薄的瘦长形，且不设线圈骨架，使线圈与铁心直接接触，易于散热。

对于交流电磁铁，由于其铁心存在磁滞和涡流损耗，这样线圈和铁心都发热，所以交流电磁铁的吸引线圈设有骨架，使铁心与线圈隔离，并将线圈制成短而厚的矮胖形，有利于铁心和线圈的散热。

### 3. 交流电磁铁的短路环

交流电磁铁磁通是交变的，当磁通过零时，电磁铁的吸力也为零，吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开；磁通过零后电磁吸力又增大，当吸力大于弹簧反力时，衔铁又吸合。这样反复动作，使衔铁产生强烈振动和噪声，甚至使铁心松散。因此交流电磁铁铁心端面上都安装一个铜制的短路环。短路环包围铁心端面约  $2/3$

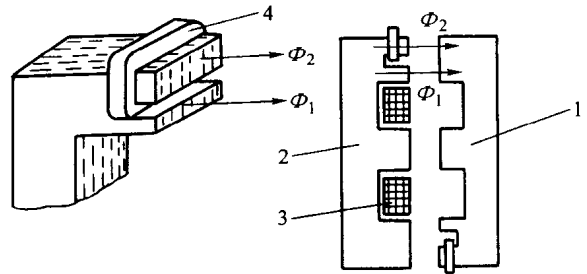


图 1-2 交流电磁铁的短路环

1—衔铁 2—铁心 3—线圈 4—短路环

的面积，如图 1-2 所示。短路环把铁心中的磁通分为两部分，即不穿过短路环的  $\Phi_1$  和穿过短路环的  $\Phi_2$ ，且  $\Phi_2$  滞后  $\Phi_1$ ，使合成吸力始终大于反作用力，从而消除了振动和噪声。

## 三、触点系统和灭弧装置

### 1. 触点系统

触点是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。要求触点的导电、导热性能良好。触点主要有以下几种结构形式：

(1) 桥式触点 图 1-3a 是两个点接触的桥式触点，图 1-3b 是两个面接触的触点，均为两个触点串于同一条电路中，电路的接通与断开由两个触点共同完成。点接触型适用于电流不大且触点压力小的场合；面接触型适用于大电流的场合。

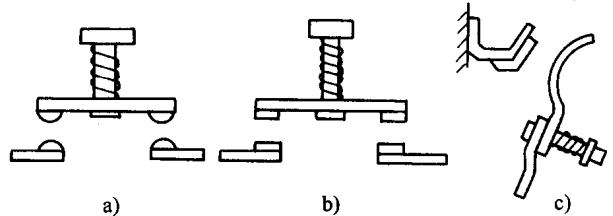


图 1-3 触点的结构形式

a) 点接触触点 b) 面接触触点 c) 指形触点

(2) 指形触点 图 1-3c 所示为指形触点，其接触区为一直线，触点接通或分断时产生滚动摩擦，利于去掉氧化膜。此种形式触点适用于通电次数多、电流大的场合。

为了使触点接触得更加紧密，在触点上装有接触弹簧，在刚刚接触时产生初压力，随着触点闭合程度增大触点压力也增大，以减小接触电阻，并消除开始接触时产生的振动。

### 2. 灭弧方法

产生电弧的条件：在大气中断开电路时，如果被断开电路的电流超过某一数值，断开后加在触点间隙两端电压超过某一数值（在  $12 \sim 20V$  之间）时，则触点间隙中就会产生电弧。电弧产生后，一方面使电路仍旧保持导通状态，延迟了电路的断开；另一方面会烧损触点，缩短电器的使用寿命。所以不少电器采取了灭弧措施，归纳起来主要采用下面几种灭弧措施：

(1) 机械力灭弧 依靠触点的分开，机械地拉长电弧，使之冷却并熄灭，如图 1-4 所示。

(2) 电力灭弧 利用流过导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场，使电弧受力而

迅速移动和拉长，如图 1-5 所示。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

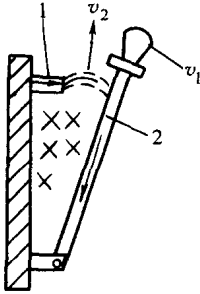


图 1-4 机械力灭弧

1—静插座 2—动触刀  $v_1$ —动触刀移动速度  
 $v_2$ —电弧在磁场力作用下移动速度

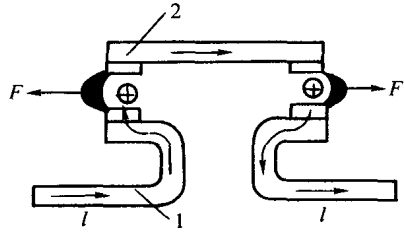


图 1-5 电力灭弧

1—静触点 2—动触点

(3) 磁吹灭弧 在触点电路中串入一个磁吹线圈，负载电流产生的磁场方向如图 1-6 所示。当触点断开产生电弧后，在电力作用下，电弧被拉长并吹入灭弧罩 6 中，使电弧冷却熄灭。这种灭弧装置是利用电弧电流灭弧，电流越大，吹弧能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

(4) 窄缝灭弧 依靠磁场的作用，将电弧驱入用耐弧材料制成的窄缝中，以加快电弧的冷却，如图 1-7 所示。

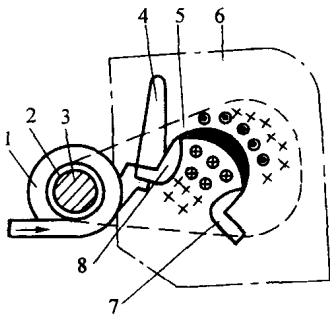


图 1-6 磁吹灭弧

1—磁吹线圈 2—绝缘套 3—铁心  
4—引弧角 5—导磁夹板 6—灭弧罩 7—动触点 8—静触点

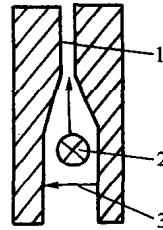


图 1-7 窄缝灭弧

1—窄缝中的电弧 2—电弧  
电流 3—灭弧磁场

(5) 栅片灭弧 将电弧分隔成许多串联的短弧，使电弧迅速冷却而很快灭弧，如图 1-8 所示。

(6) 气吹灭弧 在封闭的灭弧室中，利用电弧自身能量分解固体材料产生气体来提高灭弧室中的压力，或者利用产生的气流使电弧拉长和冷却进行灭弧，如图 1-9 所示。常见熔断器的灭弧就是利用熔片汽化后受石英砂限制，体积不能自由膨胀而产生很高的压力从而推动游离气体向石英砂中扩散，通过石英砂的冷却和去游离，最终达到灭弧效果的。

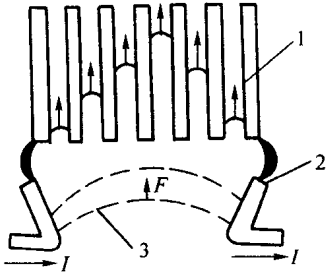


图 1-8 栅片灭弧

1—灭弧栅片 2—触点 3—电弧

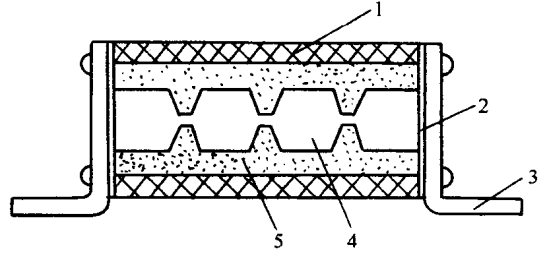


图 1-9 气吹灭弧

1—熔管 2—端盖 3—接线板  
4—熔片 5—石英砂

## 练 习

1. 交流电磁铁的短路环断裂或脱落后，在工作中会出现什么现象？为什么？
2. 电弧是如何产生的？对电路有何影响？常用的灭弧方法有哪些？

## 第二节 手控电器

手控电器广泛应用于配电线路，用作电源的隔离、保护与控制。常用的有刀开关、转换开关等。

### 一、刀开关

刀开关是结构最简单、应用最广泛的一种手动电器。在低压电路中，作为不频繁接通和分断电路用，或用来将电路与电源隔离。

刀开关由操作手柄、动触刀、静插座和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入插座或脱离插座的控制。按刀数可分为单极、双极和三极。刀开关图形符号和文字符号如图 1-10 所示，一般均与熔丝或熔断器组成具有保护作用的开关电器，如开启式负荷开关（胶盖闸刀开关）和封闭式负荷开关（铁壳开关）等。

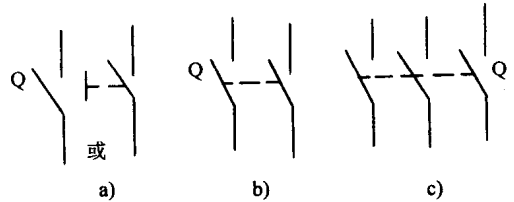


图 1-10 刀开关的图形符号和文字符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

#### 1. 胶盖闸刀开关

图 1-11a 所示为 HK 系列瓷底胶盖闸刀开关结构图，由刀开关和熔丝组合而成。瓷底板上

有进线座、静插座、熔丝、出线座和刀片式的动触刀，上面罩有两块胶盖。这样，操作人员不会触及带电部分，并且分断电路时产生的电弧也不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。

这种开关应用于额定电压为交流 380V 或直流 440V、额定电流不超过 60A 的电器装置中，不频繁地接通或切断负载电路，起短路保护作用。三极闸刀开关由于没有灭弧装置，因此在适当降低容量使用时，也可用作小容量异步电动机不频繁直接起动和停止的控制开关。在拉闸与合闸时，动作要迅速，以利于迅速灭弧，减少刀片的灼伤。

安装时，闸刀开关在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装和平装，以防止闸刀松动落下

时误合闸。电源进线应接在静插座一边的进线端，用电设备应接在动触刀一边的出线端。这样，当闸刀开关关断时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。

胶盖闸刀开关图形符号和文字符号如图 1-11b 所示

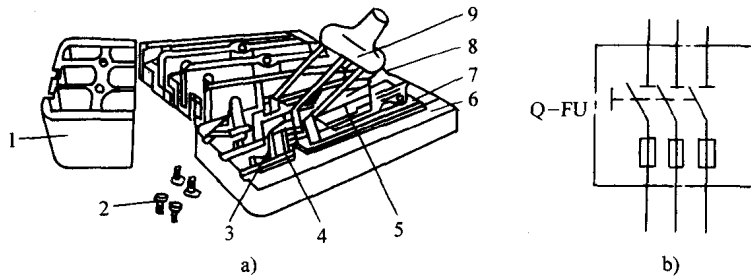


图 1-11 HK 系列瓷底胶盖闸刀开关

a) 结构图 b) 带熔断器刀开关符号

1—胶盖 2—胶盖固定螺钉 3—进线座 4—静插座 5—熔丝  
6—瓷底板 7—出线座 8—动触刀 9—瓷柄

## 2. 铁壳开关

铁壳开关又名封闭式负荷开关，常用的 HH 系列结构和外形如图 1-12 所示。它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和金属外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘轴上，由手柄操作。操作机构装有机械联锁，使盖子打开时手柄不能合闸和手柄合闸时盖子不能打开，以保证操作安全。操作机构中，在手柄转轴与底座间装有速动弹簧，使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关，这样有利于迅速灭弧。

铁壳开关适用于各种配电设备中，供手动不频繁地接通和分断负载电路，并可控制交流异步电动机的不频繁直接起动及停止，具有短路保护功能。

使用铁壳开关时，外壳应可靠接地，防止意外漏电造成触电事故。

铁壳开关图形符号和文字符号与胶盖闸刀开关相同。

## 二、转换开关

转换开关又称组合开关，一般用于电气设备中不频繁地通断电路、换接电源和负载，以及小功率电动机不频繁地起停控制。

图 1-13 所示为 HZ10 系列转换开关的外形、结构及图形符号，实际上它是由多极触点组合而成的刀开关，由动触片（动触点）、静触片（静触点）、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动、静触片分别叠装于数层绝缘壳内，其内部结构示意图如图 1-14 所示，当转动手柄时，每层的动触片随方形转轴一起转动。

用转换开关控制 7kW 以下电动机的起动和停止，该转换开关额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。

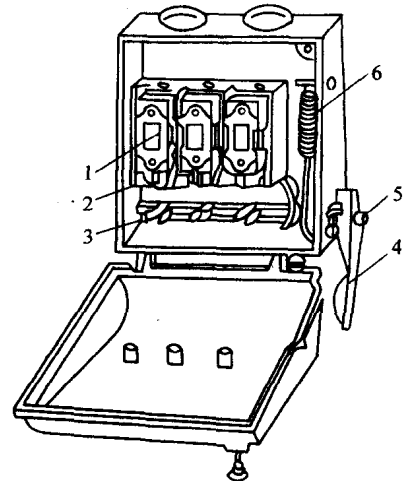


图 1-12 HH 系列铁壳开关

1—熔断器 2—夹座 3—闸刀 4—手柄  
5—转轴 6—速动弹簧

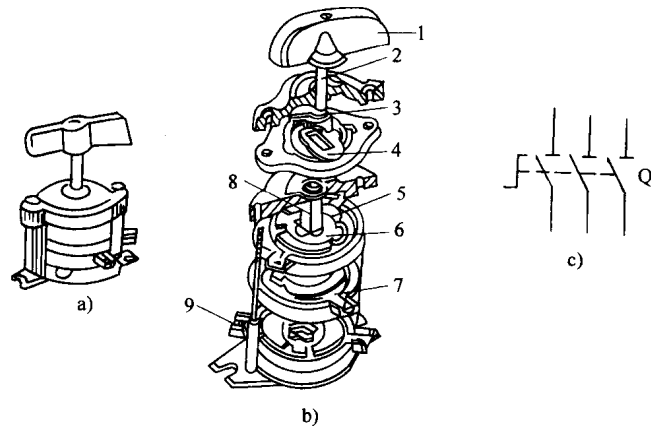


图 1-13 HZ10—10/3 型转换开关

a) 外形 b) 结构 c) 图形符号和文字符号

1—手柄 2—转轴 3—扭簧 4—凸轮 5—绝缘垫板 6—动触片 7—静触片 8—绝缘杆 9—接线柱

用转换开关接通电源，另由接触器控制电动机时，转换开关的额定电流可稍大于电动机的额定电流。

HZ10 系列为早期全国统一设计产品，适用于额定电压 500V 以下，额定电流有 10A、25A、100A 几个等级，极数有 1~4 极。HZ15 系列为新型的全国统一设计更新换代产品。

转换开关的图形符号和文字符号如图 1-15 所示。

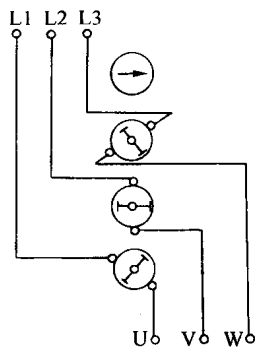


图 1-14 转换开关结构示意图

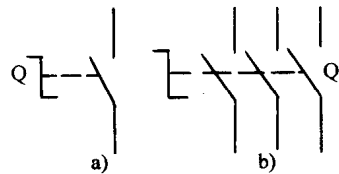


图 1-15 转换开关的图形符号和文字符号

a) 单极 b) 三极

## 练 习

1. 为什么刀开关在安装时手柄方向必须向上？
2. 刀开关使用时如何接线？

## 第三节 接 触 器

接触器能依靠电磁力的作用使触点闭合或分离来接通或分断交直流主电路和大容量控制电路，并能实现远距离自动控制和频繁操作，具有欠（零）电压保护，是自动控制系统和电

力拖动系统中应用广泛的一种低压控制电器。

接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成。可分为交流接触器和直流接触器两大类。

## 一、交流接触器

### 1. 交流接触器电磁系统

交流接触器电磁系统用来操作触点的闭合与分断，包括线圈、动铁心（衔铁）和静铁心（铁心）。线圈由绝缘铜线绕制而成，一般制成粗而短的圆筒形，并与铁心之间有一定的间隙，以免与铁心直接接触而受热烧坏。铁心由硅钢片叠压而成，以减少铁心中的涡流损耗，避免铁心过热。在铁心上装有短路环，以减少交流接触器吸合时产生的振动和噪声，故又称减振环。

### 2. 触点系统

触点系统分主触点和辅助触点，用来直接接通和分断交流主电路和控制电路。

主触点用以通断电流较大的主电路，体积较大，一般有三对动合触点；辅助触点用以通断电流较小的控制电路，体积较小，有动合和动断两种触点。触点用导电性能较好的紫铜制成，并在接触部分镶上银或银合金块，以减小接触电阻。

### 3. 灭弧装置

灭弧装置用来迅速熄灭主触点在分断电路时所产生的电弧，保护触点不受电弧灼伤，并使分断时间缩短。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触点，以利于灭弧，其上有陶土灭弧罩。对于大容量的接触器常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

### 4. 其他部件

其他部件包括反作用力弹簧、传动机构和接线柱等，其结构示意图如图 1-16 所示。

### 5. 工作原理

当线圈通入电流后，在铁心中形成强磁场，动铁心受到电磁力的作用，便吸向静铁心。但动铁心的运动受到反作用力弹簧阻力，故只有当电磁力大于弹簧反作用力时，动铁心才能被静铁心吸住。动铁心吸下时，带动动触点与静触点接触，从而使被控电路接通。当线圈断电后，动铁心在反力弹簧作用下迅速离开静铁心，从而使动、静触点也分离，断开被控电路。

常用的交流接触器产品，国内有 CJ10、CJ12、CJ10X、CJ20、CJX1、CJX2 等系列；引进国外技术生产的有 B 系列、3TB、3TD、LC-D 等系列。

## 二、直流接触器

直流接触器与交流接触器在结构与工作原理上基本相同，在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成；但也有不同之处，其铁心通以直流电，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。为使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形，与铁心直接接触，易于散热。直流接触器灭弧较困难，一般采用灭弧

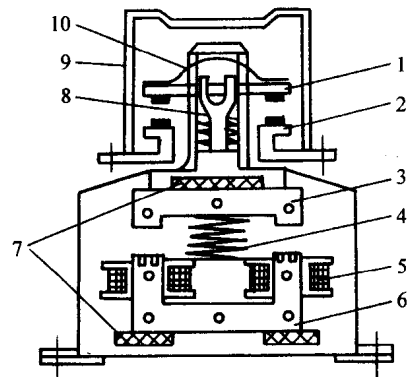


图 1-16 CJ20—63 型交流接触器示意图

1—动触点 2—静触点 3—动铁心（衔铁）  
4—反作用力弹簧 5—电磁线圈 6—静铁心（铁心） 7—垫毡 8—接触弹簧  
9—灭弧罩 10—触点压力簧片

能力较强的磁吹灭弧装置。

常用的直流接触器有：CZ0、CZ18 等系列。

接触器图形符号及文字符号如图 1-17 所示。

### 三、使用接触器时的注意事项

1) 定期检查接触器的零件，要求可动部分灵活，紧固件无松动。已损坏的零件应及时修理或更换。

2) 保持触点表面的清洁，不允许粘有油污。当触点表面因电弧烧蚀而附有金属小珠粒时，应及时去掉。触点若已磨损，应及时调整，消除过大的超程；若触点厚度只剩下 1/3 时，应及时更换。银和银合金触点表面因电弧作用而生成黑色氧化膜时，不必锉去，因为这种氧化膜的接触电阻很低，不会造成接触不良，锉掉反而缩短了触点寿命。

3) 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用，因为这样很可能因触点分断时电弧互相连接而造成相间短路事故。用陶土制成的灭弧罩易碎，拆装时应小心，避免因碰撞而造成损坏。

4) 若接触器已不能修复，应予更换。更换前应检查接触器的铭牌和线圈标牌上标出的参数。换上去的接触器的有关数据应符合技术要求；用于分合接触器的可动部分，看看是否灵活，并将铁心上的防锈油擦干净，以免油污粘滞造成接触器不能释放。有些接触器还需要检查和调整触点的开距、超程、压力等，使各个触点动作同步。

5) 接触器工作条件恶劣时（如电动机频繁正、反转），接触器额定电流应选大一个等级。因为当接触器操作频率过高时，线圈会因过热而烧毁。

6) 避免异物（如螺钉等）落入接触器内，因为异物可能使动铁心卡住而不能闭合，磁路留有气隙时，线圈电流很大，时间长了会因电流过大而烧毁。

### 四、接触器的选用

接触器的基本参数有额定电流和额定控制电动机功率，但它们又随使用条件不同而变化，因此还应考虑具体使用条件。

#### 1. 根据使用类别选用相应产品系列

交流接触器按使用类别分为 12 种，使用类别代号和相应典型用途举例如下。

- (1) AC-1 应用于无感或微感负载、电阻炉。
- (2) AC-2 应用于绕线式感应电动机的起动、分断。
- (3) AC-3 应用于笼型感应电动机的起动、运转中分断。
- (4) AC-4 应用于笼型感应电动机的起动、反接制动或反向运转、点动。
- (5) AC-5a 应用于放电灯的通断。
- (6) AC-5b 应用于白炽灯的通断。
- (7) AC-6a 应用于变压器的通断。
- (8) AC-6b 应用于电容器组的通断。
- (9) AC-7a 应用于家用电器和类似用途的低感负载。
- (10) AC-7b 应用于家用的电动机负载。

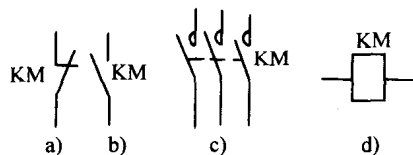


图 1-17 接触器的文字符号与图形符号  
a) 辅助动断触点 b) 辅助动合触点 c) 主触点 d) 线圈

(11) AC-8a 应用于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。

(12) AC-8b 应用于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。

## 2. 根据电动机（或其他负载）的功率和操作情况确定接触器的容量等级

在确定接触器的容量等级时，应使它与可控制电动机的容量相当或稍大一些。切忌仅仅根据电动机额定电流来选择接触器的容量等级，因为接触器的主要任务是接通和分断负载，在频繁操作的情况下，触点发热比通以额定电流时要严重得多。

## 3. 根据控制电路电压决定接触器线圈电压

对于同一系列、同一容量等级的接触器，其线圈的额定电压有好几种规格，所以应指明线圈的额定电压，它是由控制电路电压决定。另外，接触器还有触点电压等级，它是指主触点间或辅助触点间允许承受的电压，使用时应小于或等于此值。

## 4. 根据使用地点的周围环境选择有关系列或特殊规格的接触器

直流接触器工作类别有 DC—1、DC—3、DC—5、DC—6 四种，其具体选择方法与交流接触器相同。

## 练 习

1. 从结构特征上如何区分直流接触器与交流接触器？

2. 线圈电压为 220V 的交流接触器，误接入 380V 交流电源上会发生什么问题？为什么？

3. 两只线圈电压为 220V 的交流接触器能否串联后接入 440V 交流电源上？为什么？若将损坏的接触器灭弧罩取下，接触器是否还可继续使用，为什么？

4. 交流接触器线圈断电后，衔铁不能立即释放，从而使电动机不能及时停止。试分析出现这种故障的原因，应如何处理？

5. 用来控制某一电动机的接触器经常因触点烧蚀而更换，其寿命特短。试分析其原因，应如何处理？

## 第四节 继 电 器

继电器是一种根据外界输入信号来控制电路通断的自动切换电器。其输入信号可以是电压、电流等电量，也可以是时间、转速、温度、压力等非电量。而输出则是触点的动作或电路参数的变化。

继电器种类繁多，随着现代高科技的发展，应用越来越广泛，不断出现高性能、高可靠性、新结构的新型继电器。

按用途分：有控制继电器和保护继电器。

按动作原理分：有电磁式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器等。

按输入信号分：有电流、电压、时间、温度、速度和压力继电器等。

按输出形式分：有无触点和有触点继电器等。

### 一、电磁式继电器

电磁式继电器工作原理和电磁式接触器相同，结构也相似，由电磁机构和触点系统组成。主要区别在于：继电器和接触器相比用于切换小电流的控制电路和保护电路，故继电器没有灭弧装置，也无主辅触点之分。而接触器是用来控制大电流电路的，其主触点上装有相应的灭弧装置。

常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器和中间继电器。

### 1. 电流继电器

电流继电器反映的是电流信号。使用时，电流继电器的线圈和被保护的设备串联，其线圈匝数少而线径粗、阻抗小、分压小，不影响电路正常工作。常用的有欠电流继电器和过电流继电器两种。

欠电流继电器在正常工作时，衔铁是吸合的，只有当电流降到某一数值时（一般为额定电流的 20% ~ 30%），继电器才释放，输出信号，起欠电流保护作用。

过电流继电器在正常工作时不动作，当电流超过某一整定值时继电器吸合动作，对电路起到过电流保护作用。

### 2. 电压继电器

电压继电器反映的是电压信号。使用时电压继电器的线圈与负载并联，其线圈匝数多而线径细。常用的有过电压、欠电压和零电压继电器。过电压继电器在电路电压为额定电压的 105% ~ 120% 时吸合动作；欠电压继电器正常时吸合，当电路电压减小到额定值的 30% ~ 50% 时释放；零电压继电器在电路电压降到额定值的 5% ~ 25% 时释放。它们分别用作过电压、欠电压和零电压保护。

### 3. 中间继电器

中间继电器实质是一种电压继电器，它的特点是触点数量较多，触点容量较大，可起到中间扩展触点数量或触点容量的作用。

电磁式继电器选用时除满足继电器线圈电压或线圈电流的要求外，还应按照控制需要区别来选择过电流继电器、欠电流继电器、过电压继电器、欠电压继电器、中间继电器等。另外电压、电流继电器还有交流、直流之分，选择时也应注意。

产品系列包括：JL14、JL18、JT18、JZ15、3TH80、3TH82 及 JZC2 等。其中 JL14 系列为交直流电流继电器，JL18 系列为交直流过电流继电器，JZ15 为中间继电器，3TH80、3TH82 为接触器式继电器，与 JZC2 系列类似。

电磁式继电器的图形符号和文字符号如图 1-18 所示。

### 二、时间继电器

从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延迟后才输出信号（触点的闭合或断开）的继电器，称为时间继电器。

时间继电器的种类很多，按其动作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电子式等，按触点延时方式可分为通电延时型和断电延时型。

#### 1. 直流电磁式时间继电器

在直流电磁式电压继电器的铁心上增加一个阻尼铜套，即可构成时间继电器，其铁心结构如图 1-19 所示。当继电器吸合时，由于衔铁处于释放位置，气隙大、磁阻大、磁通少，铜套阻尼作用也小，因此铁心吸合时的延时不显著，一般可忽略不计；当继电器断电时，磁通量的变化大，铜套的阻尼作用也大。因此，这种继电器仅用作断电延时型，其延时动作触

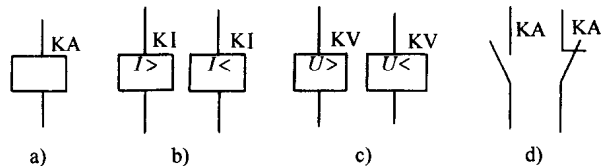


图 1-18 电磁式继电器的图形符号和文字符号

- a) 线圈一般符号 b) 过电流、欠电流继电器线圈  
c) 过电压、欠电压继电器线圈 d) 动合、动断触点