

# 电器控制与 PLC 技术

主 编 张玉清  
副主编 毕既华 丰玉臣  
主 审 徐贵明



哈尔滨地图出版社

# 电器控制与 PLC 技术

DIANQI KONGZHI YU PLC 技术

主 编 张玉清  
副主编 毕既华 丰玉臣  
主 审 徐贵明

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

**图书在版编目(CIP)数据**

电器控制与 PLC 技术/张玉清主编. —哈尔滨:哈尔滨  
地图出版社,2007.8  
ISBN 978-7-80717-714-2

I. 电… II. 张… III. ①电气控制—高等学校—教材  
②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 126573 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码:150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:14.875 字数:381 千字

ISBN 978-7-80717-714-2

2007 年月 8 第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~1 000 定价:28.80 元

# 前 言

电器控制与可编程序控制器(PLC)应用技术是高职高专电气类、机电类专业中应用型的专业课。近年来,随着自动化技术的不断发展,PLC 逐渐代替复杂的电器及接线而成为控制设备的核心。为此,削弱电器控制中复杂的电路分析,加强 PLC 程序设计实为教学之需要。本书针对高职高专电气、机电、数控等专业学生的培养目标和岗位技能的要求,在充分体现理论内容“必须、够用”的原则和突出应用能力、综合素质培养的前提下,由浅入深,循序渐进地对教材内容进行陈述。本书是将继电器控制与 PLC 控制技术整合到一起的新型教材。本书力图兼顾电器控制技术及可编程序控制器应用技术的教学重点,并使它们前后承接、相互呼应。本着结合工程实际、突出技术应用的原则,精选内容、突出应用,吸取各校教改经验,做到通俗易懂,便于自学。

本书共 11 章,从两方面着手编写,即电器控制和 PLC;主要内容有常用低压电器、常用电动机应用基础、电器控制基本环节、典型机床电器控制、电动机调速控制系统、PLC 概论、软电器与基本逻辑命令、PLC 工作原理和电路分析、PLC 与顺序控制、编程器和编程软件的基本使用方法、西门子可编程序控制器。重点为电器控制基本环节与典型设备电器控制电路分析和 PLC 程序设计与应用系统设计。本书针对当前市场众多 PLC 产品,以当今应用较为广泛的三菱 FX 系列、西门子 S7-200 系列为主,介绍 PLC 的应用和程序设计方法,内容新颖,实例由浅入深。此外,每一章后都附有习题,使学生对所学的内容能进一步理解和掌握。本书中的术语、图形文字符号均采用最新的国家标准,既反映了我国机床电气控制的现状,也一填新技术发展的需要。

本书在教学使用过程中,并非全部内容都要讲解,可根据不同专业、课时多少进行删减,有些内容和实例可安排在电气实训、课程设计、毕业设计中进行。由于前后两部分内容之间既相互联系,又相互独立,故也可供分别开设“电器控制技术”及“可编程序控制器应用技术”两门课程的院校选用。在可编程序控制器的讲解中,也可分别选用三菱 FX 或西门子 S7-200 系列为主进行讲解。

本书由张玉清主编,毕既华、丰玉臣任副主编。其中,第 1 章至第 6 章由张玉清编写,第 7 章、第 8 章、第 9 章由毕既华编写,第 10 章、第 11 章由丰玉臣编写。参加本书编写工作的还有石晓波、陈小东、刘振霞。

本书由黑龙江林业职业技术学院徐贵明副教授主审。

本书可作为高职高专、成人教育数控、机电一体化、电气自动化、电气技术等机电类专业的教材,也可作为培训教材、自学教材,对从事电气控制的技术人员也有重要的参考价值。

由于电气控制技术日新月异,加之作者水平有限,时间仓促,书中的错误或不妥之处在所难免,恳请读者指正,不胜感激。

作 者

## 目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.2 开关电器	3
1.3 接触器	8
1.4 继电器	10
1.5 熔断器	14
1.6 执行电器	15
第 2 章 常用电动机应用基础	18
2.1 直流电动机应用基础	18
2.2 交流电动机应用基础	21
2.3 步进电动机应用基础	23
2.4 其他常用的电动机	25
2.5 电动机的保护	26
2.6 电动机的选择	27
第 3 章 电气控制基本环节	29
3.1 三相异步电动机的启动控制	29
3.2 三相异步电动机的可逆运行	32
3.3 三相异步电动机制动控制	33
3.4 其他功能控制电路	36
第 4 章 典型机床电气控制	39
4.1 电气识图与制图基础知识	39
4.2 CA6140 车床电气控制系统	43
4.3 Z3040 钻床电气控制系统	45
4.4 X62w 铣床电气控制系统	48
第 5 章 电动机调速控制系统	54
5.1 电动机调速的基本概念和指标	54
5.2 直流调速控制系统	55
5.3 交流调速控制系统	57
第 6 章 PLC 概论	66
6.1 PLC 的物理结构及其系统的组成	66
6.2 PLC 控制系统与继电器—接触器控制系统	69
6.3 PLC 梯形图的绘制规则	73
6.4 PLC 的基本使用步骤	74
6.5 PLC 的特点	77
6.6 PLC 的发展	82

<b>第 7 章 三菱 FX 系列 PLC 的软电器与基本逻辑命令</b> .....	86
7.1 编程资源 .....	86
7.2 时序图与逻辑表达式 .....	89
7.3 软电器的工作原理 .....	91
7.4 基本逻辑指令 .....	101
<b>第 8 章 三菱 FX 系列 PLC 的工作原理和电路分析</b> .....	116
8.1 三菱 FX 系列 PLC 的工作原理 .....	116
8.2 三菱 FX 系列 PLC 电路分析 .....	117
8.3 控制电路的经验设计法 .....	128
<b>第 9 章 三菱 FX 系列 PLC 与顺序控制</b> .....	137
9.1 顺序控制及其描述 .....	137
9.2 状态转换图与步进梯形图 .....	139
9.3 单流程的顺序控制 .....	146
9.4 复杂流程的顺序控制 .....	152
<b>第 10 章 三菱 FX 系列 PLC 编程器和编程软件的基本使用方法</b> .....	169
10.1 编程器的基本使用方法 .....	169
10.2 编程软件的基本使用方法 .....	179
<b>第 11 章 西门子 S7-200 可编程序控制器</b> .....	189
11.1 S7-200 系列 PLC 的组成及性能 .....	189
11.2 PLC 的内部元件及寻址方式 .....	192
11.3 S7-200 系列 PLC 基本指令系统 .....	197
11.4 S7-200 系列 PLC 功能指令 .....	203
11.5 PLC 的编程及应用 .....	214
11.6 编程软件 STEP7-Micro/WIN32 使用方法介绍 .....	221
<b>参考文献</b> .....	231

# 第1章 常用低压电器

## 1.1 低压电器的基本知识

低压电器是组成各种电气控制成套设备的基础配套组件,它的正确使用是低压电力系统可靠运行、安全用电的基础和重要保证。

本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、用途及其图形符号和文字符号,为正确选择和合理使用这些电器进行电气控制线路的设计维护打下基础。

### 1.1.1 低压电器的分类

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1 200 V、直流电压小于 1 500 V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的电器设备。

低压电器种类繁多,结构各异,用途广泛,功能多样,下面介绍低压电器常用的分类方法。按其在电路中作用分为以下四类:

(1)控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器,要求使用寿命长、工作可靠、维修方便;在电路中主要起控制、转换作用,包括接触器、继电器、电动机启动器等。

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

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

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

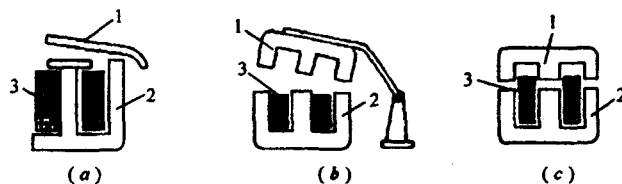
### 1.1.2 低压电器的基本结构

电磁式低压电器在电气控制线路中使用量很大,类型也很多。这些低压电器的工作原理和结构基本相同,就其结构而言,大都由 3 部分组成,即触点系统、灭弧装置和电磁机构。

#### 1. 电磁机构

电磁机构又叫电磁铁,它是电磁式低压电器的感测部件,它的作用是将电磁能转换成机械能,带动触点动作使之闭合或断开,从而实现电路的接通或分断。

电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等几部分组成,常见的 3 种结构如图 1-1 所示。



(a)拍合式 (b)转动式 (c)直动式

1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

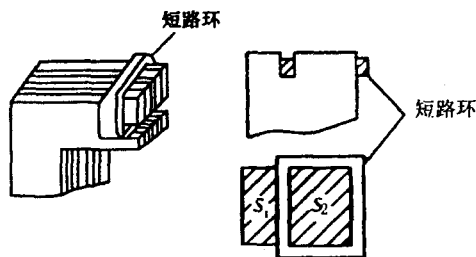
图 1-1 电磁机构的结构

电磁铁的工作原理是:当线圈通入电流后,产生磁场,磁通经铁芯、衔铁和工作气隙形成闭合回路,产生电磁吸力,将衔铁吸向铁芯。与此同时,衔铁还要受到复位弹簧的反作用力,只有电磁吸力大于弹簧反力时,衔铁才能可靠地被铁芯吸住。

按通入吸引线圈的电流种类的不同可分为直流线圈和交流线圈,与之对应的有直流电磁机构和交流电磁机构。

对于直流电磁机构,因其铁芯不发热,只有线圈发热,所以通常直流电磁机构的铁芯是用整块钢材或工程纯铁制成,而且它的激磁线圈高而薄,且不设线圈骨架,使线圈与铁芯直接接触,这样的结构易于散热。

对于交流电磁机构,由于其铁芯存在磁滞和涡流损耗,这样铁芯和线圈都发热,所以通常交流电磁机构的铁芯用硅钢片叠铆而成,而且它的激磁线圈短而厚,其中设有骨架,使铁芯与线圈隔离,这样的结构有利于铁芯和线圈的散热。



当线圈中通以交流电流时,在铁芯中产生的磁通也是交变的,这样对衔铁的吸力就时大时小,有时为 0。在弹簧反力的作用下,有释放的趋势,造成衔铁振动,同时产生噪声,为了避免这种情况的发生,常常在交流电磁铁的铁芯上装短路环,如图 1-2 所示。这样就使铁芯磁通和环中产生的磁通不会同时为 0,仍然能将衔铁吸住。

图 1-2 交流电磁机构的短路环

### 2. 触点系统

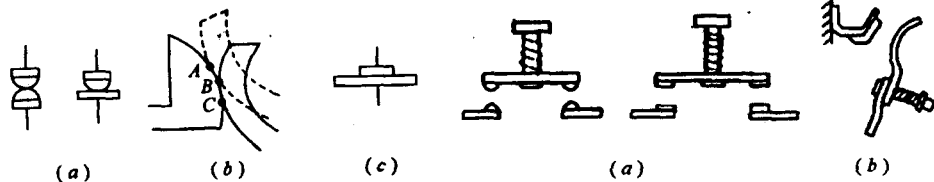
触点是电磁式电器的执行元件,用它来接通或断开被控制电路。

触点的结构形式很多,按其所控制的电路可分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流;辅助触点用于接通或断开控制电路,只能通过较小的电流。

触点按其原始状态可分为常开触点和常闭触点:原始状态时(即线圈未通电)断开,线圈通电后闭合的触点叫常开触点;原始状态闭合,线圈通电后断开的触点叫常闭触点。

触点按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触三种,如图 1-3 所示。触点的三种接触形式中,点接触形式只能用于小电流的电器中,如接触器的辅助触点和继电器的触点;面接触形式允许通过较大的电流,一般在其接触面上镶有合金,以减小触点的接触电阻,提高耐磨性,容量较大的接触器的主触点多用这类触点;线接触形式触点的接触区域是一条直线,触点在通断过程中波动动作,从而保证了触点的良好接触,这种接触多用于中等容量的触点,如一般接触器的主触点。

在常用的继电器和接触器中,主要有桥形触点和指形触点二种结构,如图 1-4 所示。桥形触点一般为点接触和面接触形式;指形触点一般为线接触形式。为了使触点接触得更加紧密,以减小接触电阻,消除接触时产生的振动,常常在触点上装有接触弹簧,它对触点产生压力作用,触点闭合的程度越大,压力越大。



(a)点触式; (b)线触式; (c)面接触;

(a)桥形; (b)指形触点;

图 1-3 触点的接触形式

图 1-4 触点的结构

### 3. 灭弧装置



当触点断开大电流的瞬间,触点间距极高小,电场强度较大,触点间产生大量的带电粒子,形成炽热的电子流,产生弧光放电现象,称为电弧。显然,电压越高,电流越大,电弧功率也越大;弧区温度越高,游离程度越大,电弧亦越强。电弧的出现,既妨碍电路的正常分断,又会使触点受到严重灼伤,为此必须采用有效的措施进行灭弧,以保证电路和电器元件工作的安全可靠。根据上面的分析,要使电弧熄灭,应设法降低电弧的温度和电场强度,常用的灭弧装置有灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置等。

## 1.2 开关电器

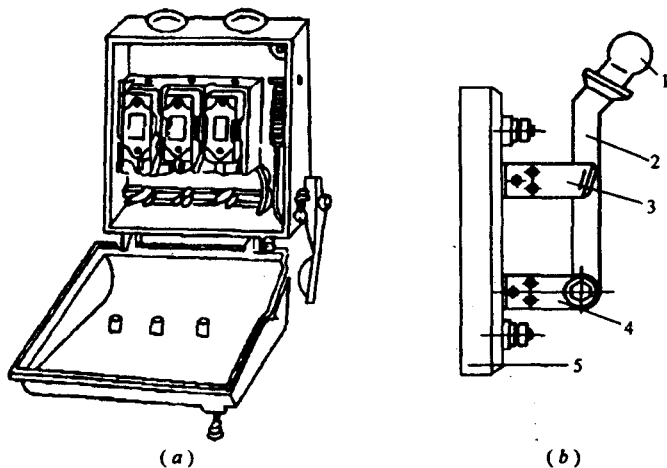
### 1.2.1 低压隔离器

低压隔离器是低压电器中结构简单、应用广泛的一类手动操作电器,主要有刀开关、转换开关、万能转换开关等。它的作用是在电源切断后,将线路与电源明显地隔开,以保证检修人员的安全。

#### 1. 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,用它来不频繁地接通和分断电路,或使电路与电源隔离。

刀开关由操纵手柄、触刀、支座、静插座和绝缘底板等组成,结构如图 1-5 所示,用手扳动

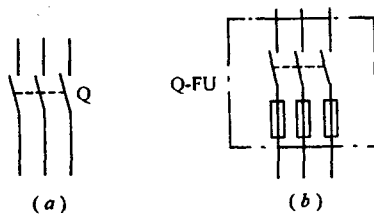


1—静插座; 2—操作手柄; 3—触刀; 4—支座; 5—绝缘板;

图 1-5 刀开关结构

手柄即可实现触刀插入插座和脱离插座的操作。刀开关安装时,手柄向上,不得倒装或平装。如果倒装,拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸而造成人身设备安全事故。接线时,必须将电源线接在上端,负载线接在下端,以保证安全。刀开关按刀数可分为单级、双级和三级。刀开关的图形符号和文字符号如图 1-6 所示。

刀开关的主要类型有带灭弧装置的大容量刀开关、带熔断器的开启式负荷开关(胶盖开关)、带灭弧装置和熔断器的封闭式负荷开关(铁壳开关)等。常用的产品有



(a)刀开关; (b)带熔断器的刀开关

图 1-6 刀开关的图形符号和文字符号

HD11 系列至 HD14 系列和 HS12 系列至 HS13 系列,其中 HK1 系列、HK2 系列为胶盖开关, HH3 系列、HH4 系列为铁壳开关。

刀开关的主要技术参数有:

(1)额定电压 指在规定条件下,保证电器正常工作的电压值。目前国内生产的刀开关的额定电压为交流 500 V 以下,直流 440 V 以下。

(2)额定电流 指在规定条件下,保证电器正常工作的电流值。目前生产的刀开关,其额定工作电流为 10 A,15 A,20 A,30 A,60 A,100 A,200 A,400 A,600 A,1 000 A 及 1 500 A 等,最高的可达 5 000 A。

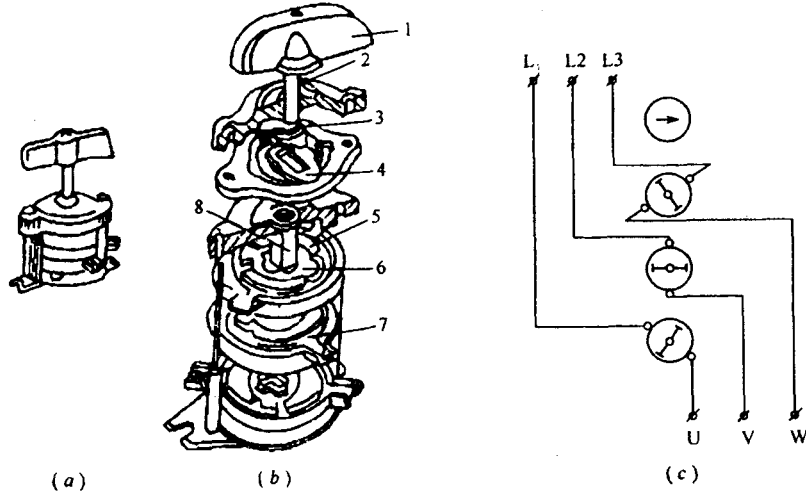
(3)通断能力 指在规定条件下,能在额定电压下接通和分断的电流值。

选用刀开关时,刀开关的额定电压应等于或大于所控制线路的额定电压;其额定电流应等于或大于所控制线路的额定电流。刀的极数要与电源进线相数相等。若用刀开关来控制电动机,由于电动机的启动电流比较大,应选用额定电流大的刀开关。此外,刀开关的通断能力及其他参数应符合电路要求。

### 2. 转换开关

转换开关也称为组合开关,主要用做电源的引入开关,所以又称电源的隔离开关。

HZ10 系列转换开关的外形和结构如图 1-7 (a) 和图 1-7 (b) 所示。它是由多极触点组合而成的刀开关,由动触点(动触片)、静触点(静触片)、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动触点、静触点分别叠装于数层绝缘壳内,其内部结构示意图如图 1-7 (c) 所示。当转动手柄时(即换挡时),每层的动触片随转轴一起转动并改变其与静触点的分、合位置。所以转换开关实际上是一个多触点、多位置、可以控制多个回路的开关电器。



(a) 外形; (b) 结构; (c) 结构示意图;

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

图 1-7 HX1-10/3 型转换开关

转换开关的主要参数有额定电压、额定电流、极数等,其额定电流有 10 A,25 A,60 A,100 A 等几级。转换开关常用的产品有 HZ10, HZ15 系列,其图形和文字符号如图 1-8 所示。图 1-8 (a) 中虚线表示操作位置,若在其相应触点下涂黑圆点,即表示该触点在此操作位置是接通的,没有涂黑圆点则表示断开状态。另一种方法是用通断状态表来表示,表中以“十”(或“X”)表示触点闭合,以“-”(或无记号)表示分断。图 1-8 (b) 是转换开关的另一种表示方式

(也可用 QS 表示)。

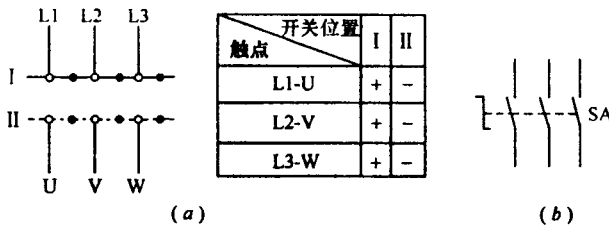
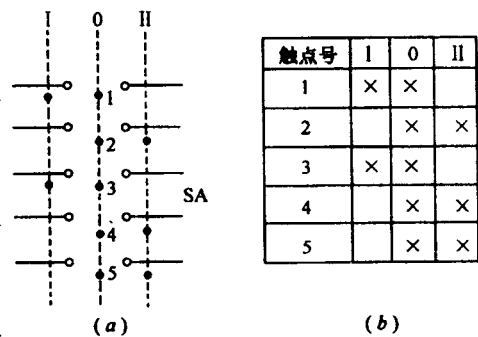


图 1-8 转换开关的图形符号和文字符号

### 3. 万能转换开关

万能转换开关是一种多档式且能对电路进行多种转换的电器。它用于各种控制电路的转换、电气测量仪表的转换以及配电设备的远距离控制,也可用作小容量电动机的启动、制动、调速和换向控制。

万能转换开关由凸轮机构、触点系统和定位装置等部分组成。它依靠操作手柄带动转轴和凸轮转动,使触点动作或复位,从而按预定的顺序接通与分断电路,同时由定位机构确保其动作的准确可靠。操作时,手柄带动转轴和凸轮一起旋转,当手柄转到不同的位置时,可使每层的各触点按设置的规律接通或断开,因而这种开关可以组成多种接线方案。万能转换开关的图形及文字符号如图 1-9 所示。



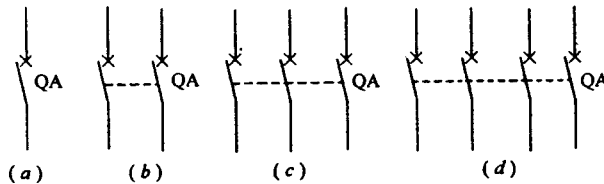
(a) 图形符号和文字符号 (b) 通断表

图 1-9 万能转换开关的图形及文字符号

目前,国内常用万能转换开关有 LW5, LW6 等系列。

#### 1.2.2 低压断路器

断路器又称为空气开关或自动空气断路器。它多用于低压配电电路不频繁地转换及启动电动机,在线路、电器设备及电动机发生严重过载、短路或欠(失)电压等故障时能自动切断电路。其功能相当于熔断器式开关与欠压继电器、热继电器等的组合,而且在分断故障电流后一般不需要更换零部件,因而获得了广泛的应用。断路器的图形及文字符号如图 1-10 所示。

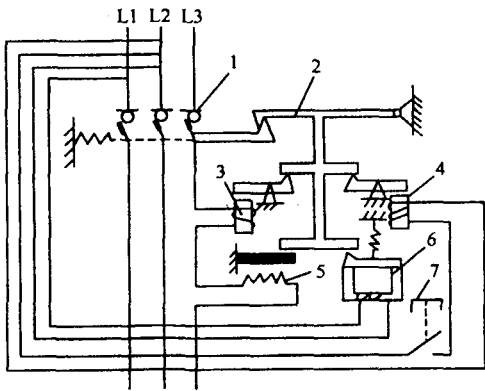


(a) 单极 (b) 双极 (c) 三极 (d) 四级

图 1-10 低压断路器的图形及文字符号

低压断路器主要由触点、灭弧装置、各种可供选择的脱扣器与操作机构、自由脱扣机构等几部分组成。各种脱扣器包括分励、过流、欠压(失压)脱扣器和热脱扣器等。但不是每种继电器都具有上述四种脱扣器,在使用时根据体积和具体使用场合的不同来选择断路器。

低压断路器结构如图 1-11 所示,开关的主触点是靠操作机构手动或电动合闸的,并由自由脱扣器将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联;失



1—主触点 2—自由触点 3—过流脱扣器 4—分励脱扣器 5—热脱扣器 6—失压脱扣器 7—按钮

图 1-11 低压断路器结构

压脱扣器的线圈与电路并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构动作。当电路过载时，热脱扣器的热元件产生的热量增加，使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣器动作。当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣器动作。分励脱扣器则作为远距离控制分断电路之用。

断路器的主要技术参数有：额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型及其整定电流范围、通断能力、分断时间等。其中通断能力是指在一定实验条件下，断路器能够接通和分断的最大电流值。分断时间是指断路器从断开到燃弧结束为止的时间间隔。选用断路器时，其额定电压和额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。

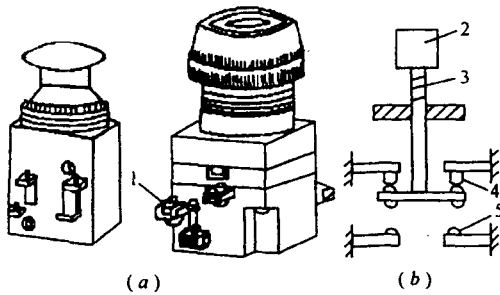
机床上常用的自动开关有 DZ-10 系列、DZS-20 系列和 DZS-50 系列。

1.2.3 主令电器

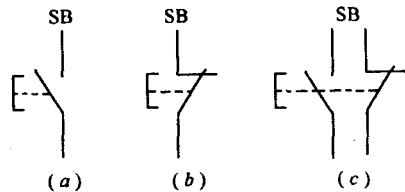
主令电器是用来发布命令、改变控制系统工作状态的电器，它可以直接用于控制电路，也可以通过电磁式电器转换对电路实现控制，其主要类型有按钮、行程开关、主令控制器、脚踏开关等。

1. 按钮

按钮是最常用的主令电器，在低压控制电路中用手动发出控制信号，用来短时接通或断开小电流的控制电路。其典型结构如图 1-12 所示，一般由钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成。按钮的图形符号和文字符号如图 1-13 所示。



(a) 外形 (b) 结构



(a) 常开按钮 (b) 常闭按钮 (c) 复合按钮

1—接线柱 2—按钮帽 3—复位弹簧 4—常闭触点 5—常开触点

图 1-12 按钮结构

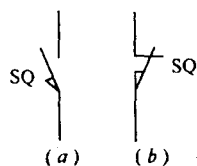
图 1-13 按钮的图形符号和文字符号

按钮在结构上有按钮式、自锁式、紧急式、钥匙式、旋钮式和保护式等，有些按钮还带有指示灯，可根据使用场合和具体用途来选用。如按钮式带有常开触点，手指按下按钮帽，常开触点闭合；手指松开，常开触点复位。为便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常将按钮帽做成不同颜色，以示区别，其颜色有红、绿、黄、蓝、白等，如红色表示停止按钮绿色表示启动按钮等。

按钮的主要参数有外观形式及安装孔尺寸、触点数量及触点的电流容量，在产品说明书中都有详细说明。常用产品有 LAY3, LAY6, LA20, LA25, LA38, LA101, NP1 等系列。

## 2. 行程开关

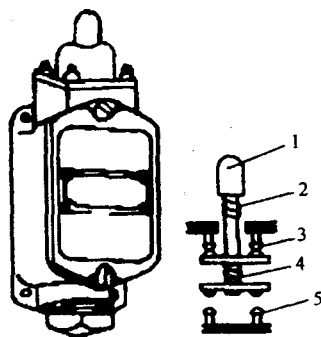
行程开关也称为位置开关或限位开关。它的作用与按钮相同,但不用手按,而是利用生产机械某些运动部件的碰撞使触点动作来控制电路。行程开关的种类很多,按其结构可分为直动式、转动式和微动式;按其复位方式可分为自动复位和非自动复位;按触点性质可分为触点式和无触点式。行程开关的图形符号和文字符号如图 1-14 所示。



(a)常开触点 (b)常闭触点

图 1-14 行程开关的图形符号和文字符号

(1)直动式行程开关 直动式行程开关如图 1-15 所示。其结构与按钮相似,只是它用运动部件上的挡块来碰撞行程开关的推杆。这种行程开关触点的分合速度取决于挡块的移动速度,当挡块移动速度低于 0.4 m/min 时,触点断开较慢,电弧易烧坏触点,不宜采用这类行程开关。



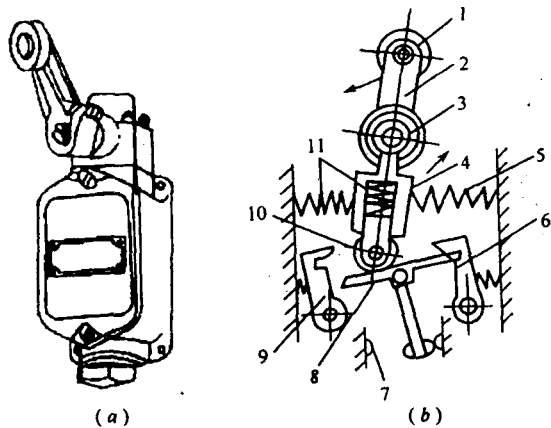
(a)外形 (b)结构

1-顶杆 2-弹簧 3-动断触点  
4-触点弹簧 5-动合触点

图 1-15 直动式行程开关

(2)转动式行程开关 为克服直动式行程开关的缺点,还可采用能瞬时动作的转动式行程开关,其结构如图 1-16 所示。这种开关通过左右推动滚轮 1,带动小滑轮 10 在擒纵件 7 上快速移动,从而使动触点迅速地与右边的静触点断开,并与左边的静触点闭合。这样就减少了电弧对触点的烧蚀,并保证了动作的可靠性。这类行程开关适用于低速运动的机械。

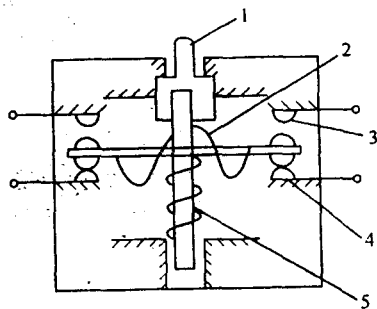
(3)微动式行程开关 微动式行程开关具有弯片式弹簧瞬时机构,其结构如图 1-17 所示。当推杆被压下时,弹簧变形,储存能量。当达到顶点位置时,弹簧连同动触点产生瞬时跳跃,实现电路的切换。当操作力小时,弹簧释放能量,反向跳跃,触点分合速度不受推杆压下速度影响,克服了直动式行程开关的缺点。这种行程开关不仅动作灵敏而且体积小,适用于小型机构。



(a)外形 (b)结构

1-滚轮 2-上转臂 3,9,11-弹簧  
4-推杆 5,8-压板

图 1-16 转动式行程开关



1-推杆 2-弹簧 3-动合触点  
4-动断触点 5-复位弹簧

图 1-17 滚式行程开关结构

行程开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点切换时间、动作力、动作角度或工作

行程、触点数量、结构形式和操作频率等。常用的行程开关有 LX19, LXW-11, JIXK1, LW2, LX5 和 LX10 等系列。

### 3. 接近开关

接近开关又称无触点行程开关,它除可以完成行程控制和限位保护外,还是一种非接触型的检测装置,常常用来检测零件的尺寸或测速等,也可用于变频计数器、变频脉冲发生器、液面控制和加工程序的自动衔接等,它具有工作可靠、寿命长、功耗低、复定位精度高、操作频率高以及适应恶劣的工作环境等特点。常用的接近开关有电感式和电容式两种。

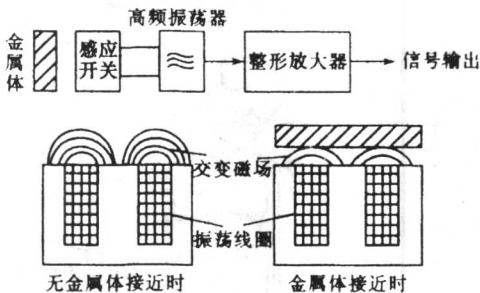


图 1-18 电感式接近开关工作原理图

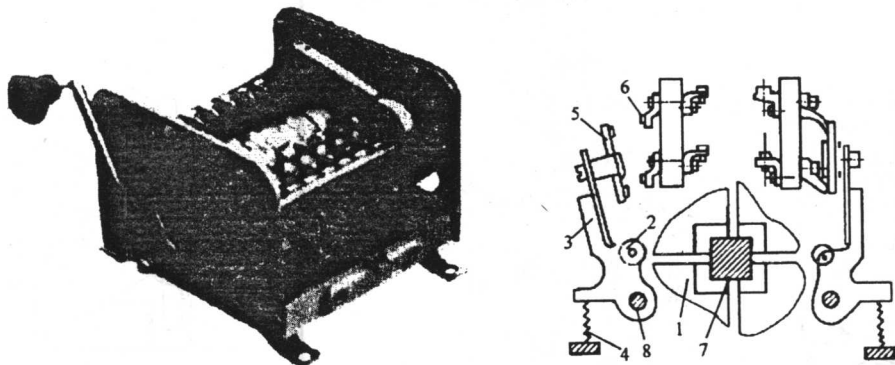
图 1-18 是电感式接近开关工作原理图。电感式接近开关由一个高频振荡器和一个整形放大器组成,振荡器振荡后,在开关的检测面产生交变磁场。当金属体接近检测面时。金属体产生涡流,吸收了振荡器的能量,使振荡减弱以致停振。“振荡”和“停振”这二种状态由整形放大器转换成“高”和“低”二种不同的电平,从而起到“开”和“关”的控制作用。目前常用的电感式接近开关有 LJ1, LJ2 等系列。

电容式接近开关感应头只是一个圆形平板电极,既能检测金属,又能检测非金属及液体,因而应用十分广泛,常用的有 LXJ15 系列和 TC 系列。

### 4. 主令控制器

主令控制器是用来发出信号指令的电器。触点的额定电流较小,不能直接控制主电路,而是经过接通、断开接触器或继电器的线圈电路,间接控制住电路。目前,常用的有 LK14, LK15, LK16 系列主令控制器。机床上用到的“十”字形转换开关也属主令控制器,这种开关一般用于多电动机拖动或需多重连锁的控制系统中。

图 1-19 为主令控制器外形图及结构原理图,手柄通过带动轴上凸轮的转动来操作触点



1-凸轮 2-滚子 3-杠杆 4-弹簧 5-动触点 6-静触点 7-转轴 8-轴

图 1-19 主令控制器外形图及结构原理图

的断开与闭合。

## 1.3 接 触 器

### 1.3.1 接触器的用途及分类

接触器是一种用于频繁地接通或断开交直流主电路、大容量控制电路的自动切换电器。

在功能上接触器除能自动切换外,还具有手动开关所缺乏的远距离操作功能和失压(或欠压)保护功能,但没有自动开关所具有的过载和短路保护功能。主要控制对象是电动机,也可用于其他电力负载,如电热器、电焊机、电炉、变压器及电容器等。接触器生产方便、成本低,是电力拖动自动控制线路中应用最广泛的电器元件。

接触器种类繁多,按其主触点的不同分直流接触器和交流接触器;按其主触点的级数(即主触点的个数)来分,则直流接触器有单极和双极两种,交流接触器有三极、四极和五极三种。机床控制上以交流接触器应用最为广泛。

### 1.3.2 接触器的结构及工作原理

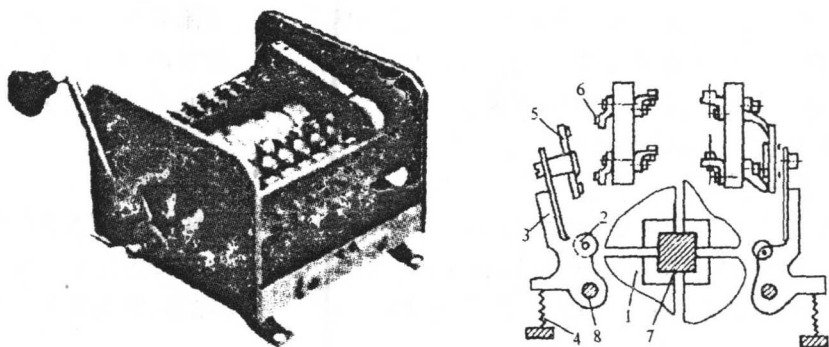
#### 1. 交流接触器

交流接触器常用于远距离接通和分断电压至1140 V、电流至630 A的50 Hz交流电路及交流电机。

交流接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成,其外形如图1-20(a)所示。

接触器的触点分主触点和辅助触点,主触点用以通断电流较大的主电路,体积较大,一般有3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,有动合和动断二种触点。主触点和辅助触点一般均采用双断点的桥式触点,电路的接通和分断由二类触点共同完成。接触器的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。一般容量在10 A以上的接触器都设有灭弧装置。

交流接触器的结构如图1-20(b)所示,当线圈通入电流后,在铁芯中形成强磁场,动铁芯受到电磁力的作用,被吸向静铁芯。但动铁芯运动的同时受到弹簧的反作用阻力,故只有当电磁力大于弹簧反力时,动铁芯才能被静铁芯吸住。当线圈通电后,动铁芯向下运动时,带动动触点与静触点接触,从而接通被控电路;当线圈断电后,动铁芯在反力弹簧作用下迅速与静铁芯分离,从而使动、静触点也分离,断开被控电路。



1—动触点 2—静触点 3—动铁芯 4—缓冲弹簧 5—电磁线圈 6—静铁芯  
7—垫毡 8—接触弹簧 9—灭弧罩 10—触点压力簧片

图1-20 交流接触器

常用的交流接触器有CJ10, CJ12, CJ10X, CJ20, CJX1, CJX2, 3TB, 3TD, LC-D15等系列。

#### 2. 直流接触器

直流接触器主要用来远距离接通和分断电压至440 V、电流至600 A的直流电路。其工作原理与交流接触器基本相同,但结构不同,直流接触器采用了直流电磁机构,并且由于直流电弧比交流电弧更难熄灭,因此常采用磁吹式灭弧装置。

常用的直流接触器有 CZ0, CZ18 等系列。

### 1.3.3 接触器的选择

接触器在选用时主要依据其技术参数,一般遵循以下原则:

- (1) 根据负载性质选择接触器的类型。
- (2) 接触器的额定电压应大于或等于主电路的工作电压。
- (3) 接触器的额定电流应大于或等于被控电路的额定电流。
- (4) 接触器的线圈电压必须与接入此线圈的控制电路额定电压相等。
- (5) 接触器触点数量和种类应满足主电路和控制线路的需要。

但实际选用时还要考虑具体使用情况。

接触器的文字符号是 KM, 图形符号和文字符号如图 1-21 所示。

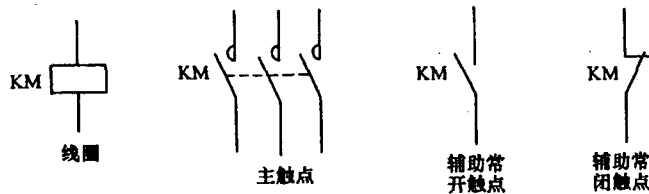


图 1-21 接触器的图形符号和文字符号

## 1.4 继电器

继电器是根据外界输入的信号来控制电路通断的一种自动切换电器。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,而输出信号则是触点的动作或电路参数的变化。

继电器的种类繁多,按输入信号的性质可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器和压力继电器等;按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等;按输出形式可分为有触点继电器和无触点继电器;按用途分为控制用继电器和保护用继电器。

### 1.4.1 电磁式继电器

在低压控制系统中采用的继电器大部分是电磁式继电器,它的结构与原理和接触器基本相同。一般由电磁机构和触点系统组成,按通入线圈电流的不同,可分为直流电磁式继电器和交流电磁式继电器。按线圈在电路中的连接方式,可分为电流继电器、电压继电器和中间继电器等。

#### 1. 电流继电器

当电路中的电流达到线圈额定值而使之动作的继电器称为电流继电器。有欠电流继电器和过电流继电器二种。大于线圈额定电流而动作的电流继电器称为过电流继电器。低于线圈额定电流而动作的电流继电器称为欠电流继电器。在使用时电流继电器的线圈和被保护的设备串联,线圈匝数少而线径粗、阻抗小、分压小,不影响电路正常工作。

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%),继电器的衔铁释放,输出信号起欠电流保护作用。它主要用于直流电动机中,对电动机进行弱磁保护。

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。它广泛用于直流电动机或绕线转子异步电动机的控制中,用于频繁启动的场合,对电动机或主回路作过载和短路保护。

常用的交流、直流电流继电器 JT4, JT9, JL14 等系列,主要根据主电路的电流种类和额定电流来选择。直流电流继电器的结构如图 1-22 所示。

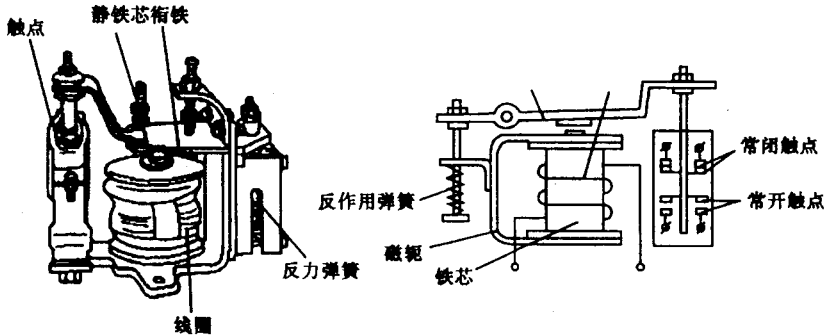


图 1-22 交流电流继电器结构

## 2. 电压继电器

电压继电器反映的是所接线路电压值的变化。使用时,电压继电器的线圈并接于被测电路,线圈的匝数多、导线细、阻抗大。常用的有欠(零)电压继电器和过电压继电器二种。

电路正常工作时,欠电压继电器的衔铁吸合,当电路电压减小到某一整定值(一般为额定电压的 30%~50%)以下时,欠电压继电器衔铁释放,对电路实现过电压保护。常用于交流电动机的欠压保护以及制动和反转控制等。

电路正常工作时,过电压继电器的衔铁释放,当电路电压超过某一整定值(一般为额定电压的 105%~120%)时,过电压继电器的衔铁吸合,对电路实现过电压保护。常用于直流电动机的过压保护。

电路正常工作时,零电压继电器的衔铁吸合,当电路电压降低到额定电压的 5%~25% 时,衔铁释放,对电路实现欠电压保护。

常用电压继电器的类型有 JT3, JT4 系列。

## 3. 中间继电器

中间继电器的结构和工作原理与接触器基本相同,只是触点没有主、辅之分,各对触点所允许通过的电流大小是相等的。一般中间继电器的触点容量较小,与接触器的辅助触点差不多。其主要作用是扩展触点数或触点容量,起到中间转换的作用。中间继电器的图形符号和文字符号如图 1-23 所示。

常用中间继电器有 JZ14, JZ15, JZ17 等系列。

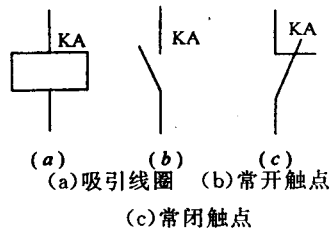


图 1-23 中间继电器的图形符号和文字符号

### 1.4.2 热继电器

#### 1. 热继电器的作用和分类

热继电器主要用作电动机的过载保护。电动机在实际运行中,常常遇到过载的情况。若过载电流不太大且过载的时间较短,电动机绕组不超过允许温升,这种过载是允许的。但若过载时间长,过载电流大,电动机绕组的温升就会超过允许值,使电动机绕组绝缘老化,缩短电动机的使用寿命,严重时甚至会使电动机绕组烧毁。所以,这种过载是电动机不能承受的。热继电器就是利用电流的热效应原理,在电动机出现不能承受的过载时切断电路,为电动机提供过