

21世纪高职高专系列规划教材

机电电气控制专业

高职高专“十二五”规划教材

电气控制与PLC 技术

DIANQI KONGZHI YU PLC JISHU

主 审 ◎ 李 宏

主 编 ◎ 高士杰



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

21世纪高职高专系列规划教材
高职高专“十二五”规划教材

机电电气控制专业

电气控制与PLC 技术

DIANQI KONGZHI YU PLC JISHU

主 审◎李 宏
主 编◎高士杰
副主编◎张朝勇 陈京培 刘井彬
参 编◎姚 坚 张 颖 拾以超
李 静 徐永梅 李 萌



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC技术/高士杰主编.—北京:北京师范大学出版社, 2011.11

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-13842-5

I. ①电… II. ①高… III. ①电气控制—高等职业教育—教材②可编程控制器—高等职业教育—教材

IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第225538号

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街19号

邮政编码:100875

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:三河京奇装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:184mm×260mm

印 张:17

字 数:350千字

版 次:2011年11月第1版

印 次:2011年11月第1次印刷

定 价:27.00元

策划编辑:周光明

责任编辑:周光明

美术编辑:高霞

装帧设计:国美嘉誉

责任校对:李茵

责任印制:孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:010-58800697

北京读者服务部电话:010-58808104

外埠邮购电话:010-58808083

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-58800825

前 言

PLC 广泛应用于工业领域的各个方面,以提高生产自动化水平并提高产品质量。PLC 是一种以微处理器技术、电子技术、网络通信技术为基础,综合了计算机技术、网络通信技术和自动控制技术的新型通用的自动控制装置。具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点。经过多年的发展,PLC 的功能已经远远超出了传统的继电控制,延伸到高精度运动控制系统、过程控制系统和分散控制系统,并具备了复杂的通信联网功能。

本书以目前广泛应用的德国西门子公司 S7-200 PLC 为对象,有针对性地介绍了 PLC 的结构、工作原理、硬件配置、指令系统、编程环境及网络通信等内容,并结合具体工程实例,对常用 PLC 控制系统在设计思想、设计步骤、设计方法及调试维护方面进行了详尽的讲述。

在章节编排上,本书与其他同类教材最大的不同之处在于本书并未完全按照传统的编排方式,从硬件到指令,再到系统。而是基于行动导向教学法的思想组织编排,特别是在指令讲解部分,采取任务驱动、项目引领的方式进行内容组织,每一章节按照项目导入、知识学习、项目实现、知识拓展、项目反思几个环节进行组织安排,其中项目实现部分,在项目分析的基础上,既进行了硬件接线的分析、也分析了软件编程,在每一章节的末尾安排项目反思环节,通过学习内容总结或习题练习的形式对本节内容进行学习效果反馈。

全书共分为六个模块,包括:工厂电气控制设备模块、PLC 基础知识模块、PLC 基本指令模块、PLC 功能指令模块、PLC 网络技术模块、PLC 工程应用模块。按照循序渐进的方式,遵循认知规律,把每一部分内容有机串联在一起,符合学生的学习习惯。

本书可作为高职院校机电、电气、电子、自动化等专业的教学用书,也可作为高职高专层次学生毕业设计和课程设计的参考资料,还可作为相关行业工程技术人员的参考书,书中讲述的内容通俗易懂,既方便授课,也利于自学。

本书由高士杰担任主编,张朝勇、陈京培、刘井彬任副主编,姚坚、张颖、拾以超、李静、徐永梅、李萌等编著。李宏副教授担任主审。在编写期间,受到盐城工学院胡国文教授的关心和指导,编写过程中还得到了江苏食品职业技术学院、江苏沙钢集团淮钢特钢有限公司、江苏城市职业技术学院、江苏联合职业技术学院等单位领导的关心和支持,此外编写过程中参考了不少专家和学者的著作以及国内外一些相关参考文献,在此向他们深表谢意!

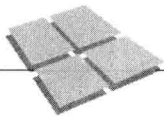
由于编者水平有限,加之时间仓促,在编写过程中难免有不妥之处,恳请读者予以指正。

编 者

2011 年 7 月

目 录

模块 1 工厂电气控制设备模块	1	课题 2.6 STEP7-Micro/WIN 32 编程软件及应用	72
课题 1.1 常用低压电器	1	2.6.1 STEP7-Micro/WIN V4.0 安装	72
1.1.1 开关	1	2.6.2 STEP7-Micro/WIN V4.0 功能简介	73
1.1.2 主令电器	4	2.6.3 程序编辑	75
1.1.3 熔断器	7	2.6.4 编译下载	79
1.1.4 交流接触器	9	2.6.5 调试监控	79
1.1.5 继电器	11	2.6.6 STEP7-Micro/WIN 软件使用 方法演示	82
课题 1.2 基本电气控制电路 ..	16	课题 2.7 S7-200 仿真软件的 使用	89
模块 2 PLC 基础知识模块	29	课题 2.8 MCGS 工控组态软件的 使用简介	90
课题 2.1 PLC 概述	29	模块 3 PLC 基本指令模块	101
2.1.1 PLC 的概念与基本结构 ..	29	项目 3.1 三相异步电动机的点/ 联动控制——基本逻辑 指令	101
2.1.2 PLC 的特点与应用领域 ..	31	项目 3.2 三相异步电动机的正反 转控制——复杂逻辑指 令	124
课题 2.2 PLC 组成及工作原理 ..	33	项目 3.3 三台电机顺序启动—— 定时器指令	129
2.2.1 PLC 基本组成	33	项目 3.4 仓库存放货物——计数、 比较指令	140
2.2.2 PLC 工作过程	36	项目 3.5 食品厂盒装饮料计数—— 运算指令	152
2.2.3 西门子 PLC	39	项目 3.6 两条运输带控制—— 顺序控制指令	161
课题 2.3 可编程控制器的发展与 挑战	42	模块 4 PLC 功能指令模块	170
2.3.1 可编程控制器的发展趋势 ..	42		
2.3.2 可编程控制器面临的挑战 ..	45		
2.3.3 可编程控制器的未来发展 ..	60		
课题 2.4 PLC 编程基础知识 ..	64		
2.4.1 编程元件	64		
2.4.2 存储器的数据类型及寻址 ..	66		
2.4.3 编程语言和程序结构	67		
课题 2.5 S7-200 相关模块	69		
2.5.1 CPU 模块	69		
2.5.2 数字量扩展模块	70		
2.5.3 模拟量扩展模块与热电偶 热电阻扩展模块	71		
2.5.4 其他扩展模块	72		



项目 4.1	计数结果跳转操作控制——程序控制指令	170	概述	215	
项目 4.2	水箱进出水控制——特殊指令(PID 回路指令)	180	6.1.1	PLC 控制系统的设计与调试步骤	215
项目 4.3	路灯定时控制——时钟读写指令	184	6.1.2	PLC 控制系统的可靠性措施	219
项目 4.4	高精度定时——中断指令	190	课题 6.2	PLC 与变频器控制系统	223
模块 5	PLC 网络技术模块	196	6.2.1	变频器的输出频率控制	223
课题 5.1	计算机通信概述	196	6.2.2	用顺序控制设计法设计变频器控制程序	226
5.1.1	通信概述	196	课题 6.3	触摸屏技术简介	230
5.1.2	计算机通信的国际标准	199	实例 6.1	PLC 在电梯控制系统上的应用	233
课题 5.2	西门子工业自动化通信	203	实例 6.2	PLC 在自来水厂自动控制系统中的应用	237
5.2.1	全集成自动化	203	实例 6.3	PLC 在水电站自动控制系统中的应用	246
5.2.2	工业以太网	203	附 录		254
5.2.3	现场总线 PROFIBUS	204	附录 A	S7-200 的特殊存储器(SM)标志位	254
5.2.4	现场总线 AS-I	205	附录 B	S7-200 的 SIMATIC 指令集简表	256
课题 5.3	S7-200 通信	205	附录 C	常用 PLC 设备及其通信连接方式	263
5.3.1	S7-200 的通信协议与通信功能	205	参考文献		264
5.3.2	S7-200 的其他通信功能	211			
模块 6	PLC 工程应用模块	215			
课题 6.1	PLC 控制系统设计				

模块 1 工厂电气控制设备模块

课题 1.1 常用低压电器

电器是所有电工器件的简称。凡是用来接通和断开电路,以达到控制、调节、转换和保护目的的电工器件都称为电器。用电动机拖动生产机械运行,来实现生产机械的各种不同的工艺要求,就必须有一套控制装置。尽管电力拖动自动控制系统已向无触点、连续控制、微电子控制、计算机控制等方向发展,但由于继电器—接触器控制系统所用的控制电器结构简单、价格便宜、能够满足生产机械的一般要求,因此,目前仍然获得广泛的应用。

生产机械中所用的控制电器多属低压电器。低压电器是指工作在直流 1 200 V、交流 1 000 V 以下的各种电器。低压电器的种类繁多,构造各异,用途广泛,分类方法也不尽相同。

按动作方式可分为以下两类:

- (1) 手动电器 通过人力操作而动作的电器,例如,开关、按钮等。
- (2) 自动电器 按照输入信号或本身参数的变化而自动动作的电器,例如:接触器、继电器等。

按用途不同可分为以下四类:

- (1) 控制电器 用来控制电路的通断,例如:开关、继电器、接触器等。
- (2) 保护电器 用来保护电源、电路以及用电设备,使它们避免在短路、过载状态下运行而损坏,例如:熔断器、电流继电器、热继电器等。
- (3) 主令电器 用来控制自动电器的动作,发出控制“指令”,例如:按钮、主令开关等。
- (4) 执行电器 用来完成某种动作或传递功率,例如:电磁铁等。

低压电器是电力拖动控制系统的基本组成元件。控制系统性能的好坏与所用低压电器直接相关。电气技术人员必须熟悉常用低压电器的基本结构、工作原理、规格型号和主要用途,并能正确选择、使用与维护。

1.1.1 开关

开关是手动操作的低压电器,一般用于接通或分断低压配电电源和用电设备,也常用来直接启动小容量的异步电动机。

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单且应用最广泛的一种手动电器。如图 1-1 所示为刀开关的典型结构。它由操作手柄、触刀、静夹座和绝缘底板组成。

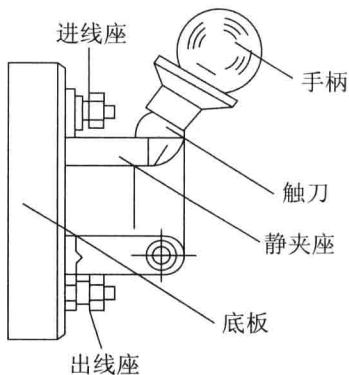
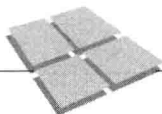


图 1-1 刀开关的典型结构



推动手柄使触刀插入静夹座中，电路就会被接通。为了保证刀开关合闸时触刀与静夹座有良好的接触，触刀与静夹座之间应有一定的接触压力。

1. 刀开关的种类

刀开关的种类很多。按刀的极数可分为单极、双极和三极；按刀开关的转换方向可分为单掷和双掷；按刀的操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式；按刀的灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩等。常用的刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

开启式负荷开关又名瓷底胶盖闸刀开关，图 1-2(a)、(b)为 HK 系列闸刀开关结构图。它由刀开关和熔断器组合而成，装在瓷底板上。

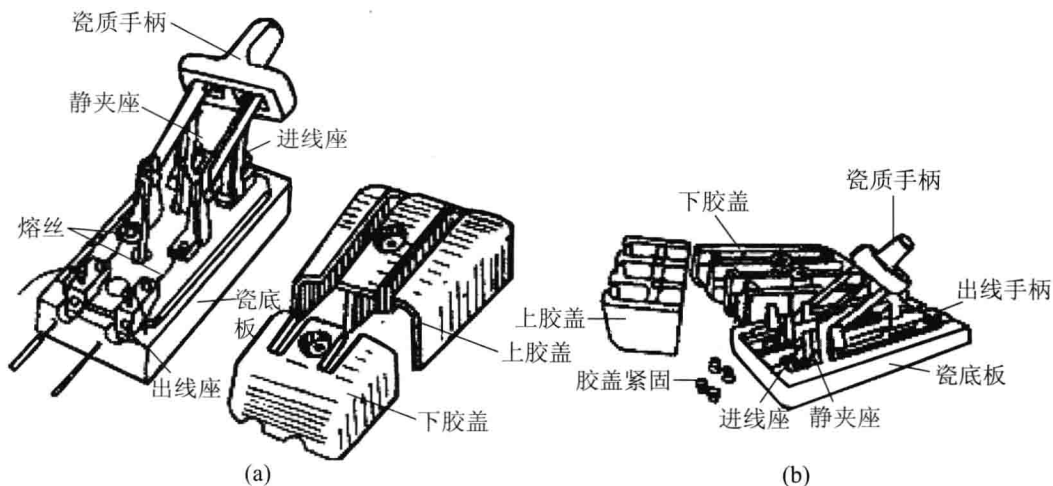


图 1-2 HK 系列闸刀开关结构图

HK 系列闸刀开关的图形符号如图 1-3 所示。

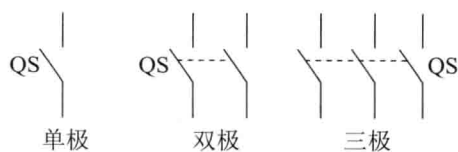


图 1-3 HK 系列闸刀开关图形符号

闸刀开关型号(HK1—□)的含义为：HK——开启式负荷开关；1——设计序号；□——额定电流。

对于普通负载，闸刀开关可以根据额定电流来选择；而对于电动机，开关额定电流可选电动机额定电流的 3 倍左右。

2. 安装和使用闸刀开关的注意事项

这种开关结构简单，价格低廉，常用作照明电路的电源开关，也可用来控制 5.5 kW 以下异步电动机的启动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置，不宜用于频繁地分、合电路。

闸刀开关在安装和使用时应注意下列事项：

(1)电源进线应接在静触点一边的进线端(进线座应在上方)，用电设备应接在动触

点一边的出线端。这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。

(2)安装时，刀开关在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装或平装，以防止闸刀松动落下时误合闸。

二、转换开关(组合开关)

转换开关实质上也是一种刀开关，不过它的刀片是转动的。它由装在同一根轴上的单个或多个单极旋转开关叠装在一起组成。有单极、双极、三极和多极结构，根据动触片和静触片的不同组合，有许多接线方式。图 1-4 所示为常用的 HZ10 系列组合开关的外形和图形符号。它有三对静触片，每个触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，连在接线上，三个动触片套在装有手柄的绝缘轴上。转动手柄就可将三个触点同时接通或断开。

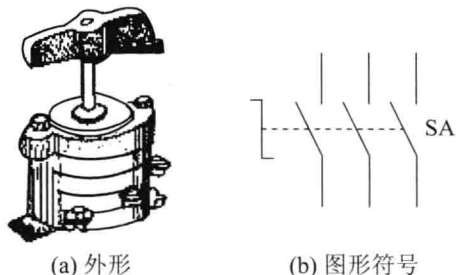


图 1-4 HZ10 系列组合开关

HZ 系列转换开关型号(HZ10—□□/□)的含义为：

HZ——组合开关；10——设计序号；□——额定电流；□——类型(P 为二路切换，S 为三路切换)；□——极数。

组合开关常用作交流 50 Hz、380 V 和直流 220 V 以下的电源引入开关，5 kW 以下电动机的直接启动和正反转控制，以及机床照明电路中的控制开关。

三、自动开关

1. 自动开关概述

自动开关又称低压断路器，是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的一种电器，除了能完成接通和分断电路外，还能对电路或电气设备发生的短路、过载及失压等进行保护，同时也可用于不频繁地启停电动机。

DZ5-20 型自动空气开关的外形及结构如图 1-5 所示：

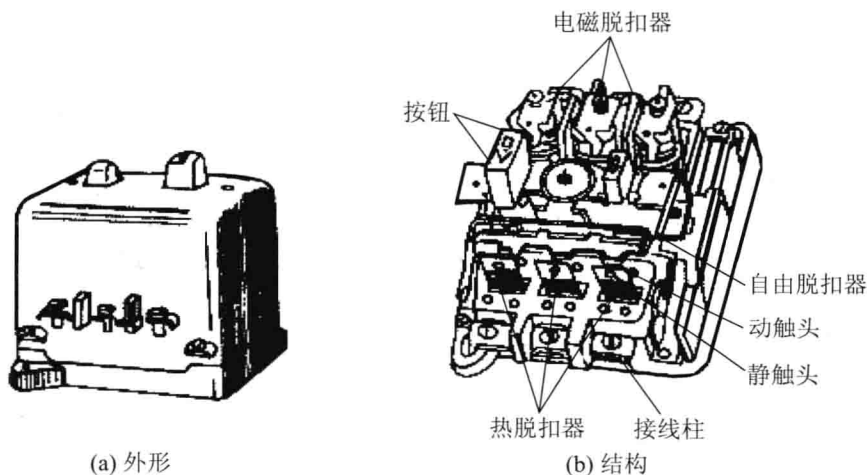
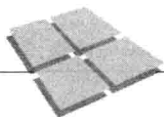


图 1-5 DZ5-20 型自动空气开关



自动空气开关的工作原理如图 1-6 所示。图中是一个三级断路器，三个主触头串接于三相电路中，经操作机构将其闭合，此时传动杆 3 由锁扣 4 钩住，保持主触头的闭合状态，同时分闸弹簧 1 已被拉伸。当主电路出现过电流故障且达到过电流脱扣器的动作电流时，过电流脱扣器 6 的衔铁吸合，顶杆 7 向上将锁扣 4 顶开，在分闸弹簧 1 的作用下使主触头断开。当主电路出现欠压、失压或过载时，则欠压、失压脱扣器及过载脱扣器分别将锁扣顶开，使主触头断开。

自动空气开关与带熔断器的刀开关相比，具有以下优点：结构紧凑，安装方便，操作安全，而且在进行过载、短路保护时，用电磁脱扣器将三相电源同时切断，可避免电动机缺相运行。另外，自动空气开关的脱扣器可以重复使用，不必更换。

2. 选用自动空气开关注意事项

自动空气开关的主要参数是额定电压、额定电流和允许切断的极限电流。选用自动空气开关时要注意：

- (1) 其允许切断的极限电流应该略大于线路最大短路电流；
- (2) 额定电压和额定电流应不小于电路正常工作电压和电流；
- (3) 热脱扣器的整定电流应与负载额定电流相等；
- (4) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于正常工作时的冲击电流。

1.1.2 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电器，主要用来接通和分断控制电路以达到发号施令的目的。主令电器应用广泛，种类繁多，最常见的有按钮、行程开关、接近开关等。

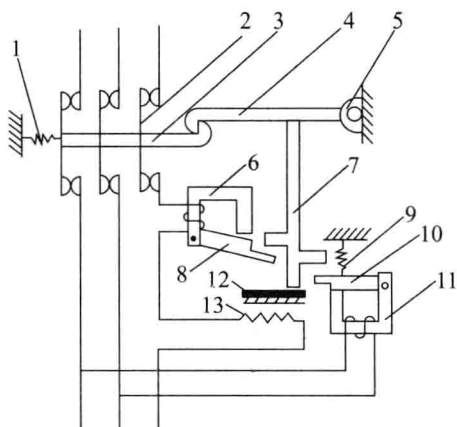
一、按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器，通常用于控制电路中发出启动或停止等指令，以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开，再由它们去接通或断开主电路。另外，按钮之间还可实现电气连锁。

按钮的结构一般是由按钮帽、复位弹簧、动触头、静触头和外壳等组成。图 1-7 所示为 LA19 系列按钮的外形和按钮的图形符号。

1. 按钮的种类

(1) 常开按钮：手指未按下时，触头是断开的，当



1—分闸弹簧 2—主触头 3—传动杆
4—锁扣 5—轴 6—过电流脱扣器
7—顶杆 8, 10—衔铁 9—弹簧
11—欠压、失压脱扣器 12—双金属片
13—电阻丝

图 1-6 自动空气开关工作原理

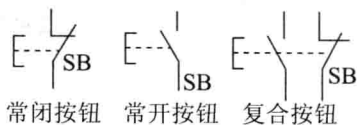
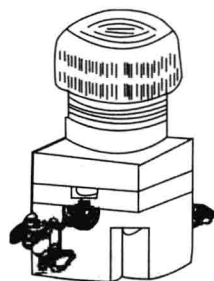


图 1-7 按钮的外形和符号

手指按下按钮帽时，触头被接通，而手指松开后，触头在复位弹簧作用下返回原位而断开。常开按钮在控制电路中常用作启动按钮。其触头称为常开触点或动合触点。

(2)常闭按钮：手指未按下时，触头是闭合的，当手指按下时，触头被断开，而手指松开后，触头在复位弹簧作用下恢复闭合。常闭按钮在控制电路中常用作停止按钮。其触头称为常闭触点或动断触点。

(3)复合按钮：当手指未按下时，常闭触头是闭合的，常开触头是断开的；当手指按下时，先断开常闭触头，后接通常开触头，而手指松开后，触头在复位弹簧作用下全部复位。复合按钮在控制电路中常用于电气连锁。

2. 按钮的主要技术参数

主要技术参数有：规格、结构型式、触点对数和按钮的颜色。通常选用的规格为交流额定电压 500 V，允许持续电流 5 A。按钮的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等，供不同场合选用。全国统一设计的按钮新型号为 LA25 系列，其他常用的有 LA2，LA10，LA18，LA19，LA20 等系列。

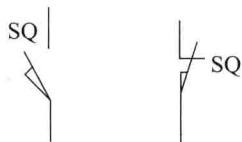
为了便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常在按钮帽上作出不同标记或涂上不同的颜色。例如：蘑菇形表示急停按钮，一般红色表示停止按钮，绿色表示启动按钮。更换按钮时应注意：“停止”按钮必须是红色，“急停”按钮必须用红色蘑菇形，“启动”按钮是绿色。按钮必须有金属的防护挡圈，且挡圈必须高于按钮帽，这样可以防止意外触动按钮帽时产生误动作。

安装按钮的按钮板和按钮盒必须是金属的，并与机械的总接地母线相连。悬挂式按钮应有专用接地线。

二、行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关，是一种很重要的小电流主令电器。行程开关是利用生产设备中某些运动部件的机械位移而碰撞位置开关，使其触头动作，将机械信号变为电信号，接通、断开或变换某些控制电路的指令，借以实现机械的电气控制要求，这类开关常被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动或自动往返运动等。行程开关的结构形式很多，但基本上是以某种位置开关元件为基础，装置不同的操作头而得到各种不同的形式。

行程开关按运动形式分为直动式和转动式；按结构可分为直动式、滚动式和微动式；按触点性质可分为有触点式和无触点式。行程开关的图形符号如图 1-8 所示。

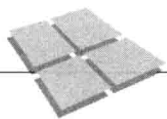


(a) 常开触点 (b) 常闭触点

图 1-8 行程开关的图形符号

1. 直动式行程开关

图 1-9 为直动式行程开关结构图。其动作与控制按钮类似，只是它用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。其优点是结构简单，成本较低，缺点是触点的分合速度



取决于撞块的移动速度。若撞块移动太慢，则触点就不能瞬时切断电路，使电弧在触点上停留时间过长，易于烧蚀触点。

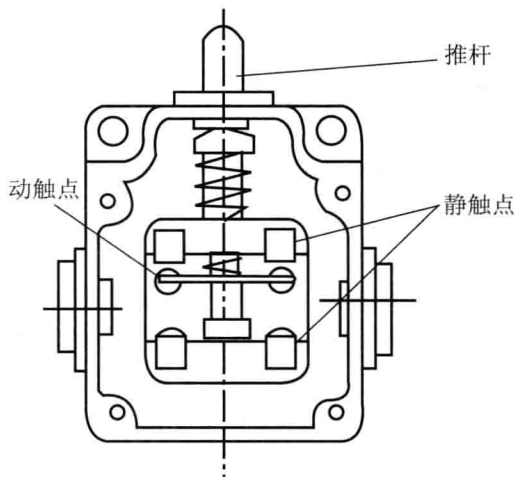


图 1-9 JLXK1 直动式行程开关

2. 微动开关

为克服直动式结构的缺点，可采用具有弯片状弹簧瞬动机构，如图 1-10 所示。当推杆被压下时，弹簧片发生变形，储存能量并产生位移，当达到预定的临界点时，弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃，从而导致电路的接通、分断或转换。同样，减小操作力时，弹簧片会向相反方向跳跃。

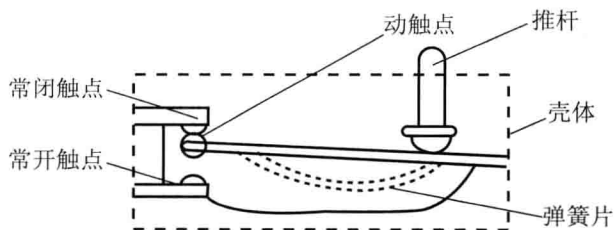


图 1-10 LX31 微动开关

微动开关体积小、动作灵敏，适合在小型机构中使用。

行程开关选用原则：

- (1) 根据安装使用环境选择防护形式；
- (2) 根据控制回路的电压和电流选择行程开关系列；
- (3) 根据运动机械与行程开关的传力和位移关系选择行程开关的头部形式。

三、接近开关

接近开关又称无触点的行程开关，它不同于普通行程开关。接近开关是一种非接触式的检测装置，当运动着的物体在一定范围内接近它时，它就能发出信号，以控制运动物体的位置。

根据工作原理分，接近开关有电磁感应式和光电式等，而电磁感应式接近开关有高频振荡型、电容型、霍尔效应型、感应电桥型等，其中以高频振荡型为最常用。高

频振荡型接近开关由感应头、振荡器、开关器、输出器等组成。当装在生产机械上的金属物体接近感应头时，由于感应作用，使处于高频振荡器线圈磁场中的金属物体内部产生涡流损耗，振荡回路因能耗增加而振荡减弱，直到停止振荡。此时开关器导通，并通过输出器发出信号，以起到控制作用。

接近开关具有定位精度高、操作频率高、功率损耗小、寿命长、使用面广、能适应恶劣工作环境等优点。目前，接近开关已逐渐得到推广应用。

1.1.3 熔断器

一、熔断器概述

熔断器是一种当流过其内部的电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化，在配电系统和用电设备中主要起短路保护作用的电器。使用时熔断器串联在被保护的电路中，在正常情况下，它相当于一根导线，当流过它的电流超过规定值时，熔体产生的热量使自身熔化而切断电路。熔体是用低熔点的金属丝或金属薄片做成的。

熔断器具有结构简单、使用方便、价格低廉等优点，其应用极为广泛。

熔断器主要由熔体和绝缘底座组成。熔体材料基本上分为两类：一类由铅、锌、锡及锡铅合金等低熔点金属制成，主要用于小电流电路；另一类由银或铜等较高熔点金属制成，用于大电流电路。熔断器的图形和文字符号如图 1-11 所示。



图 1-11 熔断器的符号

熔断器的主要技术参数有：

- (1) 额定电压：这是从灭弧的角度出发，保证熔断器能长期正常工作的电压。
- (2) 额定电流：额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流。应该注意的是熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。
- (3) 极限分断电流：极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。它取决于熔断器的灭弧能力，与熔体额定电流无关。

熔断器型号(R□□—□)的含义为：R——熔断器；□——结构型式；□——设计序号；□——熔断器额定电流。

二、常用的熔断器种类

常用的熔断器有：无填料瓷插式熔断器、无填料封闭管式熔断器、有填料螺旋式熔断器和快速熔断器等。

1. 无填料瓷插式熔断器

瓷插式熔断器又名插入式熔断器，它由瓷盖、瓷底座、静触头、动触头和熔体组成。RC1A 系列瓷插式熔断器外形与结构如图 1-12 所示。它是一种最常见的结构简单的熔断器，熔体更换方便、价格低廉。一般用于交流频率 50 Hz，额定电压 380 V，额定电流 200 A 以下的线路中，作为电气设备的短路保护及一定程度上的过载保护。

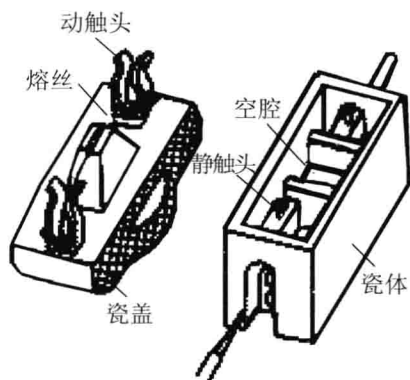
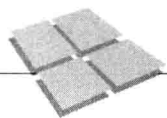


图 1-12 RC1A 系列瓷插式熔断器

2. 有填料螺旋式熔断器

有填料螺旋式熔断器由瓷帽、熔断管、瓷套以及瓷座等组成。熔断管是一个瓷管，内装熔体和石英砂，熔体的两端焊在熔断管两端的导电金属盖上，其上端盖中间有一熔断指示器，当熔体熔断时指示器弹出，通过瓷帽上的玻璃窗口可以看见。RL1 系列螺旋式熔断器的外形与结构如图 1-13 所示。

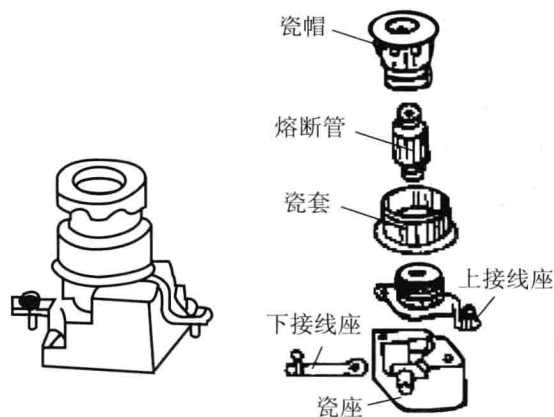


图 1-13 RL1 系列螺旋式熔断器

这种熔断器的特点是其熔断管内充满了石英砂填料，以此增强熔断器的灭弧能力。石英砂填料之所以有助于灭弧，是因为石英砂具有很大的热惯性与较高绝缘性，并且因为它是颗粒状，同电弧的接触面较大，能大量吸收电弧的能量，使电弧很快冷却，从而加快电弧熄灭过程。

螺旋式熔断器的优点是体积小、灭弧能力强、有熔断指示和防振等，在配电及机电设备中大量使用。此外，有填料的封闭管式熔断器，具有分断能力高、有醒目的熔断指示和使用安全等优点，被广泛用于短路电流很大的电力网络或配电装置中。

3. 快速熔断器

快速熔断器主要用于半导体功率元件和变流装置的短路保护。因为半导体功率元件的过载能力差，只能在极短的一段时间内承受过载电流（例如 70 A 晶闸管元件能承

受 6 倍额定电流的时间仅为 10 ms)，所以要求熔断器具有快速熔断的特性。

螺旋式快速熔断器的结构与螺旋式普通熔断器相同，不同的只是熔体，快速熔断器的熔体具有快速熔断的特性。常用的快速熔断器有 RS 和 RLS 系列。使用时应当注意，快速熔断器的熔体不能用普通的熔体代替，因为普通的熔体不具有快速熔断的特性。

4. 熔断器的选择和维护

根据被保护电路的要求，首先选择熔体的规格，再根据熔体去确定熔断器的规格。

(1) 熔体额定电流的选择

1) 对于电炉和照明等电阻性负载，可用作过载保护和短路保护，熔体的额定电流应稍大于或等于负载的额定电流。

2) 电动机的启动电流很大，熔体的额定电流要考虑启动时熔体不能熔断而选得较大，因此对电动机而言，熔断器只宜作短路保护而不能作过载保护。

对于单台电动机，熔体的额定电流(I_{FN})应不小于电动机额定电流(I_N)的 1.5~2.5 倍，即： $I_{FN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$ 。轻载启动或启动时间较短时，系数可取近 1.5，带负载启动、启动时间较长或启动较频繁时，系数可取 2.5。

对于多台电动机的短路保护，熔体的额定电流(I_{FN})应不小于最大一台电动机的额定电流(I_{Nmax})的 1.5~2.5 倍，加上同时使用的其他电动机额定电流之和($\sum I_N$)，即： $I_{FN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$ 。

(2) 熔断器的选择

熔断器的额定电压和额定电流应不小于线路的额定电压和所装熔体的额定电流。其结构形式根据线路要求和安装条件而定。

1.1.4 交流接触器

接触器是一种自动控制电器，可用来频繁地接通和断开主电路。它主要的控制对象是电动机、变压器等电力负载。可以实现远距离接通或分断电路，允许频繁操作。它工作可靠，还具有零压保护、欠压释放保护等作用。接触器是电力拖动自动控制系统中应用最广泛的电器。

接触器按其线圈通过电流种类不同，分为交流接触器和直流接触器。本节只介绍交流接触器。

一、交流接触器结构

交流接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置等部分组成。其结构和符号如图 1-14 所示。

1. 电磁系统

电磁系统由线圈、动铁心、静铁心组成。铁心用相互绝缘的硅钢片叠压铆成，以减少交变磁场在铁心中产生涡流及磁滞损耗，避免铁心过热。铁心上装有短路铜环，以减少衔铁吸合后的振动和噪声。铁心大多采用衔铁直线运动的双 E 形结构。交流接触器线圈在其额定电压的 85%~105% 时，能可靠地工作。电压过高，则磁路严重饱和，线圈电流将显著增大，有被烧坏的危险；电压过低，则吸不牢衔铁，触头跳动，影响电路正常工作。

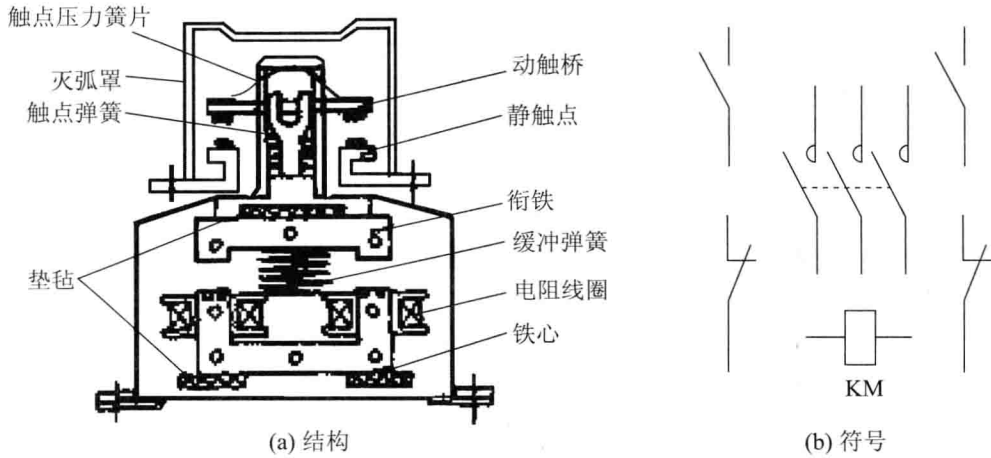
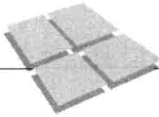


图 1-14 交流接触器的结构和符号

2. 触头系统

触头系统是接触器的执行元件，用以接通或分断所控制的电路，必须工作可靠，接触良好。主触头在接触器中央，触头较大。复合辅助触头，分别位于主触头的左右侧，上方为辅助常闭触头，下方为辅助常开触头。辅助触头用于控制电路，常起电气联锁作用，故又称联锁(自保或互锁)触头。

3. 灭弧装置

交流接触器在分断大电流电路时，往往会在动、静触点之间产生很强的电弧。电弧是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象。电弧一方面会烧伤触点；另一方面会使电路的切断时间延长，甚至引起其他事故。因此，灭弧是接触器的主要任务之一。电弧的熄灭方法一般采用双断口结构的电动力灭弧和半封闭式绝缘栅片陶土灭弧罩。前者适用于容量较小(10 A 以下)的接触器，而后者适用于容量较大(20 A 以上)的接触器。

二、工作原理

当交流接触器的电磁线圈通电后，产生磁场，使静铁心产生足够的吸力，克服反作用弹簧与动触头压力弹簧片的反作用力，将衔铁吸合，使动触头和静触头的状态发生改变，其中三对常开主触头闭合。常闭辅助触点首先断开，接着，常开辅助触点闭合。当电磁线圈断电后，由于铁心电磁吸力消失，衔铁在反作用弹簧作用下释放，各触头也随之恢复原始状态。

三、型号和主要技术数据

1. 型号

交流接触器型号(CJ□—□)的含义为：C——接触器；J——交流；□——设计序号；□——主触头额定电流。

2. 额定电压

接触器铭牌上的额定电压是指主触头能够承受的电压。

3. 额定电流

接触器铭牌上的额定电流是指主触头能够通过电流。

4. 吸引线圈的额定电压

吸引线圈的额定电压等于控制电路的电压。交流有 36 V, 110 V, 220 V, 380 V 等。

5. 额定操作频率

接触器每小时允许的操作次数, 一般为 600 次/小时。

四、接触器的选用

根据所控制对象电流类型来选用交流或直流感触器。如控制系统中主要是交流对象, 而直流对象容量较小, 也可全用交流接触器, 但触头的额定电流要选大些。

接触器的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。主触头的额定电流应大于或等于负载的额定电流。在频繁启动、制动和正反转的场合, 主触头的额定电流要选大一些。

线圈电压从人身及设备安全角度考虑, 可选择低一些。但从简化控制线路, 节省变压器考虑, 也可选用 380 V。线圈电压应与控制电路电压一致。

接触器的触头数量和种类应满足控制电路要求。

1.1.5 继电器

继电器是一种自动动作的电器。当给继电器输入电压、电流和频率等电量或温度、压力和转速等非电量并达到规定值时, 继电器的触头便接通或分断所控制或保护的电路。继电器被广泛应用于电力拖动系统、电力保护系统以及各类遥控和通信系统中。

继电器一般由输入感测机构和输出执行机构两部分组成。前者用于反映输入量的高低, 后者用于接通或分断电路。

继电器的种类很多。下面仅对几种常用继电器的结构、动作原理和用途做简单介绍。

一、电磁式电流、电压、中间继电器

电磁式继电器是电气控制系统中用得最多的一种继电器。其动作原理与接触器基本相同。它主要由电磁机构和触头系统组成, 因为继电器无须分断大电流电路, 故触头均采用无灭弧装置的桥式触头。

1. 电流继电器

根据线圈中电流的大小而动作的继电器称为电流继电器。这种继电器的线圈导线粗、匝数少、能通过大电流, 串联在主电路中。当线圈中电流高于整定值而动作的继电器称为过电流继电器, 低于整定值而动作的称为欠电流继电器。JT4 系列电流继电器的外形结构和图形符号如图 1-15 所示。

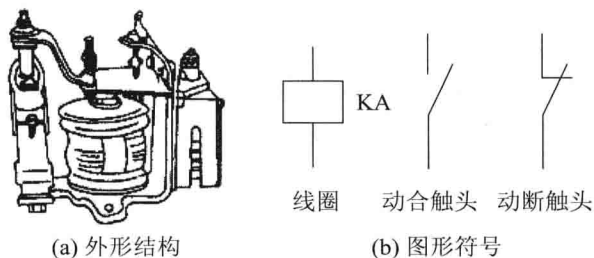


图 1-15 电流继电器