

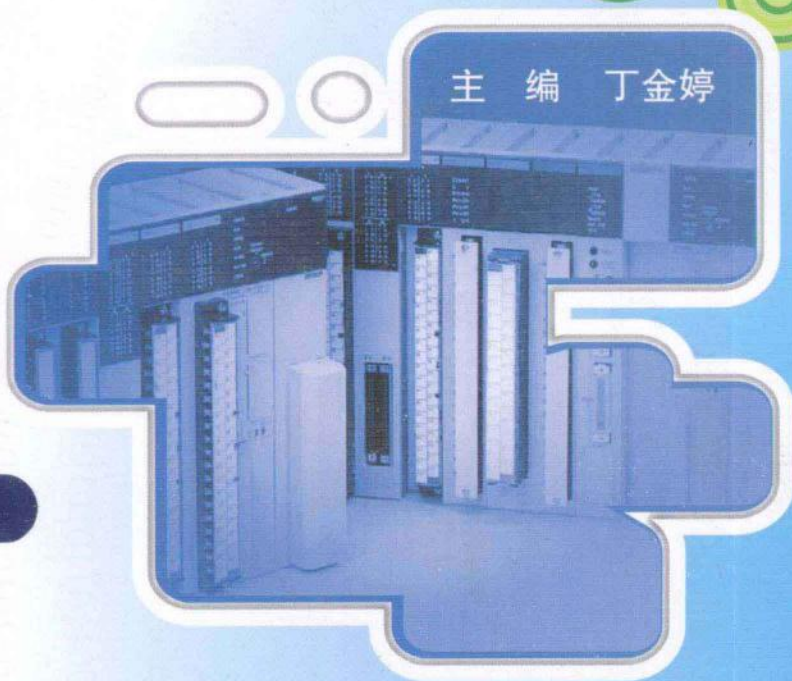


21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

PLC技术与应用

(西门子版)

主 编 丁金婷



教材理论与实践相结合，彰显P L C风采
设计思想和方法相融合，突显下位机特色



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

PLC 技术与应用(西门子版)

主 编 丁金婷
副主编 夏春林 邵 威 王玉槐
史旭华 王章权 陈乐平



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以西门子 S7-200/300PLC 为教学目标机,注重理论与工程实践相结合,把 PLC 控制系统工程设计思想和方法及其工程实例融合到全书内容中,便于学生在学习过程中理论联系实际,较好地掌握 PLC 工程应用技术。

本书以 S7-200CN 为例介绍了 S7-200 系列 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统及编程软件的使用方法。本书主要内容包括电气控制基础,PLC 技术基础,S7-200PLC 基本指令及应用,S7-200PLC 顺序控制指令及应用,功能指令,网络通信及应用,PLC 控制系统设计,组态软件 MCGS 及应用和 S7-300PLC 简介。

本书可供本、专科院校电气控制、机电工程、计算机控制、自动化等专业学生学习与参考,也可作为职业学校学生及工程技术人员的培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术与应用(西门子版)/丁金婷主编. —北京:北京大学出版社,2013.6

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22529-5

I. ①P… II. ①丁… III. ①PLC 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 098840 号

书 名: PLC 技术与应用(西门子版)

著作责任者: 丁金婷 主编

策 划 编 辑: 郑 双 程志强

责 任 编 辑: 程志强 郑 双

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22529-5/TP · 1287

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 348 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）以其稳定的控制性能、便捷的控制编程方式、较短的开发周期等优点广泛应用于机电工程、石油化工、过程控制、安防工程等各个领域。对可编程逻辑控制器的熟练应用已经成为现代自动化行业工程技术人员必不可少的一项技能。

编者长期从事可编程逻辑控制器原理及应用的课程教学工作，深感实例教学对可编程逻辑控制器原理教学的重要性。目前市场上的大部分可编程逻辑控制器教材一般均采用针对可编程逻辑控制器的工作原理和指令应用进行编写，缺乏可编程逻辑控制器在工程上应用实例的介绍。为此我们编写了这本基于工程实例的可编程逻辑控制器的教材。

本书从可编程逻辑控制器系统常用低压电器的介绍开始，通过工程实例逐步引入可编程逻辑控制器的工作原理和相关指令介绍。内容由浅入深，由直观的功能需求到 PLC 系统的硬件设计和软件编程。可供本、专科院校电气控制、机电工程、计算机控制、自动化等专业学生学习与参考，也可作为职业学校学生及工程技术人员的培训和自学用书。

本书由丁金婷老师主编，夏春林老师、邵威老师、王玉槐老师、史旭华老师、王章权老师和陈乐平老师共同编写。其中第 1、9 章由浙江大学城市学院夏春林老师编写；第 2 章由浙江大学城市学院丁金婷老师编写；第 3 章由浙江大学城市学院邵威老师编写；第 4、5 章由杭州师范大学王玉槐老师编写；第 6、7 章由宁波大学史旭华老师编写；第 8 章由浙江树人大学王章权老师编写。另外，烟台大学陈乐平老师也参加了本书的编写工作。同时感谢浙江大学城市学院实验中心王玉翰和徐垚两位实验员的大力支持。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月

目 录

第 1 章 电气控制基础.....	1
1.1 常用低压电器概述.....	2
1.1.1 接触器	2
1.1.2 继电器	3
1.1.3 主令电器	6
1.2 配电电器.....	8
1.2.1 低压开关	8
1.2.2 低压断路器	9
1.2.3 熔断器	10
1.3 电气控制电路基础.....	10
1.3.1 电气控制线路的绘制原则、 图形及文字符号	10
1.3.2 基本控制回路	11
本章小结.....	16
习题.....	16
第 2 章 PLC 技术基础.....	17
2.1 PLC 的工作原理与系统组成	18
2.1.1 PLC 的基本结构	18
2.1.2 PLC 的工作原理	20
2.1.3 PLC 的硬件基础	23
2.1.4 PLC 的软件基础	26
2.2 S7-200 系列 PLC 基础.....	28
2.2.1 S7-200 PLC CPU 简介	28
2.2.2 S7-200 PLC 扩展模块.....	29
2.2.3 S7-200 PLC 系统配置.....	30
2.3 S7-200 PLC 的编程基础.....	32
2.3.1 数据类型	32
2.3.2 数据存储	33
2.3.3 寻址方式	37
2.4 STEP 7-Micro/WIN32 编程软件 使用指南	39
2.4.1 编程软件的基本操作	39
2.4.2 程序调试与运行监控	47
本章小结	50
习题	51
第 3 章 S7-200PLC 基本指令及 应用	52
3.1 基本编程指令	53
3.1.1 位逻辑指令	53
3.1.2 堆栈操作	56
3.1.3 定时器	57
3.1.4 计数器	63
3.2 程序控制指令	66
3.2.1 结束指令	66
3.2.2 监控定时器复位指令	67
3.2.3 循环指令	67
3.2.4 跳转与标号指令	68
3.2.5 子程序的编写和调用	69
3.3 PLC 编程与应用	72
3.3.1 梯形图的编程规则	72
3.3.2 基本指令的简单应用	74
3.4 实训一	79
3.4.1 三相异步电动机的正反转 控制	79
3.4.2 三相异步电动机星/三角形 换接启动控制	80
3.4.3 十字路口交通灯控制	81
本章小结	85
习题	85
第 4 章 S7-200PLC 顺序控制指令及 应用	88
4.1 顺序控制设计与顺序功能图	89
4.1.1 顺序控制设计方法	89



4.1.2 顺序功能图	89	5.7.2 中断优先级	126
4.1.3 有向连线与转换条件	92	5.7.3 中断指令	126
4.2 顺序功能图的基本结构	93	5.7.4 中断程序	127
4.2.1 单序列	96	5.8 高速计数器操作指令	130
4.2.2 选择序列	98	5.9 高速脉冲指令	131
4.2.3 并行序列	99	5.9.1 高速脉冲输出指令 PLS	132
4.2.4 应用实例	99	5.9.2 高速脉冲的控制	132
本章小结	108	5.9.3 PTO 的使用	132
习题	108	5.9.4 PWM 的使用	133
第 5 章 功能指令	111	5.10 PID 操作指令	133
5.1 数据传送指令	112	5.10.1 PID 算法简介	133
5.1.1 单一数据传送指令	112	5.10.2 PID 回路指令与转换	134
5.1.2 字节交换指令	112	5.10.3 PID 向导的使用	137
5.1.3 传送字节立即读、写指令	112	5.11 时钟操作指令	138
5.2 数学运算指令	112	5.11.1 读时钟指令	138
5.2.1 加法运算和减法运算指令	112	5.11.2 设定时钟指令	138
5.2.2 乘法运算指令和除法运算指令	113	5.12 实训二	138
5.2.3 加 1 运算指令和减 1 运算指令	114	5.12.1 彩灯控制	138
5.3 逻辑运算指令	115	5.12.2 电梯控制	141
5.4 移位操作指令	116	本章小结	147
5.4.1 右移位指令	116	习题	147
5.4.2 左移位指令	117	第 6 章 网络通信及应用	149
5.4.3 循环右移位指令	117	6.1 S7-200 的通信功能	150
5.4.4 循环左移位指令	117	6.1.1 S7-200 的网络通信协议	150
5.5 数据转换操作指令	118	6.1.2 S7-200 的通信功能	152
5.5.1 BCD 码与整数的转换	118	6.2 S7-200 的串行通信网络	152
5.5.2 双字整数与实数的转换	118	6.3 通信操作指令	155
5.5.3 双整数与整数的转换	119	6.4 使用自由端口模式的计算机与 PLC 通信	156
5.5.4 字节与整数的转换	119	6.5 S7-200 通信模块	157
5.5.5 译码、编码指令	119	6.6 文本显示器	158
5.5.6 段码指令	120	本章小结	161
5.5.7 ASCII 码转换指令	120	习题	161
5.6 表操作指令	121	第 7 章 PLC 控制系统设计	162
5.7 中断操作指令	125	7.1 PLC 控制系统的设计步骤	163
5.7.1 中断类型	125	7.1.1 系统分析	164
		7.1.2 硬件系统	165



7.1.3 软件系统	166	8.1.2 组态软件的功能与结构	203
7.1.4 施工设计与实施	168	8.1.3 组态软件的组成	204
7.1.5 程序调试	169	8.2 MCGS 组态软件	205
7.1.6 整理技术文件	170	8.2.1 MCGS 组态软件的整体 结构	205
7.2 PLC 控制系统输入/输出回路	170	8.2.2 MCGS 组态软件常用术语	207
7.2.1 输入回路的设计	170	8.2.3 MCGS 组建新工程的 一般过程	208
7.2.2 输出回路的设计	171	8.3 MCSG 与 S7-200PLC 的连接	209
7.2.3 减少输入/输出点的方法	171	本章小结	218
7.3 PLC 控制系统的可靠性措施	172	第 9 章 S7-300PLC 简介	219
7.3.1 电源的可靠性措施	173	9.1 S7-300PLC 的特点	220
7.3.2 系统安装的可靠性措施	173	9.2 S7-300 系列模块	222
7.3.3 软件设计的可靠性措施	176	9.2.1 S7-300CPU 模块	222
7.3.4 故障的检测与诊断	177	9.2.2 S7-300 电源及接口模块	224
7.4 S7-200 控制系统工程设计实例	178	9.2.3 S7-300 数字量信号模块	224
7.4.1 S7-200 在数字量控制系统中 的应用	178	9.2.4 S7-300 模拟量信号模块	225
7.4.2 S7-200 在模拟量控制系统中 的应用	188	9.2.5 S7-300 高速计数器模块	226
本章小结	199	9.2.6 S7-300 位置控制与位置检测 模块	227
习题	199	9.2.7 S7-300 通信模块	228
第 8 章 组态软件 MCGS 及应用	202	本章小结	229
8.1 组态软件概述	203	参考文献	230
8.1.1 组态与组态软件	203		

第 1 章

电气控制基础



知识要点

了解电气控制系统中常用的低压电器结构、工作原理；熟悉基本控制回路。



相关知识

电路基础、电动机拖动技术等。



工程应用方向

电气控制技术是机电一体化设备不可或缺的重要组成部分。通过本章的学习，为后续 PLC 控制相关内容的学习奠定一定的基础。



学习目标

了解电气控制系统中常用的低压电器结构、工作原理，熟悉基本控制回路，为后续 PLC 系统设计奠定一定的基础。



本章知识结构

- (1) 接触器、继电器、配电电器等原理介绍。
- (2) 基本电气控制系统回路介绍。



1.1 常用低压电器概述

机电设备除驱动装置(含机械传动、流体传动、电动机拖动等)外,一般均有配套的控制系統。控制系统包含各类电器、传感检测装置、主控制器及附件。其中,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机械称为电器。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称为低压电器。低压电器的种类繁多,功能多样,用途广泛,具体构造及工作原理也各有差异。按用途可分为如下几类:

- (1) 控制电器:如接触器、继电器等。
- (2) 主令电器:如按钮、行程开关等。
- (3) 保护电器:如熔断器、热继电器等。
- (4) 配电电器:如低压断路器、隔离器等。
- (5) 执行电器:如电磁铁、电磁离合器等。

此外,按原理可分为①依据电磁感应原理工作的电磁式电器,如交直流接触器、各种电磁式继电器等;②依据环境参量变化或外力动作的非电量控制电器,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。除上述分类外,也可按自动、手动,有、无触点等进行分类。电气控制系统中常用的部分电器结构、工作原理分述如下。

1.1.1 接触器

接触器是电动机拖动与自动控制系统中一种重要的低压电器,是用来频繁地遥控接通或断开交、直流主电路及大容量控制电路的自动控制电器。在电动机拖动和自动控制系统中,接触器的主要控制对象为各类电动机,也可以用于控制电热设备等其他负载。按主触点通过的电流种类,可以分为交流接触器和直流接触器两大类。

接触器是由电磁系统、触点系统、灭弧装置、复位弹簧等几部分构成的。其中,电磁系统包括可动铁心(衔铁)、静铁心、电磁线圈;触点系统包括用于接通、断开主电路的大电流容量的主触点和用于控制电路的小电流容量的辅助触点;灭弧装置用于迅速切断主触点断开时产生的电弧,以免使主触点烧毛、熔焊,对于容量较大的交流接触器,常采用灭弧栅灭弧。

1) 交流接触器

如图 1-1 所示,当电磁线圈接受指令信号得电后,铁心被磁化为电磁铁,产生电磁吸力,使衔铁吸合,带动触点动作,即动断触点断开、动合触点闭合;当线圈失电后,电磁铁失磁,电磁吸力消失,在弹簧的作用下触点复位。交流接触器线圈的工作电压应为其额定电压的 85%~105%,这样才能保证接触良好。

2) 直流接触器

直流接触器主要用于控制直接电路(主电路、控制电路和励磁电路等),其组成和工作原理同交流接触器基本相同。直流接触器常用磁吹和纵缝灭弧装置来灭弧。直流接触器的铁心与交流接触器不同,它没有涡流的存在,因此一般用软钢或工程纯铁制成圆形。由于



直流接触器的吸引线圈通以直流，所以，没有冲击的启动电流。也不会产生铁心猛烈撞击现象，因此它的寿命长，适用于频繁启动、制动的场合。

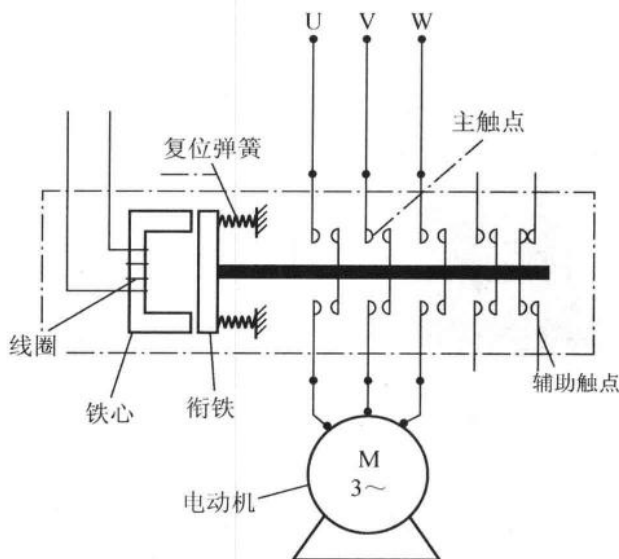


图 1-1 交流接触器工作原理图

3) 智能化接触器

智能化接触器内装有智能化电磁系统，并具有与数据总线和其他设备通信的功能，其本身还具有对运行工况自动识别、控制和执行的能力。智能化接触器由电磁接触器、智能控制模块、辅助触点组、机械联锁机构、报警模块、测量显示模块、通信接口模块等组成，它的核心是微处理器或单片机。

交、直流接触器的选用可根据线路的工作电压和电流查看电器产品目录。电磁接触器的图形符号如图 1-2 所示。

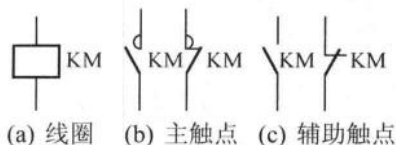


图 1-2 接触器图形符号

1.1.2 继电器

继电器是根据一定的信号(如电流、电压、时间和速度等物理量)变化来接通或断开小电流电路的自动控制电器。继电器一般不用于直接控制主电路，而是通过接触器或其他电器来对主电路进行控制。与接触器相比，继电器的触点通常接在控制电路中，触点电流容量较小，一般不需要灭弧装置，但对继电器动作的准确性则要求较高。

继电器一般由 3 个基本部分组成，即检测机构、中间机构和执行机构。检测机构的作用是接受外界输入信号并将信号传递给中间机构；中间机构对信号的变化进行判断、物理量转换、放大等；当输入信号变化到一定值时，执行机构(一般是触头)动作，从而使其所



控制的电路状态发生变化,接通或断开某部分电路,达到控制或保护的目的。

继电器种类很多,一般可分为中间继电器、时间继电器、电压继电器、电流继电器、热继电器等。

1) 中间继电器

中间继电器实质上是一种电压继电器,只是它的触点对数较多,容量较大,动作灵敏,主要起扩展控制范围或传递信号的中间转换作用,其外形、符号如图 1-3 所示。

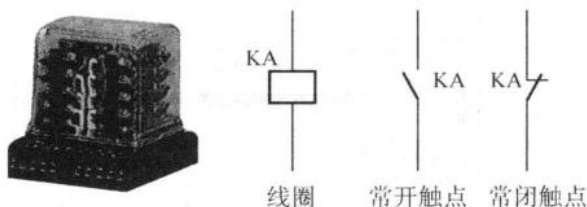


图 1-3 中间继电器外观、符号

2) 时间继电器

时间继电器是从得到输入信号(线圈通电或断电)起,经过一段时间延时后触头才动作的继电器,适用于定时控制。其按工作原理可分为电磁式、空气阻尼式(气囊式)等;按延时方式可分为通电延时型、断电延时型和通/断电延时型等。

以空气阻尼式时间继电器为例,该类时间继电器利用空气通过小孔时产生阻尼的原理来获得延时。它由电磁机构、延时机构和触头系统组成,其动作原理如图 1-4 所示。其电磁机构为双 E 直动式,触头系统为微动开关,延时机构采用气囊式阻尼器。

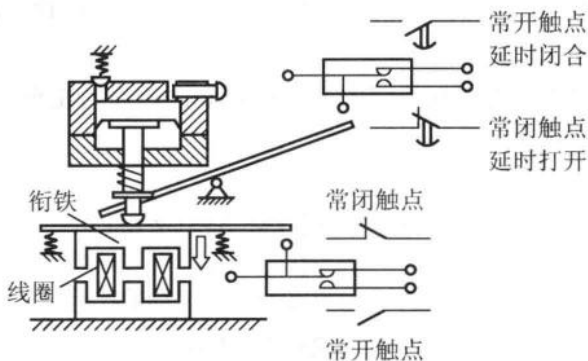


图 1-4 空气阻尼式时间继电器的动作原理图

空气阻尼式时间继电器既有通电延时型,也有断电延时型。只要改变电磁机构的安装方式,便可实现不同的延时方式。

如图 1-4 所示,当线圈通电后,衔铁吸合,两只微动杠杆动作,驱动相应的触点动作。衔铁吸合时,常闭触点断开、常开触点闭合;延时触点的动作受制于活塞上腔的气压变化;衔铁吸合、下行时,活塞上腔产生真空,迟滞其下行速度。调节活塞进气口的开度,可间接调节延时时间。空气阻尼式时间继电器的优点是结构简单、寿命长、价格低;缺点是准确度低、延时误差大、在延时精度要求高的场合不宜采用。



晶体管式时间继电器常用的有阻容式时间继电器,它利用 RC 电路中电容电压不能跃变的特性(只能按指数规律逐渐变化),通过改变电回路的时间常数即可改变延时时间。因为调节电容比调节电阻困难,所以多用调节电阻的方法来改变延时时间。晶体管式时间继电器具有延时范围广、精度高、体积小及寿命长等优点,但抗干扰性能较差。

时间继电器的电气符号如图 1-5 所示。

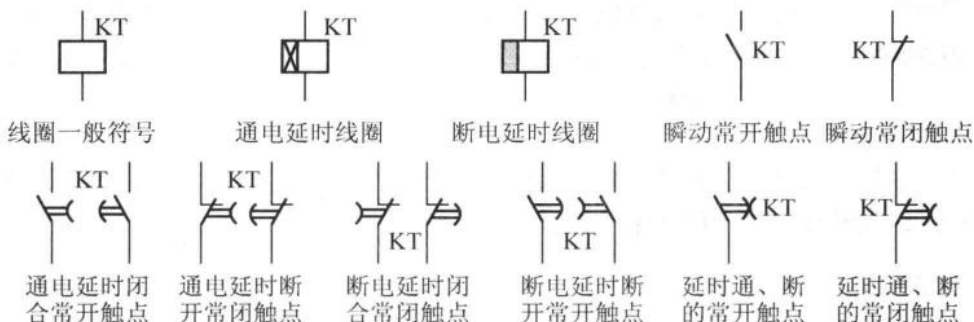


图 1-5 时间继电器的电气符号

3) 固态继电器

固态继电器(Solid State Relays, SSR)是一种新型无触点继电器。固态继电器与机电继电器相比,是一种没有机械运动、不含运动零件的继电器,但它具有与机电继电器本质上相同的功能。固态继电器是一种全部由固态电子元件组成的无触点开关器件,它利用电子元器件的电、磁和光特性来完成输入与输出的可靠隔离,利用大功率晶体管、功率场效应管、单向晶闸管和双向晶闸管等元器件的开关特性,来达到无触点、无火花地接通和断开被控电路。

固态继电器的组成: 固态继电器由 3 部分组成,即输入电路、隔离(耦合)电路和输出电路。按输入电压的类别不同,输入电路可分为直流输入电路、交流输入电路和交/直流输入电路 3 种。有些输入控制电路还具有与 TTL/CMOS 兼容、正/负逻辑控制和反相等功能。固态继电器的输入电路与输出电路的隔离和耦合方式有光耦合和变压器耦合两种。固态继电器根据输出电路也可分为直流输出电路、交流输出电路和交/直流输出电路等形式。交流输出时,通常集成了两个晶闸管或一个双向晶闸管,直流输出时可使用双极性器件或功率场效应管。

固态继电器的工作原理: 交流固态继电器是一种无触点通/断电子开关,为 4 端有源器件。其中,两个端子为输入控制端,另外两个端子为输出受控端,中间采用光隔离,作为 I/O 之间的电气隔离(浮空)。在输入端加上直流或脉冲信号,输出端就能从阻断状态转变成导通状态(无信号时呈阻断状态),从而控制较大负载。整个器件无可动部件及触点,可实现同常用的机械式电磁继电器一样的功能。

由于固态继电器是由固体元件组成的无触点开关器件,因此与电磁继电器相比具有工作可靠、寿命长、对外界干扰小、能与逻辑电路兼容、抗干扰能力强、开关速度快和使用方便等一系列优点,因而具有很宽的应用领域,有逐步取代传统电磁继电器之势,并可进一步扩展到传统电磁继电器无法应用的计算机等领域。固态继电器外形如图 1-6 所示。

4) 电流继电器

电流继电器根据输入电流的大小而动作。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。按用途可分为过电流



图 1-6 固态继电器

继电器和欠电流继电器。线圈通电时,正常状态下其常开、常闭触点不动作。对过电流继电器而言,当主电路电流过大,其触点动作;对欠电流继电器而言,当主电路电流过小,其触点动作。

5) 电压继电器

电压继电器根据输入电压的大小而动作。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。电压继电器可分为过电压继电器(过电压保护)、欠电压继电器(欠电压保护)、零电压继电器(零电压保护)。

6) 热继电器

热继电器是一种利用电流的热效应来断开电路的保护电器,专门用来对连续运转的电动机进行过载及断相保护,以防电动机过热而烧毁。

1.1.3 主令电器

主令电器是电气控制中用于发送或转换控制指令的电器,按作用可分为按钮开关、位置开关、万能转换开关等。

1) 按钮开关

按钮开关是一种短时接通或断开小电流电路的电器,它不直接控制主电路的通断,而是在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路,故称为“主令电器”。按钮开关的种类很多,在结构上有紧急式、钥匙式、旋钮式、带灯式和打碎玻璃式。其中,打碎玻璃按钮用于控制消防水泵或报警系统,有紧急情况时,可用敲击锤打碎按钮玻璃,使按钮内触点状态翻转复位,发出启动或报警信号。

按钮开关一般由按钮帽、复位弹簧、固定触点、可动触点、外壳和支柱连杆等组成,如图 1-7 所示。

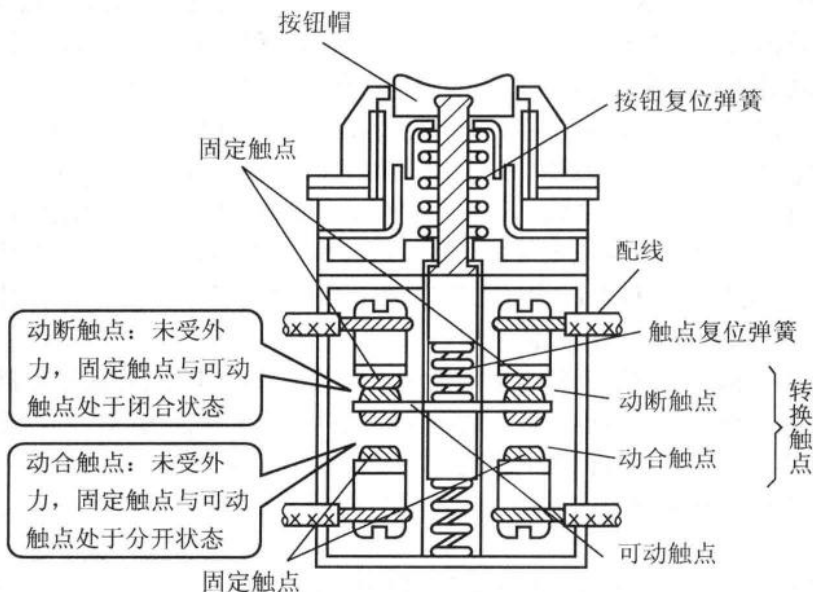


图 1-7 按钮开关结构



动合触点是指在原始状态时(电器未受外力或线圈未通电),固定触点与可动触点处于断开状态的触点。

动断触点是指在原始状态时(电器未受外力或线圈未通电),固定触点与可动触点处于闭合状态的触点。

动合按钮开关未被按下时,触点是断开的;按下时其触点闭合接通;当松开后,按钮开关在复位弹簧的作用下复位断开。在控制电路中,动合按钮开关常用于启动电动机,也称为启动按钮。动断按钮开关与动合按钮开关相反,未按下时,触点是闭合的;按下时触点断开;当松开后,按钮开关在复位弹簧的作用下复位闭合。动断按钮开关常用于控制电动机停车,也称为停车按钮。

复合按钮开关是将动合与动断按钮开关组合为一体的按钮开关,即具有动断触点和动合触点。未按下时,动断触点是闭合的,动合触点是断开的;按下按钮时,动断触点首先断开,动合触点后闭合,复合按钮用于联锁控制电路中。

常用按钮开关的外观如图 1-8 所示,按钮开关符号如图 1-9 所示。

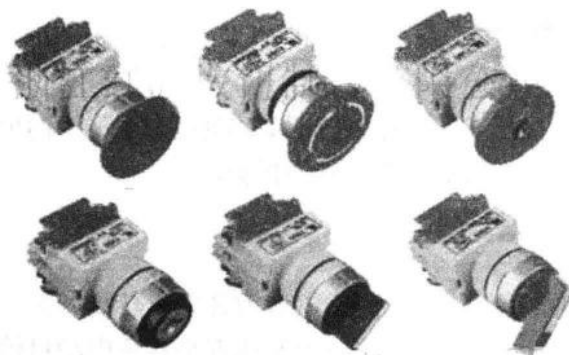


图 1-8 常用按钮开关的外观



图 1-9 按钮开关符号

2) 位置开关

位置开关又称限位开关,是一种常用的小电流主令电器。在电气控制系统中,位置开关的作用是实现顺序控制、定位控制和位置状态的检测。它可以分为两类:一类为以机械直接接触驱动作为输入信号的行程开关和微动开关;另一类为以电磁信号(非接触式)作为输入动作信号的接近开关。

(1) 行程开关是利用生产机械运动部件的碰撞使其触点动作来实现接通或断开控制电路,达到一定的控制目的。通常,这类开关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、变速运动或自动往返运动等。行程开关由操作头、触点系统和外壳组成,按其结构,可分为直动式(按钮式)、滚动式(旋转式)、微动式和组合式。行程开关的外形和符号如图 1-10 所示。

(2) 接近开关又称无触点行程开关,它不仅能代替有触点行程开关来完成行程控制和限位保护,还可用于高速计数、测速、液面控制、零件尺寸检测和加工程序的自动衔接等。



由于它具有非接触式触发、动作速度快、可在不同的检测距离内动作、发出的信号稳定无脉动、工作稳定可靠、寿命长、重复定位精度高及能适应恶劣的工作环境等特点,所以在机床、纺织、印刷、塑料等工业生产中应用广泛。

接近开关按工作原理来分,主要有高频振荡式、霍尔式、超声波式、电容式、差动线圈式和永磁式等,其中高频振荡式最为常用。

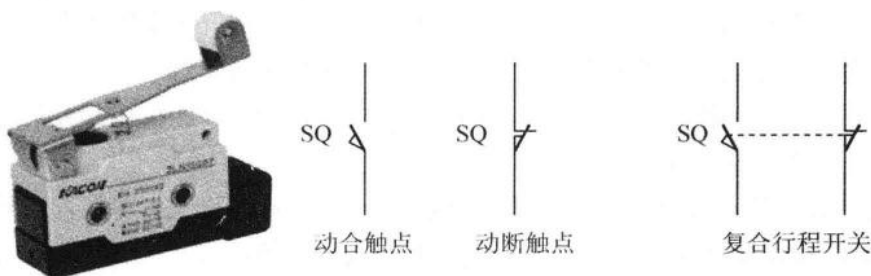


图 1-10 行程开关的外形和符号

1.2 配 电 电 器

低压配电电器是指在正常或事故状态下,接通或者断开用电设备和供电电网所用的电器,广泛应用于电力配电系统,以实现电能的输送和分配及系统的保护。

1.2.1 低压开关

低压开关主要用于隔离、转换及接通和断开电路,主要类型有刀开关、转换开关、低压断路器等,可以用于机床电路电源开关、局部照明电路的控制或者小容量电动机的控制。

1) 刀开关

刀开关又称闸刀,一般用于不需要经常断开与接通的交、直流低压电路中。在机床中,刀开关主要用作电源开关,一般不用来开断电动机的工作电流。

刀开关分单极、双极和三极,常用的三极刀开关允许长期通过电流有 100A、200A、400A、600A 和 1000A 五种。目前生产的产品有 HD(单极)和 HS(双极)等系列。负荷开关是由有快断刀极的刀开关与熔断器组成的铁壳开关,常用来控制小容量的电动机的不频繁启动和停止,常用型号有 HH4 系列。

刀开关的符号表示如图 1-11 所示,刀开关的选择应根据工作电流和电压来选择。

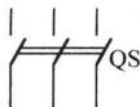


图 1-11 刀开关的符号

2) 组合开关

在小电流的情况下,常用组合开关(又称转换开关)实现线路的接通、断开和换接控制。图 1-12 所示是一种盒式转换开关结构示意图,它有许多对动触片,中间以绝缘材料隔开,常用型号有 HZ5、HZ10 系列等。

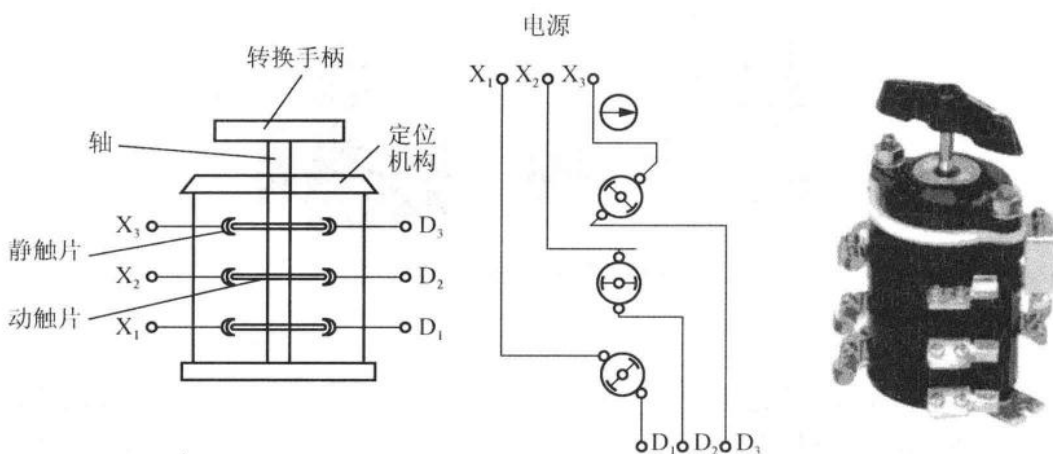


图 1-12 盒式转换开关结构示意图

1.2.2 低压断路器

低压断路器俗称自动空气开关，是低压配电网中的主要电器开关之一，可以接通和断开正常负载电流、电动机工作电流和过载电流，也可接通和断开短路电流。在不频繁操作的低压配电电路或开关柜中作为电源开关使用，并对电路、电气设备及电动机等实行保护，应用十分广泛。

低压断路器主要由触点系统、灭弧装置、保护装置、操作机构等组成；其工作原理如图 1-13 所示。图 1-13 中低压断路器的 3 副主触点串联在被保护的三相主电路中，由于搭钩勾住了弹簧，使主触点保持闭合状态。当电路正常工作时，电磁脱扣器中线圈所产生的吸力不能将它的衔铁吸合。当电路发生短路时，电磁脱扣器的吸力增加，将衔铁吸合，并撞击杠杆，把搭钩顶上去，在弹簧的作用下断开主触点，实现了短路保护。当电路上电压下降或失去电压时，欠电压脱扣器的吸力减少或失去吸力，衔铁被弹簧拉开，撞击杠杆，把搭钩顶开，断开主触点，实现过载保护。

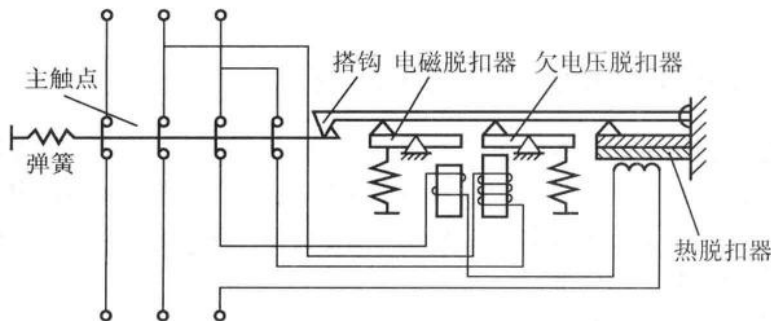


图 1-13 低压断路器的工作原理

低压断路器外形与符号如图 1-14 所示。

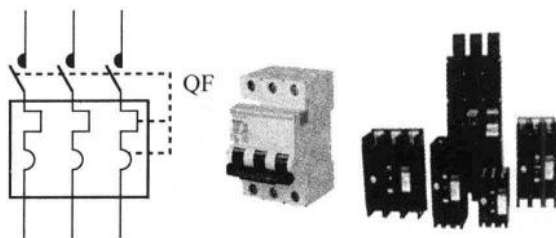


图 1-14 低压断路器符号与外形

1.2.3 熔断器

熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后,以它本身产生的热量使熔体熔化而断开电路的电器。它广泛应用于低压配电系统和控制系统及用电设备中,起短路和过电流保护作用。熔断器与其他开关电器组合可构成各种熔断器组合电器,如熔断器式隔离器、熔断器式刀开关、隔离器熔断器组和负荷开关等。熔断器的符号与外形如图 1-15 所示。



图 1-15 熔断器的符号和外形

1.3 电气控制电路基础

电气控制电路是指将各种有触点的按钮、继电器、接触器等低压电器,用导线按一定的要求和方法连接起来,并能实现特定功能的电路。

为了表达生产机械电气控制电路的结构、原理等设计意图,同时也便于进行电器元件的安装、调整、使用和维修,需要将电气控制电路中各种电器元件及其连接用规定的图形表达出来,这种图就是电气控制电路图。电气控制电路图有电气原理图、电气元件布置图、电气安装接线图 3 种。

1.3.1 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号

电气控制电路图是工程技术的通用语言,为了便于交流与沟通,在绘制电气控制电路图时,电器元件的图形、文字符号必须符合国家标准。国家标准局参照国际电工委员会(IEC)颁布的有关文件,制定了与我国电气设备有关国家标准。电气控制电路中的图形符号、文字符号必须符合最新的国家标准。

1) 电气原理图

为了便于阅读与分析控制线路,根据简单、清晰、易懂的原则,电气原理图采用电器元件展开的形式绘制而成。图中包括所有电器元件的导电部件和接线端点,并不按照电气元件的实际位置来绘制,也不反映电气元件的形状和大小。由于电气原理图具有结构简单、