

高等院校电气信息类规划教材

# 电气控制与PLC 应用技术 (西门子S7-200系列)

第二版

何献忠 主编



化学工业出版社

电气信息类规划教材

# 电气控制与PLC 应用技术 (西门子S7-200系列)

## 第二版

何献忠 主编



化学工业出版社

·北京·

本书从实际工程和教学需要出发,介绍了继电器控制系统及其基本控制电路与典型机床控制电路、可编程控制器(PLC)控制系统、工业组态控制技术的工作原理、设计方法和实际应用。本书的特点是除介绍基本电气控制技术、西门子 S7-200 系列可编程控制器控制技术外,还增加了 PLC 结合工业组态软件(MCGS)的现代控制应用。

本书在编写过程中,重点突出实用性和适用性。对电气控制与指令系统以及工业组态控制都以实例的方式进行讲解,由浅入深,层次清楚,易于理解、掌握。章后附有相应的实验、思考与练习题。

本书适合作为应用型本科及高职高专电气、机电一体化、自动化、测控等专业的教材,也可作为从事 PLC 应用开发的工程技术人员的培训教材或技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术:西门子 S7-200 系列 / 何献忠  
主编. —2 版. —北京:化学工业出版社,2018.5  
高等院校电气工程类规划教材  
ISBN 978-7-122-31864-0

I. ①电… II. ①何… III. ①电气控制-高等学校-教材  
②plc 技术-高等学校-教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 061659 号

---

责任编辑:王听讲  
责任校对:吴 静

装帧设计:张 辉

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装:河北鹏润印刷有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 18½ 字数 484 千字 2018 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:42.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

PLC 技术经过三十多年的发展，已形成了完整的工业控制器产品系列，其功能从初期的主要用于替代继电器-接触器控制的简单功能，发展到目前具有接近于计算机的强有力的软/硬件功能。PLC 用于包括逻辑运算、数值运算、数据传送、过程控制、位置控制、高速计数、中断控制、人机对话、网络通信等功能的控制领域。PLC 源于替代继电器-接触器控制，它与传统的电气控制技术有着密不可分的联系。因而，要学习 PLC 技术，必须先了解传统的电气控制技术。

本书在第一版的基础上，修改了一些不足之处，并从培养工程应用能力考虑新增加一些应用实例及设计方法。第 1 章简要介绍常用低压电器的结构、原理及使用方法；第 2 章介绍基本电气控制电路、控制原理等电气控制基础知识，使读者对传统的电气控制技术有个粗略的了解，为进一步学习 PLC 奠定必要的基础；第 3 章介绍 PLC 基本知识和基本原理；第 4 章概述西门子公司 S7-200 PLC 的系统结构、功能、模块和寻址方式；第 5 章详细介绍 S7-200 PLC 的基本指令系统及程序设计实例；第 6 章介绍 S7-200 PLC 的顺序控制指令及应用实例；第 7 章详细讲解 S7-200 PLC 的功能指令，并以实例的方式介绍其应用方法；第 8 章介绍 S7-200 PLC 的网络通信技术及应用；第 9 章介绍现代 PLC 控制系统综合设计步骤、方法，并给出设计实例以供参考；第 10 章简单介绍 S7-200 编程软件的使用；第 11 章讲解 S7-200 PLC 结合工业控制组态软件 (MCGS) 的综合应用。部分章节后附有相应的实验指导，书后附录列出了常用电气图形符号与文字符号，以及 S7-200 PLC 快速参考信息。

本书全面介绍了电气控制技术及 PLC 的配置、编程和控制方面的知识。在编写过程中，编者力求语言通畅、叙述清楚、讲解细致，所有的内容都以便于实际应用为原则来选择，并尽可能采用实例对指令知识及应用进行讲解，力争做到通俗、简明、易懂。

本书有配套课件，供教学使用。

本书由湖南工业大学的何献忠主编，湖南工业大学李卫萍、刘颖慧、彭华夏、黄浪尘、王珏、陈炜杰和河南化工技师学院张丽参编。全书共分 11 章，其中第 1~4、7、9~11 章由何献忠编写，第 5 章由张丽编写，第 6 章由李卫萍编写，第 8 章由刘颖慧编写，彭华夏、黄浪尘与王珏参与了程序的编写与图形的绘制，陈炜杰参与了课件的制作。

由于编者水平有限，加上编写时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2018 年 4 月

# 目 录

## 第 1 章 常用低压电器

1.1 低压电器概述 .....	1	1.3.6 速度继电器 .....	10
1.1.1 电器的定义和分类 .....	1	1.4 熔断器 .....	11
1.1.2 电磁式低压电器的基本结构 .....	1	1.4.1 熔断器的结构与分类 .....	11
1.2 接触器 .....	5	1.4.2 熔断器的技术参数 .....	12
1.2.1 接触器的用途及分类 .....	5	1.4.3 熔断器的选择 .....	12
1.2.2 接触器的结构及工作原理 .....	5	1.5 开关电器 .....	13
1.2.3 接触器的图形符号及型号含义 .....	6	1.5.1 刀开关 .....	13
1.2.4 接触器的主要技术参数 .....	6	1.5.2 低压断路器 .....	13
1.2.5 接触器的选择与使用 .....	7	1.6 主令电器 .....	16
1.3 继电器 .....	7	1.6.1 控制按钮 .....	16
1.3.1 电压继电器 .....	7	1.6.2 行程开关 .....	16
1.3.2 电流继电器 .....	8	1.6.3 万能转换开关 .....	17
1.3.3 中间继电器 .....	8	1.6.4 电子低压电器 .....	18
1.3.4 时间继电器 .....	9	思考与练习 .....	22
1.3.5 热继电器 .....	9		

## 第 2 章 基本电气控制电路

2.1 电气图的图形符号、文字符号及 绘制原则 .....	24	2.2.2 三相电动机降压启动控制电路 ..	31
2.1.1 电气控制图 .....	24	2.2.3 三相异步电动机制动控制电路 ..	34
2.1.2 电气图中的图形符号及文字 符号 .....	24	2.2.4 三相异步电动机调速控制电路 ..	37
2.1.3 电气控制线路图的绘制原则 .....	25	2.2.5 其他典型三相电动机控制电路 ..	39
2.2 基本控制电路 .....	27	2.3 电气控制线路的一般设计方法 .....	40
2.2.1 三相笼型异步电动机全电压启动 控制线路 .....	27	2.4 典型机床控制电路 .....	41
		2.4.1 CA6140 车床控制电路 .....	41
		2.4.2 M7130 型平面磨床控制电路 .....	43
		思考与练习 .....	46

## 第 3 章 可编程控制器概述

3.1 PLC 的产生 .....	47	3.4 PLC 的应用 .....	51
3.2 PLC 的发展与分类 .....	48	3.5 PLC 的系统组成 .....	52
3.2.1 PLC 的发展趋势 .....	48	3.5.1 中央处理器 (CPU) .....	53
3.2.2 PLC 的分类 .....	50	3.5.2 存储器 .....	53
3.3 PLC 的特点 .....	51	3.5.3 输入/输出接口 .....	53

3.5.4 电源部分 .....	56	3.6.2 PLC的扫描工作过程 .....	58
3.5.5 扩展接口 .....	56	3.7 PLC的编程语言和程序结构 .....	59
3.5.6 通信接口 .....	56	3.7.1 PLC的编程语言 .....	59
3.5.7 编程器 .....	57	3.7.2 PLC的程序结构 .....	60
3.6 PLC的工作原理 .....	57	思考与练习 .....	61
3.6.1 PLC的工作方式和运行框图 .....	57		

## 第4章 S7-200系列PLC系统概述

4.1 系统功能概述 .....	62	4.3.1 数据长度 .....	65
4.2 S7-200 PLC的结构及扩展模块 .....	62	4.3.2 寻址方式 .....	65
4.2.1 S7-200 PLC的结构 .....	62	4.3.3 各数据存储区寻址 .....	67
4.2.2 扩展模块 .....	63	思考与练习 .....	69
4.3 S7-200 PLC的寻址 .....	65		

## 第5章 S7-200 PLC的基本指令及程序设计

5.1 基本指令 .....	70	5.2.1 结束指令 .....	90
5.1.1 输入/输出指令 .....	70	5.2.2 暂停指令 .....	91
5.1.2 触点串联指令 .....	71	5.2.3 看门狗指令 .....	91
5.1.3 触点并联指令 .....	71	5.2.4 跳转及标号指令 .....	92
5.1.4 电路块的连接指令 .....	71	5.2.5 循环指令 .....	93
5.1.5 取反指令 .....	72	5.2.6 子程序 .....	94
5.1.6 置位与复位指令 .....	73	5.3 PLC的编程与应用 .....	98
5.1.7 边沿脉冲指令 .....	74	5.3.1 梯形图的编程规则 .....	98
5.1.8 立即指令 .....	74	5.3.2 基本指令的简单应用 .....	99
5.1.9 逻辑堆栈操作指令 .....	76	实验 .....	109
5.1.10 定时器 .....	79	实验一 S7-200编程软件的使用 .....	109
5.1.11 计数器 .....	82	实验二 三相电动机控制 .....	109
5.1.12 比较指令 .....	87	实验三 水塔水位自动控制 .....	110
5.1.13 RS触发器指令 .....	89	思考与练习 .....	110
5.2 程序控制类指令 .....	90		

## 第6章 S7-200 PLC顺序控制指令及应用

6.1 功能图的基本概念及构成规则 .....	113	6.3.2 并行的分支与汇合 .....	116
6.1.1 功能图基本概念 .....	113	6.4 顺序控制指令的应用 .....	119
6.1.2 功能图的构成规则 .....	114	6.4.1 顺序控制程序设计的基本	
6.2 顺序控制指令 .....	114	步骤 .....	120
6.2.1 顺序控制指令介绍 .....	114	6.4.2 顺序控制程序应用举例 .....	120
6.2.2 顺序控制指令的编程 .....	114	实验 .....	137
6.2.3 使用说明 .....	116	实验一 自动送料车系统控制 .....	137
6.3 功能图多分支的分类处理 .....	116	实验二 多种液体自动混合系统控制 .....	139
6.3.1 可选择的分支与汇合 .....	116	思考与练习 .....	140

## 第7章 S7-200 PLC 的功能指令

7.1 传送指令 .....	141	7.6.1 中断事件 .....	165
7.1.1 单一数据传送指令 .....	141	7.6.2 中断指令类型与说明 .....	167
7.1.2 数据块传送指令 .....	141	7.6.3 中断程序示例 .....	167
7.1.3 字节立即传送指令 .....	142	7.7 高速计数器指令 .....	169
7.1.4 字节交换指令 .....	143	7.7.1 高速计数器指令类型与说明 .....	169
7.1.5 填充指令 .....	144	7.7.2 高速计数器的工作模式 .....	169
7.2 移位与循环移位指令 .....	144	7.7.3 高速计数器的控制 .....	170
7.2.1 移位指令 .....	144	7.7.4 高速计数器的使用 .....	171
7.2.2 循环移位指令 .....	145	7.8 高速脉冲输出指令 .....	174
7.2.3 移位寄存器指令 .....	145	7.8.1 脉冲输出指令及输出方式 .....	174
7.3 运算指令 .....	148	7.8.2 高速脉冲的控制 .....	175
7.3.1 算术运算指令 .....	148	7.8.3 PTO 的使用 .....	176
7.3.2 加1和减1指令 .....	151	7.8.4 PWM 的使用 .....	181
7.3.3 数学函数指令 .....	152	7.9 PID 回路指令 .....	184
7.3.4 逻辑运算指令 .....	153	7.9.1 PID 回路指令及转换 .....	184
7.4 表功能指令 .....	155	7.9.2 PID 指令的操作 .....	186
7.4.1 填表指令 .....	155	7.10 时钟指令 .....	188
7.4.2 表取数指令 .....	156	7.10.1 时钟指令类型与说明 .....	188
7.4.3 表查找指令 .....	157	7.10.2 时钟指令应用 .....	189
7.5 转换指令 .....	158	实验 .....	189
7.5.1 数据类型转换指令 .....	158	实验一 五星彩灯 .....	189
7.5.2 编码和译码指令 .....	160	实验二 八段数码管显示实验 .....	190
7.5.3 段码指令 .....	162	实验三 模拟量控制 .....	191
7.5.4 ASCII 码转换指令 .....	162	思考与练习 .....	192
7.6 中断指令 .....	165		

## 第8章 S7-200 PLC 的网络通信技术及应用

8.1 S7-200 通信与网络 .....	193	8.2.2 配置 PPI 网络通信举例 .....	204
8.1.1 S7-200 系列网络层次结构 .....	193	8.2.3 发送与接收指令 .....	207
8.1.2 S7-200 PLC 网络通信协议 .....	195	8.2.4 USS 通信指令 .....	210
8.1.3 网络部件 .....	199	8.3 中文 TD-200 组态简介 .....	211
8.1.4 网络配置实例 .....	201	实验 .....	214
8.2 S7-200 通信指令 .....	202	实验 S7-200 通信配置 .....	214
8.2.1 网络读/写指令 .....	203	思考与练习 .....	215

## 第9章 PLC 控制系统设计

9.1 PLC 控制系统设计步骤 .....	217	9.2.3 步进电机的定位控制 .....	224
9.2 PLC 控制系统设计实例 .....	219	9.2.4 读取条形码阅读器信息的 控制 .....	233
9.2.1 呼车控制 .....	219	思考与练习 .....	235
9.2.2 窑温模糊控制设计 .....	222		

## 第 10 章 STEP7-Micro/WIN32 编程软件的使用

10.1 硬件连接及软件安装 .....	236	10.3.1 程序文件操作 .....	240
10.1.1 硬件连接 .....	236	10.3.2 程序的编辑 .....	241
10.1.2 软件安装 .....	236	10.4 调试及运行监控 .....	244
10.1.3 参数设置 .....	236	10.4.1 选择扫描次数 .....	244
10.2 编程软件的主要功能 .....	237	10.4.2 状态图表监控 .....	244
10.2.1 基本功能 .....	237	10.4.3 运行模式下的编辑 .....	245
10.2.2 主界面 .....	237	10.4.4 程序监视 .....	246
10.2.3 系统组态 .....	240	10.5 S7-200 仿真软件的使用 .....	246
10.3 编程软件的使用 .....	240		

## 第 11 章 PLC 工业组态控制及其应用

11.1 S7-200 PLC 控制机械手运行的 组态过程 .....	249	11.2 S7-200 PLC 控制的立体车库模型 MCGS 组态监控 .....	268
11.1.1 制作工程画面 .....	249	11.2.1 立体车库模型监控系统的主要 组成部分 .....	268
11.1.2 根据控制要求编写 PLC 程序 .....	253	11.2.2 策略与脚本程序的解析 .....	271
11.1.3 组态画面 .....	255	实验 .....	273
11.1.4 与 PLC 设备连接 .....	257	实验一 利用 MCGS 组态软件监控 PLC 实现对交通信号灯的控制 .....	273
11.1.5 PLC 设备通信调试 .....	260	实验二 利用 MCGS 组态软件监控 PLC 实现自动打包控制 .....	274
11.1.6 利用脚本程序实现机械手的 控制 .....	260		

## 附录 1 常用电气图形符号与文字符号

## 附录 2 S7-200 PLC 快速参考信息

## 参考文献



# 第 1 章 常用低压电器

低压电器、传感器和执行器件是工业电气控制系统的基本组成元件。本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理以及使用方法等有关知识；同时根据电器发展状况，简单介绍一些新型电气元件；最后简单介绍一些常用的检测、执行器件，以便后续章节的学习，使大家对工业电气自动化系统建立起感性的认识。

## 1.1 低压电器概述

### 1.1.1 电器的定义和分类

电器就是根据外界施加的信号和要求，能手动或自动地断开或接通电路，断续或连续地改变电路参数，以实现电或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电气元件或设备。电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，构造各异，其分类方法有按工作电压分和按用途分等几种。本节主要介绍在电力拖动系统和自动控制系统中发挥重要作用的一些常用低压电器，如接触器、继电器、行程开关、熔断器等，介绍它们的工作原理、选用原则等内容，为学习和设计可编程控制器控制系统打下基础。

低压电器通常指工作在交流电压 1200V 以下、直流电压 1500V 以下的电器。采用电磁原理完成上述功能的低压电器称做电磁式低压电器。

常用低压电器的分类如图 1-1 所示。

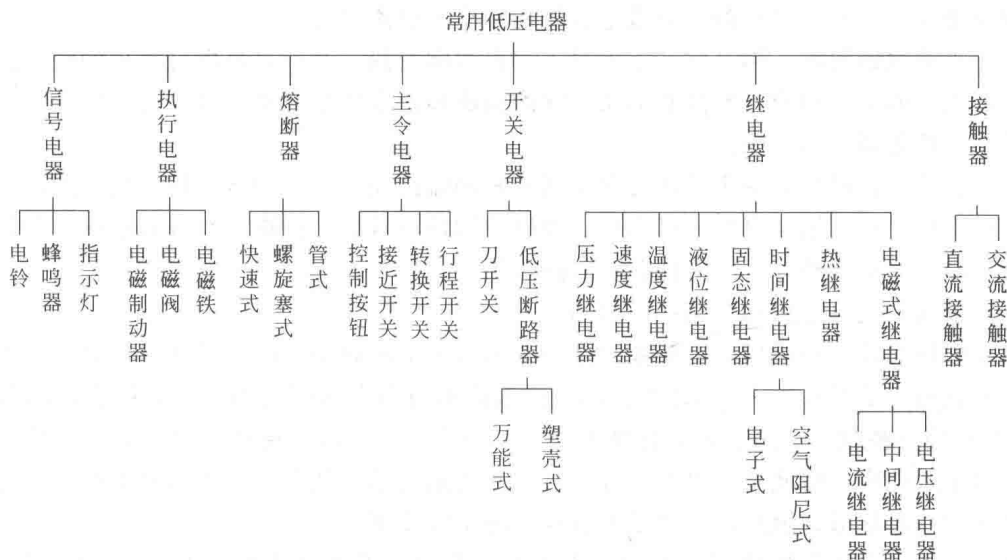


图 1-1 常用低压电器的分类

### 1.1.2 电磁式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最大，其类型很多，但工作原理和构造基本相同。在最常用的低压电器中，接触器、中间继电器、断路器等就属于电磁式低压电器。就其结构而言，大都由三个主要部分组成，即电磁机构、触头、灭弧装置。

### (1) 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的感测部件,它的作用是将电磁能量转换成机械能量,带动触头动作,使之闭合或断开,实现电路的接通或分断。

电磁机构由磁路和激磁线圈两部分组成。磁路主要包括铁芯、衔铁和空气隙。激磁线圈通以电流后激励磁场,通过气隙把电能转换为机械能,带动衔铁运动,完成触点的闭合或断开。

如图 1-2 所示,常用的磁路结构分为三种形式。图 1-2(a) 所示为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯,这种形式广泛应用于直流电器中。图 1-2(b) 所示为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯,其铁芯形状有“E”形和“U”形两种,这种结构多用于触点容量较大的交流电器中。图 1-2(c) 所示为衔铁直线运动的双“E”形直动式铁芯,它多用于交流接触器、继电器中。

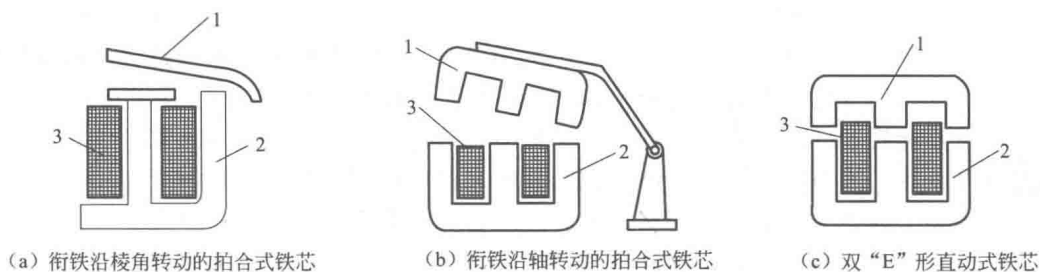


图 1-2 常用的磁路机构  
1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

激磁线圈的作用是将电能转换成磁场能量。按通入激磁线圈电流种类的不同,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,所以直流电磁机构的铁芯通常用整块钢材或工程纯铁制成,而且它的激磁线圈制成高而薄的瘦高型,且不设线圈骨架,使线圈与铁芯直接接触,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,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,激磁线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离,并且将线圈制成短而厚的矮胖型,有利于铁芯和线圈散热。

### (2) 单相交流电磁机构短路环的作用

对于单相交流电磁机构,电磁吸力是一个两倍于电源频率的周期性变量。电磁机构在工作中,衔铁始终受到反力  $F_r$  的作用。由于交流磁通过零时吸引力也为零,吸合后的衔铁在反力  $F_r$  作用下被拉开。磁通过零后吸力增大,当吸力反力时,衔铁又被吸合。这样,在交流电的每个周期内,衔铁吸力要两次过零,如此周而复始,使衔铁产生强烈的振动并发出噪声,甚至使铁芯松散。因此,必须采取有效措施予以克服。

具体办法是在铁芯端部开一个槽,槽内嵌入称做短路环(或称分磁环)的铜环,如图 1-3 所示。短路环把铁芯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  $\Phi_2$ 。 $\Phi_2$  为原磁通与短路环中感生电流产生的磁通的叠加,且在相位上  $\Phi_2$  滞后  $\Phi_1$ ,电磁机构的吸力  $F$  为它们产生的吸力  $F_1$ 、 $F_2$  的合力,如图 1-4 所示。此合力始终大于反力,所以衔铁的振动和噪声就消除了。

短路环通常包围 2/3 的铁芯截面,它一般用黄铜、康铜或镍铬合金等材料制成。它是一

相无断点的铜环，且没有焊缝。

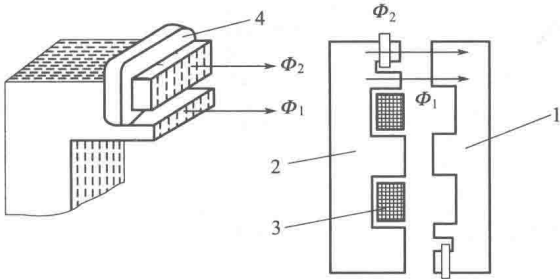


图 1-3 交流电磁铁的短路环  
1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

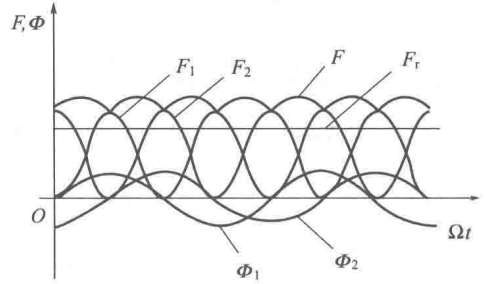


图 1-4 加短路环后的电磁吸力

### (3) 触头

触头是一切有触点电器的执行部件。这些电器通过触头的动作来接通或断开被控制电路。触头通常由动、静触点组合而成。

① 触点的接触形式 触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图 1-5 所示。

在三种接触形式中，点接触形式的触点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；面接触形式的触点允许通过较大的电流，一般在接触表面上镶有合金，以减小触点电阻和提高耐磨性，多用于较大容量接触器的主触点；线接触形式的触点接触区域是一条直线，其触点在通断过程中有滚动动作，如图 1-5(d) 所示。开始接触时，动、静触点在 A 点接触，靠弹簧的压力经 B 点滚到 C 点；断开时做相反运动，以清除触点表面的氧化膜。

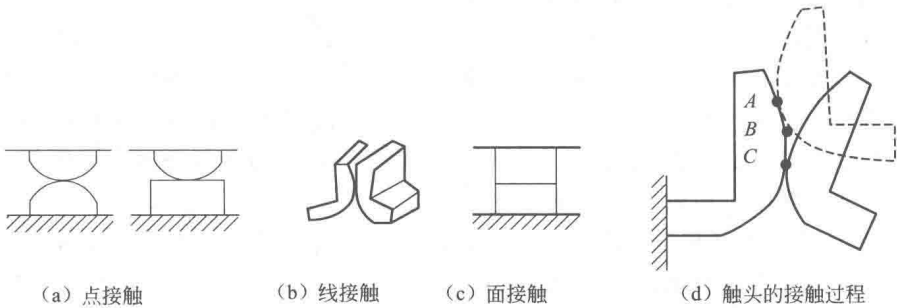


图 1-5 触点的接触形式

② 触头的结构形式 图 1-6 所示为不同接触形式的触头结构形式。图(a)所示为采用点接触的桥式触头，图(b)所示为采用面接触的桥式触头，图(c)所示为采用线接触的指形触头。

### (4) 灭弧系统

① 电弧的产生 电弧的形成过程：当触头间刚出现断口时，两个触头间距离极小，电场强度极大，在高热和强电场作用下，金属内部的自由电子从阴极表面逸出，奔向阳极。这些自由电子在电场中运动时撞击中性气体分子，使之激励和游离，产生正离子和电子。电子在强电场作用下继续向阳极移动，并撞击其他中性分子。因此，在触头间隙中产生了大量的带电粒子，使气体导电形成了炽热的电子流，即电弧。电弧产生高温并发出强光，将触头烧损，使电路的切断时间延长，严重时会引起火灾或其他事故，因此应采取灭弧措施。

### ② 常用灭弧方法

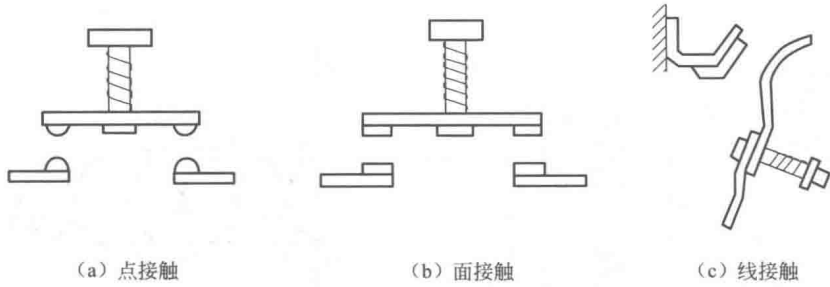


图 1-6 触头的结构形式

a. 电动力吹弧。电动力吹弧一般用于交流接触器等交流电器。图 1-7 所示是一种桥式结构双断口触头系统。双断口就是指在一个回路中有两个产生和断开电弧的间隙。当触点打开时，在断口中产生电弧。触头 1 和 2 在弧区内产生图中所示的磁场，根据左手定则，电弧电流受到一个指向外侧的力  $F$  的作用而向外运动，迅速离开触点而熄灭。电弧的这种运动，一是使电弧本身被拉长；二是电弧穿越冷却介质时受到较强的冷却作用，这都有助于熄灭电弧。最主要的是在两个断口处的每一个电极近旁，

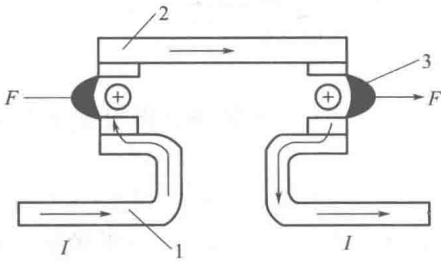


图 1-7 双断口结构的电动力吹弧效应  
1—静触头；2—动触头；3—电弧

在交流过零时都能出现 150~250V 介质绝缘强度。

b. 磁吹式灭弧。这种灭弧的原理是使电弧处于磁场中间，电磁场力“吹”长电弧，使其进入冷却装置，加速电弧冷却，促使电弧迅速熄灭。

图 1-8 所示是磁吹式灭弧的原理图，其磁场由与触点电路串联的吹弧线圈 1 产生。当电流逆时针流经吹弧线圈时，产生的磁通经铁芯 3 和导磁夹板 5 引向触点周围。触点周围的磁通方向为由纸面流入，如图中“×”符号所示。由左手定则可知，电弧在吹弧线圈磁场中受一个向上方向的力  $F$  的作用，电弧向上运动，被拉长并被吹入灭弧罩 6。引弧角 4 和静触点 8 相连接，引导电弧向上运动，将热量传递给灭弧罩壁，促使电弧熄灭。

这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧的，电弧电流越大，吹弧能力越强，且不受电路电流方向影响（当电流方向改变时，磁场方向随之改变，电磁力方向不变）。它广泛地应用于直流接触器中。

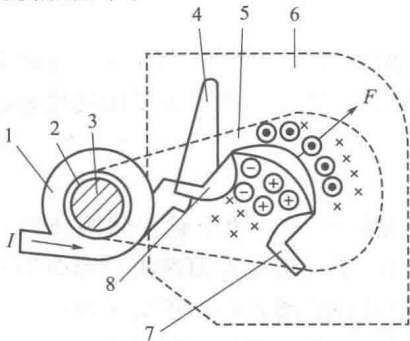


图 1-8 磁吹式灭弧原理图

1—吹弧线圈；2—绝缘套；3—铁芯；4—引弧角；  
5—导磁夹板；6—灭弧罩；7—动触点；8—静触点

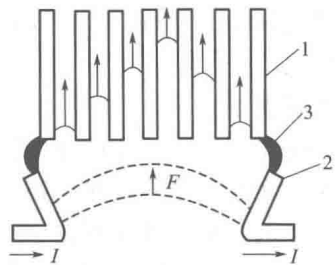


图 1-9 栅片灭弧原理图

1—灭弧栅片；2—触点；3—电弧

c. 灭弧栅。灭弧栅的原理如图 1-9 所示。灭弧栅片 1 由镀铜薄钢片组成。灭弧栅由许多灭弧栅片组成，片间距离 2~3mm，安放在触点上方的灭弧罩内（图中未画出灭弧罩）。一旦产生电弧，电弧周围产生磁场，导磁的钢片将电弧吸入栅片，电弧被栅片分割成许多串联的短电弧。交流电压过零时，电弧自然熄灭。电弧要重燃，两个栅片间必须有 150~250V 电弧压降。这样，一方面电源电压不足以维持电弧；另一方面由于栅片的散热作用，电弧自然熄灭后很难重燃。这是一种常用的交流灭弧装置。

d. 灭弧罩。上面提到的磁吹式灭弧和灭弧栅灭弧都带有灭弧罩，它通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用一是分隔各路电弧，防止发生短路；二是使电弧与灭弧罩的绝缘壁接触，使电弧迅速冷却而熄灭。

## 1.2 接触器

接触器是用来接通或分断电动机主电路或其他负载电路的控制电器，用它可以实现频繁的过远距离自动控制。由于它体积小、价格低、寿命长、维护方便，因而用途十分广泛。

### 1.2.1 接触器的用途及分类

接触器最主要的用途是控制电动机的启停、正反转、制动和调速等，因此它是电力拖动控制系统中最重要也是最常用的控制电器之一。它具有低电压释放保护功能，具有比工作电流大数倍乃至十几倍的接通和分断能力，但不能分断短路电流。它是一种执行电器，即使在现在的可编程控制器控制系统和现场总线控制系统中，也不能被取代。

接触器种类很多，按驱动力大小不同分为电磁式、气动式和液压式，以电磁式应用最广泛；按接触器主触点控制电路中的电流种类分为交流接触器和直流接触器两种；按其主触点的极数（即主触点的对数）来分，有单极、双极、三极、四极和五极等多种。本节介绍电磁式接触器。

### 1.2.2 接触器的结构及工作原理

#### (1) 接触器的结构

目前广泛使用的接触器是电磁式电器的一种，其结构与电磁式电器相同，一般也由电磁机构、触点系统、灭弧系统、复位弹簧机构或缓冲装置、支架与底座等几部分组成。图 1-10 所示为交流接触器的结构剖面示意图。电磁机构是接触器的感测元件，由线圈、铁芯、衔铁和复位弹簧几部分组成。

#### (2) 接触器的工作原理

接触器的工作原理是：当吸引线圈通电后，线圈电流在铁芯中产生磁通。该磁通对衔铁产生克服复位弹簧反力的电磁吸力，使衔铁带动触点动作。触点动作时，常闭触点先断开，常开触点后闭合。当线圈中的电压降低到某一数值时（无论是正常控制还是欠电压、失电压故障，一般降至 85% 线圈额定电压），铁芯中的磁通下降，电磁吸力减小。当减小到不足以克服复位弹簧的反力时，衔铁在复位弹簧的反力作用下复位，使主、辅触点的常开触点断开，常闭触点恢复闭

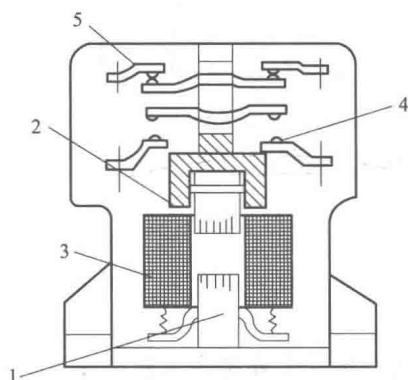


图 1-10 交流接触器的结构剖面示意图

1—铁芯；2—衔铁；3—线圈；4—常开触点；5—常闭触点

合。这也是接触器的失压保护功能。

接触器的触点有主触点和辅助触点之分。主触点用于通断主电路，通常为三对（三极）常开的触点。辅助触点常用于控制电路，起电气联锁作用，一般有常开、常闭各两对。主、辅触点一般采用双断点桥式结构，电路的通断由主、辅触点共同完成。

主触点用于通断主电路，直流接触器和电流在 20A 以上的交流接触器均装有灭弧罩，有的还带有栅片或磁吹灭弧装置。辅助触点常用于控制电路，其容量较小。辅助触点不设灭弧装置，所以不能用来分合主电路。

接触器按流过主触点电流性质的不同，分为交流接触器和直流接触器，它们的结构与工作原理基本相同，仅在电磁机构方面有所不同，这在 1.1 节中已有阐述，这里不再叙述。

### 1.2.3 接触器的图形符号及型号含义

接触器图形及文字符号如图 1-11 所示。

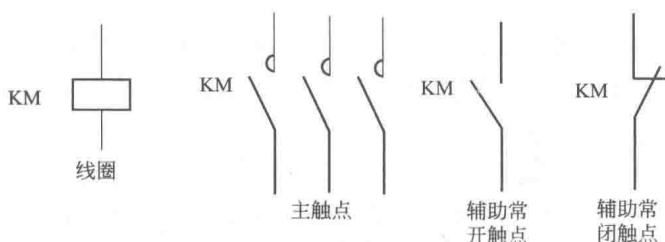
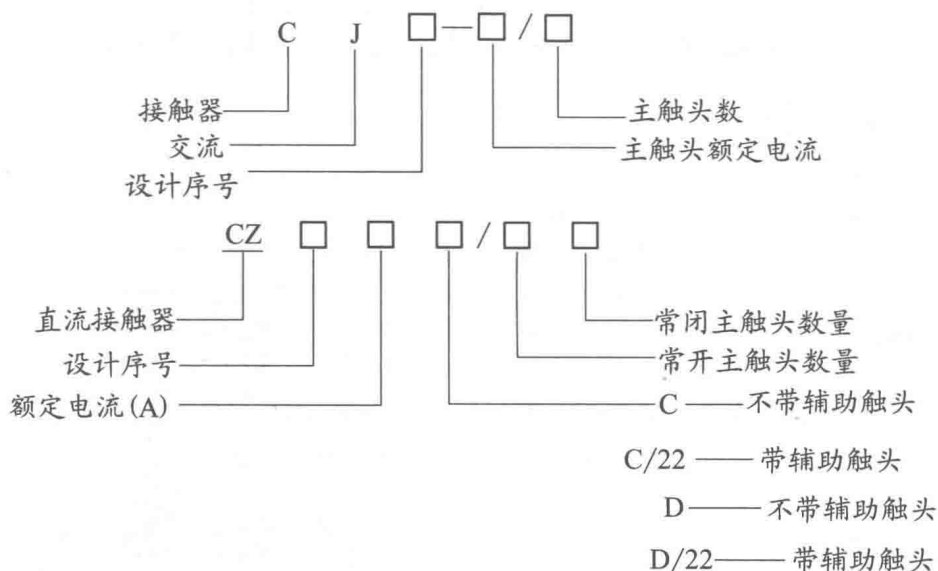


图 1-11 接触器的图形和文字符号

接触器的型号含义如下：



### 1.2.4 接触器的主要技术参数

① 额定电压 接触器铭牌上的额定电压是指主触点能承受的额定电压。通常用的电压等级：直流接触器有 110V、220V 和 440V；交流接触器有 110V、220V、380V、500V 等。

② 额定电流 接触器铭牌上的额定电流是指主触点的额定电流，即允许长期通过的最大电流，有 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A 和 600A 几个等级。

③ 吸引线圈的额定电压 交流有 36V、110V、220V 和 380V；直流有 24V、48V、220V、440V。

④ 电寿命和机械寿命 以万次表示。

⑤ 额定操作频率 以次/h表示,即每小时允许接通的最多次数。

### 1.2.5 接触器的选择与使用

#### (1) 接触器的类型选择

根据接触器所控制负载的轻重和负载电流的类型,来选择直流接触器或交流接触器。

#### (2) 额定电压的选择

接触器的额定电压应大于或等于负载回路的电压。

#### (3) 额定电流的选择

接触器的额定电流应大于或等于被控回路的额定电流。对于电动机负载,可按下列经验公式计算。

$$I_C = \frac{P_N \times 10^3}{K U_N} \quad (1-1)$$

式中,  $I_C$  为流过接触器主触点的电流 (A);  $P_N$  为电动机的额定功率 (kW);  $U_N$  为电动机的额定电压 (V);  $K$  为经验系数,一般取 1~1.4。

选择接触器的额定电流应大于或等于  $I_C$ 。接触器如使用在电动机频繁启动、制动或正、反转的场合,一般将接触器的额定电流降一个等级来使用。

#### (4) 吸引线圈的额定电压选择

吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的电压相一致。对于简单控制电路,可直接选用交流 380V、220V 电压;对于电路复杂、使用电器较多者,应选用 110V 或更低的控制电压。

#### (5) 接触器的触点数量、种类选择

接触器的触点数量和种类应根据主电路和控制电路的要求选择。若辅助触点的数量不能满足要求,可通过增加中间继电器的方法来解决。

安装接触器前应检查线圈额定电压等技术数据是否与实际相符,并将铁芯极面上的防锈油脂结在极面上的锈垢用汽油擦净,以免多次使用后被油垢粘住,造成接触器断电时不能释放;然后检查各活动部分(应无卡阻、歪曲现象)和各触点是否接触良好。另外,接触器一般应垂直安装,其倾斜角不得超过  $5^\circ$ 。注意,不要把螺钉等其他零件掉落到接触器内。

## 1.3 继电器

继电器是根据某种输入信号来接通或断开小电流控制电路,实现远距离控制和保护的自动控制电器。其输入量可以是电流、电压等电量,也可以是温度、时间、速度、压力等非电量;输出量则是触头的动作或者是电路参数的变化。继电器一般由输入感测机构和输出执行机构两部分组成。前者反映输入量的变化,后者完成触点分、合动作(对有触点继电器)或半导体元件的通、断(对无触点继电器)。

继电器的种类很多,按输入信号的性质分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等,按工作原理分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等,按输出形式分为有触点和无触点两类,按用途分为控制用和保护用继电器等。本节介绍几种常用的继电器。

### 1.3.1 电压继电器

触点的动作与线圈的电压大小有关的继电器称做电压继电器。它用于电力拖动系统的电压保护和控制。使用时,电压继电器的线圈与负载并联,其线圈的匝数多而线径细。按通过

线圈电流的种类分为交流电压继电器和直流电压继电器；按吸合电压的大小分为过电压继电器和欠电压继电器。

对于过电压继电器，当线圈电压为额定电压时，衔铁不产生吸合动作；只有当线圈电压高于其额定电压的某一值时，衔铁才产生吸合动作。因为直流电路不会产生波动较大的过电压现象，所以没有直流过电压继电器产品。交流过电压继电器在电路中起电压保护作用。

对于欠电压继电器，当线圈的承受电压低于其额定电压时，衔铁产生释放动作。它的特点是释放电压很低，在电路中用做低电压保护。

电压继电器的图形和文字符号如图 1-12 所示。

选用电压继电器时，首先要注意线圈电压的种类和电压等级应与控制电路一致。另外，根据在控制电路中的作用（是过电压还是欠电压）选型。最后，要按控制电路的要求选择触点的类型（是常开还是常闭）和数量。

### 1.3.2 电流继电器

触点的动作与线圈电流大小有关的继电器称做电流继电器。使用时，电流继电器的线圈与负载串联，其线圈的匝数少而线径粗。根据线圈的电流种类，分为交流电流继电器和直流电流继电器；按吸合电流大小，分为过电流继电器和欠电流继电器。

对于过电流继电器，正常工作时，线圈中流过负载电流，但不产生吸合动作。当出现比负载工作电流大的吸合电流时，衔铁才产生吸合动作，带动触点动作。在电力拖动系统中，冲击性的过电流故障时有发生，常采用过电流继电器做电路的过电流保护。

对于欠电流继电器，正常工作时，由于电路的负载电流大于吸合电流，使衔铁处于吸合状态。当电路的负载电流降低至释放电流时，衔铁释放。在直流电路中，由于某种原因引起负载电流降低或消失，往往导致严重的后果（如直流电动机的励磁回路断线），因此有直流欠电流继电器产品，而没有交流欠电流继电器产品。

电流继电器的图形和文字符号如图 1-13 所示。

选用电流继电器时，首先要注意线圈电压的种类和等级应与负载电路一致。另外，根据对负载的保护作用（是过电流还是低电流）来选用电流继电器的类型。最后，要根据控制电路的要求选择触点的类型（是常开还是常闭）和数量。

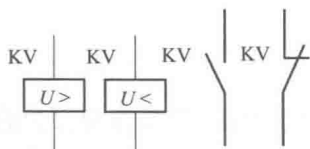


图 1-12 电压继电器的图形和文字符号

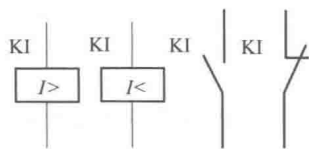


图 1-13 电流继电器的图形和文字符号

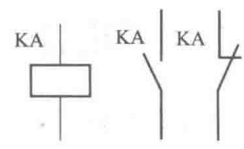


图 1-14 中间继电器的图形和文字符号

### 1.3.3 中间继电器

在控制电路中起信号传递、放大、切换和逻辑控制等作用的继电器称做中间继电器。它属于电压继电器的一种，主要用于扩展触点数量，实现逻辑控制。中间继电器也有交、直流之分，分别用于交流控制电路和直流控制电路。中间继电器的图形和文字符号如图 1-14 所示。

中间继电器的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点对数以及线圈电压种类和规格等。选用时，要注意线圈的电压种类和电压等级应与控制电路一致。另外，要根据控制电路的需求来确定触点的形式和数量。当一个中间继电器的触点数量不够用时，可以将两个中间



继电器并联使用，以增加触点的数量。

### 1.3.4 时间继电器

从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延时后才输出信号（触点的闭合或断开）的继电器，称做时间继电器。在工业自动化控制系统中，基于时间原则的控制要求非常常见，所以时间继电器是一种最常用的低压控制器件之一。

时间继电器的延时方式有两种，即通电延时和断电延时。

通电延时是指接收输入信号后延迟一定的时间，输出信号才发生变化；当输入信号消失后，输出瞬时复原。

断电延时是指接收输入信号时，瞬时产生相应的输出信号；当输入信号消失后，延迟一定的时间，输出才复原。

时间继电器的图形和文字符号如图 1-15 所示。

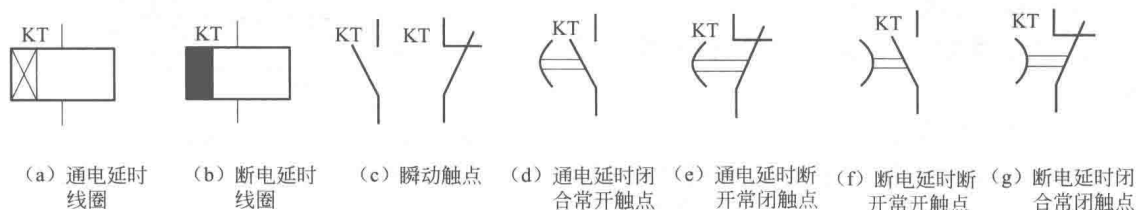


图 1-15 时间继电器的图形和文字符号

时间继电器按工作原理分类，有电磁式、电动式、空气阻尼式、电子式等。其中，电子式时间继电器最为常用，而电磁式和电动式时间继电器已基本被淘汰，空气阻尼式定时器在对定时精度要求不高和定时长度较短的场合还有一些使用。

电子式时间继电器除执行器件继电器外，均由电子元件组成，没有机械部件，因而具有寿命长、精度高、体积小、延时范围大、控制功率小等优点，应用广泛。

电子式时间继电器的品种和类型很多，主要有通电延时型、断电延时型、带瞬动触点的通电延时型等类型。有些电子式时间继电器采用拨码开关整定延时时间，采用显示器件直接显示定时时间和工作状态，具有直观、准确、使用方便等特点。

数字式时间继电器较之晶体管式时间继电器来说，延时范围成倍增加，调节精度提高两个数量级以上，可控制功率，体积更小，适用于各种需要精确延时的场合以及各种自动控制电路中。这类时间继电器的功能特别强，有通电延时、断电延时、定时吸合、循环延时等多种延时形式和十几种延时范围供用户选择，这是晶体管式时间继电器不可比拟的。

### 1.3.5 热继电器

热继电器是利用电流流过热元件时产生的热量，使双金属片发生弯曲而推动执行机构动作的一种保护电器，主要用于交流电动机的过载保护、断相及电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。热继电器还常和交流接触器配合组成电磁启动器。

#### (1) 热继电器的结构和工作原理

热继电器主要由热元件、双金属片、触点、复位弹簧和电流调节装置等部分组成。图 1-16 所示为热继电器的工作原理示意图。双金属片是热继电器的感测元件，它由两种不同线膨胀系数的金属用机械碾压而成。线膨胀系数大的称为主动层，常用线膨胀系数高的铜或铜镍铬合金制成；膨胀系数小的称为被动层，常用线膨胀系数低的铁镍合金制成。在加热之前，两片金属片长度基本一致，热元件串接在电动机定子绕组电路中，电动机定子绕组电流即为热元件上流过的电流。当电动机正常运行时，热元件产生的热量