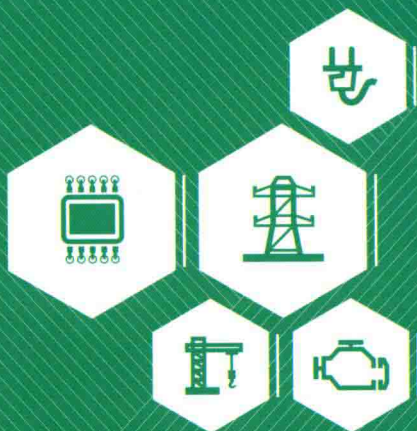


电类、自动化类

“十三五”应用型人才培养规划教材

# 电气控制技术与PLC应用

◎ 杨丽君 主编



清华大学出版社

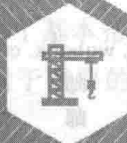
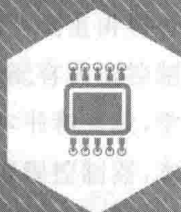


“十三五”应用型人才培养规划教材

# 电气控制技术与PLC应用

◎ 杨丽君 主编

常州大学图书馆  
藏书章



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以培养应用技能型人才为出发点,以提高学习者的电气控制技术应用能力为目的,深入浅出地介绍了电气控制技术的基本概念,基本控制电路的组成和工作原理,着重讲述了基本控制电路的识图及分析方法;介绍了变频器调速的应用方法;以及典型控制电路的安装、调试的实验指导,以适应学习者电气工程岗位职业证书考试的需求。书中还讲述了 PLC 的工作原理和特点,以西门子 S7-300 PLC 为例介绍了 PLC 的基本指令和应用方法。全书共 8 章,其中,第 1~5 章介绍了常用低压电器的结构及原理、电气图的绘制、电气控制系统基本控制电路的分析与设计方法等;第 6 章、第 7 章介绍 PLC 的组成和工作原理及西门子 S7-300 PLC 的基本指令系统及其应用;第 8 章为实验项目及实验指导书;第 1~7 章每章后都附有思考与练习题。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、机电一体化、生产过程自动化等专业的教材,也可供电气类工作岗位的职工培训及自学使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术与 PLC 应用/杨丽君主编. —北京:清华大学出版社,2018

(“十三五”应用型人才培养规划教材)

ISBN 978-7-302-49848-3

I. ①电… II. ①杨… 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 046487 号

责任编辑:王剑乔

封面设计:刘 键

责任校对:刘 静

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 62770175-4278

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.75

字 数:317 千字

版 次:2018 年 4 月第 1 版

印 次:2018 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:077597-01

# 前言

## FOREWORD

近年来,电气控制技术在电力、冶金、机械制造、化工、交通运输等诸多领域的应用越来越广泛,随着科学技术的进步,电子技术、微电子技术的不断发展,特别是大规模集成电路和微处理技术的应用,电气元器件不断更新换代,控制器的功能不断完善。可编程控制器的出现成为控制领域的一个里程碑,使电气控制技术发展到一个新阶段,可编程控制器成为主导的控制器,但常用低压电器仍然有着广泛的需求和应用市场。

为了使学生尤其是初学者能够尽快地学会并掌握电气控制技术和 PLC 及新技术的应用,我们编写了本书。作者总结了多年从事电气工程教育教学的经验,整理了有关的教学资料,并根据电气工程岗位职业证书的考试要求以及学生学习的习惯和特点,从培养应用型人才为出发点,以提高学生的电气控制技术应用能力为目的,采用循序渐进的方法,侧重基础,注重应用,从常用低压电器的结构、工作原理及图形符号和文字符号为起点,由浅入深地介绍了基本电气控制电路的组成和工作过程,并针对电气工程方面职业资格证书考试的需要,侧重讲解电气元件和电气图的识图方法,电气控制系统的分析、设计的方法和步骤,并配有典型控制电路的安装、调试的实验指导,以期提高学生的动手能力。通过认真学习本书和实践,学生一定能打下坚实的基础。

对于可编程控制器,本书介绍了通用 PLC 的硬件结构、软件组成及工作原理,并以 S7-300 PLC 为样机,讲解了基本指令的功能及应用以及利用编程软件 STEP 7 编辑和调试程序的方法和步骤。对于重要的知识点都配合了相应的例题,使学习者学有所得,获得成就感。

第 1~7 章后有思考与练习题,第 8 章是实验项目及实验指导书,以此培养学生分析问题和解决问题的能力,提高电气控制技术和 PLC 的应用能力。

全书共分为 8 章,第 1 章介绍了电气控制系统的概念、分类及发展;第 2 章介绍了常用低压电器的结构、原理及图形符号;第 3 章介绍了电气图的绘制原则及识图方法;第 4 章介绍了电气控制系统基本控制电路及变频器的调速应用;第 5 章介绍了电气控制系统的分析方法及步骤、设计原则及设计内容等;第 6 章介绍了以可编程控制器为核心的电气控制系统的组成及工作原理;第 7 章介绍了西门子 S7-300 PLC 的指令系统及应用;



第8章为实验项目及实验指导书,通过安装调试典型的电气控制系统的控制电路,培养并提高学生分析问题、解决问题的能力。

本书参考了许多同行的文献,在此谨致谢意。

由于编者水平有限,书中难免会有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2018年1月

# 目录

## CONTENTS



<b>第 1 章 电气控制的基础知识</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 控制系统的特点 .....	1
1.1.2 电气控制系统的发展 .....	2
1.2 常用低压电器的基本概念和分类 .....	3
1.2.1 基本概念 .....	3
1.2.2 低压电器的分类 .....	3
1.3 低压电器的主要技术参数 .....	4
思考与练习题 .....	4
<b>第 2 章 常用低压电器</b> .....	5
2.1 常用低压电器的组成 .....	5
2.2 主令电器 .....	6
2.2.1 按钮 .....	6
2.2.2 转换开关 .....	7
2.2.3 行程开关 .....	9
2.2.4 接近开关 .....	11
2.2.5 光电开关 .....	12
2.3 常用控制类电器 .....	13
2.3.1 接触器 .....	14
2.3.2 中间继电器 .....	18
2.3.3 时间继电器 .....	19
2.3.4 速度继电器 .....	23
2.3.5 压力继电器 .....	24
2.3.6 液位继电器 .....	26
2.3.7 固态继电器 .....	27

2.4 常用保护类电器	29
2.4.1 熔断器	29
2.4.2 热继电器	31
2.4.3 电流继电器	34
2.4.4 电压继电器	34
2.5 常用的开关电器	35
2.5.1 刀开关	35
2.5.2 低压断路器	37
2.5.3 智能化低压断路器	39
2.6 常用低压电器的维护	39
2.6.1 触头的故障维修及调整	39
2.6.2 电磁系统的维护	40
2.6.3 接触器运行维护及故障检修	40
2.6.4 熔断器的故障及排除	41
2.6.5 热继电器的故障及排除	42
2.6.6 时间继电器的故障及排除	42
2.6.7 刀开关常见的故障及排除	42
2.6.8 低压断路器常见的故障及排除	42
2.7 低压电器的颜色标志	43
2.7.1 导线的颜色标志及含义	43
2.7.2 按钮的颜色标志及含义	43
2.7.3 指示灯的颜色标志及含义	44
思考与练习题	44
<b>第3章 电气图的绘制</b>	<b>45</b>
3.1 电气图中的图形符号、文字符号	45
3.2 接线端子标记	46
3.3 电气原理图	46
3.3.1 电气原理图的组成	47
3.3.2 电气原理图的图幅分区	47
3.3.3 电气原理图的绘制	48
3.4 电气元件布置图	49
3.5 电气接线图	50
3.6 电气元件明细表	51
3.7 电气图的识图	51
思考与练习题	52

<b>第4章 继电器-接触器控制</b> .....	53
4.1 基本控制电路 .....	53
4.1.1 点动控制 .....	53
4.1.2 连续控制 .....	54
4.1.3 点动与连续控制 .....	55
4.1.4 多地控制电路 .....	56
4.1.5 正/反转控制电路 .....	57
4.1.6 自动往复控制 .....	59
4.1.7 顺序控制 .....	61
4.2 三相异步电动机的全压启动 .....	66
4.2.1 直接全压启动 .....	67
4.2.2 自动控制全压启动 .....	67
4.3 三相笼型异步电动机降压启动 .....	68
4.3.1 定子串电阻(或电抗器)降压启动 .....	68
4.3.2 星形-三角形(Y- $\Delta$ )降压启动 .....	69
4.3.3 自耦变压器降压启动 .....	71
4.3.4 三相绕线式异步电动机启动 .....	72
4.4 调速控制 .....	74
4.4.1 变极调速 .....	74
4.4.2 变频调速 .....	78
4.4.3 变转差率调速 .....	87
4.5 三相异步电动机的制动控制 .....	87
4.5.1 机械制动 .....	87
4.5.2 能耗制动 .....	88
4.5.3 反接制动电路 .....	90
思考与练习题 .....	93
<b>第5章 电气控制系统的分析与设计</b> .....	95
5.1 电气控制系统分析内容和步骤 .....	95
5.1.1 电气控制系统分析的内容 .....	95
5.1.2 电气原理图的分析方法 .....	95
5.1.3 电气原理图的分析步骤 .....	96
5.2 电气控制系统设计的一般原则和基本内容 .....	96
5.2.1 电气控制系统设计的一般原则 .....	96
5.2.2 电气控制系统设计的基本内容 .....	97
5.3 电气控制原理电路设计的方法与步骤 .....	97
5.3.1 电气控制原理电路的设计方法 .....	97



5.3.2	电气原理图设计中的一般要求	98
5.3.3	电气原理图设计的基本步骤	98
5.3.4	电气控制系统设计时应注意的问题	98
5.4	设计实例	99
	思考与练习题	101
<b>第6章</b>	<b>可编程控制器的工作原理</b>	<b>103</b>
6.1	PLC控制系统的组成	103
6.1.1	PLC控制系统的硬件系统	104
6.1.2	PLC控制系统的软件系统	105
6.2	可编程序控制器的工作原理	105
6.2.1	可编程控制器的基本概念	105
6.2.2	可编程控制器的等效	106
6.2.3	可编程控制器的工作过程	106
6.2.4	PLC控制系统的工作原理	108
6.2.5	PLC控制系统的中断处理	109
6.3	可编程序控制器的编程语言	109
6.3.1	梯形图	109
6.3.2	指令表	110
6.3.3	功能块图	111
6.4	可编程序控制器的程序结构	111
6.4.1	线性化程序	111
6.4.2	结构化程序	112
6.5	PLC控制系统设计	112
	思考与练习题	113
<b>第7章</b>	<b>S7-300 PLC指令系统及应用</b>	<b>115</b>
7.1	S7-300 PLC概述	115
7.1.1	S7-300 PLC的基本构成	115
7.1.2	S7-300 PLC的硬件配置	116
7.1.3	S7-300 PLC的模块地址	118
7.1.4	S7-300 PLC的存储器	121
7.2	S7-300 PLC的指令结构及操作数	123
7.2.1	指令结构	123
7.2.2	操作数的表示方法	124
7.2.3	状态字结构及其含义	124
7.3	位逻辑(Bit Logic)指令	126
7.3.1	位逻辑运算指令	126

7.3.2	位操作指令	128
7.3.3	位测试指令	131
7.3.4	位逻辑指令应用举例	133
7.3.5	触点的串/并联组合	138
7.4	寻址方式	138
7.4.1	立即寻址	139
7.4.2	直接寻址	139
7.4.3	存储器间接寻址	139
7.4.4	寄存器间接寻址	140
7.5	定时器	141
7.5.1	定时器概述	141
7.5.2	定时器的种类和定时器的特点	142
7.5.3	定时器起动指令(Timers)	145
7.5.4	定时器指令的用法	146
7.5.5	定时器应用举例	151
7.6	计数器	153
7.6.1	计数器概述	153
7.6.2	计数器种类和计数特点	154
7.6.3	计数器指令(Counter)	155
7.6.4	计数器指令的用法	156
7.6.5	计数器应用举例	158
7.7	数据处理指令	159
7.7.1	数据传送指令	159
7.7.2	比较指令(Comparator)	162
7.7.3	移位指令和循环移位指令(Shift/Rotate)	163
7.8	转换指令(Converter)	168
7.8.1	BCD与整数间的转换	169
7.8.2	整数转换为长整数	170
7.8.3	实数和长整数间的转换	170
7.8.4	数的取反、求补	171
7.8.5	累加器和地址寄存器操作指令	172
7.9	数据运算指令	175
7.9.1	加、减、乘、除算术运算指令	175
7.9.2	实数算术运算	176
7.9.3	字逻辑运算指令	177
7.10	控制指令	178
7.10.1	逻辑控制指令	178
7.10.2	程序控制指令	182

思考与练习题	184
<b>第8章 实验项目及实验指导书</b>	<b>186</b>
8.1 实验1:三相异步电动机点动与连续控制	186
8.2 实验2:三相异步电动机正/反转控制	187
8.3 实验3:三相异步电动机星-角降压起动控制	189
8.4 实验4:三相异步电动机顺序控制	190
8.5 实验5:三相异步电动机制动控制	192
8.6 实验6:三相异步电动机调速控制	194
8.7 实验7:变频器点动与连续控制	195
8.8 实验8:变频器正/反转控制	197
8.9 实验9:变频器多段速调速控制	198
参考文献	201
附录A 常用电气图形符号和文字符号	202
附录B 电气设备常用的基本文字符号	205
附录C S7-300系列PLC梯形图指令统计表	207

# 第 1 章

# Chapter 1

## 电气控制的基础知识

### 1.1 概述

20 世纪 60 年代初可编程序控制器问世以前,在工业控制领域中占主导地位的是继电器-接触器控制。控制系统由继电器、接触器及电子元器件组成,用导线将这些电气元件按照控制要求连接在一起,以完成一定的控制功能。继电器、接触器在控制系统中主要起两种作用:一是逻辑运算,二是弱电控制强电。

#### 1.1.1 控制系统的特点

采用继电器、接触器等电器组成的控制装置,称为继电器-接触器控制装置,又称继电器-接触器控制系统。实现对被控对象进行起动、停止和调速等控制。

##### 1. 继电器-接触器控制系统的优点

- (1) 电路图形象直观。
- (2) 价格低廉。
- (3) 维护方便。
- (4) 抗干扰能力强。

适用于动作比较简单、控制规模比较小的场合,因此目前仍广泛应用于各类机床和其他机械设备中。

##### 2. 继电器-接触器控制系统的缺点

- (1) 灵活性差。因其采用的是固定接线形式,不易改变控制功能。
- (2) 控制速度慢。因采用有触点的动作开关,工作频率低。
- (3) 控制精度低。存在动作延时和滞后现象,难以实现精确控制。
- (4) 可靠性差,使用寿命短;存在大量的机械触点,触点易损坏。
- (5) 体积大,耗电多。
- (6) 生产周期长,接线复杂。
- (7) 需要定时和不时地进行检修和维护。

### 3. 可编程控制器的特点

可编程控制器简称 PLC,它是将 3C(Computer, Controller, Communication)技术,即计算机技术、自动控制技术、通信网络技术融为一体的一种新型工业控制装置。所以它在数据处理、顺序控制方面具有一定优势。目前,在控制领域里,可编程控制器已经替代了继电器-接触器控制成为主要控制器,并被广泛应用。

以可编程控制器为核心的控制装置称为 PLC 控制系统。可编程控制器的特点如下。

- (1) 编程方法简单易学。
- (2) 功能强,性能价格比高。
- (3) 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强。
- (4) 可靠性高,抗干扰能力强。
- (5) 系统的设计、安装、调试工作量少。
- (6) 维修工作量小,维修方便。
- (7) 体积小,能耗低。

## 1.1.2 电气控制系统的发展

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,且向小型化、长寿命方向发展,因此仍能满足生产设备一般生产的需要,继电器-接触器控制技术仍占有相当重要的地位,仍然广泛应用。

可编程序控制器从第一台问世以来,控制功能从只能做开关量逻辑控制和定时、计数功能,到具有模拟量控制功能、数据运算和数据处理功能、智能控制功能、过程控制功能,实时监控功能、通信联网功能。可编程序控制器的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关。这些高新技术的发展推动了可编程序控制器的发展,而可编程序控制器的发展又对这些高新技术提出了更高、更新的要求,促进了它们的发展。可编程控制器从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域,真正成为—种电子计算机工业控制装置。目前已跃居工业自动化三大支柱(PLC、ROBOT、CAD/CAM)的首位。

目前可编程序控制器正向着两个方向发展。

(1) 向着小型化、简易、价格低廉的方向发展。如德国西门子公司的 S7-200 和日本 OMRON(欧姆龙)公司的 CQM1 等一类产品,主要用于单机控制和规模比较小的自动化生产线控制。

(2) 向着大型、高速、多功能和多层分布式全自动网络化的方向发展。如德国西门子公司的 S5-115U、S7-400 和日本 OMRON(欧姆龙)公司的 CV2000 等一类产品。这样的产品一般为多处理器系统,有较大的存储能力和功能很强的输入/输出接口,不仅具有逻辑运算、定时、计数等功能,且具备数据运算、模拟控制、过程控制、远程控制等功能,还可以通过与上位机通信,配备数据采集系统、数据分析系统、彩色图像显示系统的操纵台,可以管理、控制生产线、生产车间或整个工厂,实现自动化工厂的全面要求。

可编程控制器应用范围日趋扩大。已广泛地应用于机械制造、冶金、石油、电力、煤炭、化工、轻工、纺织、食品、医疗、制药和军工等部门。可编程控制器在提高劳动生产率、



保证产品质量、改善劳动条件、降低能源消耗和提高生产自动化程度等诸多方面,收到了明显的效果。

## 1.2 常用低压电器的基本概念和分类

### 1.2.1 基本概念

#### 1. 电器

电器是一种能控制电的设备,是通断、控制、保护、检测和调节电路及电气设备的电工器具。

#### 2. 电器的作用

电器可以根据外界的特定制信号和控制的要求,手动或自动地接通或断开电路,能够断续或连续地改变电路参数,实现对电路或非电对象的控制、切换、保护、变换、检测及调节。

#### 3. 低压电器

低压电器是指用于交流额定电压在 1200V 以下、直流额定电压在 1500V 以下的电路中的电气设备。在电路中起通断、控制、保护或调节作用的电气设备,包括各种主令电器、接触器、控制继电器等。

#### 4. 高压电器

高压电器指工作于交流电压 1200V 以上、直流电压 1500V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

### 1.2.2 低压电器的分类

#### 1. 按电器功能(用途)分

(1) 主令电器:用于自动控制系统中发布动作指令的电器,如按钮、转换开关、行程开关、接近开关等。

(2) 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、继电器、电动机启动器等。

(3) 保护电器:用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器等。

(4) 执行电器:用于完成某种动作或传送功能的电器,如电磁铁、电磁抱闸等。

(5) 配电电器:用于电能的输送以及分配的电气设备,如断路器开关等。

(6) 其他系统用电器:稳压与调压电器、起动与调速电器、检测与交换电器、牵引与传动电器。

#### 2. 按操作方式分

(1) 手动电器:人手操作发出动作指令的电器。它依靠外力(人力)直接操作来进行动作切换,如按钮、刀开关等。

(2) 自动电器:它依靠电器本身参数变化或外来信号(如电流、电压、温度、压力、速度、热量等)产生电磁吸力而自动完成接通、分断或使电机起动、反向及停止等动作指令的电器,如接触器、继电器、电磁阀等。

#### 3. 按使用系统分

(1) 电力拖动自动控制系统用。

(2) 电力系统用。

(3) 自动化通信系统用。

(4) 其他系统用。

#### 4. 按使用场合分

(1) 一般工业用。

(2) 特殊工矿用。

(3) 农用。

(4) 其他场合(如航空等)用。

#### 5. 按工作电压等级分

按工作电压等级分为低压电器和高压电器。

#### 6. 按有无触点分

按有无触点分为有触点电器和无触点电器。

#### 7. 按电器组合分

按电器组合分为单个电器和成套电器与自动化装置。

## 1.3 低压电器的主要技术参数

### 1. 额定电压

在规定条件下,能保证电器正常工作的电压值,通常指触点的额定电压值,对于电磁式电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

### 2. 额定电流

在额定电压、额定频率和额定工作制等规定条件下所允许通过的电流。它与触点的寿命、防护等级等因素有关。

### 3. 通断能力

通断能力包括接通能力和断开能力,接通能力指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力;断开能力指断开时能可靠灭弧的能力。

### 4. 寿命

寿命包括电寿命和机械寿命。电寿命指电器在规定的使用条件下不需要维修或更换零部件的操作次数;机械寿命指电器在无电流情况下能操作的次数。

## 思考与练习题

1. 简述继电器-接触器电气控制系统的特点。
2. 简述可编程控制器的特点。
3. 常用低压电器按功能(用途)分为哪几类?按操作方式分为哪几类?
4. 低压电器的主要技术指标有哪些?
5. 什么叫低压电器?什么叫高压电器?

# 常用低压电器

## 2.1 常用低压电器的组成

常用低压电器种类比较多,但在结构上基本类似。

常用低压电器一般由三个基本部分组成,一是感受部分,二是执行部分,三是中间部分。常用低压电器的结构框图如图 2-1 所示。

(1) 感受部分:它的作用是检测外界信号。在手动电器中,感受部分通常为操作手柄、推杆等;在自动电器中,感受部分大多是电磁结构的。

(2) 执行部分:它的作用是根据指令,做出有规律的反应,执行电路接通、分断等任务,实现控制的目的。执行部分为触头系统,触头系统包括动触头和静触头,动触头和静触头之间的状态分为常开(动合)触点和常闭(动断)触点。

常开触点又叫动合触点,是指电气设备在未通电或未受外力作用时的常态下,触点处于断开状态——常开;当电器通电或接受到外部信号后,触点动作,触点由断开的状态变化到闭合的状态,称动合,因此常开触点又称为动合触点。常闭触点又叫动断触点,是指电气设备在未通电或未受外力的作用时的常态下,触点处于闭合状态——常闭;当电器通电或接受到外部信号后,触点动作,触点由闭合的状态变化到断开的状态,称动断,因此常闭触点称为动断触点。触点的常开、常闭状态指未加外部信号时,触点所处于的状态。动合、动断指触点在加信号后将处于的状态。

(3) 中间部分:它的作用是把感受部分和执行部分联系起来,将感受部分检测到的信号传递到执行部分,使它们协调一致,按一定的规律动作。

常用低压电器还有其他部分,如灭弧系统等。

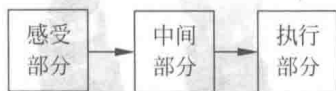


图 2-1 常用低压电器的结构框图

## 2.2 主令电器

主令电器是用来发布控制命令的电器,用以接通和分断小电流的控制电路。直接或通过继电器、接触器间接地对被控对象进行启动、停止、调速或制动等控制。主令电器的种类很多,本节主要介绍按钮、转换开关、行程开关和接近开关等常用的主令电器。

### 2.2.1 按钮

按钮是在小电流控制电路中用手动操作发出短时控制信号的主令电器。只能在控制电路中使用。按钮的种类有许多种,适用于不同的使用场合,按钮的外形如图 2-2 所示。紧急式按钮装有突出的蘑菇形钮帽以便于在紧急情况下操作方便;旋转式按钮用于选择工作方式;钥匙式按钮为了安全起见,需用钥匙插入后才可操作;指示灯式按钮在透明的按钮内装入指示灯,用作信号显示等。

#### 1. 按钮的结构

按钮一般由按钮帽、触头系统(静触头和桥式动触头)、复位弹簧和外壳等组成,按钮的结构如图 2-3 所示。



图 2-2 按钮的外形

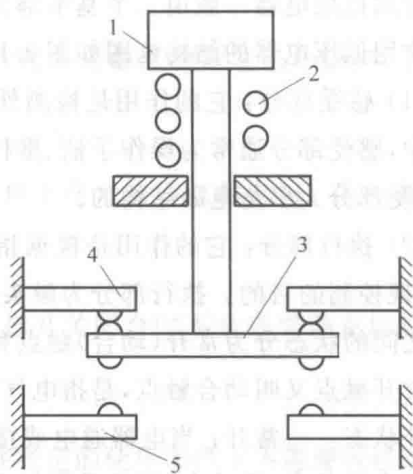


图 2-3 按钮的结构

1—钮帽; 2—复位弹簧; 3—动触头; 4、5—静触头

#### 2. 按钮的工作原理

按钮的钮帽为感受部分;触头系统为执行部分,包括常开(动合)触点和常闭(动断)触点。

当用手按下按钮的钮帽,在外加的作用力大于弹簧的弹力时,触头系统动作,常闭触点断开,常开触点闭合;当松开按钮时,在弹簧的弹力作用下,触头系统恢复到原位,触点恢复常态,按钮会发出短时的输出信号。

对于复合按钮,按下钮帽时,桥式动触头向下运动,使常闭触点先断开后,常开触点才