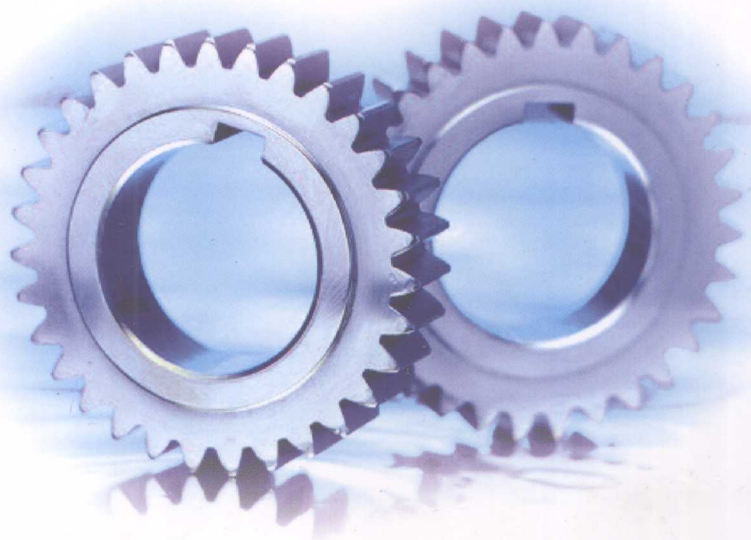



Technology  
实用技术

机 电 一 体 化 技 术

# 电气控制与PLC应用技术

刘长青 编



 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

机电一体化技术

# 电气控制与 PLC 应用技术

刘长青 编

科学出版社

北京

TM92.5  
L9

## 内 容 简 介

本书是“机电一体化技术”丛书之一。本书侧重实际应用,从具体实例出发,系统介绍了传统电气控制技术的基础知识,重点介绍了现代 PLC 基本原理及在电气控制技术方面的应用。其主要内容有:常用低压电器的功能、结构、原理及使用的有关知识,传统电气控制中的继电器接触器基本控制线路,PLC 的基本原理和指令、编程及应用,电气控制系统应用设计等;另外,还介绍了西门子 S7-200PLC 最新的编程软件及仿真软件的使用。

本书可作为高等院校机电一体化相关专业的教材,也可以供相关专业技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术/刘长青编. —北京:科学出版社,2008  
(机电一体化技术)

ISBN 978-7-03-022228-2

I. 电… II. 刘… III. ①电气控制②可编程序控制器  
IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080770 号

责任编辑:赵方青 杨 凯/责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008 年 7 月第一次印刷 印张: 13 3/4

印数: 1—4 000 字数: 230 000

定 价: 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

# 机电一体化技术丛书 编委会名单

主 编 方 新

委 员 (以姓氏笔画为序):

王淑芳 田宏宇 刘晓彤

刘长青 刘 建 赵林惠

郭洪红 席 巍

# 前 言

本书内容是高职高专电气类、机电类专业的主干课程。本书是根据高等职业教育的特点及培养目标,按加强技术应用能力的要求进行编写的,在注重基础理论的同时突出针对性、实用性和先进性,淡化理论,突出应用,介绍目前国内外电气控制技术领域的新技术和新产品。

本书在编写过程中,力求语言简洁、通俗易懂、主次分明、实例丰富、图文并茂、实用性强。本书还结合电气控制技术的最新发展,对一些传统的内容进行了较大篇幅的删节,增加了许多新的内容,以现在流行的、性价比较高的工业控制器 SIEMENSE S7-200 CPU22X 系列小型 PLC 为对象,介绍其应用。

全书共有六章。第 1 章为传统电气控制技术部分,主要包括常用低压电器和继电接触器的基本控制线路。第 2 章为 PLC 的基本知识,主要包括 PLC 工作原理、硬件构成、数据表示,以及 S7-200 系列 PLC 的特点及编址方式。第 3 章为 PLC 的基本指令及应用,主要包括 PLC 的编程语言、S7-200 系列 PLC 的基本指令及应用。第 4 章为 PLC 程序应用,主要包括 PLC 程序设计方法及具体举例。第 5 章为 PLC 系统设计,以实际控制系统设计为例介绍 PLC 系统设计过程。第 6 章为 S7-200 系列 PLC 的编程软件及仿真软件的使用。

本书由北京联合大学刘长青编写。在本书的编写过程中得到北京联合大学机电学院席巍老师的热情支持和大力帮助,在此表示衷心感谢。

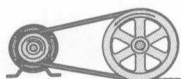
由于编者水平有限,书中难免出现不妥与错误之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者



# 目 录

第 1 章 继电接触器控制系统 .....	1
1.1 电器设备的构造和控制举例 .....	1
1.1.1 电动机设备 .....	1
1.1.2 电炉设备 .....	3
1.1.3 传送带设备 .....	4
1.1.4 泵设备 .....	5
1.2 常用低压电器 .....	6
1.2.1 低压主令电器 .....	6
1.2.2 低压控制电器 .....	10
1.2.3 其他低压电器 .....	13
1.3 继电接触器控制的基本知识 .....	16
1.3.1 常用电气符号的表示方法 .....	18
1.3.2 电气控制原理图的表示方法 .....	22
1.4 继电接触器控制实例 .....	28
1.4.1 电动机启停控制电路 .....	28
1.4.2 电动机正反转控制电路 .....	30
1.4.3 电炉设备的三相加热器温度控制电路 .....	33
1.4.4 泵的反复运转控制 .....	34
1.4.5 传送带的顺序控制 .....	36
1.5 本章小结 .....	38



<b>第 2 章 PLC 的基础知识</b> .....	41
2.1 PLC 的概念与工作原理 .....	41
2.1.1 一个简单的 PLC 控制系统 .....	44
2.1.2 PLC 与输入/输出设备 .....	45
2.1.3 PLC 的硬件构成 .....	55
2.1.4 PLC 的接线 .....	61
2.1.5 PLC 的工作原理 .....	64
2.2 PLC 的数据表示 .....	66
2.2.1 数制与编码 .....	67
2.2.2 常数的表示及数据类型 .....	71
2.3 S7-200 系列 PLC .....	72
2.3.1 S7-200 系列 PLC 系统 .....	72
2.3.2 PLC 的用户数据存储单元 .....	74
2.3.3 PLC 的寻址方式 .....	76
2.4 本章小结 .....	78
<b>第 3 章 PLC 的指令及其应用</b> .....	81
3.1 PLC 的编程语言 .....	81
3.1.1 梯形图及符号 .....	81
3.1.2 设备、信号与触点值的关系 .....	83
3.1.3 PLC 的其他编程语言 .....	83
3.2 基本逻辑指令 .....	84
3.2.1 从传统电气控制到 PLC 控制举例 .....	84
3.2.2 电机启停控制与标准触点指令 .....	86
3.2.3 模式选择控制与置位/复位指令 .....	87
3.2.4 其他基本逻辑指令 .....	90
3.3 计时操作与定时器指令 .....	92
3.3.1 通电延时定时器指令 .....	93
3.3.2 有记忆接通延时定时器指令和断开延时定时器指令 .....	95
3.4 产量统计与计数器指令 .....	98
3.4.1 饮料灌装控制系统 .....	98



153	3.4.2	加计数器指令	100
	3.4.3	减计数器指令和可逆计数器指令	101
153	3.5	数据输入和显示与基本功能指令	103
153	3.5.1	数据输入与显示控制	104
153	3.5.2	传送、数字运算与转换指令	104
153	3.5.3	其他功能指令	106
153	3.6	模式选择与程序控制指令	112
153	3.6.1	模块化编程结构	112
153	3.6.2	子程序与调用指令	113
153	3.6.3	跳转与标号指令	116
153	3.7	中断指令	118
153	3.8	本章小结	121
177			
177	<b>第 4 章</b>	<b>PLC 程序设计</b>	125
178	4.1	PLC 典型应用程序	125
178	4.1.1	系统启停控制	125
180	4.1.2	延时接通控制	127
180	4.1.3	延时断开控制	128
	4.1.4	延时接通延时断开控制	129
181	4.1.5	脉冲发生器	130
181	4.1.6	闪烁信号(脉宽和周期可调的脉冲发生器)	131
181	4.1.7	定时器定时时间扩展	132
181	4.1.8	计数器计数值扩展	133
181	4.1.9	二分频	134
181	4.2	经验编程法	135
181	4.2.1	电机正反转控制	136
181	4.2.2	故障报警控制	138
181	4.3	顺序控制功能图法	140
181	4.3.1	冲压成型机控制系统与顺序控制	140
181	4.3.2	顺序控制功能图法编程	142
181	4.3.3	机械手的控制系统	147





4.4	本章小结	153
<b>第5章 PLC系统设计</b> .....		
5.1	PLC控制系统的设计流程	155
5.1.1	分析控制要求、确定I/O点数	156
5.1.2	选择PLC型号、确定输入/输出模块	156
5.1.3	I/O地址分配	157
5.1.4	程序设计和调试	157
5.2	PLC控制系统的设计实例	157
5.2.1	全自动洗衣机控制系统	157
5.2.2	自动混料装置控制系统	168
5.3	PLC在工程应用中应注意的一些实际问题	177
5.3.1	PLC的安装	177
5.3.2	电源的使用	178
5.3.3	系统的接地	178
5.3.4	电缆设计与铺设	179
5.3.5	PLC输出端的保护	180
5.4	本章小结	180
<b>第6章 S7-200 PLC编程软件及仿真软件</b> .....		
6.1	编程软件的安装与启动	183
6.2	硬件的连接	185
6.3	通信的建立	185
6.4	编程软件功能	187
6.4.1	菜单条	188
6.4.2	工具条、状态条和输出窗口	188
6.4.3	指令树和浏览条窗口	189
6.5	编程软件使用举例	190
6.5.1	新建项目、确定主机类型	190
6.5.2	建立符号表	191
6.5.3	编辑程序	192



6.5.4 编译及下载 .....	193
6.5.5 调试及运行监控 .....	193
6.5.6 打开及上载 .....	195
6.6 S7-200PLC 仿真软件的使用 .....	195
6.6.1 硬件设置 .....	196
6.6.2 下载及运行程序 .....	197
6.6.3 模拟调试程序 .....	198
6.7 本章小结 .....	199
附录 1 常用电气图形、文字符号表 .....	201
附录 2 常用基本文字符号 .....	203
附录 3 S7-200 PLC 的 CPU22x 性能数据 .....	204
附录 4 S7-200PLC 常用 SM 存储位功能 .....	205
参考文献 .....	207



# 第 1 章

## 继电器控制系统

人类在使用劳动工具以提高工作效率的前期,主要依靠人手来进行工作。随着所使用的工具越来越复杂,为提高操作的准确性、安全性和经济性,人们开始意识到自动化的重要性。目前,自动化控制方式种类繁多,在电气控制领域,其自动化控制方式主要包括控制和现代 PLC 控制。继电器控制系统也称传统电气控制系统。

目前,PLC 控制系统应用十分普遍。但是,继电器控制系统在小型电气控制系统中仍普遍使用,而且低压电器正向小型化、长寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电器控制系统性能不断提高。另外,PLC 仅仅可取代继电器控制系统的逻辑控制部分,而且许多在继电器控制系统中使用的低压电器和控制对象同样适用于现代 PLC 控制系统。因此,掌握继电器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

本章主要介绍电器设备的构造和控制、常用低压电器、电气控制的基本知识和继电器控制系统实例。本章内容是学习继电器控制的基础。

### 1.1 电器设备的构造和控制举例

在继电器控制系统中,要实现对电器设备的控制,首先需要了解电器设备的构造。下文以电动机、电炉、传送带和泵设备为例,简单介绍常见电器设备的构造和控制。

#### 1.1.1 电动机设备

电动机是指利用从电源得到电力来产生机械动力的旋转机器。电动机种类较多,用于控制机械装置运转的电动机主要有直流他励电动机、三相异步交流电动



机、同步电动机、伺服电动机和步进电动机等。

因为电动机的速度容易控制,并且能承受短时间的过负载,同时也容易进行远距离的监控,所以作为电气控制中的物体移动和加工等过程的动力源而得到了广泛的应用。

一般来说,作为机械和装置的动力源,多数采用三相交流异步电动机,其结构参见图 1.1 所示。

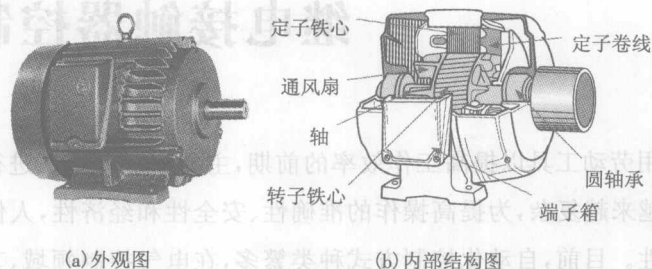


图 1.1 三相交流异步电动机结构

小型三相异步交流电动机的启动和停止控制的实际布线图如图 1.2 所示。

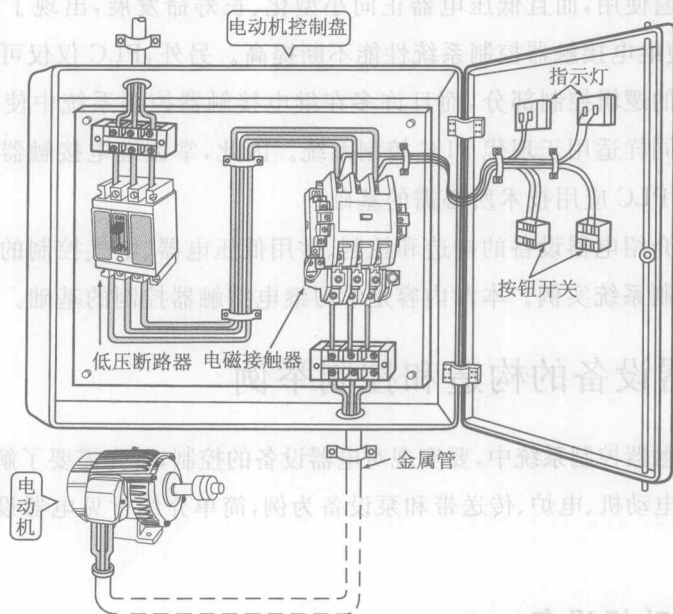
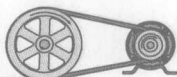


图 1.2 三相异步交流电动机的启动和停止控制的实际布线图

关于三相异步电动机控制的若干说明:

(1) 全压启动控制:它是从一开始就把电源电压加到电动机上进行启动的一



种控制,它在容量比较小的电动机中得到了广泛应用。如图 1.2 中的电机控制就属于全压启动控制。

(2) Y— $\Delta$ 启动控制:启动时电动机线圈按星形(Y)连接,把量值等于 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 电源电压的较小电压加到电动机线圈上,从而减小了启动电流。启动时的加速部分完成以后,再转换成三角形( $\Delta$ )连接进行运转。这种启动方式就称为Y— $\Delta$ 启动控制。

(3) 点动运转控制:只有在按压点动按钮时电动机才旋转,当放开按钮时电动机就会停止,这种控制称为点动运转控制。

(4) 正反转控制:能够对电动机的正反两个方向的旋转进行转换的控制称为正反转控制。

(5) 速度控制:改变电动机线圈的连接方式,变换它的极数或者改变电源的频率,都能进行对电动机速度的控制。

(6) 反相制动控制:为了使电动机停止运转,使电动机与电源分离后,将三相中的两相进行交换可以使电动机迅速地停止下来。这种控制方式称为反相制动控制。

### 1.1.2 电炉设备

所谓电炉,就是利用电流的热效应作为热源而产生热能的一种炉子。由于电炉具有容易得到能量,而且温度调节容易,操作简单、热效率高等特点,所以被应用于金属或合金的加热、溶解和精炼等过程中。

把电炉等设备的温度控制到规定的值称为温度控制,它在许多领域都得到了广泛的应用。

电炉设备进行温度控制的实际布线图举例如图 1.3 所示。

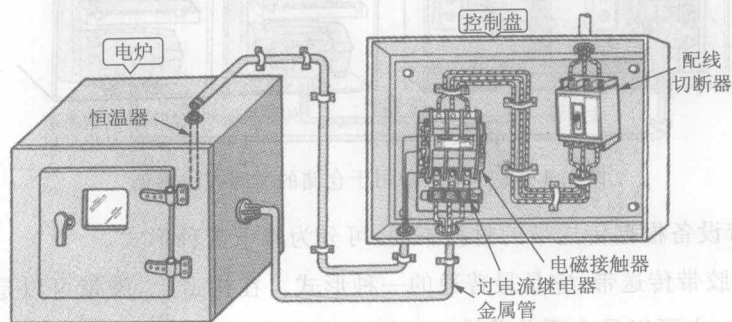


图 1.3 电炉设备进行温度控制的实际布线图举例



关于温度控制的若干说明:

温度开关被用来作为温度控制的温度检测器。所谓温度开关,就是相对于温度的某一目标值,当检测出温度高于或者低于目标值时,就发出打开或关闭的信号。图 1.3 中的恒温器等就属于这类装置。

(1) 采用温度开关的报警电路:例如供给加热蒸汽时,在使水箱内的温度上升的温度控制装置中,当箱内的温度达到设定值以上时,温度开关运行而发出警报。

(2) 三相加热器的温度控制:对于电炉设备,可利用温度开关接通或断开作为热源的三相加热器,从而保持电炉内的温度为一定的数值,同时当温度达到某个设定的温度时将会发出警报。

(3) 冷暖房控制:对于室内冷暖房和恒温室内空调等,将加热器和冷却器中的温度开关组合在一起,可以使室内温度保持在某一范围内。

### 1.1.3 传送带设备

随着各种工业生产设备规模的扩大化和复杂化,传送带的使用可提高生产效率和操作的安全性能,因此传送带设备被作为一种基本搬运机械而广泛应用。

传送带设备用于仓储的实际布线举例如图 1.4 所示。

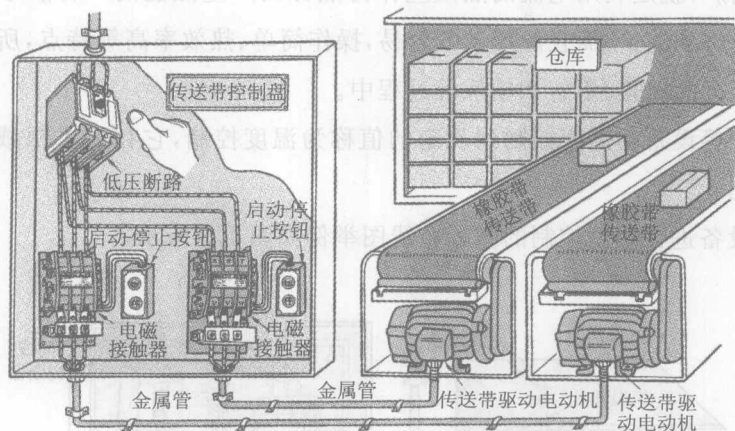
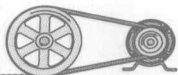


图 1.4 传送带设备用于仓储的实际布线举例

传送带设备根据传送带的材料不同,可分为以下五种形式。

(1) 橡胶带传送带:它是最普通的一种形式。在构造上,胶带可以是合成纤维的强力制品,也可以是由覆盖着橡胶的钢带构成,等等。橡胶带传送带主要应用于工厂的生产线、供应线及分类线等领域。



(2) 金属网带传送带:它采用金属网作为传送带,用于干燥和除水等情况。

(3) 链条传送带:它是一种在两条链条上安装了木制或铁制板条作为链条附件的传送带,有倾斜式和水平式两种类型。

(4) 吊运式传送带:又称空中链式传送带,从天井向下悬挂着 I 形梁、放置于其他轨道上的滑车,在这里以链条联结并进行驱动。

(5) 滚轮传送带:滚轮的下面铺上橡胶带,并对橡胶带进行驱动。如果是这种传送方式,即使物体的底面是凸凹不平的也可以进行传送。

图 1.5 为传送带用于传送物料的顺序启动和逆序停止控制的举例示意图。这种控制方式不致引起物料滞留在传送带上。

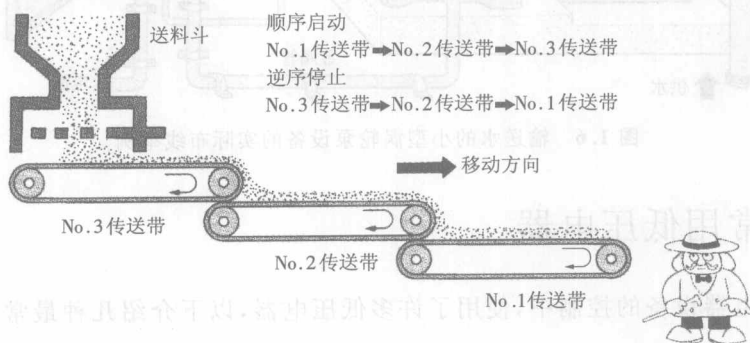


图 1.5 传送带用于传送物料的顺序启动和逆序停止控制的举例

### 1.1.4 泵设备

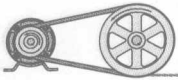
泵是一种把液体输送到远方或者从低处输送到高处的设备,它利用叶轮的离心作用把动能传给液体并输送出去。

用于输送水的小型涡轮泵设备的实际布线举例如图 1.6 所示。  
泵设备的控制主要有以下三种方式。

(1) 全自动方式:这种方式只发生在自动操作的情况下,不仅自动地进行启动和停止,而且还能够对各种调节部分进行自动控制。这种控制可使用浮子开关和压力开关自动控制泵的启停,在自动运转的小型泵设备中一直被广泛应用。

(2) 单人控制方式:这种方式在城市的上水道泵设备中被广泛采用。这种方式只是利用操作开关给出启动和停止指令。因为这种泵的一系列的启动和停止操作要求能自动地按照良好的顺序进行,所以只有少数操作人员能够圆满地完成这





种操作。

(3) 远程控制方式:它与单人控制方式几乎完全相同,但是在泵的现场实现了无人化,泵的运转操作全都由远处操作室中的一个人进行。

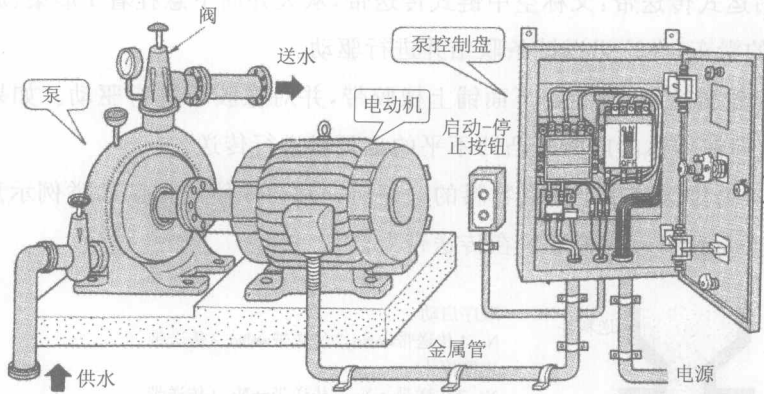


图 1.6 输送水的小型涡轮泵设备的实际布线举例

## 1.2 常用低压电器

在对电器设备的控制中,使用了许多低压电器,以下介绍几种最常用的低压电器。

### 1.2.1 低压主令电器

在前面介绍的电器设备控制中,用到了按钮或传感器开关来控制电器设备的工作状态,例如使用启/停按钮控制电动机的启停,或使用恒温器(温度传感器开关)控制电炉设备是否进行加热工作。这些电器均属于低压主令电器,即发送控制指令的低压电器。

这类电器主要有按钮开关、拨动开关和限位开关及各类传感器开关。

#### 1. 按钮开关

所谓按钮开关,就是指只有在按压按钮时触点才打开或者关闭;而当手离开按钮时,在开关内部的弹簧力的作用下又返回到原来位置的控制操作开关。按钮开关通常简称按钮。

图 1.7 所示为平行按钮开关的外观及结构示意图。



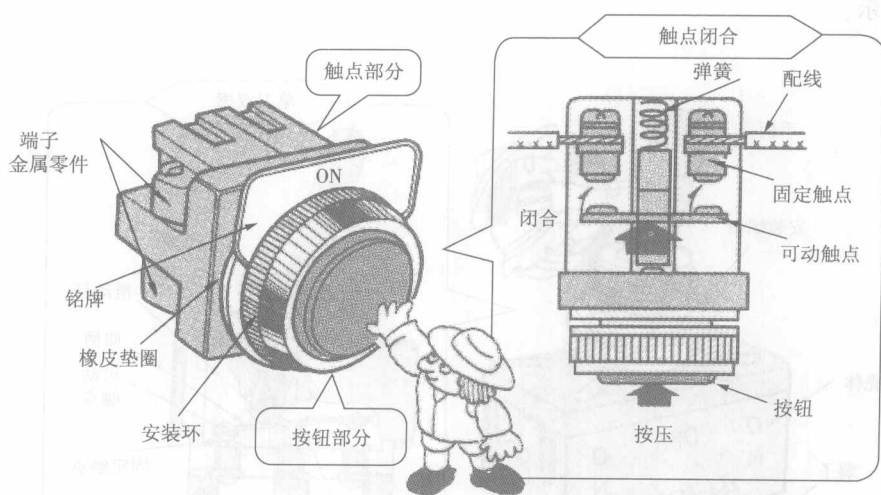
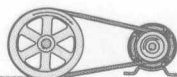


图 1.7 平行按钮开关的外观及结构示意图

平时,固定触点间为断开状态,称之为常开触点;当按压按钮时,可动触点移动并与固定触点相接触而实现了触点闭合。有的按钮平时固定触点与可动触点相接触,触点间为接通状态,称之为常闭触点;当按压按钮时,可动触点移动并与固定触点相分离而实现了触点断开。有的按钮既有常开触点,又有常闭触点,这种按钮称之为复合按钮,如图 1.8 所示。触点 1 和触点 2 构成常开触点,触点 3 和触点 4 构成常闭触点。

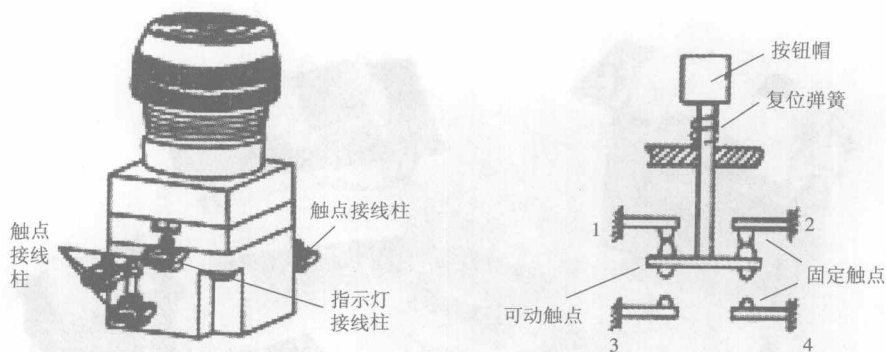


图 1.8 复合按钮结构

## 2. 拨动开关

所谓拨动开关,就是用手指拨动手柄,使之从位置 1 到位置 2 或从位置 2 到位置 1,从而改变触点的断开或闭合状态。拨动开关的外观及结构示意图,参见图