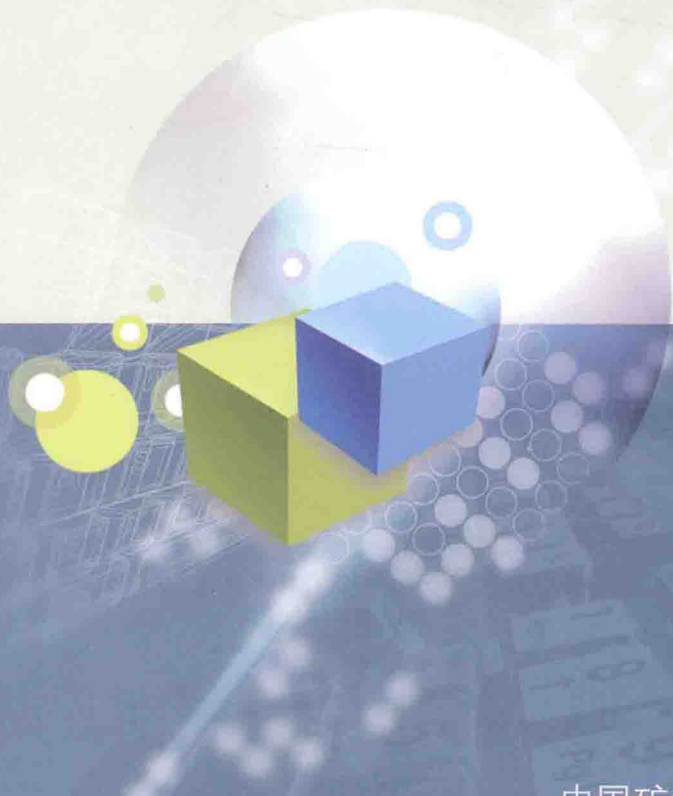


高等院校规划教材

Kebian Chengxu Kongzhiqi Yuanli Sheji Yu Yingyong

# 可编程序控制器 原理、设计与应用

靳文涛 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

# 可编程序控制器原理、 设计与应用

主 编 靳文涛  
副主编 尤文强 甘金颖 黎冠

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书从实际工程应用出发,主要以西门子公司生产的 S7-200 系列 PLC 为例,系统阐述了 PLC 的结构、工作原理、编程语言、指令系统以及控制系统的设计方法与应用实例。本书内容全面,系统性强,工程实例多;既介绍了 S7-200 系列小型 PLC 的基本硬件配置及软件编程,又讲述了 S7-200 系列 PLC 的各种扩展模块及通信功能;此外,对 S7-300/400 系列大中型 PLC 也作了简要介绍。本书可作为高等院校自动化、电气工程、机电一体化及其他相关专业的本科教材,也可做为从事 PLC 应用开发的工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理、设计与应用/靳文涛主编.

—徐州:中国矿业大学出版社,2015.1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2435 - 4

I. ①可… II. ①靳… III. ①可编程序控制器 IV.

①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 178147 号

书 名 可编程序控制器原理、设计与应用  
主 编 靳文涛  
责任编辑 于世连  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 437 千字  
版次印次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷  
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

可编程序控制器(简称 PLC)原理、设计及应用是高等工科院校电气类、机电类专业中应用性很强的专业课。随着计算机技术、自动控制技术、现代制造技术的迅速发展,电气控制技术已由继电器、接触器硬接线的常规控制逐步转向以计算机为核心的软件控制。PLC 是典型的现代电气控制装置。它具有抗干扰性强、可靠性和性价比高、编程方便、结构模块化、易于网络化等技术特点,可与多种智能化电气设备相连接,可以实现大量生产设备或工业过程的自动控制。

为了适应新技术发展对电气控制技术课程的教学要求,我们以结合工程实际、突出技术应用的原则编写了这本教材。编写本书的指导思想是:以技术应用能力为目的,培养学生熟练使用低压电器,掌握基本电气控制环节,增强分析常见电气控制系统、设计电气控制电路的能力。该教材包括常用低压电器;电气线路的基本控制原则和基本控制环节;典型生产机械的电气控制线路和电气控制系统设计等基本教学内容,是学生学习 PLC 技术的基础。

PLC 是 20 世纪 60 年代发展起来的被国外称为“先进国家四大支柱”之首的自动控制装置,现已广泛应用于工业自动化的各个领域。本书从实际工程应用出发,主要以德国西门子公司生产的 S7-200 系列 PLC 为例,系统阐述了 PLC 的结构、工作原理、编程语言、指令系统以及控制系统的设计方法与应用实例。本书内容全面,系统性强,工程实例多,既介绍了 S7-200 系列小型 PLC 的基本硬件配置及软件编程,又讲述了 S7-200 系列 PLC 的各种扩展模块及通信功能。此外,本书对西门子公司生产的大中型 S7-300/400 系列大中型 PLC 也作了简要介绍。本书可作为高等院校自动化、电气工程、机电一体化及其他相关专业的本科教材,也可作为从事 PLC 应用开发的工程技术人员参考书。

全书共分十一章,第一章介绍常用低压电器的结构原理及应用;第二章介绍常规电气线路的基本控制原则和基本控制环节;第三章概述 PLC 的产生、发展、特点及应用领域;第四章介绍 PLC 的分类、组成及工作原理;第五章着重讲述 S7-200 系列 PLC 的组成及工作原理;第六章讲述 S7-200 系列 PLC 的各种功能指令;第七章介绍 S7-200 系列 PLC 的程序设计方法;第八章讲述 S7-200 系列 PLC 扩展模块的配置及应用;第九章讲述 S7-200 系列 PLC 的通信功能;第十章讲述 PLC 控制系统的设计与应用;第十一章简介大中型 S7-300/400 系列 PLC 的编程语言与指令系统等。各章均有相应习题,有利于学生加强训练,巩固学习内容,掌握工程设计方法。

本书由靳文涛担任主编,由尤文强、甘金颖、黎冠担任副主编。具体编写分工为如下:靳文涛编写扉页,版权页内容摘要,前言,目录,第一章,第二章;尤文强编写第三章,第四章,第五章,第八章第一节;甘金颖编写第六章、第七章第一节;黎冠编写第七章第二节及习题,第八章,第九章第一节、第九章第二节、第九章第三节,第十章第一节;张涛编写第九章第四节、第九章第五节、第九章第六节及习题,第十章第三节及习题;郭海文编写第十一章第一节、第十一章第二节;王辉俊编写第十章第二节,第十一章第三节及习题,参考文献。全书由潘玉民教授主审,在审阅中提出了许多宝贵意见,特此致谢。

在本书的编写过程中参阅了许多同类教材和著作,特此向这些资料的作者表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2014年8月

<b>第一章 常用低压电器</b> .....	1
第一节 常用低压电器概述.....	1
第二节 刀开关与自动开关.....	4
第三节 熔断器.....	7
第四节 主令电器.....	9
第五节 接触器.....	14
第六节 继电器.....	16
习题.....	22
<b>第二章 基本电气控制线路</b> .....	23
第一节 电气控制线路的绘制.....	23
第二节 三相异步电动机的基本控制线路.....	29
第三节 三相鼠笼式异步电动机降压启动控制线路.....	37
第四节 绕线式异步电动机启动控制线路.....	39
第五节 三相异步电动机制动控制线路.....	42
第六节 三相异步电动机调速控制线路.....	47
第七节 其他典型控制线路.....	50
第八节 电气控制电路的简单设计.....	51
习题.....	56
<b>第三章 PLC 概述</b> .....	57
第一节 PLC 的产生与发展.....	57
第二节 PLC 的特点.....	59
第三节 PLC 的应用领域.....	62
第四节 PLC 的现状及其未来发展.....	63
习题.....	65
<b>第四章 PLC 的分类、组成及工作原理</b> .....	66
第一节 PLC 的分类.....	66
第二节 PLC 的组成.....	68
第三节 PLC 的编程语言.....	74
第四节 PLC 的工作原理.....	77

习题 .....	82
<b>第五章 S7-200 系列 PLC 的组成及原理 .....</b>	<b>83</b>
第一节 S7-200 系列 PLC 的主机 .....	83
第二节 S7-200 系列 PLC 的扩展模块 .....	86
第三节 S7-200 系列 PLC 的硬件配置 .....	87
第四节 S7-200 系列 PLC 的程序结构 .....	89
第五节 S7-200 系列 PLC 的存储器及寻址方式 .....	90
习题 .....	100
<b>第六章 S7-200 系列 PLC 的指令系统 .....</b>	<b>101</b>
第一节 基本逻辑指令 .....	101
第二节 程序控制类指令 .....	118
第三节 功能指令 .....	126
习题 .....	143
<b>第七章 S7-200 系列 PLC 的程序设计方法 .....</b>	<b>144</b>
第一节 经验设计法 .....	144
第二节 顺序功能图法 .....	151
习题 .....	163
<b>第八章 扩展模块的配置及应用 .....</b>	<b>164</b>
第一节 模拟量扩展模块 .....	164
第二节 热电偶和热电阻扩展模块 .....	170
第三节 位置控制模块 .....	174
习题 .....	183
<b>第九章 S7-200 系列 PLC 的通信功能 .....</b>	<b>184</b>
第一节 PPI 通信 .....	184
第二节 Modbus 通信 .....	191
第三节 USS 通信协议 .....	200
第四节 S7-200 系列 PLC 与 S7-300 系列 PLC 的 MPI 通信 .....	208
第五节 Profibus-DP 通信 .....	210
第六节 工业以太网通信 .....	213
习题 .....	220
<b>第十章 PLC 控制系统的设计与应用 .....</b>	<b>221</b>
第一节 PLC 控制系统设计的基本原则和步骤 .....	221
第二节 PLC 控制系统的硬件设计 .....	222

---

第三节 PLC 控制系统的应用举例 .....	224
习题 .....	236
<b>第十一章 S7-300/400 系列 PLC 系统 .....</b>	<b>238</b>
第一节 S7-300/400 系列 PLC 简介 .....	238
第二节 S7-300/400 系列 PLC 的编程语言与指令系统 .....	245
第三节 STEP 7 编程软件的使用方法 .....	258
习题 .....	269
<b>参考文献 .....</b>	<b>270</b>



# 第一章 常用低压电器

## 第一节 常用低压电器概述

在工业、农业、交通运输等部门中,广泛使用着各种生产机械,它们大都以电动机作为驱动装置来进行拖动。早期的电气控制方式是由各种有触点的接触器、继电器、按钮、行程开关等构成的继电器—接触器控制系统,对电动机的启停、正反转、调速和制动进行控制,进而实现生产过程的自动化。当前,基于 PLC 或计算机的控制系统已经成为工业控制的主流,但传统的继电器—接触器控制技术是 PLC 控制的基础,在工矿企业的各种生产机械的电气控制领域中,仍然得到广泛的应用。

构成继电器—接触器控制系统的控制电器主要由检测部分与执行部分组成。检测部分接受外界信号并进行物理量的转换、放大;执行部分根据检测部分输出信号执行相应的动作,从而接通或分断线路,实现控制的目的。

本章主要介绍工作在交流电压 1 000 V 以下、直流电压 1 200 V 以下的低压控制电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数及选用原则,从而使学生了解低压控制电器的功能及使用方法,为掌握由低压控制电器构成的继电接触控制系统如何实现逻辑控制打下基础。

### 一、电器的分类

电器按工作电压等级分为低压电器和高压电器。低压电器指工作电压在交流 1 000 V 或直流 1 200 V 以下的各种电器,如开关电器、主令电器、接触器、继电器等。高压电器指工作电压高于交流 1 000 V 或直流 1 200 V 的各种电器,如高压熔断器、高压隔离开关、高压断路器

等。

#### 1. 按用途分

(1) 控制电器:用于各种控制电路和控制系统的电器,如接触器、继电器等。对控制电器的要求是:工作准确可靠,操作频率高,寿命长等。

(2) 主令电器:用于自动控制系统中发出控制指令的电器,如控制按钮、行程开关、各类传感器等。

(3) 保护电器:用于保护电路及电气设备的电器,如熔断器、断路器、热继电器等。

(4) 执行电器:用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁阀、电磁离合器等。

(5) 配电电器:用于电能的输送和分配的电器,如各类刀开关、断路器等。配电系统对电器的要求是:在系统发生故障的情况下,动作准确,工作可靠,有足够的热稳定性和电稳定性。

## 2. 按工作原理分

(1) 电磁式电器:依据电磁感应原理来工作的电器,如交直流接触器,各种电磁式继电器、电磁阀等。

(2) 非电量控制电器:依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如行程开关、压力继电器、温度继电器等。

## 3. 按动作原理分

按照动作原理分,低压电器还可分为手动电器和自动电器等。

## 二、电磁式电器的基本结构和工作原理

电磁式电器主要由电磁机构、触头系统及灭弧装置组成。

### 1. 电磁机构

电磁机构是控制电器的信号检测部分,将电磁能量转换为机械能量并带动触头动作,从而完成电路的接通或分断。电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁组成。电磁机构的结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-1 和图 1-2 所示为直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

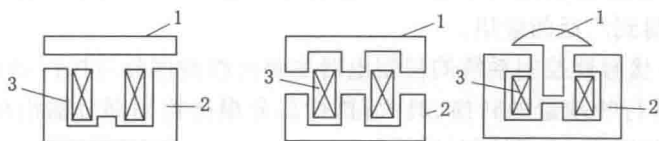


图 1-1 直动式电磁机构

1——衔铁;2——铁芯;3——吸引线圈

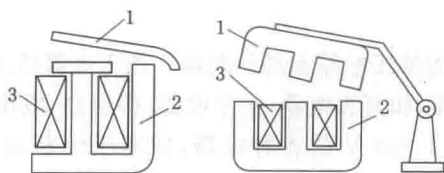


图 1-2 拍合式电磁机构

1——衔铁;2——铁芯;3——吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁芯吸合。通入直流电的线圈称为直流线圈,通入交流电的线圈称为交流线圈。

电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于磁铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移。衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此作用在衔铁上的力有两个:电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机械产生,反力则由复位弹簧和触头弹簧产生。铁芯吸合时要求电磁吸力大于反力,即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同,衔铁复位时要求反力大于电磁吸力(此时线圈断电,只有剩磁产生的电磁吸力)。

对于交流铁芯线圈,当电源电压变化一个周期时,电磁铁吸合两次、释放两次,使电磁机构产生剧烈的振动和噪音,因而不能正常工作。解决这类问题的办法是在铁芯端面开一小

槽,在槽内嵌入铜质短路环,如图 1-3 所示。

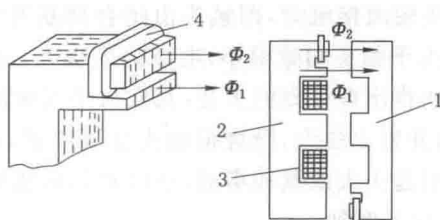


图 1-3 交流电磁铁的短路环

1——衔铁;2——铁芯;3——吸引线圈;4——短路环

加上短路环后,磁通被分成大小接近、相位相差约  $90^\circ$  的两相磁通,因而两相磁通不会同时过零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比,所以由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦,在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力,使铁芯牢牢吸合,这样就消除了振动和噪音(罩极原理)。一般短路环包围  $2/3$  的铁芯端面。

## 2. 触头系统

触头(或触点)是控制电器的执行机构,在衔铁的带动下起接通和分断电路的作用。由于铜具有良好的导电、导热性能,所以触头通常用铜制成。有些小容量电器的触头采用银质材料。与铜质触头相比,银质触头除具有更好的导电、导热性能外,其氧化膜电阻与纯银相差不多,而且其氧化膜的生成温度很高,所以银质触头的接触电阻较小,而且较稳定。

触头有点接触、面接触、线接触三种结构形式,如图 1-4 所示。触头接触面越大则允许通电电流越大。图 1-4(a)所示是两个点接触的桥式触头,这类触头适用于电流不大且触头压力小的场合;图 1-4(b)所示是两个面接触的桥式触头,这类触头适用于大电流的场合;图 1-4(c)所示是指形触头,其接触面为一直线,触头接通或分断时产生滚动摩擦,既可消除触头表面的氧化膜,又可缓冲触头闭合时的撞击能量和改善触头的电器性能,这类触头适用于通电次数多、电流大的场合。

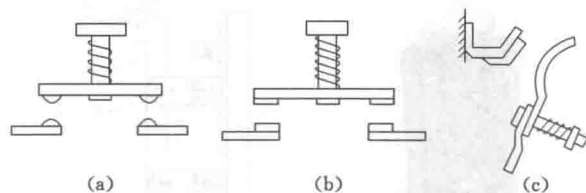


图 1-4 触头的结构形式

(a) 点接触;(b) 面接触;(c) 线接触

触头按动作形式分为常开触头和常闭触头两类。所谓常开触头指的是电器在原始状态下(未通电或没有外力作用)静触头与动触头是断开的,如图 1-4 所示。当电器动作,上面一对动触头向下移动与下面的静触点接通,所以常开触头又称为动合触头。常闭触头指的是电器在原始状态下静触头与动触头是接通的。当电器动作,动触头与静触点断开,所以常闭触头又称为动断触头。

### 3. 灭弧装置

在通电状态下动、静触头脱离接触时,即触头由闭合到断开时,加在触头间隙两端电压超过某一数值(10~20 V),由于触头间隙很小,电场强度极大,使触头表面的自由电子大量溢出,在拉开的两个触头之间将出现强烈的火花,其实质是气体放电的现象,通常称之为“电弧”。电弧产生后,引起高温并发出强光,既烧损触头金属表面、降低电器的寿命,又延长电路的分断时间,严重时还会引起火灾或其他事故,所以必须迅速消除。

(1) 常用的灭弧方法有以下两种:

#### ① 迅速增大电弧长度。

电弧长度增加,使触头间隙增加、电场强度降低,同时又使散热面积增大、降低电弧温度,使自由电子复合的运动加强,因而电弧容易熄灭。

#### ② 冷却。

电弧与冷却介质接触,冷却介质带走电弧热量,也可使自由电子复合运动得以加强,从而使电弧熄灭。

(2) 常用的灭弧装置有:电动力吹弧装置、磁吹灭弧装置、栅片灭弧装置等。

## 第二节 刀开关与自动开关

### 一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单、应用最广泛的一种手控电器。刀开关在低压电路中用于不频繁地接通和分断电路,或用于隔离电路与电源,故又称“隔离开关”。

刀开关由绝缘底板、刀座(静触点)、手柄、触刀和铰链支座等组成,如图 1-5 所示。按触刀片数多少,刀开关可分为单极、双极、三极等几种,每种又有单投和双投之分。依靠手动实现触刀插入刀座或脱离刀座,相当于触点的接通与断开,由此完成电路的接通与分断控制。

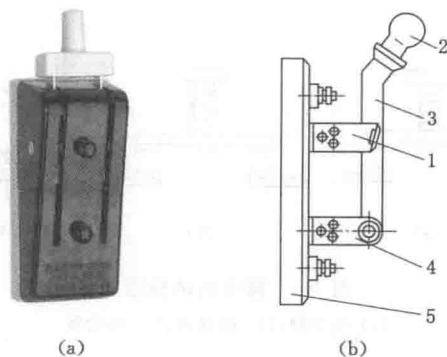


图 1-5 刀开关的外形和结构图

1——静插座;2——手柄;3——触刀;4——铰链支座;5——绝缘底板

用刀开关切断电源时触刀与静触点之间可能会产生电弧,因此必须注意在安装刀开关时应将手柄朝上,不得倒装或平装。刀开关安装方向正确,可使作用在电弧上的电动力和热空气上升的方向一致,电弧被迅速拉长而熄灭;否则,电弧不易熄灭,严重时会使触头及刀片

烧伤,甚至造成极间短路。有时刀开关还可产生误动作,引起人身和设备事故。大电流的刀开关应设有灭弧罩。

刀开关接线时,电源线接上端,负载接下端,拉闸以后刀片与电源隔离,可防止意外事故的发生。

刀开关的图形符号如图 1-6 所示。

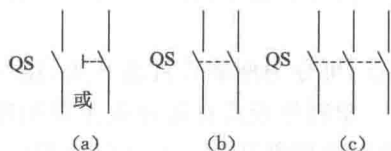


图 1-6 刀开关的图形符号

刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、操作次数、电稳定性电流、热稳定性电流等。

选择刀开关时主要考虑以下几方面:

- (1) 根据使用场合选择合适的产品型号和操作方式。
- (2) 应使刀开关额定电压等于或大于电路的额定电压,应使刀开关额定电流等于或大于所分断电路中各个负载电流的总和。对于电动机负载,应考虑刀开关启动电流,同时还要考虑电路中出现的短路电流等。通常刀开关的额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。
- (3) 考虑刀开关的安装方式、外形尺寸与定位尺寸等。

## 二、组合开关

组合开关又称转换开关。组合开关一般在电气设备中用于非频繁地接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的运行状态等。

组合开关由动触头、静触头、方轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。动静触头分别叠装于数层绝缘壳内。组合开关外形如图 1-7(a)所示。手柄转动带动方轴,动触片随方轴一起转动  $90^\circ$ ,并使动触头插入相应的静触头内,使电路接通。手柄再转动  $90^\circ$ ,动触头脱离静触头,使电路断开。

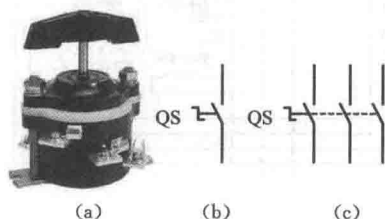


图 1-7 组合开关的外形及图形符号

组合开关有单极、双极和多极之分。组合开关的图形符号如图 1-7(b)、(c)所示。

组合开关主要用于电流引入。应根据电源种类、电压等级、触头数量以及电流容量等因素来选用转换组合开关。采用组合开关控制 5 kW 以下小容量异步电动机时,其额定电流一般为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍,其接通次数一般小于 15~20 次/h。

### 三、断路器

断路器又称自动空气开关。当电路发生严重过载、短路以及失压等故障时,断路器能自动切断电路,有效地保护串接在其后的电气设备,在正常条件下,也可用于不频繁地接通和断开电路及控制电动机,因此断路器是低压线路中常用的具有保护功能的控制电器。由于断路器具有可以操作、动作值可调、分断能力较高,以及动作后一般不需要更换零部件等优点,因此得到了广泛应用。

断路器按其用途及结构特点,可分为框架式自动开关、塑料外壳式自动开关、直流快速自动开关和限流式自动开关等。塑料外壳式自动开关主要用作配电网的保护开关,还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。本节仅介绍用于电力拖动自动控制线路中的塑料外壳式自动开关。

#### 1. 断路器的基本结构和工作原理

断路器由三个基本部分组成。它们分别是:执行部分(触头和灭弧系统)、故障检测部分(各种脱扣器)、操作机构与自由脱扣机构。

图 1-8 所示是断路器的工作原理。开关的主触头依靠操作机构手动或电动合闸,主触头闭合后,自由脱扣机构将主触头锁在合闸位置上。过流脱扣器的线圈及热脱扣器的热元件串接于主电路中,失压脱扣器的线圈并联在电路中。当电路发生短路或严重过载时,过流脱扣器 3 线圈中的磁通急剧增加,将衔铁吸合并使之逆时针旋转,使自由脱扣机构动作,主触头在弹簧作用下分开,从而切断电路。当电路过载时,热脱扣器 5 的热元件使双金属片向上弯曲,推动自由脱扣机构动作,从而切断电路。当线路发生失压或欠压故障时,失压脱扣器 6 线圈中的磁通下降,使电磁吸力下降或消失,衔铁在弹簧作用下向上移动,推动自由脱扣机构动作,使主触头 1 在弹簧作用下被拉向左方,从而使电路分断。分励脱扣器 4 用作远距离分断电路。

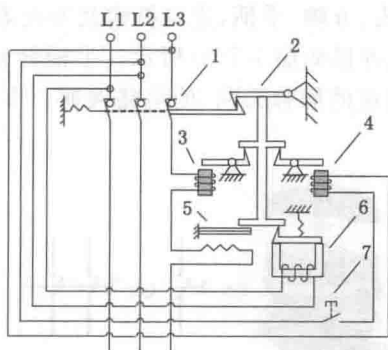


图 1-8 断路器的工作原理

- 1——主触头;2——自由脱扣机构;3——过电流脱扣器;4——分励脱扣器  
5——热脱扣器;6——失压脱扣器;7——按钮

#### 2. 断路器的选择

选择断路器时,应使断路器的额定电压和额定电流大于电路的正常工作电压和工作电流,热脱扣器的整定电流应与所控制电动机的额定电流或负载额定电流相等;电磁脱扣器的

瞬时脱扣整定电流,应大于负载电路正常工作时的尖峰电流;断路器用于控制电动机时,电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流为电动机启动电流的 1.7 倍。

断路器的外形及图形符号如图 1-9 所示。

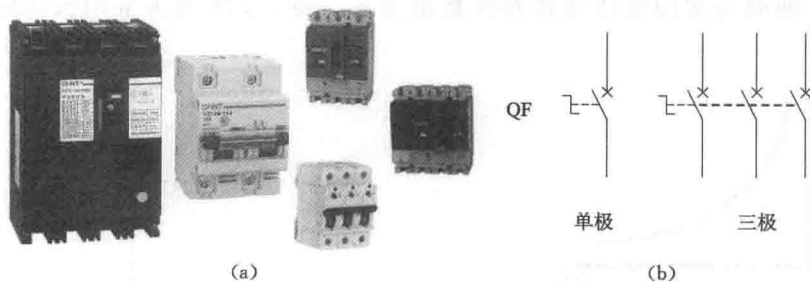


图 1-9 断路器的外形及图形符号

使用断路器实现短路保护比熔断器好,因为三相电路短路时,可能只有一相熔断器熔断,造成缺相运行,对于断路器来说,只要造成短路就会跳闸,将三相同时切断。断路器还有其他自动保护作用,性能优越。但其结构复杂、操作频率低、价格高,因此适合于要求较高的场合,如电源总配电盘控制线路。

#### 四、漏电保护断路器

漏电保护断路器是一种安全保护电器,在电路中作为触电和漏电保护之用。漏电保护断路器在电路或设备出现对地漏电或人身触电时,能迅速自动断开电路,有效地保护人身和电路安全。

漏电保护断路器有单相式和三相式等型式。漏电保护断路器的额定漏电动作电流一般为 30~100 mA,漏电脱扣器动作时间小于 0.1 s。

漏电保护断路器接入电路时,应接在电能表和熔断器后面,安装时应按开关规定的标志接线。接线完毕后应按动作试验按钮,检查漏电保护断路器是否可靠动作。漏电保护断路器投入正常运行后,应定期校验,一般每月需在合闸通电状态下按动作试验按钮一次,检查漏电保护断路器是否正常工作,以确保其安全性。

### 第三节 熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉而有效的保护电器。熔断器使用时串接于被保护电路中。当电路发生严重过载或短路时,熔断器的熔体熔断而切断电路,达到保护其他电气设备的目的。

#### 一、熔断器的基本结构与工作原理

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管或熔座两部分组成。熔体由熔点较低的材料(如铅、锌、锡及锡铅合金)制成丝状或片状。熔管是熔体的保护外壳,由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维制成,在熔体熔断时兼起灭弧作用。

熔断器熔体中通过的电流为熔体的额定电流时,熔体长期不熔断;当电路发生严重过载时,熔体在较短时间内熔断;当电路发生短路时,熔体能在瞬间熔断。熔体的这个特性称为

反时限保护特性,即电流为额定值时长期不熔断,过载电流或短路电流越大,熔断时间越短。熔断器电流与熔断时间的关系曲线称为安秒特性,如图 1-10 所示。熔断器的图形符号与文字符号如图 1-11 所示。由于熔断器对过载反应不灵敏,不宜用于过载保护,主要用于短路保护。表 1-1 所列为常用熔体安秒特性数值关系。表 1-2 所列为常用低压熔断器技术参数。

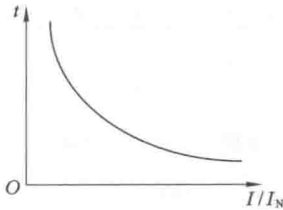


图 1-10 熔断器的安秒特性数值关系

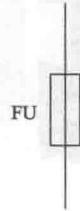


图 1-11 断路器的图形及符号

表 1-1 常用熔体安秒特性数值关系

熔断电流	$1.25 \sim 1.3I_N$	$1.6I_N$	$2I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$
熔断时间	$\infty$	1 h	40 s	8 s	4.5 s	2.5 s

表 1-2 常用低压熔断器技术参数

型号	额定电压值 $U/V$	额定电流值 $I/A$	熔体额定电流值 $I/A$
RCIA	380	5	2,4,5
		10	2,4,6,10
		15	6,10,15
		30	15,20,25,30
		60	30,40,50,60
		100	60,80,100
RL1	380	200	100,120,150,200
		15	2,4,5,6,10,15
		60	20,25,30,35,40,50,60
		100	60,80,100
RTO	380	200	100,125,150,200
		100	30,40,50,60,80,100
		200	80,100,120,150,200
		400	150,200,250,300,350,400
		600	350,400,450,500,550,600
		1 000	700,800,900,1 000

## 二、熔断器的选择

### 1. 熔断器类型的选择

选择熔断器的类型时,主要根据电路要求、使用场合、安装条件、负载要求的保护特性和短路电流的大小等进行。例如,作电网配电用应选择一般工业用熔断器;作硅元件保护用



应选择保护半导体件熔断器；供家庭使用应选择螺旋式或半封闭插入式熔断器。

#### 2. 熔断器额定电压的选择

熔断器的额定电压应大于或等于电路的工作电压。

#### 3. 熔断器熔体额定电流的选择

(1) 对于电炉、照明等电阻性负载的短路保护，应使熔体的额定电流  $I_R$  等于或稍大于电路的工作电流  $I$ ，即：

$$I_R \geq I \quad (1-1)$$

(2) 保护单台电动机时，考虑到启动电流的影响，熔体的额定电流  $I_R$  可按式选择：

$$I_R \geq (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (1-2)$$

式中， $I_N$  为电动机的额定电流。对于频繁启动的电动机，式(1-2)的系数可取 3~3.5。

(3) 保护多台电动机共用一个熔断器时，熔体的额定电流  $I_R$  可按式计算：

$$I_R \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N \quad (1-3)$$

式中  $I_{N_{\max}}$ ——容量最大的一台电动机的额定电流。

$\sum I_N$ ——其余电动机的额定电流之和。

#### 4. 熔断器额定电流的选择

熔断器的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

## 第四节 主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令的电器，用来控制接触器、继电器或其他电器线圈，使电路接通或分断，从而达到控制生产机械的目的。主令电器应用广泛、种类繁多。主令电器按其作用可分为：按钮、行程开关、万能转换开关、接近开关、主令控制器及其他主令电器（如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关等）。在上述主令电器中除接近开关为电磁式外，其余均为机械式。

### 一、按钮

按钮是一种接通或分断小电流电路的主令电器，其结构简单，应用广泛。按钮中的触头允许通过的电流较小，一般不超过 5 A，主要用在低压控制电路中，手动发出控制信号。

控制按钮由按钮帽、复位弹簧、动静触头 and 外壳等组成，如图 1-12 所示。按钮按其结构形式可分为按压式、旋转式、指示灯式（按钮内装有信号灯显示信号状态）和紧急式（装有蘑菇形按钮帽）几种。

图 1-12(b) 是一种按压式按钮的结构示意图。在未按动按钮之前，上面一对静触点 4 与动触点 3 接通，称为常闭触点；下面一对静触点 5 与动触点 3 是断开的，称为常开触点。只具有常闭触点或只具有常开触点的按钮称为单按钮。既有常闭触点又有常开触点的按钮称为复合按钮。图 1-12(b) 所示按钮即为复合式，按下时常闭触头先断开，然后常开触头闭合。若去掉外力后在复位弹簧的作用下，常开触头断开，常闭触头闭合，则这种按钮称为自复位按钮；若去掉外力后触点保持当前状态不变，即常开触头保持闭合，常闭触头保持断开，则称为自锁型按钮或保持型按钮，通常旋转式和紧急式按钮都属于此类型。