

21世纪高职高专规划教材

电子信息工学结合模式系列教材

# 工厂电气控制及PLC技术

杨兴 主编

闫学斌 副主编



清华大学出版社

21世纪高职高专规划教材

电子信息工学结合模式系列教材

# 工厂电气控制及PLC技术

杨兴 主编

闫学斌 副主编

藏书章

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书从高职院校学生的实际出发,以提高学生的实践技能为目标,理论联系实际,学做合一。本书不仅介绍电气控制及 PLC 的理论知识,还在理论知识后面编排了相应的实践操作技能训练。

本书共分 7 章,内容包括常用低压电器及电气制图与识图、电气控制系统的基本环节和基本电路、普通机床电气控制、可编程序控制器的基础知识、S7-200 系列可编程序控制器、FX<sub>2N</sub> 系列可编程序控制器、PLC 控制系统的设计及其安装与调试。

本书可作为高职高专电气自动化、机电一体化等专业的教材,也可供相关专业教师及从事电气控制与 PLC 技术的电气工程技术人员参考。

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

工厂电气控制及 PLC 技术/杨兴主编. —北京:清华大学出版社,2010.9

(21 世纪高职高专规划教材. 电子信息工学结合模式系列教材)

ISBN 978-7-302-23276-6

I. ①工… II. ①杨… III. ①工厂—电气控制—高等学校:技术学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 147607 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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)

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18 字 数:401 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版 印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 元

《工厂电气控制及 PLC 技术》是高等职业院校电气工程、电气自动化、机电一体化等专业应用性很强的一门专业课。近年来,随着计算机技术、自动控制技术、现代制造技术的迅速发展,电气控制技术已由单纯的继电器接触器硬接线的常规控制转向以计算机特别是 PLC 控制为核心的现代控制技术。基于高职高专学生知识结构的要求和就业岗位的特点,在遵循理论联系实际原则的基础上编写了本书。

本书按照先学后做、边学边做的原则,理论联系实际,具有较强的可操作性。通过学习,可有效提高学生的理论水平和实践操作技能,具有较强的实用价值。

考虑到各学校拥有的 PLC 机型不同,本书选择了具有代表性的西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 两个产品系列的 PLC 供选讲。

本书共分 7 章。第 1 章介绍常用低压电器的分类、基本结构、工作原理、图形符号和电气制图与识图方法等知识。第 2 章介绍电气控制系统基本环节和基本电路的理论知识,并编排了基本环节和基本电路的安装与调试实操训练。第 3 章介绍普通机床的电气控制理论知识,并编排了普通机床电气控制电路的故障诊断与排除实操训练。第 4 章介绍可编程控制器的定义、分类、应用范围、特点、性能指标、软硬件组成、工作原理以及编程语言等基本知识。第 5 章介绍 S7-200 系列 PLC 的组成及性能、指令系统等知识,并介绍相应编程软件的安装与使用。第 6 章介绍 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的性能规格与内部资源、指令系统等知识,并介绍相应编程软件的安装与使用。第 7 章介绍 PLC 控制系统的设计、安装与调试等基本知识,并编排了 PLC 控制系统的设计及其安装与调试实操训练。

本书由杨兴任主编,闫学斌任副主编,周芝田教授任主审。其中,第 1 章由西北机械技师学院马振琴编写,第 2、3、7 章由张家口职业技术学院杨兴编写,第 4 章由海南省三亚技工学校陆建国编写,第 5 章由张家口职业技术学院冯志成编写,第 6 章由张家口职业技术学院闫学斌编写。

限于编者的水平,书中难免有不足之处,衷心希望读者给予批评指正。

编 者

2010 年 3 月

# CONTENTS

# 目录

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| <b>第1章 常用低压电器及电气制图与识图</b> | <b>1</b> |
| 1.1 低压电器概述                | 1        |
| 1.1.1 低压电器的分类             | 1        |
| 1.1.2 低压电器的基本结构           | 2        |
| 1.2 熔断器                   | 3        |
| 1.2.1 熔断器的结构              | 3        |
| 1.2.2 熔断器的工作原理及图形符号       | 4        |
| 1.2.3 熔断器的选择              | 4        |
| 1.3 低压断路器                 | 5        |
| 1.3.1 低压断路器的结构及工作原理       | 5        |
| 1.3.2 低压断路器的选择及图形符号       | 6        |
| 1.4 接触器                   | 7        |
| 1.4.1 接触器的结构及其电气符号        | 7        |
| 1.4.2 接触器的工作原理            | 7        |
| 1.5 继电器                   | 7        |
| 1.5.1 中间继电器               | 8        |
| 1.5.2 时间继电器               | 8        |
| 1.5.3 热继电器                | 9        |
| 1.5.4 速度继电器               | 10       |
| 1.5.5 固态继电器               | 11       |
| 1.6 主令电器                  | 11       |
| 1.6.1 控制按钮                | 12       |
| 1.6.2 行程开关                | 12       |
| 1.6.3 微动开关                | 14       |
| 1.6.4 非接触式行程开关            | 15       |
| 1.6.5 万能转换开关              | 16       |
| 1.7 制图与识图方法               | 17       |
| 1.7.1 电气制图与识图的相关国家标准      | 17       |
| 1.7.2 电路图类型及其识读           | 17       |
| 习题                        | 25       |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第 2 章 电气控制系统的基本环节和基本电路</b>     | 27  |
| 2.1 电气控制系统的基本环节                   | 27  |
| 2.1.1 点动环节                        | 27  |
| 2.1.2 长动与自锁环节                     | 27  |
| 2.1.3 正反转与互锁环节                    | 28  |
| 2.1.4 多地控制环节                      | 30  |
| 2.1.5 顺序控制环节                      | 30  |
| 2.1.6 保护环节                        | 32  |
| 2.2 电气控制系统的基本电路                   | 34  |
| 2.2.1 三相笼型异步电动机的启动控制电路            | 34  |
| 2.2.2 三相笼型异步电动机的制动控制电路            | 39  |
| 2.2.3 三相笼型异步电动机的调速控制电路            | 44  |
| 2.3 电气控制基本环节和基本电路的安装与调试           | 46  |
| 2.3.1 电动机点动/长动、两地控制线路的安装与调试       | 47  |
| 2.3.2 电动机带动工作台自动往返运行线路的安装与调试      | 55  |
| 2.3.3 电动机先启先停控制线路的安装与调试           | 62  |
| 2.3.4 电动机星形-三角形启动控制线路的安装与调试       | 69  |
| 习题                                | 77  |
| <b>第 3 章 普通机床电气控制</b>             | 78  |
| 3.1 普通机床电气控制电路分析基础                | 78  |
| 3.2 普通卧式车床电气控制电路分析                | 80  |
| 3.2.1 普通卧式车床的结构、运动形式及拖动方式与控制要求    | 80  |
| 3.2.2 C650 卧式车床电路分析               | 81  |
| 3.3 卧式万能铣床电气控制电路分析                | 84  |
| 3.3.1 卧式万能铣床的结构、运动形式及拖动方式与控制要求    | 84  |
| 3.3.2 X62W 型万能铣床电路分析              | 85  |
| 3.4 摇臂钻床电气控制电路分析                  | 89  |
| 3.4.1 摇臂钻床的结构、运动形式及拖动方式与控制要求      | 89  |
| 3.4.2 Z3050 型摇臂钻床电路分析             | 90  |
| 3.5 普通机床电气控制电路的故障诊断与排除            | 93  |
| 3.5.1 普通机床电路故障检查步骤                | 93  |
| 3.5.2 CA6140 卧式车床电气控制电路的故障诊断与排除   | 95  |
| 3.5.3 X6132W 卧式万能铣床电气控制电路的故障诊断与排除 | 102 |
| 习题                                | 113 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| <b>第 4 章 可编程序控制器的基础知识</b>               | 116 |
| 4.1 可编程序控制器的定义及分类                       | 116 |
| 4.1.1 可编程序控制器的定义                        | 116 |
| 4.1.2 可编程序控制器的分类                        | 116 |
| 4.2 可编程序控制器的应用范围                        | 117 |
| 4.3 可编程序控制器的主要特点及性能指标                   | 117 |
| 4.3.1 可编程序控制器的主要特点                      | 117 |
| 4.3.2 可编程序控制器的性能指标                      | 117 |
| 4.4 可编程序控制器的软硬件组成及工作原理                  | 118 |
| 4.4.1 可编程序控制器的软硬件组成                     | 118 |
| 4.4.2 可编程序控制器的工作原理                      | 118 |
| 4.5 可编程序控制器的编程语言                        | 120 |
| 习题                                      | 121 |
| <b>第 5 章 S7-200 系列可编程序控制器</b>           | 122 |
| 5.1 S7-200 系列 PLC 的组成、性能指标及内部元器件        | 122 |
| 5.1.1 S7-200 系列 PLC 的组成及性能指标            | 122 |
| 5.1.2 S7-200 系列 PLC 的内部元器件及其有效编程范围      | 125 |
| 5.2 S7-200 系列 PLC 的扩展                   | 127 |
| 5.2.1 S7-200 系列 PLC 的扩展模块               | 127 |
| 5.2.2 本机及扩展 I/O 编址                      | 128 |
| 5.2.3 扩展模块的安装                           | 129 |
| 5.3 S7-200 系列 PLC 的指令系统                 | 130 |
| 5.3.1 基本逻辑指令                            | 130 |
| 5.3.2 定时/计数指令                           | 133 |
| 5.3.3 程序控制指令                            | 136 |
| 5.3.4 中断指令                              | 139 |
| 5.4 S7-300 系列 PLC 的组成及编址                | 142 |
| 5.4.1 S7-300 系列 PLC 的组成                 | 142 |
| 5.4.2 S7-300 系列 PLC 的编址                 | 143 |
| 5.5 SIMATIC S7-200 系列 PLC 编程软件的安装与使用    | 145 |
| 5.5.1 SIMATIC S7-200 系列 PLC 编程软件        |     |
| STEP 7-Micro/WIN SP3 的安装                | 145 |
| 5.5.2 STEP 7-Micro/WIN SP3 V4.0 编程软件的使用 | 148 |
| 习题                                      | 155 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| <b>第 6 章 FX<sub>2N</sub> 系列可编程序控制器</b>       | 157 |
| 6.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的组成、性能指标及内部元器件   | 157 |
| 6.1.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的组成及性能指标       | 157 |
| 6.1.2 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的内部元器件及其有效编程范围 | 159 |
| 6.2 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的指令系统            | 161 |
| 6.2.1 基本指令                                   | 161 |
| 6.2.2 步进指令                                   | 167 |
| 6.2.3 功能指令                                   | 168 |
| 6.3 FX 系列 PLC 编程软件的安装与使用                     | 176 |
| 6.3.1 FX 系列 PLC 编程软件的安装                      | 176 |
| 6.3.2 FX 系列 PLC 编程软件的使用                      | 179 |
| 习题                                           | 191 |
| <b>第 7 章 PLC 控制系统的设计及其安装与调试</b>              | 193 |
| 7.1 PLC 控制系统的设计                              | 193 |
| 7.1.1 PLC 控制系统设计的原则、内容及步骤                    | 193 |
| 7.1.2 PLC 控制系统设备的选择                          | 196 |
| 7.1.3 PLC 控制系统电路图的设计                         | 198 |
| 7.1.4 PLC 控制系统梯形图程序的设计                       | 202 |
| 7.2 PLC 控制系统的安装与调试                           | 237 |
| 7.3 PLC 控制系统的设计及其安装与调试举例                     | 238 |
| 7.3.1 PLC 控制的模拟机床工作台自动往返运行安装与调试              | 238 |
| 7.3.2 PLC 控制的模拟十字路口交通信号灯安装与调试                | 244 |
| 7.3.3 PLC 控制的组合机床动力头(三台电动机)<br>模拟装置安装与调试     | 250 |
| 7.3.4 PLC 控制的液压动力滑台进给控制系统模拟装置安装与调试           | 257 |
| 7.3.5 PLC 控制的机械手模拟装置安装与调试                    | 263 |
| 7.3.6 PLC 控制的 XA6132 万能铣床改造                  | 270 |
| 习题                                           | 277 |
| <b>参考文献</b>                                  | 279 |

# 常用低压电器及电气制图与识图

### 本章学习目标:

- 了解常用低压电器的类型;
- 掌握常用低压电器的基本结构、工作原理、图形符号等知识;
- 掌握电气制图与识图的一般方法。

## 1.1 低压电器概述

在我国,使用条件为交流 50Hz、额定电压 1200V 以下,直流额定电压 1500V 以下,在电路内起通断、保护、控制等作用的电器称为低压电器。

### 1.1.1 低压电器的分类

低压电器的种类、功能和规格多种多样,工作原理不尽相同,其分类方法各有不同,按用途可分为以下几类。

(1) 低压配电电器:主要用于低压供配电系统。这类低压电器有刀开关、断路器、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强,限流效果好,动稳定及热稳定性性能好。

(2) 低压控制电器:主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

(3) 低压主令电器:主要用于发送控制指令。这类低压电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

(4) 低压保护电器:主要用于对电路和电气设备进行安全保护。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器、避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应灵敏度要高,可靠性要高。

(5) 低压执行电器:主要用于执行某种动作和传动。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

低压电器还可以按操作方式分为自动电器和手动电器。此外,还可按使用场所分为

一般工业用电器、特殊工矿用电器、安全电器、农用电器等。

未来低压电器的发展方向是体积小、重量轻、安全可靠、使用方便,主要利用微电子技术提高传统电器的性能,大力发展电子化、智能化的新型控制电器,如接近开关、光电开关、电子式继电器、固态继电器、漏电继电器、电子式电机保护器和软启动器、智能断路器等。

## 1.1.2 低压电器的基本结构

### 1. 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力,带动触点动作,完成通断电路的控制。

电磁机构由铁心、衔铁、弹簧和线圈等几部分组成,其作用原理是当线圈中有工作电流通过时,电磁吸力克服弹簧的反作用力,使得衔铁与铁心闭合,由连接机构带动相应的触点动作。

从衔铁的运动形式来看,铁心主要分为拍合式和直动式两大类。图 1-1(a)所示为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,其材料由电工软铁制成,广泛用于直流电器中;图 1-1(b)所示为衔铁沿轴转动的拍合式铁心,形状有 E 形和 U 形两种,其材料由硅钢片叠成,多用于触点容量较大的交流电器中;图 1-1(c)所示为衔铁沿直线运动的双 E 形直动式铁心,它的材料也是由硅钢片叠制而成的,多用于触点为中、小容量的交流接触器和继电器中。

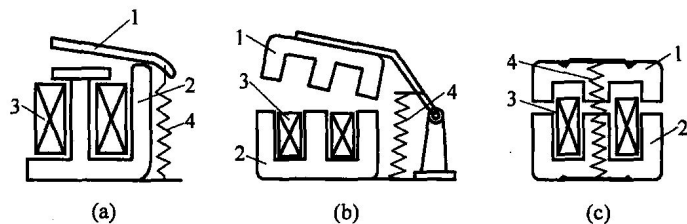


图 1-1 常见低压电器的电磁机构

1—衔铁; 2—铁心; 3—线圈; 4—弹簧

### 2. 触点系统

触点系统由主触点和辅助触点组成。触点的作用是在衔铁的带动下接通和分断电路,因此要求触点具有良好的接触性能。电流容量较小的电器常采用银质材料作触点,这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似,可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触点的结构有桥式和指式两类。桥式触点又分为点接触式和面接触式,点接触式适用于电流不大的场合,面接触式适用于电流较大的场合。因指式触点在接通与分断时产生滚动摩擦,可以去掉氧化膜,故其触点可以用紫铜制造,特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。图 1-2 所示为触点的结构示意图。

### 3. 灭弧系统

在分断电流瞬间,触点间的气隙中会产生电弧,电弧的高温能将触点烧损,并可能造成其他事故,因此应采用适当措施迅速熄灭电弧。

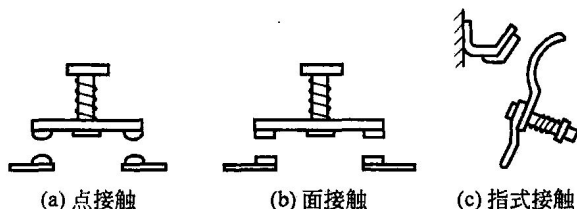


图 1-2 触点结构示意图

熄灭电弧的主要措施如下:

- (1) 迅速拉长电弧,使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭。
- (2) 使电弧与流体介质或固体介质相接触,加强冷却和去游离作用,使电弧加快熄灭。

低压控制电器常用的具体灭弧方法如下:

- (1) 机械灭弧法。通过机械装置将电弧迅速拉长,这种方法多用于开关电器中。

(2) 磁吹灭弧法。在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁场作用下,电弧受电磁力的作用而拉长,被吹入由固体介质构成的灭弧罩内,与固体介质相接触,电弧被冷却而熄灭。

(3) 狭缝灭弧法。在电弧所形成的磁场电动力的作用下,电弧拉长并进入灭弧罩的窄缝中,几条窄缝将电弧分割成数段并与固体介质相接触,电弧便迅速熄灭,这种方法多用于交流接触器中。

(4) 栅片灭弧法。当触点分开时,产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中分割成数段而熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多,因此交流电器常常采用栅片灭弧法。图 1-3 所示为低压电器常见灭弧装置。

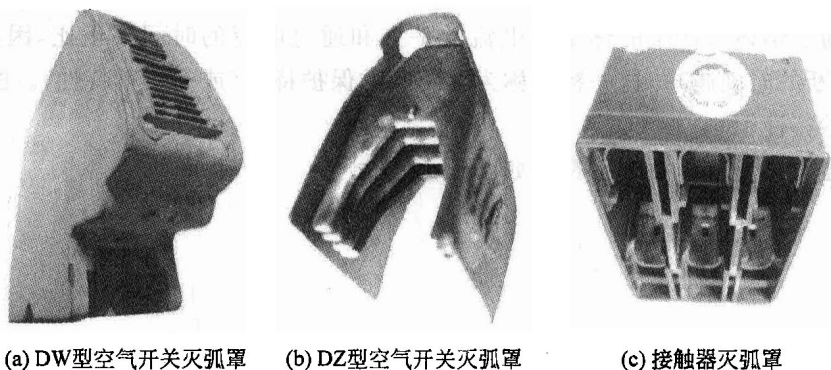


图 1-3 低压电器常见灭弧装置

## 1.2 熔断器

### 1.2.1 熔断器的结构

不同的熔断器有不同的结构,但主要由熔体(俗称保险丝、片)或熔芯和安装熔芯的熔管或熔座两部分组成。图 1-4 为电气控制电路中使用的 RT18-32 熔断器外形结构图。

熔芯由易熔金属材料铅、锡、锌、银、铜及其合金制成,然后置于一个装有石英砂的瓷管内。熔管是安装熔芯的外壳,由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维制成。

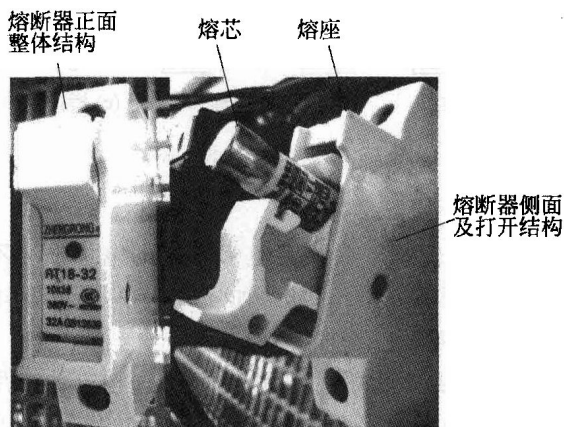


图 1-4 RT18-32 熔断器外形结构图

## 1.2.2 熔断器的工作原理及图形符号

熔断器的熔体与被保护的电路串联,当电路正常工作时,熔体通过一定的电流而不熔断。当电路发生短路或严重过载时,熔体中流过的电流猛增,电流产生的热量达到熔体的熔点时,熔体熔断切断电路,达到保护的目的。

电流通过熔体时产生的热量与电流的平方和通过电流的时间成正比,因此,电流越大,熔体熔断的时间越短,这一特性称为熔断器的保护特性(或安—秒特性)。图 1-5 为熔断器安—秒特性图。

熔断器的图形符号及文字符号如图 1-6 所示。

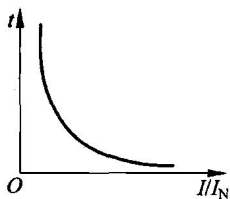


图 1-5 熔断器安—秒特性图



图 1-6 熔断器的图形符号及文字符号

## 1.2.3 熔断器的选择

熔断器的选择遵循以下几点。

- (1) 熔断器类型主要根据线路要求、使用场合和安装条件选择。
- (2) 熔断器额定电压必须大于或等于线路的工作电压。

(3) 熔断器额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

(4) 熔体额定电流可按以下几种情况选择。

① 对于电炉、照明等阻性负载的短路保护,应使熔体的额定电流等于或稍大于电路工作电流,即

$$I_{FU} \geq I_N$$

式中:  $I_{FU}$  为熔体额定电流;  $I_N$  为电路的工作电流。

② 保护一台电动机时,考虑到电动机启动冲击电流的影响,应按下式计算:

$$I_{FU} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

式中:  $I_N$  为电动机额定电流。

**注意:** 由于熔断器在作感性负载过载保护时所选规格远大于线路正常工作电流,故作过载保护时存在很大的盲区。因此,感性负载电气控制系统主电路中目前已不采用熔断器作过载保护,熔断器仅在控制电路中作短路保护。

## 1.3 低压断路器

### 1.3.1 低压断路器的结构及工作原理

低压断路器主要由触点及灭弧系统、脱扣器、操作机构等几部分组成。低压断路器的原理结构图如图 1-7 所示。断路器的主触点依靠操作机构手动或电动合闸,主触点闭合后自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电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,过电流脱扣器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,主触点在弹簧作用下分开,从而切断电路。

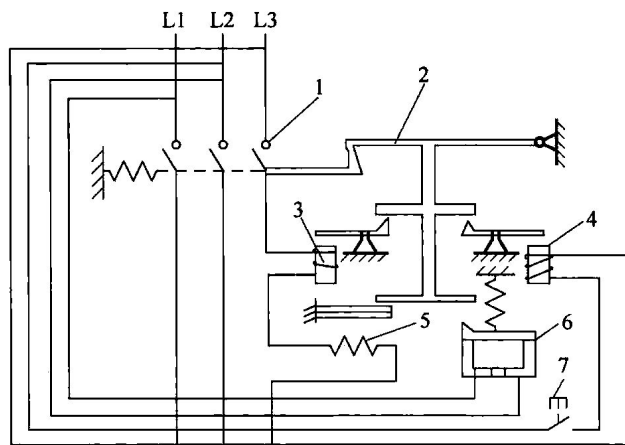


图 1-7 低压断路器的原理结构图

1—主触点; 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

当电路过载时,热脱扣器的热元件使双金属片向上弯曲,推动自由脱扣机构动作。当线路发生失压或欠压故障时,失压脱扣器 6 电压线圈中的磁通下降,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,使主触点 1 在弹簧作用下被拉向左方,使电路分断。分励脱扣器 4 用作远距离分断电路。

图 1-8 为普通国产 DZ47-63 低压断路器和智能式低压断路器的外形结构图。

智能式低压断路器是将微处理器和计算机技术引入低压断路器的产物。智能式低压断路器进入计算机网络系统,不仅使断路器的保护功能大大增强,而且具有远距离监控、自检、故障显示等普通断路器所不具备的功能。

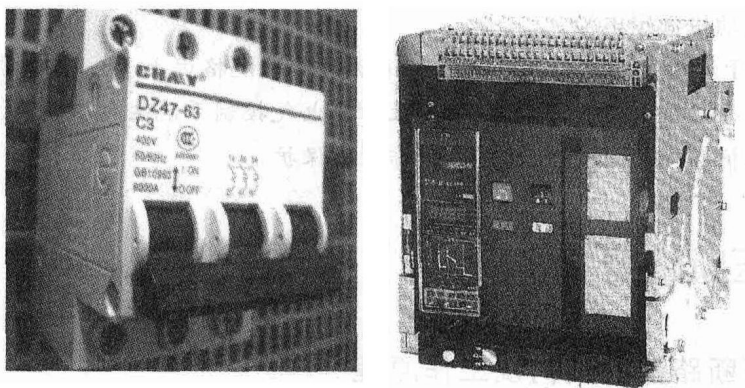


图 1-8 DZ47-63 低压断路器和智能式低压断路器的外形结构图

### 1.3.2 低压断路器的选择及图形符号

选择低压断路器时,应使其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等于或稍大于所控制电动机的额定电流或负载额定电流。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,低压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。

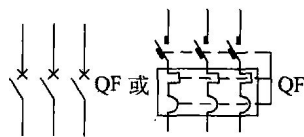
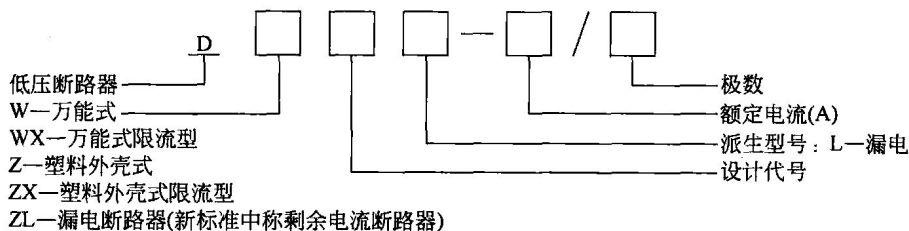


图 1-9 低压断路器的图形符号及文字符号

低压断路器的图形符号及文字符号如图 1-9 所示。

国产低压断路器的型号及含义如下所示:



## 1.4 接触器

### 1.4.1 接触器的结构及其电气符号

接触器主要由电磁机构、触点系统和灭弧装置 3 部分组成。接触器的结构及图形符号如图 1-10 所示。

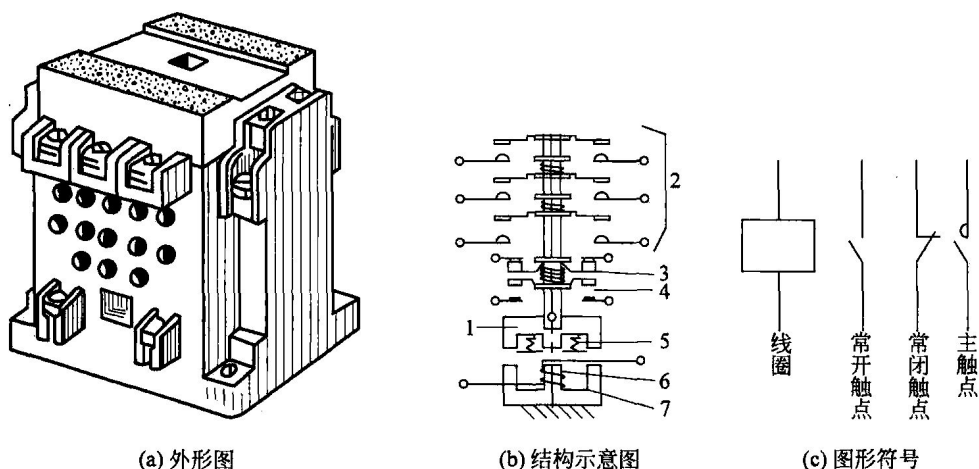


图 1-10 接触器的结构及图形符号

1—动铁心；2—主触点；3—辅助常开触点；4—辅助常闭触点；5—复位弹簧；6—线圈；7—静铁心

电磁机构、触点系统和灭弧装置的结构分别如图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示。

### 1.4.2 接触器的工作原理

触点系统由主触点和辅助触点组成。主触点串接在控制电路的主回路中控制电气设备通断；辅助触点容量较小，用来切换控制电路。每对触点均由动触点和静触点共同组成，动触点与电磁机构的衔铁相连，当接触器的电磁线圈得电时，衔铁带动动触点动作，使接触器的常开触点闭合，常闭触点断开。

触点的动、静触点断开时会形成电弧。电弧的存在既烧损触点金属表面，降低电器的寿命，又可能延长了电路的分断时间，引起火灾和其他事故，所以必须对切换较大电流的触点系统采取灭弧措施。接触器通常采用灭弧罩进行灭弧。

## 1.5 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化，接通或断开控制电路以实现自动控制的电器。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。

按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等。

按输出形式可分为有触点和无触点继电器。

按用途可分为控制用与保护用继电器等。

电磁式继电器是应用最多的一种继电器,其工作原理与电磁式接触器大致相同,主要由电磁机构和触点系统组成。与接触器相比,继电器用于切换小电流的控制电路和保护电路,触点的容量较小(一般在 5A 以下),不需要灭弧装置,不分主触点和辅助触点。

电磁式继电器按励磁线圈电流的种类可分为直流电磁式继电器和交流电磁式继电器;按反应参数可分为电压继电器和电流继电器;按触点数量和动作时间又可分为中间继电器和时间继电器等。

下面介绍电气控制常用的几种继电器。

### 1.5.1 中间继电器

中间继电器在电路中起扩大触点数量和容量的中间放大与转换作用。国产中间继电器有 JZ 系列和 DZ 系列等。JZ 系列适用于交流电压 500V(频率为 50Hz 或 60Hz)、直流电压 220V 以下的控制电路;DZ 系列主要用于各种继电保护线路中,用于增加保护继电器的触点数量和容量,但该系列的中间继电器的线圈只用在直流操作的继电保护回路中。中间继电器的外形结构和图形文字符号如图 1-11 所示。

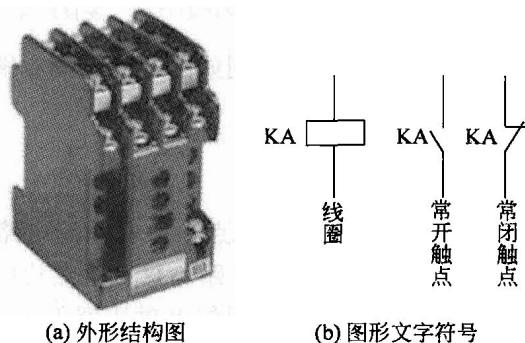


图 1-11 中间继电器的外形结构和图形文字符号图

### 1.5.2 时间继电器

时间继电器主要用于需要按时间顺序进行控制的电气控制系统中。当其检测部分(线圈)检测到有或无控制信号后,其触点延时一段时间闭合或断开。

时间继电器按动作原理可分为机械式时间继电器和电气电子式时间继电器。前者包括阻尼(空气阻尼、电磁阻尼等)式、水银式、钟表式和热双金属片式等;后者包括电动式、计数器式、热敏电阻式和阻容式(含电磁式、电子式)等。时间继电器按延时方式可分

为通电延时型和断电延时型两种。时间继电器图形及文字符号如图 1-12 所示。

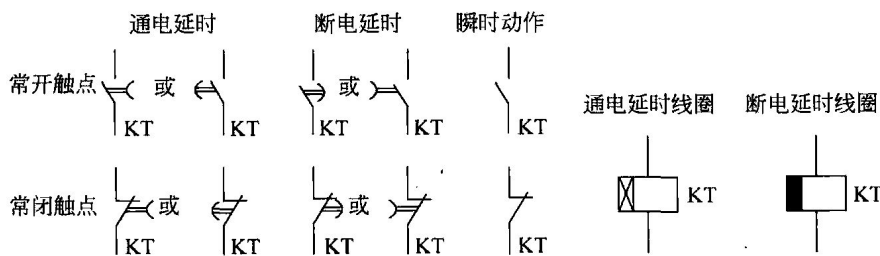
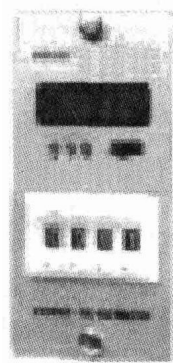


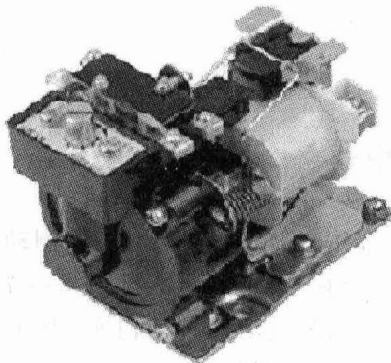
图 1-12 时间继电器图形及文字符号

图 1-12 中,“通电延时的常开触点”称作“延时闭合瞬时断开的常开触点”;“通电延时的常闭触点”称作“延时断开瞬时闭合的常闭触点”;“断电延时的常开触点”称作“瞬时闭合延时断开的常开触点”;“断电延时的常闭触点”称作“瞬时断开延时闭合的常闭触点”。

图 1-13 为时间继电器外形结构图。



(a) JSS26A 数显时间继电器



(b) 空气阻尼式时间继电器

图 1-13 时间继电器外形结构图

### 1.5.3 热继电器

热继电器是一种利用电流的热效应原理来工作的保护电器,专门用来对过载及电源断相进行保护,防止电动机因上述故障导致过热而损坏。

热继电器主要由加热元件、动作机构和复位机构 3 部分组成。图 1-14 为热继电器工作原理示意图。其工作原理为:主双金属片 1 与加热元件 3 串接在接触器控制的负载主回路中,当电动机过载时,主双金属片受热弯曲推动导板 4,并通过补偿双金属片 5 与推杆 7 将触点 11 和 12 分开,以切断电路保护电动机。调节旋钮 6 是一个偏心轮,改变它的半径可以改变补偿双金属片 5 和导板 4 的距离,从而达到调节整定动作电流值的目的。此外,调节复位螺钉 9 来改变动合静触点 10 的位置,可使热继电器工作在自动复位和手动复位两种状态。调成手动复位时,在排除故障后要按下按钮 8 才能使动触点 11 恢复