



高职高专规划教材

PLCPLCPLC

PLCPLCPLC

PLCPLCPLC

PLCPLCPLC

PLCPLCPLC

PLCPLCPLC

PLCPLC

# 电气控制 与PLC应用技术

主 编 王梦文

副主编 窦 岩 黄贵强

主 审 孔祥春

东北林业大学出版社

# 电气控制与 PLC 应用技术

主 编 王梦文  
副主编 窦 岩 黄贵强  
主 审 孔祥春

东北林业大学出版社

---

**图书在版编目 (CIP) 数据**

电气控制与 PLC 应用技术/王梦文主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2009. 7

ISBN 978-7-81131-497-7

I. 电… II. 王… 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 (2009) 第 116691 号

---

责任编辑: 卢 伟

封面设计: 吴桂发



NEFUP

21 世纪高职高专规划教材

**电气控制与 PLC 应用技术**

Dianqi Kongzhi Yu PLC Yingyong Jishu

主编 王梦文

副主编 窦岩 黄贵强

主审 孔祥春

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

鸡 西 日 报 社 印 刷 厂 印 装

开 本 787 × 1092 1/16 印 张 12.75 字 数 294 千 字

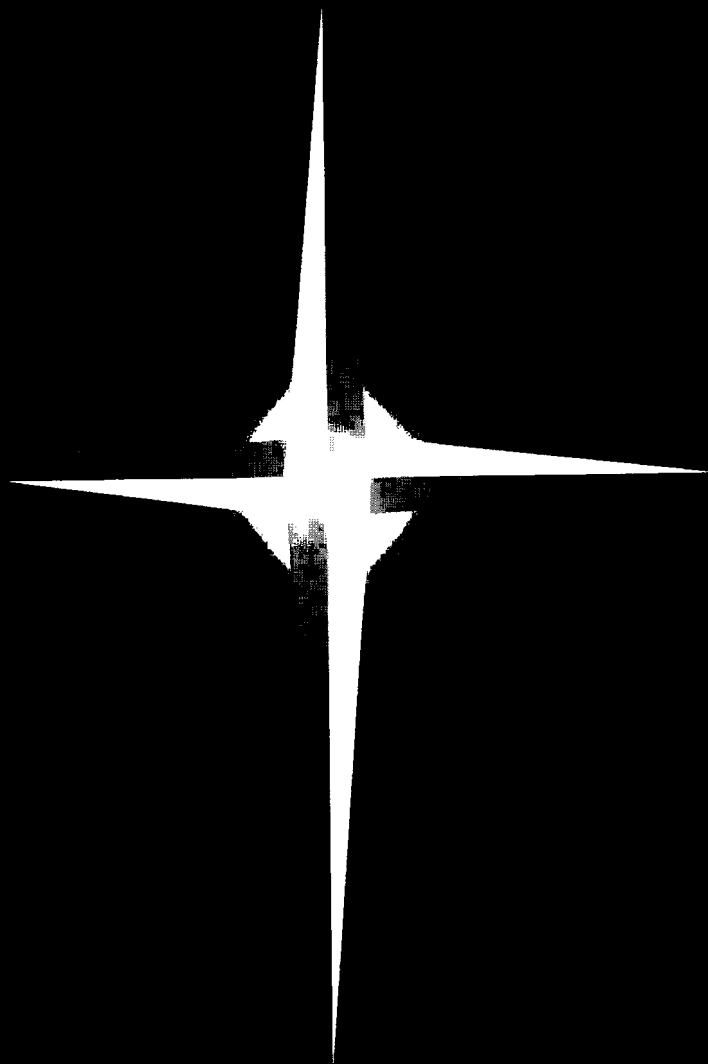
2009 年 7 月 第 1 版 2009 年 7 月 第 1 次 印 刷

印数 1—1 000

ISBN 978-7-81131-497-7

定价: 28.50 元

责任编辑 卢一伟  
封面设计 吴桂发



# 前 言

可编程控制器 (PLC) 自 20 世纪 70 年代初诞生以来, 经过 20 多年的发展, 其功能和性能已有了极大的提高。现在的 PLC 产品集数据处理、程序控制、参数调节和数据通信为一体, 可以满足工业生产进行监控和控制的绝大多数应用场合的需要。学习掌握 PLC 的工作原理及一定的应用技术, 对于大专院校自动控制、工业电气自动化、电子工程、数控技术及机电一体化等专业的学生和厂矿企业有关技术人员而言, 应用价值极高。

PLC 已被应用到工业生产的各个方面, 其技术推广普及受到高度重视。不仅工科院校各有关专业逐步开设 PLC 课程, 电大、函大及技师学院等有关专业也逐步增开此课程。目前大多数相关教材多注重理论分析, 大多强调知识结构的完整, 真正体现应用能力的教材还不是很多, 为此, 编者查阅了大量资料, 结合自身在教学及科研中积累的经验, 编写了这本书。

目前世界上的 PLC 生产商有数百家之多。虽然它们推出的机型各不相同, 编程语言和支持软件也不一定兼容, 但是对于具有类似功能的 PLC 而言, 它们的硬件构成原理和软件基本指令类型大同小异。本书在介绍 PLC 硬件结构原理和指令系统时, 主要以 OMRON 公司的 PLC 为例。读者在掌握了 PLC 基本原理和基本应用技能的基础上, 通过查阅相应的技术资料, 可以较快地掌握其他 PLC 的使用方法。

本书在编写过程中, 以培养高等职业技术应用型人才为目标, 以注重应用为基本出发点, 结合生产实际, 突出工学结合, 注重培养学生的实践应用能力, 力求突出高等职业特色。在内容安排上, 从应用入手, 做到概念准确, 条理清楚, 在具体实例的选择上, 力求典型、简明, 尽量多选择生产实例。

本书按教学时数 70 学时编写, 各院校可根据教学要求适当取舍。

本书由王梦文主编, 窦岩、黄贵强任副主编, 孔祥春教授主审。其中, 第 6 章、第 7 章、第 8 章由王梦文编写, 第 4 章、第 5 章由窦岩编写, 第 1 章、第 2 章由黄贵强编写, 第 3 章由杨超编写。

在本书编写过程中, 得到了欧特公司的大力协助, 在此对相关人员的的大力支持表示衷心的感谢。

限于编者水平, 书中错误及不当之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编者

2009 年 7 月

## 内容提要

可编程控制器以其可靠性高、能经受恶劣环境的考验、使用方便等优点，迅速占领工业自动控制领域。

本书介绍了可编程控制器的由来及发展、特点、性能指标，以欧姆龙公司的系列 PLC 产品为例，全面介绍可编程控制器的结构、基本工作原理、编程语言、指令系统、梯形图及编程软件的使用等；基本控制系统及其安装维护；可编程控制器的应用技术、程序设计技术。列举大量应用实例，突出工学结合。

本书可作为电气控制、机电一体化、机械制造及自动化、数控技术等高职院校专业教材，也可作为机电行业的工程技术人员、技术工人及有关方面研究人员的参考书。

# 目 录

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| <b>1 常用低压电器及其控制线路</b> .....      | (1)  |
| 1.1 常用电器元件及符号 .....              | (1)  |
| 1.1.1 电器的基本知识 .....              | (1)  |
| 1.1.2 开关电器 .....                 | (3)  |
| 1.1.3 熔断器 .....                  | (6)  |
| 1.1.4 控制按钮 .....                 | (8)  |
| 1.1.5 行程开关 .....                 | (9)  |
| 1.1.6 主令控制器 .....                | (10) |
| 1.1.7 接触器 .....                  | (10) |
| 1.1.8 继电器 .....                  | (13) |
| 1.2 几种典型的基本电气控制线路 .....          | (20) |
| 1.2.1 点动控制 .....                 | (21) |
| 1.2.2 连续运行控制 .....               | (21) |
| 1.2.3 点动和长动结合的控制 .....           | (23) |
| 1.2.4 正、反转互锁控制线路 .....           | (24) |
| 1.2.5 位置控制线路 .....               | (25) |
| 1.2.6 Y- $\Delta$ 减压起动控制线路 ..... | (26) |
| 思考与练习 .....                      | (27) |
| <b>2 可编程控制器概述</b> .....          | (28) |
| 2.1 PLC 的产生及发展 .....             | (28) |
| 2.1.1 PLC 的产生 .....              | (28) |
| 2.1.2 PLC 的发展 .....              | (29) |
| 2.2 可编程控制器的特点及应用 .....           | (29) |
| 2.2.1 可编程控制器的特点 .....            | (29) |
| 2.2.2 可编程控制器的应用 .....            | (30) |
| 2.3 可编程控制器的分类 .....              | (32) |
| 2.3.1 按硬件的结构类型分类 .....           | (32) |
| 2.3.2 按可应用规模及功能分类 .....          | (33) |
| 思考与练习 .....                      | (33) |
| <b>3 可编程控制器的结构及工作原理</b> .....    | (34) |
| 3.1 PLC 的基本构成 .....              | (34) |
| 3.1.1 可编程控制器的硬件系统 .....          | (34) |
| 3.1.2 可编程控制器的软件系统 .....          | (38) |

|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| 3.2 PLC 的工作方式及工作过程 .....                | (38)        |
| 3.2.1 扫描工作原理 .....                      | (38)        |
| 3.2.2 PLC 扫描工作过程 .....                  | (39)        |
| 3.2.3 PLC 执行程序的过程及特点 .....              | (40)        |
| 3.3 PLC 编程语言 .....                      | (41)        |
| 3.3.1 梯形图语言 .....                       | (41)        |
| 3.3.2 语句表语言 .....                       | (44)        |
| 3.3.3 逻辑图语言 .....                       | (44)        |
| 3.3.4 功能表语言 .....                       | (44)        |
| 3.3.5 高级语言 .....                        | (44)        |
| 3.4 PLC 的主要性能指标 .....                   | (44)        |
| 3.4.1 PLC 的性能指标 .....                   | (44)        |
| 3.4.2 PLC 的发展趋势 .....                   | (45)        |
| 思考与练习 .....                             | (46)        |
| <b>4 CPM2A/CPM1A 系列 PLC 的构成 .....</b>   | <b>(47)</b> |
| 4.1 CPM2A/CPM1A 系列 PLC 的基本组成及主机类型 ..... | (47)        |
| 4.1.1 CPM2A 的 CPU 单元 .....              | (47)        |
| 4.1.2 CPM2A 的 I/O 扩展单元 .....            | (50)        |
| 4.1.3 系统配置 .....                        | (51)        |
| 4.1.4 CPM2A 系列 PLC 的编程工具 .....          | (51)        |
| 4.2 CPM2A/CPM1A 系列的继电器及数据区 .....        | (51)        |
| 4.2.1 数据存储区域结构 .....                    | (51)        |
| 4.2.2 内部继电器区 .....                      | (52)        |
| 4.2.3 特殊继电器区 .....                      | (52)        |
| 4.2.4 暂存继电器区 .....                      | (53)        |
| 4.2.5 保持继电器区 .....                      | (53)        |
| 4.2.6 辅助记忆继电器区 .....                    | (53)        |
| 4.2.7 链接继电器区 .....                      | (53)        |
| 4.2.8 定时器/计数器区 .....                    | (53)        |
| 4.2.9 数据存储区 .....                       | (53)        |
| 4.3 CPM2A 系列 PLC 功能简介 .....             | (60)        |
| 4.3.1 输入时间常数设定功能 .....                  | (60)        |
| 4.3.2 模拟量设定功能 .....                     | (61)        |
| 4.3.3 快速响应输入功能 .....                    | (61)        |
| 4.3.4 外部中断输入功能 .....                    | (61)        |
| 4.3.5 间隔定时器中断功能 .....                   | (62)        |
| 4.3.6 高速计数器功能 .....                     | (62)        |
| 4.3.7 脉冲输出功能(只用晶体管输出) .....             | (62)        |
| 4.3.8 同步脉冲控制功能(只用晶体管输出) .....           | (62)        |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 思考与练习 .....                       | (63)         |
| <b>5 CPM2A/CPM1A 的指令系统 .....</b>  | <b>(64)</b>  |
| 5.1 概述 .....                      | (64)         |
| 5.1.1 指令格式(语句表指令) .....           | (64)         |
| 5.1.2 指令执行结果对标志位的影响 .....         | (64)         |
| 5.1.3 指令的微分、非微分形式 .....           | (64)         |
| 5.2 基本指令 .....                    | (64)         |
| 5.2.1 基本逻辑指令 .....                | (64)         |
| 5.2.2 常用基本指令 .....                | (68)         |
| 5.2.3 编程规则和编程方法 .....             | (77)         |
| 5.3 功能指令 .....                    | (79)         |
| 5.3.1 传送指令 .....                  | (79)         |
| 5.3.2 数据比较指令 .....                | (87)         |
| 5.3.3 移位指令 .....                  | (91)         |
| 5.3.4 数据转换指令 .....                | (99)         |
| 5.3.5 数据运算指令 .....                | (107)        |
| 5.3.6 逻辑运算指令 .....                | (116)        |
| 5.3.7 子程序控制指令 .....               | (118)        |
| 5.3.8 中断控制指令 .....                | (120)        |
| 5.3.9 步进控制指令 .....                | (122)        |
| 思考与练习 .....                       | (123)        |
| <b>6 PLC 控制系统设计 .....</b>         | <b>(127)</b> |
| 6.1 基本步骤 .....                    | (127)        |
| 6.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则 .....       | (127)        |
| 6.1.2 PLC 控制系统设计与调试的步骤 .....      | (127)        |
| 6.2 PLC 机型选择和使用 .....             | (129)        |
| 6.2.1 PLC 机型的选择 .....             | (129)        |
| 6.2.2 减少 PLC 硬件投资的措施 .....        | (130)        |
| 6.2.3 PLC 与 I/O 设备的连接 .....       | (132)        |
| 6.2.4 提高 PLC 控制系统可靠性的措施 .....     | (134)        |
| 6.3 梯形图程序设计方法 .....               | (137)        |
| 6.3.1 逻辑设计法 .....                 | (137)        |
| 6.3.2 时序图设计法 .....                | (141)        |
| 6.3.3 经验设计法 .....                 | (144)        |
| 6.3.4 顺序控制设计法 .....               | (146)        |
| 6.3.5 继电器控制电路图转换设计法 .....         | (153)        |
| 思考与练习 .....                       | (154)        |
| <b>7 CX-Programmer 编程软件 .....</b> | <b>(156)</b> |
| 7.1 CX- Programmer 软件的编程操作 .....  | (156)        |

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| 7.1.1 安装 CX-P 编程软件 .....               | (156)        |
| 7.1.2 CX-P 编程软件的主要功能 .....             | (158)        |
| 7.2 CX-P 编程软件的使用 .....                 | (160)        |
| 7.2.1 启动 CX-P 编程软件 .....               | (160)        |
| 7.2.2 建立新工程文件 .....                    | (161)        |
| 7.2.3 绘制梯形图 .....                      | (165)        |
| 7.2.4 程序的检查和编译 .....                   | (170)        |
| 7.2.5 下载程序 .....                       | (171)        |
| 7.2.6 程序的调试及监控 .....                   | (171)        |
| <b>8 可编程控制器应用实例 .....</b>              | <b>(173)</b> |
| 8.1 基本逻辑指令应用实例 .....                   | (173)        |
| 8.1.1 按钮单向运行、停止控制线路(A) .....           | (173)        |
| 8.1.2 按钮单向运行、停止控制线路(B) .....           | (174)        |
| 8.1.3 电动机正转、停止、反转控制电路 .....            | (175)        |
| 8.1.4 电动机点动、连续运行控制 .....               | (176)        |
| 8.1.5 三地启动、停止控制 .....                  | (177)        |
| 8.1.6 电动机正反转连锁控制 .....                 | (178)        |
| 8.2 定时器和计数器指令的应用实例 .....               | (179)        |
| 8.2.1 电动机定时运行控制 .....                  | (179)        |
| 8.2.2 两台电动机交替控制 .....                  | (179)        |
| 8.2.3 三台电动机顺序运行控制 .....                | (181)        |
| 8.2.4 电动机正反转时间控制 .....                 | (182)        |
| 8.2.5 三相异步电动机 Y— $\Delta$ 降压启动控制 ..... | (184)        |
| 8.3 交通道口红绿灯的自动控制实例 .....               | (186)        |
| 8.3.1 对控制提出的要求 .....                   | (186)        |
| 8.3.2 I/O 分配及 PLC 机型选择 .....           | (187)        |
| 8.3.3 梯形图程序编制 .....                    | (187)        |
| 8.3.4 程序解释 .....                       | (187)        |
| 8.4 汽车自动清洗机实例 .....                    | (190)        |
| 8.4.1 对控制提出的要求 .....                   | (190)        |
| 8.4.2 I/O 分配及 PLC 机型选择 .....           | (191)        |
| 8.4.3 梯形图程序编制 .....                    | (191)        |
| 8.4.4 程序说明 .....                       | (191)        |
| 8.5 煤矿提升自动控制系统实例 .....                 | (192)        |
| 8.5.1 对控制提出的要求 .....                   | (193)        |
| 8.5.2 I/O 分配及 PLC 机型选择 .....           | (193)        |
| 8.5.3 梯形图程序编制 .....                    | (193)        |
| 8.5.4 程序说明 .....                       | (193)        |
| 参考文献 .....                             | (195)        |

# 1 常用低压电器及其控制线路

本章主要介绍电气控制领域中常用低压电器及其工作原理、用途及符号，电器控制线路的基本环节，并通过对典型电器控制系统的分析，学会正确选择和合理使用常用电器、学会分析电气控制线路的基本方法，为后续章节的学习打下基础。

## 1.1 常用电器元件及符号

### 1.1.1 电器的基本知识

#### 1.1.1.1 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。完成由控制电器组成的自动控制系统，称为继电器—接触器控制系统，简称电器控制系统。电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异。下面是几种常用的电器分类：

#### 1) 按工作电压等级分类

(1) 高压电器 用于交流电压 1200V、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。

(2) 低压电器 用于交流 50Hz(或 60Hz)，额定电压为 1200V 以下；直流额定电压 1500V 及以下的电路中的电器。例如接触器、继电器等。

#### 2) 按动作原理分类

(1) 手动电器 用手或依靠机械力进行操作的电器，如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

(2) 自动电器 借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器，如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

#### 3) 按用途分类

(1) 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。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发送动作指令的电器，例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(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、各种保护继电器、避雷器等。

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

(5) 配电电器 用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

#### 4) 按工作原理分类

(1) 电磁式电器 依据电磁感应原理来工作，如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

电磁式电器在电气控制线路中使用量最大，就其结构而言，大都由两个主要部分组成，即：感测部分——电磁机构和执行部分——触头系统。

电磁机构主要作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触头动作，从而完成接通或分段电路。

电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等几部分组成。

吸引线圈作用是将电能转换成磁场能量。

电器的触头系统是电器的执行部分，起接通和分段电路的作用。

(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，如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

### 1.1.1.2 电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变其电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有：

(1) 控制作用 如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用 能根据设备的特点，对设备、环境，以及人身实行自动保护，如电机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用 利用仪表及与之相适应的电器，对设备，电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用 低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用 利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6) 转换作用 在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换，供电的市电与自备电源的切换等。

当然，低压电器作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会不断出现，常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的低压电器的主要种类及用途

| 序 号 | 类 别  | 主 要 品 种  | 用 途                                       |
|-----|------|----------|-------------------------------------------|
| 1   | 断路器  | 塑料外壳式断路器 | 主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开的电路 |
|     |      | 框架式断路器   |                                           |
|     |      | 限流式断路器   |                                           |
|     |      | 漏电保护式断路器 |                                           |
|     |      | 直流快速断路器  |                                           |
| 2   | 刀开关  | 开关板用刀开关  | 主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷                        |
|     |      | 负荷开关     |                                           |
|     |      | 熔断器式刀开关  |                                           |
| 3   | 转换开关 | 组合开关     | 主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换                   |
|     |      | 换向开关     |                                           |

续表 1-1

| 序 号 | 类 别  | 主 要 品 种   | 用 途                            |
|-----|------|-----------|--------------------------------|
| 4   | 主令电器 | 按钮        | 主要用于发布命令或程序控制                  |
|     |      | 限位开关      |                                |
|     |      | 微动开关      |                                |
|     |      | 接近开关      |                                |
|     |      | 万能转换开关    |                                |
| 5   | 接触器  | 交流接触器     | 主要用于远距离频繁控制负荷，切断带负荷电路          |
|     |      | 直流接触器     |                                |
| 6   | 启动器  | 磁力启动器     | 主要用于电动机的启动                     |
|     |      | 星三启动器     |                                |
|     |      | 自耦减压启动器   |                                |
| 7   | 控制器  | 凸轮控制器     | 主要用于控制回路的切换                    |
|     |      | 平面控制器     |                                |
| 8   | 继电器  | 电流继电器     | 主要用于控制电路中，将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号 |
|     |      | 电压继电器     |                                |
|     |      | 时间继电器     |                                |
|     |      | 中间继电器     |                                |
|     |      | 温度继电器     |                                |
|     |      | 热继电器      |                                |
| 9   | 熔断器  | 有填料熔断器    | 主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护          |
|     |      | 无填料熔断器    |                                |
|     |      | 半封闭插入式熔断器 |                                |
|     |      | 快速熔断器     |                                |
|     |      | 自复熔断器     |                                |
| 10  | 电磁铁  | 制动电磁铁     | 主要用于起重、牵引、制动等地方                |
|     |      | 起重电磁铁     |                                |
|     |      | 牵引电磁铁     |                                |

对低压配电电器要求是灭弧能力强、分断能力好，热稳定性能好、限流准确等。对低压控制电器，则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

### 1.1.2 开关电器

#### 1.1.2.1 刀开关

刀开关又称闸刀开关，由操作手柄、刀片、触头座和底板组成。刀开关外形如图 1-1 所示。

刀开关在低压电路中，作为不频繁接通和分段电路用，或用来将电路与电源隔离。

刀开关安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，接通时，应将电源线接在上端，负载接在下端。

刀开关的主要类型有：大电流刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关。

刀开关的图形及文字符号如图 1-2 所示。

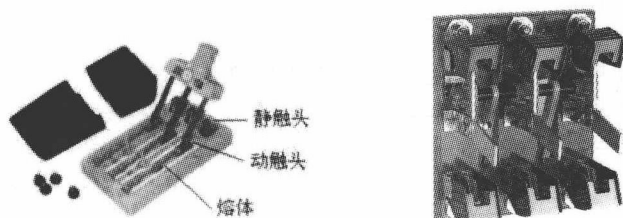


图 1-1 刀开关外形

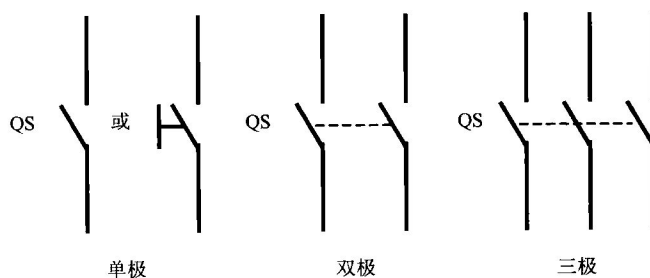


图 1-2 刀开关的图形及文字符号

#### 1.1.2.2 转换开关

转换开关主要用于电源引入开关。其外形如图 1-3 所示。

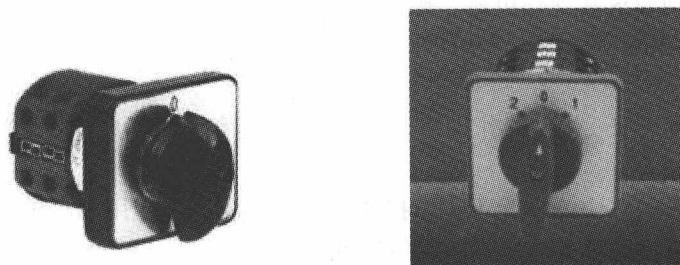


图 1-3 转换开关外形

转换开关的图形及文字符号如图 1-4 所示。

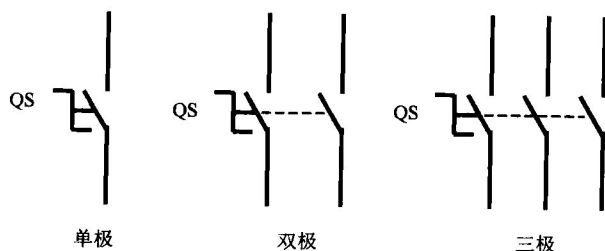


图 1-4 转换开关的图形及文字符号

### 1.1.2.3 自动开关

自动开关又称自动空气断路器，当电路发生严重过载、短路以及失压等故障时，能自动切断电路，有效地保护串接在它后面的电气设备。自动开关外形如图 1-5 所示。

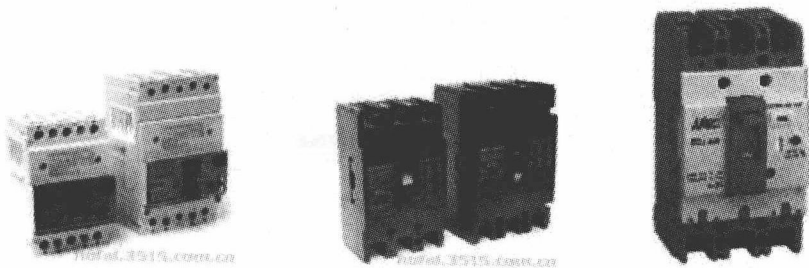


图 1-5 自动开关外形

自动开关的图形及文字符号如图 1-6 所示。

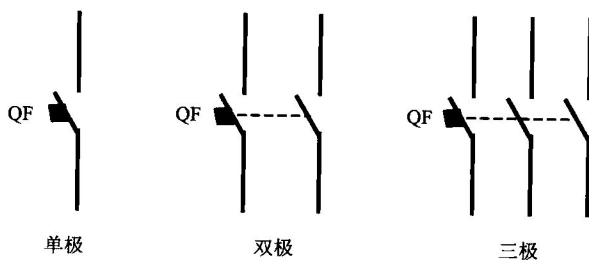


图 1-6 自动开关的图形及文字符号

塑料外壳式低压断路器又称装置式低压断路器或塑壳式低压断路器，一般用作配电线路的保护开关、电动机及照明线路的控制开关等。它主要由触头系统、灭弧装置、自动与手动操作机构、外壳、脱扣器等部分组成。根据功能的不同，低压断路器所装脱

扣器主要有电磁脱扣器（用于短路保护）、热脱扣器（用于过载保护）、失压脱扣器、过流脱扣器以及由电磁和热脱扣器组合的复式脱扣器等。脱扣器是低压断路器的重要组成部分，可人为整定其动作电流。

塑壳式低压断路器工作原理如图 1-7 所示。其中，触头 2 合闸时，与转轴相连的锁扣扣住跳扣 4，使弹簧 1 受力而处于储能状态。正常工作时，热脱扣器的发热元件 10 温升不高，不会使双金属片弯曲到顶动 6 的程度；电磁脱扣器 13 的线圈磁力不大，不能吸住 12 去拨动 6，开关处于正常供电状态。如果主电路发生过载或短路，电流超过热脱扣器或电磁脱扣器动作电流时，双金属片 11 或衔铁 12 将拨动连杆 6，使跳扣 4 被顶离锁扣 3，弹簧 1 的拉力使触头 2 分离切断主电路。当电压失压和低于动作值时，线圈 9 的磁力减弱，衔铁 8 受弹簧 7 拉力向上移动，顶起 6 使跳扣 4 与锁扣 3 分开切断回路，起到失压保护作用。

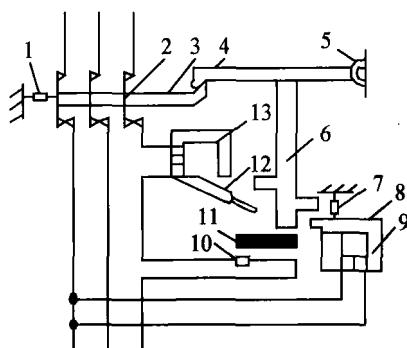


图 1-7 DZ 型塑壳式低压断路器工作原理图

1, 7—弹簧；2—触头；3—锁扣；4—跳扣；5—转轴；6—连杆；

8, 12—衔铁；9—线圈；10—发热元件；11—双金属片；13—电磁脱扣器

### 1.1.3 熔断器

熔断器是一种广泛应用的简单而有效的保护电器。在使用中，熔断器中的熔体（也称为保险丝）串联在被保护的电路中，当该电路发生过载或短路故障时，如果通过熔体的电流达到或超过了某一定值，则在熔体上产生的热量便会使其温度升高到熔体的熔点，导致熔体自行熔断，分断电路而达到保护的目的。熔断器外形如图 1-8 所示。

#### 1.1.3.1 熔断器的结构及工作原理

熔断器主要由熔体（俗称保险丝）和安装熔体的熔管两部分组成。使用时，熔体串接于被保护的电路中，当电路发生短路故障时，熔体被瞬时熔断而分断电路，起到保护作用。

#### 1.1.3.2 熔断器的类型

- (1) 瓷插式熔断器；
- (2) 螺旋式熔断器；
- (3) 封闭式熔断器。

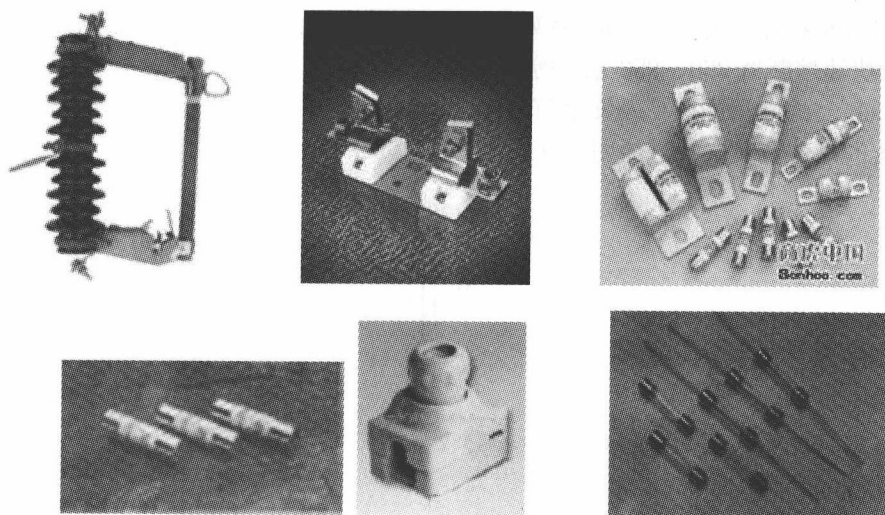


图 1-8 熔断器外形

### 1.1.3.3 熔断器的选择

熔断器的选择主要依据负载的保护特性和短路电流的大小选择熔断器的类型。对于容量小的电动机和照明支线，常采用熔断器作为过载及短路保护，因而希望熔体的熔化系数适当小些。通常选用铅锡合金熔体的 RQA 系列熔断器。对于较大容量的电动机和照明干线，则应着重考虑短路保护和分断能力。通常选用具有较高分断能力的 RM10 和 RL1 系列的熔断器；当短路电流很大时，宜采用具有限流作用的 RT0 和 RT12 系列的熔断器。

熔体的额定电流可按以下方法选择：

(1) 保护无启动过程的平稳负载如照明线路、电阻、电炉等时，熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。

(2) 保护单台长期工作的电机熔体电流可按最大启动电流选取，也可按下式选取：

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

式中： $I_{RN}$  为熔体额定电流； $I_N$  为电动机额定电流。如果电动机频繁启动，式中系数可适当加大至 3 ~ 3.5，具体应根据实际情况而定。

(3) 保护多台长期工作的电机（供电干线）：

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5)I_{N\max} + \sum I_N$$

式中： $I_{N\max}$  为容量最大单台电机的额定电流； $\sum I_N$  为其余电动机额定电流之和。

(4) 为防止发生越级熔断、扩大事故范围，上、下级（即供电干、支线）线路的熔断器间应有良好配合。选用时，应使上级（供电干线）熔断器的熔体额定电流比下级