

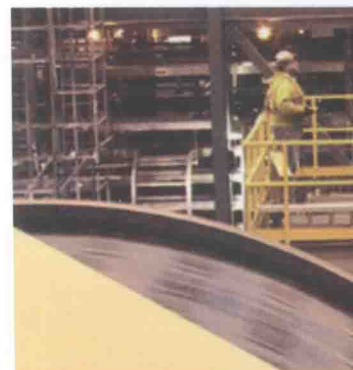
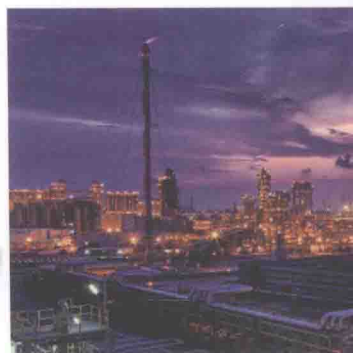
**Rockwell  
Automation**

罗克韦尔自动化技术丛书

# PLC原理与应用

## ——罗克韦尔Micro800系列

于金鹏 张良 何文雪 等编著



罗克韦尔自动化技术丛书

# PLC 原理与应用—— 罗克韦尔 Micro800 系列

于金鹏 张 良 何文雪 等编著



机械工业出版社

本书内容全面,涵盖了罗克韦尔 Micro800 系列全部产品及相关技术:软件安装技术、产品选型技术、编程技术、可靠性技术和应用技术等。为罗克韦尔 Micro800 系列产品设计提供了先进的设计理念和设计方法。本书注重理论与实用的结合,给出了罗克韦尔 Micro800 系列产品很多实际工程案例和在具体应用(如电梯的设计、交通灯、流水灯、温度控制器和步进电动机控制等)中得到的罗克韦尔 Micro800 系列现场应用经验。

本书的很多数据是基于实验室和现场应用的实测结果。在电气控制篇中对罗克韦尔低压产品做了详细的介绍,包括罗克韦尔的熔断器、开关电器、主令电器、接触器和继电器等。在 PLC 基础篇中对 Micro800 系列控制器做了详细的介绍,表述言简意赅、通俗易懂。通过了解控制器的硬件,理解产品的优势;通过学习编程示例和指令,使读者和用户能够熟练地掌握并迅速运用该系列控制器。在实例应用篇中通过具体项目详细介绍了速度控制系统、位置控制系统和温度控制系统的设计,使读者能够更加灵活地使用 Micro800 系列控制器。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及自动化、机电一体化及相关专业的教材,可供高职高专相应专业选用,也可作为电气工程技术人员培训及自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

PLC 原理与应用:罗克韦尔 Micro800 系列/于金鹏  
等编著. —北京:机械工业出版社,2016.8  
(罗克韦尔自动化技术丛书)  
ISBN 978-7-111-54864-5

I. ①P… II. ①于… III. ①PLC 技术 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 222682 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
策划编辑:林春泉 责任编辑:林春泉  
封面设计:鞠 杨 责任校对:李锦莉  
责任印制:常天培  
北京京丰印刷厂印刷  
2016 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷  
184mm×260mm·23 印张·558 千字  
0 001—3 000 册  
标准书号:ISBN 978-7-111-54864-5  
定价:69.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

# 前 言

罗克韦尔自动化公司在小型 PLC 创新方面层出不穷，不断有新产品上市。罗克韦尔自动化公司推出了新一代小型 PLC Micro800 系列控制器，该控制器体积小、功能强、配置灵活、兼容性强、性价比高，非常适合于高校开展教学实训，更为 OEM 设备制造商提供了高性价比的控制应用方案。

本书分为电气控制篇、PLC 基础篇、实例应用篇，三篇共 13 章。其中第 1 章系统地介绍了常用低压电器的基本结构和工作原理；第 2 章介绍了典型电器控制电路的分析方法和简单设计，它们是 PLC 和其他电气控制技术的基础；第 3 章概述了 PLC 的特点、性能指标；第 4 章介绍了 PLC 的指令，包括基本指令和功能指令；第 5 章介绍了 PLC 的程序设计方法；第 6 章介绍了 CCW 软件的安装使用以及流水灯的实例程序设计；第 7 章和第 8 章介绍了交通灯实例，自定义功能块的应用，功能模块图表和结构化文本编程；第 9 章介绍了 Micro830 与变频器的应用；第 10 章介绍了基于 Micro830、触摸屏的电梯控制实例；第 11 章介绍了罗克韦尔温度控制器及其应用；第 12 章介绍了步进电动机建设和温度双系统的独立控制系统；第 13 章介绍了 Micro850 与 Kinetix 3 伺服控制系统的设计步骤及示例。

本书的目的是立足于提高从事自动化专业的工程技术人员和自动化专业的学生对罗克韦尔自动化公司 Micro800 系列控制器产品的综合运用能力，教会读者如何将 Micro800 系列控制器的功能特点融入工艺中，本书的读者对象是产品技术支持人员、项目开发调试人员、现场设备维护人员，同时也适合作为大中专生、本科生、研究生的在校学习及培训教材。

本书由于金鹏、张良、何文雪编写。何文雪编写了第 2 章，张良编写了第 3 章，其余各章均由于金鹏编写，李琪炜和吴贺荣参与了部分内容的编写。全书由于金鹏统稿。

本书在编写过程中得到罗克韦尔自动化公司的大力支持，感谢罗克韦尔（中国）有限公司各位同仁提供的大量资料和提出的宝贵建议，在此一并表示感谢。

因作者水平有限，书中难免有错误及疏忽之处，恳请读者批评指正。

作 者  
2016 年 9 月

# 目 录

## 前言

## 第一篇 电气控制篇 ..... 1

### 第 1 章 常用低压电器 ..... 1

#### 1.1 概述 ..... 1

##### 1.1.1 电器的分类 ..... 1

##### 1.1.2 电磁式低压电器的基本结构 和工作原理 ..... 2

#### 1.2 熔断器 ..... 3

##### 1.2.1 熔断器的基本结构 ..... 4

##### 1.2.2 熔断器的技术参数 ..... 4

##### 1.2.3 熔体的材料与形状 ..... 5

##### 1.2.4 熔断器的选择 ..... 5

#### 1.3 开关电器 ..... 6

##### 1.3.1 刀开关 ..... 6

##### 1.3.2 组合开关 ..... 8

##### 1.3.3 断路器 ..... 9

##### 1.3.4 漏电保护断路器 ..... 12

##### 1.3.5 MCS 断路器 ..... 12

#### 1.4 主令电器 ..... 13

##### 1.4.1 按钮 ..... 13

##### 1.4.2 万能转换开关 ..... 15

##### 1.4.3 主令控制器与凸轮控制器 ..... 16

##### 1.4.4 行程开关 ..... 18

##### 1.4.5 接近开关 ..... 18

#### 1.5 接触器 ..... 22

##### 1.5.1 接触器的基本结构与工作 原理 ..... 22

##### 1.5.2 接触器的技术参数 ..... 23

##### 1.5.3 MCS 系列接触器概述 ..... 23

##### 1.5.4 接触器的选择 ..... 24

#### 1.6 继电器 ..... 26

##### 1.6.1 普通电磁式继电器 ..... 29

##### 1.6.2 热继电器 ..... 29

##### 1.6.3 时间继电器 ..... 30

##### 1.6.4 速度继电器 ..... 31

##### 1.6.5 电压继电器 ..... 32

##### 1.6.6 电流继电器 ..... 33

##### 1.6.7 固态继电器 ..... 33

##### 1.6.8 E3 和 E3 PLUS 电子过载继 电器 ..... 33

##### 1.6.9 MCS 过载保护继电器 ..... 35

#### 1.7 习题 ..... 35

## 第 2 章 电气控制电路基础 ..... 36

### 2.1 电气控制系统图的分类及有关 标准 ..... 36

#### 2.1.1 电气控制系统图的分类 ..... 36

#### 2.1.2 电气原理图的绘制原则 ..... 36

### 2.2 三相笼型异步电动机的基本控制 ..... 38

#### 2.2.1 全压起动控制电路 ..... 38

#### 2.2.2 正反转控制电路 ..... 39

#### 2.2.3 点动控制电路 ..... 40

#### 2.2.4 多点控制电路 ..... 40

#### 2.2.5 顺序控制电路 ..... 41

#### 2.2.6 自动循环控制电路 ..... 41

### 2.3 三相笼型异步电动机的减压起动 控制 ..... 42

#### 2.3.1 定子串电阻减压起动 ..... 42

#### 2.3.2 星三角减压起动 ..... 43

### 2.4 三相异步电动机的制动控制 ..... 45

#### 2.4.1 反接制动 ..... 45

#### 2.4.2 能耗制动 ..... 45

### 2.5 三相笼型异步电动机的调速 ..... 47

### 2.6 典型控制电路分析 ..... 48

### 2.7 电气控制电路的简单设计 ..... 49

#### 2.7.1 电气控制系统设计的一般 原则 ..... 49

#### 2.7.2 电气控制系统设计的基本 任务 ..... 49

#### 2.7.3 电气控制系统设计的一般 步骤 ..... 50

#### 2.7.4 电气控制原理电路设计举例 ..... 51

#### 2.8 习题 ..... 52

## 第二篇 PLC 基础篇 ..... 53

### 第 3 章 可编程序控制器基础

知识 .....	53	4.3.2 Division .....	97
3.1 PLC 的特点及功能介绍 .....	53	4.3.3 Addition .....	98
3.1.1 PLC 的基本概念 .....	53	4.3.4 MOV .....	98
3.1.2 PLC 的特点 .....	53	4.4 数据转换指令 .....	99
3.2 PLC 的基本结构及原理 .....	54	4.4.1 MOV .....	99
3.2.1 PLC 的基本结构 .....	54	4.4.2 ANY_TO_DINT .....	100
3.2.2 PLC 的基本原理 .....	56	4.5 计数器指令 .....	101
3.3 PLC 的编程方法和编程语言 .....	59	4.5.1 CTU .....	101
3.3.1 编程方法的介绍 .....	59	4.5.2 CTUD .....	102
3.3.2 编程语言的介绍 .....	59	4.6 时间数据类型 .....	103
3.4 Micro800 小型 PLC 的介绍 .....	63	4.6.1 TOF .....	104
3.4.1 Micro800 系列 PLC 的概述 .....	63	4.6.2 TON .....	105
3.4.2 Micro830 的概述 .....	65	4.7 高速计数器指令 .....	107
3.4.3 Micro830 控制器及其功能性 插件模块 .....	67	4.7.1 HSC .....	107
3.5 Micro850 PLC 的介绍 .....	75	4.8 高速计数器指令 .....	112
3.5.1 Micro850 PLC 的概述 .....	75	4.8.1 IPIDCONTROLLER .....	112
3.5.2 Micro850 控制器及其功能性 插件模块 .....	77	4.8.2 GAIN_PID 数据类型 .....	114
3.5.3 Micro850 高速计数器和可编 程限位开关 .....	80	4.8.3 AT_Param 数据类型 .....	115
3.5.4 Micro850 控制器扩展式模块 .....	82	4.9 运动控制指令 .....	117
<b>第 4 章 Micro800 控制器的指令</b>		4.9.1 MC_Halt .....	117
<b>系统</b> .....	88	4.9.2 MC_Power .....	120
4.1 梯形图的基本工具 .....	88	4.9.3 MC_olute .....	123
4.1.1 直接线圈 .....	88	4.9.4 MC_MoveRelative .....	127
4.1.2 反向线圈 .....	88	4.9.5 MC_Power .....	130
4.1.3 设置线圈 .....	89	4.9.6 MC_ReadParameter .....	133
4.1.4 重设线圈 .....	89	4.9.7 MC_Reset .....	136
4.1.5 脉冲上升沿的线圈 .....	90	4.9.8 MC_Stop .....	138
4.1.6 脉冲下降沿的线圈 .....	90	4.9.9 MC_TouchProbe .....	142
4.1.7 直接接触 .....	90	4.10 MSGODBUS 通信指令 .....	146
4.1.8 反向接触 .....	91	4.10.1 MSG_MODBUS .....	146
4.1.9 脉冲上升沿接触 .....	91	4.10.2 配置 Modbus 通信以读取和 写入驱动器 .....	147
4.1.10 脉冲下降沿接触 .....	91	4.11 习题 .....	151
4.2 比较指令 .....	92	<b>第三篇 实例应用篇</b> .....	152
4.2.1 Less Than or Equal .....	93	<b>第 5 章 Micro800 程序设计</b> .....	152
4.2.2 Not equal .....	93	5.1 经验设计法 .....	152
4.2.3 Less Than .....	94	5.1.1 常用典型梯形图电路 .....	152
4.2.4 等于 .....	94	5.1.2 PLC 程序设计原则 .....	154
4.3 算术指令 .....	96	5.2 顺序功能图 .....	154
4.3.1 Multiplication .....	96	5.2.1 顺序控制 .....	154
		5.2.2 顺序功能图 .....	155
		5.2.3 顺序控制的设计思想 .....	158
		5.2.4 顺序功能图的基本结构 .....	159

5.2.5 绘制顺序功能图的基本规则 .....	159	及编程 .....	246
5.2.6 绘制顺序功能图的注意事项 .....	160	9.6 简单示例——电动机的运行、 控制 .....	252
5.3 顺序控制设计法 .....	160	9.7 习题 .....	255
5.3.1 使用启停电路 .....	160	<b>第 10 章 基于 Micro830、触摸屏的 电梯控制</b> .....	256
5.3.2 使用置位复位指令 .....	164	10.1 PanelView 相应属性设置和配置 .....	258
5.4 习题 .....	165	10.1.1 PVC 设备相关属性 .....	258
<b>第 6 章 软件安装及调试</b> .....	166	10.1.2 PVC 设备通信相关设置 .....	258
6.1 软件安装 .....	166	10.1.3 PVC 设备通信建立 .....	259
6.1.1 系统环境配置 .....	166	10.2 PanelView 程序建立 .....	260
6.1.2 软件安装 .....	166	10.3 向 PVC 终端下载编写好的应用 程序 .....	268
6.2 软件调试 .....	172	10.3.1 Micro830 与 PVC 的布线 .....	270
6.3 流水灯实例 .....	183	10.4 电梯的设计 .....	272
6.4 Flash 刷新 Micro830 硬件组件 .....	193	10.4.1 电梯模型使用说明书 .....	272
6.5 习题 .....	197	10.4.2 动作方式与控制原理 .....	273
<b>第 7 章 交通灯实例与自定义功能 块的应用</b> .....	198	10.4.3 使用与维护 .....	275
7.1 工程实例介绍 .....	198	10.4.4 三层电梯设计 .....	276
7.2 工程实例创建 .....	198	10.5 习题 .....	278
7.2.1 创建新的 CCW (一体化编程 组态软件) 工程 .....	198	<b>第 11 章 温度控制器</b> .....	279
7.2.2 给控制器配置插件模块 .....	199	11.1 900-TC 介绍及配置 .....	279
7.2.3 创建用户自定义功能模块 .....	201	11.2 通过 Modbus 通信, 对 900-TC 进 行配置和编程 .....	280
7.2.4 创建一个新的梯形图程序 .....	208	11.2.1 配置 Micro830 控制器上的嵌 入式串行端口 (方法一) .....	280
7.2.5 下载程序和调试错误 .....	208	11.2.2 配置 Micro830 控制器上的嵌 入式串行端口 (方法二) .....	284
7.3 习题 .....	217	11.3 连接控制器和温度控制器进行 测试 .....	285
<b>第 8 章 交通灯扩展——功能模块 图表和结构化文本编程</b> .....	218	11.4 习题 .....	287
8.1 导入导出用户自定义模块 .....	218	<b>第 12 章 关于对步进电动机和温度 双系统独立控制的介绍</b> .....	288
8.2 功能模块图表编程 (PID 指令的 使用) .....	221	12.1 总述 .....	288
8.3 结构化文本编程 (PID 指令的 使用) .....	228	12.1.1 实验内容 .....	288
8.4 习题 .....	233	12.1.2 实验箱简介 .....	288
<b>第 9 章 Micro830 与变频器应用</b> .....	234	12.2 硬件介绍 .....	289
9.1 硬件设备及协议简介 .....	234	12.2.1 系统总体接线 .....	289
9.1.1 PowerFlex 4M .....	234	12.2.2 加热板部分设计 .....	289
9.1.2 RS-485 .....	236	12.2.3 步进电动机系统 .....	289
9.1.3 Modbus 协议 .....	237	12.3 具体实现 .....	292
9.2 PowerFlex 4M 相关设置 .....	238	12.3.1 AB-PLC 通信-Kepserver .....	292
9.3 创建通信程序 .....	242		
9.4 进行通信设置和测试 .....	244		
9.5 MSG_ MODBUS 指令参数设置以			

12.3.2 CCW 功能块指令介绍 .....	303	13.2.3 Micro850 中参数设置 .....	323
12.3.3 IPID 参数整定 .....	308	13.3 基于 Micro850 的伺服控制 .....	333
12.4 习题 .....	311	13.3.1 触摸屏界面介绍 .....	334
<b>第 13 章 Micro850 与 Kinetix 3</b>		13.3.2 Kinetix 3 驱动器设置 .....	336
<b>伺服控制系统</b> .....	312	13.3.3 Micro850 的运动控制组态 .....	337
13.1 Micro850 扩展式 I/O 设置及		13.3.4 工程实例—归零运动控制 .....	340
组态 .....	312	13.3.5 工程实例—相对移动运动	
13.1.1 添加扩展式 I/O .....	312	控制 .....	344
13.1.2 编辑扩展 I/O 组态 .....	313	13.3.6 工程实例—绝对移动运动	
13.1.3 删除和更换扩展 I/O 组态 .....	318	控制 .....	348
13.2 Kinetix 3 伺服驱动器及控制		13.3.7 工程实例—触摸探头运动	
设计 .....	319	控制 .....	352
13.2.1 Kinetix 集成运动控制 .....	319	13.4 习题 .....	357
13.2.2 Kinetix 3 伺服驱动器 .....	320	<b>参考文献</b> .....	358



# 第一篇 电气控制篇

## 第 1 章 常用低压电器

在工农业生产中，各种机械设备大多数是由电动机拖动的，通过对电动机的起停、正反转、调速和制动等控制，来实现对生产机械的控制。由各种有触点的控制电器（如继电器、接触器、按钮等）组成的控制系统称为继电接触器控制系统。目前，基于 PLC 或计算机的控制系统已经成为工业控制的主流，但是传统的继电接触器控制技术是 PLC 控制的基础，且仍被广泛应用。

前两章内容将从应用方面介绍常用低压电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数和选用方法，并介绍由这些器件组成的电气控制基本线路的组成与工作原理，举例说明电气控制线路的阅读分析方法。这部分内容是正确选择和合理使用电器与培养电气控制线路分析与设计基本能力的基础。

本章主要介绍了各种常用低压控制电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数和选用方法。

### 1.1 概述

#### 1.1.1 电器的分类

电器按工作电压等级可分为低压电器和高压电器。低压电器指工作电压在交流 1200V 或直流 1500V 以下的各种电器，如接触器、继电器、刀开关和按钮等；高压电器指工作电压高于交流 1200V 或直流 1500V 以上的各种电器，如高压熔断器、高压隔离开关、高压断路器等。

低压电器产品主要包括刀开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、启动器、继电器、主令电器、电阻器及变阻器、调整器、电磁铁和其他低压电器（如触电保护器、信号灯与接线盒）等，按照不同的方式可以分为不同的类型。

##### 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、各类继电器、启动器等。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、主令开关、行程开关等。

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

4) 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。

5) 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。

## 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、各种电磁式继电器和电磁阀等。

2) 非电量控制电器：这类电器是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的，如行程开关、按钮、压力继电器和温度继电器等。

此外，按照动作原理，低压电器还可以分为手动电器和自动电器等。

### 1.1.2 电磁式低压电器的基本结构和工作原理

电气控制电路中使用最多的各种电磁式电器的工作原理和基本结构是类似的，主要由电磁机构、触头系统和灭弧装置等部分组成。

#### 1. 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的信号检测部分，其主要作用是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、铁心、衔铁等几部分组成。常用的磁路结构可分为图 1-1 所示的三种形式：

1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-1a 所示，这种形式广泛应用于直流电器中。

2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-1b 所示，其铁心形状有 E 形和 U 形两种，此种结构多用于触头容量较大的交流电器中。

3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心，如图 1-1c 所示，多用于交流接触器、继电器中。

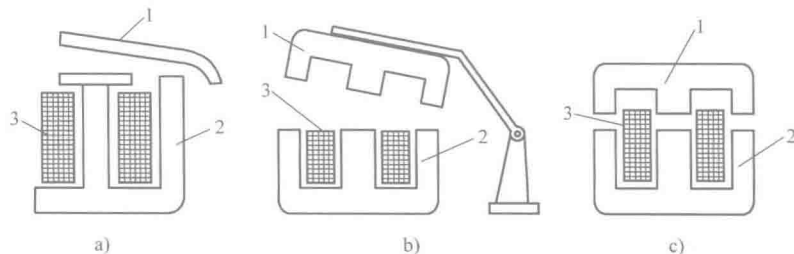


图 1-1 磁路结构示意图

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

电磁式电器分为直流与交流两大类，都是基于电磁铁的原理设计的。通常交流电磁机构的铁心由硅钢片叠铆而成，有磁滞和涡流损耗，由于铁心和线圈都发热，所以在铁心和线圈之间设有骨架，铁心、线圈整体做成矮胖型，利于各自散热；而直流电磁机构的铁心由整块钢材或工程纯铁制成，无磁滞和涡流损耗，线圈发热铁心不发热，所以线圈直接接触铁心并通过铁心散热，铁心、线圈整体做成瘦高型。

## 2. 触头系统

触头是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。因此，要求触头的导电、导热性能良好，通常用铜制成，也有些如继电器和小容量的电器等，触头采用银质材料，其导电和导热性能均优于铜质触头，且具有较小和稳定的接触电阻。

触头有点接触、面接触、线接触三种结构形式，如图 1-2 所示，接触面越大则通电电流越大。图 1-2a 是两个点接触的桥式触头，点接触形式适用于电流不大且触头压力小的场合；图 1-2b 是两个面接触的桥式触头，面接触形式适用于大电流的场合；图 1-2c 为指形触头，其接触面为一直线，触头接通或分断时产生滚动摩擦，以利于去掉氧化膜，此种形式适用于通电次数多、电流大的场合。

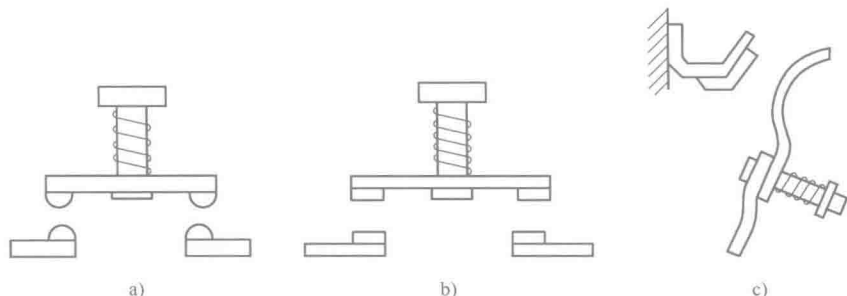


图 1-2 触头的结构形式

a) 点接触 b) 面接触 c) 线接触

为了消除触头在接触时的振动，使触头接触得更加紧密，减小接触电阻，在触头上装有接触弹簧，该弹簧在触头刚闭合时产生较小的压力，随着触头闭合增大触头压力。

## 3. 灭弧

在空气中断开电路时，若被断开电路的电流超过某一数值，断开后加在触头间隙两端的电压超过某一数值（12 ~ 20V 之间）时，触头间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的电离放电现象，即当触头间刚出现分断时，两触头间距离极小，电场强度极大，在高热和强电场作用下，金属内部的自由电子从阴极表面逸出，奔向阳极，这些自由电子在电场中运动时撞击中性气体分子，使之激励和游离，产生正离子和电子。因此，在触头间隙中产生大量的带电粒子，使气体导电形成了炽热的电子流，即电弧。

电弧产生后，引起高温并发出强光，将触头烧损，且使电路的切断时间延长，严重时还会引起火灾或其他事故。因此，在电器中应采取适当措施熄灭电弧。常用的灭弧方法有以下几种：电动力灭弧、磁吹灭弧、窄缝灭弧和栅片灭弧。

## 1.2 熔断器

熔断器用于配电线路的严重过载和短路保护。熔断器中的熔体是由电阻率较高的易熔合金制作的，将其串联于电路中，当过载或短路电流通过熔体时，因其自身发热而熔断，从而分断电路。

由于结构简单、体积小、使用维护方便、具有较高的分断能力和良好的限流性能等优

点，熔断器获得了广泛的应用。

### 1.2.1 熔断器的基本结构

熔断器主要由熔体（熔丝）和熔管（熔座）组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、银、铜及其合金制成，通常制成丝状和片状。熔管是装熔体的外壳，由陶瓷、绝缘钢纸制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔断器的结构如图 1-3a 所示，其图形符号和文字符号如图 1-3b 所示。

电流通过熔体时产生的热量与电流的平方和电流通过的时间成正比。因此，电流越大则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，即熔断器的熔断时间与熔断电流的关系为反时限特性。

熔断器的常用型号有：RL6、RL7、RT12、RT14、RT15、RT16（NT）、RT18、RT19（AM3）、RO19、RO20、RTO 等，其型号含义如图 1-4 所示，在选用时可根据使用场合酌情选择。

关于低压电器的型号，请根据相关选型手册进行查看，此后不再赘述。

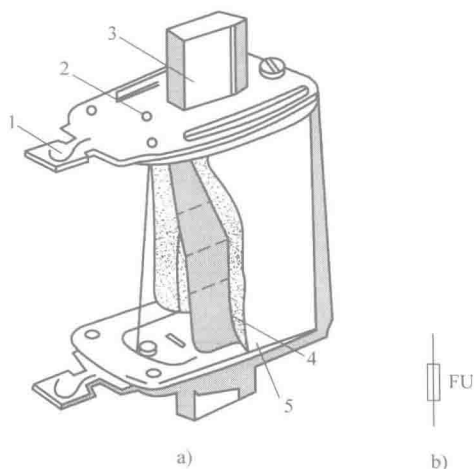


图 1-3 熔断器结构示意图和符号

a) 结构示意图 b) 符号

1—盖板 2—指示器 3—触角 4—熔体 5—熔管

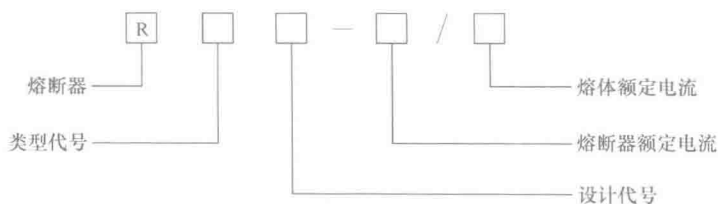


图 1-4 熔断器型号含义

C—瓷插式 S—快速 L—螺旋式 T—有填料封闭管式

### 1.2.2 熔断器的技术参数

熔断器的技术参数主要包括：

1) 额定电压 指熔断器长期工作时和熔断后所能承受的电压。熔断器的交流额定电压（单位为 V）有：220、380、415、500、600、1140 等；直流额定电压有：110、220、440、800、1000、1500 等。

2) 额定电流 熔断器在长期工作之下，各部件温升不超过极限允许温升所能承载的电流值，习惯上，把熔体支持件的额定电流简称为熔断器额定电流。熔体额定电流规定有 2A、4A、6A、8A、10A 等。

3) 极限分断能力 指熔断器在规定的使用条件下，能可靠分断的最大短路电流值。

4) 截断电流特性 指在规定的条件下，截断电流与预期电流的关系特性。截断电流是指熔断器分断期间电流到达的最大瞬时值。

5) 时间-电流特性 熔断器的时间-电流特性亦称保护特性,是熔断器的基本特性,表示熔断器的熔断时间与流过熔体电流的关系,为反时限特性,即流过熔体的电流越大,熔化(或熔断)时间越短。

6)  $I^2t$  特性 当分断电流很大时,以弧前时间-电流特性表征熔断器的性能已经不够,当熔断器弧前时间小于0.1s时,熔断器的保护特性用 $I^2t$ 特性表示。

### 1.2.3 熔体的材料与形状

熔断器的熔体材料有低熔点和高熔点金属两类。低熔点材料有锡、锌、铅及其合金,高熔点材料有铜、银,近年来也采用铝来代替银。

熔体的形状大体有两种:丝状和片状。丝状熔体多用于小电流场合,片状的熔体是用薄金属片冲成,有宽窄不等的变截面,也有的是在带形薄片上冲出一些孔,不同的熔体形状可以改变熔断器的时间-电流特性。对变截面熔体而言,其狭窄部分的段数取决于额定电流和电压,熔断器额定电压高时,要求狭窄部分的段数就多。

在绝缘管中装入填充材料(简称填料)是加速灭弧,提高熔断器分断能力的有效措施。目前,常用的填料有石英砂和三氧化二铝砂。

熔管是熔断器主要零件之一,起包容熔体和填料并起散热和隔弧的作用,因而要求熔管机械强度高,耐热性及耐弧性好。熔管的形状以方管形和圆管形为主,但熔管的内腔均为圆形或近似圆形,以能在相同的几何尺寸下,有最大的容积,同时圆形的内腔能均匀承受电弧能量造成的压力,有利于提高熔断器的分断能力。

### 1.2.4 熔断器的选择

熔断器的选择主要考虑以下几方面因素:

1) 熔断器类型应根据线路要求、使用场合、安装条件和各类熔断器的适用范围来确定。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,应选择保护半导体器件熔断器;供家庭使用,宜选用螺旋式或半封闭插入式熔断器。

2) 熔断器额定电压应大于或等于线路的工作电压。

3) 熔体的额定电流与负载的大小及性质有关,其选择方法是:

①电灯支线的熔丝

熔丝额定电流 $\geq$ 支线上所有电灯的工作电流

②一台电动机的熔丝

为了防止电动机起动时电流较大而将熔丝烧断,熔丝不能按电动机的额定电流来选择,应按下式计算

$$\text{熔丝的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{2.5}$$

如果电动机起动频繁,则为

$$\text{熔丝的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{1.6 \sim 2}$$

③几台电动机合用的总熔丝

一般可粗略地按下式计算

熔丝额定电流 =  $(1.5 \sim 2.5) \times (\text{容量最大的电动机的额定电流} + \text{其余电动机的额定电流之和})$

4) 为了防止越级熔断、扩大停电事故范围, 各级熔断器间应有良好的协调配合, 使下一级熔断器比上一级的先熔断, 从而满足选择性保护要求。选择时, 上下级熔断器应根据其保护特性曲线上的数据及实际误差来选择。

罗克韦尔公司的熔断器分为 140F 熔断器和 1492-FB 熔断器, 如图 1-5 及图 1-6 所示。



图 1-5 140F 熔断器

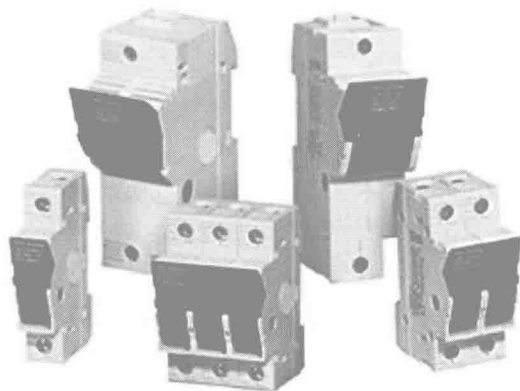


图 1-6 1492-FB 熔断器

5) 140F 熔断器 140F 熔断器可用于 UL CC 类或小型熔断器以及 IEC  $10 \times 38\text{mm}$  熔断器, 带或不带熔断器熔断指示。这些熔断器可在打开位置锁定, 并与 140M 附件兼容。140F 熔断器具有的特性是: ①100-C 和 100-K 接触器的紧凑型母排和连接器; ②一个常开或常闭辅助触点-延时接通常开, 提前断开常闭。

6) 1492-FB 熔断器 1492-FB 熔断器座适合很多 OEM 应用项目。通过这些熔断器座, 可以安全方便地安装 CC 类、J 类和小型熔断器。CC 类和 J 类熔断器座可用于分支电路保护。它们非常适合导线保护、小型电机负载保护和小型电机负载的成组保护。1492-FB 熔断器具有的特性是: ①无须特殊工具, 即可轻松插入和取下熔断器; ②安装在标准 35mm DIN 导轨上; ③尺寸小, 所需的面板空间减少。

## 1.3 开关电器

### 1.3.1 刀开关

刀开关是一种最简单的手动电器, 作为电源的隔离开关广泛用于各种配电设备和供电线路中。

刀开关接触刀片数多少可分为单极、双极、三极等几种, 每种又有单投和双投之别。图 1-7a 及图 1-7b 是刀开关结构示意图, 图 1-7c 是其符号。刀开关由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入插座或脱离插座, 完成电接通与分断控制。

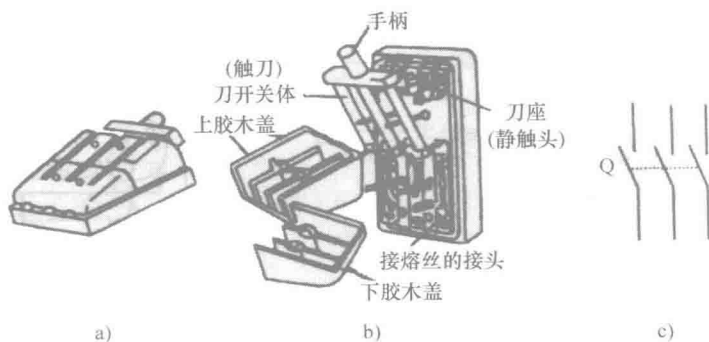


图 1-7 刀开关的结构示意图及符号

a) 刀开关示意图 b) 刀开关的内部结构 c) 符号

用刀开关分断感性电路时，在触刀和静触头之间可能产生电弧，大电流的刀开关应设有灭弧罩。安装刀开关时，要把电源进线接在静触头上，负载接在可动的触刀一侧。这样，当断开电源时触刀就不会带电。刀开关一般垂直安装在开关板上，静触头应在上方。

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。刀开关额定电流的选择一般应大于或等于所分断电路中各个负载电流的总和。对于电动机负载，应考虑到其起动电流，同时还要考虑到电路中出现的短路电流等。

选用刀开关时主要考虑以下几方面：

1) 根据使用场合去选择合适的产品型号和操作方式。

2) 应使其额定电压等于或大于电路的额定电压，其额定电流应等于或大于电路的额定电流。

3) 考虑安装方式、外形尺寸与定位尺寸等。

罗克韦尔公司的刀开关分为 IEC、UL 旋转刀开关、NEMA 开关和 NEMA 旋转开关。其中 IEC 和 UL 旋转刀开关。如图 1-8 所示。

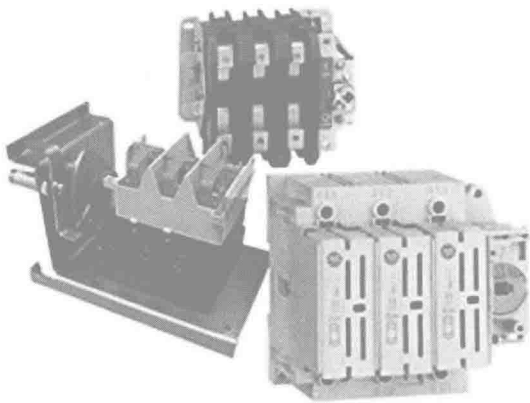


图 1-8 IEC 和 UL 旋转隔离开关

IEC 和 UL 旋转隔离开关包含各种熔丝型和无熔丝型开关，电流范围 20 ~ 1250A。无熔丝型开关允许使用自己的熔断器盒。熔丝型开关带集成熔丝架，面板空间要求较低。可以将这些开关安装到喷漆钢、不锈钢或非金属外壳中，所有这些外壳均被认定为防冲洗或防油和切削液。新系列开关性能优异，体积小巧，功能提高。

IEC 和 UL 旋转刀开关产品包括：

### 1. 194R 熔丝型隔离开关

- 1) 20 ~ 1250 A IEC；
- 2) 20 ~ 800 A UL；
- 3) 触摸保护设计；

- 4) OSHA 挂锁;
- 5) 正面或侧面外部操作;
- 6) 适用于完整熔丝和负荷侧面隔离 (当开关关闭时) 的双断开;
- 7) 使用 Bulletin 800F 辅助触点块帮助减少库存。

## 2. 194R 无熔丝型隔离开关

- 1) 20 ~ 1250 A IEC;
- 2) 20 ~ 800 A UL;
- 3) 高性能;
- 4) 紧凑型设计;
- 5) 通用 IEC/UL 开关体;
- 6) 严格使用类别 (AC-22 和 AC-23);
- 7) 高耐湿性。

## 3. 194R-FC 电缆操作柄

- 1) 熔丝型开关版本认证: UL-J 类、UL-CC 类;
- 2) 30 A 规格;
- 3) 使用 Bulletin 1494F 固定柄: IP66 (类型 3R、3、12、4、4X);
- 4) 预装的具有互锁的电缆操作隔离开关;
- 5) 电缆选件范围为 3 ~ 10 ft (1ft = 0.3048m);
- 6) 符合 NFPA 2002。

## 4. 194R-S 侧面安装套件

- 1) 30 至 60 A 规格;
- 2) 熔丝型开关版本认证: UL-J 类、UL-CC 类;
- 3) 操作柄准入额定值: IP66 (类型 3R、3、12、4、4X);
- 4) 预装的侧面安装支架式隔离互锁。

## 5. IEC 和 UL 旋转刀开关特性

- 1) 预装选件;
- 2) 挂锁固定柄;
- 3) 各种范围和规格。

## 6. IEC 和 UL 旋转刀开关应用项目

- 1) 食品加工;
- 2) 电气设备;
- 3) 物料输送操作。

### 1.3.2 组合开关

在一些控制电路中,组合开关常用于电气设备中非频繁地通断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及直接控制小容量感应电动机的运行状态等。

组合开关是一种多触点、多位置式可以控制多个回路的控制电器,如图 1-9 所示是一种组合开关的结构示意图。它有多对静触片 2 分别装在各层绝缘垫板上,静触片与外部的连接是通过接线端子 1 实现的。各层的动触片 3 套在装有手柄的绝缘转动轴 4 上,而且不同层的



动触片可以互相错开任意一个角度。转动手柄5时，各动触片均转过相同的角度，一些动、静触片相互接通，另一些动、静触片断开。根据实际需要，组合开关的动、静触片的个数可以随意组合。常用的组合开关有单极、双极、三极、四极等多种，其图形符号同刀开关，文字符号为Q。

罗克韦尔公司的组合开关产品主要有800T-H2 2档1A1B、800T-H4 1NC+1NO、800T-H5A 复位2档1NC+1NO、800T-H18A 复位2档1NO+1NC、800T-H19A 复位2档1NO+1NC、800T-J20A 复位3档2NO和800T-J2KA7B 3档黑色2NO+2NC等型号，如图1-10所示。

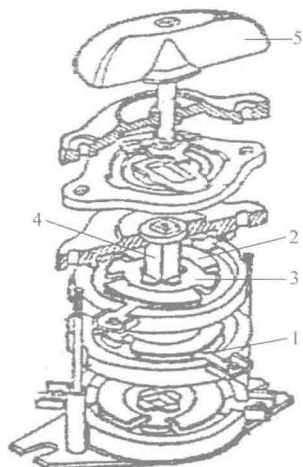


图 1-9 组合开关结构示意图

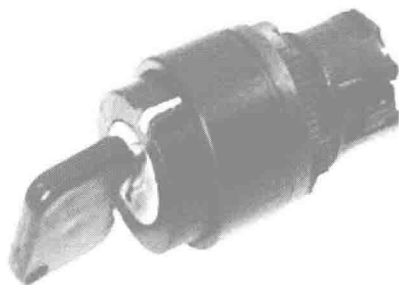


图 1-10 组合开关

其中800T-H2 2档1A1B产品参数见表1-1。

表 1-1 800T-H2 2档1A1B 产品参数

绝缘电压	30MM 2档 1A+1B (V)	使用环境	可在镀金接点、油厂等恶劣环境使用
额定电流	QUALITY (A)	极数	2档 1NO+1NC

### 1.3.3 断路器

断路器又称自动空气开关，是一种常用的低压控制电器，不仅具有开关作用，还有短路、失电压和过载保护的功能。断路器可用来分配电能、不频繁起动异步电动机、对电动机及电源线路进行保护，当发生严重过载、短路或欠电压等故障时能自动切断电源，相当于熔断式断路与过电流、过电压、热继电器等的组合，而且在分断故障电流后，一般不需要更换零部件。

断路器的种类繁多，按其用途和结构特点可分为框架式断路器、塑料外壳式断路器、直流快速断路器和限流式断路器等。框架式断路器主要用作配电网的保护开关，而塑料外壳式断路器除可用作配电网的保护开关外还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

#### 1. 断路器的基本结构和工作原理

断路器主要由3个基本部分组成：触头、灭弧系统和各种脱扣器，包括过电流脱扣器、