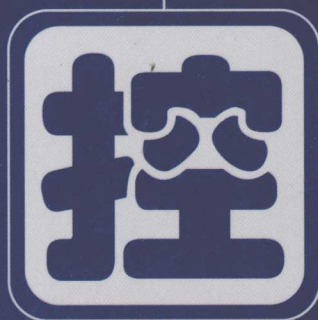


提供PPT、习题答案下载

电气可编程控制 原理与应用(S7-200 PLC)

王阿根 编著



· 013025691

TM571.2
44

电气可编程控制原理与应用

(S7-200 PLC)

王阿根 编著



TM571.2
44

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航 C1633713

内 容 简 介

西门子公司生产的系列可编程控制器产品在我国电气自动化控制系统中有较多的应用。为了适应初学者及各类高等教育的教学要求,本书选择了西门子 S7-200 系列小型可编程控制器进行讲述。

全书共分 11 章,内容根据教学的需要进行编排,兼顾实际工程应用。第 1、2 章介绍常用低压电器、电气逻辑控制基础知识和常见电器控制电路,作为可编程控制器的基础知识;第 3 章是从常规电气控制过渡到可编程控制的基础,介绍两者的共同点和特殊性,并进一步说明可编程控制器的基本控制原理;第 4~7 章分别介绍 S7-200 PLC 指令系统的基本逻辑指令、步进顺控指令、功能指令和高速指令;第 8 章介绍 PLC 的扩展模块,主要介绍输入/输出扩展模块和模拟量扩展模块;第 9 章介绍 PLC 的基本设计方法和典型实例;第 10 章介绍编程软件的使用方法;第 11 章列举了电气控制电路和 PLC 控制电路的实验项目,以加强读者的实践能力。

本书可作为高等院校的自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化、电子工程自动化、机电一体化等相关专业的本科、专科教材,也可供相关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气可编程控制原理与应用: S7-200 PLC / 王阿根编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.2
ISBN 978-7-121-19362-0

I. ①电… II. ①王… III. ①电气控制—高等学校—教材②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM921.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 311861 号

策划编辑: 陈韦凯 特约编辑: 刘海霞

责任编辑: 陈韦凯

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26 字数: 662 千字

印 次: 2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 53.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

目前在我国工业自动控制系统中,可编程控制器(PLC)的应用十分普及,各种品牌的PLC竞相登场,但目前从实际应用和各高校的相关教学内容来看,仍以德国西门子S7系列PLC和日本三菱公司的FX系列PLC为主流。笔者于2007年编写的《电气可编程控制原理与应用》(FX系列PLC)已被多所院校选为教材,并得到广大读者一致好评。为了适应各类高等教育的不同教学要求,本书选择了比较有代表性的西门子S7-200系列可编程控制器进行讲述。

本书是《电气可编程控制原理与应用》的同一种教材的西门子S7-200 PLC版本。

本书采用独特的讲述方法,内容新颖,与众不同;内容安排由易到难、由浅到深,有一定的广度和深度。本书主要介绍西门子S7-200系列可编程控制器的基本工作原理及结构、基本逻辑指令、步进顺控指令和功能指令的应用与编程等。由于课时有限,不可能面面俱到,未编入的内容可参考厂家的相关资料。本书中的大部分电气控制电路都经过实际接线验证,梯形图和应用实例都是笔者经过反复推敲、多次修改而精选出来的。

书中注重精选内容、结合实际、突出应用。在编排上循序渐进,在内容阐述上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂,便于教学和自学。由于本课程的实践性强,因此在编写上也安排了电气控制与可编程控制器的实验内容。本书对部分比较烦琐的控制电路和控制程序进行了简化,提出了不少有代表性的控制电路和控制程序。本书力求内容精练,前后衔接自然,符合教学和自学的规律,理论联系实际,有很强的实用性。

本书主要由王阿根编著,参加编写工作的还有王晰、宋玲玲、顾春雷、王建冈、薛迎成、朱学来、李杜、李小凡、陈中、张美琪、姚志树、潘秀萍。

本书适用于32~64学时的理论课程教学安排,建议实验环节为8~16学时,课程设计安排为1~2周。对于少学时教学安排,可根据专业教学要求进行内容选择。在本书的编写过程中得到了盐城工学院的资助。

对于使用本书的任课教师可提供电子课件(PPT)、习题解答及其他教学文件,可发电子邮件到wangagen@126.com进行联系;也可登录电子工业出版社旗下的华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)查找本书免费下载。

本书内容未经本人同意,谢绝引用。

由于水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

王阿根
2013年1月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 常用低压电器的分类	1
1.2 电力开关	2
1.2.1 刀开关	2
1.2.2 组合开关	4
1.2.3 负荷开关	5
1.2.4 断路器	6
1.3 控制开关	7
1.3.1 按钮	7
1.3.2 行程开关	9
1.3.3 转换开关	12
1.3.4 主令控制器和凸轮控制器	13
1.4 接触器和控制继电器	15
1.4.1 接触器	15
1.4.2 电磁式继电器	17
1.4.3 中间继电器	18
1.4.4 时间继电器	19
1.4.5 速度继电器	21
1.4.6 液位继电器	21
1.4.7 压力继电器	22
1.5 保护电器	22
1.5.1 熔断器	22
1.5.2 热继电器	24
1.5.3 电流继电器和电压继电器	26
1.6 其他常用电器	27
1.6.1 电阻器	27
1.6.2 电磁铁	28
1.6.3 信号灯	28
1.6.4 报警器	30
1.6.5 液压控制元件	30
1.7 电器的文字符号和图形符号	31
1.7.1 电器的文字符号	31
1.7.2 电器的图形符号	36
习题	36

第 2 章 电气控制基本电路	38
2.1 控制电路的基本逻辑概念	38
2.1.1 控制电路的基本组成	38
2.1.2 控制电器的状态和值	39
2.1.3 控制电路的逻辑表达式	39
2.1.4 基本逻辑电路的类型	40
2.2 三相交流异步电动机基本控制电路	44
2.2.1 鼠笼型电动机直接启动控制电路	44
2.2.2 鼠笼型电动机降压启动控制电路	50
2.2.3 绕线型异步电动机启动控制电路	56
2.2.4 异步电动机的制动控制电路	59
2.2.5 异步电动机的调速控制电路	66
2.3 直流电动机的控制电路	70
2.3.1 直流电动机的基本控制特点	70
2.3.2 直流电动机的基本控制电路	72
习题	76
第 3 章 PLC 的基本结构和工作原理	80
3.1 PLC 的组成	80
3.1.1 概述	80
3.1.2 初步认识 PLC	80
3.2 PLC 的基本工作原理	82
3.2.1 PLC 的等效电路	82
3.2.2 PLC 的工作过程	84
3.2.3 PLC 的接线图和梯形图的绘制方法	87
3.2.4 串行工作方式对梯形图控制结果的影响	88
3.3 PLC 的输入/输出接口电路	89
3.3.1 开关量输入接口电路	90
3.3.2 开关量输出接口电路	91
3.4 PLC 中常用的软继电器	94
3.4.1 输入/输出继电器 (I、Q)	96
3.4.2 辅助继电器 (M)	97
3.4.3 特殊辅助继电器 (SM)	99
3.4.4 顺序控制继电器 (S)	100
3.4.5 定时器 (T)	100
3.4.6 计数器 (C)	106
习题	111

第 4 章 常用基本指令及应用	115
4.1 单接点指令	118
4.1.1 普通单接点指令	118
4.1.2 立即单接点	119
4.2 连接导线指令	121
4.2.1 接点组连接导线指令	121
4.2.2 回路分支导线指令	122
4.3 接点逻辑取反指令和边沿接点指令	124
4.3.1 接点逻辑取反指令	124
4.3.2 边沿接点指令	125
4.3.3 边沿常闭接点	127
4.4 比较接点指令	130
4.5 逻辑线圈指令	132
4.5.1 普通线圈、定时器和计数器指令	134
4.5.2 置位线圈指令和复位线圈指令	134
4.5.3 SR 触发器和 RS 触发器	137
4.6 程序控制指令	139
4.6.1 有条件结束 (END) 指令	140
4.6.2 停止 (STOP) 指令	140
4.6.3 看门狗复位 (WDR) 指令	140
4.6.4 跳转 (JMP) 指令及标号 (LBL) 指令	141
4.6.5 循环 (FOR、NEXT) 指令	142
4.6.6 子程序	143
4.7 编程注意事项	147
4.7.1 绘制梯形图时的注意事项	148
4.7.2 减少指令的方法	150
4.7.3 输出线圈的重复使用	152
4.8 编程实例	153
4.8.1 十字路口交通灯控制	153
4.8.2 按钮人行道	155
4.8.3 三相异步电动机点动、连动、能耗制动电路	157
4.8.4 送料车自动循环控制	158
习题	159
第 5 章 步进顺序控制	164
5.1 步进顺控指令与状态转移图	164
5.1.1 步进顺控指令	164
5.1.2 状态转移图	165
5.1.3 状态转移条件的有关处理方法	169

5.2 状态转移图的跳转与分支	173
5.2.1 状态转移图的跳转	173
5.2.2 状态转移图的分支	174
习题	184
第6章 功能指令	190
6.1 功能指令中的数据	190
6.1.1 数据的长度	190
6.1.2 数据的类型	191
6.2 加、减、乘、除指令	194
6.2.1 加减法指令	194
6.2.2 乘法指令	198
6.2.3 加一和减一指令	201
6.3 传送指令	203
6.3.1 字节、字、双字和实数传送指令	203
6.3.2 数据间接传送	205
6.3.3 字节、字、双字的块传送指令	208
6.3.4 字节立即传送指令	209
6.3.5 字节交换指令	210
6.4 逻辑操作指令	211
6.4.1 取反指令	211
6.4.2 与、或和异或指令	212
6.5 转换指令	215
6.5.1 数据类型转换指令	215
6.5.2 BCD 码和整数的转换指令	218
6.5.3 四舍五入和取整指令	220
6.5.4 编码和解码指令	221
6.5.5 七段码指令	222
6.6 移位指令	225
6.6.1 右移和左移指令	225
6.6.2 循环右移和循环左移指令	228
6.6.3 移位寄存器指令	231
6.7 数学功能指令	235
6.7.1 正弦、余弦和正切指令	235
6.7.2 自然对数和自然指数指令	235
6.7.3 平方根指令	235
6.8 表指令	237
6.8.1 存储器填充指令	237
6.8.2 填表指令	238

6.8.3	先进先出指令和后进先出指令	239
6.8.4	查表指令	241
6.9	时钟指令	243
6.9.1	写实时时钟指令	243
6.9.2	读实时时钟指令	244
6.10	中断指令	248
6.10.1	中断的概念和类型	248
6.10.2	中断的优先级和中断队列	252
	习题	255
第 7 章	高速指令	258
7.1	高速计数器指令	258
7.2	高速计数器 HSC 类型应用举例	260
7.3	脉冲输出指令	268
7.3.1	PTO 脉冲串输出	268
7.3.2	PWM 脉宽调制	269
7.4	脉冲输出应用举例	271
7.4.1	多段 PTO 控制脉冲输出应用实例	271
7.4.2	单段 PTO 控制脉冲输出应用实例	274
7.4.3	PWM 高速脉冲输出应用实例	275
	习题	276
第 8 章	扩展模块及 PID 控制	278
8.1	常用扩展模块与基本模块的连接	278
8.2	数字量扩展模块	279
8.3	模拟量扩展模块	281
8.3.1	模拟量输入扩展模块 EM231	281
8.3.2	模拟量输出扩展模块 EM232	284
8.3.3	模拟量输入/输出扩展模块 EM235	286
8.4	PID 回路控制指令	289
8.4.1	PID 算法	290
8.4.2	PID 控制指令	291
8.4.3	PID 控制实例	293
8.5	智能扩展模块	295
8.5.1	热电偶、热电阻扩展模块 EM231	295
8.5.2	定位控制扩展模块 EM253	298
8.5.3	通信模块	301
	习题	306

第 9 章 可编程控制器的设计及示例	307
9.1 PLC 控制系统设计概述.....	307
9.1.1 PLC 控制设计的基本原则.....	307
9.1.2 PLC 控制设计的基本步骤.....	307
9.2 输入/输出接线图的设计.....	308
9.2.1 输入接线图的设计.....	308
9.2.2 节省输入点的几种方法.....	311
9.2.3 输出接线图的设计.....	313
9.2.4 节省输出点的几种方法.....	314
9.3 PLC 基本设计编程方法.....	316
9.4 PLC 控制设计示例.....	317
9.4.1 电镀自动生产线 PLC 设计.....	317
9.4.2 传送带机械手动控制 PLC 设计.....	326
9.4.3 气动机械手控制.....	333
9.4.4 6 人投票选举.....	338
习题.....	339
第 10 章 S7-200 编程软件的使用	343
10.1 安装编程软件.....	343
10.1.1 操作系统与硬件要求.....	343
10.1.2 软件安装.....	344
10.1.3 设置中文界面.....	345
10.1.4 编程软件主界面.....	346
10.2 系统块配置.....	349
10.2.1 输入滤波器配置.....	350
10.2.2 输出表配置.....	351
10.2.3 脉冲捕捉配置.....	352
10.2.4 断电数据保持的配置.....	353
10.2.5 CPU 密码配置.....	353
10.2.6 背景时间配置.....	355
10.2.7 LED 指示灯 (SF/DIAG) 配置.....	356
10.2.8 增加存储器配置.....	356
10.3 数据块的使用.....	357
10.4 程序编辑.....	358
10.4.1 建立项目文件.....	358
10.4.2 在 LAD 中建立串行和并行网络的规则.....	360
10.4.3 编辑程序.....	361
10.5 程序下载、监控及调试.....	366
10.5.1 程序下载.....	366

10.5.2 程序监控及调试	367
习题	369
第 11 章 实验	370
11.1 电气控制线路实验	370
实验 1 三相异步电动机启动、点动、停止控制	370
实验 2 三相鼠笼型电动机可逆控制	372
实验 3 星形-三角形降压启动控制	373
11.2 PLC 实验	375
实验 4 S7-200 编程软件使用与练习	376
实验 5 小车定点呼叫	377
实验 6 十字路口交通灯控制	379
实验 7 送料车自动循环控制	381
实验 8 智力竞赛抢答	382
实验 9 6 台电动机顺序启动、逆序停止控制	384
11.3 电气及 PLC 控制综合实验	386
实验 10 三相异步电动机能耗制动控制	386
实验 11 三相异步电动机可逆星形-三角形降压启动控制	387
11.4 PLC 控制设计性实验	389
实验 12 三台电动机顺序延时启动电气控制实验	389
实验 13 电动机点动启动能耗制动电气控制实验	389
实验 14 两台电动机顺序延时启动逆序停止电气控制实验	390
实验 15 电动机点动启动能耗制动 PLC 实验	390
实验 16 两台电动机不同时启动 PLC 实验	390
实验 17 3 人表决 PLC 实验	390
实验 18 两台电动机顺序启动逆序停止 PLC 实验	390
实验 19 电动机正反转启动能耗制动控制 PLC 实验	390
实验 20 电动机延时正反转停控制 PLC 实验	391
实验 21 8 个人表决 PLC 实验	391
实验 22 3 个按钮控制 3 个灯 PLC 实验	391
实验 23 电动机运行时间设定 PLC 实验	391
附录	392
附录 A S7-200PLC 元件表	392
附录 B S7-200PLC 指令	393
附录 C 西门子 S7-200PLC 寄存器 (SM)	398
参考文献	402

第1章 常用低压电器

低压电器是指额定电压等级在交流 1 200V、直流 1 500V 以下的电器。在我国工业控制电路中最常用的三相交流电压等级为 380V，只有在特定行业环境下才用其他电压等级，如煤矿井下的电钻用 127V、运输机用 660V、采煤机用 1 140V 等。

单相交流电压等级最常见的为 220V，机床、热工仪表和矿井照明等采用 127V 电压等级，其他电压等级如 6V、12V、24V、36V 和 42V 等一般用于安全场所的照明、信号灯及作为控制电压。

直流常用电压等级有 110V、220V 和 440V，主要用于动力；6V、12V、24V 和 36V 主要用于控制；在电子线路中，还有 5V、9V 和 15V 等电压等级。

在工矿企业的电气控制设备中，采用的基本上都是低压电器。因此，低压电器是电气控制中的基本组成元件，控制系统的优劣与低压电器的性能有直接的关系。作为电气工程技术人員，应该熟悉低压电器的结构、工作原理和使用方法。可编程控制器在电气控制系统中需要大量的低压控制电器才能组成一个完整的控制系统，因此，熟悉低压电器的基本知识是学习可编程控制器的基础。

1.1 常用低压电器的分类

低压电器种类繁多，功能各异，构造各异，用途广泛，工作原理各不相同，常用低压电器的分类方法也很多。

1. 按用途或控制对象分类

(1) 配电器：主要用于低压配电系统中。要求系统发生故障时准确动作、可靠工作，在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性，使电器不会被损坏。常用的配电器有刀开关、转换开关、熔断器和断路器等。

(2) 控制电器：主要用于电气传动系统中。要求寿命长、体积小、重量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有按钮、行程开关、接触器、继电器、启动器、电阻器和电磁制动器等。

2. 按动作方式分类

(1) 自动电器：依靠自身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作，如接触器、断路器和各种继电器等。

(2) 手动电器：用手动操作来进行切换的电器，如刀开关、转换开关和按钮等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器：利用触点的接通和分断来切换电路，如接触器、刀开关和按钮等。

(2) 无触点电器：无可分离的触点。主要利用电子元件的开关效应，即导通和截止来实现电路的通、断控制，如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器和固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：根据电磁感应原理动作的电器，如接触器、继电器和电磁铁等。

(2) 非电量控制电器：依靠外力或非电量信号（如速度、压力和温度等）的变化而动作的电器，如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

5. 按低压电器型号分类

我国《国产低压电器产品型号编制办法》(JB 2930—81.10) 的分类方法，将低压电器分为 13 个大类。每个大类用一位汉语拼音字母作为该产品型号的首字母，第二位汉语拼音字母表示该类电器的各种形式。

在选用低压电器时常根据型号来进行选用。

1.2 电力开关

电力开关用于电力线路和电气设备的电源控制。

常用的电力开关有刀开关、组合开关、负荷开关和断路器等。

电力开关的文字符号为 Q。

1.2.1 刀开关

刀开关是一种手动电器，常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关等。

HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关和 HR 型熔断器式刀开关主要用于成套配电装置中作为隔离开关，装有灭弧装置的刀开关也可以控制一定范围内的负荷线路。作为隔离开关的刀开关的容量比较大，其额定电流在 100A~1 500A 之间，主要用于供配电线路的电源隔离。隔离开关没有灭弧装置，不能操作带负荷的线路，只能操作空载线路或电流很小的线路，如小型空载变压器、电压互感器等。操作时应注意，停电时应将线路的负荷电流用断路器、负荷开关等开关电器切断后再将隔离开关断开，送电时操作顺序相反。隔离开关断开时有明显的断开点，有利于检修人员的停电检修工作。隔离刀开关由于控制负荷能力很小，也没有保护线路的功能，所以通常不能单独使用，一般要和能切断负荷电流及故障电流的电器（如熔断器、断路器和负荷开关等电器）一起使用。

1. HD 型单投刀开关

HD 型单投刀开关按极数分为 1 极、2 极、3 极，其示意图及图形符号如图 1-1 所示。图 1-1 (a) 所示为直接手动操作，图 1-1 (b) 所示为手柄操作，图 1-1 (c) ~ (h) 所示为刀开关的图形符号和文字符号。图 1-1 (c) 所示为一般图形符号，图 1-1 (d) 所示为手动符号，图 1-1 (e) 所示为三极单投刀开关符号；当刀开关用做隔离开关时，其图形符号上加有一横杠，如图 1-1 (f)、图 1-1 (g)、图 1-1 (h) 所示。

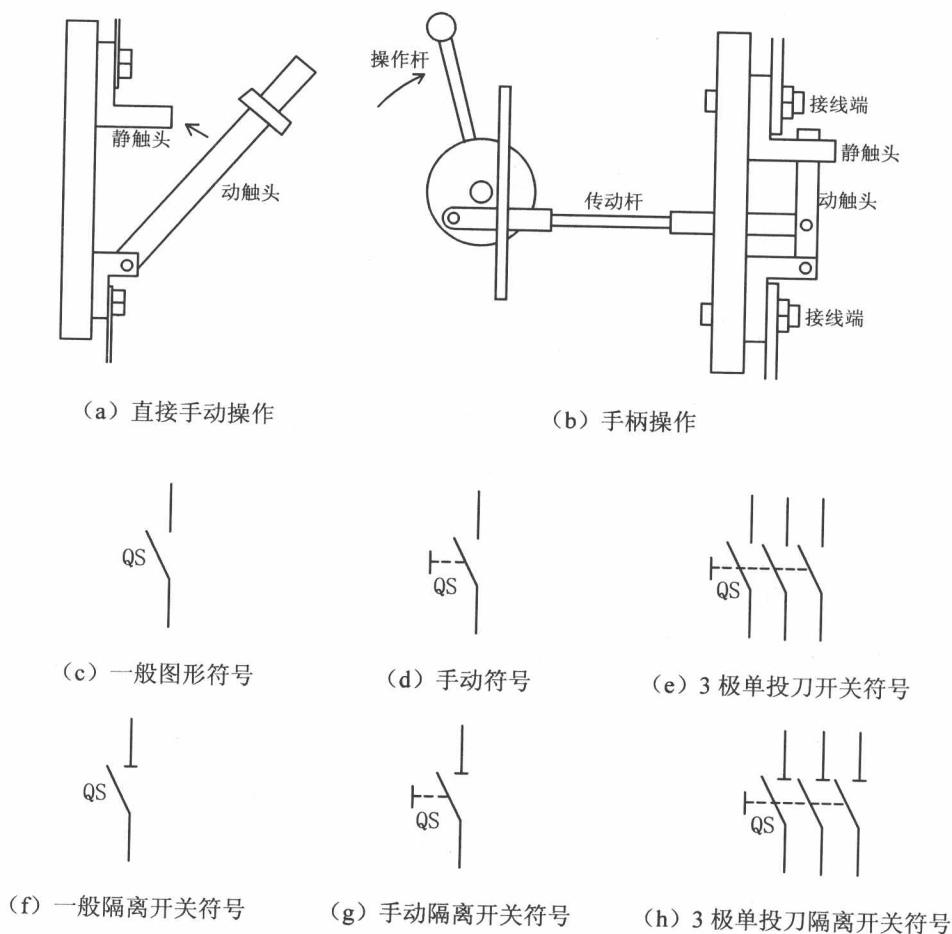


图 1-1 HD 型单投刀开关示意图及图形符号

2. HS 型双投刀开关

HS 型双投刀开关又称转换开关，其作用和单投刀开关类似，常用于双电源的切换或双供电线路的切换等，其示意图及图形符号如图 1-2 所示。由于双投刀开关具有机械互锁的结构特点，因此，可以防止双电源的并联运行和两条供电线路同时供电。

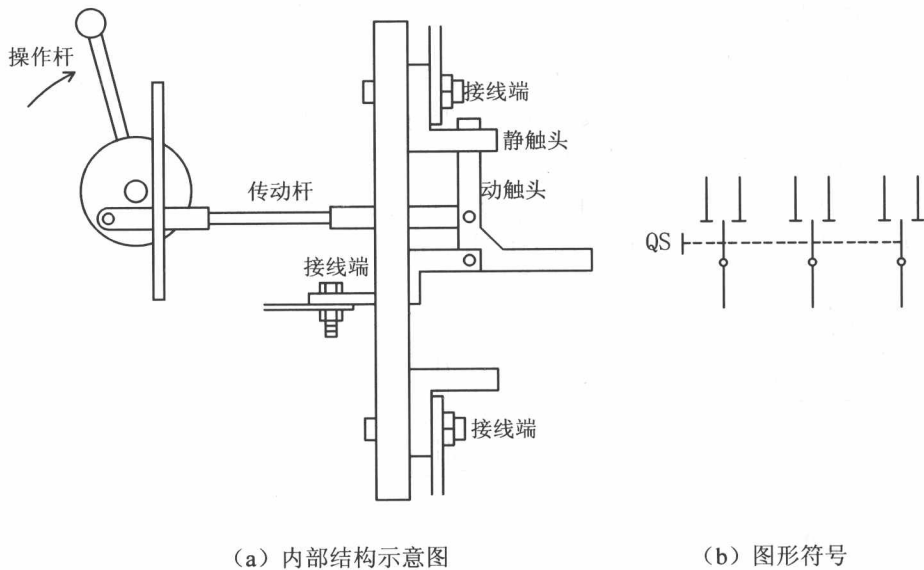


图 1-2 HS 型双投刀开关示意图及图形符号

3. HR 型熔断器式刀开关

HR 型熔断器式刀开关又称刀熔开关，它实际上是将刀开关和熔断器组合成一体的电器。刀熔开关操作方便，并简化了供电线路，在供配电线路上的应用十分广泛，其示意图及图形符号如图 1-3 所示。刀熔开关可以切断故障电流，但不能切断正常的工作电流，所以，一般应在无正常工作电流的情况下进行操作。

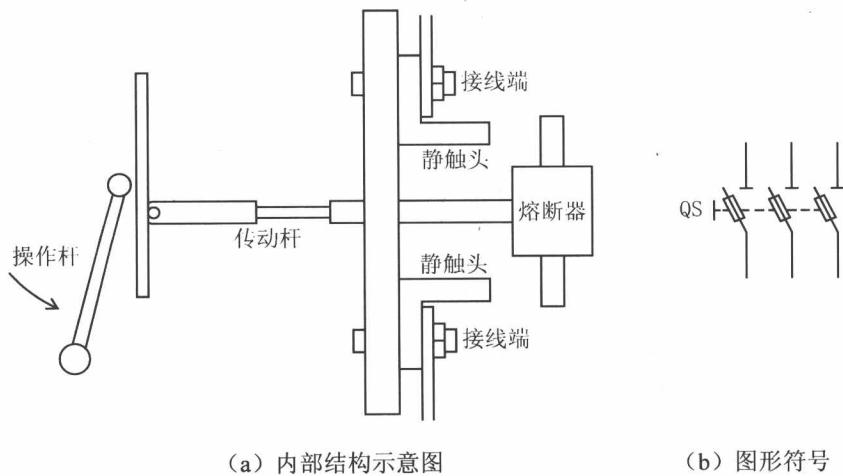


图 1-3 HR 型熔断器式刀开关示意图及图形符号

1.2.2 组合开关

组合开关又称转换开关，控制容量比较小，结构紧凑，常用于空间比较狭小的场所，如

机床和配电箱等。组合开关一般用于电气设备的非频繁操作、切换电源和负载，以及控制小容量感应电动机和小型电器。

组合开关由动触头、静触头、绝缘连杆转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成，其动、静触头分别叠装于数层绝缘壳内，当转动手柄时，每层的动触片随转轴一起转动。

常用的产品有 HZ5、HZ10 和 HZ15 系列。HZ5 系列是类似万能转换开关的产品，其结构与一般转换开关有所不同；组合开关有单极、双极和多极之分。

组合开关的结构示意图及图形符号如图 1-4 所示。

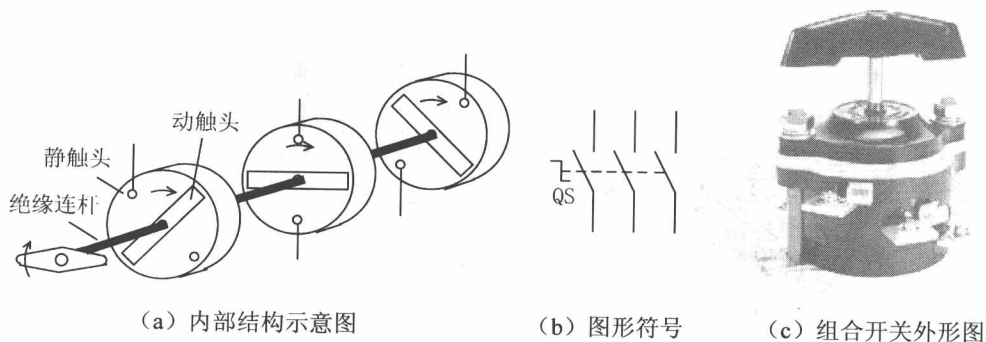


图 1-4 组合开关的结构示意图及图形符号

1.2.3 负荷开关

负荷开关是一种手动电器，有开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种，可以直接接通和断开电气设备的负荷电流，故称负荷开关。负荷开关常和熔断器配合使用，以便保护电路的短路。常用在电气设备中作电源开关用，也用于直接启动小容量的鼠笼型异步电动机。

1. HK 型开启式负荷开关

HK 型开启式负荷开关俗称闸刀或胶壳刀开关，由于它结构简单、价格便宜、使用维修方便，故得到广泛应用。该开关主要用做电气照明电路和电热电路、小容量电动机电路的不频繁控制开关，也可用做分支电路的配电开关。

胶底瓷盖刀开关由熔丝、触刀、触点座和底座组成，如图 1-5 (a) 所示。此种刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。

闸刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，以避免由于重力自动下落而引起误动合闸。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样拉闸后刀开关的刀片与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。

2. HH 型封闭式负荷开关

HH 型封闭式负荷开关俗称铁壳开关，主要由钢板外壳、触刀开关、操作机构和熔断器等组成，如图 1-5 (b) 所示。刀开关带有灭弧装置，能够通断负荷电流，熔断器用于切断短路电流。一般用于小型电力排灌、电热器及电气照明线路的配电设备中，用于不频繁的接通

与分断电路，也可以直接用于异步电动机的非频繁全压启动控制。

铁壳开关的操作结构有两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧以执行合闸和分闸的功能，使开关的闭合和分断时的速度与操作速度无关，这既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能，又能防止触点停滞在中间位置；二是设有联锁装置，以保证开关合闸后不能打开箱盖，而在箱盖打开后，不能再合开关，起到安全保护作用。

HK 型开启式负荷开关和 HH 型封闭式负荷开关都是由负荷开关和熔断器组成，其图形符号也是由手动负荷开关 QL 和熔断器 FU 组成，如图 1-5 (c) 所示。

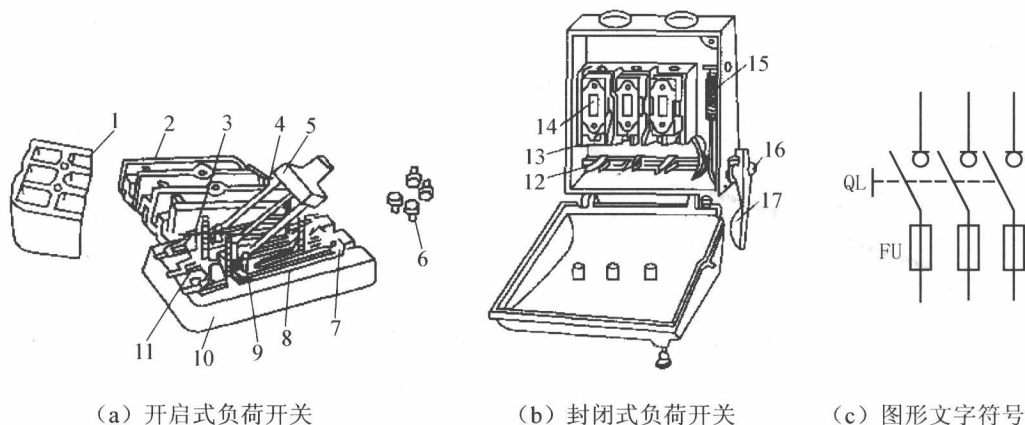


图 1-5 负荷开关

1—上胶盖；2—下胶盖；3—插座；4—触刀；5—操作手柄；6—固定螺母；7—出线端；8—熔丝；9—触点座；10—底座；11—进线端；12—触刀；13—插座；14—熔断器；15—速断弹簧；16—转轴；17—操作手柄

1.2.4 断路器

低压断路器俗称自动开关或空气开关，用于低压配电电路中不频繁的通断控制。在电路发生短路、过载或欠电压等故障时能自动分断故障电路，是一种控制兼保护电器。

断路器的种类繁多，按其用途和结构特点可分为 DW 型框架式断路器、DZ 型塑料外壳式断路器、DS 型直流快速断路器、DWX 型和 DWZ 型限流式断路器等。框架式断路器主要用做配电线路的保护开关，而塑料外壳式断路器除可用做配电线路的保护开关外，还可用做电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

下面以塑壳断路器为例简单介绍断路器的结构、工作原理、使用与选用方法。

断路器主要由三个基本部分组成，即触头、灭弧系统和各种脱扣器，包括过电流脱扣器、失压（欠电压）脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。

图 1-6 所示为断路器工作原理示意图及图形符号。断路器开关是靠操作机构手动或电动合闸的，触头闭合后，自由脱扣机构将触头锁在合闸位置上。当电路发生上述故障时，通过各自的脱扣器使自由脱扣机构动作，自动跳闸以实现保护作用。分励脱扣器则作为远距离控制分断电路之用。

过电流脱扣器用于线路的短路和过电流保护，当线路的电流大于整定的电流值时，过电流脱扣器所产生的电磁力使挂钩脱扣，动触点在弹簧的拉力下迅速断开，实现断路器的跳闸功能。