



普通高等教育电气信息类规划教材



免费电子教案下载

www.cmpedu.com



电气控制 及 PLC 应用

佟维妍 卢芳菲 卢爽瑄 高成 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气信息类规划教材

电气控制及 PLC 应用

佟维妍 卢芳菲 卢爽瑄 高成 编著



机械工业出版社

本书主要讲解常用低压电器、西门子 S7-200 系列 PLC、MM440 变频器以及监控组态软件的知识。以传统的继电器控制为基础,从典型控制线路出发,通过 PLC 基本指令和设计方法的教学,培养学生在传统继电控制的基础上应用 PLC 进行设计和开发的能力;本书中还引入了变频器和监控组态软件的内容,使学生通过学习能熟练掌握基本电气控制系统的分析设计方法并建立对完整电气控制系统的初步认识。

根据教学内容设置了相应的实训项目,理论教学与实践教学同步进行,使学生在实践中得到锻炼和提高,加强本专业各科知识综合运用能力和分析问题能力,提高实际动手能力和理论联系实际的能力,培养学生的自学能力和综合分析能力。

本书适用于电气工程及其自动化、自动化等应用型本科专业,也可供从事电气控制系统设计、使用、维护 and 管理的工程技术人员参考或作为自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及 PLC 应用/佟维妍等编著. —北京:机械工业出版社, 2017. 11
普通高等教育电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-59785-8

I. ①电… II. ①佟… III. ①电气控制-高等学校-教材 ②PLC 技术-高等学校-教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 087360 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:时 静

责任编辑:时 静

责任印制:张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·21 印张·509 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-59785-8

定价:59.80 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

服务咨询热线:(010)88379833

读者购书热线:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书内容面向应用型本科，依据技术领域和职业岗位（群）的任职要求，参照相关的职业资格标准，以适应社会需求为目标、以培养技术应用能力为主线，将理论与实践能力的培养融入各个项目中，采用理论与实践一体化的教学方法编写。

本书将常用低压电器、S7-200 系列 PLC、西门子 MM440 变频器以及监控组态软件的知识有机地融合在一起。以传统的继电器控制为基础，从典型控制线路出发，使学生掌握传统低压电气控制的应用；通过 PLC 基本指令和设计方法的教学，培养学生在传统继电控制的基础上，应用 PLC 进行设计和开发的能力；同时本书中还引入了变频器和监控组态软件两部分内容，使学生通过学习能熟练掌握基本电气控制系统的分析设计方法并建立对完整电气控制系统的初步认识。这种融合加强了课程内容间的联系，避免了专业知识的脱节和课程内容的重复，节省了学时。同时根据教学内容设置了相应的实训项目，使理论教学与实践教学同步进行，使学生在实践中得到锻炼和提高，加强本专业各科知识的综合运用能力和分析问题能力，提高实际动手能力及理论联系实际的能力，培养学生的自学能力和综合分析能力。

本教材第 1~3 章介绍了传统继电控制，包括常用低压电器、典型继电器-接触器控制电路和典型生产机械的电气控制系统；第 4~7 章以西门子 S7-200CN 系列 PLC 为研究对象，详细讲解了数字量控制系统梯形图设计方法、功能指令的应用及程序设计、PLC 在模拟量闭环控制中的应用以及编程软件 STEP 7 的使用；第 8 章介绍了西门子 MM440 系列变频器的应用；第 9 章介绍了市面上使用较多的组态王软件，并简单介绍了西门子人机界面（HMI）SMART LINE IE 触摸屏及其 HMI 软件 WinCC flexible，为没有接触过人机界面的读者拓宽知识面，引导读者进行深入学习。

本书适用于电气工程及其自动化、自动化等应用型本科专业，也可供从事电气控制系统设计、使用、维护和管理的技术人员参考或作为自学读物。

本书参阅了大量相关书籍和资料，力求论述全面系统，内容丰富新颖，同时感谢前辈们提供的宝贵财富，参考文献一并列出。本书的顺利出版，要感谢沈阳工业大学的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在不妥之处，请读者原谅，并提出宝贵意见。

作 者

目 录

前言	
第1章 常用低压电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.1.1 电器的作用与分类	1
1.1.2 电磁机构及执行机构	2
1.2 手动控制电器与主令电器	4
1.2.1 刀开关	4
1.2.2 控制按钮和指示灯	7
1.2.3 行程开关	8
1.2.4 转换开关	10
1.3 自动控制电器	12
1.3.1 接触器	12
1.3.2 继电器	15
1.4 熔断器	20
1.5 低压断路器	22
1.6 习题	24
第2章 典型继电器—接触器控制电路	26
2.1 电气控制系统图的绘制	26
2.1.1 电气图中的图形符号和文字符号	26
2.1.2 电气原理图	27
2.1.3 电器元件布置图	29
2.1.4 电气接线图	30
2.2 电气控制线路的安装接线	31
2.3 三相笼型异步电动机全压起动控制	35
2.3.1 三相笼型异步电动机点动控制	36
2.3.2 自锁控制	36
项目2-1 三相笼型异步电动机全压起停控制电路	38
2.3.3 多地点与多条件控制	39
项目2-2 三相异步电动机的多地点与多条件控制电路	40
2.4 三相笼型异步电动机正反转控制	41
2.4.1 接触器联锁的正反转控制	41

2.4.2	具有双重连锁的正反转控制	42
项目 2-3	三相笼型异步电动机的正反转控制电路	43
2.4.3	按行程原则的电动机控制电路	44
项目 2-4	自动往复循环控制电路	45
2.5	两台电动机的顺序控制	46
2.5.1	两台电动机的顺序起动控制	47
2.5.2	两台电动机的顺序停止控制	47
项目 2-5	多台电动机按顺序工作的连锁控制电路	48
2.6	三相笼型异步电动机减压起动控制	50
2.6.1	定子串电阻减压起动控制	50
项目 2-6	三相异步电动机定子串电阻减压起动控制电路	52
2.6.2	星形-三角形起动控制	53
项目 2-7	三相异步电动机Y- Δ 起动控制电路	54
2.6.3	自耦变压器起动控制	55
2.7	绕线转子异步电动机起动控制	56
2.7.1	按电流原则的串电阻起动控制	56
2.7.2	按时间原则的串电阻起动控制	58
项目 2-8	绕线转子异步电动机起动控制电路	59
2.7.3	串频敏变阻器起动控制	60
2.8	三相笼型异步电动机调速控制	61
2.8.1	变极调速控制	61
项目 2-9	双速电动机调速控制电路	62
2.8.2	变频调速控制	64
2.9	三相笼型异步电动机制动控制	64
2.9.1	反接制动控制	64
项目 2-10	三相异步电动机反接制动控制电路	67
2.9.2	能耗制动控制	68
项目 2-11	三相异步电动机能耗制动控制电路	70
2.9.3	电磁抱闸制动控制	72
2.10	直流电动机的电气控制	72
2.11	习题	74
第 3 章	典型生产机械的电气控制系统	76
3.1	电气控制系统的识图方法	76
3.2	机床电气控制线路	77
项目 3-1	CM6132 型普通车床电气控制线路分析	78
项目 3-2	M7130 型平面磨床电气控制线路分析	80
项目 3-3	Z3040 型摇臂钻床电气控制线路分析	83
项目 3-4	X62W 型卧式万能铣床电气控制线路分析	85
项目 3-5	T68 型卧式镗床电气控制线路分析	87

3.3	电液控制系统	89
	项目 3-6 二次工作进给的液动力滑台控制线路分析	93
3.4	桥式起重机电气控制线路	94
3.4.1	桥式起重机对电力拖动的要求	95
3.4.2	桥式起重机的整机控制电路	96
3.4.3	桥式起重机的控制电路分析	96
3.5	常用建筑设备的电气控制线路	108
3.5.1	水泵电气控制线路	108
3.5.2	防火卷帘门电气控制线路	110
	项目 3-7 混凝土搅拌机电气控制线路分析	112
3.6	电气控制系统设计	114
3.6.1	电气控制系统设计的内容	114
3.6.2	电气控制系统设计的基本原则	114
3.6.3	电气原理图设计的方法	115
3.6.4	电气控制线路的保护环节	118
	项目 3-8 液体混合搅拌装置电气控制线路设计	120
	项目 3-9 皮带输送机电气控制线路设计	121
3.7	习题	121
第 4 章	PLC 基础知识	122
4.1	PLC 的定义和工作原理	122
4.1.1	PLC 的名称和定义	122
4.1.2	PLC 的特点	122
4.1.3	PLC 的结构	123
4.1.4	PLC 的工作原理	125
4.2	S7-200 系列 PLC	125
4.2.1	S7-200 CPU 模块外形结构	125
4.2.2	S7-200 系列 PLC CPU 存储区	128
4.2.3	S7-200 PLC 数据存储类型及其寻址方式	131
4.2.4	S7-200 系列 PLC 的编程方式	133
4.3	编程软件安装与使用	134
4.3.1	编程软件的安装与功能	134
4.3.2	编程软件的使用	141
4.3.3	编写用户程序	142
4.3.4	程序的状态监控与调试	145
4.3.5	符号表与符号地址的使用	146
4.4	位逻辑指令	147
	项目 4-1 与或非逻辑指令训练	153
4.5	定时器与计数器指令	156
4.5.1	定时器指令	156

4.5.2	计数器指令	158
项目 4-2	定时器和计数器指令训练	159
4.6	习题	164
第 5 章	数字量控制系统梯形图设计方法	166
5.1	梯形图的经验设计法	166
5.1.1	有保持功能的电路	166
5.1.2	闪烁电路	166
5.1.3	定时器的扩展电路	167
5.1.4	控制程序实例	167
5.2	根据继电器电路图设计梯形图的方法	168
5.2.1	基本方法	168
5.2.2	常闭触点输入信号的处理	169
5.2.3	注意事项	170
5.3	顺序控制设计法与顺序功能图	171
5.3.1	顺序功能图的组成	171
5.3.2	顺序功能图的基本结构	173
5.3.3	顺序功能图中转换实现的基本规则	174
5.4	使用起保停电路的顺序控制梯形图设计方法	174
5.4.1	单序列的编程方法	175
5.4.2	选择序列与并行序列的编程方法	176
项目 5-1	使用起保停电路的顺序控制梯形图设计方法	178
5.5	使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法	180
5.5.1	单序列的编程方法	180
5.5.2	选择序列的编程方法	181
5.5.3	并行序列的编程方法	181
项目 5-2	使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法	182
5.6	使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法	184
5.6.1	顺序控制继电器指令的应用	184
5.6.2	单序列的编程方法	184
5.6.3	选择序列与并行序列的编程方法	185
项目 5-3	使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法	186
5.7	PLC 编程训练	188
项目 5-4	基于 PLC 的三相异步电动机 Y/Δ 减压起动控制	188
项目 5-5	基于 PLC 的三相异步电动机正反转延时控制	189
项目 5-6	八段码的模拟控制	190
项目 5-7	天塔之光的模拟控制	192
项目 5-8	交通灯的模拟控制	193
项目 5-9	水塔水位的模拟控制	194
项目 5-10	轧钢机的模拟控制	195

项目 5-11 四节传送带的模拟控制	196
项目 5-12 机械手的模拟控制	197
项目 5-13 基于 PLC 的自动装卸料小车控制系统设计	198
项目 5-14 基于 PLC 的三层电梯控制系统设计	199
5.8 习题	200
第 6 章 PLC 的功能指令及程序设计	202
6.1 功能指令	202
6.1.1 学习功能指令的方法	202
6.1.2 S7-200 的指令规约	202
6.2 数据处理指令	202
6.2.1 比较指令与数据传送指令	202
项目 6-1 比较指令与传送指令及应用	205
6.2.2 移位与循环指令	210
项目 6-2 移位寄存器指令及应用	212
6.2.3 数据转换指令	215
6.3 数学运算指令	218
6.3.1 整数运算指令	218
6.3.2 数学功能指令	220
6.3.3 逻辑运算指令	221
6.4 程序控制指令	223
6.4.1 条件结束、停止和监视程序复位指令	223
6.4.2 For-Next 循环、跳转和诊断 LED 指令	224
6.5 中断控制指令与子程序	225
6.5.1 中断指令	225
6.5.2 子程序的编写与调用	227
6.6 习题	227
第 7 章 PLC 在模拟量闭环控制中的应用	229
7.1 PLC 的模拟量扩展模块	229
7.2 PLC 的 PID 算法实现	234
第 8 章 变频器原理及应用	237
8.1 通用变频器的基本工作原理	237
8.1.1 变频调速概述	237
8.1.2 变频器的基本原理	237
8.1.3 变频器的选型	242
8.2 MicroMaster 440 变频器	245
8.2.1 变频器的安装及调试	251
8.2.2 变频器的参数设置及功能选择	254
8.2.3 变频器的通信	257
项目 8-1 变频器的功能参数设置与面板 (BOP) 操作	258

项目 8-2	变频器的外部输入端子操作控制	261
项目 8-3	变频器多段速控制操作控制	265
项目 8-4	变频器与 PLC 联机控制	273
项目 8-5	变频器的工频/变频切换控制	280
项目 8-6	变频器的模拟量输入控制	286
项目 8-7	变频器的闭环 PID 控制	293
项目 8-8	使用 USS 协议指令控制变频器运行	299
第 9 章	监控组态软件	312
9.1	组态王软件	312
项目 9-1	基于组态王软件的交通灯模拟仿真	320
项目 9-2	基于组态王软件的运料小车控制系统模拟仿真	321
9.2	触摸屏	322
9.3	WinCC flexible	324
参考文献	326

第1章 常用低压电器

1.1 低压电器的基本知识

1.1.1 电器的作用与分类

在工业意义上, 电器是指能根据特定的信号和要求, 自动或手动地接通或断开电路, 断续或连续地改变电路参数, 实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气设备。电器的种类繁多、构造各异、作用不同, 通常按以下方法分为几类:

① 按电压等级分为高压电器和低压电器

低压电器是指工作在直流 1500 V 或交流 1200 V 及以下的电路中, 以实现对电路或非电路对象的接通、断开、保护、控制和调节作用的电器, 如接触器、刀开关及低压熔断器等。

高压电器是指工作电压高于直流 1500 V 或交流 1200 V 的各种电器, 如高压断路器、隔离开关、高压熔断器及避雷器等。

② 按所控制的对象分为低压配电电器和低压控制电器

低压配电电器主要用于低压配电系统和动力回路, 常用的有刀开关、转换开关、熔断器、自动开关及接触器等。

低压控制电器主要用于电力传输系统和电气自动控制系统中, 常用的有主令电器、继电器、起动机、控制器、电阻器及万能转换开关等。

③ 按工作职能分为手动操作电器和自动控制电器

手动操作电器是指需要人工直接操作才能完成指令任务的电器, 如刀开关、控制按钮等。

自动控制电器是指不需要人工操作, 而是按照电信号或非电信号自动完成指令任务的电器, 如交流接触器、继电器等。

④ 按有无触点分为有触点电器和无触点电器

有触点电器是指电器通断电路的功能由触点来实现, 如刀开关、接触器等。

无触点电器是指电器通断电路的功能不是通过机械接触而是根据输出信号的高低实现的, 如固态继电器、接近开关等。

⑤ 按电器组合分为单个电器、成套电器与自动化装置。

⑥ 按使用系统分为电力系统用电器、电力拖动及自动控制系统用电器以及自动化通信系统用电器。

⑦ 按使用场合分为一般工业用电器、特殊工矿用电器、农用电器、家用电器以及其他场合(如航空、船舶、热带、高原)用电器。

本书主要涉及低压电器, 如交流接触器、各类继电器、行程开关、熔断器及主令电

器等。

1.1.2 电磁机构及执行机构

电磁式低压电器在电气控制系统中的应用最为普遍，其类型也很多，而各类电磁式低压电器在工作原理和结构上基本相同。从结构上看，电磁式电器主要由电磁机构和执行机构组成，电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种，执行机构则可分为触点系统和灭弧装置两部分。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的重要组成部分，它将电磁能转换成机械能，带动触点使之闭合或断开。电磁机构由吸引线圈、铁心（静铁心）和衔铁（动铁心）等几部分组成。

从衔铁运动形式上看，其结构形式大致可分为拍合式和直动式两大类，如图 1-1 所示。图 1-1a 为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，铁心由电工软铁制成，它广泛用于直流电器中；图 1-1b 为衔铁沿轴转动的拍合式铁心，铁心形状有 E 形和 U 形两种，铁心由硅钢片叠成，多用于容量较大的交流电器中；图 1-1c 为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心，它也是由硅钢片叠压而成，衔铁在线圈内做直线运行，多用于中小型容量的交流电器中。

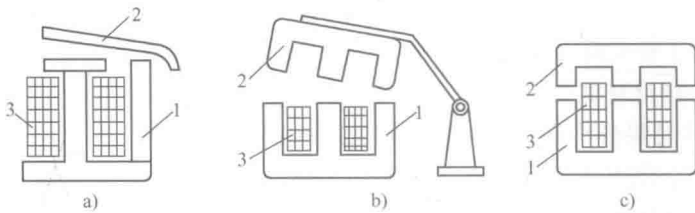


图 1-1 电磁机构的三种结构形式

1—铁心 2—衔铁 3—吸引线圈

a) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心 b) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心 c) 双 E 形直动式铁心

电磁机构的工作原理是：当吸引线圈中通入工作电流时，产生一定大小的磁通，磁通经铁心、衔铁和工作气隙形成闭合回路，此时衔铁被磁化产生电磁吸力，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。

吸引线圈通入的电流可以是直流电也可以是交流电。通入直流电的线圈称为直流线圈，直流线圈产生恒定磁场，铁心中没有磁滞损耗和涡流损耗，只有线圈本身的铜损，因此铁心不发热，只有线圈发热，所以其线圈做成高而薄的瘦长型，且不设线圈骨架，使线圈与铁心直接接触，易于散热。

通入交流电的线圈称为交流线圈，由于交流电磁铁的铁心存在磁滞和涡流损耗，不仅线圈要发热而且铁心也要发热，所以其线圈设有骨架，使铁心与线圈相互隔离开且将线圈做成短而厚的矮胖型，以改善线圈和铁心的散热情况。在交流电流产生的交变磁场中，为避免因磁通经过零点造成衔铁的抖动，需在交流电器铁心的端部开槽，嵌入一铜短路环，使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零，使电磁吸力总是大于弹簧的反作用力，因而可以消除交流铁心的抖动。

根据线圈在电路中的连接方式的不同，吸引线圈可分为串联线圈和并联线圈。串联线圈

又称为电流线圈，串接于线路中，流过的电流大，为了减小对电路的影响，线圈的导线粗、匝数少且阻抗较小。并联线圈又称为电压线圈，并联在线路上，为减小分流作用，其阻抗较大，线圈的导线细、匝数多。

2. 执行机构

执行机构由动触点、静触点、灭弧装置和导电部件组成。触点又称为触点，起接通和分断电路的作用。触点要求导电、导热性良好，接触电阻小，触点通常由铜、银、镍及其合金材料制成，有时也在触点表面镀一层银质材料。为了使触点接触得更加紧密，以减小接触电阻，并消除开始接触时产生的振动，一般采用安装触点弹簧的方法。

触点的结构有桥式和指式两类，如图 1-2 所示。触点的接触方式有点接触、线接触和面接触三种。图 1-2a 所示是两个点接触的桥式触点，图 1-2b 是两个面接触的桥式触点。桥式触点的两个触点串联于同一电路中，电路的接通与断开由两个触点共同完成，点接触形式适用于电流不大，且触点压力小的场合；面接触形式适用于电流较大的场合。图 1-2c 所示是指式触点，其接触区为一直线，触点接通或分断时产生滚动摩擦，以利于去掉氧化膜，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。

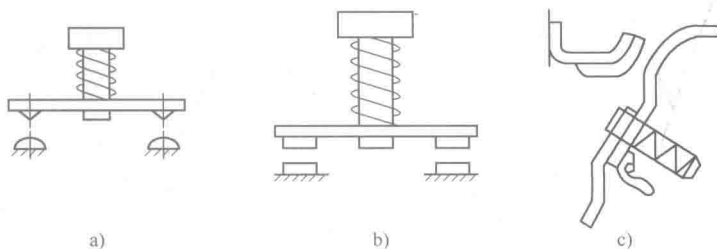


图 1-2 触点的结构形式

a) 点接触的桥式触点 b) 面接触的桥式触点 c) 线接触的指式触点

触点按其原始状态可分为常开触点和常闭触点。当线圈未通电时触点断开，线圈通电后闭合的触点称为常开触点或动合触点；当线圈未通电时触点闭合，线圈通电后触点断开的触点称为常闭触点或动断触点。线圈断电后所有触点恢复到原始状态，称为触点复位。按触点控制的电路又分为主触点和辅助触点。主触点用于接通和断开主电路，允许通过较大的电流，一般装有灭弧装置；辅助触点用于接通和断开控制电路，只允许通过较小的电流。

当开关电器触点在大气中断开电流时，如果电路电压不低于 $10 \sim 20 \text{ V}$ ，电流不小于 $80 \sim 100 \text{ mA}$ ，则在触点间隙（弧隙）中会产生温度极高、发出强光和能够导电的气体，称为电弧。开关触点分断瞬间，电场强度很大，温度很高，触点表面的电子逸出，进入触点间隙的介质中去，形成自由电子。自由电子在高速运动中碰撞到中性质点，使中性质点分解为带电的正离子和自由电子。这些被碰撞游离出来的带电质点在电场力的作用下，继续参加碰撞游离，结果使触点间介质中的离子数越来越多，当离子浓度足够大时，介质击穿而发生电弧。电弧的温度很高，表面温度达 $3000 \sim 4000^\circ\text{C}$ ，弧心温度可高达 10000°C 。在如此高温下，电弧中的中性质点可游离为正离子和自由离子，从而进一步加强了电弧中游离。电弧的高温会烧坏触点，降低电器寿命和可靠性；电弧还会使断开电路的时间延长，严重时引起开关电器着火和爆炸，形成火灾。因此，在开关电器设备中应设置适当的灭弧装置，迅速熄灭电弧。

开关电器中常用的灭弧方法有速拉灭弧法、冷却灭弧法、吹弧灭弧法、真空灭弧法和六氟化硫(SF₆)灭弧法等。在开关电器设备中,常常根据具体情况利用以上灭弧法来达到迅速灭弧的目的。

1.2 手动控制电器与主令电器

手动控制电器与主令电器在控制电路中用于发布命令,使控制系统的状态发生改变,其包括刀开关、按钮、转换开关以及行程开关等,属于非自动切换的开关电器。

1.2.1 刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的手动控制电器,可将电路与电源明显地隔开,作电源隔离开关使用,一般不可分断负载电流,但可用于不频繁地接通与分断较小工作电流的负载,如小型电动机、电阻炉等。其图形文字符号如图 1-3 所示。

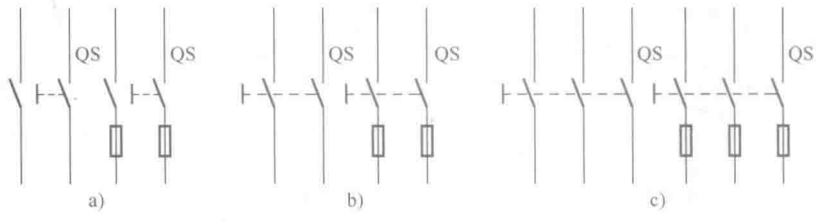


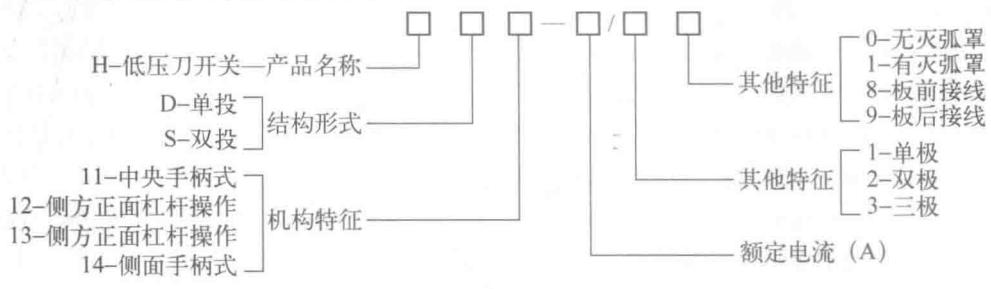
图 1-3 刀开关的图形文字符号
a) 单极 b) 双极 c) 三极

刀开关其结构由触刀(动触点)、静插座(静触点)、铰链支座、手柄和绝缘底板等组成。按其极数分,有单极、双极与三极。按其操作方式分,有单投和双投。按其灭弧结构分,有不带灭弧罩和带灭弧罩的两种。不带灭弧罩的刀开关,一般只能在无负荷或小负荷下操作,作隔离开关使用。带有灭弧罩的刀开关,则能通断一定的负荷电流。按型号分,常用的刀开关有 HD 系列单投刀开关、HS 系列双投刀开关、HR 系列熔断器式刀开关以及 HK 系列闸刀开关等。

1. 常用刀开关

图 1-4 所示为 HD13 系列开启式刀开关,适用于交流 50 Hz、额定电压至 380 V 或直流额定电压至 220 V、电流至 3000 A 的成套配电装置中,可用于不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关使用。

低压刀开关型号的表示和含义如下:



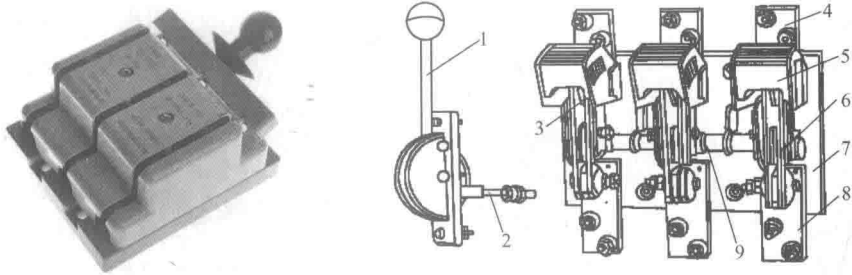


图 1-4 HD13 系列开启式刀开关

1—操作手柄 2—传动连杆 3—静触点 4—上接线端子 5—灭弧罩
6—闸刀 7—底座 8—下接线端子 9—主轴

熔断器式隔离开关即熔断器式刀开关，又称刀熔开关，是低压刀开关与低压熔断器组合而成的开关电器，具有刀开关和熔断器的双重功能。采用这种组合型开关电器，可以简化配电装置的结构，经济实用，因此越来越广泛地在低压配电屏上安装使用。如图 1-5 所示为 HR3 系列熔断器式隔离开关，适用于交流 50 Hz、380 V，额定电流至 1000 A 的配电系统中作为短路保护和电缆、导线的过载保护之用。

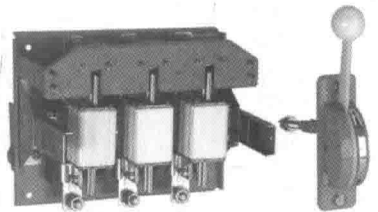
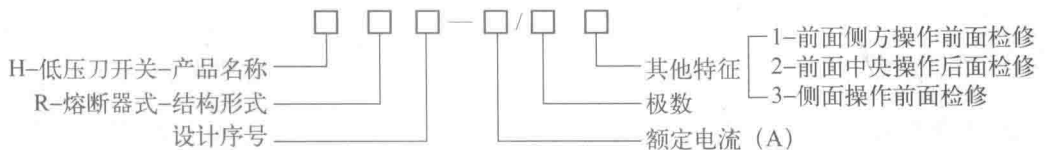


图 1-5 HR3 系列熔断器式隔离开关

隔离开关主要用来断开无负荷电流的电路、隔离电源，可不频繁地切断小电流，它没有专门的灭弧装置，不能切断负荷电流及短路电流，在短路情况下，由熔断器分断电流。因此，隔离开关只能在电路已被断路器断开的情况下才能进行操作，严禁带负荷操作，以免造成严重的人身和设备事故。

低压刀熔开关型号的表示和含义如下：



低压负荷开关是由低压刀开关和熔断器串联组合而成、外装封闭式铁壳或开启式胶盖的开关电器。低压负荷开关具有带灭弧罩刀开关和熔断器的双重功能，能切断额定负荷电流和一定的过载电流，但短路熔断后，需更换熔体才能恢复供电。

图 1-6 所示为瓷底胶盖刀开关，简称闸刀开关，属于开启式负荷开关，是由刀开关和熔断器（即常用的保险管或保险丝）组合而成的一种结合外力实现操作的开关电器。该开关设有专门的灭弧装置，它利用胶木盖来防止电弧的烧伤。这种刀开关使用广泛，常用作交流额定电压 380/220 V，额定电流至 100 A 的照明配电线路的电源开关和小容量电动机不频繁起动的操作开关。利用瓷底胶盖刀开关直接控制电动机时，只能控制 5.5 kW 以下的电动机。

图 1-7 所示为 HH3 系列封闭式负荷开关，适用于额定工作电压 380 V、额定工作电流至 600 A、频率为 50 Hz 的交流电路中，可作为手动不频繁地接通分断有负载的电路，并对电路有过载和短路保护作用。

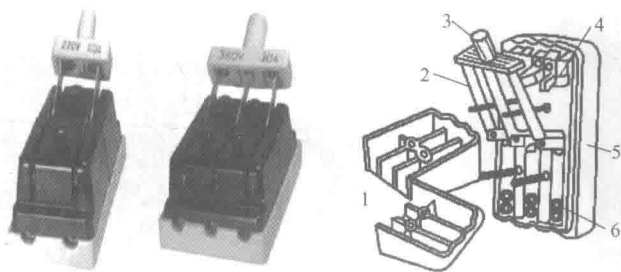


图 1-6 HK2 系列瓷底胶盖刀开关

1—胶盖 2—动触点 3—手柄 4—静触点 5—瓷底 6—熔丝接头

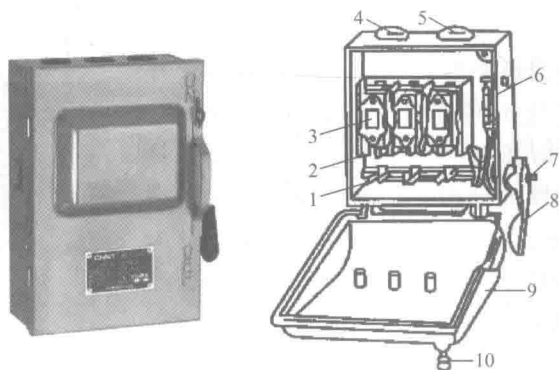


图 1-7 HH3 系列封闭式负荷开关

1—动触刀 2—静夹座 3—熔断器 4—进线孔 5—出线孔 6—速断弹簧
7—转轴 8—手柄 9—开关盖 10—开关盖锁紧螺栓

低压负荷开关型号的表示和含义如下：



2. 刀开关的选用

刀开关选用时应考虑以下两个方面：

(1) 作用和结构形式的选择

应根据刀开关的作用和装置的安装形式来选择。是否带灭弧装置，若分断负载电流时，应选择带灭弧装置的刀开关；根据装置的安装形式来选择，是正面、背面还是侧面操作，是直接操作还是杠杆传动，是板前接线还是板后接线。

(2) 额定电流的选择

刀开关的额定电压应等于或大于电路额定电压。刀开关的额定电流应等于（在开启和通风良好的场合）或大于（在封闭的开关柜内或散热条件较差的工作场合，一般选 1.15 倍）所分断电路中各个负载额定电流的总和。对于电动机负载，应考虑其起动电流，所以应选用额定电流大一级的刀开关。若再考虑电路出现的短路电流，还应选用额定电流更大一级的刀开关。

3. 刀开关安装与使用的注意事项

(1) 安装前, 应检查动触点与静触点的接触是否良好, 是否同步。如有问题, 应予以修理或更换。

(2) 在安装瓷底胶盖刀开关时, 手柄要向上合闸, 不得倒装或平装。只有安装正确, 作用在电弧上的电动力和热空气的上升方向一致, 才能促使电弧迅速拉长而熄灭; 反之, 两者方向相反, 电弧就不易熄灭, 严重时会使触点及刀片烧灼, 甚至造成极间短路。此外, 如果倒装, 手柄可能会因自动下落而误动作合闸, 可能造成人身和设备的安全事故。没有胶盖的刀开关不能使用。

(3) 开关安装高度距地面的高度为 1.3 ~ 1.5 m。

(4) 刀开关在接线、拆线时, 应首先断电。接线时, 螺钉应紧固到位, 电源进线必须接刀开关上方的静触点接线柱, 通往负载的引线接下方的接线柱, 熔断器接在负载侧。封闭式负荷开关的外壳应保护接零或接地。

(5) 安装后, 应检查刀开关和静触点是否成直线和紧密可靠连接。

(6) 更换熔丝时, 必须先拉闸断电, 再按原规格安装熔丝。

1.2.2 控制按钮和指示灯

主令电器是一种机械操作的控制电器, 其作用是对各种电气系统发出控制指令, 使继电器和接触器动作, 从而改变电力拖动系统中电动机的起动、停车、制动以及调速。主令电器是用来闭合和断开控制电路的, 但不能直接分合主电路。常用的主令电器有按钮、行程开关及转换开关等。

1. 控制按钮

控制按钮是一种接通或分断小电流的主令电器, 主要用于低压控制电路中, 手动操作发出操作信号以控制接触器、继电器等电磁装置, 以切换自动控制电路, 也可作为电路中的电气连锁。

控制按钮的一般结构示意图如图 1-8 所示, 具有常开触点 (动合触点) 和常闭触点 (动断触点) 的复合结构。按钮的主要技术参数有额定电压和额定电流, 一般为 AC500 V、5 A。按钮的结构形式有多种, 适用于不同的场合: 紧急式装有突出的蘑菇形钮帽, 便于紧急操作; 指示灯式在按钮内装有信号灯, 用作信号显示; 钥匙式为了安全起见, 需用钥匙插入, 方可旋转操作。



图 1-8 控制按钮

1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触点 4—常闭触点 5—常开触点