

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

现代电气及 PLC应用技术 (西门子S7-200及SMART)

主编 童克波

非
外
借



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

现代电气及PLC应用技术

(西门子 S7-200 及 SMART)

主 编 童克波

副主编 殷培峰 孙红英 马 超

参 编 李 泉 闫海兰

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以“边教、边学、边做”为目的,按项目引导、任务驱动的模式编写。本书主要内容包括各种常用低压电器元件,继电器接触式控制系统的基本控制线路的原理、接线、故障排除和调试运行,西门子 S7-200 PLC 的结构原理, V4.0 STEP 7-Micro/WIN SP9 编程软件的使用, S7-200 仿真软件的使用, PLC 对电动机负载、灯负载、数码管负载的控制以及 PLC 对模拟量的控制,最后讲解西门子公司新推出的 S7-200 SMART PLC。

本书是一本“理实一体化”教材,非常适合作为高职院校的自动控制、电气自动化、机电一体化、过程自动化、机电设备与维修专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代电气及 PLC 应用技术: 西门子 S7-200 及 SMART / 董克波主编. —西安:

西安电子科技大学出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5606-5282-5

I. ①现… II. ①董… 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(2019)第 055663 号

策划编辑 秦志峰

责任编辑 张 玮

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 咸阳华盛印务有限责任公司

版 次 2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18

字 数 426 千字

印 数 1~3000 册

定 价 44.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 5282 - 5 / TM

XDUP 5584001-1

如有印装问题可调换

前 言

本书以西门子 S7-200 PLC 机型为讲授机型，全书按照“项目引导、任务驱动”的思路进行编写，贯彻“学中练、练中学、学练一体”新教学理念。全书共分为 10 个项目，每个项目设置了多个教学任务，教学任务由“任务引入”“任务分析”“相关知识”“任务实施”和“知识拓展”等环节组成，以便引导学生总结和强化所学知识。

近几年，西门子公司推出了 S7-200 SMART PLC 机型，用于取代 S7-200 PLC 机型。本书在项目 10 中对 S7-200 SMART PLC 机型也作了详细介绍，供大家参考。

本书是按“理实一体化”教学模式编写的，特别适合高职院校使用。本书的主要特色如下：

(1) 同一题目使用不同的方式编程，可让读者从中感受到编程的多样性，并掌握更多编程技巧。

(2) 贯彻“理实一体化”的教学模式，切实做到“边教、边学、边做”。

(3) 所选内容贴近生产实际，容易在实训中实现，更利于学生理解、掌握。

本书最大的特点是案例多，一个任务一个案例，通过大量案例讲解、实施，使学生具备认识各种低压电器元件，并能根据原理图正确进行接线的能力。PLC 的讲解由浅入深、循序渐进，最后使学生达到根据题目要求使用逻辑指令、功能指令、模拟量指令编写中小程序的目标。

全书共 10 个项目、1 个附录。本书由兰州石化职业技术学院童克波任主编，兰州石化职业技术学院殷培峰、孙红英和平顶山工业职业技术学院马超任副主编；参与本书编写的还有兰州石化职业技术学院李泉、闫海兰。具体编写分工如下：童克波编写项目 6、项目 7、项目 9；殷培峰编写项目 1；孙红英编写项目 3、项目 4、项目 10；马超编写项目 8；李泉编写项目 5；闫海兰编写项目 2 及附录。全书由童克波负责统稿并定稿。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。编者联系邮箱：tongkebo@163.com。

编 者
2019 年 4 月



目 录

项目 1 基本电气控制线路	1	四、知识拓展.....	69
任务 1 实现电动机的单向旋转.....	1	任务 2 西门子 S7-200 系列 PLC 的 系统组成.....	70
一、任务引入.....	1	一、任务引入.....	70
二、任务分析.....	1	二、任务分析.....	70
三、相关知识.....	1	三、相关知识.....	70
四、任务实施.....	15	四、任务实施.....	72
五、知识拓展.....	17	项目 2 练习题.....	79
任务 2 实现对电动机的多地控制.....	18	项目 3 梯形图与指令的转换	80
一、任务引入.....	18	任务 1 梯形图与指令的转换.....	80
二、任务分析.....	19	一、任务引入.....	80
三、相关知识.....	19	二、任务分析.....	81
四、任务实施.....	23	三、相关知识.....	81
五、知识拓展.....	26	四、任务实施.....	82
任务 3 实现电动机的正反转控制.....	29	五、巩固训练.....	83
一、任务引入.....	29	六、知识拓展.....	84
二、任务分析.....	29	七、巩固提高.....	86
三、相关知识.....	29	任务 2 V4.0 STEP7-Micro/WIN SP3 编程软件的使用方法.....	87
四、任务实施.....	33	一、任务引入.....	87
五、知识拓展.....	38	二、任务分析.....	87
任务 4 实现电动机 Y- Δ 降压启动控制.....	44	三、相关知识.....	87
一、任务引入.....	44	四、知识拓展.....	94
二、任务分析.....	44	五、巩固训练.....	96
三、相关知识.....	44	项目 3 练习题.....	97
四、任务实施.....	50	项目 4 PLC 对电动机负载的控制	98
五、知识拓展.....	53	任务 1 实现对电动机正反转的控制.....	98
项目 1 练习题.....	58	一、任务引入.....	98
项目 2 PLC 概述	61	二、任务分析.....	98
任务 1 PLC 的系统组成、工作原理.....	61	三、相关知识.....	98
一、任务引入.....	61	四、任务实施.....	101
二、任务分析.....	61		
三、相关知识.....	61		

五、知识拓展.....	104	二、任务分析.....	146
任务 2 实现对电动机点动长动的控制.....	105	三、相关知识.....	146
一、任务引入.....	105	四、任务实施.....	148
二、任务分析.....	105	五、知识拓展.....	150
三、相关知识.....	105	项目 5 练习题.....	155
四、任务实施.....	108	项目 6 PLC 对数码管负载的控制	157
五、知识拓展.....	110	任务 1 使用逻辑指令实现对数码管的	
任务 3 实现对电动机 Y- Δ 降压启动		控制.....	157
运行的控制.....	111	一、任务引入.....	157
一、任务引入.....	111	二、任务分析.....	157
二、任务分析.....	111	三、相关知识.....	157
三、相关知识.....	112	四、任务实施.....	159
四、任务实施.....	117	五、知识拓展.....	161
五、知识拓展.....	119	任务 2 使用七段编码指令实现对数码管的	
任务 4 实现对多台电动机的顺序控制.....	120	控制.....	163
一、任务引入.....	120	一、任务引入.....	163
二、任务分析.....	121	二、任务分析.....	164
三、相关知识.....	121	三、相关知识.....	164
四、任务实施.....	125	四、任务实施.....	168
五、知识拓展.....	128	五、知识拓展.....	170
项目 4 练习题.....	130	项目 6 练习题.....	172
项目 5 PLC 对灯负载的控制	132	项目 7 PLC 对灯、数码管、电动机的	
任务 1 使用逻辑指令实现对交通灯的		综合控制	173
控制.....	132	任务 PLC 对 5 层电梯的控制.....	173
一、任务引入.....	132	一、任务引入.....	173
二、任务分析.....	132	二、任务分析.....	173
三、相关知识.....	132	三、相关知识.....	173
四、任务实施.....	134	四、任务实施.....	174
五、知识拓展.....	137	项目 7 练习题.....	181
任务 2 使用子程序调用指令实现对		项目 8 PLC 在模拟量控制方面的	
交通灯的控制.....	138	应用	182
一、任务引入.....	138	任务 1 中断指令及其应用.....	182
二、任务分析.....	138	一、任务引入.....	182
三、相关知识.....	139	二、任务分析.....	182
四、任务实施.....	140	三、相关知识.....	182
五、知识拓展.....	142	四、任务实施.....	186
任务 3 使用比较指令实现对交通灯的		五、知识拓展.....	188
控制.....	146	任务 2 高速计数器及其应用.....	192
一、任务引入.....	146	一、任务引入.....	192

二、任务分析.....	192	二、任务分析.....	230
三、相关知识.....	192	三、相关知识.....	230
四、任务实施.....	196	四、任务实施.....	232
五、知识拓展.....	199	项目 9 练习题.....	235
任务 3 模拟量扩展模块的使用.....	201	项目 10 S7-200 SMART PLC 概述	236
一、任务引入.....	201	任务 1 S7-200 SMART PLC 的外形结构和 I/O 接线.....	236
二、任务分析.....	201	一、任务引入.....	236
三、相关知识.....	202	二、任务分析.....	236
四、任务实施.....	206	三、相关知识.....	236
五、知识拓展.....	212	四、任务实施.....	241
任务 4 恒温控制系统.....	214	任务 2 STEP 7-Micro/WIN SMART 编辑软件的使用.....	245
一、任务引入.....	214	一、任务引入.....	245
二、任务分析.....	214	二、任务分析.....	245
三、相关知识.....	214	三、相关知识.....	246
四、任务实施.....	218	四、任务实施.....	251
五、知识拓展.....	221	任务 3 SMART PLC 以太网组网.....	258
项目 8 练习题.....	223	一、任务引入.....	258
项目 9 PLC 在顺序控制方面的应用	224	二、任务分析.....	258
任务 1 单流程顺序控制程序.....	224	三、任务实施.....	258
一、任务引入.....	224	项目 10 练习题.....	266
二、任务分析.....	224	附录 西门子 S7-200 系列 PLC	267
三、相关知识.....	224	参考文献	280
四、任务实施.....	227		
任务 2 选择性、并行性分支与汇合.....	230		
一、任务引入.....	230		

项目 1

基本电气控制线路

任务 1 实现电动机的单向旋转

一、任务引入

电动机的单向旋转是指在三相异步电动机的定子绕组上加上额定电压,进行全压启动。在工业、农业和建筑业等行业中这种控制电路占到 60%以上,通常采用继电器-接触器控制系统,其特点是电气设备少、电路简单、维修量小。该控制电路启动后,电动机保持连续旋转,按停止按钮,电动机停止转动;电路还设有短路、过载、欠压和失压保护。

二、任务分析

要完成该任务,必须具备以下能力:

- (1) 掌握接触器、热继电器、熔断器等低压电器的结构和工作原理。
- (2) 能绘制主电路和控制电路图。
- (3) 熟悉电动机单向旋转的工作原理。
- (4) 能依据电气控制原理图完成接线。

三、相关知识

1. 低压电器概述

1) 低压电器的定义

对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电气设备称为电器。按工作电压的不同,电器可分为高压电器和低压电器两大类。

低压电器是指工作在额定电压交流 1200 V 以下、直流 1500 V 及以下电路中起通断、控制、保护或调节作用的电器。

2) 低压电器的分类

低压电器种类繁多,结构各异,功能多样,用途广泛。其分类如下:

(1) 按动作方式分类, 低压电器可分为以下两类:

① 手动电器。由人手直接操作才能完成任务的电器称为手动电器, 如刀开关、按钮和转换开关等。

② 自动电器。依靠指令信号或某种物理量(如电压、电流、时间、速度、热量、位移等)变化就能自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器, 如接触器、继电器等。

(2) 按用途分类, 低压电器可分为以下两类:

① 低压保护电器。这类电器主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用, 以保护电源、线路或电动机, 如熔断器、热继电器等。

② 低压控制电器。这类电器主要用于电力拖动控制系统中, 用于控制电路通断或控制电动机的各种运行状态并能及时可靠地动作, 如接触器、继电器、控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。

有些电器具有双重作用, 如低压断路器既能控制电路的通断, 又能实现短路、欠压及过载保护。

(3) 按执行机构分类, 低压电器可分为以下两类:

① 电磁式电器。利用电磁感应原理, 通过触点的接通和分断来通断电路的电器称为电磁式电器, 如接触器、低压断路器等。

② 非电量控制电器。其工作是靠非电量(如压力、温度、时间、速度等)的变化而动作的电器称为非电量控制电器, 如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

3) 低压电器的基本结构

低压电器的基本结构由电磁机构和触头系统组成。

(1) 电磁机构。电磁机构由电磁线圈、铁芯和衔铁三部分组成。电磁线圈分为直流线圈和交流线圈两种。直流线圈需通入直流电, 交流线圈需通入交流电。

电磁机构的工作特性包括:

① 吸力特性。在交流电磁机构中, 由于交流电磁线圈的电流 I 与气隙 δ 成正比, 所以在线圈通电而衔铁尚未闭合时, 电流可能达到额定电流的 5~6 倍。如果衔铁卡住不能吸合或频繁操作, 线圈可能因过热而烧毁, 所以在可靠性要求较高或操作频繁的场所, 一般不采用交流电磁机构。

在直流电磁机构中, 电磁吸力与气隙的二次方成反比, 所以衔铁闭合前后电磁吸力变化较大, 但由于电磁线圈中的电流不变, 所以直流电磁机构适用于动作频繁的场所。

② 直流放电回路电磁机构。直流电磁机构的通电线圈断电时, 由于磁通的急剧变化, 在线圈中会感应出很大的反电动势, 很容易使线圈烧毁, 所以在线圈的两端要并联一个放电回路。放电回路中的电阻值为线圈电阻值的 5~6 倍。

③ 交流电磁机构中短路环的作用。当线圈中通入交流电时, 铁芯中出现交变的磁通, 时而最大时而为零, 这样在衔铁与固定铁芯间会因吸引力变化而产生振动和噪声。当加上短路环后, 交变磁通的一部分将通过短路环, 在环内产生感应电动势和电流。根据电磁感应定律, 此感应电流产生的感应磁通使通过短路环的磁通产生相位差, 进而由磁通产生的吸引力也有相位差, 只要作用在磁铁上合力大于反力, 即可消除振动。

(2) 触头系统。触头的形式主要有以下几种:

- ① 点接触式, 常用于小电流电器中。
- ② 线接触式, 用于通电次数多、电流大的场合。
- ③ 面接触式, 用于较大电流的场合。

4) 低压电器电弧的产生和灭弧方法

(1) 电弧的产生。低压电器工作时, 当触头在分断时, 如果触头之间的电压超过 12 V, 电流超过 0.25 A, 触头间隙内就会产生电弧。

(2) 常用的灭弧方法。常用的灭弧方法包括双断口灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧、灭弧罩灭弧。

① 双断口灭弧: 同一相采用两对触头, 使电弧分成两个串联的短弧, 使每个断口的弧隙电压降低, 触头的灭弧行程缩短, 提高灭弧能力。这种灭弧方法结构简单, 无需专门的灭弧装置, 一般多用于小功率的电器中。双断口结构的灭弧示意图如图 1-1 所示。

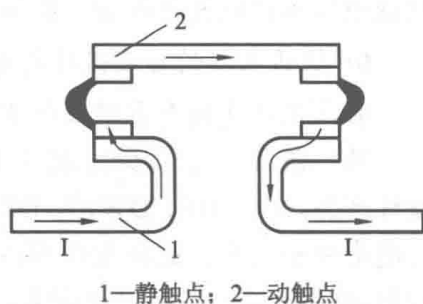


图 1-1 双断口结构的灭弧示意图

② 磁吹灭弧: 利用气体或液体介质吹动电弧, 使之拉长、冷却。按照吹弧的方向, 分纵吹和横吹。另外还有两者兼有的纵横吹, 大电流横吹、小电流纵吹。磁吹灭弧广泛用于直流感触器中。

③ 栅片灭弧: 开关分断时触头间产生的电弧在磁场力作用下进入灭弧栅片内被切割成几个串联的短弧, 当外加电压不足以维持全部串联短电弧时, 电弧迅速熄灭。交流低压电器开关多采用这种灭弧方法。栅片灭弧装置示意图如图 1-2 所示。

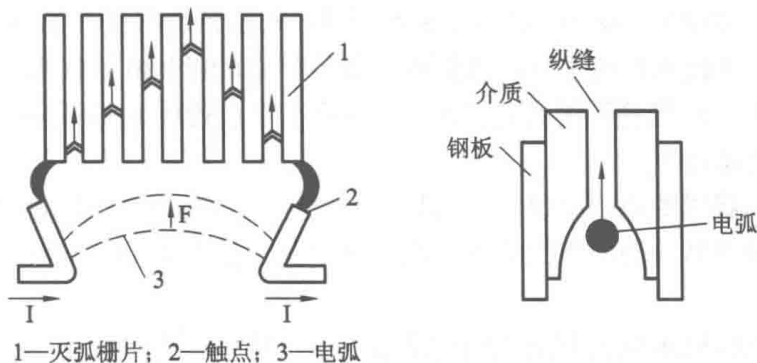


图 1-2 栅片灭弧装置示意图

④ 灭弧罩灭弧: 这是一种比栅片灭弧更简单的灭弧方式, 采用由陶土和石棉水泥做成的耐高温的灭弧罩, 通过隔离和降温来实现灭弧, 可用于交直流灭弧。

5) 低压电器的主要技术参数

(1) 额定电压。额定电压是指在规定的条件下, 能保证电器正常工作的电压值, 通常指触点的额定电压值。对于电磁式电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

(2) 额定电流。额定电流是指在额定电压、额定频率和额定工作制下所允许通过的电流。它与使用类别、触点寿命、防护等级等因素有关, 同一开关可以对应不同使用条件下规定的不同工作电流。

(3) 使用类别。使用类别是指有关操作条件的规定组合,通常用额定电压和额定电流的倍数及其相应的功率因数或时间常数等来表征电器额定通断能力的类别。

(4) 通断能力。通断能力包括接通能力和断开能力,以非正常负载时接通和断开的电流值来衡量。接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力。断开能力是指开关断开时能可靠灭弧的能力。

(5) 寿命。寿命包括电寿命和机械寿命。电寿命是指电器在所规定使用条件下不需修理或更换零件的操作次数。机械寿命是指电器在无电流情况下能操作的次数。

6) 低压电器的发展概况与发展动向

我国低压电器产品的发展大致可分为以下三个阶段:

第一阶段,从 20 世纪 60 年代初至 70 年代初,在模仿基础上自行设计开发第一代统一设计产品。以 CJ10、DW10、DZ10、JR16B 等产品为代表,产品结构尺寸大、材料消耗多、性能指标不理想、品种规格不齐全。这代产品总体技术性能相当于国外 50 年代水平,有的是 40 年代水平,现已被淘汰,但这一代产品为我国低压配电和控制系统的发展起了重要作用。

第二阶段,从 20 世纪 70 年代后期到 80 年代,进行产品的更新换代和引进国外先进技术制造第二代产品。更新换代的代表产品有 CJ20 接触器, DZ20、DW15 断路器系列等。引进国外技术制造的代表产品有 ME、3WE、3TB、B 系列等。这批产品体积小,技术指标明显提高,相当于国外 20 世纪 70 年代末、80 年代初的水平。其中:ME 系列,引进德国 AEC 公司技术,国内型号为 DW17 系列;3WE 系列、3TB 系列,引进德国西门子公司技术,3TB 系列的国内型号为 CJX3 系列;B 系列,引进 ABB 公司技术。

第三阶段,从 20 世纪 90 年代起,我国低压电器产业发展突飞猛进,开发、研制的代表产品有 DW40、DW45、DZ40、CJ40、S 系列等,与国外合资生产的有 M、F、3TF 系列等。这些产品的总体技术性能优良,达到或接近国外 20 世纪 80 年代末、90 年代初水平。其中:M 系列,引进法国施耐德公司技术;F 系列,引进德国 F-G 公司技术;3TF 系列,引进德国西门子公司技术。

为了尽快提高我国的电力系统、自动控制系统、自动监测系统的自动化水平,必须大力发展第三代电器产品,淘汰和改善老产品,使电器产品在研制、开发、生产、检测各阶段实现全面飞跃。

近十年来,我国低压电器制造业的发展飞速,特别是先进技术的引进,加快了新产品的问世。从国外公司引进的 ME 系列低压断路器、B 系列交流接触器、T 系列热继电器、NT 和 NGT 系列熔断器、C45 系列小型低压断路器等产品的制造技术,基本上实现了国产化,有的产品还返销到国外。如我国自行生产的 DW15-2500 框架式低压断路器,额定电压为 380 V,分断能力为 60 kA,符合 IEC 国际标准,结构紧凑、新颖,使用维修方便,具有电动操作方式并附有应急和维修手柄,保护性能齐全。引进先进技术而开发的新产品 B105 系列交流接触器符合 IEC 和 VDE 标准,体积小、重量轻、结构紧凑、使用方便,机械寿命达 1000 万次,在额定电压 380 V、使用类别为 AC-3 时,电寿命达到 100 万次。RT20 / RT30 系列有填料封闭式熔断器,功耗低,分断能力高达 120 kA。

进入 21 世纪以来,低压电器在技术上和功能上都有了很大的发展,各种继电器、接触

器和断路器已经普遍采用了电子和智能控制。随着现代设计技术、微机技术、微电子技术、计算机网络和数字通信技术的飞速发展,以及人工智能技术在低压电器中的应用,智能电器已经从简单的采用微机控制取代传统继电控制功能的单一封闭装置,发展到具有较完整的理论体系和多学科交叉的电器智能化系统,成为电气工程领域中电力开关设备、电力系统继电保护、工业供电系统及工业控制网络技术新的发展方向。

2. 常用低压电器

1) 刀开关

刀开关是手动电器中结构最简单的一种,由绝缘手柄、触刀、静插座、铰链支架和绝缘底板等组成,如图 1-3 所示,主要作用是隔离电源,或作不频繁接通和断开容量较小的低压配电线路。刀开关的分类方式很多,按极数分为单极、双极和三极;按灭弧装置分为带灭弧装置和不带灭弧装置;按转换方向分为单掷和双掷;按操作方式分为直接手柄操作和远距离联杆操作;按有无熔断器分为带熔断器式刀开关和不带熔断器式刀开关。

安装刀开关时,绝缘手柄要向上,不得倒装或平装。如果倒装,拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸而造成人身或设备安全事故。接线时,应将电源接在上端,负载线接在下端,以确保安全。

在电力拖动控制电路中最常用的是由刀开关和熔断器组合的负荷开关。负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

(1) 开启式负荷开关。开启式负荷开关(HK 系列)又称闸刀开关,常用于电气照明、电热设备及小容量电动机控制电路中,在短路电流不大的电路中作手动不频繁带负荷操作和短路保护用。

HK 系列开启式负荷开关由刀开关和熔断器组合而成,开关的瓷底板上装有进线座、静触头、熔丝、出线座及刀片式动触头,如图 1-4 所示。此系列闸刀开关不设专门灭弧装置,整个工作部分用胶木盖罩住,分闸和合闸时应动作迅速,使电弧较快地熄灭,以防电弧灼伤人手,同时减少电弧对刀片和触座的灼损。开关分单相双极和三相三极两种。图 1-5 为其图形符号和文字符号。

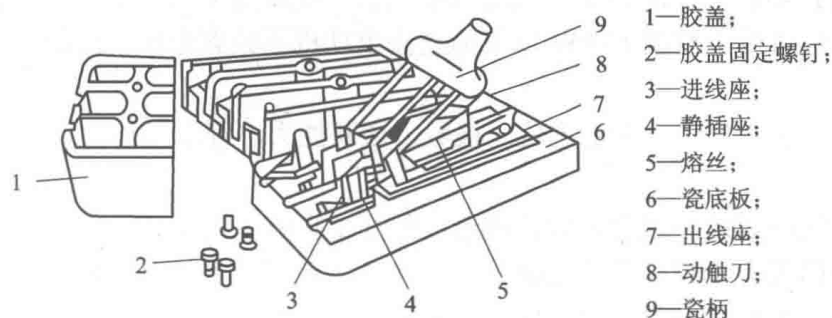


图 1-4 HK 系列开启式负荷开关结构图

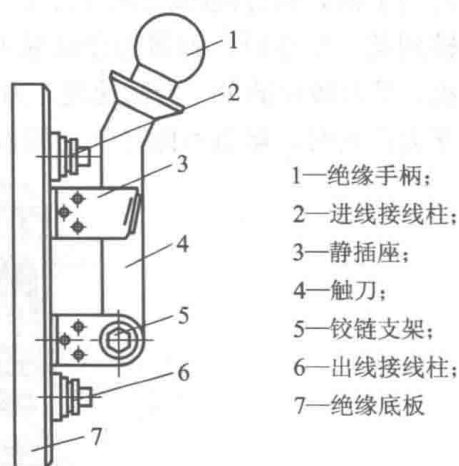


图 1-3 刀开关的结构

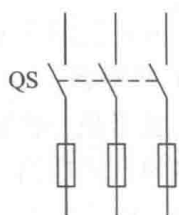


图 1-5 图形符号和文字符号

(2) 封闭式负荷开关。封闭式负荷开关(HH 系列)又称铁壳开关,是在开启式负荷开关基础上改进的一种开关。开启式负荷开关没有灭弧装置,手动操作时,触刀断开速度比较慢,以致在分断大电流时,往往会有很大的电弧向外喷出,有可能引起相间短路,甚至灼伤操作人员。若能够提高触刀的通断速度,在断口处设置灭弧罩,并将整个开关本体装在一个防护壳体内,就可以极大地改善开关的通断性能。根据这个思路设计的封闭式负荷开关,较开启式负荷开关性能更为优越、操作更安全可靠。

图 1-6 所示为常用 HH 系列铁壳开关结构,主要由触刀、静插座、熔断器、速动弹簧、手柄和外壳等组成。为了迅速熄灭电弧,在开关上装有速动弹簧,用钩子扣在转轴上,当转动手柄开始分闸(或合闸)时,U 形动触刀并不移动,只拉伸了弹簧,积累了能量。当转轴转到某一角度时,弹簧力使动触刀迅速从静插座中拉开(或迅速嵌入静插座),电弧迅速熄灭,具有较高的分、合闸速度。为了保证用电安全,此开关的外壳上还装有机电联锁装置。开关合闸时,箱盖不能打开;箱盖打开时,开关不能合闸。

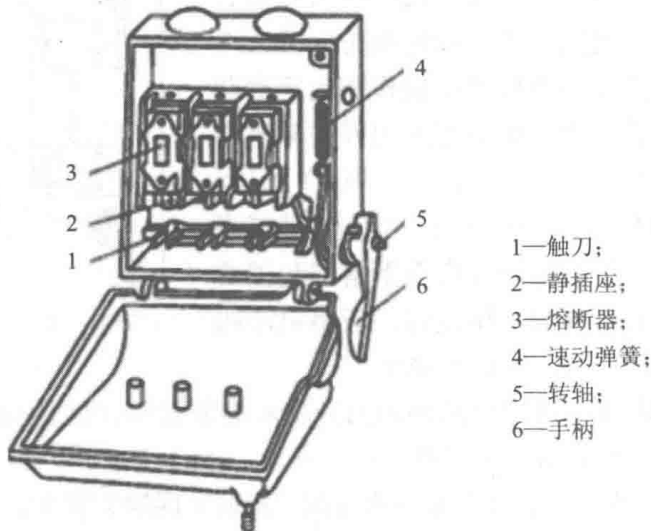


图 1-6 常用 HH 系列铁壳开关结构

负荷开关在安装时要垂直安放,为了使分闸后刀片不带电,进线端在上端与电源相接,出线端在下端与负载相接。合闸时手柄朝上,拉闸时手柄朝下,以保证检修和装换熔丝时的安全。若水平或上下颠倒安放,拉闸后由于闸刀的自重或螺钉松动等原因,易造成误合闸,引起意外事故。

封闭式负荷开关由于具有铸铁或铸钢制成的全封闭外壳,防护能力较好,一般用在工矿企业电气装置和农村的电力排灌、农产品加工、电热及电气照明线路的配电设备中,作为非频繁接通和分断电路用,也可用于控制 15 kW 以下的交流电动机不频繁全压启动的控制开关。

负荷开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、极数、通断能力、寿命等。

2) 接触器

接触器是一种适用于低压配电系统中远距离频繁接通或断开交直流主电路和大容量控制电路的自动电器,是利用电磁吸力进行操作的电磁开关,其主要控制对象是电动机、电热设备、电焊机等。它具有操作方便、动作迅速、操作频率高、灭弧性能好等优点,因此应用很广泛。接触器的图形、文字符号如图 1-7 所示。

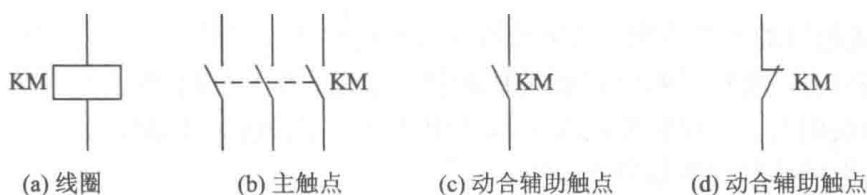


图 1-7 接触器的图形、文字符号

接触器按其主触头通过电流的种类不同可分为交流和直流两种。

(1) 交流接触器。

① 交流接触器的结构。交流接触器主要由灭弧装置、触头系统和电磁系统三部分组成。

图 1-8 为交流接触器的外形与结构图。

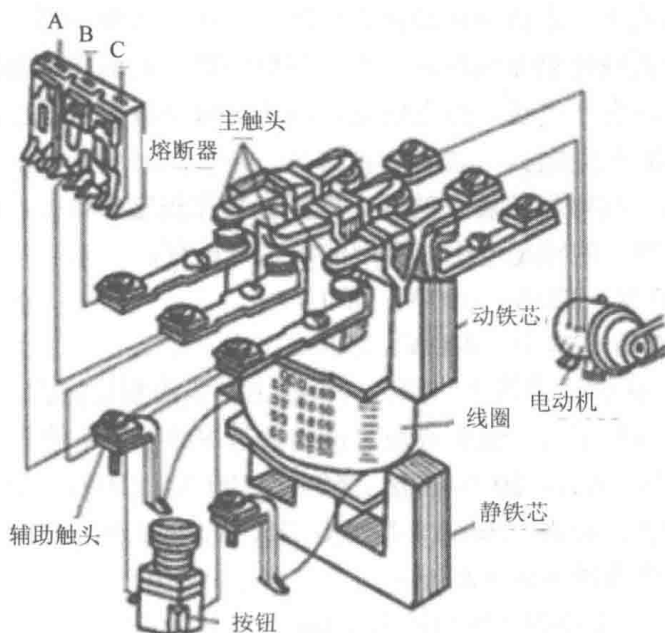


图 1-8 交流接触器的外形与结构

a. 灭弧装置。接触器的灭弧系统利用了双断点的桥式触点具有电动力吹弧的作用，所以 10 A 以上的接触器采用缝隙灭弧罩及灭弧栅片灭弧，10 A 以下的接触器采用半封闭式陶土灭弧罩或相间隔弧板灭弧。

b. 触头系统。触头系统采用双断点桥式触头，由银钨合金制成，具有良好的导电性和耐高温烧蚀性。按通断能力分为主触头和辅助触头。主触头一般由接触面积大的三对常开主触头组成，有灭弧装置，用于通断电流较大的主电路。辅助触头一般由两对常开、常闭辅助触头组成，其接触面积小，用于通断电流较小的控制电路。通常所讲的常开触头和常闭触头，是指电磁系统未通电时的触头状态。触头的状态断开，称为常开触头；触头的状态闭合，称为常闭触头。常开触头和常闭触头是联动的，当线圈通电时，常闭触头先断开，常开触头随后闭合；当线圈断电时，常开触头先恢复断开，常闭触头后恢复闭合。

c. 电磁系统。电磁系统由动、静铁芯、线圈和反作用弹簧组成。静铁芯由 E 形硅钢片叠压铆成，以减小交变磁场在铁芯中产生的涡流及磁滞损耗。线圈由反作用弹簧固定在静铁芯上，动触头固定在动铁芯上，线圈不通电时，主触头保持在断开位置。为了减少机械振动和噪声，在静铁芯极面上装有短路环。

② 交流接触器的工作原理。当接触器线圈通电后产生磁场,使铁芯产生大于反作用弹簧弹力的电磁吸力,将衔铁吸合,通过传动机构带动主触头和辅助触头动作,即常闭触头断开,常开触头闭合。当接触器线圈断电或电压显著下降时,电磁吸力消失或过小,触头在反作用弹簧力的作用下恢复常态。

常用交流接触器在 0.85~1.05 倍的额定电压下,能保证可靠吸合。

(2) 直流接触器。

直流接触器主要用于远距离接通和分断直流电路以及频繁启动、停止、反转和反接制动的直流电动机。也可以用于频繁接通和断开的起重电磁铁、电磁阀、离合器的电磁线圈等。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,也由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成。电磁机构采用沿棱角转动拍合式铁芯,由于线圈中通入直流电,铁芯不会产生涡流,可用整块铸铁或铸钢制成铁芯,不需要短路环。直流接触器通入直流电,吸合时没有冲击启动电流,不会产生猛烈撞击现象,因此使用寿命长,适宜频繁操作场合。

(3) 接触器的主要技术指标。

① 额定电压 U_N 。接触器铭牌上的额定电压是指在规定条件下,能保证电器正常工作的电压值,一般指主触头的额定电压。常用的额定电压有:

交流接触器: 127 V、220 V、380 V、500 V。

直流接触器: 110 V、220 V、440 V。

② 额定电流 I_N 。接触器铭牌上的额定电流指主触头的额定电流,由工作电压、操作频率、使用类别、外壳防护形式、触头寿命等决定。常用的额定电流有:

交流接触器: 5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

直流接触器: 40 A、80 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

辅助触头的额定电流通常为 5 A。

③ 线圈额定电压。常用的线圈额定电压有:

交流接触器: 36 V、110 V、127 V、220 V、380 V。

直流接触器: 241 V、48 V、220 V、440 V。

④ 通断能力。接触器的通断能力是以主触头在规定条件下可靠地接通和分断的电流值来衡量。

⑤ 操作频率。接触器的操作频率是指在每小时允许操作次数的最大值。它直接影响接触器的电寿命和机械寿命。

(4) 接触器的选择。常用的交流接触器有 CJ10、CJ12、CJ20、B、3TB 系列。CJ 是国产系列产品, B 系列是引进德国 ABB 公司技术生产的一种新型接触器。3TB 系列是引进德国西门子公司的技术而生产的新产品。常用的直流接触器有 CZ0、CZ18、CZ28 系列。

接触器的选择原则如下:

① 接触器的类型选择: 根据电路中负载电流的种类选择接触器。控制交流负载应选用交流接触器,控制直流负载应选用直流接触器。当直流负载容量较小时,也可用交流接触器控制,但触头的额定电流应适当选择大些。

② 额定电压的选择: 接触器的额定电压(主触头的额定电压)应大于或等于负载回路的额定电压。

③ 额定电流的选择: 接触器的额定电流(主触头的额定电流)应大于或等于负载回路的

额定电流。

④ 线圈的额定电压的选择：应与所在控制电路的额定电压等级一致。

(5) 接触器的安装与使用。

① 接触器要垂直安装在平面上，倾斜度不超过 5° ；安装孔的螺钉应装有垫圈，并拧紧螺钉，防止松脱或振动；避免杂物落入接触器内。安装地点应避免剧烈振动，以免造成误动作。

② 安装前应首先检查接触器的外观是否完好，是否有灰尘、油污以及各接线端子的螺钉是否完好无缺，触点架、动静触点是否同时动作等。

③ 检查接触器的线圈电压是否符合控制电压的要求，接触器的额定电压应不低于负载的额定电压，触点的额定电流应不低于负载的额定电流。

④ 安装接触器时，应防止小螺钉、螺母、垫片、线头掉入接触器内。

3) 熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉的保护电器，广泛用于低压配电系统和控制系统中，主要用作短路保护和严重过载保护。熔断器串接于被保护电路中，当通过的电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔断，切断电路，从而达到保护电路及电气设备的目的。

(1) 熔断器的结构和工作原理。熔断器的基本结构主要由熔体、载熔体件和绝缘底座三部分组成。熔体是熔断器的核心部件，熔体常做成丝状、栅状或片状。熔体材料具有特性稳定、易于熔断的特点，一般采用铅锡合金、镀银铜片以及锌、银等金属。

熔断器串入被保护电路中，在正常情况下，熔体相当于一根导线，这是因为在正常工作时，流过熔体的电流小于或等于它的额定电流，此时熔体发热温度尚未达到熔体的熔点，所以熔体不会熔断，电路保持接通而正常运行；当被保护电路出现严重过载或短路时，流过熔断器的电流远大于其额定电流，该电流在极短的时间内产生大量的热量，熔体的温度急剧上升，达到熔点自行熔断，从而分断故障电流，起到保护作用。

(2) 熔断器的分类。常用的熔断器类型有瓷插式、螺旋式、有填料封闭管式熔断器、无填料封闭管式等几种。

① 瓷插式熔断器。常用的瓷插式熔断器为 RC1 系列，如图 1-9 所示，由瓷盖、瓷座、动触头、静触头和熔丝等组成，其结构简单，价格便宜，带电更换熔丝方便，但分断电流能力低，所以只能用于低压分支电路或小容量电路中作短路和过载保护，而不能用于易燃易爆的工作场合。

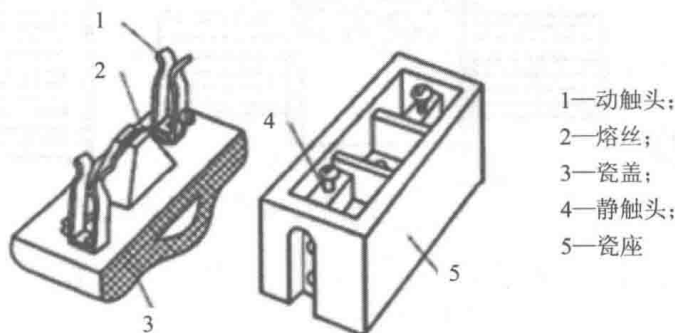


图 1-9 RC1 型瓷插式熔断器

② 螺旋式熔断器。常用的螺旋式熔断器 RL1 系列如图 1-10 所示, 主要由带螺纹的瓷帽、熔管、瓷套、上接线端、下接线端和瓷座等组成。熔管内装有熔丝, 并充满石英砂, 两端用铜帽封闭, 防止电弧喷出管外。熔管一端有熔断指示器(一般为红色金属小圆片), 当熔体熔断时, 熔断指示器自动脱落, 同时管内电弧喷向石英砂及其缝隙, 可迅速降温而熄灭电弧。

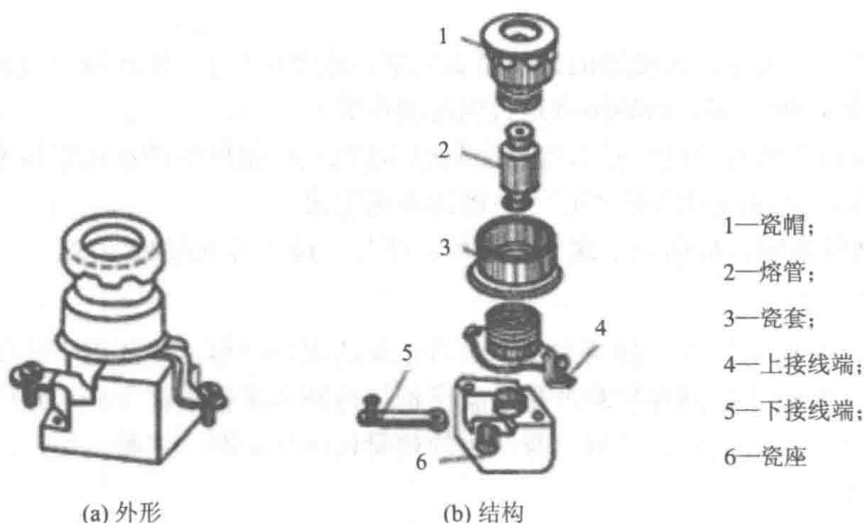


图 1-10 RL1 型螺旋式熔断器

螺旋式熔断器分断电流能力较大, 体积小, 更换熔体方便, 广泛用于低压配电系统中的配电箱、控制箱及振动较大场合, 作短路和过载保护。

螺旋式熔断器的额定电流为 $5\sim 200\text{ A}$, 使用时将用电设备的连线应接到熔断器的上接线端, 电源线应接到熔断器的下接线端, 防止更换熔管时金属螺旋壳上带电, 保证用电安全。

③ 有填料封闭管式熔断器。常用的有填料封闭管式熔断器 RT0 系列如图 1-11 所示, 主要由熔管和底座两部分组成。其中, 熔管由管体、熔体、指示器、触刀、盖板和石英砂填料等组成。有填料管式熔断器均装在特制的底座上, 如带隔离刀闸的底座或以熔断器为隔离刀的底座上, 通过手动机构操作。填料管式熔断器的额定电流为 $50\sim 1000\text{ A}$, 主要用于短路电流大的电路或有易燃气体的场所。

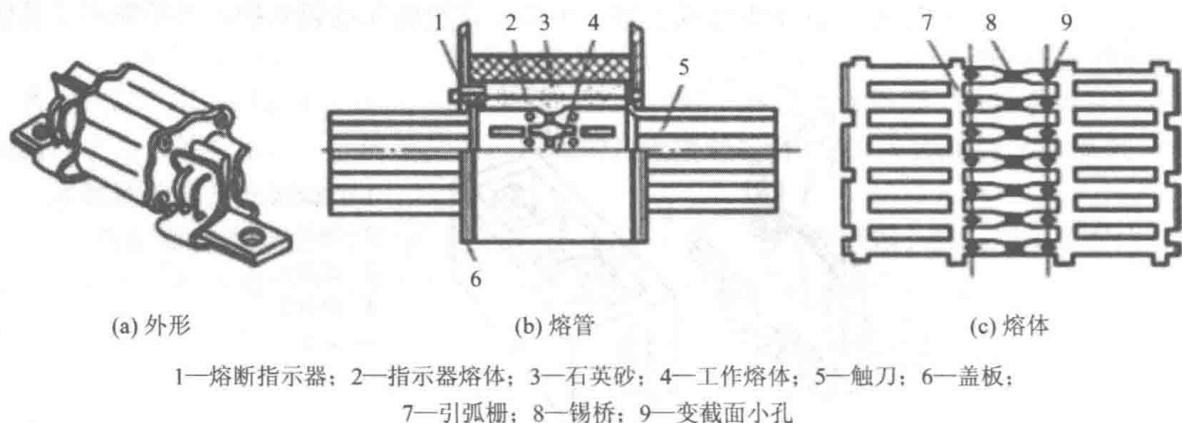


图 1-11 RT0 型有填料封闭管式熔断器