

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

电气控制与PLC技术 (西门子S7-200)

主 编 张 艳



科学出版社

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

电气控制与 PLC 技术

(西门子 S7-200)

主 编 张 艳

副主编 朱振伟 张春丽 孙乐卫



科学出版社

北京

普通高等教育机电类应用型人才教材

内 容 简 介

本书是依据教育部颁布的中等职业学校机电类专业教学指导方案以及人力资源和社会保障部制定的《维修电工》和《机械设备维修工》国家职业技能标准,结合职业院校长期教学改革实践编写的。本书为校企合作教材,理论与实践一体化,采用“项目引领,任务驱动”的编写模式。全书共分电气控制和 PLC 控制两部分内容,分别以 T68 卧式镗床电气控制系统的装调与故障检修、自动化生产线的 PLC 控制系统装调两个项目为例介绍。

本书结合职业学校教学实际与生产岗位需求,选用了大量的应用实例和图表,从工程应用的角度出发,理论与实践一体化,在实训中融入所需的理论知识,突出知识的应用性和实践性,帮助读者学习和掌握电气与 PLC 控制技术的工作原理、控制程序设计方法等。

本书可作为高等职业学校机电、机械、电气类专业教材,也可作为相关行业岗位职业培训教材及教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术(西门子 S7-200)/张艳主编. —北京:科学出版社,2015.2
普通高等教育机电大类应用型系列规划教材
ISBN 978-7-03-043322-0

I. ①电… II. ①张… 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(2015)第 021849 号

责任编辑:于海云 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015 年 2 月第一次印刷 印张:15 3/4

字数:374 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

编委会

主任委员

贾积身 河南机电高等专科学校副校长

副主任委员

赵玉奇 河南化工职业学院副院长

王庆海 河南机电职业学院副院长

张占杰 洛阳职业技术学院教务处长

郭天松 河南工业贸易职业学院教务处副处长

委员 (以姓名笔画为序)

王东辉 河南职业技术学院机电工程系副主任

朱跃峰 开封大学机械与汽车工程学院院长

张凌云 鹤壁职业技术学院机电工程学院院长

赵军 济源职业技术学院机电工程系主任

胡修池 黄河水利职业技术学院机电工程系主任

娄琳 漯河职业技术学院机电工程系主任

林雄做做既系堅用函类大虫脉育燃等高敵普

会 委 编

《电气控制与 PLC 技术（西门子 S7-200）》编委会

主 编 张 艳

副主编 朱振伟 张春丽 孙乐卫

参 编 台 畅 户 佩 佩 赵 媛 媛 陈 捡 于 宾
姚 玉 梅 周 晓 娟 苏 振 恒 杜 惠 娜 王 轩 轩

(编 委 会 成 员 姓 名)

张 艳	王 颖
朱 振 伟	张 春 丽
孙 乐 卫	台 畅
户 佩 佩	赵 媛 媛
陈 捡	于 宾
姚 玉 梅	周 晓 娟
苏 振 恒	杜 惠 娜
王 轩 轩	

前 言

本书为职业院校专业课理论与实践一体化教学改革成果、校企合作改革成果之一，由河南机电职业学院机电工程学院组织、部分长期从事该课程教学的教师参加编写。

本书依据教育部颁布相关教学指导方案和维修电工国家职业标准，结合长期教学改革实践编写。本书坚持“以服务为宗旨，以就业为导向”的职业教育办学方针，采用“项目引领，任务驱动”的编写模式，通过教师引领学生完成本书所设计的工作任务，使学生逐渐掌握电气与 PLC 控制的基本职业技能。

全书共分电气控制和 PLC 控制两大部分，电气控制部分以 T68 卧式镗床电气控制线路为例，主要介绍电气基本控制环节的安装接线与故障检修以及典型机床的电气控制线路分析与故障检修；PLC 控制部分以西子公司的 S7-200PLC 为样机，以自动化生产线的 PLC 控制系统装调为例，系统介绍了 PLC 的结构、原理、指令和应用等有关理论和实践技能，通过具体控制项目对 PLC 控制程序的设计与编写方法进行了详细介绍。

全书编写具有以下突出特色：

(1) 校企合作特色。校企合作共同编写，教材内容紧密联系生产岗位实际，以企业典型案例作为素材，突出技能培养，提高教学的针对性、实用性。

(2) 采用项目式教学，理论与实践一体化的编写形式。项目引领，任务驱动，通过若干技能训练任务围绕实践技能开展教学，在实践中融入理论知识，实现“学中做，做中学”。

(3) 以实践技能为主线，理论知识突出“实用”“够用”。将讲授理论知识与培养操作技能有机地结合起来。

(4) 教材内容与职业资格证书相对接。依据国家职业技能标准编写，通过设计的技能训练任务来加强国家职业资格所规定的知识技能和操作技能的培养。

本书总教学时数为 68~102 学时，每个任务 4~6 学时，可采用理论实践一体化教学，理论实践学时各半。其中每个任务的知识拓展和项目拓展部分可视专业及学时数选学。

本书由河南机电职业学院张艳担任主编，河南机电职业学院朱振伟、郑州宇通重工有限公司张春丽、大连机床集团公司孙乐卫担任副主编。河南机电职业学院台畅、户佩佩、赵媛媛、陈捡、于宾、姚玉梅、周晓娟、苏振恒，鹤壁汽车工程职业学院杜惠娜，郑州恒天重工王轩轩参加编写。

本书的编写任务分配如下：台畅编写项目一的任务一；姚玉梅编写项目一的任务二、五；苏振恒编写项目一的任务三；陈捡编写项目一的任务四；户佩佩编写项目一的任务六、七；赵媛媛编写项目一的项目拓展一、二；张艳编写项目二的任务一至任务六；朱振伟编写项目二的任务七、任务八和附录；周晓娟编写项目二的项目拓展一、二。郑州宇通重工张春丽高级工程师、大连机床集团公司孙乐卫工程师、郑州恒天重工王轩轩工程师在企业调研、课程目标、项目选定等方面做了大量工作。全书由张艳统稿。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 8 月

目 录

项目一 T68 镗床电气控制线路的安装与故障检修	1
任务一 初步认识电气控制系统	3
任务二 电动机长动控制电路的装调	24
任务三 电动机正反转控制电路的装调与故障检修	33
任务四 电动机高低速控制电路的装调与故障检修	43
任务五 电动机反接制动电路的装调与故障检修	56
任务六 简单机床电气控制线路的装调与故障检修	64
任务七 T68 镗床电气线路分析与故障检修	72
项目拓展一 X62W 铣床电气控制线路的故障检修	79
项目拓展二 Z3040 钻床电气控制线路的故障检修	87
项目二 自动化生产线的 PLC 控制系统装调	93
任务一 初步认识 PLC 控制技术	97
任务二 机械手位置初始化的 PLC 控制	114
任务三 报警灯闪烁的 PLC 控制	126
任务四 分拣计数的 PLC 控制	138
任务五 物料分拣的 PLC 控制	148
任务六 不同方式包装的 PLC 控制	166
任务七 机械手动作的 PLC 控制	177
任务八 供料搬运分拣生产线的 PLC 控制	190
项目拓展一 温度信号指示的 PLC 控制	205
项目拓展二 电炉恒温的 PLC 控制	218
附录	235
附录 1 常见电气元件图形符号、文字符号	235
附录 2 常用特殊标志位存储器 SM0 和 SM1 的位信息	238
附录 3 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用	239

项目一 T68 镗床电气控制线路的安装与故障检修

【项目介绍】

镗床是一种常用的普通机床，主要用于加工精度较高的孔和各孔间相互位置要求较精确的零件。T68 镗床是应用较广的一种镗床，其用途非常广泛，主要用于镗孔、钻孔、扩孔、铰孔和铣削平面等，装上车螺纹附件后还可车削螺纹，装上平旋盘刀架还可加工大的孔径、端面和外圆等。

如图 1-0-1 所示，T68 卧式镗床的主要组成部件有床身、前立柱、镗头架、后立柱、尾座、工作台等部分组成。

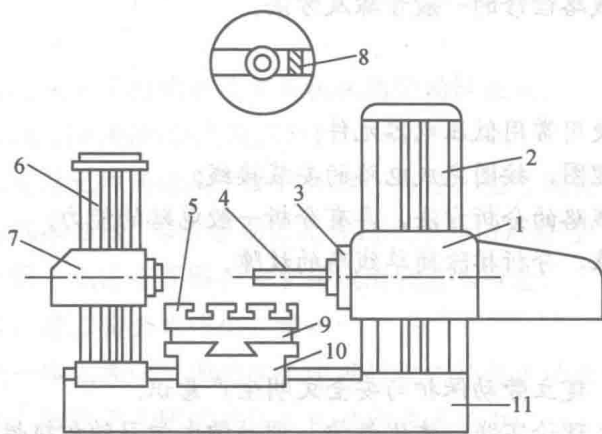


图 1-0-1 T68 卧式镗床结构原理图

- 1—镗头架；2—前立柱；3—平旋盘；4—镗轴；5—工作台；6—后立柱；
7—尾座；8—刀具溜板；9—上溜板；10—下溜板；11—床身

在床身的一端固定有前立柱，在前立柱的垂直导轨上装有镗头架，镗头架可沿导轨垂直移动。镗头架上装有主轴、主轴变速箱、进给箱与操纵机构等部件。切削刀具固定在镗轴前端的锥形孔里，或装平旋盘的刀具溜板上。在镗削加工时，镗轴一面旋转，一面沿轴向做进给运动。平旋盘只能旋转，装在其上的刀具溜板做径向进给运动。镗轴和平旋盘轴由各自的传动链传动，因此可以独自旋转，也可以不同转速旋转。

在床身另一端的后立柱可沿床身导轨在镗轴轴线方向调整位置，后立柱导轨上的尾座用来支撑镗轴的末端，尾座与镗头架同时升降，保证两者的轴心在同一水平线上。工作台上的下溜板可沿床身导轨纵向运动，上溜板可沿下溜板的导轨做横向运动，工作台相对于上溜板可做回转运动。

T68 镗床的电气控制系统，可以实现其主轴的正反转与点动控制、主轴电动机高低速转换控制、制动控制、工作台快速移动控制等。在工作过程中，其电气控制系统可能会出现一些故障，如主轴电动机只有高速挡而无低速挡，或只有低速挡而无高速挡；主轴实际转速比变速盘指示转速多一倍或少一倍等。一旦出现这些问题，就需要通过分析电路的工作原理，查找故障点，然后进行故障排除。

此项目通过对 T68 镗床电气线路中基本控制环节的分析、电路的安装与电气故障排除，学会分析整台机床电气线路的工作原理，并能按电路图安装接线，对电路中常见的故障进行分析排除。

知识目标：

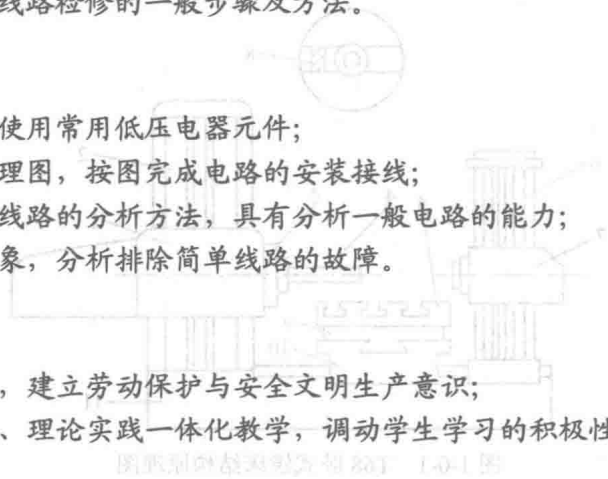
- (1) 理解电气原理图、安装布置图和电气接线图的基本概念；
- (2) 了解各种开关电器、按钮、行程开关、熔断器、接触器、继电器的结构组成及其工作原理，掌握其图形和文字符号；
- (3) 掌握三相异步电动机的点动控制、长动控制、正反转控制、高低速控制、反接制动控制、顺序控制、Y- Δ 降压启动的工作原理；
- (4) 掌握 CA6140 车床、X62 铣床、T68 镗床、Z3040 钻床的主电路以及控制电路的工作原理及其常见故障分析；
- (5) 了解机床控制线路检修的一般步骤及方法。

技能目标：

- (1) 能正确识别和使用常用低压电器元件；
- (2) 能识读电气原理图，按图完成电路的安装接线；
- (3) 掌握电气控制线路的分析方法，具有分析一般电路的能力；
- (4) 能根据故障现象，分析排除简单线路的故障。

情感目标：

- (1) 通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识；
- (2) 通过互动学习、理论实践一体化教学，调动学生学习的积极性与主动性。



任务一 初步认识电气控制系统

任务描述

不同的生产机械,因其运动形式不同,对电动机的控制要求不同,其电气控制系统也各不相同。普通机床的电气控制一般是通过继电器接触器控制系统来实现的,这种控制系统由按钮、开关、继电器、接触器等电器元件组成控制线路,能实现对电动机的启动、停止、正反转、制动等运行方式的控制,并实现必要的保护。

试操作 CA6140 车床电气控制系统,观察控制柜面板上指示灯及控制柜内器件的运行情况,认识电器元件和电气原理图,从而对电气控制有个初步的认识。

任务目标

- ◆ 了解机床电气控制系统的构成及其与机床的运动的关系;
- ◆ 了解接触器-继电器控制的特点及应用;
- ◆ 掌握常用低压电器元件的结构、工作原理、用途、型号规格及使用方法;
- ◆ 正确识别常用低压电器,写出各电器元件的文字和图形符号,并能正确选择和使用;
- ◆ 掌握电气原理图、元件布置图和安装接线图的基本概念;
- ◆ 通过规范操作,建立安全文明生产意识;
- ◆ 通过理论实践一体化教学,调动学生学习的积极性与主动性;
- ◆ 通过分组训练,培养学生团结协作和良好的沟通能力。

知识准备

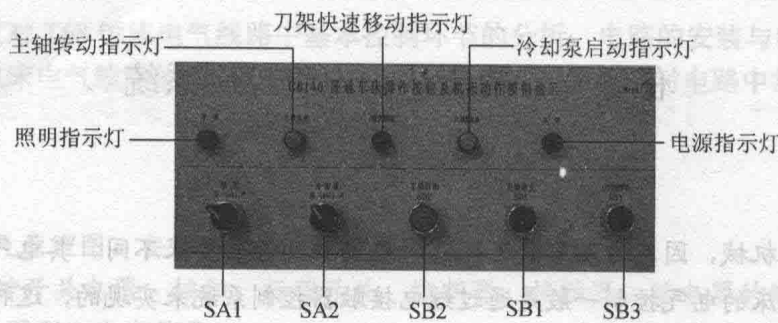
1. 继电器-接触器控制系统的组成与特点

电气控制技术是以各类电动机为动力的传动装置与系统为对象,以实现生产过程自动化的控制技术。不同的控制对象,对电动机的控制要求不同,因此需要的电气控制系统也各不相同。根据其控制方式的不同,电气控制系统可分为继电器-接触器控制系统、可编程逻辑控制器(PLC)控制系统和计算机控制系统。其中,继电器-接触器控制系统是许多机械设备广泛采用的最基本的电气控制方法,也是学习其他控制方法的基础。

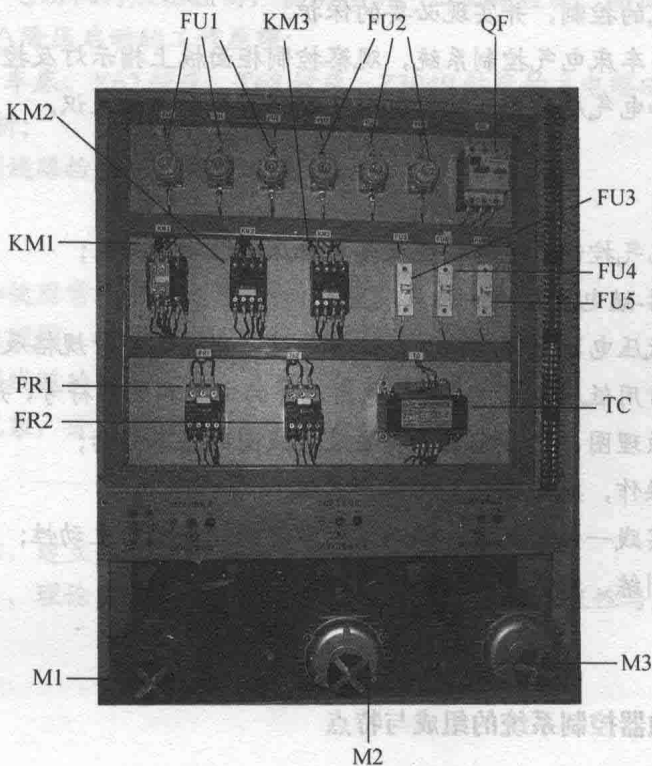
下面通过对 CA6140 机床模拟电气柜的操作了解继电器-接触器控制系统的组成与特点。

1) CA6140 车床模拟电气控制柜的操作与演示

CA6140 普通车床的模拟电气柜的操作面板和柜内电气线路板如图 1-1-1 所示。



(a) 操作面板



(b) 电气线路板

图 1-1-1 CA6140 普通车床模拟电气柜

操作电气柜操作面板上的开关与按钮, 观察电气柜内电器元件的动作和各电动机的动作、指示灯情况, 如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 电器元件的动作情况

操作步骤	操作	现象
1	闭合开关 QF	电源指示灯 HL 亮
2	接通开关 SA1	照明灯 EL 亮
3	按下启动按钮 SB2	电器元件 KM1 动作, 电动机 M1 转动
4	按下停止按钮 SB1	电器元件 KM1 复位, 电动机 M1 停止
5	不按按钮 SB2, 仅接通开关 SA2	KM2 不动作, 电动机 M2 不转动
6	按下启动按钮 SB2 后, 接通开关 SA2	KM2 动作, 电动机 M2 转动
7	按下 SB1	电动机 M1 停止, 电动机 M2 也停止
8	按下按钮 SB3, 然后松开	按下 SB3 时电器元件 KM3 动作, 电动机 M3 转动; 松开 SB3 时, KM3 复位, 电动机 M3 停止

由操作过程及现象可以看出:

按下启动按钮 SB2, 主轴电动机 M1 开始转动; 松开按钮 SB2, 电动机 M1 继续运行, 要使其停止, 必须按停止按钮 SB1。电动机的这种控制方式叫做长动控制。

按下按钮 SB3, 刀架快速移动电动机 M3 转动; 松开 SB3, 电动机 M3 停止而不能连续转动。电动机 M3 的这种控制方式叫做点动控制。

主轴电动机 M1 启动后, 接通 SA1, 冷却泵电动机 M2 才能启动。如果不启动 M1, 单独接通 SA1, 电动机 M2 不转动。电动机 M1、M2 的这种控制方式叫做顺序控制。

2) 继电器-接触器控制的组成与特点

由 CA6140 车床电气柜的操作与控制可以看出, 其电气控制系统有三个基本组成部分, 即输入、输出和逻辑控制部分。按钮和开关是输入部分, 它们把人和外部设备的各种控制信号或命令传递给控制系统; 输出部分是各种执行元件, 如接触器、电磁阀、指示灯等, 它们直接执行命令或把控制系统的输出信号传递给执行电动机; 逻辑控制部分是按照电气控制的要求设计的, 由各继电器、接触器构成的各种长动、点动、顺序控制电路, 实现一定的控制功能。

继电器-接触器控制系统的优点是, 对于简单的控制系统, 其线路简单、维修方便、价格低廉、便于掌握等, 因此, 继电器控制系统得到了广泛应用。由于其电路由固定的接线组成, 继电器-接触器控制系统的缺点是, 控制功能不能随意更改、功能少、通用性和灵活性差, 对于控制要求比较多电路, 设备体积大、接线复杂、触点多、可靠性不高等。

由于科学技术不断地发展, 低压电器正向小型化、耐用方面发展, 使继电器接触器控制系统性能不断提高, 因此, 继电器-接触器控制系统在今后的电气控制技术中仍然占有比较重要的地位。

2. 常用低压电器

低压电器是指工作在交流 1200V 或直流 1500V 及以下电路中, 能自动或手动地接通或断开电路、改变电路参数, 以实现通断、保护、控制、调节或转换作用的电器。也就是说它是一种能根据外界的信号和要求, 手动或自动地接通、断开电路, 以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

低压电器种类繁多, 功能各样, 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。其中表 1-1-2 列出了常用低压电器的分类和用途。

表 1-1-2 常用低压电器的分类和用途

分类方法	名称	常用的电器元件	用途
按其用途和控制对象不同分类	低压配电电器	刀开关、转换开关、熔断器、空气断路器等	主要用于低压配电系统中, 实现电能的输送、分配及用电设备保护等。对配电电器的技术要求是, 当系统发生故障时能够准确动作、可靠工作, 断流能力强, 限流效果好, 在规定条件下具有足够的动稳定性与热稳定性, 使电器不会被损坏
	低压控制电器	接触器、继电器、主令电器等	主要用于电气控制系统中, 实现发布命令、控制系统状态及执行动作等。对控制电器的技术要求是, 寿命长、体积小、重量轻且动作迅速、准确、可靠, 有相应的转换能力
按其操作方式不同分类	自动电器	接触器、继电器等	用于依靠电器本身参数的变化而自动完成接通、分断、启动、反向、停止等动作或状态变化的场合
	手动电器	按钮、转换开关、刀开关等	用于依靠人工直接操作完成接通、分断、启动、反向、停止等动作切换的场合

续表

分类方法	名称	常用的电器元件	用途
按触点类型分类	有触点电器	接触器、刀开关、按钮等	利用触点的接通和分断来切换电路
	无触点电器	接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等	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
按工作原理分类	电磁式电器	接触器、各种电磁式继电器等	根据电磁感应原理来工作
	非电量控制电器	转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等	依靠外力或非电物理量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作
按低压电器型号分类	刀开关	负荷开关、熔断器式刀开关、双投式刀开关、组合开关等	主要用于电路的隔离, 有时也能分断负荷
	断路器	塑料外壳式断路器、框架式断路器、限流式断路器等	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
	熔断器	有填料熔断器、无填料熔断器、快速熔断器、自复熔断器等	主要用于电路短路保护, 也可用于电路的过载保护
	接触器	交流接触器、直流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷, 切断带负荷电路
	继电器	电流继电器、电压继电器、时间继电器、热继电器、中间继电器等	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
	控制器	凸轮控制器、平面控制器等	主要用于控制回路的切换
	主令电器	按钮、行程开关、微动开关、万能转换开关等	主要用于发布命令或程序控制
	启动器	磁力启动器、自耦变压启动器、星三角启动器等	主要用于电动机的启动
电磁铁	制动电磁铁、起重电磁铁、牵引电磁铁等	主要用于起重、牵引、制动等处	

在选用低压电器时常根据型号来进行选用, 以下根据 CA6140 车床电气柜中主要的低压电器, 按型号分类进行讲述。

1) 开关电器

(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、HK 型闸刀开关等。

HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关主要用于在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 100~1500A 之间, 主要用于供配电线路的电源隔离作用。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和故障电流的电器(如熔断器、断路器和负荷开关等电器)一起使用。

HK 型闸刀开关一般用于电气设备及照明线路的电源开关。

HH 型铁壳开关装有灭弧装置，一般可用于电气设备的启动、停止控制。

下面分别介绍一下这几种刀开关的结构及工作原理。

HD 型单投刀开关按极数分为 1 极、2 极、3 极，其结构示意图及图形符号如图 1-1-2 所示。当刀开关用作隔离开关时，其图形符号上加有一横杠，如图 1-1-2(e) 所示。

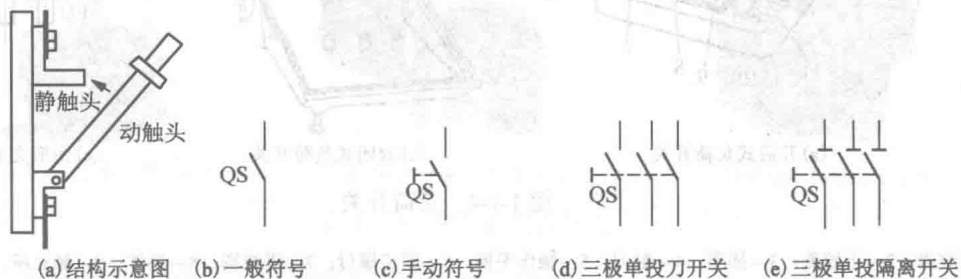


图 1-1-2 HD 型单投刀开关

HS 型双投刀开关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 1-1-3 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。

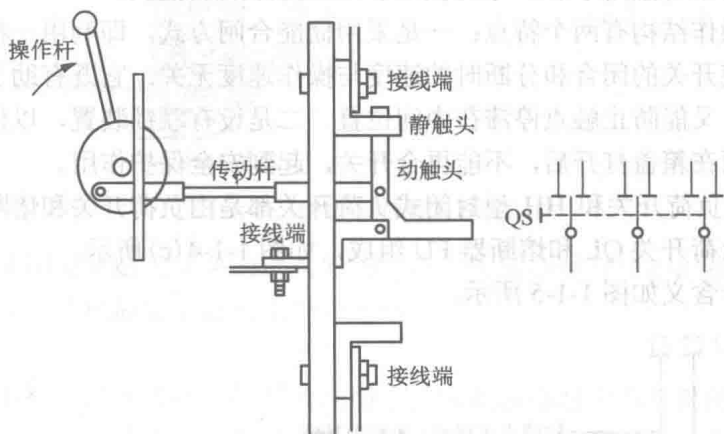


图 1-1-3 HS 型双投刀开关示意图及图形符号

HR 型熔断器式刀开关也称刀熔开关，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，在供配电线路上应用很广泛。

负荷开关包括开启式负荷开关和封闭式负荷开关，常用于电气设备中作隔离电源用，有时也用于直接启动小容量的鼠笼型异步电动机。常用的类型有 HK 型开启式负荷开关、HH 型封闭式负荷开关。

HK 型开启式负荷开关俗称闸刀或胶壳刀开关，由熔丝、触刀、触点座和底座组成，如图 1-1-4(a) 所示。由于它结构简单、价格便宜、使用维修方便，故得到广泛应用。该开关主要用作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，也可用作分支电路的配电开关。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。



图 1-1-4 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—进线端；8—熔丝；9—触点座；10—底座；11—出线端；12—触刀；13—插座；14—熔断器；15—速断弹簧；16—转轴；17—操作手柄

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、熔断器等组成，如图 1-1-4(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、电气照明线路的配电设备中，用于不频繁地接通与分断电路，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。它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，以保证开关合闸后便不能打开箱盖，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 1-1-4(c) 所示。

刀开关的型号含义如图 1-1-5 所示。

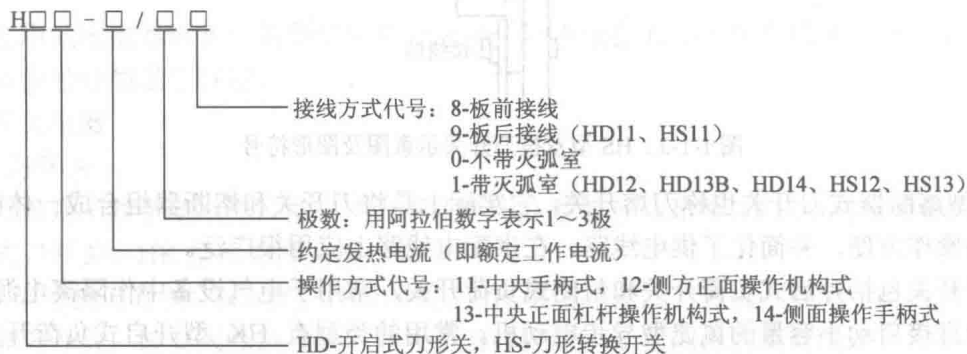


图 1-1-5 刀开关的型号含义

(2) 组合开关

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，相应的动触点与静触点接触或分离，从而使电路接通或断开。

组合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。一般用于电气设备中作为非频繁接通或分断电路、换接电源或负载，及控制小容量异步电动

机的正反转。

常用的产品有 HZ5、HZ10 和 HZ15 系列。组合开关有单极、双极和多极之分，机床电气控制线路中一般采用三极组合开关。图 1-1-6 为常见的组合开关。



图 1-1-6 常见的组合开关

组合开关的结构示意图及图形符号如图 1-1-7 所示。

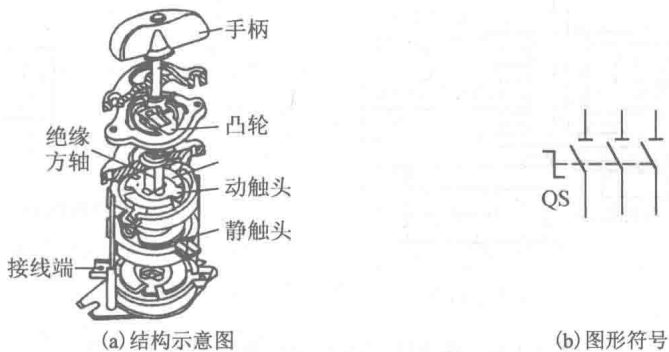


图 1-1-7 HZ10 组合开关和图形符号

组合开关的选用可参照刀开关的选用原则。用于控制小型异步电动机的运转时，开关的额定电流，一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

(3) 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、欠压等故障时能自动分断故障电路，是一种集控制与多重保护于一身的电器。它在针对人身安全、设备安全，以及配电系统的可靠性方面都有突出的作用。图 1-1-8 为常见的断路器。



图 1-1-8 常见的断路器

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 1-1-9 是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。

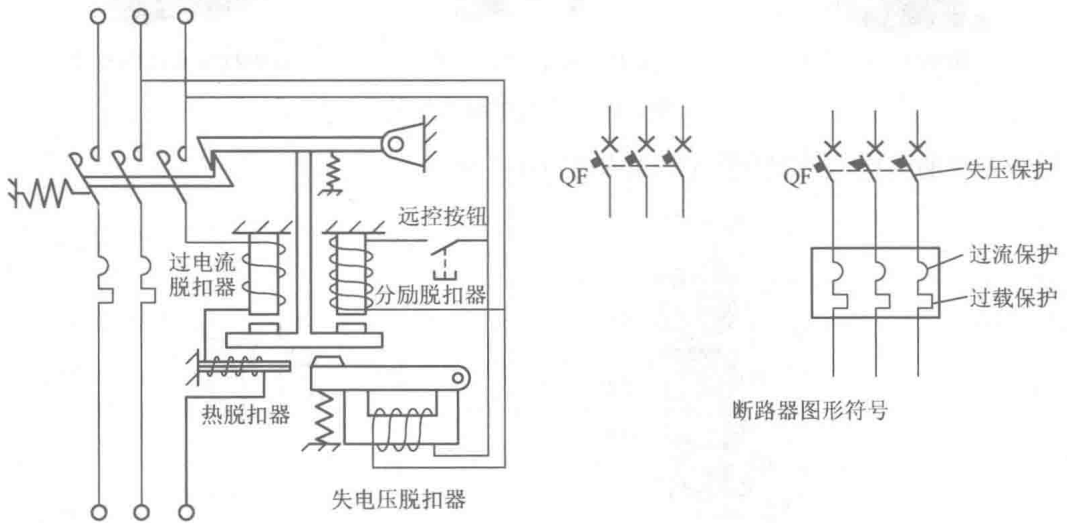


图 1-1-9 断路器工作原理示意图及图形符号

热脱扣器用于线路的过负荷保护,工作原理和热继电器相同,由发热元件,双金属片组成,当线路过载到一定值时,由于温度过高,双金属片受热弯曲并带动自由脱扣机构,使断路器主触头断开,实现长期过载保护。

失压(欠电压)脱扣器用于失压保护,失压脱扣器的线圈直接接在电源上,处于吸合状态,断路器可以正常合闸;当停电或电压很低时,失压脱扣器的吸力小于弹簧的反力,弹簧使动铁心向上使挂钩脱扣,实现断路器的跳闸功能。

分励脱扣器用于远方跳闸,当在远方按下按钮时,分励脱扣器得电产生电磁力,使其脱扣跳闸。

不同断路器的保护是不同的,使用时应根据需要选用。在图形符号中也可以标注其保护方式,断路器图形符号中标注了失压、过负荷、过电流 3 种保护方式。

低压断路器的选择应从以下几方面考虑:

① 断路器类型的选择:应根据使用场合和保护要求来选择。如一般选用塑壳式;短路电流很大时选用限流型;额定电流比较大或有选择性保护要求时选用框架式;控制和保护含有半导体器件的直流电路时应选用直流快速断路器等。

② 断路器额定电压、额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。

③ 断路器极限通断能力大于或等于电路最大短路电流。

④ 欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压。

⑤ 过电流脱扣器的额定电流大于或等于线路的最大负载电流。

低压断路器的型号含义如图 1-1-10 所示。