



职业教育理实一体化规划教材

电气控制与PLC技术

(西门子S7-200系列)

张艳 主编 程周 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育理实一体化规划教材

电气控制与 PLC 技术

(西门子 S7 - 200 系列)

张 艳 主编
程 周 主审

電

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书采用项目引领、任务驱动式的编写模式，共分电气控制和 PLC 控制两大部分，电气控制部分以 X62W 型卧式万能铣床电气控制线路为例，主要介绍电气基本控制环节，以及整台机床的电气控制原理、安装接线与故障排除；PLC 控制部分以西门子公司的 S7-200PLC 为样机，以物料分拣设备的 PLC 控制系统安装与调试为例，介绍 PLC 的结构、原理、功能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详细介绍。

本书结合职业学校教学实际与生产岗位的需求，选用大量的应用实例和图表，从工程应用的角度出发，理论与实践相结合，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 控制的工作原理、控制程序的设计方法等。本书还配有电子教学参考资料包（包括教学指南、电子教案、习题答案）。

本书可作为职业学校机电、机械、电气类专业教材，也可作为相关行业的岗位培训教材。

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

电气控制与 PLC 技术：西门子 S7-200 系列/张艳主编. —北京：电子工业出版社，2013.7
职业教育理实一体化规划教材
ISBN 978-7-121-20512-5

I. ①电… II. ①张… III. ①电气控制-中等专业学校-教材②plc 技术-中等专业学校-教材
IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 110616 号

策划编辑：靳 平

责任编辑：康 霞

印 刷：北京京师印务有限公司

装 订：北京京师印务有限公司

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：14.5 字数：371

印 次：2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价：27.60 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。

职业教育理实一体化规划教材

编 审 委 员 会

主 任：程周

副主任：过幼南 李乃夫

委 员：（按姓氏笔画排序）

王国玉 王秋菊 王晨炳

王增茂 刘海燕 纪青松

张 艳 张京林 李山兵

李中民 沈柏民 杨 俊

陈杰菁 陈恩平 周 焯

赵俊生 唐 莹 黄宗放

出版说明

为进一步贯彻教育部《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020）》的重要精神，确保职业教育教学改革顺利进行，全面提高教育教学质量，保证精品教材走进课堂，我们遵循职业教育的发展规律，本着“着力推进教育与产业、学校与企业、专业设置与职业岗位、课程教材与职业标准、教学过程与生产过程的深度对接”的出版理念，经过课程改革专家、行业企业专家、教研部门专家和教学一线骨干教师的共同努力，开发了这套职业教育示范性规划教材。

本套教材采用项目教学和任务驱动教学法的编写模式，遵循真正项目教学的内涵，将基本知识和技能实训融合为一体，且具有如下鲜明的特色。

（1）面向职业岗位，兼顾技能鉴定

本系列教材以就业为导向，根据行业专家对专业所涵盖职业岗位群的工作任务和职业能力进行分析，以本专业共同具备的岗位职业能力为依据，遵循学生认知规律，紧密结合职业资格证书中的技能要求，确定课程的项目模块和教材内容。

（2）注重基础，贴近实际

在项目的选取和编制上充分考虑了技能要求和知识体系，从生活、生产实际引入相关知识，编排学习内容。项目模块分解成若干任务，任务主要以工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置，注重在技能训练过程中加深对专业知识、技能的理解和应用，培养学生的综合职业能力。

（3）形式生动，易于接受

充分利用实物照片、示意图、表格等代替枯燥的文字叙述，力求内容表达生动活泼、浅显易懂。丰富的栏目设计可加强理论知识与实际生活、生产的联系，提高学生的学习兴趣。

（4）强大的编写队伍

行业专家、职业教育专家、一线骨干教师，特别是“双师型”教师加入编写队伍，为教材的研发、编写奠定了坚实的基础，使本系列教材符合职业教育的培养目标和特点，具有很高的权威性。

（5）配套丰富的数字化资源

为方便教学过程，根据每门课程的内容特点，对教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育肩负着服务社会经济和促进学生全面发展的重任。职业教育改革与发展的过程，也是课程不断改革与发展的历程。每一次课程改革都推动着职业教育的进一步发展，从而使职业教育培养的人才规格更适应和贴近社会需求。相信本系列教材的出版对于职业教育教学改革与发展会起到积极的推动作用，也欢迎各位职教专家和老师对我们的教材提出宝贵的建议，联系邮箱：jinping@phei.com.cn。

电子工业出版社



前 言

本书依据教育部颁布的相关教学指导方案和维修电工的国家职业标准，结合长期教学改革实践编写而成。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 X62W 型卧式万能铣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排除，以及整台机床的电气控制线路分析与故障排除；PLC 控制部分以西门子公司的 S7-200 PLC 为样机，以物料分拣设备的 PLC 控制系统安装与调试为例，系统介绍了 PLC 的结构、原理、功能和应用等有关理论和实践技能，通过具体的控制项目对 PLC 控制程序的设计与编写方法进行详细介绍。

本书的编写模式具有以下突出特色。

(1) 采用项目教学法。注重理论实践一体化教学模式的探索和改革，通过所设计的若干技能训练任务围绕实践技能开展教学，使学生掌握国家职业资格所规定的知识技能和操作技能。

(2) 知识实用。所设计的工作任务紧密联系生活、生产实际，选用了大量的工程实例，结合职业学校教学实际与岗位需求，以实践为主线，理论内容以够用为度，实用为主。

(3) 突出操作。电气线路的安装接线和故障排除、PLC 程序的编制与安装调试等内容贯穿全书。体现以应用为核心，以培养学生实际动手能力为重点，力求做到学与教并重，科学性与实用性相统一，将讲授理论知识与培养操作技能有机地结合起来。

(4) 教学适用性强。在编写体例上采用新的形式，每个项目有明确的学习目标，内容从易到难，逐步深入。全书采用大量的实物图片、表格，图文并茂，直观明了，符合学生的心理特征和认知规律，便于理解与接受。

本书由河南机电职业学院张艳担任主编，其中，张艳编写项目 1 的任务二、七，项目 2 的任务三、七；魏新华编写项目 1 的任务一、八；台畅编写项目 1 的任务三、四、五；王晓侃编写项目 1 的任务六；杨密编写项目 2 的任务一、二；苏全卫编写项目 2 的任务四、五；朱振伟编写项目 2 的任务六、八。

本书由程周主审，并对本书的编写提出了许多宝贵的建议。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

项目 1 X62W 型铣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	2
一、基础知识	3
二、任务实施	19
三、知识拓展——电气控制技术的产生与发展	23
思考与练习	24
任务二 电动机长动控制电路的安装接线	25
一、基础知识	26
二、任务实施	27
三、知识拓展	32
思考与练习	33
任务三 电动机正/反转控制电路的安装接线与故障排除	34
一、基础知识	35
二、任务实施	37
三、知识拓展——自动往复循环控制电路	40
思考与练习	44
任务四 电动机顺序启停控制电路的安装接线与故障排除	45
一、基础知识	45
二、任务实施	48
三、知识拓展——能实现电动机 M1、M2 顺序启动, 逆序停止的电路	50
思考与练习	51
任务五 电动机降压启动电路的安装接线与故障排除	52
一、基础知识	53
二、任务实施	57
三、知识拓展——自耦变压器降压启动电路	60
思考与练习	61
任务六 电动机反接制动控制电路的安装接线与故障排除	61
一、基础知识	62
二、任务实施	64
三、知识拓展	66

思考与练习	69
任务七 整台机床电气控制电路的故障检修	69
一、基础知识	70
二、任务实施	75
思考与练习	76
任务八 X62W 型铣床电气控制线路的安装与故障检修	76
一、基础知识	77
二、任务实施	83
思考与练习	85
项目 2 物料分拣设备的 PLC 控制系统的安装与调试	86
任务一 初识 PLC	87
一、基础知识	88
二、任务实施	104
三、知识拓展	105
思考与练习	107
任务二 PLC 基本逻辑指令的使用	107
一、基础知识	108
二、任务实施	114
三、知识拓展	117
思考与练习	119
任务三 定时器指令的使用	119
一、基础知识	120
二、任务实施	127
三、知识拓展——不同分辨率定时器的正确使用	129
思考与练习	130
任务四 计数器指令的使用	131
一、基础知识	131
二、任务实施	139
三、知识拓展	140
思考与练习	142
任务五 顺序控制指令的使用	142
一、基础知识	143
二、任务实施	163
三、知识拓展——使用“启—保—停”电路模式把顺序功能图转化成梯形图的编程方法	170
思考与练习	172

任务六 数据传送指令的使用·····	172
一、基础知识·····	173
二、任务实施·····	176
三、知识拓展·····	179
思考与练习·····	185
任务七 移位指令的使用·····	185
一、基础知识·····	185
二、任务实施·····	195
思考与练习·····	199
任务八 子程序控制指令的使用·····	200
一、基础知识·····	200
二、任务实施·····	206
三、知识拓展——跳转指令·····	212
思考与练习·····	218
参考文献·····	219

项目 1

X62W 型铣床电气控制线路的安装与故障检修

【项目介绍】

1. X62W 型铣床的功能

X62W 型卧式万能铣床是一种通用的多用途机床，可以用来加工平面、斜面和沟槽等，装上分度头后还可以铣削直齿齿轮和螺旋面，装上圆工作台还可以铣削凸轮和弧形槽，具有主轴转速高，调速范围宽，操作方便和加工范围广，性能优越，结构先进等特点。

2. X62W 型铣床的动作

如图 1-1 所示，X62W 型卧式万能铣床的主要组成部件有底座、床身、悬梁、工作台和升降台等。箱形的床身固定在底座上，床身内装有主轴的传动机构和变速操纵机构。其运动形式主要有：主轴的正、反向旋转运动，工作台前、后、左、右、上、下方向的进给运动和圆工作台的运动，冷却液的供给、主轴的变速冲动等。

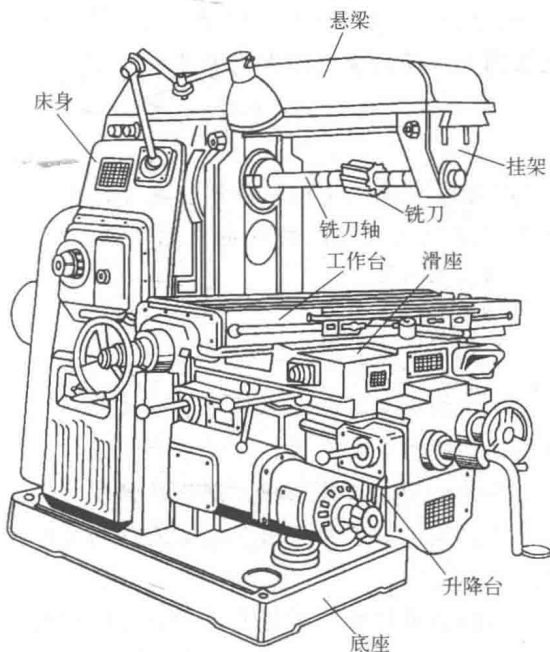


图 1-1 X62W 型铣床的外形示意图

3. 电气控制的内容

X62W 型铣床的电气控制系统是由一些基本控制环节组成的,包括主轴电动机的正/反转控制、工作台移动控制、工作台进给变速冲动控制、主轴变速冲动控制、冷却泵电动机控制等。在工作过程中,其电气控制系统可能会出现一些故障,如主轴电动机不能启动或停止、工作台不能快速移动、主轴制动失灵等。如果出现这些问题,就需要通过分析电路的工作原理来查出故障点,然后排除故障。

4. 项目任务

通过对 X62W 型铣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的排除,学会分析整台机床电气线路的工作原理,并能按照电路图安装接线,对电路中常见的故障进行分析排除。



任务一 初步认识电气控制



任务描述

继电器接触器控制系统是由按钮、开关、继电器、接触器等电器元件组成的控制线路,能实现对电动机的启动、停止、点动、正/反转、制动等运行方式的控制,以及必要的保护,不同的生产机械,对电动机的控制要求不同,因此需要的电气控制系统也不同。

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。试操作 CA6140 型车床电气控制柜面板上的一些按钮,观察面板上的指示灯及控制柜内器件的运行情况,认识常用的电器元件及电气原理图,从而对电气控制有初步的认识。



任务分析

本任务通过对 CA6140 型普通车床电气控制部分的操作,认识按钮、交流接触器、开关电器、熔断器、热继电器等常用低压电气元件及电气原理图,了解电气控制系统之间的关系,初步了解什么是电气控制。



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;
- ◆ 了解继电器-接触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、用途及使用方法;
- ◆ 正确识别常用低压电器,能根据实物写出各电器元件的文字和图形符号,找出电器元件的各种导电部位;
- ◆ 熟悉常用低压电器元件的型号规格,掌握其在控制电路中的选择方法;
- ◆ 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。

一、基础知识

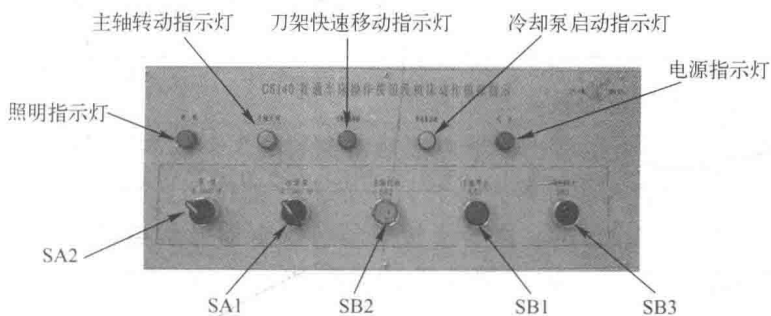
1. 继电器 - 接触器控制的组成与特点

在对电动机或其他执行器进行控制时，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 - 接触器控制系统是最基本的控制方法，是其他控制方法的基础。

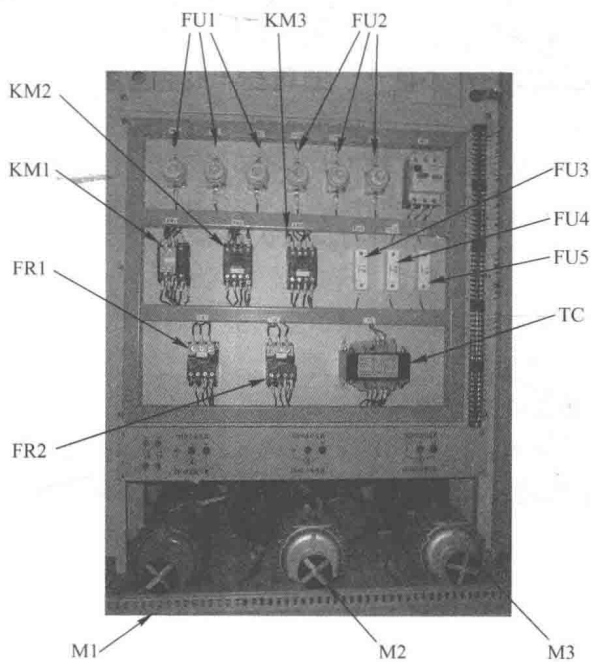
下面通过对 CA6140 型机床模拟电气柜的操作来了解继电器 - 接触器控制技术的基本原理。

1) CA6140 型车床模拟电气控制柜的操作与演示

CA6140 型普通车床的模拟电器柜的操作面板和柜内电气线路板如图 1-2 所示。



(a) 操作面板



(b) 电气线路板

图 1-2 CA6140 型普通车床的模拟电器柜

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

表 1-1 电器元件的动作情况

操 作	现 象
闭合开关 QF	电源指示灯 HL 亮
接通开关 SA1	照明灯 EL 亮
按下启动按钮 SB2	电器元件 KM1 动作, 电动机 M1 转动
按下停止按钮 SB1	电器元件 KM1 复位, 电动机 M1 停止
不按下按钮 SB2, 仅接通开关 SA2	KM2 不动作, 电动机 M2 不转动
按下启动按钮 SB2 后, 接通开关 SA2	KM2 动作, 电动机 M2 转动
按下 SB1	电动机 M1 停止, 电动机 M2 也停止
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

2) 继电器 - 接触器控制的组成与特点

由模拟电器柜的控制可以看出, 继电接触器控制由 3 个基本组成部分, 即输入、输出和逻辑控制部分。其中输入部分是指各种开关信息, 如按钮、行程开关等; 逻辑控制部分是按照电气控制的要求设计的, 由若干接触器、继电器及触点通过实际接线构成的具有一定逻辑功能的控制电路; 输出部分是指各种执行元件, 如接触器、电磁阀、指示灯等。

对于简单控制功能的完成, 继电接触器控制具有线路简单, 维修方便, 价格低廉, 便于掌握等优点, 因此, 继电接触器控制系统得到了广泛应用。其缺点是电路由固定的接线组成, 所以控制功能不能随意更改, 功能少, 通用性、灵活性差, 对于控制要求比较多的电路, 设备体积大, 接线复杂, 触点多, 可靠性不高。

由于科学技术的不断发展, 低压电器正向小型化、耐用方面发展, 使继电接触器控制系统的性能不断提高, 因此继电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。



边学边练

- (1) 常见的电气控制系统通常分为哪几类?
- (2) 继电器 - 接触器控制系统由几部分组成?
- (3) CA6140 型车床控制系统中的输入部分是_____ , 输出部分是_____ , 逻辑控制部分是_____。

2. 常用的低压电器元件

控制电器按其工作电压的高低可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。低压电器是指工作在交流 1000V 或直流 1200V 以下电路中的电器。

低压电器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

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。

通常低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类，是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防及用电部门中，大多数采用低压供电。

低压电器种类繁多，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。表 1-2 列出了常用低压电器的分类和用途。

表 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、组合开关、熔断器、自动开关等	主要用于配电系统中，实现电能的输送、分配及用电设备保护等
	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
按其动作方式不同分类	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动作或状态变化的场合
	手动电器	按钮、刀开关等	用于依靠人工直接操作完成动作切换的场合

下面介绍 CA6140 型普通车床电器柜中涉及的低压电器元件。

1) 开关电器

(1) 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种手动配电电器，主要用于手动接通与断开交/直流电路，也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小型电动机、电阻炉等。刀开关的种类很多，按刀的级数分为单极、双极和三极；按灭弧装置分为带灭弧装置和不带灭弧装置；按刀的转换方向分为单掷和双掷；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等。

常用的刀开关类型有 HK 型开启式负荷开关、HH 型封闭式负荷开关，如图 1-3 所示。

HK 型开启式负荷开关俗称闸刀或胶壳刀开关，如图 1-3 (a) 所示，胶底瓷盖刀开关由熔丝、触刀、触点座和底座组成，此种刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。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。

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 1-3 (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。

刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，以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) 组合开关

转换开关又称组合开关，它利用动触片与静触片的接通与断开来实现被控电路的通断。图 1-4 为常见的组合开关。

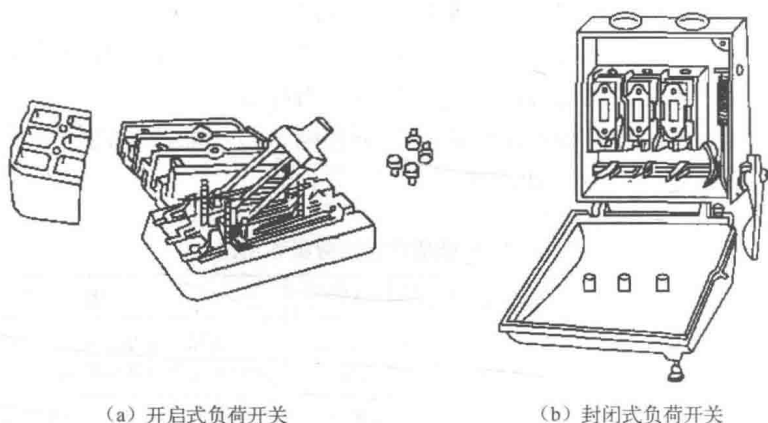


图 1-3 刀开关



图 1-4 常见的组合开关

转换开关由动触点、静触点、转轴、手柄等组成，转动手柄，动触点随着转轴转动，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。

转换开关也有单极、双极和多极之分，一般用于电气设备中作为非频繁接通或分断电路、转接电源或负载及控制小容量异步电动机的正/反转。机床电气控制线路中一般采用三极转换开关。

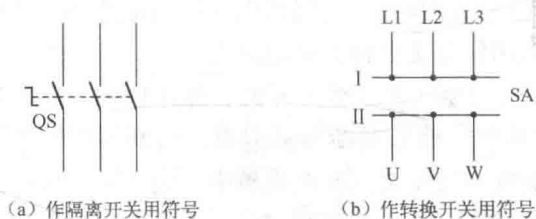


图 1-5 转换开关图形与文字符号

根据转换开关在电路中的不同作用，其图形与文字符号有两种。当在电路中用作隔离开关时，其图形符号如图 1-5 (a) 所示，其文字标注符号为 QS，有单极、双极和三极之分，机床电气控制线路中一般采用三极转换开关。图 1-5 (b) 是转换开关作换接电路开关使用时的图形符号，图示是一个三极组合开关，图中 I 与 II 分别表示组合开关手柄转动的两个操作位置，I 位置线上的三个空点右方画了三个黑点，表示当手柄转动到 I 位置时，L1、L2、L3 支路线分别与 U、V、W 支路线接通；而 II 位置线上三个空点右方没有相应黑点，表示当手柄转动到 II 位置时，L1、L2、L3 支路线与 U、V、W 支路线处于断开状态。转换开关安装时应使手柄旋转在水平位置为分断状态。

(3) 自动开关

自动开关又称空气开关或空气断路器，既有手动开关作用，又能在电路发生严重过载、短路及失压等故障时，自动切断故障电路，有效地保护串联的电器设备。自动开关在电气控制线路中使用广泛。图 1-6 为常见的自动开关，图 1-7 为自动开关工作原理示意图及图形符号。



图 1-6 常见的自动开关

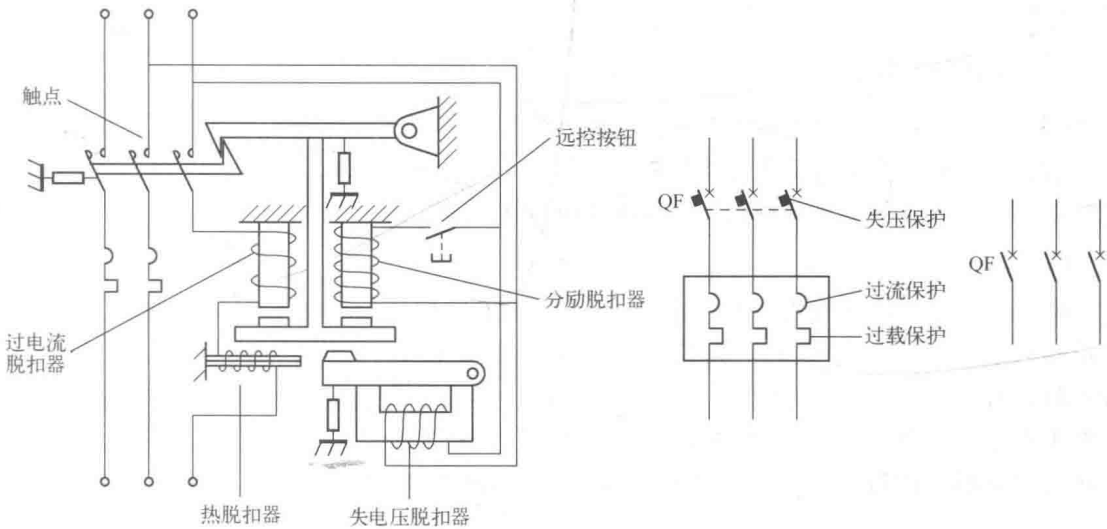


图 1-7 自动开关工作原理示意图及图形符号

自动开关主要由 3 个基本部分组成，即触点、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。

热脱扣器用于线路的过负荷保护，由发热元件、双金属片组成，使用时将双金属片热元件接在主电路中，当过载到一定值时，由于温度过高，双金属片受热弯曲并带动自由脱扣机构，使断路器主触点断开，实现长期过载保护。热脱扣器的整定电流应与所控制电动机的额定电流一致。

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，从而使挂钩脱扣，实现断路器的跳闸功能。电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值。

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。

断路器的额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。

控制电动机时, 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流 I 可按下式计算:

$$I \geq K \cdot I_{ST}$$

式中, K 为安全系数, 可取 $K=1.7$; I_{ST} 为电动机的启动电流。

低压断路器的选择应从以下几方面考虑。

① 断路器的类型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、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 欠电压脱扣器的额定电压等于线路的额定电压。

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。



边学边练

- (1) 结合实物, 练习各类刀开关的接线方法。
- (2) 观察组合开关的主要结构组成。
- (3) 低压断路器中的电磁脱扣器和热脱扣器各承担什么保护作用?

2) 熔断器

熔断器在电路中主要起短路保护作用。熔断器的熔体串接于被保护电路中, 当通过熔断器的电流大于规定值时, 以其自身产生的热量使熔体熔断, 从而自动切断电路。熔断器具有结构简单, 体积小, 质量轻, 使用、维护方便, 价格低廉, 分断能力较强, 限流能力良好等优点, 因此在电路中得到广泛应用。常见的熔断器有瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、RM10 型密封管式熔断器和 RT 型有填料密封管式熔断器等, 如图 1-8 所示。

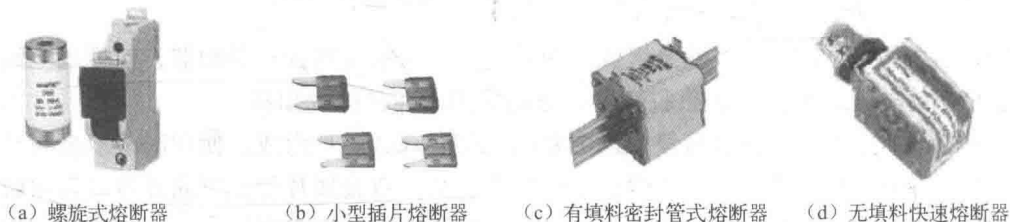


图 1-8 常见的熔断器

熔断器由熔体和安装熔体的绝缘底座 (或称熔管) 组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、铜、银及其合金制成丝状或片状, 熔点约为 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体因不易灭弧而多用于小电流电路; 由铜、银等高熔点金属制成的熔体易于灭弧, 多用于大电流电路。图 1-9 为熔断器结构示意图及符号。