立体化教材使用指南（扫描过程中禁止移动）

打开扫码　　扫描书中二维码　　播放视频

策划编辑　孙　彤
责任编辑　崔军英
责任校对　刘逸群
封面设计　张　伟
版式设计　张　辉
责任印制　张艳芳

ISBN 978-7-5349-9850-8
9 787534 998508 >
定价：45.00 元

『十四五』职业教育国家规划教材

电气与PLC控制技术

张　艳　主编

河南科学技术出版社

“十四五”职业教育国家规划教材

电气与 PLC 控制技术

DIANQI YU PLC KONGZHI JISHU

张　艳　主编

中原出版传媒集团
中原传媒股份公司
河南科学技术出版社

“十四五”职业教育国家规划教材

电气与 PLC 控制技术

张　艳　主编

河 南 科 学 技 术 出 版 社

• 郑州 •

图书在版编目（CIP）数据

电气与 PLC 控制技术 / 张艳主编. — 郑州：河南科学技术出版社，2021.9（2023.5 重印）

ISBN 978-7-5349-9850-8

Ⅰ. ①电… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①电气控制－高等职业教育－教材 ②PLC 技术－高等职业教育－教材 Ⅳ. ①TM571.21②TM571.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 020281 号

出版发行：河南科学技术出版社

地址：郑州市郑东新区祥盛街 27 号 邮编：450016

电话：（0371）65788859 65788639

网址：www.hnstp.cn

策划编辑：孙 彤

责任编辑：崔军英

责任校对：刘逸群

封面设计：张 伟

责任印制：张艳芳

印 刷：河南新华印刷集团有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：787mm×1 092mm 1/16 印张：16.5 字数：398 千字

版 次：2021 年 9 月第 1 版 2023 年 5 月第 2 次印刷

定 价：45.00 元

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系并调换。

编 委 名 单

主　编：张　艳

副主编：杨　密

编　者（按姓氏笔画排序）：

丁兰针　上官建林　卢佩佩　台　畅

朱振伟　杨　密　张　艳　赵媛媛

主　审：夏连学

前 言

PREFACE

本书依据教育部颁布的高等职业院校机电类专业教学指导方案及人力资源和社会保障部制定的《维修电工》与《机械设备维修工》国家职业技能标准，由长期从事该课程教学一线的教师结合职业院校长期教学改革实践编写，是职业院校专业课理论与实践一体化教学改革成果和校企合作改革成果。

本书编写上坚持“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，使其逐渐掌握电气与 PLC 控制的基本职业技能，从而实现教学上的理论与实践一体化。书中选用了大量的应用实例和图表，通过动画、视频等丰富的形式展现，实现了在技能实践的学习中融入所需的理论知识，突出了知识的应用性和实践性，帮助学生更好地学习电气控制系统与 PLC 控制系统的工作原理、电路设计、程序编写、故障检修等知识与技能。

本书主要特点如下：

1. 以能力培养为本。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，提高课程内容的针对性、实用性。

2. 采用项目、任务式的编写方法。以项目引领、任务驱动的方式，通过若干任务围绕能力培养进行编写，便于开展行动导向的教学法，实现“学中做、做中学”。

3. 以技能实践为主线，理论与实践一体化。在实践中融入理论知识，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。本书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培养。

本书建议总教学时数 68~102 学时，每个任务为 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内容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。编写分工如下：丁兰针编写项目一的任务一；台畅编写项目一的任务二、三、四；赵媛媛编写项目一的任务五、六；户佩佩编写项目一的任务七和项目一的拓展部分；张艳编写项目二的任务一至任务四；杨密编写项目二的任务五、六；朱振伟编写项目二的任务七、八；上官建林编写项目二的拓展部分和附录。

本教材中视频出演教师：张艳、乔卫华、耿美娟、陈捡等。动画、视

河南科学技术出版社内部资料

频、微课制作：李超、张金峰等。感谢郑州宇通重工有限公司高级工程师张春丽、郑州恒天重工股份有限公司工程师王轩轩在企业调研、课程目标、项目选定等方面做了大量工作。

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

2019 年 10 月

河南科学技术出版社内部资料

目 录

CONTENT

项目一　X62W 型铣床电气控制系统的装调与故障检修 …… (1)

任务一　初步认识电气控制系统 …… (2)

任务二　电动机长动控制电路的装调 …… (26)

任务三　电动机正反转控制电路的装调 …… (37)

任务四　电动机顺序启停控制电路的装调 …… (48)

任务五　电动机制动控制电路的装调 …… (62)

任务六　CA6140 型车床电气控制线路的装调与故障检修 … (74)

任务七　X62W 型铣床电气控制线路的故障检修 …… (83)

项目一拓展　T68 卧式镗床电气控制电路的故障检修 …… (93)

项目二　自动化生产线的 PLC 控制系统装调 …… (102)

任务一　初步认识 PLC 控制系统 …… (104)

任务二　设备位置初始化的 PLC 控制 …… (123)

任务三　报警灯闪烁的 PLC 控制 …… (137)

任务四　包装计数的 PLC 控制 …… (149)

任务五　分拣包装的 PLC 控制 …… (162)

任务六　不同包装方式的 PLC 控制 …… (186)

任务七　机械手动作循环运行的 PLC 控制 …… (198)

任务八　搬运站与分拣站的网络通信 …… (213)

项目二拓展　机械手复位与循环动作的 PLC 控制 …… (227)

附录 …… (241)

附录一　常见电气元件类别、名称、图形符号及文字符号 … (241)

附录二　任务检测评价表 …… (244)

附录三　STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用 …… (247)

参考文献 …… (254)

河南科学技术出版社内部资料

项目一　X62W 型铣床电气控制系统的装调与故障检修

任务目标

一、X62W 型铣床的结构组成与功能

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，还可以铣削直齿齿轮和螺旋面及凸轮和弧形槽，具有主轴转速高、调速范围宽、操作方便、加工范围广、性能优越、结构先进等特点。

X62W 型铣床的主要结构组成如图 1-0-1 所示，有底座、床身、悬梁、铣刀轴、工作台和升降台等。

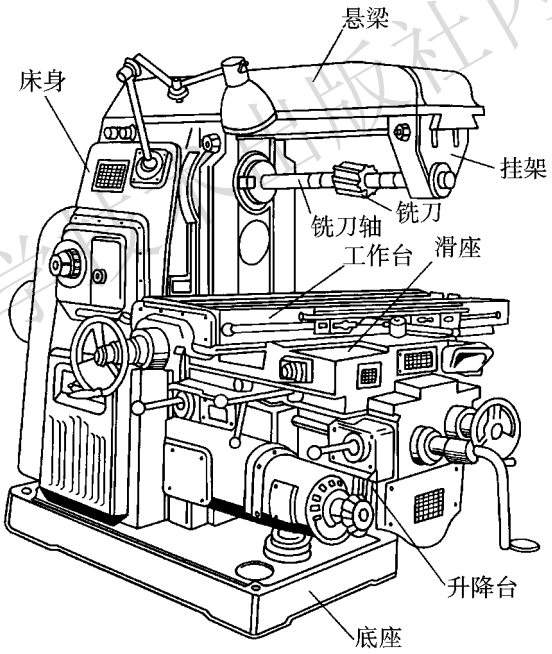


图 1-0-1　X62W 型铣床主要结构组成

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。主轴的转动是由主轴电动机通过弹性联轴器来驱动传动机构，当机构中的一个双联滑动齿轮块啮合时，主轴即可旋转。

工作台面的移动由进给电动机驱动，通过机械机构使工作台进行运动。床身的前面有垂直导轨，升降台可以沿着它上下移动。在升降台上面的水平导轨上，装有可在平行于主轴轴线方向移动的溜板，借助横溜板做横向（前后）移动。工作台面能直接在溜板上部的

河南科学技术出版社内部资料

导轨上做纵向（左、右）移动。这样，固定在工作台上的工件可做上、下、前、后、左、右 6 个方向的移动。另外，还可实现圆工作台的运动。

二、X62W 型铣床电气控制系统的功能

（一）主轴运动控制系统

铣床的主轴上安装有铣刀，通过主轴电动机的正反转可以实现顺铣和逆铣两种方式。由于主轴上装有飞轮，转动惯量很大，为提高工作效率，主电动机停车时进行制动停止。为了便于操作，对主轴进行两地控制。

为保证主轴变速后利于齿轮的啮合，主轴变速时，先将变速手柄拉出，旋转变速盘选择好速度后，再将变速手柄快速推回原位。在此过程中，电动机反向瞬时冲动一下。这是利用变速手柄通过电气控制系统与机械上的联动机构进行控制的。

（二）进给运动控制系统

铣床主轴转动后才能进行进给运动，工作台左、右、前、后、上、下 6 个方向的进给运动由同一台进给电动机控制，但在同一时间内，只允许一个方向上的运动。使用圆工作台工作时，这 6 个方向的进给运动必须停止。

工作台有左右（纵向）操作、前后（横向）上下（升降）十字操作两个手柄与机械上的离合器配合，来选择进给运动的方向。在用圆工作台工作时，应先将进给左右操作手柄和前后上下十字操作手柄置于中间位置，然后把圆工作台开关转换为工作状态。

工作台进给变速时电动机能瞬间冲动，以利于齿轮的啮合。

为提高劳动生产率，铣床在不做铣切加工时，工作台在纵向、横向和垂直三种运动形式六个方向上都可以实现快速进给。主轴电动机启动后，将进给操纵手柄扳到所需位置，工作台按照选定的速度和方向做常速进给移动时，再按下快速进给按钮，摩擦离合器合上，减少中间传动装置，使工作台按运动方向做快速进给运动。当松开快速进给按钮时，摩擦离合器断开，快速进给运动停止，工作台仍按常速进给时的速度继续运动。

（三）冷却泵控制系统

冷却液的供给由电气控制系统控制冷却泵电动机实现。

三、项目的工作任务

分析 X62W 型铣床电气控制线路中各个基本控制环节，以及整台机床电气线路的工作原理；按照电气原理图选择电器元件，完成电路的安装接线与调试运行；根据电路的故障现象，分析与检修电路中的常见故障。

任务一　初步认识电气控制系统

教学目标

◆了解机床电气控制系统的构成及其与机床运动的关系。

◆了解继电器控制系统的特点及应用。

河南科学技术出版社内部资料

◆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及其图形和文字符号，并能正确选择和使用。
◆掌握电气原理图、电气设备安装布置图和电气接线图的基本概念。
◆通过规范操作，建立安全文明生产意识。
◆通过分组训练，培养学生团结协作能力和良好的沟通能力。

情境描述

扫一扫

CA6140 型车床铣床的电气控制是通过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，能通过对电动机的启动、停止、正反转、点动、制动等运行方式的控制，实现对机床主轴、刀架、照明的控制。

试操作机床电气控制系统，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，从而对电气控制有初步的认识。

工作任务

1. 操作 CA6140 型车床电气控制柜，观察各电器元件的动作情况。
2. 观察各电器元件，分析其工作原理及各组成部分的作用。
3. 识读电气控制柜的电气原理图，找出与电器元件符号对应的各实物元件。

知识准备

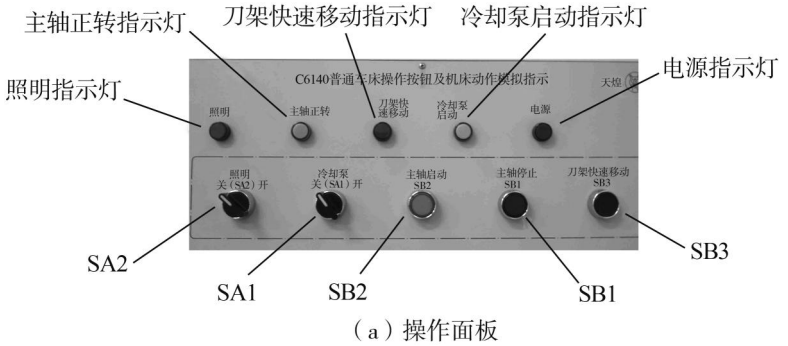
一、继电器–接触器控制系统的组成与特点

电气控制技术是以各类电动机为动力的传动装置和系统为对象来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经常采用的最基本的电气控制系统，也是学习其他控制方法的基础。下面通过对 CA6140 型车床模拟电气柜操作的介绍，了解继电器–接触器控制系统的组成与特点。

（一）CA6140 型普通车床模拟电气控制柜的操作与演示

扫一扫

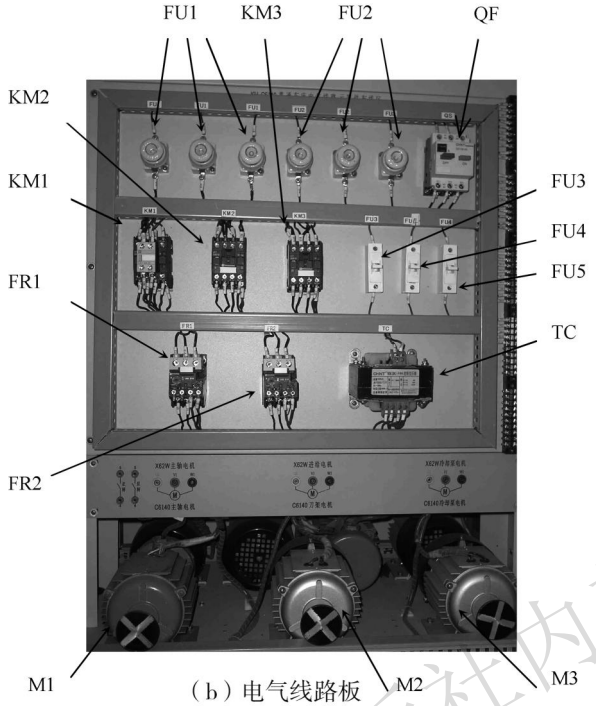
CA6140 型普通车床模拟电气控制柜的操作面板和柜内电气线路板如图 1–1–1 所示。



（a）操作面板

图 1–1–1　CA6140 型普通车床模拟电气控制柜

河南科学技术出版社内部资料



（b）电气线路板

图 1-1-1　CA6140 型普通车床模拟电气控制柜（续）

操作电气控制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	将转换接通开关 SA1 转到“开”	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；松开 SB2 后，M1 继续转动
4	按下停止按钮 SB1	电器元件 KM1 复位，电动机 M1 停止
5	不按下启动按钮 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	按下停止按钮 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；松开启动按钮 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作长动控制。

河南科学技术出版社内部资料

按下按钮 SB3，刀架快速移动，电动机 M3 转动；松开 SB3，电动机 M3 立即停止，不能连续转动。电动机 M3 的这种控制方式叫作点动控制。

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 的这种控制方式叫作顺序控制。

（二）继电器–接触器控制的组成与特点

由 CA6140 车床模拟电气控制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，即输入部分、输出部分和逻辑控制部分。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；各种执行元件是输出部分，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，因此，继电器–接触器控制系统得到了广泛应用。由于其电路是由固定的接线组成，所以继电器–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的电路，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。

二、常用低压电器

低压电器是指工作在交流 1 200 V 或直流 1 500 V 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，以实现对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，如表 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
按用途和控制对象分类	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，不会损坏电器
	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

河南科学技术出版社内部资料

续表

分类方法	名称	常用的电器元件	用途
按操作方式分类	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
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、霍耳开关、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
按功能分类	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
按功能分类	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

河南科学技术出版社内部资料

在选用低压电器时常根据型号来进行选用，以下对 CA6140 车床模拟电气控制柜中主要的低压电器按功能分类进行介绍。

（一）电源开关电器

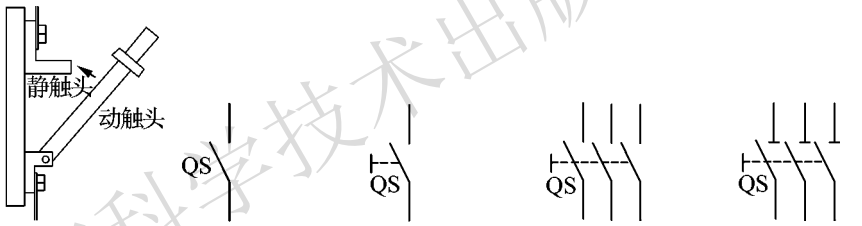
电源开关广泛应用于配电和电力拖动控制系统，用作电源的隔离、电气设备的保护和控制。

1. 刀开关

刀开关是一种手动电器，根据有无灭弧装置分为隔离开关和负荷开关。隔离开关没有灭弧装置，不能直接切断、接通大电流的线路；其容量比较大，额定电流为 100～1500A，主要用于供配电线路的电源隔离或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；负荷开关带有灭弧装置，可以直接切断、接通负荷电路。

（1）刀开关的结构：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、HH 型铁壳开关等。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作成套配电装置中的隔离开关。HK 型闸刀开关一般用作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。

1）单投开关：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。



（a）结构示意图　（b）一般符号　（c）手动符号　（d）三极单投刀开关　（e）三极单投隔离开关

图 1-1-2　HD 型单投刀开关

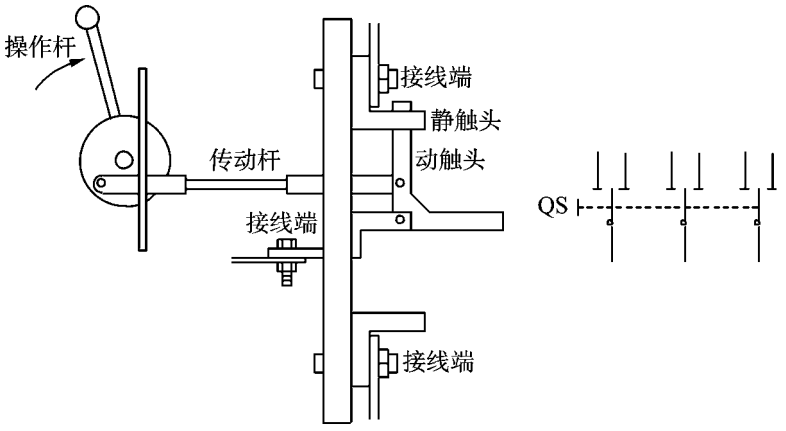
2）双投开关：HS 型双投刀开关作用和单投刀开关类似，常用于双电源的切换或双供电线路的切换等，其示意图及图形符号如图 1-1-3 所示。由于双投刀开关具有机械互锁的结构特点，因此可以防止双电源的并联运行和两条供电线路同时供电。

3）刀熔开关：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。

4）闸刀开关：HK 型开启式负荷开关俗称闸刀开关或胶壳刀开关，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，故得到了广泛应用。该类型的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。闸刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。

在安装闸刀开关时，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

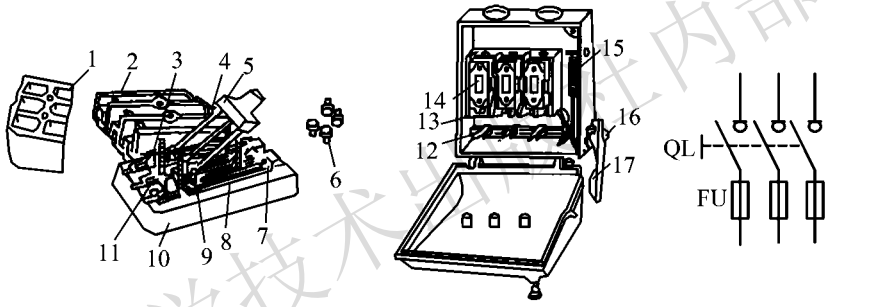
河南科学技术出版社内部资料



（a）结构示意图　　（b）图形符号

图 1-1-3　HS 型双投刀开关

电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。



（a）开启式负荷开关　　（b）封闭式负荷开关　　（c）图形文字符号

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

5）铁壳开关：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 1-1-4（b）所示。铁壳开关带有灭弧装置，能够通、断负荷电流，熔断器用于切断短路电流。一般用在小型电力排灌、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，起到安全保护的作用。

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的，其图形符号也由手动负荷开关 QL 和熔断器 FU 组成，如图 1-1-4（c）所示。

（2）刀开关的型号：刀开关的型号含义如图 1-1-5 所示。

河南科学技术出版社内部资料

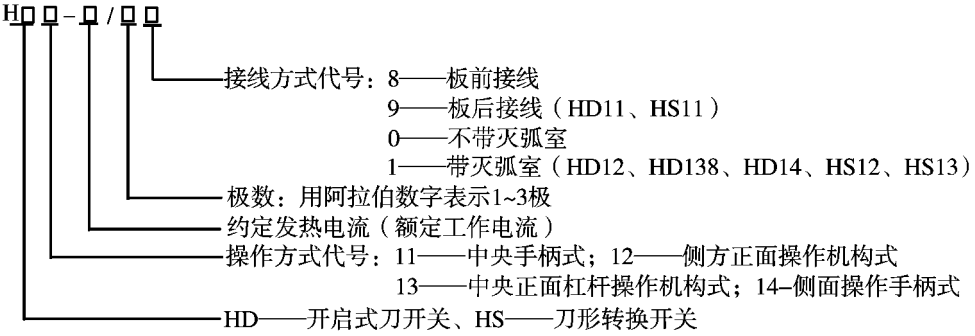


图 1-1-5　刀开关的型号含义

（3）刀开关的选用原则：

1）根据电压和极数选择：控制单阻负载时，选用 220V 或 250V 二极开关；控制三相负载时，选用 380V 三相开关。

2）根据额定电流选择：用于照明电路或其他阻性负载时，开关额定电流应大于或等于各负载额定电流之和；用于电动机或感性负载时，开关额定电流是最大一台电动机额定电流的 2.5 倍与其他负载额定电流之和。

3）根据产品质量选择：检查各刀片与对应夹座是否直线接触，开合是否同步，夹座对刀片接触压力是否足够。

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控制非频繁接通或分断电路、换接电源或负载，也可以控制小容量异步电动机的运转。

常用的组合开关产品有 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 所示为常见的组合开关。

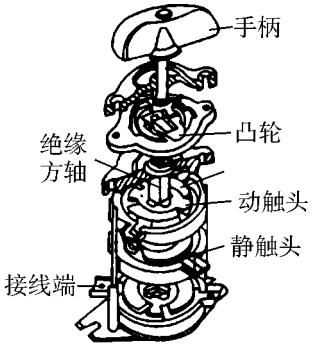
（a）HZ10D系列组合开关　（b）HZ25D系列组合开关　（c）HZ15A系列组合开关

图 1-1-6　常见的组合开关

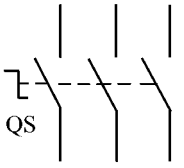
HZ10 组合开关的结构示意图及图形符号如图 1-1-7 所示。

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。

河南职业技术出版社内部资料



（a）结构示意图



（b）图形符号

图 1-1-7　HZ10 组合开关的结构示意图和图形符号

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、设备安全及配电系统的可靠性方面都有突出的作用。图 1-1-8 所示为常见的断路器。

（a）小型断路器

（b）万能式断路器

（c）塑壳断路器

图 1-1-8　常见的断路器

（1）断路器的结构：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。

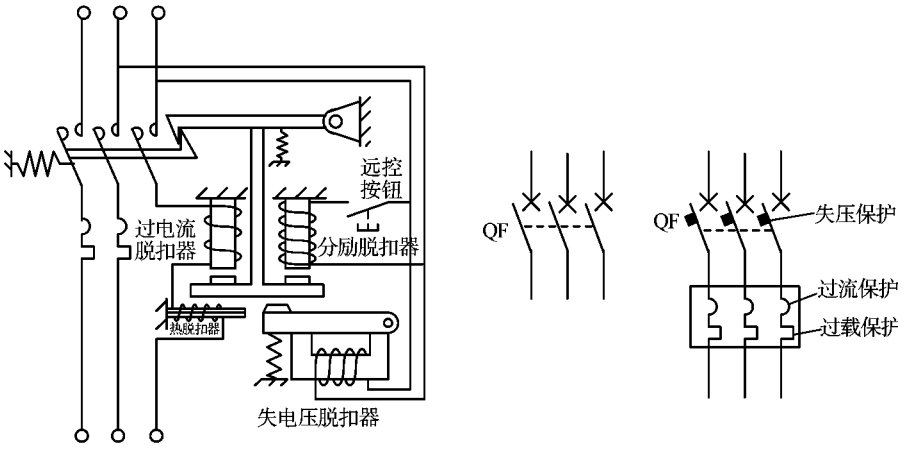
图 1-1-9 所示是断路器工作原理示意图及图形符号。断路器开关是靠操作机构手动或电动合闸的，触头闭合后，自由脱扣机构将触头锁在合闸位置上。当电路发生上述故障时，通过各自的脱扣器使自由脱扣机构动作，自动跳闸以实现保护作用。

1）过电流脱扣器：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，其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。

2）热脱扣器：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。

3）失压（欠电压）脱扣器：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，弹簧使动铁芯向上使挂钩脱扣，实现断路器的跳闸功能。

河南科学技术出版社内部资料



（a）工作原理示意图　　（b）图形符号

图 1-1-9　断路器

4）分励脱扣器：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，如图 1-1-9 所示断路器图形符号中标注了失压、过流、过载 3 种保护方式。

（2）低压断路器的型号：低压断路器的型号含义如图 1-1-10 所示。

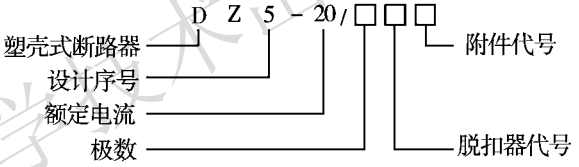


图 1-1-10　低压断路器的型号含义

（3）断路器的选用：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。

（二）熔断器

熔断器是基于电流的热效应和发热元件热熔断原理来设计的，具有一定的瞬时特性，在电路中主要起短路保护作用，用来保护线路。

熔断器的熔体串接于被保护的电路中，当电路发生短路故障时，熔断器中的熔体被瞬间熔断而分断电路，实现对电路的短路保护和严重过载保护。熔断器具有结构简单、体积小、重量轻、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

河南科学技术出版社内部资料

路中得到广泛应用。

1. 熔断器的结构原理及分类

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，形状常为丝状或网状。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体，因不易灭弧，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。

熔断器串接于被保护电路中，电流通过熔体时产生的热量与电流平方和电流通过的时间成正比，电流越大，则熔体熔断时间越短，这种特性称为熔断器的反时限保护特性或安秒特性，如图 1-1-11 所示。图中 I_N 为熔断器额定电流，熔体允许长期通过额定电流而不熔断。

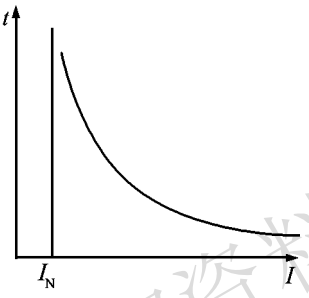


图 1-1-11　熔断器的反时限保护特性

熔断器种类很多，按结构分为开启式熔断器、半封闭式熔断器和封闭式熔断器；按有无填料分为有填料式熔断器、无填料式熔断器；按用途分为工业用熔断器、保护半导体器件熔断器及自复式熔断器等。常用的熔断器有瓷插式熔断器［图 1-1-12（a）］、螺旋式熔断器［图 1-1-12（b）］、RM10 型密封管式熔断器和 RT 型有填料密封管式熔断器等。

瓷插式熔断器主要用于低压分支电路的短路保护，因其分断能力较小，多用于照明电路和小型动力电路中。常用的产品有 RC1A 系列。

螺旋式熔断器熔芯内装有熔丝，并填充石英砂，用于熄灭电弧，分断能力强。熔体的上端盖有一熔断指示器，一旦熔体熔断，指示器马上弹出，可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。常用产品有 RL6、RL7 和 RLS2 等系列。

封闭管式熔断器可分为无填料式熔断器和有填料式熔断器两种，常用的型号有 RM10 型（无填料封闭管式熔断器）和 RT0 型（有填料封闭管式熔断器）。无填料封闭管式熔断器在低压电网成套配电设备中做短路保护和连续过载保护。其特点是可拆卸，即当其熔体熔断后，用户可以按要求自行拆开，重新装入新的熔体。有填料封闭管式熔断器具有较大的分段能力，用于较大电流的电力输配电系统中，也可用于熔断器式隔离器、开关熔断器等设备中。

2. 熔断器的主要技术参数及选用

（1）熔断器的主要技术参数：包括额定电压、熔体额定电流、熔断器额定电流、极限分断能力等。

1）额定电压是指保证熔断器能长期正常工作的电压。

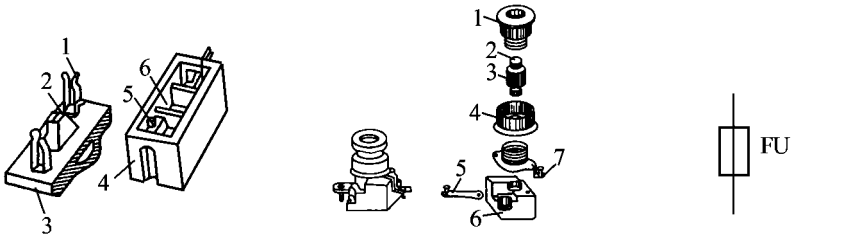
2）熔体额定电流是指可长期通过熔体而不使熔体熔断的电流。

3）熔断器额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流。

4）极限分断能力是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。在电路中出现的最大电流一般是指短路电流值，所以，极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

（2）熔断器的选用：选用熔断器时应使熔断器额定电压与保护电路工作电压一致，熔

河南科学技术出版社内部资料



（a）瓷插式熔断器　　（b）螺旋式熔断器　　（c）图形文字符号

1. 动触片　2. 熔体　3. 瓷盖　4. 瓷底　5. 静触点　6. 灭弧室

1. 瓷帽　2. 小红点标志　3. 熔断管　4. 瓷套　5. 下接线端　6. 瓷底座　7. 上接线端

图 1-1-12　熔断器结构示意图及图形文字符号

体的额定电流应按以下几种情况分别考虑。

1）在不会产生冲击电流的电路（如照明电路）中，应使熔体的额定电流等于或稍大于线路工作电流。即

$$I_R \geqslant I$$

式中，I_R——熔体额定电流；

I——线路工作电流。

2）对于一台异步电动机，由于电动机的启动电流较大，其熔断器可按下式选择：

$$I_R = (1.5 \sim 2.5) I_{ed} \quad 或 \quad I_R = I_{st}/2.5$$

式中，I_{ed}——电动机额定电流，A；

I_{st}——异步电动机的电流，A。

3）对于多台电动机，由一个熔断器保护时，可按下式选择：

$$I_R \geqslant I_m/2.5$$

式中，I_m——可能出现的最大电流。

若所有电动机不同时启动，I_m 为容量最大一台电动机的启动电流加上其他电动机的额定电流。

（三）交流接触器

接触器按其主触头通过电流的种类不同，可分为交流接触器和直流接触器两种，主要用于控制电动机、电热设备、电焊机、电容器组等，能频繁地接通或断开直流、交流主电路，是一种大容量控制电路的自动切换电器。它具有低压释放保护功能，并且用于频繁操作和远距离控制，是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的电器元件。

图 1-1-13 所示是几种常用的交流接触器。

1. 交流接触器的结构

交流接触器结构示意图及图形文字符号如图 1-1-14 所示。交流接触器由电磁系统、触点系统和灭弧系统及附件见部分组成。

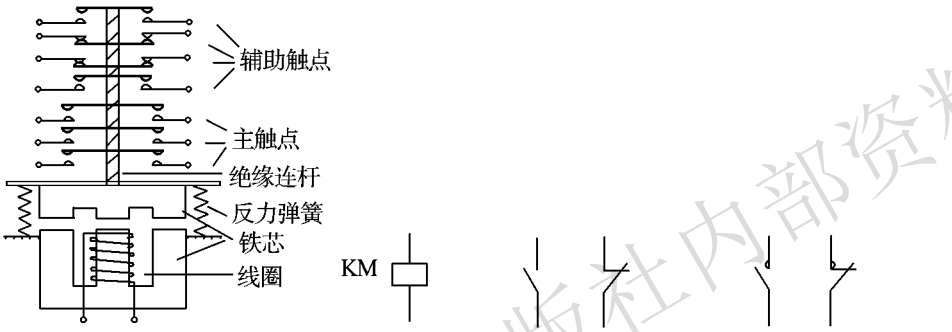
（1）电磁系统：由电磁线圈、动铁芯（衔铁）、静铁芯（铁心）等组成。电磁线圈通电时产生磁场，使动、静铁芯磁化互相吸引，当动铁芯被吸引向静铁芯时，与动铁芯相连的动触点也被拉向静触点，从而接通电路。电磁线圈断电后，磁场消失，动铁芯在复位弹

河南科学技术出版社内部资料

（a）CJX5系列　（b）CJ20系列　（c）CJX2系列

扫一扫

图 1-1-13　常用的交流接触器



（a）结构示意图　（b）线圈　（c）常开触点和常闭触点　（d）带灭弧装置的触点

图 1-1-14　交流接触器

簧作用下回到原位，牵动动、静触点，分断电路。电磁线圈分为电压线圈和电流线圈，电压线圈并联在电路中，电流线圈串联在电路中。

（2）触头系统：交流接触器的触头系统包括主触头和辅助触头。主触头用于通断主电路；辅助触头用于控制电器，起电气联锁或控制作用。

（3）灭弧装置：各种有触点电器都是通过触点的开、闭来通、断电路的，其触头在闭合和断开（包括熔体在熔断时）的瞬间，都会在触头间隙中由出现电子流产生的弧状火花，称为电弧。容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触头以利于灭弧；对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

（4）其他部件：交流接触器除上述三个主要部件外，还有外壳、传动机构、接线桩、复位弹簧、缓冲装置、触点压力弹簧等附件。常用的交流接触器有 CJ10 和 CJ12 系列。

2. 接触器的技术参数

（1）额定电压：接触器铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压。交流有 127 V、220 V、380 V、500 V，直流有 110 V、220 V、440 V。

（2）额定电流：接触器铭牌上的额定电流是指主触头的额定电流，有 5 A、10 A、20 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

（3）吸引线圈的额定电压：交流有 36 V、110 V、127 V、220 V、380 V，直流有 24 V、220 V、440 V。

（4）电气寿命和机械寿命（以万次表示）。

（5）额定操作频率：接触器的额定操作频率是指每小时允许的操作次数，一般为 300

河南科学技术出版社内部资料

次/h、600 次/h 和 1 200 次/h。

（6）动作值：是指接触器的吸合电压和释放电压。规定：接触器的吸合电压大于线圈额定电压的 85%时应可靠吸合，释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

3. 交流接触器的选用原则

（1）根据接触器所控制的负载性质来选择接触器的类型。

（2）接触器的额定电压不得低于被控制电路的最高电压。

（3）接触器的额定电流应大于被控制电路的最大电流。接触器在频繁启动、制动和正反转的场合时，一般其额定电流降一个等级来选用。

（4）电磁线圈的额定电压应与所接控制电路的电压相一致。

（5）接触器的触头数量和种类应满足主电路和控制线路的要求。

电动机工作特点与接触器的选择见表 1-1-3。

表 1-1-3　电动机工作特点与接触器的选择

电动机 工作情况	电动机工作特点	典型案例	接触器的选择
一般任务 （笼型或绕线型异步电动机）	笼型或绕线型异步电动机，工作频率不高，满载运行时断开，有少量点动	升降机、传送带、电梯、冲床、通风扇、搅拌机等	通常选用 CJ10 系列接触器，额定电压或电流等于或稍大于电动机额定电压和电流
重任务 （笼型或绕线型异步电动机）	平均操作频率在 100 次/h 以上，电动机工作于点动、反接制动、反向和低速断开状态	升降设备、车床、钻床、铣床、磨床等	当电动机功率小于 20 kW 时，选用 CJ10Z 系列重任务交流接触器；当电动机功率超过 20 kW 时，应选用 CJ20 系列。对于大容量绕线型异步电动机，可选用 CJ12 系列
特重任务 （笼型或绕线型异步电动机）	操作频率在 1 000～1 200次/h，甚至达3 000次/h，电动机工作于频繁点动，反接制动，可逆运行	镗床、港口起重设备、印刷机等	在满足电寿命的前提下，可选用 CJ10Z 系列；当控制容量较大时，选用 CJ12 系列

（四）热继电器

三相异步电动机在实际运行中，常会遇到因电气或机械等原因引起的过电流（过载和断相）现象。如果过电流不严重，持续时间短，绕组不超过允许温升，这种过电流是允许的；如果过电流情况严重，持续时间较长，则会加快电动机绝缘老化，甚至烧毁电动机。因此，在电动机回路中应设置电动机保护装置。常用的电动机保护装置种类很多，使用最多、最普遍的是双金属片式热继电器。

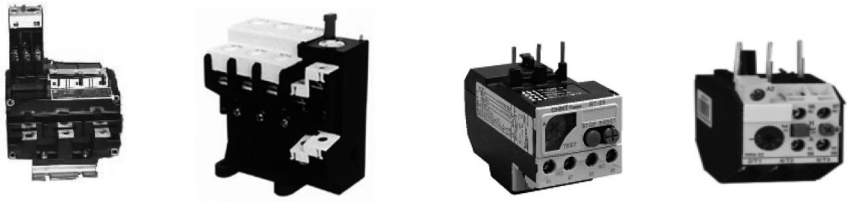
1. 热继电器的结构和工作原理

热继电器是一种利用电流热效应原理工作的电器，它主要与接触器配合使用，用于对三相异步电动机的过载和断相保护。

常见的热继电器有 JR20、JR36、NR2、NR3 和 NR4 系列，如图 1-1-15 所示。

热继电器主要由双金属片、热元件、触头系统等组成。图 1-1-16 所示是双金属片式

河南科学技术出版社内部资料

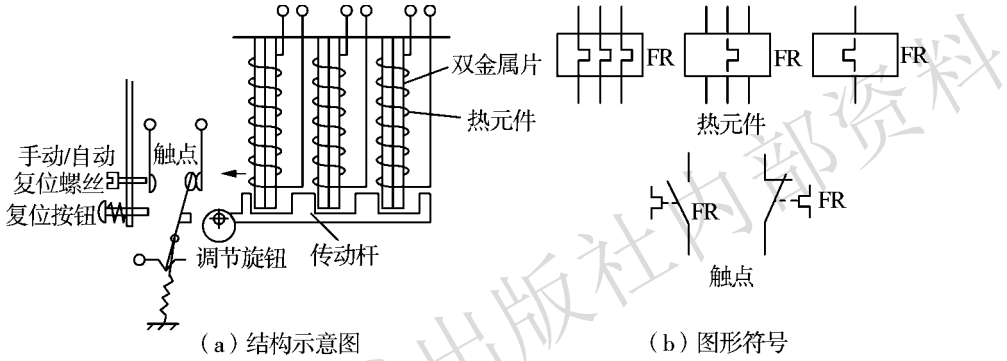


（a）JR20系列热继电器 （b）JR36系列热继电器（c）NR2系列热继电器（d）NR4系列热继电器

扫一扫

图 1-1-15　几种常见的热继电器

热继电器的结构示意图与其图形符号。



（a）结构示意图　　（b）图形符号

图 1-1-16　双金属片式热继电器

双金属片是热继电器的感测元件，由两种线膨胀系数不同的金属通过机械碾压方法形成一体。线膨胀系数大的（如铁镍铬合金、铜合金或高铝合金等）称为主动层，线膨胀系数小的（如铁镍类合金）称为被动层。由于两种线膨胀系数不同的金属紧密地贴合在一起，当产生热效应时，双金属片向膨胀系数小的一侧弯曲，由弯曲产生的位移带动触头动作。

热元件一般由铜镍合金、镍铬铁合金或铁铬铝合金等电阻材料制成，其形状有圆丝、扁丝、片状和带材几种。热元件串接于电动机的定子电路中，通过热元件的电流就是电动机的工作电流。当电动机发生过电流且超过整定值时，双金属片的热量增大而发生弯曲，经过一定时间后，使触点动作，通过控制电路切断电动机的工作电源。同时，热元件也因失电而逐渐降温，经过一段时间的冷却，双金属片恢复到原来状态。当电动机正常运行时，其工作电流通过热元件产生的热量不足以使双金属片变形，热继电器不会动作。

热继电器动作电流的调节是通过调节旋钮来实现的。调节旋钮为一个偏心轮，旋转调节旋钮可以改变传动杆和动触点之间的传动距离，距离越长动作电流就越大，反之动作电流就越小。

热继电器复位方式有自动复位和手动复位两种。将复位螺丝旋入，使常开的静触点向动触点靠近，这样动触点在闭合时处于不稳定状态，在双金属片冷却后动触点返回，此为自动复位方式。如将复位螺丝旋出，触点不能自动复位，为手动复位置方式。在手动复位方式下，须在双金属片恢复原状时按下复位按钮才能使触点复位。

河南科学技术出版社内部资料

2. 热继电器的选用

热继电器主要用于电动机的过载保护，使用中应考虑电动机的工作环境、启动情况、负载性质等因素，具体应根据以下几方面的原则来选择：

（1）热继电器结构形式的选择：在一般情况下，可选用两相结构的热继电器；对于工作条件恶劣的电动机或电网电压不平衡时，可选用三相结构的热继电器；星形接法的电动机可选用两相或三相结构热继电器；对三角形接线的电动机，可选用带断相保护装置的热继电器。三角形接线的电动机，一相断线后，流过热继电器的线电流与流过电动机绕组的相电流的增加比例是不同的，其中最严重的一相比其余串联的两相绕组内的电流要大一倍，增加的比例也最大。

（2）整定电流的选择：根据电动机的实际负载选用热继电器的整定电流（所谓整定电流，是指当发热元件通过的电流值超过此值的 20%时，热继电器应在 20 min 内动作），热继电器的整定电流一般为电动机额定电流的 1.05～1.1 倍。当电动机过载能力较差时，应使热继电器的整定电流为电动机额定电流的 3/5～4/5。

（3）下列情况下选择热继电器时，应使其整定电流比电动机额定电流要大一些：电动机负载惯性转矩非常大，启动时间长；电动机所带动的设备，不允许任意停电；电动机拖动的为冲击性负载，如冲床、剪床等设备。

（4）对于重复短时工作的电动机（如起重机电动机），由于电动机不断重复升温，热继电器双金属片的温升跟不上电动机绕组的温升，电动机将得不到可靠的过载保护。因此，不宜选用双金属片热继电器，而应选用过电流继电器或能反映绕组实际温度的温度继电器来进行保护。

（五）按钮

按钮是一种结构简单、使用广泛的手动电器，在控制电路中用于手动发出控制信号以控制接触器、继电器等，是一种最常用的主令电器。主令电器用于控制电路中，以开关接点的通断形式来发布控制命令，使控制电路执行对应的控制任务。主令电器应用广泛，种类繁多，常见的有按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器、选择开关、足踏开关等。

1. 按钮的结构与工作原理

按钮一般用于交流电压 500 V 以下，直流电压 440 V 以下，额定电流 5 A 以下的线路中。按钮常用来短时间接通或断开小电流控制的电路，其结构简单、控制方便。按钮不直接控制主电路，而是在控制电路中发出手动控制信号。图 1-1-17 所示为几种常见的按钮。

按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成，其结构示意图及图形符号如图1-1-18 所示。触点采用桥式触点，触点又分常开触点（动合触点）和常闭触点（动断触点）两种。

按外形和操作方式，按钮可以分为平钮［图 1-1-18（a）］和急停按钮［图 1-1-18（b）］，除此之外还有钥匙钮、旋钮、拉式钮、万向操纵杆式、带灯式等多种类型。

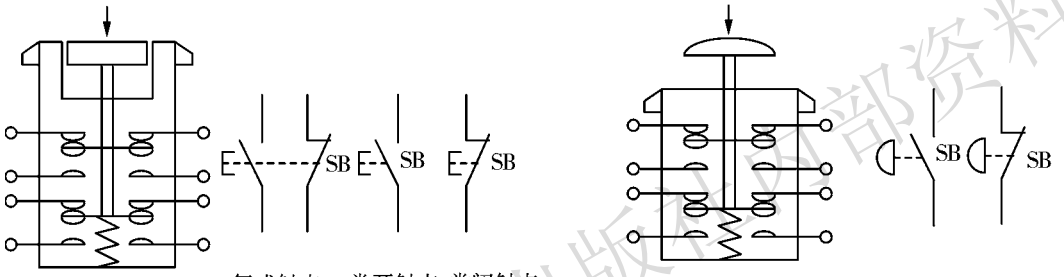
按触点动作方式，按钮可以分为直动式按钮和微动式按钮两种。图 1-1-18 中所示的按钮均为直动式按钮，其触点动作速度和手按下的速度有关。而微动式按钮的触点动作变换速度快，和手按下的速度无关，其动作原理如图 1-1-19 所示。动触点由变形簧片组成，当弯形簧片受压向下运动至低于平形簧片的位置时，弯形簧片迅速变形，将平形簧片触点

河南科学技术出版社内部资料

（a）机械按钮　　（b）急停按钮　　（c）带铁壳的按钮

扫一扫

图 1-1-17　几种常见的按钮



（a）平按钮的结构示意图及图形符号　　（b）急停按钮的结构示意图及图形符号

图 1-1-18　按钮结构示意图及图形符号

弹向上方，实现触点瞬间动作。

小型微动式按钮也叫作微动开关，微动开关还可以用于各种继电器和限位开关中，如时间继电器、压力继电器和限位开关等。

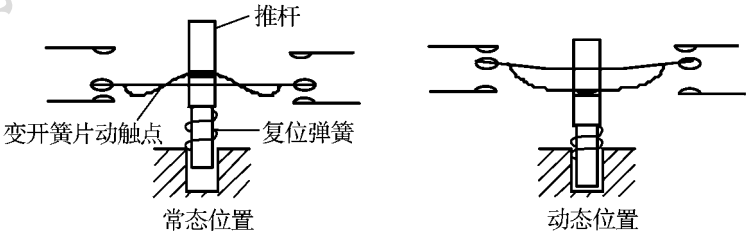


图 1-1-19　微动式按钮动作原理

按钮一般为复位式按钮，也有自锁式按钮，最常用的按钮为复位式平按钮，如图 1-1-18（a）。

按钮常因颜色不同而适用于不同的场合。例如，红色按钮用于“停止”“断电”“事故”等。如表 1-1-4 所示，列出了按钮颜色的含义。

河南科学技术出版社内部资料

表 1-1-4　按钮颜色的含义

颜色	含义	举例
红	处理事故	紧急停机；扑灭燃烧
	“停止”或“断电”	正常停机；停止一台或多台电动机；装置的局部停机；切断一个开关；带有“停止”或“断电”功能的复位
绿	“启动”或“通电”	正常启动；启动一台或多台电动机；装置的局部启动；接通一个开关装置（投入运行）
黄	参与	防止意外情况；参与抑制反常的状态；避免不需要的变化（事故）
黑、灰、白	无特定用意	除单功能的“停止”或“断电”按钮外的任何功能

2. 按钮的选用

按钮的选择通常根据以下几方面的原则：

（1）根据使用场合，选择控制按钮的种类，如开启式按钮、防水式按钮、防腐式按钮等。

（2）根据用途，选用合适的型式，如钥匙式按钮、紧急式按钮、带灯式按钮等。

（3）按控制回路的需要，确定不同的按钮数，如单钮、双钮、三钮、多钮等。

（4）按工作状态指示和工作情况的要求，选择按钮及指示灯的颜色。

三、电气控制系统图

反映或表示电气控制系统中各电器元件及其连接关系的图称为电气控制系统图。电气控制系统图由电动机、电器元件和电路组成，为了便于设计、分析、安装调试和维修，电气控制系统图中的图形符号和文字符号必须按照国家统一规定的最新标准来表示。国家标准局参照国际电工委员会（IEC）文件制定了电气设备的有关国家标准。

常用的电气控制系统图包括电气原理图、电气设备安装布置图和电气接线图三类。

（一）电气原理图

电气原理图是用来表示电气线路的工作原理及各电器元件之间的相互作用和关系的图，它并不反映各电器元件的结构尺寸、实际安装位置和实际接线情况。电气原理图适用于分析研究电路的工作原理，且作为其他电气图的依据，在设计部门和生产现场得到广泛的应用。

图 1-1-20 所示为电动机启保停（启动、保持、停止）电路的电气原理图，现以此图为例介绍电气原理图的组成及绘制原则。

1. 电气原理图的组成

电气原理图一般由电源电路、主电路、控制电路和辅助电路等组成。

电源电路为后续电路提供电能，一般由电源开关和电源保护电器组成。

主电路包括从电源到电动机的动力电路，是大电流通过的部分，用粗实线画在原理图的左边。

控制电路是通过小电流的电路，一般由按钮、电器元件的线圈、接触器的辅助触点、继电器的触点等组成，用细实线画在原理图的右边。

辅助电路通过的电流也为小电流，由变压器、整流电源、照明灯和信号灯等低压电路

河南省高等教育出版社内部资料

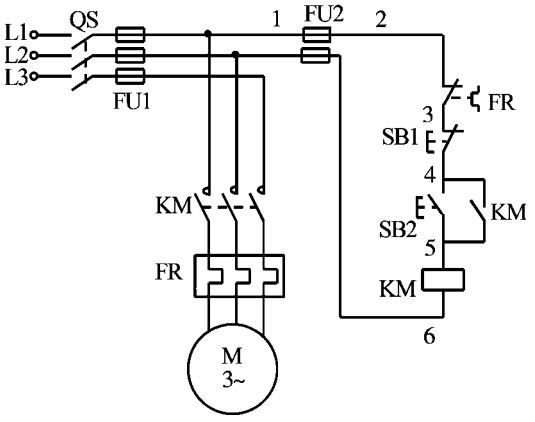


图 1-1-20　启保停电路的电气原理

组成。

2. 绘制电气原理图应遵循的原则

（1）电气原理图中所有电器元件都应采用国家标准中统一规定的图形符号和文字符号表示。

（2）电气原理图中电器元件的布局应根据便于阅读的原则安排。电源电路画成水平线，三相交流电源相序 L1、L2、L3 自上而下依次画出，中性线 N 和保护地线 PE 依次画在相线之下。直流电源的“+”画在上边，“-”画在下边，电源开关要水平画出。主电路垂直于电源线画在图纸左侧，其他电路安排在图纸右侧。

（3）无论主电路还是辅助电路，均按元件的功能布置，尽可能按动作顺序从上到下、从左到右排列。同一功能的电器元件集中在一起，耗能元件接于下方的水平电源线，各种触点接在上方电源线和耗能元件之间。

（4）电气原理图中，当同一电器元件的不同部分（如线圈、触点）分散在不同位置时，为了表示是同一元件，要在电器元件的不同部件处标注统一的文字符号。对于几个同类器件，要在其文字符号后加数字序号，以示区别。

（5）电气原理图中，所有电器元件的触点部分均按没有通电或没有外力作用时的平常状态画出。如接触器、电磁式继电器等触点是线圈未通电时的状态；按钮、行程开关等触点是没有受到外力作用时的状态；开关电器触点按断开状态画出。当元件触点的图形符号垂直放置时，以“左开右闭”原则绘制，即垂直线左侧的触点为常开触点，右侧的触点为常闭触点；当图形符号水平放置时，以“上闭下开”原则绘制，即水平线上方的触点为常闭触点，下方的为常开触点。

（6）电气原理图中，应尽量减少线条和避免线条交叉。各导线之间交叉相连时，在导线交叉处画实心圆点，两导线交叉但不连接的交叉点不画实心圆点。

（二）电气设备安装布置图

电气设备安装布置图表示电气设备或元器件在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置。各电器元件的安装位置是由机床的结构和工作要求决定的，拖动、执行、检测等器件应安装在生产机械的相应工作部位；控制按钮、操作开关、经常调节的电位器、指示灯、指示仪表等安装在控制面板上；行程开关应放在能取得信号的位置；控制电器、保护电器

河南科学技术出版社内部资料

等安装在控制柜内。

如图 1-1-21 所示为电动机启保停（启动、保持、停止）电路接线板上的电气设备安装布置图。

（三）电气接线图

电气接线图表示各电气设备和各元器件之间的实际接线情况。

电气接线图是根据电气原理图、电气设备安装布置图绘制的，绘制接线图时，应把各电器元件的各个部件（如触点和线圈）画在一起，文字符号、元件连接关系、线路编号等都必须与电气原理图一致，不在同一控制柜或操作台上的电器元件的电气连接必须通过端子排进行，各接线端子的编号应与电气原理图的导线编号一致。

如图 1-1-22 所示为电动机启保停（启动、保持、停止）电路的电气接线图，图中画出了接线板、操作面板等之间的接线情况。

电气设备安装布置图和电气接线图主要用于安装接线、线路检查维护及故障处理等。

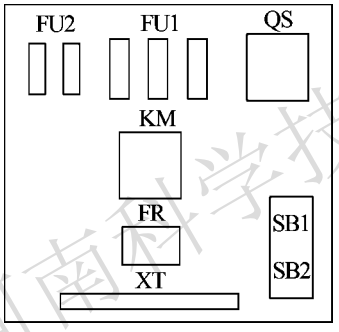


图 1-1-21　电气设备安装布置

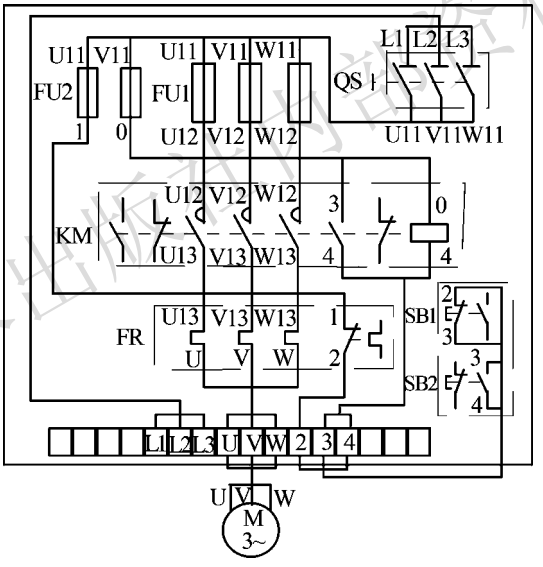


图 1-1-22　电气接线

任务实施

一、器材准备

◆C6140 型车床实训考核模拟电器柜 1 台。
◆常用低压电器元件若干个。
◆常用电工用具 1 套。
◆万用表 1 只。

二、CA6140 型车床模拟电气控制柜的操作

按表 1-1-1 所示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

河南科学技术出版社内部资料

和各电动机的动作、指示灯情况。

记录 CA6140 型车床模拟电气控制柜操作过程和柜内电器元件工作时的现象，填表 1-1-5。

表 1-1-5　工作时的现象

操作	现象	
	接触器	电动机
将转换开关 SA1 转到“开”		
按下启动按钮 SB2		
按下停止按钮 SB1		
不按下启动按钮 SB2，仅接通开关 SA2		
按下启动按钮 SB2 后，接通开关 SA2		
按下按钮 SB3，然后松开		

三、识别电器元件

（1）观察各电器元件，分析各部分组成的作用。

（2）观察几个按钮、交流接触器和热继电器，找出常开触点、常闭触点、线圈等，分别填表 1-1-6、表 1-1-7 和表 1-1-8。

表 1-1-6　按钮型号及工作参数

型号	触点数量		额定电压	额定电流	颜色
	常开触点	常闭触点			

表 1-1-7　交流接触器型号及工作参数

型号	主触点		辅助触点		线圈		额定操作频率
	额定电流/A	对数	额定电流/A	对数	电压/V	功率/W	

河南科学技术出版社内部资料

表 1-1-8　热继电器型号及工作参数

型号	热元件		常开触点		常闭触点	
	额定电流/A	个数	标号	对数	标号	对数

四、识读电气原理图

识读 CA6140 型车床模拟电气控制柜电气原理图，找出与电器元件符号对应的各实物元件。

（1）在实物元件 KM1 中找出电路图中的 KM1 主触点、KM1（5-6）、KM1（7-8）、KM1 线圈。

（2）在实物元件 FR1 中找出接入主电路中的热元件、控制电路中的常闭触点。

（3）在实物元件 SB1 中找出电路图中的停止按钮 SB1 接入电路中的触点。

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-1。

知识拓展

继电器

继电器是根据某种输入信号来接通或断开电路，以实现远距离控制和保护的自动控制电器。继电器用于电路的逻辑控制，具有逻辑记忆功能，能组成复杂的逻辑控制电路，主要用于将某种如电压、电流等电量或如温度、压力、速度、时间等非电量的变化量转换为开关量，以实现对电路的自动控制功能。

继电器的种类很多，按输入信号的性质可分为：电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器等；按工作原理可分为：电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器等；按用途可分为控制继电器、保护继电器等。

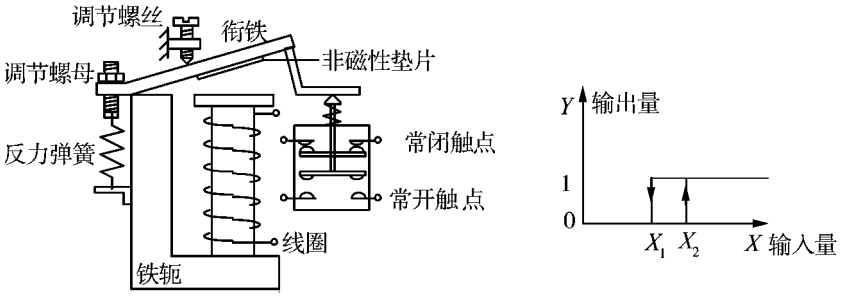
在控制电路中用的继电器大多数是电磁式继电器。电磁式继电器具有结构简单，价格低廉，使用维护方便，触点容量小（一般在 5 A 以下），触点数量多且无主、辅之分，无灭弧装置，体积小，动作迅速、准确，控制灵敏、可靠等特点，广泛地应用于低压控制系统中。

电磁式继电器的结构和工作原理与接触器相似，主要由电磁机构和触点组成。电磁式继电器也分直流和交流两种。图 1-1-23（a）所示为直流电磁式继电器结构示意，在线圈两端加上电压或通入电流，产生电磁力，当电磁力大于弹簧反力时，吸动衔铁使常开、常闭接点动作；当线圈的电压或电流下降或消失时衔铁释放，接点复位。

电磁式继电器与接触器的区别是：继电器可对多种输入量的变化做出反应，而接触器只有在一定的电压信号下才能动作；继电器用于切换小电流的控制电路和保护电路，而接

河南科学技术出版社内部资料

触器用来控制大电流电路；继电器没有灭弧装置，也无主、辅触点之分，等等。



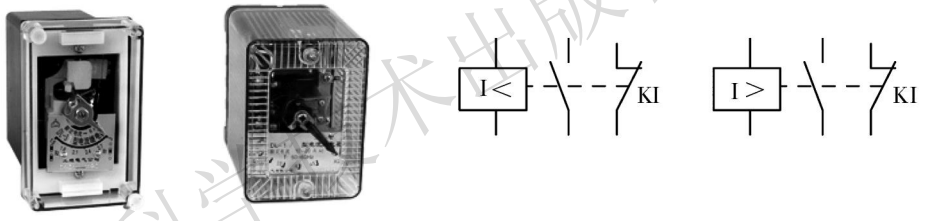
（a）结构示意图　　（b）继电器输入–输出特性

图 1-1-23　直流电磁式继电器

一、电流继电器

电流继电器的输入量是电流，它是根据输入电流大小而动作的继电器。电流继电器的线圈串入电路中，以反映电路电流的变化，其线圈匝数少、导线粗、阻抗小。电流继电器可分为欠电流继电器和过电流继电器。

图 1-1-24 所示为常见的电流继电器及其图形符号。



（a）常见的电流继电器　　（b）欠电流继电器符号　（c）过电流继电器符号

图 1-1-24　电流继电器及其符号

欠电流继电器用于欠电流保护或控制，如直流电动机励磁绕组的弱磁保护、电磁吸盘中的欠电流保护、绕线式异步电动机启动时电阻的切换控制等。欠电流继电器的动作电流整定范围为线圈额定电流的 30%～65%。需要注意的是，欠电流继电器在电路正常工作，电流正常不欠电流时，欠电流继电器处于吸合动作状态，常开触点处于闭合状态，常闭触点处于断开状态；当电路出现不正常现象或故障现象导致电流下降或消失时，继电器中流过的电流小于释放电流而动作。所以，欠电流继电器的动作电流为释放电流而不是吸合电流。

过电流继电器用于过电流保护或控制，如起重机电路中的过电流保护。过电流继电器在电路正常工作时流过正常工作电流，正常工作电流小于继电器所整定的动作电流，继电器不动作，当电流超过动作电流整定值时才动作。过电流继电器动作时其常开触点闭合，常闭触点断开。过电流继电器整定范围为（110%～400%）I_N，其中交流过电流继电器为（110%～400%）I_N，直流过电流继电器为（70%～300%）I_N。

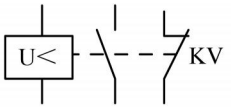
常用的电流继电器的型号有 JL12、JL15 等。

河南科学技术出版社内部资料

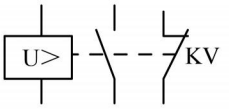
二、电压继电器

电压继电器的输入量是电路的电压大小，电压继电器根据输入电压大小而动作。电压继电器工作时并联在电路中，因此线圈匝数多、导线细、阻抗大，反映电路中电压的变化，用于电路的电压保护。图 1-1-25 所示为常见的电压继电器及其图形符号。

（a）常见的电压继电器



（b）欠电压继电器图形符号



（c）过电压继电器图形符号

图 1-1-25　电压继电器及其图形符号

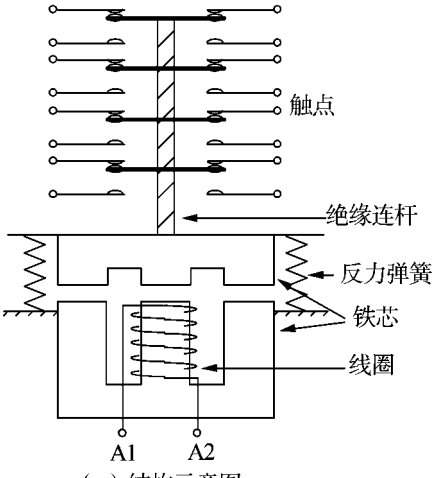
与电流继电器类似，电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。对于过电压继电器，当线圈电压为额定电压时，衔铁不产生吸合动作，只有当线圈电压高于其额定电压某一个值时其衔铁才产生吸合动作。所以，称之为过电压继电器。过电压继电器在电路中起过电压保护作用。对于欠电压继电器，当线圈的承受电压低于其额定电压时，衔铁就产生释放动作。其特点是释放电压很低，在电路中起低电压保护作用。

过电压继电器动作电压范围为（105%～120%）U_N；欠电压继电器吸合电压动作范围为（20%～50%）U_N，释放电压调整范围为（7%～20%）U_N。零电压继电器是欠电压继电器的一种特殊形式，是当继电器的端电压降至零或接近消失时才动作的电压继电器。

电压继电器常用在电力系统继电保护中，在低压控制电路中使用较少。

三、中间继电器

中间继电器在控制电路中起信号的传递、放大、切换和逻辑控制等作用，主要用于扩展触点数量、实现逻辑控制等。中间继电器是最常用的继电器之一，它的结构和工作原理与接触器基本相同，如图 1-1-26 所示。



（a）结构示意图

（b）图形符号

图 1-1-26　中间继电器

河南科学技术出版社内部资料

中间继电器实质上是一种电压继电器，它是根据输入电压的有或无而动作的，一般触点对数多，触点容量额定电流为 5~10 A。中间继电器体积小，动作灵敏度高，一般不用于直接控制电路的负荷，但当电路的负荷电流在 5~10 A 时，也可代替接触器起控制负荷的作用。

常用的中间继电器型号有 JZ7、JZ14、JZC4 等。图 1-1-27 所示为几种常见的中间继电器。

（a）JZ7系列中间继电器　（b）JZY1系列中间继电器　（c）JZC4系列中间继电器

图 1-1-27　常见的中间继电器

思考与练习

扫一扫

1. 继电器-接触器控制系统由几部分组成？
2. 继电器-接触器控制具有哪些优点和缺点？
3. 试述交流接触器的工作原理。
4. 热继电器能否用于短路保护？为什么？
5. 熔断器、热继电器、接触器、组合开关、按钮各在电动机控制电路中各起什么作用？
6. 电动机的启动电流大，在电动机启动时，热继电器会不会动作？为什么？
7. 简述绘制电器原理图的原则。

任务二　电动机长动控制电路的装调

教学目标

◆掌握电动机点动、长动控制的工作原理。
◆进一步熟悉常用的低压电器元件，并能正确使用。
◆识读电气原理图，能按电路图安装接线。
◆能根据故障现象，分析排除电动机点动与长动控制电路的故障。
◆掌握电气控制线路的分析方法，培养分析电路的能力。
◆通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识。
◆通过分组训练，培养学生团结协作和良好的沟通能力。

河南科学技术出版社内部资料

情境描述

扫一扫

在 X62W 型铣床电气线路中，当按下主轴启动按钮时，主轴电动机启动，主轴开始旋转；当松开启动按钮时，主轴电动机继续旋转；如要使电动机停止，则需要按下停止按钮。电动机的这种连续运行的方式叫作长动运行方式，其控制电路称为长动控制电路（文中电动机的连续运行方式均用“长动”表示）。试根据电气原理图完成电动机长动控制电路的安装接线并调试运行。

工作任务

1. 分析长动控制电路的工作原理。
2. 根据控制要求选择元器件，按照电气原理图完成安装接线。
3. 分析与排除长动控制电路中常见的故障。

知识准备

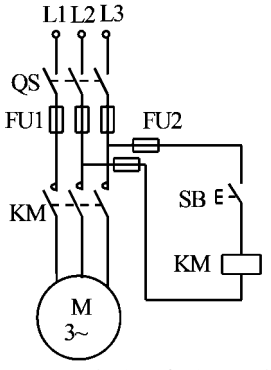
一、点动控制与长动控制的概念

点动是指按下按钮时电动机才旋转，松开按钮后，电动机即断电停止运行的工作方式。电动机点动控制的应用场合很多，例如 CA6140 型普通车床的刀架快速移动电动机就是点动控制，T68 卧式镗床快速移动电动机的正、反转也是点动控制。另外，有些机床主轴在调整时也需要点动控制。

长动是指按下按钮时电动机启动运行，松开按钮后电动机仍然通电继续运行的工作方式。机床在正常加工过程中，需要主轴电动机的连续旋转，车床的刀架、铣床的工作台等也需要连续的运动，这些都是长动控制。电动机的长动控制电路能实现启动、保持、停止，也叫作启保停控制电路。

二、点动控制电路

如图 1-2-1 所示为电动机点动控制电路电气原理。闭合电源开关 QS，接通三相交流电源后，可实现如下控制：



扫一扫

图 1-2-1　电动机点动控制电路电气原理

河南科学技术出版社内部资料

（一）电动机的启动

按下按钮SB → 控制电路中交流接触器KM的线圈通电 → 主电路中KM的主触点闭合 →
→ 电动机M与电源接通，启动运行

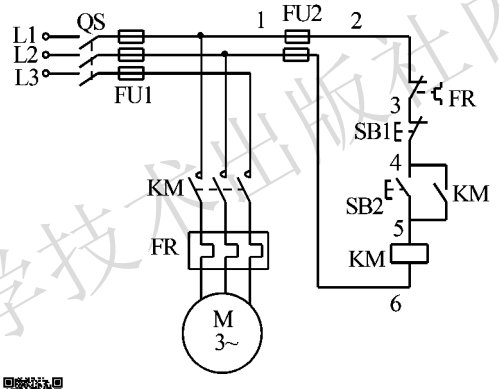
（二）电动机的停止

松开按钮SB → 控制电路中KM的线圈断电 → 主电路中KM的主触点断开 →
→ 电动机M与电源脱离，停止运行

由上述控制过程可知，要使点动控制电路中的电动机运行，必须始终用手按住启动按钮。

三、长动控制电路

如图 1-2-2 所示为电动机长动控制电路电气原理。



扫一扫

图 1-2-2　电动机长动控制电路电气原理

（一）电动机的启动

闭合电源开关 QS，接通三相交流电源后，可实现如下控制：

按下按钮SB2 → KM线圈得电 → 主电路中KM主触点闭合 → 电动机通电运行
KM辅助常开触点（4-5）闭合 → 松开按钮SB2 →
→ KM辅助常开触点（4-5）不断开 → KM线圈继续通电 → 电动机继续运行

（二）电动机的停止

电动机停止控制过程如下：

按下按钮 SB1 → KM 线圈断电 → KM 主触点断开 → 电动机断电停止运行

由上述控制过程可知，启保停控制电路中，松开启动按钮，交流接触器继续通电，电

河南科学技术出版社内部资料

动机继续运行。

用接触器本身的辅助常开触点使其线圈保持连续通电的控制环节叫作“自锁”。与启动按钮并联的该辅助常开触点称为自锁触点。

可以看出，点动控制与长动控制的区别是控制电路是否有“自锁”。

（三）电路中的保护环节

电动机的长动控制电路中有零压保护、欠压保护、过载保护、短路保护等。

（1）零压保护：也叫作失压保护，是电动机正在运行时，遇到电源突然停电，电路自动切断电动机电源，在供电恢复时电路不会自行接通的保护。如果未加防范而使电路在供电恢复时自行接通，电动机自行启动，很容易造成设备或人身事故。采用接触器自锁控制的电路，由于控制电路的自锁触点和主电路中的主触点在停电时已经断开，在供电恢复时，电路不会自行接通。

（2）欠压保护：电动机运行过程中，若电源电压下降，电动机的电流就会增大，电压下降严重时，可能烧坏电动机。在接触器自锁电路中，当电源电压下降很多时（一般低至额定电压的85%以下），接触器的电磁吸力小于复位弹簧的反作用力，衔铁释放，主触点和自锁触点断开，电动机断电停止，从而实现了欠压保护。

（3）过载保护：由热继电器FR作过载保护。当电动机过载时，流过主电路中热继电器热元件的电流较大，控制电路中常闭触点断开，使接触器KM的线圈断电，其主触点和自锁触点都断开，从而使电动机断电停止，起到过载保护作用。

（4）短路保护：由FU1、FU2分别作主电路和控制电路的短路保护。当主电路或控制电路有短路时，FU1或FU2自动、迅速地熔断，切断故障电路，从而起到保护电路的作用。

任务实施

一、器材准备

◆交流接触器1个、按钮2个、熔断器2组、刀开关1个、热继电器1个。

◆三相交流异步电动机1台。

◆常用电工用具1套、万用表1只。

◆导线若干。

二、安全生产和文明生产要求

扫一扫

（1）安全生产要求：

1）遵守实验室安全操作规程，穿戴好电工劳保用品。

2）工具及仪表使用要安全、正确。

3）在指定的实验台上进行操作，并经指导教师许可后方可进行作业。

4）施工前应对所有电器元件逐一检查，有损坏的，须及时更换，确保操作人员的人身安全。

5）严禁带电安装及接线。

6）带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并要确保用电安全。

河南科学技术出版社内部资料

7）电路接线完毕后确认无误，经指导教师检查后方可通电试车。

8）实验结束后，必须先断开电源再拆除线路。

（2）文明生产要求：

1）遵守实验室管理制度。

2）实验操作中要求态度端正、认真负责、一丝不苟、精益求精。

3）实验结束后拆除所有接线，清理施工现场，恢复设备原状，将工具、仪器仪表摆放整齐，保持地面整洁。经指导老师许可后方可离开现场。

三、电路的装调

根据图 1-2-2 所示电动机长动电路的电气原理图安装接线及调试运行。装调步骤如下：

（一）选择与检测元器件

扫一扫

识读电气原理图，选择所需的低压电器元件，记录其型号、规格、数量。逐个检测电气设备和元件，看其规格和质量是否合格。不同的低压电器有不同的检测方法与内容：对于交流接触器与热继电器，应在不通电的情况下，用万用表检查接触器线圈、热继电器的热元件是否完好，各触点的分、断情况是否良好等，在电动机铭牌上查出额定电流值，调整热继电器的整定电流。对于电动机，要用兆欧表检测电动机的绝缘性，并记下质量检测情况，填写电器元件记录表 1-2-1，然后正确选配导线的规格和数量、接线端子板型号等。

表 1-2-1　电器元件记录表

元件名称	电气符号	型号	数量	额定电压	额定电流	主要作用	检测情况
交流接触器							
按钮							
熔断器							
刀开关							
热继电器							
电动机							

（二）布置元器件

在接线板上安装电器元件，并在各电器元件附近做好与电气原理图上相同代号的标记。电动机长动控制电路的元器件布置如图 1-2-3 所示。

元器件在接线板上的安装工艺要求与布置原则如下：

（1）利于安装配线：功能相似的元器件组合在一起，外形尺寸或质量相近的元器件组合在一起。

（2）元器件的安装位置要合理、整齐、匀称、间距适当，便于维修查线和更换元器件。

河南科学技术出版社 内部资料

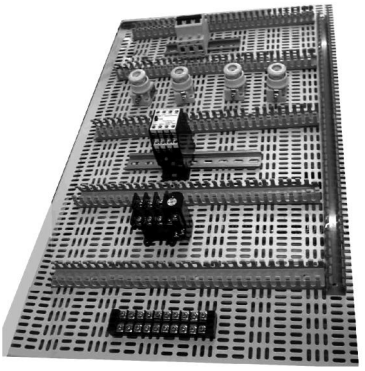


图 1-2-3　电路的元件布置

（3）强电和弱电要分开：必要时，把弱电部分屏蔽起来，防止外界干扰。

（4）考虑质量与元器件发热情况：体积大、较重的元器件安装在下面，发热量较大的元器件安装在上面。

（5）尽可能减少导线数量和长度：将接线关系密切的元器件按顺序组合在一起。

（6）接线板的进、出线一般采用接线端子连接。

（7）元器件的安装要松紧适度，保证既不松动，又不因过紧而损坏元器件。

（8）刀开关在安装时，瓷底应与地面垂直，合闸后手柄应向上，不得倒装或平装。电源应在刀开关的上方，负载应在刀开关的下方，保证分闸后负载端不带电。组合开关安装时应使手柄旋转在水平位置，为分断状态。

（9）选择合理的导线走向，布置好接线槽，并安装接线板外部的所有电器。

（三）安装附件的使用

安装附件是电气控制系统中电气控制柜和配电箱中必不可少的物品，主要用于控制柜中元器件和导线的固定与安装。常用的安装附件有：

（1）线槽：线槽又称为走线槽、配线槽等，用来将电源线、数据线等线材规范地整理，固定在墙上或者天花板上的电工用具，可以使电气控制柜内走线美观、整洁，如图1-2-4（a）所示。

（2）扎线带：扎线带是用于捆扎东西的带子，设计有止退功能，只能越扎越紧，也有可拆卸的扎线带，如图 1-2-4（b）所示。

（3）配线标志管：配线标志管是将数字或字母印在塑料管上面，并分割成小段，使用时可以随意组合，将其套在导线的接头端，用来标记导线，如图 1-2-4（c）所示。

（4）接线端子、接线插：接线端子是用于方便实现电气连接的一种配件产品，它其实就是一段封在绝缘塑料里面的金属片，两端可接入导线，有螺丝用于紧固或者松开，如图 1-2-4（d）所示。如果两根导线有时需要连接，有时又需要断开，这时就可以用接线端子把它们连接起来，并且可以随时断开，而不必把它们焊接起来或者缠绕在一起，十分方便、快捷，而且它很适合大量的导线互联。在将导线连接到接线端子上时，通常还需要接线插（俗称线鼻子），如图 1-2-4（e）所示，用于电线尽头处，套上它后可以更好地连接导线，并使导线方便、可靠地连接到接线端子或接线座上。

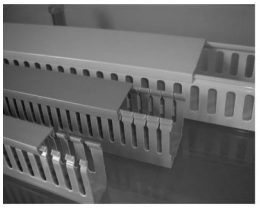
（5）热收缩管：热收缩管一般用在电线电缆等的裸露、连接、交叉部分，起到绝缘防护等功能。热缩管具有阻燃、绝缘、耐温性能，柔软有弹性，受热（70～90℃）会收缩，广泛应用于各种线束、焊点等的绝缘保护，如图 1-2-4（f）所示。

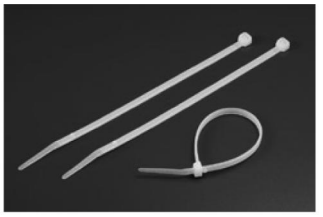
（6）安装导轨：安装导轨用来安装各种标准卡槽，一般由铝合金制成，如图 1-2-4（g）所示。

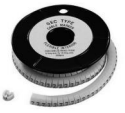
（四）按电气原理图接线 扫一扫

电动机长动控制电路连接后的情况如图 1-2-5 所示。

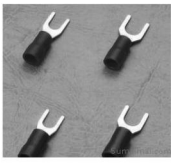
河南科学技术出版社内部资料


（a）线槽


（b）扎线带


（c）配线标志管

（d）接线端子


（e）接线插

（f）热收缩管

（g）安装导轨

图 1-2-4　安装附件

1. 接线步骤

（1）按照工艺要求进行布线，并在导线线头上套装与电路图相同线号的号码管。

（2）接线的一般顺序是先接主电路，再接控制电路。

（3）主电路与控制电路接线完成后，通过接线端子与电动机连接。

（4）清理安装场地。接线完毕后应清理工作台及接线板，以防止线头、螺钉等小部件遗留在接线板上造成短路等事故。

2. 技术要求

（1）按图安装接线。

（2）电器元件接线正确、牢固。

（3）布线整齐、平直、合理。

（4）导线绝缘层剥削合适，剥皮的长短要适当，不能损伤芯线。

（5）接线时导线应不压绝缘层、不反圈、不露铜丝过长、接点牢靠、接触良好。

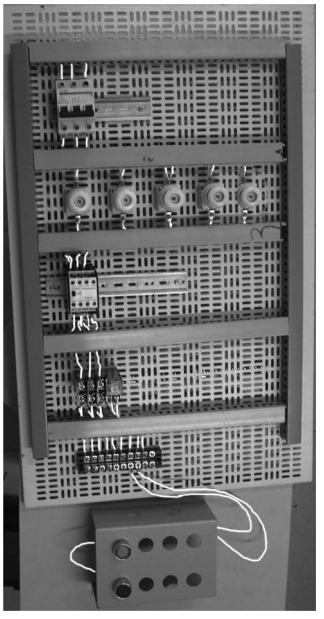


图 1-2-5　连接后的电路

（6）有些接线端子不适合连接软导线，可在剥好的线端套上接线头，压线时要压得可靠、不能松动，既不压线过长压到绝缘皮，又不露导体过多。

河南科学技术出版社内部资料

（7）接线时把线号管或配线标志管套在导线的接头端，用于配线标识。

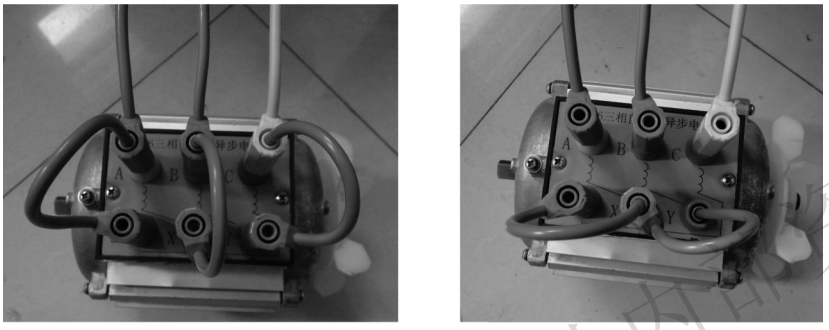
3. 电动机的接线方式

三相交流电动机的定子绕组可按△形或 Y 形方式进行接线。

（1）电动机△形连接方式：三相绕组的首尾相连，即 U1、V1、W1 端子分别与 W2、U2、V2 端子相接，然后将各绕组的首端 U1、V1、W1 分别与电源三相线相连。

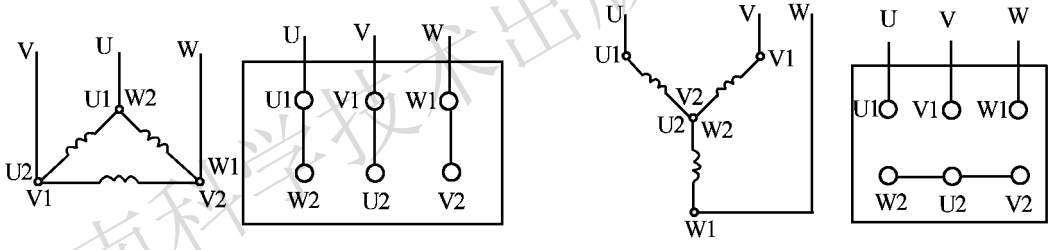
（2）电动机 Y 形连接方式：三相绕组的末端相连，即 U2、V2、W2 端子相接于一点上，然后将各绕组的首端 U1、V1、W1 分别与电源三相线相连。

电动机定子绕组接线如图 1-2-6 所示，其接线原理如图 1-2-7 所示。



（a）△形接线　　（b）Y形接线

图 1-2-6　电动机定子绕组接线



（a）△形连接内部接线　（b）△形连接外部端子接线　（c）Y形连接内部接线　（d）Y形连接外部端子接线

图 1-2-7　电动机定子绕组接线原理

（五）电路的检测

扫一扫

接线完成后，应对主电路及控制电路分别进行检测。

（1）通电前检测：在通电运行前，应对主电路及控制电路分别进行检测，一般采用万用表的电阻挡检测，重点检查是否短路。检查电路工作情况时，可在电路不通电的情况下，按下相应的按钮或接触器触点，测量各点通断情况。若发现异常，则逐级检查元器件或导线，及时排除故障。

（2）通电检测：在电路检查正确无误后，方可进行通电测量。通电测量应在教师指导下进行。首先，接通电源开关，测量电源电压是否正常。其次，在电动机运行时可以使用钳形电流表测量电动机的电流数值，确定电动机运转是否正常。

（六）功能调试

扫一扫

在电路检查正确无误后，方可进行通电试车。通电时应由教师接通电源并现场监护。

河南科学技术出版社内部资料

描述电动机正常工作时的现象，填写表 1-2-2。

表 1-2-2　电动机正常工作时的现象

操作	现象	
	接触器 KM	电动机 M
按下按钮 SB2		
松开按钮 SB2		
按下按钮 SB1		

通电试车时，学生应正确操作，认真观察各电器元件、线路、电动机的工作情况，与工作要求进行比较，看其是否正常。若在操作过程中出现故障，应立即切断电源，对照电气原理图查找原因并排除故障，在调整或修复后方能再次通电试车，直至电路工作正常。如需带电检查，必须有教师在场监护。

在实验过程中，把出现的故障现象和排除方法记录在表 1-2-3 中。

表 1-2-3　电路中出现的故障

故障现象	故障原因	排除方法

（七）断电拆线

实验完成后，应先切断电动机的三相交流电源，然后拆除线路。最后要整理现场，将各电气设备和实验物品按规定位置安放整齐，并把有关试验仪器及设备上交给指导教师。

四、电路中的常见故障分析

电动机长动控制电路中，常见的故障见表 1-2-4。

表 1-2-4　电路中常见的故障

故障现象	原因	排除方法
接通电源或按下启动按钮时，熔体立即熔断	电路中有短路	仔细检查电路，看是主电路还是控制电路的故障，然后逐级检查，缩小故障范围
接触器不动作，电动机不能转动	可能是电源输入异常，也可能是控制电路有故障	若按下启动按钮，接触器不动作，说明接触器线圈没有通电，则先检查电源输入是否正常，若正常，则控制电路有故障。应先逐级检查控制电路部分，待控制电路故障排除后，接触器通电动作，再观察电动机是否运行

河南科学技术出版社内部资料

续表

故障现象	原因	排除方法
接触器动作，电动机不能转动	主电路有故障	若按下启动按钮，接触器动作，说明接触器线圈已通电，控制电路完好，应逐级检查主电路部分
电动机发出异常声音而不能转动或转速很慢	电动机缺相运行，主电路某一相电路开路	检查主电路是否存在线头松脱、接触器某对主触点损坏、熔断器的熔体熔断或电动机的接线有一相断开等
只能点动控制	接触器自锁失灵	检查自锁电路中接触器 KM 的自锁触点及接线情况
接通电源时，没有按下按钮而电动机自行启动	启动按钮被短接	检查控制电路中启动按钮 SB2 的触点及接线
电动机不能停止	可能是接触器的主触点烧焊，也可能是停止按钮被卡住不能断开或被短接	检查接触器和停止按钮的触点及接线

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-2 与附表 2-3。

知识拓展

一、既能长动控制又能点动控制的电路

在实际应用中，有时除了要求电动机能长期工作外，还需要电动机能点动调整，进行短期工作。既能长动控制又能点动控制的电路如图 1-2-8 所示。分析图中的电路是实现长动还是点动，关键在于分析电路中有没有自锁。

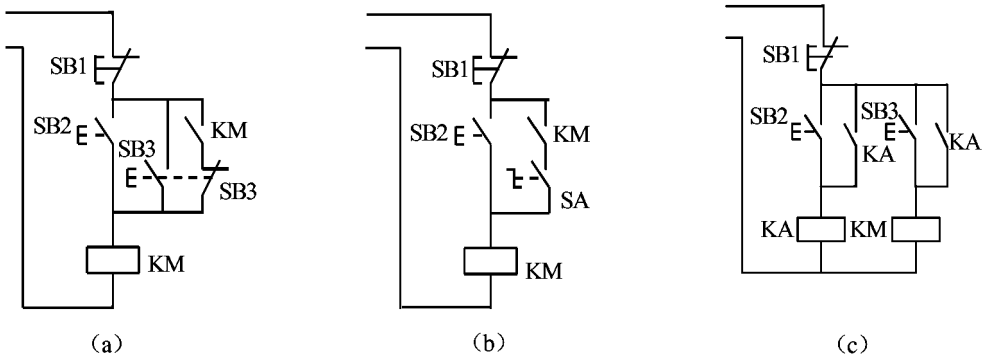


图 1-2-8　既能长动控制又能点动控制的电路

河南科学技术出版社内部资料

（一）用按钮实现长动控制和点动控制

图 1-2-8（a）所示是用按钮实现长动控制和点动控制的电路。按钮 SB3 实现点动控制，其原理是：按下 SB3 时，其常闭触点先断开，防止自锁；其常开触点后接通，使 KM 线圈得电。当松开 SB3 后，其常开触点先复位断开，常闭触点后复位接通，确保 KM 断电。按钮 SB2 实现长动控制。

（二）用开关实现长动控制和点动控制

图 1-2-8（b）所示是用转换开关实现长动控制和点动控制的电路。当开关 SA 闭合时，自锁触点起作用，为长动控制；当开关 SA 断开时，自锁电路断开，只能进行点动控制。

（三）用中间继电器实现长动控制和点动控制

图 1-2-8（c）所示是用中间继电器实现长动控制和点动控制的电路。按下按钮 SB2，中间继电器 KA 线圈得电自锁，KA 的常开触点使 KM 线圈得电；松开按钮 SB2，由于 KA 不断电，KM 亦继续得电，从而实现长动控制；按下按钮 SB3，由于 KA 线圈不得电，KM 线圈无自锁，只能实现点动控制。

二、多地点控制电路

在许多大型机床中，为操作方便，常需要在多处对电动机进行控制，叫作多地点控制。

图 1-2-9 所示为两地控制电路，可以在甲乙两地实现对电动机启停控制。按钮 SB11 和 SB12 安装在甲地，按钮 SB21 和 SB22 安装在乙地，接线方法是两地的启动按钮相并联，停止按钮相串联。

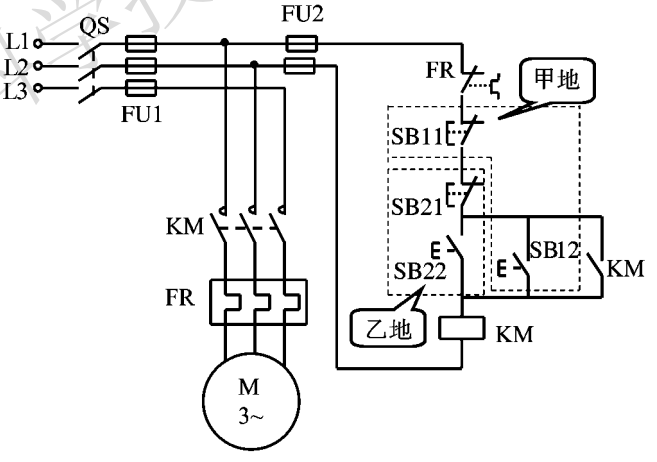


图 1-2-9　两地控制电路

思考与练习　扫一扫

1. 在图 1-2-2 所示长动控制电路中，若主电路有一相熔体已熔断，会发生什么现象？若控制电路有一相熔体已熔断，又会发生什么现象？

河南科学技术出版社内部资料

2. 什么是“自锁”？电动机点动、长动控制有何不同？

3. 三相异步电动机在运行中断了一相，电动机会有什么现象发生？若停转后，再起动，又有什么现象发生？

4. 试设计可以从两地对一台电动机既能实现长动控制又能实现点动控制的电路。

5. 试设计由异步电动机拖动物料提升机的控制系统。在某品牌空调内机生产线上设计了专用的空中物料通道，避免人行通道和物料通道的交叉。如图 1–2–10 所示，当物料由自动线输送到物料提升机入口时，触发行程开关，自动线停止运行，提升机电机开始工作，把物料提升至空中物料通道。

扫一扫

图 1–2–10　提升机提升物料

任务三　电动机正反转控制电路的装调

教学目标

◆掌握三相交流异步电动机正反转的原理。

◆识读三相交流异步电动机正反转的电气原理图，能正确选用电器元件，按电路图安装接线。

◆掌握电气原理图的分析方法，能根据故障现象分析、排除三相交流异步电动机正反转电路的故障。

◆通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识。

◆通过分组训练，培养学生团结协作和良好的沟通能力。

情境描述

扫一扫

在 X62W 型铣床操作面板上，改变铣床顺铣和逆铣转换开关的位置，就能改变主轴的旋转方向；改变工作台左右（纵向）操作手柄的位置，工作台向左或向右的移动方向也可以改变。这些电气控制功能是通过三相交流异步电动机的正反转控制电路实现的。

试分析电动机正反转控制电路的电气原理图，完成电路的安装接线及有关故障排除。

工作任务

1. 分析三相交流异步电动机正反转控制电路的工作原理。
2. 根据控制要求选择元器件，按照电气原理图完成安装接线。
3. 分析与排除三相交流异步电动机正反转控制电路中常见的故障。

知识准备

一、三相交流异步电动机正反转控制的原理

三相交流异步电动机正反转控制是指采用某一种方式实现电动机转向正反调换的控

河南科学技术出版社内部资料

制。根据三相交流异步电动机转动的原理可知，将通入三相异步电动机定子绕组的三相电源任意两相互换位置，使相序改变，则此电动机可实现转动方向的改变。

三相异步电动机的正反转控制电路有许多类型，常见的有倒顺开关控制电路、接触器互锁正反转控制电路、按钮互锁正反转控制电路、接触器按钮双重互锁正反转控制电路等。

二、由倒顺开关实现的正反转电路

倒顺开关控制电路由倒顺开关改变电机定子绕组的电源相序来实现电动机的正反转控制，其电路如图 1-3-1 所示。

正反转控制的原理如下：

倒顺开关在“停”的位置→刀开关 QS 的动触点与静触点分离→电路断开，电动机不转

开关手柄扳至“顺”位置→QS 的动触点与左边的静触点相接触→电路按 L1-U、L2-V、L3-W 接通（输入电动机定子绕组的电源相序为 L1—L2—L3）→电动机正转

开关手柄扳至“倒”位置→QS 的动触点与右边的静触点相接触→电路按 L1-W、L2-V、L3-U 接通（输入电动机定子绕组的电源相序为 L3—L2—L1）→电动机反转

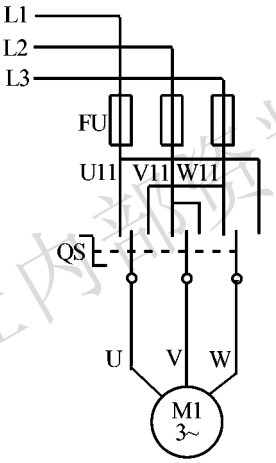


图 1-3-1　倒顺开关实现的正反转控制电路

但需要注意的一点是，当电动机正转时，要使它反转，应先把手柄扳到“停”的位置，使电动机先停止，然后再把手柄扳到“倒”的位置，使它反转。如果直接从“顺”位置扳到“倒”的位置，会产生很大的反接电流，易使电动机定子绕组损坏。

三、由接触器控制的正反转电路

扫一扫

（一）基本正反转控制电路

如图 1-3-2 所示，电路中采用了两个接触器，即正转用的交流接触器 KM1 和反转用的交流接触器 KM2，用 KM1 和 KM2 的主触点来实现电源相序的改变，从而实现电动机的正反转。

正转电路的工作原理如下：

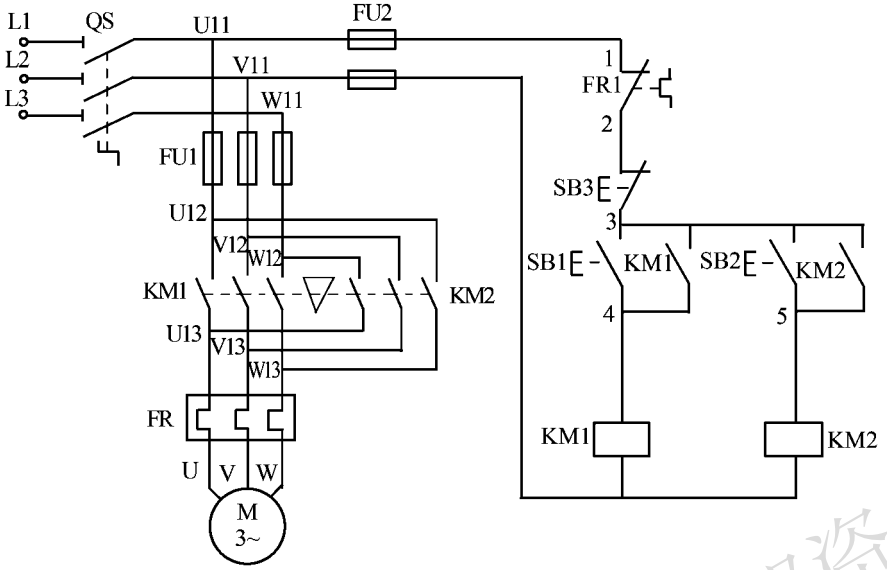
按下按钮 SB1 →交流接触器 KM1 线圈通电→ KM1 主触点闭合→ 电动机正转

反转电路的工作原理如下：

按下按钮 SB2 →交流接触器 KM2 线圈通电→ KM2 主触点闭合→电动机反转

电动机由正转切换为反转时，必须先按停止按钮 SB3，使电动机断电停止，才能按 SB2 按钮使其反转。若电动机已经正转后，又同时按下反转按钮 SB2，由于交流接触器 KM1、KM2 同时通电，其主触点同时闭合，将造成电源两相短路。

河南科学技术出版社内部资料

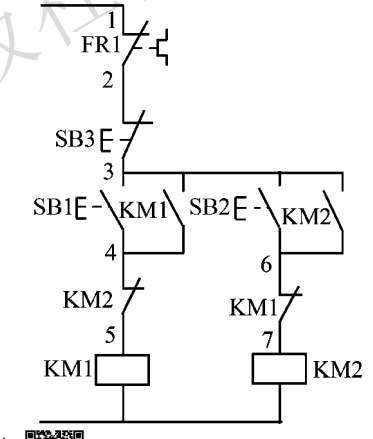


扫一扫　图 1-3-2　基本正反转控制电路

（二）接触器互锁的正反转控制电路

如图 1-3-3 所示，为了避免接触器 KM1 和 KM2 同时通电动作（造成短路事故），在正反转控制电路中分别串接了对方接触器的一个常闭辅助触点。这样，当一个接触器通电动作时，其常闭辅助触点断开，使另一个接触器不能通电动作。接触器间这种相互制约的关系叫作接触器互锁（或联锁），用“▽”符号表示。实现互锁作用的常闭辅助触点叫作互锁触点。

正转的工作原理如下：



扫一扫　图 1-3-3　接触器互锁的正反转控制电路

反转的工作原理如下：

河南科学技术出版社内部资料

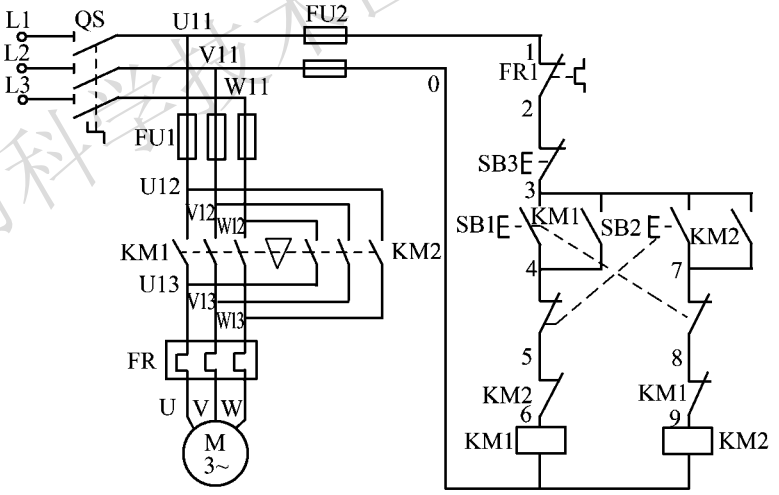
无论是正转电路还是反转电路，停止时的动作原理如下：

按下按钮 SB3 →控制电路断电→ KM1（或 KM2）主触点断开→电动机 M 断电停转

从以上电路分析可知，接触器互锁正反转控制电路的优点是安全、可靠性提高，缺点是操作不便。电动机从正转变为反转时，必须先按下停止按钮后，才能按反转启动按钮，否则由于接触器的互锁作用，虽然保证了不会发生短路事故，但电动机仍然不能实现直接反转。

（三）按钮与接触器双重互锁的正反转控制电路

为克服接触器互锁正反转控制电路操作不便的缺点，把正转按钮 SB1 和反转按钮 SB2 换成两个复合按钮，这样，在接触器互锁的基础上，又加入了按钮互锁，构成了按钮、接触器双重互锁正反转控制电路，如图 1-3-4 所示。此电路整合了两种互锁正反转控制电路的优点，可直接进行正反转切换，操作方便，安全、可靠性高。

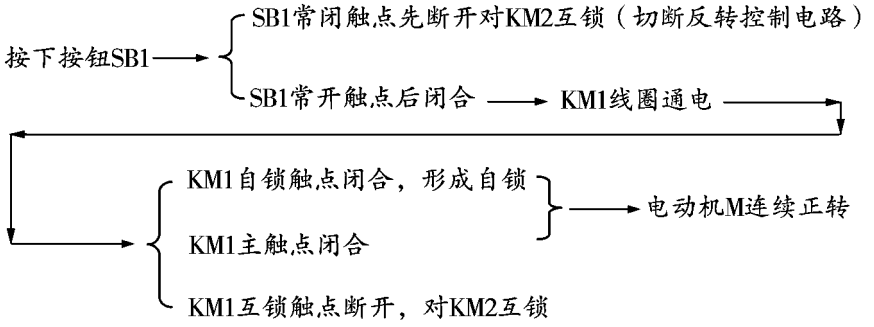


扫一扫

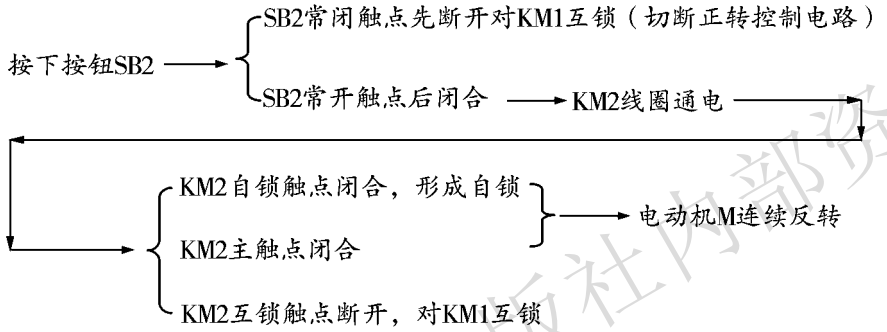
图 1-3-4　按钮与接触器双重互锁的正反转控制电路

正转的工作原理如下：

河南科学技术出版社内部资料



反转的工作原理如下：



无论是正转电路还是反转电路，停止时的动作原理都如下：

按下按钮 SB3 →控制电路断电→ KM1（或 KM2）主触点断开→电动机 M 断电停转

（四）电路的常见故障分析

扫一扫

电动机正反转控制电路中常见的故障分析及排除方法见表 1-3-1。

表 1-3-1　电路中常见的故障

故障现象	原因	排除方法
接通电源或按下启动按钮时，熔体立刻熔断	电路中有短路	检查主电路或者控制电路是否短路，然后逐级检查，缩小故障范围
接触器不动作，电动机不能转动	电源故障；与接触器线圈串联的控制电路有故障	先检查电源输入是否正常，若正常，则控制电路有故障，应先逐级检查控制电路部分，待控制电路故障排除后，接触器通电动作，再观察电动机是否运行
接触器动作，电动机不能转动	主电路有故障；电动机有故障	接触器线圈已通电，说明控制电路完好，应逐级检查主电路部分。当然，也不排除电动机有故障
电动机发出异常声音而不能转动或转速很慢	主电路某一相电路开路造成电动机缺相运行	检查主电路线头是否松脱、接触器某对主触点是否损坏、熔断器的熔体是否熔断或电动机的接线是否有一相断开等

河南科学技术出版社内部资料

续表

故障现象	原因	排除方法
只能点动控制	电路自锁环节失效	检查控制电路中接触器 KM 的自锁触点及接线情况
接通电源时，没有按下按钮而电动机自行启动	启动按钮被短接	检查控制电路中启动按钮的触点及接线
电动机不能停止	接触器的主触点烧焊；停止按钮不能断开；停止按钮被短接	检查接触器和停止按钮的触点及接线
电动机只能单方向转动	没有互换三相交流电源中任意两项的相序；互换相序电路连接不正确	检查两个交流接触器的主触点，看是否调换主电路相序接线位置；检查相序调换是否正确

任务实施

一、器材准备

◆交流接触器 2 个、按钮 3 个、熔断器 2 组、刀开关 1 个、热继电器 1 个。
◆三相交流异步电动机 1 台。
◆常用电工用具 1 套、万用表 1 只。
◆导线若干。

二、电路的装调

根据图 1-3-4 所示电动机正反转控制电路的电气原理图选择电气元件，并安装接线及调试运行。装调步骤如下：

（一）选择与检测元器件

首先识读电气原理图 1-3-4，选择所需的低压电器元件，记录其型号、规格、数量。逐个检测电气设备和元件的规格与质量是否合格，填写表 1-3-2，然后正确选配导线的规格和数量、接线端子板型号等。

表 1-3-2　电器元件记录表

元件名称	电气符号	型号	额定电压	额定电流	主要作用	检测情况

河南科学技术出版社内部资料

（二）布置元器件

在接线板上安装电器元件，并在各电器元件附近做好与电气原理图上相同代号的标记。

（三）按电气原理图接线

按电气原理图接线，注意接线步骤与技术要求。

（四）通电前检查

在通电运行前，应做好通电前检查，测量各点通断情况。若发现异常，则逐级检查元器件或导线，及时排除故障。

（五）通电调试

在电路检查正确无误后，方可进行通电试车。通电时应由教师接通电源并现场监护。描述电动机正常工作时的现象，填写表 1-3-3。

表 1-3-3　工作时的现象

操作	现象		
	KM1	KM2	M
（1）按下按钮 SB1			
（2）松开按钮 SB1			
（3）按下按钮 SB2			
（4）松开按钮 SB2			
（5）按下按钮 SB3			

（六）断电拆线

实验完成后，应先切断电动机的三相交流电源，然后拆除线路。最后要整理现场，将各电气设备和实验物品按规定位置安放整齐，并把有关试验仪器及设备上交给指导教师。

三、电路的常见故障分析与排除

（1）熟悉正常电路的工作情况。

（2）设置故障：根据情况，在主电路或控制电路设置 1~2 个故障。

（3）故障检修：根据电路工作时的故障现象，从原理上分析可能的故障原因，列出可能的故障点，逐步测试查找并排除故障。故障检修方法如下：

1）用试验法来观察故障现象：注意观察电动机运行情况、接触器的动作情况和电路的工作情况等，如发现有异常，马上切断电路检查。

2）逐级检查电路，用逻辑分析法缩小故障范围，并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

3）用测量法正确、迅速地找出故障点。

4）根据不同的故障情况，采取正确的检修方法，迅速排除故障。

5）排除故障后通电试车。

（4）注意事项：

河南科学技术出版社内部资料

1）熟悉故障检修的方法步骤。
2）要熟练掌握电路原理和电路图中各环节的作用。
3）在排除故障过程中，分析的思路和方法要正确。
4）工具及仪表使用要安全、正确。
5）学生带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并要确保用电安全。
6）必须在规定时间内完成检修。

四、实训记录

根据设置的电路的故障现象进行具体分析，填写表 1-3-4。

表 1-3-4　电路故障分析

故障现象	故障原因	怎样排除故障

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-2 和附表 2-3。

知识拓展

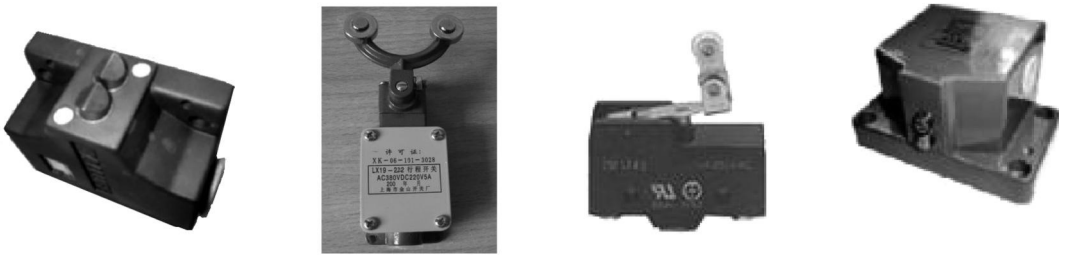
在实际生产中，有些机械设备（比如平面磨床、车床等）要求工作台能实现在一定的行程内自动往返运动，以方便实现对工件的连续加工，从而提高生产效率，因此就要求电气控制电路能对电动机实现自动转换正反转控制。用行程开关控制的自动往复循环控制电路就可实现这种功能。

一、行程开关

行程开关能够依据生产机械的行程发布命令，以控制其运动方向和行程长短。若将行程开关安装于生产机械行程的终点处，用以限制其行程，则称为限位开关或终端开关。常见的行程开关如图 1-3-5 所示。

行程开关按接触的性质可分为有触点式行程开关和无触点式行程开关。有触点式行程开关按运动形式可分为直动式行程开关、微动式行程开关、滚轮式（旋转式）行程开关；无触点式行程开关又称为接近开关。

河南科学技术出版社内部资料



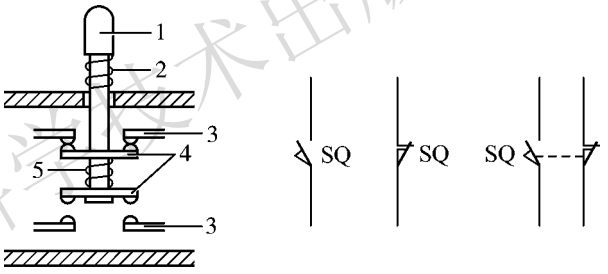
（a）用于控制工作台加工区域的行程开关　（b）LX19系列行程开关　（c）微动开关　（d）高精度组合行程开关

图 1-3-5　常见的行程开关

目前国内生产的行程开关有 LXK3、3SE3、LX19、LXW 和 LX 等系列。常用的行程开关有 LX19 、LXW5、LXK3、LX32 和 LX33 等系列。

行程开关的选用原则如下：① 根据应用场合及控制对象选择。② 根据安装环境选择防护形式，如开启式或保护式。③ 根据控制回路的电压和电流选择。④ 根据机械与行程开关的传力与位移关系选择合适的头部形式。

（1）直动式行程开关的动作原理与控制按钮相同，如图 1-3-6 所示，它的缺点是触点分合速度取决于生产机械的移动速度，当移动速度低于 0.4m/min 时，触点断开太慢，易受电弧烧蚀。为此，应采用盘形弹簧瞬时动作的滚轮式行程开关。



（a）结构示意图　（b）图形符号

图 1-3-6　直动式行程开关

1. 顶杆　2. 复位弹簧　3. 静触点　4. 动触点　5. 触点弹簧

（2）微动式行程开关是具有瞬时动作和微小行程的灵敏开关。图 1-3-7 所示是其结构示意图。当开关推杆 4 在机械作用压下时，弹簧片 5 产生变形，储存能量并产生位移，当达到临界点时，弹簧片连同桥式动触点 2 瞬时动作。当外力失去后，推杆在弹簧片作用下迅速复位，触点恢复原来状态。由于采用瞬时结构，触点换接速度不受推杆压下速度的影响。

二、自动往返循环控制电路

如图 1-3-8 所示为某设备工作台示意，要求能实现左右自动往返循环运动，并带有极限位置保护。

在图 1-3-8 所示工作台上的限位位置安装了 4 个开关 SQ1、SQ2、SQ3、SQ4，实现电动机的正反转控制与工作台的运动相互配合。其中 SQ1、SQ2 用来控制电动机的正反转，

河南科学技术出版社内部资料

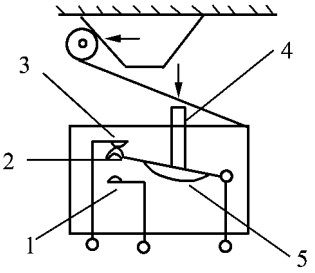


图 1-3-7　微动式行程开关结构示意

1. 常开静触点　2. 动触点　3. 常闭静触点　4. 推杆　5. 弹簧片

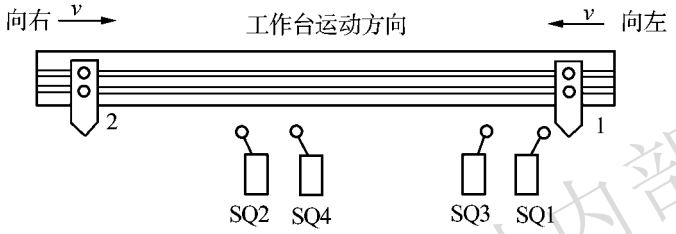


图 1-3-8　实现左右自动往返循环运动的工作台

实现工作台的自动往返行程控制；SQ3、SQ4 用来做极限位置保护，以防止 SQ1、SQ2 失灵，工作台越过限位位置而造成事故。

在工作台运动中，挡铁 1 只能与 SQ1、SQ3 相碰撞，挡铁 2 只能与 SQ2、SQ4 相碰撞。当工作台运动到所限位置时，挡铁碰撞位置开关，使其触点动作，自动换接电动机正反转控制电路，通过机械传动机构使工作台自动往返运动。

如图 1-3-9 所示是由行程开关控制的自动往返循环电路。

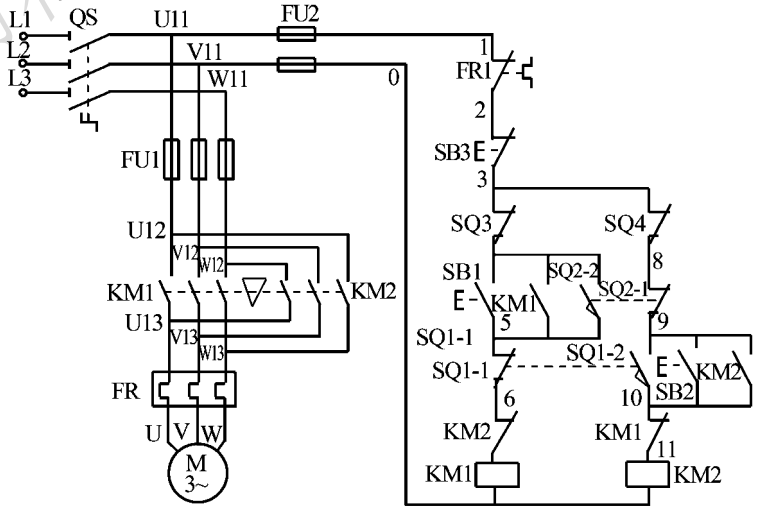
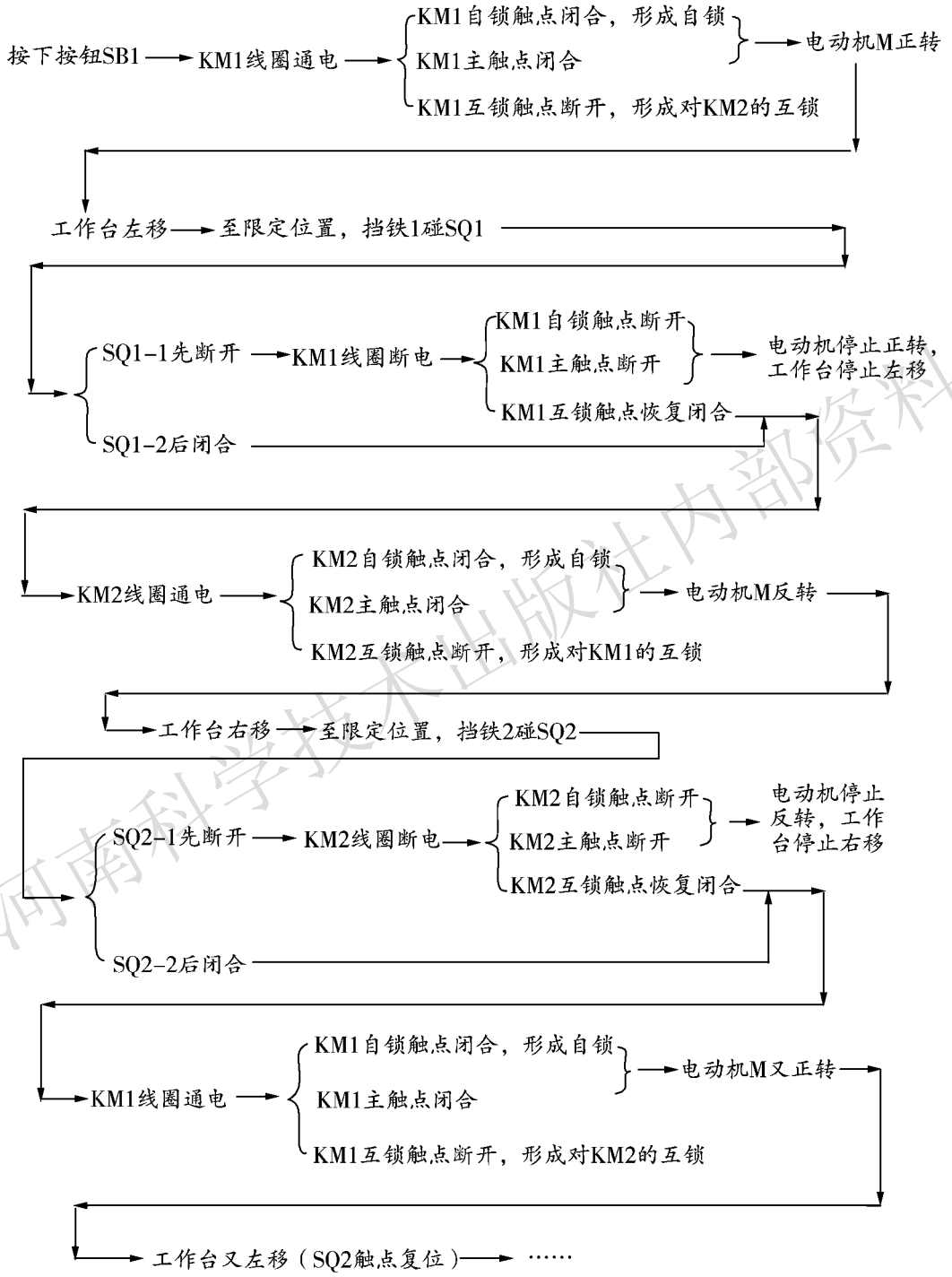


图 1-3-9　由行程开关控制的自动往返循环电路

河南科学技术出版社内部资料

自动往返循环电路的工作原理如下：



河南科学技术出版社内部资料

电路自动重复上述过程，工作台在限定的行程内自动往返运动。

在工作台运动过程中的任意位置按下停止按钮 SB3，工作台立即停止，再按下 SB1 按钮或 SB2 按钮，工作台又开始左行或右行，进行自动往返循环。

为防止 SQ1、SQ2 偶有失灵，工作台越过限位位置而造成事故，特用 SQ3、SQ4 两个行程开关作为极限位置保护。当 SQ1、SQ2 两个行程开关失灵时，工作台越过 SQ1、SQ2 位置，触碰行程开关 SQ3、SQ4，使其串联在电动机正反转控制电路中的常闭触点动作，造成 KM1 线圈或 KM2 线圈失电，切断电动机正反转电路，工作台停止运动。

思考与练习

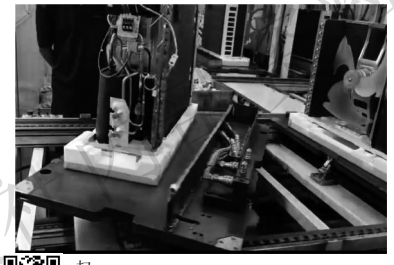
扫一扫

1. 什么是自锁？什么是互锁？什么是双重互锁？各有什么作用？

2. 图 1-3-4 中，按下正转启动按钮后，电动机正常运行，若很轻地按一下反转按钮，电路中会发生什么现象？为什么？

3. 行程开关在电路中具有哪些作用？

4. 试设计由异步电动机拖动平台旋转的控制系统。如图 1-3-10 所示，某空调外机生产线上，空调外机组装完毕后需进行性能测试，并需按照指定方向进入测试站，如果方向不符合，则到达指定工位后，旋转平台需提升到一定高度进行 180°旋转，旋转到位后，平台下降并进入测试站。若下一台需要旋转方向，则进行反方向 180°旋转，并重复上述动作。



扫一扫 图 1-3-10　旋转平台工作

任务四　电动机顺序启停控制电路的装调

教学目标

◆掌握三相交流异步电动机顺序启停控制的概念。

◆识读三相交流异步电动机顺序启停的电气原理图，正确使用电器元件，能按图安装和接线。

◆掌握电气控制线路的分析方法，能根据故障现象分析、排除顺序启停电路的故障。

◆通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识。

◆通过分组训练，培养学生团结协作和良好的沟通能力。

情境描述

扫一扫

X62W 型铣床的工作台的进给运动，只有在主轴电动机 M1 运行后才能进行，这种控制方式叫作顺序控制。试分析顺序控制电路的电气原理图，完成安装接线及有关故障分析排除。

工作任务

1. 分析顺序控制电路的工作原理。

河南科学技术出版社

2. 根据控制要求选择元器件，按照电气原理图完成安装接线。

3. 分析、排除顺序控制电路中常见的故障。

知识准备

一、顺序控制的原理

在实际生产中，一台机械设备往往装有多台电动机，各种电动机所起的作用是不同的，有时需要按一定的顺序启动或停止，才能保证操作过程的合理和设备工作的安全、可靠。例如在机床中，需要润滑的电动机需要先启动，然后主轴电动机才能启动，如果顺序颠倒就会造成设备的损坏。像这种要求几台电动机的启动或停止必须按一定的先后顺序来完成的控制方式，叫作电动机的顺序控制。电动机的顺序控制可以通过主电路或者控制电路实现。

二、由主电路实现的顺序控制

如图 1-4-1 所示，电动机 M1 和 M2 分别由交流接触器 KM1 和 KM2 来控制运转。由于主电路中 KM2 的主触点接在了 KM1 主触点的下方，这样，只有 KM1 主触点闭合后，电动机 M2 才具备接通电源运转的可能。

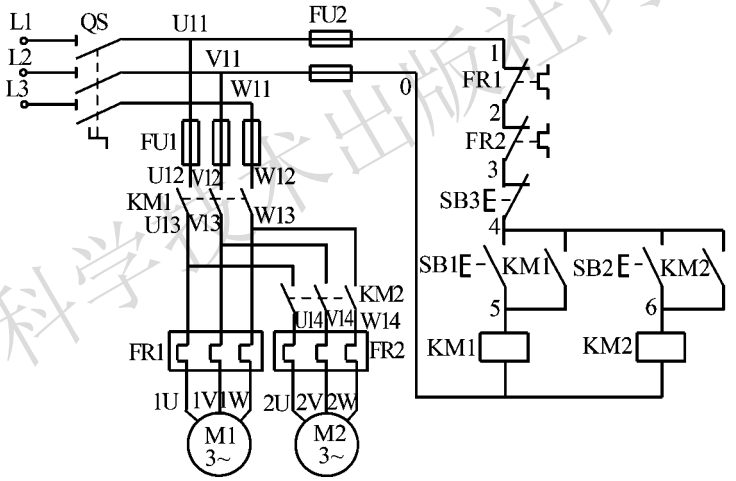
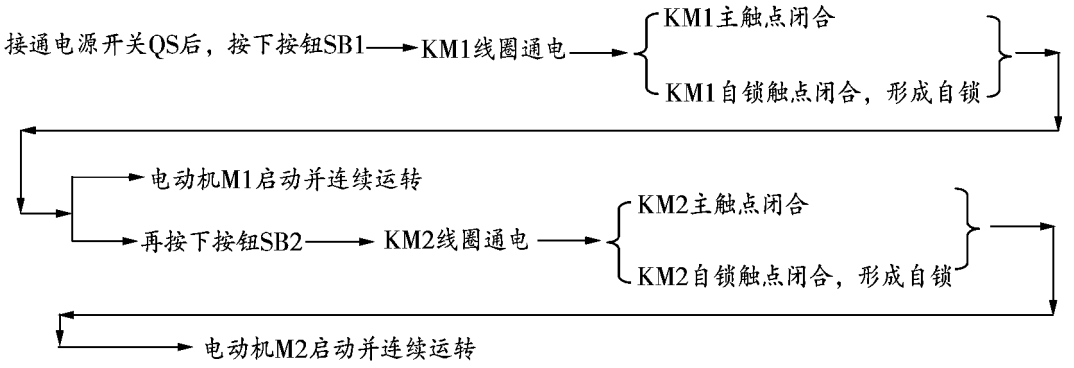


图 1-4-1　主电路实现顺序控制电路

图 1-4-1 所示电路的顺序启动工作原理如下：



河南科学技术出版社内部资料

电动机 M1、M2 是同时停转的。因为按下停止按钮 SB3 后，控制电路中的两个接触器 KM1、KM2 的线圈同时断电，使它们的主触点都分断，因此 M1、M2 同时停转。

主电路实现顺序控制的关键环节是交流接触器 KM2 的主触点接在了 KM1 主触点的下方。

三、由控制电路实现的顺序控制

（一）M1、M2 顺序启动，同时停止的电路

如图 1-4-2 所示，主电路中，电动机 M1 和 M2 分别由接触器 KM1 和 KM2 进行控制。控制电路中，KM2 的线圈串接了 KM1 的常开触点，只有在 KM1 线圈通电后（电动机 M1 运转），KM1 常开触点闭合，KM2 的线圈才能通电，从而才能启动电动机 M2。

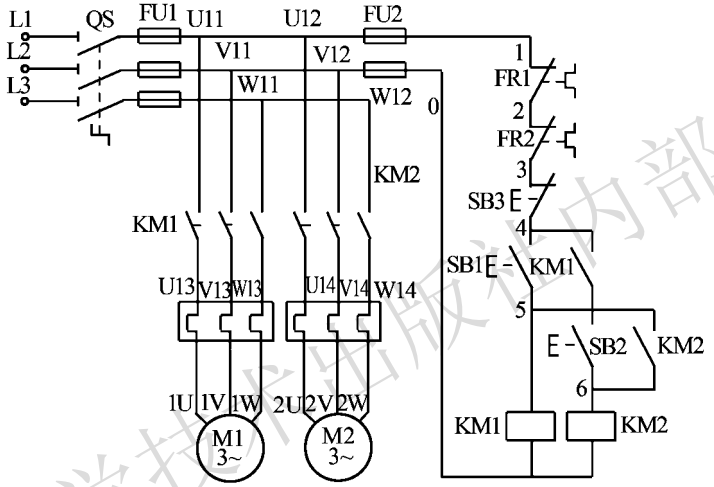
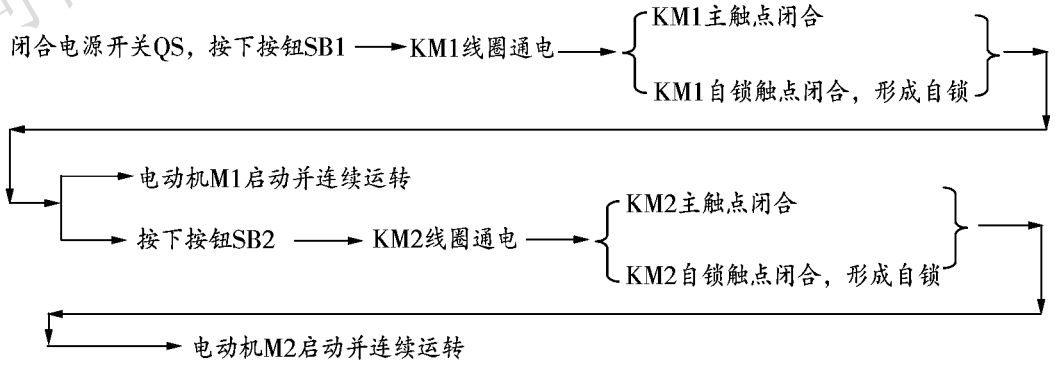


图 1-4-2　控制电路实现顺序控制

图 1-4-2 所示电路工作原理分析如下：



电动机 M1、M2 也是同时停转的。因为按下停止按钮 SB3 后，控制电路中两接触器 KM1、KM2 的线圈同时断电，使它们的主触点同时分断，因此 M1、M2 同时停转。

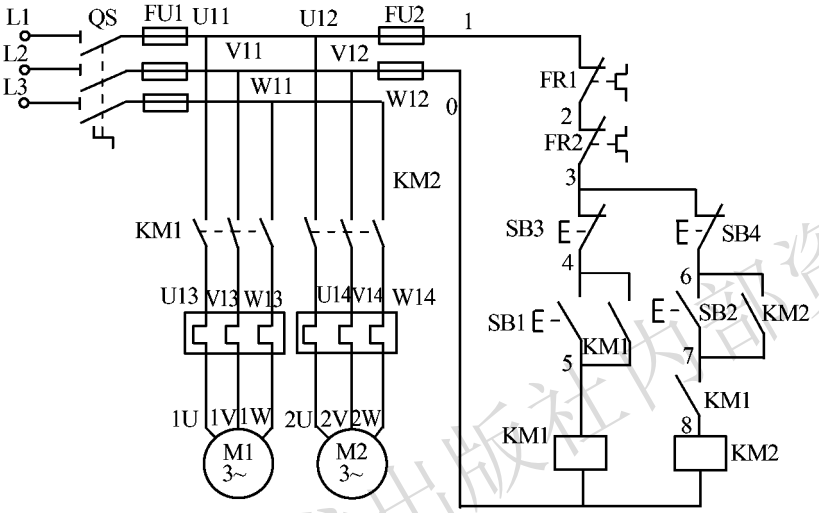
由上述分析可知，M1 和 M2 顺序启动的实现是在 KM2 线圈的电路中串联了 KM1 的常

河南科学技术出版社内部资料

开触点，从而使 KM1 启动后 KM2 才可能启动。

（二）M1、M2 顺序启动，M2 可单独停止的电路

对图 1-4-2 的控制电路进行如图 1-4-3 的改动，在接触器 KM2 的控制电路中串接了接触器 KM1 的常开辅助触点。这时，只要电动机 M1 不启动，即使按下按钮 SB2，由于 KM1 的常开辅助触点未闭合，KM2 线圈也不可能通电，从而满足了电动机 M1 启动后电动机 M2 才能启动的控制要求。按钮 SB3 控制两台电动机同时停止，按钮 SB4 可使电动机 M2 单独停止。



扫一扫

图 1-4-3　两台电动机顺序启动电路

四、能实现电动机 M1、M2 顺序启动，逆序停止的电路

如图 1-4-4 所示为两台电动机顺序启动、逆序停止的电路，它是对图 1-4-3 稍做改

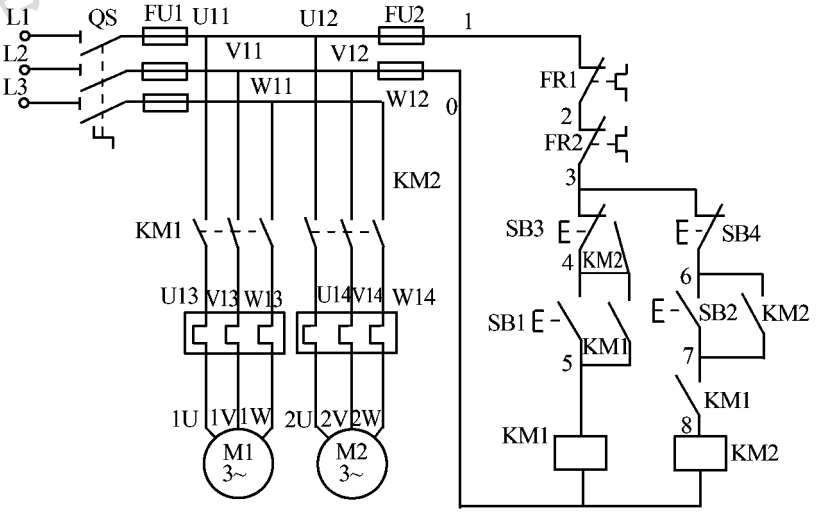
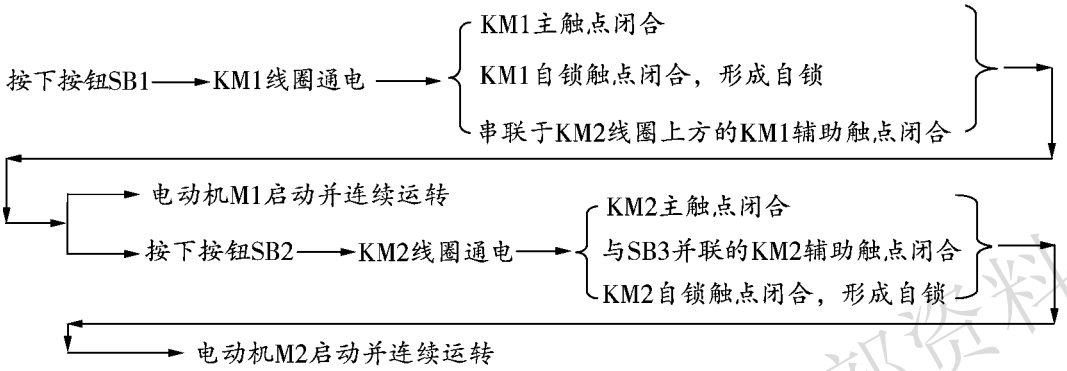


图 1-4-4　两台电动机顺序启动、逆序停止的电路

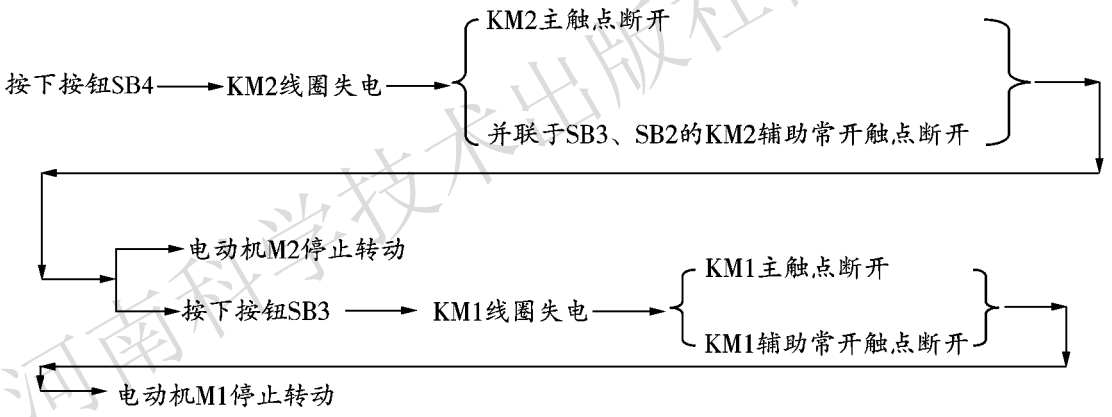
河南科学技术出版社内部资料

动，在 KM1 的停止按钮 SB3 处并联了 KM2 的常开触点。这样，只有在 KM2 断电后，其常开触点断开，停止按钮 SB3 才能起作用，否则，KM2 不断电，即使按下按钮 SB3，线路也不会断开，KM1 不会断电。由此，实现了电动机 M1 启动后电动机 M2 才能启动，而电动机 M2 停止后电动机 M1 才能停止，即电动机 M1、M2 是顺序启动，逆序停止。

电动机 M1、M2 的顺序启动过程如下：



电动机 M1、M2 的逆序停止过程如下：



由上述分析可知，M1 和 M2 逆序停止的实现是在 KM1 线圈的启动按钮处并联了 KM2 的辅助常开触点，从而使 KM2 停止后 KM1 才可能停止。

五、电动机顺序启动控制电路中常见的故障及排除方法

电动机顺序启动控制电路中的常见故障分析及排除方法见表 1-4-1。

表 1-4-1　电动机顺序启动控制电路中的常见故障分析及排除方法

故障现象	原因	排除方法
接通电源或按下启动按钮时，熔体立刻熔断	电路中有短路	检查主电路或者控制电路是否短路，然后逐级检查，缩小故障范围

河南科学技术出版社内部资料

续表

故障现象	原因	排除方法
接触器不动作，电动机不能转动	电源故障；与接触器线圈串联的控制电路有故障	先检查电源输入是否正常，若正常，则控制电路有故障，应先逐级检查控制电路部分，待控制电路故障排除后，接触器通电动作，再观察电动机是否运行
接触器动作，电动机不能转动	主电路有故障；电动机有故障	接触器线圈已通电，说明控制电路完好，应逐级检查主电路部分。当然，也不排除电动机有故障
电动机发出异常声音而不能转动或转速很慢	主电路某一相电路开路造成电动机缺相运行	检查主电路线头是否松脱、接触器某对主触点是否损坏、熔断器的熔体是否熔断或电动机的接线是否有一相断开等
只能点动控制	电路自锁环节失效	检查控制电路中接触器的自锁触点及接线情况
接通电源时，没有按下按钮而电动机自行启动	启动按钮被短接	检查控制电路中启动按钮的触点及接线
电动机不能停止	接触器的主触点烧焊；停止按钮不能断开；停止按钮被短接	检查接触器和停止按钮的触点及接线
电动机 M1 正常运转，但 M2 无法启动	电动机 M2 的主电路有故障；交流接触器 KM2 的控制线路有故障	检查交流接触器 KM2 的主触点是否吸合，如果吸合，则检查电动机 M2 的主电路连接是否正确，检测该电路是否有断路情况；如果交流接触器 KM2 的主触点不吸合，证明 KM2 线圈未通电，则重点检查 KM2 线圈的控制线路，同时不能排除主电路是否存在故障
电动机 M1、M2 同时启动	线路连接错误；按钮 SB2 连接错误或被短接	检查按钮 SB2 的触点连接是否正确；检查按钮 SB2 是否被短接；检查主电路是否连接正确

任务实施

一、器材准备

◆交流接触器 2 个、按钮 4 个、熔断器 2 组、刀开关 1 个、热继电器 2 个。
◆三相交流异步电动机 2 台。
◆常用电工用具 1 套、万用表 1 只。
◆导线若干。

二、电路的装调

（一）选择与检测元器件

识读电气原理图 1-4-3，按电路图选择所需的低压电器元件，记录其型号、规格、数

河南科学技术出版社内部资料

量。逐个检测电气设备和元件，看其规格和质量是否合格，填写表 1-4-2。然后正确选配导线的规格和数量、接线端子板型号等。

表 1-4-2　电器元件记录表

元件名称	电气符号	型号	数量	额定电压	额定电流	主要作用	检测情况
刀开关							
熔断器							
按钮							
热继电器							
交流接触器							
三相交流电动机							

（二）布置元器件

在接线板上安装电器元件，并在各电器元件附近做好与电气原理图上相同代号的标记。

（三）按电气原理图接线

按电气原理图接线，注意接线步骤与技术要求。

（四）通电前检查

在通电运行前，应做好通电前检查，测量各点通断情况、电路是否有短路等。若发现异常，则逐级检查元器件或导线，及时排除故障。

（五）通电调试

在电路检查正确无误后，方可进行通电试车。通电时应由教师接通电源并现场监护。调试成功后，根据电路工作时的现象，填写表 1-4-3。

表 1-4-3　工作时的现象

操作	现象			
	KM1	电动机 M1	KM2	电动机 M2
（1）启动按钮 SB1				
（2）启动按钮 SB2				
（3）停止按钮 SB4				
（4）停止按钮 SB3				
（5）启动按钮 SB2				

三、电路的常见故障分析与排除

（1）熟悉正常电路的工作情况。

（2）设置故障：根据情况，在主电路或控制电路设置 1~2 个故障。

（3）故障检修：根据电路工作时的故障现象，从原理上分析可能的故障原因，列出可能的故障点，逐步测试查找并排除故障。故障检修方法如下：

河南科学技术出版社内部资料

1）用试验法来观察故障现象：注意观察电动机运行情况、接触器的动作情况和电路的工作情况等，如发现有异常，马上切断检查。

2）逐级检查电路：用逻辑分析法缩小故障范围，并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

3）用测量法正确、迅速地找出故障点。

4）根据不同的故障情况，采取正确的检修方法，迅速排除故障。

5）排除故障后通电试车。

（4）注意事项：

1）熟悉故障检修的方法步骤。

2）要熟练掌握电路原理和电路图中各环节的作用。

3）在排除故障过程中，分析的思路和方法要正确。

4）工具及仪表使用要安全、正确。

5）学生带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并要确保用电安全。

6）必须在规定时间内完成检修。

（5）实训记录：根据设置的电路的故障现象进行具体分析，填写表 1-4-4。

表 1-4-4　电路故障分析

故障现象	故障原因	排除故障方法

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-2 和附表 2-3。

知识拓展

电动机的降压启动

降压启动是指电动机启动时，降低加在其定子绕组上的电压；当电动机转速升到接近额定转速时，再将电压恢复到额定值。降压启动的目的是降低启动电流，减小因启动电流过大引起供电线路的电压降。

由于电动机启动力矩与电压的平方成正比，降压启动时电动机的力矩大为降低，因此

河南科学技术出版社内部资料

降压启动的方式只适用于空载或轻载启动。并且当电动机启动到接近稳定转速后，为使电动机带动额定负载，须将定子绕组上的电压恢复到额定值。

常用的降压启动方法有三种：Y-△降压启动，定子电路串电阻降压启动和自耦变压器降压启动。

一、Y-△降压启动控制电路

电动机启动时，先将定子绕组连接成星形（Y），当电动机转速上升到接近稳定转速时，再换接成三角形（△）接法，进入全压运行。

采用 Y 接法时，相电压与电源的相电压相等；采用△接法时，相电压与电源的线电压相等。因此：$U_Y = U_\triangle / \sqrt{3}$。

常用的三相交流电动机，采用 Y 接法时启动电压为 220V，采用△接法时为 380V。

△接法的线电流是相电流的$\sqrt{3}$倍，Y 接法的线电流等于相电流，故 Y 接法的线电流等于△接法 的 $1/\sqrt{3}$，因而减小了电动机启动对线路电压的影响。

（一）手动切换的 Y-△降压启动控制电路

手动切换的 Y-△降压启动控制电路如图 1-4-5 所示。

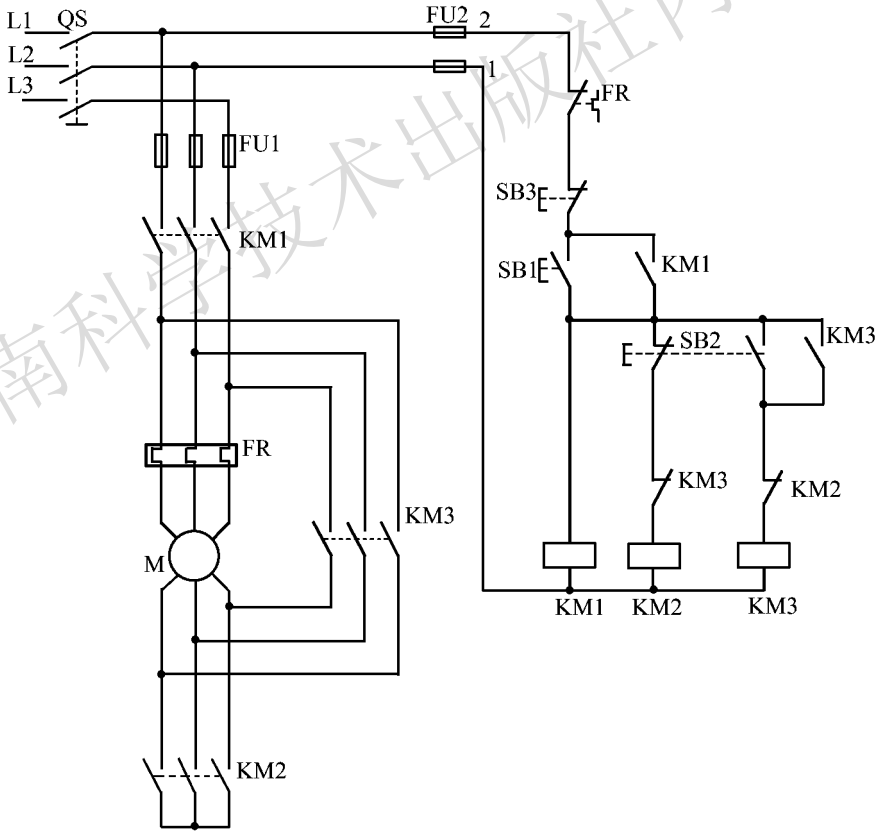


图 1-4-5　手动切换的 Y-△降压启动控制电路

河南科学技术出版社内部资料

1. 电动机的启动

闭合QS，按下按钮SB1 → KM1线圈通电，形成自锁；KM2线圈通电 → 电动机Y接法启动

当电动机转速接近额定转速时：

按下按钮SB2 → KM2线圈断电 → KM2主触点断开；KM3线圈通电 → 电动机△接法全压运行

2. 电动机的停止

按下按钮SB3 → KM1线圈断电 → KM1主触点断开；KM3线圈断电 → KM3主触点断开 → 电动机停转

此电路由 Y 接法向△接法切换时须人工完成，切换时间不易准确掌握。

（二）时间继电器与自动切换的 Y-△降压启动控制电路

1. 时间继电器

自动切换的 Y-△降压启动电路使用时间继电器 KT 进行延时自动换接电路控制。

时间继电器是利用电磁原理或机械原理实现触点延时闭合或延时断开的控制电器。它的种类很多，有空气阻尼型、电动型和电子型等。图 1-4-6 所示是常见的时间继电器。

（a）JS7系列时间继电器（b）带数显的时间继电器 （c）晶体管式时间继电器（d）电工式时间继电器

图 1-4-6　常见的时间继电器

时间继电器按延时方式可分为通电延时型和断电延时型。图 1-4-7 所示为 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的结构原理图，当衔铁位于铁芯和延时机构之间时为通电延时型；当铁芯位于衔铁和延时机构之间时为断电延时型。下面以通电延时型时间继电器为例说明其工作原理。

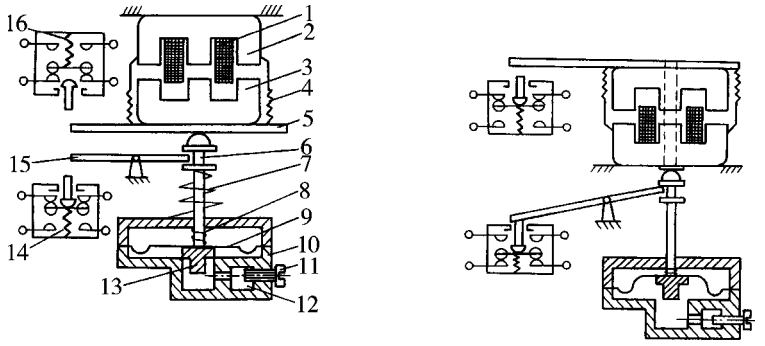
当线圈 1 通电后，衔铁 3 吸合，活塞杆 6 在塔形弹簧 7 作用下带动活塞 13 及橡皮膜 9 向上移动，使空气室内的空气变得稀薄，形成负压，活塞杆缓慢移动，经一段时间后，活塞杆通过杠杆 15 压动微动开关 14，触点动作，从而起到延时作用。

当线圈断电时，衔铁释放，空气室内的空气通过活塞肩部形成的单向阀迅速排出，使微动开关迅速复位。从线圈通电到触头动作所用的时间即为时间继电器的延时时间，可通过调节螺钉 11 来调其大小。

图 1-4-8 所示是时间继电器的图形符号和文字符号。

通电延时型时间继电器与断电延时型时间继电器的区别是：通电延时型时间继电器在

河南科学技术出版社内部资料



（a）通电延时型　　（b）断电延时型

图 1-4-7　JS7-A 型时间继电器的结构原理

1. 线圈；2. 铁芯；3. 衔铁；4. 反力弹簧；5. 推板；6. 活塞杆；7、8. 弹簧；9. 橡皮膜；10. 空气室壁；11. 调节螺钉；12. 进气孔；13. 活塞；14、16. 开关；15. 杠杆

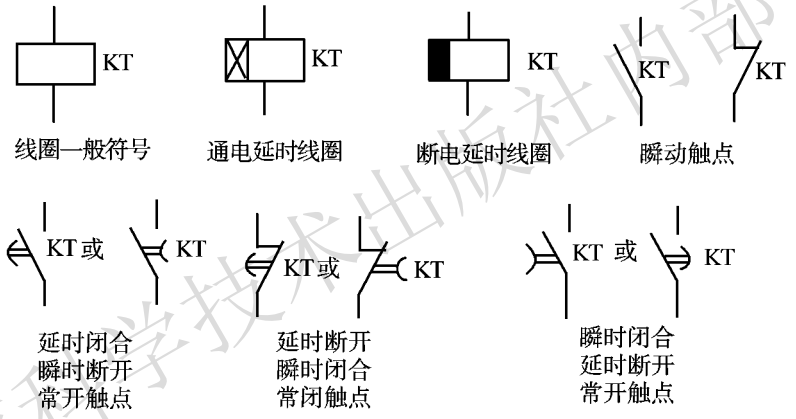


图 1-4-8　时间继电器图形符号和文字符号

线圈开始通电时开始计时，经过设定的时间后，其延时触点才动作；线圈断电后，其延时触点立刻恢复常态。断电延时型时间继电器在线圈开始通电时，其延时触点立刻动作；线圈断电后开始计时，经过设定的延时时间后，其延时触点才恢复常态。

时间继电器除了延时触点还有瞬时触点，其动作特点和其他继电器触点相同，线圈通电，瞬时触点立刻动作，线圈断电，触点立刻恢复常态。

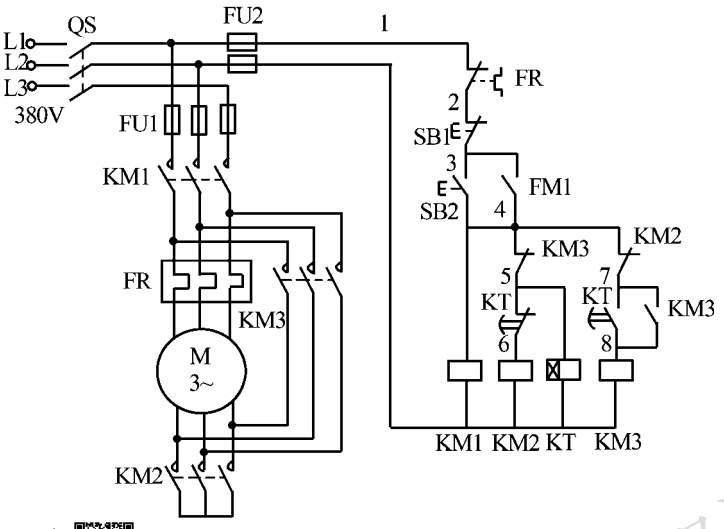
在选用时间继电器时应根据控制要求选择其延时方式，根据延时范围和精度选择继电器的类型。

2. 自动切换的 Y-△降压启动控制电路

自动切换的 Y-△降压启动控制电路如图 1-4-9 所示。

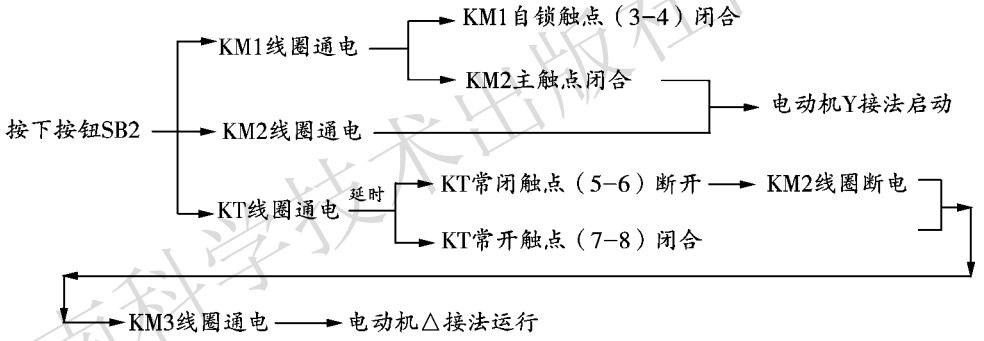
图 1-4-9 所示电路的启动过程如下：

河南科学技术出版社内部资料



扫一扫

图 1-4-9　自动切换的 Y-△降压启动控制电路



Y-△降压启动方法经济可靠。但由于 Y 接法的启动电流是正常运行△接法的 $1/\sqrt{3}$，启动转矩也只有正常运行时的 $1/\sqrt{3}$，因而，Y-△启动只适用于空载或轻载启动的情况。另外，此启动方法也只适用于额定运行状态是△接法的电动机，对于 Y 接法的电动机，不可采用本方法启动。

二、定子电路串电阻降压启动控制电路

定子电路串电阻降压启动是指电动机启动时，在三相定子电路中串接电阻，使电动机定子绕组电压降低，启动结束后再将电阻短接，使电动机在额定电压下正常运行。这种启动方式控制线路简单，操作方便，但由于启动时串入了电阻，所以要消耗一定的电能，不经济。

（一）手动切换电路

手动切换的定子串电阻降压启动控制电路的电气原理图如图 1-4-10 所示。

河南科学技术出版社内部资料

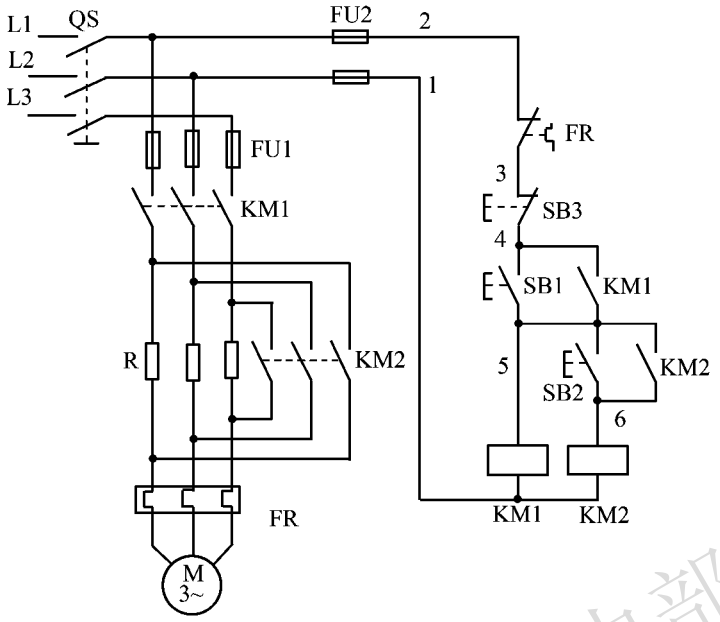


图 1-4-10　手动切换的定子串电阻降压启动电路

电动机的降压启动过程工作原理如下：

按下按钮SB1→KM1主触点闭合 → 电动机串入电阻降压启动
KM1主触点闭合 → KM1线圈通电 → KM1辅助触点（4-5）闭合，形成自锁

当电动机转速接近额定转速时，手动切换电路：

按下按钮 SB2 → KM2 线圈通电 → KM2 主触点闭合，电阻被短路，电动机全压运行

（二）自动切换电路

如图 1-4-11 所示为自动切换的定子串电阻降压启动电路，由时间继电器来完成电路的自动切换。

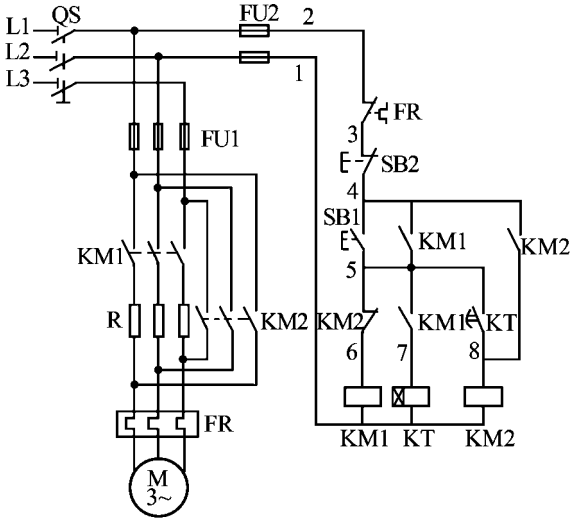
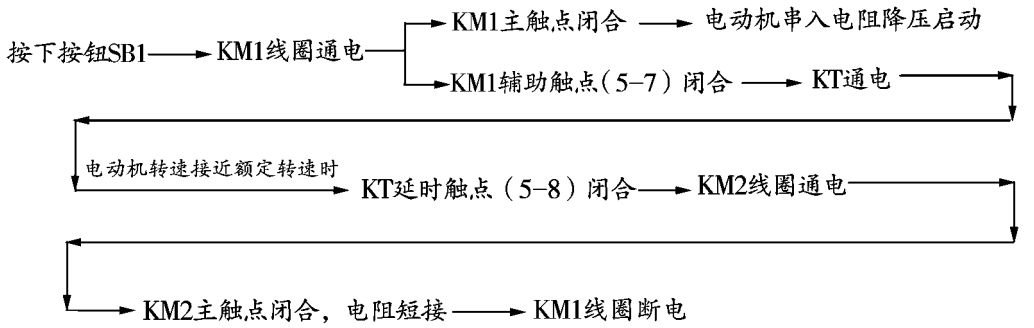


图 1-4-11　自动切换的定子串电阻降压启动电路

河南科学技术出版社内部资料

控制电路的启动过程如下：



三、自耦变压器降压启动电路

自耦变压器是只有一个绕组的变压器，低压线圈是高压线圈的一部分，有几个不同电压比的分接头供选择。当作为降压变压器使用时，从绕组中抽出一部分线匝作为二次绕组；当作为升压变压器使用时，外施电压只加在绕组的一部分线匝上。

自耦变压器降压启动是利用自耦变压器来降低电动机定子绕组上的电压，以达到降低启动电流的目的。自耦变压器的高压边投入电网，低压边接至电动机。电动机启动后，将自耦变压器短接，使定子绕组加上额定电压，电动机全压运行。

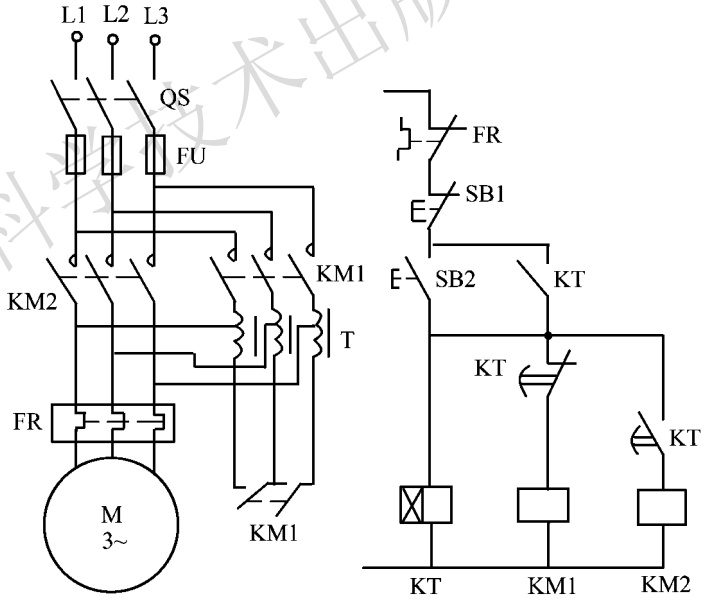
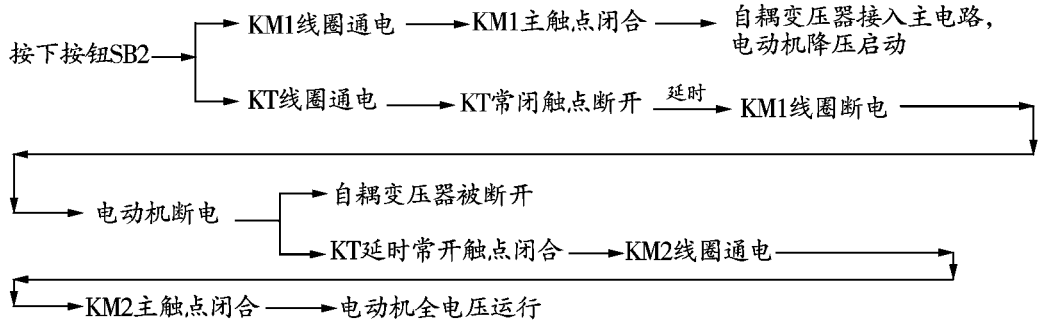


图 1-4-12　自耦变压器降压启动控制电路

自耦变压器降压启动控制电路如图 1-4-12 所示，其降压启动的工作原理分析如下：

河南科学技术出版社内部资料



思考与练习

扫一扫

1. 图 1-4-8 中，接触器 KT 线圈损坏，会出现什么情况？

2. 什么是三相异步电动机的 Y-△降压启动？它与直接启动相比，启动转矩和启动电流有何变化？

3. 三相异步电动机常用的降压启动方法有哪些？是如何实现降压启动的？

4. 手动切换的 Y-△降压启动电路中，接触器 KM1 线圈烧断，会出现什么情况？

5. 设计两台三相异步电动机 M1、M2 的主电路和控制电路，要求 M1、M2 可分别启动和停止，也可实现同时启动和停止，并具有短路、过载保护。

6. 试设计三台电动机顺序控制的电气原理图。某生产线生产空调蒸发器和冷凝器的 U 形铜管，利用自动弯管机把铜管按照设计的尺寸进行弯曲。如图 1-4-13 所示，按下启动按钮后，铜管物料首先进入皮带送料机构，到达目标位置后触发行程开关，送料电机 M1 停止，铜管切割机 M2 开始工作，切割完成后，弯管电机 M3 工作，对铜管进行 180°弯曲，弯曲到位后退料机构把铜管推出到送料皮带上，完成 U 形铜管的生产。

扫一扫 图 1-4-13　弯管机

任务五　电动机制动控制电路的装调

教学目标

◆了解三相交流异步电动机制动的概念，掌握三相交流异步电动机反接制动的工作原理。

◆掌握速度继电器的用途、工作原理及使用方法。

◆识读三相交流异步电动机反接制动的电气原理图，能正确选用电气元件，按图安装接线。

◆能根据故障现象分析、排除反接制动电路的故障。

◆通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识。

◆通过分组训练，培养学生团结协作和良好的沟通能力。

情境描述

扫一扫

三相交流异步电动机切断电源后，由于惯性，要经过一段时间才能停止下来。而生产中为提高生产效率和加工精度，有时要求电动机立即停止。例如 X62W 型铣床主轴电动机 M1 停止时，按下停止按钮，接触器 KM3 断电，KM2 通电，使电动机 M1 很快就停止下来。这种采取一定措施使电动机迅速停转的过程，称为电动机的制动。

试分析电动机的制动控制电气原理图，完成安装接线及有关故障的分析、排除。

工作任务

1. 分析三相交流异步电动机制动控制电路的工作原理。
2. 根据控制要求选择元器件，按照电气原理图完成安装接线。
3. 分析、排除三相交流异步电动机制动控制电路中常见的故障。

知识准备

一、三相交流异步电动机制动的概念

三相交流异步电动机的制动就是给电动机一个与转动方向相反的转矩，使其迅速停转。

三相异步电动机的制动方法分为电气制动和机械制动两大类。

（一）电气制动

电气制动是在电动机断开电源后，在其内部产生一个与原旋转方向相反的制动力矩，迫使电动机迅速停转。三相交流异步电动机常用的电气制动方法有能耗制动、反接制动等。

（1）能耗制动的原理：能耗制动是当电动机断开三相交流电源后，在其定子绕组中通入直流电，利用转子的感应电流和定子磁场的作用产生制动力矩，迫使电动机转速迅速降低，在电动机转速接近于零时，断开电源。

（2）反接制动的原理：反接制动是在电动机正常运转时，改变电动机三相电源的相序，使定子绕组产生的旋转磁场反向旋转，在转子绕组上产生与转子旋转方向相反的制动转矩来使电动机快速停转的一种制动方式。当转子转速接近于零时，应立即自动切断电动机电源，否则，电动机将会反向转动。X62W 型铁床主轴电动机 M1 的停止，就是采用的反接制动。

（二）机械制动

机械制动是在电动机断开电源后，利用机械装置迫使电动机迅速停转。

二、电气制动控制电路

（一）能耗制动电路

如图 1-5-1 所示为一种能耗制动控制电路的电气原理。按下图 1-5-1 中的启动按钮

河南科学技术出版社内部资料

SB2，接触器 KM1 通电，电动机启动运行。其制动过程分析如下：能耗制动是利用转子中剩余的动能进行制动的，其能量消耗少，制动电流小，制动准确、平稳。但是需要附加直流电源装置，而且制动力矩大小与转速有关，转速越高，制动力矩越大，随转速的降低，制动力矩也下降，当转速为零时，制动力矩消失。能耗制动一般用于容量较大的电动机制动或制动频繁的场合及制动要求平稳、准确的生产机械，如磨床、立式铣床等。因其制动力较弱，不适合用于紧急制动。

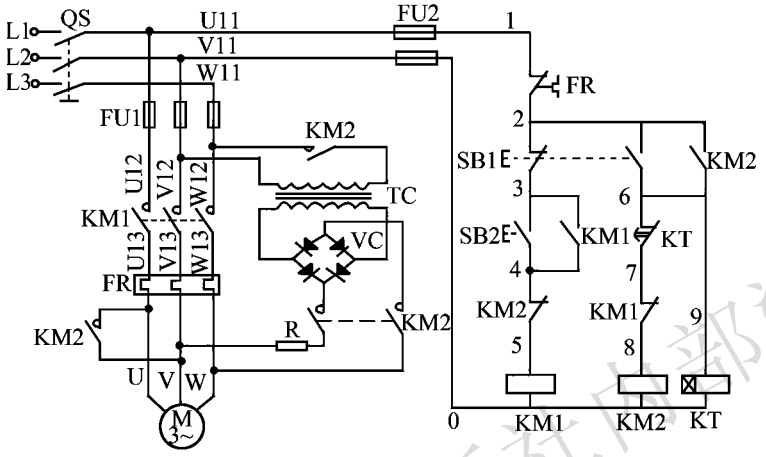
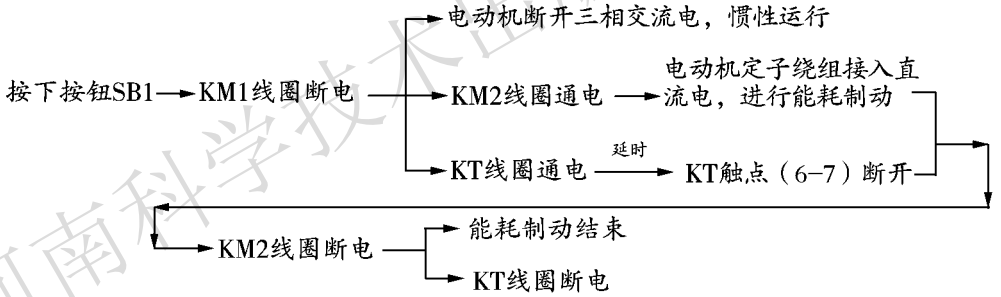


图 1-5-1　能耗制动控制电路电气原理



（二）反接制动电路

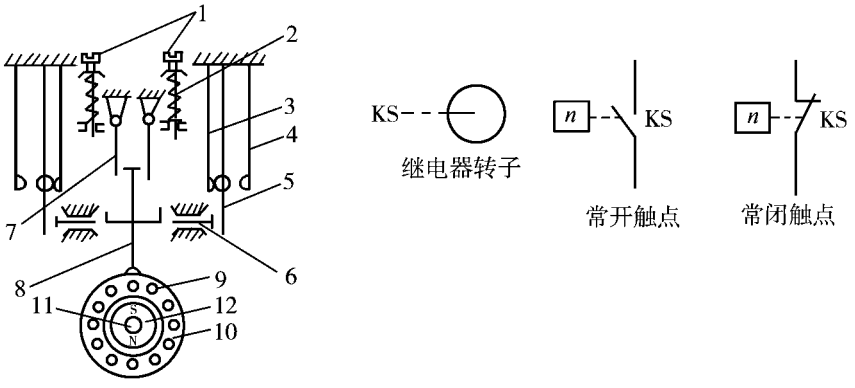
反接制动电路中通常采用速度继电器来检测电动机的转速，速度继电器主要用作鼠笼型异步电动机的反接制动控制。如图 1-5-2 所示为几种常见的速度继电器。速度继电器的结构原理与图形、文字符号如图 1-5-3 所示。

（a）JMP型速度继电器

（b）JY1型速度继电器

图 1-5-2　常见的速度继电器

河南科学技术出版社内部资料



（a）结构原理　　（b）图形、文字符号

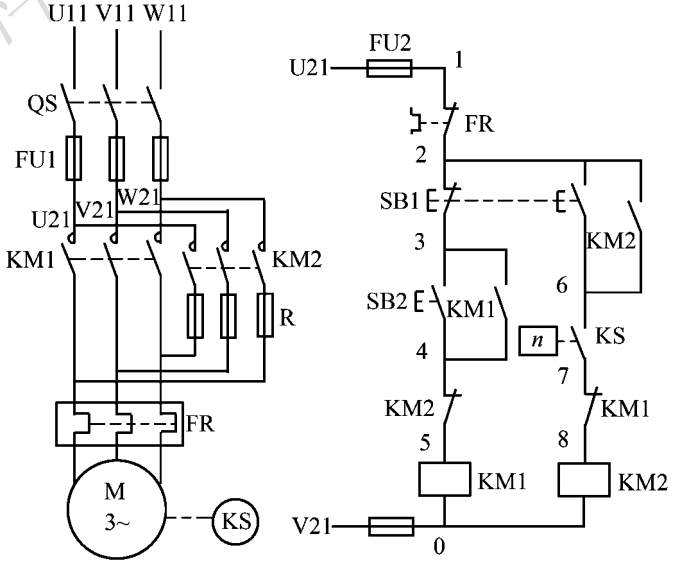
扫一扫

图 1-5-3　速度继电器

1. 调节螺钉；2. 反力弹簧；3、4、5. 触点；6. 推杆；7. 返回推杆；8. 摆杆；9. 笼形导条；10. 圆环；11. 转轴；12. 永磁转子

速度继电器主要由转子、定子和触点三部分组成，转子是一个圆柱形永久磁铁，与电动机同轴连接，随着电动机旋转而旋转。定子是一个笼形空芯圆环，由硅钢片叠成，并装有笼型绕组。当转子随电动机转动时，旋转磁场与定子绕组磁力线相切割，产生感应电势及感应电流，定子就随着转子转动而转动起来。定子转动时带动杠杆，杠杆推动触点，使常开触点闭合，常闭触点断开；当电动机转速低于某一数值时，定子产生的转矩减小，触点在簧片作用下复位。一般速度继电器的动作转速在 120 r/min 以上，触点复位转速在 100 r/min以下。

如图 1-5-4 所示为电动机反接制动控制电路的电气原理图。KM1 通电时，电动机正常工作；KM2 通电时，使电源反接，进行反接制动。其电路工作过程分析如下：



扫一扫

图 1-5-4　电动机反接制动控制电路电气原理图

河南科学技术出版社内部资料

电动机启动时，按下按钮 SB2 →交流接触器 KM1 的线圈通电→主电路上 KM1 的主触点闭合→电动机 M 与电源接通，启动运行

当电动机转速升高时，控制电路中 KS 的常开触点闭合，为反接制动做好准备。

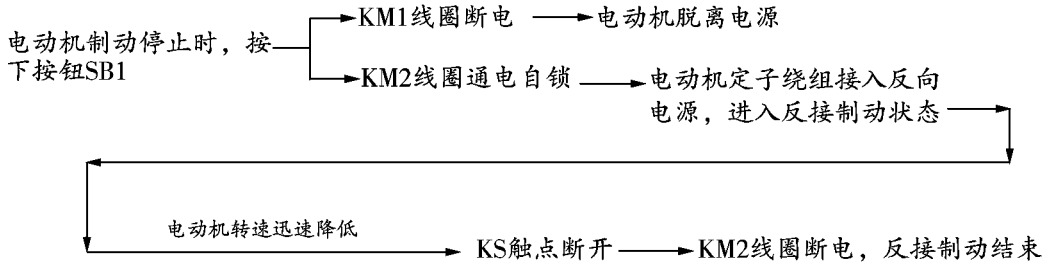


图 1-5-4 反接制动的主电路与正反转控制电路基本相同，只是增加了 3 个电阻 R，这是由于反接制动时冲击电流很大，R 可起到限流保护作用。其控制电路的特点是在交流接触器 KM2 的电路中串联了速度继电器 KS 的常开触点，电动机正常工作时，保持高速运转状态，KS 的常开触点闭合，为反接制动做好准备。

反接制动的优点是制动力强、制动迅速。缺点是制动准确性差，制动过程中冲击强烈，易损坏传动零件，制动能量消耗大，不宜经常制动。因此反接制动一般适用于制动要求迅速、系统惯性较大、不经常启动与制动的场合。

（三）机械制动控制

机械制动常用的方法是电磁抱闸制动和电磁离合器制动。目前广泛使用的机械制动装置是电磁抱闸。

1. 电磁抱闸断电制动控制电路

电磁抱闸断电制动控制电路如图 1-5-5 所示。合上电源开关 QS 和接触器 KM，电动机接通电源，同时电磁抱闸线圈 YB 通电，衔铁吸合，克服弹簧的拉力使制动器的闸瓦与闸轮分开，电动机正常运转。断开开关，电动机失电，同时电磁抱闸线圈 YB 也失电，衔铁在弹簧的拉力作用下与铁芯分开，并使制动器的闸瓦紧紧抱住闸轮，电动机被制动而停转。

图 1-5-5 中的 KM 可采用倒顺开关、主令控制器、交流接触器等控制电动机的正反转，满足控制要求。这种制动方法在起重机械上广泛应用，如行车、卷扬机、电动葫芦（大多采用电磁离合器制动）等。其优点是能准确定位，可防止电动机突然断电时重物自行坠落而造成事故。

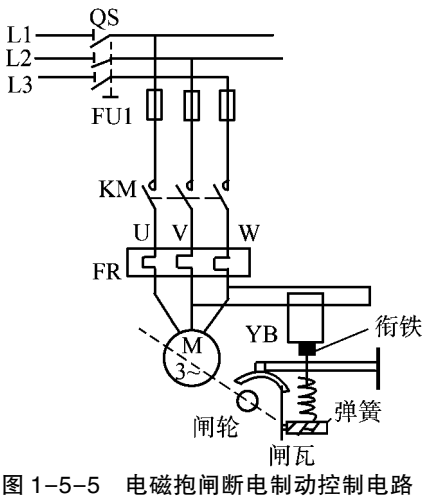


图 1-5-5　电磁抱闸断电制动控制电路

2. 电磁抱闸通电制动控制电路

电磁抱闸断电制动，其闸瓦紧紧抱住闸轮，若想手动调整工件是很困难的。因此，对电动机制动后仍想调整工件相对位置的机床设备就不能采用断电制动，而应采用通电制动控制，其电路如图 1-5-6 所示。

当电动机通电运转时，电磁抱闸线圈无法通电，闸瓦与闸轮分开无制动作用；当电动

河南科学技术出版社内部资料

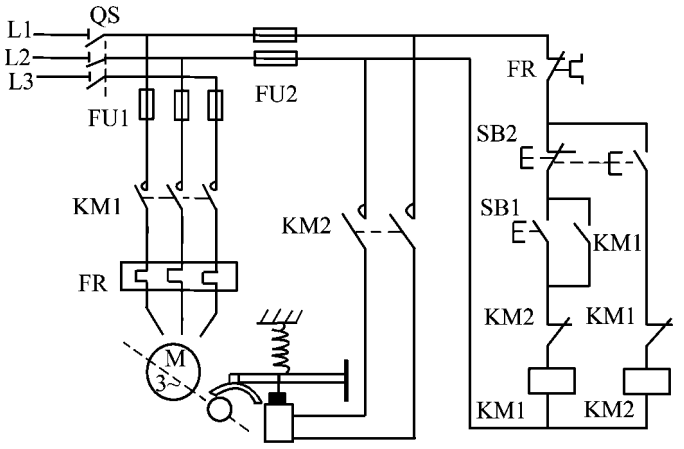


图 1-5-6　电磁抱闸通电制动控制电路

机需要停转按下停止按钮 SB2 时，复合按钮 SB2 的常闭触点先断开，切断 KM1 线圈，KM1 主、辅触点恢复无电状态，结束正常运行并为 KM2 线圈通电做好准备。SB2 的常开触点接通 KM2 线圈时，其主触点闭合，电磁抱闸的线圈通电，使闸瓦紧紧抱住闸轮制动。当电动机处于停转常态时，电磁抱闸线圈也无电，闸瓦与闸轮分开，这样操作人员可扳动主轴调整工件或对刀等。

（四）电动机反接制动电路中常见故障分析与排除

扫一扫

电动机反接制动控制电路中常见的故障分析及排除方法见表 1-5-1。

表 1-5-1　电动机反接制动控制电路中常见的故障分析及排除方法

故障现象	原因	排除方法
接通电源或按下启动按钮时，熔体立即熔断	电路中有短路	仔细检查电路，看是主电路还是控制电路的故障，然后逐级检查，缩小故障范围
按下按钮 SB2，接触器不动作，电动机不能转动	接触器线圈没有通电	应先检查电源输入是否正常，若正常，则控制电路有故障，应先逐级检查控制电路部分，待控制电路故障排除后，接触器通电动作，再观察电动机是否运行
按下按钮 SB1，电动机不能停止转动	可能是接触器的主触点烧焊，也可能是停止按钮被卡住不能断开或者被短接	检查接触器和停止按钮的触点及接线
按下按钮 SB1，电动机不能立即停止转动	反接制动线路没有接好，或速度继电器不动作	先检查主电路反接部分，再检查控制线路的速度继电器。如果控制电动机反接制动的接触器不动作，故障产生根源是电动机具备一定转速时，速度继电器的常开触点没有闭合，可能是速度继电器触头损坏或接触不良

河南科学技术出版社内部资料

任务实施

一、器材准备

◆交流接触器 2 个、按钮 2 个、熔断器 2 组、刀开关 1 个、热继电器 1 个、速度继电器 1 个。

◆三相交流异步电动机 1 台。

◆常用电工用具 1 套、万用表 1 只。

◆导线若干。

二、电路的装调

根据如图 1-5-4 所示电动机反接制动控制电路选择电器元件，并完成安装接线及有关故障分析、排除。

（一）选择与检测元器件

（1）识读电气原理图 1-5-1，选择所需的低压电器元件，记录其型号、规格、数量。逐个检验电气设备和元件的规格与质量是否合格，填写表 1-5-2。

（2）正确选配导线的规格和数量、接线端子板型号等。

（3）把检测好的器材整齐地放在工作台上。

表 1-5-2　电器元件记录表

元件名称	电气符号	型号	额定电压	额定电流	主要作用	检测情况

（二）布置元器件

在接线板上安装电器元件，并在各电器元件附近做好与电气原理图上相同代号的标记。

（三）按电气原理图接线

注意接线步骤与技术要求。

（四）通电前检查

在通电运行前，应做好通电前检查，测量各点通断情况。若发现异常，则逐级检查元器件或导线，及时排除故障。

河南科学技术出版社内部资料

（五）通电调试

在电路检查正确无误后方可进行通电试车。通电时应由教师接通电源并现场监护。调试成功后电动机正常工作时的现象见表 1-5-3。

表 1-5-3　电动机正常工作时的现象

操作	现象			
	KM1	KM2	KS	M
按下按钮 SB2	得电，触点动作	—	触点动作	启动运行
按下按钮 SB1	断电，触点复位	先得电，触点动作；很快就断电，触点复位	短时间内触点复位	短时间内停止下来

在实验过程中，对出现的故障现象做好记录，如表 1-5-4 所示。

表 1-5-4　电路中出现的故障

故障现象	故障原因	排除方法

（六）断电拆线

实验完成后，应先切断电动机的三相交流电源，然后拆除线路。最后要整理现场，将各电气设备和实验物品按规定位置安放整齐，并把有关试验仪器及设备上交给指导教师。

三、电路的故障分析与排除

（1）熟悉正常电路的工作情况。

（2）故障设置：根据情况，在主电路或控制电路设置 1~2 个故障。

（3）故障检修：根据电路工作时的故障现象，从原理上分析可能的故障原因，列出可能的故障点，逐步测试查找并排除故障。故障检修方法如下：

1）用试验法来观察故障现象。注意观察电动机运行情况、接触器的动作情况和线路的工作情况等，如发现有异常，马上切断电路检查。

2）逐级检查电路，用逻辑分析法缩小故障范围，并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

3）用测量法正确、迅速地找出故障点。

4）根据不同的故障情况，采取正确的检修方法，迅速排除故障。

5）排除故障后通电试车。

（4）注意事项：

1）熟悉故障检修的方法步骤。

2）要熟练掌握电路原理和电路图中各环节的作用。

3）在排除故障过程中，分析的思路和方法要正确。

河南科学技术出版社内部资料

4）工具及仪表使用要安全、正确。

5）学生带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并要确保用电安全。

6）必须在规定时间内完成检修。

（5）实训记录：根据设置的电路故障现象进行具体分析，完成表 1-5-5。

表 1-5-5　电路故障分析

故障现象	故障原因	排除方法

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-2 和附表 2-3。

知识拓展

双速电动机高低速控制

一、双速电动机控制的原理

双速电动机属于异步电动机变极调速，通过改变定子绕组的连接方法（三角形-双星形变换）以改变定子旋转磁场磁极对数，从而改变电动机的转速。

根据公式 $n_0=60f/p$ 可知，异步电动机的同步转速与磁极对数成反比，磁极对数增加 1 倍，同步转速 n_0 下降至原来的一半，电动机的额定转速 n 也将下降近似一半，所以改变磁极对数可以达到改变电动机转速的目的。

（一）变极调速应用须注意的问题

变极调速应用时须注意如下问题：

（1）适用于笼型转子：根据电动机工作原理可知，只有在定子、转子极对数相同时，两者的磁动势才能相互作用。因此在改变定子极对数的同时，也要相应改变转子的极对数，这对绕线式异步电动机来说很不方便。在改变定子绕组连接方式的同时还要改变转子绕组的连接，会使绕线式电动机定子、转子绕组结构变得相当复杂，故一般不采用绕线式异步电动机。而笼型转子的极对数能够自动随着定子极对数的变化而变化，所以变极调速所用电动机都是笼型转子。

（2）适用于有级调速的场合：变极调速是有级调速，而且转速等级有限，因此只适用于不要求平滑调速的场合。

（3）应注意改变电源的相序：当改变定子绕组的接线方式时，必须将三相绕组中任意两相的出线端交换一下，再接到三相电源上，否则电动机将反向转动。

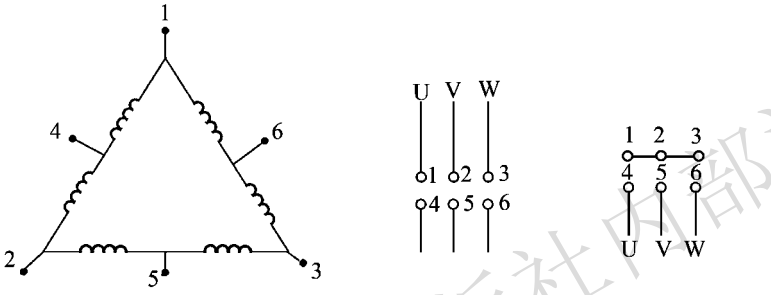
河南科学技术出版社内部资料

（二）双速电动机的接线

图 1-5-7 所示为三角形-双星形变换的变极调速原理。电动机定子三相绕组的每一相均由两个绕组构成，图 1-5-7（a）所示为定子绕组结构示意，改变接线方法可获得图 1-5-7（b）与图 1-5-7（c）两种接法。

（1）三角形接法［图 1-5-7（b）］：电动机端子 1、2、3 接上电源，端子 4、5、6 悬空，将每相两个绕组串联后，再将三相接成三角形，绕组将产生 4 对磁极的旋转磁场，此时电动机低速运行。

（2）双星形接法［图 1-5-7（c）］：电动机端子 4、5、6 接上电源，端子 1、2、3 短接，将每相两个绕组并联后，再将三相接成星形，绕组将产生 2 对磁极的旋转磁场，此时电动机高速运行。



（a）电动机定子绕组接线端　　（b）三角形接法　　（c）双星形接法

图 1-5-7　三角形-双星形变换的变极调速原理

二、双速电动机电气控制原理图

（一）双速电动机手动控制电路

图 1-5-8 所示为双速电动机手动控制电路。KM1 主触点闭合，电动机定子绕组连接

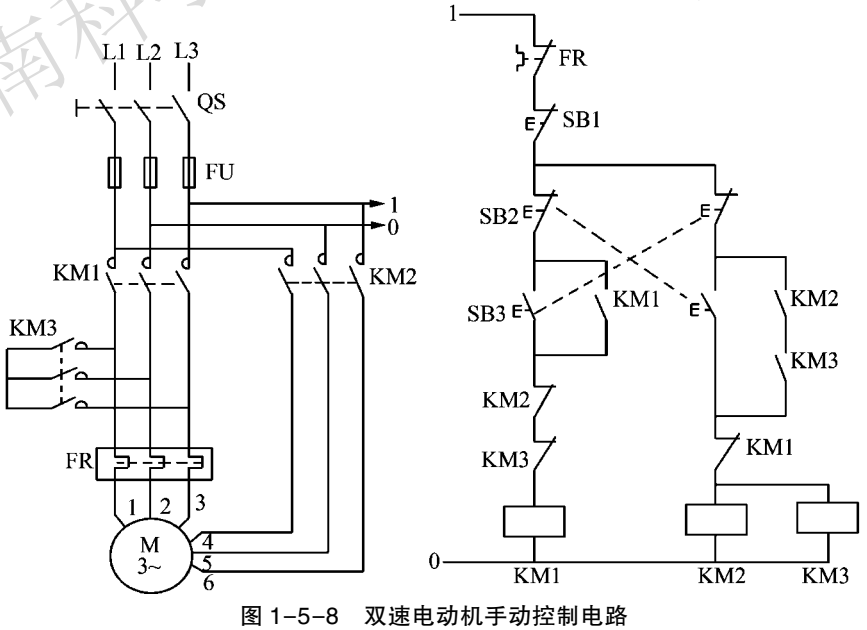
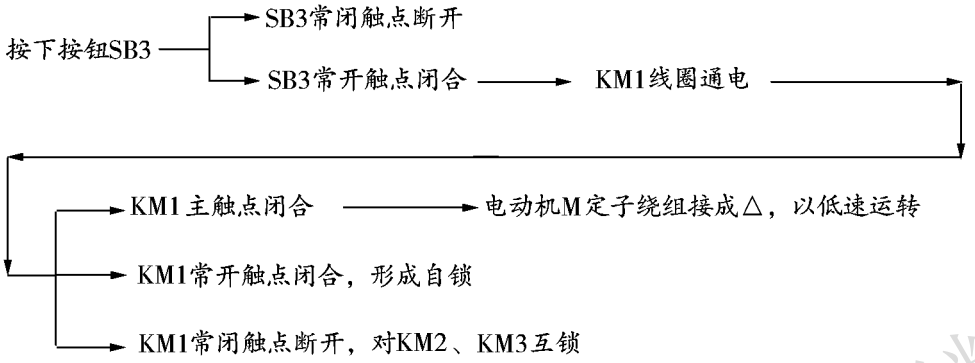


图 1-5-8　双速电动机手动控制电路

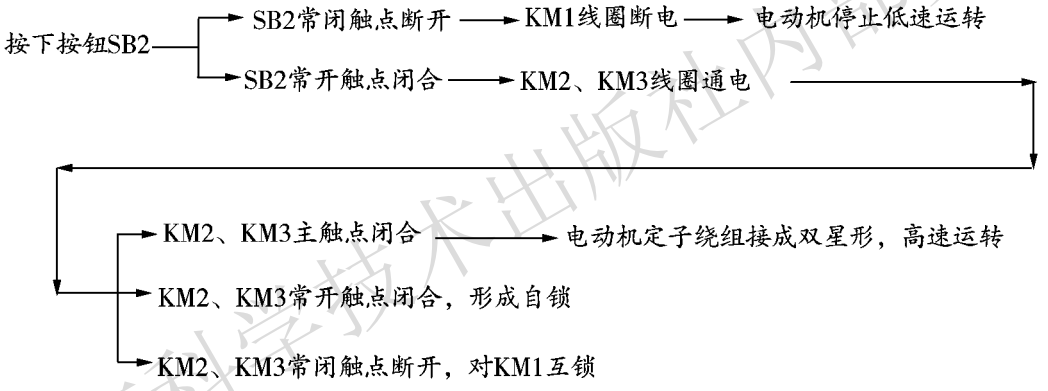
河南科学技术出版社内部资料

成三角形接法；KM2 和 KM3 主触点闭合，电动机定子绕组连接成双星形接法。SB2 为低速启动按钮开关，SB3 为高速启动按钮开关。

1. 低速控制



2. 高速控制



（二）双速电动机自动控制变极调速电路

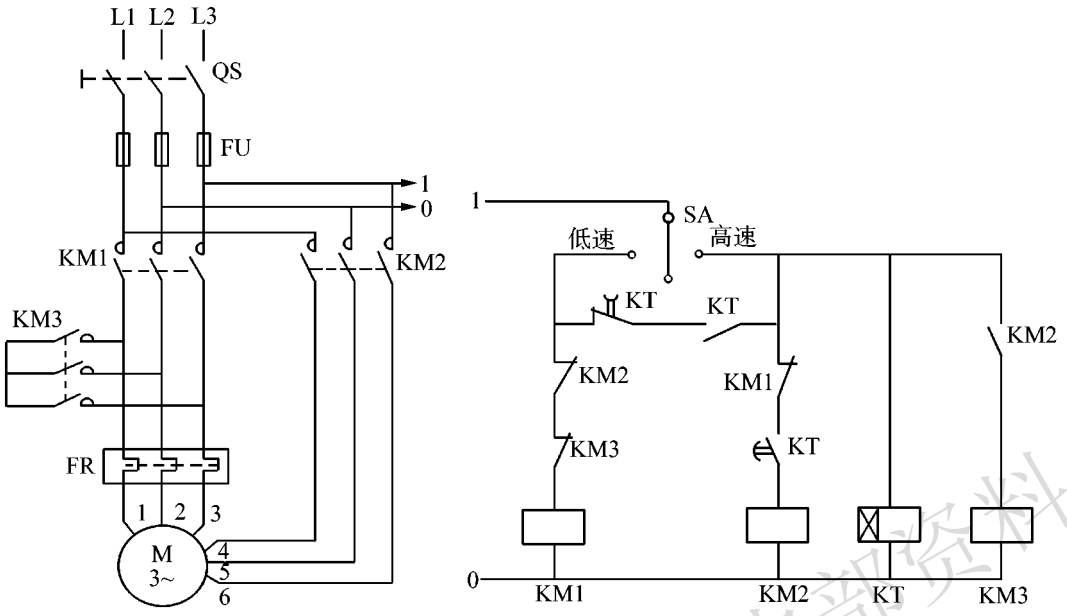
在图 1-5-9 中，转换开关 SA 有 3 个位置：①中间位置：所有接触器和时间继电器都不接通，电动机控制电路不起作用，电动机处于停止状态。②低速位置：接通 KM1 线圈电路，其触点动作的结果是电动机定子绕组接成三角形，以低速运转。③高速位置：接通 KM2、KM3 和 KT 线圈，电动机定子绕组接成双星形，以高速运转。但应注意的是，该线路高速运转必须由低速运转过渡。

1. 低速控制

将转换开关 SA 扳到低速位置→ KM1 线圈通电→电动机定子绕组结成三角形，以低速运转

2. 高速控制

河南科学技术出版社内部资料



扫一扫

图 1-5-9　双速电动机自动控制变极调速电路

将转换开关SA扳到高速位置→时间继电器KT通电→KT瞬动常开触点闭合→KM1线圈通电→电动机定子绕组接成三角形，以低速运转→KT延时时间到→KT常闭断开→KM1线圈断电→电动机的低速运转停止

KT常开闭合→KM2 线圈通电→KM2常开闭合→KM3线圈通电→电动机定子绕组接成双星形，以高速运转

3. 电动机的停止

将转换开关 SA 扳到中间位置→ 所有线圈断电→ 电动机停止

思考与练习

扫一扫

1. 在图 1-5-4 中，速度继电器 KS 损坏，会出现什么现象？

2. 反接制动与能耗制动各有什么优缺点？

3. 试分析如图 1-5-10 所示控制电路的工作原理。

4. 在图 1-5-4 中，主电路和电动机正反转主电路有何区别？控制电路中，速度继电器的常开触点什么时候闭合？什么时候断开？

5. 反接制动时当转子转速接近于零时，为什么应立即自动切断电动机电源？

6. 图 1-5-9 中的电动机是如何从低速启动转换为高速运行的？

7. 图 1-5-9 中，时间继电器 KT 线圈损坏，会出现什么情况？

河南科学技术出版社内部资料

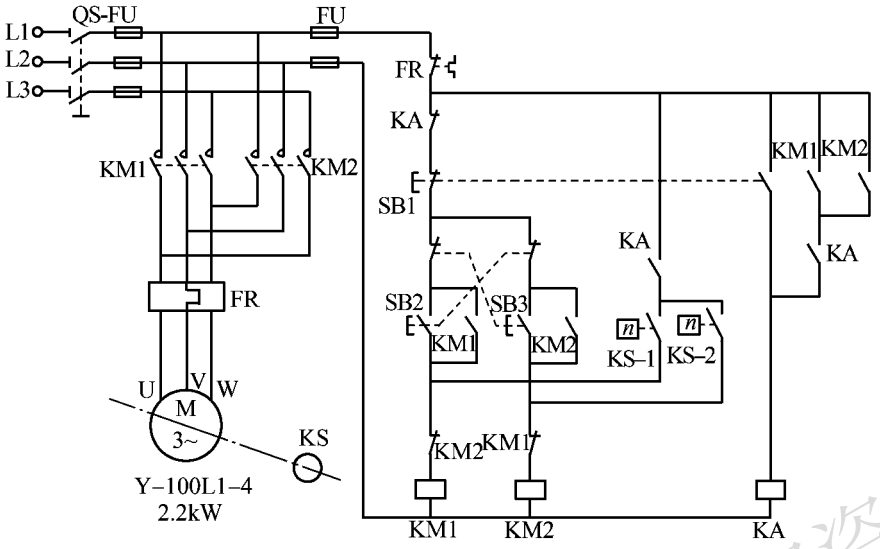


图 1-5-10　电路图

任务六　CA6140 型车床电气控制线路的装调与故障检修

教学目标

◆了解 CA6140 型普通车床的主要结构和运动形式。
◆理解 CA6140 型普通车床电力拖动特点及对电气控制的要求。
◆了解各基本控制环节在 CA6140 型车床电气控制中的应用。
◆掌握阅读和分析整台机床电气控制电路的方法，提高读图能力。
◆能根据 CA6140 型车床常见的故障现象，分析排除故障。
◆通过规范操作，建立劳动保护与安全文明生产意识。

情境描述

扫一扫

X62W 型铣床的电气原理图看起来较为复杂，但无论机械设备的电气控制系统多么复杂，都是由一些基本控制环节组成的。由于不同的生产机械其工作运动方式不同，电气控制系统也不尽相同。

CA6140 型车床的运动形式较少，电气原理图也相对简单一些，试对其整台机床的电气原理图进行分析，并对电路中常见的故障进行检修。

工作任务

1. 分析 CA6140 型车床整台机床控制电路的工作原理。
2. 分析、排除 CA6140 型车床控制电路中常见的故障。

河南机电技术出版社内部资料

增强现实

知识准备

一、整台机床电气控制线路的分析方法

分析整台机床电气控制线路时，必须与其他技术资料结合起来，注意了解机床的主要结构、技术性能、运动形式，了解机床液压、气动系统的工作情况，从而了解它们对电气控制的要求；了解各种电器的安装位置、作用，以及各操纵手柄、开关、按钮的作用和操作方法，然后再分析电气原理图。

分析电气原理图的基本方法是：先分析主电路，再分析控制电路，最后分析照明、信号等辅助电路。

分析主电路时，应根据电动机控制元件的触点、电阻和其他检测保护器件，分析电动机的启动、制动、正反转、调速、保护等控制和保护要求。

分析控制电路时，应根据主电路控制元件和其他电器元件，在控制电路找出相应的控制环节，按控制的先后顺序从左到右、从上到下依次分析。

对于较复杂的控制电路，可先“化整为零”，根据控制功能把控制电路分解成与主电路对应的各种基本控制环节，一一分析，然后再“积零为整”，统观全局，把各个基本环节串起来，注意各基本控制环节之间的联系及主、控电路之间的对应关系。

下面以 CA6140 型车床为例学习电气控制线路的分析方法。

二、CA6140 型车床的结构组成与控制要求

在机械加工中，车床加工范围广泛，主要用于加工各种回转表面和端面及各种内/外螺纹（如内/外圆柱面、圆锥面、成形回转面）、切槽、切断、钻孔、铰孔等。在各种广泛使用的普通车床中，CA6140 型普通车床加工范围广、结构先进、性能优越、操作方便。

如图 1-6-1 所示，CA6140 型普通车床的主要组成部件有主轴箱、挂轮箱、进给箱、溜板箱、主轴和卡盘、溜板和刀架、尾架、光杠和丝杠、床身等。其中主轴和卡盘的旋转运动、刀架的进给运动、刀架的快速移动、冷却液的供给等都是通过电气控制系统控制电

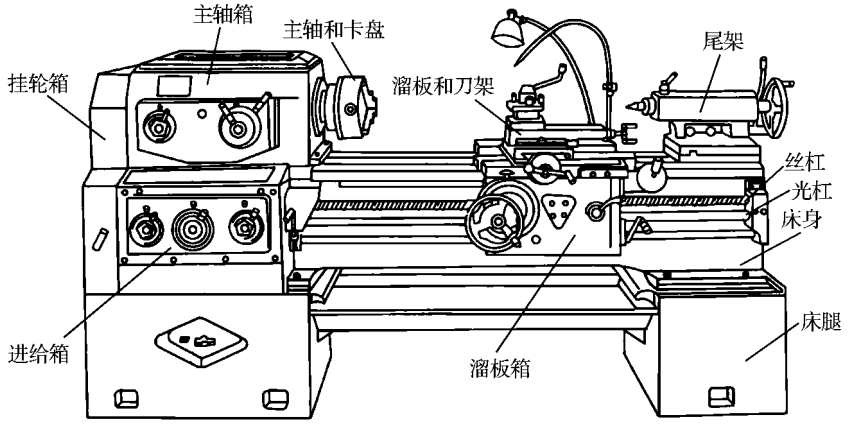


图 1-6-1　CA6140 型普通车床外形

河南科学技术出版社内部资料

动机的运动实现的。

CA6140 型车床的主要运动形式及对电气控制的要求如下：

（一）主轴的旋转运动

CA6140 型普通车床中，工件的旋转运动是通过主轴和卡盘的旋转运动带动的。为适应不同的加工需要，可通过调整主轴变速机构的操作手柄，采用机械方式使主轴获得不同的转速。加工螺纹时，需要主轴反转退刀，由操作手柄通过双向摩擦离合器控制主轴的正反转。主轴的制动采用机械制动。

（二）刀架的进给运动和快速移动

刀架纵向和横向的进给运动与主运动是由同一台电动机（主轴电动机）拖动的，这是为了保证加工过程中工件的转速与刀具的移动速度之间严格的比例关系。进给运动由主轴箱的输出轴经挂轮箱传给进给箱，再经丝杠或光杠传给溜板箱，带动刀架运动。

刀架的快速移动由另一台电动机单独拖动，采用点动控制。

（三）冷却泵的启停

冷却泵由单独的一台电动机拖动。冷却液应在主轴启动之后提供，要求冷却泵电动机与主轴电动机存在顺序启动的关系，即主轴电动机启动后冷却泵电动机才能启动，当主轴电动机停止时，冷却泵电动机也要停止。

三、CA6140 型车床的电气原理图

CA6140 型车床的电气原理图如图 1-6-2 所示。

（一）主电路

电路中共有 3 台电动机 M1、M2 和 M3。从主电路可以看出，CA6140 型车床的电气控制比较简单，3 台电动机采用的均是直接启动方式，电动机都为单方向旋转。其控制与保护元件见表 1-6-1。

表 1-6-1　主电路的控制与保护元件

电动机	控制元件	保护元件		
		短路保护	过载保护	零压、欠压保护
M1	KM1	FU1	FR1	KM1
M2	KM2	FU2	FR2	KM2
M3	KM3	FU3	无	KM3

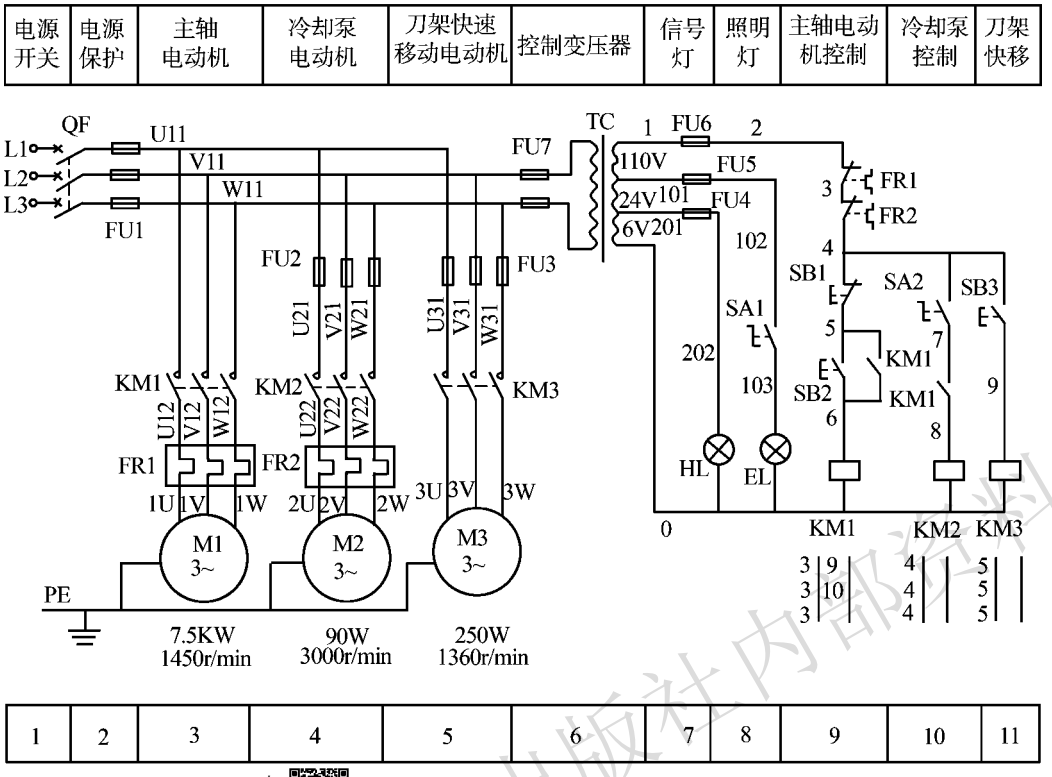
（二）控制电路

根据主电路控制元件，在控制电路中找出相应的控制环节，按控制的先后顺序分析电路。

1. 主轴电动机 M1 的控制

如图 1-6-3 所示，对电动机 M1 的控制是长动控制，由按钮 SB1 和 SB2 控制 KM1 的通、断电实现。

河南科学技术出版社内部资料



扫一扫

图 1-6-2　CA6140 型车床的电气原理

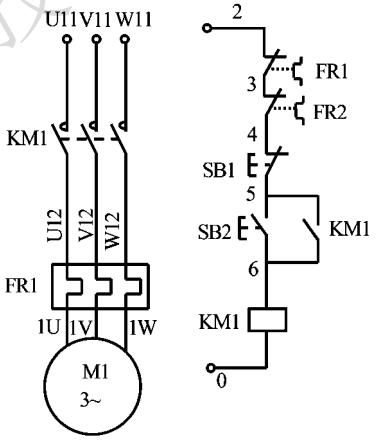


图 1-6-3　CA6140 型车床主轴启停的控制电路

按下按钮SB2 → KM1线圈通电 → KM1主触点闭合 → M1通电运行

KM1线圈通电 → KM1常开触点（5-6）闭合，实现自锁

KM1线圈通电 → KM1常开触点（7-8）闭合（为M2启动做准备）

按下按钮SB1 → KM1线圈断电 → KM1主触点断开 → M1断电停止

河南科学技术出版社内部资料

2. 冷却泵电动机 M2 的控制

主轴电动机 M1 启动后，冷却泵电动机 M2 才能启动，由 SA2 控制冷却泵电动机 M2 是否工作。其顺序启动的控制电路如图 1-6-4 所示。

M1 启动后，接通 SA2 ➞ KM2 线圈通电 ➞ KM2 主触点闭合 ➞ M2 启动运行

由于 KM1 常开触点串联在 KM2 线圈的电路中，因此，需要在 KM1 线圈通电后，其常开触点闭合，KM2 线圈才能通电。

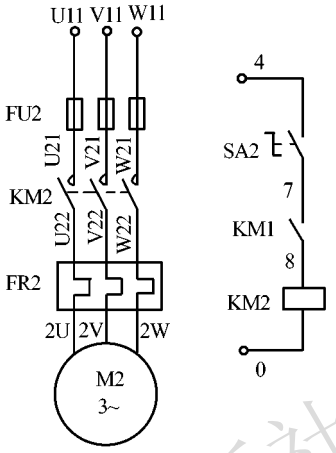


图 1-6-4　CA6140 型车床冷却泵启停的控制电路

3. 快速移动电动机 M3 的控制

如图 1-6-5 所示，M3 的启停是由 SB3 控制 KM3 通断电实现的，由于控制电路中 KM3 没有自锁，所以对 M3 的控制是点动控制，电路中没有过载保护。

（三）电源指示、照明电路

电源指示、照明电路如图 1-6-6 所示。电源指示灯 HL 由控制变压器 TC 二次侧 6V 供电，当电源开关接通后，HL 灯就应该点亮，表示机床已开始工作。电路中有短路保护元件 FU4。

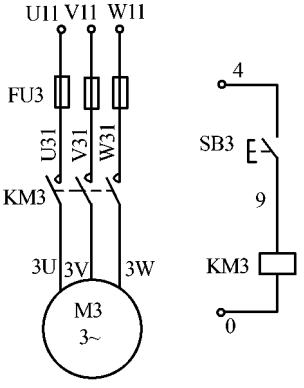


图 1-6-5　快速电动机启停的控制电路

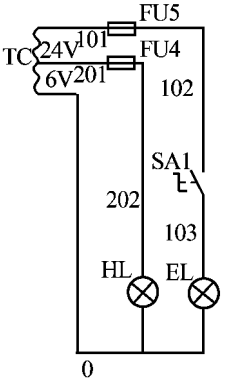


图 1-6-6　电源指示、照明电路

机床工作照明灯 EL 由 TC 二次侧 24V 供电，由开关 SA1 控制，FU5 作短路保护。

河南科学技术出版社内部资料

四、CA6140 型车床电路中常见的故障分析及排除方法

CA6140 型车床电路中常见的故障分析及排除方法见表 1-6-2。

表 1-6-2　CA6140 型车床电路中常见的故障分析及排除方法

故障现象	原因	排除方法
接通电源或按下启动按钮时，熔体立即熔断	电路中有短路	仔细检查电路，看是主电路还是控制电路的故障，然后逐级检查，缩小故障范围
3 台电动机的接触器均不动作，电动机均不能转动	可能是控制电路中熔断器 FU6 断开，或者电动机过载使热继电器 FR1 或 FR2 动作	逐级检查控制电路，缩小故障范围
接通电源时，没有按下按钮而主轴电动机自行启动	启动按钮被短接	检查控制电路中启动按钮 SB2 的触点及接线
主轴电动机只能点动控制	接触器自锁失灵。可能是触头接触不良或位置偏移、卡阻或者连接导线松脱	检查自锁电路中接触器 KM1 的自锁触点及接线情况，将接触器 KM1 的触点进行修整或更换，或者接好导线
电动机发出异常声音而不能转动或转速很慢	电动机缺相运行，主电路某一相电路开路	检查主电路是否存在线头松脱、接触器某对主触点损坏、熔断器的熔体熔断或电动机的接线有一相断开等
主轴电动机和冷却泵电动机不能转动，快速移动电动机能正常运转	主轴电动机接触器没有通电，控制电路有故障	检查主轴电动机的控制电路
主轴电动机不能停转	可能是接触器的主触点熔焊，也可能是停止按钮被卡住不能断开或被短接	检查接触器和停止按钮的触点及接线，更换触点或调整接线
刀架快速移动电动机不能运转	若接触器不动作，说明接触器线圈没有通电，则控制电路有故障；若接触器动作，说明接触器线圈已通电，控制电路完好，则主电路有故障	应先逐级检查控制电路或主电路，待故障排除后，再观察电动机是否运行
冷却泵电动机不能启动	若接触器不动作，说明接触器线圈没有通电，则控制电路有故障；若接触器动作，说明接触器线圈已通电，控制电路完好，则主电路有故障	应先逐级检查控制电路或主电路，待故障排除后，再观察电动机是否运行
3 台电动机均不能启动，电源指示灯和照明灯也不亮	控制电路和信号电路没有接通电源	分别检查控制变压器输入、输出端是否正常，熔断器 FU1 是否熔断

河南科学技术出版社内部资料

续表

故障现象	原因	排除方法
照明灯不亮	照明灯电路有故障	检查照明灯电路是否存在线头松脱、熔断器的熔体熔断或开关 SA2 损坏等
电源指示灯不亮	电源指示电路有故障	检查电源指示电路是否存在线头松脱或熔断器的熔体熔断

任务实施

一、器材准备

◆低压电器元件若干。
◆CA6140 型车床排故电气柜 1 台。
◆常用电工用具 1 套。
◆万用表 1 只。

二、CA6140 型车床电路的装调

根据图 1-6-2 所示 CA6140 型车床的电气原理图安装接线并调试运行，装调步骤如下：

(一) 选择与检测电器元件

(1) 识读电气原理图，选择所需的低压电器元件，记录其型号、规格、数量。

(2) 逐个检验电气设备和元件的规格与质量是否合格，并记下质量检测情况，填写电器元件记录表 1-6-3。

(3) 正确选配导线的规格和数量、接线端子板型号等。电气控制柜的配线选用软导线，其主电路的导线可采用红、黄、蓝进行分相分色，控制回路选配同一种颜色的导线，这样既便于安装、识别，又便于检查。

(4) 把检测好的器材整齐地放在工作台上。

表 1-6-3 电器元件记录表

元件符号	元件名称	型号	数量	额定电压	额定电流	检测情况
M1	主轴电动机					
M2	冷却泵电动机					
M3	刀架快移电动机					
QF	电源开关					
FU	熔断器					
KM	交流接触器					
FR	热继电器					
SB	控制按钮					
TC	照明变压器					
EL	照明灯					

河南科学技术出版社内部资料

（二）布置元器件

（1）在接线板上安装电器元件，并在各电器元件附近做好与电气原理图上相同代号的标记。

（2）选择合理的导线走向，做好导线通道的支持准备，并安装接线板外部的所有电器，如按钮、照明灯和电动机。CA6140 型车床电路的元器件在接线板上的布置如图 1-6-7 所示。

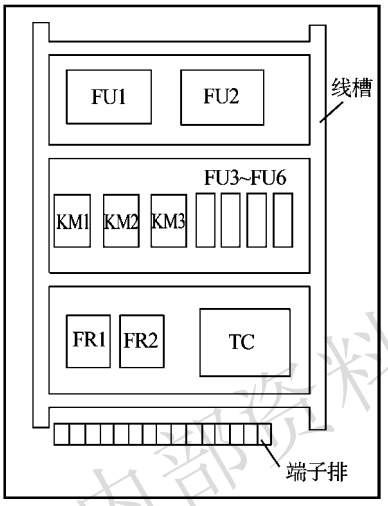


图 1-6-7　CA6140 型车床电路的元器件布置

（三）按电气原理图接线

（1）按照图 1-6-2 所示 CA6140 型车床的电气原理图对各元件和接线端子进行编号，在导线线头上套装与电路图相同线号的号码管。

（2）先安装主电路部分，再安装控制电路部分。须外接的导线先接到接线端子排上，然后再接到柜外的其他电器和设备上，如按钮、转换开关、照明灯和电动机。

（3）安装车床照明灯。

（4）安装主轴电动机、冷却泵电动机和刀架快速移动电动机。

（四）通电前的检查

安装完毕后，应清理安装场地，做好通电前检查，全面检查接线和安装质量。检查的内容包括：

（1）对照电气原理图，逐线检查，核对线号，防止错接、漏接。

（2）检查各接线端的接触情况，若有虚接现象，应及时排除。

（3）应测量各电路通断情况，若发现异常，则逐级检查元器件或导线，及时排除故障。注意，要在断电的情况下用万用表欧姆挡检查。

（五）通电调试

在电路检查正确无误后方可进行通电试车。通电时应由教师接通电源并现场监护。电路正常工作时的现象见表 1-6-4。

表 1-6-4　电路正常工作时的现象

操作	现象		
	交流接触器	电动机	照明灯和电源指示灯
接通开关 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	KM1 得电，触点动作	电动机 M1 连续运行	—
接通开关 SA2	KM2 得电，触点动作	电动机 M2 连续运行	—
按下停止按钮 SB1	KM1 、KM2 同时断电	电动机 M1、M2 同时停止	—
按下启动按钮 SB3	KM3 得电，触点动作	电动机 M3 点动运行	—

河南科学技术出版社内部资料

通电实验时，观察电路的工作是否正常，如电动机的转动是否正确，指示灯是否按要求点亮等。对出现的故障做好记录，填写表 1-6-5。

表 1-6-5　电路中出现的故障

故障现象	故障原因	排除方法

（六）断电拆线

实验完成后，应先切断电动机的三相交流电源，然后拆除线路。最后要整理现场，将各电气设备和实验物品按规定位置安放整齐，并把有关试验仪器及设备上交给指导教师。

（七）注意事项

（1）控制柜内外所有设备和电器元件编号必须与电气接线图上的编号完全一致。

（2）导线连接电路时，做到查出一根导线，立即套上编码套管，接上后再进行复验。

（3）为防止出错，主电路、控制电路要分别接线，控制回路要一个一个小回路接，安装好一部分，检查一部分。

（4）在控制柜外部进行布线时，导线必须穿在导线通道内，所有的导线不允许有接头。

（5）所有的螺钉和螺母要拧紧，以减少试车故障。

（6）试车时必须严格遵守安全操作规程，检查电器动作是否符合电气原理图的要求，正确完成试车。

（7）试车出现故障时，应立即切断电源，找出故障原因并排除后方可再次试车。

（8）不要漏接地线。

（八）安全生产和文明生产要求

安全生产和文明生产的具体要求同项目一的任务二。

三、CA6140 型车床电气控制线路的故障检修

（一）熟悉正常电路的工作情况

（1）首先使实验装置接通电源，启动机床各处的开关或按钮，观察机床动作，熟悉 CA6140 型车床整台机床正常电路的工作情况。

（2）根据电气原理图在实验装置中找到对应元件，弄清接线关系。

（二）故障设置

熟悉正常电路的工作情况后，由教师设置故障，也可以同学之间相互设置故障，一次设置 1~2 个故障点。设置完成后，再次操作设备，观察机床的工作现象，然后断开电源。

（三）检修故障

（1）根据故障的情况，结合电气原理图，从原理上分析产生故障的可能原因，列出可能的故障点，并在电气原理图中用虚线标出最小的故障范围。

（2）逐步测试电路查找故障，然后排除。

（3）排除故障时，必须修复故障点，但不得采用元件代换。

河南科学技术出版社内部资料

（4）检修时，严禁扩大故障范围或产生新的故障。

（5）注意工具及仪表使用要安全、正确，符合使用要求。

（6）如需带电检修，必须有教师在场监护，以确保安全。

（四）故障排除记录

根据设置的电路的故障现象，进行具体分析，完成表 1-6-6。

表 1-6-6　电路中的故障分析与排除

故障现象	故障原因	排除方法

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-3。

思考与练习

扫一扫

1. 试分析冷却泵电动机与主轴电动机顺序启停过程。

2. 如果 CA6140 型车床主轴电动机 M1 不能启动，试分析故障原因并给出排除方法。

3. 如果 CA6140 型车床主轴电动机和冷却泵电动机能正常工作，而快速移动电动机不能运转，试分析故障原因并给出排除方法。

4. 如果电动机 M1 没有启动，M2 能否启动？为什么？

5. CA6140 型车床电气控制电路具有哪些保护？是通过哪些电器元件实现的？

6. 如果接通电源，电源指示灯不亮，照明灯也不亮，3 台电动机都无法启动，试分析故障原因并给出排除方法。

任务七　X62W 型铣床电气控制线路的故障检修

教学目标

◆了解 X62W 型铣床的主要结构和运动形式。

◆了解电气基本控制环节在 X62W 型铣床中的应用。

◆进一步熟悉、分析整台机床电气控制线路的方法，提高读图能力。

◆能根据 X62W 型铣床电路中的常见故障现象，分析并排除故障。

◆能综合运用电气控制知识分析解决机床电气线路中常见的问题。

河南科学技术出版社内部资料

情境描述

扫一扫

X62W 型铣床通过电气控制系统可以实现其主轴的旋转运动，工作台左、右、前、后、上、下六个方向的移动，圆工作台运动及冷却液供给等。铣床电气控制线路与机械系统的配合十分密切，其电气线路的正常工作往往与机械系统的正常工作是分不开的。正确判断是电气故障还是机械故障，并熟悉机电部分配合情况，是迅速排除电气故障的关键。试分析 X62W 型铣床整台设备的电气控制系统，并对电路中常见的故障进行分析与排除。

工作任务

1. 分析 X62W 型铣床整台机床控制电路的工作原理。
2. 分析、排除 X62W 型铣床控制电路中常见的故障。

知识准备

一、X62W 型铣床的主要结构与控制要求

扫一扫

X62W 型铣床主要由底座、床身、悬梁、刀杆、工作台、溜板箱和升降台等几部分组成，床身内装有主轴的传动机构和变速操纵机构。借助于垂直导规、水平导规和溜板，固定在工作台上的工件可做上下、前后、左右六个方向的移动，并实现圆工作台的运动。

X62W 型铣床的控制要求如下：

（1）要求主轴运动、进给运动和冷却泵启停分别由 3 台电动机控制。

（2）铣床的主轴上安装铣刀，由于铣削加工时有顺铣和逆铣两种方式，要求主轴电动机能正反转及在变速时能瞬时冲动一下，以利于齿轮的啮合；主轴上装有飞轮，使得转动惯量很大，为提高工作效率，要求主电动机停车时有制动控制；为保证主轴变速时利于齿轮的啮合，要求变速时有主电动机冲动控制；为了便于操作，要求可实现对主轴两地控制。

（3）工作台纵向、横向、垂直六个方向的移动由同一台进给电动机通过正反转来实现，由于在同一时间内只允许一个方向上的运动，即要求纵向、横向、垂直运动形式相互间应通过机械与电气方式进行互锁。使用圆工作台工作时，其他 6 个方向的移动必须停止，所以也要求能够互锁。

（4）要求工作台进给变速时电动机能瞬间冲动，还要求各方向能实现快速移动。

（5）要求 X62W 型铣床主轴转动后才能进行进给运动。

（6）对冷却泵电动机，只要求单方向转动。

二、X62W 型铣床的电气原理图

如图 1-7-1 所示，X62W 型铣床电气原理图由主电路、控制电路和照明电路三部分组成。

（一）主电路

主电路中共有 3 台电动机，即主轴电动机 M1、工作台进给电动机 M2 和冷却泵电动机

河南科学技术出版社内部资料

M3，其控制元件与保护元件见表 1-7-1。

表 1-7-1　主电路的控制元件与保护元件

电动机	控制元件		保护元件	
	名称	作用	短路保护	过载保护
M1	KM1	正常运行	FU1	FR1
	KM2	反接制动		
M2	KM3	正转控制	FU2	FR2
	KM4	反转控制		
M3	KM6	正常运行	FU2	FR3

M1 为主轴电动机，由 KM1 控制其运行，在进行顺铣和逆铣改变时，通过改变换向开关 SA5 的位置，可实现其正反转。KM2 的主触点串联有两相电阻，实现 M1 停车时的反接制动。

M2 为工作台进给电动机，由接触器 KM3、KM4 进行正反转控制，控制 6 个方向的运动，与行程开关及 KM5、牵引电磁铁 YA 配合，能实现进给变速时的瞬时冲动和快速进给。

M3 为冷却泵电动机，由 KM6 来控制。

河南科学技术出版社内部资料

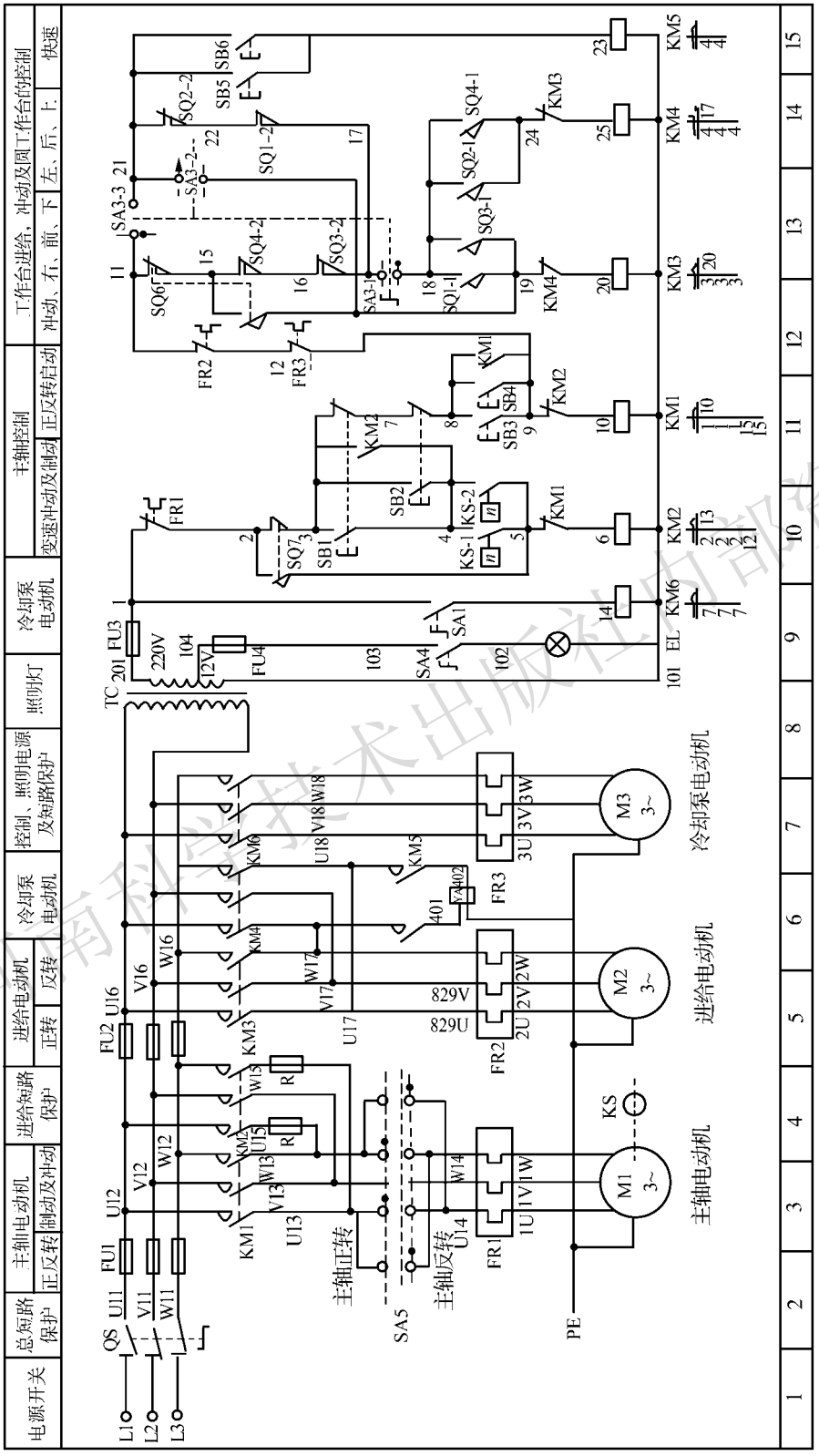


图1-7-1　X62W型铣床的电气原理

河南科学技术出版社内部资料

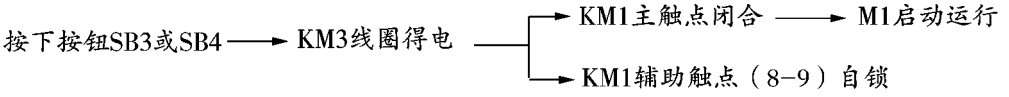
（二）控制电路

1. 主轴电动机的控制

SB1、SB2 与 SB3、SB4 是装在机床两边的停止按钮和启动按钮，实现两地控制，方便操作。

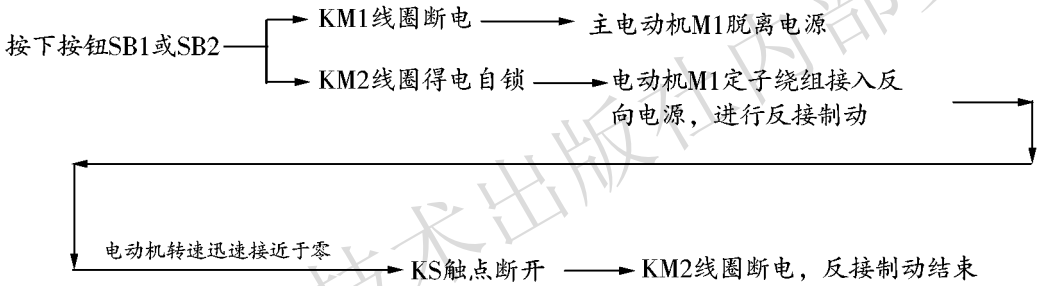
主轴电动机启动时，先将 SA5 扳到所需要的顺铣或逆铣位置，然后再按启动按钮 SB3 或 SB4 来启动电动机 M1。

SQ7 是与主轴变速手柄联动的瞬时动作行程开关，未进行变速操作时，触点是常态，常闭触点接通，常开触点断开。



控制线路的通路为：1-2-3-7-8-9-10。

停止主电动机 M1 时进行反接制动（速度继电器 KS 正向触点或反向触点已闭合）：



反接制动时的通路为：1-2-3-4-5-6。

2. 主轴变速时的瞬动控制

主轴变速时的瞬动控制，是利用变速手柄与变速瞬动开关 SQ7 通过机械上的联动机构进行控制的。

主轴变速时，先将变速手柄拉出，旋转变速盘选择好速度后，再将变速手柄快速推回原位。在此过程中，变速瞬动开关 SQ7 将动作一次，使 KM1 线圈断电，KM2 线圈得电，M1 反向瞬时冲动一下，以利于变速后的齿轮啮合。

但要注意，不论是启动还是停止时，都应以较快的速度把手柄推回原始位置，以免通电时间过长，引起 M1 转速过高而打坏齿轮。

3. 工作台进给电动机的控制

为了保证主轴电动机 M1 启动后工作台才能进行进给运动，在 M2 的控制电路中串入了 KM1 的常开触点。

工作台的纵向、横向和垂直运动都由进给电动机 M2 驱动，接触器 KM3 和 KM4 使 M2 实现正反转，用以改变进给运动方向。它的控制电路采用与纵向运动机械操作手柄联动的行程开关 SQ1、SQ2 和横向运动与垂直运动机械操作手柄联动的行程开关 SQ3、SQ4 组成复合联锁控制。工作台有左右（纵向）操作和前后（横向）、上下（升降）十字操作两个

河南科学技术出版社内部资料

手柄来选择移动方向，当这两个手柄都处在中间位置时，各行程开关都处于未受压的常态。

SA3 用来控制圆工作台转换开关。当使用圆工作台时，SA3-2 接通，SA3-1 和 SA3-3 断开；当使用普通工作台时，SA3-1 和 SA3-3 接通，SA3-2 断开。其控制关系见表 1-7-2。

表 1-7-2　圆工作台转换开关 SA3 位置及其触点状态

触点 \ 位置	圆工作台	
	接通	断开
SA3-1	-	+
SA3-2	+	-
SA3-3	-	+

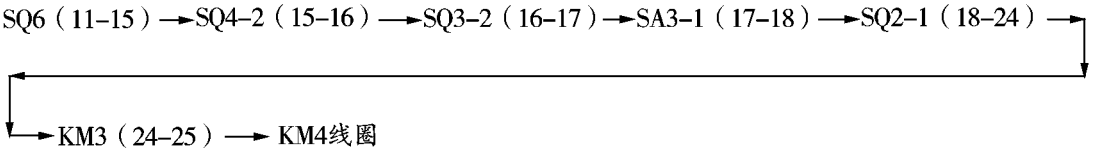
（1）工作台纵向（左右）运动的控制：左右操作手柄有右、中、左 3 个位置，其控制关系见表 1-7-3。当扳向右面时，通过其联动机构将纵向进给离合器挂上，同时使向右进给的限位开关 SQ1 受压动作；当扳向左面时，SQ2 受压动作。工作台左右运动的行程，可通过调整安装在工作台两端的挡铁位置来实现。当工作台纵向运动到极限位置时，挡铁撞动纵向操纵手柄，使它回到零位，M2 停转，工作台停止运动。

表 1-7-3　工作台左右进给手柄位置及其控制关系

手柄位置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
右	SQ1	KM3	正转	左右进给丝杠	向右
中	—	—	停止	—	停止
左	SQ2	KM4	反转	左右进给丝杠	向左

1）工作台向左运动：在 M1 启动后，将纵向操作手柄扳至向左位置，一方面机械接通纵向离合器，同时在电气上压下 SQ2，使 SQ2-2 断、SQ2-1 通，而其他控制进给运动的行程开关都处于原始位置，此时使 KM4 线圈得电，M2 反转，工作台向左进给运动。

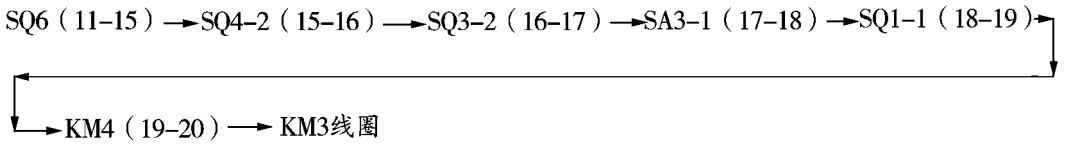
KM4 通电的电流通路如下：



2）工作台向右运动：当纵向操纵手柄扳至向右位置时，机械上仍然接通纵向进给离合器，但却压动了行程开关 SQ1，使 SQ1-2 断、SQ1-1 通，从而 KM3 线圈得电，M2 正转，工作台向右进给运动。

KM3 通电的电流通路如下：

河南科学技术出版社内部资料



（2）工作台垂直（上下）和横向（前后）运动的控制：工作台的上下和前后进给运动是由一个十字操作手柄控制的。该手柄与位置开关 SQ3 和 SQ4 联动，有上、下、前、后、中 5 个位置，其控制关系见表 1-7-4。当扳动十字操纵手柄时，通过联动机构，可将控制运动方向的机械离合器合上，同时按下相应的限位开关。当手柄扳至下或前位置时，则 SQ3 受压；当手柄扳向上或后位置时，则 SQ4 受压。当手柄扳至中间位置时，位置开关 SQ3 和 SQ4 均未被压合，工作台无任何进给运动。

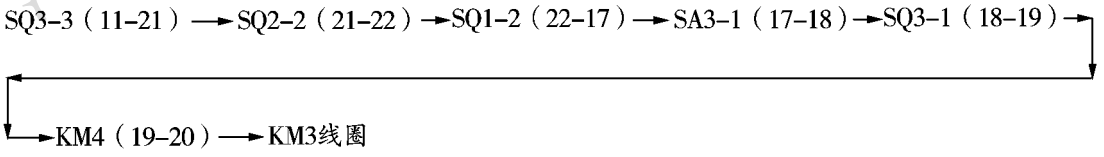
工作台上下和前后的终端保护是利用装在床身导轨旁与工作台座上的挡铁，将操纵十字手柄撞到中间位置，使 M2 断电停转。

表 1-7-4　工作台上、下、中、前、后进给手柄位置及其控制关系

手柄位置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
上	SQ4	KM4	反转	上下进给丝杠	向上
下	SQ3	KM3	正转	上下进给丝杠	向下
中	—	—	停止	—	停止
前	SQ3	KM3	正转	前后进给丝杠	向前
后	SQ4	KM4	反转	前后进给丝杠	向后

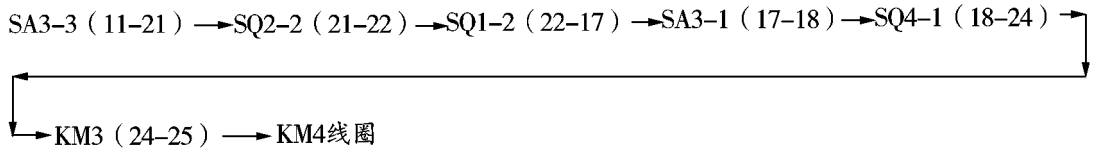
1）工作台向前（或向下）运动的控制：将十字操纵手柄扳至向后（或向上）位置时，机械上接通横向进给（或垂直进给）离合器，同时压下 SQ3，使 SQ3-2 断、SQ3-1 通，从而 KM3 线圈得电，M2 正转，工作台向后（或者向上）运动。

KM3 通电的电流通路如下：



2）工作台向后（或向上）运动的控制：将十字操纵手柄扳至向后（或向上）位置时，机械上接通横向进给（或垂直进给）离合器，同时压下 SQ4，使 SQ4-2 断、SQ4-1 通，从而 KM4 线圈得电，M2 反转，工作台向前（或者向下）运动。

KM4 通电的电流通路如下：



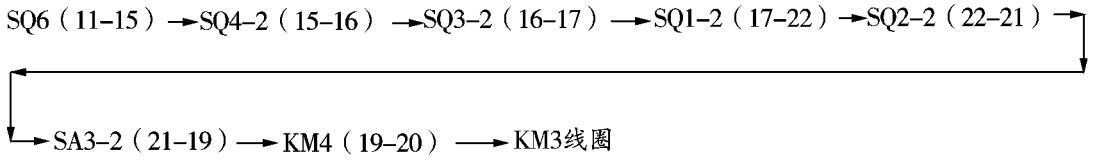
河南科学技术出版社内部资料

4. 圆工作台运动的控制

在用圆工作台工作时，应先将进给左右操作手柄和前后上下十字操作手柄置于中间位置，然后把 SA3 转换为圆工作台状态。此时 SA3-1 断、SA3-3 断、SA3-2 通。

在启动主电动机 M1 后，KM3 线圈得电，进给电动机以正转方向带动圆工作台做定向回转运动。

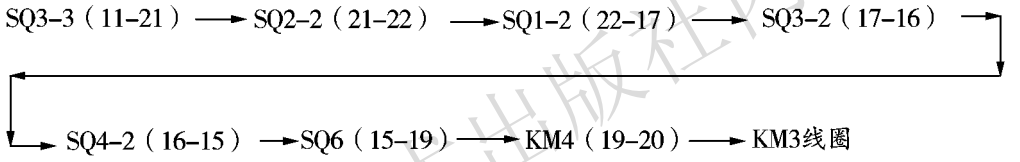
圆工作台工作时的电流通路如下：



5. 进给电动机变速时的瞬动控制

变速时，为使齿轮易于啮合，进给变速与主轴变速一样，设有变速冲动环节。SQ6 为进给变速的瞬动开关，使 KM3 瞬时吸合，M2 做正向瞬动。

KM3 短时通电的电流通路如下：



由于进给变速瞬动的通电回路要经过 SQ1～SQ4 四个行程开关的常闭触点，因此只有当进给运动的操作手柄都在中间位置时，才能实现进给变速冲动控制，以保证操作时的安全。

6. 工作台的快速进给控制

为提高劳动生产率，要求铣床在不做铣切加工时，工作台能快速移动。

工作台快速进给也是由进给电动机 M2 来驱动的，在纵向、横向和垂直 3 种运动形式 6 个方向上都可以实现快速进给控制。

主轴电动机启动后，将进给操纵手柄扳到所需位置，工作台按照选定的速度和方向做常速进给移动时，再按下快速进给按钮 SB5（或 SB6），使接触器 KM5 通电吸合，接通牵引电磁铁 YA，电磁铁通过杠杆使摩擦离合器合上，减少中间传动装置，使工作台按运动方向做快速进给运动。当松开快速进给按钮时，电磁铁 YA 断电，摩擦离合器断开，快速进给运动停止，工作台仍按原常速进给时的速度继续运动。

7. 冷却泵电动机控制

旋转转换开关 SA1，可以直接控制冷却泵电动机 M3 的启停。

（三）辅助电路

X62W 型铣床的照明灯 EL 由变压器 T 供给 12V 安全电压，由 SA4 控制其开关，熔断器 FU4 实现电路的短路保护。

河南科学技术出版社内部资料

三、X62W 型铣床电路中常见的故障分析及排除方法

除一般电路中常见的故障，X62W 型铣床电路中还可能出现的故障见表 1-7-5。

表 1-7-5　X62W 型铣床电路中常见的故障分析及排除方法

故障现象	原因分析	排除方法
主轴停车时无制动	主轴制动采用速度继电器进行反接制动，反接制动电路没有起作用	按下停止按钮后，若 KM2 不吸合，则故障点在控制电路部分，检查时可先操作主轴变速冲动手柄，若有冲动，故障范围就缩小到速度继电器和按钮支路上；若 KM2 吸合，则故障原因可能是主电路的 KM2 主触点和 R 制动支路中存在故障，完全没有制动作用；也可能是速度继电器 KS 的常开触点过早断开，使制动效果不明显
工作台能向前、后、上、下进给，不能向左、右进给	进给电动机 M2，主电路，接触器 KM3、KM4 及纵向进给相关的公共支路都正常，不能左、右进给，故障点应在左右进给电路	依次检查左右进给电路元件及其接线，直至找到故障点并予以排除
工作台能向左、右进给，不能向前、后、上、下进给	故障点应在前、后、上、下电路的共用通路内	检查前、后、上、下电路的共用通路元件及其接线，直至找到故障点并予以排除
工作台各个方向都不能进给	可能是 KM3 和 KM4 线圈的控制电路有故障；也可能是 M2 主电路有故障	可先进行进给变速冲动或圆工作台控制，如果正常，则故障可能在开关 SA3-1 及其连线上；若进给变速冲动或圆工作台也不能工作，要注意 KM3 是否动作，如果 KM3 不能动作，可能是 KM3 和 KM4 线圈的控制电路有故障；若 KM3 能动作，则 M2 主电路有故障，应检查电动机的接线及绕组
工作台不能快速进给	常见原因是牵引电磁铁电路不通，多数是由线头脱落、线圈损坏或机械卡死引起	如果按下 SB5 或 SB6 后接触器 KM5 不吸合，则故障在控制电路部分，若 KM5 能吸合，而牵引电磁铁 YA 不能吸合，可能是由于电磁铁线头脱落、线圈损坏等引起；若牵引电磁铁吸合正常，则故障大多是由杠杆卡死或离合器摩擦片间隙调整不当引起。注意，在检查 11—15—16—17 支路和 11—21—22—17 支路时，一定要把 SA3 开关扳到中间空挡位置，否则，由于这两条支路是并联的，将检查不出故障点

河南科学技术出版社内部资料

任务实施

一、器材准备

◆X62W 型铣床排故电气柜 1 台。
◆电工常用工具 1 套。
◆万用表 1 只。

二、X62W 型铣床电气控制线路的故障检修

扫一扫

（一）熟悉正常电路的工作情况

（1）首先将实验装置接通电源，启动机床各处的开关或按钮，观察机床动作，熟悉 X62W 型铣床整台机床正常电路的工作情况。

（2）根据电气原理图在实验装置中找到对应元件，弄清接线关系。

（二）故障设置

熟悉正常电路的工作情况后，教师设置故障，也可以同学之间相互设置故障，一次设置 1~2 个故障点。设置完成后，再次操作设备，观察机床的工作现象，然后断开电源。

（三）检修故障

（1）根据故障的情况，结合电气原理图，从原理上分析产生故障的可能原因，列出可能的故障点，并在电气原理图中用虚线标出最小故障范围。

（2）逐步测试电路查找故障，然后排除。

（3）排除故障时，必须修复故障点，但不得采用元件代换。

（4）检修时，严禁扩大故障范围或产生新的故障。

（5）注意工具及仪表使用要安全、正确，符合使用要求。

（6）如需带电检修，必须有教师在场监护，以确保安全。

（四）实训记录

根据设置的电路的故障现象进行具体分析，完成表 1-7-6。

表 1-7-6　电路中的故障分析与排除

故障现象	故障原因	排除方法

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附

河南科学技术出版社内部资料

录二的附表 2-3。

思考与练习

扫一扫

1. X62W 型铣床电气控制电路中，M1、M2、M3 三台电动机各起什么作用？它们由哪些控制环节组成？

2. X62W 型万能铣床电气控制线路中设置主轴及进给冲动控制的作用是什么？

3. 如果工作台不能快速进给，应该怎样排除故障？

4. 圆工作台加工时，电路中有关电器应处于什么状态？

项目一拓展　T68 卧式镗床电气控制电路的故障检修

教学目标

◆了解各基本控制环节在 T68 卧式镗床电气控制中的应用。

◆能用整台机床电气控制电路的分析方法，分析 T68 卧式镗床电气控制原理图。

◆能根据 T68 卧式镗床常见的故障现象分析、排除故障。

◆综合运用电气控制知识，分析解决机床电气中的一般问题。

情境描述

扫一扫

镗床主要用于加工精确的孔和孔间相互位置要求较高的零件。T68 卧式镗床是镗床中使用较广的一种，主要用于镗孔、钻孔、铰孔、加工端面等，加上车螺纹附件后还可车削螺纹，装上平旋盘刀架可加工大的孔径、端面和外圆。

T68 卧式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。试对 T68 镗床的电气原理图进行分析，并对常见故障进行分析、排除。

工作任务

1. 分析 T68 卧式镗床整台机床控制电路的工作原理。

2. 分析排除 T68 卧式镗床控制电路中常见的故障。

知识准备

一、T68 卧式镗床的主要结构和控制要求

T68 卧式镗床的结构原理如图 1-8-1 所示，主要由床身、前立柱、镗头架、后立柱、尾座、工作台等部分组成。

T68 卧式镗床的运动形式有三种，即主运动、进给运动和辅助运动。主运动是指镗轴和平旋盘的旋转运动；进给运动是指镗轴的轴向进给运动、平旋盘刀具溜板的径向进给运动、镗头架的垂直进给运动、工作台的纵向进给运动和横向进给运动；辅助运动是指工作

河南科学技术出版社内部资料

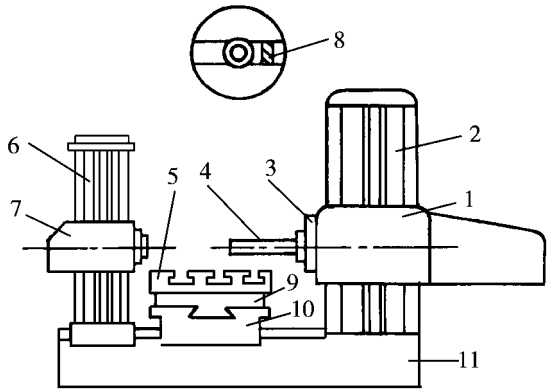


图 1-8-1　T68 卧式镗床结构原理

.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

台的回转、后立柱的轴向移动、尾座的垂直移动及各部分的快速移动等。

T68 卧式镗床的控制要求如下：

（1）机床主轴的旋转运动和进给运动由一台双速笼型异步电动机 M1 来拖动。采用机械齿轮变速和电动机变极调速相结合，可获得较宽的调速范围，又能简化机械传动机构。

（2）为满足工作需要，主电动机应具有正反转控制及实现正反转的点动控制和制动停车控制。

（3）为避免机床和刀具的损坏，主轴刀具做旋转运动时，镗杆带动刀具做主轴进给运动或工作台带工件做进给运动，只允许选择其一，要求主轴进给和工作台进给必须互锁。

（4）主轴变速与进给变速可在主电动机停车或运转时进行，为便于变速时齿轮啮合，主轴变速和进给变速时主轴电动机应缓慢转动。

（5）为缩短辅助时间，各进给方向均应能够快速移动，采用快速移动电动机 M2 的正反转点动控制方式。

（6）主电动机有高、低两种速度，高速运转时应先经低速运转。

（7）电路中还应设有必要的联锁和保护环节。

二、T68 卧式镗床的电气原理图

图 1-8-2 所示为 T68 卧式镗床的电气原理。

河南科学技术出版社内部资料

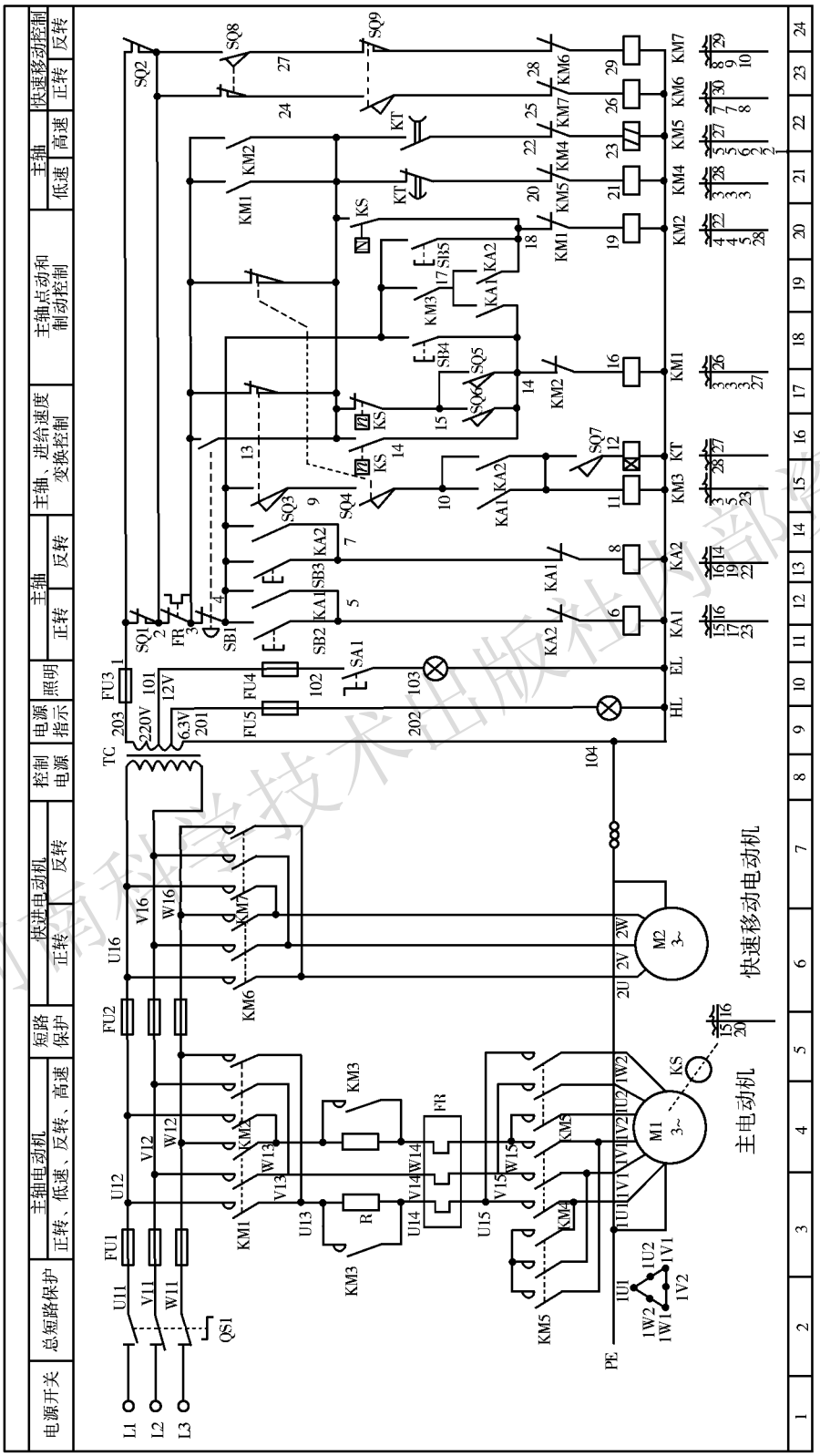


图1-8-2　T68卧式镗床的电气原理

河南科学技术出版社内部资料

（一）主电路

电源经 QS1 引入，M1 为主电动机，KM1、KM2 的主触点控制 M1 的正反转；KM4 控制 M1 低速运转，在 M1 低速运转时，KM4 将其定子绕组接成三角形，4 极；KM5 控制 M1 的高速运转，在 M1 高速运转时，KM5 将其定子绕组接成双星形，2 极。主轴电动机停车时采用的是反接制动的方法，与 KM3 主触点并联的电阻为制动电阻，在高低速运行时，KM3 闭合，在制动或点动时 KM3 断开。

KM6、KM7 控制快速移动电动机 M2 的正反转。FR 用作 M1 的过载保护。由于 M2 只作点动操作，运行时间短，所以不需要设置过载保护。

（二）控制电路

1. 主轴电动机的控制

主轴电动机控制电路如图 1-8-3 所示。主轴电动机的启动方法有正向、反向的高、低速启动和正向、反向的点动控制。低速时可直接启动，高速时要保证先接通低速经延时再接通高速。

控制电路中，SB2、SB3 为正反向高低速启动按钮，SB4、SB5 为正反向点动控制按钮。高、低速的转换由位置开关 SQ7 控制，SQ7 为常态时接通低速、SQ7 压下时接通高速。

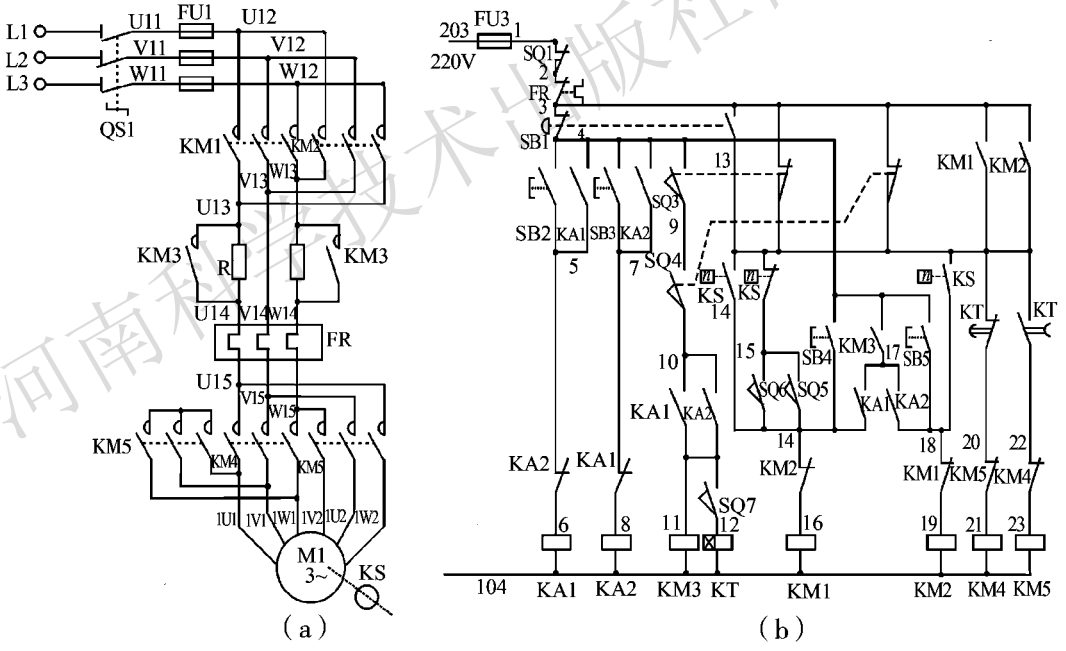


图 1-8-3　主轴电动机主电路与控制电路

电路中安装有 9 个行程开关，其控制关系见表 1-8-1。

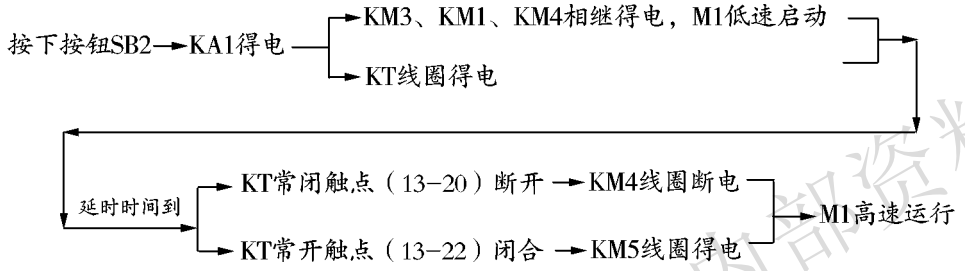
表 1-8-1　行程开关及其控制关系

位置开关	SQ1	SQ2	SQ3	SQ4	SQ5	SQ6	SQ7	SQ8	SQ9
控制内容	主轴进给	工作台进给	进给变速	主轴变速	进给变速	主轴变速	高、低速转换	快进反转	快进正转

河南科学技术出版社内部资料

（1）正向低速启动：主轴电动机变速手柄置于低速位置，SQ7 处于释放状态。主轴电机启动前，主轴变速与进给变速手柄置于推合位置，此时行程开关 SQ3、SQ4 被压下，动合触点 SQ3（4-9）、SQ4（9-10）闭合，SQ5、SQ6 不动。

（2）正向高速启动：主轴电动机变速手柄置于高速位置，SQ7 被压动。



正转启动完成，电动机运行时速度继电器 KS 动作，为反接制动做准备。

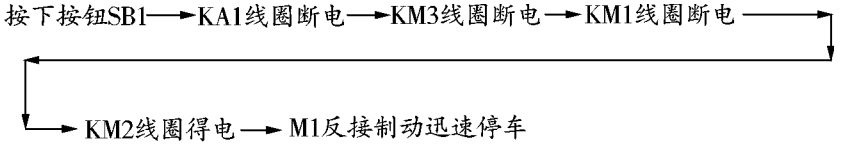
（3）正向点动控制如下：

按下按钮 SB4 → KM1 线圈得电但不自锁→ KM4 线圈得电→ M1 低速运行

松开 SB4 后，KM1 线圈立即断电，由于此时速度继电器常开触点 KS（13-18）是闭合的，KM2 线圈通电，开始反接制动，使 M1 制动，停止运行。

主轴电动机的反向高低速启动和反向点动分别由按钮 SB3 和 SB5 控制，控制过程可自行分析。

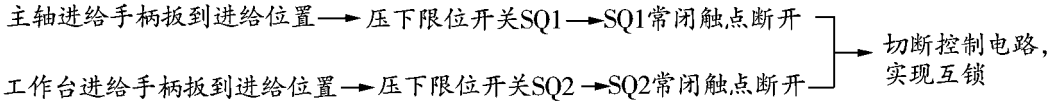
（4）主轴电动机的停止：主轴电动机的停止是电源反接制动，正向运行制动控制过程如下：



当电动机转速低于 100 r/min 时，速度继电器常开触点 KS（13-18）恢复常态，KM2 线圈断电，制动结束。

电动机反向运行时，由速度继电器的常开触点 KS（13-14）接通反接制动电路。

2. 主轴进给和工作台进给的互锁



河南科学技术出版社内部资料

3. 主轴变速和进给变速控制

主轴变速和进给变速可在停车时进行，也可在运行中进行。以下以主轴变速为例来说明。

（1）主轴停车时的变速：拉出主轴变速操作手柄，行程开关 SQ4 释放，SQ6 受压。SQ6 常开触点（15-14）闭合，KM1 线圈通电，同时 KM4 线圈通电，于是 M1 串入电阻 R 低速正向启动。当 M1 转速达到 120 r/min 时，速度继电器动断触点 KS（13-15）断开，常开触点 KS（13-18）闭合，使 KM1 线圈断电，KM2 线圈得电，KM4 线圈一直处于得电状态，此时主轴电机 M1 进行反接制动，使电动机转速迅速下降。当转速下降到 100 r/min 时，速度继电器 KS 触点恢复常态，使接触器 KM2 线圈断电，KM1 线圈得电，M1 又正向低速启动。如此反复，使电机转速总在 100~120 r/min 之间运行，实现连续低速冲动，以利于齿轮啮合。当选择好主轴转速，推回变速操作手柄，主轴变速开关 SQ4 受压，SQ6 释放。

SQ4 常开触点（9-10）闭合→ KM3 线圈得电→ KM1 线圈得电→ KM4 线圈得电→ M1 自动低速启动，以选定速度运行

（2）主轴运行时的变速：下面以 M1 正向高速运行时进行主轴变速为例，来说明运行变速的控制过程。

M1 主电动机在 KA1、KM3、KT、KM1 和 KM4 控制下做高速运行。拉出主轴变速操作手柄，行程开关 SQ4 释放，SQ6 受压，线圈 KM3、KT 和 KM1 断电，同时 KM2 线圈得电、KM5 线圈断电、KM4 线圈得电，使 M1 串入电阻 R 低速反接制动，M1 转速迅速下降。当速度下降到 100 r/min 时，KS 触点恢复常态，使 KM1 线圈得电，KS 控制 M1 进行正向低速启动，实现连续低速冲动，以利于齿轮啮合。当选择好主轴转速，推回变速操作手柄，主轴变速开关 SQ4 受压，SQ6 释放，KM3、KT 和 KM1、KM4 线圈得电，M1 先低速启动，然后在 KT 控制下自动转换为高速运行。

4. 快速移动控制

快速移动电动机 M2 用来拖动镗床各进给方向的快速移动，其控制电路如图 1-8-4 所示。

- 快速手柄扳到正向位置→压动 SQ9 → KM6 线圈得电→电动机 M2 正向转动→运动部件按所选方向快速移动
- 快速手柄扳到反向位置→压动 SQ8 → KM7 线圈得电→电动机 M2 反向转动→运动部件按所选方向快速移动

（三）辅助电路

变压器 TC 将 380 V 交流电变换成所需电压，其中控制电路为 220 V，照明电路为 12 V，电源指示 HL 为 6.3 V。

SA1 作为照明电路开关，FU4 则是照明电路的短路保护。

三、T68 卧式镗床电路中常见的故障

除了一般电路中常见的故障，T68 卧式镗床电路中还可能出现如表 1-8-2 中所示的故障。

河南科学技术出版社内部资料

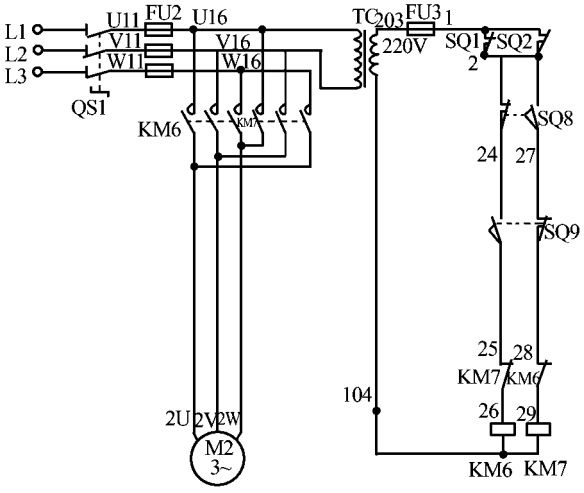


图 1-8-4　快速移动电动机 M2 的控制电路

表 1-8-2　T68 卧式镗床电路中常见的故障

故障现象	原因	排除方法
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	时间继电器 KT 不动作；行程开关 SQ7 位置移动	检查时间继电器 KT 接线是否正确，或延时到后测量其触点是否动作；测量行程开关 SQ7 是否一直处于接通或断开的状态，若是，则调整行程开关 SQ7 的位置，使其在 SQ7 闭合时高速运行，断开时低速运行
主轴实际转速比变速盘指示转速高 1 倍或是其 1/2	变速机构撞钉动作与变速盘指示转速没有相对应	调整变速操作手柄，使撞钉动作与变速盘指示转速相对应
主轴变速后推上变速操纵手柄，主轴电动机无变速冲动，或运行中进行变速，变速完成后主轴电动机不能自行启动	主轴的变速冲动是由于位置开关 SQ4 和 SQ5 安装不牢	检测调整好行程开关 SQ4 和 SQ5 触点的状态，确定其正确的安装位置，并且安装牢固
主轴停车时无制动或制动效果不明显	反接制动电路不通	首先检查按下停止按钮 SB1 后，反接制动接触器 KM2 是否吸合。若 KM2 不吸合，则故障点在控制电路部分，检查时可先操作主轴变速冲动手柄，若有冲动，故障范围就缩小到速度继电器和按钮支路上；若 KM2 吸合，则检查主电路的 KM2 主触点和 R 制动支路中是否存在开路；检查速度继电器 KS 的常开触点是否过早断开，使制动效果不明显

河南科学技术出版社内部资料

续表

故障现象	原因	排除方法
工作台不能快速进给	交流接触器 KM6 和 KM7 主触点电路不通；或 KM6 和 KM7 控制电路故障	如果快速操作手柄扳到正向位置后接触器 KM6 不吸合，则故障在控制电路部分，大部分原因是在快速操纵手柄扳到正向位置后，行程开关 SQ9 触点没有发生动作，可用万用表检测 3—24—25—26—104 这条支路的导通性；KM6 吸合正常，则故障大多是由于主电路的问题，检查主电路接线断开情况。 反向故障排除的方法与正向类似

任务实施

一、器材准备

◆T68 卧式镗床排故电器柜 1 台。
◆电工常用工具 1 套。
◆万用表 1 只。

二、T68 卧式镗床电气控制线路的故障检修

（一）熟悉正常电路的工作情况

首先启动机床各处的开关或按钮，观察机床动作，熟悉 T68 卧式镗床整台机床正常电路的工作情况。

（1）根据电气原理图在实验装置中找到对应元件，弄清接线关系。

（2）将实验装置接通电源，正确操作，观察设备正常工作过程。

（二）故障设置

熟悉正常电路的工作情况后，教师设置故障，也可以同学之间相互设置故障，一次设置 1~2 个故障点。设置完成后，再次操作设备，观察机床的工作现象，然后断开电源。

（三）检修故障

（1）根据故障的情况，结合电气原理图，从原理上分析产生故障的可能原因，列出可能的故障点，并在电气原理图中用虚线标出最小故障范围。

（2）逐步测试电路查找故障，然后排除。

（3）排除故障时，必须修复故障点，但不得采用元件替换。

（4）检修时，严禁扩大故障范围或产生新的故障。

（5）注意工具及仪表使用要安全、正确，符合使用要求。

（6）如需带电检修，必须有教师在场监护，以确保安全。

（四）故障排除记录

根据设置的电路的故障现象，进行具体分析，完成表 1-8-3。

河南科学技术出版社内部资料

表 1-8-3　电路中的故障分析与排除

故障现象	故障原因	排除方法

检测评价

任务完成后，请对照任务要求对完成任务的情况进行检测与评价。检测评价标准见附录二的附表 2-3。

思考与练习

1. 在 T68 卧式镗床的控制电路中，主轴电动机的转速变换是通过哪些电器元件来实现的？

2. T68 卧式镗床控制电路中，在总电源接通的情况下，要使主轴电动机处于以下几种状态，应操作哪些电器？

（1）主轴反转低速运行。

（2）主轴反向点动。

（3）主轴在已工作情况下进行变速。

3. T68 卧式镗床主轴电动机低速运行时，压下 Q7 后能立刻变为高速启动运行吗？为什么？

4. 分析主轴电动机反向高速启动和反向点动的工作过程。

河南科学技术出版社内部资料