

教 案

2025-2026 学年第一学期

课程名称 机床电气控制技术

专业班级 电气 241 (3+证书)

总学时数 54 学时

任课教师 谢浩鑫

课程基本信息

课程名称	机床电气控制技术			
课程性质	专业课	学分	3	
学时	总学时：54 学时。其中：课堂讲授 36 学时；实训/实验 18 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	谢浩鑫	
授课专业、班级	电气自动化专业技术 241（3+证书）	开课学期	2025-2026 第一学期	
成绩评定	平时成绩占 30 %；期末成绩占 70 %	考核方式	考试	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	机床电气控制技术	黄学奎	航空工业出版社	2025.02
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	《机床电气控制技术》课程是电气自动化专业的一门必修专业课，是学生学习和掌握电气传动与控制知识的主要途径。			
本课程教学目标	通过本课程的教学，使学生了解机床电气控制技术的一般原理和基础知识，掌握分析、设计和使用机床电气控制系统和装置、器件的基本技能，获得工程师必备的知识储备和技能训练。			
素质(思政)内容与要求	<p>培养创新思维，引导学生在电路优化、故障排查中突破传统思路，鼓励提出新型接线或调试方案。</p> <p>强化团队协作，以机床电气系统组装、多模块联动调试等小组实训为载体，要求成员通过沟通解决接线冲突、参数不匹配等问题，体会协作对效率与质量的关键作用。</p> <p>树立责任意识，依托电气操作安全规范、设备检修质量标准，结合操作失误导致机床损坏、生产停滞的案例，强调技术人员对设备安全、生产效率的责任担当。</p>			
学生用主要参考资料	无			

第一章 安全用电 低压电器（6学时）

素质（思政）内容与要求：

以都江堰引出控制思想，讲解智能控制概念时，借傅京孙事迹传首创精神与家国情怀；述发展历程，用蔡自兴求学故事培坚韧品质；结合我国制造业升级、航天成就等应用，激民族自豪感与社会责任感。

教学内容：

1. 开关电器
2. 主令电器
3. 熔断器
4. 接触器
5. 继电器
6. 变压器

教学目标：

1. 能熟练掌握按钮、闸刀开关、铁壳开关、低压断路器、熔断器、组合开关、万能转换开关、行程开关等低压电器的作用、型号与参数意义；
2. 能熟练陈述热继电器、电磁式继电器、时间继电器和速度继电器的功能、符号、常用型号，掌握其使用方法；
3. 能熟练陈述接触器功能、符号、常用型号，掌握其使用方法；
4. 了解固态继电器的基本知识。

教学重点：

按钮、低压断路器、熔断器、组合开关、行程开关等低压电器；接触器、热继电器、电磁式继电器、时间继电的作用和符号

教学难点：

接触器、时间继电器、低压断路器的动作原理、万能转换开关的接线

教学方法和手段：

课堂教学和实训为主。适当提问,加深学生对概念的理解。器件展示：闸刀开关、铁壳开关、低压断路器、熔断器、组合开关、万能转换开关；现场观摩行程开关的作用。

教学过程：

（一）开关电器

1. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是结构最简单、应用最广泛的一种手动电器。常用于接通和切断长期工作设备的电源及不经常起动及制动、容量小于7.5KW的异步电动机。

(1) 刀开关的型号及电气符号

(2) 刀开关的选用与安装

2. 转换开关

转换开关又称组合开关，一般用于不频繁地通断电路、换接电源或负载、测量三相电压和控制小型电动机正反转。

转换开关的符号及选用

3. 低压断路器（又称自动开关或空气开关）可用来分配电能、不频繁起动电动机、对供电线路及电动机等进行保护，用于正常情况下的接通和分断操作以及严重过载、短路及欠压等故障时的自动切断电路，在分断故障电流后，一般不需要更换零件，且具有较大的接通和分断能力。

(1) 低压断路器的常用型号及电气符号

(2) 低压断路器的选用

1) 额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。

2) 各脱扣器的整定：

3) 极数和结构形式应符合安装条件、保护性能及操作方式的要求。

(二) 主令电器

自动控制系统中用于发送控制指令的的电器称为主令电器。常用主令电器有控制按钮、行程开关、接近开关等。

1. 按钮

按钮开关俗称按钮，是一种结构简单，应用广泛的主令电器，一般情况下它不直接控制主电路的通断，而在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路，也可用来转换各种信号线路与电气连锁线路。

2. 行程开关

行程开关作用与按钮开关相似，是对控制电路发出接通或断开、信号转换等指令的。不同的是行程开关触点的动作不是靠手来完成，而是利用生产机械某些

运动部件的碰撞使触点动作，从而接通或断开某些控制电路，达到一定的控制要求。

(1) 行程开关的常用型号和电气符号

(2) 选用

3. 感应开关

(1) 接近开关

接近开关又称无触点位置开关。接近开关的用途除行程控制和限位保护外，还可作为检测金属体的存在、高速计数、测速、定位、变换运动方向、检测零件尺寸、液面控制及用作无触点按钮等。

(2) 光电开关

光电开关又称为无接触式检测和控制开关。它利用物质对光束的遮蔽、吸收或反射作用，检测物体的位置、形状、标志、符号等。

(三) 熔断器

1. 结构与用途

熔断器是一种结构简单、使用维护方便、体积小、价格便宜的保护电器，熔断器的结构一般分成熔体座和熔体等部分。它采用金属导体为熔体，串联于电路，当电路发生短路或严重过载时，熔断器的熔体自身发热而熔断，从而分断电路的电器，广泛用于照明电路中的过载和短路保护及电动机电路中的短路保护

2. 熔断器的选择

(四) 接触器

接触器是用来频繁地接通和分断交直流主回路和大容量控制电路。主要控制对象是电动机，能实现远距离控制，并具有欠（零）电压保护。

1. 结构和工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成。

工作原理：接触器根据电磁工作原理，当电磁线圈通电后，线圈电流产生磁场，使静铁心产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触头动作，使常闭触头断开，常开触头闭合，两者是联动的。当电磁线圈断电时，电磁力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复原，即常开触头断开，常闭触头闭合。

2. 交流接触器型号及主要技术指标

1) 型号意义

2) 主要技术指标

3.接触器的使用选择原则

选择接触器时应从其工作条件出发，主要考虑下列因素：

①控制交流负载应选用交流接触器；控制直流负载选用直流接触器。

②接触器的使用类别应与负载性质相一致。

③主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

④主触头的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流。还要注意的是接触器主触头的额定工作电流是在规定条件下（额定工作电压、使用类别、操作频率等）能够正常工作的电流值，当实际使用条件不同时，这个电流值也将随之改变。

⑤吸引线圈的额定电压应与控制回路电压相一致，接触器在线圈额定电压 85% 及以上时才能可靠地吸合。

⑥主触头和辅助触头的数量应能满足控制系统的需要。

（五）继电器

1.电磁式继电器

1)电流继电器

电流继电器的线圈串接在被测量的电路中，以反映电路电流的变化。为了不影晌电路工作情况，电流继电器线圈匝数少，导线粗，线圈阻抗小。

电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两类。

在机床电气控制系统中，电流继电器主要根据主电路内的电流种类和额定电流来选择。

2)电压继电器

电压继电器的结构与电流继电器相似，不同的是电压继电器线圈为并联的电压线圈，所以匝数多、导线细、阻抗大。

3)中间继电器

中间继电器实质上是电压继电器的一种，它的触点数多（有六对或更多），触点电流量大，动作灵敏。其主要用途是当其它继电器的触点数或触点

容量不够时,可借助中间继电器来扩大它们的触点数或触点容量,从而起到中间转换的作用。

电磁式继电器的图形符号一般是相同的。

2.时间继电器

时间继电器是一种用来实现触点延时接通或断开的控制电器,按其动作原理与构造不同,可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等类型。机床控制线路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器,目前晶体管式时间继电器也获得了愈来愈广泛的应用。

1) 空气阻尼式时间继电器

2) 晶体管式时间继电器

3) 数显式时间继电器。

3.热继电器

1) 热继电器的结构及工作原理

热继电器是利用电流的热效应原理来保护设备,使之免受长期过载的危害,主要用于电动机的过载保护、断相保护、三相电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。

2) 热继电器的使用与选择

热继电器的选择主要根据电动机的额定电流来确定热继电器的型号及热元件的额定电流等级。

4.速度继电器

速度继电器根据电磁感应原理制成的,用于转速的检测,如用来在三相交流异步电动机反接制动转速过零时,自动断开反相序电源。速度继电器常用于铣床和镗床的控制电路中。图为其外形、结构和符号图。

速度继电器的动作转速一般不低于 120r/min,复位转速约在 100r/min 以下,工作时,允许的转速高达 1000~3600r/min。

5.固态继电器

固态继电器(Solid State Relay)简称 SSR,是 70 年代中后期发展起来的一种新型无触点继电器。固态继电器是具有两个输入端和两个输出端的一种四端器件,其输入与输出之间通常采用光电耦合器隔离,并称其为全固态继电器。

6. 变压器

控制变压器是一个小型的变压器，常常有中间抽头，以输出多种电压，这个电压常常提供给控制板用来控制设备的运行，或控制电路的局部照明或用作信号灯、指示灯电源，所以这种变压器在设备中常叫做控制变压器。

（六）安全用电 触电急救

万用表的使用：

① 在使用前，认真阅读使用说明书，熟悉电源开关、量程开关、插孔及特殊插孔的作用。

② 将电源开关置于 ON 位置。

③ 测量直、交流电压。根据需要将量程开关拨至 DCV（直流）或 ACV（交流）挡，并选择合适的量程，红笔插入 V/ Ω 孔，黑笔插入 COM 孔，并将表笔与线路并联，即可从显示屏读出所测电压的大小。

④ 测量直、交流电流。将量程开关拨至 DCA（直流）或 ACA（交流）挡，并选择合适的量程，红笔插入 mA 孔（< 200 mA 时）或 20 A 孔（> 200 mA），黑笔插入 COM 孔，并将万用表串入被测电路中，即可从显示屏上读出所测电流的大小和极性。

⑤ 测量电阻。将量程开关拨至 Ω 挡，选择合适的量程，红笔插入 V/ Ω 孔，黑笔插入 COM 孔。如果显示屏显示“1”，则代表被测电阻的阻值超过所选量程的最大值，此时应选择更高的量程。测量电阻时，红笔代表正极，黑笔代表负极，在测量电解电容等有极性的元器件时，应注意表笔的极性。

⑥ 测量电路的通断。将量程开关拨至蜂鸣挡，红笔插入 V/ Ω 孔，黑笔插入 COM 孔。分别用表笔接触待测线路的两个测试点，若发出蜂鸣声，表明这两点之间是电气连通的；若不发声，表明这两点之间是电气断开的。

触电分类：

单相触电：单相触电是最为常见的触电方式，即人体的某一部分在接触带电体的同时，另一部分又与大地或中性线相接，电流从带电体经人体流到大地（或中性线）形成回路。

两相触电：两相触电是指人体的不同部分同时接触两相电源时造成的触电。对于这种触电情况，无论电网中性点是否接地，人体所承受的电压将比单相触电时更高，故危险更大。

跨步电压触电：雷电流入地面或电力线（特别是高压线）断裂而坠落地面时，会在导线接地点及周围形成强电场。当人跨入这个区域，两脚之间出现的电位差称为跨步电压。在跨步电压的作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，从而形成触电。跨步电压的大小取决于人体站立点与接地点的距离，距离越小，其跨步电压越大。当距离超过 20 m（理论上为无穷远处），可认为跨步电压为零，不会发生触电危险。

急救措施：

（1）首先要尽快地使触电者脱离电源

对于低压触电事故，可采用下列方法使触电者脱离电源。

① 若触电地点附近有电源开关或插头，可立即断开开关或拔掉电源插头，切断电源。

② 若电源开关远离触电地点，可用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头分相切断电线，断开电源；或用干木板等绝缘物插入触电者身下，以隔断电流。

③ 电线搭落在触电者身上或被压在身下时，可用干燥的衣服、手套、绳索、木板、木棒等绝缘物作为工具，拉开触电者或挑开电线，使触电者脱离电源。

对于高压触电事故，可以采用下列方法使触电者脱离电源。

① 立即通知有关部门停电。

② 戴上绝缘手套，穿上绝缘靴，用相应电压等级的绝缘工具断开开关。

③ 抛掷裸金属线使线路短路接地，迫使保护装置动作，断开电源。注意在抛掷裸金属线前，应将金属线的一端可靠地接地，然后抛掷另一端。

在使触电者脱离电源时应注意以下事项。

① 救护人员不得直接用手或其他金属及潮湿的物件作为救护工具，而必须采用适当的绝缘工具且单手操作，以防止自身触电。

② 在触电者脱离电源后，注意防止可能造成的摔伤。

③ 如果触电事故发生在夜间，应当迅速解决临时照明问题，以利于抢救，并避免扩大事故。

(2) 迅速采取正确的现场救护措施

① 如果触电者伤势不重，神志清醒，但是有些心慌、四肢发麻、全身无力；或者触电者在触电的过程中曾经一度昏迷，但已经恢复清醒。在这种情况下，应当使触电者就地休息，不要走动，并严密观察，然后请医生前来诊治或送往医院。

② 如果触电者伤势比较严重，已经失去知觉，但仍有心跳和呼吸，此时应当使触电者舒适、安静地平卧，并保持空气流通，同时揭开他的衣服，以利于呼吸。如果天气寒冷，还应注意保温，并立即请医生前来诊治或送往医院。

③ 如果触电者伤势严重，没有呼吸或心脏已停止跳动，则应立即分别进行人工呼吸和胸外心脏按压，并迅速请医生诊治或送往医院。应当注意的是，急救要尽快且持续地进行，直至医生到来。在送往医院的途中，也不能中止急救。

(3) 口对口人工呼吸法

在触电者呼吸停止后应立即采取口对口人工呼吸法进行急救。其具体步骤如下。

① 让触电者仰卧，迅速解开其衣领和腰带。

② 使触电者头部偏向一侧，清除口腔中的异物，使其呼吸畅通，必要时可用金属匙柄由嘴角伸入，使嘴部张开。

③ 救护者侧跪在触电者身体的一侧，一只手捏紧触电者的鼻子，一只手托在触电者颈后，使触电者颈部上抬，头部后仰，然后深吸一口气，用嘴紧贴触电者的嘴，大口吹气。然后松开触电者的鼻子，让气体从触电者肺部排出。一般按照人体正常呼吸节奏，每 5 s 吹气一次，不断重复地进行，直到触电者苏醒为止。对儿童施行此法时，不必捏鼻。当触电者开口困难时，可以使其嘴唇紧闭，对准鼻孔吹气（即口对鼻人工呼吸），效果相似。

(4) 胸外心脏按压法

触电者心脏跳动停止后应立即采用胸外心脏按压法进行急救。其具体步骤如下。

① 使触电者仰卧在结实的平地或木板上，松开其衣领和腰带，并使其头部稍微后仰（颈部可枕垫软物），抢救者跨在触电者身上或跪在腰部的一侧。

② 抢救者将左手掌放在触电者胸骨中下 1/3 交界处，左手掌复压在右手背上（对儿童可只用一只手）。

③ 抢救者借用身体重量向下用力挤压，压下 4~5 cm，然后突然松开。挤压和放松的动作要有节奏地进行，每秒钟进行一次，每分钟宜挤压 60 次左右，不可中断，直至触电者苏醒为止。挤压定位应准确，用力要适当，防止用力过猛给触电者造成内伤或由于用力过小导致挤压无效。对儿童用力要适当小些。

实训项目：低压电器的拆装

一、实训要求与步骤

1. 纪律要求

实验期间必须穿工作服（或学生服）、胶底鞋；注意安全、遵守实习纪律，做到有事请假，不得无故不到或随意离开；实验过程中要爱护实验器材，节约用料。

2. 工艺要求

（1）检验器材质量

在不通电的情况下，用万用表或肉眼检查各元器件各触点的分合情况是否良好，器件外部是否完整无缺；检查的螺丝是否完好，是否滑丝；检查接触器的线圈电压与电源电压是否相符。

（2）拆装电器元件

交流接触器、中间继电器

（3）自检

① 检查万用表的电阻档是否完好、表内电池能量是否充足；

② 手动检查各活动部件是否灵活，固定部分是否松动，线圈阻值是否正确；

③ 通电检查各触点压力是否符合要求，声音是否正常；

（4）通电试验

通电前必须自检无误并征得指导教师的同意，通电时必须有指导教师在场方能进行。在操作过程中应严格遵守操作规程以免发生意外。

3. 实验报告

实验过程中应认真学习实验教材和其他参考材料,认真完成指导教师布置的作业,实验完成后每位学生应写一份实验报告。

二、考核标准

- (1) 不知道电器的基本名称,每个扣5分。
- (2) 不了解型号的意义,每个扣2分。
- (3) 万用表使用不正确,每次扣5分。
- (4) 拆装电器元件不正确,每次扣5分。
- (5) 通电试验不成功,扣10分。
- (6) 回答问题时,错一处,扣5分。
- (7) 不遵守安全文明生产规章,每次扣5分。

第二章 机床控制电路的安装与调试(12学时)

素质(思政)内容与要求:

以都江堰引出控制思想,讲解智能控制概念时,借傅京孙事迹传首创精神与家国情怀;述发展历程,用蔡自兴求学故事培坚韧品质;结合我国制造业升级、航天成就等应用,激民族自豪感与社会责任。

教学内容:

1. 点动正转控制电路的安装与调试;
2. 单向连续正转运行控制电路的安装与调试;
3. 接触器联锁正反转控制电路的安装与调试;
4. 工作台自动往返控制电路的安装与调试;
5. 顺序运行控制电路的安装与调试;
6. 定子绕组串电阻降压启动控制电路的安装与调试;
7. 自耦变压器降压启动控制电路的安装与调试;
8. 星形-三角形联接减压启动控制电路安装与调试;
9. 反接制动控制电路的安装与调试;
10. 能耗制动控制电路的安装与调试。

教学目标:

1. 能完成点动、单向连续等基础电路安装调试;

2. 会操作接触器联锁正反转、工作台自动往返等功能电路；
3. 掌握降压启动、制动类电路的安装与调试逻辑。

教学重点：

掌握各电路主 / 控制回路接线，理解核心逻辑（如点动 “按动运行”、连续正转 “自锁”、正反转 “联锁防短路”、降压启动 “延时切换”、制动 “动能转化”），实现对应功能与基础故障排查。

教学难点：

接触器线圈电压匹配、自锁 / 联锁触点串并联逻辑；降压启动中延时参数与电阻 / 变压器选型；制动电路中速度继电器阈值、整流电路正负极；工作台电路行程开关与接触器对应关系，避免接线错误导致设备损坏或功能失效。

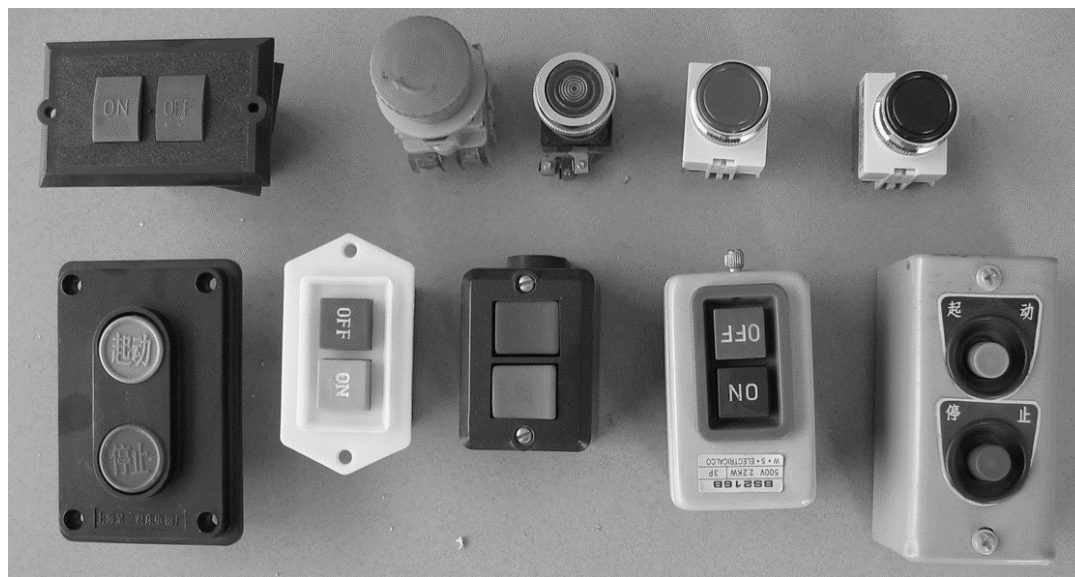
教学方法和手段：

课堂教学和实训为主。适当提问,加深学生对概念的理解。

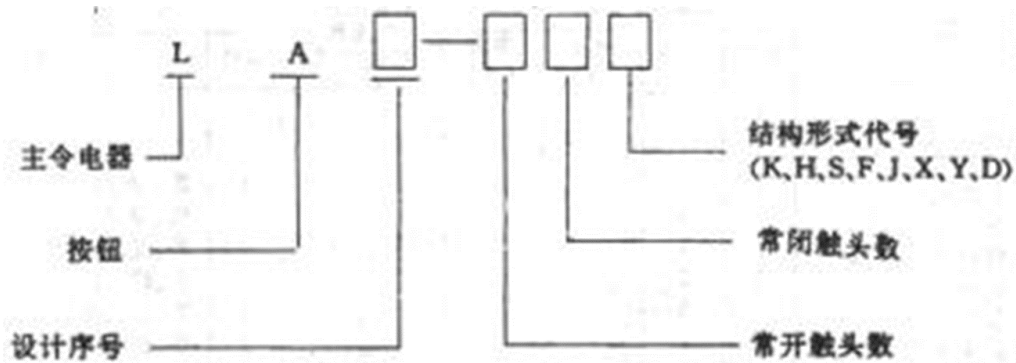
教学过程：

（一）点动正转控制电路的安装与调试

1. 常见的按钮开关外形：



型号及意义：



使用及维护：

(1) 由于按钮的触头间距较小，如有油污等极易发生短路事故，故使用时应经常保持触头间的清洁。

(2) 按钮用于高温场合，易使塑料变形老化，导致按钮松动，引起接线螺钉间相碰短路，可视情况在安装时多加一个紧固圈，两个拼紧使用；也可在接线螺钉处加套绝缘塑料管来防止。

(3) 带指示灯的按钮由于灯泡要发热，时间长时易使塑料灯罩变形造成调换灯泡困难，故不宜用在通电时间较长之处；如欲使用，可适当降低灯泡电压，延长使用寿命。

2. 电路图绘制、识读原则：

(1) 电源电路画成水平线，三相交流电源相序 L_1 、 L_2 、 L_3 自上而下依次画出，中线 N 和保护地线 PE 依次画在相线之下。直流电源的“+”端画在上边，“-”端在下边画出。电源开关要水平画出。

(2) 主电路是指受电的动力装置及控制、保护电器的支路等，它是由主断路器、接触器的主触头、热继电器的热元件以及电动机等组成。主电路通过的电流是电动机的工作电流，电流较大。主电路图要画在电路图的左侧并垂直电源电路。

(3) 辅助电路一般包括控制主电路工作状态的控制电路；显示主电路工作状态的指示电路；提供机床设备局部照明的照明电路等。它是由主令电器的触头、接触器线圈及辅助触头、继电器线圈及触头、指示灯和照明灯等组成。辅助电路通过的电流都较小，一般不超过 $5A$ 。画辅助电路图时，辅助电路要跨接在两相电源线之间，一般按照控制电路、指示电路和照明电路的顺序依次垂直画在主电路图的右侧，且电路中与下边电源线相连的耗能元件(如接触器和继电器的线圈、指示灯、照明灯等)要画在电路图的下方，而电器的触头要画在耗能元件与上边电源线之间。为读图方便，一般应按照自左至右、自上而下的排列来表示操作顺序。

(4) 电路图中，各电器的触头位置都按电路未通电或电器未受外力作用时的常态位置画出。分析原理时，应从触头的常态位置出发。

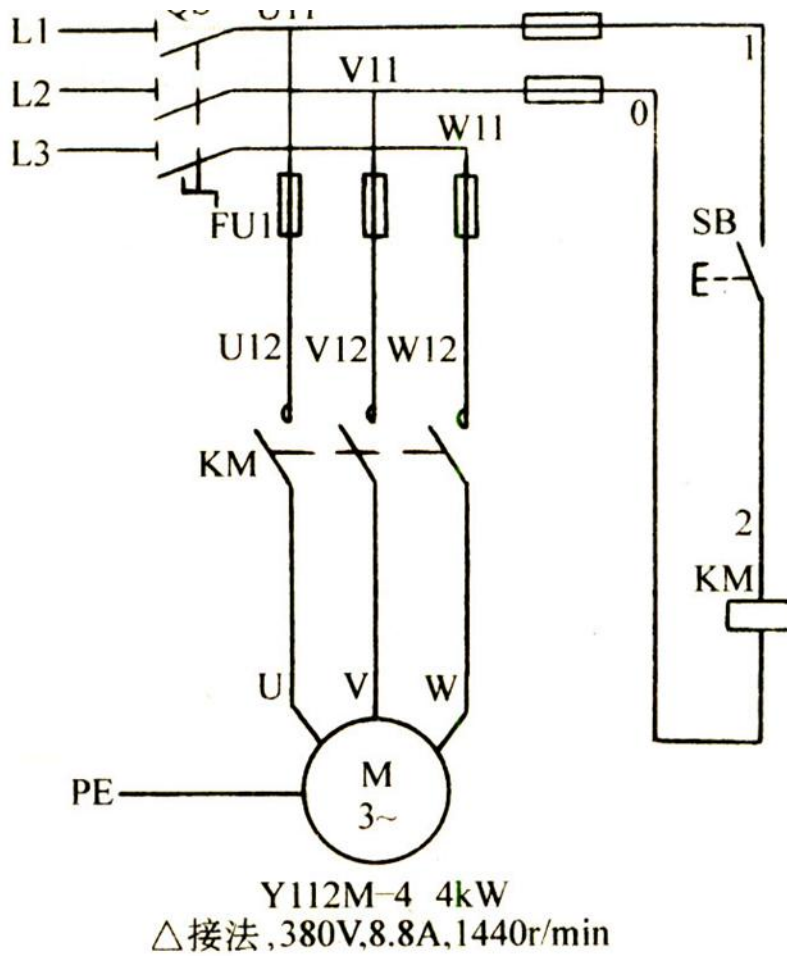
(5) 电路图中，不画各电器元件实际的外形图，而采用国家统一规定的电气图形符号画出。

(6) 电路图中，同一电器的各元件不按它们的实际位置画在一起，而是按其在电路中所起的作用分画在不同电路中，但它们的动作却是相互关联的，因此，必须标注相同的文字符号。若图中相同的电器较多时，需要在电器文字符号后面加注不同的数字，以示区别，如 $KM1$ 、 $KM2$ 等。

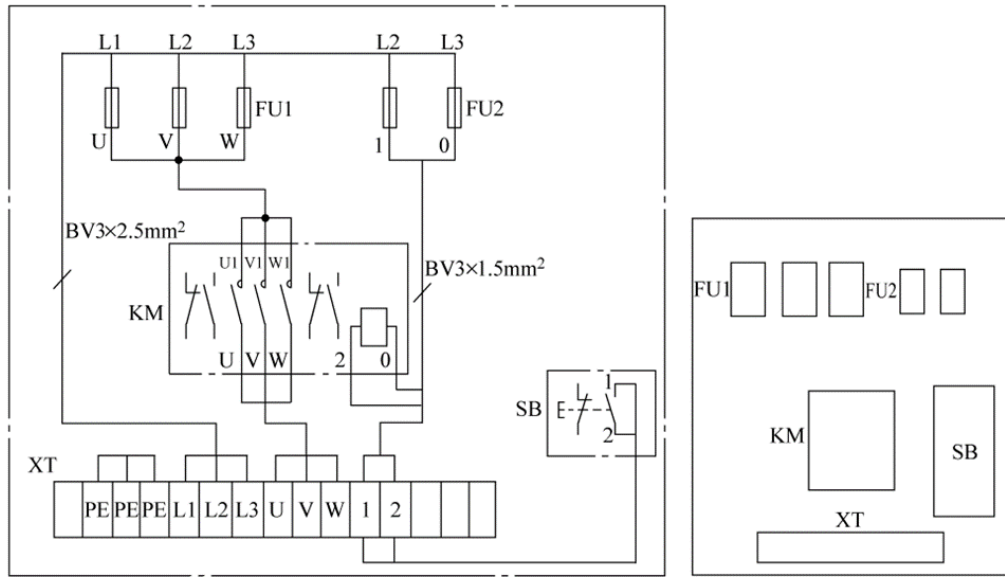
(7)画电路图时,应尽可能减少线条和避免线条交叉。对有直接电联系的交叉导线连接点,要用小黑圆点表示;无直接电联系的交叉导线则不画小黑圆点。

(8)电路图采用电路编号法,即对电路中的各个接点用字母或数字编号。(1)主电路在电源开关的出线端按相序依次编号为U11、V11、W11。然后按从上至下、从左至右的顺序,每经过一个电器元件后,编号要递增,如U12、V12、W12;U13、V13、W13……。单台三相交流电动机(或设备)的三根引出线按相序依次编号为U、V、W。对于多台电动机引出线的编号,为了不致引起误解和混淆,可在字母前用不同的数字加以区别,如1U、1V、1W;2U、2V、2W……。

3. 原理图(分析原理)

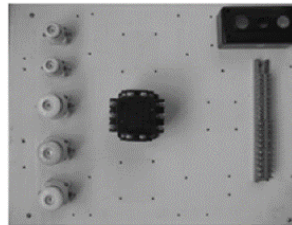


接线图、布置图与元件安装图:



a) 接线图

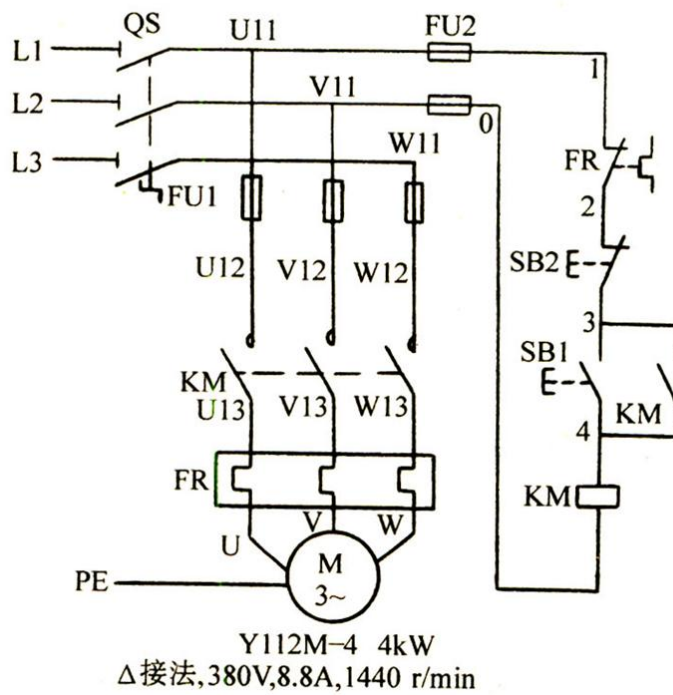
b) 布置图



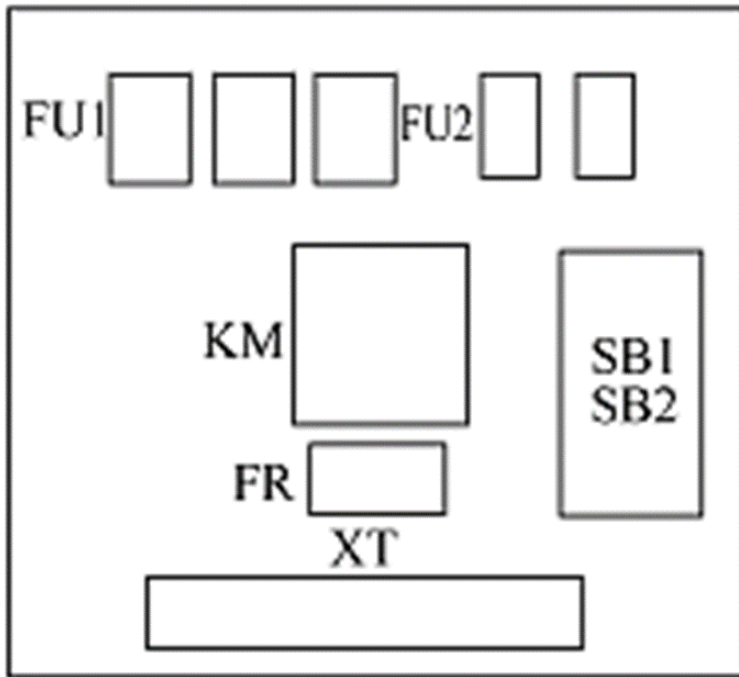
c) 元件安装图

(二) 单向连续正转运行控制电路介绍

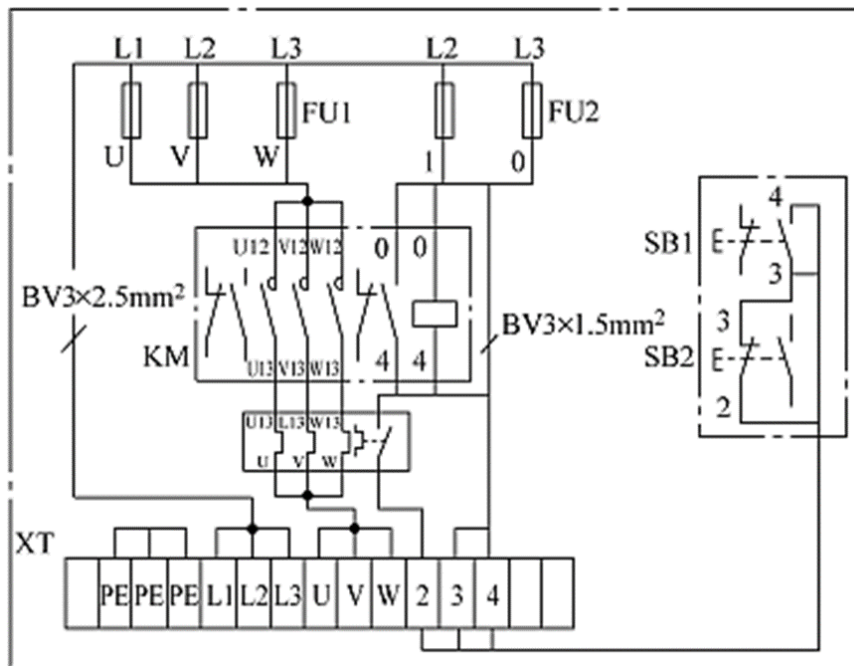
1、工作原理：



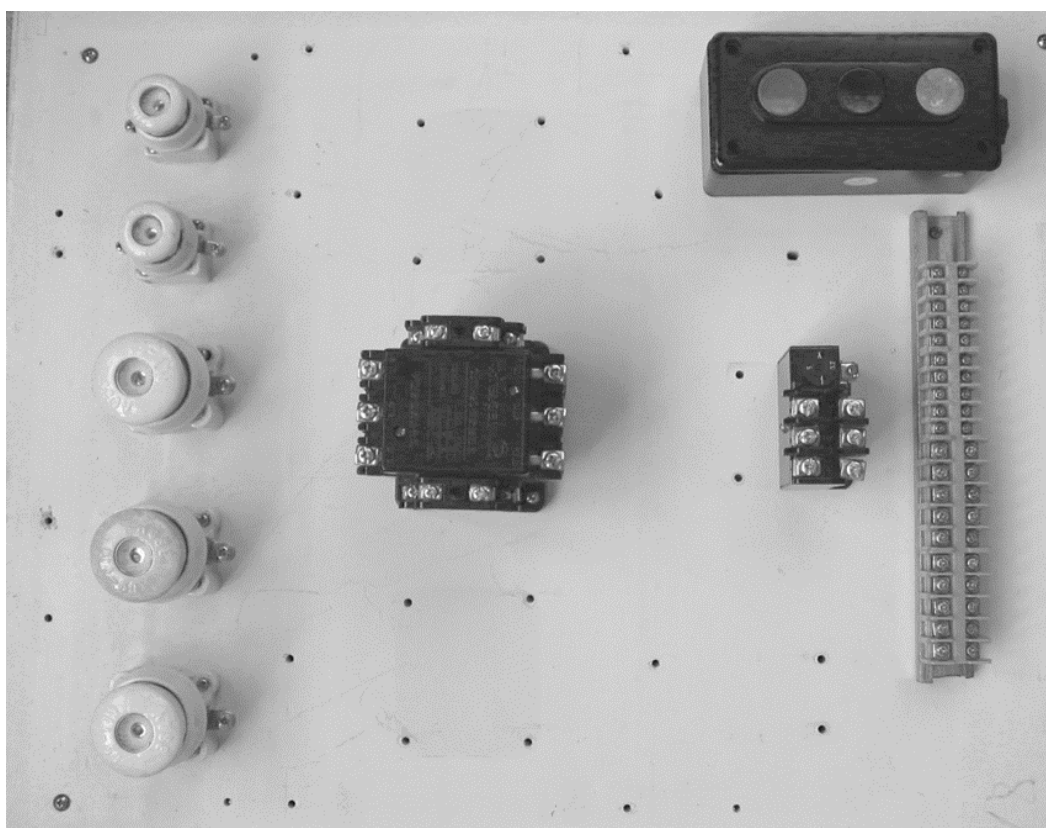
2. 布置图：



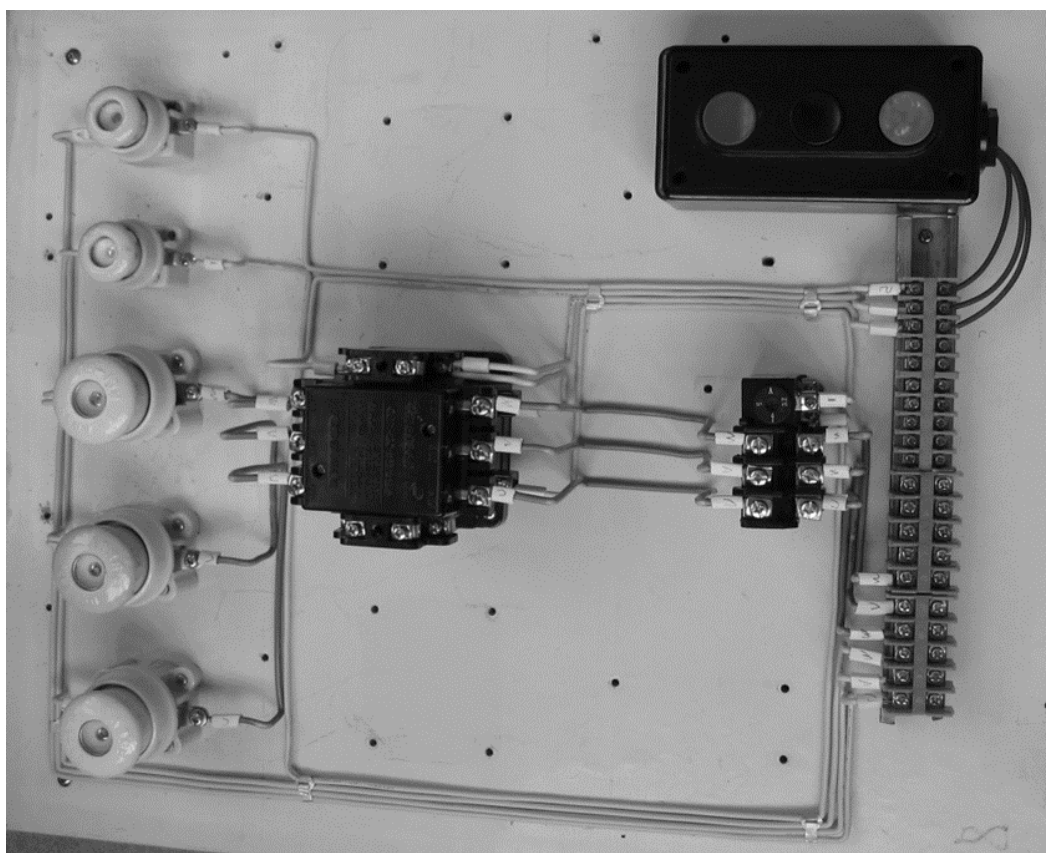
3. 接线图：



4. 元件安装图：



5、电路板图：

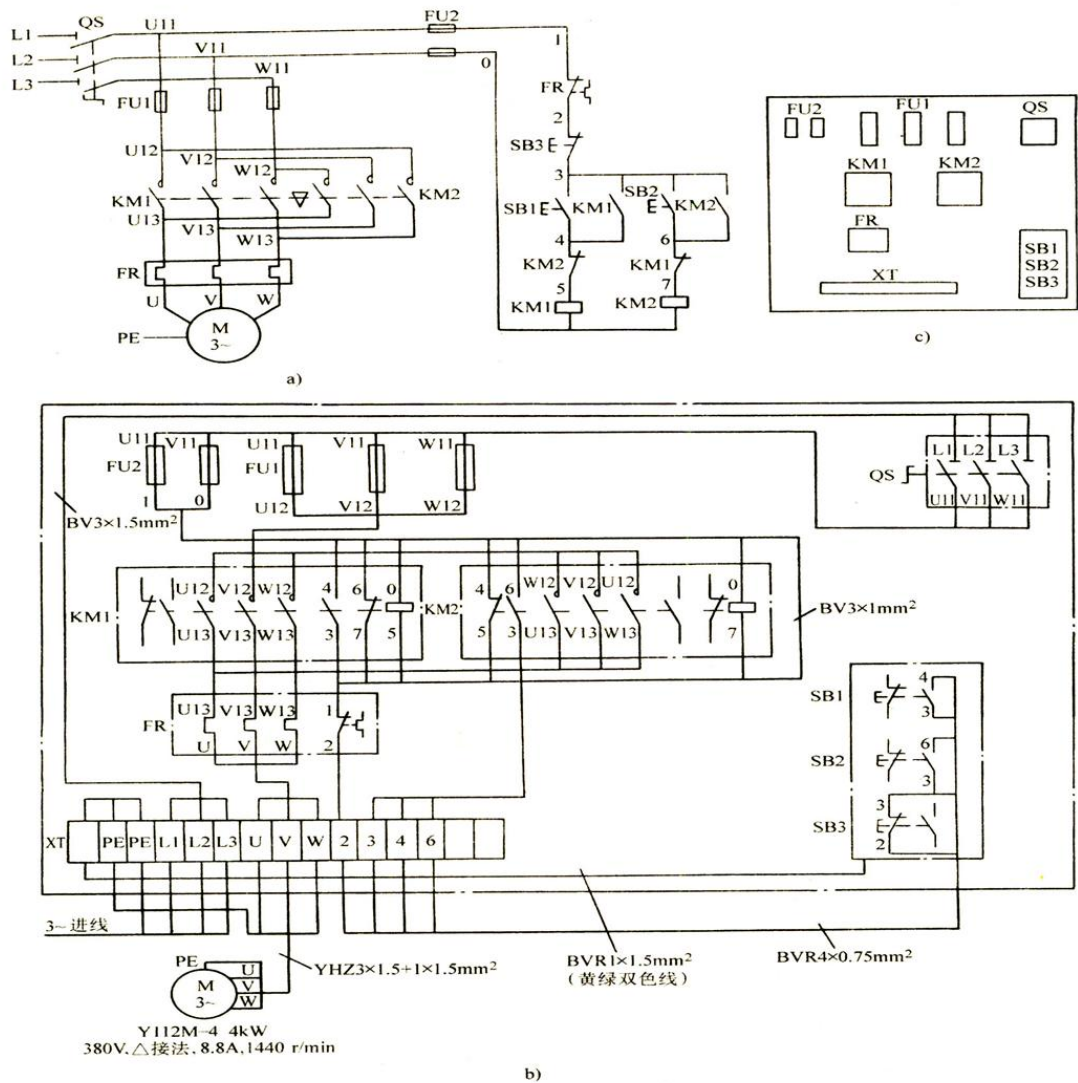


6、特别提示：

- 1.热继电器的热元件应串接在主电路中，辅助常闭触点应串接在控制电路中。
- 2.热继电器的整定电流应按电动机的额定电流自行调整。绝对不允许弯折双金属片。
- 3.在一般情况下，热继电器应置于手动复位的位置上。若需要自动复位时，可将复位调节螺钉沿顺时针方向向里旋足。
- 4.热继电器因电动机过载动作后，若需再次启动电动机，必须待热元件冷却后，才能使热继电器复位。一般自动复位时间不大于5min；手动复位时间不大于2min。

(三) 接触器联锁的正反转控制电路分析

1、原理图、接线图和布置图：



1. 配齐所用元器件，并进行质量检验。电气元件应完好无损，各项技术指标符合技术要求，否则应予以更换。

2. 画出布置图。根据布置图安装所有电气元件，并贴上醒目的文字符号。安装时，组合开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧；元件排列要整齐、匀称，间距合理，且便于元件的更换，紧固元件时用力要均匀，紧固程度适当，做到既要使元件安装牢固，又不使元件损坏。

3. 画出接线图，根据接线图进行板前明线布线和套编码套管。做到布线横平竖直、整齐、分布均匀、紧贴安装面、走线合理；套编码套管要正确；严禁损伤线芯和导线绝缘；接点牢靠。不得松动，不得压绝缘层，不反圈及不露铜过长等。并对照电路图检查布线的正确性。

4. 安装电动机。做到安装牢固平稳，以防止在换向时产生滚动而引起事故。可靠连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线。

5. 连接电源、电动机等控制板外部的接线。导线要敷设在导线通道内，或采用绝缘良好的橡皮线进行通电试验。

6. 自检。安装完毕的控制电路板，必须按要求进行认真检查，确保无误后才允许通电试车。

7. 交验合格后，通电试车。通电时，必须经指导教师同意后，由指导教师接通电源、并在现场进行监护。出现故障后，学生应独立进行检修。若需带电检查时，也必须有教师在现场监护。

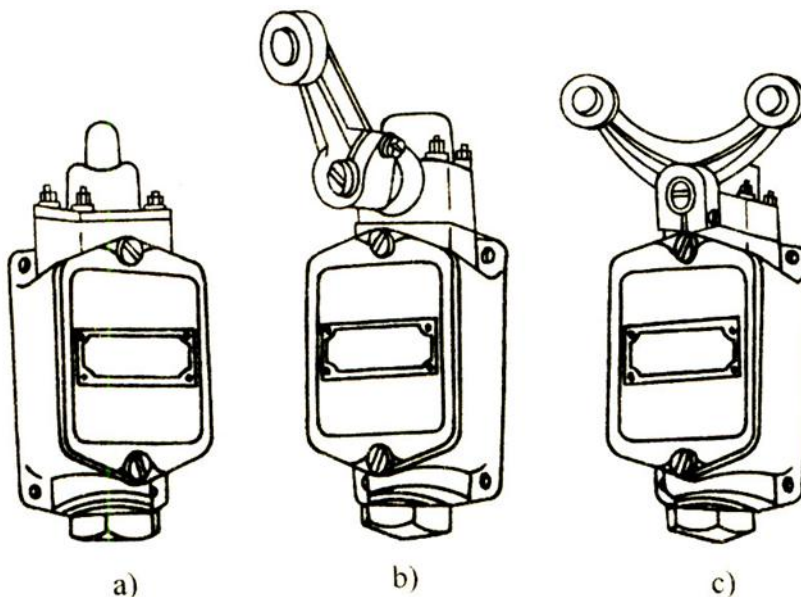
8. 通电试车完毕，停转、断开电源。先拆除三相电源线，再拆除电动机负载线。

(四) 位置开关

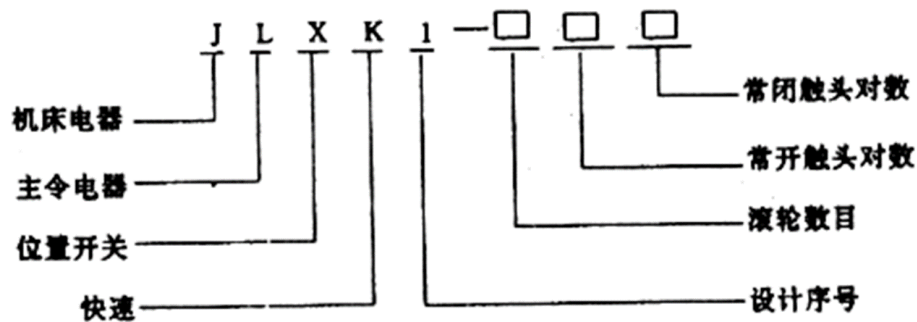
1. 作用及种类

位置开关是一种将机械信号转换为电信号，以控制运动部件的位置和行程的自动控制电器。位置开关包括行程开关和接近开关等。行程开关的种类很多，以运动形式分，有直动式和转动式；以触点性质分，为有触点和无触点的。

2. 外形、结构及动作原理图



3. 位置开关型号及电气图形与文字符号



4. 位置开关的选择

(1) 根据应用场合及控制对象选择是一般用途开关还是起重设备用行程开关。

(2) 根据安装环境选择防护形式，是开启式还是防护式。

(3) 根据控制回路的电压和电流，选择采用何种系列的行程开关。

(4) 根据机械与行程开关的传动力与位移关系选择合适的头部结构形式。

5. 使用及维护

(1) 位置开关安装时位置要准确，否则不能达到行程控制和限位控制的目的。

(2) 应定期清扫位置开关，以免触点接触不良而达不到行程和限位控制目的。

6. 位置开关的常见故障分析

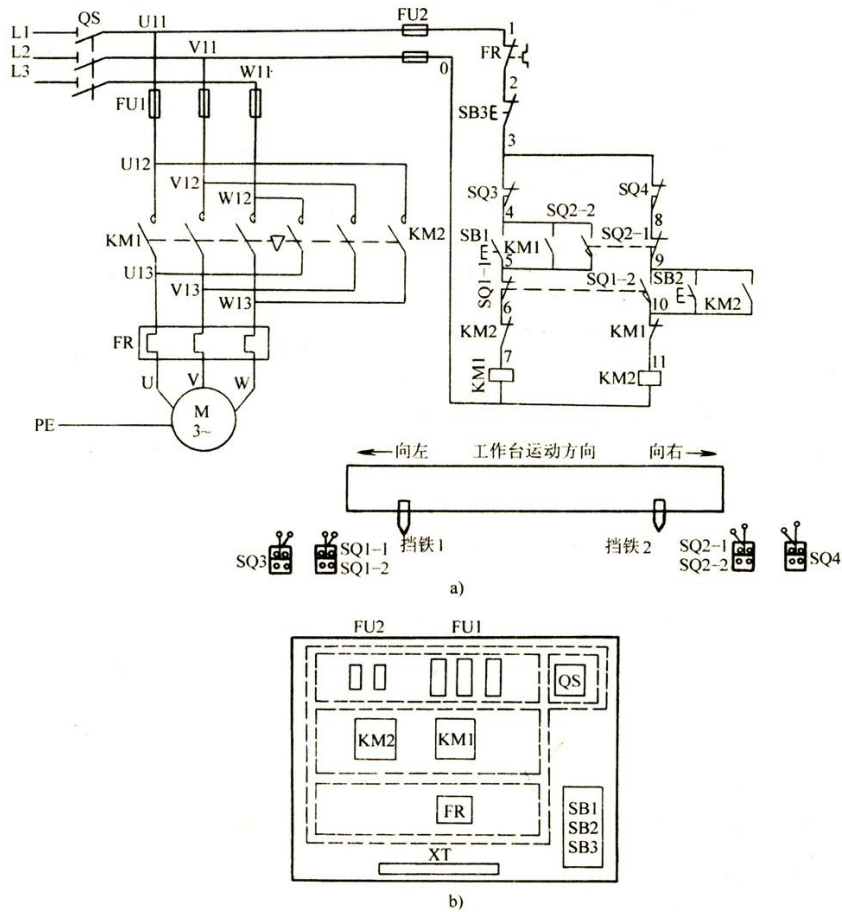
(1) 当挡铁碰撞位置开关使触头不动作 故障的原因一般为位置开关的安装位置不对，离挡铁太远；触头接触不良或联接线松脱。

(2) 位置开关复位但动断触头不能闭合 故障的原因一般为触头偏斜或动触头脱落、触杆被杂物卡住、弹簧弹力减退或被卡住。

(3) 位置开关的杠杆已偏转但触头不动 故障的原因一般为位置开关的位置装得太低或触头由于机械卡阻而不动作。

工作台自动往返控制电路分析

1. 工作原理分析（原理图和安装布置图）

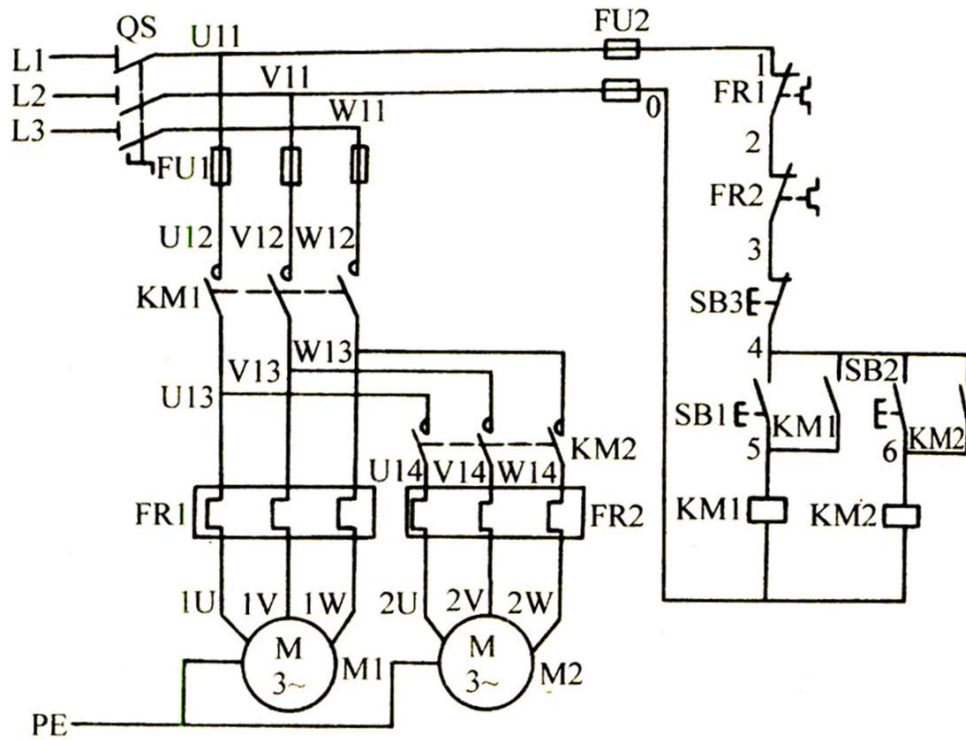


安装、调试注意事项

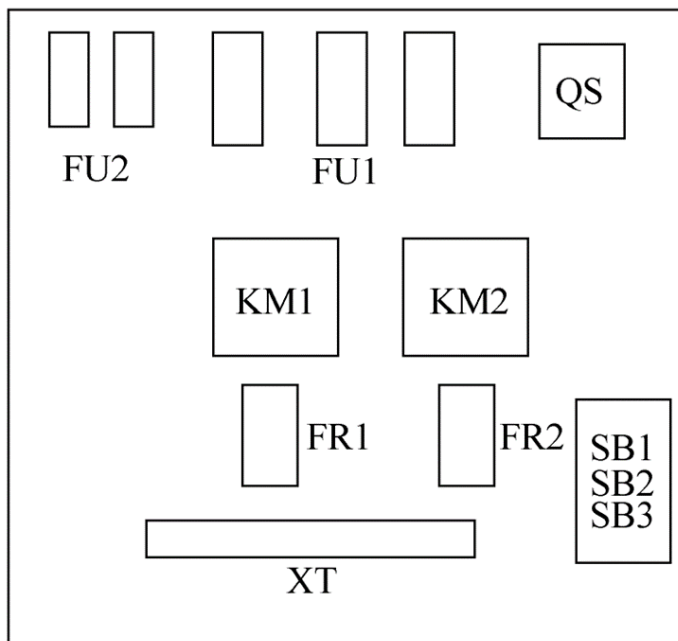
1. 位置开关必须牢固安装在合适的位置上。安装后，必须用手动工作台或受控机械进行试验，合格后才能使用。训练中若无条件进行实际机械安装时，可将位置开关装在控制板下方两侧进行手控模拟试验。

2. 通电校验时，必须先手动位置开关，试验各行程控制和中断保护是否正常可靠。若在电动机上正转（工作台向左运动）时，扳动位置开关 SQ，电动机不反转，且继续正转，则可能是由于 KM2 的主触头接线不正确引起，需断电进行纠正后再试，以防止发生设备事故

(五) 主电路实现电动机的顺序控制电路



1. 按表 2-18 配齐所用元器件，并进行质量检验。
2. 按绘制的布置图，如下图所示，安装电器元件和行线槽，电器元件安装应牢固，并贴上醒目的文字符号。



3. 在控制板上按图 2-19 所示电路图进行板前线槽布线，并在导线端部套编码套管和冷压接线头。
4. 安装电动机，可靠连接电动机和电器元件金属外壳的保护接地线。
5. 连接控制板外部的导线。
6. 自检
7. 校验，经检查无误后通电试车。

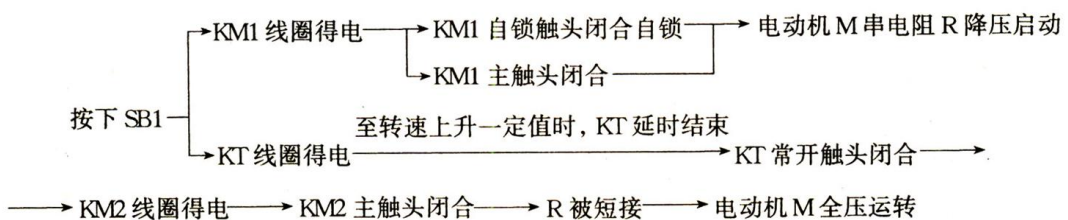
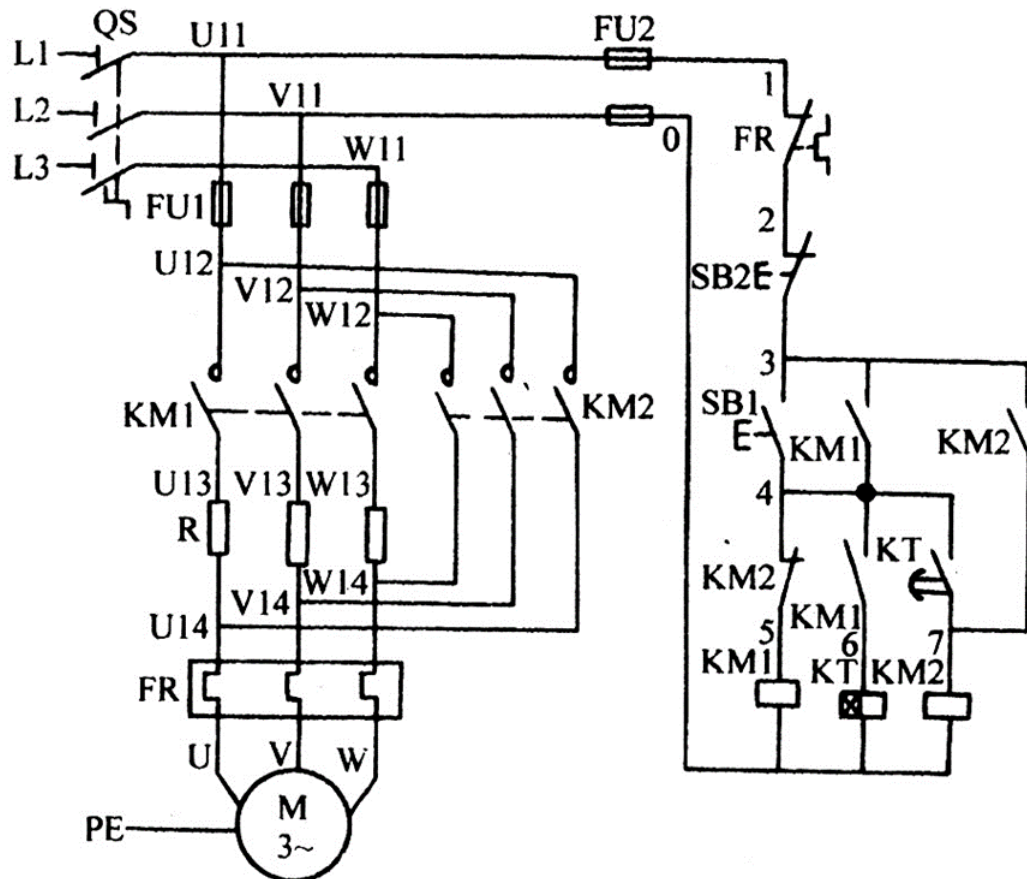
注意事项

1. 通电试车前，应熟悉电路的操作顺序，即先合上电源开关 QS，然后按下 SB1 后，再按 SB2 顺序启动。

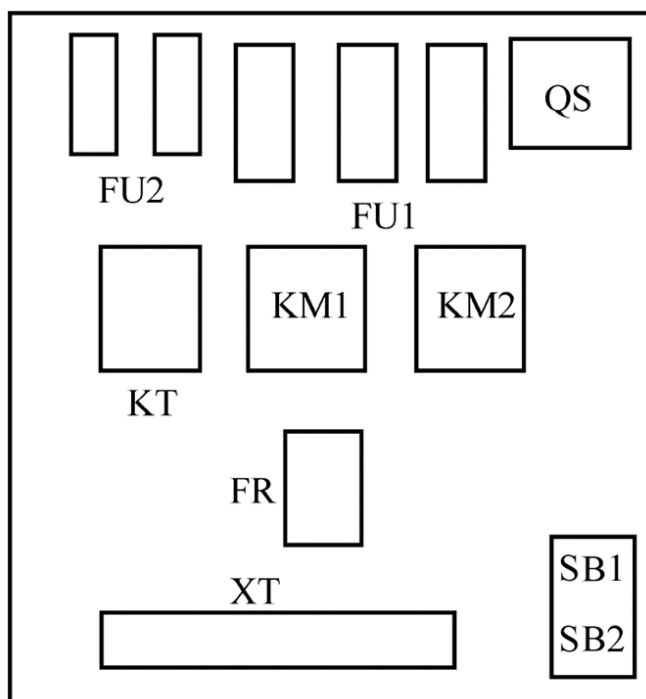
2. 通电试车，注意观察电动机、各电器元件及线路各部分工作是否正常。若发现异常情况，必须立即切断电源开关 QS，因为此时停止按钮 SB3 有可能已失去作用。

3. 安装应在规定的定额时间内完成，同时要做到安全操作和文明生产。

(六) 定子绕组串接电阻降压启动控制电路分析



1. 按表 2-21 配齐所用电器元件，并检验元件质量。
2. 根据电路图画出布置图如下图。



3. 在控制板上按布置图安装除电动机、电阻器以外的电器元件，并贴上醒目的文字符号。
4. 进行板前线槽布线、套编码套管和冷压接线头。
5. 安装电动机、电阻器。
6. 可靠连接电动机和电器元件金属外壳的保护接地线，连接控制板外部的导线。
7. 自检。
8. 交验，检查无误后通电试车。

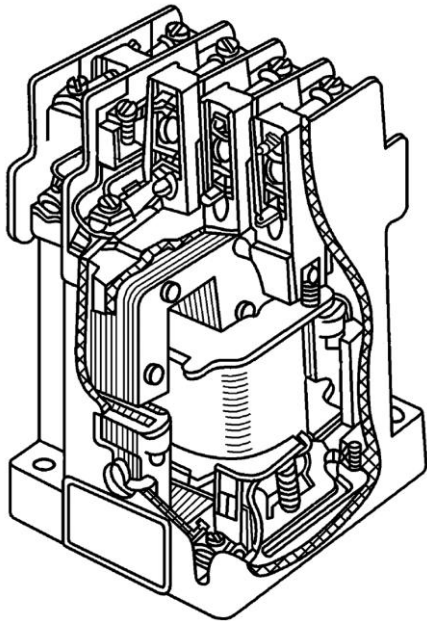
注意事项

1. 装时间继电器时，依据电路图的要求首先检查时间继电器状态，如果发现是断电延时时间继电器，应将线圈部分转动 180° ，改为通电延时时间继电器。无论是通电延时型还是断电延时型，都必须是时间继电器在断电之后，释放时衔铁的运动垂直向下，其倾斜度不得超过 5° 。时间继电器整定时间旋钮的刻度值应正对安装人员，以便安装人员看清，容易调整。
2. 时间继电器和热继电器的整定值，应在不通电时预先整定好，并在试车时校正。
3. 电阻器要安装在箱体内部，并且要考虑其产生的热量对其他电器的影响。若将电阻器置于箱外时，采取遮护或隔离措施，以防止发生触电事故。
4. 布线时，要注意短接电阻器的接触器 $KM2$ 在主电路的接线不能接错，否则，会由于相序接反而造成电动机反转。

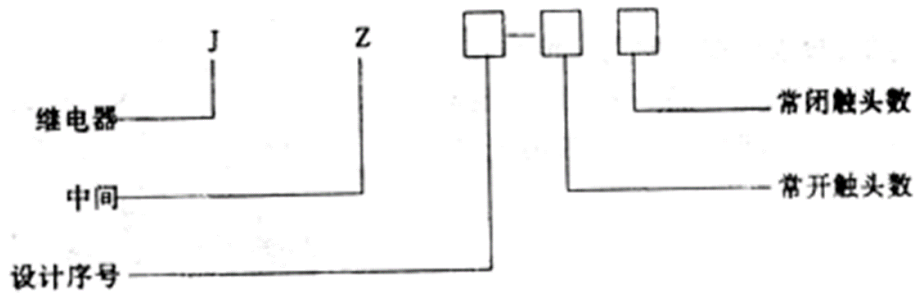
(七) 自耦变压器降压启动控制电路的安装与调试

1. 中间继电器的基本结构及原理

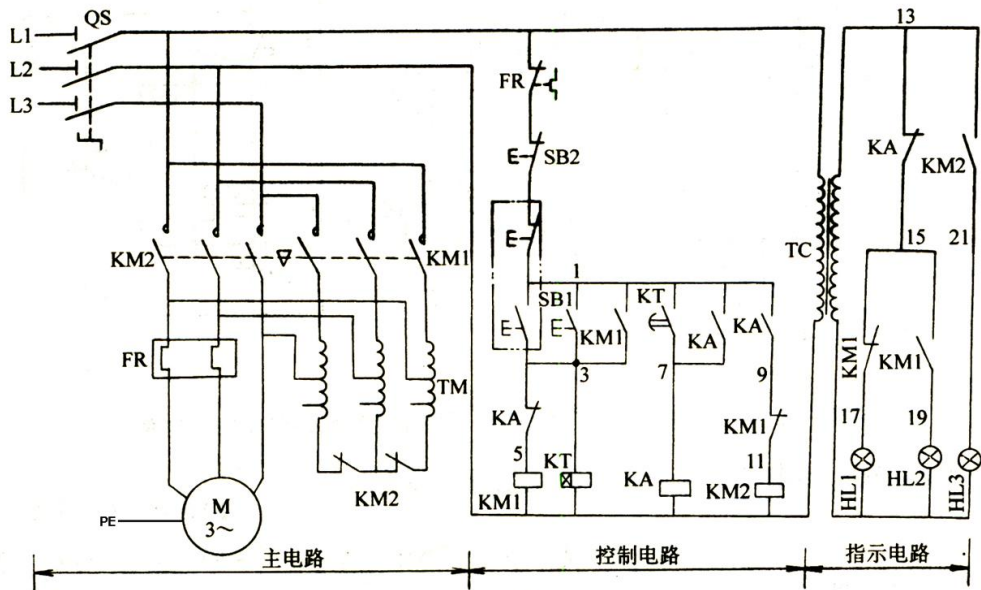
中间继电器的基本结构及工作原理与接触器基本相同，故称为接触器式继电器。所不同的是中间继电器的触头对数较多，并且没有主、辅之分，各对触头允许通过的电流大小是相同的。



2. 中间继电器型号与电气图形及文字符号



Xj01 型自动控制补偿器降压启动控制电路分析：



降压启动:



全压运转:

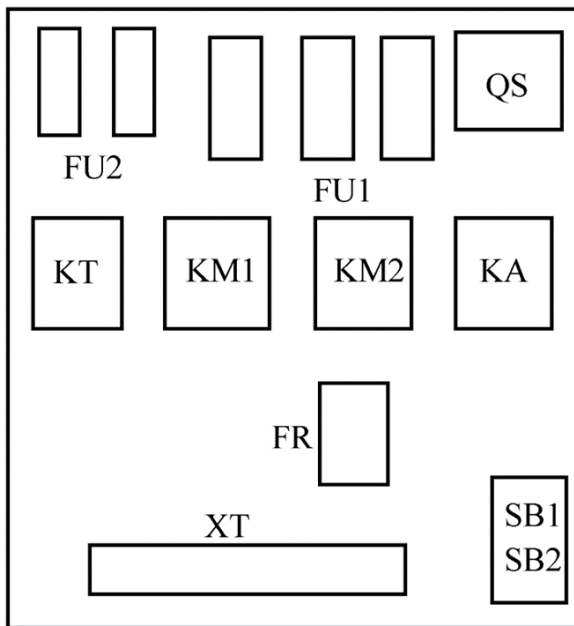


1. 电器元件检查

按表 2-24 将所需器材配齐并检验元件质量。

2. 绘制布置图

根据电路图绘制出布置图。布置图如下图所示。



3. 固定元器件

在控制板上将备好的所有元器件按图进行安装固定。

4. 进行槽板布线。

5. 安装电动机并接线。

6. 连接电源。

7. 自检后交验。

8. 试车。

1. 时间继电器和热继电器的整定值，应在不通电时预先整定好，并在试车时校正。

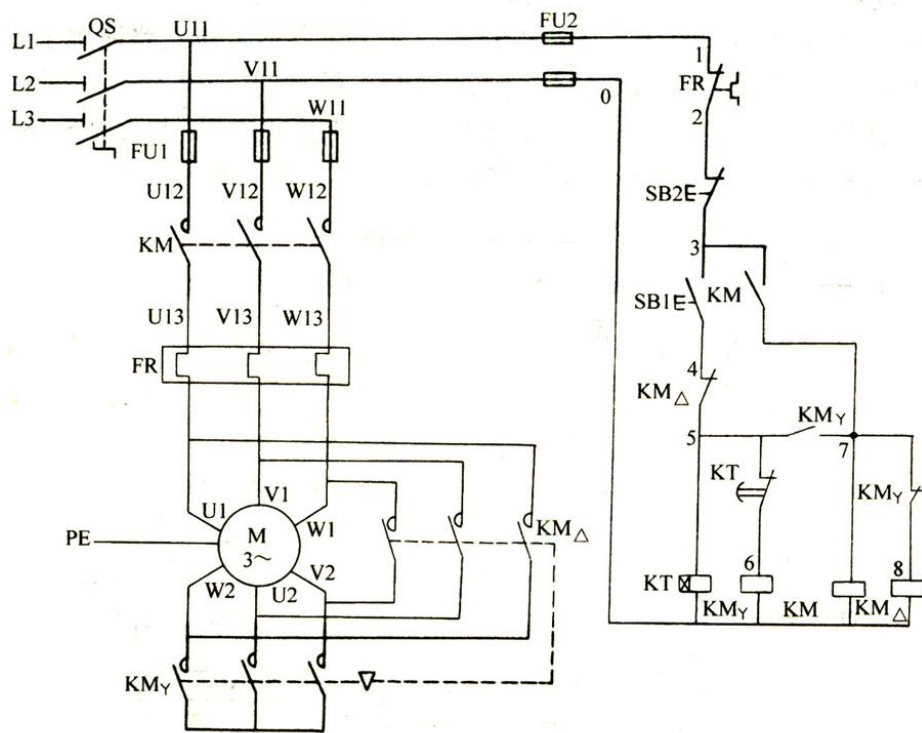
2. 时间继电器的安装位置，必须使继电器在断电后，支架铁心释放时的运动方向垂直向下。

3. 电动机和自耦变压器的金属外壳及时间继电器的金属底板必须可靠接地，并应将接地线接到它们指定的接地螺钉上。

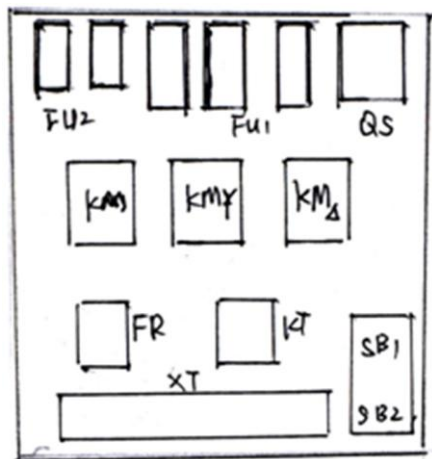
4. 自耦变压器要安装在箱体内部，否则，应采取遮护或隔离措施，并在进、出线的端子上进行绝处理，以防止发生触电事故。

5. 若无自耦变压器时，可采用两组灯箱来分别替代电动机和自变压器进行模拟试验，且三相规格必须相同。

(八) 星形-三角形联接减压启动控制电路的安装与调试



1. 按表 2-27 配齐所用电器元件，并检验地元件质量。
2. 画出布置图，如图所示。



3. 固定元器件

在控制板上按布置图管装电器元件和走线槽，并贴上醒目的文字符号。

4. 布线

进行板前线槽布线，并在线头上套编码套管和冷压接线头。

5. 安装电动机并接线

安装电动机前，必须检查电动机的性能。可靠连接电动机和电器元件金属外壳的保护接地线。

6. 连接电源

连接控制板外部的导线，经检查后，再连接电源线。

7. 自检并交验。

8. 通电试车。

注意事项

1. 用 Y- 降压启动控制的电动机，必须有 6 个出线端子且定子绕组在接法时的额定电压等于三相电源线电压。

2. 接线时要保证电动机形接法的正确性，即接触器 KMY 主触闭合时，应保证定子绕组的 U1 与 W2、V1 与 U2、W1 与 V2 相连接。

3. 接触器 KMY 的进线必须从三相定子绕组的末端引入，若误将其端引入，则在吸合时，会产生三相电源短路事故。

4. 控制板外部配线，必须按要求一律装在导线通道内，使导线有适当的机械保护，以防止液体、铁屑和灰尘的侵入。在训练时可适当降低要求，但必须以能确保安全为条件，如采用多芯橡皮线或塑料护套软线。

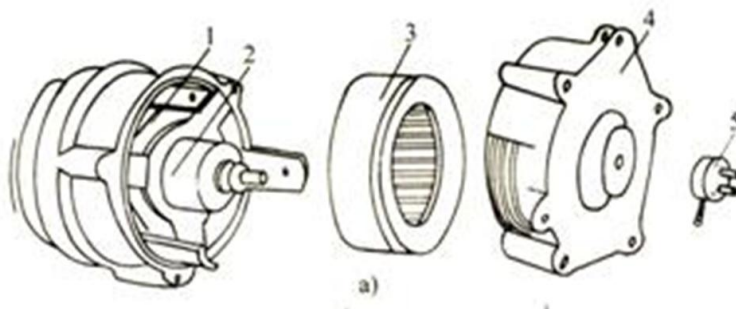
5. 通电校验前要再检查一下熔体规格及时间继电器、热继电器的各整定值是否符合要求。

6. 通电校验必须有指导教师在现场监护，学生应根据电路图的控制要求独立进行校验，若出现故障也应自行排除。

(九) 反接制动控制电路的安装与调试

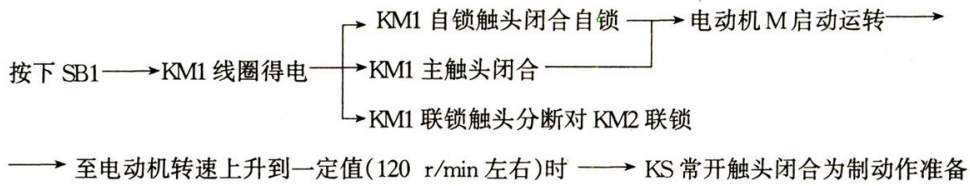
速度继电器

1. 速度继电器结构和动作原理图

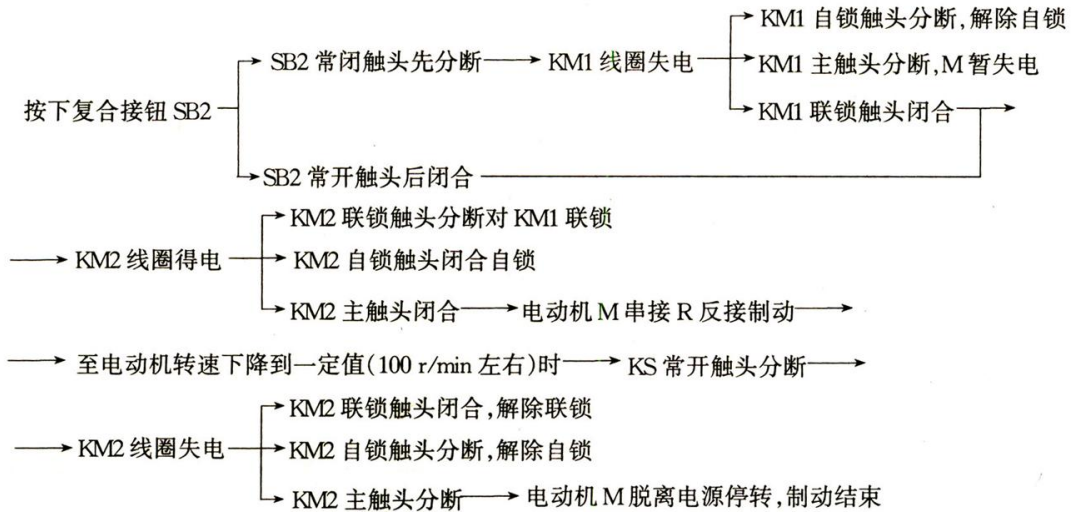


2. 电气图形及文字符号

单向启动:



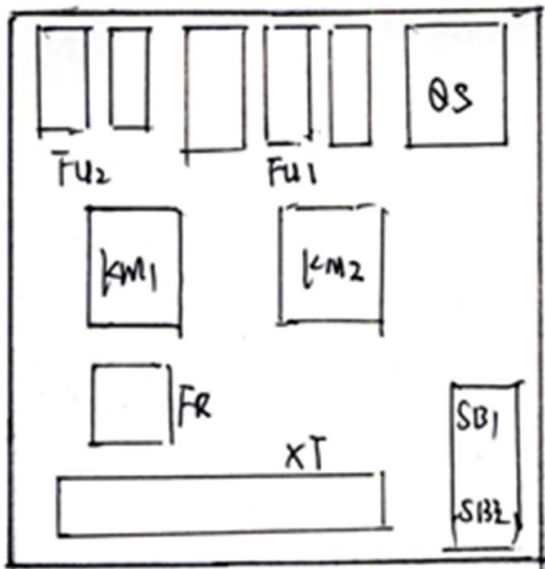
反接制动:



3. 反接制动优点

制动力强、制动迅速。缺点：制动准确性差。制动过程中冲击强烈、易损坏传动零件、制动能量消耗较大、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。

1. 按表 2-31 配齐所用电器元件,并进行质量检验。
2. 画出布置图如图所示。



3. 安装元器件

在控制板上布置图安装行线槽和除电动机、速度继电器以外的电器元件,贴上醒目的文字符号。

4. 布线

在控制板上进行板前线槽布线，并在导线端部套编码套管和冷压接线头

5. 安装电动机和速度继电器并接线

(1) 可靠连接电动机、速度继电器及电器元件不带电的金属外壳的保护接地线。

(2) 连接控制板外部的导线。

(3) 连接电源线。

6. 自检后交验

自检布线的正确性、合理性、可靠性及元件安装的牢固性。

7. 通电试车。

注意事项

1. 安装速度继电器前，要弄清其结构，辩明常开触头的接线端。

2. 速度继电器可预先安装好，不属于定额时间。安装时，采用速度继电器的连接头与电动机转轴直接连接的方法，并使两轴中心线重合。速度继电器可用联轴器与电动机的轴相连接。

3. 速度继电器的金属外壳应可靠接地。

4. 通电试车时，若制动不正常，可检查速度继电器是否符合规定要求。若需调节速度继电器的调整螺钉时，必须切断电源，以防止出现相对地短路而引起事故。

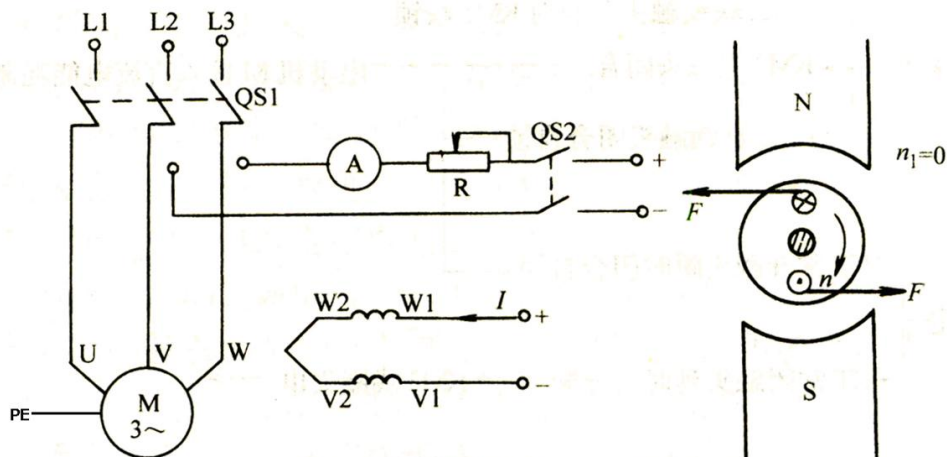
5. 速度继电器动作值和返回值的调整。

6. 制动操作不易过于频繁。

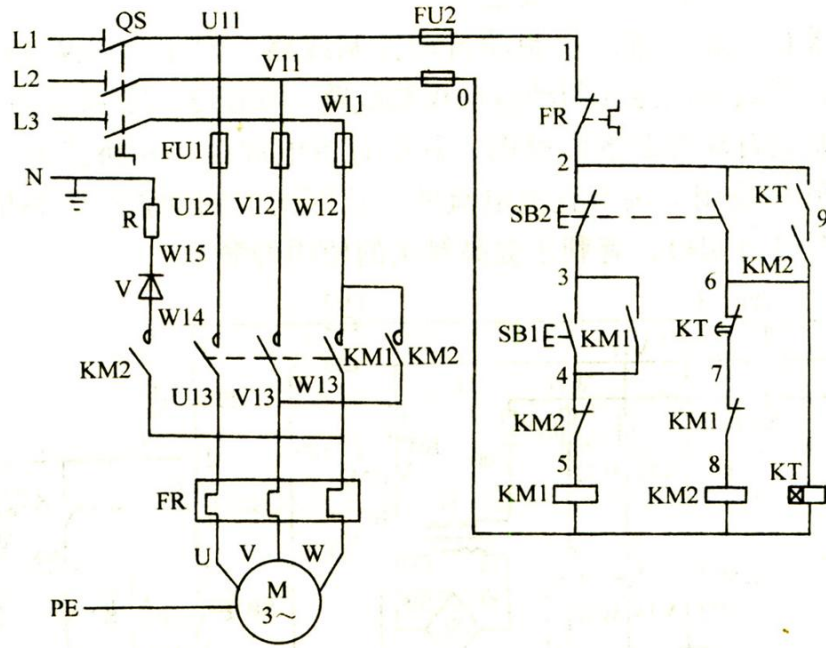
(九) 能耗制动控制电路的安装与调试

能耗制动原理

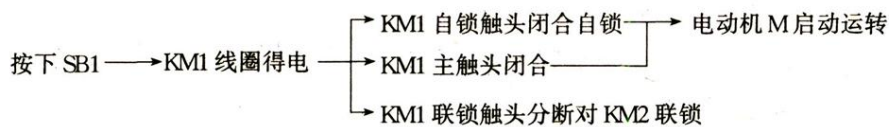
制动方法是通过在定子绕组中通入直流电以消耗转子惯性运转的动能来进行制动的，所以称为能耗制动，又称动能制动。



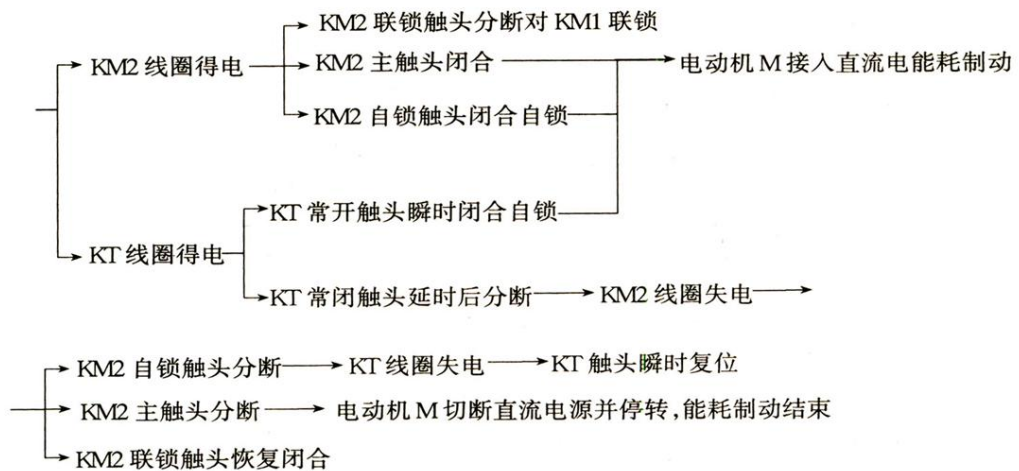
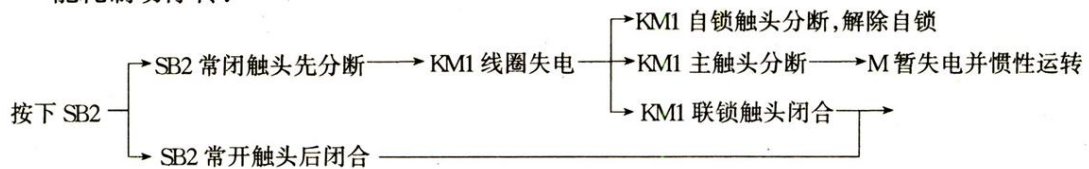
无变压器单相半波整流能耗制动自动控制电路分析
原理图如下（见图分析）



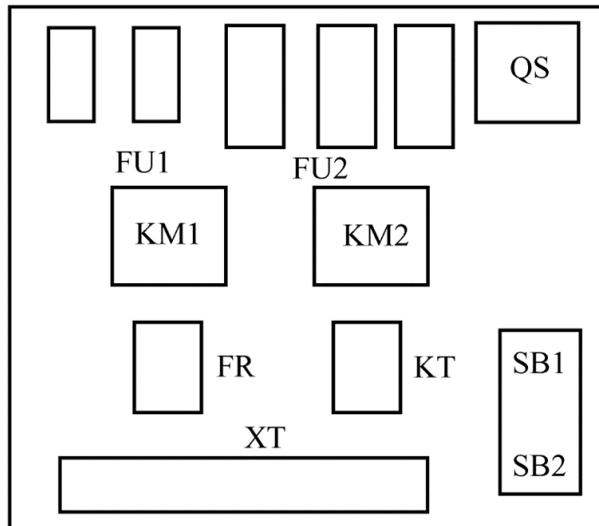
单向启动运转:



能耗制动停转:



1. 按表 2-34 配齐所用电器元件,并进行质量检验。
2. 画出布置图如图所示。



3. 安装元器件

在控制板上按布置图安装行线槽和除电动机以外的电器元件,贴上醒目的文字符号。

4. 布线

在控制板上进行板前线槽布线,并在导线端部套编码套管和冷压接线头。

5. 安装电动机并接线

- (1) 可靠连接电动机及电器元件不带电的金属外壳的保护接地线。
- (2) 连接控制板外部的导线。
- (3) 连接电源线。

6. 自检后交验

根据电路图自检布线的正确性、合理性、可靠性及元件安装的牢固性。

7. 通电试车。

注意事项

1. 时间继电器的整定时间不要调的过长,以免制动时间过长引起定子绕组发热。
2. 整流二极管要配装散热器和固定散热器支架。
3. 制动电阻要安装在控制板外面。
4. 进行制动时,停止按钮 SB2 要按到底。

第三章 基本控制电路检修（12学时）

素质（思政）内容与要求：

检修基本控制电路，需树“安全第一”理念，按规范操作，细致检测元件，培责任意识；懂互锁、星-三角等电路原理，用辩证与系统思维排查故障；践行“双碳”战略，精控参数教育匠心；团队协作，理论导实践，兼顾安全与效率，实现技能与价值观共提升。

教学内容：

1. 单向连续运行控制电路的检修；
2. 接触器双重互锁正反转控制电路的检修；
3. 星-三角减压启动控制电路的检修；
4. 能耗制动控制电路的检修。

教学目标：

1. 掌握单向连续运行控制电路、接触器双重互锁正反转控制电路、星-三角减压启动控制电路、能耗制动控制电路的组成、工作原理及典型故障类型；
2. 理解各电路中核心元件（如接触器、继电器、时间继电器、制动电阻等）的作用及参数要求，明确电路检修的行业标准与安全规范。

教学重点：

1. 单向连续运行控制电路的检修：电路的组成与工作逻辑；接触器、熔断器等元件的检测方法；“先断电验电，后排查故障”的操作流程；
2. 接触器双重互锁正反转控制电路的检修：电气互锁与机械互锁的协同原理；互锁触点的检测与更换标准；正反转切换故障的排查思路；
3. 星-三角减压启动控制电路的检修：星形与三角形连接的切换逻辑；时间继电器延时参数的设定与测试；启动过程中元件协同故障的判断；
4. 能耗制动控制电路的检修：制动电阻、整流元件的作用与检测；制动效果（时间、平稳性）的测试方法；安全与效率平衡的检修原则。

教学难点：

1. 原理与实践的结合：如双重互锁电路中“矛盾统一”原理的理解，如何将抽象原理转化为故障排查的具体思路；星-三角电路中元件协同工作逻辑的具象化分析；
2. 复杂故障的定位：四种电路中“隐性故障”（如触点氧化导致的接触不良、线路虚接）的识别，避免因单一元件故障误判为整体电路问题；
3. 规范与效率的平衡：检修中如何在严格遵守安全规范（如反复验电）的前提下，提升故障排查效率；如能耗制动电路中，既保证制动安全，又避免过度检修影响设备使用；
4. 思政理念的践行落地：如何将节能、工匠精神等思政元素融入实操，如星-三角电路检修中精准设定参数以实现节能，而非仅完成“故障排除”的基础任务。

教学方法和手段:

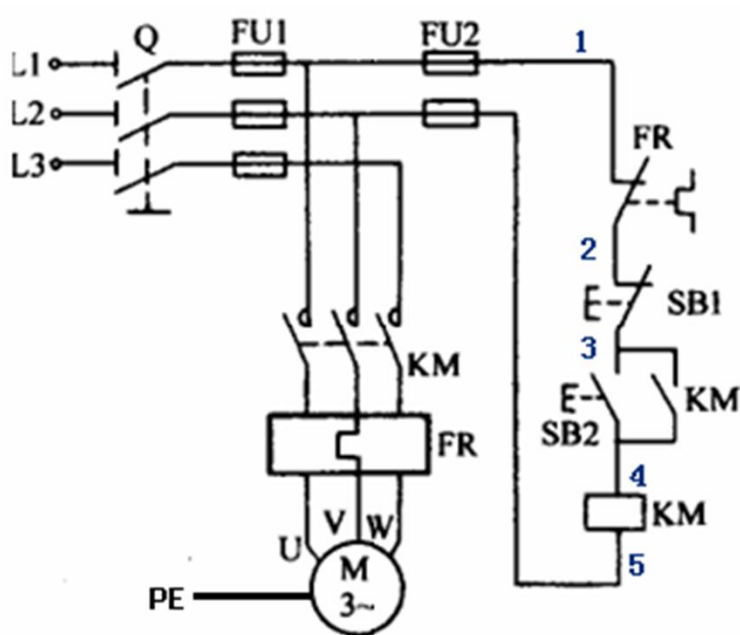
课堂教学和实训为主。适当提问,加深学生对概念的理解。

教学过程:

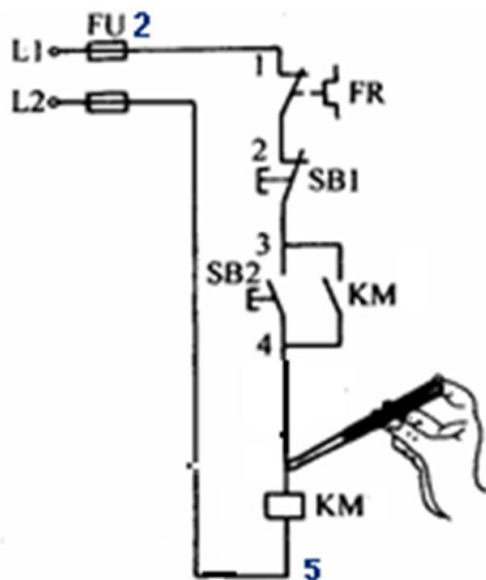
(一) 单向连续运行控制电路的检修

1. 电动机的单向连续运行控制原理分析:

原理图如下:



试电笔检修法 (如下图所示):



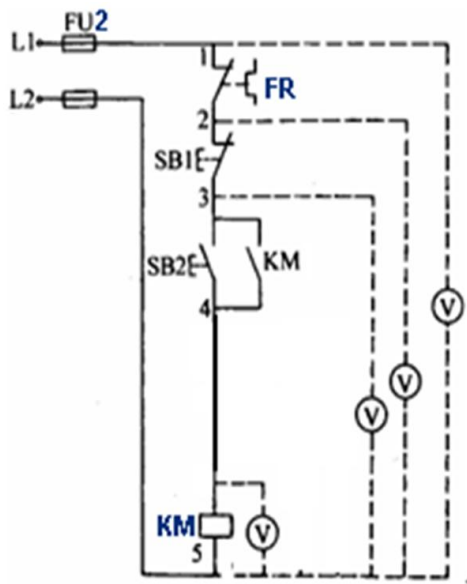
检修时用试电笔依次测试 1、2、3、4、5 各点（在去掉和 L2 端连接的熔断器中熔芯的情况下），并按下 SB2，测量到哪一点试电笔不亮即为断路处。例如测到 2 号点时试电笔不亮则说明 FR 常闭触点有问题或者和 FR 常闭触点连接的导线有断路。

注意事项

(1) 在有一端接地的 220V 电路中测量时，应从电源侧开始，依次测量，并注意观察试电笔的亮度，防止由于外部电场，泄漏电流造成氖管发亮，而误认为电路没有断路。

(2) 当检查 380V 且有变压器的控制电路中的熔断器是否熔断时，防止由于电源通过另一相熔断器和变压器的一次侧绕组回到已熔断的熔断器的出线端，造成熔断器没有熔断的假象。

万用表电压分阶测量检修法（如下图所示）：

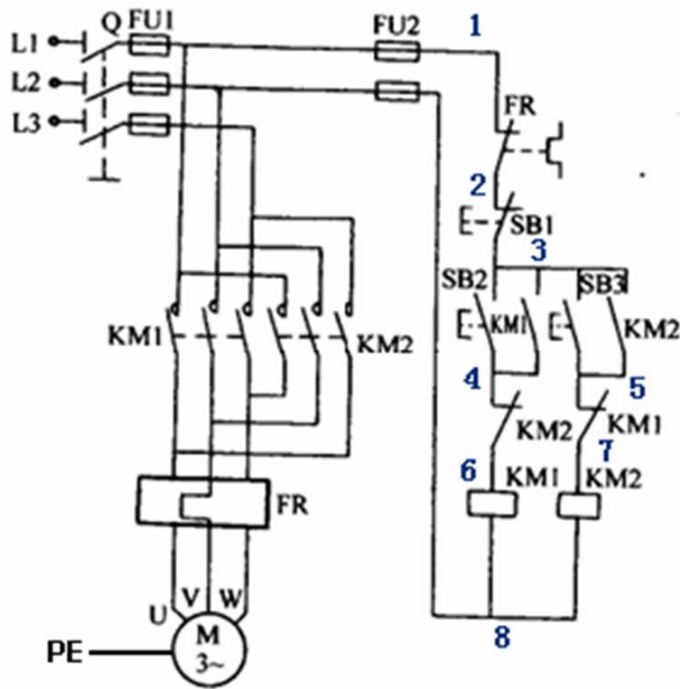


检查时，首先用万用表测量 1、5 两点间的电压，若电路正常应为 380V，然后按住起动按钮 SB2 不放，同时将黑表棒接到 5 号线上，红色表棒按 2、3、4、标号依次测量，分别测量 5—2、5—3、5—4 各阶之间的电压，电路正常情况下，各阶的电压值均为 380V，如测到 5—3 电压为 380V，测到 5—4 无电压，则说明按钮 SB2 的动合触头（3—4）断路（当然也不能排除导线和 SB2 连接时出现故障或导线本身有故障等，以后类似处将不作说明）。

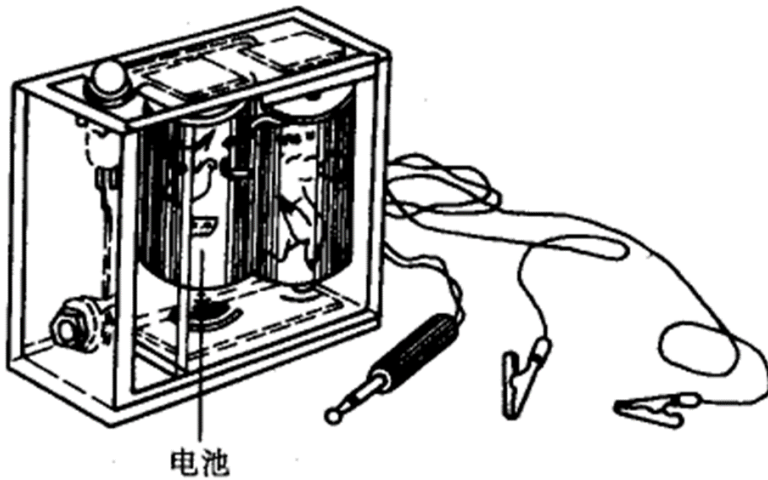
(二) 接触器联锁正反转控制电路的检修

1. 接触器联锁正反转控制电路原理：

原理图如下：



2. 电池灯:



电池灯又称“对号灯”。它是由两节1号电池、1个手电筒及2.5V的小灯泡组成，如下图所示。可用它来检查线路的通断及线号等。

如果线路中串接有电感元件（如接触器、继电器的线圈），则用电池灯测试时应与被测回路隔离，以防止在通电的瞬间因自感电动势过高，而使测试者产生麻电的感觉。

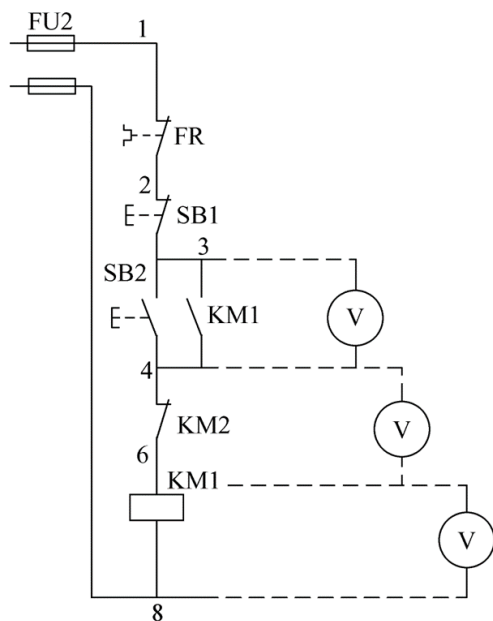
电压分段测量法检修断路故障（如下图所示）：

检查时先用万用表测试1—8两点，电压值为380V，说明电源电压正常。

电压的分段测试法是将红、黑两根表棒逐段测量相邻两标号点1—2、2—3、3—4、4—6、6—8间的电压。

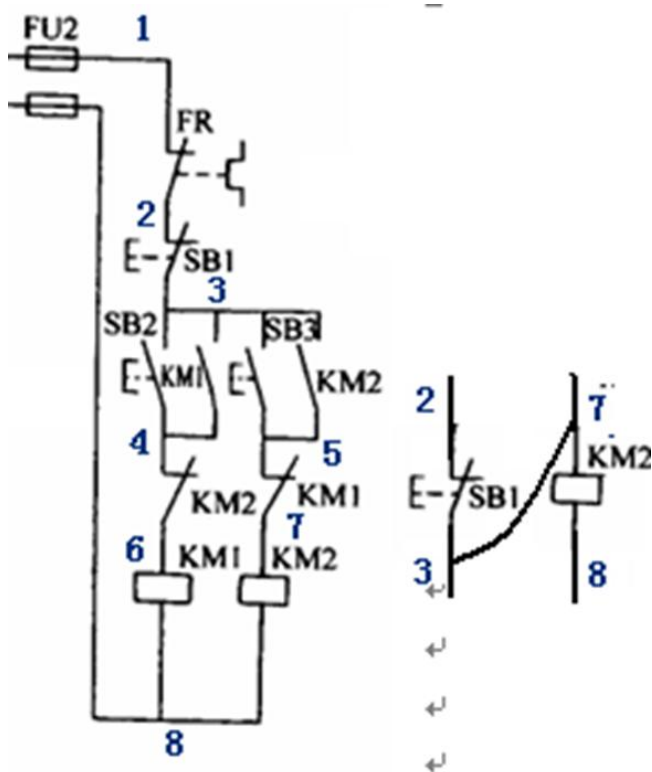
如电路正常，按SB2后，除6—8两点间的电压为380V外，其他任何相邻两点间的电压值均为零。

如按下起动按钮 SB2，接触器 KM1 不吸合，说明发生断路故障（但由于接触器 KM2 能吸合，说明 1-3 点均无故障，则不需测量），此时可用电压表逐段测试各相邻两点间的电压。先按下 SB2 不放，如测量到某相邻两点间的电压为 380V 时；说明这两点间有断路故障。



短路故障的检修：

(1) 电源间短路故障的检修（如下图所示）



图中热继电器 FR 中的 2 号与 8 号线因某种原因联接将电源短路，合上电源，按下 SB2 后，熔断器 FU2 就熔断。现采用电池灯进行检修的方法如下：

1) 拿去熔断器 FU2 的熔芯, 将电池灯的两根线分别接到 1 号和 8 号线上, 如灯亮, 说明电源间短路。

2) 将接触器 KM2 线圈触头上的 8 号线拆下, 如灯暗, 说明电源短路在这个环节。

3) 再将电池灯的一根线从 8 号移到 6 号上, 如灯灭, 说明短路在 8 号上。

4) 将电池灯的两根线仍分别接到 1 号和 8 号线上, 然后断开 2 号线, 当断开 2 号线时灯灭, 说明 2 号和 8 号线间短路。

(2) 电器触头本身短路故障的检修

如上图中的停止按钮 SB1 的动断触头短路, 则接触器 KM1 和 KM2 工作后就不能释放。又如接触器 KM1 的自锁触头短路, 这时一合上电源, KM1 就吸合, 这类故障较明显, 只要通过分析即可确定故障点。

(3) 电器触头之间短路故障的检修

如上图, 接触器 KM1 的辅助触头 3 号和 7 号线因某种原因而短路, 这样当合上电源, 接触器 KM2 即吸合。

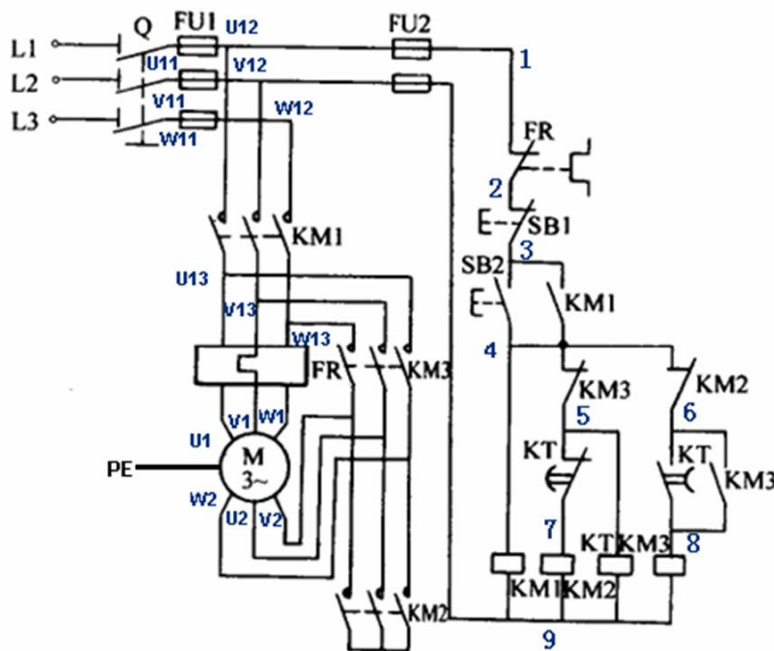
1) 通电检修 通电检修时可按下 SB1, 如接触器 KM2 释放, 则可确定一端短路故障在 3 号; 若拆下 5 号线, KM2 仍吸合, 则可确定 3 号和 7 号为短路故障点。

2) 断电检修 将熔断器 FU2 拔下, 用万用表的电阻挡 (或电池灯) 测 2—7, 若电阻为 “0” (或电池灯亮), 则表示 2—7 之间有短路故障; 然后按 SB1, 若电阻为 “∞” (或电池灯不亮), 说明短路不在 2 号; 再将 KM1 常闭触头断开, 若电阻为 “0” (或电池灯亮), 则说明短路也不在 5 号。然后将 7 号断开, 电阻为 “∞” (或电池灯不亮), 则可确定短路故障点在 3 号和 7 号。

(三) Y—Δ 降压启动控制电路的检修

1. Y—Δ 降压启动控制电路原理介绍:

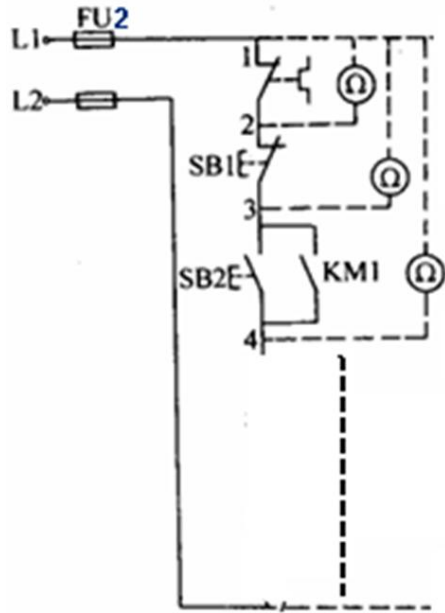
原理图如下:



1) . 如果电路连接良好, 当按下启动按钮 SB2, 但无任何接触器动作, 试采用电阻的分阶测量法检修故障。

2) . 如果控制线路良好但电动机不能启动, 试采用电阻的分段测量法检修故障。

工作任务一的故障检修:



由于按下启动按钮无任何接触器动作, 且线路连接良好, 则可判定故障发生在公共回路, 对该故障我们采用电阻分阶和分段测量法来分别进行检修。

(1) 电阻的分阶测量法如左图所示, 用万用表的电阻挡检测故障前应先断开电源, 然后按下 SB2 不放, 先测量 1—4 两点间的电阻, 如电阻值为无穷大, 说明 1—4 之间的电路断路。然后分阶测量 1—2、1—3 各点间电阻值。若电路正常, 则该两点间的电阻值为“0”; 当测量到某标号间的电阻值为无穷大, 则说明表棒刚跨过的触头或联接导线断路。

(2) 用电阻的分段测量法如左图所示检查时, 同样应先切断电源, 按下启动按钮 SB2, 然后依次逐段测量相邻两标号点 1—2、2—3、3—4 间的电阻。如测得某两点的电阻为无穷大, 说明这两点间的触头或联接导线断路。例如当测得 2—3 两点间电阻为无穷大时, 说明停止按钮 SB1 或联接 SB1 的导线断路。

(3) 注意事项

1) 用电阻测量法检查故障时一定要断开电源。

2) 如被测的电路与其他电路并联时, 必须将该电路与其他电路断开, 否则所测得的电阻值是不准确的。

3) 测量高电阻值的电器元件时, 把万用表的选择开关旋转至适合电阻挡。

工作任务二的故障检修:

(1) 分析故障原因, 确定故障范围 根据试车时观察的故障现象, 控制电路能够正常工作, 可判断出故障范围在主电路。

(2) 在故障检查范围中, 采用逻辑分析及正确的测量方法, 迅速查找故障

1) 分析 电动机不能启动的原因是：熔断器 FU1 熔断、接触器 KM1 主触头接触不良、接触器 KM2 主触头接触不良或者热继电器接头处接触不良，造成电动机缺相，不能启动。

2) 采用电压法进行测量 首先检查 U11、V11、W11 之间的电压正常，然后检查 U12、V12、W12 之间的电压，依次顺序检查，如果检查中发现 V12、W12 之间的电压不正常， $UVW=0V$ ，故判断出熔断器 FU1 的 V、W 两相熔断器至少有一相熔断。

3) 断开电源，将 FU1 的 V、W 两相熔芯取下，用万用表的 $R \times 10$ 挡测量两熔芯电阻，如果发现 W 相电阻为无穷大，则可确定为熔芯熔断故障。

4) 依据熔芯规格，更换熔芯，排除故障。

5) 通电试车，确定电路能够正常工作。

注意事项：

(1) 停电后验电。带电检修时，必须有指导教师在现场监护，以确保用电安全。同时要做好维修记录。

(2) 若电路采用灯箱替代电动机，在观察故障现象时，一定要做到全面、准确。

(3) 在维修过程中，要正确使用工具和仪表。

(4) 严格遵守各项操作规程，做到文明生产。

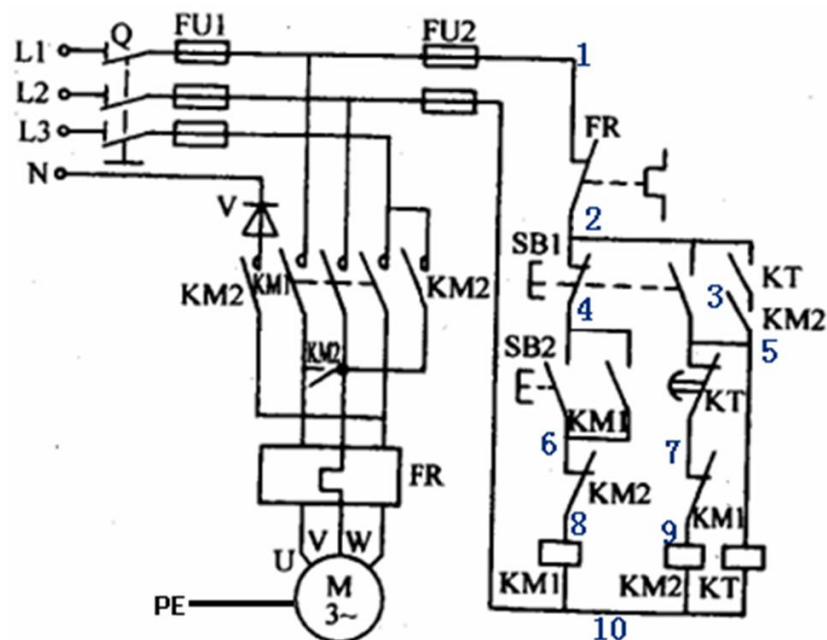
(5) 排除故障的过程中，不得采用更换电器元件、借用触头或改动线路的方法修复故障点。

(6) 检修时严禁扩大故障范围或产生新的故障。

(四) 能耗制动控制电路的检修

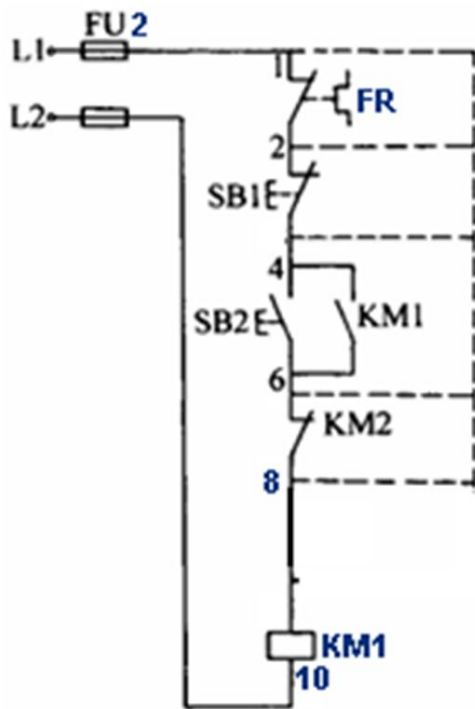
1. 半波整流单向能耗制动控制电路：

原理图如下：



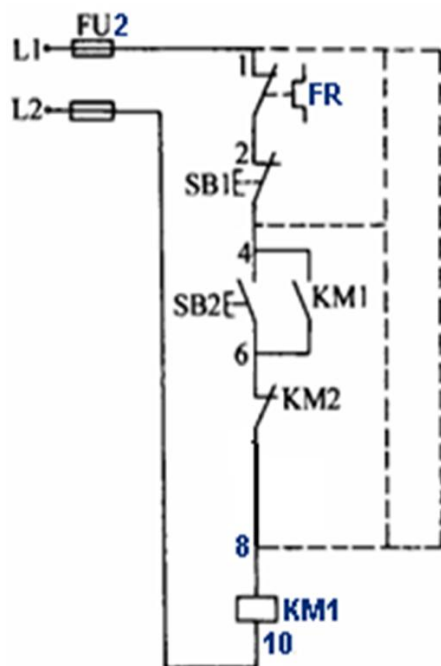
当按下启动按钮 SB2，但接触器 KM1 不动作，试用短接法检修故障。

局部短接法：



局部短接法如左图所示。按下启动按钮 SB2 时，接触器 KM1 不吸合，说明该电路有断路故障。检查时先用万用表电压挡测量 1—10 两点间电压值，若电压正常，可按下启动按钮 SB2 不放，然后用一根绝缘良好的导线，分别短接 1—2、2—4、4—6、6—8。当短接到某两点时，接触器 KM1 吸合，说明断路故障就在这两点之间。

长短接法：



长短接法如左图所示。长短接法是指一次短接两个或多个触头来检查断路故障的方法。

当 FR 的动断触头和 SB1 的动断触头同时接触不良，如用上述局部短接法短接 1—2 点，按下起动按钮 SB2，KM1 仍然不会吸合，故可能会造成判断错误。而采用长短接法将 1—8 短接，如 KM1 吸合，说明 1—8 段电路中有断路故障，然后再短接 1—4 和 4—8，若短接 1—4 时，按下 SB2 后 KM1 吸合，说明故障在 1—4 段范围内，再用局部短接法短接 1—2 和 2—4，很快的能将断路故障排除。

注意事项：

1) 短接法是用手拿绝缘导线带电操作的，所以一定要注意安全，避免触电事故发生。

2) 短接法只适用于检查压降极小的导线和触头之间的断路故障。对于压降较大的电器，如电阻、接触器和继电器的线圈等断路故障，不能采用短接法，否则会出现短路故障。

3) 对于机床的某些要害部位，必须保障电气设备或机械部位不会出现事故的情况下才能使用短接法。

第四章 常用机床控制电路检修（16 学时）

素质（思政）内容与要求：

电气控制电路检修实践中，我们既需精准排查线路故障、严守操作规程，培养精益求精的“工匠精神”，也应领悟每台设备背后工业发展的艰辛历程。这不仅是技术能力的锤炼，更是对“实业兴邦”使命的践行，让我们在电路的脉络中传承严谨务实作风，以专业本领为制造业高质量发展注入青春力量。

教学内容：

1. CA6140 型车床电气控制电路的检修；
2. XA6132 型卧式万能铣床控制电路的检修；
3. Z35 型摇臂钻床电气控制电路的检修。

教学目标：

1. 掌握三种设备电气控制电路的组成结构、工作原理及典型控制环节（如车床主轴启停控制、铣床进给联锁控制、摇臂钻床摇臂升降与夹紧控制），能准确识别电路中的核心元器件及作用；

2. 能独立使用万用表、钳形电流表等工具，完成三种设备控制电路的故障排查（如断路、短路、元器件失效等）与检修操作，规范撰写检修记录报告。

教学重点：

1. 三种设备电气控制电路的核心控制逻辑：CA6140 车床主轴与溜板箱运动的电气配合、XA6132 铣床主轴与进给运动的联锁保护、Z35 摇臂钻床摇臂“升降 - 夹紧”的自动控制流程；

2. 典型故障的排查方法：基于电路原理图，运用“断电查线”“通电观察”“分段测试”等技巧，定位三种设备常见故障（如车床主轴不转、铣床进给无动作、摇臂钻床摇臂无法夹紧）的故障点；

3. 核心元器件的检测与更换：能准确检测接触器、继电器、行程开关等元器件的好坏，规范完成故障元器件的更换与接线调试。

教学难点：

1. 复杂控制环节的原理理解：XA6132 铣床进给运动的多方向（纵向、横向、垂直）联锁控制逻辑，以及 Z35 摇臂钻床摇臂升降与夹紧机构的电气 - 机械联动原理；

2. 隐蔽性故障的排查：三种设备中因线路虚接、触点氧化、元器件参数漂移（如热继电器整定值偏差）导致的间歇性故障，如何通过逻辑分析与反复测试精准定位；

3. 检修后的联动调试：检修完成后，三种设备电气系统与机械系统的协同调试（如 Z35 摇臂钻床摇臂夹紧力与电气控制的匹配、XA6132 铣床主轴与进给速度的协调），确保设备恢复正常运行。

教学方法和手段：

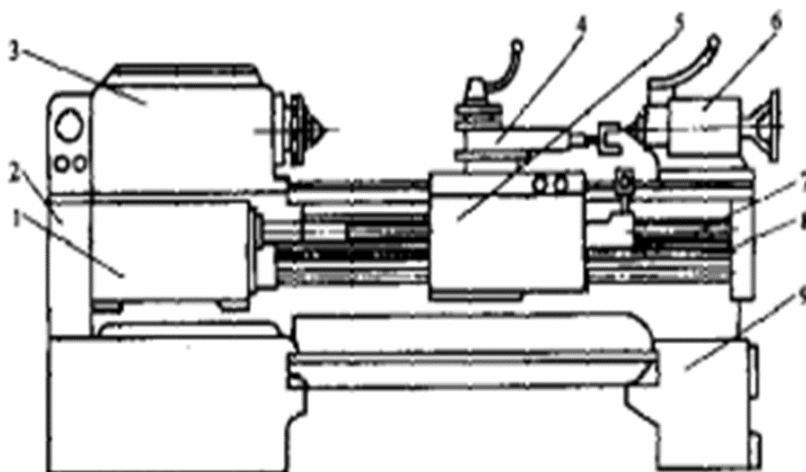
课堂教学和实训为主。适当提问,加深学生对概念的理解。

教学过程：

（一）CA6140 型车床电气控制电路的检修

1. 机床结构及工作要求：

CA6140 车床结构：



1—进给箱 2—挂轮箱 3—主轴变速箱 4—溜板与刀架
5—溜板箱 6—尾架 7—丝杠 8—光杠 9—床身

CA6140 车床电力拖动及控制要求：

（1）主拖动电动机一般选用三相笼型感应电动机，为满足调速要求，采用机械变速。

(2) 为车削螺纹，主轴要求电机正、反转。一般车床主轴正反转由拖动电动机正反转来实现；当主拖动电动机容量较大时，主轴的正反转则靠摩擦离合器来实现，电动机只作单向旋转。

(3) 一般中小型车床的主轴电动机均采用直接起动。当电动机容量较大时，常用星形—三角形降压起动。停车时为实现快速停车，一般采用机械或电气制动。

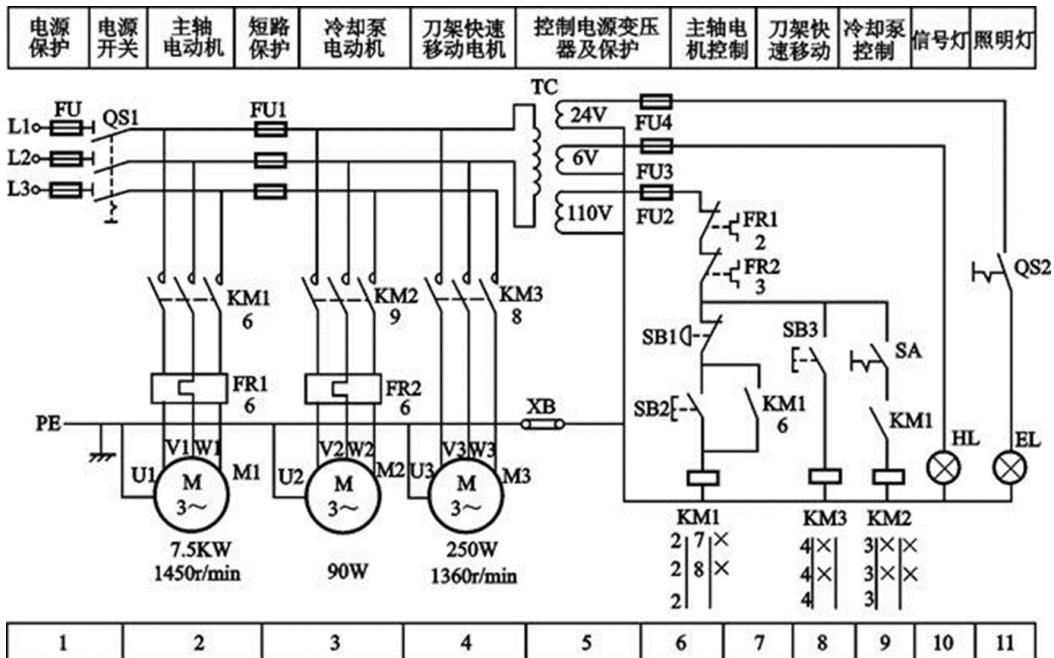
(4) 车削加工时，刀具与工件温度高，需用切削液进行冷却。为此，设有一台冷却泵电动机，拖动冷却泵输出冷却液，且与主轴电动机有着联锁关系，即冷却泵电动机应在主轴电动机起动后方可选择起动与否；当主轴电动机停止时，冷却泵电动机便立即停止。

(5) 为实现溜板箱的快速移动，由单独的快速移动电动机拖动，采用点动控制。

(6) 电路应具有必要的保护环节和安全可靠的照明和信号指示。

2. 机床结构及工作要求：

CA6140 型车床原理分析



主电路分析：

主电路共有三台电动机。M1 为主轴电动机，带动主轴旋转和刀架作进给运动；M2 为冷却泵电动机；M3 为刀架快速移动电动机。

三相交流电源通过转换开关 Q1 引入，主轴电动机 M1 由接触器 KM1 控制起动，热继电器 FR1 为主轴电动机 M1 的过载保护。

冷却泵电动机 M2 由接触器 KM2 控制起动，热继电器 FR2 为冷却泵电动机 M2 的过载保护。

接触器 KM3 为控制刀架快速移动电动机 M3 起动用，因快速移动电动机 M3 是短期工作，故可不设过载保护。

控制电路分析：

控制变压器 TC 二次侧输出 110V 电压作为控制回路的电源。

(1) 主轴电动机 M1 的控制 按下起动按钮 SB2, 接触器 KM1 的线圈获电吸合, KM1 主触头闭合, 主轴电动机 M1 起动。按下停止按钮 SB1, 电动机 M1 停转。

(2) 冷却泵电动机 M2 的控制 只能在接触器 KM1 获电吸合, 主轴电动机 M1 起动后, 合上开关 SA 使接触器 KM2 线圈获电吸合, 冷却泵电动机 M2 才能起动。

(3) 刀架快速移动电动机的控制 刀架快速移动电动机 M3 的起动是由安装在进给操纵手柄顶端的按钮 SB3 来控制, 它与交流接触器 KM3 组成点动控制环节。将操纵手柄扳到所需的方向, 压下按钮 SB3, 接触器 KM3 获电吸合, 电动机 M3 获电起动, 刀架就向指定方向快速移动。

照明、信号灯电路分析:

控制变压器 TC 的二次侧分别输出 24V 和 6V 电压, 作为机床照明灯和信号灯的电源。EL 为机床的低压照明灯, 由开关 QS2 控制; HL 为电源的信号灯。

主轴电动机 M1 不能起动:

(1) 按起动按钮 SB2 后, 接触器 KM1 没吸合, 主轴电动机 M1 不能起动故障的原因必定在控制电路中, 可依次用万用表电阻法检查熔断器 FU2, 热继电器 FR1 和 FR2 的动断触头, 停止按钮 SB1, 起动按钮 SB2 和接触器 KM1 的线圈是否断路。

(2) 按起动按钮 SB2 后, 接触器 KM1 吸合, 但主轴电动机 M1 不能起动故障的原因必定在主电路中, 可依次检查接触器 KM1 的主触头, 热继电器 FR1 的热元件接线端及三相电动机的接线端等地方有无问题。

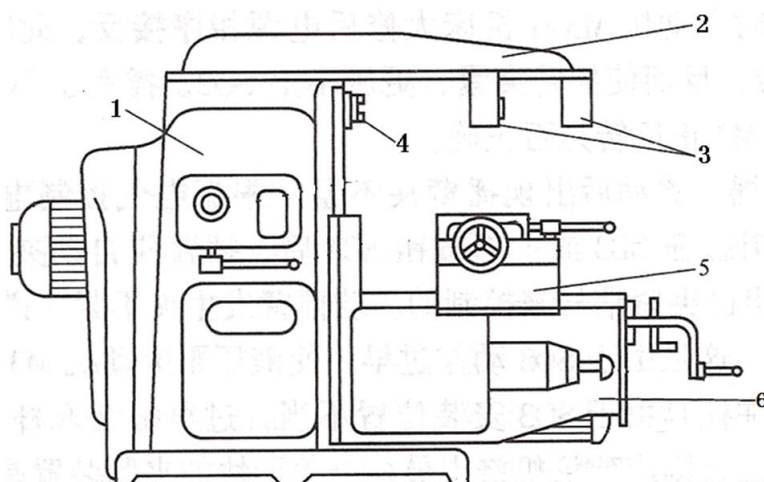
刀架快速移动电动机 M3 不能起动:

按点动按钮 SB3, 接触器 KM3 没吸合, 则故障必定在控制线路中, 这时可用万用表进行分阶电压测量法依次检查热继电器 FR1 和 FR2 的动断触头, 停止按钮 SB1 的动断触头, 点动按钮及接触器 KM3 的线圈是否断路。

(二) XA6132 型卧式万能铣床电气控制电路的检修

1. 机床结构及工作要求:

XA6132 型卧式万能铣床的结构:



1—床身 2—悬梁 3—刀杆支架 4—主轴 5—工作台 6—升降台

2. XA6132 型卧式万能铣床电力拖动特点及控制要求:

(1) 主轴拖动对电气控制的要求

1) 为适应铣削加工需要, 主轴要求调速, 为此主轴电动机应选用法兰盘式三相笼型异步电动机, 经主轴变速箱拖动主轴, 利用主轴变速箱使主轴获得 18 种转速。

2) 铣床加工方式有顺铣和逆铣两种, 分别使用顺铣刀和逆铣刀, 要求主轴能正、反转, 但旋转方向不需经常变换, 仅在加工前预选主轴旋转方向。为此, 主轴电动机应能正、反转, 并由转向选择开关来选择电动机的方向。

3) 铣削加工为多刀多刃不连续切削, 这样直接切削时会产生负载波动, 为减轻负载波动带来的影响, 往往在主轴传动系统中加入飞轮, 以加大转动惯量, 这样一来, 又对主轴制动带来了影响, 为此主轴电动机停转时应设有制动环节。同时, 为了保证安全, 主轴在上刀时, 也应使主轴制动。XA6132 型卧式万能铣床采用电磁离合器来控制主轴停转制动和主轴上刀制动。

4) 为适应加工的需要, 主轴转速与进给速度应有较宽的调节范围。XA6132 型卧式万能铣床采用机械变速的方法, 为保证变速时齿轮易于啮合, 减小齿轮端面的冲击, 要求变速时有电动机瞬时冲动。

5) 为适应铣削加工时操作者在铣床正面或侧面的操作要求, 主轴电动机的起动、停止等控制应能两地操作。

(2) 进给拖动对电气控制的要求

1) XA6132 型卧式万能铣床工作台运行方式有手动、进给运动和快速移动三种。其中手动为通过操作者摇动手柄使工作台移动; 进给运动与快速移动则是由进给电动机拖动, 是在工作进给电磁离合器与快速移动电磁离合器的控制下完成的运动。

2) 为减少按钮数量, 避免误操作, 对进给电动机的控制采用电气开关、机构挂档相互联动的手柄操作, 即扳动操作手柄的同时压合相应的电气开关, 挂上相应传动机构的档, 而且要求操作手柄扳动方向与运动方向一致, 增强直观性。

3) 工作台的进给有左右的纵向运动, 前后的横向运动和上下的垂直运动, 其中任何一运动都是由进给电动机拖动的, 故进给电动机要求正反转。采用的操作手柄有两个, 一个是纵向操作手柄, 另一个是垂直与横向操作手柄。前者有左、右、中间三个位置, 后者有上、下、前、后、中间五个位置。

4) 进给运动的控制也为两地操作方式。所以, 纵向操作手柄与垂直、横向操作手柄各有两套, 可在工作台正面与侧面实现两地操作, 且这两套操作手柄是联动的, 快速移动也为两地操作。

5) 工作台具备左右、上下、前后六个方向的运动, 为保证安全, 同一时间只允许一个方向的运动。因此, 应具有六个方向的联锁控制环节。

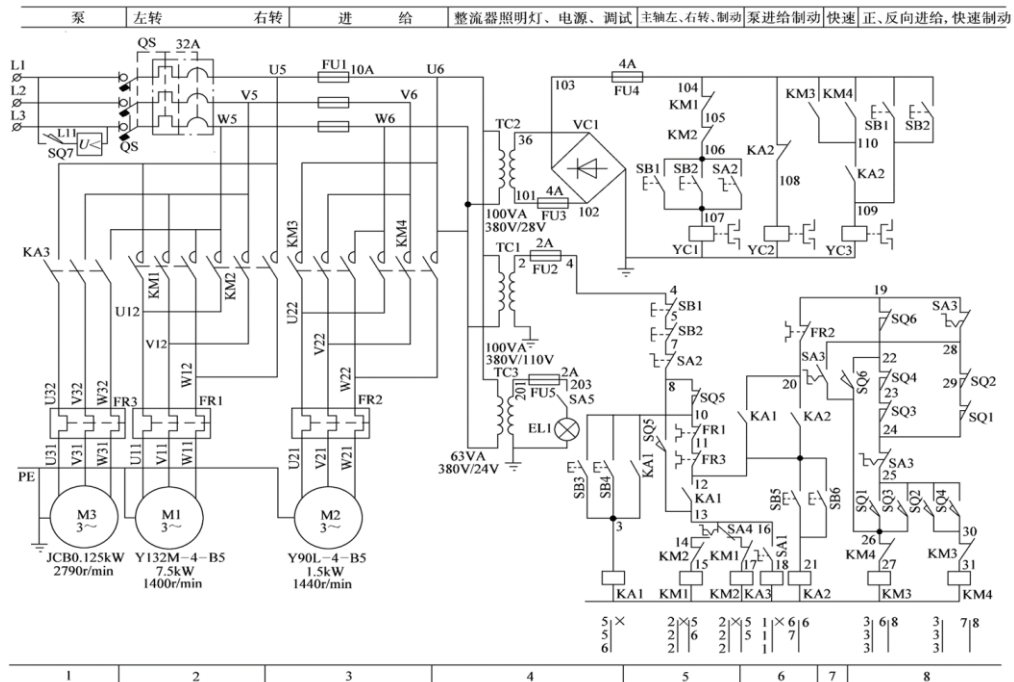
6) 进给运动由进给电动机拖动, 经进给变速机构可获得 18 种进给速度。为使变速后齿轮能顺利啮合, 减小齿轮端面的撞击, 进给电动机应在变速后作瞬时冲动。

7) 为使铣床安全可靠地工作, 铣床工作时, 要求先起动主轴电动机 (若换向开关扳在中间位置, 主轴电动机不旋转), 才能起动进给电动机。停转时, 主轴电动机与进给电动机同时停止, 或先停进给电动机, 后停主轴电动机。

8) 工作台上、下、左、右、前、后六个方向的移动应设有限位保护。

(3) 冷却泵电动机 M3 只要求单方向转动

2. XA6132 型卧式万能铣床工作原理分析:



工作任务描述:

- 1) 主轴停转制动效果不明显或无制动, 试用相关方法对其进行检修。
- 2) 主轴变速与进给变速时无变速冲动, 试用相关方法对其进行检修。
- 3) 工作台控制电路有故障, 试用相关方法对其进行检修。

主轴停转制动效果不明显或无制动 :

工作原理分析: 当主轴电动机 M1 起动时, 此时 KM1 或 KM2 接触器肯定会通电吸合, 其对应的联锁触头使电磁离合器 YC1 的线圈处于断电状态; 当主轴停转时, KM1 或 KM2 接触器线圈断电释放, 主轴电动机断开电源, 同时 YC1 的线圈经停止按钮 SB1 或 SB2 的常开触头接通而接通直流电源, 产生磁场, 在电磁吸力作用下将摩擦片压紧产生制动效果。若主轴制动效果不明显通常是按下停止按钮的时间太短, 松手过早之故。若主轴无制动, 有可能没将停止按钮按到底, 致使 YC1 线圈无法通电, 而无制动; 若并非此原因, 则可能是整流后直流输出电压偏低, 磁场弱, 制动力小引起制动效果差; 当然, 主轴无制动也可能是 YC1 的线圈断线而造成。

主轴变速与进给变速时无变速冲动:

出现此种故障, 多因操作变速手柄压合不上主轴变速开关 SQ5 或压合不上进给变速开关 SQ6 之故, 造成的原因主要是开关松动或开关移位所致, 作相应的处理即可。

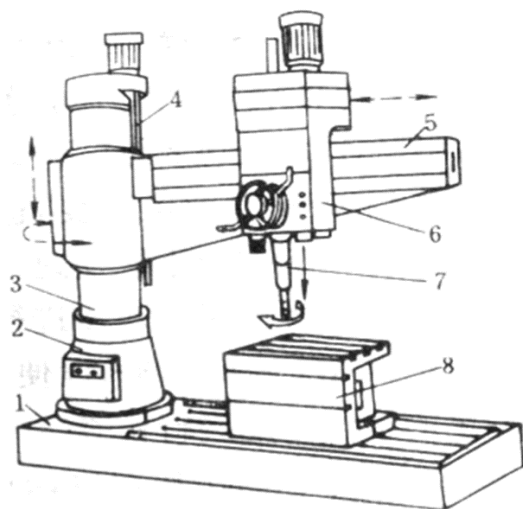
工作台控制电路有故障:

这部分电路故障较多, 如工作台能向左、向右运动, 但无垂直与横向运动, 这表明进给电动机 M2 与 KM3、KM4 接触器运行正常。操作垂直与横向手柄却无运动, 这可能是手柄扳动后压合不上行程开关 SQ3 或 SQ4; 也可能是 SQ1 或 SQ2 在纵向操作手柄扳回中间位置时不能复原。有时, 进给变速冲动开关 SQ6 损坏, 其常闭触头 SQ6 (19-22) 闭合不上, 也会出现上述故障。

(三) Z35 型摇臂钻床电气控制电路的检修

1. Z35 型摇臂钻床结构及工作要求:

Z35 型摇臂钻床结构 :



1—底座 2—内立柱 3—外立柱 4—摇臂升降丝杠
5—摇臂 6—主轴箱 7—主轴 8—工作台

Z35 型摇臂钻床的电力拖动及控制要求:

(1) 由于摇臂钻床的运动部件较多,为简化传动装置,使用多电动机拖动,主电动机承驾主钻削及进给任务,摇臂升降,夹紧放松和冷却泵各用一台电动机拖动。

(2) 为了适应多种加工方式的要求,主轴及进给应在较大范围内调速。但这些调速都是机械调速,用手柄操作变速箱调速,对电动机无任何调速要求。从结构上看,主轴变速机构与进给变速机构应该放在一个变速箱内,而且两种运动由一台电动机拖动是合理的。

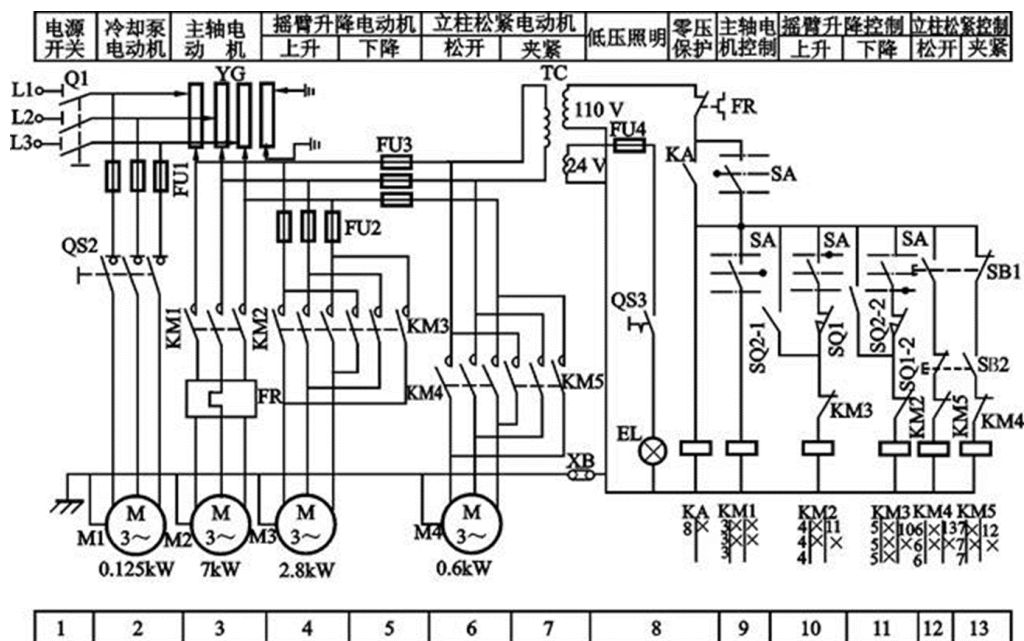
(3) 加工螺纹时要求主轴能正反转。摇臂钻床的正反转一般用机械方法实现,电动机只需单方向旋转。

(4) 摇臂升降由单独电动机拖动,要求能实现正反转。

(5) 摇臂的夹紧与放松以及立柱的夹紧与放松由一台异步电动机配合液压装置来完成,要求这台电机能正反转。摇臂的回转和主轴箱的径向移动在中小型摇臂钻床上都采用手动。

(6) 钻削加工时,为对刀具及工件进行冷却,需由一台冷却泵电动机拖动冷却泵输送冷却液。

2. Z35 型摇臂钻床原理分析:



主电路分析:

Z35 型摇臂钻床有四台电动机。即主轴电动机 M2、摇臂升降电动机 M3、立柱夹紧与松开电动机 M4 及冷却泵电动机 M1。为满足攻螺纹工序，要求主轴能实现正反转，而主轴电动机 M2 只能正转，主轴的正反转是采用摩擦离合器来实现的。

摇臂升降电动机能正反转控制，当摇臂上升（或下降）到达预定的位置时，摇臂能在电气和机械夹紧装置的控制下，自动夹紧在外立柱上。

摇臂的套筒部分与外立柱是滑动配合，通过传动丝杠，摇臂可沿着外立柱上下移动，但不能作相对回转运动，而摇臂与外立柱可以一起相对内立柱作 3600 的回转运动。外立柱的夹紧、放松是由立柱夹紧放松电动机 M4 的正反转并通过液压装置来进行的。

冷却泵电动机 M1 供给钻削时所需的冷却液。

控制电路分析

(1) 主轴电动机 M2 的控制 将十字开关 SA 扳在左边的位置，这时 SA 仅有左面的触头闭合，使零压继电器 KA 的线圈获电吸合，KA 的动断触头闭合自锁。再将十字开关 SA 扳到右边位置，仅使 SA 右面的触头闭合，接触器 KM1 的线圈获电吸合，KM1 主触头闭合，主轴电动机 M2 通电运转，钻床主轴的旋转方向由主轴箱上的摩擦离合器手柄所扳的位置决定。将十字开关 SA 的手柄扳回中间位置，触头全部断开，接触器 KM1 线圈断电释放，主轴停止转动。

(2) 摇臂升降电动机 M3 的控制 当钻头与工件的相对高低位置不适合时，可通过摇臂的升高或降低来调整，摇臂的升降是由电气和机械传动联合控制的，能自动完成从松开摇臂到摇臂上升（或下降）再夹紧摇臂的过程。

(3) 立柱的夹紧与松开电动机 M4 的控制 当需要摇臂绕内立柱转动时，应先按下 SB1，使接触器 KM4 线圈获电吸合，电动机 M4 起动运转，并通过齿式离合器带动齿式液压泵旋转，送出高压油，经油路系统和机械传动机构将外立柱松开；然后松开按钮 SB1，接触器 KM4 线圈断电释放，电动机 M4 断电停转。此时可用人力推动摇臂和外立柱绕内立柱作所需的转动；当转到预定的位置时，再按下按钮 SB2，接触器 KM5 线圈获电吸合，KM5 主触头闭合，电动机 M4 起

动反转，在液压系统的推动下，将外立柱夹紧；然后松开 SB2，接触器 KM5 线圈断电释放，电动机 M4 断电停转，整个摇臂放松一绕外立柱转动一夹紧过程结束。

线路中零压继电器 KA 的作用是在当供电线路断电时，KA 线圈断电释放，KA 的动合触头断开，使整个控制电路断电；当电路恢复供电时，控制电路仍然断开，必须再次将十字开关 SA 扳至“左”的位置，使 KA 线圈重新获电，KA 动合触头闭合，然后才能操作控制电路，也就是说零压保护继电器的动合触头起到接触器的自锁触头的作用。

(4) 冷却泵电动机 M1 的控制 冷却泵电动机由转换开关 QS2 直接控制。

照明电路：

变压器 TC 将 380V 电压降到 110V，供给控制电路，并输出 24V 电压供低压照明灯使用。

所有电动机都不能起动：

(1) 在电气箱内检查从汇流环 YG 引入电气箱的三相电源是否正常，如发现三相电源有缺相或其他故障现象，则应在立柱下端配电盘处，检查引入机床电源隔离开关 Q1 处的电源是否正常，并查看汇流环 YG 的接触点是否良好。

(2) 检查熔断器 FU1 并确定 FU1 的熔体是否熔断。

(3) 控制变压器 TC 的一、二次侧绕组的电压是否正常，如一次侧绕组的电压不正常，则应检查变压器的接线有否松动；如果一次侧绕组两端的电压正常，而二次侧绕组电压不正常，则应检查变压器输出 110V 端绕组是否断路或短路，同时应检查熔断器 FU4 是否熔断。

(4) 如上述检查都正常，则可依次检查热继电器 FR 的动断触头、十字开关 SA 内的微动开关的动合触头及零压继电器 KA 线圈联接线的接触是否良好，有无断路故障等。

主轴电动机 M2 的故障：

(1) 主轴电动机 M2 不能起动 若接触器 KM1 已获电吸合，但主轴电动机 M2 仍不能起动旋转。可检查接触器 KM1 的三个主触头接触是否正常，联接电动机的导线是否脱落或松动。若接触器 KM1 不动作，则首先检查熔断器 FU2 和 FU4 的熔体是否熔断，然后检查热继电器 FR 是否已动作，其动断触头的接触是否良好，十字开关 SA 的触头接触是否良好，接触器 KM1 的线圈接线头有否松脱；有时由于供电电压过低，使零压继电器 KA 或接触器 KM1 不能吸合。

(2) 主轴电动机 M2 不能停止 当把十字开关 SA 扳到“中间”停止位置时，主轴电动机 M2 仍不能停转，这种故障多半是由于接触器 KM1 的主触头发生熔焊所造成的。这时应立即断开电源隔离开关 Q1，才能使电动机 M2 停转，已熔焊的主触头要更换；同时必须找出发生触头熔焊的原因，彻底排除故障后才能重新起动电动机 M2。

第五章 机床电机顺序控制电路系统设计(8学时)

素质(思政)内容与要求:

养精益求精的“工匠精神”，也应领悟每台设备背后工业发展的艰辛历程。这不仅是技术能力的锤炼，更是对“实业兴邦”使命的践行，让我们在电路的脉络中传承严谨务实作风，以专业本领为制造业高质量发展注入青春力量。

教学内容:

1. 机床电机顺序控制电路的组成，包含主电路、控制电路的元器件及连接方式；
2. 顺序控制的工作原理，如电机启动、停止的先后逻辑关系；
3. 典型控制电路分析，如多地控制、联锁控制等。

教学目标:

1. 会分析主电路实现的顺序控制线路工作原理；
2. 会熟练地分析出线路图能实现哪种顺序控制；
3. 激励探索与创新意识，有积极学习情绪、为后期设计线路打下良好的基础。

教学重点:

1. 顺序控制电路的工作原理及逻辑关系；
2. 电路图的识读与绘制方法。

教学难点:

1. 电路中联锁、互锁等保护环节的理解与应用；
2. 实际电路故障的分析与排查思路。

教学方法和手段:

课堂教学和实训为主。适当提问,加深学生对概念的理解。

教学过程:

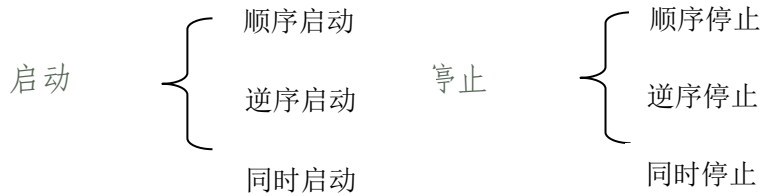
(一) 顺序控制线路定义、分类及应用

在装有多台电动机的生产机械上，各电动机所起的作用是不同的，有时需按一定的顺序启动或停止，才能保证操作过程的合理和工作的安全可靠。

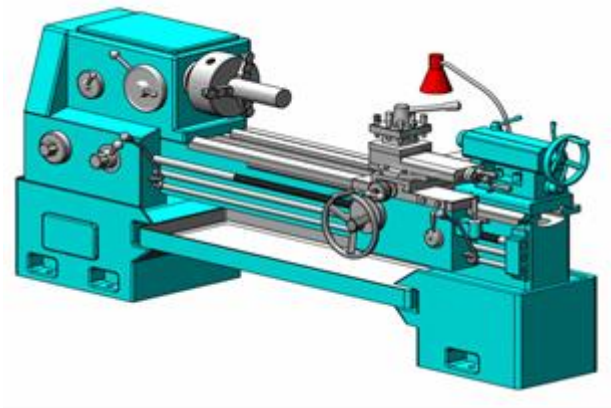
1. 定义

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,这种就是电动机的顺序控制。

2.分类



3.顺序控制在生产中的应用



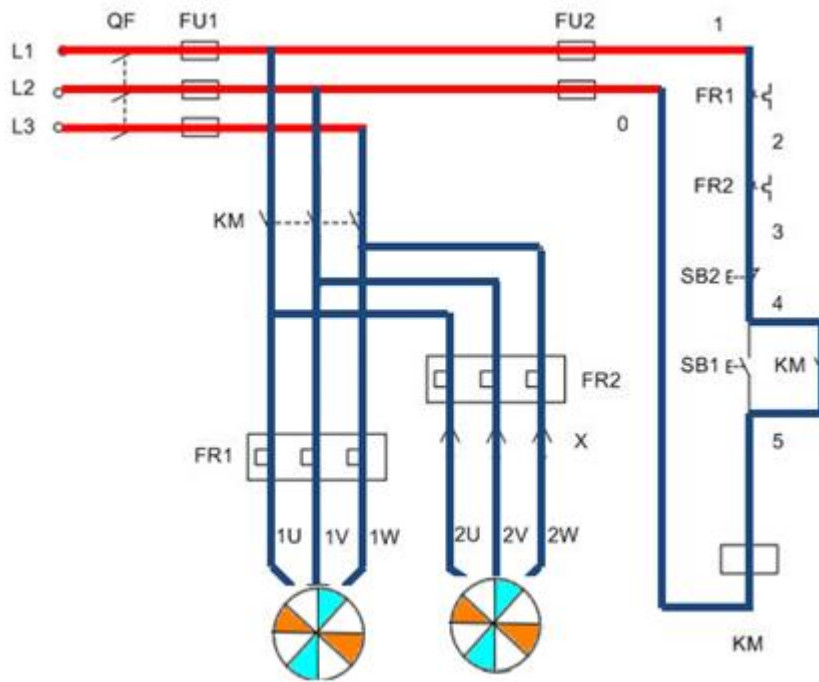
通过动画演示,让学生确定 CA6140 车床几台电动机属于哪种工作方式的顺序控制?

(二) 主电路的顺序启动控制电路分析

1.展示原理图,给一分钟时间看电路,让学生先比较一下今天的电路和我们之前所学的电路有什么区别?谁愿意尝试自主分析电路?

过渡:电路分析的对不对,下面老师和大家共同来学习一下

2.接插器实现的顺序启动



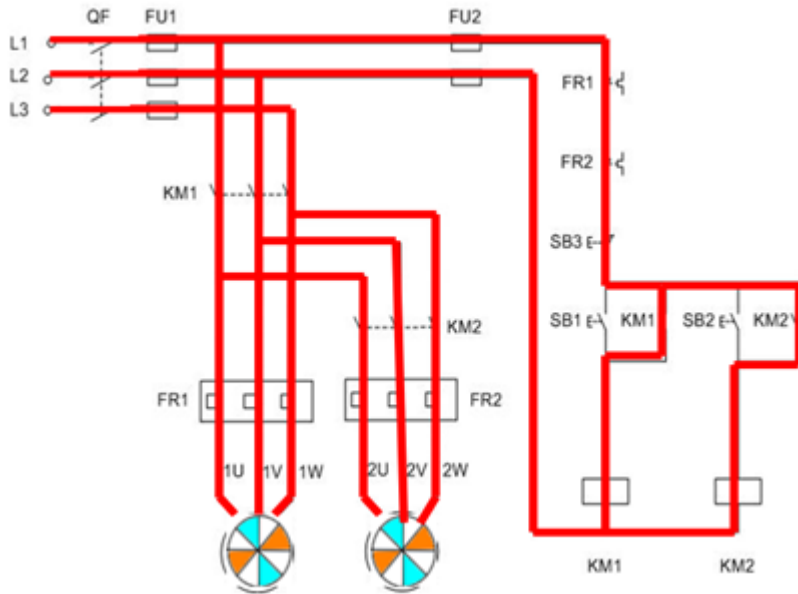
启动过程：合上低压断路器 QF，按下 SB1，KM 线圈得电，其主触头闭合，KM 辅助触头闭合实现自锁，M1 得电连续运转；接通接插器，M2 得电连续运转。

停车过程：按下 SB2，KM1 线圈同时断电，主触头分断，电动机 M1、M2 同时断电停转。



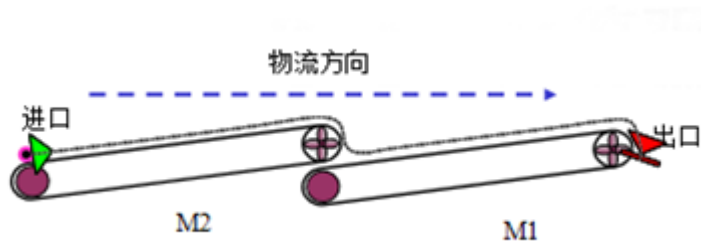
M7120 型平面磨床的砂轮电动机与冷却泵电动机就采用这种顺序控制线路。

3.交流接触器实现的顺序启动



启动过程：合上低压断路器 QF，按下 SB1，KM1 线圈得电，其主触头闭合，KM1 辅助触头闭合实现自锁，M1 得电连续运转；按下 SB2，KM2 线圈得电，主触头闭合，接通主电路，KM2 辅助触头闭合实现自锁，M2 得电连续运转。

(三) 任务描述



开机顺序：先 M1，后 M2，防止压带，堵转

停机顺序：先 M2，后 M1，切断电源，防止压带，堵转

(四) 设计思路

1.任何复杂的线路都是由简单线路构成的，根据传送带动作过程确定由两个自锁正转控制线路构成。

2.如何实现顺序启动？

3.如何实现逆序停止？

4.归纳总结

顺序启动：

在后启动的电动机线圈电路中串入先启动的接触器动合触头

逆序停止：

在先启动的电动机停止按钮两端并联后启动的接触器动合触头

(五) 线路工作原理（引导学生独立分析）

