

三相异步电动机电气控制

→ 学习指南

项目描述：生产机械的工作几乎都是由电动机来拖动的，因此电动机的工作必须满足生产过程的控制要求，这种采用电动机作为原动机拖动生产机械工作的方式称为电力拖动。电气控制就是对拖动系统实施控制，电气控制最简单、最基本、最常用的控制方式是继-接控制，采用接触器、继电器、按钮、行程开关等电气元件组成控制电路，实现对电动机的启动、正反转、调速、顺序等控制。

电气控制系统中需要使用一些低压电器，组成一个较为完善、合适的电气控制系统，以实现拖动生产机械工作来满足生产任务的要求。只有掌握电气控制系统的工作原理，了解常用低压电器的作用和使用方法，学会和应用电动机进行电气控制相关的知识和技能，才能很好地操控生产机械，更好地满足生产需求。

学习导航

任 务	重 点	难 点	关 键 能 力
常用低压电器	常用低压电器的用途； 常用低压电器的分类； 常用低压电器的结构； 常用低压电器的技术参数	常用低压电器的工作原理； 常用低压电器的选用	常用低压电器的安装
三相异步电动机启动控制	三相异步电动机的结构； 三相异步电动机直接启动方法； 三相异步电动机降压启动方法	控制电路原理分析； 控制电路保护设置； 自锁、互锁的作用	常用电工工具的使用； 控制电路安装工艺； 三相异步电动机控制电器的选用
三相异步电动机电气制动控制	制动控制的目的和实现方法； 制动控制的注意事项	控制电路原理分析； 控制电路的绘制	控制电路安装工艺
三相异步电动机条件控制	顺序控制的实现方法； 多地控制的实现方法	控制电路原理分析； 简单控制电路设计	控制电路维修、维护； 三相异步电动机控制电路设计

任务十 常用低压电器使用分析



能力目标

- (1) 掌握常用低压电器的结构、工作原理和用途。
- (2) 了解常用低压电器的主要技术参数。
- (3) 掌握常用低压电器的选用方法。

一、低压电器分类

低压电器是指在交流电压为 1200V 及以下、直流电压为 1500V 及以下的电路中，对电路起控制、保护等作用的电器。

低压电器按结构、用途和控制对象不同有不同的分类方式，常用的分类方式有以下三种。

1. 按用途和控制对象分类

低压电器按用途和控制对象不同可分为低压配电电器和低压控制电器两类，如低压断路器、熔断器、接触器、继电器等。

2. 按工作原理分类

低压电器按工作原理不同可分为电磁式电器和非电量控制电器，如电磁式继电器、速度继电器等。

3. 按动作方式分类

低压电器按动作方式不同可分为手动控制电器和自动控制电器，如刀开关、按钮、继电器等。

二、常用低压电器

1. 刀开关

1) 刀开关的用途

刀开关是低压配电电器中最简单的一种手动控制电器，用途非常广泛，品种也较多。其主要作用是隔离电源，故也称隔离开关。刀开关也可用于不频繁地接通、断开小容量负载。

刀开关分单极、双极和三极三种，常用产品有 HD11-HD14、HS11-HS13 单、双投刀开关系列，HK1、HK2 开启式负荷开关系列，HH3、HH4 封闭式负荷开关系列和 HR3 刀熔开关系列，HH3、HH4 铁壳开关系列等。

2) 刀开关的结构及分类

HK 系列刀开关和铁壳开关的外形及结构分别如图 3-1、图 3-2 所示，刀开关的图形符号

如图 3-3 所示。刀开关的基本结构由手柄、刀片（动触点）、触点座（静触点）和底座组成。

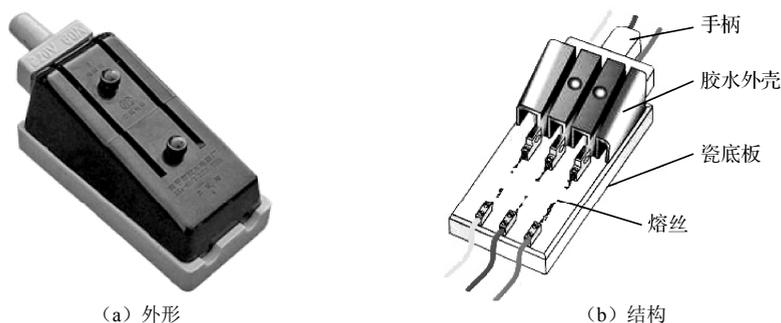


图 3-1 HK 系列刀开关的外形及结构

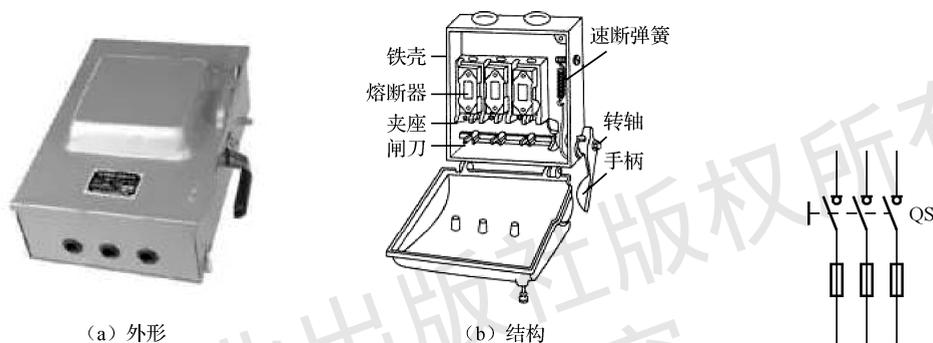


图 3-2 铁壳开关的外形及结构

图 3-3 刀开关的图形符号

3) 刀开关的主要技术参数

- (1) 额定电压：在长期工作时承受的最大电压。
- (2) 额定电流：长期通过的最大允许电流。
- (3) 分断能力：刀开关断开电路的最大容量。

4) 刀开关的安装

在安装刀开关时，应注意：

(1) 手柄不能倒装。手柄一定要向上，防止倒装后手柄意外落下而接通电源，出现安全事故。

(2) 电源接线在上端，负载接线在下端，保证断开后起到隔离电源的作用。

(3) 不能将铁壳开关放置在地面上进行操作，也不能面对开关进行操作。

(4) 开关的安装位置要有一定的高度。

5) 刀开关的选用

- (1) 根据适用条件，选择合理的类型、极数和操作方式。
- (2) 刀开关额定电压应大于或等于线路电压。
- (3) 刀开关额定电流应大于或等于线路的工作电流。

对电动机负载，开启式负荷开关额定电流可取为电动机额定电流的 3 倍，封闭式负荷开关额定电流可取为电动机额定电流的 1.5 倍。

2. 转换开关

1) 转换开关的用途

转换开关也称组合开关，一般用来不频繁地接通或断开电路、换接电源或负载，也可以用来控制小容量电动机。

常用的转换开关有 HZ5、HZ10、HZ12、HZ15 等系列。

2) 转换开关的结构

转换开关的外形及结构如图 3-4 (a)、(b) 所示。转换开关的基本结构由动触点（刀片）、静触点、转轴、手柄、定位机构和外壳组成，动触点叠装在数层绝缘垫板之间。

转换开关的图形符号如图 3-4 (c) 所示。

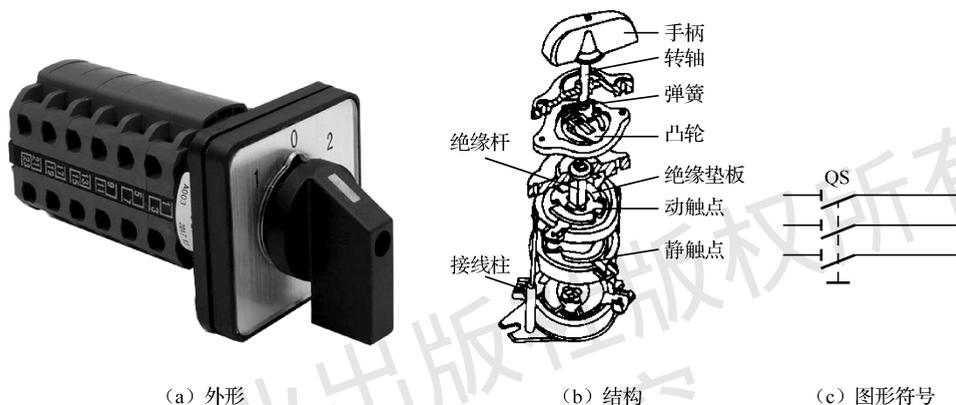


图 3-4 转换开关

3) 转换开关的主要技术参数

转换开关的主要技术参数有额定电压、额定电流和极数等。

4) 转换开关的选用

转换开关的选用方法与刀开关相同。

3. 控制按钮

1) 控制按钮的用途及分类

控制按钮属于主令电器，在控制电路中，用于接通或断开小电流电路。控制按钮按功能分为自动复位按钮和带锁定功能的按钮；按结构分为单个按钮、双位按钮和三位按钮；按操作方式分为一般式按钮、蘑菇头急停式按钮、旋转式按钮和钥匙式按钮等。其颜色有红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等，通常用红色按钮作为停止按钮，绿色按钮作为启动按钮，黑色按钮作为点动按钮。

常用的控制按钮有 LA2、LA4、LA10、LA18、LA19、LA20、LA25 等系列，引进国外技术的有 LAY3、LAY5、LAY8、LAY9 系列和 NP2、NP3、NP4、NP5、NP6 等系列。LA19 系列按钮与指示灯组合，可用于工作状态、预警、故障及其他信号指示。

2) 控制按钮的结构及工作原理

控制按钮的外形及结构如图 3-5 (a)、(b) 所示。控制按钮的基本结构一般由按钮帽、桥式动触点、静触点、复位弹簧和外壳组成，触点分为动合触点和动断触点。

控制按钮的图形符号如图 3-5 (c) 所示。

工作原理：对自复式按钮，按下按钮，动断触点先断开，动合触点后闭合；松开按钮，在复位弹簧的作用下按钮自动复位，即动合触点先断开，动断触点后闭合。对带自保持机构的按钮，第一次按下后，机械结构锁定，松手后不能自动复位，必须第二次按下后，锁定机构脱扣，再松手才能自动复位。

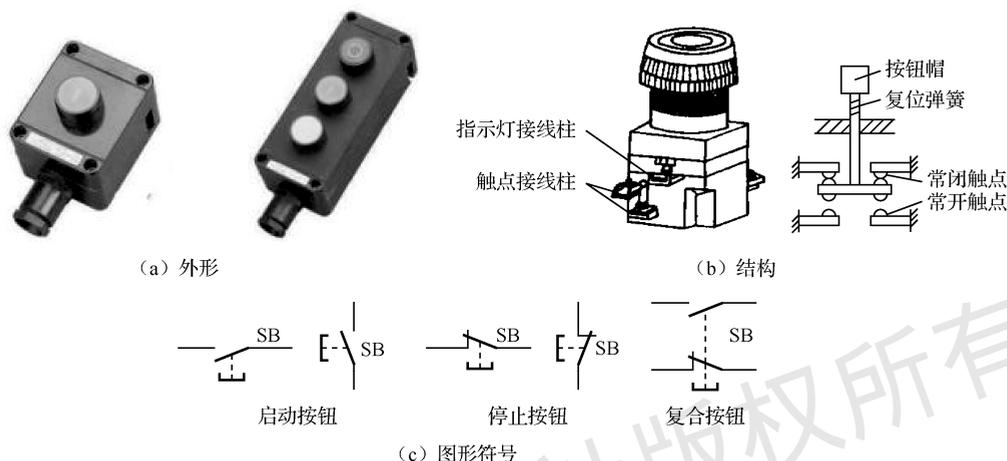


图 3-5 控制按钮

3) 控制按钮的主要技术参数

控制按钮的主要技术参数有额定电压、额定电流等。

4) 控制按钮的选用

控制按钮的选用主要依据控制电路需要的触点数、动作要求、是否需要指示灯、使用场所和颜色等。

4. 空气开关

1) 空气开关的用途

空气开关也称断路器，其利用空气熄灭开关过程中的电弧，因此称为空气开关。空气开关可接通、断开电路和承载额定工作电流，并能在线路和电动机发生过载、短路、欠压的情况下进行可靠的保护，它的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部功能的总和。

空气开关具有多种保护功能，同时具有动作值可调、分段能力高、操作方便、安全可靠等优点，在低压电路中被广泛使用。

常用的低压断路器有塑壳式（装置式）断路器和万能式（框架式）断路器两类。常用的产品有 DW15、DW16、DW17、DW15HH 等系列万能式断路器及 DZ5、DZ10、DZX10、DZ15、DZ20 等系列塑壳式断路器。

2) 低压断路器的结构及工作原理

低压断路器主要由触点系统、灭弧装置、脱扣机构、传动机构等部分构成。低压断路器的外形及图形符号如图 3-6 所示。低压断路器的内部结构如图 3-7 所示。

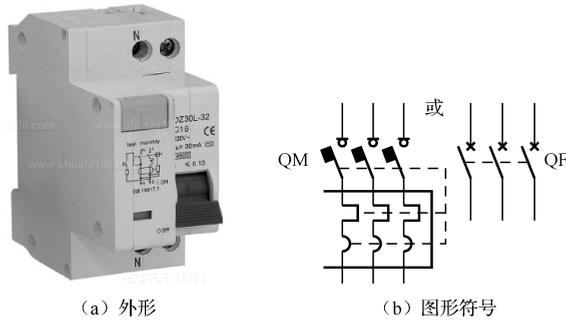
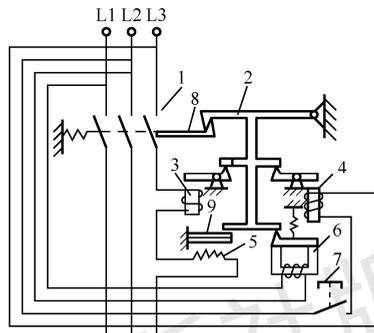


图 3-6 低压断路器的外形及图形符号



1—主触点；2—自由脱扣机构；3—过电流脱扣器；4—分励脱扣器；5—加热电阻丝；6—欠压脱扣器；
7—脱扣按钮；8—跳钩；9—热脱扣器

图 3-7 低压断路器的内部结构

当线路短路或严重过载时，静触点周围的芳香族绝缘物气化，起到冷却灭弧作用，因此低压断路器具有很强的分断能力和限流能力；当短路电流超过瞬时脱扣整定电流时，电磁脱扣器产生足够大的吸力，将衔铁吸合并撞击杠杆，使搭钩绕转轴座向上转动与锁扣脱开，锁扣在反力弹簧的作用下将三副主触点分断，切断电源。

当线路一般性过载时，过载电流虽然不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件产生一定热量，促使双金属片受热向上弯曲，推动杠杆使搭钩与锁扣脱开，将主触点分断，切断电源。

当线路电压正常时，欠压脱扣器产生电磁吸力吸住衔铁，主触点闭合。电路电压严重下降或断电后，衔铁释放，主触点断开，起到失压和欠压保护作用。

3) 低压断路器的安装

(1) 在安装前应擦净脱扣器电磁铁工作面上的防锈漆脂。

(2) 当低压断路器与熔断器配合使用时，为保证使用的安全，熔断器应尽可能装在低压断路器之前。

(3) 不允许随意调整电磁脱扣器的整定值。

(4) 使用一段时间后，应检查弹簧是否生锈、卡住，以防弹簧不能正常动作。

(5) 如有严重的电灼伤痕迹，可用干布擦去；如触点烧毛，可用砂纸或细锉修整，主触点一般不允许用锉刀修整。

(6) 应经常清除灰尘，防止绝缘水平降低。

4) 低压断路器的选用

(1) 低压断路器的额定电压应不低于线路的额定电压。

- (2) 低压断路器的额定电流应不小于负载电流。
- (3) 脱扣器的额定电流应不小于负载电流。
- (4) 极限分断能力应不小于线路中最大短路电流。
- (5) 线路末端单相相对地短路电流与瞬时脱扣器整定电流之比应不小于 1.25。
- (6) 欠压脱扣器额定电压应等于线路额定电压。

5. 交流接触器

1) 交流接触器的用途

交流接触器用于远距离通、断交流电路或控制交流电动机的频繁起停，属于遥控电器。常用的交流接触器有 CJ20、CJ24、CJ40 等系列，还有西门子 3TB、3TF 系列和 TE 公司 LC1、LC2 系列等。

2) 交流接触器的结构

交流接触器的外形及内部结构如图 3-8 所示，其图形符号如图 3-9 所示。

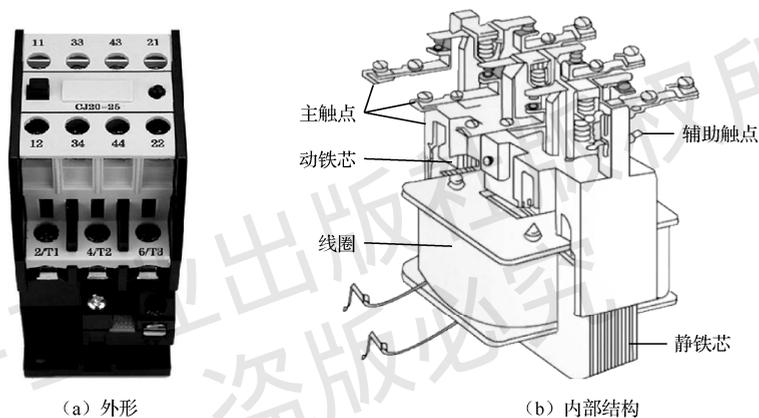


图 3-8 交流接触器的外形及内部结构

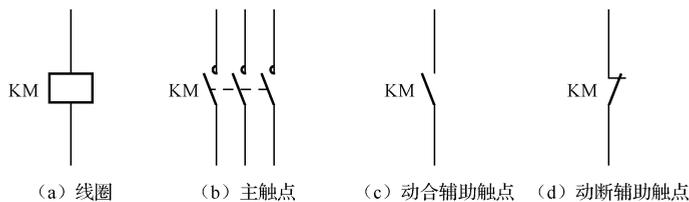


图 3-9 交流接触器的图形符号

(1) 电磁系统。

电磁系统由线圈、动铁芯、静铁芯和短路环等组成。线圈通电后，在铁芯中产生电磁力，吸引动铁芯动作，带动触点系统动作。短路环的作用是减小电磁噪音和振动，也称减振环。

(2) 触点系统。

触点系统包括主触点和辅助触点，一般有三对常开主触点。主触点接在主电路中，用来接通或断开主电路；辅助触点分为常开和常闭两种，辅助触点多用在控制电路中，用来实现各种控制。主触点相对于辅助触点体积更大一些。

常闭辅助触点是指在电磁系统未通电或触点不受外力的情况下为闭合状态的触点；如果在这种情况下触点为断开状态，则称为常开辅助触点。

(3) 灭弧装置。

灭弧装置用来熄灭电弧。

(4) 其他部分。

其他部分包括复位弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧片和接线端子等。

3) 交流接触器的工作原理

当线圈通电时，静铁芯产生电磁吸力，吸合动铁芯，交流接触器触点系统是与动铁芯联动的，所以动铁芯带动动触点同时动作，主触点闭合，常闭辅助触点断开，常开辅助触点闭合，从而接通电源。当线圈断电时，电磁吸力消失，动铁芯联动部分在弹簧的反作用力下分离，主触点断开，常闭辅助触点闭合，常开辅助触点断开，从而切断电源。

4) 交流接触器的安装

(1) 在安装前应先检查线圈的额定电压、额定电流等技术参数是否符合要求；检查接触器触点接触是否良好，有无卡阻现象；对新安装的接触器应擦净铁芯表面的防锈油。

(2) 接触器一般应安装在垂直面上，倾斜度不得超过 5° 。对有散热孔的接触器，散热孔应放在上下位置，以利于散热。

(3) 在安装与接线时，切勿把零件遗落在接触器内部，以免引起卡阻，或引起短路故障。

(4) 应拧紧固定螺钉，防止运行振动。

(5) 当触点表面因电弧出现金属小珠时，应及时锉修，但银及银合金触点表面产生的氧化膜由于接触电阻很小，可不必锉修，否则会缩短触点的寿命。

(6) 接触器的触点应定期清扫保持清洁，但不允许涂油。

5) 交流接触器的选用

(1) 交流接触器的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。

(2) 吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的额定电压等级一致。

(3) 额定电流应大于或等于被控主回路的额定电流。

6. 中间继电器

1) 中间继电器的用途

中间继电器实质上是一种电压继电器，其结构和工作原理与交流接触器相同，但它的触点数量较多，在电路中的主要作用是扩展触点的数量。另外，其触点的额定电流较小（5A）。常用的中间继电器有 JZ7、JZ15、JZ17 等系列。

2) 中间继电器的结构

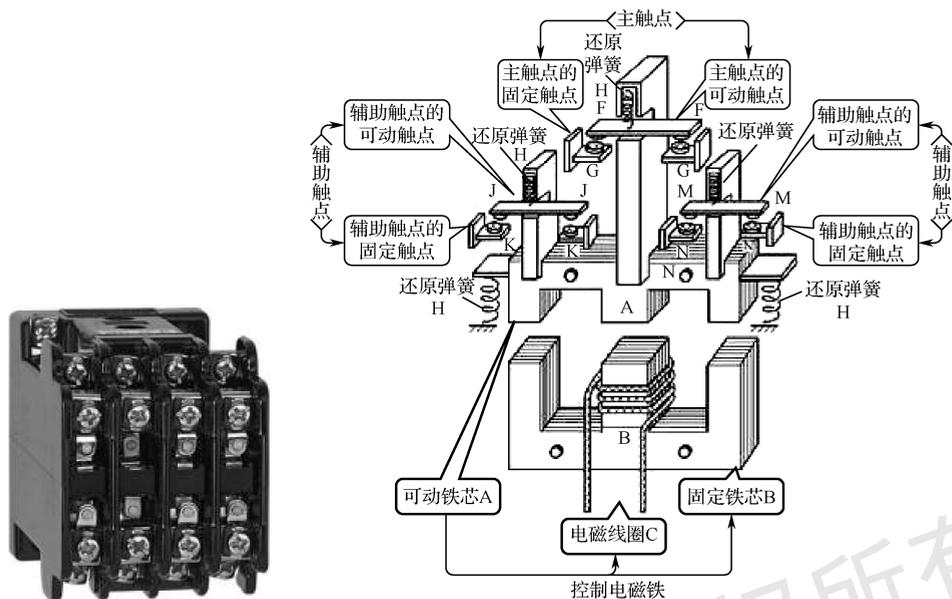
中间继电器的基本结构和交流接触器类似，但它没有主触点、辅助触点之分，且触点数量较多。中间继电器也是由线圈、静铁芯、动铁芯、触点系统和复位弹簧等组成的。中间继电器的外形、内部结构及图形符号如图 3-10 所示。

3) 中间继电器的安装

中间继电器的安装方法和交流接触器类似，但由于中间继电器触点容量较小，一般不能接到主电路中。

4) 中间继电器的选用

中间继电器的选用主要考虑触点的类型和数量，以及线圈额定电压的类型和数值。



(a) 外形及内部结构



(b) 图形符号

图 3-10 中间继电器的外形、内部结构及图形符号

7. 时间继电器

1) 时间继电器的用途

时间继电器是利用电磁原理和机械动作来使其触点获得延迟动作时间的。常用的时间继电器有 JS7、JS10、JS11、JSJ、JS14、JSS14、JSS20 等系列。

2) 时间继电器的结构

按照动作原理来分，时间继电器有电磁式、电动式、空气阻尼式、晶体管式和数字式等类型。空气阻尼式时间继电器具有结构简单、工作可靠、价格低廉、寿命长等优点，是机床控制电路中常用的时间继电器。现以空气阻尼式时间继电器为例介绍其结构。

空气阻尼式时间继电器由电磁系统、触点、气室及传动机构等组成。JS7 系列时间继电器如图 3-11 所示。

(1) 电磁系统。

电磁系统由线圈、动铁芯（衔铁）、静铁芯和反力弹簧等组成。

(2) 触点。

触点分为瞬时触点和延时触点两种。不同型号的空气阻尼式时间继电器中两种触点

的数量不同。

(3) 气室。

气室内有一块橡皮薄膜和活塞随空气量的增减而移动，气室上面的调节螺钉可以调节延时的长短。

(4) 传动机构。

传动机构由杠杆、推板、推杆和宝塔形弹簧等组成。

3) 空气阻尼式时间继电器的工作原理

空气阻尼式时间继电器的动作时间是由空气通过小孔节流的原理来控制的。触点延时分为通电延时与断电延时。通电延时是指电磁线圈通电后，触点延时动作；断电延时是指电磁线圈断电后，触点延时复位。

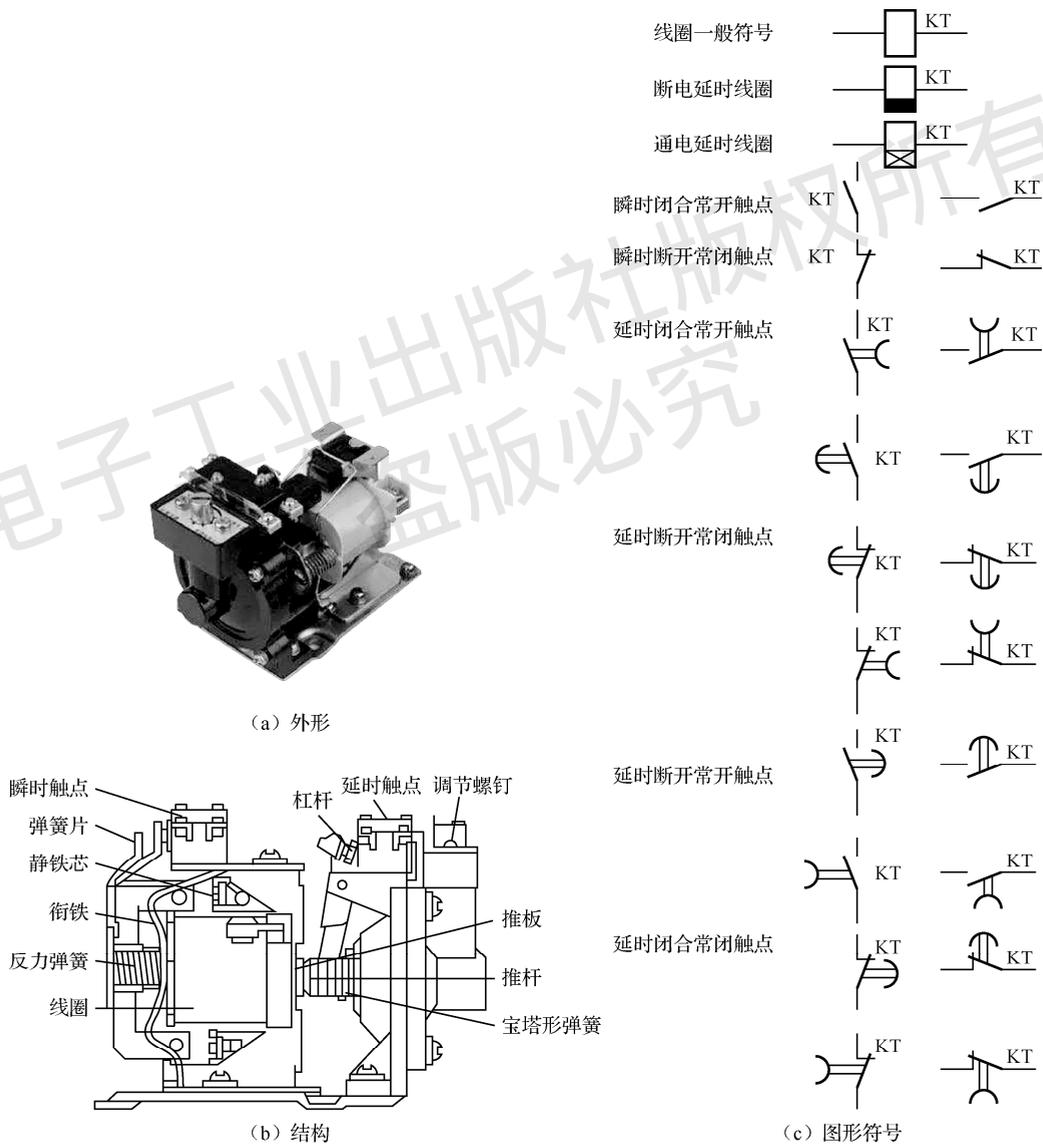


图 3-11 JS7 系列时间继电器

如图 3-11 (b) 所示, 当线圈通电后, 衔铁克服反力弹簧的作用, 与静铁芯吸合, 活塞杆在宝塔形弹簧作用下向右移动, 空气由进气孔进入气囊。经过一段时间后, 活塞杆完成全部行程, 通过杠杆压动微动开关, 使常闭触点延时断开, 常开触点延时闭合。

当线圈失电后, 衔铁在反力弹簧作用下压缩宝塔形弹簧, 同时推动活塞杆向左移动至左限位, 杠杆随之运动, 使微动开关瞬时复位, 常闭触点瞬时闭合, 常开触点瞬时断开。

当线圈通电后, 衔铁克服反力弹簧的作用, 与静铁芯吸合, 衔铁推动推杆压缩宝塔形弹簧, 推动活塞杆向左移动至左限位, 杠杆随之运动, 使微动开关动作, 常闭触点瞬时断开, 常开触点瞬时闭合。

当线圈断电后, 衔铁在反力弹簧作用下与静铁芯分开, 释放空间, 活塞杆在宝塔形弹簧作用下向右移动, 空气由进气孔进入气囊, 经过一段时间后, 活塞杆完成全部行程, 通过杠杆压动微动开关, 使常闭触点延时闭合, 常开触点延时断开。

4) 时间继电器的安装

- (1) 经常清除时间继电器上面的灰尘和油污, 防止延时误差的增加。
- (2) 将线圈转 180° 就能将通电延时改为断电延时。同理也可将断电延时改为通电延时。

5) 时间继电器的选用

- (1) 根据使用场合、工作环境选择时间继电器类型。
- (2) 根据控制电路中对延时触点的要求选择延时方式。
- (3) 根据线路工作电压选择电磁系统线圈的额定电压。

8. 熔断器

1) 熔断器的用途

熔断器是一种在电路中起短路保护 (有时也起过载保护) 作用的保护电器, 以金属导体作为熔体串联在电路中, 当过载或短路电流通过时, 金属导体因自身发热而熔断, 从而分断电路。熔断器结构简单, 使用方便, 广泛用于电力系统、各种电工设备和家用电器中。常用的熔断器有瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式和有填料封闭管式等类型。

2) 熔断器的结构

RC1A 系列瓷插式熔断器的外形及结构如图 3-12 所示。

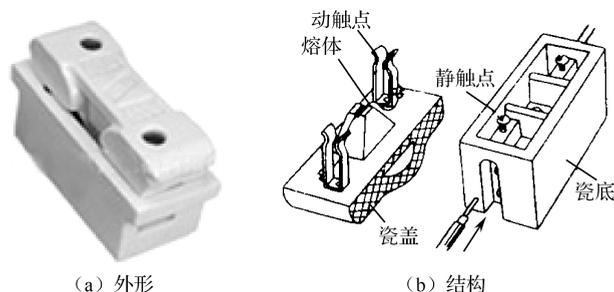
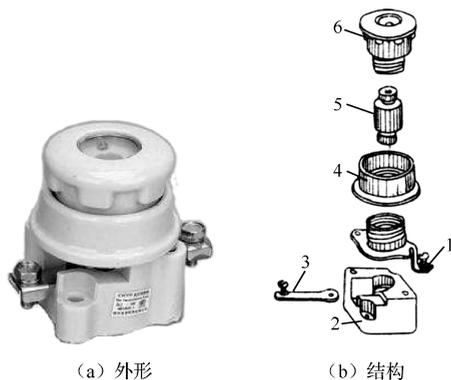


图 3-12 RC1A 系列瓷插式熔断器的外形及结构

RL1 系列螺旋式熔断器的外形及结构如图 3-13 所示。



1—上接线端；2—瓷底座；3—下接线端；4—瓷套；5—熔断管；6—瓷帽

图 3-13 RL1 系列螺旋式熔断器的外形及结构

RM10 系列无填料封闭管式熔断器的外形及结构如图 3-14 所示。

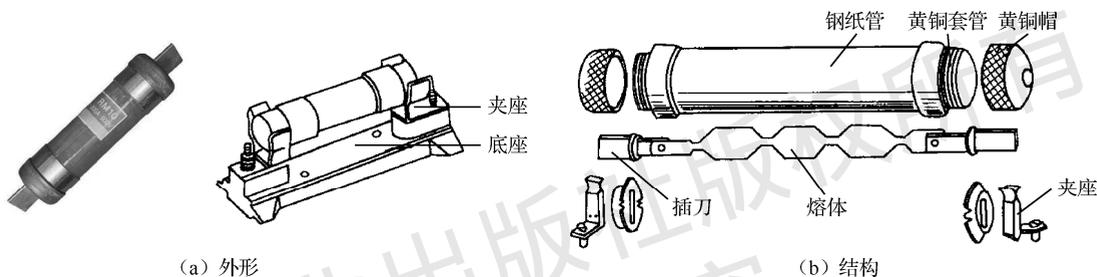


图 3-14 RM10 系列无填料封闭管式熔断器的外形及结构

RT0 系列有填料封闭管式熔断器的外形及结构如图 3-15 所示。

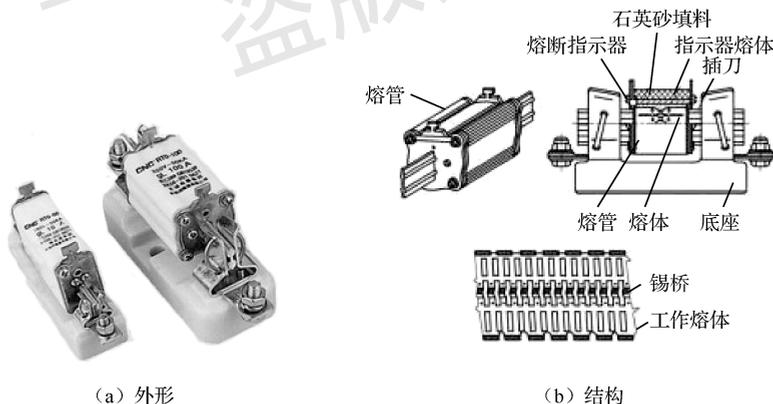


图 3-15 RT0 系列有填料封闭管式熔断器的外形及结构

熔断器的图形符号如图 3-16 所示。

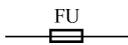


图 3-16 熔断器的图形符号

3) 熔断器的安装

(1) 熔体的额定电流只能小于或等于熔管的额定电流。

(2) 瓷插式熔断器的熔体应顺着螺钉旋紧方向绕过去；不要把熔体绷紧，以免减小熔体截面尺寸。

(3) 对于螺旋式熔断器，电源线必须与瓷底座的下接线端连接，防止在更换熔体时发

生触电事故。

(4) 应保证熔体与刀座接触良好, 以免接触电阻过大使熔体温度升高而熔断。

(5) 更换熔体应在停电的状态下进行。

4) 熔断器的选用

(1) 熔断器类型应满足使用环境的要求。

(2) 熔断器额定电压应大于或等于线路工作电压。

(3) 熔体额定电流应满足如下要求。

① 对电热或照明电路, 熔体额定电流应大于或等于线路工作电流。

② 对单台电动机, 熔体额定电流应为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍; 对多台电动机,

$$I_{RN}=(1.5\sim 2.5)I_{N\max}+\sum I_{NS}$$

(4) 熔断器额定电流应大于或等于熔体额定电流。

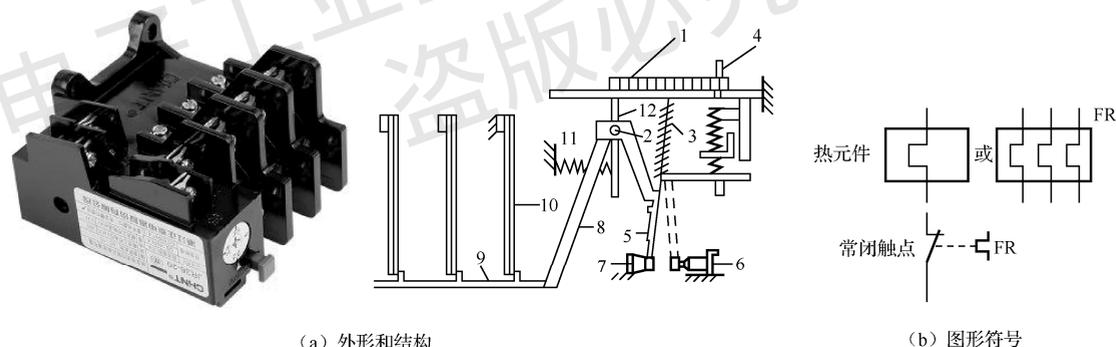
9. 热继电器

1) 热继电器的用途

热继电器是利用电流的热效应动作的一种保护电器, 主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。常用的热继电器有 JR20、JRS1、JR16、JR10、JR0 等系列。

2) 热继电器的结构

热继电器由热元件、触点、动作机构、手动复位按钮和电流调节装置等组成, 其外形、结构及图形符号如图 3-17 所示。



1—电流调节装置; 2—推杆; 3—拉簧; 4—手动复位按钮; 5—动触点; 6—调节螺钉;

7—常闭静触点; 8—温度补偿双金属片; 9—导板; 10—主双金属片; 11—压簧; 12—支撑杆

图 3-17 热继电器的外形、结构及图形符号

3) 热继电器的工作原理

串联在主电路中的热元件中通过的电流超过热继电器额定电流后产生热量, 使具有不同膨胀系数的双金属片发生形变, 当形变达到一定程度时, 就会推动连杆动作, 使控制电路断开, 从而使接触器失电, 主电路断开, 实现对主电路的过载保护。

4) 热继电器的安装

(1) 在安装热继电器时, 应先清除触点表面污垢, 以免接线后电路不通或因接触电阻太大而影响其动作性能。

(2) 热继电器应安装在其他电器的下方，以防止其他电器发热而影响其动作的准确性。

(3) 热继电器出线端的连接导线不宜太粗，也不宜太细。一般规定：额定电流为 10A 的热继电器，宜选用横截面积为 2.5mm^2 的单股铜芯塑料导线；额定电流为 20A 的热继电器，宜选用横截面积为 4mm^2 的单股铜芯塑料导线；额定电流为 60A 的热继电器，宜选用横截面积为 16mm^2 的多股铜芯塑料导线；额定电流为 150A 的热继电器，宜选用横截面积为 35mm^2 的多股铜芯塑料导线。

5) 热继电器的选用

一般根据电动机的工作环境、启动情况、负载性质等因素来选用热继电器。



能力训练

- (1) 什么是低压电器？按用途分为哪些类型？
- (2) 在交流接触器的线圈已通电而衔铁尚未闭合的瞬间，为什么会出现很大的冲击电流？
- (3) 线圈电压为 220V 的交流接触器误接到 220V 直流电源上会出现什么问题？为什么？
- (4) 线圈电压为 220V 的直流接触器误接到 220V 交流电源上会出现什么问题？为什么？
- (5) 熔断器额定电流与熔体额定电流有何区别？
- (6) 热继电器能否用来进行短路保护？为什么？
- (7) 比较刀开关与铁壳开关的差异并说明其用途。
- (8) 在选择接触器时，主要考虑交流接触器的哪些技术参数？
- (9) 中间继电器与交流接触器有什么差异？在什么条件下中间继电器也可以用来直接控制电动机？
- (10) 电动机过载，热继电器立即动作吗？为什么？
- (11) 叙述低压断路器的功能、使用场合。

任务十一 三相异步电动机启动控制



能力目标

- (1) 掌握电气原理图绘制方法。
- (2) 掌握三相异步电动机启动控制系统的组成及各组成部分的作用。
- (3) 学会分析电动机启动控制的电气原理图。
- (4) 熟悉控制电路安装工艺。

一、电气原理图绘制方法

电气控制线路是将各种电气设备按一定的控制要求连接而成的，实现对某种设备的电气自动化控制的线路。为了表示电气控制线路的原理、组成及功能，以及方便安装、调试、维修等，

必须按照国家标准统一规定的电气设备图形符号和文字符号及技术规范要求来绘制电气控制系统图。

电气控制系统图，简称电气图，主要表达的是电气设备之间的连接关系，一般分为电气原理图、电气元件布置图、电气安装图三种。本教材主要介绍电气原理图。

电气原理图一般分为主电路和辅助电路两部分。辅助电路分为控制电路和照明、指示电路等，主要由继电器的线圈和触点、接触器的线圈和触点、按钮、控制变压器等组成，辅助电路中通过的电流相对较小；主电路是指为电动机提供动力的电路，主电路中通过的电流相对较大。

电气原理图绘制的基本原则如下。

(1) 主电路绘制在图纸的左侧或上方，线条用粗实线；辅助电路绘制在图纸的右侧或下方，线条用细实线。主电路和辅助电路可以绘制在一起，也可以分开绘制。

(2) 电气原理图中的电气设备一律用国家标准统一规定的图形符号和文字符号表示，文字符号一般标注在触点的侧面或线圈的下方。电气元件的电气符号应按功能布置、按动作顺序排列，布置的顺序应为从左到右或从上到下，不考虑电气元件的实际安装位置，同一元件的各个部件根据作用可以画在图纸中的不同位置，但应标以相同的文字符号。

(3) 电气设备的可动部件保持没有通电或不加外力时的自然状态。

(4) 电气原理图应布局合理、排列均匀，可以水平布置，也可以垂直布置。在垂直布置时，类似的项目应横向对齐；在水平布置时，类似的项目应纵向对齐。

(5) 对于有直接电气联系的导线，接点处用实心圆点标明，对于无直接电气联系的导线则不画实心圆点。

二、三相异步电动机结构及工作原理

1. 结构

三相异步电动机主要由定子和转子两大部分组成，定子和转子之间存在很小的气隙，此外还包括端盖、轴承、风扇等部件，三相笼型异步电动机的外形及结构如图 3-18 所示。

(1) 定子。三相异步电动机的定子由定子铁芯、定子绕组和机座三部分组成。

① 定子铁芯。定子铁芯是电动机磁路的一部分，为了减少电动机的铁芯损耗，定子铁芯采用 0.5mm 厚的硅钢片叠成，叠好后压装在机座的内腔中。

② 定子绕组。定子绕组是电动机电路的一部分，其主要作用是产生感应电动势，通过电流实现电能与机械能的转换。它由嵌在定子铁芯槽内的线圈按一定规律组成，根据定子绕组线圈在槽内的布置可分为单层绕组和双层绕组。

③ 机座。机座的作用是支撑定子铁芯和固定端盖，机座必须具有足够的机械强度和刚度。

(2) 转子。转子部分由转子铁芯、转子绕组和转轴等构成。

① 转子铁芯。转子铁芯是电动机磁路的一部分，由 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成。硅钢片外圆周上冲有槽，以便浇铸或嵌放转子绕组。

② 转子绕组。转子绕组的作用是产生感应电动势和电流，并产生电磁转矩。其结构有笼型和绕线型两种。

(3) 气隙。三相异步电动机定子铁芯与转子铁芯之间存在气隙，气隙的大小对三相异步电动机的运行性能影响极大。如果气隙过大，则磁阻大，由电网提供的励磁电流也大，会使电动机的功率因数降低；如果气隙过小，则电动机装配困难，运行时可能会发生定子铁芯、转子铁芯摩擦，并且当气隙过小时高次谐波磁场的影响增大，会对电动机产生不良影响。一般情况下，三相异步电动机的气隙应为 0.2~1.6mm。

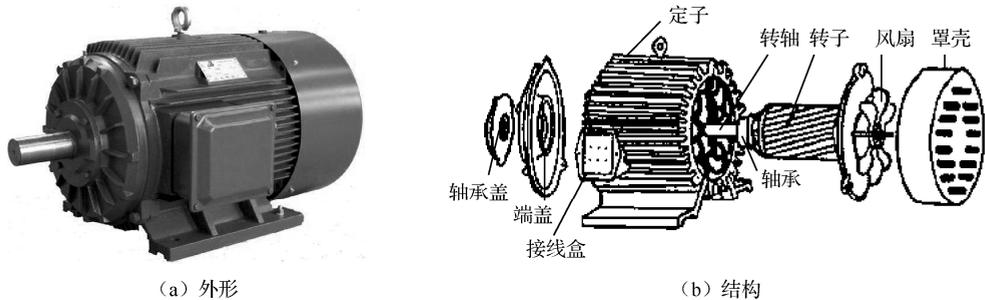


图 3-18 三相笼型异步电动机的外形及结构

2. 工作原理

三相对称定子绕组接到对称的三相交流电源上后，在定子绕组中就会通过对称三相电流，电流流过定子绕组时产生的磁场为旋转磁场，旋转磁场是三相异步电动机转动的关键。该磁场的磁力线通过定子铁芯、气隙和转子铁芯而闭合。

由于静止的转子绕组与旋转磁场存在相对运动，转子铁芯槽内的导体要切割旋转磁场而产生感应电动势。由于转子绕组为闭合回路，在转子电动势的作用下，转子绕组中有电流通过。根据电磁力定律，载流的转子导体在旋转磁场中必然会受到电磁力。所有转子导体受到的电磁力便对转轴形成电磁转矩。转子在电磁转矩的作用下沿着旋转磁场的方向旋转。如果转子与生产机械连接，则转子受到的电磁转矩将克服负载转矩而做功，从而实现电能与机械能的转换。

三、三相异步电动机直接启动控制

如果三相异步电动机的启动电流过大，则电源电压下降较大，影响其他设备的正常工作等。因此，三相异步电动机的启动电流一定要在允许的范围内。现在电源容量一般都比较大，通常，10kW 以下的三相异步电动机都可以直接启动，也可用下面的经验公式进行判断，即当电源容量满足下式时也可以直接启动：

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leq \frac{3}{4} + \frac{S_N}{4P_N}$$

式中， I_{st} 为三相异步电动机的启动电流 (A)； I_N 为三相异步电动机的额定电流 (A)； S_N 为电源容量，一般指变压器容量 (kV·A)； P_N 为三相异步电动机的额定功率 (kW)。

直接启动也称全压启动，是指将电源电压直接加在三相异步电动机的定子绕组上，使三相异步电动机得电启动。

1. 手动控制

图 3-19 所示为手动控制电路图。工作原理：合上电源开关 QS，电动机得电启动；断开电源开关 QS，电动机失电停止。电源开关一般采用负荷开关或胶盖开关，用于小容量电动机的控制，熔断器起短路保护作用。

2. 点动控制

图 3-20 所示为点动控制电路图。工作原理：首先合上电源开关 QS，再按下按钮 SB，接触器 KM 的线圈得电，其主触点闭合，电动机得电启动；松开按钮 SB，接触器 KM 的线圈失电，其主触点断开，电动机失电停止。

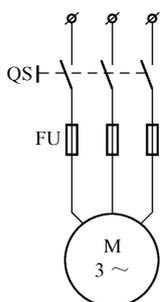


图 3-19 手动控制电路图

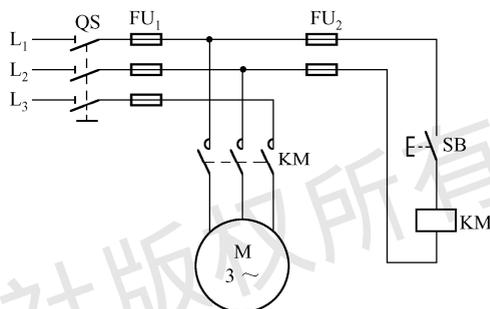


图 3-20 点动控制电路图

3. 长动控制

图 3-21 所示为长动控制电路图。工作原理：合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB₂，接触器 KM 的线圈得电，其主触点闭合，电动机得电启动，同时其动合触点闭合，使接触器 KM 的线圈保持通电状态。这种依靠接触器自身辅助触点使线圈保持通电状态的现象称为自锁，也称自保持，起自锁作用的辅助触点称为自锁触点。自锁电路还具有欠压和失压保护功能。

电路中的热继电器 FR 起过载保护作用。

4. 正反转控制线路

电动机在实际拖动负载工作时，可能需要实现相反方向的旋转，即需要正反转运行，图 3-22 所示为正反转控制电路图。

工作原理：合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB₁，接触器 KM₁ 的线圈得电，其主触点闭合，电动机 M 得电正向旋转，同时 KM₁ 的动合触点闭合自锁；当需要电动机反转时，按下停止按钮 SB₃，接触器 KM₁ 的线圈失电，主触点断开使电动机停止，同时动合触点断开，自锁解除；再按下启动按钮 SB₂，接触器 KM₂ 的线圈得电，其主触点闭合，使接入电动机绕组的电源相线有两相换接，实现电动机反转，同样 KM₂ 动合触点自锁。按下按钮 SB₁，电动机失电停止。

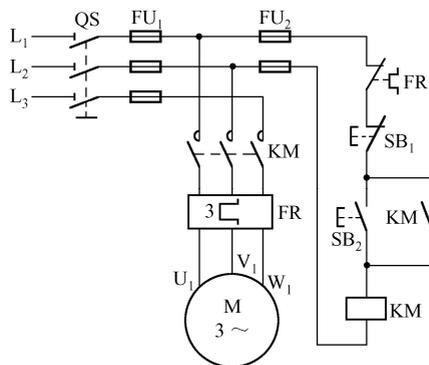


图 3-21 长动控制电路图

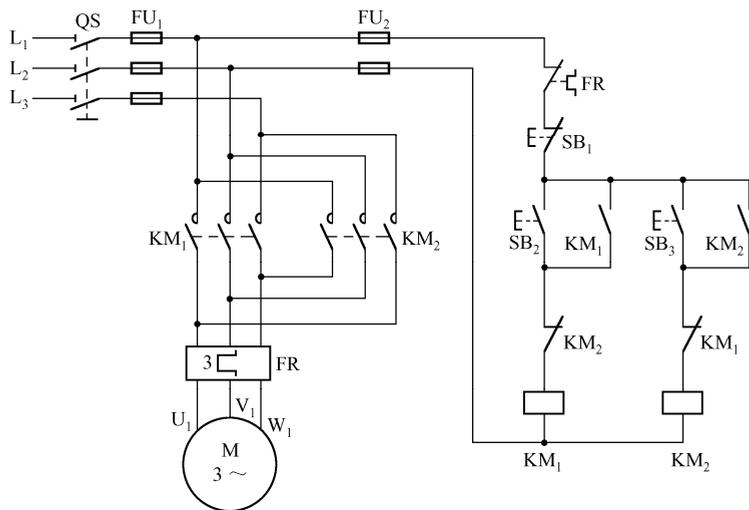
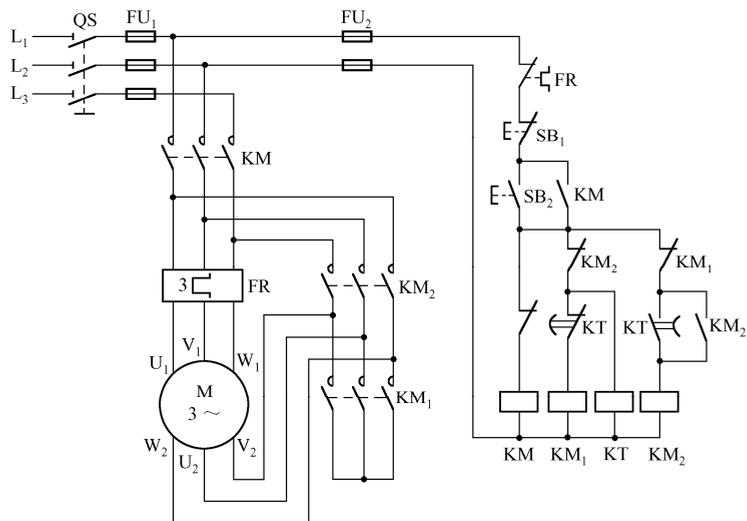


图 3-22 正反转控制电路图

电路中的热继电器 FR 起过载保护作用，FU₁ 对电源进行短路保护，FU₂ 对辅助电路进行短路保护，接触器 KM₁、KM₂ 的辅助常闭触点作为联锁触点，保证只有一个旋转方向的电路接通，避免电源短路。

四、三相异步电动机降压启动控制

降压启动是在启动时降低加在电动机定子绕组上的电压，以减小启动电流，启动后再将电压恢复到额定值，使之转入正常运行的启动方法。三相笼型异步电动机常用的降压启动方法有 Y— Δ 降压启动、定子绕组串电阻启动、自耦变压器降压启动和延边三角形降压启动等，其中常用的是 Y— Δ 降压启动，它是以改变定子绕组的连接方式来实现降压启动的。本教材以 Y— Δ 降压启动为例，介绍其工作原理，其电路图如图 3-23 所示。

图 3-23 Y— Δ 降压启动控制电路图

工作原理：合上电源开关 QS，按下 SB₂，KM、KM₁ 和 KT 的吸引线圈同时得电。KM₁ 的常开主触点闭合，电动机定子绕组呈 Y 形连接；KM 的常开主触点闭合，电动机定子绕组接通电源，电动机降压启动。KM 的常开辅助触点闭合，形成自锁，保证启动过程的延续；KT 开始延时，为从启动转换到运行做好准备；KM₁ 的常闭触点断开，防止 KM₂ 的吸引线圈同时得电，避免电源短路。KT 延时时间到，KT 的通电延时断开常闭触点断开，KM₁ 的吸引线圈失电，KM₁ 的常开主触点复位，电动机定子绕组 Y 的形连接断开，然后 KM₁ 的常闭辅助触点复位，同时 KT 的通电延时闭合常开触点闭合，KM₂ 的吸引线圈得电。KM₂ 的常开主触点闭合，电动机定子绕组呈△形连接，电动机转入运行状态，同时 KM₂ 的常开辅助触点闭合，形成自锁，保证运行状态的延续；然后 KM₂ 的常闭辅助触点断开，KT 的吸引线圈失电，KT 完成线路状态转换。KM₂ 的常闭辅助触点的断开，防止了 KM₁ 和 KT 的吸引线圈在电动机运行时再次得电，避免了电源短路。按下 SB₁，KM、KM₂ 的吸引线圈失电，电动机断电停止。

电路中的热继电器 FR 起过载保护作用，FU₁ 对电源进行短路保护，FU₂ 对辅助电路进行短路保护，接触器 KM₁、KM₂ 的辅助常闭触点作为联锁触点。由于降压启动会造成启动转矩的下降，所以该方法适用于空载、轻载启动，且定子绕组在运行时呈△形连接的电动机。



能力训练

- (1) 电气原理图由几部分组成？辅助电路又由几部分组成？
- (2) 在什么条件下可以全压启动？在不能全压启动时，应该用什么方法？
- (3) 常用的降压启动方法有哪些？Y—△降压启动方法适用于什么电动机启动？
- (4) 自锁触点用接触器的什么元件来实现？怎样与线路连接？
- (5) 联锁触点用接触器的什么元件来实现？怎样与线路连接？
- (6) 联锁触点的作用是什么？
- (7) 在三相异步电动机单向旋转长动控制电路中，有失压和欠压保护吗？分别是怎样实现的？
- (8) 联锁有几种形式？各有什么特点？
- (9) 什么是过载、短路、失压和欠压保护？分别用什么低压电器来实现？

技能训练六 兆欧表的使用

1. 训练目的

- (1) 会兆欧表的使用方法。
- (2) 会测量线路和电动机的绝缘电阻。

2. 仪器、仪表及工具

低压照明电路、三相异步电动机、兆欧表、常用电工工具。

3. 相关知识

兆欧表俗称摇表，是用来测量大电阻和绝缘电阻的，它的计量单位是兆欧 (MΩ)，故称



图 3-24 兆欧表的外形

兆欧表。兆欧表的种类有很多，但其作用大致相同，其外形如图 3-24 所示。

1) 兆欧表的选用

规定兆欧表的电压等级应高于被测物的绝缘电压等级。所以在测量额定电压在 500V 以下的设备或线路的绝缘电阻时，可选用 500V 或 1000V 兆欧表；在测量额定电压在 500V 以上的设备或线路的绝缘电阻时，应选用 1000~2500V 兆欧表；在测量绝缘子的绝缘电阻时，应选用 2500~5000V 兆欧表。一般情况下，测量低压电器的绝缘电阻可选用 0~200MΩ 兆欧表。

2) 绝缘电阻的测量方法

兆欧表上有三个接线柱，上方较大的两个接线柱上分别标有“E”（接地）和“L”（线路），下方较小的一个接线柱上标有“G”（保护环或屏蔽）。

(1) 线路对地的绝缘电阻。

将兆欧表的 E 接线柱可靠地接地（一般接到某一接地体上），L 接线柱接到被测线路上，如图 3-25 (a) 所示。连接好后，顺时针摇动兆欧表的手柄，转速逐渐加快，保持在约 120r/min 后匀速摇动，当转速稳定，兆欧表的指针也稳定后，指针所指示的数值即线路对地的绝缘电阻值。

在实际使用中，E、L 两个接线柱可以任意连接，即 E 接线柱可以与被测物连接，L 接线柱可以与接地体连接（接地），但 G 接线柱绝不能接错。

(2) 测量电动机的绝缘电阻。

将兆欧表的 E 接线柱接机壳（接地），L 接线柱接到电动机某一相的绕组上，如图 3-25 (b) 所示，测出的绝缘电阻值就是某一相的对地绝缘电阻值。

(3) 测量电缆的绝缘电阻。

在测量电缆的绝缘电阻时，将 E 接线柱与电缆外壳连接，L 接线柱与线芯连接，同时将 G 接线柱与电缆外壳、线芯之间的绝缘层连接，如图 3-25 (c) 所示。

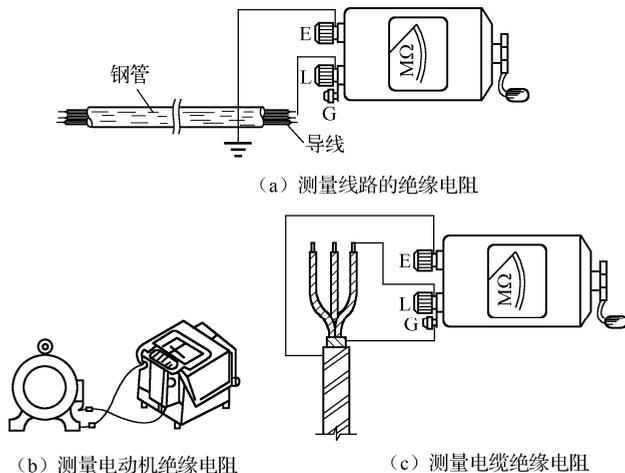


图 3-25 兆欧表的接线方法

3) 使用注意事项

(1) 使用前应做开路 and 短路试验。将兆欧表放在水平位置, 使 L、E 两个接线柱处于断开状态。左手按住表身, 右手摇动兆欧表手柄, 转速约为 120r/min, 指针应指向无穷大 (∞), 将 L 和 E 两个接线柱短接, 慢慢地摇动手柄, 指针应指向“0”。若这两项都满足要求, 则说明兆欧表是好的。

(2) 测量时必须正确接线。兆欧表共有三个接线柱 (L、E、G)。在测量回路对地电阻时, L 接线柱与回路的裸露导体连接, E 接线柱连接接地线或金属外壳; 在测量回路的绝缘电阻时, 回路的首端与尾端分别与 L、E 接线柱连接; 在测量电缆的绝缘电阻时, 为防止电缆表面泄漏电流对测量精度产生影响, 应将电缆的屏蔽层接至 G 接线柱。

(3) 在测量电气设备的绝缘电阻时, 必须先切断电源, 然后对设备进行放电, 以保证人身安全和测量准确。

(4) 在测量时兆欧表应放在水平位置, 并用力按住兆欧表, 防止其在摇动手柄时晃动, 摇动手柄的转速为 120r/min。

(5) 引接线应采用多股软线, 且要有良好的绝缘性能, 两根导线之间、导线与地之间应保持适当距离, 切忌绞在一起, 以免造成测量数据的不准确。

(6) 在摇动手柄时, 不能用手接触兆欧表的接线柱和被测回路, 以防触电。摇动手柄后, 各接线柱之间不能短接, 以免兆欧表损坏。

(7) 测量完后应立即对被测物进行放电, 在兆欧表的手柄停止转动和对被测物进行放电前, 不可用手触及被测物的测量部分或拆除导线, 以防触电。

4. 训练内容

内 容	技 能 点	训练步骤及内容	训 练 要 求
电动机绝缘电阻测量	(1) 兆欧表的使用方法。 (2) 电动机绝缘电阻测量方法	(1) 兆欧表的选择。 (2) 兆欧表的检查。 (3) 应用兆欧表测量电动机的绝缘电阻。 (4) 根据测量值判断电动机绝缘性能	(1) 能正确选择和检查兆欧表。 (2) 能应用兆欧表测量电动机的绝缘电阻。 (3) 能根据测量值从绝缘方面判断电动机是否还能使用
低压线路绝缘电阻测量	低压线路绝缘电阻测量方法	(1) 兆欧表的选择。 (2) 兆欧表的检查。 (3) 应用兆欧表测量低压线路的绝缘电阻。 (4) 根据测量值判断低压线路绝缘性能	(1) 能正确选择和检查兆欧表。 (2) 能应用兆欧表测量低压线路的绝缘电阻。 (3) 能根据测量值从绝缘方面判断低压线路是否还能使用

技能训练七 三相异步电动机单向旋转控制线路的安装

1. 训练目的

- (1) 会电气原理图的识图方法。
- (2) 会低压电器的选择和安装方法。

(3) 会电气控制线路的安装工艺和方法。

2. 仪器、仪表及工具

万用表、剥线钳、电笔、电气控制训练板（板内应有交流接触器 1 个、二点按钮盒 1 个、热继电器 1 个、三相电源开关 1 个、低压熔断器 5 个、接线端子等）、导线、三相异步电动机等。

3. 训练内容

内 容	技 能 点	训练步骤及内容	训 练 要 求
三相异步电动机单向旋转控制线路安装	(1) 识图能力。 (2) 低压电器选择、安装能力。 (3) 线路安装能力	(1) 分析电气原理图工作原理。 (2) 选择线路安装所需的低压电器和相关元件。 (3) 检查低压电器和相关元件。 (4) 安装低压电器和相关元件。 (5) 按照工艺要求安装控制线路。 (6) 检查线路。 (7) 通电试车	(1) 会电气原理图的识图方法。 (2) 会选择、安装低压电器和相关元件。 (3) 会检查低压电器和相关元件。 (4) 会按工艺要求安装控制线路。 (5) 会检查线路

技能训练八 三相异步电动机正反转控制线路的安装

1. 训练目的

- (1) 会电气原理图的识图方法。
- (2) 会低压电器的选择和安装方法。
- (3) 会电气控制线路的安装工艺和方法。

2. 仪器、仪表及工具

万用表、剥线钳、电笔、电气控制训练板（板内应有交流接触器 2 个、三点按钮盒 1 个、热继电器 1 个、三相电源开关 1 个、低压熔断器 5 个、接线端子等）、导线、三相异步电动机等。

3. 训练内容

内 容	技 能 点	训练步骤及内容	训 练 要 求
三相异步电动机正反转控制线路安装	(1) 识图能力。 (2) 低压电器选择、安装能力。 (3) 线路安装能力	(1) 分析电气原理图工作原理。 (2) 选择线路安装所需的低压电器和相关元件。 (3) 检查低压电器和相关元件。 (4) 安装低压电器和相关元件。 (5) 按照工艺要求安装控制线路。 (6) 检查线路。 (7) 通电试车	(1) 会电气原理图的识图方法。 (2) 会选择、安装低压电器和相关元件。 (3) 会检查低压电器和相关元件。 (4) 会按工艺要求安装控制线路。 (5) 会检查线路

任务十二 三相异步电动机电气制动控制



能力目标

- (1) 掌握三相异步电动机电气制动控制系统的组成及各组成部分的作用。
- (2) 会分析三相异步电动机电气制动的电气原理图。

电动机在断开电源后，由于惯性的作用，转轴的旋转要经过一定时间才能停止，这样就不能满足某些生产机械的工艺要求。为了使电动机的控制满足生产机械的工艺要求，应采用能使电动机迅速停止的制动措施。制动方法有两种：机械制动和电气制动。机械制动是利用电磁铁操纵机械装置使电动机在断开电源后迅速停止的方法；电气制动是在电动机需要迅速停止时产生一个和实际旋转方向相反的电磁转矩使电动机迅速停止的方法。由于机械制动较简单，下面着重介绍电气制动。电气制动常用的方法有反接制动和能耗制动两种。

一、反接制动

1. 速度继电器

速度继电器又称反接制动继电器，主要用于在电动机反接制动时防止电动机反转。速度继电器由转子、定子、触点系统、胶木摆杆等部分组成。JY1 系列速度继电器如图 3-26 所示。

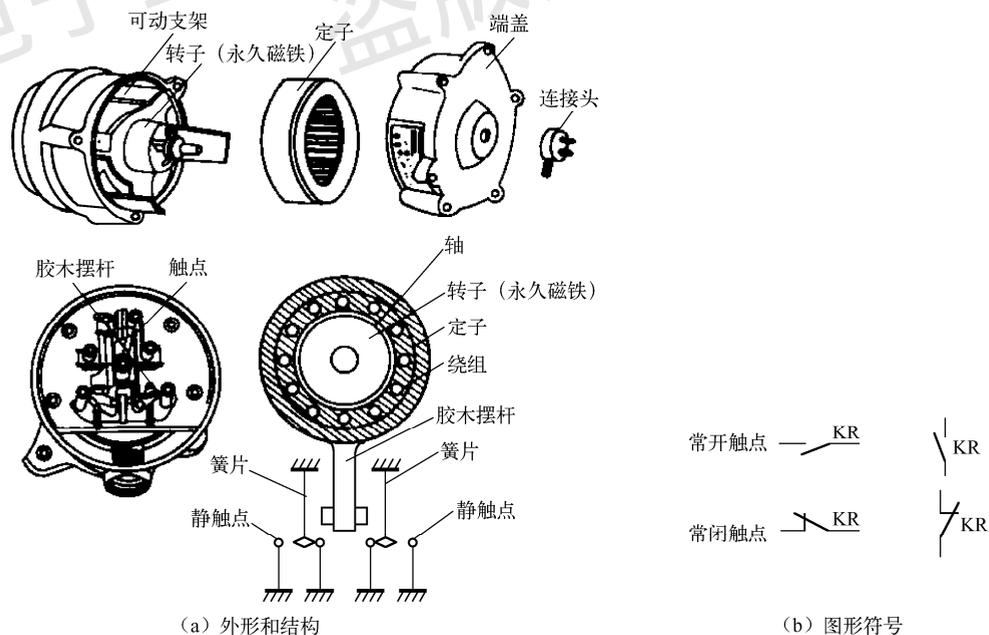


图 3-26 JY1 系列速度继电器

速度继电器的安装方法如下。

(1) 速度继电器的转轴应与电动机同轴连接，其常开触点串联在控制电路中，通过控制接触器来进行反接制动。

(2) 在安装速度继电器时，正、反向的触点不能接错，否则不能起到反接制动的作用。

2. 反接制动控制电路

反接制动是通过改变电动机定子电路的电源相序，产生与原来旋转方向相反的旋转磁场和电磁转矩，使电动机迅速停转的方法。这种方法制动快，制动转矩大，但制动电流冲击大，适用范围小。由于制动开始时转子与反向旋转的相对速度接近两倍同步转速，定子绕组中电流很大。为了减小制动电流冲击和防止电动机过热，应在电动机定子电路中串联反接制动电阻。同时，应在电动机转速接近零时，及时切断电源，避免电动机反向启动。通常用速度继电器来实现上述功能。下面以单向反接制动控制电路为例，分析其工作原理。单向反接制动控制电路图如图 3-27 所示。

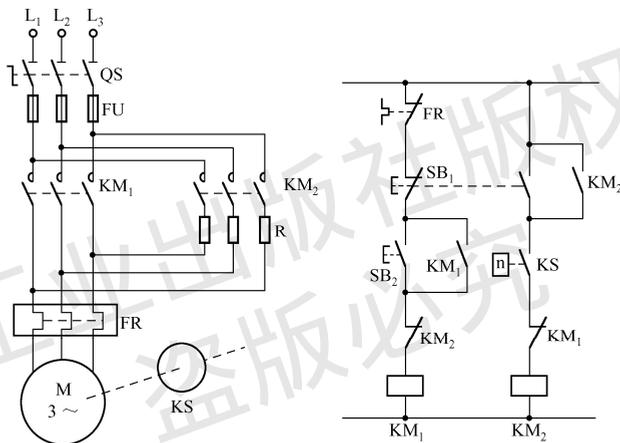


图 3-27 单向反接制动控制电路图

工作原理：合上 QS，按下 SB₂，KM₁ 的吸引线圈得电，KM₁ 的常开主触点闭合，电动机通电全压启动并运行，同时 KM₁ 的辅助常开触点闭合，形成自锁，保证电动机运行状态的延续；然后 KM₁ 的辅助常闭触点断开，保证 KM₂ 的吸引线圈不会同时得电，避免电源短路；当电动机转速高于 120r/min 时，KS 的常开触点闭合，为制动做好准备。按下 SB₁，KM₁ 的吸引线圈断电，KM₁ 的常开主触点复位，电动机断电，同时 KM₁ 的辅助常闭触点复位，为制动做好准备；然后 KM₂ 的吸引线圈得电，KM₂ 的常开主触点闭合，电动机串电阻 R（限制制动电流）接通与运行时不同相序的电源，从而获得制动转矩，开始制动，同时 KM₂ 的辅助常开触点闭合，形成自锁，保证制动状态的延续；然后 KM₂ 的辅助常闭触点断开，保证 KM₁ 的吸引线圈不会同时得电，避免电源短路；当电动机的转速低于 40r/min 时，KS 的常开触点复位，KM₂ 的吸引线圈失电，KM₂ 的常开主触点复位，电动机断电，制动结束。

二、能耗制动

所谓能耗制动，是指在正常运行的电动机脱离三相交流电源后，给定子绕组及时接通直

流电源，以产生静止磁场，利用转子感应电流和静止磁场相互作用产生的与转子惯性转动方向相反的电磁转矩对电动机进行制动。现以按时间原则控制的单向能耗制动控制电路为例，分析其工作原理。单向能耗制动控制电路图如图 3-28 所示。

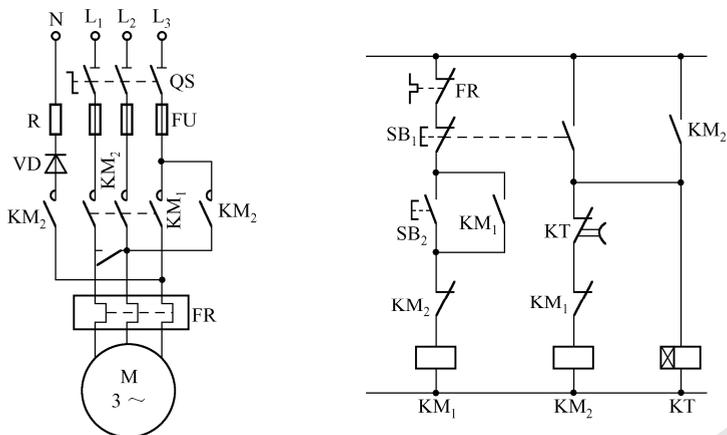


图 3-28 单向能耗制动控制电路图

工作原理：合上 QS，按下 SB₂，KM₁ 的吸引线圈得电，KM₁ 的常开主触点闭合，电动机通电全压启动并运行，同时 KM₁ 的辅助常开触点闭合，形成自锁，保证电动机运行状态的延续；然后 KM₁ 的辅助常闭触点断开，保证 KM₂ 的吸引线圈不会同时得电，避免电源短路。按下 SB₁，KM₁ 的吸引线圈断电，KM₁ 的常开主触点复位，电动机断电，同时 KM₁ 的辅助常闭触点复位，为制动做好准备；然后 KM₂、KT 的吸引线圈同时得电，时间继电器开始延时，为结束制动做好准备，同时 KM₂ 的常开主触点闭合，电动机的两相定子绕组串电阻 R 和二极管 VD 接通直流电源，其中 R 限制制动电流，VD 将交流电转换为直流电，从而电动机产生制动转矩，制动开始，同时 KM₂ 的辅助常开触点闭合，形成自锁，保证制动状态的延续；然后 KM₂ 的辅助常闭触点断开，保证 KM₁ 的吸引线圈不会在制动过程中重新得电，避免电源短路；延时时间到，KT 的通电延时断开常闭触点断开，KM₂ 的吸引线圈断电，KM₂ 的常开主触点复位，电动机断电，同时 KM₂ 的辅助常开触点复位，KT 的吸引线圈断电，制动结束。



能力训练

- (1) 什么是反接制动？
- (2) 什么是能耗制动？
- (3) 电动机的制动方法有哪些？
- (4) 在反接制动中，速度继电器的作用是什么？
- (5) 在能耗制动中，时间继电器的作用是什么？
- (6) 在能耗制动中，电阻 R 和二极管 VD 的作用是什么？
- (7) 在反接制动中，制动电流很大，如何解决？
- (8) 速度继电器的触点在什么条件下动作和复位？

任务十三 三相异步电动机条件控制



能力目标

- (1) 掌握三相异步电动机顺序控制、多地控制系统的组成及各组成部分的作用。
- (2) 会分析电动机顺序控制、多地控制的电气原理图。
- (3) 掌握控制电路安装工艺。
- (4) 熟悉控制电路维修、维护方法。

一、顺序控制

在有多台电动机的生产设备上，由于各台电动机的作用不同，需要按一定顺序启动或停止，以实现设备的运行和安全要求。这种实现多台电动机按顺序启动或停止的控制方式称为顺序控制。以两台电动机顺序启动、逆序停止的控制电路为例，分析其工作原理，其电路图如图 3-29 所示。

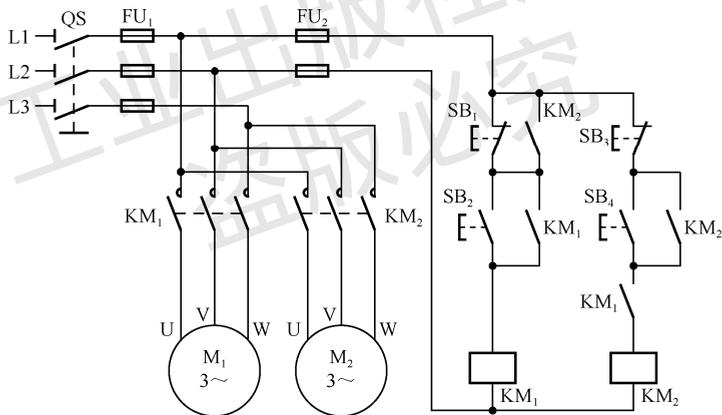


图 3-29 顺序控制电路图（顺序启动、逆序停止）

工作原理：合上 QS，按下 SB₄，由于 KM₁ 的吸引线圈没有得电，KM₁ 的辅助常开触点呈断开状态，KM₂ 的吸引线圈无法得电，从而不能实现先启动电动机 M₂。按下 SB₂，KM₁ 的吸引线圈得电，KM₁ 的常开主触点闭合，电动机 M₁ 通电启动并运行，同时 KM₁ 的辅助常开触点闭合，一方面形成自锁，使电动机 M₁ 保持运行状态；另一方面为启动电动机 M₂ 做好准备。按下 SB₄，KM₂ 的吸引线圈得电，KM₂ 的常开主触点闭合，电动机 M₂ 通电启动并运行，同时 KM₂ 的辅助常开触点闭合，一方面形成自锁，使电动机 M₂ 保持运行状态；另一方面将 SB₁ 锁住，顺序启动结束。按下 SB₁，由于 SB₁ 被锁住，无法让 KM₁ 的吸引线圈断电，电动机 M₁ 不能停止。按下 SB₃，KM₂ 的吸引线圈断电，KM₂ 的常开主触点复位，电动机 M₂ 停止，并且 KM₂ 的辅助常开触点复位，为停止电动机 M₁ 做好准备。按下 SB₁，KM₁ 的吸引线圈断电，KM₁ 的常开主触点复位，电动机 M₁ 停止，实现了逆序停止。

二、多地控制

在大型的生产设备上，为了操作方便，需要在多个地点对电动机进行控制，这种控制方法就是多地控制。两地控制原理与多地控制原理相同，本教材以两地控制为例，介绍其工作原理，两地控制电路图如图 3-30 所示。

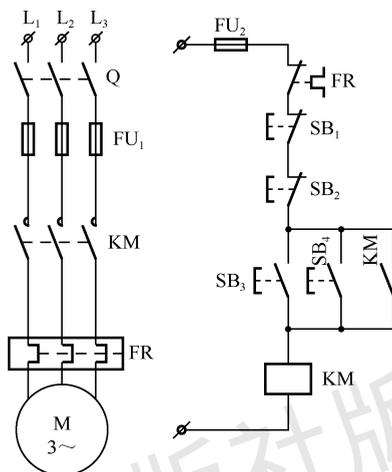


图 3-30 两地控制电路图

工作原理：SB₁、SB₂分别为 A、B 两地的停止按钮，SB₃、SB₄分别为 A、B 两地的启动按钮。合上 Q，按下 SB₃或 SB₄，KM 的吸引线圈得电，KM 的常开主触点闭合，电动机通电全压启动并运行，同时 KM 的辅助常开触点闭合，形成自锁，保证运行状态的延续。按下 SB₁或 SB₂，KM 的吸引线圈断电，KM 的常开主触点复位，电动机断电停止。



能力训练

- (1) 顺序启动的限制条件是什么？顺序停止的限制条件是什么？
- (2) 什么是电动机的顺序控制？
- (3) 电动机的多地控制，启动按钮如何连接？停止按钮如何连接？
- (4) 什么是电动机的多地控制？

技能训练九 三相异步电动机顺序控制线路的安装

1. 训练目的

- (1) 会电气原理图的识图方法。
- (2) 会低压电器的选择和安装方法。
- (3) 会电气控制线路的安装工艺和方法。

2. 仪器、仪表及工具

万用表、剥线钳、电笔、电气控制训练板（板内应有交流接触器 2 个、二点按钮盒 2 个、热继电器 2 个、三相电源开关 1 个、低压熔断器 5 个、接线端子等）、导线、三相异步电动机等。

3. 训练内容

内 容	技 能 点	训练步骤及内容	训 练 要 求
三相异步电动机顺序控制线路安装	(1) 识图能力。 (2) 低压电器选择、安装能力。 (3) 线路安装能力。 (4) 故障分析和排除能力	(1) 分析电气原理图工作原理。 (2) 选择线路安装所需的低压电器和相关元件。 (3) 检查低压电器和相关元件。 (4) 安装低压电器和相关元件。 (5) 按照工艺要求安装控制线路。 (6) 检查线路。 (7) 通电试车。 (8) 故障排除	(1) 会电气原理图的识图方法。 (2) 会选择、安装低压电器和相关元件。 (3) 会检查低压电器和相关元件。 (4) 会按工艺要求安装控制线路。 (5) 会检查线路。 (6) 会分析和排除故障

能力测试

一、基本能力测试

1. 填空题

- (1) 电压在交流_____V、直流_____V 及以下的电器称为低压电器。
- (2) 熔断器分为_____、_____、_____和_____等类型。
- (3) 熔断器应_____接在被保护的电路中，当电路发生_____或_____故障时，由于_____过大，熔件_____而自行熔断，从而将故障电路切断，起到保护作用。
- (4) 刀开关的基本结构由_____、_____、_____和_____组成。
- (5) HZ10-100/3 是_____开关的型号，型号中“100”表示额定_____，“3”表示_____。
- (6) 低压断路器用于_____通断电路，并能在电路_____、_____及_____时自动分断电路。
- (7) 在安装刀开关时，夹座应和_____线相连接，刀片应和_____线相连接，手柄向上应为_____状态。
- (8) 交流接触器由_____、_____和_____等部分组成。
- (9) 交流接触器的_____触点额定电流较大，可以用来_____大电流的主电路；_____触点的额定电流较小，一般为_____。
- (10) 热继电器由_____、_____、_____、_____和_____等组成。
- (11) 用热继电器对电动机进行保护，其整定电流值应由_____来确定，热继电器可以用来防止电动机因_____而损坏，_____用来对电动机进行失压保护。

- (12) “JR16-20/3D”表示_____继电器,“20”表示额定_____,“3”表示_____,“D”表示_____,它可以用来对_____接法的电动机进行有效的保护。
- (13) 空气阻尼式时间继电器由_____,_____,_____及_____等组成。
- (14) 要调整空气阻尼式时间继电器的延时时间可改变_____的大小,进气快则_____,反之则_____。
- (15) 电气控制系统图一般包括_____,_____,_____三种。
- (16) 电气原理图一般分为_____和_____两部分,辅助电路又分为_____和_____等。
- (17) 三相笼型异步电动机常用的降压启动方法有_____,_____,_____和_____等。
- (18) 速度继电器由_____,_____,_____,_____等组成。
- (19) 如果需要在不同的场所对电动机进行控制,那么可以在控制电路中_____联几个启动按钮和_____联几个停止按钮。
- (20) 电动机的正反转控制电路,其实就是正转电路与反转电路的组合,但在任何时候只允许其中一组电路工作,因此必须进行_____,以防止电源_____。

2. 判断题(正确在括号里打“√”,错误在括号里打“×”)

- (1) 开启式负荷开关在用于电动机控制电路时,其额定电流应不大于电动机额定电流的3倍。()
- (2) 低压断路器具有失压保护的功能。()
- (3) 交流接触器通电后铁芯吸合受阻,将导致线圈烧毁。()
- (4) 熔断器的保护特性是反时限的。()
- (5) 一台额定电压为220V的交流接触器在交流220V和直流220V的电源上均可使用。()
- (6) 当组合开关处于断开位置时,应使手柄在水平位置。()
- (7) 自锁触点一般与按钮串联。()
- (8) 在三相笼型异步电动机变极调速时,改变电源相序是为了改变电动机的旋转方向。()
- (9) 在多地控制电路中,各地启动按钮应该并联。()
- (10) 在顺序控制电路中,顺序启动元件应并联在相关支路中。()
- (11) 电气控制原理图的主电路绘制在图纸的左侧或上方。()
- (12) 刀开关电源接线应在下端。()
- (13) 电动机过载,热继电器马上动作。()
- (14) 通电延时是指时间继电器的电磁线圈通电后,其触点延时动作。()

3. 单项选择题

- (1) 当交流接触器电磁线圈失电时,动合触点_____。
- A. 断开 B. 闭合 C. 不动作
- (2) 采用接触器常开触点自锁的控制线路具有_____。
- A. 过载保护功能 B. 失压保护功能

- C. 过压保护功能
D. 欠压保护功能
- (3) 接触器的文字符号是_____。
- A. KM B. KS C. KT D. KA
- (4) 低压断路器脱扣器的作用之一是_____。
- A. 接收信号 B. 辅助熄灭电弧 C. 构成电路的联锁机构
- (5) 熔体熔化时间的长短取决于通过电流的大小和_____。
- A. 电流通过的时间 B. 熔体熔点的高低 C. 电源电压的大小
- (6) 熔断器的额定电流与熔体的额定电流_____。
- A. 是一回事 B. 不是一回事 C. 不清楚
- (7) 当刀开关垂直安装时, 手柄_____时为合闸状态。
- A. 向上 B. 水平 C. 向下
- (8) 热继电器主要用于电动机的_____保护。
- A. 过载 B. 失压 C. 短路
- (9) 电气闭锁可利用_____实现。
- A. 接触器辅助触点 B. 按钮 C. 程序
- (10) 作用与按钮相同的主令电器是_____。
- A. 行程开关 B. 万能转换开关 C. 组合开关
- (11) 万能式断路器又称_____。
- A. 塑壳式断路器 B. 框架式断路器 C. 智能断路器
- (12) HK 系列刀开关用于手动_____地接通和断开照明、电热设备和小容量电动机。
- A. 频繁 B. 不频繁 C. 频繁或不频繁
- (13) 组合开关一般用于直流_____的电路。
- A. 220V B. 380V C. 1000V
- (14) 采用交流接触器、按钮等构成的三相笼型异步电动机直接启动控制电路, 在合上电源开关后, 电动机启动、停止控制都正常, 但转向反了, 原因是_____。
- A. 接触器线圈反相 B. 控制回路自锁触点有问题
- C. 引入电动机的电源相序错误 D. 电动机接法与铭牌信息不符
- (15) 在由接触器、按钮等构成的电动机直接启动控制回路中, 如漏接自锁环节, 其后果是_____。
- A. 电动机无法启动 B. 电动机只能点动
- C. 电动机启动正常, 但无法停止 D. 电动机无法停止

二、提升能力测试

(1) 在电动机控制电路中, 已装了接触器, 为什么还要装电源开关? 它们的作用有何不同?

(2) 在电动机控制电路中, 主电路中装了熔断器, 为什么还要加装热继电器? 它们各起何作用? 能否互相代替? 而在电热及照明线路中, 为什么只装熔断器而不装热继电器?

(3) 中间继电器与交流接触器有什么区别? 在什么情况下可用中间继电器代替交流接触器?

(4) 某机床主轴电动机的型号为 Y132S-4, 额定功率为 5.5kW, 电压为 380V, 电流为 11.6A, 定子绕组采用△形接法, 启动电流为额定电流的 6.5 倍。若用组合开关作为电源开关, 用按钮、接触器控制电动机的运行, 并需要有短路、过载保护功能, 试选择所用的组合开关、按钮、接触器、熔断器及热继电器的型号和规格。

(5) 试设计两台电动机顺启顺停控制电路。

(6) 试设计具有过载和短路保护功能的双速电动机自动加速控制电路。

(7) 简述正反转控制电路的安装步骤及工艺要求。

(8) 简述电气控制电路的常见故障现象及检修方法。

项目小结

1. 低压电器

低压电器是指在交流电压为 1200V 及以下、直流电压为 1500V 及以下的电路中, 对电路起控制、保护等作用的电器。低压电器常按结构、用途及控制对象等不同进行分类。

2. 常用低压电器

(1) 刀开关。

刀开关是一种简单的手动控制电器, 用途非常广泛, 品种较多。其主要作用是隔离电源。刀开关也可用于不频繁地接通、断开小容量负载。其主要技术参数有额定电压、额定电流、分断能力。

(2) 转换开关。

转换开关一般用于不频繁地接通或断开电路、换接电源或负载, 也可以用于控制小容量电动机。其主要技术参数有额定电压、额定电流和极数等。

(3) 控制按钮。

控制按钮属于主令电器, 用于接通或断开控制电路中的小电流电路。其主要技术参数有额定电压、额定电流等。

(4) 空气开关。

空气开关具有多种保护功能, 具有动作值可调、分段能力高、操作方便、安全可靠等优点, 在低压电路中被广泛使用。其主要技术参数有额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型、额定电流的整定范围、主触点的分断能力等。

(5) 交流接触器。

交流接触器用于远距离接通、断开交流电路或控制交流电动机的频繁启停, 由电磁系统、触点系统、灭弧装置等组成。其主要技术参数有额定电压、额定电流、通断能力、动作值、线圈额定电压、操作频率等。

(6) 中间继电器。

中间继电器的结构和工作原理与交流接触器相同, 但中间继电器的触点数量较多, 在电路中的主要作用是扩展触点的数量。

(7) 时间继电器。

时间继电器利用电磁原理和机械动作来使其触点获得延迟动作时间。空气阻尼式时间继

电器由电磁系统、触点、气室及传动机构等组成。

（8）熔断器。

熔断器是一种在电路中起短路保护作用的保护电器。常用的熔断器有瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式和有填料封闭管式等类型。其主要技术参数有额定电压、额定电流、极限分断能力等。

（9）热继电器。

热继电器是利用电流的热效应动作的一种保护电器，主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。热继电器由热元件、触点、动作机构、手动复位按钮和电流调节装置等组成。主要技术参数有额定电压、额定电流、整定电流范围等。

3. 电气控制系统图

电气控制系统图简称电气图，主要表达的是电气设备之间的连接关系，一般分为电气原理图、电气元件布置图、电气安装图三种。

4. 三相异步电动机的结构与工作原理

三相异步电动机主要由定子和转子两大部分组成。定子由定子铁芯、定子绕组和机座三部分组成，转子由转子铁芯、转子绕组和转轴等构成。利用在定子绕组中通入对称三相电流产生旋转磁场，转子导体切割磁力线产生感应电动势，形成感应电流，载流的转子导体在旋转磁场中必然会受到电磁力，转子导体受到的电磁力便对转轴形成电磁转矩，从而在电磁转矩的作用下带动电动机旋转。

5. 三相异步电动机启动控制

三相异步电动机的启动依据启动电流的大小，通常采取直接启动和降压启动两种方式。

（1）直接启动。

直接启动有手动控制、接触器控制两种方式。接触器控制有点动控制、长动控制两种方式。

（2）自锁与互锁。

自锁是利用接触器自身常开辅助触点来保持其自身线圈处于通电状态，也称自保持。

互锁是利用对方接触器常闭辅助触点，在对方接触器通电的状态下，自身不能通电，也称联锁。

（3）降压启动。

降压启动的目的是降低启动电流。电动机启动后应将电压恢复到额定值，使之转入正常运行状态。常用的降压启动方法有 Y— Δ 降压启动、定子绕组串电阻启动、自耦变压器降压启动。

6. 三相异步电动机电气制动控制

为了使电动机的控制满足生产机械的工艺要求，应采用能使电动机迅速停止的制动措施。制动方法有两种：机械制动和电气制动。

7. 三相异步电动机条件控制

三相异步电动机在运行中，会依据实际条件需要，采取顺序控制、多地控制、速度控制等控制方式。

项目自评表

序号	自评项目	自评内容	项目配分	项目得分	自评成绩
1	熔断器、交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮、中间继电器、刀开关、转换开关、低压断路器等低压电器的选用	作用	4.5分（每种0.5分）		
		结构	9分（每种1分）		
		工作原理	9分（每种1分）		
		选择	18分（每种2分）		
		安装	4.5分（每种0.5分）		
2	三相异步电动机启动控制	全压、降压启动方法和适用范围	2分		
		控制电路分析	6分		
		保护环节设置	4分		
		控制电路安装工艺	6分		
		控制电路的安装	8分		
3	三相异步电动机电气制动控制	电气制动方法和适用范围	2分		
		控制电路分析	4分		
		保护环节设置	3分		
		控制电路的检测方法	6分		
4	三相异步电动机条件控制	顺序、多地控制电路设计	8分		
		控制电路的安装	6分		
能力缺失					
弥补办法					