

第 2 章 数控机床电气控制原理

机械部分和电气部分是数控机床的两大主要部分。其中数控机床的机械部分与普通机床结构相似,强电和弱电又是电气的两个重要部分,其中弱电部分是指控制系统中以电子元件、集成电路为主的控制部分。数控机床的弱电部分包括 CNC、PLC、MDI(multi-document interface)/CRT(cathode ray tube)以及伺服驱动单元、输入输出单元等;而强电部分是指控制系统中的主回路或高压、大功率回路中的继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、电磁铁、行程开关等电气元件及其所组成的控制电路。数控机床的控制电路是由各种不同的控制电气元件组成的,要掌握数控机床的控制电路首先要熟悉各种控制电气元件。

2.1 数控机床常用低压电器

2.1.1 接触器

接触器可以用于反复的开闭并带有负载的主电路系统,是一种用于频繁地接通或断开交直流主电路、大容量控制电路的自动切换电器。在功能上接触器除能自动切换外,还具有手动开关所缺乏的远距离操作功能和失压(或欠压)保护功能,但没有自动开关所具有的过载和短路保护功能。接触器种类繁多,按其主触点的不同分直流接触器和交流接触器;按其主触点的极数(即主触点的个数)来分,则直流接触器有单极和双极两种,交流接触器有三极、四极和五极三种。机床控制上以交流接触器应用最为广泛。

1. 交流接触器的结构及工作原理

目前在数控机床上,交流接触器常用于远距离接通和分断电压至 1 140 V、电流至 630 A 的 50 Hz 交流电路及交流电动机。交流接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成,其外形如图 2-1 所示。

1) 电磁系统

电磁系统的作用是控制触头闭合与分断,包括线圈、动铁芯和静铁芯。线圈一般采用电压线圈通入单相交流电,为了减少交变磁场在铁芯中产生的涡流与磁滞损耗,防止铁芯过热,一般用硅钢片叠铆而制成铁芯。交流接触器的线圈电压为额定电压的 85%~105%时能够正常工作,电压过低或过高都会造成线圈过热而损坏。

由于交流电磁铁吸力是脉动的,当电磁吸力小于作用在动铁芯上的弹簧力时,动铁芯将从静铁芯闭合处分开,使铁芯释放;当电磁吸力大于弹簧力时,动铁芯又被吸合。电源电压变化一个周期,电磁铁吸合两次,对于频率为 50 Hz 的交流电源,在 1 s 内电磁铁将吸合 100 次,由此造成动铁芯剧烈振动并产生噪声,会降低电磁铁的使用寿命。

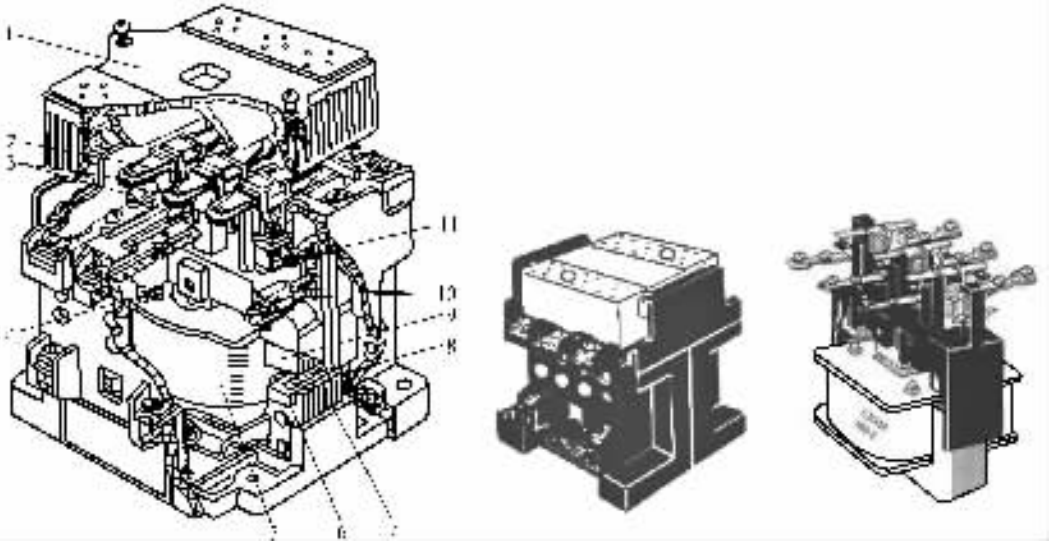


图 2-1 CJ10-20 型交流接触器

1—灭弧罩；2—触点压力弹簧片；3—主触点；4—反作用弹簧；5—线圈；6—短路环；
7—静铁芯；8—弹簧；9—动铁芯；10—辅助常开触头；11—辅助常闭触头

消除动铁芯振动的方法是在电磁铁铁芯端面上开一小槽，并在小槽内嵌入铜质短路环，如图 2-2 所示。加入短路环后，线圈内形成两个大小相近、相位相差 90° 的两相磁通 Φ_1 和 Φ_2 。两相磁通产生的合成电磁力在电磁铁通电期间始终不为零且大于弹簧反力，使铁芯牢牢吸合，消除了动铁芯的振动和噪声。

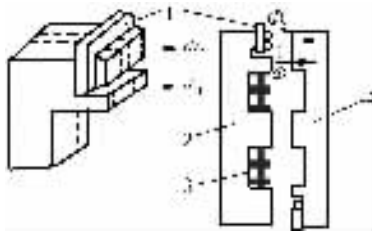


图 2-2 交流电磁铁短路环作用

1—短路环；2—静铁芯；3—线圈；4—动铁芯

2) 触头系统

交流接触器的触头通常用紫铜制成。触头在动铁芯带动下起断开和闭合电路的作用。接触器的触头系统分为主触头和辅助触头，主触头用于通断电流较大的主电路，一般由三对常开触头组成，体积较大。辅助触头用于通断小电流的控制电路，有常开、常闭触头两种，体积较小。

辅助触头一般采用点接触桥式结构，而主触头则采用面接触桥式和线接触指式结构。触头结构如图 2-3 所示。

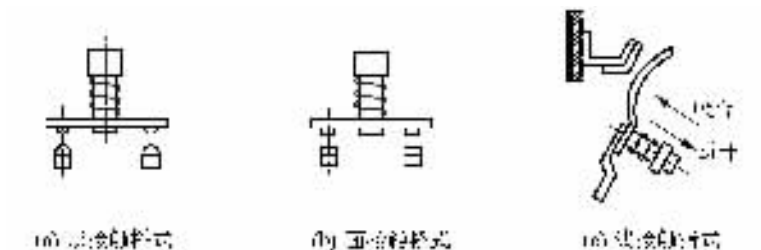


图 2-3 交流接触器触头的结构

3) 灭弧装置

接触器的灭弧装置用来迅速熄灭主触点在分断电路时所产生的电弧，保护触点不受电弧灼伤，并使分断时间缩短。一般容量在 10 A 以上的接触器都设有灭弧装置。

接触器触头在分离瞬间，因动触头与静触头之间的间隙很小，电路电压几乎全部降落在触点之间，在触点间形成了很强的电场。在强电场作用下，金属内部的自由电子就从阴极逸出并向阳极加速运动，在电场中高速运动的自由电子就会撞击气隙间的中性气体分子，并使之分离为正离子和电子，分离出的电子在强电场作用下也向阳极移动又去撞击其他中性分子，从而形成撞击电离。撞击分离出的正离子则向阴极运动并撞击阴极而使阴极温度升高，当阴极的温度升高到 3 000 °C 以上时，更多电子将会从阴极逸出参与撞击电离，并引发触点间的原子以极高速度作不规则运动并相互撞击，使原子也产生电离，形成热电离。撞击电离与热电离共同作用的结果是在触点间形成炽热的电子流，即电弧。

电弧一方面烧灼触点，降低了电器的寿命和可靠性，另一方面延长了触点分断时间，严重时还会产生故障，因此必须灭弧。如图 2-4 所示是灭弧栅的灭弧原理，灭弧栅片 1 由许多镀铜薄钢片组成，片间距离约为 2~3 mm，安放在触点上方的灭弧室内。当电弧产生时，电弧周围产生磁场，导磁钢片将电弧吸入栅片中，栅片将电弧分割成若干个短电弧，当交流电压过零时电弧自动熄灭。由于相邻栅片间绝缘强度为 150~250 V，电源电压不足以维持这一栅间电压，所以电弧很难重燃。

如图 2-5 所示为桥式结构双断点触头，即在一个回路中有两个产生合、断开电弧的间隙。当触头打开时，在两断口处均产生电弧，根据右手定则，电弧电流在两电弧之间就会产生图示的磁场。根据左手定则，两断口处的电弧都会受到一个指向外侧的力 F ，在力 F 作用下，电弧向外运动且拉长并迅速穿越外侧的冷却介质，导致电弧快速熄灭。双断点灭弧效果较弱，常用于小容量低压电器。

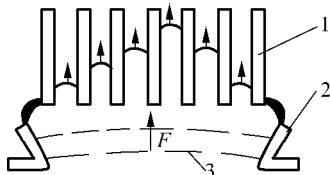


图 2-4 灭弧栅的灭弧原理

1—灭弧栅片；2—触头；3—电弧

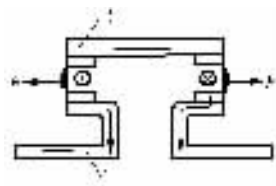


图 2-5 双断点灭弧原理

1—静触头；2—动触头

如图 2-6 所示为 RC 阻容吸收式灭弧器,当电气控制线路中的感性负载如接触器、异步电动机等通断转换时,会产生强烈的脉冲导致电弧,使接在感性负载处的 RC 吸收电路通过吸收瞬态脉冲能量抑制电弧。

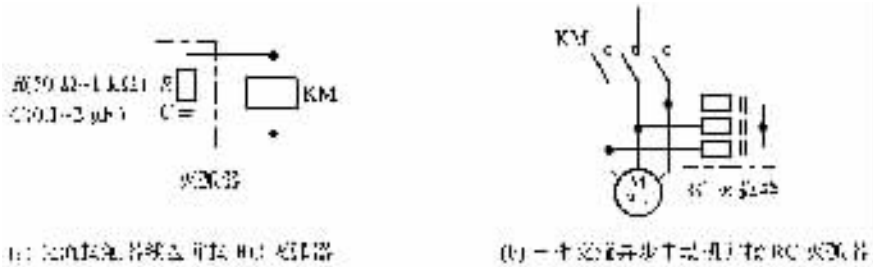


图 2-6 RC 阻容吸收式灭弧器

通常交流接触器的结构如图 2-7 所示,当线圈通电时,静铁心产生电磁吸力,将动铁心吸合。由于触头系统是与动铁心联动的,因此动铁心带动三条动触片同时运行,触点闭合,从而接通电源。当线圈断电时,吸力消失,动铁心联动部分依靠弹簧的反作用力而分离,使主触头断开,切断电源。

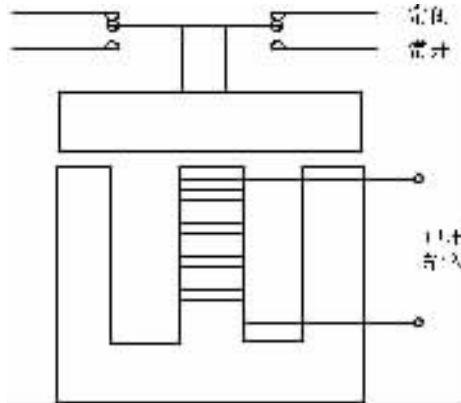


图 2-7 交流接触器的结构

2. 交流接触器的选择

1) 持续运行的设备

对于持续运行的设备,接触器按 67%~75% 计算,即 100 A 的交流接触器,只能控制最大额定电流是 67~75 A 的设备。

2) 间断运行的设备

对于间断运行的设备,接触器按 80% 算,即 100 A 的交流接触器,只能控制最大额定电流是 80 A 的设备。

3) 反复短时工作的设备

对于反复短时工作的设备,接触器按 116%~120% 算,即 100 A 的交流接触器,只能控制最大额定电流是 116~120 A 的设备。还要考虑工作环境和接触器的结构形式。

3. 交流接触器的接法

一般三相接触器一共有八个点,三路输入,三路输出,还有两个控制点。输出和输入是

对应的,很容易能看出来。如果要加自锁的话,则需要从输出点的一个端子将线接到控制点上。

交流接触器的原理是用外界电源加在线圈上,产生电磁场。加电后接触点吸合,断电后接触点断开。外加电源的接点,也就是线圈的两个接点,一般在接触器的下部,并且各在一侧。其他的几路输入和输出一般在上部。注意外加电源的电压(220 V 或 380 V)一般都有标明,还要注意接触点是常闭还是常开。如果有自锁控制,根据原理顺一下线路就可以了。

接触器在选用时主要依据其技术参数,一般遵循以下原则:

- (1)根据负载性质选择接触器的类型。
- (2)接触器的额定电压应大于或等于主电路的工作电压。
- (3)接触器的额定电流应大于或等于被控制电路的额定电流。
- (4)接触器的线圈电压必须与接入此线圈的控制电路额定电压相等。
- (5)接触器触点数量和种类应满足主电路和控制线路的需要。但实际选用时还要考虑具体使用情况。

2.1.2 继电器

继电器是一种电子控制器件,通常应用于自动控制电路中。它实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”,所以在电路中起着自动调节、安全保护、转换电路等作用。继电器的种类较多,如电磁式继电器、舌簧式继电器、启动继电器、限时继电器、直流继电器、交流继电器等。但在电子电路中应用最广泛的是电磁式继电器。

1. 电磁式继电器

电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。只要在线圈两端加上一定的电压,线圈中就会流过一定的电流,从而产生电磁效应,衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁心,从而带动衔铁的动触点与静触点(常开触点)吸合。当线圈断电后,电磁的吸力也随之消失,衔铁就会在弹簧的反作用力下返回原来的位置,使动触点与原来的静触点(常闭触点)吸合。这样吸合、释放,从而达到了在电路中的导通、切断的目的。对于继电器的“常开”“常闭”触点可以这样来区分:继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点,称为“常开触点”;处于接通状态的静触点称为“常闭触点”。电磁式继电器又可分为直流与交流两种。凡是交流电磁继电器,其铁芯上都嵌有一个铜制的短路环,而直流继电器是没有的。

电流继电器的线圈串联在被测量的电路中,用来监控电路的电流。为了不影响电路的工作情况,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。欠电流继电器的吸合电流为线圈额定电流的 30%~65%,释放电流为线圈额定电流的 10%~20%,因此,在电路正常工作时,衔铁是吸合的。只有当电流降低到某一整定值时,继电器释放,输出信号。过电流继电器在电路正常工作时不动作,当电流超过某一整定值时才动作,整定范围通常为 1.1~4 倍的额定电流。在机床电气控制系统中,用得较多的电流继电器有 JL14、JL15、JT3、JT9 等型号,主要根据主电路内的电流种类和额定电流来选择。

而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并联在被测量电路的两端,以监控电路电压的变化。为了不影响电路的工作情况,电压继电器线圈匝数多,导线细,线圈阻抗大。

中间继电器的结构和工作原理与接触器的基本相同,只是触点没有主、辅之分,各对触点所允许通过的电流大小是相等的。一般中间继电器的触点容量较小,与接触器的辅助触点差不多。其主要作用是扩展触点数或触点容量,起到中间转换的作用。中间继电器的图形符号和文字符号如图 2-8 所示。

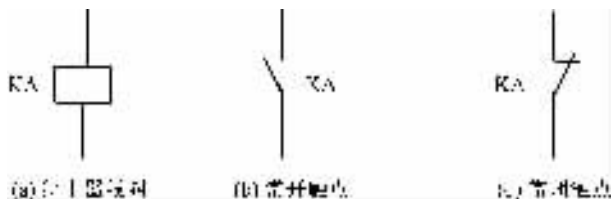


图 2-8 中间继电器的图形及文字符号

电磁式继电器的种类不同,但一般图形符号是相同的。电流继电器的符号为 KI,线圈方格中用 $I>$ (或 $I<$) 表示过电流(欠电流)继电器;电压继电器的文字符号为 KV,线圈方格中用 $U>$ (或 $U<$) 表示过电压(欠电压)继电器。

2. 热继电器

热继电器是一种电气保护元件。它是利用电流的热效应来推动动作机构使触头闭合或断开的保护电器,主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡保护以及其他电气设备发热状态时的控制。

1) 热继电器的工作原理

由电阻丝做成的热元件,其电阻值较小,工作时将它串接在电动机的主电路中,电阻丝所围绕的双金属片是由两片线膨胀系数不同的金属片压合而成的。如图 2-9 所示,当双金属片受热时,会出现弯曲变形,在应用的时候,把热元件串接到电动机的主电路中,而常闭触点串接于电动机的控制电路中。当电动机正常运行时,热元件产生热量,虽能使双金属片弯曲,但还不足以使热继电器的触点动作。当电动机过载时,通过热元件的电流增加,使双金属片受热弯曲,带动常闭触点动作。热继电器常用于电动机的长期过载保护。当电动机长期过载时,热继电器的常闭触点动作,断开相应的回路,使电动机得到保护。由于双金属片的热惯性,热继电器不能迅速地对短路电流进行反应,所以在电动机启动或短时间过载时,热继电器不会动作,避免了电动机的不必要停车。

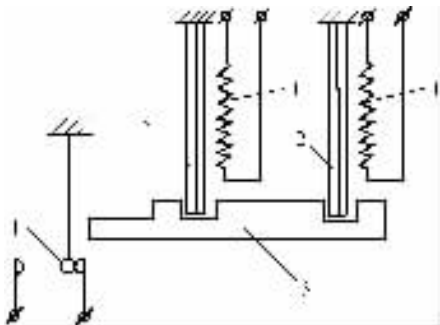


图 2-9 热继电器原理示意图

1—热元件; 2—双金属片; 3—导板; 4—触点复位

2) 热继电器的图形符号

如图 2-10 所示为热继电器的实物图。如图 2-11 所示为热继电器的图形及文字符号。



图 2-10 热继电器的实物图



图 2-11 热继电器的图形及文字符号

3. 时间继电器

1) 时间继电器的分类

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。机床控制电路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器,晶体管式时间继电器也获得了愈来愈广泛的应用。数控机床中一般由计算机软件实现时间控制,而不采用时间继电器方式来进行时间控制。时间继电器可分为通电延时型和断电延时型两种,空气阻尼式时间继电器的延时范围大(有 0.4~60 s 和 0.4~180 s 两种),它结构简单,但准确度较低。在交流电路中常采用空气阻尼式时间继电器,它是利用空气通过小孔节流的原理来获得延时动作的。它由电磁系统、延时机构和触点三部分组成,如图 2-12 所示。



图 2-12 JS27A 空气阻尼式时间继电器

如图 2-13 所示为通电延时的空气阻尼式时间继电器,当吸引线圈通电时,衔铁及托板被铁芯吸引而瞬时下移,使瞬时动作触点接通或断开。但是活塞杆和杠杆不能同时跟着衔铁一起下落,因为活塞杆的上端连着空气室中的橡皮膜,当活塞杆在释放弹簧的作用下开始向下运动时,橡皮膜随之向下凹,上面空气室的空气变得稀薄,使活塞杆受到阻尼作用而缓慢下降。经过一定时间,活塞杆下降到一定位置,便通过杠杆推动延时触点动作,使动断触点断开,动合触点闭合。从线圈通电到延时触点完成动作,这段时间就是继电器的延时时间。延时时间的长短可以用螺钉调节空气室进气孔的大小来改变。吸引线圈断电后,继电器依靠恢复弹簧的作用而复原,空气经出气孔被迅速排出。

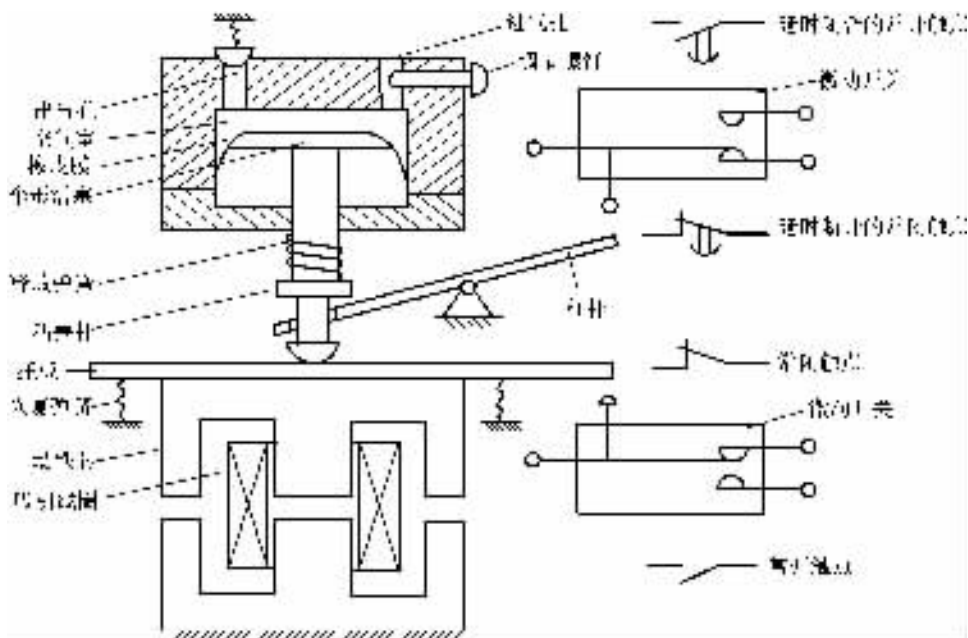


图 2-13 空气阻尼式时间继电器结构示意图

2) 时间继电器的图形符号

如图 2-14 所示为时间继电器的图形及文字符号。

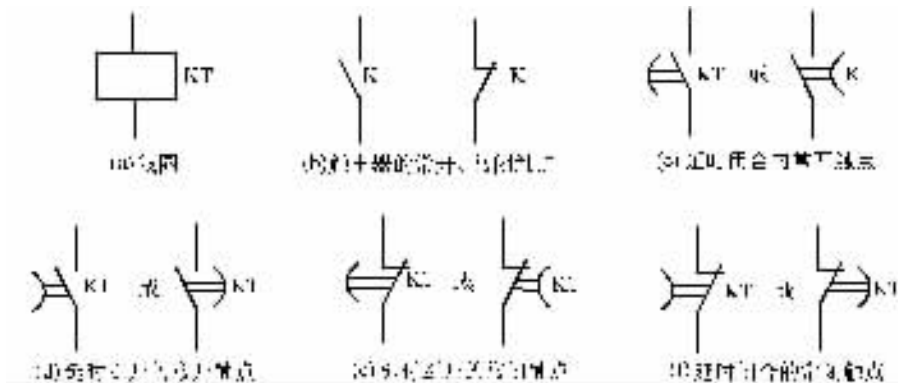


图 2-14 时间继电器的图形及文字符号

3) 半导体时间继电器

半导体时间继电器在时间继电器中已成为主流产品，它是采用晶体管或集成电路和电子元件等构成的。目前已有采用单片机控制的时间继电器。半导体时间继电器具有延时范围广、精度高、体积小、耐冲击和耐振动、调节方便及寿命长等优点，所以发展很快，应用广泛。半导体时间继电器的输出形式有两种：有触点式和无触点式，前者是用晶体管驱动小型磁式继电器，后者是采用晶体管或晶闸管输出。

4) 单片机控制时间继电器

近年来随着微电子技术的发展，采用集成电路、功率电路和单片机等电子元件构成的新型时间继电器大量面市。如 DHC6 多制式单片机控制时间继电器，J5S17、J3320、JSZ13 等

系列大规模集成电路数字时间继电器, J5145 等系列电子式数显时间继电器, J5G1 等系列固态时间继电器等。

DHC6 多制式单片机控制时间继电器是为适应工业自动化控制水平越来越高的要求而生产的。多制式时间继电器可使用户根据需要进行选择最合适的制式, 使用简便方法达到以往需要较复杂接线才能达到的控制功能。这样既节省了中间控制环节, 又大大提高了电气控制的可靠性。

DHC6 多制式时间继电器采用单片机控制、LCD 显示。其具有九种工作制式, 正计时、倒计时任意设定; 具有八种延时时段, 延时范围从 0.01 s ~ 999.9 h 任意设定。在键盘上设定, 设定完成之后可以锁定按键, 防止误操作。可按要求任意选择控制模式, 使控制线路最简单可靠。

5) 时间继电器的选用原则

每一种时间继电器都有其各自的特点, 应根据电路工作性能要求进行合理选用, 以充分发挥它们的优点。因此, 在选用时应从以下几个方面进行考虑:

- (1) 确定延时方式, 使更方便于组成控制电路。
- (2) 根据延时精度要求选用适当的时间继电器。
- (3) 考虑电源参数变化及工作环境温度变化对延时精度的影响。
- (4) 操作频率高是否影响其延时动作的失调。
- (5) 时间继电器动作后, 其复位时间的长短。
- (6) 时间继电器的延时范围。
- (7) 电路励磁电流的性能。

2.1.3 低压断路器

低压断路器也称为自动空气开关, 可用来接通和分断负载电路, 也可用来控制不频繁启动的电动机。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的功能总和, 是低压配电网中一种重要的保护电器。

低压断路器具有多种保护功能(过载、短路、欠电压保护等)、动作值可调、分断能力高、操作方便、安全等优点, 所以目前被广泛应用, 如图 2-15 所示。如图 2-16 所示为低压断路器的图形及文字符号。



图 2-15 低压断路器外形图

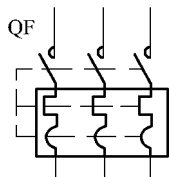


图 2-16 低压断路器的图形及文字符号

1. 低压断路器的基本结构

低压断路器由脱扣器、触头系统、灭弧装置、传动机构、基架和外壳等部分组成, 如图 2-17 所示。

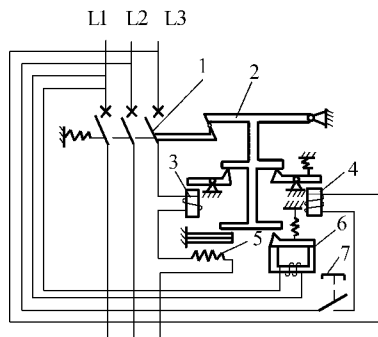


图 2-17 低压断路器示意图

1—主触头；2—自由脱扣机构；3—过电流脱扣器；4—分励脱扣器；

5—热脱扣器；6—失压脱扣器；7—按钮

1) 脱扣器

脱扣器是低压断路器中用来接收信号的元件。若线路中出现不正常情况或由操作人员向继电保护装置发出信号时,脱扣器会根据信号的情况通过传递元件使触头动作掉闸切断电路。低压断路器的脱扣器一般有过电流脱扣器、热脱扣器、失压脱扣器、分励脱扣器等几种。低压断路器投入运行时,操作手柄已经使主触头闭合,自由脱扣机构将主触头锁定在闭合位置,各类脱扣器进入运行状态。

(1)电磁脱扣器。电磁脱扣器与被保护电路串联。线路中通过正常电流时,电磁铁产生的电磁力小于反作用力弹簧的拉力,衔铁不能被电磁铁吸动,断路器正常运行。当线路中出现短路故障时,电流超过正常电流的若干倍,电磁铁产生的电磁力大于弹簧的反作用力,衔铁被电磁铁吸动,通过传动机构推动自由脱扣机构释放主触头。主触头在分闸弹簧的作用下分开切断电路起到短路保护作用。

(2)热脱扣器。热脱扣器与被保护电路串联。线路中通过正常电流时,发热元件发热使双金属片弯曲至一定程度(刚好接触到传动机构)并达到动态平衡状态,双金属片不再继续弯曲。若出现过载现象时,线路中电流增大,双金属片将继续弯曲,通过传动机构推动自由脱扣机构释放主触头,主触头在分闸弹簧的作用下分开,切断电路起到过载保护的作用。

(3)失压脱扣器。失压脱扣器并联在断路器的电源侧,可起到欠压及零压保护的作用。电源电压正常时扳动操作手柄,断路器的常开辅助触头闭合,电磁铁得电,衔铁被电磁铁吸住,自由脱扣机构才能将主触头锁定在合闸位置,断路器投入运行。当电源侧停电或电源电压过低时,电磁铁所产生的电磁力不足以克服反作用弹簧的拉力,衔铁被向上拉,通过传动机构推动自由脱扣机构使断路器掉闸,起到欠压及零压保护作用。

当电源电压为额定电压的 75%~105%时,失压脱扣器保证吸合,使断路器顺利合闸。当电源电压低于额定电压的 40%时,失压脱扣器保证脱开,使断路器掉闸分断。一般还可用串联在失压脱扣器电磁线圈回路中的常闭按钮做分闸操作。

(4)分励脱扣器。分励脱扣器用于远距离操作低压断路器的分闸控制。它的电磁线圈并联在低压断路器的电源侧。需要进行分闸操作时,按动常开按钮使分励脱扣器的电磁铁得电吸动衔铁,通过传动机构推动自由脱扣机构,使低压断路器掉闸。在一台低压断路器上同时装有两种或两种以上脱扣器时,则称这台低压断路器装有复式脱扣器。

2) 触头系统

低压断路器的主触头在正常情况下可接通或分断负荷电流,在有故障的情况下还必须可靠地分断故障电流。主触头有单断口指式触头、双断口桥式触头、插入式触头等几种形式。主触头的动、静触头的接触处焊有银基合金触点,其接触电阻小,可以长时间通过较大的负荷电流。在容量较大的低压断路器中,还常将指式触头做成两挡或三挡,形成主触头、副触头和弧触头并联的形式。

两接触头的结构分为弧触头和主触头。弧触头用耐弧金属材料制成,主触头和弧触头在断路器分、合闸时有不同的作用和操作次序。开关合闸时,弧触头承担合闸的电磨损;开关分闸时,弧触头承担电路分断时的强电弧,起保护主触头的作用;主触头承担长期通过负荷电流的任务,所以在合闸时弧触头先闭合,主触头后闭合;分闸时主触头先断开,弧触头后断开。

大容量的断路器中为了更好地保护主触头又增设了副触头,即为三接触头,合闸时的动作顺序为主触头先闭合,然后副触头闭合,最后弧触头闭合;分闸时的操作顺序为弧触头先分断,然后副触头分断,最后主触头分断。

3) 灭弧装置

低压断路器中的灭弧装置一般为栅片式灭弧罩,灭弧室的绝缘壁一般用钢板纸压制或用陶土烧制。

2. 低压断路器的工作原理

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的。主触点闭合后,自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联,欠电压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路或严重过载时,过电流脱扣器的衔铁吸合,使自由脱扣机构动作,主触点断开。当电路过载时,热脱扣器的热元件发热使双金属片弯曲,推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时,欠电压脱扣器的衔铁释放,也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制用,在正常工作时,其线圈是断电的,在需要远距离控制时,按下启动按钮,使线圈通电,衔铁带动自由脱扣机构动作,使主触点断开。

3. 低压断路器的保护特性

为起到良好的保护作用,低压断路器的保护特性必须与被保护线路及设备的允许过载特性相匹配。低压断路器的保护特性是由它们所装的脱扣器形式决定的。如图 2-18(a)所示为热脱扣器的保护特性,过电流较小时断路器保护动作所需的时间长,过电流较大时断路器保护动作所需时间短。这种保护特性称反时限保护特性,即断路器动作时间与过电流值的大小成反比。如图 2-18(b)所示为电磁脱扣器的保护特性,具有瞬时动作的性质,即只要过电流达到一定数值,断路器将瞬时动作。同时装有以上两种脱扣器的断路器具有过载长延时和短路瞬时动作的特性。这样才能使保护对象工作在允许过载特性之下,防止保护对象受到不能承受的短路电流冲击而损坏。

还有些低压断路器具有三段保护特性,即过载长延时、短路短延时、特大短路瞬时动作。这样可以充分利用电气设备的允许过载能力,尽可能地缩小故障停电的范围。

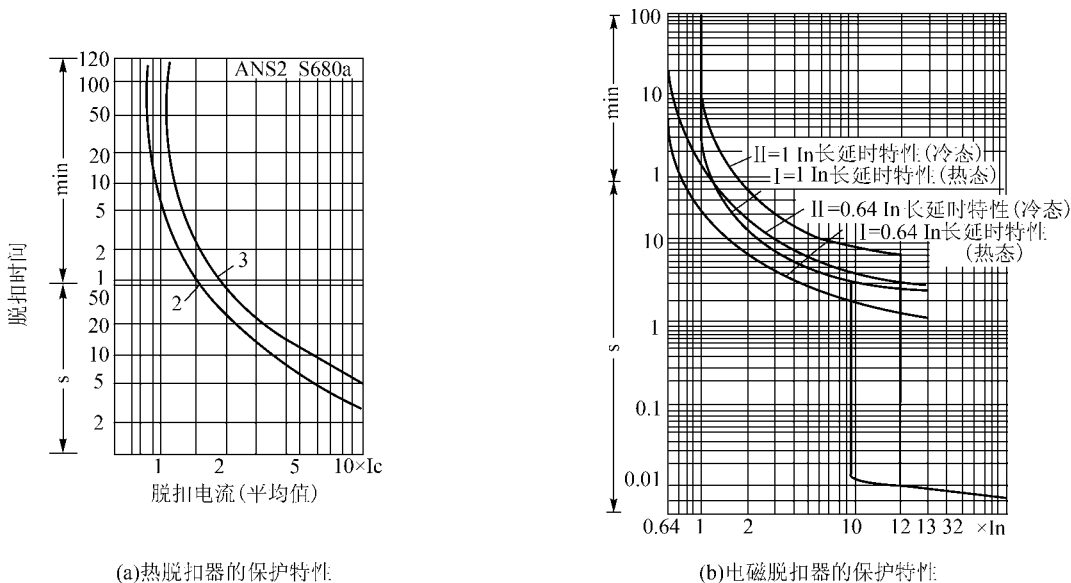


图 2-18 脱扣器的保护特性

4. 低压断路器的主要技术参数

1) 额定电压

断路器的额定工作电压是指与分断能力及使用类别相关的电压值。对多相电路是指相间的电压值。断路器的额定绝缘电压是指设计断路器的电压值,电气间隙和爬电距离应参照这些值而定,除非型号产品技术文件另有规定。额定绝缘电压是断路器的最大额定工作电压。在任何情况下,最大额定工作电压不超过绝缘电压。

2) 额定电流

断路器壳架等级额定电流用尺寸和结构相同的框架或塑料外壳中能装入的最大脱扣器额定电流表示。断路器额定电流就是额定持续电流,也就是脱扣器能长期通过的电流。对于可调式脱扣器的断路器的额定电流是指可长期通过的最大电流。

DZ20 系列除了具有快速闭合和断开能力外,还配有报警触头,在电气控制线路中用于配电。DZ 系列型号标注形式为

DZ □ □-□ □ / □ □ □ □ □ □ □ □

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

①——DZ 是断路器代号,表示塑料外壳式断路器;

②——设计代号;

③——额定分断能力代号(Y—一般型,J—较高型,G—最高型,C—经济型);

④——壳体等级额定电流,A;

⑤——派生代号(P—电动操作,L—漏电操作);

⑥——极数;

⑦——脱扣器代号(0—无脱扣器,1—热脱扣器,2—电磁脱扣器,3—复式脱扣器);

⑧——附件代号(0—不带附件,2—分励脱扣器,3—欠电压脱扣器,4—分励脱扣器辅助触头,5—分励欠电压脱扣器,6—两组辅助触头,7—欠电压脱扣器辅助触头);

⑨——附件辅助代号(0—无报警触头,8—有报警触头)。

如 DZ10-100/330 型低压断路器壳架额定电流为 100 A,脱扣器额定电流等级有 15 A、20 A、25 A、30 A、40 A、50 A、60 A、80 A、100 A 九种。其中最大的额定电流 100 A 与壳架等级额定电流一致。

3) 额定短路分断能力

额定短路分断能力是指断路器在规定条件下所能分断的最大短路电流值。

2.1.4 熔断器

熔断器是一种最简单有效的保护电器。在使用时,熔断器串接在所保护的电路中,用作电路及用电设备的短路保护。

1. 熔断器结构

熔断器主要有插入式、螺旋式、密闭管式等类型。

1) 插入式熔断器

如图 2-19 所示为插入式熔断器,主要由瓷盖、瓷座、动触头、静触头和熔丝等组成。常用的产品有 RC1A 系列,主要用于低压分支电路的短路保护。

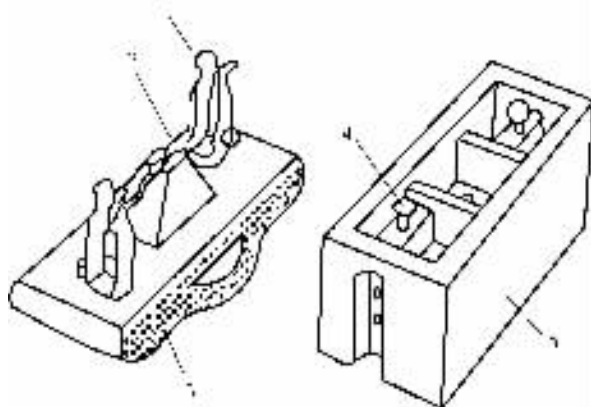


图 2-19 插入式熔断器

1—动触头; 2—熔丝; 3—瓷盖; 4—静触头; 5—瓷座

2) 螺旋式熔断器

如图 2-20 所示为螺旋式熔断器的外形和结构示意图,主要由瓷帽、熔管、瓷套、上接线端、下接线端和底座等组成。熔管由电工陶瓷制成,熔管内装有熔体和石英砂填料,熔管上盖中有一个熔断指示器,当熔体熔断时指示器跳出显示熔体熔断。螺旋式熔断器主要用于低压配电柜线路中的短路保护,其型号标注形式为

RL □ □ □ / □ □
① ② ③ ④ ⑤ ⑥

①——RL 是螺旋式熔断器代号;

②——设计代号;

③——极数(3P—三极,单极不标注);

④——熔断器额定电流,A;

⑤——熔体额定电流,A;

⑥——接线方式(Sa—导电排式)。

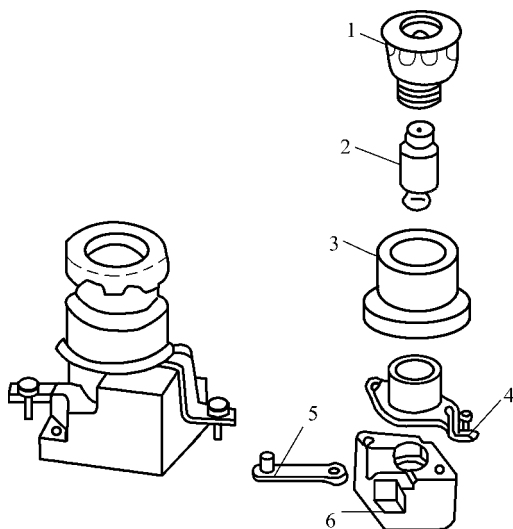


图 2-20 螺旋式熔断器

1—瓷帽；2—熔管；3—瓷套；4—上接线端；
5—下接线端；6—底座

熔断器在电气原理图中的图形及文字符号如图 2-21 所示。

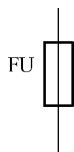


图 2-21 熔断器的图形及文字符号

2. 熔断器主要技术参数

1) 额定电压

额定电压指熔断器能长期正常工作时承受的电压,其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

2) 额定电流

熔断器长期工作时各部件温升不超过规定值时所能承受的电流称为熔断器的额定电流,而熔体能长期流过而不被熔断的电流则称为熔体额定电流,其值应大于或等于电气设备的额定电流。

3) 分断能力

分断能力指熔断器在额定电压等规定工作条件下可以分断的预期短路电流值,也就是熔断器可以分断的最大短路电流值。

4) 保护特性

保护特性又称安秒特性,指熔体的熔化电流 I 与熔断时间 t 的关系。熔断器的保护特性为电流通过熔体时产生的热量与电流通过时间成正比,电流越大,则熔体熔断时间越短,其特征曲线如图 2-22 所示。

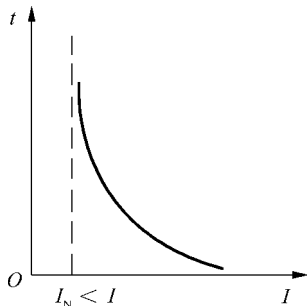


图 2-22 熔断器保护特性曲线

图 2-22 中 I_N 为最小熔化电流或称临界电流,即通过熔体的电流小于此电流时不会熔断,所以选择熔体额定电流 I 应小于 I_N 。

5) 熔断器熔化系数

通常将熔断器熔体额定电流与最小熔化电流之比 I/I_N 称为熔化系数,一般 I/I_N 的范围为 $1.5 \sim 2$,该系数反映熔断器在过载时的保护特性。若要使熔断器保护小过载电流,则熔化系数应选低;若要避免电动机启动时的短时电流,则熔化系数就应选高。

3. 熔断器选用

1) 熔断器类型选用

对于小容量电动机或照明线路,一般考虑过电流保护,应选较小熔化系数的熔体材料,如铅锡合金或 RC1A 系列熔断器;对于大容量电动机或照明线路,除考虑过电流保护外还要考虑短路时的分断短路电流的能力,预期短路电流较小时,可选用熔体为铜质的 RC1A 系列和熔体为锌质的 RM10 系列熔断器,预期短路电流较大时,宜选用具有高分断能力的 RL6 系列螺旋式熔断器,预期短路电流很大时,需选用具有更高分断能力的 RT12 或 RT14 系列的熔断器。

2) 熔断器额定电压选择

熔断器额定电压应大于或等于所在电气控制线路的额定电压。

2.1.5 主令电器

主令电器是一种在电气控制线路发送或转换控制指令作用的电器,常用于接通或断开控制电路,再通过接触器、继电器间接控制主电路的接通与断开,但主令电器不能直接用于主电路的分合。电气控制线路中常用的主令电器主要有控制按钮、行程开关和转换开关等。

1. 控制按钮

控制按钮主要用于低压控制电路中,手动发出控制信号,如控制接触器、继电器等,按钮触头允许通过的电流较小,一般不超过 5 A 。

1) 控制按钮结构

控制按钮外形及结构如图 2-23 所示,当手动按下按钮帽 1 时,常闭触头 3 断开,常开触头 5 闭合;当手松开时,复位弹簧 2 将按钮的动触头 4 恢复原位,从而实现了对电路的控制。



图 2-23 按钮外形和结构

1—按钮帽；2—复位弹簧；3—常闭触头；
4—动触头；5—常开触头

控制按钮有单式按钮、复式按钮和三联式按钮等形式，控制按钮的图形及文字符号如图 2-24 所示。

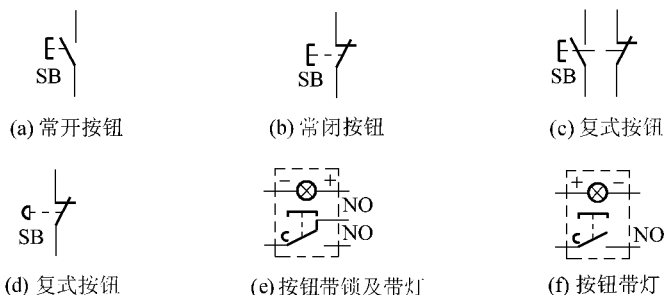
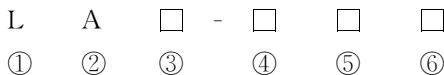


图 2-24 控制按钮图形及文字符号

为便于识别各按钮的作用及避免误操作，在按钮帽上制成不同标志并采用不同颜色以示区别；一般红色表示停止按钮，绿色或黑色表示启动按钮；不同场合使用的按钮可制成不同的结构。如紧急式按钮装有突出的蘑菇形按钮帽以便于紧急操作；旋钮式按钮通过旋转进行操作；指示灯式按钮在透明的按钮帽内装有指示灯进行信号显示；钥匙式按钮必须用钥匙插入方可进行旋转操作等。

2) 控制按钮型号

控制按钮型号标注形式为



其中：

①——主令电器代号；

②——表示按钮；

③——设计代号；

④——常开触头数量；

⑤——常闭触头数量；

⑥——按钮结构形式(K—开启式，H—保护式，S—防水式，F—防腐式，J—紧急式，Y—钥匙式，X—旋钮式，D—带指示灯式，DJ—紧急带指示灯式)。

3) 控制按钮选用

控制按钮类型选用应根据使用场合和具体用途确定。如控制柜面板上的按钮一般选用

开启式,需显示工作状态才选用带指示灯式,重要设备为防止无关人员误操作就需选用钥匙式按钮。

按钮颜色根据工作状态指示和工作情况要求选择,见表 2-1。

表 2-1 按钮颜色及其含义

按钮颜色	含 义	说 明	应用示例
红	紧急	危险或紧急情况时操作	急停
黄	异常	异常情况时操作	干预制止异常情况
绿	正常	正常情况时启动操作	
蓝	强制性	要求强制动作情况下操作	复位功能
白	未赋予特定含义	除急停以外的一般功能的启动	启动/接通(优先)、停止/断开
灰			启动/接通、停止/断开
黑			启动/接通、停止/断开(优先)

按钮数量应根据电气控制线路的需要选用。如需要正、反和停三种控制时,应选用三只按钮并装在同一按钮盒内;只需启动及停止控制时,则选用两只按钮并装在同一按钮盒内等。

2. 行程开关

行程开关又称限位开关,其工作原理与按钮相类似,不同的是行程开关触头动作不靠手工操作,而是利用机械运动部件的碰撞使触头动作,从而将机械信号转换为电信号,再通过其他电器间接控制机床运动部件的行程、运动方向或进行限位保护等。

1) 行程开关结构

常用行程开关如图 2-25 所示,有直动式、单轮旋转式和双轮旋转式等。

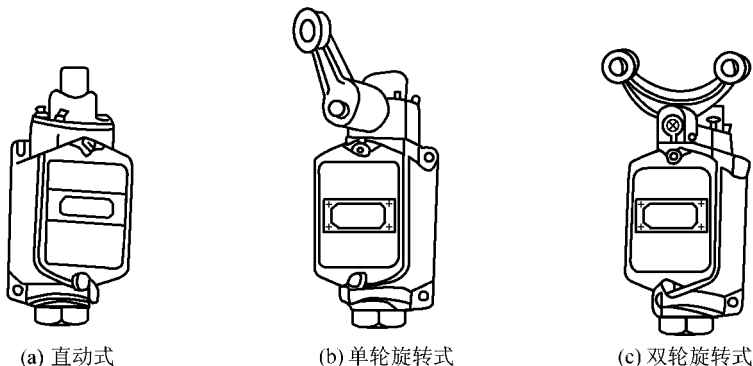


图 2-25 行程开关外形

直动式行程开关结构如图 2-26 所示,当运动机械的挡铁撞到行程开关的顶杆 1 时,顶杆受压触动使常闭触头 3 断开,常开触头 5 闭合;顶杆上的挡铁移走后,顶杆在弹簧 2 作用下复位,各触头回至原始通断状态。旋转式行程开关结构如图 2-27(a)所示,当运动机械的挡铁撞到行程开关的滚轮 1 时,行程开关的杠杆 2 连同转轴 3、凸轮 4 一起转动,凸轮将撞块 5 压下,当撞块被压至一定位置时便推动微动开关 7 动作,使常闭触头断开,常开触头闭合;当滚轮上的挡铁移走后,复位弹簧 8 就使行程开关各部件恢复到原始位置。行程开关的图形及文字符号如图 2-27(b)所示。

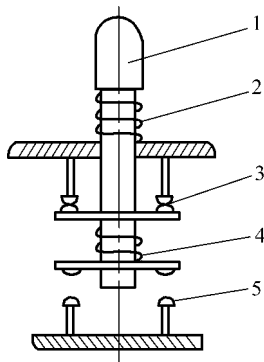
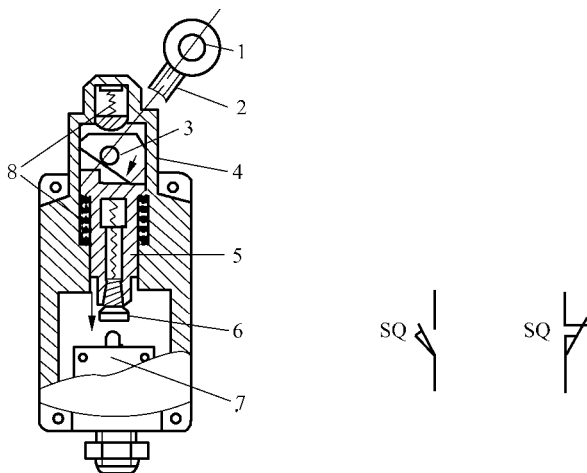


图 2-26 直动式行程开关结构

1—顶杆；2—弹簧；3—常闭触头；4—触头弹簧；5—常开触头



(a) 旋转式行程开关结构图

(b) 行程开关的图形及文字符号

图 2-27 行程开关结构图及符号

1—滚轮；2—杠杆；3—转轴；4—凸轮；5—撞块；
6—调节螺钉；7—微动开关；8—复位弹簧

2) 行程开关系列

选用行程开关时,应根据使用场合和控制对象确定行程开关种类。如当机械运动速度不太快时,通常选用一般用途的行程开关,在机床行程通过路径上不宜装直动式行程开关,而应选用凸轮轴转动式行程开关。行程开关额定电压与额定电流则根据控制电路的电压与电流选用。

3. 转换开关

转换开关在电气控制线路中常用于 5 kW 以下电动机的启动、停止、变速、换向和三角启动,还可用于电气测量仪表的转换。

1) 转换开关结构

如图 2-28 所示是专门用作小容量异步电动机的正反转控制转换开关。开关右侧装有三副静触头,标注号分别为 L1、L2 和 W,左侧也装有三副静触头,标注号分别为 U、V、L3。转轴上固定有两组共六个动触头。开关手柄有“倒”、“停”、“顺”三个位置,当手柄置于“停”位置时,两组动触头与静触头均不接触。

当手柄置于“顺”位置时，一组三个动触头分别与左侧三副静触头接通；当手柄置于“倒”位置时，转轴上另一组三个动触头分别与右侧三副静触头接通。

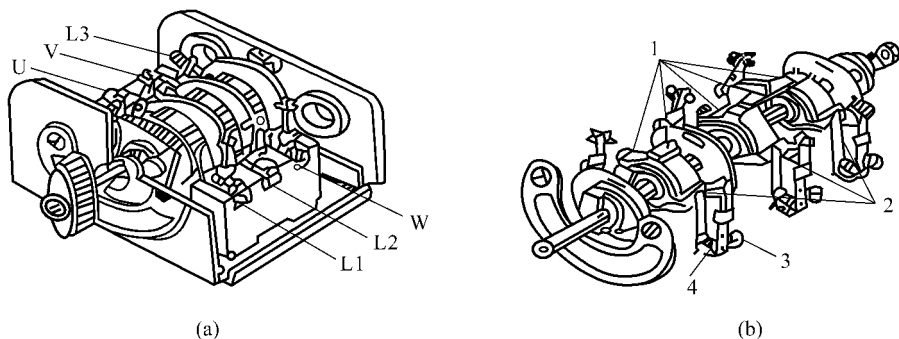


图 2-28 转换开关

1—动触头；2—静触头；3—调节螺钉；4—触头压力弹簧

如图 2-29 所示为转换开关的图形及文字符号。图中小黑点表示开关手柄在不同位置上各支路的通断状况。开关手柄置于“停”位置时支路 1~6 均不接通，置于“顺”位置时支路 1、2、3 接通，置于“倒”位置时则支路 4、5、6 接通。

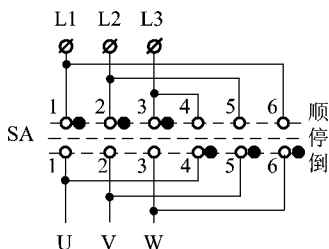
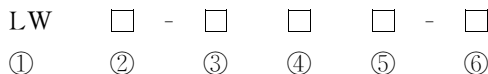


图 2-29 转换开关的图形及文字符号

2) 转换开关系列

转换开关型号标注形式为



- ①——万能转换开关类别代号；
- ②——设计代号；
- ③——额定电流值，A；
- ④——定位特征代号(字母)；
- ⑤——接线图编号(数字)；
- ⑥——触头组件节数(数字)。

转换开关选用时应按额定电压与额定电流等参数选择合适的系列规格，并按操作需要选择手柄形式和定位特征，而触头数量和接线图编号则根据不同控制要求选用。

2.1.6 电源变压器

变压器是利用电磁感应原理，以相同的频率在多个绕组之间实现变换交流电压、变换交流电流或变换阻抗的静止电器设备。

1. 控制变压器

控制变压器适用于频率为 50~60 Hz, 输入电压不超过 660 V 交流的电路中, 常作为各类机电设备中一般电器的控制电源、局部照明及指示灯的电源。其实物图与图形及文字符号如图 2-30 所示。



图 2-30 双绕组变压器实物图与图形及文字符号

机电设备常用的控制变压器有 JBK、BK 两个系列。JBK 系列的标注形式为

J B K □ - □ - □
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥

- ①——机床；
- ②——变压器；
- ③——控制；
- ④——设计代号；
- ⑤——额定容量, VA；
- ⑥——铁心形式(C—插片式, P—卷片)。

BK 系列的标注形式为

B K □ - □
 ① ② ③ ④

- ①——变压器；
- ②——控制；
- ③——设计代号；
- ④——额定容量, VA。

2. 三相变压器

电气控制线路中常用三相绕组共用一个铁心的三相芯式变压器。各相的高压绕组首端和末端分别用 U₁、V₁、W₁ 和 U₂、V₂、W₂ 表示, 而各相低压绕组的首端和末端分别用 u₁、v₁、w₁ 和 u₂、v₂、w₂ 表示。高压绕组可采用星形或三角形连接, 而低压绕组则采用星形连接, 各自的实物图和电气图形及文字符号如图 2-31 所示。

三相变压器系列的标注形式为

S₁ □ □ □ □ □ - □ / □
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

- ①——三相变压器；
- ②——绝缘代号(C—成形固体绝缘,G—空气绝缘,油浸式绝缘不表示)；
- ③——冷却代号(F—风冷,P—强迫油循环冷却,自然冷却不表示)；
- ④——调压代号(2—有载调压,无载调压不表示)；
- ⑤——绕组导线代号(1—铝线,铜线不表示)；
- ⑥——设计序号；
- ⑦——额定容量,kV·A；
- ⑧——高压绕组电压等级,kV。

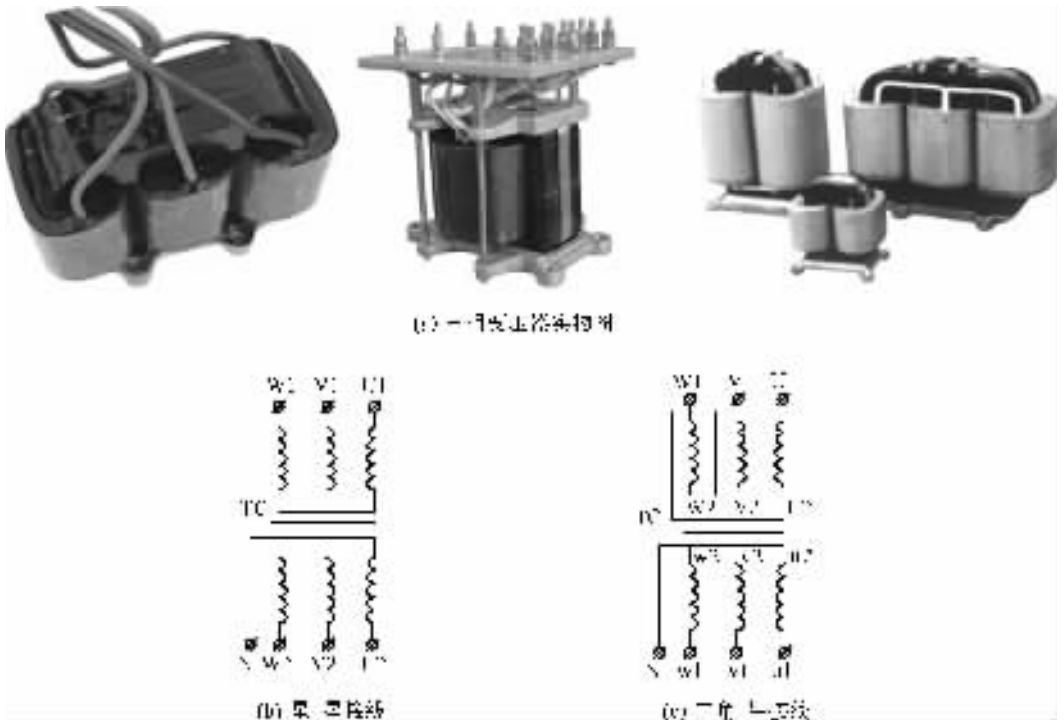


图 2-31 三相变压器实物图和图形及文字符号

3. 变压器选用

变压器选用主要是依据变压器的额定值。根据接至一次侧绕组上的电源电压选定一次侧的额定电压 U_1 , 再选择二次侧的额定电压 U_2 、 U_3 等。带负载时变压器二次侧电压最大可能有 5% 的压降, 因此选择的输出额定电压应略高于负载额定电压。

二次侧各绕组的额定电流 (I_2 、 I_3 等) 应不小于额定负载电流, 二次侧的额定容量 P_2 则由总容量确定, 计算公式为

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 + \dots$$

2.2 数控机床电气控制原理图

数控机床电气控制系统的设计实际上是把各电气元件及其连接用规定的图形表达出

来,这就是所谓的数控机床电气控制系统图。

2.2.1 电气控制原理图中图形符号与文字符号

电气控制系统是由电动机和若干电气元件按照一定的要求连接组成,以便完成生产过程控制特定功能的系统。为了表达生产机械电气控制系统的组成及工作原理,同时也便于设备的安装、调试和维修,而将系统中各电气元件及连接关系用一定的图样反映出来,在图样上用规定的图形符号表示各电气元件,并用文字符号说明各电气元件,这样的图样称为电气图。常用的电气图包括:电气原理图、电器元件布置图、电气安装接线图。各种图的图纸尺寸一般选用 297 mm×210 mm、297 mm×420 mm、297 mm×630 mm、297 mm×840 mm 四种幅面,特殊需要可按《机械制图》GB/T 14689—2008 国家标准选用其他尺寸。

用图形符号、文字符号、项目代号等表示电路的各个电气元件之间的关系和工作原理的图称为电气原理图。电气原理图结构简单、层次分明,适用于研究和分析电路工作原理,并可为寻找故障提供帮助,同时也是编制电气安装接线图的依据,因此在设计部门和生产现场得到广泛地应用。

由于前面提及电气原理图是把一个电气元件的各部件以分开的形式进行绘制,现场也有将同一电器上各个零部件均集中在一起,按照其实际位置画出的电路结构图。如图 2-32 所示为三相异步电动机的全压启动控制线路的电路结构图,其中用了刀开关 QS、交流接触器 KM、按钮 SB、热继电器 FR、熔断器 FU 等几种电器。虽然控制线路结构图的画法比较容易识别电器,便于安装和检修,但是当线路比较复杂和使用的电器比较多时,线路便不容易看清楚。因为同一电器的各个部件在机械上虽然连在一起,但是电路上并不一定相互关联。而如图 2-33 所示三相异步电动机的全压启动控制线路电气原理图中,根据工作原理把主电路和控制电路清楚地分开画出,虽然同一电器的各部件(比如接触器的线圈和触点)是分散画在各处的,但它们的动作是相互关联的。为了说明它们在电气上的联系,也为了便于识别同一电器的各个部件均用相同的文字符号来标注。例如,接触器 KM1 的触点、吸引线圈,都用 KM1 来标注;接触器 KM2 的触点、吸引线圈,都用 KM2 来标注。

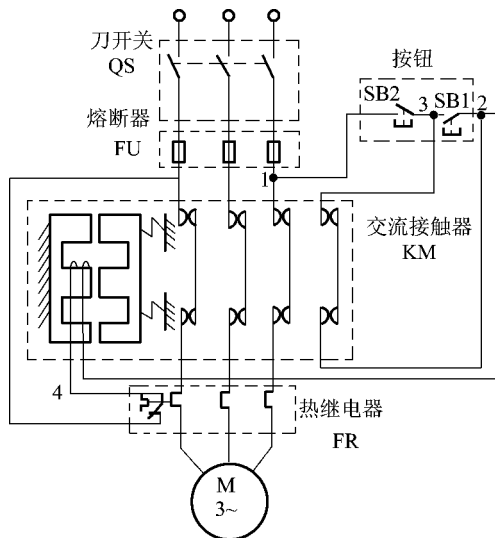


图 2-32 全压启动控制线路结构图

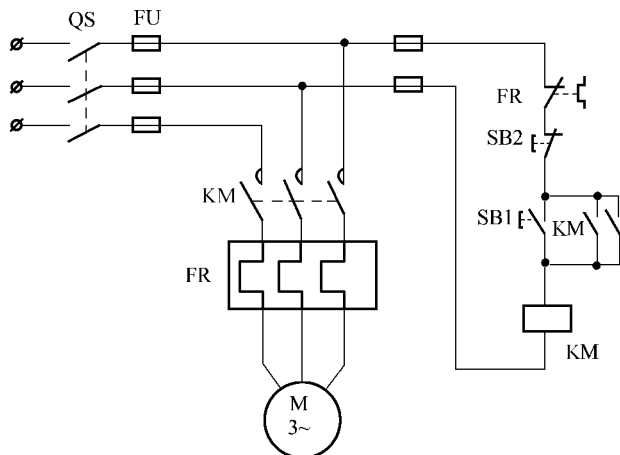


图 2-33 全压启动控制线路的电气原理图

2.2.2 电气控制原理图绘制规则

电气控制原理图绘制规则如下：

(1) 电气原理图中的电器元件均按未通电和没有受外力作用时的状态绘制。

在不同的工作阶段,各个电器的动作不同,由于触点时闭时开,而在电气原理图中只能表示出一种情况。因此,规定所有电器的触点均表示在原始情况下的位置,即在没有通电或没有发生机械动作时的位置。对接触器来说,是线圈未通电,触点未动作时的位置;对按钮来说,是手指未按下按钮时触点的位置;对热继电器来说,是常闭触点在未发生过载动作时的位置,等等。

(2) 触点的绘制位置。使触点动作的外力方向必须是:当图形垂直放置时为从左到右,即垂线左侧的触点为常开触点,垂线右侧的触点为常闭触点;当图形水平放置时为从下到上,即水平线下方的触点为常开触点,水平线上方的触点为常闭触点。

(3) 主电路、控制电路和辅助电路应分开绘制。主电路是设备的驱动电路,是从电源到电动机大电流通过的路径;控制电路是由接触器和继电器线圈、各种电器的触点组成的逻辑电路,实现所要求的控制功能;辅助电路包括信号、照明、保护电路。

(4) 动力电路的电源电路绘成水平线,受电的动力装置(电动机)及其保护电器支路应垂直于电源电路。

(5) 主电路用垂直线绘制在图的左侧,控制电路用垂直线绘制在图的右侧,控制电路中的耗能元件画在电路的最下端。

(6) 图中自左而右或自上而下表示操作顺序,并尽可能减少线条和避免线条交叉。

(7) 图中有直接电联系的交叉导线的连接点(即导线交叉处)要用黑圆点表示。无直接电联系的交叉导线,交叉处不能画黑圆点。

(8) 在原理图的上方将图分成若干图区,并标明该区电路的用途与作用;在继电器、接触器线圈下方列有触点表,以说明线圈和触点的从属关系。

如图 2-34 所示就是根据上述原则绘制出的某机床电气原理图。

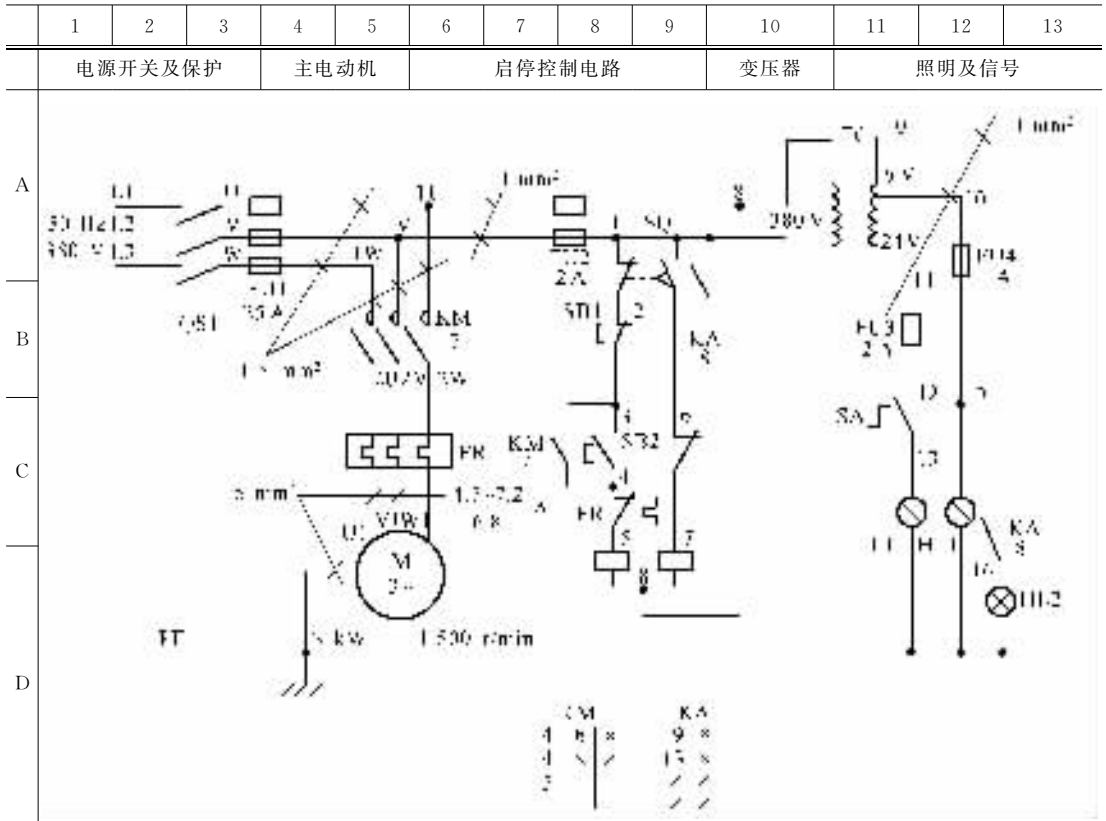
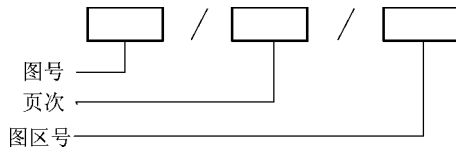


图 2-34 某机床电气原理图

图面分区时,竖边从上到下用英文字母,横边从左到右用阿拉伯数字分别编号。分区代号用该区域的字母和数字表示,如 A3、C6 等。图面上方的图区横向编号是为了便于检索电气线路,方便阅读分析而设置的。图区横向编号的下方对应文字(有时对应文字也可排列在电气原理图的底部)表明了该区元件或电路的功能,以利于理解全电路的工作原理。

2.2.3 电气原理图符号位置的索引

在比较复杂的电气原理图中,对继电器、接触器线圈的文字符号下方要标注其触点位置的索引;而在其触点的文字符号下方要标注其线圈位置的索引。符号位置的索引,用图号、页次和图区编号的组合索引法,索引代号的组成如下



当与某一元件相关的各符号元素出现在不同图号的图样上,而每个图号仅有一页图样时,索引代号可以省去页次;当与某一元件相关的各符号元素出现在同一图号的图样上,而该图号有几张图样时,索引代号可省去图号。依次类推,当与某一元件相关的各符号元素出现在只有一张图样的不同图区时,索引代号只用图区号表示。

在图 2-34 的图区 9 中,继电器 KA 触点下面的 8 即为最简单的索引代号,它指出继电器 KA 的线圈位置在图区 8。图区 5 中,接触器 KM 主触点下面的 7,即表示继电器 KM 的线

圈位置在图区 7。

在电气原理图中,接触器和继电器的线圈与触点的从属关系,应当用附图表示。即在原理图中相应线圈的下方,给出触点的图形符号,并在其下面注明相应触点的索引代号,未使用的触点用“×”表明。有时也可采用省去触点图形符号的表示法,在图 2-34 图区 8 中 KM 线圈和图区 9 中 KA 线圈的下方的是接触器 KM 和继电器 KA 相应触点的位置索引。

在接触器 KM 触点的位置索引中,左栏为主触点所在的图区号(有两个主触点在图区 4,另一个主触点在图区 5),中栏为辅助常开触点所在的图区号(一个触点在图区 6,另一个没有使用),右栏为辅助常闭触点所在的图区号(两个触点都没有使用)。

在继电器 KA 触点的位置索引中,左栏为常开触点所在的图区号(一个触点在图区 9,另一个触点在图区 13),右栏为常闭触点所在的图区号(四个都没有使用)。

2.2.4 电气控制原理图

电气元件布置图主要是表明电气设备上所有电器元件的实际位置,为电气设备的安装及维修提供必要的资料。电气元件布置图可根据电气设备的复杂程度集中绘制或分别绘制。图中不需标注尺寸,但是各电器代号应与有关图纸和电器清单上所有的元器件代号相同,在图中往往留有 10% 以上的备用面积及导线管(槽)的位置,以供改进设计时用。

1. 电气元件布置图

电气元件布置图的绘制原则:

(1) 绘制电气元件布置图时,机床的轮廓线用细实线或点画线表示,电器元件均用粗实线绘制出简单的外形轮廓。

(2) 绘制电气元件布置图时,电动机要和被拖动的机械装置画在一起;行程开关应画在获取信息的地方;操作手柄应画在便于操作的地方。

(3) 绘制电气元件布置图时,各电气元件之间,上、下、左、右应保持一定的间距,并且应考虑器件的发热和散热因素,以便于布线、接线和检修。

如图 2-35 所示为某车床电气元件布置图,图中 FU1~FU4 为熔断器,KM 为接触器,FR 为热继电器,TC 为照明变压器,XT 为接线端子板。

2. 电气安装接线图

电气安装接线图主要用于电气设备的安装配线、线路检查、线路维修和故障处理。在图中要表示出各电气设备、电器元件之间的实际接线情况,并标注出外部接线所需的数据。在电气安装接线图中各电器元件的文字符号、元件连接顺序、线路号码编制都必须与电气原理图一致。

电气安装接线图的绘制原则:

(1) 绘制电气安装接线图时,各电器元件均按其在安装底板中的实际位置绘出。元件所

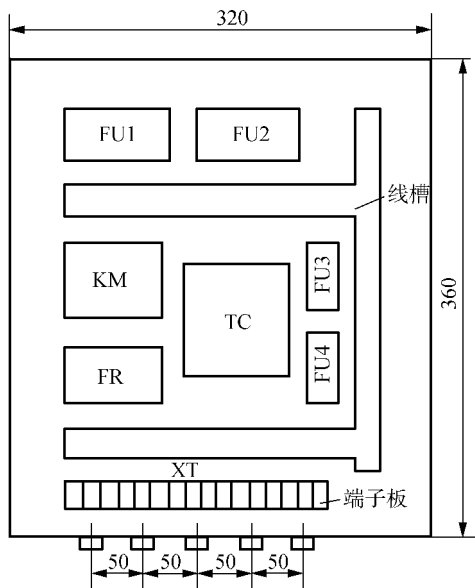


图 2-35 某车床电气元件布置图

占图面按实际尺寸以统一比例绘制。

(2) 绘制电气安装接线图时,一个元件的所有部件应绘在一起,并用点画线框起来,有时将多个电器元件用点画线框起来,表示它们是安装在同一安装底板上的。

(3) 绘制电气安装接线图时,安装底板内外的电器元件之间的连线通过接线端子板进行连接,安装底板上有几条接至外电路的引线,端子板上就应绘出几个线的接点。

(4) 绘制电气安装接线图时,走向相同的相邻导线可以绘成一股线。

如图 2-36 所示就是根据上述原则绘制出的某机床电气安装接线图。

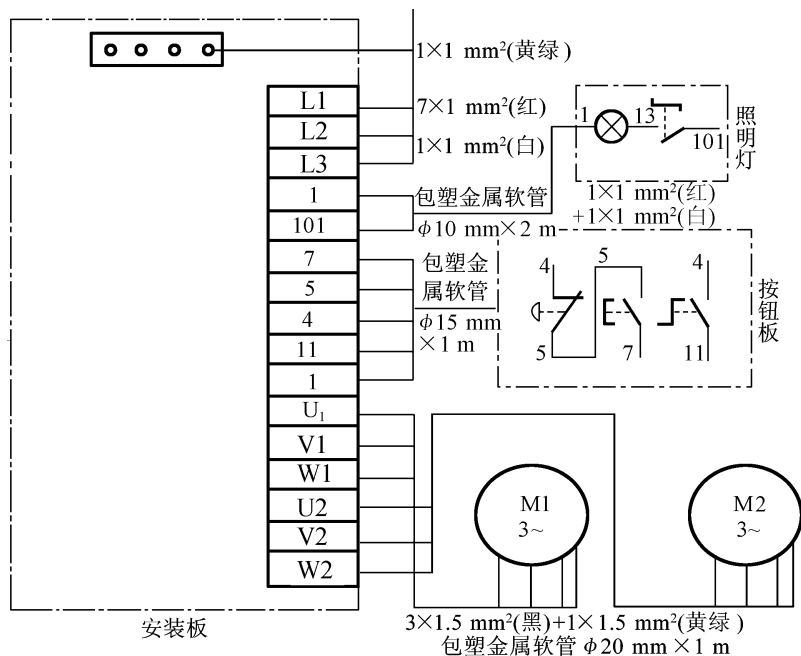


图 2-36 某机床电气安装接线图

2.2.5 电气原理图的识读

电气原理图是表示电气控制线路工作原理的图形,所以熟练识读电气原理图,是掌握设备正常工作状态、迅速处理电气故障的必不可少的环节。生产机械的实际电路往往比较复杂,有些还和机械、液压(气压)等动作相配合来实施控制。因此在识读电气原理图之前,首先要了解生产工艺过程对电气控制的基本要求,如需要了解控制对象的电动机数量,各台电动机是否有启动、反转、调速、制动等控制要求,需要哪些联锁保护,各台电动机的启动、停止顺序的要求等具体内容,并且要注意机、电、液(气)的联合控制。在识读电气原理图时,应遵循以下几点:

(1) 必须熟悉图中各器件的符号和作用。

(2) 识读主电路。应该了解主电路有哪些用电设备(如电动机、电炉等),以及这些设备的用途和工作特点;并根据工艺过程,了解各用电设备之间的相互联系,采用的保护方式等;在完全了解主电路的这些工作特点后,就可以根据这些特点去识读控制电路。

(3) 识读控制电路。控制电路由各种电器组成,主要用来控制主电路工作。在识读控制电路时,一般先根据主电路接触器主触点的文字符号,到控制电路中去寻找与之相应的吸引线圈

圈,进一步弄清楚电动机的控制方式。这样可将整个电气原理图划分为若干部分,每一部分控制一台电动机。另外控制电路一般是依照生产工艺要求,按动作的先后顺序,自上而下、从左到右并联排列。因此,读图时也应当自上而下、从左到右,一个环节一个环节地进行分析。

(4)对于机、电、液配合得比较紧密的生产机械,必须进一步了解有关机械传动和液压传动的情况,有时还要借助于工作循环图和动作顺序表,配合电器动作来分析电路中的各种连锁关系,以便掌握其全部控制过程。

(5)识读照明、信号指示、监测、保护等各辅助电路环节。对于比较复杂的控制电路,可按照先简后繁,先易后难的原则,逐步解决。因为无论怎样复杂的控制线路,总是由许多简单的基本环节所组成。识读时可将它们分解开来,先逐个分析各个基本环节,然后再综合起来全面解决。

概括地说,识读的方法可以归纳为:从机到电、先主后控、化整为零、连成系统。

例 2-1 如图 2-37 所示为 C620-1 型普通车床的电气原理图,试分析该线路的组成和各部分的功能。

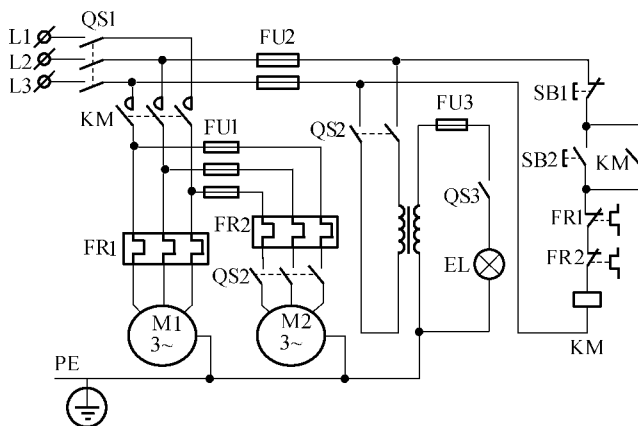


图 2-37 C620-1 型普通车床电气原理图

解 C620-1 型车床是常用的普通车床之一, M1 为主轴电动机, 拖动主轴旋转, 并通过进给机构实现车床的进给运动。 M2 为冷却泵电动机, 拖动冷却泵为车削工件时输送冷却液。将电路分为主电路、控制电路、照明电路三大部分来分析。

(1) 主电路。

电源由转换开关 QS1 引入。

M1 为小于 10 kW 的小容量电动机, 采用直接启动。由于 M1 的正反转由摩擦离合器改变传动链来实现, 操作人员只需扳动正反转手柄, 即可完成主轴电动机的正反转。因此, 在电路中仅仅是通过接触器 KM 的主触点来实现单方向旋转的启动、停止控制。

M2 冷却泵电动机容量更小, 大约只有 0.125 kW, 因此可由转换开关 QS2 直接操纵, 实现单方向旋转的控制, 这样既经济, 又操作方便。但是 M2 的电源由接触器 KM 的主触点控制, 所以必须在主轴电动机启动后方可启动, 具有顺序连锁的关系。

(2) 控制电路。

控制电路由启动按钮 SB1、停止按钮 SB2、热继电器 FR1、FR2 的常闭触点和接触器 KM 的吸引线圈组成, 完成电动机的单向启停控制。

其工作过程如下: 闭合电源开关 QS2, 按下启动按钮 SB1, 接触器 KM 的吸引线圈通电,

KM 主触点和自锁触点闭合, M1 主轴电动机启动并运行。如需车床停止工作, 只要按下停止按钮 SB1 即可。

(3) 照明和保护环节。

由变压器副绕组供给 36 V 安全电压, 经照明开关 QS3 控制照明灯 EL。照明灯的一端接地, 以防止变压器原、副绕组间发生短路时造成触电。

由热继电器 FR1、FR2 实现 M1 和 M2 两台电动机的长期过载保护。

由 FU1、FU2、FU3 实现对冷却泵电动机、控制电路及照明电路的短路保护。由于进入车床电气控制线路之前, 配电开关内已装有熔断器做短路保护, 所以, 主轴电动机未另加熔断器做短路保护。

当外加电源过低或突然失压, 由接触器 KM 实现欠压与零压保护。

例 2-2 如图 2-38 所示为电动葫芦的电气控制线路, 试分析该线路的组成和各部分的功能。

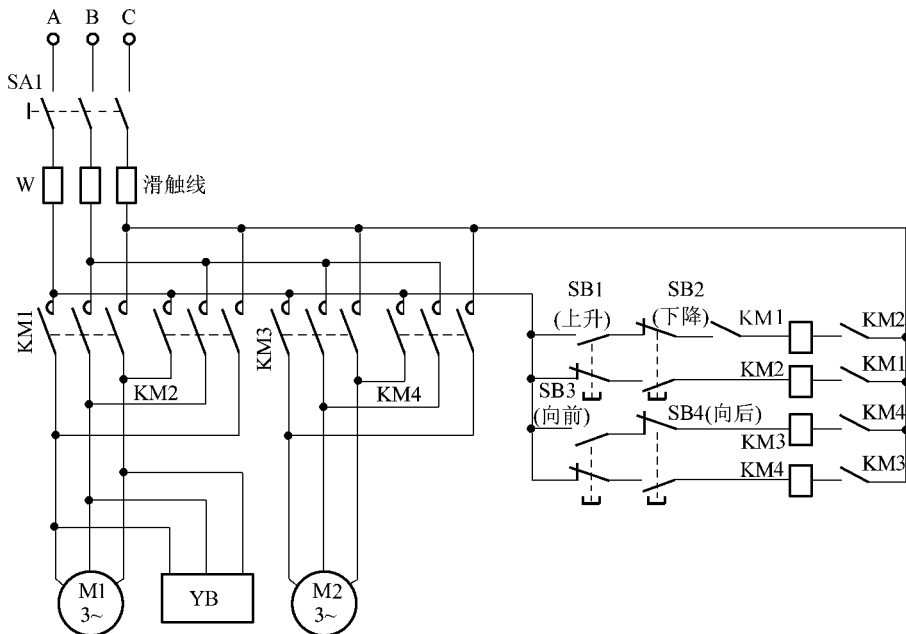


图 2-38 电动葫芦电气原理图

解 电动葫芦是一种重量小、结构简单的起重机, 它广泛应用于工矿企业中, 尤其在修理和安装工作中, 用来吊运重型设备。

将电气原理图电路从主电路、控制电路、保护环节三大部分来分析。

(1) 主电路。

电源由转换开关 SA1 引入。升降电动机 M1 由上升、下降接触器 KM1、KM2 的主触点控制, 移行电动机 M2 由向前、向后接触器 KM3、KM4 的主触点来控制。两台电动机均需实现双向运行控制。

升降电动机 M1 转轴上装有电磁抱闸 YB。它在断电停车时, 能抱住 M1 的转轴, 使重物不能自行坠落。

(2) 控制电路。

控制电路由四个复合按钮 SB1、SB2、SB3、SB4 和四个接触器 KM1、KM2、KM3、KM4 的吸引线圈以及接触器的常闭互锁触点组成, 完成两台电动机的双向启停控制。

工作过程如下:闭合转换开关 SA1,按下上升启动按钮 SB1,接触器 KM1 的吸引线圈通电, KM1 主触点闭合, M1 主轴电动机启动,重物上升。在上升过程中, SB1 的常闭触点和 KM1 的互锁常闭触点始终断开,断开了下降控制回路,此时,下降按钮 SB2 无效。如需停止上升,只要松开按钮 SB1 即可,同时下降控制电路恢复原状。

按下下降启动按钮 SB2,接触器 KM2 的吸引线圈通电, KM2 主触点闭合, M1 主轴电动机启动,重物下降。在下降过程中, SB2 的常闭触点和 KM2 的互锁常闭触点始终断开,断开了上升控制回路,此时,上升按钮 SB1 无效。如需停止下降,只要松开按钮 SB2 即可,同时上升控制电路恢复原状。

前后移动控制与此相似,由 SB3、SB4 控制向前、向后接触器 KM3、KM4,使移动电动机 M2 正反向运行,带动重物前后移动。

由此可见,电动机 M1、M2 均采用点动控制及接触器常闭触点和复合按钮的双重互锁的正反转控制方式。这种点动控制方式,保证了操作人员离开工作现场时,所有电动机均自行断电。

(3) 保护环节。

为了防止吊钩上升到过高位置撞坏电动葫芦,电路中设置了提升机构的行程开关 SQ,用以实现提升位置的极限保护。

2.3 数控机床电气控制的逻辑表示

2.3.1 电气控制的逻辑表示

根据以前所学逻辑电路的知识,不难知道,逻辑变量通常只有“1”、“0”两种取值,表示两种相反的逻辑状态,如开关、线圈元件触点的开关状态或线圈的通断电状态。一般地“1”表示线圈通电、开关闭合状态;“0”表示线圈断电、开关打开状态。也有使用“真”、“假”和字母表示逻辑状态,这实际上是相同的。

2.3.2 逻辑运算法则

1. 与电路

触点串联实现逻辑“与”运算,如图 2-39 所示。逻辑“与”运算相当于算术运算中的“乘”运算,用符号“ \cdot ”表示。图 2-39 中电路的逻辑符号表达式为

$$KM = KA1 \cdot KA2$$

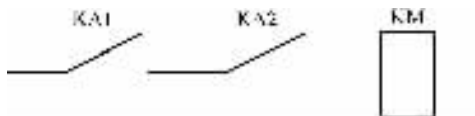


图 2-39 “与”电路

2. 或电路

触点并联实现逻辑“或”运算,如图 2-40 所示。逻辑“或”运算相当于算术运算中的“加”运算,用符号“ $+$ ”表示,图 2-40 中电路的逻辑符号表达式为

$$KM = KA1 + KA2$$

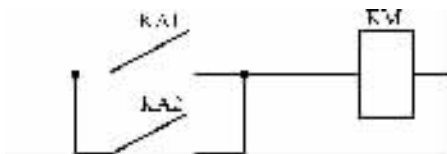


图 2-40 “或”电路

3. 非电路

触点连接实现逻辑“非”运算如图 2-41 所示。逻辑“非”用符号“—”表示,图中电路的逻辑符号表达式为

$$KM = \overline{KA}$$

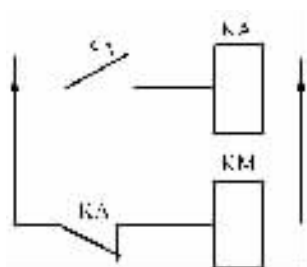


图 2-41 “非”电路

4. 逻辑代数的基本公式

下面是逻辑代数中的一些基本公式。

0 定则: $0 + A = A, 0 \cdot A = 0$

1 定则: $1 + A = 1, 1 \cdot A = A$

互补定律: $A + \overline{A} = 1, A \cdot \overline{A} = 0$

同一定律: $A + A = A, A \cdot A = A$

反转定律: $\overline{\overline{A}} = A$

交换律: $A + B = B + A, A \cdot B = B \cdot A$

结合律: $A + B + C = (A + B) + C = A + (B + C), A \cdot B \cdot C = (AB)C = A(BC)$

分配律: $A(B + C) = A \cdot B + A \cdot C, A + BC = (A + B)(A + C)$

吸收律: $A \cdot B + A \cdot \overline{B} = A, (A + B)(A + \overline{B}) = A, A + A \cdot B = A, A(A + B) = A$

$A(\overline{A} + B) = A \cdot B, A + \overline{A} \cdot B = A + B$

反演律(摩根定律): $\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}, \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

2.3.3 数控机床电气控制线路的基本规律

1. 自锁控制

三相异步电动机单向全压启动、停止控制线路的线路图如图 2-42 所示,该主电路由断路器 QF、接触器 KM 的主触点、电动机构成。通过停止按钮 SB1、启动按钮 SB2、接触器线圈 KM 和接触器线圈辅助常开触点 KM 组成了该控制回路。当合上 QF,按下 SB2 后, KM 线圈通电, KM 主触点和辅助常开触点闭合,该控制回路就可以启动;而松开 SB2 后, KM 线圈自身的辅助常开触点会保持通电,这种状态称为自锁状态,简称自锁。按下停止按钮 SB1

时, KM 线圈断电释放, KM 主触点和辅助常开触点断开, 控制回路解除自锁。此时电动机停止运转。松开按钮 SB1 后, 该控制电路即可停止运转。

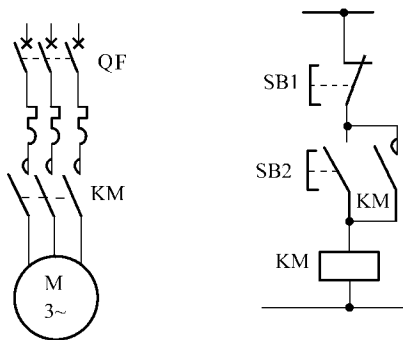


图 2-42 接触器的自锁电路

自锁控制的逻辑表达式为

$$KM = (KM + SB2) \cdot \overline{SB1} \tag{2-1}$$

当启动按钮 SB2 工作时, SB2 为“1”。将该值代入式(2-1)中, 则

$$KM = (KM + 1) \cdot \overline{SB1} = \overline{SB1} = \overline{0} = 1$$

可知 KM 吸合, 此时

$$KM = (1 + SB2) \cdot \overline{SB1} = \overline{SB1} \tag{2-2}$$

与 SB2 无关。接触器 KM 的辅助常开触点与启动按钮 SB2 并联, 发挥其自锁作用。如果令 SB1 工作, 此时 SB1 为“1”。将该值代入式(2-2)中, 则

$$KM = \overline{SB1} = \overline{1} = 0$$

此时线圈 KM 失去电压。

2. 互锁控制

在生产中电动机通常具有能实现正反两个方向的转动的功能, 例如数控机床主轴的正反转, 其实现的方法是将电动机接入电源中的三根输入线中任意两根连线相互交换。如图 2-43 所示的通电回路中, 启动按钮 SB2、SB3 采用的是复合按钮, 其常闭触点用来切断转向相反的接触器线圈, 两个接触器的常闭触点 KM1、KM2 中一个接触器通电时, 其常闭触点断开, 使另一个接触器线圈不能通电。

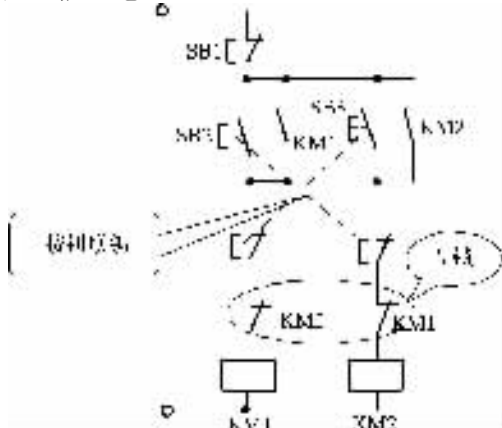


图 2-43 互锁控制线路图

正转:按下 SB2→KM1 得电→电动机正转

反转:按下 SB3→ $\begin{cases} \text{KM1 断电} \\ \text{KM2 得电} \end{cases}$ →电动机反转

图 2-43 中互锁控制线路的逻辑关系表达式为

$$\text{KM1} = \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB2}) \cdot \overline{\text{SB3}} \cdot \overline{\text{SB1}} \quad (2-3)$$

$$\text{KM2} = \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM2} + \text{SB3}) \cdot \overline{\text{SB2}} \cdot \overline{\text{SB1}} \quad (2-4)$$

当启动按钮 SB2 工作时,SB2 为“1”,代入式(2-3)中,有

$$\begin{aligned} \text{KM1} &= \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + 1) \cdot \overline{\text{SB3}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM2}} \cdot \overline{\text{SB3}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM2}} \cdot 0 \cdot 0 \\ &= \overline{\text{KM2}} \end{aligned} \quad (2-5)$$

将 SB2 为“1”代入式(2-4)中,有

$$\begin{aligned} \text{KM2} &= \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM2} + \text{SB3}) \cdot \overline{1} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM2} + \text{SB3}) \cdot 0 \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM1}} \cdot 0 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2-6)$$

此时由式(2-5)可知, $\text{KM1} = \overline{\text{KM2}} = \overline{0} = 1$,即 KM1 吸合。

当启动按钮 SB3 工作时,SB3 为“1”,代入式(2-4)中,有

$$\begin{aligned} \text{KM2} &= \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM2} + 1) \cdot \overline{\text{SB2}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM1}} \cdot \overline{\text{SB2}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM1}} \cdot 0 \cdot 0 \\ &= \overline{\text{KM1}} \end{aligned} \quad (2-7)$$

将 SB3 为“1”代入式(2-3)中,有

$$\begin{aligned} \text{KM1} &= \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB2}) \cdot \overline{1} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB2}) \cdot 0 \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM2}} \cdot 0 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2-8)$$

此时由式(2-7)可知, $\text{KM2} = \overline{\text{KM1}} = \overline{0} = 1$,即 KM2 吸合。

由式(2-5)和式(2-7)可知,KM1 和 KM2 是互锁的,KM1 和 KM2 不能同时通电吸合。

当停止按钮 SB1 工作时,SB1 为“1”,分别代入式(2-3)和式(2-4)中,使得

$$\begin{aligned} \text{KM1} &= \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB2}) \cdot \overline{\text{SB3}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM2}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB2}) \cdot \overline{\text{SB3}} \cdot \overline{1} \\ &= 0 \\ \text{KM2} &= \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB3}) \cdot \overline{\text{SB2}} \cdot \overline{\text{SB1}} \\ &= \overline{\text{KM1}} \cdot (\text{KM1} + \text{SB3}) \cdot \overline{\text{SB2}} \cdot \overline{1} \\ &= 0 \end{aligned}$$

即 KM1 和 KM2 断电。

3. 实现按顺序工作的联锁控制

为了保证油泵电动机启动后才允许主轴电动机启动。数控车床主轴转动前要求油泵先给其齿轮箱供油润滑,把油泵电动机接触器 KM1 常开触点串入主轴电动机接触器 KM2 的

线圈电路中实现这一联锁。如图 2-44 所示,SB2、SB4 分别为油泵电动机的启动、停止按钮;SB3、SB5 分别为主轴电动机的启动、停止按钮。这样生产实践中就可以要求各运动部件之间实现顺序工作。

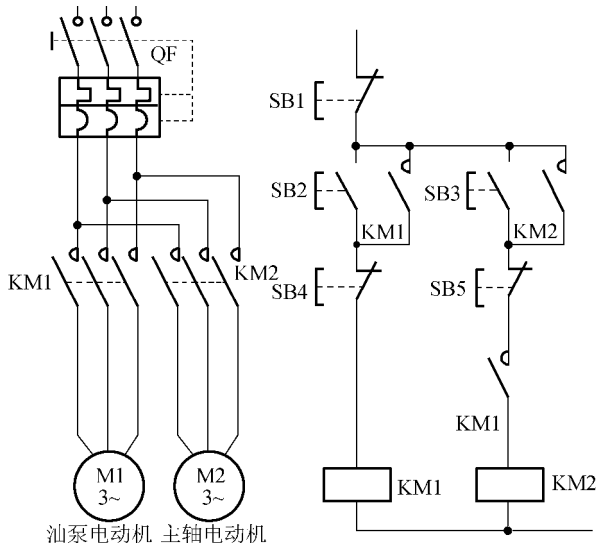


图 2-44 联锁控制线路图

下面写出图 2-44 中的逻辑关系表达式为

$$KM1 = (KM1 + SB2) \cdot \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \quad (2-9)$$

$$KM2 = KM1 \cdot (KM2 + SB3) \cdot \overline{SB5} \cdot \overline{SB1} \quad (2-10)$$

当启动油泵电动机,启动按钮 SB2 工作时,SB2 为“1”,代入式(2-9)中,得

$$\begin{aligned} KM1 &= (KM1 + 1) \cdot \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \\ &= \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \\ &= \overline{0} \cdot \overline{0} \\ &= 1 \end{aligned}$$

即 KM1 吸合,并自锁。

当油泵电动机断电,停止按钮 SB4 工作时,SB4 为“1”,代入式(2-9)中,得

$$\begin{aligned} KM1 &= (KM1 + SB2) \cdot \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \\ &= (KM1 + SB2) \cdot \overline{1} \cdot \overline{SB1} \\ &= 0 \end{aligned}$$

即 KM1 断电。当按下主轴电动机启动按钮 SB3 时,SB3 为“1”,代入式(2-10)中,得

$$\begin{aligned} KM2 &= KM1 \cdot (KM2 + SB3) \cdot \overline{SB5} \cdot \overline{SB1} \\ &= KM1 \cdot 1 \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} \\ &= KM1 \end{aligned}$$

由上式可知,若 KM1 断电时,KM2 = KM1 = 0,则 KM2 断开,所以 KM1 吸合是 KM2 吸合的必要条件,即只有 KM1 吸合后,KM2 才能吸合以完成系统的顺序控制。KM2 吸合后,按下 SB5 停止按钮,KM2 才断电。当按下停止按钮 SB1 时,即 KM1 = 0, KM2 = 0,则 KM1、KM2 均不得电。

2.4 数控机床电气控制系统的基本环节

2.4.1 笼型异步电动机的直接启动控制

笼型异步电动机的启动方法有直接启动和降压启动两种。机床上小容量的电动机采用直接启动,容量较大的电动机采用降压启动。本节主要讲述直接启动。

1. 点动控制电路

点动控制常用于机床主轴或工作台的调整、机床的试车检修等,如图 2-45 所示。

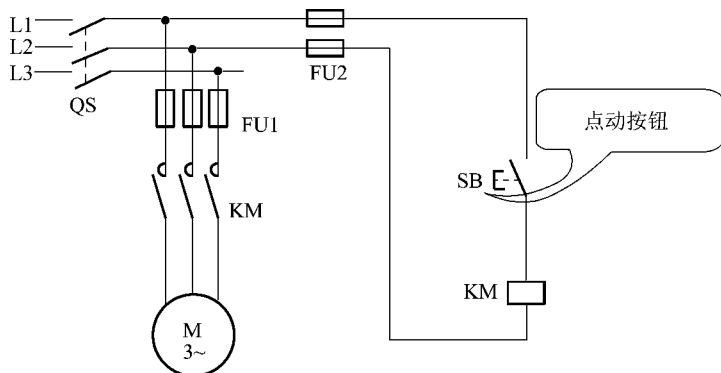


图 2-45 点动控制电路

工作过程:先接通电源开关 QS。

启动过程:按下按钮 SB→KM 线圈得电→KM 主触头闭合→电动机 M 通电启动。

停止过程:松开按钮 SB→KM 线圈断电→KM 主触头复位→电动机 M 断电停转。

2. 连续运转控制电路

如图 2-46 所示为连续运转控制电路。

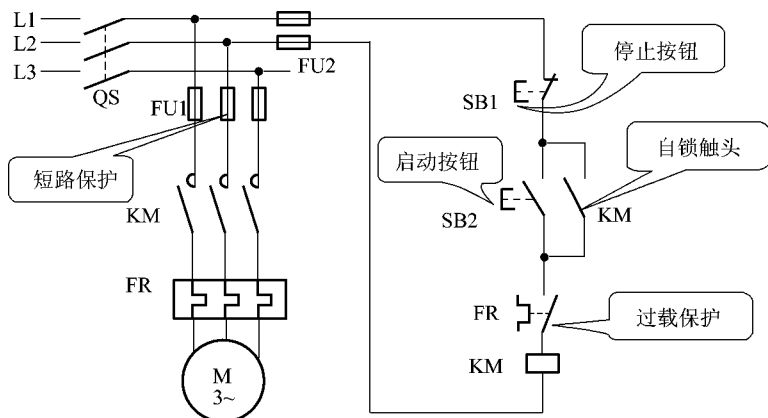


图 2-46 连续运转控制电路

工作过程:先接通电源开关 QS。

启动过程:当按下启动按钮 SB2→KM 线圈得电

}	KM 主触头闭合→电动机运转
	KM 动合辅助触头闭合

停转过程:按下停车按钮 SB1→KM 线圈失电→KM 主触点、常开辅助触点断开,电动机停转。

图 2-46 电路中具有以下保护环节:

(1)过载保护。由热继电器 FR 实现电动机的长期过载保护。热继电器的双金属片串接在电动机的主电路中,其常闭触点接在接触器的线圈控制回路中,当电动机发生长期过载时,热继电器的双金属片受热弯曲,使其常闭触点断开,切断接触器线圈的控制回路,接触器线圈失电,接触器的主触点断开,从而使电动机断电,起到电动机的过载保护作用。

(2)短路保护。由熔断器 FU1、FU2 分别实现电动机的主电路和控制电路的短路保护。

(3)失压和欠压保护。当电源电压因某种原因严重下降或消失(降到额定电压的 85%)时,接触器的电磁吸力下降或消失,使得接触器的衔铁释放,主触点和自锁触点断开,电动机停止转动。当线路电压正常时,接触器线圈不能自动通电,必须再次按下启动按钮 SB2 后才能重新启动,从而避免了线路正常后电动机突然启动所引起的设备或人身事故。具有自锁电路的接触器控制电路都有失压和欠压保护作用。

3. 连续运转兼点动控制电路

如图 2-47 所示,按下启动按钮 SB2,KM 得电自锁,电动机连续运转;按下停止按钮 SB1,KM 断电,电动机停转;按下点动按钮 SB3,KM 得电,电动机运转;松开 SB3,KM 断电,电动机停转。

点动按钮 SB3(又称复合按钮)的作用:一是使接触器线圈 KM 通电;二是使线圈 KM 不能自锁。

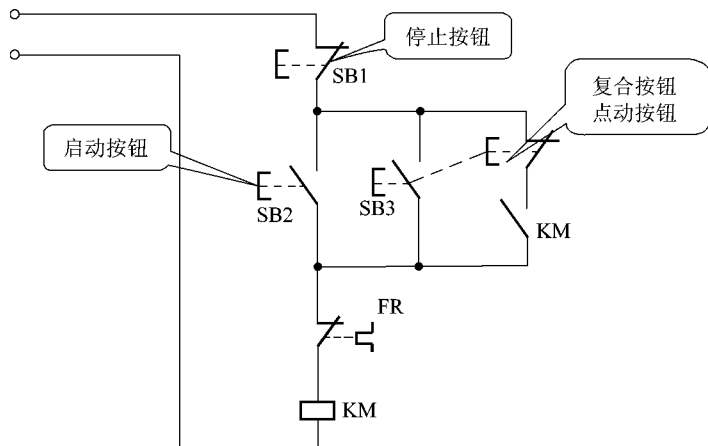


图 2-47 长期工作兼点动控制电路

2.4.2 笼型异步电动机的正反转控制

笼型异步电动机的正反转控制用于机床工作台的前进后退或升降,机床主轴的正反转等。由电动机原理可知,只要把电动机的三相电源进线中的任意两相对调,就可改变电动机的转动方向。

需要用两个接触器来实现这一要求。当正转接触器工作时,电动机正转;当反转接触器工作时,将电动机接到电源的任意两根连线对调一下,电动机反转。

1. 按钮控制的正反转控制电路

如图 2-48 所示为按钮控制的正反转控制电路。

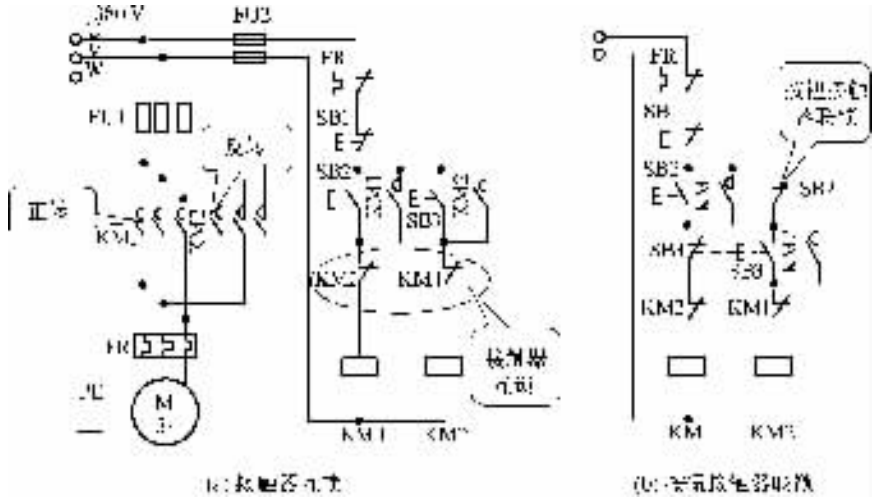


图 2-48 按钮控制的正反转控制电路

1) 接触器互锁的正反转控制

接触器互锁的正反转控制主要完成“正转—停—反转”或“反转—停—正转”的电气控制。

如图 2-49 所示为接触器互锁的正反转控制电路的动作原理。

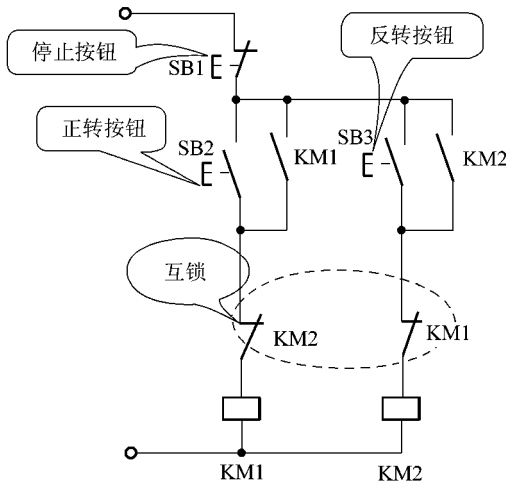


图 2-49 接触器互锁的正反转控制

正转控制:当按下启动按钮 SB2→KM1 线圈得电→
 { KM1 自锁触头闭合
 KM1 主触头闭合→电动机 M 正转。
 KM1 互锁触头断开

按下停止按钮 SB1→KM1 线圈失电→电动机 M 停转。

反转控制:按下反转按钮 SB3→KM2 线圈得电→电动机 M 反转。

这种线路的缺点是操作不方便,要改变电动机转向,必须先按停止按钮 SB1,再按反转按钮 SB3,才能使电动机反转。

2)按钮接触器联锁的正反转控制电路

按钮接触器联锁的正反转控制可实现“正转—反转—停”或“反转—正转—停”的操作控制。

如图 2-50 所示为按钮接触器联锁的正反转控制电路的动作原理。

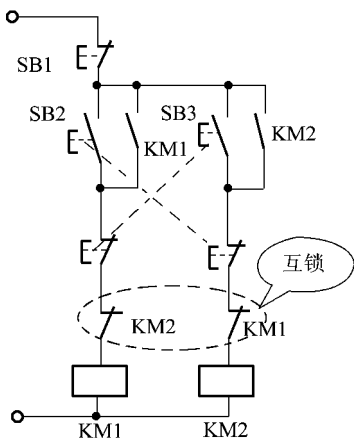


图 2-50 按钮接触器联锁的正反转控制

正转控制:按下启动按钮 SB2→KM1 线圈得电→电动机正转。

反转控制:按下 SB3→ $\begin{cases} \text{KM1 断电} \\ \text{KM2 得电} \end{cases}$ →电动机反转。

2. 自动往返正反转控制电路

如图 2-51 所示为自动往返正反转控制电路。

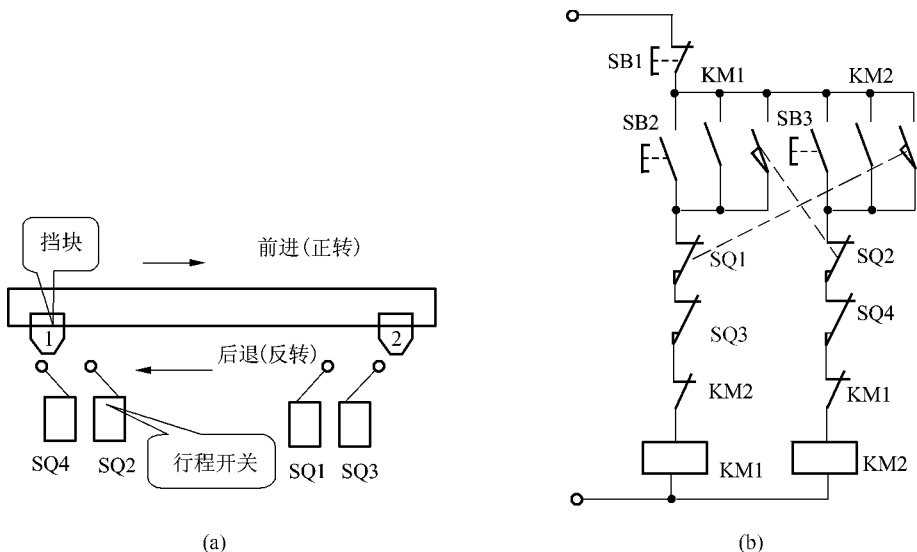


图 2-51 自动往返正反转控制

按下启动按钮 SB2→KM1 得电→电动机正转→工作台前进→到达预定位置,挡块 2 撞击 SQ1→
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{KM1 断电} \rightarrow \text{停止正转} \\ \text{KM2 得电} \rightarrow \text{电动机反转,工作台后退} \end{array} \right.$

2.4.3 笼型异步电动机制动控制电路

由电动机驱动的机床运动部件需要迅速停车和准确定位,即要求对电动机进行制动,强迫其立即停车。制动方法一般分为机械制动和电气制动两种。

机械制动是利用机械装置使电动机迅速停转,常用机械抱闸、液压制动器等机械装置。机械抱闸装置一般由制动电磁铁和闸瓦制动器组成,可分为通电制动和断电制动。制动时将制动电磁铁的线圈通电或断电,通过机械抱闸使电动机制动。

电气制动是在电动机停车时产生一个与转子原来转动方向相反的制动转矩,迫使电动机迅速停车。机床上常用的电气制动控制有反接制动和能耗制动两种。

1. 反接制动控制电路

反接制动控制电路实质上是改变异步电动机定子绕组中三相电源相序,产生与转子惯性转动方向相反的制动转矩来进行制动。制动时,首先将三相电源相序切换,然后在电动机转速接近零时,将电源及时切断。采用速度继电器来判断电动机的零速点并及时切断三相电源。如图 2-52 所示为反接制动控制电路。

启动控制:按下 SB2 → KM1 得电→电动机正转运行→KV 动合触点闭合。

制动控制:按下 SB1 → $\left\{ \begin{array}{l} \text{KM1 断电} \\ \text{KM2 得电(开始制动)} \end{array} \right.$ → $n \approx 0$, KV 复位→KM2 断电,制动结束。

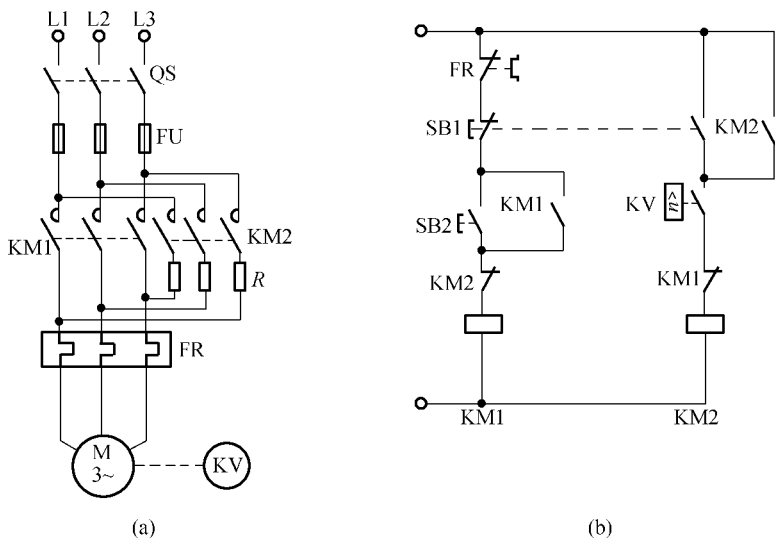


图 2-52 反接制动控制电路

2. 能耗制动控制电路

在三相电动机停车切断三相电源的同时,将一直流电源接入定子绕组,产生一个静止的磁场,以惯性转动的转子切割该磁场,产生与转动方向相反的电磁转矩对转子起制动作用,制动结束后切断直流电源。按时间原则控制的能耗制动线路如图 2-53 所示。

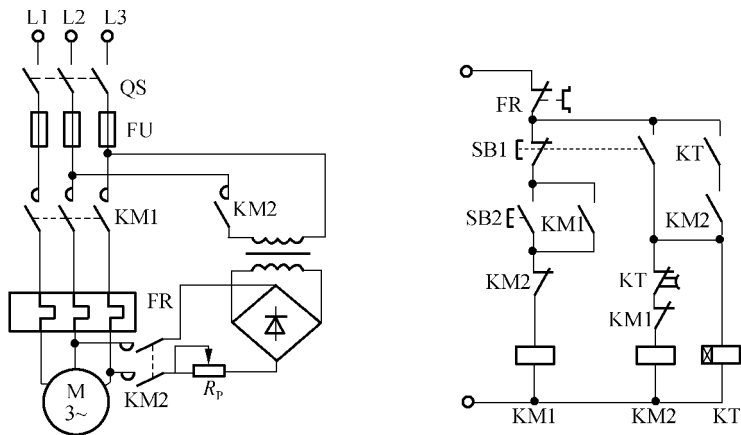


图 2-53 能耗制动控制电路

2.4.4 联锁控制

两台电动机顺序启动的控制如图 2-54 所示。

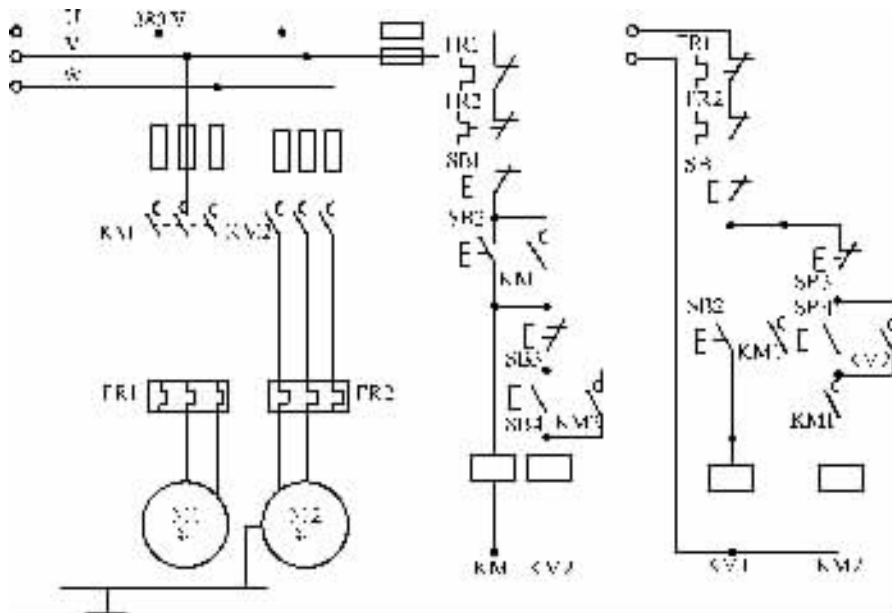


图 2-54 顺序启动控制

其工作原理为：

- 按下 SB2→KM1 得电→M1 启动。
- 按下 SB4→KM2 得电→M2 启动。
- 按下 SB3→KM2 断电→M2 停止。
- 按下 SB1→ $\begin{cases} \text{KM1 断电} \\ \text{KM2 断电} \end{cases}$ →M1, M2 均停止。

2.4.5 应用实例分析

如图 2-55 所示为某机床主电路控制电路。

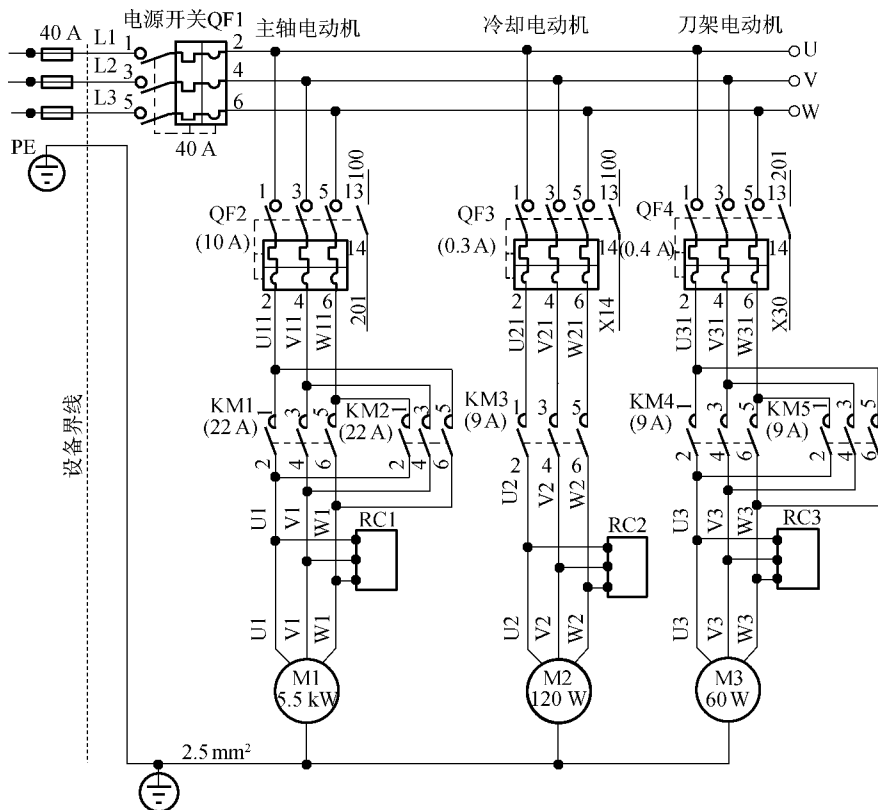


图 2-55 某机床主电路控制电路

断路器 QF1 用来接通电源并对整个动力线路进行过载及短路保护；交流接触器 KM1 和 KM2 用来控制主轴电动机 M1 的正反转，断路器 QF2 作为主轴电动机的过载及短路保护；交流接触器 KM3 用来控制冷却电动机 M2 的启动和停止，断路器 QF3 作为冷却电动机的过载及短路保护；交流接触器 KM4 和 KM5 用来控制刀架电动机 M3 的正反转，断路器 QF4 作为刀架电动机的过载及短路保护。灭弧器 RC1~RC3 用来保护交流接触器的主触点，防止当主触点断开时，在动、静触点间产生强烈电弧，烧坏主触点。

如图 2-56 所示为某机床的交流控制线路，交流接触器 KM1 线圈和 KM2 一对常闭辅助触点串联，交流接触器 KM2 线圈和 KM1 一对常闭辅助触点串联，从而实现主轴电动机正反转接触器间的互锁控制；交流接触器 KM4 线圈和 KM5 一对常闭辅助触点串联，交流接触器 KM5 线圈和 KM4 一对常闭辅助触点串联，从而实现刀架电动机正反转接触器间的互锁控制；交流接触器 KM3 线圈用来控制 KM3 的主触点吸合。继电器 KA2~KA6 触点由可编程控制器或数控装置 I/O 口控制，用来控制交流接触器 KM1~KM5 的线圈得电或断电。

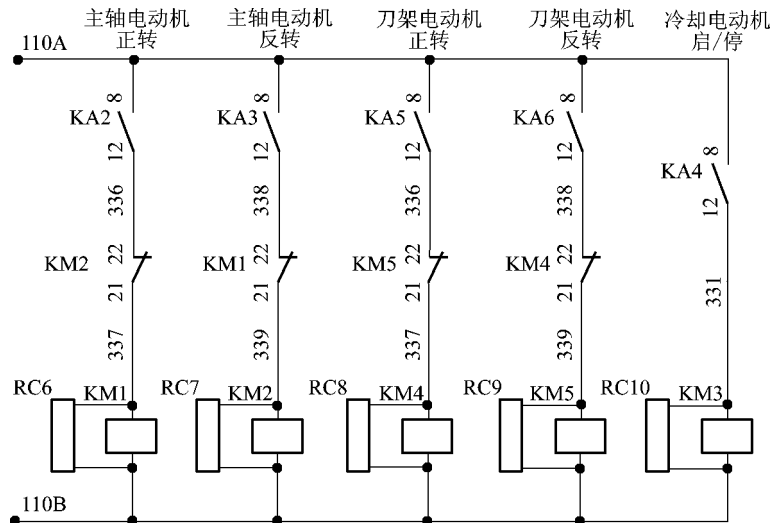


图 2-56 某机床交流控制线路

本章小结

本章讲述了电气图的统一符号以及电气图的分类,着重介绍了电气原理图的绘制原则和识读要点。电气原理图的主要部分是主电路和控制电路,主电路是从电源到电动机的电路,控制电路是控制主电路工作的电路。图中所有电器的触点都是在线圈未通电或触点未受到机械外力作用时的状态。同一电器的各个部件在图中均用同一文字符号标注。

识读电气原理图时首先要弄清电气控制的基本要求和运行条件。在此基础上先读主电路,了解主电路中有哪些被控制的电动机和电器,主电路一般以接触器的主触点为中心,搞清楚各电器的作用和工作情况。然后识读控制电路,控制电路以接触器的线圈为中心,包括和它相串联的电器或电器中的部分元件。识读时,应将控制电路从上到下、从左到右弄清每个环节,然后再分析各环节之间的联系。学习和掌握这些环节,对后面内容的学习是非常有帮助的。

习 题 2

- 2-1 电气图中为什么要规定统一的文字符号和图形符号?
- 2-2 电气图分哪几类? 各有什么用途?
- 2-3 怎样选择低压断路器?
- 2-4 接触器的作用是什么? 按其主触点通过的电流可分为哪两种?
- 2-5 怎样选择交流接触器?
- 2-6 怎样选择中间继电器?
- 2-7 怎样选择热继电器?

- 2-8** 继电器的作用是什么？与接触器的作用有何区别？按其工作原理可分为哪几种？
- 2-9** 电流继电器和电压继电器的线圈各有何特点？与被测电路如何连接？
- 2-10** 熔断器有哪些主要参数？应怎样选择熔断器？
- 2-11** 电气原理图的绘制有哪些基本规则？
- 2-12** 自锁控制、互锁控制、联锁控制的工作原理是什么？试举例说明各自的作用。
- 2-13** 电气原理图中文字符号 QS、FU、KM、KA、KT、FR、SB、SQ 分别代表什么含义？
- 2-14** 识读电气原理图中的控制电路部分时，应当注意什么问题？
- 2-15** 简述电气原理图分析的一般步骤。