

线路的工作原理如下：合上电源开关 QS，操作组合开关 SA，当手柄处于“停”位置时，SA 的动、静触头不接触，电路不通，电动机不转；当手柄扳至“顺”位置时，SA 的动触头和左边的静触头相接触，按下 SB2，KM 线圈得电，KM 的三对主触头闭合，同时 KM 的自锁触头也闭合，电路按 L1—U、L2—V、L3—W 接通，输入电动机定子绕组的电源电压为 L1—

L2—L3，电动机正转；当手柄扳至“倒”位置时，SA 的动触头和右边的静触头相连接，电路按 L1—W、L2—V、L3—U 接通，输入电动机定子绕组的电源相序变为 L3—L2—L1，电动机反转。

必须注意的是当电动机处于正转状态时，要使它反转，应先把手柄扳到“停”的位置（或按下 SB1），使电动机先停转，然后再把手柄扳到“倒”的位置，使它反转。若直接把手柄由“顺”扳至“倒”的位置，电动机的定子绕组会因为电源突然反接而产生很大的反接电流，易使电动机定子绕组因过热而损坏。

2.1.2 接触器联锁的正反转控制线路

组合开关正反转控制线路虽然所用电器较少，线路较简单，但它是一种手动控制线路，在频繁换向时，操作人员劳动强度大，操作不安全，所以这种线路一般用于控制额定电流 10A、功率在 3kW 及以下的小容量电动机。在生产实践中更常用的是接触器联锁的正反转控制线路。

接触器联锁的正反转控制线路如图 2-2（a）所示。线路中采用了两个接触器，即正转用的接触器 KM1 和反转用的接触器 KM2，它们分别由正转按钮 SB1 和反转按钮 SB2 控制。从主电路图中可以看出，这两个接触器的主触头所接通的电源相序不同，KM1 按 L1—L2—L3 相序联接，KM2 则按 L3—L2—L1 相序联接。相应地控制电路有两条：一条是由按钮 SB1 和 KM1 线圈等组成的正转控制电路；另一条是由按钮 SB2 和 KM2 线圈等组成的反转控制电路。

必须指出，接触器 KM1 和 KM2 的主触头绝不允许同时闭合，否则将造成两相电源（L1 相和 L3 相）短路事故。为了避免两个接触器 KM1 和 KM2 同时得电动作，在正、反转控制电路中分别串接了对方接触器的一对常闭辅助触头，这样，当一个接触器得电动作时，通过其常闭辅助触头使另一个接触器不能得电动作，接触器间这种相互制约的作用叫接触器联锁（或互锁）。实现联锁作用的常闭辅助触头称为联锁触头（或互锁触头），联锁符号用“▽”表示。

线路的工作原理如下：先合上电源开关 QS。

1. 正转控制

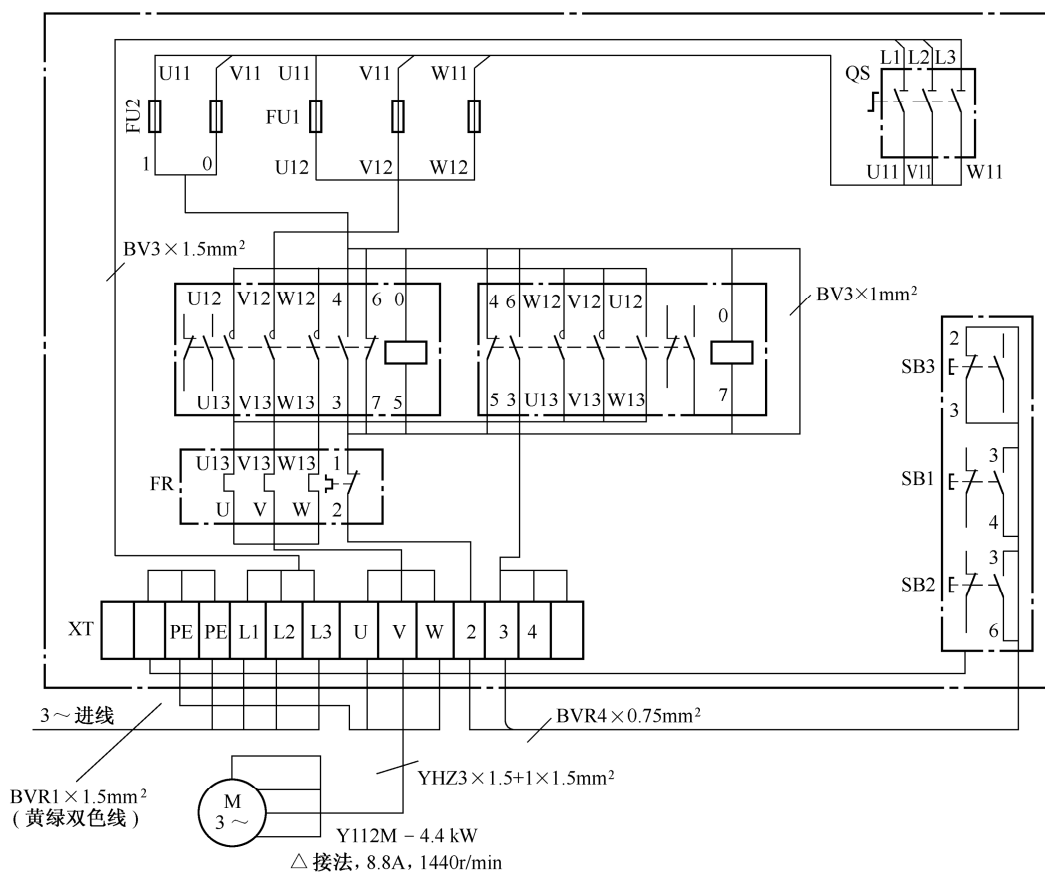
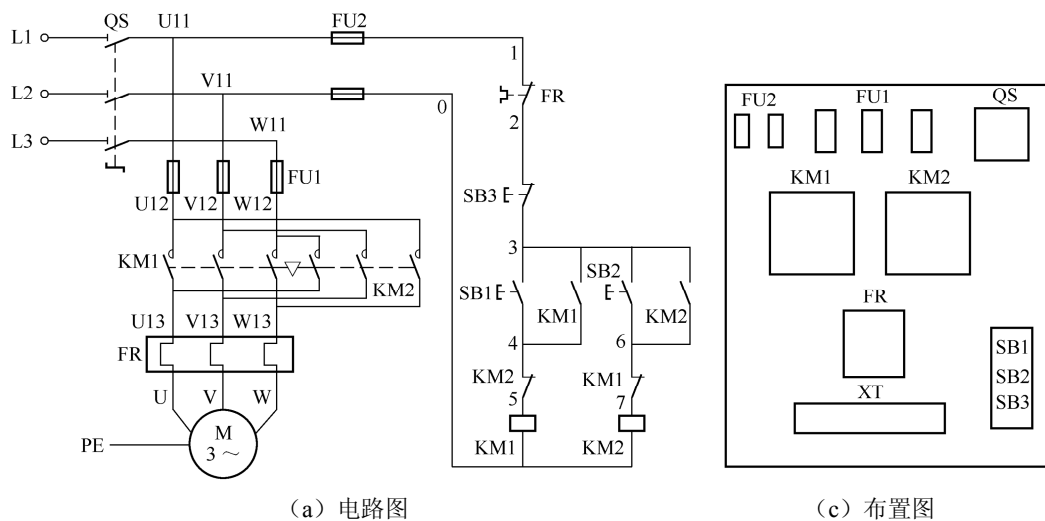


2. 反转控制



接触器联锁正反转控制线路的优点是工作安全可靠，缺点是操作不便。因为电动机从正转变

为反转时,必须先按下停止按钮后,才能按反转启动按钮,否则由于接触器的联锁作用,不能实现反转。为克服此线路的不足,可采用按钮联锁或按钮和接触器双重联锁的正反转控制线路。



错误!

(b) 接线图

图 2-2 三相异步电动机双向控制线路

2.1.3 按钮联锁的正反转控制线路

为克服接触器联锁正反转控制线路操作不便的缺点，把正转按钮 SB1 和反转按钮 SB2 换成两个复合按钮，并使两个复合按钮的常闭触头代替接触器的联锁触头，就构成了按钮联锁的正反转控制线路，如图 2-3（a）所示。

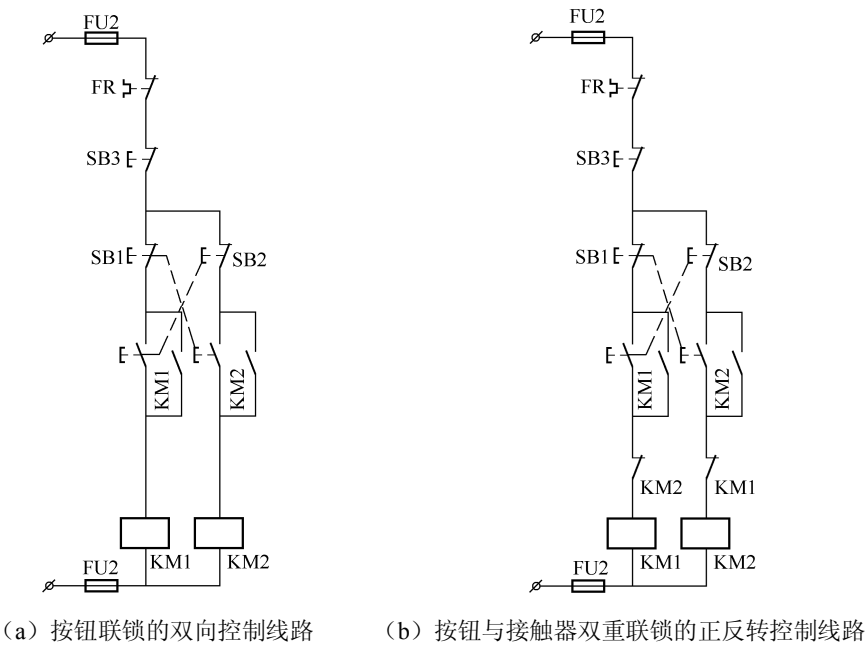


图 2-3 按钮联锁的双向控制线路

这种控制线路的工作原理与接触器联锁的正反转控制线路的工作原理基本相似，只是当电动机从正转变为反转时，直接按下反转按钮 SB2 即可实现，不必先按停止按钮 SB3。因为当按下反转按钮 SB2 时，串接在正转控制电路中 SB2 的常闭触头先分断，使正转接触器 KM1 线圈失电，KM1 的主触头和自锁触头分断，电动机 M 失电，惯性运转。SB2 的常闭触头分断后，其常开触头才随后闭合，接通反转控制电路，电动机 M 便反转。这样既保证了 KM1 和 KM2 的线圈不会同时通电，又可不按停止按钮而直接按反转按钮实现反转。同样，若使电动机从反转运行变为正转运行时，也只要直接按下正转按钮 SB1 即可。

这种线路的优点是操作方便。缺点是容易产生电源两相短路故障。例如：当正转接触器 KM1 发生主触头熔焊或被杂物卡住等故障时，即使 KM1 线圈失电，主触头也分断不开，这时若直接按下反转按钮 SB2，KM2 得电动作，触头闭合，必然造成电源两相短路故障。所以采用此线路工作有一定安全隐患。在实际工作中，经常采用按钮、接触器双重联锁的正反转控制线路。

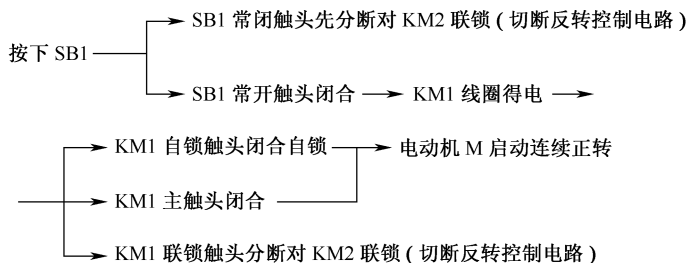
2.1.4 按钮与接触器双重联锁的正反转控制线路

为克服接触器联锁正反转控制线路和按钮联锁正反转控制线路的不足，在按钮联锁的基础上，又增加了接触器联锁，构成按钮、接触器双重联锁正反转控制线路，如图 2-3（b）所

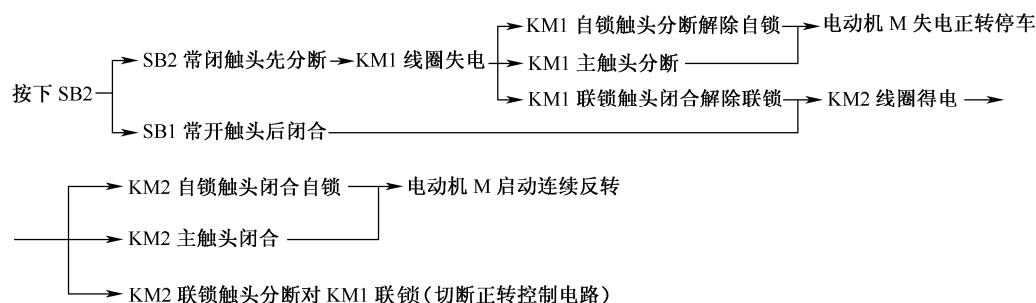
示。该线路兼有两种联锁控制线路的优点，操作方便，工作安全可靠。

线路的工作原理如下：先合上电源开关 QS。

1. 正转控制



2. 反转控制



若要停止，按下 SB3，整个控制电路失电，主触头分断，电动机 M 失电停转。

2.2 位置开关控制线路

实际生产过程中，一些生产机械运动部件的行程或位置要受到限制，或者需要其运动部件在一定范围内自行往返循环等。如在摇臂钻床、万能铣床、桥式起重机及各种自动或半自动控制机床设备中就经常遇到这种要求。实现这种控制要求所依靠的主要电器是位置开关。

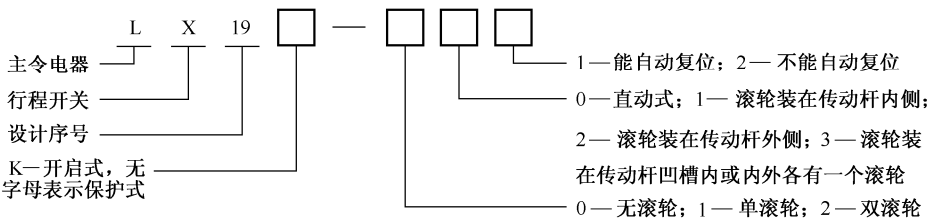
2.2.1 位置开关

位置开关是操动机构在机器的运动部件到达一个预定位置时操作的一种指示开关。它包括行程开关（限位开关）、微动开关及接近开关等。这里着重介绍在生产中应用较广泛的行程开关，并简单介绍接近开关的作用及工作原理。位置开关的部分实物图如图 2-4 所示。

1. 行程开关

行程开关是一种按工作机械的行程，发出操作命令以控制其运动方向和行程大小的开关。其作用原理与按钮相同，区别在于它不是靠手指的按压而是利用生产机械运动部件的碰压使其触头动作，从而将机械信号转变为电信号，用以控制机械动作或用作程序控制。通常行程开关用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

(1) 型号及含义。目前机床中常用的行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列，其型号及含义如下：



(2) 结构及工作原理。各系列行程开关的基本结构大体相同，都是由触头系统、操作机构和外壳组成。以某种行程开关元件为基础，装置不同的操作机构，可得到各种不同形式的行程开关，常见的有按钮式（直动式）和旋转式（滚轮式）。



错误！

(a) 直动式行程开关 (b) 单轮滚动式行程开关 (c) 微动开关 (d) 双轮滚动式行程开关 (e) 接近开关
图 2-4 位置开关实物图

1) 直动式行程开关的动作原理如图 2-5 所示。其作用原理与按钮相同，只是它用运动部件上的挡铁碰压行程开关的推杆。直动式行程开关虽然结构简单，但是触点的分合速度处取碰块移动的速度。若碰块移动的速度太慢，则触点不能瞬时切断电路，使电弧在触点上停留时间过长，易于烧蚀触点。因此，这种开关不宜用在碰块移动的速度小于 0.4m/min 的场合。

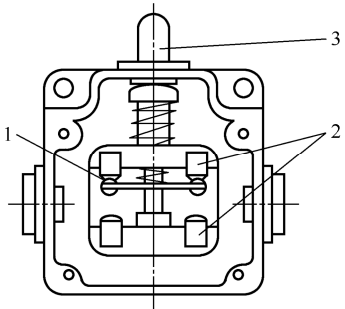


图 2-5 直动式行程开关
1—动触头; 2—静触头; 3—推杆

2) 滚轮旋转式行程开关的动作原理如图 2-6 所示。为了克服直动式行程开关的缺点，可采用能瞬时动作的滚轮旋转式行程开关。当运动部件上的挡铁碰压行程开关的滚轮 1 时，上转臂 2 向左下方转动，推杆 4 向右转动，并压缩右边弹簧 8，同时下面的小滚轮 5 也很快沿着擒纵件 6 向右转动，小滚轮滚动又压缩弹簧 7，当滚轮 5 走过擒纵件 6 的中点时，盘形弹簧 3 和弹簧 7 都使擒纵件 6 迅速转动，因而使动触点迅速地与右边的静触头分开，并与左边的静触点闭合。这样就减少了电弧对触点的损坏，并保证了动作的可靠性。这类行程开关适用于低速运动的机械。

行程开关动作后，复位方式有自动复位和非自动复位两种。如图 2-5 和 2-6 所示的直动按

钮式和单轮旋转式均为自动复位式，即当挡铁移开后，在复位弹簧的作用下，行程开关的各部分能自动恢复原始状态。但有的行程开关动作后不能自动复位，如双轮旋转式行程开关。当挡铁碰压这种行程开关的一个滚轮时，杠杆转动一定角度后触头瞬时动作；当挡铁离开滚轮后，开关不自动复位。只有运动机械反向移动，挡铁从相反方向碰压另一滚轮时，触头才能复位。这种非自动复位式的行程开关价格较贵，但运行较可靠。

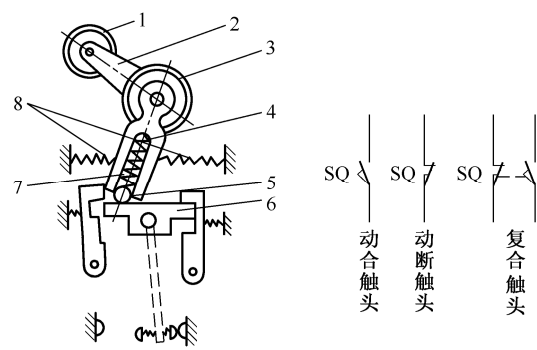


图 2-6 滚轮旋转式行程开关的内部结构及行程开关的符号

1—滚轮；2—上传臂；3—盘形弹簧；4—推杆；5—小滚轮；6—擒纵件；7—压缩弹簧；8—左右弹簧

行程开关在电路图中的符号如图 2-6 所示。

(3) 选用。行程开关主要根据动作要求、安装位置及触头数量选择。

LX19 和 JLXK1 系列行程开关的主要技术数据见表 2-1。

表 2-1 LX19 和 JLXK1 系列行程开关的主要技术数据

型号	额定电压，额定电流	结构特点	触头对数		工作行程	起行程	触头转换时间
			常开	常闭			
LX19	380V 5A	元件	1	1	3mm	1mm	≤0.04s
LX19—111		单轮，滚轮装在传动杆内侧，能自动复位	1	1	约 30°	约 20°	
LX19—121		单轮，滚轮装在传动杆外侧，能自动复位	1	1	约 30°	约 20°	
LX19—131		单轮，滚轮装在传动杆凹槽内，能自动复位	1	1	约 30°	约 20°	
LX19—212		双轮，滚轮装在 U 形传动杆内侧，不能自动复位	1	1	约 30°	约 15°	
LX19—222		双轮，滚轮装在 U 形传动杆外侧，不能自动复位	1	1	约 30°	约 15°	
LX19—232		双轮，滚轮装在 U 形传动杆内外侧各一个，不能自动复位	1	1	约 30°	约 15°	
LX19—001		无滚轮，仅有径向传动杆，能自动复位	1	1	<4mm	3mm	
JLXK1—111	500V 5A	单轮防护式	1	1	12~15°	≤30°	≤0.04s
JLXK1—211		双轮防护式	1	1	约 40°	≤45°	
LXK—311		直动防护式	1	1	1~3mm	2~4mm	
JLXK1—411		直动滚轮防护式	1	1	1~3mm	2~4mm	

(4) 安装与使用。

1) 行程开关安装时，安装位置要准确，安装要牢固；滚轮的方向不能装反，挡铁与其碰撞的位置应符合控制线路的要求，并确保能可靠地与挡铁碰撞。

2) 行程开关在使用中，要定期检查和保养，除去油污及粉尘，清理触头，经常检查其动作是否灵活、可靠，及时排除故障，防止因行程开关触头接触不良或接线松脱产生误动作而导致设备和人身安全事故。

(5) 常见故障及处理方法。行程开关的常见故障及处理方法见表 2-2。

表 2-2 常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
挡铁碰撞位置开关后，触头不动作	安装位置不准确	调整安装位置
	触头接触不良或接线松脱	清刷触头或紧固接线
	触头弹簧失效	更换弹簧
杠杆已经偏转，或无外界机械力作用，但触头不复位	复位弹簧失效	更换弹簧
	内部碰撞卡阻	清扫内部杂物
	调节螺钉太长，顶住开关按钮	检查调节螺钉

2. 接近开关

接近开关又称为无触点位置开关，是一种与运动部件无机械接触而能操作的位置开关。当运动的物体靠近开关到一定位置时，开关发出信号，达到行程控制、计数及自动控制的作用。它的用途除了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。与行程开关相比，接近开关具有定位精度高、工作可靠、寿命长、操作频率高以及能适应恶劣工作环境等优点。但接近开关在使用时，一般需要有触点继电器作为输出器。

按工作原理来分，接近开关有高频振荡型、感应电桥型、霍尔效应型、光电型、永磁及磁敏元件型、电容型和超声波型等多种类型，其中以高频振荡型最为常用。其电路结构可以归纳为如图 2-7 所示的组成部分。

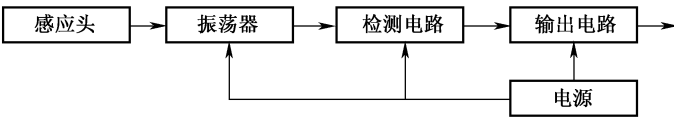


图 2-7 接近开关原理框图

高频振荡型接近开关的工作原理为：当有金属物体靠近一个以一定频率稳定振荡的高频振荡器的感应头附近时，由于感应作用，该物体内部会产生涡流及磁滞损耗，以致振荡回路因电阻增大、能耗增加而使振荡减弱，直至停止振荡。检测电路根据振荡器的工作状态控制输出电路的工作，输出信号去控制继电器或其他电器。以达到控制目的。

目前在工业生产中，LJ1、LJ2 等系列晶体管接近开关已逐步被 LJ、LXJ10 等系列集成电路接近开关所取代。LJ 系列集成电路接近开关是由德国西门子公司元器件组装而成。其性能可靠，安装使用方便，产品品种规格齐全，应用广泛。

LJ 系列接近开关分交流和直流两种类型, 交流型为两线制, 有常开式和常闭式两种。直流型分为两线制、三线制和四线制。除四线制为双触头输出 (含有一个常开和一个常闭输出触头) 外, 其余均为单触头输出 (含有一个常开或一个常闭触头)。交流两线接近开关的外形和接线方式如图 2-8 所示。接近开关电路图中的符号如图 2-8 (c) 所示。

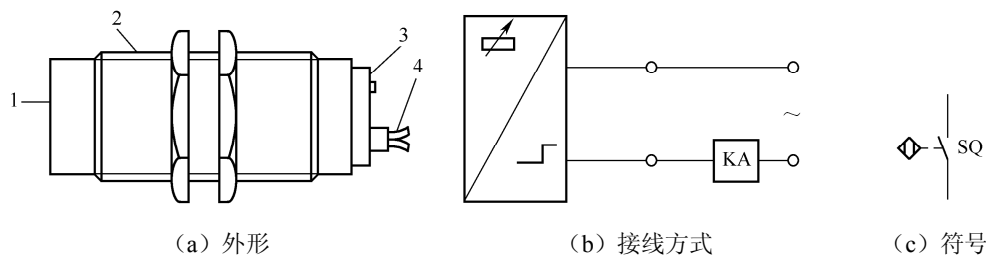


图 2-8 交流两线接近开关的外形和接线方式

1—感应面; 2—圆柱螺纹型外壳; 3—LED 指示; 4—电缆

3. 微动开关

微动开关是行程非常小的瞬时动作开关, 其特点是操作力小和操作行程短。微动开关也可看成尺寸很小而又非常灵活的行程开关。

随着生产发展的需要, 微动开关向体积小和操作行程小发展, 控制电流却有增大的趋势, 在结构上有向封闭型发展的趋势, 以避免空气中尘埃进入触点之间影响触点的可靠导电。微动开关的结构如图 2-9 所示。常用的有 LXW - 11 系列产品。

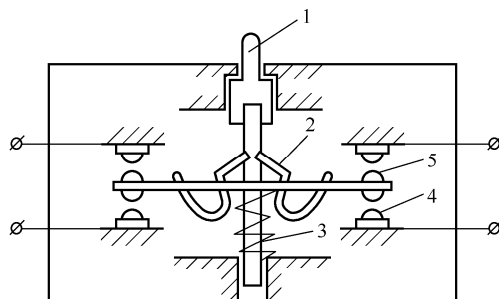


图 2-9 微动式行程开关

1—推杆; 2—弹簧; 3—压缩弹簧; 4—动断触点; 5—动合触点

LXW 系列微动开关 (以下简称微动开关) 适用于交流 50Hz (60Hz), 额定工作电压 250V, 额定电流 16A 的控制电路中, 将机械信号转换为电器信号, 作为控制电路的通断行程之用。由于优异的设计, 动作准确、可靠, 被广泛用于机械、纺织、轻工、电子仪器等各种设备的控制系统上, 例如家用电器、电动工具、检测仪器、医疗器具等均有该产品与之配套。

2.2.2 位置控制线路

位置控制线路又称行程控制或限位控制线路, 其控制线路如图 2-10 所示。

工厂车间里的行车常采用这种线路, 右下角是行车运动示意图, 行车的两头终点处各安装一个位置开关 SQ1 和 SQ2, 将这两个位置开关的常闭触头分别串接在正转控制电路和反转

控制电路中。行车前后各装有挡铁 1 和挡铁 2, 行车的行程和位置可通过移动位置开关的安装位置来调节。

线路的工作原理叙述如下：先合上电源开关 OS。

1. 行车向前运动

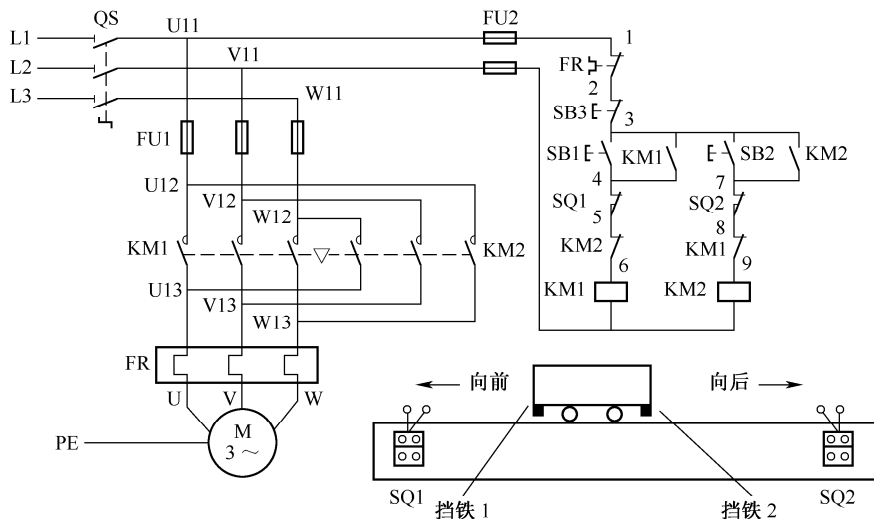


图 2-10 位置控制电路图

此时，即使再按下 SB1，由于 SQ1 常闭触头已分断，接触器 KM1 线圈也不会得电，保证行车不会超过 S01 所在的位置。

2. 行车向后运动

原理分析同上，请读者自行分析。停车时只需按下 SB3 即可。

2.2.3 自动循环控制线路

有些生产机械,要求工作台在一定的行程内能自动往返运动,以便实现对工件的连续加工,提高生产效率。这就需要电气控制线路能对电动机实现自动转换正反转控制。由位置开关控制的工作台自动往返控制线路如图 2-11 (a) 所示。如图 2-11 (b) 是工作台自动往返运动的示意图。

为了使电动机的正反转控制与工作台的左右运动相配合，在控制线路中设置了四个位置

开关 SQ1、SQ2、SQ3 和 SQ4，并把它们安装在工作台需限位的地方。其中 SQ1、SQ2 用来自动换接电动机正反转控制电路，实现工作台的自动往返行程控制；SQ3、SQ4 用来作终端保护，以防止 SQ1、SQ2 失灵，工作台越过限定位置而造成事故。在工作台边的 T 形槽中装有两块挡铁，挡铁 B 只能和 SQ1、SQ4 相碰撞，挡铁 A 只能和 SQ2、SQ3 相碰撞。当工作台运动到所限位置时，挡铁碰撞位置开关，使其触头动作，自动换接电动机正反转控制电路，通过机械传动机构使工作台自动往返运动。工作台行程可通过移动挡铁位置来调节，拉开两块挡铁间的距离，行程就短，反之则长。

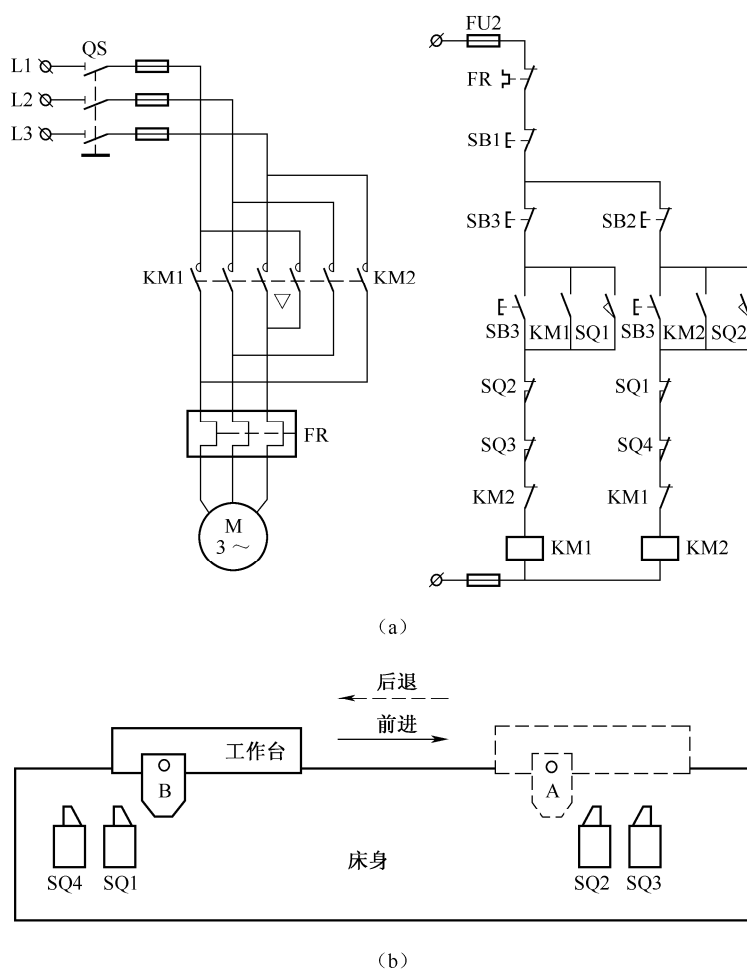


图 2-11 工作台自动往返运动

线路的工作原理如下：先合上 QS，按下正转按钮 SB2，接触器 KM1 线圈通电并自锁，电动机正向旋转，拖动工作台前进，到达加工终点，挡铁压下 SQ2，其常闭触头断开，KM1 失电，电动机停止正转，但 SQ2 常开触头闭合，又使接触器 KM2 线圈通电并自锁，电动机反向启动运转，拖动工作台后退，当后退到加工终点时，挡铁压下 SQ1，其常闭触头断开，KM2 失电，KM1 线圈通电并自锁，电动机由反转变为正转，工作台由后退变为前进，如此反复地自动往返工作。

按下停止按钮 SB1 时, 电动机停止, 工作台停止运动。

若 SQ1、SQ2 失灵，则由极限限位开关 SQ3、SQ4 实现保护，避免工作台因超出极限位置而发生事故。

这里 SB2、SB3 分别作为正转启动按钮和反转启动按钮，若启动时工作台在右端，则应按下 SB3 进行启动。

2.3 顺序控制与多地控制线路

2.3.1 顺序控制

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。例如：X62W 型万能铣床上要求主轴电动机启动后，进给电动机才能启动；M7120 型平面磨床的冷却泵电动机，要求当砂轮电动机启动后才能启动。像这种要求几台电动机的启动或停止必须按一定的先后顺序来完成的控制方式，叫做电动机的顺序控制。

1. 主电路实现顺序控制

主电路实现顺序控制的电路如图 2-12 所示。线路的特点是电动机 M2 的主电路接在 KM（或 KM1）主触头的下面。

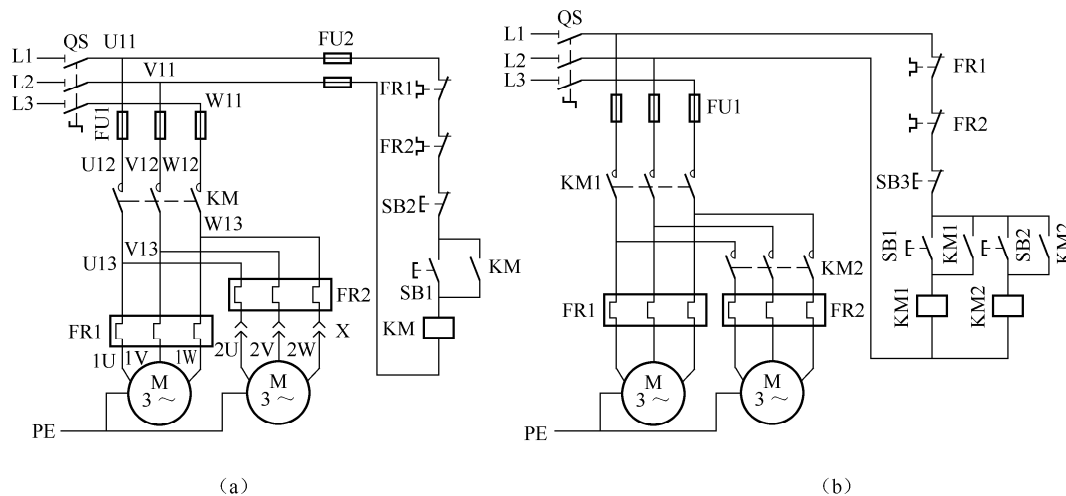
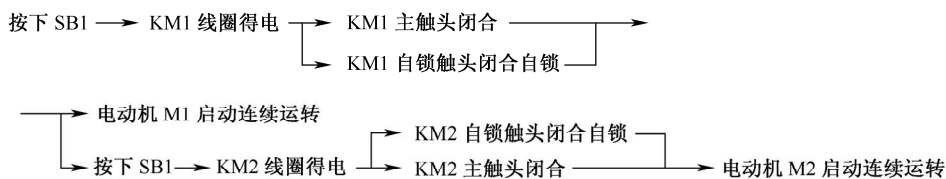


图 2-12 主电路实现顺序控制电路图

如图 2-12 (a) 所示控制线路中, 电动机 M2 是通过接插器 X 接在接触器 KM 主触头的下面, 因此, 只有当 KM 的主触头闭合, 电动机 M1 启动运转后, 电动机 M2 才可能接通电源运转。M7120 型平面磨床的砂轮电动机和冷却泵电动机采用这种顺序控制线路。

如图 2-12 (b) 所示线路中, 电动机 M1 和 M2 分别通过接触器 KM1 和 KM2 来控制。接触器 KM2 的主触头接在接触器 KM1 主触头的下面, 这样就保证了当 KM1 主触头闭合、电动机 M1 启动运转后, M2 才可能接通电源运转。

线路的工作原理如下:



2. 控制电路实现顺序控制

几种在控制电路实现电动机顺序控制的电路如图 2-13 所示。

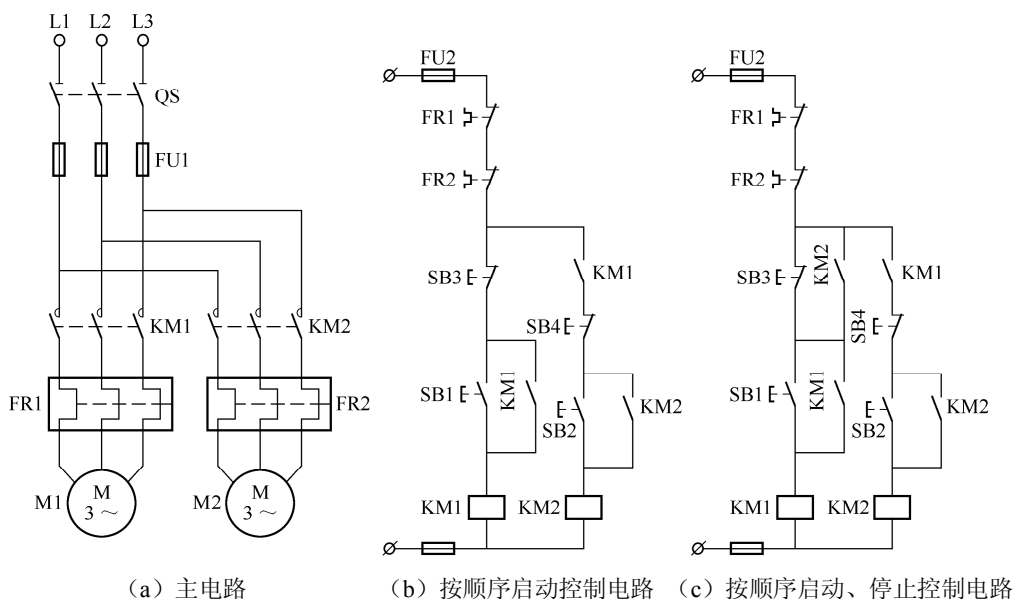


图 2-13 控制电路实现顺序控制电路图

如图 2-13 (b) 所示控制线路的特点是：在电动机 M2 的控制电路中串接了接触器 KM1 常开辅助触头。显然，只要 M1 不启动，即使按下 SB2，由于 KM1 的常开辅助触头未闭合，KM2 线圈也不能得电，从而保证了 M1 启动后，M2 才能启动的控制要求。线路中停止按钮 SB3 控制两台电动机同时停止，SB4 控制 M2 的单独停止。

如图 2-13 (c) 所示控制线路，是在图 2-13 (b) 所示线路中的 SB3 的两端并接了接触器 KM2 的常开辅助触头，从而实现了 M1 启动后 M2 才能启动；而 M2 停止后，M1 才能停止的控制要求，M1、M2 是顺序启动，逆序停止。

2.3.2 多地控制线路

能在两地或多地控制同一台电动机的控制方式叫做电动机的多地控制。如图 2-14 所示为两地控制的具有过载保护接触器自锁正转控制电路图。其中 SB11、SB12 为安装在甲地的启动按钮和停止按钮；SB21、SB22 为安装在乙地的启动按钮和停止按钮。线路的特点是：两地的启动按钮 SB11、SB21 要并联接在一起；停止按钮 SB12、SB22 要串联接在一起。这样就可以分别在甲、乙两地启动和停止同一台电动机，达到操作方便之目的。

对三地或多地控制，只要把各地的启动按钮并接、停止按钮串接就可以实现。

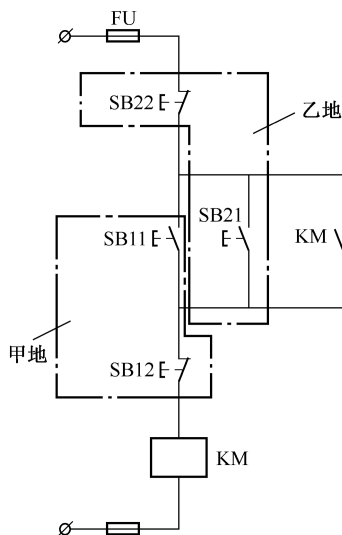


图 2-14 两地控制电路图

2.4 技能训练

2.4.1 接触器联锁正反转控制线路的安装

1. 目的要求

- (1) 熟悉接触器联锁正反转控制线路的工作原理。
- (2) 掌握接触器联锁正反转控制线路的安装。

2. 工具、仪表及器材

- (1) 工具：测电笔、螺钉旋具、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀、校验灯等。
- (2) 仪表：兆欧表、钳形电流表、万用表。
- (3) 器材：控制板一块（500mm×400mm×20mm）；导线规格：动力电路采用 BV1.5mm² 和 BVR1.5mm²（黑色）塑铜线，控制电路采用 BVR1mm² 塑铜线（红色），接地线采用 BVR（黄绿双色）塑铜线（截面至少 1.5mm²）；紧固体及编码套管等；其数量按需要而定。电器元件见表 2-3。

3. 安装步骤和工艺要求

(1) 按表 2-3 配齐所用电器元件，并进行质量检验。电器元件应完好无损，各项技术指标符合规定要求，否则应予以更换。

(2) 根据如图 2-2 (c) 电器元件布置图，在控制板上按图安装所有的电器元件，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；紧固电器元件时用力要均匀，紧固程度适当，做到既要元件安装牢固，又不使其损坏。

(3) 按如图 2-2 (b) 电气控制接线图，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。

表 2-3 元件明细表

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机	Y112-4	4kW、380V、△接法、8.8A、1440r/min	1
QS	组合开关	HZ10-25/3	三极、25A	1
FU1	熔断器	RL1-60/25	500V、60A、配熔体 25A	3
FU2	熔断器	RL1-15/2	500V、15A、配熔体 2A	2
KM1、KM2	交流接触器	CJ10-20	20A、线圈电压 380V	2
FR	热继电器	JR16-20/3	三极、20A、整定电流 8.8A	1
SB1~SB2	按钮	LA-10-3H	保护式、380V、5A 按钮数 3	1
XT	端子板	JX-1015	380V、10A、15 节	1

- (4) 根据如图 2-2 (a) 所示电路图检查控制板布线的正确性。
- (5) 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。
- (6) 可靠连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线。
- (7) 连接电源、电动机等控制板外部的导线。导线要敷设在导线通道内，或采用绝缘良好的橡皮进行通电校验。
- (8) 自检。安装完毕的控制线路板，必须按要求进行认真检查，确保无误后才允许通电试车。
- (9) 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。
- (10) 通电试车完毕，停转、切断电源。先拆除三相电源线，再拆除电动机负载线。

4. 注意事项

- (1) 螺旋式熔断器的接线要正确，以确保用电安全。
- (2) 接触器联锁触头接线必须正确，否则将会造成主电路中两相电源短路事故。
- (3) 通电试车时，应先合上 QS，再按下 SB1 (或 SB2) 及 SB3，看控制是否正确，并在按下 SB1 后再按下 SB2，观察有无联锁作用。
- (4) 训练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。训练结束后，安装的控制板留用。

2.4.2 双重联锁正反转控制线路的安装与检修

1. 目的要求

- (1) 熟悉接触器、按钮双重联锁正反转控制线路的工作原理。
- (2) 掌握双重联锁正反转控制线路的正确安装和检修。

2. 工具、仪表及器材

- (1) 工具：测电笔、螺钉旋具、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀、校验灯等。

(2) 仪表：兆欧表、钳形电流表、万用表。

(3) 器材：接触器联锁正反转控制线路板一块；导线规格：动力电路采用 $BV1.5\text{mm}^2$ 和 $BVR1.5\text{mm}^2$ （黑色）塑铜线，控制电路采用 $BVR1\text{mm}^2$ 塑铜线（红色），接地线采用 BVR（黄绿双色）塑铜线（截面至少 1.5mm^2 ）；紧固体及编码套管等，其数量按需要而定。

3. 安装训练

(1) 在技能训练 2.4.1 的基础上，根据如图 2-3（b）所示的电路图，将其改画成双重联锁正反转控制的接线图。

(2) 根据电路图和接线图，将技能训练 2.4.1 装好留用的线路板，改装成双重联锁的正反转控制线路。操作时，注意体会该线路的优点。

4. 检修训练

(1) 故障设置。在控制电路或主电路中人为设置电气自然故障两处。

(2) 教师示范检修。教师进行示范检修时，可把下述检修步骤及要求贯穿其中，直至故障排除。

1) 用试验法观察故障现象。主要注意观察电动机的运行情况、接触器的动作情况和线路的工作情况等，如发现有异常情况，应马上断电检查。

2) 用逻辑分析法缩小故障范围，并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

3) 用测量法正确、迅速地找出故障点。

4) 根据故障点的不同情况采取正确的修复方法，迅速排除故障。

5) 排除故障后通电试车。

(3) 学生检修。教师示范检修后，再由指导教师重新设置两个故障点，让学生进行检修。在学生检修的过程中，教师可进行启发性的示范指导。

(4) 注意事项。检修训练时应注意以下几点：

1) 要认真听取和仔细观察指导教师在示范过程中的讲解和检修操作。

2) 要熟练掌握电路图中各个环节的作用。

3) 在排除故障过程中，故障分析的思路和方法要正确。

4) 工具和仪表的使用要正确。

5) 带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并确保用电安全。

6) 检修必须在定额时间内完成。

2.4.3 工作台自动往返控制线路的安装与检修

1. 目的要求

(1) 熟悉位置控制线路的工作原理。

(2) 掌握工作台自动往返控制线路的安装与检修以及位置开关的作用。

2. 工具、仪表及器材

(1) 工具：测电笔、螺钉旋具、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀等。

(2) 仪表：兆欧表、钳形电流表、万用表。

(3) 器材：各种规格的紧固体、针形及叉形轧头、金属软管、编码套管等。电器元件见表 2-4。

3. 安装训练

(1) 安装步骤及工艺要求。

1) 按表 2-4 配齐所用电器元件, 并检验元件质量。

表 2-4 元件明细表

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机	Y112-4	4kW、380V、△接法、8.8A、1440r/min	1
QS	组合开关	HZ10-25/3	三极、25A	1
FU1	熔断器	RL1-60/25	500V、60A、配熔体 25A	3
FU2	熔断器	RL1-15/2	500V、15A、配熔体 2A	2
KM1、KM2	交流接触器	CJ10-20	20A、线圈电压 380V	1
FR	热继电器	JR16-20/3	三极、20A、整定电流 8.8A	4
SB1~SB2	按钮	JLXK1-111	保护式、380V、5A 按钮数 3	1
SQ1~SQ2	位置开关	LA-10-3H	380V、10A、20 节	1
XT	端子板	JX-1020	1.5mm ² (7×0.52mm)	若干
	主电路导线	BVR-1.0	1mm ² (7×0.43 mm)	若干
	控制电路导线	BVR-0.75	0.75mm ²	若干
	按钮线	BVR-1.5	1.5mm ²	若干
	走线槽		18mm×25mm	若干
	控制板		500mm×400mm×20mm	1

2) 在控制板上按如图 2-11 所示电路图画出电器元件布置图。

3) 根据电器元件布置图安装走线槽和所有电器元件, 并贴上醒目的文字符号。安装走线槽时, 应做到横平竖直、排列整齐匀称、安装牢固和便于走线等。

4) 按如图 2-11 所示的电路图进行板前线槽配线, 并在导线端部套编码套管和冷压接线头。板前线槽配线的具体工艺要求是:

①所有导线的截面积在等于或大于 0.5mm² 时, 必须采用软线。考虑机械程度的原因, 所用导线的最小截面积, 在控制箱外为 1mm², 在控制箱内为 0.75mm²。但对控制箱内很小电流的电路连线, 如电子逻辑电路, 可用 0.2mm², 并且可以采用硬线, 但只能用于不移动又无振动的场合。

②布线时, 严禁损伤线芯和导线绝缘。

③各电器元件接线端子引出导线的走向, 以元件的水平中心线为界线, 在水平中心线以上接线端子引出的导线, 必须进入元件上面的走线槽; 在水平中心线以下接线端子引出的导线, 必须进入元件下面的走线槽。任何导线都不允许从水平方向进入走线槽内。

④各电器元件接线端子上引出或引入的导线, 除间距很小和元件机械强度很差允许直接架空敷设外, 其他导线必须经过走线槽进行连接。

⑤进入走线槽内的导线要完全置于走线槽内, 并应尽可能避免交叉, 装线不要超过其容量的 70%, 以便于能盖上线槽盖和以后的装配及维修。

⑥各电器元件与走线槽之间的外露导线, 应走线合理, 并尽可能做到横平竖直, 变换走向要垂直。同一个元件上位置一致的端子和同型号电器元件中位置一致的端子上引出或引入的

导线,要敷设在同一个平面上,并应做到高低一致或前后一致,不得交叉。

⑦所有接线端子、导线线头上都应套有与电路图上相应接点线号一致的编码套管,并按线号进行连接,连接必须牢靠,不得松动。

⑧在任何情况下,接线端子必须与导线截面积和材料性质相适应。当接线端子不适合连接软线或较小截面积的软线时,可以在导线端头穿上针形或叉形轧头并压紧。

⑨一般一个接线端子只能连接一根导线,如果采用专门设计的端子,可以连接两根或多根导线,但导线的连接方式,必须是公认的、在工艺上成熟的各种方式,如夹紧、压接、焊接、绕接等,并应严格按照连接工艺的工序要求进行。

5) 根据电路图检验控制板内部布线的正确性。

6) 安装电动机。

7) 可靠连接电动机和各电器元件金属外壳的保护接地线。

8) 连接电源、电动机等控制板外部的导线。

9) 自检。

10) 检查无误后通电试车。

4. 注意事项

1) 位置开关可以先安装好,不占定额时间。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试验时,可将位置开关安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,试验各行程控制和终端保护动作是否正常可靠。若在电动机正转(工作台向右运动)时,扳动位置开关 SQ2,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。

3) 走线槽安装后可不必拆卸,以供后面技能训练时使用。安装线槽的时间不计入定额时间内。

4) 安装训练应在规定定额时间内完成。同时要做到安全操作和文明生产。

本章小结

本章介绍了位置控制电路中所用低压电器位置开关,着重介绍了它的结构、工作原理、型号、部分技术参数、选择、使用与故障维修,以及图形符号与文字符号,为正确选择、使用和维修低压电器打下基础。

本章着重介绍了电气控制线路基本控制环节中的三相异步电动机双向运行控制电路,包括组合开关双向运转控制线路、接触器联锁的双向运转控制线路、按钮联锁的双向运转控制线路及接触器、按钮双重联锁的双向运转控制线路;位置开关控制电路中的位置控制线路、自动循环控制线路;顺序控制与多地控制线路,多地控制的原则是将各地的启动按钮并接、停止按钮串接。在介绍的过程中非常详细地分析了各控制电路的工作原理、设计指导思想,以及各种保护环节。对接触器联锁的双向运转控制线路还附有接线图、元器件布置图,以求达到抛砖引玉的效果。

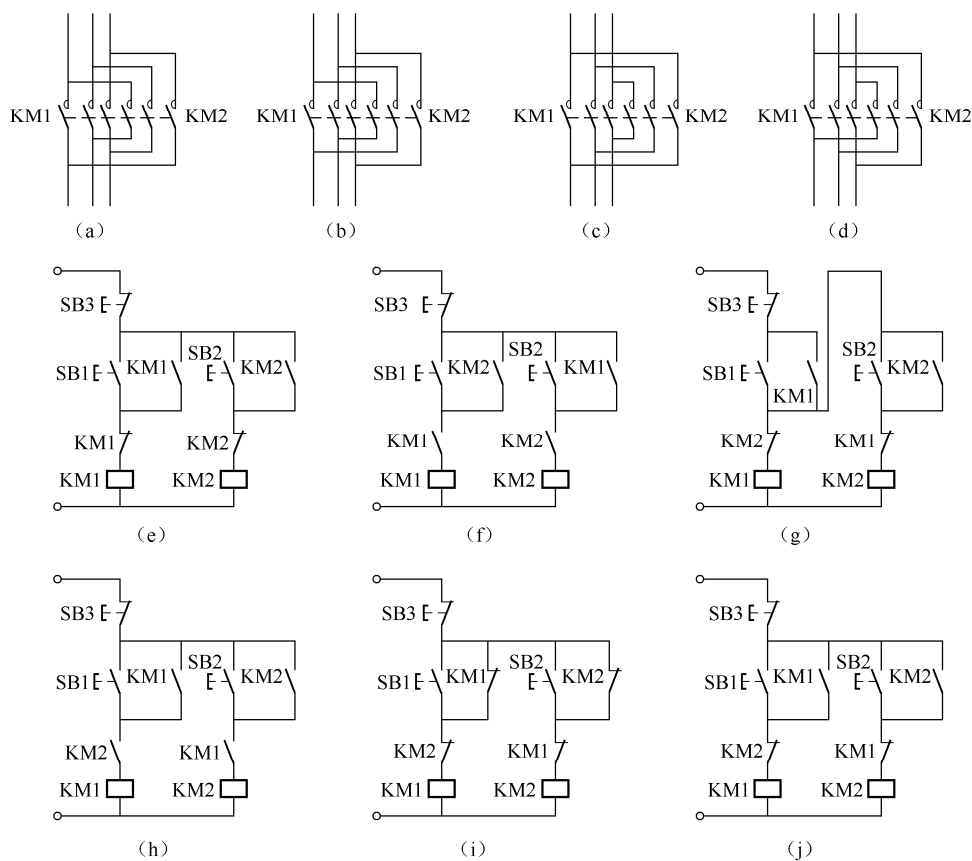
为了巩固所学知识,本章最后配备有一定量的技能训练,并详细地介绍了制作、安装、调试及维修过程。另外,在训练的过程中,有些训练留有接线图、元器件布置图的练习环节,

以达到真正掌握接线图、元器件布置图的画法。

熟悉掌握这些基本知识，学会分析其工作原理，可以为后续学习打下良好的基础。

思考与练习

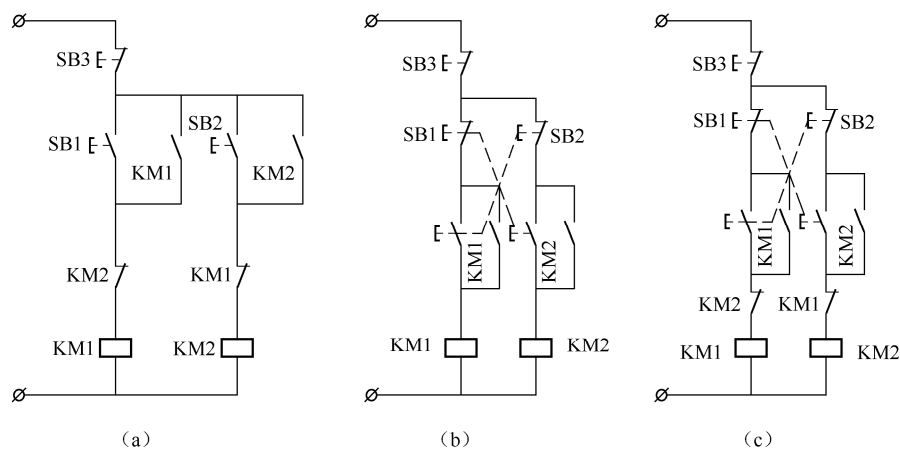
1. 行程开关的触头动作方式有哪几种？各有什么特点？
2. 什么是接近开关？它有什么特点？
3. 如何使电动机改变转向？
4. 用倒顺开关控制电动机正反转时，为什么不允许把手柄从“顺”的位置直接扳到“倒”的位置？
5. 试分析判断题图 2-1 所示主电路或控制电路能否实现正反转控制？若不能，试说明原因。



题图 2-1

6. 试画出点动的双重联锁正反转控制线路的电路图。
7. 某车间有两台电动机，一台是主轴电动机，要求能正反转控制；另一台是冷却泵电动机，只要求正转；两台电动机都要求有短路、过载、欠压和失压保护，试设计出满足要求的电路图。
8. 什么是位置控制？

9. 什么叫联锁控制？在电动机正反转控制线路中为什么必须有联锁控制？试指出题图 2-2 所示控制电路中哪些电器元件起联锁作用？各线路有什么优缺点？



题图 2-2

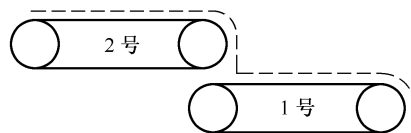
10. 什么是顺序控制？常见的顺序控制有哪些？各举一例说明。

11. 什么叫电动机的多地控制？线路的接线特点是什么？

12. 试画出能在两地控制同一台电动机正反转的点动控制电路图。

13. 题图 2-3 所示是两条传送带运输机的示意图。请按下述要求画出两条传送带运输机的控制电路。

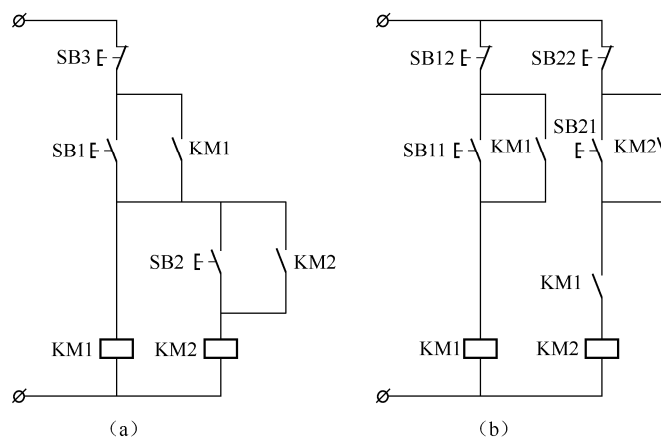
- (1) 1 号启动后，2 号才能启动；
- (2) 1 号必须在 2 号停止后才能停止；
- (3) 具有短路、过载、欠压及失压保护。



题图 2-3

14. 题图 2-4 所示是两种在控制电路实现电动机顺序控制的线路（主电路略），试分析各线路有什么特点，能满足什么控制要求。

15. 某控制线路可以实现以下控制要求：①M1、M2 可以分别启动和停止；②M1、M2 可以同时启动、同时停止；③当一台电动机发生过载时，两台电动机同时停止。试设计该控制线路，并分析工作原理。



题图 2-4