

模块 3

常用机床电气控制线路

※ 知识点

1. 普通车床的运动形式及电气控制线路工作原理。
2. 平面磨床的运动形式及电气控制线路工作原理。
3. 摇臂钻床的运动形式及电气控制线路工作原理。
4. 万能铣床的运动形式及电气控制线路工作原理。
5. 卧式镗床的运动形式及电气控制线路工作原理。

※ 学习要求

1. 具备常用机床工作过程、结构组成及运动形式分析能力。
2. 具备常用机床控制电路工作原理的分析能力。
3. 具备常用机床控制电路的可能故障原因分析及故障排除能力。

课题 3.1 车床电气控制线路

车床是切削加工的主要设备。车床的加工范围较广,适用于加工内、外圆柱面、圆锥表面、车端面、切槽、切断、车螺纹、钻孔、扩孔、铰孔、盘绕弹簧等。因此,在机械制造工业中,车床是一种应用最广的金属切削机床。

3.1.1 车床的结构及运动形式

1. 车床的主要结构

图 3-1 所示为 C650—2 型卧式车床的外形和结构。它的床身固定在左右床脚上,用以支撑车床的各个部件,使它们保持准确的相对位置。主轴变速箱固定在床身的左端,内部装有主轴和变速传动机构。工件通过卡盘等夹具装夹在主轴的前端,由主轴带动工件按照规定的转速旋转,以实现主运动。在床身的右端装有尾座,其上可装后顶尖,以支撑长工件的另一端,也可安装孔加工刀具,进行孔加工。尾座可沿床身顶面的导轨作纵向移动,以适应不同长度工件的加工。刀架部件由纵向、横向溜板和小刀架组成,可带动夹持的刀具做纵、横向进给运动。进给箱固定在床身的左前侧,是进给运动传动链中主要的传动比变换装置,其功能是改变机动进给的进给量和被加工螺纹的螺距。溜板箱固定在纵向溜板的底部,可带动刀架一起作纵向运动,其功能是把进给箱传来的运动传递给刀架,使刀架实现纵向进给、横向进给、快速移动或车削螺纹。在溜板箱上装有各种操纵手柄和按钮,工作时,操作人员可以方便地操作。

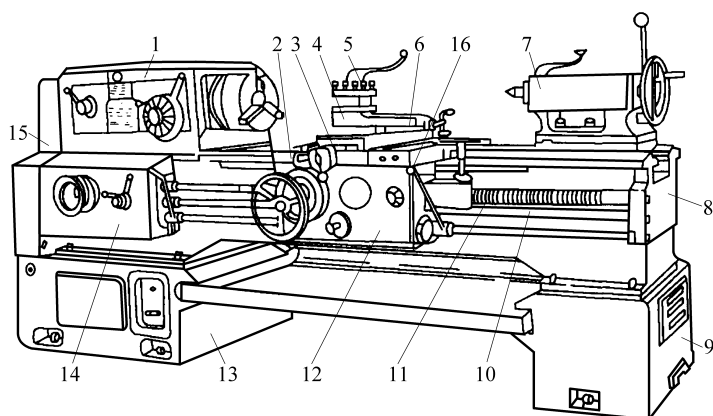


图 3-1 C650—2 型卧式车床的外形和结构

- 1—主轴变速箱；2—纵溜板；3—横溜板；4—转盘；5—刀架；6—小溜板；
7—尾座架；8—床身；9—右床座；10—光杠；11—丝杠；12—溜板箱；
13—左床座；14—进给箱；15—挂轮架；16—操纵手柄

2. 车床的运动形式

车床的主运动为工件的旋转运动。它由主轴通过卡盘带动工件旋转。车削加工时,应根据被加工零件的材料性质、工件尺寸、刀具几何参数、加工方式以及冷却条件来选择切削速度,这就要求主轴能在较大范围内实现调速,普通车床一般采用机械调速。车削加工时,一般不要求主轴反转,但在加工螺纹时,为避免乱扣,要求反向退刀,再纵向进刀继续加工,这时就要求主轴能实现正反转。主轴的旋转由主轴电动机经传动机构来拖动。

车床的进给运动是指刀架的横向或纵向直线运动。其运动方式有手动和机动两种。加工螺纹时工件的旋转和刀具的移动之间有严格的比例关系,所以主运动和进给运动采用同一台电动机来拖动。车床主轴箱输出轴经挂轮箱传给进给箱,再经丝杠传入溜板箱,以获得纵横两个方向的进给运动。

主运动与进给运动由一台电动机拖动。有的车床刀架的快速移动由一台单独的进给电动机拖动。

辅助运动包括刀架的快速进给与快速退回、尾座的移动与工件的夹紧与松开等。

车削加工时,要求主轴能在相当大的范围内调速。目前大多数中小型车床主轴的变速是靠齿轮箱的机械有级调速来实现的。加工螺纹时,要求工件旋转速度与刀具的移动速度之间有严格的比例关系。为此,车床溜板箱与主轴变速箱之间通过齿轮传动来连接。另外,进行车削加工时,刀具的温度高,需备有一台冷却泵。有的车床还专门设有润滑泵电动机。

3.1.2 C650—2 型卧式车床的电气控制线路

1. 电气拖动的特点及控制要求

C650—2 型卧式车床是一种中型车床,它的控制特点是:

① 主轴电动机 M1(20kW)采用全压下的空载直接启动,能实现正、反转连续运行。为了便于对工件作调整运动,即对刀操作,要求主轴电动机能实现单方向的点动控制。

主轴电动机停车时,由于加工工件转动惯量较大,采用反接制动。加工过程中为显示电动机工作电流设有电流监视环节。主轴能在较大的范围内调速(机械变速)。进给运动与主轴由同一台电动机拖动。

② 冷却泵电动机 M2(0.15kW),用以车削加工时提供冷却液,采用直接启动,此电动机只需单方向旋转,且在主轴电动机启动后启动,主轴电动机停止时则立即停止。

③ 快速移动电动机 M3(2.2kW),用以刀架快速(不加工工件)左右运动(机械换向),提高工作效率,采用单向点动、短时运转。

④ 电路应有必要的保护和联锁,有安全可靠的照明电路。

2. 电气控制线路分析

C650—2 型卧式车床电气控制电路如图 3-2 所示。该线路由主电路、控制电路和照明电路 3 部分组成。

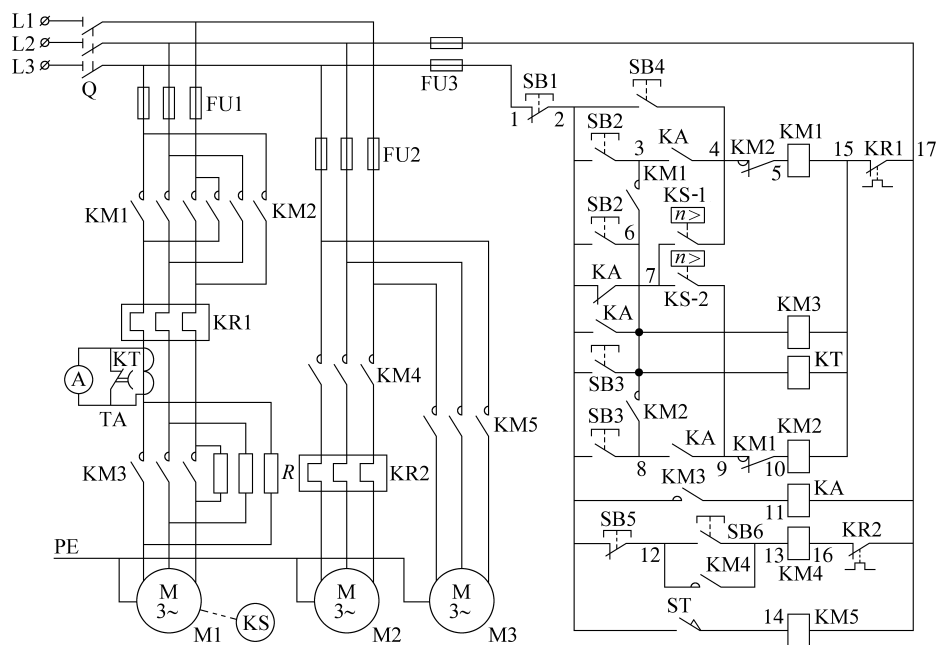


图 3-2 C650—2 型卧式车床电气控制电路

(1) 主电路分析

带脱扣器的低压断路器 Q 将三相电源引入, FU1 为主轴电动机 M1 短路保护用熔断器, KR1 为 M1 的过载保护热继电器。R 为限流电阻, 限制反接制动时的电流冲击。通过电流互感器 TA 接入电流表以监视主轴电动机线电流。KM1、KM2 为主轴电动机正、反转接触器, KM3 为制动限流接触器。

冷却泵电动机 M2 由接触器 KM4 控制单向连续运转, FU2 为短路保护用熔断器, KR2 为过载保护用热继电器。

快速移动电动机 M3 由接触器 KM5 控制单向旋转点动控制, FU2 为短路保护用熔断器。

(2) 控制电路分析

控制电路电源直接接到主电路任意两相上, FU3 为控制电路短路保护用熔断器。

① 主电动机的点动调整控制。M1 的点动控制由点动按钮 SB4 控制, 按下 SB4(2-4), 接触器 KM1 线圈通电吸合, KM1 主触点闭合, M1 定子绕组经限流电阻 R 与电源接通, 电动机低电压下正向启动。当转速达到速度继电器 KS 动作值时, KS 正转触点 KS-2(7-9)闭合, 为点

动停止反接制动做准备。松开 SB4, KM1 线圈断电, KM1 触点复原, 因 KS-2(7-9) 仍闭合, 使 KM2 线圈通电, M1 经反接制动电阻反相序接通电源进行反接制动停车, 当转速达到 KS 释放转速时, KS-2(7-9) 触点断开, 反接制动结束。

② 主电动机的正反转控制。主电动机的正转由正向启动按钮 SB2 控制, 按下 SB2(2-6), 接触器 KM3 线圈首先通电吸合, 其主触头闭合将限流电阻 R 短接, KM3(2-11) 常开辅助触点闭合, 使中间继电器 KA 线圈通电吸合, 触头 KA(3-4) 闭合使接触器 KM1 通电吸合, 电动机 M1 在全电压下直接启动。由于 KM1 的常开触点 KM1(3-6) 闭合, KA(2-6) 闭合, 将 KM1 和 KM3 自锁, 获得正向连续转动。

主电动机的反转由反向启动按钮 SB3 控制, 控制过程与正转控制相同。KM1、KM2 的常闭辅助触头串接在对方线圈电路中起互锁作用。

③ 主电动机的反接制动控制。主电动机正、反转运行停车时均为反接制动, 制动时电动机串入限流电阻。图中 KS-2 为速度继电器正转常开触点, KS-1 为反转常开触点。主电动机正转时, 接触器 KM1、KM3、中间继电器 KA 已通电吸合且 KS-2 闭合。需正转停车时, 按下停止按钮 SB1, KM3、KM1、KA 线圈同时断电释放。KM3 主触头断开, 电阻 R 串入电机定子电路, KA 常闭触点 KA(2-7) 复原闭合, KM1 主触头断开, 断开电动机正相序三相交流电源。此时电动机靠惯性仍高速旋转, 速度继电器触点 KS-2(7-9) 仍闭合, 当松开停止按钮 SB1 时, 反转接触器 KM2 线圈经 1-2-7-9-10-15-17 线路通电吸合, 电动机接入反相序三相电源, 在串入制动电阻的情况下进行反接制动, 电动机转速迅速下降, 当 $n < 100 \text{ r/min}$ 时, KS-2 触点断开, KM2 线圈断电, 反接制动结束, 自然停车至零。

反向停车制动与正向停车制动类似。

④ 刀架的快速移动和冷却泵控制。刀架的快速移动时, 转动刀架手柄, 压动行程开关 ST(2-14) 使接触器 KM5 线圈通电吸合, 电动机 M3 启动运转。冷却泵电动机 M2 的启动和停止是通过按钮 SB6、SB5 控制的。

⑤ 辅助电路。监视主回路电流的电流表是通过电流互感器 TA 接入的。为防止电动机启动、点动和制动电流对电流表的冲击, 线路中接入一个时间继电器 KT, 且 KT 线圈与 KM3 线圈并联。在启动时, KT 线圈通电吸合, 但 KT 的延时断开的常闭触点尚未动作, 将电流表短路。启动后, KT 延时断开的常闭触点才断开, 电流表内才有电流流过。

⑥ 完善的联锁与保护。主电动机正反转有互锁; 熔断器 FU1~FU3 实现短路保护; 热继电器 KR1、KR2 实现 M1、M2 的过载保护; 接触器 KM1、KM2 和 KM3 采用按钮与自锁控制方式, 使 M1 与 M2 具有欠压与零压保护。

3. 电路特点

C650—2 型卧式车床电气控制电路特点如下:

- ① 采用三台电动机拖动, 尤其是车床溜板箱的快速移动单独由一台电动机拖动。
- ② 主轴电动机不但有正、反向控制, 还有单向低速点动的调整控制, 正、反向停车时均具有反接制动控制。
- ③ 设有主轴电动机工作电流的检测环节。
- ④ 具有完善的保护与联锁。

课题 3.2 磨床电气控制线路

3.2.1 磨床的结构及运动形式

磨床是指用磨具或磨料加工工件各种表面的机床。一般用于对零件淬硬表面做磨削加工。通常,磨具的旋转为主运动,工件或磨具的移动为进给运动。其应用广泛、加工精度高、表面粗糙度小。

磨床种类很多,如外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、多用磨床、专用磨床等。

本课题以 M1432A 型万能外圆磨床和 M7475B 型平面磨床为例分析磨床电气控制线路的构成和工作原理。

1. M1432A 主要结构及运动形式

M1432A 型万能外圆磨床是目前比较典型的一种普通精度级外圆磨床,可以用来加工外圆柱面及外圆锥面,利用磨床上配备的内圆磨具还可以磨削内圆柱面和内圆锥面,也能磨削阶梯轴的轴肩和端平面。

这种磨床的万能型程度较高,但自动化程度较低,故不适用于大批量生产,常用于单件、小批量生产或工具、修理车间。

M1432A 型万能外圆磨床的外形及结构如图 3-3 所示,它主要由床身、头架、工作台、内圆磨具、砂轮架、尾架、控制箱等部件组成。在床身上安装着工作台和砂轮架,并通过工作台支撑着头架及尾架等部件,床身内部用作液压油的储油池。头架用于安装及夹持工件,并带动工件旋转。砂轮架用于支撑并传动砂轮轴。砂轮架可沿床身上的滚动导轨前后移动,实现工作进给及快速进退。内圆磨具用于支撑磨内孔的砂轮主轴,由单独电动机经皮带传动。尾架用于支持工件,它和头架的前顶尖一起把工件沿轴线顶牢。

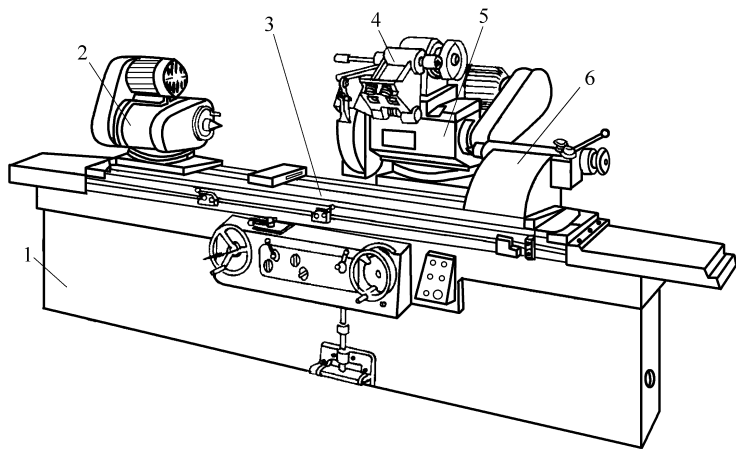


图 3-3 M1432A 型万能外圆磨床的外形及结构

1—床身; 2—头架; 3—工作台; 4—内圆磨具; 5—砂轮架; 6—尾架

工作台由上工作台和下工作台两部分组成,上工作台可相对于下工作台偏转一定角度,用于磨削锥度较小的长圆锥面。

该磨床的主运动是砂轮架主轴带动砂轮作高速旋转运动;头架主轴带动工件作旋转运动;

工作台作纵向往复运动和砂轮架作横向进给运动。辅助运动是砂轮架的快速进退运动和尾架套筒的快速退回运动。

2. M7475B 型平面磨床主要结构及运动形式

M7475B 型平面磨床的外形及结构如图 3-4 所示。它主要由床身、圆工作台、砂轮架、立柱等部分组成。它采用立式磨头,用砂轮的端面进行磨削加工,用电磁吸盘固定工件。

M7475B 型平面磨床的主运动是砂轮电动机 M1 带动砂轮的旋转运动。进给运动是工作台转动电动机 M2 拖动圆工作台转动。辅助运动是工作台移动电动机 M3 带动工作台的左右移动和磨头升降电动机 M4 带动砂轮架沿立柱导轨的上下移动。

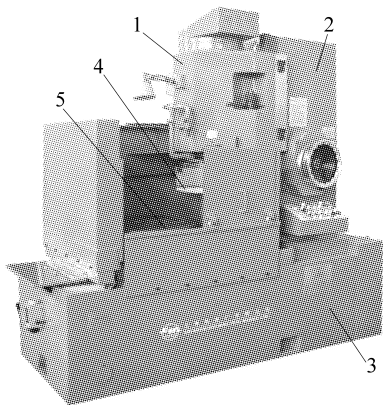


图 3-4 M7475B 型平面磨床的外形及结构

1—砂轮架；2—立柱；3—床身；
4—磨头；5—圆工作台

3.2.2 M1432A 型万能外圆磨床控制线路分析

1. 电力拖动的特点及控制要求

① 该磨床共用 5 台电动机：液压泵电动机 M1、头架电动机 M2、内圆砂轮电动机 M3、外圆砂轮电动机 M4、冷却泵电动机 M5。

② 头架电动机 M2 为双速电动机,使用 $\triangle$ - YY 以获得低速和高速,用转速选择开关 SA1 来选择高速、低速或停止。在高速或低速时都是通过行程开关 SQ1 来控制头架电动机 M2 的启动和停止。

③ 工作台的纵向往复运动采用了液压传动,以实现运动及换向的平稳和无级调速。

另外,砂轮架周期自动进给和快速进退、尾架套筒快速退回及导轨润滑等也是采用液压传动来实现的。液压泵电动机 M1 为液压系统提供压力油,要求只有油泵电动机启动后,其他电动机才能启动。

④ 内、外圆砂轮电动机 M3、M4 的控制由行程开关 SQ2 进行转换。内、外圆砂轮电动机 M3、M4 只需单方向旋转,这两台电动机不能同时运转。工作台轴向移动和砂轮架快速移动采用液压传动,在内圆磨头插入工件时,不允许砂轮架快速移动。

⑤ 冷却泵电动机 M5 拖动冷却泵旋转,供给砂轮和工件冷却液。

⑥ 要有照明设施。

2. 电气线路分析

M1432A 型万能外圆磨床的电路图如图 3-5 所示。该线路分为主电路、控制电路和照明与指示电路 3 部分。

(1) 主电路分析

主电路共有 5 台电动机,其中,M1 是油泵电动机,由接触器 KM1 控制;M2 是头架电动机,由接触器 KM2、KM3 实现低速和高速控制;M3 是内圆砂轮电动机,由接触器 KM5 控制;M4 是外圆砂轮电动机,由接触器 KM4 控制;M5 是冷却泵电动机,由接触器 KM6 控制。熔断器 FU1 作为线路总的短路保护,熔断器 FU2 作为 M1 和 M2 的短路保护,熔断器 FU3 作为 M3 和 M5 的短路保护。5 台电动机均用热继电器作过载保护。

(2) 控制电路分析

控制变压器 TC 将 380V 的交流电压降为 110V 供给控制电路,由熔断器 FU8 作短路

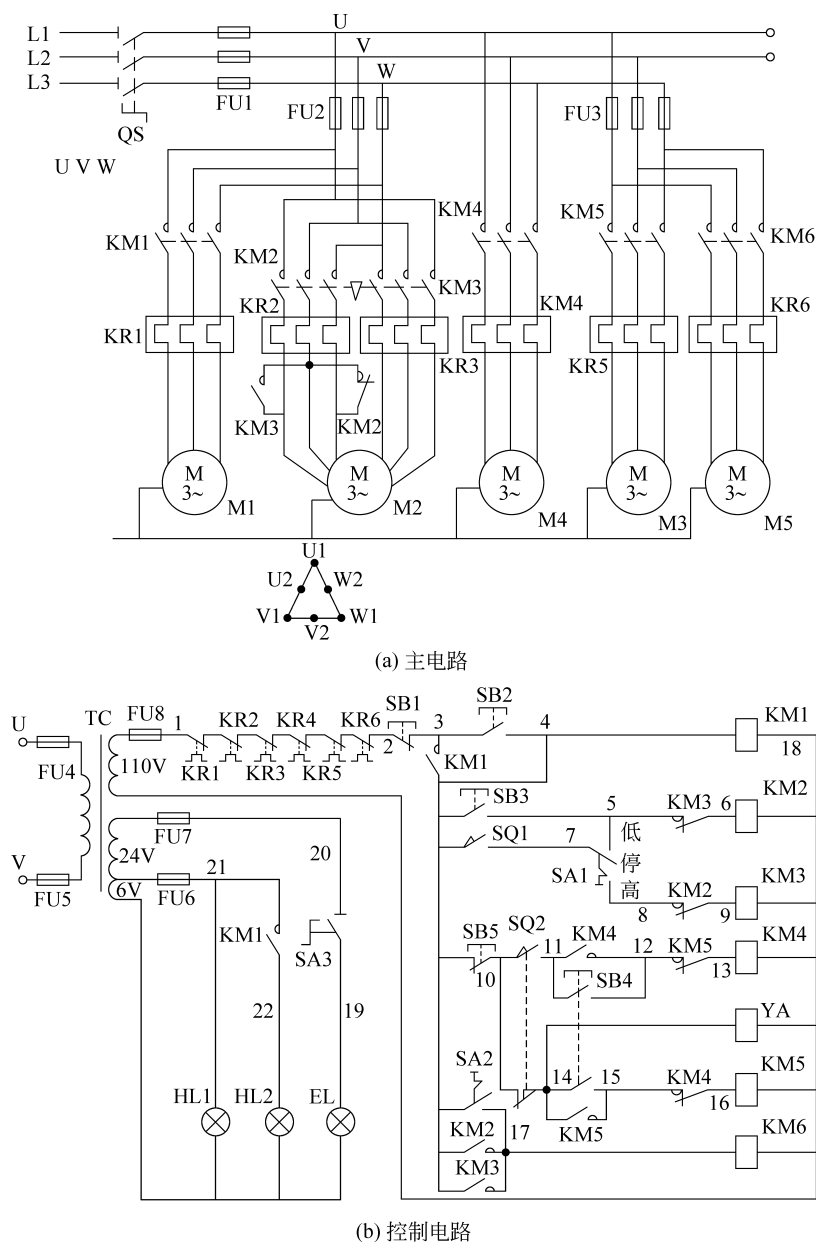


图 3-5 M1432A 型万能外圆磨床电路图

保护。

① 油泵电动机 M1 的控制。按下启动按钮 SB2(3-4), 接触器 KM1 线圈得电, KM1(3-4) 的常开触点闭合, 油泵电动机 M1 启动运转, 指示灯 HL2 亮。按下停止按钮 SB1(2-3), 接触器 KM1 线圈失电, KM1(3-4) 的常开触点断开, 电动机 M1 停转, 灯 HL2 熄灭。

由于其他电动机与油泵电动机在控制电路实现了顺序控制, 所以保证了只有当油泵电动机 M1 启动后, 其他电动机才能启动的控制要求。

② 头架电动机 M2 的控制。SA1 是头架电动机 M2 的转速选择开关, 分“低”、“停”、“高”三挡位置。如将 SA1 扳到“低”挡位置(5-7), 按下油泵电动机 M1 的启动按钮 SB2(3-4), M1

启动,通过液压传动使砂轮架快速前进,当接近工件时,便压合位置开关 SQ1(4-7),接触器 KM2 线圈得电,其主触头动作,头架电动机 M2 接成 $\triangle$ 形低速启动运转。同理,若将转速选择开关 SA1 扳到“高”挡位置(7-8),砂轮架快速前进压合位置开关 SQ1(4-7)后,使接触器 KM3 线圈得电,KM3 主触头动作,头架电动机 M2 又接成YY形高速启动运转。

SB3(4-5)是点动控制按钮,以便对工件进行校正和调试。

磨削完毕,砂轮架退回原位,位置开关 SQ1(4-7)复位断开,电动机 M2 自动停转。

③ 内、外圆砂轮电动机 M3 和 M4 的控制。由于内、外圆砂轮电动机不能同时启动,故用位置开关 SQ2 对它们实行联锁控制。当进行外圆磨削时,把砂轮架上的内圆磨具往上翻,它的后侧压住位置开关 SQ2,这时, SQ2(10-14)的常闭触点断开,切断内圆砂轮的控制电路。SQ2(10-11)的常开触点闭合,按下启动按钮 SB4(11-12),接触器 KM4 线圈得电,KM4 的主触点和自锁触点闭合,外圆砂轮电动机 M4 启动运转,KM4(15-16)联锁触点分断对 KM5 联锁。当进行内圆磨削时,将内圆磨具翻下,原被内圆磨具压下的位置开关 SQ2 复位,按下启动按钮 SB4(14-15),接触器 KM5 得电动作,使内圆砂轮电动机 M3 启动运转。内圆砂轮磨削时,砂轮架不允许快速退回,因为此时内圆磨头在工件的内孔,砂轮架若快速移动,易造成损坏磨头及工件报废的严重事故。为此,内圆磨削与砂轮架的快速退回进行了联锁。当内圆磨具翻下时,由于位置开关 SQ2(10-14)复位,故电磁铁 YA 线圈得电动作,衔铁被吸下,砂轮架快速进退的操作手柄锁住液压回路,使砂轮架不能快速退回。

④ 冷却泵电动机 M5 的控制。冷却泵电动机 M5 可与头架电动机 M2 同时运转,也可以单独启动和停止。当控制头架电动机 M2 的接触器 KM2 或 KM3 得电动作时,KM2 或 KM3 常开辅助触点闭合,使接触器 KM6 得电动作,冷却泵电动机 M5 随之自动启动。

修整砂轮时,不需要启动头架电动机 M2,但要启动冷却泵电动机 M5,这时可用开关 SA2 来控制冷却泵电动机 M5。

(3) 照明及指示电路分析

控制变压器 TC 将 380V 的交流电压降为 24V 的安全电压供给照明电路,6V 的电压供给指示电路。照明灯 EL 由开关 SA3 控制,由熔断器 FU7 作短路保护。HL1 为刻度照明灯,HL2 为油泵指示灯,指示电路由熔断器 FU6 作短路保护。

3.2.3 M7475B 型平面磨床交流控制电路分析

1. 电力拖动的特点及控制要求

① 磨床的砂轮和工作台分别由单独的电动机拖动,5 台电动机都选用交流异步电动机,并用继电器、接触器控制。

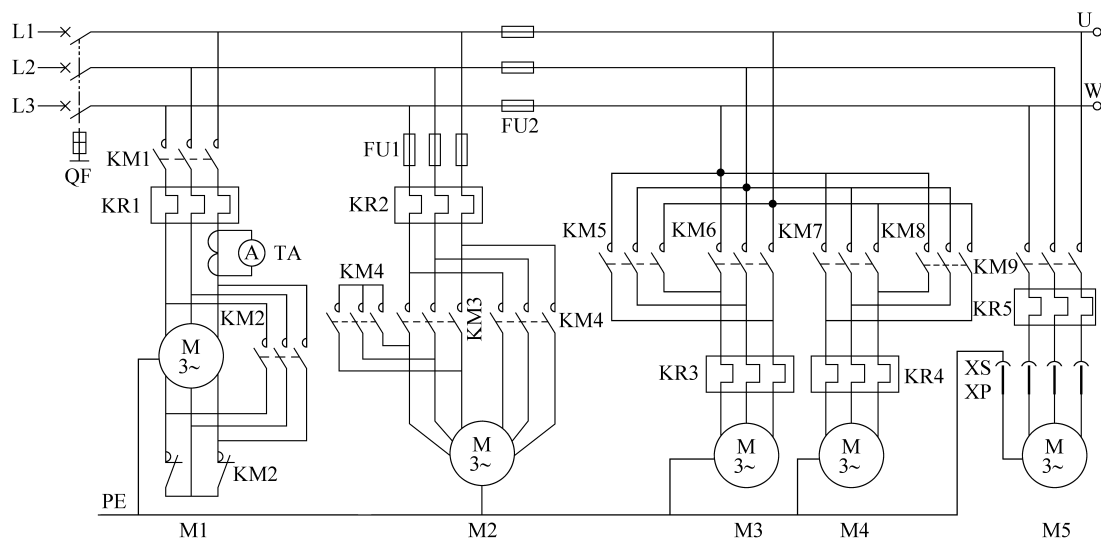
② 砂轮电动机 M1 只要求单方向旋转,并采用Y- $\triangle$ 降压启动以限制启动电流。

③ 工作台转动电动机 M2 选用双速异步电动机来实现工作台的高速和低速旋转,以简化传动机构。工作台低速转动时,电动机定子绕组接成 $\triangle$ 形,转速为 940r/min。工作台高速旋转时,电动机定子绕组接成Y形,转速为 1440r/min。

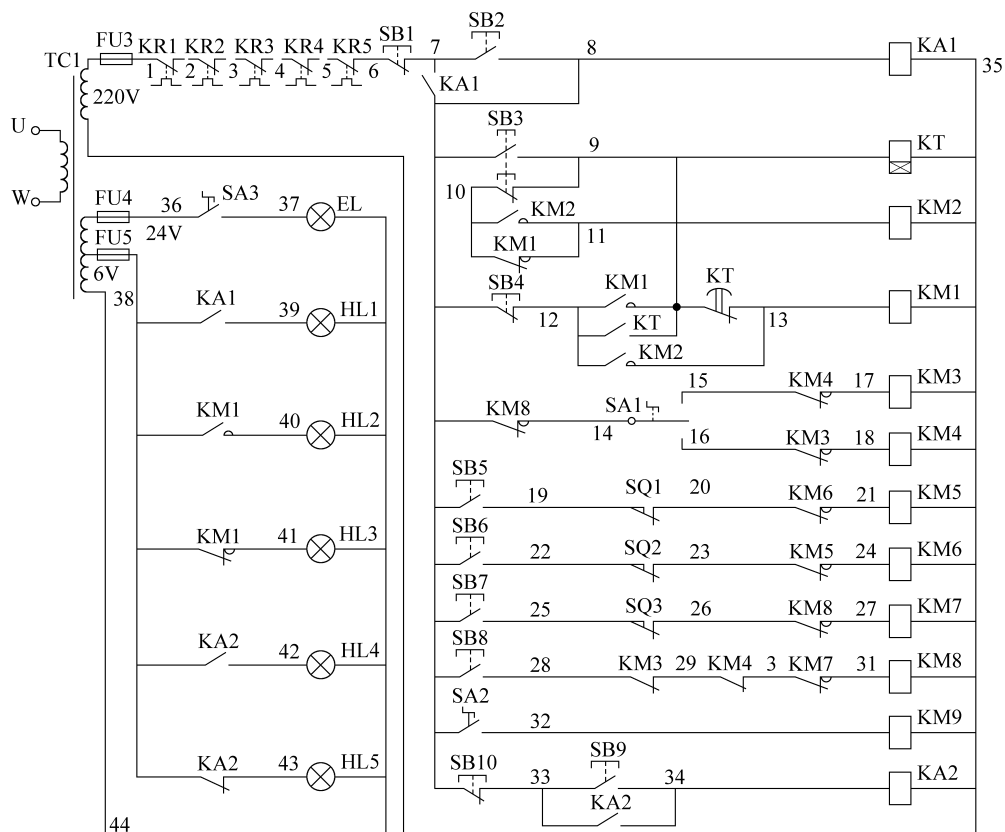
④ 为保证磨床安全和电源不会被短路,该磨床在工作台转动时与磨头下降、工作台快转与慢转、工作台左移与右移、磨头上升与下降的控制线路中都设有电气联锁,且在工作台的左、右移动和磨头上升控制中设有限位保护。

2. 交流电路控制分析

M7475B 型平面磨床的交流控制电路图如图 3-6 所示。该线路分为主电路、控制电路和照明与指示电路 3 部分。



(a) 主电路



(b) 控制电路与照明电路

图 3-6 M7475B 型平面磨床的交流控制电路图

(1) 主电路分析

M7475B 型平面磨床的三相交流电源由低压断路器 QF 引入,主电路中共有 5 台电动机。M1 是砂轮电动机,由接触器 KM1、KM2 控制实现 Y- Δ 降压启动,并由低压断路器 QF 兼做短

路保护。M2是工作台转动电动机,由KM3和KM4控制其低速和高速运转,由熔断器FU1实现短路保护。M3是工作台转动移动电动机,由KM5和KM6控制其正反转,实现工作台的左右移动。M4是磨头升降电动机,由KM7、KM8控制其正反转。冷却泵电动机M5的启动与停止由插接器X、手动开关SA2和接触器KM9控制。5台电动机均用热继电器作过载保护。M3、M4和M5共用熔断器FU2作短路保护。

(2) 控制电路分析

控制电路由控制变压器TC1的一组抽头提供220V的交流电压,由熔断器FU3作短路保护。

① 零压保护。磨床中工作台转动电动机M2和冷却泵电动机M5的启动与停止采用无自动复位功能的开关操作,当电源电压消失后开关仍保持原状。为防止电压恢复时M2、M5自行启动,线路中设置了零压保护环节。在启动各电动机之前,必须先按下SB2(7-8),零压保护继电器KA1线圈得电自锁,其自锁常开触点接通控制电路电源。电路断电时,KA1释放;当在恢复供电时,KA1线圈不会自行得电,从而实现零压保护。

② 砂轮电动机M1的控制。合上电源开关QF,将工作台高、低速转换开关SA1置于零位,按下SB2(7-8)使KA1线圈通电吸合后,再按下启动按钮SB3(8-9),时间继电器KT和接触器KM1线圈同时得电动作,KM1(10-11)的辅助常闭触点断开对KM2联锁,KT瞬时动作触点和KM1(12-9)的辅助常开触点均闭合自锁,其主触头闭合使电动机M1的定子绕组接成Y形启动。

经过延时,时间继电器KT(9-13)延时断开的常闭触点断开,KM1线圈断电释放,M1失电作惯性运转。KM1(10-11)的辅助常闭触点闭合为KM2线圈得电并自锁(10-11),其主触头闭合使M1的定子绕组接成 Δ 形;而KM2(12-13)的另一对辅助常开触点闭合,KM1线圈重新得电动作,将电动机M1电源接通,使电动机定子绕组接成 Δ 形进入正常运行状态。

该控制线路在电动机M1的定子绕组Y- Δ 转换的过程中,要求KM1线圈先断电释放,然后KM2线圈得电吸合,接着KM1线圈再得电吸合。其原因是接触器KM2的触头容量(40A)比KM1(75A)小,且线路中用KM2的辅助常闭触点将电动机M1的定子绕组接成Y形,而辅助触点的断流能力又远小于主触头。因此,首先使KM1释放,切断电源,使KM2在触头没有通电电流的情况下动作,将电动机定子绕组接成 Δ 形,再使KM1动作,重新接通电动机电源。如果KM1不先断电释放而直接使KM2动作,则KM2的辅助触点要断开大电流,这可能会将触点烧坏。更严重的是,由于在断开大电流时要产生强烈的电弧,而辅助触点的灭弧能力又差,到KM2的主触头闭合时,它的辅助触点间的电弧可能尚未熄灭,从而将产生相间短路事故。

停车时,按下停止按钮SB4(8-12),接触器KM1、KM2和时间继电器KT线圈断电释放,砂轮电动机M1失电停转。

③ 工作台转动电动机M2的控制。工作台转动电动机M2由转换开关SA1控制,有高速和低速两种旋转速度。将SA1扳到低速位置(14-15),接触器KM3线圈得电吸合,M2定子绕组接成 Δ 形低速运转,带动工作台低速转动。将SA1扳到高速位置(14-16),接触器KM4线圈得电吸合,M2定子绕组接成YY形,带动工作台高速转动。将SA1扳到中间位置,KM3或KM4线圈均失电,M2停止运转。

④ 工作台移动电动机M3的控制。工作台移动电动机采用点动控制,分别由按钮SB5、SB6控制其正反转。按下SB5,KM5线圈得电吸合,M3正转,带动工作台向左移动;按下