

# 第16单元 常用机床电气控制

## 内容提要

- 普通车床的电气控制（C620车床运动形式、拖动要求、电气控制原理）
- 磨床的电气控制（M7130、M7475B磨床运动形式、拖动要求、电气控制原理）
- 铣床的电气控制（X62W铣床运动形式、拖动要求、电气控制原理）
- 钻床的电气控制（Z3040钻床运动形式、拖动要求、电气控制原理）

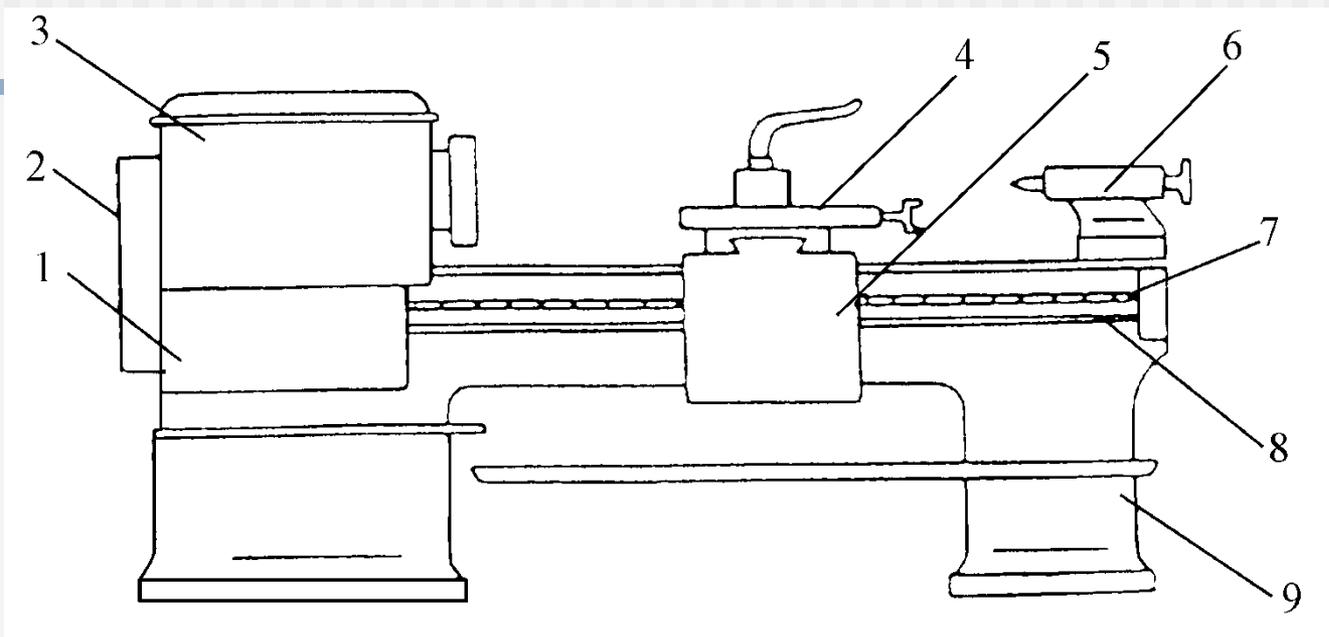
## 4.1 普通车床电气控制

普通车床是一种应用极为广泛的金属切削机床，主要用来车削外圆、端面、内圆、螺纹和定型面，也可用于钻头、绞刀、镗刀等的加工。现以C620-1型普通车床为例对其电气控制进行说明。

### 4.1.1 普通车床的主要结构与运动形式

普通车床主要由床身、主轴变速箱、挂轮箱、进给箱、溜板箱、溜板与刀架、尾架、光杆和丝杆等部分组成，如图4.1所示。

为了加工各种旋转表面，车床必须具有切削运动和辅助运动。切削运动包括主运动和进给运动，而除此之外的所有运动都称之为辅助运动。



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

图4.1 普通车床结构

车床的主运动为工件的旋转运动。它由主轴通过卡盘或顶针带动工件旋转，承受车削加工时的主要切削功率。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，再经丝杆传入溜板箱，以获得纵横两个方向的进给运动。

车床的辅助运动是指刀架的快速移动及工件夹紧与放松。

### 4.1.3 C650车床的电气控制

C650车床电气控制线路如图4.4所示，其中图4.4（a）为主电路，图4.4（b）为控制电路。表4.3为C650车床电气元件明细表。

#### 1. 主电路

C650车床主轴电动机 $M_1$ 的正、反转控制由接触器 $KM_1$ 、 $KM_2$ 主触点实现，反接制动接触器 $KM_3$ 主触点断开时，电动机 $M_1$ 串入电阻进行反接制动。电动机 $M_2$ 为刀架快速移动电动机，由 $KM_4$ 控制。电动机 $M_3$ 为冷却泵电动机，由开关 $QS_2$ 控制。

电动机 $M_1$ 、 $M_2$ 的短路保护由 $FU_1$ 、 $FU_2$ 实现。热继电器FR作为主轴电动机 $M_1$ 的过载保护。电流表A的作用是监视主轴电动机 $M_1$ 定子绕组的电流。限流电阻R除了限制制动电流外，还可以在点动时串入电路防止因连续启动造成电动机过载。速度继电器KV与电动机同轴。

表4.1 C650车床电气元件明细表

文字符号	名称	型号	规格
M <sub>1</sub>	主轴电动机	JO2-72-4	30kW, 1 470r/min
M <sub>2</sub>	刀架快移电动机	JO2-31-4	2.2 kW, 1 430r/min
M <sub>3</sub>	冷却泵电动机	JCB-22	0.125 kW
KM <sub>1</sub> 、KM <sub>2</sub> 、KM <sub>3</sub>	交流接触器	CJ0-75	75A, 线圈电压127V
KM <sub>4</sub>	交流接触器	CJ0-10	10 A, 线圈电压127V
KA <sub>1</sub>	中间继电器	JZ7-44	线圈电压127V
KT	时间继电器	JS7-2	线圈电压127V
TC	控制变压器	BK-400	400V A, (380/127/36) V
TA	电流互感器	LQG-0.5	(75/5) A
QS <sub>1</sub>	闸刀开关	HD9	380V, 200A
QS <sub>2</sub>	组合开关	HZ-10/3	
SA	十字开关		
SB <sub>7</sub>	快速移动按钮	LA2	
SQ	限位开关	LX3-11H	
YC <sub>1</sub> ~YC <sub>4</sub>	电磁离合器	DLMO	
SB <sub>3</sub> 、SB <sub>5</sub>	正转按钮	LA8-1	
SB <sub>4</sub> 、SB <sub>6</sub>	反转按钮	LA8-1	
SB <sub>1</sub> 、SB <sub>2</sub>	停止按钮	LA2	
SB <sub>8</sub>	点动按钮	LA2	
KV	速度继电器	JY1	
FR	热继电器	JB2-2	83号热元件
FU <sub>1</sub>	熔断器	RM1-100	100A
FU <sub>2</sub> ~FU <sub>5</sub>	熔断器	RL-15	
VC	整流器		24V, 1.2A

电源总开关	主拖动和制动	刀架快移	冷却泵
-------	--------	------	-----

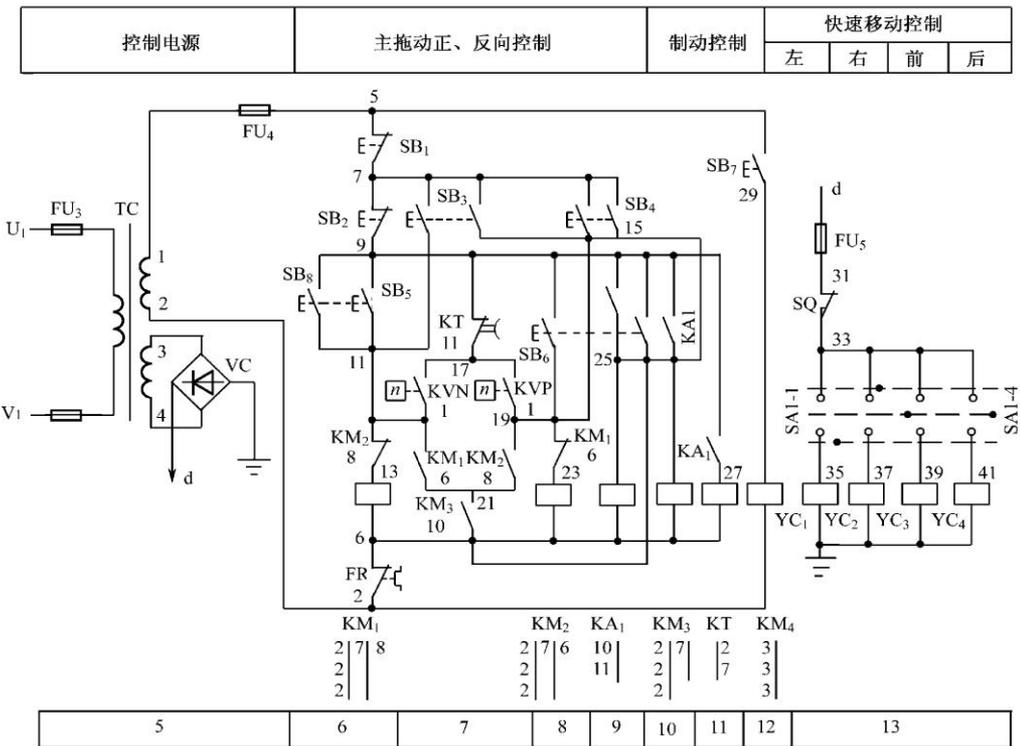
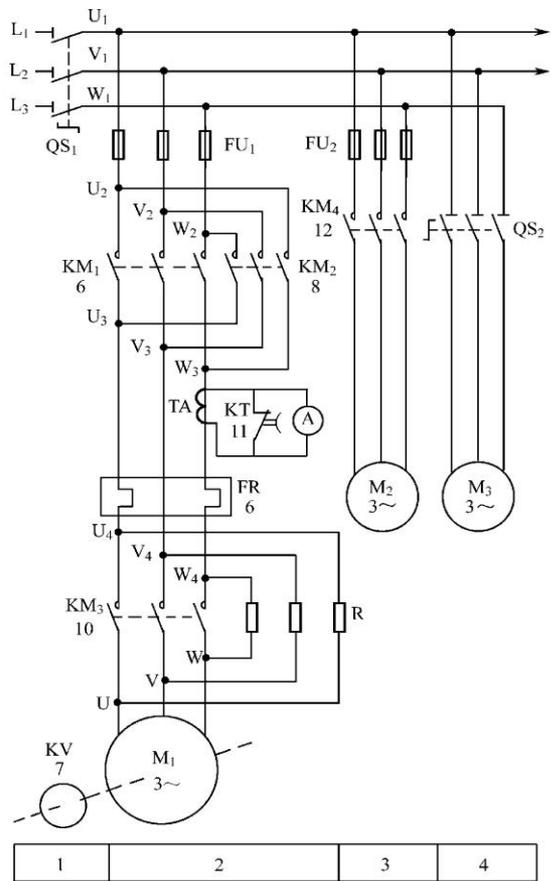


图4.2 C650车床电气控制线路

## 2. 控制电路

(1) 主轴点动。按下点动按钮 $SB_8$ ，接触器 $KM_1$ 线圈得电，主轴电动机 $M_1$ 定子绕组串入限流电阻 $R$ 接通电源，电动机转速较低便于低速下实现对刀的操作。

(2) 主轴正转。按下正转启动按钮 $SB_5$ （或 $SB_3$ ），接触器 $KM_1$ 、 $KM_3$ 和中间继电器 $KA_1$ 线圈同时得电。时间继电器 $KT$ 线圈得电，其延时断开动断触点此时不动作，将主电路中电流互感器副绕组中的电流表 $A$ 短接。电动机 $M_1$ 定子绕组接通正序电源启动并运转。正常运转后，时间继电器 $KT$ 延时完毕，电流表 $A$ 经电流互感器投入主电路进行测量。

随着正转启动转速不断升高，速度继电器动作，为正转反接制动做好准备。

**(3) 主轴反转。**按下反转启动按钮 $SB_6$ （或 $SB_4$ ），接触器 $KM_2$ 、 $KM_3$ 和中间继电器 $KA_1$ 线圈同时得电。时间继电器 $KT$ 延时触点完成对电流表 $A$ 运行时投入测量的控制。电动机 $M_1$ 定子绕组接入负序电源启动并运转。

时间继电器和速度继电器都要动作，分别将电流表 $A$ 投入测量和为反转反接制动做好准备。

**(4) 主轴反接制动。**按一下停止按钮 $SB_1$ （或 $SB_2$ ），原本得电的接触器 $KM_1$ 、 $KM_3$ 线圈和中间继电器 $KA_1$ 线圈及时间继电器 $KT$ 线圈全部断电。此时，接触器 $KM_2$ 线圈经触点 $KT$ （9-17）、 $KVP$ （17-19）、 $KM_1$ （19-23）得电，电动机定子绕组接入负序电源，电动机串入电阻 $R$ 进行反接制动。当转速下降到一定数值时，速度继电器的触点释放，接触器 $KM_2$ 线圈断电，电动机定子绕组脱离电源，反接制动结束。

**(5) 刀架快速移动。**刀架快速移动由电动机 $M_2$ 拖动，配合前、后、左、右方向移动的电磁离合器YC传动，实现各方向的快速移动，电动机 $M_2$ 只做单方向旋转。电磁离合器YC由十字形开关SA控制，当SA扳到所需移动方向时，相应的电磁离合器得电吸合，再按下快移按钮 $SB_7$ ，使接触器 $KM_4$ 线圈得电，主电路中 $KM_4$ 的主触点闭合，电动机 $M_2$ 定子绕组接入电源， $M_2$ 电动机启动并运转，拖动刀架移动装置快速移动。到位时，松开 $SB_7$ ，电动机 $M_2$ 断电停转，刀架快移工作结束。

**(6) 冷却泵控制。**冷却泵电动机 $M_3$ 由开关 $QS_2$ 手动控制。

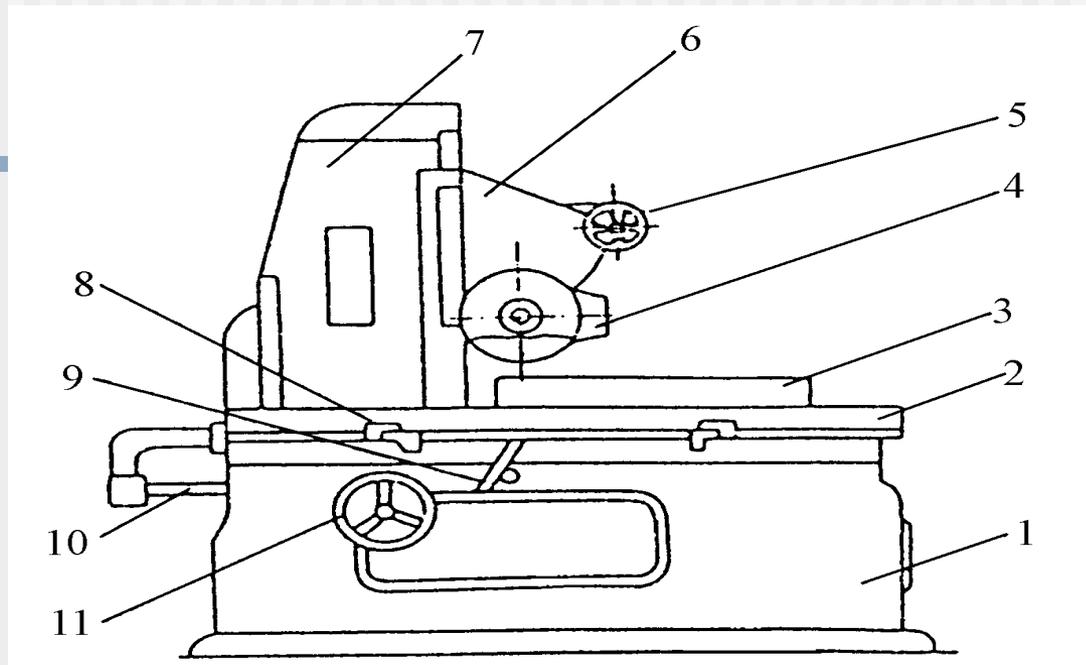
**(7) 主轴电动机负载检测及保护环节。**C650车床主轴电动机 $M_1$ 的负载情况由电流表A检测。由时间继电器KT触点将电流表A短接，使之不受反接制动电流的冲击。

## 4.2 磨床的电气控制

磨床是利用砂轮的周边或端面对工件表面进行高精度加工的一种精密机床。磨床的种类很多，可分为平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床和一些专用磨床，其中平面磨床应用最为普通。平面磨床又分为：立轴矩台平面磨床、卧轴矩台平面磨床、立轴圆台平面磨床和卧轴圆台平面磨床。现以M7130型卧轴矩台平面磨床为例对其电气控制进行分析。

### 4.2.1 平面磨床的主要结构及运动形式

平面磨床主要由床身、工作台、电磁吸盘、立柱、砂轮箱（又称磨头）与滑座组成，如图4.3所示。



1—床身；2—工作台；3—电磁吸盘；4—砂轮箱；5—砂轮箱横向移动手轮；  
6—滑座；7—立柱；8—工作台换向撞块；9—工作台往复运动换向手柄；  
10—活塞杆；11—砂轮箱垂直进刀手轮

图4.3 平面磨床主要结构

在床身中装有液压传动装置，工作台通过活塞杆由液压传动作往复运动，床身导轨由自动润滑装置进行润滑。工作台表面有T形槽，用以固定电磁吸盘，再由电磁吸盘来吸持加工工件。工作台行程长度可通过装在工作台正面槽中撞块的位置来改变，换向撞块是通过碰撞工作台往复运动换向手柄以改变油路来实现工作台往复运动的。

在床身上固定有立柱，沿立柱的导轨上装有滑座，砂轮箱能沿其水平导轨移动。砂轮轴由装入式电动机直接拖动，在滑座内部往往也装有液压传动机构。

滑座可在立柱导轨上作上下移动，并可由垂直进刀手轮操作。砂轮箱的水平轴向移动可由横向移动手轮操作，也可以由液压传动作连续或间接移动，前者用于调节运动或修整砂轮，后者用于进给运动。

矩形工作台平面磨床的主运动是砂轮的旋转运动。进给运动有垂直进给（即滑座在立柱上的上下运动）、横向进给（即砂轮箱在滑座上的水平运动）和纵向进给（即工作台沿床身的往复运动）。工作台每完成一次往复运动，砂轮箱作一次间断性的横向进给；当加工完整个平面后，砂轮箱作一次间断性的垂直进给。

## 4.2.2 磨床的拖动特点及控制要求

根据磨床的运动特点及工艺要求，对电力拖动及控制有如下要求：

(1) 砂轮的旋转运动一般不要求调速，由一台三相异步电动机拖动即可，且只要求单向旋转。容量较大时，可采用Y- $\Delta$ 降压启动。

(2) 为保证加工精度，使其运行平稳，保证工作台往复运动换向时惯性小无冲击，故采用液压传动实现工作台往复运动和砂轮箱横向进给。

(3) 为适应小工件加工需要，同时也为工件在磨削过程中能自由伸缩，采用电磁吸盘来吸持工件。电磁吸盘应有去磁控制。

(4) 为减小工件在磨削加工时的热变形及冲走磨屑，以保证精度，需使用冷却液。

(5) 保护环节应包括短路保护、电动机过载保护、电磁吸盘欠电流和过电压保护等。

(6) 必要的信号指示及照明。

### 4.2.3 M7130平面磨床电气控制

图4.4为M7130平面磨床电气控制电路图。其电气设备安装在床身后部的壁盒内，控制按钮安装在床身左前部的电气操纵盒上。

图4.4中 $M_1$ 为砂轮电动机， $M_2$ 为冷却泵电动机，都由 $KM_1$ 的主触点控制，再经插销向 $M_2$ 供电。 $M_3$ 为液压泵电动机，由 $KM_2$ 的主触点控制。

#### 1. 控制电路

合上电源开关 $QS$ ，若转换开关 $SA_1$ 处于工作位置，当电源电压正常时，欠电流继电器 $KA$ 触点 $(3-4)^+$ ，若 $SA_1$ 处于去磁位置， $SA_1(3-4)^+$ ，便可进行操作。

(1) 砂轮电动机 $M_1$ 的控制。启动过程为：按下 $SB_1$ ， $SB_1$  (4-5)  $\pm$ —— $KM_1^+$ —— $M_1^+$ 启动；停止过程为：按下 $SB_2$ ， $SB_2$  (5-6)  $\pm$ —— $KM_1^-$ —— $M_1^-$ 停止。

(2) 冷却泵电动机 $M_2$ 的控制。 $M_2$ 由于通过插座 $X_1$ 与 $KM_1$ 主触点相连，因此 $M_2$ 与砂轮电动机 $M_1$ 连锁控制，都由 $SB_1$ 和 $SB_2$ 操作。若运行中 $M_1$ 或 $M_2$ 过载，触点 $FR_1$  (1-2)  $-$ 动作， $FR_1$ 起保护作用。

(3) 液压泵电动机 $M_3$ 的控制。启动过程为：按下 $SB_3$ ， $SB_3$  (4-8)  $\pm$ —— $KM_2$ —— $M_3^+$ 启动；停止过程为：按下 $SB_4$ ， $SB_4$  (8-9)  $\pm$ —— $KM_2^-$ —— $M_3^-$ 停止。过载时： $FR_2$  (2-3)  $-$ —— $KM_2^-$ —— $M_3^-$ 停止， $FR_2$ 起保护作用。



## 2. 电磁吸盘控制电路

(1) 电磁吸盘结构原理。电磁吸盘与机械夹紧装置相比，具有夹紧迅速，不损伤工件，工作效率高，能同时吸持多个小工件，加工过程中工件发热可以自由伸延，加工精度高等优点。但也有夹紧力不如机械夹得紧，调节不便，需用直流电源供电，不能吸持非磁性材料工件等缺点。

(2) 电磁吸盘控制电路。它由整流装置、控制装置及保护装置等部分组成。如图4.4所示，电磁吸盘整流装置由整流变压器 $T_2$ 与桥式全波整流器VD组成，输出110V直流电压对电磁吸盘供电。

电磁吸盘集中由SA<sub>1</sub>控制。SA<sub>1</sub>的位置及触点闭合情况为：

充磁：触点14-16、15-17接通，电流通路为：15-17-KA-19-YH-16-14。

断电：所有触点都断开。

退磁：触点14-18、15-16、3-4（调整）接通，通路为：15-16-YH-19—KA—R<sub>2</sub>-18-14。

当SA<sub>1</sub>置于“充磁”位置时，电磁吸盘YH获得110 V直流电压，其极性19号线为正极，16号线为负极，同时欠电流继电器KA与YH串联，若吸盘电流足够大，则KA动作，KA（3-4）+反映电磁吸盘吸力足以将工件吸牢，这时可分别操作按钮SB<sub>1</sub>与SB<sub>3</sub>，启动M<sub>1</sub>与M<sub>3</sub>，进行磨削加工。当加工完成时按下停止按钮SB<sub>2</sub>与SB<sub>4</sub>，电动机M<sub>1</sub>，M<sub>2</sub>与M<sub>3</sub>停止旋转。

为便于从吸盘上取下工件，需对工件进行退磁，其方法是将开关 $SA_1$ 扳至“退磁”位置。

当 $SA_1$ 扳至“退磁”位置时，电磁吸盘中通入反向电流，并在电路中串入可变电阻 $R_2$ ，用以调节、限制反向去磁电流大小，达到既退磁又不致反向磁化的目的。退磁结束将 $SA_1$ 拨到“断电”位置，即可取下工件。若工件对去磁要求严格，在取下工件后，还要用交流去磁器进行处理。交流去磁器是平面磨床的一个附件，使用时，将交流去磁器插头插在床身的插座 $X_2$ 上，再将工件放在去磁器上适当地来回移动即可去磁。

### 3. 保护及其他环节

(1) 电磁吸盘的欠电流保护。为了防止平面磨床在磨削过程中出现断电事故或吸盘电流减小，致使电磁吸盘失去吸力或吸力减小，造成工件飞出，引起工件损坏或人身事故，故在电磁吸盘线圈电路中串入欠电流继电器KA，只有当直流电压符合要求，吸盘具有足够吸力时，KA才能吸合，KA（3-4）触点接通，为启动电动机做准备。否则不能开动磨床进行加工。若已在磨削加工中，则KA因电流过小而释放，触点KA（3-4）断开，使得KM<sub>1</sub>、KM<sub>2</sub>、M<sub>1</sub>停止，避免事故发生。

(2) 电磁吸盘线圈YH的过电压保护。电磁吸盘线圈匝数多，电感大，通电工作时存储大量磁场能量。当线圈断电时在线圈两端将产生高电压，可能使线圈绝缘及其他电气设备损坏。为此，该机床在线圈两端并联了电阻R<sub>3</sub>作为放电电阻。

(3) 电磁吸盘的短路保护。在整流变压器 $T_2$ 的二次侧或整流装置输出端装有熔断器作短路保护。

(4) 其他保护。在整流装置中还设有RC串联支路并联在 $T_2$ 二次侧，用以吸收交流电路产生过电压和直流侧电路通断时在 $T_2$ 二次侧产生浪涌电压，实现整流装置过电压保护。

$FU_1$ 对电动机进行短路保护， $FR_1$ 对 $M_1$ 进行过载保护， $FR_2$ 对 $M_3$ 进行过载保护。

(5) 照明电路。由照明变压器 $T_1$ 将380 V降为36 V，并由开关 $SA_2$ 控制照明灯EL。在 $T_1$ 一次侧装有熔断器 $FU_3$ 作短路保护。

## 4. 常见故障及处理

(1) 主轴电动机不能启动。首先检查 $SA_1$ 是否处于退磁位置（电动机单独启动时），然后分别检查KA和 $SA_1$ （3-4）触点的接通情况。

(2) 电磁吸盘无吸力。首先检查电源，再检查熔断器 $FU_1$ ,  $FU_2$ ,  $FU_4$ 有无熔断现象。另外，检查整流器输出电压是否正常。

(3) 电磁吸盘吸力不足。主要是因为电磁吸盘损坏或整流器输出电压不正常。

(4) 电磁吸盘退磁效果差。主要是因为退磁电压不符合要求；退磁电阻 $R_2$ 损坏或线路断开；退磁时间长短掌握不当等。

#### 4.2.4 M7475B立轴圆台平面磨床电气控制

图4.5为M7475B立轴圆台平面磨床电气控制电路图。图4.6为M7475B型立轴圆台平面磨床电磁吸盘控制电路。

M7475B立轴圆台平面磨床电气控制并不复杂，在此对电磁吸盘控制电路作简要分析。

M7475B立轴圆台平面磨床在磨削加工时，利用电磁吸盘来吸持工件，加工完毕后，还需要退磁，才能将工件从吸盘上取下。在电磁吸盘控制电路中， $SB_8$ 为励磁按钮， $SB_9$ 为退磁按钮， $V_1$ 和 $V_2$ 组成电子开关电路，用于给电磁吸盘励磁， $V_3$ 和 $V_4$ 组成多谐振荡电路，用于电磁吸盘的退磁。



## 1. 励磁控制

按下励磁按钮 $SB_8$ ，中间继电器 $KA_1$ 线圈通电吸合并自锁。同时 $KA_1$ 触点（110-110a）断开， $KA_2$ 线圈断电释放，则触点 $KA_2$ （118-110）断开，使 $V_1$ 管截止。触点 $KA_2$ （121-134）， $KA_2$ （123-135）断开，使 $V_3$ 与 $V_4$ 组成的多谐振荡器无输出，只有 $V_2$ 正常工作。 $V_2$ 导通条件为 $U_{EB} \geq 0.2 \text{ V}$ ，而 $U_{EB} = U_{EA} + U_{AB}$ ，其中 $U_{EA}$ 是从电位器 $RP_3$ 上取出的直流给定电压，调节 $RP_3$ 可调节给定电压大小。 $U_{BA}$ 取自变压器 $TS_2$ 上交流电压，在正半周，由稳压管 $V_{10}$ 稳压后变成梯形波加在 $RP_2$ 上，经 $V_{21}$ 对 $C_7$ 充电， $U_{BA} = U_{C7}$ 逐渐上升；在负半周，稳压管 $V_{10}$ 正向导通，压降很小，则 $V_{21}$ 截止， $C_7$ 通过 $R_{11}$ 放电，即 $U_{BA} = U_{C7}$ 为锯齿形电压且大于0。

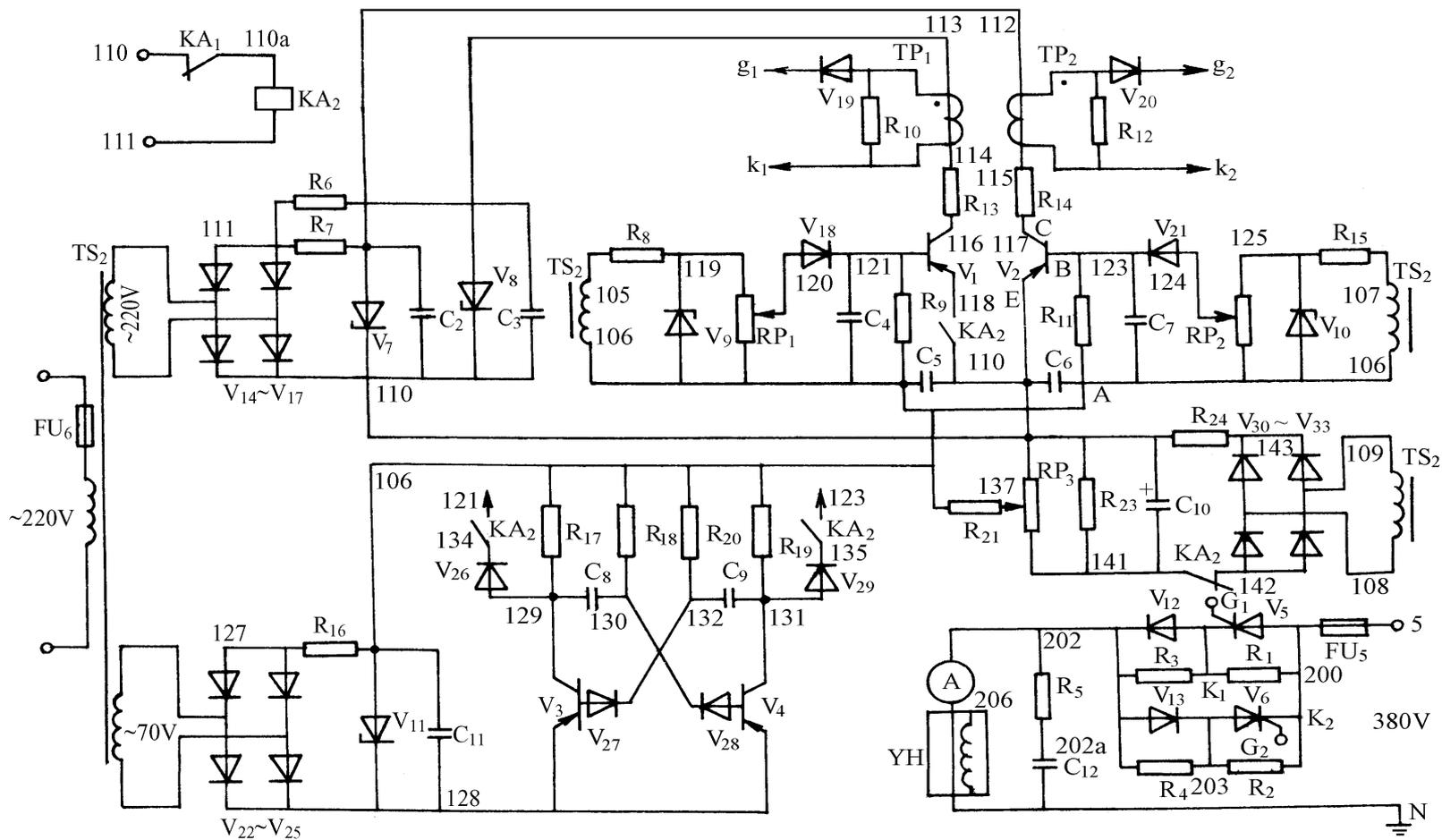


图4.6 M7475B立轴圆台平面磨床电磁吸盘控制电路

$U_{EB}=U_{EA}+U_{AB}=U_{EA}-U_{BA}$ ，即  $U_{EA}-U_{BA}\geq 0.2$  V时  $V_2$  导通， $U_{EA}-U_{BA}<0.2$  V时， $V_2$  截止。一般情况下，在  $U_{BA}$  的峰值及其附近时  $V_2$  截止， $U_{BA}$  为其他值时  $V_2$  导通。在  $V_2$  开始导通时，通过脉冲变压器  $TP_2$  产生一个触发脉冲，经由  $V_{20}$  送到晶闸管  $V_6$  的控制极和阴极之间，使  $V_6$  导通，电磁吸盘  $YH$  通电， $V_2$  截止时， $V_6$  阴极电压极性改变，被关断。即  $V_2$  导通一次， $V_6$  也随着导通一次，在电磁吸盘  $YH$  线圈中流过单方向脉动电流进行励磁。

调节  $RP_3$  可改变给定电压  $U_{EA}$  的大小，给定电压增大， $V_2$  导通时间提前，触发脉冲相位前移， $V_6$  导通角增大，电磁吸盘  $YH$  的平均电流增大，电磁吸盘吸力增大。反之，给定的电压  $U_{EA}$  减小时，电磁吸盘吸力减小。

## 2. 退磁控制

按下停止按钮 $SB_9$ ，中间继电器 $KA_1$ 线圈断电释放，触点 $KA_1$ （110-110a）闭合。继电器 $KA_2$ 线圈通电吸合，触点 $KA_2$ （118-110）、（121-134）、（123-135）闭合。 $V_3$ 管和 $V_4$ 管等组成的多谐振荡器工作， $V_3$ 和 $V_4$ 轮流导通，输出振荡电压使 $V_1$ 和 $V_2$ 轮流截止。因为 $V_1$ 和 $V_2$ 轮流导通，所以脉冲变压器 $TP_1$ 和 $TP_2$ 轮流输出触发脉冲，使 $V_5$ 和 $V_6$ 轮流导通，即电磁吸盘YH上电流轮流改变方向。

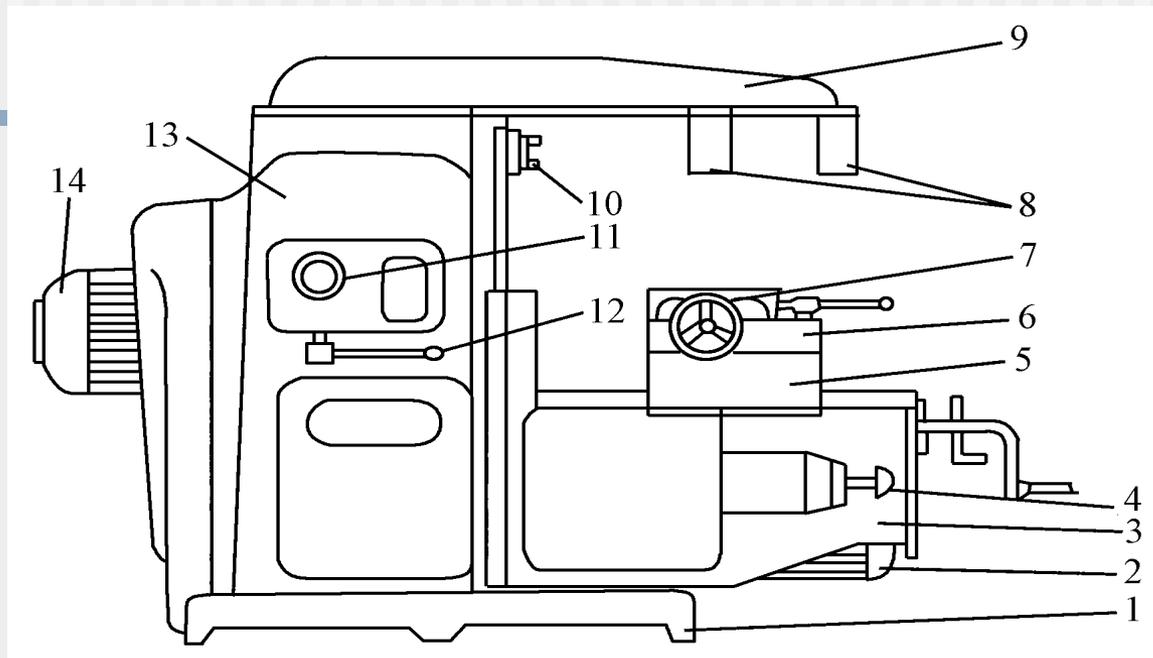
触点 $KA_2$ （141-142）断开， $C_{10}$ 通过 $R_{23}$ 和 $RP_3$ 放电， $RP_3$ 上电压逐渐降低，即给定电压 $U_{EA}$ 逐渐减小，最后消失，退磁过程逐渐完成。

## 4.3 铣床的电气控制

铣床是用铣刀进行铣削加工的机床，它可用来加工各种形式的表面（平面、成形面）、各种形式的沟槽，甚至还可以加工回转体。铣床按结构形式的不同，可分为卧式铣床、立式铣床、龙门铣床、仿形铣床和各种专用铣床。现以X62W万能铣床为例对其电气控制系统进行分析。

### 4.3.1 铣床的主要结构及运动形式

X62W万能铣床是卧式铣床，主要由床身、悬梁、刀杆支架、工作台、溜板和升降台等组成，如图4.7所示。



1—底座；2—进给电动机；3—升降台；4—进给变速手柄及变速盘；  
5—溜板；6—转动部分；7—工作台；8—刀杆支架；9—悬梁；10—主轴；  
11—主轴变速盘；12—主轴变速手柄；13—床身；14—主轴电动机  
图4.7 卧式万能铣床外形图

铣床床身固定在底座上，内装主轴传动机构和变速机构，床身顶部有水平导轨，悬梁可沿导轨水平移动。刀杆支架装在悬梁上，可在悬梁上水平移动。升降台可沿床身前面的垂直导轨上下移动。溜板在升降的水平导轨上可作平行于主轴轴线方向的横向移动。工作台安装在溜板的水平导轨上，可沿导轨作垂直于主轴轴线的纵向移动。此外，溜板可绕垂直轴线左右旋转 $45^\circ$ ，因而工作台还能在倾斜方向进给，以加工螺旋槽。工作台上还可以安装圆工作台以扩大铣削能力。

由上分析可知，卧式铣床有三种运动：主运动、进给运动和辅助运动。

主运动是指主轴的旋转运动。铣床加工一般有顺铣和逆铣两种，要求主轴能正反转，但铣刀种类选定了，铣削方向也就定了，因此主轴运动的方向不需经常改变。

进给运动是指工件随工作台在三个相互垂直方向上的直线运动（手动或机动），或圆工作台的旋转运动。它由同一台电动机拖动，且在任一时刻只能接通一个方向的传动，由操作手柄实现机电联合控制，通过改变电动机转向来实现进给方向的改变。为避免损坏刀具或工件，要求主运动和进给运动有顺序控制。

辅助运动是指工件台在进给方向上的快速运动。

### 4.3.2 X62W万能铣床的电气控制

图4.8为X62W型卧式万能铣床电气控制电路图。图中 $M_1$ 为主轴电动机， $M_2$ 为工作台进给电动机， $M_3$ 为冷却泵电动机。 $SQ_1$ 与 $SQ_2$ 为工作台纵向（左右）进给位置开关， $SQ_3$ 与 $SQ_4$ 为工作台横向（前后）和竖向（上下）进给位置开关，其工作状态见表4.1和表4.2。 $SA_1$ 为圆工作台转换开关（工作状态见表4.3）， $SA_3$ 是冷却泵控制开关， $SA_4$ 是照明灯开关， $SA_5$ 是主轴换向开关。 $SQ_6$ 与 $SQ_7$ 为由各自变速手轮控制的工作台进给变速和主轴变速冲动开关。



表4.2 工作台纵向行程开关工作状态

纵向操作手柄触点	向左	中间（停）	向右
SQ <sub>1-1</sub>	-	-	+
SQ <sub>1-2</sub>	+	+	-
SQ <sub>2-1</sub>	+	-	-
SQ <sub>2-2</sub>	-	+	+

注：① SQ<sub>1-1</sub>表示SQ<sub>1</sub>的第一个触点；SQ<sub>1-2</sub>表示SQ<sub>1</sub>的第三个触点。  
 ② 表中“+”表示接通，“-”表示断开。

**表4.3 工作台横向、竖向行程开关工作状态**

触点 / 横向、竖向操作手柄	向前向下	中间（停）	向后向上
SQ <sub>3-1</sub>	+	-	-
SQ <sub>3-2</sub>	-	+	+
SQ <sub>4-1</sub>	-	-	+
SQ <sub>4-2</sub>	+	+	-

**表4.4 圆工作台转换开关工作状态**

触点 / 位置	接通圆工作台	断开圆工作台
SA <sub>1-1</sub>	-	+
SA <sub>1-2</sub>	+	-
SA <sub>1-3</sub>	-	+

## 1. 主轴电动机的控制

主轴电动机 $M_1$ 的旋转方向由 $SA_5$ 预选。其启动和停止采用两地控制，一处装在升降台上，一处装在床身上。由于传动系统装有惯性轮，自由停车时间长，为此主轴设有反接制动。同时为使主轴变速时变速箱内齿轮易于啮合，减小齿轮端面的冲击，主轴电动机变速时设有变速冲动。

(1) 启动。启动前先通过 $SA_5$ 预选主轴方向，然后按下 $SB_1$ （或 $SB_2$ ）， $SB_1^{\pm} \rightarrow KM_{1\text{启}}^{\pm} \rightarrow M_1^{\pm}$ 主轴启动。 $KM_1$ 线圈得电的通路为1-3-5-10-11-12-13-9-0。当 $M_1$ 启动转速升高到一定值时， $KV(6-7)^+$ ，为反接制动时 $KM_2$ 通电作准备。



(3) 变速冲动。X62W卧式万能铣床主轴的变速采用孔盘机构，集中操纵。它既可以在停车时变速，也可以在 $M_1$ 运转时变速。变速操作为：先将主轴变速手柄拉出，使齿轮组脱离啮合，用变速数字孔盘调到新的转速后，将手柄以较快的速度推回原处，使改变了传动比的齿轮重新啮合。为了便于齿轮啮合，必须使电动机 $M_1$ 瞬间转动一下。这个动作可利用手柄瞬时压动冲动开关 $SQ_7$ 来实现。触点 $SQ_7$ （3-7）每闭合一下， $KM_2$ 瞬间得电一次，电动机 $M_1$ 拖动主轴变速箱的齿轮转动一下，使齿轮顺利地滑入啮合位置，完成变速过程。在推回变速手柄时，动作要迅速，以免压合 $SQ_7$ 时间过长，主轴电动机转速升得过高，不利于用齿轮啮合甚至打坏齿轮。但在变速手柄推回接近原位时，应减慢推动速度，以利于齿轮啮合。

---

若主轴在运行中变速，也不需按停止按钮。为压合 $SQ_7$ 时始终是触点 $SQ_7(3-5)$ 先断开，使 $KM_1$ 先断电。触点 $SQ_7(3-7)$ 后闭合，再使 $KM_2$ 通电，对 $M_1$ 先进行反接制动，电动机转速迅速下降，以后再进行变速操作，变速完成后需重新启动电动机，主轴才在新的转速下运行。

## 2. 进给运动的控制

X62W万能铣床工作台的左右、前后、上下各种进给运动，均是由进给电动机 $M_2$ 作正反向旋转来拖动的。 $M_2$ 的正反转是由接触器 $KM_3$ 和 $KM_4$ 控制的。工作台之所以能实现几个方向的进给运动而又不相互干涉，是因为进给操作手柄在通过各位置开关接通 $KM_3$ 与 $KM_4$ 的同时，也接通了相应方向的机械离合器的结果。

根据铣削加工的需要，只有当铣刀转动起来后才能进给。所以，只有 $KM_1$ 通电， $KM_1$ （11-12）闭合后，进给电动机 $M_1$ 才能启动。

(1) 工作台的左右运动。工作台运动由工作台纵向操作手柄控制，手柄有三个位置：左位、中位、右位。操作手柄处于右位时，通过联动机构，一方面机械上接通了纵向离合器，同时电气上也压下了位置开关 $SQ_1$ 。 $SQ_1$  (18-19)  $^+$ —— $KM_3^+$ —— $M_2^+$ ， $M_2$ 启动正转，拖动工作台向右运动。 $KM_3$ 线圈得电通路为：1-3-5-10-11-12-15-16-17-18-19-20-21-14-9-0。

当需要停止工作台时，将手柄扳向中位，于是脱开纵向进给离合器，松开 $SQ_1$ 。 $SQ_1$  (18-19)  $^-$ —— $KM_3^-$ —— $M_2^-$ ，工作台停止。

手柄倒向左位时，同样接通纵向进给离合器，压下位置开关 $SQ_2$ 。 $SQ_2$  (18-23)  $^+$ —— $KM_4^+$ —— $M_2^+$ ， $M_2$ 启动反转，拖动工作台左移。当需要停止时，将手柄扳向中位即可。

工作台左右移行程的长短，由行程挡铁控制。当工作台运动到规定位置时，行程挡铁撞动纵向操作手柄，使其返回中位，释放位置开关 $SQ_1$ 或 $SQ_2$ ，使工作台停止。

(2) 工作台前后、上下运动。工作台的前后和上下运动由垂直和横向手柄控制，该手柄有五个位置：上位、下位、前位、后位和中位。由十字槽保证手柄在任意时刻只能处于一种位置，当该手柄倒向上、下、前、后某一操作位置时，在机械上则接通相应的离合器，中间位置为停位。但手柄扳向前位和下位时在电气上都是压合位置开关SQ<sub>3</sub>，手柄扳向后位和上位时在电气上也都是压合位置开关SQ<sub>4</sub>。

主轴电动机启动后，把手柄扳向前位或下位时，压下位置开关SQ<sub>3</sub>，SQ<sub>3</sub> (18-19) +——KM<sub>3</sub><sup>+</sup>——M<sub>2</sub><sup>+</sup>，M<sub>2</sub>正转，带动工作台向前或向下移动。KM<sub>3</sub>线圈得电的通路为：1-3-5-10-11-12-22-25-17-18-19-20-21-14-9-0。把手柄扳向中间位置可停止相应的进给。

主轴电动机启动后，若把手柄扳向后位或上位，则压下位置开关SQ<sub>4</sub>，SQ<sub>4</sub> (18-23) + ——KM<sub>4</sub><sup>+</sup>——M<sub>2</sub><sup>+</sup>，M<sub>2</sub>反转，带动工作台向后或向上移动。要停止时，把手柄扳向中间位置即可。工作台运动行程的限制与左右移动时一样，也是由相应方向的限位挡铁来控制。

(3) 圆工作台运动。为扩大机床的加工能力，如需加工圆弧、螺旋槽等曲线时，可在工作台上加装圆工作台。圆工作台可以手动，也可以自动。当需要自动时，首先把转换开关SA<sub>1</sub>扳在“接通”位置，接着启动主轴，此时有KM<sub>1</sub><sup>+</sup><sub>自</sub>——M<sub>1</sub><sup>+</sup>，KM<sub>3</sub><sup>+</sup>——M<sub>2</sub><sup>+</sup>正转，圆工作台旋转进行曲线加工。注意，此时两个手柄都处于中间位置，SQ<sub>1</sub>~SQ<sub>4</sub>全部释放。KM<sub>3</sub>线圈得电的通路为：1-3-5-10-11-12-15-16-17-25-22-19-20-21-14-9-0。

### 3. 工作台的快速移动

工作台在三个方向的快速移动也是进给电动机  $M_2$  拖动的。当需要快速移动时，将操作手柄扳向相应的方向。 $M_2$  电动机启动运行。同时按下按钮  $SB_5$  ( $SB_6$ )， $SB_5$  ( $SB_6$ )<sup>+</sup>—— $KM_5^+$ —— $YA^+$  接通快速传动链，工作台实现相应方向的快速移动。松开  $SB_5$  ( $SB_6$ )<sup>-</sup>—— $KM_5^-$ —— $YA^-$  切断快速移动，工作台也可在主轴电动机不转的情况下进行快速移动，这时把  $SA_5$  扳在“停止”位置即可。其他操作方法同上。

## 4. 进给变速“冲动”控制

为了使进给变速时的齿轮易于啮合，进给速度变换与主轴变速一样，有瞬时冲动环节。进给变速应在工作台停止进给时进行。其操作过程是：首先启动主轴电动机，拉出蘑菇形变速手柄，同时转动至所需要的进给速度，然后把手柄往外一拉，并立即推回原处。就在手轮被拉到极限位置的瞬间，其连杆机构压合行程开关 $SQ_6$ ，使接触器 $KM_3$ 瞬时通电， $M_2$ 电动机瞬时冲动，以便于变速过程中的齿轮啮合。接触器 $KM_3$ 线圈得电通路为1-3-5-10-11-12-22-25-17-16-15-19-20-14-9-0。当齿轮完全啮合，手轮完全推回原位时， $SQ_6$ 开关又恢复原来的状态， $KM_3$ 失电，变速“冲动”过程结束。

## 5. 保护环节、照明及冷却泵电动机的控制

(1) 保护环节。X62W机床的运动较多，电气控制较为复杂，为安全可靠，设置了较为完善的连锁和保护环节。主要包括：进给运动与主运动具有顺序连锁；工作台进给的六个方向具有机械和电气的双重连锁；矩形工作台和圆工作台之间的连锁；短路保护、过载保护和工作台六个方向的限位保护等。

(2) 照明电路。机床的局部照明由变压器T输出36V的安全电压，由开关SA<sub>4</sub>控制照明灯。

(3) 冷却泵电动机控制。冷却泵电动机M<sub>3</sub>通常是在铣削加工过程中由转换开关SA<sub>3</sub>操作，使接触器KM<sub>6</sub>通电来控制的。

## 6. 常见故障及处理

(1) 主轴停车时没有制动作用。主要原因是速度继电器发生了故障或复位弹簧调得过紧。

(2) 主轴变速时无瞬时冲动。最大的可能性是主轴变速冲动开关SQ<sub>7</sub>位置改变以致不能压合或开关损坏。

(3) 工作台不能快速移动。主要原因是快速移动电磁铁YA发生故障。

(4) 工作台控制电路故障。这类故障较多，读者可自行分析。

## 4.4 钻床的电气控制

---

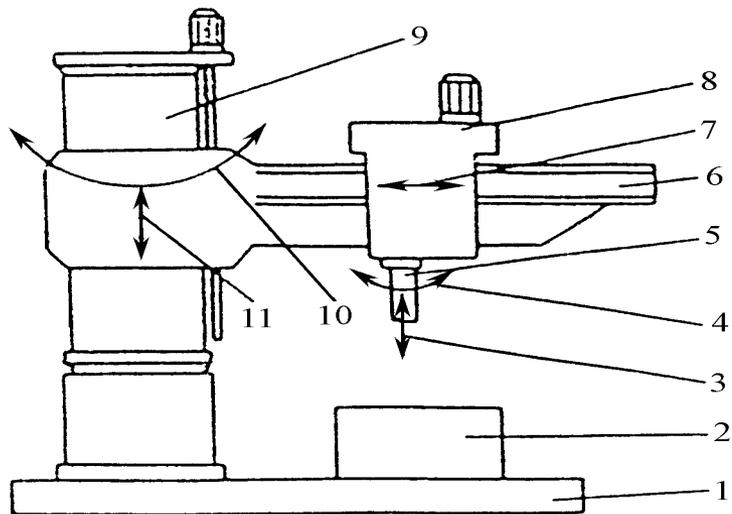
钻床是一种孔加工机床，它可用来钻孔、扩孔、绞孔、攻丝及修刮多种形式的端面。

钻床按用途和结构可分为立式钻床、台式钻床、多轴钻床、摇臂钻床及其他专用钻床。在各种专用机床中，摇臂钻床操作方便、灵活，适用范围广，具有典型性。适用于单件或成批量生产中具有多孔的大中型零件的孔加工。下面以Z3040型摇臂钻床为例对其电气控制进行分析。

#### 4.4.1 摇臂钻床的主要结构及运动形式

Z3040型摇臂钻床主要由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱和工作台等部分组成，如图4.9所示。内立柱固定在底座的一端，在它外面套有外立柱，外立柱可绕内立柱旋转 $360^{\circ}$ 。摇臂的一端为套筒，它套装在外立柱上，并借助丝杆的正反转可绕外立柱上下移动，但由于丝杆与外立柱连成一体，同时升降螺母固定在摇臂上，所以摇臂不能绕外立柱转动。但是摇臂与外立柱一起可绕内立柱转动。主轴箱是一个复合部件，它由主传动电动机、主轴和主轴传动机构、进给和进给变速机构以及机床的操作机构等组成。主轴箱安装在摇臂的水平导轨上，可通过手轮操作使其在水平导轨上沿摇臂移动。当加工时，由特殊的夹紧装置将主轴箱紧固在摇臂导轨上，外立柱紧固在内立柱上，摇臂紧固在外立柱上，然后进行钻削加工。钻削加工时，钻头一面进行旋转切削，一面进行纵向进给。

由此可知，摇臂钻床的主运动为主轴的旋转运动；进给运动为主轴的纵向进给；辅助运动有：摇臂沿外立柱的垂直移动；主轴箱沿摇臂长度方向的水平移动；摇臂与外立柱一起绕内立柱的回转运动。



- 1—底座；2—工作台；3—主轴纵向进给；  
4—主轴旋转主运动；5—主轴；  
6—摇臂；7—主轴箱沿摇臂径向运动；  
8—主轴箱；9—内外立柱；  
10—摇臂回转运动；11—摇臂垂直移动

图4.9 Z3040型摇臂钻床结构

#### 4.4.2 Z3040摇臂钻床的电气控制

Z3040摇臂钻床的动作是通过机、电、液联合控制来实现的。主轴的变速是利用变速箱来实现的，其正反转运动是利用机械的方法来实现的，主轴电动机只需单方向旋转。摇臂的升降由一台交流异步电动机来拖动。内外立柱、主轴箱与摇臂的夹紧与放松是通过电动机带动液压泵，通过夹紧机构来实现的。图4.10为Z3040型摇臂钻床电气控制电路图，图4.11为夹紧机构液压系统原理图。

图4.10中， $M_1$ 为主轴电动机，主轴的正反转由机床液压系统操纵机构配合正反转摩擦离合器实现。 $M_2$ 为摇臂升降电动机， $M_3$ 为液压泵电动机， $M_4$ 为冷却泵电动机。 $SQ_1$ 为摇臂升降极限保护开关， $SQ_2$ 和 $SQ_3$ 是分别反映摇臂是否完全松开和夹紧并发出相应信号的位置开关， $SQ_4$ 是用来反映主轴箱与立柱的夹紧与放松状态的信号控制开关。 $YV$ 为二位六通电磁阀。



## 1. 主轴电动机 $M_1$ 的控制

合上电源开关 $Q$ ，按下 $SB_2$ 按钮， $SB_2^{\pm} \rightarrow KM_1^+$ 自锁 $\rightarrow M_1^+$ ， $M_1$ 主轴电动机启动。此时指示灯 $HL_3$ 亮，表示主轴电动机正在旋转。需停车时按下 $SB_1$ ， $SB_1^{\pm} \rightarrow KM_1^- \rightarrow M_1^-$ ， $M_1$ 停止。

## 2. 摇臂升降控制

摇臂的升降控制必须与夹紧机构液压系统紧密配合，其动作过程为：摇臂放松□□上升或下降□□夹紧。所以它与液压泵电动机的控制有着密切的关系。下面以摇臂的上升为例加以说明。

按下SB<sub>3</sub>: SB<sub>3</sub><sup>+</sup> — KT<sup>+</sup> — KM<sub>4</sub><sup>+</sup> — M<sub>3</sub><sup>+</sup> 正转, 拖动液压泵送出液压油。  
 — YV<sup>+</sup> 接通摇臂放松油路。

液压油将摇臂放松, 当摇臂完全松开后, 压下位置开关SQ<sub>2</sub>, 发出摇臂放松信号, 压下SQ<sub>2</sub><sup>+</sup>:

SQ<sub>2</sub>(6-13)<sup>-</sup> — KM<sub>4</sub><sup>-</sup> — M<sub>3</sub><sup>-</sup> 停止提供液压油, 摇臂维持放松状态。  
 — SQ<sub>2</sub>(6-7)<sup>+</sup> — KM<sub>2</sub><sup>+</sup> — M<sub>2</sub><sup>+</sup> 起动, 摇臂上升。

当摇臂上升到位时, 松开SB<sub>3</sub>按钮; SB<sub>3</sub><sup>-</sup> — KM<sub>2</sub><sup>-</sup> — M<sub>2</sub><sup>-</sup> 摇臂停止上升。  
 — KT<sup>-</sup>  $\xrightarrow{\Delta t}$  YV<sup>-</sup>, KM<sub>5</sub><sup>+</sup> — M<sub>3</sub><sup>+</sup> 反转, 拖动液

压泵供出液压油, 进入夹紧液压腔, 将摇臂夹紧。当摇臂完全夹紧后, 压下位置开关SQ<sub>3</sub>, SQ<sub>3</sub>(1-17)<sup>-</sup> — KM<sub>5</sub><sup>-</sup> — M<sub>3</sub><sup>-</sup> 停止运转, 摇臂夹紧完成。

### 3. 主轴箱与立柱的夹紧和放松控制

主轴箱与立柱的夹紧和放松是同时进行的，这可以从图4.11上看出。

夹紧时： $SB_6^\pm$ —— $KM_5^\pm$ （ $YV^-$ ）—— $M_3^\pm$ 反转，  
液压油进入夹紧油腔，使主轴箱和立柱夹紧或停止。

放松时： $SB_5^\pm$ —— $KM_4^\pm$ （ $YV^-$ ）—— $M_3^\pm$ 正转，  
液压油进入松开油腔，使主轴箱和立柱放松或停止。

$SQ_4$ 在夹紧时受压，指示灯 $HL_2$ 亮，表示可以进行钻削加工；在主轴箱和立柱放松时， $SQ_4$ 不受压，指示灯 $HL_1$ 亮，表示可以进行移动调整。

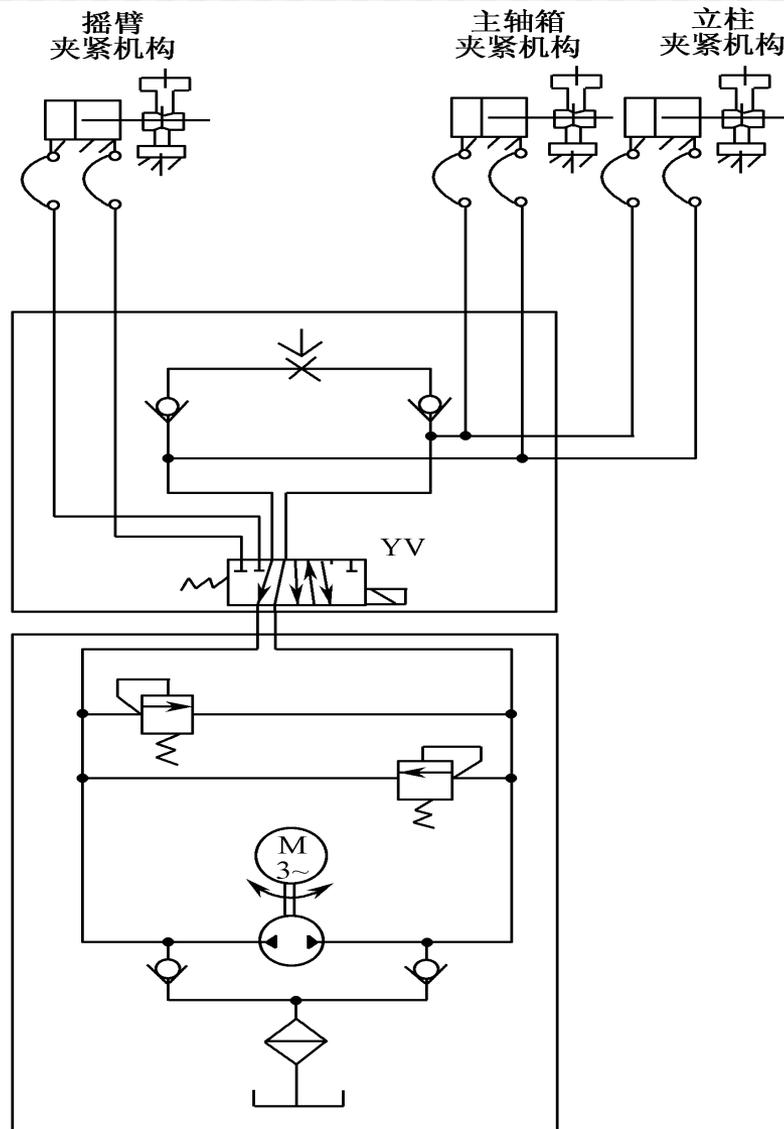


图4.11 夹紧机构液压系统原理图

## 4. 保护环节、照明及冷却泵电动机的控制

(1) 保护环节。Z3040型摇臂钻床主要包括短路保护、主轴电动机和液压泵电动机的过载保护、摇臂的升降限位保护等。

(2) 照明电路。机床的局部照明由变压器T供给36V的安全电压，由开关SQ控制照明灯EL。

(3) 冷却泵电动机控制。冷却泵电动机M<sub>4</sub>容量很小，仅0.125kW，由开关SA控制。

## 5. 常见故障及处理

(1) 摇臂不能上升。常见故障为SQ<sub>2</sub>安装位置不当或发生移动。

(2) 摇臂移动后不能夹紧。常见故障为SQ<sub>3</sub>安装位置不当或松动移位。

(3) 液压系统故障。Z3040型摇臂钻床采用的是机、电、液联合控制，有的故障只凭故障现象是不能判断故障部位的，甚至机、电、液部分都有可能。比如立柱与主轴箱不能夹紧和放松，或者夹紧后不能自锁等故障除了从电气控制角度分析外，也完全有可能是液压系统的故障。

## 本章小结

C650车床控制线路较简单，被控电动机的电气要求不高，只有一般的顺序、互锁控制。

M7130平面磨床砂轮电动机采用星形-三角形降压启动。液压泵电动机控制也不复杂，相对而言电磁吸盘对电气要求略高一些。使用了欠电流继电器KA保证电磁吸盘只有在足够的吸力时，才能进行磨削加工，以防止工件损坏或人身事故。电磁吸盘由整流装置供给直流电工作，“充磁”和“退磁”只是流经电磁吸盘线圈的电流方向不同。

M7475B立轴圆台平面磨床的励磁线圈中采用晶体管组成多谐振荡器控制晶闸管对线圈励磁，调节触发脉冲相位，可调节电磁吸盘电流大小，从而改变电磁吸盘吸力大小。

X62W万能铣床主要有三种运动方式：主轴运动、给进运动和辅助运动，其中给进运动较复杂，六个方向（上、下、左、右、前、后）运动靠两个手柄、三根丝杆、四个行程开关进行控制。另外，为了解决齿轮变速带来的啮合不好问题，线路中又增设了“瞬时冲动”环节，通过压合行程开关，瞬时接通电动机，达到便于啮合的目的。

Z3040摇臂钻床以摇臂升降运动的控制较复杂。由液压泵配合机械装置，完成“松开摇臂→上升（或下降）→夹紧摇臂”这一过程，在此过程中要注意行程开关和时间继电器的动作情况。主轴和立柱的夹紧与放松是以点动控制为主，配合手动完成的。

## 思考题和习题4

- 4.1 在M7130平面磨床中为什么采用电磁吸盘来夹持工件？电磁吸盘线圈为何要用直流供电而不能用交流供电？
- 4.2 在M7130磨床电气原理图中，若将热继电器FR<sub>1</sub>与FR<sub>2</sub>保护触点分别串接在KM<sub>1</sub>和KM<sub>2</sub>线圈电路中，有何缺点？
- 4.3 M7130平面磨床电路中具有哪些保护环节？
- 4.4 X62W万能铣床电路由哪些基本控制环节组成？
- 4.5 X62W万能铣床控制电路中具有哪些连锁与保护？为什么要有这些连锁与保护？它们是如何实现的？
- 4.6 X62W万能铣床中，主轴旋转工作时变速与主轴未转时变速其电路工作情况有何不同？

4.7 在X62W电路中，若发生下列故障，请分别分析其故障原因：

(1) 主轴停车时，正、反方向都没有制动作用。

(2) 进给运动中，能向上、后、左运动，不能向前、右、下运动，也不能实现圆工作台运动。

(3) 进给运动中，能向上、下、左、右、前运动，不能向后运动。

(4) 进给运动中，能向上、下、右、前、后运动，不能向左运动。

4.8 在Z3040摇臂钻床电路中，时间继电器KT与电磁阀YV在什么时候动作？YV动作时间比KT长还是短？YV什么时候不动作？

4.9 试叙述Z3040钻床操作摇臂下降时电路的工作情况。

4.10 Z3040钻床电路中，有哪些连锁与保护？为什么要有这几种保护环节？