

第3章

机械设备电气控制线路原理和故障分析

目前使用的机械设备品种繁多，拖动方式也各不相同，其控制线路不同，且比较复杂。本章通过分析一些典型的机械设备的控制线路，引导读者掌握分析电气控制线路的方法和步骤，培养读图能力；了解电气控制系统中机械和电气控制配合的积极意义，为电气控制的设计打下基础。

3.1 电气控制线路的读图方法

电气控制原理图主要包括主电路、控制电路和辅助电路三部分。阅读和分析电气原理图之前，必须了解设备的主要结构、运动形式、电力拖动形式、电动机和电气元件的分布情况及控制要求等内容。

3.1.1 电气控制原理图分析步骤

为了分析电气控制系统的工作原理，必须从电气控制原理图入手，根据运动形式的要求分析，有主有次，层层分析，先主电路后控制电路。

1. 分析主电路

从主电路入手，根据机械运动形式和要求对每台电动机和电磁阀等执行电器的动作要求去分析主电路的启动、方向控制、调速和制动等，对电动机绕组的接线方式进行分析。

2. 分析控制电路

根据每台电动机和电磁阀等执行电器的控制要求，逐一找出控制电路中的各个控制环节，依据电气控制线路的基本规律和知识，按功能不同划分成若干局部控制线路来进行分析。

分析控制电路的基本方法是查线读图法，其步骤如下。

① 从执行电器（电动机等）着手，从电路上看有哪些控制元件的触点，根据其组合规律分析控制方式。

② 在控制电路中由主电路控制元件的主触点的文字符号找到有关的控制环节及环节间的联系。



③ 从按下启动按钮开始, 查对线路, 观察元件的触点符号是如何控制其他控制元件动作的, 再查看这些被带动的控制元件的触点是如何控制执行电器或其他元件动作的, 并随时注意控制元件的触点状态变化使执行元件有何动作, 进而驱动被控机械有何运动。

3. 分析辅助电路

这包括电源显示、工作状态显示、照明和故障报警等部分, 大多由控制电路中的元件控制。

4. 分析联锁与保护环节

合理地选择拖动和控制方案, 在控制线路中设置一系列电气保护和必要的联锁, 有些控制系统有特殊保护要求。

5. 总体检查

用“集零为整”方法检查整个控制线路。

3.1.2 电气控制原理图读图举例

机械设备的电气控制系统及原理与其设备的结构及运动形式密不可分, 只有熟悉了设备的运动规律、加工工艺要求才能对电气原理深入分析和了解, 所以分析电气控制系统的工作原理的第一步是了解设备的结构和运动形式及拖动方式。以 C620—1 型卧式车床为例进行如下分析。

1. C620—1 型卧式车床电气控制系统分析

主要结构、运动形式、电力拖动形式及控制要求如下。

① 结构: 主要由床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、溜板、丝杠和刀架等组成。

② 运动形式: 车削加工的主运动是主轴通过卡盘或顶尖带动工件旋转运动, 机床的其他进给运动是由主轴带动的。

③ 电力拖动系统: 有两台电动机, 主轴电动机带动主轴旋转, 另一台是冷却泵电动机, 用于车削工件时输送冷却液。两台电动机都是笼型异步电动机。机床要求两台电动机单向运动, 且采用全压直接启动。

④ 控制线路: 由主电路、控制电路、照明电路等部分组成。

2. C620—1 型卧式车床电气原理图分析

1) 主电路分析 (图 3-1)

C620—1 型卧式车床电动机电源采用 380V 的交流电源, 由组合开关 QS1 引入。主电动机 M1 的启停由 KM1 的主触点控制, 主轴通过摩擦离合器实现正反转; 主电动机启动后, 才能启动电动机 M2, 是否需要冷却, 由组合开关 QS2 控制。熔断器 FU1 为电动机 M2 提供短路保护。热继电器 FR1 和 FR2 为电动机 M1 和 M2 提供过载保护, 它们的动断触点串联后接在控制电路中。

2) 控制电路分析

该机床的控制电路是一个单方向启停的典型电路, 有自锁环节。

(1) 主电机的控制过程

合上电源开关 QS, 按下启动按钮 SB1, KM 线圈通电, 铁芯吸合, KM 三个触点吸合, 电动机 M1 运转; 同时并联在 SB1 两端的 KM 辅助触点吸合, 实现自锁。按下停止按钮 SB2, KM 断电释放, KM 三个触点断开, M1 停转。

(2) 冷却泵电动机的控制过程

主电机 M1 启动后, 合上 QS2, 电动机 M2 得电启动。断开 QS2, 电动机 M2 停转; 或 M1 停止, M2 停转。

(3) 保护环节

电动机对应的热继电器为控制电路提供过载保护, FU2 用于控制电路的短路保护, 由接触器 KM 来完成控制电路的失压和欠压保护。

(4) 辅助电路分析

C620—1 型卧式车床的辅助电路主要是照明电路。照明由变压器 T 将交流 380V 转变为 36V 的安全电压供电, FU3 用于短路保护, QS3 为照明电路的电源开关, 合上开关 QS3, 照明灯 EL 亮。照明电路必须接地, 以确保人身安全。

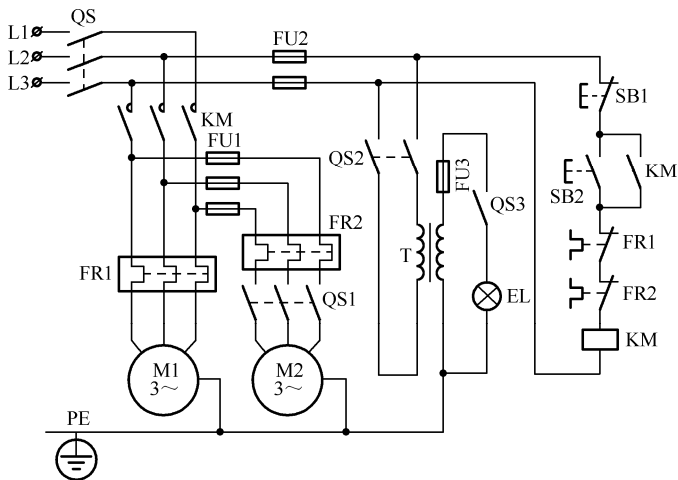


图 3-1 C620—1 型卧式车床电气原理图

3.2 CW6140 型车床电气控制线路

CW6140 型车床是一种应用极为广泛的金属切削通用机床, 主要用于车削外圆、端面、螺紋和成形表面, 也可通过尾架进行钻孔和绞孔等加工, 它的加工范围广但自动化程度不高, 适用于小型加工机械。

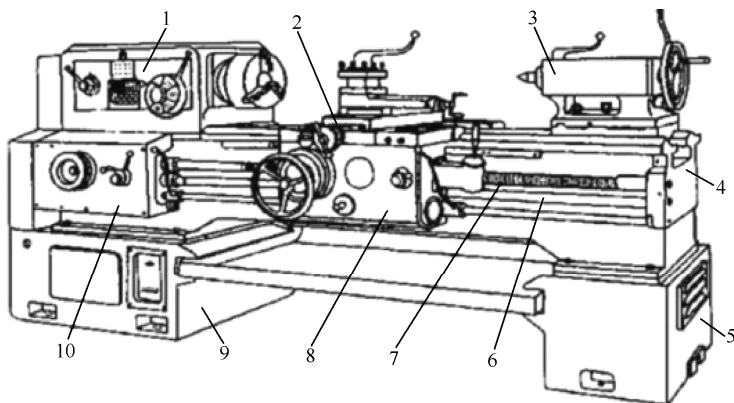
3.2.1 车床的主要结构及运动形式

1. 主要结构

CW6140 型车床主要由床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、溜板与刀架、尾架、主轴、丝杠与光杠等组成 (图 3-2)。

2. 运动形式

机床的主运动是主轴的旋转运动, 是由主轴电动机 M1 通过带轮传动到主轴箱再旋转的。主轴的控制是由床身前面的手柄操纵专用转阀, 通过液压装置分别控制主轴的正转、反转及停车制动。



1—主轴箱；2—刀架；3—尾架；4—床身；5—床腿；6—光杠；7—丝杠；8—溜板箱；9—进给箱

图 3-2 CW6140 型车床结构图

3. 电力拖动特点及控制要求

从车削工艺要求出发，机床共设有两台电动机，其中 M1 是主轴电动机，带动主轴做旋转运动，完成主运动和进给运动，要求实现正反转运动和降压启动；M2 是冷却液泵电动机，用于车削工件时输送冷却液。同时，机床还必须具有工作照明及电源和工作指示。

3.2.2 CW6140 型车床电气控制线路分析

1. 主电路

如图 3-3 所示，机床电源采用三相 380V 的交流电源，由电源开关 QS1 引入，并有保护接零措施。电动机 M1、M2 的短路保护由熔断器 FU1 来实现，且电动机 M1 与 M2 的过载保护由各自的热继电器 FR1 与 FR2 来实现。

2. 控制电路

控制电路采用交流接触器 KM 作为执行元件，可以实现欠压和失压保护。转动 QS1 转换开关接通电源。转动 SA2，101-102 接通，36V 指示灯亮，指示电源带电。转动 SA1 组合开关，使 3-4 接通。KA 线圈得电吸合，3-4 触点自锁使 4 号线带电。KA 为零压保护继电器，其作用是防止在电源中断又恢复后，电动机重新自行启动危及人身安全。右转 SA1，使 SA1 的 3-4 点断开，同时 4-5 点接通。KM1 接触器线圈得电吸合，4-9 线接通，9-13-14 线使 KM4 带电吸合，9-12 线使 KT 时间继电器同时得电。

3. 原理分析

(1) 启动过程

在主线路中，KM1、KM4 触点吸合，电动机 M1 星形启动。一定时间后，KT 的 13-14 触点断开，KM4 线圈断电，电动机退出星形连接。同时 10-11 时间继电器触点合上，KM3 得电吸合，使主电路 KM3 触点吸合，完成正转星-三角启动（图 3-3）。

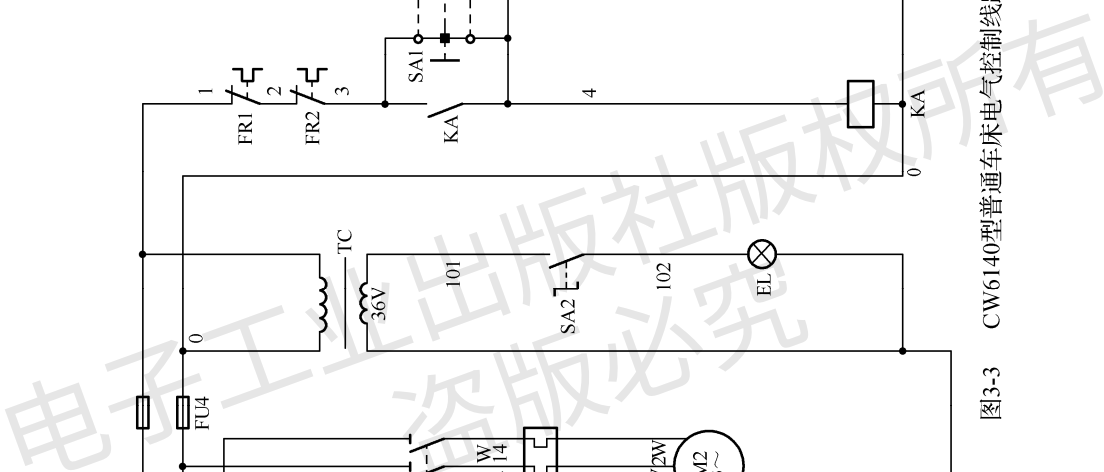


图3-3 CW6140型普通车床电气控制线路



(2) 互锁与保护

(5-6) KM2 触点与 (7-8) KM1 触点为一对互锁触点, (9-10) KM4 触点与 (9-13) KM3 触点为一对互锁触点。FR1、FR2 为过载保护热继电器。

(3) 反转控制

反转时的星-三角启动过程: 左转 SA1, 4-5 断, KM1 线圈断电, 电动机停止。同时 4-7 通, KM2 接触器线圈带电, 主触点吸合换相。4-9 接通, 时间继电器 KT、接触器 KM4 得电, 电动机星形启动, 一定时间后, 时间继电器触点动作, KM4 线圈断电, 电动机退出星形连接, KM3 接通完成反转状态的星-三角启动, 转动 QS2 接通或断开控制, M2 电动机转动停止。

3.3 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路

Z3050 型摇臂钻床是具有广泛用途的万能机床, 适用于大、中型零件的钻孔、扩孔、绞孔及钻螺纹等加工, 在有工艺装备的条件下还可进行镗孔, 是一个通用化程度较高的机床设备。它具有以下特点:

- ① 采用液压预选变速机构, 可节约辅助时间;
- ② 主轴有正转、停车、变速、空挡等动作, 用一个手柄控制, 操作轻便;
- ③ 主轴箱、内外立柱、摇臂采用液压驱动的菱形块压紧机构, 夹紧可靠;
- ④ 有完善的安全保护装置和外柱防护;
- ⑤ 安全、可靠, 寿命长, 维修方便。

3.3.1 Z3050 型摇臂钻床的主要结构及运动形式

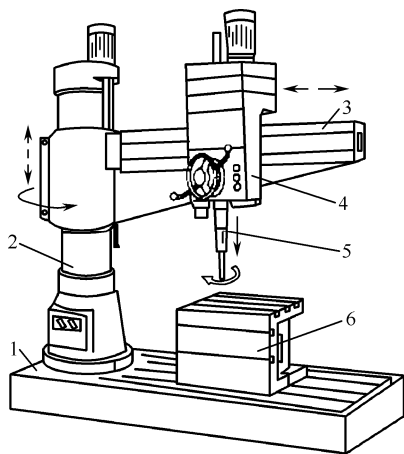
1. 主要结构

Z3050 型摇臂钻床的主要由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱、工作台组成, 如图 3-4 所示。内立柱固定在底座上, 在它外面套着空心的外立柱, 外立柱可绕着内立柱回转一周, 摇臂一端的套筒部分与外立柱滑动配合, 借助于丝杠, 摇臂可沿着外立柱上下移动, 但两者不能做相对转动, 所以摇臂将与外立柱一起相对内立柱回转。主轴箱是一个复合的部件, 它具有主轴及主轴旋转部件和主轴进给的全部变速和操纵结构。主轴箱可沿着摇臂上的水平导轨做径向移动。当进行加工时, 可利用特殊的夹紧机构将外立柱紧固在内立柱上, 摇臂紧固在外立柱上, 主轴箱紧固在摇臂导轨上, 然后进行钻削加工。

2. 运动形式

主轴转动由主轴电动机驱动。通过主轴箱内的主轴、进给变速传动机构及正反转摩擦离合器和操纵机构 (安装在主轴箱下端的操纵手柄、手轮), 能实现主轴正反转、停车 (制动)、变速、进给、空挡等控制。同时, 主轴可随主轴箱沿摇臂上的水平导轨做手动径向移动。摇臂升降由摇臂升降电动机驱动。同时, 摇臂与外立柱一起相对内立柱还能做手动 360° 回转。机床加工时, 对主轴箱、摇臂及内、外立柱的夹紧由液压泵电动机提供动力, 它采用液压驱动的菱

形块夹紧机构，夹紧可靠。



1—底座；2—内立柱；3—摇臂；4—主轴箱；5—外立柱；6—工作台

图 3-4 Z3050 型摇臂钻床结构示意图

3. 摇臂钻床的电力拖动特点及控制要求

由于摇臂钻床的运动部件较多，为简化传动装置，使用多电动机拖动，主电动机承担主钻削及进给任务，摇臂升降、夹紧放松和冷却泵各用一台电动机拖动。为了适应多种加工方式的要求，主轴及进给应在较大范围内调速。但这些调速都是机械调速，用手柄操作变速箱调速，对电动机无任何调速要求。从结构上看，主轴变速机构与进给变速机构应该放在一个变速箱内，而且两种运动由一台电动机拖动是合理的。加工螺纹时要求主轴能正反转。摇臂钻床的正反转一般用机械方法实现，电动机只需要单方向旋转。摇臂升降由单独的电动机拖动，要求能正反转。摇臂的夹紧与放松以及立柱的夹紧与放松由一台异步电动机配合液压装置来完成，要求这台电动机能正反转。摇臂的回转和主轴箱的径向移动在中小型摇臂钻床上都采用手动。加工时，为对刀具及工件进行冷却，须由一台冷却泵电动机拖动冷却泵输送冷却液。

3.3.2 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路分析

1. 主电路

Z3050 型摇臂钻床共有四台电动机，除冷却电动机采用开关直接启动外，其余三台异步电动机均采用接触器直接启动。M1 是主电动机，由接触器 KM1 控制。热继电器 FR1 是过载保护元件。M2 是摇臂升降电动机，用接触器 KM2 和 KM3 控制其正反转。因该电动机短时工作，故不设过载保护。M3 是液压泵电动机，做正反向转动。正反向的启动和停止由接触器 KM1 和 KM2 控制。FR2 是液压泵电动机的过载保护电器，该电动机的主要作用是供给夹紧装置压力油，实现摇臂和立柱的夹紧和松开。M4 是冷却泵电动机。



2. 控制电路

1) 主轴电动机 M1 的控制

按启动按钮 SB3, KM1 吸合自锁, M1 启动运行。按 SB2, KM1 释放, M1 停止转动。

2) 摇臂升降控制

(1) 摇臂上升

按上升按钮 SB4, 则时间继电器 KT 通电吸合, 它的瞬时闭合的动合触头 (17 区) 闭合, 接触器 KM4 线圈通电, 液压泵电动机 M3 启动正向旋转, 供给压力油。压力油经分配阀体进入摇臂的“松开油腔”推动活塞移动, 活塞推动菱形块, 将摇臂松开。同时, 活塞杆通过弹簧片位置开关 SQ2, 使其动断触点断开, 动合触点闭合。前者切断了接触器 KM4 的线圈电路, KM4 主触头断开, 液压泵电动机停止工作。后者使交流接触器 KM2 的线圈通电, 主触头接通 M2 的电源, 摇臂升降电动机启动正向旋转, 带动摇臂上升。如果此时摇臂尚未松开, 则位置开关 SQ2 常开触头不闭合, 接触器 KM2 就不能吸合, 摇臂就不能上升。当摇臂上升到所需位置时, 松开按钮 SB4, 则接触器 KM2 和时间继电器 KT1 同时断电释放, M2 停止工作, 随之摇臂停止上升。由于时间继电器 KM1 断电释放, 经 1~3s 时间延时后, 其延时闭合的常闭触点 (18 区) 闭合, 使接触器 KM5 吸合, 液压泵电动机 M3 反方向旋转, 随之泵内压力油经分配阀进入摇臂的“夹紧油腔”, 摇臂夹紧。在摇臂夹紧的同进, 活塞杆通过弹簧片使位置开关 SQ3 的动断触点断开, KM5 断电释放, 最终停止 M3 工作, 完成摇臂的松开→上升→夹紧的整套动作。

(2) 摇臂下降

按下降按钮 SB5, 则时间继电器 KT 通电吸合, 其常开触头闭合, 接通 KM4 线圈电源, 液压泵电动机 M3 启动正向旋转, 供给压力油。与前面叙述的过程相似, 先使摇臂松开, 接着压动位置开关 SQ2。其常闭触头断开, 使 KM4 断电释放, 液压泵电动机停止工作; 其常开触头闭合, 使 KM3 线圈通电, 摇臂升降电动机 M2 反方向运行, 带动摇臂下降。当摇臂下降到所需位置时, 松开按钮 SB5, 则接触器 KM3 和时间继电器 KT1 同时断电释放, M2 停止工作, 摇臂停止下降。由于时间继电器 KT1 断电释放, 经 1~3s 时间延后, 其延时闭合的常闭触头闭合, KM5 线圈获电, 液压泵电动机 M3 反方向旋转, 随之摇臂夹紧。在摇臂夹紧的同时, 使位置开关 SQ3 断开, KM5 断电释放, 最终停止 M3 工作, 完成了摇臂的松开→下降→夹紧的整套动作。

组合开关 SQ1a 和 SQ1b 用来限制摇臂的升降超程。当摇臂上升到极限位置时, SQ1a 动作, 接触器 KM2 断电释放, M2 停止运行, 摇臂停止上升; 当摇臂下降到极限位置时, SQ1b 动作, 接触器 KM3 断电释放, M2 停止运行, 摇臂停止下降。

摇臂的自动夹紧由位置开关 SQ3 控制。如果液压夹紧系统出现故障, 不能自动夹紧摇臂, 或者由于 SQ3 调整不当, 在摇臂夹紧后不能使 SQ3 的常闭触头断开, 都会使液压泵电动机长期过载运行而损坏。为此, 电路中设有热继电器 FR2, 其整定值应根据液压泵电动机 M3 的额定电流进行调整。

摇臂升降电动机的正反转控制继电器不允许同时得电动作, 以防止电源短路。为避免因操作失误等原因而造成短路, 在摇臂上升和下降的控制线路中采用了接触器的辅助触头互锁和复

合按钮互锁两种保证安全的方法，确保电路安全工作。

3) 立柱和主轴箱的夹紧与松开控制

立柱和主轴箱的松开（或夹紧）既可以同时进行，也可以单独进行，由转换开关 SA1 和复合按钮 SB6（或 SB7）进行控制。SA1 有三个位置。扳到中间位置时，立柱和主轴箱的松开（或夹紧）同时进行；扳到左边位置时，立柱夹紧（或放松）；扳到右边位置时，立柱夹紧（或放松）。复合按钮 SB6 是松开控制按钮，SB7 是夹紧控制按钮。

4) 液压系统工作原理

如图 3-5 所示，当按上升按钮 SB4 或下降按钮 SB5 后，时间继电器 KT 通电吸合，它的瞬时闭合的动合触头（17 区）闭合，接触器 KM4 线圈通电的同时电磁铁 YA 得电，液压泵电动机 M3 旋转供给压力油，压力油流向如图 3-6（b）所示。压力油经 2 位 6 通阀进入摇臂松开油腔，推动活塞和菱形块，使摇臂松开，松开到位压限位开关 SQ2，限位开关的动断触点断开，KM4 断电释放，电动机 M3 停转。同时 SQ2 的动合触点闭合，接触器 KM2 得电吸合，摇臂升降电动机 M2 启动运转，带动摇臂上升。当摇臂上升到位时，KM2 和 KT 失电，M2 停转，摇臂停止上升。KT 的动断触点延时后闭合，使 KM5 得电吸合，电动机 M3 反转，供给压力油，压力油经 2 位 6 通阀进入摇臂夹紧油腔，反方向推动活塞和菱形块，将摇臂夹紧。摇臂夹紧后，压限位开关 SQ3 的常闭触点断开，使接触器 KM5 和电磁铁 YA 失电，YA 复位，液压泵电动机 M3 停转。

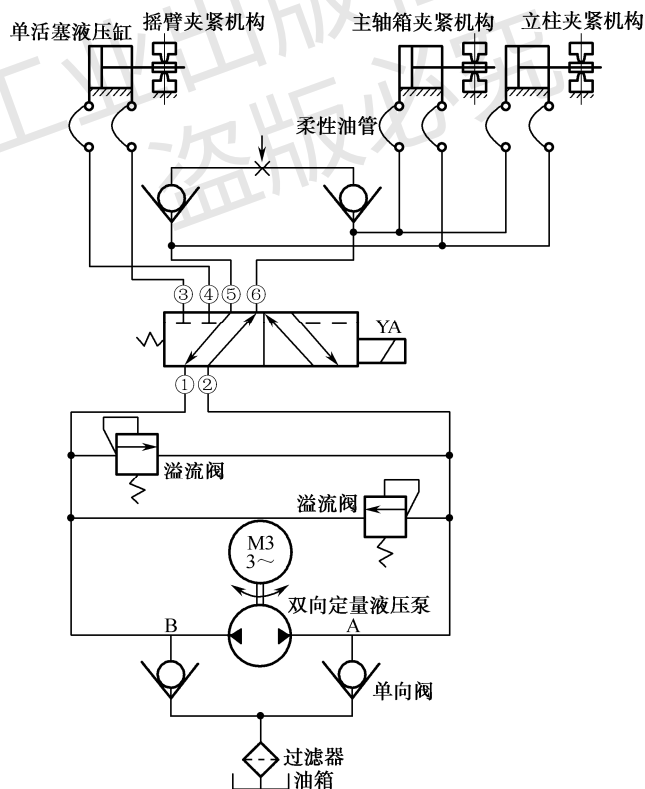


图 3-5 夹紧、放松机构液压系统

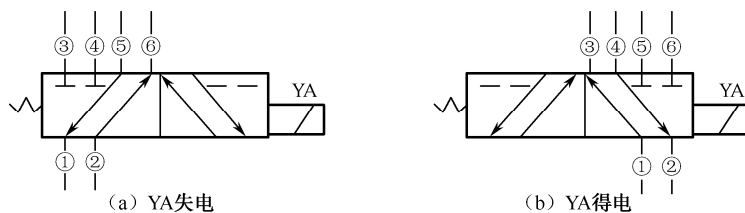


图 3-6 放松、夹紧状态

3. 原理分析

① 按 SB2, KM1 线圈得电吸合且自锁, M1 电动机启动; 按 SB1 则停机 (图 3-7)。

② 按下 SB3 不松开, KT 线圈得电吸合, KT 触点所接 14-15 端子马上接通。KT 延时断开触点 5-20 端子也马上接通, 而延时闭合触点处 17-18 端子马上断开。KM4 线圈得电, M3 电动机正转。机构放松触碰行程开关 SQ2, 7-14 断开, KM4 线圈断电, M3 电动机停止。SQ2 常开触点闭合 7-9 通, 电流经 5-6-7-9-10-11 送电, KM2 线圈得电吸合, M2 电动机正转启动。同时因按 SB3 时 5-6 通而 9-12 断开, 所以 KM3 不会得电吸合。

③ 松开 SB3, KT、KM2 均失电, M2 电动机停止。

④ 由于 KT 时间继电器是断电延时型, KT 失电后 14-15 触点马上断开, 而 5-20 触点延时几秒后断开, YA 灯灭。17-18 触点延时几秒后闭合 (此时 KM4 已断电互锁, 18-19 触点已复位)。电流经 5-QS3 触点-17-18-19, KM5 线圈吸合。此时 M3 电动机马上反转启动。另外, 由于 KT 触点 5-20 断开, 而在 KM5 线圈得电吸合时, 22-20 触点又接通, 所以 YA 灯又亮了。

⑤ 压下 SQ3 行程开关, KM5 断电, 22-20 断, YA 灯熄灭, 电动机 M3 停止。

⑥ 按下 SB4 不放手, 5-8 通, 9-10 断, 经 5-8-7, KT 线圈得电吸合, 使 14-15 通。KT 触点 5-20 也马上通, 使 YA 灯亮。KT 触点 17-18 马上断。14-15 通后, 经 5-8-7-14-15-16, KM4 线圈得电吸合, 使电动机 M3 正转。

⑦ 此时扳动行程开关 SQ2, 7-14 断开, 使 KM4 断电 M3 停止。而由于扳动 QS2, 7-9 通, 电流经 5-8-7-9-12-18, KM3 线圈得电吸合, M2 反转。

⑧ 松开 SB4 按钮, 5-8 断, KT、KM3 线圈均失电, M2 停止。

⑨ 由于 KT 为断电延时型, 所以几秒后, KT 触点 5-20 断开, YA 灭。KT 触点 17-18 闭合, 电流经 5-SQ3-17-18-19, KM5 线圈吸合, M3 反转启动运行。KM5 线圈吸合后, KM5 触点 22-20 闭合, 电流经 5-21-22-20, YA 通电亮。

⑩ 扳动 SQ3 行程开关, KM5 线圈失电。电动机 M3 停止, 灯 YA 灭。

⑪ 按动 SB5, KM4 线圈得电吸合, M3 电动机正转, 但它的前提条件是 SQ3 必须断, 否则一通电 KM5 就会动作吸合, 互锁点 (15-16) KM5 会切断 KM4 线圈电路。

⑫ 松开 SB5 后, 按 SB6, (如果 SQ3 已断开) 那么电流经 5-17-18-19, KM5 线圈吸合。此时, 21-22 断开, YA 不亮, 只有 KM5 触点动作, 电动机 M3 反转。

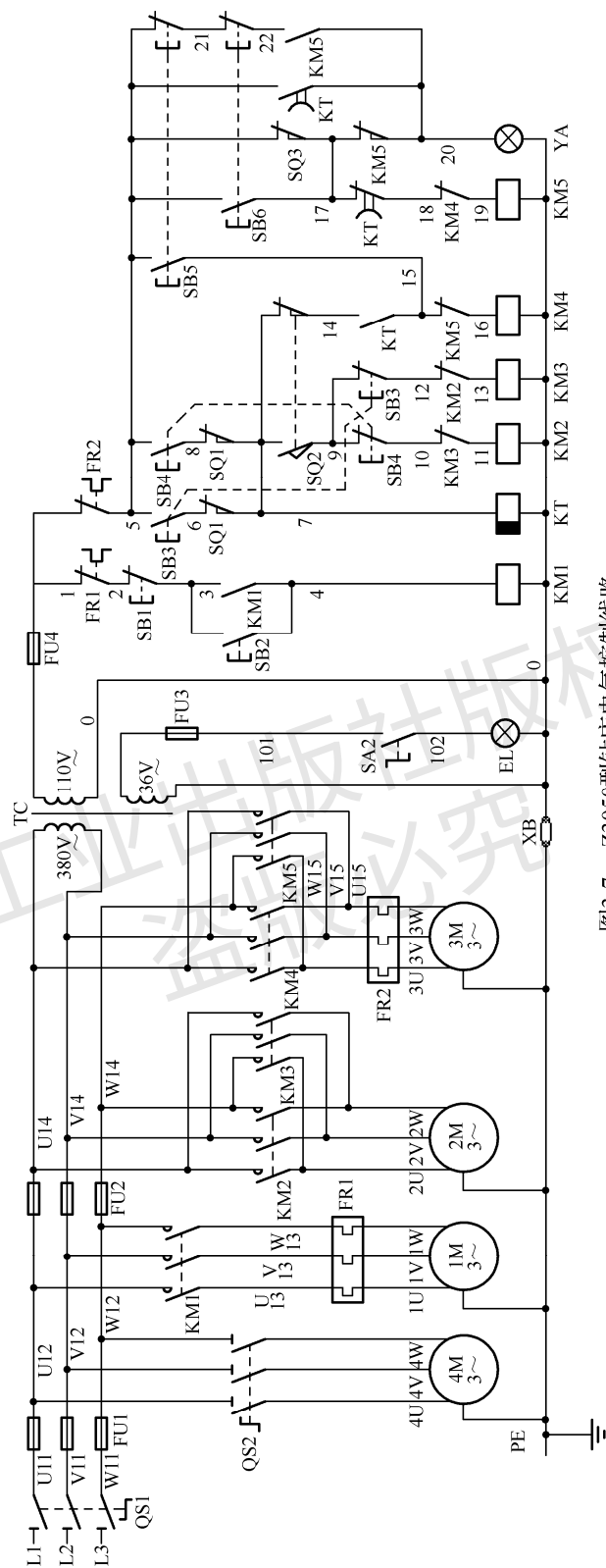


图3-7 Z3050型钻床电气控制线路

3.4 T68 型卧式镗床控制线路

镗床也是用于孔加工的机床,与钻床比较,镗床主要用于加工精确的孔和各孔间的距离要求较精确的零件,如一些箱体零件(机床主轴箱、变速箱等)。镗床的加工形式主要是用镗刀镗削在工件上已铸出或已粗钻的孔,除此之外,大部分镗床还可以进行铣削、钻孔、扩孔、铰孔等加工。镗床的主要类型有卧式镗床、坐标镗床、金刚镗床和专用镗床等,其中以卧式镗床应用最广。本节介绍 T68 型卧式镗床的电气控制电路。

3.4.1 T68 型卧式镗床的主要结构及运动形式

1. 主要结构

T68 卧式镗床主要由床身、前立柱、镗头架、工作台、后立柱和尾架等组成。床身是一个整体的铸件,在它的一端固定有前立柱,在前立柱垂直导轨上装有镗头架,镗头架可沿导轨上下移动。镗头架里集中地装有主轴部分、变速箱、进给箱与操纵机构等部件。切削刀固定在镗轴前端的锥形孔里,或装在花盘的刀具溜板上。在工作过程中,镗轴一边旋转,一边沿轴向做进给运动。而花盘只能旋转,装在其上的刀具溜板则可做垂直于主轴轴线方向的径向进给运动。镗轴和花盘主轴通过单独的传动链传动,因此它们可以独立转动。

后立柱的尾架用来支持装夹在镗轴上的镗杆末端,它与镗头架同时升降,保证两者的轴心始终在同一直线上。后立柱可沿着床身导轨在镗轴的轴线方向调整位置。安装工件用的工作台安置在床身中的导轨上,它由下溜板、上溜板和可转动的工作台组成。工作台可在平行于(纵向)与垂直于(横向)镗轴轴线的方向上移动。

2. T68 型卧式镗床的运动方式

卧式镗床的典型加工方法如图 3-8 所示,图 3-8(a)为用装在镗轴上的悬伸刀杆镗孔,由镗轴的轴向移动进行纵向进给;图 3-8(b)为利用后支承架支承的长刀杆镗削同一轴线上的前后两孔,图 3-8(c)为用装在平旋盘上的悬伸刀杆镗削较大直径的孔,两者均由工作台的移动进行纵向进给;图 3-8(d)为用装在镗轴上的端铣刀铣削平面,由主轴箱完成垂直进给运动;图 3-8(e)、(f)为用装在平旋盘刀具溜板上的车刀车削内沟槽和端面,均由刀具溜板移动进行径向进给。

主运动:镗轴的旋转运动与花盘的旋转运动。

进给运动:

- ① 镗轴的轴向进给运动。
- ② 平旋盘上刀具溜板的径向进给运动。
- ③ 主轴箱的垂直进给运动。
- ④ 工作台的纵向和横向进给运动。

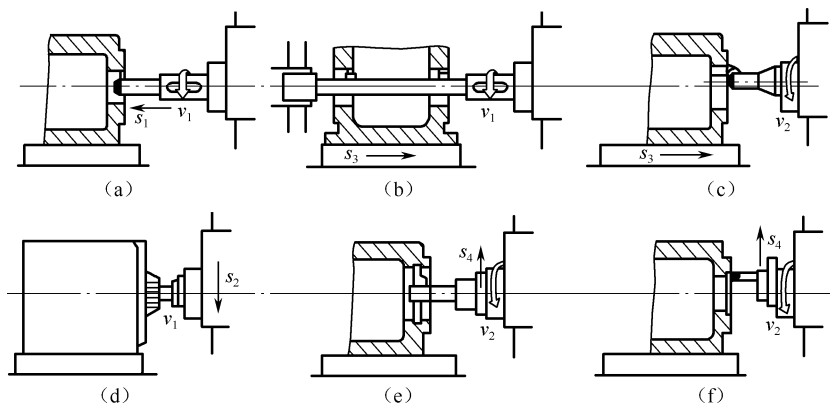


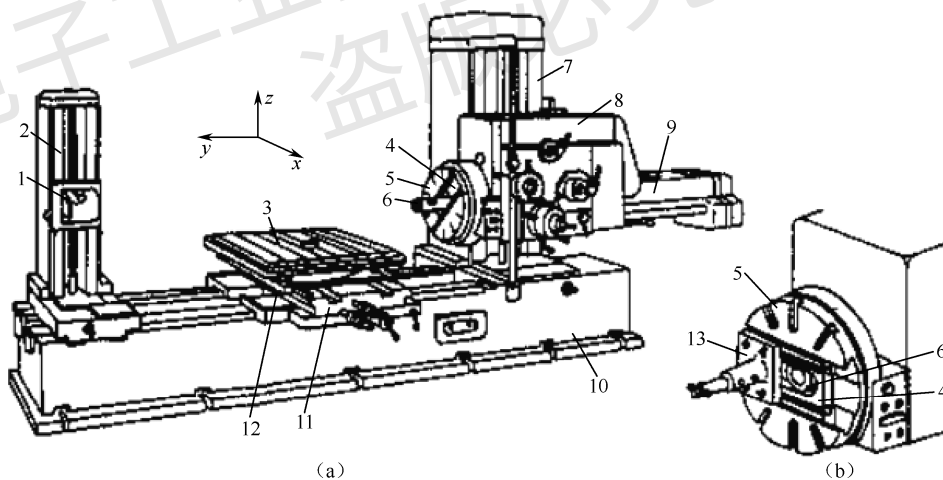
图 3-8 卧式镗床的典型加工方法

辅助运动:

- ① 主轴箱、工作台等的进给运动上的快速调位移动。
- ② 后立柱的纵向调位移动。
- ③ 后支承架与主轴箱的垂直调位移动。
- ④ 工作台的转位运动。

3. 电力拖动特点及控制要求

镗床（图 3-9）的工艺范围广，因而它的调速范围大，运动多，其电力拖动特点如下。



- 1—支架；2—后立柱；3—工作台；4—径向刀架；5—平旋盘；6—慢轴；7—前立柱；
8—主轴箱；9—后尾筒；10—床身；11—下滑座；12—上滑座；13—刀座

图 3-9 T68 型卧式镗床结构图

① 为适应各种工件加工工艺的要求，主轴应在大范围内调速，多采用交流电动机驱动的滑移齿轮变速系统，目前国内有采用单电动机拖动的，也有采用双速或三速电动机拖动的。后



者可精简机械传动机构。由于镗床主拖动要求恒功率拖动，所以采用“ Δ —YY”双速电动机。高低速的变换由主轴孔盘变速机构内的行程开关 SQ7 控制，其动作说明见表 3-1。

表 3-1 主轴电动机高、低速变换行程开关动作

触点 \ 位置	位置	主电动机低速	主电动机高速
SQ7 (11-12)		断开	闭合

② 由于采用滑移齿轮变速，为防止顶齿现象，要求主轴系统变速时做低速断续冲动，变速完成后恢复运行。主轴变速时由行程开关 SQ3 和 SQ5 带动电动机缓慢转动，进给变速时由行程开关 SQ4 和 SQ6 以及速度继电器 KS 完成，见表 3-2。

表 3-2 主轴变速和进给变速时行程开关动作

触点 \ 位置	位置	变速孔盘拉出时 (变速时)	变速后变速孔盘推回	触点 \ 位置	位置	变速孔盘拉出时 (变速时)	变速后变速孔盘推回
SQ3 (4-9)		—	+	SQ4 (9-10)		—	+
SQ3 (3-13)		+	—	SQ4 (3-13)		+	—
SQ5 (15-14)		+	—	SQ6 (15-14)		+	—

③ 为适应加工过程中调整的需要，要求主轴可以正、反点动调整，这是通过主轴电动机低速点动来实现的。同时还要求主轴可以正、反向旋转，这是通过主轴电动机的正、反转来实现的。

④ 主轴电动机低速时可以直接启动，在高速时控制电路要保证先接通低速，经延时再接通高速以减小启动电流。

⑤ 主轴要求快速而准确地制动，所以必须采用效果好的停车制动。卧式镗床常用反接制动 (也有的采用电磁铁制动)。

⑥ 由于进给部件多，快速进给用另一台电动机拖动。

3.4.2 T68 型卧式镗床电气控制线路分析

T68 型卧式镗床电气原理如图 3-10 所示。

1. 主电路

T68 型卧式镗床共由两台三相异步电动机驱动，即主拖动电动机 M1 和快速移动电动机 M2。熔断器 FU1 作为电路总的短路保护，FU2 作为快速移动电动机和控制电路的短路保护。M1 设置热继电器作为过载保护，M2 是短期工作，所以不设置热继电器。M1 用接触器 KM1 和 KM2 控制正反转，接触器 KM3、KM4 和 KM5 做三角形—双星形变速切换。M2 用接触器 KM6 和 KM7 控制正反转。

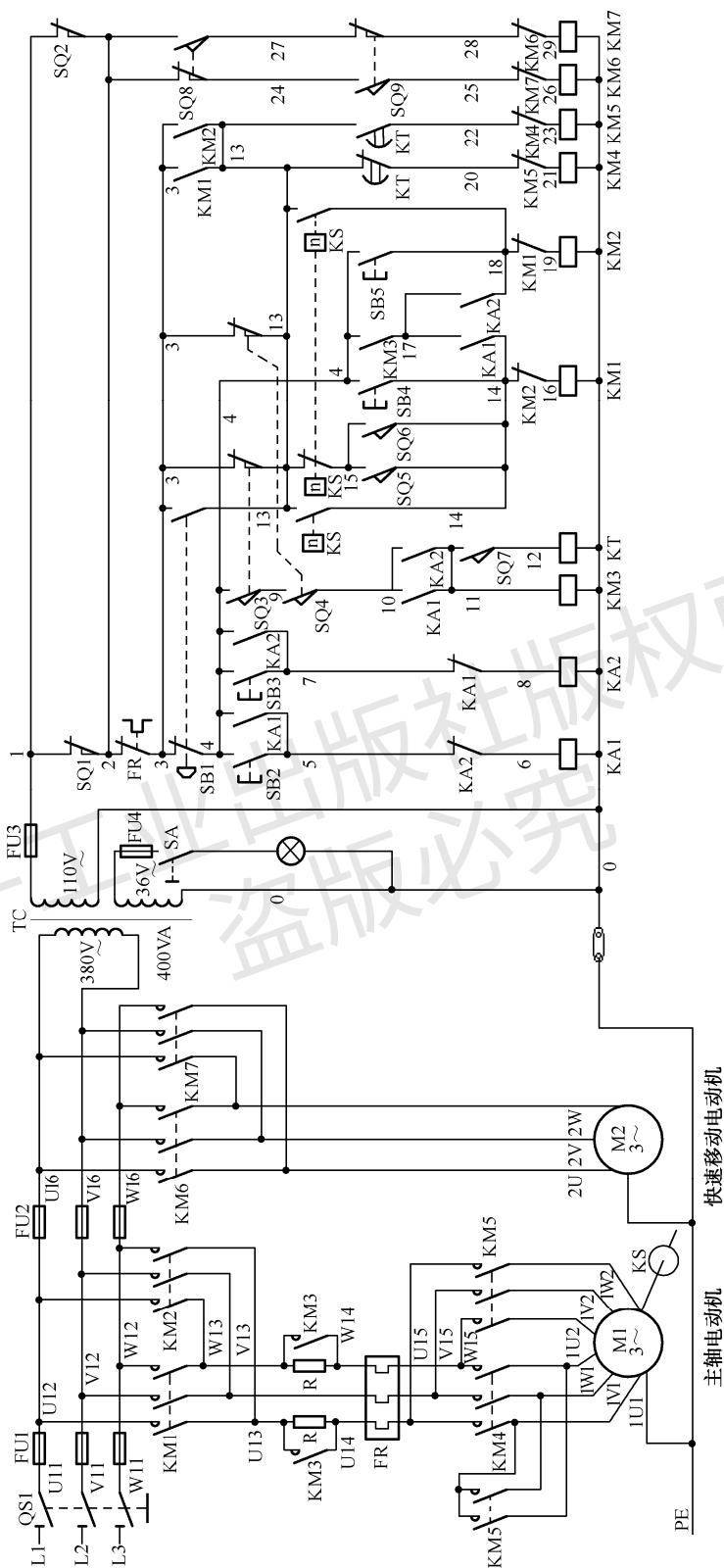


图3-10 T68型卧式镗床电气原理图

2. 控制电路

1) 主轴电动机 M1 的控制

(1) 主轴电动机的正反转控制

按下正转启动按钮 SB2, 中间继电器 KA1 线圈获电吸合, KA1 常开触头 (12 区) 闭合, 接触器 KM3 线圈得电 (此时位置开关 SQ3 和 SQ4 已被操纵手柄压合), KM3 主触头闭合, 将制动电阻 R 短接, 而 KM3 常开辅助触头 (19 区) 闭合, 接触器 KM1 线圈获电吸合, KM1 主触头闭合, 接通电源。KM1 的常开触头 (22) 闭合, KM4 线圈获电吸合, KM4 主触头闭合, 电动机 M1 接成 Δ 正向启动, 空载转速为 1500r/min。反转时只需要按下反转启动按钮 SB3, 动作原理同上, 所不同的是中间继电器 KA2 和接触器 KM2 线圈获电吸合。

(2) 主轴电动机的点动控制

按下正向点动按钮 SB4, 接触器 KM1 线圈获电吸合, KM1 常开触头 (22 区) 闭合, 接触器 KM4 线圈获电吸合。这样, KM1 和 KM4 的主触头闭合, 便使电动机 M1 接成 Δ 并串电阻 R 点动。同理, 按下反向点动按钮 SB5, 接触器 KM2 和 KM4 线圈获电吸合, M1 反向点动。

(3) 主轴电动机 M1 的停车制动

假设电动机 M1 正转, 当速度达到 120r/min 以上时, 速度继电器 SR2 常开触头闭合, 为停车制动做好准备。若要 M1 停车, 就按 SB1, 则中间继电器 KM1 和接触器 KM3 断电释放, KM3 常开触头 (19 区) 断开, KM1 线圈断电释放, KM4 线圈也断电释放, 由于 KM1 和 KM4 主触头断开, 电动机 M1 断电做惯性运转。紧接着, 接触器 KM2 和 KM4 线圈获电吸合, KM2 和 KM4 主触头闭合, 电动机 M1 串电阻 R 反接制动。当转速降至于 120r/min 以下时, 速度继电器 SR2 常开触头 (21 区) 断开, 接触器 KM2 和 KM4 断电释放, 停车反接制动结束。如果电动机 M1 反转, 当速度达到 120r/min 以上时, 速度继电器 SR1 常开触头闭合, 为停车制动做好准备。以后的动作过程与正转制动时相似, 读者可自行分析。

(4) 主轴电动机 M1 的高、低速控制

若选择电动机 M1 在低速 (Δ 接法) 运行, 可通过变速手柄使变速行程开关 SQ (13 区) 处于断开位置, 相应的时间继电器 KT 线圈断电, 接触器 KM5 线圈也断电, 电动机 M1 只能由接触器 KM4 接成 Δ 连接。如果需要电动机在高速运行, 应首先通过变速手柄使限位开关 SQ 压合, 然后按正转启动按钮 SB2 (或反转启动按钮 SB3), KM1 线圈 (反转时应为 KA2 线圈) 获电吸合, 时间继电器 KT 和接触器 KM3 线圈同时获电吸合。由于 KT 两副触头延时动作, 故 KM4 线圈先获电吸合, 电动机 M1 接成 Δ 低速启动, 以后 KT 的常闭触头 (22 区) 延时断开, KM4 线圈断电释放, KT 的常开触头 (23 区) 延时闭合, KM5 线圈获电吸合, 电动机 M1 连接成 YY, 以高速运行。

2) 主轴变速及进给变速控制

本机床主轴的各种速度是通过变速操纵盘以改变传动比来实现的。如果主轴在工作过程中欲变速, 不必按停止按钮, 而可直接进行变速。设 M1 原来运行在正转状态, 速度继电器 KS 早已闭合。将主轴变速操纵盘的操作手柄拉出, 与变速手柄有机械联系的行程开关 SQ3 不再

受压而断开, KM3 和 KM4 线圈先后断电释放, 电动机 M1 断电, 由于行程开关 SQ3 常闭触头闭合, KM2 和 KM4 线圈获电吸合, 电动机 M1 串接电阻 R, 反接制动等速度继电器常开触头断开, M1 停车, 便可转动变速操纵盘进行变速。变速后, 将变速手柄推回原位, SQ3 重新压合, 接触器 KM3、KM1 和 KM4 线圈获电吸合, 电动机 M1 启动, 主轴以新选定的速度运转。变速时, 若因齿轮卡住手柄推不上, 此时变速冲动行程开关 SQ6 被压合, 速度继电器的常闭触头 SQ2 已恢复闭合, 接触器 KM1 线圈获电吸合, 电动机 M1 启动。当速度高于 120r/min 时, SR2 常闭触头又断开, KM1 线圈断电释放, 电动机 M1 又断电, 当速度降到 120r/min 时, SR2 常闭触头又闭合了, 从而又接通低速旋转电路而重复上述过程。这样, 主轴电动机就被间歇地启动和制动而低速旋转, 以便齿轮顺利啮合。直到齿轮啮合好, 手柄推上后, 压下行程开关 SQ3, 松开 SQ6, 将冲动电路切断。同时, 由于 SQ3 的常开触头闭合, 主轴电动机启动旋转, 从而使主轴获得所选定的转速。进给变速的操作和控制与主轴变速的操作和控制相同。只是在进给变速时, 拉出的操作手柄是变速操纵盘的手柄, 与该手柄有机械联系的是行程开关 SQ4, 进给变速冲动的行程开关是 SQ5。由表 3-3 可见, 在不进行变速时, SQ5 的动合触点 (14-15) 是断开的; 在变速时, 如果齿轮未啮合好, 变速手柄就合不上, 即在表 3-3 中处于③的位置, 则 SQ5 被压合→SQ5 的动合触点 (14-15) 闭合→KM1 由 13-15-14-16 支路通电→KM4 线圈支路也通电→M1 低速串电阻启动→当 M1 的转速升至 120r/min 时 KS 动作, 其动断触点 (13-15) 断开→KM1、KM4 线圈支路断电→KS-1 动合触点闭合→KM2 通电→KM4 通电, M1 进行反接制动, 转速下降→当 M1 的转速降至 KS 复位值时, KS 复位, 其动合触点断开, M1 断开制动电源; 动断触点 (13-15) 又闭合→KM1、KM4 线圈支路再次通电→M1 转速再次上升……这样使 M1 的转速在 KS 复位值和动作值之间反复升降, 进行连续低速冲动, 直至齿轮啮合好以后, 方能将手柄推合至表 3-3 中①的位置, 使 SQ3 被压合, 而 SQ5 复位, 变速冲动才告结束。

表 3-3 主轴和进给变速行程开关 SQ3~SQ6 状态表

	相关行程开关的触点	①正常工作时	②变速时	③变速后手柄推不上时
主轴变速	SQ3 (4-9)	+	-	-
	SQ3 (3-13)	-	+	+
	SQ5 (14-15)	-	-	+
	SQ4 (9-10)	+	-	-
进给变速	SQ4 (3-13)	-	+	+
	SQ6 (14-15)	-	+	+

3) 快速移动电动机 M2 的控制

主轴的轴向进给、主轴箱 (包括尾架) 的垂直进给、工作台的纵向和横向进给等的快速移动, 是由电动机 M2 通过齿轮、齿条来完成的。快速手柄扳到正向快速位置时, 压合行程开关 SQ8, 接触器 KM6 线圈获电吸合, 电动机 M2 正转启动实现快速正向移动。将快速手柄扳到反向快速位置, 行程开关 SQ7 被压合, KM7 线圈获电吸合, 电动机 M2 反向快速移动。



4) 联锁保护装置

为了防止在工作台或主轴箱自动快速进给时又将主轴进给手柄扳到自动快速进给的误操作,就采用了与工作台和主轴箱进给手柄有机械连接的行程开关 SQ1 (在工作台后面)。当上述手柄扳到工作台(或主轴箱)自动快速进给的位置时, SQ1 被压断开。同样,在主轴箱上还有装有另一个行程开关 SQ2,它与主轴进给手柄有机械连接,当这个手柄动作时, SQ2 也受压分断。电动机 M1 和 M2 必须在行程开关 SQ1 和 SQ2 中有一个处于闭合状态时,才可以启动。如果工作台(或主轴箱)在自动进给(此时 SQ1 断开)时,再将主轴进给手柄扳到自动进给位置(SQ2 也断开),那么电动机 M1 和 M2 便都自动停车,从而达到联锁保护的目。

3. 原理分析(图 3-10)

① 压下 SQ3、SQ4,按下 SB2,主电动机正转低速运行。

② 按下 SB1,KA1、KM3、KM1、KM4 相继失电,接着,经 SB1(3-13)→KS(13-18)→KM1(18-19),KM2 得电,电动机进行反接制动,KS(13-18)断开,制动结束。

③ 压下 SQ3, SQ4,按下 SB3,主电动机反转低速运行。

④ 按下 SB1,KA2、KM3、KM2、KM4 相继失电,接着,经 SB1(3-13)→KS(13-14)→KM2(14-16),KM1 得电,电动机进行反接制动,KS(13-14)断开,制动结束。

⑤ 压下 SQ3、SQ4、SQ7,按下 SB2,主电动机正转低速运行。KT→(13-20)断开→KM4 失电低速停止。KT→(13-22)闭合→KM5 得电→电动机正转高速运行。

⑥ 压下 SQ3、SQ4、SQ7,按下 SB3,主电动机反转低速运行。KT→(13-20)断开→KM4 失电低速停止。KT→(13-22)闭合→KM5 得电→电动机反转高速运行。

3.5 M1432A 型万能外圆磨床

M1432A 型万能外圆磨床主要用于磨削圆柱形或圆锥形(包括阶梯形)的外圆表面和内孔,成品的尺寸精度可达 1~2 级,表面粗糙度可达 T8~T10。机床的外磨砂轮、内磨砂轮、工件、油泵及冷却泵,均以单独的电动机驱动。机床的工作台纵向运动,可由液压驱动,也可用手轮摇动。砂轮架横向快速进退由液压驱动,其进给运动由手轮机构实现。M1432A 型万能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面。

3.5.1 M1432A 型万能外圆磨床的主要结构及运动形式

M1432A 型万能外圆磨床在用于磨削 IT5~IT7 精度的圆柱形或圆锥形外圆和内孔时,该机床的液压系统具有以下功能。

① 能实现工作台的自动往复运动,并能在 0.05~4m/min 之间无级调速,工作台换向平稳,启动和制动迅速,换向精度高。

② 为方便装卸工件,尾架顶尖的伸缩采用液压传动。

③ 工作台可做微量抖动:切入磨削或加工工件略大于砂轮宽度时,为了提高生产率和改

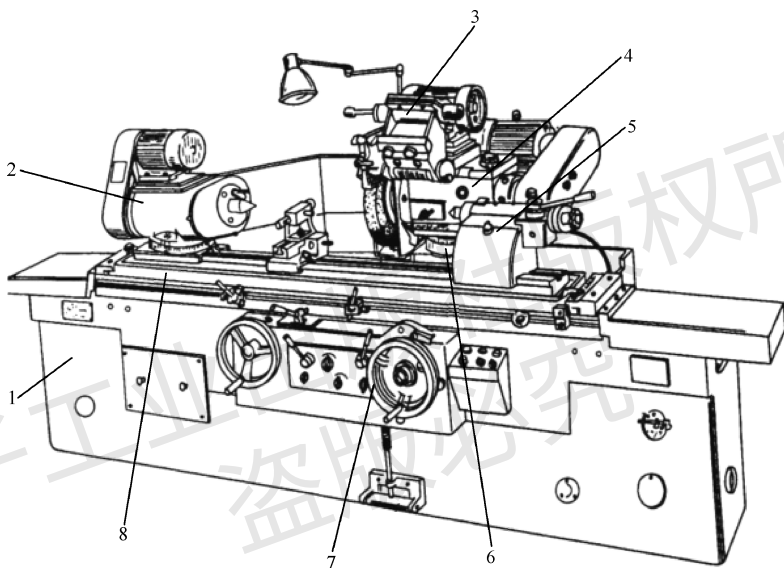
善表面粗糙度,工作台可做短距离(1~3mm)频繁往复运动(100~150次/min)。

④ 传动系统具有必要的联锁动作:工作台的液动与手动联锁,以免液动时带动手轮旋转,引起工伤事故。砂轮架快速前进时,可保证尾架顶尖不后退,以免加工时工件脱落。磨内孔时,为使砂轮不后退,传动系统中设置有与砂轮架快速后退联锁的机构,以免撞坏工件或砂轮。

⑤ 砂轮架快进时,头架带动工件转动,冷却泵启动;砂轮架快速后退时,头架与冷却泵电动机停转。

1. 主要结构

M1432A 型万能外圆磨床主要由床身、工作台、砂轮架、内圆磨具、头架、砂轮主轴箱、液压操纵箱、尾架等几部分组成,如图 3-11 所示。



1—床身; 2—头架; 3—内圆磨具; 4—砂轮架; 5—尾架; 6—滑鞍; 7—手轮; 8—工作台

图 3-11 M1432A 型万能外圆磨床结构图

2. 运动形式

主要运动有砂轮架(或内圆磨具)主轴带动砂轮高速旋转,头架主轴带动工件做旋转运动,工作台做纵向(轴向)往复运动,砂轮架做横向(径向)进给运动,这些运动用以完成各种工件的磨削加工。机床的辅助运动是砂轮架的快速进退,可以缩短辅助工时。

3. 电力拖动特点及控制要求

① 砂轮电动机只需要单方向转动。

② 内圆磨削和外圆磨削用两台电动机分别拖动,它们之间应实行联锁。

③ 工作台轴向运动须平稳并能实现无级调速,采用液压传动。砂轮架快速移动也采用液压传动。



- ④ 当内圆磨头插入工件内腔时，砂轮架不许快速移动，以免造成事故。

3.5.2 M1432A 型万能外圆磨床电气控制线路分析

1. 主电路

主电路共有五台电动机，其中 M1 是油泵电动机，给液压传动系统提供压力油；M2 是双速电动机，是带动工件旋转的头架电动机；M3 是内圆砂轮电动机；M4 是外圆砂轮电动机；M5 是给砂轮和工件供应冷却液的冷却泵电动机。电路总的短路保护用熔断器 FU1，M1 和 M2 公用熔断器 FU2 做短路保护，M3 和 M5 公用熔断器 FU3 做短路保护（图 3-12）。

2. 控制电路

（1）油泵电动机 M1 的控制

M1432A 型万能外圆磨床砂轮架的横向进给、工作台纵向往复进给及砂轮架快速进退等运动，都采用液压传动，液压传动时需要的压力油由电动机 M1 带动液压油泵供给。按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈获电吸合，KM1 主触头闭合，油泵电动机 M1 启动。按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 线圈断电释放，KM1 主触头断开，电动机 M1 停转。除了接触器 KM1 之外，其余的接触器所需的电源都从接触器 KM1 的自锁触头后面接出，所以，只有当油泵电动机 M1 启动后，其余的电动机才能启动。

（2）头架电动机的控制

头架电动机 M2 是安装在头架上的，头架中有主轴，它与尾架一起把工件沿轴线顶牢，然后带着工件旋转。SA1 是转速选择开关，分“低”、“停”、“高”三挡。如将 SA1 扳到“低”挡的位置，按下油泵电动机的启动按钮 SB2，M1 启动，通过液压传动使砂轮架快速前进，当接近工件时，压合位置开关 SQ1，接触器 KM2 线圈获电吸合，它的主触头将头架电动机 M2 接成三角形，电动机 M2 低速运转。同理，若将选择开关 SA1 扳到“高”挡位置，砂轮架快速前进压合位置开关 SQ1，接触器 KM3 线圈获电吸合，它的主触头将头架电动机 M2 接成双星形，电动机 M2 高速运转。

SB3 是点动控制按钮，以便对工件进行校正和调试。磨削完毕，砂轮退回原处，位置开关 SQ1 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

内圆砂轮电动机 M3 由接触器 KM4 控制，外圆砂轮电动机 M4 由接触器 KM5 控制。内、外圆砂轮电动机不能同时启动，由位置开关 SQ2 对它们实行联锁。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，SQ2 的常闭触头断开，常开触头闭合，按下启动按钮 SB4，接触器 KM5 线圈获电吸合，外圆砂轮电动机 M4 启动。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 复原，它的常开触头恢复断开，常闭触头恢复闭合，按下启动按钮 SB4，接触器 KM4 线圈获电吸合，使内圆砂轮电动机 M3 启动运行。内圆砂轮磨削时，砂轮架是不允许快速退回的，因为此时内圆磨头在工件的内孔，砂

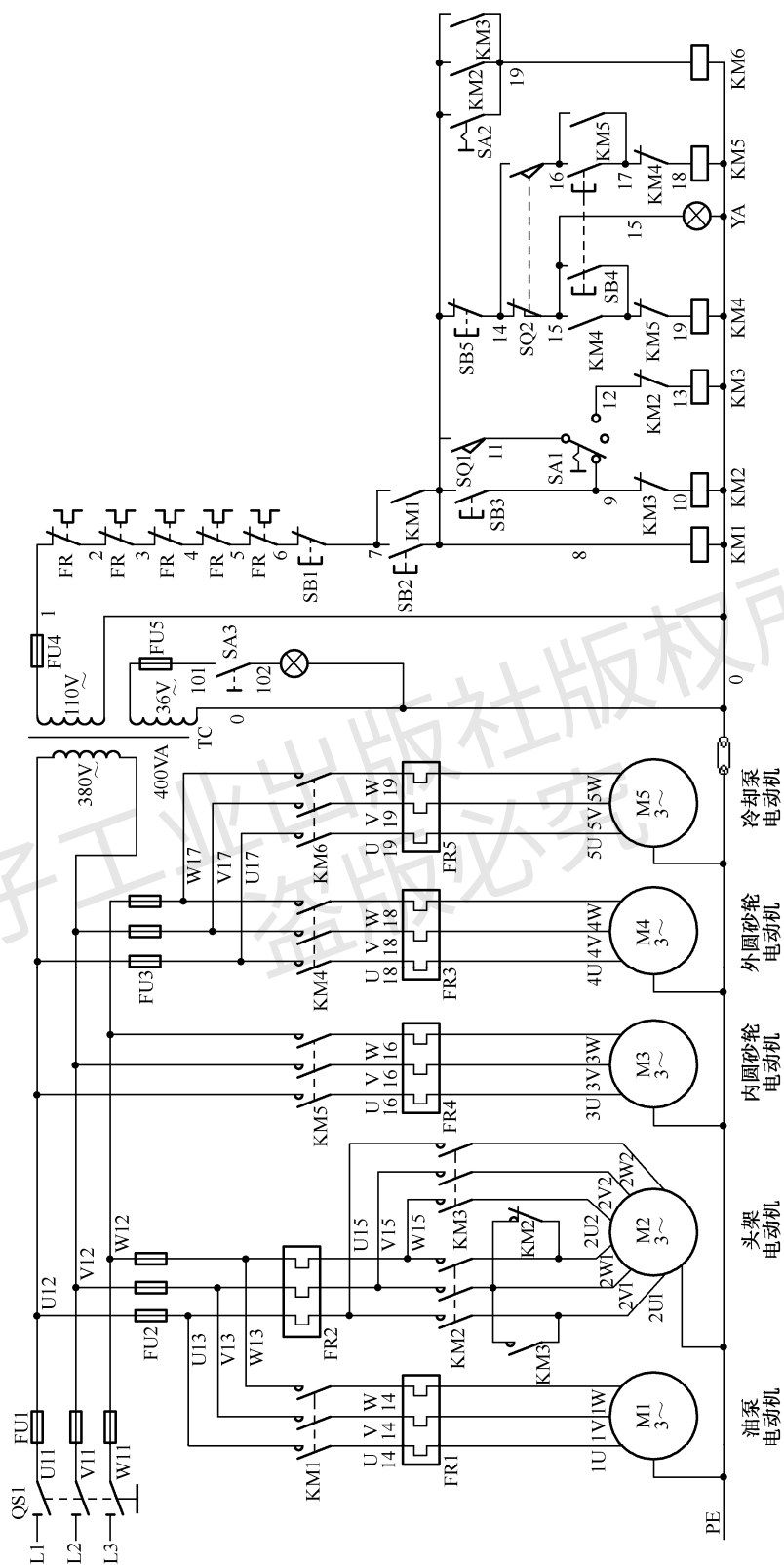


图3-12 M1432A型万能外圆磨床电气控制线路



轮架若快速移动,易造成损坏磨头及工件的严重事故。为此,内圆磨削与砂轮架的快速退回实行联锁。当内圆磨具往下翻时,由于位置开关 SQ2 复位,故电磁铁 YA 线圈获电动作,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

当接触器 KM2 或 KM3 线圈获电吸合时,头架电动机 M2 启动,同时由于 KM2 或 KM3 的常开辅助触点闭合,使接触器 KM6 线圈获电吸合,冷却泵电动机 M5 自行启动。

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。为此,备有转换开关 SA2,在修整砂轮时用来控制冷却泵电动机。

(5) 照明及指示电路

照明及指示灯用于照明和电源指示。

3. 原理分析

- ① 按下 SB2, M1 电动机启动且自锁, 8 号线保持有电; YA 灯亮。
- ② 按下 SB3, KM2 得电, 电动机 M2 在 940r/min 下点动运行。
- ③ 压下 SQ1, 扳动 SA1 接通 9, 电动机 M2 低速启动运行。SA1 扳到 12, KM3 得电, M2 电动机接成双星形, 高速运行。另外, 当 KM2、KM3 吸合时, 8-19 接通, KM6 吸合, M5 电动机启动运行。
- ④ 按下 SB4, KM4 吸合, M4 电动机启动且自锁。
- ⑤ 扳动 SQ2, 14-15 断开, 14-16 接通, 按下 SB4, KM5 吸合, M3 电动机启动且自锁。
- ⑥ 转动 SA2, KM6 吸合, M5 启动。
- ⑦ KM2 与 KM3、KM4 与 KM5 相互联锁。

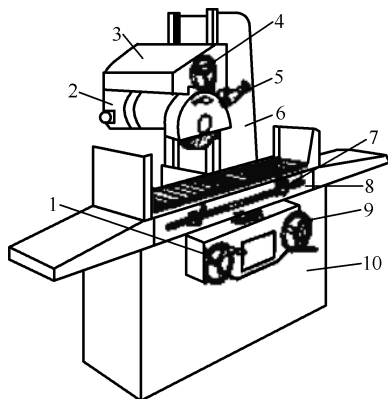
3.6 M7120 型平面磨床控制线路

磨床是用砂轮的周面或端面进行加工的高效精密机床。磨床的种类很多,有平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、工具磨床等,其中又以平面磨床应用最为广泛。下面以 M7120 型平面磨床为例进行分析。

3.6.1 M7120 型平面磨床概述

1. 主要结构和运动形式

M7120 型平面磨床的结构如图 3-13 所示,主要由床身、工作台、电磁吸盘、立柱、滑柱、砂轮架、手轮等组成。共有四台电动机,砂轮电动机是主运动电动机,直接带动砂轮旋转对工件进行磨削加工;砂轮升降电动机使拖板沿立柱导轨上下移动,用以调整砂轮位置;工作台和砂轮的往复运动是靠液压泵电动机进行液压传动的,液压传动较平稳,能实现无级调速,换向时惯性小,换向平稳;冷却泵电动机带动冷却泵供给砂轮和各工件冷却液,同时用冷却液带走磨下的铁屑。



1—工作台纵向移动手轮；2—砂轮架；3—滑板座；4—砂轮横向进给手轮；5—砂轮修整器；
6—立柱；7—挡块；8—工作台；9—砂轮垂直进给手轮；10—床身

图 3-13 M7120 型平面磨床结构示意图

2. 电力拖动特点及控制要求

- ① 砂轮转动电动机和冷却泵电动机合用一个接触器控制，只需要单方向转动。
- ② 砂轮升降电动机为快速调整位置，采用点动控制。
- ③ 采用直流电压继电器实现失压保护。
- ④ 采用电磁吸盘对工件进行固定。

3.6.2 M7120 型平面磨床电气控制线路分析

图 3-14 是 M7120 型平面磨床电气线路，包括主电路、电动机控制电路、电磁吸盘控制电路、机床照明辅助电路等。

1. 主电路

主电路中共有四台电动机，其中 M1 是液压泵电动机，实现工作台的往复运动。M2 是砂轮电动机，带动砂轮转动来磨削加工工件。M3 是冷却泵电动机，只要求单向旋转，分别用接触器 KM1、KM2 控制。冷却泵电动机 M3 只有在砂轮电动机 M2 运转后才能运转。M4 是砂轮升降电动机，用于磨削过程中调整砂轮与工件之间的位置。

M1、M2、M3 是长期工作的，所以都装有过载保护。四台电动机共用一组熔断器 FU1 做短路保护。

2. 控制电路

(1) 液压泵电动机 M1 的控制

合上总开关 QS1 后，变压器副边输出 110V 交流电压，经桥式整流器 VC 整流后得到直流电压，使电压继电器 KV 获电动作，其常开触头闭合，为启动电动机做好准备。如果 KV 不可靠动作，各电动机均无法运行。因为平面磨床的工件靠直流电磁吸盘的吸力将工件吸牢在工作台上，只有具备可靠的直流电压后，才允许启动砂轮和液压系统，以保证安全。

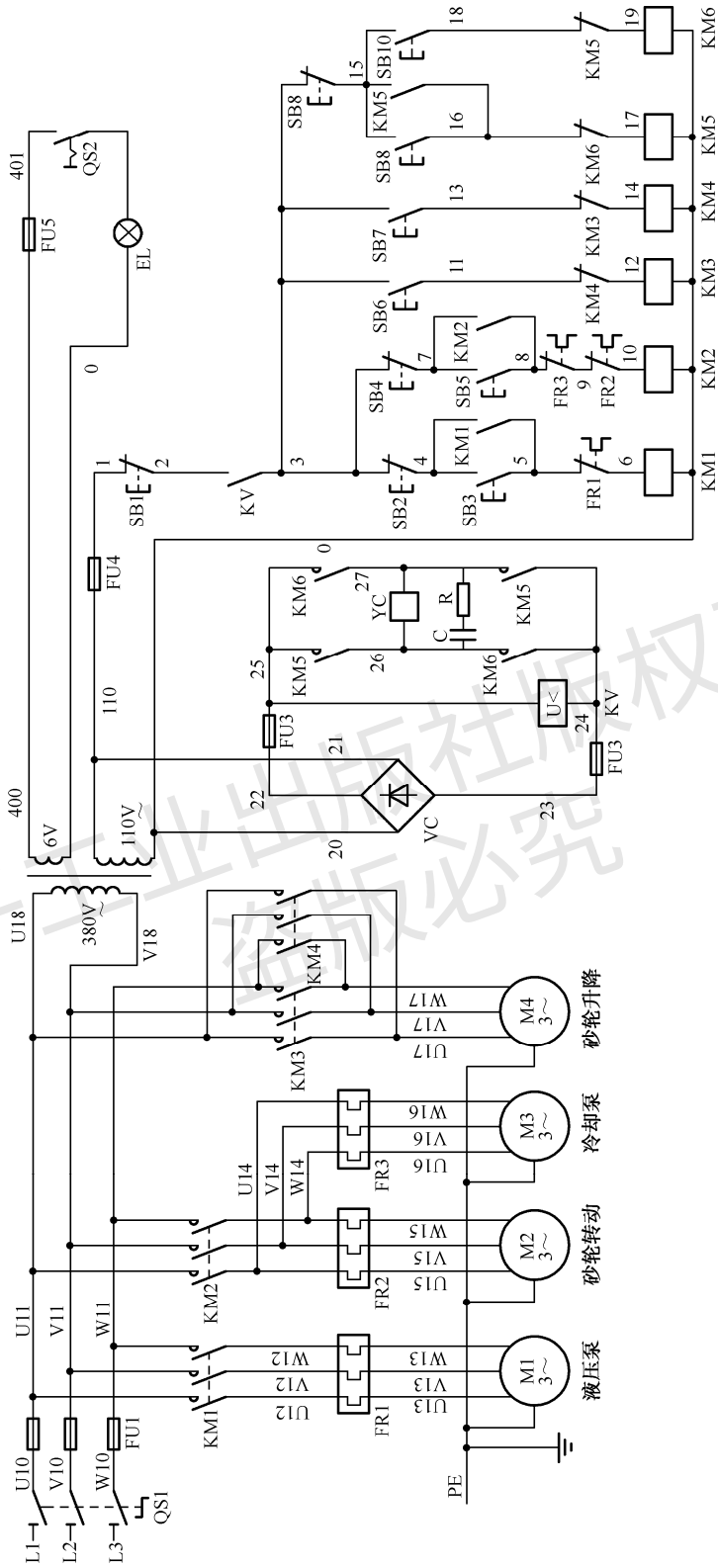


图3-14 M1720型平面磨床电气线路

当 KV 吸合后,按下启动按钮 SB3,接触器 KM1 通电吸合并自锁,液压油泵电动机 M1 启动运转,HL2 灯亮。若按下停止按钮 SB2,接触 KM1 线圈断电释放,电动机 M1 断电停转。

(2) 砂轮电动机 M2 及冷却泵电动机 M3 的控制

按下启动按钮 SB5,接触器 KM2 线圈获电动作,砂轮电动机 M2 启动运转。由于冷却泵电动机 M3 通过接触器 KM2 和 M2 联动控制,所以 M2 与 M3 同时启动运转。当不需要冷却时,可将插头拉出。按下停止按钮 SB4 时,接触器 KM2 线圈断电释放,M2 与 M3 同时断电停转。

两台电动机的热继电器 FR2 与 FR3 的常闭触头都串联在 KM2 电路中,只要有一台电动机过载,就使 KM2 失电。因冷却液循环使用,经常混有污垢杂质,很容易引起电动机 M3 过载,用热继电器 FR3 进行过载保护。

(3) 砂轮升降电动机 M4 的控制

砂轮升降电动机只有在调整工件和砂轮之间位置时使用,所以用点动按钮 SB6,接触器 KM3 线圈获电吸合,电动机 M4 启动正转,砂轮上升。达到所需位置时松开 SB6,KM3 线圈断电释放,电动机 M4 停转,砂轮停止上升。

按下点动按钮 SB7,接触器 KM4 线圈获电吸合,电动机 M4 启动反转,砂轮下降,当到达所需位置时,松开 SB7,KM4 线圈断电释放,电动机 M4 停转,砂轮停止下降。

为了防止电动机 M4 的正、反转线路同时接通,在线路中串入接触器 KM4 和 KM3 的常闭触头进行联锁控制。

(4) 电磁吸盘控制电路分析

电磁吸盘是固定加工工件的一种夹具,利用通电导体在铁芯中产生的磁场吸牢铁磁材料的工件,以便加工。它与机械夹具相比,具有夹紧迅速,不损伤工件,一次能吸若干个小工件,以及工件发热可以自由伸缩等优点。因而电磁吸盘在平面磨床上用得十分广泛。电磁吸盘的控制电路包括整流装置、控制装置和保护装置三部分。整流装置由变压器 TC 和单相桥式全波整流器 VC 组成,供给 110V 直流电源。

控制装置由按钮 SB8、SB9、SB10 和接触器 KM5、KM6 等组成。

充磁过程如下:按下充磁按钮 SB8,接触器 KM5 线圈获电吸合,KM5 主触头闭合,电磁吸盘 YH 线圈获电,工作台充磁吸住工件。同时其自锁触头闭合,联锁触头断开。

磨削加工完毕,在取下加工好的工作时,先按 SB9,切断电磁吸盘 YH 的直流电源,由于吸盘和工作都有剩磁,所以需要去磁。

去磁过程如下:按下点动按钮 SB10,KM6 吸合,电磁吸盘通入反向直流电,使工作台去磁。保护装置由放电电阻 R 和电容 C 以及零压继电器 KA 组成。

(5) 照明电路和指示电路分析

照明及指示灯用于照明和电源指示。



3. 原理分析

① 交流电压 110V 经整流, 使失压继电器 KV 线圈得电吸合, KV 触点 (2-3) 通, 以保证有足够电压时, 才能启动其他系统。

② 按下 SB9 按钮, KM5 吸合并自锁, 经 25-26-24, YC 通电吸合, 给电磁吸盘充电充磁。

③ 按下 SB8, KM5 线圈失电。按下 SB10 使 KM6 点动吸合, 给电磁吸盘反向充电去磁, 以便调整工件位置或取下工件。

④ 与 YC 并联的 RC 电路用于 YC 断电时吸收 YC 的能量。

3.7 X62W 型万能铣床控制线路

X62W 型万能铣床是一种通用的多用途机床, 它可以用圆柱铣刀、圆片铣刀、成形铣刀等工具对各种零件进行平面、斜面、螺旋面及成形表面的加工, 还可以加装万能铣头和圆工作台来扩大加工范围。目前, 万能铣床常用的有两种, 一种是卧式万能铣床, 铣刀水平放置, 另一种是立式万能铣床, 铣头垂直放置。这两种机床结构大致相似, 电气控制线路经过系列化以后, 也是一样的。

3.7.1 X62W 型万能铣床概述

1. 主要结构和运动形式

X62W 型万能铣床的结构如图 3-15 所示, 它主要由床身、主轴、刀杆、悬梁、工作台、回转盘、横溜板、升降台、底座等组成。在床身的前面有垂直导轨, 升降台可沿着它上下移动。在升降台上的水平导轨上, 装有可在平行主轴轴线方向移动 (前后移动) 的溜板。溜板上部有可转动的回转盘, 工作台就在溜板上部回转盘上的导轨上做垂直于主轴轴线方向的移动 (左右移动)。工作台上 T 形槽用来固定工件。这样, 安装在工作台上的工件就可以在三个坐标上的六个方向调整位置或进给。铣床主轴带动铣刀的旋转运动是主运动; 铣床工作台的前后 (横向)、左右 (纵向) 和上下 (垂直) 6 个方向的运动是进给运动; 铣床其他的运动, 如工作台的旋转运动则属于辅助运动。除了能在平行于或垂直于主轴轴线方向进给外, 还能在倾斜方向进给, 还可以加工螺旋槽, 故称万能铣床。

2. 电力拖动特点及控制要求

① 主轴电动机需要正反转, 但方向的改变并不频繁。因此, 可用电源相序开关实现电动机的正反转, 节省一个反向接触器。

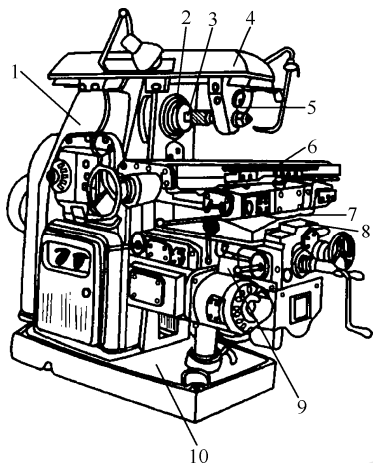
② 铣刀的切削是一种不连续的切削, 容易使机械传动系统发生振动, 为了避免各种现象, 在主轴传动系统中装有惯性轮, 但在高速切削后, 停车很费时间, 故采用电磁离合器制动。

③ 工作台既可以做六个方向的进给运动, 又可以做六个方向上的快速移动。

④ 为防止刀具和机床的损坏, 要求只有主轴旋转后, 才允许有进给运动。为了改善工件

表面粗糙度,只有进给停止后主轴才能停止或同时停止。该机床采用了主轴和进给同时停止的方式,但由于主轴运动的惯性大,实际上就保证了进给运动先停止,主轴运动后停止的要求。

⑤ 主轴运动和进给运动采用变速盘进行速度选择,为了保证变速齿轮进入良好啮合状态,两种运动都要求变速后做瞬时点动。



1—床身；2—主轴；3—刀杆；4—悬梁；5—刀杆支架；6—工作台；7—回转盘；8—滑座；9—进给操作手柄；10—底座

图 3-15 铣床结构示意图

3.7.2 X62W 型万能铣床电气控制线路分析

X62W 型万能铣床电气控制线路如图 3-16 所示,包括主电路、电动机控制电路、电磁阀控制电路和照明电路。

1. 主电路

主电路共有三台电动机, M1 是主电动机,拖动主轴带动铣刀进行铣削加工; M2 是工作台进给电动机,拖动升降台及工作台进给; M3 是冷却泵电动机,供应冷却液。

2. 控制电路

(1) 主轴电动机的控制

控制线路中的启动按钮 SB1 和 SB2 是异地控制按钮,分别装在机床两处,方便操作。SB5 和 SB6 是停止按钮。KM1 是主轴电动机 M1 的启动接触器, YC1 则是主轴制动用的电磁离合器, SQ1 是主轴变速冲动的行程开关。

① 主轴电动机的启动。由换相开关 SA3 控制主轴电动机的运行方向, SB1 或 SB2 给 KM1 送电,接通主轴电动机电路。

② 主轴电动机的停车制动。按下 SB5 和 SB6 停止运行。

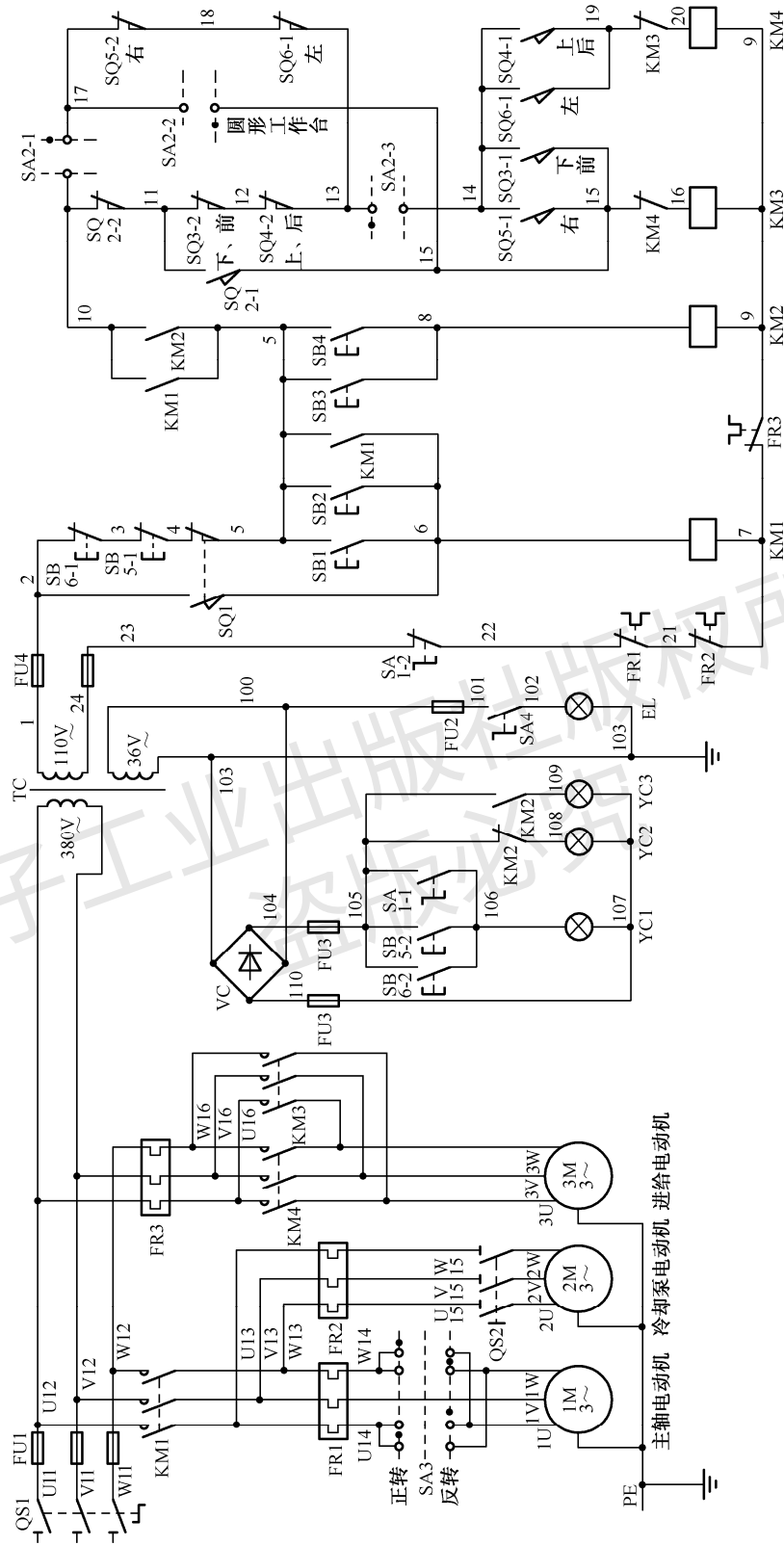


图3-16 X62W型万能铣床电气控制线路图



③ 主轴换铣刀控制。在主轴上更换铣刀时,为了避免主轴转动,造成更换困难,应将主轴制动。方法是:将转换开关 SA1 扳到制动位置,接通制动电磁铁制动,同时切断控制电路防止接触器误动。

④ 主轴变速时的冲动控制。主轴变速时的冲动控制,是利用变速手柄与冲动行程开关 SQ1 通过机械上的联动机构实现的。利用变速手柄与冲动行程开关 SQ1,通过 M1 点动,使齿轮系统产生一次抖动,以便于齿轮顺利啮合,且变速前应先停车。

(2) 工作台进给电动机的控制

转换开关 SA2 是控制圆工作台的,在不需要圆工作台工作时,转换开关 SA2 扳到“断开”位置,此时 SA2-1 闭合,SA2-2 断开,SA2-3 闭合;当需要圆工作台运动时,将转换开关 SA2 扳到“接通”位置,则 SA2-1 断开,SA2-2 闭合,SA2-3 断开。工作台的左右进给运动由左右进给操作手柄控制。操作手柄与位置开关 SQ5 和 SQ6 联动,有左、中、右三个位置,其控制关系见表 3-4。当手柄扳向中间位置时,位置开关 SQ5 和 SQ6 均未被压合,进给控制电路处于断开状态;当手柄扳向左或右位置时,手柄压下位置开关 SQ5 或 SQ6,使常闭触头 SQ5-2 或 SQ6-2 分断,常开触头 SQ5-1 或 SQ6-1 闭合,接触器 KM3 或 KM4 得电动作,电动机 M2 正转或反转。由于在 SQ5 或 SQ6 被压合的同时,通过机械机构已将电动机 M2 的传动链与工作台下面的左右进给丝杠相搭合,所以电动机 M2 的正转或反转就拖动工作台向左或向右运动。工作台的上下和前后进给运动是由一个手柄控制的。该手柄与位置开关 SQ3 和 SQ4 联动,有上、下、前、后、中 5 个位置,其控制关系见表 3-5。当手柄扳至中间位置时,位置开关 SQ3 和 SQ4 均未被压合,工作台无任何进给运动;当手柄扳至下或前位置时,手柄压下位置开关 SQ3 使常闭触头 SQ3-2 分断,常开触头 SQ3-1 闭合,接触器 KM3 得电动作,电动机 M2 正转,带动着工作台向下或向前运动;当手柄扳向上或后时,手柄压下位置开关 SQ4,使常闭触头 SQ4-2 分断,常开触头 SQ4-1 闭合,接触器 KM4 得电动作,电动机 M2 反转,带动着工作台向上或向后运动。

当两个操作手柄被置于某一进给方向后,只能压下四个位置开关 SQ3、SQ4、SQ5、SQ6 中的一个开关,接通电动机 M3 正转或反转电路,同时通过机械机构将电动机的传动链与三根丝杠(左右丝杠、上下丝杠、前后丝杠)中的一根(只能是一根)相搭合,拖动工作台沿选定的进给方向运动,而不会沿其他方向运动。

① 工作台纵向进给。工作台的左右(纵向)运动由“工作台操作手柄”来控制。手柄有三个位置:向左、向右、零位(停止)。

② 工作台向右运动。主轴电动机 M1 启动后,将操作手柄向右扳,其联动机构压动位置开关 SQ5,常开触头 SQ5-1 闭合,常闭触头 SQ5-2 断开,接触器 KM3 通电吸合;电动机 M2 正转启动,带动工作台向右运动。

③ 工作台向左运动。主轴电动机 M1 启动后,将操作手柄拨向左,这时位置开关 SQ6 被压着,常开触头 SQ6-1 闭合,常闭触头 SQ6-2 断开,接触器 KM4 通电吸合;电动机 M2 反转,带动工作台向左运动。

④ 工作台升降和横向(前后)进给。操纵工作台上下和前后运动是用同一手柄完成的。



该手柄有五个位置,即上、下、前、后和中间位置。当手柄向上或向下时,机械上接通了垂直进给离合器;当手柄向前或向后时,机械上接通了横向进给离合器;手柄在中间位置时,横向和垂直进给离合器均不接通。

在手柄扳到向下或向前位置时,手柄通过机械联动机构使位置开关 SQ3 被压动,接触器 KM3 通电吸合,电动机正转;在手柄扳到向上或向后位置时,位置开关 SQ4 被压动,接触器 KM4 通电吸合,电动机反转。

此五个位置是联锁的,各个方向的进给不能同时接通,所以不可能出现传动紊乱的现象。

表 3-4 工作台左右进给手柄位置及其控制关系

手柄位置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
左	SQ5	KM 3	正转	左右进给丝杠	向左
中	—	—	停止	—	停止
右	SQ6	KM 4	反转	左右进给丝杠	向右

表 3-5 工作台上、下、中、前、后进给手柄位置及其控制关系

手柄位置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
上	SQ4	KM4	反转	上下进给丝杠	向上
下	SQ3	KM3	正转	上下进给丝杠	向下
中	—	—	停止	—	停止
前	SQ3	KM3	正转	前后进给丝杠	向前
后	SQ4	KM4	反转	前后进给丝杠	向后

⑤ 进给变速冲动。和主轴一样,进给变速时,为了使齿轮进入良好的啮合状态,也要做变速后的瞬时点动。在进给变速时,只需要将变速盘往外拉,使进给齿轮松开,待转动变速盘选择好速度以后,将变速盘向里推。

⑥ 工作台的快速移动。为了提高生产率,减少生产辅助时间,X62W 型万能铣床在加工过程中,不做铣削加工时,要求工作台快速移动,当进入铣切区时,要求工作台以原进给速度移动。6 个进给方向的快速移动是通过两个进给操作手柄和快速移动按钮配合实现的。安装好工件后,扳动进给操作手柄选定进给方向,按下快速移动按钮 SB3 或 SB4(两地控制),接触器 KM2 得电,KM2 常闭触头分断,电磁离合器 YC2 失电,将齿轮传动链与进给丝杠分离。KM2 两对常开触头闭合,一对使电磁离合器 YC3 得电,将电动机 M2 与进给丝杠直接搭合;另一对使接触器 KM3 或 KM4 得电动作,电动机 M2 得电正转或反转,带动工作台沿选定的方向快速移动。由于工作台的快速移动采用的是点动控制,故松开 SB3 或 SB4,快速移动停止。

⑦ 圆形工作台的控制。为了提高机床的加工能力,可在机床上安装附件圆形工作台,这样可以进行圆弧或轮的铣削加工。在拖动时,所有进给系统均停止工作,只让圆工作台绕轴心回转。当需要圆形工作台旋转时,将开关 SA2 扳到接通位置,这时触头 SA2-1 和 SA2-3 断开,触头 SA2-2 闭合,电流经 10-13-14-15-20-19-17-18 路径,使接触器 KM3 得电,电动机 M2 启动,通过一根专用轴带动圆形工作台做旋转运动。转换开关 SA2 扳到断开位置,这时触头 SA2-1



和 SA2-3 闭合,触头 SA2-2 断开,以保证工作台在 6 个方向的进给运动,因为圆形工作台的旋转运动和 6 个方向的进给运动也是联锁的。

3. 原理分析

- ① 扳动 SQ1, 2-6 通, KM1 吸合, SQ1 不动, 5 号线带电。
- ② 按下 SB1 或 SB2, KM1 吸合自锁, 使 10 号线带电。转动 SA3, M1、M2 电动机转动。
- ③ 按下 SB3 或 SB4, KM2 点动吸合, 同时 10 号线带电。
- ④ 转动 SA1-2, 22-23 断, 控制回路电断。
- ⑤ 转换开关工作状态: SA2-1 与 SA2-3 同时通时, SA2-2 断开。反之, SA2-2 通时 SA2-1 与 SA2-3 同时断开。
- ⑥ 当 SA2-1、SA2-3 接通时, 14 号线有二条通路, 其一为 10-17-18-13-14, 其二为 10-11-12-13-14。
- ⑦ 压下 SQ5, SQ5-1 通、SQ5-2 断, 电经 10-11-12-13-14-15-16, KM3 吸合, M3 电动机反转。
- ⑧ 压下 SQ6, SQ6-1 通、SQ6-2 断, 电经 10-11-12-13-14-19-20, KM4 吸合, M3 电动机正转。
- ⑨ 压下 SQ3, SQ3-1 通、SQ3-2 断, 电经 10-17-18-13-14-15-16, KM3 吸合, M3 电动机反转。
- ⑩ 压下 SQ4, SQ4-1 通、SQ4-2 断, 电经 10-17-18-13-14-19-20, KM4 吸合, M3 电动机正转。
- ⑪ 压下 SQ2, SQ2-1 通、SQ2-2 断, 电经 10-17-18-13-12-11-15-16, KM3 吸合, M3 电动机反转。

3.8 M7475B 型平面磨床控制线路

M7475B 型平面磨床属于立轴圆台平面磨床,有圆形电磁工作台和立式磨头,采用砂轮端面磨削。该机床为高效率的平面磨床,主要用于粗磨毛坯或磨削一般精度的工件。

3.8.1 M7475B 型平面磨床概述

1. 主要结构和运动形式

磨床是用砂轮对工件的表面进行磨削加工的一种精密机床, M7475B 型平面磨床结构如图 3-17 所示, 主要由床身、工作台、砂轮架和立柱等部分组成, 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。

磨床的主运动是砂轮电动机 M1 带动砂轮旋转运动。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 带动工作台左右移动和磨头升降电动机 M4 带动砂轮架沿立柱导轨上下移动, 磨床的砂轮和工作台分别由单独的电动机拖动, 并用继

电器、接触器控制，属于纯电气控制。

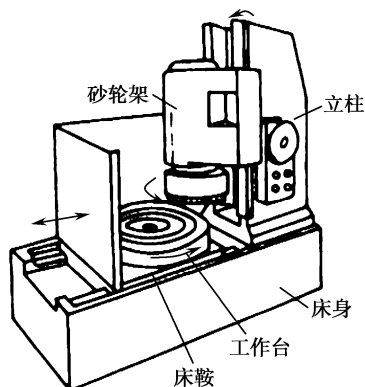


图 3-17 M7475B 型平面磨床结构简图

2. 电力拖动特点及控制要求

砂轮电动机 M1 只要求单方向旋转。由于容量较大，采用 Y- Δ 降压启动以限制启动电流。工作台转动电动机 M2 采用双速电动机来实现工作台的高速和低速转动，简化传动机构。工作台低速转动时，电动机的定子绕组接成 Δ 形，转速为 940r/min；工作台高速旋转时，电动机的定子绕组接成双星形，转速为 1440r/min。

工作台移动电动机 M3 和磨头升降电动机 M4 由继电器控制，KA2 控制电磁吸盘的励磁，停止励磁后自动退磁。

3.8.2 M7475B 型平面磨床电气控制线路分析

M7475B 型平面磨床电气控制线路如图 3-18 所示。

1. 主电路

机床的主电路由五台交流异步电动机及其辅助电气元件组成。组合开关 QS1 是总电源开关。

M1 是砂轮电动机，KM1 和 KM2 是 M1 的 Y- Δ 启动交流接触器。M1 的过载保护电器是热继电器 FR1，短路保护电器是电源开关柜中的熔断器。M2 是工作台转动电动机，KM4 和 KM3 分别是 M2 的高速与低速转动启停接触器。M2 的短路保护电器是熔断器 FU1，过载保护电器是 FR2。M3 是工作台移动电动机，能够正反转。KM5 和 KM6 是 M3 的正反转启停接触器。热继电器 FR3 是 M3 的过载保护电器。M4 是磨头升降电动机，也是一台双向电动机，功率为 0.75kW。接触器 KM7 和 KM8 分别控制 M4 的正反转。热继电器 FR4 是 M4 的过载保护电器。M5 是冷却泵电动机，KM9 是 M5 的启动与停止接触器，FR5 是 M5 的过载保护电器。M3、M4、M5、M6 共用的短路保护电器是熔断器 FU2。

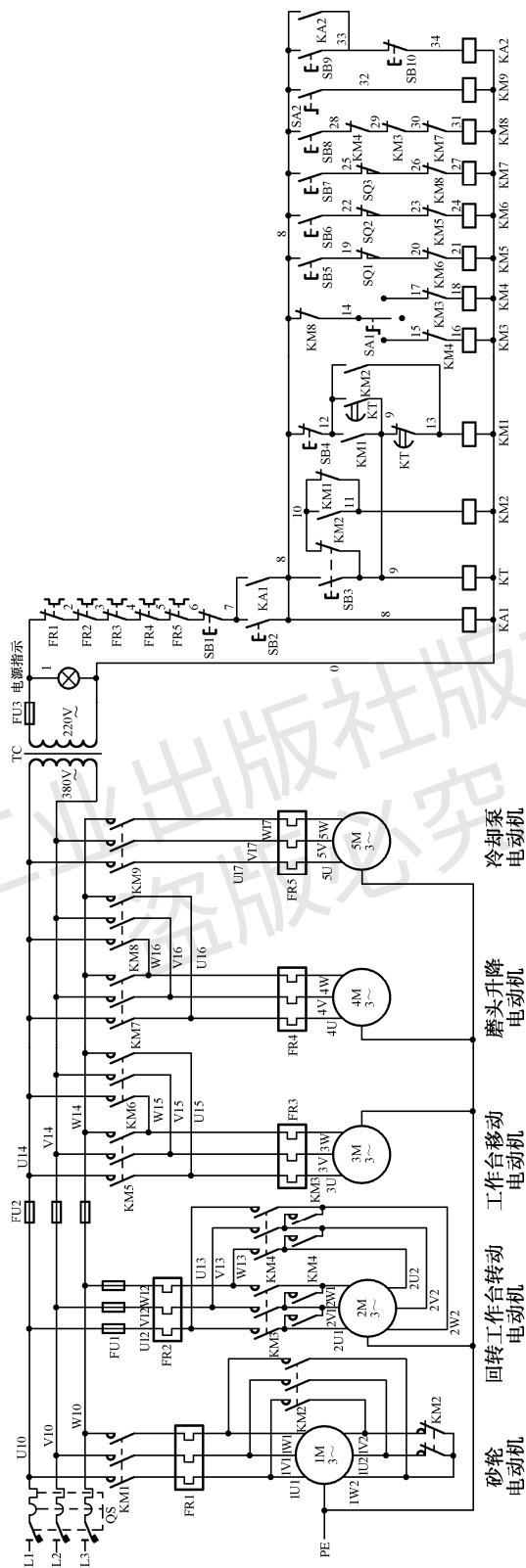


图3-18 M7475B型平面磨床电气控制线路

2. 控制电路

(1) 砂轮电动机 M1 的启动与停止控制

合上开关 QS, 引入三相电源。按下启动按钮 SB2, 零压保护继电器 KA1 的线圈通电吸合并自锁, 其常开触点闭合, 电源接通信号灯 HL1 亮, 表示机床的电气线路已处于带电状态。按下砂轮电动机启动按钮 SB3, 交流接触器 KM1 以及时间继电器 KT 获电吸合, 使砂轮电动机 M1 在定子绕组接成星形的情况下启动旋转。经过一段时间, 继电器 KT 的延时断开常闭触头断开, KM1 断电释放时 KT 的延时闭合常开触头闭合, 接触器 KM2 获电动作, M1 定子绕组组成△形连接, 砂轮电动机进入正常运行。停车时, 按停止按钮 SB1, 接触器 KM1、KM2 和时间继电器 KT 断电释放, 砂轮电动机停转。

(2) 工作台转动控制

工作台转动有两种速度, 由开关 SA1 控制。若将开关 SA1 扳到低速位置, 交流接触器 KM3 通电吸合。由于接触器 KM4 无电, 工作台转动电动机 M2 定子绕组接成△形, 电动机启动低速旋转, 通过传动机构带动工作台低速转动。若将 SA1 扳到高速位置, 交流接触器 KM4 得电动作, 因接触器 KM3 无电, KM4 的触点将工作台转动电动机的定子绕组接成双星形, 电动机 M2 通电后带动工作台高速转动。若将开关 SA1 扳到中间位置, KM3 和 KM4 均断电, M2 和工作台停转。工作台转动时, 磨头不能下降。在磨头下降的控制线路中, 串接了 KM3 和 KM4 的动断触点。只要工作台转动, KM3 和 KM4 的动断触点总有一个断开, 切断磨头的下降控制线路。而当磨头下降时, 接触器 KM8 的常闭辅助触头断开, 接触器 KM3 和 KM4 都不能通电吸合, 所以工作台不能转动。

(3) 工作台移动控制

按下启动按钮 SB5, 接触器 KM5 得电吸合, 工作台移动电动机 M3 正向旋转, 工作台向左移动(退出)。按下启动按钮 SB6, 接触器 KM6 得电吸合, 工作台移动电动机 M3 反向转动, 拖动工作台向右移动(进入)。因为在按钮两端未装设并联的接触器动合触点, 接触器不能自锁, 所以工作台左右移动是点动控制。松开按钮, 工作台移动停止。限位开关 SQ1 和 SQ2 是工作台移动终端保护元件。当工作台移动到极限位置时, 撞开限位开关 SQ1 或 SQ2, 工作台移动控制线路断电, 工作台停止移动。

(4) 磨头上升与下降控制

按下按钮 SB7 或 SB8, 由接触器 KM7 或 KM8 控制电动机 M4 带动磨头上下移动。

(5) 冷却泵电动机 M5 的控制

将开关 SA2 接通, 接触器 KM9 通电吸合, 冷却泵电动机 M5 启动运转。断开 SA2, KM9 断电释放, M5 停转。

3. 原理分析

① 按下 SB2, KA1 中间继电器吸合自锁, 使 8 号线带电。

② 按下 SB3, 时间继电器 KT、接触器 KM1 得电吸合, 电动机 M1 星形启动, KM1(12-9)



闭合自锁, KM1 (10-11) 断开。过段时间后, KT 常闭触头 (9-13) 断开, 电动机 M1 星形启动结束。同时 KT 常开触头 (12-9) 闭合, KM2 得电, 电动机接成三角形, KM2 (10-11)、(12-13) 闭合, 电动机三角形运行。停止时, 按下 SB1 或 SB4 均可。

③ 双速电动机 M2 启动运行, SA1 打到左边, KM3 得电吸合, M2 电动机低速启动运行; SA1 打到右边, KM4 得电吸合, M2 电动机高速双星形启动运行。当然, KM8 接触器吸合时, 8-14 断开, KM3、KM4 都不能工作。

3.9 交流桥式起重机的电气控制

3.9.1 桥式起重机概述

起重机是专门用来起吊和短距离搬移重物的一种生产机械, 通常也称行车、吊车或天车。按其结构的不同, 分为桥式、塔式、门式、旋转式和缆索式等。桥式起重机按照起重量分为三个等级: 5t 和 10t 为小型起重机, 15~50t 为中型起重机, 50t 以上为重型起重机。

1. 桥式起重机的主要结构及运动形式

- ① 起重机由大车电动机驱动沿车间两边的轨道做纵向前后运动。
- ② 小车及提升机构由小车电动机驱动沿桥梁上的轨道做横向左右运动。
- ③ 在升降重物时由起重电动机驱动做垂直上下运动。

2. 桥式起重机电气控制的特点和要求

1) 桥式起重机的主要特点

① 桥式起重机的工作条件比较差, 由于安装在车间的上部, 有的还是露天安装, 往往处于高温、高湿度、易受风雨侵蚀或多粉尘的环境; 同时, 还经常处于频繁的启动、制动、反转状态, 会受到较大的机械冲击。故多采用绕线转子异步电动机拖动。

② 有合理的升降速度, 空载、轻载要求速度快, 以减少辅助工时; 重载时要求速度慢。

③ 在提升之初或重物下降到指定位置附近时需要低速运行, 因此应将速度分为几挡, 以便灵活操作。

④ 具有一定的调速范围, 普通起重机的调速范围一般为 3:1, 要求较高的则要达到 (5~10):1。

2) 控制要求

① 提升第一级作为预备级, 是为了消除传动间隙和张紧钢丝绳, 以避免过大的机械冲击。所以启动转矩不能过大, 一般限制在额定转矩的一半以下。

② 由于起重机的负载力矩为位能性反抗力矩, 因而电动机可运转在电动状态、再生发电状态和倒拉反接制动状态。

③ 为了保证人身与设备的安全, 停车必须采用安全可靠的制动方式。

④ 应具有必要的短路、过载、零位和终端保护。

3) 起重机提升机构的工作状态

(1) 提升重物时电动机的工作状态

提升重物时,电动机承受两个阻力转矩,一个是重物自重产生的位能转矩,另一个是在提升过程中传动系统存在的摩擦转矩。当电动机电磁转矩克服这两个阻力转矩时,重物将被提升。

(2) 下降重物时电动机的工作状态

① 反转电动状态。

当空钩或轻载下放重物时,由于负载的位能转矩小于摩擦转矩,这时依靠重物自重不能下降,为此电动机必须依重物下降方向施加电磁转矩强迫重物或空钩下放,此时电动机工作在反转电动状态,又称强力下放重物。

② 再生发电制动状态。

当以高于电动机同步转速的速度稳定下降时,电动机工作在再生发电制动状态。

③ 倒拉反接制动状态。

若重物较重,为获得低速下降,可采用倒拉反接制动下放。

3.9.2 5t 桥式起重机控制电路

凸轮控制器在中小型起重机的平移机构和小型起重机的提升机构控制中得到了广泛应用。凸轮控制器就是利用凸轮来操作多组触点动作的控制器,它是一种大型手动控制电器,常用于直接操作与控制转子绕线式异步电动机的启动、停止、正反转、调速等。

1. 凸轮控制器的结构原理

凸轮控制器由机械结构、电气结构、防护结构三部分组成(图 3-19)。

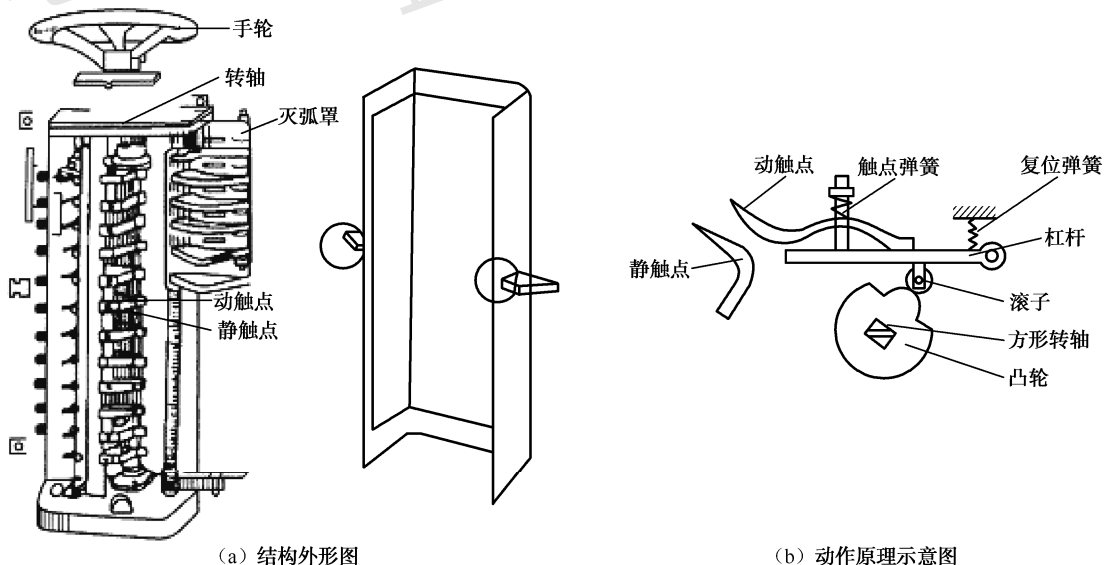


图 3-19 凸轮控制器的结构

凸轮控制器的工作原理是,当转轴在手轮扳动下转动时,固定在轴上的凸轮同轴一起转动,当凸轮的凸起部位顶住动触点杠杆上的滚子时,便将动触点与静触点分开或接通。

控制电路原理图中的凸轮控制器,以其圆柱表面的展开图表示。凸轮控制器有编号为1~12的12对触点,以竖画的细实线表示;而凸轮控制器的操作手轮右旋(控制电动机的正转)和左旋(控制电动机的反转)各有5个挡位,加上一个中间位置(称为“零位”)共有11个挡位,用横画的细虚线表示;每对触点在各个挡位接通,则以横竖线交点处的黑圆点“·”表示,无黑圆点表示断开。

2. 凸轮控制器控制的5t桥式起重机小车(吊钩)控制电路原理(图3-20)

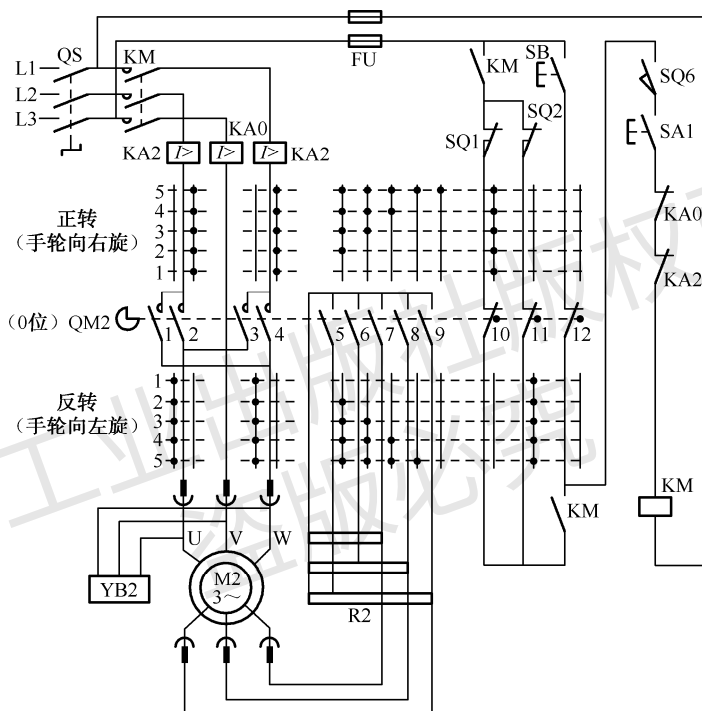


图 3-20 桥式起重机小车（吊钩）控制电路

M2 为小车（或吊钩）驱动电动机，采用转子绕线式三相异步电动机，在转子电路中串入三相不对称电阻 R2，用于启动及调速控制。YB2 为制动电磁铁，其三相电磁线圈与 M2（定子绕组）并联。QS 为电源引入开关，KM 为控制线路电源的接触器。KA0 和 KA2 为过流继电器，其线圈（KA0 为单线圈，KA2 为双线圈）串联在 M2 的三相定子电路中，而其动断触点则串联在 KM 的线圈支路中，无论哪个触点动作都可使 KM 线圈断电而停机。

（1）M2 的启动和正反转控制

电路每次操作之前，应先将 QM2 置于零位，舱门安全开关 SQ6 关闭。由图 3-20 可见 QM2 的触点 10、11、12 在零位接通；然后合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB，接触器 KM 线圈通过 QM2 的触点 12 通电，KM 的 3 对主触点闭合，接通 M2 的电源，然后可以用 QM2 操纵电动机 M2 的运行。QM2 的触点 10、11 与 KM 的动合触点一起构成正转或反转时的自锁电路。



凸轮控制器 QM2 的触点 1~4 用以换相, 控制 M2 的正反转, 由图 3-20 可见 QM2 右旋五挡触点 2、4 均接通, M2 正转; 而左旋五挡触点 1、3 接通, 按电源的相序, M2 为反转; 在零位时 4 对触点均断开。

(2) M2 的调速控制

凸轮控制器 QM2 的触点 5~9 用以改变电阻 R2 接入 M2 的转子回路, 以实现 M2 启动和转速的调节。由图 3-20 可见这 5 对触点在中间零位均断开, 而在左、右旋各五挡的通断情况是完全对称的: 在 (左、右旋) 第一挡触点 5~9 均断开, 三相不对称电阻 R2 全部串入 M2 的转子电路, 此时 M2 的机械特性最软; 置第二、三、四挡时触点 5、6、7 依次接通, 将 R2 逐级不对称地切除, 使电动机的转速逐渐升高; 当置第五挡时触点 5~9 全部接通, R2 被全部切除, M2 运行在自然特性曲线上。

(3) 安全保护功能

吊车控制电路具有过流保护、零压保护、零位保护、欠压保护、行程终端限位保护和安全保护共 6 种保护功能。

① 过流保护。

采用过流继电器进行过流 (包括短路、过载) 保护, 过电流继电器 KA0、KA2 的动断触点串联在 KM 线圈支路中。

② 零压保护。

采用按钮开关 SB 启动, SB 动合触点与 KM 的自锁动合触点相并联的电路, 都具有零压 (失压) 保护功能。

③ 零位保护。

采用凸轮控制器控制的电路在每次重新启动时, 还必须将凸轮控制器旋回中间的零位, 使触点 12 接通, 才能够按下 SB 接通电源, 这一保护作用称为 “零位保护”。

④ 欠压保护。

接触器 KM 本身具有欠电压保护的功能, 当电源电压不足时 (低于额定电压的 85%), KM 因电磁吸力不足而复位, 其动合主触点和自锁触点都断开, 从而切断电源。

⑤ 行程终端限位保护。

行程开关 SQ1、SQ2 分别用于 M2 正、反转 (如 M2 驱动小车, 则分别为小车的右行和左行) 的行程终端限位保护, 其动断触点分别串联在 KM 的自锁支路中。

⑥ 安全保护。

在 KM 的线圈电路中, 还串入了舱门安全开关 SQ6 和事故紧急开关 SA1。在平时, 应关好驾驶舱门, 使 SQ6 被压下 (保证桥架上无人), 才能操纵起重机运行; 一旦发现紧急情况, 可断开 SA1 紧急停车。

3.9.3 5t 交流桥式起重机控制电路原理

5t 交流桥式起重机电气控制的全电路如图 3-21 所示。

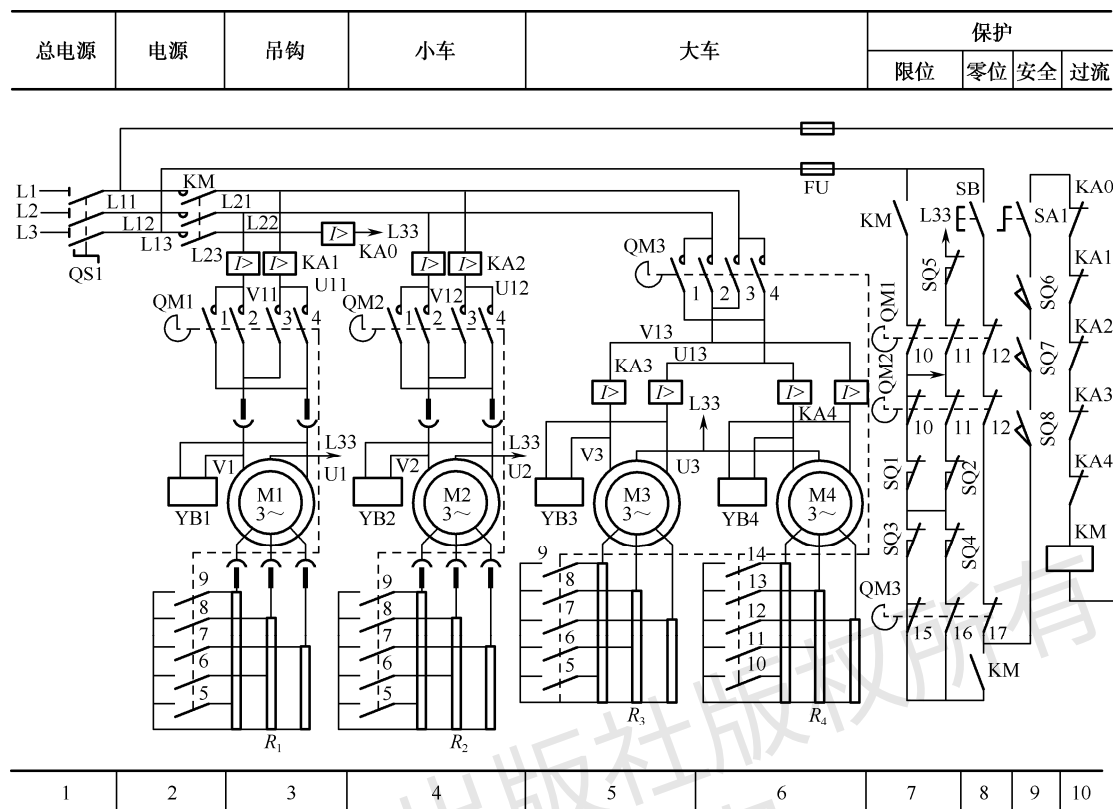


图 3-21 5t 交流桥式起重机电气控制的全电路

1. 主电路

5t 桥式起重机的大车较多采用两台电动机分别驱动，图 3-21 中共有四台绕线转子异步电动机，分别由三只凸轮控制器控制。起重吊钩电动机 M1 由 QM1 控制（图 3-22）。小车驱动电动机 M2 由 QM2 控制。大车驱动电动机 M3 和 M4 由 QM3 同步控制。

凸轮控制器 QM3 共有 17 对触点，比 QM1、QM2 多了 5 对触点，用于控制另一台电动机的转子电路，因此可以同步控制两台绕线式异步电动机（图 3-23）。

2. 控制电路

控制电路电源由接触器 KM 控制，过流继电器 KA0~KA4 用于过流保护，其中 KA1~KA4 为双线圈式，分别保护 M1、M2、M3 与 M4；KA0 为单线圈式，单独串联在主电路的一相电源线中，用于总电路的过流保护。SQ5 用于吊钩 M1 上行限位，SQ1、SQ2 用于小车 M2 左右行限位，SQ3、SQ4 用于大车 M3、M4 前后行限位控制。

3. 保护电路

保护电路由接触器、过电流继电器、位置开关等组成，用于控制和保护起重机，实现电动机过流保护、失压保护、零位保护、限位保护。

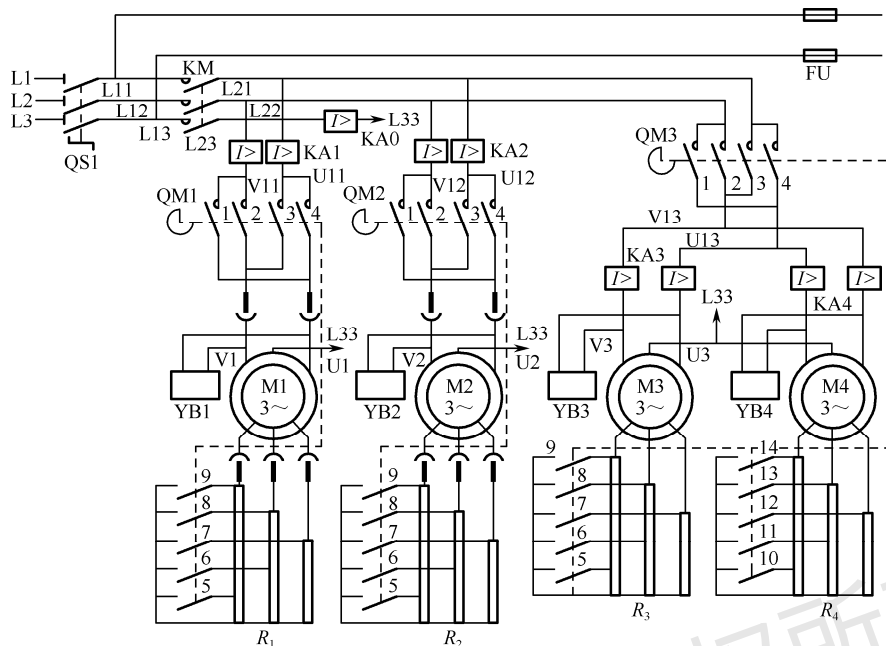


图 3-22 交流桥式起重机电气控制的主电路

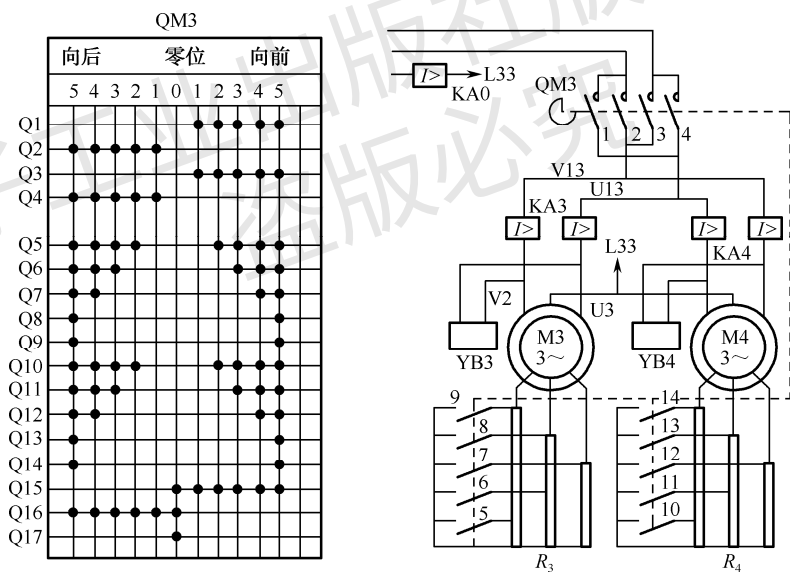


图 3-23 QM3 作用示意图