

# 机床电气控制技术

可编程控制器是在继电器控制和计算机技术的基础上，逐渐发展起来的以微处理器为核心，集微电子技术、自动化技术、计算机技术通信技术为一体，以工业自动化控制为目标的新型控制装置。它具有结构简单、编程方便、可靠性高等优点，已广泛用于工业过程和位置的自动控制中。据统计，可编程控制器是工业自动化装置中应用最多的一种设备。专家认为，可编程控制器将成为今后工业控制的主要手段和重要的基础设备之一，PLC、机器人、CAD/CAM 将成为工业生产的三大支柱。由于 PLC 具有对使用环境适应性强的特性，同时其内部定时器资源十分丰富。

它的功能主要是：控制功能、数据采集、储存与处理功能、通信、联网功能、输入/输出接口调理功能、人机界面功能。在系统构成时，可由一台计算机与多台 PLC 构成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络，以便完成较大规模的复杂控制。

本次设计的内容主要是利用 PLC (Programmable Logic Controller) 对 C650 型车床的电器部分进行改造。首先我对本设计进行总体的分析，使自己有一个大致的总体概念，然后仔细分析 C650 车床，对车床主运动和进给运动还有其它的辅助运动，进行分析。最后根据控制电路的线路图，编译 PLC 的梯形图，编译通过后，利用 PLC 实验台进行实验仿真。因此使 C650 车床在完成原有的功能特点外，还具有安装简便、稳定性好、易于维修、扩展能力强等特点。

**关键词：**可编程控制器，C650 车床，梯形图，电气控制。

## 第一章 引言

随着社会生产力的发展，传统的继电器控制系统已经不能满足当今迅猛发展的社会的现代化生产要求，于是我们在选毕业设计课题之际，一切从实际出发，选定了毕业设计课题——车床PLC控制系统设计。我们选定了C650车床为改造对象，进行传统控制系统的改造，以PLC控制系统取代之前的传统控制系统。改由PLC控制后，其控制系统大大的简单化，并且维修方便，易于检查，节省了大量空间，机床的各项性能有了很大的改善，工作效率有了明显提高。

### 1.1 C650型普通卧式车床简介

C650 卧式车床属于中型车床，可加工的最大工件回转直径为 1020mm，最大工件长度为 30000mm。它主要由床身、光杆、丝杆、尾座、刀架、主轴变速箱、进给箱、和溜板箱等组成，如图 1-1。

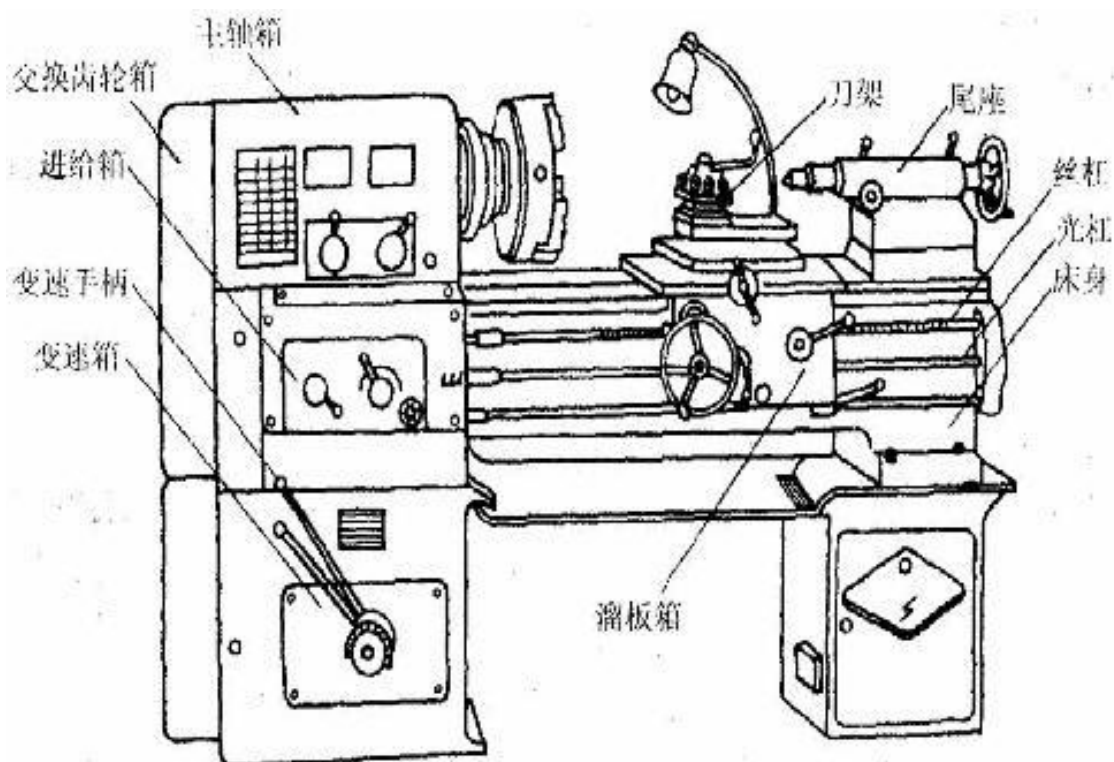


图 1-1 C650 卧式车床结构图

工艺过程：为了加工各种旋转表面，车床具有切削运动(主运动和进给运动)和辅助运动。主运动是主轴通过卡盘或顶尖带动工件作旋转运动。进给运动是溜板带动刀架的纵向和横向的直线运动。辅助运动是指刀架的快速移动及工件的加

紧与放松。C650 型卧式车床由主轴运动和刀具进给运动完成切削加工，车床的主轴、冷却泵、刀架快速移动均由三相异步电动机拖动。车床有三种运动形式：车削加工的主运动是主轴通过卡盘或者鸡心夹头带动工件的旋转运动，它承受车削加工时的主要切削功率；进给运动是溜板带动刀架的纵向或横向运动；辅助运动为溜板箱的快速移动，尾座的移动和工件的夹紧与放松。主轴的旋转运动由主电动机，经传动机构实现。机床车削加工时，要求车床主轴能在较大范围内变速。通常根据被加工零件的材料性能、零件尺寸精度要求、车刀材料、冷却条件及加工方式等来选择切削速度，采用机械变速方法。车床纵、横两个方向的进给运动由主轴变速箱的输出轴，经挂轮箱、进给箱、光杆传入溜板箱而获得，其运动方式有手动与机动两种。其工作过程过程如下：

- (1) 正常车削加工时一般不要求反转，但在加工螺纹时，为保证螺纹的加工质量，为避免乱扣，加工完毕后要求反转退刀，且工件旋转速度与刀具的移动速度之间保持严格的比例关系。因此，C650 卧式车床溜板箱与主轴变速箱之间通过齿轮传动来连接，由同一台电动机拖动。
- (2) C650 卧式车床通过主电动机的正、反转来实现主轴的正、反转，当主轴反转时，刀架也跟着后退。
- (3) 电流表 A 经电流互感器 TA 接在主电动机 M1 的动力回路上，用来监测电动机的负载情况。
- (4) 车削加工近似于恒功率负载，主电动机 M1 通常选用普通笼型异步电动机（功率为 30KW），完成主轴运动和刀具进给运动的驱动。M1 电动机采用直接启动的方式，可正反两个方向旋转，为加工方便，还具有点动功能。由于加工的工件比较大，加工时其转动惯量也比较大，需停车时不易立即停止转动，必须有停车制动动能，C650 车床的正反停车采用速度继电器控制电源的反接制动，以提高生产效率。
- (5) 车削加工中，为防止刀具和工件的温度过高，延长刀具使用寿命，提高加工质量，车床附有一台单方向旋转的冷却泵电动机 M2。

- (6) C650 卧式车床的床身较长，为了提高生产效率、减轻工人的劳动强度，专门设置了一台功率为 2.2KW 的电动机来拖动溜板箱快速移动。电动机可根据使用需要，随时手动控制起停。
- (7) C650 在进行车削加工时，因被加工的工件材料、形状、大小、性质及工艺要求不同，且使用的刀具也不同，所以要求切削速度也不同，这就要求主轴有较大的调速范围。车床大多采用机械方法调速，变换主轴箱外的手柄位置，可改变主轴的转速。

## 1.2 C650 卧式车床改造主要内容

- (1) 主电动机 M1 采用全压空载直接启动。
- (2) 要求主电动机 M1 能实现正、反向连续运转。停止时，由于工件转动惯量大，采用反接制动。
- (3) 为便于对刀操作，要求 M1 能实现单向点动控制，同时定子串入电阻获得低速点动。
- (4) 主轴启动之后，再启动冷却泵电动机。
- (5) 有必要的保护和联锁，有安全可靠的照明电路。
- (6) 原车床的工艺加工方法不变。
- (7) 不改变原控制系统电气操作方法和按钮、手柄等操作元件的功能

## 第二章 电气控制原理

C650 卧式车床属于中型车床，为提高工作效率，该机床采用了反接制动。为了减少制动电流，制动时在定子回路串入了限流电阻 R 图 2-1 是它的电气原理图

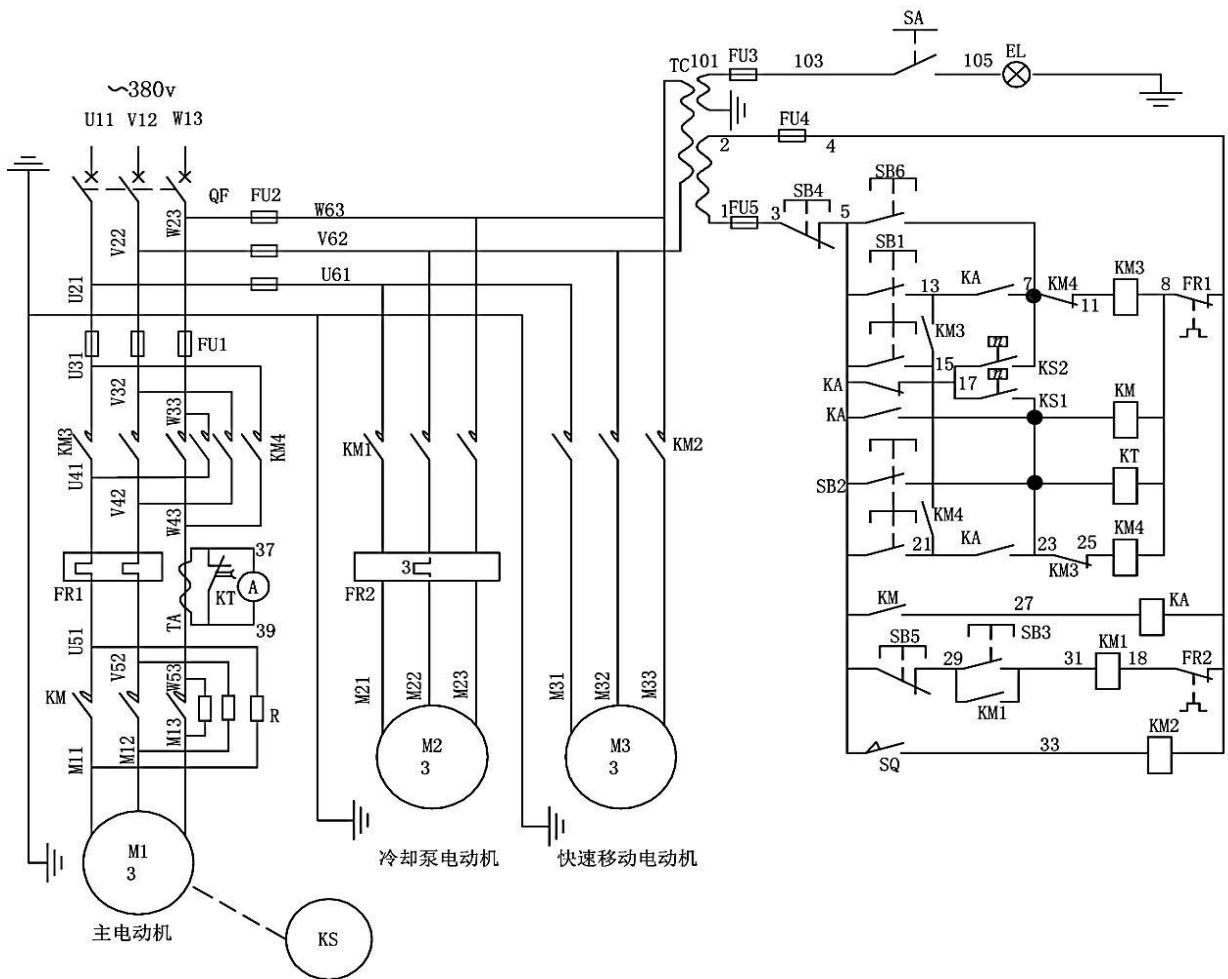


图 2-1 C650 卧式车床电气原理图

### 2.1 主电路设计

断路器 QF 将三相电源引入，FU1 为主电动机 M1 的短路保护用熔断器，FR1 为 M1 电动机过载保护用热继电器。为防止在连续点动时的启动电流造成电动机的过载，点动时也加入限流电阻 R。通过互感器 TA 接入电流表 A 以监视主电动机绕组的电流。熔断器 FU2 为 M2、M3 电动机的短路保护，接触器 KM1、KM2 为 M2、M3 电动机启动用接触器。FR2 为 M2 电动机的过载保护，因为快速电动机 M3 短时工作，所以不设计过载保护。图 2-2 为 C650 握式车床的主电路图。

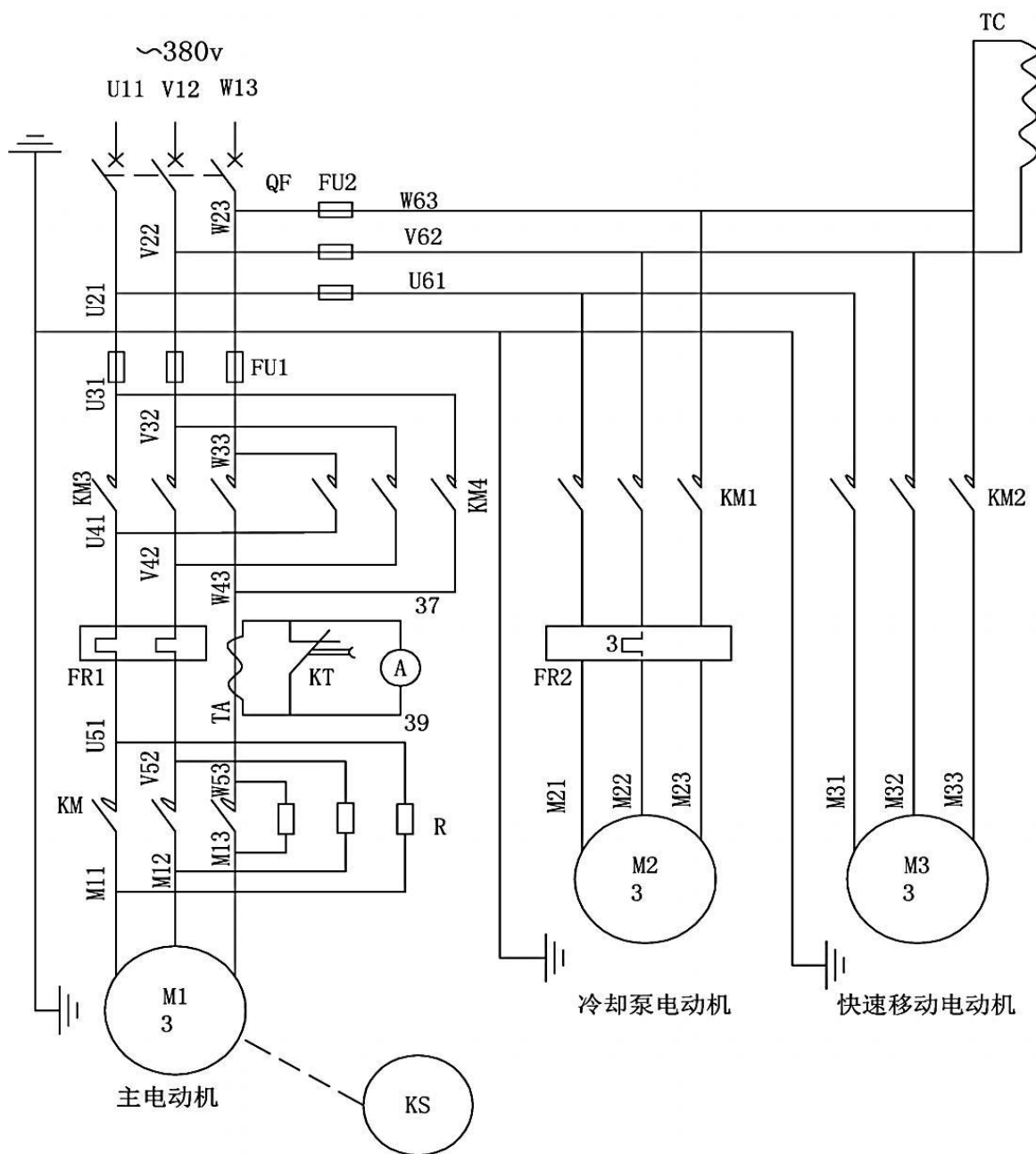


图 2-2 C650 卧式车床主电路

## 2.2 交流控制电路设计

(1) 主电动机的点动调整控制 图 2-3 为点动环节的控制电路原理图。电路中 KM3 为 M1 电动机的正转接触器，KM1 为 M1 电动机的长动接触器，KA 为中间继电器。M1 电动机的点动由点动按钮 SB6 控制。按下按钮 SB6，接触器 KM3 得电吸合，它的主触电闭合，电动机的定子绕组经限流电阻 R 与电源接通，电动机在较低速度下起动。

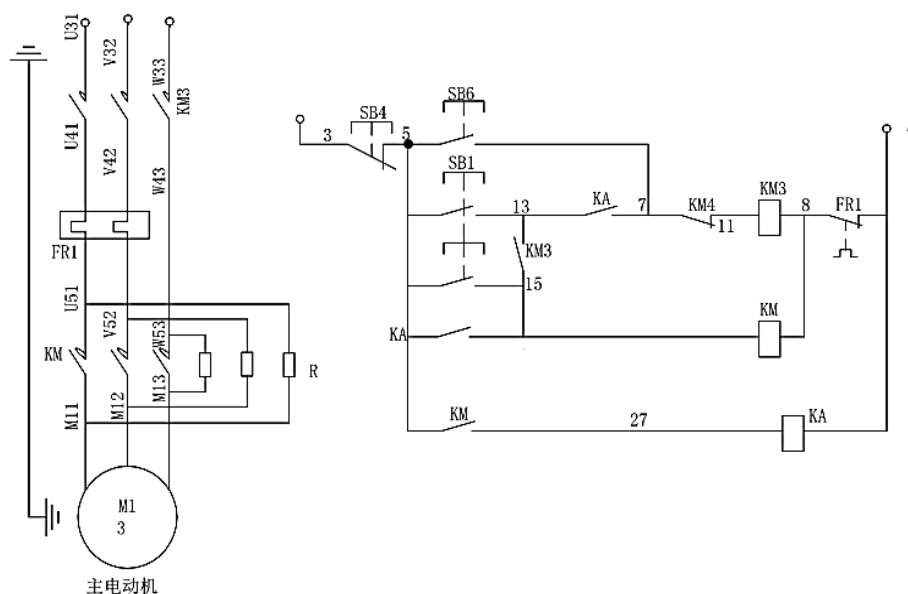
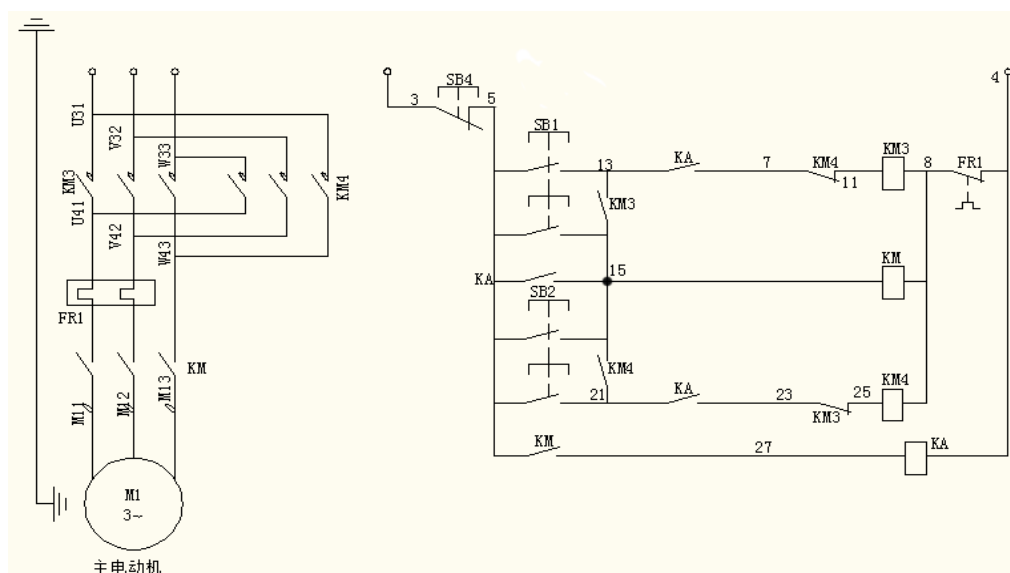


图 2-3 C650 卧式车床点动控制电路

(2) 主电动机的正反转控制电路 图 2-4 为主电动机正反转控制电路。主电动机正转由正向起动按钮 SB1 控制。按下 SB1 时，接触器 KM 首先得电动作，它的主





触点闭合将限

图 2-4 C650 卧式车床正反转控制电路

流电阻短接，接触器 KM 的辅助动合触点闭合使中间继电器 KA 得电，它的触点（13—7）闭合，使接触器 KM3 得电吸合。KM3 的主触点将三相电源接通，电动机在额定电压下正转起动。KM3 的动合触点（15—13）和 KA 的动合触点（5—15）的闭合将 KM3 线圈自锁。反转起动时用反向启动按钮 SB2，按下 SB2，同样是接触器 KM 得电，然后接通接触器 KM4 和中间继电器 KA，于是电动机在满压下反转起动。KM3 的动断辅助触点（23—25），KM4 的动断辅助触点（7—14）分别串在对方接触器线圈的回路中，起到了电动机正转与反转的电气互锁作用。

(3) 主电动机的反接制动控制 C650 卧式车床采用了反接制动方式。当电动机的转速接近零时，用速度继电器的触点给出信号切断电动机的电源。图 2-5 是 C650 卧式车床正反转与反接制动的控制电路图。

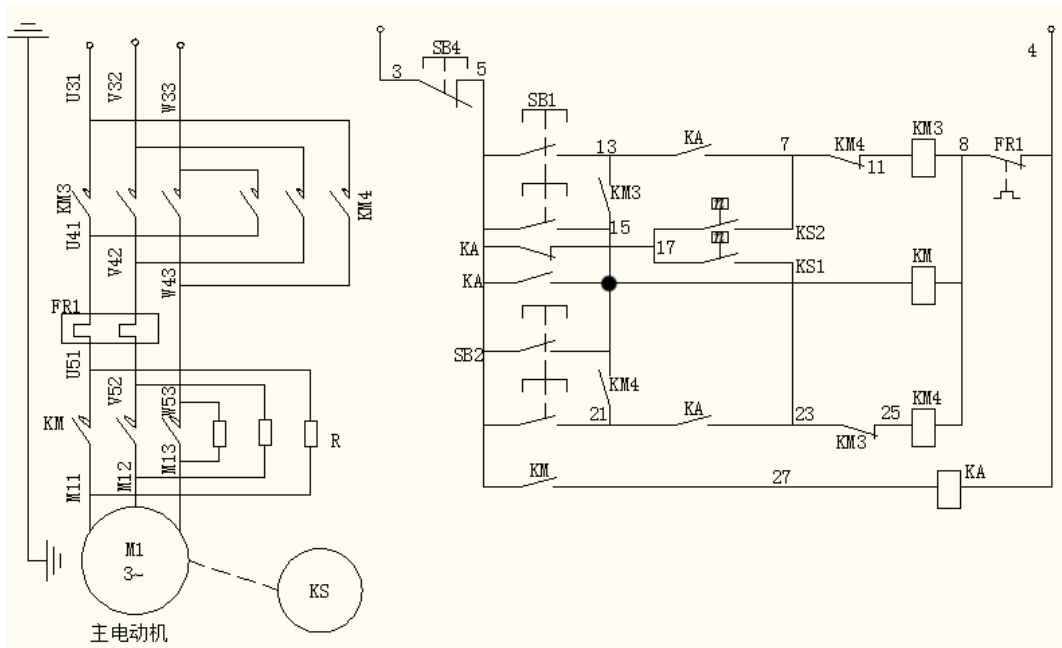


图 2-5 C650 卧式车床正反转与反接制动控制电路

速度继电器与被控电动机是同轴连接的，当电动机正转时，速度继电器的正转常开触点 KS1（17—23）闭合；电动机反转时，速度继电器的反转动合触点 KS2（17—7）闭合。当电动机正向旋转时，接触器 KM3 和 KM，继电器 KA 都处于得电工作状态，速度继电器的正转动合触点 KS1（17—23）也是闭合的，这样就为电

电动机正转时的反接制动做好了准备。需要停车时，按下停止按钮 SB4，接触器 KM 失电，其主触电断开，电阻 R 串入主回路。与此同时 KM3 也失电，断开了电动机的电源，同时 KA 失电，KA 的动断触点闭合。在松开 SB4 后就使反转接触器 KM4 的线圈通过 1-3-5-17-23-25 电路得电，电动机的电源反接，电动机处于反接制动状态。当电动机的转速下降到速度继电器的复位转速时，速度继电器 KS 的正转动合触点 KS1 (17-23) 断开，切断了接触器 KM4 的通电回路，电动机脱离电源停止。

电动机的反接时的制动与正转时的制动相似。当电动机反转时，速度继电器的反转动合触点 KS2 是闭合的，这是按一下停止按钮 SB4，在 SB4 松开后正转接触器线圈通过 1-3-5-17-7-11 电路得电，正转接触器 KM3 吸合将电源反接使电动机制动后停止。

(4) 刀架的快速移动和冷却泵的控制 刀架的快速移动是由转动刀架手柄压动限位开关 SQ 来实现的。当手柄压动 SQ 后，接触器 KM2 得电吸合，M3 电动机转动带动刀架快速移动。M2 为冷却泵电动机，它的起动与停止是通过按钮 SB3 和 SB5 控制的。

## 2.3 辅助电路分析

### (1) 照明电路和控制电源分析

TC 为多绕组变压器，二次侧有两路，一路为 110V，为控制电路提供电源；而另一路为 36V（安全电压），供照明电路照明，SA 为控制照明电路的开关，SA 闭合时照明灯 EL 点亮，断开则熄灭。

### (2) 电流表保护电路分析

监视主回路负载的电流表是通过电流互感接入的。为防止电动机起动电流对电流表的冲击，电路中采用一个时间继电器 KT。当起动时，KT 线圈通电，而 KT 的延时断开的动断触点尚未动作，电流互感器二次电流只流经该触点构成闭合回路，电流表没有电流流过。起动后，KT 延时断开的动断触点打开，此时电流流经电流表，反映出负载电流的大小。表 2-1 为电气元件符号及功能说明表。

表 2-1 电气元件符号及功能说明

序号	名称及用途	序号	名称及用途
M1	主电动机	SB1	主电动机正向启动按钮
M2	冷却泵电动机	SB2	主电动机反向启动按钮
M3	快速移动电动机	SB3	冷却泵电动机启动按钮
KM	短接限流电阻接触器	SB4	总停按钮
KM1	冷却泵电动机启动接触器	SB5	冷却泵电动机停止按钮
KM2	快移电动机启动接触器	SB6	主电动机正向点动按钮
KM3	主电动机正转接触器	TC	控制变压器
KM4	主电动机反转接触器	FU1~5	熔断器
KA	中间继电器	FR1	主电机过载保护热继电器
KT	通电延时时间继电器	FR2	冷却泵电机保护热继电器
SQ	快移电动机点动行程开关	R	限流电阻
SA	开关	EL	照明灯
KS	速度继电器	TA	电流互感器
A	电流表	QF	低压断路器

### 3 系统元器件的概述与选择

#### 3.1 PLC 类型的简介

20 世纪 70 年代末至 80 年代初，PLC 产品的处理速度大大提高，增加了许多特殊功能使得 PLC 不仅可以进行逻辑控制，而且可以对模拟量进行控制，它以面向工业控制为特点，普遍受到电气控制领域的欢迎。特别是中小容量 PLC 成功地取代了传统的继电器控制系统，使控制系统的可靠性大大提高。目前各国生产的 PLC 品种繁多，发展迅速。在国内的市场上应用较多的 PLC 多为日本、德国和美国的产品，如日本 OMRON 公司的 C 系列、日本松下公司的 FP 系列、日本三菱公司的 FX 系列、德国西门子公司的 S7 系列和美国 ABB 公司的 07 系列等。

西门子公司的最新 PLC 产品有 SIMATIC S7、M7 和 C7 等几大系列。S7 系列是传统意义的 PLC 产品，其中的 S7-200 PLC 是超小型化的 PLC，它适用于各行各业，各种场合中的自动检测、监测及控制等。S7-200 PLC 的强大功能使其无论单机运行，或连成网络都能实现复杂的控制功能。

##### 3.1.1 PLC 的特点

PLC 是综合继电器接触器控制优点及计算机灵活方便的优点而制造和发展的、这使 PLC 具有许多其他控制器无法相比的特点：

###### (1) 可靠性强，抗干扰能力强

PLC 生产厂商在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施，使他可以直接安装于工业现场而稳定可靠地工作。目前各个生产厂商生产的 PLC，其平均无故障时间大大超过了 IEC 规定的 10 万小时。而且为了适应特殊场合需求，有的 PLC 生产厂商还采用差异设计进一步提高其可靠性。

###### (2) 通用性强，使用方便

由于 PLC 均为系列化生产，品种齐全，多数采用模块式的硬件结构，组合和扩展方便，用户可根据自己的需用灵活选用，以满足系统大小不同及功能繁简各异的空子系统要求。

###### (3) 编程语言简单，易学，便于掌握。

PLC 的编成可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言，直观易懂，深受现场电器技术人员的欢迎。近年来又发展了面向对象的顺序控制流程图语言，也称功能图，使编成更加简单方便。

(4) 采用模块化结构，使系统组合灵活方便

PLC 的各个部件，均采用模块化设计、各模块之间可由机架和电缆连接。系统的功能和规模可根据用户的实际需求自行组合，使系统的性能价格更容易趋于合理。

(5) 系统设计周期短。

由于系统硬件的设计任务仅仅是根据对象的控制要求配置适当的模块，而不要去设计具体的接口电路，这样大大的缩短了整个设计所花费的时间，加快了整个工程的进度。

(6) 对生产工艺改变适应性强。

PLC 的核心是微处理器，它实质上是一种工业控制计算机，其控制功能是通过软件编程来实现的。当生产工艺发生变化时，不必改变 PLC 硬件设备，只需改变 PLC 中的程序。这对现代化的小批量，多品种产品的生产尤其适合。

(7) 安装简单，调试方便，维护工作量小。

PLC 控制系统的安装接线工作量比继电器接触器控制系统少，只需将现场的各种设备与 PLC 相比的 I/O 端相连，而且 PLC 软件设计和调试太多可在实验室进行，模拟调试以后再将 PLC 控制系统安装到现场调试，这样既省时间又方便，由于 PLC 本身的可靠性高，又有完善的自诊断能力。一旦发生故障可以根据报警信息迅速查明原因，这样即保证了工作效率又维护了生产的正常进行。

### 3.2 PLC 型号的选择

S7-200 系列 PLC 适用于各行各业，各种场合中的检测、监测及控制的自动化。S7-200 系列的强大功能使其无论在独立运行中，或相连成网络皆能实现复杂控制功能。因此 S7-200 系列具有极高的性能/价格比。

S7-200 系列在集散自动化系统中充分发挥其强大功能。使用范围可覆盖从替代继电器的简单控制到更复杂的自动化控制。应用领域极为广泛，覆盖所有与自动检测，

自动化控制有关的工业及民用领域，包括各种机床、机械、电力设施、民用设施、环境保护设备等等。

S7-200 系列 PLC 可提供 5 个不同的基本型号的 8 种 CPU 可供使用。如表 3-1 所示在选用 PLC 上，考虑到只是对 C650 型车床做电器部分的改造，输出端口需要 6 个，输入端口需要 13 个。改造后的程序只 143 字节，内容小于 4 千字节。而且并不通过网络或其他方式做远程控制。因此，考虑到经济，实用，稳定等方面因素。我们决定选用 SIMATIC S7-200 系列的 S7—224CN 作为本次设计的 PLC。

表 3-1 S7-200 CN 系列 PLC CPU 模块的技术规范及特性

描述	CPU221	CPU222CN	CPU224CN	CPU224XP CN	CPU226CN
尺寸 (mm)	90×80×62		120.5×80×62	140×80×62	196×80×62
数字量 I/O	6 输入/4 输出	8 输入/6 输出	14 输入/10 输出		24 输入/16 输出
模拟量 I/O	无			2 输入/1 输出	无
扩展 I/O 模块	无	2	7		
数字 I/O 映像	256 (128 输入/128 输出)				
电容后备	50h (40℃时最少 8h)		100h (40℃时最少 70h)		
数据存储器	2KB		8KB	10KB	
程序存储器	4KB		8KB/12KB	12KB/16KB	16KB/24KB
模拟电位器	1 个 8 位分辨率		2 个 8 位分辨率		
执行速度	每条布尔运算指令 0.22μs				
通信接口	1 个 RS-485 接口			2 个 RS-485 接口	
卡选项	存储器、电池和实时时钟		存储器、电池 (实时时钟内置)		
高速计数器					
单相	4 个 30kHz		6 个 30kHz	4 个 30kHz, 2 个 200kHz	6 个 30kHz
两相	2 个 20kHz		4 个 20kHz	3 个, 每个 20kHz, 1 个 100kHz	4 个 20kHz
脉冲输出 (DC)	2 个 20kHz			2 个 100kHz	2 个 20kHz

### 3.3 电动机选择

本次毕业设计使用 PLC 控制系统取代传统继电器控制系统的逻辑控制线路部分，其余基本无变化。电动机亦保留原有主轴电机、冷却泵电机、快进电机，详见表 3-2。

表 3-2 主轴电机、快进电机、冷却泵电机参数表

参数	主轴电机	冷却泵电机	快进电机
型 号	Y255M-6	Y2-631-2	Y90L-2
额定电压	AC 380V 50Hz	AC 380V 50Hz	AC 380V 50Hz
额定电流 (A)	59.5	0.35	4.8
额定功率 (KW)	30	0.18	2.2
额定转速	980	2730	2840
功率因数	0.85	0.8	0.86
绝缘等级	B	E	E

### 3.4 其它元器件的选择

#### 3.4.1 交流接触器的选择

交流接触器是一种频繁应用于工业电气控制，并用按钮或其他方式来控制其通断的自动切换电器。在功能上除了能自动切换外，还具有刀开关类手动开关不能实现的远距离操作功能和失压（或欠压）保护功能。其生产方便，价格低廉，应用十分广泛。

交流接触器由电磁机构，触点系统、灭弧系统、释放弹簧机构、辅助触点及基座等部分组成。其原理是当接触器的电磁线圈通入交流电时，会产生很强的磁场使装在线圈中心的静衔铁吸动动衔铁，当两组衔铁合拢时，安装在动衔铁上的动触点也随之与静触点闭合，使电气线路接通。当断开电磁线圈中的电流时，磁场消失，接触器在弹簧的作用下恢复到断开的状态。

在工业电气中，常用交流接触器的型号有 CJX8(B 系列)CJ12、CJ20、CJT1(CJ10)、CJX1(3TB、3TF 系列)、CJ40、SMC 等系列产品。在这次控制系统硬件的设计中，采用了 CJ20 系列的交流接触器，其额定电流应在控制电流的 1~1.4 倍之间，在此控制主轴电机的 KM3、KM4、KM，选取交流接触器型号为：CJ20—63，线圈电压 220V；控制冷却泵电机 KM1 和控制快进电机的 KM2 选取交流接触器型号为：CJ20—10，线圈电压 220V。

#### 3.4.2 中间继电器的选择

中间继电器用于继电保护与自动控制系统中，以增加触点的数量及容量。它用于在控制电路中传递中间信号。中间继电器的结构和原理与交流接触器基本相同，与接触器的主要区别在于：接触器的主触头可以通过大电流，而中间继电器的触头只能通过小电流。所以，它只能用于控制电路中。它一般是没有主触点的，因为过载能力比较小。所以它用的全部都是辅助触头，数量比较多。新国标对中间继电器的定义是K，老国标是KA。常用的中间继电器型号有JZ7、JZ14等。本次设计选择的中间继电器型号为JZ7-44。

### 3.4.3 保护电器的选择

#### (1) 熔断器

熔断器在电路中主要作短路保护和严重过载保护，用于保护线路。熔断器的熔体串接于被保护的电路中，当通过它的电流小于规定值时，其熔体相当于一根导线，起电气连接作用；当通过它的电流超过规定值（电路发生严重过载或短路时）一定时间后，其熔体自动熔断并切断电路，从而起到保护作用。一般电气控制线路中常用螺旋式熔断器，其常用的产品有RL5、RL6、RL7和RL8系列产品，一般选择熔体熔断电流应为电机额定电流的1.5~2.5倍。则主轴电机电路熔断器选取型号为：RL1-100/100。冷却泵电机电路、快进电机电路熔断器选取型号分别为：RL1-15/2、RL1-15/6。控制电路选取型号RL1-15/2。

#### (2) 热继电器

热继电器是利用电流热效应原理来工作的保护电器，具有与电动机容许过载特性相近的反时限保护特性。主要用于电动机的过载保护、断相及电流不平衡运行保护。也常与接触器配合成电动机启动器。三相异步电动机在实际运行中，常会遇到因电气或机械原因等引起的过电流（过载和断相）现象，如果过电流不严重，持续时间短，绕组不超过允许温升，这种过电流是允许；如果过电流情况严重，持续时间较长，则会加快电动机绝缘老化，甚至会烧毁电动机，因此，在电动机回路中应设置热继电器保护。

选型原则：应根据被保护对象的使用条件、工作环境、启动情况、负载性质，电动机的形式以及电动机允许的过载能力等加以考虑。一般原则是使热继电器的安秒特性位于电动机的过载特性之下，并尽可能地接近，以充分发挥电动机的过载能力，同



时使电动机在短时过载和启动瞬间 $[(5\sim 6)I_e]$ 不受影响。通常热继电器选取的额定电流应为大于或等于电动机额定电流。整定电流一般为电动机额定电流的 $1.05\sim 1.1$ 倍。主轴电机电路热继电器选取型号为：JR36-63, 整定电流为：60A；冷却泵电路热继电器选取型号为：JR36-20, 整定电流为：0.36A。

#### 3.4.4 控制开关电器的选择

##### (1) 转换开关

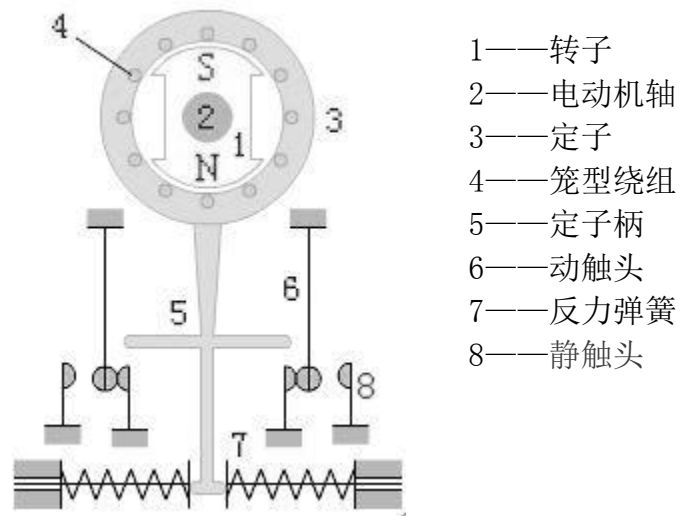
转换开关又称组合开关，一般用于电气设备中非频繁的通断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及直接控制小容量感应电动机的运行状态。转换开关由动触头（动触片）、静触头（静触片）、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动静触头分别叠装于数层绝缘壳内，当转换手柄时，每层的动触片随方形转轴一起转动。一般选取的原则为允许通过的电流大于或等于电路的额定电流，按此选择转换开关。常用的产品有：HZ<sub>5</sub>、HZ<sub>10</sub>和HZ<sub>15</sub>等系列。本次设计选取HZ10-100/3。

##### (2) 按钮开关盒

按钮开关（简称按钮）又称控制按钮，是一种接通或断开小电流电路的手动开关电器，一般不直接去控制主电路的通断，而在控制电路中发出启动或停止“命令”以远距离控制接触器、继电器、电磁启动器等电器线圈电流的接通或断开，再由它们去控制主电路。目前常用的按钮开关盒为LA4系列产品，本次设计选择的按钮开关型号为LA4-3H。

#### 3.4.5 速度继电器选择

速度继电器是当转速达到规定值时触头动作的继电器。主要用于电动机反接制动控制电路中，当反接制动的转速下降到接近零时能自动地及时切断电源。速度继电器的结构如图3-1所示。



- 1——转子
- 2——电动机轴
- 3——定子
- 4——笼型绕组
- 5——定子柄
- 6——动触头
- 7——反力弹簧
- 8——静触头

图 3-1 速度继电器结构图

转子是一块固定在轴上的永久磁铁。浮动的定子与转子同心，而且能独自偏摆，定子由硅钢片叠成，并装有笼型绕组。速度继电器的轴与电动机轴相连，电动机旋转时，转子随之一起转动，形成旋转磁场。笼型绕组切割磁力线而产生感应电流，该电流与旋转磁场作用产生电磁转矩，使定子随转子向转子的转动方向偏摆，定子柄推动相应触头动作。定子柄推动触头的同时，也压缩反力弹簧，其反作用阻止定子继续转动。当转子的转速下降到一定数值时，电磁转矩小于反力弹簧的反作用力矩，定子返回原来位置，对应的触头恢复原始状态。调整反力弹簧的拉力即可改变触头动作的转速。

机床上常用的速度继电器有 JY1 型、JFZ0 型两种。一般速度继电器的动作转速为 120r/min，触头复位转速为 100r/min 以下。本次设计选择的速度继电器型号为 JY1 型速度继电器 500V、2A。

## 第四章 PLC 系统设计

### 4.1 确定 PLC I/O 口地址表

由系统改造要求可确定 I/O 地址表，如表 4-1 所示。

表 4-1 I/O 地址表

输入			输出		
名称	功能作用	I/O 口	名称	功能作用	I/O 口
SB1	总停	X0	KM1	控制 M1 正转运行	Y0
SB2	M1 正转启动	X1	KM2	控制 M1 反转运行	Y1
SB3	M1 反转启动	X2	KM3	控制 M1 $\Delta$ 形运行	Y2
SB4	M1 点动	X3	KM4	控制 M1 Y 形运行	Y3
SB5	M2 启动	X4	KM5	控制 M2 运行	Y4
SB6	M2 停止	X5	KM6	控制 M3 运行	Y5
SB7	HL 照明	X6	KA	电流表 A 短接中间继电器	Y6
SB8	HL 熄灭	X7	HL	车床照明	Y7
SB9	M3 点动	X10			
FR1	M1 过载保护	X11			
FR2	M2 过载保护	X12			
KS1	正转制动速度继电器 常开触点	X13			
KS2	反转制动速度继电器 常开触点	X14			

### 4.2 PLC 选型

(1) PLC 常用的有晶体管输出与继电器输出，其区别为：

① 负载电压、电流类型不同。

负载类型：晶体管只能带直流负载，而继电器带交、直流负载均可。

电流：晶体管电流 0.2A-0.3A，继电器 2A。

电压：晶体管可接直流 24V（一般最大在直流 30V 左右，继电器可以接直流 24V 或交流 220V。

② 负载能力不同。

晶体管带负载的能力小于继电器带负载的能力，用晶体管时，有时候要加其他东西来带动大负载（如继电器，固态继电器等）。

③ 晶体管过载能力小于继电器过载的能力。

一般来说，存在冲击电流较大的情况时（例如灯泡、感性负载等），晶体管过载能力较小，需要降额更多。

④ 晶体管响应速度快于继电器。

继电器输出型原理是 CPU 驱动继电器线圈，令触点吸合，使外部电源通过闭合的触点驱动外部负载，其开路漏电流为零，响应时间慢（约 10ms）。

晶体管输出型原理是 CPU 通过光耦合使晶体管通断，以控制外部直流负载，响应时间快（约 0.2ms 甚至更小）。晶体管输出一般用于高速输出，如伺服 / 步进等，用于动作频率高的输出。

⑤ 在额定工作情况下，继电器有动作次数寿命，晶体管只有老化没有使用次数限制。

继电器是机械元件所以有动作寿命，晶体管是电子元件，只有老化，没有使用次数限制。继电器的每分钟开关次数也是有限制的，而晶体管则没有。

(2) 下表为三菱 PLC FX2N 系列，继电器输出、晶体管输出部分型号列表。

表 4-2 三菱 PLC FX2N 系列，继电器输出、晶体管输出部分型号列表

序号	型号	输入\输出总点数	输入点数	输出点数	输出类型
1	FX2N-16MR-001	16	8	8	继电器输出

2	FX2N-32MR-0 01	32	16	16	继电器输出
3	FX2N-48MR-0 01	48	24	24	继电器输出
4	FX2N-64MR-0 01	64	32	32	继电器输出
5	FX2N-16MT-0 01	16	8	8	晶体管输出
6	FX2N-32MT-0 01	32	16	16	晶体管输出
7	FX2N-48MT-0 01	48	24	24	晶体管输出
8	FX2N-64MT-0 01	64	32	32	晶体管输出

因此本次设计考虑到共有输入 13 个信号，输出 8 个信号，又因控制程序不是很大及不需要远程控制与特殊要求，所以选用三菱 FX 系列的 FX2N-32MR-001，由表知输入\输出总点数为 32，输入点数为 16，输出点数为 16，继电器输出，可以满足本次设计的要求。

#### 4.3 PLC 的 I/O 电气接线图

由 4.1 I/O 口分配表可以知道，输入部分：按钮 SB1 为整个控制系统的停止开关；按钮 SB2、SB3 及 SB4 分别控制主轴电机 M1 的正反转及点动控制；按钮 SB5、SB6 分别控制冷却泵电机的 M2 启动与停止；按钮 SB7、SB8 分别控制 HL 的照明于熄灭；按钮 SB9 控制快进电机的点动；热继电器常闭开关 FR1，FR2 分别为 M1、M2 的过载保护；速度继电器 KS1、KS2 分别辅助主轴电机 M1 的正反转制动。输出部分：KM1、KM2 接触器分别控制主轴电机 M1 的正反转；KM3、KM4 接触器分别控制主轴电机 M1 的△、Y 运

行；KM5、KM6 接触器分别控制冷却泵电机 M2、快进电机 M3 的运行；HL 为车床照明。

下图为，PLC 的输入、输出 I/O 电气接线图，如图 4-1。

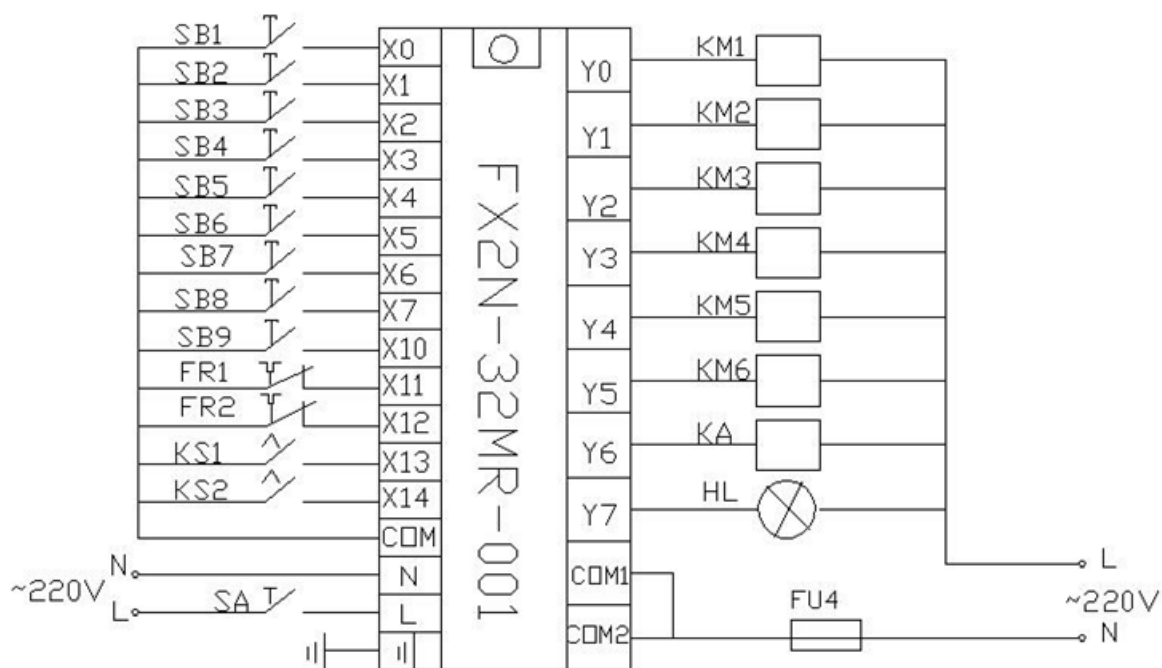


图 4-1 PLC I/O 电气接线图

## 第五章 C650 卧式车床改造为 PLC 控制的软件设计

### 5.1 S7-200PLC 编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的介绍

S7-200 可编程控制器使用 STEP7-Micro/WIN32 编程软件进行编程。

STEP7-Micro/WIN32 编程软件是基于 Windows 的应用软件，功能强大，主要用于开发程序，也可用于适时监控用户程序的执行状态。加上汉化后的程序，可在全汉化的界面下进行操作。

STEP7-Micro/WIN32 编程软件包括 Microwin3.1；Microwin3.1 的升级版本软件 Microwin3.1 SP1；Toolbox（包括 Uss 协议指令：变频通信用，TP070：触摸屏的组态软件 Tp Designer V1.0 设计师）工具箱；以及 Microwin 3.11 Chinese（Microwin3.11 SP1 和 Tp Designer 的专用汉化工具）等编程软件。

### 5.2 梯形图的设计

#### 5.2.1 机床工作指示灯开关控制的梯形图设计

机床工作指示灯 EL 由 SB7 和 SB8 控制指示灯的开关，对应的 I/O 接口分别为 X0，X1 并由 Y0 作为输出，在梯形图中 Y0 和 X0 形成自锁，X1 常闭触点串联在 Y0 的主线路上，如图 5-1 所示。



图 5-1 机床工作指示灯控制梯形图

#### 5.2.2 电动机 M1 正、反转控制梯形图的设计

电动机 M1 由接触器 KM、KM3、KM4 控制，PLC 中控制 KM、KM3、KM4 的输出继电器分别为 Y2、Y1、Y3。Y2、Y1、Y3 分别位于梯形图的第 4、10、21 梯级。

在第 Y1 [10]、Y3 [21] 线圈电路中，分别串 Y3、Y1 的动断触点，线圈 Y0，Y1 实现互锁使电动机无法在正转过程中直接切换为反转或直接在反转过程中直接切换为正转；在第 10 梯级和第 19 梯级中都串入了中间继电器 KA (Y006) 并用中间继电器 KA 对启动按钮 X2 和 X7 进行自锁。在第 4 梯级和第 15 梯级中也都使用了 Y2 (KM) 在进行正反转之前都现将 KM 闭合（将限流电阻进行短接），这样也就使无论正反转电动机

M1 都是采用全压空载直接启动。在第 4 梯级和第 15 梯级中也都使用了 X3 (SB4) 总停按钮,使主电动机 M1 无论是在正传过程中还是在反转过程中都能过停下来。这样得到电动机正、反转控制梯形图如图 5-2 所示。

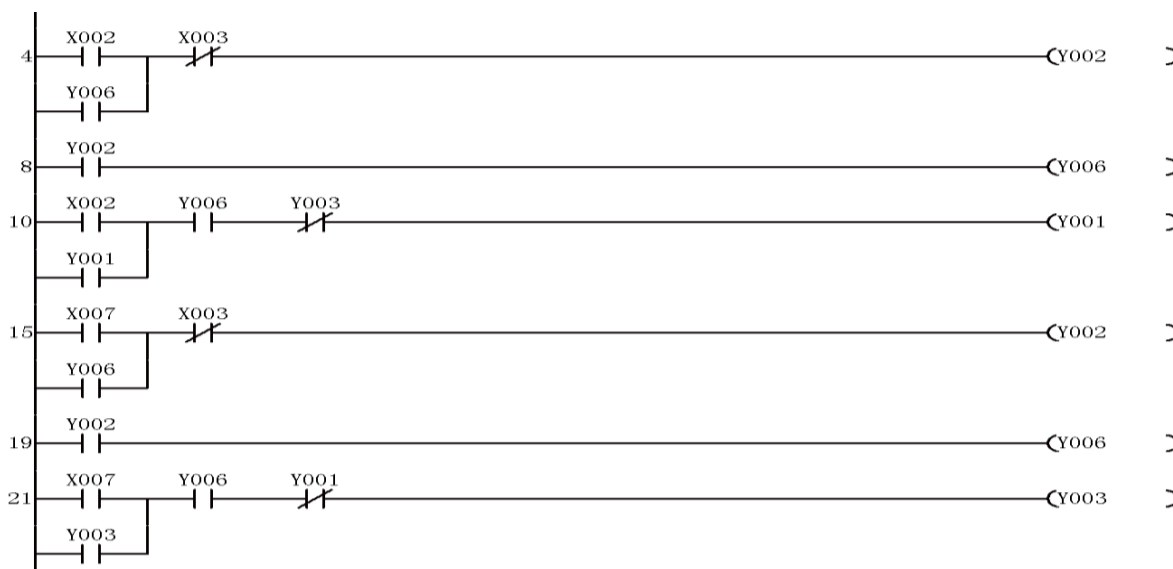


图 5-2 主电动机的正反转控制梯形图

M1 正反转控制的转换是由接触器 KM3 和 KM4 的主触点控制的,在主电机 M1 通电正转时在第 21 梯级上面串联的常闭触点 Y1 打开,所以此时无法直接切换完成电机的反转,此时若想切换电机的转向必须先按下 SB4 (X3) 总停车按钮,在按下反转启动按钮 SB2 (X7) 完成电机的转向切换。同理在主电机 M1 通电反转时在第 10 梯级上面串联的常闭触点 Y3 打开,此时无法直接切换电机的转向,若想切换电机的转向必须先按下 SB4 (X3) 总停车按钮,在按下正转启动按钮 SB1 (X2) 完成电机的转向切换。如流程图 5-3 所示。



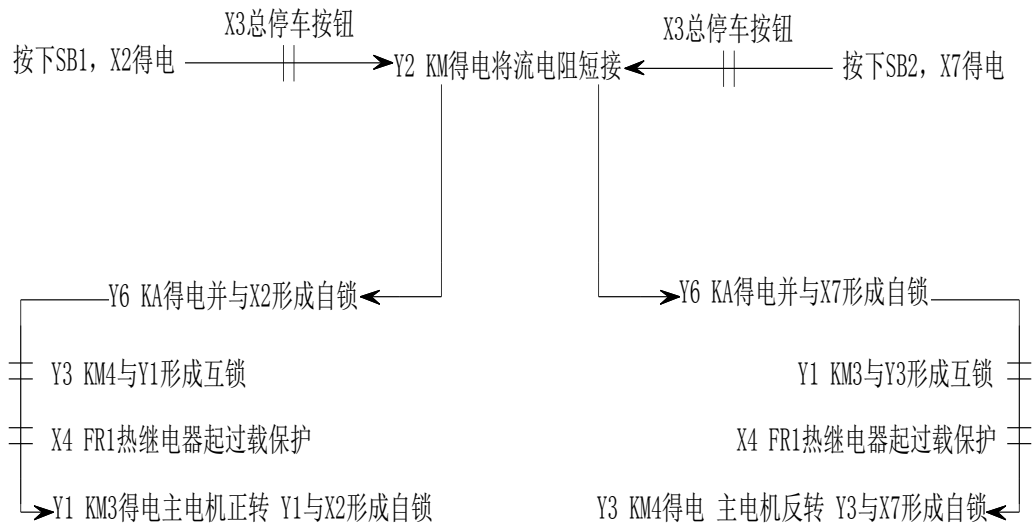


图 5-3 主电机正反转控制流程图

### 5.2.3 电动机 M1 正转点动控制的设计

主电动机 M1 的正转点动控制是由按钮 SB6 对应的 X5 控制的，由于是点动运行所以不能对 X5 产生自锁现象，为了保护电机的运行所以将热继电器 FR1、总停车按钮 X3 与主电机 Y1 串联在一起，如图 5-6 所示。

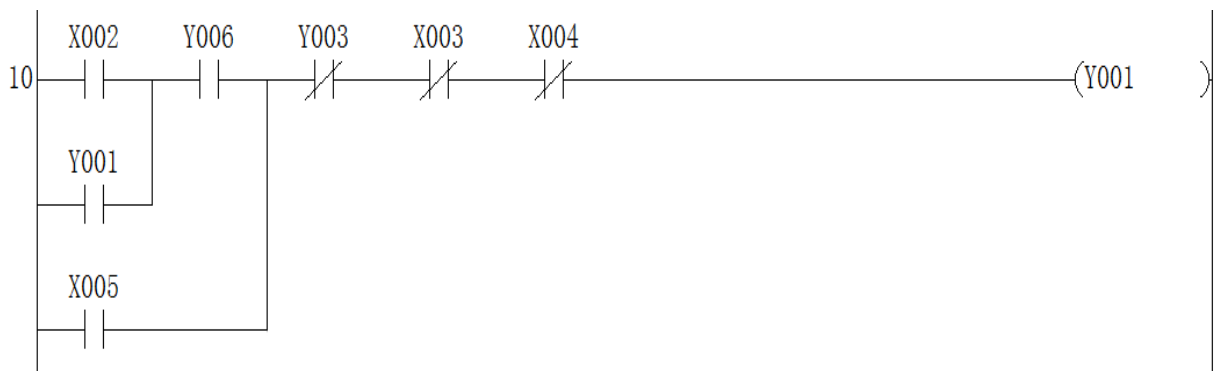


图 5-6 电动机 M1 正转点动控制梯形图

### 5.2.4 电动机 M1 的正、反转运行的反接制动的的设计

由于电动机的转速过高，在切断电源之后如果使其正常停止花费的时间太长，使机床无法也充分使用，为了使主电机能够快速停下来创造更高的经济效益，在本次毕业设计中添加了速度继电器。将其与主电动机同轴连接，在电机断电后起制动作用。

当主电动机 M1 正转时，速度继电器的正转常开触点 KS1 闭合；主电动机反转时，速度继电器的反转动合触点 KS2 闭合。转速低于 120r/min 时速度继电器的动合触点断

开使电机自然停车。例如：要使主电动机 M1 快速停车，在电机正传运行时按下 SB4(X3) 所用元器件全部恢复到最初状态。梯形图中在第 10 梯级和 27 梯级中的中间继电器 Y6 由于断电恢复到原来状态由原来的断开变为闭合状态，由于主电机 M1 是在高速正转所以速度继电器正转常开触点 KS1 (X6) 此时处于闭合状态，而反转动合触点 KS2 (X10) 处于断开状态，并且此时 Y1 与 Y3 均已失电，处于导通状态，故在第 10 梯级和 27 梯级中只有 27 梯级能通过 Y6-X6-Y1-X4 使主电动机 M1 反转接触器 KM3 (Y3) 得电，从而主电动机 M1 开始产生反转制动的力，当主电动机 M1 的正转速度低于 120r/min 时，速度继电器的正转常开触点 KS1 (X6) 断开，使第 27 梯级中的 Y3 失电，此时反转制动力消失，主电机开始从 120r/min 的转速自然停下来，这样就用速度继电器完成了反接制动，使主电机快速的停了下来，如图 5-7 所示。

主电动机 M1 反转时，反接制动的方法与正转时的制动方法类似，不同的是采用 KS2 (X10) 来控制。

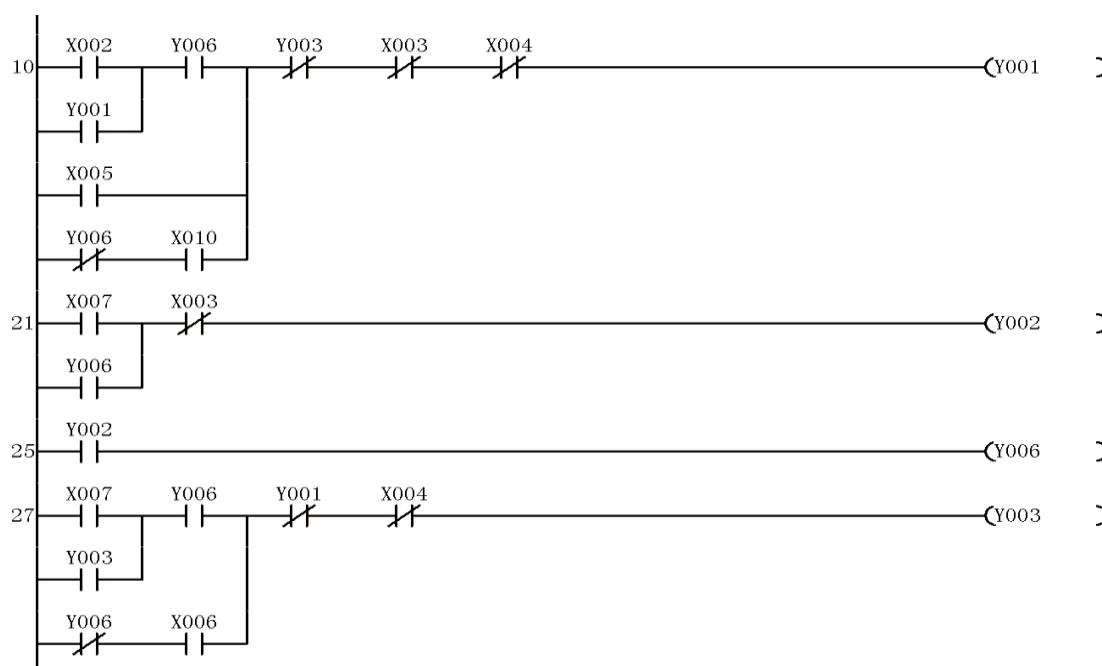


图 5-7 电动机 M1 正反转反接制动控制梯形图

### 5.2.5 快速移动电动机的控制设计

快速移动电机 Y5 为小容量电机采用直接启动点动控制方式，用限位开关 SQ(X13) 作为点动按钮来完成快速移动电机的点动控制，如图 5-8 所示。



图 5-8 快速移动电机的控制梯形图

### 5.2.6 冷却泵电动机的控制设计

冷却泵电动机 Y4 为一长动电机所以在梯形图中添加有自锁，并为其设有热继电器 FR2 (X14) 做过载保护，设置的启动按钮为 SB3 (X11)，停车按钮为 SB5 (X12) 如图 5-9 所示。



图 5-9 冷却泵电动机的控制梯形图

### 5.2.7 梯形图中的其它控制设计

监视主回路负载的电流表延时控制，由于电动机的直接起动瞬间电流过大，如果直接进行电流的检测必定对电流表造成极大的负面影响。为了时电流表正常工作在梯形图中使用延时器设定在主电机通电 5S 后开始检测主回路中电流，如图 5-10 所示。

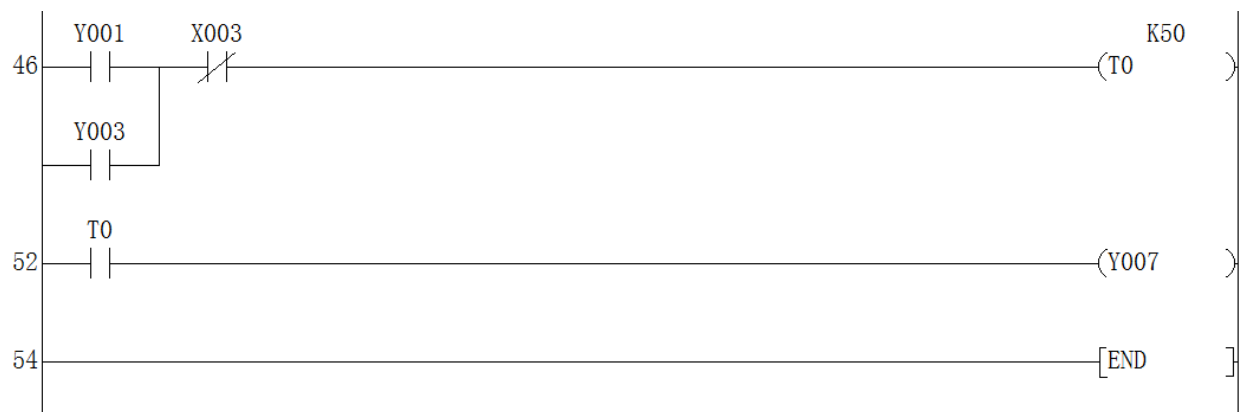
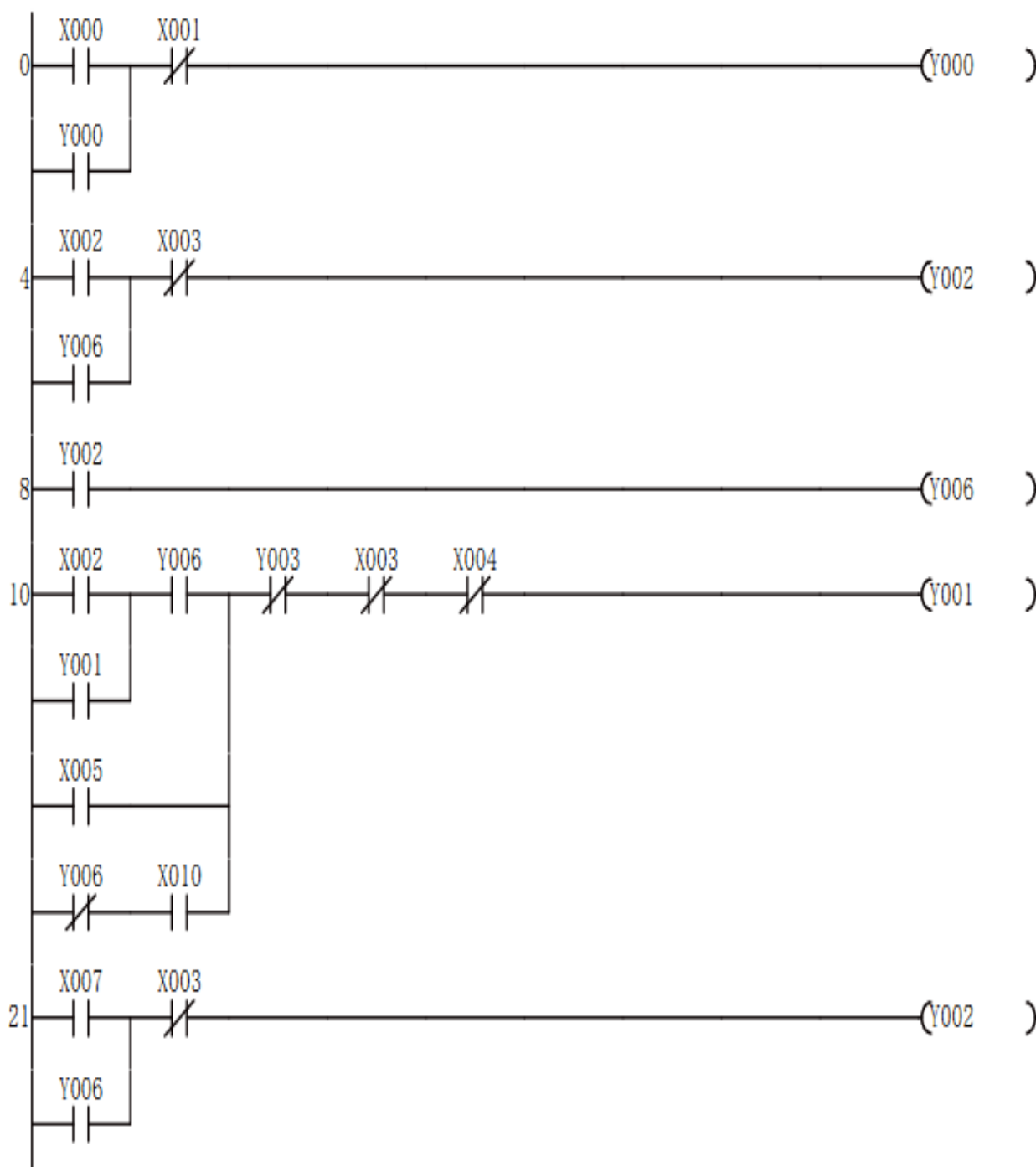


图 5-10 电流表的控制梯形图

## 5.3 梯形图

由 5.2 设计的各个部分梯形图汇总设计可以得到完整的 C650 卧式车床的梯形图，该梯形图能完成主电动机 M1 的点动正转、M1 的正转、M1 的反转、M1 的反接制动，以

及 M2 的起动、M2 的停止、M3 的起动，以及电流表的正常检测，图 5-11 为 C650 卧式车床的梯形图。



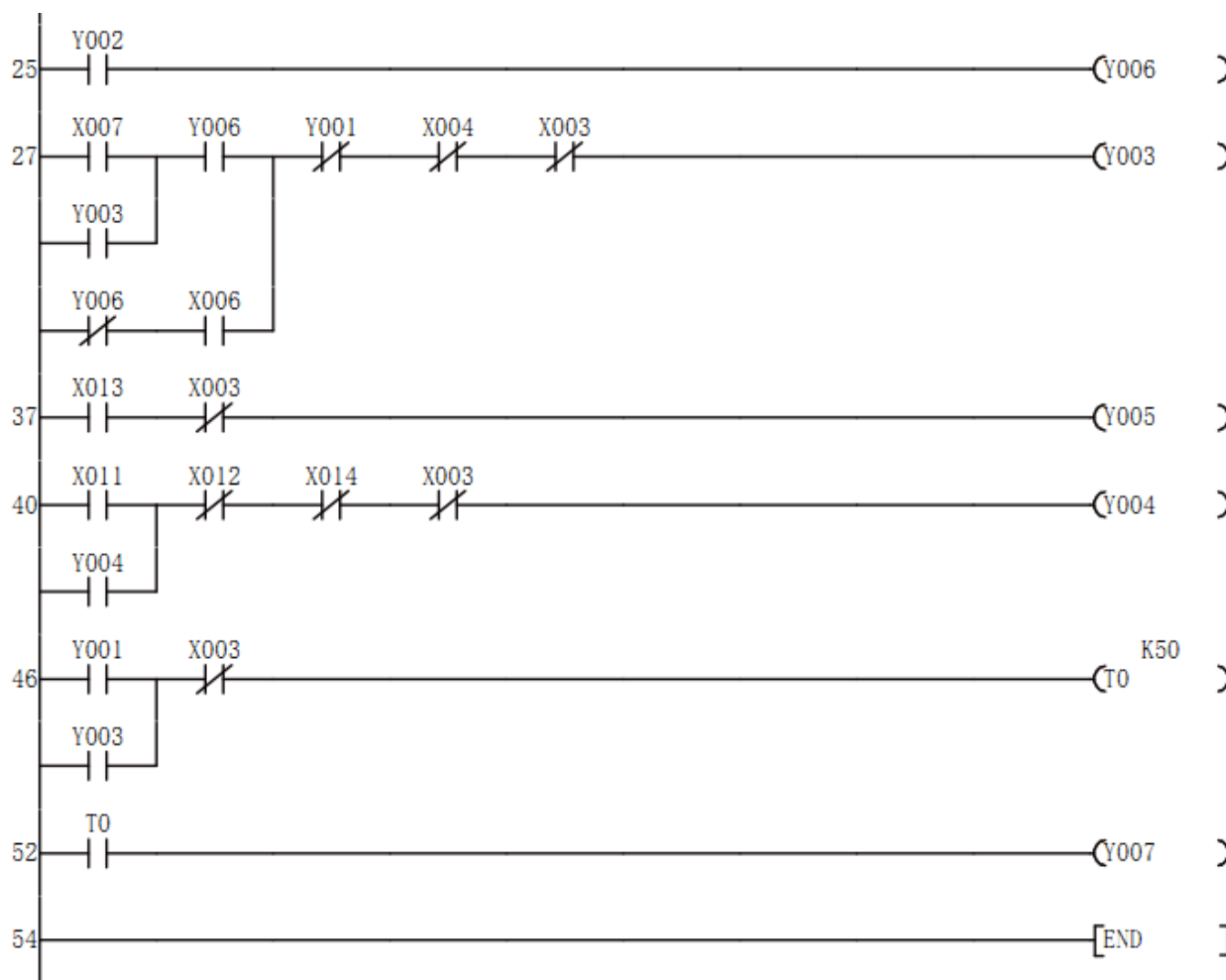


图 5-11 C650 卧式车床梯形图

#### 5.4 C650 卧式车床程序表

0	LD	X000
1	OR	Y000
2	ANI	X001
3	OUT	Y000
4	LD	X002
5	OR	Y006
6	ANI	X003
7	OUT	Y002
8	LD	Y002
9	OUT	Y006
10	LD	X002
11	OR	Y001
12	AND	Y006
13	OR	X005
14	LDI	Y006
15	AND	X010
16	ORB	
17	ANI	Y003
18	ANI	X003
19	ANI	X004
20	OUT	Y001
21	LD	X007
22	OR	Y006
23	ANI	X003
24	OUT	Y002
25	LD	Y002
26	OUT	Y006
27	LD	X007

28	OR	Y003	
29	AND	Y006	
30	LDI	Y006	
31	AND	X006	
32	ORB		
33	ANI	Y001	
34	ANI	X004	
35	ANI	X003	
36	OUT	Y003	
37	LD	X013	
38	ANI	X003	
39	OUT	Y005	
40	LD	X011	
41	OR	Y004	
42	ANI	X012	
43	ANI	X014	
44	ANI	X003	
45	OUT	Y004	
46	LD	Y001	
47	OR	Y003	
48	ANI	X003	
49	OUT	T0	K50
52	LD	T0	
53	OUT	Y007	
54	END		

## 第六章 调试

在调试前我们需要对线路进行检查，按照接线图检查电源线和接地线是否可靠，主线路和控制线路连接是否正确，绝缘是否良好，各开关是否处于低位，插头和各插接件是否全部插紧；检查工作台等部件的位置是否合适，防止通电时发生失误。在检查完各部分正确无误后，便可接上设备的工作电源，开始通电调试了。

### 6.1 硬件检查

合上实验台上供电的电源开关，用万用表测量系统总电源开关进线端的电压，看一看电压是否正常，有无断相或三相电压特别不平衡的现象。如果一切正常，便可合上总电源开关 SB1，并用万用表测量电源能供到的各支路终端的电压是否正常。有无断相。

用万用表测量各硬件的接线情况，看是否有短接，断接和虚连的情况，并与电路控制原理图一一对照，看是否有无接错的地方。各部分都正确无误的情况下进行软硬件联调。

### 6.2 系统综合调试

将编写好的 PLC 程序进行编译，下载至 PLC，由于控制系统运行电压是在 220V，为了保证安全只好先在实验台上分步模拟，观察各步的动作都正确无误后，按照 PLC 控制系统接线图在实验台上整体模拟，输出部分（接触器，电动机，快速移动刀架）用实验台上的指示灯代替，观察输出端点指示灯在一个工作循环里的状态变化，并与工艺过程对照。在实验台上整体模拟无误后，将检查完毕的硬件连接电路（各电动机连接的电路）与 PLC 连接在一起，分别观察各电动机的工作状态，分步运行无误后，将所有的电动机按照 PLC 接线图连接在一起，分别观察各个电动机的运行状态，并与工艺过程比较，没有发现什么问题。此控制程序设计能够满足控制系统的要求。

### 6.3 M1 的正转点动调试

主电动机 M1 点动正转时的梯形图的仿真效果，如图 6-1 所示。



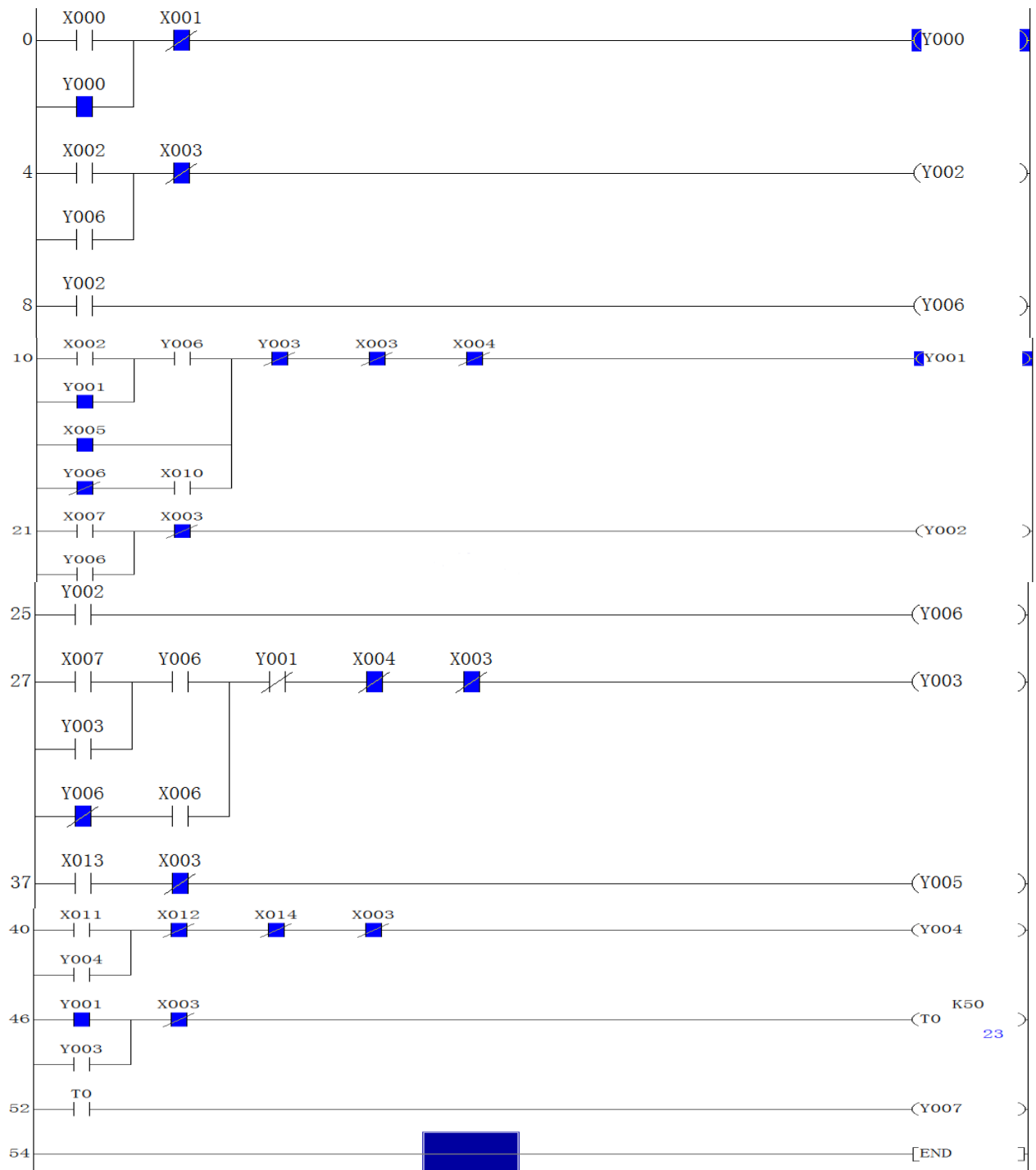
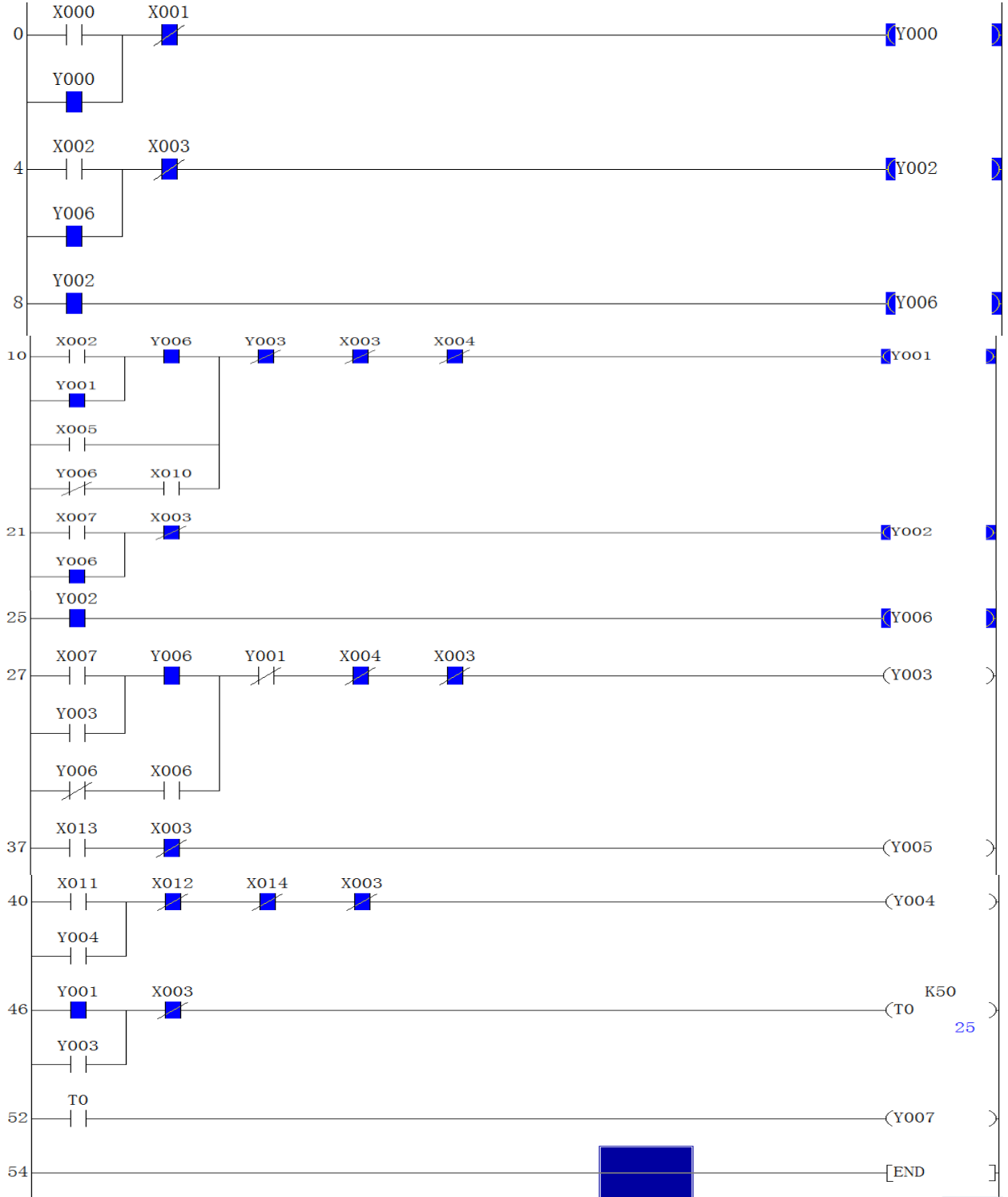


图 6-1 主电动机 M1 正转点动调试图

### 6.4 M1 的正转调试

主电动机 M1 长动正转时的梯形图的仿真效果，如图 6-2 所示。



主电动机 M1 长动反转时的梯形图的仿真效果，如图 6-3 所示。

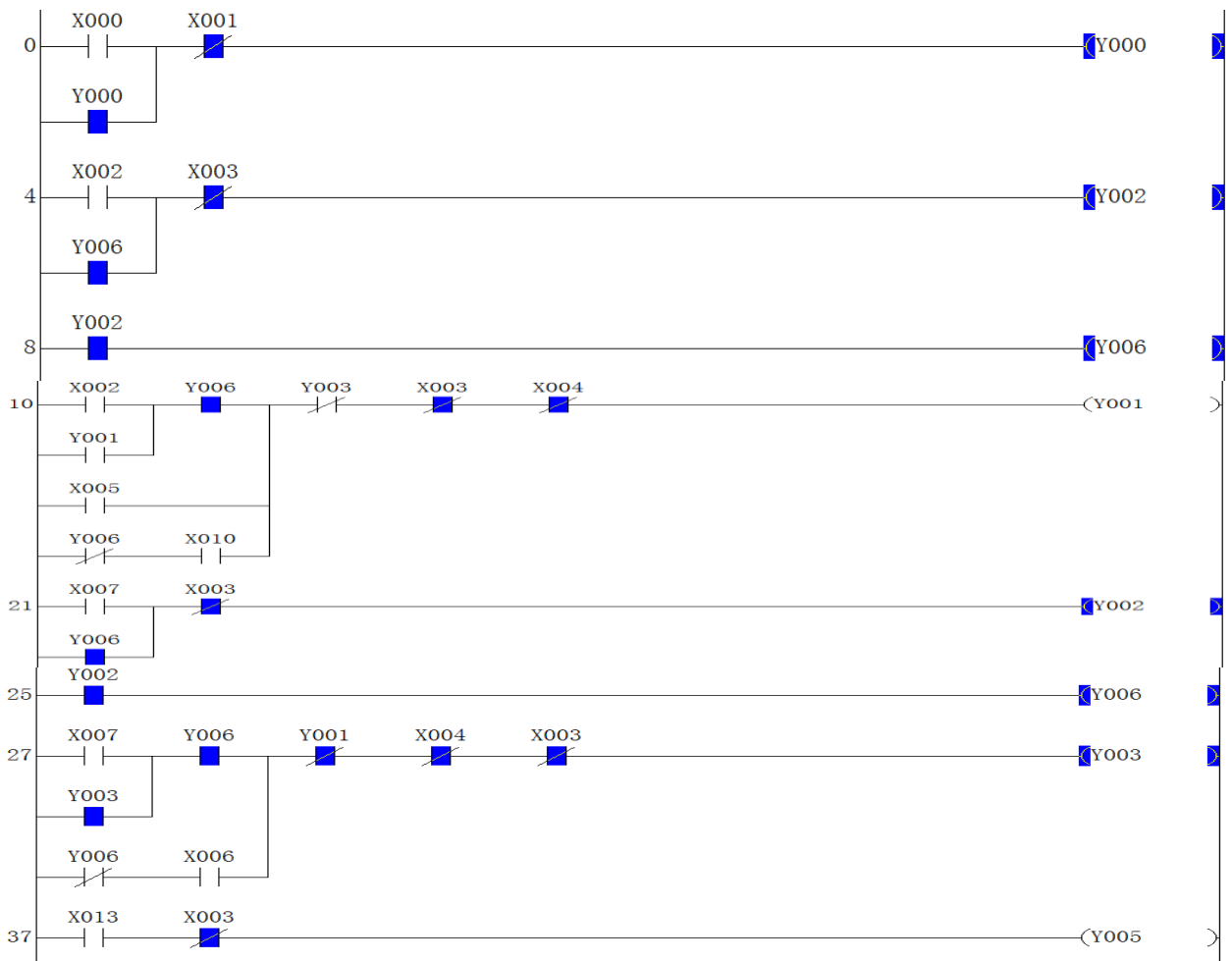
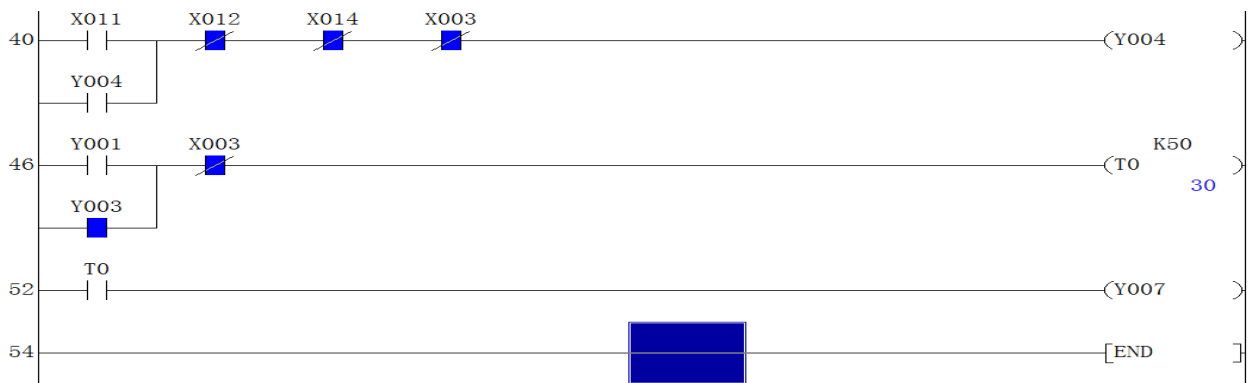


图 6-3 主电动机 M1 反转长动调试图



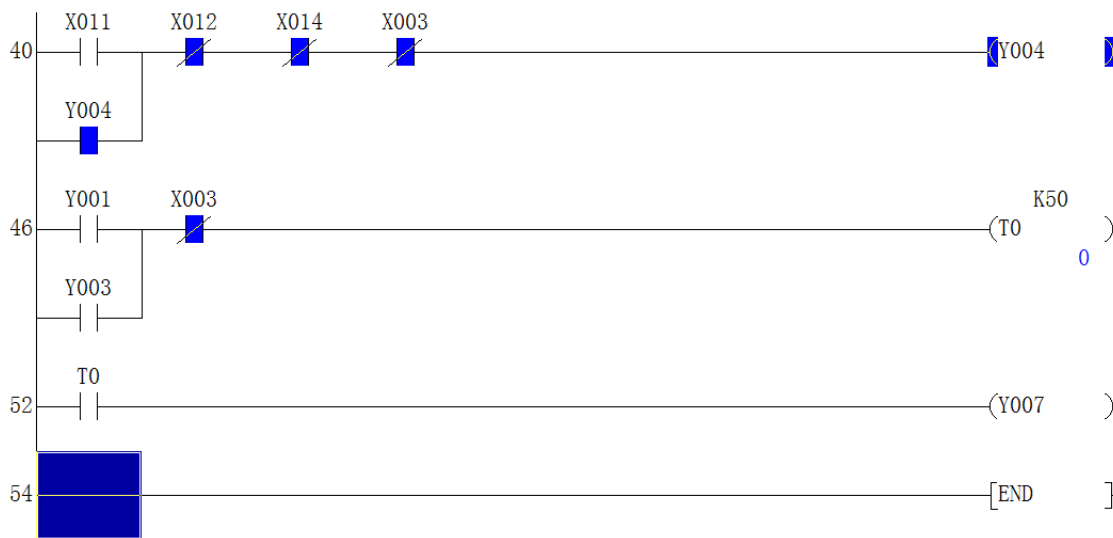
### 6.6 M1 的反接制动调试

主电动机 M1 反接制动的梯形图的仿真效果，如图 6-4 所示。



冷却泵电动机 M2 起动的梯形图的仿真效果，如图 6-5 所示。

图 6-5



冷却泵电动机 M2 启动调试图

### 6.8 M2 的停止调试

冷却泵电动机 M2 停止的梯形图的仿真效果，如图 6-6 所示。

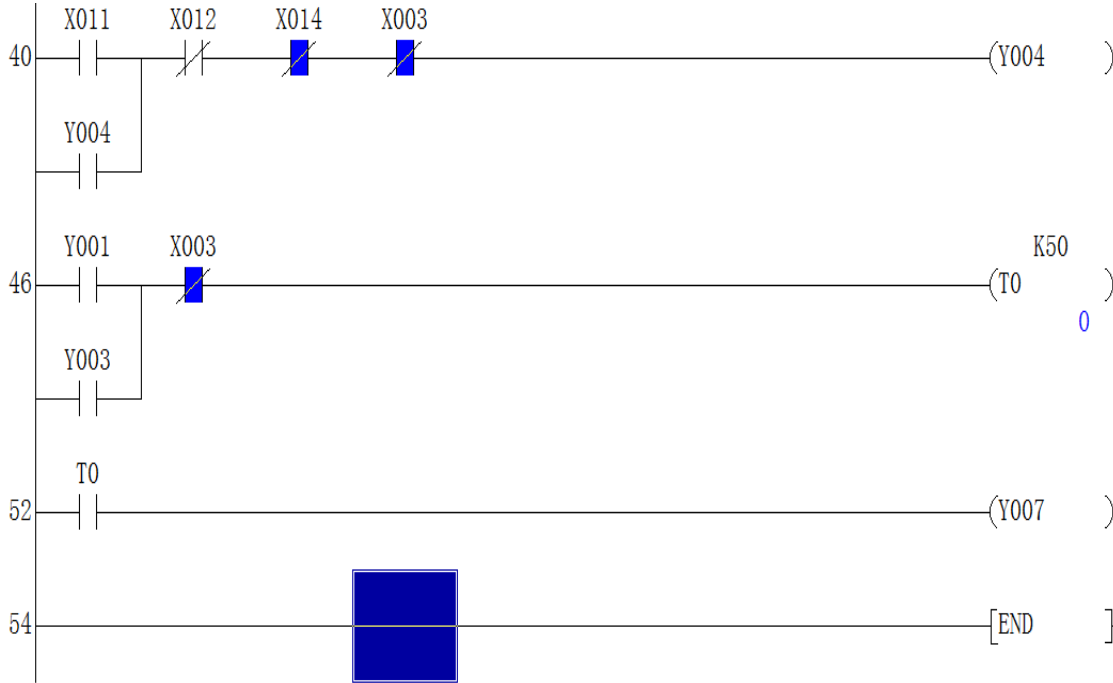
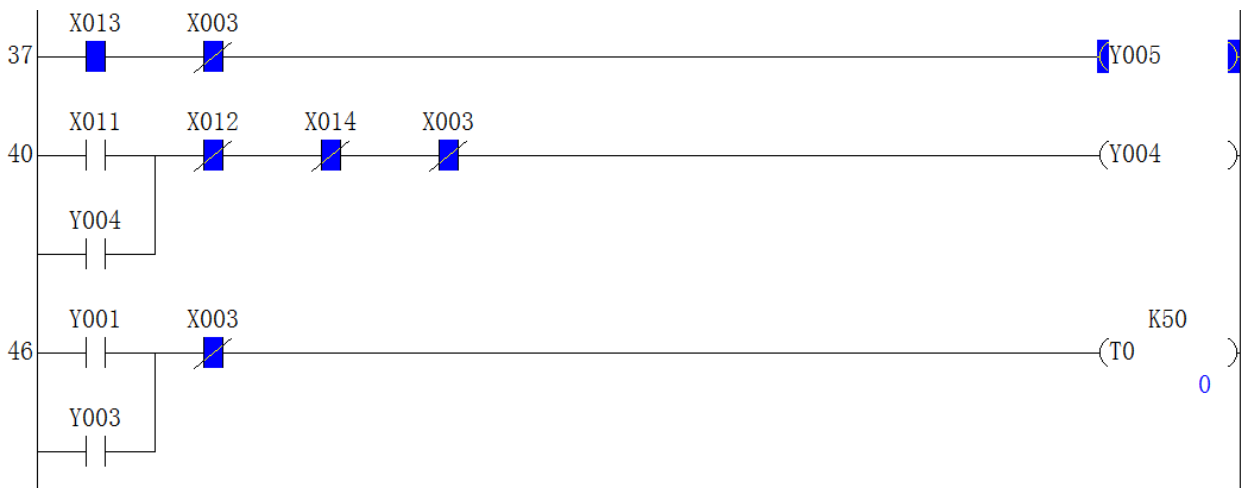


图 6-6 冷却泵电动机 M2 的停止调试图

### 6.9 M3 的起动的调试

快速移动电动机 M3 的起动的梯形图的仿真效果，如图 6-7 所示。



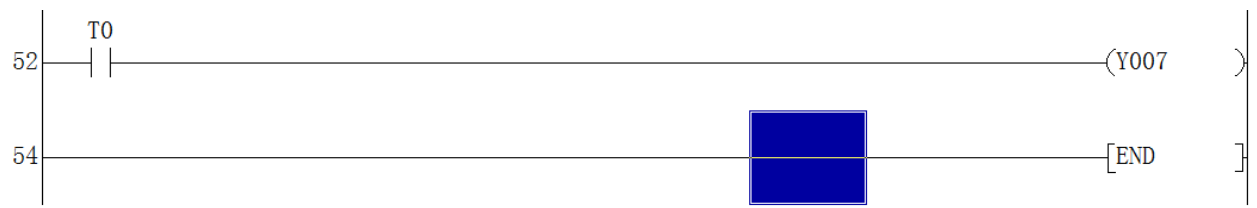


图 6-7 快速移动电动机 M3 的启动调试图

## 总结

通过这次毕业设计使我收获不少,在系统全面总结以前所学知识的同时,又学到了新的知识。不仅锻炼了思考能力,也提高了总结、归纳、综合运用的能力,是毕业前对所学的知识回顾和检验。无论是基础知识方面还是软件应用,绘图方面都有提高,对可编程控制器有了更深一步的理解。

C650 车床是一种应用极为广泛的金属切削机床,能够车削外圆、内圆、端面、螺纹和定型表面,并可以通过尾架进行钻孔、铰孔、攻螺纹。采用传统的继电器—接触器控制,其技术落后,可靠性差,工作效率低,故障诊断和排除困难,已严重制约了企业的生产效率,而可编程控制器是在继电器控制和计算机控制基础上开发的工业自动化控制装置,是一种数字运算操作的电子系统,专门为在工业环境下应用设计的,它具有可靠性高、设计施工周期短、维修方便,价格也很便宜等优点。因而用 PLC 改造其继电器—接触器成了一种必然的选择。

本设计主要是用程序的设计来实现其传统的继电器—接触器线路,以实现 C650 车床的各项控制要求。详细介绍了电动机的正反转控制、电动机的正转点动控制及其反接制动控制、电动机的正反转运行的反接制动控制等的设计。并分析了其工作过程。用文字、图表、动作的顺序的标示的形式展现出来,增加了可读性。最后对程序进行了调试,通过调试的结果证明,此程序是可行的。

## 致谢

三年的大学生活即将拉上帷幕，这是大学期间最后一次设计，此次设计的主要目的是培养我们运用所学理论知识和专业知识来分析和解决电气控制技术中出现的一系列问题，它不仅体现了我们对设计的思想，更重要的是使我学会了在今后设计过程中的一般步骤和方法。

在此，我要感谢所有曾经教导过我的老师和关心过我的同学，感谢我的老师们在我三年求学生涯中给予的关心和帮助。是他们在我的大学生活成长过程中给予了我无私的帮助，教会了我方方面面的经验。此次毕设在设计过程中得到了任伟老师的精心指导，并且在跟随其学习的几个月中，不论是在学习上、工作上还是在日常生活中，任伟老师都给了我们无微不至的关怀，特别是在毕业设计期间，任伟指导教师给予了我很大的帮助和支持，在此，我表示由衷的感谢，我在这次设计中收获很多东西。

最后，对各位老师审阅我的论文深表感谢，由于本人能力有限，课题设计中存在不足之处并渴望给予批评指导。