

摘要

随着科学技术的迅猛发展，一些价格昂贵的机床面临被淘汰的噩运，这样会造成很大的浪费，因此对传统机床进行改造是节约资源的很好方法。本论文是研究机械加工中常用的 Z3040 摇臂钻床传统电气控制系统的改造问题，旨在解决传统继电器—接触器电气控制系统存在的线路复杂、可靠性稳定性差、故障诊断和排除困难等难题。由于 PLC 电气控制系统与继电器—接触器电气控制系统相比，具有结构简单，编程方便，调试周期短，可靠性高，抗干扰能力强，故障率低，对工作环境要求低等一系列优点。因此，本论文对 Z3040 摇臂钻床电气控制系统的改造，将把 PLC 控制技术应用到改造方案中去，从而大大提高摇臂钻床的工作性能。论文分析了摇臂钻床的控制原理，制定了可编程控制器改造 Z3040 摇臂钻床电气控制系统的设计方案，完成了电气控制系统硬件和软件的设计，其中包括 PLC 机型的选择、I/O 端口的分配、I/O 硬件接线图的绘制、PLC 梯形图程序的设计。对 PLC 控制摇臂钻床的工作过程作了详细阐述，论述了采用 PLC 取代传统继电器—接触器电气控制系统从而提高机床工作性能的方法，给出了相应的控制原理图。

关键词：可编程控制器、摇臂钻床、钻深精度、电气控制系统

ABSTRACT

This paper is to studies the machine process in common use Z3040 in inside radial drilling machine electric control system improves problem. The aim is solving device complexity, inferior reliability and stability, malfunction analysis and trouble obviation of the traditional relay electric control system. Because of electric control system PLC there are lots of advantages which include design, install, connect the line and adjust to try workload small, the period of research and manufacture is short, reliability is high, the ability of Anti- interference is very strong, the rate of break down is low, the demand of work environment is low, maintenance convenience a series of advantage etc. Therefore, a work for to the Z3040 radial drilling machine electric control system reforming, will reforming PLC control technique application in the project, then increasing radial drilling machine's work function. The paper introduces to the control principle of the radial drilling machine. Established the programmable controller improve the design project of electric control system of Z3040 radial drilling machine. Completed the design of the software and hardware of the electric control system, Among them include the model of PLC choice、 the I/O allotment of the address、 the I/O hardware connects the line diagram、 PLC trapezium diagram's design. It explains that PLC control the work process of radial drilling machine. Discussing the adoption PLC replaces the traditional electric control system's method and increases the work function of radial drilling machine, give a homologous control principle diagram.

Key words: PLC、 Radial drilling machine、 Trapezium diagram、 Electric Control System

目录

第一章 绪论	1
1.1 本课题的选题背景和意义	1
1.2 国内外关于本课题的技术研究现状和发展动态	2
第二章 Z3040 摇臂钻床的结构原理分析	4
2.1 Z3040 摇臂钻床的主要结构和运动形式	4
2.1.1 钻床的主要结构	4
2.1.2 钻床的运动形式	5
第三章 Z3040 摇臂钻床电气控制线路工作原理	7
第四章 PLC 的基本结构	13
4.1 PLC 的基本结构	13
4.2 PLC 的工作过程	15
4.2.1 输入采样阶段	15
4.2.2 程序执行阶段	15
4.2.3 输出刷新阶段	16
4.3 PLC 型号的选择	16
4.3.1 根据 PLC 的物理结构	16
4.3.2 根据 PLC 的指令功能	16
4.3.3 根据 PLC 的输入输出点数	17
4.3.4 根据 PLC 的存储容量	17
4.3.5 根据输入模块的类型	17
4.3.6 根据输出模块的类型	17
第五章 Z3040 摇臂钻床控制系统的 PLC 改造分析	19
5.1 概述	19
5.2 改造难点分析	19
5.3 PLC 的选择	20

5.3.1 I/O 分配.....	21
5.3.2 PLC 外部结构接线图.....	21
5.3.3 梯形图.....	22
5.3.4 指令.....	24
结论.....	25
1 研究成果.....	25
2 不足之处.....	25
致谢.....	26
参考文献.....	27

第一章 绪论

1.1 本课题的选题背景和意义

Z3040 摇臂钻床是工厂中常用的金属切削机床，它可以进行多种形式的加工，如：钻孔、镗孔、铰孔及螺纹等。从控制上讲，它需要机、电、液压等系统相互配合使用，而且，要进行时间控制。它的调速是通过三相交流异步电动机和变速箱来实现的。也有的是采用多速异步电动机拖动，这样可以简化变速机构。摇臂钻床的主轴旋转运动和进给运动由一台交流异步电动机拖动，主轴的正反向旋转运动是通过机械转换实现的。故主电动机只有一个旋转方向。此外，摇臂的上升、下降和立柱的夹紧、放松各由一台交流异步电动机拖动。

目前，我国的 Z3040 摇臂钻床的电气控制系统普遍采用的是传统的继电器—接触器控制方式。因其所要控制的电机较多所以电路较复杂，在日常的生产作业当中，经常发生电气故障，从而影响生产。另外，一些复杂的控制如：时间、计数控制用继电器—接触器控制方式较难实现，所以，有必要对传统电气控制系统进行改进设计。PLC 电气控制系统可以有效的弥补上述系统的这一缺陷。

可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）简称 PLC，是从早期的继电器逻辑电气控制系统发展而来，它不断吸收微型计算机控制技术，使之功能不断增强，逐渐适合复杂的电气控制系统。PLC 之所以有较强的生命力，在于它更加适应工业现场和市场要求。可靠性高，抗干扰能力强、编程方便、价格低、寿命长。与单片机相比，它的输入/输出端更接近现场设备，不需添加太多的中间部件，这样可以大大节省用户的开发与生产成本。

现在应用于各种工业控制领域的 PLC 种类繁多，规模大小和功能强弱千差万别，但他们具有以下一些共同的特点。

可靠性高。可靠性是用户的首选要求，目前各厂家生产的 PLC，平均无故障时间都大大超过 IEC 规定的 10 万小时，例如：西门子、ABB、松下、三菱等微小型 PLC，而且有完善的自诊断功能，判断故障迅速。

灵活组态。可编程控制器是系列化产品，通常采用模块化结构来完成不同的任务组合。输入输出端口选择灵活，有多种机型，组合方便。

功能强大。除基本的逻辑控制、定时、计数、算术运算功能外，配合特殊功能模块还可实现点位控制、PTO 运算、过程运算、数字控制等功能，为方便工厂管理又可以与上位机通信，通过远程模块可以控制远程设备。因此，PLC 几乎是全能的工业控制计算机。

编程方便，易于使用。PLC 的编程可采用与继电器极为相似的梯形图语言，直观易懂，深受现场电气人员的欢迎。近年来又发展了面向对象的顺控流程图语言（Sequential Function Chart），使编程更加简单方便。

运行速度快。传统的机电接触电气控制系统通过大量触点的机械动作进行控制，速度很慢，而且系统愈大速度愈慢。PLC 的控制速度则由 CPU 工作速度和扫描速度决定。因此更适合处理高速复杂的控制任务，它与微型计算机之间的差别越来越小。

同时，PLC 还具备了网络功能，能进行多台 PLC 或 PLC 与 PC 机之间的联网通讯，使用 PLC 可以很方便的构成“集中管理、分散控制”的分布式电气控制系统，通过现场总线的 PLC 通讯网络，可使工厂的各种资源共享，就更适合于工厂自动化的需要，为工厂自动化提供了技术保证。

正是由于 PLC 电气控制系统的种种优点,因此本次对 Z3040 摇臂钻床的电气控制系统的改造,可以大大提高 Z3040 摇臂钻床工作性能和系统的工作稳定性,为工业生产的现代化带来生机. 同时, 提高了 PLC 编程水平和实践能力,为今后在实际工作中熟练使用 PLC 进行工业系统的设计打好基

1.2 国内外关于本课题的技术研究现状和发展动态

早在上世纪六十年代国外就已经出现了可编程序控制器（PLC）的应用，之后世界各国争相在该领域投入大量资金进行新产品的开发，在 1995 年西门子又成功地开发出了 S7200、S7300 系列，它具有 TD 200 和 COROS OPS 操作模板为用户提供了方便人机界面，用户程序三级口令保护，极强的计算性能，完善的指令集，MPI 接口和通过工业现场总线 PROFIBUS 以及以太网联网的网络能力，强劲的内部集成功能，全面的故障诊断功能；模块式结构可用于各处性能的扩展，脉冲输出晶闸管步进电机和直流电机；快速的指令处理大大缩短了循环周期，并采用了高速计数器，高速中断处理可以分别响应过程事件，大幅度降低了成本。由于电气控制系统的可靠性日益受到人们的重视，一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中，推出了高可

靠性的冗余系统，并采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。由于 PLC 的众多优点，使其迅速在工业控制中得到推广。虽然国内 PLC 技术的应用前景很大，并且取得了一定的经济效益，而相比之下，由于受经济和技术水平的限制，大多数企业在生产上使用的 Z3040 摇臂钻床的电气控制系统，还是采用继电器—接触器控制方式，而这种控制方式存在着明显的缺陷和隐患。极易发生故障。而且，由于线路复杂，要想找到问题所在也相当的困难。和国外大量采用 PLC 技术替代继电器—接触器系统相比，我们还存在很大差距。

随着 PLC 技术在中国的迅猛发展，我们和国外先进技术的差距会不断缩小。因此，抓住这个有利时机进一步促进 PLC 技术的推广与应用，是提高我国工业自动化水平的迫切任务，此次对于 Z3040 摇臂钻床电气控制系统改造设计，就是希望借鉴国外先进的工业控制技术，应用到工业现场，以提高摇臂钻床的工作性能。

第二章 Z3040 摇臂钻床的结构原理分析

2.1 Z3040 摇臂钻床的主要结构和运动形式

2.1.1 钻床的主要结构

钻床是一种孔加工机床，可用来钻孔、扩孔、绞孔、攻螺纹及修刮端面等多种形式的加工。钻床的结构形式很多，有立式钻床、卧式钻床、深孔钻床等。

Z3040 摇臂钻床是一种立式钻床，它适用于单件或批量生产中带有多孔大型零件的加工，是一般机械加工车间常用的机床。

摇臂钻床用旋转的钻头对工件进行加工，它由 7 底座、1 内外立柱、2 摇臂、9 主轴箱和 6 工作台组成。主轴箱固定在摇臂上，可以沿摇臂径向运动。摇臂借助丝杠，可以做升降运动，也可以与外立柱固定在一起，沿内立柱旋转。切削加工时，通过夹紧装置，主轴箱紧固在摇臂上，摇臂紧固在外立柱上，外立柱紧固在内立柱上

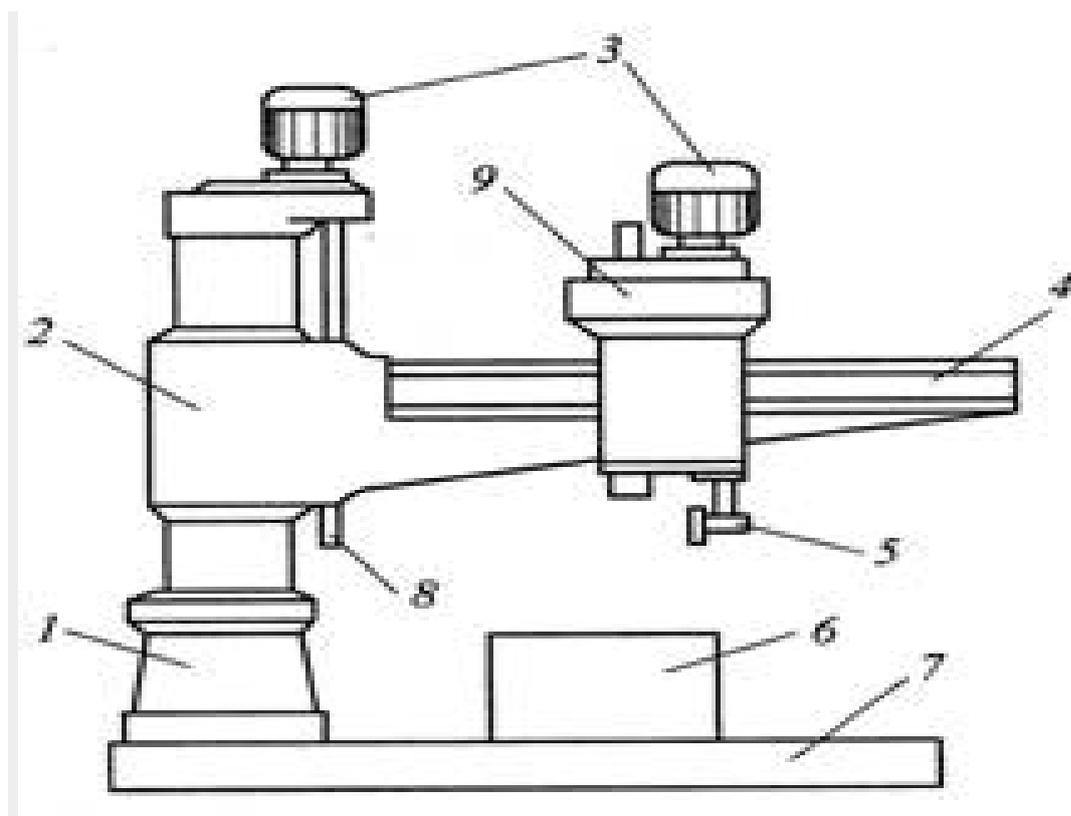


图 2—1 Z3040 外部结构

2.1.2 钻床的运动形式

摇臂的一端为套筒，套装在外立柱上，并借助丝杠的正、反转可沿外立柱作上下移动。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。加工时，根据工件的高度的不同，摇臂借助于丝杠可带着主轴箱沿外立柱上下升降。在升降之前，应自动将摇臂松开，再进行升降，当达到所需的位置时，摇臂自动夹紧在外立柱上。摇臂钻床钻削加工分为工作运动和辅助运动。工作运动包括：主运动（主轴的旋转运动）和进给运动（主轴轴向运动）；辅助运动包括：主轴箱沿摇臂的横向移动，摇臂的回转和升降运动。钻削加工时，钻头一面旋转一面作纵向进给。钻床的主运动是主轴带着钻头作旋转运动。进给运动是钻头的上下移动。辅助运动是主轴箱沿摇臂水平移动，摇臂沿外立柱上下移动和摇臂与外立柱一起绕内立柱的回转运动。摇臂的一端为套筒，套装在外立柱上，并借助丝杠的正、反转可沿外立柱作上下移动。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。加工时，根据工件的高度的不同，摇臂借助于丝杠可带着主轴箱沿外立柱上下升降。在升降之前，应自动将摇臂松开，再进行升降，当达到所需的位置时，摇臂自动夹紧在外立柱上。摇臂钻床钻削加工分为工作运动和辅助运动。工作运动包括：主运动（主轴的旋转运动）和进给运动（主轴轴向运动）；辅助运动包括：主轴箱沿摇臂的横向移动，摇臂的回转和升降运动。钻削加工时，钻头一面旋转一面作纵向进给。钻床的主运动是主轴带着钻头作旋转运动。进给运动是钻头的上下移动。辅助运动是主轴箱沿摇臂水平移动，摇臂沿外立柱上下移动和摇臂与外立柱一起绕内立柱的回转运动。

（1）主轴带刀具的旋转与进给运动

主轴的转动与进给运动有一台三相交流异步电动机（3kw）驱动，主轴的转动方向由机械及液压装置控制。

（2）各运动部分的移位运动

主轴在三维空间的移位运动有主轴箱沿摇臂方向的水平移动（平动）；摇臂沿外立柱的升降运动（摇臂的升降运动由一台 1.1kw 笼型三相异步电动机拖动）；外立柱带动摇臂沿内立柱的回转运动（手动）等三种，各运动部件的移位运动用于实现主轴的对刀移位。

（3）移位运动部件的夹紧与放松

摇臂钻床的三种对刀移位装置对应三套夹紧与放松装置，对刀移动时，需要将装置放松，机加工过程中，需要将装置夹紧。三套夹紧装置分别为摇臂夹紧（摇臂与外立柱之间）；主轴箱夹紧（主轴箱与摇臂导轨之间）；立柱夹紧（外立柱和内立柱之间）。通常主轴箱和立柱的夹紧与放松同时进行。摇臂的夹紧与放松则要与摇臂升降运动结

合进行。

Z3040 摇臂钻床夹紧与放松机构液压原理如下图所示。图中液压泵采用双向定量泵。液压泵电动机在正反转时，驱动液压缸中活塞的左右移动，实现夹紧装置的夹紧与放松运动。电磁换向阀 HF 的电磁铁 YA 用于选择夹紧与放松的现象，电磁铁 YA 的线圈不通电时电磁换向阀工作在左工位，接触器 KM4、KM5 控制液压泵电动机的正反转，实现主轴箱和立柱（同时）的夹紧与放松；电磁铁 YA 线圈通电时，电磁换向阀工作在右工位，接触器 KM4、KM5 控制液压泵电动机的正反转，实现摇臂的夹紧与放松。

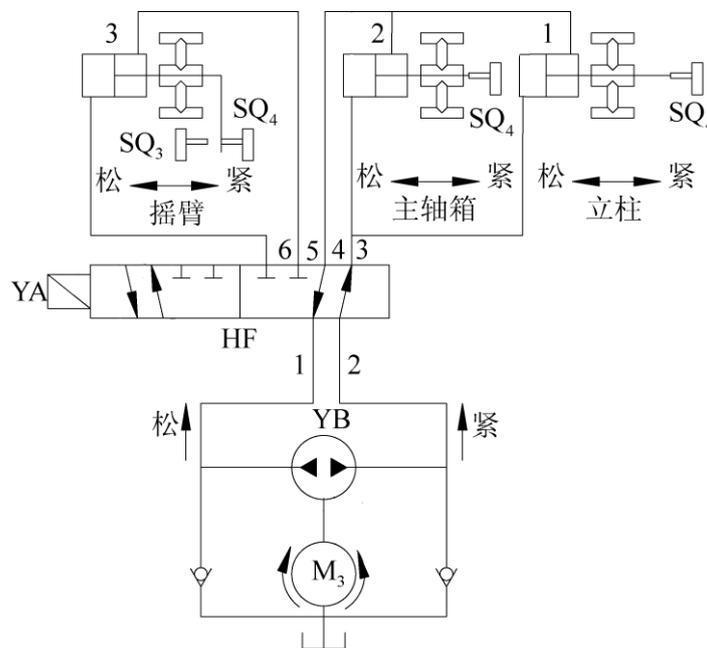


图 2-2 Z3040 摇臂钻床夹紧与放松机构液压原理图

第三章 Z3040 摇臂钻床电气控制线路工作原理

Z3040 摇臂钻床设有四台电机，即主轴电动机、摇臂升降电动机、液压电动机及冷却泵电动机。

摇臂钻床的主轴旋转运动和进给运动由一台交流异步电动机拖动，主轴的正反转运动是通过机械变换实现的。故主电动机只有一个旋转方向。

摇臂钻床除了主轴的旋转和进给运动外，还有摇臂的上升，下降及立柱的夹紧和放松。摇臂的上升、下降由一台交流异步电动机拖动，立柱的夹紧和放松由另一台交流电动机拖动。Z3040 摇臂钻床是通过电动机拖动一台齿轮泵，供给夹紧装置所需要的压力油，而摇臂的回转和主轴箱的左右移动通常采用手动。此外还有一台冷却泵电动机对加工的刀具进行冷却。

(1) 主拖动电动机

钻头（主轴）的旋转与钻头的进给，是由一台电动机拖动的，由于多种加工方式的要求，所以对摇臂钻床的主轴与进给都提出较大的调速范围要求。该机床的主轴调速范围为 80，正传最低速度为 25r/min，最高速度为 2000r/min，分 6 级变速；进给运动的调速范围为 80，最低进给量是 0.04mm/r，最高进给量是 3.2mm/r，也分为 16 级变速。在加工螺纹时，要求主轴能正反转，有机械方法变换的，所以电动机不需要反转。所以主轴电动机型号 M1，选定为 Y100L2.4，性能指标为：3KW、380V、6.82A、1430r/min

(2) 摇臂升降电动机

当工件与钻头高度不合适时，可将摇臂升高或降低，故需正反转。所以摇臂升降电动机：M2，型号选定为 Y908-4，性能指标为：1.1KW、2.01A、1390r/min

(3) 液压泵电动机

摇臂、立柱、主轴箱的夹紧放松，均采用液压传动菱形块夹紧机构，夹紧用的高压油是由一台电动机带动高压油泵送出的。由于摇臂的夹紧装置与立柱的夹紧装置，主轴的夹紧装置不是同时动作，所以，采用一台电动机拖动高压油泵，有电磁阀控制油路。所以液压泵电动机：M3，型号选定为 J031。性能指标为：0.6KW、1.42A、2880r/min

(4) 冷却液泵电动机

切削时，刀具及工件的冷却由冷却液泵供给所需的冷却液，冷却液流量大小有专用阀门调节，与电动机转速无关。M4 型号选定 JCB-22，性能指标为：0.125KW、0.43A、

2790r/min

Z3040 摇臂钻床外部结构示意图如下：

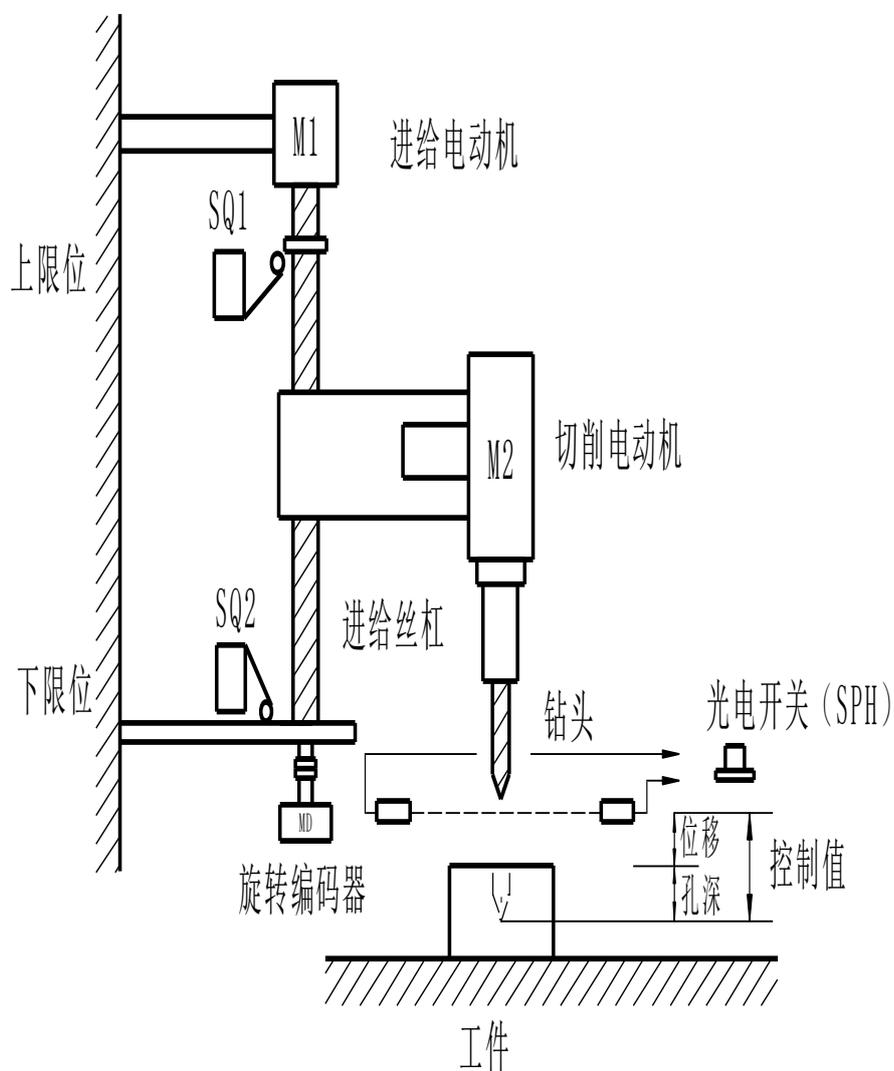


图 3—1 Z3040 摇臂钻床外部结构示意图

Z3040 摇臂钻床的电气控制线路包括主电路和控制电路。其中上下限位开关行程开关 SQ1 是摇臂上升和下降至极限位的保护开关，有两副动断触电 SQ1，分别串联在摇臂上升和下降控制电路中。SQ1 与一般开关不同，其两副动断触电不同时动作。当摇臂升至上升极限位置时，SQ1 的动断触电 SQ1 断开，使接触器 KM2 失电，升降电动机 M2 停止，上升运动停止。但 SQ1 另一副动断触点 SQ1 仍保持闭合，因此可按下下降按钮 SB4，使接触器 KM3 得电吸合，控制摇臂升降电动机 M2 反向旋转，摇臂下降。反之当摇臂在下降位置时，控制过程类似。

行程开关作用：在摇臂升降电路中，行程开关 SQ2 为摇臂放松到位的信号开关，行程开关 SQ3 为摇臂夹紧的信号开关，行程开关 SQ2 为摇臂放松到位开关，行程开关 SQ3 为摇臂夹紧到位开关。因此行程开关 SQ2 及 SQ3，是用来检查摇臂是否松开或夹紧，以实现限位连锁。

SQ2 的动合触点串联在 KM2、线圈电路中，它在摇臂完全放松到位才动作闭合，以确保摇臂的升降在其放松后进行。如果摇臂没有放开，SQ2 就不能闭合，因此控制摇臂升降的 KM2 或 KM3 就不能得电吸合，摇臂就不会上升或下降。

行程开关 SQ3 的动断触点 SQ3 串联在接触器 KM5 线圈、电磁铁 YA 线圈电路中，在摇臂完全夹紧时动作。如果摇臂未夹紧，则行程开关 SQ3 的动断触点闭合保持原状，使接触器 KM5、电磁铁 YA 得电吸合，对摇臂进行夹紧，直到完全夹紧为止，行程开关 SQ3 的动断触点应调整到保证夹紧后能够动作，否则会使液压泵电动机 M3 处与长时间过载运行状态。

具体的电气控制线路如下图所示：

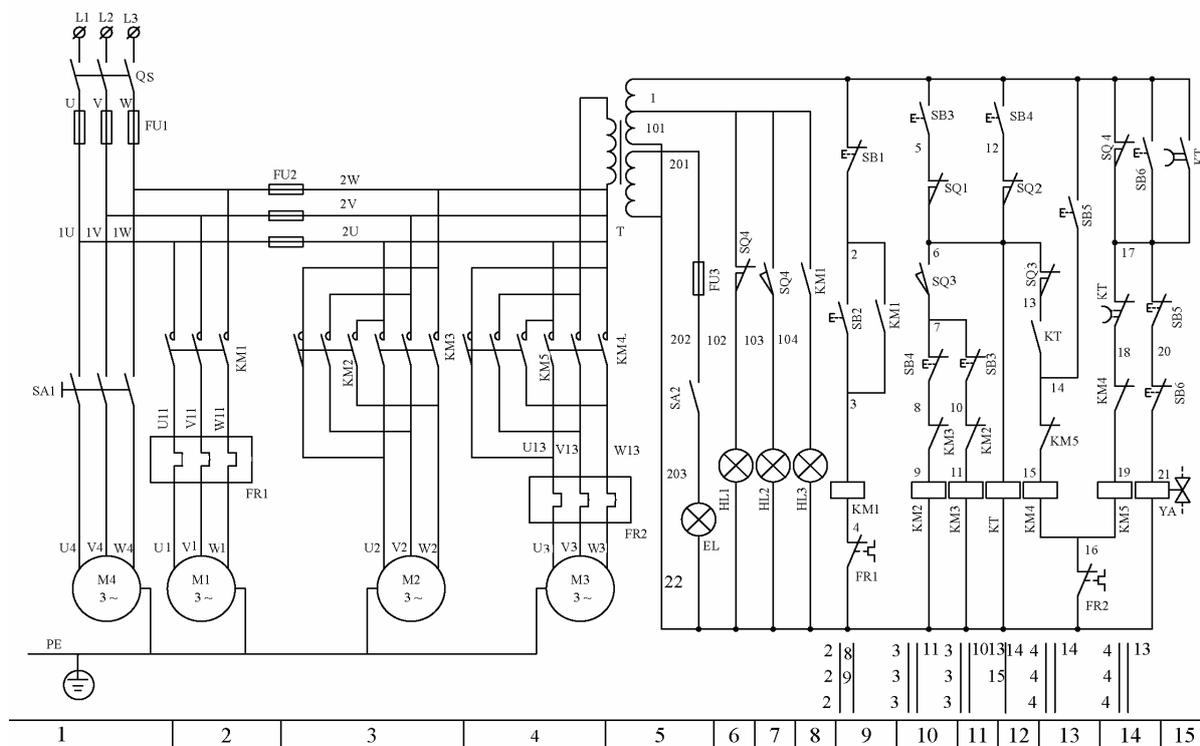


图 3—2 Z3040 摇臂钻床电气控制线路

表 3—1 Z3040 摇臂钻床的电器元件表

序号	符号	名称	型号	规格
1	EL	照明灯	JC2	40W, 36V
2	FR1	主轴电动机热继电器	JR0-40	热元件 4-6. 4A
3	FR2	液压电动机热继电器	JR0-40	热元件 1-1. 6A
4	FU1	主电源熔断器	RL1-60	熔体 20A
5	FU2	摇臂液压电动机控制电路熔断器	RL1-15	熔体 10A
6	FU3	照明灯熔断器	RL1-15	熔体 2A
7	HL1	立柱主轴箱放松指示灯	LA19-11D	黄色、6. 3V、装于 SB5 内
8	HL2	立柱主轴箱夹紧指示灯	LA19-11D	绿色、6. 3V、装于 SB3 内
9	HL3	主轴运转指示灯	LA19-11D	绿色、6. 3V、装于 SB2 内
10	KM1	主轴电动机接触器	CJ0-20B	线圈电压 127V
11	KM2	摇臂上升接触器	CJ0-20B	线圈电压 127V
12	KM3	摇臂下降接触器	CJ0-20B	线圈电压 127V
13	KM4	液压电动机正向接触器	CJ0-20B	线圈电压 127V
14	KM5	液压电动机反向接触器	CJ0-20B	线圈电压 127V
15	KT	时间继电器	JS7-4A	线圈电压 127V
16	M1	主轴电动机	J02-32-4, T2	3KW、380V、6. 5A、1430r/min
17	M2	摇臂升降电动机	J02-21-4, T2	1. 1KW、380V、2. 64A、1410r/min

18	M3	液压电动机	J02-11-4, T2	0.6KW、380V、1.62A、1380r/min
----	----	-------	--------------	----------------------------

续表

序号	符号	名称	型号	规格
20	QS1	主电源组合开关	HZ2-25/3	板后接线
21	QS2	冷却泵电动机组合开关	HZ2-10/3	板后接线
22	SB	照明灯开关		装于照明灯上
23	SB1	主轴停止按钮	LA19-11	红
24	SB2	主轴启动按钮	LA19-11D	带绿色指示灯 (HL3)
25	SB3	摇臂上升按钮	LA19-11	红
26	SB4	摇臂下降按钮	LA19-11	黄
27	SB5	立柱主轴箱放松按钮	LA19-11D	带黄色指示灯 (HL1)
28	SB6	立柱主轴箱夹紧按钮	LA19-11D	带绿色指示灯 (HL2)
29	SQ1	上下限位组合开关	HZ4-22	---
30	SQ2	摇臂松开行程开关	LX5-11	---
31	SQ3	摇臂夹紧行程开关	LX5-11	---
32	SQ4	立柱主轴箱夹紧行程开关	LX3-11K	---
33	TC	控制变压器	BK-150	380/127V、36V、6.3V
34	YA	液压分配电磁阀	MQJ1-3	线圈电压 127V

具体控制过程为：

(1) 主轴电动机的启停 按下主轴启动按钮 SB2, 接触器 KM1 得电吸合且自保持, 主轴电动机 M1 运转。按下停止按钮 SB1, 主轴电动机停止。

(2) 摇臂上升 按下摇臂上升按钮 SB3, 时间继电器 KT 得电, 其瞬动常开触头和瞬时闭合延时打开的常开触头使接触器 KM4 和电磁阀 YA 动作, 液压泵电动机 M3 启

动，液压油进入摇臂装置的油缸，使摇臂松开。待完全松开后，行程开关 SQ2 动作，其常闭触头断开使接触器 KM4 断电释放，液压泵电动机 M3 停止运转，其动合触头接通使接触器 KM2 得电吸合，摇臂升降电动机 M2 正向启动，带动摇臂上升。

上升到所需要的位置后，松开上升按钮 SB3，时间继电器 KT、接触器 KM2 断电释放，摇臂升降电动机 M2 停止运转，摇臂停止上升。延时 1-3 秒后，时间继电器 KT 的常闭触头闭合，常开触头断开，但由于夹紧到位行程开关 SQ3 常闭触头处于导通状态，故 YA 继续处于吸合状态，接触器 KM5 吸合，液压泵电动机 M3 反向启动，向夹紧装置油缸中反向注油，使夹紧装置动作。夹紧完毕后，行程开关 SQ3 动作，接触器 KM5 断电释放，液压泵电动机 M3 停止运转，电磁阀 YA 断电。

时间继电器 KT 的作用是适应 SB3 松开到摇臂停止上升之间的惯性时间，避免摇臂惯性上升中突然夹紧。

(3) 摇臂下降 按下摇臂下降按钮 SB4，动作过程与摇臂上升使相似。

(4) 立柱和主轴箱同时松开和同时夹紧 按下立柱和主轴箱松开按钮 SB5，接触器 KM4 得电吸合，液压电动机 M3 正向启动，由于电磁阀 YA 没有得电，处于释放状态，所以液压油经 2 位 6 通阀分配至立柱和主轴箱松开油缸，立柱和主轴箱夹紧装置松开；按下立柱和主轴箱夹紧按钮 SB6，接触器 KM5 得电吸合，M3 反向启动，液压油分配至立柱和主轴箱夹紧油缸，立柱和主轴箱装置夹紧。

(5) 摇臂升降限位保护 该动作时靠上下限位开关 SQ1U 和 SQ1D 实现的。上升到极限位置后，SQ1U 动断触头断开，摇臂自动夹紧，同松开上升按钮 SB3 动作相同；下降到极限位置后，SQ1D 动断触头断开，摇臂自动夹紧，同松开下降按钮 SB4 动作相同。

第四章 PLC 的基本结构

4.1 PLC 的基本结构

PLC 基本组成包括中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口（缩写为 I/O，包括输入接口、输出接口、外部设备接口、扩展接口等）、外部设备编程器及电源模块组成，如下图所示。PLC 内部各组成单元之间通过电源总线、控制总线、地址总线和数据总线连接，外部则根据实际控制对象配置相应设备与控制装置构成 PLC 控制系统。

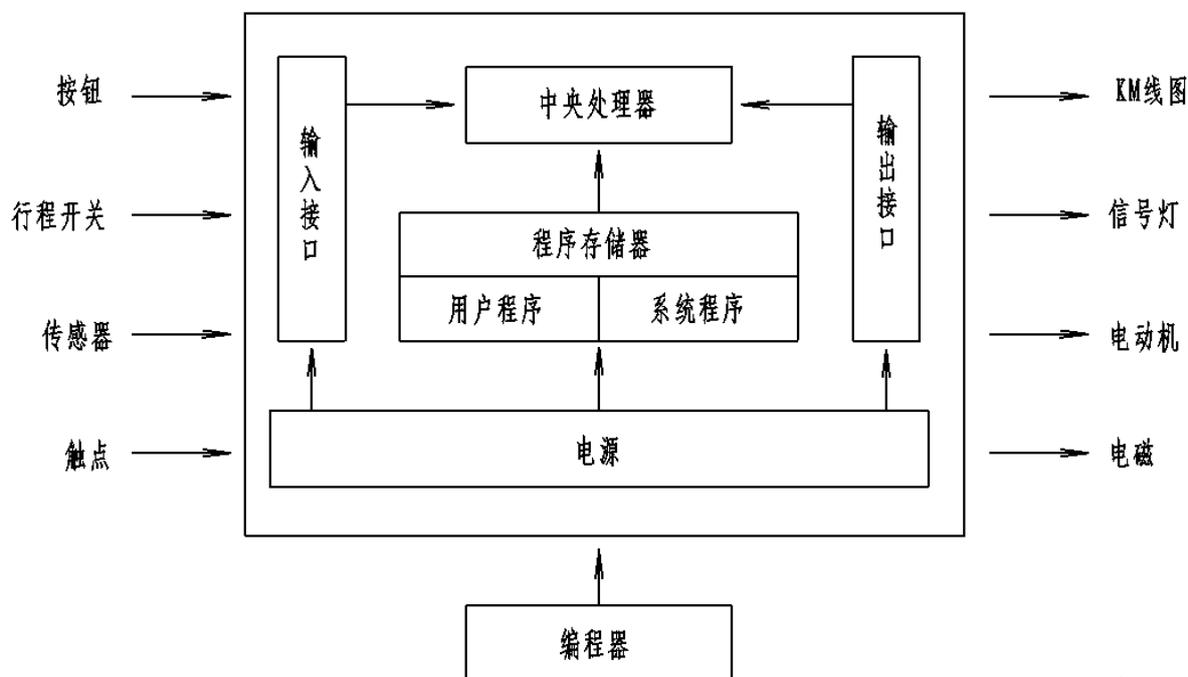


图 4—1 PLC 基本结构

1. 中央处理器

中央处理器（CPU）由控制器、运算器和寄存器组成并集成在一个芯片内。CPU 通过数据总线、地址总线、控制总线和电源总线与存储器、输入输出接口、编程器和电源相连接。

2. 存储器

PLC 内的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和数据等。

1) 系统程序存储器

PLC 系统程序决定了 PLC 的基本功能，该部分程序由 PLC 制造厂家编写并固化在系

统程序存储器中，主要有系统管理程序、用户指令解释程序和功能程序与系统程序调用等部分。

系统管理程序主要控制 PLC 的运行，使 PLC 按正确的次序工作；用户指令解释程序将 PLC 的用户指令转换为机器语言指令，传输到 CPU 内执行；功能程序与系统程序调用则负责调用不同的功能子程序及其管理程序。

2) 用户程序存储器

用户程序存储器用于存放用户载入的 PLC 应用程序，载入初期的用户程序因需修改与调试，所以称为用户调试程序，存放在可以随机读写操作的随机存取存储器 RAM 内以方便用户修改与调试。

通过修改与调试后的程序称为用户执行程序，由于不需要再作修改与调试，所以用户执行程序就被固化到 EPROM 内长期使用。

3. 接口

输入输出接口是 PLC 与工业现场控制或检测元件和执行元件连接的接口电路。PLC 的输入接口有直流输入、交流输入、交直流输入等类型；输出接口有晶体管输出、晶闸管输出和继电器输出等类型。晶体管和晶闸管输出为无触点输出型电路，晶体管输出型用于高频小功率负载、晶闸管输出型用于高频大功率负载；继电器输出为有触点输出型电路，用于低频负载。

现场控制或检测元件输入给 PLC 各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量等，通过输入接口电路将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出接口电路将 CPU 送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

1) 输入接口

输入接口用于接收和采集两种类型的输入信号，一类是由按钮、转换开关、行程开关、继电器触头等开关量输入信号；另一类是由电位器、测速发电机和各种变换器提供的连续变化的模拟量输入信号。

2) 输出接口

输出接口电路向被控对象的各种执行元件输出控制信号。常用执行元件有接触器、电磁阀、调节阀（模拟量）、调速装置（模拟量）、指示灯、数字显示装置和报警装置等。输出接口电路一般由微电脑输出接口电路和功率放大电路组成，与输入接口电路

类似，内部电路与输出接口电路之间采用光电耦合器进行抗干扰电隔离。

3) 其它接口

若主机单元的 I/O 数量不够用，可通过 I/O 扩展接口电缆与 I/O 扩展单元（不带 CPU）相接进行扩充。PLC 还常配置连接各种外围设备的接口，可通过电缆实现串行通信、EPROM 写入等功能。

4. 编程器

编程器作用是将用户编写的程序下载至 PLC 的用户程序存储器，并利用编程器检查、修改和调试用户程序，监视用户程序的执行过程，显示 PLC 状态、内部器件及系统的参数等。

编程器有简易编程器和图形编程器两种。简易编程器体积小，携带方便，但只能用语句形式进行联机编程，适合小型 PLC 的编程及现场调试。图形编程器既可用语句形式编程，又可用梯形图编程，同时还能进行脱机编程。

5. 电源

PLC 的电源将外部供给的交流电转换成供 CPU、存储器等所需的直流电，是整个 PLC 的能源供给中心。PLC 大都采用高质量的工作稳定性好、抗干扰能力强的开关稳压电源，许多 PLC 电源还可向外部提供直流 24V 稳压电源，用于向输入接口上的接入电气元件供电，从而简化外围配置

4.2 PLC 的工作过程

PLC 执行过程分为输入采样、程序处理和输出刷新等三个阶段。

4.2.1 输入采样阶段

以扫描方式，顺序读入所有输入端的状态点（接通或断开状态），并将此状态输入寄存器中，接着转入程序执行阶段，即使输入状态变化，输入寄存器的内容也不会改变，状态的变化只能在下一个工作周期的输入采样阶段才能被读入。

4.2.2 程序执行阶段

PLC 根据用户输入的控制程序，从第一条指令开始逐条执行，并将相应的逻辑运

算结果存入对应的内部辅助寄存器和输出状态寄存器。并且只有输入映像寄存区存放的输入采样值不会发生改变,其他各种数据在输出映像接触器区或系统 RAM 存储区的状态和数据都有可能随着程序的执行而发生变化。前面执行的结果可能被后面的程序所用到从而影响后面程序的执行的结果;而后面执行的结果不可能改变前面的扫描结果,只有到了下一个扫描周期再次扫描前面程序的时候有可能起作用,但是在扫描过程中如果遇到程序跳转指令,就会根据跳转指令的条件是否满足来决定程序的跳转地址。当指令中涉及到输入、输出状态时,PLC 从输入映像寄存器中“读入”上一段存入的对应输入端子状态。从输出映像寄存器”读入”对应输出映像寄存器的当前状态。然后,进行相应的运算,运算结果咋存入元件映像寄存器中。

4.2.3 输出刷新阶段

当所有指令执行完毕后,PLC 将输出状态寄存器中所有继电器的状态,依次送到输出锁存器电路,并通过一定输出方式输出,驱动外部负载,实现 PLC 的输出。

4.3 PLC 型号的选择

选择基于 PLC 的摇臂钻床电气控制系统的 PLC 机型,应从以下几个方面来考虑:

4.3.1 根据 PLC 的物理结构

根据物理结构的不同,PLC 分为整体式、模块式和叠装式。整体式的每一 I/O 点的平均价格比模块式便宜,小型电气控制系统一般使用整体式可编程控制器。此次所设计的电气控制系统属于小型开关量电气控制系统没有特殊的控制任务,整体式 PLC 完全可以满足控制要求,且在性能相同的情况下,整体式 PLC 较模块式和叠装式 PLC 价格便宜,因此,Z3040 摇臂钻床电气控制系统的 PLC 选用整体式结构的 PLC

4.3.2 根据 PLC 的指令功能

考虑到任何一种 PLC 都可以满足开关量电气控制系统的要求,据此本课题将尽量采用价格便宜的 PLC。

4.3.3 根据 PLC 的输入输出点数

摇臂钻床的电气控制系统需要 8 个输入口 4 个输出口，PLC 的实际输入点数应等于或大于所需输入点数，PLC 的实际输出点数应等于或大于所需输出点数，在条件许可的情况下尽可能留有 10%-20%的余量。

4.3.4 根据 PLC 的存储容量

PLC 存储器容量的估算方法：对于仅有开关量输入/输出信号的电气控制系统，将所需的输入/输出点数乘以 8，就是所需 PLC 存储器的存储容量（单位为 bit）即

$$(17+11) \times 8=224\text{bit}$$

4.3.5 根据输入模块的类型

输入模块的输入电压一般为 DC24V 和 AC110V 或 AC220V。直流输入电路的延迟时间较短，可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接。交流输入方式的触点接触可靠，适合于在有油雾、粉尘的恶劣环境下使用。由于本基于 PLC 的摇臂钻床电气控制系统的工作环境并不恶劣，且对电气控制系统操作人员来说 DC24V 电压较 AC110V 电压安全些。因此，本基于 PLC 的摇臂钻床电气控制系统的 PLC 输入模块应选直流输入模块，输入电压应 DC24V 电压。

4.3.6 根据输出模块的类型

PLC 输出模块有继电器型、晶体管型和双向可控硅型三种。

继电器型输出模块的触点工作电压范围广，导通压降小，承受瞬间过电压和过电流的能力较强，每一点的输出容量较大（可达 2A），在同一时间内对导通的输出点的个数没有限制，但动作速度慢，寿命有一定的限制。

晶体管型与双向可控硅型输出模块分别用于直流负载和交流负载，它们的可靠性高，反应带宽快，寿命长，但是过载能力差，每 1 点的输出量只有 0.5A，4 点同时输出的总容量不得超过 2A。

由于 Z3040 摇臂钻床控制对象对 PLC 输出点的动作表达速度要求不高，继电器型输出模块的动作速度完全能够满足要求，且每一点的输出容量较大，在同一时间内对

导通的输出点的个数没有限制，这将给设计工作带来很大的方便。所以本课题选用继电器型，结合 Z3040 摇臂钻床电气控制系统的实际情况，需要输入点数 8 个，输出点数 4 个。

综上所述，为了使 Z3040 摇臂钻床在改造后能够良好工作，确认选用欧姆龙 C20P 机型。该型 PLC 具有 Z3040 摇臂钻床电气控制系统所需的所有指令功能，其总输入点数为 20 点，总输出点数为 18 点，用户存储器容量 5K 步，输入模块电压为 DC24V，输出模块为继电器型。

第五章 Z3040 摇臂钻床控制系统的 PLC 改造分析

5.1 概述

基于前两章的分析，不难看出，Z3040 的加工运动是机械与电气配合实现的，线路复杂、可靠性稳定性差、故障诊断和排除困难，加工精度低，操作复杂，在实际的生产中多有不便，而 PLC 电气控制系统与继电器—接触器电气控制系统相比，具有结构简单，编程方便，调试周期短，可靠性高，抗干扰能力强，故障率低，对工作环境要求低等一系列优点。故可以把 PLC 控制技术应用到改造方案中去，从而大大提高摇臂钻床的工作性能。

Z3040 摇臂钻床共有四台电动机，原来是由复杂的继电器——接触器的控制电路来控制，此次改造的目的就是将 Z3040 摇臂钻床的控制电路部分用 PLC 代替，用 PLC 控制四台电动机的启动与停止，实现 Z3040 的机械加工。

5.2 改造难点分析

Z3040 摇臂钻床控制本设计的难点在于时间继电器 KT 的取代。电气原理图中，时间继电器 KT 有两对瞬动触点和一对断电延时动作的触点，而 PLC 没有此类触点。对于瞬动触点的处理，可用一个内部继电器来取代。而断电延时动作的触点，是松开 SB3 或 SB6 时才开始计时的，那么可以让常闭点去控制内部定时器，而为了避免一开始未按 SB3 或 SB6 时，内部定时器也计时。

(一) 停止按钮、行程开关等常闭触点的处理

在继电器控制中，停止按钮、行程开关、热继电器触点都是用常闭点，而 PLC 控制时要改为常开点。这样，一接通电源，相应的输入点就接通，有输入，常开点闭合。也就是说，这类触点我们在梯形图中看到的是常开的，但它却是闭合的，这样不合乎逻辑思维，所以，输入点一般要全改为常开点。这点是初学者最容易出错的，应特别注意。

(二) 不同电压的处理

原来继电器—接触器电路中分开画的各种交流控制电路和直流执行电路，如 6.3V 的

信号灯、220V 接触器、36V 照明灯等，在 PLC 梯形图中要合为一体。

在进行设计时，对那些已成熟的继电—接触器控制电路的生产机械，在改用 PLC 控制时，只要把原有的控制电路作适当的改动，使之成为符合 PLC 要求的梯形图。但又不能仅仅从电气图来改，更多的是从工作过程动作顺序来设计程序。程序还需要经过反复修改和完善，才能符合控制要求，并且一定要经过模拟调试才能联机调试。控制程序并不是唯一的，要经过不断的实践总结、修正，力求最佳方案。

5.3 PLC 的选择

此控制系统中，所需要的 PLC 输入点个数为 8，输出点个数为 4，根据 PLC 的选择原则，选定欧姆龙 C20P 型机，此机有输入点 12 个，输出点 8 个，满足设计所需的输入输出点数。具体参数如下

表 5—1 欧姆龙 C20P 参数表

单元名称	电源电压	输入	输出		
C20P	AC (100—240) V	DC24V 12 点	继电器	2A	8 点
			晶体管	0.5A	
			晶体管	1A	
			双向晶闸管	0.2A	
			双向晶闸管	1A	
		DC24V 2 点	继电器	2A	
		AC100V 10 点	双向晶闸管	1 A	

5.3.1 I/O 分配

输入

停止按钮	SB1	0000
启动按钮	SB3	0001
上限行程开关	SQ1	0002
光电开关	SPH	0003
反馈信号	KM2	0004
反馈信号	KM3	0006
反馈信号	KM4	0005
旋转编码器	MD	0007

输出

切削电机	KM2	0500
进给电机正转	KM3	0501
进给电机反转	KM4	0502
启动异常信号灯	HL	0503

5.3.2 PLC 外部结构接线图

根据 I/O 分配表，将 PLC 按照下图连接

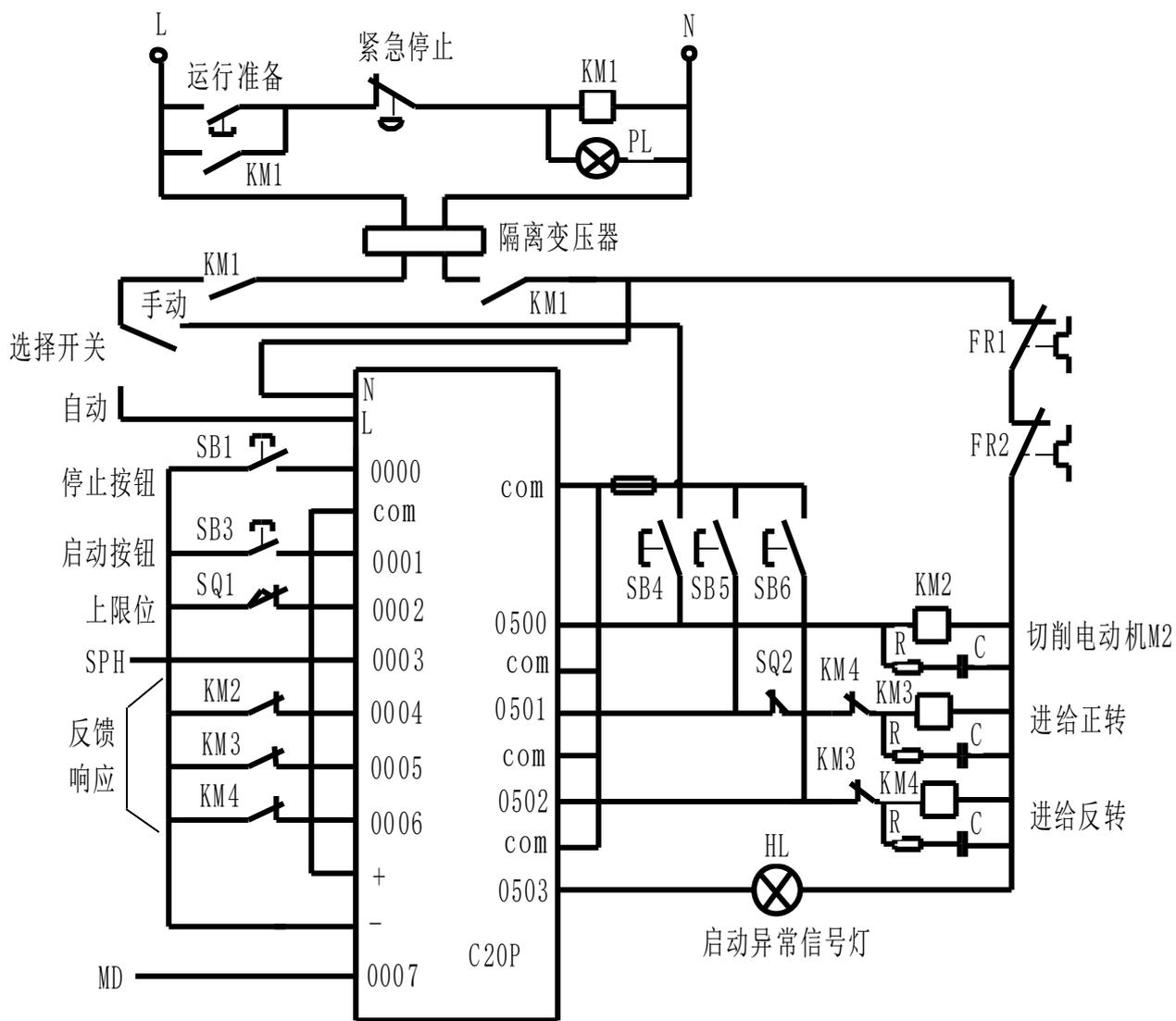


图 5—1 PLC 外部结构接线图

5.3.3 梯形图

根据 Z3040 摇臂钻床的电气控制过程，按照选定的 PLC 编制出如图 5—2 所示梯形图

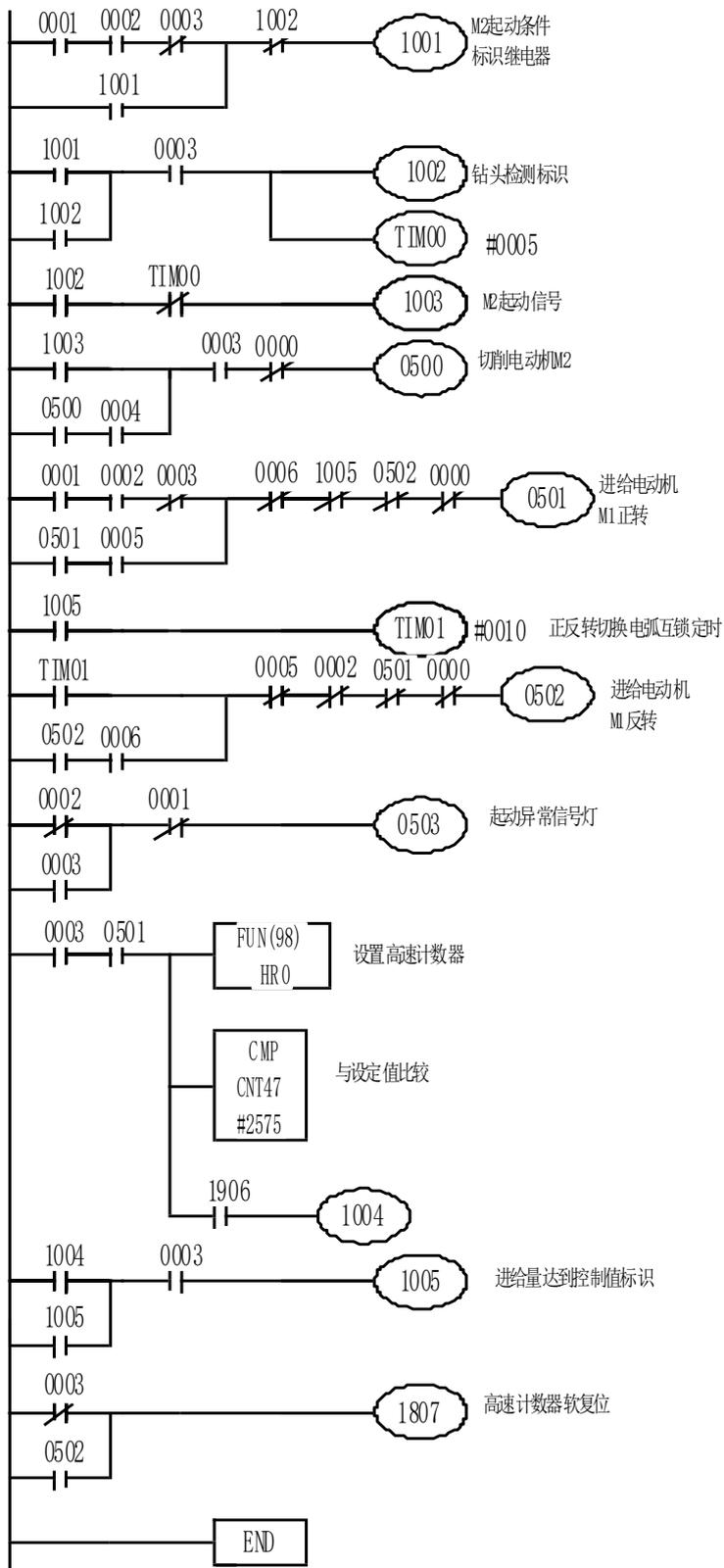


图 5—2 梯形图

在梯形图的编制过程中用到了时间继电器，是用来代替原来继电器——接触器中的。在原电气控制系统中通过 KT 延时动开的动合触点 KT 和延时闭合的动触点 KT，KT 能保证在，KT 的延时长短由摇臂升降电动机从切断电源到停止的惯性大小来决定，一般为 1~3S。用 PLC 改造后，时间继电器代替了延时开关，摇臂升降电动机接到停止的命令 2s 后才能进行摇臂的夹紧动作。

5.3.4 指令

1	LD	0001	31	OUT	0501
2	AND	0002	32	LD	1005
3	AND NOT	0003	33	TIM01	#0010
4	OR	1001	34	LD	TIM01
5	AND NOT	1002	35	OR	0502
6	OUT	1001	36	AND	0006
7	LD	1001	37	AND NOT	0005
8	OR	1002	38	AND NOT	0002
9	AND	0003	39	AND NOT	0501
10	OUT	1002	40	AND NOT	0000
11	TIM00	#0005	41	OUT	0502
12	LD	1002	42	LD NOT	0002
13	AND NOT	TIM00	43	OR	0003
14	OUT	1003	44	AND NOT	0001
15	LD	1003	45	OUT	0503
16	OR	0500	46	LD	0003
17	AND	0004	47	AND	0501
18	AND	0003	48	FUN (98)	HR0
19	AND NOT	0000	49	CMP CNT47	#2575
20	OUT	0500	50	AND	1906
21	LD	0001	51	OUT	1004
22	AND	0002	52	LD	1004
23	AND NOT	0003	53	OR	1005
24	LD	0501	54	AND	0003
25	AND	0005	55	OUT	1005
26	OR—LD		56	LD NOT	0003
27	AND NOT	0006	57	OR	0502
28	AND NOT	1005	58	OUT	1807
29	AND NOT	0502	59	END	
30	AND NOT	0000			

表 5-2 指令表

结论

本课题所研究的基于 PLC 的摇臂钻床电气控制系统的设计实现了 Z3040 摇臂钻床的控制自动化，方便了工人在生产中对机床的实际操作。通过研究，可得出以下结论。

1 研究成果

可编程控制器是一种广泛应用于工业现场的新型控制器，具有结构简单，抗干扰性强，编程方便等特点，本课题采用 PLC 自动控制技术取代了传统继电器—接触器电气控制系统，实现了对 Z3040 摇臂钻床的自动控制，从而提高了机床的工作效率、工作稳定性和可靠性，而且，还大大降低了工人的劳动强度，改善了产品的加工质量，降低了设备故障率，提高了生产率。另外，通过这次毕业设计使我对 PLC 和电控方面的知识又有了更加深刻的理解和掌握，为今后走向工作岗位从事相关工作奠定了很好的基础。

2 不足之处

由于时间精力有限，还有许多功能有待扩展、完善。主要是没有对所控制电动机的调速问题进行研究，包括主电动机、升降电动机、液压泵电动机的调速只能通过机械调速或多速电机来进行，属于有级调速，其加工范围将受到某些限制，系统仅限于逻辑开关量的控制，对于 PLC 的许多高级指令没有应用到。以上问题有待今后进一步研究解决。

致谢

再次感谢各位领导，老师的到来。我想特别的感谢我的指导老师闵艳梅老师，在毕业设计初期，我有些懈怠，偏离了学习的轨道，闵老师多次打电话让我意识到毕业设计的重要性，说实话刚开始我是有些抵触的，不知为什么后来就比较配合了，而且闵老师在答辩的前两天偶然间看到和课题有关的文章还建议我们多看看。我当时真的是感激。在做毕业设计期间，我还得到了许多同学的关怀、帮助，有了他们，我才能克服各种困难，完成毕业论文。在这里一并表示感谢！

参考文献

- [1] 陈远龄. 机床电气自动控制[M]. 重庆大学出版社. 2004.
- [2] 齐占庆. 机床电器控制技术[M]. 机械工业出版社. 2004.
- [3] 贺哲荣. PLC 应用程序设计[M]. 西安电子科技大学出版社. 2006.
- [4] 胡俊达. PLC 在摇臂钻床垫器控制中的应用[J]. 轻工机械. 2006. 24 (2)
- [5] 邵金均. 基于 PLC 的 Z3040 摇臂钻床控制系统改造方案[J]. 2006 (5) .
- [6] 邱公伟. 可编程控制器网络通信及应用. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [7] 邹益仁. 现场总线控制系统的设计和开发. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [8] 廖常初可编程序控制器的编程方法与工程应用, 重庆: 重庆大学出版社, 2001.
- [9] 陈在平可编程序控制器技术与应用系统设计. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [10] 宫淑贞可编程控制器原理及应用. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [11] 方承远. 电气控制原理与设计. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [12] 王永华. 现代电气及可编程技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006。