
基于 PLC 的 C5116A 型号立式车床的升级改造研究

摘 要

普通车床是采用大量接触器、继电器来实现刀架、横梁、主轴等部位进行控制，旧型号车床的功能与加工精度无法满足现代化生产，而购买或研制新型号车床的费用又过于昂贵，所以提出对旧型号车床进行升级改造的方案来减少费用的支出。

现今社会车床具有很多的改造方案，根据不同型号车床在不同的用途上选择合适的改造方案能够最大化发挥改造车床的优势，本次对于 C5116A 型号立式车床的升级改造是利用可编程控制器 PLC 进行的，首先设计对整个升级改造进行方案设计，主要包括机械系统设计与电气系统设计，机械设计方面安装主轴编码器、改装刀架与丝杠，电气部分不改变原有的主电路，将原本接触器-继电器控制电路更换为以三菱 FX2NPLC 为核心的 PLC 控制电路，最后通过编写 PLC 梯形图对整个立式车床控制系统进行控制，从而对车床的刀架、横梁以及主轴等部位进行控制。

PLC 具有可靠性高，抗干扰能力强等优点，这使 PLC 成为了车床改造的优秀方案，改造后的车床不仅在价格上优于新车床，而且大大提高了加工精度与效率，能够为公司与社会创造更多的财富。

关键词：继电器；控制电路；可编程控制器

目 录

| | |
|--------------------|---|
| 摘 要 | I |
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究目的和意义 | 1 |
| 1.1.1 目的 | 1 |
| 1.1.2 意义 | 1 |
| 1.2 国内外研究现状 | 1 |
| 1.2.1 国外研究现状 | 1 |

| | |
|-------------------------|----|
| 1.2.2 国内研究现状 | 2 |
| 1.3 设计内容 | 3 |
| 第2章 车床改造整体方案设计 | 5 |
| 2.1 车床机械系统改造方案 | 5 |
| 2.2 车床电气系统改造方案 | 5 |
| 第3章 车床硬件电路设计 | 6 |
| 3.1 PLC 选型 | 8 |
| 3.2 车床 PLC 硬件电路设计 | 11 |
| 3.3 地址分配设计 | 11 |
| 第4章 系统软件设计 | 15 |
| 4.1 车床控制流程工艺设计 | 15 |
| 4.2 系统程序梯形图设计 | 16 |
| 第5章 仿真 | 20 |
| 结 论 | 23 |
| 参考文献 | 25 |

第 1 章 绪论

1.1 研究目的和意义

1.1.1 目的

现如今我国立式机床大多都是传统的机床，这些机床大多有着老旧，能耗高，加工精度低，工作效率差，车床加工机件成本高等问题，这些问题直接影响了我国机械生产行业与人们日常生活的质量，其主要原因是因为立式车床的电气控制与驱动部分老化，所以本次设计便是以 PLC 为基础重新设计电路控制部分使 C5116A 型车床克服以上缺陷，实现提高立式车床的加工效率、自动化，降低人为因素引发的事故，以实现车床升级改造的目的。^[1]

1.1.2 意义

通过对立式车床进行升级改造不仅能够改善旧型号车床能耗高、加工精度低、工作效率差等缺点，还能循环使用旧型号车床，为公司节省下一大笔费用，通过“对症下药”进行改造的车床不会产生浪费，并且能够有效降低人为干预的失误等问题，利用 PLC 控制代替了原有的继电器-接触器控制，将硬件部分去除，使用 PLC 程序控制不仅简化了电路，还增加了车床运行的稳定性以及车床中各部件运行的准确性。通过采用 PLC 能够提高车床的可靠性，降低运行成本，为公司带来巨大的利润。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

不论是机床的制造还是机床的改造，美、德、日等制造业先进的国家都处于领先地位，美国的机床数控化改造被称为机床再制造业早在上个世纪 90 年代就系统的建立了再利用、再制造、再循环的 3R 体系，提供技术支持，具有完善的售后及保障体系。^[2]

1952 年，美国麻省理工学院研制出第 1 台实验性数控系统，实现了机床改造的重大突破，数控系统的研发为后来的机床数控化改造奠定了基础，由于数控系统的研发，导致许多机床再制造企业的倒闭，现有的三百多家企业对机床再制造行业的竞争更加激烈。

上世纪九十年代，经过 40 年的发展，数控系统已经被机床再制造企业熟练应用于机床的改造之中，许多数控化改造的机床在芝加哥国际制造技术展览会上展示，这场展览会成为了检验机床改造行业发展的平台，许多不同国家的企业都将自主改造的机床向全世界展示，同时也是机床再制造企业之间的一场无形的竞争。其中 Maintenance Service

Corp. 公司在北美的各个国家开展了改造机床的销售业务，其中包括立式车床、龙门刨床、磨床等机床的改造与翻新，是当时业务法阵比较广阔的公司之一。

德国从事机床改造的时间是最早的，也一直处于机床改造的领先地位。德国对机床改造行业非常重视，为促进机床改造行业的发展德国的政府甚至为了提高本国机床改造的科研水平给予了机床改造的研发机构巨额的财政支持。德国中最为知名的席士公司和吉特迈集团股份公司为了发展机床改造行业亲自成立了机床改造服务部，这些举措使得德国机床改造行业一直处于世界领先地位，这也是其他国家应该效仿的地方。德国为了适应新型制造产业的技术革新，也为了发展国家工业化水平，积极将淘汰的机床进行改造，并不断投入使用。这一做法使德国的工业化水平迅速提高，成为世界机床再制造行业的领头人物之一。

日本虽然是一个人口才 1.3 亿的国家，但是日本的机械与电气工业十分发达，在日本，机床改造业也被称为机床改装业，日本从事机床改装业的企业非常多，达到一定规模的知名企业就已经超过 20 家，所以日本的机床改造十分多样化，能够自产自销并卖给其他国家，这个行业每年为日本带来庞大的利益，为日本的建设和发展做出了许多贡献。

2021 年，国外尝试“利用数字孪生技术对存储的数据进行分析，实现主轴负载与数控数据的同步，统一加工负载。通过分析尝试的结果，虽然 D25 和 D16R3 刀具在加工过程中仍存在一些颤振，但 D100 和 D16 刀具在加工过程中完全消除了颤振。此外，优化后的加工时间可从最小 7% 减少到最大 50%”是在《Numerical Control Machine Optimization Technologies through Analysis of Machining History Data Using Digital Twin》一文中指出的。^[3]

国外在工业上一直很强大，特别是美国、德国这些发达国家，车床技术在世界范围内一直排在前面，在如今信息量发达的年代，群众能够通过各种渠道看到国外技术在不断发展，对世界做出哪些贡献。在如今的和平年代，不管是哪个国家开发出了新技术，人民群众都能成为受益者，中国应该更加努力去追赶甚至超越国外的技术水平。

1.2.2 国内研究现状

机床改造行业为何能够迅速发展起来？其主要原因是因为改造机床的成本便宜，与购置新的机床相比，相同功能的改造机床的费用仅为购置新机床的百分之三十左右。目前国内也在逐渐发展机床再制造行业，但是由于机床改造技术落后于美国与欧洲的一些国家，所以我国的机床数控化程度不高，仅为 3% 左右。我国还有许多型号老旧的机床仍在服役中，但是这些机床的加工精度与其他一些性能已经不能满足现代化生产的需要，

我国机床的整体水平相对落后

所以国家应该积极推动一些国有企业的私营企业发展机床再制造行业。而且社会在不断发展的同时，对物质的需求也在不断增加，旧型号的车床已经无法跟随上社会的脚步，正在不断淘汰，而车床改造行业的兴起使得被淘汰的车床成为了该行业的潜在资源。

我国对于机床改造行业的认识是在 1979 年之前，第一批进行机床改造的企业是通过中机维协的指引下进行的，随后 20 年来我国机床改造行业不断蒸蒸日上，我国不断引入国外新型技术与自主研发相结合对各种型号的机床进行改造。据统计，从 1979~1988 年，我国各个企业从国外引进的改造项目就多达 18466 项，这为我国日后发展机床再制造行业奠定了基础。

数控化改造成为了目前机床改造的首选，从数控系统的发展来看，机床的智能化、开放式和网络化才是目前数控机床的主要发展方向。^[4]数控化改造后的机床自动化程度高，人为干涉对机床的运作的的影响很小。其主要优点为性能提升显著、经济效益明显以及机械性能完善。

2014 年，“通过分析数控机床的工作原理，使用误差改进法、一直伺服电机误差等方法成功优化了数控机床的加工精度”的方法是在门小会编写的《影响数控车床加工精度的因素及其优化方案》一文中指出的。^[5]这也说明了机床改造的前景广阔，随着社会的发展，中国科学家与学者们能够通过自身的学识对机床改造行业做出更多的贡献。

我国虽然机床改造的科研水平落后于其他发达国家，但是在 2002 年我国却已经成为机床消费世界第一，所以我国拥有庞大的机床改造发展潜力，随着社会的发展，我国在经济与科研力量都在逐渐增加，国家能够对科研人员提供更多的经济与技术支持，对我国的机床改造的市场也在逐渐开发。

2020 年，国内有人认为“可以将工业机器人与数控机床相结合，运用自动测量技术和刀具自动检测技术，组成智能制造单元”在《数控机床智能化升级改造》这篇期刊中指出，能够将数控技术与其他技术相结合，实现了数控机床的智能化升级。^[6]

尽管中国研发出许多车床改造技术，但是国内车床与国外车床的先进水平仍有很大一部分差距，最近几十年中国在不断发展，特别是工业水平，正在逐渐赶超先进国家，这离不开一线工作人员以及科学家们的不断努力与奋斗，只要国家不断奋斗，人民不断努力，相信有一天中国会成为最发达的国家。

1.3 设计内容

该设计主要是对立式车床的运行方式及其电气结构进行分析，通过对市场进行分析提出对立式车床的改造方案。

-
1. 查阅文献了解车床改造的国内外现状。
 2. 对立式车床系统升级改造的方案进行拟定。
 3. 机械改造设计：主轴、刀架改造。
 4. 电气改造设计：主电路不变、控制电路由接触器-继电器改为 PLC 控制。
 5. 仿真：C5116A 车床梯形图仿真。

第 2 章 车床改造整体方案设计

C5116A 立式车床主要由工作台、变速箱、立柱、横梁、垂直刀架等几大部分组成，该车床原电气控制系统主要由继电器-接触器控制系统实现，由七台电动机进行拖动，主电路工作电压为 380V，在车床改造后使用 PLC 控制，通过分配输入输出地址使主电路与 PLC 连接，从而实现立式车床的升级改造。

2.1 车床机械系统改造方案

C5116A 立式车床由七台电机组成，而控制系统需要对这些电机实施控制，实现主轴启动、制动与点动控制，刀架的移动、调整以及进刀方向的控制，横梁的升降、放松以及夹紧动作，为了确保立式车床在改造后拥有较高的加工精度，所以不仅在电气控制系统进行改造，在机械系统中也需要进行一些改造才能使车床运行更加准确、可靠。^[7]

1. 主轴调速方式改造

主轴的调速方式一般有两种方式，一种是通过交流主轴电机控制，另一种是通过直流主轴电机控制。因此，通过分析两种主轴电机的优缺点以及 C5116A 立式车床控制系统，选用直流主轴电机来进行调速是较为合适的。^[8]

2. 安装主轴编码器

主轴编码器的安装主要是为了提高螺纹加工的精细程度。主轴编码器的主要功能是对主轴转速进行调整，同时能够实现监控以便能够在主轴转速发生异常时对其转速进行调整。

3. 刀架改装

C5116A 立式车床的刀架太过于老旧，无法实现改造后车床控制所需的自动换刀功能，所以需要原有的刀架进行更换，根据改造后的车床加工零件对刀架的要求，可以换成数控自动刀架。

4. 丝杠改装

普通的传动丝杠不能满足运行的稳定性，所以需要换成滚动丝杠。

5. 防护设施改造

为了防止车床运行过程中产生的油污对车床运行以及外部的清洁问题产生影响以及机械机构的运行风险，车床的外部需要增加一些合理的外部防护设施来消除油污的影响，同时增加防护设施也可以增加车床运行时的安全性，防止车床误伤操作人员。所以需要在车床外部增加一些防护设备。^[9]

2.2 车床电气系统改造方案

电气系统主要包括主电路与 PLC 控制电路,将原本的接触器-继电器控制改变为 PLC 控制,使得控制系统更加可靠、安全。原有的接触器-继电器控制太过繁琐,如果西能一些必要的电气设备还会对后续维修产生影响。^[10]电气系统的主要设备为七台电机,分别为:液压泵电动机、主轴电动机、垂直刀架快移电动机、垂直刀架进给电动机、侧刀架快移电动机、侧刀架进给电动机、横梁升降电动机。^[11]

主电路的控制元件的作用为控制电机的运行与保障电气线路的正常运行,主电路的控制元件主要包括:交流接触器、熔断器、低压断路器、刀开关和热继电器等电气元器件。

1. 主电路

主电路依旧采用车床原有的七台电机,不改变 C5116A 立式车床的工作方式与流程,M1 为油泵电机、M2 为工作台电动机、M3 为垂直刀架快移电动机、M4 为垂直刀架进给电动机、M5 为侧刀架快移电动机、M6 为侧刀架进给电动机、M7 为横梁升降电动机。在原有的电路上加入变频器,能够有效控制电机的正反转,并且变频器最大的作用是其调速系统,能够实现无级变速,提高车床加工零件的稳定性,能够有效提高生产效率。

2. 控制电路

立式车床的控制电路原本是采用接触器-继电器控制,主要是通过控制七台电机的启停、以及各种接触器、按钮的通断来实现工作台的启停、垂直刀架以及侧刀架的快移和进给、横梁的升降运动。改造之后的控制电路是由 PLC 控制,PLC 具有较为优秀的准确性与可靠性,这是接触器-继电器控制电路所不具备的,改造后的控制电路舍弃了接触器-继电器电路,通过分配输入输出与 PLC 相连接,通过设定梯形图程序对 PLC 设定控制要求,最后通过与主电路的连接对七台电机进行有效的控制。

PLC 控制电路对电气控制系统的控制如下:

(1) 液压泵电动机的启动与停止:按下输入点 X3 油泵启动按钮,通过 PLC 输出点油泵启动接触器完成对油泵的启动,油泵电动机为整个车床的运行提供动力。油泵运行过程中按下 X0 总停与油泵停止按钮,液压泵电动机停止运行,车床动力消失。

(2) 主轴电动机的控制(启动、点动、制动):

按下主轴启动按钮,经接触器线圈与延时器控制主轴电机连接的主电路以星三角降压启动的方式启动主轴电机。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/535133021011011332>