

CQ5240A立式车床数控化改造的创新研究与实践

彭涵军

厦工(三明)重型机器有限公司 福建三明 365500

摘要: 在制造业蓬勃发展的当下,数控机床向智能化、精密化快速发展,高精度的数控机床的优势会愈发显著。对老旧立车CQ5240A进行数控系统升级改造意义重大,不仅能充分利用现有资源,减少资源浪费,还能适应现代高精度、高效率的加工需求。本文深入探讨了CQ5240A立车数控系统升级改造的全过程,包括现状分析、方案设计、实施步骤、安全管理、效果评估及最终结论等。在对原有机床结构全面评估分析的基础上,臻选适宜的数控系统及驱动部件,对机械部件精心改进、修复与刮研,完成整机系统调试与运行,显著提升了立车的加工精度,质量、效率和操作便利性。改造效果评估显示,方案兼具高可行性与经济性,为老旧机床的升级改造提供了宝贵的参考。

关键词: CQ5240A立车;数控系统升级改造;加工精度;效率提升;经济效益

引言

近年来,随着科技的飞速进步和市场的不断变化,制造业正经历着前所未有的变革。智能化、精密化、自动化成为制造业发展的主流趋势,对机械加工设备提出了更高的要求。数控机床凭借其高精度、高效率的优势在机械加工领域占据重要地位,其发展水平直接关系到国家的综合实力和国际竞争力。传统普通立式车床在加工效率、精度及自动化程度等方面已难以满足现代生产需求。比如我司有一台瓦房店重型机床厂生产的CQ5240A普通立式车床,作为一款经典的普通立车,其结构稳定、操作简便,但也存在诸多局限,如加工精度受人为因素影响较大、自动化程度低、功能单一等。难以保证高精度零部件的加工质量;需要大量人工操作,不仅生产效率低下,而且增加了人力成本;难以完成复杂的加工任务,限制了其应用领域。但这样的老旧普通机床,直接淘汰无疑是资源的极大浪费。对其进行合理的数控系统升级改造,既能发挥原有机床结构的潜力、延长使用寿命,又能满足现代加工需求,具有显著的经济和实用价值。

本案例需结合机床实际状况综合考量评估,精选数控系统和驱动部件,降低改造成本,并开展整机调试与优化。此外,对机械结构进行细致评估与分析,确保改造过程不破坏原机床或影响其功能。随着工业4.0的推进和智能制造的发展,机床的智能化水平不断提高,这也给机床改造的安全管理带来了新的挑战。稍有疏忽就可能导致严重的事故,给人员和财产带来巨大的损失。机床改造中的安全问题是一个关系到人员生命财产安全和企业可持续发展的重要课题,本文也对其进行了探讨。

此次改造不仅是对设备硬件的更新,更是对加工理念和工艺的革新,旨在打造一款适应现代制造业发展需求的高效、精密、智能的立式车床。通过引入先进的数控技术、智能控制模块与自动化功能,本次改造实践为传统机床的现代化转型提供了可复用的技术路径与管理经验。为机床改造的安全管理提供有益的参考和借鉴。

一、CQ5240A立车现状分析

(一) 机械系统

床身、立柱等基础部件虽刚性较好,但横梁、基座、滑枕、丝杆、变速箱等都存在不同程度的磨损、拉伤、扭曲,变形,致使机床加工精度下降,无法达到工艺要求。

传动系统采用老旧梯形丝杆、老式直齿轮箱变速,调速范围有限且精度欠佳。齿轮箱几个档位失效,无法全覆盖加工转速。

(二) 电气系统

控制系统为继电器逻辑控制,自动化程度低,各坐标轴无法实现自动插补车切需求,实现曲线车切,可靠性差,没有重复定位精度^[1]。

电机为普通交流电机,难以实现精确的速度和位置控制实时控制,不能智能化加工。无法对丝杆、齿轮箱传动链上的反向间隙进行补偿。

无智能报警、诊断系统,机床的操作、维修难度大。安全急停系统不健全,需要升级更新。

二、改造方案设计

本次改造以保留原设备主体结构为基础,重点对控制系统、传动系统、冷却系统、防护系统等进行升级和优化。(1)提高加工精度:通过改造,使设备加工精度

达到比较先进的水平，满足高精度零部件加工要求。具体目标包括将定位精度控制在 $\pm 0.003\text{mm}$ 以内，重复定位精度优于 $\pm 0.002\text{mm}$ 。通过采用高精度的传动系统和控制系统，对设备进行精确的校准和调整，确保设备在加工过程中的稳定性和精度。(2) 增强自动化程度：实现自动对刀、自动测量等功能，减少人工干预，提高生产效率。目标是将单件加工周期缩短50%以上，并降低对操作人员技能依赖。通过安装自动对刀系统，实现刀具的快速对刀，减少加工过程中的辅助时间。同时，通过自动测量系统，实现对加工尺寸的实时监测和调整，提高加工精度和一致性。(3) 拓展功能应用：增加多轴联动、复合加工等功能，使设备能够完成更复杂的加工任务，如车铣复合、曲面精加工等。通过增加额外的轴和功能模块，使设备具备更多的加工方式和能力，满足不同零部件的加工需求^[2]。

(一) 数控系统选择

经过综合权衡性能、价格与可扩展性，选定华中数控系统作为改造的核心控制系统，因其具备操作简便、功能强大、稳定性高、成本可控的优点。可进行动态插补加工。

(二) 电气控制柜

制作全新恒温控制电柜。

(三) 传动系统

纵向和横向进给采用交流伺服电机和滚珠丝杠副，以提升传动精度和响应速度。

主轴采用变频调速电机，采用高精度主轴轴承和变频调速技术，实现主轴转速无级调速，满足多样化加工需求。

(四) 械部件改造

对横梁、滑枕等关键部位进行磨切修复和刮研，修复时需先检测导轨直线度和平行度，采用磨切工艺去除表层磨损层，确保工作面平整。通过磨切消除配合间隙，提升横梁升降的平稳性。

更换磨损严重的齿轮箱、丝杆等传动部件，优先选择与原厂同规格的部件，确保传动的准确性和稳定性。

(五) 防护系统改进

对设备防护罩进行重新设计，采用高强度、耐腐蚀材料，提高防护性能。增加安全防护装置，如急停按钮、安全光幕等，确保操作人员的安全。对设备进行密封处理，防止切屑、冷却液等外泄，保持工作环境整洁。

三、改造实施过程

(一) 机床停机前，对机床进行预检和全面检测，评估设备状况。预检的范围包括机床的精度、现存的问题、

机床控制功能。通过此次预检，记录机床的几何精度、并进一步确认机床已存在的问题和发现有可能隐藏的问题，此次检测得到的信息，作为机床制定详细的改造方案和施工计划的依据，并作为修理后精度验收的重要参考。

(二) 做好机床停机前的各项技术备份，含机械零部件各种标识、各电缆接线位置标识等。

(三) 根据原传动原理图，计算电机参数，减速机参数，选用华中数控，X轴Z轴选用带绝对值编码器的高惯量、高刚性、高响应的伺服电机，开机即可加工，不用回机床参考点，提高加工效率与操作便捷性；原有传动齿轮箱淘汰，选用标准行星减速机，改造后的方滑枕刀架X轴Z轴两个轴，传动为绝对值坐标半闭环伺服控制。

(四) 拆解刀架Z轴传动部分，现场测绘各部件，把原机床Z轴传动绘制电子版装配图，再此基础上计算、设计新Z轴传动，采用伺服电机加减速机加双消隙滚珠丝杆传动，设计全新丝杆座，安装位置原旧丝杆座安装孔，按照此技术参数定制滚珠丝杆。全新Z轴减速机选用台湾标准减速机，方便日后维护保养。

(五) 拆解刀架方滑枕，X轴传动部分，现场测绘各部件，把原机床X轴传动绘制电子版装配图，再此基础上计算、设计新X轴传动，采用伺服电机加减速机加双消隙滚珠丝杆传动，设计全新丝杆座，安装位置原旧丝杆座安装孔，按照此技术参数定制滚珠丝杆。全新X轴减速机选用台湾标准减速机，方便日后维护保养。

(六) 横梁及方滑枕拆除后，继续拆除横梁及方滑枕所有部件，清理异物，涂油防锈，简易包装，运输至加工厂，上导轨磨加工修复。恢复导轨的直线度、平面度等几何精度，达到新机出厂精度标准。

(七) X、Z轴导轨滑动面、镶条、压板等更换德国进口贴塑面，使用专用工具去除原有贴塑面，重新粘贴德国进口低摩擦系数导轨贴塑面更换新贴塑面后，开润滑油腔并与修复好的导轨进行合研，满足硬轨要求，必要时需进行高频淬火。

(八) 检修整机液压油路，排除漏油点，更换破损液压油管。清洗保养液压站、电磁阀、阀板、液压泵等液压件，保证液压油路通畅，无泄漏，工作正常。

(九) 全面检查机床各导轨、变速箱、齿轮箱的润滑系统。清洗并疏通各润滑管路、更换所有密封件、清洗或更换过滤器滤芯。检查各个油泵、流量开关、压力继电器等元器件，更换全部润滑单向阀^[3]。

(十) 原有原电柜已无多余改造空间，故增加一全新电柜，配置空调，新增华中控制系统，增加X、Z轴伺服

电机及驱动模块, PLC控制模块, 润滑、液压系统控制元件。电气工程师全新设计X、Z轴控制、主轴旋转、档位切换等控制PLC, 保证低速至高速的机加工工艺需求, 机床控制自动化。

(十一) 除老电柜, 把工作台、左刀架控制部分一起集成到新的数控柜内。

四、安全管理

在数控系统升级改造过程中, 保证相关人员的安全采取以下措施:

(一) 培训与教育

在改造前, 对操作人员进行专门的安全培训, 使其了解改造过程中可能存在的危险和相应的安全操作规程。定期进行安全知识更新培训, 以适应改造过程中的变化。

(二) 个人防护装备

为操作人员提供合适的个人防护装备, 如安全帽、安全鞋、防护眼镜、耳塞等。确保防护装备的质量合格, 并监督操作人员正确佩戴和使用。

(三) 设备断电与挂牌

在进行设备部件的拆卸、安装和调试等操作时, 必须先切断电源, 并挂上“禁止合闸, 有人工作”的警示标识。只有负责操作的人员有权取下标识并合闸通电。

(四) 现场清理与整理

保持改造现场的整洁, 及时清理杂物、废料和油污, 防止滑倒和绊倒事故。工具和零部件应摆放整齐, 避免混乱导致的意外。

(五) 安全隔离区域

设置明确的安全隔离区域, 限制无关人员进入改造现场。在隔离区域周围设置明显的警示标志。

(六) 设备固定与支撑

对于需要拆卸或移动的大型部件, 要使用合适的起重设备和固定装置, 确保部件不会意外掉落或移动。检查起重设备和固定装置的安全性和可靠性^[4]。

(七) 防火防爆措施

如果改造过程中涉及到电气焊接、切割等作业, 要采取防火防爆措施, 如配备灭火器、清理周边易燃物等。

(八) 通风与照明

保证改造现场有良好的通风条件, 排除有害气体和粉尘。提供充足的照明, 确保操作人员能够清晰地看到工作区域和操作对象。

(九) 应急响应计划

制定详细的应急响应计划, 包括应对电气事故、机械伤害、火灾等突发情况的措施。定期进行应急演练, 确保操作人员熟悉应急流程。

(十) 安全监督与检查

安排专人负责安全监督, 定期检查安全措施落实情况。对发现的安全隐患及时进行整改。

五、改造效果评估

(一) 加工精度

改造后, 立车的加工精度得到显著提高, 尺寸精度和形位公差均能满足较高的加工要求。

在各项精度测试中, 其直线度、圆度、圆柱度等指标均达到国际先进水平, 能够满足高精度零部件的加工要求。例如, 在加工某精密轴类零件时, 其尺寸公差控制在 $\pm 0.005\text{mm}$ 以内, 表面粗糙度达到 $\text{Ra}0.8\mu\text{m}$, 完全符合客户要求^[5]。

(二) 加工效率

通过数控系统的自动编程和快速进给功能, 加工效率相比改造前提高了200%以上。同时, 伺服电机驱动和优化后的进给系统, 使设备在加工过程中能够快速、准确地定位和进给, 进一步缩短了加工周期。

(三) 操作便利性

数控系统的操作界面直观、简便, 操作人员经过短期培训即可熟练掌握, 降低了劳动强度。

结论

通过对CQ5240A立车的数控系统升级改造, 成功地提升了机床的性能和加工能力, 延长了其使用寿命, 使其能够适应现代制造业的需求。在改造过程中, 充分利用了原有机床的机械结构, 降低了改造成本。实践证明, 这种改造方案具有较高的可行性和经济性, 对于类似老旧机床的升级改造具有一定的推广价值。总之, 数控系统升级改造是一项具有挑战性和实用性的工作。在实际应用中, 需要不断地总结经验、不断地改进和完善方案、不断地优化设计, 只有这样才能有效地提高机床的性能和加工能力。

参考文献

- [1] 孙莹. 普通车床数控化改造中机械结构设计问题的研究[J]. 中国设备工程, 2023, (13): 20-23.
- [2] 吕星伟. 普通车床数控化改造与机械结构的设计要点研究[J]. 中国设备工程, 2023, (11): 268-271.
- [3] 洪伟杰, 陈飞, 陆新奎, 等. 普通车床数控化改造关键技术的研究[J]. 内燃机与配件, 2023, (10): 56-58.
- [4] 王金圆, 王春会. 车床数控化改造设计与实践[J]. 辽宁师专学报(自然科学版), 2021, 23(02): 88-92.
- [5] 田波, 张斌, 王树业. 普通车床数控化机械部分的改造设计分析[J]. 中国设备工程, 2021, (10): 75-76.