

数控机床设备现代化管理与维修技术的运用

李胜蓝

东方电机有限公司，四川 德阳 618000

DOI:10.61369/ETQM.2026010009

摘要：数控机床作为现代制造业里的关键装备，它的运行稳定性以及维修效率会直接对生产效能造成影响，本文针对数控机床维修管理的现代化技术展开了系统的研究，着重探讨了状态监测技术、数据驱动的故障预测、智能化维修决策支持系统以及预防性维护策略在数控机床管理中的应用机制。经由剖析典型故障案例，像液压系统压力出现异常、伺服电机失调以及刀库定位失效等情况，呈现了现代化管理技术在故障快速定位、精准修复以及系统优化方面所有的优势，研究显示，基于数据分析和智能化技术的维修管理模式可极大地提升设备运行可靠性，减少停机时间，并且为智能制造背景下的设备全生命周期管理给予技术支撑。

关键词：数控机床；维修管理；状态监测

Application of Modern Management and Maintenance Technology of CNC Machine Tool Equipment

Li Shenglan

Dongfang Electric Co., Ltd., Deyang, Sichuan 618000

Abstract : As core equipment in modern manufacturing, the operational stability and maintenance efficiency of CNC machine tools directly impact production effectiveness. This paper systematically explores modern maintenance management technologies for CNC machine tools, focusing on the application mechanisms of condition monitoring, data-driven fault prediction, intelligent maintenance decision support systems, and preventive maintenance strategies. Through analyzing typical failure cases such as hydraulic system pressure abnormalities, servo motor malfunctions, and tool magazine positioning failures, the study demonstrates the significant advantages of modern management technologies in rapid fault localization, precise repairs, and system optimization. The research indicates that maintenance management models based on data analysis and intelligent technologies can substantially enhance equipment reliability, reduce downtime, and provide technical support for equipment lifecycle management in the context of smart manufacturing.

Keywords : CNC machine tool; maintenance management; condition monitoring

引言

在“中国制造2025”战略的指引下，我国制造业正加速向智能化、数字化、网络化方向发展。数控机床作为现代制造业的基础装备，其现代化管理与维修技术的创新与应用对提升制造业整体水平具有重要意义。国务院印发的《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》明确指出，要大力推进高端数控机床与基础制造装备创新，加快推动数控机床的智能化发展^[1]。本研究主要针对数控机床维修管理的现代化技术应用展开系统剖析，深入剖析其在故障诊断、预防性维护以及系统优化方面的实现机制，同时借助案例以及数据分析来验证其实际效能，为智能制造背景下的设备管理提供理论与实践方面的参考依据。

一、数控机床维修管理现代化技术体系

随着工业4.0以及智能制造的不断快速推进，数控机床的维修管理已然从以往传统的被动修复模式转变为依靠数据驱动的主动预防方式，现代化的维修管理体系借助状态监测、数据分析以及智能化决策等技术，搭建起了以设备全生命周期管理作为核心

的技术框架。现代化维修管理体系主要覆盖以下几个关键核心模块，状态监测模块借助传感器收集设备运行参数，像温度、振动以及压力等，以此实时监测机床的运行状态，随后将所获取的数据传输至云端或者本地服务器，数据分析模块运用大数据分析以及机器学习算法来处理采集到的数据，识别出异常模式并对潜在故障给予预测。智能化决策模块依据分析结果，系统会自动生成

维修策略或者给出优化建议，支持快速做出决策，预防性维护模块依据历史数据以及预测模型，制定出定期维护计划，以此降低突发故障的概率，该体系借助模块之间的协同运作，达成了从数据采集直至决策执行的闭环管理，为数控机床的高效运行以及故障预防奠定了坚实的基础^[2]。

二、基于现代化技术的数控机床维修方法

(一) 状态监测与实时故障定位

状态监测作为现代化维修管理的基础支撑，关键之处在于借助传感器以及物联网技术，实时获取设备运行时的各项参数，常见的监测参数有主轴振动情况、液压系统压力数值、伺服电机电流大小等，依据这些数据，系统可借助阈值分析或者异常检测算法，迅速确定故障所在区域，比如一旦主轴振动值超出设定的阈值，系统就会发出报警信号，同时生成故障报告，以此提醒维护人员对轴承或者平衡状态展开检查。

为了提升定位的精准程度，可以引入多参数关联分析的方式，举例来说，凭借把振动、温度以及电流数据进行结合，系统可判断出异常状况究竟是由机械磨损、电气故障还是控制逻辑错误所导致的，在实际应用过程中，状态监测系统可把故障定位的时间缩短到传统方法的三分之一，有效提高维修效率^[3]。

(二) 数据驱动的故障预测

借助大数据以及机器学习算法的故障预测技术乃是现代化维修管理方面的关键进展，借助对过往运行数据以及故障记录展开分析，系统可构建起故障预测模型，识别出潜在风险，比如随机森林算法可依据主轴温度以及振动数据的走向，预测轴承失效的概率，预测的准确率可达到85%以上^[4]。

故障预测的实施步骤囊括以下方面：

故障预测技术是数控机床现代化维修管理的核心环节，通过数据驱动的方式实现故障的提前预警与预防性维护，其流程科学且高效。数据采集与清洗阶段，系统通过传感器全面收集设备运行参数，如振动、温度、压力等，并对数据进行预处理，剔除噪声、无效值及异常点，确保数据质量。特征提取阶段，系统分析并提取关键特征，例如振动频率、温度变化率、电流波动幅度等，形成反映设备状态的核心指标。模型训练阶段，利用历史故障数据和运行记录，通过机器学习算法（如随机森林或神经网络）构建高精度预测模型，捕捉故障模式与特征之间的关联。实时预测阶段，将传感器采集的实时数据输入训练好的模型，生成故障概率及设备剩余寿命的精确估计，为维护决策提供数据支撑。借助这一故障预测体系，维护人员能够在故障发生前采取针对性预防措施，例如调整运行参数或更换潜在故障部件，从而将设备停机时间减少约30%^[5]。该技术不仅提升了维修效率，还通过数据驱动的精准预测优化了设备全生命周期管理，为智能制造背景下的生产连续性和稳定性提供了强有力的技术保障。

(三) 智能化维修决策支持

智能化维修决策系统借助整合状态监测以及故障预测的结果，自动生成维修方案，比如说，一旦系统检测出液压系统压力

出现异常情况，便会结合历史数据以及工艺要求，给出检查泵站或者更换密封件的建议，决策支持系统的核心优势在于其可以综合多源信息，迅速生成优化方案，防止人工判断产生主观误差。

在实际应用里，智能化决策系统可依靠人机交互界面也就是HMI来展示诊断结果以及维修建议，并且支持远程监控与操作，这种依靠数据驱动的决策模式提升了维修效率，还为设备全生命周期管理给予了数据支撑^[6]。

三、典型故障案例的现代化维修技术应用

(一) 液压系统压力异常

液压系统是数控机床的关键动力部分，其压力出现异常情况时，可能致使加工精度降低或者设备停止运行，据统计，液压系统故障在数控机床停机事件里占比为20%至25%，其中60%是因为压力传感器失效或者管路发生泄漏，在现代的维修管理工作中，液压系统故障的诊断流程有高效性与系统性：借助压力传感器对系统压力数据进行实时采集，当压力值低于正常范围时，系统就会触发报警，随后，结合历史数据对压力下降趋势展开分析，识别泵站效率降低或者管路泄漏等潜在原因，接着，智能化决策支持系统生成维修优先级清单，建议检查泵站电机电流或者管路连接处，维护人员依照建议检查液压泵或者更换密封件，并验证压力恢复正常。依靠这一流程，液压系统故障的定位时间从传统方法的2小时缩短到30分钟以内，维修效率得到明显提升。

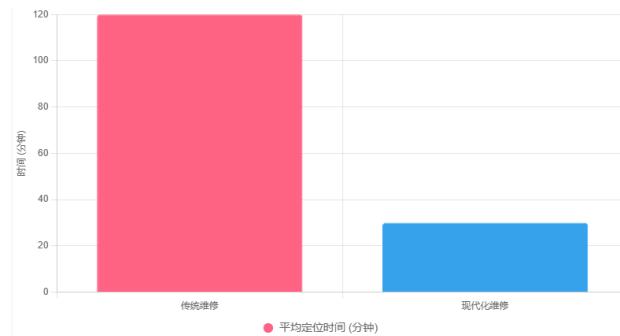


图1：液压系统故障诊断效率对比

(二) 伺服电机失调

伺服电机失调属于数控机床中较为常见的电气故障情况，一般会出现定位精度降低或者运动时产生抖动等现象，依据现代化的维修技术，其诊断流程有高效以及系统化的特点：借助加速度传感器和电流传感器来收集电机运行数据，以此检测是否存在异常振动或者电流波动，运用机器学习模型对振动频率和电流波形加以分析，判断故障是不是因编码器失效或者驱动器参数失调所导致，借助HMI界面实时监测电机运行轨迹，以此验证预测结果的准确程度，依据系统给出的建议对驱动器参数进行调整或者更换编码器，完成修复工作。实际案例显示，该方法诊断伺服电机失调的准确率可达到90%以上，维修时间相较于传统方法缩短了大约40%，有效提高了维修效率以及设备运行稳定性。

(三) 刀库定位失效

刀库定位出现失效情形属于自动换刀系统里较为常见的故障

状况，一般是因机械卡滞或者传感器信号丢失所引发的，现代化维修技术所有的诊断流程有高效以及系统化的特点：借助 PLC 以及传感器对刀库旋转角度以及定位信号给予监测，运用 PLC 梯形图来分析信号流，以此判断故障是不是由传感器失效或者逻辑条件未得到契合而致使的，凭借 HMI 界面记录刀库动作的时序，识别信号延迟或者抖动，依据分析得出的结果更换传感器或者调整机械限位，最终完成维修工作。数据驱动的诊断方法把刀库定位失效的故障定位时间从 1 小时缩减到了 20 分钟，使得生产效率得到了提升。

四、数据分析与维修管理优化

为了去验证现代化维修技术所有的效能，在此次研究当中，针对企业 2024 年的数控机床维修数据展开了详细分析，这些数据包含了主要数控机床的运行状态以及故障记录，总共涉及 500 次故障事件，最终得出的分析结果呈现如下：

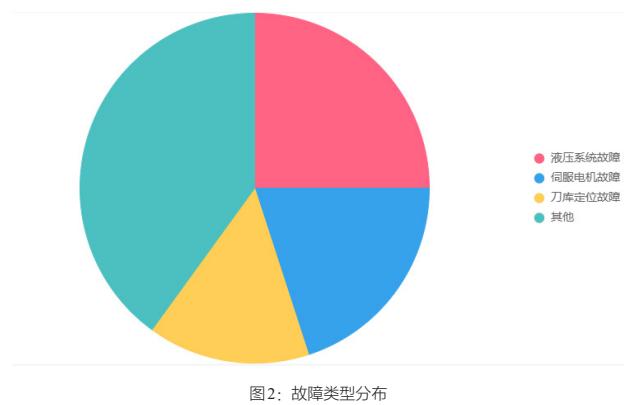


图2：故障类型分布

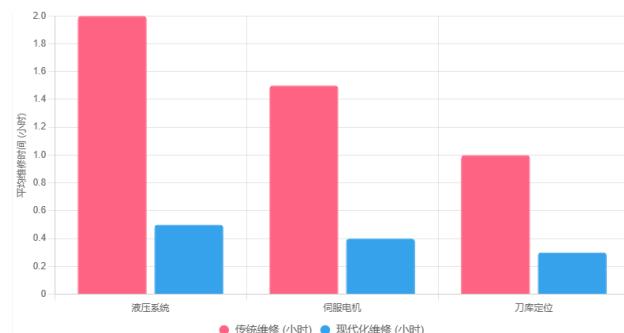


图3：维修时间对比

现代化维修技术应用于数控机床故障诊断与管理，有效提高了设备维护效率以及生产连续性，针对液压系统、伺服电机以及刀库定位等典型故障展开分析，现代化技术呈现出良好的效能，液压系统故障诊断借助压力传感器实时收集数据，依据历史数据分析压力下降趋势，生成维修优先级清单，指引维护人员检查泵站或者更换密封件，使得故障定位时间从原本的 2 小时缩短至 30 分钟。伺服电机失调诊断运用加速度传感器和电流传感器监测振动与电流波动情况，结合机器学习模型剖析波形，以此判断编码器或驱动器是否存在故障，经由 HMI 界面验证后调整参数或者更换部件，诊断准确率超过 90%，维修时间减少了 40%，刀库定位失效诊断凭借 PLC 监测旋转角度与定位信号，结合梯形图分析信号流以及 HMI 记录动作时序，识别机械卡滞或传感器失效状况，定位时间由 1 小时降低至 20 分钟。综合数据分析显示，现代化维修技术把平均维修时间从 1.5 小时缩短至 0.4 小时，效率提升了大约 73%，预防性维护策略凭借状态监测和故障预测，优化维护计划，将设备停机率从 12% 降至 5%，提高了生产连续性，这些技术依靠传感器、大数据分析以及智能化决策，构建起高效的维修管理体系架构，为设备全生命周期管理提供有力支撑。未来随着物联网和人工智能技术的融合发展，数控机床维修管理会朝着智能化、自动化方向迈进，为智能制造提供更强大的动力。

五、结束语

数控机床维修管理的现代化技术借助状态监测、数据驱动的故障预测以及智能化决策支持，对传统维修模式给予了彻底变革，有效提升了设备运行的可靠性以及生产效率，依靠传感器技术、大数据分析与人工智能算法，维修管理体系达成了从被动应对到主动预防的转变，为设备全生命周期管理给予了坚实的技术支持。实际案例分析显示，现代化技术缩短了故障定位与修复所需时间，还凭借预防性维护策略大大降低了设备停机率，未来随着工业物联网、云计算与机器学习技术的融合，数控机床的维修管理会朝着更高水平的智能化与自动化迈进，为智能制造的可持续发展增添新动力，推动制造业达成高效、精准且绿色发展的战略目标。

参考文献

- [1] 宋光涛. 数控机床设备现代化管理与维修技术分析 [J]. 模具制造 , 2025, 25(01):36–38.
- [2] 张洁, 荆强, 阎友恒. 基于精益制造的数控机床维护维修技术研究 [J]. 装备制造技术 , 2024, (07): 178–180.
- [3] 俞占仓. 数控机床机械设备故障诊断及维修策略研究 [J]. 现代制造技术与装备 , 2024, 60(05):202–204.
- [4] 龚仲华, 夏怡. 交流伺服与变频技术及应用 [M]. 人民邮电出版社 : 202111:234.
- [5] 王婷, 万志敏, 董应超. 信息化技术在高职数控设备故障诊断与维修课程中的实践——以“数控机床进给轴爬行故障检修”为例 [J]. 襄阳职业技术学院学报 , 2021, 20(02):65–68.
- [6] 吴钩. 数控机床的电器故障诊断及维修技术探究 [J]. 内燃机与配件 , 2020, (21):147–149.