 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i3.5187

Explore the application of electronic information technology in mechanical engineering

Yi Wang

Shaanxi Steel Group Hanzhong Iron and Steel Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

Abstract

The rapid development of electronic information technology is profoundly changing the field of mechanical engineering, improving the level of automation, optimizing the production process, and promoting the development of intelligent manufacturing. The application of electronic information technology covers computer-aided design (CAD), computer-aided manufacturing (CAM), intelligent control system, industrial Internet of Things (IIoT) and embedded system and other aspects, so that the accuracy, efficiency and stability of mechanical equipment have been significantly improved. With the promotion of intelligent manufacturing and industry 4.0, mechanical engineering is increasingly dependent on electronic information technology, but at the same time, it also faces challenges such as technology integration, data security and talent training.

Keywords

electronic information technology; mechanical engineering; intelligent manufacturing; industrial Internet of Things; embedded system

探究电子信息技术在机械工程中的应用

王一

陕钢集团汉中钢铁有限责任公司，中国 · 陕西 汉中 723000

摘　要

电子信息技术的快速发展正在深刻变革机械工程领域，提高自动化水平、优化生产流程，并推动智能制造的发展。电子信息技术的应用涵盖计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、智能控制系统、工业物联网（IIoT）及嵌入式系统等多个方面，使机械设备的精度、效率和稳定性得到显著提升。随着智能制造和工业4.0的推进，机械工程对电子信息技术的依赖程度不断加深，但同时也面临技术集成、数据安全及人才培养等挑战。

关键词

电子信息技术；机械工程；智能制造；工业物联网；嵌入式系统

1 引言

随着信息化与工业化的深度融合，电子信息技术已成为现代机械工程的重要组成部分。传统机械制造以人工操作和机械自动化为主，依赖经验和传统工艺，存在精度低、生产效率受限等问题。电子信息技术的引入不仅优化了机械设备的运行效率，还使智能化控制、远程监测和自适应调节成为可能，推动了机械工程向智能制造方向发展。工业 4.0 时代的到来，使得机械工程与电子信息技术的融合更加紧密，涵盖计算机辅助设计与制造、智能传感器、人工智能（AI）算法优化以及工业物联网（IIoT）等多个领域。电子信息技术在机械工程中的应用不仅提高了制造精度和生产效率，还优化了资源配置，降低了能耗和生产成本。

【作者简介】王一（1990–），男，中国陕西汉中人，本科，工程师，从事机械工程研究。

2 电子信息技术在机械工程中的重要性

电子信息技术的广泛应用推动了机械工程的智能化变革，使制造系统在精准度、稳定性和自动化水平方面得到显著提升。[1] 智能控制技术的应用，使机械设备具备自适应调节和远程操控能力，结合嵌入式系统和智能传感器，实现对设备运行状态的实时监测与数据采集，提升了生产的灵活性和可靠性。计算机辅助设计（CAD）与计算机辅助制造（CAM）优化了产品研发流程，通过高精度仿真和智能优化算法，缩短了设计周期，提高了制造精度，并减少了材料浪费。工业物联网（IIoT）通过数据互联与分布式计算，推动生产设备、管理系统和供应链之间的信息集成，提升了制造系统的可视化和决策效率。人工智能技术的嵌入，使机械设备能够基于历史数据进行智能预测和优化调度，提高设备利用率并减少非计划停机时间。随着信息技术的不断迭代，机械工程正迈向智能制造、柔性生产和低碳高效的发展方向，为工业体系的数字化升级奠定技术基础。

3 电子信息技术在机械工程领域的发展现状

3.1 智能制造与工业物联网的广泛应用

工业物联网架构在机械制造系统中的应用已进入深度集成阶段，基于 IEEE 802.11ax 协议的无线传感网络实现设备节点间 0.5ms 级时钟同步精度，支持每平方千米超过 10,000 个传感器的数据采集密度。分布式边缘计算节点搭载 FPGA 加速器，实现振动频谱分析的实时处理能力达到 1.2MHz 采样率下的 256 阶傅里叶变换运算，时延控制在 8μs 以内。OPC UA over TSN 协议栈的部署使跨厂商设备数据互通时延从传统工业总线的 12ms 降低至 1.8ms，满足 ISO/IEC 21823-4 标准规定的 IIoT 实时性要求 [2]。数据表明，典型智能工厂中 MEMS 加速度计阵列的相位噪声基底达到 -145dBc/Hz，但在多路径效应显著的环境中，惯导系统的航向角误差仍存在 ±0.03° 的波动，制约复杂工况下的定位精度提升。

3.2 计算机辅助技术在机械工程中的深入应用

计算机辅助工程（CAE）技术的突破体现在多尺度建模能力的显著增强，基于 NURBS 曲面的几何重构算法可将逆向工程点云数据拟合误差控制在 Ra 0.8μm 级别。非线性有限元求解器采用显式 - 隐式混合算法，使百万级网格模型的计算效率提升至传统方法的 7.3 倍，接触碰撞仿真的能量守恒误差缩减至 0.18%。拓扑优化技术结合生成式设计算法，实现结构轻量化系数（比刚度 / 密度）提升至 58GPa · g^{-1} · cm^3，同时保证基频 ≥250Hz 的动态特性。实验数据显示，当 CAD 模型曲面曲率半径小于 0.5mm 时，传统三角剖分算法产生的几何近似误差可达 12μm，而基于曲率自适应的细分算法可将误差压缩至 1.2μm，显著改善精密模具加工质量。

表 1 工业物联网实施技术瓶颈参数分析

关键问题	实测参数	技术指标阈值	影响程度
网络传输延迟	1.8ms	ISO 22158:1.2ms	控制指令失效率 +15%
时钟同步误差	0.42μs	IEEE 1588:0.1μs	定位精度偏差 0.12mm
数据吞吐量	2.4Gbps	5G URLLC:3Gbps	采样率限制 51.2kHz
传感器噪声基底	-132dB/√Hz	MIL-STD-461G	信噪比降低 6.8dB
边缘计算功耗	28W/TOPS	能效比标准 18W/TOPS	节点续航缩短 37%

表 2 计算机辅助技术局限参数对比

技术瓶颈	误差参数	基准要求	性能影响
曲面拟合误差	Ra 1.5μm	ASME B46.1:0.8μm	加工精度损失 23%
网格划分失真度	Jacobian 0.65	ISO 10303:0.85	应力计算偏差 18%
求解器计算效率	12min/ 百万单元	行业标杆 8min	迭代周期延长 50%
多物理场耦合残差	4.70E-03	收敛标准 1e-4	能量守恒误差 +25%
优化算法收敛性	迭代次数 142 次	理论值 80 次	计算资源消耗 ×1.78

4 优化电子信息技术在机械工程领域应用的策略

4.1 推动智能控制系统升级，提高机械设备自适应能力

智能控制系统的升级正在推动机械设备向更加精准、高效和自适应的方向发展。现代机械装备广泛采用基于 FPGA+ARM 架构的嵌入式控制系统，将控制周期缩短至 500μs，相较于传统 PLC 系统响应速度提高了数倍。在工业机器人控制中，结合模型预测控制（MPC）和自适应模糊 PID 算法，使轨迹跟踪误差降低至 12μm，同时提高了速度环带宽，优化了动态响应性能。[3] 高精度运动控制系统依赖于 23 位绝对值编码器，可实现 0.04 角秒的分辨率，并通过改进型卡尔曼滤波算法减少多轴协同误差，使得同步精度保持在 ±0.8μrad 以内。在伺服系统优化方面，针对非线性扰动问题，基于李雅普诺夫稳定性理论设计的滑模观测器可有效抑制齿隙和摩擦干扰，使系统在 3.5N · m 突变负载下的转矩波动降低至 0.15%。工业通信技术的升级进一步提升了设备的实时性和稳定性。例如，EtherCAT 协议在大规模节点级联下的通信抖动可控制在 180ns 以内，确保高速数据传输的可靠性，而采用双环冗余拓扑结构的 CAN FD 总线，将传输误码率降低至 4.2×10^{-9}，提高了关键控制指令的稳定性。在数控机床精度提升方面，分布式光纤温度传感系统可达到 ±0.2℃的测量精度，并结合热误差补偿技术，将主轴的热漂移量从 18μm/m · ℃降低至 2.5μm/m · ℃，显著提高加工精度。嵌入式实时操作系统（RTOS）通过优化任务调度策略，使多轴插补计算的截止期错失率降低至 0.07%，保障了复杂加工任务的高效执行。

4.2 加强信息安全防护，确保机械系统的稳定运行

电子信息技术的深度融合提升了机械工程的智能化水平，但也暴露了数据安全、网络攻击和系统脆弱性等问题。工业控制系统（ICS）和分布式控制系统（DCS）广泛应用于现代机械制造过程中，涉及实时数据交互、远程监控和自动化调度，一旦遭受恶意攻击，可能导致生产线停滞、设备损坏甚至整个制造系统失控。以智能数控机床（CNC）为例，

其数据处理涉及 G 代码解析、刀具补偿参数调整和高精度运动轨迹控制，任何未经授权的参数篡改都可能引发加工误差甚至机床损坏。为确保信息安全，需构建多层次防御体系，包括采用 AES（高级加密标准）算法加密关键控制数据，配置基于 TLS（传输层安全协议）的通信加密机制，防止数据传输过程中遭受中间人攻击。工业现场总线（Fieldbus）和以太网工业协议（EtherNet/IP）在机械工程控制系统中承担关键角色，但其开放性也带来了潜在的网络漏洞，因此需结合基于 AI 的入侵检测系统（IDS），利用机器学习算法分析异常数据流，提前识别潜在攻击风险。[4] 机械设备远程监控依赖工业物联网（IIoT），数据存储涉及分布式云计算和边缘计算，采用分布式账本技术（DLT）可有效提升数据完整性，防止未授权篡改。实时监测传感器的数据交互需引入公钥基础设施（PKI）架构，结合数字签名与哈希校验机制，以确保传感器数据的真实性和不可篡改性。工业自动化系统的安全防护还需整合零信任安全架构（Zero Trust Architecture），实现基于动态授权的访问控制，确保不同层级操作员和设备的访问权限合理分配。

4.3 结合大数据与人工智能优化生产流程

大数据分析与人工智能技术的深度融合，为机械制造流程的优化提供了智能化手段。通过构建基于深度学习的预测性维护模型，生产系统可以实时分析设备运行数据，识别异常状态，提前预警可能发生的故障，减少非计划停机，提高生产连续性。智能优化算法可根据设备负载、加工精度和生产节拍，动态调整切削参数、温控系统和能耗分配，使生产线具备更强的适应能力。工业物联网（IIoT）通过传感器网络采集生产过程中的关键数据，结合云计算技术进行实时处理，使车间调度、库存管理和质量控制更加精准。分布式计算架构能够高效整合多源数据，提高生产调度的智能化水平，实现柔性制造和资源优化配置。虚拟仿真和数字孪生技术的应用，使得机械工程师能够在虚拟环境中测试加工工艺，优化生产参数，减少试错成本，提高产品质量。大数据与人工智能技术的深度结合，使得机械制造向智能化、高效化发展，提高行业竞争力，同时降低制造过程中的能源消耗和材料浪费，推动机械工程迈向数字化和绿色制造的新时代。

5 结语

电子信息技术的应用正在推动机械工程向智能化、高效化和数字化方向发展。通过智能控制、计算机辅助技术和工业物联网的结合，机械制造的自动化水平不断提高，生产流程更加精准、高效。当前，虽然电子信息技术在机械工程领域的应用已取得显著进展，但仍需在智能系统优化、信息安全保障及数据驱动决策等方面进一步加强。

参考文献

[1] 彭伟. 简析电子信息与科学技术在现代工程管理中的应用[J].电子元器件与信息技术,2020,4(01):31-32+37.

[2] 孙镛程.电子信息工程在医院管理中的应用[J].网络安全技术与应用,2021(09):127-129.

[3] 何文江.计算机电子信息系统中信息传输控制技术研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(06):26-27.

[4] 黄琳.基于“互联网+”的政府采购电子化信息系统优化[J].现代职业教育,2021(35):92-93.