

Thinking on Application Strategies of Mechatronics Technology in Mechanical Design and Manufacturing

Mingyang Zhu

Harbin University of Commerce, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

Abstract

Mechatronics, as an integrated application of mechanical and electronic technologies, plays a pivotal role in China's modernization process, particularly in advancing industrial technology. Its implementation in mechanical design and manufacturing not only optimizes product structures and enhances production precision but also reduces costs, strengthens market competitiveness, and addresses traditional production models characterized by low material utilization rates, severe environmental pollution during manufacturing processes, and inadequate levels of intelligent and informatized operations. This approach drives the industry's transition from conventional extensive production methods toward precision-driven, intelligent, and efficient manufacturing systems. This study provides a concise overview of mechatronics technology and its advantages, while analyzing its practical applications in mechanical design and manufacturing to offer valuable insights for relevant professionals.

Keywords

mechatronics technology; mechanical design and manufacturing; application strategies

机电一体化技术在机械设计制造中的应用策略思考

朱明扬

哈尔滨商业大学, 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

摘要

机电一体化是一种综合应用机械技术和电子技术的技术, 在我国的现代化历程尤其是工业技术的发展进步中发挥着重要的作用。将其应用于机械设计制造中, 不仅能优化产品结构、提升制造精度, 还能降低生产成本、增强产品市场竞争力, 改变生产模式传统、材料利用率低、生产过程污染严重、生产流程智能化信息化水平低等问题, 推动机械设计制造行业从传统粗放型生产向精准化、智能化、高效化转型。在本文的研究工作中, 简单阐述机电一体化技术的情况和优势, 分析其在机械设计制造中的具体应用, 以供相关人员参考。

关键词

机电一体化技术; 机械设计制造; 应用策略

1 引言

当前机电一体化技术已经广泛应用于机械设计制造的各个环节中, 在产品的设计、零部件加工、装配调试、质量检测等各环节, 都起到了十分重要的作用。在具体应用时, 需要充分发挥机电一体化技术的优势, 结合实际情况, 采取恰当的策略, 合理应用技术, 解决以往应用中的难点和痛点, 有效提升机械设计制造水平, 推动行业转型升级。

2 机电一体化技术的概述

机电一体化技术是多领域技术的融合产物, 包括信息技术、微电子技术、机械技术、传感器技术等。其核心目标是实现机械产品的自动化、智能化、精准化, 通过电子

技术和计算机技术对机械运动进行精准控制, 通过传感器技术实现对生产过程的实时监测, 通过信息技术实现生产数据的采集、分析与优化, 从而提升机械产品的性能和生产效率。在机械设计制造中应用机电一体化技术, 机械设备往往可以节约出为控制系统、人为干预而预留的大量空间, 使机械产品具有体积小、重量轻的特点。机电一体化的设备可以具有非常高的自动化程度, 自动地完成设定好的操作, 针对环境的变化和材料特征快速作出反应, 提升生产效率的同时, 也能更好地保障产品每一批次的质量水平^[1]。

3 机电一体化技术在机械设计制造中的具体应用

3.1 产品设计中的应用

产品设计阶段, 机电一体化技术的核心价值在于突破纯机械结构的性能极限, 实现“机、电、控、软”的协同优

【作者简介】朱明扬(2004-), 男, 中国黑龙江齐齐哈尔人, 本科, 从事机械设计制造及其自动化研究。

化。在前期设计环节，可以引入多域联合仿真平台，设计人员在计算机上构建包含机械动力学、液压/气动、电路、控制算法的虚拟样机^[2]。通过协同应用，可以发现设计中存在的问题，优化产品的各项参数。例如，设计工业机器人时，设计人员可以应用多域联合仿真平台，机械工程师建立多体动力学模型，电气工程师建立伺服驱动与电机模型，控制工程师编写运动控制算法，三者实现有效协同联动，仿真模拟可以提前发现机械谐振、控制振荡、响应滞后等问题，优化参数设计，提高工业机器人设计方案的科学性。

3.2 制造加工环节中的应用

制造加工是机械设计制造的核心环节，是将图纸转化

为实物的关键环节。应用机电一体化技术，能够实现加工过程的自动化、精准化，提升加工精度和效率。一，引入数控机床、加工中心、柔性制造系统等机电一体化加工设备，这些设备已经逐渐在制造企业生产环节中进行应用。在数控技术的辅助下，机床可以实现自动旋转床头、自动换刀、自动喷涂、自动运行，提升运行效率^[3]。加工中心集成了多种加工功能，能够实现多工序的连续加工，缩短加工周期。柔性制造系统由多台自动化加工设备、物流输送系统和控制系统组成，能够实现零件的自动化加工、搬运和存储，适应多品种、小批量的生产需求。数控机床的机电一体化性能数据对比详见表1所示。

表1 数控机床的机电一体化性能数据对比

性能指标	传统普通机床(无机电一体化)	现代数控机床/加工中心(机电一体化集成)	提升幅度
定位精度	±0.05~0.10mm	±0.002~0.005mm	10~50倍
重复定位精度	±0.02~0.05mm	±0.001~0.002mm	10~25倍
加工表面粗糙度	Ra 3.2~6.3 μm	Ra 0.2~0.8 μm	4~15倍

二，机电一体化技术将传感器与执行器集成于夹具中，在夹爪上安装薄膜压力传感器和电感式位移传感器，实时检测工件位置和夹紧力，通过控制器自动调节液压或电动夹爪的行程和压力，避免夹伤工件或者定位不牢。将控制阀、传感器、处理器嵌入夹具本体，通过现场的总线与加工中心通信，实现不同工件的自动识别和夹具构型切换，大幅度缩短换产时间。

三，现代加工中心配备了多种传感器，使加工环节从开环走向闭环。通过主轴电流或应变式测力仪实现监测切削力，当监测到刀具磨损或材料硬度异常导致的力增大时，控制系统会自动降低进给速度，或者提高主轴速度，保护刀具和工件。加速度传感器安装在主轴和刀架上，当检测到颤振信号时，控制器通过变主轴转速或者调整切削参数，来破坏颤振条件。某些高级系统采用压电作动器主动产生反向振动，抵消切削颤振。

四，在具体应用中，还可以借助计算机技术和物联网技术构建加工过程中的智能化调度系统。实现对加工设备、原材料、工件等的统一调度和管理。通过智能化调度系统实时采集加工过程中各种数据，进行分析处理，可优化加工流程，合理分配资源，避免设备闲置和工序等待。

3.3 强化自动化控制环节

自动化控制是机电一体化技术的核心应用，在机械设计制造环节，通过强化自动化控制，可以实现生产过程中的精准管控，提高生产的稳定性和产品的一致性。一，在这一阶段可应用可编程控制器与运动控制集成。现代机电一体化系统将逻辑控制与运动控制集成于同一平台。例如，在包装机械中，通过软件算法实现切刀轴与物料输送轴的同步运动，取代了机械凸轮与齿轮箱。调整产品规格时，只需要修改软件参数，无需更换机械零件。在多轴印刷机中，各印刷

单元通过高速实时总线，保持严格的同步比例关系，机械传动链被软件定义的主从关系替代，降低了机械制造精度要求，同时提高了柔性^[4]。

二，合理应用智能伺服驱动与网络控制。现代伺服驱动器内部集成了位置环、速度环、电流环以及多种滤波算法，并支持各种实时工业以太网。控制器只需发送目标位置或者速度指令，驱动器自主完成高精度闭环控制，并将电流、温度等状态反馈给上位机。网络化控制使得上百个轴可以同步运行，同步抖动可控制在微秒级。构建闭环系统，基于传感器采集生产过程中各种参数，将其反馈给控制系统，控制系统根据反馈信息与预设值的偏差自动调整控制参数，确保生产过程中的稳定运行。

三，应用机械视觉与力觉引导控制。机电一体化技术将感知与执行深度融合，使机械系统具备环境适应能力。在工业机器人抓取无序堆放工件时，3D相机获取工件点云数据，工控机运行匹配算法得出抓取位姿，通过以太网将坐标发送给机器人控制器，机器人自主规划路径，完成抓取。在精密装配过程中，机器人腕部安装六维力/力矩传感器，控制系统根据力反馈实时修正位置和姿态，实现柔顺装配。当检测到卡阻或倾斜时，自动进行搜索动作，避免零件损伤。

3.4 质量检测中的应用

在机械设计制造中，开展质量检测，关系到产品质量以及市场竞争力。而在该环节合理应用机电一体化技术，可以实现检测过程的自动化和精准化，提升检测的精度和效率。一，采用自动化检测设备，如坐标测量机、激光检测仪、超声波检测仪等，替代传统的人工检测方法，可以实现对产品尺寸、形状、表面质量等参数的自动化检测。坐标测量机通过计算机控制系统实现对零件的三维尺寸测量，测量精度高，速度快，适用于精密零件的检测。激光检测仪利用激光

技术检测零件表面的粗糙度和形状误差，避免对零件造成损伤。超声波检测仪可以检测零件内部的缺陷，例如裂纹等，可保障零件的质量。自动化检测设备的具体性能与要求详见表2所示。

表2 自动化检测设备的具体性能与要求

	坐标测量机 (CMM)	激光检测仪	超声波检测仪
典型精度	± 0.5~2 μm (桥式)	± 10 μm~0.1mm (跟踪仪 / 轮廓仪)	0.01~0.1mm (缺陷定位及测厚)
检测速度	100~300 点 / 秒	1000~10000 点 / 秒	扫描速度 ≤200mm/s
环境要求	恒温恒湿 (20 ± 0.5℃)	较宽松 (-10~40℃可工作)	常温, 表面需平整或耦合
检测方式	接触式 (触发 / 扫描) 或非接触 (光学测头)	非接触 (光学 / 激光)	接触式 (耦合剂) 或非接触

二，应用机器视觉检测系统。机器视觉系统是由工业相机、镜头光源和图像处理单元组成，其核心是机电一体化的软硬件协同。在金属零件生产线中，高速相机开展工件表面的拍摄工作，应用图像处理算法实时判断划痕、气孔、毛刺等缺陷，并触发分拣机构，将不良品剔除。而对于微型零件，视觉系统可利用亚像素边缘提取算法，在毫秒级内完成多个尺寸测量，测量精度可达微米级，且非接触和无变形。同时机器视觉检测系统能够对装备完整性进行检测。例如，在汽车发动机装配线上，多个工位布置视觉传感器，检查螺栓是否拧紧、密封圈是否安装、卡簧是否到位，一旦发现漏装，立即声光报警并锁定工位。

3.5 运行维护中的应用

在机械设备的运行维护阶段，机电一体化技术也能充分发挥作用，保障其可靠性，延长寿命，以及降低运维成本。一，应用基于状态的维护系统。在关键设备上安装多种传感器，持续采集运行数据。在轴承座齿轮箱、电机端盖处安装加速度传感器，采集振动信号。嵌入式数据采集模块，实时计算有效性、峰值等特征指标。当轴承故障频率成分幅值超过阈值时，系统会发出预警，提示进行计划性更换。红外传感器或热电偶监测电机绕组、变压器等关键部位的温度。结合负荷数据，可以判断冷却系统是否失效或者是否存在异常摩擦。

二，合理应用设备健康管理。对于大型复杂装备，建立数字孪生系统。物理设备上的传感器数据实时驱动孪生模型运行。模型通过对比实时输出与理论输出之间的残差，

诊断故障类型和严重程度。

三，应用远程运维与预测性维护平台。在互联网、云计算等技术的支持下打造统一平台，将各地分散的设备整合在一起。设备现场控制器可将设备的各项信息上传系统，专家进行远程诊断分析，通过平台下发固件升级或者参数调整指令。平台统计同型号设备的故障频率和更换周期，开展预测性维护工作。

4 结语

综上所述，机电一体化技术的应用是机械设备制造领域的必然趋势，是我国工业领域自动化、智能化和信息化发展的需求。在具体应用中机电一体化技术，能够为产品设计、制造加工、自动化控制、质量检测和设备运维提供保障，优化产品结构，提升制造精度，提高生产效率，降低成本。推动机械设计制造行业向智能化、精准化和高效化方向转型升级。

参考文献

- [1] 孙海山. 机电一体化技术在机械设计制造中的应用分析[J]. 机械管理开发,2025,40(9):267-269.
- [2] 徐国. 机电一体化技术在机械设计制造中的应用分析[J]. 中国设备工程,2025(3):215-217.
- [3] 宋鹏. 机电一体化技术在机械设计制造中的应用研究[J]. 现代制造技术与装备,2023,59(12):43-45.
- [4] 沈阳. 机电一体化技术在机械设计制造中的应用研究[J]. 时代汽车,2023(10):128-130.