

机电一体化在机电制造中的应用分析

蒋 平

桐乡市凤栖供水有限公司 浙江 嘉兴 314500

摘 要：在现代工业技术飞速发展的背景下，机电一体化技术已成为推动机电制造领域革新的核心动力。本文聚焦于机电一体化在机电制造中的应用。首先概述了机电一体化技术，随后深入探讨其在数控机床、工业机器人、自动化生产线以及传感器与检测技术等方面的具体应用，展现了其对提升加工效率、产品质量及生产自动化程度的显著作用。同时，文章也分析了机电一体化在机电制造中面临的技术集成难度大、成本较高、安全风险及技术标准不统一等挑战，并针对性地提出了加强技术研发与人才培养、降低成本、强化安全保障措施及统一技术标准等解决策略，为机电一体化在机电制造领域的进一步发展提供了参考。

关键词：机电一体化；机电制造；应用分析

引言：随着科技的飞速发展，机电一体化技术作为现代制造业的核心驱动力，正逐步渗透到机电制造的各个环节。机电一体化融合了机械、电子、控制、计算机等多学科技术，实现了机械与电子的有机结合，极大地提升了机电产品的性能与智能化水平。在机电制造领域，机电一体化技术的应用不仅提高了生产效率与产品质量，还推动了生产方式的变革。因此，深入分析机电一体化在机电制造中的应用，探讨其面临的挑战与解决策略，对于促进机电制造业的转型升级与可持续发展具有重要意义。

1 机电一体化技术概述

机电一体化技术是机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术等多学科交叉融合的产物，旨在通过系统工程方法，将机械装置与电子系统有机结合，实现产品或设备的智能化、自动化与高效化。其核心技术涵盖机械设计制造、传感器技术、计算机控制、信息处理等多个领域。传感器负责实时采集运行数据，为系统决策提供依据；计算机控制系统则如同“大脑”，对采集的数据进行分析处理，并精准调控机械部件运行。以数控机床为例，通过机电一体化技术，能根据预设程序精确控制刀具运动，完成复杂零件加工，相比传统机床，加工精度与效率显著提升。在工业4.0浪潮推动下，机电一体化技术正朝着智能化、网络化、微型化方向发展。未来，其将深度融合人工智能、物联网等前沿技术，在智能制造、医疗设备、航空航天等领域发挥更重要作用，持续推动产业变革与技术创新^[1]。

2 机电一体化在机电制造中的应用

2.1 数控机床

2.1.1 精确控制加工过程

在数控机床中，机电一体化技术实现了精密的加工过程控制。传感器如同机床的感知器官，实时监测刀具状态、切削力、工件温度等数据，并将其转化为电信号传递给数控系统。数控系统作为核心控制单元，结合预先编制的加工程序与传感器反馈数据，利用自适应控制等算法进行高速运算，随后以脉冲信号精准驱动伺服电机。伺服电机配备高分辨率编码器，通过滚珠丝杠、直线导轨等传动部件，将旋转运动转化为工作台和主轴的精确运动，定位精度可达微米级。例如在航空发动机叶片加工中，依靠闭环控制系统，能严格按照复杂曲面轨迹控制刀具，满足高精度制造需求。

2.1.2 提高加工效率与质量

机电一体化技术显著提升了数控机床的加工效率与质量。高速电主轴配合高性能伺服驱动，实现了高转速与快速加减速，大幅提升切削和进给速度；自动换刀装置在数控系统调度下，2-3秒内即可完成换刀，减少非切削时间，多台机床联动可实现不间断生产，产能提升40%以上。在质量保障上，传感器实时监测异常，如切削力过大时系统自动调整进给速度，避免刀具损坏；借助CAM软件加工仿真，提前优化刀具路径，减少试切，将废品率控制在1%以下。以精密齿轮加工为例，该技术精准控制滚齿机，使齿轮加工精度达到国际领先水平。

2.2 工业机器人

2.2.1 自动化生产与操作

机电一体化技术为工业机器人实现自动化生产与操作提供核心支撑。机械本体采用高强度轻量化材料与精密传动结构，确保运动稳定。伺服电机搭载高精度编码器，在控制系统指令下，能精准驱动各关节，定位误差控制在毫米级以内。视觉、力觉等传感器实时感知环境

与工件状态，将数据反馈至控制系统。以汽车装配线为例，机器人通过视觉识别零件位置，利用力觉传感器调整抓取力度，结合预设程序，自动完成焊接、组装等工序，无需人工干预，大幅提升生产效率与产品一致性，降低人力成本与操作误差。

2.2.2 灵活适应不同任务

工业机器人借助机电一体化技术，可快速适配多样化任务。模块化设计的机械结构，支持末端执行器快速更换，满足焊接、喷涂、搬运等不同需求。开放式控制系统支持图形化编程与高级语言编程，工程师能便捷修改运动轨迹与操作逻辑。在3C产品制造中，面对产品型号频繁更新，机器人通过视觉识别系统获取新部件特征，结合内置算法自动调整作业流程。多机器人协同系统利用网络通信实现数据共享，可根据任务需求灵活组队，高效完成复杂生产任务，显著提升产线柔性。

2.3 自动化生产线

2.3.1 实现生产流程自动化

机电一体化技术通过多系统深度融合，实现自动化生产线全流程无人化运行。生产线中，光电传感器、位移传感器、RFID识别装置等感知元件构成数据采集网络，实时监测物料位置、设备状态、产品参数等信息。例如在电子产品生产线，RFID标签可追踪每个元器件的批次、型号，确保物料精准匹配。中央控制系统基于工业计算机或PLC，搭载生产调度算法，将生产指令转化为设备控制信号。伺服电机、气动元件等执行机构在指令驱动下，完成物料搬运、加工、装配等动作。同时，工业机器人、数控机床等关键设备通过现场总线（如Profinet、EtherCAT）实现数据交互，构建闭环控制体系。以汽车发动机装配线为例，各工位设备依据预设程序自动完成零件抓取、拧紧、检测等工序，全程无需人工干预，大幅降低人为操作误差，保障生产流程的稳定性与标准化。

2.3.2 提升生产效率与协同性

机电一体化技术显著优化了自动化生产线的效率与协同水平。高速传输系统与精密定位装置配合，减少物料输送时间；设备的并行处理能力，如多台数控机床同时加工不同部件，缩短生产周期。例如家电生产线通过AGV小车与立体仓库联动，实现物料的智能配送，使整体生产效率提升40%。在协同性方面，工业物联网技术实现设备间数据实时共享，MES（制造执行系统）根据生产进度动态调整任务分配。当某工位设备出现故障时，系统自动将任务转移至备用设备，并通过预警机制通知维护人员。此外，数字孪生技术可对生产线进行虚拟建

模，模拟不同生产方案，提前优化设备布局与工艺参数，确保各环节高效协同。

2.4 传感器与检测技术

2.4.1 实时监测生产参数

在机电一体化系统中，传感器与检测技术是实时获取生产参数的核心手段。各类传感器如同系统的“神经末梢”，分布于生产设备的关键部位。温度传感器采用热电偶、红外测温等技术，可精确监测机床主轴、电机绕组等部件的温度变化，精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；压力传感器通过压阻效应或电容变化原理，实时检测液压系统压力、切削力大小；位移传感器利用光栅尺、磁栅等技术，以微米级精度测量工作台移动距离。这些传感器将物理量转化为电信号后，经信号调理电路传输至数据采集系统，再由工业计算机或PLC进行高速处理与分析。例如在注塑成型生产线，压力传感器实时监测模具型腔压力，温度传感器监控料筒温度，系统根据反馈数据动态调整注塑速度与保压时间，确保生产过程稳定可控，为工艺优化提供可靠数据支撑。

2.4.2 保障产品质量与设备安全

传感器与检测技术是保障产品质量和设备安全的重要防线。在质量管控方面，视觉传感器通过图像识别技术，可快速检测产品尺寸、表面缺陷、装配完整性等指标。如手机屏幕生产线，视觉检测设备以亚像素级精度识别划痕、异物等瑕疵，实现100%全检，将不良品率降低至0.1%以下。在设备安全领域，振动传感器通过监测设备振动频率和幅值，结合故障诊断算法，可提前预测轴承磨损、齿轮故障等潜在问题；气体传感器则用于检测车间内有害气体浓度，保障作业环境安全。一旦传感器检测到参数异常，系统立即触发声光报警，并自动采取停机、切断电源等保护措施，避免设备损坏和安全事故发生，有效提升生产系统的可靠性与稳定性^[2]。

3 机电一体化在机电制造中面临的挑战与解决策略

3.1 面临的挑战

3.1.1 技术集成难度大

机电一体化融合机械、电子、计算机、控制等多学科技术，各领域技术发展速度与标准不同，导致集成时存在接口适配、通信协议兼容等难题。机械结构设计需兼顾电子元件的安装空间与散热需求，软件算法要与硬件性能精准匹配。例如，伺服电机控制算法优化需结合机械传动系统的动力学特性，但跨学科知识壁垒使技术人员难以全面掌握各领域技术细节，增加了系统集成的复杂性与调试难度。

3.1.2 成本较高

机电一体化设备的研发与生产涉及高端零部件采购、精密加工制造和复杂软件开发。高性能伺服电机、高精度传感器、专用控制芯片等核心部件依赖进口，价格昂贵；设备制造过程中，对加工精度、装配工艺要求严苛，需投入先进生产设备与专业检测仪器。此外，研发阶段需组建跨学科团队，人力成本高，且技术迭代快导致设备更新频繁，进一步推高企业的前期投入与长期运营成本，限制了技术在中小企业的普及应用。

3.1.3 安全风险问题

随着机电一体化系统智能化、自动化程度提升，安全风险日益复杂。设备运行中，传感器故障、控制系统漏洞或机械部件老化，可能引发设备失控、误操作等事故。例如，工业机器人异常运动可能导致人员伤亡；自动化生产线通信中断会造成生产混乱。同时，网络安全问题凸显，系统若遭受黑客攻击或病毒入侵，不仅影响生产，还可能泄露企业核心数据，给企业带来重大损失。

3.1.4 技术标准不统一

目前，机电一体化技术缺乏统一的国际与国内标准，不同企业、地区的产品在通信协议、接口规范、数据格式等方面存在差异。传感器输出信号标准不统一，增加了系统集成工作量。标准缺失导致设备兼容性差、维护成本高，阻碍了产业链上下游协同发展，也限制了行业整体技术水平的提升和创新应用推广。

3.2 解决策略

3.2.1 加强技术研发与人才培养

产学研合作是突破技术瓶颈的关键，高校与科研机构可聚焦多学科融合技术研发，如开发通用型接口协议与模块化集成方案，降低系统适配难度。企业应加大研发投入，建立跨学科技术攻关小组，推动机械、电子、软件技术协同创新。同时，完善人才培养体系，高校增设机电一体化复合型专业课程，企业开展在职培训与技能竞赛，培养既懂机械原理又精通电子编程的专业人才，打破学科知识壁垒，提升技术集成能力。

3.2.2 降低成本

企业可通过国产化替代与规模化生产降低成本。联合国内供应商研发高性能伺服电机、传感器等核心部件，减少对进口依赖，降低采购成本；优化生产工艺，引入自动化生产线与智能制造技术，提高加工精度与生

产效率，降低人工与次品成本。此外，采用模块化设计理念，实现设备零部件的标准化与通用化，延长设备生命周期，减少更新换代频率；利用数字化仿真技术优化研发流程，缩短开发周期，降低研发成本。

3.2.3 强化安全保障措施

构建多层次安全防护体系是关键。在设备层面，采用冗余设计与故障诊断技术，对传感器、控制系统等关键部件进行备份与实时监测，确保故障时自动切换与报警；引入安全PLC与安全总线技术，实现设备安全连锁控制。在网络安全方面，部署工业防火墙、入侵检测系统，定期开展漏洞扫描与安全评估；对企业核心数据进行加密处理，建立数据备份与恢复机制，防止数据泄露与恶意攻击，保障生产安全与数据安全。

3.2.4 统一技术标准

相关部门与行业协会应发挥主导作用，组织企业、科研机构共同制定机电一体化技术标准。优先统一通信协议、接口规范、数据格式等关键标准，推动工业总线协议的兼容互认，规范传感器信号输出标准。建立标准认证与检测体系，对符合标准的产品给予政策支持与市场推广；鼓励企业参与国际标准制定，提升我国在机电一体化领域的话语权，促进产业链协同发展，降低系统集成成本，推动行业技术创新与应用普及^[3]。

结束语

机电一体化技术已深度融入机电制造的各环节，成为推动行业变革的核心力量。从数控机床的精准加工，到工业机器人的高效作业，再到自动化生产线的智能协同，其应用极大提升了生产效率与产品质量。尽管在发展中面临技术集成、成本、安全及标准等挑战，但通过产学研合作、国产化推进、安全体系构建与标准统一等策略，正逐步突破瓶颈。

参考文献

- [1]董传翠.机电一体化技术在机械设计制造中的应用[J].造纸装备及材料, 2021, 50(9): 196-198.
- [2]姜明珠, 温伊宁.机械设计制造中机电一体化应用探析[J].中国机械, 2020, 14(15): 122-125.
- [3]向中明.机电一体化在机械制造过程中的应用论述[J].华东科技大学:学术版,2017(11):361-361.