

智能制造技术在现代机械工程中的应用与发展

陶明虎

奇瑞新能源汽车股份有限公司 安徽省芜湖市 241009

摘要: 智能制造技术推动现代机械工程变革,在设计、生产、管理等环节广泛应用。它提升了机械产品的质量和生产效率,降低了成本。随着技术发展,其智能化、自动化水平不断提高,未来将与物联网、大数据等深度融合,为机械工程带来更多创新和发展机遇。

关键词: 智能制造技术; 现代机械工程; 应用; 发展; 融合

引言:

在科技飞速发展的当下,智能制造技术已成为现代机械工程领域的关键力量。它改变了传统机械工程的生 产模式,提高了行业竞争力。研究其在现代机械工程中的应用与发展,对推动机械工程的转型升级具有重要意义。

1. 智能制造技术概述

1.1 定义与内涵

智能制造技术是以信息化与工业化深度融合为基础,通过物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术赋能传统制造业的革新体系。其本质在于构建具备自主感知、动态决策和智能执行能力的制造系统,实现从原料输入到成品输出全流程的数字化管控。该技术突破传统自动化生产的刚性程序限制,依托机器学习算法持续优化工艺参数,使生产设备能够根据实时工况自适应调整运行模式。在机械工程领域,智能制造不仅体现为单机设备的智能化升级,更调整整个生产线乃至供应链网络的协同优化,形成虚实融合的数字孪生制造生态。这种变革重构了人机协作关系,技术人员的角色从操作者转变为系统监控者和创新策划者,推动制造模式向知识密集型转型。

1.2 发展历程

智能制造技术的演进经历了从局部自动化到全局智能化的历史跨越。初期阶段以继电器控制的流水线为代表,主要实现简单重复劳动的替代;随着可编程逻辑控制器普及,生产过程开始具备基础的数据反馈功能。进入工业 4.0 时代后,工业互联网技术的突破使得设备间实现互联互通,海量生产数据的采集分析成为可能。当前阶段呈现出深度学习驱动的认知制造特征,系统能够通过历史数据训练预测设备故障周期,主动规划维护方案。未来发展方向指向自组织制造系统,即由 AI 算法主导的生产调度和资源分配,形成高度柔性的生产组织形态。这一进程始终伴随着信息

技术与制造技术的交叉渗透,每次技术跃迁都带来生产方式的革命性变化。

1.3 主要特点

智能制造的核心特征表现为全链条的数据贯通性、多维度的系统集成性和自进化的学习能力。数据作为新型生产要素贯穿设计、加工、检测各环节,通过云端平台实现跨地域的设计团队与生产车间实时协同。系统集成方面打破传统孤岛式设备布局,采用模块化架构实现数控机床、机器人工作站和仓储物流系统的无缝对接。学习能力体现在工艺参数的自我优化机制上,系统可根据产品质量反哺数据自动修正加工策略。此外还具有显著的个性化定制优势,能够快速切换生产模式满足小批量多品种市场需求。这些特性共同构成智能制造的技术壁垒,也为其创造独特竞争优势奠定基础。

2. 智能制造技术在现代机械工程中的应用

2.1 设计环节应用

在产品 设计阶段,智能制造技术颠覆了传统的经验驱动模式。基于拓扑优化算法的仿真系统可在虚拟环境中模拟不同载荷条件下的结构性能,自动生成轻量化设计方案。参数化建模工具结合遗传算法进行多目标优化,能在材料成本、强度指标和生产工艺性之间找到最佳平衡点。增强现实技术的应用使设计师能够直观验证装配干涉问题,通过手势交互实时修改三维模型。数字孪生体技术的引入实现了设计与制造的双向反馈闭环,实际生产中的工艺难点可反向映射至设计模型进行调整。这种数字化预演机制大幅缩短研发周期,使复杂机电产品的迭代速度提升数倍。

2.2 生产过程应用

生产车间正在演变为智能化的有机生命体。自适应控制系统根据工件材质差异自动调节切削速度和进给量,确保加工质量稳定性;机器视觉系统实时监测刀具磨损状态,精准预测更换时机以避免崩刃事故。

柔性制造单元通过AGV小车实现工序间的自主流转，动态调度系统根据订单优先级优化设备利用率。工艺知识库将老师傅的操作经验编码为专家规则集，指导新员工快速掌握精密加工技巧。生产过程的可视化监控系统记录每个工位的操作视频，为追溯质量问题提供完整证据链。这种智能化的生产组织方式使设备综合效率显著提升，能源消耗模式也得到根本性改善。

2.3 质量控制应用

质量管控体系经历着从抽样检验到全检质变的飞跃。在线检测设备采用光谱分析、激光扫描等非接触式测量手段，实现微米级的尺寸精度控制。SPC统计过程控制系统实时绘制质量波动曲线，异常趋势预警机制提前干预潜在不合格品产生。深度学习算法对表面缺陷图像进行模式识别，准确率远超人工目视检查。质量大数据分析平台整合供应链上下游的质量数据，构建质量链追溯图谱，定位根本原因的效率倍增。智能决策系统根据质量波动自动调整工艺参数补偿值，形成闭环质量改进循环。这种全员参与、全过程控制的质量管理体系重新定义了零缺陷标准。

3. 智能制造技术对现代机械工程的影响

3.1 提升生产效率

智能化改造使生产节拍突破人力极限成为常态。自动化上下料装置消除人工辅助的时间损耗，多轴联动机床实现复合加工减少装夹次数。生产计划排程系统运用运筹学算法优化物料流动路径，最大限度压缩在制品库存周转时间。预测性维护系统通过振动频谱分析预判设备故障，计划外停机时间大幅缩减。数字主线技术贯通订单接收与成品发运全流程，信息传递误差率趋近于零。这些改进措施形成叠加效应，单位时间内的有效产出成倍增长，订单交付周期缩短至原来的三分之一以内。生产效率的提升同时释放了产能潜力，为企业承接高端定制订单提供能力保障。

3.2 改善产品质量

智能制造构建起全方位的质量保障网络。加工中心的温度补偿功能消除热变形对精度的影响，力矩控制技术确保紧固件装配达到最佳预紧力。在线检测设备的即时反馈形成工艺纪律的刚性约束，人为操作偏差被彻底排除。质量门禁系统对关键特性实施强制检验，不合格品无法流入下道工序。工艺参数的历史追溯功能支持质量问题的根本原因分析，相似缺陷的重复发生率持续下降。客户个性化需求通过柔性制造系统得以满足，特殊工艺要求的实现不再依赖个别技师

水平。产品质量稳定性的提升直接反映在市场投诉率的断崖式下跌上。

3.3 降低生产成本

智能化转型带来显著的成本结构优化效应。能源管理系统通过峰谷电价时段合理调配高耗能设备使用时间，单位产值能耗持续走低。刀具寿命预测系统精准控制换刀周期，耗材浪费现象基本消失。自动化产线的规模化应用减少直接人工需求，人力成本占比逐步下降。废料回收系统将金属屑料重新熔炼利用，原材料综合利用率接近理论极限。数字化设计的优化空间挖掘出材料节约潜力，结构件重量减轻的同时保持性能指标不降。这些降本增效措施形成良性循环，产品毛利率获得持续改善空间，价格竞争力得以巩固提升。

4. 智能制造技术在现代机械工程中的发展趋势

4.1 智能化发展方向

未来智能制造将向认知制造层级跃升。具备情境理解能力的智能体能够解读车间环境变化对工艺的影响，自主制定应对策略；基于强化学习的决策系统可在复杂工况下做出最优选择，摆脱预设规则的限制；知识图谱技术实现跨领域经验的迁移应用，解决新兴工艺的技术瓶颈。生物启发式设计方法借鉴自然进化原理优化产品形态，拓扑结构呈现仿生特征。人机协作界面进化为意念控制系统，操作者的思维指令可直接转化为设备动作参数。这种高度智能化的生产系统将重塑人类与机器的合作范式，创造前所未有的制造可能性。

4.2 与新兴技术融合

跨界融合成为技术创新的主要源泉。量子计算技术突破传统算法的速度瓶颈，使超大规模有限元分析进入实用阶段；区块链分布式账本保障供应链数据不可篡改，构建可信的质量追溯体系；边缘计算节点在产线端侧实现毫秒级响应，支撑实时控制需求；脑机接口技术开辟意识层面的交互通道，实现直觉化的设备操控。数字孪生体与物理世界的交互深度持续拓展，虚拟调试结果可直接驱动实体设备更新。这种多维技术融合催生出全新的制造业态，推动产业边界不断延伸重构。

4.3 绿色制造发展

可持续发展理念深度植入智能制造体系。能效优化算法动态调节设备运行模式，使单位产品碳足迹最小化；增材制造技术减少材料去除过程的资源浪费，

粉末回收系统实现循环利用；环保型润滑剂替代传统切削液，危废处理成本显著降低；生命周期评价系统量化产品的环境影响，指导生态设计改进方向。再制造技术通过性能恢复使报废设备重返价值链，形成闭环经济模式。绿色制造不再是附加义务，而是转化为企业的核心竞争力要素，推动行业向低碳化、循环化方向转型。

5. 推动智能制造技术在现代机械工程应用的策略

5.1 人才培养策略

构建阶梯式人才培育体系是关键支撑。职业院校需增设智能制造专业群，重点培养现场工程师的实践能力；本科教育应强化跨学科课程设置，培育既懂机械原理又通晓算法设计的复合型人才；研究生阶段侧重前沿技术研究，攻关核心算法与系统集成难题。继续教育体系面向在职人员开展数字化转型培训，设置工业机器人编程、数据分析等模块化课程。产学研协同育人机制促进校企深度合作，共建实训基地实现知识转化。技能竞赛制度激发技术人员创新活力，优秀案例纳入教学资源库。这种多层次的人才供给网络确保技术迭代与人才储备同步推进。

5.2 技术创新策略

建立开放型创新生态系统加速技术突破。组建产业技术创新联盟整合上下游资源，聚焦共性关键技术联合攻关；搭建公共技术服务平台降低中小企业研发门槛，共享试验床资源；设立专项基金支持高风险探索项目，完善容错纠错机制鼓励试错创新；知识产权运营中心推动专利成果转化，构建技术交易市场。逆向工程方法论通过系统性拆解分析先进设备的结构原理与工艺参数，结合三维扫描、性能测试等手段实现技术解码，在此基础上进行适应性改进和功能扩展，有效突破国外技术壁垒。企业组建跨学科团队开展反向研制，将获取的技术碎片整合重构为自主知识产权体系，形成具有自主知识产权的创新方案。配合敏捷开发模式的应用，采用迭代式研发流程与模块化设计思路，将产品开发周期压缩，实现快速试错与优化升级。这种开放式创新体系构建了产学研用协同网络，促进产业链上下游资源高效配置，使技术创新成果能够迅速转化为市场竞争力。通过建立专利池共享机制和技术标准互换平台，行业内形成良性互动的创新生态圈，持续激发技术演进活力，为智能制造可持续发展提供强劲动力。

5.3 政策支持策略

政府引导作用体现在战略顶层设计层面。制定智能制造发展规划明确技术路线图，建立分类推进机制；出台税收优惠政策鼓励企业技术改造投入，实施首台套装备保险补偿制度降低应用风险；搭建行业标准体系规范数据接口协议，破解系统集成难题；建设智能制造示范区培育标杆样本，推广成熟解决方案；加强国际合作对接全球创新网络，引进消化吸收先进技术标准。产业扶持基金作为战略支点，聚焦基础研究领域精准发力，重点支持新材料性能优化、核心算法突破及关键零部件攻关等底层技术瓶颈。通过设立专项子基金引导社会资本协同投入，形成政府资金撬动效应，有效缓解研发初期高风险带来的融资困境。在资源配置上优先保障国家重点实验室建设，购置先进仿真平台与试验装置，为科研人员提供国际水平的硬件支撑。同时建立产学研用一体化创新联合体，推动高校理论成果与企业工程实践深度衔接，加速知识转化周期。该举措不仅培育了具有自主知识产权的技术体系，更构建起覆盖全产业链的创新生态网络，使基础研究成果能够快速向产业化应用延伸。

结束语：智能制造技术在现代机械工程中的应用与发展前景广阔。它将持续推动机械工程的创新和进步，带来更多的发展机遇。我们应积极应对挑战，加强技术研发和人才培养，促进智能制造技术与机械工程的深度融合，实现行业的可持续发展。

参考文献：

- [1] 董宜挥. 智能制造技术在机械制造工程领域的实践应用[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(09): 168-170.
- [2] 黑生海. 智能制造背景下PLC技术在机械工程控制系统中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(08): 204-206.
- [3] 陈光. 工程机械企业智能制造技术方案研究[J]. 机电产品开发与创新, 2022, 35(03): 24-26.
- [4] 韦昌有. 智能制造时代背景下PLC技术在机械工程控制系统中的应用与发展趋势[J]. 中国设备工程, 2022, (24): 219-221.
- [5] 吕成升. 智能制造背景下机械设计及自动化技术发展方向研究[J]. 智慧中国, 2022, (11): 84~85.

作者简介：陶明虎，男，汉族，安徽芜湖，学士，中级工程师研究方向：新型焊接技术应用。