

机械制造与自动化在新能源装备中的关键技术探讨

聂洪宇

烟台科技学院 265600

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17714

[摘要] 在我国大力推进新型能源体系建设、推动新能源产业高质量发展的政策导向下，本文系统探讨机械制造与自动化技术在新能源装备领域的核心应用。结合新能源全电量入市交易等市场化改革背景对装备技术升级的要求，通过剖析新能源装备的核心特性与应用需求，阐述先进制造工艺、自动化控制体系、智能监测与诊断技术等关键技术在新能源装备制造全流程中的应用机理与核心优势，揭示上述技术对提升新能源装备运行性能、可靠性及生产效率的关键作用，为落实能源清洁低碳转型战略、推动新能源产业高质量发展提供理论与技术参考。

[关键词] 机械制造与自动化；新能源装备；关键技术；产业应用

引言

在全球生态环境保护与可持续能源发展战略深入推进的背景下，新能源产业已成为引领能源结构转型的核心力量^[1]。新能源装备作为新能源产业发展的核心支撑载体，其运行性能、产品质量及生产效率直接决定新能源开发利用的综合效益。机械制造与自动化技术凭借其高精度加工、高效能生产及智能化管控的核心特性，已成为提升新能源装备核心竞争力的关键支撑手段。因此，深入研究机械制造与自动化技术在新能源装备中的应用路径与关键技术要点，对推动新能源产业实现可持续发展具有重要的理论价值与实践意义。

一、新能源装备对机械制造与自动化技术的需求特性

(一) 高精度制造需求

在“双碳”目标引领下，新能源产业对装备性能的要求持续升级，新能源装备核心部件如风力发电机组叶片、太阳能光伏组件、储能电池电芯等，均对制造精度提出了严苛的高标准要求。这一需求不仅源于装备自身运行效率的提升诉求，更契合我国推动新能源装备高端化、智能化、绿色化发展的产业政策导向^[2]。以风力发电机组叶片为例，随着单机容量向兆瓦级以上突破，叶片长度不断增加，其型线轮廓的微小偏差不仅会导致空气动力学性能显著衰减，降低机组发电效率，还可能引发叶片颤振、疲劳损伤等安全隐患，直接影响机组的服役寿命。据行业数据显示，叶片型线精度每偏差0.1毫米，风机年发电量损失可达0.3%以上。因此，叶片表面粗糙度及型线精度需严格控制在微米级范围内，叶根与轮毂的连接精度、叶片内部主梁的铺层精度也需实现精准管控。这就要求机械制造技术突破传统加工瓶颈，具备超高精

度加工能力，通过引入精密磨削、超精密铣削等先进工艺，结合在线检测与实时补偿技术，精准控制加工流程中的切削速度、进给量、切削深度等各项参数，同时依托数字化建模与仿真技术优化加工路径，确保新能源装备核心部件的制造精度全面满足运行需求，为装备实现高效稳定运行奠定坚实基础。

(二) 高可靠性需求

新能源装备的部署场景广泛且复杂，多数装备需在恶劣环境下长期连续运行，这与我国构建新型电力系统、保障能源安全稳定供应的政策要求高度契合^[3]。其中，风力发电场常选址于高原、戈壁、近海等偏远地区，面临强风、低温、高湿、盐雾等复杂多变的气候条件；太阳能电站则多分布在沙漠、荒漠等区域，需长期承受高温暴晒、风沙侵蚀、雨雪冻融等自然环境的考验；储能装备则需在不同温湿度环境下实现充放电循环的稳定运行。基于此，新能源装备必须具备优异的长期可靠性与环境适应性，其平均无故障运行时间(MTBF)需达到行业高标准，这也是提升新能源电力消纳水平、降低运维成本的关键所在。在机械制造环节，需严格遵循国家新能源装备质量标准体系，建立从原材料筛选、零部件加工到整机装配的全流程质量管控体系，通过采用高品质合金材料、优化热处理工艺等方式提升零部件的力学性能与抗腐蚀能力，同时借助精密测量仪器对零部件加工精度与装配间隙进行严格检测，杜绝质量隐患。在自动化技术应用方面，需构建全生命周期的设备运行管控体系及自主故障诊断机制，整合传感器采集、数据传输、智能分析等技术，实现对装备关键部件运行状态的实时监测，当出现异常信号时能

够快速定位故障位置、分析故障原因，并触发预警或应急处理流程，最大限度缩短设备故障停机时间，保障新能源供电系统的持续稳定运行，为新型电力系统的安全可靠运行提供核心支撑。

(三) 高效生产需求

伴随全球新能源市场的快速扩张，新能源装备制造领域面临规模化生产与快速市场响应的双重需求^[4]。机械制造与自动化技术的深度融合，能够实现生产流程的自动化与智能化升级，有效减少人工干预带来的效率瓶颈与误差风险，显著提升生产节拍。通过高效生产体系的构建，可快速响应市场需求，降低单位产品生产成本，增强新能源装备的市场竞争力，为新能源产业规模化发展提供支撑。

二、机械制造与自动化在新能源装备中的关键技术

(一) 先进制造工艺技术

1. 精密铸造技术

精密铸造技术在新能源装备复杂结构零部件制造中应用广泛，如风力发电机组轮毂、齿轮箱箱体等核心部件均采用该技术生产^[5]。通过精密铸造工艺，可获得近净形铸件，大幅减少后续加工余量，提升材料利用率与生产效率。以风力发电机组轮毂制造为例，采用熔模铸造工艺可精准控制轮毂内部组织结构与表面质量，确保其在承受机组运行过程中巨大载荷时的强度与可靠性。同时，借助计算机数值模拟技术对铸造工艺参数进行优化，可提前预测缩孔、裂纹等铸造缺陷，并通过工艺调整加以控制，进一步提升铸件质量稳定性。

2. 数控加工技术

数控加工技术是实现新能源装备高精度制造的核心支撑技术之一。在太阳能光伏组件边框制造过程中，通过数控切割、数控铣削等工艺可精准控制边框尺寸精度与形位公差，保障光伏组件的组装精度。针对风力发电机组叶片等复杂曲面零部件的加工需求，五轴联动数控加工中心可根据叶片三维模型实现多维度精准加工，兼顾加工效率与加工精度。此外，数控加工技术可通过程序编制实现加工过程的自动化运行，有效提升产品一致性与生产效率，满足新能源装备规模化生产需求。

3. 增材制造技术

增材制造技术(又称3D打印技术)在新能源装备制造领域展现出独特的技术优势，尤其适用于复杂结构零部件的快速制造。以燃料电池流场板制造为例，其内部流道结构复杂，

传统制造工艺难以实现精准成型，而增材制造技术可根据设计模型直接成型，通过优化流道结构设计，提升燃料电池的传质效率与发电性能。同时，增材制造技术可实现零部件的个性化定制生产，满足不同类型新能源装备的特殊设计需求，大幅缩短产品研发周期与试制成本，为新能源装备技术创新提供支撑。

(二) 自动化控制技术

1. 自动化生产线技术

新能源装备的规模化生产离不开自动化生产线的支撑，自动化生产线可实现生产流程的全流程精准管控，大幅提升生产效率与产品质量稳定性。以太阳能电池片生产为例，自动化生产线涵盖硅片切割、清洗、扩散、刻蚀、镀膜、丝网印刷等关键工序，通过分布式控制系统实现各工序的精准衔接与协同运行。相较于传统人工生产模式，自动化生产线可有效规避人工操作带来的误差与不稳定性，生产效率可提升数倍至数十倍。同时，通过在生产线上部署各类传感器，实时采集温度、压力、运行速度等关键工艺参数，结合闭环控制系统对生产过程进行动态调整，确保生产过程的稳定性与产品质量的一致性。

2. 运动控制技术

在风力发电装备运行管控中，运动控制技术主要用于实现风机叶片变桨距控制与机组偏航控制，是保障风机高效发电的核心技术。变桨距控制通过精准调整叶片攻角，确保风机在不同风速条件下均能保持最佳风能捕获效率；偏航控制则通过调整机组机舱方向，确保风机始终对准风向，提升风能利用效率。先进的运动控制系统采用高精度传感器实时采集风机运行状态参数，通过高性能控制器实现对叶片角度与机舱方向的快速精准调整。例如，采用伺服电机与液压驱动相结合的变桨距控制系统，可实现叶片角度的微米级控制，具有响应速度快、控制精度高、运行稳定等优势，有效提升风力发电机组的发电性能与运行稳定性。

3. 过程自动化技术

过程自动化技术贯穿于新能源装备制造全流程，涵盖原材料采购、生产加工、质量检测、产品包装及物流配送等各个环节。通过构建企业资源计划(ERP)系统、制造执行系统(MES)及车间控制系统(SFC)的三级信息化管控体系，实现生产过程的全流程信息化管理。其中，MES系统作为生产执行层面的核心系统，可根据生产订单自动分解生产任务，

实时跟踪生产进度, 精准调度物料与设备资源; 同时, 通过采集生产过程中的质量检测数据与设备运行数据, 及时发现生产过程中的异常情况并发出预警, 指导工作人员进行工艺调整与故障处理, 确保生产过程的高效有序运行。

(三) 智能监测与诊断技术

1. 传感器技术

传感器技术是新能源装备智能监测体系的基础, 其核心功能是实时采集装备运行过程中的各类关键参数。在风力发电机组运行监测中, 振动传感器用于采集叶片、齿轮箱、发电机等核心部件的振动信号, 温度传感器用于监测电机绕组、轴承等关键部位的温度变化, 风速风向传感器用于采集环境风速与风向数据; 在太阳能电站监测中, 电压电流传感器用于采集光伏组件发电参数, 温度传感器用于监测组件运行温度。通过对这些参数的实时采集与传输, 为装备运行状态评估与故障诊断提供精准的数据支撑。例如, 当振动传感器监测到叶片振动信号出现异常时, 可能预示叶片存在裂纹、磨损或质量不平衡等问题, 需及时启动维护流程, 避免故障扩大。

2. 故障诊断技术

故障诊断技术以传感器采集的运行数据为基础, 结合人工智能、大数据分析、机器学习等先进技术, 实现对新能源装备运行状态的动态评估与故障精准诊断。通过构建新能源装备故障数据库, 对历史运行数据与故障案例进行深度挖掘, 建立故障预测模型; 当实时运行数据与模型预测结果出现偏差时, 系统可自动发出故障预警, 并结合数据特征分析给出可能的故障原因、故障位置及解决方案。例如, 采用深度学习算法对风力发电机组的振动数据、温度数据进行训练学习, 可精准识别齿轮箱磨损、轴承损坏等典型故障模式, 实现故障的早期预警与智能诊断。该技术可有效降低装备维护成本, 延长装备使用寿命, 提升新能源装备运行可靠性。

3. 远程监控技术

针对新能源装备分布广泛、运维难度大的特点, 远程监控技术通过物联网、5G通信、云计算等技术, 构建覆盖全装备生命周期的远程监控体系, 实现对装备运行状态的实时远程监测与远程管控。通过在新能源装备上部署物联网终端, 将采集到的运行参数实时传输至云端监控中心, 管理人员可通过计算机、移动终端等设备随时随地查看装备运行状态、关键参数及故障信息。当装备出现异常运行状态时, 远程监控系统可及时发出报警信号, 并支持远程控制装备启停、调

整运行参数等操作。例如, 在太阳能电站远程监控体系中, 可实时监测每一块光伏组件的发电功率、运行温度等参数, 当发现组件出现故障时, 可快速定位故障位置并通知维护人员进行检修, 大幅提升运维效率, 保障电站正常运行。

结束语

机械制造与自动化技术在新能源装备领域的深度应用, 为新能源产业的高质量发展提供了坚实的技术支撑。其中, 先进制造工艺技术保障了新能源装备核心部件的高精度制造与产品质量稳定性; 自动化控制技术实现了装备生产过程的高效化、规模化运行; 智能监测与诊断技术则提升了新能源装备的运行可靠性与运维效率。随着新能源产业的持续发展与技术创新, 机械制造与自动化技术在新能源装备领域的应用将不断深化与拓展。未来, 应进一步加强机械制造与自动化关键技术的研发与应用, 推动其与新能源装备的深度融合: 一是聚焦高精度、高可靠性制造技术创新, 提升新能源装备核心部件的制造水平; 二是加快智能制造、工业机器人、数字孪生等新兴技术在新能源装备生产中的应用, 构建智能化生产体系; 三是完善智能监测与诊断技术体系, 结合大数据、人工智能等技术实现装备故障的精准预测与智能运维。同时, 需密切关注全球新能源产业技术发展趋势, 加强跨领域技术合作, 不断探索机械制造与自动化技术在新能源装备领域的创新应用模式, 提升新能源装备的核心竞争力, 为全球可持续能源发展贡献更大力量。

[参考文献]

- [1]张雨东, 潘福江, 余春贤. 机械设计制造及其自动化技术在智能制造领域的应用研究[J]. 当代农机, 2025, (11): 22-23.
- [2]程雪利, 李亚楠, 安林超. 基于人才画像技术的机械行业人才需求分析——以机械设计制造及其自动化专业为例[J]. 河南工学院学报, 2025, 33(06): 52-55.
- [3]郝中波. 数字孪生技术在数控机床自动化生产中的应用研究[J]. 轻工科技, 2025, 41(06): 65-67.
- [4]鲁广泽, 刘帅. 机械设计制造及其自动化在脊柱微创穿刺器械中的应用探索[J]. 中国设备工程, 2025, (21): 246-248.
- [5]申文戎, 黄广鹏. 机电自动化系统集成优化在工程机械智能化制造中的关键技术研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(11): 54-56.