

Innovative Application of Electromechanical Intelligent Technology in New Energy Equipment

Qiangqiang Xue Limin Bai

Abstract

Electromechanical intelligent technology is an interdisciplinary system integrating mechanical engineering, electronics, automatic control, and artificial intelligence. Its core advantage lies in achieving real-time monitoring, dynamic optimization, and intelligent regulation of equipment operation through intelligent sensing, precise control, and autonomous decision-making. Applying this technology to new energy equipment can effectively overcome traditional technical bottlenecks, enhance energy conversion efficiency, reduce maintenance costs, improve operational stability, and drive the industry's transition from "scale" to "intelligence and high-end" development. This paper focuses on four core sectors of new energy equipment—photovoltaic, wind power, new energy vehicles, and energy storage—to explore innovative applications and future development directions of electromechanical intelligent technology.

Keywords

Electromechanical Intelligence; New Energy Equipment; Innovative Applications; Intelligent Control; Energy Transition

机电智能化技术在新能源装备中的创新应用

薛强强 白利敏

榆林市榆阳中能袁大滩矿业有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

机电智能化技术是融合机械工程、电子技术、自动控制、人工智能等多学科的综合技术体系,其核心优势在于通过智能感知、精准控制与自主决策,实现装备运行状态的实时监测、动态优化与智能调控。将机电智能化技术应用于新能源装备,能够有效突破传统装备的技术瓶颈,提升能源转换效率、降低运维成本、增强运行稳定性,推动新能源装备产业从“规模化”向“智能化、高端化”转型。本文将聚焦光伏、风电、新能源汽车、储能四大核心新能源装备领域,深入探讨机电智能化技术的创新应用实践与发展方向。

关键词

机电智能化; 新能源装备; 创新应用; 智能控制; 能源转型

1 引言

随着传统化石能源枯竭与生态环境问题日益严峻,开发利用太阳能、风能、氢能等新能源已成为全球能源转型的必然趋势。在新能源装备制造领域已实现规模化发展的时期,光伏组件产量、风电装机容量、新能源汽车产销量等都与其息息相关。然而,传统新能源装备普遍存在控制精度低、运维成本高、能源转换效率有限等问题,难以满足高质量发展的需求。在全球能源转型与“双碳”目标引领下,新能源装备产业迎来高速发展期,而机电智能化技术的深度融合与创新应用,成为推动新能源装备性能升级、效率提升与运维优化的核心动力。

【作者简介】薛强强(1986—),男,中国陕西榆林人,本科,工程师,从事机电智能化技术在新能源装备中的创新应用研究。

2 机电智能化技术在核心新能源装备中的创新应用

2.1 光伏装备中的机电智能化应用

2.1.1 智能跟踪系统

传统光伏组件多采用固定安装方式,受光照角度变化影响,光电转换效率有限。基于机电一体化技术的双轴智能跟踪系统,通过融合GPS定位、光照传感器与倾角传感器数据,实时感知太阳方位与光照强度。嵌入式控制器采用模糊PID算法,精准调控步进电机驱动跟踪支架转动,使光伏组件始终保持与太阳光线垂直的最佳角度。相较于固定安装方式,该系统可使光电转换效率提升15%-20%^[1]。

2.1.2 智能运维

大型光伏电站占地面积广、组件数量多,传统人工巡检方式效率低、成本高,且难以及时发现组件隐裂、热斑等故障。基于机电智能化的光伏电站智能运维系统,整合了无人巡检、机器视觉识别与机器人运维三大模块。无人机搭

载高清摄像头与红外热成像仪,按照预设路径自主完成光伏组件的全覆盖巡检;机器视觉算法通过对巡检图像的特征提取与模式识别,自动识别组件表面的故障缺陷,识别准确率可达98%以上;地面运维机器人则可根据故障定位信息,自主完成组件清洁、螺丝紧固等简单维修作业。该系统将巡检效率提升5倍以上,故障响应时间缩短至小时级,有效降低了运维成本,延长了组件使用寿命^[2]。

2.1.3 逆变控制

逆变器作为光伏系统的核心电力转换设备,其转换效率直接影响整个电站的能量输出。基于数字信号处理器(DSP)的智能逆变控制技术,通过采用空间矢量脉宽调制(SVPWM)算法,实现了直流电能向交流电能的高效转换,转换效率可达98.5%以上。同时,该技术具备电网电压监测、孤岛效应检测与低电压穿越能力,能够实时响应电网负荷变化,确保光伏电力平稳并入电网。部分高端逆变器还集成了能源管理功能,通过与储能系统协同,实现光伏电力的削峰填谷,提升能源利用效率。

2.2 风电装备中的机电智能化应用

2.2.1 智能变桨控制

变桨系统是调节风力发电机输出功率、保障机组安全运行的核心部件。传统变桨系统采用常规PID控制,难以适应风速的快速波动,易导致输出功率波动大、机械磨损严重。基于机电智能化的智能变桨系统,采用自适应模糊PID控制算法,通过风速传感器、转速传感器实时采集风速与叶轮转速数据,动态调整变桨角度。当风速低于额定风速时,变桨系统保持最佳攻角,最大化捕获风能;当风速超过额定风速时,快速调整桨叶角度,限制输出功率,避免机组过载。同时,该系统具备故障自诊断功能,能够实时监测变桨电机、减速器、传感器等部件的运行状态,发现异常时及时切换至备用模式,保障机组安全停机。

2.2.2 智能偏航控制

偏航系统的核心作用是使机舱始终对准风向,最大化捕获风能。基于机电智能化的智能偏航系统,通过激光雷达传感器精准测量风向、风速与湍流强度,结合机舱位置传感器数据,采用模型预测控制算法,动态调整偏航角度与偏航速度。与传统机械偏航系统相比,该系统的风向跟踪精度提升至 $\pm 1^\circ$,风能捕获效率提升5%-8%。同时,系统通过对偏航机电流、齿轮箱温度等数据的实时监测,实现偏航系统的磨损预判,避免因偏航卡滞导致的能源损失^[3]。

2.3 新能源汽车中的机电智能化应用

2.3.1 智能动力控制系统

新能源汽车的动力系统由电机、电控、减速器组成,其控制精度直接影响车辆的动力响应与能源效率。基于机电智能化的智能动力控制系统,采用高性能MCU(微控制单元)作为核心控制器,通过矢量控制算法,实现对电机转速、扭矩的精准调控。系统能够根据驾驶员的操作意图(油门、刹车信号)、车辆行驶状态(车速、坡度)与电池状态,动

态优化动力输出策略。

例如,在起步加速阶段,系统增大电机输出扭矩,提升动力响应速度;在匀速行驶阶段,优化电机工作效率,降低能源消耗。同时,系统具备能量回收功能,通过调节电机工作模式,将车辆制动时的动能转化为电能存储于电池中,能量回收效率可达20%-30%,显著提升了车辆的续航里程。

2.3.2 电池管理系统(BMS)

动力电池是新能源汽车的核心储能部件,其性能与安全性直接决定车辆的续航与安全。基于机电智能化的BMS系统,通过在电池包内安装电压传感器、温度传感器、电流传感器,实时采集单体电池的电压、温度、电流数据。系统采用卡尔曼滤波算法,精准估算电池剩余电量(SOC)与健康状态(SOH),误差控制在5%以内。同时,系统具备均衡控制功能,通过主动均衡电路,调节单体电池的电压,避免因单体电池电压不一致导致的电池性能衰减。在极端工况下(如高温、过充、过放),BMS系统能够快速切断电池回路,启动热管理系统,保障电池安全。

2.3.3 智能驾驶系统

机电智能化技术是实现智能驾驶的核心支撑。该系统整合了环境感知、决策规划与执行控制三大模块。环境感知模块通过摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等传感器,实时采集车辆周边的道路信息、交通参与者信息;决策规划模块采用深度学习算法,对感知数据进行融合分析,生成最优的行驶路径与驾驶决策;执行控制模块通过电子助力转向、电子液压制动等机电一体化执行机构,精准执行决策指令,实现车辆的自动加速、减速、转向与泊车。

目前,L2级智能驾驶系统已实现大规模商业化应用,具备自适应巡航、车道保持、自动紧急制动等功能;L4级自动驾驶系统在特定场景(如港口、园区、城市快速路)已开展示范运营,未来随着技术的不断成熟,将逐步实现全场景商业化应用。

2.4 储能装备中的机电智能化应用

2.4.1 智能充放电控制

储能装备的核心是充放电转换器(PCS),其控制精度直接影响充放电效率与电网兼容性。基于机电智能化的智能PCS系统,采用数字信号处理器(DSP)与现场可编程门阵列(FPGA)协同控制架构,通过采用先进的调制算法(如SVPWM、模型预测控制),实现充放电功率的精准调控。系统能够根据电网频率、电压变化与新能源出力情况,动态调整充放电模式与功率,确保储能装备与电网协同运行。

例如,在新能源出力高峰期,储能装备处于充电状态,吸收多余电力;在新能源出力低谷期或电网负荷高峰期,储能装备处于放电状态,补充电网电力。同时,智能PCS系统具备无功补偿功能,能够提升电网的电压稳定性。

2.4.2 智能调度系统

大规模储能电站需要与新能源电站、电网协同调度,实现能源的优化配置。基于机电智能化的智能调度系统,整

合了大数据、云计算、物联网等技术，实时采集新能源出力数据、电网负荷数据、储能装备运行数据。系统采用优化算法（如遗传算法、粒子群优化算法），根据能源市场价格、电网运行需求，制定最优的充放电调度策略。

例如，系统能够预测未来 24 小时的新能源出力与电网负荷，提前规划储能装备的充放电时间与功率，最大化储能电站的经济效益。同时，智能调度系统具备远程监控与运维功能，运维人员可通过云端平台实时监控储能电站的运行状态，远程下达调度指令，降低运维成本^[4]。

3 机电智能化技术在新能源装备中应用的关键支撑技术

3.1 智能传感与感知技术

智能传感与感知技术是机电智能化应用的基础，能够为新能源装备的运行控制与状态监测提供精准的数据支撑。在新能源装备中，常用的传感器包括光照传感器、风速传感器、振动传感器、温度传感器、电压传感器、激光雷达等。随着 MEMS（微机电系统）技术的发展，传感器朝着微型化、高精度、低功耗、智能化方向发展。例如，MEMS 振动传感器体积小、重量轻，可直接集成于风电装备的关键部件，实现振动信号的精准采集；激光雷达传感器具备高精度、远距离的环境感知能力，是新能源汽车智能驾驶系统的核心传感器。

3.2 嵌入式控制技术

嵌入式控制技术是实现新能源装备精准控制的核心，其性能直接决定装备的控制精度与响应速度。嵌入式控制器通常采用 MCU、DSP、FPGA 等芯片作为核心处理单元，具备实时性强、可靠性高、功耗低等特点。在新能源装备中，嵌入式控制器通过运行先进的控制算法（如 PID 控制、模糊控制、深度学习算法），对传感器采集的数据进行实时分析与处理，并输出控制指令，驱动执行机构动作。

例如，光伏智能跟踪系统的嵌入式控制器，能够实时处理光照与位置数据，精准调控步进电机的转动角度；新能源汽车的 MCU，能够实时调控电机的转速与扭矩。随着芯片技术的发展，嵌入式控制器的运算能力不断提升，能够支持更复杂的控制算法与多任务处理。

3.3 大数据与人工智能算法

大数据与人工智能算法是实现新能源装备智能决策与预测性维护的关键支撑。新能源装备在运行过程中会产生大量的运行数据，通过大数据平台对这些数据进行存储、管理

与分析，能够挖掘数据背后的规律与潜在问题。人工智能算法（如深度学习、机器学习、优化算法）的应用，能够实现故障诊断、状态预测、调度优化等功能。

例如，风电装备的预测性维护系统，通过深度学习算法对振动、温度等数据进行分析，能够提前预判故障；储能电站的智能调度系统，通过优化算法制定最优的充放电策略。

3.4 通信与网络技术

通信与网络技术是实现新能源装备远程监控、数据传输与协同调度的基础。在新能源装备中，常用的通信技术包括 5G、物联网（IoT）、工业以太网等。5G 技术具备高带宽、低延迟、广连接的特点，能够实现风电装备、储能电站等大型装备的海量数据实时传输；物联网技术能够实现传感器、控制器、执行机构等设备的互联互通，构建智能感知网络；工业以太网技术则保障了装备控制系统内部的高速、可靠通信。

例如，海上风电场通过 5G 网络将风机运行数据传输至云端平台，实现远程监控与运维；新能源汽车通过车联网技术实现车辆与车辆（V2V）、车辆与道路（V2I）、车辆与云端（V2C）的通信，为智能驾驶提供支撑^[5]。

4 结语

机电智能化技术的创新应用，为新能源装备产业的高质量发展提供了强大动力，在光伏、风电、新能源汽车、储能等核心领域已取得显著成效，提升了装备的性能、效率与可靠性。然而，当前仍面临核心技术瓶颈、数据安全、系统集成、人才短缺等挑战。未来，通过核心技术国产化、数字孪生技术应用、多能源协同调度、绿色低碳与智能化融合等发展方向，将进一步推动机电智能化技术与新能源装备的深度融合，助力全球能源转型与“双碳”目标的实现。

参考文献

- [1] 梁剑东. 新时期智能化建筑工程机电设备安装技术分析[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(22): 61-63.
- [2] 孔庆波, 刘世兴. 机电一体化与电气机械制造智能化技术的融合[J]. 上海轻工业, 2025, (06): 109-111.
- [3] 张驰. 智能化技术在选煤厂机电故障诊断中的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025, (21): 172-174.
- [4] 韩震, 赵显阳. 智能化技术对煤矿机电运输系统优化提升的作用[J]. 价值工程, 2025, 44(32): 18-20.
- [5] 伊春, 周新淳. 煤矿机电设备智能化改造与能源优化技术研究[J]. 凿岩机械气动工具, 2025, 51(08): 14-16.