新能源环境下机电设备节能优化技术研究

田浩剑

四川省乐山市五通桥区-福华通达化学股份公司, 四川省乐山市, 614000;

摘要: 随着新能源产业的迅速发展, 机电设备在能源转换、传输与控制中的应用频率不断提升, 其能效水平对整个能源系统的稳定性与经济性产生直接影响。在“双碳”目标与能源结构优化背景下, 传统机电系统高能耗、低效率等问题亟需通过技术手段加以改进。本文从新能源系统的发展需求出发, 梳理当前机电设备在运行中存在的能耗结构与技术瓶颈, 深入分析变频调速、智能控制、设备结构优化等典型节能技术的工程实践与应用成效。在此基础上, 进一步提出面向新能源场景的节能优化集成路径, 包括综合能效管理平台构建、数字化监测与预测性维护机制, 力图为提升机电设备运行效率、降低综合能耗、促进清洁能源系统稳定运行提供可行性技术支撑与路径参考。

关键词: 新能源; 机电设备; 节能技术; 智能控制; 能效管理

DOI: 10.69979/3060-8767.25.06.071

引言

在能源结构加快向清洁化、电气化转型的趋势下, 新能源系统日益成为国家能源安全与可持续发展的核心支柱。光伏、风电、生物质能与储能技术等不断拓展其应用边界, 配套的机电设备随之规模化部署, 对其运行稳定性与能源利用效率提出更高要求。传统机电设备多为为满足工业常规场景设计, 普遍存在能耗高、响应慢、控制方式粗放等问题, 在新能源系统高波动性、高集成度、高数据密度的运行环境下, 其节能潜力与优化空间逐渐成为行业关注的技术重点。尤其在大型风电场、光伏电站、储能调度中心及新能源装备制造环节, 机电设备作为核心动力与控制单元, 其能耗不仅决定着局部运行成本, 更影响系统整体能效水平与碳排放强度。在“双碳”目标持续推进背景下, 提升机电系统节能性能, 不仅是技术升级的内在要求, 也是落实绿色发展战略的重要举措。当前, 变频调速、智能控制、结构重构、数据驱动的运行策略等节能技术正逐步向工程应用过渡, 亟需构建系统性优化路径, 实现设备节能从局部技术节约向系统管理节能转变。本文将围绕新能源环境下机电设备的节能需求、技术路径与优化实践进行系统探讨, 提出融合控制、结构与平台协同的节能综合解决方案。

1 新能源发展背景下的节能需求分析

1.1 新能源产业扩张对机电系统的影响

近年来, 伴随清洁能源比例的快速提升, 新能源系统已成为电力结构的重要组成部分, 光伏、风电、生物质能与氢能等多元能源形态在分布式与集中式领域实现规模化应用。与此同时, 支撑新能源运行的机电设备

种类不断扩展, 涵盖风力发电机组的变桨与偏航系统、光伏逆变装置中的电力电子模块、储能系统中的冷热调节设备以及新能源交通系统的牵引驱动与电控系统等^[1]。这些设备不仅运行频繁, 且多在恶劣工况、交变负载、非线性系统中长期运作, 对能效管理与运行优化提出了更高要求。在高比例新能源并网、电网柔性调度及源荷协同背景下, 机电设备已从传统“被动输出型”角色转变为具备响应性、适应性与智能性要求的“主动调控单元”, 节能性能的提升不再只是局部节电, 而是整个新能源系统运行效率优化的重要前提。

随着新能源系统结构日益复杂, 设备负荷呈现出高度波动特性, 不同工况下对电机输出功率、转矩精度与启动响应速度提出差异化要求。例如, 风电机组在风速快速变化时需要电机系统快速调节负载, 以保障叶片控制系统的稳定性; 光伏跟踪系统在昼夜更替与云层变化中需频繁调整方位, 对伺服电机的节能运行与启停控制提出挑战; 储能系统中的空调、冷却风机、蓄热水泵则在间歇式运行中存在显著能耗浪费。传统机电系统在设计时多采用固定控制逻辑与机械参数匹配, 缺乏对实际工况变化的动态适应能力, 容易造成能量冗余、运行滞后与效率损耗, 影响整体能源利用水平。可见, 在新能源快速发展背景下, 机电设备若无法实现节能调控与结构性适应, 势必将成为新能源系统高效运行的制约因素。

1.2 现有机电设备运行能耗问题剖析

在实际应用中, 机电设备能耗占系统总能耗的比例长期居高不下。据统计, 风电场与光伏电站内部消耗的电能中, 辅助机电设备用电可占总发电量的5% - 10%, 在极端运行条件下甚至更高。其中, 风力发电机组的偏

航系统、电动润滑泵、液压升塔装置以及温控设备持续运转，构成了相对稳定的“内部负荷”，光伏电站中的汇流箱风机、智能逆变模块冷却系统也在日常运行中形成持续耗能^[2]。同时，储能调度系统、热泵系统与光储充电一体化终端的大量运转设备，多采用传统恒速驱动或简单启停控制，缺乏对负载变化的识别与响应机制，使得大量运行能耗处于非最优区间。

大量机电设备未形成完整的能效监测机制，运行状态缺乏数据支撑，难以实现问题定位与能耗评估。一些设备虽已配备 PLC 或简单传感模块，但监测维度局限于温度、电流、电压等基础参数，缺乏对负载因子、运行效率与能耗密度的深层次建模分析，造成设备运行长期处于“低效盲区”。同时，设备运行维护体系未与能耗管理形成闭环，能效波动信息无法反馈至运维人员与管理平台，维护策略往往滞后于故障发生或能源浪费累计。以工业风机系统为例，在运行过程中存在流量需求低时依然满负荷运转、系统阻力变化未能实时调节等问题，其能耗比可优化空间达 20% 以上。在交通、新能源制造与储能领域，大型机电设备因未采用智能优化技术，普遍存在“运转大马拉小车”“能量转化路径冗长”等现象，这不仅抬高了单位运行成本，也使系统整体能效水平低于预期。

2 节能优化技术在机电设备中的应用实践

2.1 变频调速与智能控制技术

变频调速技术是机电系统节能改造中最为成熟与广泛应用的一类技术手段，其核心通过控制电动机的频率与电压，实现转速与负载的动态匹配，从而降低空转功耗与过载损耗。在新能源领域，风力发电的变桨系统、光伏跟踪支架的驱动电机、储能系统的冷却风机、变流器辅助装置等均可通过变频技术实现按需输出。例如，在风速较低时，偏航系统只需低频率动作维持方向稳定，变频器可自动调节输出功率，避免高功率驱动造成能耗浪费；在电网峰谷负荷切换过程中，储能电池冷却系统通过智能变频控制快速响应温度变化，减少冗余通风，降低设备运行总负荷^[3]。

智能控制在提升节能效率方面起着关键支撑作用。现代智能控制系统通过部署传感器网络采集温度、流量、负载、电压、电流等运行参数，并通过控制算法实时判断设备工况，实现工况识别、逻辑判断、策略选择与执行反馈的闭环控制。以中央空调泵系统为例，原有控制逻辑多采用定时或温差触发，缺乏对实时热负荷的判断，导致大量低效运行。而智能控制系统可结合建筑冷热负荷预测模型、使用行为分析与环境因子动态调整运行策略，使水泵在最小功耗状态下保持系统温度稳

定，节能率提升可达 30% 以上。在光储直流微电网场景中，智能控制系统还可与预测模型联动，提前判断负载变化趋势，实现提前降功率、缓启动、调优风机转速等控制策略，从而提升系统响应效率并降低启动峰值能耗。

2.2 设备结构优化与协同运行策略

除控制逻辑优化外，从设备本体结构出发进行节能设计也是提升运行效率的重要手段。当前机电设备节能结构设计主要体现在两个层面：一是采用轻量化、高强度材料替代传统金属部件，降低设备惯量与启动负担；二是针对设备构造进行功能模块再设计，减少传动路径与中间环节，实现动力传递的直接化与能量转换的高效化。例如，在高效风机系统中，采用后弯叶片设计与无叶轮间隙结构可减少气流阻力，实现更高气动效率；在新型伺服电机中，通过紧凑型磁路设计与永磁同步结构优化，提升单位体积输出效率，降低功率密度需求^[4]。

协同运行策略强调多设备间在负载调节、启停配合与资源共享方面的智能联动，突破单设备节能的局限性。在新能源场景下，设备运行往往呈现出周期性、冗余性与可替代性，若能通过统一调度平台将各设备运行状态数据接入统一分析系统，便可实现按需协同运行。例如，在储能电站中，冷却系统风机、空压机与电池管理系统可通过平台统一调度，根据不同时段电池温度需求自动选择不同风机组运行，并调整启停节奏，减少不必要的启动次数与待机能耗。在风电机组维护平台中，液压升塔设备、监控平台与润滑系统的运行时间可依据维护路径规划优化协同启停策略，缩短待机时间并提升运行效率。

当前，多种设备已开始部署“分布式智能节点+中心控制平台”的混合协同架构，即每一设备内部配置本地控制单元负责即时工况调整，而中心平台则基于全局负载预测进行协同调度，实现局部最优与系统最优的动态融合。这种结构大大提升了节能控制系统的响应速度与鲁棒性，增强了设备间的信息互联能力，也为进一步构建多能源系统下的智能集成管理平台打下基础。未来，随着 AI 算法与边缘计算能力提升，协同运行策略将逐步引入自适应机制，支持不同设备间自主学习负载规律与运行节奏，进一步拓展节能潜力空间。

3 面向新能源系统的节能优化集成路径

3.1 构建多能协同的综合能效管理平台

在新能源系统日益复杂的背景下，单一设备节能已难以满足系统整体能效优化的需求，构建覆盖发、输、配、用环节的综合能效管理平台成为提升整体运行效率的关键支点。该平台应基于统一的数据中台，整合风电、

光伏、储能、电动交通等多能源系统中的机电设备运行数据,实现“设备级—系统级—区域级”能效指标的分级建模与统一调控^[5]。平台核心功能包括能效数据采集、运行状态监测、工况识别、负载预测、节能调度、运维辅助等多个模块,以实现机电系统运行状态的实时感知与精准调控。借助物联网技术部署分布式感知节点,可将每台电机、风机、泵组的电压、电流、温升、振动等数据实时回传,构建设备画像,并结合负荷数据与运行工况进行效率评分。

综合平台还应具备“能效动态评价+策略智能推荐”能力,即在采集数据基础上,平台通过规则模型与历史运行样本比对,对当前运行效率进行实时打分,并自动提出节能控制建议。例如,若发现某电机长期处于轻载运行状态,平台将提示可更换小功率设备或调整运行节奏;若检测到多设备间存在能耗冗余,则建议启用协同控制或调度切换策略。通过引入AI算法,可实现多场景、多设备、多时间段的节能路径自动匹配与智能学习,逐步形成适应不同场景的节能策略库与控制模板。对区域性新能源微电网而言,综合能效管理平台不仅可实现单站点优化,还能完成跨站点负荷调节、功率分摊与资源共享,在平衡能效与稳定性之间提供灵活调节空间。

3.2 推进数字化转型与预测性维护机制

节能优化路径的另一个关键方向,是通过数字化转型手段强化设备生命周期管理与运行预测能力,从而减少因设备老化、工况失调与故障停机造成的能耗冗余与运维成本。传统机电设备多依赖定期检修与人工巡检模式,缺乏对性能变化趋势的识别能力,导致设备维护滞后、节能措施失效。推动数字化管理,应在设备设计、制造、安装与运行全过程中嵌入数据标签与运行编码,构建设备“全生命周期数字孪生体”,以实现远程状态监控、运行趋势分析与健康诊断评估。

预测性维护机制可通过部署边缘计算模块与状态建模算法,对关键部件振动、噪音、电流波形、温度波动等信号进行实时分析,判别潜在异常与性能下降趋势,并结合历史工况数据预测故障概率与剩余使用寿命。在风电变桨系统中,预测性维护已成功用于提前识别减速箱齿轮磨损、油压异常等问题,避免突发故障导致整机停运,节省高额检修与替换成本。在新能源交通领域,部分城市轨道交通系统通过部署预测维护平台,实现对电机牵引系统与制动系统运行状态的在线建模与提前报警,保障交通运行稳定的同时显著提升能效稳定性。

数字化转型还可推动“数据驱动下的节能优化设

计”,即在平台采集的运行数据基础上,分析设备长期运行能效水平与波动区间,反向指导新设备选型与控制策略迭代。例如,在储能冷却系统中,通过比较不同风机在不同温湿度场景下的功耗—效率曲线,可识别最优配置方案,并自动匹配节能算法参数,实现全生命周期的节能优化闭环。随着5G通信、边缘计算、AIoT技术的深入融合,数字化设备管理能力将从“可视”逐步迈向“可控”“可预测”乃至“可自治”,为节能优化持续注入技术动能。

4 结语

在新能源加快发展的时代背景下,机电设备作为系统运行的动力基础,其节能优化能力直接决定着整体能效水平与经济效益。本文围绕机电设备在新能源系统中的节能需求、关键技术与优化路径展开系统分析,指出变频调速、智能控制、结构优化与协同运行等技术在工程中的应用价值,同时强调通过综合能效管理平台建设与数字化维护机制推动系统性节能策略落地。未来,节能优化不应局限于设备层面,而应深化为“技术+平台+治理”一体化联动的系统工程。唯有持续提升感知、分析与调度能力,推动设备智能化转型与全生命周期管理,方能为新能源系统高效、稳定、绿色运行提供坚实保障,为实现“双碳”目标与能源结构深度调整提供技术支撑。

参考文献

- [1]李鹏,王东.简谈基于电力新能源应用发展的电气节能技术[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(上册).新疆能源(集团)哈密清洁能源有限责任公司;,2024:297-300.
- [2]董极慧,臧腾飞,李宪利,等.基于物联网技术的新能源场站机电设备运行状态自动监测方法[J].自动化应用,2025,66(07):154-155+160.
- [3]赵涛.面向工业互联网的机电设备能效优化与绿色制造研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,西南大学,重庆工商大学,重庆建筑编辑部.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集.邢台冀泉供水有限公司;,2025:914-917.
- [4]汤鹏飞.光伏新能源在港口机电工程中的应用研究[J].中国战略新兴产业,2024,(05):86-88.
- [5]黄仕春.新能源汽车电池电机电控试验检测研究[J].汽车测试报告,2023,(04):61-63.