

光伏与风电新能源工程技术的创新与实践

张伟

广东省电力开发有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025110043

摘 要 : 本文围绕光伏与风电新能源工程技术展开, 涵盖光伏发电、风力发电技术特点与应用格局, 探讨光伏技术效率突破、风电装备性能优化等方向, 阐述大型光伏电站系统集成、海上风电工程要点, 还提及光伏组件回收、风电关键部件国产化等挑战与应对, 强调技术创新、标准与政策对新型电力系统建设的重要性。

关 键 词 : 光伏风电技术; 新能源工程; 系统集成

Innovation and Practice of Photovoltaic and Wind Power New Energy Engineering Technologies

Zhang Wei

Guangdong Electric Power Development Co., LTD., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This article focuses on the new energy engineering technologies of photovoltaic and wind power, covering the technical characteristics and application patterns of photovoltaic power generation and wind power generation. It explores the breakthroughs in photovoltaic technology efficiency and the performance optimization of wind power equipment, elaborates on the key points of large-scale photovoltaic power station system integration and offshore wind power engineering, and also mentions the challenges and responses such as photovoltaic module recycling and the localization of key wind power components. Emphasize the significance of technological innovation, standards and policies for the construction of the new power system.

Keywords : photovoltaic and wind power technology; new energy engineering; system integration

引言

《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》于2022年印发, 旨在推动光伏与风电等新能源产业高质量发展。在此背景下, 当前光伏与风电新能源工程技术发展意义重大。光伏发电技术在组件材料、逆变器、运维等方面各有挑战与突破; 风力发电技术在陆上与海上机组设计、应用场景等存在差异。在效率突破、性能优化、系统集成等多领域也不断探索创新。同时, 回收体系构建、关键部件国产化、巡检系统集成等工作也在稳步推进。这些技术的创新与实践, 对推动新型电力系统建设、实现能源转型和可持续发展目标至关重要。

一、光伏与风电新能源工程技术发展现状

(一) 光伏发电技术体系特征

当前, 光伏发电技术体系呈现出鲜明特征。从光伏组件材料看, 晶体硅材料凭借其成熟技术与较高转换效率, 在市场占据主导地位, 不过其成本与资源稀缺性问题也逐渐凸显; 薄膜光伏组件则以材料消耗少、可柔性制备等优势崭露头角, 不断演进, 如非晶硅、碲化镉等薄膜材料在转换效率和稳定性上取得进步^[1]。逆变器方面, 拓扑结构优化是关键, 新拓扑旨在提升转换效率、降低损耗与成本, 但复杂控制算法与可靠性问题仍是挑战。智能运维技术可实时监测电站运行, 精准定位故障, 实现高效维护, 但数据采集与分析的准确性、设备兼容性等工程应用瓶颈待突

破, 以更好提升光伏发电整体性能与效益。

(二) 风力发电技术应用格局

风力发电技术应用格局方面, 陆上与海上风电机组存在显著差异化设计需求。陆上风力资源相对复杂, 地形起伏多变, 这就要求风电机组在设计时更注重适应不同地貌特征, 如在山地需考虑抗风切变能力, 在平原要兼顾安装和维护的便捷性。而海上风电机组因处于海洋环境, 要着重考虑防腐、防潮以及应对强台风等恶劣天气的能力, 基础设计也更为复杂。从工程应用场景与技术经济性边界看, 大功率直驱式机组具有结构简单、可靠性高的特点, 适用于低风速且风速变化相对平稳的区域, 可降低运维成本; 双馈式机组则在高风速区域优势明显, 通过灵活的变速恒频控制, 能高效捕获风能, 但结构复杂, 对维护技术要求高^[2]。

二、新能源发电技术创新路径探索

（一）光伏技术效率突破方向

在光伏技术效率突破方向上，研究 PERC/HJT 异质结电池产业化制造工艺至关重要。PERC/HJT 异质结电池结合了 PERC 电池的钝化发射极和 HJT 电池的异质结结构优点，有望大幅提升光伏电池的转换效率。通过优化其产业化制造工艺，如精确控制各层材料的生长与沉积参数、改进电极制备工艺等，可有效降低电池的电阻损耗和光生载流子复合，从而提高电池效率。同时，钙钛矿叠层器件因具有高理论转换效率潜力备受关注。深入探讨其在实验室中的转化效率提升机制，像优化钙钛矿材料的组分与晶体结构、改善界面接触等，还需对其封装耐久性进行验证，确保在实际应用中能长期稳定运行，以推动光伏技术效率迈向新高度^[3]。

（二）风电装备性能优化策略

在风电装备性能优化方面，建构极端风况下的气弹耦合模型至关重要。极端风况对风电装备的结构和性能影响巨大，通过精确构建这一模型，可深入了解风与装备结构间复杂的相互作用，为后续优化提供基础^[4]。基于数字孪生的叶片气动外形优化方案同样关键，数字孪生技术能高精度模拟叶片实际运行状况，依此对叶片气动外形进行优化，可显著提升风能捕获效率与叶片空气动力学性能。此外，提出变流器容错控制算法，变流器作为风电装备关键部件，其可靠性关乎整体性能，该算法能在变流器部分元件故障时，维持系统稳定运行，保障发电效率，全面提升风电装备在各种工况下的性能表现。

三、新能源工程实践典型案例分析

（一）大型光伏电站系统集成

1. 智能跟踪支架应用

在大型光伏电站系统集成中，智能跟踪支架的应用至关重要。以戈壁荒漠区域实证分析双轴跟踪系统为例，该区域光照资源丰富，但传统固定支架难以充分利用太阳能。双轴跟踪系统能实时跟踪太阳位置，最大程度接收太阳辐射。研究表明，相较于固定支架，双轴跟踪系统可显著提升发电量^[5]。通过精确的角度调整，其能让光伏组件始终保持最佳受光状态。从经济回报周期看，尽管双轴跟踪系统初期投资高于固定支架，然而因发电量提升带来的收益增长明显，在一定时间内即可收回额外投资成本，实现可观的经济效益。这充分体现智能跟踪支架在提升光伏电站发电效率与经济收益方面的卓越作用，为戈壁荒漠等光照充足地区的大型光伏电站系统集成提供了极具价值的实践经验。

2. 储能系统配置优化

在大型光伏电站系统集成中，储能系统配置优化至关重要。构建光储协同控制模型，能有效实现这一优化。该模型通过揭示不同荷电状态下锂电池梯次利用的调峰效益，为储能系统配置提供科学依据。锂电池在不同荷电状态时，其调峰能力与效益有所差异，利用此模型可深入分析这些特性。例如，在高荷电状态下，锂电池可快速响应高峰需求，实现高效调峰；而低荷电状态

时，可通过合理调配维持系统稳定运行。基于该模型，能精准规划储能系统的容量、充放电策略等关键参数，使储能系统与光伏电站更好协同，提升整体系统的稳定性与可靠性，有效发挥储能系统在大型光伏电站中的重要作用^[6]。

（二）海上风电工程关键技术

1. 深远海基础结构设计

在海上风电工程的深远海基础结构设计中，导管架与浮式基础的波流耦合作用机理是关键研究点。海洋环境下，波流的复杂作用会对基础结构产生显著影响。通过深入研究导管架与浮式基础在波流共同作用下的力学响应、结构稳定性等方面的机理，能够为基础结构设计提供科学依据。在此基础上，提出抗台风结构设计标准至关重要。台风作为海上常见的极端天气，对风电基础结构构成巨大威胁。所提出的抗台风结构设计标准需综合考虑结构的强度、刚度、稳定性等多方面因素，以确保海上风电设施在台风频发的深远海区域能够安全稳定运行^[7]。

2. 并网稳定性增强措施

在海上风电工程中，并网稳定性至关重要。开发风电场集群虚拟同步机控制策略是增强并网稳定性的关键举措。该策略通过模拟同步发电机的运行特性，让风电场集群在并网时具备更强的抗干扰能力。在弱电网条件下，传统并网方式易引发谐波谐振问题，严重影响电能质量与并网稳定性。而虚拟同步机控制策略能对输出电压和频率进行有效调节，通过合理设置控制参数，可抑制谐波谐振，降低谐波含量。这不仅能提升海上风电在弱电网环境中的适应性，还能确保其稳定、可靠地并入电网，为海上风电大规模发展奠定坚实基础，其应用对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义^[8]。

四、新能源工程技术发展挑战与对策

（一）关键技术瓶颈突破

1. 光伏组件回收体系

构建完善的光伏组件回收体系面临诸多挑战。当前，缺乏高效且经济的回收技术是关键难题。传统回收方法在提取光伏组件中各类材料时，存在回收率低、能耗高及二次污染风险大等问题。同时，我国尚未建立起健全的光伏组件回收产业链，从回收网络的搭建到回收处理企业的规范化运营，都存在明显不足。另外，公众对光伏组件回收的认知和重视程度较低，使得回收工作缺乏广泛的社会支持。针对这些问题，需加强研发投入，突破化学法硅材料提纯等关键回收技术，提高材料回收率与纯度^[9]。并构建光伏废弃物资源化处理的全生命周期管理模式，明确各环节责任主体，规范回收流程。同时，加强宣传教育，提升公众环保意识与参与度，共同推动光伏组件回收体系的完善。

2. 风电关键部件国产化

在风电关键部件国产化进程中，主轴涂层材料研发与大兆瓦齿轮箱疲劳测试标准体系的建立是关键。主轴作为风电设备的核心部件，其涂层材料直接影响着使用寿命与性能。需深入分析涂层材料研发路径，通过理论与实验相结合，探寻适配不

同工况的高性能涂层材料，提升主轴承的耐磨性、耐腐蚀性等。大兆瓦齿轮箱是实现高效发电的重要部件，然而疲劳问题制约其国产化。建立科学合理的疲劳测试标准体系至关重要，这有助于准确评估齿轮箱在复杂工况下的疲劳寿命，为设计优化提供依据，推动大兆瓦齿轮箱国产化进程，保障风电关键部件实现国产化，提升我国风电产业核心竞争力^[10]。

（二）智能运维技术发展

1. 无人机巡检系统集成

在光伏与风电新能源工程技术领域，无人机巡检系统集成至关重要。一方面，将多光谱成像与 AI 诊断相结合开发组件隐裂检测算法，能提升检测的准确性与效率。多光谱成像可获取光伏组件不同光谱波段信息，使组件隐裂特征更易识别，而 AI 诊断基于大量数据训练，能精准分析多光谱图像，判断组件是否存在隐裂及隐裂程度。另一方面，需验证热斑定位精度。热斑会影响光伏组件性能与寿命，通过无人机巡检系统准确捕捉热斑位置并验证定位精度，对及时发现并解决热斑问题意义重大。这一系列集成工作有助于完善无人机巡检系统，实现对光伏与风电新能源工程组件的高效、精准运维，推动智能运维技术发展，应对新能源工程技术发展中的挑战。

2. 数字孪生平台构建

在光伏与风电新能源工程技术领域，数字孪生平台构建是智能运维技术发展的关键。通过建立风电场三维可视化模型，该平台能够以直观、逼真的方式呈现风电场的全貌，涵盖风机布局、线路走向等细节。借助传感器收集关键设备运行数据，如温度、振动频率等，实时传输至平台。利用先进算法，平台可对设备健康状态进行深度分析，实现实时预测性维护。即提前察觉设备潜在故障隐患，在故障发生前安排维护，降低运维成本与停机时间。数字孪生平台为新能源工程技术智能运维提供了强大的技术支撑，推动光伏与风电产业高效、稳定运行。

（三）政策机制协同创新

1. 市场化交易机制

在光伏与风电新能源工程技术发展中，市场化交易机制至关

重要。需深入探讨绿证交易与电力现货市场的耦合机制。绿证作为可再生能源电力环境属性的唯一证明，与电力现货市场紧密相关。通过合理设计两者耦合机制，能有效反映新能源的绿色价值，激励更多主体参与新能源市场。同时，设计新能源优先调度规则也不可或缺。新能源具有间歇性和波动性特点，优先调度规则可保障其优先接入电网、优先消纳，减少弃风弃光现象。优先调度规则要综合考虑电网运行安全、新能源发电预测等因素，促进新能源高效利用，实现电力资源优化配置，推动光伏与风电新能源工程技术在市场化交易机制下稳健发展。

2. 碳资产管理体系

在光伏与风电新能源工程技术发展中，碳资产管理体系至关重要。构建光伏风电项目全生命周期碳足迹核算模型，能够精准量化项目在原料获取、建设、运营到退役全流程的碳排放，为碳减排提供科学依据。基于此模型，提出 CCER（国家核证自愿减排量）开发实施路径，鼓励企业通过开发符合要求的减排项目，将所产生的碳减排量经过核证后在市场上交易，不仅可获得额外收益，还能促进碳市场的良性循环。完善的碳资产管理体系，能引导企业优化项目设计与运营，采用低碳技术，减少碳排放，实现光伏与风电产业绿色可持续发展，同时也为政策制定者提供决策参考，助力实现双碳目标。

五、总结

光伏与风电新能源工程技术的创新与实践对推动新型电力系统建设至关重要。模块化设计提高了光伏与风电项目的建设效率和灵活性，多能互补优化了能源结构，智能运维提升了设备可靠性与运维效率，这些创新成果为行业发展注入了新动力。在实践方面，建立标准体系有助于规范行业发展，完善政策保障则为光伏与风电产业营造了良好的发展环境。未来，应持续深化技术创新，加强标准体系与政策保障建设，促进光伏与风电新能源工程技术的进一步发展，为构建清洁、高效、安全、可持续的新型电力系统提供有力支撑，推动能源转型与可持续发展目标的实现。

参考文献

- [1] 周科宇. 新能源微电网直驱风电与光伏混合电压源控制策略研究 [D]. 广东工业大学, 2022.
- [2] 王楚伊. 我国省域光伏与风电产业效率分析 [D]. 中国石油大学 (北京), 2022.
- [3] 李鑫怡. 风电新能源 M 公司财务风险评价研究 [D]. 河北工程大学, 2022.
- [4] 崔幼石. 风电 / 光伏频率动态特性分析与调频策略研究 [D]. 东北电力大学, 2023.
- [5] 殷如梦. 城市公共站点光伏能源系统开发与应用研究 [D]. 广西大学, 2021.
- [6] 陈战杰. 风电新能源发展与并网技术 [J]. 电力系统装备, 2021(7): 25-26.
- [7] 孙艳. 基于 EPIP 的光伏工程技术专业建设探索与实践 [J]. 光源与照明, 2022(11): 243-245.
- [8] 熊巧兵, 吕超. 风电新能源发展与并网技术分析评价 [J]. 通信电源技术, 2022, 39(22): 187-189.
- [9] 刘国辉. 风电新能源发展与并网技术研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(10): 183-184.
- [10] 李冬冬. 风电新能源发展与并网技术研究 [J]. 智能城市, 2021, 7(11): 115-116.