

可持续发展战略下风电新能源发展与并网技术

黄继岑

国家能源（山东）新能源有限公司，山东 济南 250014

DOI: 10.61369/SSSD.2025190047

摘 要： 在全球气候变化与能源转型的双重驱动下，对能源可持续利用的关注度越来越高，风电作为清洁、可再生的能源受到了广泛青睐。然而，风电资源具备波动性、间接性等特性，而且发电功率伴随着风向、风速等的变化产生巨大波动，削弱了电力系统运行的稳定性。将风电新能源发展与并网技术深度融合，提升电力系统对风电的接纳能力，最大程度地利用风能资源，避免因风不确定性因素对电网造成冲击，保障电力的稳定输出。对此，本文首先阐述可持续发展战略下风电新能源发展方向，接着分析可持续发展战略下风电新能源并网技术，以期对相关研究者提供一定的参考与借鉴。

关 键 词： 可持续发展；风电新能源；发展；并网技术

Development and Grid-Connection Technology of Wind Power New Energy Under the Sustainable Development Strategy

Huang Jicen

National Energy (Shandong) New Energy Co., Ltd., Jinan, Shandong 250014

Abstract： Driven by global climate change and energy transition, attention to the sustainable utilization of energy is increasing. As a clean and renewable energy source, wind power has been widely favored. However, wind power resources have characteristics such as volatility and intermittency, and the power generation output fluctuates greatly with changes in wind direction and speed, which weakens the stability of power system operation. Deeply integrating the development of wind power new energy with grid-connection technology can improve the power system's ability to accommodate wind power, maximize the utilization of wind energy resources, avoid impacts on the power grid caused by wind-related uncertainties, and ensure the stable output of electricity. In this regard, this paper first expounds the development direction of wind power new energy under the sustainable development strategy, and then analyzes the wind power new energy grid-connection technology under the same strategy, aiming to provide certain reference for relevant researchers.

Keywords： sustainable development; wind power new energy; development; grid-connection technology

一、可持续发展战略下风电新能源发展方向

近些年，随着可持续发展理念的提出与贯彻落实，风电新能源呈现出以下新的发展方向：

第一，技术创新。在可持续发展战略的推动下，风电新能源技术创新主要体现在多个关键领域。首先是风力发电机组设计的创新。研发人员致力于设计出更高效、更可靠的风机，通过优化叶片的形状和材料，提高风能转换效率。新型叶片采用轻质、高强度的复合材料，不仅减轻了自身重量，还能在不同风速条件下更好地捕捉风能。同时，对风机的传动系统进行改进，减少能量损耗，提高发电效率。其次，入先进的传感器和控制系统，实现对风力发电机组的实时监测和智能调控。智能控制系统能够根据风速、风向等环境因素自动调整风机的运行状态，确保风机始终在最佳工况下运行，提高发电稳定性和可

靠性^[1]。

第二，海上风电。海上风能资源丰富，平均风速较陆地高出约20%，且风向稳定，湍流强度小，风垂直切变更小，现已成为未来风电新能源发展的重要方向。于靠近沿海位置搭建海上风电场，可实现就地消纳，减少远距离输电产生的能量损耗和输电成本，提高能源利用效率。

第三，分布式风电。分布式风电是指靠近用电负荷，在配电网侧接入，可就地消纳的风电项目。它具有选址灵活的特点，能够充分利用分散的风能资源，比如在一些偏远的乡村、山区、海岛以及工商业园区等区域都可以进行建设。与集中式风电相比，分布式风电对电网的依赖较小，可有效缓解电网的输电压力，减少长距离输电带来的安全隐患，而且分布式风电项目的建设可以减少对传统化石能源的依赖，降低碳排放，改善当地的环境质量^[2]。

二、可持续发展战略下风电新能源并网技术分析

（一）电力调度技术

第一，遗传算法作为模拟遗传机制与自然选择的一种优化算法，主要通过变异、交叉、选择以及编码等操作，制定合理的电力调度方案，完成迭代搜索最优解的目标。在具体实践中，遗传算法将输入常规发电能力、电网负荷要求依据风电出力预测值等，目标函数则设置为可靠性最高、运行成本最低等，并通过迭代、变异、选择与编码等流程，生成最佳的发电调度方案，具体流程为编码、选择、交叉、变异和迭代。

第二，粒子群优化算法属于智能优化算法，主要通过模拟鸟群觅食行为进行模拟，并通过粒子之间的协作与信息共享，寻找最佳的解法。在具体的电力调度中，粒子群优化算法将每个粒子看作是一个潜在的调度方案，每个粒子有自己的位置和速度，而且计算速度较快，能够在较短的时间内找到较优的解^[3]。

第三，大力引进前沿技术，最大限度地保障电力调度的可靠性与稳定性。如，通过大数据分析技术，对海量的风电运行数据和电网负荷数据进行深度挖掘和分析，预测风电出力的变化趋势以及电网负荷的波动情况，从而提前制定科学合理的调度策略；引入区块链技术，保障电力交易数据的安全性、透明性和不可篡改，促进风电新能源在电力市场中的高效交易和合理分配；运用云计算技术，实现对大规模数据的快速处理和存储，提高电力调度系统的运算能力和响应速度，确保在复杂多变的风电环境下，电力调度能够及时、准确地做出调整^[4]。

（二）无功调压技术

通常情况下，工作人员会在中低压配电网络中直接接入风电新能源，但是中低压配电网络只具备基础的电能分配功能，同时并入大量的风电新能源，电网运行的稳定性无法得到有效保障。为了提高电网运行的稳定性与安全性，在风电新能源并网过程中，工作人员应该主动引入无功调压技术，并配置电压型并网逆变器，其所具备的无功调节能力较为灵活，结合电网真实需求，精准且快速地输出与调整无功功率，面对电网电压波动时，逆变器将第一时间进行无功吸收与输出，以维持电网电压的稳定。在实践中，工作人员合理设置电压型并网逆变器参数，并针对性优化控制策略。如，积极引进电压定向控制、直接功率控制等先进算法，使逆变器可以对功率与电压进行实时跟踪，提高无功调节的高效性、稳定性；要根据风电新能源的输出特性和电网的运行要求，确定逆变器的额定容量、无功调节范围等关键参数^[5]。

（三）功率预测技术

风电机组所在地区的气候变化会直接影响输出功率，风速变化不仅会对电网运行状态产生直接影响，而且风电机组的发电功率也将受到一定影响，所以，要想确保电力系统运行稳定性，需要采取相应技术准确预测风电机组的输出功率。功率预测技术通过综合分析多方面信息，如，历史功率、气象等数据，准确预测未来一段时间内风电机组的发电功率。如，在历史功率数据方面，工作人员通过分析风电机组的发电功率数据，精准掌握功率发展趋势与变化规律，并且通过机器学习算法与数据挖掘技术，

搭建历史功率数据分析模型，不断提升的预测精确性；在气象数据方面，工作人员定期收集所在区域的气象要素，如，气压、气温、风向以及风速等，风电机组输出功率与这些要素息息相关，并结合数值天气预报数值，搭建气象模型，精准预测未来一段时间的气象变化，提高风电机组输出功率预测准确性^[6]。

（四）并离网控制技术

在稳定接入与脱离电网、风电新能源安全保障中，并离网控制技术的应用非常重要。在并入电网环节，应当确保风电新能源与相关参数匹配，如，频率相位、电网电压等，避免发生电压波动、电流冲等情况^[7]。对此，工作人员可以利用同步技术对电网、风电系统的运行状态进行实时监测，确保输出参数的精准性，平滑并网这一目标也得以实现。比如，为精准、快速地追踪相位与频率，要充分发挥锁相环技术的优势，使风电系统输出与之同步。另外，在并离网环节，应当综合考虑电网的可靠性与稳定性，当监测到电网异常或故障，系统将安全且快速地脱离电网，电网则避免遭到严重损害。同时，工作人员也要采取欠压、过压以及过流等保护装置，当发现异常问题，保护装置将立即切断电网连接、风电系统，防止故障进一步扩大^[8]。

（五）多能互补技术

多能互补技术主要是协同优化与有机整合类型不同的能源，不仅能弥补能源单一的短板，也能保障系统稳定运行，高效利用不同类型的能源。其中，常用的互补模式为风光互补，从空间与时间维度使风能太阳能进行互补，从时间角度来看，白天的光照比较充足，拥有较高的太阳能发电效率，风力较弱；晚上的光照度低，风力较强，风电可继续发电。另外，从空间角度来看，地区不同风能与太阳能能源的分布具有明显的差异，为了最大限度的应用能源，需要对风光互补发电系统进行合理布设。风水互补在风能和水能资源均较为丰富的地区较为常见，支持在风力发电出力不稳时，水电站调节水轮机流量和转速及时调整发电功率，平抑风电波动；在风电出力较大情况下，水电站适当减少发电，优先利用风能资源，以此达到提高能源利用效率的目的^[9]。

三、可持续发展战略下风电新能源与风电并网技术发展趋势

（一）着重研发大规模风电系统技术

未来需要着力攻克大规模风电系统的关键技术难题。比如研发更高效的风力发电机组，提高风能转换效率，降低发电成本。要提升机组的可靠性和稳定性，减少故障发生概率，延长设备使用寿命。在大规模风电系统的布局方面，要进行科学合理地规划。综合考虑地理环境、气象条件等因素，选择最适宜建设风电场的区域，确保风能资源得到充分利用。还要加强对大规模风电系统的智能控制与管理。通过先进的传感器和数据分析技术，实时监测风电场的运行状态，对发电功率、设备状态等进行精准调控，实现系统的智能化运行^[10]。

（二）大力研究并网技术和最大风能捕获技术

为了攻克并网技术现有的技术瓶颈，增强风电新能源的适应

性与兼容性。要对大规模的风电接入技术、架构优化技术展开深入研究，搭建更为灵活的智能电网，并且通过建设智能变电站、高等级的输电线路等方式升级电网硬件设施，不仅能增强风电波动承载能力，也能提高电网输送能力。另外，在最大风能捕获技术研究中，需要持续改进与创新发电机组设计与控制策略。如，针对机组设计，工作人员应该采用前沿材料设计翼型，有效优化其空气动力学性能，促使风能捕获效率得到进一步提升。同时，研发更加高效的传动系统和发电机，减少能量转换过程中的损失。针对控制策略，工作人员应该积极引入模糊控制、模型预测控制等前沿技术，根据气候条件对发电机组运行参数进行动态化调整，使机组始终保持在最佳的风能捕获状态^[11]。

四、结语

总而言之，在可持续发展战略的大背景下，风电新能源的发展与并网技术对于全球能源转型和应对气候变化具有至关重要的意义。通过技术创新、海上风电和分布式风电等方向的发展，风电新能源展现出了巨大的潜力。同时，电力调度、无功调压、功率预测、并离网控制和多能互补等并网技术的应用，有效提升了电力系统对风电的接纳能力，保障了电力的稳定输出。未来，随着大规模风电系统技术的研发以及并网技术和最大风能捕获技术的不断突破，风电新能源将在能源领域发挥更加重要的作用。然而，我们也应清醒地认识到，风电新能源发展与并网技术仍面临诸多挑战，如技术成本较高、对地理环境和气象条件依赖较大等。

参考文献

- [1] 王卫华. 基于绿色可持续发展理念的风电新能源及并网技术运行分析[J]. 中国战略新兴产业, 2024, (17): 87-89.
- [2] 黄建虾. 风电新能源的发展现状及其并网技术的发展前景[J]. 中国高科技, 2023, (10): 88-90.
- [3] 鲍棋龙. 现阶段风电新能源于并网技术运行分析[J]. 价值工程, 2022, 41(34): 48-50.
- [4] 唐珉, 张文宝, 刘建刚. 风电新能源的并网技术分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(09): 122-123.
- [5] 旋继新, 马素红. 风电新能源并网技术研究[J]. 产业创新研究, 2022, (06): 19-21.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 宋杰. 风电新能源发展与并网技术探讨[J]. 长江技术经济, 2021, 5(S1): 173-175.
- [9] 吉孝明. 风电新能源并网技术研究[J]. 电子世界, 2021, (02): 27-28.
- [10] 马春兰. 风电新能源及其并网技术的发展现状探究[J]. 湖南水利水电, 2020, (02): 65-66+69.
- [11] 邹璐. 风电新能源的发展现状及其并网技术的发展前景研究[J]. 无线互联科技, 2019, 16(17): 130-131.