

新能源发电功率预测偏差对电网安全的影响及对策

杨明

广西金元南方新能源有限公司，广西 南宁 530000

DOI:10.61369/EPTSM.2025070013

摘 要： 随着新能源在电力系统中的渗透率不断提高，其发电功率预测偏差问题日益凸显。这一问题主要源于气象条件的复杂性、预测模型的不完善以及设备性能的波动。预测偏差对电网安全产生了多方面的影响，包括破坏电网稳定性、降低电能质量以及增加调度运行难度。为应对这一问题，需从提升预测技术精度、优化电网调度策略以及完善相关标准与管理制度等方面入手。本研究旨在探讨如何有效降低新能源发电功率预测偏差，从而促进新能源与电网安全的协调发展，为电力系统的稳定运行提供理论支持与实践指导。

关 键 词： 新能源；发电功率；预测偏差；电网安全

The Impact and Countermeasures of Deviation in New Energy Power Generation Prediction on Power Grid Safety

Yang Ming

Guangxi Jinyuan Southern New Energy Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530000

Abstract： With the increasing penetration rate of new energy in the power system, the problem of power generation prediction deviation is becoming increasingly prominent. This problem mainly stems from the complexity of meteorological conditions, imperfect prediction models, and fluctuations in equipment performance. Prediction bias has multiple impacts on power grid safety, including disrupting grid stability, reducing power quality, and increasing scheduling and operational difficulties. To address this issue, efforts need to be made to improve the accuracy of prediction technology, optimize power grid dispatch strategies, and improve relevant standards and management systems. The purpose of this study is to explore how to effectively reduce the prediction bias of new energy power generation, thereby promoting the coordinated development of new energy and grid security, and providing theoretical support and practical guidance for the stable operation of the power system.

Keywords： new energy; power generation capacity; prediction bias; grid security

引言

随着全球能源转型的加速推进，新能源发电在电网体系中的占比日益提升。风能、太阳能等新能源因其清洁、可持续的特性，已成为现代电力系统的关键组成部分。然而，新能源发电的间歇性和波动性特点，使其输出功率难以保持稳定，这对电网的安全运行提出了严峻挑战。近年来，随着新能源装机容量的快速增长，功率预测偏差问题逐渐凸显，成为影响电网稳定性和可靠性的重要因素。

功率预测偏差不仅会导致电网调度计划的执行困难，还可能引发频率波动、电压闪变等一系列安全问题，进而威胁电网的整体运行安全。因此，深入研究新能源发电功率预测偏差的产生机制及其对电网安全的影响，并提出有效的应对策略，对于保障电力系统的稳定运行具有重要意义。本研究旨在通过分析偏差产生的原因及其对电网安全的多方面影响，探索切实可行的解决方案，为新能源与电网的协调发展提供理论支持和技术指导。

一、新能源发电功率预测偏差产生原因

（一）气象条件复杂性

新能源发电功率预测的准确性高度依赖于气象条件的精确预

报，而气象因素如风速、光照强度等具有显著的随机性和波动性，这为预测带来了巨大挑战。风速的变化受到地形、季节、气候等多种因素的影响，其时空分布呈现非线性特征，导致风电机组的出力难以精准预测^[1]。同样，光伏发电对太阳辐射度的变

化极为敏感，云层覆盖、大气透明度等因素会引发光照强度的快速波动，进而影响光伏系统的发电功率。例如，在日食等特殊天气现象下，光伏发电出力可能出现短时快速大幅波动，这种极端情况进一步凸显了气象条件复杂性对预测的制约。此外，气象预测本身存在一定的误差，这些误差会在新能源发电功率预测中累积，最终导致预测偏差的产生。

（二）预测模型不完善

当前的新能源发电功率预测模型在数据处理和算法逻辑方面仍存在诸多不足，难以完全拟合实际发电过程中的复杂特性。一方面，预测模型通常基于历史数据进行训练，但新能源发电的随机性和间歇性使得历史数据无法全面反映未来的变化规律。例如，常用的参数法假设变量符合某种特定分布，而实际数据往往无法满足这一假设，导致模型预测结果出现偏差。另一方面，现有模型在处理多维数据时可能存在信息丢失或冗余的问题，尤其是在融合多源数据时，未能充分考虑不同数据之间的相关性，从而降低了预测精度^[4]。此外，传统预测方法对于复杂非线性关系的捕捉能力有限，难以应对新能源发电过程中可能出现的突发情况，这也是预测偏差的重要来源之一。

（三）设备性能波动

新能源发电设备在长期运行过程中，由于老化、故障以及维护不当等原因，其性能往往会出现波动，进而影响发电功率的稳定性，最终导致预测偏差的产生。例如，风力发电机组的叶片磨损、轴承老化等问题会降低发电效率，而光伏组件的温度漂移、表面污染等则会削弱光电转换能力。这些设备性能的下落通常表现为发电功率的随机波动，使得实际出力偏离预测值。此外，设备故障的发生具有不可预见性，一旦发生故障，将导致发电功率骤降或中断，进一步加剧预测偏差。研究表明，新能源发电设备的性能波动不仅与自身质量有关，还受到运行环境的影响，如高温、高湿度等恶劣条件会加速设备老化，从而增加预测的不确定性。

二、新能源发电功率预测偏差对电网安全的影响

（一）对电网稳定性的影响

新能源发电功率预测偏差可能引发频率波动和功角失稳等问题，从而破坏电网的稳定运行并增加电网崩溃的风险。频率波动是由于预测偏差导致实际发电功率与计划值不一致，进而影响电网的有功平衡^[1]。当新能源出力突然变化时，传统机组难以迅速调整以弥补功率缺额或过剩，导致系统频率偏离额定值。此外，功角失稳问题则源于预测偏差引起的潮流分布改变，使得发电机之间的相对角度发生变化，严重时可能引发连锁反应，最终导致电网崩溃^[2]。因此，准确预测新能源发电功率对于维持电网稳定性至关重要。

（二）对电能质量的影响

新能源发电功率预测偏差还会对电能质量产生显著影响，主要表现为电压闪变和谐波增加等现象。电压闪变通常由新能源出力的快速波动引起，这种波动会通过电网传播，影响用户端的电

压稳定性。特别是在风电场或光伏电站接入点附近，电压波动范围明显增大，可能导致敏感设备无法正常运行。同时，预测偏差还可能引发谐波问题，由于新能源发电设备中大量使用电力电子器件，其非线性特性会在预测偏差较大时加剧谐波的产生，进一步降低电能质量，影响用户的正常用电体验。

（三）对电网调度运行的影响

新能源发电功率预测偏差使得调度计划难以准确执行，从而增加了电网调度运行的难度。传统调度计划基于负荷预测和电源出力预测制定，而新能源出力的不确定性使得实际运行情况常偏离计划值。这不仅可能导致资源浪费，例如传统机组因频繁调整出力而降低效率，还可能引发供电不足的问题，特别是在高峰负荷时段。此外，预测偏差还可能导致调度人员难以准确判断电网运行状态，进而影响决策的及时性和准确性。因此，如何应对新能源发电功率预测偏差已成为电网调度运行中亟待解决的重要问题。

三、应对新能源发电功率预测偏差的对策

（一）提升预测技术精度

1. 引入先进算法

随着人工智能和机器学习等先进算法的快速发展，其在新能源发电功率预测中的应用逐渐成为研究热点。这些算法能够通过深度学习历史数据中的复杂模式，捕捉气象条件、负荷变化与发电功率之间的非线性关系，从而显著提高预测准确性。例如，基于神经网络的预测模型可以有效处理多维输入变量，并通过训练优化权重参数以适应不同场景下的预测需求。此外，支持向量机（SVM）和随机森林等算法也被广泛应用于短期和超短期功率预测任务中，展现出较强的泛化能力和鲁棒性。然而，尽管这些方法在理论上具有较高的预测潜力，但其实际应用仍面临诸多挑战，如模型过拟合、计算资源需求高等问题，需要进一步优化和改进。

2. 融合多源数据

为了降低新能源发电功率预测偏差，整合气象、历史发电、电网运行等多源数据是一种有效的策略。气象数据包括风速、温度、光照强度等关键指标，是预测风电和光伏发电功率的基础；历史发电数据则提供了设备运行特性和出力规律的重要参考；而电网运行数据能够反映系统负荷变化及调度需求，为预测模型提供更全面的信息支撑。研究表明，通过建立多源数据融合机制，可以显著提升预测模型的适应性和精度^[10]。例如，利用 Copula 模型分析发电功率与预测功率之间的相依结构，能够揭示二者之间的内在联系，从而优化预测结果。此外，结合实时监测数据与预测结果进行动态调整，也是减少预测偏差的重要手段。

（二）优化电网调度策略

1. 增强电网灵活性

增强电网灵活性是应对新能源发电功率预测偏差的关键措施之一。储能设施的建设和发展需求侧响应（DSR）技术能够有效缓解因预测偏差导致的功率失衡问题^[9]。大规模虚拟储能技术通

过将多个离散的储能设备虚拟化，形成一个统一的储能系统，可以在新能源功率预测误差偏大或偏小时分别提供备用能量或吸收多余电能，从而实现电网功率的平衡调节。同时，需求侧响应技术通过激励用户调整用电行为，能够在短时间内改变负荷曲线，为电网提供额外的灵活性资源。这种双向调节机制不仅提高了电网对预测偏差的适应能力，还促进了新能源的就地消纳水平^[9]。

2. 改进调度模式

采用滚动调度和实时调度等先进的调度模式，可以根据实时情况动态调整调度计划，从而减少新能源发电功率预测偏差对电网运行的影响。滚动调度模式通过分时段优化调度决策，逐步修正前一阶段的预测误差，确保调度计划的准确性和可行性。例如，在风电大规模接入的背景下，基于相关机会目标规划的滚动优化调度模型能够将功率平衡的等式约束转化为最大化随机事件发生概率的目标函数，从而更好地应对风电预测误差“近小远大”的特点^[6]。此外，实时调度模式通过实时监测新能源实际出力情况，快速调整发电机组出力分配，能够有效降低预测偏差带来的风险。这些调度模式的改进不仅提升了电网运行的稳定性，还为高比例新能源接入下的调度决策提供了新的解决方案。

（三）完善相关标准与管理制度

1. 制定统一预测标准

制定统一的预测技术标准是保障新能源发电功率预测科学性和规范性的重要基础。当前，由于缺乏统一的标准，不同地区和企业预测方法选择、数据处理流程以及误差评估指标等方面存在较大差异，导致预测结果的可比性和可靠性难以保证。因此，有必要建立一套涵盖数据采集、模型构建、结果验证等全过程的预测技术标准体系，明确各环节的技术要求和操作规范。例如，通过引入均方根误差（RMSE）等量化指标评估预测精度，并规定预测结果的可信区间范围，可以有效提高预测工作的透明度和科学性。此外，统一标准还有助于推动行业内的技术交流与合作，促进预测技术的整体进步^[7]。

2. 加强行业监管

加强对新能源发电企业预测工作的监管，是提高预测责任意识、保障电网安全的重要手段。

监管部门应建立健全的预测误差考核机制，对预测偏差超出合理范围的企业实施惩罚措施，同时设立奖励政策鼓励企业采用先进的预测技术和管理方法^[8]。例如，通过引入新能源功率预测惩罚成本模型，将预测误差与实际经济损失挂钩，可以促使企业更加重视预测工作的准确性和可靠性。此外，建立预测结果公开透明机制，定期发布各企业的预测绩效评估报告，也有助于形成良好的行业竞争氛围。通过多方协作，共同推动预测技术的进步和管理水平的提升，为新能源与电网的协同发展提供坚实保障。

四、结论

新能源发电功率预测偏差的产生主要源于气象条件的复杂性、预测模型的不完善以及设备性能的波动。这些因素共同作用，导致预测结果与实际情况存在差异，进而对电网安全产生多方面影响。具体而言，偏差可能破坏电网的稳定性，引发频率波动和功角失稳等问题；同时，也会降低电能质量，导致电压闪变和谐波增加；此外，还增加了电网调度运行的难度，影响调度计划的准确执行。

为应对这一问题，本文提出了多项对策，包括提升预测技术精度、优化电网调度策略以及完善相关标准与管理制度。通过引入先进算法和融合多源数据，可以有效提高预测准确性；增强电网灵活性和改进调度模式，则有助于减少偏差对电网运行的影响；而制定统一预测标准和加强行业监管，能够进一步规范预测工作，保障电网安全。

展望未来，随着新能源在电网中的占比不断提升，如何进一步降低预测偏差并提高电网适应能力将成为研究重点。特别是在极端天气条件下，如何确保预测模型的鲁棒性和电网运行的可靠性，仍需深入探索。持续关注新能源发电功率预测偏差问题，对于实现新能源与电网的协同发展具有重要意义，这不仅有助于提升电力系统的整体性能，也为推动清洁能源的广泛应用奠定了基础。

参考文献

- [1] 陈中飞, 赵越, 蔡秋娜, 等. 基于净负荷预测误差统计的电力系统爬坡能力充裕度评估 [J]. 中国电力, 2024, 57(05): 50–60.
- [2] 周海峰, 徐伟, 沙立成, 等. 考虑新能源不确定性的调度计划安全稳定校核方法 [J]. 电力工程技术, 2024, 43(03): 63–70.
- [3] 卫鹏, 刘建坤, 周前, 等. 基于随机潮流的新能源发电预测误差对电网影响研究 [J]. 电器与能效管理技术, 2017, (02): 60–65+70.
- [4] 卢才云, 朱文, 张海天, 等. 新能源发电功率预测准确率计算策略优化研究与应用 [J]. 电气应用, 2024, 43(06): 54–59.
- [5] 沙伟燕, 胡伟, 何宁辉, 等. 大规模虚拟储能平抑新能源功率预测误差优化调度方法 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(06): 167–174.
- [6] 李志伟, 赵书强, 董凌. 考虑预测误差的风火协调滚动调度 [J]. 电力自动化设备, 2020, 40(12): 88–96.
- [7] 戴玉臣, 徐伟, 华文, 等. 计及源网荷交互影响的区域电网热稳安全供电区间计算方法 [J]. 电力自动化设备, 2023, 43(02): 178–183.
- [8] 黄婧杰, 欧阳顺, 冷婷, 等. 含偏差风险规避的新能源和储能协同参与市场策略 [J]. 电力自动化设备, 2023, 43(02): 36–43.
- [9] 沙伟燕, 胡伟, 何宁辉, 等. 大规模虚拟储能平抑新能源功率预测误差优化调度方法 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(06): 167–174.
- [10] 樊国旗, 刘桂龙, 樊国伟, 等. 大规模虚拟储能模式平抑新能源功率预测误差研究 [J]. 四川电力技术, 2021, 44(02): 19–23.