

新能源发电功率预测技术方向性研究

李云飞, 马东, 张哲, 徐思达, 胡斯格

华电电力科学研究院有限公司, 浙江 杭州 310000

摘 要 : 近年来, 新能源发电功率预测技术已在电力行业得到极为广泛的应用, 对电力系统的稳定运行与高效管理发挥着不可或缺的作用。本文聚焦于新能源发电功率预测技术领域展开深入研究, 全面且深入地剖析了技术原理、研究意义, 细致解读了考核内容及其分析要点, 对“两个细则”考核内容进行了详细阐释, 并对功率预测系统的功能展开了深度解析, 旨在为该领域的发展提供全面且有价值的参考。

关 键 词 : 新能源; 功率预测; “两个细则”考核; 系统功能

Research on the Direction of New Energy Power Generation Power Prediction Technology

Li Yunfei, Ma Dong, Zhang Zhe, Xu Sida, Hu Sige

Huadian Electric Power Research Institute Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract : In recent years, the new energy power prediction technology has been widely used in the power industry, and plays an indispensable role in the stable operation and efficient management of the power system. This paper focuses on the new energy power prediction technology research, comprehensive and deeply analyzes the technical principle, research significance, carefully interpret the assessment content and the analysis points, the "two rules" assessment content in detail, and the depth of the power prediction system function, aims to provide comprehensive and valuable reference for the development of the field.

Keywords : new energy; power prediction; "two rules" assessment; system function

一、功率预测技术研究背景和意义

(一) 功率预测研究背景

“双碳目标”这一伟大构想的提出, 加快了中国迈入新能源时代的步伐。截至2024年3月底, 全国新能源发电装机容量达到15.85亿千瓦, 同比增长26%, 约占我国总装机的52.9%, 其中, 风电和光伏发电装机之和突破11亿千瓦, 占比总装机容量达到36.8%。伴随着新能源在电网中的渗透率逐渐提高, 风光发电的间歇性、波动性、随机性以及布局的分散性和不均衡性给电力系统的平衡调节和灵活运行带来了前所未有的挑战。高比例新能源、高比例电力电子装备的广泛接入, 从根本上改变电力系统的稳定特性、安全控制和生产模式, 电力系统的运行正面临着全新的考验。因此, 精准的新能源发电功率预测将成为新型电力系统中必不可少的环节。

(二) 功率预测研究意义

功率预测技术不仅对电力系统的安全和经济运行至关重要, 也为实现可持续发展目标奠定了坚实基础。功率预测技术的研究意义涵盖了多个关键方面:

- 对于发电集团的作用, 减少“两个细则”考核, 抑制新能源风光发电场站因预测不准带来的经济损失。
- 功率预测能为电力交易提供重要的数据信息支撑, 降低市场风险, 提升交易效率, 在新能源发电提速加入全国统一电力市

场的背景下, 为发电企业抓取主动性。

- 准确的功率预测能够有效指导新能源发电场站的运维检修等工作安排, 增加风光发电量, 提升系统的可靠性, 有效应对负荷波动, 减少停电事件的发生; 促进新能源发电在电力系统中的高效利用。

二、功率预测考核内容及分析

(一) 功率预测系统服务规范

1. 国家标准及行业标准

功率预测考核方法的制定首先立足于国家标准内容, 以确保全国电力系统运行的稳定性和高效性; 其次是行业标准, 主要为电力企业在选择预测模型、数据处理和结果评估等方面提供重要指导, 这些标准的实施有助于提高电力系统的稳定性和效率。

主要国家标准包括:

GB / T 40407-2021《调度侧风电或光伏功率预测系统技术要求》

依据本标准, 调度侧的风电或光伏功率预测系统在软件、硬件、性能指标以及数据指标等维度, 均有相应的技术要求被予以规定。

主要的行业标准包括:

(1) NB / T 10205-2019《风电功率预测技术规定》

本标准规定了与风电功率预测相关的基本要求、预测技术、预测结果评价等。本标准适用于风电场、分散式风电、各级电力调度机构和第三方预测技术服务商等开展的风电功率预测工作或服

务^[2]。

(2) NB / T 31046-2022《风电功率预测系统功能规范》

本标准对风电功率预测系统的功能进行了全面且细致的规定，内容主要涵盖预测建模前期的数据筹备、数据采集与处理的规范、预测功能的实现要求、统计分析的方法与标准、人机交互界面的设计准则、系统安全防护的策略与措施、数据输出的格式与形式，以及系统在不同工况下的性能指标要求等多个方面。

(3) NB / T 32031-2016《光伏发电功率预测系统功能规范》

本标准对光伏发电功率预测系统的各项功能内容作出了详细规定，主要包括数据的采集与处理流程、光伏发电功率的预测方法与要求、数据输出的形式与规范、统计分析的方式与标准、操作界面的基本功能设置、权限管理的具体规则，此外还涵盖了系

统安全防护的相关要求以及系统性能指标的具体要求等方面。

2. 性能指标要求

GB/T 40407-2021同时规定了场站侧以及调度管辖区域全网风、光伏电站的准确率和合格率指标^[1]，全国各个省域调度的考核指标首先建立在这些国标要求之上，其次再发展适合本地新能源发电发展情况的指标要求。

风电场、光伏电站的功率预测结果性能指标如表2-1所示，分别对超短期（未来15分钟至4小时，时间分辨率15分钟，逐15分钟更新）、短期（日前，次日0时-24时，时间分辨率15分钟，每日9时前上报）、中期（0-240小时，时间分辨率15分钟，每日9时前上报）的功率预测月平均准确率及合格率做出规定。

调度管辖区域内全网的风电和光伏功率，有关其预测结果的性能指标展示于表 2-2 之中。与此同时，还分别针对超短期、短期和中期预测，对月平均准确率以及合格率设定了相应的标准。

从具体的准确率和合格率要求中可以发现，现有功率预测技术呈现时间尺度越长，预测越困难的趋势，其主要原因在于长时间尺度上的气象预报数据准确性较差；同时可以发现光伏的预测难度较风电容易，这主要是因为目前的准确率、合格率的计算将夜晚的时间也纳入了计算；此外还可以看到，全网的合格率指标要高于场站同类型指标，这是因为新能源发电相关的气象要素在越广的空间尺度上不确定性越小^[5]。

总的来说，国家标准及行业标准对具体指标规定，直接反应出了现有功率预测技术在不同预测内容方面的特点。

表2-1 风电场、光伏电站功率预测结果的性能指标

预测时间尺度	月平均准确率	月平均合格率
中期功率预测	以1日为步长统计，预测准确率按顺序依次递减，风电：第10日≥70% 光伏：第10日≥75%	—
短期功率预测	风电：日前≥83% 光伏：日前≥85%	风电：日前≥83% 光伏：日前≥85%
超短期功率预测	风电：第4小时≥87% 光伏：第4小时≥90%	风电：第4小时≥87% 光伏：第4小时≥90%

表2-2 全网风电、全网光伏功率预测结果的性能指标

预测时间尺度	月平均准确率	月平均合格率
中期功率预测	以1日为步长统计，预测准确率按顺序依次递减，风电：第10日≥75% 光伏：第10日≥80%	—
预测时间尺度	月平均准确率	月平均合格率
短期功率预测	风电：日前≥85% 光伏：日前≥90%	风电：日前≥85% 光伏：日前≥90%
预测时间尺度	月平均准确率	月平均合格率
超短期功率预测	风电：第4小时≥90% 光伏：第4小时≥95%	风电：第4小时≥90% 光伏：第4小时≥95%

(二) 两个细则考核要求

为了保障电力系统安全、优质、经济运行，助力新能源电力消纳，国家能源局发布的《电力并网运行管理规定》要求电力调度机构对发电侧并网主体新能源功率预测偏差进行考核，各区域电力监管机构在国家能源局《电力并网运行管理规定》、《电力辅助服务管理办法》以及相关国家、行业标准的基础上，结合本地区电力系统实际情况和电力市场建设要求，先后制定并发布了《电力并网运行管理实施细则》和《电力辅助服务管理实施细则》（以下简称“两个细则”）。

本文整理了东北监管局、西北监管局发布且正在执行的“两个细则”文件，对其中的风电场、光伏电站功率预测考核标准进行比较，以期对能源气象服务产品的设计提供一定的参考依据。表2-3、表2-4为各监管局根据“两个细则”文件对风光功率预测的考核内容。表中预测类型主要有中期功率预测（0-240小时，时间分辨率15分钟，每日9时前上报），短期预测（日前，次日0时-24时，时间分辨率15分钟，每日9时前上报）以及超短期预测（未来15分钟至4小时，时间分辨率15分钟，逐15分钟更新）^[6]。

1. 东北监督局

如下表2-3所示，为东北监管局“两个细则”文件对风光功率预测的考核内容，包含短期功率预测准确率和合格率两个指标的考核。表2-3 东北监管局“两个细则”文件对风光功率预测的考核内容

并网主体	预测类型	考核指标	要求（日计算、月考核）	计算公式	考核标准（每分对应的考核为人民币1000元）
风电场	短期功率预测	准确率	月平均准确率≥75%	均方根误差	每降低1%，每10万千瓦容量扣1分
		合格率	月平均合格率≥80%	绝对误差	每降低1%，每10万千瓦容量扣1分
光伏电站	短期功率预测	准确率	月平均准确率≥85%	均方根误差	每降低1%，每10万千瓦容量扣1分
		合格率	月平均合格率≥80%	绝对误差	每降低1%，每10万千瓦容量扣1分

2. 西北监督局^[4]

西北监管局“两个细则”对风光功率预测的考核内容，发电企业向调度机构报送短期功率预测、超短期功率预测两类数据文件，调度机构根据准确率指标按月进行考核。西北监管局在文件中规定了该项目考核分数上限为100万千瓦。

三、功率预测系统功能

(一) 数据要求

1. 数据采集要求^[2]

数据采集要求采集风速、风向、环境温度、气压等气象数据、发电设备的运行状态数据、发电设备的运行实时数据；这些数据收集和传输必须满足时间同步、完整性和准确性指标^[7]。

在功率预测技术中，数据采集与接口要求至关重要。主要包括：

(a) 数据类型和来源需涵盖气象数据、发电设备的运行数据，以反映电力需求的变化趋势；

(b) 数据采集频率应根据预测时间尺度设定，短期预测需较高频率，而长期预测可采用小时或日级数据；

(c) 接口应遵循统一的标准，确保不同系统间的数据互通性，常用的接口标准包括 API 和数据格式标准；

(d) 需提供详细的文档和使用规范，以确保数据采集实施过程的清晰可循，从而提升系统的可维护性和扩展性。通过满足这些要求，可以为功率预测提供坚实的数据基础，提升预测的准确性和可靠性。

2. 数据处理要求

在功率预测系统架构中，数据处理要求是确保数据分析和预测结果准确性的关键组成部分。数据处理要求包括：

(a) 具备数据完整性及合理性的自动校验功能

必须对数据进行清洗和校验，以确保准确性和完整性，并可对缺测和异常数据进行自动插补和修正。

(b) 具备强大的计算能力

以处理大规模数据集和复杂计算任务，支持实时和高频率的预测需求。采用分布式计算架构可以提高计算效率和处理能力，允许多个节点同时处理数据，缩短计算时间。

(c) 具备实时数据流处理能力

使系统能够快速响应动态变化的电力需求，支持即时预测和决策。为了适应数据量和计算需求的增长，并灵活调整资源配置，计算处理能力的可扩展性也非常重要。^[8]

3. 数据存储要求

在功率预测系统架构中，数据存储要求是确保数据管理高效、安全和可靠的关键组成部分。数据存储要求包括：

(a) 支持多样化的数据存储

包括实时数据、历史数据和预测数据，以满足不同的分析需求；存储系统必须具备足够的扩展性，以处理不断增长的数据量，并支持未来的扩展需求。

(b) 快速响应查询请求

以支持实时分析和决策制定，尤其在紧急情况下。同时在安全性方面，需实施严格的访问控制，确保只有授权用户能够访问数据，并对存储的数据进行加密，以保护敏感信息。

(c) 定期备份以防止数据丢失或损坏

确保在发生故障时能够快速恢复。数据的一致性管理同样重要，特别是在分布式存储环境中，需采用适当的机制来处理数据的同步和冲突。

(二) 软件要求

预测系统的功能至少应涵盖长期电量预测、中期功率预测、

短期功率预测、超短期功率预测以及概率预测等方面的要求^[3]。

(1) 预测的空间尺度

预测的空间尺度应至少包括单个风电场或光伏电站、集群及整个调度管辖区域的全网风电或光伏。

(2) 长期电量预测要求

逐月滚动更新电量预测结果，每次预测未来12个月，每月上旬发布最为合适。

(3) 概率预测要求

预测时长以及时间分辨率需与中期、短期、超短期功率预测保持一致。预测区间的上下限应至少提供置信度为95%、90%、85%的设置选项，同时，也支持人为设定其他阈值的置信度。

(三) 硬件要求

预测系统的硬件配置中，至少应涵盖数据通信服务器、系统应用服务器、数据库服务器以及人机交互工作站等必要设备。

1. 从系统稳定性和可靠性的角度考量，数据通信服务器、系统应用服务器以及数据库服务器若采用冗余配置，则能达到更为理想的运行效果。

2. 风电功率预测系统或光伏功率预测系统，均应在电力二次系统中运行。针对跨区数据传输的情况，必须采用物理隔离装置来保障数据安全。此外，无论是风电功率预测系统还是光伏功率预测系统，都务必严格满足电力二次系统安全防护规定的相关要求^[9]。

四、总结

在新能源领域的深入探索进程中，聚焦于功率预测技术方向展开研究具有重大意义。一方面，针对功率预测技术诞生的背景予以深度挖掘，剖析促使该技术发展的各类驱动因素，同时，对与之紧密相关的考核内容展开细致入微的解析；另一方面，全面探究功率预测系统的服务规范，涵盖国内统一遵循的标准、行业内部特有的规范，以及详尽的性能指标设定要求，还有极具影响力的“两个细则”考核衡量标准。进一步地，系统且深入地阐述功率预测系统的功能要求，这其中包含数据要求、软件要求、硬件要求、统计分析要求等，在数据层面涵盖了数据采集要求、数据存储等要求^[10]。

参考文献

[1] GB / T 40407-2021《调度侧风电或光伏功率预测系统技术要求》。

[2] NB / T 10205-2019《风电功率预测技术规定》。

[3] NB / T 31046-2022《风电功率预测系统功能规范》。

[4] 西北监管市场〔2023〕95号-《西北区域电力并网运行管理实施细则》。

[5] 沈继宝. 功率预测对电力现货交易的影响研究 [J]. 产业创新研究, 2023, (12): 151-153.

[6] 张小京, 李晓. 基于间歇式新能源发电功率预测技术的移动通信基站电源管理 [C]//2012年中国通信能源会议论文集. 2012: 216-221.

[7] 李卫. 新能源发电功率预测技术研究与系统开发 [C]//2016年第二届中国电器与能效管理技术高峰论坛论文集. 2016: 80-85.

[8] 陈泽西. 基于新能源发电功率预测的储能系统优化配置研究 [D]. 华北电力大学, 2022.

[9] 马明, 汪宁渤, 马彦宏, 等. 河西新能源基地风光场站群联合发电功率预测技术研究 [C]//甘肃省电机工程学会2014年学术年会论文集. 2014: 112-116.

[10] 李青. 基于深度学习的大规模新能源场站发电功率预测方法研究 [D]. 新疆: 新疆大学, 2023.