

## 风电新能源数字化发展与并网技术探讨

魏久涵

华电河北新能源有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]** 风电新能源是重要清洁能源, 在当代电力系统中有着十分重要的地位, 由于风电出力变化剧烈、随机性较强, 而我国优质风能资源又主要分布在偏远区域, 导致电网难以消纳及调度。数字信息技术的应用, 包括高精度的功率预测、智能化的运维管理, 以及虚拟电厂等, 增加了风电可控程度, 提升了风电场运行效率, 也加强了电网应对风电波动的能力, 但目前数据接口标准不一、系统兼容问题突出、信息安全防护薄弱、业务协调机制缺失等问题制约高比例风电并网, 深入研究风电数字化发展与并网技术问题可以提升风电消纳水平、确保电网安全可靠运行、促进能源绿色低碳转型。

**[关键词]** 风电新能源; 数字化发展; 并网技术

DOI: 10.33142/hst.v9i1.18979

中图分类号: TM732

文献标识码: A

### Exploration into the Digital Development and Grid Connection Technology of Wind Power New Energy

WEI Jiuhuan

Huadian Hebei New Energy Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Wind power new energy is an important clean power source and plays a very important role in contemporary power systems. Due to the drastic and highly random changes in wind power output, and the fact that high-quality wind energy resources in China are mainly distributed in remote areas, it is difficult for the power grid to absorb and dispatch them. The application of digital information technology, including high-precision power prediction, intelligent operation and maintenance management, and virtual power plants, has increased the controllability of wind power, improved the operational efficiency of wind farms, and strengthened the ability of the power grid to cope with wind power fluctuations. However, the current problems such as inconsistent data interface standards, prominent system compatibility issues, weak information security protection, and lack of business coordination mechanisms constrain the high proportion of wind power grid connection. In depth research on the digital development and grid connection technology of wind power can improve the level of wind power consumption, ensure the safe and reliable operation of the power grid, and promote the green and low-carbon transformation of energy.

**Keywords:** wind power new energy; digital development; grid connected technology

#### 引言

伴随着世界范围内的能源结构调整和碳中和目标进程, 风电作为清洁能源之一, 在能源生产与电力供应中扮演着越来越重要的角色, 但是风电新能源存在着出力随机性强、间歇性显著和无法调节等特点, 大规模接入电网后给电力系统的安全稳定运行、调度控制以及能量消纳带来了新的难题; 并且我国优良的风力发电条件多集中在西北、华北等偏僻区域, 负荷中心的错位导致必须依靠长距离大容量输送和局部地区电网网架结构较为薄弱的限制, 进一步加大了风电的并网和消纳的难度, 在此情况下, 风电新能源的智能化发展由此产生, 利用精细化功率预测、智能

化运维、虚拟电厂以及与电网调度无缝衔接等手段不仅可以提高风电的可控性和运行效率, 也可以增加电网应对新能源变化的灵活性, 使风电与电网协调运行。然而风电智能化发展与并网技术在通信协议标准、控制平台融合、网络安全及控制管理协调等诸多方面还存在着很多问题, 阻碍了高渗透率风电并网和智能能源系统的深入发展。基于此, 开展风电新能源智能化发展与并网技术的现状、存在问题及其解决措施的研究工作有着重要的实际和理论意义, 有助于促进风电消纳水平、维护电网的安全可靠运行、加速能源行业的低碳化转型。本文拟分析风电智能化发展与并网的特点、存在的问题及相应的解决方案, 从而为风

电新能源安全、高效、智能并网提供借鉴和帮助。

## 1 风电新能源数字化发展与并网技术的特点

风电新能源的数字化发展与并网技术是实现风电高效、稳定地融入现代电力系统的保障，它的特征主要反映在风电并网的技术特性以及数字化发展能力这两点上。对于并网技术来说，风电出力有很强的随机性和间歇性，风速风向的不断变动使得输出功率波动十分剧烈，对电网实时平衡、安全运行造成极大的压力；而且优质风能多在我国西北、华北等偏远区域，而用电负荷却主要集中在东南沿海一带，长距离、大容量传输问题跟局部地区电网的脆弱结构之间的冲突加大了风电的消化难度。以前风电场使用较多的是异步发电机，它会带来并网点电压闪烁跟谐波污染的问题，会影响到附近用户用电的质量。另外，由于风电不能人为控制，这也对传统电网的调峰、调频跟规划提出了更高的标准，因为要留足额外的备用容量来补偿风电的功率波动所以在某种程度上制约了风电的利用效率。就数字化的发展而言，精准功率预测技术基于数值气象预报，风机实时风速风向信息，风机功率曲线，人工智能算法等手段提高了短时跟超短期发电功率预测准确率从而让风电从一个不可调度电源变成可被调度电源。智能化运维跟巡检通过无人机，高空巡检跟人工智能图像识别系统可以自动识别几百种设备缺陷，包括风机叶片裂纹、销钉丢失等，大大提升了运维的效率跟安全程度、减少了人员投入。数字化平台还能把分散的风电场，储能装置以及可控负荷整合成一个巨大的“虚拟电厂”它可以跟电网调度系统无缝衔接，自动完成调频跟调峰任务，增强电网稳定性，促进清洁能源消纳。

## 2 风电新能源数字化并网面临的问题与挑战

### 2.1 数据标准与系统兼容性问题

风电新能源的数字化并网中存在的标准及系统兼容问题愈发突出。因为风电场投资建造商众多，设备来源广泛，各厂家对数据采集格式、通信规约、接口标准、信息模型等没有统一的标准，造成了风电设备运行数据、监测数据与电网调度系统无法有效互连互通。一些风电场前期建设时期数字化程度低，所使用的软件硬件系统封闭，其与目前的智能电网、新能源调度平台间的数据结构、交互方式有较大差别。这加大了系统的集成和数据交换工作难度<sup>[1]</sup>；而在平台之间、系统之间进行数据传输时，数据的完整性与一致性很难得到保证，容易产生重复数据、丢包、滞后等情况，不利于风电并网运行状况的实时监视与精确分析。

### 2.2 并网消纳能力不足问题

在风电新能源的数字化并网中，由于并网友好程度不够已经成为制约它大规模发展的一个突出问题。由于风能

资源与用电负荷中心的空间不匹配，一些风电基地建设在较为边远的地方，地区电网结构也较为脆弱，输送走廊以及备用容量都十分紧张，无法很好的承受大量的风电并网运行。而且风电出力具有随机性、间歇性和波动性的特点，这与常规电源稳定可控的运行特性有很大的差别，大量接入时会严重影响到系统的频率、电压以及功率平衡，使得电网运行更加不确定。目前的调度方式以及运行机制下电网应对风电功率的变化显得有些力不从心，在某些时刻不得不弃风，造成了资源浪费。

### 2.3 信息安全与网络安全风险

伴随着风电新能源数字化并网水平的不断提高，信息安全及网络安全问题日益显现。风电场广泛接入传感器、通信网及智能化控制系统使得运行数据、控制指令以及调令高度依赖于网络传输，若网络环境遭受干扰或者攻击会威胁风电并网运行安全稳定。因一些风电场率先进行数字化建设，其网络结构以及安全防御机制都较为脆弱，在系统迭代、多系统接入时易出现访问控制松弛、权限管理无序等情况。同时风电并网系统与电网调度系统以及第三方运维平台之间有大量信息交换，在数据传送及保存的过程中存在泄漏、被篡改以及遗失等安全问题，威胁了运行数据完整、准确。

### 2.4 技术与管理协同不足

风电新能源数字化并网存在的问题是技术和管理不同步。近年来数字化技术广泛应用于风电并网领域，系统的组成和运行方式越来越复杂，需要强有力的技术支持以及管理手段保障其正常运转。但在实际运行过程中，一些风电项目片面强调技术体系构建，缺乏相应的管理制度及流程调整来匹配数字化平台的功能，致使两者无法做到有机结合<sup>[2]</sup>。各机构之间业务操作尤其是关于设备维护、数据传输以及并网调峰等任务缺乏明确分工，沟通协调耗时长阻碍了信息流动，限制数字平台的综合效能发挥。

## 3 风电新能源数字化发展与并网技术的优化对策

### 3.1 完善风电数字化技术体系

推进风电数字化技术体系建设需从系统的、协同的、智能的三大维度来整体谋划，从而匹配风电新能源高比例并网以及精细化的运行管理现实要求。在技术体系搭建上要立足于风电场的运行、设备、并网、调度等核心领域，构建起涵盖数据观测、信息传输、智能解析应用决策的一体化框架，为风电运行全环节提供数字化保障。在观测层面，要丰富完善好风电设备在线监控及状态观测方式方法，保障运行数据采集更及时全面、精确到位，为下一步解析调控奠定良好基础。在数据层面，要做好各类多源异构数据的集成治理工作，保障运行数据由“被动记录”转向“主

动分析”，进而提升其质量价值。在此基础上，融入大数据及人工智能算法模型，就风电功率、设备健康水平、运行风险开展深入解析，强化数字化系统应对繁复运行工况的解析处理水平。与此同时还要做好数字化平台与电网调度、运维检修等相关系统的协同衔接，防止形成信息烟囱而让数字化技术成为无根之木，切实发挥好数字化技术对于风电并网运行及管理决策的支持作用。

### 3.2 提升风电并网灵活性与稳定性

增强风电并网运行的灵活性、稳定性是对风电等新能源高比例接入、电网结构不断变化的有效保证，在风电并网运行方面，由于风电出力受自然气象因素制约明显，存在较强的随机性和波动性，如果没有相应的调节控制措施，会对电网的频率、电压、功率平衡造成一定的冲击。所以要在并网运行方面充分利用好数字化信息技术支持手段，通过实时监测风电出力、电网运行、负荷变化等情况，提高电网对于风电波动的实时发现以及迅速反应水平。在调度运行时，利用好数字化信息平台对于长、中、短期运行信息的融合分析，可以增加并网运行决策的精确度和提前量，提高系统复杂运行方式下的灵活调整水平。在并网控制上优化好风电机组并网控制策略，增加风电机组自身的无功调节、频率支撑和出力控制等方面的运行调节效果让风电新能源可以在保证自身稳定运行的情况下逐渐参与到电网的调节过程当中去，减少常规电源的调节负担<sup>[3]</sup>。此外要强化风电场与电网间的联合运行控制，加强双方信息交互、协调控制，减少并网运行控制时的相互协调延迟、反应误差情况，从而减少风电波动带来的电网总体稳定性的冲击。

### 3.3 加强储能与多能互补协同发展

推进储能和多能互补协调发展，是提高风电新能源并网效率和系统稳定性的重要措施，同时也是数字风电运行体系的关键组成部分。在风电并网过程中，因为风电出力随机不稳定，仅依靠电网自身的调节能力无法完全消化吸收这种新能源电力，从而造成了大量的弃风。而储能系统的加入能够完成风电的短时间内的功率平衡以及调峰调频的任务，可以将不稳定的电力变成稳定的电能，增加了并网的灵活性和安全性。与此同时，多个能源之间的互补，即把风电同光伏、水电、天然气以及其他可调节的能源协同合作，从更大的范围实现了能源之间的充分利用，调整了电网的负载情况并且提高了新能源利用率。在数字技术的支持之下，通过风电出力情况、储能情况以及其它各类型能源资源运行状况等信息的实时监测和智能化处理来完成储能以及多能之间的协调控制，使得在由多能源提供的条件下仍然能够保证电网的平稳运行，数字平台也可以利用预测模型的分析计

算以及最优算法来对储能充放电方式及多类型的能源之间的调度做出精确控制，加快系统反应速率，提升调度准确率，使得各种能源之间达到最大程度的协调配合。

### 3.4 推进标准建设与智能化管理

开展标准化、智能化管理工作是保障风电新能源数字化高效率运行和安全可靠并网的关键措施。目前风电行业存在着风电设备种类多样，数据接口不一，通信协议各异，甚至运行管理模式不同的情况，导致风电数字化系统的横向难以做到跨厂家的互联互通，纵向难以做到跨风电场的信息交互共享，因此制定及完善标准化技术体系，统一数据标准，能够有效促进风电并网运行的协同性和并网友好性。建立智能化管理体系能够将风电场生产运行和设备检修与电网调度高度融合，利用数字平台对风电从出生到消亡进行全生命周期的可视化、精细化管理<sup>[4]</sup>。基于标准化前提之上应用先进的 IT 技术和人工智能等算法技术对风电发电功率预测、设备状态分析、运行风险告警提示及调度计划安排等进行自动化的智能管理使决策更加智慧化、快速化。同时标准化、智能化管理相结合还能进一步促进风电与电网之间接口协调性，降低操作和运行的不确定因素，使系统更灵活更稳定。

## 4 结语

风电机组新能源数字化及并网技术深层次的研究，有助于增强风电可控性、促进电网调度运行、加快能源绿色低碳转型，借助高精度功率预测技术、智能运维技术、虚拟电厂、储能及多能互补等技术措施使风电更好地接入到现代电力系统当中，实现可靠安全稳定并网。当前做好数据规范、系统互操作性、信息安全防护以及技术与管理协同等工作是保障风电数字化发展及高比例并网的重要前提条件。今后随着数字化、智能化技术的发展进步，风电不仅是发电端的能源供应方，也将成为电网灵活调节、系统韧性增强、碳中和达成的重要力量，为现代电力系统的安全、高效、绿色提供重要保障。

### [参考文献]

- [1]魏赛.风电新能源数字化发展与并网技术探讨[J].科技视界,2025,15(21):26-29.
- [2]李伟敏.风电新能源数字化发展与并网技术探讨[J].中国自动识别技术,2024(5):43-46.
- [3]陈亮.风电新能源数字化发展与并网技术的研究[J].中国战略新兴产业,2025(12):81-83.
- [4]梁瑞龙.风电新能源发展与并网技术研究[J].产品可靠性报告,2023(6):96-97.

作者简介：魏久涵（1999.4—），工作单位：华电河北新能源有限公司，毕业学校和专业：广西大学，信息安全。