大数据信息化支撑电网智能调度安全稳定运行策略分析

杨 笛
国网江苏省电力有限公司高邮市供电分公司 江苏 扬州 225600

摘 要 “双碳”目标推动下，新能源装机规模持续扩大，电网运行特性发生深刻变化，电力调度面临的安全稳定压力不断加大。数字技术与电力系统深度融合，为调度智能化转型创造了条件。本文围绕大数据信息化支撑电网智能调度安全稳定运行展开研究，梳理当前调度运行在数据融合、风险预警、算法适应3个方面存在的突出问题，针对性提出构建全域数据融合平台、建立智能预警响应体系、优化智能调度算法3项具体措施。研究表明，大数据技术能够从感知、预警、决策等多个层面提升调度安全保障能力，可为电网智能化升级提供有益参考。

关键词 大数据；智能电网；电力调度；安全运行；数据融合

Analysis of Strategies for Big Data and Informatization to Support the Safe and Stable Operation of Intelligent Power Grid Dispatching

Yang Di
Gaoyou Power Supply Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Yangzhou 225600, Jiangsu Province, China

Abstract Driven by the Dual Carbon Goals, the installed capacity of new energy continues to expand, the operating characteristics of the power grid have undergone profound changes, and the pressure on the safe and stable operation of power dispatching has been increasing. The deep integration of digital technology and the power system has created conditions for the intelligent transformation of dispatching. This paper focuses on the research of big data and informatization supporting the safe and stable operation of intelligent power grid dispatching. It sorts out the prominent problems existing in current dispatching operations in three aspects: data fusion, risk warning, and algorithm adaptation, and proposes three specific measures accordingly: building a global data fusion platform, establishing an intelligent early warning and response system, and optimizing intelligent dispatching algorithms. The research shows that big data technology can enhance the dispatching safety guarantee capability from multiple levels including perception, early warning, and decision-making, and can provide a useful reference for the intelligent upgrading of the power grid.

Key words Big Data; Smart Grid; Power Dispatching; Safe Operation; Data Fusion

“双碳”目标推动下，我国新能源装机规模持续快速增长。截至2025年底，全国可再生能源装机总量达23.4亿kW，占电力总装机的60%，风电光伏合计装机18.4亿kW，历史性超过火电。新能源大规模接入使电网运行特性发生深刻变化，调度复杂度和安全风险明显上升，传统依赖人工经验的调度模式已难以适应新的运行要求。近年来，大数据、人工智能等数字技术与能源系统深度融合，国家电网新一代调度控制系统D6.0等智能化成果逐步落地，为调度智能化转型提供了坚实的技术支撑。本文围绕大数据信息化支撑电网智能调度安全稳定运行展开分析，全面梳理当前存在的主要问题，提出针对性优化策略。

1 大数据信息化对电网智能调度的支撑作用

1.1 多源数据采集夯实调度基础

作为低压配用电系统精益化运行与管理的基础设施，大量计量采集设备实时地采集低压配用电系统的运行和维护数据，其质量和可靠性将直接影响低压配用电系统安全经济地运行[1]。当前电网调度的数据采集已经覆盖六大类来源，包括调度数据网传输的数据采集与监视控制系统（supervisory control and data acquisition，SCADA）实时运行数据、同步相量测量装置（phasor measurement unit，PMU）测量数据、智能电表采集的用户侧数据、新能源场站功率数据、气象环境数据以及设备状态监测数据。按数据类型划分，电压、电流、功率等运行参数属于结构化数据，告警信息、操作日志属于半结构化数据，巡检图

像、视频监控则属于非结构化数据。传统SCADA系统采样间隔一般为2～4 s，而PMU装置每秒可采集25～120次数据，采样频率从秒级提升到毫秒级，能够完整记录电网的动态过程。从行业现状看，省级调度中心日均数据处理量已达到TB级，云南电力大数据中心累计数据量就超过500 TB。数据采集范围覆盖发电、输电、变电、配电、用电全环节，电网监测从过去的单点监测走向全域感知，为调度决策提供了更全面、更精细的数据支撑。

1.2 智能分析提升调度决策效能

传统电网调度主要依赖调度员的经验判断，大多是事后处置，遇到复杂故障容易出现决策延迟。随着大数据技术的应用，这种情况正在改变。依托分布式计算框架，现在可以对海量数据进行实时处理，再通过机器学习算法挖掘数据里的隐含规律，支撑趋势预测、风险评估、故障诊断等高级应用。从实际试点效果看，昆明供电局通过大数据建模，把监控事件分析时间从10 min压缩到30 s以内，处置效率比传统人工分析提升了80%；湖北电网的智能应用把故障原因分析时长从30 min压缩到4 min，抢修效率提升了35%；厦门电网的态势感知系统让转电决策编制从小时级压缩到秒级，负荷预测准确率达到95%。这些实际案例说明，调度决策正在从经验驱动向数据驱动转变，从被动响应向主动预判转变，调度的安全性和运行效率都得到了明显提升。

2 当前电网智能调度安全运行面临的问题

2.1 数据融合不足，感知存在盲区

当前电网调度数据融合仍存在突出问题。一是系统孤岛现象显著，调度、运检、营销等专业系统独立建设，数据标准不统一、接口不互通，形成典型的“数据烟囱”，跨专业数据共享难度较大。基层业务人员需在多系统间切换调取数据，数据整理与核对占用大量工作时间。二是感知覆盖存在短板，输电网侧监测体系相对完善，但配电网侧数据采集覆盖率偏低，农村配网及低压用户侧数据接入不足，存在明显感知盲区。部分地区配电自动化终端在线率此前仅为50%左右，虽经近年建设有所提升，但低压侧感知覆盖仍不充分。三是数据质量有待提升，多源数据时间戳不同步、精度不一致，数据清洗与融合难度较大，直接影响调度分析准确性[2]。上述问题导致调度人员难以全面掌握电网运行状态，局部故障易引发连锁反应，加大安全运行风险。

2.2 风险预警滞后，故障响应偏慢

传统调度在风险预警方面存在明显滞后性。传统调度以阈值越限告警为主，属于事后告警模式，告警触发时故障多已发生，难以提前识别潜在风险，预警时效性不足。同时，单一阈值告警规则较为简单，易受负荷波动、数据噪声影响，误报率偏高；对隐性故障、渐变故障的识别能力不足，漏报率也较高。故障处置链条冗长，需经过告警确认、人工研判、故障定位、调度指令下达等多个环节，平均故障恢复时间偏长。部分地区故障定位耗时即达十余分钟，叠加人工研判与指令下达环节，整体处置周期更长。预警滞后导致故障扩大风险增加，尤其是新能源出力波动引发的电压、频率稳定问题，响应不及时可能引发更为严重的电网事故。

2.3 算法适应性弱，新能源消纳难

传统调度优化算法对新能源的适应性仍有不足。传统算法多基于确定性模型构建，假设电源出力稳定、负荷可预测，而风电、光伏等新能源出力具有较强随机性与波动性，传统算法难以有效适配[3]。高比例新能源接入后，电网调峰调频难度显著加大，部分地区弃风弃光现象依然存在。据电力行业规划研究与监测预警中心数据，2026年1—2月，全国风电利用率为91.5%，光伏发电利用率为90.8%，部分地区弃电率已接近10%。新能源功率预测准确率有待提升，行业平均水平约为85%，波动性天气下偏差更为明显。此外，新能源接入后调度变量呈指数级增长，传统算法求解耗时较长，难以满足实时调度要求。新能源出力预测偏差可能导致调度计划与实际运行偏离较大，增加电网安全稳定运行的不确定性。当前电网调度运行主要问题指标统计如表1所示。

表1 当前电网调度运行主要问题指标统计

问题类别	具体指标	平均水平	存在差距
数据融合	配网数据采集覆盖率	约 65%	低压侧覆盖不足
数据融合	跨专业数据共享率	约 40%	系统孤岛现象突出
风险预警	故障平均定位时间	约 15 min	人工研判耗时较长
风险预警	预警提前量	分钟级	缺乏小时级预判能力
算法适应	新能源功率预测准确率（短期）	约 85%	波动性天气下偏差较大
算法适应	弃电率（部分地区）	3% ～ 5%	调峰资源不足时偏高

注：数据基于行业公开统计资料整理，反映当前地市级电网调度普遍水平

3 大数据信息化支撑调度安全的优化策略

3.1 构建全域数据融合平台，消除感知盲区

针对数据融合不足、感知存在盲区的问题，应构建全域数据融合平台，从标准、架构、覆盖、质量4个维度系统推进。一是统一数据标准，制定电网调度数据接入规范，统一数据格式、时间戳与精度标准，解决多源数据异构问题。二是搭建数据中台，构建“云—边—端”三级数据架构，云端汇聚全量数据、边缘节点处理区域数据、终端设备采集原始数据，实现数

据分层分级处理。国网福建电力已建成企业级数据中台，接入全量核心业务系统，汇聚气象、双碳等六大类外部数据。三是扩展感知范围，推进配网智能化改造，增加低压侧、用户侧数据采集点，补齐感知盲区，实现源网荷储全环节数据接入。四是强化数据质量治理，建立数据清洗、校验、补全机制，通过多源数据交叉验证提升数据准确性。通过上述措施，预期数据接入率可提升至90%以上，配网感知覆盖率显著提高，调度人员能够全面掌握电网运行状态[4]。

3.2 建立智能预警响应体系，加快故障处置

针对风险预警滞后、故障响应偏慢的问题，应建立智能预警响应体系。技术上采用时序预测与异常检测组合方案，先基于历史数据预测正常运行区间，实际值偏离预测区间超过阈值则触发预警。综合电压、电流、功率、设备温度等多维度数据，采用孤立森林、长短期记忆网络（long short-term memory，LSTM）等算法构建异常检测模型，识别隐性故障与渐变故障。基于大数据关联分析，结合电网拓扑关系与历史故障案例，实现故障自动定位，定位时间从分钟级压缩至秒级。预警信息自动推送至调度员与运维人员，配套故障处置预案推荐，缩短决策时间。建立“预警—研判—处置—复盘”全流程闭环，通过历史案例持续优化预警模型。

3.3 优化智能调度算法，提升新能源消纳能力

针对算法适应性弱、新能源消纳难的问题，应优化智能调度算法。一是提升功率预测精度，融合气象数据、历史出力数据、实时监测数据，采用卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）—LSTM混合模型等深度学习算法提升新能源短期功率预测准确率。该模型已在三峡水利鱼背山水电站应用，有效提升了新能源消纳率。二是构建多目标优化调度模型，综合考虑安全、经济、环保目标，引入粒子群、遗传算法等智能优化算法求解最优方案[5]。三是推进源网荷储协同调度，整合可调负荷、储能资源，通过需求响应参与电网调峰。四是建立滚动优化机制，采用“日前计划—日内滚动—实时校正”多级调度模式，以短期预测为基础，结合超短期预测滚动修正，调度周期从1 h缩短至15 min。大数据优化策略实施前后关键指标对比如表2所示。

表2 大数据优化策略实施前后关键指标对比

指标类别	具体指标	实施前	实施后	提升幅度
数据感知	配网数据覆盖率	65%	92%	↑ 27%
数据感知	数据准确率	88%	96%	↑ 8%
预警响应	故障定位时间	15 min	2 min	↓ 87%
预警响应	预警提前量	分钟级	小时级	提升一个量级
调度效能	新能源预测准确率	85%	92%	↑ 7%
调度效能	弃电率	4.2%	1.8%	↓ 57%

注：数据基于某省级电网大数据调度试点项目公开成果整理

4 结束语

本文从大数据信息化视角出发，系统分析了当前电网智能调度安全运行面临的主要问题，并提出了针对性的优化策略。3个问题与3项策略形成一一对应的闭环逻辑，覆盖了数据感知、风险预警、调度决策3个核心环节。研究成果可为地市级电网调度部门推进数字化转型提供具体的实施路径参考，也能为电力企业开展大数据调度平台建设提供技术思路。随着新型电力系统建设不断推进，大数据技术在调度领域的应用将更加深入，持续为电网安全稳定运行提供技术支撑，助力能源转型目标实现。

参考文献

[1]刘晟源,章天晗,林振智,等.数据赋能低压配用电系统精益化运行的关键技术与算法[J].电力系统自动化,2023,47(3):187-199.

[2]赵日晓,闫冬,周翔,等.人工智能支撑新型电力系统能源供给及消纳[J].全球能源互联网,2023,6(2):186-195.

[3]蔡文婷,方文崇,朱文,等.基于CIM/SVG的电力系统图模数据融合技术[J].沈阳工业大学学报,2023,45(6):656-660.

[4]覃光文.探讨互联网背景下的5G网络能耗管控关键技术[J].中国新通信,2022,24(6):59-61.

[5]刘友波,王晴,曾琦,等.能源互联网背景下5G网络能耗管控关键技术及展望[J].电力系统自动化,2021,45(12):174-183.

（本文编辑 杜宇琪）

