

基于大数据技术的电力管理与改进研究

何 弦

乐山电力股份有限公司五通桥分公司 四川 乐山 614000

摘 要：本文概述了大数据技术在电力管理中的应用与改进策略，文章介绍了电力大数据的内涵、特征及技术体系，分析了传统电力管理存在的问题及其对大数据技术的需求。在关键环节的应用部分，详细探讨了大数据技术在发电侧、输配电侧、用电侧以及电力市场运营中的实际应用案例。因此，提出了基于大数据的电力管理改进策略，为电力行业的数字化转型提供有益的参考。

关键词：大数据技术；电力管理；风险管理

1 大数据技术与电力管理的理论基础

1.1 电力大数据的内涵与特征

电力大数据是电力系统全链条中产生的海量、多源数据集合，涵盖发电、输电、配电及用电各环节，并融合外部关联数据。其特征表现为“4V+1C”：规模大，单省级电力公司数据量日均达TB级；高速性要求毫秒级监测数据采集与处理；多样性体现在数据结构复杂；价值密度低，需深度挖掘以提取有效信息；复杂性源于数据的强时空关联性。这些数据对于电力系统的运行、管理及服务具有重要意义，是提升电力管理效率、优化资源配置、增强系统稳定性与可靠性的关键基础。

1.2 大数据技术体系概述

1.2.1 大数据技术架构精简说明

电力大数据技术架构以数据全生命周期管理为核心，分为五层。感知层依靠智能传感器、智能电表和PMU等设备，在发电、输电和用户终端等场景进行数据采集。传输层通过4G/5G、光纤专网和LoRa等通信技术，搭建起高速、可靠且低延迟的数据传输网络，满足多样化的数据传输需求。存储层利用Hadoop分布式文件系统（HDFS）和HBase等技术，实现多源异构数据的分布式存储，并通过数据仓库进行结构化数据管理。分析层是数据处理的核心，运用Spark、Flink等计算框架及机器学习、深度学习算法挖掘数据价值。应用层则针对发电、故障诊断和负荷预测等场景，开发可视化系统以支持管理决策。此外，边缘计算与云计算的协同架构正在成为趋势，分别处理实时数据预处理与大规模数据深度挖掘任务^[1]。

1.2.2 关键支撑技术简述

数据采集方面，智能传感器、智能电表和PMU装置分别实现设备参数的实时监测、用户用电行为的记录以及电力系统暂态特性的捕捉。存储技术中，HDFS支持PB

级数据分布式存储，HBase适用于高频电力数据存储，而Redis作为缓存数据库，可大幅提升实时数据访问速度。分析技术则包括统计分析、机器学习和图计算三类，分别用于基础数据趋势研判、负荷预测与故障诊断以及配网拓扑关系分析。可视化技术通过ECharts、Tableau等工具，将数据直观呈现，辅助管理决策。

1.3 大数据驱动的电力管理模式变革

传统电力管理以“经验驱动、分散决策”为核心，各环节独立运行，数据共享不足。大数据技术推动管理模式向“数据驱动、全局协同”转型：在决策逻辑上，从依赖人工经验判断转向基于数据挖掘的量化分析，如负荷预测从“趋势外推”升级为“多因素智能预测”；在管理范围上，从单一环节优化拓展至“发-输-配-用”全链条协同，如用户用电数据可反哺发电侧调度，实现供需精准匹配；在响应方式上，从“事后处置”转变为“事前预测、事中干预”，如通过设备状态数据提前预警故障，减少停电时间。

2 传统电力管理的现存问题与大数据需求

2.1 传统电力管理的核心痛点

2.1.1 数据处理能力不足

传统电力管理系统多为孤立系统（如SCADA、EMS、营销系统），数据标准不统一，难以实现多源数据整合。淄博市电力公司拥有20余个独立数据系统，数据接口达50余种，跨系统数据查询需人工协调，耗时耗力。同时，传统系统以结构化数据处理为主，对设备日志、红外图像等非结构化数据的处理能力薄弱，利用率不足10%。在实时处理方面，面对毫秒级采集的暂态数据，传统系统处理延迟超1秒，无法满足电力系统快速调度需求，如新能源出力波动时，调度指令下发滞后易导致频率不稳定。

2.1.2 决策科学性与精准度欠缺

传统电力管理依赖人工经验进行决策,误差率较高。负荷预测环节,采用简单趋势外推法,短期预测误差常超10%,济南城市电网因负荷预测偏差过大,导致峰时供电紧张、谷时电力过剩,年浪费电量超1亿kWh。设备运维采用“定期检修”模式,无论设备状态如何均按固定周期检修,山东输电公司每年因过度检修产生的成本超千万元,而部分隐性故障却因未及时发现导致停电事故^[2]。故障诊断依赖人工现场排查,青岛配网故障平均定位时间达2小时,严重影响供电可靠性。

2.1.3 各环节协同联动性差

发电、输电、配电、用电各环节存在严重数据壁垒,信息传递滞后。发电侧无法及时获取用户用电需求变化,导致机组出力调整不及时,大唐黄岛火电厂因供需信息不对称,机组启停调峰成本增加20%。配电侧与用电侧数据不通,配网规划仅依据历史负荷数据,未考虑用户用电行为变化,潍坊新建小区因配网容量不足,入住后频繁发生跳闸事故。电力企业与气象、交通等部门缺乏数据协同,极端天气来临时,无法提前调整电力供应方案,如台风天气导致浙江沿海输电线路倒塔,因未提前预警造成大面积停电。

2.2 电力管理的大数据应用需求

针对上述痛点,电力管理对大数据技术的需求日益迫切。在精准预测方面,需通过大数据分析提升负荷预测、新能源出力预测精度,支撑电力资源优化配置,短期负荷预测误差需降至5%以内。在智能运维领域,需利用设备运行大数据构建状态评估模型,实现“状态检修”替代“定期检修”,降低运维成本30%以上。在协同调度层面,需打破数据壁垒,实现“发-输-配-用”数据实时共享,提升系统整体运行效率。在用户服务方面,需基于用电大数据提供个性化服务,如节能建议、分时电价推荐,提升用户满意度。

3 大数据技术在电力管理关键环节的应用

3.1 发电侧管理的大数据应用

大数据技术助力发电侧实现“高效、清洁、经济”运行。在新能源管理中,整合风电、光伏历史出力数据与风速、光照、温度等气象数据,构建LSTM(长短期记忆网络)预测模型,张家口风电场通过该模型将短期出力预测误差从15%降至6%,为机组组合优化提供依据。火电机组优化方面,采集锅炉温度、汽轮机压力、烟气排放等200余项运行参数,采用XGBoost算法识别能效损耗点,华能德州300MW火电厂通过优化燃烧参数,煤耗率降低2.5g/kWh,年节约标准煤超1万吨。另外,基于大数据构建发电侧风险管理模型,实时监测设备振动、油

液指标等数据,提前预警设备故障,三峡水电厂通过故障预警系统避免了发电机定子绕组烧毁事故,减少损失超千万元。

3.2 输配电侧管理的大数据应用

输配电侧借助大数据提升设备可靠性与供电质量。输电线路监测中,通过无人机巡检采集线路红外图像、可见光视频,结合图像识别算法自动检测导线断股、绝缘子污秽等缺陷,国家电网山西输电公司采用该技术后,缺陷检出率提升80%,巡检效率提高3倍。变压器状态评估方面,整合油中溶解气体、局部放电、温度等数据,构建随机森林故障诊断模型,预警准确率达92%,上海500kV变电站通过模型提前10天发现变压器潜伏性故障,避免了停电事故。配网优化中,利用图计算技术分析配网拓扑与负荷分布数据,优化线路重构与无功补偿配置,广州城市配网通过优化,线损率从6.8%降至5.2%,年减少线损电量8000万kWh。故障处理环节,基于配网终端实时数据与故障录波,采用DBSCAN聚类算法快速定位故障点,深圳城区配网故障定位时间从2小时缩短至15分钟^[3]。

3.3 用电侧管理的大数据应用

用电侧大数据应用聚焦“需求响应与精准服务”。负荷预测方面,构建“区域-行业-用户”三级预测模型,融合用户用电行为、节假日、产业政策等多维度数据,江苏省省级电网将区域日负荷预测误差控制在4%以内,支撑有序用电方案制定。需求响应管理中,通过智能电表采集用户实时用电数据,识别高耗能用户与可调节负荷,在用电高峰时推送电价激励信号,苏州试点城市通过需求响应削减高峰负荷10万千瓦,减少峰时供电压力。用户服务升级方面,基于用电数据画像为用户提供个性化服务,如为工业用户提供节能改造建议,为居民用户推荐分时电价套餐,国网杭州电力公司通过个性化服务,用户满意度提升至96%。

3.4 电力市场运营的大数据应用

大数据为电力市场高效运行提供支撑。在交易结算中,整合市场主体报价、电量成交、输配电价等数据,构建智能结算系统,实现交易电量、费用的自动核算,华北区域电力市场通过该系统将结算周期从5天缩短至1天,结算误差率降至0.1%以下。市场分析方面,采用关联规则挖掘算法分析交易数据,识别市场力滥用、异常报价等行为,维护市场公平秩序,基于大数据预测市场供需趋势,优化现货市场价格机制,广东试点地区通过供需预测调整分时电价,引导用户错峰用电,峰谷负荷差缩小15%。

4 基于大数据的电力管理改进策略

4.1 电力大数据平台构建与升级

构建一体化、标准化的电力大数据平台是实现高效电力管理的基础。在数据采集与存储层面，我们部署了覆盖发电、输电、配电、用电各环节的智能感知网络，采用边缘节点与云中心相结合的架构。边缘节点负责数据的实时预处理工作，如滤波和异常值剔除，而云中心则利用HDFS+HBase分布式存储系统，实现了多源数据的高效统一管理和快速访问。这一平台每日能处理高达数TB级的数据存储与访问需求。在数据治理方面，建立标准化的处理流程，通过数据清洗去除冗余和错误，确保数据准确率高达99%以上。同时，采用数据脱敏技术保护用户隐私，并统一数据编码与接口规范，打破了部门间的数据壁垒，显著提升了数据共享效率。

4.2 分析算法与模型的创新与优化

在大数据分析中，算法与模型的优化对于提升分析的精度和效率至关重要。针对复杂场景，构建了多算法融合模型。例如，在新能源高渗透率的情况下，融合了LSTM预测模型与安全约束经济调度（SCED）物理模型，实现了调度方案制定的时间缩短与新能源消纳率的提升。为了适应边缘计算的需求，还对算法进行了轻量化优化，将配网故障诊断算法部署至边缘终端，实现了故障的就地分析与快速响应^[4]。另外，建立模型迭代机制，定期纳入新数据来更新模型参数，确保负荷预测等模型的预测精度能够持续提升，为电力管理提供有力的决策支持。

4.3 数据安全性与隐私保护的强化措施

构建全方位、多层级的数据安全防护体系是确保电力数据安全的关键。技术层面，采用SSL/TLS加密协议保护数据传输过程，运用AES-256加密算法加密数据存储，有效防范数据泄露风险。同时，实施基于角色的访问控制（RBAC）策略，根据岗位职责精准分配数据访问权限，确保数据访问的合规性。此外，部署高效的入侵检测系统（IDS）与防火墙，实时监测并防御网络攻击，显

著提升系统安全性。隐私保护方面，创新引入联邦学习技术，实现跨机构数据协同分析而不泄露原始数据，有效平衡数据共享与隐私保护的需求。

4.4 跨领域数据融合与协同机制构建

推动电力大数据与其他领域数据的深度融合，对于提升管理协同效率至关重要。构建“电力+气象”协同平台，整合电力数据与气象预警信息，精准预测极端天气对电力系统的影响，为制定应急响应策略提供科学依据，显著缩短停电时间。同时，建立“电力+工业”协同机制，通过分析工业用电数据与生产活动数据，为产业升级提供精准指导，助力企业节能减排。此外，积极探索电力数据与交通、建筑等领域的融合应用，如优化电动汽车充电桩布局，提升充电设施利用率。通过建立多部门协同决策机制，定期召开数据共享与交流会议，有效解决数据融合过程中的标准统一与权责划分问题，推动各领域数据资源的高效利用。

结束语

综上所述，大数据技术在电力管理中展现出了巨大的潜力和价值。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，大数据将在推动电力行业智能化、精细化发展方面发挥更加重要的作用。未来，我们应持续关注大数据技术的最新进展，积极探索其在电力管理中的创新应用，为构建安全、高效、绿色的现代电力系统贡献力量。

参考文献

- [1]杨婕.基于大数据技术的电力工程招投标管理改进方法[J].自动化应用,2024,65(22):144-146.
- [2]张亮亮.大数据背景下电力信息管理的创新路径[J].濮阳职业技术学院学报,2024,37(06):15-17.
- [3]曾长轩,杜杨,马勋,王海金.基于大数据技术的电网管理系统分析[J].集成电路应用,2024,41(09):194-195.
- [4]郎楠,孙冬蕊,房天强.大数据技术在电力管理优化中的应用[J].电子技术,2024,53(02):152-153.