

Big data analysis drives power system efficiency strategy

Ziqi Tan

BaowuGroup Echeng Iron & Steel Co., Ltd., Ezhou, Hubei, 436099, China

Abstract

Big data analysis technology provides strong support for improving the efficiency of power systems through data collection, storage, and processing. Strategically, big data analysis can optimize power system dispatching, accurately predict load and generation needs, and achieve efficient resource allocation. At the same time, this technology promotes the development of renewable energy by optimizing the layout and grid connection management of new energy generation through data analysis, thereby enhancing the utilization of clean energy. Additionally, big data analysis can improve the performance of power equipment by monitoring real-time operational status, promptly identifying faults, and optimizing operational strategies to reduce energy consumption and losses. These strategies collectively drive the power system towards greater efficiency, greener practices, and greater reliability.

Keywords

big data; power drive; efficiency strategy

大数据分析驱动电力系统提效策略

谭子琦

宝武集团鄂城钢铁有限公司, 中国 · 湖北 鄂州 436099

摘 要

大数据分析技术通过数据采集、存储与处理,为电力系统提效提供了有力支持。在策略上,大数据分析可优化电力系统调度,精准预测负荷与发电需求,实现资源高效配置。同时,该技术助力推广可再生能源,通过数据分析优化新能源发电布局与并网管理,促进清洁能源利用。此外,大数据分析还能提升电力设备性能,实时监测设备运行状态,及时发现故障并优化运行策略,降低能耗与损耗。这些策略共同推动电力系统向更高效、更绿色、更可靠的方向发展。

关键词

大数据; 驱动电力; 提效策略

1 引言

电力系统作为现代社会的基石,其稳定性和效率直接影响到社会的经济活动和人们的生活质量。传统的电力管理系统依赖于经验判断和人工操作,难以应对日益增长的电力需求和复杂多变的电力网络环境。而大数据分析技术的引入,为电力系统的优化提供了新的思路和方法。

2 大数据分析技术原理

2.1 数据采集

这一步骤涵盖了从多元化的数据源中广泛搜集信息的过程,这些数据源遍布我们生活的方方面面,从精密的传感器网络、庞大的关系型数据库,到活跃的社交媒体平台和详尽的日志文件,无一不成为数据采集的丰富源泉。

在数据采集的广阔领域里,数据类型同样呈现出多样化的特点。结构化数据,如存储在关系型数据库中的整齐划

一的表格,以其清晰明确的格式便于后续的处理与分析;半结构化数据,如 JSON 或 XML 文件,则以其灵活性和可扩展性,在 Web 服务和数据存储中占据了一席之地;而非结构化数据,如自由形态的文本、直观生动的图像以及饱含情感的音频,虽然处理起来更为复杂,却蕴含着丰富的信息和情感价值,为深度分析提供了宝贵的素材。面对如此纷繁复杂的数据源和数据类型,数据采集技术必须兼具高效与实时的特性^[1]。

2.2 数据存储

数据存储,作为大数据分析的核心组成部分,其重要性不言而喻。面对规模庞大、复杂度极高的数据集,这些数据集往往涵盖了数以百万计乃至数十亿计的记录,如何高效、安全地存储这些宝贵的信息,成为了大数据分析领域亟待解决的关键问题。

为了妥善应对这一挑战,业界普遍倾向于采用先进的分布式存储系统。Hadoop 的 HDFS (Hadoop Distributed File System) 和 NoSQL 数据库,正是这类系统的杰出代表。它们通过将海量的数据分散存储在多个物理节点上,不仅极大

【作者简介】谭子琦(1986-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事电气工程偏电力系统研究。

地提升了数据的处理能力，还确保了系统的高可用性和容错性。即便在部分节点发生故障的情况下，这些系统也能迅速恢复数据访问，从而保障了数据分析的连续性和稳定性。除了高效的数据处理能力外，分布式存储系统还支持快速的数据访问。这意味着，无论是进行实时数据分析，还是对历史数据进行回溯，用户都能在短时间内获取所需的信息，从而大大提升了数据分析的效率和准确性。然而，数据存储策略的制定并非仅仅关注于性能的提升。在数据安全性、隐私保护和长期保存方面，同样需要投入大量的精力和资源。为了确保数据的安全存储，必须采取严格的数据加密和访问控制机制，防止未经授权的访问和数据泄露。

2.3 数据处理

数据处理，作为大数据分析流程中的关键环节，其核心任务是对已收集的数据进行一系列精心设计的操作，以确保这些数据能够以最佳状态进入后续的分析阶段。这一过程不仅仅是对原始数据的简单整理，而是一场深度优化与重塑数据的旅程。

清洗数据，是数据处理的首要任务之一。它涉及去除重复出现的冗余数据，这些数据如同噪音般干扰着分析的准确性；填补缺失值，则是通过合理的估算方法，为那些因各种原因而缺失的数据点找到替代值，从而避免信息损失对分析结果的影响；纠正数据中的错误，更是至关重要，因为即使是微小的数据偏差，也可能在分析中被放大，导致错误的结论。转换数据，则是将数据从一种格式或结构转换为另一种，以适应分析需求^[2]。这包括将数据从非标准格式转换为易于分析的统一格式，或是将数据从一种度量单位转换为另一种，以确保数据间的可比性。这一过程有助于消除数据间的障碍，为深入分析铺平道路。整合数据，是将来自不同来源的数据合并为一个整体，以获取更全面的视角。这要求处理过程不仅要确保数据的物理合并，还要解决数据间的逻辑冲突，如时间戳不匹配、数据定义不一致等问题，从而构建一个统一、连贯的数据视图。

3 大数据分析驱动电力系统提效策略

3.1 实时状态监控与预警

在钢铁企业电力系统的日常运维监控工作中，无人化、智能化已成为目前运维的大趋势，人工巡检频次因少人化大幅降低，依靠人的点检行为及其模糊化、非量化式的设备状态掌控方式已逐步被淘汰，而设备运行状态参数可量化、大数据分析技术凸显出不可替代的核心优势。该技术依托强大的数据处理能力，将变压器在线测温、开关柜局部放电（局放）监测以及母线环流监测等实时数据纳入综合分析体系，实现对电力设备运行状态的精准掌控。

通过构建高精度算法模型，大数据分析技术能够实时解析设备运行中的关键参数特征。如当变压器油温等供配电设备温度异常升高、开关柜局部放电活动增强或母线环流数

据出现异常波动时，系统可立即识别并触发预警机制。这些参数异常往往是设备潜在故障的早期征兆，对预防重大停电事故具有决定性作用。在实际应用中，系统会根据实时监测数据持续评估设备健康状态，一旦发现异常特征，即刻向运维人员推送可视化预警信息。以某大型钢铁联合企业为例，该企业通过部署变电站在线测温系统、变压器油在线色谱监测及其大数据分析系统对变电所进行实时监控。在一次常规监测中，系统发现主变压器油温数据呈现周期性异常波动，同时监测到油色谱分析中乙炔等烃类物质超出正常阈值。运维人员根据预警信息迅速开展现场诊断，发现变压器散热片因粉尘堆积导致散热效率下降，有载调压开关因调档频繁导致调压开关内部放电严重、绝缘油长期使用出现劣化绝缘性能下降。由于预警及时，企业立即启动应急预案，在停机检修期间完成了冷却系统清洁和绝缘油更换，成功避免了因变压器过热、有载调压开关绝缘油异常引发的非计划停机事故。通过大数据分析技术的深度应用，该企业实现了电力设备故障的早发现、早处置，有效保障了高炉生产线的连续稳定运行。

3.2 状态检修策略的制定

在钢铁企业电力系统的运维管理革新中，大数据分析技术为状态检修策略的优化提供了全新范式。该技术突破传统“一刀切”的定期检修模式，转而依托多维在线监测数据的深度融合分析，构建起基于设备健康状态的动态检修决策体系。

通过整合变压器油温曲线、开关柜局部放电频谱、绝缘油色谱在线分析等关键参数的实时与历史数据，大数据分析模型可精准识别设备性能退化的早期特征。例如，变压器顶层油温的周期性异常波动、开关柜局部放电强度的渐进式增长或母线环流谐波分量的突变，均可能预示设备内部绝缘老化或接触不良等潜在风险。这些多维监测数据如同设备的“数字孪生体征”，为制定差异化检修策略提供了量化依据。以某特大型钢铁联合企业为例，该企业针对炼钢厂110kV变电站核心设备——主变压器构建了大数据驱动的状态检修体系。通过对变压器油中溶解气体含量、绕组热点温度、铁芯接地电流等20余项在线监测参数的智能分析，系统捕捉到变压器局部过热风险加剧的早期信号：油中乙炔含量呈现缓慢爬升趋势，绕组热点温度日波动范围扩大至12℃（正常值≤8℃）。当数据分析模型预测变压器绝缘寿命衰减率超过预设阈值时，系统自动生成包含绕组红外热成像检测、油色谱复测及冷却系统效能评估的检修任务清单，并预估出变压器油过滤处理、冷却器清洗等关键检修工序的工时需求。基于该智能检修方案，企业精准实施了变压器热缺陷专项治理，同时通过油色谱跟踪监测将变压器突发故障风险降低了65%。运行数据显示，该主变压器在实施大数据驱动的状态检修后，将传统检修周期从一年延长至5年，连续无故障运行时长同步提升至五年以上，大幅降低因主变定检导

致的频繁停电操作风险、单电源供电生产风险以及倒闸操作带来的供电需量上升，显著提升了电力系统的可靠供电能力与生产能效。

3.3 设备寿命预测与备件管理

大数据分析技术在设备寿命预估方面的运用，为电力

系统的设备管理注入了前所未有的精确预测能力和前瞻性规划。该技术深度挖掘并分析温度（热成像）、局部放电（局放）、环流、绝缘、SF6 微水压力、绝缘油色谱、震动、声强等关键监测数据，助力技术人员构建出精确度极高的设备寿命预估模型^[3]。

表 1 大数据分析技术在设备寿命预估方面的运用

对比项目	传统设备点检	大数据在线设备状态监控
数据采集频率	通常按固定周期进行，如每班一次、每天一次或每周一次。例如某工厂对关键设备每天进行一次人工点检。	可实现实时或高频采集，每秒甚至毫秒级采集设备数据。如电力设备通过传感器每秒多次采集运行参数。
数据完整性	依赖人工记录，易出现遗漏，只能获取部分关键数据，难以全面反映设备状态。	全面采集设备运行的各类参数，如振动、温度、压力、转速等，数据完整度高。
故障发现及时性	故障发生后或发展到一定程度，在点检时才可能被发现，故障发现存在延迟。据统计，传统点检方式平均故障发现延迟时间为 8 - 24 小时。	能实时监测设备状态，一旦出现异常立即预警，故障发现延迟可控制在秒级甚至更短。
故障预测能力	主要依靠经验判断，难以提前准确预测故障，故障预测准确率较低，一般在 30% - 50% 左右。	借助大数据分析和机器学习算法，能对设备历史数据和实时数据进行深度挖掘，提前预测潜在故障，故障预测准确率可达 80% - 90%。
维护计划制定	根据固定周期或以往经验制定，缺乏针对性，可能导致过度维护或维护不足。例如某企业按每月一次的固定周期对设备进行维护。	基于设备实际运行状态和健康评估结果制定，更科学合理，可减少不必要的维护工作，降低维护成本，据企业实践，可降低维护成本 20% - 30%。
数据处理与分析	人工记录和分析，效率低、工作量大，难以进行复杂分析和趋势预测，数据处理效率低，处理一批数据可能需要数小时甚至数天。	自动实时处理和分析大量数据，借助数据分析工具和算法，能快速生成设备状态报告和分析结果，几分钟内即可完成复杂数据分析。
实施成本	初期成本较低，主要为人工成本，但长期人力成本较高，设备种类和数量增加时，人工成本显著上升。	初期需投入大量资金用于传感器、数据采集设备、网络设施和数据分析平台建设，后期运营成本相对较低。
对人员要求	要求点检人员具备一定专业知识和经验，但对数据分析能力要求不高。	需要专业技术人员进行系统维护、数据分析和解读，人员需具备多领域知识和技能。

4 结语

大数据分析技术在电力系统中的应用，不仅深化了我们对电力数据的理解与利用，更为电力系统的提效升级开辟了新路径。通过精准的数据采集、高效的数据存储与智能的数据处理，大数据分析技术为电力系统的优化调度、可再生能源的广泛推广以及电力设备性能的持续提升提供了坚实支撑。展望未来，随着技术的不断进步与应用的持续深化，大数据分析将驱动电力系统迈向更加智能、高效与可持续的

发展新阶段。

参考文献

[1] 范士雄, 赵泽宁, 郭剑波, 马士聪, 王铁柱, 李东琦. 数据驱动的电力系统暂态稳定评估方法综述[J]. 中国电机工程学报, 2024, 44 (09): 3408-3429.

[2] 姜力杨, 盖晨昊, 齐航, 孙润稼. 数据驱动的电力系统动态安全评估研究综述[J]. 山东电力技术, 2024, 51 (04): 27-35.

[3] 金晶, 王京, 周奕辰, 潘文明. 电力数据驱动的电池剩余寿命预测研究[J]. 工程设计学报, 2024, 31 (06): 757-765.