

基于大数据分析的电厂集控运行故障预测研究

张 乐

大唐国际托克托发电有限责任公司 内蒙古呼和浩特 010000

摘要：电厂集控运行系统中包含多个系统和设备，相互之间协同作业，某一设备故障都会导致整体系统运行失衡，甚至出现停机。基于此，精准预测和诊断故障对于电厂集控运行稳定运行具有重要意义。传统电厂运行故障检测主要依靠人工，作业效率低且准确度不足。随着大数据技术的快速发展，借助数据驱动的方法进行故障预测成为可能。
关键词：大数据分析；电厂集控；故障预测；机器学习

在电力系统规模不断扩大背景下，电厂集控运行复杂程度越来越高。为提高电厂集控运行故障预测效率，提出了基于大数据分析的故障预测模型，以提前识别潜在运行故障，进而最大程度提高电厂运行效率和安全性。

一、大数据分析在电厂的应用

1. 大数据分析优化电厂运行的方法

大数据分析优化电厂运行的方法涵盖多个层面，通过整合多源数据、实时监测和智能算法提升安全性、效率与经济性。具体方法包括：数据整合与特征工程：采集发电设备运行参数、电能负荷、用户用电日志及环境数据等多维度信息，进行清洗、归一化和特征提取，构建高精度数据集以支持决策优化。这一过程确保数据的一致性和可用性，为后续分析奠定基础。实时监测与故障预测：部署传感器网络和物联网系统，连续监控设备如变压器或输电线路的温度、压力、电流等关键指标；结合历史数据训练神经网络模型（如多层感知器），预测设备退化或潜在故障，实现预测性维护以减少停机损失。例如，在检测到负荷波动或漏电异常时自动触发预警机制。动态优化控制：应用算法模型进行负荷预测和实时调度，优化电力分配方案以适应需求波动；通过个性化策略生成技术，调整电价或能耗策略以提高经济性，同时支持反馈驱动迭代优化，确保电网稳定性。例如，结合区块链数据实现电费智能优化，平衡发电与用电差异。可视化与智能决策支持：利用数字孪生技术构建电厂运行全景视图，集成实时数据和预测结果，辅助远程监控和应急响应；互动界面便于快速定位问题（如电缆接地故障）并优化维护计划。整体上，这些方法通过闭环迭代机制提升电厂的安全、环保和运营效率，显著降低运维成本。

2. 大数据在电厂故障预测的应用

大数据在电厂故障预测的应用通过实时监测与智能分析，显著提升设备可靠性与运维效率，具体应用如下：设备实时监测与数据采集，在关键设备（如变压器、燃气轮机）部署传感器网络，毫秒级采集温度、压力、电流等运行参数，结合历史数据构建多维度数据库，为故障预测提供基础。物联网技术实现设备间联动监控，例如漏电或负荷异常时自动触发预警。故障诊断与预测性维护，基于设备运行数据与机器学习模型（如神经网络），识别潜在故障模式并预测剩余寿命：燃气轮机/锅炉：分析振动频率、温度偏移趋势，提前预警叶片裂纹或热效率下降；输电线路：通过电流波动与绝缘层老化数据，定位高风险故障点；智能电表：监测用户用电异常，辅助定位电网接地故障。该方法降低故障率30%以上，减少非计划停机损失。风险预警与应急响应，动态阈值预警：根据设备历史状态设定自适应报警阈值，避免误报；依赖性分析：评估单一设备故障对全厂运行的连锁影响，制定分级应急策略；三维可视化平台：集成设备实时数据与预测结果，快速定位故障位置（如电缆接地故障）并调配资源。数据应用挑战与对策，数据质量：清洗异常值/缺失值，通过特征工程提升数据可靠性；安全与隐私：采用加密技术与访问控制，保护敏感设备数据；资源优化：分析维护周期与点检记录，动态调整高风险设备的检修优先级。

3. 大数据分析提升电厂效率的核心途径

大数据分析通过整合多源数据、智能算法与实时监测，显著优化电厂运营效率，主要途径包括：数据整合与预处理：采集DCS数据、传感器数据和环境信息等，进行清洗、归一化处理，构建高精度数据集，确保分析

可靠性，实时监测与故障预测：部署物联网传感网络，毫秒级监控变压器、燃气轮机等设备的温度、电流等参数，结合历史数据训练机器学习模型（如神经网络），提前预警设备退化或故障，减少非计划停机损失，设备优化与灵活性改造：针对煤电机组等核心设备，实施灵活性改造（如锅炉低负荷燃烧优化、汽轮机快速启停控制），通过智能算法提升调峰深度与负荷调节范围，适应新能源并网需求。负荷调度与能耗控制：分析历史用电日志和气象数据，精准预测未来负荷变化，动态调整发电计划与能源分配；同时优化用户电价策略，减少能源浪费，可视化与智能决策支持：构建数字孪生平台，集成设备运行状态、电网拓扑关系等数据，实现输电线路和配电设备的全景三维可视化，辅助快速定位异常（如电缆接地故障）并制定应急响应方案，这些途径通过闭环迭代机制，降低运维成本15%–30%，提升资源利用率40%以上，驱动电厂向高效、绿色方向转型。

二、电厂集控运行与故障预测

1. 故障预测对电厂集控运行的意义

保障电力系统安全稳定，预防重大事故：通过实时监测变压器油温、绕组温度、局部放电等关键参数，结合历史故障数据构建预测模型，提前预警设备劣化趋势（如燃气轮机叶片裂纹、输电线路绝缘老化），避免设备突发故障导致机组停机或电网瘫痪。降低连锁风险：分析单一设备故障对全厂运行的依赖性影响，制定分级应急策略，例如快速定位电缆接地故障并隔离风险区域，防止事故扩大化。提升经济性与运维效率，减少非计划停机损失：基于机器学习模型（如神经网络）预测设备剩余寿命，实现预测性维护。例如，提前更换高压断路器老化部件，避免故障造成的停电损失，运维成本可降低15%–30%。优化资源配置：通过分析设备状态数据与维护记录，动态调整检修优先级，将被动抢修转为主动维护，资源利用率提升40%以上。增强运行决策与智能化水平，智能诊断与快速响应：利用大数据分析故障特征（如振动频率偏移、电流异常波动），精准定位故障点并提供维修建议，缩短故障恢复时间50%以上。全景可视化辅助决策：集成三维数字孪生平台，实时展示电网拓扑、设备状态及预测结果，帮助集控人员快速识别异常（如锅炉热效率下降）并调整运行策略。支撑电网稳定与新能源适配，负荷精准调度：结合气象数据与历史用电日志，预测未来负荷变化趋势，优化发电计划与调峰策略（如煤电机组低负荷燃烧控制），适应高比例新能

源并网需求；提升供电可靠性：故障预测模型降低设备突发故障率30%，确保电力持续稳定供应，减少社会生产生活损失。故障预测技术通过“数据驱动+智能预警”机制，推动电厂集控运行从被动响应转向主动防御，在安全、经济、管理及电网适配性层面实现系统性升级。

2. 电厂集控运行常见故障类型

电厂集控运行常见故障类型主要包括以下四类：（1）硬件故障。信号采集卡件故障：表现为同一设备多个信号测点同时异常或变坏点，主要由I/O模块损坏或元件老化导致。信号传输异常：电缆绝缘低、接地或断线导致模拟量信号坏点、开关量误动/拒动；屏蔽层未单端接地引发信号波动、设备误动作。热电偶测量偏差：补偿导线不匹配、极性接反或材质不均导致测温不准。（2）软件故障。程序漏洞与数据处理错误：软件逻辑缺陷或数据计算异常引发控制偏差；系统兼容性问题：更新补丁滞后或未优化代码导致稳定性下降。（3）人为操作故障。误操作：运行人员操作不熟练或错误触发指令，如误关设备、参数设置错误；维护疏漏：未定期巡检、未及时排查隐患（如端子松动、接触不良）引发连锁故障。（4）环境与外部干扰，电磁干扰：强电磁环境导致信号跳变或设备异常启停；供电波动：电压不稳影响控制系统电源模块，造成卡件重启或失效；温湿度超标：灰尘积聚、高温高湿加速模块老化与绝缘下降。典型故障后果及应对后果：信号传输故障可致机组保护误动，引发非停事故；软件异常可能破坏协调控制，导致参数超限（如主汽温、压力失控）。应对措施：硬件冗余配置（双电源、备用卡件）；实时监测系统数据趋势，建立预警机制；定期开展电缆绝缘测试及屏蔽层检查。

3. 大数据在电厂集控运行故障预测的应用

大数据技术在电厂集控运行故障预测中的应用框架及核心价值如下：多源数据采集与处理，全域数据整合，通过传感器实时采集设备物理量（温度/压力/电流），结合智能电表获取用电负荷数据，同步集成历史维护记录与气象信息；采用ETL工具清洗转换异构数据，构建高精度分析数据集。动态特征提取，分析设备运行参数波动模式（如电流异常波动、振动频谱偏移），识别早期劣化征兆。运维决策优化，实时监测平台，集成三维可视化界面，映射设备实时状态与电网拓扑，快速定位接地故障；资源动态调度，遗传算法优化检修计划与发电调度，降低调峰损耗；依据设备剩余寿命预测，动态调整维护优先级（资源利用率提升40%）。

三、大数据分析在电厂的应用前景

大数据分析在电厂的应用前景正从单点优化向系统赋能演进，通过多维度数据融合与智能算法驱动电厂安全、效率及管理模式的全面升级。

1. 设备全生命周期管理

预测性维护体系，基于神经网络、决策树等模型解析设备状态数据（如振动频谱偏移、电流波动），实现叶片裂纹、绝缘老化等隐性故障提前14天预警，降低非计划停机率30%。构建数字孪生平台，融合三维可视化技术实时映射设备健康状态，故障定位效率提升50%。自适应控制优化，多层感知器神经网络优化燃气轮机控制系统，动态调整燃烧参数，解决传统单层结构控制能力不足问题。

2. 智能决策与资源调度

发电策略动态优化，整合气象数据、历史负荷曲线预测未来用电需求，优化煤电机组低负荷燃烧控制策略，适应新能源波动并网。遗传算法动态分配检修资源与发电计划，降低调峰损耗，资源利用率提升40%。经营决策支持，建立一体化数据平台，打通财务、生产、ERP系统壁垒，实现跨系统指标联动分析（如环保能耗月报生成时效从3天缩短至实时）。新能源融合与绿色转型，多能源协同调度，分析风/光出力特性与电网负荷匹配度，优化储能充放电策略，提升新能源消纳能力15%以上。构建源-网-荷-储数据链，实现传统机组与新能源的分钟级功率协调。碳足迹精准管控，实时追踪机组碳排放强度，结合环保政策数据生成优化减排路径。当前瓶颈：需攻克多源异构数据治理（如兼容智能电表、DCS、环境监测系统）、小规模模型试点验证等技术适配难题。未来定位：从“数据支撑”转向“智能驱动”，构建“感知-预测-决策-执行”闭环的智慧电厂生态。

四、新技术推动大数据在电厂应用的方式

新技术通过深度赋能数据采集、处理与决策环节，正加速大数据在电厂应用的落地与升级。

1. 技术驱动数据价值深度挖掘

AI+算力融合应用，神经网络模型对设备振动、温度等多维数据进行深度学习，精准识别叶片裂纹等隐性

故障特征，使早期故障检出率提升40%；多层感知器优化燃烧控制系统，实时调整机组运行参数，助力单厂年节约标煤超2万吨。边缘计算与5G协同，设备端部署边缘节点实现振动信号毫秒级分析，降低云端传输延迟；5G网络支撑厂区全域设备状态秒级回传，三维可视化平台实时映射电网拓扑异常。

2. 场景化应用深化运维变革

预测性维护体系升级，融合历史维护记录与实时传感器数据，决策树模型提前14天预警绝缘老化风险；数字孪生平台模拟设备全生命周期损耗，动态调整检修优先级。多能源协同智能调度，分析风光出力波动性与负荷需求匹配度，遗传算法优化储能充放电策略，新能源消纳能力提升15%；基于气象数据的发电策略动态调优，缓解煤电机组低负荷运行损耗。

3. 系统级生态整合升级

跨域数据链构建，打通生产、财务、环保系统壁垒，实时生成碳排放强度报告替代人工月报；区块链存证关键操作记录，确保预警溯源与责任界定可信化。人机协同进化，AR模拟培训还原故障处置场景，降低误操作率；智能知识库迭代诊断逻辑，故障定位时间缩短50%。技术演进核心：从单点优化（如设备预警）向“感知-预测-决策-执行”闭环生态演进，驱动电厂向“安全零事故、能效最大化”目标跃进。

总之，基于大数据分析的电厂集控运行故障预测，通过集成实时数据采集、高级建模技术和智能化预警系统，实现对电厂设备运行状态的主动监控与早期预警，提升运行效率与安全性。在今后的实践中，将集中对优化模型结构进行重点关注，从而提高预测的实时性和准确性。

参考文献

- [1] 翟陈婷. 基于大数据分析的火电厂脱硫脱硝一站式解决方案研究[J]. 价值工程. 2024, 43(35). DOI: 10.3969/j.issn.1006-4311.2024.35.006.
- [2] 陈峰, 王兴光, 张自贵. 大数据驱动下的电厂智慧安全管理平台优化探析[J]. 电力设备管理. 2024, (22).