

# 火力发电厂集控运行中的大数据技术应用研究

朱振宇

江西大唐国际抚州发电有限责任公司 江西 抚州 344000

**摘要:** 火力发电厂集控运行涉及多环节管控,产生海量多源数据。大数据技术凭借采集传输、存储管理、分析挖掘等能力,与集控运行高度适配。在机组运行监测、优化运行、设备健康管理及调度协同等关键环节应用广泛。但存在数据、技术、应用层面问题。通过优化数据体系、促进技术融合、推动应用落地及建立长效发展机制等路径,可提升集控运行精准化、高效化水平,强化安全防控,实现火力发电厂稳定运行与效益提升。

**关键词:** 火力发电厂;集控运行;大数据技术;应用场景;优化路径

引言:火力发电作为能源供应重要方式,集控运行是其稳定运行关键。集控运行涵盖锅炉、汽轮机等众多设备与系统,全流程产生海量数据,对数据实时性、准确性等要求极高。传统管控方式面临挑战,难以满足复杂运行需求。大数据技术凭借强大采集、存储、分析等能力,为集控运行带来新契机。研究大数据技术在火力发电厂集控运行中的应用,对提升运行效率、保障安全稳定、降低运营成本具有重要意义。

## 1 火力发电厂集控运行与大数据技术核心适配基础

### 1.1 集控运行核心业务范畴及数据特性

集控运行核心管控对象覆盖锅炉、汽轮机、发电机等主辅设备,以及燃料输送、汽水循环、脱硝脱硫等关键系统。业务流程围绕机组启动、稳态运行、负荷调节、停机检修全周期开展,通过集中监控平台实现各环节协同管控,保障机组按额定参数安全稳定出力<sup>[1]</sup>。集控运行全流程数据来源涵盖设备传感器实时采集信号、控制系统操作记录、设备运维档案、环境监测数据及电网调度指令等。数据类型可划分为实时时序数据、结构化运维数据、非结构化文本数据及半结构化日志数据,不同类型数据对应差异化管控需求。集控运行数据具备高实时性、高维度性、强关联性及海量性特征,实时数据传输延迟需控制在100毫秒以内,以满足毫秒级传输处理要求,多源数据间存在复杂耦合关系。数据处理需兼顾实时性分析与离线挖掘需求,同时保障数据完整性、准确性,为后续管控决策提供可靠支撑。

### 1.2 适配集控运行的大数据技术核心体系

大数据采集与传输技术核心形式包含实时流式采集技术、批量采集技术及边缘侧预处理技术,依托工业以太网5G工业互联网等通信协议实现数据高效传输。大数据存储与管理技术适配要点聚焦时序数据存储优化、分布式存储架构搭建及数据冗余备份机制构建,兼顾数据

存储容量与读取效率。大数据分析挖掘技术核心类型涵盖趋势分析技术、异常诊断技术、负荷预测技术及优化算法模型,基于数据关联规则实现运行规律精准提炼。大数据可视化与决策支撑技术特性体现为多维度数据展示、动态态势呈现及智能化决策建议生成,实现运行数据向管控指令的高效转化。

### 1.3 大数据技术与集控运行融合的核心价值导向

助力集控运行精准化管控的价值体现在优化机组运行参数,通过数据分析实现负荷精准调节与能耗精准控制,减少运行偏差,提升机组运行经济性,同时优化设备运维策略,基于数据反馈调整运维频次与内容。支撑集控运行高效化运营的核心作用表现为简化管控流程,减少人工干预,提升运行操作效率,同时通过数据驱动实现资源优化配置,合理调配人力物力资源,降低运营成本,提升机组整体运行效能<sup>[2]</sup>。强化集控运行安全防控的技术支撑集中在提前识别设备故障隐患与运行风险,通过实时数据分析捕捉异常征兆,及时发出预警信号,为风险处置争取时间,同时优化安全防控策略,提升机组应对突发状况的能力,保障运行安全。

## 2 大数据技术在集控运行关键环节的应用场景

### 2.1 机组运行状态监测与数据处理应用

多维度运行参数实时采集通过分布式传感器网络实现,覆盖温度、压力、振动、流量等关键指标,采样频率可达毫秒级以满足动态监控需求,温度采样精度可达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ,压力采样精度可达 $\pm 0.01\text{MPa}$ 。数据整合环节采用流式计算框架,对异构数据源进行时间对齐与语义解析,构建统一数据模型支撑上层分析。实时分析模块基于滑动窗口算法提取时域特征,结合频域分析方法识别设备振动频谱异常,通过在线学习机制持续更新分析模型参数。异常识别技术融合统计阈值与机器学习算法,利用孤立森林算法检测离群点,结合长短时记忆网络预

测参数趋势,实现从单一超限报警向关联性异常诊断升级,异常识别准确率可达95%以上。反馈机制通过控制回路闭环实现,将分析结果转化为调节指令下发至执行机构,形成“监测-分析-决策-执行”完整链条。

### 2.2 机组优化运行与能耗管控应用

运行参数优化适配以热力学模型为基础,结合历史数据挖掘参数耦合关系,通过粒子群优化算法求解多目标约束下的最优参数组合。能耗数据追溯系统构建从燃料入厂到电力输出的全流程能量流模型,采用数据包络分析方法量化各环节能效损失,定位能耗异常波动根源。效率提升分析依托数字孪生技术,在虚拟空间中模拟不同工况下的运行特性,通过强化学习算法训练最优控制策略,指导实际运行参数调整。管控平台集成能耗基准对比功能,横向比较同类型机组能效水平,纵向分析历史周期效率变化趋势,为管理决策提供量化依据。

### 2.3 设备健康管理及故障防控应用

关键设备数据积累通过状态监测系统实现,连续记录转子振动、轴承温度等特征参数,形成覆盖全生命周期的原始数据库。状态评估采用健康指数模型,将多维度参数映射至统一量化指标,结合模糊综合评价方法划分设备健康等级。故障预判技术融合物理模型与数据驱动方法,利用卷积神经网络提取振动信号深层特征,结合隐马尔可夫模型预测故障演化路径。全生命周期管理延伸至备件库存优化,通过关联规则挖掘分析故障模式与备件消耗关系,建立基于设备健康度的动态库存模型。

### 2.4 集控运行调度与协同管控应用

跨系统数据协同分析构建统一数据中台,采用知识图谱技术建立参数间语义关联,通过图计算算法发现隐藏的协同关系。负荷调整适配以需求预测为基础,结合天气、电价等外部因素,利用时间序列预测模型生成未来24小时负荷曲线,通过混合整数规划算法制定机组启停计划<sup>[3]</sup>。多机组协同支撑系统集成经济调度模型,考虑机组特性差异与环保约束,采用拉格朗日松弛算法求解全局最优负荷分配方案,实现整体运营成本最小化。

## 3 大数据技术在集控运行应用中的核心问题与制约因素

### 3.1 数据层面的核心制约因素

多源数据标准差异导致整合过程面临语义鸿沟,不同厂商设备采集的同类参数可能存在量纲、精度及更新频率不一致问题,数据清洗环节需投入大量资源进行格式转换与语义映射。海量运行数据存储面临成本与性能双重挑战,时序数据特有的高写入吞吐量需求与低查询延迟要求,使得传统关系型数据库难以满足实时分析场

景,分布式存储系统虽能扩展容量,但数据分片策略不当易引发跨节点查询效率下降。数据质量管控薄弱环节集中体现在源头数据可靠性不足,传感器漂移、通信干扰及人为误操作导致异常值混入数据流,现有校验机制多依赖固定阈值,难以适应工况动态变化带来的数据分布偏移。

### 3.2 技术层面的核心适配问题

大数据技术与现有集控系统兼容性短板体现在接口协议不匹配,老旧DCS系统多采用私有通信协议,与开源大数据框架的标准化接口存在转换障碍,数据中台建设需定制开发中间件实现协议解析与数据封装。实时性分析需求与技术处理能力矛盾突出,机组状态监测要求毫秒级响应,而基于MapReduce的批处理框架存在分钟级延迟,流式计算引擎虽能降低延迟,但状态管理复杂度随分析窗口扩大呈指数级增长。数据安全防护技术与应用需求错配表现为防护粒度失衡,传统防火墙对工业控制协议解析能力有限,加密传输增加实时控制指令传输时延,访问控制策略若过于严格则限制数据分析人员权限,影响故障诊断效率。

### 3.3 应用层面的核心实施阻碍

大数据技术与业务流程融合不足导致技术落地存在断层,现有集控系统多围绕稳态运行设计,而大数据分析更关注动态特性挖掘,两者在数据采集频次、分析维度及决策输出形式上存在差异,需重构业务流程以适配数据分析结果。专业技术能力支撑欠缺体现在复合型人才匮乏,既懂热力系统运行机理又掌握机器学习算法的工程师稀缺,现有团队多依赖外部技术供应商,导致模型优化与系统迭代周期延长。数据共享与管控协同机制不完善制约跨部门协作,生产部门侧重数据实时性,维护部门关注历史数据完整性,管理部门强调数据合规性,三者数据采集范围、存储周期及访问权限上缺乏统一标准,形成数据孤岛与重复建设并存局面。

## 4 大数据技术在集控运行中优化路径

### 4.1 数据体系优化与质量提升路径

针对多源数据标准差异问题,需建立覆盖全厂的数据字典与编码规范,明确参数命名规则、量纲单位及采集频率等核心要素,通过标准化接口实现异构系统数据无缝对接<sup>[4]</sup>。高效存储体系构建应采用分层架构设计,热数据部署于内存数据库以支撑实时查询,温数据通过列式存储优化分析性能,冷数据依托分布式文件系统实现长期归档,同时引入数据压缩算法降低存储成本。数据质量管控需构建闭环管理机制,在数据采集环节部署自校验模块,传输过程采用校验码确保完整性,存储阶段

通过数据血缘分析追踪异常来源，分析环节设置动态阈值模型识别数据偏移，形成覆盖全生命周期的质量保障体系。数据安全防护应采用零信任架构，基于角色访问控制实现细粒度权限管理，敏感数据传输采用国密算法加密，存储环节实施透明数据加密，定期开展渗透测试验证防护有效性。

#### 4.2 技术融合与适配优化路径

兼容性改造需开发协议转换中间件，通过解析DCS系统私有协议并封装为标准MQTT或OPCUA格式，实现与大数据平台的无缝对接，同时保留原有控制回路独立性。实时性分析优化应采用流批一体计算框架，利用Flink等引擎实现毫秒级事件处理，结合状态后端优化技术降低状态管理开销，通过时间窗口动态调整平衡分析精度与资源消耗。可视化系统升级需突破传统二维监控局限，构建三维数字孪生场景还原设备空间关系，集成自然语言交互技术提升操作便捷性，开发智能预警模块实现异常参数自动定位与原因推导，为运行人员提供决策支持。

#### 4.3 应用落地与效能提升路径

业务流程融合需重构现有工作模式，将大数据分析结果嵌入集控系统操作界面，开发智能推荐引擎辅助参数调整，建立分析-决策-执行闭环反馈机制。专业团队建设应实施“双轨制”培养策略，通过校企联合培养掌握工业大数据技术的复合型人才，定期组织技术沙龙促进跨领域知识交流，建立内部知识库沉淀分析模型与解决方案。数据共享生态构建需制定统一数据治理政策，明确各部门数据采集范围与共享权限，开发数据目录服务实现资源发现，建立数据质量评价机制激励数据提供方，形成“共建共享”协同格局。

#### 4.4 长效发展保障路径

技术迭代机制应建立“需求牵引-技术攻关-应用验

证”闭环，设立专项基金支持前沿技术研究，与科研机构共建联合实验室开展产学研合作，定期评估技术成熟度并制定升级路线图。效果跟踪体系需构建多维评价指标，从运行效率提升、故障率降低、维护成本优化等维度量化应用价值，建立动态调整机制根据评估结果优化技术方案<sup>[5]</sup>。应用边界拓展应关注新兴技术融合，探索人工智能在设备寿命预测、市场电价预测等场景的应用，研究区块链技术在数据确权与溯源中的应用潜力，持续挖掘大数据技术价值创造点。

#### 结束语

大数据技术在火力发电厂集控运行中的应用已取得一定成果，在多个关键环节发挥了重要作用，有效提升了集控运行的精准化、高效化水平，强化了安全防控能力。然而，应用过程中仍面临数据、技术、应用等多层面问题。通过实施数据体系优化、技术融合适配、应用落地效能提升及长效发展保障等路径，可进一步挖掘大数据技术潜力，解决现存问题，推动火力发电厂集控运行向智能化、精细化方向发展，实现更稳定、高效、安全的运行目标。

#### 参考文献

- [1]杭明,胡继坤.火力发电厂集控运行中的大数据技术应用研究[J].科技资讯,2025,23(14):162-164.
- [2]沈闯.火力发电厂发电机组集控运行技术探讨[J].光源与照明,2023,(06):237-239.
- [3]马海军.火力发电厂发电机组集控运行技术探讨[J].黑龙江科学,2021,12(24):139-140.
- [4]耿亚军.火力发电厂发电机组集控运行技术分析[J].应用能源技术,2021,(01):7-9.
- [5]赫辉.火电厂集控运行技术的应用与优化对策思考分析[J].工程技术研究,2023,5(2):40-43.