

基于大数据分析的电厂安全隐患识别与分级管控技术研究

利森

国家能源集团泰州发电有限公司 江苏泰州 225327

DOI:10.32629/ems.v8i3.18737

[摘要] 智慧电厂是电力行业转型升级的重要模式,采用先进的信息技术、智能化手段,实现生产过程的优化控制、设备的智能运维以及管理模式的创新。大数据分析技术在智慧电厂的建设与运行中具有关键性作用。传统人工排查隐患存在疏漏多、效率低、响应慢等问题。为提升安全管理水平,基于大数据分析的电厂安全隐患识别与分级管控技术,具体包含三方面内容:一是阐述技术优势,包括有效提高隐患识别精准性与效率、实现分级差异化管控、强化安全管理系统性与可持续性;二是分析技术体系构成,涵盖多源数据采集整合、隐患特征提取算法、风险分级评估模型、动态管控决策支持系统;三是提出三类保障措施,即组织管理与制度保障、技术运维与数据安全保障、人员素养提升保障。

[关键词] 大数据分析; 电厂安全隐患; 分级管控; 动态决策支持

电力作为生产生活中必不可少的组成部分,其需求量也在不断地增加,如何有效地结合大数据,运用现代化的技术手段建设智慧电厂运维中心已经成为重点研究的项目。传统电厂安全管理模式多依赖现场巡检、人工记录与经验判断等操作方式,存在明显短板:一方面,监控覆盖范围难以延伸至全设备、全流程的实时运行状态;另一方面,风险响应速度相对迟缓,且应急资源分配易出现不合理情况,这些问题使得传统模式难以有效应对复杂的运行环境及各类安全风险。大数据技术具备整合多源异构数据、实现智能分析与辅助决策等能力,有望为突破传统安全管理的瓶颈提供解决思路。

1 电厂安全隐患识别与分级管控技术的优势

1.1 全面提升隐患识别精准度

电厂安全隐患识别及分级管控技术,依托高精度智能传感装置与多维度数据分析模型,可对生产全流程中的设备老化失修、参数偏离阈值、环境指标超标等高风险点位进行全域覆盖式扫描,相较于传统人工排查易受经验局限的弊端,该技术具有优势。该技术同步实现关键设备与环境参数的实时连续追踪功能,一旦捕捉到异常波动,系统会自动触发分级预警机制,进而有效缩短安全管理体的应急响应时长,并将管控边界延伸至传统手段难以触达的隐蔽区域,为电厂安全生产筑牢坚实有力的技术支撑网络^[1]。

1.2 隐患分级与差异化精准管控

隐患分级与差异化精准管控是电厂安全隐患识别与分级管控技术的核心优势之一。该技术可实现对识别出的各类安全隐患的科学分级与系统评估,其分级依据涵盖风险发生概率、潜在影响范围、处置紧急程度三大核心维度,同时结合电厂设备运行特性与行业安全管理规范,形成多维度的风险分级体系。基于此体系,技术能制定并推行差异化精准管控策略:针对高危险级别(一级)隐患,可启动应急响应机制,优先调配专业技术团队与专用设备资源进行即时处置,并建立24小时跟踪闭环管理机制;针对中低危险级别隐患,则依据风险特性采取定期核查、限期整改或常态化监控等分级措施。

1.3 增强电厂安全管理可持续性

通过搭建完整的闭环管理流程,该技术全面覆盖风险识别、安全评估、过程管控与效果反馈等核心步骤,确保安全管理各环节的有效衔接与动态优化,有助于推动电厂建立系统且规范的安全管理体系。借助该技术生成的实时数据与多维度分析结果,企业管理层能够更精准地把握安全运行状态^[2]。可为企业构建稳定且可持续的安全运行机制,还能为企业内部安全文化培育、管理策略持续完善提供支持,从整体上增强电厂的安全管理效能。

2 基于大数据分析的电厂安全隐患识别与分级管控技术分析

2.1 多源安全数据采集与整合技术

电力生产场景下的安全数据呈现多维度、高并发、强关联的复杂特征,其核心数据源可划分为四大类:一是设备全生命周期监测数据,涵盖汽轮机、锅炉、发电机等高风险设备的振动频谱信号、温度压力曲线及电气参数时序数据;二是非接触式环境感知数据系统,包括厂区周界安防视频流信息、封闭空间有害气体浓度监测数据及极端气象预警信息;三是人员行为管理数字化记录体系,包含操作票执行轨迹、巡检路线电子围栏及安全规程合规校验日志;四是历史安全事件知识库资源,涉及近五年内设备故障诊断报告及典型事故应急处置预案^[3]。

为实现上述碎片化数据的价值挖掘,需构建三层级数据治理架构:

首先,边缘侧数据采集层。部署具备边缘计算能力的数据采集终端,通过OPCUA、Modbus等工业通信协议适配器,实现对DCS系统、PLC控制器及各类智能传感器的实时数据接入,并采用时间戳同步技术确保多源数据的时空一致性。针对非结构化数据,如红外热成像图像,通过专用图像采集卡完成模数转换,形成标准化数据输入流。其次,云端数据处理层。采用分布式计算框架对实时数据流进行清洗、转换与加载,通过预设的业务规则引擎实现异常值过滤、缺失值查补及格式标准化处理。重点构建跨域数据关联模型库,基于知识图谱技术建立设备—环境—人员之间的拓扑映射关系网络,并通过增量学习算法持续优化实体识别准确率;最后,数据资产管理层。基于生态系统搭建分布式数据湖,采用列式存储与关系型存储混合架构,实现结构化与非结构化数据的统一管理,并通过RBAC权限控制模型确保数据访问的安全性和合规性。最终形成PB级规模的安全态势感知数据中台,为后续的智能隐患诊断算法训练提供数据集,其关键性能指标包括单节点数据写入速度 $\geq 500\text{MB/s}$,跨节点数据查询响应时间 ≤ 2 秒。

2.2 隐患特征提取与智能识别算法

在电厂安全管理领域,利用大数据技术进行隐患识别是提升安全水平的关键环节。具体到隐患特征提取与智能识别算法方面,其核心思路是借助机器学习、模式识别等人工智能技术手段,对电厂日常运行过程中产生的各类数据进行深度挖掘与分析,从而实现对潜在安全隐患的精准捕捉与早期预警。

电厂需要收集来自多个渠道的数据,这些数据类型多样,

涵盖了设备实时运行参数、环境监测数据、人员操作记录以及历史故障案例等。在进行特征提取之前,需要对这些数据进行清洗、标准化等预处理工作,确保数据的质量和一致性,为后续的分析提供可靠的数据基础^[4]。通过应用机器学习算法,可以从整合后的数据中提取出能够反映隐患存在的关键特征。这些特征类型丰富,例如设备运行异常特征,包括设备振动值超出正常范围、温度异常升高等;环境超标特征,如厂房内有害气体浓度超标、粉尘含量过高等;操作违规特征,像操作人员未按照规定流程进行操作、违章作业等。此外,常见的算法包括支持向量机、决策树、神经网络等。支持向量机擅长处理高维数据,能够在复杂的数据中找到最优分类超平面,有效识别设备异常等线性或非线性可分的隐患特征;决策树算法具有较强的解释性,可以清晰地展示出从数据到隐患结论的推理过程,便于操作人员理解和应用;神经网络算法则具备强大的自学习能力,通过不断训练提高对复杂隐患特征的识别能力,尤其在处理大规模数据和复杂关联关系方面具有优势。

2.3 隐患风险分级评估模型

在大数据分析的基础上开展电厂安全隐患识别与分级管控技术研究,得先做好隐患风险分级评估模型的构建工作。具体来说,这个模型的搭建可以按以下方案推进:首先,明确模型的核心输入数据。要收集电厂日常运行中的各类数据,像设备实时监测数据、历史故障记录、巡检人员上报的隐患信息、环境参数变化等,这些数据是模型判断风险的基础。其次,确定风险评估的关键指标和权重。可以邀请电厂安全管理专家、一线技术人员一起,梳理出影响隐患风险的主要因素,比如隐患发生的可能性、可能造成的后果严重程度、设备的重要性等,然后给每个因素设定合理的权重,这个权重设定得结合电厂的实际情况来调整。然后,选择合适的评估方法。常用的有模糊综合评价法、层次分析法等,这些方法能把定性的判断转化为定量的分数。比如,用模糊综合评价法可以对每个隐患的各项指标打分,再通过权重计算出综合风险值。最后,划分风险等级。根据计算出的综合风险值,把隐患分成不同的等级,比如高、中、低三级。高风险等级对应的是那些发生概率高、后果严重的隐患,需要立即处理;中风险次之,需要限期整改;低风险则可以纳入日常监控。这样,通过这个模型就能把收集到的隐患信息进行量化评估,为后续的分级管控提供依据。

2.4 动态管控决策支持系统

为提升电厂安全管理的实时性与精准度,需引入动态管控决策支持系统。该系统可整合设备运行数据、环境监测数据及历史故障记录,通过内置算法模型对潜在风险进行多维度评估。具体而言,系统能自动识别异常参数波动,并依据隐患发生概率、后果严重程度等指标进行分级,划分出高、中、低三个风险等级。针对不同等级的隐患,系统会推送对应处置建议——例如对高风险隐患优先触发预警机制并生成紧急处理方案,供管理人员参考决策;对中低风险则提供预防性维护计划,辅助制定长期管控策略。通过这种动态响应机制,可以实现从被动应对到主动预防转变,并为制定科学有效的安全生产措施提供数据支撑。

3 基于大数据分析的电厂安全隐患识别与分级管控的保障措施

3.1 完善组织管理与制度保障体系

针对目前国内火力发电企业普遍存在生产过程中数据采集碎片化严重、导致无法形成有效关联分析这一突出问题,计划组建由设备管理、运行维护、安环监督及信息技术等部门骨干人员构成的多专业融合协同管理团队,打破传统条块分割的管理壁垒,明确各部门在智能预警系统落地过程中的职责边界,并建立双周定期沟通协调机制,保障跨部门协作效率。在此基础上,构建从原始传感信号采集到风险分级处置全流程的责任传导链条,同步梳理现有管理制度中与新技术应用不相适配的条款,修订增补形成覆盖智能监测预警业务闭环的制度保障框架。与此同时,加快编制行业级大数据安全运营规范,填补当前空白。文件需详细界定数据源接入前的合规审查要点、模型迭代阶段的数据脱敏原则、预警指令下发后的追溯审计规则三大核心模块,为一线实操提供清晰行动指南,而非泛泛而谈的纲领性要求^[5]。

3.2 强化技术运维与数据安全保障

配备具备相应资质的专业技术运维人员,按固定周期对大数据分析系统开展性能监测、故障排查及升级优化工作,助力保障系统稳定运行。建立完善的数据安全防护机制,具体包括采用加密技术对敏感数据的存储与传输过程实施保护,设置分级访问权限控制,有效规避数据泄露、篡改或滥用风险。此外,制定规范的数据备份与恢复方案,按预定频率对关键数据进行备份,支持意外发生时快速恢复,助力维持系统持续运行。

3.3 提升人员技术素养与应用能力

培训需精准匹配岗位需求,具体涵盖系统基础操作、数据深度解读、隐患分级标准等核心内容,同步结合实际工作案例进行讲解,以切实巩固员工对技术的掌握水平及操作熟练度。通过剖析典型隐患处理案例、模拟高危管控场景等方式,引导学员将理论知识转化为实战技能,进一步强化其应对复杂问题的数据应用能力。设立线上技术论坛或定期召开线下研讨会,并配套建立激励制度鼓励员工主动分享实践经验及创新思路;同时邀请行业专家进行专题讲座,通过“内外联动”持续推动技术应用水平的迭代升级及团队整体素养进步。

结语

总之,本文针对基于大数据分析的电厂安全隐患识别与分级管控技术进行了研究。该技术通过整合多源数据、智能提取隐患特征、科学划分风险等级及动态制定管控决策等环节运作,在实践中对传统安管模式下信息滞后分散等难点有一定改善作用,并有助于提高安管工作精准性及优化流程效率方面有所助益。组织制度建设完善、技术运维保障到位及一线人员专业素养夯实是技术落地过程中的重要支撑条件,三者协同配合能让技术更充分地释放价值。未来随着大数据同人工智能技术的进一步融合,该领域仍有较大探索空间,例如引入边缘计算实现实时预警优化,持续推动电厂安管体系迭代,为构建更为安全、高效且可持续发展能源生产模式提供辅助支持方向。

[参考文献]

- [1] 刘小军. 基于大数据分析的电厂安全隐患识别系统研究[J]. 电力设备管理, 2025, (15): 139-141.
- [2] 王勇. 基于大数据分析的电厂建设与供电系统可靠性研究[J]. 科技与创新, 2025, (12): 80-83.
- [3] 晋世仲. 大数据分析在智慧电厂运行优化中的应用研究[J]. 智慧中国, 2025, (04): 55-57.
- [4] 袁新宇. 安全生产电力大数据分析系统设计与应用分析[J]. 通讯世界, 2024, 31 (11): 112-114.
- [5] 高一康. 基于大数据分析应用的智能电厂概念及框架研究[J]. 机电信息, 2021, (19): 66-68.

作者简介: 利森, 1973年3月, 男, 汉族, 本科, 安徽无为, 高级工程师, 电厂热能动力工程、安全管理。