

电厂安全生产中融合大数据与AI技术的违章风险监测策略探讨

徐宏明

摘要: 本文聚焦电厂安全生产中的违章风险监测,探讨大数据与AI技术的融合应用策略。通过分析电厂违章风险的核心来源及传统监测方法的局限性,提出基于数据驱动与智能算法的监测体系架构。实践表明,AI视觉识别、实时预警及多维度数据分析可显著提升安全管控效率,为电厂安全生产提供技术支撑。

关键词: 电厂安全生产;大数据技术;AI技术;违章风险监测;智能预警系统

引言

在电力行业迈向数字化转型的浪潮中,电厂安全生产正成为技术革新与风险管控的核心交汇点。作为能源枢纽,电厂的复杂工艺网络与高风险作业场景对安全保障提出了严苛要求,任何微小疏漏都可能演变为设备损毁、人员伤亡甚至区域停电的连锁危机。传统安全管理依赖人工巡检与事后追溯,存在监测盲区多、响应速度慢、风险预判能力弱等短板,难以匹配现代电厂高效运营需求。随着大数据与人工智能技术的成熟,行业迎来智能化升级机遇——通过整合传感器数据、视频流与设备运行日志,构建实时风险感知网络,AI算法可精准识别违规操作、设备异常及环境隐患,将安全管控从“经验驱动”转向“数据驱动”。这种技术融合不仅为电厂提供了全时域、多维度的风险预警能力,更通过主动干预机制降低事故发生率,为能源安全供给与行业可持续发展注入科技动能。

一、电厂安全生产中的违章风险分析

1. 电厂安全生产的核心风险源

在电厂安全生产体系中,核心风险源贯穿于人员、设备与环境的复杂交互网络中,构成安全管控的关键挑战。从人员维度看,违规操作与安全意识薄弱是事故的首要诱因。例如,检修人员未按规定佩戴绝缘手套触碰带电设备,或作业时擅自跨越安全围栏进入危险区域,这类行为直接导致触电、机械伤害等风险。同时,疲劳作业、培训不足等问题也易引发误操作,尤其在紧急故

障处理中,人员经验不足可能导致处置流程混乱,扩大事故影响。设备层面,高温高压管道的腐蚀、锅炉承压部件的裂纹、电气设备绝缘老化等隐患,因长期运行磨损或维护滞后而逐步积累,一旦发生泄漏、爆炸或短路,将引发连锁停机甚至火灾。环境因素同样不可忽视,极端天气如台风、暴雨可能破坏输电线路或厂房结构,而煤粉、油雾等易燃易爆物质在通风不良时易形成爆炸性环境,一旦遇到明火或静电将导致灾难性后果。此外,安全管理漏洞如制度执行不力、应急预案不完善,也会加剧风险暴露。这些风险源相互交织,要求电厂通过智能化监测、标准化操作与动态风险评估构建多层次防御体系,从根源上降低事故发生的可能性与严重性。



图1 电厂相关人员安全排查

2. 违章行为的分类与特征

在电厂生产场景中,违章行为依据其触发机制与表现形式可划分为管理性、装置性及行为性三类,且各具特征。管理性违章常源于制度执行缺位,例如安全规程未融入生产流程,导致检修作业未执行“两票三制”即擅自开工,或风险评估流于形式,未对高风险操作进行分级管控。此类违章的隐蔽性较强,常以“程序性疏

作者简介: 徐宏明(1993.08——)男,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事火电厂热控自动化控制方面的研究工作。

漏”形式存在，但可能因流程漏洞导致重大隐患。装置性违章则体现为硬件设施与安全标准的偏离，如安全防护栏缺失、消防器材过期未检、设备保护装置被人为短接等，这类违章直接削弱物理防护屏障，其特征是静态性明显且长期存在，一旦触发将直接引发事故。行为性违章则与人员主观行为直接相关，表现为作业人员安全意识淡薄，如高空作业未系安全带、违规跨越转动设备、在禁火区吸烟等，这类违章具有即时性与突发性，常因侥幸心理或习惯性操作导致，且易受人员状态波动影响。三类违章相互关联，管理性漏洞可能加剧装置性缺陷的积累，而行为性违规又可能暴露制度与设施的双重不足，需通过智能化监测与标准化管理实现协同防控。

3. 传统监测方法的局限性

在电厂安全生产管理中，传统监测方法受限于技术手段与实施模式，难以满足动态风险防控需求。人工巡检作为主要手段，依赖巡检人员的经验与责任心，但受制于人员数量、疲劳程度及主观判断差异，存在监测盲区与误判风险。例如，巡检人员可能因视觉疲劳而遗漏设备细微裂纹，或因经验不足而无法识别异常参数的潜在隐患。同时，人工巡检的周期性特征导致风险感知存在滞后性，无法实时捕捉突发异常，如设备温度骤升或压力波动等，可能错失最佳处置时机。此外，传统监测依赖纸质记录与分散的数据存储，导致信息流通效率低下，各部门难以共享实时数据，形成“数据孤岛”，无法形成全局风险视图。在复杂场景中，如多设备协同作业或高危区域，人工监测还面临安全风险，巡检人员可能因接近危险源而遭遇意外。技术层面，传统传感器多为单点部署，监测范围有限且数据维度单一，难以通过关联分析挖掘潜在风险。这些问题共同制约了传统监测方法的效能，使其难以适应现代电厂对风险预警的精准化、实时化要求，亟需通过智能化技术重构监测体系。

二、大数据与AI技术在违章风险监测中的应用

1. 大数据技术的核心作用

在电厂安全生产的复杂生态中，大数据技术以数据为纽带重构风险认知框架，其核心价值体现为对多源异构数据的深度挖掘与价值释放。传统监测依赖孤立数据点，而大数据技术通过整合设备运行参数、环境感知数据、人员行为日志及历史事故记录，构建起覆盖全要素的动态数据网络。这种全域数据融合不仅消除了信息孤岛，更通过关联分析揭示隐性风险关联，例如将变压器

油温波动与天气湿度、负载变化进行交叉比对，可精准定位设备劣化诱因。在风险预测层面，大数据技术依托海量历史数据训练预测模型，捕捉设备故障的早期征兆。通过对振动频谱、局部放电等参数的长期追踪，结合机器学习算法，系统可识别微弱异常信号并预判故障发展趋势，将被动抢修转变为主动维护。此外，大数据驱动的可视化技术为决策提供立体支撑，通过数字孪生技术将物理电厂映射至虚拟空间，实时展示设备状态、风险热力图及应急资源分布，使管理者能直观洞察风险传播路径。更进一步，大数据技术通过持续迭代优化安全策略，将每一次风险事件转化为数据资产，形成“感知-分析-决策-优化”的闭环，推动电厂安全管理从经验驱动向数据驱动的范式跃迁。

2. AI技术的关键应用场景

在电厂安全生产领域，AI技术以其强大的数据处理与模式识别能力，渗透至多个关键应用场景。在人员行为监测方面，AI视觉算法可实时捕捉作业现场画面，对未佩戴安全帽、违规跨越安全围栏、高空作业未系安全带等不安全行为进行精准识别，一旦发现异常立即触发告警，将人为失误导致的风险扼杀于萌芽状态。设备状态监测领域，AI技术通过深度学习算法对设备振动频谱、局部放电、油温油压等参数进行持续追踪与分析，能够敏锐捕捉设备早期劣化迹象，提前数周甚至数月预测故障趋势，为检修人员争取宝贵处置时间，避免设备突发故障引发的非计划停机。环境风险感知方面，AI技术结合气象数据与传感器信息，对台风、暴雨、洪水等自然灾害进行动态预警，同时对易燃易爆区域的气体浓度、温湿度进行实时监测，一旦发现泄漏或超限情况立即启动应急响应机制。此外，AI技术还深度融入安全管控流程，通过自动化执行安全检查、自动生成整改报告、跟踪整改进度等功能，优化安全管理效率，同时基于历史事故数据与实时监测信息，为管理层提供风险研判与决策支持，推动电厂安全管理从经验驱动向数据驱动的智能转型。

3. 技术融合的架构设计

在电厂安全生产智能化升级中，大数据与AI技术的融合架构设计需以数据为纽带，构建覆盖感知、分析、决策与执行的全链条体系。数据层作为基石，需整合电厂现有分散数据源，包括设备SCADA系统实时运行参数、DCS控制日志、视频监控流、传感器采集的环境数据及人员定位信息，同时接入外部气象数据与行业事故

案例库，形成多维度、高粒度的数据池。这一过程需突破数据格式壁垒，通过边缘计算节点对原始数据进行清洗、标注与特征提取，确保数据质量与一致性，为上层分析提供可靠支撑。

算法层是技术融合的核心引擎，需部署AI视觉识别模型、时序预测算法与知识图谱推理引擎。AI视觉模型通过深度学习训练，实现对人员行为、设备外观缺陷的实时检测；时序预测算法结合LSTM、Transformer等架构，对设备状态参数进行趋势分析，预判潜在故障；知识图谱则将安全规程、设备关联关系与历史事故数据进行语义化建模，支持因果推理与风险溯源。三者协同运作，既可独立输出风险预警，又能通过多模态数据融合提升识别精度，例如将设备振动异常与AI视觉捕捉的操作违规行为进行关联分析，锁定风险根源。

应用层聚焦业务场景落地，构建智能安全管控平台，集成风险态势感知、隐患闭环管理、应急指挥调度等功能模块。平台通过数字孪生技术还原电厂三维场景，叠加风险热力图与设备健康度标识，实现风险可视化；同时支持移动端与PC端协同，使安全管理人员可远程调阅现场画面、下发整改工单并跟踪处置进度。此外，平台通过API接口与电厂现有系统深度对接，自动触发设备停机、人员撤离等应急联动，形成“监测-预警-处置-评估”的闭环管理。这一架构设计以数据驱动决策，以智能赋能安全，为电厂安全生产构筑起立体化防护体系。

结论

大数据与AI技术在电厂安全生产中的深度融合，标志着传统安全管理模式的革新跨越。通过构建全要素数据感知网络与智能分析引擎，系统实现了对人员行为、设备状态及环境风险的实时洞察与精准预测，将风险防控从被动响应转向主动预防。这一技术融合不仅提升了隐患识别效率与处置时效性，更通过数字孪生与应急联动机制，重塑了安全管控的协同性与敏捷性。未来，随着技术迭代与场景深化，电厂将逐步形成以数据为核、以智能为翼的安全生产新范式，为能源系统稳定运行筑牢技术屏障，推动行业向更高效、更可靠、更可持续的方向演进。

参考文献

- [1] 彭德强. “工业互联网+危化安全生产”信息化平台构建策略研究[J]. 信息系统工程, 2023 (9): 107-110.
- [2] 郑咏超. 大数据网络安全防御中人工智能技术的融合应用研究[J]. 通信电源技术, 2023, 40 (13): 149-151.
- [3] 黄宗碧. 人工智能技术在水电状态监测中的需求及应用[J]. 水电与抽水蓄能, 2019.
- [4] 成义龙, 曲超. 大数据与人工智能在公路施工管理中的协同应用[J]. 2024 (7): 115-117.
- [5] 廖霄, 李卓晖. 人工智能与大数据分析在IT计算安全性与隐私保护中的应用探索[J]. 电子元器件与信息技术, 2023 (11): 137-140.