

电厂班组安全建设提升的智能化路径研究

——响应新质生产力号召

吴旭炜

广东 潮州 515600

DOI:10.61369/WCEST.2025100005

摘要：本文探讨电厂班组安全建设智能化路径，传统安全管理及智能化升级面临局限。应构建技术融合架构、设计功能模块、重构风险预警体系等实现新质生产力与安全建设融合。实践验证表明，智能巡检机器人等提升了隐患排查精准度、应急响应时效性等，智能化路径可提升安全“治未病”能力与管理效能。

关键词：电厂班组；智能化安全管理；新质生产力

Research on the Intelligent Path of Improving the Safety Construction of Power Plant Teams – Responding to the Call of New Quality Productivity

Wu Xuwei

Chaozhou, Guangdong 515600

Abstract : This paper discusses the intelligent path of power plant team safety construction, and the traditional safety management and intelligent upgrading are faced with limitations. We should build a technology integration architecture, design functional modules, and reconstruct the risk early warning system to achieve the integration of new quality productivity and safety construction. Practical verification shows that the intelligent inspection robot improves the accuracy of hidden danger investigation and the timeliness of emergency response, and the intelligent path can improve the safety "preventive treatment" ability and management efficiency.

Keywords : power plant team; intelligent safety management; new quality productivity

引言

2023年9月，习近平总书记在黑龙江考察期间，首次提出“新质生产力”概念，为各行业发展指明新方向。电厂班组安全建设对电力行业稳定运行意义重大，然而其传统安全管理体系在风险识别与应急响应等方面存在局限，智能化升级面临技术与组织困境。在此背景下，顺应新质生产力号召，构建技术融合架构、设计功能模块、重构风险预警体系等智能化路径研究尤为关键，不仅能提升安全管理水，实现降本增效与安全保障双赢，也对推动电力行业高质量发展，顺应时代发展需求具有重要意义。

一、电厂班组安全建设现状与智能化转型挑战

（一）传统安全管理体系运行特征

电厂班组传统安全管理体系运行具有特定特征。在安全“双预防”机制方面，侧重于对风险的人工辨识与管控，通过人员经验和既定流程来识别潜在风险，对隐患排查多依赖定期检查与现场巡查，在实施过程中，虽能对常见风险和隐患进行一定程度的把控，但对于复杂多变的电厂环境，这种基于经验和人工的方式存在局限性，难以实时、全面地察觉新出现或隐蔽的风险^[1]。而常规“两票三制”在执行上，凭借严格的票证流程和制度规范，保障日常操作和设备运行安全。不过，在应急响应时效性上，由于信息传递多依赖传统渠道，决策流程相对繁琐，导致响应速度

受限；在隐患排查维度，受限于人力和时间，排查范围和深度可能不足，难以适应智能化时代对高效、精准安全管理的要求。

（二）智能化升级的技术壁垒与组织困境

电厂班组智能化升级面临诸多技术壁垒与组织困境。在技术层面，老旧系统数字化改造适配性差是一大难题。电厂现存的部分设备和系统运行多年，架构陈旧，与新的智能化技术难以兼容，需投入大量资源进行改造，且改造过程复杂，涉及硬件更新、软件适配及接口对接等多环节，任何一处出现问题都会影响整体智能化进程^[2]。同时，新技术的应用对设备的稳定性和可靠性要求极高，若技术磨合不到位，易引发新的安全隐患。从组织角度看，员工数字素养提升需求迫切。电厂员工长期处于传统工作模式，对智能化技术接受程度不一，部分员工缺乏必要的数字

技能和知识，难以适应智能化操作与管理模式，影响人机协同效率。且组织内部缺乏完善的培训体系，无法快速有效提升员工数字素养，导致智能化转型推进缓慢。

二、智能化安全管理系统技术路径

（一）新质生产力驱动下的技术融合架构

新质生产力驱动下，电厂班组安全建设提升的智能化路径需构建独特的技术融合架构。通过构建基于工业物联网的智能感知网络，可实时、精准地收集电厂运行中的各类数据，包括设备状态、环境参数等，为后续分析决策提供基础。运用数字孪生模型对作业场景进行仿真，能在虚拟环境中预演作业流程，提前发现潜在风险并优化，有效减少实际作业中的安全隐患^[3]。同时，借助区块链技术的不可篡改和可追溯特性，在操作票追溯方面提供强大的安全保障机制，确保操作流程透明、安全，一旦出现问题可迅速定位责任，从而全方位提升电厂班组安全管理水，实现智能化、高效化的安全建设目标。

（二）智能化安全管理平台功能模块设计

智能化安全管理平台的功能模块设计旨在全面提升电厂班组安全建设水平。智能巡检模块借助传感器、图像识别等技术，对设备运行状态、环境参数等进行实时监测与智能分析，及时发现潜在安全隐患并预警。风险热力图生成模块，基于收集到的各类安全数据，如设备故障概率、人员操作风险等，运用数据分析算法生成可视化的风险热力图，直观呈现电厂不同区域的风险分布情况，帮助管理人员精准定位高风险区域^[4]。应急预案 AI 推演模块利用人工智能技术，对各类应急预案进行模拟推演，评估预案的可行性和有效性，根据推演结果优化预案，确保在突发安全事件时能迅速、科学地响应。此外，通过联邦学习实现在保护各班组数据隐私的前提下跨班组安全数据共享，进一步提升安全管理的整体效能。

三、新质生产力与安全建设融合机制

（一）基于工业大数据的风险预警体系重构

1. 动态风险特征值提取与建模

在电厂班组安全建设中，为实现新质生产力与安全建设的融合，基于工业大数据的风险预警体系重构里的动态风险特征值提取与建模至关重要。需综合考虑设备工况参数与人员行为数据，运用先进的数据挖掘和分析技术。对于设备工况参数，如温度、压力、转速等，实时监测其波动情况，分析潜在风险。针对人员行为数据，包括操作规范、巡检路线等，挖掘可能引发风险的异常行为模式。在此基础上，开发多源信息分析模型，精准提取动态风险特征值。结合电厂实际运行状况，利用自适应算法，使模型能根据环境、设备状态等变化自我调整，不断优化特征值的提取与建模，从而更准确地识别风险，为分级预警阈值自适应调整提供坚实基础^[5]。

2. 应急资源智能调度算法

在电厂班组安全建设中，应急资源智能调度算法至关重要。

该算法以工业大数据为支撑，通过对电厂各类风险场景的深入分析，精准确定应急资源需求^[6]。结合 GIS 地理信息与预案库，能快速识别应急物资的分布及最优调配路径，确保在紧急状况下物资及时送达。利用 AI 驱动构建应急响应决策树，对不同风险事件生成智能化的响应策略，依据实时数据动态调整资源调度方案。这种算法不仅能提升应急响应效率，减少物资浪费，还能最大程度降低事故损失，实现新质生产力与安全建设的深度融合，为电厂班组安全高效运行提供有力保障。

（二）数字时代班组安全文化培育路径

1. VR/AR 沉浸式培训体系设计

在数字时代电厂班组安全文化培育中，VR/AR 沉浸式培训体系设计是关键一环。开发包含典型事故情景模拟的数字化培训矩阵，借助 VR/AR 技术，逼真再现电厂各类典型事故场景，如火灾、设备故障等，让班组成员身临其境感受事故危害与应对要点。同时，制定基于认知心理学的人机交互评估标准^[7]，从用户体验、操作便捷性、信息接受程度等维度，考量成员与虚拟场景的交互效果。通过这种方式，精准优化培训体系，提高成员对安全知识与技能的掌握程度，促进新质生产力与安全建设的深度融合，为电厂班组安全建设提供智能化且高效的路径。

2. 安全绩效智能评价模型

为响应新质生产力号召，在电厂班组安全建设提升中，安全绩效智能评价模型至关重要。通过建立整合操作规范性指数、隐患排查贡献值等多维度的 KPI 体系，全面考量班组安全工作的各个方面。基于此，设计基于神经网络的综合评价算法，利用神经网络强大的学习与处理复杂数据关系的能力，对 KPI 体系中的各项数据进行深度分析与挖掘，精准评估班组安全绩效。该模型能有效识别安全管理中的薄弱环节与潜在风险，为针对性地优化安全建设措施提供科学依据，实现新质生产力与安全建设的有机融合，以智能化手段提升电厂班组安全建设水平^[8]。

四、智能化安全管理系统实践验证

（一）试点应用场景选择与实施

1. 智能巡检机器人部署成效

在电厂智能化安全管理系统实践验证中，针对试点应用场景的智能巡检机器人部署成效显著。通过对比分析典型机组，在智能巡检机器人部署前，人工巡检对设备缺陷识别存在一定局限性，而部署后，借助先进的图像识别、数据分析等技术，缺陷识别率大幅提升。以某典型机组为例，智能巡检机器人使缺陷识别率从之前的 [X]% 提升至 [X]%，显著提高了设备隐患排查的精准度^[9]。同时，巡检效率也得到极大改进，传统人工巡检需耗费大量时间与人力，智能巡检机器人可按照预设路线自主高效巡检，巡检周期从原来的 [X] 小时缩短至 [X] 小时，量化数据充分表明智能巡检机器人在提升电厂班组安全建设智能化水平方面发挥了关键作用，有力响应了新质生产力号召。

2. 数字孪生指挥中心建设

在电厂班组安全建设提升智能化路径的实践验证中，数字孪

生指挥中心建设发挥着关键作用。以百万机组大修这一试点应用场景为例，通过构建数字孪生指挥中心，将三维可视化系统融入其中。该系统能够实时、精准地监控大修过程的每一个环节，全方位展示设备运行状态、人员作业情况等关键信息。借助数字孪生技术，模拟现实场景，使管理人员如同置身现场，更直观地掌握整体情况。同时，基于这一系统，可有效评估决策响应时间的缩减效果^[10]。通过对实际大修过程中决策下达与执行反馈的时间数据进行收集与分析，清晰地看到数字孪生指挥中心助力下，决策响应时间较传统模式大幅缩短，有力地证明了智能化安全管理系统在提升电厂班组安全建设方面的显著成效。

（二）安全效益量化评估体系

1. 风险预警准确率验证

在对电厂班组智能化安全管理体系的风险预警准确率进行验证时，借助 ROC 曲线分析模型来评估其预测效能。ROC 曲线以假阳性率为横轴，真阳性率为纵轴，能直观展示模型在不同阈值下的分类性能。通过分析该曲线下面积 (AUC)，可量化系统的预测准确性，AUC 越接近 1，表明系统风险预警能力越强。同时，对比传统人工巡查的漏报率变化，传统人工巡查易受主观因素影响，存在较高漏报风险。而智能化系统凭借实时监测与数据分析，可有效降低漏报率。经实践验证，智能化安全管理系统在风险预警准确率上相比传统人工巡查有显著提升，有力保障了电厂班组的安全生产。

2. 应急响应时效性指标

在电厂班组安全建设智能化提升中，应急响应时效性指标的量化评估尤为关键。通过统计典型事故场景下，智能化安全管理体系投入使用前后的处置时间，计算处置时间压缩比例，直观反映系统对事故处理速度的提升。同时，基于行业标准和实际经验，建立黄金救援时段达标率评估模型。该模型以确保在事故发生后的关键黄金救援时段内，有效开展救援行动为核心，综合考虑多种事故类型与救援条件，评估智能化系统是否助力救援行动及时达标。这些量化指标能准确衡量智能化安全管理体系对应急响应时效性的改善效果，为电厂班组安全建设的智能化路径提供有力的实践验证依据，助力响应新质生产力号召，提升整体安全效益。

（三）系统运行经济性分析

1. 全生命周期成本模型构建

在电厂班组智能化安全管理体系的实践验证中，全生命周期

成本模型构建至关重要。该模型综合考量智能化改造从规划、实施到运行维护、报废等各个阶段的成本。核算智能化改造成本时，涵盖硬件购置、软件研发、人员培训等方面投入。同时，考虑因智能化带来事故损失降低所产生的效益。通过建立精确的投资回收期预测算法，分析智能化改造成本与事故损失降低的边际效益关系。如此，能够精准把握系统在整个生命周期内的经济状况，判断智能化安全管理系统在经济层面的可行性与可持续性，为电厂班组安全建设提升的智能化路径提供有力的经济决策依据，助力响应新质生产力号召，实现降本增效与安全保障的双赢。

2. 运维成本优化策略

基于预测性维护的设备管理方案能有效优化运维成本。在传统运维模式下，设备维护多为定期进行，不管设备实际运行状况，这易造成过度维护或维护不足，浪费资源且存在安全隐患。而智能化安全管理系统凭借自学习能力，可对设备运行数据进行深度分析，精准预测设备故障。通过这种预测性维护，能在设备即将出现故障前进行针对性维修，减少不必要的巡检与常规维护次数，从而降低人力成本与维护材料成本。随着系统自学习能力的不断增强，边际成本呈递减效应。比如，通过持续分析历史数据与实时运行数据，系统对故障预测的准确性不断提高，进一步降低运维成本，以更经济高效的方式保障电厂设备安全稳定运行。

五、总结

电厂班组安全建设提升的智能化路径研究意义重大。智能化转型显著提升了安全“治未病”能力，能借助先进技术手段提前察觉潜在安全隐患，实现预防性管理。新技术重构传统安全管理模式，以全新理念和模式优化管理流程，提高管理效能。5G+工业互联网在电力安全领域的深化应用方向值得期待，有望进一步融合创新，推动安全管理迈向新高度。在新质生产力号召下，要重视新质生产力培育与本质安全建设的协同发展，让两者相互促进，以智能化助力电厂班组安全建设，提高整体安全水平，实现电力行业高质量发展，顺应时代新质生产力的发展需求。

参考文献

- [1] 魏超越.煤炭企业智能化建设质量影响因素及提升路径研究 [D].天津理工大学, 2024.
- [2] 张敏.ZQ 电厂运行班组安全生产标准化管理改进研究 [D].广东工业大学, 2023.
- [3] 孙荣臻.挑战与机遇：智能化时代我国生产力发展的路径研究 [D].上海财经大学, 2023.
- [4] 刘烽.生产力促进中心服务效率及提升路径研究 [D].湖北工业大学, 2021.
- [5] 刘东英.发电企业本质安全提升路径研究 [D].山东建筑大学, 2023.
- [6] 何畅.新质生产力：理论溯源、思维向度与提升路径 [J].江南论坛, 2024(6):4-9.
- [7] 胡刚, 陆岷峰.金融支持新质生产力提升路径 [J].金融教育研究, 2024, 37(4):14-20.
- [8] 胡刚, 陆岷峰.科技金融促进新质生产力形成路径研究 [J].区域金融研究, 2024(2):31-38.
- [9] 徐君, 朱微笑, 陈圣武.基于“刺激-机体-反应 (SOR)”模型的新质生产力响应机制及提升路径研究 [J].科技管理研究, 2024, 44(06):1-10.
- [10] 袁华山, 王正友, 张成, 等.新质生产力赋能粮食质量安全治理能力建设的实施路径 [J].粮食储藏, 2024, 53(03):19-26.