

Equipment Safety Management and Innovative Technology Application in Non Coal Open-pit Mines

Linlin Zhao

Luanchuan Longyu Molybdenum Industry Co., Ltd., Luoyang 471500, Henan Province, China

Abstract: This article focuses on the safety management of equipment in non coal open-pit mines and systematically analyzes its optimization path. Research has shown that by integrating innovative technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, real-time monitoring of equipment operation data, fault prediction, and dynamic risk warning can be achieved, promoting the transformation of maintenance mode to "predictive maintenance"; By improving the safety management system throughout the entire lifecycle, establishing a hierarchical and classified training system, and strengthening the construction of safety culture, the professional competence and risk awareness of personnel can be enhanced; By building an intelligent security management platform, integrating equipment, environment, and personnel data, risk collaborative control and decision-making optimization can be achieved. The research conclusion shows that the collaborative efforts of technological innovation and institutional optimization can significantly reduce the rate of mine safety accidents, providing theoretical support and practical reference for industry safety production and intelligent transformation.

Keywords: Non coal open-pit mines; Equipment safety management; Intelligent technology

非煤露天矿山设备安全管理与创新技术应用

赵琳琳

栾川龙宇钼业有限公司, 中国·河南洛阳 471500

摘要: 本文聚焦非煤露天矿山设备安全管理, 系统分析其优化路径。研究指出, 通过融合物联网、大数据、人工智能等创新技术, 可实现设备运行数据实时监测、故障预测与风险动态预警, 推动维护模式向“预测性维护”转型; 通过完善全生命周期安全管理制度、构建分层分类培训体系及强化安全文化建设, 可提升人员专业能力与风险意识; 通过搭建智能化安全管理平台, 整合设备、环境、人员数据, 实现风险协同管控与决策优化。研究结论表明, 技术创新与制度优化协同发力, 可显著降低矿山安全事故率, 为行业安全生产与智能化转型提供理论支撑与实践参考。

关键词: 非煤露天矿山; 设备安全管理; 智能化技术

1 引言

非煤露天矿山作为矿产资源开发的重要组成部分, 在国民经济中占据关键地位, 其安全生产直接关系到企业效益、人员生命安全及生态环境保护。随着矿山开采规模扩大与技术升级, 设备种类与复杂度显著增加, 设备安全管理面临更高挑战。当前, 传统管理模式, 设备老化、维护滞后、人员操作不规范等问题频发, 导致安全事故风险居高不下。此外, 安全管理信息化程度不足、风险预警机制滞后, 进一步制约了矿山安全生产水平的提升^[1]。在此背景下, 创新技术的应用为非煤露天矿山设备安全管理提供了新路径。物联网、大数据、人工智能等技术的深度融合, 可实现设备状态实时监测、故障预测与智能维护, 显

著降低事故发生率; 自动化与无人化技术的推广, 则能有效减少人员暴露于高危环境的风险。本文旨在通过分析非煤露天矿山设备安全管理的现状与问题, 探讨创新技术在安全管理中的实践应用, 并提出针对性的优化策略, 以期为行业安全管理水平提升提供参考与借鉴。

2 非煤露天矿山设备安全管理现状分析

2.1 设备安全管理的主要内容

非煤露天矿山设备安全管理是保障生产连续性、降低事故风险的核心环节, 其核心内容涵盖设备日常维护与检修、操作人员管理以及安全风险评估与隐患排查三方面。在设备日常维护与检修方面, 企业需制

定标准化流程,涵盖定期巡检、润滑保养及易损件更换等环节,并针对采掘设备、运输车辆等关键设备建立“一机一档”管理制度,详细记录设备运行参数、维修历史及故障处理情况,确保设备始终处于良好运行状态^[2]。操作人员管理方面,通过岗前培训、技能考核及持证上岗制度,确保人员熟悉设备性能与安全操作规程,同时定期开展应急演练与安全教育,提升其风险识别与应急处置能力。此外,企业还需采用风险矩阵法、LEC评价法等工具,对设备运行中的潜在风险进行量化评估,建立隐患排查台账,实现“排查-整改-验收”闭环管理,尤其需强化露天矿山边坡稳定性、爆破作业设备等高风险环节的动态监测与专项检查。

2.2 当前存在的问题

尽管多数矿山企业已建立设备安全管理制度,但在实际应用中仍存在不少问题。比如设备老化与更新滞后,部分矿山因资金投入不足或管理意识薄弱,导致设备超期服役、带病运行,尤其是老旧矿山的穿孔、铲装设备,其机械磨损与电气老化问题严重,易引发突发故障^[3]。安全管理信息化程度低,传统管理模式依赖人工记录与纸质台账,难以实现设备运行数据的实时采集与分析,导致风险预警滞后。例如,设备温度、振动等关键参数的监测仍依赖人工巡检,无法及时发现早期故障征兆。人员安全意识不足与操作不规范,部分操作人员存在侥幸心理,忽视安全操作规程,如超载运输、违规停机等行为频发。此外,矿山企业普遍面临技术人才短缺问题,导致设备维护与故障处理能力受限。

3 创新技术在非煤露天矿山设备安全管理中的应用

3.1 物联网与智能监控技术

物联网与智能监控技术通过传感器、通信模块与云平台的深度集成,实现了非煤露天矿山设备运行数据的实时采集、传输与动态分析,为矿山安全管理提供了智能化支撑。在设备状态实时监测方面,通过在采掘设备、运输车辆等关键部位部署振动、温度、压力等多类型传感器,系统可精准捕捉设备运行参数变化,如钻机主轴温度异常升高时,系统能即时触发预警机制,避免因轴承过热引发设备停机或火灾事故,将风险控制在萌芽阶段。在远程监控与故障诊断领域,依托5G或Wi-Fi 6高速通信技术,设备运行画面

与核心数据可高清传输至管理平台,技术人员通过移动终端即可远程查看设备状态,并结合历史数据与专家系统快速定位故障根源,制定针对性维修方案,显著缩短设备停机时间,提升生产效率。此外,物联网技术进一步拓展至环境与人员安全联动管理,通过集成边坡位移监测仪、粉尘浓度传感器等环境监测设备,系统可实时分析设备运行数据与环境风险参数,当边坡位移速率超出安全阈值时,自动触发区域设备限停指令并推送人员撤离通知,实现风险的事前识别与主动防控,为矿山安全生产构筑全方位技术屏障。

3.2 大数据与人工智能技术

大数据与人工智能技术的深度融合,为非煤露天矿山设备安全管理构建了从数据采集到智能决策的全链条支持体系。在设备运行数据深度分析方面,系统通过采集设备历史振动频率、能耗曲线等多元数据,运用大数据分析技术挖掘设备性能退化规律。例如,基于时间序列分析可精准预测液压系统压力波动趋势,提前识别潜在泄漏风险,为预防性维护提供依据。基于AI的故障预测与维护决策是核心应用之一,通过LSTM神经网络、随机森林等算法构建设备健康评估模型,结合实时监测数据动态推演设备状态。某矿山实践表明,AI算法可将卡车发动机故障预测准确率提升至92%,推动维护策略从传统“定期检修”向“状态检修”转型,降低维护成本15%以上。在安全风险智能评估环节,系统整合设备运行数据、环境参数及人员操作记录,构建多维度风险评估模型,通过分析爆破作业设备故障历史与操作行为模式,精准识别高风险场景并生成定制化培训方案。此外,通过构建设备安全管理知识图谱,系统将故障案例、维修手册及专家经验结构化存储,并借助自然语言处理技术实现智能问答与决策推荐,辅助管理人员快速制定应急预案,显著提升安全管理效率与决策科学性。

3.3 自动化与无人化技术

自动化与无人化技术通过减少人员直接操作,显著降低高危环境下的安全风险,主要应用方向包括:无人驾驶矿车与自动化采掘设备:采用激光雷达、高精度GPS与避障算法,实现矿车自动驾驶与路径优化。例如,某露天矿山部署的无人矿车可24小时连续作业,运输效率提升30%,同时避免因疲劳驾驶或违规操作引发的事故。无人机巡检与安全监测:利用无人机搭载高清摄像头与热成像仪,对边坡、排土场等

高危区域进行定期巡检，快速识别裂缝、滑坡等隐患。此外，无人机可实时传输爆破作业画面，监督装药量与起爆顺序的合规性。

远程操控中心建设：通过集中式远程操控平台，实现多台设备的协同作业与应急干预。例如，在暴雨或沙尘等恶劣天气下，操作人员可在安全室内远程控制钻机与装载机，避免人员暴露于危险环境。

3.4 虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术

虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术通过虚拟场景模拟与信息叠加交互，为非煤露天矿山设备安全管理提供了沉浸式技术支撑，显著提升人员培训效能与设备维护质量。在操作人员培训领域，VR技术可构建设备操作全流程虚拟仿真环境，模拟设备卡滞、突发故障等极端工况下的应急处置场景。新员工通过VR系统进行反复演练，可快速掌握标准化操作流程与风险应对策略，有效缩短培训周期并规避实操训练中的安全风险。在设备检修与故障排查环节，AR技术通过AR眼镜将设备内部结构、维修步骤及历史故障记录以三维模型形式实时投射至技术人员视野，例如在破碎机检修时标注关键螺栓扭矩参数并提示潜在故障点，辅助技术人员精准定位问题并减少人为操作失误。此外，AR技术可将安全操作规程转化为三维动画并叠加至真实设备表面，如在装载机驾驶舱内动态显示安全作业区域与禁止行为，通过可视化交互强化人员安全认知，降低违规操作概率。

4 非煤露天矿山设备安全管理的优化策略

4.1 完善安全管理制度

非煤露天矿山需构建以风险防控为核心的全链条安全管理制度体系。首先，应制定覆盖设备全生命周期的标准化管理流程，明确设备采购、安装调试、运行维护、报废处置等环节的责任主体与操作规范。例如，针对大型采掘设备，需建立“一机一档”动态管理台账，记录设备运行参数、维修历史及隐患整改情况，确保可追溯性。其次，完善安全检查与考核机制，通过“日巡检、周排查、月评估”制度强化设备隐患排查，并引入第三方机构开展专项安全审计，对违规操作或管理失职行为实施责任追溯。此外，需制定分级应急预案，针对设备故障、边坡坍塌等典型风险场景，明确应急响应流程与资源调配方案，并定期组织实战化演练，提升协同处置能力。最后，将安全绩效与员工薪酬、晋升挂钩，通过正向激励与反向约

束机制推动全员参与安全管理，形成“制度管人、流程管事”的长效机制。

4.2 加强技术创新与应用

技术创新是非煤露天矿山设备安全管理升级的核心驱动力。矿山企业需加大物联网、大数据、人工智能等技术的融合应用力度：一是构建设备健康监测系统，通过部署振动、温度、压力传感器实现设备运行数据的实时采集与分析，结合AI算法预测设备故障趋势，推动维护模式从“定期检修”向“状态检修”转变。例如，某矿山通过LSTM神经网络模型将卡车发动机故障预测准确率提升至92%，降低维护成本15%。二是推广自动化与无人化技术，在爆破作业、边坡监测等高危环节部署无人机巡检、无人矿车等设备，减少人员暴露风险。三是利用VR/AR技术开展沉浸式培训，通过模拟极端工况下的应急处置流程，缩短新员工培训周期并提升实操能力。此外，需建立产学研用协同创新机制，与高校、科研机构合作开展关键技术攻关，加速新技术在矿山场景的落地转化。

4.3 提升人员素质与安全意识

人员是设备安全管理的核心要素，需通过多维度措施提升其专业能力与安全素养。首先，建立分层分类培训体系，针对管理人员、技术人员与一线操作人员设计差异化课程：管理人员需掌握风险评估与应急决策方法，技术人员需精通设备故障诊断与新技术应用，操作人员需通过“理论+实操”考核持证上岗。例如，某矿山通过引入虚拟仿真培训系统，使新员工操作技能达标时间缩短40%。其次，强化安全文化建设，通过安全知识竞赛、事故案例警示教育等活动增强全员风险意识，并建立“安全积分”制度，对主动上报隐患或提出改进建议的员工给予奖励。此外，需完善技术人才梯队建设，通过校企合作培养矿山智能化、自动化领域的复合型人才，同时建立技能等级认证体系，为技术人员提供职业晋升通道，减少人才流失。

4.4 构建智能化安全管理平台

智能化平台是非煤露天矿山设备安全管理的“中枢神经”，需整合多源数据实现风险动态管控。平台应具备四大核心功能：一是设备全生命周期管理，通过物联网技术实时采集设备运行参数，结合历史数据与故障模型评估设备健康状态，并自动生成维护计划。二是安全风险智能预警，利用大数据分析技术挖

掘设备、环境、人员行为等多维度数据的关联性，对边坡位移超限、设备超温等风险提前预警。例如，某矿山平台通过集成边坡位移监测仪与气象数据，将滑坡预警时间提前至72小时。三是应急指挥调度，在事故发生时自动匹配应急预案，通过GIS地图定位事故区域、调配救援资源，并利用AR技术为现场人员提供远程指导。四是决策支持分析，通过数据可视化技术呈现设备故障率、隐患整改率等关键指标，辅助管理层优化安全投入与资源配置。此外，平台需具备开放性与可扩展性，支持与政府监管系统、供应链企业数据对接，构建矿山安全协同治理生态。

5 结束语

非煤露天矿山设备安全管理是保障生产效率与人员安全的核心环节，其优化需以技术创新为驱动、以制度完善为根基、以人员素质提升为支撑、以智能化平台建设为抓手。通过融合物联网、大数据、人工智能等前沿技术，矿山企业可实现设备运行状态的实时感知与风险动态预警，推动维护模式向“预测性维

护”转型，显著降低非计划停机与安全事故发生率。同时，通过构建覆盖全生命周期的安全管理制度与多层次培训体系，强化全员安全意识与应急处置能力，形成“人防+技防”的双重保障机制。智能化安全管理平台的搭建则进一步打通数据壁垒，实现设备、环境、人员信息的协同分析与决策优化。未来，随着5G、数字孪生等技术的深化应用，非煤露天矿山设备安全管理将迈向更高水平的自动化与智能化，为行业可持续发展与安全生产提供更高效、更可靠的解决方案。

参考文献

- [1] 柳秉康. 露天非煤矿山特种设备的安全问题 [J]. 起重运输机械, 2005(05):7-9.
- [2] 杨贤锋. 非煤露天矿山设备维修管理系统的设计与实现 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2016(13):19-20.
- [3] 杨贤锋. 试析小型非煤露天矿山设备的维护与管理 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2016(14):23+45.