

煤矿绿色矿山智能化管理体系构建与效益评价研究

张泰山

永煤集团股份有限公司新桥煤矿 河南 商丘 476600

摘要: 绿色矿山建设是煤矿可持续发展的必由之路,而智能化管理体系则是推动绿色矿山建设的关键力量。本研究围绕煤矿绿色矿山智能化管理体系,系统构建涵盖核心架构、关键技术、标准体系及实施路径的完整框架。通过矿山物联网、大数据分析与人工智能等技术,实现资源勘探开采、生态修复、安全生产等环节的智能化升级。从资源利用、环境保护、安全生产、经济效益四维度开展效益评价,证实智能化管理体系可显著提升资源回收率、降低污染排放、减少安全事故并提高投资回报率。研究成果为煤矿行业破解传统发展困境、实现绿色低碳与高质量发展提供了理论依据与实践指导。

关键词: 煤矿绿色矿山; 智能化管理体系; 体系构建; 效益评价; 研究

引言: 在“双碳”目标与能源革命背景下,煤矿行业传统粗放式管理模式面临资源浪费严重、生态破坏加剧、安全隐患突出等多重挑战。智能化转型作为行业升级的关键路径,对推动绿色矿山建设、实现可持续发展具有重要意义。然而,现有煤矿智能化管理体系存在技术应用碎片化、标准体系不完善、效益评估不系统等问题。基于此,深入研究智能化管理体系构建要素,并从多维度量化分析其实施效益,旨在为煤矿行业探索科学的智能化转型路径,助力煤炭产业绿色化、智能化协同发展。

1 煤矿绿色矿山智能化管理体系构建要素

1.1 智能化管理体系核心架构

煤矿绿色矿山智能化管理体系核心架构采用分层协同设计,自上而下涵盖决策层、管理层、执行层与感知层。决策层依托智能算法提供战略规划,管理层统筹生产调度与资源分配,执行层负责设备控制与作业执行,感知层通过传感器实时采集环境与设备数据。各层级通过数据交互与指令传递,实现从生产决策到现场操作的闭环管理,保障煤矿生产的高效性、安全性与绿色化。

1.2 关键技术支撑

1.2.1 矿山物联网技术

矿山物联网技术通过部署井下传感器、通信网络与智能终端,构建全方位感知网络。温湿度、瓦斯浓度、设备运行状态等数据经无线网络实时传输至管理平台,实现对井下环境与设备的动态监测。

1.2.2 矿山大数据分析技术

矿山大数据分析技术整合煤矿生产全流程海量数据,通过数据清洗、挖掘与建模,提取关键信息。一方面,分析资源储量分布、开采进度等数据,优化开采方案;另一方面,对设备故障数据进行趋势预测,实现预

防性维护。同时,结合环境监测数据评估生态影响,为绿色矿山建设提供数据驱动的决策依据,提升资源利用效率与管理科学性。

1.2.3 矿山人工智能技术

矿山人工智能技术通过机器学习、深度学习算法赋能煤矿生产。在智能巡检场景中,AI视觉技术可识别设备异常与人员违规行为;在采掘环节,基于强化学习的算法能动态调整开采参数,提高开采效率。此外,人工智能还可辅助安全风险评估与灾害预警,通过模拟灾害演变路径制定应急预案,实现煤矿生产从“经验驱动”到“智能决策”的跨越。

1.3 智能化管理体系标准体系

1.3.1 基础通用标准

基础通用标准聚焦煤矿智能化管理体系的基础性规范,涵盖术语定义、符号标识、编码规则等内容,确保行业内概念统一、信息互通。通过制定统一的煤矿智能化术语标准,避免因理解偏差导致的管理混乱;规范数据编码规则,为不同系统间的数据交互奠定基础,消除信息壁垒,提升整体管理效率与协同性。

1.3.2 信息基础标准

信息基础标准围绕煤矿智能化管理体系中的数据全生命周期管理展开,包括数据采集、存储、传输、处理等环节的标准规范。明确数据格式、接口协议,保障数据在各系统间高效流通;建立数据质量标准,确保数据准确性、完整性与时效性,为大数据分析、智能决策提供可靠的数据支撑,实现信息资源的高效利用。

1.3.3 生产系统与技术装备标准

生产系统与技术装备标准针对煤矿开采、运输、加工等生产环节及相关设备,制定性能指标、技术参数与

操作规范。对智能化采掘设备的自动化程度、安全防护标准进行界定,规范生产系统的智能化控制流程,确保技术装备符合绿色矿山建设要求,提升生产效率,降低能耗与安全风险,推动煤矿生产向绿色、高效方向发展。

1.3.4 运维保障与管理标准

运维保障与管理标准旨在确保智能化管理体系稳定运行,涵盖系统维护、故障处理、人员管理等方面。制定设备定期巡检与维护规程,保障设备可靠运行;建立应急预案与故障响应机制,提高系统抗风险能力;规范人员培训与考核标准,提升工作人员专业素养,为智能化管理体系的持续优化与稳定运行提供全方位保障^[1]。

1.4 智能化管理体系实施路径

1.4.1 前期规划与设计

前期规划与设计需深入调研煤矿开采现状、资源储备及管理瓶颈,结合国家绿色矿山建设标准与智能化发展趋势,制定分阶段建设目标。通过可行性分析、成本效益评估,明确智能化系统架构、功能模块及实施路线图,为项目推进提供战略指引,确保资源精准投放与目标有序达成。

1.4.2 技术选型与采购

技术选型与采购环节需以规划方案为导向,围绕矿山物联网、大数据分析等核心技术,对比不同供应商的产品性能、技术参数与市场口碑。优先选择兼容性强、扩展性高的软硬件设备,兼顾技术先进性与成本可控性,同时建立供应商动态评估机制,确保采购技术与设备满足煤矿长期智能化运营需求。

1.4.3 系统集成与调试

系统集成与调试阶段需整合分散的智能化模块,构建统一数据交互平台。通过接口协议标准化、数据格式统一化,实现设备、系统间无缝衔接。运用模拟工况测试、压力负载测试等手段,排查数据传输延迟、设备联动失效等问题,优化系统运行逻辑,确保智能化管理体系稳定可靠、响应敏捷。

1.4.4 人员培训与推广

人员培训与推广聚焦员工能力转型,针对管理层、技术岗、操作岗制定差异化培训方案。通过理论授课、实操演练与案例教学,提升员工智能化设备操作、系统维护及数据分析能力。选取典型矿区试点运行,总结经验并推广复制,同时建立激励机制,激发员工参与智能化转型的积极性与主动性。

1.4.5 持续优化与改进

持续优化与改进依托动态监测机制,实时收集系统运行数据、生产效率指标及员工反馈。运用数据分析技

术识别体系运行短板,结合行业新技术迭代与政策变化,定期升级系统功能、优化管理流程。通过PDCA循环,推动智能化管理体系持续迭代,实现煤矿生产效益与管理水平双提升。

2 煤矿绿色矿山智能化管理体系效益评价

2.1 资源利用效益

2.1.1 资源勘探与评估

智能化资源勘探与评估借助三维地质建模、地球物理探测技术,突破传统勘探局限。无人机航测与卫星遥感快速获取地表数据,结合地下物探信息,构建高精度地质模型,精准定位煤层分布与构造。AI算法分析海量勘探数据,预测潜在资源区域,减少无效勘探作业。动态储量评估系统实时更新数据,为资源规划提供科学依据,提升勘探效率与资源预判准确性^[2]。

2.1.2 资源开采优化

资源开采优化依托智能化采掘设备与自动控制系统实现精准开采。惯性导航与智能纠偏技术确保采掘设备沿规划路径作业,减少煤炭损失;根据煤层厚度、硬度自动调整开采参数,提高回采率。物联网实时监测设备运行与工作面状态,大数据分析提前预警设备故障,动态优化开采方案。数字孪生技术模拟开采过程,验证方案可行性,降低开采风险,提升资源开采效率与经济性。

2.1.3 资源综合利用

智能化管理体系推动煤矿资源综合利用升级。智能分选系统利用X射线、AI图像识别技术,精准分离煤矸石,提升煤炭品质。对煤层气、稀有金属等伴生资源,智能监测设备实时追踪富集区域,优化提取方案。煤矸石、矿井水等废弃物经智能化处理后,用于制砖、井下充填或生产回用,构建资源循环链条。通过统筹规划与技术赋能,最大化挖掘资源价值,实现经济效益与生态效益双赢。

2.2 环境保护效益

2.2.1 生态修复技术

智能化生态修复技术借助无人机与GIS技术,快速测绘矿区地形地貌,精准识别植被破坏、土地塌陷等生态问题。通过AI算法分析土壤成分、气候条件,制定最优植被恢复方案,指导苗木选型与种植布局。智能灌溉与监测系统实时跟踪修复区域生态指标,动态调整养护策略,大幅提升生态修复效率,助力矿区生态环境快速重建。

2.2.2 固体废弃物处理

固体废弃物处理依托智能分拣与调度系统,实现精准分类与高效处置。AI图像识别技术快速区分煤矸石、废石等废弃物,结合其品质规划资源化利用路径。自动化运输系统根据存储容量、处理需求智能规划路线,减

少运输能耗与二次污染。智能监测设备实时预警废弃物堆存风险,推动处理流程向无害化、资源化升级。

2.2.3 废水处理与回用

智能化废水处理系统通过物联网水质监测设备,实时采集矿井水各项指标,经大数据分析预判水质变化趋势,自动调整处理工艺参数。集成膜分离、生物处理技术的智能设备,根据水质差异灵活切换处理流程,确保出水达标。回用调度系统依据矿区用水需求,合理分配处理后的中水,实现水资源循环利用,降低新鲜水消耗与废水排放。

2.3 安全生产效益

2.3.1 安全监测与预警

煤矿智能化安全监测与预警系统通过全方位感知网络,实现对井下环境与设备状态的实时监控。部署于巷道、工作面的各类传感器,持续采集瓦斯浓度、顶板压力、设备温度等数据,借助物联网技术上传至智能分析平台。人工智能算法对数据进行深度挖掘,一旦发现异常趋势或超过安全阈值,系统立即触发多级预警,同时精准定位风险区域。例如,通过AI图像识别技术,可及时发现设备异常运转、人员违规操作等行为,提前采取措施消除隐患,有效降低事故发生概率。

2.3.2 应急管理 with 救援

智能化应急管理与救援体系依托数字孪生、虚拟现实等技术,构建井下三维应急场景。当事故发生时,系统自动调取历史数据与应急预案,结合实时监测信息,快速模拟灾害发展态势,生成最优救援路线与处置方案。同时,通过应急通信网络将指令精准传达至救援人员,利用可穿戴设备实时掌握人员生命体征与位置信息。此外,智能机器人可深入危险区域执行侦查、气体检测等任务,降低救援人员风险,提升应急响应速度与救援成功率,最大程度减少事故损失。

2.3.3 事故分析与预防

智能化事故分析与预防机制基于大数据与机器学习技术,对历史事故数据进行系统性梳理与分析。通过建立事故因果模型,挖掘事故发生的潜在规律与关键因素,如设备老化周期、环境变化与事故的关联性。结合实时生产数据,预测未来可能发生的事故类型与风险点,并针对性地制定预防措施。例如,对设备故障数据进行趋势分析,提前安排维护计划;对人员操作行为进行合规性评估,开展精准化安全培训,从根源上阻断事故发生链条,强化煤矿安全生产防线。

2.4 经济效益

2.4.1 生产成本降低

智能化管理体系通过精准资源配置与高效运营显著降低生产成本。自动化采掘设备凭借智能控制技术,减少人工干预,降低人力成本;大数据分析优化开采方案,提升资源回采率,减少资源浪费。设备预测性维护系统基于运行数据提前预警故障,避免突发停机与高额维修费用;智能物流调度系统优化运输路径,降低能耗与运输成本。此外,智能化减少因安全事故、设备故障导致的间接成本,全方位实现降本目标。

2.4.2 销售收入增加

智能化手段助力煤矿提升产品竞争力,推动销售收入增长。智能分选系统精准分级煤炭产品,满足不同客户对煤质的差异化需求,提升产品附加值;通过智能化质量管理,确保煤炭质量稳定,增强客户信任度与合作黏性。此外,智能化生产保障稳定供应,避免因生产波动造成的订单流失;基于市场数据的智能分析,可及时调整生产策略,精准对接市场需求,扩大销售规模,实现收入持续增长。

2.4.3 投资回报分析

智能化管理体系的投资回报分析基于成本节约与收益增长的动态评估。初期投资涵盖技术采购、系统建设等费用,但随着智能化设备提升生产效率、降低运营成本,以及销售收入的持续增加,投资回报周期逐步缩短。通过建立财务模型,结合历史数据与预测趋势,量化分析资源利用率提升、事故损失减少等效益,直观呈现投资收益情况,为煤矿后续智能化升级决策提供科学依据,保障投资价值最大化^[3]。

结束语

本研究构建的煤矿绿色矿山智能化管理体系,通过整合核心架构、关键技术、标准体系与实施路径,实现资源勘探、开采及综合利用的智能化升级,在资源利用、环保、安全与经济等维度展现显著效益,为行业绿色转型提供理论支撑与实践路径。然而,技术融合深度不足、数据安全风险等问题仍待解决。未来,随着5G、边缘计算等技术的普及,煤矿智能化将向更高效、安全、低碳方向发展。

参考文献

- [1]任万杰.基于标准化管理的煤矿机电设备智能化探析[J].大众标准化,2024,(18):98-99+102.
- [2]李大鹏.煤矿采掘工作面智能化安全管理方法研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(12):94-96.
- [3]刘磊,王同同,郭祥宇.基于物联网技术的煤矿掘进设备智能化维护管理系统设计与实现[J].装备制造技术,2025,(02):157-160.