

Research on the application of intelligent mining technology in improving mine production efficiency

Guoxiong Zeng

Zhongding International Engineering Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, China 330000

Abstract

Against the backdrop of global mining industry's high-quality development and transformation, intelligent mining technology has emerged as a crucial driving force for mines to enhance production efficiency, ensure safety, and promote green development through its advantages in automation, informatization, and intelligence. This paper systematically examines the connotation, development trends, and current applications of intelligent mining technology across various mine operations, with a focus on core technologies including autonomous driving, smart drilling and mining, automated transportation, real-time monitoring, and data-driven decision-making. Through case studies, it explores how intelligent systems optimize production organization, improve equipment utilization rates, reduce labor costs and energy consumption, while promoting synergy between safety and environmental protection. The research indicates that intelligent mining drives refined and dynamic management of mine production processes, serving as a key element in building flexible, intelligent, and sustainable production systems. Addressing practical challenges such as technology integration, data security, and workforce competency, innovative development recommendations are proposed to provide theoretical and practical support for the digital transformation of the mining industry.

Keywords

intelligent mining; mine efficiency; unmanned driving; automation control; production optimization; safety and environmental protection; mining digitization

智能化采矿技术在提高矿山生产效率中的应用研究

曾国雄

中鼎国际工程有限责任公司, 中国·江西 新余 330000

摘 要

在全球矿业高质量发展与转型升级背景下, 智能化采矿技术凭借自动化、信息化与智能化优势, 成为矿山提升生产效率、保障安全和推进绿色发展的重要动力。本文系统梳理了智能化采矿技术的内涵、发展趋势及其在矿山各环节的应用现状, 重点分析无人驾驶、智能钻采、自动化运输、实时监控和数据决策等核心技术。通过典型案例, 探讨智能系统在优化生产组织、提升设备利用率、降低人力成本和能耗、促进安全与环保协同等方面的作用。研究指出, 智能化采矿推动了矿山生产流程的精细化和动态管理, 是建设柔性、智慧、可持续生产体系的关键。针对技术集成、数据安全和人员素养等现实挑战, 提出创新与发展建议, 为矿山行业数字化升级提供理论和实践支撑。

关键词

智能化采矿; 矿山效率; 无人驾驶; 自动化控制; 生产优化; 安全环保; 矿业数字化

1 引言

随着资源枯竭型经济向创新驱动型经济转型, 传统矿山生产模式逐步暴露出劳动强度高、安全隐患大、能耗高、效率低等一系列矛盾。新一代信息技术的快速发展为矿业转型提供了前所未有的技术基础。智能化采矿技术通过深度融合自动化、信息化、智能感知与大数据分析, 实现了矿山生产过程的全方位感知、智能决策与协同控制, 是推动矿山生产高效、安全、绿色、可持续的重要途径。当前, 我国智能

化采矿技术发展迅速, 部分煤矿、金属矿已初步建成“无人作业、智能决策、动态调度”的生产体系, 但在全面推广和深度融合过程中仍面临诸多挑战。本文聚焦智能化采矿技术在提升矿山生产效率中的作用机制、应用模式与发展趋势, 旨在为矿业企业实现数字化升级、提质增效和智能运营提供理论指导和现实参考。

2 智能化采矿技术的内涵与发展趋势

2.1 智能化采矿技术的基本内涵

智能化采矿是指以大数据、人工智能、自动控制、物联网等新一代信息技术为支撑, 实现采矿过程无人化、自动化、智能化的系统工程。其目标是通过构建“感知—分析—

【作者简介】曾国雄(1976-), 男, 中国江西于都人, 助理工程师, 从事采矿专业研究。

决策—执行”闭环控制，实现生产设备、作业环境、资源流动和安全管控的全局智能化管理。智能化采矿不仅聚焦生产效率提升，还强调安全本质化、能耗最优化与环境友好化。

2.2 智能化采矿技术的发展历程与国际趋势

智能化采矿技术自二十世纪初在发达矿业国家率先应用，逐步实现了从“机械化—自动化—信息化—智能化”的技术跃迁。以澳大利亚、加拿大、瑞典等国为代表，其矿山企业广泛采用无人驾驶卡车、远程操控钻机、智能通风系统和基于大数据的生产调度平台，显著提升了资源开发效率和生产安全水平。我国自“十三五”以来加快智能矿山试点建设，形成了智能采掘、智能运输、智能选矿、智能安全管控等多个技术体系，迈向了“少人则安、无人则优”的智能生产新阶段。

2.3 智能化采矿的核心价值与发展动力

智能化采矿的核心价值体现在三个层面：一是效率提升，通过智能调度、设备自动化和数据分析，实现生产流程优化和资源利用最大化；二是安全保障，通过智能监控、预警与自动干预，有效规避人身安全风险和自然灾害；三是绿色发展，通过能耗监控、尾矿治理和排放管理，助力矿山绿色低碳转型。技术驱动力主要包括政策推动、企业转型升级需求、科技进步、人才结构变化以及国际竞争压力。

3 智能化采矿技术的关键环节与应用模式

3.1 智能钻采与地质资源探测

智能钻采系统利用高精度传感器、实时监控与远程控制技术，实现对钻井参数、地质信息和作业状态的实时感知与动态调节。通过自动化钻机、智能采煤（矿）机，结合三维地质建模、AI智能分析等，实现采掘路径的动态规划、岩层识别与作业参数自适应调控，有效提升钻采作业的效率 and 精准度，降低作业风险。

3.2 无人驾驶与自动化运输

矿区作业空间复杂、作业时间长、人工强度高，无人驾驶运输车辆成为智能采矿的重要突破口。基于激光雷达、视觉识别、惯导等多传感器融合，无人矿用卡车可实现路线自主规划、障碍物识别、车队协同调度与远程集中管控，全天候不间断作业，大幅提升运输环节的效率 and 安全性。自动化皮带运输、轨道运输系统结合智能调度平台，可实现矿石、物料的动态流转与高效管理。

3.3 智能选矿与生产优化

选矿过程多环节、多变量、易波动。智能化选矿技术通过在线监测、模型预测与智能控制，实现对矿浆浓度、药剂用量、分选参数等关键指标的实时优化。AI决策算法可根据实时数据自动调整工艺参数，提升选矿回收率与产品质量。智能选矿还可实现生产数据的全过程追踪与质量溯源，助力精益生产和产品升级。

4 智能化采矿技术提升矿山生产效率的机制分析

4.1 生产组织优化与设备利用率提升

智能化采矿通过生产工序与设备的数字化集成，实现了生产全过程的信息互通和协同优化。生产计划和作业指令能够由智能调度系统动态下达，显著减少了传统管理中的中间环节与信息传递滞后，提升了响应速度。设备状态实现了实时在线监测，结合预测性维护策略，有效预防设备故障和突发停机，提高了设备开机率和有效作业时间。不同工序之间通过智能系统实现高效协同与资源优化配置，支持柔性化作业组织和动态调整，大幅提升了整体生产效率和资源利用率，为矿山企业的高效、安全运营奠定了坚实基础。

4.2 作业流程精细化与动态管控

基于物联网的感知与数据采集，矿山生产中的采矿、运输、选矿等各环节实现了作业状态与工艺参数的全程在线监控。各类传感器和监控终端持续采集设备运行、物料流转、能耗及安全环境等数据，并通过高速网络实时上传至智能控制系统。系统可基于实时数据动态分析生产状态，自动优化作业流程和生产调度，有效减少人为干预和误操作，提升生产过程的精细化、动态化管控能力。同时，智能监控平台具备异常状态和风险事件的智能识别与联动响应功能，能够在系统检测到异常数据或安全隐患时，自动触发预警、联动相关设备停机、调整作业计划或启动应急处置流程。此举显著降低了生产损失与安全隐患，增强了矿山的风险防控和事故应急能力，为高效、安全、智慧化矿山运营提供了坚实技术保障。

4.3 人力成本与能耗的降低

智能化采矿减少了对现场操作人员的依赖，降低了劳动强度和人员配置需求，带来人力成本显著下降。自动化作业、智能调度和设备能效管理系统能够合理分配作业任务、降低空载与重复作业，减少能源浪费。能源管理平台可对用电、燃油、水资源等进行智能监测和动态优化，实现节能降耗目标。

5 智能化采矿在典型矿山的实践案例与成效分析

5.1 煤炭矿山智能化升级实践

以中国某大型煤矿的智能化升级项目为例，企业集成了无人驾驶运输、智能采掘、远程运维和集中监控等多项智能系统。在采掘工作面部署高精度雷达与AI决策模块，实现了作业环境的实时感知、作业参数的自适应控制和动态调度，极大提升了生产灵活性和效率。全矿井引入无人巡检机器人和智能安全预警平台，能够全天候监测灾害隐患，主动识别和干预安全风险。智能系统应用后，煤矿作业效率提升20%，重大事故发生风险大幅降低，为煤矿安全高效运行和智能化转型提供了有力示范。

5.2 金属矿山智能化改造成效

某有色金属矿山积极推进智能化升级,集成应用智能钻机、自动化选矿和无人运输等先进技术,实现了生产全流程的自动调度与智能管控。系统能够实时采集和管理设备运行状态、物料流转、能耗数据及安全参数,提升了生产现场的透明度与管控效率。经过智能系统的深度集成和优化,矿山生产能力提升了 15%,能耗水平下降 12%,每单位产品所需人工投入减少 30%,不仅大幅提高了经济效益,也有效保障了安全生产。该项目为有色金属矿山实现智能、高效、安全、绿色运营提供了典型示范。

5.3 绿色智能矿山与安全协同建设

在智能化采矿升级过程中,部分矿山企业高度重视环境保护与绿色发展理念。通过部署环境监测传感器,实现对粉尘、噪声、水质等污染源的实时监控,及时预警和干预环境风险。配合智能化粉尘治理和尾矿自动化处理系统,有效降低了排放总量,提升了资源循环利用率。智能排放管理平台能够动态分析生产计划与环保约束,智能调整作业强度、生产时段和排放节点,实现生态压力与生产效率的协同平衡。上述技术应用保障了矿山生产的高效性和绿色性,为行业实现可持续发展和生态文明建设提供了有力支撑。

6 智能化采矿推广面临的挑战与优化对策

6.1 系统集成与技术适配难题

矿山生产系统普遍存在多元异构的特点,自动化设备与智能管理平台之间接口标准、通信协议不统一,导致系统集成难度大、升级改造和后期运维成本高。为提升智能采矿的推广效率和管理水平,亟须推动标准化、模块化的系统设计,制定统一的接口协议和数据标准,促进设备、软件与平台的兼容互通。应加强主流厂商间的深度合作,打造开放共享的技术生态,便于新技术、新设备的快速集成和功能扩展。通过提升系统整体的集成度和可扩展性,不仅降低了后续升级与维护的技术门槛,也为矿山企业的智能化、柔性化、可持续发展提供了坚实的技术基础。

6.2 数据安全和隐私保护风险

智能化采矿高度依赖大规模生产数据和企业运营数据,数据安全和隐私保护风险日益突出。为防范数据泄露、篡改和恶意攻击,矿山企业需完善数据加密技术,细化访问权限分级,实施网络隔离、入侵检测和安全审计等防护措施,确保关键数据在采集、传输、存储和应用各环节的安全。应建立健全数据安全管理制度和操作流程,制定突发事件的应急响应预案,定期开展安全风险评估与演练。通过技术手段与管理机制双重保障,全面提升数据资产的安全管理水平,切实维护企业核心信息安全和生产稳定运行。

6.3 人才队伍与管理机制建设

智能采矿的发展对专业技术人才和复合型管理团队提出了更高要求。矿山企业需加大人才培养和技术培训力度,开展多层次岗位轮训,使员工掌握自动化控制、智能设备运维、大数据分析等关键技能。应积极推动与高校、科研院所的深度合作,共建实训基地和创新平台,打造既懂采矿业务、又精通智能技术和数据分析的复合型技术队伍。同时,完善薪酬激励与晋升通道,营造积极进取、协作创新的智能采矿文化氛围。通过持续提升团队的技术能力与协同水平,为智能化采矿的顺利推进和矿山企业的高质量发展提供坚实的人才保障。

6.4 投资成本与经济效益权衡

智能化采矿作为矿山行业高质量发展的重要方向,其初期推进往往伴随着较高的资金投入,包括自动化设备的采购升级、智能系统的集成开发及运维、人员技术培训与管理机制调整等方面。对于大多数矿山企业而言,前期投资压力大、回报周期长,容易成为智能化转型的阻力。应积极探索多元化融资模式,如产业基金、政策性贷款、政府补贴、产学研合作投入等,分散投资风险、缓解资金瓶颈。政策层面可通过财政奖励、税收优惠、智能矿山示范工程等方式,发挥引导带动作用,鼓励企业开展智能化试点。企业还需建立完善的投资回报评估与动态效益监测机制,结合矿山自身资源禀赋、生产规模和发展阶段,科学制定智能化升级路径。通过阶段性效益对比分析,及时调整优化技术选型和运作模式,实现技术进步与经济效益的有机统一,为行业智能采矿的持续推广和可持续发展奠定坚实基础。

5 结语

智能化采矿技术正成为矿山行业转型升级、提质增效和绿色安全生产的核心驱动力。通过自动化、信息化与智能决策的深度融合,矿山企业能够实现生产流程的精细化、动态化和协同优化,有效提升资源开发效率与安全环保水平。当前,智能化采矿虽已在部分矿山取得显著成效,但在系统集成、数据安全、人才培养等方面仍面临挑战。

参考文献

- [1] 杜鑫龙,陈国锋.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2025,(10):166-168.
- [2] 阴宇阳.智能化矿山采矿技术中的安全管理问题与应对措施研究[J].中国金属通报,2024,(01):29-31.
- [3] 胡冰,杜成伟.智能化矿山采矿技术中的安全管理问题分析[J].中国金属通报,2023,(10):74-76.
- [4] 陈家涛.智能化矿山采矿技术中的安全管理问题[J].化工管理,2021,(05):93-94.