 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i1.8974

The upgrading of construction techniques in mining engineering in the construction of intelligent mines

Jianxiong Liu

Shanxi Xinzhou Shenda Liangjia Moraine Coal Industry Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 036500, China

Abstract

In recent years, with the deep integration of cutting-edge technologies such as artificial intelligence, big data, 5G communication, and the Internet of Things with the mining industry, the construction of intelligent mines has become an inevitable choice to break through the development predicament of traditional mines. The National Mine Safety and Supervision Bureau and other departments have successively introduced a number of policies to promote the research and application of intelligent equipment and technologies in mines, and clearly put forward the development goal that the proportion of intelligent production capacity in coal mines will exceed 80% by 2026. As the core carrier of mine production, the intelligent upgrade of mining engineering construction technology is the key path to achieving "reducing personnel and increasing efficiency, enhancing safety and improving efficiency" in mines. Based on the contemporary background of intelligent mine construction, this article deeply explores the core content and practical path of upgrading the construction technology of mining engineering, providing useful references for the transformation and upgrading of the mining industry.

Keywords

Intelligent mine Mining engineering Construction technology; "Technology upgrade; Safe and efficient mining

智能化矿山建设中采矿工程的施工工艺升级

刘建雄

山西忻州神达梁家碛煤业有限公司，中国·山西 忻州 036500

摘　要

近年来，随着人工智能、大数据、5G通信、物联网等前沿技术与矿山行业的深度融合，智能化矿山建设成为破解传统矿山发展困境的必然选择。国家矿山安全监察局等部门先后出台多项政策，推动矿山智能化装备与技术的研发应用，明确提出到2026年煤矿智能化产能占比超80%的发展目标。采矿工程施工工艺作为矿山生产的核心载体，其智能化升级是实现矿山"减人增效、增安提效"的关键路径。本文立足智能化矿山建设的时代背景，深入探讨采矿工程施工工艺升级的核心内容与实践路径，为矿山行业转型升级提供有益借鉴。

关键词

智能化矿山；采矿工程；施工工艺；技术升级；安全高效开采

1 引言

智能化矿山建设以数字化、网络化、智能化技术为核心，通过对矿山生产、安全、管理等全流程进行智能化改造，实现矿山开采的少人化甚至无人化、高效化与绿色化。其中，采矿工程作为矿山生产的核心环节，其施工工艺的先进程度直接决定了矿山建设的智能化水平与整体效益。传统采矿工程施工工艺依赖人工经验主导，从地质勘探、钻孔爆破，到采掘运输、支护通风等各个环节，均存在自动化程度低、协同管控能力弱、应急响应滞后等问题，不仅制约了生产效率的提升，更难以有效规避高风险作业场景下的安全隐患。

【作者简介】刘建雄（1985–），男，中国山西忻州人,本科，工程师，从事采矿工程研究。

因此，在智能化矿山建设的框架下，推动采矿工程施工工艺的系统性升级，成为当前矿业工程领域的研究热点与实践重点。

2 智能化矿山建设驱动下采矿工艺升级的核心方向

智能化矿山建设以"数据驱动、智能决策、无人作业、安全高效"为核心目标，推动采矿工程施工工艺从"经验驱动"向"数据驱动"、从"人工操作"向"智能控制"、从"分散作业"向"协同联动"的根本性转变。其核心升级方向为四个方面：一是采矿模式的集约，通过采场结构参数的优化和采煤方法的创新，提高资源的回收率和产量。二是实现无人操作，通过智能化设备和遥控等手段，降低井下危险岗位的人数；三是精确控制，通过实时数据收集和智能分析，

对整个开采过程进行动态监控和精确控制；四是实现资源的绿色利用，将智能技术和环境保护相结合，减少能源消耗和对环境的冲击 [1]。

与传统采矿工艺相比，升级后的智能化采矿工艺具有显著优势：在生产效率方面，通过采场参数优化与智能装备应用，可使采场综合生产能力提升 3~4 倍；在安全保障方面，通过无人化作业与智能预警系统，可大幅降低人员暴露在高危环境中的风险，安全事故发生率显著下降；在经济效益方面，通过效率提升与成本管控，可使采矿直接生产成本降低 30% 左右；在资源利用方面，综合损失率可控制在 8% 以下，综合贫化率小于 7%。这些优势充分彰显了采矿工艺升级在智能化矿山建设中的核心价值 [2]。

3 采矿工程施工工艺升级的关键技术与实践应用

3.1 智能综采工艺

智能综采是矿井智能采掘的核心技术，将智能采煤机、液压支架、刮板输送机等设备集成在一起，建立 " 传感 - 决策 - 控制 " 为一体的智能采掘体系，实现采场作业的自动化和精确化。该系统的关键技术有：精细地质探测，智能采煤机控制，液压支架协同联动等。在精细地质探测上，利用配备了雷达、激光等传感器的智能化采煤机，实现对煤层厚度及赋存状况的实时监测，并利用 AI 算法对刨削速度、截割高度及推拉方向进行自动调节，实现对含杂率的有效控制。在设备协作方面，采用红外传感技术对采煤工作面位置进行感应，实现对采煤机的跟踪和移架，保证了工作面支护的安全性。

山西焦煤集团西山煤电集团马兰矿采用智能化综合开采技术，取得了较好的效果。通过引进智能化采煤机和三维可视化管理平台，对采场进行远程监测和精确控制。实际应用表明，与传统方式相比，智能化综采工作面的每班产出提高了 60%，同时降低了一个班组的人数，大大提高了生产效率和安全水平。山东能源集团与华为联合，建立了“盘古”大数据平台，将智能开采与人工智能分析相结合，在 180 余种场景中进行了大规模应用，在洗煤过程中，利用 AI 对重介加药添加量进行了动态调整，提高了 0.2%，对年产 230 万吨的选煤厂来说，每年可多回收 5000 吨精煤，经济效益明显。

3.2 精准掘进工艺

掘进工程是矿山建设的重要前置阶段，传统的掘进方式存在着工作效率低，安全风险高，劳动强度大等缺点。精准掘进工艺以智能掘进机、锚网支护机器人和激光导引定位为主要手段，实现掘进 - 支护 - 运输全过程的自动化协同工作，显著提高掘进效率和施工质量。其主要优点是：采用激光导引系统，可以精确地控制巷道的走向，使巷道的位移误差不超过 50 毫米；采用锚网支护机器人代替人工，使其工作更加自动化、规范化，使支护工作效率提高 50% 以上。

在安全性上，精确掘进采用遥控技术重新构建“安全距离”，让操作者可以在 30 米外遥控操纵设备，避免直接面对塌方、瓦斯泄露等危险。山东能源公司将 100 多个 AI 摄像机安装在矿井下，利用机器视觉技术，对掘进过程中的环境变化和人的动作进行实时采集，并与矿井大模型相结合进行危险分析，并对违章行为进行语音警告，极大地提高了掘进工作的安全性。汾西曙光矿智能化掘进工作面已实现“无人化”运行，仅需一个按钮，就能实现整个过程的协调，到 2024 年，该矿的原煤总成本较上年同期降低 16.8%，产能较上年同期提高 30%[3]。

3.3 智能充填采矿工艺

对于中等以上厚度的破碎矿体，传统采矿方法难以保障采场稳定性，易引发安全事故。智能充填采矿工艺以“充填体顶板稳定性优于破碎矿岩顶板”为核心思想，通过建立充填体强度需求设计理论与地压控制理论，研发破碎矿岩加固技术与充填料浆原位质量评价技术，实现破碎矿体的安全高效开采。其关键升级点在于采场结构优化与充填过程智能化管控，回采采场跨度由传统的 3~5m 提升至 8~12m，采场高度提升至 10m 以上，显著提高了开采能力。

矿冶科技集团研发的下向分段充填采矿技术是智能充填工艺的典型代表，该技术已在喀拉通克铜镍矿、三山岛金矿、武山铜矿等矿山成功应用。其中武山铜矿推广应用后，采场综合生产能力提高 300% 以上，吨矿采矿直接生产成本降低约 30 元 /t，综合回采率大于 93.5%，综合损失率小于 8%，综合贫化率小于 7%，实现了破碎矿体开采的安全与效益双提升。该技术通过采场结构参数设计与工艺设备匹配优化，形成了完整的理论与技术标准体系，为深部高应力 / 破碎矿体智能采矿提供了工艺基础。

3.4 无人运输工艺

采矿运输环节是连接采掘与地面处理的关键纽带，传统运输模式依赖人工驾驶矿卡、皮带输送机等设备，存在效率低、安全风险高、能耗大等问题。无人运输工艺通过引入无人矿卡、智能调度系统、5G 切片网络等技术，构建“车 - 路 - 云”一体化的智能运输体系，实现采运排全流程的无人化与高效化管控。其核心技术包括无人矿卡自主导航、多设备协同调度、实时路况感知与风险预警等。

例如，重钢矿业西昌矿的无人运输项目引入 6 台无人电动矿卡，结合远程操控电铲与钻机，实现了“混装 + 混行 + 混卸”采运排全流程作业，目前已稳定运行并实现全天候三班作业，单车运行里程超过 36 万吨公里，保持“零事故”记录。数据显示，无人矿卡平均每日运行 180 车次，单日周转量达 2.5 万吨公里，承担了 65% 的原矿供应任务，大幅提升了运输效率与安全性。山西焦煤则通过构建覆盖 26 个生产矿井的设备监测平台，接入 882 台运输设备，存储数据超 310 万条，实现了运输设备运行状态的实时监控与

精准调度，有效降低了设备故障率与运输成本。

3.5 智能安全监测工艺

在智能化矿山建设中，安全监测已深度融入采矿生产全流程。通过搭建“空 - 天 - 地 - 井”一体化的立体监测网络，矿山能够对地质环境、设备运行状态以及人员作业行为进行全天候、实时性的综合监控。这一体系依托多项关键技术实现，例如基于人工智能的视频智能分析、设备振动与温度在线监测、瓦斯浓度动态探测，以及岩体稳定性智能分析等。

具体在人员安全行为管理上，部署于关键区域的 AI 智能摄像头，可自动识别未正确佩戴安全帽、擅自进入危险区域等十余类常见违规行为，并实时发出声光报警。在设备健康状态监控方面，系统通过红外测温、振动传感等技术，对主通风机、排水泵站等核心装备的运行状态进行持续跟踪，异常数据会即时推送至地面调度中心。此外，针对顶板安全管理，系统融合机器视觉与智能算法，模拟传统“敲帮问顶”的检查过程，实现对岩体剥落、离层等风险的自动识别与评估，有效减少了因人为主观判断偏差可能导致的安全隐患[4]。

4 采矿工程施工工艺升级面临的问题与对策

4.1 主要面临的问题

尽管我国采矿工程施工工艺升级取得了显著成效，但在智能化矿山建设的推进过程中，仍面临诸多挑战：一是核心技术瓶颈制约，部分高端智能装备如高精度传感器、专用 AI 算法等仍依赖进口，自主可控能力不足；二是成本投入压力较大，智能化装备与系统的研发、购置及运维成本高昂，中小矿山企业难以承担，导致技术推广不均衡；三是人才供需矛盾突出，既懂采矿工程专业知识又掌握数字化技术的复合型人才短缺，难以满足智能化系统的操作与运维需求；四是标准体系尚不健全，不同企业的智能化技术路线各异，数据接口不统一，导致设备与系统之间的协同联动难度较大；五是老旧矿山改造难度大，部分老矿山基础设施薄弱，井下空间狭窄、地质条件复杂，智能化装备的适配性与安装难度较大。

4.2 针对性解决对策

针对上述问题，需从多维度发力，推动采矿工程施工工艺升级有序推进：

一是强化核心技术自主创新，鼓励企业与科研院校组建联合创新平台，聚焦高精度传感器、矿山专用 AI 大模型等关键技术开展攻关，提升技术自主可控能力。如山西焦煤与科达自控、宇树科技等企业联合研发矿山具身智能机器人，针对性解决井下狭窄空间作业难题；

二是加大政策扶持与资金引导，建立智能化矿山建设专项基金，对中小矿山企业给予补贴，鼓励金融机构提供专项贷款，缓解企业成本压力；

三是健全人才培养与培训机制。推动高等院校和职业院校优化采矿工程及相关专业的课程体系，针对性增设人工智能、大数据分析、智能装备运维等跨学科课程。深化校企合作，通过共建实训基地、设立定向培养班等方式，培育既懂采矿工艺又掌握信息技术的复合型人才。此外，必须高度重视现有一线从业人员的技术提升，系统性地组织开展智能化设备操作、日常维护及故障排查的专项技能培训，确保人才队伍与智能化进程同步成长[5]。

5 结论

智能化矿山建设是矿山行业转型升级的必然趋势，而采矿工程施工工艺升级则是实现这一转型的核心路径。实践表明，采矿工程施工工艺的智能化升级，不仅能大幅提升开采效率与资源利用率，更能从根本上改善矿山作业安全环境，推动矿山行业向安全、高效、绿色、智能方向发展。未来，需进一步强化核心技术自主创新，完善政策支持与人才培养体系，加快标准建设，推动采矿工程施工工艺升级向更深层次、更广范围迈进，为我国矿产资源安全保障与高质量发展提供有力支撑。

参考文献

[1] 廖烨. 基于智能化矿山建设的煤矿调度指挥中心设计与实践研究[J].山东煤炭科技,2025,43(11):178-182.

[2] 韩佳潇. 探究智能化矿山设备在掘进作业中的运用[J].中国设备工程,2025,(22):53-56.

[3] 金海林. 智能化矿山采矿技术中的安全管理问题与对策[J].价值工程,2025,44(33):137-139.

[4] 徐宝科. 智能化矿山应急响应角色关系网络构建与抽取方法研究[J].湖北应急管理,2025,(20):40-42.

[5] 林瀚宇,李浩楠,于涵,等. 煤矿智能化研究现状与未来趋势[J].煤,2025,34(10):76-79.