

# 智能化采矿技术在采矿工程中的应用与发展趋势

陈伟坤 金怀涛

浙江省矿产资源集团有限公司 浙江 杭州 310007

**摘 要：**作为矿业转型升级的核心驱动力，智能化采矿依托多类信息技术构建一体化开采管控体系，有效弥补传统采矿模式粗放、精准度不足、安全管控薄弱等短板。通过落地智能勘探、采掘、安全防控及物料输送等技术，全方位提升采矿作业质量与效益，同时结合行业发展现状，剖析技术未来全域无人化、数字孪生融合等多元发展趋势。

**关键词：**智能化采矿；采矿工程；应用；发展趋势

引言：传统采矿模式存在作业粗放、人工依赖度高、资源利用率低、安全隐患突出等诸多弊端，难以适配现代矿业高质量发展的核心需求。随着信息技术与工业矿业的深度融合，智能化采矿逐步成为行业革新主流。通过梳理其技术内涵与应用场景，结合行业发展现状探析未来发展方向，可为矿业智能化升级提供理论参考。

## 1 智能化采矿技术概述

智能化采矿是一种综合性的技术体系，主要依托各类现代信息技术服务于采矿工程，该技术会整合智能感知、数据分析、自动操控、智能运维等多项技术，对采矿全流程开展数字化、精细化的管理工作。相较于传统人工、机械化的粗放开采模式，智能化采矿拥有环境感知、智能研判、设备自控、动态调优的作业优势，能够依托网络传输开采数据，打通各作业工序的信息壁垒，形成完整的开采管控闭环。该技术可以减少人工作业量，适配复杂的开采地质条件，优化开采参数，降低矿产资源损耗；同时，全域监测模块能够实时捕捉作业环境变化，提前规避开采安全风险，目前也是矿业行业转型升级的主流发展方向<sup>[1]</sup>。

## 2 智能化采矿技术在采矿工程中的具体应用

### 2.1 智能地质勘探与建模技术应用

地质勘探属于采矿工程开工前的核心工作，勘探数据的精准程度，会直接影响后续开采方案的科学合理性，传统勘探方式的采样密度比较低，数据整理更新也存在滞后性，很难精准还原矿体内部结构、矿石品质以及围岩的实际分布情况。智能地质勘探技术依靠高精度探测设备和三维建模手段，能够对矿区地质信息开展全方位、精细化的采集梳理工作，从而搭建出可以实时更新的矿体地质模型。在实际勘探作业中，智能探测设备搭载的多维传感器，能够自动采集岩层硬度、矿体厚度、地质裂缝、水文状况等基础数据，设备会利用边缘

计算技术提前处理数据，剔除多余的干扰信息，以此保障勘探数据的准确性；工作人员可依托CMS三维数据库整合各类数据，搭建可视化立体矿体模型，清晰展现矿体空间分布情况，精准标记出矿产富集区与地质薄弱区域。该技术可以跟随开采进度动态更新数据，及时修正模型参数，让地质模型始终贴合现场实际工况。技术人员能够依托精准的模型优化开采布局，合理划分作业区域、规避地质风险区域，根据矿石品质调整开采力度，有效提升矿产资源利用率，从源头减少无效开采造成的资源浪费问题<sup>[2]</sup>。

为直观体现智能勘探技术与传统勘探技术的性能差异，结合矿山实际开采监测数据，整理技术参数对比结果如表1所示。

表1 传统勘探与智能勘探技术参数对比

| 技术指标       | 传统人工勘探技术 | 智能三维勘探建模技术 |
|------------|----------|------------|
| 勘探采样精度（m）  | ±1.5     | ±0.3       |
| 数据更新周期（d）  | 7~15     | 实时动态更新     |
| 矿体建模吻合度（%） | 72.6     | 96.8       |
| 资源利用率（%）   | 78.2     | 89.5       |

### 2.2 智能采掘作业技术应用

采掘作业是采矿工程最为关键的生产环节，作业内容主要包含巷道掘进、矿石开采、围岩支护等基础工序，传统采掘设备的协同联动能力较弱，人工操控的作业精度也难以保障，在复杂的地质环境当中很难稳定开展作业。智能采掘技术会借助自动化开采设备与自适应调控系统，对采掘各道工序实施智能化管控，能够搭建起高精度、可无人化作业的开采模式。智能掘进设备配置了视觉感知与姿态调节部件，设备可自动识别巷道围岩的整体形态，自主规划合适的掘进路径，动态调整掘进的角度与速度，适配各类硬度的岩层作业，也能和智能支护设备配合运行，实现掘进与支护同步施工，有效

缩短工序衔接的等待时间；智能综采设备搭载电液控制与自适应截割组件，设备可根据矿体厚度的实时变化，灵活调整采煤机的作业参数，配合液压支架完成自动化推溜、移架操作，保障开采作业的连续性。露天采矿所用到的智能爆破技术，可依托数字化系统优化爆破各项参数，改善爆破效果，减少大块矿石的产出，减轻后续加工工序的作业压力。同时，采掘设备自带故障自检功能，可实时监测设备运行状态，提前排查零件损耗问题并完成维护，切实提升整体采掘作业的生产效率。

为量化智能采掘技术的应用成效，依托井下综采工作面实测生产数据，统计传统采掘与智能采掘作业核心效率、安全指标如表2所示。

表2 传统采掘与智能采掘作业核心指标对比

| 作业指标        | 传统人工采掘作业 | 智能自动化采掘作业 |
|-------------|----------|-----------|
| 日均采掘进尺（m）   | 82.5     | 126.3     |
| 设备故障率（%）    | 8.7      | 2.1       |
| 工序衔接耗时（h/d） | 3.2      | 0.8       |
| 大块矿石率（%）    | 11.3     | 4.2       |

2.3 智能安全监测与防控技术应用

采矿作业的现场环境相对封闭且复杂，作业过程中容易出现围岩坍塌、有害气体聚集、水文条件变动等各类安全问题，所以安全管理工作一直是采矿工程运营的核心重点。智能安全监测防控技术可以依靠全方位的传感监测设备，搭建一套全天候、立体化的安全监测管理体系，对作业环境、设备运行状态以及现场作业人员开展全面的监测管控。井下作业区域会布置多种智能传感器，能够实时监测瓦斯、粉尘、环境温湿度以及围岩应力等关键指标，这类传感器功耗低、灵敏度高，可全天不间断采集现场数据，并通过专用网络同步上传至后台管控平台；平台能够利用智能算法分析数据变化，自主识别数据异常情况，精准划分安全隐患等级，及时启动对应的预警机制。工作人员可以借助微震监测技术捕捉岩体破裂的细微信号，提前判断围岩失稳的风险，为巷道支护加固工作提供可靠的数据支撑。系统还配备了人员定位功能，可以实时记录作业人员的位置与移动轨迹，明确高危作业区域，保障人员作业安全；同时设备监测系统能够全程监控采掘、输送设备的运行状态，提前发现机械磨损、电路异常等故障隐患，有效规避设备故障引发的安全事故，彻底改善了传统人工巡检滞后的问题，全面完善矿山安全管控体系。

2.4 智能物料输送与管控技术应用

物料输送是矿山生产里十分关键的衔接环节，能够连通矿石开采、破碎加工与仓储存放等多个工序，传统

输送系统的控制方式相对被动，运力分配也不够合理，往往会出现物料堆积、输送卡顿等各类问题，会间接提升设备能耗与现场运维成本。智能物料输送技术结合自动化输送设备与智能调度系统，能够搭建一体化、节能化的输送管理模式；井下皮带设备搭载的智能调速模块，可以根据物料流量、皮带承载压力的实时变化，灵活调整设备运行速度，让设备在空载状态低速运转，在满载工况下提速输送，以此减少不必要的能源消耗。露天矿区会使用智能无人运输车辆，车辆依靠北斗定位与路径规划技术，可以自主规划行驶路线、避开路面障碍，自动完成矿石的装卸与转运工作，车队也能通过协同调度规范车距，有效避免矿区运输拥堵。工作人员搭建的智能物料管控平台，能够整合输送总量、矿石品质、仓储存量等数据，全程把控物料流转节奏，精准匹配开采产能与运输运力；设备易损耗位置配备的智能传感装置，可实时检测皮带磨损、滚筒偏移等故障，系统能够自动发出预警，方便工作人员定点检修，有效延长设备使用年限，实现输送环节无人化高效管控，进一步完善矿山整体智能化生产体系<sup>[3]</sup>。

3 智能化采矿技术发展趋势

3.1 开采作业全域无人化升级

无人开采是智能采矿技术迭代升级的核心发展方向，目前无人化技术大多只应用于矿山单一作业环节，各类设备的协同配合程度相对不足，完整的全域无人开采模式还没有实现大范围普及。未来矿业行业会重点搭建全流程无人作业体系，打通勘探、采掘、物料输送、设备运维等各个环节的技术壁垒，让采矿所有工序都可以实现无人自主运行。行业会持续优化采矿机器人的作业模块，研发能够适应井下复杂环境、露天高危场景的多功能设备，覆盖掘进、支护、现场巡检、场地清障等多项工作，逐步提升机器人的环境适应能力与自主判断能力；工作人员可以借助一体化智能调度平台，整合各类无人作业设备，实现装备协同联动，自动完成任务分配、路径优化与工序衔接工作。同时，行业会不断完善远程操控管理系统，优化人机交互界面，依托高清影像与实时传输技术开展远程可视化管理，可在复杂工况下进行人工远程干预，有效减少高危区域的人工参与，规避人工操作误差，保障采矿作业标准化、连续化开展。

3.2 数字孪生技术深度融合应用

数字孪生技术具备虚实对应、动态模拟、实时映射等诸多优势，会成为后续智能采矿发展的核心支撑技术。目前该技术仅被用于矿体建模工作，自身的仿真模拟与提前优化价值，其实并没有得到充分的开发与利

用。后续矿山行业会搭建全域化的数字孪生体系，构建和实体矿山实时同步的虚拟模型，能够对地质环境、开采设备、作业流程以及管控数据开展全方位的虚实映射；工作人员可以依托虚拟模型推演各类开采方案，模拟不同作业参数带来的开采效果，提前预判岩层变形、设备损耗、物料流转等变化规律，以此优化矿山开采布局与作业流程。系统能够结合大数据算法完成模型自主更新，根据现场实际开采数据修正模型参数，不断提升模拟精度，打通设计、开采、运维全流程数据通道，让开采过程可视、风险预判前移、方案优化智能。该技术可以减少实体试验成本，规避开采试错风险，助力采矿行业从传统经验开采模式，逐步转向数据驱动的智能化开采模式<sup>[4]</sup>。

### 3.3 绿色智能一体化协同发展

对于现代矿业的高质量发展来说，低碳环保与资源集约利用是必不可少的发展条件，智能技术能够和绿色开采工艺深度结合，以此形成绿色、智能化的新型采矿模式。相关企业可以优化采掘、输送设备的节能性能，改进设备动力系统，依靠智能调控算法合理匹配设备运行功率，有效降低作业能耗与废气排放；矿区也能借助智能分选和提纯设备处理低品位矿石，提升矿产回收利用率，减少尾矿、废渣等废弃物的产出。现场布设的智能环保设备，可实时监测粉尘、污水及废气等污染物指标，自动开展净化处理工作，搭配智能回填技术修复采空区生态。矿业行业未来会统筹生产、资源与生态的平衡关系，依托智能技术推动行业低碳绿色、集约高效发展。

### 3.4 技术集成优化与生态体系完善

目前国内智能采矿的相关技术体系还不够成熟，存在系统零散、设备兼容性差、数据互通困难等诸多问题，各类智能作业系统大多单独运行，很难实现数据共享和统一协同管理。后续矿业行业会重点推进各类技术

的整合优化工作，整合感知、传输、运算、执行等功能模块，搭建一套统一的智能采矿管控平台，规范数据采集、传输以及存储的各项标准，破除设备与工序之间的数据隔阂，实现矿区全域数据的畅通共享。行业会从软硬件两个方面开展优化工作，在硬件端完善智能设备的通用接口，提升各类装备的适配能力，减少设备改造投入；在软件端升级智能算法模型，增强AI的自主学习与判断能力，让算法能够适配复杂的采矿环境，自主优化作业参数。除外，行业会搭建开放的智能采矿技术生态，整合各类资源攻克行业技术难题，完善整体产业链，稳步提升矿山智能化层级水平<sup>[5]</sup>。

### 结束语

智能采矿技术凭借精准化、自动化、安全化的核心优势，全面赋能采矿工程各作业环节，有效破解传统矿业生产的各类痛点。行业未来需持续推进技术集成创新、数字技术融合、绿色智能协同发展，不断完善智能采矿技术生态，助力矿业产业实现高效、安全、低碳的长效发展。

### 参考文献

- [1]王瑜,刘栓银,曹伟.智能化技术在采矿工程自动化中的应用现状与发展趋势[J].现代工业工程,2026(2):171-173.
- [2]李瑞峰.智能化采煤技术在煤矿采矿工程中的应用[J].能源与节能,2026(4):321-323.
- [3]齐恒.采矿工程中的智能化设备与技术应用[J].中国金属通报,2026(2):40-42.
- [4]康伟.采矿工程中的智能化技术应用与发展趋势分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):169-172.
- [5]侯芳芳.人工智能在采矿工程技术中的应用[J].凿岩机械气动工具,2026,52(3):225-227.