

电子信息技术赋能下矿山智能开采系统的构建与应用

刘晓

招远市河西金矿有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8436

[摘要] 为破解传统矿山开采“信息割裂”难题、推动智能化转型，本文围绕电子信息技术赋能展开研究。分析行业背景时指出，传统开采依赖人工与半机械化，难适配规模化需求，国家“双碳”政策与技术成熟共同推动转型；剖析数据采集传输碎片化、处理应用浅化、流程协同缺失这三大问题；提出搭建多源数据统一采集传输网络、构建数据深度处理分析体系、打造全流程协同管控平台的解决方法。实践数据显示，该系统能实现数据标准化与流程协同，为矿山智能开采提供切实可行的方案。

[关键词] 电子信息技术；矿山智能开采；信息割裂

Construction and Application of Intelligent Mining System in Mines Empowered by Electronic Information Technology

Liu Xiao

Zhaoyuan Hexi Gold Mine Co., Ltd.

[Abstract] In order to solve the problem of "information fragmentation" in traditional mining and promote intelligent transformation, this article focuses on the empowerment of electronic information technology. When analyzing the industry background, it is pointed out that traditional mining relies on manual labor and semi mechanization, which makes it difficult to adapt to large-scale demand. The national "dual carbon" policy and mature technology jointly promote transformation; Analyze the three major issues of fragmented data collection and transmission, shallow application processing, and lack of process collaboration; Propose solutions for building a unified collection and transmission network for multi-source data, constructing a deep processing and analysis system for data, and creating a full process collaborative control platform. Practical data shows that the system can achieve data standardization and process collaboration, providing practical and feasible solutions for intelligent mining in mines.

[Key words] electronic information technology; Intelligent mining in mines; Information fragmentation

引言

当前矿山开采多采用人工操作与半机械化作业，人工依赖度高造成效率不稳定，难以适配规模化生产需求。国家“双碳”目标推进过程中，《智能矿山建设规范》在能耗、安全管控方面提出更高标准，传统开采模式短板愈发明显，转型需求十分迫切。物联网、5G、人工智能等电子信息技术已趋成熟，可覆盖矿山全环节数据采集、传输与分析工作，为智能开采提供有

力支撑。这样的背景下，研究相关系统的构建与应用，对破解“信息割裂”难题、推动矿山高质量发展具有重要意义。

一、电子信息技术赋能矿山智能开采的背景

电子信息技术赋能矿山智能开采，核心支撑来自行业发展困境与技术进步的双重作用。当前矿山开采多采用人工操作与半机械化作业，人工依赖度高使开采流程受经验制约明显，各环节衔接因判断偏差常出现效率波动，难以适配规模化、集约

化生产需求^[1]。国家“双碳”目标推进过程中,《智能矿山建设规范》对矿山能耗降低、安全管控水平提升提出明确要求,传统模式短板愈发突出,转型需求极为迫切。电子信息技术的成熟为转型提供了可行路径。物联网传感器覆盖勘探、采矿、运输全环节完成数据采集,5G 结合专用技术突破地下信号传输难题,人工智能拥有数据处理能力,这些技术共同推动智能开采从概念走向实际应用。

二、传统矿山开采与现有技术应用的开采全流程“信息割裂”问题

(一) 数据采集与传输环节碎片化严重

传统矿山开采里,勘探、掘进、采矿、运输的数据采集相互独立,缺乏统一体系。勘探环节借助地理信息系统记录矿体与地质数据,采矿环节依托设备控制系统采集机械运行参数,运输环节凭借称重系统统计运量,不同系统数据格式差异明显^[2]。地理信息系统常用矢量数据,设备控制系统主要采用时序数据,二者无法直接互通。地下矿山受地质环境影响更突出,岩石遮挡、电磁干扰让数据传输稳定性下降,地面与井下数据交互常出现延迟,掘进面实时地质变化难同步到采矿环节,采矿参数调整只能依据滞后信息,有时还会出现开采方案与实际矿体偏差,这一情况进一步加剧数据割裂。

(二) 数据处理与应用层次浅化

现有矿山技术对采集数据处理深度不足,大多停留在“采集-存储-简单展示”阶段。无系统数据清洗机制,传感器故障产生的异常数据、设备断电造成的缺失数据,未经过滤补全便直接留存,部分矿山数据准确率达不到应用标准,无法支撑后续环节开展;数据价值挖掘不到位,未结合开采需求搭建分析模型,历史爆破数据里装药量与矿石块度的关联、设备运行数据中的故障前兆,都没得到充分挖掘,数据仅用于记录存档。采矿环节依靠人工经验设定截割速度,不依据实时矿体硬度数据动态调整,使得数据与生产相互脱节,技术赋能作用难以充分体现。

(三) 数据驱动的流程协同能力缺失

受信息割裂影响,矿山开采各环节缺乏数据协同联动,呈“各自为战”状态。采矿推进速度不参考掘进进度,掘进滞后时,采矿机仍按原计划推进,易出现工作面衔接断层、设备闲置;运输皮带运量调整不结合采矿产量,产量突增易致皮带堵料,产量下降则空转浪费能耗。勘探矿体边界数据与采矿实际数据未实时校验,勘探报告中矿体厚度若与实际偏差,采矿仍按原边界推进,可能漏采矿体浪费资源,或误采废石增加成本。各环节无数据协同,整体效率受限于短板,难实现全流程最优。

三、基于电子信息技术的矿山智能开采系统构建与解决方法

(一) 搭建多源数据统一采集与传输网络

1. 分场景部署感知设备与标准化采集体系

勘探环节部署三维激光扫描仪,沿矿体走向每 50 米设扫描点,采集矿体边界与岩层分布数据,生成结构化点云模型;掘进机截割头加装振动与红外温度传感器,运行状态数据每秒采集一次;综采支架顶梁装配压力传感器,支护压力每 30 秒采集,采矿机摇臂设角度传感器记录截割角度;皮带输送机滚筒装重量与转速传感器,运量和速度同步采集。数据采集按频率分级:高频每秒 1 次、中频每 5 分钟 1 次、低频每 10 分钟 1 次,所有设备数据统一转为 JSON 格式,保障源头数据标准化。

2. 构建协同传输网络与统一数据接入中台

传输网络采用“地面-地下”协同架构^[3]。地面矿区部署“5G+光纤”双链路,500 米范围内设置 3 座 5G 宏基站覆盖露天作业面,光纤连接中控室与值班室形成双备份,设备选用防腐蚀接头与外壳,定期清理粉尘;地下矿区依托“漏泄电缆+无线 AP”组网,每 200 米安装隔爆型无线 AP,电缆沿巷道顶部敷设以补盲信号,变电所部署边缘计算节点,采用 LZ4 算法压缩原始数据,压缩率超 50%,再经光纤传输至地面数据库,延迟控制在 1 秒内。统一数据接入中台同步开发,针对 GIS 系统开发矢量数据接口解析 shp 格式矿体数据,针对采矿设备 PLC 系统开发 Modbus-TCP 接口读取运行参数,针对第三方称重系统开发 API 接口抓取运量数据;中台内置质量校验模块,对接入数据开展格式与完整性校验,异常数据标记“待审核”并触发告警,运维人员复核后剔除故障数据、补充断网缺失数据,保障接入数据准确一致。

(二) 构建数据深度处理与智能分析体系

1. 建立自动化数据预处理机制与专属分析模型

自动化数据预处理依托多手段保障数据质量,采用孤立森林算法识别异常值,将“正常运行范围±3 倍标准差”设为阈值,超阈值数据自动标记隔离;缺失数据按实际情况处理,短时间单点缺失用前后均值填充,长时间连续缺失调用设备历史同期数据,借助 LSTM 时序预测模型生成填补数据,采用 Min-Max 标准化将数据转换至[0, 1]区间消除量纲影响。数据质量日志同步建立,记录清洗时长、异常占比、填补量,每月生成报告优化算法参数。环节专属分析模型为生产赋能,依托近 1 年数据构建 BP 神经网络模型,输入实时矿体硬度,输出最优截割速度与截齿更换周期,参数经 PLC 接口下发至采矿机实现自动调整,截齿磨损达阈值时推送维护提醒;XGBoost 多分类故障预测模型同步开发,以设备振动、温度、电流为特征,划分“轴承磨损”等类型,振动超阈值且温度环比上升 5℃时自动生成含故障部位、备件的维护工单;资源管理领域,矿体储量动态计算模型结合实时数据每小时更新储量,生成标有高品质区的三维图,辅助调整开采计划。

2. 搭建可视化分析平台与分级推送机制

依托 WebGL 技术搭建矿山三维可视化分析平台,左侧呈现

巷道、采场与设备的三维场景，支持鼠标拖拽旋转切换不同视角，点击设备图标，右侧便弹出实时运行参数及历史曲线；平台下方设置关键指标看板，实时显示开采效率、设备故障率、资源回采率等核心数据，可按“日/周/月”切换查看维度。结果推送实行“分级分类”机制，紧急信息通过“短信+APP 推送

+电话提醒”告知负责人，15 分钟内未确认便自动升级至上级；常规分析结果在每日固定时间以邮件形式发送至管理团队；操作指导信息直接在现场操作屏弹窗展示，操作人员确认后即可执行调整。多维度可视化呈现与信息推送保障分析结果快速落地，助力矿山提升智能决策效率。

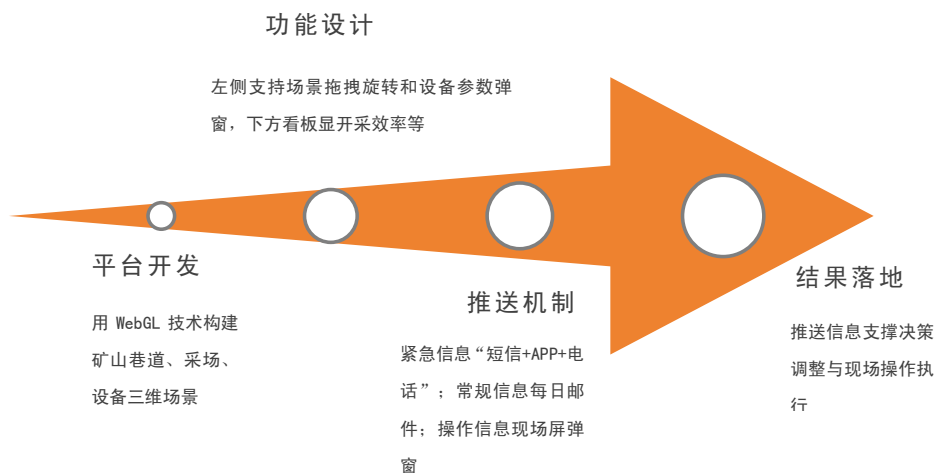


图1 矿山智能开采可视化分析平台构建流程图

（三）打造数据驱动的全流程协同管控平台

1. 建立“勘探-采矿-运输”协同调度机制

平台开发“勘探-采矿”数据比对模块，实时读取采矿实际数据与前期勘探数据，经差值计算判断偏差。偏差小于 5% 时维持原方案，超 5% 自动触发调整，调用矿体储量动态计算模型重算可采范围，生成新工作面布置图与截割路径，经技术组在线审核确认，直接下发截割参数至采矿机控制系统，同步更新三维矿体模型，形成可追溯调整日志。地下铁矿应用该模块后，勘探与实际矿体偏差引发的废石开采量减少 18%，资源回采率提升 5.2%，单次方案调整耗时从传统人工测算的 4 小时缩短至 30 分钟。平台还部署“采矿-运输”联动调度算法，实时采集采矿机当前产量：产量超运输系统负荷 10%，自动生成调度方案，涵盖将皮带输送机转速从 1.2 米/秒提升至 1.5 米/秒、调度 2 台备用运输车辆接矿、开启卸矿点备用卸料口，指令下发至运输控制器与车辆终端，系统自动调参，驾驶员通过 APP 接收任务；产量低于运输负荷 30%，发出“降负荷”指令，减少 1 台皮带输送机运行、降低车辆调度频率，规避空转能耗。平台会实时采集调度后的运输负荷数据，判断是否平衡，未达平衡则再次调整，最终形成闭环调度。

2. 构建协同监控与异常闭环处置体系

平台设“时间轴+环节”维度协同监控看板，展示勘探、掘进、采矿、运输的作业进度与数据关联，掘进进度是否满足采矿需求、运输能力是否匹配采矿产量均在其中呈现，用不同颜色标记各环节状态^[4]。掘进滞后采矿需求 2 天、运输堵料超 15 分钟、采矿品位低于预期等异常发生，看板自动标记异常环

节并告警，同步调取实时视频与相关数据。模块内置标准化处置流程库，按异常类型匹配方案，处置人员通过平台反馈每步执行进度，直至异常解除。模块定期统计异常类型、处置时长与原因，生成“全流程协同异常分析报告”，提出优化建议，助力协同效率提升。

结语

本文聚焦电子信息技术赋能矿山智能开采，针对传统开采“信息割裂”问题，构建“数据采集传输-处理分析-协同管控”一体化系统。分场景部署感知设备、搭建“地面-地下”传输网络，解决数据碎片化；依托自动化清洗机制与智能模型，提升数据应用价值；实时校验与联动调度结合，实现全流程协同。系统能提升矿山开采效率与安全水平、降低能耗，契合“双碳”目标与行业转型需求。后续可优化模型算法、扩大应用范围，为矿山智能开采提供更完善技术支撑。

[参考文献]

- [1] 双轨并行谱新篇产教融合育英才——鄂尔多斯职业学院煤矿智能开采专业建设成果展示[J]. 中国煤炭工业, 2025, (09): 4-5.
- [2] 马英波. 煤矿露天开采新技术对石材露天矿山绿色智能化发展的借鉴研究[J]. 石材, 2025, (09): 28-30.
- [3] 李云松, 李帅, 翟庆祥, 等. 金属矿绿色智能化开采现状与发展趋势[J]. 现代矿业, 2025, 41 (08): 46-50+70.
- [4] 韦建辉, 李作泉, 朱事能, 等. 煤炭智能化开采技术现状及展望[J]. 煤, 2025, 34 (08): 96-100.