

# 煤矿采矿工作面智能化安全管理方法研究

李陈亮 王燕南

山西襄矿晋平煤业有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8549

**[摘要]** 煤矿采矿工作面作为煤炭开采的核心场景，受井下复杂地质条件、高风险作业环境影响，安全管理难度大。随着智能化技术在煤矿领域的深度应用，传统“人工巡检 + 事后处置”的安全管理模式已难以满足高效、精准的安全管控需求。本文主要就煤矿采矿工作面智能化安全管理方法进行分析，旨在为煤矿实现工作面安全管理的精准化、高效化、智能化提供理论支撑，推动煤矿安全生产水平提升。

**[关键词]** 煤矿采矿；工作面；智能化；安全管理

## Research on Intelligent Safety Management Method for Coal Mine Mining Face

Li Chenliang Wang Yannan

Shanxi Xiangkuang Jinping Coal Industry Co., Ltd.

**[Abstract]** As the core scenario of coal mining, the coal mining face is affected by complex geological conditions and high-risk operating environments underground, making safety management difficult. With the deep application of intelligent technology in the coal mining field, the traditional safety management mode of "manual inspection+post disposal" is no longer able to meet the needs of efficient and accurate safety control. This article mainly analyzes the intelligent safety management methods for coal mining working faces, aiming to provide theoretical support for achieving precise, efficient, and intelligent safety management of working faces in coal mines, and promote the improvement of coal mine safety production level.

**[Key words]** coal mining; face; Intelligentization; Safety Management

### 1 引言

随着煤矿智能化转型推进，物联网、大数据、人工智能、5G 等技术逐步应用于采矿工作面，为安全管理提供了全流程技术支撑。智能化安全管理的核心是通过技术手段替代或辅助人工管理，实现安全风险的提前预判、实时监控与快速处置，减少人为失误，提升安全管理的精准性与效率。因此，深入研究煤矿采矿工作面智能化安全管理方法，将智能化技术与安全管理深度融合，是解决煤矿工作面安全管理痛点、保障煤炭高效安全开采的关键路径，对推动煤矿行业安全生产高质量发展具有重要意义。

### 2 综采工作面智能化采煤技术

#### 2.1 工作面自动取直

在采煤过程中，为了使刮板输送机与液压支架之间的受力均衡，并使回采工作面呈一条直线，就必须通过 GIS 信息协同操作。为了保证联动的有效性，还必须把采集到的截割参数上传到液压支架的电动液压控制系统中。现阶段应用 LASC 系统

整合相关设备，研究出基于激光雷达的综采工作面自动取直技术，能够采用激光扫描仪、摄像机等设备，实现对工作面的三维形貌、空间分布实时监测与分析。利用现代先进的控制算法、自动控制技术，实现工作面的在线监测与调节，同时采用自动导向、定位、截断设备系统等进行自动处理，从而达到对截割部进行自动切削的目的。

#### 2.2 工作面综采设备定位

在每天的生产活动中，井下工作面不断发生改变，采掘装备位置也发生了相应的改变。矿井下的自动输送装备必须配备完备的定位跟踪技术，以便为其提供所需的实时位置信息。在使用中，一般采用激光扫描仪、红外高清摄像机等方式获取信息，并将其位置信息传递给用户。另外，利用信息扫描仪，可以建立巷道记忆模型，并绘制出矿井工作图。针对矿井作业场所的烟尘烟雾，应用视频摄像扫描，与安装在巷道顶部的定位装置相配合并确定位置。此外，还可以采用信号集成监测技术确定位置，构建矿井模型，便于对各种装备即时位置进行实时

掌控，帮助进行设备维修和故障处理，从而使各种工作过程变得简单。

### 2.3 液压支架跟机自动化

将自动技术运用到液压支撑系统中，以达到对支撑系统进行自动控制与操纵的一种方法。三机一泵自动化生产系统是利用液压支架对综采工作面进行自动跟踪作业，从而达到自动化作业的一种方式。该自动控制系统的关键在于采用红外发送器、接收装置对信号进行传递和定位判定，根据采集到的数字信号，对采煤机的定位进行判定，从而保证煤矿安全、有效生产。结合现实采煤需要，应用控制系统，设置和调节液压支架，达到自动升降的目的。该系统实现对液压支架工作过程的实时监控，如果出现问题，能够提前发现并做出针对性解决，确保液压支架的高效、稳定运行，有效地提升矿井的生产效率与安全，同时还可以减少人员需要，有效控制生产成本。

### 2.4 远程控制无人开采

以人工智能为基础，一些装置具有人工智能和虚拟技术相结合的能力，通过对虚拟技术收集到的信息进行分析和处理，从而达到对设备的精确调控。采用这种方法，可以减少手工操作，从而达到无人开采的目的。通过高效使用人工智能技术，实现不需要人为介入的矿井作业调度，提高作业效率。同时，一些矿井采用自动化承压分析与控制系统，可以对工作面采掘装备进行精确的定位和控制，以预先设定的指数进行单个液压支撑、采煤设备压力调节和预报，辅助监测系统，达到对相应设备灵活调控和管理的目标。基于无人控制，能够确保现实生产系统中各个部分之间的生产信息及时传送，参考原有的开采方案，灵活调控每个控制平台，最大化发挥统筹协调功效，将人工工作负荷降到最低，避开死角、避开不可预见的风险，提供更好的安全保障。

## 3 煤矿采矿工作面智能化安全管理的关键方法

### 3.1 智能风险预判方法

智能风险预判是智能化安全管理的核心，通过融合历史数据与实时数据，利用大数据与人工智能算法构建风险预判模型，实现对工作面安全风险的精准识别与提前预警。工作面地质条件是引发顶板垮塌、水害等风险的重要因素，需通过智能化超前探测与动态分析实现地质风险预判。采用三维地震勘探、地质雷达、随钻测量 (MWD) 等技术，提前探测工作面及周边的地质构造，构建三维地质模型；结合开采过程中实时采集的顶板位移数据、液压支架压力数据，利用机器学习算法分析地质构造与开采扰动的关联关系，预判断层活化、顶板垮塌的风险概率与发生时间；当预判风险超过设定阈值时，自动向地面调度中心发送预警信息，提示调整开采方案。

工作面环境风险需通过多参数融合分析实现预判。基于瓦

斯浓度、一氧化碳浓度、温度、风速等实时监测数据，构建环境风险预判模型：利用时间序列分析算法预测环境参数的变化趋势，如通过瓦斯浓度的短期变化率预判瓦斯突出风险；利用关联规则挖掘算法分析多参数间的关联关系，如温度升高与一氧化碳浓度上升的协同变化可能预示火灾隐患；当模型预测环境参数将超出安全限值时，自动触发预警，同时联动相关设备，提前控制风险发展。

工作面核心设备的故障可能引发停产或安全事故，需通过设备健康状态监测实现风险预判。采集设备运行参数与历史故障数据，构建设备健康指数模型。利用故障树分析 (FTA) 与故障模式影响分析 (FMEA) 识别设备关键故障模式与影响因素；利用深度学习算法 (如 LSTM 神经网络) 分析设备运行参数与故障的关联关系，建立故障预测模型，实时计算设备健康指数；当健康指数低于设定阈值或模型预测设备可能在短期内发生故障时，自动发送预警信息，提示维护人员及时进行检修，避免设备“带病运行”。

### 3.2 实时动态监控方法

在工作面及回风巷、进风巷等关键位置布置分布式传感器网络，实现环境参数的实时采集与监控。通过 5G 网络将数据实时传输至地面平台，平台对数据进行实时分析与可视化展示，管理人员可通过监控大屏或移动终端查看瓦斯浓度、温度、粉尘含量等参数的实时变化；当参数超出安全限值时，系统自动发出声光报警，并在地图上标注异常位置，引导管理人员快速定位问题区域。

通过在设备上安装智能传感器与边缘计算模块，实现设备状态的实时监控与全生命周期跟踪。对设备运行数据进行实时分析，识别异常运行状态，并自动推送报警信息至维护人员，确保设备故障及时发现。实现对作业人员的实时监控，在工作面布置防爆摄像头，利用计算机视觉算法对视频画面进行实时分析，识别未按规定佩戴安全帽、擅自进入危险区域、违规操作设备等违章行为，当发现违章行为时，自动发出语音警示，并将违章画面与位置信息推送至管理人员；同时，通过 UWB (超宽带) 定位技术或 RFID 定位技术，实时跟踪作业人员位置，在地面平台生成人员位置热力图，当人员进入禁入区域或超出作业范围时，系统自动报警，防止人员误入危险区域。

### 3.3 自动应急处置方法

针对工作面突发安全事件，构建分级应急响应机制，实现应急处置的快速化与协同化。构建设备协同联动机制，当发生安全事件时，相关设备自动协同响应，形成处置合力。例如，当监测到瓦斯浓度超标时，系统自动联动采煤机、刮板输送机停止运行，防止设备运转产生火花引发爆炸；同时联动局部通风机加大风量，联动瓦斯抽采泵提升抽采效率，快速降低瓦斯

浓度；若瓦斯浓度持续升高，系统进一步联动风门关闭，将污染区域隔离，防止瓦斯扩散至其他区域。设备协同联动通过工业以太网与物联网技术实现，确保各设备间指令传达及时、动作协调一致。为应急救援提供智能化决策支持，提升救援效率与安全性。基于工作面三维地质模型与人员定位数据，系统自动生成最优撤离路线与救援路线，标注危险区域与安全通道；通过视频监控与环境传感器数据，实时向救援人员推送事故现场的环境状况，指导救援人员做好防护措施；利用大数据分析事故原因与发展趋势，为救援方案制定提供依据，避免救援过程中发生次生事故。

### 3.4 人员智能管控方法

人员是安全管理的核心要素，通过智能化技术实现对作业人员的素养提升、行为规范与安全保障，减少人为失误引发的安全风险。

构建智能安全培训系统，根据作业人员岗位特点与培训需求，提供个性化培训内容。利用虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术，模拟工作面真实作业场景，如模拟瓦斯突出、顶板垮塌等应急场景，让培训人员在虚拟环境中进行应急处置演练，提升实战能力；系统记录培训人员的学习进度与考核成绩，分析培训薄弱环节，自动推送针对性学习内容；同时，通过线上学习平台，方便作业人员利用碎片化时间学习安全知识，实现“随时随地”培训，提升全员安全素养。

利用视频智能分析算法实时识别违章行为，并自动发出警示；可穿戴设备配备声光报警器与震动模块，当人员靠近危险区域或出现违章操作时，设备自动发出报警信号，提醒人员纠正行为；同时，系统记录人员违章次数与类型，建立人员安全信用档案，将安全信用与绩效考核挂钩，激励作业人员规范行为。

通过可穿戴设备实现对作业人员健康状态的实时监测与应急救援保障。智能安全帽或定位手环内置心率传感器、体温传感器，实时采集人员生理参数，当监测到人员心率异常、体温过高时，系统自动报警，并通知现场负责人前往查看；若发生安全事故，通过人员定位系统快速确定被困人员位置，结合应急救援路线，指导救援人员快速开展救援；同时，可穿戴设备配备紧急呼救按钮，人员遇到危险时可手动触发呼救，确保及时获得帮助。

## 4 煤矿采矿工作面智能化安全管理的优化方向

### 4.1 数据融合与算法优化

当前智能化安全管理中，环境、设备、人员数据往往分散存储与分析，数据融合度低，影响风险预判精准度。未来需加强多源数据融合技术研发，打破数据壁垒，将环境参数、设备运行数据、人员行为数据、地质数据整合分析，构建多维度风险预判模型；同时，优化人工智能算法，如引入联邦学习技术，

在保护数据隐私的前提下实现多煤矿数据共享与模型训练，提升模型对不同地质条件与开采场景的适应性；通过算法优化，减少误报与漏报率，确保风险预判的精准性与可靠性。

### 4.2 无人化与少人化

随着智能化技术的成熟，推动工作面无人化与少人化开采是减少人员安全风险的重要方向。进一步提升采煤机、液压支架、运输设备的自动化水平，实现工作面“无人开采、远程操控”；通过智能巡检机器人替代人工巡检，完成设备状态检查、环境参数采集、巷道巡检等工作，减少人员在井下高风险环境中的暴露时间；构建“地面远程操控 + 井下无人作业”的安全管理模式，从根本上降低人员伤亡风险。

### 4.3 全流程智能化闭环

当前智能化安全管理多集中于风险预判与监控环节，处置与追溯环节的智能化程度有待提升。在处置环节，提升系统自动处置能力，实现更多复杂场景下的自动应急响应；在追溯环节，利用区块链技术构建不可篡改的安全管理台账，确保事件追溯的真实性与可靠性；在优化环节，通过大数据分析总结安全管理经验，自动优化风险预判模型与应急处置策略，实现安全管理的持续改进。

## 结束语

煤矿采矿工作面智能化安全管理是煤矿智能化转型的核心组成部分，其通过融合多维度感知、大数据分析、人工智能等技术，有效提升了工作面安全管理的精准性与效率。在实际应用中，需结合工作面地质条件、设备配置、人员结构，合理选择智能化技术与管理方法，避免技术与实际需求脱节。未来，随着智能化技术的持续发展，煤矿采矿工作面安全管理通过全流程智能化闭环管理，实现安全风险的全面管控，为煤炭行业高质量安全生产提供坚实保障。

## [参考文献]

- [1]李正西,王磊.煤矿采矿工作面智能化安全管理方法研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(12):79-81.
- [2]孙椿.煤矿工作面综采设备智能化改进和应用研究[J].能源与节能,2024,(12):223-225+279.
- [3]孔宏伟.煤矿综采工作面智能化改造关键技术[J].矿业装备,2024,(08):118-120.
- [4]李大鹏.煤矿采矿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.
- [5]张仰中,卢晗,徐超,等.智能化煤矿掘进工作面不安全行为影响因素及防控措施[J].内蒙古煤炭经济,2024,(10):105-107.
- [6]迟焕磊,宋振铎,单鹏.煤矿智能化工作面的安全监测与预警系统深入探究[J].张江科技评论,2024,(04):117-119.