

智能化采煤技术在煤矿采矿工程中的应用

李建峰 任炎斌

山西襄矿晋平煤业有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8548

[摘要] 在煤炭行业向高质量、安全化、高效化转型的背景下，智能化采煤技术逐步替代传统采煤模式，成为煤矿采矿工程革新的核心驱动力。该技术融合物联网、大数据、人工智能、5G、数字孪生等新一代信息技术，可有效提升开采效率、降低安全风险、减少资源浪费。本文主要就智能化采煤技术在煤矿采矿工程中的应用进行分析，以供参考。

[关键词] 智能化；采煤技术；煤矿采矿工程

Application of Intelligent Coal Mining Technology in Coal Mining Engineering

Li Jianfeng Ren Yanbin

Shanxi Xiangkuang Jinping Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] Against the backdrop of the transformation of the coal industry towards high quality, safety, and efficiency, intelligent coal mining technology is gradually replacing traditional coal mining models and becoming the core driving force for the innovation of coal mining engineering. This technology integrates new generation information technologies such as the Internet of Things, big data, artificial intelligence, 5G, and digital twins, which can effectively improve mining efficiency, reduce security risks, and minimize resource waste. This article mainly analyzes the application of intelligent coal mining technology in coal mining engineering for reference.

[Key words] intelligence; Coal mining technology; Coal mining engineering

引言

煤炭在我国能源结构中占据举足轻重的地位，对于保障国家能源安全和推动经济发展具有重要意义。近年来，信息技术、人工智能及物联网技术迅猛发展，自动化与智能化技术为煤矿行业带来新机遇，这些技术能有效提升煤矿生产管理水平，减少人工干预，降低事故发生风险，提高生产效率和安全性。

1 智能化采煤技术的优势

1.1 显著提升采煤效率

智能化采煤装备依靠精准高效的运作机制，大幅减少了人工介入导致的时间损耗，降低了操作误差风险。其中，智能化采煤机具备自动记忆割煤功能，既能按预设程序执行采煤任务，又能通过监测煤层动态变化实时调整截割参数，显著提升了采煤效率和作业精度。

1.2 有效降低安全风险

远程操控与自动化作业技术紧密结合之后，煤矿工人在井下危险环境中的体力消耗和作业时长明显减少。在无人化、智能化开采中，采煤工作面实现全天候无人值守运转，有效降低

了瓦斯爆炸、顶板垮塌等对工人安全的威胁，切实保障了工人的生命财产安全。

1.3 极大地改善工作环境

智能化采煤技术能明显减轻井下粉尘和噪声对煤矿工人健康的危害。利用远程控制平台，工作人员可在地面完成设备操作，彻底摆脱以往的高危作业环境，不仅降低了职业病发生率，还改善了工作体验，大幅提升了工人的职业幸福感。

1.4 优化煤炭资源利用

依靠智能化技术手段，可精准测定煤层厚度、地质构造等重要参数，在此基础上优化采煤工艺设计，从而提高煤炭资源回收率，减少能源浪费。利用人工智能算法对地质相关数据进行深度挖掘与分析，能够实现煤炭精准开采，大幅降低矸石混入比例，提升煤炭产品质量等级，真正实现资源高效利用的目标。

2 智能化采煤技术在煤矿采矿工程中的应用

2.1 智能监控系统

随着信息技术飞速发展，智能监控系统在煤矿设备中应用

日益广泛。这类系统通过集成先进传感器、数据处理技术和互联网通信手段，实现对煤矿生产环境和设备运行状态实时监测与分析。在煤矿综采工作面，智能监控系统能利用摄像头远程视频监控，为事故或故障排查提供关键视觉证据。传统远程监测方式对人依赖程度高、事故处理滞后。因此，结合图像处理等先进技术，开发更加高效的智能监控识别系统成为必然趋势。智能监控识别系统不仅能直接监控井下作业现场情况，还能对主要设备状态、巷道及作业面安全评估和分析。例如，通过自动识别技术，可实时检测设备工作状态，并根据预设标准判断是否存在安全隐患。此外，热成像识别技术应用进一步提升系统监测能力，尤其在复杂环境下，如高温、烟雾等条件下，依然能清晰捕捉到异常信息。这些功能的实现使智能监控系统能第一时间发现并排除隐患，解决安全监管困难、生产效率低下及资源浪费等问题。为确保智能监控系统高效运行，还需要建立强大的数据计算处理中心。核心交换机连接井下 10Gbit 视频环网，将采集到的数据传输至该中心集中分析。通过对历史数据深度学习，系统可以预测可能发生的危险情况，并提前采取措施预防。同时，基于物联网和业务平台，智能监控系统能实现与远程人机界面对接，使管理人员无论身处何地都能及时掌握现场状况，做出准确决策。

2.2 智能决策平台

智能决策平台基于感知层采集的多源数据，通过大数据分析、人工智能算法与数字孪生技术，实现开采方案优化、风险预警、故障诊断等智能决策，为执行层提供精准指令。根据地质环境感知数据与开采目标，智能决策平台自动生成并优化开采方案。在开采过程中，平台根据实时采集的煤层厚度变化数据，动态调整采煤机截割高度，确保始终沿煤层赋存方向截割，避免截割顶底板岩石，减少资源浪费与设备磨损；同时根据工作面推进速度与顶板压力变化，优化液压支架移架间隔与初撑力，平衡支护稳定性与开采效率。平台整合地质环境、设备状态、人员位置数据，构建多维度风险预警模型，实现安全风险的提前识别与预警。针对顶板风险，通过分析顶板位移、围岩应力数据，结合历史垮塌案例，预判顶板垮塌概率与发生时间；针对瓦斯风险，通过监测瓦斯浓度变化率、通风量数据，预判瓦斯突出或积聚风险；针对设备风险，通过分析设备运行参数与故障历史数据，识别故障前兆，提前预警设备故障；针对人员风险，通过人员定位与生理数据，预警人员误入危险区域或健康异常风险。当风险预警模型判断风险等级达到预警阈值时，平台自动向地面调度中心、井下声光报警装置与相关人员手机 APP 推送预警信息，同时提供风险处置建议，如调整通风量、停止开采、撤离人员等。

平台利用数字孪生技术构建采煤工作面虚拟模型，该模型

与井下实际工作面实时映射。虚拟模型的地质环境、设备状态、人员位置与实际工况完全一致。通过数字孪生模型，管理人员可在地面直观查看工作面动态，模拟不同开采方案的实施效果，如模拟调整采煤机推进速度后对开采效率与顶板稳定性的影响；同时可模拟突发安全事件的应急处置过程，测试应急预案的可行性，优化应急响应流程；此外，数字孪生模型可用于新员工培训，通过虚拟操作熟悉采煤设备运行与应急处置流程，提升培训效果。

2.3 智能综采工作面系统

采煤机是综采工作面的核心设备之一。智能化采煤技术下的采煤机具备自主导航功能，通过安装在机身的高精度传感器，如激光测距仪、陀螺仪等，能够实时感知自身位置和姿态信息。基于这些信息，采煤机可以按照预设的开采路径自动割煤，并且能够根据煤层厚度变化自动调整割煤高度，实现精准开采。例如，在某大型煤矿中，采用了具有智能控制功能的采煤机，其割煤精度可控制在 ± 10 cm 以内，有效提高了煤炭资源回收率。同时，采煤机还具备故障自诊断功能。通过内置的智能芯片和监测系统，能够实时监测电机温度、油压、振动等关键参数，一旦发现异常，立即发出警报并进行自我保护，减少了因设备故障导致的停机时间。液压支架在综采工作面中起着支撑顶板、保障作业空间安全的重要作用。智能化液压支架系统采用电液控制系统，实现了支架的自动移架、推溜等操作。通过与采煤机的联动，当采煤机割煤后，液压支架能够自动跟随采煤机的推进进行移架作业，移架速度可达到 8~12 秒/架，大大提高了工作面的推进速度。此外，液压支架还具备压力监测和自动调整功能。通过安装在支架立柱上的压力传感器，实时监测顶板压力变化，根据压力数据自动调整支架的支撑力，确保顶板的稳定支护，有效防止了顶板事故的发生。

2.4 智能掘进系统

智能掘进机采用了先进的导航技术，如惯性导航与激光导航相结合的方式，能够在复杂的巷道环境中准确确定自身位置和掘进方向。在掘进过程中，掘进机可以根据地质条件和设计要求自动调整截割参数，如截割速度、截割深度等，实现高效、精准掘进。掘进机还具备远程监控功能，操作人员可以在远离掘进工作面的监控室中通过视频监控和操作手柄对掘进机进行远程操作，降低了操作人员的劳动强度和安全风险。锚杆支护是巷道掘进过程中的重要环节。智能锚杆支护系统能够自动完成锚杆的钻孔、安装和锚固等操作。通过预先设定的支护参数，系统可以根据巷道的形状、尺寸和地质条件自动调整锚杆的间距、长度和角度，确保支护质量的一致性和可靠性。同时，该系统还能够实时监测锚杆的锚固力，对不符合要求的锚杆及时进行补打或加固，有效提高了巷道的稳定性。

2.5 远程故障诊断系统

远程故障诊断系统作为自动化和智能化技术重要组成部分，在提升煤矿机电设备运行效率及安全性方面发挥关键作用。早期单机故障监测和诊断系统，每台设备都需要独立安装一套故障检测装置。这种方式虽然提供了较高的实时性和可靠性，但高昂成本以及各系统缺乏数据共享限制了广泛应用。为克服这些缺点，集中在线故障监测与诊断方法应运而生。这种方法通过一个中央控制系统对多个设备统一监控，实现信息共享，提高经济效益。然而，由于信号线较长，容易产生失真和干扰，并且地域限制使远程诊断变得困难。现代远程在线诊断系统结合了前两种方式的优点，解决了上述问题。该系统不仅保证信息实时监测和传输，还增强数据可靠性和独立性。具体而言，通过将传感器、数据采集层、运算层等组件有机结合，形成一套完整的闭环控制体系。设备出现异常时，传感器会迅速捕捉信息并通过网络传送到数据中心。借助先进算法分析处理数据，生成详细诊断报告并反馈给操作人员或直接触发维护措施。远程故障诊断系统能显著减少人工干预需求，同时加强对设备状态监控。例如，利用电机电流和温度传感器，可以自动确定牵引电机工作模式；通过视频系统提供机器悬挂和远程通信功能，确保开采过程中各种问题得到及时反馈。这些技术的应用提高了工作效率，预防事故，保障煤矿生产连续和安全。此外，基于计算机技术和物联网平台开发的面向工业领域的远程故障诊断系统，进一步推动煤矿行业自动化和智能化。通过对业务逻辑和功能需求精确划分，结合先进理论和技术手段，解决传统人工离线监测和诊断方法中存在的资源浪费问题。

2.6 机器人巡检与作业

随着科技进步，机器人巡检与作业在煤矿行业中逐渐崭露头角。面对复杂多变的地下环境、潜在的安全隐患以及对工人健康的威胁，开发智能机器人替代人工巡检和作业成为必然趋势。设计智能巡检机器人时，必须考虑其越障能力和适应复杂地形能力。煤矿井下巷道狭窄且布满障碍物，如轨道、运输带、电缆管道等纵横交错，台阶、沟壑、水坑等地形复杂多样。机器人需要具备较高机动性和较强越障能力。为应对这些挑战，研究人员正在开发具有特殊行走机构的机器人，它们不仅能在普通地面上平稳移动，还能轻松跨越较大障碍物，确保在复杂矿井环境中高效执行任务。矿井中存在大量易燃易爆气体，任何火花或高温都可能引发爆炸事故，为保证机器人安全，必须解决防爆问题。这就要求机器人在设计上遵循国家防爆标准，并通过一系列严格测试获得煤矿安全认证。基于窄带物联网无线通信解决方案利用先进的通信协议和技术，能够实现机器人与地面控制中心之间稳定数据传输。

2.7 智能运输系统

智能运输系统中，带式输送机的智能监控系统构建了严密的监测网络。其张力传感器采用高精度的应变片式传感器，精确监测输送带张力变化，一旦张力异常，如因负载不均或输送带老化导致张力偏离设定值，智能控制系统会立即启动张紧装置调整，防止打滑或断裂。速度传感器运用激光多普勒测速原理，实时监测速度，当速度波动超过正常范围，系统迅速排查故障并报警，确保运输流畅。温度传感器对驱动滚筒、托辊等关键部位 24 h 不间断测温，当温度超过 60 °C，自动启动喷淋降温装置，避免火灾或设备损坏。通过这些措施，带式输送机运行稳定性大幅提升，有力保障了煤炭从采掘面到存储区的高效转运。无人驾驶电机车依托先进的激光雷达、高清摄像头与 5G 通信技术构建智能驾驶体系。激光雷达扫描频率高达 10 次/秒，构建精度达 3 cm 的三维地图，精准识别本煤矿运输轨道的细微变化、轨道上的障碍物及其他车辆位置与形状。高清摄像头辅助识别信号灯、交通标识与行人。一旦出现如轨道积水、顶板落石等异常情况，调度中心可远程操控电机车紧急制动或调整方向，运输事故率近乎降为零，极大提升了运输安全性与效率，为煤矿生产的持续稳定运行提供了坚实保障。

结束语

综上所述，智能化采煤技术对煤矿采矿成效显著，智能综采、掘进、运输与安全监测系统提升了采煤效率、减轻劳动强度并强化安全保障。随技术创新融合、标准规范完善与人才建设加强，其将在煤矿业更广泛应用发展，助力煤炭工业现代化转型与可持续发展。需积极接纳变革，增加投入，着力技术研发与人才培育，探寻契合自身的智能化模式，以安全生产为基础，达成经济与社会效益双丰收，推动煤矿事业在智能化道路上稳健前行。

[参考文献]

- [1]王三珍. 采煤机支架协同控制智能化技术应用研究[J]. 山东煤炭科技, 2024, 42(12): 163-167.
- [2]李思远. 智能化采煤工作面建设关键技术应用[J]. 能源与节能, 2024, (12): 254-257.
- [3]李彦鹏. 智能化技术在煤矿机电领域的应用与发展路径[J]. 工矿自动化, 2024, 50(S2): 205-207.
- [4]张浩. 煤矿智能化工作面采煤机-支架协同跟机控制技术探讨[J]. 煤, 2024, 33(12): 81-83+99.
- [5]贺浪浪. 智能化采煤技术在现代煤矿中的应用研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (21): 142-144.
- [6]于鑫磊. 智能化采煤工作面建设关键技术应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (21): 166-168.