煤矿智能化综采工作面开采关键技术及应用研究

陈向吉　高　阳
准格尔旗能源局　内蒙古　鄂尔多斯　010300

摘　要：煤矿行业的智能化改造是行业转型的重要方向。本文依托煤炭产业智能化发展的整体形势，探究智能综采工作面的结构组成与实际应用情况，归纳各类感知监测与智能控制相关核心技术，分析现阶段技术应用的优势与存在的不足，同时梳理煤矿智能开采的后续发展方向，能够为煤矿智能化开采技术的优化完善和行业整体升级提供一定的研究参考。

关键词：煤矿智能化；综采工作；开采关键技术；应用研究

引言：煤炭产业承担着国内主要的能源供给任务，传统开采方式存在明显弊端，整体作业安全性与生产效率都达不到当前行业的发展标准。智能化技术的普及推动了煤矿生产模式的革新，智能综采也成为煤炭产业升级的主流趋势。智能设备与自动控制系统可以逐步替代传统人工操作，实现井下开采工作的自动化运行。本文结合煤矿现场生产实际，对智能综采核心技术以及应用价值进行探究，能够为煤矿智能化建设与安全生产工作提供基础参考。

1 煤矿智能化综采工作面概述

智能化综采工作面属于现代化井下采矿作业体系，该体系融合信息技术与综采工艺，能够实现综采核心设备自动化联动运行，可自主感知、分析并调控井下开采各类参数，替代传统人工操控的开采模式，形成完整的智能化开采闭环，有效提升采矿作业的标准化与智能化水平[1]。推进智能化综采工作面建设，能够减少井下一线作业人员数量，降低煤矿开采安全风险，也可稳定开采作业状态，提升煤炭资源回采率，还能优化煤矿生产模式，助力煤炭行业绿色化、智能化转型。该工作面主要由感知层、传输层、决策层、执行层四部分组成，各层级协同配合，保障开采工作闭环开展。目前国内煤矿智能化综采技术已实现规模化应用，可适配常规煤层开采，但该技术在复杂地质工况中的适配性、设备精度与系统自主调控能力仍有较大优化空间。

2 煤矿智能化综采工作面核心感知监测技术

2.1 工作面地质智能探测技术

地质探测工作是煤矿智能化综采作业开展的基础工作，探测结果的准确程度，会直接影响开采参数调整效果与井下作业的整体安全性。传统地质探测工作主要依靠开采前期的静态勘察手段完成，这类技术手段无法跟进开采过程中地质条件的动态变化，难以适配智能开采模式对实时数据的使用要求。煤矿智能化地质探测技术会结合动态勘察设备与智能分析算法，对工作面煤层厚度、煤层倾角、顶板岩层性质及断层结构等地质信息开展实时检测。工作人员可利用井下超前探测雷达、地震探测设备，扫描工作面未开采区域的整体地质情况，系统会对采集的地质数据开展算法分析与模型搭建，动态更新煤层赋存状态数据。相关数据可以为采煤机采高调节、液压支架支护参数优化以及工作面推进路线规划提供数据依据，能够有效规避地质结构突变带来的各类开采安全隐患。

2.2 设备运行状态监测技术

煤矿智能化综采作业的稳定开展，需要各类综采设备保持良好的运行状态，设备在线监测工作也是智能开采体系的重要组成部分。这项监测技术会借助多种传感装置，对采煤机、液压支架、刮板输送机及转载机等关键设备开展全天的数据采集工作。采集的内容包含设备运行温度、振动数值、工作转速、液压压力、构件位移以及电机工作状态等多项基础参数。系统会对比设备的标准运行参数范围，对实时采集的数据进行分析判断。设备出现参数异常的情况时，系统能够及时发出预警提示，同时确定故障位置，梳理故障产生的相关原因。该监测模式改变了传统设备事后维修的工作模式，让煤矿设备运维工作具备预判性，可以有效减少设备故障停机问题，持续保障井下综采作业的整体连续性与稳定性。

2.3 井下环境安全监测技术

井下环境安全管理是智能化综采生产工作的重要基础，环境监测工作能够帮助矿井及时识别各类安全

隐患，以此落实前置防控的相关工作要求。矿井搭建的智能环境监测体系，主要围绕井下各类常见安全风险开展监测工作，整体监测内容包含气体含量、粉尘含量、顶板压力以及围岩变形等关键生产参数[2]。该系统采用分布式布设的方式，在工作面和巷道的关键位置安装监测设备，设备可以快速采集井下环境数据并完成实时上传工作。系统能够依托内置的分析模型，持续跟踪各项环境数据的变化规律，对井下出现的参数异常问题做出预判预警。系统还可以和综采智能控制平台形成联动机制，在出现危险工况时主动启动设备断电、停机等保护操作，有效规避环境因素引发的安全生产事故，切实维持井下智能化开采工作的平稳有序推进。

2.4 数据融合处理技术

煤矿智能化综采工作面在运行期间，会持续产生各类繁杂的生产数据，这些数据包含地质、设备、环境以及生产等多个类别，数据的存储格式和数据体量都存在较大区别。传统单一的数据处理方式，很难满足智能开采系统的决策工作需求。数据融合处理技术可以对工作面产生的各类数据进行统一整理与优化处理，工作人员会通过数据清洗、数据规整、关联分析等基础手段，剔除数据中存在的无效信息和干扰信息，筛选出具备使用价值的核心数据。技术人员可以依托大数据融合算法，对不同维度的有效数据开展关联分析，从中挖掘设备运行规律和矿井潜在安全风险。这种处理方式能够改善传统数据零散、利用效率低、分析精度差的问题，可为煤矿智能控制系统决策提供可靠的数据支撑，有效提升整套智能开采系统的综合决策水平。

3 煤矿智能化综采工作面智能控制关键技术

3.1 采煤机智能调速割煤技术

采煤机的运行状态会直接决定综采工作面的开采质量与作业效率，传统采煤机多采用人工操作模式，设备的割煤速度与开采高度难以精准把控，作业过程容易出现开采不平整、原煤残留等问题。采煤机智能调速割煤技术依托实时监测数据与三维地质模型，赋予了设备自主调节与精准定位的作业能力。系统可根据现场煤层厚度变化调整滚筒高度，也能结合煤层硬度和地质构造情况，动态调整设备牵引速度，适配不同开采区域的作业条件。该技术结合惯性导航定位技术，有效缩减设备定位偏差，保障割煤作业的稳定性与准确性，改善工作面开采平整度，减少煤炭资源的不必要损耗，整体提升综采工作面的自动化作业水平与开采规范性。

3.2 液压支架智能支护调控技术

液压支架在综采工作面中承担围岩控制与顶板防护的核心任务，是保障井下作业空间安全的关键设备。传统液压支架多依靠人工单台操控作业，整体作业效率较低，支护动作存在一定滞后性，顶板管控效果难以稳定达标[3]。智能支护调控技术可以实现液压支架与采煤机的协同自动化作业，系统可根据采煤机实时推进位置与运行速度，自动完成移架、升架、降架及推溜等一系列标准化作业流程，保证支护工序和割煤工序同步开展。系统能够结合顶板压力与围岩变形的实时监测数据，自主调整支架支护阻力与支护角度，对不稳定顶板区域优化支护参数。该技术可以弥补传统支护模式的缺陷，提升井下支护作业的精准度与规范性，有效降低顶板事故的发生概率。

3.3 工作面设备协同联动控制技术

煤矿综采工作面包含多种生产设备，各设备的运行状态存在紧密联系，设备独立运行的方式容易引发工序衔接不畅的问题，会制约整体开采作业的推进效率。设备协同联动控制技术依靠一体化智能管控平台，能够实现工作面全部生产设备的统一调度与管理。系统会根据整体开采工序调整各类设备的运行参数，让割煤、支护、推溜、运煤等作业环节可以顺畅衔接。采煤机的工作状态发生变动后，输送设备的运行速度也会同步调整，以此维持煤炭输送过程的稳定性。井下地质条件出现改变时，系统可统一变更设备运行工况，防止设备出现空载或者过载运行的情况。该技术能够有效解决设备运行脱节、工序滞后等常见问题，保障综采工作面自动化连续作业稳定推进。

3.4 工作面直线度智能校正技术

综采工作面的平直状态可以直接影响设备运行稳定性、开采作业质量以及井下通风效果，传统人工校正手段存在精度不足、响应滞后等问题，已经无法适配智能开采的作业标准。工作面直线度智能校正技术综合运用多种定位手段，系统能够持续采集井下综采设备的布设位置数据，并对工作面平直偏差进行准确计算。控制系统可以根据实测偏差数据生成对应的校正方案，自主控制液压支架与刮板输送机完成位置调整工作，以此修正工作面的直线度误差，保证井下开采工作面保持标准平直状态。该技术可以全程自动完成动态校正工作，整体校正效果优于传统人工操作，能够有效避免工作面形变带来的设备卡顿、通风不良以及应力集中等问题，为井下智能化连续开采作业提供稳定基础条件。

4 煤矿智能化综采技术应用优势与发展趋势

4.1 智能化综采技术核心应用优势

智能化综采生产模式相较于传统人工开采模式，在矿井生产的多个方面都具备应用优势。智能化作业模式能够减少井下一线岗位的作业人员，依托配套的智能监测体系排查各类安全风险，矿井整体的安全生产水平可以得到有效提升。智能综采设备可以实现长时间稳定连续作业，设备协同运行效果更好，生产工序衔接也更为稳定，能够减少人工操作带来的作业停顿与数据偏差，进一步提升矿井整体生产效能[4]。智能控制系统可以规范各类开采参数，降低煤炭资源的开采损耗，提升资源回收利用率。该生产模式还可以精简人工成本，降低设备运行损耗与维修费用，控制煤炭生产能耗，帮助煤矿企业实现生产提质与成本节约的发展目标。

4.2 复杂地质条件适配性优化发展

目前智能化综采技术已经可以稳定应用于常规厚煤层开采场景，技术整体成熟度相对较高，但其对复杂地质工况的适配能力仍旧存在短板。国内不少煤炭资源都赋存在特殊地质环境当中，这类煤层普遍存在开采条件差、施工难度高的特点，现有智能设备很难适应这类复杂开采场景。行业后续的发展重点，会放在新型智能设备的研发与控制算法的优化工作上，相关技术优化工作可以提升系统地质识别与自主调节能力，能够有效改善特殊煤层开采效率低、安全隐患多的行业问题。这一发展方向可以逐步拓宽智能综采技术的适用范围，让不同地质条件的煤炭资源都能够实现智能化、规范化开采。

4.3 智能系统自主学习升级发展

现阶段煤矿智能综采控制系统大多依托固定程序实现调控作业，系统自主判断与动态优化的能力相对不足，难以应对井下开采过程中出现的各类复杂突发工况。煤矿智能开采体系在未来的优化过程中，会逐步融入人工智能算法，以此搭建具备自主学习能力的新型控制体系。系统能够利用矿井长期积累的生产数据，不断修正不同作业环境下的开采参数，持续完善内部控制逻辑。系统可独立完成工况判定、参数调整和基础故障处置等工作，矿井也可搭建云端管控平台，实现多工作面的数据共享。平台能够依托数据迭代优化算法性能，提升控制系统的精度与稳定性，推动煤矿智能开采从基础自动化模式，逐步转向高水平的自主智能管控模式。

4.4 绿色智能一体化融合发展

在“双碳”发展政策的推行下，煤炭行业的发展重点逐渐转向绿色低碳生产，智能开采技术也会和绿色采矿技术进行深度结合，形成一体化的开采生产模式。煤矿智能开采系统会在原有功能基础上拓展多项新型管控模块，这些模块主要用于能耗管控、物料分选、环境治理与瓦斯治理等工作。系统可以在不影响开采效率的前提下，对设备运行能耗进行合理调控，减少生产过程中的无用能耗。系统能够区分煤炭与矸石物料，完成井下分选作业，以此减少矸石输送带来的资源消耗[5]。系统还可以联动井下通风和除尘设备，根据现场环境状态调整设备运行参数，有效控制污染物排放。智能技术可以助力煤矿绿色生产建设，让煤炭开采工作兼顾安全性、高效性与环保性，持续推动煤矿行业的智能化与绿色化升级发展。

结束语

综上所述，煤炭行业的智能化综采改造，能够改善传统开采方式存在的各类问题，对井下生产安全和作业效率都有一定提升作用。各类监测感知与智能控制技术的配合运用，是智能化综采作业稳定运行的重要基础。现阶段智能开采技术还会受到地质环境与算法水平的限制，整体应用体系并不完善。行业需要在后续发展中持续优化设备结构与控制程序，结合绿色生产理念完善技术体系，推动煤炭产业朝着安全、稳定、低碳的方向持续发展。

参考文献

[1] 张涛, 王万通, 徐洲. 深井煤矿综采工作面智能化开采关键技术应用研究 [J]. 大众科学,2026,47(10):93-95.

[2] 范京道, 闫振国, 李川, 黄玉鑫, 杨明, 黄克军, 宋岳. 煤矿智能化开采协同控制理论与关键技术研究及应用 [J]. 煤炭学报,2026,51(1):813-825.

[3] 慎陆生. 综采工作面智能化开采路径及关键技术研究 [J]. 科技资讯,2026,24(10):53-55.

[4] 白军, 张文浩, 郭凯. 智能化采煤工作面关键技术与装备协同应用研究 [J]. 中国高新科技,2026(12):143-145.

[5] 陈中强, 杨岫锟, 戴月. 煤矿综采工作面智能化开采技术应用探究 [J]. 内蒙古煤炭经济,2026(1):97-99.