

煤矿智能化开采技术现状及展望

徐生景

北京天玛智控科技股份有限公司 北京 101320

摘要: 煤矿智能化开采核心技术涵盖感知、传输、融合处理、决策控制及智能装备等方面,虽取得进展但仍存技术、装备、数据、人才等问题。未来,核心技术将向高精度感知、高速传输等发展;智能装备将更自主、集成、轻量化;数据应用将深化融合与价值挖掘、完善安全防护;同时将优化复合型人才培养,推动产业链协同,促进智能化与绿色化融合,推动煤矿行业向更高层次的智能化、绿色化方向转型升级。

关键词: 智能化开采技术;现状分析;未来展望

引言:在科技飞速发展的当下,煤矿智能化开采成为行业变革的关键方向。当前,煤矿智能化开采在感知、传输、融合处理、决策控制及智能装备等核心技术领域已取得一定进展,构建起初步体系,为开采作业带来新变革。然而,技术突破不足、装备可靠性欠佳、数据利用受限、人才短缺等问题依旧突出,严重制约着智能化开采的深入推进。在此背景下,深入剖析煤矿智能化开采技术的现状、问题,并展望其未来发展方向,对推动煤矿行业高质量发展具有重要的现实意义。

1 煤矿智能化开采核心技术现状

1.1 感知技术现状

全维度感知系统构成围绕煤矿开采全流程需求搭建,涵盖井下环境、采掘装备运行、煤层赋存等多方面感知需求,整合各类感知单元形成一体化感知网络,实现对开采场景关键参数的全面捕捉,为后续数据处理和决策控制提供基础支撑。感知设备性能及应用局限主要体现在部分设备在复杂开采环境中稳定性不足,长期运行易受粉尘、湿度等因素影响,导致感知范围和响应速度难以完全满足智能化开采的高效需求,适用场景存在一定限制。感知数据采集精度及处理现状已能实现多数常规参数的精准采集,但在复杂地质条件下,采集精度会出现波动,数据处理过程中存在冗余数据过滤不彻底、处理时效不足等问题,影响数据的即时利用价值。

1.2 数据传输技术现状

井下传输网络架构类型以有线传输为基础,结合无线传输技术形成混合传输架构,兼顾传输稳定性和覆盖范围,适配井下不同区域的传输需求,实现感知数据、控制指令等信息的双向传输。传输技术速率、时延及抗干扰能力已得到显著提升,速率能够满足多源数据同步传输需求,时延控制在合理范围,抗干扰技术可有效抵御井下电磁、机械等干扰因素,但在极端环境下仍会出现传

输不稳定的情况。数据传输中的瓶颈问题主要表现为部分偏远采掘区域传输信号较弱,数据传输带宽难以满足海量数据高速传输需求,同时不同传输模块之间的兼容性不足,易出现数据丢失或传输延迟增加的现象^[1]。

1.3 数据融合与处理技术现状

多源异构数据处理模式针对煤矿开采过程中产生的不同类型、不同格式的数据,采用分类处理、统一适配的方式,梳理各类数据的关联关系,打破数据孤岛,实现数据资源的整合利用。数据融合算法应用现状已形成多种成熟的融合算法,能够对多维度感知数据进行融合分析,提炼有效信息,提升数据的完整性和可用性,为智能决策提供可靠依据,但部分算法在处理高冗余、高噪声数据时效果不佳。数据处理效率及准确性局限主要体现在海量数据处理时效率偏低,难以实现数据的实时处理和即时反馈,同时数据校准机制不够完善,部分处理结果存在偏差,影响后续决策的科学性。

1.4 智能决策与控制技术现状

智能决策体系构建情况已初步形成基于数据支撑的决策框架,整合感知数据、处理结果等信息,结合开采工艺要求,实现对采掘参数、装备运行状态等的初步决策,逐步替代传统人工决策模式。开采参数自适应调控技术应用能够根据实时感知到的煤层条件、装备运行状态等信息,自动调整采掘速度、截割深度等关键参数,提升开采效率和安全性,减少人工干预。决策与控制的智能化水平局限主要表现为决策体系的自主学习能力不足,难以应对突发开采场景,控制精度在复杂地质条件下会有所下降,部分复杂决策仍需依赖人工干预,未能实现完全自主决策与控制。

1.5 核心智能装备现状

智能采掘装备技术特征突出智能化、自动化优势,具备自主感知、自主运行、状态监测等功能,能够实现采

掘作业的自动化推进,减少井下作业人员数量,提升采掘作业的规范性和效率。装备结构设计贴合煤矿开采场景需求,集成多种感知和控制单元,实现对自身运行状态的实时监测和异常预警。辅助运输智能装备应用现状已实现辅助运输环节的部分自动化运行,能够完成物料运输、人员转运等基础任务,具备路径自主规划、避障等功能,提升辅助运输效率,降低运输环节的安全风险,但装备的运行灵活性仍有提升空间^[2]。装备适应性及运维现状表现为多数智能装备能够适配常规开采环境,但在复杂地质和极端工况下适应性不足,运维技术主要以定期检修为主,故障诊断的智能化水平不高,难以快速定位和处理装备故障。

2 煤矿智能化开采技术现存问题

2.1 技术层面核心问题

关键核心技术突破不足主要体现在支撑智能化开采的核心技术尚未形成成熟高效的体系,核心环节存在明显短板,难以适配智能化开采的高端需求。技术升级速度跟不上开采场景的发展节奏,部分关键技术仍局限于传统框架,创新力度不足,无法为智能化开采提供强有力的技术支撑。各技术模块协同性欠缺表现为各类技术模块各自发展,缺乏有效的联动机制,模块间信息传递不畅,无法形成一体化运行格局,导致整体技术效能无法充分发挥,延缓智能化开采推进步伐。极端工况下技术适配性差指现有技术多适用于常规开采环境,在复杂地质和极端作业条件下,运行稳定性大幅下降,技术指标难以达标,无法有效适配相关开采需求,应用范围受到限制。

2.2 装备层面核心问题

智能装备可靠性有待提升表现为智能开采装备在井下复杂环境中长期运行时,部件损耗快、故障频发,稳定性和耐久性不足,无法实现长时间连续作业。频繁的故障停机不仅降低开采效率,还额外增加了作业成本,难以满足智能化开采的高效需求。装备集成化程度不高指各类智能装备多为单一功能设计,装备间衔接不够紧密,缺乏统一集成标准,无法实现功能全面整合,难以形成一体化智能装备系统,综合利用效率偏低。装备维护技术滞后是指维护技术发展落后于装备更新速度,维护手段传统,缺乏高效的故障诊断和修复能力,无法快速处理装备故障,延长停机时间。

2.3 数据层面核心问题

数据共享与互通存在障碍体现在煤矿开采过程中产生的各类数据分散存储于不同的系统和模块中,缺乏统一的数据标准和数据共享机制,不同来源的数据格式不

统一、接口不兼容,导致各类数据无法实现高效共享和顺畅互通,形成数据孤岛现象,制约了数据资源的综合利用价值。数据安全防护体系不完善指现有数据安全防护措施较为基础,尚未构建起全方位、多层次的安全防护架构,无法有效抵御数据泄露、数据篡改、数据丢失等各类数据安全风险,难以充分保障数据在存储和传输过程中的安全性,对智能化开采的正常运行构成威胁。数据价值挖掘不充分是指当前对开采过程中产生的海量数据处理仅停留在基础层面,未能深入挖掘数据背后隐藏的关联关系和潜在价值,数据的分析和利用不够深入,无法将海量数据资源有效转化为智能化开采的决策支撑依据。

2.4 人才层面核心问题

复合型专业人才供给不足指当前从事煤矿智能化开采相关工作的人才队伍中,既熟练掌握煤矿开采专业知识,又精通智能化技术的复合型人才数量短缺,人才供给规模无法满足行业快速发展的需求,人才缺口较为明显,直接制约了智能化开采技术的推广和应用进程。人才专业技能适配性不够表现为现有从业人员的专业技能水平与煤矿智能化开采技术的发展需求不相匹配,部分人才缺乏对新型智能技术、智能装备的操作和应用能力,技能更新速度缓慢,无法适应智能化开采相关岗位的工作要求。人才培养体系不完善指针对煤矿智能化开采复合型人才的培养体系尚未健全,培养模式较为传统,培养内容与行业实际发展需求结合不够紧密,缺乏系统的技能培训和实践指导,难以培养出符合行业发展需求的高素质复合型专业人才^[3]。

3 煤矿智能化开采技术的未来展望

3.1 核心技术发展方向

高精度感知技术升级方向将聚焦感知范围拓展和采集精度提升,优化感知设备的环境适应性,突破复杂工况下的感知局限,实现对开采全场景、全参数的精准捕捉。同时推动感知设备小型化和低功耗升级,减少设备部署难度,提升感知系统的稳定性和持续运行能力,为智能化开采提供更全面、更精准的数据支撑,推动感知技术从基础监测向主动预判转型。高速高可靠传输技术发展方向将重点突破带宽瓶颈,提升数据传输速率和抗干扰能力,优化井下传输网络架构,实现有线与无线传输技术的深度适配,消除偏远采掘区域的传输盲区,确保海量感知数据和控制指令的实时、稳定传输,保障各技术模块的协同高效运行。智能决策与控制技术优化方向将强化自主学习和自适应能力,完善决策算法体系,提升对复杂开采场景和突发情况的应对能力,推动决策模式

从半自主向全自主转型,优化开采参数调控精度,实现开采过程的动态优化和精准控制,最大限度提升开采效率和安全性^[4]。多技术融合应用发展方向将打破各技术模块的独立壁垒,推动感知传输数据处理决策控制等核心技术深度融合,同时整合各类新型技术,构建一体化的智能化开采技术体系,实现技术效能的协同放大,推动智能化开采技术向更高层次升级。

3.2 智能装备发展方向

装备自主化与智能化升级方向将持续提升装备的自主运行能力,完善装备的自主感知、自主决策和自主作业功能,减少人工干预需求,推动装备实现全流程自动化作业。同时强化装备的状态自诊断和异常预警能力,提升装备运行的可靠性和稳定性,实现装备故障的提前预判和主动防控,保障装备长期连续稳定运行。装备集成化与模块化发展方向将建立统一的装备集成标准,推动各类智能装备的功能整合,打破单一装备的功能局限,构建一体化智能装备系统。同时采用模块化设计理念,提升装备的通用性和可扩展性,便于装备的升级改造和维护更换,降低装备部署和运营成本,提升装备的综合利用效率。装备轻量化与低成本化发展方向将优化装备结构设计,采用新型轻量化材料,降低装备自身重量,提升装备在井下复杂空间的移动灵活性和部署便捷性。同时优化装备生产工艺,推动核心部件的国产化和规模化生产,降低装备制造成本,提升装备的性价比,推动智能装备的广泛普及和应用。

3.3 数据应用发展方向

数据融合与价值挖掘深化方向将建立统一的数据标准和融合体系,打破数据孤岛,实现多源异构数据的高效融合和深度整合。同时优化数据挖掘算法,强化对海量数据的深度分析,挖掘数据背后的关联关系和潜在价值,将数据资源转化为决策支撑和效能提升的核心动力,实现数据驱动智能化开采转型。数据安全防护技术完善方向将构建全方位、多层次的数据安全防护体系,优化数据加密、身份认证和访问控制技术,强化数据存储和传输过程中的安全防护,有效抵御各类数据安全风险,保障数据的完整性、保密性和可用性,为智能化开采的稳定运行提供安全保障。全流程数据化管控发展方向将推动开采全流程的数字化转型,实现从煤层勘探、采掘作业

到辅助运输、安全监管等各个环节的数据化管控,建立全流程数据台账,实现开采过程的可追溯、可管控和可优化,提升智能化开采的精细化管理水平。

3.4 人才与生态发展方向

复合型人才培养优化方向将完善复合型人才培养模式,优化培养内容,强化煤矿开采专业知识与智能化技术的深度融合,提升人才的综合专业素养和实践能力。同时建立多元化的人才培养渠道,加强技能培训和实践锻炼,培养一批既掌握核心技术,又熟悉行业需求的复合型专业人才,填补人才缺口。产业链协同发展方向将推动产业链各环节的协同联动,加强技术研发、装备制造、应用推广等各环节的合作,形成协同创新、互利共赢的产业生态,推动技术成果的快速转化和产业化应用,加快智能化开采技术的普及推广^[5]。智能化与绿色化融合发展方向将推动智能化开采技术与绿色开采理念的深度融合,优化开采工艺,减少开采过程中的资源浪费和环境影响,实现高效开采与绿色环保的协同发展,推动煤矿行业向绿色、低碳、可持续方向转型。

结束语:煤矿智能化开采技术已取得阶段性成果,在感知、传输、决策控制及装备等方面有了一定进展,但也面临技术、装备、数据和人才等诸多问题。展望未来,其发展前景广阔,在核心技术、智能装备、数据应用以及人才与生态等方面都有着明确且极具潜力的发展方向。只要持续投入研发、加强人才培养、促进产业协同,定能突破现有瓶颈,实现煤矿智能化开采技术的全面升级,推动煤矿行业向高效、安全、绿色、可持续方向大步迈进。

参考文献:

- [1]李连成.智能化时代煤矿智能开采技术专业实训教学模式优化探究[J].佳木斯职业学院学报,2024,40(08):189-191.
- [2]贾建东.综采工作面智能化开采技术的发展及应用[J].能源与节能,2024,(08):249-252.
- [3]孔峰.基于煤矿综采工作面智能化开采技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(15):63-65.
- [4]金锋.智能化开采技术在煤矿的实践与应用[J].新疆钢铁,2024,(03):54-56.
- [5]喻贵群.煤矿综采工作面智能化开采技术应用及思考[J].内蒙古煤炭经济,2024,(14):175-177.