

煤矿现代采掘装备智能化升级路径探讨

孙 杰

内蒙古利民煤焦有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：煤矿现代采掘装备智能化是破解行业安全、效率瓶颈、推动绿色低碳发展的关键举措。本文立足采掘装备核心类型与智能化技术体系，分析当前装备应用现状、核心问题及根源，围绕装备改造、技术融合、管理人才保障、政策资金支撑四大维度，提出针对性升级路径，为推动煤矿采掘装备从机械化向智能化、无人化转型提供理论与实践参考，助力煤炭行业高质量发展，筑牢国家能源安全底线。

关键词：煤矿；现代采掘装备；智能化；升级路径

引言：煤炭作为我国能源结构的核心组成部分，其采掘作业的安全与效率直接关系国家能源稳定供应和行业可持续发展。当前，传统采掘装备依赖人工操作、安全性较差、生产效率不足，且难以适配复杂地质条件与绿色低碳发展需求。随着人工智能、数字孪生、物联网等技术的快速迭代，装备智能化已成为煤矿行业转型的必由之路。基于此，本文重点探讨煤矿现代采掘装备智能化升级路径，破解现存发展瓶颈，为煤矿智能化建设提供可行指引。

1 煤矿现代采掘装备智能化相关理论与技术基础

1.1 煤矿现代采掘装备核心类型与功能

(1) 采煤装备核心类型与功能：核心类型包括综合机械化采煤机、液压支架、刮板输送机等，主打高效连续采煤。采煤机负责煤层切割与装载，液压支架实时支护工作面、保障作业空间安全，刮板输送机实现煤炭连续转运，三者协同完成采煤全流程，适配不同煤层厚度与地质条件，是煤矿生产的核心产能载体。(2) 掘进装备核心类型与功能：主要有悬臂式掘进机、掘锚一体机、全断面巷道掘进机等，核心功能是巷道开挖、支护一体化作业。掘进机完成巷道切削、出渣，掘锚一体机同步实现掘进与锚杆支护，提升作业效率，全断面掘进机适用于长距离、大断面巷道施工，减少人工干预。

(3) 辅助采掘装备核心类型与功能：涵盖转载机、皮带输送机、矿用绞车等，负责采掘作业的辅助保障。转载机衔接采掘设备与运输系统，皮带输送机实现煤炭长距离输送，矿用绞车承担设备、物料转运，保障采掘主线连续高效运行，降低人工劳动强度。

1.2 装备智能化核心技术体系

(1) 人工智能与大数据技术：核心是通过算法对采掘设备运行数据、地质数据进行分析，实现煤岩识别、故障预测、智能调控，结合联邦学习实现多矿区数据协

同建模，无需泄露原始数据即可提升模型泛化能力，支撑装备自主决策。(2) 物联网与工业互联网技术：构建井下“数字神经中枢”，通过物联网实现设备、传感器、人员的互联互通，实时采集设备运行与环境参数，工业互联网平台实现数据汇聚、远程监控与多系统联动，打破信息孤岛。(3) 数字孪生与智能传感技术：数字孪生构建矿井1:1三维模型，同步映射物理设备状态，可进行模拟推演与远程操控；智能传感技术通过各类传感器实时监测瓦斯、设备振动等参数，为智能化控制提供精准数据支撑^[1]。

1.3 煤矿采掘装备智能化升级核心目标

(1) 安全目标：实现减人增安与风险防控，通过装备智能化替代高危岗位人工操作，减少井下作业人员，利用智能监测预警系统及时发现瓦斯超限、设备故障等隐患，提升矿井本质安全水平。(2) 效率目标：提升采掘效率与生产效能，优化装备协同运行模式，减少作业中断时间，实现采掘过程自动化、连续化，推动单班作业人员减少、单面产量提升，破解传统采掘效率瓶颈。(3) 绿色目标：推动低碳开采与生态保护，通过智能调控优化设备运行参数，降低能耗与污染物排放，推广清洁能源装备与循环利用技术，实现煤炭开采与生态保护协同发展。

2 煤矿现代采掘装备智能化发展现状与存在问题

2.1 煤矿现代采掘装备智能化发展现状

(1) 智能化采掘装备应用规模：近年来我国煤矿智能化装备推广速度加快，综合机械化采煤机、掘锚一体机等智能化装备已在全国主要产煤区广泛应用，大中型煤矿智能化采掘工作面覆盖率持续提升，部分大型矿井实现了采煤、掘进全流程智能化作业，小型煤矿也逐步推进装备智能化改造，形成了多层次、全方位的应用格局，智能化装备成为煤矿生产的主流趋势。(2) 现有智

能化技术应用成效：人工智能、数字孪生等核心技术在采掘装备上的应用取得显著成效，煤岩智能识别、设备故障预警、远程操控等功能逐步落地，有效减少了井下作业人员，提升了采掘效率。部分矿井智能化工作面单班作业人员减少30%以上，采煤效率提升20%以上，同时降低了瓦斯超限、顶板事故等安全隐患，实现了安全与效率的双重提升^[2]。（3）示范矿井智能化建设进展：国家大力推进煤矿智能化示范矿井建设，一批标杆矿井率先实现全矿井智能化覆盖，构建了“井下无人、地面遥控”的生产模式，形成了可复制、可推广的智能化建设经验。示范矿井在装备协同控制、数据融合应用等方面实现突破，为全国煤矿智能化转型提供了有力支撑，推动行业整体智能化水平稳步提升。

2.2 采掘装备智能化升级存在的核心问题

（1）装备层面：可靠性不足与适应性欠缺。部分智能化采掘装备在井下复杂地质条件下易出现故障，稳定性较差，难以长期连续运行；同时装备适配性不足，针对薄煤层、复杂地质构造等特殊场景的智能化装备种类较少，无法满足不同矿井的个性化需求，制约了智能化技术的全面推广。（2）技术层面：关键核心技术与部件瓶颈。我国煤矿智能化装备核心技术仍存在短板，煤岩精准识别、多装备协同控制等核心算法不够成熟，部分高端传感器、控制器等核心部件依赖进口，自主研发能力不足，不仅增加了装备成本，还存在供应链安全风险，影响智能化升级的自主性。（3）管理层面：标准缺失与复合型人才缺口。目前煤矿采掘装备智能化领域缺乏统一的技术标准、验收标准和运维标准，不同厂家装备兼容性差，数据无法互联互通；同时复合型人才供给不足，既懂煤矿生产工艺，又掌握信息技术、智能装备操作的人才稀缺，难以满足智能化矿井建设与运维的需求。

2.3 问题产生的根源分析

（1）产学研用协同创新不足。高校、科研院所与煤矿企业、装备制造商协同不够紧密，科研成果与实际生产需求脱节，技术研发针对性不强，很多实验室成果难以转化为实际应用，导致核心技术突破缓慢，无法有效解决生产中的实际问题。（2）资金投入与政策落地不均衡。煤矿智能化升级资金投入巨大，部分中小型煤矿资金实力不足，难以承担装备改造和技术研发的高额成本；同时相关扶持政策在不同地区、不同规模矿井的落地存在差异，政策支持的精准度不够，导致智能化升级推进不均衡。（3）传统生产模式与智能化转型脱节。部分煤矿企业仍沿用传统生产管理方式，对智能化转型的认知不足，缺乏系统的转型规划，现有生产流程、管理

制度与智能化装备、技术不匹配，导致智能化装备无法充分发挥效能，制约了智能化转型的步伐。

3 煤矿现代采掘装备智能化升级核心路径

3.1 装备智能化改造路径

（1）现有采掘装备智能化升级改造：针对现有综合机械化采掘装备，开展针对性智能化改造，重点升级采煤机、掘进机、液压支架等核心设备的控制模块，加装智能传感器、远程操控系统，实现设备运行状态实时监测、故障预警和远程调控。对老旧装备进行适应性改造，保留可用部件、替换落后系统，降低改造成本，推动现有装备从“机械化”向“智能化”转型，适配不同矿井地质条件和生产需求，实现存量装备的高效利用。（2）新型智能化采掘装备研发与应用：聚焦薄煤层、复杂地质构造等特殊场景，加大新型智能化采掘装备研发投入，重点研发小型化、轻量化、自适应的智能采煤机、掘锚一体机，提升装备对复杂环境的适配能力。依托人工智能、数字孪生技术，研发具备自主决策、自主导航、自主作业能力的新一代智能化装备，推动装备向“无人化、自主化”升级，同时加快新型装备试点应用，总结优化后规模化推广，填补特殊场景智能化装备空白^[3]。（3）装备全生命周期智能化运维体系构建：建立装备从研发、采购、使用到报废的全生命周期运维体系，依托物联网、大数据技术，实时采集装备运行数据，构建运维数据库，实现装备故障精准诊断、预测性维护，减少故障停机时间。搭建智能化运维平台，整合运维资源，实现运维流程标准化、信息化，降低运维成本，延长装备使用寿命，保障智能化装备长期稳定运行。

3.2 核心技术突破与融合路径

（1）关键核心技术攻关：聚焦行业技术瓶颈，集中力量攻关煤岩精准识别、透明地质建模、多装备协同控制等关键核心技术。优化煤岩识别算法，结合图像识别、光谱分析等技术，提升复杂环境下煤岩识别准确率；构建矿井透明地质模型，整合地质勘探数据，实现地质条件实时预判，为装备智能化作业提供精准支撑，同时加大核心技术自主研发力度，打破技术垄断。（2）多技术融合应用：推动5G、人工智能、数字孪生、物联网等多技术深度融合，构建“感知-分析-决策-执行”的智能化闭环系统。利用5G技术实现井下数据高速传输，解决井下信号弱、延迟高的问题；结合AI技术实现装备自主决策和智能调控；依托数字孪生技术构建矿井三维虚拟模型，实现物理装备与虚拟模型实时联动，开展模拟推演、远程操控和故障排查，提升装备智能化运行水平。（3）技术成果转化与规模化推广：建立技术成果转

化机制,推动高校、科研院所的科研成果与企业生产需求精准对接,加快实验室技术向实际应用转化,缩短转化周期。选取示范矿井开展技术试点应用,总结成熟经验和优化方案,形成可复制、可推广的技术模式,依托行业协会、标杆企业,推动先进技术和装备在全国煤矿规模化推广,提升行业整体智能化水平^[4]。

3.3 管理与人才保障路径

(1) 智能化标准体系与管理制度完善:加快制定煤矿采掘装备智能化技术标准、验收标准、运维标准和数据标准,统一装备接口、数据格式,解决不同厂家装备兼容性差、数据无法互联互通的问题。完善智能化矿井管理制度,优化生产流程、安全管理流程和运维流程,建立与智能化装备、技术相匹配的管理模式,规范智能化作业行为,保障智能化升级有序推进。(2) 复合型人才培养与引进机制建设:构建“培养+引进”双轨人才保障体系,与高校、职业院校合作,开设煤矿智能化相关专业,定向培养既懂煤矿生产工艺,又掌握信息技术、智能装备操作的复合型人才。完善人才引进政策,引进高端技术人才和管理人才,同时加强现有员工培训,开展智能化装备操作、技术运维等专项培训,提升员工智能化素养,缓解人才缺口压力^[5]。(3) 产学研用协同创新机制优化:健全高校、科研院所、煤矿企业、装备制造企业协同创新机制,明确各方职责,建立协同创新平台,聚焦行业核心痛点,联合开展技术研发和装备攻关。完善利益共享、风险共担机制,鼓励企业参与科研项目,推动科研成果精准对接生产需求,提升协同创新效率,为智能化升级提供持续技术支撑。

3.4 政策与资金支撑路径

(1) 政策红利精准落地与引导:加大政策支持力度,细化煤矿智能化升级扶持政策,针对不同规模、不同地区矿井制定差异化政策,重点向中小型煤矿、偏远地区煤矿倾斜,确保政策精准落地。加强政策引导,鼓励煤矿企业加快智能化升级,明确智能化升级目标和时间节点,推动行业规范化、有序化转型,同时完善行业

监管政策,规范智能化装备和技术应用。(2) 多元化资金投入体系构建:建立“政府引导、企业主导、社会参与”的多元化资金投入体系,加大政府财政补贴力度,支持核心技术研发和装备改造;鼓励煤矿企业加大智能化投入,将智能化升级资金纳入年度预算;引导社会资本参与煤矿智能化建设,拓宽资金融资渠道,缓解企业资金压力,保障智能化升级资金需求。(3) 激励机制与考核评价体系建立:建立煤矿智能化升级激励机制,对智能化升级成效显著矿井、企业给予表彰和奖励,激发企业升级积极性。构建科学的考核评价体系,将智能化升级进度、应用成效、安全效益、效率效益纳入企业考核指标,明确考核标准,加强考核监督,推动企业主动推进智能化升级,确保升级目标落地见效。

结束语

煤矿现代采掘装备智能化升级并非单一环节的改进,而是一项统筹装备、技术、管理、政策等多方面的系统性工程。本文提出的升级路径,针对性解决了当前装备可靠性不足、核心技术薄弱、人才短缺等突出问题,兼具实用性与前瞻性。未来,需持续深化产学研用协同创新,强化复合型人才培育与政策资金扶持,推动技术与装备深度融合,助力煤矿行业实现安全、高效、绿色转型,充分彰显智能化升级的长远价值与现实意义。

参考文献

- [1] 林爱娇.煤矿采掘装备自动化与智能化技术探讨[J].内蒙古煤炭经济,2024,15(03):60-62.
- [2] 刘曾辉.煤矿机电装备自动化技术研究[J].中国科技信息,2021,23(06):106-109.
- [3] 王国法,刘峰,孟祥军.煤矿智能化开采关键技术与发展趋势[J].采矿与安全工程学报,2022,39(03):451-460.
- [4] 李娟,张宏,赵伟.智能掘进装备掘支运一体化技术研究与应用[J].煤炭科学技术,2023,51(07):123-130.
- [5] 王虹,李建明.煤矿智能化采掘装备可靠性提升技术探讨[J].矿山机械,2024,52(02):34-39.