

煤矿安全生产与智能自动化技术应用研究

夏瑞泽

内蒙古蒙东能源有限公司敏东一矿，中国·内蒙古 呼伦贝尔 021100

摘要：煤炭是我国能源体系中不可或缺的主体能源，煤矿安全生产工作不仅直接影响国家能源供应的稳定性，更与井下作业人员的生命安全紧密相关，是推动煤炭行业高质量发展的重要前提。近年来，新一代信息技术与煤炭工业的深度融合不断深化，智能自动化技术凭借其独特的技术优势，逐渐成为破解煤矿安全生产领域长期存在的痛点难题、推动行业转型升级的核心支撑力量。本文立足我国煤矿安全生产的实际需求，结合煤矿安全生产的核心要求与行业痛点，提出了推动智能自动化技术高质量应用的优化路径，以期为我国煤矿智能化建设进程的推进和安全生产水平的提升提供切实可行的理论与实践参考，助力煤炭行业实现从“机械化换人”向“智能化减人”的根本性转变。

关键词：煤矿安全生产；智能自动化技术；应用

Research on Coal Mine Safety Production and the Application of Intelligent Automation Technology

Xia Ruize

Mindong No.1 Coal Mine, Inner Mongolia Mengdong Energy Co., Ltd., China Inner Mongolia Hulunbuir 021100

Abstract: Coal is an indispensable primary energy source in China's energy system. Coal mine safety production not only directly affects the stability of national energy supply, but also is closely related to the life safety of underground operators, serving as a crucial prerequisite for high-quality development of the coal industry. In recent years, the in-depth integration of new-generation information technology and the coal industry has been continuously advanced. With unique technical advantages, intelligent automation technology has gradually become a core supporting force to solve long-standing bottlenecks in coal mine safety production and drive industrial transformation and upgrading. Based on the actual demands of coal mine safety production in China, combined with the core requirements and industry pain points in this field, this paper proposes optimization paths for the high-quality application of intelligent automation technology. It aims to provide practical theoretical and practical references for advancing the intelligent construction and improving the safety production capacity of domestic coal mines, and facilitate the fundamental transformation of the coal industry from "replacing manpower with mechanization" to "reducing manpower through intelligence".

Keywords: Coal mine safety production; Intelligent automation technology; Application

0 引言

我国能源资源禀赋呈现“富煤、贫油、少气”的显著特征，这一现状决定了煤炭在我国一次能源消费结构中长期占据主体地位，是保障国家能源安全的重要“压舱石”。煤矿生产属于典型的高风险行业，井下作业环境特殊，不仅地质条件复杂多变、作业空间相对受限，还面临着瓦斯突出、透水、顶板垮落、冲击地压等多种灾害的叠加威胁，这些重大灾害风险一直是制约煤矿安全生产的核心瓶颈。为有效推动煤炭行业转型升级，切实提升煤矿安全生产水平，国家相关部门先后出台多项政策文件提供支撑。2020 年，国家发展改革委、国家能源局等八部门联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，明确将煤矿智能

化定位为煤炭工业高质量发展的核心技术支撑；2021 年，《煤矿智能化建设指南（2021 年版）》正式发布，进一步细化了煤矿智能化建设的总体设计思路、核心建设内容与具体实施路径，为智能自动化技术在煤矿领域的规模化、规范化应用提供了明确的顶层设计指引。据行业统计数据显示，截至 2024 年 4 月底，全国已累计建成智能化采煤工作面 1922 个、智能化掘进工作面 2154 个，内蒙古等主要产煤大省已有 70% 的在产煤矿完成智能化建设，智能自动化技术在减人、增安、提效方面的成效十分显著。

1 煤矿安全生产的核心要求与行业痛点

煤矿安全生产的核心要义，在于严格遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的基本方针，将井下作业人员

的生命安全置于首要位置,通过科学的管控手段实现生产全流程重大安全风险的有效防控,坚决杜绝重特大安全生产事故的发生。煤矿生产的核心要求可划分为三个维度:一是源头风险防控,核心在于通过技术革新减少井下高危岗位的作业人员数量,从根本上降低事故发生时的人员伤亡概率,这是煤矿安全生产的基础性要求;二是过程动态管控,重点是实现对井下人员、设备、作业环境、管理流程等全要素的实时感知与动态风险识别,推动安全管理模式从事后事故处置向事前预防、事中精准管控转变,提升安全管理的主动性;三是应急快速响应,针对井下可能出现的灾害隐患与突发事件,建立多系统协同联动的应急处置机制,实现隐患快速排查、事故快速响应、损失有效控制,最大限度降低安全事故带来的人员伤亡与财产损失^[1]。

从当前煤矿行业生产实践来看,传统生产模式下的安全生产工作仍面临诸多亟待解决的痛点问题,这些问题长期制约着煤矿安全生产水平的提升。首先,高危作业环节人员密集,安全风险高度集中。在传统采掘、掘进、井下巡检等核心作业环节,作业流程高度依赖人工操作,需要大量人员在井下现场作业,而井下作业空间狭窄、地质条件复杂多变,瓦斯、顶板等灾害风险随时可能发生,一旦出现安全事故,极易造成群死群伤的严重后果,这是传统生产模式最突出的安全隐患。其次,灾害风险识别与预警能力不足。传统煤矿安全监测主要依靠人工巡检与定点监测设备相结合的方式,这种监测模式存在明显局限性,不仅监测覆盖范围有限,无法实现井下全域无死角监测,且数据采集存在滞后性,风险识别高度依赖作业人员的经验判断,对于瓦斯浓度突变、顶板应力异常变化、透水前兆等动态性安全风险,难以实现精准预判与提前预警,往往错过最佳处置时机,导致小隐患演变为大事故。再次,人为操作失误引发的安全隐患较为突出。井下作业环境恶劣,湿度大、粉尘多、噪音高,作业人员劳动强度大,长期处于高强度作业状态易出现疲劳、注意力不集中等问题,进而引发操作不规范、违章作业等行为,据行业实践统计,人为因素引发的安全生产事故在煤矿安全事故中占比始终较高,是影响煤矿安全生产的重要因素之一^[2]。最后,多环节安全管理协同性不足。传统煤矿生产过程中,采掘、通风、运输、排水等各生产系统相对独立运行,各系统的安管理工作缺乏有效衔接,安全管理信息传递不畅,当某一环节出现安全隐患时,难以快速实现多系统协同联动处置,导致应急响应效率偏低,隐患处置不及时,进一步加剧了安全风险。

2 煤矿安全生产领域智能化技术高质量应用的优化路径

2.1 强化核心技术攻关与装备国产化适配

煤矿智能化技术的高质量应用,核心在于突破技术瓶颈、提升装备适配性,同时构建自主可控的技术装备体系。结合我国煤矿地质条件复杂、中小型矿井占比高的实际情况,应坚持需求导向与问题导向相结合,聚焦煤矿安全生产的核心痛点,强化核心技术攻关与装备研发工作,着力提升技术装备的场景适配性与国产化水平。

2.1.1 复杂地质条件适配技术

加强产学研用协同创新机制建设,推动高校、科研院所、煤炭生产企业与装备制造企业深度合作,形成技术研发、成果转化、现场应用的闭环体系。重点围绕复杂地质条件下的精准地质建模、采煤机自适应截割、掘进机自主导航、围岩智能支护等关键核心技术开展联合攻关,针对性研发适配薄煤层、急倾斜煤层、复杂构造煤层等不同开采场景的智能采掘装备,解决现有装备在复杂地质环境下感知精度不足、自主决策能力弱、运行可靠性差等问题,推动智能化技术在各类矿井的规模化、常态化应用,改变部分矿井“建而不用”的困境^[3]。

2.1.2 核心装备国产化替代

针对当前高端智能装备、核心元器件依赖进口的现状,加快推进核心元部件的国产化攻关,重点突破高端传感器、高精度控制芯片、专用人工智能芯片、井下专用通信设备等关键技术,提升国产核心元部件的可靠性与井下高湿、高粉尘、强电磁干扰环境的适配性。同时,着力构建自主可控的煤矿智能化技术装备产业链,整合上下游资源,推动国产装备的迭代升级,降低智能化建设成本,有效规避供应链断供风险。此外,还应建立完善的装备运维服务体系,组建专业运维团队,为智能化系统的常态化稳定运行提供技术支撑,确保装备与系统能够充分发挥安全保障效能。

2.2 构建一体化数据平台与全场景协同体系

数据作为煤矿智能化技术的核心要素,其互通共享与深度应用直接决定了智能化系统的协同效能。当前煤矿行业存在的数据孤岛问题,严重制约了智能化技术的深度应用,因此,构建一体化数据平台与全场景协同体系,打破信息壁垒、挖掘数据价值,是推动智能化技术高质量应用的关键举措。

2.2.1 加快统一数据标准与规范的制定

针对不同厂商建设的智能化系统通信协议、数据格

式、接口标准不统一的问题,由行业主管部门牵头,联合科研机构、煤炭企业与装备厂商,制定统一的煤矿智能化数据标准、通信协议与接口规范,明确各系统的数据格式、传输标准与交互规则。对新建智能化系统严格要求遵循统一标准,对现有系统进行标准化改造,实现各子系统之间的数据互通、指令兼容,从根源上破解数据孤岛难题,为全矿井数据整合与协同管控奠定基础。

2.2.2 构建矿井一体化智能管控平台

整合采掘、通风、运输、灾害防治、安全管理等各生产子系统,依托数字孪生技术构建全矿井三维数字模型,实现全矿井生产状态的数字化映射、集中展示与统一管控,打造“一屏观全域、一网管全矿”的智能化管控模式。通过该平台,管理人员可在地面调度中心实时掌握全矿井的安全生产状态,当某一环节出现安全隐患时,能够快速实现跨系统协同联动,下达处置指令,提升应急处置效率与管控效能。

2.2.3 提升数据深度应用能力

当前煤矿行业对数据的应用多停留在展示与超限报警层面,数据价值未得到充分发挥。应依托大数据与人工智能技术,结合煤矿生产实际,构建设备故障预测模型、灾害风险预警模型,通过对海量历史数据与实时监测数据的深度挖掘、分析与研判,实现设备故障的超前预判、灾害风险的精准预警,推动煤矿安全管控模式从事后被动响应向事前主动预判、事中精准管控的根本性转变,充分释放数据的核心价值^[4]。

2.3 完善复合型人才培养与梯队建设机制

复合型人才短缺是当前制约智能化技术在煤矿安全生产领域深度应用的关键瓶颈之一,构建多层次、全链条的人才培养与梯队建设体系,是破解这一困境、为煤矿智能化建设与安全生产提供人才支撑的核心举措。结合煤矿行业人才现状与智能化技术应用需求,可从人才培养、在职提升、人才引进三个维度完善相关机制,逐步补齐人才短板。

2.3.1 源头人才培养

深化校企协同育人模式,推动矿业类高校与信息技术类高校、煤炭企业、智能装备厂商建立深度合作关系,打破学科专业壁垒,加强采矿工程、安全工程与自动化、人工智能、大数据等学科的交叉融合。针对煤矿智能化发展需求,在矿业类高校增设智能采矿、矿山智能化等特色专业方向,优化人才培养方案,将煤矿安全生产工艺、智能自动化装备操作、数据处理分析等内容融入课程体系,着

力培养既精通煤矿开采与安全生产管理知识,又掌握智能控制、信息技术等专业技能的复合型人才,从源头缓解行业人才缺口压力。同时,鼓励高校与煤炭企业共建实习实训基地,让学生在实践中熟悉井下作业环境与智能化系统应用场景,提升人才培养的针对性与实用性。

2.3.2 现有从业人员能力提升

需建立分级分类的在职培训体系,结合不同岗位的智能化应用需求,制定差异化的培训方案。针对煤矿管理人员,重点开展智能化技术认知、安全管控理念更新等培训,提升其对智能自动化技术应用的统筹管理能力;针对技术人员,聚焦智能化系统操作、维护、故障排查等核心技能,开展专项培训,使其能够熟练掌握智能装备与系统的运行原理及实操方法;针对一线作业人员,重点开展基础操作技能与安全规范培训,引导其适应智能化作业模式,减少人为操作隐患。同时,建立常态化的技能考核与激励机制,将智能化技能掌握情况与薪酬待遇、职业晋升挂钩,充分调动从业人员学习新技术、掌握新技能的积极性,推动现有人才队伍向智能化转型。

2.3.3 高端人才引进

需完善人才引进与激励政策,破解煤炭行业对高端信息技术人才吸引力不足的难题。一方面,加大对人工智能、自动化控制、大数据分析等领域高端人才的引进力度,明确人才引进的薪酬标准、职业发展路径,优化人才发展环境;另一方面,加强对企业内部骨干技术人员重点培养,选拔具备一定基础的技术人员参与高端研修、产学研项目,提升其智能化技术应用与创新能力。同时,持续改善井下作业环境与从业人员工作条件,降低一线作业人员劳动强度,增强行业人才留存率,逐步构建一支结构合理、梯队完善、能力适配的复合型智能化人才队伍,为智能自动化技术在煤矿安全生产领域的高质量应用提供坚实人才保障。

3 结语

煤矿采矿智能自动化技术应用在保障安全生产方面具有不可替代的重要性。通过自动化开采设备,提高生产效率,减少人工操作带来的失误和风险。煤炭作为我国能源结构中的主体能源,其安全生产不仅是保障国家能源稳定供应的基础,更是推动煤炭行业高质量发展的核心前提与底线要求。智能自动化技术作为推动煤炭工业转型升级的关键支撑力量,与煤矿安全生产之间存在紧密的内在关联与协同发展逻辑,二者相互促进、深度融合。通过多维度发力,推动智能自动化技术与煤矿安全生产深度融合,真正实现煤矿生产“少人则安、无人则安”的目标,全面提

升煤矿安全生产治理体系和治理能力现代化水平，为我国能源安全保障与煤炭行业高质量发展提供坚实的技术支撑。

参考文献：

[1] 王志军，李杨．煤矿安全生产与智能化技术应用研究[J]．能源与节能，2026(02): 270-272.

[2] 王振帆．煤矿采矿智能化技术在安全生产中的

应用研究[J]．能源与节能，2024(11): 45-47.

[3] 李兴．煤矿综采机械设备安装撤除技术研究与应用[J]．内蒙古煤炭经济，2024(12): 124-126.

[4] 魏升辉．煤矿采矿智能化技术在安全生产中的应用[J]．内蒙古煤炭经济，2024(07): 88-90.