

矿山智能化发展趋势研究

孙仕琪

内蒙古平西白音华煤业有限公司 内蒙古 锡林郭勒 026200

摘要：矿山智能化是矿业转型的关键方向，涵盖了一张图协同服务、地测空间管理、“一通三防”管理以及智能采掘与运输等关键技术。这些技术通过信息化手段提升了矿山生产效率和安全性。随着新一代信息技术的快速发展，矿山智能化水平将不断提升，市场需求也将持续增长。同时，标准化建设将推动矿山智能化行业的健康发展。矿山智能化将成为矿业高质量发展的重要支撑，引领矿业行业迈向更加智能、高效、绿色的未来。

关键词：智能矿山技术；无人驾驶；5G新技术标准体系

引言

在矿业领域，智能化已经成为推动行业转型升级的重要力量。矿山智能化通过集成现代信息技术、物联网、大数据和人工智能等高新技术，实现了矿山开采、加工、运输和管理的全面数字化、智能化和自动化。这一趋势不仅提高了矿山生产效率，还显著增强了矿山作业的安全性和环保水平。本文将深入探讨矿山智能化的关键技术及其发展趋势，为矿业行业的未来发展提供参考。

1 矿山智能化概述

矿山智能化是矿业行业转型升级的关键路径，它基于现代信息技术、物联网、大数据、云计算及人工智能等高新技术，对传统矿山进行全面改造升级，实现矿山开采、加工、运输、管理等各个环节的数字化、智能化和自动化。矿山智能化的核心在于利用先进技术实现矿山的全面感知、实时互联、智能分析决策与协同控制。通过精准的地质建模、智能开采规划及自动化装备应用，大幅提高矿产资源的开采效率和回收率，同时降低人力成本。物联网技术可对矿山环境进行实时监测，结合大数据分析预测潜在危险，及时采取措施，有效预防事故发生，增强矿山的安全管控能力。在数字化管理平台方面，矿山智能化构建了涵盖生产计划、安全管理、资源调度、环境保护等多模块的数字化系统，实现矿山运营的全面数字化管理。这能优化资源配置，提升决策效率，降低运营成本，还精确控制资源消耗和废弃物排放，实现资源的循环利用，促进矿山的绿色发展。国外智慧矿山的发展已经超越机械化和自动化的范畴，将绿色、安全、智慧、高效的观念渗透到了矿山生产的各个环节。相比之下，我国矿山智能化建设起步较晚，但近年来取得了明显进展。随着数字通讯技术的快速发展，部分环节的智慧化建设已处于国际领先水平。

2 矿山智能化建设关键技术

2.1 一张图协同服务技术

(1) 煤矿地理数据涵盖了地质、测量、采掘、设计、机电、运输、通风等多个专业业务部门的数据，其种类极为繁杂，且数据更新速度很快。在传统模式下，这些图件通常是以地质和测量图件作为基础底图，然后各个业务部门在此基础上添加本部门的专题内容。这种方式存在严重弊端，一方面，数据在时效方面存在明显的滞后性，无法及时反映煤矿的实际情况；另一方面，难以保障各个专业所使用的煤矿地理数据在一致性、共享性、现势性和完整性上达到要求，这给煤矿的生产和管理带来了诸多不便和潜在风险。(2) 为解决这些问题，充分利用成熟的互联网基础设施，以GIS的图层为基本单位，把矿井的各类专业图形整合为“一张图”来进行管理。构建基于统一绘图平台的矿图制图系统，采用统一的符号库、规范的图层分层及命名标准，将地质、测量、水文、储量以及通风、机电、生产管理等多部门的图件进行集中化、统一化管理。这样做的优势在于，各个专业可以基于这个系统协同工作。(3) 不同专业的人员能够同时在线编辑各自负责的图形内容，实现了在线协同实时维护和查询功能。这种方式提高了煤矿信息化系统的实用性和便利性，使得各个部门在进行煤矿生产、规划、安全管理等工作时，能基于准确、及时且一致的地理数据进行决策和操作，提升了煤矿整体的工作效率和管理水平，为煤矿智能化建设奠定了坚实的数据基础和协同工作环境^[1]。

2.2 地测空间管理技术

(1) 处理复杂地质条件时，自动处理断层和逆断层是建立准确地质模型的关键步骤。这要先建立原始点、线、面之间的各种拓扑关系，再利用与边界相关的判别准则，解决复杂地质体建模过程中遇到的各种不连续问

题。如空间变量插值算法通过已知数据点推算出未知区域的属性值,填补地质数据空白区。含逆断层的复杂TIN模型能更精确地表示地质结构,提高三维可视化效果。

(2)煤层底板等高线的自动生成算法对于矿井设计至关重要。该算法根据地质勘探数据自动生成等高线图,帮助工程师更准确地了解煤层的分布情况。采掘工程平面图和综合水文地质图的自动生成算法也提高了工作效率,减少了人为错误的可能性。这些自动化工具提高了图纸的准确性,还加快了设计流程。(3)切割预想剖面图算法和素描图巷道线的自动延伸算法增强了矿山设计的灵活性和精度。切割预想剖面图算法模拟不同开采方案下的地质变化,帮助工程师选择最优方案。而素描图巷道线的自动延伸算法则能够在现有设计基础上自动扩展巷道布局,确保设计方案的连续性和合理性^[2]。

2.3 “一通三防”管理技术

第一,图形绘制方面,“一通三防”管理信息系统提供了专业的通风图形制图工具。这些工具能基于矿井采掘工程平面图等地理信息系统图形,实现通风系统图、防尘系统图、矿井避灾路线图、通风安全监测监控系统图、抽放瓦斯系统图、通风网络图、压能图等多种图形的手动或自动绘制。这提高了通风图形绘制的效率和准确性,为矿山通风管理提供了有力的支持。第二,在数值计算方面,该系统融合了多种核心算法。其中包括通风网络图绘制及拓扑连动算法,确保通风网络图的准确性和实时性;自动生成通风网络图算法根据矿井实际情况自动生成通风网络图,提高了工作效率;通风网络模拟算法对通风网络进行模拟分析,为通风管理提供决策支持;通风阻力算法精确计算通风阻力,为优化通风系统提供依据;瓦斯涌出预测模型能预测瓦斯涌出情况,为瓦斯管理提供预警;事故树分析计算模型对通风事故进行树状分析,找出潜在风险点,为事故预防提供科学依据。第三,“一通三防”管理信息系统的建立,提高了矿山通风管理的智能化水平,还为矿山的安全生产提供了有力保障。通过该系统,矿山企业实现对通风系统的全面监控和管理,确保通风系统的稳定性和可靠性,从而有效预防通风事故的发生。

2.4 智能采掘与运输技术

(1)智能采掘技术包括自动化采掘设备的运用。智能采掘技术中,有像智能综采工作面系统之类的一系列自动化采掘设备。这些设备配备传感器,敏锐感知开采环境,煤层厚度、硬度、倾角等参数都在其感知范围内。依据这些感知信息,设备可自动对截割高度、牵引速度等开采参数进行调整,达成高效且精准的煤炭开采

目标。如智能采煤机,它能依据煤层的实时变化动态调整截割路径,这样一来,减少了人工操作失误,煤炭采出率也得以提高。(2)借助如5G网络这类先进通信技术,可实现采掘设备的远程控制与实时监控。操作人员在地面控制中心就能远程操控采掘设备,并且同步获取设备运行状态和开采环境等信息。这种方式增强了作业的安全性,还对多个采掘工作面进行集中管理。通过这种集中管理,对开采流程进行优化,生产效率也随之提升。(3)智能运输技术涵盖了智能运输系统集成和物流调度与管理两方面。在智能运输系统集成中,胶带输送机、矿用电动机车等运输设备都实现了智能化升级。智能胶带输送机通过传感器对输送带的张力、速度、温度等参数进行监测,以此实现自动调速、故障诊断和预警。矿用智能电动机车具备自动驾驶、自动装卸载能力,依靠轨道传感器和定位系统优化运输路线,提高运输效率。在物流调度与管理方面,利用大数据和智能算法对矿山物料运输进行智能化调度。根据采掘进度、生产计划等合理安排运输任务,保证物料运输的及时性和准确性;与地测空间管理系统等其他智能化系统协同作业,获取运输巷道空间信息,避免运输拥堵和碰撞事故^[3]。

3 矿山智能化的发展趋势

3.1 技术进步

第一,5G网络以其大带宽、低时延和高连接数的特点,为矿山智能化应用提供了坚实的网络基础。在矿山环境中,5G技术可以实现设备之间的高效互联,支持远程实时监控、高清视频传输和大规模数据采集,从而提高了矿山的生产效率和安全性。如通过5G网络,实现对井下综采工作面的云喷雾与尘源联动控制,实现自动开停和调节大小,达到人机协同的效果。第二,人工智能技术的不断进步也在推动矿山智能化的深入发展。通过机器学习、图像识别等技术,智能系统对矿石进行快速准确的分析和分类,提高选矿的精度和效率。智能控制系统还根据矿石的性质和市场需求,实时调整选矿工艺参数,实现选矿过程的优化。人工智能技术还应用于矿山的安全监测和管理,通过实时监测和分析矿山内各种数据,如温度、湿度、气体浓度等,及时发现异常情况,并通过预警系统提供警示信息,帮助管理者采取及时有效的措施,防止事故的发生。第三,云计算技术的应用也为矿山智能化带来了革命性的变化。将矿山内的各种传感器、设备和数据连接到云端平台,矿山管理者可以实现对矿山各项运营活动的实时监控、分析和管理的。云计算系统可以提供全面的数据支持,帮助管理者进行生产计划的优化、设备维护的预测以及资源利用的

调配，还与外部资源进行共享，促进矿山与供应商、合作伙伴之间的协同合作，提高整体竞争力。

3.2 市场需求

(1) 传统采矿方式已经难以满足快速增长的市场需求，智慧矿山通过引入先进的自动化和信息化技术，实现了生产过程的优化。利用物联网技术和大数据分析，实现设备的实时监控和预测性维护，减少停机时间，提高生产效率。自动化设备和机器人的应用也使得矿山作业更加高效和安全。(2) 环保法规的日益严格和社会对环境保护的关注，使得矿业公司必须采取更加环保的生产方式。智慧矿山通过精准的资源管理和优化的工艺流程，明显降低能耗和排放。如智能调度系统根据生产任务和设备状态动态调整运行方案，减少不必要的能源消耗；智能通风系统有效控制粉尘和有害气体的排放，改善工作环境。这些措施有助企业达到环保标准，还提升其社会形象和市场竞争力。(3) 随着技术的不断进步和应用成本的逐渐降低，矿山智能化的经济效益越来越明显。虽然初期投资较高，但从长远来看，智能化带来的效率提升和成本节约将为企业带来可观的回报。如优化资源配置和提高资源利用率，企业减少原材料浪费；通过自动化操作和远程监控，企业降低人力成本和运营风险。因此，越来越多的矿业公司开始重视并投入矿山智能化建设。市场需求的变化和技术的进步共同推动了矿山智能化的发展^[4]。

3.3 标准化建设

(1) 矿山智能化的发展进程阶段，标准化建设是至关重要的趋势。伴随行业的不断发展，统一的行业标准和规范的建立是必然走向。在当前阶段，由于缺乏统一标准，不同企业的智能化矿山建设在技术应用、系统集成、设备选型等方面存在较大差异，这增加了企业间沟通协作的成本，也导致一些不兼容问题的出现，影响整个矿山智能化系统的稳定运行和持续发展。(2) 标准

化建设能够带来诸多积极影响。对产品质量来说，统一标准可促使企业在研发和生产智能化矿山设备及相关软件时，遵循严格的质量规范，减少因质量参差不齐带来的安全隐患和效率损失。在服务水平提升方面，标准的规范能让矿山智能化服务供应商明确服务内容和质量要求，为矿山企业提供更优质、更专业的服务。如设备维护、技术支持等服务环节更加规范和高效。(3) 标准化建设对整个矿山智能化行业的健康发展有着不可替代的作用。当行业内有了统一的标准和规范，企业之间的竞争将更加公平有序，有利于资源的优化配置和创新技术的推广；标准化建设也为行业的国际化发展奠定了基础，便于国际间的技术交流与合作，使矿山智能化行业朝着更加规范化、国际化的方向发展，提升整个行业的竞争力和影响力。

结束语

综上所述，矿山智能化是矿业行业发展的必然趋势。随着技术进步、市场需求增长和标准化建设的推进，矿山智能化将实现更高水平的智能化运行和更广泛的应用场景。展望未来，矿山企业将持续加大技术创新与研发投入，致力于矿山智能化建设的深入探索与实践，力求在关键技术领域不断实现新突破，为矿业行业的绿色、高效、可持续发展注入源源不断的活力与动力。

参考文献

- [1]姜楠.矿山智能化技术在机械工程自动化中的应用研究[J].中国金属通报,2024(15):98-100.
- [2]赵兴东.黄金矿山深井开采研究进展与发展趋势[J].黄金,2024,45(8):1-18.
- [3]辛文权.矿井智能化采煤进展与发展趋势研究[J].矿业装备,2022(1):234-235.
- [4]林安川,彭立峰,马辰元,等.智能化矿山建设关键技术的初步研究及应用简析[J].云南冶金,2020,49(6):5-12.