

煤矿智能矿山自动化开采技术与应用

程显超¹ 刘柏言² 陈 生¹

1. 吉林省工程技术有限公司 吉林 长春 130000

2. 吉林省建设项目招标有限责任公司 吉林 长春 130000

摘 要：本文聚焦煤矿智能矿山自动化开采技术与应用，阐述其以现代信息技术为核心，融合多类先进技术的新型矿山形态。分析建设必要性，涵盖应对复杂地质、降本增效、保障安全等方面；介绍物联网、大数据等技术架构；详解自动化采矿设备、远程控制等自动化开采技术。同时展望无人化开采、煤层智能化综采及系统优化升级等未来趋势，为煤矿智能化发展提供理论参考。

关键词：智能矿山；自动化开采技术；煤矿应用；发展趋势

1 煤矿智能矿山的定义

煤矿智能矿山是以现代信息技术为核心，深度融合物联网、大数据、人工智能、自动化控制等先进技术，对煤矿生产、安全、管理等全流程进行智能化升级与优化的新型矿山形态。它通过构建全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能体系，实现煤矿开采、运输、通风、排水、安全监测等环节的自动化、信息化与智能化运行。煤矿智能矿山打破了传统煤矿依靠人力经验驱动的生产模式，将煤矿的各类生产要素，如设备、人员、地质条件等，通过传感器、通信网络等手段转化为可量化、可分析的数据资源。基于这些数据，智能系统能够对煤矿生产过程进行精准建模和仿真，提前预判潜在风险，自动调整生产策略，实现煤矿资源的高效、安全、绿色开采。智能矿山还注重生产与管理的协同，通过整合各部门的数据和业务流程，实现信息共享和协同决策，提升煤矿企业的整体运营效率和管理水平。

2 煤矿智能矿山建设的必要性

2.1 应对复杂地质条件的挑战

我国煤炭资源分布广泛，地质条件复杂多样。在许多煤矿开采区域，存在着高瓦斯、冲击地压、复杂水文地质等难题，这些复杂的地质条件给煤矿开采带来了巨大的安全风险和技术挑战^[1]。传统的煤矿开采方式在面对这些复杂地质条件时，主要依赖人工经验和简单的监测设备，难以对地质灾害进行准确预测和有效防控。随着煤矿开采深度的不断增加，地质条件变得更加复杂，灾害发生的频率和强度也随之增大。而智能矿山建设通过引入先进的地质探测技术和实时监测系统，能够对煤矿开采区域的地质结构、瓦斯浓度、地应力变化等进行全面、动态的监测和分析。利用大数据和人工智能技术，

对监测数据进行深度挖掘和分析，提前预测地质灾害的发生，为煤矿安全生产提供科学依据和决策支持，有效降低复杂地质条件对煤矿开采的影响。

2.2 降低开采成本，提高经济效益

传统煤矿开采过程中，人力、设备、资源消耗等成本较高。大量的人力投入不仅增加了企业的用工成本，而且人工操作的效率和精准度相对较低，容易造成资源浪费和设备损耗。由于缺乏对生产过程的精细化管理和优化，煤矿开采过程中存在着能源消耗高、生产效率低等问题，严重影响了煤矿企业的经济效益。煤矿智能矿山建设通过引入自动化采矿设备和智能化管理系统，能够实现煤矿开采的自动化和智能化运行。自动化采矿设备可以根据预设程序和实时监测数据，精准地进行开采作业，减少资源浪费和设备损耗，提高开采效率。智能化管理系统能够对煤矿生产过程中的各项数据进行实时分析和优化，合理调配生产资源，降低能源消耗和生产成本。智能矿山还可以通过大数据分析预测煤炭市场需求和价格走势，帮助企业合理安排生产计划，提高企业的市场竞争力和经济效益。

3 煤矿智能矿山的技术架构

3.1 物联网技术

物联网技术是煤矿智能矿山建设的基础，它通过将井下的各种设备、传感器、人员等进行互联互通，实现对煤矿生产过程的全面感知和实时监控。在煤矿井下，物联网技术主要应用于设备监测、环境监测、人员定位等方面。在设备监测方面，通过在采矿设备、运输设备、通风设备、排水设备等关键部位安装传感器，实时采集设备的运行状态、工作参数等数据，并通过无线网络将数据传输到地面监控中心。管理人员可以通过监控平台实时掌握设备的运行情况，及时发现设备故障和异

常,提前进行维修和保养,避免设备故障对生产造成影响。在环境监测方面,利用物联网技术部署大量的环境传感器,对井下的瓦斯浓度、一氧化碳浓度、氧气浓度、温度、湿度、粉尘浓度等环境参数进行实时监测。一旦环境参数超过安全标准,系统将立即发出警报,并采取相应的措施进行处理,保障井下作业环境的安全^[2]。在人员定位方面,通过为矿工配备定位卡或定位设备,利用无线通信技术实时获取矿工的位置信息。管理人员可以通过监控平台掌握矿工在井下的分布情况,当发生安全事故时,能够快速准确地确定被困人员的位置,为救援工作提供有力支持。

3.2 大数据技术

大数据技术在煤矿智能矿山建设中发挥着重要作用,它能够对煤矿生产过程中产生的海量数据进行收集、存储、分析和挖掘,为煤矿企业的决策提供科学依据。煤矿生产过程中产生的数据种类繁多,包括设备运行数据、环境监测数据、生产管理数据、地质勘探数据等,这些数据具有数据量大、种类多、速度快、价值密度低等特点。大数据技术通过对这些数据进行清洗、整合和分析,能够发现数据之间的潜在关系和规律,为煤矿企业的生产管理提供有价值的信息。大数据技术还可以与人工智能技术相结合,构建智能决策模型,实现煤矿生产管理的自动化和智能化决策。

3.3 人工智能技术

人工智能技术是煤矿智能矿山建设的核心技术之一,它能够赋予煤矿生产系统自主学习、分析决策和智能控制的能力。在煤矿智能矿山中,人工智能技术主要应用于安全监测预警、生产过程优化、设备故障诊断等方面。在安全监测预警方面,利用人工智能技术对安全监测数据进行分析 and 处理,能够实现对安全隐患的自动识别和预警。在生产过程优化方面,人工智能技术可以根据煤矿生产的实际情况,自动调整生产参数和生产策略,实现生产过程的最优控制。例如,通过强化学习算法对采矿设备的运行参数进行优化,能够提高采矿效率和资源回收率;通过智能调度算法对运输系统进行优化,能够提高煤炭运输效率,降低运输成本。在设备故障诊断方面,利用人工智能技术对设备运行数据进行分析,能够实现对设备故障的快速诊断和定位。通过建立设备故障诊断模型,对设备的运行数据进行实时监测和分析,当设备出现故障时,系统能够快速判断故障类型和故障位置,并提供相应的维修建议,提高设备的维修效率和可靠性。

4 煤矿智能矿山自动化开采技术

4.1 自动化采矿设备

自动化采矿设备是煤矿智能矿山自动化开采的核心装备,它包括自动化采煤机、液压支架、刮板输送机。自动化采煤机配备了先进的导航系统和传感器,能够根据预设的开采路径和煤层厚度自动调整采煤机的截割高度和速度,实现精准采煤。同时采煤机还可以实时监测自身的运行状态和工作参数,如电机温度、截齿磨损情况等,并将数据传输到地面监控中心,便于管理人员及时掌握设备运行情况,进行设备维护和保养。液压支架是煤矿井下支护顶板的关键设备,自动化液压支架通过电液控制系统实现了支架的自动升降、推移、调架等动作。电液控制系统能够根据采煤机的运行位置和顶板压力变化,自动调整液压支架的支护参数,确保顶板的稳定,提高支护效率和安全性。刮板输送机作为煤炭运输的重要设备,自动化刮板输送机采用了变频调速技术和智能监测系统,能够根据运输量自动调整运行速度,降低能耗。同时智能监测系统可以实时监测刮板输送机的链条张力、电机电流、轴承温度等参数,及时发现设备故障,保障煤炭运输的连续性。

4.2 远程控制技术

在煤矿智能矿山自动化开采中,远程控制技术不仅用于设备的远程操作,还实现了对整个开采过程的远程监控和管理。地面控制中心的操作人员可以通过高清视频监控、数据监测系统等,实时掌握井下开采现场的情况,对自动化采矿设备进行远程控制和调整。当井下设备出现故障或异常情况时,操作人员可以通过远程控制对设备进行故障诊断和排除,避免了人员下井维修带来的安全风险。另外,远程控制技术还可以实现多台设备之间的协同控制,根据开采进度和生产需求,合理调配设备的运行,提高开采效率^[3]。

4.3 智能监测系统

智能监测系统是煤矿智能矿山自动化开采的重要保障,它能够对井下的设备运行状态、环境参数、人员安全等进行全方位、实时监测。在设备运行状态监测方面,通过在自动化采矿设备上安装各种传感器,如振动传感器、温度传感器、压力传感器等,实时采集设备的运行数据,并将数据传输到数据分析处理平台。平台利用大数据和人工智能技术对数据进行分析,判断设备的运行状态,预测设备故障,及时发出预警信息,提醒维修人员进行设备维护和保养。在环境参数监测方面,智能监测系统通过部署大量的环境传感器,对井下的瓦斯浓度、一氧化碳浓度、氧气浓度、温度、湿度、粉尘浓度等环境参数进行实时监测。一旦环境参数超过安全标准,系统将立即发出警报,并自动启动相应的应急处置

措施,如启动通风设备、切断电源等,保障井下作业环境的安全。在人员安全监测方面,智能监测系统通过人员定位技术和生命体征监测设备,实时掌握矿工的位置信息和身体状况。当矿工遇到危险或身体出现异常时,系统能够及时发出求救信号,并将相关信息传输到地面监控中心,以便救援人员及时进行救援。

4.4 3D建模与虚拟现实技术

3D建模与虚拟现实技术在煤矿智能矿山自动化开采中具有重要的应用价值。通过对煤矿井下地质结构、开采工作面、设备布局等进行3D建模,能够直观地展示煤矿开采的三维场景,为开采方案设计、生产规划提供可视化支持。在开采方案设计阶段,技术人员可以利用3D建模技术构建煤矿开采的虚拟模型,对不同的开采方案进行模拟和分析,评估方案的可行性和优缺点,选择最优的开采方案。在生产规划阶段,3D建模技术可以帮助管理人员了解井下的生产布局和资源分布情况,合理安排生产任务和资源调配。虚拟现实技术则可以为矿工提供沉浸式的培训环境。通过虚拟现实设备,矿工可以在虚拟的井下环境中进行操作培训,模拟各种实际作业场景和安全事故场景,提高矿工的操作技能和应急处置能力。虚拟现实技术还可以用于设备的远程维护和检修,技术人员可以通过虚拟现实设备远程查看设备的内部结构和故障情况,进行远程指导和维修,提高设备维护效率。

5 煤矿智能矿山自动化开采技术的未来发展趋势

5.1 无人化开采技术的持续进步

随着物联网、大数据与人工智能技术迭代,煤矿无人化开采将迎来质变。未来,井下采矿、运输、支护等高危环节将逐步摆脱人力依赖,通过智能设备实现无人化作业,从根源上保障矿工生命安全。无人化采矿领域,自动化设备将具备更强的环境感知与自主决策能力,可依据地质变化动态调整开采策略,精准定位开采区域。多设备间通过智能调度系统与通信网络,实现高效协同作业,大幅提升开采效率。无人化运输方面,无人驾驶车辆凭借导航与传感技术,完成自动行驶、避障及装卸,智能化调度系统将根据产量灵活规划运输路线。无人化支护中,液压支架等设备能实时感知顶板压力,自动调节支护参数,设备间协同联动形成稳固防护体系,筑牢井下作业安全防线。

5.2 厚煤层、薄煤层智能化综采技术的发展

我国厚、薄煤层储量丰富,其智能化综采技术发展关乎资源高效开发。未来,厚煤层开采将朝着大采高、高可靠、高效能方向突破。研发更高采高设备以减少开采次数,同时加强顶板控制与煤壁防护研究;通过提升设备制造工艺、优化故障诊断技术,增强设备可靠性;并借助工艺与设备配套优化,实现厚煤层工作面高产高效^[4]。薄煤层开采则聚焦设备小型化、轻量化与高效化,研发适配设备提升开采适应性。同步推进自动化控制技术创新,实现薄煤层开采全流程自动化、智能化,降低人工劳动强度,显著提高资源回收率,让薄煤层开采从低效走向高效。

5.3 智能化系统的优化与升级

煤矿智能矿山系统将持续优化升级,深化物联网、大数据、人工智能与远程控制技术融合,实现生产全环节智能协同管理。面对海量生产数据,未来将开发更高效的数据处理算法与平台,提升数据处理速度与分析精度,为企业决策提供精准支持。人工智能应用范围将不断拓展,在安全监测领域开发更精准的隐患识别模型,实现风险早发现、早预警;在生产环节通过动态优化与智能调控,提高生产效率与资源利用率。智能化系统将构建严密的网络安全防护体系,综合运用加密、访问控制与入侵检测技术,抵御数据泄露与网络攻击,保障煤矿智能生产安全稳定运行。

结束语

煤矿智能矿山自动化开采技术凭借创新技术融合,在保障安全、提升效率等方面成效显著。然而,技术发展永无止境,未来需持续攻克无人化开采难题,深化厚薄煤层智能化综采技术研究,优化升级智能化系统。通过不断探索与实践,推动煤矿行业向更高效、安全、绿色的智能化方向迈进,实现煤炭资源可持续开发利用。

参考文献

- [1]王林.煤矿智能化开采技术研究现状及展望[J].石化技术,2020,27(12):179-180.
- [2]田立贞.煤矿智能化开采技术研究现状及展望[J].当代化工研究,2020(23):13-14.
- [3]杨宏.智能矿山建设背景下采煤机关键技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2021(14):75-76.
- [4]房立东.基于智能矿山的煤矿机电技术管理创新[J].内蒙古煤炭经济,2021(14):154-155.