

煤矿智能化开采现状及展望

蒋 栋

国家能源集团宁夏煤业公司梅花井煤矿 宁夏 灵武 750411

摘 要：煤炭在我国能源结构中占据重要地位，但传统煤矿开采方式存在安全风险高、生产效率低等问题。本文聚焦煤矿智能化开采，阐述其概念、特征与优势，即依托前沿技术实现全面感知、自主决策等，打破传统开采模式限制，提升效率与安全性。分析自动化控制、物联网、大数据等关键技术原理与应用。探讨当前智能化开采在技术装备、取得的成效及面临的挑战等方面的现状。展望未来，指出多技术深度融合、应用场景拓展至全产业链及产业格局整合升级等发展趋势，为我国煤矿智能化开采发展提供参考。

关键词：煤矿；智能化开采技术；现状；发展趋势

引言：随着科技飞速发展，煤矿智能化开采应运而生。它融合自动化控制、物联网、大数据等前沿技术，为煤矿开采带来变革。智能化开采不仅能提升生产效率、保障矿工安全，还能优化资源配置。但目前煤矿智能化开采仍处于发展阶段，面临诸多挑战。深入探究其现状与展望，对推动我国煤矿行业高质量发展具有重要意义。

1 煤矿智能化开采概念

煤矿智能化开采是依托自动化控制、物联网、大数据、人工智能等前沿技术，深度融合煤炭开采工艺流程，实现煤矿生产过程全面感知、实时互联、自主决策、精准执行的新型开采模式。其核心在于以技术赋能煤矿开采，将传统依赖人力经验的生产方式，转变为以数据驱动、智能决策为核心的现代化作业体系。从本质上讲，煤矿智能化开采打破了传统开采模式在时间与空间上的限制。通过部署大量传感器、智能设备，煤矿井下的地质条件、设备运行状态、生产环境参数等信息能够被实时采集与传输，使工作人员在地面控制中心即可全面掌握井下情况。通过高精度的地质雷达探测技术，可提前预知前方煤层的厚度、倾角、断层分布等信息，为开采方案的制定提供精准数据支撑。这种模式不仅显著提升了生产效率，更从根本上降低了矿工在危险环境中的暴露时间，极大提高了煤矿生产的安全性。煤矿智能化开采具有高度自动化、数据化、集成化等特征。高度自动化体现在开采设备能够依据预设程序与算法，自动完成割煤、落煤、装煤、运输等一系列操作；数据化强调生产过程中各类数据的实时采集与深度分析，以数据驱动决策；集成化则是将煤矿开采各环节的设备、系统进行有机整合，实现协同作业，提升整体运行效率^[1]。

2 煤矿智能化开采关键技术

2.1 自动化控制技术

自动化控制技术其目标是实现煤矿开采设备的自动运行与精准控制。在综采工作面，采煤机的自动化控制尤为关键。现代采煤机配备了先进的传感系统和自动控制系統，能够实时感知煤层的厚度、硬度、倾角等参数，并根据这些数据自动调整截割高度、牵引速度和截割方向。如当采煤机遇到夹矸层时，系统可自动识别并调整截割策略，降低截割速度、增大截割功率，确保采煤机平稳运行，避免设备损坏。液压支架的自动化控制同样不可或缺。通过电液控制系统，液压支架能够根据采煤机的运行位置和顶板压力变化，自动完成降架、移架、升架、推溜等动作。该系统还可实现支架间的联动控制，保证液压支架群在复杂顶板条件下保持稳定支护，有效防止顶板事故的发生。此外，带式输送机、刮板输送机等运输设备也实现了自动化控制，通过速度调节、故障监测与自动停机等功能，保障煤炭运输的高效与安全。

2.2 物联网技术

物联网技术为煤矿智能化开采搭建了信息互联互通的桥梁。在煤矿井下，大量的传感器、智能设备通过无线网络连接，形成庞大的物联网系统。各类传感器如瓦斯传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、压力传感器等，能够实时采集井下环境参数和设备运行状态信息，并将数据传输至地面控制中心。借助物联网技术，地面工作人员可以远程监控井下设备的运行情况，及时发现设备故障和异常工况。例如，当输送带出现撕裂、跑偏或打滑等故障时，安装在输送带上的传感器会立即将信号传输至控制中心，系统自动报警并启动紧急停机程序，避免事故扩大。物联网技术还支持设备的远程维护与管理，技术人员可通过网络对井下设备进行参数调整、程序升级等操作，提高设备的可靠性和维护效率。

2.3 大数据技术

大数据技术在煤矿智能化开采中发挥着数据处理与分析决策的重要作用。煤矿生产过程中会产生海量的数据,包括地质数据、设备运行数据、生产数据、安全监测数据等。大数据技术能够对这些多源异构数据进行高效采集、存储和分析。通过对地质数据的深度分析,可构建高精度的三维地质模型,为开采方案的制定提供科学依据,帮助煤矿企业优化开采布局,提高资源回收率。对设备运行数据的分析,能够预测设备故障,实现设备的预防性维护。例如,通过分析采煤机截割电机的电流、温度、振动等数据,利用机器学习算法建立故障预测模型,提前发现电机潜在故障,避免突发停机造成的生产损失。大数据技术还可对安全生产数据进行分析,识别安全隐患,为安全管理决策提供支持。

2.4 人工智能技术

人工智能技术赋予煤矿智能化开采自主决策的能力。在煤矿开采中,人工智能算法可对采集到的大量数据进行学习和分析,从而实现智能决策。在采煤机截割路径规划中,利用遗传算法、粒子群算法等优化算法,结合地质模型和开采工艺要求,为采煤机规划最优截割路径,提高开采效率和煤炭质量。在安全监测领域,人工智能技术可通过图像识别、声音识别等技术对井下作业场景进行实时监控。如利用视频监控系统 and 图像识别算法,自动识别矿工的不安全行为,如未佩戴安全帽、违规操作等,并及时发出预警。人工智能技术还可用于瓦斯突出预测、顶板来压预测等,通过对历史数据和实时监测数据的分析,建立预测模型,提前预测灾害发生的可能性,为煤矿安全生产提供保障。

2.5 5G通信技术

相比传统的通信技术,5G具有大带宽、低时延、广连接的特点,能够满足煤矿井下大量设备数据传输和实时控制的需求。在煤矿智能化开采中,5G技术可实现高清视频监控、远程控制指令的快速传输,确保地面控制中心与井下设备之间的高效通信。通过5G网络,技术人员可以远程操控井下的巡检机器人,实现对复杂区域和危险区域的实时监测;在远程控制综采设备时,5G的低时延特性能够保证控制指令的及时响应,提高设备控制的精准性和稳定性。5G技术还支持煤矿井下各类智能设备的互联互通,促进智能化开采系统的协同运行。

2.6 虚拟现实与数字孪生技术

虚拟现实(VR)与数字孪生技术为煤矿智能化开采提供了可视化和模拟仿真的手段。虚拟现实技术可构建逼真的煤矿井下虚拟环境,用于矿工培训和开采方案模拟。在培训过程中,矿工可以在虚拟环境中进行操作练

习,熟悉设备操作流程和应急处理方法,提高培训效果和安全性。数字孪生技术则通过建立与实际煤矿生产系统相对应的数字模型,实时映射井下设备的运行状态和生产过程。借助数字孪生模型,技术人员可以对开采方案进行模拟优化,提前评估开采过程中可能出现的问题,并制定相应的解决方案。数字孪生技术还可用于设备故障诊断和性能优化,通过对比数字模型与实际运行数据,快速定位设备故障原因,为设备维护和改进提供依据^[2]。

3 煤矿智能化开采现状

3.1 智能化开采技术装备水平现状

走进现代化煤矿,各类先进设备有序运转。以采煤机为例,如今的采煤机不再是传统意义上简单的机械装置,而是融合了先进传感技术与智能控制系统的高科技设备。它能敏锐感知煤层的变化,自动调整截割参数,确保采煤作业高效且精准。比如在遇到煤层厚度变化时,采煤机可迅速响应,合理调整截割深度与速度,避免资源浪费与设备过度损耗。液压支架同样经历了智能化革新。电液控制系统的广泛应用,使液压支架能根据顶板压力变化,自动完成移架、升架等一系列动作。在复杂的顶板条件下,支架间还能实现协同作业,有效保障了井下作业人员的安全。在运输环节,带式输送机实现了智能化升级,通过安装在关键部位的传感器,实时监测输送带的运行状况,一旦发现输送带跑偏、撕裂等异常情况,系统立即报警并采取紧急制动措施,极大降低了运输事故的发生率。巡检机器人、无人运输车辆等新型装备也逐步在煤矿井下崭露头角。巡检机器人可在复杂的井下环境中自主移动,代替人工对设备进行全方位巡检,及时发现潜在故障隐患。无人运输车辆则能按照预设路线,精准高效地完成煤炭运输任务,有效缓解了人工运输的压力,提高了运输效率。

3.2 煤矿智能化开采取得的成效

煤矿智能化开采取得的成效主要体现在以下三方面:(1)在安全层面,智能化开采让煤矿作业环境得到极大改善。过去煤矿井下事故频发,瓦斯爆炸、顶板坍塌等事故严重威胁着矿工的生命安全。如今智能化监测系统24小时不间断运行,实时监测井下瓦斯浓度、一氧化碳含量、顶板压力等关键参数。一旦数据出现异常,系统迅速发出预警,为及时采取应对措施争取宝贵时间。许多危险区域实现了无人化作业,大量减少了矿工暴露在危险环境中的时间,从根本上降低了事故发生概率,让煤矿生产变得更加安全可靠。(2)从生产效率来看,传统采煤方式下,各生产环节衔接不够顺畅,常常出现停工待料等情况。而在智能化采煤工作面,采煤

机、刮板输送机、液压支架等设备实现了高度自动化协同作业。采煤机快速高效截割煤炭的同时,刮板输送机及时将煤炭输送出去,液压支架也紧密配合,保障作业空间安全稳定。整个生产流程一气呵成,开采效率数倍于以往。原本需要大量人力长时间完成的工作,现在借助智能化设备能在短时间内高效完成,有效提高了煤矿的产能。(3)在经济效益上,智能化开采降低了运营成本,增加了企业利润。人力成本大幅下降,智能化设备替代了大量人工岗位,减少了人员招聘、培训等一系列费用支出。设备的智能化运行降低了故障率,减少了设备维修成本。智能化系统还能精准控制煤炭开采量,提高煤炭资源回收率,避免资源浪费,从而增加了企业的销售收入。

3.3 当前煤矿智能化开采面临的挑战

尽管煤矿智能化开采取得了一定成果,但前行的道路上仍面临以下诸多挑战。(1)技术方面,部分智能化设备在复杂地质条件下的适应性欠佳。我国煤矿地质条件复杂多样,不同矿区的煤层厚度、硬度、倾角以及地质构造差异巨大。一些智能化设备在面对复杂地质时,无法准确感知和应对,导致设备运行不稳定,甚至出现故障。在断层较多、煤层起伏大的区域,采煤机的自动截割功能难以正常发挥,严重影响开采效率。(2)智能化系统的稳定性也有待提高。目前,煤矿智能化系统涉及多个子系统,各子系统间的数据交互与协同工作还存在一些问题。数据传输延迟、系统兼容性差等情况时有发生,影响了整个智能化开采体系的正常运行。(3)人才短缺。煤矿智能化需要既懂煤矿开采工艺,又掌握先进信息技术的复合型人才。然而,当前这类专业人才匮乏,煤矿企业内部员工的知识结构难以满足智能化发展需求,而高校相关专业的人才培养又相对滞后,无法及时为行业输送足够的专业人才。(4)资金投入难^[3]。煤矿智能化改造需要大量资金,从设备购置、系统建设到后期维护,每一个环节都成本高昂。

4 煤矿智能化开采的发展趋势

在技术发展上,煤矿智能化开采将呈现多技术深度

融合趋势。人工智能、大数据、物联网与5G通信技术将进一步协同创新,实现设备的自主决策与精准控制。通过深度学习算法对海量生产数据进行分析,使采煤机能够根据复杂地质条件自主规划最优截割路径;边缘计算技术的应用,将大幅提升数据处理效率,减少传输延迟,增强系统响应能力。虚拟现实(VR)与数字孪生技术的成熟,可构建出1:1还原井下场景的虚拟模型,用于模拟开采过程,提前预判风险并优化开采方案。应用场景方面,智能化开采将从单一工作面拓展到全矿井、全产业链。未来,煤矿生产、运输、洗选加工等环节都将实现智能化覆盖,形成一体化智能运营体系。井下无人化、少人化作业场景将更加丰富,巡检、维修等高危作业将由智能机器人全面承担,真正实现“人在地面管,设备井下干”。在产业格局上,煤矿智能化将推动行业整合升级,大型煤炭企业凭借技术与资金优势,加快智能化转型步伐,引领行业标准制定;中小企业则通过与科研机构、科技企业合作,实现智能化技术的应用落地,最终形成大中小企业协同发展、产学研深度融合的产业新格局,助力我国煤矿智能化水平迈向新高度^[4]。

结束语:煤矿智能化开采是煤炭行业发展的必然趋势,当前虽在技术装备、安全与生产效率提升等方面取得成效,但仍面临技术适应性、系统稳定性、人才与资金等挑战。未来多技术深度融合将赋予设备更强大的自主决策能力,应用场景将拓展至全产业链,实现全流程智能化。产业格局也将优化,大中小企业协同发展。

参考文献

- [1]周鑫源.煤矿智能化开采技术现状及展望[J].现代工程项目管理,2024,3(7).11-12.
- [2]王文文.煤矿智能化开采现状及展望[J].能源与节能,2022(3):101-102.
- [3]董云飞.煤矿智能化开采现状及展望[J].空中英语,2021(12):3695-3696.
- [4]张治鹏.煤矿智能化开采现状及展望[J].文渊(小学版),2021(11):1377-1378.