

煤矿智能化掘进技术研究及应用

杨文强

冀中能源峰峰集团邯郸宝峰矿业有限公司九龙矿 河北 邯郸 056000

摘要: 煤矿智能化掘进技术通过集成先进智能装备与远程控制系统,实现了掘进作业的自动化、智能化与高效化。该技术显著提高了掘进效率与安全性,降低了人力成本,并极大提升了生产管理水平和智能化掘进装备能够自主作业,减少人为干预,同时远程监控系统实时传输数据,为生产决策提供精准支持。此外,该技术还促进了生产流程的标准化与信息化,推动了煤矿企业的现代化转型与可持续发展。

关键词: 煤矿智能化; 掘进技术; 应用

引言

煤矿智能化掘进技术作为煤炭工业现代化的重要标志,正引领着煤炭开采方式的深刻变革。该技术通过集成智能装备、远程监控与数据分析等先进技术,实现了掘进作业的自动化、智能化管理,不仅提高了生产效率,还显著增强了作业安全性。本文旨在全面探讨煤矿智能化掘进技术的研究现状、关键技术及其在实际生产中的应用效果,为煤炭行业的智能化升级提供参考与借鉴。

1 煤矿智能化掘进技术概述

煤矿智能化掘进技术是煤炭工业高质量发展的关键技术之一,旨在通过自动化、信息化和智能化的手段,提高掘进效率、降低成本、保障作业安全,并推动绿色开采。该技术通过集成先进传感器、通信系统和控制算法,使掘进机具备自主导航、自动截割、智能调控等功能。掘进过程中,智能掘进机能够实时感知地质条件变化,自动调整截割参数,确保掘进作业的连续性和高效性。同时,结合远程监控和智能调度系统,地面控制中心可以实现对掘进设备的远程操控和实时监控,进一步提高了生产安全性和灵活性。在智能化掘进技术的应用中,三维地质建模、惯性导航、视觉识别等关键技术发挥了重要作用。通过构建精准的三维地质模型,掘进机能够在复杂地质条件下实现精准定位和导航,确保掘进路径的准确性和稳定性。此外,视觉识别技术能够实时监测煤岩分界线,为掘进机提供精确的截割指令,避免了人工操作的主观性和误差。煤矿智能化掘进技术的实施,不仅提高了掘进效率和作业安全性,还降低了工人的劳动强度,改善了作业环境^[1]。同时,该技术还有助于减少资源浪费和环境污染,推动煤炭行业向绿色、可持续发展方向。随着技术的不断进步和应用经验的积累,煤矿智能化掘进技术将迈向新的高度,为煤炭工业的转型升级和高质量发展做出更大贡献。

2 煤矿智能化掘进关键技术

2.1 智能感知技术

智能感知技术通过综合运用摄像头、麦克风、传感器等硬件设备,结合语音识别、图像识别等前沿技术,将物理世界的信号映射到数字世界,并进一步提升至可认知的层次,如记忆、理解、规划、决策等。在煤矿智能化掘进过程中,智能感知技术主要体现在(1)环境感知,利用布置在掘进工作面的各类传感器,如温度传感器、湿度传感器、瓦斯浓度传感器等,实时监测掘进工作面的环境状态,如温度、湿度、有害气体浓度等,确保作业环境的安全。同时,结合摄像头等视觉设备,实现对工作面状态的直观监控,为掘进作业提供可靠的环境信息保障。(2)设备感知,掘进设备如掘锚机、锚杆钻机等,通过内置传感器实时监测其运行状态,如振动、温度、转速、位置等。智能感知技术能够对这些数据进行实时采集、处理和分析,及时发现设备故障隐患,预测设备维护需求,提高设备的可靠性和使用寿命。(3)地质感知,通过地球物理勘探和随掘随采数据,结合智能感知技术,建立精准的三维动态地质-巷道模型。这一模型能够实时反映掘进过程中的地质变化情况,为掘进作业提供准确的地质信息,指导掘进方向 and 支护方案的选择,提高掘进作业的精度和安全性。

(4)人员感知:利用人员定位系统和视频监控,实时监测掘进工作面的人员位置和活动状态。当发现人员进入危险区域或进行违章作业时,智能感知技术能够迅速识别并发出报警,联动停机保护,保障人员安全。

2.2 精确定位导航技术

煤矿智能化掘进中的精确定位导航技术,是实现掘进装备自主、高效、安全作业的关键。这项技术通过融合多种传感器数据和先进算法,实现了对掘进装备在复杂地下环境中的精确位置、姿态和速度的实时跟踪与导

航。(1)多传感器融合,精确定位导航技术通常结合惯性导航系统(INS)、全球导航卫星系统(GNSS,尽管在井下无法直接使用)、激光扫描、雷达、超声波、RFID标签等多种传感器。这些传感器各自具有不同的优势与局限性,通过融合处理,可以显著提高定位精度和鲁棒性。例如,INS能够提供连续的姿态和速度信息,但存在长期漂移问题;而激光扫描则能提供高精度的距离和角度信息,适用于局部环境建模。(2)算法优化,为了应对煤矿井下复杂多变的环境,如电磁干扰、多径效应、非视距传播等问题,精确定位导航技术需要采用先进的算法进行优化^[2]。这些算法包括但不限于卡尔曼滤波、粒子滤波、非线性滤波等,它们能够有效地处理噪声、误差累积等问题,提高定位精度。(3)环境自适应,煤矿井下环境复杂多变,包括巷道狭窄、弯道频繁、支护结构多样等。精确定位导航技术需要具备环境自适应能力,能够根据环境变化自动调整参数和算法,确保定位系统的稳定性和准确性。(4)实时性与可靠性,掘进作业对实时性和可靠性要求极高。精确定位导航系统需要能够在毫秒级时间内完成数据处理和决策,同时确保在恶劣环境下仍能稳定运行,避免因系统故障导致的安全事故。(5)系统集成与协同,精确定位导航技术需要与掘进装备的其他系统(如控制系统、通信系统、监测系统)紧密集成,实现数据的实时共享和协同作业。通过系统集成,可以进一步提高掘进作业的智能水平 and 整体效率。

2.3 自主截割技术

自主截割技术基于先进的感知、控制、算法和数据通信等技术,通过集成多种传感器和智能控制系统,使掘进装备能够自主识别煤层赋存情况、巷道断面形状和地质条件,并据此规划截割路径、调整截割参数,实现精确截割。(1)感知技术,利用激光雷达、摄像头、激光测距仪等传感器设备,实时监测掘进工作面的煤层赋存情况、岩层结构、巷道断面形状等信息,为自主截割提供数据支持。(2)控制技术,通过精密设计的自动化控制系统,实现对掘进装备截割机构的精确控制。控制系统能够根据感知到的信息,自动调整截割滚筒的转速、进给量、截割角度等参数,确保截割精度和效率。(3)算法技术,智能化截割算法是自主截割技术的核心。算法通过对煤层的特征进行分析和识别,自动规划截割路径和调整截割参数。同时,算法还具备学习能力,能够根据历史数据和实时反馈不断优化截割策略。(4)数据通信技术,自主截割技术需要实时获取和传输大量的数据信息,包括感知数据、控制指令、状态监测

数据等。数据通信技术为这些信息的传输提供了可靠保障,确保自主截割系统的稳定运行。

2.4 远程自主截割控制技术

煤矿智能化掘进中的远程自主截割控制技术,是煤矿开采领域实现智能化、无人化作业的重要一环。这项技术通过远程监控与控制系统,使掘进装备在地面或安全区域即可实现自主截割作业,极大地提高了掘进作业的安全性、效率和灵活性。(1)远程监控系统,建立完善的远程监控系统,通过高清摄像头、传感器等设备实时采集掘进工作面的图像、声音、数据等信息,并传输至地面控制中心。地面控制中心的工作人员通过大屏幕、计算机等设备实时查看掘进工作面的情况,进行远程监控和决策。(2)智能控制系统,集成先进的智能控制算法和控制系统,对掘进装备进行远程控制和调度。智能控制系统能够根据远程监控系统的数据,自动规划截割路径、调整截割参数,并实时发送控制指令给掘进装备,实现自主截割作业。(3)数据传输与通信,采用高带宽、低延时的数据传输技术,确保远程监控与控制系统的实时性和可靠性^[3]。通过工业以太网、光纤通信等先进通信技术,实现掘进装备与地面控制中心之间的数据快速传输和指令即时响应。(4)安全保障机制,建立完善的安全保障机制,确保远程自主截割控制技术的安全稳定运行。包括设置紧急停机按钮、视频监控与报警系统、人员定位系统等,一旦发现异常情况或危险信号,立即启动相应的安全保护措施,确保人员和设备的安全。

3 煤矿智能化掘进技术的应用

3.1 提高掘进效率和安全性

煤矿智能化掘进通过引入先进的掘进设备,如智能掘锚钻一体机、大功率掘进机等,这些设备集成了掘进、支护、钻探等多种功能于一体,大大提高了掘进作业的机械化、自动化水平。据相关数据显示,智能设备的引入可使掘进效率提升近30%,显著缩短了掘进周期。另外,远程自主截割控制技术的应用,使掘进作业能够在地面或安全区域进行远程操控,减少了人员直接暴露在危险环境中的时间,同时提高了截割的精度和效率。通过实时传输的工作面图像和数据,地面控制中心能够及时调整掘进参数,优化作业流程。智能化掘进还实现了掘进、支护、运输等环节的智能协同作业。各环节的智能化设备通过工业互联网、大数据等技术实现信息共享和协同控制,提高了整体作业效率。例如,智能掘进机与智能支护设备的配合,能够在掘进的同时进行支护作业,减少了作业等待时间。再者,智能化掘进技术的

应用大幅减少了人员在危险环境中的暴露时间，降低了因人为操作失误导致的事故风险。通过远程操控和自动化作业，人员可以在安全区域进行作业监控和决策。智能化掘进系统配备了各种传感器和监测设备，能够实时监测掘进工作面的地质条件、设备状态、环境参数等关键信息。一旦发现异常情况或潜在危险，系统会立即发出预警信号，提醒操作人员及时采取措施，防止事故发生。

3.2 降低人力成本

煤矿智能化掘进技术的应用在降低人力成本方面展现出显著优势，这一成效的达成得益于多项智能化技术的深度融合与高效应用。智能化掘进技术通过自动化、智能化设备的引入，实现了掘进作业的无人化或少人化操作，大幅减少了传统掘进过程中对人力资源的依赖。首先，智能掘进装备如智能掘锚钻一体机、大功率掘进机等，集成了掘进、支护、钻探等多种功能于一体，实现了掘进作业的高度自动化和智能化。这些设备能够自主完成截割、支护等任务，减少了传统掘进中需要的大量人力投入。另外，远程自主截割控制技术的应用，使得掘进作业可以在地面或安全区域进行远程操控，进一步降低了井下作业人员的数量。通过高清摄像头、传感器等设备实时传输的工作面图像和数据，地面控制中心能够精准掌握掘进情况，及时调整作业参数，确保掘进作业的高效进行^[4]。最后，智能化掘进系统还具备智能调度和协同作业的能力，能够根据生产需求合理调配掘进设备和其他生产资源，避免人力资源的浪费和闲置。这种智能化的生产组织方式，不仅提高了生产效率，还显著降低了人力成本。

3.3 提升生产管理水平

煤矿智能化掘进技术的应用在提升生产管理水平方面展现出了深远的意义，其深度影响体现在多个关键层面。一方面，通过引入智能掘进装备与远程监控系统，实现了掘进作业的实时数据采集与分析，为生产管理者提供了详尽、准确的生产信息。这些信息包括但不限于掘进速度、设备状态、地质条件变化等，为制定科学合

理的生产计划、优化资源配置提供了有力支撑。另一方面，智能化掘进技术促进了生产流程的标准化与规范化。智能掘进装备按照预设的程序和参数自动执行作业任务，减少了人为因素的干扰，确保了生产过程的稳定性和一致性。同时，通过大数据分析技术，可以及时发现生产过程中的潜在问题和瓶颈，为生产管理者提供预警和决策支持，促进问题的快速解决和生产效率的提升。除此之外，智能化掘进技术还推动了生产管理的信息化与智能化转型^[5]。通过工业互联网、云计算等先进技术，实现了生产数据的快速传输与共享，为生产管理者提供了更加便捷、高效的信息获取途径。同时，基于数据驱动的决策支持系统，能够帮助生产管理者更加精准地把握市场动态和生产趋势，为企业的战略决策提供有力支撑。

结束语

总之，煤矿智能化掘进技术的研究与应用，不仅显著提升了掘进效率与安全性，降低了人力成本，还促进了生产管理的现代化与智能化。未来，随着技术的不断进步与创新，煤矿智能化掘进技术将展现出更加广阔的发展前景，为煤炭行业的可持续发展注入强大动力。我们期待这一领域能够持续深耕，引领煤炭工业迈向更加高效、安全、绿色的新时代。

参考文献

- [1]张兴国.智能化技术在煤矿巷道掘进机中的应用及发展趋势[J].能源与节能,2022(04):197-199+202.
- [2]朱栋栋,李猛,张豪,王晓统.陈四楼煤矿智能化掘进工作面控制系统关键技术研究与应用[J].现代矿业,2021,37(12):72-75+88.
- [3]李哲.复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术[J].山西化工,2021,41(06):145-147.
- [4]吴前进.煤矿开采装备智能化技术的应用研究[J].机械管理开发,2021,36(11):277-279.
- [5]张飞,张豪.煤矿智能化掘进工作面装备技术研究与应用[J].煤矿机械,2021,42(11):155-158.