

5G+AI在综采工作面远程操控与智能决策中的应用

庞臣臣 郭鹏飞 郝苗进 苏欣 高健伟

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：文章聚焦5G+AI在综采工作面远程操控与智能决策的应用。阐述5G高速率、低时延、大容量连接特点及在煤矿开采中打破通信瓶颈等优势，AI模拟人类智能的原理及其在设备故障诊断、智能监测、生产决策等方面的潜力。还介绍相关技术，如5G通信技术、AI感知与决策技术、远程操控与仿真技术。分析在设备远程操控、智能监测与预警、智能决策支持等场景的应用，并提出技术优化、经济政策支持、管理与人才培养等优化策略。

关键词：5G+AI；综采工作面；智能决策；应用

1 5G与AI技术概述

1.1 5G技术的特点及其在煤矿开采中的应用优势

5G技术具备高速率、低时延、大容量连接三大显著特点。高速率下，其理论峰值传输速率可达数十Gbps，能快速传输综采工作面高清摄像头采集的4K/8K视频、传感器海量监测数据等，让地面人员及时掌握井下动态。低时延特性使端到端时延降至毫秒级，在设备协同作业中，能确保采煤机、刮板输送机、液压支架等精准联动，操作指令瞬间下达，保障生产流程紧密衔接，减少因延迟导致的设备故障与生产事故。大容量连接可支持每平方公里百万级设备接入，满足井下众多传感器、智能终端同时联网需求，构建起设备互联互通的智能网络。在煤矿开采中，5G技术打破通信瓶颈，实现设备远程操控，减少人员井下作业时间与风险。高清视频实时传输助力地面精准监控，为生产决策提供可靠依据。另外，它为煤矿智能化管理奠定基础，使设备状态实时监测、故障预警等成为可能，提前安排维修，提升设备利用率与生产效率，推动煤矿开采向安全、高效、智能方向迈进。

1.2 AI技术的基本原理及其在煤矿开采中的应用潜力

AI技术旨在模拟人类智能，其基本原理是让计算机通过算法与海量数据“学习”知识、掌握规律并实现自主决策。机器学习是核心手段，借助统计模型，从数据中归纳特征，建立输入与输出的映射关系，进而对未知情况预测分类。深度学习作为机器学习分支，构建多层神经网络，挖掘数据深层次关联，在图像、语音等复杂数据处理上表现卓越^[1]。自然语言处理赋予计算机理解、生成人类语言的能力，实现人机顺畅交互；计算机视觉则让机器“看懂”图像视频，识别物体、分析场景。在煤矿开采中，AI技术潜力无限。设备故障诊断上，它能实时分析传感器数据，提前预警故障，避免突发停机。

智能监测环节，借助计算机视觉精准识别人员违规操作、设备异常状态，保障生产安全。AI还可优化生产决策，综合地质、设备、市场等多源数据，规划最优开采路径与生产计划，提升资源回收率与经济效益。在安全管理上，它能实时分析环境数据，预判瓦斯突出、顶板冒落等灾害风险，为应急处置争取时间，全方位推动煤矿开采向智能化、安全化、高效化升级。

2 5G+AI在综采工作面远程操控与智能决策中的关键技术

2.1 5G通信技术

5G通信技术是综采工作面远程操控与智能决策的数据传输与设备控制基石，以多种先进技术契合煤矿开采需求。大规模MIMO（多输入多输出）技术是关键之一，它在基站端配置大量天线阵列，极大提升频谱效率与系统容量，拓展信号覆盖范围与传输速率。在井下复杂环境里，该技术可有效抵御多径效应与信号衰减，保障信号稳定传输，为远程操控和智能监测提供可靠通信基础。超密集组网技术也是5G网络的重要支撑。通过在有限空间内密集部署小型基站，它在综采工作面构建起大容量、低时延的网络环境。鉴于工作面设备密集、空间封闭，此技术能满足设备间及设备与控制中心间大量数据的实时交互需求，确保生产指令与监测数据快速、准确传输。毫米波通信技术赋予5G网络高速传输能力。毫米波频段频谱资源丰富，虽信号传播损耗大，但结合大规模MIMO和超密集组网技术，可在综采工作面实现高速稳定无线通信。5G网络切片技术为煤矿开采提供定制化网络服务。将物理网络划分为多个虚拟逻辑切片，每个切片可独立配置管理。这种定制化服务适配煤矿多样化业务场景，提升网络资源利用效率。

2.2 AI感知与决策技术

AI感知与决策技术是5G+AI推动综采工作面智能化的

核心驱动力。在感知层面, AI借助多种传感器与计算机视觉技术, 全面捕捉工作面的环境、设备与人员信息。传感器类型多样, 激光雷达传感器能精准测量工作面空间尺寸与设备相对位置, 为设备自动导航与协同作业提供数据支撑; 气体传感器实时监测瓦斯、一氧化碳等有害气体浓度, 及时发现安全隐患; 压力传感器监测液压支架支护压力, 确保支护系统稳定。计算机视觉技术则对高清摄像头采集的图像视频进行分析, 实现语义理解与目标识别。利用深度学习算法, 可实时监测采煤机切割状态, 判断切割深度是否达标, 有无过切或欠切; 跟踪人员与设备位置, 避免人员进入危险区域, 保障设备安全运行。在决策层面, AI基于感知数据, 运用机器学习与深度学习算法进行智能决策。以设备智能调度为例, AI系统综合设备实时状态、生产任务要求与工作面地质条件, 自动制定最优运行策略。当采煤机完成区域开采后, AI系统依据刮板输送机运输能力与液压支架支护情况, 合理安排后续开采路径, 提高生产效率。在安全决策上, AI系统综合分析安全监测数据, 快速准确判断隐患类型与严重程度, 自动生成应急处理方案, 如启动通风设备、发出撤离指令, 保障人员生命安全。

2.3 远程操控与仿真技术

远程操控技术是5G+AI在综采工作面应用的重要呈现, 让操作人员能在地面控制中心对井下设备进行实时精准操控。依托5G网络, 控制指令以极低时延传至井下设备端, 设备即刻执行相应动作。为提升远程操控的直观性与便捷性, 虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术得以应用。VR技术为操作人员构建沉浸式虚拟工作面环境, 操作人员佩戴VR设备, 可全方位、多角度观察设备运行状态与工作面实际情况, 再通过手柄等交互设备远程操控设备。AR技术将虚拟信息与现实场景融合, 在操作人员视野中叠加设备相关信息, 如运行参数、故障提示, 助力操作人员精准把握设备状态, 提高操作准确性与效率。仿真技术在5G+AI应用于综采工作面过程中同样不可或缺。通过构建工作面数字孪生模型, 对设备、地质条件、生产工艺等进行精确建模与仿真^[2]。设备投入使用前, 利用仿真技术测试和优化设备性能, 模拟不同工况下的运行情况, 提前发现并改进潜在问题。生产过程中, 仿真技术依据实时生产数据动态模拟生产过程, 预测生产趋势, 为生产决策提供参考。仿真技术还可用于人员培训, 让新员工在虚拟环境中熟悉设备与操作流程, 提升培训效果与安全性。

3 5G+AI在综采工作面远程操控与智能决策中的应用场景

3.1 设备远程操控

在综采工作面, 设备远程操控是5G+AI技术的重要应用。传统煤矿开采中, 操作人员需在井下现场操作设备, 工作环境差且安全风险高。借助5G+AI技术, 操作人员可在地面控制中心, 通过高清视频监控和远程操控系统, 对井下采煤机、刮板输送机、液压支架等设备进行远程操作。以采煤机为例, 操作人员通过5G网络实时获取其高清摄像头拍摄的工作面图像, 以及滚筒转速、牵引速度、电机温度等传感器采集的运行数据。AI技术分析处理这些数据, 为操作人员提供操作建议。操作人员据此, 通过远程操控平台向采煤机发送指令, 调整运行参数, 实现自动截割、牵引和调高。对于液压支架, AI系统依据工作面地质条件和采煤机位置, 自动计算最佳支护参数, 操作人员在地面控制中心确认和微调, 即可实现自动跟机支护, 提高支护准确性和效率, 降低人工操作误差与劳动强度。

3.2 智能监测与预警

智能监测与预警对煤矿安全生产至关重要, 5G+AI技术为其提供有力支撑。在工作面安装大量传感器和高清摄像头, 利用5G网络将采集数据实时传至地面控制中心。AI系统实时分析处理数据, 实现人员、设备和环境的全方位智能监测。人员监测上, AI计算机视觉技术可识别人员身份、位置和行为。在工作面出入口和关键区域设置摄像头, 用人脸识别技术验证人员身份, 确保授权人员进入。工作过程中, 实时监测人员行为, 如是否佩戴安全帽、是否在规定区域作业, 违规即预警提醒。设备监测方面, AI分析设备运行数据, 实时监测振动、温度、压力等参数, 用机器学习算法建立故障预警模型, 参数异常时提前预警故障类型和位置, 便于及时检修, 减少停机时间。环境监测中, 气体传感器监测有害气体浓度和环境参数, AI系统按预设阈值, 参数超标自动报警并启动通风、排水设备, 保障人员安全。

3.3 智能决策支持

在煤矿生产中, 智能决策支持能优化流程、提高效率和经济效益。5G+AI技术整合生产数据, 为智能决策提供支持。生产计划制定上, AI系统综合考虑煤层赋存情况、设备性能状态、市场需求等因素, 用优化算法制定合理计划。如依据煤层地质参数确定采煤机开采速度和顺序, 根据设备维护周期和寿命安排生产任务, 避免过度使用或闲置^[3]。资源调配方面, AI实时监测设备、人员和物资使用情况, 按生产需求动态调配。工作面任务增加时, 自动调配闲置设备或人员, 提高资源利用率。同时分析物资库存数据, 预测需求量, 及时安排采购配

送,保障生产连续性。市场分析上,AI收集分析煤炭市场价格、需求等信息,结合生产成本和产能,为企业销售策略提供依据,如价格高时增产,需求降时调整计划、降库存成本。

4 5G+AI在综采工作面应用的优化策略

4.1 技术优化与创新

为了充分发挥5G+AI在综采工作面的应用优势,需要不断进行技术优化与创新。在5G通信技术方面,持续优化网络架构和算法,提高网络的可靠性和稳定性。在AI技术方面,加强算法的研究和改进,提高AI系统的准确性和适应性。针对煤矿开采中的复杂环境和多变工况,开发更加鲁棒的机器学习和深度学习算法,使其能够更好地处理不完整、不确定的数据。推动AI技术与其他技术的融合创新,如将AI技术与物联网技术相结合,实现设备之间的智能协同和自主决策;将AI技术与区块链技术相结合,保障数据的安全性和可信度。另外,还需要加强关键技术的自主研发,突破国外技术封锁。加大对5G核心芯片、AI芯片等关键技术的研发投入,提高我国在煤矿智能化领域的技术自主可控能力。鼓励科研机构和企业开展产学研合作,共同攻克技术难题,推动5G+AI技术在煤矿开采中的创新应用。

4.2 经济与政策支持

经济与政策支持是推动5G+AI在综采工作面广泛应用的重要保障。在经济方面,政府可以出台相关的财政补贴政策,对采用5G+AI技术进行智能化改造的煤矿企业给予资金支持,降低企业的改造成本。鼓励金融机构为煤矿智能化项目提供优惠贷款和融资支持,拓宽企业的融资渠道。在政策方面,制定完善的产业政策和标准规范,引导煤矿企业积极推进智能化建设。明确煤矿智能化的发展目标和任务,制定5G+AI技术在煤矿开采中的应用标准和规范,确保技术的安全、可靠应用。加强对煤矿智能化市场的监管,规范市场秩序,防止低水平重复建设和恶性竞争。政府还可以通过税收优惠政策,鼓励企业加大对5G+AI技术的研发投入和应用推广,提高企业

的创新积极性。

4.3 管理与人才培养

管理与人才培养是保障5G+AI在综采工作面顺利应用的关键因素。在管理方面,煤矿企业需要建立适应智能化生产的管理模式和组织架构。打破传统的部门壁垒,加强生产、技术、安全等部门之间的沟通与协作,形成协同高效的工作机制。建立完善的智能化生产管理制度和流程,明确各部门和人员的职责和权限,确保5G+AI技术的应用能够有序推进^[4]。在人才培养方面,加强煤矿智能化专业人才的培养和引进。一方面,高校和职业院校应加强相关专业的建设,开设煤矿智能化、5G通信、人工智能等课程,培养既懂煤矿开采又掌握信息技术的复合型人才。另一方面,煤矿企业应加强对现有员工的培训和再教育,定期组织员工参加5G+AI技术的培训课程和研讨会,提高员工的技术水平和应用能力。同时企业还可以通过提供优厚的待遇和发展空间,吸引外部优秀的智能化人才加入,为企业的发展注入新的活力。

结束语

5G+AI技术在综采工作面远程操控与智能决策中的应用,为煤矿开采带来了革命性变革,极大提升生产安全性、效率与经济效益。尽管面临技术、经济、管理等多方面挑战,但通过持续的技术优化创新、完善经济政策支持体系以及加强管理与人才培养,5G+AI技术必将在煤矿智能化建设中发挥更大作用,推动煤矿行业向更高水平的安全、高效、智能方向迈进。

参考文献

- [1]刘怡.基于综采面液压支架安全回撤技术的研究[J].机械管理开发,2023,38(1):260-261.
- [2]杨健,陈琪琪,张凯,等.王坡煤矿3308工作面支架回撤掩护方式优化[J].江西煤炭科技,2023(3):63-65.
- [3]闫少宏,徐刚,范志忠.我国综合机械化开采50年发展历程与展望[J].煤炭科学技术,2021,49(11):1-9.
- [4]张登山,邢海龙,张泽.煤矿综采成套智能化控制系统研究[J].工矿自动化,2022,48(S1):92-94.