

煤矿巷道智能化掘进关键技术研究

胡向阳

冀中能源峰峰集团邯郸宝峰公司九龙矿 河北 邯郸 056000

摘要：随着科技技术的飞速发展，我国迎来智能化时代，而在这一过程中煤矿事业也紧跟时代步伐。因此，本文深入探讨了煤矿巷道智能化掘进的关键技术，旨在通过技术创新提升掘进效率、安全性和作业环境的智能化水平。首先概述了煤矿巷道掘进的基本概念与重要性，随后详细分析了高分辨率三维地震勘探、矿井地质透明化、改善爆破技术及智能截割等核心技术的研究进展与应用现状。最后，提出了煤矿巷道智能化掘进技术的发展策略，为煤炭行业的智能化转型提供参考。

关键词：煤矿巷道；智能化掘进；关键技术；研究

引言

随着煤炭资源的持续开采，煤矿巷道的掘进效率与安全性成为制约煤炭行业发展的重要因素。传统掘进方式存在效率低、安全隐患多、作业环境恶劣等问题。因此，推动煤矿巷道掘进技术的智能化升级，对于提高煤炭开采效率、保障生产安全、改善作业条件具有重要意义。本文将从技术层面出发，探讨煤矿巷道智能化掘进的关键技术及其发展策略。

1 煤矿巷道掘进的基本概述

煤矿巷道掘进作业，作为煤炭资源开采的基石，其重要性不言而喻。这一过程不仅是对自然资源的科学探索与合理开采，是技术实力和过程质量的结合表现。在开始掘进以前，细致的地质勘探研究工作是至关重要的，它犹如探照灯一样，直接照射地底的未知世界中，揭示了煤层的位置、地层的稳定性、地下水文环境条件等重要数据，为作业方案的制订提供了有力的信息支持。而作业方案的制订，是集体智慧和实践的必然结果，它还需要综合考虑地质环境、装备技术、人才配备、安全标准和经济性等诸多条件，力求在保障安全的前提下，实现掘进效率与成本控制的最佳平衡。掘进作业本身，则是技术与体力的双重考验，爆破作业需精确计算炸药用量与起爆顺序，既要确保岩石与煤层的有效破碎，又要避免对周围环境的过度破坏；而后续的支持作业，则是确保巷道稳定性的关键，通过合理的支持结构与材料选择，能够有效抵御地压、水害等自然因素的影响，保障作业人员的安全。值得注意的是，煤矿巷道掘进手段的多样性，为应对不同地质条件提供了可能。从传统的钻爆法到现代化的掘进机掘进，再到自动化、智能化技术的应用，每一次技术革新都极大地推动了掘进效率与安全性的提升。然而，这种灵活性也带来了装

置设备与操作要素的不确定性，要求施工人员必须具备高度的专业素养与应变能力，能够根据现场实际情况灵活调整施工方案，确保掘进作业的顺利进行^[1]。

2 煤矿巷道快速掘进施工技术研究

2.1 煤矿高分辨率三维地震勘探技术

矿井高分辨率的三维地震探测技术，是中国现代矿井地质勘探技术的一个重大突破。该方法采用了在地表及井下布置的大密度检波器阵列，利用高精度地动震源激发，完成了对地下煤层开采情况的三维图像。这一过程中，地震波在地下传输中遇到各种地质构造界面时会出现反射、折射的情况，而这种信息由检波器接受并转换为数字信息，然后再利用更复杂的信息处理和解析技术，复原了地下岩石的微观结构。煤矿高分辨率的三维地震探测技术具备了分辨率高、勘探深度大、图像清晰的特性，可以精确发现煤层厚、埋藏深度、产状以及断层、陷落柱等地质构造的空间分布特征。这对于煤矿的安全生产、资源高效开采以及地质灾害防治具有重要意义。此外，该技术还具备数据采集自动化程度高、处理解释智能化水平不断提升的特点，大大提高了勘探效率和数据解释的准确性。随着计算机技术和人工智能算法的不断发展，煤矿高分辨率三维地震勘探技术将在未来煤矿地质勘探中发挥更加重要的作用，为煤炭行业的可持续发展提供坚实的地质保障。

2.2 矿井地质透明化技术

矿井地质透明化技术是煤炭行业实现智能化、安全化开采的重要支撑。该技术融合了地质资料、钻探、物探等勘探技术手段，通过高精度探测和实时数据更新，构建出矿井三维地质模型。这一模型不仅精准地展示了地层、构造、异常体等地质信息，还实现了地质环境的可视化和透明化，为矿井生产活动创造了全面、动态的

地质环境。矿山地质透明化技术的关键，就是精准监测和动态监控。采用了地震槽波法、无线电坑透法和地震全波形反演技术的高精度地球物理探矿方法，可以完成对煤层顶底板、断层、陷落柱等地质结构的准确鉴定。同时，通过融合了虚拟现实、人工智能等新科技，使煤矿井下的工作与环境信息能够同步重现，从而构造了煤矿的“电子地图”，为采掘装备提供精准的地质导航。此外，矿井地质透明化技术还具备强大的预测预报能力。通过对地质数据的深入分析和挖掘，能够提前预警致灾因素，避免安全事故的发生，提高煤矿生产的安全性和效益^[2]。

2.3 改善爆破技术

从目前的状况分析，当前进行煤矿爆破的工艺采用的较为普遍的是浅孔爆破，这种方法存在着一定的弊端，就是工作效率不高、同样的作业，循环时间少。为了进一步提高巷道开挖的效果，在爆破工艺技术上还需要进行一定的完善，如浅孔爆破就是对这种工艺技术的缺点方面进行了完善，同时还对孔径与孔深的二面都进行了研究。中深、超深钻孔爆破技术，将成为今后发展的一种方向，由于中深钻孔爆破技术一般运用在露天矿山的开采上，所以需要针对不同的情况可采用较合理的利用方式，如正规阶梯、轻型浅孔直钻阶梯、中深孔简易台阶等。利用深孔开挖炸药破碎不仅能够将过去浅孔开挖炸药破坏所产生的问题完全化解掉，而且还能够改善矿山的工作状态，所以存在着安全防护技术高、爆破发展周期、开采生产能力大的优点。当然对于大孔凿岩设备，以及巷道周边眼的巷道结构，都是急需解决的难点，把上述问题解决了，岩巷施工质量就可以得到明显提高。

2.4 智能截割技术研究

智能截割技术是煤矿掘进装备领域的一项重大突破，它融合了机器人技术、机器视觉、先进控制算法及自动化技术等前沿科技，旨在实现掘进过程中截割作业的智能化与精准化。该技术通过高精度传感器实时监测掘进机截割头的位置、姿态及工作环境参数，结合先进的图像处理与识别技术，对工作面进行三维重建与智能分析。基于这些数据，智能截割系统能够自动规划最优截割路径，调整截割参数，实现精确到毫米级的截割控制。在控制算法方面，智能截割技术多采用自适应控制、模糊控制或预测控制等先进算法，能够有效应对掘进过程中的不确定性因素，如地质条件变化、设备磨损等，确保截割作业的连续性与稳定性。同时，系统还具备故障自诊断与自修复功能，能够在出现异常情况时迅

速响应，保障掘进作业的安全与高效。随着人工智能与大数据技术的不断发展，智能截割技术正逐步向更加智能化、自主化的方向迈进。未来，智能截割系统有望成为煤矿掘进装备的标准配置，引领煤矿开采行业向更高水平、更高效率、更低能耗的方向发展。

3 煤矿巷道智能化掘进技术的发展策略

3.1 提高掘进装备的水平，引进先进的科学技术

在制约挖掘能力的诸多因素中，挖掘装备的技术水平是其中十分关键的一项因素。煤巷和零点五煤岩巷道一般使用悬臂式掘进机进行作业，但是，这些挖掘装置的支护方法主要使用的都是气动式锚杆钻机或液压锚杆钻机，需人员同时进行多个环节，且技术上相对滞后，较低水平的掘进机使挖掘的效率得到了相当程度的影响，这样要求高产效率的作业将无法进行。在地质条件可以接受的区域内，也可以使用综合机械化水平较好的机械设备进行煤巷、半煤岩巷。目前，在施工中最常见的二种挖掘技术分别为巷道内连续性挖掘技术和悬臂内综合性挖掘技术，这两类技术的广泛使用让巷道内快速挖掘的速度都提升了不少。在开展实施以前，国家工程建设主管部门应当对外国的某些领先的先进工艺技术加以引进，吸收并取其精华，借鉴他们的实践经验，并对支护、掘进、施工管理等方面加以进行探索，并合理实施，以提升单进技术水平^[3]。

3.2 提升管理人员素质，加强施工组织管理

提升管理人员素质与加强施工组织管理是企业持续发展的关键。管理人员作为决策与执行的核心，其专业素养、管理能力和创新思维直接影响项目效率与质量。因此，必须重视管理人员的培养与发展，通过定期培训、交流研讨、案例学习等方式，不断提升其业务知识、管理技巧及领导力，使其能够适应复杂多变的市场环境，有效应对各种挑战。同时，加强施工组织管理也是提升整体效能的重要途径。这要求建立科学合理的施工计划，明确各阶段目标与任务，确保资源合理配置与高效利用。通过精细化管理，严格控制施工进度、质量与成本，实现项目目标的最大化。此外，还需强化沟通协调机制，确保各部门、各环节之间的无缝对接，形成工作合力，提升整体运作效率。提升管理人员素质与加强施工组织管理是相辅相成的两个方面，两者共同作用于企业的生产运营之中，是推动企业持续健康发展的重要保障。

3.3 多源数据传输与存储技术的应用

井下自动化挖掘工作面所要收集与传递的数据类型很多，包括开挖设备数量、围岩压力及应变数据、涌水

量和危险有害物质等数据类型。多源信息的传递和储存是通过有线或无线通讯网络,将收集到的传输至数据交换机并加以管理和保存,进行全自动的信息收集、传输与保存,以便获取重要决策数据、任务并及时传送到管理人员以及相应的装置上,对处于非正常运行状态的设备进行改造。井下部分的主要特点是利用传感器对顶板的信息进行采集,并将传送至矿用本安的信息传输端口后,再通过工业以太光纤环网,逐步的将信息传送到井上的客户端和服务器。是由服务器对顶板的信息进行处理分析后,并依据分析结论所进行的一系列指令式操作,并把数据分析结果传达给管理者。因此,在地面服务人员检测到顶板位移量过大后,便可命令掘锚机械人降低进尺并中止挖掘,以缓解顶板位移测量。

3.4 落实机电一体化管理

推进矿井巷道掘进与保护的机电一体化管理,是技术创新与产业升级的必由之路,显著提升了工作效能与管理现代化水平。该模式深度融合了工业机器人、电子工艺、计算机及自动控制技术,实现了掘进装备的智能化、自动化与一体化,重塑了煤炭开采模式。机电一体化装备内置高精度传感器与执行器,配合智能控制台,即时监测工况,集成化信息系统捕捉环境微变,预警异常,快速响应,预防事故,保障生产稳定。结合大数据、云计算,深度分析掘进数据,洞察设备性能、能耗与效率,为决策科学化提供依据,优化资源配置。远程监控与智能调度系统打破地域限制,实时掌握现场,提升管理灵活性与效率。总之,机电一体化管理不仅强化了生产安全,还促进了流程优化与智能决策,是推动矿井掘进保护领域高质量发展的重要引擎。

3.5 转变管理方式,提升管理效率

首先,确立和健全以岗位责任制为基础的管理体系,保证在矿井巷道快速掘进的这个作业过程有相应的管理体系为依据并进行管理,建立与其相应的质量管理体系目的是为了加速施工进度、降低生产成本,并保证整个工地运作的安全和效率。矿井作业的第一个要求是市郡煤矿安全,保证每个工人的生命安全。只有在确定

了安全的基础上,才可以进行后续的操作。然后,依据实际工作环境选用科学合理的开挖方式,针对巷道掘进采取一次挖掘成形或多次挖掘成形方法,做好保护管理工作。正确的施工技术对巷道挖掘的速度产生十分关键的作用。从瞬脸正前打眼放炮、打注拱部锚索等方面合理进行施工,不但可以减少施工时间,还可以达到更有效的正规循环。在进行打眼的过程中,也可以多台式钻床一起完成工作,通过这种方法可以有效提升钻眼的工作效率,从而缩短了钻眼工时,改善工作效率。在巷道的清理和通过机械的运转平行作业的过程中,由于随着巷道的不断深入,这种现象将更加突出,在通过机电设备停机的这期间,皮带机司机与水泵工对各自的位置加以清扫^[4]。最后,在管理的过程中做好了科学合理的实施安排。在实施排班过程中一定要明确了每一工序的作业时间,可采用各工位平行作业的方法,并按照实际状况选定了实施的方法和进行程序,以合理地安排好实施任务。

结束语

煤矿巷道智能化掘进技术的发展,是煤炭行业迈向智能化、高效化、安全化的重要一步。随着关键技术的不断突破与应用,我们见证了掘进效率的大幅提升、作业环境的显著改善以及安全风险的显著降低。未来,随着科技的持续进步和政策的深入引导,煤矿巷道智能化掘进技术将更加成熟与完善,为煤炭资源的绿色、可持续开采贡献更大的力量。我们期待这一领域的持续创新,共同推动煤炭行业的高质量发展。

参考文献

- [1]邵文岗.煤矿岩巷快速掘进技术的优化[J].石化技术,2019,26(8):289-290.
- [2]宋沁红.煤矿岩巷快速掘进技术的探讨[J].能源与节能,2019(8):150-151.
- [3]刘贵心.煤矿岩巷快速掘进的自动化技术研究与应用[J].电子技术与软件工程,2019(13):115.
- [4]田海波.煤矿巷道智能掘进机器人系统关键技术研究[J].西安科技大学学报,2020,40(05):751-759.