

煤矿综采面切眼大断面巷道掘进技术研究

郭 磊 王玉强

陕西延长石油巴拉素煤业有限公司 陕西 榆林 719000

摘要：本文聚焦煤矿综采面切眼大断面巷道掘进技术展开研究。阐述了该类巷道地质条件复杂、应力分布不均、工程要求高等特点；介绍掘进机、液压系统、爆破设备等掘进设备；从机械化、液压、爆破掘进技术及掘进工艺方面提出改进措施；探讨支护方式、材料、设备与工艺的优化；还分析瓦斯防治、水害治理、粉尘防控等安全保障技术，为保障巷道安全高效掘进提供参考。

关键词：煤矿综采面；大断面巷道；掘进技术

1 煤矿综采面切眼大断面巷道的特点

煤矿综采面切眼大断面巷道具备多方面显著特点。第一，从地质条件来看，煤层厚度变化大且地质构造复杂，该巷道常处于煤层较厚区域，局部可能存在煤层突然增厚或变薄情况，这给开采设备选型与工艺适配带来挑战。同时，受区域地质运动影响，断层、褶皱等构造发育，破碎带多，煤岩体完整性差，围岩自稳能力弱，巷道掘进中极易出现片帮、冒顶等地质灾害，威胁施工安全与进度。第二，从巷道受力角度，应力分布极不平衡，掘进过程中，原岩应力平衡被打破，在巷道周边形成应力集中区，大断面导致顶板及两帮承受应力更大，特别是拐角处应力集中系数更高。且随着工作面推进，采动影响加剧，顶板岩层移动变形将应力进一步传递至巷道，地质构造处的应力叠加效应更使支护难度成倍增加^[1]。第三，从工程要求方面，对断面尺寸精度与支护质量要求苛刻。切眼大断面需满足综采设备安装、运行及人员通行需求，尺寸偏差会影响设备正常作业，为保障工作面安全高效开采，巷道支护必须有效控制围岩变形，防止因支护不当引发顶板垮落、巷道失稳等事故，这对支护材料性能、支护工艺选择及施工质量管控都提出极高要求。

2 煤矿综采面切眼大断面巷道掘进设备介绍

2.1 掘进机种类与功能

煤矿综采面切眼大断面巷道掘进常用悬臂式、部分断面及全断面掘进机。悬臂式掘进机灵活性突出，能借助悬臂摆动与伸缩灵活截割巷道断面，适配不同形状与尺寸需求。其截割头可按煤岩硬度更换，以应对复杂地质条件。掘进时，它可连续完成切割、装载、转载工序，显著提升掘进效率。部分断面掘进机聚焦巷道局部快速掘进，机身小巧，便于在狭窄巷道操作。其截割机构能快速破碎煤岩，并将物料输送至运输设备，适用于

掘进速度要求高、断面形状简单的工程。全断面掘进机可一次完成巷道全断面掘进，具有掘进快、成巷质量好的优势。但它对地质条件适应性欠佳，设备体积大、造价高，在煤矿综采面切眼大断面巷道掘进中应用较少，多用于地质条件优、断面大且规则的工程。

2.2 液压系统原理与应用

掘进机液压系统是核心动力源，基于帕斯卡原理工作。液压泵将机械能转为液压能，液压缸和马达等执行元件再将液压能转为机械能，驱动掘进机各工作机构运动。在掘进机中，液压系统负责控制截割头升降、摆动，装载机构运转，行走机构驱动等。装载机构液压马达驱动装载部件运动，将煤岩输送到转载机。行走机构液压马达为掘进机提供移动动力，保障其在巷道灵活移动。液压系统性能影响掘进机效率与可靠性。需定期清洁和更换液压油，防止油液污染引发元件磨损与故障。合理调整压力和流量，确保执行元件动力合适，提升作业精度与稳定性。

2.3 爆破设备的选择与使用

煤矿综采面切眼大断面巷道掘进中，爆破设备辅助掘进机破碎硬岩或处理特殊地质构造，常用炸药、雷管和起爆器。炸药选择需综合考量煤岩硬度、湿度、瓦斯含量等因素。硬岩多选用威力大的乳化炸药，其抗水性和爆炸性能佳，能在复杂地质条件下有效破碎岩石。雷管用于引爆炸药，按起爆方式分电雷管和非电雷管。电雷管起爆方便准确，但依赖可靠电源和线路；非电雷管安全性高，适用于瓦斯和煤尘爆炸危险矿井。使用爆破设备必须严格遵守煤矿安全规程。爆破前，详细检查爆破区域，确保人员和设备撤离^[2]。装药时，严格按设计药量装填，避免过量引发事故。起爆由专业人员操作，保证顺序和时间间隔合规。爆破后，等待足够时间，待炮烟散尽再进入检查处理，防止残炮、瞎炮等事故。

3 综采面切眼大断面巷道掘进技术改进

3.1 机械化掘进技术改进

为了提高煤矿综采面切眼大断面巷道的掘进效率和质量,对机械化掘进技术进行了多方面改进。一方面,优化掘进机的截割工艺。通过研究煤岩的物理力学性质和截割头的运动规律,合理调整截割头的截割顺序和截割参数,如截割速度、截割深度等,以减少截割过程中的能量消耗和设备磨损,提高截割效率。另一方面,加强掘进机与其他设备的配套使用。实现掘进机与转载机、皮带输送机运输设备的自动化衔接,减少物料转载过程中的时间和人力成本。配备先进的监测和控制系统,实时监测掘进机的运行状态和工作参数,如截割头的受力情况、液压系统的压力和温度等,及时发现并处理设备故障,提高设备的可靠性和使用寿命,研发新型的机械化掘进设备也是技术改进的重要方向。

3.2 液压掘进技术优化

液压掘进技术在煤矿综采面切眼大断面巷道掘进中具有重要作用。通过对液压系统的优化,提高掘进机的动力性能和工作稳定性。优化液压泵的结构和性能,提高液压泵的排量和压力,为掘进机的各个执行元件提供更充足的液动力。采用先进的液压控制技术,如比例控制、伺服控制等,实现对液压缸和液压马达运动速度和位置的精确控制,提高掘进机的作业精度。在液压元件的选择上,选用高性能、高可靠性的产品。对液压系统进行合理的布局和设计,减少液压管路的长度和弯头数量,降低压力损失,提高系统的能量利用率。

3.3 爆破掘进技术革新

爆破掘进技术在处理硬岩和特殊地质构造时具有不可替代的作用。为了减少爆破对巷道围岩的破坏,提高爆破效果,对爆破掘进技术进行了革新。采用定向断裂爆破技术,通过合理设计炮孔布置和装药结构,使爆炸能量按照预定方向释放,引导岩石沿预定方向断裂,减少巷道周边围岩的破碎范围,提高巷道的成巷质量。推广使用数码电子雷管,数码电子雷管具有高精度、高可靠性和可编程的特点,能够精确控制每个炮孔的起爆时间,实现毫秒延期爆破。通过优化起爆顺序和时间间隔,使爆破能量合理分布,降低爆破振动对巷道围岩和周边设备的影响,提高爆破的安全性和效率。开展爆破参数的优化研究,根据煤岩的物理力学性质、地质条件和巷道断面尺寸等因素,通过数值模拟和现场试验相结合的方法,确定最佳的炸药单耗、炮孔间距、排距等爆破参数,实现爆破效果和经济效益的最佳平衡。

3.4 掘进工艺优化

掘进工艺的优化是提高煤矿综采面切眼大断面巷道掘进效率和质量的关键。采用平行作业工艺,将掘进、支护、运输等工序进行合理组织和安排,使各个工序在时间和空间上实现最大程度的并行。优化循环作业方式,根据巷道的地质条件和掘进设备的性能,合理确定每个循环的掘进进尺和支护方式。对于地质条件较好的区域,适当增加循环进尺,提高掘进效率;对于地质条件复杂、围岩破碎的区域,减小循环进尺,加强支护强度,确保巷道的安全稳定。引入信息化管理手段,对掘进工艺进行实时监控和调整,通过建立掘进信息管理系统,实时采集掘进过程中的各种数据,如掘进进尺、支护质量、设备运行状态等,并进行分析和处理^[3]。

4 巷道掘进中的支护技术研究

4.1 支护方式选择

在煤矿综采面切眼大断面巷道掘进中,支护方式的选择至关重要。常用的支护方式包括锚杆支护、锚索支护、U型钢支架支护和联合支护等。锚杆支护是一种主动支护方式,通过锚杆对围岩施加预紧力,将围岩由单向或双向受力状态转变为三向受力状态,提高围岩的自身承载能力。它具有施工方便、成本低、适应性强等优点,适用于围岩条件相对较好的巷道。锚索支护则是在锚杆支护的基础上发展起来的一种加强支护方式。锚索具有更长的锚固长度和更大的预紧力,能够深入到围岩的深部稳定岩层中,为巷道提供更可靠的支护。在围岩应力较大、变形较为严重的区域,锚索支护能够有效地控制巷道的变形,保证巷道的长期稳定。U型钢支架支护是一种刚性支护方式,它通过U型钢的可缩量来适应围岩的变形。U型钢支架具有较高的支护强度和较好的密封性,能够防止围岩的风化和垮落。但在高应力环境下,U型钢支架可能因承受不了过大的压力而发生变形甚至破坏,因此通常需要与其他支护方式联合使用。联合支护是将两种或两种以上的支护方式结合起来,充分发挥各种支护方式的优点,提高支护效果。

4.2 支护材料应用与改进

支护材料的质量和性能直接影响支护效果。在锚杆支护中,常用的锚杆材料有螺纹钢锚杆、玻璃钢锚杆等。螺纹钢锚杆具有较高的强度和较好的锚固性能,但重量较大,施工难度相对较高;玻璃钢锚杆则具有重量轻、耐腐蚀等优点,适用于潮湿或有腐蚀性环境的巷道支护。为了提高锚杆的锚固力,研发了各种新型的锚固剂,如树脂锚固剂、水泥锚固剂等。树脂锚固剂具有固化速度快、锚固强度高、施工方便等特点,在煤矿巷道支护中得到了广泛应用。在锚索支护中,锚索材料一般

采用高强度钢绞线，其抗拉强度高，能够承受较大的拉力。为了进一步提高锚索的支护效果，对锚索的结构进行了改进，如采用预应力锚索，通过施加预紧力，使锚索在围岩变形前就发挥作用，有效控制围岩的早期变形。对于U型钢支架支护，不断改进U型钢的材质和加工工艺，提高其强度和韧性。

4.3 支护设备与工艺优化

支护设备的性能和支护工艺的合理性对支护质量和效率有着重要影响。在锚杆支护设备方面，研发了新型的锚杆钻机，提高了钻孔的速度和质量。锚杆钻机具有功率大、转速高、扭矩大等特点，能够适应不同硬度的煤岩钻孔需求。采用自动化的锚杆安装设备，实现了锚杆的快速、准确安装，减少了人工操作的误差和劳动强度。在锚索支护设备方面，开发了专用的锚索张拉设备，能够精确控制锚索的张拉力，确保锚索的预紧力符合设计要求^[4]。还研制了锚索切割设备，方便对锚索进行切割和加工，提高了施工效率。在支护工艺优化方面，采用“先初喷、后锚网、再复喷”的工艺流程。初喷混凝土能够及时封闭围岩，防止围岩风化和掉块；锚网支护通过锚杆和金属网的联合作用，增强围岩的整体性；复喷混凝土则进一步加固支护结构，提高支护的可靠性和耐久性。加强对支护质量的检测和监控，采用无损检测技术对锚杆、锚索的锚固力进行检测，及时发现并处理支护质量问题，确保巷道的安全稳定。

5 煤矿综采面切眼大断面巷道掘进安全保障技术

5.1 瓦斯防治技术

瓦斯是煤矿开采的重大安全隐患，在煤矿综采面切眼大断面巷道掘进时，必须采取有效防治技术。首先，强化瓦斯监测监控，在巷道掘进工作面、回风流、上隅角等关键位置安装瓦斯传感器，实时监测瓦斯浓度并传输数据至地面监控中心。一旦浓度超限，立即发出警报并采取应对措施，确保能及时掌握瓦斯动态，将危险扼杀在萌芽。其次，选用合理通风方式，依据巷道掘进速度与瓦斯涌出量，挑选压入式、抽出式或混合式通风系统，保证充足风量稀释、排出瓦斯。同时优化风门、风桥、密闭等通风设施布局，减少漏风，提升通风效率，维持巷道空气清新。另外，实施瓦斯抽放措施。针对瓦斯涌出量大的巷道，采用钻孔抽放、巷道抽放等方法，

预先抽出煤层瓦斯，降低含量与压力，减少掘进时瓦斯涌出。抽放时，合理设计钻孔间距、深度、角度等参数，提高抽放效果，为巷道掘进营造安全环境。

5.2 粉尘防控技术

煤矿综采面切眼大断面巷道掘进过程中会产生大量的粉尘，不仅影响作业人员的身体健康，还可能引发粉尘爆炸事故。因此需要采取有效的粉尘防控技术。在掘进机截割、装载、转载等环节，安装喷雾降尘装置，通过高压水将粉尘湿润，使其沉降，减少粉尘的飞扬。喷雾降尘装置应合理布置，确保喷雾能够覆盖整个产尘区域^[5]。合理的通风能够稀释和排出巷道内的粉尘，降低粉尘浓度。根据巷道的产尘特点和通风要求，选择合适的风速和风量，确保通风效果。在通风系统中设置除尘器，对含尘空气进行净化处理，进一步提高除尘效率。为作业人员配备合格的个体防护用品，如防尘口罩、防尘眼镜等，减少粉尘对作业人员的危害。定期对巷道内的粉尘浓度进行检测，根据检测结果及时调整粉尘防控措施，确保作业环境的粉尘浓度符合国家卫生标准。

结束语

煤矿综采面切眼大断面巷道掘进技术涉及多方面内容，本文从巷道特点出发，系统探讨了掘进设备、掘进技术改进、支护技术及安全保障技术。这些研究成果对提升巷道掘进效率、保障施工安全意义重大。未来，随着煤炭开采向深部发展，地质条件将更复杂，需持续深入研究相关技术，不断优化掘进与支护工艺，强化安全保障，推动煤炭行业安全高效发展。

参考文献

- [1]吕鹏飞.采煤工作面大断面切眼掘进及支护技术分析[J].矿业装备,2023(10):4-6.
- [2]孟光华.采煤工作面大断面切眼掘进及支护技术研究[J].机械管理开发,2022,37(08):103-104+109.
- [3]赵瑶.软弱厚煤层大断面切眼掘进与支护技术[J].煤炭技术,2021,40(05):61-64.
- [4]胡彦斌.深部高应力区大断面切眼支护技术研究[J].山西冶金,2023,46(03):192-193.
- [5]孟光华.采煤工作面大断面切眼掘进及支护技术研究[J].机械管理开发,2022,37(08):103-104.