

## 论证与研究

## 煤矿采矿中巷道掘进和支护技术研究

李骁<sup>1</sup> 李彦杰<sup>2</sup>

1.山西襄矿晋平煤业有限公司 山西长治 046203; 2.山西襄矿集团有限公司 山西长治 046203

**【摘要】**煤矿采矿是获取煤炭资源的关键途径,而巷道掘进和支护技术则是煤矿采矿的核心环节,直接影响着煤炭开采的安全与效率。然而,在巷道掘进过程中,通常面临着断层、褶皱、岩溶等各种各样的地质条件,如果围岩稳定性较差,则将增加安全事故发生的概率,影响开采进度,增加开采成本。基于此,本文主要就煤矿采矿中巷道掘进和支护技术进行分析。

**【关键词】**煤矿采矿;巷道掘进;支护技术

Research on Tunneling and Support Technologies in Coal Mining

Li Xiao<sup>1</sup> Li Yanjie<sup>2</sup>

1. Shanxi Xiangkuang Jinping Coal Industry Co., Ltd. Changzhi City, Shanxi Province 046203;

2. Shanxi Xiangkuang Group Co., Ltd. Changzhi City, Shanxi Province 046203

**【Abstract】**Coal mining is a critical method for obtaining coal resources, with tunneling and support technologies serving as its core components that directly impact both safety and efficiency. However, tunneling operations often encounter diverse geological conditions such as faults, folds, and karst formations. Poor surrounding rock stability increases the likelihood of accidents, delays mining progress, and raises operational costs. This paper focuses on analyzing tunneling and support technologies in coal mining.

**【Key words】**coal mining; roadway excavation; support technology

## 引言

巷道掘进和支护技术是煤炭开采的基础环节,其质量、效率与安全性直接影响煤矿生产的整体进程、煤炭产量以及作业人员的生命安全。随着煤矿开采深度的不断增加,巷道掘进面临着愈发复杂的地质条件、更高的安全标准以及更紧迫的生产任务。在此背景下,深入研究煤矿采矿中巷道掘进和支护技术,对于提升煤矿生产效益、保障安全生产具有重要意义。

## 1 煤矿巷道掘进特点

## 1.1 地质条件复杂

不同煤矿的地质环境存在显著差异,巷道掘进过程中可能遭遇断层、褶皱、破碎带等多种地质构造。这些地质构造不仅会影响岩石的硬度与稳定性,还可能引发瓦斯突出、透水等事故。例如,在断层发育区域,岩体破碎易导致巷道坍塌;在高瓦斯含量区域,操作不当可能引发瓦斯爆炸,严重威胁掘进安全。此外,不同煤层的赋存条件各异,其厚度和倾角变化直接影响掘进工艺的选择与设备运行效率。具体而言,对于薄煤层,需采用专用掘进设备;大倾角煤层则对巷

道支护系统与运输设备提出更严格的技术要求。

## 1.2 作业环境恶劣

井下空间狭小,通风条件较差,易积聚瓦斯、煤尘等有害气体和粉尘。瓦斯一旦达到爆炸浓度,遇火源便会引发爆炸;煤尘不仅危害作业人员的健康,长期吸入还可能引发尘肺病,而且在特定条件下可能发生爆炸。同时,井下温度、湿度较高,设备易受腐蚀,进而缩短使用寿命,影响正常运行。此外,巷道掘进过程中会产生强烈的噪声,长期处于高噪声环境中会损害作业人员的听力。

## 1.3 安全风险高

巷道掘进作业涉及钻孔、爆破、支护等多道复杂工序,每一道工序均存在一定的安全风险。例如,在钻孔过程中,操作不当可能导致钻杆断裂伤人;爆破环节,若炸药使用不当或未严格遵守操作规程,易引发安全事故;支护工作若未及时完成或强度不足,可能导致巷道坍塌,造成作业人员被掩埋。此外,随着开采深度的增加,地压逐渐增大,对巷道支护的要求也随之提高,稍有不慎便可能引发安全事故。

## 2 采矿工程中巷道掘进技术应用分析

## 2.1 掘进技术分析

巷道掘进在采矿工程中占据极为关键的地位,是整个采矿作业得以顺利开展的重要前提。其核心目的在于开辟满足采矿需求的通道,这些通道不仅是矿产资源运输的关键路径,也是通风、排水以及人员和设备通行的必要空间。巷道掘进质量优劣、效率高低直接关乎采矿各环节,对整个采矿工程安全性、生产效率和经济效益都有影响。从安全角度看,巷道掘进过程中若出现巷道坍塌、断面尺寸不符合要求等问题,会给后续采矿作业埋下巨大安全隐患,可能导致人员伤亡和设备损坏。生产效率方面,高效的巷道掘进技术能快速完成巷道开拓,为后续采矿作业争取更多时间,提高生产效率。反之,若掘进技术落后、效率低下,会导致采矿进度缓慢,影响矿产资源及时开采和供应。

## 2.2 巷道防尘通风

巷道掘进作为煤矿开采关键环节,施工过程中会产生大量粉尘。这些粉尘不仅会在巷道内过量堆积污染空气质量,也会对呼吸系统造成不可逆损害。因此,防尘通风非常关键。通风装置安装是关键环节。目前,巷道开采面通风主要依靠机械设备和自然通风。机械设备通风具有强制性强、效果显著的特点,适用于粉尘产生量大的巷道;自然通风依靠巷道内自然风压和温差实现空气流动,适用于粉尘产生量较小或通风条件较好的巷道。除了通风装置安装,清除灰尘同样重要。可采用真空吸尘器等设备吸收灰尘实现快速、高效的除尘。同时,还需要加强对隧道温湿度的关注,因为温湿度也会影响粉尘飞扬和沉积。通过合理控制温湿度可以优化防尘效果,提高巷道掘进质量。

## 2.3 机械掘进技术

机械掘进技术主要分为综合机械化掘进、半煤半岩巷道机械掘进以及全岩巷道机械掘进,每种类型都有独特的技术特点和适用条件。综合机械化掘进技术是一种高度集成化的掘进方式,系统构成比较复杂,涵盖掘进机、运输机、通风设备、钻机以及工程电缆等多个关键部分。机械化作业减少人工直接参与岩石破碎等危险环节,降低了劳动强度,提高了施工安全性。半煤半岩巷道机械掘进技术则适用于煤层与岩层并存的巷道掘进场景,这种巷道中,岩石硬度相对较低,为机械掘进提供可行性。常用设备如连续采煤机、悬臂式掘进机等在半煤半岩巷道掘进中发挥着重要作用。连续采煤机具有高效切割能力,能将煤和岩石快速切割下来,同时具备较强适应性,能在不同煤层和岩层条件下工作。例如,盾构机在全岩巷道掘进中具有独特优势,可通过强大的刀盘和推进系统,在坚硬岩石中开辟巷道。

## 2.4 爆破掘进技术

钻爆法在采矿工程发展历程中占据重要地位。钻爆法是利用炸药爆炸时产生的巨大能量,瞬间释放出高温、高压气体,使周围岩石受到强烈冲击和破碎作用,从而在岩体中开辟巷道。钻爆法首先需要精确钻孔,根据巷道设计要求和岩石特性确定炮孔位置、深度、角度和间距。然后使用专业的

凿岩设备,如凿岩台车或多臂钻车,在岩石上钻出符合要求的炮孔。钻孔完成后,根据炮孔深度和岩石硬度合理选择炸药类型和装药量,将炸药按照一定顺序和方式装入炮孔,并安装起爆装置。在不同地质条件下,钻爆法应用情况有所不同。岩石硬度较高、整体性较好地层中,钻爆法能充分发挥破岩能力强的优势,通过合理设计爆破参数可以高效完成巷道掘进任务。在一些花岗岩、石英岩等坚硬岩石矿区,钻爆法能快速破碎岩石,掘进速度相对较快。但是在岩石破碎、节理裂隙发育或存在软弱夹层地层中,由于岩石完整性较差,爆破时容易出现岩石过度破碎、塌孔等问题,增加施工难度和安全风险。这种情况下,需要优化爆破参数,如减少装药量、增加炮孔数量,同时加强支护措施,确保巷道稳定。爆破完成后,必须严格执行安全检查流程。首先,通过通风设备强制通风30min以上,待巷道炮烟浓度降至安全标准,由专业人员携带气体检测仪进入现场,检测瓦斯、一氧化碳浓度,确认无安全隐患再开展危石清理。对于破碎岩层中的爆破作业,还可采用预裂爆破技术,在巷道轮廓线处提前钻孔装药爆破,形成预裂缝,减少主爆破对围岩的扰动,降低坍塌风险。同时,爆破参数的动态调整需依托实时地质监测数据,通过安装岩层位移传感器和应力监测设备,精准掌握爆破后围岩的稳定性变化,为后续支护方案优化提供数据支撑。

## 3 巷道支护技术

### 3.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术是将锚杆锚固在围岩内部,使围岩与锚杆形成一个共同承载的系统,以此达到提高围岩稳定性的目标。在支护过程中,把软弱的直接顶或因巷道开挖而松动的岩块吊挂在坚固的老顶或稳定岩层上,避免其冒落;发挥锚杆的拉力作用把层状岩层组合在一起,构成同组合梁相似的结构,以此增大岩层摩擦力,避免层间错动,也能进一步提高顶板岩层的抗弯刚度。常见的锚杆类型有树脂锚杆、水泥锚杆、管缝式锚杆等,具有不同的适用性。树脂锚杆锚固力强、固化速度快,适用于围岩稳定性较差的巷道,在使用过程中,需按设计要求钻出合适直径和深度的钻孔,放入树脂锚固剂并插入锚杆,通过搅拌充分混合树脂锚固剂与锚杆,待5~10min后树脂锚固剂固化,将有效发挥控制围岩变形的作用;水泥锚杆成本较低、耐久性好,适用于一些对锚固力要求相对较低的巷道,相关人员应先在巷道关键位置完成钻孔操作,再把水泥制成的胶结材料注入孔内,同锚杆固定在一起,以此发挥支护作用;管缝式锚杆安装较为简便,将锚杆强行打入钻孔,使锚杆同钻孔壁紧密接触,主要依靠摩擦力提供锚固力,适用于一些地质条件更为复杂且钻孔难度较大的煤矿巷道。

### 3.2 锚索支护技术

锚索支护技术是采矿工程巷道支护中的重要手段,原理是基于对深部稳定岩体利用和对围岩变形有效控制。锚索通常由高强度钢绞线、锚具、托盘等组成。锚索支护核心原理在于通过对锚索施加预应力将深部稳定岩体与浅部围岩连接起来,形成共同承载结构。巷道围岩受到地应力等因素作用产生变形时,锚索能发挥抗拉强度高的优势,对围岩施加反向拉力,限制围岩变形和位移,保持巷道稳定。顶板上打注锚索后,由于锚索锚固点在深部稳定岩层中,根据悬吊理论,下部不稳定岩层通过锚索悬吊在上部稳定岩层中,起到悬吊顶板的作用。同时,锚索预应力作用能对已有锚杆支护的下部岩层组合、加固,使群体支护达到效果。锚索支护施工前,需详细勘察巷道地质条件,包括岩石硬度、结构、节理裂隙发育程度、地应力大小和方向,以便合理确定锚索参数。钻孔过程中,要确保钻孔垂直度和深度符合设计要求,避免出现钻孔偏斜或深度不足情况[3]。钻孔偏斜会导致锚索锚固效果下降,深度不足则无法将锚索锚固在深部稳定岩层中。安装锚索时,要保证钢绞线顺直,避免出现扭曲、打结等现象,同时要确保锚具和托盘安装牢固,要与围岩贴合在一起。施加预应力时,要严格按照设计要求操作,确保预应力达到设计值,并实时监测预应力防止出现预应力损失。

### 3.3 棚式支护技术

棚式支护主要类型有木棚支护和钢棚支护。其中,木棚支护结构简单,适用于小型煤矿或地质条件相对稳定、巷道服务年限较短的煤矿巷道。相关人员应根据巷道设计要求,选用合适尺寸和材质的木材,于巷道内精准测量和标记木棚的安装位置和间距。地质条件稳定的情况下,木棚间距一般设置为1.0~1.5(m)。在安装木棚时,遵循“先安装棚腿、再安装顶梁”的顺序,即将棚腿垂直插入巷道两帮预先挖好的柱窝中,再把顶梁架设在棚腿上,使用钉子或其他连接件进行固定处理,以此形成基本的棚架结构,最后在棚架与巷道围岩之间铺设背板等材料,提高木棚与围岩的紧密连接度,避免碎矸石掉落。相关人员应先加工支护所需的工字钢、U型钢等钢材,辅以起重机等设备将棚腿吊起垂直放入巷道两帮预先打好的锚杆或锚索固定的位置,吊起顶梁与棚腿连接,再采用高强度连接螺栓紧固处理,以此形成钢棚框架。

### 参考文献

- [1]王冬冬,陶彦名,李刚,等. 煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术应用研究[J].内蒙古煤炭经济, 2024, (23): 67-69.
- [2]林涛,李长河,裴东伦. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济, 2024, (20): 175-177.
- [3]李旭,郭猛. 煤矿采矿工程中巷道掘进支护技术的应用研究[J].内蒙古煤炭经济, 2024, (19): 127-129.
- [4]张大宁,李传国. 煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术应用研究[J].内蒙古煤炭经济, 2024, (12): 157-159.
- [5]曹晓明. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].当代化工研究, 2024, (09): 103-105.
- [6]钱永寿. 浅析煤矿采矿工程中巷道掘进支护技术的应用[J].产品可靠性报告, 2024, (01): 101-102.

对于钢棚与围岩间隙,一般采用喷射混凝土等方式增强其紧密性。

## 4 巷道掘进和支护技术应用对策

现代化信息技术的不断发展促进了巷道掘进和支护作业向更加智能化和自动化层面迈进。相关企业应提高引用大数据、人工智能等前沿技术开展工作的意识,搭建完善且高效运行的智能化掘进支护控制系统,采用更加先进的自动化施工设备。与此同时,煤矿开采环境日益复杂化,为提高巷道掘进支护质量,相关企业应提高新材料研发的重视程度,更好地满足深部开采支护需求。当前,纳米材料在煤矿巷道支护中展现出了独特的性能优势,其晶粒尺寸处于纳米量级,比表面积大,表面原子比例高,在同基体材料结合时,可进一步增强材料的界面结合力。常见的新型复合材料有碳纤维增强复合材料、玻璃纤维增强复合材料等,具有轻质、高强应用特点,可提高支护强度,降低运输和安装成本。此外,对于煤矿巷道而言,不同的地质条件对支护结构的要求具有极大的差异性,联合支护是未来发展的一个重要方向。以某煤矿开采项目为例,相关人员针对软岩巷道,制定了“锚杆+锚索+喷射混凝土+U型钢支架”支护方案。采用锚杆对围岩进行初步锚固处理,用锚索抵抗变形,再使用喷射混凝土及时封闭巷道表面,防止围岩风化、潮解,发挥U型钢支架良好的承载能力和可缩性,达到加强支护效果的目的。

## 结束语

煤矿采矿中,巷道掘进和支护技术是确保矿井安全生产、提高开采效率的关键。具体实践过程中,相关企业应基于开采情况,合理选用巷道掘进技术和支护技术,精准把握要点,以提高煤矿开采的安全性。未来,在科技不断进步和煤矿开采深度不断增加的背景下,相关企业应加强技术融合与新材料研发,为煤矿采矿工程安全、高效、可持续发展提供有力保障。