

# 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术优化措施研究

罗建发

陕西彬长胡家河煤矿, 陕西 咸阳 713600

**摘要：** 巷道掘进与支护技术已成为目前各大煤矿采矿工程广泛应用的关键技术, 本文结合煤矿采矿工程实例, 围绕工程中巷道掘进与支护技术的应用情况展开探讨。分析了巷道掘进与支护作业的主要影响因素, 包括地质条件、设备性能、围岩性质, 基于目前常用的巷道掘进及支护技术方法, 提出相应的优化措施, 旨在提高巷道掘进效率、保障支护质量, 促进煤矿安全生产与高效开采。

**关键词：** 采矿工程; 巷道掘进; 支护; 优化; 通风降尘

## Research on Optimization Measures for Tunnel Excavation and Support Technology in Coal Mining Engineering

Luo Jianfa

Shaanxi Hujiahe Coal Mine in Binchang, Xianyang, Shaanxi 713600

**Abstract:** Tunnel excavation and support technology has become a key technology widely used in major coal mining projects. This article discusses the application of tunnel excavation and support technology in coal mining engineering based on examples. The main influencing factors of tunnel excavation and support operations were analyzed, including geological conditions, equipment performance, and surrounding rock properties. Based on commonly used tunnel excavation and support technology methods, corresponding optimization measures were proposed to improve tunnel excavation efficiency, ensure support quality, and promote coal mine safety production and efficient mining.

**Keywords:** mining engineering; tunnel excavation; support; optimization; ventilation and dust reduction

在当今能源领域, 煤矿资源依旧占据着举足轻重的地位, 是推动工业发展、保障社会能源供应的关键要素之一, 而煤矿开采过程中的巷道掘进与支护工作至关重要。巷道是井下开采的通道, 关乎着人员通行、通风、运输以及煤炭的顺利采出等多个环节<sup>[1]</sup>。高效且安全的巷道掘进技术能够提升煤炭开采的整体进度, 而可靠的支护技术则是确保巷道稳定、预防顶板冒落等事故的关键所在。随着煤矿开采深度的增加、地质条件的日益复杂以及对生产效率和安全性要求的不断提高, 传统的巷道掘进和支护技术逐渐暴露出诸多局限性, 例如掘进速度难以满足生产需求、支护效果在复杂环境下大打折扣等问题, 对巷道掘进和支护技术进行优化显得尤为迫切<sup>[2]</sup>。在此背景下, 深入探究煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的优化措施, 这不仅关乎煤矿企业的经济效益与生产效率提升, 更是保障井下作业人员生命安全、推动煤炭行业可持续发展的必然要求, 为煤矿企业的巷道施工提供参考依据。

### 一、项目背景

某煤矿采矿工程地处山西, 是一座具有一定规模的煤矿生产企业, 其井田范围涵盖了 25.0km<sup>2</sup>, 煤炭储量丰富, 煤质优良, 在当地能源供应中占据着重要地位。该煤矿采用长壁式开采方法, 井下巷道网络错综复杂, 主要包括开拓巷道、准备巷道以及回采巷道等不同类型, 以满足通风、运输、行人以及煤炭开采的多方面需求。开拓巷道负责将矿井与地面连通, 为后续的开采活动构建基础通道; 准备巷道服务于各个采区, 对煤层进行合理划分与准备; 回采巷道则直接与采煤工作面相连, 保障煤炭能够顺

作者简介: 罗建发 (1986.05-), 男, 汉族, 甘肃省庆阳市人, 本科, 研究方向: 煤矿方面。

利采出并运出工作面。随着开采深度的逐渐增加以及周边地质条件的复杂性逐渐凸显, 在巷道掘进和支护工作中面临着诸多挑战, 亟待通过优化技术措施来提升整体效率与安全性。

### 二、巷道掘进和支护主要影响因素

#### (一) 地质条件

在该煤矿采矿工程的巷道掘进过程中, 遇到了不同硬度的岩石层。部分开拓巷道施工时, 穿越了硬度较高的砂岩区域, 这使得传统的掘进机切割效率明显下降, 截齿磨损严重, 频繁更换截

齿导致掘进工作频繁中断,严重影响了掘进速度。而在一些煤巷掘进中,虽然煤层相对较软,但偶尔夹杂的硬岩夹层也给连续掘进带来了阻碍<sup>[3]</sup>。断层、褶曲等地质构造在该煤矿井下较为常见,当巷道遇到断层时,岩层的完整性被破坏,岩石破碎且应力分布复杂,容易出现冒顶、片帮等安全隐患,同时也使得掘进施工难以按照预定的方向和坡度进行,需要花费大量时间进行处理和调整施工方案,增加了掘进的难度和成本。

### (二) 设备性能

目前煤矿所采用的综合机械化掘进机在面对复杂地质条件时,其适用性存在一定局限。对于一些大断面巷道掘进,现有掘进机的功率和截割范围可能无法满足高效施工的要求,导致单次截割量不足,循环作业时间延长,影响了整体的掘进效率<sup>[4]</sup>。再加上井下作业环境恶劣,掘进设备容易出现各类故障。如果设备维护不及时,例如液压系统故障、电气线路老化等问题得不到快速解决,就会造成设备长时间停机,进而使得掘进工作停滞,无法保证连续稳定的掘进进度。

### (三) 围岩性质

该工程不同区域的巷道围岩强度差异较大。在围岩强度较高的地段,支护相对容易,支护结构承受的变形压力较小。但在一些围岩较为破碎、强度低的区域,如靠近断层破碎带的巷道,围岩自身承载能力差,容易发生较大变形,对支护结构的强度和稳定性要求极高,常规的支护方式往往难以满足需求<sup>[5]</sup>。随着开采深度的增加,围岩所受的原岩应力不断增大,尤其是在回采巷道周边,由于受到采动影响,应力重新分布,出现应力集中现象,容易导致巷道顶板下沉、两帮收敛变形加剧,这就需要支护结构能够具备足够的承载能力来抵抗这种高应力带来的破坏作用。

## 三、煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术的应用

### (一) 巷道掘进技术应用

#### 1. 光面爆破技术

通过在岩石上钻孔,装填炸药进行爆破,破碎岩石后再利用装岩设备将破碎的岩石运出,接着进行支护等后续工序。对于一些硬度较高、节理裂隙不太发育的岩层中,通过合理设计炮眼布置、装药量等参数,能够有效地实现岩石的破碎。它具有灵活性强、对不同地质条件适应性相对较强的特点,适用于各类断面形状和尺寸的巷道掘进,但爆破过程会产生一定的烟尘、震动等,对施工环境和周边岩体稳定性有一定影响。

#### 2. 综合机械化掘进技术

在该煤矿采矿工程的巷道掘进作业中,采用了EBZ系列的悬臂式掘进机<sup>[6]</sup>。该掘进机功率适配于该区域煤层及夹矸的硬度情况,操作人员通过操作控制台,控制掘进机的行走、截割臂的升降与摆动,实现对巷道断面的精确切割。同时,为配合掘进机作业,煤矿还配备了完善的后续运输系统,包括与掘进机相匹配的转载机以及足够长度和输送能力的皮带输送机,保障了截割下来的煤炭能够不间断地被运出,维持了连续掘进作业。在通风方面,采用了局部通风机进行压入式通风,为掘进工作面提供了良

好的通风条件,排出了掘进过程中产生的瓦斯等有害气体以及粉尘,营造了相对安全的施工环境。

### (二) 巷道支护技术应用

#### 1. 锚杆支护

大部分煤巷以及部分围岩相对稳定的岩巷中,锚杆支护是主要的支护方式。施工时,先使用锚杆钻机按照设计的间距和排距在巷道围岩上钻孔,钻孔深度、角度都严格遵循设计要求。比如,在此工程巷道支护中,采用的是树脂锚杆,其杆体材质具有良好的强度和抗腐蚀性。在钻孔完成后,将树脂锚固剂插入孔底,然后将锚杆插入孔中,通过锚杆钻机的搅拌功能使锚固剂充分搅拌均匀,实现锚杆与围岩的有效粘结,待锚固剂凝固后,再使用力矩扳手对锚杆施加预紧力,使锚杆能够主动地对围岩施加支护力,抑制围岩的变形和裂隙扩展,增强围岩的整体性和承载能力<sup>[7]</sup>。

#### 2. 锚索支护

对于深部巷道、大断面巷道以及围岩破碎区域,该工程采用了锚索支护与锚杆支护相结合的方式。锚索一般由高强度的钢绞线制成,在施工时,利用锚索钻机钻出较深的钻孔,钻孔深度可达数米甚至十几米,一端将锚索锚固在深部稳定岩层,另一端通过专用的张拉设备施加预应力<sup>[8]</sup>。在该煤矿的深部开拓巷道支护中,锚索的预应力施加达到了设计规定的数值,使其能够对巷道围岩提供较大的支护力,有效控制了顶板的下沉和两帮的移近量,特别是在承受采动影响和高地应力作用时,锚索与锚杆协同作用,显著提高了巷道的稳定性,防止了顶板垮落等重大安全事故的发生。

#### 3. 棚式支护

在一些临时支护以及受动压影响较大、围岩较软的巷道中,应用棚式支护。常见的有U型钢棚支护,施工人员先按照设计要求将棚腿扎入巷道底板一定深度,然后架设棚梁,使用拉杆、卡缆等连接件将棚梁与棚腿紧密连接在一起,形成稳固的支护结构。在遇到顶板压力较大或有侧压时,U型钢棚的可缩性能够发挥作用,通过自身的结构变形来适应围岩的变形,释放部分围岩压力,避免支护结构因刚性过大而被压坏,保障了巷道在复杂受力条件下的正常使用<sup>[9]</sup>。

## 四、巷道掘进与支护技术的优化措施

### (一) 优化掘进施工组织

对于钻锚法,要精确计算钻孔、装药、爆破、通风排烟、装岩等各工序的时间,采用平行作业、交叉作业等方式优化工序衔接。例如在钻孔的同时,可以安排人员准备爆破器材,爆破后通风排烟时,可同步对装岩设备进行检查维护,以缩短循环作业时间,提高掘进效率。根据巷道掘进的规模和进度要求,合理配备各工种的施工人员数量,确保每个岗位都有足够的人手且分工明确<sup>[10]</sup>。同时,按照巷道地质条件和掘进方法选择合适的设备型号,并保证设备的完好率,配备充足的易损件,以便及时维修更换,减少因设备故障导致的停工时间。比如在综合机械化掘进

中,要根据巷道断面大小选择合适功率的掘进机,并安排专业的设备维护人员进行定期保养和故障抢修。确保合理安排掘进工序,采用平行作业、交叉作业等方式优化工序衔接。根据巷道掘进的进度和产量需求,选用更大输送能力的皮带输送机,并合理设置转载点,减少煤炭转运过程中的洒漏和堵塞现象,提高运输效率。同时,加强通风设备的选型,选用大风量、低噪音且具备智能调控功能的局部通风机,能够根据巷道内瓦斯浓度、粉尘含量等情况自动调节通风量,为掘进工作面提供更优质的通风环境,保障施工安全和人员健康。

### (二) 地质超前精准探测

运用多种地质超前探测技术,如将地质雷达、超前钻孔、瞬变电磁法等相结合,对巷道前方的地质构造、岩石性质、水文情况进行全面细致的探测。例如,在掘进工作面前方一定距离开始进行地质雷达扫描,初步判断是否存在断层、溶洞、富水区等不良地质体,然后通过超前钻孔进一步验证并获取准确的岩性参数和含水量等信息<sup>[11]</sup>。根据探测结果,绘制详细的地质预报图,为施工队伍提供直观的地质情况参考,提前制定应对措施,避免因地质突变而导致掘进停滞或出现安全事故。

### (三) 引进先进设备工艺

针对硬岩巷道掘进,可引进全断面硬岩掘进机或悬臂式硬岩掘进机,这类掘进机配备了更强大的破岩刀具和驱动系统,能够有效应对高硬度岩石,提高掘进速度和成型质量。同时,其自动化程度较高,具备智能截割、故障诊断等功能,可减少人为操作误差,提升掘进效率。利用安装在掘进机上的各类传感器,实时监测截割头的受力情况、截割电机的电流和温度等参数,利用智能控制系统根据这些反馈信息自动调整截割速度、截割深度等,实现自适应截割。这样可以避免截齿的过度磨损,提高截割效率,同时保证巷道断面尺寸的精度,减少人工干预导致的误差,提升掘进质量。还需引入先进的支护技术,如锚注支护技术和预应力桁架支护技术等。锚注支护技术可以填充裂隙,提高围岩的强度和整体性,增强锚杆的锚固效果,有效控制围岩的变形。预应力桁架支护技术则利用高强度的钢桁架,对巷道顶板进行主动支护,能够更均匀地分担顶板压力,显著提高巷道的稳定性,降低支护成本,提升支护效果。

### (四) 地质评估精准支护

在进行巷道支护设计前,开展更为深入全面的地质力学评估

工作。运用多种地质超前探测技术,如将地质雷达、超前钻孔、瞬变电磁法等相结合,对巷道前方的地质构造、岩石性质、水文情况进行全面细致的探测。除了常规的现场勘查获取岩层岩性、厚度等信息外,运用原位应力测试技术准确测量巷道围岩的初始应力状态,通过实验室岩石力学试验测定岩石的强度、弹性模量、泊松比等参数。结合 FLAC3D、UDEC 等数值模拟软件,建立精细化的地质力学模型,模拟不同支护方案下巷道围岩的应力应变变化过程,对比分析各方案的优劣,从而为支护设计提供科学准确的依据,确保支护参数能够与实际地质条件高度匹配。并建立支护设计动态调整机制,根据巷道掘进过程中的实际地质变化情况及时修改支护方案。在巷道每推进一定距离后,安排专人对围岩的变形情况进行监测,通过安装在巷道内的多点位移计、锚杆测力计等监测仪器获取围岩位移、锚杆受力等数据。

### (五) 加强工程质量管理

加强对支护施工人员的专业技能培训,制定详细的培训计划,涵盖锚杆、锚索、棚式支护、砌碛支护等各种支护方式的施工工艺、操作规范、质量标准等内容。建立健全支护施工质量管理体系,从材料进场检验、施工过程监督到成品质量验收等环节进行全过程严格把控。在材料进场时,对锚杆、锚索、锚固剂、钢材等支护材料进行严格的质量检验,核对产品合格证、检验报告等资料,对不符合质量要求的材料坚决予以退回。在施工过程中,安排专人进行跟班监督,对钻孔、锚固剂安装、预应力施加等关键施工工序进行逐一检查,发现问题及时督促整改。在支护施工完成后,按照相关标准和设计要求进行成品质量验收,对支护结构的强度、稳定性等进行检测评估,只有验收合格的支护工程方可进入下一阶段施工,通过严格的质量监管确保支护施工质量达到预期标准。

## 五、结语

综上所述,在煤矿采矿工程中,巷道掘进与支护技术的合理应用及持续优化对于煤矿的安全生产和高效开采起着至关重要的作用。通过结合工程实例,对现有掘进技术如综合机械化掘进、钻爆法掘进,以及支护技术像锚杆支护、锚索支护、棚式支护等应用情况的剖析,从施工组织、设备工艺、精准支护多方面提出优化措施,真正提升煤矿采矿工程的施工质量与安全性。

## 参考文献

- [1] 李德均,董岩,孙计云,等. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 矿业装备, 2022(5):57-59.
- [2] 崔啸. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(24):37-39.
- [3] 张峰. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(21):6-8.
- [4] 杨东旭. 采矿工程巷道掘进和支护要点[J]. 数码-移动生活, 2023(12):403-405.
- [5] 吴玉杰. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 户外装备, 2023(11):109-111.
- [6] 林旭. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊), 2020(5):925-926.
- [7] 郝卓琦. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护应用研究[J]. 当代化工研究, 2022(1):78-80.
- [8] 田斌. 采矿工程巷道掘进和支护技术[J]. 当代化工研究, 2021(12):72-73.
- [9] 刘超. 煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术措施探析[J]. 数码-移动生活, 2020(7):182.
- [10] 王忠华. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 世界家苑, 2022(24):189-191.
- [11] 张二宾. 采矿工程中巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 电脑校园, 2020(11):6115-6116.