

Application of Tunneling and Support Technology in Coal Mining Engineering

Bing Zhao

Shanxi Xinzhou Shenda Taiji Madigou Coal Industry Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 036700, China

Abstract

Based on practical experiences in coal mining engineering, this paper provides an overview of roadway excavation and support technologies along with their core principles. It analyzes key operational aspects including geological surveys, gas emission control, and dust prevention ventilation during implementation. The study specifically examines application strategies for mainstream technologies such as roadheader systems, drilling and blasting methods, anchor bolts, and U-shaped steel structures, while summarizing technical implementation experiences. These findings aim to establish theoretical foundations and practical references for optimizing roadway excavation and support technologies in coal mining projects, thereby promoting safe and efficient development within the coal industry.

Keywords

coal mining; roadway excavation; support technology; gas emission

煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的应用

赵兵

山西忻州神达台基麻地沟煤业有限公司, 中国 · 山西 忻州 036700

摘 要

本文以煤矿采矿工程实际为基础, 对巷道掘进和支护技术进行概述以及核心内涵的阐述, 分析技术实施过程中地质勘察、瓦斯排放、防尘通风等主要环节, 具体分析掘进机、钻爆法、锚杆、U型钢等主流技术的应用要点, 总结技术应用经验, 为煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的优化应用提供理论依据和实践参考, 促进煤矿行业安全高效发展。

关键词

煤矿采矿; 巷道掘进; 支护技术; 瓦斯排放

1 引言

随着我国煤炭资源需求的不断增加, 煤矿采矿工程也向着深部化、规模化方向发展, 巷道作为采矿作业的主要通道, 施工质量及安全稳定性也面临着更高的要求。巷道掘进是煤矿开采的开始, 支护技术是防止巷道坍塌、保证作业安全的手段, 二者共同起着决定性的作用。目前部分煤矿在巷道施工过程中还存在着地质勘察不足、支护方案不合理、安全控制不到位等现象, 造成安全事故多发、开采效率低。因此, 对巷道掘进与支护技术实施的重点进行研究, 并且对其在实际工作中的应用展开分析, 从而改进技术方案, 对促进煤矿采矿工程的安全、高效、绿色发展有着十分重要的现实意义和应用价值。

2 概述

煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术, 是采矿全过程的关键技术体系, 两者互相联系, 不可分割。巷道掘进是利用各种技术手段, 在地下煤层或者岩层中开凿出满足采矿要求的通道, 核心是在保证安全的基础上, 高效准确地开挖, 为后续的采矿、运输、通风等作业提供基础; 巷道支护就是掘进结束后, 安装支护结构、加固围岩应力, 平衡围岩应力, 防止围岩变形坍塌, 保证巷道长期稳定和作业安全。随着煤矿开采向深部发展, 地下地质条件越来越复杂, 高应力、瓦斯突出、围岩破碎等现象越来越突出, 掘进和支护技术的要求也越来越高。现代相关技术已经由原来的传统的手工操作转变为机械化、智能化、精细化的模式, 形成了地质勘察、掘进施工、支护加固、安全管控等完整的体系。其应用要遵循“因地制宜、安全第一、效率第二”的原则, 根据煤矿地质、开采规模、煤层赋存等实际情况来制定科学的施工方案, 并加强施工质量控制和安全监测, 及时解决问题, 保证技术应用高效、安全, 促进煤矿采矿工程的可持续发展^[1]。

【作者简介】赵兵(1990-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 工程师, 从事采矿工程研究。

3 巷道掘进和支护技术实施重点

3.1 巷道施工前的地质勘察

巷道施工前的地质勘察是巷道掘进和支护技术实施的前提,地质勘察质量的好坏会直接影响到后续施工方案的制定和实施效果。煤矿要加强对地质预测预报工作的管理,在掘进工作面开掘前,必须查明掘进巷道及周边地质构造、岩浆岩体、陷落柱、煤层及其顶底板岩性、煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出危险区、受水威胁区、技术边界、采空区、地质钻孔等基本情况,编制掘进地质说明书,并经煤矿总工程师审核批准。勘察要采用钻探、物探、地质测绘等多种技术手段相结合的方式,全面掌握施工区域的地质条件,重点勘察围岩岩性、强度、完整性,煤层厚度、倾角、赋存状态,地下水、瓦斯等有害气体分布情况,排查地质灾害隐患,明确断层、破碎带等不良地质体的位置、规模和影响范围,为巷道掘进方向确定和支护方案设计提供准确的数据支持。勘察结束后要对勘察数据进行系统的分析,结合采矿工程的实际需要编制详细的勘察报告,明确施工中可能会遇到的地质问题及相应的解决措施,如果发现有瓦斯突出、地下水丰富的重大安全隐患,应立即制定专项处理方案^[2]。

3.2 巷道掘进中的瓦斯排放

巷道掘进时的瓦斯排放是保证施工安全的关键部分,瓦斯属于煤矿采矿工程的主要安全隐患,会随着岩体开挖而释放,若排放不及时容易造成积聚,引发爆炸、中毒等事故,所以必须严格按照安全规程,采取科学有效的措施。按照煤矿安全规程的规定,局部通风机停止运行后恢复通风前要先检测瓦斯,不同浓度的瓦斯需要采取不同的处理措施,具体要求如下表所示;同时巷道掘进时应合理布置通风设备,保证通风系统稳定,利用机械通风及时排除瓦斯,加强瓦斯监测,有人作业的采掘工作面按矿井类型和工作面危险等级定期人工检查甲烷和二氧化碳,配合监测仪器实时监测,瓦斯浓度达到预警值时立即停工撤人、排放瓦斯,待浓度降至安全范围内再恢复施工,排放时严禁“一风吹”,保证排出的瓦斯与全风压风流混合处的甲烷和二氧化碳浓度不超过1.5%,混合风流经过的巷道必须停电撤人。

3.3 防尘系统与通风管理

防尘系统和通风管理是巷道掘进、支护技术实施的保证,要同步推进、落实到位。巷道掘进时岩体破碎、爆破作业会产生大量粉尘,不仅危害作业人员健康,还会造成粉尘爆炸,影响通风效果、加大瓦斯积聚等安全隐患,因此防尘系统建设要结合巷道掘进工艺,采用综合防尘措施,在掘进工作面安装喷雾降尘设备,爆破后立即开启降低粉尘浓度,在巷道内设置洒水装置定时洒水防止粉尘飞扬,作业人员佩戴防尘口罩做好个人防护,同时优化掘进工艺,采用光面爆破等技术控制爆破力度、减少岩体破碎程度,从源头上降低粉尘产生量;通风管理要建立完善的通风系统,根据巷道长度、掘进速度、瓦斯涌出量等因素合理确定通风方式和

设备参数,保证风流稳定、风量充足,定期检修维护通风设备、清理管道杂物防止通风不畅,加强通风系统监测,实时掌握风速、风量、瓦斯浓度等参数并及时调整,严格执行通风管理制度,严禁擅自停止通风设备运行,保证通风系统持续稳定发挥作用,为巷道掘进和支护作业提供安全环境。

4 巷道掘进和支护技术实际应用

4.1 掘进机技术的应用

掘进机技术属于现代煤矿巷道掘进的主要技术之一,具有掘进效率高、施工质量好、安全系数高、劳动强度低等优点,被广泛应用于中厚煤层、厚煤层以及岩层巷道的掘进作业中,并且随着智能采矿技术的发展,掘进机也逐渐向智能化方向发展,通过数字孪生、智能感知等技术实现了掘、支过程的自适应控制,掘进效率和安全性得到了显著提升,在实际应用中,需要根据巷道的断面尺寸、地质条件、煤层赋存情况等因素来选择合适的掘进机型号,对于断面较大的巷道可以选用具备掘进、装煤、运煤一体化功能的大型综合掘进机来减少工序衔接时间、提高效率,地质条件复杂、围岩破碎的巷道可以选用小型掘进机,灵活调整掘进速度和力度以避免对围岩造成过大扰动;掘进机作业前要对设备进行全面检查,保证各部件正常运转,结合地质勘察数据调整掘进速度、截割深度、截割力度等掘进参数,作业时操作人员要严格按照操作规程进行作业,密切注意设备运行状况和巷道围岩变化,如果发现围岩破碎、瓦斯浓度异常等情况应立即停止作业并采取相应措施,掘进结束后要及时清理巷道内的煤渣、杂物为后续支护作业创造条件。

4.2 钻爆法掘进和支护技术的应用

钻爆法掘进是传统巷道掘进技术,设备简单、成本低、适应性广,适用于各种地质条件的巷道掘进,在坚硬岩层、复杂地质条件下有不可替代的作用,其与支护技术的核心就是通过爆破破碎岩体后及时进行支护,保证巷道稳定。钻爆法掘进需要经过钻孔、装药、爆破、出渣等工序,钻孔阶段要根据巷道断面尺寸和爆破要求确定钻孔参数,并使用专用设备钻孔,装药阶段要严格按设计选择炸药类型和装药量,掏槽孔和主爆孔采用连续耦合装药,周边光爆孔采用间隔不耦合装药,爆破阶段要严格执行操作规程,采用毫秒微差起爆技术,按掏槽孔、主爆孔、周边光爆孔的顺序起爆。爆破后应立即出渣清巷道,然后立即进行支护作业,按照“及时支护、分层支护”的原则,根据围岩情况选择锚杆支护、喷射混凝土支护或者U型钢支架和锚喷联合支护,加强爆破后的围岩监测,及时发现并处理隐患,加固,施工初期可以在代表性洞段进行爆破试验,优化参数以保证施工质量。

4.3 锚杆支护技术的应用

锚杆支护技术是煤矿巷道支护中应用最广的技术之一,具有支护成本低、施工方便、支护效果好等特点,主要适用于围岩稳定性较好的巷道支护,利用锚杆把围岩和深部稳定

的岩体连接起来，传递围岩应力，防止围岩变形、脱落，保证巷道稳定，在实际应用中需要根据巷道围岩的岩性、强度、完整性等因素来选择合适的型号、长度和直径的锚杆，安装时要严格按照操作规程进行，安装前清除钻孔内的杂物，保证钻孔干净通畅，安装过程中将锚杆缓慢插入，并用锚固剂与钻孔壁粘结牢固，以保证足够的锚固力，安装完成后及时安装托盘和螺母并拧紧，使锚杆产生预紧力来提高支护效果；对于围岩破碎、应力大的巷道，可以采用锚杆与喷射混凝土联合支护技术，用喷射混凝土封闭围岩表面，防止围岩风化破碎，同时与锚杆协同作用提高支护整体稳定性^[1]。

4.4 U 型钢支护技术的应用

U 型钢支护技术属于刚性支护技术，具有承载力大、抗变形能力强、适应性强等特点，适合于围岩破碎、应力大、

易变形的巷道支护，在深部高应力巷道、破碎带巷道中应用效果明显，地下矿山支护核心需求为“抗压力、防变形、保安全”，其独特的结构优势使其在众多支护方式中脱颖而出。U 型钢的“U”形截面可以分散围岩压力，与传统的木质、混凝土支架相比，在相同的截面尺寸下承载能力提高 30% 以上，具有良好的可缩性，可以利用自身的弹性变形吸收围岩变形能量，避免刚性断裂，还可以通过调节连接件来实现二次支护调整，适应围岩动态变形，U 型钢的具体特性及数据见表 1。实际使用时要根据巷道断面尺寸、围岩应力来选择合适的 U 型钢支架型号，安装时遵循“先支后拆、分层支护”的原则，掘进后及时安装并保证平整牢固、间距符合要求；围岩破碎严重时可以和锚杆、喷射混凝土一起构成复合支护体系。

表 1 U 型钢核心特性表

U 型钢核心特性	具体参数 / 描述	对比优势 (相较于传统支架)
承载能力	相同截面尺寸下，额定承载强度 $\geq 280\text{MPa}$	承载能力提升 30% 以上
可缩量	纵向可缩量 80-150mm，横向可缩量 50-100mm	可灵活适应围岩变形，避免刚性断裂
截面抗剪强度	抗剪强度 $\geq 160\text{MPa}$	抗剪能力提升 25%，不易出现截面变形
适配巷道跨度	适配跨度 2.5-6.0m，适配高度 2.0-4.5m	适配范围更广，可满足不同断面巷道需求
使用寿命	井下正常工况下，使用寿命 ≥ 8 年	使用寿命是木质支架的 3 倍、混凝土支架的 1.5 倍

5 结语

巷道掘进与支护技术是煤矿采矿工程的核心技术，其应用水平直接关系到煤矿生产的安全、效率与经济性。本文通过对巷道掘进与支护技术的概述、实施重点及实际应用的分析，明确了掘进机、钻爆法、锚杆、U 型钢等技术的应用要点，总结了地质勘察、瓦斯排放、防尘通风等重点环节的管控要求。随着煤矿采矿工程向深部化、智能化方向发展，巷道掘进与支护技术将迎来新的发展机遇与挑战。未来，需加强技术创新，推动掘进与支护技术向智能化、精细化、绿

色化方向升级，结合数字孪生、AI 等新技术，优化支护方案，提升技术应用的科学性与合理性。

参考文献

- [1] 张超,李国栋,王永强. 浅析煤矿采矿工程中巷道掘进支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2026,(02):172-174.
- [2] 霍丙坤. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(24):22-24.
- [3] 马新尧. 煤矿采矿工程巷道掘进支护一体化技术研究[J].能源与节能,2025,(12):224-227.