

岩巷二次支护技术的研究与应用探讨

李磊

安阳永安贺驼煤矿有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i4.7316

[摘要] 本文针对深部采矿条件下岩巷支护面临的挑战,特别是软岩巷道易发生的显著变形与破坏问题,深入探讨了岩巷二次支护技术的研究进展与实际应用情况。通过对现有二次支护技术的综合分析,本文旨在提出更为科学合理的支护策略,以提高巷道的稳定性与安全性。文章总结了多种支护技术的特点、设计与施工的关键技术点,并通过实例分析验证了其有效性,为类似地质条件下的巷道支护提供了理论与实践指导。

[关键词] 岩巷支护; 二次支护; 锚杆支护; 锚索支护

Research and application exploration of secondary support technology for rock tunnels

Li Lei

Anyang Yong'an Hetuo Coal Mine Co., Ltd

[Abstract] This article focuses on the challenges faced by rock roadway support under deep mining conditions, especially the significant deformation and damage problems that are prone to occur in soft rock tunnels. It deeply explores the research progress and practical application of rock roadway secondary support technology. Through a comprehensive analysis of existing secondary support technologies, this article aims to propose more scientific and reasonable support strategies to improve the stability and safety of tunnels. The article summarizes the characteristics, key design and construction techniques of various support technologies, and verifies their effectiveness through case analysis, providing theoretical and practical guidance for tunnel support under similar geological conditions.

[Key words] rock roadway support; Secondary support; Anchor rod support; Anchor support

一、引言

随着采矿活动向地球深层不断延伸,矿井巷道所处的地质应力环境变得日益复杂多变,尤其是当遭遇软岩构造时,巷道围岩的变形与破坏问题更是愈发严峻。传统的一次性支护措施,在面对长期的地压作用与软岩特有的蠕变特性时,往往显得力有不逮,难以长期保障巷道结构的稳定与安全。因此,二次支护技术作为强化巷道稳定、提升安全防护等级的关键策略,其重要性与日俱增,成为了采矿工程领域的研究热点。

本文致力于探索岩巷二次支护技术的最新发展趋势与实践应用,聚焦于这一技术如何在深部采矿安全保障中发挥核心作用,并评估其在提升巷道长期安全稳定性能方面的实际价值。通过综合分析 with 案例研究,本文旨在为应对深部开采中的巷道支护挑战提供科学指导与策略参考,推动采矿工程技术的进步与革新。

二、岩巷二次支护技术概述

在现代采矿工程中,岩巷作为连接地表与地下资源的主要通道,其稳定性和安全性直接关系到整个开采作业的效率与人员安全。一次支护,通常在巷道开挖初期即刻实施,旨在初步稳定围岩并提供基本的支撑结构,但面对复杂多变的地质条件,尤其是深部开采时巨大的地压影响,一次支护往往不足以长期维持巷道的稳定性。因此,二次支护作为一种补充和加强措施,成为了确保巷道长期安全使用的必要手段。

二次支护的核心理念在于“适时”与“针对性”。它不是一次支护的简单重复,而是根据巷道开挖后一段时间内围岩的具体变形情况,包括位移量、变形速率以及应力重分布状态,来决定是否需要进行以及何时进行二次加固。这一过程涉及对围岩变形规律的精确监控与分析,确保支护措施能够准确应对围岩的动态变化,从而达到控制和减少围岩变形,有效分配应力,防止围岩失稳的目的。

选择合适的二次支护技术时,需综合考量多个因素:

围岩力学特性: 围岩的岩性、强度、完整性等直接影响

支护效果, 软弱围岩 (如泥岩、页岩) 与坚硬围岩 (如砂岩、石灰岩) 所需的支护策略截然不同。

巷道服务年限: 根据巷道预计的服务时间长短, 选择既能满足当前稳定需求, 又具有长期可靠性的支护方案。短期使用巷道可能更注重成本效益, 而长期服役巷道则需侧重于持久性和维护便捷性。

开采深度: 随着开采深度增加, 地压增大, 围岩稳定性降低, 对支护技术的要求更高。深部开采环境下, 可能需要采用更高强度、更大承载能力的支护手段。

经济与技术可行性: 在确保安全的前提下, 还需考虑支护成本、施工难度、材料可获取性等因素, 寻找最具性价比的解决方案。

环境保护与可持续性: 现代采矿越来越重视环保, 支护材料的选择与施工过程应尽可能减少对环境的影响, 促进采矿活动的绿色可持续发展。

综上所述, 岩巷二次支护技术是采矿工程中一项复杂且精细的工作, 需要结合地质勘查数据、采矿工程经验以及最新的科研成果, 进行科学规划与设计, 以达到既保障生产安全, 又兼顾经济效益和环境保护的多重目标。

三、岩巷二次支护关键技术研究

3.1 技术种类与特点

在复杂的地下岩巷支护实践中, 针对不同的地质条件与支护需求, 几种关键技术脱颖而出, 它们各自具备独特的技术优势, 共同确保了巷道的安全稳定运行。

锚杆支护: 作为最为常见的支护手段之一, 锚杆支护技术通过将带有螺纹的金属杆体 (锚杆) 植入到围岩之中, 并利用高性能锚固剂固定, 实现了围岩的加固。这一过程有效

联结了松散围岩与周围较为坚固的岩层, 形成一个力学上的整体结构, 极大地增强了围岩的整体稳定性和承载力。锚杆支护以其施工简便、速度快的优点, 特别适合于那些地质条件相对较好, 岩石强度适中的巷道环境。然而, 在深度较大、围岩极其不稳定的情况下, 单一的锚杆支护可能难以满足支护要求, 此时需要结合其他支护技术协同作用。

锚索支护: 针对深部巷道或围岩稳定性极差的特殊情况, 锚索支护技术显示出其独特优势。与传统的锚杆相比, 锚索具有更长的长度, 能够穿透较浅层的不稳定岩层, 直达更深且更稳定的岩层中, 通过施加预应力, 锚索能够提供更大的拉力支撑, 有效遏制巷道围岩的大规模变形, 保障巷道在高应力环境下的长期稳定。锚索支护技术特别适用于深部采矿作业和大型巷道的支护, 显著增强了支护系统的整体承载能力和可靠性。

注浆加固: 在处理巷道穿越破碎带或水文地质条件复杂的地段时, 注浆加固技术不可或缺。该技术通过高压注浆泵, 将水泥浆液或特殊配方的化学浆液灌注入围岩的裂隙和空洞之中, 实现对围岩裂隙的填充与加固, 同时封堵地下水通道, 有效控制了地下水流动, 减少了巷道的渗漏水问题, 从而显著提升了巷道的长期稳定性。注浆加固技术不仅改善了围岩的力学性质, 还对保持巷道干燥、防止水害具有重要作用, 是处理复杂地质问题的有效手段。

综上所述, 锚杆支护、锚索支护和注浆加固这三种技术, 各有千秋, 针对不同的地质环境和支护需求, 它们相互补充, 共同构成了岩巷二次支护技术的核心体系, 确保了采矿作业的安全与高效进行。

表1 岩巷支护关键技术对比表

技术种类	特点	适用条件
锚杆支护	施工简便, 速度快; 通过金属杆体加固围岩; 形成整体结构增强稳定性	地质条件较好; 岩石强度适中
锚索支护	适用深部巷道; 锚索长度长, 穿透力强; 提供大拉力支撑, 遏制变形	围岩稳定性极差; 深部采矿作业; 大型巷道支护
注浆加固	高压注浆填充裂隙与空洞; 封堵地下水通道; 改善力学性质, 防渗漏水	破碎带或水文地质复杂; 需控制地下水流动; 保持巷道干燥与稳定

3.2 关键技术研究

在二次支护设计中, 科学合理的方案是确保支护效果的前提。现代设计方法融合了数值模拟与实测数据, 形成了一套高效且精准的设计流程。以FLAC3D、ANSYS为代表的数值模拟软件, 在二次支护设计中扮演着核心角色。这些软件能够模拟巷道开挖后复杂的应力场分布、围岩的位移模式及时间演变过程, 帮助工程师预判围岩的变形趋势。通过将模拟结果与现场实测的围岩变形数据相结合, 设计者能够更精确地识别出二次支护的最佳介入时机与参数配置, 如支护类型、布局密度、支护深度等, 确保设计方案既科学又针对性强。这种理论与实践相结合的设计方式, 极大提升了支护工作的

前瞻性和有效性。

施工工艺的优化直接关系到二次支护的实施效率与最终效果。为了达到快速响应与灵活调整的目标, 施工团队需建立一套动态监测系统, 持续跟踪围岩变形情况, 确保在围岩变形趋于稳定且适宜施工的“黄金窗口”内实施二次支护。施工中, 采用低振动钻机、高效锚固设备等低扰动技术, 减少施工过程对围岩稳定性的额外干扰, 避免诱发新的不稳定因素。此外, 构建完善的质量管理体系, 从施工准备、材料检验、施工操作到后期验收, 每一步骤都需严格按照设计标准执行, 确保施工质量, 为巷道的长期安全稳定打下坚实基础。

材料的正确选择是支护结构安全、耐久的基石。针对不同地质条件,应细致评估并选用最适合的支护材料。例如,高性能树脂锚固剂因其出色的粘结力和耐久性,能够显著增强锚杆和锚索的锚固效果,延长支护结构的使用寿命。选用高强度钢材作为支架或构件材料,不仅能提升支护体系的承载能力,还能在复杂应力环境中保持良好的结构稳定性。在特殊环境下,如存在酸性水质或腐蚀性气体的地段,还需考虑材料的防腐性能,选用具有优良防腐特性的材料,如镀锌钢、不锈钢等,以确保支护材料与周围介质之间的良好相容性,从而维护整个支护系统的长期稳定与安全。总之,材料选择不仅要考虑材料本身的物理力学性能,还要充分考虑其在特定环境下的适用性和耐久性,确保支护结构的长期有效性。

四、岩巷二次支护技术的应用实例分析

以中国某地区的协庄煤矿为例,该矿位于复杂地质条件下,特别是在-850米至-1100米深部的软岩层中开凿巷道,面临着极大的挑战。软岩巷道由于围岩强度低、易风化、变形大等特点,传统的一次支护技术往往难以长期保持巷道的稳定性和安全性。为此,协庄煤矿采取了锚喷一次支护与锚索二次耦合支护相结合的创新技术方案,取得了显著成效。

协庄煤矿在深部软岩区域的巷道开挖初期,面临了前所未有的挑战。尽管采用了一次性支护技术——锚喷支护,试图通过锚杆的拉拔力和喷射混凝土的密闭性来初步控制围岩变形,但这仅能在短期内提供必要的稳定性。软岩特有的长期蠕变特性意味着,随着时间推移,巷道围岩将持续发生缓慢变形,一次支护难以长久维持巷道的稳定状态,从而对巷道的长期安全使用构成威胁。

4.1 支护方案选择与实施

为解决上述难题,项目团队进行了深入的地质勘察和围岩稳定性分析,明确了二次支护策略的必要性。策略实施前,通过在巷道内布置收敛计和应力计等精密监测设备,持续跟踪围岩的动态变化,确保在围岩变形达到相对稳定阶段时,及时启动二次支护程序。这一程序的核心是锚索耦合支护技术的应用,它通过在一次支护基础上增设长度远超锚杆的锚索,深入到更稳定的岩层深处,并施加高预应力进行张拉,有效抑制了深部软岩巷道因巨大地压引起的严重变形。锚索与锚杆的联合使用,形成了强大的支护体系,显著增强了围岩的整体稳定性和负载承受能力。

4.2 关键技术要点与效果分析

监测与时机选择:实时监测数据的准确性是成功实施二次支护的基石。精确捕捉围岩变形趋于稳定的转折点,确保二次支护施工既不过早干预,也不滞后,避免了不必要的资源消耗和潜在安全风险。

锚索设计与布置:依据巷道围岩的具体力学属性和应力

分布特征,精心计算和设计锚索的各项参数,包括长度、直径、布置间距及张拉力,以确保锚索能最大限度发挥其深层锚固效能。

施工质量控制:施工过程中,对锚索的安装精度提出了极高要求,确保每根锚索的安装角度、埋深及注浆质量均符合设计规范,从而构建起坚固可靠的支护结构。

4.3 成效与启示

经过上述技术方案的实施,协庄煤矿深部软岩巷道的变形得到有效抑制,巷道的整体稳定性和安全性得到了显著提升,为煤矿的持续安全开采奠定了坚实基础。此案例不仅验证了在特定地质条件下合理选择与适时实施二次支护技术的重要性,同时也凸显了锚喷与锚索耦合支护技术在软岩及深部开采环境中的巨大应用潜力,为同类矿井的巷道支护工作提供了宝贵的实践经验与示范效应,推动了采矿工程技术的进步与发展。

总之,协庄煤矿的实践表明,通过科学的支护技术选择与精细化管理,即使在地质条件恶劣的深部开采中,也能确保巷道的长期稳定和安全生产,对提升我国煤矿开采技术水平具有重要的借鉴意义。

结束语

岩巷二次支护技术作为确保深部采矿作业安全性的关键基石,其持续的发展与精进是采矿行业面临的一项紧迫任务。未来的探索方向应当综合考量地质特性、开采技术进步及经济效益的多维度融合,力求技术创新与策略优化并举。特别地,推广智能监测预警系统的应用,探索新型高性能材料的使用,以及深化精细化、定制化的支护设计理念,对于提升支护作业的效率、增强巷道结构的安全性至关重要。通过这些努力,我们不仅能够稳固现有采矿作业的安全防线,更将为深部采矿技术的长远发展注入活力,铺就一条可持续发展的坚实路径。

[参考文献]

- [1]孟庆彬,韩立军,齐彪,等.复杂地质条件下巷道过断层关键技术研究及应用[J].采矿与安全工程学报,2017,34(02):199-207.
- [2]王福军,张永涛,陈文,等.采动影响巷道二次锚网支护技术研究[J].煤炭技术,2022,41(10):85-88.
- [3]巩志力.煤矿深部软岩巷道松动圈测试及支护技术研究[J].能源与环保,2020,42(10):196-199.
- [4]王文宝.巷道过断层安全支护技术研究[J].当代化工研究,2019,(03):95-96.
- [5]贾致斌.软岩巷道破坏机理与支护技术研究[J].江西煤炭科技,2019,(01):42-44+48.
- [6]刘凤文.林南仓矿软岩巷硐群支护技术优化与实践[J].水力采煤与管道运输,2018,(04):73-76.