

深部矿井开采中岩层控制技术的应用与效果分析

钱文云

浙江中甲建设工程有限公司 浙江温州

【摘要】深部矿井开采中岩层控制技术的应用对于保障矿山安全、提高资源回收率具有重要意义。本文主要探讨了在复杂地质条件下,如何通过优化岩层控制技术来提升深部矿井的开采效率与安全性。首先分析了当前深部矿井开采面临的挑战,如高地应力、复杂的地质结构等;接着详细讨论了几种先进的岩层控制技术及其应用实例,包括锚杆支护技术、预应力锚索技术以及新型充填材料的应用;然后评估了这些技术在实际操作中的效果,强调了技术创新和适应性调整的重要性;最后指出了未来研究方向。合理的岩层控制策略能够显著改善工作环境,减少安全事故,同时提升经济效益。

【关键词】深部矿井开采;岩层控制技术;高地应力;锚杆支护;预应力锚索

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250073

Application and effect analysis of rock strata control technology in deep mine mining

Wenyun Qian

Zhejiang Zhongjia Construction Engineering Co., Ltd, Wenzhou, Zhejiang

【Abstract】 The application of rock strata control technology in deep mine mining is of great significance for ensuring mine safety and improving resource recovery rate. This paper mainly explores how to improve the mining efficiency and safety of deep mines through optimizing the rock strata control technology under complex geological conditions. Firstly, it analyzes the challenges faced by current deep mine mining, such as high ground stress, complex geological structures, etc.; then it discusses in detail several advanced rock strata control technologies and their application examples, including the application of bolt support technology, prestressed anchor cable technology, and new filling materials; next, it evaluates the effects of these technologies in actual operation and emphasizes the importance of technological innovation and adaptive adjustment; finally, it points out the future research directions. A reasonable rock strata control strategy can significantly improve the working environment, reduce safety accidents, and at the same time enhance economic benefits.

【Keywords】 Deep mine mining; Rock strata control technology; High ground stress; Bolt support; Prestressed anchor cable

引言

深部矿井开采由于其独特的地质条件和技术挑战,已成为现代矿业发展的重要课题之一。随着矿产资源开发逐渐向地球深处延伸,如何有效应对高地应力、岩爆及复杂地质构造带来的问题变得尤为关键。传统的开采方法难以满足日益增长的安全性和效率要求,因此探索并应用新的岩层控制技术显得尤为重要。通过对国内外相关研究的综述发现,

虽然在岩层控制方面已经取得了不少成果,但在实际工程应用中仍面临诸多挑战。如何根据不同的地质条件选择合适的岩层控制措施,怎样提高现有技术的适用性和经济性等问题亟待解决。鉴于此,本研究旨在探讨几种前沿的岩层控制技术及其应用效果,为深部矿井开采提供理论依据和技术支持。

1 深部矿井开采面临的岩层控制挑战

深部矿井开采在面对复杂的地质环境时,面临

着一系列独特的挑战。高地应力成为制约深部开采的重要因素之一。随着开采深度的增加,岩层承受的压力显著增大,导致岩石力学性质发生变化,增加了围岩失稳的风险。特别是当开采作业接近或进入高应力区域时,可能出现岩爆现象,这不仅对设备造成严重损害,还可能威胁到矿工的生命安全。为应对这一挑战,需要深入了解不同地质条件下岩体的应力分布规律,并采用先进的数值模拟技术进行分析预测,以便制定出有效的岩层控制方案。

在复杂地质结构中,断层、褶皱等地质构造的存在也给岩层控制带来了巨大难度。这些地质构造往往使得岩层的稳定性更加难以预测和管理。在含有大量裂隙的岩层中,传统的支护方法可能无法提供足够的支撑力,从而导致围岩坍塌。地下水的存在会进一步加剧这种不稳定性,软化岩体并降低其承载能力。针对此类情况,需采取综合措施来提高岩层的整体稳定性^[1-2]。采用新型材料如高性能锚杆和预应力锚索可以有效增强围岩的自承能力,同时结合注浆加固技术处理含水层问题,可大幅减少事故发生的可能性,确保矿山安全生产。

深部矿井开采中的环境保护与资源回收效率也是不容忽视的问题。在追求经济效益的必须考虑如何最大限度地保护矿区生态环境。合理的岩层控制不仅能保证开采过程的安全高效,还能减少地面沉降、山体滑坡等地质灾害的发生。通过优化开采布局和改进采动影响区的治理措施,可以有效降低开采活动对周围环境的影响。应用科学的岩层控制策略有助于提高矿石回收率,实现资源的可持续利用。这些实践表明,只有不断探索和创新岩层控制技术,才能在保障安全的前提下,推动矿业向更深层次发展。

2 先进岩层控制技术的应用案例分析

在深部矿井开采中,采用先进的岩层控制技术对于提高开采效率和安全性至关重要。以某深部煤矿为例,该矿区采用了新型的锚杆支护技术,通过高强度、高预应力的锚杆系统增强了围岩的整体稳定性。这种锚杆不仅具有良好的抗拉强度,还能有效适应复杂的地质条件,显著降低了因围岩失稳导致的安全事故。锚杆的设计考虑了不同深度下的应力分布特点,实现了对高地应力环境的有效应对。实际应用表明,这种技术不仅能改善工作面的稳定

性,还减少了维护成本,提升了整体开采效率。

除了锚杆支护技术外,预应力锚索的应用也在多个矿区取得了成功。预应力锚索能够提供持续稳定的支撑力,特别适用于存在较大变形风险的区域。在一金属矿的开采过程中,面对严重的岩爆威胁,工程团队引入了预应力锚索技术,并结合数值模拟进行了详细的应力分析^[3-4]。通过精确计算每根锚索的预应力值并合理布置,有效控制了岩层的移动和变形,大幅降低了岩爆发生的频率。针对地下水丰富区域,项目组采用了注浆加固技术与预应力锚索相结合的方法,既解决了围岩软化的问题,又提高了整体支护效果。这些成功的案例充分展示了现代岩层控制技术在复杂地质条件下的巨大潜力。

值得注意的是,随着科技的进步,新型充填材料的研发也为岩层控制带来了新的解决方案。特别是在解决采空区治理问题上,利用环保型充填材料不仅有助于减少地面沉降,还能有效隔离空气,防止火灾发生。在一个具体的应用案例中,使用了一种由工业废渣制成的充填料,这种材料不仅具备优良的力学性能,而且成本低廉,易于施工。实践证明,通过合理的配比设计和施工工艺优化,这种新型充填材料能极大地提升采空区的稳定性,同时实现了资源的循环利用。这为今后深部矿井开采中的岩层控制提供了宝贵的经验和技术支持。

3 岩层控制对开采效率与安全的影响评估

岩层控制技术的实施显著提升了深部矿井开采的整体效率与安全性。采用先进的支护手段,如高强度锚杆和预应力锚索,不仅增强了围岩的稳定性,还减少了因围岩失稳引发的安全事故。这些技术通过提供持续且均匀的支撑力,有效地控制了开采过程中可能出现的岩层移动和变形问题。实际操作中,合理的支护设计能够确保工作面在高应力环境下保持稳定,从而为连续作业提供了保障。这也减少了由于频繁维护支护结构而导致的工作中断,极大地提高了开采效率。通过数值模拟和现场监测相结合的方法,可以实时掌握岩层动态变化,及时调整支护策略,进一步优化生产流程。

在评估岩层控制对安全的影响时,其对降低重大事故风险的作用尤为突出。岩爆作为深部矿井常见的安全隐患之一,通过应用预应力锚索技术和其他综合措施,能够有效减少其发生频率。这类

技术通过增强围岩自承能力,缓解了高地应力对岩体造成的破坏,降低了岩爆的可能性^[5-6]。对于存在大量裂隙或软弱夹层的复杂地质条件,采用注浆加固技术结合高性能锚杆系统,可以显著提升围岩的整体强度,防止局部坍塌。实践证明,这种多技术联合使用的方式大大提高了矿山作业的安全系数,保护了工人的生命安全,并减少了设备损坏的风险。

岩层控制技术的应用对环境保护和资源回收率也有积极影响。通过精确控制岩层移动,可以有效避免地面沉降、山体滑坡等环境问题的发生。在采空区治理方面,利用环保型充填材料进行填充处理,不仅能稳固地表,还能促进矿区生态环境的恢复。科学合理的岩层控制有助于提高矿石的回收率,实现资源的最大化利用。通过对开采过程中的岩层动态进行实时监控和分析,可以及时调整开采方案,确保资源得到高效回收。岩层控制技术的发展和运用,不仅推动了矿业技术的进步,也为实现可持续发展目标做出了重要贡献。

4 基于现场实践的技术改进与适应性调整策略

基于现场实践的技术改进与适应性调整策略对于提升深部矿井开采的效率和安全性至关重要。在实际操作中,岩层控制技术的应用往往需要根据具体地质条件进行优化调整。在某一矿区的实际应用过程中,技术人员发现原有的锚杆支护方案在面对高地应力环境时效果不佳,导致围岩出现局部失稳现象。针对这一问题,通过增加锚杆密度、提高预应力值,并结合数值模拟技术对不同支护参数下的岩层稳定性进行了详细分析,最终确定了一套更加合理的支护方案。这种基于现场反馈不断优化技术的做法,不仅有效解决了实际遇到的问题,还为类似地质条件下的岩层控制提供了宝贵经验。

为了更好地适应复杂的地质环境,必须灵活运用多种岩层控制技术,并根据实际情况进行组合使用。在一个含水丰富的金属矿区,传统的支护方法难以满足要求。工程团队采用了注浆加固与预应力锚索相结合的方法,首先通过注浆处理改善了围岩的力学性质,然后利用预应力锚索提供稳定支撑,从而有效控制了岩层变形^[7-8]。针对不同区域的具体情况,还实施了分区治理策略,即在高风险区采用更为严格的支护措施,而在低风险区则适当降低标准,既保证了安全又节约了成本。这种方法强调因

地制宜,充分利用现有资源,最大限度地提高了岩层控制的效果。

在现场实践中,通过建立长期监测系统,实时获取岩层动态变化数据,并据此调整施工方案,可以及时发现潜在风险并采取相应措施。加强与科研机构的合作,开展前沿技术研究,如新型材料的研发和应用等,也是推动技术进步的关键途径。一些矿区开始尝试使用纳米材料增强充填体的强度和耐久性,取得了良好的效果。通过不断探索和实践,逐步形成一套科学合理、经济高效的岩层控制体系,不仅能提升矿山的安全性和生产效率,还能促进整个行业的健康发展。这些努力共同指向了一个目标:在保障安全生产的前提下,实现资源的最大化利用和可持续发展。

5 结语

深部矿井开采中,岩层控制技术的应用对于提升安全性和开采效率至关重要。通过采用高强度锚杆、预应力锚索及新型充填材料等先进技术,可以有效应对高地应力和复杂地质条件带来的挑战。合理的岩层控制不仅增强了围岩稳定性,还减少了安全事故,保护了环境,并提高了资源回收率。持续的技术改进与适应性调整策略将是推动行业发展的关键。加强现场监测与科研合作,不断探索高效可行的新方法,将有助于实现矿业的可持续发展目标,确保在保障安全的前提下,最大化资源利用效率。

参考文献

- [1] 杨明,邓辉,蒋亚伟,等.深部矿井高应力巷道隔热材料的研制与性能研究[J/OL].安全与环境学报,1-15[2025-03-22].
- [2] 於昌峰,姜春露,吴云.基于正向一反向高压注水试验的深部矿井断层阻水性特征研究[J].金属矿山,2025,(02):131-137.
- [3] 王庆超,冉广,方波.深部复杂矿井通风系统优化数值模拟研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(21):79-81.
- [4] 邵龙.深部冲击矿井“三位一体”防冲支护体系研究[J].西部探矿工程,2024,36(10):135-137.
- [5] 刘琪,苏伟,张瑞璞,等.深部矿井煤炭-地热协同开采系统研究[J].煤炭科学技术,2024,52(03):87-94.
- [6] 徐宇.深热矿井地热开采调控井下热环境作用机制研究

[D].中南大学,2023.

术实践[J].陕西煤炭,2023,42(02):72-76.

- [7] 丁湘,闫鑫,李哲,等.基于沉积控压规律的鄂尔多斯盆地中深部矿井冲击危险性分区评价[J].采矿与岩层控制工程学报,2023,5(04):44-53.

- [8] 王东杰,王冰,朱刚亮.深部矿井分源立体防冲击地压技

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

