

充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用

左亚东

河北中安筑业设计集团有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 充填采矿是一种高效的地下开采技术,其核心理念在于利用填充材料对采空区进行支撑,从而提高矿产资源的回收率。此方法被广泛应用于金属矿和非金属矿的开采过程,特别是在面临资源枯竭和环境压力日益加大的背景下。通过合理的填充设计,可以减少巷道塌陷风险,确保作业人员的生命安全。此外,充填采矿还能够有效控制地表沉降和水土流失等环境问题,促进可持续发展,为后续的环境整改工作奠定基础。

[关键词] 充填采矿技术; 金属非金属矿山; 采矿工程; 应用

DOI: 10.33142/ec.v7i11.14272

中图分类号: TD803

文献标识码: A

Application of Backfill Mining Technology in Mining Engineering of Metal and Non-metal Mines

ZUO Yadong

Hebei Zhong'an Construction Industry Design Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Backfilling mining is an efficient underground mining technology, whose core concept is to use filling materials to support the goaf, thereby improving the recovery rate of mineral resources. This method is widely used in the mining process of metallic and non-metallic minerals, especially in the context of resource depletion and increasing environmental pressure. Through reasonable filling design, the risk of tunnel collapse can be reduced, ensuring the safety of workers' lives. In addition, backfill mining can effectively control environmental issues such as surface subsidence and soil erosion, promote sustainable development, and lay the foundation for subsequent environmental remediation work.

Keywords: backfilling mining technology; metal and non-metal mines; mining engineering; application

引言

随着科技的进步和矿业工程的发展,充填采矿技术已成为金属非金属矿山采矿工程中重要的技术手段。该技术不仅提高了矿山的开采效率和产量,而且增强了矿山的整体稳定性,提高了工作环境的安全度。本文将对充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用进行深入探讨。

1 充填采矿技术概述

充填采矿技术作为一种独特的采矿方法,其核心思想在于通过有效充填矿坑来稳定和维护矿山结构。该技术的关键环节在于采矿过程中的矿坑充填作业。通过及时、精准地填充采矿后形成的空区,充填采矿技术能够显著防止矿体崩塌,有效控制矿压,从而减少对矿山结构的潜在破坏。

在金属非金属矿山的开采工程中,充填采矿技术的应用尤为广泛。这类矿山往往面临复杂多变的地质条件,传统的采矿方法在这些环境下可能难以实施或存在较高风险。充填采矿技术凭借其独特的优势,能够精准应对这些复杂地质条件,确保采矿作业的安全与高效进行。特别是在矿体较薄、矿石品位较高的矿山中,充填采矿技术的应用价值更加凸显。它不仅能够通过稳定矿山结构来保障作业安全,还能通过优化开采布局和顺序,提高矿石的开采效率和产量。这种技术不仅有助于实现资源的最大化利用,还能为矿业公司带来显著的经济效益。总的来说,充填采矿技术以

其独特的优势在现代矿业中发挥着不可替代的作用^[1]。

2 充填采矿技术的应用

2.1 矿体稳定性控制

在深入剖析金属与非金属矿山开采的复杂性与重要性时,矿体稳定性占据着核心地位,它直接关系到生产作业的安全性、资源利用效率以及环境保护成效。在现代矿业体系中,维护矿体稳定不仅是对工程技术与创新能力的考验,更是推动社会与自然和谐共生的重要使命。充填采矿技术作为一项成熟且高效的技术手段,在此背景下扮演着至关重要的角色。该技术通过向开采后形成的采空区精准注入特制的固体、半固体、液体材料或气固两相混合充填料,有效构建支护体系,抵御重力诱发的矿体滑动与坍塌风险,为地下矿山开采活动提供坚实可靠的安全屏障。此举不仅显著提升了采区空间的有效利用率,降低了采空区潜在的安全隐患,还通过创造性地利用废弃资源(如矿井废水处理后的沉淀物)、工业副产物(如尾砂、废石)作为充填材料,实现了资源的循环再利用与环境保护的双重目标,彰显了现代矿业向绿色、可持续发展方向迈进的坚定步伐。从安全性、经济性以及环境适应性角度考量,采用合理的充填方法和材质是极其关键的。一方面,不同的矿山环境(如地质条件、开采规模及采场形态)要求选择合适的充填工艺及充填材料,以确保在满足支承强度要

求的同时兼顾成本控制。另一方面,对环保材料的选择和优化应用也是衡量充填技术水平的重要标准之一,旨在减少开采过程的二次污染物排放和生态破坏^[2]。

总之,充填采矿技术为保障矿体稳定性,提升矿山安全系数,推进绿色矿业发展作出了积极贡献。随着新材料、新技术的应用以及对可持续发展认识的不断提升,未来此项技术还将迎来更为广阔的应用前景和优化发展的契机,成为矿山安全高效开采的新动力,推动整个采矿业向智能化、绿色化转型迈进。

2.2 优化矿井结构

在采矿工程领域的设计和规划阶段,科学合理的矿井结构设计至关重要,不仅能提升生产效能,还能确保安全生产。充填采矿技术的创新应用,则为改善和优化这些设计带来了新的途径。这项技术支持着矿井的深度拓展及大规模开采,尤其是在处理地下空间复杂性和不稳定地质结构方面。充填采矿通过将特定的材料充入采空区,形成对周围围岩的有效支撑,这实际上是在为原本处于危险或压力高区间的矿井提供了额外保护层。它能抵消来自上层的压力和地质灾害风险,比如滑坡或崩落,避免了传统采矿过程中的巷道坍塌问题。这意味着,通过对矿压预测、模拟分析和优化管理,可以精确预测在不同条件下充填体的行为,进一步实现对潜在安全风险的控制和预防。对于难以回采的遗留矿柱、矿山废石堆放区以及矿压显著的大面积采空区等,充填技术不仅能够有效解决这些区域带来的安全和环境问题,还能巧妙地将这些原本被视为挑战的空间转化为有价值的资源,通过提高矿山稳定性、减少地表沉降等方式,为矿山的可持续发展作出贡献。利用掘进的废石、废弃物等废弃物料,以及矿物开采过程中产生的废弃物作为填充材料,不仅显著提升了矿山废弃物的综合利用率,还有力地促进了绿色循环发展,有效减少了土地占用、地下水污染和地表沉降等环境风险,对环境的影响大大降低。这种方式的采用意味着在优化空间布局、提高资源利用效率的同时减少了对外界环境的负面影响。

此外,充填采矿还可以为不合理的采场布置设计提供改进建议和可能解决方案。传统采矿布局可能因考虑到开采便捷度、资源分布等简单原则导致某些区域应力集中,易引发开采困难甚至安全事故。充填采矿通过对矿体的精确预测和分区分阶段充填策略,可合理安排采空区,减轻或分配局部过大压强对周围环境或结构造成的损害,优化整体矿井布局,从而提升整体开采安全性,延长矿井服务寿命,确保持续、稳定产出,满足经济、环保双重需求。因此,借助充填采矿技术对不合理的采场布置进行优化调整,既能降低因环境因素引起的安全生产威胁,也能提高矿产资源的有效利用率,体现了技术创新对于采矿行业发展的促进价值与深远意义。通过持续研究和发展,充填采矿在未来将扮演更加至关重要的角色,不断助力行业向着

更高安全等级和更低环境负担的方向迈进^[3]。

2.3 提高资源回收率

在当前的全球经济发展趋势中,矿产资源的高效利用与科学保护显得尤为重要。传统矿山开采方式,特别是对薄矿体或低品位矿体进行开采时,常面临高成本、低效率等问题。这些问题的背后是矿产资源的巨大浪费现象——采空区周边保安矿柱无法回收,以及将废石、尾矿等直接作为废弃物处理,从而造成了严重的生态破坏和经济损失。而充填采矿技术的兴起与运用,为我们提供了一种更为高效、环保的开采新选择,旨在最大程度地保护矿产资源,减少资源流失与浪费。相较于传统的露天开采或地下浅井挖掘等方式,在处理薄矿体时,这些传统方法常因矿体厚度限制而只能实现部分资源的采出,大量资源被弃置于地下,导致资源利用率低下,严重浪费了地球上宝贵的矿产资源。

相比之下,充填采矿技术凭借其独到的优势,显著提升了资源回收效率,实现了质的飞跃。该技术的核心在于通过精细化的采矿过程管理,采用适宜的充填材料(如废弃的采矿废弃物、尾砂或专门配制的充填料)精准地填充采矿后形成的空区。这一过程不仅有效消除了采空区,构建了稳固的地质结构,还极大地降低了因自然重力等因素导致的地面塌陷风险,从而保护了生态环境。更为重要的是,充填采矿技术通过科学严谨的计算与规划,能够最大化地利用这些空间进行后续的资源开采活动,实现了空间与资源的双重优化。在薄型矿体的开采中,充填采矿技术的价值尤为突出。通过精确预测开采面下方的空间变化,并及时、有效地进行填充,该技术不仅确保了作业安全,还显著提高了资源回收率,解决了传统开采方法难以克服的难题。

此外,充填采矿技术还通过增强采空区的稳定性,有效降低了地下开采活动对地表环境的影响。它减少了因地下空间变化而引发的地表塌陷风险,保护了周边自然景观和生态系统的完整性,实现了矿业开发与环境保护的双赢。

总结来看,充填采矿技术凭借其资源回收能力的大幅增强,有效地弥补了传统的开采矿山活动中的诸多弊端。通过提高资源利用效率与环境可持续性标准,充填采矿技术成为了一个兼顾社会经济发展与生态环境维护的重要发展方向,对于可持续采矿模式构建起到了推动作用。在全球倡导循环经济和节能减排的当下,充填采矿技术无疑是迈向高效绿色矿山的重要一步,标志着未来采矿业发展的必然趋势^[4]。

2.4 改善工作环境

充填采矿技术的广泛推广与应用,为现代矿业的高效、安全运营带来了深远的影响。相较于传统开采方法常面临的安全挑战与不确定性,充填采矿技术凭借其独特优势,显著增强了工作环境的安全性,并提升了人员作业过程的可靠性。崩塌事故作为矿山开采过程中的重大隐患,不仅可能导致生产作业的停滞、资源流失以及严重的财产损失,更重要的是对人员生命安全构成了直接威胁。针对这一风

险, 充填采矿策略的实施成为了矿山安全管理体系中的一项关键性革新。通过精确调配与合理填筑物料至采空区或已开采空间, 充填采矿技术有效地支撑了地质结构, 显著降低了因自然重力作用或开采活动扰动导致的塌陷风险。此举不仅大幅减少了崩塌事故的发生频率, 还显著降低了相关事故造成的人身伤害和生产中断的可能性。稳定的矿层结构为作业人员提供了一个更为安全的工作环境, 使他们能够在受控且预先规划好的条件下执行作业任务, 从而极大地提升了作业过程的安全水平。因此, 充填采矿技术的普及与应用, 不仅促进了矿业的高效运营, 更为保障人员生命安全、减少资源浪费提供了有力支持。

充填采矿的采用优化了矿山的空间使用效率。它不仅利用了传统采矿遗留的废料作为充填物质, 减少了一般废弃物处理所消耗的时间、能源和费用; 还能有效防止地面沉降和土壤滑坡等自然灾害的发生, 避免土地的永久性破坏或环境污染风险, 进一步保障了工人的工作环境和周围社区的生活环境的健康与可持续性。鉴于充填采矿技术能在矿层结构保持相对稳定性的同时, 继续推进矿体深度的开采工作, 使得在资源密集型地区的深入开发成为可能, 从而增加了资源的利用率 and 经济收益。这有助于矿业企业更长远和负责任的资源开发规划, 体现了绿色矿山建设和环境保护的目标与承诺^[5]。

综上所述, 充填采矿技术不仅显著增强了矿山的结构稳定性与安全性, 而且极大提升了作业人员的工作安全感与作业效率, 它是对传统采矿方法的一次重大升级与显著改进。通过其科学、系统的方法, 充填采矿技术有效地维持了地质环境的稳定状态, 大幅降低了矿山灾害的发生风险, 促使矿业活动向更高效、更安全、更绿色的发展路径迈出了坚实的一步, 成为当代采矿行业中不可或缺的关键组成部分。展望未来, 随着科学技术的持续进步与环境保护意识的日益增强, 充填采矿技术将继续挖掘其内在潜力, 引领矿山行业向更加安全、绿色、可持续的方向迈进。这一趋势不仅有助于实现矿产资源的最大化利用, 更确保了人类活动与自然环境的和谐共生, 为实现经济、社会与环境的协调发展奠定了坚实基础。

3 充填采矿技术的发展趋势

随着科技的迅猛进步与矿业工程的不断深入, 充填采矿技术正步入一个崭新的发展阶段, 预示着一场质的飞跃, 迈向更加智能化、自动化的未来。在这一过程中, 人工智能(AI)、机器学习以及大数据分析等尖端科技将深度融合至充填采矿领域, 共同绘制出一幅高效、安全、绿色的矿山新图景。这些技术的应用不仅将显著提升采矿生产效率, 更将核心聚焦于保障作业人员的安全及周边生态环境的稳定。在实际操作中, 人工智能的集成赋予了充填过程前所未有的智慧与预测能力。依托于精密的传感器网络与高效的数据传输系统, 每一细微的地壳变动都能被实时捕

捉并精准分析。这一数据洪流随后被注入先进的计算机处理系统, 利用机器学习算法深入挖掘其中的模式与规律, 从而实现对潜在安全隐患或开采瓶颈的超前预测。基于此, 系统能够自动生成并推荐前瞻性的解决方案, 确保采矿作业在最优状态下进行, 既提升了生产效率, 又有效降低了风险。例如, 在矿石坍塌可能性高发地区或不稳定区域进行预测, 并通过提前填充减少潜在事故, 这不仅能够大幅度减少非预期的事故, 而且还可以通过精确化、最小化填充量来减少对自然资源不必要的浪费, 实现了效率和环保的统一^[6]。

此外, 机器学习技术的融入将使得充填策略和参数能够自我学习和不断优化。随着更多操作案例的数据积累, 机器可以不断调整自身的行为以适应复杂地质结构与开采要求, 实现个性化优化策略。这意味着, 无论是对于复杂岩石层结构的精确充填管理还是面对不同类型矿藏的需求变化, 都能灵活地响应和应变, 确保在保证安全的情况下最大限度地提取矿物资源。大数据分析在提升决策效率、优化资源配给等方面发挥着不可替代的作用。基于对大量生产、设备运作、环境因素等多维数据的综合分析, 系统能够快速准确地找出关键影响因子并生成针对性的决策推荐。这些信息不仅能协助制定更科学的开采和填充值充填计划, 同时也为维护和更新机械设备, 预防故障提供了重要的依据, 减少了不必要的停机维修时间和人力投入^[7]。

4 结束语

总的来说, 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用是十分重要的。它不仅可以提高矿山的开采效率和产量, 而且可以增强矿山的整体稳定性, 提高工作环境的安全度。随着科技的进步和矿业工程的发展, 我们应当进一步研究和推广充填采矿技术, 以提高我国的矿业工程水平。

[参考文献]

- [1]潘广跃. 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的运用探讨[J]. 中国设备工程, 2024(12): 216-218.
- [2]郭玉杰. 金属非金属矿山采矿工程中充填采矿技术的有效运用[J]. 中国金属通报, 2024(2): 43-45.
- [3]燕全宁. 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用[J]. 世界有色金属, 2020(15): 45-46.
- [4]吴春焯. 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用策略研究[J]. 山西冶金, 2023, 46(10): 102-104.
- [5]刘玉, 刘洋. 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中运用分析[J]. 中国金属通报, 2023(3): 22-24.
- [6]王俊民, 黄修鹏. 充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用[J]. 世界有色金属, 2022(11): 43-45.
- [7]飘凡. 试析充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的应用[J]. 中国金属通报, 2024(1): 20-22.

作者简介: 左亚东(1994.11—), 男, 河北省沧州市肃宁县人, 汉族, 本科学历, 工程师, 就职于河北中安筑业设计集团有限公司, 从事金属非金属矿山开采设计相关工作。