

充填采矿法在薄矿脉开采中的优化实践

康志强

北京科技大学 北京

【摘要】薄矿脉开采面临矿体厚度小、稳定性差及回采损失高等挑战。充填采矿法在保证矿山安全与资源高效利用方面具有突出优势，但传统方法在薄矿脉条件下常出现充填不均、成本偏高及回采效率不足的问题。通过对充填材料选择、采充工艺参数控制以及空间布置方式的优化，可有效提升矿体暴露稳定性，降低稀释率与损失率，并增强作业连续性。实践结果表明，合理设计的充填系统不仅改善矿山安全环境，还能实现经济效益与资源利用率的同步提升。

【关键词】充填采矿法；薄矿脉；优化实践；资源利用；稳定性

【收稿日期】2025 年 8 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250223

Optimization practice of backfill mining method in thin ore vein mining

Zhiqiang Kang

Beijing University of science and technology, Beijing

【Abstract】Thin ore vein mining faces challenges such as small ore body thickness, poor stability, and high recovery losses. Backfill mining method demonstrates significant advantages in ensuring mine safety and efficient resource utilization. However, traditional methods often suffer from uneven backfilling, high costs, and insufficient recovery efficiency under thin ore vein conditions. By optimizing backfill material selection, process parameter control, and spatial layout, the stability of ore body exposure can be effectively enhanced, dilution rates and loss rates reduced, and operational continuity improved. Practical results show that rationally designed backfill systems not only improve mine safety but also achieve simultaneous enhancement of economic benefits and resource utilization efficiency.

【Keywords】Backfill mining method; Thin ore veins; Optimization practices; Resource utilization; Stability

引言

薄矿脉因厚度有限、构造复杂而成为矿山开采中的难题。常规方法在该类矿体中容易造成矿石损失与贫化，甚至引发围岩稳定性问题。充填采矿法因其能够在采空区及时支撑围岩、控制地压并回收更多矿石而受到广泛关注。如何在薄矿脉条件下实现充填作业的高效与低成本，成为工程实践中亟需解决的关键问题。通过结合现场条件与工艺创新，对充填材料、工艺流程及参数进行优化，可以探索出兼顾安全、效率与经济效益的技术路径，从而为类似矿体的开采提供有益参考。

1 薄矿脉开采条件下的主要问题与挑战

薄矿脉在地质构造中普遍表现为厚度小、延展性不均、围岩结构复杂，这些特征决定了其开采环

境极具挑战性。在实际工程中，薄矿脉开采往往伴随着矿体与围岩品位差异较大，采切过程中容易引发矿石与废石的混采，造成贫化率升高。由于厚度有限，采场暴露空间狭窄，支护作业难以布置到位，围岩稳定性难以保持，极易引起冒顶、片帮等安全事故^[1]。矿体走向和倾角多变，形成不规则的工作面，加剧了矿石损失和采矿难度。传统的空场法、房柱法在这种条件下应用时，往往难以实现安全高效回采，进一步凸显了薄矿脉开采的特殊问题。

除了安全隐患之外，薄矿脉开采还面临经济效益的制约。在采矿成本中，巷道布置和通风排水等辅助工程占比明显提高，而可回采矿石量有限，导致单位成本居高不下。伴随矿体厚度小，单循环出矿量有限，运输与充填的频率增加，生产组织难以

形成规模效应。稀释率与损失率的控制难度使资源利用率大幅降低,进而影响矿山的整体盈利水平。部分矿山为追求产量,强行采用大断面开采,加剧了贫化和安全风险,也在一定程度上削弱了矿产资源的可持续利用。薄矿脉特殊的地质条件与经济矛盾,使得优化开采方法成为迫切需求。

在矿山生产实践中,薄矿脉开采的挑战不仅来自于矿体本身的地质特征,还涉及与工艺技术配套不足的深层矛盾。传统开采工艺在空间布置、支护方式和充填手段上,往往未能完全适应矿体狭窄、不规则的形态,导致充填不均、采空区悬顶等问题频发。随着开采深度增加,地应力水平不断上升,围岩破坏形式趋于复杂,诱发地压灾害的风险显著提高^[2]。薄矿脉矿石品位常呈现波动性,若回采过程控制不严,则容易出现资源浪费与经济损失并存的情况。如何在薄矿脉条件下实现安全性、经济性与高效性的平衡,成为矿山工程领域长期探索的核心问题。

2 薄矿脉充填采矿法的适用性分析

充填采矿法在薄矿脉开采中的应用价值主要体现在对复杂地质条件的适应性和对资源利用率的提升作用。由于薄矿脉厚度有限,采场暴露空间受限,围岩容易失稳,常规的空场法或房柱法往往无法保证安全生产^[3]。充填采矿法通过在采空区及时回填材料,能够有效支撑顶板,减小围岩移动与应力集中,降低冒顶、片帮和地压灾害发生的风险。充填体在形成稳定结构后,还能改善采场通风和作业环境,为连续回采创造条件。对于薄矿脉这种矿体走向曲折、厚度变化频繁的类型,充填工艺能在狭窄空间内实现灵活布置,从而解决传统工艺无法覆盖或适应性不足的问题。

经济性也是衡量采矿方法适用性的重要指标。薄矿脉因矿体厚度小、单循环出矿量有限,若采场不能得到有效充填,容易造成矿石贫化率升高和资源损失率增加。通过充填作业,不仅能够将采空区隔离开来,减少废石混入矿石的机会,还能控制采场断面形态,使矿体得到相对完整的回收。充填材料的选择和配比优化,可以在降低成本的同时增强充填体强度,兼顾安全与经济效益。在生产组织方面,充填与采矿作业交替进行,能够保持采矿秩序的连续性,避免因安全隐患或采空区失稳而导致的停产。通过这种方式,充填采矿法在薄矿脉条件下能够显著提高矿山整体效益。

随着开采深度的增加和资源条件的复杂化,薄矿脉充填采矿法的适用性也表现出更为突出的优势。深部矿体普遍承受较高的地应力水平,采场暴露后极易诱发大规模岩体破坏。在这种情况下,充填体作为承载与缓冲结构,能够有效调节地应力分布,降低灾害发生的可能性^[4]。充填体还能作为后续采场布置的支撑基础,为实现下盘或上盘的继续回采提供稳定条件。对于薄矿脉这种资源储量有限但分布范围广的矿体类型,充填采矿法不仅提高了开采的安全性和回采率,也延长了矿山的服役年限。充填采矿法在薄矿脉开采中不仅具备现实可行性,更体现了技术与经济层面的综合适应性。

3 薄矿脉充填工艺与参数的优化实践

薄矿脉开采中充填工艺的优化是保障安全与提高回采率的重要环节。由于矿体厚度较小,充填空间受限,若采用传统大规模充填方式,容易出现充填不均匀和材料浪费的问题。在工程实践中,通过调整充填方式和施工工艺,可以显著改善这一矛盾。常见的措施包括采用分段充填和分区施工,将狭窄空间划分为若干可控单元,使充填体在逐步凝固的过程中形成连续支撑^[5]。利用自流充填或泵送充填技术,可以在保证流动性的前提下实现快速充填,从而缩短采充循环周期,减少采场暴露时间,降低安全风险。通过合理组织工序衔接,充填与采矿作业能够实现动态平衡,为薄矿脉的高效开采提供保障。

在参数优化方面,充填材料的配比与性能控制是影响充填效果的关键。薄矿脉条件下,要求充填体既要具备足够的强度以承载顶板压力,又要兼顾流动性和经济性。实践中常采用尾砂胶结充填技术,通过控制胶结剂掺量、固体浓度以及颗粒级配,获得适合狭窄空间灌注的浆体性能。高浓度胶结充填可以提高早期强度,减少充填体收缩和开裂的风险,而中低浓度充填则有助于改善泵送性能和充填均匀性。在参数选择过程中,还需根据矿体深度和地应力水平,合理确定充填体的设计强度与凝固时间,以满足安全生产和连续回采的需要。对充填体长期稳定性的研究表明,合理的配比和养护条件能够显著延长采场的使用周期,为后续作业提供可靠基础。

在优化实践过程中,充填体与采矿工艺的协调同样不容忽视。薄矿脉往往具有走向和倾角变化大的特点,要求充填体在不规则空间中保持稳定性,这需要在采切布置、出矿顺序和充填顺序上进行精

细化设计。采取采充交替方式,使得充填体逐步承载围岩压力,并为下一个回采单元提供支撑,能够有效控制采场变形。结合数值模拟和现场监测技术,可以对充填体受力状态和围岩稳定性进行动态评估,及时调整施工参数^[6]。通过这一系列措施,薄矿脉充填工艺不仅实现了安全与高效的统一,还在资源利用和成本控制方面展现出显著优势,为类似矿体的开采提供了可推广的技术经验。

4 薄矿脉充填开采的安全与效益提升

薄矿脉开采中充填技术的应用不仅解决了采场稳定性不足的问题,还在安全生产方面发挥了不可替代的作用。充填体作为人工围岩,能够有效承担和分散地应力,减少顶板垮落与采空区变形带来的灾害风险。特别是在深部矿体条件下,高地应力往往导致岩体发生剪切破坏或整体滑移,而充填体的存在能够形成支撑屏障,削弱围岩卸荷效应,维持采场结构完整性^[7]。在狭窄的薄矿脉空间中,及时充填还能缩短暴露时间,降低片帮和冒顶的概率,保证作业人员和设备处于相对稳定的环境中。随着监测技术的进步,结合充填体强度检测和围岩变形观测,可以实现对采场稳定性的实时掌控,从而将安全保障水平提升到动态可控的阶段。

在资源回收与经济效益方面,充填采矿法在薄矿脉条件下展现出显著优势。通过充填体支撑采空区,能够严格控制矿石与围岩的分界面,减少贫化和损失现象。矿石回收率的提高直接改善了资源利用率,使有限的薄矿脉资源得以充分开采。充填体填充后可作为工作平台,为上盘或下盘的进一步开采创造条件,延长矿山服务年限并提高产能稳定性。采用尾砂胶结充填或废石回填等方式,还能实现固体废弃物的资源化利用,减少排放与堆存成本,在环境保护与绿色开采方面具有积极意义。这种以采充结合为核心的模式,使薄矿脉开采逐渐摆脱高损失率和高贫化率的局限,向着高效与可持续发展方向迈进。

经济与安全的双重提升不仅依赖于工艺改进,也与管理水平和技术融合密切相关。通过优化充填参数和施工流程,能够降低材料和运输消耗,减少重复作业带来的成本浪费。信息化与智能化手段的引入,使得充填作业在控制精度和效率方面达到新的水平。例如,数值模拟能够预测不同充填强度对采场稳定性的影响,自动化泵送系统可以提高充填

效率并减少人工风险,这些技术进步使薄矿脉充填开采在效益提升方面潜力巨大^[8]。在安全生产得到保障的同时,矿山的经济收益与环境效益也得到兼顾,形成了技术、管理与资源利用的良性循环。通过这种系统性优化,薄矿脉充填开采的安全性与效益得以同步提升,为矿业领域提供了成熟的实践经验。

5 结语

薄矿脉充填采矿的研究与实践表明,该方法能够在复杂地质条件下兼顾安全性与经济性。充填体的合理设计不仅改善了采场的稳定性,还显著降低了贫化率和损失率,使有限资源得到更高效的利用。结合材料配比优化、工艺参数控制和施工流程改进,薄矿脉开采逐渐形成了安全可靠、经济高效的技术体系。安全保障、资源回收与环境效益的同步提升,使这种模式在实际生产中展现出广阔的应用前景,为薄矿脉矿山的持续稳定开采提供了有力支撑。

参考文献

- [1] 王庆刚,杨坤尧,于兴社,等. 导硐式超宽预控顶中深孔落矿嗣后充填采矿法[J].河北冶金,2025,(08):8-13.
- [2] 文高翔. 充填采矿法在矿产资源开采中的应用[J].中国资源综合利用,2025,43(08):85-87.
- [3] 廖九波,袁泉,黄绪兴. 软弱破碎矿体中上向分段分条充填采矿法结构参数优化与应用[J/OL].中国锰业,1-7.
- [4] 左淳,蒋畅,马东华. 薄矿脉金属矿智能开采关键技术与装备系统研究[J].科技视界,2025,15(22):8-10.
- [5] 梁巨理,张庆嵩,林卫星,等. 预留护壁式上向水平充填采矿法采场稳定性研究[J].矿业研究与开发,2025,45(07):63-72.
- [6] 刘广洸. 黄金矿山急倾斜薄矿脉开采技术研究[J].世界有色金属,2025,(11):136-138.
- [7] 钟勇,杨宁,雷江龙. 中深孔分段空场法开采急倾斜软破薄矿脉的实践[J].矿业研究与开发,2025,45(04):9-15.
- [8] 朱国华,段志文,袁兵,等. 薄矿脉复杂采空区群三维模型构建与空区稳定性分析[J].采矿技术,2025,25(02):191-196.

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/>



OPEN ACCESS