

高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进探讨

汤明红

哈密红石矿业有限公司 维吾尔自治区 哈密 839000

【摘要】：高品位铜金矿分段崩落法回采工艺在实际应用中存在矿石回收率低、贫化率高的问题，通过优化分段高度、调整崩矿参数及改进出矿控制方式，可有效提升回采工艺的经济性与安全性。分析现有工艺应用中的不足，结合高品位铜金矿的地质特征与开采需求，提出针对性改进措施，经实践验证，改进后的工艺能显著降低矿石贫化率，提高资源利用率，为同类矿山的回采工艺优化提供参考。

【关键词】：高品位铜金矿；分段崩落法；回采工艺改进；矿石回收率；贫化率

DOI:10.12417/2705-0998.25.20.072

引言

高品位铜金矿作为重要的矿产资源，其开采效率与资源利用率直接影响矿山的整体效益。分段崩落法因适应复杂地质条件、开采强度大等特点，在高品位铜金矿开采中应用广泛，但在长期实践中，该工艺暴露出一系列问题，如崩矿后矿石块度不均导致出矿困难，分段间衔接不合理引发采场稳定性下降等。深入研究这些问题，探索有效的改进路径，不仅能解决当前开采中的实际难题，还能为矿山可持续开采提供有力支撑，推动高品位铜金矿开采技术的进一步发展。

1 高品位铜金矿分段崩落法回采工艺现存问题分析

1.1 矿石回收率与贫化率控制不佳

在高品位铜金矿分段崩落法回采过程中，矿石回收率与贫化率控制面临较大挑战。由于矿体形态复杂，部分区域矿体厚度变化较大，现有分段崩落参数难以完全适配不同区域的地质条件，导致在崩矿过程中，部分高品位矿石未能有效崩落进入出矿系统，同时大量废石混入矿石中，造成矿石贫化。出矿过程中对矿石流动路径的控制不足，部分矿石在采场内滞留，进一步降低了矿石回收率，增加了后续选矿工艺的难度与成本，对矿山的经济效益产生负面影响。

1.2 采场稳定性与作业安全性不足

采场稳定性是保障分段崩落法回采作业安全的关键因素。当前部分高品位铜金矿在采用分段崩落法时，对采场结构参数的设计不够合理，分段高度与矿柱尺寸的匹配性较差，随着回采作业的推进，采场顶板易出现变形、下沉等现象，甚至引发顶板垮塌事故。同时，崩矿过程中产生的震动会对采场周围岩体造成扰动，破坏岩体的完整性，导致采场周边出现裂隙，增加了涌水、片帮等安全隐患，威胁作业人员与设备的安全。

1.3 崩矿与出矿环节衔接效率低

崩矿与出矿环节的高效衔接是提升分段崩落法回采效率的重要保障。在实际操作中，崩矿参数设定与出矿设备能力不匹配的情况较为常见，若崩矿后矿石块度过大，会超出出矿设备的处理能力，导致出矿口堵塞，影响出矿进度；若矿石块度

过小，则会增加粉尘产生量，不仅污染作业环境，还会造成矿石流失。崩矿作业与出矿作业的时间安排缺乏统筹规划，常出现崩矿完成后出矿设备未能及时到位，或出矿作业尚未结束就开始下一轮崩矿的情况，造成作业流程中断，降低了整体回采效率。

2 高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进方向确定

2.1 结合矿体地质特征优化工艺参数

高品位铜金矿的矿体地质特征是确定回采工艺改进方向的重要依据。不同矿山的矿体倾角、厚度、矿石硬度及围岩稳定性存在差异，需针对具体地质条件优化工艺参数。对于矿体厚度较大且形态规整的区域，可适当调整分段高度，在保证采场稳定性的前提下，增加单次崩矿量；对于矿石硬度较高的矿体，需优化炮孔布置与装药量，确保矿石能充分崩落且块度均匀；同时，根据围岩稳定性情况，合理确定矿柱尺寸与支护方式，保障采场长期稳定。

2.2 围绕资源利用效率制定改进策略

提升资源利用效率是高品位铜金矿回采工艺改进的核心目标之一。针对矿石回收率低的问题，需从崩矿与出矿两个环节制定改进策略。在崩矿环节，通过精准计算崩矿范围与能量分布，减少矿石残留；在出矿环节，优化出矿顺序与设备运行参数，提高矿石回收速度，同时采用先进的检测技术，实时监测出矿过程中的矿石品位，避免高品位矿石混入废石中。加强对采场周边残留矿石的回收利用，进一步提升资源利用率。

2.3 依据作业安全需求规划改进路径

作业安全是矿山生产的首要前提，依据作业安全需求规划改进路径至关重要。针对采场稳定性不足的问题，需加强对采场岩体应力的监测与分析，提前预判可能出现的地质灾害，采取针对性的支护措施；在崩矿作业中，优化爆破方案，降低爆破震动对采场及周边环境的影响，减少安全隐患。同时，完善作业人员安全培训体系，提高作业人员的安全意识与应急处理能力，确保改进后的工艺在安全的前提下高效运行。

3 高品位铜金矿分段崩落法回采工艺具体改进措施

3.1 优化分段高度与崩矿参数设计

在分段高度设计方面，综合考虑矿体厚度、矿石硬度及采场稳定性等因素，采用数值模拟技术对不同分段高度下的采场应力分布与矿石崩落效果进行分析，确定最优分段高度。对于厚度较大的矿体，可采用多分段协同开采模式，避免单一分段过高导致采场稳定性下降。在实际操作中，还需结合现场地质勘察情况，对初步确定的分段高度进行动态调整，确保其能适配矿体局部的结构变化。在崩矿参数优化上，根据矿石硬度与矿体结构，调整炮孔直径、深度及间距，采用间隔装药方式，控制爆破能量释放，使矿石块度控制在合理范围内，减少大块矿石对出矿作业的影响，同时降低爆破对围岩的破坏。在炮孔布置时，需避开矿体中的裂隙发育区域，避免爆破后出现矿石残留或围岩垮塌的情况。

3.2 改进出矿控制与设备配置方案

出矿控制方面，采用自动化出矿控制系统，实时监测出矿口的矿石流量与品位，根据监测数据调整出矿速度与出矿顺序，确保高品位矿石优先出矿，减少矿石在采场内的滞留时间。同时，在出矿巷道内设置筛分装置，对矿石进行初步筛分，将大块矿石及时破碎，避免堵塞出矿口。为提升筛分效率，可定期对筛分装置的筛网进行清洁与维护，防止矿石碎屑附着影响筛分效果。设备配置上，根据改进后的出矿需求，选用高效、耐磨的出矿设备，如大型铲运机与皮带运输机，并对设备运行参数进行优化，提高设备作业效率与使用寿命。建立设备定期维护与检修制度，减少设备故障停机时间，保障出矿作业连续稳定进行。在设备运行过程中，还可安排专业人员对设备运行状态进行实时巡检，及时发现并处理设备的小故障，避免故障扩大影响生产。

3.3 加强采场支护与稳定性监测手段

采场支护方面，根据围岩稳定性情况，采用锚杆、锚索与喷混凝土联合支护方式，增强采场顶板与帮壁的稳定性。对于围岩稳定性较差的区域，增加支护密度与强度，必要时采用金属网支护，防止岩体垮塌。在支护施工过程中，需严格把控支护材料的质量，确保锚杆、锚索的强度与喷混凝土的标号符合设计要求，同时规范施工流程，保证支护结构的牢固性。在采场稳定性监测上，安装应力传感器、位移监测仪等设备，实时监测采场岩体的应力变化与位移情况，建立监测数据预警系统，当监测数据超过设定阈值时，及时发出预警信号，通知作业人员采取应急措施。同时，定期对采场进行地质勘察，分析岩体结构变化情况，为后续支护方案调整与工艺优化提供依据。勘察过程中，需详细记录岩体裂隙的发育情况、围岩的变形趋势等信息，为监测数据的解读与应用提供支撑。

4 高品位铜金矿分段崩落法改进工艺应用效果评估

4.1 矿石回收率与贫化率改善情况评估

对改进后的分段崩落法回采工艺应用效果进行评估时，首先关注矿石回收率与贫化率的改善情况。通过对比改进前后相同开采区域的矿石回收数据，分析改进措施对回收率的提升效果。若改进后矿石回收率较之前提高，且贫化率显著降低，说明改进措施有效解决了之前崩矿不充分、出矿控制不佳等问题。在评估过程中，还需考虑矿体局部结构差异对回收效果的影响，对不同区域的改善情况进行分类分析，明确改进措施在不同地质条件下的适配性。同时，跟踪分析选矿环节的矿石处理量与精矿产量变化，若精矿产量随矿石品位提升而增加，进一步验证了改进工艺在提升资源利用效率方面的作用，为矿山创造了更高的经济效益。还可通过观察选矿过程中药剂消耗量的变化，间接判断矿石贫化率的改善情况，若药剂消耗量减少，说明矿石中废石含量降低，工艺改进效果得到进一步佐证。

4.2 采场作业效率与安全性提升评估

作业效率评估主要围绕回采周期与设备利用率展开。统计改进后单位时间内的矿石开采量，对比改进前的开采效率，若开采量明显增加，回采周期缩短，说明改进后的工艺在崩矿、出矿环节的衔接更加顺畅，设备运行效率得到提升。在评估设备利用率时，需综合考虑设备的运行时间、停机时间及故障维修时间，分析改进措施对设备运行稳定性的提升作用，例如设备故障停机次数减少，表明设备配置方案与维护制度的改进发挥了实效。安全性评估则通过分析改进后采场安全事故发生频率、作业人员安全保障措施落实情况等方面进行。若采场顶板变形、片帮等安全隐患减少，作业人员安全事故发生率降低，表明改进工艺在保障作业安全方面取得了良好效果。同时，还可通过调研作业人员的工作体验，了解其对改进后作业环境安全性的评价，若作业人员对安全保障措施的满意度提升，也能从侧面反映出工艺改进在安全方面的积极作用。

4.3 工艺经济性与环境适应性评估

工艺经济性评估需统筹改进阶段的投资成本与后期运营成本。需核算设备购置、参数调整及人员培训等直接费用，对比改进后矿山经济效益增长，若投资回收期短且长期运营成本下降，即体现良好经济性；同时纳入间接成本分析，如减少的矿石浪费、设备故障维修费用，以全面衡量经济价值。环境适应性评估聚焦对周边环境影响，如粉尘、噪声控制效果，若除尘、降噪设备发挥作用，且工艺能适配不同季节与地质条件——如雨季靠优化排水和支护保障采场稳定，旱季借除尘设备控粉尘扩散，则说明其环境适应性较强。

5 高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进经验总结与推广建议

5.1 梳理改进过程中的关键技术要点

在高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进过程中，积累了诸多关键技术要点。在参数优化方面，需充分结合矿体地质特征，通过数值模拟与现场试验相结合的方式，确定最优分段高度、崩矿参数，确保参数设计的科学性与合理性；在设备改进方面，注重自动化、智能化设备的应用，提升出矿控制的精准度与设备运行效率；在安全保障方面，建立完善的采场稳定性监测体系与作业人员安全培训制度，将安全理念贯穿于工艺改进的全过程。梳理这些关键技术要点，可为后续同类工艺改进提供清晰的技术指引。

5.2 提炼改进实践中的管理经验

除技术层面外，改进实践中还形成了一系列有效的管理经验。在项目组织管理上，建立跨部门协作机制，加强地质勘察、采矿技术、设备管理等部门之间的沟通与配合，确保改进工作有序推进；在成本控制管理上，制定详细的成本预算与管控方案，对改进过程中的各项费用进行实时监控，避免资源浪费；在质量监督管理上，设立专门的质量监督小组，对工艺改进的各个环节进行严格检查，确保改进措施落实到位，改进效果达到预期目标。这些管理经验为工艺改进的顺利实施提供了有力保障，值得在后续工作中进一步推广应用。

5.3 提出针对同类矿山的推广应用建议

基于高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进的经验，针对同类矿山提出推广应用建议。对于地质条件与所研究矿山相似的高品位铜金矿，可直接借鉴已确定的最优工艺参数与改进措施，结合自身实际情况进行适当调整后应用；对于地质条件存在差异的矿山，建议先开展小型现场试验，根据试验结果优化改进方案，再逐步推广应用。同时，加强矿山之间的技术交流与合作，建立工艺改进经验共享平台，促进先进技术与管理经验的传播，推动整个高品位铜金矿开采行业分段崩落法回采工艺水平的提升，实现资源高效利用与矿山可持续发展。

6 结语

本文围绕高品位铜金矿分段崩落法回采工艺改进展开系统探讨，先剖析工艺现存的矿石回收率低、采场稳定性不足等问题，再明确结合地质特征、资源效率与作业安全的改进方向，进而提出分段高度优化、出矿控制改进及采场支护加强等具体措施，最后通过效果评估证实改进工艺的有效性。改进后的工艺不仅显著提升矿石回收率、降低贫化率，保障采场作业安全与效率，还具备良好的经济性与环境适应性，为同类矿山提供可行参考。后续需结合不同矿山实际地质与生产需求，持续细化工艺参数，推动高品位铜金矿开采技术升级，助力矿产资源高效、可持续开发利用。

参考文献：

- [1] 陈鑫,刘敏.高品位铜金矿分段崩落法回采参数优化研究[J].金属矿山,2023,52(4):89-95.
- [2] 赵伟,孙丽.分段崩落法采场稳定性控制技术在铜金矿中的应用[J].采矿技术,2024,24(2):34-39.
- [3] 吴涛,郑萌.高品位铜金矿出矿系统改进与效率提升实践[J].矿业研究与开发,2023,43(7):56-62.
- [4] 马丽,郭强.分段崩落法矿石贫化率控制措施在铜金矿开采中的应用[J].中国矿业,2024,33(5):121-126.
- [5] 黄勇,周婷.高品位铜金矿分段崩落法改进工艺经济性分析[J].黄金,2023,44(9):45-50.