

尾矿指标优化与磨矿、浮选工艺参数的关联性分析

申应南
栾川龙宇钼业有限公司

摘要：尾矿指标是衡量选矿工艺效率、资源回收水平及环保达标能力的核心标尺，其优化效果直接取决于磨矿、浮选两大核心工艺的参数匹配度。磨矿工艺决定矿物解离效果与粒度分布，浮选工艺实现有价值组分与脉石矿物的高效分离，二者参数的协同与否，直接影响尾矿品位、粒度级配、有价值组分回收率等关键指标。本文聚焦尾矿指标优化目标，系统分析磨矿、浮选工艺核心参数对尾矿指标的影响机制，揭示各工艺参数与尾矿指标的内在关联，为提升矿山绿色低碳发展提供理论支撑与实践指导。

关键词：尾矿指标；磨矿工艺参数；浮选工艺参数

1 引言

随着矿产资源开发向精细化、绿色化转型，尾矿资源化利用与环保排放要求不断提升，尾矿指标优化已成为选矿行业高质量发展的核心任务。尾矿指标主要包括尾矿品位、有价值组分损失率、粒度分布、含水率等，其优化核心是在降低尾矿有价值组分损失的同时，满足后续资源化利用与环保排放的要求。磨矿与浮选是选矿流程的核心环节，二者构成协同联动的工艺体系：磨矿工艺为浮选提供合格的矿物原料，浮选工艺则决定有价值组分的回收效率与尾矿的最终品质。当前部分研究仅停留在单一工艺参数对选矿指标的影响，缺乏对磨矿、浮选参数协同作用与尾矿指标优化关联性的深度剖析，难以支撑尾矿指标的精准优化。基于此，本文深入分析磨矿、浮选工艺参数与尾矿指标的关联规律，提出协同优化策略，为实际生产中尾矿指标提升与工艺优化提供技术支撑。

2 尾矿指标优化核心目标与评价体系

2.1 核心优化目标

尾矿指标优化的核心目标聚焦三个维度。一是降低有价值组分损失，控制尾矿中有价矿物品位在合理范围，减少资源浪费，提升资源回收利用率；二是优化粒度级配，使尾矿粒度分布均匀，避免过磨产生大量矿泥或欠磨导致粗粒级有价值矿物残留，为后续充填、建筑材料制备等资源化利用奠定基础；三是控制

尾矿含水率与杂质含量，满足环保排放标准，降低后续处理成本，提升尾矿资源化利用的经济性与可行性。

2.2 评价体系

结合选矿实践与行业标准，构建尾矿指标优化评价体系，核心评价指标包括尾矿品位、有价值组分损失率、粒度分布、含水率及杂质含量。尾矿品位直接反映有价值组分损失程度，是评价资源回收效率的核心指标；有价值组分损失率衡量选矿工艺的资源利用水平；粒度分布主要评价-200目粒级占比及均匀度，影响尾矿资源化利用适配性；含水率与杂质含量则直接关系环保排放与后续处理成本，共同构成尾矿指标优化的综合评价标准。

3 磨矿工艺参数与尾矿指标的关联性分析

3.1 磨矿浓度与尾矿指标的关联

磨矿浓度直接影响研磨效率、矿物解离度及矿浆流动性，进而关联尾矿指标优化效果。磨矿浓度过高，矿浆粘滞性增加，钢球冲击与研磨效果下降，导致矿物解离不充分，粗粒级有价值矿物残留量增加，尾矿品位升高、有价值组分损失率上升。磨矿浓度过低，研磨效率降低，易产生过磨现象，大量矿泥进入浮选系统，不仅会吸附浮选药剂、降低浮选效率，还会导致尾矿细粒级占比过高，影响尾矿粒度级配，增加后续脱水与资源化利用难度。实践表明，金属矿磨矿浓度控制在65%-75%时，可实现解离度与粒度分布的平衡，有效降低尾矿有价值组分损失。

3.2 磨矿细度与尾矿指标的关联

磨矿细度是决定矿物单体解离度的关键参数，与尾矿指标呈现显著的正相关关系。磨矿细度不足，矿物解离不充分，有价值矿物与脉石矿物形成连生体，难以通过浮选分离，导致尾矿中有价值组分残留量增加，尾矿品位升高。磨矿细度过高，会产生大量矿泥，引发浮选“泥化”问题，降低有价值组分回收效率，同时导致尾矿细粒级占比超标，影响尾矿充填强度与建筑材料制备性能。不同矿石类型的磨矿细度需求存在差异，钨多金属矿适宜的磨矿细度需匹配矿物嵌布粒度区间，避免过粉碎导致金属损失增加。

3.3 钢球配比与尾矿指标的关联

钢球配比决定磨矿过程中的冲击与研磨效果，间接影响尾矿指标。钢球配比不合理，会导致研磨效果不均，要么粗粒级矿物无法有效解离，要么产生过量矿泥。大直径钢球过多，冲击作用过强，易导致矿物过粉碎，增加尾矿细粒级占比；小直径钢球过多，研磨作用不足，矿物解离不充分，尾矿品位升高。合理的钢球配比需结合矿石硬度、嵌布特性调整，通过精准配比可减少过磨与欠磨现象，优化尾矿粒度分布，降低有价值组分损失率。

3.4 分级效率与尾矿指标的关联

分级效率是磨矿工艺的辅助参数，其高低直接影响磨矿产品的粒度稳定性，进而关联尾矿指标。分级效率过低，粗粒级矿物未被有效返回磨矿系统，直接进入浮选环节，导致解离不充分，尾矿品位升高；分级效率过高，会将部分细粒级矿物返回磨矿系统，造成过磨，产生大量矿泥，影响尾矿粒度级配与浮选效果。水力旋流器、螺旋分级机的运行参数直接影响分级效率，优化分级参数可提升磨矿产品粒度稳定性，为尾矿指标优化奠定基础。

4 浮选工艺参数与尾矿指标的关联性分析

4.1 矿浆浓度与尾矿指标的关联

矿浆浓度是浮选工艺的核心参数，直接影响药剂分散、气泡与矿物的附着效率，进而关联尾矿指标。浮选矿浆浓度过高，矿浆流动性差，药剂分散不均，气泡与矿物碰撞概率降低，有价值组分浮选回收率下降，尾矿品位升高；矿浆浓度过低，药剂浓度被稀释，气泡吸附能力减弱，同样会降低回收效率，且会增加浮选废水排放量，提升处理成本。不同浮选阶段的矿浆浓度需求不同，粗选阶段采用高浓度保回收，精选阶段采用低浓度提质，合理调控可有效降低尾矿有价值组分损失。

4.2 药剂制度与尾矿指标的关联

药剂制度包括药剂种类、用量及添加顺序，是决定浮选分离效果的关键，与尾矿指标密切相关。捕收剂用量不足，有价值矿物无法有效附着在气泡上，会随尾矿排出，导致尾矿品位升高；用量过多，会导致脉石矿物被误选，同样影

响尾矿品质。抑制剂用量不合理，无法有效抑制脉石矿物，会导致浮选分离选择性下降，尾矿杂质含量升高。起泡剂用量不足，气泡数量不足，影响有价矿物上浮；用量过多，气泡过于密集，会导致浮选泡沫夹带脉石，增加尾矿品位。针对不同矿物类型优化药剂制度，可显著提升分离效果，优化尾矿指标。

4.3 浮选时间与尾矿指标的关联

浮选时间直接影响有价组分的上浮分离效果，与尾矿指标呈现明确关联。浮选时间不足，有价矿物未充分上浮，会残留于尾矿中，导致尾矿品位升高、有价组分损失率上升；浮选时间过长，会增加脉石矿物的夹带量，导致尾矿杂质含量升高，同时增加能耗与生产成本。不同浮选阶段的时间需求不同，粗选阶段需保证足够时间捕获有价矿物，精选阶段需控制时间减少脉石夹带，扫选阶段需合理延长回收残留有价矿物，优化时间分配可实现尾矿指标与生产成本的平衡。

4.4 充气量与尾矿指标的关联

充气量影响气泡的数量、大小及分布，进而影响浮选分离效率与尾矿指标。充气量不足，气泡数量过少，有价矿物与气泡碰撞概率降低，回收效率下降，尾矿品位升高；充气量过大，气泡流速过快，气泡与矿物附着时间不足，且会导致泡沫翻腾剧烈，夹带大量脉石矿物，增加尾矿杂质含量与品位。合理控制充气量，可优化气泡尺寸与分布，提升有价矿物上浮效率，降低尾矿有价组分损失与杂质含量。

参考文献

[1]李健灵,龚学东,赵艳伟.某铜矿山高效磨矿工艺条件优化研究[J].有色金属（选矿部分）,2025(12):65-72