

磨矿浓细度稳定性对浮选尾矿资源化利用的影响

荆振国
栾川龙宇钼业有限公司

摘要：磨矿作业作为浮选工艺的前置核心环节，其浓细度稳定性直接决定浮选尾矿的矿物组成、粒度分布及理化特性，进而影响尾矿资源化利用的效率、品质与经济性。本文结合选矿工艺实践，聚焦磨矿浓细度波动的产生机制，系统分析其对浮选尾矿有价组分回收、充填采矿利用、建筑材料制备三大资源化路径的具体影响，揭示浓细度稳定性与尾矿利用效能的内在关联，提出针对性的磨矿浓细度调控优化策略，为提升浮选尾矿资源化利用水平、推动矿山绿色低碳发展提供理论支撑与实践指导。

关键词：磨矿浓细度；稳定性；浮选尾矿

1 磨矿浓细度稳定性的核心影响因素

1.1 给矿条件波动

给矿量与给矿粒度的不稳定是导致磨矿浓细度波动的首要因素。给矿量过大易造成球磨机过载，研磨不充分，导致磨矿细度偏粗、浓度偏高；给矿量过小则会降低研磨效率，出现过磨现象，使细度偏细、浓度偏低。给矿粒度波动会打破磨矿系统的动态平衡，入料中粗颗粒占比过高时，研磨负荷增加，细度难以达标；细颗粒占比过高则易导致矿浆粘滞，浓度失控，尤其黏土类矿物含量较高时，该现象更为突出。此外，给矿矿石硬度不均也会影响研磨效果，高硬度矿石会延长研磨时间，导致细度波动。

1.2 设备运行状态

磨矿设备的运行精度与磨损程度直接影响浓细度稳定性。球磨机衬板、钢球的磨损会改变研磨介质的冲击与研磨效果，导致磨矿产品粒度分布变宽，合格粒级占比下降。分级设备运行异常同样引发波动，水力旋流器给矿压力波

动、沉砂嘴直径磨损会导致分级溢流细度不稳，螺旋分级机转速偏差则会影响分级效率，使磨矿产品浓度与细度出现明显波动。设备密封性能下降导致的矿浆泄漏，也会破坏磨矿系统浓度平衡。

1.3 工艺参数设置

磨矿工艺参数的不合理设置的是浓细度波动的重要诱因。磨矿浓度控制不当，金属矿研磨浓度偏离 65%-75% 的合理范围，会导致研磨效率与产品质量双重下降；分级参数与磨矿参数不匹配，会造成磨矿产品循环负荷异常，引发细度波动。此外，浮选作业的矿浆循环回流也会影响磨矿系统浓度，回流矿浆量不稳定会打破磨矿系统的浓度平衡，进一步加剧浓细度波动。

1.4 操作管控水平

现场操作管控的规范性直接决定浓细度稳定性。操作人员未及时根据给矿条件、设备状态调整工艺参数，会导致磨矿系统长期处于非稳定状态。磨矿过程中未对矿浆浓度、细度进行实时监测，或监测数据滞后，无法及时发现并调整波动，会导致浓细度偏差持续扩大。此外，设备定期维护保养不到位，未及时调整衬板间隙、钢球配比，也会导致磨矿性能下降，浓细度稳定性降低。

2 磨矿浓细度稳定性对浮选尾矿资源化利用的影响

2.1 对尾矿有价值组分回收的影响

有价值组分回收是浮选尾矿资源化利用的重要路径，其效率与回收率直接取决于尾矿中目的矿物的单体解离度与粒度分布，而磨矿浓细度稳定性是决定这两个指标的关键。磨矿细度不稳定，会导致目的矿物解离不充分，部分有价值矿物以连生体形式残留于尾矿中，降低回收效率；过磨现象则会产生大量矿泥，增加矿物表面能，导致细粒有价值矿物团聚，难以被有效回收，同时矿泥会吸附浮选药剂，进一步降低回收效果。磨矿浓度波动会影响浮选药剂的分散性与作

用效果，浓度过高导致药剂分散不均，浓度过低则会降低药剂利用率，均会导致尾矿中有价组分品位波动，增加回收工艺的控制难度。例如在浮钼尾矿白钨回收中，磨矿浓度波动会导致粗精矿浓度不稳定，影响加温脱药效果，降低白钨精矿品位与回收率。

2.2 对尾矿充填采矿利用的影响

矿山充填是浮选尾矿规模化资源化利用的主要方式，其核心要求是充填体具有足够的强度与稳定性，而这一要求直接依赖于尾矿的粒度分布与浆体流动性，受磨矿浓细度稳定性影响显著。磨矿细度波动会导致尾矿粒度分布不均，粗颗粒过多会降低充填浆体的流动性，造成管道堵塞；细颗粒过多则会增加浆体粘度，影响充填体密实度，导致充填体强度不足。磨矿浓度不稳定会直接影响充填浆体浓度，浓度过低会增加胶结材料消耗量，提高充填成本，同时降低充填体强度；浓度过高则会导致浆体流动性差，无法均匀充填至采空区，形成充填空洞，影响采矿安全。实践表明，将充填浆体浓度稳定控制在合理范围，可显著提升尾矿消耗量，缓解采充不平衡问题，同时降低胶结材料消耗。

2.3 对尾矿建筑材料制备的影响

浮选尾矿制备建筑材料是实现资源循环利用的重要方向，主要用于生产混凝土骨料、墙体材料等，其产品性能依赖于尾矿的粒度级配、化学成分及稳定性。磨矿浓细度不稳定会导致尾矿粒度级配失衡，粗颗粒过量或细颗粒过多，均会影响建筑材料的强度与耐久性。例如制备混凝土骨料时，尾矿粒度波动会导致骨料级配不合理，降低混凝土的抗压强度与密实度；生产墙体材料时，过细的尾矿会增加成型难度，且干燥后易产生开裂现象。磨矿浓度波动会影响尾矿脱水效率，脱水后的尾矿含水率不稳定，会导致建筑材料成型质量波动，出现强度不均、表面起砂等问题，降低产品合格率。此外，浓细度波动还会导致尾矿中杂质分布不均，影响建筑材料的环保性能与使用安全性。

3 提升磨矿浓细度稳定性的优化策略

3.1 优化给矿条件管控

采用精准给矿控制系统，通过皮带秤实现给矿量的实时监测与自动调节，将给矿量波动控制在合理范围。对入料矿石进行预先筛分，去除大块杂质，均匀入料粒度，避免粗颗粒集中进入磨矿系统；针对矿石硬度不均问题，采用分批次研磨方式，根据矿石硬度调整研磨时间，确保研磨效果均匀。对入料矿石进行预处理，降低黏土类矿物对矿浆浓度的影响，避免矿浆粘滞导致的浓度失控。

3.2 强化设备维护与优化

建立磨矿设备定期维护保养制度，定期检查球磨机衬板、钢球的磨损情况，及时更换磨损部件，调整钢球配比，确保研磨介质的冲击与研磨效果稳定。优化分级设备运行参数，校准水力旋流器给矿压力，定期检查沉砂嘴磨损情况，及时调整螺旋分级机转速，提升分级效率。采用高稳定性磨矿设备，优化设备密封性能，避免矿浆泄漏，确保磨矿系统浓度平衡。

3.3 精准调控磨矿工艺参数

根据矿石性质与浮选工艺要求，确定合理的磨矿浓度与细度范围，金属矿磨矿浓度控制在 65%-75%，黏土类矿物调整至 55%-65%。优化磨矿与分级参数的匹配性，合理控制循环负荷，避免过磨与欠磨现象。采用阶段磨矿工艺，粗磨与细磨分段进行，粗磨阶段去除大部分毛坯余量，细磨阶段精准控制细度，提升浓细度稳定性。规范浮选矿浆循环回流管理，稳定回流矿浆量，避免对磨矿系统浓度造成冲击。

3.4 完善监测与管控体系

搭建磨矿浓细度实时监测系统，采用在线检测设备，实时采集矿浆浓度、细度数据，实现数据实时传输与异常预警。建立操作人员培训体系，提升操作规范性，确保操作人员能够及时根据监测数据、设备状态调整工艺参数。建立

浓细度波动应急预案，针对不同类型的波动，制定针对性的调整措施，快速恢复磨矿系统稳定，减少对浮选尾矿品质的影响。

参考文献

[1]陈蕾蕾. 浮选尾矿高效回收工艺优化与资源化利用路径研究[J]. 工程技术, 2026(1):005-008