

磨矿细度对钼矿浮选指标的影响及最优区间确定

胡远方

栾川龙宇钼业有限公司

摘要：磨矿作业是钼矿浮选的前提环节，其细度直接决定辉钼矿单体解离度、矿浆分散性及药剂作用效率，进而显著影响浮选指标。为优化钼矿浮选工艺、提升资源回收效率，本文阐述磨矿细度对钼矿浮选的核心影响机制，通过实验对比不同磨矿细度下钼精矿品位、回收率及尾矿品位等关键指标的变化规律，分析磨矿不足与过磨的危害，结合钼矿嵌布特性与浮选工艺要求，确定磨矿细度最优区间，提出优化控制措施，为钼矿浮选生产中磨矿细度的精准调控提供理论支撑与实践参考。

关键词：磨矿细度；钼矿浮选；单体解离度；浮选指标；最优区间

1 引言

钼作为重要的战略金属，广泛应用于钢铁、新能源、军工装备等领域，全球 99% 的钼产量来自辉钼矿浮选回收。随着钼矿资源的大规模开发，富矿资源日益枯竭，低品位钼矿成为主要开发对象，这类矿石脉石含量高、辉钼矿嵌布粒度不均，对浮选工艺提出更高要求。当前，部分钼矿浮选生产中存在磨矿细度调控不合理、资源回收率偏低等问题。因此，系统研究磨矿细度对钼矿浮选指标的影响，确定最优磨矿区间，对提升钼矿浮选效率、降低生产成本、保障战略资源高效利用具有重要的理论与现实意义。

2 磨矿细度对钼矿浮选的影响机制

2.1 影响辉钼矿单体解离度

辉钼矿多呈片状、束状或团块状浸染嵌布于脉石矿物中，嵌布粒度变化较大，粗细分布不均。磨矿细度不足时，辉钼矿与石英、长石等脉石矿物无法充分解离，大量连生体进入浮选体系，导致脉石矿物随辉钼矿一同上浮，降低钼精矿品位，同时部分包裹在脉石中的辉钼矿无法与药剂接触，造成资源损失，降低回收率。磨矿细度适宜时，辉钼矿单体解离度达到最佳，可最大限度实现

辉钼矿与脉石矿物的分离，为提升浮选指标提供保障。

2.2 影响矿浆浮选特性

磨矿细度直接决定矿浆的粒度组成与分散性。磨矿过细会产生大量微细矿泥，矿泥比表面积大、表面能高，易发生团聚现象，导致矿浆黏度升高、流动性变差，影响矿粒与药剂的接触效率。同时，微细矿泥会吸附大量浮选药剂，增加药剂消耗，且易罩盖在辉钼矿表面，抑制其可浮性，导致浮选分离效果恶化。磨矿不足时，矿粒粒度偏大，沉降速度快，难以在矿浆中均匀分散，同样会影响药剂吸附与浮选分离效果。

2.3 影响药剂作用效率

浮选药剂的作用效果依赖于矿粒表面与药剂的有效接触。辉钼矿具有良好的天然可浮性，通常采用煤油、柴油等烃类油作为捕收剂，2#油作为起泡剂。磨矿细度适宜时，辉钼矿单体解离充分，表面活性位点充足，捕收剂可快速吸附于辉钼矿表面，增强其疏水性，促进气泡附着，提升浮选效率。磨矿不足时，连生体表面脉石矿物占比高，捕收剂易吸附于脉石表面，降低药剂利用率；磨矿过细时，矿泥吸附大量药剂，不仅增加药剂消耗，还会降低辉钼矿表面药剂吸附量，影响浮选效果。

3 磨矿细度对钼矿浮选指标的实验影响分析

3.1 实验基础条件

实验原矿为低品位钼矿，原矿钼品位 0.1% 以下，主要脉石矿物为石英、长石、黑云母等，辉钼矿呈中细粒不均匀分布。实验采用锥形球磨机进行磨矿，挂槽浮选机进行浮选，捕收剂选用煤油，起泡剂选用 2#油，矿浆质量浓度控制在 32%，搅拌转速 2000r/min，充气量根据浮选机规格合理调整。实验选取磨矿细度梯度为-0.074mm 含量 45%、55%、65%、70%、75%，分别进行浮选实验，计算各细度下钼精矿品位、回收率及尾矿品位。

3.2 实验结果分析

实验结果显示，磨矿细度对钼矿浮选指标的影响呈现明显的规律性。当磨

矿细度从-0.074mm 含量 45%升至 55%时，辉钼矿单体解离度显著提升，钼精矿品位从 2.0%升至 3.89%，回收率从 86.5%升至 91.52%，尾矿品位从 0.018%降至 0.012%，浮选指标改善显著。

当磨矿细度从 55%升至 65%时，单体解离度持续提升，但提升幅度放缓，钼精矿品位升至 4.10%，回收率升至 93.0%，尾矿品位降至 0.010%，浮选指标仍有小幅优化。当磨矿细度继续升至 70%时，钼精矿回收率仅提升至 93.65%，品位基本保持稳定，而矿泥量开始增加，药剂消耗上升。当磨矿细度升至 75%时，过磨现象明显，矿泥大量产生，出现矿泥罩盖现象，钼精矿品位降至 3.95%，回收率降至 92.8%，尾矿品位升至 0.011%，浮选指标出现恶化。

3.3 磨矿不足与过磨的危害总结

磨矿不足的核心危害是辉钼矿单体解离不充分，连生体含量过高，导致钼精矿品位偏低，资源回收率不足，造成钼矿资源浪费，同时增加后续浮选分离难度，无法实现资源高效回收。磨矿过磨的核心危害是产生大量微细矿泥，引发矿浆黏度升高、药剂消耗增加、辉钼矿可浮性抑制等问题，不仅导致浮选指标恶化，还会增加磨矿环节的能耗与钢耗，提升生产成本，降低生产效益。

4 磨矿细度最优区间确定及优化控制措施

4.1 最优区间确定

综合实验数据分析，当磨矿细度控制在-0.074mm 含量 55%-65%时，浮选指标达到最佳状态。此区间内，辉钼矿单体解离度适宜，既避免了磨矿不足导致的连生体过多问题，又防止了过磨产生的矿泥危害，钼精矿品位稳定在 3.90%-4.10%，回收率维持在 91.5%-93.0%，尾矿品位低于 0.012%，同时磨矿能耗、钢耗及药剂消耗处于合理范围，实现浮选指标与生产成本的协同优化。

对于嵌布粒度更细的钼矿，可将最优区间微调至-0.074mm 含量 60%-70%，确保辉钼矿充分解离；对于嵌布粒度较粗的钼矿，最优区间可调整至-0.074mm 含量 50%-60%，避免过磨造成的成本浪费。

4.2 优化控制措施

首先优化磨矿工艺参数，根据原矿嵌布特性，合理调整球磨机转速、介质配比及磨矿时间，确保磨矿细度稳定在最优区间，减少磨矿不足与过磨现象。

其次加强原矿性质检测，定期分析原矿钼品位、嵌布粒度分布，根据检测结果动态调整磨矿参数，提升磨矿针对性。三是采用分级磨矿工艺，对粗粒级矿浆进行二次磨矿，对细粒级矿浆直接进入浮选环节，实现粗细分级处理，优化磨矿效率。四是添加分散剂，当磨矿过程中矿泥量偏高时，适量添加水玻璃等分散剂，分散微细矿泥，减少矿泥罩盖，提升浮选效果。五是建立磨矿细度在线监测系统，实时监测磨矿细度变化，及时调整磨矿参数，确保细度稳定，保障浮选指标持续优化。

5 结论

磨矿细度是影响钼矿浮选指标的核心参数，通过影响辉钼矿单体解离度、矿浆特性及药剂作用效率，直接决定钼精矿品位、回收率及生产成本。磨矿不足会导致辉钼矿解离不充分，降低浮选指标；磨矿过磨会产生大量矿泥，引发浮选恶化，同时增加生产成本。

实验研究表明，对于低品位钼矿，磨矿细度最优区间为-0.074mm 含量 55%-65%，此区间内浮选指标最佳，可实现钼精矿品位与回收率的协同提升，同时控制生产成本。实际生产中，需结合原矿嵌布特性，动态调整磨矿参数，加强磨矿过程管控，采用分级磨矿、添加分散剂等措施，确保磨矿细度稳定在最优区间，提升钼矿浮选效率与资源回收利用率，为钼矿浮选生产提供技术支撑。

参考文献

[1] 张红英,刘进,徐少华,林恬盛.某低品位钼矿选矿工艺试验研究[J].有色金属（选矿部分）,2024(2):88-92122