

钼矿浮选泡沫稳定性调控及精矿品位提升研究

栗永昌
栾川龙宇钼业有限公司

摘要：泡沫是钼矿浮选分离的核心载体，其稳定性直接影响矿粒分选效率、浮选指标及精矿产品质量。当前钼矿浮选生产中，普遍存在泡沫稳定性失衡问题，过稳导致脉石夹带严重、精矿品位偏低，过弱则造成钼矿物流失、回收率下降。本文阐述钼矿浮选泡沫的形成机制与稳定性影响因素，分析泡沫稳定性失衡对浮选指标的危害，研究泡沫稳定性调控技术路径，提出兼顾精矿品位与回收率的优化方案，为钼矿浮选工艺优化、精矿品位提升提供理论支撑与实践参考。

关键词：钼矿浮选；泡沫稳定性；调控技术；精矿品位；矿粒分选

1 引言

钼作为稀缺战略金属，其精矿产品广泛应用于冶金、化工、新能源等高端领域，浮选是钼矿资源回收的核心工艺，而泡沫的形成与稳定是浮选分离的关键环节。泡沫在浮选过程中承担矿粒承载、分离与输送功能，其稳定性需维持在合理区间，才能实现辉钼矿与脉石矿物的高效分离。当前，泡沫稳定性调控不合理已成为制约钼矿精矿品位提升的主要瓶颈。因此，开展钼矿浮选泡沫稳定性调控研究，明确调控路径，实现精矿品位与回收率的协同提升，具有重要的理论价值与工业应用意义。

2 钼矿浮选泡沫的形成机制及稳定性影响因素

2.1 泡沫形成机制

钼矿浮选过程中，通过浮选机充气产生微小气泡，气泡上升过程中，经捕收剂作用的辉钼矿颗粒因疏水性较强，会快速吸附于气泡表面，形成气-固-液三相共存的泡沫体系。泡沫的形成本质是气液界面张力降低、气泡表面形成稳定吸附层的过程，辉钼矿颗粒的吸附的可增强气泡表面强度，延缓泡沫破裂，为矿粒分离提供时间保障。

2.2 泡沫稳定性主要影响因素

影响钼矿浮选泡沫稳定性的因素主要分为四类，分别是药剂因素、矿浆因素、操作因素及矿石性质因素。

药剂因素是核心影响因素，起泡剂的种类与用量直接决定泡沫的初始稳定性，常用的 2#油、松醇油等起泡剂，可降低气液界面张力，形成致密的泡沫膜，增强泡沫稳定性，但用量过高会导致泡沫过稳，用量不足则泡沫易破裂。捕收剂用量过高会导致矿粒过度疏水，大量脉石颗粒吸附于气泡表面，破坏泡沫均匀性；调整剂可通过改变矿粒表面性质，间接影响泡沫稳定性。

矿浆因素主要包括矿浆浓度、pH 值及矿泥含量。矿浆浓度过高会增加矿浆黏度，延缓泡沫上升速度，导致泡沫堆积过厚、稳定性异常；pH 值过高或过低会破坏药剂吸附效果，影响矿粒与气泡的结合效率，进而改变泡沫稳定性；矿泥含量过高会吸附大量药剂，同时附着于气泡表面，破坏泡沫膜结构，导致泡沫稳定性下降。

操作因素主要包括充气量、搅拌转速。充气量过大，气泡尺寸不均，泡沫易合并破裂；充气量过小，气泡数量不足，泡沫形成困难，稳定性较差。搅拌转速过高会破坏已形成的泡沫，转速过低则矿粒与气泡接触不充分，泡沫负载能力不足。

矿石性质因素主要体现在辉钼矿嵌布粒度与单体解离度，解离充分的辉钼矿颗粒可均匀吸附于气泡表面，增强泡沫稳定性；嵌布过细或解离不充分，会导致矿粒吸附不均，泡沫膜强度不足，稳定性下降。

3 泡沫稳定性失衡对钼矿浮选指标的危害

3.1 泡沫过稳的危害

泡沫过稳是钼矿浮选生产中最常见的问题，主要表现为泡沫韧性强、不易破裂、堆积过高。其核心危害是导致脉石夹带严重，大量石英、长石等脉石颗粒随泡沫一同刮出，直接降低钼精矿品位，增加后续精选难度。同时，泡沫过稳会导致浮选泡沫停留时间过长，矿粒在泡沫中分层不明显，部分已吸附的脉石颗粒无法脱落，进一步加剧精矿品位下降。此外，泡沫过稳还会导致浮选槽内泡沫溢出，造成矿浆浪费，增加生产现场清理难度。

3.2 泡沫过弱的危害

泡沫过弱表现为泡沫易破裂、寿命短，无法有效承载矿粒。其核心危害是导致辉钼矿颗粒流失，已吸附于气泡表面的辉钼矿颗粒，会随泡沫破裂重新落入矿浆中，无法被有效刮出，降低钼回收率，造成资源浪费。同时，泡沫过弱会导致浮选分离效率下降，矿粒分选不彻底，不仅影响精矿产量，还会增加尾矿中钼含量，提升资源损失率。此外，泡沫过弱会导致浮选过程不稳定，难以实现连续生产，影响生产效率。

4 钼矿浮选泡沫稳定性调控技术及精矿品位提升路径

4.1 药剂调控技术

药剂调控是泡沫稳定性调控的核心手段，重点通过优化药剂配比与用量，实现泡沫稳定性与分选效率的协同。合理选择起泡剂种类，针对低品位钼矿，优先选用选择性强、泡沫韧性适中的起泡剂，替代传统单一起泡剂，减少泡沫过稳现象。严格控制起泡剂用量，根据原矿性质与浮选工况，动态调整用量，避免用量过高或过低。

优化捕收剂与调整剂配比，减少捕收剂过量使用导致的脉石夹带，通过添加抑制剂，抑制脉石矿物可浮性，减少脉石颗粒在气泡表面的吸附，提升泡沫分选选择性。合理添加消泡剂，当泡沫过稳时，适量添加消泡剂，破坏过量泡沫膜结构，降低泡沫稳定性，减少脉石夹带；当泡沫过弱时，减少消泡剂用量，配合起泡剂调整，增强泡沫稳定性。

4.2 矿浆调控技术

矿浆调控主要通过优化矿浆理化性质，为泡沫稳定提供良好环境。控制矿浆浓度在合理范围，根据矿石性质调整矿浆浓度，避免浓度过高导致的泡沫堆积与稳定性异常。优化矿浆 pH 值，通过添加酸碱调整剂，将矿浆 pH 值控制在适宜区间，提升药剂吸附效率，促进辉钼矿与脉石矿物分离，稳定泡沫结构。

强化矿泥预处理，采用分级、脱泥工艺，去除矿浆中过量微细矿泥，减少矿泥对泡沫膜的破坏，提升泡沫稳定性。添加分散剂，改善矿浆分散性，避免矿粒团聚，确保辉钼矿颗粒均匀吸附于气泡表面，增强泡沫稳定性与分选效果。

4.3 操作调控技术

操作调控重点通过优化浮选操作参数，实现泡沫稳定性的动态控制。精准控制充气量，根据浮选机规格与矿石性质，调整充气量，确保气泡尺寸均匀、数量适宜，避免充气量过大或过小导致的泡沫稳定性失衡。优化搅拌转速，兼顾矿粒与气泡的接触效率和泡沫结构完整性，避免转速过高破坏泡沫或转速过低导致的接触不充分。

调整泡沫刮出速度，根据泡沫形成速度与稳定性，动态调整刮泡速度，泡沫过稳时加快刮泡速度，减少泡沫堆积与脉石夹带；泡沫过弱时减慢刮泡速度，避免泡沫破裂导致的矿粒流失。建立泡沫稳定性在线监测机制，实时观察泡沫形态、颜色与韧性，及时调整调控参数，确保泡沫稳定性维持在最优区间。

5 结论

钼矿浮选泡沫稳定性是影响精矿品位与回收率的核心因素，其稳定性受药剂、矿浆、操作及矿石性质多方面影响，过稳或过弱均会导致浮选指标恶化。通过药剂调控、矿浆调控、操作调控构建的精准调控体系，可有效将泡沫稳定性维持在最优区间，减少脉石夹带与钼矿物流失。

实验验证表明，优化药剂配比、控制矿浆理化性质、精准调整操作参数，可显著提升钼精矿品位与回收率，解决低品位钼矿浮选过程中泡沫稳定性失衡的难题。实际生产中，需结合原矿性质与浮选工况，动态调整调控参数，实现泡沫稳定性的精准控制，为钼矿浮选工艺优化、精矿品位提升提供技术支撑，推动钼矿资源高效回收利用。

参考文献

[1] 彭力,王小候,矣建林.某矿山磨矿过程智能优化控制技术研究及应用[J].现代矿业,2026,42(2):244-249