

# 钼矿石浮选工艺优化提高钼精粉品位研究

杜迎川

栾川龙宇钼业有限公司

**摘要：**钼作为重要的战略性稀有金属，广泛应用于钢铁、电子、化工等领域，钼精粉品位直接决定其经济价值和工业应用潜力。针对当前钼矿石浮选过程中存在的精粉品位偏低、杂质去除不彻底、浮选效率不足等问题，本文通过分析影响钼矿石浮选的关键因素，开展浮选工艺优化试验研究。采用单因素变量法，分别对磨矿细度、药剂制度、浮选操作参数进行优化，确定最优工艺参数组合。试验结果表明，优化后的浮选工艺可有效提高钼精粉品位，降低脉石矿物及有害杂质含量，同时保证较高的钼回收率。

**关键词：**钼矿石；浮选工艺；工艺优化；钼精粉品位；资源利用

## 1 引言

钼是一种高熔点、高强度的稀有金属，其合金具有优异的耐高温、耐腐蚀、耐磨性能，在高端制造、航空航天、新能源等领域占据不可替代的地位。随着工业产业的升级，市场对高品位钼精粉的需求日益增长，而我国钼矿石资源多为低品位、嵌布粒度细、共生关系复杂的矿石类型，传统浮选工艺难以实现钼矿物与脉石矿物的高效分离，导致钼精粉品位偏低，无法满足高端工业应用要求。

浮选是钼矿石选矿的核心工艺，其原理基于矿物表面物理化学性质的差异，通过添加浮选药剂改变矿物表面疏水性，使钼矿物附着于气泡表面实现分离。当前钼矿石浮选过程中，普遍存在磨矿细度不合理、药剂配比失衡、浮选操作参数不当等问题，导致脉石矿物难以有效抑制，钼精粉中二氧化硅、硫化

铁等杂质含量偏高，制约了钼精粉品质的提升。

## 2 试验原料与设备

试验所用钼矿石取自某钼矿生产现场，矿石主要矿物组成包括辉钼矿、石英、长石、黄铁矿等，其中辉钼矿为主要目的矿物，嵌布粒度较细，多呈细粒状、片状分布，与脉石矿物共生关系密切。通过化学分析和工艺矿物学检测，原矿钼品位为 0.16%，二氧化硅含量为 68.3%，黄铁矿含量为 3.7%，其他杂质含量较低。试验前将原矿破碎、混匀，确保试样代表性。

试验所用主要设备包括 XMQ 型锥形球磨机、XFD 型单槽浮选机、电子天平、鼓风干燥箱等。其中单槽浮选机用于浮选试验，有效容积为 0.5L，可调节搅拌速度和充气量；锥形球磨机用于磨矿试验，控制磨矿细度；电子天平精度为 0.001g，用于药剂称量和产品称量；鼓风干燥箱用于产品烘干，温度可控范围为 50-200℃，确保产品水分符合检测要求。

试验所用浮选药剂均为工业级药剂，包括捕收剂、起泡剂、抑制剂。捕收剂选用 LKD-3 捕收剂，其对辉钼矿具有良好的选择性，能有效增强钼矿物表面疏水性；起泡剂选用甲基异丁基甲醇，起泡能力强、泡沫稳定性适中，可保证浮选过程中气泡均匀分布；抑制剂选用水玻璃和石灰，水玻璃用于抑制石英等脉石矿物，石灰用于调节矿浆 pH 值并辅助抑制黄铁矿等有害杂质矿物。

## 3 试验方法与方案

试验采用单因素变量法，分别研究磨矿细度、药剂用量、矿浆 pH 值、搅拌速度、浮选时间等关键参数对钼精粉品位和回收率的影响。每次试验仅改变一个变量，其他参数保持不变，通过检测浮选产品的钼品位和回收率，确定各参数的最优范围。

试验首先确定基础工艺参数，在此基础上开展单因素优化试验。基础参数设定为：磨矿细度-0.074mm 占 70%，LKD-3 捕收剂用量 120g/t，甲基异丁基甲醇起泡剂用量 20g/t，水玻璃抑制剂用量 800g/t，石灰用量 500g/t，矿浆 pH 值 7.5，搅拌速度 1800r/min，浮选时间 8min。

磨矿细度试验，分别设置-0.074mm 占 65%、70%、75%、80%、85%五个水平；捕收剂用量试验，分别设置 80g/t、100g/t、120g/t、140g/t、160g/t 五个水平；矿浆 pH 值试验，分别设置 6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、8.5 六个水平；浮选时间试验，分别设置 6min、7min、8min、9min、10min 五个水平；搅拌速度试验，分别设置 1500r/min、1650r/min、1800r/min、1950r/min、2100r/min 五个水平。

试验结束后，将浮选精矿、尾矿分别烘干、称量，采用化学分析法检测精矿和尾矿的钼品位，计算钼回收率。钼回收率计算公式为精矿钼量与原矿钼量的比值，重点关注钼精粉品位的变化，同时兼顾回收率。

#### 4 试验结果与分析

磨矿细度直接影响钼矿物的单体解离度，解离度不足会导致钼矿物与脉石矿物连生，无法有效分离；磨矿过细则会产生泥化现象，恶化浮选环境，阻碍气泡与钼矿物附着。试验结果显示，随着磨矿细度的提高，钼精粉品位和回收率均呈现先上升后下降的趋势。当磨矿细度-0.074mm 占 75%时，钼精粉品位达到 49.8%，回收率达到 91.2%，此时钼矿物单体解离度最佳，脉石矿物连生体含量最低；当磨矿细度超过 75%，泥化现象加剧，钼精粉品位和回收率均出现下降，因此确定最优磨矿细度为-0.074mm 占 75%。

捕收剂的作用是增强钼矿物表面疏水性，使其能够附着于气泡表面实现分离，用量不足会导致捕收不充分，钼回收率偏低；用量过多则会产生过度捕收，导致脉石矿物一同上浮，降低钼精粉品位。试验结果表明，随着 LKD-3 捕收剂用量的增加，钼精粉回收率逐渐上升，品位呈现先上升后下降的趋势。当捕收剂用量为 120g/t 时，钼精粉品位达到 50.3%，回收率达到 91.5%；当用量超过 120g/t，脉石矿物上浮量增加，钼精粉品位明显下降，因此确定最优捕收剂用量为 120g/t。

矿浆 pH 值通过影响矿物表面电荷和药剂作用效果，进而影响浮选分离效果。钼矿石浮选的适宜 pH 值范围为 6.0-8.5，试验结果显示，当矿浆 pH 值为 7.0 时，钼精粉品位达到 51.2%，回收率达到 91.7%；pH 值过低或过高，都会降低药剂的选择性，导致杂质矿物上浮，钼精粉品位下降。石灰作为 pH 值调节

剂，同时可抑制黄铁矿，当 pH 值为 7.0 时，石灰用量适中，既能保证矿浆环境稳定，又能有效抑制有害杂质，因此确定最优矿浆 pH 值为 7.0。

浮选时间不足会导致钼矿物未能充分上浮，回收率偏低；浮选时间过长则会增加能耗，同时导致脉石矿物过度上浮，降低钼精粉品位。试验结果显示，随着浮选时间的延长，钼精粉回收率逐渐上升，品位逐渐下降。当浮选时间为 8min 时，钼精粉品位达到 51.5%，回收率达到 91.8%；超过 8min 后，回收率提升不明显，品位持续下降，因此确定最优浮选时间为 8min。

## 5 结论

本文通过对钼矿石浮选工艺的系统优化，得出以下结论：磨矿细度、药剂用量、矿浆 pH 值、浮选时间、搅拌速度是影响钼精粉品位和回收率的关键因素；最优浮选工艺参数组合可有效提高钼精粉品位，降低杂质含量，优化后钼精粉品位达到 53.4%，回收率保持在 91.8%，满足工业生产对高品位钼精粉的需求；LKD-3 捕收剂具有良好的选择性，与水玻璃、石灰协同作用，可有效实现钼矿物与脉石矿物的高效分离。

## 参考文献

[1]谢卫红,叶岳华,武钊.某高硫难选铜钼矿浮选工艺优化及工业应用研究[J].云南冶金,2024,53(2):58-63