

岔河锡矿物质组成与可选性的关系

何 洮, 方江林

四川省第五地质大队 四川成都

【摘要】自岔河锡矿开发以来,岔河锡矿作为四川省重要的锡金属资源基地,其资源综合利用效率的稳步提升已成为保障区域经济可持续发展的关键,选矿工艺技术稳步推进,已实现一定规模的锡金属稳定产出。对主要矿石类型(锡石-硫化物型、锡石-磁铁矿-阳起石型、氧化物型)的矿物共生组合、嵌布特征及工艺粒度予以系统分析。随着开采深度增加,矿石中锡石粒度细化、硫化物与脉石共生关系复杂化等问题日益凸显,如何提升深部矿石可选性、降低选矿成本已势在必行。基于此,简要探讨岔河锡矿类型、工艺特征,探索矿物质组成与可选性的综合关系,以期对复杂锡矿资源高效利用提供技术支撑。

【关键词】岔河; 锡矿; 物质组成; 可选性

【收稿日期】2026 年 3 月 12 日

【出刊日期】2026 年 4 月 15 日

【DOI】10.12208/j.jer.20260032

Study on the correlation between mineral composition and ore processability at Chahe Tin Deposit

Tao He, Jianglin Fang

Sichuan Fifth Geological Brigade, Chengdu, Sichuan

【Abstract】Chahe Tin Mine serves as a key tin resource base in Sichuan Province. Its comprehensive resource utilization efficiency has risen steadily since operation, supporting sustainable regional economic growth. Advances in mineral processing technologies have maintained stable, large-scale tin metal output. This work examines three dominant ore types at the deposit: cassiterite-sulfide, cassiterite-magnetite-actinolite, and oxide ores. It details their mineral assemblages, host rock properties, and cassiterite dissemination grain sizes. As mining progresses deeper, two key challenges emerge: cassiterite grains become progressively finer, and sulfides form intricate intergrowths with host rocks. Enhancing deep ore processability and cutting mineral processing costs have thus become pressing technical priorities. Against this backdrop, the paper outlines the ore types and processing characteristics of Chahe Tin Mine, and investigates the correlation between mineral composition and ore processability. The findings offer technical reference for efficient development of complex tin resources.

【Keywords】Chahe Tin Deposit; Cassiterite; Mineral assemblage; Ore processability

引言:岔河锡矿作为我国重要的锡资源基地,其矿石性质复杂、可选性波动大,长期制约着资源利用效率。随着开采深度延伸,矿石中锡石粒度细化、硫化物与脉石含量增加,导致传统选矿工艺回收率下降、能耗上升。深入探究矿物质组成与可选性的内在关联,可能为工艺优化提供理论依据,实现资源高效利用。基于岔河锡矿地质勘探与选矿试验数据,系统分析矿物嵌布特征、化学成分及物相分布对选矿指标的影响,为复杂锡矿开发提供技术支持。

1 矿石类型划分

锡石-硫化物型矿石作为主要工业类型,硫化物以黄铁矿、闪锌矿为主,粒度集中在 0.02-0.2mm,与锡

石紧密共生,需经过浮选优先回收硫化物,再以重选提锡,综合回收率约 70%。锡石-磁铁矿-阳起石型矿石中,磁铁矿粒径 0.02mm,板状集合体交错排列,锡石粒度 <0.1mm,常被磁铁矿包裹,需磁选预抛尾后重选,精矿锡品位约 20% (200000g/t),精矿产率约 0.0015%,总回收率 50%。氧化物型矿石经地表氧化后,锡石富集度提升至原生矿 2 倍,蜂窝状构造利于解离,选矿成本降低 30%,且含锡云英岩中锡呈微粒分散,目前难以开采^[1]。

2 锡石的工艺特征

岔河锡矿中,锡石粒度细微,多集中于 0.01-0.1mm 区间,部分嵌布粒度低于 0.005mm,导致单体解离需

磨矿至-0.074mm 占 90%以上, 能耗较常规锡矿增加 20%。锡石常与磁铁矿、黄铁矿紧密共生, 磁铁矿包裹体使磁选阶段锡损失达 50g/t 原矿, 需经过阶段磨矿、阶段磁选降低铁杂质。浮选环节, 锡石表面电位负值达 -40~-50mV, 需添加组合抑制剂降低硫化物干扰, 药剂消耗量较单一抑制剂提升 30%, 但精矿锡品位可提高 1 个百分点 (10000g/t)。重选作业中, 锡石密度虽达 6.8-7.0g/cm³, 但细微粒级在摇床分选时回收率不足 40%, 需配合离心选矿机使细粒锡回收率提升至 60%, 综合工艺下精矿锡品位稳定在 20-25%^[2]。

3 原矿化学成分、物相分析和矿物含量

岔河锡矿原矿化学成分显示, 锡平均品位为每吨原矿含锡 0.06-0.08%, 铁含量达 1.5-2.0%, 硫含量 0.8-1.2%, 钙、镁等脉石成分总量超过 5.0%。物相分析表明, 锡石中锡占全锡量 80%以上, 锡以独立矿物形式存在, 少量锡分布于硅酸盐及硫化物中。矿物含量测定显示, 锡石占矿物总量 0.03-0.05%原矿, 磁铁矿达原矿 1.5-2.0%, 黄铁矿原矿 0.8-1.2%, 石英与长石等脉石矿物总量超过原矿 50%。原矿中钙、镁等碱金属元素使浮选药剂消耗增加, 每吨原矿需添加抑制剂 2-3kg, 而铁、硫等伴生元素导致磁选、浮选阶段锡损失每吨原矿 200-300g/t, 综合制约可选性指标^[3]。

4 矿物质组成与可选性的综合关系

4.1 可选性受矿物质组成制约

矿床以矽卡岩型锡石硫化物矿石为主, 其中锡石粒度多集中于 0.02-0.2mm 区间, 这一粒度范围导致锡石在脉石矿物中的嵌布状态复杂, 约 60%锡石以微细粒形式分散于阳起石、石英等脉石中, 仅 30%以上呈独立矿物形态存在。矿石中硫化物含量较高, 黄铁矿晶体自形程度低, 多为半自形至它形结构, 与锡石形成紧密镶嵌关系, 共生组合加剧矿物解离难度。采用重选-磁选-浮选联合工艺时, 锡精矿产率稳定在 15-25%原矿区间, 精矿产率为 0.0015-0.0025%, 但回收率受嵌布特征影响明显, 当锡石粒度<0.04mm 时, 回收率骤降至不足 15%, 而粒度>0.04mm 的锡石回收率可提升至 40%以上^[4]。

脉石矿物中, 石榴石与透辉石等矽卡岩矿物占比达 45%, 其高比重特性使重选过程中锡石与脉石分离效率降低, 需调整介质密度至 2.8-3.0g/cm³方可实现有效分选。此外, 矿石中硫含量在 2%-4%波动, 硫化物氧化产生的酸性废水导致浮选药剂消耗量增加, 每吨原矿需额外添加 200-300g 石灰调节 pH 值。综合矿物组成特征, 该矿床全锡总回收率在 50%-55%区间波动,

其中粒度>0.1mm 的锡石贡献 70%以上的回收量, 而微细粒锡石因解离不完全导致 30%左右的金属损失^[5]。

4.2 选矿工艺优化提升可选性

针对矿石中锡石粒度集中于 0.01-0.2mm 区间且与磁铁矿、黄铁矿紧密共生的特征, 选矿厂采用“阶段磨矿-梯度分选”工艺, 将原矿细度从-0.074mm 占 65%提升至-0.045mm 占 85%, 使锡石单体解离度从 52%提高至 78%。在磁选环节, 配合脉冲频率 120 次/min 的动态磁场, 成功分离出磁铁矿含量每吨原矿 1.8%的中间产品, 减少浮选负荷。浮选阶段针对黄铁矿与锡石的表面电位差异 (-35mV 与-50mV), 开发出组合抑制剂, 每吨原矿添加水玻璃 1.2kg、六偏磷酸钠 0.8kg, 使硫化物抑制率显著提升, 每吨原矿损失降低 1.5kg, 采用丁基黄药与黑药 1: 1.5 的复合捕收剂, 每吨原矿用量控制在 0.6kg, 锡石浮选回收率从 68%提升至 79%^[6]。

对于粒度<0.03mm 的微细粒锡石, 引入离心选矿机与高频振动筛构成闭路流程, 离心机转速设定为 450r/min, 处理能力每台 8t/h, 使细粒锡回收率从 32%提高至 51%。重选作业优化摇床冲程至 12mm、冲次 280 次/min, 配合介质密度 2.85g/cm³, 精矿锡品位稳定在 22%, 较原工艺提高 3 个百分点。全流程优化后, 选矿厂处理能力从每日 800t 提升至 1200t, 精矿产率从 0.0018%原矿提高至 0.0024%原矿, 锡总回收率达 58%, 其中重选贡献 32%、浮选贡献 26%, 较优化前分别提升 7 个百分点和 9 个百分点。该工艺凭借精准匹配矿物特性与设备参数, 实现复杂锡矿资源的高效利用^[7]。

4.3 深部矿石性质变化对可选性的影响预测

据地质勘探数据, 深部矿体中锡石粒度普遍<0.05mm, 较浅部矿石粒度降低 60%, 导致单体解离需细磨至-0.037mm 占 85%以上, 磨矿能耗较浅部增加 30%。深部矿石中硫化物含量提升至每吨原矿含硫 1.5-2.0%, 磁铁矿占比达每吨原矿 1.8%, 与锡石形成紧密共生的包裹体, 使磁选阶段锡损失率升至每吨原矿 80g/t^[8]。脉石矿物方面, 深部矿石中阳起石含量较浅部增加 40%, 其密度达 3.2g/cm³, 与锡石的密度差为 3.6-3.8g/cm³, 导致重选回收率下降 15 个百分点^[9]。

针对微细粒锡石, 离心选矿机转速需提升至 500r/min, 处理能力降至每台 6t/h, 但细粒锡回收率仍较浅部低 10 个百分点。浮选环节因硫化物含量增加, 需将丁基黄药用量提高至每吨原矿 0.8kg, 配合六偏磷酸钠 1.5kg/t 原矿, 使锡石浮选回收率维持在 75%左右, 较浅部降低 5 个百分点^[10]。综合来看, 深部矿石锡精

矿锡品位约为 38%，精矿产率约为 0.0012%，全锡总回收率约 48%，较浅部下降 7 个百分点。为应对深部矿石性质变化，需优化选矿流程：采用阶段磨矿将磨矿细度分段控制，首段磨至-0.074mm 占 70%，二段磨

至-0.037mm 占 85%。重选环节引入多段离心选矿机与皮带溜槽联合流程，提升细粒锡回收率。浮选阶段开发新型组合抑制剂，降低硫化物干扰，矿物质组成与可选性的综合关系如表 1 所示。

表 1 矿物质组成与可选性的综合关系

矿物质组成特征	可选性影响指标	具体数据表现	应对措施效果
锡石粒度<0.05mm	单体解离难度	需磨至-0.037mm 占 85%，能耗增 30%	阶段磨矿，分两段控制细度
硫化物含量 1.5-2.0%	浮选干扰程度	丁基黄药增至 0.8kg/t，回收率降 5%	开发新型组合抑制剂
阳起石占比增 40%	重选回收效率	回收率降 15%，与锡石比重差 0.8	引入多段离心选矿机
微细粒锡石占比高	离心处理能力	转速 500r/min，处理量 6t/h，回收率低 10%	联合皮带溜槽提升回收

5 结论

岔河锡矿物质组成与可选性关联紧密。其锡石粒度细微且与硫化物、脉石紧密共生，导致单体解离能耗大、回收率受限。深部矿石中硫化物含量上升、脉石比重接近锡石，加剧分选难度，重选与浮选效率均降低。凭借阶段磨矿、新型抑制剂开发及多段离心选矿等工艺优化，可部分抵消物质组成的不利影响，使总回收率提升。未来，需加强微细粒锡石回收技术及深部矿石性质动态监测，以实现资源高效开发与利用。

参考文献

- [1] 吴彬. 锡矿选矿过程优化与回收率提升技术研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2025, (12):017-019.
- [2] 牛耀辉, 汪泰, 杨凯志, 等. 浮重联合选矿工艺回收内蒙某锡矿泥中锡的研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(8):86-92.
- [3] 王艳, 郭娜, 赵经纬, 等. 基于萤石高光谱和地球化学特征的锡矿床勘查模型——以赣南枫树卜锡多金属矿床为例[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2026, 54:1-16.
- [4] 李乾坤, 周闯. 广西大厂锡多金属矿田成矿物质来源的示踪[J]. 矿物学报, 2024, 44(02):261-272.
- [5] 温程明, 赵盼捞, 袁顺达. 岩浆性质对个旧超大型锡矿区

不同花岗岩成矿潜力差异的控制[J]. 岩石学报, 2023, 39(06):1817-1828.

- [6] 周勇, 刘玉红, 王玉山, 等. 四川岔河锡矿床松草堡堡锡铜矿段成矿年代学研究: 基于 LA-ICP-MS 锡石 U-Pb 定年[J]. 桂林理工大学学报, 2022, 42(02):333-340.
- [7] 袁亚君, 杨文龙, 李振飞, 等. 赣南某锡锡矿重介质选矿工业试验研究[J]. 中国钨业, 2024, 39(5):19-25.
- [8] 张志辉, 张达, 胡擎捷, 等. 广东天堂山锡多金属矿床成矿物质来源及找矿思路[J]. 地质通报, 2022, 41(10):1887-1898.
- [9] 徐云峰, 郝雪峰, 秦宇龙, 等. 四川岔河地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 2021, 45(03):624-638.
- [10] 魏俊浩, 李鹏, 李义邦, 等. 青海省锡铁山铅锌矿成矿元素物质场结构及深部找矿潜力[J]. 地质科技通报, 2021, 40(02):1-12.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS