



都龙矿区锡石资源综合高效回收的生产实践

莫峰, 韩彬

(云南华联锌铟股份有限公司, 云南 文山 663701)

摘要: 云南华联锌铟股份有限公司拥有的都龙矿区含有锌、锡、铜、铟、银、铁、硫等多种有用矿物, 矿产资源储量丰富, 其中锡金属储量超过二十万 t。但是, 由于矿区矿石性质复杂, 各种有用矿物嵌布粒度较细, 特别是其中的锡石属于微细粒嵌布, -37 μm 粒级含量达 70% 以上, 属于难选锡石。多年以来, 公司通过不断的技术改造和革新, 摸索出了一套适用于微细粒锡石回收的全摇床重选流程, 锡石综合回收率在 45% 左右。锡石回收率偏低的主要原因是 -37 μm 的细粒级锡石回收效果差, 粒级回收率仅为 10% ~ 20%; 特别是其中的 -10 μm 微细粒级锡石, 粒级回收率接近零。针对该现状, 公司组织开展了系统的工艺矿物学研究和试验研究, 提出了针对不同粒级锡石采用不同设备和工艺进行粗细分选, 即针对 -37 μm 细粒级锡石, 采用预先脱泥 + 锡石浮选 + 摇床联合工艺; 针对 +37 μm 粗粒级锡石, 采用螺旋溜槽 + 摇床的联合流程。粗粒重选 + 细粒浮选工艺不仅改善了重选流程的分选条件, 提高了粗粒级锡石的回收率, 同时也充分发挥了细粒锡石浮选的优势和特点, 大幅度提高了细粒级锡石的回收率, 锡石综合总回收率由单一摇床流程的 45% 提高到目前的 55% 以上。

关键词: 锡石; 浮选; 重选; 分级; 生产实践

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.01.026

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 01-0119-04

我国原生锡矿资源居世界前列, 但随着矿业开发规模的扩大和速度的加快, 原生锡矿资源渐趋枯竭, 入选矿石的“贫、细、杂、难”化, 严重制约了锡业的可持续发展^[1-3]。因此, 如何提高复杂多金属矿中伴生锡石资源的综合回收已经成为国内外选矿行业面临的一大难题。

都龙矿区锡金属资源储量超过二十万吨, 矿区矿石性质复杂, 锡石嵌布粒度微细, -37 μm 粒级含量达 70% 以上, 属于难选锡石。公司多年来一直采用单一的全摇床选锡流程, 锡石综合回收率仅 45% 左右, 主要原因是 -37 μm 的细粒级锡石回收效果差, 粒级回收率仅为 10% ~ 20%, 对于 -10

μm 的细粒级锡石, 采用重选方法回收几乎是无效的^[4-6]。本文针对锡石回收存在的问题, 对不同粒级物料采取不同设备和工艺进行粗细分选, 即 -37 μm 粒级物料, 采用预先脱泥 + 锡石浮选 + 摇床联合工艺; +37 μm 粒级物料, 采用螺旋溜槽 + 摇床的联合流程。粗粒重选 + 细粒浮选工艺不仅改善了重选分选条件, 而且提高了锡石的综合回收率 (特别是细粒级锡石的回收率)。

1 原矿石性质

原矿多元素及锡物相分析结果见表 1、2。

表 1 原矿多元素分析结果 /%
Table 1 Multi-element analysis results of the run-of-mine ore

Sn	Cu	S	Fe	Be	Zn	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	WO ₃
0.41	0.17	9.59	25.99	0.02	4.98	0.37	20.32	3.65	6.80	6.44	0.03

收稿日期: 2016-09-08; 改回日期: 2016-11-26

作者简介: 莫峰 (1982-), 男, 高级工程师, 主要从事铜锌锡等矿物加工技术及生产管理。

表 2 锡物相分析结果
Table 2 Analysis results of tin phase

相别	锡石	黝锡矿	总锡
含量/%	0.34	0.07	0.41
占有率/%	82.93	17.07	100.00

由表 1、2 可知，该矿属于铜锌锡铁硫多金属矿，其中锡的含量为 0.41%。锡主要赋存于锡石中，分布率为 82.93%。矿石中脉石矿物主要有角闪石、黑云母、石英、白云母、方解石、白云石、萤石、辉石、滑石和绿泥石等。

工艺矿物学研究结果表明，矿石中锡石主要呈不规则粒状嵌布在脉石矿物及硫化物中，嵌布粒度细且分布不均，属微细粒嵌布类型，主要分布在 5 ~ 80 μm 之间，小于 20 μm 的锡石占 55%，小于 10 μm 的锡石占 13%，锡石大多数以微细包裹体形式嵌布在磁黄铁矿中，其次嵌布在铁闪锌矿、黄铜矿等矿物中；粗粒级的锡石则主要嵌布在脉石矿物中。当矿石磨至 45 μm 以下，仍以微细包裹体包含在磁黄铁矿中的锡占 16% 左右，包含于铁闪锌矿和黄铜矿中的锡占 5%~6% 左右，赋存于磁铁矿中的锡占 1% 左右，分散于脉石矿物中的锡占 6% 左右，合计约占 29%，即锡的理论回收率为 71% 左右。因此，该矿锡石的嵌布粒度细，嵌布形式复杂，以至解离难度大，属于难选锡矿。

2 综合回收的生产实践

为了进一步提高都龙矿区锡石的综合回收率，针对原有的全粒级摇床选锡流程（-74 mm 70% 左右，铜锌硫浮选及磁选铁之后的尾矿），考虑对选锡物料进行旋流器预先分级，得到 -37 μm 和 +3 μm 两种窄粒级含锡物料，针对不同粒级物料采取不同设备和工艺进行粗细分选。对于 -37 μm 粒级物料，考虑利用锡石浮选 + 摇床联合工艺进行处理。而细粒锡石浮选的主要难题在于脱泥不彻底、脱硫除铁不干净、常规锡石浮选药剂选择性较差、浮选药剂成本高；对于 +37 μm 粒级物料，初步考虑充分利用原有摇床流程，结合处理量较大、占地面积小的螺旋溜槽，形成螺旋溜槽 + 摇床的联合流程。主要目的是在保证回收率的前提下减少摇床设备的数量，减少选厂的占地面积，为选厂的规模化设计和建设创造条件。

2.1 -37 μm 细粒锡石浮选试验研究

针对 -37 μm 细粒级锡石物料，逐步开展了浮选实验室实验、扩大试验及工业试验。试验流程见图 1，结果详见表 3。经过近两年的试验研究，解决了细粒锡石浮选的脱泥不彻底、脱硫除铁不干净、常规锡石浮选药剂选择性较差、浮选药剂成本高等关键问题，小型试验和扩大连选试验均取得了锡精矿品位大于 6%、回收率大于 80% 的较好指标。工业试验（原矿含锡有所降低）经过一年多时间的不断摸索、优化，指标逐步稳定并接近小试指标，工业试验的调试经验为下一步细粒锡石浮选的生产应用奠定了良好基础。

表 3 细粒锡石浮选试验指标
Table 3 Results of fine cassiterite flotation test

名称	原矿品位/%	入选品位/%	精矿品位/%	尾矿品位/%	回收率/%
小型试验	0.827	1.327	6.49	0.18	88.90
扩大连选试验	0.610	0.870	6.56	0.17	80.96
工业试验	0.425	0.471	4.86	0.10	80.21

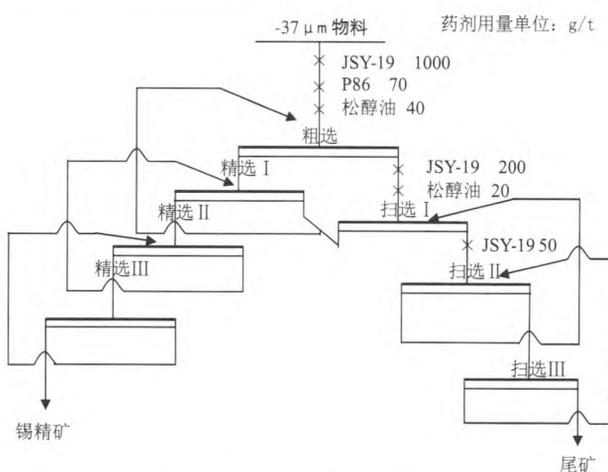


图 1 锡石浮选试验工艺流程
Fig.1 Flowsheet of cassiterite flotation process

2.2 +37 μm 粒级锡石重选试验研究

针对 +37 μm 较粗粒级锡石物料，开展了溜槽 + 摇床联合工艺试验研究，采用螺旋溜槽对 +37 μm 粗粒级锡石进行粗选，溜槽粗选后精矿进入两段摇床作业，产出锡精矿、锡中矿和尾矿，粗选溜槽中矿再通过溜槽扫选，扫选溜槽尾矿作为最终尾矿，具体流程见图 2。

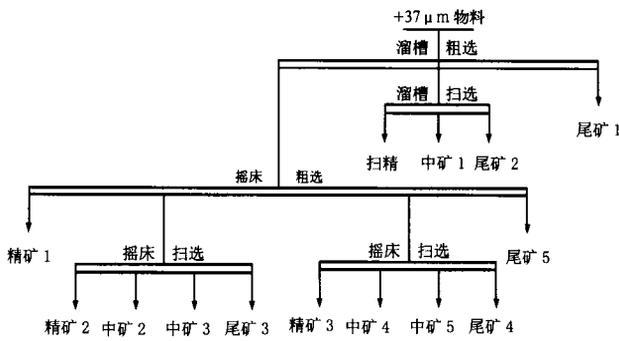


图 2 锡石浮选试验工艺流程

Fig.2 Flowsheet of cassiterite flotation process

表 4 溜槽 - 摇床试验结果

Table 4 Results of chute-shaking table test

产品名称	产率/%	Sn 品位/%	Sn 回收率/%
精矿 1	3.37	13.80	60.42
精矿 2	0.19	26.58	6.56
精矿 3	0.13	5.68	0.96
扫精	12.22	0.42	6.67
中矿 1	49.62	0.12	7.74
中矿 2	2.74	1.33	4.73
中矿 3	0.91	0.33	0.39
中矿 4	1.32	0.48	0.82
中矿 5	3.57	0.22	1.02
尾矿 1	9.53	0.40	4.95
尾矿 2	3.31	0.22	0.95
尾矿 3	1.49	0.26	0.50
尾矿 4	9.17	0.19	2.26
尾矿 5	2.43	0.64	2.03
合计	100.00	0.7697	100.00

采用溜槽粗选 + 摇床精选联合重选流程对 +37 μm 粗粒级锡矿进行回收，可获得到品位 14.48%、回收率 66.98% 的锡精矿；采用溜槽对粗选中矿进行扫选处理，得到少量的精矿含锡仅 0.42%，作业产率仅 18.76%，溜槽扫选效果不明显，可以考虑采用摇床对溜槽中矿进行扫选处理后直接抛尾。因此，最终确定采用溜槽粗选 + 摇床精选 / 扫选联合重选流程回收 +37 μm 粗粒级锡矿。

表 5 8000 t/d 选矿厂锡生产指标

Table 5 Tin production index in 8000t/d dressing plant

时间	原矿处理量/万 t	原矿品位/%	锡精矿品位/%	锡精矿回收率/%	锡石浮选精矿品位/%	锡石浮选回收率/%	富中矿品位/%	富中矿回收率/%	综合回收率/%
设计指标	256	0.37	39.00	48.00	6.00	76.00	3.00	6.00	54.00
2015 年合计	267.99	0.284	40.62	43.81	5.53	74.49	2.91	5.93	49.74
2016 年 1-5 月	111.10	0.320	42.09	50.21	6.93	80.32	2.90	5.64	55.85
老厂指标			40.00	45.00					45.00

2.3 锡石综合回收的生产实践

根据前期针对 -37 μm 细粒锡石和 +37 μm 粗粒锡石综合回收开展的试验及研究成果，新建一个 8000 t/d 多金属选矿厂，选厂设计为单个系列，碎磨原则流程为一段开路粗碎 + 半自磨 + 球磨，选别流程为优先浮选铜、再浮选锌，然后磁选铁精矿，对磁选尾矿（含锡石）进行粗细分级、粗细粒级分别进行浮选脱硫、磁选除铁，最后粗粒级锡石进入溜槽 + 摇床组合的重选流程，细粒级锡石进入浮选 + 摇床组合的联合流程。粗细粒级分级、选别流程见图 3。2015 年 1 月至 2016 年 5 月 8000t/d 选矿厂锡石综合回收生产指标见表 5。

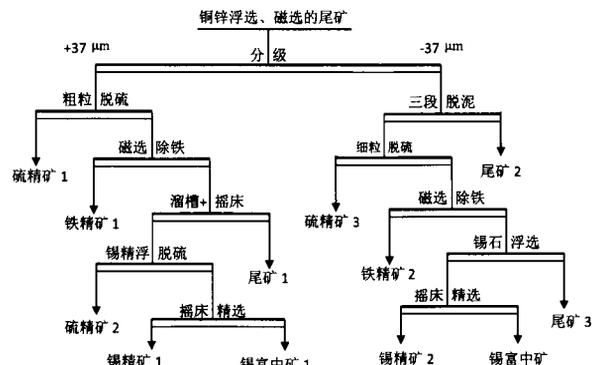


图 3 锡石综合回收原则工艺流程

Fig.3 Flowsheet of cassiterite process

通过生产实践证明，针对都龙矿区锡石资源，采用粗细分级、粗细分选，+37 μm 粒级采用溜槽 + 摇床联合流程、-37 μm 粒级采用浮选 + 摇床联合流程在 8000 t/d 选厂得到了成功的应用。选厂自 2013 年 9 月份投产以来，锡精矿指标得到不断提升和突破。与老选厂全粒级锡石采用全摇床工艺相比，-37 μm 细粒级锡石作业回收率由原来的 10%-20%（摇床流程）提高到 80%，锡精矿回收率由原来的 45% 左右提高到 50% 以上，锡石综合回收率（含富中矿）由原来的 45% 提高到 55% 以上。

3 经济效益分析

根据表5数据,按锡精矿价格8万元/t金属、锡富中矿价格4万元/t金属,全粒级重选工艺锡回收率45%、摇床重选成本18元/t;采用粗粒重选+细粒浮选工艺后,每年进入锡石浮选的矿量为20.8万t(按原矿处理量267.99万吨计算),锡石浮选成本35元/吨给矿。以2016年1~5月份指标预测全年指标,锡精矿回收率50%,锡富中矿回收率5.6%,测算2016年8000t/d选厂粗粒重选+细粒浮选工艺将实现产值31190万元,与采用全粒级摇床工艺相比,将增加经济效益4398万元。

4 结论

(1) 都龙矿区锌锡铜复杂多金属矿中锡石的嵌布粒度细,多数以微细包裹体形式嵌布在磁黄铁矿、铁闪锌矿、黄铜矿等矿物中,嵌布形式复杂,属于难选锡矿。

(2) 针对都龙矿区锌锡铜多金属矿中的锡石,采取粗细预先分级、脱泥,对-37 μm 粒级物料,采用预先脱泥+锡石浮选+摇床联合工艺,使细粒锡石回收率由常规流程的10%~20%提高到

80%;对+37 μm 粒级物料,采用螺旋溜槽+摇床的联合流程,不仅改善了重选分选条件,同时提高了粗粒级锡石的回收率,锡石精矿综合回收率至少提高5个百分点。浮重联合流程综合回收都龙多金属矿中的锡石,综合回收率由单一摇床流程的45%左右提高到55%以上,每年可为公司创造效益达4398万元,经济效益显著,具有良好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 鲁军. 华南某锡矿选矿工艺研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2007(05): 9-12.
- [2] 李瑞生. 锡矿泥选矿[J]. 有色冶炼, 2001(05): 30-32.
- [3] 仇云华, 黄勇彬. 云锡某低品位难选锡矿泥重选-浮选联合选矿工艺试验研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2016(01): 31-35.
- [4] 何东, 兰希雄, 陈华萍. 一种高效捕收剂浮选细粒级锡石的试验研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2015(02): 91-95.
- [5] S. I. Polkin, S. F. Laptev, L. P. Matsueb, E. V. Adamov, A. V. Krasnukhina, O. F. Purvinskii, 王文潜. 细粒锡石浮选理论和实践[J]. 国外金属矿选矿, 1973(12): 1-11.
- [6] 莫峰, 何庆浪, 兰希雄. 都龙矿区细粒锡石浮选实验研究[J]. 矿冶工程, 2012(04): 59-61, 65.

Production Practice of High Efficiency Recovery OF Cassiterite Resources in Dulong Mine

Mo Feng, Han Bin

(College of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China)

Abstract: Dulong mine in Yunnan Hualian Zinc and Indium Co.Ltd contains zinc, tin, copper, indium, silver, iron, sulfur and other useful minerals. Its mineral resources are abundant and the tin metal reserves have been exceeded more than two hundred thousand tons. However, due to the complex nature of the ore and a variety of useful minerals embedded in a smaller particle size, in particular, the cassiterite belongs to the fine-grained embedded and the -37 μm grain size content of more than 70% and is difficult to choose. Over the years, the company through continuous technological transformation and innovation, worked out a set of fine cassiterite recovery for the whole shaker re-election process, and the comprehensive recovery rate of cassiterite is 45%. The low recovery rate of cassiterite is mainly due to the poor recovery of the fine-grained cassiterite at -37 μm , and the recovery rate of grain size is only 10~20%. Especially, the recovery rate of -10 μm fine-grained cassiterite is close to zero. In response to this situation, the company organized a systematic study of the process of mineralogical research and experimental studies, proposed for different sizes of cassiterite using different equipment and processes for coarse and fine sorting, namely for -37 μm fine-grained cassiterite, the use of predictive desliming + cassiterite flotation + shaker combination process; + 37 μm coarse grained cassiterite, the use of spiral chute + shaking the joint process. The process of coarse particle gravity separation + fine flotation not only improved the sorting conditions of the gravity process, and improved the recovery rate of coarse-grained cassiterite, but also gave full play to the advantages and characteristics of the flotation of the fine cassiterite, greatly improving the recovery rate of fine cassiterite, the total recovery rate of cassiterite by single shaking process 45% to the current more than 55%.

Keywords: Cassiterite; Flotation; Re-election; Grading; Production Practice