

# KLM 型立磨机应用于某选厂二段磨的工业试验研究

## Industrial Test Study on KLM Vertical Mill Applied to Second Stage Grinding in a Concentrator

陶云肖 李丽萍

Yunxiao Tao Liping Li

云南锡业集团大屯锡矿 中国·云南 个旧 661018

Datun Tin Mine, Yunnan Tin Group, Gejiu, Yunnan, 661018, China

**摘要:** 面对矿产资源逐年贫化, 矿石单体解离度较低, 为进一步提高某锡选矿厂二段磨磨矿效率和二段床作业回收率。对 4000t/日二段磨给矿产品进行立磨机磨矿试验研究, 提高磨矿效率, 使矿粒进一步达到单体解离, 同时保证磨矿产品中 -0.010mm 级金属率在 10% 以内, 从而提高选矿回收率。工业实践表明, KLM 型立磨机应用于二段细磨作业, 在回收率提升、节能降耗和操作管理方面具有一定的优势。

**Abstract:** In the face of mineral resources depletion year by year, the dissociation degree of ore monomer is low. In order to further improve the second-stage grinding efficiency and the recovery rate of second-stage bed in a tin concentrator. The vertical grinding test of 4000 tons/day second stage grinding products was carried out to improve the grinding efficiency, so that the ore particles can further reach the monomer dissociation, and ensure that the metal rate of -0.010mm in the grinding products within 10%, so as to improve the recovery rate of beneficiation. The industrial practice shows that KLM vertical mill used in two-stage fine grinding operation has certain advantages in recovery improvement, energy saving and operation management.

**关键词:** 立磨机; 磨矿效率; 回收率; 吨能耗

**Keywords:** vertical mill; grinding efficiency; recovery; ton energy consumption

**DOI:** 10.12346/etr.v5i4.7849

## 1 引言

随着矿产资源贫、细程度逐步增大<sup>[1]</sup>, 选矿成本越来越高, 现有工艺流程和设备不能完全满足矿石性质变化的技术要求。该选厂二段磨采用球磨机开路磨矿, 磨矿效率偏低, 且在操作管理方面存在一定难度。2022 年采用 KLM-75 型立磨机对一段磨给矿德瑞克筛筛上物料进行了磨矿试验研究, 试验结果表明, 立磨机在改善磨矿作业, 降低磨矿费用, 提高下一工序产品质量具有一定优势。为此, 进一步开展立磨细磨试验研究, 在节能降耗、提高作业回收率, 降低选矿作业成本, 实现自动化、智能化改造方面都具有很重要的意义<sup>[2]</sup>。

## 2 试验设备

试验采用北矿机电科技有限责任公司研制的 KLM-75 立式螺旋搅拌磨机作为试验设备, 装机功率 75kW, 有效容积 2.5m<sup>3</sup>, 利用钢球作为磨矿介质进行工业试验<sup>[3]</sup>。2022 年度采用 KLM-75 型立式螺旋搅拌磨机对该选矿厂一段磨给矿物料进行了试验研究, 取得了较好的磨效果。

## 3 试验流程

图 1 为二段磨磨矿流程图。

【作者简介】陶云肖 (1985-), 男, 中国云南宣威人, 本科, 工程师, 从事选矿技术研究。

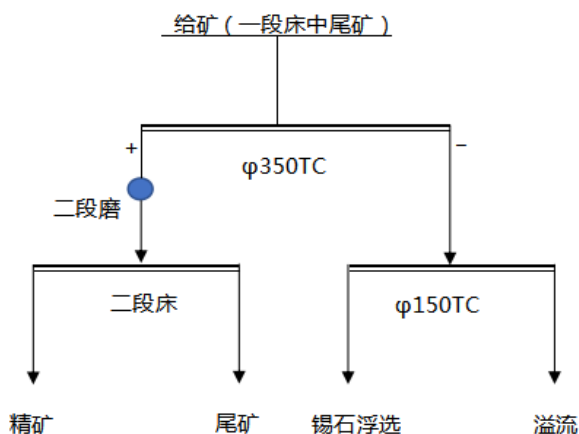


图1 二段磨磨矿流程图

## 4 试验研究

2022年陶云肖等对一段磨《锡铜共生矿细粒级物料磨矿效率提升试验研究》<sup>[4]</sup>,立磨最佳充填率为30%~35%。为验证立磨机应用于二段磨各项技术参数优于球磨,进一步开展了对比试验研究,试验时,在立磨与球磨机充填率、负荷率、磨机排矿粒度相近条件下,比较两种设备的磨矿效率与能耗,同时进行重选试验,对比其选别效果。

### 4.1 磨矿效率及能耗

由于工业试验中,给矿量波动范围较大,无法控制立磨机与球磨机产品粒度完全一致,经过多次试验后,选取其中-0.074mm产品粒度和磨矿效率相近的数据进行对比。

塘坑温二井、高峰山低硫两种矿样的细磨对比试验,其结果详见表1。

根据表1统计数据,塘坑温二井矿对比试验中,给矿粒度为-0.074mm占40.32%,立磨机和球磨机处理量分别为16t/h和69t/h时,得到磨矿产品中-0.074mm占比分别为51.28%和52.3%,对应的吨能耗分别为3.17kW/t和6.04kW/t。

根据表2统计数据,高峰山低硫矿对比试验中,给矿粒度为-0.074mm占36.81%,立磨机和球磨机处理量分别为17t/h和68t/h时,得到磨矿产品中-0.074mm占比分别为47.48%和51.01%,对应的吨能耗分别为2.98kW/t和6.13kW/t。

两种矿物对比试验中,立磨和球磨产品粒度基本一致,立磨产品中-0.074mm含量比球磨机分别低了1.02%、3.53%,能耗分别低了47.5%、51.4%,立磨机节能优势十分明显。

### 4.2 重选试验

取立磨机及球磨机两种矿样磨矿产品进行重选试验,得到锡精矿、锡次精矿和锡尾矿。摇床重选产品对比分析结果如下:

#### 4.2.1 塘坑温二井矿

塘坑温二井矿重选入选粒度-0.074mm占比球磨52.30%、立磨51.28%,重选后得到最终锡产品产率、品位及金属率,如表3所示。

从表6中可以看出,立磨产品锡精矿品位比球磨高0.077%,立磨产品锡精矿金属率比球磨高4.34%,锡次精矿金属率比球磨高1.92%,锡尾矿金属率比球磨低6.26%。

#### 4.2.2 高峰山低硫矿

高峰山低硫矿重选入选粒度-0.074mm占比球磨51.01%、立磨47.48%,重选后得到最终产品产率、锡品位、

表1 塘坑温二井矿对比试验结果

磨机类型	处理量	负荷率	磨矿浓度	给矿 -0.074mm	排矿 -0.074mm	磨矿效率 -0.074mm	吨能耗
	t/h	%	%	%	%	%	kW/t
立磨	16.00	66.14	54.00	40.32	51.28	18.36	3.17
球磨	69.00	67.59	61.00	40.32	52.30	20.30	6.04

表2 高峰山低硫矿对比试验结果

磨机类型	处理量	负荷率	磨矿浓度	给矿 -0.074mm	排矿 -0.074mm	磨矿效率 -0.074mm	吨能耗
	t/h	%	%	%	%	%	kW/t
立磨	17.00	66.14	52.00	36.81	47.48	16.89	2.98
球磨	68.00	67.59	62.00	36.81	51.01	22.47	6.13

表3 塘坑温二井矿

产品名称	产率 /%	锡				立磨机	
	球磨机	立磨机	品位 /%		金属率 /%		
			球磨机	立磨机	球磨机		立磨机
锡精矿	0.65	0.72	5.072	5.149	38.58	42.92	
次精矿	22.77	26.65	0.119	0.11	31.78	33.7	
尾矿	76.58	72.63	0.033	0.028	29.64	23.38	
合计	100.00	100.00	0.085	0.087	100.00	100.00	

铁品位如表 4 所示。

从表 4 中可以看出，立磨产品锡精矿品位比球磨机低 0.418%，立磨产品锡精矿金属率比球磨机高 6.51%，锡次精矿金属率比球磨机低 6.77%，锡尾矿金属率比球磨机高 0.26%。

总体来看，立磨机与球磨机产品重选后锡品位、金属率等互有高低，但差距不大。据此可以认为，重选产品品质主要与产品粒度即解离情况有关。

#### 4.2.3 过磨分析

任选一个矿种老厂塘坑矿 -0.074mm 产品进行水析试验，结果如表 5 所示，结果表明细磨后，立磨机细磨产品 -0.074mm 产率比球磨机细磨产品 -0.074mm 产率高 1.28%

时，-0.01mm 产品的产率仅比球磨机高 0.34%，品位比球磨机低 0.05%；金属率比球磨机高 0.67%，两者差距较小，表明立磨未造成过磨。

#### 4.2.4 经济效益概算

经济效益概算如表 6 所示。

两个矿种对原矿回收率立磨比球磨提升 0.52%。2021 年 4000t 共处理原矿 1229022t，原矿品位 0.725%，含量 8912.617t，立磨对原矿回收率比球磨提高 0.52%，每年可多产  $8912.617 \times 0.52\% = 46.3\text{t}$  金属，多产金属品位按 5% (含锡 % 系数为 0.55) 算，88243 元/吨，每年创效  $88243 \times 46.3 = 408.5$  万。

表 4 高峰山低硫矿

产品名称	产率 /%		锡			
			品位 /%		金属率 /%	
	球磨机	立磨机	球磨机	立磨机	球磨机	立磨机
锡精矿	0.47	0.58	10.468	10.05	49.07	55.58
次精矿	34.66	42.21	0.105	0.075	36.58	29.81
尾矿	64.87	57.21	0.022	0.028	14.35	14.61
合计	100.00	100.00	0.099	0.106	100.00	100.00

表 5 老厂塘坑矿

粒级 (mm)	产率 /%		锡			
			品位 /%		金属率 /%	
	球磨机	立磨机	球磨机	立磨机	球磨机	立磨机
0.2	7.74	7.75	0.13	0.08	5.59	4.12
0.074	40.87	42.14	0.10	0.08	23.60	23.88
水析 0.074	3.31	3.42	0.53	0.55	10.11	13.16
0.037	31.38	30.49	0.19	0.14	34.79	28.80
0.019	11.10	10.33	0.31	0.32	20.06	22.84
0.01	1.12	1.05	0.45	0.49	2.93	3.61
-0.01	4.48	4.82	0.36	0.31	2.92	3.59
合计	100.00	100.00	0.17	0.14	100.00	100.00

表 6 二段床对原矿回收率

矿种	对原矿回收率 (%)		提升 (%)
	球磨	立磨	
塘坑温二井	3.14	3.50	0.36
高峰山低硫	5.09	5.77	0.68
平均	3.91	4.35	0.52

## 5 结语

① KLM 型立磨机用于二段细磨时，节能优势明显，与球磨机相比在磨矿产品粒度相近时可以节能 36% 以上。

② 试验中，两个矿种可磨度基本一致，进一步细磨后进行重选试验结果对比，立磨机排矿重选回收率均有提升。

③ 细磨后，立磨机细磨产品 -0.074mm 产率比球磨机细磨产品 -0.074mm 产率高 1.28% 时，-0.01mm 产品的产率仅比球磨机高 0.34%，品位比球磨机低 0.05%；金属率比球磨机高 0.67%，两者差距较小，表明立磨未造成过磨。

## 参考文献

- [1] 孙小旭,卢世杰,周宏喜,等.细磨用KLM立磨机选型试验研究[J].铜业工程,2018(6):4.
- [2] 祝启恒,卢世杰,何建成,等.立磨机磨矿关键影响因子研究[J].有色金属(选矿部分),2021(2):115-122.
- [3] 沈同喜.立磨机磨矿介质替换工业试验[J].现代矿业,2017,33(3):3.
- [4] 陶云肖,王小侯,李余昆.KLM型立磨机应用于某选厂一段磨的工业试验研究[J].工程学研究,2022,1(5):51-55.