

## 永仁县团山铜矿浸渣的资源化利用研究

刘嘉荔

(云南楚雄矿冶股份有限公司, 云南 楚雄市 675000)

**摘 要:**云南省楚雄州永仁县团山铜矿根据矿石性质的不同,于1992年和1995年分别设计建成了浮选厂和酸浸厂。经过十余年的开发利用,原矿资源接近枯竭。针对酸浸堆场上的约17万t浸渣(含金属量约为844 t),为延长矿山寿命,团山铜矿积极探索用浮选法进行浸渣回收的可行性,经过取样试验,浸渣的浮选试验回收率指标为58.17%,根据试验投入生产实践,生产中取得再选回收率48.75%,精矿品位15.91%的指标,使上堆物料的选冶总回收率达到了83.53%,走出了一条“循环经济”之路。

**关键词:**浸渣;资源化利用;浮选回收率;循环经济

### 0 前 言

根据1976年7月25日云南省矿产储量委员会批准的《云南省永仁县团山铜矿矿区地质勘探储量报告决议书》,确认团山矿区的勘察和地质研究程度已经基本达到详勘要求,团山矿区共探获大小矿体15个,被批准作为矿山开采设计的是I-1、I-2矿体。共圈定表内铜金属储量: $B + C_1 + C_2$ 级49464 t,铜平均品位1.836%。

东川矿务局1988年根据团山资源的勘探结果,结合矿产储委会批准的资源情况,提交了《永仁县团山铜矿初步设计说明书》。由于矿区I-1、I-2矿体的储量占全区储量的91.4%,特别是I-1矿体勘探程度高,埋藏较浅,占全区储量的71.2%,而且上品位特别高,因此被确定为主要开采对象。根据矿区的开采条件,将其划分为南、中、北3个井田。

选厂设计只针对南部井田,它的开采范围划定为I-1矿体1910 m以上至地表2164.4 m,地质总矿量112.6万t,剔除厚度0.85 m以下品位达不到要求的矿石,可设计开采的地质矿量81.1万t,设计为平硐开采0~7中段。

整个矿区按顺序从上往下进行平硐开拓,回采方法设计为房柱法。选矿用常规浮选、自然脱水。矿体 $SiO_2$ 含量高,属高矽尘矿山,采用机械通风。

### 1 资源实际开发利用情况

团山铜矿浮选厂于1992年建成投产,酸浸厂于1996年建成投产。从而形成了探、采、选、铜湿法酸

浸为一体的综合性矿山生产系统。

#### 1.1 浮选厂

浮选厂初步设计处理能力为200 t/d,年处理能力约6万t。1992年建成投产,到2005年达产,生产产品为精矿含铜,并回收伴生银。1992~2007年累计处理矿石742825 t,平均品位1.49%,原矿含铜11050.1 t,生产精矿含铜7583.09 t,平均精矿品位19.6%,综合回收率为68.62%,生产精矿含银为19332 kg。

从生产指标看,回收率指标并不理想,主要是由于原矿中约80%属氧化矿类型,氧化率平均约为33.26%,结合率平均约为18.2%,给浮选带来不利影响,导致选矿回收率偏低,尾矿累计含铜金属量3467 t,尾矿平均品位0.49%。

#### 1.2 酸浸厂

酸浸厂的设计与建设主要是针对原矿氧化率高、浮选困难而设计的。酸浸厂于1996年建成投产,设计年产150 t电铜,最初的生产能力为每年约100 t电解铜,到2005年达到200 t的生产规模。投产至今,累计上堆矿石173647 t,平均品位1.51%,原矿含铜2624.70 t,湿法选矿回收率67.86%,累计生产电解铜1781.163 t。浸渣含铜844 t,浸渣平均品位0.6%~0.8%。

### 2 浸渣再选试验研究

从团山铜矿十余年来的生产报表统计中看到,团山铜矿无论是浮选还是酸浸湿法回收,其效果均不理想,约有30%的金属损失于尾矿(或浸渣)中。

与此同时,团山铜矿近年来面临资源枯竭,矿山寿命即将结束的困境,为寻找出路,团山铜矿采取积极措施,一方面多方勘探,寻找新的资源点;另一方面针对金属的流失情况,按照“循环经济”的思路,提出了对尾矿和浸渣进行回收再用的设想,并开展了浸渣再选的试验研究。

2.1 浸渣的性质分析

根据初步设计,最先上堆的矿石均为氧化率高于45%的氧化矿,原矿品位平均1.4%~1.6%,经

过浸出-萃取-电解处理后,剩余的料渣仍然堆放于堆场上。这些浸渣受到酸液及空气、水等的侵蚀,氧化率较原矿更高,可选性更差。

为摸清浸渣的性质,有关技术部门先后3次对浸渣进行取样分析。取样过程中发现,浸渣的含泥量大,但块矿部分粒度较为均匀。从浮选技术的角度来说,含泥量对浮选的影响是极为不利的,因此,取样后用 $\sigma 2\text{ mm}$ 的方格筛进行筛分,筛后物料按正、负粒级分别进行物相分析,分析结果见表1。

表 1 浸渣的物相分析结果

粒级 (mm)	硫化铜(%)		游离氧化铜(%)		结合氧化铜(%)		铜 (%)	氧化率 (%)	结合率 (%)
	含量	分布	含量	分布	含量	分布			
+2	0.310	34.37	0.368	40.80	0.224	24.83	0.902	65.63	24.83
-2	0.02	8.03	0.101	40.56	0.128	51.41	0.249	91.97	51.40

注: +2 mm 粒级占81.31%, -2 mm 粒级占18.69%。由于细粒级部分的氧化率、结合率均过高,且考虑其所占比例低,故试验时丢弃细粒级部分,只对+2 mm 粒级部分进行浮选试验。

2.2 选矿试验

2.2.1 正交试验

根据团山铜矿浮选厂的生产实际,确定了四因素、四水平。因素及水平见表2。

表 2 正交试验的因素及水平

水平	因素指标			
	细度( % -200目)	NaOH(g/t)	Na <sub>2</sub> S(g/t)	黄药(g/t)
1	75	0	600	150
2	80	50	800	200
3	85	100	1000	250
4	90	150	1200	300

2.2.2 正交试验流程

试验流程见图1。

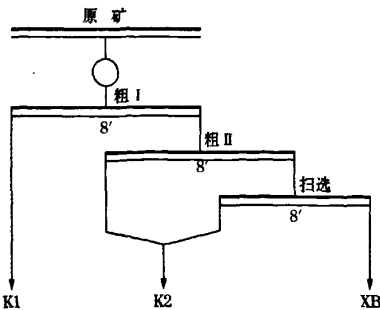


图 1 浸渣开路试验流程

2.2.3 正交试验结果

按多因素部分试验法安排试验,结果见表3。由表3分析可知,最优浮选条件为:细度:75%<sub>-200目</sub>;NaOH:50 g/t;Na<sub>2</sub>S:1200 g/t;黄药:300 g/t。

表 3 正交开路试验结果

试验指标	水平	试验结果			
		A:细度	B:NaOH	C:Na <sub>2</sub> S	D:黄药
品位	I/4	4.39	3.94	3.95	3.94
	II/4	4.10	4.00	3.95	3.98
	III/4	3.79	3.98	3.98	4.00
	IV/4	3.60	3.96	3.99	3.96
	极差	0.79	0.06	0.04	0.06
	较优水平	A1	B2	C4	D3
回收率	因素主次	ABCD			
	I/4	65.20	64.07	63.79	63.62
	II/4	63.93	64.94	64.04	64.03
	III/4	64.37	64.54	64.92	64.93
	IV/4	64.53	64.48	65.28	65.45
	极差	1.27	0.87	1.49	1.83
综合结果	较优水平	A1	B2	C4	D4
	因素主次	DCAB			
	因素主次	DCAB			

2.2.4 闭路试验

根据开路试验的最优浮选条件,又结合生产实践中原矿浮选的细度要求高的实际情况,分别按“最优条件”和“提高细度”两种条件进行了闭路试验,闭路试验流程见图2,结果见表4。

表 4 不同流程的闭路试验结果

方案	名称	原矿品位 (%)	精矿品位 (%)	尾矿品位 (%)	回收率 (%)	备注
I	最优条件	0.914	19.33	0.393	58.19	细度75%
II	提高细度	0.903	16.63	0.409	56.09	细度80%

由表4可以看出,按照开路的最优试验条件进

行的闭路试验结果优于提高细度的试验结果,说明浸渣中的有用矿物嵌布粒度较浮选尾矿粗一些,当磨矿细度为 75% 时已能满足浮选需要,而细度为 80% 时,已产生过粉碎,反而导致浮选指标下降。

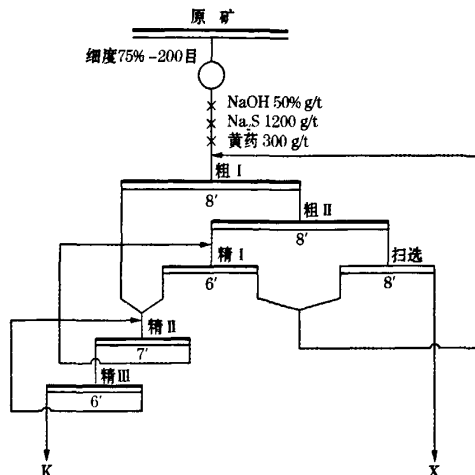


图2 漫渣闭路试验流程

### 3 浸渣浮选的工业生产实践

### 3.1 浸渣浮选工业生产操作参数

在浸渣浮选试验结束后,根据试验条件,在浮选

厂进行了浸渣浮选回收的工业实践。

浸渣在料场上就地用  $\sigma 2\text{ mm}$  方格筛进行筛分,筛上物用清水淋洗后,再用汽车倒运至浮选厂,进入碎矿流程再碎,而后进入磨浮流程。

由于浸渣浮选的矿浆偏酸性,故在进入浮选后,石灰(用作 pH 值调整剂)用量以 pH 值达 9~10 为标准。其它药剂用量以试验结果为依据。

各操作参数具体情况为细度: 63% ~ 65%<sub>-200目</sub>; pH=9~10; 石灰: 以 pH 值达到要求为标准; Na<sub>2</sub>S: 1200 g/t; 黄药: 300 g/t。

### 3.2 浸渣浮选工业生产指标

团山铜矿自 2008 年 3 月 15 日起,在井下供矿跟不上时间断性地处理浸渣。至 2008 年 7 月 7 日,累计处理浸渣 3105 t,入选品位 0.689%,浸渣含铜 21.397 t,再选回收率 48.75%,精矿品位 15.91%,回收金属 10.432 t。至此,上堆原矿的选冶总回收率达到了 83.53%。

### 3.3 浸渣浮选与原矿选矿的成本比较

通过对团山选厂 2008 年 1 月~7 月的生产物资及生产产量指标的统计,由于处理两种物料的技术指标相差较大,采取以精铜产量计算成本的方式更具可比性,其对比结果见表 5。

表5 处理两种物料的精铜成本比较

处理物料名称	精铜成本(元/t)	石灰(kg/t)	黄药(元/kg)	硫化钠	松油	钢棒	钢球	电耗	水耗(kg/t)	原矿费(元/t精铜)
浸渣	15412.342	22.556	29.084	281.081	220.764	119.701	464.118	6820.906	611.267	5778.547
坑口矿	22502.375	17.200	18.797	315.573	211.512	142.653	465.614	6656.585	520.071	13021.518

由表 5 的数据对比不难看出,虽然在浮选回收浸渣的过程中,药剂消耗较处理坑口原矿时要多,但钢耗上有所降低,而降低最大的是原矿费。团山铜矿的采矿费相当高,为 72 元/t 原矿。如果处理浸渣,则只产生浸渣筛分、运输的费用,合计费用为 20 元/t。处理浸渣的精铜总成本较处理坑口原矿低了 7090 元/t 精铜,降低幅度是较大的。

### 3.4 工业实践中存在的问题

从工业实践指标来看,精矿品位和回收率距试验指标相差较大,其主要原因:

一是入选品位低,试验样品的品位达 0.914%,而浮选厂入选品位仅达 0.689%。这与堆场堆料厚度大,取样时只能取到相对浸出不太完全的表层矿料有关;

二是浮选厂的磨矿参数不合理,导致磨矿产品粒度仅达 63% ~ 65%<sub>-200目</sub>,离试验要求差了 10 个

百分点,入选细度达不到单体解离,是导致浮选指标低的主要原因;

三是生产现场的浮选机性能较差,这些浮选机均是使用了十余年的小型浮选机,加之维护水平低,浮选机的充气及搅拌性能均大幅下降,对浮选过程不利;

四是人员操作素质相对低下。浸渣的性质与井下所供原矿的性质不同,人员在操作过程中对出现的反常现象不能正确分析和采取合理的调整措施,这也是浮选指标不理想的原因之一。

## 4 结 语

随着自然资源的逐步消失,寻求资源的循环利用是延长矿山寿命,最大限度回收利用资源的有效途径。团山铜矿用浮选法回收浸渣,虽然从选矿指标上看,从选矿药剂的消耗上看是不划算的,但由于

其原矿费用低,整个精铜成本明显降低,说明回收的真正意义在于资源的再次利用,是矿山循环经济的有效尝试。

团山铜矿寻求浸渣的浮选回收利用,既是对选冶联合工艺的新探索,又通过试验证明了联合流程的潜力,在工业实践中也取得了一定的效果。但由于团山铜矿的设备性能、人员操作素质等多方面因素的影响,工业实践指标不够理想。目前团山铜矿正计划进行浮选设备的更新、操作参数的调整,并且

加强了员工培训,同时技术人员也在进一步探索完善联合工艺流程,今后的指标将越来越好。

#### 参考文献:

- [1] 云南楚雄矿冶股份公司团山铜矿. 永仁团山铜矿资源开发利用现状[R]. 楚雄:云南楚雄矿冶股份公司,2008.
- [2] 云南楚雄矿冶股份公司选厂. 团山矿的选矿试验研究[R]. 楚雄:云南楚雄矿冶股份公司,2007.
- [3] 云南楚雄矿冶股份公司生产技术部. 关于团山铜矿选矿工艺指标的分析报告[R]. 楚雄:云南楚雄矿冶股份公司,2008.

(收稿日期:2008-11-02)

#### (上接第28页)

前图形中。首先要获得插入块的参数,才能根据具体的参数把图块插入到指定图形中。【分解】按钮完成对指定块参照的分解操作,首先要判断图形中是否存在块参照。【标记】按钮包含了为指定的块参照添加标记的功能,首先要为作为遮罩的矩形添加扩展数据,之所以对作为遮罩的矩形添加扩展数据,是为了在删除遮罩时快速的判断出遮罩对象。【删除标记】按钮包含了删除图形中所有遮罩对象的功能,首先要创建选择集,把标记添加到选择集中,然后再删除选择集中的对象,最后删除选择集,以达到删除所有标记的目的。【取消】按钮退出程序。



图1 图块管理器界面

该程序不仅仅局限于图块的插入以及管理,也可完成测量资料的追加。巷道开挖与掘进都要依据设计要求,井下采集数据成图后,把该部分追加到设计图纸中,这样可对实测和设计的平面图进行比较,若发现有一些不符合要求,就可以及时纠正巷道的掘进错误,减少由此带来的经济损失。城市实地房屋的改建扩建,矿山巷道设计变更,管道的重新铺设以及更新等等只须输入有关的信息(如:附近控制

点信息)即可把更新信息追加到原有的线状图中。后期的修改也相当方便。但从程序整体来看,该程序还有很多不足之处:通过 ObjectDBX 打开的图形要确保它当前不被 AutoCAD 打开,否则会出错。在插入块时要先打开该图块所在的图形文件,再在列表中选择,不能直接选择要插入的图块,如果没有建立图块集,则将给数据追加带来很大的不便;“图块管理器”虽然给后期编辑带来便利,但不能根据选择的块遮罩缩放图形,如果在插入块时能设置其缩放比例,该程序将更加完善;不能显示每一个块参照的具体信息,如:块的插入点位置和属性值等。

综上所述,采用数字化测图方法能克服大比例尺白纸测图连续更新的困难。只有通过计算机构建数据库,才能对要存储的资料实时地、动态地进行添加、删除、修改和维护,也才能做到数据和资料的动态管理。本文的程序设计部分能把已绘出的局部测区地形图添加进原始的地形图中,或是把各个图幅进行合并,以及能实时对数字地图进行更新等,这个功能的实现将使矿山测量资料(实际上也不局限于此)的管理更动态化、实时化和智能化。

#### 参考文献:

- [1] 白裕良,徐云龙,杨赞行. 矿山测量[M]. 北京:煤炭工业出版社,1998:217~230.
- [2] 何沛峰. 矿山测量[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1998:138~146.
- [3] 高井祥. 数字化测图原理和方法[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001:356~389.
- [4] 杨得麟. 数字测量技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [5] 张国宝. AutoCAD2000 VBA 开发技术[M]. 北京:清华大学出版社,2005:76~79.
- [6] 王钰. 用 VBA 开发 AutoCAD 2000 应用程序[M]. 北京:人民邮电出版社,1999.
- [7] 张帆,郑立楷,王华杰. AutoCAD VBA 开发教程[M]. 北京:清华大学出版社,2004:187~216.

(收稿日期:2008-11-02)