

# 四川某铜矿选矿试验研究

陈艳平<sup>1</sup>, 毛益林<sup>2</sup>, 陈晓青<sup>2</sup>, 杨进忠<sup>2</sup>, 刘小府<sup>2</sup>

(1. 保山金厂河矿业有限公司, 云南 保山 678000; 2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国地质调查局金属矿产资源综合利用技术研究中心, 四川 成都 610041)

**摘要:** 以四川某地铜矿为研究对象, 依据其矿石性质, 采用优先浮选工艺流程回收铜、伴生硫钴矿物, 闭路试验可获得Cu品位24.57%、回收率97.06%的铜精矿, Co品位0.31%、回收率33.30%的硫钴精矿。达到了对铜、钴等矿物综合回收的目的。

**关键词:** 铜矿; 优先浮选; 硫钴精矿; 综合回收

doi: 10.3969/j.issn.1000-6532.2020.02.015

中图分类号: TD913 文献标识码: A 文章编号: 1000-6532(2020)02-0081-05

随着世界经济的发展, 铜、钴等各种金属的需求量呈快速增长态势。虽然我国有色金属矿产资源种类较为齐全, 但大部分资源具有贫、细、杂的特点, 综合利用程度低, 浪费严重<sup>[1]</sup>。同时, 我国铜矿资源品位低, 性质复杂, 资源量匮乏, 70%以上的铜依赖进口<sup>[2]</sup>; 我国钴矿床品位低, 加工工艺复杂, 生产成本低, 钴多作为副产品产出, 产量不能满足国家的发展需求, 严重依赖国外进口, 成为我国的稀缺资源<sup>[3]</sup>。因此, 开展该类矿产资源的高效综合回收利用意义重大。

四川某地铜矿石有价元素为铜, 伴生钴, 高效综合回收该资源的有价组分可显著提高该资源的开发利用价值。试验以工艺矿物学研究结果为基础, 采用优先浮选工艺流程回收铜、伴生硫钴矿物, 较好地实现了该矿石资源的综合回收利用, 为高效开发利用该铜矿资源提供了技术依据。

## 1 矿石性质

### 1.1 矿石主要化学成分

矿石主要化学成分分析结果见表1。

表1 矿石主要化学成分分析结果 /%

Cu	Co	Mo	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
1.00	0.0099	0.0027	1.50	2.39	13.67	5.76	8.52	37.41
TFe	Pb	Zn	As	TREO	TiO <sub>2</sub>	Au*	Ag*	
8.11	0.020	0.026	0.0093	0.012	0.53	0.0035	3.37	

\*单位为 g/t。

### 1.2 矿石物相分析

矿石中铜、钴物相分析分别见表2、表3。

表2 铜物相分析结果

Table 2 Analysis results of copper phase

相别	原生硫化铜中铜	次生硫化铜中铜	自由氧化铜中铜	结合氧化铜中铜	硫酸铜中铜	总铜
含量 /%	0.93	0.035	0.022	0.011	0.002	1.00
占有率 /%	93.00	3.50	2.20	1.10	0.20	100.00

表3 钴物相结果

Table 3 Analysis results of cobalt phase

相别	硫化钴	硅酸盐中钴	氧化钴	总钴
含量 /%	0.0082	0.0013	0.0004	0.0099
占有率 /%	82.83	13.13	4.04	100.00

表2、3结果表明, 硫化铜占总铜的96.50%, 其中原生硫化铜占93.00%、次生硫化铜占3.50%, 氧化铜部分共3.30%; 硫化钴占82.83%, 硅酸盐

收稿日期: 2019-07-30; 改回日期: 2019-08-30

作者简介: 陈艳平(1985-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事矿山选矿工作。

中钴占 13.13%。

### 1.3 主要矿物赋存状态及嵌布特征

铜：主要以黄铜矿形式存在，呈它形粒状或它形粒状集合体形式嵌布在矿石中，细者 10 μm，粗者达 6 mm。部分在细粒碳酸盐粒间填隙，呈均匀浸染状；部分沿碳酸盐或长石集合体粒间裂隙嵌布，呈筛网状；粗粒黄铜矿中包有石英和细粒碳酸盐集合体；呈锯齿状嵌布在自形脉石粒间。

少量以斑铜矿形式存在，斑铜矿为次生硫化铜，含量低，部分斑铜矿与黄铜矿连生。

## 2 流程选择

铜、钴硫化矿的选矿回收目前以浮选工艺为主，由于试验矿样硫化矿物含量相对较高，选择流程相对简单的优先浮选流程来处理该含钴铜矿石。

## 3 试验结果与讨论

### 3.1 磨矿细度试验

磨矿细度决定了有用矿物的解离情况，对选矿回收有用矿物起着关键的作用。细度过粗不能使有用矿物能得到充分解离；细度过细也会产生较多的次生矿泥，附着在矿物表面，使矿物可浮性下降并影响浮选效果<sup>[1,4]</sup>。

石灰用量 600 g/t，Z200<sup>#</sup> 用量 40 g/t。磨矿细度试验结果见图 1。

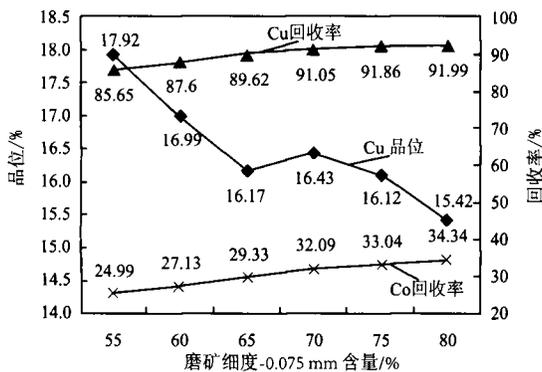


图 1 磨矿细度试验结果  
Fig. 1 Results of grinding fineness test

由图 1 可知，随着磨矿细度的增加，铜粗精矿中铜品位逐渐降低，铜回收率呈逐渐增加后趋于平缓的趋势；而钴在铜精矿中损失也在逐渐增加。由于铜优先浮选应首先考虑回收率指标，故确定适宜的磨矿细度为 -0.075 mm 75%。

### 3.2 铜浮选试验

#### 3.2.1 碳酸钠用量试验

由于该矿石为高硫硫化铜矿石，粗选介质条件是否合理，直接影响铜和后续伴生硫钴选别作业的综合回收。

通过试验确定采用碳酸钠作为 pH 值调整剂，其用量试验结果见图 2。

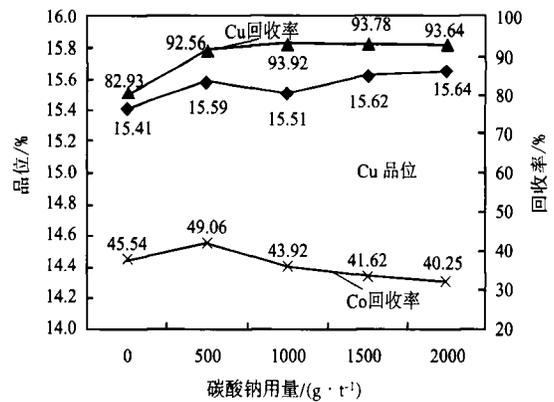


图 2 碳酸钠用量试验结果  
Fig. 2 Result of sodium carbonate doses test

试验结果表明，随着碳酸钠用量的增加，对铜粗精矿中铜的品位影响很小，而铜的回收率在前期 (0 ~ 500 g/t) 上升趋势明显，后期 (1000 ~ 2000 g/t) 基本保持平衡。而钴在铜粗精矿中的损失随着碳酸钠用量的变大呈现出先增加后减少的变化趋势，综合考虑，最终确定粗选的碳酸钠用量为 1000 g/t。

#### 3.2.2 抑制剂亚硫酸钠用量试验

优先选铜作业中，在尽可能有效地回收铜的情况下，同时也要尽可能地减少伴生硫钴的损失，以利于选铜作业铜精矿品位的提高及后续选钴作业钴的高效回收。石灰作为黄铁矿最为常用的抑

制剂，但在该矿中不宜与碳酸钠介质调整剂同时添加；亚硫酸及其盐类药剂一定意义上可以活化黄铜矿，且对黄铁矿表现出较好的抑制作用，故选择亚硫酸钠做为黄铁矿抑制剂，考察亚硫酸钠用量对铜浮选的影响。试验结果见图3。

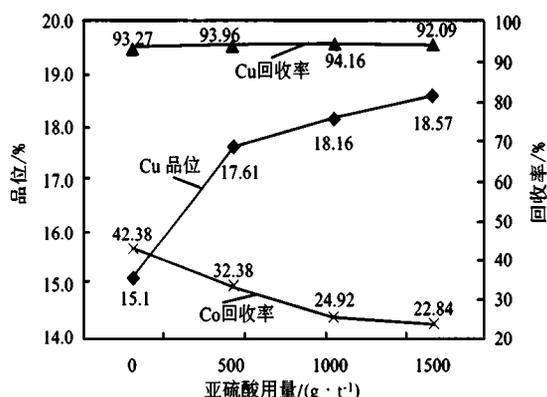


图3 亚硫酸钠用量试验结果

Fig.3 Results of sodium sulfite doses test

图3数据表明，添加抑制剂亚硫酸钠后，随着其用量的增加，铜粗精矿中含铜品位越来越高，含钴品位越来越低，表明黄铁矿在亚硫酸钠的作用下受到较好的抑制。综合考虑，亚硫酸钠用量为1000 g/t。

### 3.2.3 捕收剂Z200<sup>#</sup>用量试验

采用常规药剂Z200<sup>#</sup>作为铜矿物捕收剂，试验结果见图4。

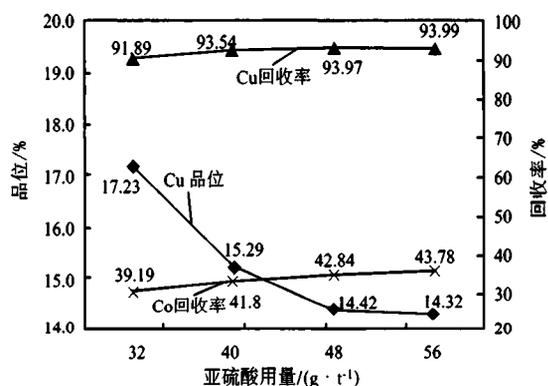


图4 Z200<sup>#</sup>用量试验结果

Fig.4 Results of Z200# doses test

由图4结果可知，随着Z200<sup>#</sup>用量的增加，铜粗精矿中的含铜品位越来越低，而铜回收率却越来越高，且这一规律在前期表现明显。在Z200<sup>#</sup>

用量较大的情况下，粗精矿中钴的损失增加，而铜回收率基本保持不变。综合考虑，确定Z200<sup>#</sup>的用量为48 g/t。

### 3.3 钴浮选试验

由于矿样中钴主要以钴黄铁矿形式存在，且大部分存在于选铜尾矿中，为了更好地综合回收含钴硫矿物，考虑对其进行回收加以利用。

黄铁矿比重较大，原则上可通过重选回收富集，但原矿中含有其它比重较大的重矿物，不易于与其分离，难于产生一个品位较高的硫精矿；浮选选硫的工艺流程较为成熟，可与铜选别流程有效衔接，故考虑采用浮选工艺综合回收含钴硫矿物。

#### 3.3.1 粗选活化剂硫酸铜用量试验

硫酸铜作为黄铁矿的常用活化剂之一，往往在选黄铁矿之前添加以提高其回收率，故试验采用硫酸铜作为选钴作业的活化剂。硫酸铜用量试验结果见图5。

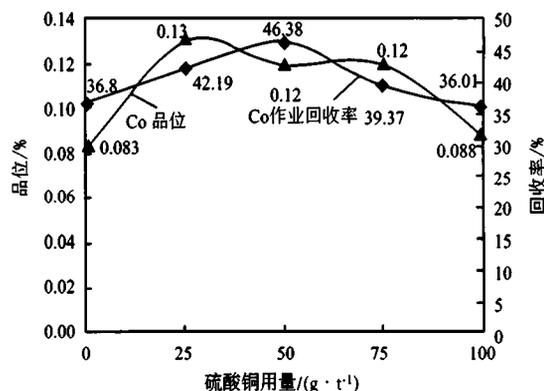


图5 硫酸铜用量试验结果

Fig.5 Results of copper sulphate doses test

由图5试验结果可知，随着硫酸铜用量的增加，钴硫粗精矿中钴的作业回收率是先增加后降低，且当硫酸铜用量为50 g/t时，钴的作业回收率达到最高。最终确定，硫酸铜的用量为50 g/t。

#### 3.3.2 粗选捕收剂丁基黄药用量试验

采用常规黄铁矿捕收剂丁基黄药作为其捕收剂，试验结果见图6。

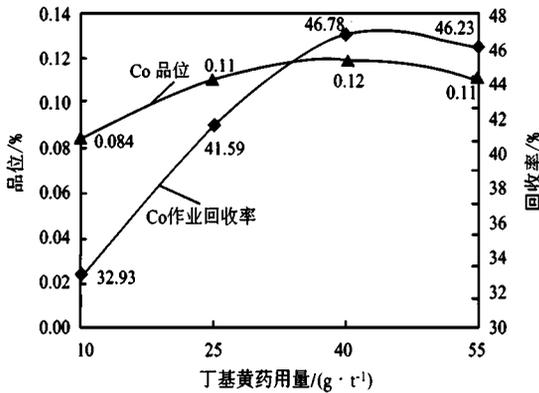


图6 丁基黄药用量试验结果

Fig.6 Results of butyl xanthate doses test

由图6试验结果可知,随着捕收剂用量的增加,钴作业回收率呈增加趋势,且当用量大于40 g/t时,其变化转为平缓增加。综合考虑,确定丁基黄药用量为40 g/t。

### 3.4 闭路试验

在条件试验确定的药剂制度下,对其进行微调后开展铜钴依次优先浮选的闭路流程试验,试验流程见图7,试验结果见表4。

表4 闭路试验结果

Table 4 Results of closed-circuit test

产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Cu	Co	Cu	Co
铜精矿	3.95	24.57	0.062	97.06	24.65
钴硫精矿	1.07	0.53	0.31	0.57	33.30
尾矿	94.98	0.025	0.0044	2.37	42.05
原矿	100.00	1.00	0.0099	100.00	100.00

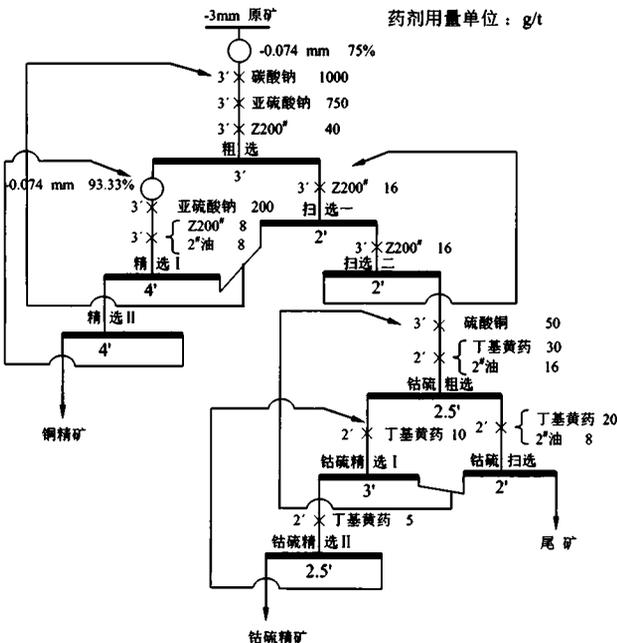


图7 闭路试验流程及条件

Fig.7 Flowsheet of closed-circuit test

## 4 结论

(1) 四川某含钴铜矿石铜、钴含量分别为1.00%、0.0099%,主要有用矿物有黄铜矿、黄铁矿,硫化铜、钴分别占对应金属总量的96.50%、82.83%。

(2) 针对该含钴铜矿石开展的可选性试验,采用1粗2精2扫优先选铜、选铜尾矿1粗2精1扫选硫钴的优先浮选工艺流程,可以得到Cu品位24.57%、回收率97.06%的铜精矿;Co品位0.31%、回收率33.30%的硫钴精矿。

(3) 充分回收了主金属铜及伴生钴金属矿物,所获各种产品的技术指标优异,达到了综合回收的目的。

## 参考文献:

[1] 毛益林,陈晓青.云南某铜铅锌多金属矿选矿试验研究[J].金属矿山,2016(2):82-86.  
Mao Y L, Chen X Q. Experimental Study on Beneficiation of a Copper Lead Zinc Polymetallic Ore in Yunnan [J]. Metal Mine, 2016(2): 82 - 86.

[2] 沈旭,夏建波.国内某铜钴矿选矿试验研究[J].昆明冶金高等专科学校学报,2019(1):15-25.  
Shen X, Xia J B. Study on a Domestic Copper and Cobalt Ore Dressing [J]. Journal of kunming Metallurgical College, 2019 (1): 15-25.

[3] 沈旭.国外某铁金钴矿选矿试验研究[J].中国矿业,2015(12):136-137.  
Shen X. Study on Ore Dressing of a Certain Iron Gold Cobalt Ore Abroad [J]. China Mining Industry, 2015 (12): 136-137.

[4] 田华伟,刘万峰.某含砷铜钴矿选矿工艺试验研究[J].铜业工程,2018(5):17-19.  
Tian H W, Liu W F. Experimental Study on Beneficiation Technology of a Certain Copper Cobalt Ore Containing Arsenic [J]. Copper Engineering, 2018(5): 17-19.

(下转 101 页)

## Research on Flotation Agent Screening and Mineral Processing Technology for Fine-grained Cassiterite

Wang Tai, Hu Zhen, Li Hanwen

(Guangdong Institute of Resources Comprehensive Utilization, Guangzhou, State Key Laboratory of Rare Metals Separation and Comprehensive Utilization, Guangdong Provincial Key Laboratory of Mineral Resources Development and Comprehensive Utilization, Guangzhou, Guangdong, China)

**Abstract:** In this paper, the test study on the recovery of fine tin particles from a tin polymetallic sulfide ore in Inner Mongolia was carried out. Based on the study of technological mineralogy, the pretreatment of deslimation and desulphurization was carried out, and the flotation environment of cassiterite was optimized. Finally, the whole technological process of "desliming - floating sulfur - floating tin" is adopted. Under the condition of inclusion of 0.55% tin grade, the technical indexes of floating tin concentrate grade of 6.52% and recovery rate of 68.56% can be obtained, which realizes the effective enrichment of fine tin stone and provides a technical basis for the development of this resource.

**Keywords:** Low-grade ores; Micro-fine particle; Cassiterite; Flotation

////////////////////////////////////  
(上接 90 页)

## Experimental Study on Mineral Processing of a Copper Ore in Sichuan

Chen Yanping<sup>1</sup>, Mao Yilin<sup>2</sup>, Chen Xiaoqin<sup>2</sup>, Yang Jinzhong<sup>2</sup>, Liu Xiaofu<sup>2</sup>

(1. Baoshan Jinchanghe Mining Co., Ltd., Baoshan, Yunnan, China; 2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS; Research Center of Multipurpose Utilization of Metal Mineral Resources of China Geological Survey, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** Via choosing the copper ore in Sichuan as the research subject, basing on the mineral characteristics, the preferential flotation flow sheet was adopted and finally the comprehensive recovery of copper and sulfur-cobalt concentrate was realized, among which the grade of copper and cobalt was 24.57%, 0.31% and their recovery was 97.06%, 33.30% respectively. The aim of comprehensive recovery to associated minerals such as copper, cobalt was reached.

**Keywords:** Copper Ore; Preferential flotation; Sulfur-cobalt concentrate; Comprehensive Recovery