

# Survey on Recovery and Utilization of Coexisting Ingredient of Gejiu Copper Polymetallic Deposit

Fengwei Gan<sup>1, 2</sup>, Weixuan Fang<sup>1, 2</sup> and Ruizhong Hu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou, China

<sup>2</sup>) China Nonferrous Metals Geological Survey, Beijing, China

<sup>3</sup>) Yunnan Tin Group, Gejiu, Yunnan, China

**Abstract**—The contents of Cu, Bi, Au, Ag, S, Sn, Co, Ni, W, Se, Zn and As in the concentrate ores, raw ores and tailings are investigated from beneficiation technological flowsheet of grinding-flotation-dehydration, comprehensive recovery of tailings and separating-cleaning of Bi-S-W-Sn in Gejiu copper polymetallic deposit. It is found that the coexisting ingredients of Au, Ag, Bi, S, W and Sn are effectively recovered, and preventing the high contents of Cu, S and As in the tailings to contaminate the environment of the mine.

**Keywords**—copper polymetallic deposit, coexisting ingredient, recovery and utilization, Gejiu

## 个旧铜多金属矿床共伴生组分回收利用调查\*

甘凤伟<sup>1, 2</sup> 方维萱<sup>1, 2</sup> 胡瑞忠<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室, 贵阳, 贵州, 中国

<sup>2</sup>) 有色金属矿产地质调查中心, 北京, 中国

**摘要** 本文对个旧卡房铜多金属矿单铜选厂磨矿-浮选-脱水工艺流程、单铜选厂尾矿综合回收重选工艺流程和铋硫钨锡分离精选工艺流程的原矿、精矿和尾矿中 Cu、Bi、Au、Ag、S、Sn、Co、Ni、W、Se、Zn、As 元素含量进行调查, 查清共伴生组分在选矿过程中的富集分散规律, 为提高其回收利用提供依据, 以减少金属元素进入尾矿对环境污染的风险。

**关键词** 铜多金属矿 共伴生组分 回收利用 个旧

### 1. 引言

有色金属矿床大多共生和伴生有多种有用金属元素, 铜矿床中伴生有铅、锌、钨、钼、锡、铋、镍、钴、硫、金、银等金属元素和镉、硒、碲、镓、铟、铼、铊等稀散元素<sup>[1, 2]</sup>。个旧铜多金属矿床位于云南省个旧矿区卡房矿田, 是个旧典型的变玄武岩铜矿产出地段; 矿石类型为硫化矿, 可分为方解-电气石黄铜矿石、条带状金云母黑云母化变玄武岩型磁黄铁-黄铜矿石、热液脉状岩型磁黄铁-黄铜矿石和符山石-石榴子石夕卡岩型磁黄铁-闪锌-黄铜矿石<sup>[2]</sup>。有色金属矿床的金属元素的富集分散路径为原矿矿石→选矿流程→精矿→冶炼厂和原矿矿石→选矿流程→尾矿→尾矿库。因此, 共伴生组分回收利用调查可以确定其在选矿流程中的分布规律; 以指导提高选矿系统对于共伴生

组分的回收, 为冶炼中回收共伴生元素提供依据; 同时, 为尾矿的物质成分查定及尾矿管理提供基础数据。

### 2. 样品采集

本文对个旧卡房铜多金属矿单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程(图1)、综合车间尾矿综合回收重选工艺流程(图2)和综合车间铋硫钨锡分离精选工艺流程(图3)的原矿、精矿和尾矿进行了采样。样品重量 500g, 分析 Cu、Au、Ag、Co、Ni、S、W、Bi、Sn、Se、As、Zn 元素品位, 测试单位为中国冶金地质勘查工程总局一局测试中心。

### 3. 共伴生组分回收利用调查

研究区采用重、磁、浮多种选矿方法, 产出多种选矿产品, 分别送还原焙烧、烟化、氯化处理, 实现了选冶联

\*中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室开放基金(200303)和国家危机矿山接替资源勘查项目(项目编码 200453003)

合流程；通过选矿或冶炼过程能回收的有益组分已有 Sn、Pb、Cu、Zn、In、Cd、W、Bi、Au、Ag、As、Sb、Ni 等 18 种<sup>[4]</sup>。

### 2.1 单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程

此流程日处理原矿 1500t，原矿 Cu 品位为 1.03%，Cu 回收率为 85%。

表 1 样品中各元素品位 ( $\omega_B/\%$ ,  $\omega_{B^*}/10^{-6}$ )

样号	Au*	Ag*	Cu	Co	Ni	S
GK01	<0.10	2.4	0.082	0.008	0.014	5.86
GK02	<0.10	10.0	1.030	0.009	0.014	8.04
GK03	0.52	12.4	0.110	0.017	0.027	38.28
GK04	1.90	113.0	17.170	0.019	0.036	33.93
样号	W	Bi	Sn	Se*	As	Zn
GK01	0.044	0.041	0.031	17.3	0.14	0.028
GK02	0.048	0.190	0.039	17.2	0.17	0.045
GK03	0.016	0.220	0.023	9.1	1.49	0.028
GK04	0.020	2.720	0.130	16.1	0.73	0.460

由表 1 计算可知，此流程日生产铜精矿 76.49t，品位 17.17%，含铜 13.133t。铜精矿中其他元素品位为：Au $1.9 \times 10^{-6}$ 、Ag $113.0 \times 10^{-6}$ 、Co0.019%、Ni0.036%、S33.93%、W0.02%、Bi2.72%、Se $16.1 \times 10^{-6}$ 、As0.73%和 Zn0.46%。每日进入铜精矿中各元素重量为：Au0.145kg、Ag8.643kg、Co0.015t、Ni0.028t、S25.953t、W0.015t、Bi2.081t、Sn0.099t、Se1.231kg、Zn0.329t 和 As0.558t。

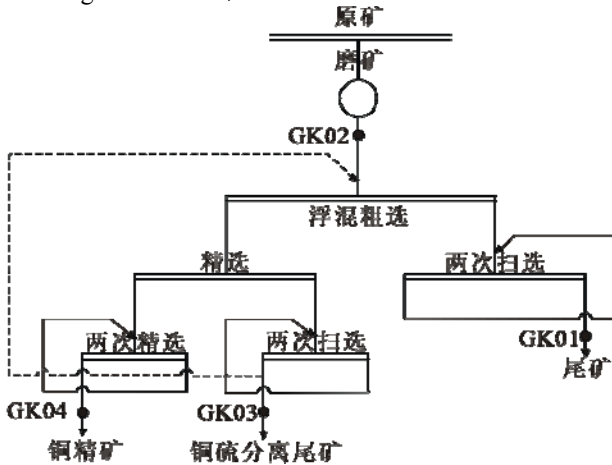


图 1 单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程采样图

由表 2 可知，主金属 Cu 实收率 85%，共伴生元素 Bi、Ag、Zn 实收率 50%以上；S、As、Co、Ni、Sn 实收率低于 25%；W、Sn 实收率不足 10%。由上，单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程对共伴生元素 Bi、Ag、Zn 和 Au（表 1、表

2）回收情况较好，其他共伴生元素大部分进入尾矿。

表 2 各元素实收率 (%)

元素	Cu	Ag	Co	Ni	S	W
实收率	85.0	57.6	10.8	13.1	21.5	2.1
元素	Se	As	Zn	Bi	Sn	
实收率	4.8	21.9	52.1	73.0	17.0	

此流程尾矿产率为 93%，日产尾矿 1395t，每日进入尾矿各元素重量为：Ag3.348kg、Cu1.144t、Co0.112t、Ni0.195t、S81.747t、W0.614t、Bi0.572t、Sn0.432t、Se0.024t、As1.953t、Zn0.391t。

### 2.2 综合车间尾矿综合利用重选工艺流程

此流程主要回收单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程尾矿中的共伴生元素 S、Bi、W、Sn，日处理矿量 1935t，各元素品位为 S5.86%、Bi0.041%、W0.044%和 Sn0.031%（表 3）。

表 3 样品中各元素品位 ( $\omega_B/\%$ ,  $\omega_{B^*}/10^{-6}$ )

样号	Au*	Ag*	Cu	Co	Ni	S
GK01	<0.10	2.4	0.082	0.008	0.014	5.86
GK05	<0.10	2.5	0.100	0.007	0.014	5.29
GK06	0.11	4.0	0.120	0.013	0.020	8.72
GK07	<0.10	3.8	0.100	0.013	0.020	11.20
样号	W	Bi	Sn	Se*	As	Zn
GK01	0.044	0.041	0.031	17.3	0.14	0.028
GK05	0.044	0.036	0.034	10.0	0.11	0.024
GK06	4.010	0.180	0.370	20.5	0.33	0.024
GK07	0.064	0.058	0.045	18.0	0.20	0.039

此流程每月产硫 2500t，硫的实收率为 8.23%。产出的硫铋锡钨精矿进入综合车间铋硫钨锡分离精选工业流程。值得关注的是，此流程尾矿中，Cu0.1%、S5.29%和 As0.11%，应防止这些元素在尾矿（库）-水体-大气-土壤中的传输而对矿山环境造成污染<sup>[5]</sup>。

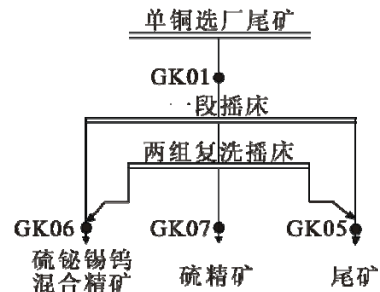


图 2 综合车间尾矿综合利用重选工艺流程采样图

### 2.3 综合车间铋硫钨锡分离精选工艺流程

表 4 样品中各元素品位 ( $\omega_B/\%$ ,  $\omega_{B^*}/10^{-6}$ )

样号	Au*	Ag*	Cu	Co	Ni	S
GK06	0.11	4.0	0.120	0.013	0.020	8.72
GK08	7.80	73.6	0.069	0.084	0.100	23.34
GK09	0.15	10.2	0.100	0.043	0.080	35.64
GK10	0.15	6.7	0.100	0.037	0.043	31.12
样号	W	Bi	Sn	Se*	As	Zn
GK06	4.010	0.18	0.370	20.5	0.33	0.024
GK08	0.520	19.70	0.170	18.2	19.95	0.017
GK09	0.032	0.72	0.020	2.3	4.46	0.045
GK10	1.160	0.61	0.180	3.6	3.49	0.030

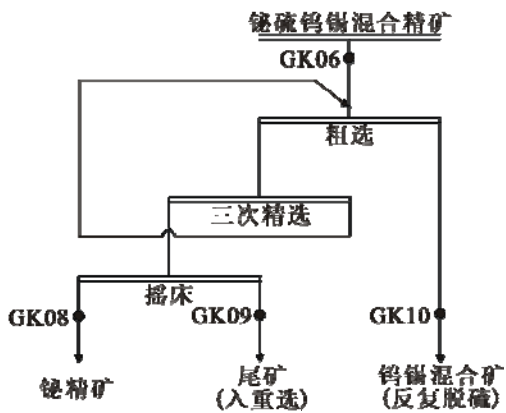


图 3 综合车间铋硫钨锡分离精选工艺流程采样图

此流程月处理硫铋锡钨 200t, 月生产铋金属 1t, 铋硫钨锡分离精选尾矿中硫品位为 35.64%, 故可作为硫精矿使用, 月产硫 130t。W、Sn 年产合计 35t。由表 4 可知, 铋精矿中各元素品位为  $Ag73.6 \times 10^{-6}$ 、 $Ni0.1\%$ 、 $S23.34\%$ 、 $As19.95\%$ ; 钨锡精矿中各元素品位为  $Ag6.7 \times 10^{-6}$ 、 $Cu0.1\%$ 、 $S31.12\%$ 、 $As3.49\%$ ; 在冶炼中应考虑这些元素的回收利用。

#### 4. 讨论与结论

1. 单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程铜精矿中 Au、Ag、S、Bi 元素含量较高, 在冶炼中可以回收利用。

2. 综合车间尾矿综合利用重选工艺流程和综合车间铋硫钨锡分离精选工艺流程对单铜磨矿-浮选-脱水工艺流程的尾矿进行了综合回收, 选出 S 精矿、Bi 精矿、W-Sn 精矿, 提高了对个旧铜多金属矿床共生组分回收。

3. 通过对于 Bi、Au 和 Ag 相关性研究 (表 1、表 3、表 4 和图 4), 发现 Bi 与 Au 密切相关 ( $R^2=0.985$ ), Bi 与 Ag 密切相关 ( $R^2=0.979$ )。自然铋是主要的载金和银矿物<sup>[6]</sup>, 因此, 自然铋的回收利用是解决铜多金属矿共生组分 Bi、Au 和 Ag 回收利用的最有效途径。

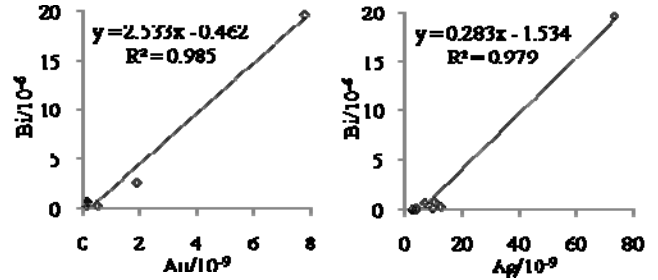


图 4 Bi 与 Au、Ag 元素含量相关性趋势图

#### REFERENCES

- [1] Gan Fengwei. Research on Material Composition and Contamination Transmission of Tailings in Tin-polymetallic Mine of Gejiu. Beijing, China University of Geoscience(in Chinese), 2009: 1-120.
- [2] Liu Weige. Strengthening Technical and Economic Research on Coexisting Ingredient of Deposit to Improve recovery of Mineral Resources. Non-ferrous Metals Techno-Economic Research(in Chinese). 1999, 151(12): 35-38.
- [3] Wei Ning, Fang Weixuan, Chen Jiawei, et al. Study of Copper, Tin and Coexisting Ingredient Occurrence of Dabaiyan Copper-Tin Polymetallic Ore Deposit in Gejiu, Yunnan Province, P.R.China. Acta Mineralogica Sinica(in Chinese). 2010, 30(1): 115-122.
- [4] Editorial Board of Yunnan Tin Group Annals. Yunnan Tin Group Annals. Yunnan: China Yunnan Peoples Publishing House(in Chinese), 1992: 321-624.
- [5] Gan Fengwei, Fang Weixuan, Wang Xunlian, et al. The heavy metal contamination in soil-potato and pea of tin tailings. Ecology and Environment(in Chinese). 2008, 17(5): 1847-1852.
- [6] Li Guoqing, Zhang Xueshu. Occurrence of the Au (Ag) deposit associated with the Sn-Cu deposit in the Kafang ore field and its enriching rules in Gejiu. Mineral Resources and Geology(in Chinese). 2008, 17(5): 289-305.