

# 新型钼铋硫化矿捕收剂CYB-06的开发及工业应用<sup>①</sup>

唐雪峰<sup>1</sup>, 龙冰<sup>2</sup>, 程征<sup>1</sup>, 沈慧明<sup>2</sup>, 赵洪冬<sup>1</sup>, 刘杰<sup>2</sup>, 徐涛<sup>2</sup>

(1.长沙矿冶研究院有限责任公司,湖南长沙410012; 2.湖南柿竹园有色金属有限责任公司,湖南郴州423000)

**摘要:**针对柿竹园钼铋硫化矿矿石特点,开发了新型环保硫化矿捕收剂CYB-06。工业试验结果表明,以CYB-06和乙硫氮为组合捕收剂,硫化矿全浮选精矿钼、铋、硫回收率分别为84.12%、67.90%、83.28%,较丁基黄药与乙硫氮组合使用时分别提高了2.32、2.82、6.55个百分点;浮选尾水COD值117 mg/L,较丁基黄药与乙硫氮组合使用时降低了41.21%。新型捕收剂CYB-06无刺激性气味、选别指标良好、尾矿废水COD值低,对矿山企业提质增效、清洁生产和环境保护具有重要意义。

**关键词:**硫化矿捕收剂; CYB-06; 辉钼矿; 辉铋矿; 工业试验; 钼; 铋; 乙硫氮

中图分类号: TD951

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.0253-6099.2024.03.013

文章编号: 0253-6099(2024)03-0062-03

## Development and Industrial Application of New Molybdenum-Bismuth Sulfide Ore Collector CYB-06

TANG Xuefeng<sup>1</sup>, LONG Bing<sup>2</sup>, CHENG Zheng<sup>1</sup>, SHEN Huiming<sup>2</sup>, ZHAO Hongdong<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>, XU Tao<sup>2</sup>

(1. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China; 2. Hunan Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co Ltd, Chenzhou 423000, Hunan, China)

**Abstract:** Based on the properties of Shizhuyuan molybdenum-bismuth sulfide ore, a new eco-friendly collector CYB-06 was developed. The results of industrial experiment show that, when using collectors CYB-06 and ethyl thiocarbamate coordinately, the recovery of molybdenum, bismuth and sulfur in the bulk sulfide concentrate attains respectively to 84.12%, 67.90% and 83.28%, up by 2.32 percentage points, 2.82 percentage points and 6.55 percentage points respectively, and the COD in the wastewater from processing plant is 117 mg/L, declined correspondingly by 41.21%, compared to the concentrate obtained with the combined collector of butyl xanthate and ethyl thiocarbamate. As CYB-06, without pungent odor, exhibits good selectivity index, and leads to low COD in the wastewater from processing plant, its application is of significance for improving product quality and operation efficiency, cleaning production and environmental protection of mining enterprises.

**Key words:** sulfide ore collector; CYB-06; molybdenite; bismuthinite; industrial experiment; molybdenum; bismuth; ethyl thiocarbamate

湖南柿竹园多金属矿是以钨、铋为主,伴生钼、锡、萤石、石榴石等矿物的复杂多金属矿床。柿竹园多金属选矿厂日处理原矿3500 t,由1500 t/d与2000 t/d两个平行选矿厂组成。选矿厂处理的钨钼铋萤石多金属矿石以矿种多、规模大、矿体集中、共生组分丰富、成矿条件复杂而闻名于世,矿物种类多达143种,被联合国专家誉为“世界有色金属博物馆”。选矿厂钼铋硫化矿原来采用钼铋等可浮、铋硫混合浮选、钼-铋硫分离、铋-硫分离的综合选矿工艺流程,工业生产取得了良好

的技术指标<sup>[1-3]</sup>。自2020年7月以来,柿竹园多金属选矿厂处理的原矿性质发生较大变化,采用钼铋等可浮工艺时等可浮精矿中硫回收率大幅上升(由20%~30%上升到70%以上),等可浮精矿钼、铋品位大幅度下降,原有的钼铋等可浮-铋硫混合浮选及钼-铋硫分离工艺及药剂制度已不具备良好适应性,导致钼铋硫选矿生产很不稳定、钼精矿品位与回收率指标大幅度下降,且较多硫铁矿进入浮钨系统,严重影响了浮钨系统生产技术指标的稳定性(钨精矿中硫含量高达5%~10%)。

① 收稿日期: 2023-12-14

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFC2905104)

作者简介: 唐雪峰(1976—),男,湖南东安人,正高级工程师,长期从事复杂难选多金属矿选矿技术研究及药剂开发工作。E-mail: 365316077@qq.com

自 2021 年硫化矿系统改造为全浮选工艺以来,硫化矿全浮选生产尾矿中钼、铋含量仍有所跑高,钼、铋金属损失偏大,且全浮选尾矿中硫含量偏高,进入浮铋系统影响浮铋作业的稳定性。在该背景条件下,本文针对柿竹园多金属矿矿石特点,开发了新型环保硫化矿捕收剂 CYB-06,旨在提高全浮选系统钼铋硫回收率指标,并为浮铋系统创造良好的入浮条件。

### 1 矿石性质

矿样为柿竹园多金属选矿厂处理的钨钼铋多金属矿石,矿石主要化学成分分析结果见表 1。矿石中 WO<sub>3</sub>、Mo、Bi、S 品位分别为 0.34%、0.050%、0.10%、1.30%。

表 1 矿石主要化学成分分析结果(质量分数) %

WO <sub>3</sub>	Mo	Bi	Sn	Cu	Pb	Zn	Fe
0.34	0.050	0.10	0.094	0.031	0.030	0.048	7.40
Re <sup>1)</sup>	Rb	CaO	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Mn
0.21	0.052	14.06	20.27	31.80	7.64	1.44	0.78
Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P	As	S	C	Cl	烧失
0.62	1.60	0.028	0.011	1.30	1.23	0.006 6	5.87

1) 单位为 g/t。

矿石主要矿物组成及含量见表 2。钨矿物主要为白钨矿,次为黑钨矿;铋矿物主要为辉铋矿,偶见自然铋;钼矿物主要为辉钼矿;锡矿物主要为锡石;其他金属硫化物以黄铁矿和磁黄铁矿为主,微量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和毒砂;铁矿物除磁铁矿以外,尚见少量赤铁矿、褐铁矿和菱铁矿;非金属矿物中含量较高的是石榴石(主要为钙铁榴石,少量钙铝榴石和铁铝榴石)和萤石,其次为石英、绢云母、方解石、斜长石和钾长石,少量钙铁辉石、透辉石、黑云母、阳起石、黄玉和绿泥石等。

表 2 矿石主要矿物组成及含量(质量分数) %

白钨矿	黑钨矿	辉钼矿	辉铋矿	锡石	磁黄铁矿	黄铁矿	磁铁矿
0.30	0.12	0.08	0.11	0.12	1.24	0.38	1.71
萤石	石英	长石	方解石	白云石	赤褐铁矿	菱铁矿	石榴石
20.11	11.82	11.94	9.59	0.15	0.23	0.31	25.77
辉石	闪石	云母	绿泥石	黄玉	硅灰石	楣石	其他
3.40	1.44	7.52	0.66	1.03	0.46	0.19	1.32

## 2 实验室试验结果

### 2.1 捕收剂用量评价试验

实验室试验矿样采集自 1 500 t 选矿厂生产现场弱磁选尾矿(即全浮选给矿),样品细度-0.075 mm 粒

级含量 74%。

CYB-06 是长沙矿冶研究院有限责任公司自主研发的新型、环保硫化矿选择性捕收剂。捕收剂用量评价试验在 XFD 挂槽式浮选机中进行,浮选流程为一次粗选,药剂用量分别为:碳酸钠 1 000 g/t、水玻璃 1 000 g/t、BK205 30 g/t,结果见表 3。表 3 结果表明,捕收剂 CYB-06 用量由 40 g/t 逐步增加至 120 g/t 时,全浮选粗精矿钼、铋、硫回收率分别由 86.01%、80.00%、88.68%逐步上升至 88.70%、84.30%与 92.24%;再继续提高捕收剂用量,Mo、Bi 回收率呈下降趋势。适宜的 CYB-06 用量为 120 g/t。

表 3 新型捕收剂 CYB-06 用量评价试验结果

药剂用量/ (g·t <sup>-1</sup> )	产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
			Mo	Bi	S	Mo	Bi	S
40	粗精矿	10.39	0.297	0.759	8.78	86.01	80.00	88.68
	尾矿	89.61	0.005 6	0.022	0.13	13.99	20.00	11.32
	给矿	100.00	0.036	0.099	1.03	100.00	100.00	100.00
80	粗精矿	11.08	0.271	0.712	9.84	86.43	80.86	91.77
	尾矿	88.92	0.005 3	0.021	0.11	13.57	19.14	8.23
	给矿	100.00	0.035	0.098	1.19	100.00	100.00	100.00
120	粗精矿	13.93	0.223	0.597	7.34	88.70	84.30	92.24
	尾矿	86.07	0.004 6	0.018	0.10	11.30	15.70	7.76
	给矿	100.00	0.035	0.099	1.11	100.00	100.00	100.00
160	粗精矿	15.24	0.207	0.54	6.48	86.52	80.19	92.24
	尾矿	84.76	0.005 8	0.024	0.098	13.48	19.81	7.76
	给矿	100.00	0.036	0.103	1.07	100.00	100.00	100.00

### 2.2 浮选闭路流程试验

浮选闭路流程试验以 CYB-06 为捕收剂、BK205 为起泡剂、碳酸钠为 pH 值调整剂、水玻璃为矿浆分散剂和石英、硅酸盐等脉石矿物抑制剂,工艺流程为一粗三精一扫、中矿顺序返回,闭路试验流程见图 1,结果见表 4。

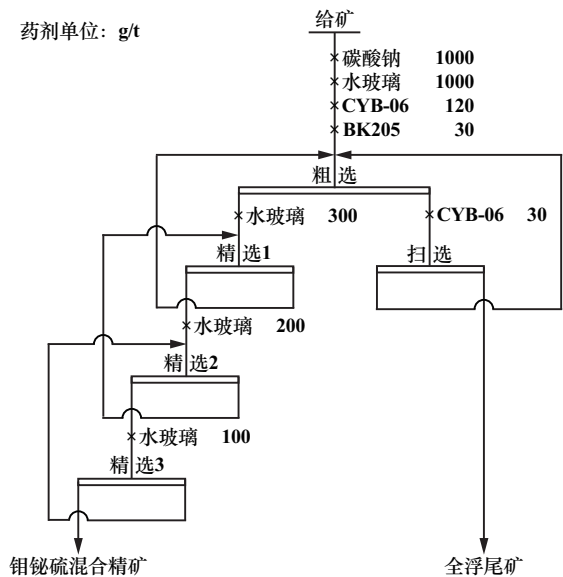


图 1 闭路试验流程

表4 闭路试验结果

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Mo	Bi	S	Mo	Bi	S
混合精矿	2.53	1.55	5.02	33.96	87.97	84.15	91.66
全浮尾矿	97.47	0.005	0.025	0.080	12.03	15.85	8.34
给矿	100.00	0.045	0.151	0.936	100.00	100.00	100.00

结果表明,采用捕收剂 CYB-06 进行钼铋硫全浮选,获得的技术指标为:钼铋硫混合精矿产率 2.53%、Mo 品位 1.55%、Bi 品位 5.02%、S 品位 33.96%、Mo 回收率 87.97%、Bi 回收率 84.15%、S 回收率 91.66%。试验结果为捕收剂 CYB-06 的工业应用提供了依据。

### 3 工业试验

#### 3.1 工艺流程

柿竹园多金属选矿厂的主干工艺流程为:两段连续磨矿-选铁-钼铋硫全浮选-黑白钨混合浮选-萤石浮选。工业试验时,1 500 t 选矿厂与 2 000 t 选矿厂硫化矿全浮选工艺流程皆为一粗一精一扫,两个选矿厂全浮选粗选设备皆为 CCF-3800 浮选柱,精选 1 设备皆为 CCF-1200 浮选柱,扫选设备皆为 SF-8 型浮选机。

#### 3.2 工业试验结果

2 000 t 选矿厂全浮选系统使用 CYB-06 替代丁基黄药,与乙硫氮协同使用,工业试验于 2023 年 2 月 25 日开始,至 2023 年 3 月 1 日选矿厂停车检修,共运行 4 天;1 500 t 选矿厂全浮选系统使用丁基黄药与乙硫氮组合作为捕收剂进行平行试验,在不改变全浮选工艺流程条件下,考察了 CYB-06 的分选性能、药剂用量及环保性。工业试验指标对比结果见表 5,药剂用量对比情况见表 6。

表5 工业试验结果对比

选矿厂名称	产品名称	平均产率/%	平均品位/%			平均回收率/%		
			Mo	Bi	S	Mo	Bi	S
2 000 t 选矿厂	全浮精矿	2.63	1.99	2.91	32.75	84.12	67.90	83.28
	全浮尾矿	97.37	0.010	0.037	0.179	15.88	32.10	16.72
	全浮给矿	100.00	0.062	0.112	1.036	100.00	100.00	100.00
1 500 t 选矿厂	全浮精矿	2.32	2.17	3.08	35.88	81.80	65.08	76.73
	全浮尾矿	97.68	0.011	0.039	0.26	18.20	34.92	23.27
	全浮给矿	100.00	0.061	0.11	1.09	100.00	100.00	100.00

表6 工业试验药剂用量情况对比

选矿厂名称	药剂单耗/(g·t <sup>-1</sup> )				废水 COD/(mg·L <sup>-1</sup> )
	CYB-06	乙硫氮	丁基黄药	BK205	
2 000 t 选矿厂	50.4	106.6	0	48.6	117
1 500 t 选矿厂	0	134.0	61	86.0	199

表 5~6 结果表明:

1) 2 000 t 选矿厂采用捕收剂 CYB-06 与乙硫氮协同使用,获得的平均技术指标为:全浮选精矿产率 2.63%、精矿 Mo 品位 1.99%、Bi 品位 2.91%、S 品位 32.75%、Mo 回收率 84.12%、Bi 回收率 67.90%、S 回收率 83.28%。

2) 1 500 t 选矿厂采用捕收剂丁基黄药与乙硫氮组合使用,获得的平均技术指标为:全浮选精矿产率 2.32%、精矿 Mo 品位 2.17%、Bi 品位 3.08%、S 品位 35.88%、Mo 回收率 81.80%、Bi 回收率 65.08%、S 回收率 76.73%。

3) 2 000 t 选矿厂协同使用 CYB-06+乙硫氮时精矿钼、铋、硫回收率增幅明显,较 1 500 t 选矿厂钼、铋、硫回收率分别提高了 2.32、2.82、6.55 个百分点。可见,新型捕收剂 CYB-06+乙硫氮协同使用较丁基黄药+乙硫氮组合使用分选效果明显提升,有利于提高精矿钼、铋、硫回收率指标,降低尾矿中硫化矿含量,为后续浮钨创造良好的入浮条件。

4) 2 000 t 选矿厂使用 CYB-06+乙硫氮作捕收剂,较 1 500 t 选矿厂使用丁基黄药+乙硫氮作捕收剂,捕收剂单耗降低了 19.49%,起泡剂 BK205 单耗降低了 43.49%。

5) 2 000 t 选矿厂尾水 COD 较 1 500 t 选矿厂尾水 COD 降低了 41.21%。可见捕收剂 CYB-06 与乙硫氮协同使用较丁基黄药与乙硫氮组合使用更环保。

### 4 结 语

1) 采用捕收剂 CYB-06 进行钼铋硫全浮选,闭路试验获得的技术指标为:钼铋硫混合精矿产率 2.53%、Mo 品位 1.55%、Bi 品位 5.02%、S 品位 33.96%、Mo 回收率 87.97%、Bi 回收率 84.15%、S 回收率 91.66%。

2) 工业试验结果表明,协同使用 CYB-06 和乙硫氮为捕收剂,较使用丁基黄药和乙硫氮组合捕收剂时钼、铋、硫回收率分别提高了 2.32、2.82、6.55 个百分点,捕收剂单耗降低了 19.49%,起泡剂 BK205 单耗降低了 43.49%,尾水 COD 降低了 41.21%。可见硫化矿全浮选协同使用捕收剂 CYB-06+乙硫氮比丁基黄药+乙硫氮组合使用更经济、更环保。

#### 参考文献:

- [1] 黄伟生,唐雪峰,陈雯,等.新型浮钨捕收剂 CYW-29 在柿竹园多金属矿的工业应用研究[J].矿冶工程,2019(3):59-62.
- [2] 唐雪峰.柿竹园多金属选矿厂硫化矿新型捕收剂 CYB-06 工业试验研究[R].长沙:长沙矿冶研究院有限责任公司,2023.
- [3] 唐雪峰.柿竹园多金属矿钼铋硫选矿工艺流程优化研究[R].长沙:长沙矿冶研究院有限责任公司,2023.

引用本文:唐雪峰,龙冰,程征,等.新型钼铋硫化矿捕收剂 CYB-06 的开发及工业应用[J].矿冶工程,2024,44(3):62-64.