

[文章编号] 1004-0609(2002)03-0587-05

新起泡剂 730A 浮选铜矿的应用^①

李晓阳, 刘述忠, 杨新华

(昆明冶研新材料股份有限公司, 昆明 650031)

[摘 要] 介绍了新型起泡剂 730A 的组成和性质, 及它在某些铜矿山的应用结果。730A 由 α , α , 4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇、1, 3, 3-三甲基双环[2.2.1]庚-2-醇、樟脑、以及 C_{6-8} 醇、醚、酮按合适的比例组成。一个工业应用试验在个旧某重选-浮选厂进行, 结果表明, 在相同的用量下, 730A 所得浮选指标优于松醇油。与松醇油相比, 730A 所得精矿的品位提高 0.51%, 而铜的回收率提高 3.98%。另一工业应用试验在易门某浮选厂进行, 试验结果表明, 使用 730A 不仅提高了精矿的品位和回收率, 而且起泡剂用量也由 53.49 g/t 降为 35.28 g/t。研究表明, 浮选起泡剂在矿物浮选中具有重要的作用。

[关键词] 起泡剂; 铜矿; 浮选

[中图分类号] TD 923

[文献标识码] A

浮选是矿物加工的主要方法之一。浮选药剂是决定浮选效果的重要因素, 但近年来, 对浮选药剂进行研究时, 往往仅注重于捕收剂和调整剂的开发及机理研究^[1~4]。浮选过程可分为 3 步: ①化学药剂选择性改变矿物表面的疏水性或亲水性; ②疏水性颗粒与气泡接触并粘附; ③可浮性矿物与不可浮性矿物分离。起泡剂在后两步中起着重要作用^[5]。

优良的起泡剂可以提高精矿的品位与回收率^[6~9]。von Reeken 发现, 铅锌浮选时, 用 Dowflow250 起泡剂代替 Trogol/Flogol 的混合物, 可将起泡剂用量由 57 g/t 降为 15 g/t, 在不损失回收率的情况下获得更高的选择性。当使用较少或合适的捕收剂用量时, 增加起泡剂用量可增加回收率。这些可归因于起泡剂对气泡大小、起泡能力、泡沫稳定性、泡沫流动性、泡沫粘度等决定浮选效率的重要因素有较大影响。

起泡剂类型和用量对泡沫大小有重要的影响。Cooper 指出, 不用起泡剂或用量过少, 分布于矿浆中的将是粗泡。高的起泡剂用量将产生小的气泡。气泡的平均大小将随着起泡剂浓度的增加而变小^[10~12]。

泡沫的稳定性是矿物最终分离的关键因素之一。适宜的泡沫稳定性, 可增加浮选的选择性。而泡沫稳定性不足, 矿化气泡在它们达到浮选液面之前破裂, 重新落回矿浆中。泡沫过于稳定, 将使精矿中夹杂大量脉石, 品位下降^[13]。

泡沫粘度是影响泡沫稳定性的重要因素, 因而也会直接影响浮选效率。泡沫粘度太低, 则泡沫不稳定。另一方面, 泡沫太粘, 将夹杂亲水性矿物^[14]。

因此, 起泡剂在浮选过程中起着重要的作用。然而, 矿物浮选时, 对起泡剂的研究没有引起应有的关注。在美国等发达国家, MIBC 是主要的起泡剂。在中国, 天然起泡剂松醇油占据着支配地位。MIBC 价格较贵, 松醇油要消耗森林资源。此外, 松醇油的气泡大小、起泡能力、起泡速度、泡沫稳定性和粘度难以调节。对各种不同的矿石, 松醇油并不是最好的起泡剂。昆明冶研新材料股份有限公司研制并生产了 730 系列起泡剂, 以满足不同矿石对泡沫性质的要求。730A 是 730 系列起泡剂的主产品之一, 在铅锌浮选时, 可提高铅锌的分离效果^[15]。

1 730A 起泡剂的组成及性质

730A 由 α , α , 4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇、1, 3, 3-三甲基双环[2.2.1]庚-2-醇、樟脑、以及 C_{6-8} 醇、醚、酮按合适的比例组成。其外观为淡黄色透明油状液体, 微溶于水, 与多种有机溶剂互溶, 浮选时可直接滴加, 使用方便。室温下产品密度为 0.91 g/mL。试验表明 730A 起泡能力比松醇油强、泡沫均匀、粘度和稳定性适中。730A 产品性

① [收稿日期] 2001-07-16; [修订日期] 2001-10-29

[作者简介] 李晓阳(1956-), 男, 高级工程师。

能稳定,原料来源广泛,气味较松醇油小,价格比松醇油低。动物毒性试验表明 730A 的半致死量 LD₅₀为 3 201.85 mg/kg 体重,毒性低于目前有色金属选矿厂广泛使用的浮选起泡剂松醇油(LD₅₀为 1 670.96 mg/kg 体重),根据我国工业毒物急性毒性分级标准,730A 属低毒物质,在浮选厂可安全大规模使用。

2 浮选试验

试验选取云南两份代表性铜矿样。铜矿样 I 取自易门某选厂,铜矿样 II 取自个旧某选厂。易门某选厂主要处理自产硫化矿,同时外购一些铜矿一起处理。因外购矿组成复杂,本次研究主要针对该厂处理的自产硫化矿进行试验。该选厂硫化铜矿(铜矿 I)的铜物相分析见表 1。由表 1 可知,该选厂处理的铜矿石氧化率低,属硫化铜矿。

个旧某选厂根据需要,分别处理铜锡矿和铜硫矿。本次研究选取其铜硫矿进行研究。矿石含铜 1.7%~1.8%,硫 16%~18%。

试验所用药剂均为工业产品。黄药, Na₂S, H₂SO₄ 配成水溶液,石灰直接添加,730A 和松醇油用注射器滴加。小型试验用 XFD 单槽式浮选机分

表 1 铜矿样 I 铜物相分析结果(%)

Table 1 Results of copper phase analysis of copper ore sample I (%)

Copper phase	Content
Free CuO	0.026
Combined CuO	0.016
CuS	0.698
Total Cu	0.74
Oxidation rate	5.68
Combined rate	2.16

批给料,每批 500 g 原矿。工业试验在上述两个选厂用生产矿石进行 730A 与松醇油的对比研究。

3 结果与讨论

3.1 小型试验及结果分析

矿样 I 和矿样 II 的小型试验流程和药剂条件分别见图 1、图 2。730A 与松醇油的对比试验结果见表 2。

由表 2 可知,对矿样 I,与松醇油相比,在精矿品位提高 0.26% 的情况下,730A 可提高铜的回收率 0.82%。而对矿样 II,与松醇油相比,730A 所得铜精矿的回收率提高 2.88%,品位提高 0.36%。

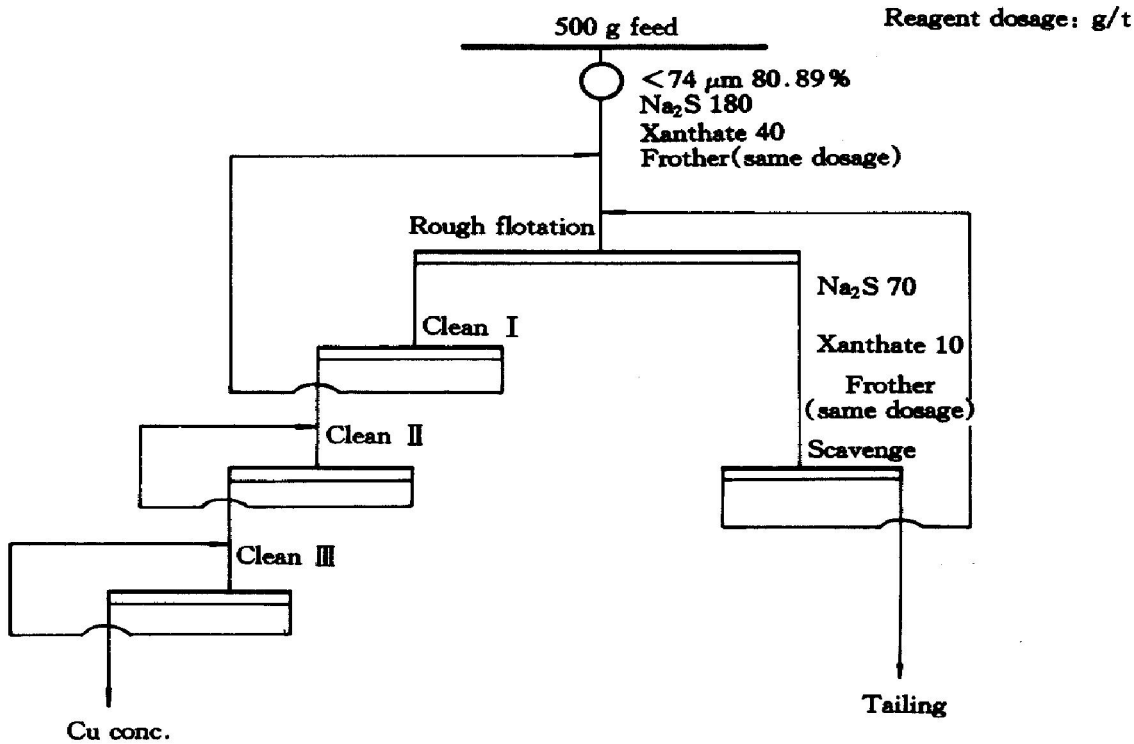


图 1 铜矿 I 小型试验流程及药剂制度

Fig. 1 Flowsheet and reagent regime for laboratory-scale test of copper ore sample I

表 2 730A 与松醇油的开路对比试验指标(%)

Table 2 Results of open-circuit laboratory test with 730A and pine oil (%)						
Sample	Frother	Product	Grade		Recovery	
			Cu	S	Cu	S
Copper ore sample I	Pine oil	Cu conc.	9.54		92.99	
		Tailing	0.056		7.01	
	730A	Cu conc.	9.80		93.81	
		Tailing	0.050		6.19	
Copper ore sample II	Pine oil	Cu conc.	6.57	25.69	91.70	38.03
		S conc.	0.22	29.92	4.20	60.61
		Tailing	0.177	0.554	4.10	1.36
	730A	Cu conc.	6.93	32.19	94.58	42.66
		S conc.	0.177	32.64	3.07	54.68
		Tailing	0.087	0.949	2.35	2.48

小型闭路试验结果表明, 730A 对矿样 I 的回收效果仍略优于松醇油。

3.2 工业试验及结果分析

根据小型试验的结果, 分别对两个矿样进行了工业应用试验。个旧某选厂工业试验于 2000 年 4 月 29 日到 2000 年 6 月 31 日在现场进行, 试验共两个月。试验对比结果为 1999 年全年用松醇油的平均生产指标。

易门某选厂共有 4 个生产系统, 于 2000 年 5 月 1 日到 2000 年 7 月 13 日和 2000 年 11 月全月两次进行了与松醇油的平行对比试验。2000 年 5 月 1 日到 2000 年 7 月 13 日, 730A 工业应用试验在 II 系统进行, 松醇油的对比试验在 I 和 IV 系统同时进行。2000 年 11 月, 730A 工业应用试验在 I 系统进行, 对比试验在 II 系统进行。工业应用试验结果见表 4。

工业试验结果表明, 对易门某选厂生产矿石, 第一次试验虽然 730A 与松醇油用量相差不大, 但铜精矿的品位和回收率均比松醇油略高。第二次工业试验, 730A 所得精矿不仅回收率提高 0.95%、品位提高 0.18%, 而且起泡剂用量从 53.49 g/t 降为 35.28 g/t, 起泡剂用量降幅高达 34%。2000 年 4 月 29 到 6 月 31 在个旧某选厂的工业应用试验结果表明, 在用量相同的条件下, 与 1999 年使用松醇油时的全年平均生产指标相比, 730A 所得精矿的品位提高了 0.51%, 回收率提高了 3.98%。试验结果表明, 优良的起泡剂对有用矿物的回收具有辅助的选择作用, 并有效提高其回收率。

工业试验时, 观察浮选槽中的泡沫发现, 730A

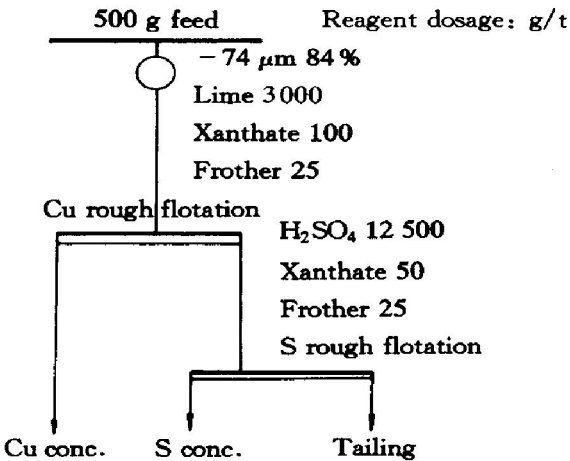


图 2 铜矿 II 开路试验流程及药剂制度

Fig. 2 Open-circuit flow sheet and reagent regime for laboratory-scale test of copper ore sample II

尽管硫的回收率减少 5.75%, 但铜的价值是硫的 50 倍以上, 因此 730A 能提高该厂的综合经济效益。

在开路试验的基础上, 对矿样 I 进行了小型闭路试验, 其结果见表 3。

表 3 矿样 I 小型闭路试验结果(%)

Table 3 Results of close-circuit laboratory test with copper ore sample I (%)

Frother	Product	Grade	Recovery
Pine oil	Cu conc.	26.40	90.84
	Tailing	0.071	9.16
730A	Cu conc.	26.17	90.95
	Tailing	0.070	9.05

表 4 730A 与松醇油的工业对比试验结果

Table 4 Results of industry-scale flotation test with frother 730A and pine oil

Copper ore	Test time	Test system	Frother		Cu grade/ %	Cu recovery/ %
			Type	Dosage/ (g•t ⁻¹)		
Copper ore treated by a flotation plant in Yimen	2000- 5- 1~ 2000- 7- 13	I	Pine oil	39. 41	27. 75	92. 90
	2000- 5- 1~ 2000- 7- 13	II	730A	39. 41	27. 96	93. 13
	2000- 5- 1~ 2000- 7- 13	IV	Pine oil	46. 2	27. 63	92. 72
	2000- 11- 1~ 2000- 11- 30	I	730A	35. 28	27. 22	91. 53
	2000- 11- 1~ 2000- 11- 30	II	Pine oil	53. 49	27. 04	90. 58
Copper ore treated by a gravity-flotation plant in Gejiu	The whole 1999		Pine oil*		18. 62	75. 49
	2000- 4- 29~ 2000- 6- 31		730A*		19. 13	79. 47
The same frother dosage						

起泡剂所产生的泡沫均匀、泡沫的流动性好、泡沫的稳定性和粘度适中，这可能是其在上述两选厂浮选效果优于松醇油的重要原因。

4 结论

- 1) 起泡剂在矿物浮选中具有重要的作用，它在浮选中具有辅助的选择性，在合适的条件下，能提高有用矿物的回收率，而不降低精矿品位。
- 2) 730A 在个旧某选厂的应用试验表明，在与松醇油用量相同的情况下，730A 不仅提高精矿品位 0.51%，而且使铜回收率提高 3.98%。
- 3) 730A 在易门某选厂应用试验表明，730A 不仅能提高铜精矿的品位和回收率，而且起泡剂的用量由松醇油时的 53.49 g/t 降为 35.28 g/t。
- 4) 730A 原料来源广泛、低毒、味小、使用方便，且泡沫均匀、流动性好、稳定性和粘度适中，是值得推广的优良新型起泡剂。

[REFERENCES]

[1] Cousins B G. Improvement of recoveries from copper bearing and copper-activated mineral ores using FLEX31 [J]. Minerals Engineering, 1996, 9(5): 509- 518.

[2] Brashaw D J. The flotation of pyrite using mixture of dithiocarbamates and other thiol collectors [J]. Minerals Engineering, 1994, 7(5/6): 681- 690.

[3] 刘德全. 铜铁灵与苯异羟肟酸浮选锡石的交互作用及其机理 [J]. 中国有色金属学报, 1994, 4(4): 46- 49.

LIU De-quan. The interaction of copperferron and benzhydroximicacid in tinstone flotation and its mechanism [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1994, 4(4): 46- 49.

[4] 徐晓军. 黄药浮选氧化铜矿物时螯合剂的协同活化作用 [J]. 中国有色金属学报, 1995, 5(2): 61- 64.

XU Xiaojun. The synergetic activation of chelator in copper oxide ore flotation with xanthate [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1995, 5(2): 61- 64.

[5] Booth R B, Freyberger W L. Froth and frothing agents [A]. Fuerstenau D W. Froth Flotation, 50th Anniversary volume [C]. AIME, New York, 1962. 258- 276.

[6] 朱玉霜, 朱建光. RB 系列起泡剂的浮选性能 [J]. 中国有色金属学报, 1995, 5(2): 53- 57.

ZHU Yushuang, ZHU Jian-guang. The flotation characteristic of frother RB [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1995, 5(2): 53- 57.

[7] Zhou Z A, Plitt L R. The effect of solids and reagents on the characteristics of coal flotation in columns [J]. Minerals Engineering, 1993, 6(3): 291- 307.

[8] von Reeken F J M, Lang J. Factors affecting the lead-zinc separation in the grun concentrator [J]. Int J Miner Process, 1989, 27: 21- 37.

[9] Klimpel R R. The industrial practice of mineral collectors [A]. Somasundaran P, Moudgil B M. Reagents in Mineral Technology [C]. New York: Marcel Dekker, 1988.

[10] Cooper H. Flotation [A]. Weils N L. SME Mineral Processing Handbook [C]. Society of Mining Engineers, 1985.

[11] Tucker J P, Deglon D A, An evaluation of direct method of bubble size distribution measurement in a laboratory bath flotation cell [J]. Minerals Engineering, 1994, 7(5/6): 667- 680.

[12] O' conner C T, Randall E W. Measurement of the effect of physical and chemical variables on bubble size [J]. Int J Miner Process, 1990, 28: 139- 149.

[13] Smar V D, Klimpel R R. Evaluation of chemical and operational variable for the flotation of copper ore [J].

- Int J Miner Process, 1994, 42: 225– 240.
- [14] Dobby G S, Finch J A. Column Flotation [M]. New York: Pergamon Press, 1990.
- [15] 刘述忠, 李晓阳. 易武铅锌硫化矿石浮选研究 [J]. 有色金属(选矿部分), 2001(3): 8– 11.
- LIU Shu-zhong, LI Xiao-yang. The flotation study on lead-zinc sulphide ore at Yiwu [J]. Nonferrous Metal, 2001(3): 8– 11.

Flotation of copper ores with new frother 730A

LI Xiao-yang, LIU Shu-zhong, YANG Xin-hua

(Kunming Metallurgy Research and New Materials Co. Ltd. , Kunming 650031, China)

[Abstract] The components and properties of a new flotation frother, 730A, are presented. At the same time, the experimental results of 730A in the flotation of some copper ores are reported here. The flotation frother 730A is a mixture of α , α , 4-trimethyl-3-cyclohexene-1-methanol, 1, 7, 7-trimethylbicyclo [2. 2. 1] heptan-2-ol, cineol, and alcohol, ethers, ketone of C_{6-8} at a suitable ratio. One industry-scale flotation test was carried out in a gravity-flotation plant in Gejiu. The flotation indexes obtained by the frother 730A are better than that by pine oil at the same dosage. As using 730A frother, the concentrate grade increased 0. 51% and the recovery of Cu increased 3. 98% compared with the flotation indexes obtained by using pine oil as frother. The other industry-scale flotation test was carried out in a flotation plant in Yimen. The results indicated that 730A not only increased the concentrate grade and recovery, but also decreased the frother dosage from 53. 49 g/t of pine oil to 35. 28 g/t of 730A. It shows that flotation frothers play a very important role in mineral flotation.

[Key words] flotation frother; copper ores; flotation

(编辑 朱忠国)