

贵州某低品位含碳难选冶金矿选矿工艺

温建

(厦门紫金矿冶技术有限公司, 福建 厦门 361000)

摘要: 针对贵州某低品位金矿含砷、有机碳等有害杂质, 且含金矿物呈微细粒嵌布, 为典型的卡林型金矿。通过矿石性质研究、工艺矿物学研究及前人试验研究的调研, 开展条件试验和多种选别流程的对比试验研究, 该试验研究获得金精矿金品位 19.18 g/t, 金回收率 91.61%。

关键词: 卡林型金矿石; 有机碳; 微细粒嵌布

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.03.007

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 03-0038-05

伴随金矿资源的不断开发, 易选的金矿资源日趋减少, 难选冶的金矿资源的地位日益突出, 这部分金矿资源在已查明资源储量中约占 1/3^[1]。卡林型金矿是典型的难处理金矿类型之一, 卡林型金矿又称为微细浸染型金矿, 该类型金矿床具有品位低、规模大、矿体与围岩界线不明显, 金主要呈显微-次显微形式分散产出。微细粒嵌布金矿由于载金矿物嵌布粒度微细, 磨矿通常都采用细磨工艺, 导致脉石矿物和黏土矿物容易泥化, 恶化浮选环境, 因此需筛选合适的分散剂或者调整剂对矿浆进行调整。贵州某金矿属于含碳含砷的微细粒嵌布金矿, 因矿

石中有机碳性脆、一方面, 细磨工艺会加剧泥化的发生, 另一方面, 矿石中含有对浮选不利的有机碳和砷元素, 回收难度较大。本文针对贵州某低品位含碳难选冶金矿进行了试验研究, 为开发提供依据。

1 原矿性质

原矿化学多元素分析结果见表 1。试样的金、硫物相分析结果分别见表 2、3。由表 1 结果可知, 该试样含金 2.86 g/t, 含硫 3.21%, 含砷 0.12%, 含有机碳 0.5%, 试样中砷、有机碳含量高, 对金矿的浮选选别和产品质量的提高有不利影响。

表 1 原矿化学多元素分析结果 /%

Table 1 Chemical composition analysis of the raw ore

Au*	S	Fe	As	C	有机碳	Ag*	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
2.86	3.21	3.32	0.12	7.74	0.5	小于 0.5	29.23	2.94	29.96	2.54

* 单位为 g/t。

表 2 原矿金物相分析结果

Table 2 Results of phase analysis of gold in the raw ore

物相名称	裸露金	碳酸盐及氧化物包裹金	硫化物包裹金	硅酸盐及其他包裹金	合计
金含量/(g·t ⁻¹)	0.04	0.02	2.63	0.14	2.83
分布率 /%	1.52	0.67	92.87	4.94	100.00

表 3 原矿硫物相分析结果

Table 3 Result of phase analysis of sulphur in the raw ore

物相名称	硫酸盐硫	硫化物硫	其他硫	合计
硫含量 /%	0.027	3.17	< 0.01	3.207
分布率 /%	0.84	98.85	0.31	100.00

对该试样进行了矿石物质组成的研究, 试样矿物组成及含量见表 4。由表结果知, 试样主要金属矿物为黄铁矿, 主要脉石矿物为方解石、石英、

收稿日期: 2016-11-07; 改回日期: 2016-12-28

作者简介: 温建 (1988-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事矿物加工技术研究工作。

白云石和绢云母,并含有部分毒砂和有机碳,与化学元素分析结果相吻合。

表4 试样矿物组成及含量
Table 4 Mineral composition and content in the raw ore

矿物	黄铁矿	毒砂	闪锌矿、方铅矿	磁赤铁矿	金红石	磷灰石
含量/%	7.15	0.1	微量	0.08	0.13	0.22

矿物	白云石	铁白云石	方解石	石英	绢云母	有机炭
含量/%	12.07	0.33	47.34	24.27	7.81	0.5

2 试验研究

2.1 磨矿细度试验

磨矿细度试验流程见图1,试验结果见图2。

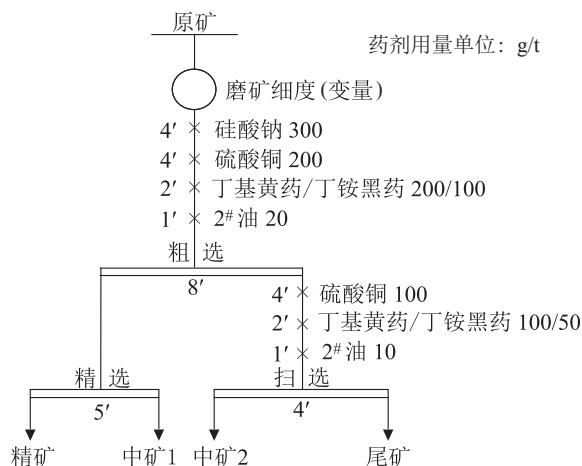


图1 磨矿细度试验流程
Fig.1 Flowsheet of grinding fineness test

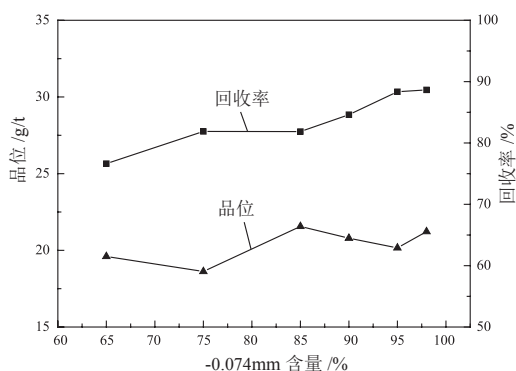


图2 磨矿细度条件试验结果
Fig.2 Result of grinding fineness test

由图2可知,随着磨矿细度的增大,精矿金品位和回收率均呈增加趋势。当磨矿细度达到-0.074 mm 85%以上时,精矿金品位变化不明显,回收率呈递增趋势,但当磨矿细度增大至-0.074 mm 95%以上时,金回收率无显著变化,

综合考虑,磨矿细度以-0.074 mm 95%为宜。

2.2 分散剂用量条件试验

由于细磨存在泥化现象,需添加分散剂对矿浆进行调整,根据矿物组成分析,矿样中主要的脉石矿物为方解石、石英、白云石等,以硅酸钠为分散剂进行用量条件试验^[2],试验流程见图3,试验结果见图4。

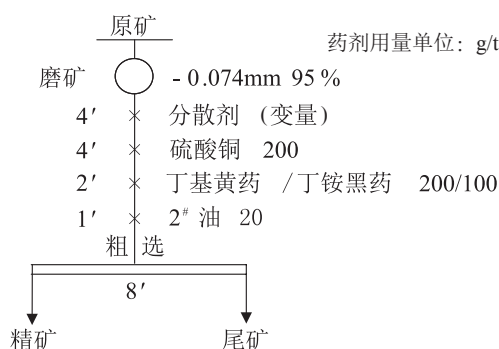


图3 分散剂用量条件试验流程
Fig.3 Flowsheet of the dosage of dispersant test

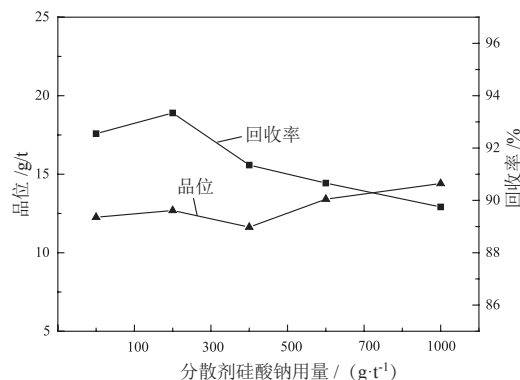


图4 分散剂用量条件试验结果
Fig.4 Result of the dosage of dispersant test

由图4结果可知,当硅酸钠用量为300 g/t时,浮选指标较佳,因此分散剂硅酸钠用量以300 g/t为宜。

2.3 活化剂用量条件试验

该矿样中的金主要赋存在黄铁矿中,金的浮选回收通过回收黄铁矿来实现,硫酸铜是最常用的黄铁矿浮选活化剂,硫酸铜可以促进捕收剂与矿物的作用,从而提高金矿的可浮性^[3]。本次以硫酸铜为活化剂进行用量条件试验,其中,分散剂硅酸钠用量300 g/t,活化剂硫酸铜为变量,试验结果见图5。

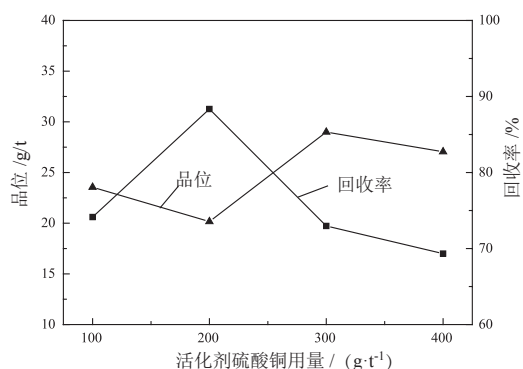


图5 活化剂种类及用量试验结果

Fig. 5 Result of the type and dosage of activator test

由图5结果知,硫酸铜的用量对浮选指标的影响较大,硫酸铜用量过低时,精矿金回收率较低,原因可能是含金黄铁矿未全部得到活化;硫酸铜用量过高时,精矿金品位较高,但回收率也较低,分析其原因,可能是硫酸铜用量过大时,浮选泡沫不稳定,已活化的含金黄铁矿未能得到充分上浮。综合分析,硫酸铜用量以200 g/t为宜。

2.4 捕收剂种类及用量条件试验

黄药类和黑药类捕收剂是黄铁矿的常用捕收剂^[4],试验以丁基黄药、丁铵黑药及其组合捕收剂进行对比试验,分散剂硅酸钠用量300 g/t,捕收剂用量,试验结果见表5。

表5 捕收剂种类及用量条件试验结果

Table 5 Result of the type and dosage of collector test

捕收剂种类 及用量 (g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	Au 品位 (g·t ⁻¹)	Au 回收 率/%
丁基黄药 300	精矿	9.50	21.52	68.48
	尾矿	90.50	1.04	31.52
	原矿	100.00	2.99	100.00
戊基黄药 300	精矿	12.64	19.76	82.42
	尾矿	87.36	0.61	17.58
	原矿	100.00	3.03	100.00
丁铵黑药 300	精矿	18.36	13.34	87.46
	尾矿	81.64	0.43	12.54
	原矿	100.00	2.80	100.00
丁基黄药 + 丁铵黑药 (100+50)	精矿	4.28	21.90	34.98
	尾矿	95.72	1.82	65.02
	原矿	100.00	2.68	100.00

丁基黄药 +	精矿	14.68	17.12	85.00
丁铵黑药	尾矿	85.32	0.52	15.00
(150+75)	原矿	100.00	2.96	100.00
丁基黄药 +	精矿	22.96	12.69	93.34
丁铵黑药	尾矿	77.04	0.27	6.66
(200+100)	原矿	100.00	3.12	100.00
丁基黄药 +	精矿	24.64	10.59	91.54
丁铵黑药	尾矿	75.36	0.32	8.46
(300+150)	原矿	100.00	2.85	100.00

由表5结果知,捕收剂用量相当时,组合捕收剂的效果要优于单一捕收剂,组合捕收剂用量增大,精矿金品位减小,而回收率增大,但捕收剂用量过大时,精矿金品位降低明显,而回收率增大不显著,且捕收剂用量大,泡沫非常丰富,增大浮选控制难度,综合分析,采用丁基黄药和丁铵黑药组合捕收剂,用量分别为200 g/t和100 g/t。

2.5 预先脱碳流程探索试验

该试验样品含有约0.5%~0.6%的有机碳,有机碳具有“劫金”作用,在氯化浸出过程中有机碳会与金氰络合物发生作用,导致部分金氰络合物不能进入溶液中得到回收,降低金的回收率^[5]。另外,在浮选过程中有机碳会吸附大量的药剂,特别是捕收剂,因此需添加大量的捕收剂才能产生较好的浮选泡沫,而且有机碳的存在极大的影响浮选作业的稳定性^[6]。

为了探索解决有机碳影响的可行性,进行了预先脱除有机碳的探索试验。有机碳具有天然可浮性,非常易浮,通常采用松醇油或者煤油即可对其进行浮选分离,试验采用2#油为预先脱碳捕收剂,试验流程见图6,试验结果见表6。

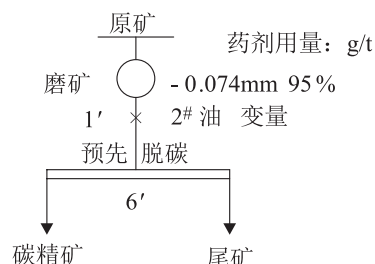


图6 2#油用量试验流程

Fig. 6 The flowsheet of the dosage of 2# oil test

表 6 2# 油用量试验结果
Table 6 Result of the dosage of 2# oil test

2# 油用 量/(g·t ⁻¹)	产品 名称	产率 /%	品位		回收率 /%	
			Au /(g·t ⁻¹)	有机 碳 /%	Au	有机碳
40	碳精矿 ⁺	2.28	3.33	9.79	2.67	36.94
	尾矿 ⁺	97.72	2.83	0.39	97.33	63.06
	原矿 ⁺	100.00	2.84	0.60	100.00	100.00
50	碳精矿 ⁺	3.82	4.86	9.13	6.67	53.44
	尾矿 ⁺	96.18	2.70	0.32	93.33	46.56
	原矿 ⁺	100.00	2.78	0.65	100.00	100.00
60	碳精矿 ⁺	3.86	5.17	8.82	6.99	55.84
	尾矿 ⁺	96.14	2.76	0.28	93.01	44.16
	原矿 ⁺	100.00	2.85	0.61	100.00	100.00
70	碳精矿 ⁺	4.82	5.24	8.14	8.95	62.25
	尾矿 ⁺	95.18	2.70	0.25	91.05	37.75
	原矿 ⁺	100.00	2.82	0.63	100.00	100.00
80	碳精矿 ⁺	6.28	4.67	6.86	10.25	67.63
	尾矿 ⁺	93.72	2.74	0.22	89.75	32.37
	原矿 ⁺	100.00	2.86	0.64	100.00	100.00

由表 6 结果知,随着 2# 油用量的增大,碳精矿中有机碳的回收率越高,但同时损失在碳精矿中的金也随之提高,而且碳精矿的金品位只有 3~5 g/t,无法单独作为精矿产品。考虑到金精矿的处理可能采用热压工艺,对金品位要求较低,可以考虑将预先脱除的碳精矿与后续获得的金精矿合并为综合金精矿,以保证金的回收率。但矿山现场当前的精矿产品都是外销,需要较高品位的精矿产品,因此本次研究暂时不考虑预先脱碳。

2.6 开路试验

根据前面所开展的条件试验,开展了开路流程试验,即一粗两精两扫开路流程。试验流程见图 7,试验结果见表 7。由表结果知,开路流程可获得精矿金品位 24.86 g/t,金回收率 68.97%,尾矿金品位为 0.35 g/t。

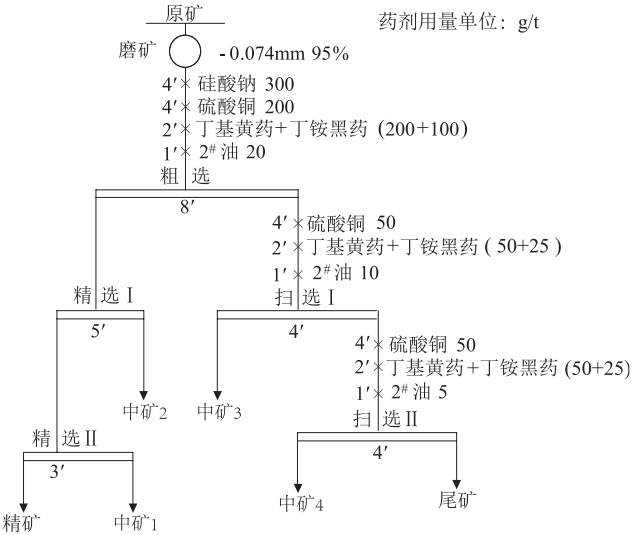


图 7 开路试验流程
Fig.7 The flowsheet of the open circuit test

表 7 开路试验结果
Table 7 Result of the open-circuit test

产品名称	产率 /%	Au 品位 /(g · t ⁻¹)	Au 回收率 /%
精矿 ⁺	8.20	24.86	68.97
中矿 1	2.92	8.04	7.94
中矿 2	10.04	2.60	8.83
中矿 3	3.72	2.94	3.70
中矿 4	3.44	1.78	2.07
尾矿 ⁺	71.68	0.35	8.49
原矿 ⁺	100.00	2.96	100.00

2.7 闭路试验

根据前面的开路试验进行闭路试验,试验流程见图 8,闭路试验结果见表 8。由表结果知,闭路试验流程获得精矿金品位 19.18 g/t,金回收率 91.61%,尾矿金品位 0.28 g/t。

表 8 闭路试验结果
Table 8 Result of the closed-circuit test

产品名称	产率 /%	Au 品位 /(g · t ⁻¹)	Au 回收率 /%
精矿 ⁺	13.75	19.18	91.61
尾矿 ⁺	86.25	0.28	8.39
原矿 ⁺	100.00	2.88	100.00

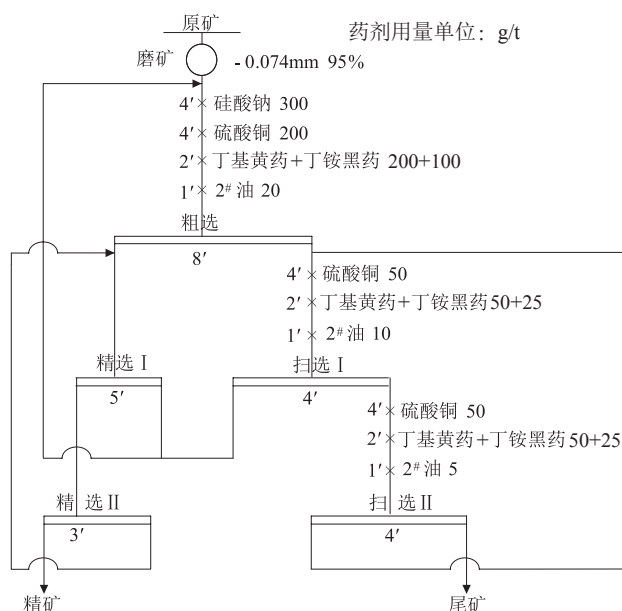


图 8 闭路试验流程

Fig. 8 The flowsheet of the closed-circuit test

闭路产品化学多元素分析结果见表 9, 由表 9 结果可知, 金精矿砷杂质品位 0.64%, 有机碳含量 3.50%。由于该金精矿产品后期将采用热压工艺进行处理, 对砷和有机碳杂质含量要求相对较低, 该产品组成适用于后续的热压工艺。

表 9 闭路产品化学多元素分析结果 /%

Table 9 Elements analysis of the closed-circuit products

名称	Au*	S	CaO	MgO	As	Fe	总碳	有机碳
精矿	19.18	23.16	7.39	1.76	0.64	22.12	5.97	3.50
尾矿	0.28	0.22	33.26	2.70	0.02	0.92	9.54	0.14

* 单位为 g/t

3 结 论

(1) 本次试验样品为典型的含碳含砷难处理低品位金矿石, 样品含金 2.86 g/t, 硫 3.21%, 金

硫比为 0.89, 含砷 0.12%, 有机碳 0.5%, 有害元素砷、有机碳含量较高, 对金的浮选有不利影响。

(2) 试样中主要金属矿物为黄铁矿, 主要脉石矿物为方解石、石英、白云石和绢云母, 并含有部分毒砂和有机碳。矿石中金基本上为不可见金, 载金矿物主要是黄铁矿、毒砂。金物相分析结果表明, 硫化物包裹金占总金的 92.87%。

(3) 采用一粗两精两扫的闭路试验流程, 获得精矿金品位 19.18 g/t, 金回收率 91.61%, 尾矿金品位 0.28 g/t。

(4) 该试验样品由于有机碳的存在, 导致捕收剂用量较大和浮选作业较不稳定, 需针对有机碳的影响开展进一步的探索和研究。

(5) 精矿产品的工艺矿物学分析显示, 精矿中含砷矿物主要是毒砂, 且大部分已解离, 由于毒砂是重要的含金矿物之一, 为了保证金的回收率, 需回收这部分毒砂, 导致砷含量较高。

参考文献:

- [1] 张永涛. 中国黄金矿产资源开发及矿产品供需形势分析[J]. 中国矿业, 2009, 18(2): 8-11.
- [2] 林瑶, 李晓怡, 肖宇鹰, 等. 含砷含硫微细粒金矿浮选试验研究[J]. 资源环境与工程, 2019, 23(2): 192-194.
- [3] 李国栋, 邱树敏, 廖雪珍. 甘肃某细粒级难选金矿的浮选试验研究[J]. 甘肃冶金, 2013, 35(5): 1-4.
- [4] 胡为柏. 浮选[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986.
- [5] 吴敏杰, 白春根. 碳质金矿中碳质物的物质组成及其与金的相冗作用[J]. 黄金, 1994, 15(6): 70-76.
- [6] 于雪. 某含碳微细粒金矿石浮选工艺研究[J]. 黄金, 2011, 32(10): 52-55.

Beneficiation of a Low-grade Carbonaceous-arsenic Bearing Refractory Gold Ore in Guizhou

Wen Jian

(Xiamen Zijin Mining & Metallurgy Technology Co., Ltd., Xiamen, Fujian, China)

Abstract: A low-grade gold ore in Guizhou province is a typical carlin type gold deposit, which is carbonaceous-arsenic bearing and fine-grained disseminated gold ore. The test study was carried out based on the research of ore property, process mineralogy and previous experimental works. The experimental research shows that the gold concentrate has a gold grade of 19.18 g/t at a gold recovery of 91.61%.

Keywords: Carlin type gold deposit; Organic carbon; Fine-grained disseminated