

四川某金矿选矿试验研究

蔡旺¹, 舒超², 王昌良¹, 邓伟¹, 饶系英¹

(1. 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; 2. 武汉工程大学资源与土木工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为解决四川某金矿选厂对该地区金矿回收率较低的问题, 对该金矿进行了全面的矿石性质分析研究, 并根据矿石性质的特点研究了回收该矿石中有益矿物的最佳工艺流程方案, 并进行了多方案选矿对比试验。通过柱浸试验、浮选试验、重选试验、全泥氰化浸出试验的选金工艺方案对比试验结果表明: 该矿可浸性很好, 浸出试验金浸出率大于97%, 重选、浮选回收率较低, 最终确定了氰化浸出工艺流程。该工艺流程简单, 可操作性强, 对该地区的金矿回收具有指导作用。

关键词: 矿石性质, 多方案, 全泥氰化浸出, 可浸性

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.03.018

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 03-0085-04

我国的金矿资源比较丰富, 探明矿区1265处, 总保有储量4265 t, 资源储量1159.1 t, 保有储量787.4 t, 居世界第7位^[1-2]。我国已经发现的金矿物有38种, 若包括亚种和变种则达46种金矿资源所具有的特点: (1) 矿床类型多, 但缺少世界级的大型矿床; (2) 大型、特大型金矿床少, 中小型金矿床多; (3) 资源分布广泛, 储量相对集中; (4) 金矿床中富矿少, 中等品位多, 品位变化大, 贫富悬殊; (5) 伴生金储量占有重要位置; (6) 金矿成矿时代广泛, 可以形成于各个地址时期^[3]。

岩金矿石的选冶方法, 可分为物理选冶法、化学选冶法和新近发展起来的微生物选冶法。为解决四川某金矿回收率低的问题, 根据矿石性质, 进行了多种方案的对比, 最终确定了浸出的工艺流程。

1 原矿性质

1.1 矿石物质组成

矿石中金属矿物含量少, 金属矿物仅占矿物总量的4.2%左右, 其中以黄铁矿为主, 此外少量

表1 原矿多元素分析结果/%

Table 1 Multi-element analysis results of the run-of-mine ore

Au*	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Co	Rb	Cu	Zr
7.28	78.469	0.821	10.137	4.107	0.91	0.095	2.091	1.834	1.125	0.009	0.004	0.03	0.038

* 单位为 g/t。

表2 矿物组成及相对含量

Table 2 Mineral composition and the run-of-mine ore

矿物名称	黄铁矿	黄铜矿等金属硫化物	褐铁矿等金属氧化物	石英	长石、云母类等硅酸盐矿物	合计
含量/%	2.80	0.10	1.30	87.30	8.50	100.00

及微量矿物有黄铜矿、褐铁矿、赤铁矿、闪锌矿、方铅矿、硫铋铅矿、自然金、银金矿等; 非金属矿物含量大, 非金属矿物占矿物总量的95.8%左右, 其中以石英含量最大, 此外有长石类、云母类及粘土类矿物等。矿样的多元素化学分析结果与矿物组成含量分别见表1和2。

收稿日期: 2018-01-07

作者简介: 蔡旺(1967-), 男, 工程师, 主要从事选矿、冶金及尾矿综合利用研究。

1.2 重要矿物的嵌布特征及粒度特征

黄铁矿为矿石中含量最大的金属矿物，占矿物总量的 2.8%，主要以两种形式嵌布于脉石中，分别为半自形—他形粒状嵌布于石英裂隙、粒间；胶状—韵律层状沿矿石孔洞、裂隙嵌布。黄铜矿主要以他形粒状集合体与粒状黄铁矿集合体密切共生，也可见到他形粒状黄铜矿嵌布于胶状黄铁矿中，少量呈不规则状、脉状沿石英裂隙嵌布，粒度一般在 0.1 ~ 0.01 mm 之间。矿石中褐铁矿主要以脉状沿石英裂隙、孔洞嵌布，部分沿黄铁矿等金属硫化物边缘交代黄铁矿等，少量散染于脉石中。其中往往有杂质夹杂其间，一般集合体粒径在 0.1 ~ 0.01 mm 之间。石英是矿石中含量最大的矿物，约占矿物总量的 87.3%，粒度粗大，粒径多大于 0.03 mm，构成矿石的主体骨架。

本矿石中金主要以自然金—银类质同象系列矿物存在，尤以自然金较为常见。矿石中与自然金关系最为密切的是黄铁矿，其次为石英。金多呈不规则粒状嵌布于黄铁矿、石英粒间、裂隙、边缘，金的粒径大小不等，一般在 0.08 ~ 0.001 mm 之间。

2 选矿试验

2.1 浮选试验

由于矿物表面的不均一性，对不同表面活性的矿物表面区域使用组合捕收剂，能有效增加金矿物表面捕收剂的总固着量，提高金的总回收率，

从而提高了金矿的选矿指标^[4-7]。本试验开展了不同种捕收剂以及组合捕收剂对比试验，通过试验表明丁基黄药和丁铵黑药组合时对该岩金矿的选别效果最好。在经过详细的条件试验，试验结果见表 3。

表 3 浮选闭路试验结果

Table 3 Results of the closed-circuit flotation test

产品名称	产率 /%	Au 品位 /(g · t ⁻¹)	Au 回收率 /%
精矿	8.05	81.32	89.67
尾矿	91.95	0.82	10.33
原矿	100.00	7.30	100.00

闭路试验结果表明，在磨矿细度 -0.074 mm 75% 的条件下，按上述药剂制度及工艺条件可以获得金品位 81.32 g/t，回收率 89.67 的浮选指标。但尾矿中金占的回收率较大，导致该工艺对金的回收效果不理想。将尾矿送鉴定后发现，尾矿中损失的金多为赋存于褐铁矿中的金，这部分金很难通过浮选工艺进行回收，由此可见，该矿石不适合采用浮选工艺进行选别。

2.2 柱浸试验

柱浸试验按 3 个粒度进行，分别是 -25 mm、-10 mm 和 -5 mm。浸出时间 30 d，其中前 2 d 用碱水洗矿石，将柱内矿石 pH 值调整到 10~11；氰化浸出时间 28 d，前 3 d 氰化钠浓度 0.08%，从第 4 d 到第 14 d 氰化钠浓度 0.05%，从第 15 d 到第 28 d 氰化钠浓度 0.03%。柱浸试验 28 d 监测结果见表 4，28 天浸出渣计试验结果见表 5。

表 4 柱浸试验监测结果

Table 4 Monitoring results of the column immersion test

浸出天数 /d	1	2	3	4	5	10	15	20	28
-5 mm 液计浸出率 /%	8.21	31.63	45.61	54.72	60.17	69.33	73.65	77.47	81.58
-10 mm 液计浸出率 /%	6.37	28.58	42.71	51.44	56.23	60.43	69.56	74.69	78.41
-25 mm 液计浸出率 /%	5.15	26.33	40.92	50.82	54.45	58.76	67.93	73.24	75.63

表 5 28 d 浸出渣试验结果

Table 5 Test results of 28 d leaching residue

入柱粒度 /mm	-5	-10	-25
浸渣品位 /(g · t ⁻¹)	1.44	1.78	1.91
渣计浸出率 /%	80.27	75.62	73.84

柱浸试验碱及氰化钠用量分别为：矿石粒度 -5 mm 为 760% 及 870 g/t，矿石粒度 -10 mm 为 710% 及 810 g/t，矿石粒度 -25 mm 为 680 g/t 及 750 g/t。

试验结果表明：各粒度 28 d 柱浸试验浸出率都不高，说明柱浸也不适合用于该矿石的选别。

2.3 重选试验

在粗磨条件下预先重选，可大幅度降低选矿入选磨矿细度，避免了入选物料的过粉碎，从而大幅降低了选厂球磨能耗^[8]。在磨矿细度-0.074 mm 70%条件下进行了摇床试验。试验流程见图2，试验结果见表6。

表6 重选试验结果
Table 6 Results of reselection test

产品名称	产率 /%	Au 品位 /(g · t ⁻¹)	Au 回收率 /%
精矿	9.57	65.32	85.40
中矿	11.09	3.70	5.61
尾矿	79.34	0.83	9.00
原矿	100.00	7.32	100.00

试验结果表明，采用重选所获得的指标不理想，加上实际生产中重选要求占地面积较大，在该地区较难找到大面积的平地建设重选车间，可见，重选工艺亦不推荐用于选别该矿石。

2.4 全泥氰化试验

氰化浸金用CaO加入球磨机，以清洗矿物表面，同时调pH值至12，此时CaO用量1500 g/t。通过详细的条件试验，确定最佳的磨矿细度为-0.074 mm92%，氰化钠用量为700 g/t。试验流程图见图1，试验结果见表7。

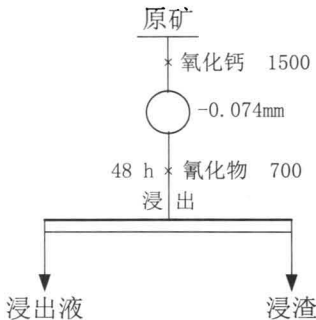


图1 全泥氰化浸出试验流程

Fig.1 Flow chart of full mud cyanide leaching

表7 全泥氰化浸出试验结果

Table 7 Results of full mud cyanide leaching test

产品名称	Au 品位 /(g · t ⁻¹)	Au 回收率 /%
浸渣	0.12	98.36
原矿	7.30	

浸出48 h的结果表明，该矿具有较好的可浸性，金的浸出率达到了98.36%。该工艺操作简便，可以为该地区的岩金矿石选别提供指导意义。

3 结 论

(1) 丁基黄药和丁铵黑药组合而形成的组合捕收剂相对其他的捕收剂和组合捕收剂而言对该地区的岩金矿选别效果较好。

(2) 该岩金矿中有一部分金赋存于褐铁矿中，不能通过浮选进行回收，因此浮选工艺不适合应用于该岩金矿。并且通过试验论证，柱浸和重选工艺亦不适合应用于该岩金矿。

(3) 该岩金矿可浸性好，通过氧化钙调整pH值至12，在磨矿细度-0.074 mm 92%，氰化钠用量700 g/t的条件下进行全泥氰化浸出，可以获得浸出率98.36%的选矿指标。该工艺操作简便，对该地区岩金矿的选别具有指导意义。

参考文献：

[1] 邵军. 中国石英脉型金矿床地质特征[J]. 贵金属地质, 1998,7 (3): 172-179.
[2] 邵晓东, 李景春. 中国金矿床主要工业类型及其分布特征[J]. 贵金属地质, 2000,9 (3): 166-170.
[3] 侯凯, 谢贤, 童雄, 等. 我国金矿床的工业类型及选矿研究方法[J]. 矿产综合利用, 2014 (4): 9-14.
[4] 肖骏, 房朝军, 陈代雄, 等. 河南某石英脉型金矿选矿技术[J]. 矿产综合利用, 2018,8 (4): 73-77.
[5] 王作兴. 捕收剂在自然金表面吸附的电化学机理研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
[6] 陈代雄, 肖骏, 杨建文. 提高矽卡岩型多金属硫化矿伴生贵金属回收的研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014 (5): 53-57.
[7] 黄万抚, 吴浩, 文金磊, 等. Knelson 离心机的分选原理及应用研究[J]. 矿山机械, 2015, (11): 96-100.

Study on Mineral Processing for a Gold Mine in Sichuan

Cai Wang¹, Shu Chao², Wang Changliang¹, Deng Wei¹, Rao Xiyang¹

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Research Center of Meal Mineral Resources Multipurpose Utilization, China Geological Survey, Chengdu, Sichuan, China; 2. School of Resources and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei, China)

Abstract: To solve the problem of low recovery rate of gold mine in a gold mine selection plant in Sichuan, a comprehensive analysis of ore properties is carried out for the gold deposit. According to the characteristics of ore properties, the optimum process scheme for recovering useful minerals in the ore was studied, and the comparison test of multi scheme mineral processing was carried out. Through the column leaching test, floatation test, reelection test and full mud cyanide leaching test, the comparison test results show that the ore is very impregnable, the leaching rate of the leaching test is more than 97%, and the recovery rate of the flotation and gravity are low. The process is simple and easy to operate, and has a guiding role in the recovery of gold deposits in this area.

Keywords: Ore properties; Multiple schemes; Full mud cyanide leaching; Lleaching

////////////////////////////////////
(上接 98 页)

Research on Mineralogy of a Red Soil Type Anatase in Zhijin, Guizhou Province

Zhang Song^{1,2,3}, Zhang Jie^{1,2}, Mao rui yong¹, Ding wen¹, Tanlin¹

(1. Mining College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou Provincial Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Non- metallic Mineral Resources, Guiyang, Guizhou, China;

2. National & Local Joint Laboratory of Engineering for Effective Utilization of Regional Mineral Resources from Karst Areas, Guiyang, Guizhou, China;

3. Bijie non Coal Mine Production Safety supervision and management station, Bijie, Guizhou, China)

Abstract: After field sampling of a red clay titanium ore in Zhijin, Guizhou Province, the ore sample was examined by chemical analysis, X ray diffraction analysis, observation under the microscope, scanning electron microscope and energy spectrum analysis. The main mineral composition, chemical composition, trace element and rare earth element geochemical characteristics, embedded feature, element occurrence state were studied respectively. Research shows that the TiO_2 content in ore is 7.55%~8.59%, titanium elements mainly exist in the ore to anatase independent minerals; rare earth element content is high, LREE enrichment, HREE loss; the ore belongs to non uniformly embedded, fine disseminated, the granularity should adopt the narrow range of stage grinding, stage separation process. The research results can provide the basis for the rational development and utilization of the red clay anatase resources.

Keywords: Ateritic type titanium ore; Anatase ore; Process mineralogy