

新疆某金矿工艺矿物学研究

牟凯

(青海交通职业技术学院, 青海 西宁 810000)

摘要: 利用显微镜观察、X-射线衍射分析、化学分析以及扫描电子显微镜对新疆某金矿进行了详细地工艺矿物学研究。研究表明, 矿石中金的品位为 1.20 g/t, 金矿物主要为自然金, 另有少量亮碲金矿、针碲金矿和碲金矿, 微量碲金银矿。考虑到金矿物的嵌布粒度较细, 均小于 30 μm, 金矿物与黄铁矿等硫化物的嵌布关系不密切, 并且金主要以裂隙金和粒间金的形式产出, 因此建议该矿石采用氰化浸出工艺。

关键词: 金矿; 工艺矿物学; 氰化浸出; 新疆

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.06.019

中图分类号: TD913 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 06-0095-03

随着易处理金矿石的日益减少, 开发利用品位低、细粒浸染、杂质含量高的难处理金矿石已成为一大趋势。微细粒浸染型金矿的开发应用, 很大程度上决定于对这类金矿的工艺矿物学的研究程度。工艺矿物学研究不仅能查明矿石中金的赋存状态, 了解金难以回收的原因, 还能为选冶提金提供重要依据^[1-4]。

新疆某金矿属于微细粒浸染型金矿石。本文

对该矿进行了详细地工艺矿物学研究, 系统地考察了该矿石中金的赋存状态及工艺矿物学特征, 为选矿人员推荐合理的工艺流程及工艺技术参数提供理论依据, 从而使得该矿石中的金得到经济而有效地回收^[5-7]。

1 矿石性质

1.1 矿石的化学多元素分析

表1 矿石的化学多元素分析结果 /%

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

| Au* | Ag* | Cu | Pb | Zn | Fe | As | S | Ti | C | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O |
|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|
| 1.20 | 2.97 | 0.025 | 0.01 | 0.023 | 7.97 | 0.001 | 0.24 | 0.63 | 0.13 | 52.35 | 14.36 | 7.00 | 5.47 | 1.48 | 2.28 |

* 单位为 g/t。

从表1可知, 矿石中主要回收的有价元素 Au 的品位为 1.20 g/t, 伴生元素 Ag 的品位为 2.97 g/t, 可考虑综合回收。

1.2 矿石中金的化学物相分析

将矿石综合样振磨加工, 使其粒度达到 -0.038mm 96% 时, 采取选择性溶解的化学分析方法对金进行了化学物相分析, 分析结果见表2。

表2 矿石中金的化学物相分析结果

Table 2 Chemical analysis of gold phase

| 相别 | 裸露金 | 硫化物包裹金 | 金的碲矿物及褐铁矿包裹金 | 硅酸盐包裹金 | 总金 |
|---------------------------|-------|--------|--------------|--------|--------|
| 含量 / (g·t ⁻¹) | 1.02 | 0.04 | 0.12 | 0.04 | 1.22 |
| 占有率 / % | 83.60 | 3.28 | 9.84 | 3.28 | 100.00 |

收稿日期: 2018-04-27

作者简介: 牟凯 (1960-), 男, 讲师, 主要从事珠宝玉石教学, 工艺矿物学研究工作。

2 矿石矿物组成及含量

矿石中的金矿物主要是自然金，另有少量亮碲金矿、针碲金矿和碲金矿，微量碲金银矿。

金属矿物主要为磁铁矿，其次为钛铁矿、赤铁矿和褐铁矿，另有少量黄铁矿，微量磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、碲铅矿、碲铋矿、铜蓝及蓝辉铜矿；非金属矿物主要为斜长石，其次为透闪石、石英、绿泥石、绿帘石，另有少量钾长石、白云母、黑云母、楣石、阳起石和普通辉石，微量方解石等。矿石的矿物组成及含量见表3。

表3 矿石的矿物组成及相对含量

Table 3 Mineral composition and relative content of the ore

| 矿物名称 | 含量/% | 矿物名称 | 含量/% |
|------|-------|------|--------|
| 磁铁矿 | 4.82 | 透闪石 | 17.00 |
| 褐铁矿 | 1.25 | 普通辉石 | 8.50 |
| 钛铁矿 | 1.00 | 石英 | 7.00 |
| 黄铁矿 | 0.32 | 绿泥石 | 6.50 |
| 磁黄铁矿 | 0.08 | 绿帘石 | 4.40 |
| 黄铜矿 | 0.07 | 白云母 | 3.40 |
| 闪锌矿 | 0.03 | 黑云母 | 1.30 |
| 方铅矿 | 0.01 | 楣石 | 0.82 |
| 斜长石 | 39.10 | 其他 | 100.00 |
| 正长石 | 4.40 | 合计 | |

3 矿石中金矿物的嵌布特征

3.1 金矿物的嵌布特征

(1) 自然金

自然金是矿石中最为主要的金矿物，多呈粒状产出，少量呈矩形及长条状分布。自然金主要分布在斜长石、透闪石、石英等脉石矿物裂隙中，这部分金矿物的粒度虽然较细，但在细磨矿条件下易于单体解离或裸露表面，所以均易于浸出；再者，有一部分自然金分布在脉石矿物粒间，少量分布在碲金矿与脉石矿物、褐铁矿与脉石矿物粒间；此外，还有少量自然金被包裹在斜长石、石英等脉石矿物中。

(2) 碲金矿、亮碲金矿和针碲金矿

碲金矿、亮碲金矿和针碲金矿也是矿石中重要的金矿物，多呈粒状产出，少量呈圆粒状及矩形分布。碲金矿、亮碲金矿和针碲金矿主要被包裹在斜长石、石英等脉石矿物粒间；有时可见它们分布在脉石矿物粒间，少量分布在自然金与脉石矿物粒间；有时还可见它们分布在脉石矿物裂隙中，这部分金矿物在细磨矿条件下也易于单体

解离。

3.2 矿石中金的产出状态

矿石中的自然金主要以脉石裂隙金的形式产出；碲金矿（包括碲金矿、亮碲金矿、针碲金矿和碲金银矿）主要以包裹金的形式产出；金矿物中的金主要以裂隙金的形式存在，占总金的55.32%，粒间金和包裹金分别占24.97%和19.71%。金的具体分布情况见表4。

表4 矿石中金的产出状态

Table 4 Dissemination characteristics of gold in the ore

| 产出类型 | 裂隙金 | 包裹金 | 粒间金 |
|------|-------|-------|-------|
| 自然金 | 67.73 | 8.25 | 24.02 |
| 碲金矿* | 21.45 | 50.99 | 27.56 |
| 金矿物 | 55.32 | 19.71 | 24.97 |

*包括碲金矿、亮碲金矿、针碲金矿和碲金银矿。

4 矿石中金矿物的嵌布粒度

矿石中金矿物的嵌布粒度主要为换算成等效圆直径后的嵌布粒度，结果见表5。由表5可知，金矿物的嵌布粒度非常细。其中，矿石中仅有7.27%金矿物的粒度分布在20~30 μm，14.22%分布在10~20 μm，矿石中高达78.51%金矿物的粒度分布在<10 μm。

表5 金矿物的粒度分布特征

Table 5 Size distribution of gold minerals in the ore

| 粒级范围/ μm | 自然金/% | | 碲金矿*/% | | 金矿物/% | |
|-------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 占有率 | 累计 | 占有率 | 累计 | 占有率 | 累计 |
| -30+20 | 15.38 | 15.38 | - | - | 7.27 | 7.27 |
| -20+10 | 30.07 | 45.45 | - | - | 14.22 | 21.49 |
| -10+5 | 25.46 | 70.91 | 25.14 | 25.14 | 25.29 | 46.78 |
| -5+1 | 26.97 | 97.88 | 58.05 | 83.19 | 43.35 | 90.13 |
| -1 | 2.12 | 100.00 | 16.81 | 100.00 | 9.87 | 100.00 |

*包括碲金矿、亮碲金矿、针碲金矿和碲金银矿。

5 金的赋存状态

矿石中金的元素平衡结果见表6。由表6可知，矿石中的金主要以自然金的形式存在，少量以碲金矿、亮碲金矿和针碲金矿的形式产出，微量以碲金银矿的形式产出。

表6 矿石中金的元素平衡

Table 6 Elemental balance of gold in the ore

| 名称 | 自然金 | 金的碲化物 |
|------------|-------|-------|
| 金矿物相对比例 /% | 84.65 | 15.35 |
| 金的占有率 /% | 92.58 | 7.42 |

6 影响金浸出率的矿物学因素分析

(1) 矿石中自然金的嵌布粒度比较细，粒度均小于 30 μm，在磨矿细度 -0.038 mm 96% 的条件下，矿石中的金以裸露金为主，占总金的 83.60%，而硫化物、褐铁矿及硅酸盐包裹金在细磨条件下也较难单体解离或裸露，这是影响金浸出率的主要因素。

(2) 碲金矿、亮碲金矿、针碲金矿和碲金银矿等金的碲化物中的金的占有率为 7.42%，由于其嵌布粒度极细，均小于 10 μm，并且主要以包裹体形式分布在脉石矿物中，再加上碲金矿本身比较难浸，因此主要影响金的浸出率。

7 结论

(1) 矿石中的金矿物主要是自然金，另有少量以金的碲矿物的形式存在，主要为碲金矿、亮碲金矿、针碲金矿和碲金银矿。

(2) 矿石中的黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等硫化物含量比较低，并且其所载的金矿物也很少，与金矿物的嵌布关系不密切，因此不建议采用浮

选硫化物的方式回收金。

(3) 矿石中金矿物的嵌布粒度整体偏细，均分布在 30 μm 以下。其中，78.51% 的金矿物小于 10 μm，可见该矿属于微细粒难选金矿石。但是，考虑到金矿物主要以裂隙金和粒间金的形式产出，并且当磨矿细度 -0.038 mm 96% 时，裸露金占总金的 83.60%，因此建议对该矿石进行细磨矿，使得矿石中的金矿物尽量单体解离或裸露表面，然后选择氰化浸出工艺，将有利于金回收率的提高。

参考文献：

- [1] 高国龙, 李登新. 高硫高砷难浸金精矿工艺矿物学研究[J]. 中国矿业, 2010, 19(12): 56-58.
- [2] 曾令熙. 某金矿工艺矿物学研究及其与选矿工艺的相关性分析[J]. 中国矿业, 2008, 17(4): 73-75.
- [3] 杨洪英, 杨立, 佟琳琳, 等. 广西金牙难浸金矿的工艺矿物学研究[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(8): 1156-1158, 1166.
- [4] 张金矿, 徐泽仙, 巫汉泉. 嵩县南沟金矿的矿物特性及金的可浸性研究[J]. 矿产综合利用, 2012, 8(4): 29-34.
- [5] 马驰, 卞孝东, 王守敬, 等. 金矿石的工艺矿物学研究[J]. 黄金, 2011, 32(10): 47-51.
- [6] 郜伟, 王明燕, 王玲. 云南某铁金矿中金的工艺矿物学研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(6): 5-7.
- [7] 新疆伊宁金山金矿床金的赋存状态[J]. 地质通报, 2010, 29(7): 1049-1055.

Study on the Process Mineralogy of a Gold Mine in Xinjiang

Mu Kai

(Qinghai Communication Technical College, Xining, Qinghai, China)

Abstract: The process mineralogy of a gold deposit in Xinjiang was studied by microscope, XRD, chemical analysis and SEM. The results show that the gold grade of the ore is 1.20 g/t, mainly existing as natural gold, and a little montbrayite, aurotellurite, calaverite and trace petzite. In view of the granularity of gold mineral which is less than 30 μm, the relationship between gold ore and pyrite is not close. Furthermore, gold is mainly produced in the form of fissure gold and intergranular gold. Cyanide leaching is suggested.

Keywords: Gold ore; Process mineralogy; Cyanide leaching; Xinjiang