

青海双朋西金矿床金的赋存状态及 矿石可选性研究

张涛^{1,2}, 伊有昌², 王生龙², 刘庆云²

(1. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 青海省有色地质矿产勘查局七队, 西宁 810007)

摘要: 双朋西金矿床物质组成复杂, 金属矿物以金属氧化物为主, 含少量硫化物。载金矿物主要有褐铁矿、碳酸盐和石英, 金矿物以自然金和银金矿独立矿物形式存在, 以粗粒金为主, 以裂隙金为主要赋存形式。根据金的化学物相和解离分析, 选矿时加强细磨可提高金的回收率, 选用浮选氰化工艺金的回收率可达 91.7%。

关键词: 双朋西金矿床; 金的赋存状态; 青海省

中图分类号: P575; T D951 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)02-0235-04

1 矿床地质简况

双朋西金矿床位于青海省同仁县城北东约 59 km 处, 矿床处于松潘—甘孜印支褶皱系青海南山冒地槽褶皱带中。矿区出露地层主要为下二叠统大关山群, 为一套浅海相碎屑岩、碳酸盐岩建造, 岩性主要有大理岩、细砂岩、粉砂岩等, 为赋矿层位。区内 NWW 向断裂发育, 为控岩控矿构造。印支期中酸性岩浆侵入活动强烈, 岩性为花岗闪长岩。金矿体产于岩体接触带的夕卡岩中, 且受 NWW 向断裂控制^[1-4]。矿床共圈出金矿体 24 条, 矿体长 35~250 m, 厚 2.0~11.89 m, 金品位 $w(\text{Au}) = 5.15 \times 10^{-6} \sim 18.43 \times 10^{-6}$ 。

2 矿石物质组成

2.1 矿石类型

矿石自然类型分为氧化矿和原生矿 2 种。氧化矿可分为黏土—褐铁矿型、褐铁矿型和土状褐铁矿型; 原生矿分为夕卡岩型、蚀变花岗闪长岩型、石英

脉型和大理岩型。矿石主要分布在地表以下 40 m 左右, 断裂发育地带最深可达 65 m。目前, 双朋西金矿床以开采黏土—褐铁矿型矿石为主。

2.2 矿石化学成分

通过矿石光谱全分析和多元素分析结果(表 1, 表 2)可以看出, 矿石中具有工业价值的元素为 Au 和 Cu, 其中金品位 $w(\text{Au}) = 6.3 \times 10^{-6}$, 铜品位 $w(\text{Cu}) = 1.36 \times 10^{-2}$, 属共生矿产。银品位 $w(\text{Ag}) = 24.4 \times 10^{-6}$, 可作为伴生组分综合利用。铅锌等元素含量低, 无利用价值。有害元素 As 和碱金属元素含量较低, 对矿石的选冶影响较小。

2.3 矿石矿物组成

经显微镜、扫描电镜、X 光衍射等手段分析鉴定, 已查明矿石中的矿物有 52 种^[2], 其中金矿物 2 种, 其他金属矿物 25 种, 金属矿物约占 19.5%, 脉石矿物 25 种, 约占 80.5%。金属矿物以金属氧化物为主, 其次为金属硫化物。金属氧化物矿物有褐铁矿、孔雀石, 其次为硬锰矿、软锰矿, 微量矿物为硅孔雀石、蓝铜矿等。金属硫化物以磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿为主, 胶黄铁矿、方铅矿次之, 微量矿物为铜蓝、辉铜矿、辉铋矿等。金矿物为银金矿和自然金。其他金属矿物有菱铁矿、白钨矿、自然铅、自然铋。脉石矿物主要有石英、方解石、白云石、透闪石、

收稿日期: 2010-01-04

作者简介: 张涛(1979-), 男, 河南周口人, 工程师, 博士研究生, 主要从事有色金属、贵金属地质勘查工作。通信地址: 青海省西宁市经济技术开发区金和路 36 号, 青海省有色地质矿产勘查局七队; 邮政编码: 810007。E-mail: zhangtao0971@163.com

表1 双朋西金矿床矿石光谱全分析结果

Table 1 Spectral analysis of ore from Shuangpengxi Au deposit

元素	Be	Mn	Mg	Fe	Ni	Bi	Cr	Pb	Sn	Si
$w_B/\%$	0.003	0.2	1	> 10	0.003	0.1	0.01	0.005	0.003	> 10
元素	Al	Ca	V	Cu	Ag	Zn	Ti	Co	Ba	Sr
$w_B/\%$	3	3	0.003	0.5	0.001	0.02	0.2	0.03	0.05	0.01

测试单位: 西北矿冶研究所。

表2 双朋西金矿床矿石多元素分析结果

Table 2 Multi-element analysis of ore from Shuangpengxi Au deposit

矿石组分	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	S	As	CaO
$w_B/\%$	6.3	24.4	1.36	0.021	0.01	12.62	0.17	0.056	9.75
矿石组分	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Bi	Mo	W	Sn	烧失量	
$w_B/\%$	2.89	3.76	48.37	0.19	< 0.01	< 0.10	< 0.02	7.87	

测试单位: 西北矿冶研究所。量的单位: $w(Au, Ag)/10^{-6}$, 其他组分 $w_B/\%$ 。

符山石、透辉石等, 其次为白云母、绢云母、黏土矿物、绿泥石等, 微量矿物有锆石、榍石、磷灰石等。

2.4 矿石结构、构造

矿石结构主要为胶状结构、交代残余结构、他形粒状变晶结构、镶嵌结构、包含结构等; 矿石构造主要有蜂窝状构造、土状构造、角砾状构造、薄膜状构造、网脉状构造等, 其中以蜂窝状、土状构造为主。

3 金的赋存状态

矿石中金的矿物有自然金、银金矿两种, 属自然

金-自然银系列。电子探针测试结果(表3)表明, 金矿物由 Au, Ag, Bi, Cu, Fe 等元素组成。自然金中 $w(Au)$ 平均为 85.183%, $w(Ag)$ 平均为 13.646%; 银金矿中 $w(Au)$ 平均为 62.589%, $w(Ag)$ 平均为 35.276%。金的主要载体矿物有褐铁矿、碳酸盐、石英, 分布率见表4。金矿物主要以裂隙金嵌布于褐铁矿、碳酸盐矿物和石英的颗粒间隙、裂隙及微裂纹中, 包裹金和粒间金较为少见。

表3 金矿物电子探针分析结果

Table 3 Electronic probe analysis of Au minerals

矿物	样品数量	Au	Ag	Bi	Cu	Fe	总量
银金矿	36	62.589	35.276	1.202	0.345	0.335	99.747
自然金	5	85.183	13.646	1.102	0.241	0.136	100.308

测试单位: 西北矿冶研究所; 量的单位: $w_B/\%$ 。

表4 金矿物在载体中的分布表

Table 4 Au distribution in carrier minerals

矿物名称	褐铁矿	碳酸盐矿物	石英
分布率/%	69.66	24.72	5.62

测试单位: 西北矿冶研究所。

3.1 金矿物的工艺矿物学特征

(1) 金矿物的形态特征。据金矿物形态特征表(表5), 金矿物形态以粒状为主, 占 86.2%, 其他形态有枝杈状、片状、长条状。

(2) 金矿物的嵌布特征。金矿物有呈不规则粒状、片状分布在褐铁矿中及其边缘, 亦有呈枝杈状嵌

布于石英裂隙中, 还有呈长条状镶嵌于石英或碳酸盐矿物的粒间^③。

(3) 金矿物的粒度特征。据粒度统计(表6), 矿石中金矿物以粗粒金为主, 约占 50%, 最大粒度达 0.28 mm, 细粒金约占 25%, 中粒金和微粒金相对较少。

(4) 金矿物的表面特征。根据镜下观察, 金矿物的表面干净, 与载体矿物界线清晰, 未见麻点、坑穴、擦痕等现象, 不影响选矿效果。

(5) 金的成色。根据 17 个随机样品的分析结果, 双朋西金矿床金的成色平均为 759。

表 5 双朋西金矿床金矿物形态特征

Table 5 Gold mineral morphology of Shuangpengxi Au deposit

形态	粒状	枝杈状	片状	长条状
占有率/%	86.2	6.9	3.7	3.2

测试单位: 西北矿冶研究所。

表 6 双朋西金矿床金矿物粒度统计

Table 6 Gold grain size of Shuangpengxi Au deposit

粒度分类	粒度区间/mm	占有率/%
粗粒	0.2102~0.0743	52.5
中粒	0.0743~0.0371	5.13
细粒	0.0371~0.0092	25.55
微细粒	0.0092~0.0032	16.82

测试单位: 西北矿冶研究所; 分类标准依据《岩金地质勘探规范》, 1984。

3.2 主要载金矿物的特征

(1) 褐铁矿。是本矿床最主要的金属氧化物, 由针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿、赤铁矿组成。颜色为棕褐色, 主要呈胶状、纤维状、网脉状, 部分呈自形晶、半自形晶, 由黄铁矿、黄铜矿等硫化物经氧化作

用, 3 价铁硫酸盐水解形成, 同时可以见到闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿等残留体。褐铁矿中及边部嵌布有金矿物, 与金矿物关系最为密切, 是最主要的载金矿物。

(2) 碳酸盐矿物。主要为方解石和白云石, 颜色呈白色、灰白色, 他形粒状, 粒度较粗, 一般在 0.5~2.00 mm 之间。碳酸盐矿物是在矿石氧化过程中的碳酸盐阶段形成, 其粒间局部见金矿物分布。

(3) 石英。是本矿床主要的脉石矿物之一。石英颜色呈黄褐色、乳白色、灰白色, 主要呈他形粒状分布, 颗粒较大, 粒径多在 1.0~3.0 mm 之间, 裂隙发育, 裂隙中常充填有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等, 偶见银金矿和自然金充填。

4 矿石的加工与选冶性能

4.1 金的化学物相分析

将综合样磨碎至-200 目占 60%, 进行化学物相分析, 结果表明有 35.73% 金矿物呈微细粒包裹金嵌布(表 7)。

表 7 金的化学物相分析结果

Table 7 Chemical phase analysis

相别	单体金	暴露连生金	硫化物褐铁矿中金	碳酸盐中金	硅酸盐中金	合计
占有率/%	25.71	38.56	19.88	9.27	6.58	100

测试单位: 西北矿冶研究所。

4.2 金矿物的解离性

结合金矿物的粒度及与载体矿物的关系, 从工艺矿物学角度进行试验, 当磨矿细度达-200 目占 70%~80% 时, 采用直接选金法理想回收率在 60% 左右; 当磨矿细度达-200 目占 90% 时, 采用氰化浸出法理想浸出率可达 98%(表 8)。

表 8 不同磨矿细度金矿物解离性分析结果

Table 8 Au analysis for ore in different mesh

磨矿细度	占有率/%			合计
	游离金	裸露连生金	包裹金	
-200 目 60%	24.56	36.84	38.59	100
-200 目 70%	35.18	40.74	24.17	100
-200 目 80%	45.41	41.38	13.21	100
-200 目 90%	53.70	44.44	1.85	100

测试单位: 西北矿冶研究所。

4.3 矿石的选冶性能

经西北矿冶研究院采用 7 个选冶工艺流程对比试验(表 9), 采用浮选-氰化工艺, 金的回收率可达 91.77%^[5]。

5 结论

(1) 双朋西铁帽型金矿床矿石类型多样, 以氧化矿为主。矿石中 Au 和 Cu 元素具有工业价值, 银元素可综合利用。

(2) 金矿物以自然金、银金矿 2 种独立矿物存在。主要载金矿物为褐铁矿、碳酸盐和石英。金矿物主要以裂隙金形式嵌布, 包裹金和粒间金较少。

表 9 选矿工艺流程结果对比

Table 9 Comparison of different beneficiation techniques

试验工艺	原矿品位		精矿品位		尾矿品位		回收率/%	
	Au	Cu	Au	Cu	Au	Cu	Au	Cu
先选金再硫化选铜	6.50	1.36	105.29	7.70	2.40	0.945	65.34	35.00
直接硫化浮选	6.63	1.35	102.5	12.8	2.9	0.9	57.86	35.59
脱泥浮选	6.6	1.38	150.0	16.17	2.8	0.85	54.05	29.97
硫酸浸出-铁粉置换-浮选	6.65	1.29	47.5	8.42	2.9	0.64	60.80	54.68
摇床重选-浮选	6.68	1.25	110.5	12.19	3.56	0.99	49.28	24.35
浮选-氰化	6.05	1.37	82.5	11.98	0.52	0.89	91.77	38.03
全泥氰化	6.3	1.36	-	-	1.15	1.36	81.75	-

测试单位:西北矿冶研究所。量的单位: $w(\text{Au})/10^{-6}$, $w(\text{Cu})/\%$ 。

(3) 根据金的化学物相和解离性分析,选矿时加强细磨可提高 Au 的回收率,选用浮选-氰化工艺 Au 的回收率可达 91.77%。

致谢:承蒙李时新高级工程师对全文进行了审阅,并提出了重要的修改意见,在此表示诚挚的感谢!

注释:

- ①青海省有色七队. 青海省同仁县双朋西金矿详查报告[R]. 1990.
- ②西北矿冶研究院. 青海省同仁县双朋西铜金矿石物质组成及金的赋存状态研究[R]. 1989.
- ③西北矿冶研究院. 青海省同仁县双朋西铜金矿选矿试验报告[R].

1989.

参考文献:

- [1] 甘肃有色金属地质研究所. 青海省同仁县双朋西及外围普查报告[R]. 兰州:甘肃有色金属地质研究所, 1999.
- [2] 李时新. 青海双朋西金矿表生氧化带的某些特征[J]. 黄金, 1998, 19(10): 9-11.
- [3] 青海省地矿局. 青海区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [4] 孙继省, 魏俊浩, 王造成. 青海双朋西金矿成矿规律及找矿标志[J]. 甘肃冶金, 2005, 27(4): 22-24.
- [5] 张涛. 青海双朋西一斜长支沟地区金矿成矿地质条件及成矿规律[J]. 西北地质, 2007, 40(3): 62-67.

Occurrence of gold in Shuangpengxi gold deposit in Qinghai and study on the beneficiation

ZHANG Tao^{1,2}, YI You-chang², WANG Sheng-long², LIU Qing-yun²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China, 2. No. 7 Team of Qinghai Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Xining, 810007)

Abstract: Material composition of the Shuangpengxi gold deposit is complicated with abundant metal oxides and a few sulfides. The main gold carriers are limonite, carbonate and quartz. Electrum and native gold are the individual gold minerals. Gold is mainly in coarse grain size and hosted in mineral fractures. Fine grinding can raise the recovery of gold. The recovery of floatation + cyanidation technology is 91.7%.

Key Words: Shuangpengxi deposit; gold occurrence; Qinghai province