

新疆卡拉玛铜矿床伴生金工艺矿物学研究

王静纯¹, 方楠²

(1. 北京矿产地质研究院, 北京 100012; 2. 北京联合大学, 北京 100088)

【摘要】文章对卡拉玛铜矿床中伴生金的工艺矿物学特征进行了研究。结果显示, 矿石主要由黄铜矿、黄铁矿、菱铁矿和少量辉铜矿组成, 伴生金主要呈独立矿物自然金产出, 多数金矿物以脉型和裂隙型嵌布于矿石中, 金矿物的粒度多分布在0.10~0.05mm, 矿石中金的理想回收率为86.78%。

【关键词】铜矿石 工艺矿物学 金的配分

【中图分类号】P618.51 **【文献标识码】**A **【文章编号】**0495-5331(2005)06-0052-03

我国的金矿资源中, 有色金属矿中伴生金占46%, 是金的重要来源。伴生金主要产在铜矿床中。目前铜矿山中伴生金矿石的Au品位达 0.2×10^{-6} 即可以综合回收, 金的回收率在35%~80%, 多数可达到50%以上。本矿床中伴生金品位高达 1.41×10^{-6} , 属含金较高的铜矿石。前人未对其伴生金进行系统研究, 金是顺带回收, 金的回收率较低, 影响了金的有效利用。

1 矿区地质概况

1.1 矿床特征

卡拉玛铜矿床是布伦口铜矿中最具工业意义的铜矿床。

布伦口铜矿地处新疆维吾尔自治区克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县。

矿区地层主要为前震旦系的塔什库尔干群(AnZta), 分为3个岩组, 6个岩性段。其中第三岩组第三岩性段, 黑云斜长片麻岩内的白云岩夹层, 为卡拉玛矿床主要含矿层。

矿区褶皱主要为塔什库尔干向斜, 轴向与区域地层走向一致, 呈北西-南东向展布, 倾向北东。卡拉玛矿床就位于该向斜的北翼。

区内断裂构造主要有二组, 北西向和近东西向, 北西向断裂与成矿关系密切。

区内华力西中期侵入岩发育, 可分为两期, 第一期以碱性花岗岩为主, 第二期为黑云母石英闪长岩、斑状角闪石石英闪长岩等。

1.2 矿体特征

矿体赋存于前震旦纪古老变质岩的铁镁质白云

岩、菱铁矿化大理岩或者变质的菱铁矿中。矿体的形态、产状受成矿断裂的制约。矿体倾角 30° 左右, 与地层产状一致。

矿体主要呈似层状、透镜状和脉状产出。并且具有膨胀、收缩与尖灭再现的特点。

2 矿石特征

2.1 矿石矿物组成

本区矿石矿物组成比较简单, 金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、菱铁矿, 少量矿物有辉铜矿、毒砂、斜方砷钴矿、铜蓝、蓝铜矿、孔雀石、胆矾、针铁矿、水针铁矿和水赤铁矿等, 微量矿物有方铅矿、闪锌矿、辉砷镍矿和褐砷镍矿等。硫化物含量占矿物总量的8.68%, 其中铜硫化物含量约占6.05%, 铁(砷)硫化物含量约占2.58%。脉石矿物以铁镁白云石为主, 次为石英、方解石、绢云母、黑云母、长石等。

2.2 矿石结构构造

矿石结构主要显示中低温热液作用特点。矿石主要结构类型有: 它形晶结构、半自形晶-自形晶结构、胶状结构、交代残余结构、反应边结构、增生边结构、重结晶结构、交代假象结构和孔隙充填结构等。

矿石构造类型也比较简单, 主要有: 块状构造、稠密浸染状构造、稀疏浸染状构造、条带状构造、细脉浸染状构造、网格状构造、多孔状构造。块状构造和稠密浸染状构造的矿石主要分布在矿体的中部。

2.3 矿石化学成分

卡拉玛矿床铜矿石, 主要为硫化铜矿石, 也有少量氧化铜矿石。硫化矿石品位, 含Cu最高4.76%,

【收稿日期】2005-07-05; **【修订日期】**2005-08-20; **【责任编辑】**曲丽莉。

【第一作者简介】王静纯(1943年-), 女, 1963年毕业于原长春地质专科学校, 高级工程师, 现主要从事金属矿床地质, 矿石学、矿物学与工艺矿物学研究工作。

平均 2.42% ;含 Au 最高 12×10^{-6} , 平均 1.41×10^{-6} 。

3 伴生金工艺矿物学特征

3.1 金的赋存形式

矿石伴生金的主要赋存形式是以金的独立矿物产出,即自然金、含银自然金。

金矿物多呈不规则粒状、片状、板片状、角粒状、长角粒状、枝杈状连生体,个别出现半自形晶。金矿物多以大小不等的孤立的晶粒状或微细脉状产在矿石中。经过 50 余个光片鉴定研究,并未出现金矿物包裹或缠绕非金属矿物的现象。

金矿物嵌布形式丰富,有脉型、包裹型和粒间型等^[1]。

据研究,矿石中金矿物主要产在微细脉中,其次是成独立矿物形态以包裹体形式产在黄铜矿中。菱铁矿与石英中包裹的金矿物也是较重要的产出状态(表 1)。

表 1 金矿物嵌布特征

嵌布类型	颗粒数/个	占有率/%	
脉型	60	40.8	
包裹型	黄铜矿中	46	31.3
	菱铁矿中	14	9.5
	石英中	14	9.5
粒间型	13	8.8	
合计	147	99.9	

表 1 显示,矿石中金矿物在各嵌布类型中的占有率是:包裹型金矿物占 50.3%,粒间型金矿物占 8.8%,脉型金矿物占 40.8%。特别是后两种类型金矿物的占有率较高,达 49.6%,金矿物易于解离。在生产工艺中要特别注意单体金矿物的回收。

3.2 金矿物嵌布粒度

金矿物粗、细粒兼有。据金矿物粒度统计(图 1),按金矿物粒度出现几率统计,以细粒为多。粒径 0.1~0.01mm 的金矿物颗粒数所占比例仅为 6.2%,粒径 0.01~0.001mm 的金矿物颗粒数所占比例为 59.5%,<0.001mm 的金矿物颗粒数所占比例为 34.7%。其中非磁性脉石中金矿物的粒度较粗,主要在 0.01mm 以上,磁性脉石中金矿物的粒度较细,多小于 0.006mm。

按金矿物面积百分比统计,粗粒径金矿物所占面积比例最高。粒径在 0.1~0.01mm 的金矿物面积比例高达 91.7%,而粒径在 0.01~0.001mm 的金矿物面积比例为 8.09%,粒径 <0.001mm 的金矿物面积比例仅为 0.34%。显然粗粒级金矿物的充

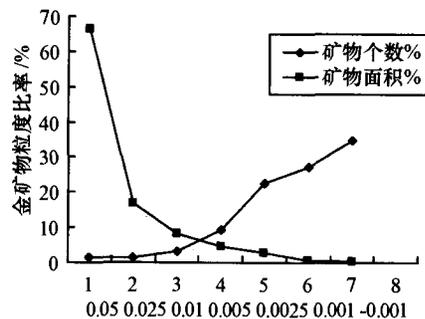


图 1 金矿物粒度统计图

分回收对提高矿石中金的回收率更为重要。

3.3 金矿物化学成分

经电子探针测试与能谱分析,本区金矿物成分以含金为主,含 Au 在 82.9%~91.7%,平均含 Au 87.0%。金的成色较高,为 831~920,平均为 877。含 Ag 7.98%~16.87%,平均含 Ag 12.68%。还含有少量铜,含 Cu 为 0.13%~0.23%,平均含 Cu 0.19%。含微量铁,含 Fe 范围为 0.06%~0.13%,平均含 Fe 0.09%。

4 矿石工艺学研究

4.1 金在不同矿石类型中的分布

总体上,矿石中伴生金含量随着铜矿化增强而增高。但因相同类型铜矿石产出位置不同,金含量也会出现明显差异,位于矿体底板的矿石含金低于顶板的矿石。不同矿石类型的金含量见表 2。

表 2 不同类型矿石、围岩化学分析结果 $\omega_B/10^{-6}$

矿石、岩石类型	样品数/个	Cu	Au	Ag
稠密浸染状铜矿石	11	9.27	2.42	15.96
稀疏浸染状铜矿石	8	0.84	0.05	3.00
浸染状铜矿石	21	1.97	0.70	3.42
条带状矿石	20	5.86	4.41	9.83
氧化铜矿石	2	3.07	0.83	2.75
硅质围岩	4	0.12	0.30	2.86
菱铁矿、铁质白云岩	16	0.19	0.67	2.29

从表 2 可知,条带状矿石金含量最高,平均含 Au 4.41×10^{-6} (20 个样),其次为稠密浸染状矿石,平均含 Au 2.42×10^{-6} (11 个样),而稀疏浸染状矿石含金最低,仅 Au 0.5×10^{-6} (8 个样),低于铁质白云岩与菱铁矿的金含量 Au 0.67×10^{-6} (16 个样)。

条带状矿石受后期热液叠加作用比稠密浸染状矿石更明显,硅化作用较强烈,常见石英填充在条带中,并使条带局部变宽,更利于金的沉淀富集。

4.2 金铜银在不同粒级矿石中的分布

不同粒级矿石中金、铜、银的分布特点见图 2。

从图 2 可以看出,矿石分级样品金含量的总趋

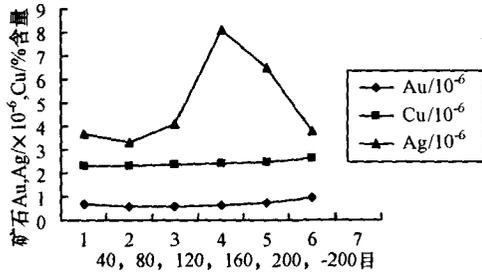


图2 矿石分级样品金铜银分布图

势是,随着矿石粒度变细,金含量增高。其中 -20 目 ~ +40 目的矿石含 Au 0.68×10^{-6} ; -40 目 ~ +160 目的矿石含 Au 为 $0.58 \times 10^{-6} \sim 0.64 \times 10^{-6}$,略低于前者; -160 目 ~ +200 目含 Au 0.76×10^{-6} ; -200 目的样品含最高,达到 Au 0.96×10^{-6} 。各粒级矿石样品铜的分布特点和金相似,Cu 含量随着粒度变细而逐渐增高,-20 目 ~ +40 目矿石含 Cu 2.31%,至 -200 目矿石含 Cu 达到 2.65%;银分布特点与金、铜不同,含 Ag 的高值区分布在 -120 目 ~ +200 目,含 Ag $8.1 \times 10^{-6} \sim 6.5 \times 10^{-6}$ 。

5 金的平衡配分

矿石中金的主要载体矿物为黄铜矿,其次为黄铁矿以及铁碳酸盐等综合脉石,对其单矿物金含量进行了测试,黄铜矿含 Au 3.96×10^{-6} ,黄铁矿含 Au 2.19×10^{-6} ,是金的主要载体矿物;脉石和非磁性脉石含 Au 较低,仅 $0.41 \times 10^{-6} \sim 0.78 \times 10^{-6}$ 。

为了进一步剖析金在主要载体矿物中的分布规律,科学预测选矿的最佳指标,准确判断合理的损失率,进行了金的配分计算,结果见表3。从表3可知,黄铜矿中金的配分率为 25.26%,可与铜精矿一起回收。黄铁矿中金配分率为 13.63%,可通过混合浮选或氢化物浸取工艺而得到回收^[2]。磁性脉石中金占 14.21%,将大部分进入尾矿而流失。非磁性脉石中金占 47.89%,经查定绝大部分金呈独立金矿物存在,可通过重选、混汞、浮选提取出来得

到回收。卡拉玛铜矿石中金的理想回收率为 86.78%。

6 结论

- 1) 卡拉玛铜矿床伴生金主要呈独立矿物存在,以自然金为主,金矿物成色较高,平均为 877。
- 2) 矿石中以脉型和粒间型嵌布的金占金总量的 49.6%,属金矿物易解离型矿石。
- 3) 矿石中金矿物嵌布粒度,粗、细粒间有,并以粗粒为主。预计约有 70% 的金矿物将在选矿中解离成单体。

表3 金的平衡配分

矿物名称	百分比	金含量/ $\times 10^{-6}$	金配分量	金配分率/%
黄铜矿	6.05	3.96	0.24	25.26
黄铁矿	2.58	2.19	0.12	13.63
磁性脉石	33.0	0.41	0.135	14.21
非磁性脉石	58.37	0.78	0.455	47.89
合计			0.95	99.99
原矿		1.02		
				$\gamma = 6.8\%$

4) 金属硫化物与铁碳酸盐是金的主要载体矿物。从金的配分结果可知,金的理想回收率为 86.78%,包括黄铜矿中金、黄铁矿中金与碳酸盐中金。

5) 为了提高金的选矿回收率,应严格选择磨矿粒度,既要使黄铁矿中包裹的金矿物尽量解离,又要防止磨矿过细而影响非磁性脉石中金的回收,建议采取多碎少磨工艺,磨矿细度控制在 -200 目占 65% 为宜。矿石中的粗粒金可由汞板回收,细粒金需通过浮选工艺进行。

[参考文献]

[1] 王静纯, 简晓忠. 银的赋存特征研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(2): 89 ~ 93.
 [2] 矿产资源综合利用手册编辑委员会. 矿产资源综合利用手册[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 382 ~ 385.

THE STUDY ON TECHNICAL MINERALOGY OF ASSOCIATED GOLD IN KALAMA MINE, XINJIANG

WANG Jing - chun¹, FANG Nan²

(1. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012;
 2. Beijing United University, Beijing 100088)

Abstract: Features of technical mineralogy of associated Au from the Kalama Cu mine are studied in the paper. The results show that ores are mainly composed of chalcopyrite, pyrite, siderite and chalcocite. Associated Au is mainly in native gold. Most of Au occurs as embed type in veins and fractures. The sizes of Au mineral are mainly between 0.1 ~ 0.05mm. Theoretical Au recovery of ores is 86.78%.

Key words: Cu ore, technical mineralogy, gold partition