

## 新疆索尔库都克铜钼矿矿石特征

王玉山,钟晓玲

(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局矿产实验研究所,新疆 乌鲁木齐 830000)

新疆索尔库都克铜钼矿自20世纪80年代早期被发现以后,现已基本查清了矿体的形态、规模、产状及品位的分布情况。由于矿石品位低,对该矿床开发一直处于停顿状态。近年来随着国内对铜资源需求量的增大,铜价格上升,有关部门正对其投入开发。通过选矿试验,笔者对矿石的选冶特性进行了初步分析,尤其是在矿石工艺特性方面进行了研究。

## 1 矿石矿物成分

金属矿物主要为黄铜矿和黄铁矿,次为闪锌矿、辉碲铋矿、方铅矿、辉钼矿、白铁矿、磁黄铁矿和磁铁矿,而辉铜矿、斑铜矿、砷黝铜矿、铁铜蓝、硫铋铜矿、碲银矿、银金矿、自然金等偶见;脉石矿物为石榴石、透辉石、阳起石、绿帘石、石英、方解石,次为长石、绿泥石、黑云母、葡萄石等;表生金属氧化物为硅孔雀石和褐铁矿,次为孔雀石、蓝铜矿及铜蓝等。

**黄铜矿** 分布较广,多为他形粒状,粒径在0.01~1.2 mm,多数在0.5 mm以下,以独立单体或聚粒状呈星散浸染状或稀疏浸染状分布,部分呈脉状或细脉浸染状产出。与黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等共生,有时见磁铁矿、辉钼矿、黄铁矿及脉石矿物的包体,多数分布在脉石矿物的间隙和裂隙中,少数包在石榴石等脉石矿物中。黄铜矿化学分析:S 33.58%,Cu 34.00%,Fe 30.20%,Zn 0.31%,Pb 0.012%,Ag  $168 \times 10^{-6}$ ,Au  $1.43 \times 10^{-6}$ ,表明黄铜矿中含Au、Ag较高,可通过富集到铜精矿中回收。

**硅孔雀石** 为矿床氧化带中主要表生矿物。在新疆已发现的成型铜矿床中,该矿物是唯一以氧化矿石为主要铜矿物的矿床。其矿物特性直接关系到选矿的成功与否。硅孔雀石一般呈蓝绿-绿色,隐晶质-纤维放射状集合体,为致密玉髓状,多呈脉状或薄膜状沿裂隙分布,滴盐酸(1:1)不起泡反应。经电子探针分析(2个样品均值):CuO 44.96%,SiO<sub>2</sub> 36.13%,H<sub>2</sub>O 18.72%,CaO 0.37%。化学分子式为Cu<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O。试验表明,在同一个矿石粒度,同一种酸介质条件下,硅孔雀石的浸出需40 h,而孔雀石仅需要1 h。表明硅孔雀石是一种难溶矿物,这对氧化矿石酸浸处理很不利。

## 2 矿石组构及矿石类型

## 2.1 矿石组构

根据矿石矿物的形态、大小及相互关系,确定矿石结构以他形粒状结构为主,次为半自形粒状结构、乳滴状和隐晶质-

纤维放射状结构,矿物粒径大小不一,在0.01~1.2 mm,多数在0.03~0.45 mm间,以中细粒为主(按选矿划分),微粒和粗粒级少见。矿石构造主要以星点和星散浸染状构造为主,次为稀疏浸染状构造和细脉浸染状构造,脉状构造少见<sup>[1]</sup>。

## 2.2 矿石类型

**氧化矿石** 分布在地表及近地表深度15~20 m处。矿石呈土黄、黄褐色,结构疏松。由脉石矿物石榴石、透辉石、阳起石、石英、方解石和铜的表生矿物硅孔雀石、褐铁矿等构成。其次含微量铜蓝、孔雀石、蓝铜矿。偶见黄铜矿、斑铜矿包在脉石矿物中。经化学分析,矿石中含Cu 1.07%,Mo 0.02%,Au  $1.27 \times 10^{-6}$ ,Ag  $6.5 \times 10^{-6}$ ,其中Au、Ag、Mo均已达到伴生有益组分的工业指标,但Cu主要赋存在硅孔雀石中,硅孔雀石在酸浸过程中溶解度低,这无疑增大了氧化矿石中铜的选冶难度。

**原生矿石** 按矿石构造、矿物类型及含量可分为稀疏浸染状黄铜矿矿石、稀疏浸染状辉钼矿黄铜矿矿石和稀疏浸染状辉钼矿矿石。原生矿石中主要硫化物为黄铜矿和黄铁矿,次为闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、磁黄铁矿、白铁矿,偶见辉铜矿、砷黝铜矿、斑铜矿、针镍矿、辉碲铋矿、自然金及银金矿等,分布在脉石矿物的间隙或裂隙中。脉石矿物为石榴石、透辉石、石英、阳起石、绿泥石及长石等。原生矿石是矿区主要工业类型,分布数量远多于氧化矿石,做好原生矿石选冶试验,是本矿床能否赢利的关键。

## 3 有用和有害元素含量及赋存状态

经光谱和化学分析,矿石中有用元素为Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Ni、Co、Bi、Mo、Te,其中Cu为矿石中主要工业元素,Au、Ag、Mo达到伴生有益组分工业指标(表1),Pb、Zn、Ni、Co、Bi、Te均未达到伴生有益组分工业指标,含量较低。

表1 矿石中部分有用元素分析结果

矿石类型	Cu	Mo	Zn	Pb	Ag	Au	备注
浸染状铜矿石	0.70	0.01	0.04	0.04	10.70	0.12	3个样品平均值
浸染状铜钼矿石	0.55	0.08	0.08	0.05	6.30		3个样品平均值
氧化矿石	1.07	0.02	0.05	0.01	6.50	1.30	
工业参考值		0.01	0.40	0.20	1	0.10	

注:Cu、Mo、Zn、Pb单位为%;Ag、Au单位为 $\times 10^{-6}$ 

**铜** 为矿床中的主要工业元素,以独立铜矿物形式产出。分布在黄铜矿和硅孔雀石中,而斑铜矿、辉铜矿、铜蓝、砷黝铜矿、孔雀石、蓝铜矿等在矿床中数量很少,故Cu所占比例很小。

**钼** 赋存在辉钼矿中,其它金属矿物不含 Mo 或含 Mo 很低,矿化不均匀,在原生硫化矿石中含量为 0.01%~0.08%,达到伴生有益组分工业标准;在钼精矿中达 44%,可综合回收。

**金** 为矿石中伴生的有益组分之一,原生铜矿中为  $0.12 \times 10^{-6}$ ,氧化矿石中为  $1.3 \times 10^{-6}$ ,达到伴生组分工业标准值。Au 主要赋存在自然金、银金矿中,在黄铜矿、黄铁矿中含 Au 也较高,黄铜矿、黄铁矿含 Au 分别为  $1.43 \times 10^{-6}$  和  $16.5 \times 10^{-6}$ 。在铜精矿中能富集达到  $3.99 \times 10^{-6}$ (表 2),可综合回收。

表 2 铜精矿多元素分析及有害杂质工业标准值

元素	Cu	Au	Ag	Pb	As	Zn	MgO
含量	20.49	3.99	131	0.10	0.01	1.34	1.21
工业标准值					<0.3	<6	<5

注: Au, Ag 单位为  $\times 10^{-6}$ ; 其它为 %

**银** 在矿石中含量已达到伴生有益组分的工业指标,为 6.5%~10.7%,含 Ag 矿物主要为碲银矿、银金矿。银在黄铜矿、黄铁矿等硫化物中含量也较多,据黄铜矿、黄铁矿单矿物化学分析,其含银分别为  $168 \times 10^{-6}$  和  $24 \times 10^{-6}$ 。在铜精矿中富集的银达  $131 \times 10^{-6}$ ,可作为有益元素综合回收。

**有害元素** 在回收的铜精矿中,某些有害杂质如 As、Zn、Ag 等,含量不能超过一定范围,否则将影响工艺和污染环境。由选矿试验结果可知(表 2),铜精矿中有害杂质 Zn、As、Mg 含量远低于有害元素工业标准值,因此,对矿石选冶工艺没有影响。

**锌** 为矿床中分布较广元素,其独立矿物为闪锌矿,但在矿石中含量较低,平均 0.06%。在其它矿物中含量很低,呈机械混入物分布。经选矿试验,铜精矿中含 Zn 1.34%,低于规范要求。

**砷** 为铜矿石中有害元素之一,主要赋存在砷黝铜矿中,少量机械混入物分散于其它矿物中,但数量很少,在铜精矿中含量仅在 0.01%,未超过规范标准。

## 4 矿石工艺特性

### 4.1 矿石矿物嵌布粒度及特性

从镜下对光片中主要矿石矿物黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、闪锌矿、磁铁矿等粒度分析,粒径一般在 0.01~1.2 mm,多数集中在 0.03~0.5 mm,属于中细粒级。辉钼矿粒度较细,在 0.02~0.08 mm,少数>0.1 mm。选矿方法可采用浮选法,配以磁选(剔除磁铁矿),矿石中有用矿物嵌布粒度大小不均,主要集中在中—细粒级(偏细粒级),属中细粒占优势的不等粒矿石<sup>[2]</sup>。

### 4.2 矿石中矿物连生特性

主要指矿物之间的连生类型和矿石中的连生结构,研究表明它们比较简单,矿石易于单体解离。

(1) 矿石中有矿石矿物与矿石矿物连生及矿石矿物与脉石矿物连生 2 种类型。前者如黄铜矿与黄铜矿以简单的方式连生,彼此间接触界线平直光滑,包裹或穿插现象少见,这种类型在矿石中多见,是主要连生类型;黄铜矿与其它有用矿物如闪锌矿、黄铁矿等连生在一起,在矿石中常见,但数量不多;后者如黄铜矿与脉石矿物石榴石、透辉石连生在一起,主要分布在

脉石矿物之间,少数在其解理或裂隙中,以上 2 种连生类型,都对有用矿物的单体解离是有利的。

(2) 矿石中连生体结构主要有毗邻连生和包裹连生 2 种形式。毗邻连生是指矿石中不同矿物颗粒彼此邻接,矿物形态多为粒状,接触界线平直光滑或简单曲线状,这种结构在矿石中占多数,一般易单体解离;包裹连生是指一种矿物包在另一种矿物之中,如矿石中的固溶体分离结构——乳滴状结构,闪锌矿中分布有细粒黄铜矿,交代残余结构即黄铜矿被铜蓝交代等,此种结构常见,但数量不多。有用矿物如黄铜矿、斑铜矿被包裹在脉石矿物中现象常见,但数量较少。这种包裹连生对矿石中铜的浸取率有一定影响。

### 4.3 原生矿石浮选试验结果

实验室内对原生矿石进行初步选矿试验,矿石采用铜钼混合浮选法。对矿石进行粗磨抛尾,经一次粗选,一次扫选,三次精选后,混合精矿经过浓缩,再一次细磨,三次精选的流程,最终获得的指标见表 3。其中铜精矿中 Cu 品位 20.49%,回收率 86.03%;钼精矿的 Mo 品位 44.44%,回收率为 33.87%,回收指标不高,有待于进一步加强选矿特性研究,提高铜钼回收率。

表 3 原生矿石最终浮选试验指标

产品名称	主率	品位		回收率 %	
		Cu	Mo	Cu	Mo
铜精矿 1	2.31	20.49	0.179	86.03	10.50
铜精矿 2	0.05	10.02	11.23	0.91	14.26
铜精矿 3	0.03	3.24	17.42	0.18	13.28
钼精矿	0.03	1.02	44.44	0.06	33.87
中矿 1	0.45	1.80	0.270	1.47	3.08
中矿 2	1.24	0.62	0.052	1.40	1.64
中矿 3	2.99	0.37	0.028	2.01	2.13
尾矿	92.90	0.047	0.009	7.94	21.24
尾矿	100.00	0.55	0.039	100.00	100.00

## 5 结论

(1) 原生矿石品位低,矿化均匀,主要工业矿物为黄铜矿、黄铁矿,次为闪锌矿、方铅矿、辉钼矿,其它含铜矿物辉铜矿、斑铜矿的含量极少。有用矿物粒度较细,一般在 0.01~1.2 mm,多在 0.03~0.45 mm,以中细粒为主。矿物之间嵌布关系简单,以独立的单体和毗邻连生为主,浸染状产出,有利于有用矿物单体解离。矿石中伴生的有益组分 Mo、Au、Ag 可综合回收,铜精矿中有害组分含量低,有用矿物可浮性良好,属易选性矿石。

(2) 氧化矿石中铜矿物为硅孔雀石,这种铜矿物在酸中溶解度低,浸出速度慢,浸出时间很长,属难选性矿石。

(3) 建议就目前选冶水平而言,该矿床氧化矿石的选冶难度较大,投入生产难以达到预期选矿目的,应暂放弃。对原生矿的开发,要考虑矿石本身的选冶特性、矿石开采难易程度、矿山所处的外部条件,避免盲目开发,造成不必要的经济损失。

## 参 考 文 献

- [1] 陈正. 矿石学[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [2] 许时. 矿石的可选性研究[M]. 北京:北京冶金工业出版社,1979.