

综合回收皖南某铜钼矿石伴生元素的选矿试验研究

雷贵春¹, 罗仙平²

(1. 江西铜业集团公司技术中心矿山部, 江西德兴, 334224;

2. 南方冶金学院环境与建筑工程学院, 江西赣州, 341000)

摘 要:介绍皖南某铜钼矿的矿石性质, 采用新药剂和新工艺进行选矿试验研究, 所获得的指标为, 在不加石灰、AM 和丁基黄药作为铜和钼的捕收剂条件下, 铜精矿品位为 27.02%, 铜回收率为 91.20%, 其中钼、金和银的含量分别为 1.7%、1.7g/t 和 638.1g/t, 相对应的回收率分别为 79.91%、39.10% 和 68.80%, 可获得良好的经济效益。

关键词:综合回收; 铜钼矿石; 浮选; 试验研究

中图分类号:TD952.1

文献标识码:A

文章编号:1671-9492(2004)02-0016-05

皖南某铜钼矿原设计选矿能力为 350t/d, 由于供矿的影响, 实际生产能力为 200t/d, 目前使用的药剂有石灰、丁基黄药和松醇油, 磨浮工艺流程为: 球磨—分级, 一次粗选、两次扫选、两次精选, 浮选机型号为 5A。由于在优先浮选铜时, 为了抑制黄铁矿, 添加了大量的石灰, 虽然获得的铜精矿品位为 24%, 铜回收率为 92%, 但伴生的钼、金、银没有在铜精矿中富集。

近期, 由于多种原因, 矿山改制为私营企业, 业主拟加强伴生钼(占有相当比重的产值)等元素的回收, 打算恢复和改造原有的选钼系统, 针对上述情况, 受矿方委托, 开展选铜试验, 以期寻找合理的流程和工艺药剂条件, 在选铜回收率基本不降低的前提下, 在理论可回收的基础上, 钼回收率大于 85%, 铜精矿中的钼含量大于 0.5%, 其中金、银达到计价要求。同时获得选钼试验的原料, 为下一步铜钼分离创造条件。

根据双方拟定的试验方案中有关内容的要求, 进行了探索性试验、石灰用量试验、捕收剂种类及用量试验、流程结构试验、浮选时间试验和闭路试验。在不加石灰、煤油、AM 和丁基黄药作为铜和钼矿物的捕收剂的条件下, 铜精矿品位为 27.02%, 铜回收率为 91.20%, 其中钼、金和银的含量分别为 1.704%、1.7g/t 和 638.1g/t, 相对应的回收率分别为 79.91%、39.10% 和 68.80%。按 200t/d 的选矿处理能力计算, 年增加效益 608 万元。

1 原矿物质组成

1.1 矿石的结构、构造

本矿区矿石以浸染状构造为主(其中可分为稠密浸染状、稀疏浸染状和细脉浸染状), 其次为块状构造、网脉状构造、条带状构造和角砾状构造。

矿石主要有自形晶结构、半自形—他形结构、叶片状结构, 其次有乳滴状结构、交代残余结构、压碎斑状结构和网状结构。

自形晶结构:具有这种结构的矿物主要有磁铁矿、黄铁矿等, 其特征是矿物晶体发育完整, 具有规则的断面和几何外形。

半自形—他形结构:具有这种结构的矿物主要有黄铜矿, 其特征是矿物晶体发育不太完整, 无规则的外形。

叶片状结构:辉钼矿呈大小不等的长形叶片, 呈单晶或交错或束状集合体嵌布于脉石裂隙中。

乳滴状结构:部分黄铜矿呈细小乳滴状, 分布在闪锌矿晶体中, 少许黄铜矿呈细小乳滴状分布在斑铜矿中。方铅矿呈乳滴状存在于黄铁矿中, 矿物的颗粒界线平滑, 无溶蚀现象。

交代残余结构:这是本矿区的常见矿石结构, 其特点是, 早生成的矿物晶体被晚生成的矿物结晶集合体交代溶蚀成为不规则的外形。如斑铜矿交代黄铜矿, 黝铜矿交代黄铜矿、闪锌矿, 黄铜矿交代硫钴矿、闪锌矿等, 赤铁矿沿磁铁矿边缘交代, 方铅矿呈他形晶溶蚀交代黄铜矿、闪锌矿, 辉钼矿沿黄铜矿、黄铁矿边缘及裂隙交代与之紧密伴生, 局部见辉钼矿, 从黄铜矿中心交代, 少量硫铜铋矿也被辉钼矿交代。

压碎斑状结构:早期生成的黄铁矿晶体, 受压而破碎, 且破碎后碎块大小不一、悬殊甚大。

网状结构:部分黄铁矿及黄铜矿具有这种结构。

1.2 主要金属矿物及脉石矿物

主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、闪锌矿、辉铋矿、白钨矿等。

黄铜矿:主要呈他形及半自形粒状晶体,以团块状集合体、乳滴状及细脉状形态存在。主要和黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿、磁铁矿等伴生,粒径在1~0.5 mm和0.3~0.1 mm,并呈乳滴状包裹在闪锌矿中,少量可见从边缘交代闪锌矿,颗粒一般在0.01~0.03 mm。

黄铁矿:多数为自形晶体粒状集合体,为浸染状及团块状分布,早期黄铁矿由于受压破碎呈压碎结构和斑状变晶结构,还有少量为他形粒状,粒径主要在-0.3 mm和-0.074 mm这两个粒级中。主要和黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等伴生。

辉钼矿:多呈长叶片和鳞片状集合体,少许呈板状。以单晶及束状、交错状集合体嵌布于脉石的空裂隙中,少量包裹于黄铁矿之中或穿插于黄铁矿的边缘,颗粒一般在0.2~0.04 mm,主要与黄铜矿、黄铁矿及其它矽卡岩矿物伴生。

闪锌矿:其中包含大量乳滴状之黄铜矿,常与方铅矿、黄铜矿、黄铁矿等共生,并穿插于早期黄铜矿之中,亦见晚期黄铜矿沿闪锌矿边缘交代,粒径一般在0.5~0.3 mm。

辉铋矿:多数呈板状、条状和纤维束状,穿插于黄铜矿、黄铁矿和磁铁矿之间,但分布不均匀,少量为他形粒状包含于黄铜矿之中,粒径一般在0.074~0.04 mm,局部交代黄铜矿和硫铜铋矿。

白钨矿:无色透明,板状晶体,正突起高,一轴晶在紫外光下发天蓝色光,与钼钨钙矿及矽卡岩矿物共生。

主要脉石矿物为透辉石、石榴石、石英、碳酸盐、绿帘石等,其次有磷灰石、阳起石、绿泥石等,微量的白云母、绢云母,局部还有少量沸石呈裂隙脉状及孔隙充填。

1.3 主要金属矿物嵌布特性

黄铜矿:主要以大片集合体嵌布,部分呈他形粒状嵌布于脉石中,在黄铜矿中嵌布有硫钴矿、硫铜铋矿、辉铋矿等。黄铜矿与黄铁矿关系密切,常有少量自形晶黄铁矿包裹于黄铜矿中,也有少许黄铜矿交代黄铁矿。黄铜矿与闪锌矿、斑铜矿也密切,黄铜矿沿闪锌矿边缘及中心交代,呈大小不一的他形晶体分布于闪锌矿的边缘或嵌布于闪锌矿中,少许黄铜矿呈乳滴状包裹于闪锌矿中。黄铜矿沿斑铜矿边缘

及解理裂隙交代而成不混溶连晶与斑铜矿、硫铜铋矿紧密伴生。辉铋矿交代黄铜矿,辉铋矿呈他形晶粒嵌布于黄铜矿中或边缘,少许辉铋矿交代硫铜铋矿,两者紧密伴生,少许辉铋矿、方铜矿等嵌布于黄铜矿中。

辉钼矿:呈单晶及集合体嵌布于脉石之空隙中,少量穿插于黄铁矿的边缘或包裹于黄铁矿中,与其他金属矿物关系不甚密切。

黄铁矿:多单独出现,只有少量包裹于黄铜矿中,或黄铜矿沿黄铁矿裂隙交代,另有极少微细晶粒包裹于闪锌矿中。

1.4 原矿化学分析

原矿主要元素分析结果(%)为,Cu1.43, S4.26, Mo0.096, Au0.21 g/t, Ag44.8 g/t。铜、钼的物相分析结果分别见表1、2。

表1 铜的物相分析结果/%

Tab 1 Analysis results of copper matter appearance/%

物相	总铜	硫化铜	游离氧化铜	结合氧化铜
含量	1.43	1.36	0.055	0.013
占有率	100.0	95.24	3.81	0.95

表2 钼的物相分析结果/%

Tab 2 Analysis results of molybdenum matter appearance/%

物相	总钼	硫化钼	氧化钼
含量	0.096	0.081	0.015
占有率	100.0	83.42	16.58

2 试验结果与分析

2.1 探索性试验

在铜硫分离中,由于AP药剂对铜矿物有良好的选择性,尤其对钼矿物也有一定的捕收能力,因此,可在较低的矿浆pH值条件下进行优先浮铜,近几年,在许多矿山得到应用。

本次试验中,根据现生²工艺要求,磨矿细度为65%~74 μ m,粗选一作业用AP作捕收剂,使大部分易浮的铜矿物上浮,粗选二和扫选作业用丁基黄药,加强对较难浮的铜矿物的捕收,在精选作业中,用石灰调浆,使其pH值大于11,从而抑制黄铁矿,提高铜精矿品位。

试验工艺流程见图1。试验结果为,铜易浮,铜精矿+中矿1,铜回收率为93.13%,铜品位为25.60%,尾矿中铜损失率仅为2.43%;黄铁矿含量不高,在加入少量石灰时(矿浆pH值8.5),硫上浮不明显;在比较适宜选钼的矿浆pH值条件下,粗选

作业钼回收率为 57.8%, 仍有 35% 的钼损失在尾矿中, 在精选作业中加入石灰, 使矿浆 pH 值大于 11, 钼明显受到抑制, 精选尾矿中的钼品位大于精选精矿中的钼品位。

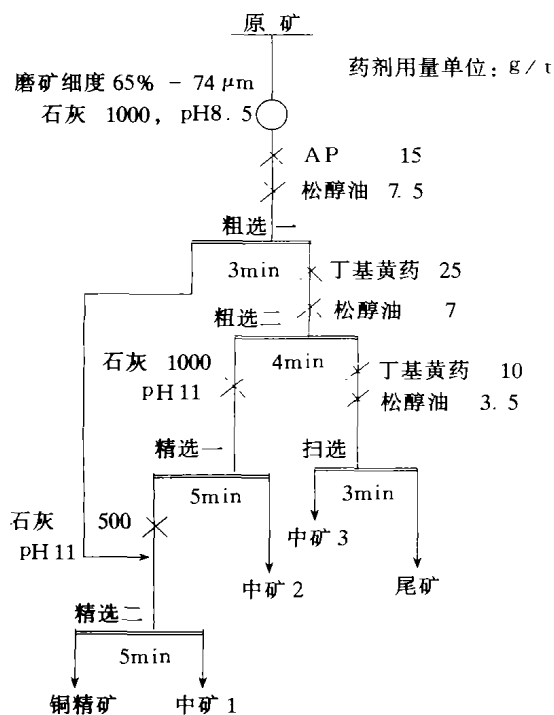


图 1 探索性试验工艺流程

Fig 1 Explore test craftwork flowsheet

2.2 石灰用量试验

在铜硫矿石选矿工艺中, 石灰是廉价、有效的矿浆调整剂, 对黄铁矿有较好的抑制作用, 本试验在现行生产工艺流程及药剂制度下, 进行了石灰用量试验。试验流程为一次粗选、两次扫选, 药剂为丁基黄药和松醇油, 石灰用量介于 0~3kg/t, 其结果为: 不加石灰时, 粗选作业铜和钼回收率均最高; 随着石灰用量的增加, 粗精矿铜和钼回收率明显下降, 铜品位逐步上升, 钼品位逐步下降; 第 2 套试验与此前的探索性试验的指标相比(石灰用量相同), 用 AP 代替丁基黄药用于粗选, 粗选铜回收率相近, 钼回收率由 46.84% 提高到 57.80%。粗精矿中铜品位均大于 17%, 再次说明铜、硫分离容易, 硫含量低。

由于增加石灰用量, 致使粗精矿铜、钼回收率下降, 其中钼尤其明显, 因此, 对于本矿样而言, 宜不加石灰。

2.3 捕收剂种类试验

近 5 年来, 在铜硫矿选矿中, 逐渐采用选择性好、用量小、添加方便的油状捕收剂, 根据多年来研究和生产实践经验, 本次试验对 AP、MAC-12、MA-1 和丁基黄药的效果进行了比较, 试验结果为, 选

择性由好至坏依次为 AP>MAC-12>丁基黄药。加入 AP, 精矿产率最低, 铜和钼的品位最高, 但回收率低, 所以适用于分步优先浮选。对铜矿物的捕收能力由好至坏依次为 MAC-12>MA-1>丁基黄药>AP。加入 MAC-12, 铜回收率最高, 但钼的回收率最低, 所以适用于混合浮选。MA-1 对硫的捕收能力大于丁基黄药, 明显有黄铁矿上浮, 所以 MA-1 适用于原矿含硫较低的选铜扫选作业以及选硫作业。

对本矿样而言, 选择 AP 用于分步浮选工艺流程中的粗选一作业, 以捕收大部分较易浮的铜矿物, 丁基黄药用于粗选二和扫选作业, 以强化对少量的较难浮的铜矿物的捕收。

2.4 捕收剂用量试验

根据矿石性质, 对捕收剂 AP 进行了改良, 以加强对钼的捕收, 其代号为 AM, 粗选一作业加入 AM, 粗选二和扫选加入丁基黄药, 用量变化是 AM 不断增加, 而丁基黄药不断减少, 药剂成本基本不变。

试验结果表明, 随着 AM 用量增加, 粗精矿品位有少许提高, 铜和钼回收率有一定的下降。AM 与 AP 相比, 钼回收率由 46% 提高到 63%。从尾矿铜损失率来看, 随丁基黄药用量减少而增加。总的来看, 粗选一作业宜用少量的 AM, 获得高质量的铜精矿, 粗选二和扫选加入相对量大的丁基黄药, 以加强对较难浮的铜矿物的捕收, 从而获得较高的铜回收率。

2.5 流程结构试验

流程结构与矿石性质、药剂制度是密切相关的, 由于原矿中含硫较低, 而且在不加石灰时, 硫也不会影响铜精矿品位, 所以本次试验浮选原则流程不是严格意义上的区别, 分步优先指的是粗选一作业不加石灰, 利用选择性好的捕收剂回收好浮的铜矿物, 粗选二作业利用强捕收剂, 回收难选铜矿物, 同时, 需加石灰抑制黄铁矿上浮, 优先浮选指的是粗选作业就要加石灰抑制黄铁矿, 捕收剂既要考虑选择性, 也要考虑捕收能力, 尽量多地捕收铜矿物; 混合浮选指的是铜、硫及其它伴生元素全部上浮, 不加石灰, 使用强力捕收剂。上述工艺要求在精选作业时, 要加石灰抑制黄铁矿, 由于如上所述的原因, 本次试验在各作业均没有添加石灰, 并能获得高的铜精矿品位。

试验结果表明, 在开路试验中, 由于分步优先浮选是两次粗选精矿合并进行精选, 因此, 铜和钼的回

收率均最高。对于本矿样而言,从尾矿指标来看,混合浮选工艺流程,可获得最高的铜和钼的回收率。考虑到工艺流程的适用性,还是选择分步优先浮选流程,在处理含硫较高、铜硫分离较难的矿石时,比混合浮选工艺流程有明显的优势,而混合浮选工艺流程,在处理高硫矿石时,则很难适应。

2.6 浮选时间试验

将粗选一、粗选二和扫选的药剂合并加入粗选一作业中,分批刮泡,刮取时间依次为 2、3、5、8、13、16min,试验结果见图 2~4。

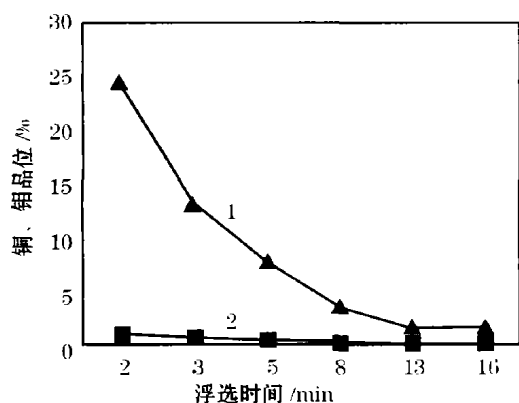


图 2 浮选时间与铜、钼精矿品位的关系
Fig 2 The relationship of flotation time with copper molybdenum concentrate

1—铜;2—钼

从图 2 可知,随着时间的增加,铜精矿品位快速下降,而钼品位下降较慢。

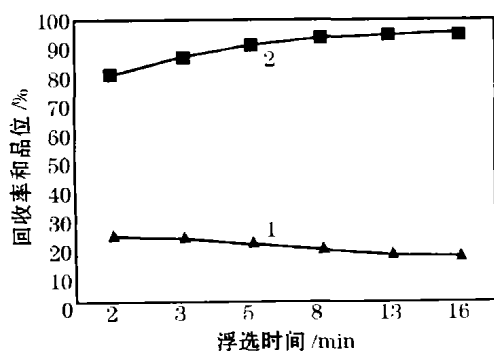


图 3 浮选时间与铜累计回收率和品位的关系
Fig 3 The relationship of flotation time with copper accumulative recovery and grade

1—铜品位;2—铜回收率

从图 3 可知,铜浮选速度快,浮选 3min 时,铜精矿品位 23%,铜回收率 87%,可直接作为铜精矿产出。

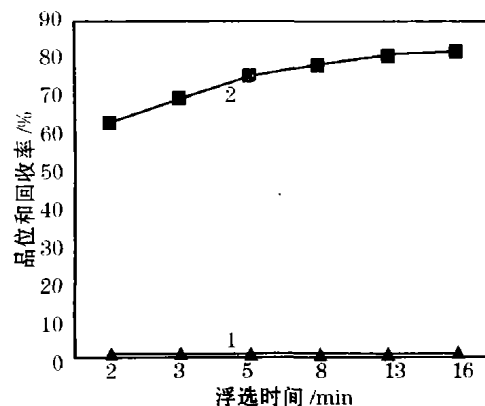


图 4 浮选时间与钼累计品位和回收率的关系

Fig 4 The relationship of flotation time with molybdenum accumulative recovery and grade

1—钼品位;2—钼回收率

从图 4 可知,浮选 8min 时,铜精矿含钼品位 1.1%,钼回收率 79%,不需太长的浮选时间。因此生产中两次粗选、一次扫选、两次精选是合适的工艺流程。

3 闭路试验

在上述试验基础上,进行了分步优先浮选闭路试验,工艺流程见图 5,试验指标见表 3。

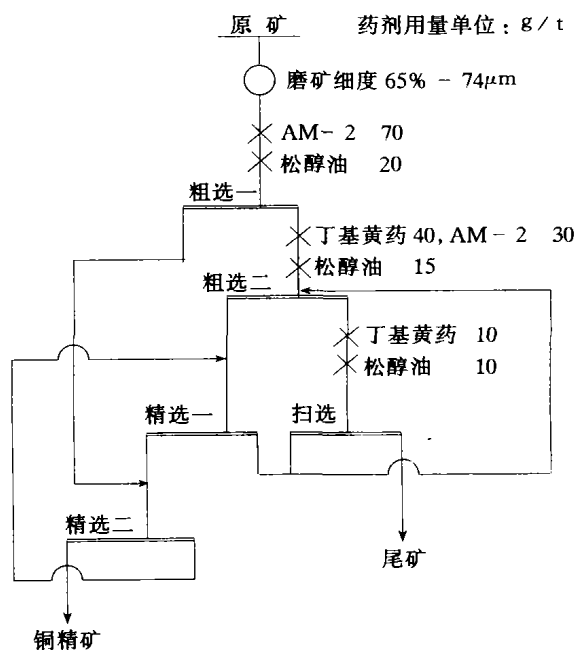


图 5 闭路试验工艺流程

Fig 5 The technics flowsheet of the circuit test

4 结论

本矿样以硫化铜为主,占有率为 95.24%,硫化钼占有率为 83.24%,伴生的钼、银含量较高。铜矿

物易浮,浮选速度快。钼矿物主要嵌布于脉石中,少量包裹于黄铁矿中,与其他金属矿物关系不太密切。所以,如工艺条件不当,铜的富集与钼的富集不成正

比。石灰对钼及金银的回收影响很大,对本矿样而言,不宜加石灰。

表 3

分步优先浮选闭路试验指标/%

Tab 3

Analysis results of major meter on dressing/%

产品名称	产率	品 位				回收率			
		铜	钼	金	银	铜	钼	金	银
铜精矿	4.83	27.07	1.704	1.70	638.1	91.20	79.91	39.10	68.80
尾矿	95.17	0.13	0.022	0.13	14.69	8.88	20.09	60.90	31.20
原矿	100.0	1.43	0.103	0.21	44.80	100.0	100.0	100.0	100.0

本次推荐的新型捕收剂 AM,选择性良好,对黄铁矿捕收能力差,且对单体的辉钼矿有良好的捕收作用,当原矿中含硫增加时,也可少加或不加石灰,获得合格的铜精矿,并回收伴生的钼、金、银。所以,与其它药剂相比,AM有非常明显的优势(在现工艺流程条件下,进行了一个班的药剂试验,原矿中含钼 0.024%,铜精矿中含钼 0.65%,钼回收率为 94.5%)。

闭路试验结果表明,采用新的药剂和流程,可获得的铜精矿品位 27.02%、铜回收率 91.20%,其中

钼、金和银的含量分别为 1.704%、1.7g/t 和 638.1g/t,相对应的回收率分别为 79.91%、39.10% 和 68.80%。推荐的选铜工艺流程改造内容少,投资小,时间短,见效快,仅铜精矿中的金、银的年利润分别为 31.9 万元和 176.7 万元。

本工艺流程所获得的铜精矿含钼品位高(1.7%),不加石灰,非常有利于铜钼分离浮选,如选钼系统上马,按德兴铜矿选钼技经指标计算,选钼年利润为 400 万元。伴生的钼、金、银合计利润为 608.5 万元/a。

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE DRESSING THAT COMPREHENSIVE UTILIZE ACCOMPANYING IN THE COPPER MOLYBDENUM ORE IN ANHUI

LEI Gui - chun , LUO Xian - ping

(1. Mining Department of Technical Center, Jiangxi Copper Group Corp, Dexing Jiangxi 334224, China;

2. Environment and Architecture Engineering College, South Institute of

Metallurgy, Ganzhou Jiangxi 341000, China)

ABSTRACT

In this paper the character of the ore sample was described. A new reagent scheme and new technology were used. In the new reagent scheme AM and butyl xanthate were used as a collector without lime. The copper concentrate assay 27.02% Cu. It's recovery is 91.20%. Molybdenum concentrate contains 1.7% Mo, 1.7g/t Au and 638.1g/t Ag, respectively. Their recoveries are 79.91%, 39.10% and 68.80%. The better economic benefit was obtained.

KEY WORDS: comprehensive utilization; copper molybdenum ore; flotation; experiment study