

白音诺尔铅锌矿伴生银综合回收 技术研究与实践

张平发, 宫晓军

(赤峰中色白音诺尔矿业有限公司, 内蒙古 赤峰 025473)

摘要: 针对白音诺尔铅锌矿伴生银在浮选时回收率较低的问题, 研究了经济有效地提高伴生银回收率的工艺和技术, 在保证铅锌回收率略有提高的情况下, 最大限度地提高精铅矿中银含量, 从而提高资源利用率和矿山经济效益。通过实验研究和工业试验验证, 制定了白音诺尔铅锌矿伴生银综合回收的新药剂制度。与原药剂制度对比, 铅锌的选矿回收率分别提高了 0.43% 和 1.37%, 有价银的回收率提高了 7.35%, 取得了显著的经济效益。

关键词: 伴生银; 综合回收率; 实验研究; 工业试验

中图分类号: TD923⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-5014 (2013) 04-0030-03

Technique Research and Production Practice on the Comprehensive Recovery of Associated Silver for Baiyinnuoer Lead Zinc Ore

ZHANG Ping-fa, GONG Xiao-jun

(Chifeng NFC Baiyinnuoer Mining Co., Ltd., Chifeng 025473, China)

ABSTRACT: According to the lower recovery ratio problem of the associated silver during the floating for Baiyinnuoer lead zinc ore, studies the process and technique to enhance economically and effectively the comprehensive recovery ratio of associated silver, in the situation to guarantee higher recovery rate of lead zinc, shall lift the silver content in the concentrate lead ore in maximum range, thereby increases the resources utilization rate and total economical benefits. Through the experimental study and industry testing verifying, draws up new drug rule of associated silver comprehensive recovery for Baiyinnuoer lead zinc ore. Compared with the original one, the ore dressing recovery percentage of lead zinc enhances up 0.43% and 1.37% separately, the valuable silver dressing recovery percentage enhances up 7.35%. In sum, the new technology brings forward the notable economical benefits.

KEY WORDS: associated silver; comprehensive recovery ratio; experimental study; industry testing

赤峰中色白音诺尔矿业有限公司是以铅、锌量为: 铅金属 39.2 万 t, 锌金属 97.15 万 t, 伴生银 446.76 t, 原矿银品位在 20 g/t 左右, 目前铅

收稿日期: 2013-05-19

作者简介: 张平发, 男, 工程师, 主要从事采矿、选矿的技术管理工作。

的回收率在 86%~87%，锌的回收率在 90%~91%，达到了较好水平，但银的回收率较低，仅为 47%左右。针对上述问题，如何在保证铅锌回收率略有提高的情况下，研究经济有效地提高伴生银回收率的工艺和技术，最大限度地提高精铅矿中含银，从而提高资源利用率和矿山经济效益，成为该公司生产技术中亟待解决的问题。根据存在问题，在工艺矿物学的基础上，经过大量的探索实验，利用新型捕收剂、降低 pH 值，并采用多段加药来强化银矿物的浮选，取得了较好的效果，铅的选矿回收率提高了 0.43%，锌的选矿回收率提高了 1.37%，有价银的回收率提高了 7.35%，年可创经济效益 372.77 万元。

1 矿石的性质研究

1.1 矿物组成

白音诺尔铅锌矿属火山岩接触交代矿床，矿物组成比较复杂，伴生有益组分钼、铜、硫、

主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿及少量黄铁矿。脉石矿物为透辉石、石榴子石、石英、石灰石、少量绿帘石、长石及其它硅酸盐矿物。银矿物主要为辉银矿、深红银矿、脆银矿，辉银矿主要分布于闪锌矿中，后二者在方铅矿内。银主要以自然银或单体银的形式存在，占 44.36%；银 15.43% 赋存于方铅矿中，6.21% 赋存于闪锌矿中，17.5% 赋存于黄铁矿中；16.5% 赋存于硅酸盐中。矿石自然类型主要为透辉石砂卡岩、石榴子石砂卡岩、硅灰石砂卡岩、闪长斑岩、角闪岩以及正长斑岩和熔岩等。

1.2 原矿多元素分析

原矿多元素分析结果（见表 1）。

1.3 矿物嵌布特征

矿石构造以浸染状为主，兼有稠密浸染状、网状和脉状等。矿石结构中的大部分方铅矿、闪锌矿呈不规则细粒嵌布。铅锌矿物粒度变化较大，共生密切，交代关系发育，同石榴子石与阳起石的空间关系密切^[1,2]。

表 1 原矿多元素分析结果 (%)

TFe	Cu	Pb	Zn	TiO ₂	S	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	Ag*	Au*
5.7	0.019	1.37	3.52	0.29	2.12	1.36	46.64	9.08	1.28	1.63	16.29	1.85	0.37	13.95	0.1

* 单位为 g/t。

1.4 矿石的物相分析

1.4.1 铅的硫化相

铅的硫化相占 92.25%，也是其硫化矿的理论回收率；锌的硫化相占 90.37%，也是其硫化矿的理论回收率；银主要以自然银和单体银存在，加之方铅中含银，两者合计含银占 59.79%，也是银在铅精矿中的理论回收率。

1.4.2 铅的主要矿物方铅矿中的铅含量

铅的主要矿物方铅矿中的铅含量为 82.48%，品质较好，其粒度变化范围大，粒级以 +0.08 mm 为主，占 55.50%，-0.04 mm 粒级占到 20%。锌的主要矿物闪锌矿分为两种，一种为黄色闪锌矿，含锌高含铁低，另一种为红色闪锌矿，含锌低含铁高。闪锌矿粒度变化范围较大，+0.08 mm 占 50.08%，-0.04 mm 占 28% 左右。由此可以断定，要提高选矿指标，必须考虑 -0.04 mm 粒级的回收，因此细磨解离是十分必要的。矿石中有两种含锌量不同的闪锌矿，其可浮选性

存在差异，给浮选回收带来一定难度。在脉石矿物辉石的粒间存在银的矿物，粒度为 0.009 mm×0.004 mm、0.008 mm×0.003 mm。要使其回收在精铅矿中，可能会影响铅精矿的品位。

1.4.3 矿石中铅、锌矿物的相互嵌布

矿石中铅、锌矿物的相互嵌布较为复杂，并存在部分细粒方铅矿呈细线状沿闪锌矿边缘分布的嵌布状态，给铅锌的分离带来一定的难度。

2 小型试验研究

根据矿石性质分析，进行了小型试验研究，得出如下结论：

(1) 可浮选性实验表明：矿石中的矿物可浮选性为铅矿物>含银矿物>锌矿物，有小部分锌矿物的浮选性很好，无论用哪种捕收剂，在低用量时，上浮物含锌才在 10% 以上。

(2) 铅锌分离是本次试验的关键，同时要

兼顾银的回收。为此在药剂的选择上采用低石灰用量和 25# 黑药与丁胺黑药联合作捕收剂的方案来保证银的指标, 在铅锌分离时采用以硫酸锌为主, 配合使用亚硫酸钠、碳酸钠和 Y-1 的组合抑制剂抑锌, 可以得到较好的试验效果。选锌作业采用常规的石灰调浆, 硫酸铜活化, 丁黄药捕收的药剂制度即可。

(3) 原矿在磨矿细度 0.075 mm 55%~60% 时即可得到较好的粗选回收率, 但铅锌粗精矿均需进行再磨。

(4) 因为锌的矿物有两种, 它们有一定的可浮性差异, 故锌的作业无论是粗选还是精选均需要分段进行。

(5) 通过实验确定采用优先浮选流程。确定流程的工艺参数为: 原矿磨矿细度 0.075 mm 60%, 采用 300 g/t 的石灰调浆, 用硫酸锌和亚硫酸钠联合作为抑制剂, 25# 黑药和丁胺黑药联合作为捕收剂优先选铅, 铅粗精矿再磨至 0.075 mm 95%, 选铅尾矿用石灰调浆。硫酸铜活化, 丁基黄药作捕收剂, 2# 油作起泡剂选锌, 铅粗精矿再磨至 0.075 mm 98% 后精选三次, 最终闭路试验较原生产回收率均有提高。

3 工业试验研究

3.1 工业试验方案

首先在铅选区使用捕收能力强, 选择性好的 25# 黑药, 提高铅精矿中银的含量, 提高银回收率, 降低最终尾矿品位, 降低药剂消耗; 其次撤掉铅选区主加的石灰, 在精选区添加少量石灰, 控制矿浆 pH 值在 8 左右, 撤掉铅选区主

加丁乙黄药, 撤掉主加二号油; 然后在二次磨矿的 21×30 球磨机给矿端添加 25# 黑药, 用量视浮选具体情况确定, 铅再磨的 MQY12×24 球磨机中少量补加 25# 黑药, 用量 10 t/g, 如果铅精矿含杂超标, 在精选区和粗选区添加硫酸锌和亚硫酸钠控制锌, 含杂不高可以少加或不加, 铅浮选流程较长, 扫选段添加丁胺黑药和起泡剂, 其他地点看情况调整添加药剂。

3.2 工业试验分析调整

工业试验在赤峰中色白音诺尔矿业有限公司二选厂进行, 初期工业试验效果并不是很好, 体现精矿品位偏低含杂偏高, 根据报表情况和现场实际情况对白灰添加地点进行了调整, 将白灰添加点由搅拌机调整到二次精选, 重点控制精矿品位和含杂, 重新确定药剂添加地点和药剂用量, 调整后发现, 铅精矿品位从 53.08% 提高到 60.32%, 互含品位从 10.45% 下降到 5.69%。但最终尾矿品位从 0.09% 升高到 0.13%, 铅精矿含银量虽然提高到 650.9 g, 但回收率却下降到 38.14%, 说明捕收能力不够, 需要增强捕收能力。

根据以上存在问题, 对药剂添加量进行调整, 并开始流程中添加黄药, 通过实验, 在铅原矿品位 0.88%, 铅氧化率 18.84% 的情况下铅回收率达到 87.32%, 最终尾矿品位下降到 0.08%, 铅精矿中银的回收率达到了 58.45%, 其余各项指标也都达到预期指标, 效果明显。

工业试验一个月后, 进入微调生产阶段, 经过不断的分析调整, 选矿指标稳步提高, 在工业试验阶段 2012 年 4~6 月份实际指标同 2011 年全年生产实际指标进行对比, 结果见表 2、表 3。

表 2 生产实际指标对比 (%)

日期	原矿品位		精矿品位		互含品位		回收率		尾矿品位	
	铅	锌	铅	锌	铅	锌	铅	锌	铅	锌
2011	0.98	3.35	70.15	52.70	6.70	0.58	86.90	90.44	0.10	0.26
2012 年 4~6 月	1.06	3.60	65.56	50.97	7.62	0.61	87.33	91.81	0.10	0.20

表 3 银指标与实际指标对比 (%)

日期	原矿银品位	铅精矿银品位	锌精矿银品位	铅精矿银回收率	锌精矿银回收率	尾矿品位
2011	16.3	668.0	68.6	47.68	24.15	3.7
2012 年 4~6 月	19.2	778.0	63.1	55.03	20.95	3.6

(下转第 36 页)

控制鼓风机后的煤气中焦油和萘等杂质的含量在焦油 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ ，萘 $\leq 0.5 \text{ g/m}^3$ 。

5.3 脱硫液中复盐浓度的控制

脱硫过程中产生的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 NH_4CNS 等复盐大部分积累在脱硫液中，当其积累到一定浓度（一般为 250 mg/L ）时，会降低反应速度从而影响脱硫效率。因此，生产过程中一方面将脱硫液温度控制在 $35 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右，另一方面，每天定时置换出一定量的脱硫液，以有效控制脱硫液中复盐浓度不高于 $150\sim 250 \text{ mg/L}$ 。

5.4 复合催化剂的加入量

循环脱硫液中催化剂的浓度理论上与脱硫效率成正比，但浓度太高，虽可提高脱硫效率，但因脱硫催化剂的消耗量增大而使脱硫成本上升。生产实践证明 PDS 浓度在 $\sim 30 \times 10^{-6}$ 时即可达到较为理想的脱硫效果。

5.5 再生空气量

脱硫生产中不但脱硫富液的再生需要空气参与反应，浮选硫泡沫也需要一定量的空气。再生空气量的大小直接影响再生反应强度，从

而影响脱硫液的吸收效率，同时也影响硫泡沫的浮选效果。生产时应保持适当的吹风强度，以保证脱硫液的再生并及时将脱硫液中的悬浮硫吹出，有效地控制脱硫液中的悬浮硫含量，从而保证脱硫效果。

本装置由安装在自吸空气式氧化再生槽上部的喷射器自吸入空气，吹风强度为 $85 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，效果较为理想。

5.6 脱硫液中氨的浓度

由于 H·P·F 脱硫技术是以氨为碱源，因此，使脱硫液中氨含量维持在合适水平是保证脱硫效果的前提。一般将脱硫液中的氨含量控制在 $6\sim 11 \text{ g/L}$ 。

6 结 语

以氨为碱源的 H·P·F 脱硫技术应用于焦炉煤气脱硫，脱硫脱氰效率高，流程简单，污染少，原材料和动力消耗低。当生产过程中采用合理的操作参数时可达到理想的脱硫脱氰效果。

（上接第 32 页）

从表 2、表 3 可以看出，工业试验阶段 4~6 月指标中铅回收率比 2011 年铅回收率指标提高 0.43%，锌回收率比 2011 年提高 1.37%，铅精矿含杂比 2011 年升高 0.92%。2011 年铅精矿品位比 4~6 月指标高 4.59%，试验指标铅精矿中的银回收率提高了 7.35%。

4 结 语

在矿物学研究的基础上，经过小型试验研究，并经工业试验验证，形成了白音诺尔铅锌矿伴生银综合回收的选矿技术，打破原有的药剂制度，实验研究出了的新药剂制度。

新药剂制度为：采用低石灰用量和 25# 黑药与丁胺黑药联合作捕收剂的方案来保证银的指标；在铅锌分离时采用以硫酸锌为主，配合使

用亚硫酸钠和 Y-1 的组合抑制剂抑锌；选锌作业采用常规的石灰调浆，硫酸铜活化，丁黄药捕收的药剂制度。对铅、锌、银矿物可以得到较好捕收效果。

工业试验表明，铅、锌、银回收率分别达到了 87.33%、91.81%、55.03%，与原生产回收率相比，铅回收率指标提高了 0.43%，锌回收率指标提高了 1.37%，铅精矿中的银回收率指标提高了 7.35%。经济效益显著。

参考文献：

- [1] 谢广元. 选矿学[M]. 北京：中国矿业大学出版社，2001.
- [2] 张维佳，曹文红，卢冀伟. 内蒙古某混合铅锌矿石优先浮选实验研究[J]. 有色金属（选矿部分），2013，(3)：25-27.