

黄金矿山尾矿的综合利用

王伟之¹, 张锦瑞^{1,2}, 邹汾生³

(1. 河北理工学院; 2. 北京科技大学; 3. 江西钨业公司)

摘要:介绍了黄金矿山尾矿综合利用的途径, 包括尾矿中有用矿物的综合回收及尾矿的直接利用。为黄金矿山可持续发展、资源综合利用及生态环境保护提供了科学依据。

关键词:黄金矿山; 尾矿; 综合利用

中图分类号: X705

文献标识码: B

文章编号: 1001-1277(2004)07-0043-03

1 引言

目前, 黄金矿山尾矿多采用库存方式处理。随着黄金开发规模的扩大和开采历史的延长, 尾矿堆存量逐年增加, 不仅占用大量的土地, 造成库区周围环境污染, 而且还需要投入大量的资金用于尾矿库的修筑和维护管理。因此, 对黄金矿山尾矿的综合利用, 已成为各黄金矿山资源综合利用和环境保护的重要课题之一。

黄金矿山尾矿的综合利用主要包括两方面: 一是回收, 即将尾矿作为二次资源再选, 综合回收有用矿物; 二是利用, 即将尾矿作为相近的非金属矿产直接加以利用。矿山应根据实际情况, 选择其一, 优先发展, 或二者结合开发, 实现尾矿的资源化。

2 黄金矿山尾矿的综合回收

由于金的特殊价值和作用, 从黄金矿山尾矿中再选回收金受到较多重视。实践证明, 由于过去的采金及选冶技术落后, 致使相当一部分金、银等有价值元素“丢失”在尾矿中了。国外的实践表明, 黄金矿山尾矿

中有 50% 左右的金都是可以设法回收的。值得指出的是, 黄金矿山尾矿中的伴生组分(如铅、锌、铜、硫等)的回收也应得到重视。

2.1 尾矿中金和银的回收

由于生产技术及经济的原因, 老黄金选矿厂所排放的尾矿往往含金量较高。黄金生产技术的发展使这些极低品位的物料回收成为可能。

南非是世界上最大的黄金生产国, 也是最早开始大规模地从尾矿中回收金的国家, 并于 1985 年建成了世界上最大的尾矿再处理工程(Anglo-American 公司的 Ergo 尾矿处理厂), 每月处理尾矿能力为 200 万 t^[1]。另外, 美国、加拿大、澳大利亚等国家都对从尾矿中回收金进行了研究, 并取得了显著的成果。

在我国, 20 世纪 70 年代前建成的黄金矿山, 选矿厂大多采用浮选、重选、混汞、混汞 + 浮选或重选 + 浮选等传统工艺, 生产技术水平低, 生产指标差, 金的回收率低。尾矿中金的品位多数在 1g/t 以上, 有些矿山甚至达到 2~3g/t; 少数矿物组分较复杂的矿石或高品位矿石, 尾矿中的金品位达 3g/t 以上。随着近年来选冶生产水平的提高, 特别是在国内引进

收稿日期: 2004-04-26

作者简介: 王伟之(1974-), 女, 河北省唐山市, 讲师, 从事环境保护及矿产资源综合利用研究; 河北理工学院资源与环境工程系, 063009

~~~~~

## The determination of the impurity elements in the gold using inductively coupled plasma emission spectrometric method

Chen Feifei, Wei Chenglei, Huang Rui

(Changchun Gold Research Institute)

**Abstract:** The paper developed a method of determining 10 types of impurity elements contained in the gold using inductively coupled plasma emission spectrometric method after the gold has been extracted with solvent in the same system. The detection limit of silver, copper, ferrum, plumbum, stibium, bismuth, palladium, nickel, chromium and manganese are 0.004 8, 0.004 6, 0.002 2, 0.016, 0.015, 0.005 4, 0.005 8, 0.003 7, 0.005 3 and 0.000 6  $\mu\text{g/ml}$  respectively, the recovery rate of them is in the range of 98.7% ~ 102.9%, and the relatively standard deviation is from 1.2% to 5.8%.

**Keywords:** pure gold; impurity element; inductively coupled plasma emission spectrum

(编辑: 赵玉娥)



并推广了全泥氰化—炭浆提金生产工艺后,这部分老尾矿再次成为黄金矿山的重要资源。其选矿成本如果按照全泥氰化—炭浆生产工艺计算,在尾矿输送距离小于 1km 的条件下,尾矿回收金的盈亏点品位为 0.8g/t。因此,尾矿中金品位大于 0.8g/t 者,均可再次回收<sup>[2]</sup>。

银洞坡金矿于 1996 年开始利用原有的炭浆厂进行处理尾矿的工业实践,采用全泥氰化—炭浆提金工艺回收老尾矿中的金、银,金浸出率为 86.5%,银浸出率为 48%。据老尾矿库尾矿资源的初步勘察,含金品位大于 2.5g/t 的尾矿约 38 万 t,可供炭浆厂生产 4~5a;按工业实践推算,则可从尾矿中回收金 760kg,银 5t,创产值 7 000 多万元<sup>[1]</sup>。

三门峡市安底金矿对混汞—浮选尾矿进行小型堆浸试验,共堆浸 1 640t 尾矿。尾矿中金品位为 4~5g/t,堆浸后取得了最终尾渣金品位为 0.7g/t、浸出率 80.56%、炭吸附率 99.30%、解吸率 99.30%、总回收率为 79.44%的技术指标。

## 2.2 尾矿中伴生元素的回收

在金矿石中往往伴生少量其它有用组分;在金、银等提取后,这些组分在一定程度上得到富集。将这些有用组分回收亦是增加企业经济效益、减少环境污染的重要途径。

在我国,许多黄金矿山矿石中均含有可以综合回收的伴生组分,如铅、锌、铜、铁、硫等。据调查,有些矿山尾矿中铅品位大于 1%,硫品位大于 8%;有的铜品位超过 0.2%;有的锌品位大于 0.5%;都具有一定的回收价值。下面即为尾矿中伴生组分回收的几个实例。

### 2.2.1 从尾矿中回收铁

陕南月河横贯安康—汉阴两市县,沿河有五里、安康、恒口、汉阴 4 座砂金矿山,9 条采金船,3 个岸上选厂。安康金矿根据选厂尾矿特性,通过实践,采用磁选—重选联合工艺对尾矿进行再选,先采用两段干式磁选工艺从尾矿中分选磁铁矿、赤铁矿(合称铁精矿)及钛铁矿与石榴石的连生体,再用摇床分选尾矿中的金。利用该工艺,安康金矿每年可从选厂尾矿中获得铁精矿 1 700t,重选回收金 2.187kg,年共创产值约 44.12 万元。汉阴金矿根据尾矿性质,选用湿式磁选机从尾矿中分选铁精矿,分选铁精矿后的尾矿再采用焙烧—磁选的工艺分选出钛铁矿和石榴石;据初步估算,可年产铁精矿 1 700t、钛铁矿 360t、石榴石 468t 和选铁时未选净的磁铁矿 216t,从中分选回收金 1.218kg,共创产值可达 170 万元<sup>[3]</sup>。

山东省龙头旺金矿于 1990 年起从尾矿中回收铁,每年多回收铁品位为 60%的铁精矿 1 076t。

### 2.2.2 从尾矿中回收硫

山东省七宝山金矿 1995 年从选金尾矿中回收硫精矿,最初采用硫酸活化法回收硫,但由于成本太高,于 1996 年下半年,采用了旋流器预处理工艺:先用旋流器对选金尾矿矿浆进行浓缩脱泥,弃掉细泥部分,再采用一次粗选、一次扫选的浮选流程选硫。该工艺不使用硫酸,使选硫作业成本降低,获得的硫精矿品位达 37.6%,回收率 82.46%,且精矿含泥少,易沉淀脱水,年增加经济效益约 120 万元<sup>[1]</sup>。

### 2.2.3 从尾矿中回收铜

黑龙江老柞山金矿从氰化尾矿中回收铜的研究获得成功。粒度为 0.074mm 95%的氰化尾矿中,铜量为 0.305%、砷 2.08%。采用浮选工艺从氰化尾矿浆中直接抑砷浮铜。该工艺简单易行,技术较为先进,获得了铜 18.32%、金 9.69%、银 99.20g/t、硫 33.60%、砷 0.07%的合格铜精矿,铜的回收率为 89.07%<sup>[4]</sup>。

## 3 黄金矿山尾矿的直接利用

黄金矿山现存尾矿即使将有用元素回收后,仍留下大量无提取价值的废料。这种废料仍含有可利用的物质,可将其视为一种“复合”的矿物原料直接利用。

### 3.1 用尾矿生产建筑材料

我国黄金矿床类型复杂,围岩种类多样,部分矿床中金属矿物含量稀少,脉石矿物比较纯净,尾矿可作为重要的非金属原料或建筑材料直接利用。

火山凝灰岩贫硫型黄金矿床,尾矿富含硅、铝,可直接压制建筑用砖或作为水泥原料;石英脉型矿床,尾矿中石英含量高,铁、钛、硫含量较低,可作为铸造型砂、玻璃原料或冶金熔剂;碱性岩贫硫型矿床及碱性变岩贫硫型矿床的尾砂,以碱性长石、高岭土为主,富含钾、钠、铝等元素,当尾矿中铁、钛、钙等有害组分含量符合工业指标要求时,尾矿可作为陶瓷、釉面砖的原料;碳酸岩型矿床,尾矿也可作为水泥原料。

山东建材学院利用焦家金矿尾砂,添加少量当地的廉价粘土研制出符合国家标准陶瓷墙、地砖制品<sup>[5]</sup>。烧成的制品经测试,其物理力学性能符合有关的国家标准,外形尺寸及外观质量也符合有关国家标准。

丹东市建材研究所利用金矿矿渣为主要原料,加入部分塑性较好,并显示颜色的粘土原料,经烧结而制成一种新型建筑装饰材料——废矿渣饰面砖。经烧结制成的饰面砖,密度 2.19g/cm<sup>3</sup>,吸水率 6.07%,抗折强度 26.85MPa,抗冻性、耐急冷急热性、耐老化等性能都达到规定标准<sup>[1]</sup>。



### 3.2 用尾矿作井下充填料

采用充填法的矿山每开采 1t 矿石需回填  $0.25 \sim 0.4\text{m}^3$  或更多的充填料,尾矿是一种较好的充填料,可以就地取材、废物利用,免除采集、破碎、运输等生产充填料碎石的费用。一般情况下,用尾矿作充填料,其充填费用较低,仅为碎石充填费用的  $1/4 \sim 1/10^{[6]}$ 。对于价值较高的黄金矿山的矿体,为了改善矿柱回采条件,降低贫化损失,往往在充填料中加入适量的水泥或其它胶结材料,使松散的尾矿凝结成具有一定强度的整体。例如:尾矿胶结充填法在山东省某金矿应用后,不仅使采矿安全可靠,减少贫化损失,减轻了工人的劳动强度,而且生产能力提高 34.7%,同时因外排尾矿量的减少也降低了对环境的污染。

### 3.3 利用尾矿堆积场复垦造田

在一些邻近城市或土地相对紧张的矿山,对矿山复垦造田,尤为有利。对尾矿复垦造田有两种方法:一种是在尾砂表面覆盖一层厚度适宜的土壤,然后再种植植物。这种方法虽然有效,但需要大量的“好土”;取土、运输、覆盖等一系列工作使这种方法的费用较高而影响了推广应用。另一方法是直接在尾矿砂上种植植物进行植被,国内外已有成功的经验。

金厂峪金矿是我国重点产金矿山,废弃的老尾矿坝给周围环境造成一定影响。20 世纪 80 年代末,该矿开始对老尾矿坝进行植被治理,在涝雨季节播种牧草沙打旺,这是一种耐旱、耐风沙的牧草。在 1988 年施以  $0.075\text{kg}/\text{m}^2$  的草籽,到 1990 年后尾矿坝植被覆盖率已达 95% 以上,牧草平均高 80cm,最高达 150cm。此方法投资少,见效快,简便易行,又为周围农民饲养牲畜提供了很好的饲料。

对于黄金矿山的氰化尾矿,在阳光和水的作用下,新排入尾矿坝中的氰化物,通过形成氰化氢挥发及分解而含量降低,进一步转化成为天然肥料(如尿

素)。这一转化过程为及时治理尾矿防止环境污染创造了条件。例如:菲律宾的马斯巴特金矿在尾矿坝堤形成后便开始了复垦试验研究,结果尾矿坝上的农作物长势旺盛。这一事实充分说明上述转化过程是迅速而有效的。试验的成功保证了该矿在 1990 年第一期尾矿坝填满后,马上开始在尾砂表面全部种植了农作物。这样,不仅实现了在建设和生产的同时维持环境的平衡,而且使农民获得利益。

黄金尾矿的直接利用,不仅能消耗大量的尾矿,使矿物资源得到充分利用,而且有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

## 4 结 语

大量的尾矿已成为制约矿山持续发展,危及矿区及周边生态环境的重要因素。在矿石日趋贫化、资源日渐枯竭、环境意识日益增强的今天,解决这些困扰的根本出路在于依赖于二次资源的开发利用,因此尾矿综合利用是矿山持续发展的必然选择。

黄金矿山尾矿资源利用前景广阔,是矿山生存、发展、壮大的必由之路。矿山应针对不同类型、不同成分的尾矿,开展综合利用的研究,最大限度地实现尾矿的资源化。

#### 【参考文献】

- [1] 张锦瑞,王伟之.金属矿山尾矿综合利用与资源化[M].北京:冶金工业出版社,2002.9.
- [2] 王山林,孙草平,王宏军.黄金矿山尾矿资源开发利用前景[J].有色矿山,1996,25(5):43~45.
- [3] 艾满乾.陕南月河砂金选厂尾矿的综合利用[J].冶金矿山设计与建设,1997,29(4):46~49.
- [4] 汪晴珠,许宏林.黄金选厂尾矿治理问题的探讨[J].国外金属矿选矿,1996,33(3):31~33.
- [5] 徐惠忠.黄金尾矿用于生产建筑材料的技术和经济可行性研究[J].黄金,1996,17(10):17~21.
- [6] 章庆和,苏蓉晖.有色金属矿尾矿的资源化[J].矿产综合利用,1996,16(4):27~30.

## Comprehensive utilization of ore tailings of gold mines

Wang Weizhi<sup>1</sup>, Zhang Jinrui<sup>1,2</sup>, Zou Fensheng<sup>3</sup>

(1. Hebei Institute of Technology;

2. Beijing University of Science and Technology; 3. Jiangxi Tungsten Industry Group Co.)

**Abstract:** The approach to comprehensive utilization of tailings of gold mines, including recycle of usable mineral and direct use of ore tailings, is analyzed in the paper, laying a foundation for continuous development of gold mines, comprehensive utilization of resource, and protection of environment.

**Keywords:** gold mine; ore tailings; comprehensive utilization

(编辑:赵玉娥)

欢 迎 订 阅

欢 迎 投 稿