

# 陕西省某金矿尼尔森选金试验研究

武俊杰

(陕西省地质矿产实验研究所, 西安 710001)

**摘要:** 针对陕西省某金矿的矿石性质, 采用尼尔森选矿机对该矿石进行了重选回收金。试验结果表明, 尼尔森一次选别金回收率达到 87.38%, 金精矿品位为 233.3 g/t。与常规重选(摇床、溜槽)试验相比, 简化了工艺流程, 提高了金的回收率, 为该金矿采用该重选设备提供了参考依据。

**关键词:** 金矿; 重选; 尼尔森选矿机; 金回收率

**中图分类号:** TF831, TD953 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2013)03-0028-04

## Study on Knelson Beneficiation of Gold Ore in Shanxi Province

WU Junjie

(Shaanxi Institute of Geology and Mineral Resources Experiment, Xi'an 710001, China)

**Abstract:** According to the characteristics of a gold ore in Shanxi province, the Knelson beneficiation equipment was applied to treat a coarse gold as a pre-recovery technology test. The results showed, the total recovery of gold arrived 87.38%, the recovery rate of gold concent was 233.3 g/t. Compared with conventional separation equipment (concentrating table, chute) trial, the processing flow sheet could simplify and improve gold recovery, which provides reference basis for adopting this type of equipment.

**Key words:** gold ore; gravity separation; Knelson concentrator; gold recovery

陕西省某矿石中金矿物嵌布粒度粗, 且多以粒间金和裂隙金产出, 在磨矿过程中易单体解离, 适合重选法回收。同时矿区下游有村民居住, 必须保证水源及环境不受污染。目前我国金矿大多采用重选、浮选、浸出以及联合工艺回收金。重选常用的方法有摇床、溜槽以及人工淘洗等。虽然重选法有成本低、环保等优势, 但总体而言, 常规方法存在着金回收率低的突出问题, 浮选及浸出工艺都存在环境污染等问题。本文针对陕西某金矿进行了尼尔森选金试验, 以及与摇床、溜槽的对比试验。试验表明, 尼尔森一次选别可得到较高的金精矿指标, 为该金矿的建厂提供了试验依据。

## 1 工艺矿物学研究

### 1.1 矿石性质

该金矿中主要有用矿物为自然金、磁黄铁矿、

钛铁矿、黄铜矿、毒砂、方铅矿、黄铁矿和自然铋等。脉石矿物有石英、绢云母、黑云母、石榴子石。

自然金主要赋存于石英颗粒间和裂隙中, 少部分存在于硫化物之间。矿石中的自然金粒度较粗, 有 95.68% 为极粗粒 (>0.1 mm), 其形态以片状为主, 其次为麦粒状。磁黄铁矿由 2 次形成, 较早形成的磁黄铁矿在片岩中顺片理分布, 他形板条状, 粒径在 0.8×0.03~0.3×0.02 mm 之间; 较晚形成的磁黄铁矿存在于后期硫化物脉中, 矿物粒度较粗, 最大为 0.5×5.0 mm 左右, 局部交代黄铁矿。钛铁矿呈他形-半自形短柱状, 粒径在 2.0×0.3~0.05×0.01 mm 之间, 柱晶长轴与岩石片理方向一致, 在片岩中含量不均匀, 最多可达 5% 以上, 少者 <1%, 星散分布。部分钛铁矿被变斑晶石榴子石、黑云母包裹。毒砂多出现在磁黄铁矿之间, 呈自形-半自形晶菱柱状。在毒砂较多的脉体中, 见自然金在毒砂内或“包裹”或在毒砂和黄铜矿之间充填。黄铜矿呈他形粒状,

粒度较粗，并且与自然金的形成有关。方铅矿呈他形晶不规则的与磁黄铁矿共生，内部有自然铋的蠕虫状连晶。

矿石中的石英有 2 种，一种为二云片岩中的石英，呈他形粒状，粒径一般为 0.1×0.15 mm，另一种为硅化石英，他形晶，颗粒大，一般为 1.5×1.3~0.1×0.15 mm，矿物间紧密镶嵌。石英粒间和裂隙中有金粒存在。

### 1.2 原矿化学成分分析

原矿的多元素化学分析和 X 射线衍射分析结果见表 1、2。原矿金的物相分析结果见表 3。

表 1 原矿多元素化学分析结果

Tab.1 The chemical analysis results of run-of-mine ore

项目	Au*	Ag*	Cu	Pb	Zn	S
含量/%	1.92	1.60	0.0069	0.0034	0.01	0.738
项目	Mo	Mn	MgO	C 有机	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
含量/%	<0.001	0.239	2.08	0.63	63.66	17.25
项目	TiO <sub>2</sub>	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	/
含量/%	0.808	7.40	4.68	0.728	0.60	/

注：“\*”的元素其含量单位为 g/t。

表 2 原矿 X 衍射分析结果

Tab.2 The X-ray diffraction analysis results of ore

矿物名称	石英	绢云母	绿泥石	斜长石	赤铁矿
含量/%	71	18	6	4	<1

表 3 原矿金的物相分析结果

Tab.3 The phase analysis results in gold ore

相名	裸露及半裸露金	碳酸盐中金	硫化物中金	赤褐铁矿中金	硅酸盐中金	相合
含量/(g/t)	1.64	0.10	0.02	0.04	0.18	1.92
占有率/%	85.17	4.94	1.06	1.90	6.93	100.00

由以上分析结果可看出，矿石中可供选矿回收的组分只有金，其品位为 1.92 g/t；矿石中无可供综合回收的元素；矿石中的金绝大多数是以裸露及半褐露存在于矿石中。

## 2 选矿试验

尼尔森作为处理金矿的重选设备，已在世界七十多个国家的黄金选矿行业中得到广泛应用，可用于岩(脉)金、有色伴生金/铂钯、砂金等贵金属资源的高效回收。在有色金属矿山用于伴(共)生金、铂族金属选矿的强化回收，以及选别其他多种矿石，

已被矿业界广泛认可。尼尔森选矿机的出现被认为是重选技术的突破性进展<sup>[1]</sup>；不但能达到很高的重选指标，且日常维护和管理成本都很低。

### 2.1 尼尔森选矿机的结构与原理

#### 2.1.1 尼尔森选矿机结构

尼尔森的分选机构是一个内壁带有反冲水孔的双壁锥，即由两个可一同旋转的立式同心锥构成。外锥与内锥之间构成一个密封的水腔<sup>[2]</sup>。在内锥内侧上有数圈的沟槽，并按设计排列一定的进水孔，称流态化水孔；内锥被称为富集锥。设备的其余部分分别由给矿、排矿、供水(气)装置以及驱动、自动控制系统和机架等组成。

#### 2.1.2 尼尔森选矿机原理

尼尔森选矿机可认为是基于离心原理的强化重力选矿设备<sup>[3]</sup>。在高倍强化的重力场内，比重大和比重小的矿物的重力差别被成倍的放大，这就使得轻重矿物比自然重力场下更容易分离；同时特殊设计的物料床层结构，在具有专利技术的流态化水和干涉沉降的相互作用下，能够持续地保持松散状态。在上述分选条件下，轻矿物颗粒在选别床层中占据的位置被重矿物颗粒取代而保留下来，轻矿物颗粒则作为尾矿被排出，实现了矿物颗粒按比重分选<sup>[4]</sup>。

### 2.2 试验结果与讨论

#### 2.2.1 磨矿细度试验

试验中给矿浓度 30%，重力值 60 G's，冲水量 4.0 L/min。工艺流程见图 1，试验结果见图 2。

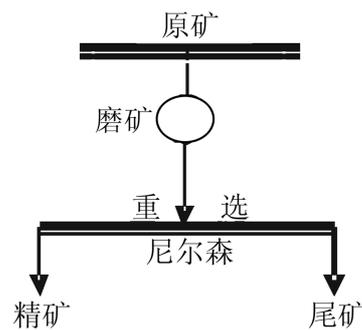


图 1 尼尔森条件试验流程

Fig.1 The test process of Knelson condition

由图 2 可以看出，随着磨矿细度的增加，金精矿的回收率和品位均下降。结合国内选矿厂的生产实践，同时考虑节约投资，降低生产成本，故磨矿细度选择-0.074 mm 占 65%为宜。此时，金精矿品位及回收率分别为 66.67 g/t 和 87.91%。

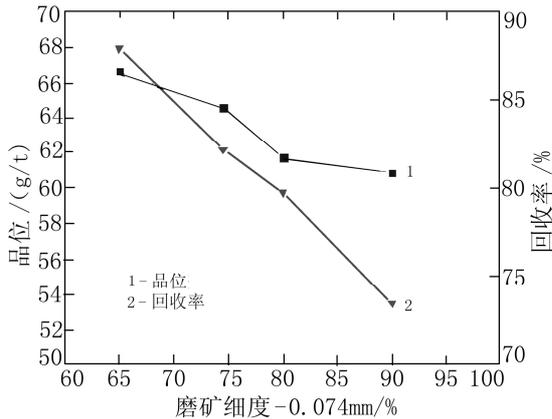


图 2 磨矿细度对重选指标的影响

Fig.2 The effect of grinding fineness on the gravity separation indexes

2.2.2 冲洗水试验

根据分选原理可知，冲洗水的大小是影响选别效果的主要因素之一。试验中磨矿细度-0.074 mm 占 65%，给矿浓度 30%，重力值 60 G's。试验结果见图 3。

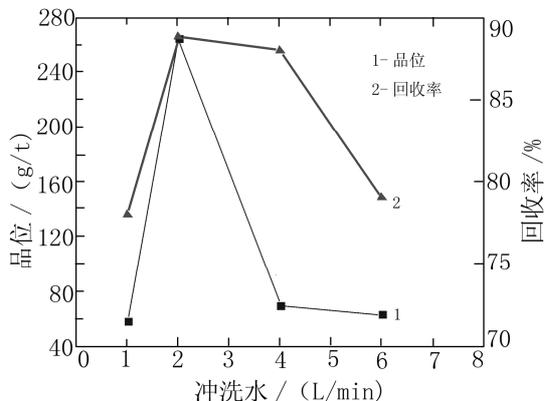


图 3 冲洗水对重选指标的影响

Fig.3 The effect of flushing water on the gravity separation indexes

由图 3 可以看出，随着冲洗水的增大，金精矿的回收率和品位均先升高后降低，当冲洗水为 2.0 L/min 时，金精矿品位及回收率分别为 265.28 g/t 和 88.84%。所以冲洗水为 2.0 L/min 时较宜。

2.2.3 重力 G 值试验

如前所述，在尼尔森选矿过程中，比重大的和比重小的矿物的重力差别被成倍的放大，使得两者分离更加容易，因此可知重力 G 值对选别效果至关重要。试验中磨矿细度-0.074 mm 占 65%，给矿浓度 30%，冲洗水 2.0 L/min。试验结果见图 4。

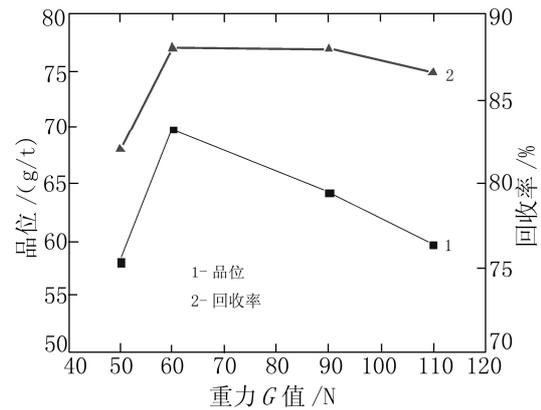


图 4 重力 G 值对重选指标的影响

Fig.4 The effect of the gravity G value on the gravity separation indexes

由图 4 可以看出，随着重力 G 值增加，金精矿的品位先升高后降低，回收率先升高后基本不变。当重力 G 值为 60 G's 时，金精矿品位及回收率达到最大值，分别为 69.83 g/t 和 88.02%，因此选重力 G 值 60 G's 适宜。

2.2.4 给矿浓度试验

试验中磨矿细度-0.074 mm 占 65%，冲洗水 2.0 L/min，重力 G 值 60 G's。试验结果见图 5。

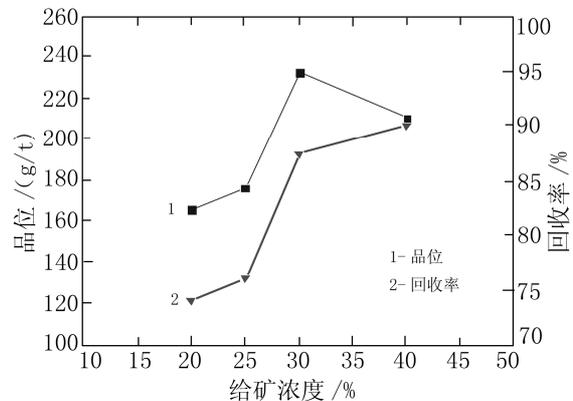


图 5 给矿浓度对重选指标的影响

Fig.5 The effect of the feed concentration on the gravity separation indexes

由图 5 可以看出，随着给矿浓度的增加，金精矿的品位先升高后降低，回收率不断升高。当给矿浓度为 30% 时，金精矿品位最高，金精矿品位及回收率分别为 223.45 g/t 和 86.58%，因此选给矿浓度为 30% 适宜。

2.2.5 尼尔森重选工艺最优条件的确定

根据以上尼尔森重选的各个工艺条件试验结果，最终确定该金矿的最优工艺条件为：磨矿细度

-0.074 mm 占 65%，给矿浓度 30%，冲洗水 2.0 L/min，重力  $G$  值 60  $G$ 's。以此条件给矿量 12 kg，所得试验结果见表 4。

表 4 尼尔森重选验证试验结果

Tab.4 The test results of Knelson gravity separation

产品名称	产率/%	品位/(g/t)	回收率/%
精矿	0.72	233.3	87.38
尾矿	99.28	0.24	12.62
原矿	100.00	1.92	100.00

2.2.6 重选对比试验

为了验证尼尔森对该金矿选别的优越性，进行了与常规摇床及螺旋溜槽的重选对比试验，试验流程见图 6，试验结果见表 5。

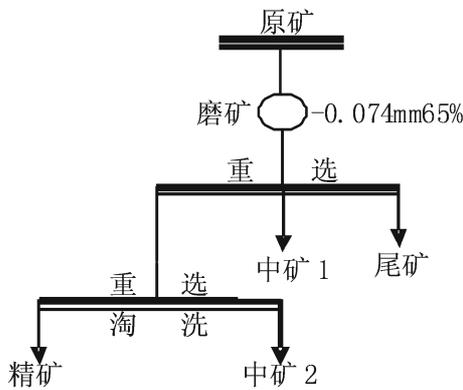


图 6 重选对比试验工艺流程

Fig.6 The comparison test process of the gravity separation

表 5 重选对比试验结果

Tab.5 The comparison test results of the gravity separation

产品名称	摇床			螺旋溜槽		
	产率/%	品位/(g/t)	回收率/%	产率/%	品位/(g/t)	回收率/%
精矿	4.06	36.45	80.43	1.66	85.54	80.68
中矿 2	-	-	-	14.03	0.44	3.41
中矿 1	6.69	1.49	5.44	16.50	0.59	5.68
尾矿	89.25	0.29	14.13	67.81	0.27	10.23
原矿	100.00	1.84	100.00	100.00	1.76	100.00

由表 4 和表 5 可以看出，尼尔森一次选别可以得到品位及回收率分别为 233.3 g/t 和 87.38% 的金精矿；而摇床和螺旋溜槽的选别指标均明显较低，尾矿流失率较高。

3 结论

(1) 陕西省某金矿属于二云片岩，成矿矿化为硅化石英脉和磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿矿化脉。矿石矿物组成较为复杂，矿石矿物主要有自然金、磁黄铁矿、钛铁矿、黄铜矿、毒砂、方铅矿、黄铁矿、自然铋等。脉石矿物主要有石英、绢云母、黑云母、石榴子石等。

(2) 矿石中的自然金粒度较粗，有 95.68% 为极粗粒(>0.1 mm)，金主要赋存在石英粒间和裂隙中，以及硫化物之间，形态以片状为主，其次为麦粒状。

(3) 鉴于当地水源等环境要求，试验采用了尼尔森重选工艺流程，最终确定该金矿尼尔森选矿的最优工艺条件为磨矿细度-0.074 mm 占 65%，给矿浓度 30%，冲洗水 2.0 L/min，重力  $G$  值 60  $G$ 's。经尼尔森选矿机一次选别可以得到品位及回收率分别为 233.3 g/t 和 87.38% 的金精矿。

(4) 与常规重选设备相比，尼尔森选矿机简化了流程，并提高了选别指标。

参考文献:

[1] 俞建章. 加拿大尼尔森离心选矿机选别微细粒钽铌半工业试验研究[J]. 有色金属科学与工程, 2011, 2(1): 77-80.  
Yu Jianzhang. Semi-industrial tests of tantalum and niobium processing by Nelson centrifugal concentrator[J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2011, 2(1): 77-80.

[2] 柏亚林, 李国栋, 彭贵熊. 某含金多金属硫化矿尼尔森选金试验研究[J]. 金属矿山, 2012, 1(1): 88-91.  
Bai Yalin, Li Guodong, Peng Guixiong. Study on Nelson beneficiation of a polymetallic sulfide ore bearing Gold[J]. Metal Mine, 2012, 1(1): 88-91.

[3] 戴新宇, 王昌良, 董小骥, 等. 尼尔森选矿机回收金铜矿中的金[J]. 有色金属: 选矿部分, 2011(增刊): 143-145.  
Dai Xinyu, Wang Changliang, Dong Xiaoji, et al. Gold recovery from gold-copper ore by Knelson concentrator[J]. Nonferrous Metals: Mineral Processing Section, 2011(s): 143-145.

[4] 朱飞, 吴振祥, 唐彦臣. 尼尔森选矿机的应用与发展[J]. 中国矿山工程, 2011, 39(4): 40-43.  
Zhu Fei, Wu Zhenxiang, Tang Yanchen, et al. Application and development of Knelson concentrator[J]. China Mine Engineering, 2011, 39(4): 40-43.