

金 銀 造矿及湿法冶金

徐 乃 絹 译

北京矿冶研究总院情报室

一九八三年九月

前 言

为适应我国金、银回收技术发展的需要，现将八十年代某些外文期刊及专利中有关金、银回收文献译出汇集成文集。

本文集共收译文二十一篇，综述性文章一篇。内容包括金、银选矿工艺、药剂、设备、湿法冶金及经济评价。

由于编译者水平所限，差错在所难免，请读者批评指正。

在翻译和编辑过程中受到有关同志帮助，表示感谢。

编译者

一九八三、九

目 录

世界黄金产量展望.....	(1)
丰羽矿山银回收技术的改进.....	(2)
多金属矿石选矿厂如何回收贵金属.....	(14)
选矿过程中产出高品位金、银中矿的优越性.....	(24)
从铜锌黄铁矿中重选回收金.....	(29)
减少废弃尾矿中的金损失.....	(34)
菲律宾的含金银石英脉矿.....	(38)
用石油亚砷作起泡剂浮选含金矿石的试验.....	(40)
用非极性药剂从矿石中浮选金.....	(46)
某些浮选药剂对用 AM-2B 阴离子交换剂从氰化介质 中吸附金的影响及离子浮选方法.....	(51)
几种适于干旱地区选别含金矿石的风力摇床.....	(57)
含金矿石吸附浸出用的KPNM3型顺流脉动柱.....	(65)
撒丁矿石的硫脲浸出试验.....	(72)
从含金砷矿石中回收金.....	(86)
用硝酸分离含金硫化砷精矿.....	(90)
含碳砷金矿处理工艺的改进.....	(93)
从酸性溶液中分离金、银和汞的方法.....	(96)
用离子交换树脂从地下水中回收金.....	(101)
从废弃尾矿中回收金的碳吸附工艺.....	(106)

碳吸附工艺的应用.....	(110)
各国从表外矿石中堆浸有色和贵金属的经验.....	(115)
碳吸附工艺技术的经济效益评价.....	(119)
✓ 综述—银资源和回收技术现状.....	(122)

世界黄金产量展望

华盛顿黄金研究所估计，1983年世界新采黄金量大约4499万盎司，比1982年增长3.5%。

南非1982年的黄金产量为2140万盎司，1983年大约达到2150万盎司，相当于世界产量的47.9%。

苏联的黄金矿产量为1000万盎司，相当于世界产量22.3%，1982年的产量为990万盎司，预计1984年产量将达到1030万盎司，1985年将达到1060万盎司。

加拿大1982年黄金产量为184万盎司，1983年—196万盎司，1984和1985年将分别达到215.3万和245.8万盎司。

中国1982年黄金产量为177万盎司，1983年—193万盎司今后两年将分别达到204万和216万盎司。

美国1982年黄金产量为142.2万盎司，1983年大约为177.7万盎司，今后两年的产量大约为200万盎司。

巴西1982年黄金产量为115.9万盎司，1983年为147.7万盎司，今后两年的产量将分别达到156.7万和170.7万盎司。

黄金研究所估计，加拿大、中国、美国和巴西四周1983年的产量，合计为世界总产量的15.9%，1982年为14.2%，预计1984和1985年将达到16.8%和17.6%。

另外还有51个国家今年的黄金产量为630万盎司，1982年为600万盎司，约占世界总产量的13.9%。其中黄金产量较为突出的国家有：澳大利亚、菲律宾、巴布亚新几内亚、哥伦比亚、智利、加纳、津巴布韦、多米尼加、秘鲁。

《Indnstrie minerale》，1983，№ 4，233

丰羽矿山银回收技术的改进

向井凯也等

一、绪言

丰羽矿山选矿厂月处理30,000~35,000吨矿石，生产铅精矿、锌精矿和黄铁矿精矿。

丰羽矿山矿石的特点是银含量高，银矿物种类多。银的收入占很大的比例。为此丰羽选矿厂历来重视银的回收问题，指标逐渐得到改善。近年又不断采掘新的矿脉，银矿物种类和赋存状态均有变化，致使用浮选法回收既复杂又困难，故应进行讨论和改进。

二、丰羽矿山的地质矿床和银矿物

1. 地质和矿床

丰羽矿山附近的地质状况是由新第三纪中新统组成，有以泥岩和砾岩为主的本山层和位于本山层上的以变质安山岩为主的长门层发育。

现在正在生产的本山矿床群是浅成热液裂缝填充型矿床，在西北—东南2.6公里，东北—西南1.2公里范围内发育。主要矿化区大致可分为前、后两期。东西系的但马矿脉、播磨矿脉、东北—西南系的筑后矿脉等属于前矿化期，北—南系的空知矿脉、西北—东南系的宗谷矿脉等属于后矿化期。

2. 银矿物

矿化前期生成的银矿物主要是辉银矿，还伴生有自然银
表 1 .

银 矿 物	产 状
辉 银 矿	1. 赋存于闪锌矿的晶洞。 2. 赋存于黄铁矿的晶洞。 3. 在黄铁矿颗粒间发育。 4. 产于黄铁矿和闪锌矿的边界。 5. 与闪锌矿中含的少量方铅矿伴生。 6. 与黄铁矿颗粒间的方铅矿共生。 7. 在赋存于石英空隙的自然银边缘。 8. 与石英中的赤铁矿共生
深红银矿	1. 生于方铅矿中的细粒中（阿米巴状）。 2. 有沿方铅矿的裂缝存在。 3. 以微粒赋存于方铅矿中。 4. 赋存于在闪锌矿细脉状即粒状发育的方铅矿周围。 5. 在闪锌矿中以微粒产出。
四面银铜矿	1. 在方铅矿中的阿米巴状，即呈细粒状产出。 2. 赋存于在闪锌矿细脉状中发育的方铅矿周围。 3. 与黄铁矿、闪锌矿复杂共生。

和琥珀。矿化后期生成的银矿物主要是硫盐银矿物（深红银矿、四面银铜矿，还有少量异辉锑铅银矿、辉安银矿）。银矿物的产状示于表 1。

三、银矿物的浮游特性

1. 矿脉其它矿石中银矿物的浮游特性

1. 以矿脉的其它矿石为试样，做了 SO_2 和 NaCN 对辉银矿和硫盐银矿影响（实际对银矿物和组成连生体的矿物有影响）的小型试验，得出下列结论：

1) 用少量 SO_2 (矿浆 PH 为 6.3) 不能抑制辉银矿物，只能抑制硫盐银矿；

2) 用 30 克/吨 NaCN 不能抑制硫盐银矿物，能抑制辉银矿。

2. 银矿物在浮选过程中的浮游行为

选矿厂的主要流程示于图 1。

对于铅粗选和铅精选过程各种产品的浮游行为可以解释，但是在其它处理过程，由于银含量少，主要是几微米以下的细粒银矿物，对其浮游行为难以解释。

银矿在各浮选过程中的行为：

1. 辉银矿和硫盐银矿的可浮性较差。

a. 在铅粗选过程中辉银矿的回收率比硫盐银矿物高，但在铅精选过程中的回收率低。

b. 辉银矿向铅精矿的分布率比硫盐银矿低，而在黄铁矿和废石中的分布率高。

2) 辉银矿具有延展性，难以粉碎。粗粒级中有大量辉银矿，其浮选速度慢，在各浮选过程中的损失率较大。

3) 原矿中的银矿物几微米的粒度占60%，很多未能单体分离，与其它矿物呈连生体，在选矿过程中已不具有单独矿物的选矿行为。

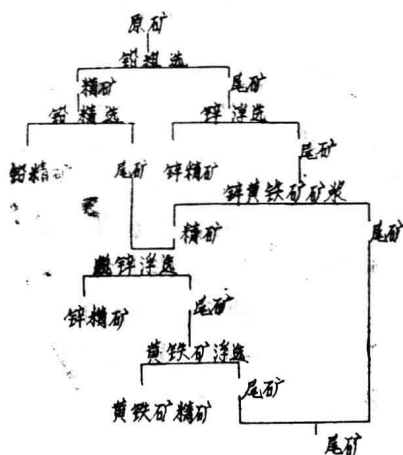


图 1

四、银回收技术的改进

丰羽矿山铅精矿中银回收率相当可观，因此，改进银的分离是铅浮选过程的关键。

近五年做过许多试验，取得效好结果，银回收率逐渐提高。

1. 试验条件

为了提高铅精矿中的银回收率，在改进试验条件同时，应考虑下列三个问题：

1) 研制既不妨碍银矿物和方铅矿浮游性、又能高效抑制闪锌矿和黄铁矿的抑制剂。

2) 研制提高银矿物浮游性的药剂

3) 拟定不妨碍银矿物浮游的药剂制度。

a. 铅粗选

采用 SO_2 抑制闪锌矿和黄铁矿，回收银矿物的和方铅矿的原则流程。

SO_2 对闪锌矿有高效抑制作用，但用量不宜过多，否则银矿物和方铅矿也会被抑制（自然 pH 6.8—7.0，加 SO_2 以后 pH 为6.3—6.5）。

捕收剂用量 减少捕收力强，而选择性低的黄药用量，增加不捕收闪锌矿和黄铁矿的，仅能大力捕收银矿物的巯基苯并噻唑系捕收剂（MBT）的用量。使用结果示于表2，在铅粗选过程中提高了银、铅—锌、黄铁矿的分离效率，铅精矿的铅品位也见提高。

b. 铅精选

采用氰化钠抑制闪锌矿和黄铁矿，回收银矿物和方铅矿的流程。

用氰化钠可使方铅矿与闪锌矿和黄铁矿有效分离，但因出现辉银矿的抑制迹象，所以尽量少加氰化钠。最近，由于在铅粗选过程中损失的方铅矿部分富集，脱锌作业的中间产品——被硫酸铜活化的闪锌矿（闪锌矿与方铅矿分离需消耗大量氰化钠）返回铅精选作业，所以现在停止使用氰化钠。先加活性碳。活性碳对剩余捕收剂的吸着有助于铅—锌、黄铁矿的分离。这样硫酸锌抑制闪锌矿的效果更为明显。由于采取了上述措施。氰化钠用量减少。与表2所列之银回收

表 2

铅精矿回收指标

时间	过程	品位, 克/吨, %				回收率, %				改造项目
		Ag	Pb	Zn	Py-S	Wt	Ag	Pb	Zn	
(1) 1976年上 半年至 1977上半 年	铅粗 选	原矿	98	2.40	6.77	8.60	100.0	100.0	100.0	100.0
		精矿	406	14.41	6.36	35.25	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
		尾矿	42	0.21	6.84	3.13	15.4	64.0	92.7	63.3
	铅精 选	精矿	1.213	69.22	5.19	5.80	(20.1)	(62.8)	(93.3)	(15.9)
		尾矿	190	0.66	6.71	42.79	3.1	40.2	89.3	2.3
							(79.9)	(37.2)	(84.1)	(96.7)
(2) 1977年下 半年至 1978年下 半年	铅粗 选	原矿	115	2.43	7.48	8.38	100.0	100.0	100.0	100.0
		精矿	605	20.64	6.03		(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
		尾矿	55	0.20	7.66	31.66	10.9	57.5	92.8	41.2
	铅精 选	精矿	1.596	70.99	4.20	5.54	89.1	42.5	7.2	91.2
		尾矿	208	0.75	6.71	42.17	(28.4)	(75.5)	(97.4)	(20.5)
							3.1	43.4	90.4	1.8
1. 改变铅粗选的捕收剂 2. 在铅精选过程中减少氧化钠用量 3. 提高一次磨矿产品的磨矿细度										
						(71.6)	(24.5)	(2.6)	(79.5)	(95.1)
						7.8	14.1	2.4	7.0	39.2

铅精矿回收指标

续表

时间	过程	品位, 克/吨, %					回 收 率 %					改造项目
		Ag	Pb	Zn	Py-S	Wt	Ag	Pb	Zn	Py-S		
(3) 1979上半 年至1980 上半年	铅粗 选	原矿	126	2.58	7.80	7.54	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.改变铅精 选的捕收剂
		精矿	718	22.88	6.94	29.55	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	2.改变铅精 选的再磨系
		尾矿	58	0.21	7.90	4.97	10.4	92.6	9.3	40.9	59.1	统
	铅精 选	精矿	1,793	71.24	4.25	5.30	(31.7)	(79.2)	(97.5)	(19.4)	(5.6)	
		尾矿	219	0.84	8.24	40.99	(68.3)	(20.8)	(92.5)	(80.6)	(94.4)	
						7.1	12.3	2.3	7.5	38.6		

率结果相吻合。

2. 磨矿条件

在铅浮选过程中损失的银矿物约80%是黄铁矿中所含的粒度为数微米以下的闪锌矿，其它是大于200网目的辉银矿单体颗粒和含数微米以上银矿物的闪锌矿，也就是说有与黄铁矿共生的连生体存在。

因此，期望通过将粗粒辉银矿碎至适宜的浮选粒度，使银矿物连生体单体解离，从而有效地提高铅精矿的银回收率，但是，辉银矿难碎，而方铅矿又易碎，方铅矿的过粉碎会降低铅回收率。为此，应避免方铅矿过粉碎，寻求银矿物单体解离的适宜磨矿条件。

a. 一段磨矿

一段磨矿产品是铅粗选的给矿，由于一段磨矿过程中返砂比大，避免了方铅矿的过粉碎，银矿物即银矿物连生体破碎的机会多。这样保持了一定数量的-400网目颗粒和一些-200网目的颗粒，使铅粗选的给矿粒度提高。

b. 铅精选过程中的再磨作业

在铅精选过程中也是以银矿物的粉碎和单体分离来提高银回收率为目的，为此采用二段再磨方法。

一段再磨设在铅精选前部，由于从铅精选系统返回的银回流量很多，避免了方铅矿的过粉碎，使银矿物连生体有很多破碎机会。第二段再磨设在铅回收完毕的地方，避免了方铅矿的过粉碎。

银矿物的浮游速度比方铅矿慢，但是比闪锌矿和黄铁矿快。由于银矿物易于在扫选泡沫中富集，所以在扫选系统设置许多浮选机，泡沫返回铅精选系统前部。此外，还由于铅

精选第四槽尾矿中也有银矿物富集，最近改成也将其返回铅精选系统前部。

在磨矿的返砂中铅、锌和黄铁矿的金属率是100%，而银大约为300%，特别是在+200网目的颗粒中银的金属率超过500%，所以银矿物的粉碎机会增加，铅精选过程中的银回收率提高

五、银回收率的提高

图 2 所示是五年来银回收率提高情况。上述种种改进均表明银回收率是逐渐提高的。

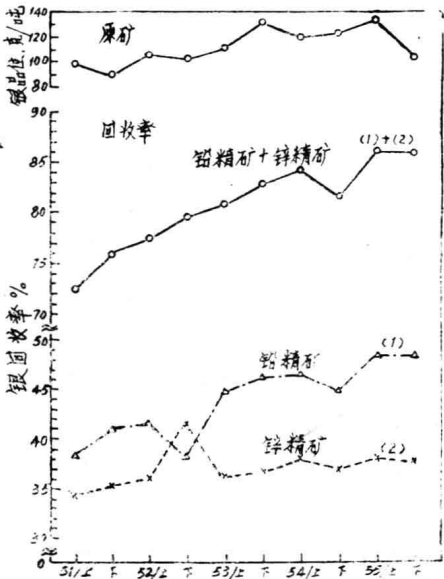


图 2 昭和 51—55 年 (1976—1980) 间银回收率的提高情况

除技术改进外，原矿中的银品位提高、银矿物的种类和含量比例的变化均是银回收率逐渐提高的原因。

首先研究了原矿的银品位与铅精矿中银回收率的关系。结果示于图 3，大体可归纳为下列两点。

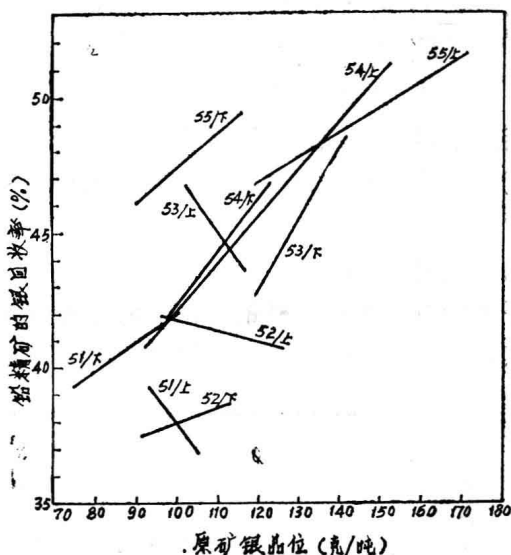


图 3 原矿银品位与铅精矿银回收率的关系

1. 原矿中的银品位和铅精矿的银回收率有相互关系；
2. 从回归线看年年直线上升。原矿中银品位的提高对铅精矿的银回收率有良好影响，其它因素也有助于银回收率的提高。

其次，按脉矿银矿物种类的差别，加之考虑到银矿物浮游性的不同，用原矿中前期和后期生成矿脉的银量比作为原

矿中银矿物的种类和含量比例的代表性。这种提法在1976年上半年作为标准而肯定，根据图3所示的关系，按下式求出原矿中银的特性和铅精矿的标准银回收率

$$R_{Pb}^{-c} = (0.079F + 30.5) - 0.077(p - 64.9)F/100 \quad (1)$$

式中 R_{Pb}^{-c} : 铅精矿的标准银回收率[%]

F : 原矿品位[克/吨]

P : 入选矿石中前期生成矿脉的银比例

最后，求出铅精矿的实际银回收率与式(1)的标准银回收率的差，作为表示1976年上半年标准的技术水平相对值来考虑。

铅精矿银回收率的变化和主要原因示于图4。从图4看，技术水平多少有些波动，但银回收率是逐渐提高的。现在铅精矿的银回收率比1976年上半年提高10%，其中大约6%是

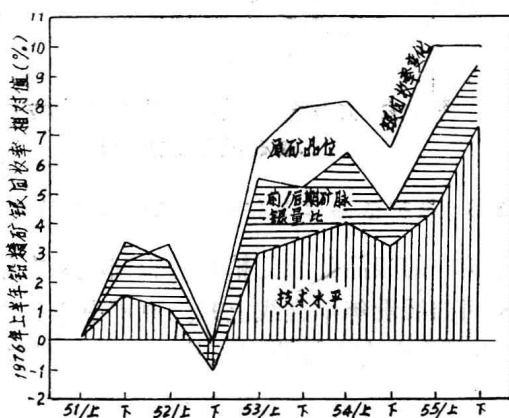


图4 铅精矿银回收率的变化和主要原因

归于技术水平的提高。

铅精矿与锌精矿合计的银回收率比1976年上半年提高13.5%，其中4%归于技术水平的提高。

综合上述情况，以1976年上半年为标准的银回收率变化示于表3。

表3 银回收率的变化（以1976年上半年为标准），%

原 因 产 品	原矿的 银特性	技术水平	计
铅 精 矿	4.0	6.0	10.0
锌 精 矿	5.5	△2.0	3.5
	△9.5	△4.0	△13.5

六、结语

以上介绍的是丰羽矿山改进药剂和磨矿条件，提高银回收率的情况。

丰羽矿石中的银矿物呈微粒状赋存于方铅矿、闪锌矿和黄铁矿中，多数矿物的浮游性相同，分离困难。在该矿山的收入中银占很大比例，故矿山一直努力改进银的回收技术。最近五年，在许多小改小革的基础上，技术水平逐渐提高，铅精矿中的银回收率大约提高6%。

但是还有潜力，尚需继续努力。

《钹山》，1982，re12，41—47