

1990年专题情报调研课题(之三)

国内外黄金及选冶技术新发展

(献给我院从事黄金选冶教学和科研人员参考)

科研处科技发展研究室
昆明工学院
图书馆科技情报咨询部

一九九〇年九月三十日

本课题参加人员

负责人： 周达谦(执笔)

刘苏信

参加人： 沈强华(校核)

目 录

第一部分 世界黄金概貌

(黄金的作用和用途、世界上黄金的保有储量、世界上黄金的生产量、世界上黄金的储量、世界上黄金的消耗量)

第二部分 国内外黄金选冶技术新发展

一、黄金传统选冶技术一览

(一) 选矿

(二) 冶炼(汞混法、氰化法、碳浆法、炭浸法、堆浸法)

二、黄金选冶技术新发展

(一) 对矿石的预选

(二) 重视黄金矿物学的研究

(三) 磨矿选矿方面

1、磨矿(1-7)

2、选矿富集

(1) 选矿富集方法和配套设备(1-2)

(2) 浮选药剂(1-9)

(四) 预处理技术

1、焙烧(1-4)

2、常规氰化酸浸(1-4)

3、高温加压氧化酸(碱)浸(1-3)

4、生物(细菌)氧化法

5、Arech-Cashman法

6、超细磨碱浸法

7、用微波辐射处理含砷黄铁矿金矿法

8、用含氮的氰化物处理含铜硫化矿法(Muir)

9、用次氯酸钠处理含碳精金矿法

10、用闪速炉、反射炉、冲天炉处理矿石

11、强化水银法

(五) 氰化法

- 1、工艺方面的发展(1-5)
- 2、设备方面的发展(1-10)
- 3、活性炭
- 4、氰化后氰化物的再生法

(六) 非氰化法

- 1、硫脲法(硫代硫脲法)
- 2、K技术(溴技术)
- 3、氯化法
- 4、含铜氨性硫代硫酸盐浸出法
- 5、氯化焙烧——石油亚砷萃取法

(七) 其它有关金的回收技术

- 1、膜分离——电解回收金技术
- 2、膜分离萃取碱性氰化溶液中的金和氰化物
- 3、用王水从废料中回收金和铂
- 4、从石油I型催化剂(失效拜尔)中回收金
- 5、利用微生物从工业废水中回收金
- 6、煤团聚金法

(八) 仪器方面

结 束 语

附件:(1-2)

第一部分 世界黄金概貌

一、黄金的作用和用途

在古今中外的社会中，黄金都十分受到人们的热爱和重视。大家都把占有黄金作为富有、华贵的标志。帝王将相如此，商贾百姓亦如此。为什么黄金如此普遍受到青睐呢？这是因为在商品社会中，黄金是货币的基础，是各国可以交换的硬通货，是全球信赖的世界货币。此外，黄金还是一种战略物资。黄金储备的多少，从一个方面显示着一个国家财富的多少和国家经济力量的强弱。有了黄金，可以在世界范围内换取任何商品。因此，黄金生产热、储备热，从古到今，一刻也没有冷却过。另外，黄金不易氧化变质，易于长期保存，并确有实际和珍贵的用途，也是黄金受人重视的原因之一。

黄金究竟有那些用途呢？（一）黄金是装饰和首饰工艺品的重要材料。它那耀眼、经久光泽不变和良好的加工性能，很适合装饰工艺品的加工和要求；（二）黄金是制造金币的材料。历史上，银币铜币曾经长期占有统治地位，19世纪以后，金币逐渐取代了它们。目前，虽然纸币已成为主要流通货币，但纸币的价值实际上还是受到黄金价格制约的；（三）黄金是电子、化学、宇航、镶牙、制笔……等工业的重要材料。这是因为它具有良好的导电性、导热性、延展性、韧性、不易氧化……等优良性能所决定的。

二、世界上黄金的保有储量

根据苏联（1987年）和美国（1985年）的统计，世界上现有黄金的储量为65.817吨。其中证实储量为37.760吨。根据这个统计，世界上黄金储量大于50吨的国家或地区有38个。其中，1000吨以上的有七个。它们是南非（32500吨）、美国（7750吨）、苏联（7776吨）、巴西（3700吨）、加拿大（2600吨）、澳大利亚（2250吨）、巴布新几内亚（1440吨）。储量500~1000吨的有4个国家，它们是加纳（715吨）、菲律宾（870吨）、墨西哥（765吨）、津巴布韦（600吨）。50吨—500吨储量的国家或地区有27个。我国的黄金储量没有包括在这个统计之内。

不过，以上的统计应当说是粗略的。可以肯定，随着黄金在世界上经济地位的

提高和人们对黄金的需求日益增加，必将导致各国对黄金资源的进一步勘探和开发，尤其是对分散在各种矿物中的黄金加强回收提取，一些新的金矿将被发现，过去无法提取和达不到开采品位的矿石将被利用。所以，黄金的储量，尤其是证实储量，会发生很大变化。根据苏联有关人士预测，今年(1990年)世界黄金储量就可能上升到96.000吨。

三、世界上黄金的生产量

我们由集到了从1970~1990年世界黄金的实际产量和预测产量(见表一)，其中没有包括中国的产量，但我们从另一份资料中查到了1986年中国的黄金产量。从收集的数字表明，20世纪七十年代要算1972年产量最高(1455.7吨)，以后呈下降趋势。八十年代又呈上升趋势，1986年产量达到1653.96吨，预计今年(1990年)将达到2005吨。

21年来世界黄金生产量(吨) 表(一)

年 度	实际产量	年 度	实际产量	年 度	产 量
1970	1291	1977	1300.6	1984	1412.2
1971	1253	1978	1210.48	1985	1582.9
1972	1455.7	1979	1203.56	1986	1653.96
1973	1431.2	1980	1203.76	1987	1730.97(预测数)
1974	1315.4	1981	1275.41	1988	1841.02(预测数)
1975	1263	1982	1363.92	1989	1937.44(预测数)
1976	1234.80	1983	1450.17	1990	2005.12(预测数)

自人类开采黄金以来，到1986年，世界上累计已开采出黄金107.700吨。从目前保有储量看，似乎地球上的黄金，已开采出了一半，按目前世界上的年生产水平，预计还可以开采50年左右。

在整个世界上黄金产量中，年生产超过20吨的国家有11个(见表二)

年产20吨以上黄金的国家或地区 (吨) 表(二)

国家或地区	1986年 实际产量	1990年 预测产量	国家或地区	1986年 实际产量	1990年 预测产量
南 非	638.04	649.99	苏 联	311.03	376.3
美 国	116.11	183.64	加拿大	105.65	169.07
澳大利亚	77.10	152.34	巴 西	67.4	77.76
巴布新几内亚	35.98	32.72	菲律宾	35.43	48.21
哥伦比亚	27.09	27.18	委内瑞拉	20.0	20.0

中国1986年的实际产量为59.35吨。1990年预测产量是增长10%，这个数字，可能不太准确。

从表二可以看出，南非的黄金产量一直属世界第一位，1970年产量达到1002.4吨。它的累计生产量是全世界的41.5%，到1986年，南非黄金累计产量为44700吨。其次中苏、美、加三国，它们都是黄金生产大国，到1986年，苏联已累计生产黄金7763吨，美国已累计生产黄金10481吨，加拿大累计生产黄金6895.57吨。

四、世界黄金的储备量

全世界产出的黄金，大约有40%以金锭形式储存于各国金库中，另外还有40%以各种镶牙、珠宝首饰、货币形式分散地保存于民间。大约有20%的黄金被工业消耗和损失了。

据粗略估计，在世界黄金储备中，私人拥有的黄金(包括金条、金币、首饰工艺品)与官方库存的黄金，几乎各占一半。到1985年底，全世界黄金的总储备为65.315吨。官方储备最多的是美国(8220吨)，私人储备最多的是法国(6251吨)，印度私人储备也不少(3732吨)。80年代以来，日本官方和私人都积极储备黄金，其储备量已达到1750吨。各国(储备较多的)黄金备量见表(三)

黄金储备较多的国家 (吨) 表(三)

国 家	国家储量	私人储备量	国 家	国家储备	私人储备量
美国	8220	3732	西德	2925	/
比利时	1069	/	中国	404	/
欧洲货币组织	2665	/	瑞士	2603	/
荷 兰	1371	/	苏联	1866	/
国际货币基金组 织	3216	/	法国	2559	6251
			印度	/	3732
意大利	2084	/	日本	750	1000

五、世界黄金消耗量

前面已经谈到,世界上有40%和20%的黄金分别被用作首饰珠宝工艺品、金币和工业消耗掉了,但每年的用途则不尽一致。以上1986年为例,其产用情况如表四所列。

1986年全世界黄金生产使用情况 (吨) 表(四)

产 量 及 用 途	数 量	所 占 %
生产量	1653.96	
使用量	1666.0	100
其中,(1) 首饰珠宝工艺品用量	1077.0	64.65
(2) 铸币用量	327.0	19.63
(3) 其它用量	242.0	14.52
(4) 不详	20.0	1.20

首饰珠宝工艺品用金较多的国家(1986年统计数)有意大利(214吨)、印度(88.4吨)、美国(81.8吨)、日本(77.6吨)、土耳其(44.4吨)、瑞士(20.3吨)、印尼(20.2吨)。

电子工业的黄金用量呈上升趋势,到1986年,电子工业作用黄金为106.4吨。其中日本为52.1吨,美国为38.3吨,其它一般工业国家用量都在3吨以下。

牙用黄金用量,历年变化不大。80年代都徘徊在40吨/年左右。

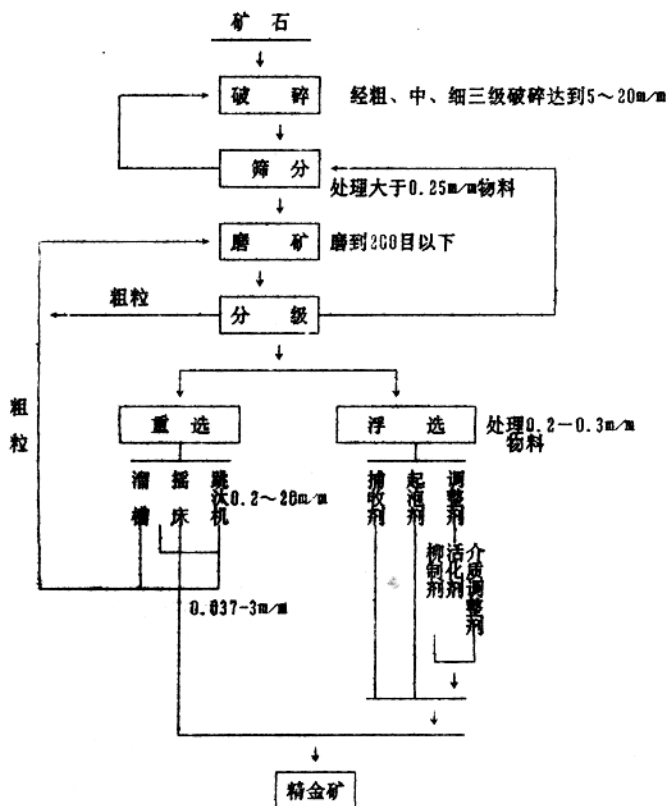
从地区来看,世界消耗黄金较多的地区是亚洲,它超过了500吨/年。消耗最少的是南美洲,每年只消耗数吨。用黄金最多的国家(以1987年统计数为例)要算美国(236.1吨/年)、意大利(221.8吨)、日本(175.6吨/年)和印度(159.9吨/年)。其它的国家每年消耗黄金数只有数十吨,甚至只有几吨。

第二部分 国内外黄金选冶技术新发展

一、传统选冶技术一覽

(一) 选矿

金矿的选矿传统技术，严格说来，它与其它许多金属矿(如锡、铜)没有大的区别，一般都采用这样的流程：



对于砂金矿的选矿，由于开采方法和矿石粒度与岩金矿不同，所以选矿作法有时也稍有不同。开采沙金有时把采矿和选矿作业联系在一起。如联合采金船，就是把挖采与选矿作业联系在一起考虑的。

(二) 冶炼

传统的黄金回收冶炼技术，有如下一些：

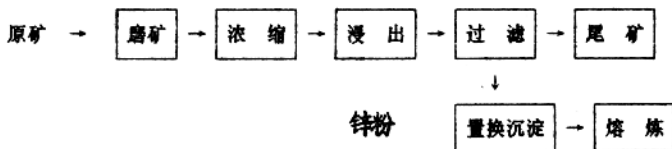
1. 汞混法

在经过磨细的矿浆中或在精金矿中直接加入汞液，使金粒与汞接触生成 AuHg 的液体汞膏，然后将汞膏清洗、压干、蒸馏($400^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$)，使汞挥发，把金分离出来。经蒸馏挥发出来的汞蒸气，通过冷凝又生成汞，将其回收重复使用。以上就是汞混法的基本原理。

汞混法有两种工艺，一种是内混汞法，即在磨矿过程中(在各种磨矿设备中)就加入汞，边磨边化合；另一种是在磨矿机排出的矿浆流经混汞板上时加入汞，使金粒与汞在板上混合。两种方面各有优缺点。前者回收率可达60~70%，但回收汞膏操作不便。后者在制备特殊的混汞板，处理过程及回收状况要受到板面积的限制。两者消耗汞的数量为3~8Kg/吨(矿石)。汞有毒，所以保持人身安全是本法应当特别注意的事。本法对酸性介质或含有石膏、滑石、表面附着碳质及油污的矿石，效果不好。本法处理的矿石粒度为0.42~3mm。

2. 氰化法——常规氰化法

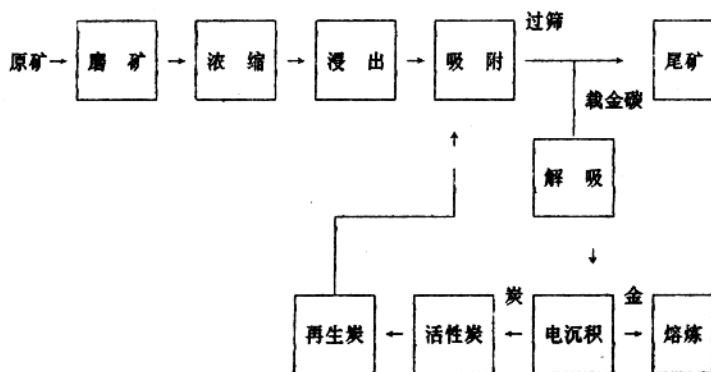
这种方法已经使用了近百年，但现在仍是被广泛采用的方法。因为它具有回收率高(90~95%)，对矿石适用性强，能就地产金等优点。本法通常是用低浓度(一般用0.02~0.06%)的氰化物(氰化钠 NaCN)的水溶液加入经过磨细精矿或矿石中，并充气，使金氰化溶解成金氰络合物。然后将其过滤、置换、沉淀，得到金泥。如其成分简单，可采用直接熔炼得到合金金。如成分复杂，可采用酸浸——熔炼法或酸浸——碱浸(含铅高)——熔炼法得到合质金。本法对粒细、分布均匀的金矿极为有效。其生产流程如下：



3、氰化法——碳浆法(CIP)

此法是在前述常规氰化法的基础上发展起来的,与常规氰化法所不同的是,除了对矿石进行氰化浸出之外,还要加入质量好、硬度大和严格分级的活性炭(20g/l),用活性炭的作用从氰化矿浆中吸附金,然后再从矿浆中回收载金碳,对载金碳再进行解吸(即把吸在碳上的金与碳分开),最后用电积法从含金的解吸液中回收金。

用此方法处理含细泥、粘土高,浓度大,固液难于分离以及细粒嵌布的金矿石,极为适合。而且工艺简单(省去了锌粉置换工艺),投资小,成本低,已受国内外大量应用。不过它的缺点是所有矿浆都需通过28目的筛子,而且氰化物用量多、生产系统内滞留金较多。其生产流程如下:



这种方法中的解吸工艺,有四种可行的方法,a、扎拉德法。置载金炭在10%的NaCN及1%的NaOH溶液中,用88°~93℃的解吸柱,24~48小时,就可解吸;b、酒精法。把载金炭放在20个体积的酒精内,加1%的NaOH,用82℃的解吸柱,5~6小时就可解吸;c、加压解吸法。在3.5Kg/cm²压力和160℃的温度下,用0.1%的NaCN和1%的NaOH,只2~6小时就可解吸;d、英美公司解吸法。在93℃条件下,用一个体积含10%的NaOH予处理2~6小时,然后用5~7个体积去离子热水洗涤9~20小时即可解吸。

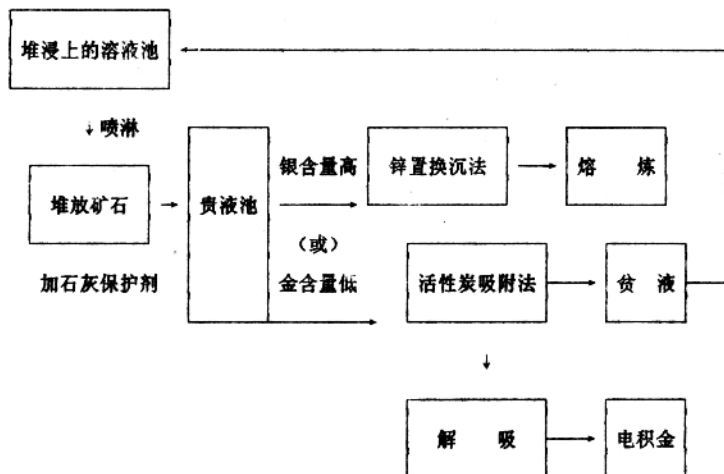
4、氰化法——炭浸法(CIL)

炭浸法与炭浆法基本相同,所不同者是,炭浆法是先氰化浸出后活性炭吸附,而炭浸法则是边氰化浸出、活性炭就边吸附。本法的优点是减少了吸附浸出槽,减

少了投资(20—80%)。它适合于氰化溶解快的矿石。它的缺点上炭磨损大。

5、氰化法——堆浸法

本法是用较稀的NaCN(0.1~2Kg/吨)溶液, (PH=10~11), 喷淋(1.4~3.4ml/s.m²)堆积在不渗透地面上的低品位矿石上, 使氰化后的贵液沿地面流至预先设置的贵液池内, 再使用锌粉置换法或活性炭吸附——电积法, 从贵液中回收金。回收金后的贫液, 再用以喷淋矿堆。其流程如下:



这个方法是美国1971年试验成功并推广的, 它的优点是投资小, 生产规模可大可小, 投产快成本低, 操作简单, 而且可处理低品位矿石。当然, 它最适合处理细粒金, 围岩孔多、不含耗氧物质或高酸成分的矿石。至于矿堆, 既可以是原矿堆, 也可以是破碎后的矿堆, 还有制粒矿堆共三种形式, 形式不同, 浸出的周期长短就不同了。

所有以上氰化法, 都存在要对氰化污水的处理, 处理的方法有自然降解法, 碱氰化法, 过氧化氢法, SO₂/空气法等。

二、黄金选冶技术新进展

国内外黄金选冶技术, 几乎都朝着攻克难选难回收的方向发展, 即如何从贫矿、

细粒、含杂质较多的矿石中回收金。围绕这些问题开展研究，创造新的工艺、设备、方法，使用新的药剂，并且不致使环境造成污染。现将收集到的有关对老工艺的改造、完善和创造的新技术、新成果分述于后：

（一）对矿石的预选

为了防止一些废石进入矿石而降低品位、增加回收金的难度，人们早就重视了磨矿前的预选，挑出废石。但过去，人们多半都是采用手选。如今，为了减轻劳动量，提高工作效率，国外已研制出辐射拣选机、光度分选机、激光拣选机，以代替人工劳动。

（二）重视黄金矿物学的研究

事实证明，一切成功有效的工艺，都是在研究了矿物本身的性质并施以合理方法才达到的。不甚了解矿物内部的物质成分结构、不系统评价矿石的可处理性，是无法稳定生产操作，评价工艺流程的，更无法排除生产中的障碍，提高回收率。因此，对黄金矿物学的研究，是黄金工业和生产的基础研究。例如，通过研究，知道了某些矿物难选的原因，有的是金粒被其它矿物包裹住了（如红土矿中氧化铁裹包金），有的是金化合物很难溶解（如 AuSb_2 、 Au_2Bi ），有的是矿物中的物质成分会干扰金的氧化（如硫质矿会产生再吸附，黄铜矿、磁黄铁矿、砷化物会干扰氧化）。因此，人们普遍加强了金矿物学的研究，并针对提出和反复试验各种新的选冶方法。

（三）磨矿选矿方面

1、磨矿

1-1 国外越来越多的采用磨式破碎机，圆锥破碎机、筛分机组成的两段磨矿或三段磨矿的流程；

1-2 自磨、半自磨的工艺发展也很迅速；

1-3 塔式磨矿机已在金矿得到应用，它的优点是投资小，效率高、噪音低；

1-4 干式磨矿、细磨、超细磨已引起人们的普遍注意。超细磨是提高焙矿、

难选矿石回收率的重要途径；

1-5 对破碎过程实行自动控制；

1-6 磨矿过程中对粗粒金提取的DSVSV赖克特圆锥形和LGI螺旋选矿机以及No. 6型载斯特——奈森科振动台，已由澳大利亚制造并在芬兰、瑞典五个矿使用，它们是积木式的安装在磨矿机的机架上，可获得500~5000克/吨的粗粒精金矿；

1-7 苏联广泛使用了短锥形水力旋流器(离心选矿机),作为跳汰机辅助设备和选别一级回路的产品,也可用在二、三段磨矿回路和混合精矿再磨回路中,以及用来处理浮选的中间产品,都可以大大提高回收率,降低金的损失。

2、选矿富集

这方面的内容很多,包括选矿方法、选矿设备和选矿药剂各方面的新发展

(1) 选矿富集方法和配套设备

(1)-1 重选

重选广泛用来选别砂金及浮选前、浸出前回收单体解离的粗金粒。这几年来,国外研制了不少高效先进的设备。它们是:约翰逊圆筒选矿机、格条皮带选矿机、赖克特圆锥选矿机、短锥形水力旋流器、双层扇形溜槽,尼尔逊水力选矿机、快速淘金盘、连续淘金盘、带沟槽淘金盘……等。

(1)-2 浮选

近几年在浮选工艺方面比较大的进展。主要有以下几个方面,(1)推广分支浮选工艺。我国80年代也已经开始使用;(2)阶段浮选工艺得到应用。这是在金矿石逐渐向贫、细方向发展后出现的新工艺;(3)铅基金矿碳酸转化浮选新工艺。它可使金、银、铅的总回收率达到96%以上,而且没有三废。目前已在我国中原黄金冶炼厂扩建中使用这一工艺。它是中国科学院的科研成果。

浮选设备普遍朝着大型化方向发展,新出现的大型充气搅拌浮选机、大型泡沫分选机(适用于2~3mm粗粒金矿和浓度大的中间选别)……就是代表。

(2) 浮选药剂

选矿药剂主要是针对对含砷、锑的矿石、精金矿氰渣、尾矿、难选别矿石、非氰化矿石……等需要开展研究的。在三种药剂(起泡、捕收、调节)中,又多在捕收剂和混合用药方面下功夫。

(2)-1 丙晴。是贵金属的高效捕收剂,把它与黄药一起使用效率更高,如用它来处理泥质矿可以提高回收率;

(2)-2 小海藻。能捕收胶状和分散状细粒金属;

(2)-3 P-60金根捕收剂。它以非离子形式与金银作用,有特殊的亲合性,还有起泡性,与有关药剂混合使用更理想,对硫化矿、氧化矿都能适用。这是北京矿冶研究总院研究成功的;

(2)-4 2-巯基苯胍噻唑与仲丁基黄药(或戊基钾黄药)混合使用, 可以提高回收率;

(2)-5 十二烷基硫醇作为添加剂加入到异丙基铅黄药中。可提高回收率2~4%;

(2)-6 丁基黄药与丁基黑药混合。可提高回收率4%;

(2)-7 黄药、有机硅粉、甲醛复合捕收剂。用于硫化——氧化矿时, 可提高2~4%的回收率;

(2)-8 用异烟酸, 异戊醚作捕收剂回收高成色金, 自然铜和黄铜矿;

(2)-9 用不同浮选药剂使用在不同阶段, 将混合浮选改为分支浮选, 在不同阶段回收不同的金属。例如江西德兴铜矿, 矿石中含铜、银、金等多种元素。在一段浮选中加入对黄铁矿捕收性弱的多异丙苯焦油, 在弱碱矿浆中回收大部分铜、钼、金、银; 第二段再添加石灰和丁基铵黑药再选铜。结果由于粗精矿中只夹少量黄铁矿, 再磨时可不脱水, 分离时矿浆PH值对伴生金银没有抑制作用, 使金回收率提高10%, 银回收率提高更大, 其它铜钼硫的回收率都有提高, 效果好。这是一个, 用不同药剂分段浮选的实例。

(四) 予处理技术

予处理是针对有些矿石不适于直接氧化(因为浸出率低或氰化物消耗大), 为了排除妨碍金回收度低的种种不利因素和障碍, 要对这些难处理矿石进行予处理, 予处理的方法很多, 有物理的方法, 有化学的方法, 还有生物的方法……这些都根据矿石的具体条件(成分、结构)而采用的。这些年来, 予处理的方法, 收集到的有如下一些:

1、焙烧

这是普遍采用的予脱硫、砷的技术。它又有这样一些作法

1-1 将矿石、粘土(或石灰)水(或氰化浸出液)均匀混合焙烧法。此法是为了解决堆浸中由于粘土、细粒粉矿偏析引起矿堆表面渗透性差的问题而采用的予处理方法;

1-2 将含砷、硫金精矿先焙烧, 以脱去一些砷、硫, 然后再将焙砂氧化。如我国平江金矿就采用焙烧——酸浸铁——水氧化浸金工艺, 金浸出率达97%;

1-3 苏联用“真空炉加热除砷”或“氧化——硫化焙烧——制团”工艺, 都是把硫砷挥发成无毒的金属砷和硫化砷的混合物, 是综合利用多金属矿的两种方法;

1-4 对难处理矿石的三种焙烧。即氧化焙烧、氯化焙烧、硫酸化焙烧。氧化焙烧包括用空气焙烧硫化精矿，产生多孔的焙砂、硫酸和 As_2O_3 作为副产品回收。流态化焙烧炉也属氧化焙烧，它有两段，第一段产生磁铁矿，把砷全部去掉，第二段产生赤铁矿。经过氧化焙烧的焙矿，金银回收率不十分高。如再用氯化法焙烧，以 $CaCl_2$ 作氯化剂则金银提取率可分别达到95%和93%，这种焙烧技术比较复杂，投资大。硫酸化挥发是包括在气态硫气氛中加热，含砷黄铁矿的精矿的砷挥发并作为硫化物被回收，砷可以有效地除去，但金回收率并不高。

目前焙烧法中的一个问题是是否需要洗涤烟气中的 SO_2 ，并把它洗净制成硫酸，如果需要这样作，问题就复杂得多了。反之焙烧氧化法就简单得多了。

2、常压氧化酸浸

2-1 催化氧化酸浸——氯化法

用它处理高砷高硫金精矿，可完全氧化毒砂和黄铁矿，金的氯化率可达97~99%。它的基本特点是在酸性介质中引入少量硝酸作氧载体，作氧化剂，从而降低反应温度，并加入微量木质磺酸钠以消除中间产品 S^0 的不良影响。此法已在黑龙江团结金矿采用，效果很好，比加压氧化酸浸法优越，压力由22个大气压降到4个大气压，温度由160℃降到100℃以下，浸出反应仅需15分钟。这是中科院的科研成果。

2-2 碳酸钠转化法

用本法处理含铅金矿，可使硫化铅(PbS)转化成碳酸铅和元素硫，接着用硅氟酸溶出碳酸铅。在渣中用常规氯化法回收金、银。金回收率可达98%，铅回收也可达98%。

2-3 阿辛诺(公司)低压氧化浸出法

它是在低温(100℃)、低压(7个大气压)进行的(仅15分钟)，本法对各种矿物(如黄铁矿、白铁矿、砷黄铁矿等含金矿石)含硫量从1%~50%的范围，都有良好的效果，金回收率达95%以上。它把矿石(精矿)中的硫氧化成硫酸盐，然后沉淀为硫酸钙。把砷氧化成砷酸盐，然后用铁沉淀为砷酸铁。本法的技术关键是用硝酸盐催化过程，在100℃和氧压7个大气压下进行，而且99%的硝酸盐试剂可循环使用。从反应器排出的矿浆，是一些合金的固体残渣和含可溶的铁、硫、砷的溶液。在处理矿石时可用石灰和石灰石中和，然后用常规方法回收金(如炭浆法)；在处理精矿时，要对反应后的矿浆进行固液分离，然后从10%~20%的渣中回收金。用石灰中