

从砂矿中回收有用矿物的工艺流程现状

张 岳

(桂林理工大学南宁分校,广西 南宁 530001)

摘要:通过对海滨砂矿和砂金矿的选矿工艺流程实例分析,提出采用重选、磁选及电选联合的方法处理砂矿的典型流程,可为其它砂矿的粗选工艺流程和精矿再选工艺流程所借鉴,能综合回收有用矿物,实现资源的综合利用,同时能使产品的品位及回收率的生产指标得到较大提高。

关键词:砂矿;综合回收;工艺流程;有用矿物

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2014.04.005

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2014)04-0020-05

1 冲积砂矿的类型

内生或外生的矿床在出露地表后,经过自然界的风化碎解,形成为砂、砾及泥质物。它们在水流的搬运下离开原产地,沿河谷、滩地沉积下来即成为冲积砂矿。原生矿床中化学性能稳定的、密度大的矿物,在搬运过程中受到淘洗,因而更为集中。常含有自然金、铂和锡石、磁铁矿、钛铁矿、铬铁矿、金红石、锆英石、独居石、铌钽铁矿、褐钇铌矿以及金刚石等矿物。它们的含量在不同的矿床中差别很大。脉石矿物以耐风化的石英为主,并常含有石榴石、电气石、重晶石、角闪石、云母等。按矿床的形成环境,冲积砂矿可分为河成冲积砂矿床和海成砂矿床。

1.1 河成冲积砂矿床

冲积砂矿床是原生矿石被水流搬运到河的中下游,因水流速度变缓沉积而成。密度大的矿物分布在粗砂层或砾石层中,并在它们的底部形成富集带。这类矿床经历的自然淘洗过程还不很强烈,矿石中尚夹杂有较多砾石和粘土,并且分布不均匀。我国黑龙江、吉林、内蒙古、山东、湖南、四川等省区的砂金矿床,云南、广东、广西等省区的砂锡矿床、砂钨矿床、褐钇铌矿床、稀土(独居石)矿床等均属此类,具有相当大的工业价值。

1.2 海成砂矿床

海滨砂矿床是指在海滨地带由河流、波浪、潮汐和海流作用,使重矿物碎屑聚集而形成的次生富集

矿床;它既包括现处在海滨地带的砂矿,也包括在地质时期形成于海滨后因海面上升,或海岸下降而处在海面以下的砂矿。此类矿床也包括湖滨砂矿床。这类矿床是由靠近岸边的原生矿床,或由河流带下的碎屑经潮汐作用富集而成。产出的矿物颗粒圆度较大,且含泥质物很少。但砂层下面则存在砾石堆积,位于海岸线以上的海成砂矿还常有泥土混杂。海滨砂矿是获得钛、锆、铌、钽以及稀土元素的重要来源。世界上大部分锆英石是产自海滨砂矿。我国的海成砂矿资源主要赋存在海南岛东海岸、广西北部湾以及广东省东海岸,另外在山东半岛、渤海湾也有少量贫矿分布。

2 海滨砂矿选矿

海滨砂矿的特点是细粒级含量极少。某海滨砂矿主要金属矿物有锆英石、金红石、独居石、钛铁矿、磁铁矿和褐铁矿,而脉石矿物以石英、长石和云母为主,这些海滨砂矿经在海滨建成的重选粗选厂得出粗精矿。然后在海滨或陆地集中精选,而电选则是从其中得出合格钛精矿、锆英石和独居石等的主要选别手段。

2.1 海滨砂矿生产工艺

该砂矿最突出的特点是有用矿物都已单体解离,因此不需要破碎和磨矿等大量的作业,一般采用水枪-砂泵、电铲-推土机、轮式铲斗进行开采,再结合选矿设备进行选别富集,或单独用配有选矿设备

的采砂船开采。采出后的砂矿先经筛分除去不含矿的砾石,对含泥多的矿石再加以脱泥,然后即可送去选别。砂矿中的重矿物含量一般不高,故首先应采用处理量大的选矿设备粗选,常用者用大型跳汰机、圆锥选矿机、粗粒溜槽等。有些选矿设备要随采场的推移而搬迁。

某海滨砂矿主要金属矿物有锆英石、金红石、独居石、钛铁矿、磁铁矿和褐铁矿,而脉石矿物以石英、长石和云母为主。该矿采用重选-磁选-电选精选流程。经过粗选得到的重砂精矿要送到精选车间或中央精选厂处理,精选厂中装备有重、磁、浮以及电选设备,可将各种有用矿物分别选出,得到单一矿物的精矿。

2.2 海滨砂矿粗精矿的精选

海滨砂矿重选粗精矿中主要回收矿物为钛铁矿、独居石、金红石和锆英石等。钛铁矿磁性最强,独居石次之,金红石和锆英石都是非磁性矿物,而金红石的比导电度比锆英石高得多。因此,处理这种矿石时,一般可采用磁选-电选联合流程。

在重选粗精矿中,弱磁性矿物较多,如钛铁矿、赤铁矿、石榴子石、角闪石、绿帘石、锆英石和白钛矿等,用强磁场磁选机将它们分离出来。磁选尾矿中主要含非导电矿物的锆英石和导电矿物的金红石、锐钛矿,通过电选可以达到将它们分离的目的,并得到合格的精矿。由于金红石和锐钛矿污染程度较大,同时还含有较多的锆英石包裹体和其他矿物,难以选出合格产品,故作为尾矿丢掉。

所用磁选设备主要为干式单盘和双盘强磁选机,其回收率为96%~98%,电选作业分两次精选,回收率在94%以上。最终精矿锆英石品位(含 ZrO_2)达60%以上。

3 砂金矿选矿

砂金矿是含金地质体,经风化剥蚀通过流水的搬运等作用,最后在有利于富集的地段形成矿床,需要用多种选矿方法及联合流程才能使目的矿物有效地分离。砂金矿选矿工艺流程已从单一溜槽选矿发展为由溜槽选矿、跳汰选矿、摇床选矿以及离心选矿等多种重选选矿方法组合的选矿工艺流程,使选矿工艺流程趋于完善合理。就选矿工艺流程而言,尽管流程内部结构因所处理的物料特征不同而异,但按主选设备(即粗选作业)的不同可分为六类。即以固定溜槽为主选设备;胶带可动溜槽为主选设备;仿荷兰圆形跳汰机为主选设备;淘洗盘为主选设备;

圆形跳汰机加固定溜槽为主选设备;胶带溜槽加固定溜槽为主选设备的选矿工艺流程;而前三种工艺流程应用比较普遍。

3.1 固定溜槽为主选设备的选矿工艺流程

3.1.1 单一固定溜槽流程

单一固定溜槽流程由与圆筒筛垂直的固定溜槽(横向溜槽)粗选,平行于圆筒筛的固定溜槽(纵向溜槽)扫选组成,溜槽精矿由人工清流和人工淘洗,该工艺流程简单,适用于砂金粒度较粗的砂金矿选矿,但选金回收率不高,一般为58%~75%,回收率高低同给矿量、矿浆浓度的变化、溜槽的负荷率及入选物料中细粒金的含量有关。提高清流次数是提高选金回收率的途径,但劳动强度大。

3.1.2 双层固定溜槽加单层固定溜槽粗选,鼓动溜槽精选的选矿工艺流程

该工艺流程用双层固定溜槽代替单层固定溜槽被设置在圆筒筛前部,鼓动溜槽间断精选、纵向固定溜槽扫选,工艺流程见图1。

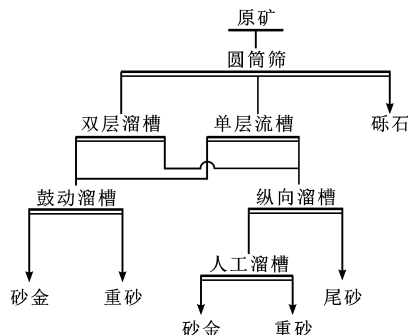


图1 溜槽选矿工艺流程

Fig. 1 Chute mineral processing flowsheet

该工艺流程是单一固定溜槽选矿工艺的改进。降低固定溜槽的单位负荷,以解决在单位负荷过大时,大的溜槽表面流所引起大的脉动速度而使溜槽选金回收粒度下限提高;而表面流速度小时,造成物料在槽面上堆料失去分选作用这一对矛盾。改进的实践基础是在圆筒筛纵向上各溜槽矿砂、砂金分布不均,前部溜槽组矿砂量大,砂金分布率高,用鼓动溜槽间断精选可以增加固定溜槽的清流次数,有利于提高固定溜槽的选金回收率。用鼓动溜槽对双层、单层固定溜槽精矿精选,工人劳动强度小。经100HN、100HP两种船型号采金船的实践,该工艺流程是成功的。

3.1.3 固定溜槽加跳汰机的选矿工艺流程

在重视了固定溜槽清流次数对其选金回收率的影响,以及固定溜槽选金回收率低、操作人员劳动强度大

等问题后,70年代,无论是设计单位还是生产矿山对以固定溜槽主选设备的选矿工艺流程在机械化清流和对固定溜槽尾矿的扫选方面都做了一定的尝试。

某250L采金船的生产实践中采用尤巴跳汰机,选矿工艺流程见图2。该设备构造简单,易于操作,给矿粒度范围宽(-16mm),作业线长,适应性强,用摇床精选可以降低精矿的下船量,所以该流程是比较成功的,其总选金回收率可达78.9%~84.5%。如果该工艺流程在跳汰机扫选作业前设置脱水装置以适应跳汰机作业的分选条件,那么该工艺流程就更趋于完善。

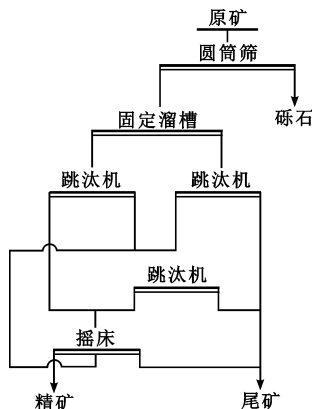


图2 某250L采金船选矿工艺流程

Fig.2 Flowsheet of ore dressing on a 250 liter gold dredger

3.2 胶带溜槽为主选设备的选矿工艺流程

该选矿工艺流程应用于采金船上始于80年代初,1985年后推广应用。用胶带溜槽选分砂金矿主要是基于固定溜槽因清流不及时而引起的板结导致选金回收率低,以及随着固定溜槽清流次数增加,选金回收率提高的道理而出现的,主要目的是取代固定溜槽。该工艺流程的特点是:与固定溜槽为主选设备的工艺流程相比效率高、操作人员的劳动强度小、选金回收率高。

该工艺流程在生产中存在的问题。

(1)流程结构上的问题。一次精选前无脱水作业,使得一次精选分选指标过低。而且因一次精选作业之尾矿返回胶带溜槽,致使粗选作业矿浆分配不均,对粗选作业的效果有影响。因胶带溜槽的精矿中含有大颗粒的轻矿物,在砂泵提升前无筛分作业,造成砂泵磨损严重。胶带溜槽长度不应小于5000mm。

(2)给矿方向不合理。在配置上,胶带溜槽的

给矿槽在胶带溜槽前端,矿浆的给入方向与胶带溜槽的胶带运动方向相反。因胶带面受矿浆流的冲击,使得已经过分选沉积于格条内的金粒,特别是细粒金又被矿浆流冲起再次进入分选段,使细粒金损失的机率增大,造成回收率下降。现矿山解决该问题有多种方法,其中较成功的是给矿槽底上钻脱水孔。沿给矿槽矿浆方向上孔径由小逐渐加大。此种方法不仅避免了矿浆流过大造成对带面的冲击,同时,经孔流入胶带面的水对胶带面上的沉积层有进一步冲洗分选的作用。

目前典型的工艺流程见图3,在某采金船应用获得了较好的经济效果,但值得注意的是胶带溜槽精矿冲洗水量应严格控制。

3.3 跳汰机为主选设备的选矿工艺流程

主选设备跳汰机有三种:圆形跳汰机、矩形跳汰机、尤巴跳汰机。目前以跳汰机为主选设备的选矿工艺流程其主选均为仿荷兰圆形跳汰机,应用较多的工艺见图4。

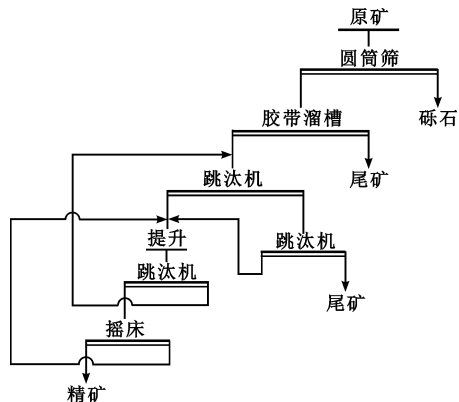


图3 某采金船选矿工艺流程

Fig.3 Flowsheet of ore dressing on a gold dredger

该工艺流程中具有先进的选矿设备-圆形跳汰机和矩形跳汰机,它们对细粒金回收效果好(选金回收粒度下限为0.052mm),另外此类工艺流程的设备配置紧凑,合理地利用了采金船的空间和面积,仅一次提升后,均可利用自然高差实现自流给矿与返回,从而简化了选矿的工艺过程。主要存在的问题:进入各跳汰机的矿量,浓度差别很大,这是该工艺流程普遍存在的问题;当砂矿中重砂矿物含量超过500g/m²时,易产生恶性循环;缺少必要脱水环节或有脱水装置但效果较差。此工艺流程虽然还有不完善之处,但仍然值得推广。

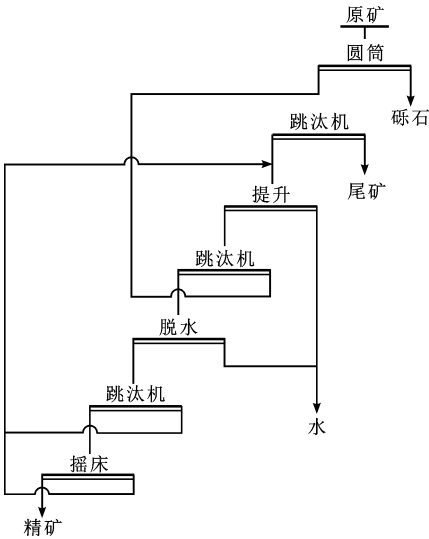


图 4 跳汰机为主选设备的选矿工艺流程

Fig.4 Mineral processing flowsheet using jigger as the main equipment

3.4 重砂精选

某砂金矿 300 采金船 1987 年建成投产,选矿工艺流程为以圆形跳汰机为主选设备的三段跳汰机加一段摇床:精矿与中矿下船(泵运输),经简易移动精选厂分选后获得产品砂金,尾矿送矿部精选厂再

选。其主要矿物储量及品位见表 1,重砂矿物的粒度特征见表 2,重砂分离工艺见图 5。仅 1989 年 8 月至 1990 年 5 月 30 日 9 个月的运转,生产钛铁矿 120t,独居石精矿 10t,磁铁矿、钛铁矿和石榴子石为废弃尾矿,含金尾矿用渗滤氰化法产金 135g。

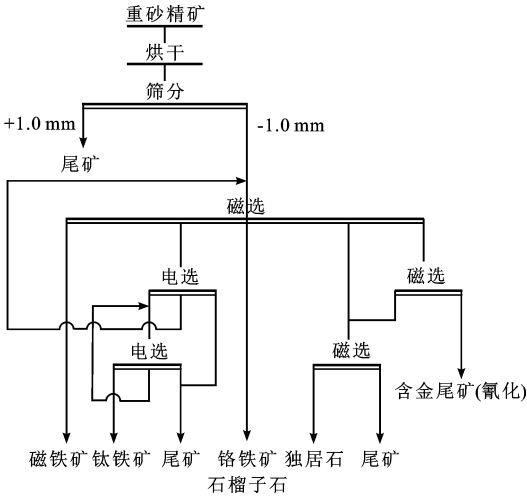


图 5 某砂金矿含金重砂分离流程

Fig.5 Separation flowsheet of a gold placer containing cascajo

表 1 有用矿物储量与品位

Table 1 Reserves and grade of valuable minerals

砂矿储量 万 m ²	锆英石		独居石		金红石		钛铁矿	
	储量/t	品位/(g·m ⁻³)	储量/t	品位/(g·m ⁻³)	储量/t	品位/(g·m ⁻³)	储量/t	品位/(g·m ⁻³)
2175.4	582	26.75	1376	63.29	87	3.99	42567	19568

表 2 重砂矿物粒度组成

Table 2 Particle size composition of heavy minerals

粒度级别/mm	自然金/%	独居石/%	锆英石/%	钛铁矿/%	金红石/%	石榴子石/%
+0.422	7.50	0.5	0.5	6	95.81	33.2
-0.422+0.272	20.84	4.0	12.5	24	2.79	42.0
-0.272+0.196	31.25	26.0	34.0	40	1.40	17.1
-0.196+0.152	25.00	41.0	27.0	20		5.3
-0.152+0.121	2.08	10.0	4.2	3		0.4
-0.121+0.101	10.4	16.0	13.3	5		1.5
-0.101+0.088	2.08	2.0	2.7	1		0.3
-0.088	0.83	1.5	1.8	1		0.2

4 砂矿选矿存在的问题

- (1) 普遍存在分矿不均的现象,工艺流程内部缺少必要的脱泥、脱水作业。
- (2) 在工艺流程结构的设置上不尽合理,某些作业回收率较低,造成回收率不高,有些选矿工艺流

- 程因重砂矿物含量过高而产生恶性循环。
- (3) 对微细粒有用矿物回收效果较差。在砂矿的回收方面仍无一种较完善的工艺流程。
- 5 砂矿选矿工艺流程的发展趋势
- (1) 强化砂矿的碎散,做好选前的准备工作。

砂矿中有用矿物与其它矿物的单体分离是砂矿选矿的必要条件。目前用圆筒筛对那些含泥量为中等的砂矿进行洗矿、碎散、筛分是适应的,而对含泥量高的难洗砂矿效果不理想。应当研究和推广使用新型的擦洗筒筛。

(2) 工艺流程向多样化发展。依据砂矿的特征来确定选矿工艺流程是制定工艺流程所遵循的一条基本规律。尽管以圆形跳汰机为主选设备的工艺流程在生产实践中获得了较好的效果,但并非都适应各种特征的砂矿选矿。随着新的选矿设备的不断涌现和各地区砂矿特征差异,选矿工艺流程向多样化发展。

(3) 实行多道筛分、分级入选。就是将砂矿按特性分成若干组分,分别用适应该组分砂矿分选的选矿设备进行分选。以便做到能收早收、能弃早弃。

(4) 增加扫选作业。砂矿经粗选后,粗选尾矿几乎均废弃,而粗选作业的好坏决定了整个工艺流

程的回收效果。粗选作业的尾矿是砂矿选矿中有用矿物损失的主要部位,对粗选作业的尾矿进行适当的筛分和有效地脱水,用离心选矿设备加以回收,实践证明是行之有效的。

(5) 在各作业之间设置必要的脱泥、脱水作业,改善选矿的入选条件。

(6) 研制对细粒、片状有用矿物回收效果好的选矿设备。

参考文献:

- [1] 孙凯年,谢世俊. 中国黄金生产实用技术[M]. 北京:冶金工业出版社,1998.
- [2] 王常任. 磁电选矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1986.
- [2] 董永士. 从重砂中回收细粒金的实践[J]. 黄金,1992(10):51-53.
- [2] 吕良,王守敬,岳铁兵. 国外某铁砂矿综合回收技术研究[J]. 金属矿山,2012(1):74-76.

Discussion on the Process of Recovering Valuable Minerals from a Placer

Zhang Yue

(Guilin University of Technology, Vocational College of Technology, Nanning, Guangxi, China)

Abstract: Through the analysis of the process of mineral separation of cascajo and seabeach placers, a typical combined process of gravity concentration, magnetic separation and electric separation was applied to deal with the placer, which can be used for reference by other process of roughing and concentration. The comprehensive utilization of valuable minerals and resources is coming true. At the same time, the grade and recovery rate of the products was improved greatly.

Keywords: Placer; Comprehensive utilization; Process; Valuable mineral

(上接 15 页)

Review of the Commercial Types of Gold Deposits and their Beneficiation Methods at home

Hou Kai^{1,2,3}, Xie Xian^{1,2,3}, Tong Xiong^{1,2,3}, Cui Yiqi^{1,2},

Lv Haozi^{1,2,3}, Meng Qi^{1,2}, Lu Yalin^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Kunming, Yunnan, China;

2. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China;

3. Yunnan Province Engineering Research Center for Reutilization of Metal Tailings Resources, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: With continuous researching and developing by researchers in geological and mineral technologies, metallogenetic regularities and separation methods of different gold deposits were recognized gradually. To promote further development of gold enrichment and drive the separation technologies of refractory gold, the effects of industry types of the gold deposits on the separation of the gold were introduced in this paper.

Keywords: Commercial types; Quartz vein type; Fine disseminated type; Gold tailings; Cyanide leaching