

# 有色金属选矿技术经验交流会 资料选编

第 二 册

(锡的选矿资料部分)

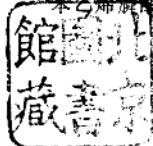
---

冶金部有色金属选矿科技情报网

一九七八年

# 目 录

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 我国锡选矿概况·····              | 云锡公司中心试验所 ( 1 )          |
| 锡选矿联合工艺的研究和运用·····        | 昆明冶金研究所 ( 16 )           |
| 采用重—磁—浮联合工艺提高选矿效率·····    | 云锡公司黄茅山采选厂 ( 24 )        |
|                           | 云锡公司中心试验所                |
| 砂锡矿磁—重联合选矿工艺的试验·····      | 云锡公司中心试验所 ( 31 )         |
| ·选冶结合、提高锡回收率              |                          |
| ——重选产富中矿进行熔化处理的生产实践·····  | 云锡公司选冶处 ( 39 )           |
| 锡矿泥重选工艺·····              | 云锡公司中心试验所 ( 45 )         |
| 锡矿泥重选生产实践·····            | 云锡公司新冠采选厂 ( 54 )         |
| 离心选矿机在新桂选厂的应用·····        | 广西平桂水岩坝矿生产科 ( 60 )       |
| 湿式强磁场离心转子平环双用机的研制·····    | 昆明冶金研究所 ( 64 )           |
| 差动型跳汰机研究·····             | 昆明冶金研究所 ( 75 )           |
| 管式连续排矿离心选矿机·····          | 昆明冶金研究所 ( 86 )           |
| 旋流筛工业试验·····              | 云锡公司中心试验所 ( 88 )         |
| 锡石浮选生产的改进·····            | 云锡公司黄茅山采选厂 ( 92 )        |
| 细粒锡石浮选工业试验情况·····         | 云锡公司卡房采选厂 ( 99 )         |
| 锡石浮选试生产情况介绍·····          | 广西大厂矿务局长坡浮锡投产试验组 ( 105 ) |
| 云锡大屯硫化矿选矿厂细泥锡石浮选试验简报····· | 冶金工业部矿冶研究所 ( 110 )       |
| 广西平桂矿新桂选厂含铁锡矿泥浮选试验报告····· | 冶金工业部矿冶研究所 ( 113 )       |
|                           | 广西平桂矿务局                  |
| 香花岭矿泥锡石浮选试验报告·····        | 冶金工业部矿冶研究所 ( 122 )       |
| 香花岭锡矿细泥锡石浮选工业试验简报·····    | 香 花 岭 锡 矿 ( 128 )        |
|                           | 冶金工业部矿冶研究所               |
| 苯乙烯腈酸浮选香花岭锡矿试验报告·····     | 冶金工业部矿冶研究所 ( 129 )       |



A-880140

腐殖酸钠对铁矿物抑制作用的研究

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| ——云锡某厂细泥的锡铁分离——      | 冶金工业部矿冶研究所 (133)   |
| 用烷基磺化琥珀酰胺盐作捕收剂浮选     |                    |
| 硫化矿中锡石的初步试验简报        | 昆明冶金研究所 (138)      |
| 云锡各矿区采用重介质旋流器隔除废石的研究 | 昆明冶金研究所 (140)      |
| 砂锡矿选厂原矿制备系统的均匀给矿     | 云锡公司设计室 熊宗荣 (144)  |
| 我司选矿金属平衡编制中的几个问题     | 云锡公司选冶处检验科 (149)   |
| 锡矿泥选矿的现状和改进的途径       | 冶金工业部矿冶研究所 (152)   |
| 采用立方抛物线断面螺旋溜槽回收细粒    |                    |
| 锡石试验报告               | 东坡有色金属矿选矿试验室 (158) |
| 锡矿泥浮选生产实践考查          | 广西大厂矿务局 (165)      |
| 用混合甲苯磺酸、苯乙烯磺酸浮选黄茅山   |                    |
| 锡矿泥初步试验结果            | 云锡公司中心试验所 (173)    |
| 国内外锡石浮选发展现状和几点看法     | 冶金工业部矿冶研究所 (183)   |

# 我国锡选矿概况

云锡公司中心试验所

解放二十八年以来,我国锡选矿生产在毛主席革命路线指引下,坚持“独立自主,自力更生”的方针,新建和改建成了数十个大、中、小型的机械化选矿厂;生产能力及锡金属量飞速增长。大量采用新设备,新工艺,新技术,新药剂,选矿技术水平不断提高,锡选矿回收率相对提高20%以上,回收粒度下限已达19微米,综合回收的产品近20种。目前锡选矿与全国各条战线一样,以阶级斗争为纲,坚持党的基本路线,进一步执行“鞍钢宪法”,开展“工业学大庆”的群众运动。朝着“以锡为主,综合利用”;以重选为主,重、浮、磁、电多种选矿方法联合;以选矿为主,生产多种产品,选冶联合的方向发展,为锡选矿技术超赶世界先进水平而努力。

## 一、概 述

我国锡矿资源丰富,是世界上锡储量最多的国家之一。脉锡矿的锡储量约占65%,以锡石—硫化矿及锡石—氧化脉矿为主,锡石—石英脉较少。从开采量而言,解放以来均以开采砂锡矿为主,其开

采量约占75%以上,砂锡矿中以残积砂锡矿为主,其次为冲积砂锡矿。

由于锡矿石的种类很多,性质各异,因而所采用的选矿工艺流程虽有其共性,但也有其不同的特点。迄今为止重选仍然是锡选矿的主要方法,有时需辅以浮、磁、电选才能有效选收或分离伴生矿物。就重选而言,生产实践证明:强化预选、洗矿脱泥;阶段磨矿,阶段选别;粗细分选、难易分选、贫富分选;这些行之有效的经验,是确定重选流程时必须共同遵守的原则。由于伴生组分及锡石嵌布粒度粗细的不同,各类矿石在工艺流程的具体安排上也各不相同。按矿石类型来分,有四种不同的流程示意图见图一。各种矿石选别指标见表1。

1. 冲积砂锡矿流程,矿石特点是:锡石粒度中等且均匀,已基本单体解离,90%以上为石英等轻比重脉石;伴生金属矿物多,大部分具有综合回收价值。流程特点是:选前隔废石、脱泥;不需碎矿、磨矿;分级重力粗选,多种方法精选。

2. 残坡积砂矿及锡石—氧化脉矿流程,矿石特点是:含泥量大,锡石粒度

---

注:本文根据中南矿冶学院,云南锡业公司,平桂矿务局,大厂矿务局,昆明冶金研究所,昆明工学院合编的《锡选矿》(1975年油印本征求意见稿)及有关单位生产,试验的资料写成。由杜体尧同志整理。

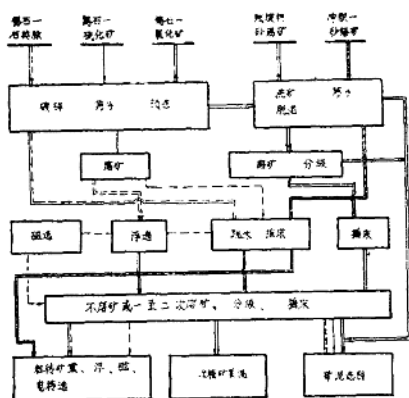


图1 锡矿选矿工艺流程

细，含铁高，锡铁结合微密；伴生金属多，呈难选矿物。流程特点：洗矿入磨，阶段磨矿，阶段选别，强化分级脱泥，次精矿集中复洗，矿泥单独处理。

3. 锡石—石英脉流程，矿石特点：锡石呈粗中粒级不均匀散布，脉石及围岩比重轻且矿化少；往往伴生有钨矿物，有时钨

高于锡。流程的特点是：分级预选，阶段磨选；加强跳汰，分级床选；重选粗选，多法种方精选。

4. 锡石—硫化矿流程 按伴生组分及锡石嵌布粒度的不同又分四种类型。

(1) 锡、铜、钨型：硫化物含量高，有用矿物粒度细，采用浮—重—浮流程。先浮选铜、硫，重选得锡粗精矿，再用浮选分离钨、铋。(2) 锡、铅、锌型：金属矿物多呈粗粒集合体嵌布，锡石粒度粗细不均匀，采用重—浮—重流程。先重选丢去尾矿，粗精矿及中矿分别浮选脱出硫化物后再重选得锡精矿(3) 锡石—毒砂型：矿物组分简单，硫化物多为毒砂，锡石粒度较粗且含量高，采用重—浮流程。先重选得粗精矿，浮选脱硫即得锡精矿。(4) 锡石—磁性矿物型：硫化物多为磁黄铁矿，另有大量磁铁矿，锡石嵌布粒度较细，采用浮—磁—重流程。先浮选除硫，再用磁选除去磁性矿物，最后用重选得精矿。

各类锡矿石的性质及选别指标

表 1

| 矿石类型<br>项 目 | 冲积砂锡矿             | 残坡积砂锡矿  | 锡石—氧化矿  | 锡石—硫化矿  | 锡石—石英脉            |
|-------------|-------------------|---------|---------|---------|-------------------|
| 矿物组分        | 较复杂               | 较简单     | 较简单     | 复 杂     | 较复杂               |
| 共生关系        | 简单                | 复杂      | 复杂      | 较复杂     | 较简单               |
| 锡石嵌布粒度      | 中 粒               | 细 粒     | 中、细粒    | 粗细不均匀   | 粗、中粒              |
| 单体解离情况      | 基本解离              | 解离粒度细   | 解离粒度较细  | 解离粒度粗或细 | 解离粒度粗             |
| 可选程度        | 粗选易选、<br>精选较难     | 难 选     | 较 难 选   | 较 难 选   | 粗选易选精选<br>较 难     |
| 选 矿 方 法     | 重选粗选重、<br>浮、磁、电精选 | 重 选     | 重 选     | 重、浮、磁结合 | 重选粗选重、<br>浮、磁、电精选 |
| 原矿品位 %      | 0.014~0.07        | 0.1~0.5 | 0.4~1.0 | 0.4~0.8 | 0.1~0.5           |
| 精矿品位 %      | >65               | 40~45   | 50~55   | 50~55   | >60               |
| 锡回收率 %      | 80~85             | 50~60   | 70~85   | 50~80   | 60~80             |

下面就将我国锡矿石选矿中具有特点的选前准备作业，具有先进水平的锡矿泥处理及近年来发展迅速的联合工艺三个方面综述如后。

## 二、锡矿石的选前准备

选前准备是锡选矿的重要工艺过程，强化洗矿、碎磨、预选、脱泥分级等作业，提高入选矿石品位和锡石解离度，增加入选金属量，减少磨不细或过粉碎的损失……，是锡选矿取得良好技术经济效果的必要前提。由于各类矿石性质不同，各种选前准备作业的重要性也不同，如冲积砂锡矿不需碎磨，而筛分去除卵石及脱泥是必不可少的作业；残坡积砂锡矿及锡石—氧化矿则以洗矿、分级脱泥作业最为重要，磨矿则与选别作业配合进行，构成阶段磨选流程；锡矿—石英脉及锡石—硫化矿则破碎、磨矿，预选是选前准备的重点作业。

### (一) 洗矿

洗矿对各类锡矿石来说都是不可缺少的，但其对各类矿石的重要性各不相同。残坡积砂锡矿及锡石—氧化矿的洗矿作业具有特殊重要的意义。

洗矿设备一般常用的有：洗矿筛、水力洗矿床（又称水枪—一条筛）、圆筒洗矿机及槽式洗矿机。对难洗矿石，往往用一种设备作业是不能完成洗矿任务的，常用多种设备配合使用进行多段洗矿。常用的洗矿流程有：

1. 洗矿筛的洗矿流程：常用于易洗矿石，一般用振动筛加高压水冲洗即可。如锡石—硫化矿及锡石—石英脉用于矿石预选前的洗矿。

2. 圆筒洗矿机的洗矿流程：原矿破

碎至75毫米后进入洗矿机。这种洗矿机除洗矿外还可将矿石筛分为三个产品，它适用于含矿块较多、中等难洗的矿石，如云锡公司大屯选厂锡石—氧化矿磨矿前的洗矿。

3. 水枪—一条筛及洗矿筛的洗矿流程：原矿水运至选厂经水枪—一条筛破碎泥团后，再进入洗矿筛冲洗。筛筛距25~50毫米，洗矿筛筛孔为2~3毫米。这类流程适用于残坡积砂锡矿难洗矿石的洗矿，云锡公司大多数残坡积砂锡矿选厂采用这种流程。

4. 水枪—一条筛—及槽式洗矿机的洗矿流程：因为槽式洗矿机具有揉搓擦洗作用，洗矿能力高于洗矿筛。对细小泥团的破碎能力强，洗矿粗产品中含泥少，细产品中细泥分散较好。该流程适用于含矿块较少的难洗矿石，如云锡公司黄茅山选厂采用这种流程。

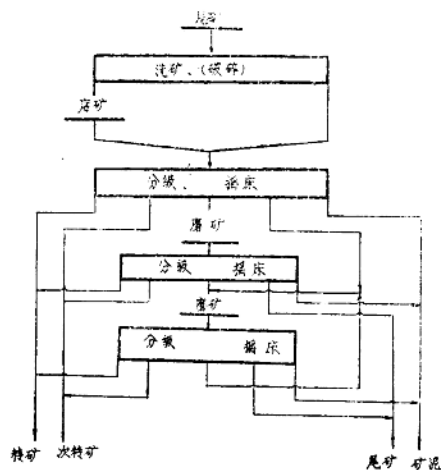
三、四种流程一般均用于水采水运选厂，长距离的运矿沟，对矿石起到了擦洗、碎散作用；矿石进入选厂前，经水枪—一条筛破碎泥团，去除废石后，筛下产品进入储矿池经过数小时的浸泡，这些均为洗矿作业创造了良好的条件，所以洗矿效果较好。

### (二) 碎磨

锡矿石的碎磨流程随矿石性质不同而各异。冲积砂锡矿不用破碎与磨矿，残坡积砂锡矿一般不用碎矿，锡石—氧化脉矿常用二段闭路流程，锡石—硫化矿及锡石—石英脉则采用三段—闭路的典型碎矿流程。

至于磨矿则常用阶段磨矿，阶段选别的扩展流程，其目的是既要做到锡石最大限度的单体解离，又要尽可能避免过粉碎，贯彻“能拿早拿”的原则。因此磨矿

与选别交错进行,这是锡选矿的一大特点。残坡积砂锡矿与锡石—氧化脉矿砂系统典型的阶段磨选流程如图二。



图二 阶段磨选流程

磨矿流程中的闭路磨矿问题,一般是磨矿粒度在1毫米以上采用筛子闭路或作检查筛分。磨矿粒度在0.5毫米以下,采用筛分方法是困难的,而用分级方法(机械分级或水力分级)则由于矿石按等落比分级,单体分离的锡石易进入沉砂而返回磨矿造成过粉碎,故生产中不要求细磨时一般不进行闭路磨矿,或采用与摇床选别形成大闭路的流程。

近年来细筛试验获得新的进展,在磨矿回路中进行工业试验取得良好效果的有:大厂巴里选厂用敲打细筛代替螺旋分级机进行闭路磨矿;云锡公司卡房选厂用旋流筛代替旋流器作复洗二段磨的检查筛分与闭路磨矿,使磨矿效率从20~30%提高到60以上。使用细筛存在的问题是磨损及堵塞,关键是筛条的制造质量。

### (三) 分级与脱泥

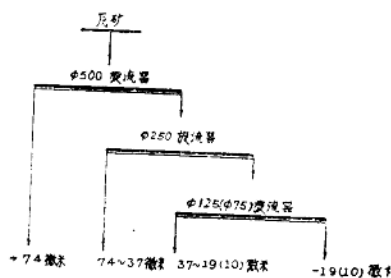
对重选来说,分级的重要性是众所周知的。而原矿经过洗矿后,进行合理的分

级与脱泥,可以经济地丢去占原矿50~60%的废弃矿泥。使入选物料的锡品位约提高1倍,这是残坡积砂锡矿的一大特点,一般锡石—氧化矿亦可丢去30~40%的废弃矿泥。

按照选别的要求,将矿石分成若干级,并尽可能减少废弃矿泥中锡的金属损失,关键是有良好的分级脱泥设备,并研究与而相适应的分级脱泥流程。锡选厂中常用的分级脱泥设备除机械分级机及水力分级机外,水力旋流器是在锡矿泥选矿中使用最成功的一种。

目前生产中使用的水力旋流器有径直750、610、500、400、300、250、125、75毫米等规格,而以云锡公司使用的具有系列化,见表2。

水力旋流器的分级脱泥流程比较典型的有两种:一是先分级后脱泥见图三,二是分级—脱泥—分级见图四。



图三 先分级后脱泥流程

两流程共同的是用直径500毫米旋流器按74微米先分级,小于74微米矿泥则根据给矿中含废弃矿泥量的多少及具体条件来选择先脱泥还是先分级。两流程各有优缺点。

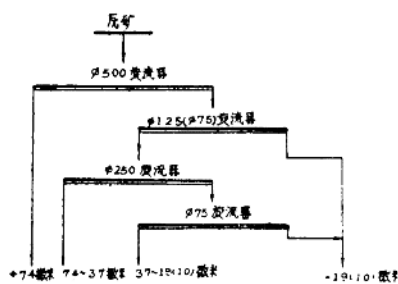
生产中使用水力旋流器的经验是:

- (1) 正确选择旋流器的有关参数及分级

水力旋流器的规格：参数、效率指标

表 2

| 分离粒度 (毫米)                 | 0.1       | 0.1       | 0.074     | 0.037   | 0.019   | 0.010   |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 旋流器直径 (毫米)                | 750       | 610       | 500       | 250     | 125     | 75      |
| 锥 角 (度)                   | 60        | 60        | 30        | 20      | 15      | 15      |
| 给 矿 口 径 (毫米)              | 240       | 200       | 100       | 50      | 24      | 13      |
| 沉 砂 口 径 (毫米)              | 150~200   | 80        | 30~50     | 20~30   | 10~14   | 6~8     |
| 溢 流 口 径 (毫米)              | 275       | 250       | 150       | 75      | 32      | 17      |
| 给矿压力(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 0.28~0.34 | 0.3~0.4   | 0.5~0.8   | 0.8~1.0 | 1.5~2.0 | 2.0~2.5 |
| 给 矿 粒 度 (毫米)              | -6        | -6        | -6        | -0.074  | -0.074  | -0.074  |
| 给 矿 浓 度 (%)               | 15~20     | ~10       | 10~15     | 8~10    | 5~10    | 5~8     |
| 给矿体积 (米 <sup>3</sup> /日)  | 7200~9600 | 4800~5300 | 2200~2500 | 600~700 | 250~300 | 70~90   |
| 分 级 效 率 (%)               | 65~70     | 70~80     | 80~85     | 70~80   | 80~85   | 70~80   |
| 使 用 厂 名                   | 坂 坛       | 平 桂       | 云 锡       | 云 锡     | 云 锡     | 云 锡     |



图四 合数—脱泥—分选流程

脱泥流程；(2)要稳定给矿压力及控制给矿浓度；(3)解决好耐磨问题(用辉绿岩衬里或衬胶)并定期更换易磨另件；(4)给矿应有隔除粗砂、木屑、草渣的措施；(5)搞好班间操作。

当前正在研究改进的问题是：使旋流器操作条件能自动控制，以提高分级脱泥效率，云锡公司新冠选厂旋流器压力自动控制装置效果很好。将有效脱泥粒度界限从19微米下降至10微米或更低，以减少脱泥溢流金属损失，增加入选金属量，是提高细粒锡石回收的有效措施；云锡公司新冠选厂用直径75毫米旋流器代替直径125

毫米旋流器，使脱泥溢流中的金属损失减少了3~5%，这说明降低脱泥粒度界限对含泥高的残坡积砂锡矿具有重要的意义。

#### (四) 预选

随着低品位矿石的开采及采矿过程的强化，进入选厂的原矿贫化率较高。因此，选前隔除废石，提高入选矿石品位，是经济合理的处理锡矿石的重要一环。

预选方法有多种，目前生产中使用比较成功的是大厂锡石—硫化矿采用重介质旋流器预选。原矿破碎至-20毫米后，20~3毫米粒级用直径430毫米旋流器进行重介质分选；加重剂采用本厂自产的硫磺铁矿精矿，在入选介质比重2.2~2.4，矿介比为1:5的条件下，能丢去作业产率50%（对原矿为40%）左右的低品位尾矿，锡、铅、锌金属回收率一般在93~96%之间。该厂生产实践证明，成功的应用重介质旋流器预选，必须首先是矿石性质适宜，其次是自产加重剂适用。

重介质旋流器在云锡公司黄茅山选厂

从原矿1.2~3毫米粒度分选锰结核，对选锡而言也是一种预选作业，采用直径300毫米旋流器，加重剂为本厂的难选中矿（铁品位45%以上，以褐铁矿，赤铁矿为主，比重4~4.1）。云锡公司新设计的锡石—网状氧化矿采用重介质旋流器及跳汰预选，丢出60~70%的废石，可使原矿锡品位从0.3~0.4%提高到0.8~1.0%，成为经济合理的处理该类矿石的关键。云锡公司大屯选厂锡石—氧化矿车间技术改造，采用重介质旋流器预选可以丢去30~40%的废石，以提高处理能力。

原矿预选，除重介质旋流器外，目前生产中还常用手选，以选出大块废石。手选的最大缺点是劳动生产率低，劳动强度大。但对含有大块废石的原矿，手选可以减少破碎量；对处理量不大或废石含量不多的选厂，手选仍是简易可行的方法。其它重介质预选设备如旋涡分选器，重介质振动槽等以及利用矿石中有用矿物与脉石颜色不同而分选的光电选矿机等设备亦正在积极试验中。

总之，锡矿石的预选对贯彻“贫富兼采”的技术政策，为降低工业开采品位，扩大地质储量，充分利用国家资源创造了条件。同时，对提高选厂处理能力，提高入选原矿品位，降低选矿费用起到了积极的效果。

### 三、锡矿泥的处理

在我国，难选锡矿石较多。大多数锡矿石锡石粒度细，原生矿泥或次生矿泥量多（见表3）。因此锡矿泥的处理就成为充分利用国家资源，提高锡选矿回收率的关键。

各类矿石锡矿泥（-74微米）含量表3

| 矿石类型   | 原生矿泥  |       | 原、次生矿泥合计 |       |
|--------|-------|-------|----------|-------|
|        | 产率    | 锡金属率  | 产率       | 锡金属率  |
| 残坡积砂锡矿 | 65~73 | 50~60 | 80~90    | 65~75 |
| 锡石—氧化矿 | 25~30 | 28~32 | 70~75    | 50~55 |
| 锡石—硫化矿 | 6~13  | 10~15 | 40~50    | 20~40 |
| 锡石—石英脉 | 15~20 | 8~10  | 30~40    | 15~20 |
| 冲积砂锡矿  | 20~30 | 8~10  | 20~30    | 8~10  |

锡矿泥的选矿经过二十多年的试验研究，无产阶级文化大革命以来，普遍推广应用于生产，把我国锡选矿技术提高到一个新的阶段，其主要标志是：重选新设备的研制及锡矿泥选矿工艺的发展。

#### （一）重选新设备的研制

重选生产实践证明，设备是组成工艺流程的基础，有什么样的设备就有相适应的流程结构。从某种意义上说，设备效率的高低，决定流程指标的高低，标志着重选的技术水平。所以研制新设备就成为提高矿泥选别技术的关键。

锡矿泥重选工艺由分级脱泥及选别两大部分组成。各种规格的水力旋流器在锡矿泥分级脱泥中的应用已如前述，下面仅介绍几种矿泥重选设备。

1. 离心选矿机 是我国自己研制的矿泥重选新设备，为将离心力应用于选矿开创了新途径。它主要用于粗选，具有处理量大，选矿效率高，回收粒度下限低的优点，目前在国外还没有看到这种类型的离心选矿设备。它在选矿指标上全面优越于五层自动溜槽，也比我国于五十年代末期研制成功的十六层翻床为高；与近年来在国外呼声最高的四十层振动翻床相比，技术指标不相上下，机械结构各有所长。

离心选矿机的技术性能如下：  
 技术规格：800×884×600 毫米（转鼓小头直径×大头直径×长度）；转鼓坡度粗选1°，精选5°；间断作业，给矿、冲矿、分矿用电磁铁控制或机械传动控制。

操作条件：给矿粒度74~10微米；  
 给矿体积（升/分—台）粗选900~100，精选70~80；

给矿浓度（%）粗选20~25；精选15~20；

转鼓转数（转/分）粗选400~500，精选300~400；

选矿周期3分30秒（给矿时间3分，辅助时期30秒）。

冲矿水压（公斤/平方公分）5~8。

与其它几种矿泥粗选设备的比较列于表4。

几种矿泥粗选别设备技术经济指标的比较

表4

| 名 称 规 格     |           | 单 位                | 离心选矿机             | 五层自动溜槽            | 十六层翻床             | 四十层翻床              |
|-------------|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|             |           |                    | 800×884<br>×600毫米 | 1800×1800<br>×5毫米 | 900×1800<br>×16毫米 | 1220×1525<br>×40毫米 |
| 处 理 量       |           | 吨/日—台              | 30                | 30                | 50                | 60                 |
| 占 地 面 积     |           | 米 <sup>2</sup>     | 2.3               | 6.6               | 6.7               | 4.5                |
| 单 位 占 地 面 积 |           | 吨/日—米 <sup>2</sup> | 13.0              | 4.5               | 7.5               | 13.3               |
| 耗 水 量       |           | 吨/日—吨矿             | 1.7               | 1.3               | 0.5               | 0.12               |
| 耗 电 量       |           | 瓦/日—吨矿             | 0.1               | 0.019             | 0.006             | 0.006              |
| 有效选别粒度      |           | 微 米                | 74~10             | 74~19             | 74~19             | 74~10              |
| 富 集 比       |           | 倍                  | 2.5~3.0           | 2~3               | 2~3               | 3.9                |
| 回 收 率       |           | %                  | 80~85             | 60~80             | 70~80             | 61                 |
| 粒 级 回 收 率   | 74~37(微米) | %                  | 80~85             | 65~85             | 70~85             | 89                 |
|             | 37~19(微米) | %                  | 85~90             | 60~80             | 65~80             | 79                 |
|             | 19~10(微米) | %                  | 75~80             | ~10               | 30~40             | 72                 |
|             | —10(微米)   | %                  | 35~40             | —                 | —                 | 21                 |
| 备 注         |           | —                  | 处理残坡积砂锡矿生产指标      |                   |                   | 半工业试验指标            |

离心选矿机还存在着控制机构复杂，富集比不高，要求技术操作条件较严等缺点。目前正在研究控制机构的改进，双转鼓或大直径离心机的试制，以及连续排矿离心机的研制，以进一步提高它的技术经济指标。

2. 皮带溜槽 是我国根据带式溜槽

改进发展而成，它是一种很好的矿泥精选设备。具有结构简单，运转可靠，操作方便，回收粒度细，选矿效率高等优点。由于它处理能力低，故局限于在精选作业中应用。

皮带溜槽的技术性能如下：

技术规格：带面长度3000毫米，宽

1000毫米,坡度 $13^{\circ}\sim 17^{\circ}$ ,带速1.8米/分。 ~30%。

操作条件: 处理能力(吨/日一台) 皮带溜槽处理残坡积砂锡矿矿泥生产  
粗选2~3, 精选1~1.5, 给矿浓度25 技术指标见表5、6。

皮带溜槽生产指标

表5

| 作业名称  | 给矿品位%   | 精矿品位% | 尾矿品位%   | 作业回收率% | 富集比(倍) |
|-------|---------|-------|---------|--------|--------|
| 第一次精选 | 1.5~2.5 | 8~12  | 0.5~0.6 | 75~80  | 5      |
| 第二次精选 | 8~12    | 40~50 | 1.5~2.0 | 80~85  | 4~5    |

皮带溜槽粒级回收率(%)

表6

| 粒级(微米) | 74~37 | 37~19 | 19~10 | -10   | 平均    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 作业名称   |       |       |       |       |       |
| 第一次精选  | 75~80 | 80~85 | 50~60 | 20~30 | 75~80 |
| 第二次精选  | 75~85 | 80~90 | 55~60 | 20~30 | 80~85 |

3. 刻槽矿泥摇床 摇床一直是回收中细粒级锡石的主要设备,随着床面床条的不断改进,采用漆面刻槽矿泥摇床可以有效回收74~37微米锡石,对37~19微米亦能部分回收。刻槽床面具有三角形断面

的槽沟,这种尖底槽沟在精选区又成锥形尖灭,所以在床面上横向水流平稳,涡流较弱,精选作用较强,捕收细粒锡石的能力优越于锯齿形及三角形床条的床面,试验对比结果列于表7。

不同床条型式处理锡矿泥指标比较(%)

表7

| 给矿粒级<br>(微米)     | 床条型式 | 给矿品位(%) | 精矿   |      | 尾矿产率50%时 |      |
|------------------|------|---------|------|------|----------|------|
|                  |      |         | 品位%  | 回收率% | 品位%      | 损失率  |
| 以<br>37~19<br>为主 | 锯齿型  | 0.78    | 56.4 | 16.0 | 0.19     | 12.2 |
|                  | 三角型  | 0.78    | 56.4 | 25.0 | 0.211    | 13.5 |
|                  | 刻槽型  | 0.78    | 56.4 | 27.0 | 0.094    | 6.0  |
| 以<br>74~37<br>为主 | 锯齿型  | 12      | 49.0 | 46.0 | 2.26     | 9.0  |
|                  | 三角型  | 12      | 49.0 | 57.0 | 1.90     | 7.5  |
|                  | 刻槽型  | 12      | 49.0 | 74.0 | 1.76     | 7.0  |

刻槽床面的传动方式有三种: 凸轮杆式床头, 弹簧床头、快速床头。前述试验是凸轮杆式床头, 在云锡公司使用较多; 弹簧床头在中南地区使用广泛; 快速

床头则仅在平桂精选厂中有少量使用。

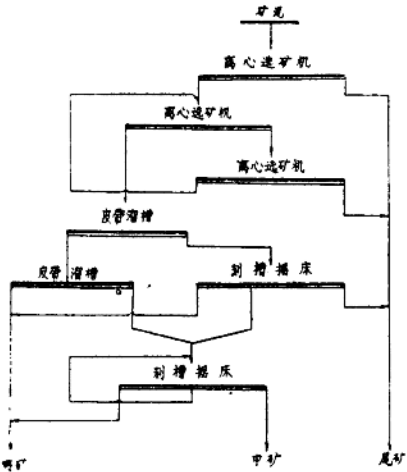
## (二) 锡矿泥重选流程

前述几种矿泥重选设备各有优缺点, 各有其适用范围, 74~37微米的粗泥用摇

床选别；37~19（10）微米细泥的重选流程有两大类型，一是矿泥量大的选厂采用离心机—皮带溜槽—刻槽矿泥摇床流程；一是矿泥量小的选厂仍用摇床选别或因品位很低、金属量小而弃之不选。

云锡公司目前生产中采用的矿泥重选原则流程见图五，各厂在中矿的选别流程上各有差异。其给矿粒度组成大致是：37、37~19、-19微米，产率分别为30，50，20%，金属率分别为35，55，10%。

该流程的最大特点是：充分发挥了几种矿泥重选设备的优点，能比较好的适应74~19微米矿泥的选别，对19~10微米细粒锡石亦能部分回收。离心选矿机单位占地面积处理量大，富矿比及作业回收率比自动溜槽、翻床高，对74~10微米均能有有效的回收，粒级回收率均可在80%以上。作为一个粗选设备，做到了尾矿丢得多，金属损失少，为下一工序精选作业创造了条件。皮带溜槽对回收37~19微米锡石效率最高，设备运转平衡可靠，易于操作，用于精选作业将其处理量低的缺点退居次要地位。刻槽矿泥摇床具有对给矿品位高低适应性强，便于接取多种产品，对大于37微米选别效率高优点，分别用于皮带溜槽粗选及精选尾矿的扫选，可以补充回收皮带溜槽尾矿中的粗粒锡石，又可以分选出难选中矿。



图五 矿泥重选原则流程

云锡公司各选厂采用该流程分别有6~11年的生产实践，曾达到的平均先进指标是：给矿品位0.2~0.5%，精矿品位40~50%，作业回收率45~50%。此外还可产出品位1%以上，作业回收率20~25%的难选中矿，但因目前氯化厂未投入生产，故实际生产中尚未产出。各选厂中以云锡公司新冠选厂矿泥系统回收率最高，原因是矿泥性质相对易选，操作管理较好。该厂矿泥系统采用离心机—皮带溜槽—摇床流程后，比原来自动溜槽—摇床流程作业回收率提高10%以上（见表8）。给矿粒度从74~19微米下降至37~10微米，有效回收粒度从37微米下降至19微米。

新冠选厂矿泥选别指标（%）

表 8

| 流 程           | 给矿粒级<br>(微米) | 给矿品位<br>(%) | 精矿品位<br>(%) | 回收率<br>(%) | 粒 级 回 收 率 % |       |       |
|---------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|-------|
|               |              |             |             |            | 74~37       | 37~19 | 19~10 |
| 离心机—皮带溜槽—刻槽摇床 | 35~10        | 0.15~0.25   | 45~53       | 50~60      | 50~65       | 55~70 | 20~35 |
| 自动溜槽—摇床       | 74~19        | 0.3~0.4     | 50~55       | 41~49      | 60~65       | 30~35 | 5     |

米,对19—10微米亦能部分回收。

离心机粗选,皮带溜槽精选的矿泥重选流程除在云锡公司使用外,个旧市所属锡、铅选厂,广西平桂矿务局,栗木锡矿,江西盘古山钨矿,广东瑶岑钨矿亦相继逐步推广使用,对提高锡、钨矿泥的选别效率起到了良好效果。

### (三) 细粒锡石浮选

细粒锡石浮选的研究工作,在国外已有四十余年的历史,然而推广应用于生产只是最近十几年才有较大的进展。我国锡矿泥类型很多,多数是组分较为复杂难选,通过十多年的研究实践有了较快的发展。脂肪酸浮选工艺有十年的生产实践,肿酸浮选工艺也已投入生产,对回收细粒锡石取得了明显的效果,与国外同类浮选药剂比较,指标并不逊色,在某些方面具有独特之处。

1. 脂肪酸浮选锡石 脂肪酸浮选工艺应用于云锡公司残坡积砂锡矿的矿泥浮选,这类矿泥含氧化铁矿物较高,此外还含有较多的铁铝硅酸盐矿物及含量不等的石英,方解石等。显然只有有效的进行锡、铁分离,才能谈得上锡石浮选,进行锡、钙分离,才能达到较高的富集比;实现锡石与铁铝硅酸盐的分离,才能保证得到稳定的精矿质量。大量的研究工作及黄茅山选厂十年来的生产实践,采用在中等碱性矿浆( $\text{PH}9.2\sim9.5$ )以脂肪酸作捕收剂,六偏磷酸钠作抑制,实现了锡、铁分离。这是针对我国矿石特点,应用脂肪酸浮选锡石工艺的发展。

但是目前脂肪酸浮选锡石工艺,对钙、镁及铁铝硅酸盐矿物的抑制作用不十分有效,因而精矿品位不高,尚不能达到合格精矿要求。为了提高入选品位,减少药剂用量,在云锡公司黄茅山选厂矿泥车

间采用了重—浮—重的流程。先经离心选富集,丢去70%的尾矿,其中主要是轻比矿机重的钙、镁、硅及铁铝硅酸盐矿物。离心机精矿品位 $1\sim1.5\%$ ,回收率 $80\sim85\%$ ,经浮选—粗三精二扫流程得到锡品位 $4\sim8\%$ 的低品位精矿,作业回收率 $80\sim85\%$ ;精矿中铁品位从 $30\sim35\%$ 降低至 $10\sim15\%$ ;主要是含钙高,用皮带溜槽一次精选后即可得合格精矿。浮选药剂(克/吨):油酸400,六偏磷酸钠500,氢氧化钠2500, $\text{PH}9\sim9.5$ ,浮选温度 $25\sim30^\circ\text{C}$ ,浮选药剂及加温煤耗的费用为 $5\sim7$ 元/吨。

云锡公司黄茅山选厂重—浮—重流程的矿泥选别作业回收率为50%左右, $37\sim19$ , $19\sim10$ 微米粒级回收率等指标略高于采用全重选流程的多数选厂,而与指标较高的云锡公司新冠选厂相近。但由于浮选精矿品位不高,还要用皮带溜槽精选,所以限制了细粒锡石回收率的进一步提高,此外浮选费用尚高,因此同采用重—浮—重流程在技术经济上的合理性,尚须进一步商榷。

2. 肿酸浮选锡石 肿酸作为锡石捕收剂,比脂肪酸具有较好的选择性。但肿酸对氧化铁矿物有捕收作用,故以浮选锡石—硫化矿矿泥效果较好。

我国使用的肿酸是混合甲苯肿酸,比对位甲苯肿酸具有更强的捕收性能。它浮选锡石的效率主要取决于锡石同硅酸盐及碳酸盐脉石矿物的浮游度差,混合甲苯肿酸对锡石的浮游率以介质 $\text{PH}$ 为 $4\sim6$ 为最高,而锡石与石英,方解石的浮游度差以 $6\sim7$ 之间最大,故锡矿泥浮选用混合甲苯肿酸为捕收剂, $\text{PH}$ 在弱酸性至中性矿浆为宜。对石英和硅酸盐矿物可用硅氟酸钠以增强抑制;而含钙高时,使用羧甲基纤维素可得到良好的抑制效果;对氧化

铁矿物则以添加腐植酸较为有效。

用混合甲苯腈酸浮选大厂锡石—硫化矿矿泥的试验研究及生产实践表明,脱泥及脱硫是浮选的必要准备作业。脱硫作业宜在浮泥之后进行,要求脱硫尾矿中硫品位不高于0.5%,脱泥要求较严,浮选给矿要求小于10微米矿泥不超过5%,否则药剂量增大,富集比降低。延长腈酸的搅拌时间可以提高浮选指标,这点仅对大厂矿泥有效。浮选矿浆浓度要求较高,粗选40%时可使药剂用量降低。

大厂锡石—硫化矿矿泥经直径125毫米旋流器脱泥后脱硫,经一粗二精二扫可以产出合格精矿,当给矿品位0.6~0.9%,精矿品位35~40%,作业回收率可达90%以上。浮选条件如下:给矿品位0.6~0.9%,铁0.77%,氧化钙25%,二氧化硅50%,+37微米含锡率40%,37~19微米50%, -19微米10%;浮选浓度40%(精选30%),常温。药剂用量(公斤/吨):硫酸5.0;羧甲基纤维素0.2%,腐植酸钠0.1,混合甲苯腈酸1.0,松油0.5。药剂搅拌时间30分钟。

腈酸浮选技术指标达到了相当高的水平。但目前药剂用量尚高,腈酸价贵,腈酸毒性问题尚有异议,合理的经济技术指标尚待研究,目前以处理品位高于0.5%以上的锡泥矿为宜。

最近试验资料表明,在弱碱性介质中,用混合甲苯腈酸浮选云锡砂锡矿选厂的锡矿泥取得了可喜成绩。如黄茅山选厂矿泥离心选矿机粗选精矿含锡1.5%左右,含铁大于30%,腈酸用量1.5公斤/吨,经过一粗三扫的开路流程,可获得锡品位25%以上,浮选作业回收率70%的锡精矿及锡品位3~5%,回收率15%左右的锡富中矿。有可能在工业上实现浮选产合格精

矿的重—浮流程。采用苯乙烯腈酸亦可获得与上述相近的指标,且腈酸毒性甚微,价格较便宜,对工业生产更为有利。

锡石浮选捕收剂除了脂肪酸,腈酸和磷酸外,还研究了磺化琥珀酸类捕收剂如A—22等。

#### (四) 锡矿泥选别工艺的发展

锡矿泥重选及锡石浮选工艺目前生产均达到了较好的水平,但两者各有优缺点。重选生产费用低,粗粒指标高于浮选,细粒则低于浮选,精矿品位可以达到合格要求。浮选则相反。故两者不是相互代替的关系,而是相互补充,以获得合理的技术经济指标。

我国锡矿泥种类较多,同一种矿泥的组成亦是多变,各地区生产条件各不相同,故在重选与浮选的选择上,在重选与浮选的结合上,在浮选药剂的使用上,在产品方案的确定上,均应根据具体情况合理选用。一般说来:

大于37微米锡矿泥应以采用重选为主,小于37微米的细泥若含锡率不高或易选,则仍可采用重选;浮选应是在细泥含锡率高,重选效果不佳时采用,是全浮选还是重—浮结合则视具体情况而定。

锡矿泥品位低时,先用重选富集是必要的,既可提高入选品位,减少入选量,以保证经济上的合理性;另外亦可稳定浮选给矿性质(包括矿物组成及含泥量),以提高浮选的技术指标。重选富集以采用离心选矿机为宜。

锡矿泥品位高,或含铁高的难选矿泥,重选效率不高,则不一定需要先用重选富集,可直接浮选。但浮选前脱泥(锡石—硫化矿还需脱硫)是必不可少的准备作业。

就选锡而言，在油酸及肼酸这两种已应用于生产的药剂的选择上，应根据矿石性质、对产品质量的要求、经济技术指标的高低、药剂来源的难易而定。苯乙烯脒酸则是今后锡石浮选很有希望的一种捕收剂。

锡矿泥选别的产品方案，应根据矿石性质及所采用的方法（或药剂）决定。原则上应产出不同品位的精矿和中矿（合格锡精矿，低品位精矿，富中矿，难选中矿等），用不同的冶金方法处理，即所谓选冶联合流程，以最大限度的提高锡回收率。

除了全重或全浮的流程外，重—浮联合流程的可能方案是：

离心机粗选，浮选精选产出合格精矿，这是最理想的，但对氧化锡矿泥来说，尚需进行深入研究，解决一系列具体问题后才能应用于生产。

离心机粗选、浮选精选不能得出合格精矿，则采用皮带溜槽精选。但这方案浮选精矿品位应为15%左右，经重选得合格精矿后，尾矿为富中矿用烟化法处理。目前在云锡公司油酸浮选精矿品位仅4~8%，难以达到上述要求。

离心机粗选，皮带溜槽精选，中矿用浮选得富中矿或难选中矿。

重选粗选，浮选精选产出低品位精矿，富中矿或难选中矿，这一方案仅是对难选矿石（如老尾矿再选）产出合格精矿不多时采用才是合理的。

近年来云锡公司针对难选的氧化锡矿泥，正在研究磁选应用的可能性，重—磁结合或重、磁、浮结合的合理流程及其技术经济指标尚需通过试验确定，看来磁选的合理应用对提高重选或浮选的效率是有益的。

#### 四、联合工艺的研究与应用

锡矿石常伴生多种有价值组分。锡石—硫化矿是多金属矿石，除锡外铜、铅、锌、铋、钨及硫、萤石等均具有工业价值，一般采用重选与浮选联合的流程以回收锡及伴生金属。冲积砂锡矿则常伴生有锆英石、独居石、磷钇矿、铌钽矿、金红石、钛铁矿，赤铁矿、磁铁矿等；锡石—石英脉中有时钨的含量高于锡，此外尚有铜、铅、锌等的硫化物；这些矿物在重选粗选过程几乎都可以与锡石一起回收在粗精矿内，而进一步使之分离和回收必须采用重、浮、磁、电等多种选矿方法联合作业，有时还应辅以水冶。残坡积砂锡矿及锡石—氧化矿中伴生有铜、铅、锌、铋、铁、锰及一些稀有金属，但这些有价值组分有的是嵌布粒度微细，与氧化铁矿物结合致密，有的不呈矿物存在，显然用单一重选是难以分离和回收的，必须采用多种选矿方法及选冶联合方法才能达到提高锡及有价金属综合回收率的目的。

我国各类锡矿石矿物组分不同，各地区采、选，治具体条件不同，联合工艺的应用各异。大体有如下几种类型：

##### （一）主流程中多种选矿方法联合应用

锡石—硫化矿是这种类型的典型实例，详见本文概述中锡石—硫化矿的四种流程。此外，残坡积砂锡矿的重选主流程中有时辅以磁选或浮选，如平桂新岑选厂磁选回收铁并借以提高重选效率；云锡公司黄茅山选厂矿泥系统应用锡石浮选亦属这种联合流程的类型。

##### （二）粗精矿的精选

以冲积砂锡矿及锡石—石英脉较为典

[illegible]

重选：主要用来除去粗精矿中的轻比

浮选：主要用于分离硫化物，如黄铁矿、磁黄铁矿、硫化铅、锌、铜、铋矿物；氧化铅矿物，白钨矿、锆英石，独居石等亦常用浮选与锡石分离。硫化物浮选+0.15毫米多用粒浮，-0.15毫米则用泡沫浮选。粒浮设备近年来改进很大，比较有效的是栗木锡矿的圆形粒浮槽及广东锡山矿的波形床条的抬浮床面。各种硫化物及氧化铅用黄药浮选，白钨矿、独居石、锆英石等则用脂肪酸浮选。

**磁选：**广东、广西的精选厂（车间）中多用不同磁场强度的干式磁选来除去粗精矿中的磁性矿物。根据生产实践，不同矿物所需的磁场强度（奥斯特）为：磁铁矿900~1200，磁黄铁矿1400~2000，钛铁矿3000~4000，黑钨矿5000~8000，褐铁矿10000~12000，钽铌铁矿，独居石等为15000~20000。随着强磁场湿式磁选机的发展，云锡公司黄茅山选厂残坡积砂锡粗精矿用感应辊湿式强磁选机精选除铁，磁场强度为10000~11000奥斯特。

电选：主要用于锡石与锆英石、白钨矿等的分离；在冲积砂锡矿及锡石—石英脉粗精矿精选中多有应用。给矿粒度+0.074毫米为主，给矿温度100℃以上，电极电压在16~40千伏之间，除得到合格锡精矿及白钨、锆英石精矿外，一般都有中间产品，需用其它方法处理。

选冶联合方法：除了上述物理选矿方法外，在精选厂中为了进一步除杂质及综合回收有价金属，常辅以焙烧、浸出、电解、萃取等冶炼过程。如锡钨中矿用苏打焙烧浸出制取合成白钨并得到锡精矿；铋锡中矿用盐酸浸出制取氯氧铋并得到锡精矿；锡精矿焙烧除硫砷，钽铌矿物选入锡精矿后从炼锡渣中浸出萃取得钽铌氧化物等等。

### (三) 多种锡产品的选冶联合处理

选矿除出产合格锡精矿外，还生产低于还原冶炼要求精矿品位的各种锡产品，用不同的冶炼方法处理，以提高锡的选冶总回收率。目前生产中已应用或即将应用的有：烟化法处理低品位锡精矿（富中矿），氯化法处理难选锡中矿，黝锡矿的处理等三个方面。

烟化法即硫化挥发法，处理锡品位3~5%的富中矿，经挥发、收尘两作业后，得到烟尘含锡50%左右，回收率94%，炉渣锡品位可以降至0.07%以下。硫化剂（硫精矿）用量7~15%，煤耗35~59%，每处理一吨富中矿生产成本约80元。云锡公司部分选厂已生产富中矿送烟化处理。除在现有重选流程中适当地点产出富中矿外，今后还将处理氧硫混合矿石产出的富中矿，锡石—硫化矿产出的富中矿，以及老尾矿再选所得粗精矿等等。平桂矿务局用烟化炉处理富中矿亦取得了良好效果。

氯化挥发法能使多种有价金属挥发，不仅回收锡及其伴生金属，且使铁的利用成为可能。云锡公司氧化锡矿石选出的难选中矿，用氯化挥发可回收锡、铅、锌、铜、铋、镉等金属，回收率可达80~85%；待解决脱砷问题后，焙砂即为铁精矿，综合利用的程度是比较高的。氯化厂将在近年内建成投产，第一步是处理难选中矿，

以回收锡为主可提高锡回收率8~10%，并综合回收其它伴生金属。第二步将扩大氯化法的使用范围，处理铁产品，以回收铁为主综合回收其中的锡及其它有价金属。这时选矿流程将采用重—磁—浮联合工艺，生产锡精矿、难选中矿（或富中矿）及铁产品（铁品位45%以上，整个选矿工艺将发生根本的变化。

黝锡矿的处理在我国亦是一个新课题，某些锡石—硫化矿或锡石—石英脉中黝锡矿的含量有百分之几到三十。黝锡矿比重较大，可浮性好，易富集于重的粗精矿或硫化物浮选的泡沫内，进一步分离则主要靠浮选。它与黄铁矿、磁黄铁矿的分离较易，与方铅矿、闪锌矿的分离较难，而与黄铜矿几乎无法分离。就黝锡矿本身而言就是锡、铜、铁三者的硫化物（ $\text{CuS} \cdot \text{FeS} \cdot \text{SnS}_2$ ），理论含锡27.6%，故一般精矿品位不高。由于精矿组分的不同，冶炼方法也各异。广西某锡石—石英脉选厂中的黝锡精矿是从重选粗精矿脱硫泡沫中分离而来，含Sn17~23%，Cu17~21%，S22~24%，As1~4%。经焙烧挥发硫、砷后，用硫酸浸出铜，浸液电解产精铜，锡在浸渣内富集，用火法还原冶炼。

### (四) 回收伴生组分的选冶联合处理

锡矿中的伴生组分，除了在前述选矿主流程，重选粗精矿及多种锡产品中进行综合回收外，有些难选矿石中有价金属的回收，需用选冶联合过程处理。

云锡公司残坡积砂锡矿中富含锰结核，锰结核中含铅5~8%，锰15~20%，并有少量锡。其中铅绝大部分不呈矿物存在，难以用选矿方法富集。故用重介质旋流器，跳汰或摇床从原矿12~2毫米粒级中选出锰结核精矿（含铅4~5%，锰12~15%。锰结核精矿曾用离析法焙烧后浮选