

附件 3

有色金属选冶行业（铜选冶）危险废物  
监督管理指南  
（征求意见稿）

编制说明

2016 年 12 月

# 目 录

1 必要性分析.....	26
2 编制过程.....	27
3 铜选矿项目的构成及主要生产工艺.....	28
3.1 项目的构成特点.....	28
3.2 主要生产工艺.....	28
4 铜冶炼项目的构成、主要生产工艺及产污环节.....	29
4.1 项目的构成特点.....	29
4.2 主要生产工艺及产污节点.....	29
4.2.1 火法冶炼工艺.....	30
4.2.2 湿法冶炼工艺.....	47
5 文本说明.....	49
5.1 适应范围.....	49
5.2 监管依据.....	50
5.3 危险废物产生环节.....	50
5.4 危险废物产生规律与系数.....	50
5.5 现场核查程序与方法.....	50
5.6 现场核查要点.....	51
5.7 核查信息汇总与反馈.....	51
5.8 附.....	52

## 1 必要性分析

危险废物具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性和感染性等危险特性，随意倾倒或利用处置不当会造成环境污染、生态破坏，危害人体健康。近年来，国家将危险废物的监督管理工作提上重要日程，坚持“出重拳、用重典”，狠抓制度落实、监督管理和责任追究，坚决遏制危险废物环境污染事件高发态势。

为贯彻落实《环境保护法》《固体废物污染环境防治法》以及《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》《危险废物经营许可证管理办法》等法律法规，一方面，督促有色金属选冶企业落实各项危险废物管理制度，加强危险废物产生、收集、贮存、转移、利用、处置等全过程的规范化管理，提升危险废物的管理水平；另一方面，加强和指导环境保护主管部门对有色选冶企业危险废物处理处置全过程的监督检查，以降低危险废物污染环境风险，保障环境安全与人民群众身体健康。环境保护部原污染防治司将《有色金属选冶行业危险废物监督管理指南》（以下简称《指南》）列入2015年财政项目《固体废物污染防治》（编码2110304），项目承担单位环境保护部环境工程评估中心（以下简称评估中心），项目协作单位为北京矿冶研究总院。

制定《指南》符合新的环境保护体系要求，有利于促进行业发展，规范行业污染防治工作，将为《环境保护法》《环境影响评价法》

《固体废物污染环境防治法》等法律法规、标准的贯彻实施奠定良好技术基础。

## 2 编制过程

任务下达后，评估中心联合北京矿冶研究总院共同成立了《指南》编制组，编制组查阅、梳理了有色选冶行业特点、企业分布状况、生产工艺及产污环节、危险废物处理处置状况等，分析了有色选冶行业危险废物环境管理方面存在的问题，初步明确了研究内容、技术关键及技术难点，制订了技术路线和调研实施方案，并于2015年5月4日在北京召开了《指南》开题论证会。

开题论证会后，通过对国内铜选冶行业概况、主流的各种生产工艺及生产装备、各产排污环节、污染治理措施及相关行业政策的研究，课题组调整了调研方案，将调研对象由原来的2家企业增加到7家企业，并与企业所在地环保局有关人员座谈。

2015年5月，对内蒙古自治区赤峰市的赤峰金剑铜业有限责任公司、赤峰云铜有色金属有限公司进行危废专项调研，与企业及赤峰市环保局分别进行座谈；

2015年8月上旬，对安徽省铜陵市的金昌冶炼厂、金隆铜业公司、冬瓜山铜矿进行危废专项调研，与企业及铜陵市环保局分别进行座谈；

2015年8月下旬，对福建省龙岩市的紫金铜业有限公司、紫金山金铜矿进行危废专项调研，与企业及龙岩市环保局、上杭县环保局分别进行座谈。

通过一系列危废专项调研，总结提出了适应于我国铜选冶企业的危险废物监督管理要求，编制完成《指南》（征求意见稿）。

### 3 铜选矿项目的构成及主要生产工艺

#### 3.1 项目的构成特点

铜选矿项目，其工程内容主要由选矿厂、尾矿库及尾矿输送、辅助工程等三部分构成。

##### (1) 选矿厂

铜选矿厂项目的工程构成包括：破碎车间、筛分车间、废石中转场、粉矿仓、主厂房、浮选过滤车间及皮带机通廊等。

##### (2) 尾矿库及尾矿输送

尾矿库及尾矿输送工程包括：尾矿库、尾矿输送管线、回水管线。

##### (3) 辅助工程

铜选矿厂项目的辅助工程包括：给排水系统、供水系统、供热系统。

#### 3.2 主要生产工艺

铜矿石选矿通常是用物理方法，将矿石中的铜矿物分离而富集到高品位铜精矿的过程。铜精矿含铜品位一般为 20%~30%，尾矿含铜 0.05%~0.1%。铜硫化矿选矿回收率一般是 85%~96%，易选氧化矿回收率为 50%~75%。铜矿石的选矿工艺主要有优先浮选流程、混合浮选流程、快速浮选、分支串联浮选、异步混合浮选、部分快速优先浮选、阶段磨矿阶段选别、全电位控制浮选、硫化浮选工艺法、螯合捕收剂浮选法、浸(氨浸、酸浸)出-浮选、选冶联合等工艺等。硫化铜矿石的浮选捕收剂为黄药类、黑药类、硫氮类、硫胺酯类及硫醇类；氧化铜矿石的浮选药剂为硫化钠和

脂肪酸及其皂类、高级黄药、硫醇及其盐类；调整剂为石灰、氰化物、硫化钠、水玻璃、含氟化合物、有机抑制剂、无机酸、碱等。

## **4 铜冶炼项目的构成、主要生产工艺及产污环节**

### **4.1 项目的构成特点**

铜冶炼项目，其工程内容主要由主体工程、配套工程、辅助工程和环保工程四大部分构成。

#### **(1) 主体工程**

铜冶炼项目的工程构成包括：配料系统、熔炼系统、吹炼系统、阳极炉精炼系统、电解精炼系统、电解液净化系统。

#### **(2) 配套工程**

铜冶炼项目的配套构成包括：制酸系统、渣选矿系统、余热发电系统。

#### **(3) 辅助工程**

铜冶炼项目的辅助工程包括：制氧站、空压站、化学水处理站、给排水系统、供配电系统。

#### **(4) 环保工程**

铜冶炼项目的环保工程包括：废水（污酸废水、酸性废水、初期雨水等）处理站、烟气处理系统、渣选尾矿场、危险废物临时贮存库等。

### **4.2 主要生产工艺及产污节点**

铜矿物原料的冶炼方法可分两大类：火法冶金与湿法冶金。目前世界上的精铜 80%是用火法冶金从硫化铜精矿和再生铜中产生的，

湿法冶金生产的精铜量只占 20%。我国精炼铜主要由火法冶炼获得，湿法冶金生产的精炼铜仅占 2%左右。

#### 4.2.1 火法冶炼工艺

火法炼铜是生产铜的主要方法，特别是硫化铜矿，基本全部采用火法冶炼工艺。火法处理硫化铜矿的主要优点是适应性强，冶炼速度快，能充分利用硫化矿中的硫，能耗低，特别适于处理硫化铜矿。其生产过程一般由以下几个工序组成：备料、熔炼、吹炼、火法精炼、电解精炼，最终产品为电解铜。

1) 原料制备工序：其目的是将铜精矿、燃料、熔剂等物料进行预处理，使之符合不同冶炼工艺的需要。

2) 熔炼工序：其目的是通过不同的熔炼方法，对铜精矿造钼熔炼，炼成含铜、硫、铁及贵金属的冰铜，使之与杂质炉渣分离；产出的含二氧化硫烟气经收尘后用于制造硫酸或其他硫制品，烟尘返回熔炼炉处理。

3) 吹炼工序：其目的是除去冰铜中的硫铁，形成含铜及贵金属的粗铜，炉渣和烟尘返回上一工序处理。

4) 火法精炼工序：其目的是将粗铜中氧、硫等杂质进一步去除，浇铸出符合电解需要的阳极板。

5) 电解精炼工序：其目的是除去杂质，进一步提纯，生产出符合标准的阴极铜成品，并把金银等贵金属富集在阳极泥中。

传统熔炼方法如鼓风炉熔炼、反射炉熔炼和电炉熔炼，由于效率低、能耗高、环境污染严重而逐渐被新的富氧强化熔炼工艺所代替，但目前在中小型冶炼企业尚未全部淘汰。新的富氧强化熔炼可



分为闪速熔炼和熔池熔炼两大类，前者包括奥托昆普型闪速熔炼和加拿大国际镍公司闪速熔炼等，后者包括诺兰达法、三菱法、艾萨法、奥斯麦特法和瓦纽可夫法以及我国自主开发的底吹熔炼法、白银炉熔炼、金峰炉熔炼等技术。

铜铕吹炼方法有传统的卧式转炉、虹吸式转炉。新型吹炼技术包括艾萨吹炼炉、三菱吹炼炉、闪速吹炼炉、连续吹炼炉和底吹吹炼等。

粗铜的火法精炼在阳极炉内进行，对于转炉产出的液态粗铜采用回转式阳极炉或固定式反射炉精炼，经氧化、还原等作业进一步脱除粗铜中的铁、铅、锌、砷、锑、铋等杂质，并浇铸成含铜 99.2%~99.7%的阳极板。

铜电解工艺有传统电解法、永久阴极电解法和周期反向电流电解法三种。目前，大多数电解铜厂都使用传统电解法，永久阴极电解法和周期反向电流电解法是 20 世纪 70 年代以来发展的新技术。

铜冶炼熔池熔炼工艺和闪速熔炼工艺流程见图 1 及图 2。

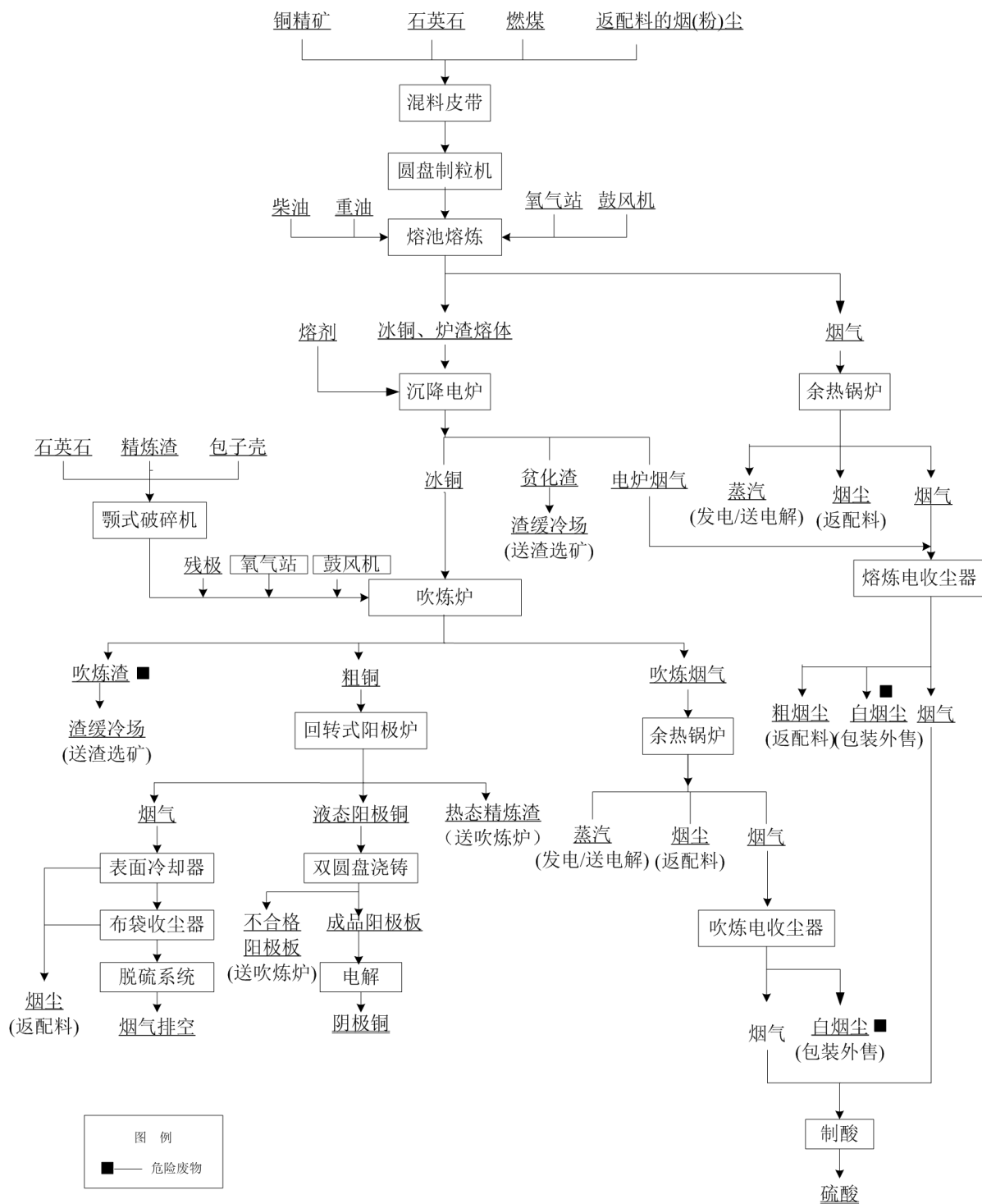


图 1 铜熔池熔炼工艺流程及危险废弃物产排污节点图

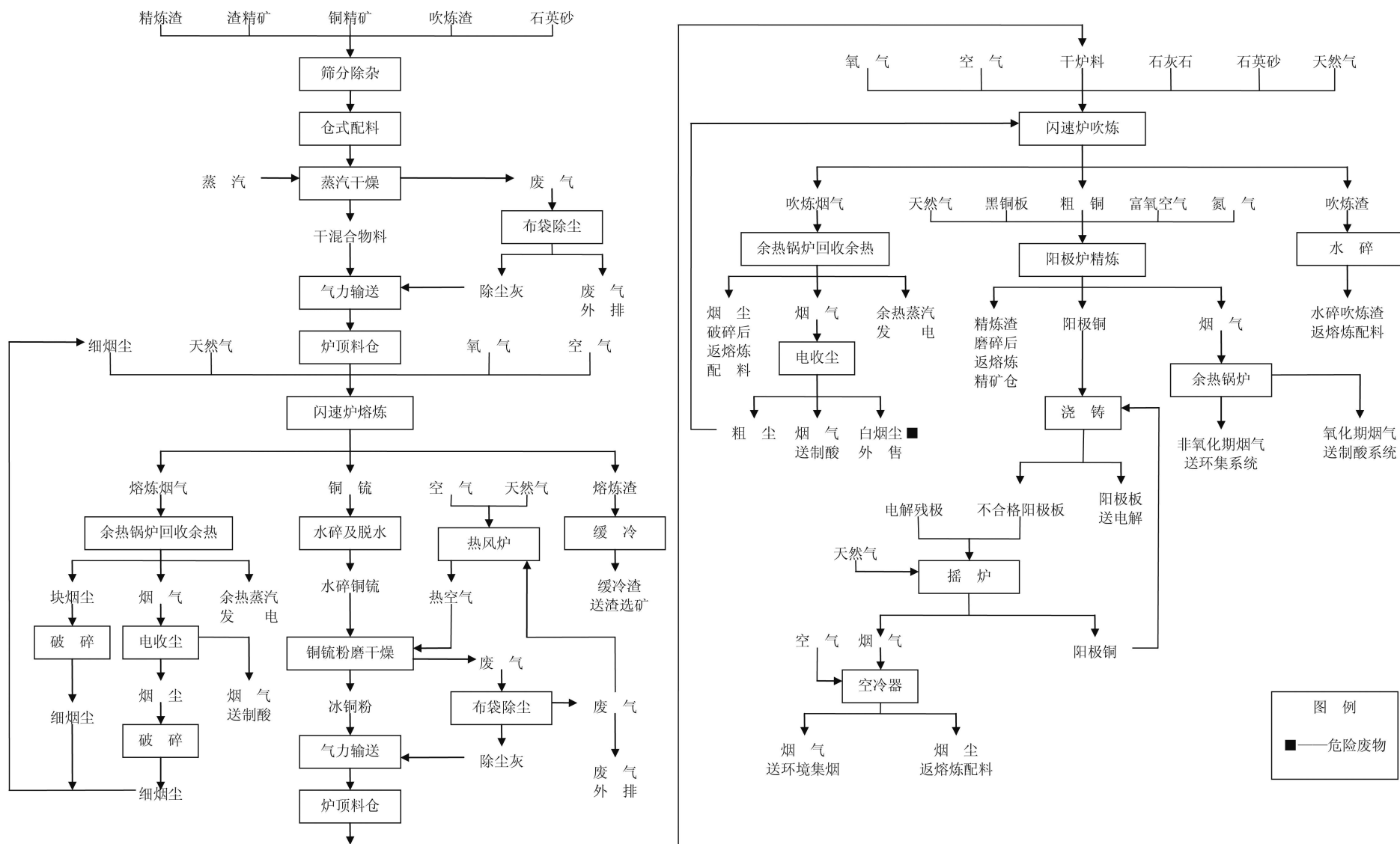


图2 铜闪速熔炼工艺流程及危险废弃物产排污节点图

#### 4.2.1.1 原料制备工序

##### (1) 原料贮存

铜精矿、石英熔剂、渣精矿、吹炼炉渣全部由汽车运送至精矿库，分区贮存。全部物料均在精矿库内储存、抓配、堆配、上料，经振动筛除去杂物后送配料工序；精矿一般通过胶带输送机送入精矿库。

##### (2) 配料

配料工序一般设置有多个配料仓，分别贮存铜精矿、石英砂、精炼渣、渣精矿和吹炼渣等；为保证配料精度，采用 DCS 控制的自动称重系统进行配料。

铜精矿、石英砂、渣精矿、吹炼渣、精炼渣等按入炉混合精矿成分的要求自动配比后，经振动筛除杂后，通过胶带输送机送至蒸汽干燥系统。干燥后的精矿利用重力自流至中间干矿仓后，进入熔炼炉炉顶的干料仓内。



图 3 铜冶炼原料输送皮带廊

#### 4.2.1.2 熔炼工序

##### (1) 富氧强化熔炼工艺

富氧强化熔炼工艺是目前铜火法冶炼的主流技术，包括闪速熔炼工艺和熔池熔炼工艺，其中熔池熔炼工艺又分为顶吹、底吹和侧吹工艺。

##### ① 闪速熔炼工艺

闪速熔炼的生产过程是用富氧空气或热风，将干精矿喷入专门设计的闪速炉的反应塔，精矿粒子在空间悬浮的 1-3 秒钟时间内，与高温氧化性气流迅速发生硫化矿物的氧化反应，并放出大量的热，完成熔炼反应即为造钼过程。反应的产物落入闪速炉的沉淀池中进行沉降，使铜钼和渣得到进一步的分离。

该工艺技术具有生产能力大、能耗低、污染少等优点，单套系统最大产铜产能可达 40 万吨/年以上，适用于规模 20 万吨/年以上的工厂。要求原料进行深度干燥到含水率  $<0.3\%$ ，精矿粒度  $<1\text{mm}$ ，原料中杂质铅加锌不宜高于 6%。工艺的缺点是设备复杂、烟尘率较高，渣含铜比较高，需要进行贫化处理。

闪速熔炼工艺技术在能效和环保方面的特点：闪速熔炼的铜精矿氧化反应迅速，单位时间内放出的热量多，加快了熔炼速度，使熔炼的生产率大幅度提高，为反射炉与电炉熔炼的两倍。采用富氧工艺后，在铜精矿含硫正常情况下就可实现自热熔炼，大大降低了燃料的消耗。由于精矿中硫化物的氧化反应程度高，且采用高浓度的富氧空气熔炼，烟气量少，烟气中的  $\text{SO}_2$  浓度可提高到 30% 以上，有利于烟气制硫酸过程中硫的回收和环境保护，硫的捕集率和回收率均可达到 98% 以上。

闪速熔炼工艺是现代火法炼铜的主要工艺之一，目前世界约 50% 的粗铜冶炼能力采用闪速熔炼工艺。中国目前采用闪速熔炼工艺的冶炼厂主要有贵溪冶炼厂、金隆公司、金川集团公司铜冶炼厂和山东阳谷祥光铜业公司。

闪速法铜冶炼工艺技术为《国家重点行业清洁生产技术指导目录》（第二批）中公布推广的清洁生产技术。

## ②富氧顶吹熔池熔炼工艺

富氧顶吹熔池熔炼工艺是通过喷枪把富氧空气强制鼓入熔池，使熔池保持强烈搅动状态加快化学反应的速度，充分利用精矿中的硫、铁氧化放出的热量进行熔炼，同时产出高品位冰铜。熔炼过程中不足的热量由燃煤和燃油提供。对比闪速炉反应塔的熔炼过程，熔池熔炼也是一个悬浮颗粒与周围介质的热与质的传递过程。所不同的是，悬浮粒子是处在一个强烈搅动的液气两相介质中，受着液体流动、气体流动及两种流体间的相互作用以及动量交换的影响。由于熔池熔炼过程的传热与传质效果好，可大大强化冶金过程，达到提高设备生产率和降低冶炼过程能耗的目的，因此，20 世纪 70 年代后熔池熔炼得到了迅速发展。

富氧顶吹熔炼工艺熔炼系统由三个炉子组成，即熔炼炉、贫化炉和吹炼炉。铜精矿、熔剂、返料、燃料煤经配料仓按预定要求计量配料后送制粒机加水制粒，以含水 9%-10% 的黏团料方式，由加料皮带从炉子顶加料口投入炉内。经过制粒混有燃料煤的混合铜精矿，一旦粒料加入熔融层，粒料中水份马上挥发，粒料变成粉末与冰铜和渣激烈地搅动并进行反应，形成一个气、固、液三相快速传

质传热的反应器。熔炼需要的富氧空气通过喷枪鼓入熔池，为了便于生产期间的温度控制，还可从喷枪加入燃油对炉温进行微调，熔炼产生的冰铜和炉渣混熔体由炉子底部的放铜口（或虹吸钎口）及溜槽放出，进入贫化电炉澄清分离。熔炼炉含尘烟气经余热锅炉降温 and 粗收尘后（其中余热锅炉部分粘结烟尘在锅炉的振动作用和重力影响下回到熔炼炉）进入电收尘器进一步除尘，出口烟气进入硫酸厂制酸。余热锅炉收集的烟尘返配料系统，电除尘器收集的烟尘实现开路单独处理，贫化炉渣定期水碎。冰铜分批送吹炼炉吹炼成粗铜：吹炼渣返贫化炉或水碎，水碎渣返回熔炼配料，粗铜进精炼炉。吹炼炉烟气与熔炼一样，经余热锅炉、电收尘后，与熔炼炉净化烟气合并一起送硫酸车间制酸。

目前，主要富氧顶吹熔炼工艺为奥斯迈特炉和艾萨炉熔炼技术。

我国铜陵的金昌冶炼厂、中条山有色金属公司侯马冶炼厂、赤峰金剑冶炼厂采用奥斯迈特熔炼工艺，云南铜业公司使用的是艾萨熔炼工艺，目前该工艺产能约 70 万吨，占全国粗铜产能的 20%。由于其对原料的适应性强，“十二五”期间采用该技术的产能将进一步增加 30 万吨/年。

### ③富氧侧吹熔炼工艺

富氧侧吹熔池熔炼的生产过程是通过侧吹炉两侧的风口向炉内鼓入富氧压缩空气，在富氧压缩空气的作用下，熔体在侧吹炉内形成剧烈搅拌，由炉顶加入混矿，通过炉气干燥后，在熔体内形成气—液—固三相间的传质、传热过程，完成造渣、造钎反应，形成的渣钎共熔体在贫化前床内澄清分离，得到水碎渣和冰铜。形成的高温烟

气经余热锅炉生产蒸气，烟气送制酸。

该工艺技术具有效率高、能耗低、对原料的适应性强、处理能力大、环保、操作简单、投资少等优点。单台熔炼炉的粗铜产能可达 15 万吨/年。

富氧侧吹熔池熔炼是一种富氧强化炼铜工艺，这就使得熔炼炉烟气量大大减少，提高了熔炼炉的热效率。由于可以充分利用熔炼的反应热，大大减少了燃料消耗。熔炼烟气  $\text{SO}_2$  浓度 8%-14%，有利于采用二转二吸技术制酸，S 的总捕集率达到 98.5%，制酸尾气  $\text{SO}_2$  浓度低于  $400 \text{ mg/m}^3$ ，可达标排放。处理后的制酸污水可循环利用。

#### ④ 氧气底吹熔炼工艺

该工艺技术为我国自主开发的铜熔炼工艺技术。

混合矿料不需要干燥、磨细，配料后由皮带传输，连续从炉顶加料口加入炉内的高温熔池中，氧气和空气通过底部氧枪连续送入炉内的铜铕层，氧气以大量的小气泡动态地悬浮于熔体中，连续加入的铜精矿不断地被迅速氧化、造渣。硫生成二氧化硫从炉子的排烟口连续地进入余热锅炉，经电除尘后进入制酸厂处理。炉内形成的炉渣从端部定期放出，由渣包吊运至缓冷场，缓冷后进行渣选矿。形成的铜铕从侧面放铕口定期放出，由铜铕包吊运到 P-S 转炉吹炼。

工艺特点：工艺过程简单、原料适应性强、能源消耗和投资低、噪音低、操作环境好、劳动强度低、容易掌握和好操作，产能规模在 5~25 万吨/年之间。

底吹熔炼技术最显著的特点就是能耗低、环保好。由于氧浓高，



富氧空气氧浓可达 75%，因而排出烟气量小，热损失少，炉体散热少，反应强度又高，很容易实现无碳自热熔炼，炉料中不需要另外配煤，这样不但节省了燃料以及煤燃烧所用的氧气，保证了氧气的充分有效利用，不直接排放二氧化碳烟气。该技术整套系统采用较高负压操作且密封性好，无烟气外溢现象，无低空污染，制酸尾气经脱硫后  $\text{SO}_2$  浓度小于  $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

目前国内采用该技术的企业有东营方圆有色金属有限公司和山东恒邦公司。

## (2) 密闭鼓风炉熔炼工艺

鼓风炉熔炼工艺是一种历史悠久的冶炼方法。由于这种工艺能耗较高，熔炼烟气  $\text{SO}_2$  浓度低，不宜有效回收，造成对大气的严重污染，所以我国已要求在 2007 年底以前，全部淘汰该冶炼工艺，目前在云南、广西等地一些小企业仍在使用该工艺生产。



图 4 闪速熔炼主厂房



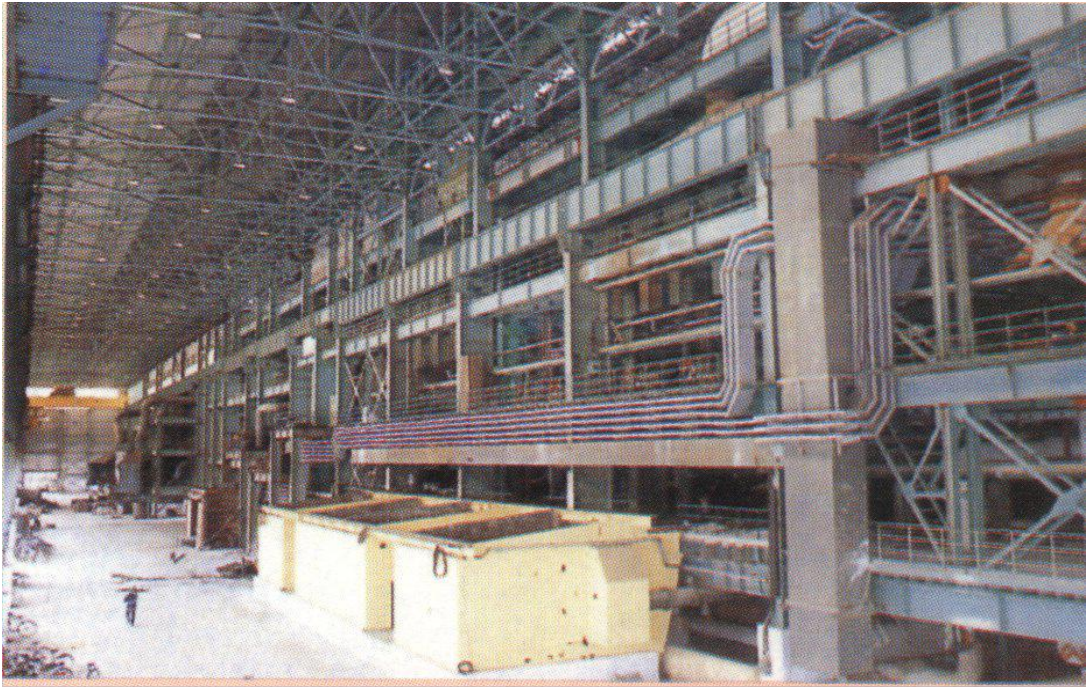


图 5 闪速炉内景

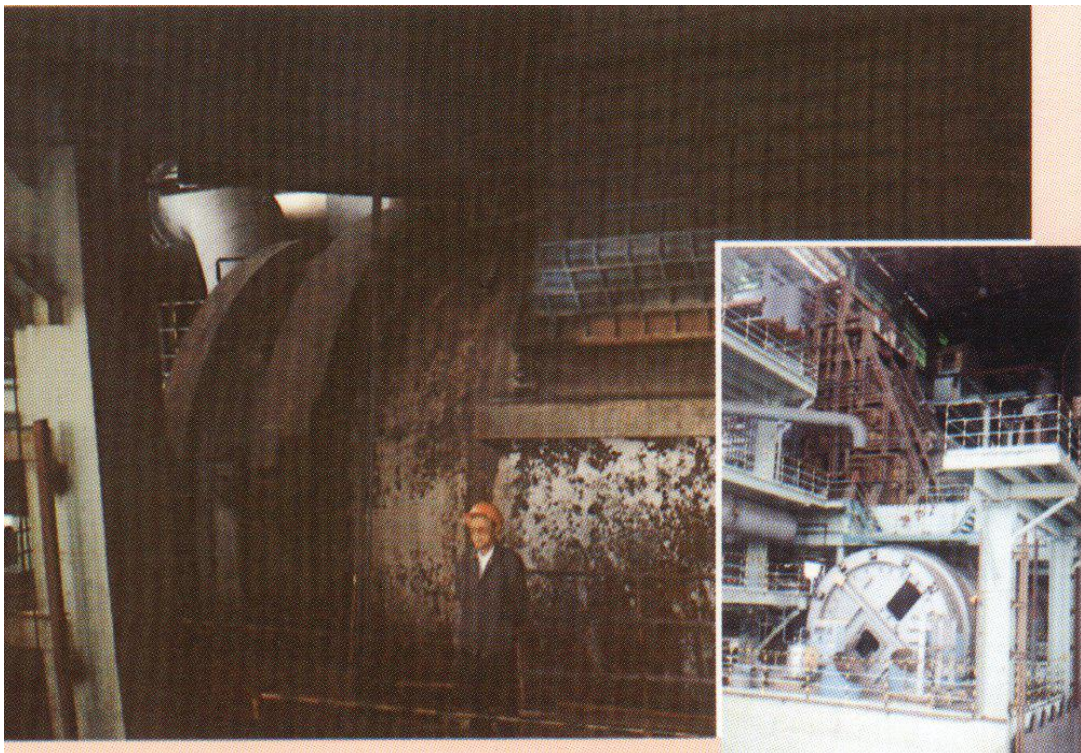


图 6 诺兰达反应炉炉口区、放渣端及烟罩





图7 顶吹浸没式喷枪熔炼炉

#### 4.2.1.3 吹炼工序

##### (1) PS 转炉吹炼技术

1905 年 Peirce 和 Smith 成功应用碱性耐火材料内衬卧式吹炼转炉，使 PS 转炉成功用于铜的吹炼，近百年来已成为世界上普遍采用的成熟工艺。转炉的铜铈吹炼过程中，向转炉中连续吹入空气，当熔体中 FeS 氧化造渣被除去后，炉内仅剩  $\text{Cu}_2\text{S}$  (即白冰铜)， $\text{Cu}_2\text{S}$  继续吹炼氧化生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ ， $\text{Cu}_2\text{O}$  再与未被氧化的  $\text{Cu}_2\text{S}$  发生交互反应获得金属铜。

该工艺成熟可靠，设备和操作简单，投资低，不加燃料吹炼，可用空气和低浓度的富氧空气。能够利用剩余热量处理工厂中的含铜中间物料（粗铜壳、残阳极、烟尘、冷冰铜等），还能够处理外购的冷杂铜，生产成本低。该工艺适用范围广，无论生产规模大小，铜铈品位高低均可应用该工艺。

PS 转炉吹炼工艺为分周期、间断作业；其缺点是炉体密闭差，漏风大，烟气  $\text{SO}_2$  浓度低，设备台数多，物料进出需要吊车装运，低空污染较严重。

## 2) 闪速吹炼工艺

闪速吹炼工艺技术发明于 1979 年，在奥托昆普闪速熔炼直接生产粗铜的技术基础上发展而成，20 世纪 80 年代中期在美国肯尼柯特应用成功。闪速吹炼工艺技术是将熔炼炉产出的熔融铜锍进行水碎，磨细干燥后在闪速炉中用富氧空气进行吹炼得到粗铜，基本原理和工艺过程同闪速熔炼相似，但是加入的是高品位铜锍，吹炼过程连续作业。该工艺适用于年产 20 万吨粗铜以上大规模工厂。

闪速吹炼与闪速熔炼炉搭配使用即双闪工艺，由于该工艺为连续吹炼技术，取消一般吹炼工艺用吊车吊装铜包及渣包等操作，且设备密封性能好，无烟气泄漏，彻底解决铜冶炼行业吹炼工序低空污染问题，大大降低无组织排放造成的  $\text{SO}_2$  和含重金属烟尘污染程度。

目前国内只有山东阳谷祥光铜业公司采用此种工艺。

## (3) 顶吹浸没吹炼工艺

顶吹浸没吹炼炉由炉顶加料孔加入干铜锍、熔剂或底部熔池面上流入铜锍。富氧空气或空气进行吹炼作业。吹炼炉喷枪垂直插入固定的炉身，即奥斯迈特炉。

热态或冷态铜锍加入炉内，用空气或含氧 30%~40% 的富氧空气经喷枪吹入熔体进行吹炼。

该工艺目前仅在中条山有色金属公司侯马冶炼厂应用，云锡公司冶炼厂正在设计施工中。

#### (4) 侧吹连续吹炼工艺

侧吹连续吹炼炉在正常作业时，铜铕由密闭鼓风炉的前床或沉降电炉的虹吸内经溜槽加放炉内，石英由炉顶水套上的气封加料口加入炉内吹炼区，压缩空气通过安装在炉墙侧面的风口直接鼓入熔体内，熔体、压缩空气、石英三相在炉内进行良好的接触及搅动，使氧化、造渣反应进行的很快，直到炉内熔体含铜量达到 77% 接近白铜铕，时间 4-5 小时，这一过程被称为造渣期。造渣后，在不加铜铕和熔剂的情况下，继续大风量吹风 1-2 小时，形成约 150 mm 的粗铜层后，开始放粗铜铸锭。连续吹炼炉每个吹炼周期包括造渣、空吹和出铜三个阶段，操作周期为 7-8 小时。

该工艺仅适用于 5 万吨/年及以下规模的铜工厂，进料为液态铜铕，铜铕品位宜低。

密闭鼓风炉炼铜工厂多半应用侧吹连续吹炼技术，如富春江冶炼厂原鼓风炉熔炼工艺。目前红透山矿冶炼厂、滇中冶炼厂等使用鼓风炉工艺的小厂还在使用。



图 8 转炉系统

#### 4.2.1.4 火法精炼工序

##### (1) 反射炉精炼工艺

将待精炼的液态或固态矿粗铜或再生铜由加料设备加入 1250℃~1360℃的反射炉，靠燃料燃烧将物料加温或融化，物料完全熔化后开始进行氧化精炼，除去粗铜里的杂质，得到符合浇铸要求的阳极铜。

##### (2) 回转炉精炼工艺

回转炉氧化精炼及还原过程和反射炉一样。回转式精炼炉采用机械传动，单台能力可达 600 吨以上，自动化水平高，不需要人工持管操作，整个过程在相对密封的设备内进行，很少有烟气外泄，环保条件好。

回转炉不适应处理大量的固体物料，所以不能用于专门处理固体废杂铜，一般用于处理热态熔融粗铜。

##### (3) 倾动炉精炼工艺

倾动炉是由瑞士麦尔兹炉窑公司开发成功的，它实际上是可倾动的反射炉，既有固定式反射炉加料、扒料方便的优点，又有回转炉可根据不同的精炼阶段转动炉体改变炉位的特点，所以多用于处理固体物料，如冷粗铜和废杂铜。

倾动炉处理固体物料的精炼过程及原理与反射炉一样，仅是加料融化时间长，作业时炉体操作和回转炉相似。

由于该技术和装备为引进，目前国内仅有贵溪冶炼厂应用，国产的同类设备正在开发中。





图9 阳极精炼炉



图10 倾动式精炼炉



图11 圆盘浇铸机

#### 4.2.1.5 电解精炼工序

##### (1) 常规电解精炼工艺

常规电解精炼工艺采用铜薄片（厚度 0.3~0.7 mm）经加工安装吊耳后制成铜始极片作为阴极，电解过程中铜离子析出于始极片上成为阴极铜。一片始极片仅能使用一个铜电解阴极周期，所以电解车间还需要配备种板槽，专门生产制作始极片用的铜薄片。种板槽所用的阳极和电解槽用的阳极一样，采用的阴极板又称母板，材质

有三种：不锈钢板、钛板或轧制铜板。当铜在阴极上沉积到合适的厚度后，将其从种板槽吊出剥下即送去制作始极片，母板送回种板槽循环使用。

与不锈钢阴极电解精炼工艺相比，它工艺流程长，设备多。由于铜始极片薄，容易变形，所以采用的电流密度低，生产效率低。

## (2) 不锈钢阴极电解精炼工艺

最早的不锈钢阴极电解精炼工艺—ISA 法电解工艺是澳大利亚汤斯维尔铜精炼公司于 1979 年开发的，目前国外已有 ISA 法、KIDD 法、OT 法、EPCM 法，国内也相继开发出多种不锈钢阴极板。该技术使用不锈钢阴极板代替铜始极片作阴极，产出的阴极铜从不锈钢阴极板上剥下，不锈钢阴极板再返回电解槽中使用。由于不锈钢阴极板平直，所以可采用高电流密度进行生产，同常规电解相比，它工艺流程简化，生产效率高，产品质量好，具有常规电解及周期反向电解不可比拟的优点，是先进的电解精炼工艺技术。



图 12 铜电解车间

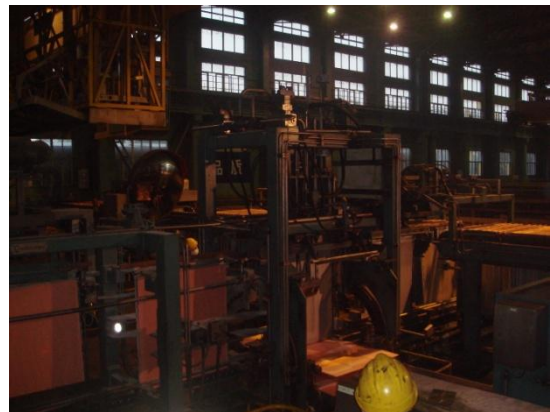


图 13 阴极铜剥片机

### 4.2.1.6 熔炼炉渣处理工序

采用富氧熔炼后，熔炼强度大增，熔炼炉内炉渣和铜钎分离不



完全，渣含有价金属较高。为了节约资源，熔炼炉渣还需后续处理，以降低有价金属损失。熔炼炉渣后续处理方法有沉降分离法和选矿法。

#### (1) 沉降炉工艺

沉降法是将炉渣流入沉降（或贫化）炉，炉渣在沉降炉静止状态停留一定时间，使炉渣和铜钨分离。沉降炉多数为电炉也有用回转炉的。沉降炉产铜钨和熔炼炉产铜钨合并送吹炼处理。沉降炉渣经水碎后送渣场堆放或利用。沉降炉烟气经收尘后，可达标排放。

#### (2) 渣选矿工艺

选矿法是熔炼炉渣先进行缓冷，使渣中的硫化亚铜晶体长大。缓冷渣经破碎、磨矿、浮选，产出渣精矿，渣精矿返熔炼处理，尾矿送渣场堆存。

### 4.2.2 湿法冶炼工艺

目前我国铜湿法冶炼工艺主要包括以下3种：

#### 4.2.2.1 硫化铜氧化焙烧—浸出—净液—电积工艺

新疆喀拉通克铜镍矿二期工程，在阜康冶炼厂建设了一个铜渣处理车间。加压酸浸高冰镍产出的铜渣，采用氧化焙烧—硫酸浸出—电积工艺。焙烧烟气经旋风除尘，电除尘后送双转双吸制酸。酸浸渣还原焙烧，酸浸除铁，除铁渣返回喀拉通克鼓风炉处理。浸出液蒸发浓缩后返回镍冶炼系统。设计年处理铜渣7500吨，产电铜约4400吨/年。1999年12月投产，2007年产电积铜3686吨/年。

氧化焙烧—硫酸浸出—电积工艺流程简图见图14。

#### 4.2.2.2 氧化铜矿酸浸—萃取—电积工艺

全国已建成投产多家浸出—萃取—电积处理氧化铜矿的工厂，规模都很小，这些小厂多为个体或乡镇企业，经营灵活，生产有一定盈利。

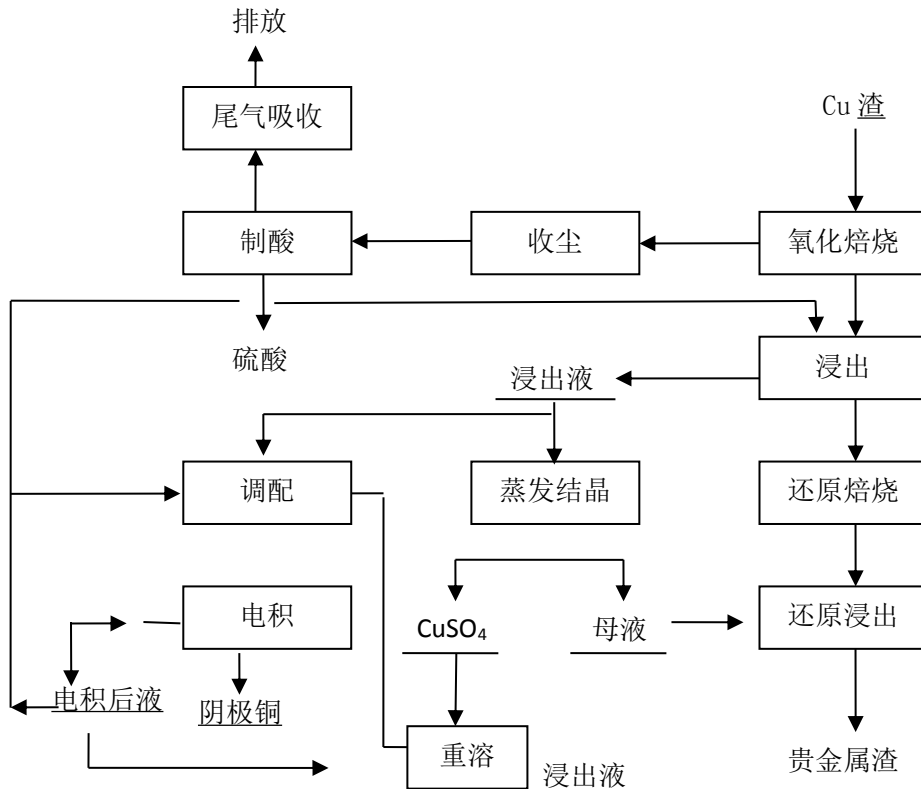


图 14 氧化焙烧—硫酸浸出—电积工艺流程简图

#### 4.2.2.3 低品位硫化铜矿（含铜采矿废石）细菌浸出堆浸

德兴铜矿是我国目前最大的铜矿山，每年有 2500 万吨低品位表外矿送废石堆场。现已堆存几十亿吨废石，其中铜金属含量达 200 万吨以上。德兴铜矿与北京有色冶金设计研究总院合作，采用细菌浸出技术，建成了年产 2000 吨阴极铜的堆浸萃取—电积试验工厂。1997 年 5 月开始喷淋，同年 10 月产出达到 A 级标准的电积铜。该厂

2007 年生产电积铜 1661 吨/年。该堆浸厂具有一定代表性，反应我国堆浸—萃取—电积技术的一般水准。堆浸—萃取—电积工艺流程见图 15。

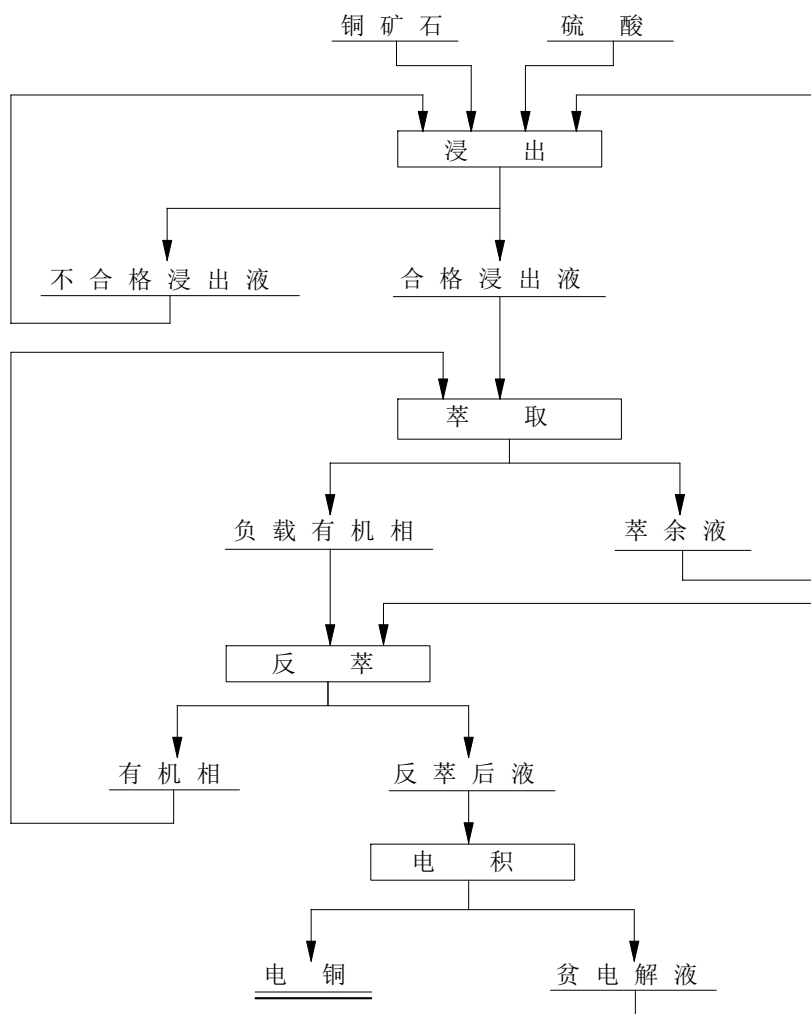


图 15 堆浸—萃取—电积工艺流程简图

## 5 文本说明

### 5.1 适应范围

《指南》适用于全国各级环境保护主管部门对本行政区域内铜选冶生产企业危险废物的日常管理和监督检查。

## 5.2 监管依据

本部分列出了编制《指南》所参考并遵循的铜选冶行业相关的政策及执行标准。

## 5.3 危险废物产生环节

本部分分别按照铜选矿、火法炼铜和湿法炼铜三部分给出了铜选冶行业危险废物产生环节。

铜矿选矿过程中，危险废物主要在废气除尘装置和机器设备运行等环节中产生，产生的危险废物主要为机器设备运行产生的废机油。

火法炼铜过程中，危险废物主要在烟气制酸、熔炼炉和吹炼炉电除尘器收尘、电解液净化、废水处理等环节中产生，产生的危险废物包括砷滤饼、铅滤饼、白烟尘、黑铜粉、废触媒等。

湿法炼铜过程中，危险废物主要在电积工序环节中产生的铅泥。

## 5.4 危险废物产生规律与系数

本部分给出了铜选冶生产企业可能产生的10种危险废物名称、废物类别、废物代码、固体废物来源以及治理措施。同时，给出了铜选冶行业危险废物产生的系数和规律。

调查数据主要是通过对企业进行实际调查得到，调查数据包括企业基本情况（企业名称、所在地、历年产品产量、生产规模、工业总产值等）、企业原材料成分分析、企业工业固体废物产生、处置量及危险废物产生、处理量、危险废物成分分析等数据。

## 5.5 现场核查程序与方法

本部分包括现场核查程序和现场核查方法两部分内容：

### （1）现场核查程序

包括核查准备、制定方案、现场核查、总结归档等内容。

## (2) 现场核查方法

包括资料检查、现场核查、产生量核算、现场访谈等内容。

## 5.6 现场核查要点

本部分主要针对铜选冶企业规定了现场危险废物监督管理要求，分为四部分内容：

### (1) 危险废物产生种类和数量核查

包括危险废物信息一致性核查、危险废物产生种类的核查、危险废物产生量的核查等内容。

### (2) 危险废物贮存场所（设施）情况核查

对于铜选冶企业，现场核查危险废物贮存场所（设施）时应重点关注设施建设情况、贮存场所（设施）的能力是否满足要求、危险废物贮存时间是否合理和满足相关的法律法规要求等。

### (3) 危险废物自行处置利用核查

包括核查时间段的确定、危险废物自行处置利用的种类和数量核查、危险废物自行处置利用场所（设施）情况核查等内容。

### (4) 危险废物委托处置的核查

包括核查时间段的确定、危险废物委托处置（转移）的种类和数量核查、危险废物委托处置的核查等内容。

## 5.7 核查信息汇总与反馈

现场核查结束后应及时对核查情况进行记录和信息汇总，将核查确认的废物类型、产生量、储存情况、自行处置情况、委托处置情况及相关制度的执行情况进行汇总，填写《危险废物现场核查结

果信息汇总表》，并将存在的问题进行标注。

对发现的问题，不属于违法行为的，应提出整改或完善要求；对属于危险废物违法行为的，应依法提出环境违法行为处理建议，由环境执法部门依照相关规定进行处理。

核查结束后，应对现场核查过程中形成的照片、录像、企业提交的相关情况说明材料以及、相关文件、核查信息有关的其他资料进行整理，及时分类归档。

## **5.8 附**

本部分对铜选冶行业《危险废物产生种类现场核查提示清单》《危险废物核查结果信息汇总表》和铜选矿项目的构成及主要生产工艺、铜冶炼项目的构成、主要生产工艺及产污节点进行了详细介绍。