

YS

中华人民共和国有色金属行业

YS/T 441-XXXX

代替 YS/T 441.1-2014、YS/T 441.2-2014、YS/T 441.3-2014、YS/T 441.4-2014、YS/T 441.5-2014

有色重金属选矿、冶炼平衡管理规范

Management rules of heavy non-ferrous metals enrichment and metallurgy balance

(送审稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部

发布

目次

前言	错误! 未定义书签。
目次	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 选矿部分	2
3.2 冶炼部分	4
3.3 综合部分	5
4 管理职责	5
5 选矿	5
5.1 选矿物料流程图	5
5.2 检验	6
5.3 盘点	7
5.4 金属平衡要求与计算方法	7
5.5 理论与实际回收率允许误差	11
6 冶炼	11
6.1 冶炼物料流程图	11
6.2 检验	11
6.3 计量	14
6.4 盘点	15
6.5 金属平衡和计算	15
附录 A (资料性) 金属平衡表	209
附录 B (规范性) 冶炼物料流程图	243

前言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草》的规定起草。

本文件代替 YS/T 441.1—2014《有色金属平衡管理规范 第1部分：铜选矿冶炼》、YS/T 441.2—2014《有色金属平衡管理规范 第2部分：铅选矿冶炼》、YS/T 441.3—2014《有色金属平衡管理规范 第3部分：锌选矿冶炼》、YS/T 441.4—2014《有色金属平衡管理规范 第4部分：锡选矿冶炼》、YS/T 441.5—2014《有色金属平衡管理规范 第5部分：金、银冶炼》，与 YS/T 441.1~YS/T 441.5 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准范围，整合修改为铜选矿冶炼、铅选矿冶炼、锌选矿冶炼、锡选矿冶炼、锑选矿冶炼、金冶炼、银冶炼金属平衡管理（见第1章，见 YS/T 441.1—2014~YS/T 441.5—2014 的第1章）；
- b) 更改了术语和定义，增加了“矿石品位”、“富矿比”、“选矿比”、“结存常数”“堆密度”等术语和定义（见第3章，见 YS/T 441.1—2014~YS/T 441.5—2014 的第3章）；
- c) 增加了混合铅锌精矿、锑精矿产品质量要求（见5.2.1.4）；
- d) 增加了**锑原矿、锑尾矿及块矿、溢流等物料的取制样要求（见5.2.2.4）**；
- e) 更改了铜原矿、尾矿化学分析方法，将YS/T 53修改为按YS/T 1115（见5.2.3，2014版的**5.2.3**）；
- f) 增加了锑精矿及其原矿、尾矿等的化学分析方法（见5.2.3.5）；
- g) 增加了阳极铜、粗锌、锌精矿焙砂、硫酸锌、锑锭、粗锑等冶炼产品质量要求（见表2）；
- h) 增加了混合铅锌精矿、粗锌、锌精矿焙砂、锑精矿、锑锭等的取制样方法要求（见表3）；
- i) 增加了铜渣精矿、冰铜、阳极铜、铜阳极泥、混合铅锌精矿、粗锌、锌精矿焙砂、粗锡、锡阳极泥、锑精矿、锑锭等的分析方法要求（见表4）；
- j) 增加了锑冶炼过程中物料计量误差（见表5）；
- k) 增加了锑冶炼金属平衡计算要求（见6.5.3.1.5）；
- l) 更改了火法锌冶炼工序回收率说明（见6.5.3.4.2，YS/T 441.3-2014的6.5.3.3）；
- m) 更改了火法炼锌和湿法炼锌工艺流程图（见图B.3和B.4，YS/T 441.3-2014的图3、图4和图5）；
- n) **增加了锑选矿冶炼**工艺流程图（见图B.7和B.8）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC243)提出并归口。

本文件起草单位：有色金属技术经济研究院有限责任公司、大冶有色金属有限责任公司、江西铜业集团有限公司、葫芦岛锌业股份有限公司、广西华锡有色金属股份有限公司、河南豫光金铅股份有限公司、锡矿山闪星锑业有限责任公司、云南锡业股份有限公司等。

本文件主要起草人员：

本文件及所代替文件的历次版本发布情况为：

- YS/T 441.1，2001年首次发布，2014年第一次修订；
- YS/T 441.2，2001年首次发布，2014年第一次修订；
- YS/T 441.3，2001年首次发布，2014年第一次修订；
- YS/T 441.4，2001年首次发布，2014年第一次修订；
- YS/T 441.5，2001年首次发布，2014年第一次修订。

YS/T 441-202X

有色重金属选矿、冶炼平衡管理规范

1 范围

本文件规定了铜选矿冶炼、铅选矿冶炼、锌选矿冶炼、锡选矿冶炼、**锑选矿冶炼**、金冶炼、银冶炼金属平衡管理的管理职责、选矿金属平衡计算和冶炼金属平衡计算。

本文件适用于铜、铅、锌、锡、锑及其附属产品选矿冶炼生产企业；也适用于以有色金属冶金尾料阳极泥为原料的金、银及其附属产品冶炼生产企业。

2 规范性引用文件

下列文件中内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 467 阴极铜
- GB/T 469 铅锭
- GB/T 470 锌锭
- GB/T 728 锡锭
- GB/T 1599 锑锭**
- GB/T 1819（所有部分）锡精矿化学分析方法
- GB/T 3185 氧化锌（间接法）
- GB/T 3253（所有部分） 锑及三氧化二锑化学分析方法**
- GB/T 3260（所有部分）锡化学分析方法
- GB/T 3494 直接法氧化锌
- GB/T 3884（所有部分）铜精矿化学分析方法
- GB/T 4103（所有部分）铅及铅合金化学分析方法
- GB/T 4134 金锭
- GB/T 4135 银锭
- GB/T 5121（所有部分）铜及铜合金化学分析方法
- GB/T 6890 锌粉
- GB/T 8012 铸造锡铅焊料
- GB/T 8151（所有部分）锌精矿化学分析方法
- GB/T 8152（所有部分）铅精矿化学分析方法
- GB/T 8736 铸造用锌合金锭
- GB/T 10574 锡铅焊料化学分析方法
- GB/T 11066 金化学分析方法
- GB/T 11067 银化学分析方法
- GB/T 12689（所有部分）锌及锌合金化学分析方法
- GB/T 14260 散装重有色金属浮选精矿取样、制样通则
- GB/T 14261 散装浮选锌精矿取样、制样方法
- GB/T 14262 散装浮选铅精矿取样、制样方法
- GB/T 14263 散装浮选铜精矿取样、制样方法
- GB/T 26017 高纯铜

GB/T 26042 锌及锌合金分析方法 光电反射光谱法
GB/T 26043 锌及锌合金取制样方法
GB/T 27682 铜渣精矿
HG/T 2326 工业硫酸锌
YS/T 53 (所有部分) 铜、铅、锌原矿和尾矿化学分析方法
YS/T 70 粗铜
YS/T 71 粗铅
YS/T 87 铜、铅阳极泥取制样方法
YS/T 94 硫酸铜(冶炼副产品)
YS/T 96 散装浮选铜精矿中金、银分析取制样方法
YS/T 248 (所有部分) 粗铅化学分析方法
YS/T 310 热镀用锌合金锭
YS/T 318 铜精矿
YS/T 319 铅精矿
YS/T 320 锌精矿
YS/T 339 锡精矿
YS/T 385 铋精矿
YS/T 452 混合铅锌精矿
YS/T 461 (所有部分) 混合铅锌精矿化学分析方法
YS/T 464 阴极铜直读光谱分析方法
YS/T 521 (所有部分) 粗铜化学分析方法
YS/T 556 (所有部分) 铋精矿化学分析方法
YS/T 745 (所有部分) 铜阳极泥化学分析方法
YS/T 883 锌精矿焙砂
YS/T 921 冰铜
YS/T 990 (所有部分) **冰铜化学分析方法**
YS/T 991 铜阳极泥
YS/T 1046 (所有部分) 铜渣精矿化学分析方法
YS/T 1083 阳极铜
YS/T 1115 (所有部分) 铜原矿和尾矿化学分析方法
YS/T 1116 (所有部分) 锡阳极泥化学分析方法
YS/T 1149 (所有部分) 锌精矿焙砂化学分析方法
YS/T 1230 (所有部分) 阳极铜化学分析方法
YS/T 1286 粗锌
YS/T 1314 (所有部分) 粗锌化学分析方法
YS/T 1462 (所有部分) 粗锡化学分析方法
YS/T 1458 粗铋
YS/T 1582 (所有部分) 粗铋化学分析方法
T/CNIA 0199 含铜污泥取制样方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 选矿部分

3.1.1

原矿 raw minerals

从采场送到选矿厂的矿石。也包括进入选矿处理的其他原料。

3.1.2

精矿 concentrates

矿石或原料经选别后，有用成分得到富集，~~杂质成分少~~的产品。

3.1.3

尾矿 tailings

矿石或原料经选别后，有用成分含量很少或~~在现有经济技术条件下无进一步回收~~价值的产物。

3.1.4

中矿 middle-minerals

在选矿过程中，除精矿和尾矿之外，需要进一步处理的中间矿物。

3.1.5

矿石品位 ore grade

矿石中所含某种金属或有用组分的重量与该矿石的重量之比，一般用百分数（%）表示。

3.1.6

选矿比 beneficiation ratio

原矿处理量与选出精矿量的比值，即每选出一吨精矿所需原矿数量。通常以倍数表示。

3.1.7

富集比 enrichment ratio

又称富矿比，矿石选别过程有用成分在精矿中的富集程度，是精矿中有用矿物的品位与原矿中有用矿物的品位之比，即精矿品位是原矿品位的几倍。

3.1.8

原矿品位 raw minerals rate

进入选矿厂处理的原矿中所含某种金属重量占原矿重量的百分比。

3.1.9

精矿品位 concentrates rate

精矿产品中所含某种金属重量占精矿重量的百分比。

3.1.10

尾矿品位 tailings rate

尾矿中所含某种金属重量占全部尾矿重量的百分比。

3.1.11

产率 output rate

选矿产品重量与原矿重量的百分比。

3.1.12

选矿回收率 enrichment rate

精矿中金属（元素或化合物）的数量对原矿中金属（元素或化合物）的数量之比的百分数称为该金属（元素或化合物）在精矿中的回收率。用来评价给矿中有用成分回收的程度。

3.1.13

实际回收率 real rate

选矿厂从处理原矿到选出合格精矿的全部选矿过程的金属总回收率。

3.1.14

理论回收率 theory rate

在理想条件下(即未考虑选矿生产过程的损失量,如浮渣、中矿水、精矿溢流水等**带走的金属量**)的选矿回收率。它是用来验证实际回收率高低的指标。

3.1.15

金属损失 loss of metal

在选矿生产过程中,部分矿石、矿粉、矿浆脱离生产流程,导致有用矿物损耗的现象。

3.1.16

选矿金属平衡 metals balance

选矿生产中,进入选矿作业的金属含量和选矿产品中的金属含量的平衡,称之为金属平衡。金属平衡包括理论金属平衡和实际金属平衡,理论金属平衡是根据原矿实际重量、产品理论重量和化验品位进行计算,实际金属平衡是根据原矿实际重量、产品实际重量和化验品位进行计算。

3.2 冶炼部分

3.2.1

成品 finished products

在本企业内已完成全部生产过程,经检验符合规定的质量标准并办完入库手续的产品。

3.2.2

半成品 semi-finished

在本企业内已经完成一个或几个生产阶段、符合规定的有关产品质量要求,但尚需在本企业其他生产阶段进一步冶炼或加工的产品。

3.2.3

在制品 processing-products

正处于冶炼过程中,尚未达到成品或半成品的制品(包括虽然冶炼完毕,但尚待检验或检验完毕尚未入库的产品)。在制品介于原料与半成品、半成品与半成品、半成品与成品之间。

3.2.4

副产品 by-products

冶炼过程中产出的“三废”(废气、废液、废渣)经进一步综合利用(冶炼或加工)生产成的其他有综合利用价值的产品。

3.2.5

返回品 returning products

金属冶炼过程中,本工序产出的未达到成品或半成品质量要求,尚需返回上一道工序或本工序重新处理的金属物料。

3.2.6

回收品 recycling products

金属冶炼过程中,产出的废杂金属、残渣及烟尘等,不能在本工序直接返回处理,尚需送交其他工序或冶炼系统进行处理金属物料。

3.2.7

金属回收率 metal recovery rate

冶炼成品或半成品的金属量占实际消耗物料金属量的百分比。它是工序回收率(熔炼回收率、精炼回收率等)、冶炼总回收率的总称。

3.2.8

工序回收率 processing recovery rate

某一工序产出的合格半成品或成品中金属量占实际消耗物料中金属量的百分比，反映了在某工序生产过程中金属的回收程度。

3.2.9

冶炼总回收率 metallurgy total recovery rate

冶炼产出的最终产品某种金属总量占整个冶炼过程中实际消耗物料中该种金属总量的百分比。

3.2.10

冶炼金属平衡 metals balance in metallurgy

在生产过程中，产品中的金属量与进入作业工序的金属量的平衡。

3.3 综合部分

3.3.1

盘点 stocktaking

在一定时间间隔内（与金属平衡统计期相对应），对本企业生产过程中所涉及的生产物料，包括原料、成品、半成品、在制品、副产品、返回品、回收品等进行实物量与金属量的统计、结算。

3.3.2

干量 dry state

物料经扣减水分后的重量。

3.3.3

中间物料 middle-material

在本企业内尚未完成全部生产过程，无需办理入库手续，尚需进一步生产加工的产品，如中矿、半成品、在制品等。

3.3.4

损失量 loss of metal

生产过程中，由废气、废液、废渣带走的金属量以及由于外界因素影响，造成**损耗**的金属量。

3.3.5

结存常数

某系统或工序运行主体设备中停留的不方便直接盘点的物料，正常生产状态下在炉体、管道、工艺密闭装置内相对稳定的基本结存金属量。

3.3.6

堆密度

散状物料在堆积状态下单位体积的质量，亦可称为堆比重。

4 管理职责

企业应成立金属平衡管理委员会，统一领导、统筹安排企业金属平衡管理工作，明确职能部门及生产单位金属管理职责和权限，检查、协调和监督各相关部门所承担的金属平衡管理职责和任务执行情况，并对金属平衡管理工作进行考核评价。定期组织研究减少金属**损失**的方法和措施，并**监督执行**。

5 选矿金属平衡计算

5.1 选矿物料流程图

选矿物料流程图如图 1 所示。

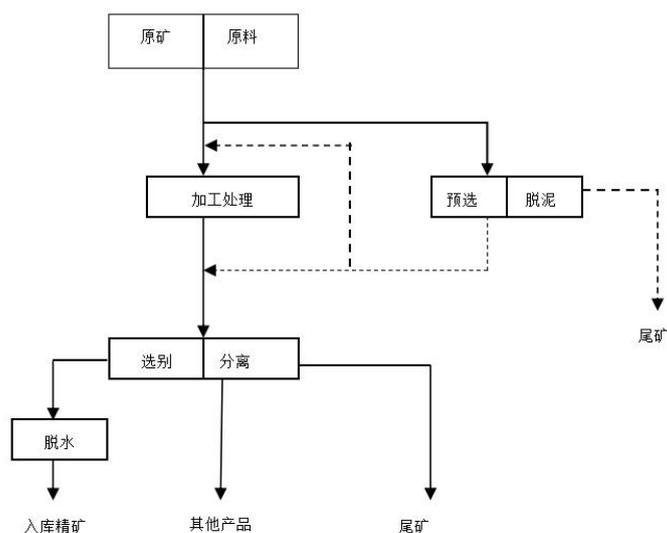


图 1 选矿物料流程图

5.2 选矿检验

5.2.1 产品

- 5.2.1.1 铜精矿产品质量应符合 YS/T 318 的规定。
- 5.2.1.2 铅精矿产品质量应符合 YS/T 319 的规定。
- 5.2.1.3 锌精矿产品质量应符合 YS/T 320 的规定。
- 5.2.1.4 混合铅锌精矿产品质量应符合 YS/T 452 的规定。
- 5.2.1.5 锡精矿产品质量应符合 YS/T 339 的规定。

5.2.1.6 锑精矿产品质量应符合 YS/T 385 的规定。

5.2.2 取样制样方法

- 5.2.2.1 铜、铅、锌的原矿、尾矿以及锡精矿的取样和制样按 GB/T 14260 标准规定进行；铜中矿、溢流等物料的取样和制样方法按企业标准或取样、制样技术规程的规定进行。
- 5.2.2.2 铜精矿的取样和制样按 GB/T 14263 标准规定进行；铅精矿的取样和制样按 GB/T 14262 执行；锌精矿的取样、制样方法按 GB/T 14261 规定进行。
- 5.2.2.3 锡原矿、锡尾矿及中矿、溢流等物料的取样和制样方法按企业标准或取样、制样技术规程的规定进行。
- 5.2.2.4 锑原矿、锑尾矿及中矿、溢流等物料的取样和制样方法按企业标准或取样、制样技术规程的规定进行。

5.2.3 分析方法

- 5.2.3.1 铜原矿、尾矿和铜精矿的水分测定按 GB/T 14263 的相关规定进行；铜原矿、尾矿化学分析按 YS/T 1115 的规定进行；铜精矿化学分析按 GB/T 3884 的规定进行；中间矿产品等物料的水分和化学成分的测定按企业标准或分析技术规程规定进行。
- 5.2.3.2 铅精矿水分测定按 GB/T 14262 的相关规定进行；铅精矿化学成分分析按 GB/T 8152 的进行；原矿、尾矿化学分析按 YS/T 53 的规定进行；其他含铅物料按企业标准或分析技术规程的规定进行。

5.2.3.3 锌原矿、尾矿和锌精矿的水分测定按 GB/T 14261 的相关规定进行；锌原矿、尾矿的化学分析方法按 YS/T 53 的规定进行；锌精矿化学成分分析按 GB/T 8151 的规定进行；中间矿产品等物料的水分测定及化学分析方法按企业标准或分析技术规程的规定进行。

5.2.3.4 锡精矿水分的测定和化学成分的测定按 GB/T 1819 的规定进行，原矿、尾矿、中间产品的水分测定及化学成分分析按有关企业标准或分析技术规程的规定进行。

5.2.3.5 锑精矿水分的测定和化学成分的测定按 YS/T 556 的规定进行，原矿、尾矿、中间产品的水分测定及化学成分分析按有关企业标准或分析技术规程的规定进行。

5.2.4 计量

5.2.4.1 计量范围

凡进入选矿工艺流程的原矿及选矿工序过程涉及的物料、精矿、尾矿等多种物料均需进行计量。

5.2.4.2 计量误差

根据物料的性质和计量误差要求，选择适宜计量仪器或器具。计量误差应满足表 1 的规定。

表 1 选矿过程中物料计量误差

选矿类型	产品计量误差	原料计量误差	中间产品等物料计量误差
铜选矿	≤2‰	≤2‰	≤5‰
铅选矿	≤1‰	≤2‰	≤5‰
锌选矿	≤2‰	≤2‰	≤5‰
锡选矿	≤1‰	≤1‰	≤1‰
锑选矿	≤2‰	≤2‰	≤5‰

5.3 选矿盘点

5.3.1 盘点的范围

期末库存的原矿、精矿、浓密机结存、所存机械占用及未入库精矿。

5.3.2 盘点时间

正常情况下，与金属平衡统计期一致。

5.3.3 盘点方法

5.3.3.1 称量法：对结存量小的物料，将其装入容器或汽车，在计量器具上直接称量。

5.3.3.2 容积法：对存放在固定矿仓、浓密机及固定几何尺寸容器中的物料以实测高度计算其结存量。

5.3.3.3 现场测量法：对结存量大且不规则的固体物料，应首先进行必要的堆积，确定其几何图形，然后用皮尺或经纬仪等仪器测量计算体积，并用堆密度计算结存量。

5.3.3.4 计算取用参数(如堆密度、水分、品位)以实测为准，不得随意修改。

5.4 选矿金属平衡要求与计算方法

5.4.1 金属平衡要求

5.4.1.1 凡进入选矿工艺流程的原矿必须使用符合计量标准的计量器具进行计量。同时应在此计量点测定水分。

5.4.1.2 原矿品位、精矿品位、尾矿品位以实际取样分析为准。

- 5.4.1.3 金属损失应以实际测定为准，不能预先估计或预先肯定实际回收率来推算损失。
- 5.4.1.4 原矿仓、中间矿仓、粉矿仓等结存以实际盘点为准，磨浮等主要机械占用用常数进行计算。
- 5.4.1.5 金属平衡表中的“期初结存”数与上一期金属平衡表中的“期末结存”数应一致。
- 5.4.1.6 金属平衡表中的期初结存、本期收入、本期处理，必须以实际检测数据为准，期末结存以实际盘点为准。
- 5.4.1.7 ~~一般不允许有地面堆积矿砂。如有则应在平衡前尽量盘点实测，以便参与平衡。~~

5.4.2 计算方法

5.4.2.1 原矿品位

5.4.2.1.1 原矿品位应根据取样化验的加权平均数求得；生产累积原矿品位按公式（1）计算。

$$\bar{\alpha} = \frac{Q_{11}\alpha_1 + Q_{12}\alpha_2}{Q_{11} + Q_{12}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\bar{\alpha}$ ——原矿累积平均品位，%；
- Q_{11} ——当期处理的原矿量，单位为吨（t）；
- Q_{12} ——前期累计处理的原矿量，单位为吨（t）；
- α_1 ——当期处理的原矿品位（质量分数），%；
- α_2 ——前期处理的累计原矿品位（质量分数），%。

注：原矿量、原矿金属量及原矿品位均与计算选矿回收率的数据一致。

5.4.2.1.2 对于锡选矿，在没有手选，脱泥等预选工序、且选别中矿不返回分级作业，选矿厂原矿品位应以分级机溢流取样化验的品位为准；有中矿返回的，应以球磨机给矿皮带取样化验的品位为准；有手选、脱泥等预选工序的浮选厂应以预选前原矿取样化验品位为准，并应对于预选废石、合格块矿及溢流进行计量、取样和化验。由于预选前矿石块度较大，一般难以准确取样化验，处理原矿品位也可以采用公式(2)计算求得。

$$\bar{\alpha} = \frac{Q_{11}\alpha_1 + Q_{13}\alpha_3 + Q_{14}\alpha_4}{Q_{11} + Q_{13} + Q_{14}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $\bar{\alpha}$ ——原矿累积平均品位，%；
- Q_{11} ——当期处理的原矿量，单位为吨（t）；
- Q_{13} ——预选出矿量，单位为吨（t）；
- Q_{14} ——脱泥量，单位为吨（t）；
- α_1 ——当期处理的原矿品位，%；
- α_3 ——预选出矿品位，%；
- α_4 ——脱泥品位，%。

注1：优先浮选的选厂，各种产品的选矿处理量及处理矿品位，均以开始处理的原矿及原矿品位为准。

注2：砂矿水枪开采的处理原矿品位，以砂泵或溜槽出口取样化验的品位为准，砂矿干采干运的处理原矿品位，以进入选厂的皮带给矿取样化验为准并应与选矿处理的计算范围相适应。

注3：~~单一精选厂处理原矿品位是指进厂的原料中所含某种金属量占处理原料重量的百分比。~~

5.4.2.2 精矿品位

精矿品位应根据取样化验的加权平均数求得，精矿量、精矿金属量，应与计算选矿回收率的数据一致。生产累积精矿品位按公式（3）计算。

$$\bar{\beta} = \frac{Q_{21} \beta_1 + Q_{22} \beta_2}{Q_{21} + Q_{22}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $\bar{\beta}$ ——精矿累积平均品位，%；
- Q_{21} ——当期生产的精矿量，单位为吨（t）；
- Q_{22} ——前期累计生产的精矿量，单位为吨（t）；
- β_1 ——当期生产的精矿品位（质量分数），%；
- β_2 ——前期生产的累计精矿品位（质量分数），%。

5.4.2.3 尾矿品位

尾矿品位应以取样、化验的加权平均数求得。尾矿量及尾矿金属量应包括脱泥、预选等尾矿的尾矿量及其金属量。

溢流、浮选尾矿应按取样测定的数字为准。在计量设备不完备的情况下，如果中间产品数量较稳定，可以用平衡法计算并校正尾矿量，见计算公式（4）：

$$M = Q_1 - Q_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- M ——尾矿量，单位为吨（t）；
- Q_1 ——原矿处理量，单位为吨（t）；
- Q_2 ——精矿量，单位为吨（t）。

5.4.2.4 产率【需要关注公式的描述，目前与定义一致】

产率应根据取样化验的加权平均数求得，按式（5）计算。

$$\text{产率} = \frac{\text{选矿产品重量 (吨)}}{\text{原矿重量 (吨)}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (5)$$

5.4.2.5 选矿比

选矿比应根据取样化验的加权平均数求得，按式（6）计算。

$$\text{选矿比} = \frac{\text{原矿处理量 (吨)}}{\text{精矿重量 (吨)}} \text{ (倍)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

计算说明：

- a) 原矿处理量和精矿量应与计算选矿回收率的相关数据一致。
- b) 有多种精矿产品的选厂，计算选矿比的子项不变，分别以各种产品的精矿为母项，求出各项产品的选矿比

5.4.2.6 富集比

富集比应根据取样化验的加权平均数求得，按式（7）计算。

$$\text{富集比} = \frac{\text{精矿品位}}{\text{原矿品位}} \text{ (倍)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

计算说明：

- a) 精矿品位应根据取样化验的加权平均数求得。
- b) 精矿量、精矿金属量，应与计算选矿回收率的数据一致。

5.4.2.7 理论回收率

一定生产期间内的原矿石和最终选矿产品（精矿、尾矿）化验品位，计算出的金属回收率称为

理论回收率，其计算见公式（8）。理论回收率是在理想条件下，即未考虑选矿生产过程金属流失的选矿回收率。它是用来验证实际回收率高低的指标。理论回收率按公式（8）计算。

$$\varepsilon = \frac{\beta \times (\alpha - \varphi)}{\alpha \times (\beta - \varphi)} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- ε ——回收率，%；
- β ——精矿品位，%；
- α ——原矿品位，%；
- φ ——尾矿品位，%。

5.4.2.8 实际回收率

一定生产期间内选矿厂实际处理的矿石数量、生产精矿数量，通过其化验品位计算金属含量，实际精矿金属含量与原矿金属含量的百分比称为实际回收率，实际回收率按公式（9）计算。

$$\varepsilon_p = \frac{Q \times \beta}{Q_0 \times \alpha} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- ε_p ——实际回收率（质量分数），%；
- Q ——生产精矿干量，单位为吨（t）；
- β ——精矿品位（质量分数），%；
- Q_0 ——生产原矿干量，单位为吨（t）；
- α ——处理原矿品位（质量分数），%。

5.4.2.9 按金属分元素计算选矿回收率

5.4.2.9.1 单一金属流程图见图 2。

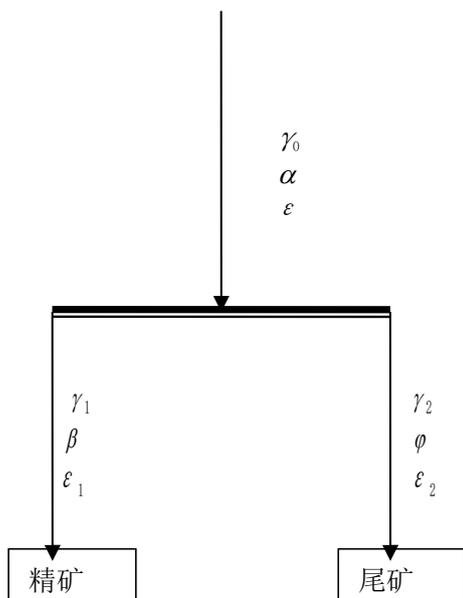


图2 单一金属流程图

重量平衡，按公式（10）计： $\gamma_0 = \gamma_1 + \gamma_2 \dots\dots\dots (10)$

金属量平衡，按公式（11）计： $\gamma_0\alpha = \gamma_1\beta + \gamma_2\varphi$(11)

$$\begin{aligned} \text{则 } \varepsilon_1 &= (\gamma_1\beta / \gamma_0\alpha) \times 100\% \\ &= [\beta(\alpha - \varphi) / \alpha(\beta - \varphi)] \times 100\% \end{aligned}$$

式中：

γ ——该作业段产率，%；

α ——原矿品位，%；

ε ——回收率，%；

β ——精矿品位，%；

φ ——尾矿品位，%。

5.4.2.9.2 对于多金属矿流程计算可以选择相应的流程计算平衡。

5.5 理论与实际回收率允许误差

5.5.1 浮选厂理论与实际回收率允许误差：单一金属正差不得大于1%；多金属以主成份为主，正差不得大于2%，一般不应出现负差。

5.5.2 重选厂理论与实际回收率允许误差：单一金属正负差不得大于1.5%；多金属正差不得大于3%，负差不得大于2%。

6 冶炼金属平衡计算

6.1 冶炼物料流程图

冶炼物料流程图见附录B。

6.2 冶炼检验

6.2.1 产品

铜、铅、锌、锡、锑、金、银冶炼的产品质量应符合表2中相应标准的规定。

表2 冶炼产品质量

冶炼类型	产品种类	产品标准
铜冶炼	阴极铜	GB/T 467
	粗铜	YS/T 70
	硫酸铜	YS/T 94
	冰铜	YS/T 921
	阳极铜	YS/T 1083
	铜阳极泥	YS/T 991
	铜渣精矿	GB/T 27682
铅冶炼	铅锭	GB/T469
	粗铅	YS/T 71
	副产品氧化锌	YS/T 73
锌冶炼	锌锭	GB/T 470
	氧化锌【考虑删除与否】	GB/T 3185 或 GB/T 3494

	锌粉	GB/T6890
	热镀用锌合金锭	YS/T 310 或供需双方协商
	铸造用锌合金锭	GB/T 8738 或供需双方协商
	粗锌	YS/T 1286
	锌精矿焙砂	YS/T 883
	硫酸锌	HG/T 2326
锡冶炼	锡锭	GB/T 728
	铸造锡铅焊料	GB/T 8012
锑冶炼	锑锭	GB/T 1599
	阴极锑(粗锑)	YS/T 1458
金、银冶炼	金锭	GB/T 4134
	银锭	GB/T 4135

6.2.2 取样、制样方法

铜、铅、锌、锡、~~锑~~、金、银冶炼过程涉及的取样、制样方法应符合表 3 中相应标准的相关规定。

表 3 冶炼过程取样、制样方法

冶炼类型	产品种类	取样、制样标准
铜冶炼	铜精矿	GB/T 14263 和 YS/T 96
	铜渣精矿	GB/T 27682
	粗铜	YS/T 70
	阴极铜	GB/T 467
	其他原料或含铜中间物料（冰铜、铜阳极泥等）	YS/T 87 或 GB/T 2007 或 YS/T 921T/CNIA 0199 或企业标准
铅冶炼	铅精矿	GB/T 14262 或 GB/T 14260
	铅锭	GB/T 8152
	粗铅	YS/T 71
	铅阳极泥	YS/T 87
	其他原料或含铅中间物料	企业有关标准或取样、制样技术规程
锌冶炼	锌精矿	GB/T 14261 或 GB/T 14260
	混合铅锌精矿	GB/T 14262 或 GB/T 14260
	锌锭	GB/T 470 或 GB/T 26043
	热镀用锌合金锭	YS/T 310 或 GB/T 26043
	铸造用锌合金锭	GB/T 8738 或 GB/T 26043
	粗锌	企业有关标准或取样、制样技术规程
	锌精矿焙砂	GB/T 14261 或企业有关标准或取样、制样技术规程
	半成品、在制品、返回品、回收品等含锌中间物料	企业有关标准或取样、制样技术规程

冶炼类型	产品种类	取样、制样标准
锡冶炼	锡精矿	GB/T 14260
	锡锭	GB/T 728
	半成品、在制品、返回品、回收品等含锡中间物料	企业有关标准或取样、制样技术规程
锑冶炼	锑精矿	YS/T 385
	阴极锑（粗锑）	YS/T 1458
	锑锭	GB/T 1599
	半成品、在制品、返回品、回收品等含锑中间物料	企业有关标准或取样、制样技术规程
金、银冶炼	铜阳极泥、铅阳极泥	GB/T 14260 和 YS/T 87
	其它金和银冶炼产出的半成品、在制品、返回品、回收品等原料和中间物料	YS/T 87 或企业有关标准

6.2.3 分析方法

铜、铅、锌、锡、锑、金、银冶炼过程涉及的分析方法应符合表 4 中相应标准的规定。

表 4 冶炼过程分析方法

冶炼类型	产品种类	分析类型	分析方法标准
铜冶炼	铜精矿	水分	GB/T 14263
		化学成分	GB/T 3884
	铜渣精矿	化学成分	YS/T 1046
	粗铜	化学成分	YS/T 521
	冰铜	化学成分	YS/T 990
	阴极铜	化学成分	GB/T 5121 、GB/T 26017 和 YS/T 464
	阳极铜	化学成分	YS/T 1230
	铜阳极泥	化学成分	YS/T 745、YS/T 87
	其它原料或含铜中间物料	水分	YS/T 745 或企业标准或分析技术规程
化学成分			
铅冶炼	铅精矿	水分	GB/T 14262
		化学成分	GB/T 8152
	粗铅	化学成分	YS/T 248
	铅阳极泥	水分	YS/T 87
		化学成分	YS/T 775
	其他原料或含铅中间物料	水分	企业标准或分析技术规程
化学成分			
锌冶炼	锌精矿	水分	GB/T14261
		化学成分	GB/T 8151
	混合铅锌精矿	水分	

		化学成分	YS/T 461
	粗锌	化学成分	YS/T 1341
	锌精矿焙砂	化学成分	YS/T 1149
	锌锭、热镀锌合金锭、铸造用锌合金锭	化学成分	GB/T 12689 或 GB/T 26042
	氧化锌	化学成分	GB/T 3185 或 GB/T 3494 【GB/T 4372 直接法氧化锌化学分析方法】
	锌粉	化学成分	GB/T 6890
	中间物料、回收品及其他含锌物料	水分	企业标准或分析技术规程
		化学成分	
锡冶炼	锡精矿	水分	GB/T 1819
		化学成分	
	锡锭	化学成分	GB/T 3260
	铸造锡铅焊料	化学成分	GB/T 10574
	粗锡	化学成分	YS/T 1462
	锡阳极泥	化学成分	YS/T 1116
	中间物料	水分	企业标准或分析技术规程
化学成分			
锑冶炼	锑精矿	水分	YS/T 556
		化学成分	
	锑锭	化学成分	GB/T 3253
	阴极锑(粗锑)	化学成分	YS/T 1582
	中间物料	水分	企业标准或分析技术规程
化学成分			
金、银冶炼	阳极泥及中间物料	水分	GB/T 14260 或 YS/T745 或企业标准或分析技术规程
		化学成分	
	金锭	化学成分	GB/T 11066
	银锭	化学成分	GB/T 11067

6.3 冶炼计量

6.3.1 计量范围

凡入厂的原料、冶炼过程中涉及的物料、产成品均需进行计量。

6.3.2 计量误差

根据物料的性质和计量误差要求，选择适宜的计量器具。计量误差应满足表 5 的规定。

表 5 冶炼过程中物料计量误差

选矿类型	产品计量误差	原料计量误差	中间产品等物料计量误差
铜冶炼	≤1‰	≤2‰	≤5‰
铅冶炼	≤1‰	≤1‰	≤5‰

锌冶炼	≤1‰	≤2‰	≤5‰
锡冶炼	≤1‰	≤1‰	≤5‰
锑冶炼	≤1‰	≤1‰	≤5‰
金、银冶炼	≤0.2‰	≤1‰	≤2‰

6.4 冶炼盘点

6.4.1 盘点范围

期末库存的原料、半成品，未使用的在制品、副产品、返回品和回收品，未入库的成品。

6.4.2 盘点时间

正常情况下，与金属平衡统计期一致，如遇特殊情况可临时安排。

6.4.3 盘点方法

6.4.3.1 称量法：对结存量小、金属品位高的物料，将其装入容器或汽车，在计量器具(落地秤、汽车衡)上直接称量。

6.4.3.2 容积法：对存放于储罐、储槽中的液体或粉状物料，根据容器的几何尺寸、盘点时测量的堆积高度和堆密度(或体积密度)计算其结存量。

6.4.3.3 现场测量法：对结存量大、堆积形状不规则的固体物料，使用适当工具或仪器及采用适当方法测量计算体积，依据体积和预先测定的堆密度计算结存量。

6.4.3.4 直接计算法：对具有固定几何形状和单重的成品、半成品和在制品，盘点其结存块数，根据平均块重或定量浇铸块重量，计算结存量。

6.4.3.5 电流计算法：以通过的电流强度、时间及电效计算槽存阳极铜、阴极铜量，测算槽存阳极泥量。

6.4.3.6 计算取用参数(如堆密度、水分、品位)以实测为准，不得随意更改。

6.4.3.6 金银冶炼工序金银物料盘点：各工序结存物料量必须用称量法结存，液体按测量体积数计算。

6.5 冶炼金属平衡和计算

6.5.1 金属平衡表编制程序

金属平衡表的编制如图3的规定进行。

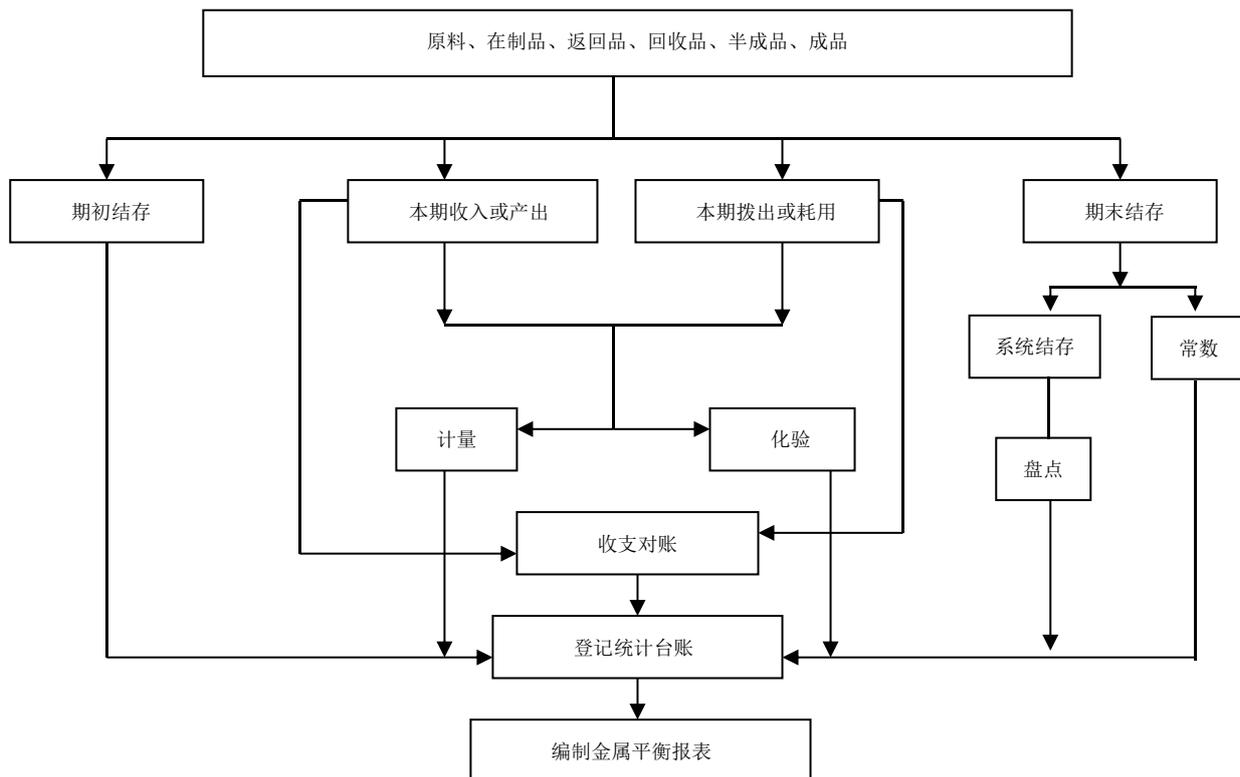


图3 金属平衡表编程序图

6.5.2 金属平衡要求

6.5.2.1 金属平衡报表体系包括收拨存表、金属平衡报表，见附录A。填写的项目应齐全，使用计量单位应一致，并采用国家法定计量单位。

6.5.2.2 原料、半成品、在制品、返回品、回收品、副产品和产品的实物量和品位来自计量、化验和盘点结果。对正常运行主体设备中停留的物料，应按结存常数进入金属平衡，当主体设备发生变化时，应进行盘点或重新计算结存常数。

6.5.2.3 期初结存+本期收入（或产出）=本期拨出（或耗用）+期末结存。

6.5.2.4 回收品的收入和支出在金属平衡表中应标明来源和去向，以便了解物料的使用情况和为其他核算提供凭证。

6.5.2.5 表中“期末结存”是从月末盘点取得的，因此盘点数据不得随意修改。

6.5.2.6 表中的“期初结存”数与上一期金属平衡表中的“期末结存”数应一致。

6.5.2.7 盘点的报告期与金属平衡的统计期时间要一致。

6.5.3 金属平衡的有关计算方法

6.5.3.1 计算要求

6.5.3.1.1 仅有粗炼或仅有精炼工序的企业不要求计算铜冶炼、铅冶炼或锌冶炼总回收率。

6.5.3.1.2 铜冶炼、铅冶炼或锌冶炼总回收率有平衡法和连乘法两种计算方法，对于熔炼成品全部供给本企业电解精炼的冶炼企业可选取任一种计算方法；对于熔炼成品有部分外销的冶炼企业只能采用连乘法。企业一经选定，不得任意变更计算方法。

6.5.3.1.3 在计算中回收品要区别对待：

- a) 在计算工序回收率时，回收品含金属量在母项中扣除。
- b) 在计算冶炼总回收率，如回收品是在原冶炼系统其他工序返回处理时，则应作为返回品处

理，不在母项中扣除。

c) 回收品若交送本企业其他冶炼系统生产另一种产品，然后再返回本冶炼系统回收该种金属时，则在其他冶炼系统生产过程中的该种金属损失应作为本系统生产损失。因此，计算冶炼总回收率时，在分母中减去的回收品金属量，要乘上其他系统对该种金属的回收率

d) 对外出售时，若按金属量计价，则在分母中减去回收品金属量，不按金属量计价，则不从分母中减去。

6.5.3.1.4 锡冶炼总回收率是指锡冶炼厂产出的合格铸造锡铅焊料、锡锭等产品含锡量占整个冶炼过程中消耗物料含锡量的百分比。它反映了从处理锡精矿或含锡物料开始，至产出合格铸造锡铅焊料、锡锭等产品为止的全部冶炼过程中锡的回收程度，采用平衡法或系数法。一经选定，不得任意变更计算方法。

6.5.3.1.5 锑冶炼总回收率是指锑冶炼厂产出的合格锑锭、粗锑、外售含锑中间品等产品含锑量占整个冶炼过程中消耗物料含锑量的百分比。它反映了从处理锑精矿或含锑物料开始，至产出合格锑锭、粗锑、外售含锑中间品等产品为止的全部冶炼过程中锑的回收程度，有平衡法和连乘法两种计算方法。

6.5.3.2 金属直收率

金属直收率按公式(9)计算：

$$\eta_{\text{直}} = \frac{a_1}{b_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$\eta_{\text{直}}$ —金属直收率，100%；

a_1 —产出的最终产品中某种金属的总量，单位为吨(t)；

b_1 —处理(投入)物料中某种金属的总量，单位为吨(t)。

6.5.3.3 平衡法

工序(或各阶段)回收率是指某一工序产出的合格半成品或成品中金属量占实际消耗物料中金属量的百分比。它是反映在某种工序生产过程中金属的回收程度，采用平衡法计算，按式(13)计算。

$$\eta_{\text{gx}} = a_2 / (b \pm c - d) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

η_{gx} ——工序(或各阶段)回收率，%；

a_2 ——合格成品或半成品及特定副产品中某种金属量，单位为吨(t)；

b ——处理(投入)某种物料物料某种金属量，单位为吨(t)；

c ——期初、期末在制品、返回品的金属量差额，单位为吨(t)

d ——回收品的金属量，单位为吨(t)。

计算说明：

(1) 计算单一工序的金属回收率，应该用平衡法直接计算。

(2) 产品是多工序时，应区别情况采用平衡法计算回收率。凡生产稳定，期初期末物料结存量变化不大的企业，可采用本式直接计算；凡生产不稳定，期初期末物料结存量变化大的企业，采用本式计算时，则应将期初期末结存物料量分别用各该物料的回收率反求结存原料的方法进行计算。

6.5.3.4 连乘法

6.5.3.4.1 先计算各工序（或各阶段）金属回收率，然后进行连乘，以求得冶炼总回收率。其计算公式见(14)和公式（15）。

a) 不计算返炼损失时：

$$H=H_1 \times H_2 \times H_3 \cdots H_n \cdots \cdots (14)$$

其中： $H_1=A_1/(A_1+B_1) \times 100\%$

$H_2=A_2/(A_2+B_2) \times 100\%$

$H_3=A_3/(A_3+B_3) \times 100\%$

b) 计算返炼损失时：

$$H=H_1 \times H_2 \times H_3 \cdots H_n \cdots \cdots (15)$$

其中： $H_1=A_1/(A_1+B_1) \times 100\%$

$H_2=A_2/[A_2+B_2+C_2(1-H_1)] \times 100\%$

$H_3=A_3/[A_3+B_3+C_3(1-H_1 \times H_2)] \times 100\%$

式中：

H ——金属总回收率，100%；

H_1 ——第1段工序回收率，100%；

H_2 ——第2段工序回收率，100%；

H_3 ——第3段段工序回收率，100%；

H_n ——第n段段工序回收率，100%；

$A_1、A_2、A_3$ ——第1、2、3段工序产品金属量，单位为吨（t）；

$B_1、B_2、B_3$ ——第1、2、3段工序金属损失量，单位为吨（t）；

$C_1、C_2、C_3$ ——第1、2、3段工序回收金属量，单位为吨（t）。

注1：C项若分成几部分返回不同工序处理应在母项中分别计算多工序的返炼损失。

注2：式中第三段回收品，如果只需返回第二段处理，则第三段金属回收率式中的母项为 $A_3+B_3+C_3(1-H_2)$ 。这是因为对回收品返回冶炼损失的计算只考虑其返回冶炼所经工序的损失。以后各段回收品返回冶炼损失计算以此类推。

6.5.3.4.2 各冶炼工序回收率说明如下：

a) 针对铜冶炼： H_1 为粗铜工序回收率， H_2 为阳极铜工序回收率， H_3 为电解铜工序回收率。

b) 针对铅冶炼： H_1 为粗铅工序回收率， H_2 为电解铅工序回收率。

c) 针对火法炼锌： H_1 为脱硫工序回收率， H_2 为熔炼工序回收率， H_3 为精炼工序回收率。

d) 针对湿法炼锌： H_1 为硫酸化焙烧工序回收率， H_2 为湿法炼锌工序回收率。

e) 针对火法炼锑： H_1 为初炼回收率， H_2 为反射炉精炼回收率。

6.5.3.5 系数法

锡冶炼总回收率按公式（16）或公式（17）计算。

$$\eta_{\text{总}} = \frac{a_3 + e_{\text{折}}}{b + f_{\text{折}}} \times 100\% \cdots \cdots (16)$$

式中：

$\eta_{\text{总}}$ ——冶炼回收率，100%；

a_3 ——主产品中某种金属的总量，单位为吨（t）；

$e_{\text{折}}$ ——折产品中某种金属的总量，单位为吨（t）；

b ——处理（投入）物料中某种金属的总量，单位为吨（t）；

$f_{\text{折}}$ ——折原料中某种金属的总量，单位为吨（t）。

$$\eta_{\text{锡总}} = \frac{a_{\text{锡}} \pm c_{\text{锡}} \times \mu}{b_{\text{锡}}} \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$\eta_{\text{锡总}}$ —锡冶炼回收率，100%；

$a_{\text{锡}}$ —主产品中锡金属的总量，单位为吨（t）；

$b_{\text{锡}}$ —处理（投入）物料中锡金属的总量，单位为吨（t）；

$c_{\text{锡}}$ —期初、期末在制品、返回品的锡金属量差额，单位为吨（t）；

μ —回收系数，%。

附 录 A

(资料性)

金属平衡表

A.1 选矿企业金属平衡表的格式和内容见表 A.1。

表 A.1 金属平衡表

年 月

产物及动态		本月平衡									自年初至本月止累计		
		矿种			矿种			矿种			合计		
		干重 t	品位 %	金属量 t	干重 t	品位 %	金属量 t	干重 t	品位 %	金属量 t	干重 t	品位 %	金属量 t
矿石	期初结存												
	本期收入												
	本期处理												
	期末结存												
理论	精矿												
	尾矿												
积存 矿砂	期初堆积												
	本期增加												
	本期处理												
	期末堆积												
浓密机期初占用													
浓密机期末占用													
金属损失													
其中													
实产	精矿												
	尾矿												
理论回收率													
实际回收率													

单位负责人： 审核： 制表： 填表日期： 年 月 日

A. 2 冶炼企业金属平衡表的格式和内容见表 A. 2。

表 A. 2 冶炼企业金属平衡表

品名	收 入						支 出						生 产												
	期初结存 (1)			本期收入 (2)			合计 (3)			本期支出 (4)			对账 损失 (5)	期末结存 (6)			合计(7)		投入(8)			产出(9)			
	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	干 量	%	含 量	
产成品或半成品																									
使用物料																									
中间占用及半在返																									
本月回收率(%)=												累计回收率(%)=													
损失项分析																									

单位领导： 审核： 制表： 填表日期： 年 月 日

注： 冶炼企业金属平衡表各项数据的确定方法：

①金属平衡表中(1)项“期初结存”为上期报表中“期末结存”的数据。

表 A.4 金属平衡表

项目名称		干量 (t)	品位 (%)	金属量 (t)
本期物料收入量				
	(1) 小计			
加: 原料、在制品、返回品期初结 存				
	(2) 小计			
减: 原料、在制品、返回品期末结 存				
	(3) 小计			
减: 回收品				
	(4) 合计			
本期消耗 (5)				
产品				
	(6) 合计			
金属回收率 (%)				
损失 (7)				

单位领导: 审核: 制表: 填表日期: 年 月 日

注: 冶炼企业金属平衡表各项数据的确定方法

- ①金属平衡表中(1)项“本期收入”为日常统计台账的累计结果,包括物料的干量,品位和金属量。
- ②表中(2)项“期初结存”为上期报表中“期末结存”的数据。
- ③表中(3)项“期末结存”的数据来自盘点结果。
- ④表中(4)项为报告期内回收品小计。
- ⑤表中(5)项为本期的消耗量, $(5) = (1) + (2) - (3) - (4)$ 。
- ⑥表中(6)项为报告期内产品小计,包括已入库的成品及半成品。
- ⑦表中(7)项为金属回收率 $(\%) = (6) / (5) \times 100\%$ 。
- ⑧表中(8)项“损失”是本期消耗(5)与产品项(6)金属合计量的差。即 $(8) = (5) - (6) = (1) + (2) - (3) - (4) - (6)$ 。
- ⑨金银量用公斤为单位。

附录 B

(规范性)

物料冶炼流程图

铜冶炼物料流程见图 B.1；铅冶炼物料流程见图 B.2；火法炼锌物料流程见图 B.3，湿法炼锌物料流程见图 B.4；锡冶炼物料流程见图 B.5；锑火法冶炼流程图见 B6，锑湿法冶炼流程图见 B7；铜阳极泥火湿联合冶炼物料流程见图 B.8；铅阳极泥火湿联合冶炼物料流程见图 B.9；卡尔多炉冶炼物料流程见图 B.10。

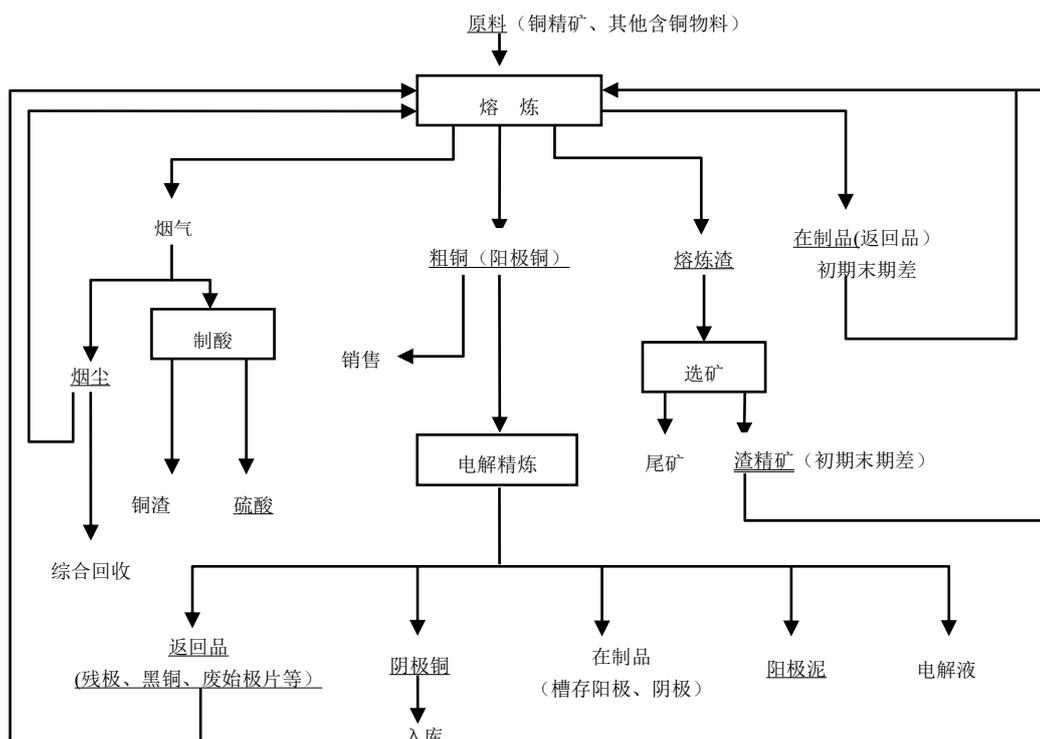


图 B.1 铜冶炼物料流程图

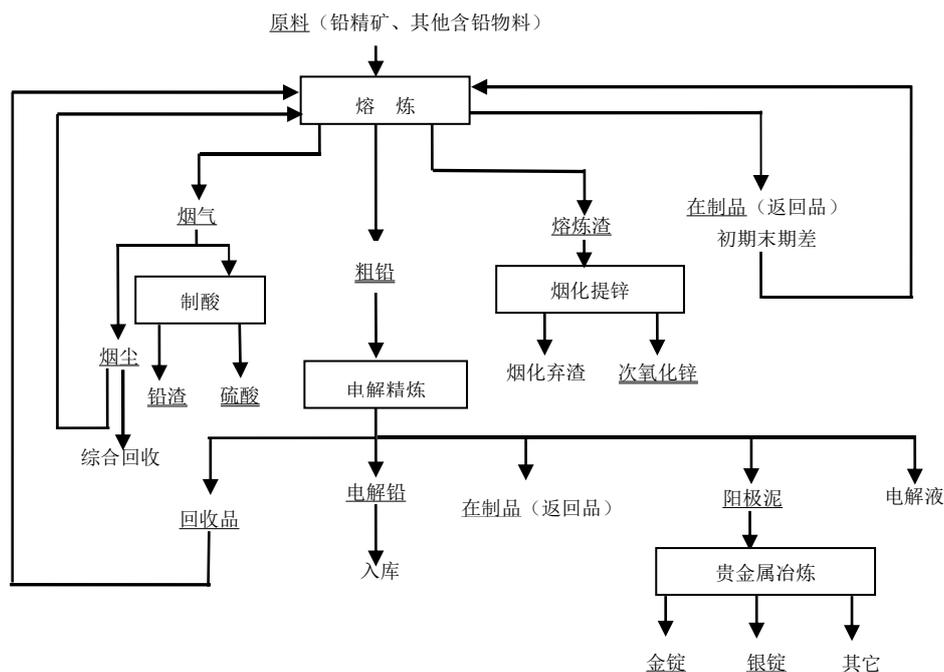


图 B.2 铅冶炼物料流程图

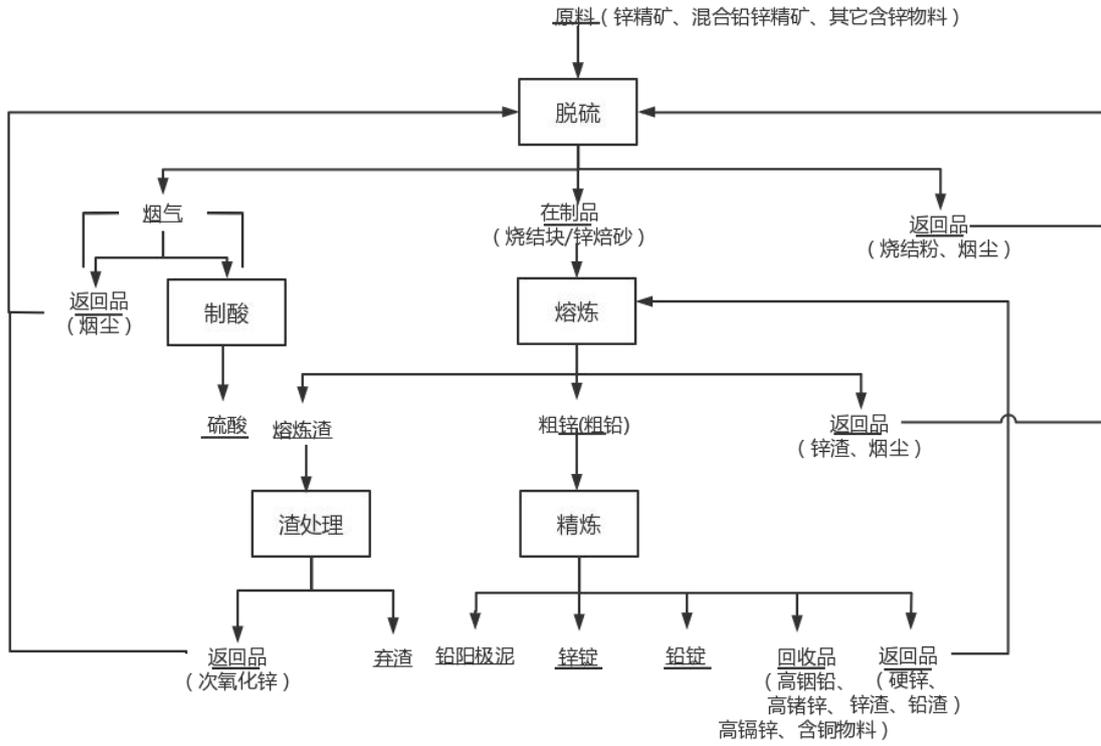


图 B.3 火法炼锌物料流程图

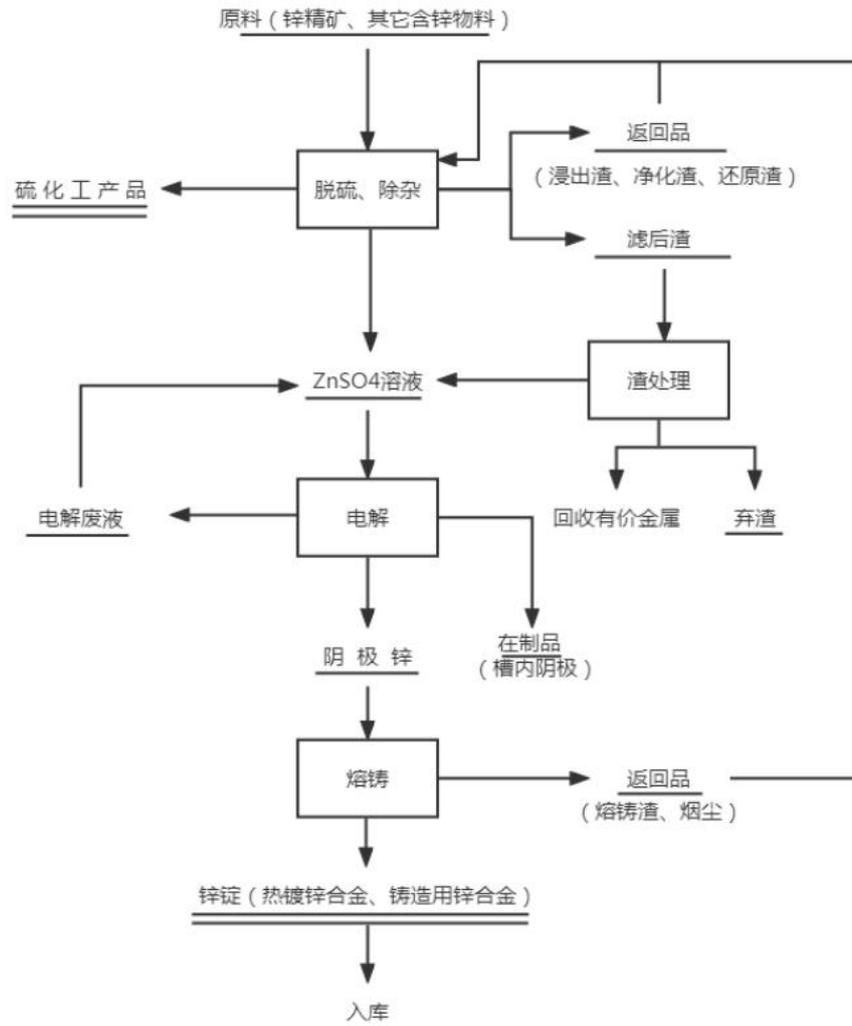


图 B.4 湿法炼锌物料流程图

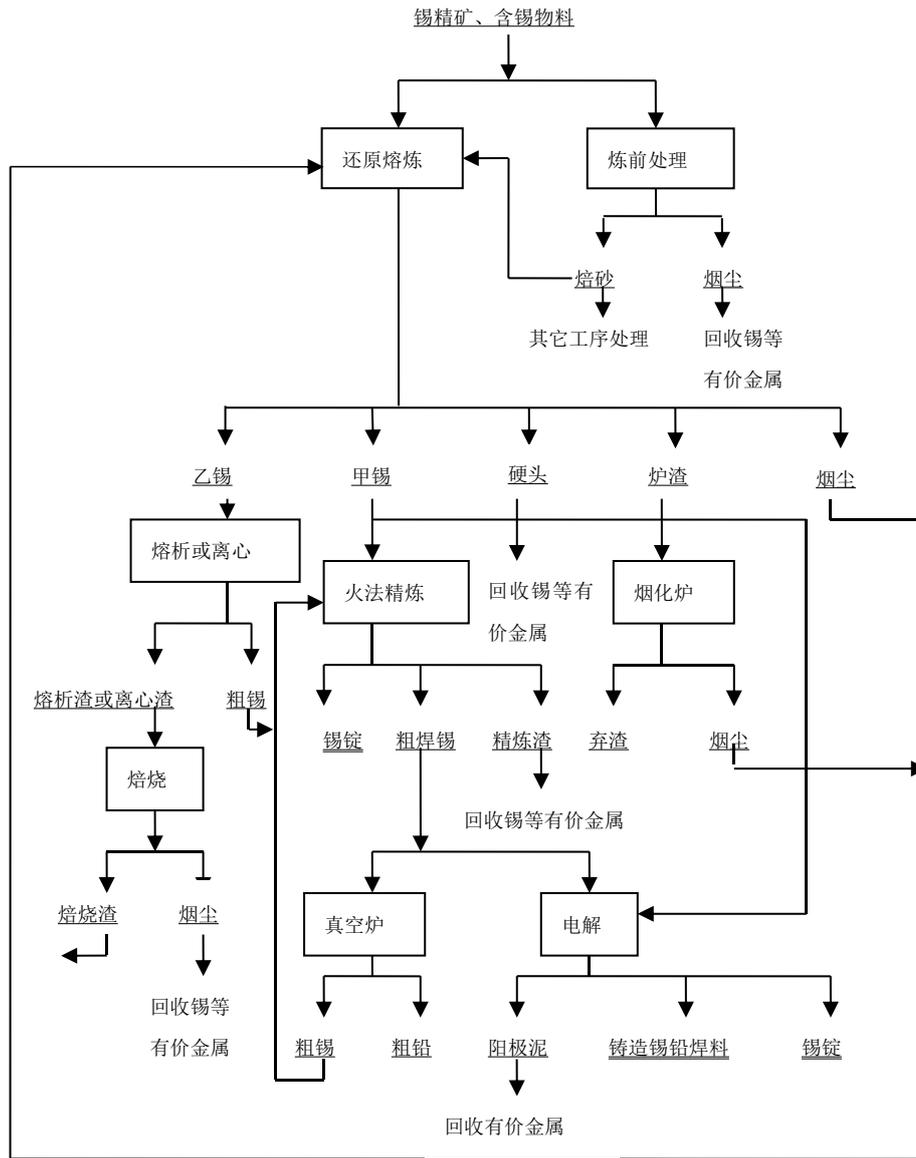
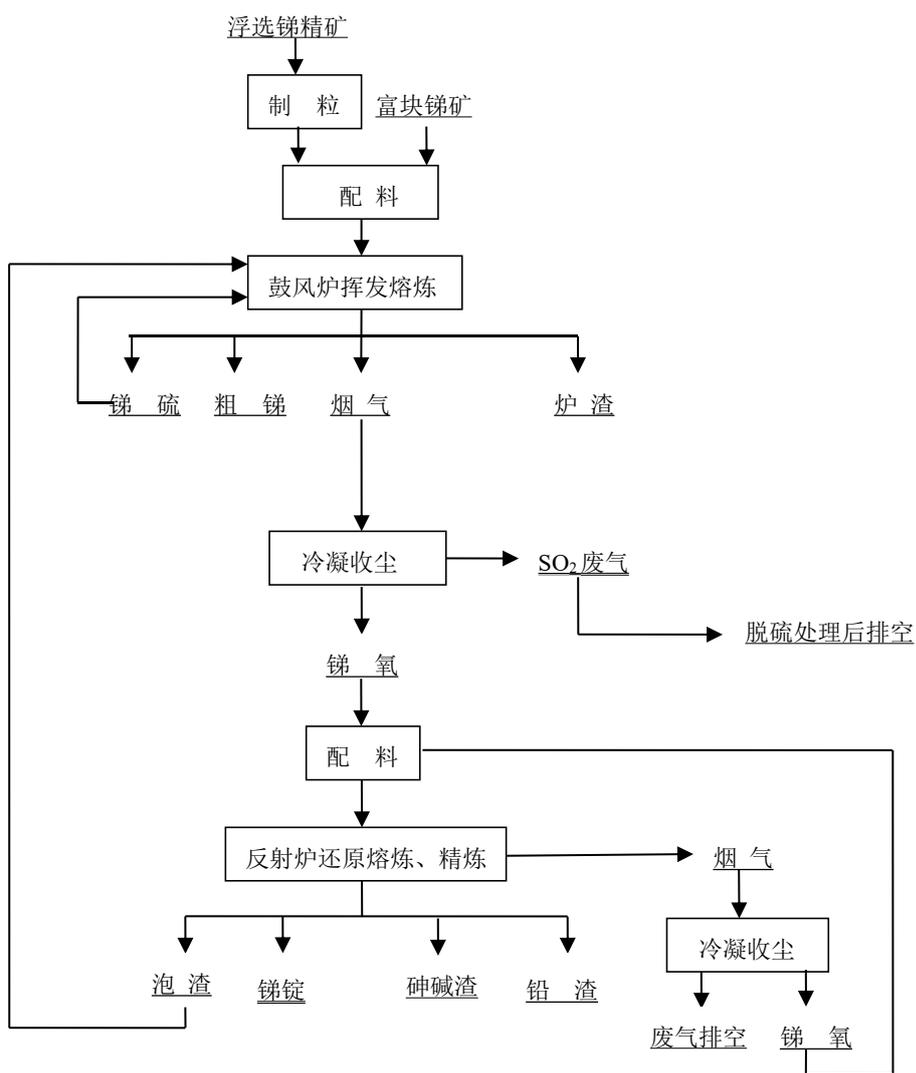
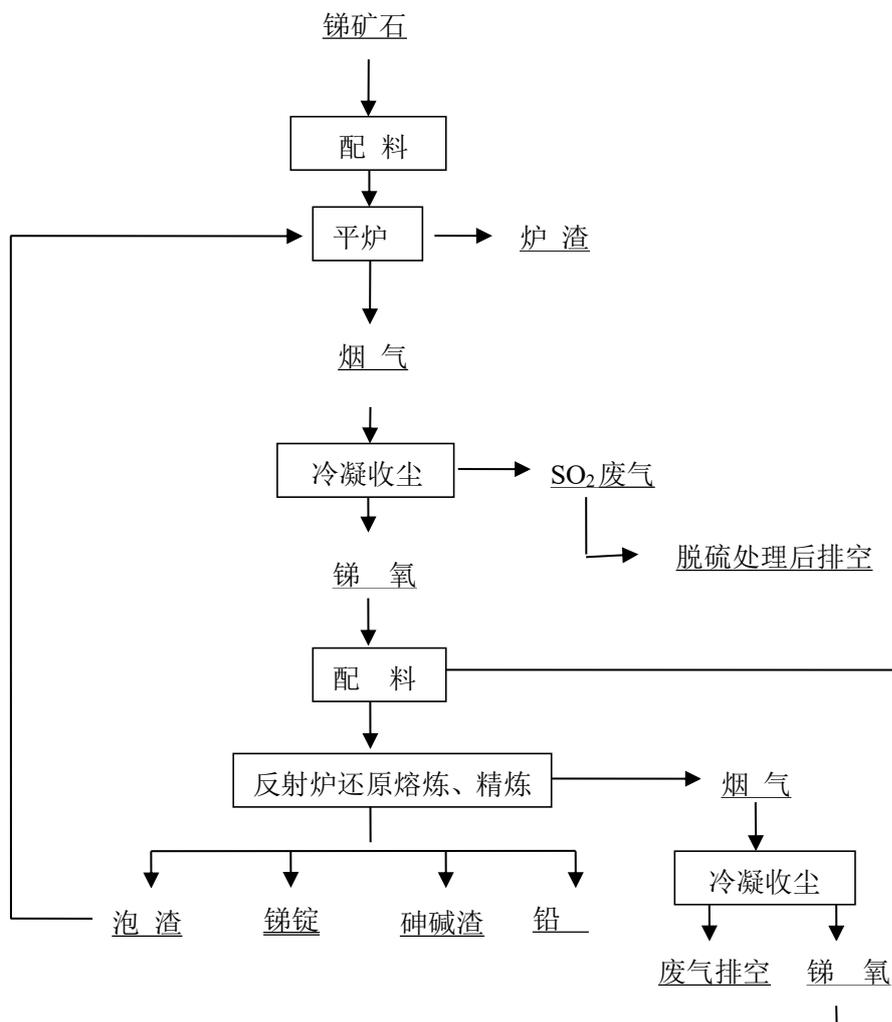


图 B.5 锡冶炼物料流程图



a)



b)

图 B.6 锑火法冶炼流程图

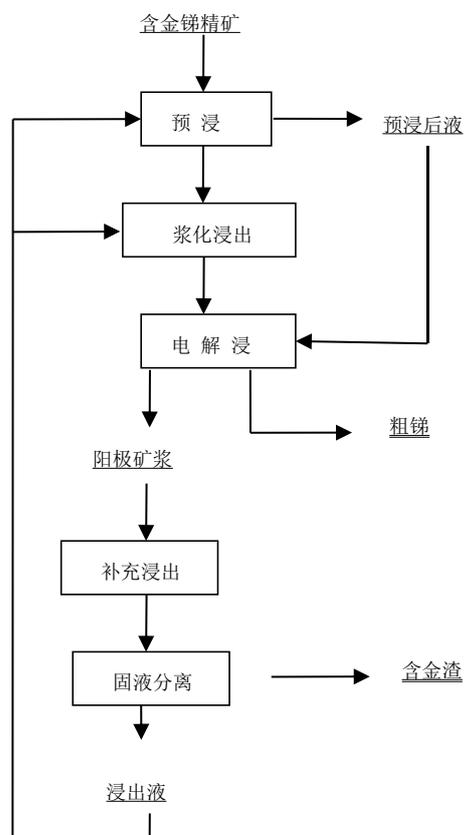


图 B.7 铋湿法冶炼流程图

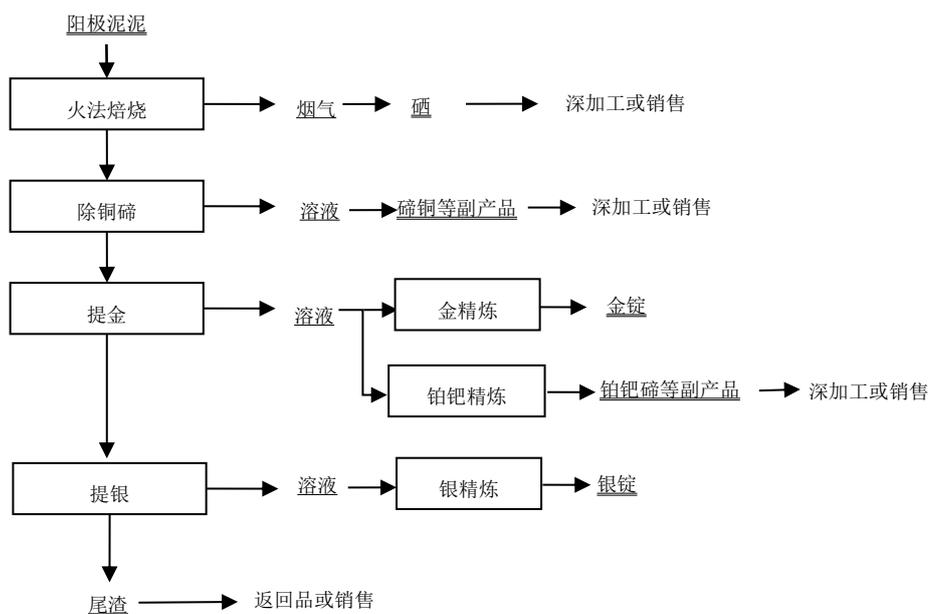


图 B.8 铜阳极泥火湿联合冶炼物料流程图

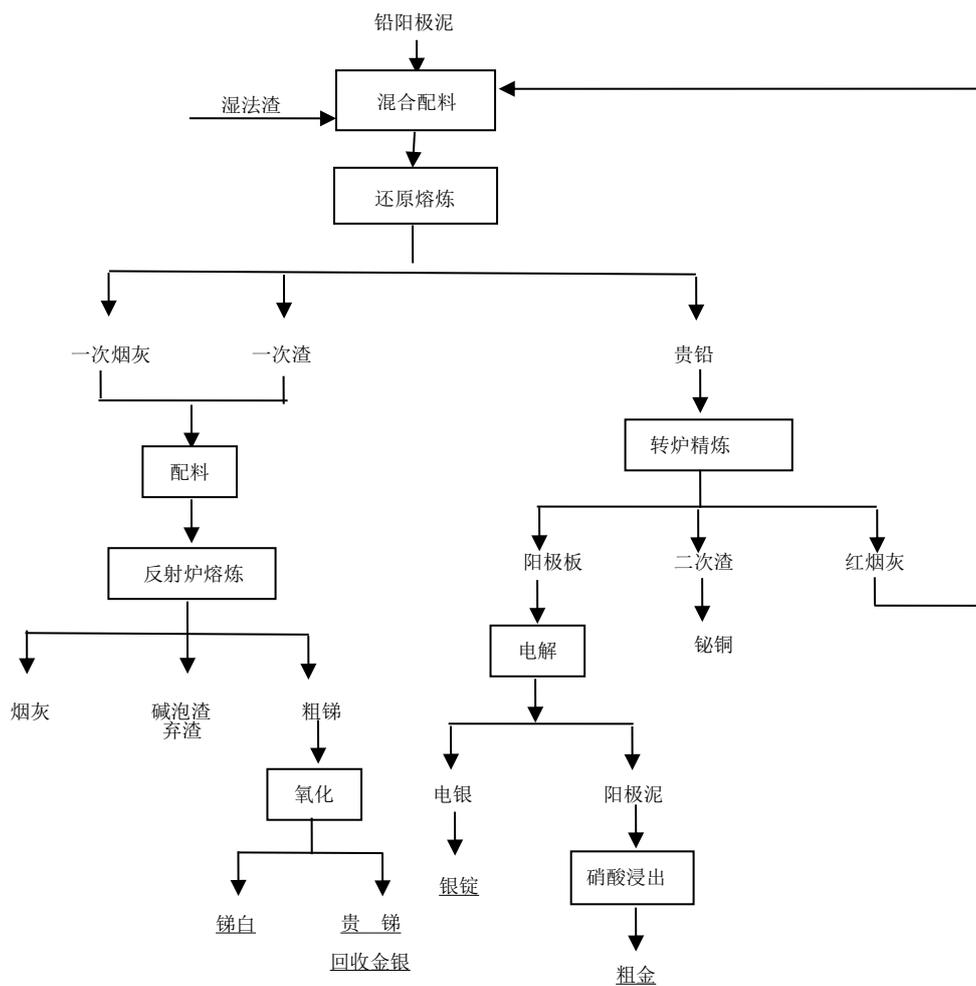


图 B.9 铅阳极泥火湿联合冶炼物料流程图

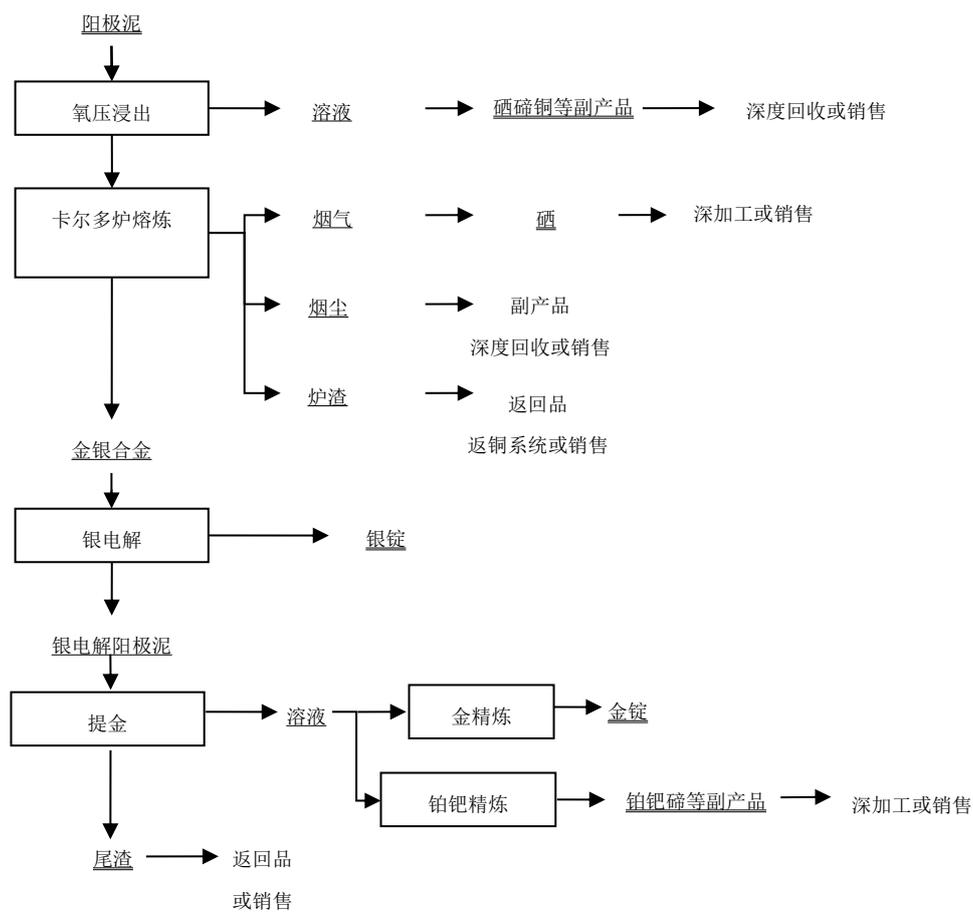


图 B.10 卡尔多炉冶炼物料流程图