

ICS 73.060.99

CCS D 16



# 团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2025

---

## 钼铋硫混合精矿高效分离技术规范

Technical specification for efficient separation of molybdenum–bismuth  
–sulfur mixed concentrate

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

---

中国欧洲经济技术合作协会 发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本要求 .....	2
4.1 生产场地 .....	2
4.2 设备要求 .....	2
4.3 人员要求 .....	2
4.4 药剂要求 .....	2
5 原料准备 .....	2
5.1 原料取样与检测 .....	2
5.2 原料验收 .....	3
5.3 原料储存 .....	3
6 分离工艺 .....	3
6.1 工艺流程 .....	3
6.2 工艺要求 .....	3
7 产品质量要求 .....	5
7.1 钼精矿 .....	5
7.2 铋精矿 .....	5
7.3 硫精矿 .....	5
8 检测方法 .....	6
8.1 化学成分检测 .....	6
8.2 颗粒粒度检测 .....	6
8.3 水分检测 .....	6
8.4 回收率计算 .....	6
9 安全与环保要求 .....	6
9.1 运行安全要求 .....	6
9.2 职业健康要求 .....	6
9.3 环保要求 .....	6
9.4 应急与管理要求 .....	7

## 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规则》的规定起草。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 钼铋硫混合精矿高效分离技术规范

## 1 范围

本文件规定了钼铋硫混合精矿高效分离的基本要求、原料准备、分离工艺、产品质量要求、检测方法、安全与环保要求。

本文件适用于以浮选为主，结合破碎、磨矿、再磨分级，必要时辅以重选或化学辅助方法，对含钼、铋及硫化物的混合精矿进行高效分离的工艺设计、生产运行控制、技术改造、质量检验与验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的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。

- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
- GB/T 1480 金属粉末 干筛分法测定粒度
- GB/T 1819.10 锡精矿化学分析方法 第10部分：硫量的测定 高频感应炉燃烧红外吸收法和碘酸钾滴定法
- GB/T 2007.1 散装矿产品取样、制样通则 手工取样方法
- GB/T 2007.2 散装矿产品取样、制样通则 手工制样方法
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 44693.1 危险化学品企业工艺平稳性 第1部分：管理导则
- SN/T 4365 铜精矿中铜、铅、铬、砷、银、铋、镍、铁、铝元素含量的测定 波长色散X射线荧光光谱法
- YS/T 240.1 铋精矿化学分析方法 第1部分：铋含量的测定 Na<sub>2</sub>EDTA滴定法
- YS/T 555.1 钼精矿化学分析方法 钼量的测定 钼酸铅重量法
- YS/T 555.11 钼精矿化学分析方法 油和水分总含量的测定 重量法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**钼铋硫混合精矿** molybdenum–bismuth–sulfur mixed concentrate

经选矿或初步分离后，仍同时含有钼、铋及硫化物矿物，且需通过进一步分离工艺才能获得单一金属精矿的多金属精矿产品。

### 3.2

**高效分离** high-efficiency separation

在钼铋硫混合精矿分离过程中，通过合理的工艺流程、设备配置和工艺参数控制，实现钼、铋及硫化物等有价值组分的高回收率、高品位及良好选择性分离的技术状态或分离结果。

### 3.3

### 浮选 flotation

利用矿物表面物理化学性质差异，在气泡作用下实现矿物分离的选矿方法。

## 3.4

### 回收率 recovery

某一元素在分离过程中进入目标产品的质量与该元素在原料中总质量之比，以百分数表示。

## 4 基本要求

### 4.1 生产场地

4.1.1 钼铋硫混合精矿高效分离生产场地应具备连续化、规模化生产条件，其总体布局应满足工艺流程顺畅、物流合理和安全生产的要求。

4.1.2 生产场地应合理划分原料堆存区、分离作业区、产品脱水与堆存区、废水处理区及辅助设施区，各功能区之间应设置明显的隔离设施和安全标志，安全标志应符合GB 2894的规定。

4.1.3 生产场地应具备稳定的供电、供水和排水条件，地面及构筑物应满足耐磨、耐腐蚀和防渗要求。

4.1.4 生产场地卫生应符合GBZ 1的要求。

### 4.2 设备要求

4.2.1 分离系统应配备与生产规模和工艺流程相适应的破碎、磨矿、浮选、浓缩和脱水等主要设备。

4.2.2 磨矿设备应具备稳定调控产品粒度的能力，产品中粒径小于0.074mm的颗粒含量应为30%~45%。

4.2.3 浮选设备应运行稳定，槽体、叶轮及充气系统应满足长周期连续运行要求，并宜配备液位、泡沫和加药自动控制装置，浮选药剂自动加药量控制误差应不超过±5%。

4.2.4 计量、检测和自动控制设备应定期检定或校准。

### 4.3 人员要求

4.3.1 从事钼铋硫混合精矿分离作业的人员应经过专业技术培训，熟悉分离工艺流程、设备操作及安全注意事项。

4.3.2 关键岗位人员应具备相应的专业背景或技能等级，并能对工艺参数波动进行分析和调整。

4.3.3 生产单位应配备专（兼）职安全管理和环境保护管理人员，负责安全生产和环保措施的落实。

### 4.4 药剂要求

4.4.1 分离所用药剂应符合国家或行业相关质量要求，来源应合法、稳定、可追溯。

4.4.2 捕收剂、起泡剂、抑制剂的选用应与矿石性质和分离工艺相适应，不应后续产品质量和环境安全产生不良影响。

4.4.3 药剂的储存、配制和使用应采取防泄漏、防挥发和防误操作措施，并符合GB/T 44693.1的规定。

4.4.4 不应使用国家明令禁止或限制使用的药剂。

## 5 原料准备

### 5.1 原料取样与检测

#### 5.1.1 取样

应按照GB/T 2007.1的要求进行取样，取样点应设置在原料运输皮带的出料口或原料堆的不同部位，取样频率为每批次原料取样1次，每批次原料量宜不低于5kg。

#### 5.1.2 制样

应按照GB/T 2007.2的要求进行制样，将采集的样品破碎、混匀、缩分，制成分析样品，分析样品的粒度应小于0.074mm，水分应不超过8%，质量应不少于100g。

#### 5.1.3 检测

应按照YS/T 555.1的要求检测原料中的钼含量、按照YS/T 240.1的要求检测原料中的铋含量、按照GB/T 1819.10的要求检测原料中的硫含量。

## 5.2 原料验收

原料化学成分应符合表1的规定。

表1 原料化学成分要求（干基）

元素	含量
Mo	≥0.10%
Bi	≥0.30%
S	≥1.00%
Fe	≤25.0%
Cu	≤2.0%
Pb	≤1.0%
As	≤0.30%

## 5.3 原料储存

原料应储存在专用的原料仓库或原料堆场内，避免雨淋、受潮和污染，原料堆应设置明显的标识，注明原料名称、产地、批次、检测结果等信息。

## 6 分离工艺

### 6.1 工艺流程

钼铋硫混合精矿高效分离的典型流程如图1所示。

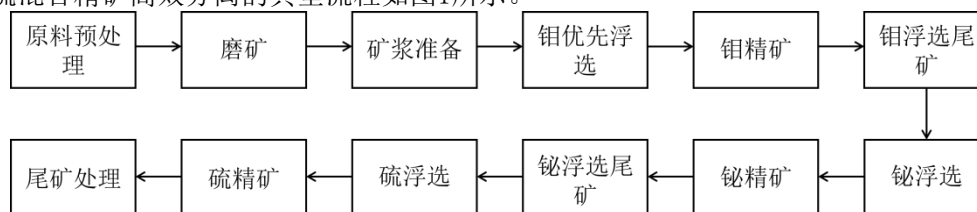


图1 钼铋硫混合精矿高效分离流程图

### 6.2 工艺要求

#### 6.2.1 原料预处理

原料预处理要求如下：

- 对于含水量大于8%的原料，应进行干燥处理，干燥温度控制在60℃~80℃，干燥后原料含水量应不大于8%；
- 对于含有大块杂质（粒度大于100mm）的原料，应先进行人工拣选，去除大块杂质。
- 原料在必要时进行破碎或筛分处理，处理后原料最大粒径应控制在≤10mm，粒度应分布均匀。

#### 6.2.2 磨矿工艺

磨矿工艺要求如下：

- 磨矿宜采用湿式球磨或棒磨方式，磨矿介质宜采用钢球或钢棒，装载量宜为磨机有效容积的30%~40%；
- 磨矿产品中粒径小于0.074mm的颗粒含量应控制在30%~45%；
- 磨矿过程中矿浆质量浓度宜控制在60%~70%；
- 磨矿工序运行过程中，应定期检查设备运行状态和产品粒度变化情况，检测频次应不低于每4h一次。

#### 6.2.3 矿浆准备

矿浆准备工序应满足以下要求：

- 将磨矿后的原料调制适宜浮选的矿浆，矿浆质量浓度宜控制在25%~35%（质量分数）；
- 矿浆应充分搅拌均匀，确保矿物分布均匀；
- 矿浆pH值可根据浮选目标矿物性质进行调整，一般宜控制在7.5~10.5；
- 矿浆准备完成后，应立即进入浮选工序，避免长时间静置造成矿物沉降或矿浆性质变化。

### 6.2.3 钼浮选工艺

#### 6.2.3.1 钼粗选

钼粗选工序要求如下：

- a) 向矿浆中按序投加捕收剂、起泡剂和抑制剂，药剂选择和添加量如下：
  - 捕收剂：煤油，添加量80g/t~120g/t（以原矿质量计）；
  - 起泡剂：2#油，添加量20g/t~40g/t；
  - 抑制剂：水玻璃，添加量500g/t~800g/t；
- b) 浮选时间宜控制在8min~12min，并保持泡沫稳定，及时排出粗选泡沫；
- c) 粗选尾矿进入钼浮选工序，粗选泡沫进入钼精选工序。

#### 6.2.3.2 钼精选

钼精选应满足以下要求：

- a) 粗选泡沫应进行3~5次精选，药剂添加应按次序和工艺要求调整：
  - 第一次精选：水玻璃300g/t~500g/t，煤油20g/t~30g/t，2#油5g/t~10g/t；
  - 后续每次精选：水玻璃减少50g/t~100g/t，煤油减少5g/t~10g/t，2#油每次减少1g/t~2g/t；
- b) 精选矿浆pH值宜控制在8.0~10.0；
- c) 每次浮选时间控制在5min~8min；
- d) 最终精选泡沫为钼精矿产品；
- e) 精选尾矿可返回上一级精选或钼粗选工序循环处理，浮选尾矿中Mo含量应 $\leq 0.05\%$ 。

### 6.2.4 铋浮选工艺

#### 6.2.4.1 铋粗选

铋粗选工序要求如下：

- a) 钼粗选尾矿进入铋粗选浮选机，按序添加捕收剂、起泡剂和抑制剂，药剂选择和添加量如下：
  - 捕收剂：二辛基二硫代氨基甲酸盐（DDA），添加量50g/t~80g/t（以原矿质量计）；
  - 起泡剂：松香油，添加量15g/t~30g/t；
  - 抑制剂：石灰乳或氰化钠，添加量200g/t~400g/t，根据杂质含量调整；
- b) 浮选时间宜控制在6min~10min，并保持泡沫稳定，及时排出粗选泡沫；
- c) 粗选尾矿进入硫浮选工序，粗选泡沫进入铋精选工序。

#### 6.2.4.2 铋精选

铋精选应满足以下要求：

- a) 粗选泡沫应进行2~4次精选，药剂添加应按次序和工艺要求调整：
  - 第一次精选：DDA 40g/t~60g/t，松香油10g/t~20g/t，抑制剂150g/t~300g/t；
  - 后续每次精选：捕收剂逐次减少5g/t~10g/t，起泡剂逐次减少1g/t~2g/t，抑制剂可微调50g/t~100g/t；
- b) 精选矿浆pH值宜控制在7.5~9.5；
- c) 每次浮选时间控制在5min~8min；
- d) 最终精选泡沫为铋精矿产品；
- e) 精选尾矿可返回上一级精选或铋粗选工序循环处理，浮选尾矿中Bi含量应 $\leq 0.1\%$ 。

### 6.2.5 硫浮选工艺

#### 6.2.5.1 硫粗选

硫粗选工序要求如下：

- a) 铋粗选尾矿进入硫粗选浮选机，按序投加捕收剂、起泡剂和抑制剂，药剂选择和添加量如下：
  - 捕收剂：煤油或硫化二丁基二硫代氨基甲酸盐（DBDTC），添加量40g/t~70g/t（以原矿质量计）；
  - 起泡剂：松香油或2#油，添加量 10g/t~25g/t；
  - 抑制剂：石灰乳或氰化钠，添加量150g/t~300g/t，根据杂质情况调整；
- b) 浮选时间宜控制在5min~9min；
- c) 粗选尾矿为最终尾矿，可进行环保处理或尾矿库处置，粗选泡沫进入硫精选工序。

#### 6.2.5.2 硫精选

硫精选应满足以下要求：

- a) 粗选泡沫应进行2~3次精选，药剂添加应按次序和工艺要求调整：  
 ——第一次精选：捕收剂30g/t~50g/t，起泡剂5g/t~15g/t，抑制剂100g/t~200g/t；  
 ——后续每次精选：捕收剂逐次减少5g/t~10g/t，起泡剂逐次减少1g/t~2g/t，抑制剂可微调50g/t~100g/t；
- b) 精选矿浆pH值宜控制在7.0~9.0；  
 c) 每次浮选时间控制在4min~7min；  
 d) 最终精选泡沫为硫精矿产品；  
 e) 精选尾矿为最终尾矿，S含量应 $\leq 0.1\%$ 。

#### 6.2.6 尾矿处理

尾矿处理应满足以下要求：

- a) 各浮选工序尾矿应分别收集，标明来源（钼、铋、硫浮选尾矿），尾矿输送保持矿浆浓度60%~65%（质量分数）；  
 b) 尾矿应进入沉淀池进行固液分离，沉降时间2~4h；  
 c) 尾矿脱水可用滤带压滤或真空过滤，尾矿干基含水率应 $\leq 25\%$ ；  
 d) 尾矿可回用或入库处理，入库前应检测有害元素含量。

### 7 产品质量要求

#### 7.1 钼精矿

##### 7.1.1 化学成分要求

钼精矿化学成分应符合表2的要求。

表2 钼精矿化学成分要求

元素	Mo	Bi	S	Fe	Cu	Pb	As
含量	$\geq 40\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 2\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.05\%$

##### 7.1.2 回收率要求

钼回收率应 $\geq 85\%$ 。

##### 7.1.3 物理指标要求

粒度小于0.074mm的颗粒含量应为20%~40%，水分含量应 $\leq 8\%$ 。

#### 7.2 铋精矿

##### 7.2.1 化学成分要求

铋精矿化学成分应符合表3的要求。

表3 铋精矿化学成分要求

元素	Bi	Mo	S	Fe	Cu	Pb	As
含量	$\geq 35\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 2\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.05\%$

##### 7.2.2 回收率要求

铋回收率应 $\geq 80\%$ 。

##### 7.2.3 物理指标要求

粒度小于0.074mm的颗粒含量应为20%~45%，水分含量应 $\leq 8\%$ 。

#### 7.3 硫精矿

##### 7.3.1 化学成分要求

硫精矿化学成分应符合表4的要求。

表4 硫精矿化学成分要求

元素	S	Mo	Bi	Fe	Cu	Pb	As
含量	$\geq 30\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 2\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 0.05\%$

##### 7.3.2 回收率要求

硫回收率应 $\geq 75\%$ 。

##### 7.3.3 物理指标要求

粒度小于0.074mm的颗粒含量应为15%~35%，水分含量应≤8%。

## 8 检测方法

### 8.1 化学成分检测

#### 8.1.1 钼成分测定

应按照YS/T 555.1规定的方法执行。

#### 8.1.2 铋成分测定

应按照YS/T 240.1规定的方法执行。

#### 8.1.3 硫成分测定

应按照GB/T 1819.10规定的方法执行。

#### 8.1.4 杂质元素测定

应按照SN/T 4365规定的方法执行。

### 8.2 颗粒粒度检测

应按照GB/T 1480规定的方法执行。

### 8.3 水分检测

应按照YS/T 555.11规定的方法执行。

### 8.4 回收率计算

回收率应按照公式（1）计算。

$$\text{回收率}(\%) = \frac{\text{精矿产量} \times \text{精矿品位}}{\text{原矿处理量} \times \text{原矿品位}} \quad (1)$$

## 9 安全与环保要求

### 9.1 运行安全要求

运行安全要求如下：

- a) 生产运行过程中，应严格按照既定工艺流程和操作规程组织生产，不应擅自改变关键工艺条件；
- b) 磨矿、浮选、浓缩、脱水等连续作业环节运行状态应保持稳定，发现异常波动时应及时采取调整措施；
- c) 生产过程中涉及的高转速、高负荷设备，应在运行中进行状态监控，异常情况应及时停机处理；
- d) 生产运行记录应完整，包括主要工艺参数、设备运行状态及异常情况处置记录。

### 9.2 职业健康要求

职业健康要求如下：

- a) 生产运行过程中，应采取措施控制粉尘、噪声及化学因素对作业人员的影响；
- b) 磨矿、干燥等易产生粉尘的作业环节，应采取有效抑尘措施；
- c) 浮选运行过程中，应避免药剂飞溅和无组织挥发；
- d) 作业环境中有害因素控制应符合GBZ 2.1的规定。

### 9.3 环保要求

环保要求如下：

- a) 分离过程中产生的工艺废水应优先回用，确需外排时应进行处理，处理后废水应符合GB 8978的要求；
- b) 浮选尾矿应集中处理，不得随意堆放或排放；
- c) 尾矿处置和贮存应防止渗漏、流失及二次污染；
- d) 生产过程中产生的固体废物应分类收集、规范处置。

#### 9.4 应急与管理要求

应急与管理要求如下：

- a) 生产运行中应具备相应的安全与环境应急处置能力；
  - b) 发生矿浆外溢、异常排放等情况时，应及时采取控制措施，防止事故扩大；
  - c) 安全与环保相关记录应真实、完整，保存期限不应少于3年。
-