

ICS XXXXXX  
CCS X XXX

# 团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

## 铜冶炼含砷废渣处理与资源化利用技术方 法

Technologies and methods for treatment and resource utilization of  
arsenic-containing waste slag from copper smelting

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会发布



## 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 基本原则 .....	错误！未定义书签。
5 废渣治理要求 .....	2
5.1.含砷废渣资源化及无害化 .....	2
5.2 废渣危险特性防治技术指标要求 .....	2
6 企业生产与技术要求 .....	3
6.1 铜冶炼工艺措施与要求 .....	3
6.2 选矿有价金属回收利用要求 .....	错误！未定义书签。
6.3 废渣水泥行业资源利用技术要求 .....	错误！未定义书签。
6.4 铜冶炼渣用于路基水稳层的资源化利用技术要求 .....	错误！未定义书签。
6.5 废渣轻质砌块行业资源利用技术要求 .....	错误！未定义书签。
7 生态环境保护与安全要求 .....	错误！未定义书签。
7.1 建设要求 .....	错误！未定义书签。
7.2 环境保护要求 .....	错误！未定义书签。
7.3 管理要求 .....	错误！未定义书签。

## 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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：铜陵有色金属集团股份有限公司金冠铜业分公司、金隆铜业有限公司、鑫联环保科技股份有限公司、广西华锡有色金属股份有限公司。

本文件主要起草人：张志国、钱庆长、金跃、韩清清、张二平、周昊、陈日凡、陶冶、陈秋、施宇航、胡观勇、王明芳。

# 铜冶炼含砷废渣处理与资源化利用技术方法

## 1 范围

本文件规定了铜冶炼过程中含砷废渣在处理与资源化利用过程中的基本原则、废渣治理要求、企业生产与技术要求、生态环境保护与安全要求。

本文件适用于铜冶炼企业产生的砷废渣在收集、贮存、运输、处理及资源化利用全过程的资源化利用技术方法。

## 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。

铜冶炼行业规范条件

GB 3095 环境空气质量标准

GB 5085.1-7 危险废物鉴别标准

GB/T 5121.7 铜及铝合金化学分析方法

GB 8978 污水综合排放标准

GB 9078 工业炉窑大气污染物排放标准

GB/T 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输、贮存和质量证明书

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18598 危险废物填埋污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 20424 重有色金属精矿产品中有害元素的限量规范

GB 25467 铜、镍、钴工业污染物排放标准

GB 26132 硫酸工业污染物排放标准

GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB 34330 固体废物鉴别标准 通则

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准

GB/T 41012 含有色金属固体废物回收利用技术规范

HJ 863.3 排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业——铜冶炼

HJ 1276 危险废物识别标志设置技术规范

HJ 2025 危险废物收集贮存运输技术规范

YS/T 1771 （标准名称需补充，原文中未提供全称）

T/CIECCPA 011 高浓度金属冶炼渣资源化处理技术规范

T/CPF 0002.3 储备物资的包装、标识、堆码和存储 第3部分：贵金属

T/HBFWZL 02 贵金属仓储与运输规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 铜冶炼 copper smelting

通过火法或湿法工艺从铜精矿、矿石等原料中提取金属铜的过程。其中火法工艺约占全球产量的80%，主要用于处理硫化矿；湿法工艺约占20%，主要处理氧化矿。

### 3.2

#### 火法炼铜 copper pyrometallurgy

在高温条件下通过焙烧、熔炼、吹炼和精炼等工序，从铜精矿中提取金属铜的冶金方法。现代强化冶炼技术包括闪速熔炼、熔池熔炼等。

### 3.3

#### 湿法炼铜 copper hydrometallurgy

是一种利用化学溶液（主要是酸或生物介质）在常温常压或适度加压条件下，选择性溶解矿石（特别是低品位氧化矿、次生硫化矿及废料）中铜的冶金工艺。

### 3.4

#### 砷污染 arsenic pollution

砷污染是由砷或其化合物所引起的环境污染，通常通过含砷的废气、废水、废渣进入环境造成污染。

### 3.5

#### 含砷冶炼废渣 smelting slag containing arsenic

含砷冶炼废渣是指冶炼作业活动过程中产生的含有砷或其化合物的中间渣料或废渣。

## 4 基本原则

砷废渣的处理应符合下列基本原则：

- a) 应遵循安全环保、过程可控原则，在保障主金属回收率的前提下，实现砷废渣的减量化、资源化和无害化。
- b) 应根据砷废渣特性科学选择处置工艺，推行清洁高效利用，暂不具备利用条件的应实施无害化处置。
- c) 应优先采用国家推荐的砷固化与稳定化技术，严禁使用淘汰类或高环境风险工艺。
- d) 应推动砷废渣在建材等领域的合规资源化利用，复杂成分废渣宜优先选用火法工艺回收有价金属。
- e) 含砷危险废物的贮存、运输与处置应严格执行GB 18597、HJ 2025。

## 5 废渣治理要求

### 5.1 含砷废渣无害化

砷废渣的处理宜采用下列方法：

- a) 固化/稳定化处理；
- b) 焚烧处理；
- c) 湿法冶金回收；
- d) 热处理；
- e) 生物处理；
- f) 安全填埋。

### 5.2 废渣危险特性防治技术指标要求

冶砷废渣的危险性评价应符合下列要求：

- a) 当生产工艺或原料发生重大变动时，应对废渣进行危险性评价，识别其环境与健康风险。
- b) 评价应基于具有代表性的废渣样品，分析其有价金属与有害元素含量，重点关注砷等有害成分。
- c) 浸出试验应按GB/T 14848执行，测定不同条件下有害物质的浸出浓度，评估其对环境及人体的潜在影响。砷的浸出毒性限值执行《工业固体废物浸出毒性鉴别标准》规定（0.5 mg/L）。
- d) 危险性评价应涵盖以下方面：毒性特性、迁移性、持久性、累积性。
- e) 应根据评价结果判断是否具备资源化利用条件。不具备利用条件的，应制定污染防治措施，并明确后续处理方式，包括稳定化/固化、安全填埋等。
- f) 检测工作应由具备CNAS、ISO/IEC 17025等资质的第三方机构承担。。

## 6 企业生产与技术要求

### 6.1 原料要求

#### 6.1.1 铜冶炼工艺选择原则

铜冶炼工艺选择应遵循以下原则：

- a) 火法工艺适用于处理成分复杂的冶炼渣，其高温熔融过程有利于破除矿物结构，释放有价金属，并可通过重金属固化实现尾渣建材化利用；
- b) 湿法工艺在处理低品位、高硅等复杂成分渣料时适应性受限，且因废水处理成本较高，其综合经济效益低于火法工艺；
- c) 企业宜优先选用火法工艺实现冶炼渣的资源化利用，以充分发挥其在金属回收、成本控制与环境相容性方面的综合优势。

#### 6.1.2 原料采购控制

应建立原料采购标准，明确铜精矿中有害元素限值，其中砷含量不得高于0.5%，并符合GB/T 20424—2025要求。采购合同中宜约定成分分析报告提交义务，且宜优先选用低砷原料供应商。

#### 6.1.3 检测与分级管理

应对入库铜精矿进行有价金属与有害元素含量检测，使用原子吸收光谱、电感耦合等离子体质谱等仪器方法。应根据检测结果实施原料分类贮存与分级管理，对高砷料采取浮选、焙烧等预处理措施。

#### 6.1.4 信息与过程控制

应建立原料成分数据库，实现数据可追溯与动态监控。选矿全过程宜实现自动化控制，系统应具备数据采集、处理、报警及故障诊断功能。

### 6.2 冶炼渣选矿回收利用要求

根据《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范》（HJ 651）等相关规定，渣选矿工艺系统应包括缓冷、破碎、磨矿、分级、选别及脱水等工序，并符合以下要求：

- a) 应使用具备足够载重与耐高温性能的渣包车进行热渣缓冷，缓冷场设计应确保热渣均匀冷却，缓冷时间应利于后续破碎并防止热裂；
- b) 应采用预破碎与颚式破碎组成的两段破碎流程，入磨物料的粒度应确保 $P_{100} \leq 200\text{mm}$ ；
- c) 应采用半自磨+球磨的两段闭路磨矿，配合旋流器分级，控制磨矿浓度75% - 80%；
- d) 应采用二次开路粗扫选、三次闭路精选流程，粗扫选浓度39% - 42%，精选浓度29% - 30%，实现精矿与尾矿有效分离；
- e) 精矿与尾矿应分别经浓密、过滤两段脱水处理，溢流液应处理后回用；
- f) 宜配置堵塞监测等自动化控制手段，实时检测关键设备运行状态。

### 6.3 废渣水泥行业资源利用技术要求

废渣作为水泥生产原料使用时，应符合下列技术要求：

- a) 应具有均匀的化学成分和适宜的颗粒级配，确保在生料中均匀分布；
- b) 宜具有较高熔点，能在熟料烧成过程中有效促进液相形成，利于硅酸盐矿物生成；
- c) 废渣中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量应满足熟料矿物组成调控要求，通过形成铁铝酸四钙（C4AF）提升水泥强度与稳定性；
- d) 应根据水泥产品颜色要求控制铁质废渣掺入量，深色水泥可适当提高用量，浅色或白色水泥应严格限制；
- e) 废渣中砷（As）总含量应符合GB 30760要求，不得超过0.03%（按熟料计）。

### 6.4 废渣用于路基水稳层的资源化利用技术要求

废渣用于道路水稳层时，应符合下列规定：

- a) 应以废渣为主要原料，掺配细集料、水泥、胶固粉及表面增强剂；
- b) 冶炼渣中 $\text{SiO}_2$ 质量分数应不低于25%，硫含量应不高于0.5%，含水率宜控制在5% - 15%；
- c) 采用协同工艺时，粒径小于0.3mm的颗粒质量分数应不低于93%；采用高细度工艺时，粒径小于100  $\mu\text{m}$ 的颗粒质量分数应不低于95%；
- d) 水稳层混合料中冶炼渣的质量分数宜不低于80%，并鼓励协同使用磷石膏、粉煤灰等其他固体废弃物；
- e) 应按照T/CIECCPA 011要求对冶炼渣及成品进行稳定化/固化处理，重金属浸出浓度应符合GB 5085.3或地方更严格标准。

### 6.5 废渣轻质砌块行业资源利用技术要求

废渣用于轻质砌块生产时，应符合以下生产要求：

- a) 应以冶炼渣为主要原料，掺配胶凝材料、轻集料、外加剂及水；
- b) 冶炼渣需经破碎、粉磨预处理，其中粒径 $\leq 4.75\text{mm}$ 的颗粒质量分数应不低于85%，最大粒径不宜超过砌块最小断面尺寸的1/3；
- c) 冶炼渣中 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 质量分数宜不低于60%， $\text{SO}_3 \leq 2.0\%$ ， $\text{Cl}^- \leq 0.1\%$ ，可溶性碱（以 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 计） $\leq 1.5\%$ ；
- d) 预处理后冶炼渣含水率应控制在5%-12%范围内；
- e) 最终产品中重金属浸出浓度应符合GB 5085.3限值要求，放射性核素限量应符合GB 6566中A类装修材料规定。

## 7 生态环境保护与安全要求

### 7.1 建设要求

#### 7.1.1 工艺先进性要求

在废渣的回收利用与治理工艺的选择时，应符合以下要求：

- a) 水循环利用工艺应执行分质处理与梯级回用技术（依据YS/T 1771），配套建设废水处理、烟气净化及固废处置设施，火法熔炼须配置余热回收与制酸系统；
- b) 含砷污染物治理宜采用以下工艺：
  - 1) 采用袋式除尘与湿式电除尘组合技术；
  - 2) 采用氧化沉淀、混凝沉淀、吸附及生物制剂等组合工艺；
  - 3) 实施减量化与无害化处理，危险废物贮存应符合GB 18597要求；

4) 含砷废料固化应按 HJ 1090 标准执行。

### 7.1.2 指标先进性要求

含砷废渣的回收与治理在生产中宜遵循下列技术指标：

- a) 水循环利用率应不低于 98%，吨铜新水消耗应不高于 16 吨；
- b) 烟气砷烟尘捕集率应不低于 99%，排放浓度应符合 GB 9078 要求，外排废水应达到 GB 8978 限值；
- c) 应依法完成项目环保验收，定期开展清洁生产审核，排污许可执行 HJ 863.3 核发规范。

### 7.1.3 设施布局安全性要求

生产厂商在选址与物料堆存、处置过程中应遵循以下要求：

- a) 厂区选址应避免饮用水源地、自然保护区等敏感区域，周边 1 公里内不得存在医院、食品企业等高环境敏感设施；
- b) 含砷物料处理应在配备通风管道、排气系统、吸尘装置及密闭贮存设施的专用厂房内进行，危险废物贮存设施应符合 GB 18597 防渗、防漏、防风蚀要求；
- c) 废水处理、烟气净化、固废处置设施应与主体工程同步设计、同步建设、同步投产，余热回收与制酸系统应与熔炼工艺直接耦合。

## 7.2 环境保护要求

在处理含砷废渣的过程中，其排放物应满足下列要求：

- a) 应持证排污，污水处理应符合 HJ863.3 要求，含砷危险废物污染物排放应符合 GB 18598 规定；
- b) 应制定污染物排放控制方案，确保环境质量不低于 GB 3095、GB 3838 及 GB 36600 要求。

## 7.3 管理要求

企业在形成含砷废渣资源化产线后，相关产品与物料的管理应符合下列要求：

- a) 含砷废渣的取样与排放应符合 GB 25467 修改单的砷管控要求；
  - b) 含砷金属产品质量应符合 GB/T 5121.7 规定；
  - c) 产品的检测、包装、标志、运输及贮存应执行 HJ 1276、GB/T 8888、YS/T 224 等相关标准要求。
-