

团体标准

T/BYXT 145-2025

黄金提纯砷杂质深度脱除工艺技术规范

Technical Specification for Deep Removal of Arsenic Impurities in Gold Purification

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

包头市白云鄂博矿区市场监督管理局
包头市白云鄂博矿区工信和科技局 发布
包头市白云鄂博矿区稀土产业标准化协会

目 次

前 言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

 3.1 1

 3.2 1

4 工艺技术要求 1

 4.1 预处理系统 1

 4.2 吸附系统 1

5 设备与材料 2

 5.1 吸附反应器 2

 5.2 检测仪表 2

6 检测与验收 2

 6.1 检测方法 2

 6.2 验收指标 3

7 运行管理 3

 7.1 操作规范 3

 7.2 安全环保 3

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。

本文件由包头市稀谷科技有限公司提出。

本文件由包头市白云鄂博矿区稀土产业标准化协会归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人为：……。

本文件为首次发布。

黄金提纯砷杂质深度脱除工艺技术规范

1 范围

本文件规定了黄金冶炼液砷杂质深度脱除的工艺设计、设备选型、检测方法与运行管理要求。
本文件适用于采用改性沸石分子筛吸附技术的黄金提纯企业，其他贵金属冶炼工艺可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 19587 气体吸附BET法测定固态物质比表面积

HJ 694 水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法

3 术语和定义

下列术语和定义中的内容适用于本文件。

3.1

穿透时间 breakthrough time

吸附塔出水中砷浓度首次超过0.05mg/L的时间间隔，单位为分钟（min）。

3.2

梯度改性沸石 Gradient modified zeolite

通过金属氧化物分步负载实现孔径与表面电荷协同调控的复合吸附材料，包括 $\text{Fe}_3\text{O}_4/5\text{A}$ 与 $\text{MnO}_2/4\text{A}$ 双组分体系。

4 工艺技术要求

4.1 预处理系统

4.1.1 氧化控制

生物氧化：嗜酸硫杆菌接种浓度 $\geq 1 \times 10^6$ CFU/mL，氧化时间 48-72h，溶解氧 $\geq 3\text{mg/L}$ ；

化学氧化： H_2O_2 投加量 3%-5%（v/v）， Fe^{2+} 催化浓度 0.05-0.2mol/L。

4.1.2 pH 调节

调节范围：2.3-2.7（精密 pH 计校准周期 ≤ 7 天）；

调节剂：优先选用硫酸或氢氧化钠（食品级）。

4.2 吸附系统

4.2.1 梯度改性沸石吸附剂

一级吸附剂： Fe_3O_4 负载量 12% \pm 1%的 5A 沸石，粒径 2-3mm，堆积密度 0.68-0.72g/cm³；

二级吸附剂： MnO_2 负载量 $10\% \pm 1\%$ 的 4A 沸石，粒径 1-2mm，比表面积 $\geq 500 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

4.2.2 工艺参数

应符合表 1 的要求。

表 1

参数	一级吸附塔	二级吸附塔
液流速度	1.8-2.2BV/h	1.2-1.6BV/h
操作温度	40-50℃	25-35℃
超声波频率	28±2kHz	-
床层压差	$\leq 0.15 \text{ MPa}$	$\leq 0.12 \text{ MPa}$

4.3 再生系统

4.3.1 再生流程

低压蒸汽吹扫：压力 0.18-0.22MPa，温度 110-125℃，持续时间 25-35min；

碱-还原剂洗脱：0.45-0.55M NaOH 与 0.04-0.06M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 混合液，流速 0.4-0.6BV/h；

柠檬酸活化：1.8%-2.2% (w/v) 柠檬酸溶液，循环浸泡时间 1.5-2.5h。

4.3.2 再生质量要求

Fe_3O_4 剥落率 $\leq 3\%$ (SEM-EDS 检测)；

循环使用次数 ≥ 20 次 (吸附容量衰减率 $\leq 10\%$)。

5 设备与材料

5.1 吸附反应器

材质：316L 不锈钢 (内壁抛光粗糙度 $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$)；

结构：立式双层设计，上层高度/直径比 2.25:1，下层装填高度 $\geq 2.0\text{m}$ ；

流体分布器：旋流式入口设计，切向流速 1.0-1.5m/s。

5.2 检测仪表

在线砷监测仪：检测范围 0.001-100mg/L，具备 As(III)/As(V) 分型功能；

压力变送器：精度等级 0.5 级，量程 0-0.6MPa。

6 检测与验收

6.1 检测方法

6.1.1 砷浓度

按 HJ 694 的要求检测，检出限 0.001mg/L；

6.1.2 沸石负载量

按 GB/T 19587 的要求检测。

6.1.3 Fe₃O₄负载量

取 1g 改性沸石粉末，用 10%盐酸溶解后，采用 ICP-OES 法测定 Fe 元素含量，按 Fe₃O₄ 分子量换算负载率。

6.1.4 穿透容量

配制 200mg/L 砷标准溶液（pH=2.5），以 2BV/h 流速通过吸附柱，记录出水砷浓度达 0.05mg/L 时的处理体积，计算动态吸附容量。

6.2 验收指标

项目	限值	检测频次
出水总砷	≤0.01mg/L	每 2 小时在线监测
砷回收率	≥98.5%	每批次检测
沸石破碎率	≤0.5%	每月抽检

7 运行管理

7.1 操作规范

启动前需进行 72 小时清水试压（压力 0.3MPa）；
每季度对超声波发生器进行频率校准（误差±0.5kHz）。

7.2 安全环保

再生废液需经 CaO 沉淀固化（Ca/As 摩尔比≥3:1）；
操作人员须配备 A 级防砷面具（过滤效率≥99.97%）。
