

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

基于系统优化的有色金属行业污酸处理 技术标准

Technical standard for waste acid treatment in the Non-ferrous metal
industry based on system optimization

(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 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 污染物与污染负荷 4

 4.1 污酸来源 4

 4.2 污酸产生量 4

 4.3 污酸成分及浓度 4

5 总体要求 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 源头控制 5

 5.3 建设规模 5

 5.4 工程构成 5

 5.5 工程选址与总体布局 5

6 工艺设计 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 工艺选择 6

 6.3 污泥处理和处置 10

 6.4 事故与应急处理 10

7 主要工艺设备设施和材料 10

 7.1 一般规定 10

 7.2 液固分离设备 11

 7.3 泵 11

 7.4 药剂制备及投加装置 11

 7.5 硫化氢气体制备装置 11

7.6 气液强化硫化反应装置	12
7.7 中和反应槽	12
7.8 电渗析设备	12
7.9 蒸发浓缩设备	12
7.10 催化吹脱设备	12
8 检测与过程控制	12
8.1 一般规定	12
8.2 分析化验检测	12
8.3 在线检测	13
8.4 过程控制	13
8.5 排放监测	13
9 主要辅助工程	13
9.1 供配电	13
9.2 给水、排水和消防	14
9.3 采暖通风与空调	14
9.4 建筑和结构	14
9.5 道路与绿化	14
10 劳动安全与职业卫生	14
10.1 劳动安全	14
10.2 职业卫生	14
11 运行与维护	15
11.1 一般规定	15
11.2 人员与运行管理	15
11.3 维护保养	15
11.4 记录	15
11.5 应急措施	16

图 1 石灰（石）中和法处理污酸工艺流程图	7
-----------------------------	---

图 2 硫化法处理污酸工艺流程图	7
图 3 废酸处理污酸线路示意图	8
图 4 硫化法+石灰（石）中和法/石灰（石）铁盐中和法	8
图 5 污酸资源化处理污酸工业流程图	8
表 1 污酸主要成分及浓度	4

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。

本文件主要起草单位：XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

基于系统优化的有色金属行业污酸处理技术标准

1 范围

本文件规定了有色金属行业污酸处理技术要求，包括污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备设施和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生及运行与维护。

本文件适用于有色金属行业污酸处理，可作为有色金属行业烟气洗涤净化工序产出污酸所涉及的环境影响评价、环境保护设施设计、施工、验收及运行管理参考依据。

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 工业场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素

GBZ 2.2 工业场所有害因素职业接触限值第2部分：物理因素

GBJ 22 厂矿道路设计规范

GB/T 150（所有部分） 压力容器

GBZ 158 工业场所职业病危害警示标识

GBZ/T 223 工作场所有毒气体检测报警装置设置规范

GBZ/T 259-2014 硫化氢职业危害防护导则

GB 5085.1 危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别

GB 5085.3 危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别

GB 5086.1 固体废物浸出毒性浸出方法 翻转法

GB/T 7780-2005 过滤机型号编制方法

GB 12358-2006 作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求

GB 14048-2012 低压开关设备和控制设备

GB 14554 恶臭污染物排放标准

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 一般工业固废贮存、处置场污染控制标准

GB/T 22580-2008 特殊环境条件 高原电气设备技术要求 低压成套开关设备和控制设备

GB 25467 铜、镍、钴工业污染排放标准

GB 50009-2019 建筑结构荷载规范

GB 50013-2018 室外给水设计标准

GB 50014-2021 室外排水设计标准

GB 50015-2019 建筑给水排水设计标准

GB 50016-2014 建筑设计防火规范

GB 50034-2013 建筑照明设计标准

GB 50053-2013 20kV及以下变电所设计规范

T/CIECCPA XXX—20XX

GB 50059-2011 35kV~110kV变电所设计规范
GB 50116-2013 火灾自动报警系统设计规范
GB 50140-2005 建筑灭火器配置设计规范
GB 50189-2015 公共建筑节能设计标准
GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
GB 50988 有色金属工业环境保护工程设计规范
JGJ/T 141 通风管道技术规程
HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法
HJ 2042-2014 危险废物处置工程技术导则
HJ 863.1-2017 排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-铅锌冶炼
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 931—2017 排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-汞冶炼
HJ 936—2017 排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-锡冶炼
HJ 938—2017 排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-锑冶炼
HJ 1125-2020 排污许可证申请与核发技术规范 稀有稀土金属冶炼
HJ 2025-2012 危险废物收集贮存运输技术规范
JB/T 4333.3-2005厢式压滤机和板框压滤机
QB/T 366-1999压滤机标准规范
YS/T 616-2006陶瓷过滤机标准
HY/T 034.3-1994 电渗析技术 电渗析器
IEC TS 61836 太阳能光伏能源系统-术语、定义和符号
国家危险废物名录
国家鼓励发展的重大环保技术装备目录（2020年版）
危险废物转移联单管理办法
铜冶炼污染防治可行技术指南（试行）
危险化学品安全管理条例（2013年修订）
危险废物规范化管理指标体系

3 术语和定义

GB/T 2297、IEC TS 61836和GB/T 14264界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

污酸 waste acid

有色金属生产过程中，因冶炼烟气制酸过程净化工序排出的含有硫酸、重金属、氟氯等化合物和其他有害杂质的稀酸溶液。

3.2

酸性废水 acid waste water

指冶炼过程产生的含有重金属、酸、悬浮物等有害物质的废水。酸性废水主要来源于污酸处理后液、烟气制酸系统排出的电除雾器冲洗水、脱硫废水、制酸区地面冲洗水、湿法车间工艺排水、酸雾净化排水、污染地面冲洗水、实验室废水、危险废物填埋场渗滤液、萃余液等，主要污染物为重金属、氟、酸、悬浮物等。

3.3

硫化法 sulfuration

利用硫化剂与污酸中砷、汞和铅等重金属生成硫化物沉淀，从而实现重金属深度脱除的硫化方法。

3.4

气液强化硫化法 Gas-liquid enhanced sulfurization method

利用制备的硫化氢气体，通过高效气液强化反应器与污酸中的砷、汞和铅等重金属生成硫化物沉淀，从而实现重金属深度脱除的硫化方法。

3.5

中和 neutralization

污酸处理工艺中，为了促进污酸中氟、以及铅、铜、砷等重金属离子的沉淀去除，需要中和游离酸，可以采用硫化沉淀-石灰（石）中和法、石灰（石）中和法。

3.6

污酸资源化 Resource utilization of polluted acid

遵循减渣、减量、酸资源化，将污酸中重金属离子、氟离子、硫酸等转化为易回收的资源或者易处理的固废，从而实现资源化。

3.7

砷渣 Arsenic waste

为了去除污酸中的砷等重金属离子，在酸性条件下往污酸中投加硫化剂如硫化钠、硫氢化钠或者硫化氢，产生以三硫化二砷为主要成分的沉淀，与此同时镉、汞、铜、铅、锌等重金属也一并沉淀，沉淀浆液压滤后得到砷渣，属于含砷危废。

3.8

石膏渣 waste gypsum residue

采用石灰-铁盐法处理污酸时，为了降低中和渣的数量，首先往污酸中加入适量碳酸钙、氧化钙或氢氧化钙等进行中和至溶液pH值6~7，该过程伴随石膏渣（主要成分为 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，并含有砷、镉、铅等重金属有毒元素的共沉淀、吸附或者机械夹带）的生成。

3.9

中和渣 Neutralization slag

采用石灰-铁盐法处理污酸时，对于生成石膏渣经过液固分离后，滤液再用铁盐进行深度除砷，并用石灰乳中和至废水pH值7~9，并鼓入空气氧化，反应生成中和渣。

3.10

电渗析 electrodialysis

以直流电为推动力，利用阴阳离子交换膜对水溶液中阴阳离子的选择透过性，使水体中的离子通过膜主体转移到另一水体重的物质分离过程。

3.11

蒸发浓缩法 Evaporation concentration method

蒸发浓缩是指通过加热和减压的方式使污酸溶液中水挥发而酸浓得到提高的一种热法情方法。

3.12

催化吹脱法 Catalytic blow off method

利用污酸不成组分的挥发特性，通过加入催化剂和强制载气，使得污酸中易挥发的氟化氢和氯化氢以气体的形态从液相向气相快速转移，从而实现硫酸与氢氟酸和盐酸分离的一种处理方法。

3.13

氟氯分盐法 Fluorine chloride salt separation method

利用氟盐和氯盐的不同性质，将污酸中分离出的氢氟酸和盐酸组成的混酸分别通过化学沉淀法和蒸发结晶法制备成产品级氟化钙和氯化钙的处理方法。

4 污染物与污染负荷

4.1 污酸来源

污酸主要来源于有色金属烟气制酸过程中净化工序以及环集系统烟气净化，主要成分为稀硫酸、重金属、氟氯和悬浮物等。

4.2 污酸产生量

现有企业污酸产生量应通过实测确定，新建企业污酸产生量根据产品品种、生产工艺、生产规模、物料平衡、水平衡及工作制度和管理水平相近的企业类比确定。

4.3 污酸成分及浓度

4.3.1 污酸成分及浓度与原料、生产工艺、装备水平、管理水平、水平衡控制等有关。

4.3.2 现有企业污酸成分和浓度应以检测数据为准，新（改、扩）建企业可通过物料平衡、水平衡或参考类似企业确定。

4.3.3 无实测或类比数据时，污酸成分及浓度范围可参照表 1。

表 1 污酸主要成分及浓度

成分	总砷	总锌	总铅	总镉	总铁
含量（mg/L）	200~30000	50~1000	1~100	1~150	100~300
成分	总汞	氯化物	氟化物	悬浮物	H ₂ SO ₄
含量（mg/L）	0.1~10	200~5000	200~10000	500~3000	1%~10%

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 有色金属行业污酸处理项目的建设与管理应遵守国家法律法规、产业政策、排放许可制度和行业污染等管理要求，并积极推行清洁生产、提高资源利用率。

5.1.2 污酸处理工程应采取二次污染防治措施，防止废水处理过程中产生的废气、废水、废渣对环境造成污染。

5.1.3 建设中涉及重金属等有害有毒物质的生产装置、储罐和管道应急池等存在土壤污染风险的设施，应当按照国际有关标准和规范要求，涉及、建设和安装有关防腐蚀、防泄露设施和监测装置，防止污染土壤和地下水。

5.1.4 建设中涉及易燃易爆危险化学品、有毒有害气体的生产装置、储罐和应急设备设施，应当符合 GB/T 150（所有部分）的规定。

5.1.5 有色金属行业污酸处理应符合经批准的环境影响评价文件的要求。

5.1.6 有色金属行业污酸处理应根据污酸中组分的种类、浓度、回收及综合利用的方式，选用单一或者组合工艺。

5.1.7 有色金属行业污酸处理过程中产生的废渣、污泥等固体废物应按照其管理属性分别处置。不能自行综合利用或处置的，应交给有相应资质和处理能力的企业进行综合利用或处置。

5.1.8 危险废物的贮存、包装、处置等应符合 GB 18597、HJ 2042-2014 等危险废物专用标准的要求。

5.1.9 有色金属行业污酸处理压力容器、起重设备等特种设备的管理应符合 GB 150 2010，GB/T 150

(所有部分), TSGR 0004-2009、TSGR 0001-2004、TSGR 0002-2005、TSGR 0003-2007、TSGR 7001-2004、TSGR 1001-2008、TSGR 3001-2006、DL 647-2004; GB 3811、GB 6067、JB/T 3695、JB/T 1306、JB/J 2603、GB/T 14405、GB 10051.1-5、GB 5972、JBZQ 4000.1、GB 5905、GBJ 80013.6、JB/T 50103、GBJ 232 等。

5.1.10 有色金属行业污酸处理生产使用的危险化学品管理应符合《危险化学品安全管理条例》(2013年修订)的规定。

5.1.11 有色金属行业污酸处理生产区域应进行防腐防渗处理, (增加防腐防渗管理标准, 规定内容, 如台账、说明书等) 防渗应符合 GB 50988 规定。

5.2 源头控制

5.2.1 有色金属行业企业应对污酸和废水的产生、处理、回用和排放进行全过程控制, 优先采用清洁生产, 提高资源、能源利用率, 减少污染物的产生和排放。

5.2.2 有色金属行业污酸处理中产生的废酸、废水、金属废渣等有用资源应结合企业生产时间充分回收利用。

5.2.3 有色金属行业污酸处理过程中产生的其他副产品, 应符合相关产品质量标准。

5.3 建设规模

5.3.1 污酸处理规模应适应生产波动的要求, 满足企业总体规划的要求。

5.3.2 污酸处理工程建设规模应符合下列要求:

- a) 事故池有效容积应按照事故区域消防用水量、最大物料泄漏量之和计算;
- b) 污酸调节池容积应按照最大日流量计算, 有效容积宜不小于 24h (污酸的传统处理技术)、8h (污酸资源化处理技术) 废水量;
- c) 调节池后各处理单元按最大日平均流量计算;
- d) 废渣处理和处置工程按最大日产出废渣量计算。

5.4 工程构成

5.4.1 污酸处理工程包括主体工程、辅助工程和配套设施等。

5.4.2 主体工程包括:

- a) 石灰(石)中和法、硫化法、硫化法-石灰(石)中和法、石灰-铁盐法: 污酸收集、调节、处理、回用与排放、污泥浓缩与脱水、药剂配制及投加、电气和自动检测控制等设施及标识;
- b) 污酸资源法: 污酸收集与调节、预处理、脱砷除重-蒸发脱氟氯处理、回用与排放、药剂配制与添加、养护、事故处置、污泥、石膏渣、中和渣、硫化铜渣、砷渣等的堆放场地等设施及标识。

5.4.3 辅助工程包括: 供排水和消防系统、配电室、远程控制室、检测分析室、设备保养和检修车间、水质水量监控系统、通风和空调、仓库等。

5.4.4 配套设施包括: 办公室、休息室、卫生间等其他生活设施。

5.5 工程选址与总体布局

5.5.1 污酸处理工程应设在冶炼企业内。

5.5.2 污酸处理工程总体布局应符合 GB 50187 等标准的相关规定。

5.5.3 总平面布置应统筹考虑污酸和废水产生、处理、回用流程和各处理单元功能的关系, 结合地形、地质条件等因素, 经技术经济比较后确定, 同时还应符合下列要求:

- a) 总平面布置应紧凑、合理, 满足施工、维护和管理等要求;

- b) 总平面宜按工艺流程布置，并根据功能和物料性质分区布置；
- c) 竖向设计应充分利用原有地形，尽可能做到土方平衡，减少提升次数，降低运行能耗；
- d) 应合理布置超越管线和维修防控设施，并确保废水和废渣得到妥善处理处置；
- e) 输送污酸、酸性废水及酸、碱的管道宜架空铺设，铺设可根据工艺、地形、高低落差设计且有明显标识；
- f) 硫化氢的生产装置及存储设施外部安全防护距离确定应符合 GB/T 37243。

6 工艺设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 工艺设计应对污酸的水质、水量及其变化规律进行全面调查，得到具有代表性、准确的污酸成分参数，并进行必要的工艺试验。
- 6.1.2 有色金属行业污酸处理应在科研和生产实践的基础上，采用先进成熟的工艺，使用的新技术、新工艺、新材料、新设备，应符合本文件的有关规定。
- 6.1.3 有色金属行业污酸处理的工艺选择应根据污酸产生量、成分、药剂来源、回用要求、污泥（废渣）处置方法等因素，兼顾整体冶炼工艺流程，进行技术经济方案比较后确定，优先选用技术成熟、稳定、达标、废渣产率低、节能的处理工艺。

6.2 工艺选择

6.2.1 污酸处理工艺的基本单元

- 6.2.1.1 石灰（石）中和法和硫化法为污酸处理工艺的常见基本单元，此单元工艺流程见图 1 和图 2。
- 6.2.1.2 石灰（石）中和法用于降低酸度并去除部分氟、铜、砷，硫化法用于去除污酸中的砷、铜、镉、汞等重金属。
- 6.2.1.3 砷含量小于 500mg/L 时，宜采用石灰（石）中和法；砷含量大于 500mg/L 时，宜采用硫化法+石灰（石）中和法。
- 6.2.1.4 中和反应时间宜根据试验确定，采用石灰乳作中和剂时不宜小于 45min，采用石灰石作中和剂时宜为 2h~4h。
- 6.2.1.5 污酸中砷含量小于 1000mg/L 时，硫化法对砷的去除率宜按 90%~95%计；污酸中砷含量大于 1000mg/L 时，硫化法对砷的去除率宜按 95%~98%计。
- 6.2.1.6 硫化法对铜的去除率宜按 96%~98%计。
- 6.2.1.7 硫化钠或其他硫化剂的用量应根据：硫离子与砷、重金属离子生成硫化物的摩尔量计算，设计用量宜为理论量的 1~1.4 倍，加药量通过氧化还原电位控制。
- 6.2.1.8 硫化反应时间宜根据试验确定，宜为 1h~2h。
- 6.2.1.9 硫化氢的制取工艺选择宜根据企业建设需求、国家和地方安全环保管理政策、地方生产用水形式等选取适宜的生产工艺：
 - a) 直接加硫化钠或硫化氢钠，技术成熟，有广泛应用。
 - b) 采用适合有色冶炼行业的硫化氢合成工艺（甲醇-硫磺法），甲醇制备的氢气与硫磺和在硫氢复合塔内直接合成硫化氢气体，生产实践表明，与传统的硫化钠法处理含砷污酸相比，具有安全可靠、运行成本低、过程易控、自动化程度高等优势。
 - c) Na_2S 酸解法，技术成熟，具有安全可靠、运行成本低、过程易控、自动化程度高等优势。
- 6.2.1.10 传统硫化反应污酸处理工艺宜根据污酸产生量、有价金属成分含量选择分段分级硫化，回收有价金属。

- 6.2.1.11 传统硫化反应污酸处理宜设置多级硫化氢吸收，提高硫化氢利用率。
- 6.2.1.12 制取硫化氢气液强化反应+石灰铁盐中和工艺（先制取硫化氢，利用硫化氢与污酸进行气液强化反应脱砷，脱砷后进入中和段）。
- 6.2.1.13 硫化氢制备与存储、气液硫化反应、硫化沉淀浆液浓密应在密闭容器中进行，硫化沉淀浆液浓密过程中溢出液面的硫化氢气体应进行吸收处理，尾气排放执行 GB 14554 中的规定。
- 6.2.1.14 硫化反应槽在室内时，应设独立房间，应设通风、监测和报警设施。
- 6.2.1.15 污酸中的砷、汞、铅和镉等重金属，应采用气液强化硫化法进行深度净化处理，气液强化硫化钠采用特制密闭反应釜，硫化氢气体制备宜选用硫氢化钠或硫化钠溶液与稀硫酸反应制取，硫酸钠溶液宜采用蒸发制备成硫酸钠产品。
- 6.2.1.16 采用电渗析进行浓缩处理，污酸经过电渗析处理后，浓缩污酸酸浓度应控制在 10~15%，淡 pH 宜控制在 2~3，极液宜采用稀硫酸，同时极液中氟离子浓度宜低于 20mg/L。
- 6.2.1.17 蒸发浓缩宜将污酸酸度浓缩至 30%~35%，同时应严格控制钙镁离子浓度，宜小于 5mg/L，污酸中约 60%~90% 的水分被蒸发为冷凝水，此冷凝水可回用。
- 6.2.1.18 酸浓缩倍数、硫酸产品质量浓度宜根据企业回用需求确定。
- 6.2.1.19 回收得到的氟化钙和氯化钙，其环境属性按照 GB 5085、GB 34330 等标准执行，经鉴别为危险废物的，按危险废物进行处置和管理。
- 6.2.1.20 氟化钙和氯化钙品质符合 GB 8216 和 GB/T 26520 的规定，并满足下游产业技术要求，可通过点对点定向利用的方式用于下游工业生产的替代原料。
- 6.2.1.21 污酸处理后液即为酸性废水，pH 宜控制在 2 左右，后续处理工艺与工厂其他来源的酸性废水处理工艺相同。

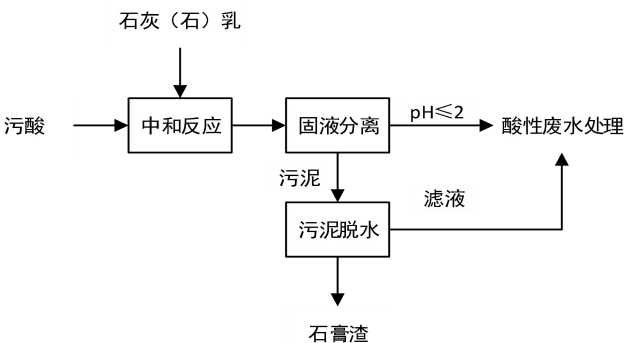


图 1 石灰（石）中和法处理污酸工艺流程图

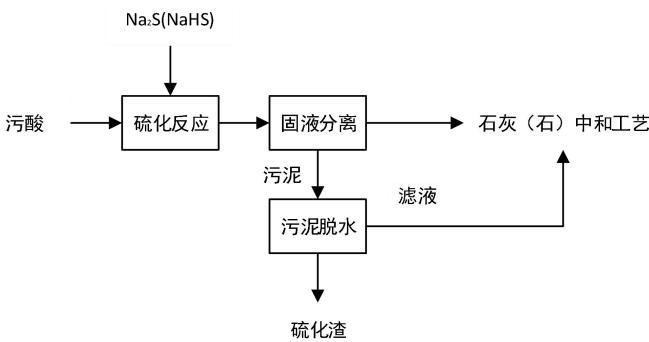


图 2 硫化法处理污酸工艺流程图

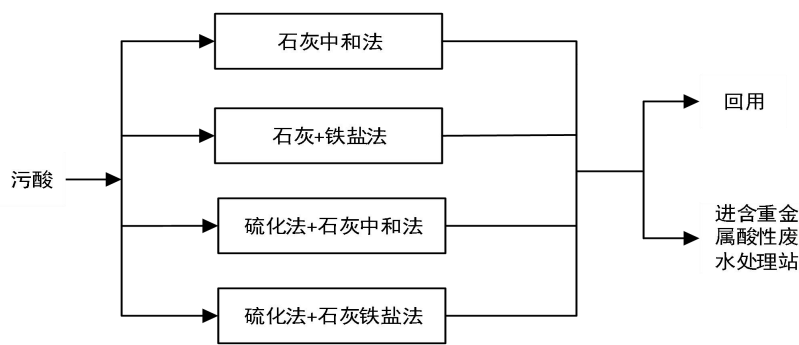


图 3 废酸处理污酸线路示意图

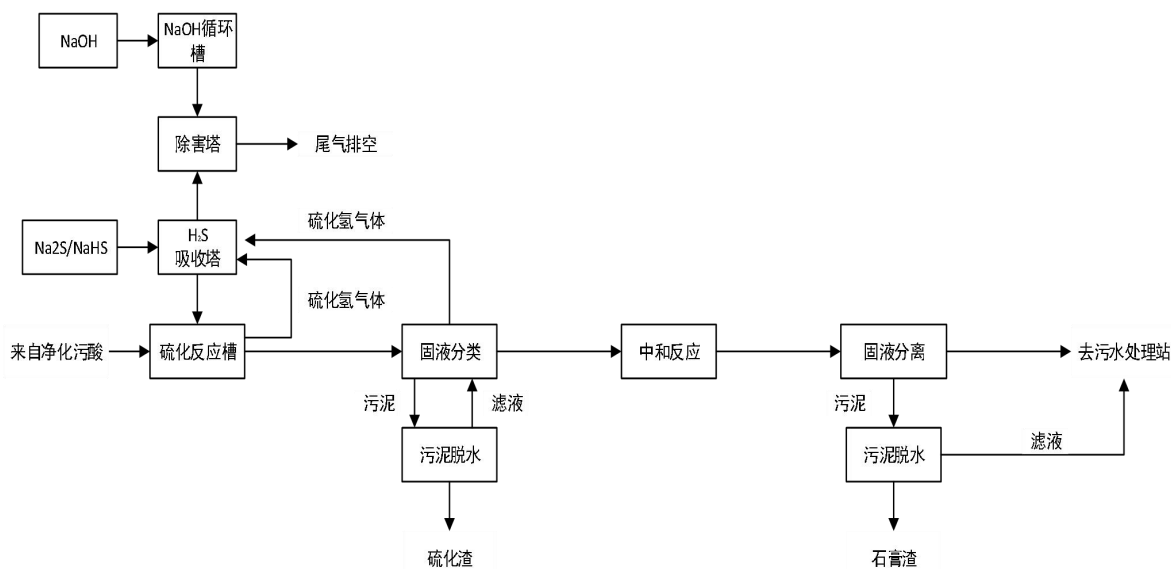


图 4 硫化法+石灰（石）中和法/石灰（石）铁盐中和法

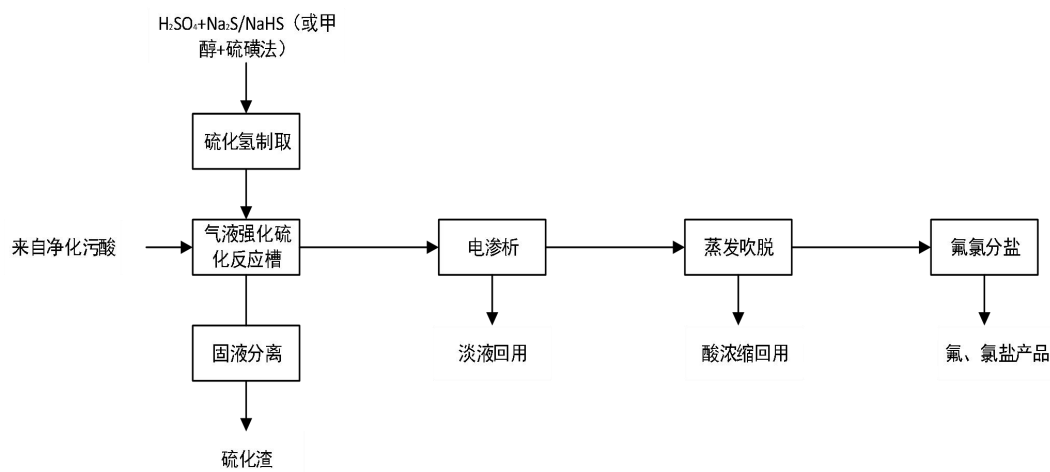


图 5 污酸资源化处理污酸工业流程图

6.2.2 污酸处理的工艺

6.2.2.1 根据污酸成分和含量可将上述单元工艺组合用作污酸处理工艺。

6.2.2.2 污酸传统工艺为石灰（石）中和法、硫化法、硫化法-石灰（石）中和法、石灰-铁盐法。污酸处理的传统工艺存在很多弊端，如酸性废水后续处理需要解决高钙高盐，中和渣量大，但是只可少部分实现再利用，但不能全部实现再利用，石膏渣含大量重金属并没有达到市售的要求，氟资源未能资源化，污酸脱氯困难、氟氯广泛腐蚀大量设备和管道。污酸资源化回收利用处理工艺为最近推广的新工艺及装备，可大幅度提高污酸资源利用率。

6.2.2.3 石灰（石）中和法：中和法即向污酸中投加一定量的碱试剂，酸碱中和反应时重金属、As 等生产砷沉淀物，过滤后从溶液中去除。常用的碱有石灰、纯碱等。中和反应时伴随着颗粒悬浮，中和沉淀协同絮凝沉淀法同时作用。中和法分为：常规石灰中和法（LDS 法）、高浓度泥浆法（HDS 法）、三段石灰-铁盐法、石灰-硫化-石灰铁盐法。

6.2.2.4 污酸硫化法：硫化物承担法就是除去污酸中的砷金属以及其他重金属，常用的硫化剂 Na_2S 、 NaHS 、 H_2S （直接购买或化学反应合成）、 Fe_2S_3 以及微生物还原硫酸盐产生的硫化物等。硫化法砷以 As_2S_3 的形式去除，去除率达 98% 以上。

6.2.2.5 污酸硫化法-石灰（石）中和法：硫化物沉淀远比中和沉淀法中的氢氧化物沉淀溶解度低，同时硫化物沉淀在酸性条件下也可以形成，因此重金属离子的去处效率更好，且重金属的氢氧化物溶度积相对硫化物高。对于高浓度 As 元素的污酸，需先采用硫化法处理后，再进行中和和絮凝沉淀，使污水达到排放标准。

6.2.2.6 污酸石灰-铁盐法：用石灰或石灰乳中和污酸至 pH 不超过 2 后过滤，过滤的溶液用石灰乳调节，使 pH 达到 12.5 后再过滤，并加入铁盐（ FeCl_3 或 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ）吸附溶液中残留的砷，并使 pH 恢复到 8~9 之间（必要时加硫酸），滤液可达标排放。

6.2.2.7 污酸资源化工艺：污酸资源化回收利用处理工艺易根据具体的水质情况选用气液强化硫化、电渗析预浓缩、蒸发浓缩、催化吹脱和氟氯分盐组合工艺回收有价金属、酸和水等资源。

6.2.2.8 参照《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录（2020 年版）》，关键技术及主要技术指标为：进水水质：污酸原水酸度：2%~5%；出水水质：砷 $< 0.5\text{mg/L}$ ，铜 $< 0.5\text{mg/L}$ ，汞 $< 0.05\text{mg/L}$ ，重金属脱除率 $\geq 99\%$ ；铍、铜等有价金属回收率 $\geq 95\%$ ；酸回收率 $\geq 90\%$ ；砷渣减少 $\geq 30\%$ 。

6.2.2.9 污酸资源化工艺：宜根据污酸中有价金属含量、酸浓度及回用要求选择适宜的工艺。污酸中酸度高于 5% 时，宜采用气液强化硫化 - 蒸发浓缩 - 催化吹脱组合工艺；污酸中酸度低于 5% 时，宜采用气液分段硫化 - 电渗析 - 蒸发浓缩 - 催化吹脱组合工艺。

6.2.2.10 污酸资源化工艺：污酸资源化回收利用全工艺流程图涵盖气液强化硫化、电渗析、蒸发浓缩、催化吹脱和氟氯分盐技术。

6.2.2.11 污酸资源化工艺：为了建设节水型有色金属企业，污酸处理工艺宜选用污酸资源化工艺流程。

6.2.3 有色金属冶炼污酸处理的技术经济指标

6.2.3.1 铜冶炼污酸处理的技术经济指标主要包括：

- 硫化法+石灰石/石灰中和法，去除率 Cu：96%~98%、As：96%~98%。硫化反应槽和硫化浓密机溢出的 H_2S 气体需采用 $\text{NaOH}(\text{Na}_2\text{S})$ 溶液喷淋吸收，生成的 $\text{Na}_2\text{S}(\text{NaHS})$ 溶液用作硫化法处理废水的药剂。该技术建设投资高，运行成本高；
- 石灰+铁盐法，脱砷率达到 98% 以上，砷渣中砷的含量较高，可用于回收砷。石膏渣主要成分为硫酸钙，可作为生产水泥的添加剂。建设投资适中，运行成本较高。参照《铜冶炼污染防治可行技术指南（试行）》。

6.2.3.2 铅冶炼污酸处理的技术经济指标主要包括：

- 硫化法沉淀法 As、Pb、Hg 含量在 3.0mg/L 以下；
- 硫化+石灰中和法污酸处理设施建设成本约为 12270 元/(t·d)，运行成本约为 36.8 元/t；

- c) 石灰中和+硫化沉淀+生物制剂组合法污酸处理设施建设成本约为 9800 元/(t·d)，运行成本为约 25.4 元/t；
 - d) 石灰中和法污酸处理设施建设成本约为 8500 元/(t·d)，运行成本为约 21.5 元/t。
- 6.2.3.3 锌冶炼污酸处理的技术经济指标主要包括：
- a) 中和-硫化法污酸中汞、锌、镉、铜、铅等重金属在 10mg/L 以下；
 - b) F 在 8mg/L 以下；
 - c) COD 在 60mg/L 以下。
- 6.2.3.4 镍、钴、钼、锌、黄金、锡、锑铋等冶炼污酸处理的技术指标参照铜冶炼污酸处理的技术指标，经济指标按照实际确定。

6.3 污泥处理和处置

- 6.3.1 污泥的处理和处置要体现资源化、减量化和无害化。
- 6.3.2 污泥指：
- a) 石灰（石）中和法：石灰（石）中和过程产生的中和渣；
 - b) 硫化法：硫化过程产生的硫化铜渣和砷渣；
 - c) 硫化法-石灰（石）中和法：硫化过程产生的硫化铜渣和砷渣，石灰（石）中和过程产生的石膏渣和中和渣；
 - d) 石灰-铁盐法：石灰（石）中和过程产生的石膏渣、中和渣；
 - e) 污酸资源化法：硫化过程产生的硫化铜渣和砷渣。
- 6.3.3 污泥处理系统由浓缩、调节、脱水和泥饼储存等单元组成，污泥处理系统的构筑物应防腐防渗并建立处理过程中逸散尾气的监测设施，区域产生的废水应设置回收装置。
- 6.3.4 企业应根据《国家危险废物名录》、GB 5085.1、GB 5085.3、GB 5086.1、HJ 557 的有关规定确定污泥性质。
- 6.3.5 污泥贮存、处置、转移应满足 GB 18597、GB 18598、GB 18599 以及《危险废物转移联单管理办法》的规定，属于危险废物的污泥外售或处置应满足国家关于危险废物的相关要求。
- 6.3.6 优先考虑在本冶炼厂区消纳污泥，实现污泥处理处置的资源化、减量化和无害化。

6.4 事故与应急处理

- 6.4.1 有色金属行业污酸处理工序内应设置非正常工况的污染防治应急措施，并应制订应急预案。
- 6.4.2 有色金属行业污酸处理工序内应根据生产工艺设置工艺联锁和有毒有害气体检测报警装置，并应制订有毒有害气体泄漏应急预案。
- 6.4.3 事故后应及时将事故池存放的废水均量输送到处理系统进行处理。

7 主要工艺设备设施和材料

7.1 一般规定

- 7.1.1 主要工艺设备设施应根据处理工艺流程进行设计和选型，其设计参数应满足工艺流程对设备设施处理的要求。
- 7.1.2 工艺设备应优先采用《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录》中适用的环保技术装备。
- 7.1.3 已颁布产品标准的主要设备和材料，其性能要求应符合其产品标准要求。
- 7.1.4 建筑机电工程设施抗震设计应符合 GB 50981 规范的有关规定。
- 7.1.5 污酸资源化工艺流程采用耐高温、耐腐蚀、大流量强制循环轴流泵和耐高温、耐负压、耐腐蚀

高效气液分离设备，需优化耐酸耐氟氯电渗析组件结构和电渗析装置工艺配置。

7.1.6 压力容器的设计及制造符合《压力容器设计规范》及其他有关的工业标准规范。在适当的位置安装泄压阀，在事故条件下可能处于真空状况下的设备将采用可承受全真空的设备。压力容器和压力管道，选材、设计、制造、安装和使用必须符合《特种设备安全监察条例》（中华人民共和国国务院令第373号）要求进行，选择有相关资质的单位进行设计、制造、安装和检测，严禁违章操作，加强日常维护和管理；应定期对特种设备、安全附件及强制检测设备设施等进行检测，特种设备在使用前到所在地安全监察机构注册登记。

7.1.7 不得使用淘汰的设备设施，硫化氢制备、硫化沉淀、硫化系统浓密机和浓缩池等硫化法主要设备，均加盖处理，均为密闭装置。并设置通风点抽负压收集废气，污染物硫化氢收集后进入尾气吸收塔和除害塔。密闭性不好的、反应效率低下的、不耐腐蚀的、规模较小的、传输效率低的反应槽、过滤机、浓密机、浓缩池、管道、泵等不能使用。

7.2 液固分离设备

7.2.1 过滤设备应符合 JB/T 4333.3-2005 厢式压滤机和板框压滤机，QB/T 366-1999 压滤机标准规范；YS/T 616-2006 陶瓷过滤机标准；GB/T 7780-2005 等标准。

7.2.2 过滤设备的设计和选型应根据过滤介质的性质、渣含量、水量等因素选用耐腐蚀的过滤设备、管道、及配件。

7.2.3 污酸处理工艺产出的污泥应使用高效脱水设备。

7.2.4 液固分离设备宜设硫化氢的收集、处理和检测、报警设施、安全紧急停车、PLC 程控。

7.2.5 石膏渣、中和渣易选用陶瓷过滤机或离心机进行脱水。污酸污水处理产生的砷渣，中和渣和石膏含水率较高，应进行脱水，降低渣的含水率。其中砷渣、中和渣一般采用压滤机脱水，石膏渣一般采用离心机脱水，滤布采用耐酸性良好、耐碱性强、耐磨性好、耐热性 90℃ 左右的丙纶滤布；板框为增强聚丙烯材质，点状交错设计的滤板。

7.3 泵

有色金属行业污酸处理使用的泵选型应根据输送介质的性质和量确定，应选用耐腐蚀的泵、管道和配件，并应设备用泵。优先选用耐高温、耐腐蚀（酸、盐）、耐磨损合金材质的泵、管道和阀门，次之选择高分子树脂、增强 PP、塑料材质的的泵、管道、阀门；再次选择衬塑、PTFE 的钢管等。

7.4 药剂制备及投加装置

7.4.1 有色金属行业污酸处理药剂制备及投加装置的选型应根据生产使用的药剂的性质、用量及温度、压力等要求确定。

7.4.2 对存在硫化氢的生产工艺和设备，宜按照 GBZ/T 194 的规定，尽量考虑自动化、机械化、密闭化。

7.4.3 药剂投加应增设耐酸、碱、盐腐蚀的筛漏装置。

7.5 硫化氢气体制备装置

7.5.1 硫化氢气体制备装置应根据制备硫化氢气体工艺和要求选择耐腐蚀、耐压、耐温，装置的密封性能必须满足相关标准要求。

7.5.2 硫化氢气体制备装置，试剂加入量和速率应能调节，以控制反应速率。

7.5.3 硫化氢气体储存装置具有检测和报警装置，有易燃、具体提醒警示牌，储存区域硫化氢浓度不大于 0.13ppm，车间空气中最高容许浓度 10mg/m³（TJ 36-79 环境标准）。储存地有严格的安全环保管理办法，使用注意事项，操作规程。

7.5.4 H₂S 尾气排放执行 GB 14554 中的规定。

7.6 气液强化硫化反应装置

7.6.1 硫化氢气体与污酸混合的硫化反应器，宜采用密闭容反应器并配置气液强化混合装置。

7.6.2 气液强化反应器应设排空管，排空管应通向事故池或调节池。

7.6.3 气液强化硫化反应装置应配置大功率、高扬程循环泵，增大循环比的同时提高硫化反应速率。

7.6.4 边制硫化氢气体边硫化装置，应能很好的调节污酸和硫化试剂的加入速率，以控制硫化反应速率。

7.6.5 强化硫化反应后的固体硫化物应快速分离出去，以加速硫化反应的效率。

7.7 中和反应槽

有色金属行业污酸处理中和反应槽，反应接触面易采用耐酸/碱/盐腐蚀、耐高温的材料，搅拌电机易为防爆电机，搅拌桨叶下翻式，槽体上有挡流板或者槽体为3边及以上的多边形。

7.8 电渗析设备

7.8.1 电渗析设备的技术要求应符合 HY/T 034-1994 电渗析技术相关标准。

7.8.2 为保证电渗析设备的性能，应进水采取相应的预处理，减轻电渗析设备堵塞和膜污染。

7.9 蒸发浓缩设备

7.9.1 蒸发浓缩设备应根据介质的性质、处理量、浓缩倍数等要求通过试验或根据相同型号、相似浓缩液的已有运行数据确定。

7.9.2 蒸发浓缩设备热交换设备宜选用防腐、导热、耐温性能较好的石墨材料。

7.10 催化吹脱设备

7.10.1 催化吹脱设备宜选用防腐、导热、耐温性能较好的石墨材料。

7.10.2 为了提高吹脱效率，回收有用气体，防止二次污染，采用填料塔高效气液分离设备。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 有色金属行业污酸处理的运行应进行分析化验检测，在线检测和自动化过程控制。

8.1.2 应设置在线检测装置，其检测点分别设在受控单元内和进出口处，检测项目应根据工艺控制要求确定。

8.1.3 仪表和自动系统设置在易爆或有腐蚀性气体、液体的环境时，应严格做好防爆、防腐。

8.1.4 涉及易燃易爆、有毒有害气体检测的仪表和自动控制系统应灵敏、可靠，有自动报警装置，有报警防误报、防漏报管理系统。

8.1.5 加强对重点危险源的监控管理，对储罐区、硫化反应车间、中和渣暂存库、压滤车间等事故高发区域，实施重点监控和管理。

8.2 分析化验检测

8.2.1 有色金属行业污酸处理应根据处理工艺、生产管理及环保需要对污酸、硫化反应后液、废渣、车间出水等进行分析化验检测。特别是三废中 Zn、Pb、Cd、Cr、As、Sb、Bi、Fe、Tl、Hg、F、Cl 等

离子，以及 TOC 的检测，以及酸度检测，渣的无害化检测。三废满足中华人民共和国固体废物污染环境防治法、危险废物转移联单管理办法、国家危险废物名录、GB 18597、HJ 2025-2012、危险废物规范化管理指标体系（环办[2015]99 号）。

8.2.2 各检测项目的分析化验方法及分析化验设备应按国家有关标准执行。

8.3 在线检测

8.3.1 各处理系统，宜设置全自动在线检测分析仪，处理药剂的投加宜采用自动控制。

8.3.2 有色金属行业污酸处理应根据工艺管控和安全环保管控要求，对各段进、出液和药剂投加设置流量检测。

8.3.3 污酸易设置酸度检测或调节池设置 pH 值检测，中和反应槽、除害塔循环液应设 pH 值检测。

8.3.4 压力容器应设置压力检测。

8.3.5 对温度有要求的工艺装置或设备应设温度检测。

8.3.6 可能存在有毒有害气体产生、泄漏或蓄积的区域安装高度灵敏的 H₃As、H₂S、SO₂、SO₃、CO 检测设备，超标时有快速响应的安全预警装置；该区域具有防爆装置，配备人员安全防护劳保，有醒目的应急逃生通道；该区域有温度、湿度监测装置和报警装置；该区域有良好的通风系统。在有毒气体可能泄漏的场所设置可燃及有毒气体探测器，确保装置安全。

8.4 过程控制

8.4.1 控制系统应在满足工艺要求的前提下，运行可靠、经济、节能、安全，便于日常维护和管理。

8.4.2 需加药的处理系统采用自动加药方式可以避免人工投加量不稳定而导致的水质波动、排污量不稳定、系统反应三传（热、质、动）波动较大以及水量浪费的问题。

8.4.3 过程控制参数、技术要求和自动化控制水平应根据工艺流程、水质处理要求等因素合理确定，并符合以下要求：

- a) 主要处理工艺单元宜采用计算机控制系统进行集中监控；
- b) 使用成套设备时，设备本身控制箱应预留必要的通讯接口，以实现与总控制系统的通讯和数据交换；
- c) 投药系统宜根据工艺设定参数自动控制加药量。

8.5 排放监测

8.5.1 应根据 GB 25467、HJ863.3、HJ 863.1-2017、HJ 938-2017、HJ 936-2017、HJ 931-2017、HJ 1125-2020 以及自行监测技术指南确定排放口的检查因子、监测频次、监测技术手段和监测设施。

8.5.2 应满足环境影响评价文件和有权核发排污许可证的地方环境保护主管部门的监测要求。

9 主要辅助工程

9.1 供配电

9.1.1 有色金属行业污酸处理的供电等级应与生产车间相同，且宜供电按二级负荷设计。

9.1.2 变电站设计应符合 GB 50059-2011 和 GB 50053-2013 的规定。

9.1.3 有腐蚀性气体、液体的厂房，应按防腐蚀要求选择电气设备和灯具。

9.1.4 成套设备配套供应的控制器、配电屏除应满足环境条件要求外，还应满足 GB 14048-2012 和 GB/T 22580-2008 相关规定的要求。

9.1.5 设备应按照现场控制箱，应设置运行和故障状态指示、手动/自动转换开关，防护等级应满足现

场环境要求。

9.1.6 建筑物照明设计应符合 GB 50034-2013 的规定。

9.1.7 有无缝衔接的备用电。

9.2 给水、排水和消防

9.2.1 给水、排水设计应符合 GB 50013-2018、GB 50014-2021 和 GB 50015-2019 等规范。

9.2.2 消防设施设计应符合 GB 50016-2014、GB 50116-2013 和 GB 50140-2005 等规范要求。

9.2.3 给排水、消防水、污酸管、浓酸管有响应的颜色区分，并标明走向。

9.3 采暖通风与空调

9.3.1 底下构筑物应有通风设施。

9.3.2 可能产生有毒有害气体的厂房，宜设计为单独的建筑物，并与可靠的通风设施和监测、报警装置。

9.3.3 在寒冷地区，构筑物和管线应有防冻措施。当采暖时，建筑物室内温度可按 5℃设计；加药间、化验室和操作室等室内温度可按 15℃设计。

9.4 建筑和结构

9.4.1 建筑物设计、施工和验收应符合 GB 50009-2019、GB 50981-2014、JGJ/T 141 和 GB 50204-2020 的有关规定，采取防腐蚀、防渗漏措施。

9.4.2 建筑节能设计应符合 GB 50189-2015 的规定。

9.5 道路与绿化

9.5.1 道路设计应符合 GBJ 22 的有关规定。

9.5.2 工程的绿化面积，可根据实际情况确定。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 劳动安全

10.1.1 有色金属行业污酸处理技术在施工、运行过程中应加强劳动安全管理，应建议并严格执行安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10.1.2 应设置必要的安全和报警装置。

10.1.3 气液强化反应器作业时，先启动尾气吸收系统，保证生产过程中设备内为负压操作状态，防止微量硫化氢气体外溢。

10.1.4 现场有响应的应急救援实施设备和物资。

10.1.5 涉及的危化品应单独隔离堆放（固体堆高不超过 1m）。

10.2 职业卫生

10.2.1 有色金属行业污酸处理中的职业卫生应符合 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 和 GBZ 158、GBZ/T 259-2014 等标准的规定。

10.2.2 应加强作业场所的职业卫生防护，设置防尘、防毒、隔声、减震、防暑措施。

10.2.3 应向操作人员提供必要的防护用品，配置浴室和更衣室等卫生设施。

10.2.4 职工在加药间、脱水间等高粉尘、有毒、有异味的环境应佩戴必要的劳动防护用品。

10.2.5 凡进入存在硫化氢的工作场所，应携带便携式硫化氢检测报警仪，报警仪的报警阈值设定、检定和维护参照 GBZ/T 223、GB 50493、GB 12358-2006 执行。

10.2.6 涉及员工每年参加职业病体检。

10.2.7 危化品储藏间通风良好，门和储藏柜双锁双人负责，有消防沙和灭火器。

11 运行与维护

11.1 一般规定

11.1.1 有色金属行业污酸处理工程运行和维护应符合国家有关法律、法规，并参照相关标准的规定执行。

11.1.2 有色金属行业污酸处理技术应用中应按规定配备环境保护专职技术人员、运行人员、维护人员。

11.1.3 有色金属行业污酸处理技术应用中应建立健全规章制度、岗位操作规程和质量管理等文件。

11.1.4 有色金属行业污酸处理技术应用中的运行记录和水质监测报告的原始记录应妥善保存。

11.1.5 对存在硫化氢的设备和管道的密闭性的定期检测和维护，重点做好记录和督查。

11.2 人员与运行管理

11.2.1 有色金属行业污酸处理的各系统操作人员应经过岗位安全培训及技能培训，通过考核后上岗，并应定期进行岗位培训操作人员应熟悉污酸处理的整体工艺、相关技术条件和设施、运行操作的基本要求，能够正确处置运行过程中出现的各种故障与技术问题。

11.2.2 各系统的操作人员应严格按照操作规程要求，运行、维护和管理各处理设施，检查并记录处理构筑物、设备、电器和仪表的运行状况。

11.2.3 应根据污酸处理工艺特点与污染物特性，指定生产事故、污酸污染物负荷突变、恶劣天气等突发情况下的应急预案，配备相应的物资，并进行应急演练。

11.2.4 启动前检查阀门开启状况、供电系统和自动控制系统是否正常。

11.2.5 运转中要校核压力计、电流值、电压值等参数是否正常。

11.2.6 检查运转中有无一场噪音与振动，检查轴承、电机的温度是否正常。

11.3 维护保养

11.3.1 各处理设施应满足设计工况的条件下运行，并根据工艺要求，定期对构筑物和工艺。电气、自控等仪表设备进行检查维护，确保处理设施稳定运行。

11.3.2 运行和维护维护前认真做好技术交底、技术培训工作，严格按照设计图纸和标准、规范进行运行和维护、严格材料质检关，做好运行和维护日志。

11.3.3 日常保持工作现场和设备清洁。

11.3.4 定期检查泵及设备有无腐蚀、磨损情况。

11.3.5 进行年度设备整体检查、配管与支架状况检查、涂料与防锈漆情况检查。

11.4 记录

11.4.1 编制运行和维护计划实施细则，完善控制点和控制标准，强化养护质量事前、事中和事后的全过程控制。

11.4.2 应制定统一的记录格式，及时、准确、完整的记录，不得随意涂改。

11.4.3 所有记录应编制记录清单，一遍查询，需长期保存的记录应交档案室存档保管。

11.4.4 涉及的危化品应单独隔离堆放（固体堆高不超过 1m），危化品有详细的进出记录、使用台账。

11.5 应急措施

11.5.1 应根据有色金属行业污酸处理工程运行和周围环境情况，考虑各种可能的突发事故，编制应急预案，配备人力、设备通讯等资源，建立完善的应急处理机制。

11.5.2 应设置危险气体和危险化学品的应急控制和防护措施。应制订危险化学品突发事故应急预案，并配备应急物资。
