ICS 77.120.99

H 65

XB

**中华人民共和国工业和信息化部** 发 布

XXXX-XX-XX实施

XXXX-XX-XX发布

**XB/T** XXX—202X

中华人民共和国稀土行业标准

标准

ICS 77.120.99

CCS H 65

稀土冶炼生产废水处理回用技术规范

Technical specifications for waste water treatment and reuse of rare earth metallurgy

（送审稿）

目 录

[前 言 I](#_Toc101441985)

[1 范围 1](#_Toc101441986)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc101441987)

[3 术语和定义 1](#_Toc101441988)

[4 污染物与污染负荷 2](#_Toc101442003)

[5 总体要求 11](#_Toc101442009)

[6 工艺技术要求 12](#_Toc101442010)

[7 主要工艺设备和材料 16](#_Toc101442015)

[8 检测与过程控制 17](#_Toc101442018)

[9 施工与验收 17](#_Toc101442022)

[10 运行与维护 18](#_Toc101442026)

[附录A （资料性附录） 19](#_Toc101442031)

[参考文献 21](#_Toc101442034)

## 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。

本文件由全国稀土标准化技术委员会(SAC/TC 229)提出并归口。

本文件起草单位：有研稀土新材料股份有限公司……

本文件主要起草人：……

本标准为首次发布。

**稀土冶炼生产废水处理回用技术规范**

## 1 范围

本文件规定了稀土冶炼企业生产废水处理回用工程的总体要求、工艺技术、主要工艺设备与材料、检测与过程控制、施工、验收、运行和维护等内容，不包括企业的生活污水。

本文件适用于稀土冶炼生产废水（包括末端污水）处理与回用。

## 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。

GB 16297 大气污染综合排放标准

GB 26451 稀土工业污染物排放标准

GB/T 32327 工业废水处理与回用技术评价导则

GB 50040 动力机器基础设计规范

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

GB 50236 现场设备、工业管道焊接施工及验收规范

HJ/T 262 环境保护产品技术要求 格栅除污机

HJ/T 283 环境保护产品技术要求 厢式过滤机和板框过滤机

HJ/T 353 水污染源在线监测系统安装技术规范（试行）

HJ/T 354 水污染源在线监测系统验收技术规范（试行）

HJ/T 355 水污染源在线监测系统运行与考核技术规范（试行）

HJ/T 369 环境保护产品技术要求 水处理用加药装置

XB/T 803-2021 稀土采选冶行业绿色工厂评价导则

XB/T XXX-202X 稀土火法冶炼绿色工厂评价要求

HJ 1125 排污许可证申请与核发技术规范 稀有稀土金属冶炼

国环规环评〔2017〕4号 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》

国家环境保护总局令第28号 《污染源自动监控管理办法》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

稀土冶炼 Rare earth metallurgy

以稀土精矿或含稀土的物料为原料，通过湿法冶炼或火法冶炼工艺生产稀土化合物、稀土金属或稀土合金的过程。

3.2

稀土湿法冶炼 Rare earth hydrometallurgy

以稀土精矿、富集物或含稀土的二次资源为原料，通过分解、浸出、分离提纯、浓缩结晶、沉淀结晶、灼烧等至少一种工序生产稀土化合物的过程。

[XB/T 803-2021,定义3.5，修改]

3.3

稀土火法冶炼 Rare earth pyrometallurgy

以稀土氧化物、氟化物、氯化物、其他稀土化合物或金属为原料，通过电解、还原、蒸馏及精炼等至少一种工序生产稀土金属或稀土合金等产品的过程。

[XB/T XXX-202X，定义3.4，修改]

3.4

稀土二次资源综合利用Comprehensive utilization of rare earth secondary resources

从生产、消费过程中产生的不再具有原使用价值的物料中回收稀土及其他有价元素的生产活动。

3.5

稀土冶炼生产废水 production waste water from rare earth metallurgy

稀土冶炼生产过程中企业各生产单元及辅助设施产生的废水。

3.6

稀土冶炼生产单元the unit of rare earth metallurgy

稀土冶炼生产过程中各一个或几个生产工序。

3.7

末端污水处理站 terminal wastewater treatment station

用于处理稀土冶炼企业最终至废水达标排放的单元。

## 4 污染物与污染负荷

4.1 废水来源与主要污染物

稀土冶炼企业生产废水来源于稀土湿法冶炼过程、稀土火法冶炼过程及其他生产过程。

### 4.1.1 稀土湿法冶炼

目前应用于稀土湿法冶炼工业生产的原料包括混合型稀土精矿、氟碳铈稀土精矿、离子吸附型稀土矿产品（精矿或混合氯化稀土溶液）、独居石精矿、稀土二次资源等。

**（1）混合型稀土精矿**

1）酸法工艺

典型混合型稀土精矿——包头稀土精矿采用酸法分解、浸出后得到硫酸稀土溶液，然后可采用沉淀转型、酸溶后萃取分离或直接萃取分组、分离两种工艺路线，随后经浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-1，生产废水来源与主要污染物见表1。



图4-1 包头混合型稀土精矿酸法冶炼工艺及主要废水

表1 包头混合型稀土精矿酸法冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 酸法分解 | 焙烧尾气喷淋废水 | 焙烧过程产生的尾气喷淋净化产生的废水 | SO42-、F-、SiFx、pH、悬浮物（SS）等 |
| 沉淀转型 | 氨氮废水 | 硫酸稀土溶液碳酸氢铵沉淀转型过程产生的废水 | Ca2+、Mg2+、SO42-、氨氮（NH3-N）等 |
| 含盐废水 | 硫酸稀土溶液碳酸氢镁沉淀转型过程产生的废水 | Ca2+、Mg2+、SO42-等 |
| 萃取分组、分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Cl-、SO42-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、SO42-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢镁或碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 酸溶、灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、SO42-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

2）碱法工艺

混合型稀土精矿采用碱法分解、酸溶后获得的混合氯化稀土溶液，经萃取分离、浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-2，生产废水来源与主要污染物见表2。



图4-2 包头混合型稀土精矿碱法冶炼工艺及主要废水

表2 包头混合型稀土精矿碱法冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 碱法分解 | 酸洗废水 | 盐酸洗钙产生的废水 | Ca2+、Mg2+、Cl-、F-、PO43-、pH、钍、铀等 |
| 碱转废水 | 碱转产生的废水及洗涤废水 | Na+、F-、Cl-、PO43-、pH、钍、铀、悬浮物（SS）等 |
| 萃取分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Cl-、SO42-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、SO42-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢镁或碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 酸溶、灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、SO42-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

**（2）氟碳铈稀土精矿**

氟碳铈稀土精矿普遍采用氧化焙烧-盐酸溶解，酸溶渣碱转后再次盐酸优溶，获得的混合氯化稀土溶液经萃取分离、浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-3，生产废水来源与主要污染物见表3。



图4-3 氟碳铈稀土精矿冶炼工艺及主要废水

表3 氟碳铈稀土精矿冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 焙烧分解 | 焙烧过程尾气喷淋废水 | 焙烧尾气通过碱喷淋净化产生的废水 | F-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 酸溶渣碱转废水 | 酸溶渣碱转过程中产生的含氟废水 | Na+、F-、Cl-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 萃取分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | F-、Cl-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、F-、Cl-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土碳酸氢镁或碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 酸溶、灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

**（3）离子吸附型稀土矿产品**

离子吸附型稀土矿产品包括精矿或混合氯化稀土溶液，精矿可采用酸溶分解得到混合氯化稀土溶液，经萃取分离、浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-4，生产废水来源与主要污染物见表4。



图4-4 离子吸附型稀土矿产品冶炼工艺及主要废水

表4 离子吸附型稀土矿产品冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 酸溶除杂 | 喷淋废水 | 酸溶废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 萃取分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Cl-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土碳酸氢镁或碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

**（4）独居石精矿**

独居石精矿主要采用碱法分解、酸溶获得混合氯化稀土溶液，经萃取分离、浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-5，生产废水来源与主要污染物见表5。



图4-5 独居精矿石矿冶炼工艺及主要废水

表5 独居石精矿冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 碱法分解 | 碱转废水 | 碱转产生的废水及洗涤废水 | Na+、PO43-、pH、钍、铀、悬浮物（SS）等 |
| 萃取分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Cl-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、钍、铀、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土溶液碳酸氢镁或碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 酸溶、灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

**（5）稀土二次资源**

稀土二次资源采用焙烧、酸溶或碱分解等分解方法得到混合氯化稀土溶液，经萃取分离、浓缩结晶或沉淀结晶、灼烧等工序生产稀土化合物，具体流程见图4-6，生产废水来源与主要污染物见表6。



图4-6 稀土二次资源综合利用冶炼工艺及主要废水

表6 稀土二次资源综合利用工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 分解  （焙烧、酸溶或碱分解） | 尾气喷淋废水 | 焙烧尾气喷淋净化产生的废水 | F-、Cl-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |
| 萃取分离 | 氨氮废水 | 氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Cl-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 含盐废水 | 非氨皂化稀土萃取分离过程产生的废水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、pH、锌、镉、铅、砷、铬、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 浓缩结晶 | 浓缩废水 | 氯化稀土/硝酸稀土溶液浓缩结晶获得氯化稀土/硝酸稀土结晶体过程产生的废水 | Cl-、pH、悬浮物（SS）、总磷、总氮等 |
| 沉淀结晶 | 氨氮废水 | 氯化稀土碳酸氢铵沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、氨氮（NH3-N）、化学需氧量（COD）等 |
| 含盐废水 | 氯化稀土碳酸氢镁、碳酸钠等沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Na+或Mg2+、Cl-、化学需氧量（COD）等 |
| 草酸沉淀废水 | 氯化稀土溶液草酸沉淀稀土产生的废水及洗涤废水 | Cl-、C2O42-、pH、化学需氧量（COD）等 |
| 其他 | 灼烧、配酸、萃取等过程废气喷淋废水 | 各类废气喷淋净化产生的废水 | Cl-、pH、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |

\*主要为钕铁硼废料，电解渣、废旧荧光粉等稀土二次资源参考稀土矿酸法、碱法等冶炼分离工艺处理。

### 4.1.2 稀土火法冶炼

稀土火法冶炼工艺经电解、还原、蒸馏及精炼等至少一种工序生产稀土金属或稀土合金等产品，具体流程见图4-7，生产废水来源与主要污染物见表7。



图4-7 稀土金属及合金冶炼工艺及主要废水

表7 稀土金属及合金冶炼工艺生产废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 氟化 | 尾气喷淋废水 | 尾气通过碱喷淋净化产生的废水 | F-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 电解 | 废气喷淋废水 | 废气通过碱喷淋净化产生的废水 | F-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 还原 | 废气喷淋废水 | 废气通过碱喷淋净化产生的废水 | F-、pH、悬浮物（SS）等 |
| 循环冷却 | 含盐废水 | 循环冷却过程产生的含盐废水 | Ca2+、Mg2+等 |

### 4.1.3 其他

表8 稀土冶炼企业内其他废水种类、来源与主要污染物

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产单元 | 废水种类 | 来源 | 主要污染物 |
| 纯水制备 | 含盐废水 | 纯水制备车间 | Ca2+、Mg2+等 |
| 实验室 | 实验室废水 | 检测、分析、试验产生的废水。 | Na+、Ca2+、Mg2+、F-、Cl-、SO42-、pH、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、化学需氧量（COD）、总磷等 |
| 锅炉 | 锅炉废气处理废水 | 废气净化产生的废水 | SO42-、pH、悬浮物（SS）、总氮等 |
| 含盐废水 | 锅炉软化水 | Ca2+、Mg2+等 |
| 循环冷却 | 含盐废水 | 循环冷却过程产生的含盐废水 | Ca2+、Mg2+等 |
| 厂区冲洗 | 厂区冲洗水 | 厂区内地面清洗水和清净下水 | Na+、Ca2+、Mg2+、Cl-、SO42-、氨氮（NH3-N）、锌、镉、铅、砷、铬、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、总磷等 |
| 雨水收集 | 初期雨水 | 厂区内 | 悬浮物（SS） |

4.2 废水水量与污染负荷

4.2.1 稀土冶炼生产工序废水产生量应按下列方法确定：

a) 新建稀土冶炼企业应按各生产工序的水量水质平衡计算，并通过类比验证确定。

b) 现有及改、扩建稀土冶炼企业应按各生产工序给排水系统中设置的计量仪表实测数据确定， 计量仪表应满足GB 24789的要求。

4.2.2 稀土冶炼企业末端污水处理站进水水量应按各排水管排水量除重复用水量后的水量之和计算。

4.2.3 稀土冶炼生产工序的污染负荷可按相应生产单元的废水排放量及污染物浓度进行估算，综合废水的污染负荷可根据现场连续取样测定或根据排水系统的水量水质进行估算。

## 5 总体要求

5.1 稀土冶炼企业应选用国家鼓励的低污染、低排放、低能耗、经济高效的清洁生产技术和工艺，推广使用行业清洁生产技术推行方案等国家政策中的技术。

5.2 稀土采选企业应用新工艺和生产新产品前，应提前设计生产废水处理与回用工艺。

5.3 稀土冶炼企业应遵循一水多用和综合利用的原则，加强各类生产废水的处理和回用，生产废水尽可能在生产单元内部进行循环利用，或在各单元之间进行循环再利用，减少进入末端污水处理站的废水量。

5.4 稀土冶炼企业生产废水处理设施应考虑充分的富余量。废水管线和处理设施应设置防渗，防止有害污染物进入地下水，生产区、污水治理区应与生活用水区分离。

5.5 稀土冶炼企业废水处理及回用技术应按清洁生产的原则，通过分类收集、分质处理、梯级回用，实行全过程控制，并在生产工序用水源头采用减少或消除污染物进入水中的技术；进行废水处理及回用时，避免产生二次污染问题。

5.6 稀土冶炼企业生产废水处理及回用技术应根据生产工艺污染物产生情况，选择高效合理、安全可靠的处理工艺。稀土冶炼企业生产废水末端处理工艺优先选择成熟、可靠工艺，根据回用水质要求进行合理处理设计，稀土冶炼企业生产废水回用率应达到稀土冶炼行业清洁生产评价指标体系中工业用水重复利用率III级以上基准值，即稀土湿法冶炼工业用水重复利用率≥50%，稀土火法冶炼工业用水重复利用率≥70%。

5.7 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程应按照HJ 1125的要求设置相关检测设施并进行监测，以保证废水处理系统安全可靠，连续稳定运行，并达到回用水质要求。末端处理后最终废水排放应符合GB 26451中水污染物排放浓度限值和单位产品基准排水量要求，及稀土冶炼行业清洁生产评价指标体系中单位产品盐产生量III级以上基准值的要求。

5.8 稀土冶炼企业生产废水可委托有资质的第三方处理，并签订规范文件，共同承担环保责任；第三方应按照本文件5.9条款进行末端处理，并提供详尽工艺说明书、环保监测证明等。

## 6 工艺技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 废水处理工艺流程应选择成熟先进、运行稳定、经济合理的技术路线，以尽量实现回收利用。

6.1.2 稀土冶炼企业生产各工序产生的废水应遵循一水多用和综合利用的原则，形成完整的节水型废水处理及回用的大循环系统。

6.1.3 废水处理工艺的设计应考虑任一构筑物或设备因检修、清洗等停运时仍能保证产出满足生产需求的合格水质及水量的要求或排放要求。

6.1.4 废水处理工艺的选择宜从技术指标、环境指标、资源指标及经济指标多方面综合评价，评价程序应符合GB/T 32327的要求。技术指标包括从技术先进性、技术成熟程度、技术稳定性、操作安全性及实施难易程度等；环境指标包括废水减排量、污泥产生量、特征污染物消减量等；资源指标包括废水回用率等；经济指标包括工程建设投资、操作运行费用、资源回收效益、投资回收期等。

6.2 废水收集设施

6.2.1 重视全厂用水管理，分别设计雨污分流系统、清污分流系统，并加强各类废水的处理与回用，根据用水水质要求实现废水的循环利用，尽量减少排水。

6.2.2 各生产单元外排废水应通过厂区排水系统收集后输送至末端污染水处理站处理。

6.2.3 企业应设立事故废水池、车间废水收集池及初期雨水收集池。

6.3 各生产单元废水治理与回用

6.3.1 尾气/废气喷淋废水

（1）含氟废水

对于焙烧尾气喷淋产生的含氟废水、稀土金属及合金冶炼氟化尾气和电解废气喷淋产生的含氟废水等，宜采用图6-1、图6-2工艺流程进行处理。



图6-1含氟酸性废水综合回收处理回用工艺流程图



图6-2 含氟废水中和处理回用工艺流程图

（2）其他喷淋废水

酸溶、灼烧、配酸、锅炉等过程产生废气的喷淋废水宜直接返回或经中和、过滤、蒸发等处理后返回生产用水单元使用。

萃取过程废气碱喷淋废水含有机相和盐，宜并入萃取分离废水处理。

6.3.2碱法分解废水

包头混合型稀土精矿和独居石矿碱法分解过程产生的碱转废水分为碱转母液和碱转洗涤废水。碱转母液宜采用图6-3工艺流程进行处理，其中包头混合型稀土精矿碱转母液需要考虑氟回收处置；酸洗废水、碱转洗涤废水宜采用图6-4工艺流程进行处理。



图6-3 碱转母液处理回用工艺流程图



图6-4 碱转洗涤废水处理回用工艺流程图

氟碳铈精矿酸溶渣碱转过程产生的碱性含氟废水宜采用图6-5工艺流程进行处理。



图6-5 氟碳铈稀土精矿碱转废水处理回用工艺流程图

6.3.3 氨氮废水

稀土萃取分离及沉淀结晶产生的氨氮废水宜采用图6-6工艺流程进行处理。主要的氨氮末端治理技术简介见表A.1。其中沉淀结晶产生的氨氮废水无需除油工序。



图6-6 氨氮废水处理回用工艺流程图

6.3.4 含盐废水

含盐废水，宜采用图6-7工艺流程进行处理。其中沉淀结晶产生的含盐废水无需除油工序处理；沉淀洗涤产生的含盐废水经预处理（中和除杂、过滤）后进入末端污水处理站或生产用水单元回用。



图6-7 含盐废水处理回用工艺流程图

含镁盐废水循环利用方法宜采用图6-8工艺流程进行处理。



图6-8 含镁盐废水处理回用工艺流程图

纯水制备系统（反渗透）和循环冷却系统会产生一定量的含盐废水，进入末端污水处理站处理。

6.3.5 草酸沉淀废水

草酸沉淀废水，宜采用图6-9工艺流程进行处理。草酸沉淀洗涤废水经预处理（中和、过滤）后进入末端污水处理站或生产用水单元回用。



图6-9 草酸沉淀废水处理回用工艺流程图

6.3.6 浓缩结晶废水

浓缩结晶废水宜采用图6-10工艺流程进行处理。



图6-10 浓缩结晶废水处理回用工艺流程图

6.3.7 其他废水

实验室废水、厂区冲洗水不宜直接回用，宜送到末端污水处理站处理。

厂区内收集的初期雨水，经简单处理后可回用到生产用水单元或达标排放，如不达标则送到末端污水处理站处理。

6.4 末端污水处理站工艺

6.4.1 稀土冶炼企业设置末端污水处理站，宜采用图6-11工艺流程进行处理。



图6-11 末端污水处理站处理工艺流程图

6.4.2 根据各生产单元对回用水质的不同要求，末端污水处理后主要有以下两种回用方式：

a）直接回用；

b）经过软化水或除盐水后回用。

6.4.3 水质指标

a）废水经处理后产出的回用水用作不同类别的工业用水水源时，应满足所回用工序的水质要求。

b）末端处理后最终废水排放应符合GB 26451中水污染物排放浓度限值和稀土冶炼行业清洁生产评价指标体系中单位产品盐产生量III级以上基准值的要求。

表9 单位产品盐产生量III级基准值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工艺 | 单位 | Ⅲ级基准值 |
| 包头混合型稀土精矿酸法冶炼工艺 | t/t REO | ≤3.47 |
| 包头混合型稀土精矿碱法冶炼工艺 | t/t REO | ≤3.52 |
| 氟碳铈稀土精矿冶炼工艺 | t/t REO | ≤1.2 |
| 离子吸附型稀土矿产品冶炼工艺 | t/t REO | ≤4.8 |
| 独居石精矿冶炼工艺 | t/t REO | ≤3.52 |

\*钕铁硼废料、废旧荧光粉等稀土二次资源冶炼分离单位产品盐产生量限值参考其对应的稀土矿酸法、碱法等冶炼分离工艺的单位产品盐产生量III级基准值。

c）当回用水用作设备冷却时，水质检测和循环冷却水系统监测管理宜按照GB/T 50050的规定执行。

## 7 主要工艺设备和材料

7.1 设备选择

7.1.1 主要设备选型应满足污水处理工艺的要求。

7.1.2 应采用质量可靠、运行稳定、高效节能、自动化程度高、劳动强度低、便于运行维护及管理的设备，并符合国家现行的产品标准。

7.1.3 废水处理工作场地和水泥储水池需有防渗漏措施，防渗漏系数应按照环境影响评价报告中提出的要求进行设计。

7.1.4 应采用除渣效果好、结构简单的回转式格栅设备。格栅的选型应符合HJ/T 262的规定。

7.1.5 污水泵、污泥泵应采用节能型产品，泵效率应大于80%，污水泵应根据工艺要求采用潜水泵或干式泵。

7.1.6 污泥脱水宜采用厢式压滤机进行脱水，厢式压滤机的选用应符合HJ/T 283的规定。

7.1.7 加药装置的选用应符合HJ/T 369的规定。

7.2 材料选择

7.2.1 工艺过程宜采用可回收、可循环利用、无毒无害的材料，应尽可能减少材料的使用。

7.2.2 稀土冶炼企业生产废水处理及配套设备采用防腐材料和高强度工程塑料等防渗漏材料。

7.2.3 稀土冶炼企业生产废水处理设施的管线应采用防爆、防渗漏材料。

## 8 检测与过程控制

8.1 一般规定

稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程应根据工程规模、处理工艺、运行管理要求等设置检测与控制项目。

8.2 检测

8.2.1 废水处理单元应根据工艺需要，检测流量、温度、浊度、pH值、电导率、压力、化学成分、氨氮（NH3-N）、悬浮物（SS）及其他相关的水质参数。

8.2.2 监测技术手段、采样和测定方法应按HJ 1125规定执行。对于监测频次高、自动监测技术成熟的监测因子，鼓励优先选用自动监测技术。

8.2.3 取水、输水过程应检测压力、流量，必要时可增加温度检测。

8.2.4 药剂投加系统应根据投加和控制方式确定检测项目。

8.2.5 重要的机电设备应设置电流、电压、功率、温度等工作状态检测项目。

8.3 控制

8.3.1 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程的控制模式与通讯协议应与企业内已有或规划的相协调。

8.3.2 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程的控制过程宜使用自动化、智能化的设备、仪表等代替人工操作，提高稀土冶炼自动化、智能化程度。

## 9 施工与验收

9.1 工程施工

9.1.1 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程的施工应符合现行有关工程施工程序及管理文件的要求，符合GB16297、GB50040、GB50236等国家相关强制性标准和技术规范。

9.1.2 工程施工中所使用的设备、材料、器件等应符合强制性标准的要求，没有强制标准的应取得供应商的产品合格证。

9.1.3 建设过程中产生的废渣、废水、噪声及其他污染物排放应严格执行国家环境保护法规和标准的有关规定。

9.2 工程验收

9.2.1 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程验收应按环境影响评价报告书要求及相应专业验收规范和相关要求进行组织、评定。

9.2.2 工程进行验收应具备的条件：

a) 废水处理主体工程和辅助公用设施按施工合同和设计要求建设，且满足生产要求。

b) 主要工艺设备安装配套，经负荷联动试车合格，形成生产能力。

c) 施工单位已按有关规定编制完成竣工文件。

9.3 环境保护验收

9.3.1 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程环境保护验收的组织、执行及评定应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的要求执行。

9.3.2 环境保护验收前，应结合试运行进行环境保护设施的性能试验和验收监测。试验数据和验收监测报告应作为环境保护验收的重要内容。

9.3.3 配套建设的连续监测及数据传输系统应符合《污染源自动监控管理办法》及HJ/T 353、HJ/T 354、HJ/T 355规定。

## 10 运行与维护

10.1 一般规定

10.1.1 稀土冶炼企业生产废水处理及回用工程应建立健全规章制度、岗位操作规程和质量管理等文件。

10.1.2 按要求设置污染源标志，重视污染物检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡检测和评估。

10.2 运行管理

10.2.1 运行管理应严格遵守制定的操作规程和质量管理流程文件。

10.2.2 运行人员上岗前应接受相关法律法规、工艺流程、专业技术、安全防护、紧急处理等方面的培训，培训合格后方可上岗，定期对岗位人员进行培训、演练和考核。

10.2.3 各岗位人员应严格按照操作规程作业，如实填写运行记录，并妥善保存。

10.3 维护

10.3.1 设备的日常维护、保养应以规章制度明确，定期对各处理构筑物中的设备、仪表进行校准和维修保养。

10.3.2 加强废水处理设施维护和维修，对于连续运转的设备，应每季度进行停机检查维护；对于间断运行的设备，应每年进行停机检查维护；各处理单元应每年进行放空检查，确保废水处理设施的正常运行。

10.4 应急措施

10.4.1稀土冶炼生产废水处理与回用设计与施工时应首先保证人员的安全，提前规划工作人员的疏散通道及安全滞留地点；应避免灾害的发生或危险品的遗撒。

10.4.2 末端污水处理设施发生事故时，应通过企业应急处理中心，切断有关生产单元的污染源。

10.4.3 末端污水处理设施出水水质超标时或未能达到回用水质要求，应将出水返回至调节池或事故应急池，并根据实际情况及时调整工艺运行参数。

## 附录A （资料性附录）

### 1 水的重复利用率

水的重复利用率，按式（1）计算：

 （式1）

式中：

R——水的重复利用率，%；

Vr——在一定计量时间内（不少于1个月）重复利用水量（包括循环用水量和串联使用水量），m3；

Vi——在一定计量时间内（不少于1个月）产品生产取水量，m3。

### 2 主要氨氮末端治理技术

表A.1 主要氨氮末端治理技术

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 技术名称 | 技术要点 | 工艺特点 |
| 蒸发结晶法 | 含铵盐的废水经蒸发浓缩，达到过饱和状态，使铵盐在废水中形成晶核，继而逐步生成晶状固体的过程 | 该技术较为成熟，适用于高浓度氨氮废水处理。能源消耗高，含钙的硫酸铵体系易结垢，整体运行成本高。  硫酸铵体系如不除钙，蒸发过程易结垢，影响运行；整体运行成本高。 |
| 折点氯化法 | 将一定量的氯气或次氯酸钠加入到废水中使氨氮被氧化为氮气而达到去除氨氮的目的 | 该技术较为成熟，主要适用于低浓度氨氮废水处理。但是运行成本偏高，且存在氯气外逸的风险。 |
| 膜分离法 | 利用特定膜的透过性对溶液中的某种成分进行选择性分离，可在室温、无相变条件下进行，主要包括电渗析、反渗透、纳滤等工艺。 | 该技术较为成熟，适用于不同浓度范围的氨氮废水，尤其在低浓度氨氮处理工艺中被广泛选用。处理过程中膜易被污染，需做好除油，常与蒸发结晶工艺配合使用，以降低蒸发成本。  缺点，除油流程增加处理成本。不适合含二氧化碳或者强氧化剂的氨氮废水。 |
| 汽提法 | 用蒸汽等热源直接或间接与废水接触，使废水温度提升至沸点，利用蒸馏作用使废水中的游离氨挥发并回收的一种处理方法。 | 该技术较为成熟，运行稳定性高，操作简单，适用于中高浓度氨氮废水处理获得高浓度氨水。  但能源消耗高，废水氨氮含量高则整体运行经济性好；废水氨氮含量低，则经济性差。如氨氮含量高，可考虑加钙调节PH，以降低其运行经济型，需要同时考虑氯化钙溶液的浓缩回收。 |
| 混凝沉淀法 | 加入化学药剂使氨氮转化为沉淀。 | 在去除水中氨氮污染的同时，所得沉淀可用作复合肥料，实现废物利用，在不同浓度氨氮废水处理中有应用，在高浓度氨氮废水处理中更有优势。 |

## 参考文献

1. 工信部公告2016年第31号 稀土行业规范条件（2016年本）。
2. 中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号 产业结构调整指导目录（2019年本）。
3. 国家发改委、环保部、工信部2015年第9号公告 稀土冶炼行业清洁生产评价指标体系。
4. 发改环资2019年第293号 绿色产业指导目录（2019版）。
5. 国家发展改革委、科技部办公厅、工业和信息化部和自然资源部发布 绿色技术推广目录。
6. 科技部公告2016年第2号 节能减排与低碳技术成果转化推广清单（第二批）。
7. 工信部联节〔2016〕275号 水污染防治重点行业清洁生产技术推行方案。
8. 计建设[1990]1215号 建设项目（工程）验收办法。