**铜冶炼废水循环利用技术规范**

**（送审稿）**

**编制说明**

**《铜冶炼废水循环利用技术规范》编制组**

**主编单位：矿冶科技集团有限公司**

2024年3月

目录

[1、任务来源 3](#_Toc130976086)

[2、编制意义 3](#_Toc130976087)

[4、编制过程 4](#_Toc130976088)

[5、国内外相关标准研究 5](#_Toc130976089)

[6、铜冶炼行业概况 6](#_Toc130976090)

[7、主要技术内容及说明 11](#_Toc130976091)

[7.1规范的适用范围 11](#_Toc130976092)

[7.2 术语与定义 11](#_Toc130976093)

[7.3 总体要求 11](#_Toc130976094)

[7.4废水来源及处理回用工艺 12](#_Toc130976095)

[7.5废水循环利用水质控制及技术要求 22](#_Toc130976096)

[7.6废水循环利用管理 23](#_Toc130976097)

[8、标准中涉及专利的情况 23](#_Toc130976098)

[9、重大分歧意见的处理经过和依据 23](#_Toc130976099)

[10、作为强制性或推荐性国家标准的建议 23](#_Toc130976100)

[11、贯彻标准的要求和措施建议 24](#_Toc130976101)

[12、废止现行有关标准的建议 24](#_Toc130976102)

# 一、工作简况

## 1.1任务来源

根据工业和信息化部《2022年第一批行业标准制修订和外文版项目计划》（工信厅科函〔2022〕94号）的文件要求，行业标准《铜冶炼废水循环利用技术规范》由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号：2019-1564T-YS，项目研究周期24个月，标准完成期限为2024年4月。由矿冶科技集团有限公司负责起草本标准，山东中金岭南铜业有限责任公司、昆明理工大学、铜陵有色金属集团控股有限公司等共同组成《铜冶炼废水循环利用技术规范》编制组，进行标准编制工作。

## 1.2立项目的和意义

随着全球水资源短缺问题凸现，节约用水越来越受到各国政府的重视。我国是水资源短缺的国家之一，节水目标是我国国民经济与社会发展的重要目标之一。根据《国务院关于印发<中国制造2025>的通知》（国发〔2015〕28号）以及《绿色制造标准体系建设指南》（工信部联节〔2016〕304号），到2020年和2025年，我国制造业主要指标中单位工业增加值用水量与2015年相比，分别下降23%与41%，全面推进钢铁、有色、化工等传统制造业绿色改造，大力研发推广水循环利用、重金属污染减量化等绿色工艺技术装备，构建绿色制造标准体系，实现绿色生产。而要实现这一长远的节水目标，规范重点行业的节水行为，制定相应的节水与回用利用标准规范是极为重要政策保障措施之一。

我国是铜冶炼加工和消费的大国，20世纪90年代以来，我国有色金属工业进入了一个高速发展阶段，2002年已跃居世界第一有色金属生产国，并已经连续多年位列世界第一大铜生产国。根据《铜冶炼行业规范条件》要求，利用铜精矿的铜冶炼企业的水循环利用率应达到98%以上，吨铜新水消耗应在 16 吨以下。国内较大的铜冶炼企业在工业废水治理方面，均能遵循清洁生产原理，从废水产生源头削减工业废水，尽量做到清污分流，采用硫化法、石灰铁盐法、膜法和吸附法等处理工艺，提高工业用水循环率，减少废水的产生。目前国家对污染物的排放实施排污许可制，目前已出台了《排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-铜冶炼》，该规范中明确提出了铜冶炼企业车间排放口和污水总排口各项污染物的排放要求，对于废水回用水质指标要求的标准规范目前还是空白。铜冶炼行业现行的《铜冶炼废水治理工程技术规范》（HJ2059-2018）、《铜冶炼污染防治可行技术指南》（试行）（环境保护部公告2015年第24号）等标准和规范也只针对废水中污染物的末端治理和达标排放提出了治理措施，并无循环利用相关要求。根据项目组前期调研，目前国内绝大多数铜冶炼企业在废水回用时，由于无标准规范参考和对标准理解的差异性，企业需将废水中污染物处理至满足达标排放甚至特别排放标准限值后才回用于生产。若根据废水回用用途来进行分质处理和梯级回用，将大大降低废水处理过程的资源和能源消耗，有助于进一步提高铜冶炼过程废水的循环利用率。但目前铜冶炼企业普遍存在着回用水节点的水质要求不清，处理方法不合理等问题，造成无法达到零排放要求或者处理成本过高，上述问题已成为铜冶炼行业发展的一个瓶颈，严重制约了企业的可持续发展。

本标准将针对铜冶炼的各主要生产工艺：闪速熔炼、熔池吹炼和湿法炼铜等生产工艺，通过完成“废水来源与处理工艺、废水循环利用水质控制与技术要求、废水循环利用管理以及取样与监测”等工作内容，从工艺全过程解析废水的产生来源，识别水回用节点，确定不同回用场合的水质要求，阐明各回用处理技术及工艺参数，对铜冶炼工艺中的水循环进行全覆盖，给铜冶炼生产水的循环利用进行全过程指导，为工程设计、环境管理提供充足的技术支撑。填补国内和国际上铜冶炼行业在水循环利用规范上的空白。

因此，本标准的制定实施能够有效规范铜冶炼企业的节水技术与管理行为，调配企业生产用水，比如将原来排放的部分轻污染的废水调配作为其他工艺用水，促进企业节水效率的提高，具有显著的社会与经济效益，对于实现国家工业节水目标，促进我国制造业绿色转型升级具有重要意义。

## 1.3主要参加单位和工作成员所做的工作

本标准由矿冶科技集团有限公司牵头，山东中金岭南铜业有限责任公司、昆明理工大学、铜陵有色金属集团控股有限公司、云南铜业股份有限公司、北方铜业股份有限公司、湖南有色产业投资集团有限责任公司、中金嵩县嵩原黄金冶炼有限责任公司共同编制。

标准主要编制人员及工作职责见下表：

**表1 标准主要编制人员及工作职责**

|  |  |
| --- | --- |
| **起草人** | **工作职责** |
| 陈国强 | 负责标准整体结构、各章节内容的确定和组织协调。 |
| 王天宁、田森林 | 负责废水来源部分资料的调研、收集统计和内容编制 |
| 廖云军、陈发上、刘东根 | 负责废水回用部分资料的调研、收集统计和内容编制。 |
| 宁平、欧阳坤、朱灿 | 负责废水循环利用水质控制及技术要求章节内容编制 |
| 李超、牛天荣、杨晓松、肖凯 | 负责废水循环利用管理章节内容编制 |
| 邵立南、胡学伟、浣永刚、赵群 | 负责规范性引用文件、术语和定义章节编制 |
| 黄建洪、陈玉芳、宋浩然、张吉明、杨得臣 | 参与废水来源部分资料的调研、收集统计和内容编制 |
| 汪卫东、李杰、孙健康、李晨、李艳燕、崔祥芬 | 参与废水回用部分资料的调研、收集统计和内容编制 |

## 1.4 主要工作过程

1.4.1预研阶段

2024年4～12月，编制组开展了铜冶炼行业生产及废水循环利用的相关法律、法规、标准及现行技术的文献调研和国内铜冶炼企业进行现场考察与资料调研，主要方式为：收集企业资料、现场踏勘、与企业管理人员及技术人员进行交流并征求其意见等。根据调查数据统计，结合相关文献数据及整理调研材料，编制组完成了《铜冶炼废水循环利用技术规范》（草案）及编制说明。

1.4.2标准立项

2022年4月，工业和信息化部发布了《2022年第一批行业标准制修订和外文版项目计划》（工信厅科函〔2022〕94号），确定了行业标准《铜冶炼废水循环利用技术规范》制定计划编号：2019-1564T-YS，项目研究周期24个月，标准完成期限为2024年4月，项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，

1.4.3起草阶段

2022年7月，编制组完成了《铜冶炼废水循环利用技术规范》标准制(修)订项目落实任务书，细化了工作方案，确定了工作重点，对下一步对标准编制的工作进度、任务分工、调研计划等进行了安排。

2022年7-2023年3月，标准编制组成员对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、易门铜业有限公司、山东中金岭南铜业有限责任公司、云南铜业股份有限公司西南铜业分公司、河南中原黄金冶炼厂有限责任公司、紫金山金铜矿铜矿湿法厂、中金嵩县嵩原黄金冶炼有限责任公司等铜冶炼企业进行资料收集调研，形成《铜冶炼废水循环利用技术规范》（讨论稿）。

2022年3月，由全国有色金属标准化技术委员会组织在衡阳市召开了本标准的讨论会，会上对标准的内容进行了讨论，形成了修改意见。

2022年4月-11月，编制组根据讨论会修改意见，进一步开展了资料收集和调研，修改形成了形成《铜冶炼废水循环利用技术规范》（预审稿）。

1.4.4征求意见阶段

2023年11月，由全国有色金属标准化技术委员会组织在衡阳市召开了本标准的预审会，会上对《铜冶炼废水循环利用技术规范》（预审稿）进行了审议，与会专家提出了水质控制指标数据方面的问题并给出了较好的合理化建议。

2023年11月~2024年3月，编制组制定了《铜冶炼废水循环利用技术规范标准征求意见表》，针对标准内容对国内铜冶炼企业进行意见征求，共发出征求意见表9份，返回8份，经标准编制组讨论，均对回馈的意见分别予以处置，其中7份采纳，1份不采纳。

根据标准预审会会议精神、各专家提出的修改意见和征求意见情况，编制组对《预审稿》及《编制说明》进行了修改和完善，于2024年3月份，形成《送审稿》及《编制说明》。

1.4.5审查阶段

1.4.6报批阶段

## 编制原则

标准编制过程遵循以下原则：

（1）一致性原则

标准尽可能与现有相关法律、法规、政策、标准、管理办法等内容协调一致。

（2）全面系统

标准的制定涵盖了铜冶炼生产的全过程。

（3）突出行业特点

重点考虑铜冶炼废水中的特征污染物，提出循环利用技术建议。

（4）适用可操作

对铜冶炼废水和用水点进行了分析，根据用水要求细化回水建议，实用性和可操作性强。

## 三、标准主要技术内容的确定依据

## 3.1国内外相关标准研究

我国对铜冶炼污染治理一贯非常重视，环保要求逐步严格。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国清洁生产促进法》等有关法律法规，所有新、改、扩建项目必须严格执行环境影响评价制度，持证排污、达标排放。

《铜冶炼行业规范条件》规定：利用铜精矿的铜冶炼企业，应采用生产效率高、工艺先进、能耗低、环保达标、资源综合利用效果好、安全可靠的闪速熔炼和富氧强化熔池熔炼等先进工艺（如旋浮铜熔炼、合成炉熔炼、富氧底吹、富氧侧吹、富氧顶吹、白银炉熔炼等工艺），不得采用国家明令禁止或淘汰的设备、工艺。鼓励有条件的企业对现有传统转炉吹炼工艺进行升级改造，提升无组织烟气排放管控水平。须配置烟气制酸、资源综合利用、节能等设施。烟气制酸须采用稀酸洗涤净化、双转双吸等先进工艺，烟气净化严禁采用水洗或热浓酸洗涤工艺，硫酸尾气需设治理设施。

铜冶炼企业应具备生产废水回用系统，含重金属废水及其他外排废水须达标排放，排水量须达到国家相关标准的单位产品基准排水量等要求。

美国是世界上最早采用污水再生利用的国家之一。早在1950年，美国污水研究者俱乐部就利用模型进行了污水深度处理试验研究。截至2012年，美国已有25个州通过了再生水回用有关规章制度，其中16个州推出了具体的指导方针。而且，早在1992年美国环保局就会同有关方面推出了再生水回用建议指导书，包括再生水回用指南、处理工艺以及水质要求等，为那些尚无法则可遵循的地区提供了重要的指导信息。相对国外发达国家，我国的节水规范制定则处于相对滞后的状态。目前，我国在工业节水与回用领域，已经颁布有《钢铁工业废水治理及回用工程技术规范（HJ2019-2012）》、《铜选矿厂废水回收利用规范》（GB/T 29773-2013）、《湿法炼锌企业废水循环利用技术规范》（GB/T 27678-2011），规定了钢铁、铜选矿和湿法炼锌等行业的废水治理及回用技术规范。而有色金属行业作为具有较大节水潜力的重点行业却缺乏相关的标准来指导企业的废水循环利用行为。因此，选取有代表性的有色金属行业制定废水循环利用技术规范，对于追赶国际先进节水管理经验与制度水平也具有重要意义。

## 3.2铜冶炼行业概况

有色金属工业是一个以开发利用矿产资源为主的传统产业，铜冶炼是有色金属冶炼中的一个重要分支，是重要的基础原材料产业。我国是铜冶炼加工和消费的大国，20世纪90年代以来，我国有色金属工业进入了一个高速发展阶段，2002年已跃居世界第一有色金属生产国，并已经连续多年位列世界第一大铜生产国。

据国家统计局数据，2022年有色金属行业工业增加值同比增长5.2%，较工业平均水平高1.6个百分点。十种有色金属产量6774万吨，同比增长4.3%。其中，精炼铜产量1106万吨，同比增长4.5%；铜精矿进口数量同比分别增长8%。

铜的冶炼工艺有火法冶炼和湿法冶炼两种方法。

火法冶炼是生产铜的主要方法，目前世界上80%的铜是用火法冶炼生产的。特别是硫化铜矿，基本上全是用火法处理。火法处理硫化铜矿的主要优点是适应性强，冶炼速度快，能充分利用硫化矿中的硫，能耗低，特别适于处理硫化铜矿和富氧化矿。

火法炼铜的原则流程如下，流程图见图3。

铜精矿(15～30%Cu)——造锍熔炼——冰 铜（铜锍25～70%Cu）——吹炼——粗铜（98～99%Cu）——火法精炼——阳极铜（99%Cu）——电解精炼——电铜(99.95-99.98%Cu)。

火法炼铜生产过程一般由以下几个工序组成：备料、熔炼、吹炼、火法精炼、电解精炼，最终产品为电解铜。配套工序：阳极泥处理、余热回收、余热发电、烟气收尘、烟气制酸、制氧、循环水系统等。

我国铜冶炼主要以火法冶炼为主，总产量占全部铜产量约96%，我国也是采用铜冶炼工艺种类最多的国家，闪速炼铜、奥斯麦特/艾萨顶吹炼铜、白银侧吹/瓦纽科夫侧吹炼铜、自热炉顶吹炼铜、氧气底吹炼铜等国际上先进的铜冶炼技术在我国大多已采用，且生产规模远大于其他国家，江西铜业、安徽铜陵、甘肃金川等大型企业采用闪速炼铜单系列产铜20～40万t/a，闪速炼铜以强化熔炼为特征，占我国铜冶炼产能40%左右；云南铜业、大冶有色、云南锡业等公司采用奥斯麦特/艾萨顶吹炼铜单系列产铜10～30万t/a；东营方圆、山西垣曲、河南豫光、包头华鼎铜业采用氧气底吹炼铜工艺单系列产铜10～20万t/a；赤峰云铜、浙江和鼎铜业、赤峰富邦铜业等采用侧吹炼铜单系列产铜10～15万t/a。奥斯麦特/艾萨顶吹炼铜、侧吹炼铜、氧气底吹炼铜属熔池熔炼炼铜工艺，闪速炼铜属空间高温熔炼炼铜工艺，都属于现代强化铜冶炼工艺，但同时我国仍存在少量采用落后生产工艺、污染严重的中小型铜冶炼企业。根据《有色金属产业调整和振兴规划》的要求，铜冶炼行业规划目标是：按期淘汰落后产能，节能减排取得积极成效，企业重组取得进展，创新能力明显增强，资源保障能力进一步提高。

除火法工艺外，近20年来湿法炼铜工艺也取得了长足的进步，湿法工艺不仅可以处理一些难选的氧化矿和表外矿、铜矿废石等。湿法炼铜主要归纳为三个工艺流程：硫化铜精矿硫酸化焙烧—浸出—电积流程；氧化铜矿浸出—萃取—电积流程；硫化矿细菌浸出—萃取—电积流程。浸出：就地浸出、堆浸、搅拌浸出等，细菌（氧化铁硫杆菌、氧化硫杆菌等）参与反应，能促进浸出（生物浸矿）。湿法冶炼可以解决火法处理硫化铜精矿带来的SO2污染等问题，但由于其在处理高品位矿时，与火法工艺比较，在经济上不占优势，且并不能从根本上解决环境污染问题，不利于贵金属等有价伴生元素的回收，因此在工业上未得到广泛应用。



**图1 铜熔池熔炼工艺流程图**



**图2 铜闪速熔炼工艺流程图**



**图3 铜湿法冶炼工艺流程图**

铜冶炼过程中产生的水污染物包括污酸、炉窑设备冷却水、烟气净化废水、冲渣废水、软化水处理后高盐水、地面冲洗废水及初期雨水等。铜冶炼工艺主要水污染物及来源见表1。

**表1铜冶炼工艺主要水污染物及来源**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **废水种类** | **来源及特征** | **主要污染物** |
| 污酸废水 | 制酸烟气洗涤及净化工段电除雾冲洗产生的废水 | 重金属离子、砷、酸、氟化物、悬浮物 |
| 炉窑设备冷却水 | 冷却冶炼炉窑等设备产生，废水排放量大，约占总水量的40% | —— |
| 烟气净化废水 | 对冶炼、制酸等烟气进行洗涤所产生的废水，废水排放量较大 | 酸、重金属离子、悬浮物 |
| 冲渣水 | 火法冶炼中产生的熔融态炉渣进行水淬冷却时产生的废水 | 悬浮物、重金属离子 |
| 软化水处理后高盐水 | 软化水处理站排出的高浓度含盐废水 | 钙、镁等离子 |
| 地面冲洗废水 | 冲洗设备、地板、滤料等所产生的废水，包括电解或其他湿法工艺操作中因泄漏而产生的废液 | 重金属和酸 |
| 初期雨水 | 冶炼厂区15min的初期雨水 | 重金属 |

## 3.3主要技术内容及说明

### 3.3.1范围

范围包括以下内容：

（1）适用行业：

本文件适用于适用于以原生矿、铜精矿、粗铜、阳极铜或废杂铜为主要原料的铜冶炼企业。

（2）废水类型

本文件适用于铜冶炼企业的生产废水，不包含生活污水。由于铜冶炼企业所处位置不同，其生活污水可以直接排入城镇污水处理厂或园区污水处理厂，另外，生产废水的性质与生活污水差别较大，不宜一并处理。因此，本规范适用于铜冶炼企业的生产废水。

### 3.3.2 术语与定义

本规范规定了铜冶炼废水循环利用技术规范中所涉及到的有关术语及定义。根据本规范的技术内容，给出了铜冶炼废水、污酸、含重金属生产废水、综合废水处理站、初期雨水等共5个术语，并进行了定义和解释。

### 3.3.3 总体要求

本规范在总体要求中，提出了3项基本规定：

（1）从源头控制、过程管理、清洁生产等方面针对铜冶炼企业提出要求：铜冶炼企业应推行清洁生产，通过源头控制、过程管理提高水循环利用率，减少废水产生量。由于铜冶炼企业各生产单元产生的废水水质差别较大，为了便于内部循环利用，铜冶炼企业产生的废水应分类收集、分质处理、梯级回用，实现清污分流、雨污分流。

（2）铜冶炼生产废水循环利用技术应与生产工艺合理配套，以对各生产单元废水进行源头控制；采用处理高效、安全可靠的处理工艺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；根据回用水质要求进行不同深度处理，以实现分质处理、梯级回用。

（3）铜冶炼企业应制定完善相关环境风险防范制度和措施，避免环境风险事故的发生。

### 3.3.4废水来源及处理回用工艺

根据国内典型铜冶炼企业废水处理及回用的调研情况，本节首先介绍了铜冶炼废水的来源和分类，以及总体处理工艺和回用方式。

另外，根据各企业用水单元的用水水质要求，应首先最大化的满足在企业各生产单元内部或生产单元之间的回用，最大限度的减少进入综合污水处理站的废水量。因此，本标准给出了铜冶炼企业用水单元及排水单元之间的循环方式图，其次对每单元排放的废水在厂区内可能循环利用的途径进行了细化，最后提出各处理单元宜采取的详细处理工艺和回用流程。

**3.3.4.1铜冶炼企业生产废水循环利用总体流程**

铜冶炼各工序产生的废水应遵循综合利用的原则，形成完整的节水型废水循环利用系统。铜冶炼企业在实施过程中可以参照该系统的水循环利用方式，见图7-1。



图7-1 铜冶炼企业生产废水循环利用总体流程图

**3.3.4.2各生产用水单元处理回用工艺流程**

**（1）污酸处理工艺及回用去向**

污酸处理工艺宜选用石灰中和法、石灰+铁盐法、硫化法+石灰中和法等，处理后出水可回用于冲渣和除尘，剩余部分排放至综合废水处理站进一步处理。污酸处理工艺及回用去向见图7-2。

图7-2 污酸处理工艺及回用流程图

**工艺技术说明：**

**①石灰中和法**

石灰中和法是传统的中和技术，应用广泛。向重金属废水中投加石灰，使重金属离子与氢氧根反应，生成难溶的金属氢氧化物沉淀、分离。对于含有多种重金属离子的废水，可以采用一次中和沉淀，也可以采用分段中和沉淀的方法。一次中和沉淀是一次投加碱，提高pH值，使各种金属离子共同沉淀。分段中和是根据不同金属氢氧化物在不同pH值下沉淀的特性，分段投加碱，控制不同的pH值，使各种重金属分别沉淀，有利于分别回收不同金属。石灰中和法工艺流程见图7-3。

反应槽1

反应槽2

混合槽

沉淀槽

石灰

酸性水

出水排放

污泥压滤

絮凝剂

图7-3 石灰中和法工艺流程图

**②石灰+铁盐法污酸处理技术**

* 技术原理

向污酸中加入石灰乳进行中和反应，经固液分离、污泥脱水后产生石膏。进一步向废水中加入双氧水、液碱及铁盐，把As3+氧化为As5+后，发生氧化沉砷反应，经固液分离、污泥脱水后产生砷渣。出水与其他废水合并后送污水处理站进一步处理。

* 技术适用范围

该技术适用于铜冶炼含砷离子浓度较高废水的处理。也可去除废水中的铜、铅、镉和氟化物等。

* 技术参数

a) 石灰—铁盐法处理污酸时，宜采用二段处理，每段石灰—铁盐法对砷的去除率宜按98%～99%计。第一段 Fe/As 宜大于 2，第二段 Fe/As 宜大于 10，pH 值宜控制在 8～9。

b) 废水中的三价砷宜先氧化成五价砷，氧化剂可采用氧气、双氧水、漂白粉、次氯酸钠和高锰酸钾等。当出水回用时，不宜采用含氯氧化剂。

c) 石灰—铁盐法宜采用污泥回流技术。最佳回流比根据试验资料经技术经济比较后确定，无试验资料时，污泥回流比可选用 3～4。

d) 中和反应时间宜根据试验确定，并不宜小于 30min。

石灰+铁盐法处理污酸工艺流程见图7-4。



图7-4石灰+铁盐法处理污酸工艺流程图

**③硫化+石膏法污酸处理技术**

* 技术原理

硫化+石膏法污酸处理技术是向污酸中投加硫化剂，使污酸中的重金属离子与硫反应生成难溶的金属硫化物沉淀去除。硫化反应后向废水中投加石灰石（CaCO3），中和硫酸，生成硫酸钙沉淀（CaSO4·2H2O）去除。出水与其它废水合并后进污水处理站做进一步处理。

* 技术适用范围

该技术适用于铜冶炼过程中污酸的处理。硫化法用于去除污酸中的砷和铜、镉等重金属，根据污酸成分及含量可组合用作污酸处理工艺。砷含量小于500mg/L时，宜采用石灰（石）中和法处理，砷含量超过500mg/L时，宜采用硫化法+石灰（石）中和法处理。

* 技术参数

a)常用的硫化剂有硫化钠(Na2S)、硫化氢(H2S)、硫化亚铁 (FeS)。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。

b)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，

c) 硫化反应时间宜根据试验确定，宜为 1h～2h。

硫化物法+石灰中和法处理污酸工艺流程见图7-5。

图7-5 硫化+石膏法处理污酸工艺流程图

**④高浓度泥浆法**

* 技术原理

高浓度泥浆法是传统石灰法的革新和发展，该技术将沉淀池底回流先与石灰混合，再进入反应池与污水进行中和反应，循环池底在反应体系中通过吸附、卷帘、共沉等作用，作为反应物附着、生长的载体或场所，经过多次循环往复后可粗粒化、晶体化，变成高密度、高浓度易于沉降，同时底泥的回流似的底泥中残留的未反应的石灰可以再次参与反应，有效降低石灰消耗量，减少设备管路结垢。

* 技术适用范围

该技术主要去除酸性废水或污酸中的铜、砷、铅、镉、锌、氟化物等重金属污染物。也适用与对传统石灰中和工艺的技术提升改造，以及应用于硫化+石灰中和以及石灰+铁盐法工艺中。工艺流程如下图。

反应槽1

反应槽2

混合罐

沉淀槽

石灰/浆料

混合槽

石灰

酸性水

出水排放

污泥排放

污泥回流

絮凝剂

图7-6 高浓度泥浆法处理酸性水工艺流程图

**（2）冲渣水和湿法收尘废水处理及回用去向**

冶炼废渣需要冷却，一般采用水冷，对用水的水质要求不严，水淬渣废水经沉淀池沉淀后可循环利用，因温度高，蒸发消耗量大，需要补充大量的水，宜采用以下处理方法，见图7-7；湿法收尘废水也可经沉淀后可直接循环使用，定期补水。

回用



图7-7 湿法收尘废水处理及回用图



图7-8 冲渣水处理及回用图

**（3）初期雨水处理及回用去向**

初期雨水主要是铜冶炼过程中富集在厂区地面、屋顶和设备上的烟（灰）尘在降雨时随雨水形成的初期径流，主要污染物有 pH、悬浮物、重金属离子等。可经收集沉淀后直接回用于收尘、冲渣等，或进入综合废水处理站进一步处理。初期雨水处理及回用流程见图7-9。



图7-9 初期雨水处理及回用流程图

**（4）锅炉、化学水处理站排放的废水处理及回用去向**

锅炉、化学水处理站排放的废水含酸、碱、盐等污染物，可中和后回用于冲渣，剩余部分排入综合废水处理站进一步处理。处理及回用流程见图7-10。



图7-10 锅炉、化学水处理站废水处理及回用流程图

**（5）炉窑冷却水处理及回用去向**

冷却冶炼炉窑等设备产生的冷却水经冷却后可直接循环使用，但随着冷却水中含盐量的升高，需定期开路部分，处理及回用流程见下图7-11。



图7-11 炉窑冷却水处理及回用流程图

**（6）综合废水处理站废水处理及回用去向**

地面冲洗水、实验室废水、渣库渗滤水以及机修车间、空压站、鼓风机房等产生的废水不宜直接回用，与厂内污酸处理后出水、初期雨水、锅炉、化学水处理站废水等其他废水一起排入综合废水处理站进行处理，经石灰中和、石灰铁盐等物化法处理后出水可用于冲渣收尘、药剂配制等；采用膜法、吸附法等深度处理后 出水可回用于补充冷却循环水等各生产用水单元。综合废水处理站处理及回用流程见图7-12。



图7-12 综合废水处理站处理及回用流程

**深度处理工艺技术说明**

**①膜分离处理工艺**

* 技术原理

在常规处理工序后增加膜深度处理装置(如精制过滤器、离子膜过滤器等)，精制过滤时过滤精度在50～100nm 左右，能去除98%的颗粒杂质，再经过电离子膜过滤器去除砷等重金属离子。

* 技术适用范围

适用于含重金属废水的深度处理和回用。净化+反渗透废水深度处理技术是为提高水的重复利用率，对不含有毒有害物质的一般生产废水进行深度处理，使处理后水质达到工业循环水的标准，回用于循环水系统的补充水。除盐产生的浓盐水回用于冲渣等，不外排。废水深度处理工艺流程见图7-13。

图7-13膜深度处理工艺流程图

**②吸附工艺**

* 技术原理

固体表面有吸附水中溶解及胶体物质的能力，比表面积很大的活性炭等具有很高的吸附能力，可用作吸附剂。吸附可分为物理吸附和化学吸附。如果吸附剂与被吸附物质之间是通过分子间引力（即范德华力）而产生吸附，称为物理吸附；如果吸附剂与被吸附物质之间 产生化学作用，生成化学键引起吸附，称为化学吸附。离子交换实际上也是一种吸附。

通过吸附剂/离子交换树脂吸附废水中的重金属离子，利用吸附剂/离子交换树脂的比表面积大和对重金属离子的选择性，深度去除水中的重金属离子，吸附剂/离子交换树脂可再生重复使用。

* 技术适用范围

由于吸附法对进水的预处理要求高，吸附剂的价格昂贵，因此在废水处理中，吸附法主要用来去除废水中的微量污染物，达到深度净化的目的。

适用于低浓度含重金属废水的深度处理和回用。典型吸附法工艺流程见图7-14。

图7-14 典型重金属吸附工艺流程图

### 3.3.5废水循环利用水质控制及技术要求

废水经处理后应采用分质回用方式循环利用，以提高废水循环利用率。项目组对国内铜冶炼行业典型企业开展了调研，调研结果如表2所示：

表2回用水用作为不同类别工业用水水源水质指标限值调研结果表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **控制项目** | **冲渣水** |
| **企业1** | **企业2** | **企业3** | **企业4** | **企业5** | **企业6** | **企业7** | **企业8** |
| 1 | pH值 | 6.5～9 | 6.5～9 | 6～9 | 6.5～9 | 6.5～9 | 6.5～9 | 6.5～9 | 6～9 |
| 2 | 总硬度/（以CaCO3计，mg/L），不大于 | - | 700 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 电导率/（us/cm），不大于 | - | 10000 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 氨氮/（以N计，mg/L），不大于 | - | 10 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 氯化物/（mg/L），不大于 | - | 1500 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 氟化物/（mg/L），不大于 | - | 15 | - | - | - | - | - | - |
| **序号** | **控制项目** | **炉窑设备冷却水** |
| **企业1** | **企业2** | **企业3** | **企业4** | **企业5** | **企业6** | **企业7** | **企业8** |
| 1 | pH值 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 7~9 |
| 2 | 浊度/（NTU），不大于 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 |
| 3 | 总硬度/（以CaCO3计，mg/L），不大于 | 250 | 200 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 150 |
| 4 | 电导率/（us/cm），不大于 | 1000 | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 5 | 氨氮/（以N计，mg/L），不大于 | 8 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 4 |
| 6 | 石油类/（mg/L），不大于 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 7 | 氯化物/（mg/L），不大于 | 200 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 150 |
| 8 | 氟化物/（mg/L），不大于 | - | 5 | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 总Fe/（mg/L），不大于 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 0.03 |
| **序号** | **控制项目** | **收尘、药剂配制等其他生产用水** |
| **企业1** | **企业2** | **企业3** | **企业4** | **企业5** | **企业6** | **企业7** | **企业8** |
| 1 | pH值 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 7~9 |
| 2 | 悬浮物/（mg/L），不大于 | 50 | 5 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 30 |
| 3 | 浊度/（NTU），不大于 | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 总硬度/（以CaCO3计，mg/L），不大于 | 500 | 150 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 150 |
| 5 | 电导率/（us/cm），不大于 | - | 200 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 氨氮/（以N计，mg/L），不大于 | 8 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 4 |
| 7 | 石油类/（mg/L），不大于 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 8 | 氯化物/（mg/L），不大于 | 200 | 20 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 150 |
| 9 | 氟化物/（mg/L），不大于 | 8 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 1 |
| 10 | 总Fe/（mg/L），不大于 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | - |

通过分析调研收集资料及征求部分企业意见，废水经处理后产出的回用水用做不同类别的工业用水水源时，其水质基本控制指标限值应满足表3要求。

表3回用水用作为不同类别工业用水水源水质指标限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 控制项目 | 冲渣水 | 炉窑设备冷却水 | 收尘、药剂配制等其他生产用水 |
|  | pH | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 | 6.5～9.0 |
|  | 悬浮物（mg/L）≤ | - | - | 50 |
|  | 浊度（NTU）≤ | - | 10 | - |
|  | 总硬度（以CaCO3计）≤ | - | 250 | 500 |
|  | 电导率（us/cm）≤ | - | 1000 | - |
|  | 氨氮（以N计）≤ | - | 5.0 | - |
|  | 石油类（mg/L）≤ | - | 5.0 | 5.0 |
|  | 氯化物（mg/L）≤ | - | 200 | 200 |
|  | 氟化物（mg/L）≤ | - | - | 8 |
|  | 总Fe（mg/L）≤ | - | 2 | - |

（1）pH值：循环冷却水的pH值，由补充水水质、浓缩倍数以及药剂配方等因素确定，加酸调节PH值低限不宜低于6.5；不加酸运行的自然pH值上限般不高于9.0。

（2） 浊度：循环冷却水的浊度对换热设备的污垢热阻和腐蚀速率影响很大，所以要求越低越好。工厂运行的实践证明循环冷却水系统设有旁滤池时，补充水浊度可控制在5NTU以内。我国大部分地区的循环冷却水的浊度可以控制在10NTU以下，板式、螺旋板式和翅片管式换热设备，浊度不宜大于10NTU，其他一般不应大于20NTU。

（3）根据企业的运行经验，为防止结垢，循环冷却水中的钙硬度不宜大于250mg/L。

（4）总Fe：据资料介绍，水中有2.0mg/L的Fe2+存在时，会使碳钢换热器年腐蚀速率增加6倍~7倍，且局部腐蚀加剧，铁离子浓度高会给铁细菌的繁殖创造有利条件。此外，当采用聚磷酸盐作为缓蚀剂时，铁离子还会干扰聚磷酸盐在缓蚀方面的作用，同时还可能导致坚硬的磷酸铁垢。如果循环冷却水中Fe2+不断升卨，则表明设备被腐蚀。作为腐蚀速率的重要指标，需要控制腐蚀贡献的总Fe浓度在合理的范围，总Fe1.0mg/L能合理地反映系统腐蚀控制在合理范围。即在总Fe浓度2.0mg/L范围内，腐蚀贡献的总Fe浓度≤1.0mg/L。

（5）Cl-：国内有关循环冷却水处理试验和工厂调查表明，Cl-对不锈钢的腐蚀有影响，但不是唯一因素。不锈钢设备在循环冷却水中的腐蚀与设备的结构形式、应力情况、使用温度，水的流速、污垢沉积等有密切关系，Cl-只是在一定条件下起催化作用。不锈钢设备的腐蚀损坏首先是由于设备本身存在一些缺陷，冷却水中的Cl-在缺陷部位富集，导致设备的损坏。根据企业运行经验，循环冷却水中的氯离子浓度不宜大于200mg/L。

### 3.3.6废水循环利用管理

本标准在废水循环利用管理章节中，对废水处理设施的运行、维护与管理、人员的基本要求、保障设施运行的基本要求、水质监控、规章制度、岗位操作规程以及应急工程设施管理等做出了基本的规定。

## 四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

## 五、预期达到的社会、经济和环境效益等情况

本标准将针对铜冶炼的各主要生产工艺：闪速熔炼、熔池吹炼和湿法炼铜等生产工艺，通过完成“废水来源与处理工艺、废水循环利用水质控制与技术要求、废水循环利用管理以及取样与监测”等工作内容，从工艺全过程解析废水的产生来源，识别水回用节点，确定不同回用场合的水质要求，阐明各回用处理技术及工艺参数，对铜冶炼工艺中的水循环进行全覆盖，给铜冶炼生产水的循环利用进行全过程指导，为工程设计、环境管理提供充足的技术支撑。填补国内和国际上铜冶炼行业在水循环利用规范上的空白。

因此，本标准的制定实施能够有效规范铜冶炼企业的节水技术与管理行为，调配企业生产用水，比如将原来排放的部分轻污染的废水调配作为其他工艺用水，促进企业节水效率的提高，具有显著的社会与经济效益，对于实现国家工业节水目标，促进我国制造业绿色转型升级具有重要意义。

**六、采用国际标准和国外先进标准的情况**

**七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况**

1、废水循环利用水质控制及技术要求章节水质检测应符合以下标准：

GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

GB/T 6920 水质 pH值的测定 玻璃电极法

GB/T 7477 水质 钙和镁总量的测定 EDTA滴定法

GB/T 7484 水质 氟化物的测定 离子选择电极法

GB/T 11896 水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法

GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法

GB/T 11911 水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 13200 水质 浊度的测定

GB/T 16488 水质 石油类和动植物油的测定 红外光度法

HJ 537 水质 氨氮的测定蒸馏-中和滴定法

2、废水来源及处理回用工艺和废水循环利用管理章节应符合以下标准：

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

HJ 2059 铜冶炼废水治理工程技术规范

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 九、作为强制性或推荐性国家标准的建议

本标准为首次制订，由于铜冶炼企业生产废水循环技术将随着环保技术发展而不断发展与创新，新技术不断使用。因此，本标准中的相关技术、工艺也随之发生变化，相应的技术要求也应随之进行相应的调整，因此，建议本标准实施过程中，应继续广泛听取和收集各方面的意见与建议，并根据实施应用情况，对标准进行不断地修订和完善，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理和环保设施工程建设的需要。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准的技术内容是推荐性的，建议标准发布后即可实施，建议本标准由各级人民政府的工业和信息化行政主管部门负责监督实施。

## 十一、废止现行有关标准的建议

无。