

附件二：

HJ-BAT-xxx

环 境 保 护 技 术 文 件

铜冶炼污染防治最佳可行技术指南（试 行）

Guideline on Best Available Technologies of Pollution Prevention and
Control for Copper Smelt Plant Industry (on Trial)

(征求意见稿)

环 境 保 护 部

二〇一〇年九月

目 次

前 言.....	1
1 总则.....	2
1.1 适用范围.....	2
1.2 术语和定义.....	2
2 生产工艺及污染物排放.....	2
2.1 生产工艺及产污环节.....	2
2.2 主要污染物的产生与排放.....	4
3 工艺过程污染预防技术.....	6
3.1 富氧强化熔炼技术.....	6
3.2 连续吹炼技术.....	7
3.3 余热回收利用技术.....	7
3.4 永久性不锈钢阴极电解法.....	7
3.5 加压浸出—氧气顶吹熔炼阳极泥处理工艺.....	7
3.6 回转阳极炉固体还原剂喷吹技术.....	7
4 污染治理技术.....	8
4.1 烟气收尘技术.....	8
4.2 烟气制酸技术.....	10
4.3 烟气脱硫技术.....	13
4.4 其它废气治理技术.....	15
4.5 废水治理技术.....	16
4.6 固体废物治理技术.....	18
4.7 噪声治理技术.....	19
5 铜冶炼污染防治最佳可行技术.....	19
5.1 铜冶炼污染防治最佳可行技术概述.....	19
5.2 工艺过程污染预防最佳可行技术.....	21
5.3 烟气收尘最佳可行技术.....	21
5.4 烟气制酸最佳可行技术.....	24
5.5 烟气脱硫最佳可行技术.....	25
5.6 其它废气治理最佳可行技术.....	27
5.7 废水治理最佳可行技术.....	28
5.8 固体废物处理处置最佳可行技术.....	29
5.9 最佳环境管理实践.....	30

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，加快建立环境技术管理体系，确保环境管理目标的技术可达性，增强环境管理决策的科学性，提供环境管理政策制定和实施的技术依据，引导污染防治技术进步和环保产业发展，根据《国家环境技术管理体系建设规划》，环境保护部组织制定污染防治技术政策、污染防治最佳可行技术指南、环境工程技术规范等技术指导文件。

本指南可作为铜冶炼厂项目环境影响评价、工程设计、工程验收以及运营管理等环节的技术依据，是供各级环境保护部门、设计单位以及用户使用的指导性技术文件。

本指南为首次发布，将根据环境管理要求及技术发展情况适时修订。

本指南由环境保护部科技标准司组织制定。

本指南起草单位：中国恩菲工程技术有限公司、中国京冶工程技术有限公司。

本指南由环境保护部解释。

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于铜冶炼企业或具有铜冶炼工艺的生产企业。

1.2 术语和定义

1.2.1 最佳可行技术

是针对生活、生产过程中产生的各种环境问题，为减少污染物的排放，从整体上实现高水平环境保护所采用的与某一时期的技术、经济发展水平和环境管理要求相适应、在公共基础设施和工业部门得到应用的、适用于不同应用条件的一项或多项先进、可行的污染防治工艺和技术。

1.2.2 最佳环境管理实践

是指运用行政、经济、技术等手段，为减少生活、生产活动对环境造成的潜在污染和危害，确保实现最佳污染防治效果，从整体上达到高水平的环境保护所采用的管理活动。

2 生产工艺及污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

铜冶炼方法主要分为火法炼铜和湿法炼铜两大类。

2.1.1 火法炼铜工艺

火法炼铜是生产铜的主要方法，特别是硫化铜矿，主要采用火法工艺。其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。

火法炼铜也包括废杂铜的冶炼。

火法炼铜生产工艺及主要产污环节见图 1。

2.1.2 湿法炼铜工艺

湿法炼铜是在常温常压或高压下，用溶剂浸出矿石或焙烧矿中的铜，经过净液，使铜和杂质分离，然后用萃取-电积法，将溶液中的铜提取出来。对氧化矿和自然铜矿，大多数工厂用溶剂直接浸出；对硫化矿，通常先经焙烧，然后浸出。

湿法炼铜生产工艺及主要产污环节见图 2。



3

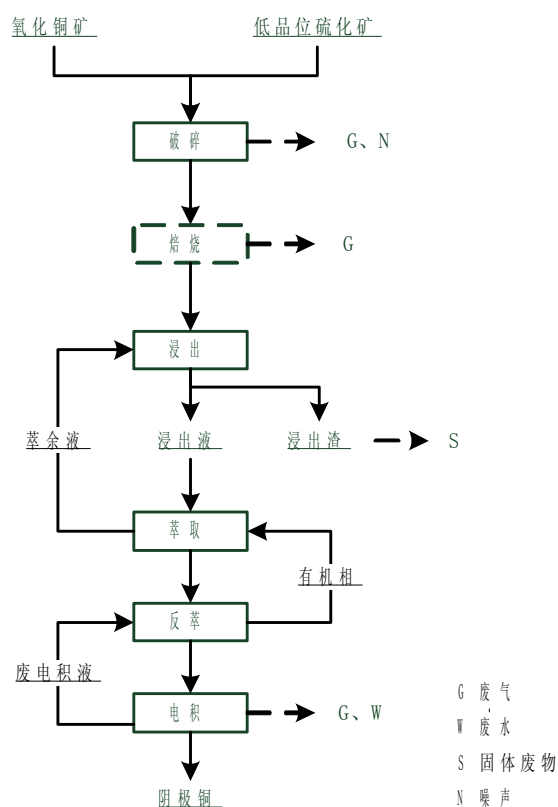


图 2 湿法炼铜生产工艺流程及主要产污环节

2.2 主要污染物的产生与排放

铜冶炼过程中会向大气、水体、土壤和声环境中排放污染物质，其中大气污染、水污染、固体废物污染是主要环境问题。

2.2.1 大气污染

铜冶炼过程中产生的废气主要来源于：备料过程产生的含尘废气、工业炉窑烟气、环保通风烟气、电解槽等散发的硫酸雾、氯化化工段产生的含氯尾气、制酸尾气等。

铜冶炼过程中产生的主要大气污染物见表 1。

表 1 铜冶炼过程中产生的大气污染物及来源汇总

工序	污染源	主要污染物	备注
干燥 工序	干燥窑烟气	颗粒物、SO ₂	环保通风烟 气
	精矿上料、精矿出料、转运	颗粒物	
配料 工序	抓斗卸料、定量给料设备、皮带运输设备转运过程中扬尘	颗粒物	
熔炼 工序	熔炼炉烟气	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	环保通风烟 气
	加料口、铈放出口、渣放出口、喷枪孔、溜槽、包子房等处泄漏	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	
吹炼	吹炼炉烟气	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	

工序	加料口、粗铜放出口、渣放出口、喷枪孔、溜槽、包子房等处泄漏	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	环保通风烟气
精炼工序	精炼炉烟气	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	
化渣工序	炉窑烟气	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	
	加料口、铕放出口、渣放出口、电极孔、溜槽、包子房等处泄漏	颗粒物、SO ₂ 、SO ₃ 、NO _x 、CO ₂ 等	环保通风烟气
烟气制酸	制酸尾气	含 SO ₂ 、SO ₃ 、粉尘	
电解工序	电解槽及其它槽	酸雾	
电积工序	电积槽及其它槽	酸雾	
净液工序	真空蒸发器	酸雾（160℃）	
	脱铜电积槽	酸雾、AsH ₃ 气体	
阳极泥处理工序	回转窑排料	粉尘	
	硒吸收塔	SO ₂	
	贵铅炉	烟尘	
	分银炉	烟尘	
	中频炉	烟尘	
	反应槽	酸雾	
	水溶液氯化槽	微量氯气	
	银电解造液槽	NO _x	
	银电解槽、干燥器	HNO ₃ 、NO _x	
	中频感应炉	烟气	

2.2.2 水污染

铜冶炼过程中产生的废水主要来源于二氧化硫烟气净化排出的废酸，湿法冶炼中的阳极泥工段、中心化验室排出的含酸废水，车间地面冲洗水，工业冷却循环水的排污水，余热锅炉排污水，锅炉化学水处理车间排出的酸碱废水和硫酸场地的初期雨水。其中烟气净化排出的废酸中含重金属离子等有毒有害物质，对环境的污染最严重。铜冶炼过程中产生的主要水污染物及来源见表 2。

表 2 铜冶炼过程中产生的水污染物及来源汇总

废水种类	排水来源	主要污染物	备注
冶金炉水套排污水	工业炉窑汽化水套或水冷水套	热污染	
余热锅炉排污水 化学水处理站排污水	余热锅炉房、化学水处理站	热污染	锅炉排污水排至降温池 含酸碱污水排至中和池
金属铸锭或产品熔铸冷却水排水	圆盘浇铸机、直线浇铸机等	热污染	
冲渣水和直接冷却水	水淬装置等	固体颗粒物以及少量重金属污染物	沉淀处理后循环使用

湿式除尘 循环水系统	精矿干燥烟气湿式除尘废水	SS、热污染	沉淀、冷却后循环使用，少量外排。
酸性污水	制酸系统烟气净化装置 泵类设备泄露	重金属离子、废 酸、酸泥	进污酸污水处理站
电解、净液、阳极泥 处理车间排水	电解槽、阴极板清洗水	Cu^{2+} 、硫酸、Ni、 As、Bi、Sb、Ag	返回电解系统
	含氯尾气吸收后的废水	Cl^- 、 Na^+	去污酸污水处理站
	硒吸收塔溶液、洗涤粗硒的洗液	Se	铁屑置换后渣弃去
	银粉洗涤水	Pb、As、Bi、Sb、 Ag、Cu	返回电解系统
	车间地面冲洗水、压滤机滤布清洗水	重金属离子	返回电解系统

2.2.3 固体废物污染

铜冶炼排放的固体废物主要有：冶炼水淬渣、渣选矿尾矿、浸出渣、制酸系统铅渣、污酸污水处理渣、脱硫副产物等。

铜冶炼过程中产生的主要固体废物及来源见表 3。

表 3 铜冶炼过程中产生的固体废物及来源汇总

固体废物名称	固体废物来源	主要污染物	备注
冶炼水淬渣	贫化电炉		一般固体废物
渣选矿尾矿	渣选矿		一般固体废物
浸出渣	湿法炼铜浸出工段	重金属元素和酸根离子	危险固体废物
制酸系统铅渣	制酸系统烟气净化工段	Pb^{2+}	危险固体废物
硫化渣	污酸处理系统	Cu^{2+} 、 As^{3+} 等重金属元素	危险固体废物
石膏渣	污酸处理系统		一般固体废物
中和渣	污水处理系统	As^{3+} 、 F^- 、 Cu^{2+} 等重金属元素	危险固体废物
脱硫副产物	烟气脱硫系统	Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 SO_3^{2-}	危险固体废物

2.2.4 噪声污染

铜冶炼过程产生的噪声主要为由于机械的撞击、摩擦、转动等运动而引起的机械噪声以及由于气流的起伏运动或气动力引起的空气动力性噪声，主要噪声源有：熔炼炉、吹炼炉、精炼炉、余热锅炉、鼓风机、空压机、氧压机、二氧化硫风机、各类除尘风机、各种泵类等。铜冶炼主要噪声源及噪声声级见表 4。

表 4 铜冶炼过程中主要噪声源及噪声声级

单位：dB(A)

噪声源	噪声级	排放规律	噪声源	噪声级	排放规律
余热锅炉 汽包排气	~120	间歇式	空压机	~105	连续式

汽化冷却装置放散	110~120	间歇式	氧压机	~105	间歇式
破碎机	~110	连续式	风 机	92~96	连续式
球磨机	~100	连续式	水 泵	85~92	连续式
加压釜	~95	连续式	冷却塔	~95	连续式

3 工艺过程污染预防技术

3.1 富氧强化熔炼技术

富氧强化熔炼技术是指在熔炼中通入富氧（空气含氧量 50%以上）或工业纯氧，强化熔炼过程，充分利用精矿中铁和硫在氧化过程中放出的热量，减少燃料消耗量，在自热或接近自热的条件下进行熔炼。采用富氧强化熔炼技术的工艺归纳为两大类：一类是闪速熔炼方法，如奥托昆普闪速熔炼、INCO 氧气闪速熔炼等；另一类是熔池熔炼方法，如诺兰达熔炼、澳斯麦特/艾萨熔炼、氧气顶吹熔炼、白银法熔炼、氧气底吹熔炼等。

由于入炉的氮气量减少，烟气体积降低，SO₂ 浓度提高，便于制造硫酸或其他硫产品，总硫利用率显著提高，同时 SO₂ 排放量显著下降；烟气量减少使得烟气处理设施投资费用降低；烟气量减少也使热支出减少，进一步降低了能耗。

3.2 连续吹炼技术

该技术通过溜槽加液态铜锍或通过皮带加水淬后的固态铜锍，取消了包子倒运过程，使得吹炼烟气低空污染得到彻底解决。采用连续吹炼技术的工艺有：闪速连续吹炼、氧气顶吹浸没喷枪连续吹炼、侧吹连续吹炼、三菱连续吹炼等。

该技术过程连续进行，作业率高；炉子密闭性好，漏风小，冶炼烟气量少且稳定，二氧化硫浓度高，烟气处理成本低；作业环境好，可大幅提高硫的回收率，降低生产成本。

该技术适用于铜锍吹炼生产系统。

3.3 余热回收利用技术

火法冶金炉排烟温度均在 800℃ 以上，在收尘处理前必先经过冷却。烟气冷却的目的是使烟气调节到某一低温范围，以适应收尘设备和排风机的要求。冷却系统除了使烟气降温外，还有一定的收尘作用，同时将余热加以利用。余热回收方式有：利用离炉烟气预热空气（或煤气）；使用余热锅炉或汽化冷却装置生产中、低压蒸汽和热水；利用废气循环调节炉温和改善燃烧；利用离炉烟气加热入炉冷料。

该技术适用于铜锍熔炼、吹炼、精炼生产过程。

3.4 永久性不锈钢阴极电解法

永久性不锈钢阴极铜电解技术是以不锈钢阴极取代传统电解法的始极片，且不锈钢阴极可重复使用，省去了生产始极片的种板电解槽系统，同时也省去了由始极片、导电棒及吊攀组装成阴极的制作工艺，使整个生产流程大为简化。

永久性不锈钢阴极铜电解技术还具有以下优点：电流密度高、极距小；阴极周期短、产品质量高；残极率低；蒸汽耗量低。

该技术适用于现代大型铜冶炼企业。

3.5 加压浸出--氧气顶吹熔炼阳极泥处理工艺

加压浸出—氧气顶吹熔炼工艺流程为：阳极泥加压浸出—氧气顶吹熔炼—银电解—水溶液氯化分金—控制电位还原，最终产品为金和银。

该工艺用加压浸出代替传统的硫酸化焙烧—稀硫酸浸出、用氧气顶吹熔炼代替传统的还原熔炼加氧化精炼，缩短了生产工艺流程，提高了生产效率，减少了污染物排放。

该技术适用于单系统铜熔炼能力在 20 万吨/年及以上的项目。

3.6 回转阳极炉固体还原剂喷吹技术

采用新型固体还原剂（利用褐煤半焦与无烟煤以一定比例进行配比，即得到新型固体还原剂）取代重油、柴油、液化石油气等传统还原剂。工艺设备主要包括还原剂制备系统及喷吹系统。

采用该技术阳极精炼炉烟气黑度低于林格曼等级 I 级，逸散烟气减少；降低了铜阳极板的生产成本，使用新型固体还原剂较使用重油可节约生产成本约 8.9 元/吨铜~18.7 元/吨铜。

该技术适用于铜回转阳极精炼系统。

4 污染治理技术

4.1 烟气收尘技术

4.1.1 密闭尘源技术

4.1.1.1 技术原理

将散发粉尘的地点密闭起来，防止粉尘的扩散。如在各扬尘点设排风罩或采用封闭式物料输送设备、自带密闭罩的破碎筛分设备等。

4.1.1.2 消耗及污染物排放

密闭尘源属一次性投资，防尘效果显著，是实施其他防尘技术的前提。

4.1.1.3 技术适用性及特点

密闭尘源技术适用于物料储仓、物料卸料点、物料转运点、物料受料点、物料破碎筛分设备等扬尘点的密闭，也适用于炉窑加料口、铕排出口、渣排出口、铜水包房、渣包房、溜槽等产烟部位的密闭。密闭罩的设置既要有效控制尘源，又要兼顾不影响生产操作、设备检修等。在不能全密闭的情形下可采用半密闭或采用上吸罩、侧吸罩等。

4.1.2 加湿防尘技术

4.1.2.1 技术原理

当加湿物料不影响生产和改变物料性质时，可加湿防尘或喷雾抑尘。加湿点选在卸料、转运等物料有落差易扬尘的部位。加湿喷嘴采用雾化喷头，加湿水压力宜 0.4MPa 以上。

4.1.2.2 技术适用性及特点

加湿防尘是一种经济有效的防尘方法，适用于对原料水分无严格要求的冶炼工艺中备料工段的防尘。

4.1.3 电收尘技术

4.1.3.1 技术原理

电收尘器是含尘气体在通过高压电场电离、粉尘荷电，在电场力的作用下粉尘沉积于电极上，从而

使粉尘与含尘气体分离的一种收尘设备。电收尘器的收尘过程包括气体的电离、粉尘获得离子而荷电、荷电粉尘向电极移动、将电极上的粉尘清除到灰斗中共四个步骤。

4.1.3.2 消耗及污染物排放

电除尘器的能耗主要由设备阻力损失、供电装置、电加热保温和振打电动机等能耗组成。由于电除尘器设备阻力较小，仅约 300Pa 左右，因此总的能耗较低。

电除尘器的性能与烟尘的比电阻、集尘电极的总表面积、气体的体积流量以及颗粒物的驱进速度等因素有关。电除尘器除尘效率为 99.0%~99.8%、烟尘排放浓度可达 50mg/m³ 以下。

由于电收尘不是烟气处理的最末端，后续处理有烟气制酸及烟气脱硫，因此对电收尘器后粉尘浓度的控制应结合技术及经济因素综合考虑。一般送硫酸厂烟气粉尘浓度控制在 500mg/m³ 以下。

4.1.3.3 技术适用性及特点

电收尘器与其它收尘设备相比具有以下特点：阻力小，耗能少；四电场电收尘器的阻力一般不会超过 300Pa；收尘效率高；适用范围广；能捕集 0.1μm 以上的细颗粒粉尘，烟气含尘量可高达 100g/m³，能适应 400℃ 以下的高温烟气；处理烟气量大；自动化程度高，运行可靠；一次性投资大；结构较复杂，消耗钢材多，对制造、安装和维护管理水平要求较高；应用范围受粉尘比电阻的限制。适用于比电阻范围在 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 5 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 之间。

电收尘技术在铜冶炼厂主要用于熔炼炉收尘、吹炼炉收尘、贫化电炉收尘。

4.1.4 袋式收尘技术

4.1.4.1 技术原理

袋式收尘技术是利用纤维织物的过滤作用对含尘气体进行过滤，当含尘气体进入袋式除尘器后，颗粒大、比重大的粉尘由于重力的作用沉降下来，落入灰斗，含有细小颗粒粉尘的气体在通过滤料时，烟尘被阻留，使气体得到净化。粉尘在滤袋表面积累到一定数量时进行清灰，落入灰斗的粉尘由卸灰系统输出。

4.1.4.2 消耗及污染物排放

袋式除尘器的运行费用主要是更换滤袋的费用。袋式除尘器的电能消耗主要来自设备阻力消耗、清灰系统消耗、卸灰系统消耗。

袋式除尘器的除尘总效率在 99.5% 以上，最高可达 99.99%。烟尘排放浓度可低于 30mg/m³。

4.1.4.3 技术适用性及特点

袋式收尘一般能捕集 0.1μm 以上的烟尘，且不受烟尘物理化学性质影响，但对烟气性质，如烟气温度、湿度、有无腐蚀性等要求较严。袋式收尘器与电收尘器相比，一次性投资小，但后期维护费用较大。袋式收尘技术在铜冶炼厂一般可用于精矿干燥和阳极炉烟气收尘。当袋式收尘用于精矿干燥收尘时，由于烟气温度低且含水分高，应采用抗结露覆膜滤料。清灰方式采用脉冲清灰。袋式除尘器也适用于通风除尘系统及环保排烟系统废气净化。

4.1.5 旋风收尘技术

4.1.5.1 技术原理

旋风收尘器是利用离心力的作用，使烟尘从烟气中分离而加以捕集的装置。

4.1.5.2 消耗及污染物排放

旋风除尘器的动力消耗主要来自设备阻力消耗。

4.1.5.3 技术适用性及特点

旋风收尘器的特点是结构简单，造价低，操作管理方便，维修工作量小。对 $10\mu\text{m}$ 以上的粗粒烟尘有较高的收尘效率。可用于高温（ 450°C ）、高含尘量 $400\text{ g/m}^3\sim 1000\text{g/m}^3$ ）的烟气。旋风收尘器对处理烟气量的变化很敏感，烟气量变小其收尘效率大幅度降低；烟气量增大其流体阻力急剧加大。旋风收尘器一般只能作粗收尘使用，以减轻后序收尘设备的负荷。

4.1.6 烟气收尘新技术

4.1.6.1 电袋复合式收尘器技术

将电收尘器与袋式收尘器有机的溶为一体，电收尘器与袋式收尘器的优点互相补充，使收尘设备的尺寸减少。对电收尘器而言，粉尘比电阻不再是决定的因素；对袋式收尘器而言，可以实现高气布比下的超高收尘效率，也解决了袋滤室内粉尘再飞散的问题。本技术中袋式收尘器的过滤风速可达 3m/min ，收尘效率可以达到 99.99% 以上。

4.1.6.2 移动电极型电收尘器技术

移动电极型电收尘器与普通的固定电极型电收尘器的主要区别是收尘电极是移动的。由于是靠旋转刷剥离粉尘，移动电极最突出的特点是粉尘的二次飞扬显著减少，收尘效率提高。同时，移动电极几乎不粘附粉尘，粉尘剥离比较彻底，并有效防止发生反电晕，也可收集高比电阻粉尘。其排放浓度可低于 50mg/m^3 。

4.1.6.3 高频电源技术

高频电源技术具有重量轻、体积小、收尘效率高、对电网无干扰、节能等优点，成为可替代传统可控硅调压整流装置的电源。高频电源更适合高含尘的烟气，可有效避免电晕闭锁现象的发生。也可采取脉冲供电的方式，用于高比电阻粉尘收集。

4.1.6.4 高温型袋式收尘技术

采用耐高温不锈钢纤维作为过滤材料，能直接处理 $280^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温含尘烟气，瞬间温度达 800°C 。过滤材料的物理、化学稳定性好，对所处理的烟气性质要求不严，因此滤袋使用寿命长、适用范围广。过滤速度高，可以在 $1\sim 8\text{m/min}$ 内选取，常用过滤速度可以达到常规袋式除尘器的 4~5 倍。设备性能优良，适用性强。采用声波吹灰器作为清灰装置，实现了在高温工况下对除尘设备的清灰，而且吹灰器能稳定、连续地运行。产品模块系列化，可根据工况条件选择相关型号的产品和模块数。采用离线清灰的方式，可实现除尘模块离线抢修。

4.2 烟气制酸技术

4.2.1 绝热蒸发稀酸冷却烟气净化技术

4.2.1.1 技术原理

通过液体喷淋气体，利用绝热蒸发降温增湿及洗涤的作用使杂质从烟气中分离出来，进而达到除尘、除雾、吸收废气、调整烟气温度的目的。净化工序由洗涤设备、除雾设备和除热设备组成，各种设备在烟气净化流程中可以有多种不同的组合和排列方式。典型烟气净化流程如：一级洗涤→烟气冷却→二级

洗涤→一级除雾→二级除雾。

4.2.1.2 消耗及污染物排放

烟气净化外排压滤渣（指不溶性颗粒物及部分有价金属）和废酸。废酸中含有砷、氟以及其它重金属离子化合物。

4.2.1.3 技术适用性及特点

采用绝热蒸发稀酸冷却烟气净化技术，提高了循环酸浓度，减少了废酸排放量，降低了新水消耗。本技术适用于所有的铜冶炼烟气的湿式净化。

4.2.2 低位高效二氧化硫干燥和三氧化硫吸收技术

4.2.2.1 技术原理

因水蒸汽对生产工艺有危害，因此 SO_2 进转化工序前必须进行干燥，浓硫酸具有强烈的吸水性能常用作干燥气体的吸收剂；98.3%浓硫酸吸收 SO_3 吸收快、吸收率高、酸雾少，因此被作为 SO_3 的吸收剂。

4.2.2.2 消耗及污染物排放

硫酸尾气从吸收塔（或最终吸收塔）排出，尾气 SO_2 浓度低于 $400\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，硫酸雾浓度低于 $40\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

4.2.2.3 技术适用性及特点

低位高效干吸工艺相对于传统工艺干燥塔和吸收塔操作气速高、填料高度低、喷淋密度大，减小了设备直径及高度，节省了设备投资。干燥塔、吸收塔、泵槽均低位配置，有利于降低泵的能耗。干燥塔采用丝网除沫器、吸收塔采用纤维除雾器，降低了尾气中的酸雾含量。

该技术适用所有烟气干燥和 SO_3 的吸收。

4.2.3 湿法硫酸技术

4.2.3.1 技术原理

烟气经过湿式净化后，不经干燥直接进行催化氧化， SO_2 转化为 SO_3 ，进而水合生成硫酸（气态），然后在特制的冷凝器中被冷凝生成液态浓硫酸，作为商品级工业硫酸出售或自用。

4.2.3.2 消耗及污染物排放

采用湿法硫酸技术处理低浓度 SO_2 烟气，与传统的 FGD 工艺相比，没有任何副产品和废物排出，硫资源利用率接近 100%。

4.2.3.3 技术适用性及特点

该技术适合处理 SO_2 浓度为 1.75%~3.5% 的烟气，如 SO_2 浓度低于 1.75%，需要消耗额外的能量，满足系统热平衡要求，经济性较差。

4.2.4 单接触技术

4.2.4.1 技术原理

单接触是指 SO_2 烟气只经一次转化和一次吸收。单接触工艺转化率相对较低，不能达到尾气排放限

值，需另外配置 FGD 装置。单接触工艺由转化器和外置换热器组成。通常采用四段转化、设置 4 台换热器完成烟气的换热。

4.2.4.2 消耗及污染物排放

采用单接触+尾气脱硫技术，冶炼烟气中的 SO_2 大部分以硫酸的形式回收，少量再通过 FGD 以其它化工产品回收， SO_2 转化率不低于 99.5%。

4.2.4.3 技术适用性及特点

该技术适用于 SO_2 浓度在 3.5%~6%之间的烟气制取硫酸。

4.2.5 双接触技术

4.2.5.1 技术原理

双接触技术是指 SO_2 烟气先进行一次转化，转化生成的 SO_3 在吸收塔（中间吸收塔）被吸收生成硫酸，吸收后烟气中仍然含有未转化的 SO_2 ，返回转化器进行二次转化，二次转化后的 SO_3 在吸收塔（最终吸收塔）被吸收生成硫酸。一般采用四段转化，根据具体烟气条件可选择五段转化。

4.2.5.2 消耗及污染物排放

采用双接触工艺，烟气中的 SO_2 以硫酸的形式回收， SO_2 转化率不低于 99.6%。

4.2.5.3 技术适用性及特点

该技术适用于 SO_2 浓度在 6%~14%之间的烟气制取硫酸。

4.2.6 预转化技术

4.2.6.1 技术原理

预转化技术是指烟气在未进入正常转化之前，先经过一次转化（段数不定），把烟气中的 SO_2 浓度降低到主转化器、触媒能够接受的范围内，同时在预转化生成的 SO_3 进入主转化器后，起到抑制一层转化率的作用，避免因温度过高损坏触媒和设备。

4.2.6.2 技术适用性及特点

采用预转化技术，提高了转化率，降低了尾气污染物排放浓度及排放量。该技术适用于 SO_2 浓度高于 14%的烟气制取硫酸。

4.2.7 LUREC™再循环技术

4.2.7.1 技术原理

本技术是将反应后的含 SO_3 烟气部分循环到一层入口，抑制一层 SO_2 的氧化反应，从而控制触媒层温度在允许范围内。

4.2.7.2 消耗及污染物排放

采用 LURECTM 再循环技术，转化率超过 99.9%，进一步降低了尾气污染物排放浓度和排放量。

4.2.7.3 技术适用性及特点

该技术适用于 SO_2 浓度高于 14%的烟气制取硫酸。

4.2.8 废酸浓缩回收技术

4.2.8.1 技术原理

对废硫酸进行加热，使其蒸发浓缩，生产浓硫酸，进入成品硫酸系统。

4.2.8.2 消耗及污染物排放

可采用硫酸装置自身产生的余热生产蒸汽作为一次热源。蒸发浓缩工艺较传统的石灰石-石膏法处理废硫酸，减少了大量低质量石膏的产生，避免了二次污染，回收了有用资源。

4.2.8.3 技术适用性及特点

该技术适用于任何烟气制酸装置。

4.3 烟气脱硫技术

4.3.1 氨法脱硫技术

4.3.1.1 技术原理

氨法脱硫技术主要利用（废）氨水、氨液作为吸收剂吸收去除烟气中的 SO_2 。氨法工艺过程包括 SO_2 吸收、中间产品处理和产物处置。根据过程和副产物不同，氨法可分为氨-酸法及氨-亚硫酸铵法等。

4.3.1.2 消耗及污染物排放

氨法脱硫需要消耗脱硫剂和电能，氨-亚硫酸铵法需要有一定的蒸汽消耗，吸收 1 吨 SO_2 需要消耗约 0.5 吨液氨。采用该方法应有可靠的氨源，电力消耗主要为烟气增压风机和吸收剂循环泵。

氨法脱硫效率可达 95% 以上，当烟气 SO_2 含硫量在 $3000\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时， SO_2 排放浓度可控制在 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。氨法脱硫存在氨逃逸问题，同时有含氯离子酸性废水排放，造成二次污染。

4.3.1.3 技术适用性及特点

氨法脱硫可将烟气中的 SO_2 作为资源回收利用，适用于液氨供应充足，且副产物有一定需求的冶炼企业。氨法脱硫工艺简单，占地小，在脱除 SO_2 同时具有部分脱硝功能。

4.3.2 石灰/石灰石-石膏法脱硫技术

4.3.2.1 技术原理

石灰/石灰石-石膏法脱硫技术是用石灰或石灰石母液吸收烟气中的 SO_2 ，反应生成硫酸钙，净化后烟气可达标排放。脱硫系统主要包括吸收剂制备系统、烟气吸收及氧化系统、石膏脱水及贮存系统。脱硫吸收塔多采用空塔形式，吸收液与烟气接触过程中，烟气中 SO_2 与浆液中的碳酸钙进行化学反应被脱除，最终产物为石膏。

4.3.2.2 消耗及污染物排放

石灰/石灰石-石膏法需要消耗石灰石、电能和水。石灰/石灰石-石膏法脱硫效率可达 95% 以上，当烟气 SO_2 含硫量在 $3000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下时， SO_2 排放浓度可控制在 $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下。脱硫系统含氯离子酸性废水连续排放，产生脱硫石膏副产物，还产生粉尘污染，风机、泵等噪声污染。同时每脱除 1 摩尔 SO_2 要有等摩尔的 CO_2 增量排放。

4.3.2.3 技术适用性及特点

石灰/石灰石-石膏法脱硫技术适应性较强，在满足铜冶炼企业低浓度 SO_2 治理的同时，还可以部分去除烟气中的 SO_3 、重金属离子、 F^- 、 Cl^- 等。石灰/石灰石-石膏法脱硫装置占地面积相对较大、吸收剂运输量较大、运输成本较高、副产物脱硫石膏处置困难，不适合脱硫剂资源短缺、场地有限的冶炼企业。

4.3.3 钠碱法脱硫技术

4.3.3.1 技术原理

钠碱法脱硫技术采用碳酸钠或氢氧化钠作为吸收剂，吸收烟气中 SO_2 ，得到 Na_2SO_3 作为产品出售。钠碱法的工艺过程可分为吸收、中和、浓缩结晶和干燥包装四步。

4.3.3.2 消耗及污染物排放

钠碱法需要消耗碳酸钠或氢氧化钠、电能和水，主要污染物为废水。

4.3.3.3 技术适用性及特点

钠碱法脱硫流程简洁，占地面积小，脱硫效率高，吸收剂消耗量少，副产物有一定的回收价值，运行成本较高。适用于氢氧化钠或碳酸钠来源较充足的地区。

4.3.4 金属氧化物吸收脱硫技术

4.3.4.1 技术原理

根据部分金属氧化物如 MgO 、 ZnO 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 CuO 等对 SO_2 都具有较好吸收能力的原理，对含 SO_2 废气进行处理。通常将氧化物制成浆液洗涤气体，此技术可以有效地同冶金工艺相结合，处理低浓度的 SO_2 废气。国内已有工业装置的有氧化锌法、氧化镁法和氧化锰法。工艺过程包括吸收剂浆液制备、 SO_2 吸收、饱和浆液的浓缩和干燥、脱硫剂再生等。

4.3.4.2 消耗及污染物排放

金属氧化物吸收需要消耗金属氧化物、电能和水。金属氧化物法脱硫效率可达 90% 以上，基本可以满足铜冶炼企业烟气尾气脱硫的排放要求。

4.3.4.3 技术适用性及特点

金属氧化物法脱硫适用范围较小，主要应用于金属氧化物易得或金属氧化物为副产物的冶炼厂烟气脱硫。金属氧化物法脱硫运行成本较低，脱硫副产物可与冶炼工艺相结合，减少二次污染。金属氧化物法普遍存在管道及阀门堵塞问题，影响系统稳定运行和开工率。

4.3.5 有机溶液循环吸收脱硫技术

4.3.5.1 技术原理

有机溶液循环吸收脱硫技术采用的吸收剂是以离子液体或有机胺类为主，添加少量活化剂、抗氧化剂和缓蚀剂组成的水溶液；该吸收剂对 SO_2 气体具有良好的吸收和解吸能力，在低温下吸收 SO_2 ，高温下将吸收剂中 SO_2 再生出来，从而达到脱除和回收烟气中 SO_2 的目的。工艺过程包括 SO_2 的吸收、解析、冷凝、气液分离等过程，得到纯度为 99% 以上的 SO_2 气体送制酸工艺。

4.3.5.2 消耗及污染物排放

溶液循环吸收法需要消耗有机吸收剂、低压蒸汽、除盐水和电能。有机溶剂年消耗量约占系统溶剂

总量的 5%~10%，溶液再生低压蒸汽压力为 0.4MPa~0.6MPa。除盐水主要用于吸收剂的配制、系统补水和净化系统的再生。溶液循环吸收法脱硫效率可达 99%，在烟气除尘降温单元有含氯离子及重金属离子酸性废水排放。

4.3.5.3 技术适用性及特点

适用于厂内低压蒸汽易得，烟气 SO₂ 浓度较高、波动较大，副产物二氧化硫可回收利用的冶炼企业。该技术不需要运输大量的吸收剂，流程简洁，自动化程度高，副产高浓度二氧化硫。但该技术一次性投资大，再生蒸汽能耗较高，同时存在较严重的设备腐蚀问题，运行维护成本高。

4.3.6 活性焦吸附法脱硫技术

4.3.6.1 技术原理

活性焦吸附污染物时有两种作用机理，一种为物理吸附，一种为化学吸附。活性焦脱硫系统由烟气系统、吸附系统、解析系统、活性焦储存及输送系统、硫回收系统等组成。活性焦吸附 SO₂ 后，在其表面形成硫酸存在于活性焦的微孔中，降低其吸附能力，可采用洗涤法和加热法再生。再生回收的高浓度 SO₂ 混合气体送入硫回收系统作为生产浓硫酸的原料。

4.3.6.2 消耗及污染物排放

需要消耗活性焦、电能和（或）蒸汽。脱硫效率可达 95.6%，同时具有脱尘、脱硝、除汞等重金属的功能，无二次污染排放。

4.3.6.3 技术适用性及特点

适用于厂内蒸汽供应充足，场地宽裕，副产物二氧化硫可回收利用的冶炼企业。工艺流程简单，活性焦廉价易得，再生过程中副反应少。吸附容量有限，需要在低气速（0.3m/s~1.2m/s）下运行，因而吸附体积较大。化学再生和物理循环过程中活性焦会气化变脆、破碎及磨损而粉化，并因微孔堵塞丧失活性。

4.3.7 脱硫新技术

4.3.7.1 等离子体烟气脱硫脱硝技术

等离子体烟气脱硫脱硝技术采用烟气中高压脉冲电晕放电产生的高能活性离子，将烟气中 SO₂ 和 NO_x 氧化为高价的硫氧化物和氮氧化物，最终与水蒸汽和注入反应器的氨反应生成硫酸铵和硝酸铵。等离子体烟气脱硫脱硝的特点是工程投资及运行费用低，能同时脱硫脱硝，产物可以作为肥料，无二次污染。

4.3.7.2 生物脱硫技术

生物脱硫可将烟气中的二氧化硫以具有经济价值的单质硫的形式分离回收。生物脱硫的运行成本比传统脱硫方式运行费用低 30%以上。

4.4 其它废气治理技术

4.4.1 填料吸收塔废气吸收技术

4.4.1.1 技术原理

该技术利用酸液的溶解特性，使含酸气体充分与水接触，溶于水中，得以净化。

4.4.1.2 消耗及污染物排放

能耗主要为风机及循环泵动力消耗。进塔酸雾浓度低于 600mg/m³ 时，净化效率可达 90%~95%。

4.4.1.3 技术适用性及特点

技术成熟实用，设备构造简单，运行管理方便。适用于硫酸雾、盐酸雾以及其他水溶性气体的吸收处理。吸收液有水和碱液两种，视被吸收有害物质的成分确定。采用空塔喷淋时可作为废气处理的预处理。

4.4.2 动力波湍冲废气吸收技术

4.4.2.1 技术原理

利用吸收液与废气相互碰撞、扩散，在固定区域内形成一段稳定的湍冲区，气液之间达到充分的传质、传热，酸性废气与碱性吸收液在湍冲区进行中和反应，达到处理酸性废气的目的。吸收液流入塔底，气体则经除雾器去除水雾、液滴分离器去除水滴后，排至室外大气。

4.4.2.2 消耗及污染物排放

能耗主要为风机及循环泵动力消耗。净化效率可达 99%。

4.4.2.3 技术适用性及特点

吸收塔采用空塔设计，无填料区，避免填料层易老化、堵塞的缺点，减少维护费用。排气量可在 50%~100%间变化，而不降低吸收效率。洗涤循环液浓度可比传统流程的循环液浓度高，而不影响动力波湍冲洗涤塔的正常运行。外型尺寸小、占地少，制作安装简单。适用于氯气、氮氧化物等废气的吸收处理。

4.5 废水治理技术

4.5.1 硫化法+石灰石中和法处理污酸

4.5.1.1 技术原理

硫化法是向废水中投加硫化剂，使废水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做进一步处理。硫化物法+石灰中和法处理污酸工艺流程见图 3。

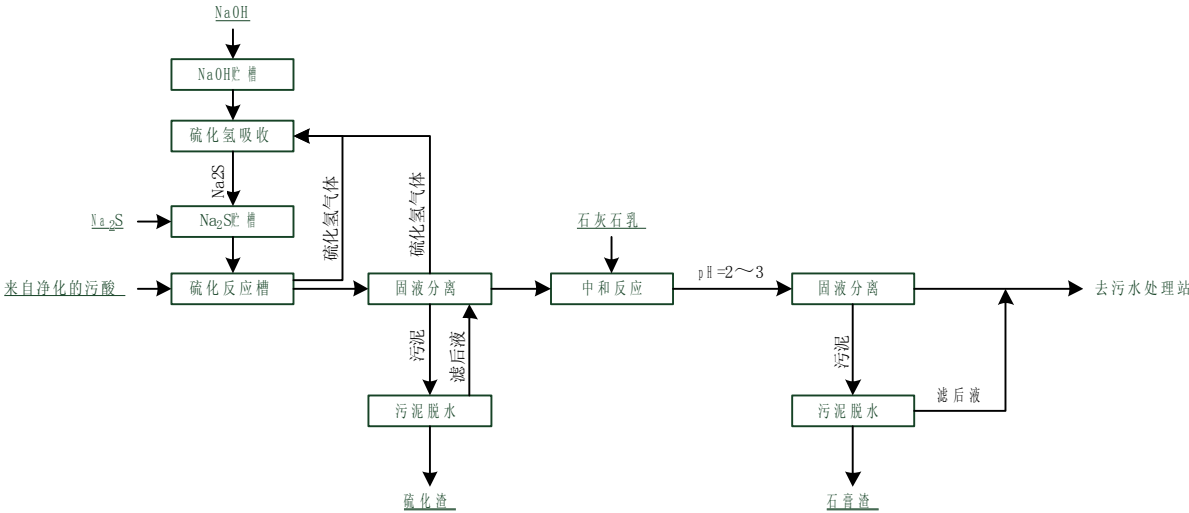


图 3 硫化物法+石灰中和法处理污酸工艺流程图

4.5.1.2 消耗及污染物排放

常用的硫化剂有硫化钠(Na_2S)、硫化氢(H_2S)、硫化亚铁 (FeS)。去除率 Cu: 96%~98%、As: 96%~98%。

4.5.1.3 技术适用性及特点

主要去除镉、砷、锑、铜、锌、汞、银、镍等，可用于含砷、汞、铜离子浓度较高的废水。具有渣量少、易脱水、沉渣金属品位高的特点，有利于有价金属的回收。

4.5.2 石灰中和法处理废水

4.5.2.1 技术原理

向重金属废水中投加石灰，使重金属离子与羟基反应，生成难溶的金属氢氧化物沉淀、分离。对于含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。

4.5.2.2 消耗及污染物排放

中和剂为石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)，去除率 Cu : 98~99%、As: 98~99%、F : 80~99%、其他重金属离子 98~99%。

4.5.2.3 技术适用性及特点

可用于去除铁、铜、锌、铅、镉、钴、砷等。氢氧化物沉淀法处理重金属废水具有流程短、处理效果好、操作管理简单、处理成本低廉、便于回收有价金属的特点。该技术不适用于汞的脱除。

4.5.3 石灰-铁盐（铝盐）法处理废水

4.5.3.1 技术原理

石灰-铁盐法是向废水中加石灰乳($\text{Ca}(\text{OH})_2$)，并投加铁盐，如废水中含有氟时，需投加铝盐。将 pH 调整至 9~11，去除污水中的 As、F、Cu、Fe 等重金属离子。铁盐通常采用硫酸亚铁、三氯化铁和聚铁，铝盐通常采用硫酸铝、氯化铝。石灰-铁盐（铝盐）法处理废水工艺流程见图 4。

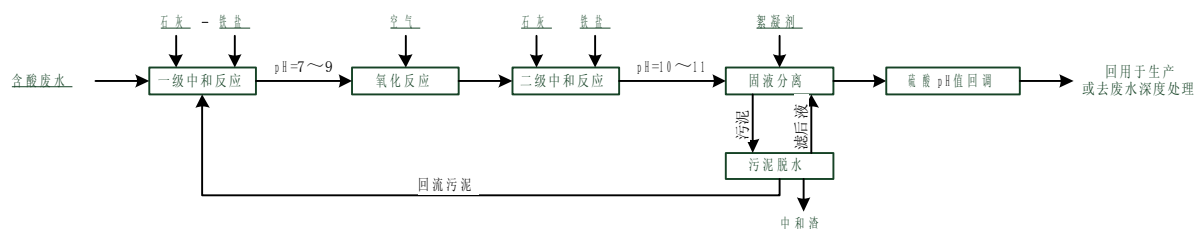


图 4 石灰-铁盐（铝盐）法处理废水工艺流程图

4.5.3.2 消耗及污染物排放

需投加药剂有：石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、硫酸亚铁(FeSO_4)、氯化铁(FeCl_3)和聚合硫酸铁等。去除率 Cu : 98~99%、As: 98~99%、F : 80~99%、其他重金属离子 98~99%。

4.5.3.3 技术适用性及特点

此法的优点是除砷效果好，工艺流程简单，设备少，操作方便。缺点是砷渣过滤困难。该方法适用于去除钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、镉、锡、汞、铅、铋等。一般适用于含砷、含氟废水，可以使除汞之外的所有重金属离子共沉。

4.5.4 净化+反渗透废水深度处理技术

4.5.4.1 技术原理

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。废水深度处理工艺流程见图 7。

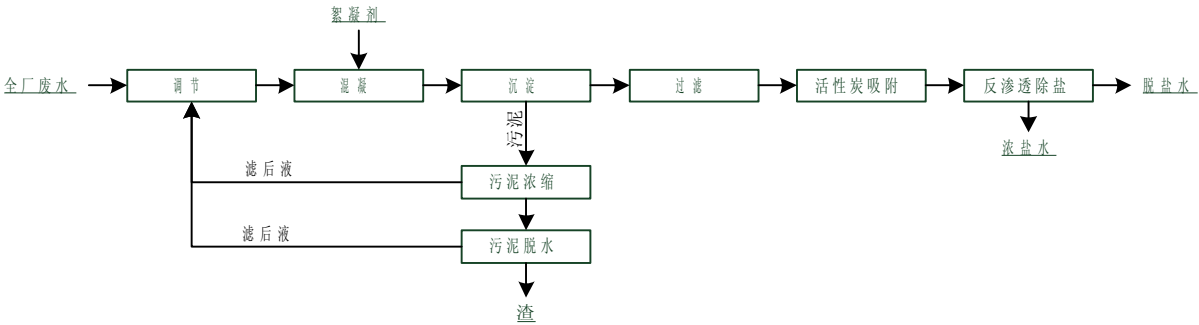


图 5 废水深度处理工艺流程图

4.5.4.2 消耗及污染物排放

需用的药剂有混凝剂、助凝剂、阻垢剂，脱盐率达到 75%，出水悬浮物浓度（SS）低于 5mg/L。

4.5.4.3 技术适用性及特点

出水水质能达到工业循环水的标准。适用于对一般生产生活废水、循环水排污水的处理。

4.5.5 废水处理新技术

4.5.5.1 电凝聚法处理重金属废水

以铝、铁等金属为阳极，在电流作用下，金属离子进入水中与水电解产生的氢氧根形成氢氧化物，氢氧化物絮凝将重金属吸附，生成絮状物，从而使水得到净化。

该技术具有结构紧凑，占地面积小，不需要使用药剂，维护操作方便，自动化程度高等优点。

4.6 固体废物治理技术

4.6.1 一般工业固体废物的综合利用

贫化电炉产生的水淬渣，经鉴别不具有危险特性，属于一般固体废物，可用于生产建材或除锈，如可作为矿渣水泥的掺和料或售给造船厂作喷砂除锈的载体。渣选矿产生的尾矿用于生产建筑材料。污酸处理产生的石膏渣可作为生产水泥的添加剂。

4.6.2 一般工业固体废物的堆存

属于一般工业固体废物的，可建立处置场永久性集中堆放。

按照《固体废物浸出毒性浸出方法》（GB 5086）规定方法进行浸出试验的浸出液中，任何一种污

染物的浓度均未超过《污水综合排放标准》(GB 8978)最高允许排放浓度,且 pH 在 6~9 范围内的,属于第 I 类工业固体废物,按 I 类场标准处置。

按照《固体废物浸出毒性浸出方法》(GB 5086)规定方法进行浸出试验的浸出液中,有一种或一种以上的污染物的浓度超过《污水综合排放标准》(GB 8978)最高允许排放浓度,或者 pH 在 6~9 范围之外的,属于第 II 类工业固体废物,按 II 类场标准处置。

4.6.3 危险固体废物的综合利用

有金属回收价值的危险固体废物,应首先考虑综合回收利用。

可采用的冶金方法有浮选法、挥发法、熔炼法、湿法冶金法等。对含挥发性的金属和金属氧化物、硫化物可采用烟化炉或回转窑进行烟化挥发处理,对含 Cu 和贵金属的渣可采用造钼生产低品位金属钼回收 Cu、Ni、Co 和 Au、Ag。制酸系统铅渣可回用于炼铅。污酸处理产生的硫化渣属危险固体废物,可用于回收铜及砷。

4.6.4 危险固体废物的填埋

无金属回收利用价值的危险固体废物,应建立危险固废填埋场。

污水处理产生的中和渣含 As^{3+} 、 F^- 、 Cu^{2+} 等重金属离子属于危险固体废物,按危险固体废物处理处置。湿法炼铜生产过程产生的浸出渣,通常含有少量重金属元素和酸根离子,如 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 等,属于危险废物。对危害较大的固体废物(如砷渣),可先固化后填埋。固化法能大幅度减少废物中金属离子的溶出数量,消除(或减轻)污染。

4.7 噪声治理技术

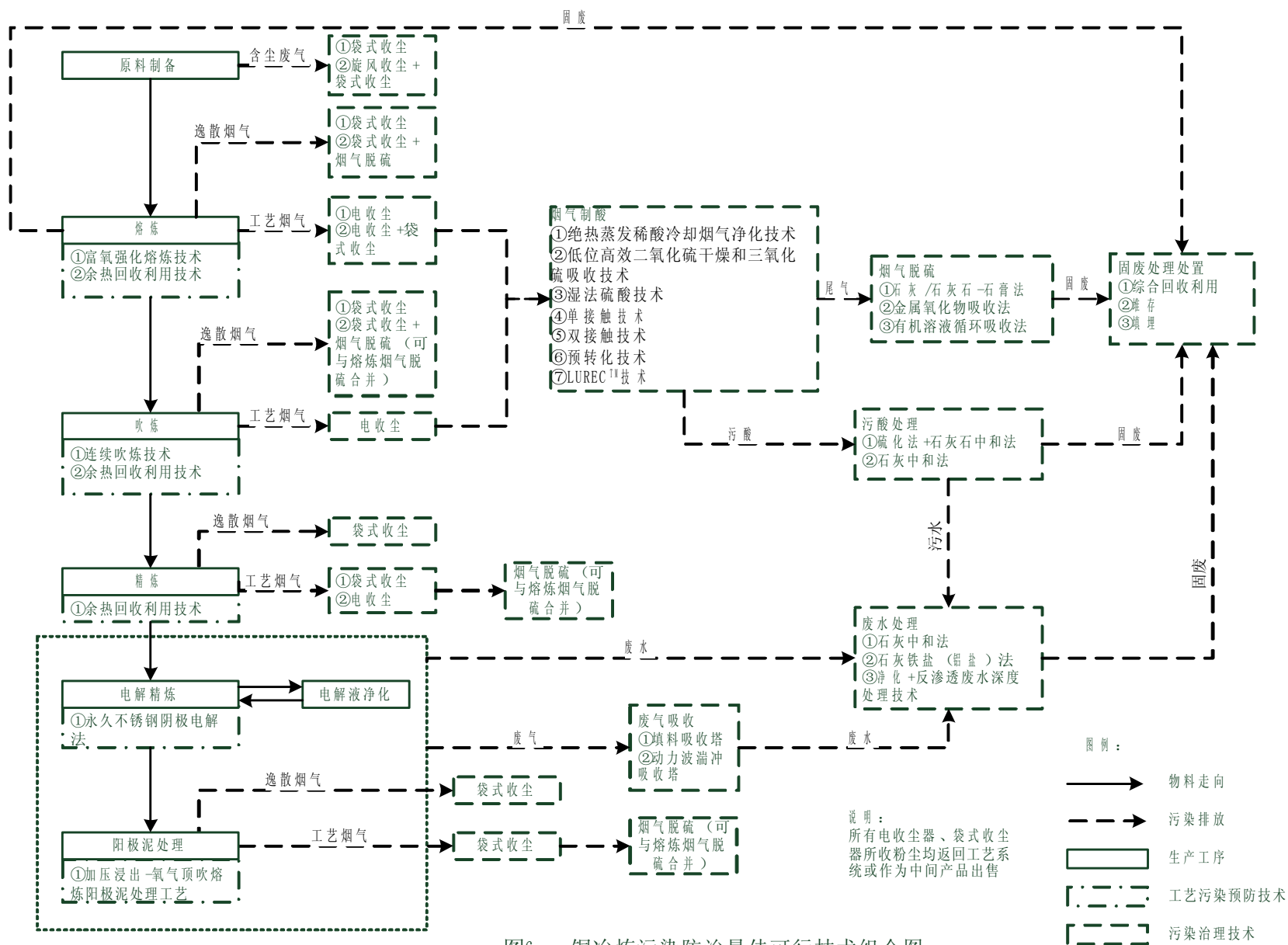
铜冶炼生产过程噪声源较多,噪声类型也不尽相同,应针对具体情况,主要从三个环节进行治理:根治声源噪声、在传播途径上控制噪声、在接受点进行个体防护。

- 根治噪声源。在满足工艺设计的前提下,尽可能选用低噪声设备,采用发声小或基本不发声的装置。
- 在传播途径上控制噪声。在设计中,着重从消声、隔声、隔振、减振及吸声上进行考虑,结合合理布置厂内设施,采取绿化等措施,可降低噪声 35dB(A)左右,使噪声得到综合性治理。
- 个人防护。主要措施有在工段中设置必要的隔声操作间、控制室等,使室内的噪声符合有关卫生标准。

5 铜冶炼污染防治最佳可行技术

5.1 铜冶炼污染防治最佳可行技术概述

铜冶炼污染防治最佳可行技术包括工艺过程污染预防最佳可行技术和污染治理最佳可行技术。前者包括富氧强化熔炼技术、连续吹炼技术、余热回收利用技术、永久不锈钢阴极电解技术和加压浸出--氧气顶吹熔炼阳极泥处理工艺。后者包括烟气收尘最佳可行技术、烟气制酸最佳可行技术、烟气脱硫最佳可行技术、通风除尘最佳可行技术、废水处理最佳可行技术、固体废物处理最佳可行技术。铜冶炼污染防治最佳可行技术组合图见图 6。



5.2 工艺过程污染预防最佳可行技术

工艺工程污染预防最佳可行技术见表 5。

表 5 工艺工程污染预防最佳可行技术

最佳可行技术	适用范围
富氧强化熔炼技术	适用于铜冶炼熔炼工序
余热回收利用技术	适用于铜硫熔炼、吹炼、精炼生产过程。
连续吹炼技术	适用于铜硫吹炼生产系统。
永久不锈钢阴极电解法	适用于现代大型铜冶炼企业。
加压浸出+氧气顶吹熔炼阳极泥处理	适用于单系统铜熔炼能力在 20 万吨/年及以上的项目。

5.3 烟气收尘最佳可行技术

冶炼烟气收尘是从火法冶炼过程的含尘烟气中分离回收烟尘，收尘设备设在工艺炉窑后或余热锅炉后。收尘过程既是污染治理过程，也是生产过程。烟尘是重要的二次资源，甚至是生产工艺过程的重要中间产品。烟尘返回生产工艺形成物料的闭路循环或者作为产品出售。主要的收尘过程有干燥烟气收尘、熔炼烟气收尘、吹炼烟气收尘、含砷熔炼烟气收尘、电炉贫化烟气收尘、精炼烟气收尘。

● 干燥烟气收尘

精矿干燥过程中产生的烟气含水量大，烟气温度为 80℃~200℃，烟气含尘 20 g/m³~1000g/m³。干燥收尘可采用袋式收尘器或电收尘器。对于载流干燥烟气收尘，由于烟气中含尘量较大，须在电收尘器前增加沉室和旋风收尘器。

● 熔炼烟气收尘

熔炼炉产生的烟气温度较高，烟气先经余热锅炉降温并收下部分烟尘后进入收尘系统。进入收尘系统的烟气温度为 350℃左右，收尘设备采用电收尘器，收下的烟尘采用气力输送的方式返回配料，收尘后的烟气送硫酸厂制酸，送硫酸厂烟气含尘量宜低于 500mg/m³。

● 吹炼烟气收尘

吹炼烟气温度在 800℃左右，一般设余热锅炉降温并回收余热。当不需要回收余热时，也可采用喷雾冷却器降温。收尘设备采用电收尘器，收下的烟尘采用气力输送的方式返回配料，喷雾冷却器收下的含块状的烟尘不宜直接采用气力输送的方式输送。收尘后的烟气送硫酸厂制酸，送硫酸厂烟气含尘量宜低于 500mg/m³。

● 含砷熔炼烟气收尘

当熔炼炉烟气中含砷较高时，须将砷回收利用。烟气进入收尘系统后，先采用电收尘器回收有价金属。电收尘器处理后的烟气经骤冷塔降温，使砷绝大部分变为固态，之后由袋式收尘器回收，系统收砷效率约 92%。收下的砷烟尘经包装后外卖或进一步加工处理，收尘后的烟气送硫酸厂制酸。

● 电炉贫化烟气收尘

电炉贫化烟气温度在 800℃左右，由于烟气量较小，一般余热不进行回收。烟气首先采用水套烟道冷却，将烟气温度降至 350℃左右，之后进入电收尘器收尘，收下的烟尘采用气力输送的方式返回配料，收尘后的烟气送硫酸厂制酸或送脱硫系统，送硫酸厂（脱硫）烟气含尘量宜低于 200mg/m³。

● 精炼烟气收尘

精炼烟气温度较高，余热需回收利用。烟气经过余热锅炉和烟气换热器后温度降至 380℃左右，通过冷却烟道将温度降到 150℃左右，然后烟气通入袋式除尘器或电收尘器净化，净化后的烟气通过烟囱排放。收尘器收下的烟尘返配料。

● 通风除尘

通风除尘技术主要包括以下几方面的内容：

除尘：备料阶段物料存储、转运、破碎、筛分、上料过程中各扬尘点设排风设施，排风经袋式除尘器净化后排空；

环保通风：冶金炉物料加入口、铜硫放出口、渣放出口、溜槽、包子房及其他炉体开孔部位设排风设施，烟气经除尘脱硫后排空。

5.3.1 电收尘技术

5.3.1.1 最佳可行工艺参数

电收尘器计算参数的选择，应符合表 6 的规定。当电收尘器入口含尘量超过 $50\text{g}/\text{m}^3$ 时，应采取相应的措施，如采用预收尘设备、采用五电场电收尘器、采用高频电源供电等。

表 6 电收尘器计算参数

参数名称	参数指标
烟尘粒度	$\geq 0.1\mu\text{m}$
烟气过滤速度	$0.2\sim 1.0\text{m}/\text{s}$
设备阻力	$\leq 400\text{Pa}$
允许操作温度	$\leq 400^\circ\text{C}$ （高于露点温度 30°C ）
允许烟气含尘量	$50\text{g}/\text{m}^3$
烟尘比电阻	$1\times 10^4\Omega\cdot\text{cm}\sim 5\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$
驱进速度	$2\sim 10\text{cm}/\text{s}$

5.3.1.2 污染物消减及排放

电除尘器除尘效率为 $99.0\%\sim 99.8\%$ ，烟尘排放浓度可达 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。由于电收尘不是烟气处理的最末端，后续处理有烟气制酸及烟气脱硫，因此对电收尘器后粉尘浓度的控制应结合技术及经济因素综合考虑。一般送硫酸厂烟气粉尘浓度控制在 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

5.3.1.3 二次污染及防治措施

电收尘器卸灰过程中可能造成二次扬尘。防治措施包括密闭运输，如采用埋刮板、斗式提升机、螺旋输送机等密闭运输设备；采用密闭罐车运输；采用气力输灰系统。

5.3.1.4 技术经济适用性

一次性投资大，运行和维护成本低。主要用于熔炼炉收尘、吹炼炉收尘、贫化电炉收尘。

5.3.2 袋式收尘技术

5.3.2.1 最佳可行工艺参数

袋式收尘器计算参数的选择应符合表 7 的规定。

表 7 袋式收尘器计算参数

参数名称	参数指标
烟尘粒度	$\geq 0.1\mu\text{m}$
烟气过滤速度	$0.2\sim 1.0\text{m}/\text{min}$
设备阻力	$1200\sim 2000\text{Pa}$
允许操作温度	$\leq 250^\circ\text{C}$

允许烟气含尘量	50g/m ³
---------	--------------------

袋式收尘器滤料的选择应考虑烟气的性质及烟气温度的波动。各种滤料操作温度应符合表 8 的规定。

表 8 滤料允许操作温度

滤料名称	允许最高操作温度 (°C)
毛呢、柞蚕丝	100
涤纶 208	120
诺梅克斯和美塔斯 (MATAMEX)	220
玻璃纤维	250
聚四氟乙烯 (PTFE)	250
聚苯硫醚 (PPS)	190
聚酰亚胺 (P84)	250
氟美斯 (FMS)	260

5.3.2.2 污染物消减及排放

袋式除尘器的除尘总效率在 99.5%以上，最高可达 99.99%。烟尘排放浓度可低于 30mg/m³。

5.3.2.3 二次污染及防治措施

袋式收尘器卸灰过程中可能造成二次扬尘。防治措施包括密闭运输，如采用埋刮板、斗式提升机、螺旋输送机等密闭运输设备；采用密闭罐车运输；采用气力输灰系统。

5.3.2.4 技术经济适用性

袋式收尘器初投资较低，约为 400 元/ m²~1500 元/ m²，费用的高低主要取决于滤袋材质的不同。运行费用高，主要来自更换滤袋的费用及风机电耗。适用于精矿干燥烟气收尘、阳极炉烟气收尘、含砷烟气收尘、备料除尘、环保通风除尘。

5.3.3 旋风收尘技术

5.3.3.1 最佳可行工艺参数

旋风收尘器计算参数的选择应符合表 9 的规定。

表 9 旋风收尘器计算参数

参数名称	参数指标
烟尘粒径	≥10μm
入口烟气流速	12~25m/s
筒体断面流速	3~5m/s
阻力	800~1500Pa
允许操作温度	≤450°C
允许烟气含尘量	1000g/m ³

5.3.3.2 污染物消减及排放

旋风除尘器只作为预除尘设备使用。

5.3.3.3 二次污染及防治措施

旋风收尘器卸灰过程中可能造成二次扬尘。防治措施包括密闭运输，如采用埋刮板、斗式提升机、螺旋输送机等密闭运输设备；采用密闭罐车运输；采用气力输灰系统。

5.3.3.4 技术经济适用性

旋风收尘器作为预收尘器使用，以减轻后续收尘设备的负荷。

5.3.4 烟气收尘最佳可行技术主要技术参数

袋式收尘器、电收尘器、旋风收尘器是铜冶炼企业烟尘排放控制的可行技术，其主要技术参数见表 10。

表 10 烟气收尘最佳可行技术主要技术参数

烟气来源	最佳可行技术及流程	系统总收尘效率 (%)	系统总漏风率 (%)	收尘器操作温度 (℃)
铜精矿干燥窑烟气	干燥窑→袋式收尘器	≥99	≤10	——
	干燥窑→电收尘器	≥99	≤10	——
铜精矿载流干燥烟气	载流管→沉尘室→一级旋风收尘器→二级旋风收尘器→风机→电收尘器	≥99.9	≤20	——
顶(底)吹熔炼炉熔炼烟气	余热锅炉→电收尘器	≥99	≤15 不含锅炉	≥300
闪速炉熔炼烟气	余热锅炉→电收尘器 (必要时可设粗收尘)	≥99.5	≤15 不含锅炉	≥300
吹炼烟气	转炉→余热锅炉(喷雾冷却器)→电收尘器	≥98	≤15 不含锅炉(喷雾冷却器)	≥300
含砷熔炼烟气	余热锅炉→电收尘器 →骤冷塔→袋式收尘器	≥99.9 ≥92 (收砷效率)	≤15	≥350
电炉贫化烟气	电炉→水套烟道→电收尘器→风机→制酸	≥99	≤10	≥300
精炼烟气	阳极炉→余热锅炉→ 烟气换热器→冷却烟道→ 袋式除尘器 (或电收尘器)	≥99	≤10	150 (袋式)

5.4 烟气制酸最佳可行技术

烟气制酸最佳可行技术见表 11。

表 11 烟气制酸最佳可行技术

所在工段	最佳可行技术	最佳可行工艺参数	污染物消减及排放	技术经济适用性
烟气净化	绝热蒸发 稀酸冷却烟气 净化技术	一级洗涤进口烟气温度 250℃～ 280℃ 一级洗涤出口烟气温度 55℃～ 65℃ 电除雾器进口烟气温度～42℃	烟气净化外排 压滤渣和废酸。采 用绝热蒸发稀酸冷 却烟气净化技术， 提高了循环酸浓	适用于所有铜 冶炼烟气的湿式净 化。

			出电除雾器酸雾含量 $<5\text{ mg/Nm}^3$ 出电除雾器尘含量 $<2\text{ mg/Nm}^3$ 出电除雾器砷含量 $<1\text{ mg/Nm}^3$ 出电除雾器氟含量 $<0.5\text{mg/Nm}^3$ 出电除雾器氯含量 $<1\text{ mg/Nm}^3$	度，减少了废酸排放量，降低了新水消耗。	
干燥吸收	低位高效 二氧化硫干燥 和三氧化硫吸收技术		出干燥塔烟气水分 $\leq 100\text{ mg/Nm}^3$ 干燥塔循环酸浓度 93%~95% 干燥塔出塔酸温 $<65^\circ\text{C}$ 吸收塔循环酸浓度 98.2%~98.8% 吸收塔循环酸温度 $45^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$ 吸收塔进塔气温 $130^\circ\text{C}\sim 180^\circ\text{C}$	尾气酸雾含量 $\leq 40\text{mg/Nm}^3$ 尾气 SO_2 含量 $\leq 400\text{mg/Nm}^3$ SO_3 吸收效率 $\geq 99.99\%$	适用于所有铜冶炼烟气二氧化硫干燥和三氧化硫吸收
转 化 S O ₂ 浓 度	1.5%~3.5%	湿法硫酸技术	冷凝酸浓度 $>93\%$	冷凝后尾气 SO_2 浓度 $\leq 300\text{mg/Nm}^3$	适用于处理 SO_2 浓度为 1.75%~3.5%的烟气
	3.5%~6%	单接触技术	因 SO_2 转化率较低，尾气须经脱硫处理	SO_2 转化率 $\geq 95\%$	适用于 SO_2 浓度在 3.5%~6%之间的烟气制取硫酸。
	6%~14%	双接触技术	尾气可经脱硫装置处理	SO_2 总转化率 $\geq 99.5\%$	适用于 SO_2 浓度在 6%~14%之间的烟气制取硫酸。
	$>14\%$	预转化技术	配合双接触技术使用。根据平衡转化率确定最佳操作条件，依据尾气 SO_2 排放浓度以及排放总量要求确定总转化率，可采用低温触媒，改变操作温度，确保最终转化率	SO_2 总转化率 $\geq 99.85\%$	适用于处理 SO_2 浓度 $>14\%$ 的烟气
	$>14\%$	LUREC™ 再循环技术	配合双接触技术使用。根据实际 SO_2 浓度和换热要求，确定 SO_3 烟气循环量	SO_2 总转化率 $\geq 99.9\%$	适用于处理 SO_2 浓度 $>14\%$ 的烟气

5.5 烟气脱硫最佳可行技术

低浓度 SO_2 烟气处理除采用湿法硫酸工艺、非稳态转化工序生产硫酸外，通常采用脱硫剂吸收 SO_2 ，将烟气中的 SO_2 控制在排放指标范围内。

5.5.1 石灰/石灰石-石膏法烟气脱硫技术

5.5.1.1 最佳可行工艺参数

为保证脱硫效率，应选择活性好且 CaCO_3 含量大于 90%的脱硫剂；石灰石粉的细度保证 250 目 90% 过筛率。当 Ca/S 摩尔比为 1.02~1.05、循环浆液 pH 值为 5.0~6.0 时，脱硫效率应在 95%以上；脱硫石膏纯度应在 90%以上，脱硫系统阻力应小于 2500Pa。

5.5.1.2 污染物削减及排放

当烟气 SO_2 含量为 $1000\text{mg/m}^3\sim 3500\text{mg/m}^3$ 时， SO_2 排放浓度应在 200mg/m^3 以下，脱硫效率高于 95%。

5.5.1.3 二次污染及防治措施

脱硫废水应采用石灰处理、混凝澄清和中和处理后回用。脱硫产生的石膏应外运综合利用。脱硫系统循环水泵、增压风机、氧化风机等设备应采用隔声处理。

5.5.1.4 技术经济适用性

石灰石/石灰-石膏法适用于 SO_2 浓度小于 $5000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的冶炼烟气治理，尤其适用于精炼炉等高温烟气 SO_2 治理。该技术的一次性投资为 $40\text{ 元}/\text{Nm}^3$ 左右，运行费用相对较低，吸收剂石灰石廉价易得，该技术脱硫副产物为石膏，高质量石膏具有综合利用价值。该技术的治理成本为 $1000\text{ 元}/\text{吨} \sim 4000\text{ 元}/\text{吨 } \text{SO}_2$ 。

5.5.2 金属氧化物吸收烟气脱硫技术

5.5.2.1 最佳可行工艺参数

为保证脱硫效率，应选择活性好且有效成份含量不低于 50% 的脱硫剂；配浆用金属氧化物粉的细度应保证 200 目 90% 过筛率。根据吸收剂的不同选择合适的摩尔比和喷淋密度，循环液 pH 值要根据脱硫效率适当调整，保证最终脱硫效率不低于 90%，系统阻力小于 2500Pa 。

5.5.2.2 污染物削减及排放

当烟气 SO_2 含量为 $1000\text{mg}/\text{m}^3 \sim 3500\text{mg}/\text{m}^3$ 时， SO_2 排放浓度应在 $350\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，脱硫效率高于 90%。

5.5.2.3 二次污染及防治措施

脱硫废水应采用石灰处理、混凝澄清和中和处理后回用，也可排入全厂废水处理站集中处理。脱硫产生的金属硫酸盐或亚硫酸盐废渣尽量综合利用。不能综合利用的按国家固体废物处置要求处理。

5.5.2.4 技术经济适用性

金属氧化物吸收法适用于有充足的金属氧化物副产物供应的新、改、扩建冶炼企业，尤其适用于金属硫酸盐及亚硫酸盐副产物可以综合利用的铜冶炼企业。该技术的一次性投资为 $30\text{ 元}/\text{Nm}^3$ 左右，运行费用主要为电力和水消耗，吸收剂不记入运行成本，该技术副产物可与冶炼工艺结合，回收有价金属。该技术的治理成本为 $800\text{ 元}/\text{吨} \sim 2000\text{ 元}/\text{吨 } \text{SO}_2$ 。适用于烟气中 SO_2 含量小于 $3000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的冶炼烟气治理。

5.5.3 有机溶液循环吸收烟气脱硫技术

5.5.3.1 最佳可行工艺参数

脱硫效率不低于 96%，副产 SO_2 纯度不小于 99%。吸收剂年损失率不大于 10%，低压蒸汽（ $0.4\text{Mpa} \sim 0.6\text{Mpa}$ ）消耗不大于 $25\text{t 蒸气}/\text{吨 } \text{SO}_2$ 。系统阻力不大于 1800Pa 。

5.5.3.2 污染物削减及排放

当烟气中 SO_2 含量为 $5000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下时， SO_2 排放浓度应在 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，脱硫效率高于 96%。

5.5.3.3 二次污染及防治措施

少量脱硫废水可送至全厂污水处理站处理。

5.5.3.4 技术经济适用性

有机溶液循环吸收法对烟气含硫量具有较强的适应性，副产物二氧化硫可以直接送入冶炼制酸工艺单元，增加硫酸产量。尤其适合 SO_2 含量大于 $3000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的烟气治理。该技术目前主体设备采用不锈钢材质，一次性投资较高，约为 $200\text{元}/\text{Nm}^3$ 。适用于 SO_2 浓度大于 $3000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，有配套冶炼烟气制酸的冶炼企业，尤其适合制酸尾气脱硫。

5.5.4 铜冶炼烟气脱硫最佳可行技术适用性

石灰/石灰石-石膏法烟气脱硫技术、金属氧化物吸收烟气脱硫技术、有机溶液循环吸收烟气脱硫技术是铜冶炼企业烟气脱硫最佳可行技术。

表 12 铜冶炼烟气脱硫最佳可行技术适用性

最佳可行技术	烟尘排放浓度控制水平	脱硫效率	适用的烟气 SO_2 浓度范围
石灰/石灰石-石膏法烟气脱硫技术	$<200\text{mg}/\text{m}^3$	$>95\%$	$1000\text{mg}/\text{m}^3\sim3500\text{mg}/\text{m}^3$
金属氧化物吸收烟气脱硫技术	$<200\text{mg}/\text{m}^3$	$>90\%$	$1000\text{mg}/\text{m}^3\sim3500\text{mg}/\text{m}^3$
有机溶液循环吸收烟气脱硫技术	$<200\text{mg}/\text{m}^3$	$>96\%$	$5000\text{mg}/\text{m}^3$

5.6 其它废气治理最佳可行技术

5.6.1 填料吸收塔技术

5.6.1.1 最佳可行工艺参数

适合处理的废气浓度、净化效果等见表 13。

表 13 填料吸收塔技术性能参数

废气性质	初始浓度	净化效果 (%)
HCl	$\leq 600\text{ mg}/\text{m}^3$	95-99
H_2SO_4	$\leq 600\text{ mg}/\text{m}^3$	90
NO_x	$<3000\text{ mg}/\text{m}^3$	80-90
Cl_2	$<3000\text{ mg}/\text{m}^3$	80-90
吸收中和液	$2\%\sim6\%\text{NaOH}$ 溶液或水	

当入塔初始浓度超过上述数据时可采用串联多级吸收方式，确保排风达标。

5.6.1.2 污染物消减及排放

废气排放浓度可达到如下指标：硫酸雾低于 $40\text{ mg}/\text{Nm}^3$ 、氯气低于 $60\text{ mg}/\text{Nm}^3$ 、氯化氢低于 $80\text{ mg}/\text{Nm}^3$ 。

5.6.1.3 二次污染及防治措施

吸收废液尽可能返回工艺系统或综合利用，无利用价值时送污酸污水处理站。

5.6.1.4 技术经济适用性

建设投资适中，运行费用低，净化效果好。

5.6.2 动力波湍冲废气吸收技术

5.6.2.1 最佳可行工艺参数

适合处理的废气浓度、净化效果等见表 12。

5.6.2.2 污染物消减及排放

废气排放浓度可达到如下指标：硫酸雾低于 40 mg/Nm³、氯气低于 60 mg/Nm³、氯化氢低于 80 mg/Nm³。

5.6.2.3 二次污染及防治措施

吸收废液尽可能返回工艺系统或综合利用，无利用价值时送污酸污水处理站。

5.6.2.4 技术经济适用性

建设投资及运行费用适中，净化效果较好。

5.7 废水治理最佳可行技术

5.7.1 硫化法+石灰石中和法处理污酸

5.7.1.1 最佳可行工艺参数

硫化反应槽 pH 值控制范围小于 2，中和槽 pH 值控制范围 2~3。

5.7.1.2 污染物消减及排放

去除率 Cu: 96%~98%、As: 96%~98%。

5.7.1.3 二次污染及防治措施

硫化渣主要成分为 CuS 和 As₂S₃，属危险固体废物，可用于回收砷、铜等重金属。石膏渣主要成分为 CaSO₄，无毒无害，可作为生产水泥的添加剂。硫化反应槽和硫化浓密机溢出的 H₂S 气体需采用 NaOH 溶液喷淋吸收，生成的 Na₂S 溶液用作硫化法处理废水的药剂。

5.7.1.4 技术经济适用性

建设投资高，运行成本高。

5.7.2 石灰中和法处理污水

5.7.2.1 最佳可行工艺参数

金属氢氧化物的形成条件和存在状态与 pH 值有直接关系。氢氧化物沉淀法的关键是要控制好 pH 值。处理单一重金属离子污水要求的 pH 值如下表：

表 14 处理单一重金属离子污水要求的 pH 值

金属离子	Cd ²⁺	Co ²⁺	Cr ³⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Zn ²⁺
pH 值	11~12	9~12	7~8.5	7~12	9~13	≤4	9~10

5.7.2.2 污染物消减及排放

去除率 Cu : 98%~99%、As : 98%~99%、F : 80%~99%、其他金属离子: 98%~99%。

5.7.2.3 二次污染及防治措施

中和渣中含 As^{3+} 、 F^- 、 Cu^{2+} 等重金属离子，按危险固体废物处理处置。

5.7.2.4 技术经济适用性

流程短、建设投资适中，处理效果好、操作管理简单、处理成本低廉。

5.7.3 石灰-铁盐（铝盐）法处理污水

5.7.3.1 最佳可行工艺参数

中和反应 pH 值控制范围 9~11。

5.7.3.2 污染物消减及排放

去除率 Cu : 98%~99%、As : 98%~99%、F : 80%~99%、其他金属离子: 98%~99%。

5.7.3.3 二次污染及防治措施

中和渣中含 As^{3+} 、 F^- 、 Cu^{2+} 等重金属离子，按危险固体废物处理处置。

5.7.3.4 技术经济适用性

建设投资适中，运行成本高。

5.7.4 净化+反渗透废水深度处理技术

5.7.4.1 最佳可行工艺参数

pH 值控制范围 6~9。

5.7.4.2 污染物消减及排放

出水 SS 低于 5mg/L，脱盐率达到 75%。

5.7.4.3 二次污染及防治措施

沉淀渣属一般固体废物，送渣场堆存。除盐产生的浓盐水回用于冲渣，不外排。

5.7.4.4 技术经济适用性

建设投资高，运行成本高。

5.8 固体废物处理处置最佳可行技术

铜冶炼排放的固体废物主要有：冶炼渣、浸出渣、水处理渣、脱硫副产物等。根据渣的性质、种类、组成，鉴别确定一般固体废物和危险固体废物，分别进行处置或处理。铜冶炼过程中的固体废物处理处置最佳可行技术见表 15。

表 15 固体废物处理处置最佳可行技术

	最佳可行技术	技术适用性
一般 固体废物	综合利用，如可用于生产建材或除锈	一般固体废物，如贫化电炉水淬渣、渣选矿尾矿、石膏渣
	堆存	I 类工业固体废物，按 I 类场标准处置 II 类工业固体废物，按 II 类场标准处置
危险	采用冶金方法综合回收利用，如浮选法、挥	有金属回收价值的危险固体废物

固体废物	发法、熔炼法、湿法冶金法等。	
	填埋、固化填埋。	无金属回收价值的危险固体废物

5.9 最佳环境管理实践

5.9.1 大气污染物治理最佳环境管理实践

- 收尘设备的进出口必须设置温度、压力检测装置及含尘量检测孔。对于送制酸的烟气，可在风机出口处设流量和二氧化硫检测装置。
- 采用袋式收尘器或电收尘器时，应有防止烟气结露的可靠措施，如采取外保温措施，必要时可采取蒸气保温或电加热保温。由于熔炼炉烟气中二氧化硫浓度较高，烟气露点一般在200℃左右，应严格控制收尘系统的操作温度高出烟气露点30℃以上，以防止收尘设备及管道的腐蚀。
- 烟囱入口烟气的温度、压力、流量、含尘量、二氧化硫浓度应进行不定期检测或在线连续检测。
- 收尘系统在负压下操作，以避免有害气体的溢出。排灰设备应密闭良好，防止二次污染的发生。
- 转炉吹炼过程中，排出的烟气含铅锌氧化物的烟尘较多，比电阻高，收尘效率一般在98%左右，且电场风速和驱进速度的取值不宜过高。转炉吹炼为周期性操作，烟气量波动大，风机应设调速装置，以适应烟气的变化，并达到节能的目的。
- 含砷烟气收尘经骤冷塔降温后烟气温度已大大低于烟气露点温度，从骤冷塔以后的收尘设备和管道必须采取防腐措施，可采用不锈钢或内衬防腐材料。收尘系统需设旁路，当处理低砷精矿时，烟气可不经骤冷塔和布袋收尘器，经电收尘器收尘后由风机送酸厂制酸。收下的砷烟尘宜采用就地包装后外运的方法，不得采用正压气力输送的方法。
- 阳极精炼烟气收尘中，袋式除尘器进口处设有放冷风阀，当烟气温度过高时放冷风阀自动打开，以避免袋式除尘器被烧坏。
- 收尘设备的运行状态应进行在线连续监测。
- 烟气脱硫系统进出口均应安装烟气连续监测系统。
- 废气净化设备的进出口必须设置采样孔，对处理的废气进行定期的检测。

5.9.2 水污染物治理最佳环境管理实践

污酸污水处理站需做如下常规检测：

- 进出水流量、水质检测。
- 污酸储槽、调节池、回水池、中和槽、氧化槽 pH 值检测。
- 污酸储槽、各水池液位检测。
- 固液分离后底流污泥浓度检测。

5.9.3 固体废物综合利用及处置最佳环境管理实践

- 对固体废物处置场渗滤液及其处理后的排放水、地下水、大气进行常规监测。
- 固体废物处置场使用单位应建立日常检查维护制度。
- 危险废物填埋场在填埋场投入运行之前，要制订运行计划。此计划不但要满足常规运行，而且要提出应急措施，以便保证填埋场的有效利用和环境安全。