

附件二：

HJ-BAT-xxx

环 境 保 护 技 术 文 件

铅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 Lead Smelting 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 术语及定义.....	2
2 生产工艺及主要污染物排放.....	2
2.1 生产工艺及产污环节.....	2
2.2 主要污染物排放.....	3
3 铅冶炼工艺过程污染预防技术.....	4
3.1 封闭料仓技术.....	4
3.2 熔炼-还原工序.....	4
3.3 烟化工序.....	6
3.4 电解精炼工序.....	6
4 污染治理技术.....	7
4.1 烟气收尘技术.....	7
4.2 烟气制酸.....	8
4.3 烟气脱硫.....	10
4.4 环保通风.....	13
4.5 废水治理技术.....	13
4.6 固体废物治理技术.....	15
4.7 噪声治理技术.....	16
5 铅冶炼污染防治最佳可行技术.....	16
5.1 铅冶炼污染防治最佳可行技术概述.....	16
5.2 工艺过程污染预防最佳可行技术.....	18
5.3 烟气收尘最佳可行技术.....	18
5.4 烟气制酸最佳可行技术.....	21
5.5 烟气脱硫最佳可行技术.....	22
5.6 污酸处理最佳可行技术.....	24
5.7 酸性废水处理最佳可行技术.....	25
5.8 固体废物处理最佳可行技术.....	26
5.9 最佳环境管理实践.....	27

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。

本指南可作为铅冶炼项目环境影响评价、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：中国环境科学研究院、北京矿冶研究总院。

本指南由环境保护部解释。

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于以铅精矿、铅锌混合精矿为主要原料的铅冶炼企业，不包括再生铅冶炼企业。

1.2 术语及定义

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，为减少污染物排放，从整体上实现高水平环境保护所采用的与某一时期技术、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，减少生活、生产活动可能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环境保护所采用的管理活动。

2 生产工艺及主要污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

铅冶炼是先将硫化精矿焙烧或者烧结焙烧，硫化铅（ PbS ）氧化为氧化铅（ PbO ），再利用碳质还原剂在高温下使 PbO 还原为金属铅的过程。

铅冶炼通常分为粗铅冶炼和精炼两个步骤。粗铅冶炼过程是将硫化铅精矿氧化脱硫→还原熔炼→铅渣分离→产出粗铅的过程，粗铅含铅 95%~98%。粗铅冶炼得到的粗铅中含有多种杂质，如铜、镍、钴、铁、锌、砷、锑、锡、金、银、铋等，会影响铅的性质，需要进一步提纯，去除杂质，即精炼。粗铅精炼分为火法精炼和电解精炼两种，我国通常采用电解精炼。

铅冶炼生产过程及其主要产污环节如图 1 所示。

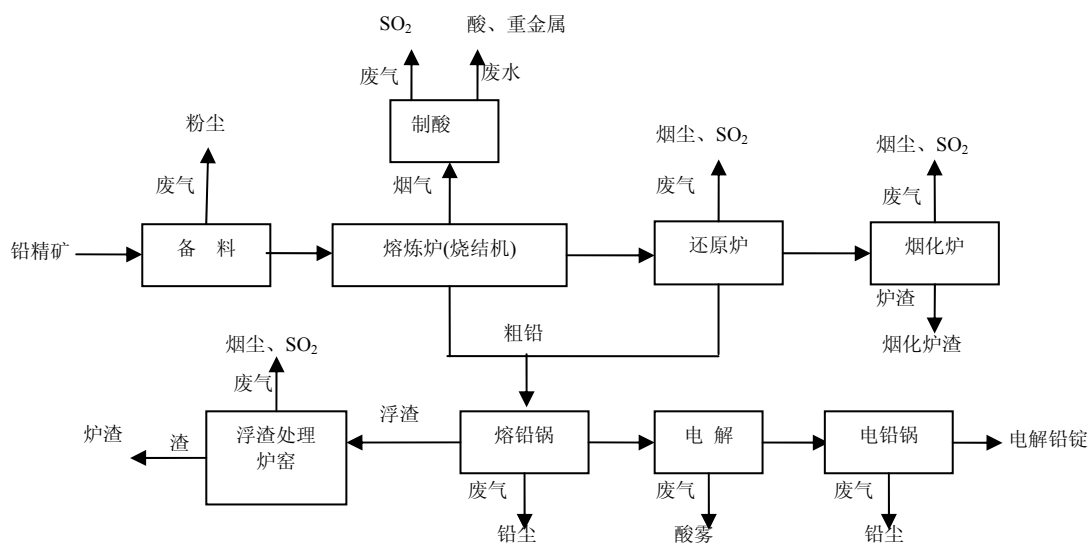


图 1 铅冶炼生产工艺及主要产污环节

注：还原炉包括：鼓风机、密闭鼓风机、侧吹还原炉、底吹还原炉等。

2.2 主要污染物排放

铅冶炼过程中会产生废气(烟粉尘、SO₂、CO 等)、废水(重金属、含酸废水等)、固体废物(炉渣、石膏渣、砷饼等)、噪声等污染物,其中,以废水和废气污染造成的环境问题最为严重。

2.2.1 大气污染

铅冶炼过程中,烧结、鼓风炉熔炼或直接熔炼、粗铅初步火法精炼、阴极铅精炼铸锭、硅氟酸制备、鼓风炉渣处理、各类中间产物(如铜浮渣)的处理、烧结烟尘及鼓风炉烟尘综合回收等工序均有废气产生。废气主要包括粉尘、烟尘和烟气,烟粉尘主要污染物为铅、锌、砷、镉等重金属及其氧化物,烟气主要污染物有 SO₂、CO 等。各工序收尘器所收烟尘均返回生产流程用于金属回收。

铅冶炼生产过程中的废气来源及特征情况见表 1。

表 1 铅冶炼中产生的大气污染物及来源

源型	废气种类	来源及特征	污染物
点源	原料仓及配料系统除尘废气	铅锌精矿仓中给料、输送、混料等末端处理尾气	颗粒物
点源	铅熔炼烟气	制酸后尾气	SO ₂ 、硫酸雾
点源	鼓风炉烟气	鼓风炉	颗粒物、SO ₂
点源	密闭鼓风炉烟气	密闭鼓风炉	一氧化碳、颗粒物, SO ₂
点源	烟化炉烟气	烟化炉	颗粒物、SO ₂
点源	浮渣处理烟气	浮渣处理炉窑	颗粒物、SO ₂
点源	液态高铅渣直接还原烟气	侧吹还原炉、底吹还原炉	颗粒物、SO ₂
点源	环保烟囱烟气*	富氧底吹熔炼炉、鼓风炉、烟化炉、浮渣处理炉窑等处的加料口、出铅口、出渣口以及皮带机受料点等除尘废气	颗粒物、SO ₂
面源	无组织排放	道路扬尘、堆场扬尘	颗粒物
面源	无组织排放	铅电解车间	酸雾

注*: 本指南中的环保烟囱指铅火法冶炼工序的无组织排放废气集中收集后的排放烟囱。

2.2.2 废水污染

铅冶炼生产过程中的废水包括炉窑设备冷却水、烟气净化废水、冲渣废水以及冲洗废水等。

铅冶炼生产过程中的废水来源及特征情况见表 2。

表 2 铅冶炼工艺工业废水产生及来源

废水种类	来源及特征	污染物
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%	基本不含污染物
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	含有酸、重金属离子和非金属化合物
水淬渣水(冲渣水)	对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	含有炉渣微粒及少量重金属离子等
冲洗废水	对设备、地板、滤料等进行冲洗所产生的废水,包括电解或其他湿法工艺操作中因泄漏而产生的废液	含重金属和酸
初期雨水	冶炼厂区前 15mm 雨水	含重金属

2.2.3 固体废物污染

铅冶炼生产过程中产生的固体废物主要有烟化炉渣、浮渣处理炉窑炉渣、煤气发生炉渣、脱硫渣、

含砷废渣等。生产过程中产生的主要固体废物及来源见表 3。冶炼过程中产生的烟尘、浮渣、阳极泥、氧化铅渣等均属于中间产品，需返回工艺流程或单独处理。

表 3 铅冶炼中的主要固体废物及来源

固体废物种类	来源	污染物
鼓风炉渣	鼓风炉熔炼或直接熔炼	铅、锌、砷、镉、铜等
烟化炉渣	烟化炉熔炼	铅、锌、砷、镉、铜等
浮渣处理炉窑炉渣	铜浮渣处理产生炉渣	铅、锌、砷、镉、铜等
砷滤饼	制酸烟气净化系统	砷、铅等
脱硫渣	制酸尾气、熔炼炉烟气等烟气脱硫产出渣	硫酸钙、铅、锌、砷、镉等
污水处理渣	冶炼废水处理污泥	铅、锌、砷、镉、铜等

2.2.4 噪声污染

产生高噪声的主要设备有鼓风机，烟气净化系统风机、余热锅炉排气管及氧气站的空气压缩机、氧压机等，其噪声声级均超过 85dB(A)。

3 铅冶炼工艺过程污染防治技术

3.1 封闭料仓技术

封闭式料仓是以精矿和辅料封闭储存的方式控制扬尘的有效措施。仓内在配料、混料等过程同时设有收尘系统。

封闭料仓技术适用于一般铅冶炼过程的原辅料贮存与配制。由于料仓封闭，故能减少原辅料贮存与配制过程中粉尘的产生与排放。

3.2 熔炼-还原工序

3.2.1 富氧底吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法

该技术也称 SKS 法或水口山法，是用富氧底吹方法熔炼 PbS 精矿，主要设备采用只有氧化段而无还原段的短反应器，即氧气底吹熔炼炉。

富氧底吹熔炼初铅、初渣含硫均较低；生产过程中产出的铅烟尘均密封输送并返回配料，有效防止了铅尘的弥散污染；底吹炉产出的高铅渣为熔融渣，送入鼓风炉过程中无粉尘飞扬污染；投资省，相同生产规模较国外同类技术投资节省 40%~70%；工艺流程短，设备产能高，相同生产规模较传统烧结机-鼓风炉流程投资可节省 10%。

3.2.2 富氧顶吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法

顶吹熔炼炉核心是顶吹浸没喷枪技术，又称为浸没熔炼。主要原理为：通过垂直插入渣层的喷枪向耐火材料砌筑的熔池中直接吹入空气或富氧空气、燃料、粉状物料和熔剂或还原性气体，强烈搅拌熔池，使炉料发生强烈的熔化、硫化、氧化、还原、造渣等物理化学过程。

该技术综合能耗低，处理能力大，生产效率高；顶吹熔炼炉的密封性比较好，冶炼过程中烟气泄露点少，作业环境好，同时产生的烟气 SO₂ 浓度高，完全满足制酸要求，硫回收利用率高；生产效率高；整个工艺采用 DCS 控制，自动程度高。

3.2.3 富氧底吹熔炼-侧吹炉（卧式底吹炉）直接还原炼铅法

铅精矿、熔剂和铅烟尘配料、制粒后，送底吹炉进行氧化熔炼，产出一粗铅和高铅渣，一粗铅铸锭后送精炼车间，熔融高铅渣经溜槽直接加入到还原炉内。

富氧底吹熔炼-液态高铅渣侧吹（底吹）直接还原炼铅法将粗铅综合能耗降至 280kg 标煤/t-Pb，是

能耗较低的炼铅工艺。同时，该技术不使用昂贵的冶金焦，可实现无焦冶炼，降低了粗铅生产成本。

3.2.4 烧结-密闭鼓风炉炼铅锌法

铅锌混合精矿经配料后进行烧结，烧结后形成的烧结块送鼓风炉熔炼。用预热的焦炭做还原剂，氧化铅被还原为粗铅，并与炉渣一道排入前床，分离后得粗铅；氧化锌被还原为锌蒸汽，自炉顶随烟气进入铅雨冷凝器，烟气被铅雨冷却。锌（气）冷凝溶解于铅液中，含锌的铅液冷却分离后得到粗锌。粗铅精炼后得到精铅，并回收金、银等金属。

该技术烧结工序排放的污染物主要是烟尘和 SO_2 ，烟气经电收尘处理后送制酸。密闭鼓风炉炉气中含有较高浓度的 CO ，应进行回收利用。

该技术适合处理难选的铅锌混合矿以及含铅、锌的二次物料等。要求混合精矿铅锌比例为 1:2。该技术一个系统可同时产出铅和锌两种产品。

3.2.5 基夫赛特法

基夫赛特（Kivcet）法主要设备是基夫赛特炉，由氧化反应塔、贫化段和电炉区等部分组成。炉料和焦粒通过反应塔顶的喷嘴和加料口加入，硫化物在下落过程中快速氧化放热、熔化、造渣。焦粒漂浮在熔池表面形成炽热的焦炭层，在熔体落入熔池的过程中部分氧化铅被还原成铅并沉入熔池底部，部分氧化铅熔渣从隔墙下部进入电炉区贫化，进一步完成氧化铅熔渣的还原。

该技术氧耗 $160\text{ m}^3/\text{t}$ ~ $170\text{ m}^3/\text{t}$ 炉料，焦耗 $45\text{ kg}/\text{t}$ 炉料，电耗 $140\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 炉料，粗铅能耗一般低于 0.35 t 标煤/ t-Pb 。熔炼烟气的 SO_2 浓度 $20\%\sim 30\%$ ，脱硫率 97% ，入氧化锌烟尘的锌量 $40\%\sim 50\%$ ，铅回收率约为 96% ，循环烟尘率 5% ，炉渣含铅 $3\%\sim 5\%$ ，含锌 $7\%\sim 10\%$ 。吨粗铅排放 SO_2 量小于 2 kg ，烟尘排放小于 0.5 kg 。

该技术适用于铅锌联产企业使用。

3.2.6 氧气底吹炼铅法（QSL法）

技术核心设备为 QSL 反应器，QSL 炼铅法是利用熔池熔炼的原理，通过浸没底吹氧气的强烈搅动，使硫化物精矿、含铅二次物料与熔剂等原料在反应器（熔炼炉）的熔池中充分搅动，迅速熔化、氧化、交互反应和还原，生成粗铅和炉渣。

该技术氧耗 $260\text{ m}^3/\text{t}$ ~ $280\text{ m}^3/\text{t}$ 精矿，粉煤 $100\text{ kg}/\text{t}$ 精矿，电耗 $180\text{ kWh}/\text{t}$ 精矿，熔炼烟气的 SO_2 浓度 $8\%\sim 10\%$ ，脱硫率 98% ，铅总回收率为 98% ，炉渣含铅 $2\%\sim 5\%$ ，含锌 15% 。

该技术炉料的预处理过程简单，省去了烧结焙烧作业，无需用返粉周转稀释炉料。氧的利用率高（近 100% ），脱硫率高（大于 97.5% ），烟气 SO_2 浓度高（进余热锅炉烟气 SO_2 浓度约 $8\%\sim 12\%$ ）。

该技术具有操作简单、劳动条件好、成本低等优点，总能耗较传统炼铅法低。氧气底吹炼铅工艺流程短，生产费用和建设投资分别比传统炼铅法约低 40% 和 $30\%\sim 40\%$ ，投资较省，但技术条件控制要求严，生产过程自动化水平高。

3.2.7 卡尔多炉法

卡尔多炉炼铅工艺分为加料、氧化熔炼、还原熔炼和放铅出渣四个阶段。精矿含水率控制在 0.5% 以下，再进入筛分机进行筛分，小于 5 mm 的细料用压缩空气送入喷枪，在喷枪内由富氧空气喷入炉内进行闪速熔炼。大于 5 mm 的粗料与溶剂、焦粉一起用翻斗车加入炉内参与反应。卡尔多炉属于闪速熔炼，整个过程都在一个炉子内完成，周期性进行。

该技术氧耗 $300\text{ m}^3/\text{t}$ 精矿，焦炭 $50\text{ kg}/\text{t}$ 精矿，电耗 $260\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 精矿，重油 $14\text{ L}/\text{t}$ 精矿，吨粗铅能耗 $300\text{ kg}\sim 350\text{ kg}$ 标煤。铅总回收率为 97.5% ，硫的回收率为 96% ，熔炼烟尘率 15% 。

卡尔多炉炼铅工艺具有能耗低、设备简单、自动化程度高、作业周期短、作业环境好、操作简单等特点。但该技术不能连续生产粗铅，产能较小，另外一次性投资较大，为同等规模传统粗铅装置的 3 倍以上。

3.3 烟化工序

3.3.1 回转窑烟化法

将物料混以焦粉，在回转窑中加热，使铅、锌、铟、锗等有价金属还原而挥发，呈氧化物状态回收。

出窑烟气温度通常为 $650^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，产生的烟尘浓度一般为 $50\text{ g/m}^3\sim 55\text{ g/m}^3$ 。回转窑处理铅水淬渣，渣含锌以大于 8% 为宜，低于 8% 时则锌的回收率小于 80%，且产出的氧化锌质量差。

该技术缺点是窑壁粘结造成窑龄短，耐火材料消耗大。因处理冷的固体原料，燃料消耗大，成本高。

3.3.2 烟化炉烟化法

炼铅炉渣烟化过程是把粉煤（或其他还原剂）和空气（或富氧空气）的混合物鼓入烟化炉的熔渣内，使熔渣中的铅、锌化合物还原成铅、锌蒸汽，挥发进入烟化炉上部空间和管道系统，被专门补入的空气（三次空气）或炉气再次氧化成 PbO 或 ZnO ，并被捕集于收尘设备中。

烟化炉出炉烟气量和烟气温度波动较大， SO_2 含量低，烟尘含量大，一般在 $60\text{ g/Nm}^3\sim 120\text{ g/Nm}^3$ ，烟尘熔点低，有部分废渣产生。

该技术金属回收率高，生产能力大，可用廉价煤作为发热剂和还原剂，且消耗量低，过程易于控制，余热利用率较高。

3.3.3 烟化炉-余热锅炉一体化

烟化炉-余热锅炉采用一体化炉型设计，炉底为烟化吹炼池，炉子中上部分为余热锅炉的水套及水冷壁，密闭膜式壁结构的气冷却元件和省煤器替代了原烟化炉的淋水冷却器和表面冷却器，烟化工艺过程产生的余热可通过余热锅炉产生蒸汽。

密闭膜式壁结构可增大烟化炉有效空间，利于金属氧化和粉煤燃烧，炉体结构紧凑，节省钢材。该一体化设备利用了鼓风炉渣的高温潜热，烟化炉终渣含 Zn 小于 2%。

3.4 电解精炼工序

3.4.1 初步火法精炼除铜

利用杂质金属与铅在高温熔体中物理性质或化学性质方面的差异，形成与熔融金属铅不同的新相（如精炼渣），并将杂质富集于其中，从而达到精炼的目的。

火法精炼过程中会有铅尘产生，同时还有精炼渣排出。

火法精炼的优点如下：设备简单、占地面积小、生产周期短、投资少、生产成本较低，特别适宜于处理含铋较低的粗铅。其缺点包括：工序多、产出大量中间产品、铅冶炼直收率低，同时中间产品的处理工序繁杂，不利于有价金属的综合回收；劳动条件相对较差、空气中铅蒸汽对生产员工身体有害；难以产出稳定、高纯度精铅。

目前国内火法精炼主要用于除铜或锡，得到初步除铜（锡）粗铅，被浇铸成阳极板再送电解精炼。

3.4.2 电解精炼

将利用析出铅（纯铅）熔化制作的阴极板，按一定间距装入盛有电解液（由硅氟酸和硅氟酸铅的水溶液组成）的电解槽中，将电解槽接通直流电，铅自阳极溶解进入电解液，并在阴极放电析出。

铅电解精炼适用于粗铅初步火法精炼除铜、锡后的进一步精炼提纯。

4 污染治理技术

4.1 烟气收尘技术

4.1.1 袋式收尘技术

4.1.1.1 技术原理

袋式除尘器是利用纤维性滤袋捕集粉尘的除尘设备。随着滤尘过程不断进行，滤袋内表面捕集的粉尘越来越厚，粉尘层阻力增大，当阻力达到一定值时，除尘器就清除滤袋上的积尘。

4.1.1.2 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%。烟粉尘排放浓度可低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4.1.1.3 技术适用性及特点

袋式收尘一般能捕集 $0.1\mu\text{m}$ 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。袋式收尘技术在铅冶炼厂一般可用于精矿干燥、鼓风机烟气收尘、烟化炉烟气收尘等。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。

4.1.2 电收尘技术

4.1.2.1 技术原理

在电极上施加高电压后使气体电离，进入电场空间的粉尘荷电，在电场力的作用下，分别向相反电极的极板或极线移动，最后将沉积的粉尘收集下来，实现电除尘的全过程。

4.1.2.2 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 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 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。

4.1.2.3 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；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 $0.1\mu\text{m}$ 以上的细颗粒粉尘，烟气含尘量可高达 $100\text{g}/\text{m}^3$ ，能适应 400°C 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。

电收尘技术在铅冶炼厂主要用于熔炼炉收尘。

4.1.3 旋风收尘技术

4.1.3.1 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。

4.1.3.2 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，收尘净化效率约 70%。

4.1.3.3 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 $400\text{g}/\text{m}^3\sim 1000\text{g}/\text{m}^3$ 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。

4.1.4 湿法收尘技术

4.1.4.1 技术原理

湿法收尘技术的机理是尘粒与水接触时直接被水捕获或尘粒在水的作用下凝聚性增加，这两种作用而使粉尘从空气中分离出来。

4.1.4.2 消耗及污染物排放

湿法收尘净化效率在 90%~95%。

4.1.4.2 技术适用性及特点

湿式除尘器具有投资低，操作简单，占地面积小，能同时进行有害气体的净化、含尘气体的冷却和加湿等优点。湿式除尘器适用于非纤维性的、能受冷且与水不发生化学反应的含尘气体，特别适用于高温度高湿度和有爆炸性危险气体的净化，但必须处理收尘后的含泥污水，否则可能会产生二次污染。该技术不适用于去除黏性粉尘。

4.2 烟气制酸

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。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、铅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。该技术适用于所有的铅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。

该技术适用所有制酸烟气干燥和 SO_3 的吸收。

4.2.3 单接触技术

4.2.3.1 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，需另外配置尾气脱硫装置。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。

4.2.3.2 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，少量再通过尾气脱硫吸收， SO_2 转化率大于 95%。

4.2.3.3 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。

4.2.4 双接触技术

4.2.4.1 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。

4.2.4.2 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%。

4.2.4.3 技术适用性及特点

该技术适用于 SO_2 浓度大于 6%的烟气制取硫酸。

4.2.5.WSA工艺

4.2.5.1 技术原理

低浓度 SO_2 烟气经过湿法动力波洗涤净化后，经加热达到转化器的操作温度后在转化器内转化为 SO_3 ，经冷却形成部分硫酸蒸汽。在 WSA 冷凝器内，硫酸蒸汽与 SO_3 气体全部冷凝成硫酸。

4.2.5.2 消耗及污染物排放

二级动力波加二级电除雾净化系统能确保烟气含尘小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ；烟气含 SO_2 可在 1%以上波动，自动调节热平衡，可产生 96%以上的硫酸；利用返烟技术将 SO_2 浓度提高， SO_2 的转化率可达 99%以上。制酸尾气 SO_2 浓度小于 $200\text{ mg}/\text{m}^3$ 。

4.2.5.3 技术适用性及特点

产品为工业用浓硫酸，具有一定的经济效益；该工艺具有很高的热回收率，可副产蒸汽；无其它副产物产生；整个系统不需要工艺水，也不产生工业废水；硫酸冷却器的冷却水用量非常少；不需要任何化工产品。

该技术适用于 SO_2 浓度低于 3.5%的烟气制酸。

4.2.6 非稳态转化制酸技术

4.2.6.1 技术原理

非稳态转化工艺是在固定床反应器中周期性地改变低温反应气体进入催化剂固定层的方向，使催化剂成为蓄热器，在催化剂床层中部形成一个高温反应区，而上下两端起换热作用。此反应器可以在保持自热平衡的条件下，能处理二氧化硫浓度范围很广的烟气。

4.2.6.2 消耗及污染物排放

该技术运行正常时的转化率通常能达到 90%~93%。转化系统阻力小，比常规制酸低 50%左右，同条件相比，每生产 1t 纯硫酸，可节能 $15\text{kW}\cdot\text{h}$ 。处理 SO_2 浓度在 1%~4%的冶炼烟气时，生产可保持转化器的自热平衡。非稳态转化制酸装置尾气 SO_2 含量通常不能达标，需增设尾气处理系统。

4.2.6.3 技术适用性及特点

非稳态转化制酸工艺加尾气脱硫处理能够解决有色冶炼企业低浓度烟气污染问题，产品硫酸浓度在 90%~93%。但该技术仍存在催化剂粉化较严重、转化率偏低(不能稳定在 93%以上)、换向阀轴套和填料盖易磨损、产品硫酸呈浅黑色等问题。

该技术适用于 SO_2 浓度低于 3.5%的烟气制酸。

4.3 烟气脱硫

4.3.1 石灰/石灰石-石膏法

4.3.1.1 技术原理

石灰或石灰石吸收母液吸收烟气中的 SO_2 ，反应生成硫酸钙。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，硫石膏经脱水装置脱水后回收。

4.3.1.2 消耗及污染物排放

石灰/灰石-石膏法需要消耗石灰石、电能和水。其硫效率可达 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。脱硫系统产生脱硫石膏副产物。

4.3.1.3 技术适用性及特点

该方法所用的吸收剂石灰/石灰石来源广、价格低廉、成本低、技术成熟可靠，在满足铅冶炼企业低浓度 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，适用于冶炼厂锅炉烟气及低浓度 SO_2 烟气污染源处理系统。

石灰/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。

4.3.2 氨法

4.3.2.1 技术原理

碱法脱硫以气氨、氨水或碳铵为原料，在水溶液中吸收 SO_2 形成亚硫酸盐，经硫酸分解，解析出 8%~10%的 SO_2 返回制酸，同时得到硫酸铵产品。进一步利用吸收形成的亚硫酸盐直接同步催化氧化得到硫酸铵溶液，再与氯化钾反应生成硫酸钾及副产品氯化铵。氨法可分为氨-酸法及氨-亚硫酸铵法等。

4.3.2.2 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。

4.3.2.3 技术适用性及特点

该工艺具有工程投入和运行费用低、占地面积小、处理率高、氨耗低、回收过程不会产生二次污染等特点，适用于液氨供应充足、且对副产物有一定需求的冶炼企业。

4.3.3 钠碱法

4.3.3.1 技术原理

钠碱法，或称钠钙双碱法，其技术原理为 SO_2 与氢氧化钠发生化学反应，反应生成物亚硫酸钠溶于水，含亚硫酸钠的脱硫循环水与投加的氢氧化钙反应可生成氢氧化钠和亚硫酸钙。通过沉淀分离可将难溶的亚硫酸钙从循环水中清除，氢氧化钠易溶于水，可循环使用，脱硫过程只消耗氢氧化钙。

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

该技术避免了设备腐蚀与堵塞，便于设备运行与保养，运行可靠性增加，运行费用降低；同时系统更紧凑，脱硫效率提高。该技术适用于氢氧化钠来源较充足的地区。

4.3.4 金属氧化物脱硫技术

4.3.4.1 技术原理

金属氧化物脱硫法将金属氧化物制成浆液洗涤气体，吸收处理低浓度的SO₂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。

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。

4.3.4.3 技术适用性及特点

该技术适用于具有金属氧化物副产物的冶炼厂进行烟气脱硫。

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 SO₂ 气体具有良好的吸收和解吸能力，在低温下吸收 SO₂，高温下将吸收剂中 SO₂ 再生出来，从而达到脱除和回收烟气中 SO₂ 的目的。工艺过程包括 SO₂ 的吸收、解析、冷凝、气液分离等过程，得到纯度为 99%以上的 SO₂ 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，流程简单，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 DS-低浓度SO₂ 烟气治理技术

4.3.6.1 技术原理

以“废渣”为吸收剂，在独特的吸收设备 DS-多相反应器中与烟气中的二氧化硫反应，将烟气中的 SO₂ 吸收下来与烟气分离，达到烟气净化的目的，吸收 SO₂ 后的炉渣经适当加工后可作为肥料或土壤调理剂使用。

4.3.6.2 消耗及污染物排放

DS-低浓度 SO₂ 烟气治理技术需要消耗吸附剂、电能和水，该技术脱硫效率可达 95%以上。脱硫系统产生脱硫废渣经加工后可作为土壤改良剂。

4.3.6.3 技术适用性及特点

该技术可选用对 SO₂ 有吸收作用的废渣（包括有色金属冶炼炉渣、钢渣、铁渣、煤渣、电石渣等）

作为吸附剂，还可以利用碱性泥土，吸收二氧化硫后的废渣，可以经过适当加工制成肥料——“硫硅配方肥”，进而结合城市生活垃圾、农业废弃物处理，制成富硫生物有机肥。

4.4 环保通风

4.4.1 原料制备系统除尘

原料制备系统的通风除尘所收粉尘物料性质和原料一致，为机械性粉尘，净化设备宜采用袋式除尘器，所收粉尘应返回工艺系统。

- 皮带输送机卸料皮带头部罩设排风点，头部罩进料端设防尘帘；受料皮带导料槽前后采用拦矿板密闭，拦矿板顶部或侧部设排风点。
- 破碎机上料皮带头部、破碎机受料皮带；振动筛上料皮带头部、振动筛受料皮带、振动筛筛面；斗式提升机顶部及底部进料点；各类给料设备密闭罩；料仓顶。

4.4.2 火法冶炼系统环保通风

在高温铅冶炼过程中，炉口采用上悬罩，溜槽采用侧吸罩或上悬罩，或者在炉口、溜槽采用大容积密闭罩整体密闭等排风设施。收集烟气经袋式除尘器除尘后，如 SO_2 浓度较高，需再经脱硫后排放。

4.4.3 铅电解废气净化

4.4.3.1 循环水洗涤技术

铅电解过程中产生的酸雾可直接用循环水洗涤，待循环水溶液浓度较高时直接返回生产工艺。在满足净化要求的前提下，废气吸收优先采用水洗吸收，洗涤废液返回生产工艺。

4.4.3.2 碱溶液吸收技术

可选择的碱溶液有：氢氧化钠溶液、碳酸钠溶液、氨水溶液等。可选择的废气净化设备有：洗涤塔、填料塔、动力波吸收塔等。碱液洗涤废液送污酸污水处理厂。

4.5 废水治理技术

4.5.1 石灰中和法（LDS工艺）

4.5.1.1 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。

4.5.1.2 消耗及污染物排放

中和剂为石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)，去除率 Pb: 98%~99%、As: 90%~95%、F: 80%~99%、其他重金属离子 98%~99%。

4.5.1.3 技术适用性及特点

石灰中和法对重金属离子的去除率很高 (大于 98%)，基本可处理除汞以外的所有重金属离子；对水质有较强的适应性；工艺流程短、设备简单、石灰就地可取、价格低廉、废水处理费用低。

该技术处理后出水浊度较高，过滤脱水性能差，组成复杂，含重金属品位低，综合回收利用与处置难，并易造成二次污染。

石灰中和法用于处理铅冶炼中产生的伴有含重金属离子和砷、氟等有害物质成分的酸性废水（即综合废水）。

4.5.2 高浓度泥浆法（HDS工艺）

4.5.2.1 技术原理

高浓度泥浆法（HDS）是在常规石灰中和法（LDS）产生大量的含固率不足 1%底泥的基础上，通过将底泥不断循环回流，使稀疏底泥颗粒出现比较显著晶体化、粗颗粒化现象，由此改进沉淀物形态和沉淀污泥量，提高底泥含固率。

4.5.2.2 消耗及污染物排放

中和剂为石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)，与常规石灰法相比，处理同体积酸性废水可减少石灰消耗 5%~10%，去除率 Pb: 98%~99%、As: 95%~98%、F: 80%~99%、其他重金属离子 98%~99%。

4.5.2.3 技术适用性及特点

该技术使石灰得到充分利用，将常规石灰法改造为 HDS 法，可提高水处理能力 1~3 倍，且易于对现有的石灰法处理系统的改造，改造费用低；产生污泥含固率高，达 20%~30%；提高设备使用率；可实现全自动化操作，药剂投加量降低，节省了运行费用。

4.5.3 硫化法

4.5.3.1 技术原理

向水中投加硫化剂，使金属离子与硫反应生成难溶的金属硫化物沉淀去除的过程。硫化剂可采用硫化钠 (Na_2S)、硫化氢 (H_2S)、硫化亚铁 (Fe_2S) 等。

4.5.3.2 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 Pb: 98%~99%、As: 96%~98%。

4.5.3.3 技术适用性及特点

硫化法可用于去除水中的镉、砷、锑、铜、锌、汞、银、镍等重金属。此法的优点是生成的金属硫化物的溶解度比金属氢氧化物的溶解度小，处理效果比中和法更彻底，而且沉淀物不易溶解，沉渣量少，含水率低，便于回收有价金属。缺点是硫化药剂价格贵，货源少。此外，在反应过程中，会产生硫化氢 (H_2S) 气体，有剧毒，对人体造成危害。

目前，含砷、汞、铜离子较高的废水普遍采用硫化法处理。

4.5.4 铁氧体法

4.5.4.1 技术原理

铁氧体法通过铁氧体的包裹、夹带作用，使重金属离子进入铁氧体的晶格中形成复合铁氧体，由于铁氧体不溶于水也不溶于酸、碱、盐溶液，故有害的重金属离子不会浸出，从而达到去除重金属的目的。

4.5.4.2 消耗及污染物排放

处理过程需要不断添加 Fe^{3+} 和铁屑，去除率 Pb: 98%~99%、As: 96%~98%。

4.5.4.3 技术适用性及特点

铁氧体法处理重金属废水效果好，处理范围广，可一次除去污水中多种重金属离子，沉淀物具磁性且颗粒较大，容易分离，投资省，沉渣量少，且产物化学性质比较稳定无返溶现象。该法的缺点是铁氧

体沉淀颗粒的成长及反应过程需要通空气氧化，且反应温度要求 $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，污水升温耗能过高。

为克服铁氧体法的上述不足之处，出现了改进的铁氧体法即 GT 铁氧体法。其原理是在废水中加入 Fe^{3+} ，然后将含 Fe^{3+} 的部分废水通过装有铁屑的反应塔，在常温条件下，反应塔中 Fe^{3+} 与铁屑反应生成 Fe^{2+} ，将反应塔中废水与原废水混合，常温下加碱，数分钟后即生成棕黑色的铁氧体。

该方法适用于处理重金属离子浓度高的废水。

4.5.5 膜分离法

4.5.5.1 技术原理

膜分离法是利用隔膜使溶剂同溶质或微粒进行分离。铅冶炼主要采用超滤和纳滤组合处理技术。超滤系统作为纳滤系统的预处理，超滤预处理系统由进水泵、自清洗过滤器、超滤设备以及超滤反洗、清洗装置组成。超滤预处理后的水进入纳滤系统，纳滤系统由进水泵、 $5\mu\text{m}$ 保安过滤器、纳滤设备、清洗系统等组成。

4.5.5.2 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 。

4.5.5.3 技术适用性及特点

该技术具有分离效率高、无相变、节能环保、设备简单、操作简便等特点，特别是可回收有价金属和水资源，将资源回收和废水处理有效结合起来。

4.5.6 生物吸附法

4.5.6.1 技术原理

生物吸附法是生物体借助化学作用吸附金属离子的方法。生物吸附重金属离子主要包括静电吸引、络合、离子交换、微沉淀、氧化还原反应等过程。

4.5.6.2 消耗及污染物排放

该技术可采用的生物体包括木屑、稻谷壳、花生壳等，吸附重金属的生物体需经妥善处理回收其中的重金属。

4.5.6.3 技术适用性及特点

生物吸附法的特点是在低浓度下金属可以被选择性地去除；节能、处理效率高；操作的 pH 值和温度条件范围宽；易于分离回收重金属；能利用从工业发酵工厂及废水处理厂中排放出大量的微生物菌体，用于重金属的吸附处理，在废物利用的同时也解决了重金属污染的净化问题。

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

铅冶炼烟化炉水淬渣，属于一般固体废物，可用于生产建材，如可作为水泥的掺和料或制砖等。硫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 值在 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 值在 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;阳极泥可用于回收其中的金、银;污酸处理产生的硫化渣属危险固体废物,可用于回收铅及砷。

4.6.4 危险固体废物的处置

无金属回收利用价值的危险固体废物,可委托当地危废处置中心处置或建立危险固废填埋场。

4.7 噪声治理技术

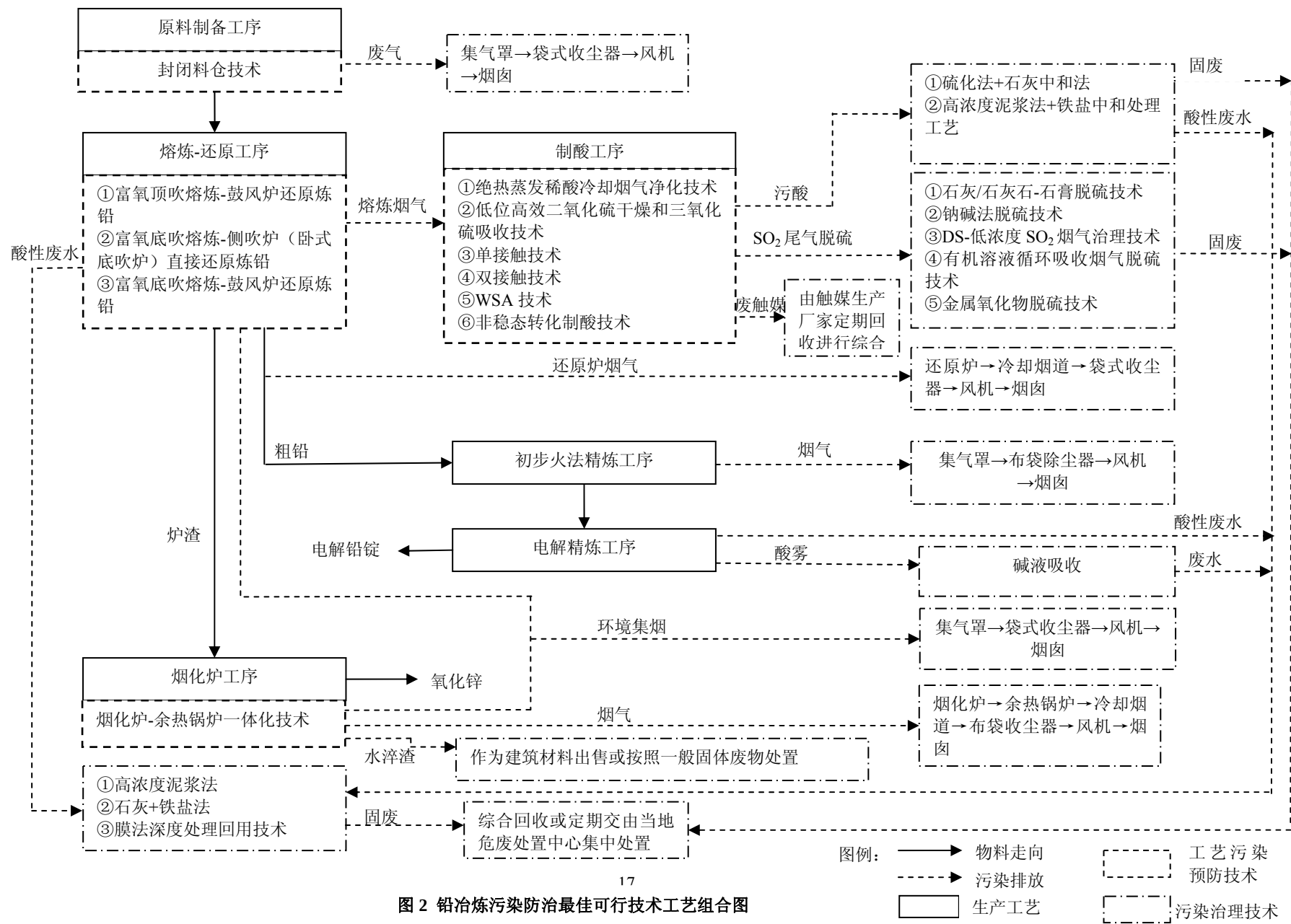
铅冶炼企业噪声源较多,噪声类型也不尽相同,应针对具体情况,主要从三个环节进行考虑:根治声源噪声、在传播途径上控制噪声、在接受点进行个体防护。

- 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 铅冶炼污染防治最佳可行技术

5.1 铅冶炼污染防治最佳可行技术概述

铅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技术,前者包括封闭料仓技术、富氧顶吹熔炼-鼓风机还原炼铅、富氧底吹熔炼-侧吹炉(卧式底吹炉)直接还原炼铅、富氧底吹熔炼-鼓风机还原炼铅、烟化炉-余热锅炉一体化技术;后者包括烟气收尘、烟气制酸、烟气脱硫、污酸处理、酸性废水处理的最佳可行技术等。铅冶炼污染防治最佳可行技术工艺组合见图 2。



5.2 工艺过程污染预防最佳可行技术

铅冶炼行业工艺过程中的污染预防最佳可行技术见表 4。

表 4 铅冶炼生产工艺过程中污染预防最佳可行技术

工序	技术名称	主要技术指标	适用范围
原料储存与备料	封闭料仓技术	风扬尘和作业扬尘可得到基本控制。	适用于所有铅冶炼厂
熔炼-还原	富氧顶吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法	该技术氧耗 130m ³ /t~140m ³ /t 炉料，鼓风炉焦率 11%~15%，铅冶炼总回收率大于 97%，硫的回收率高于 95%，硫捕集率大于 99%。吨粗铅排放 SO ₂ 量小于 2kg，烟尘排放小于 0.5 kg。	适用于所有铅冶炼厂
	富氧底吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法	该技术吨粗铅能耗 300kg~400kg 标煤，铅冶炼总回收率达 96.5%，硫的回收率高于 96%，硫捕集率大于 99%。吨粗铅排放 SO ₂ 量小于 2kg，烟尘排放小于 0.5 kg。	适用于所有铅冶炼厂
	富氧底吹熔炼-侧吹炉（卧式底吹炉）直接还原炼铅法	还原炉吨铅消耗焦炉煤气 180m ³ ，产生 SO ₂ 量为 0.05kg；吨铅消耗碎煤 130kg，产生 SO ₂ 量为 1.04kg。还原炉渣含铅 1.8%，粗铅回收率为 98.5%。操作区用空气采样器检测 Pb 含量<0.03mg/m ³ ，SO ₂ 含量<0.05mg/m ³ 。	适用于所有铅冶炼厂
烟化	烟化炉-余热锅炉一体化	烟化炉终渣含 Zn 小于 2%。	适用于所有铅冶炼厂氧化锌回收

5.3 烟气收尘最佳可行技术

5.3.1 原料制备系统废气收尘

5.3.1.1 最佳可行工艺参数

铅精矿仓中给料、输送、配料等工序均会产生粉尘。推荐收尘流程：集气罩→袋式收尘器→风机→烟囱。

5.3.1.2 污染物削减和排放

该工序粉尘产生浓度 5 g/Nm³~10g/Nm³，选用袋式收尘器，收尘效率大于 99.5%，外排粉尘浓度低于 50mg/m³。

5.3.1.3 二次污染及防治措施

袋式收尘器收下的粉尘直接卸至皮带机，返回生产系统。

5.3.1.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼原料制备系统收尘。

5.3.2 铅熔炼烟气收尘

5.3.2.1 最佳可行工艺参数

建议收尘流程：熔炼炉→余热锅炉→电收尘器→制酸。

收尘工艺系统阻力：2000Pa，漏风率：25%~30%，送制酸厂烟气含尘小于 0.3g/m³。

5.3.2.2 污染物削减和排放

收尘末端含 SO_2 烟气全部送往制酸，无含尘废气排放。

5.3.2.3 二次污染及防治措施

净化后的烟气送制酸车间处理，收入的烟尘用料罐送精矿仓配料。

5.3.2.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼熔炼炉烟气收尘。

5.3.3 还原炉烟气收尘

5.3.3.1 最佳可行工艺参数

建议收尘流程为：鼓风炉→冷却烟道→袋式收尘器→风机→烟囱。当尾气 SO_2 浓度较高时，还应增加 SO_2 尾气吸收装置。

5.3.3.2 污染物削减和排放

该工序烟尘产生浓度 $8 \text{ g/Nm}^3 \sim 30 \text{ g/Nm}^3$ ，选用袋式收尘器，收尘效率大于 99.5%，外排粉尘浓度低于 100 mg/m^3 。

5.3.3.3 二次污染及防治措施

收入的烟尘用料罐送到精矿仓配料。

5.3.3.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼还原炉烟气收尘。

5.3.4 烟化炉烟气收尘

5.3.4.1 最佳可行工艺参数

建议收尘流程为：烟化炉→余热锅炉→冷却烟道→袋式收尘器→风机→烟囱。高温烟气经余热锅炉降温到 350°C 左右，再用冷却烟道将烟气进一步冷却到 150°C ，然后进入袋式收尘器。

该技术余热锅炉出口温度 $350^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ ，余热锅炉收尘效率 30%，余热锅炉阻力损失 400Pa，余热锅炉漏风 12%；袋式除尘器阻力损失 2000 Pa，漏风率 10%。

5.3.4.2 污染物削减和排放

该工序烟尘产生浓度 $50 \text{ g/Nm}^3 \sim 100 \text{ g/Nm}^3$ ，选用袋式收尘器，收尘效率大于 99.5%，外排粉尘浓度低于 100 mg/m^3 。

5.3.4.3 二次污染及防治措施

收入的烟尘装袋后作为副产品外售。

5.3.4.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼烟化炉烟气收尘。

5.3.5 初步火法精炼烟气收尘

5.3.5.1 最佳可行工艺参数

熔铅锅产生的烟尘由金属铅挥发氧化而成，因而尘粒细、粘性大。可在锅台四周设环形排烟罩，集气效率大于 95%，并采用袋式除尘器收尘。

5.3.5.2 污染物削减和排放

该工序烟尘产生浓度 $1\text{g}/\text{Nm}^3 \sim 2\text{g}/\text{Nm}^3$ ，选用袋式收尘器，收尘效率大于 99.5%，外排粉尘浓度低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，可减少车间的无组织铅尘排放。

5.3.5.3 二次污染及防治措施

收集下来的铅尘粒细，极易逸散，应采用密封装置储运，及时返回工艺。

5.3.5.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼熔铅作业烟气收尘。

5.3.6 环保通风

5.3.6.1 最佳可行工艺参数

熔炼炉各炉口、铸渣机、铸锭机、鼓风机上料、鼓风机及电热前床各出铅口及出渣口、烟化炉进料口及其出渣口等处在生产时均产生烟尘，必须采取密闭措施并排风。建议采用收尘流程：集气罩→袋式收尘器→风机→烟囱。对于水淬冲渣时产生的烟气收尘，建议采用收尘流程：收集烟气→高压文丘里除尘器→湿式电除尘器→风机→烟囱排放。

5.3.6.2 污染物削减和排放

环保通风烟粉尘产生浓度 $1\text{g}/\text{Nm}^3 \sim 5\text{g}/\text{Nm}^3$ ，选用袋式收尘器，收尘效率大于 99.5%，外排粉尘浓度低于 $25\text{mg}/\text{m}^3$ ，可减少车间的无组织烟粉尘排放。

5.3.6.3 二次污染及防治措施

收集到的烟尘用料罐送精矿仓配料。

5.3.6.4 技术经济适用性

该技术成熟可靠，适用于铅冶炼车间的环保通风收尘。

5.3.7 烟气收尘最佳可行技术技术指标及适用性

烟气收尘最佳可行技术见表 5。

表 5 烟气收尘最佳可行技术

炉窑	含尘量 (g/Nm^3)	收尘流程	外排烟粉尘浓度 (mg/Nm^3)
原料制备废气	5~10	集气罩→袋式收尘器→风机→烟囱	<50
熔炼炉烟气	100~200	烟气→余热锅炉→电除尘器→风机→制酸	-
还原炉烟气	8~30	烟气→水套烟道→表面冷却器→布袋收尘器→风机→烟囱	<100

烟化炉烟气	50~100	烟气→余热锅炉→表面冷却器→袋式收尘器→风机→烟囱	<100
初步火法精炼烟气	1~2	集气罩→袋式收尘器→风机→烟囱	<10
环保通风废气	1~5	集气罩→袋式收尘器→风机→烟囱	<25

5.4 烟气制酸最佳可行技术

烟气制酸最佳可行技术见表 6。

表 6 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 40℃~45℃ 出电除雾器酸雾含量<5 mg/Nm ³ 出电除雾器尘含量<2 mg/Nm ³ 出电除雾器砷含量<1 mg/Nm ³ 出电除雾器氟含量<0.5mg/Nm ³ 出电除雾器氯含量<1 mg/Nm ³	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,提高了循环酸浓度,减少了废酸排放量,降低了新水消耗。	适用于所有铅冶炼烟气的湿式净化。
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 ≤100 mg/Nm ³ 干燥塔循环酸浓度 93%~95% 干燥塔出塔酸温<65℃ 吸收塔循环酸浓度 98.2%~98.8% 吸收塔循环酸温度 45℃~60℃ 吸收塔进塔气温 130℃~180℃	尾气酸雾含量 ≤40mg/Nm ³ 尾气 SO ₂ 含量 ≤400mg/Nm ³ SO ₃ 吸收效率 ≥99.99%	适用于所有铅冶炼烟气二氧化硫干燥和三氧化硫吸收。
转化 SO ₂ 浓度	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 ≥95%	适用于 SO ₂ 浓度在 3.5%~6% 之间的烟气制取硫酸。
	≥6%	双接触技术	尾气可经脱硫装置处理。	SO ₂ 总转化率 ≥99.5%	适用于 SO ₂ 浓度在 6%以上的烟气制取硫酸。
低浓度 SO ₂ 烟气制酸		WSA 技术	二级动力波加二级电除雾净化后含尘<1mg/m ³ ; 烟气含 SO ₂ 可在 1%以上波动,自动调节热平衡,可产生 96% 以上的硫酸; 制酸尾气 SO ₂ 浓度小于 200 mg/m ³ 。	SO ₂ 转化率 ≥99%	适用于 SO ₂ 浓度低于 3.5%的烟气制酸。

	非稳态转化制酸技术	因 SO ₂ 转化率较低, 尾气须经脱硫处理。	SO ₂ 转化率 90%~93%	适用于 SO ₂ 浓度低于 3.5% 的烟气制酸。
--	-----------	------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------

5.5 烟气脱硫最佳可行技术

5.5.1 石灰/石灰石-石膏脱硫技术

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 CaCO₃ 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 5~6 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 污染物削减和排放

当烟气 SO₂ 含量为 1000mg/m³~3500mg/m³ 时, SO₂ 排放浓度应在 200mg/m³ 以下, 脱硫效率高于 95%。

5.5.1.3 二次污染及防治措施

该技术会产生大量的石膏, 除制酸尾气和锅炉烟气外, 其他烟气中均含有部分重金属粉尘, 采用该技术产生的石膏将会含有部分重金属元素, 影响石膏渣的综合利用。对于制酸尾气和锅炉烟气脱硫产生的石膏, 由于不含有重金属, 可外售进行综合利用。

5.5.1.4 技术经济适用性

该法适用于 SO₂ 浓度小于 5000mg/Nm³ 的冶炼烟气治理, 尤其适用于锅炉及制酸尾气低浓度 SO₂ 污染源处理。该方法所用的吸收剂石灰/石灰石来源广、价格低廉、成本低, 技术成熟可靠。

5.5.2 钠碱法脱硫技术

5.5.2.1 最佳可行工艺参数

该技术系统阻力: 600 Pa~1500Pa。脱硫剂可采用钠-钙双碱, 也可采用钙-钙(消石灰)双碱; 用碱液作为脱硫剂, 可根据烟气 SO₂ 浓度变化, 适当调节 pH 值、液气比等因素, 以保证设计脱硫率的实现。

5.5.2.2 污染物削减和排放

该技术 SO₂ 脱硫效率不低于 95%, SO₃ 脱除效率大于 99%, 粉尘去除率大于 90%。

5.5.2.3 二次污染及防治措施

该技术会产生大量的石膏, 制酸尾气和锅炉烟气脱硫产生的石膏可外售进行综合利用。除此以外, 其他烟气中均还有部分重金属粉尘, 采用该技术产生的石膏将会含有部分重金属元素, 影响石膏渣的综合利用。

5.5.2.4 技术经济适用性

该技术再生和沉淀分离在塔外, 故降低了塔内和管道内的结垢机会; 钠碱吸收剂反应活

性高、吸收速度快，可降低液气比，从而既可降低运行费用，又可减少水池、水泵和管道的投资。

该技术适用于所有冶炼厂锅炉及制酸尾气低浓度 SO_2 污染源处理。

5.5.3 DS-低浓度 SO_2 烟气治理技术

5.5.3.1 最佳可行工艺参数

吸收浆液 pH 值大于 5.5，浓度 10%~30%；吸收剂粒度 200~300 目；液气比小于 $7 \text{ m}^3/\text{L}$ 。

5.5.3.2 污染物削减和排放

采用该技术系统脱硫效率可达到 95%以上。

5.5.3.3 二次污染及防治措施

该技术吸收 SO_2 后的废渣，可以经过适当加工制成土壤改良剂——“硫硅配方肥”，进而结合城市生活垃圾、农业废物处理，制成富硫生物有机肥，施用于农田或改良盐碱地、沙荒地。

5.5.3.4 技术经济适用性

该技术所用 SO_2 吸收剂包括对 SO_2 有吸收作用的废渣（包括有色金属冶炼炉渣、钢渣、铁渣、煤渣、电石渣等），还可以利用碱性泥土。可节省大量费用，且扩大吸收剂选择范围，并可因地制宜选择最合理的吸收剂。对不同流量和不同浓度的 SO_2 烟气，可以通过选择采用若干个多相反应器不同的组合方式，以求达到最佳经济效果。

5.5.4 有机溶液循环吸收烟气脱硫技术

5.5.4.1 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（0.4Mpa~0.6Mpa）消耗不大于 25t 蒸汽/t- SO_2 。系统阻力不大于 1800Pa。

5.5.4.2 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 排放浓度在 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，脱硫效率高于 96%。

5.5.4.3 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。

5.5.4.4 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。该技术适合于含硫范围在 0.02%~5%的烟气治理，尤其适合制酸尾气脱硫。该技术蒸汽消耗：12 t/t- SO_2 ~17t/t- SO_2 ，电耗：500 kW·h~1000kW·h，综合生产成本：1.5 元/kg- SO_2 ~3.0 元/kg- SO_2 。目前主体设备采用不锈钢材质，一次性投资较高，约为 200 元/ Nm^3 。

5.5.5 金属氧化物脱硫技术

5.5.5.1 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。

5.5.5.2 污染物削减和排放

该技术系统脱硫效率大于 90%，烟粉尘去除效率大于 95%。

5.5.5.3 二次污染及防治措施

该技术副产品可回收利用，正常运转时无废物产生。

5.5.5.4 技术经济适用性

该技术适用于铅锌联合企业，该类型企业 ZnO 来源容易，副产品可回收利用。

5.5.6 烟气脱硫最佳可行技术适用性

烟气脱硫最佳可行技术见表 7。

表 7 铅冶炼烟气脱硫最佳可行技术适用性

最佳可行技术	SO ₂ 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-石膏法烟气脱硫技术	<200mg/m ³	>95%	<5000mg/m ³
钠碱法	<200mg/m ³	>95%	<5000mg/m ³
DS-低浓度 SO ₂ 烟气治理技术	<200mg/m ³	>95%	<5000mg/m ³
有机溶液循环吸收烟气脱硫技术	<200mg/m ³	>96%	含硫范围在 0.02%~5%的烟气
金属氧化物吸收烟气脱硫技术	<300mg/m ³	>90%	<3000mg/m ³

5.6 污酸处理最佳可行技术

5.6.1 硫化法+石灰中和法

5.6.1.1 最佳可行工艺参数

一段反应控制 pH 值在 1.5~3.5，控制氧化还原电位在-50mv~+50mv 之间，二段反应控制 pH 值在 10~11。

5.6.1.2 污染物削减和排放

出水指标如下：pH 值在 6~9、Cu 小于 0.5mg/L、Pb 小于 0.5mg/L、As 小于 0.3mg/L、Zn 小于 1.5mg/L、Cd 小于 0.05mg/L、Hg 小于 0.03mg/L。

5.6.1.3 二次污染及防治措施

一级、二级沉淀槽的沉渣经板框压滤机压滤成滤饼在砷渣临时堆场暂存外售，经沉淀池沉淀的中和渣脱水后回用于熔炼系统造渣。一级反应槽、浓密槽、二级反应槽逸出的 H₂S

气体送除害塔用 NaOH 吸收后外排。

5.6.1.4 技术经济适用性

硫化法适用于处理含重金属较高的冶炼烟气制酸废水，由于该法需消耗硫化物，污水处理的运行成本较高。

5.6.2 高浓度泥浆法+铁盐中和处理工艺

5.6.2.1 最佳可行工艺参数

石灰用量约 $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ 酸性水，反应时间大于 30min，污泥回流比为 1:4，回流底泥浓度大于 25%，污泥与石灰乳混合时间 3 min~4min，PAM 用量小于 $6\text{g}/\text{m}^3$ ，浓密池表面负荷 $1.2\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，铁砷比大于 10:1。

5.6.2.2 污染物削减和排放

该工艺在 HDS 去除大部分（80%以上）重金属后使用铁盐石灰法进一步去除砷、氟等污染物，出水指标如下：pH 值在 6~9、Cu 小于 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 、Pb 小于 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 、As 小于 $0.3\text{mg}/\text{L}$ 、Zn 小于 $1.5\text{mg}/\text{L}$ 、Cd 小于 $0.05\text{mg}/\text{L}$ 、Hg 小于 $0.03\text{mg}/\text{L}$ 。

5.6.2.3 二次污染及防治措施

该工艺两个浓密池的污泥排入集泥池，该污泥为危险废物，污泥进入压滤机脱水后进行安全处置。处理后的污水排入厂区酸性废水处理厂进一步处理。

5.6.2.4 技术经济适用性

该技术适用于含砷较高的污酸处理，工程投资约 $6000\text{元}\cdot\text{d}/\text{m}^3$ 。

5.7 酸性废水处理最佳可行技术

5.7.1 高浓度泥浆法

5.7.1.1 最佳可行工艺参数

石灰用量约 $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ 酸性水，产干渣（泥）量 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 混合水，反应时间大于 30min，底泥回流比为 1:4，底泥与石灰乳混合时间为 3 min~4min，PAM 用量：小于 $6\text{g}/\text{m}^3$ ，浓密池表面负荷 $1.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

5.7.1.2 污染物削减和排放

处理后出水指标如下：pH 值在 6~9、Cu 小于 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 、Pb 小于 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 、As 小于 $0.3\text{mg}/\text{L}$ 、Zn 小于 $1.5\text{mg}/\text{L}$ 、Cd 小于 $0.05\text{mg}/\text{L}$ 、Hg 小于 $0.03\text{mg}/\text{L}$ 。

5.7.1.3 二次污染及防治措施

该技术浓密池的污泥为危险废物，污泥进入压滤机脱水后进行安全处置。

5.7.1.4 技术经济适用性

该技术是 LDS 的先进替代技术，可广泛适用于冶炼厂酸性废水处理。

5.7.2 石灰+铁盐法

5.7.2.1 最佳可行工艺参数

第一级控制 pH 值在 6~7, Fe/As 为 2.5~3, 除砷效率可达 85%~90%, 第二级控制 pH 在 9~11, Fe/As 在 20~30 之间, 除砷效率可达 95%左右。

5.7.2.2 污染物削减和排放

处理后出水指标如下:pH 值在 6~9、Cu 小于 0.5mg/L、Pb 小于 0.5mg/L、As 小于 0.3mg/L、Zn 小于 1.5mg/L、Cd 小于 0.05mg/L、Hg 小于 0.03mg/L。

5.7.2.3 二次污染及防治措施

该技术浓密池的污泥为危险废物, 污泥进入压滤机脱水后进行安全处置。

5.7.2.4 技术经济适用性

该法沉淀迅速, 除砷及重金属效率较高, 适用于含砷较高的酸性废水处理。

5.7.3 膜分离法深度处理回用技术

5.7.3.1 最佳可行工艺参数

超滤过滤精度为 0.01 μ m, 产水 SDI 值基本稳定在 0.5~1.0 之间, 控制进水 pH 值在 6.5 左右, 温度在 35℃~40℃, 进水阻垢剂保持 1.5mg/L 时, 纳滤运行压力可始终稳定在 6kg/cm² 左右, 纳滤系统的水回收率均稳定控制在 75%, 系统脱盐率大于 90%。

5.7.3.2 污染物削减和排放

处理后的出水水质 Ca²⁺: 30 mg/L~200mg/L, SS 不高于 20mg/L, Cl⁻不高于 1000 mg/L, Fe²⁺小于 0.5 mg/L, 含盐量(以电导率计)不高于 3000mg/L。

5.7.3.3 二次污染及防治措施

该技术产生的浓水可返回水淬渣池作为水淬渣冷却补充水。

5.7.3.4 技术经济适用性

该技术投资较大, 直接运行费用为 1.50 元/t 废水(不含设备折旧费), 适用于严格控制重金属废水外排地区的污水处理。

5.8 固体废物处理最佳可行技术

铅冶炼产生的固体废物处理最佳可行技术见表 8。

表 8 铅冶炼固体废物处理最佳可行技术

固体废物种类	来源	废物类别	处置方式
烟化炉水淬渣	烟化炉吹炼后的渣经水淬粒化后固化成的玻璃体渣	一般固体废物	可作为建筑材料出售或按照一般固体废物处置
砷滤饼	制酸车间	危险废物	定期交由当地危废处置中心集中处置或填埋
污水处理站污泥	污水处理站	危险废物	综合回收或定期交由当地危废处置中心集中处置
废触媒	一转一吸或二转二吸制备硫酸工艺	危险废物	由触媒生产厂家定期回收进行综合

	过程中失效的触媒		利用
脱硫渣	尾气脱硫	一般固体废物 或危险废物	综合回收或定期交由当地危废处置 中心集中处置

5.9 最佳环境管理实践

5.9.1 最佳环境管理通用要求

- 加强操作管理，建立岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和演练。
- 加强生产设备的使用、维护和维修，保证设备正常运行。
- 重视污染物的检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡测试。
- 建立健全各项记录和生产管理制度。

5.9.2 大气污染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。

5.9.3 水污染治理最佳环境管理实践

- 重视全厂节水管理，分别设计雨污分流系统、清浊分流系统，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梯级利用，尽量减少排水。
- 废水管线和处理设施设置防渗，防止有害污染物进入地下水；生产区和污水治理区初期雨水进行收集并治理。
- 制定环境监测计划，对污酸污水处理站进出口水质定期进行监测，监测频率每天不得少于 1 次，监测因子应至少包括水量、pH 值、Pb、As、Cd、Cu、Zn 等。

5.9.4 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。
- 各类固体废物需分开堆存，暂存场都必须完成地面硬化，防止固体废物污染土壤，要加盖雨篷和围墙（高度不小于物料堆积高度的 1/4），防止雨水冲刷，确保污染物不扩散。
- 厂内暂存渣场应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）的要求进行建设，并在渣场外设置标识。暂存渣场的渣要及时清运，运渣车要加强管理，避免沿路洒漏。危险固废转运采用封闭车辆，以防止沿途遗撒。