

重有色金属冶炼设计手册

冶炼烟气收尘 通用工程 常用数据卷

编写单位

北京有色冶金设计研究总院

长沙有色冶金设计研究院

南昌有色冶金设计研究院

昆明有色冶金设计研究院

内 容 简 介

《重有色金属冶炼设计手册》是一部大型工具书,它总结了我国四十年来重有色金属冶炼设计、建设和生产的经验。全书共分四卷,十二篇,按铜镍(含钴回收)卷、铅锌铋卷、锡锑汞贵金属卷、冶炼烟气收尘及通用工程常用数据卷,分述各重金属及其伴生元素的各种提取工艺技术,并按原料、技术操作条件选择、产物、技术经济指标、主要设备选择、配置参考图及必要的冶金计算等内容编写,收集了大量技术数据和实例,供读者参考选用。

本《手册》中的铜铅锌各篇,除介绍传统工艺外,铜冶炼篇还编入了我国自己的闪速炉炼铜及现代化大型铜电解技术,铅冶炼篇编入了氧气底吹炼铅法及火法精炼等技术,锌冶炼篇编入了大型竖罐、鼓风炉炼锌和黄钾铁矾等技术。

镍冶炼篇以大型电炉和现代化闪速炉炼镍为主,并收集整理了我自行研究设计的氧化镍矿氨浸和氢还原制取镍粉等技术。

锡冶炼篇包括反射炉、电炉熔炼,火法与电解精炼,烟化挥发,氯化挥发等技术。锑冶炼篇以鼓风炉挥发熔炼、反射炉还原熔炼与精炼为主,并编入直井炉及部分锑品生产技术。汞冶炼篇编入了电热回转蒸馏炉炼汞、流态化焙烧、老式高炉炼汞、粗汞精炼和高纯汞提纯等技术。

贵金属冶炼篇编入了脉金提金的常规氰化法、炭浆法、树脂矿浆法、堆浸法、含金硫化矿提金、炼锑富集物提金、重金属电解精炼阳极泥的处理,从炼镍富集物中提取铂族金属等技术,并附有从废旧物料中回收金银的资料。

冶炼烟气收尘篇编入了各种冶炼炉窑的烟气性质、收尘工艺及设备,系统总结了我国重有色金属冶炼的各种收尘设施。

通用工程篇主要编入了粉煤制备、车间供油设施、废热利用、高压鼓风机室、空压机站、厂分析室等全厂性通用工程。常用数据篇编入了重冶工艺设计计算中常用的物理化学、规范、标准等数据。

本《手册》还编入了氰化废水处理、汞毒防治、噪声防护等与工艺设计关系密切的环保技术。

图书在版编目(CIP)数据

重有色金属冶炼设计手册:冶炼烟气收尘通用工程常用数据卷/北京有色冶金设计研究总院等编.

—北京:冶金工业出版社,1996

ISBN 7-5024-1903-9

I. 重… II. 北… III. 重有色金属-有色金属冶金-设计-手册 N. TF81-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 11763 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑:刁传仁

中国科学院印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1996 年 11 月第 1 版,1996 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;47.625 印张;1493 千字;752 页;1-5000 册

90.00 元

《重有色金属冶炼设计手册》编委会

主 任：张 健

副 主 任：蒋继穆

委 员：孙 倬 严达凡 许慕尧 徐 达 刘春泉 张 驾

潘云从 王德润 马荫华

总 主 编：孙 倬

副总主编：张 驾 潘云从 王德润 马荫华

《重有色金属冶炼设计手册》编辑部

主 任：蒋继穆

副 主 任：孙 倬 王协邦

成 员：张 驾 潘云从 王德润 马荫华 曹克宁 孙恒华

刘福祐 张 宪 王繁滨 陈邦俊 牛芝德 施维一

袁授时 周维智 严则陶

重有色金属冶炼设计手册

冶炼烟气收尘 通用工程 常用数据卷

冶炼烟气收尘篇

主 编： 曹克宁

副主编： 程一聪

通用工程篇

主 编： 王文禧

副主编： 周维智

常用数据篇

主 编： 孔繁秀

發展設計再創

輝煌

祝重有色金屬冶煉設計——手冊出版

邱純甫

一九九五年一月廿二日

贺 词

祝贺这部来自实践、用于实践的大型工具书——《重有色金属冶炼设计手册》的出版。我希望它不仅为设计而且为我国有色金属事业的发展做出贡献。预期它将成为从事有色金属事业人员不可缺少的读物与伴侣。

中国有色金属工业总公司 总经理

序

由长期从事实践工作的冶金专家孙倬任总主编，动员了我国实力最强、经验最丰富的四大有色冶金设计研究院的近百名专家，用了数年时间编纂的《重有色金属冶炼设计手册》，是一套供有色冶金界广大科技人员使用和高等院校广大师生参考的大型工具书。

这套书的编纂，在我国冶金史上具有开创性。金属品种包括了铜、铅、锌（镉）、镍（钴）、铋、锡、锑、汞、金银铂钯等金属以及与各金属矿物共生的硒、碲、铟、锗、镓、铊等稀散金属；冶金方法包括了火法冶金和湿法冶金。火法冶金中既有传统的鼓风炉、反射炉、电炉熔炼，又有当代开发的闪速熔炼、诺兰达法、瓦纽科夫法、基夫赛特法及氧气底吹炼铅法等现代冶金技术。湿法冶金中，既有酸浸，也有氨浸；有常压浸出，也有加压浸出，还有溶剂萃取、离子交换这类湿法冶金新技术。该手册总结了从现代化大工业生产到乡镇企业的小厂的详尽资料。此外，还收集了一些氯化冶金、真空冶金、粉末冶金等技术成果和详细的技术数据。还须指出的是，该手册中所有的这些技术成果，除极个别的（如瓦纽科夫法、基夫赛特法）外，均是从我国的设计、生产实践中总结出来的，因而是现实可行的技术成就。

这套书的另一个特点是，不论主金属的提取冶金，还是有价金属的综合回收，都包括原料、工艺过程、技术操作条件、产物、技术经济指标、主要设备选择和配置参考图，并附有系统的冶金计算。

这套书中以很大的篇幅编入了冶炼烟气收尘，车间供油设施、粉煤制备、厂化验室等诸多辅助性设施的设计内容以及设计和冶金计算中所需的常用数据，使其工艺设计的功能更臻完善。

该手册以其丰富的内容及特点显示出它是一部难得的好书，它的出版是有色冶金界的一件大事，这是很值得祝贺的。预期这套书将对我国有色金属工业的发展起到它应有的作用。

编写说明

《重有色金属冶炼设计手册》(简称《手册》)是中国有色金属工业总公司委托北京有色冶金设计研究总院和长沙、南昌、昆明三个有色冶金设计研究院共同编写的,是一部为重有色金属冶金设计人员服务的大型工具书。全书共四卷,十二篇,按铜镍卷、铅锌铋卷、锡锑汞贵金属卷、冶炼烟气收尘及通用工程常用数据卷,分述铜、镍(含钴回收)、铅、锌、铋、锡、锑、汞、金、银、铂族等金属及伴生元素的各种工业提取工艺技术,收集并编入了为冶炼厂设计所需的技术数据、设备、材料与通用设施和常用数据等资料。本《手册》是重有色金属冶炼厂设计的专用书,是重有色金属冶炼技术人员与干部必备的参考书。由于全书涉及的范围较广并具有基础技术性质,因而也可供其他冶金化工、机械、核工业、建材、轻工等专业人员参考,供科研、教学参考。本《手册》对于乡镇企业具有普及、提高与指导的意义。

本《手册》资料来自实践经验总结,因此,实用性强,可供重有色金属冶金工艺的初步设计与部分技术设计之用。

本《手册》以国内资料为主,国外资料一般作为参照对比,部分可作为设计参考;对于国内没有而国外已成熟的工艺,根据情况,扼要介绍,并为设计采用更先进的技术奠定基础,提供依据。

本《手册》中各金属的生产工艺部分,是按生产工序为单元进行编写的。通常在每单元中包括:概述、原料、熔(药)剂与燃料,技术操作条件选择,产物,技术经济指标,主要设备选择、配置参考图。《手册》中编入的国外工艺部分,因资料所限,不在此列。

主要工序的冶金计算分篇汇编在一起,作为计算举例供读者参照使用。

与重有色金属冶炼工艺相关的选冶联合流程以及某些选冶不可分割的工艺,其选矿部分也列入本手册。

本《手册》采用我国法定计量单位。

本《手册》中凡与国家规定的条例、规范有抵触者,应按国家规定执行。

1978~1979年出版的《铜铅锌冶炼设计参考资料》,是由参加本书编写的四个院与一些科研、院校、工厂合作编写的。在此次编写的《重有色金属冶炼设计手册》中,部分地采用了前者的资料。在此向原书编者致意。

本《手册》是在改革开放形势下编写的,在编写工作中得到了一些工厂的大力支持,特致谢意。但由于资料收集的困难,资料的局限性、片面性在所难免。此外,受参加编写人员水平所限,不当之处,尚祈广大读者、专家、学者不吝赐教,给予指正。

《重有色金属冶炼设计手册》编辑部

目 录

冶炼烟气收尘

1 烟气及烟尘		7.3 冲击式收尘器	(193)
1.1 烟气量	(4)	7.4 泡沫收尘器	(196)
1.2 烟气温度	(4)	7.5 湍球塔	(200)
1.3 烟气含尘量	(5)	7.6 气水分离器	(204)
1.4 烟气成分	(5)	7.7 喷嘴	(207)
1.5 烟尘性质	(6)	7.8 泥浆处理	(213)
2 收尘流程的选择及配置		7.9 湿式收尘实例	(222)
2.1 收尘流程的分类	(12)	8 烟气冷却	
2.2 收尘流程选择的依据和原则	(12)	8.1 冷却方法选择	(224)
2.3 重有色冶金工厂各类烟气常用的 收尘流程	(13)	8.2 冷却设备传热计算	(226)
2.4 生产实例	(16)	8.3 间接冷却设备	(231)
2.5 收尘系统的配置	(41)	8.4 直接冷却设备	(237)
3 收尘系统计算		9 收尘烟气管道系统设计	
3.1 炼铜厂收尘系统计算举例	(44)	9.1 烟气管道的布置原则	(243)
3.2 炼铅厂收尘系统计算举例	(50)	9.2 烟道的形式及材料	(243)
4 惯性收尘		9.3 烟气管道计算	(245)
4.1 沉尘室	(53)	9.4 烟气管道的热膨胀及补偿	(258)
4.2 旋风收尘器	(58)	9.5 管道支架	(286)
4.3 旋流(龙卷风)收尘器	(96)	10 烟气的排放	
5 过滤式收尘		10.1 烟囱的布置和设计原则	(296)
5.1 袋式收尘	(101)	10.2 烟囱计算	(296)
5.2 颗粒层收尘	(127)	10.3 烟囱设计注意事项	(302)
6 电收尘		10.4 烟囱计算举例	(302)
6.1 电收尘器设计	(141)	11 烟尘的气力输送	
6.2 电收尘器的供电装置	(166)	11.1 气力输送系统布置和设备结构	(307)
6.3 有色冶金工厂电收尘器实例	(171)	11.2 气力输送计算	(315)
6.4 改善高比电阻烟尘捕集性能的方法	(174)	12 排风机	
6.5 几种新型电收尘器	(174)	12.1 选用排风机的注意事项	(323)
7 湿式收尘		12.2 排风机的性能换算	(323)
7.1 旋风水膜收尘器	(181)	12.3 排风机的分类	(323)
7.2 文氏管收尘器	(185)	12.4 锅炉引风机	(324)
		12.5 高温排风机	(340)
		参考文献	

通用工程

1 粉煤制备		1.3 设备选择	(351)
1.1 原煤贮存和初碎	(343)	1.4 粉煤制备计算	(358)
1.2 粉煤制备	(344)	1.5 常用磨煤机的规格与性能	(366)
		1.6 车间配置实例	(370)

2 湿法冶炼管道	
2.1 管道设计与计算	(373)
2.2 管道保温及热延伸的补偿	(389)
2.3 管道支架	(394)
2.4 设备配管	(411)
2.5 管道布置	(412)
2.6 管道图	(416)
3 试料室及分析室	
3.1 试料室	(420)
3.2 分析室	(429)
4 车间供油设施	
4.1 燃油性质	(453)
4.2 燃油规格	(455)
4.3 供油设施的设计要求	(457)
4.4 供油系统	(458)
4.5 主要设备选择	(458)
4.6 供油管路设计	(465)
4.7 油管道的布置及安装	(480)
4.8 供油设施的配置	(481)
5 化工及耐火材料仓库	
5.1 硫酸库	(484)
5.2 碱库	(486)
5.3 液氯库	(487)
5.4 耐火材料库	(491)
5.5 耐火材料加工间	(493)
5.6 化学试剂库	(499)
6 废热利用	
6.1 废热锅炉	(506)

6.2 汽化冷却	(525)
7 防腐蚀工程	
7.1 涂料	(548)
7.2 玻璃钢	(556)
7.3 砖板砌筑与胶泥	(573)
7.4 表面处理	(578)
7.5 防腐蚀应用实例	(581)
7.6 电化学防腐蚀	(584)
8 高压鼓风机室	
8.1 高压鼓风机的选择计算	(591)
8.2 高压鼓风机辅助装置的选择	(592)
8.3 配置实例	(594)
9 空压机站	
9.1 空压机及机组的选择	(597)
9.2 压缩空气消耗量的计算	(597)
9.3 空压机辅助设备的选择	(598)
9.4 压缩空气管道设计	(601)
9.5 空压机站配置	(605)
10 碳化硅耐火材料	
10.1 碳化硅砂制造	(609)
10.2 碳化硅耐火制品	(622)
11 工业噪声控制	
11.1 吸声	(638)
11.2 隔声	(644)
11.3 消声	(653)
参考文献	

常用数据

1 常用标准	
1.1 环境标准	(666)
1.2 冶炼产品质量标准	(669)
1.3 化工产品质量标准	(676)
2 常用数据	
2.1 法定计量单位和常用单位换算	(681)
2.2 水的硬度	(686)
2.3 密度换算	(687)
2.4 pH值的计算	(687)
2.5 常见矿物的物理化学性质	(688)
2.6 有色金属元素的物理参数	(692)
2.7 有色金属主要化合物的物理化学参数	(697)
2.8 铜镍的物理性质	(704)

2.9 炉渣的物理性质	(705)
2.10 某些物料的密度	(709)
2.11 某些物料的比热容	(716)
2.12 某些无机化合物的溶解度、凝固点和粘度	(721)
2.13 燃料燃烧常用数据	(724)
2.14 一般计算资料	(728)
2.15 水和水蒸气的物理参数	(730)
2.16 气体的物理参数	(734)
2.17 电化学有关数据	(741)
2.18 气象资料	(743)
2.19 常见筛制	(747)
2.20 其它	(748)

参考文献

冶炼烟气收尘

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。

重有色金属冶炼烟气收尘的重要性在于：

(1) 提高金属回收率和原料的综合利用率 火法冶炼过程中,由于烟气流动产生机械性烟尘,由于高温产生挥发性烟尘。机械性烟尘成分与原料相似,挥发性烟尘富集了蒸气压较大的金属或化合物。二者为从原料中分离和综合回收这些金属创造了条件。

(2) 为有色冶炼烟气中硫和碳的回收创造必要条件 在火法冶炼过程中,硫化矿中的绝大部分硫氧化成二氧化硫和少量三氧化硫并进入烟气。为回收这些硫,对烟气中的含尘量应有严格要求,如接触法制酸的任何流程都要求烟气含尘量不大于 200 mg/m^3 ;炼锌鼓风机还原熔炼烟气中含有大量 CO ,为利用这种可燃气体需要加压,要求进入鼓风机前的气体含尘一般不大于 50 mg/m^3 。

(3) 改善环境、防止污染 有色冶炼烟尘中部分金属化合物具有毒性,如氧化铅、三氧化二砷、氧化镉、氧化铍等,排放后造成环境污染。这种烟尘进入制酸系统后,也会造成二次污染。

由于有色冶炼烟气收尘的重要性,故在我国的烟气收尘行业中它的发展较早,特别是电收尘技术。近年来,随着收尘技术的发展,各类新的收尘设备和工艺在有色冶炼烟气收尘中得到推广和应用,如扩散式旋风收尘器、JK型旋风收尘器、铜官山式高效旋风收尘器、旋流收尘器、脉冲式袋式收尘器、回转微振反吹袋式收尘器、反吹风大袋式收尘器、宽极距电收尘器、横向极板电收尘器、三电极电收尘器等。

收尘设备有多种分类方法,通常有以下三种:

(1) 按收尘效率分:

收尘类别	收尘效率, %	收尘器名称
低效收尘	~60	沉尘室、惯性收尘
中效收尘	60~95	旋风收尘、水膜收尘
高效收尘	>95	电收尘、袋式收尘、文丘里收尘

(2) 按收尘机理(本手册采用此分类)分:

收尘类别	收尘机理	收尘设备
机械收尘	利用烟尘重力、惯性力或离心力	沉尘室、惯性收尘器、旋风收尘器、旋流收尘器
过滤收尘	利用滤布或其它过滤介质阻留烟尘	袋式收尘器、颗粒层收尘器
电收尘	利用库仑力使烟尘分离	干(湿)式电收尘器
湿式收尘	利用水或其它液体捕集烟尘	水膜收尘器、泡沫收尘器、冲击式收尘器、文氏收尘器

(3) 按捕集烟尘的干湿情况分类

收尘类别	烟尘状态	收尘设备
干式收尘	干尘	机械收尘器、袋式收尘器、干式电收尘器
湿式收尘	泥浆状	水膜收尘器、泡沫收尘器、冲击式收尘器、文丘里收尘器、湿式电收尘器

各种收尘设备的特点及其使用现状如下:

A 沉尘室和惯性收尘器

沉尘室和惯性收尘器结构简单,设备阻力小,但占地面积大,只能捕集粗颗粒烟尘,属于低效设备,重有色金属冶炼厂较少选用。带灰斗的大型烟道亦能起到惯性收尘器的作用,且能耐较高烟气温度。

B 旋风收尘器

旋风收尘器结构简单,占地面积小,能捕集 $10 \mu\text{m}$ 以上的烟尘,属于中效收尘设备。设备阻力因结构形式和进口流速而异,高达 3000 Pa 。收尘效率的高低与阻力大小成正比,此外,烟尘密度大、烟气含尘量高,收尘效率也随之提高。烟尘硬度大时,须考

虑设备的耐磨问题,旋风收尘器由普通钢板制成,如外部保温时可耐 450℃。

C 旋流收尘器

旋流收尘和旋风收尘性能相似,只是增加了二次风,能捕集更细的烟尘,但它不适于处理重有色冶金工厂的烟气,其它行业和国外有使用旋流收尘器较成功的经验。

D 袋式收尘器

这是一种高效收尘设备,只要滤袋不破损,其收尘效率可大于 98%,且烟尘性质对收尘效率影响不大。烟气温度决定于滤料耐温特性,玻璃纤维滤料耐温不高于 250℃,诺麦克斯针刺毡耐温不高于 200℃,涤纶 208 耐温不高于 130℃,柞蚕丝、毛呢等耐温不高于 100℃。烟尘粘结性强、烟气露点高时,易堵塞滤料孔隙,不易清除,阻力不断上升以致无法运行。袋式收尘阻力较大,运行费高,检查和更换滤袋的劳动条件差,尤其对含毒烟尘的收尘操作需要加强防护。对含氟烟气的收尘不宜使用玻璃纤维滤袋,必要时应将玻璃纤维袋用石墨或聚四氟乙烯处理。

E 颗粒层收尘

颗粒层收尘是一种新方法,过滤介质来源广泛,能耐较高的烟气温度,有较好的耐腐蚀、耐磨损性能,但它不宜用于含尘量高于 30 g/m³ 和粒径小于 1 μm 的烟气。目前在重有色冶金工厂尚未广泛使用。

F 电收尘器

电收尘器属于高效收尘设备,能捕集超细烟尘,设备阻力小,运行费用低,耐高温、耐磨损,操作劳动条件较好。电收尘基建费用高,操作管理技术要求严格。

G 湿式收尘器

湿式收尘器中除湿式电收尘器外,一般都具有结构简单、设备投资省的优点,适用于烟气温度低,烟尘可以进行湿法处理的场合。一般湿式收尘器,如水膜收尘器、洗涤机等收尘效率不超过 90%,而文丘里收尘器、湿式电收尘器可达 95% 以上,且随设备阻力增加而提高。

湿式吸尘器还有一定的降温作用,但入口烟气

温度过高,会使液体大量蒸发,从而影响收尘效率,一般入口温度不宜超过 100℃。

各类收尘设备的使用条件见表 0-1。

表 0-1 收尘设备的使用条件

设备名称	允许操作温度 ℃	允许操作压力 kPa	允许烟气含尘量 g/m ³	捕集烟尘的粒径 μm	是否采取防腐措施
沉尘室和惯性收尘器	<450	不限	不限	>20	不需
旋风收尘器	<450	不限	<800	>10	同上
旋流收尘器	<450	不限	<30	>5	同上
袋式收尘器	<250 (高于烟气露点 30℃)	<5	<30	>0.1	同上
颗粒层收尘器	<450	<5	<30	>1	同上
干式电收尘器	<400 (高于烟气露点 30℃)	<5	<50	>0.1	需要
湿式电收尘器	<80	<5	<30	>0.05	同上
水膜收尘器	<80	<5	<50	>10	同上
泡沫收尘器	<80	<5	<50	>10	同上
冲击式收尘器	<80	<5	<50	>10	同上
文丘里收尘器	<80	<10	<100	>0.1	同上

收尘设备的性能是指设备在所适应的烟气、烟尘条件下的工作参数。设备阻力和收尘效率是反映收尘设备性能的主要参数,阻力直接关系着能耗,也影响到收尘效率,这是选择收尘设备需要充分考虑的。

阻力与能耗的关系及几种收尘效率的计算方法如下:

A 收尘效率

收尘效率一般有下列几种表示方法:

(1) 收尘设备的总收尘效率 设备捕集到的烟尘量占进入该设备烟尘量的百分数,可按下列式计算:

$$\eta = \frac{G}{QC_1} \times 100\% = \frac{C_1 - C_2(1 + K)}{C_1} \times 100\%$$

式中 η ——收尘效率, %;

G ——捕集到的烟尘量, g/h;

Q ——进入设备的烟气量, m³/h;

C_1 ——入口烟气含尘量, g/m³;

C_2 ——出口烟气含尘量, g/m³;

K ——漏风率, %。

(2) 收尘设备的分级收尘效率 不同粒级烟尘的收尘效率,可按下列式计算:

$$\eta = M_1\eta_1 + M_2\eta_2 + \dots + M_n\eta_n$$

式中 η ——分级收尘效率, %;

$M_1, M_2 \dots M_n$ ——烟尘不同粒径的百分比, %;

$\eta_1, \eta_2 \dots \eta_n$ ——烟尘不同粒径的收尘效率, %。

(3) 串联收尘设备的总效率 各级收尘设备收尘效率之和, 可按下列式计算:

$$\eta = 1 - [(1 - \eta_1)(1 - \eta_2)\dots(1 - \eta_n)]$$

式中 η ——串联收尘设备的总效率, %。

(4) 收尘设备的穿透率 指未能捕集的烟尘量占进入收尘系统烟尘量的百分数, 用以表示烟尘的排放情况。穿透率与收尘效率的关系为:

$$P = 1 - \eta$$

式中 P ——穿透率, %;

η ——收尘效率, %。

B 收尘设备阻力与能耗

烟气进出口的全压差即为收尘设备的阻力, 单位为 Pa。阻力与能耗成比例, 通常根据烟气量和设备阻力求得收尘设备消耗的功率:

$$N = \frac{Q\Delta h}{9.8 \times 10^2 \times 3600\eta}$$

式中 N ——所需功率, kW;

Q ——处理烟气量, m³/h;

Δh ——收尘设备的阻力, Pa;

η ——风机和电动机传动效率, %。

C 各类收尘设备的技术经济指标

几种主要收尘设备的技术经济指标列于表 0-2。

表 0-2 各类收尘设备的技术经济指标

收尘设备名称	收尘效率%	烟气流速 m/s	阻力损失 Pa	耗水量 L/m ³	漏风率 %	设备费 (相对比例)	运行费 (相对比例)
沉尘室和惯性收尘器	50~60	0.5~1	100~500		<5	1	1
旋风收尘器	60~90	15~30(入口)	600~3000		<3	0.7~1.5	1~2.5
旋流收尘器	90~95	15~25	1000~5000		<3	1.5~2	2~4
袋式收尘器	98~99.9	0.01~0.05	1200~4500		<10	4.4~5	5~10
颗粒层收尘器	90~95	0.25~0.33	1000~5000		<5		
干式电收尘器	95~99.9	0.4~1.5	200~350		3~5	6~7	1.5
湿式电收尘器	98~99.9	0.4~1.2	200~300	0.4	<3	8~9	2.3
水膜收尘器	80~92	15~20(入口)	600~1000	0.6	<3	1.7	3
泡沫收尘器	90~97	2~5	600~3000	0.5	<3	2.3	
冲击式收尘器	85~95	10~75	1000~5000	0.1	<3	2.8	5
文丘里收尘器	90~99.5	20~100	2000~10000	1.1	<3	3~3.5	4

(撰稿:程一聪 审核:韩双春)

1 烟气及烟尘

收尘系统设计以烟气、烟尘的性质和冶金炉的工作制度为依据。由于有色金属冶炼工艺的多样性,须根据具体条件确定收尘方案和设备能力。有关的设计基础条件分述如下。

1.1 烟气量

有色冶金炉的种类较多,同一类冶金炉也因结构的差异而影响实际烟量,如铜毓吹炼转炉,因烟罩结构不同漏风系数为50~100%或更高,此外,冶金炉的工作制度对烟气量也有重要的影响。

1.2 烟气温度

有色冶金炉出口烟气温度高的达1200℃以上,低的仅80~100℃(见表1-1)。为适应收尘设备的要求,高温烟气须进行冷却。如旋风收尘器要求烟气温度不高于450℃,袋式收尘器依滤袋材质而定,电收尘器不高于400℃,湿式收尘器如只用作收尘,烟气温度一般不高于100℃。有些新开发的收尘设备对操作温度有特殊要求,如高温高压电收尘器要求烟气温度高达800~900℃,烟气温度的下限一般须高于露点20~30℃。低温烟气更要考虑露点的影响,必要时可采用保温、加热或配入高温烟气的办法,以保证烟气不结露,防止设备腐蚀或烟尘粘结。

表 1-1 有色冶金炉出口烟气温度

金属种类	冶金炉名称	烟气温度,℃	金属种类	冶金炉名称	烟气温度,℃
通用	精矿干燥窑	100~150	铅	水口山炼铅反应器	1000~1100
	载流干燥	100~150		顶吹旋转转炉	700~750
铜	流态化酸化焙烧炉	600~700		还原电炉	750
	熔炼反射炉	1200~1300	锌	流态化氧化焙烧炉	1000~1050
	熔炼电炉	500~800		流态化酸化焙烧炉	850~950
	密闭鼓风炉	500~600		脱氟多膛焙烧炉	400~500
	闪速熔炼炉	1200~1300		浸出渣挥发窑	700~750
	连续吹炼炉	900~1000		铅锌密闭鼓风炉冷凝器出口	400~450
	吹炼转炉	700~900		J-45 焦结炉	910~1000
	顶吹旋转转炉	600~800		J-2 焦结炉	600
	杂铜反射炉	1000~1100	镍	焙烧回转窑	350~450
	白银炼铜炉	1200		流态化半氧化焙烧炉	550~750
炉渣贫化电炉	300~500	熔炼电炉		500~700	
铅	鼓风烧结机	250~350		闪速炉	1200~1350
	烧结矿熔炼鼓风炉	150~200		吹炼转炉	600~800
	高料柱作业			贫化电炉	300~500
	低料柱作业	300~350	熔铸反射炉	1000	
	氧化矿化矿鼓风炉	150~350	氧化矿预热炉	900~1000	
	炉渣烟化炉	1100~1200	氧化矿还原焙烧炉	700	
	浮渣反射炉	900~1000	锡	精矿流态化焙烧炉	750~850
氧气底吹炼铅反应器	1000~1100	熔炼反射炉		1170~1200	
锡	精炼锅	600~800		熔炼电炉	800~900
	熔析炉	600~900	炉渣烟化炉	1100~1200	

续表 1-1

金属种类	冶金炉名称	烟气温度, C	金属种类	冶金炉名称	烟气温度, C
阳极泥及 贵金属	贵铅炉	550~650	钴	流态化酸化焙烧炉	550~600
	分银炉	500~600			
	精矿流态化酸化焙烧炉	600~650			

1.3 烟气含尘量

有色冶金炉的烟气含尘量随冶炼过程的强化而大幅度增加,有的大于 100 g/m³,甚至高达 900 g/m³。各种有色冶金炉出口烟气含尘量见表 1-2。我国

对烟尘的允许排放标准有更为严格的趋势,因此要求进一步提高收尘效率。从另一方面看,烟尘含量高也提高了收尘价值,但收尘难度也相应提高,如烟尘粘结、烟尘对管道、设备的磨损增加,需要多级收尘设备而增加了阻力损失等。

表 1-2 有色冶金炉出口烟气含尘量

金属名称	冶金炉名称	含尘量, g/m ³	烟尘率, %	金属名称	冶金炉名称	含尘量, g/m ³	烟尘率, %	
通用	精矿干燥窑	20~80	1~3	锌	流态化氧化焙烧炉	100~150	18~25	
	载流干燥	800~1000	100		流态化酸化焙烧炉	150~250	40~50	
铜	流态化酸化焙烧炉	100~200	30~40		浸出渣挥发窑	40~100	25	
	熔炼反射炉	30~40	3~7		锌密闭鼓风炉	20~25	5~6	
	熔炼电炉	20~80	2~7	镍	精矿焙烧回转窑	30~40		
	密闭鼓风炉	15~40	2~6		流态化半氧化焙烧炉	250~300		
	闪速熔炼炉	50~100	5~10		熔炼电炉	40		
	连续吹炼炉	5	≤1		闪速熔炼炉	100~150		
	吹炼转炉	3~15	1~5		吹炼转炉	15~20		
	顶吹旋转转炉	10~45			贫化电炉	5~15		
	杂铜反射炉	60~80			熔铸反射炉	5~10		
	白银炼铜炉	35~40			锡	流态化焙烧炉	100	
铅	鼓风烧结机	25~40	2~3			熔炼反射炉	20	
	烧结矿鼓风炉					熔炼电炉	190~220	
	高料柱作业	8~15	0.5~2	炉渣烟化炉		70~100		
	低料柱作业	20~30	3~5	精炼炉		26~30		
	氧化矿化矿鼓风炉	20~25	5~6	熔析炉		1		
	炉渣烟化炉	50~100	13~17	钴	流态化酸化焙烧炉	100		
	浮渣反射炉	5~10	1		金	流态化酸化焙烧炉	200~250	
	氧气底吹炼铅反应器	150~250						
还原电炉	20~35							

1.4 烟气成分

有色冶金炉烟气成分主要是指二氧化硫、三氧化硫、一氧化碳、水蒸气和氟、砷、汞(砷、汞在高温下为气态)等。这些组分含量的高低不仅对收尘流程选

择、收尘设备及操作条件的确定有关,而且对烟气净化和综合回收也有影响。对烟气中含有可燃性气体或可能产生可燃性气体的收尘系统,特别在选用电收尘器时要考虑防爆措施。各类冶金炉含硫烟气中二氧化硫、三氧化硫的含量见表 1-3。

表 1-3 有色冶金炉出口烟气二氧化硫、三氧化硫含量

金属名称	冶金炉名称	SO ₂ , %	SO ₃ , %	金属名称	冶金炉名称	SO ₂ , %	SO ₃ , %
通用	硫化精矿干燥窑	<0.1		锌	流态化氧化焙烧炉	大于 10	0.1
铜	流态化氧化焙烧炉	10~12	0.1		流态化酸化焙烧炉	8.5~9.5	0.3~0.5
	流态化酸化焙烧炉	4~6	1~2		浸出渣挥发窑	小于 1	
	熔炼反射炉	1~2			炼锌风炉	CO 17~25	
	熔炼电炉	1~5		镍	焙烧回转窑	4~4.5	0.5
	密闭鼓风机	3~5			流态化半氧化焙烧炉	10~11	
	闪速熔炼炉	10~13			熔炼电炉	1~2	
	白银炼铜炉	8~9	<0.1		闪速熔炼炉	11~12	
	连续吹炼炉	8~14	0.2~0.3		吹炼转炉	5~7	0.35
	吹炼转炉	7~8	0.3~0.5	熔铸反射炉	0.4~0.5		
顶吹氧气炉	3~14		锡	流态化焙烧炉	1.89	CO 1.49 CO 16~18	
铅	鼓风烧结机	3~5			熔炼反射炉		0.06
	烧结矿鼓风机	小于 0.5			熔炼电炉		
	浮渣反射炉	小于 1			烟化炉		2.45
	氧气底吹炼铅反应器	8~9			熔析炉		0.01
	顶吹氧气炉	1~8.5			精炼炉		0.01
				金	流态化酸化焙烧炉	8.5~9	0.75

注:未注明氧气的均为空气鼓风。

1.5 烟尘性质

1.5.1 烟尘成分

烟尘成分是确定烟尘回收价值和允许排放浓度的主要因素。干燥、焙烧、烧结过程的烟尘成分和原料相近;熔炼和吹炼过程的烟尘中富集有易挥发金属氧化物;烟化炉、挥发窑、杂铜炉等产出的烟尘基本由易挥发性金属氧化物组成。

1.5.2 烟尘粒径

烟尘粒径是选用收尘流程、确定收尘设备的基本条件。重有色冶炼的烟尘粒径分布很不均匀,机械尘一般大于 10 μm,挥发尘一般小于 1 μm,有的甚至小于 0.01 μm。超细烟尘给收尘净化带来较大困难。表示粒径大小有下列几种方法:

a 烟尘的分散度

一般分质量分散度和颗粒分散度两类。烟尘的各种粒级(某一粒径范围,如 5~10 μm,10~15 μm 等)的质量或颗粒数占的百分比,称为质量分散度或颗粒分散度,二者是计算分级效率的主要依据。

b 分割粒径(临界粒径)

收尘器分级收尘效率为 50%的粒子直径称为分割粒径,它是表示收尘器性能有代表性的粒径。

c 烟尘比表面积

单位质量烟尘的总表面积称为烟尘的比表面积。一般烟尘的比表面积为 1000~10000 cm²/g。

比表面积增加时,表面能也随之增大,从而增强了表面活性,对烟尘的湿润、溶解、凝聚、附着、吸附、爆炸等性质都有直接影响。

烟尘粒径和比表面积的关系见表 1-4 至表 1-5。

表 1-4 一些烟尘粒径和比表面积的关系

烟尘名称	比表面积, cm ² /g	平均粒径, μm
石英细砂	50	500
粗烟尘	1700	25
水泥窑烟尘	2400	13
高炉烟尘	4000	8
细粒炭黑	1 100 000	0.03
活性炭	8 000 000	

表 1-5 有色冶炼烟尘的比表面积和粒径

冶炼设备及烟尘种类	比表面积 cm ² /g	平均粒径 μm
1. 锌精矿流态化酸化焙烧炉		
电收尘器入口处烟道尘	700	25.4
电收尘器第一电场烟尘	4700	3.5
第二电场烟尘	7250	2.2

续表 1-5

冶炼设备及烟尘种类	比表面积 cm ² /g	平均粒径 μm
第三电场烟尘	9225	1.82
2. 铅烧结机		
滤袋收尘器入口烟道尘	149	90.0
滤袋收尘器烟尘	23 700	0.47
3. 铅鼓风炉		
增湿塔烟尘	4650	2.8
电收尘器烟尘	17 200	0.7
4. 锌浸出渣回转窑		
沉尘室前部烟尘	3000	4.4
沉尘室尾部烟尘	4850	2.7
冷却烟道中烟尘	5500	2.0
滤袋收尘器烟尘	6300	1.8
5. 圆筒干燥机处理精矿		
电收尘器第一电场烟尘	6830	2.49
第二电场烟尘	6470	2.50
6. 圆筒干燥机处理黄铁矿精矿		
电收尘器第一电场烟尘	3320	4.20
第二电场烟尘	3740	3.82

1.5.3 烟尘的显微结构

机械尘一般为不规则多棱立方体和片状,挥发尘一般近似球状,纤维状或结晶体。不规则和具有棱角的机械尘、硬度高的烟尘对旋风收尘器、管道和风机的磨损较严重。球状烟尘不易放出电荷而易于沉降,故不宜采用电收尘器而宜用旋风收尘器。不规则状和纤维状烟尘不易穿透滤布,采用袋式收尘器比较合适。

1.5.4 烟尘密度

烟尘密度分密度和堆积密度。前者随烟尘成分而异,后者与烟尘粒度有关。烟尘密度对沉尘室和旋风收尘器的收尘效率影响很大,堆积密度对烟尘的贮存和再飞扬有较大关系,如烟尘的密度和堆积密度之比大于10,烟尘的二次飞扬将十分严重。

有色冶炼烟尘的密度和堆积密度及其它烟尘密度和堆积密度见表1-6及表1-7。

表 1-6 有色冶炼烟尘密度和堆积密度, g/cm³

烟尘种类	取尘地点	密度	堆积密度
铜精矿干燥	旋风收尘器	3.36	1.54
	电收尘器第一电场 电收尘器第二电场	3.73	
铜精矿流态化焙烧	沉灰斗	3.03	1.24
	第一级旋风器	3.03	1.22
	第二级旋风器 第三级旋风器	2.89 2.82	1.17 1.10
铜转炉吹炼	旋风收尘器 电收尘器		1.55 0.38
铜反射炉熔炼	烟道收尘器	3.30	1.26 0.935
铜精矿造球干燥焙烧	旋风收尘器 电收尘器		1.425 1.14
铜电炉熔炼	旋风收尘器 电收尘器		1.30 0.745
铅砷铊吹炼	滤袋收尘器	6.69	0.59
铅烧结	烧结机尾部收尘器	4.17	1.79
	旋风收尘器	5.12	1.89
	电收尘器	5.39	0.80 0.87
铅鼓风炉熔炼	沉灰斗	5.15	1.89
	冷却烟道收尘器	6.17	1.30
	文氏管收尘器	6.22	1.24
	电收尘器	4.23	1.69
锌精矿流态化焙烧	汽化冷却器	4.03	1.17
	烟道收尘器	4.15	1.14
	旋风收尘器	4.28	1.07
	电收尘器	4.94	0.93
	沉尘室	4.39	
	烟道积尘	3.63	
氧化锌多膛焙烧	冷却烟道	4.23	0.76
	滤袋收尘器	5.17	0.47
锌浸出渣回转窑挥发	冷却烟道	4.06	0.73
	滤袋收尘器	4.33	0.73
铅浮渣反射炉熔炼	冷却烟道	3.51	0.49
	滤袋收尘器	3.90	0.34
铅渣烟化炉吹炼	滤袋收尘器	4.10	0.41
铋反射炉熔炼	烟道积尘器	3.01	1.0
	滤袋收尘器	4.25	0.83
杂铜熔炼	冷却烟道前部	3.64	
	冷却烟道后部	3.51	
	滤袋收尘器	4.36	

表 1-7 其它烟尘密度和堆积密度, g/cm³

主要工业炉粉尘	密度 γ	堆积密度 γ _a	γ/γ _a	主要工业炉粉尘	密度 γ	堆积密度 γ _a	γ/γ _a
煤粉锅炉	2.1	0.52	4	造纸黑液炉	3.11	0.127	24.5
水泥干燥窑	3.0	0.60	5	滑石粉	0.75	0.59~0.71	1.2
重油锅炉	1.98	0.20	9.8	烟灰	2.15	1.2	1.8