

目 录

第七篇 收尘	1
第一章 收尘流程	3
第一节 烟气和烟尘	3
第二节 收尘流程选择	11
第二章 收尘系统计算与配置	44
第一节 收尘计算	44
第二节 收尘配置	63
第三章 沉尘室与旋风收尘器	78
第一节 沉尘室	78
第二节 旋风收尘器	84
第四章 湿式收尘	118
第一节 旋风水膜收尘器	118
第二节 快速收尘器	125
第三节 冲击式收尘器	139
第四节 泡沫收尘器	145
第五节 湍球塔	151
第六节 气水分离器	158
第七节 喷嘴	163
第八节 泥浆处理	173
第九节 湿式收尘防腐	187
第五章 滤袋收尘	189
第一节 滤袋收尘器的分类和选择	189
第二节 滤布和滤袋结构	191
第三节 滤袋收尘器	201
第六章 电收尘	221
第一节 概述	221
第二节 电收尘器结构	225
第三节 电收尘器的设计和计算	244
第四节 电收尘器的生产实践	252
第五节 电收尘器的供电系统	263
第七章 烟气冷却	275
第一节 冷却方式选择	275
第二节 间接冷却	277
第三节 直接冷却	292
第八章 烟气管道与烟囪	296
第一节 烟气管道设计	296
第二节 烟气管道计算	301
第三节 管道热膨胀与补偿	329

第四节	管道支架	342
第五节	烟囱	354
第九章	烟尘的气力输送	364
第一节	概述	364
第二节	气力输送系统布置和设备结构	365
第三节	气力输送计算	379
第八篇	辅助设施	393
第一章	化验	393
第一节	试料室	393
第二节	化验室	404
第二章	高压鼓风机室和空压车站	428
第一节	高压鼓风机室	428
第二节	空压车站	434
第三章	粉煤制备	447
第一节	原煤贮存和初碎	447
第二节	原煤干燥和磨粉	449
第四章	车间供油设施	476
第一节	供油系统	476
第二节	设备选择	478
第三节	管路设计与配置	489
第五章	碳化硅耐火材料	494
第一节	碳化硅砂	494
第二节	碳化硅制品	510
第六章	余热利用	528
第一节	余热锅炉	528
第二节	汽化冷却	537
第七章	硫酸库与耐火材料库	574
第一节	硫酸库	574
第二节	耐火材料库	578
第九篇	一般设计资料	583
第一章	燃料及燃烧计算	583
第一节	常用燃料特性	583
第二节	燃料燃烧计算	590
第二章	常用耐火材料与砌体设计	597
第一节	耐火材料性质	597
第二节	耐火制品标准	601
第三节	砌体设计	606
第三章	湿法冶炼管道设计综合资料	610
第一节	管道、管件与阀门	610
第二节	管道设计与计算	651
第三节	管路保温及热延伸的补偿	670
第四节	管道支架	678

第五节 管道配置	699
第十篇 常用辅助设备	713
第一章 风机	713
第一节 离心式通风机	713
第二节 离心式鼓风机	720
第三节 罗茨鼓风机	728
第二章 连续输送设备	732
第一节 胶带输送机	732
第二节 链板输送机	760
第三节 螺旋输送机	761
第四节 埋刮板输送机	771
第五节 振动输送机	795
第三章 给料设备	802
第一节 电磁振动给料机	802
第二节 圆盘给料机	806
第三节 带式给料机	809
第四节 板式给料机	814
第五节 螺旋给料机	817
第六节 槽式给料机	819
第七节 星形给料机	820
第八节 其它型式给料机	822
第四章 起重、卷扬、提升及称量设备	825
第一节 起重设备	825
第二节 卷扬提升设备	848
第三节 称量设备	860
第五章 铸型设备	864
第一节 圆盘浇铸机	864
第二节 直线式浇铸机	872
第六章 液体搅拌设备	875
第一节 空气搅拌设备	875
第二节 机械搅拌设备	877
第七章 固液分离设备	884
第一节 浓密机	884
第二节 离心过滤机	884
第三节 卧式螺旋卸料沉降离心机	891
第四节 真空过滤机	892
第五节 板框压滤机	899
第六节 微孔管式过滤器	901
第八章 不透性石墨热交换器	905
第一节 列管式石墨热交换器	905
第二节 块孔式石墨热交换器	907
第三节 板室式石墨热交换器	911

第九章 真空泵、搪瓷反应罐及放料阀	914
第一节 真空泵	914
第二节 搪瓷反应罐	916
第三节 放料阀	918
第十章 耐腐蚀离心泵	920
第一节 离心泵的选择和计算	920
第二节 金属耐腐蚀离心泵	925
第三节 非金属耐腐蚀离心泵	932
第四节 衬胶泥浆泵	940
附 录	941
附录一 产品质量标准	941
附录二 熔(溶)剂和药剂的一般要求	950
附录三 常用单位换算	955
附录四 常见有色金属矿物	969
附录五 某些元素的物理参数	971
附录六 无机化合物	980
附录七 冰铜的物理性质	987
附录八 炉渣的物理性质	988
附录九 某些物料的比重	992
附录十 某些物料的比热	1003
附录十一 某些无机化合物的溶解度、凝固点和粘度	1009
附录十二 燃料燃烧	1015
附录十三 一般计算资料	1018
附录十四 水和水蒸气的物理参数	1021
附录十五 气体的物理参数	1033
附录十六 电化学	1040
附录十七 卫生安全	1043
附录十八 气象资料	1046
附录十九 常见标准筛制	1050
附录二十 其他	1051

第七篇 收 尘

铜、铅、锌冶金工厂烟气的收尘是冶炼生产过程的重要组成部分，它不仅有利于提高冶炼实收率、回收和富集有价值元素(特别是稀散金属)，同时可减轻烟尘对环境的污染，为综合回收冶炼烟气，消除烟害创造有利条件。

二十多年来，收尘技术在我国有色冶金中得到了广泛应用，有了很大进展。

我国小型湿法炼铜厂铜精矿沸腾焙烧的收尘流程，曾采用串联三段旋风收尘器做为烟气净化流程，其总收尘效率可达 99.6%，可以维持烟气制酸。

湿式收尘在铅冶炼收尘系统中的应用，基本上解决了使用滤袋收尘的铅中毒问题以及使用电收尘的收尘效率低的问题。

建国初期，在有色冶炼工业中，只有少数工厂采用电收尘器，而且收尘电极和电晕电极型式单一(只有网状收尘电极和圆线电晕电极)。随着我国有色冶金工业生产日益发展，电收尘器的种类、收尘电极和电晕电极的型式都有较大的发展，目前电晕电极有采用芒刺状、棱型线的，收尘电极还有采用棒棒式、“C”型、“Z”型等，其收尘效率可达 95~98%。

电收尘器整流趋向于采用可控硅调压的硅整流器，硅整流器具有使用年限长、工作可靠、无噪音、调节性能好、自动化程度高、不产生臭氧和一氧化氮等有害气体、效率高等特点。

滤袋收尘器采用脉冲喷吹振打技术以后，改善了劳动条件，并逐步实现自动控制。滤袋材质采用经石墨和有机树脂处理的玻璃纤维滤袋以后，不但节约大量布，而且使作业温度从 100℃ 提高到 300℃，减少或不需为控制滤袋进口温度而抽吸冷空气，节约烟气冷却设备，降低了动力消耗。为实现干法制酸创造了有利条件，并成为干法制酸烟气净化中的关键设备。

碳化硅管或刚玉管过滤器具有收尘效率高(可达 99%)、耐高温(可达 500℃)、结构简单、占地面积小、在较高温度下并可除掉一部分砷(除砷率可达 40~70%)等特点(在铅锌精矿中一般均含有一定量的砷)，在干法制酸收尘流程中较电收尘及滤袋收尘流程有很大优越性。

国外已应用于工业生产的超高压电收尘器，由于其极间距离大(500~1500 毫米)，电流可小，难起反电晕，可捕集高比电阻的烟尘($10^{11} \sim 10^{14}$ 欧姆·厘米)；操作电压高(100~300 千伏)，粒子移动速度快，静电凝聚效果好，可捕集通常电收尘器所不能捕集的超微粒子(0.5~0.01 微米)；设备结构简单，操作检修比较方便，具有广泛发展前途。

收尘设备种类繁多，现将常用收尘设备的类型和特点列于表 7—1。

表 7-1-1

常用收尘设备的类型和特点

型式	类别	名称	适用范围						特点	说明	
			烟尘粒度 (微米)	烟气含尘量 (克/标米 ³)	温度 (°C)	阻力损失 (毫米水柱)	漏风率 (%)	收尘效率 (%)			净化程度
干式收尘设备	重力收尘设备	沉降室	>20	不限	<500	10~30	<10 <3	<50	粗	结构简单,制造方便,不易堵塞,清理方便,阻力损失小,占地面积大,收尘效率低	目前使用较少
	离心力收尘设备	旋风收尘器	5~10	<100	<450	50~450	<5	60~90	粗、中	结构简单,制造容易,占地面积小,收尘效率较沉尘室高很多,效率和阻力成正比	使用广泛
	湿式收尘设备	旋流收尘器 (龙卷风)	1~5	<100	<450	200~400	<5	80~95	精	结构简单,制造容易,占地面积小,收尘效率较沉尘室高很多,效率和阻力成正比	大直径设备尚无成熟经验
	过滤收尘设备	滤袋收尘器	>0.1	5~50	60~300	100~450	5~30	90~98	精	收尘效率高而稳定,大型设备结构较复杂,滤布消耗量大,动力消耗大,占地面积大,劳动条件差	使用较广泛,设备耐高温决定于滤料
	电收尘设备	电收尘器	>0.1	<10	<450	10~30	10~20	90~98	精	收尘效率高,能耐较高温度,结构简单,占地面积小,动力消耗大,收尘效率中等,投资费用高	目前国内尚在试验阶段
湿式收尘设备	离心力收尘设备	水膜收尘器	5~10	<20	<200	60~80	0~5	80~90	中	结构简单,制造方便,阻力损失小,收尘效率中等,占地面积小,处理腐蚀性烟气设备需防腐	使用广泛
	惯性力和水浴收尘设备	冲击收尘器	1~10	<20	<400	50~400	0~5	80~95	中、精	结构简单,占地面积小,收尘效率较高,阻力损失较大,设备需防腐	使用较少
	凝聚收尘设备	快速收尘器	>0.2	5~50	露点 ~400	100~600	0~5	90~98	精	结构简单,占地面积小,适应性强,收尘效率高,阻力损失大,对水质要求较高,设备需防腐	使用较广泛
	筛板收尘设备	泡沫收尘器	1~5	<10	<200	每层筛板 60~80	0~5	90(95)	中(多层为精)	结构简单,占地面积小,阻力损失较小,收尘效率较高,筛板安装质量要求高,设备需防腐	对粘性烟尘筛板易堵,使用较少
	电力收尘设备	湍流球塔 湿式电收尘器	>0.1	<5	<80	150~300	0~5	90~98	中	结构简单,占地面积小,收尘效率中等,小球易磨损,处理含焦油烟气小球易结垢,设备需防腐 收尘效率高,动力消耗小,结构简单,占地面积大,投资费用高,设备需防腐	使用较少,多用于除酸雾

第一章 收尘流程

第一节 烟气和烟尘

一、概述

在有色金属火法冶炼工艺过程(如干燥、焙烧、熔炼、挥发等)中,一般都产生烟气和烟尘。

冶炼烟气的性质与冶炼工艺过程、设备及其操作条件有关,其特点是烟气温度高,含尘量大,波动范围大,有些烟气中还具有相当高的湿度;并含有腐蚀性气体(SO_2 、 SO_3)和有害气体(As_2O_3 、Pb蒸气)。

冶炼过程中形成烟尘的原因可分为两类:

1. 机械作用

炉料的细微颗粒被流动的烟气带走而形成的烟尘。例如物料在干燥、焙烧及部分熔炼过程所产生的烟尘。此类烟尘的颗粒较大(大于10微米),其成分与原料相近,易于为普通收尘器所收集。

2. 挥发作用

在火法冶炼过程中,某些金属(铅、锌、镉、砷等)常以元素或化合物状态挥发逸出,遇冷而形成细粒烟尘。挥发物的大量存在,是有色冶金工厂烟尘的最大特点。此类烟尘的颗粒很细(千分之几微米到数微米),其成分与物料发生化学变化时所生成的组成相同,仅能在滤袋收尘器、电收尘器或某些湿式收尘器中收集。

二、烟气特点

(一) 烟气温度

在焙烧、烧结、吹炼和精炼等过程中产生的烟气常具有较高的温度,有时需经预先冷却后再送入收尘设备。表7—1—1为冶金炉出炉烟气特点举例。

(二) 波动范围大

由于冶金炉处理的原料不一、操作制度或设备条件不同,产出的烟气量、温度、成分及含尘量均可能有较大的波动,在考虑收尘系统时应予具体对待。

(三) 烘炉废气

冶金炉烘炉时废气不含有害气体或有价金属,加之烟气含水较高,对收尘系统影响较大,故设计收尘系统时,应考虑直接排放设施。

(四) 烟气中的水分

处理湿的物料,例如精矿干燥,回转窑处理浸出渣,焙烧铜或锌精矿,铅精矿烧结,密闭鼓风炉炼铜等,均有大量水分进入烟气,提高了烟气露点,增加了水蒸汽从烟气中冷凝出来的可能性。

(五) 含尘量

冶金炉出炉烟气特点举例

表 7—1—1

冶 金 炉	烟气温度(°C)	烟 气 成 分 (%)	说 明
1. 铜冶炼			
全氧化焙烧沸腾炉	800~850	SO ₂ 10~12	电极漏风后
酸化焙烧沸腾炉	640~700	SO ₂ 4~6, SO ₃ 1.4~1.7, O ₂ 6~7	
熔炼反射炉	1200~1300	SO ₂ 1~1.5, O ₂ 0.2~1.2, CO ₂ 10~17	
熔炼电炉	500~800	SO ₂ 1~1.5, CO ₂ 3.5~6	
密闭鼓风炉	500~600	SO ₂ 3~5, O ₂ 3~6	
闪速炉	1200~1300	SO ₂ 10~13, O ₂ 0.6	
连续吹炼炉	900~1000	SO ₂ 8~14, O ₂ 0.6~2.5, SO ₃ 0.2~0.3	
2. 铅冶炼			
吸风烧结机	150~200	SO ₂ 0.5~1.0	炉门漏风后 炉门漏风后 炉料为氧化矿 冷凝器出口
鼓风返烟烧结机	250~350	SO ₂ 3~5, O ₂ <10	
敞开鼓风炉			
烧结矿熔炼	150~350	SO ₂ <0.5	
氧化矿熔炼	150~350	SO ₂ <0.2, CO 1~4	
密闭鼓风炉	150~350	SO ₂ <0.2, CO 3~4	
铅锌密闭鼓风炉	400~450	CO 17~25	
烟化炉	1100~1200	O ₂ 2~3, CO 5~9	
浮渣反射炉	900~1000	SO ₂ <1	
铅渣回转窑	650~750	O ₂ 1.5~2.5, CO 0.2~1	
3. 锌冶炼			
氧化焙烧沸腾炉	1000~1070	SO ₂ >10, SO ₃ 0.1, O ₂ 5~6	窑尾漏风后
酸化焙烧沸腾炉	850~950	SO ₂ 8~9	
脱氟多膛炉	400~500	O ₂ 11~12, CO 0~0.2	
浸出渣回转窑	700~750	SO ₂ <1, O ₂ 2~4	
4. 其 它			
圆筒干燥机	110~150	SO ₂ 微, O ₂ 15~18	干燥精矿
干燥带式焙烧机	80~200	SO ₂ 0.5, O ₂ 16~19	吸风箱集合管

冶炼设备产生的烟气，一般含尘量较高，如沸腾焙烧炉烟气中，烟尘浓度可达 100 ~ 300 克/标米³。各种冶炼设备烟气含尘特点举例见表 7—1—2。

冶炼设备烟尘特点举例

表 7—1—2

冶 炼 设 备	烟尘占炉料 比 (%)	出 炉 烟 气 含 尘 量 (克/标米 ³)	烟 尘 主 要 成 分 (%)
1. 铜冶炼			
沸腾焙烧炉			
氧化焙烧	40~50	200~300	Cu 14~17, S 5
酸化焙烧	30~40	100~200	Cu 10~11, S 6~8
反射炉熔炼	3~7	30~40	Cu 8~9, S 2~3
电炉熔炼	5~7	20~80	Cu 11
密闭鼓风炉	2~6	15~40	Cu 8~10, S 12~16
闪速炉熔炼	5~10	50~100	Cu 14, S 10
转炉吹炼	1~5	3~15	Cu 15~25, S 5~10, Fe 10~15
连续吹炼炉	< 1	5	Cu 10, S 10

续表

冶 炼 设 备	烟尘占炉料 比 例 (%)	出 炉 烟 气 含 尘 量 (克/标米 ³)	烟 尘 主 要 成 分 (%)
2. 铅冶炼			
吸风烧结机	2	15~20	Pb 35~40, S 12~15
鼓风返烟烧结机	2~3	25~40	Pb 35~40, S 12~18
敞开鼓风炉			
高料柱	0.5~2	8~15	Pb 35~40, Zn 8~10
低料柱	3~5	20~30	Pb 35~40, Zn 8~10
铅锌密闭鼓风炉	5~6	20~25	
烟化炉	13~17	50~100	Pb 10~20, Zn 50~55
浮渣反射炉	1	5~10	Pb 20~26
铅渣回转窑	13~15	40~60	Pb 8~10, Zn 50~60
3. 锌冶炼			
沸腾焙烧炉			
氧化焙烧	18~25	110~130	
酸化焙烧	40~50	200~300	Zn 50, S 3~4
多膛炉脱氟	2~3	6~10	
浸出渣回转窑	25	50~100	Zn 40~60, Pb 8~10
4. 其 他			
圆筒干燥机	0.4~1	20~30	
干燥带式焙烧机	1~1.5	2~20	Cu 11~14

注：烟尘成分随原料成分的不同有较大变化。

(六) 腐蚀和毒害

根据冶炼的物料不同，冶炼烟气中通常含有腐蚀及有害气体，如二氧化硫、三氧化硫、铅蒸气、三氧化二砷、氟和氯等。这些组分既危害人的身体健康，影响农作物的生长，又腐蚀收尘设备，尤其当烟气中含有较高的水分时更为严重。

(七) 爆炸性

有些冶炼烟气常含有较高的煤粉或可燃性气体——一氧化碳和氢，当烟气中含氧达到一定程度，并具有其它爆炸条件时，即会引起爆炸，设计收尘系统时，应考虑此种情况。

三、烟尘性质

(一) 烟尘颗粒大小和分散度

根据尘粒的大小烟尘可分为三类，见表 7—1—3。

类 别	尘 粒 直 径(微米)	说 明
粗 尘	10~100	如干燥、焙烧、烧结或熔炼过程产生的机械尘
细 尘	0.1~10	能长久地悬浮在烟气中，在静止气体中下降很慢
尘 烟	10 ⁻³ ~10 ⁻¹	由气相转为固相时的尘粒

有色冶炼工厂烟尘一般都较细。尘粒大小很不一致，粗尘、细尘、尘烟同时存在。烟尘的粒度一般按各种直径的颗粒重量或数量百分数表示，亦称为重量分散度或颗粒分散

度。某些烟尘的细度见表7—1—4。

某些烟尘的颗粒大小和分散度实例

表7—1—4

冶 炼 设 备	取 尘 地 点	烟 尘 分 散 度 (%)													颗 粒 平 均 直 径 (微米)	重 量 平 均 直 径 (微米)
		颗 粒 分 散 度							重 量 分 散 度							
		尘 粒 直 径 (微米)							尘 粒 直 径 (微米)							
		0~5	5~10	10~20	20~40	40~60	>60	0~5	5~10	10~20	20~40	40~60	>60			
铅 结 机	旋 风 收 尘 器	—	30	43	23	1	3	—	2	27	60	8	3	17	27	
	机 尾 旋 风 收 尘 器	30	53	15	2	—	—	2	20	32	46	—	—	8	20	
	滤 袋 收 尘 器	10	20	24	40	5	1	2	3	5	52	25	11	22	37	
	滤 袋 出 口	10	43	37	9	1	—	微	6	27	54	13	—	12	28	
铅 鼓 风 炉	表 面 淋 水 烟 道	20	40	25	2	3	10	微	7	21	15	27	30	11	44	
	淋 洗 塔	2	8	63	10	2	15	微	3	27	32	22	16	15	29	
	滤 袋 收 尘 器	5	11	33	41	7	3	微	1	4	33	20	42	24	54	
	滤 袋 出 口	36	47	13	3	1	—	2	14	23	42	11	—	8	26	
烟 化 炉	滤 袋 收 尘 器	4	26	50	19	1	—	微	3	27	62	8	—	16	27	
	滤 袋 出 口	33	44	21	2	—	—	3	18	65	14	—	—	8	25	
浮 渣 反 射 炉	冷 却 烟 道	—	33	48	16	3	—	—	3	24	38	35	—	16	32	
	滤 袋 收 尘 器	—	30	53	15	2	—	—	3	22	38	37	—	16	32	
	滤 袋 出 口	41	41	12	6	—	—	2	11	21	66	—	—	8	24	
锌 沸 腾 焙 烧 炉	汽 化 冷 却 器	4	16	28	33	4	15	微	2	5	31	22	40	22	49	
	管 道	7	10	28	50	3	2	微	5	8	56	29	2	21	37	
	旋 风 收 尘 器	10	26	52	9	2	1	微	6	43	34	13	4	13	25	
	电 收 尘 器	13	26	40	20	1	—	1	2	25	57	14	—	15	28	
	电 收 尘 器 出 口	15	46	36	3	—	—	1	16	63	20	—	—	10	16	
文 氏 管	文 氏 管	41	48	10	—	—	—	7	44	49	—	—	—	7	11	
	文 氏 管	41	48	10	—	—	—	7	44	49	—	—	—	7	11	
锌 浸 出 渣 回 转 窑	冷 却 烟 道	12	17	36	32	2	1	微	1	10	56	14	19	17	36	
	滤 袋 收 尘 器	3	36	35	23	3	—	微	2	14	55	31	—	15	34	
	滤 袋 出 口	37	52	10	1	—	—	7	40	35	18	—	—	7	12	
多 膛 炉	冷 却 烟 道	9	29	33	21	5	3	微	1	6	32	42	19	17	44	
	滤 袋 收 尘 器	17	41	39	3	—	—	1	15	68	16	—	—	10	15	
铅 砷 冰 铜 转 炉 吹 炼	滤 袋 收 尘 器	31	43	13	8	3	2	微	2	3	23	57	15	11	47	
	滤 袋 出 口	26	41	26	6	—	—	1	11	41	47	—	—	10	20	
铜 精 矿 造 球 干 燥 焙 烧	旋 风 收 尘 器	12	42	15	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	电 收 尘 器	42	48	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
铜 精 矿 电 炉 熔 炼	旋 风 收 尘 器	18	47	8	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
铅 鼓 风 返 烟 烧 结 机	机 尾 部 旋 风 收 尘 器	10	26	50	14	微	—	1	4	42	52	1	—	14	21	
	机 尾 部 旋 风 出 口	30	53	15	2	—	—	2	20	32	46	—	—	8	20	
铜 密 闭 鼓 风 炉	旋 风 收 尘 器	85	12	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注：本表铅锌系统的数据，尘样取自收尘器扑集下来的烟尘，此尘经过在收尘器中的放置和输送设备内的挤压，所以尘粒均偏粗大。

(二) 烟尘颗粒的形状

烟尘颗粒的形状很不规则，类似球状或立方体的颗粒为多，但也有条状、纤维状、结

晶状和其他不规则的形状。

不同外形的烟尘颗粒对设备磨损程度不一，不规则和具有棱角的烟尘对金属的磨损程度比球状烟尘大数倍；烟尘对设备的损坏情况与烟尘的强度有密切关系，强度小的烟尘撞击金属构件时，对金属很少损坏。不同尘粒对收尘设备、排风机的磨损亦不同，重量相同的小尘粒要比大尘粒对设备的磨损严重。

烟尘的形状对选择收尘设备产生一定影响。表面光滑的球状烟尘不易放出电荷，在电收尘器中不易被捕集；球状颗粒的烟尘较易沉降，可在机械收尘器中捕集；不规则形状颗粒烟尘不易穿过滤布，故在滤袋收尘器中捕集比球状或粒状烟尘效果好。

(三) 烟尘比重

烟尘的比重一般分为假比重及真比重。一些冶炼过程产生的烟尘比重见表 7—1—5。

烟 尘 的 比 重 表 7—1—5

烟 尘 种 类	取 尘 地 点	假 比 重	比 重
铜 精 矿 干 燥	旋 风 收 尘 器	1.54	—
	电 收 尘 器 第 一 电 场	—	3.36
	电 收 尘 器 第 二 电 场	—	3.73
铜 精 矿 沸 腾 焙 烧	沉 灰 斗	1.24	3.03
	第 一 级 旋 风 器	1.22	3.03
	第 二 级 旋 风 器	1.17	2.89
	第 三 级 旋 风 器	1.10	2.82
铜 转 炉 吹 炼	旋 风 收 尘 器	1.55	—
	电 收 尘 器	0.38	—
铜 反 射 炉 熔 炼	烟 收 尘 道 器	1.26	—
	电 收 尘 器	0.935	3.30
铜 精 矿 造 球 干 燥 焙 烧	旋 风 收 尘 器	1.425	—
	电 收 尘 器	1.14	—
铜 电 炉 熔 炼	旋 风 收 尘 器	1.30	—
	电 收 尘 器	0.745	—
铅 砷 冰 铜 吹 炼	滤 袋 收 尘 器	0.59	6.69
铅 烧 结	机 尾 部 器 器	1.79	4.17
	旋 风 收 尘 器	1.89	5.12
	滤 袋 收 尘 器	0.80	5.39
	电 收 尘 器	0.87	—
铅 鼓 风 炉 熔 炼	沉 灰 筒 道 器 器	1.89	5.15
	冷 却 烟 道 器 器	1.30	6.17
	滤 袋 收 尘 器	1.24	6.22
	文 收 尘 器	1.69	—
	电 收 尘 器	—	4.23
锌 精 矿 沸 腾 焙 烧	汽 化 冷 却 器 器	1.17	4.03
	烟 道 积 尘 器 器	1.14	4.15
	旋 风 收 尘 器 器	1.07	4.28
	电 收 尘 器	0.93	4.94
	沉 烟 道 积 尘 室	—	4.39
		—	3.63
氧 化 锌 多 膛 焙 烧	冷 却 烟 道 器	0.76	4.23
	滤 袋 收 尘 器	0.47	5.17
锌 浸 出 渣 回 转 窑 挥 发	冷 却 烟 道 器	0.73	4.06
	滤 袋 收 尘 器	0.73	4.33

续表

烟 尘 种 类	取 尘 地 点	假 比 重	比 重
铅浮渣反射炉熔炼	冷 却 烟 道 滤 袋 收 尘 器	0.49	3.51
		0.34	3.90
铅渣烟化炉吹炼	滤 袋 收 尘 器	0.41	4.10
铋反射炉熔炼	烟 道 积 尘 滤 袋 收 尘 器	1.0	3.01
		0.83	4.25
杂 铜 熔 炼	冷 却 烟 道 前 部 冷 却 烟 道 后 部 滤 袋 收 尘 器	—	3.64
		—	3.51
		—	4.36

烟尘微粒往往是海绵状的，颗粒内有孔隙、微细裂纹等，加之有杂质存在，使得烟尘的实际比重较无孔致密的理论比重低(即尘粒的密度小于形成此微粒物质的实际密度)，通常测得的烟尘实际比重即称为真比重(亦简称比重)。

(四) 烟尘的比表面

有色冶炼烟尘具有较大的比表面。比表面与颗粒直径成反比，即烟尘颗粒越细，其比表面越大。因此，比表面可作为衡量颗粒细微程度的标志。烟尘比表面和粒度实例见表7—1—6。

烟尘的比表面和粒度实例 表7—1—6

冶 炼 设 备 及 烟 尘 种 类	烟 尘 比 表 面 (厘米 ² /克)	颗 粒 平 均 直 径 (微米)
1. 锌精矿硫酸化沸腾焙烧炉		
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
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	23700	0.47
3. 铅鼓风炉		
增湿塔烟尘	4650	2.8
电收尘器烟尘	17200	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	5300~5800	2.0
滤袋收尘器烟尘	6300	1.8
5. 铜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. 铜圆筒干燥机处理黄铁精矿		
电收尘器第一电场烟尘	3320	4.20
第二电场烟尘	3740	3.82

(五) 烟尘的导电性

烟尘的导电性是影响电收尘器效率的决定性因素之一。为了衡量烟尘导电性和在电收尘器中捕集的难易程度，一般按烟尘的电阻(常以比电阻表示)可分为三类。

1. 低电阻烟尘

低于 $10^3 \sim 10^4$ 欧姆·厘米的烟尘。属于难以回收或不能回收的，如金属粉末、煤粉等。

2. 中等电阻烟尘

属于 $10^4 \sim 10^{10}$ 欧姆·厘米的烟尘。有色冶金中的烟尘基本上属于这一类，一般可以在电收尘器中回收，如硫化物烟尘等。

3. 高电阻烟尘

高于 10^{10} 欧姆·厘米的烟尘。如氧化锌、氧化铅、三氧化二铝等。此类烟尘用电收尘器捕集时，需经调湿、调温处理或添加三氧化硫后方能有效回收。

电收尘器对一些物质捕集的难易程度见表 7—1—7。

电收尘器对一些物质捕集的难易程度

表 7—1—7

收 尘 情 况	物 质 名 称
不 易 收 尘	硫磺、硫化砷、亚砷酸、氧化锑、氧化铅、氧化锌、氧化钾
中 等 的	一氧化铁、硫化锡、硫化锑、氧化锡、硫化铅、氢氧化钙、碳酸钙
易 于 收 尘	氧化铁、氧化铋、铜精矿、淀粉、氧化铜、硫酸铅、硫酸铜、酸雾、金、银、氧化镍、硫化镍

烟尘的导电性可用增加其湿度的方法来改善。比电阻较高的烟尘，当其表面吸附有蒸汽薄膜时，其导电性增加，变得易于回收；当比电阻较低，导电性良好的烟尘，也宜于加以润湿，增加接触电阻，而改善电收尘状况。

表 7—1—8 为有色冶炼烟尘的比电阻实测数据。表 7—1—9 为烟尘在各种温度下的比电阻测定数据。

(六) 烟尘的润湿性

根据烟尘被水润湿性能的不同，将烟尘分为亲水性和疏水性两类。亲水性烟尘，如石灰石与无机氧化物等；疏水性烟尘，如木炭、硫、孔雀石、硫化锌、硫化铁、硫化铅等。

粗粒及球状烟尘的润湿性比细粒及不规则形状的烟尘好。挥发物烟尘较细，不易被水润湿；小于 5 微米特别是小于 1 微米的尘粒，悬浮于气体中，很难被水滴润湿，只有在水滴与尘粒间具有很高的相对速度的条件下，冲破尘粒周围的气膜，尘粒才能被水润湿，如文氏管、冲击塔收尘器等即起此种作用。

(七) 烟尘粒子的凝聚性

在高温条件下，细微尘粒在气体中作不规则不均匀的运动，互相冲击碰撞而凝聚。

挥发物烟尘较易凝聚。粒度很不均匀，特别是当烟气中挥发物的浓度较高时，凝聚更为迅速。

(八) 烟尘的粘结性

烟尘在烟道及收尘器壁上粘结，影响收尘正常作业，并降低收尘效率。

烟尘的粘结性与烟尘颗粒大小及烟气中是否有蒸汽冷凝物有关。由于烟气中夹带较多的

有色冶炼烟尘的比电阻实测数据

表 7—1—8

烟 尘 种 类	烟气温度(°C)	烟气湿度(%)	烟 尘 比 电 阻 (欧姆·厘米)
铜 焙 烧 烟 尘	144	22	2×10^9
	250	22	1×10^8
铅 烧 结 机 烟 尘	144	10	1×10^{12}
	52	9	2×10^{10}
	40	7.5	1×10^6
铅 鼓 风 炉 烟 尘	204	5	4×10^{12}
	149	5	2×10^{13}
含 锌 渣 烟 化 炉 烟 尘	204	1.3	4×10^9
	149	1.3	2×10^{10}
氧 化 镍 回 转 窑 烟 尘	20	—	3×10^{10}
	65.5	—	8×10^9
	121	—	6×10^9
	177	—	5×10^8
三 氧 化 二 铝 回 转 窑 烟 尘	20	—	3×10^8
	65.5	—	3×10^{11}
	121	—	2×10^{12}
	177	—	5×10^{10}
	232	—	1×10^8
	232	—	8×10^8

烟尘在各种温度下的比电阻测定数据

表 7—1—9

烟尘(粉尘)种类	在 各 种 温 度 下 的 比 电 阻 (欧 姆 · 厘 米)				
	21°C	66°C	121°C	177°C	232°C
三 氧 化 二 铁	3×10^7	2×10^9	9×10^{10}	1×10^{11}	1×10^{10}
碳 酸 钙	3×10^8	2×10^{11}	1×10^{12}	8×10^{11}	1×10^{12}
二 氧 化 钛	2×10^7	5×10^7	1×10^9	5×10^9	4×10^9
氧 化 镍	2×10^6	1×10^6	4×10^5	2×10^5	6×10^4
氧 化 铅	2×10^{11}	4×10^{12}	2×10^{12}	1×10^{11}	7×10^9
三 氧 化 二 铝	1×10^8	3×10^8	2×10^{10}	1×10^{12}	2×10^{12}
硫	1×10^{14}	—	—	—	—
飞 灰	A	8×10^5	8×10^5	8×10^5	1×10^6
	B	3×10^8	5×10^9	2×10^{11}	4×10^{11}
	C	2×10^{10}	3×10^{11}	7×10^{12}	5×10^{12}
水 泥 粉 尘	8×10^7	7×10^8	7×10^{10}	3×10^{11}	9×10^9
石 灰	1×10^8	1×10^9	1×10^{11}	3×10^{11}	1×10^{11}
矾 土 粉 尘	3×10^8	3×10^{11}	2×10^{12}	5×10^{10}	8×10^8
平 炉 粉 尘	1×10^8	3×10^9	3×10^{11}	1×10^{11}	9×10^8
氧 化 铬 粉 尘	2×10^8	4×10^8	2×10^{10}	9×10^{10}	3×10^{10}
氧 化 镍 窑 粉 尘	3×10^{10}	8×10^9	6×10^9	5×10^8	1×10^8

注：此表是国外测定数据。

细粒烟尘，尘粒之间的许多接触点，在分子聚合力的作用下，结合起来而形成粘结点。烟尘的颗粒越细，其比表面越大，接触点也越多，因此，粘结物的坚实程度随烟尘颗粒的减

小而增加。随烟气带走的粗尘，不仅不粘附在设备上，反而有破坏粘结物的作用。

(九) 烟尘的化学活性(自燃性)

有色冶炼工厂中的烟尘，特别是细粒烟尘，比表面积大，且其中往往含有未被氧化的金属、碳、金属硫化物和元素硫等物质，当这些物质迅速氧化来不及散开所放出的热量时，就会引起自燃现象。如烟化炉烟尘、锌挥发窑烟尘和铅鼓风机烟尘等均有自燃现象。

(十) 烟尘的水解性

有色冶炼烟气中常有某些易溶于水的金属硫酸盐、氯化物，在收尘系统漏入大量冷空气时，吸收其中水分而水解，对收尘系统十分不利。

四、有色冶炼厂烟气实例(表 7—1—10)

第二节 收尘流程选择

一、概述

铜、铅、锌冶炼厂的收尘流程，大致可分为三类：即干式流程、湿式流程和干湿混合流程。

干式流程回收的烟尘为干烟尘，主要收尘设备有沉尘室、旋风收尘器、滤袋收尘器和电收尘器等。我国铜、铅、锌冶炼厂的收尘系统过去绝大部分均采用干式流程，其特点是烟尘容易处理，但投资较大，劳动条件较差。

湿式流程回收的烟尘是泥浆，主要收尘设备有快速收尘器、冲击收尘器、泡沫收尘器、湍球塔等，由于泥浆处理比较麻烦，存在污水处理，稀有金属的流失，设备的腐蚀与堵塞等问题，我国过去较少采用。近年来为解决铅中毒问题，在铅鼓风机上采用了湿式流程，并从泥浆里回收镉，简化了过程，节省了投资。有的铅锌厂采用湿式流程，可以脱除烟尘中的氟、氯，为下一步烟尘处理提供有利条件。

干湿混合流程是在湿式收尘之前加一段(或几段)干式收尘，以减少泥浆量，此种流程多用于干燥作业的收尘。

通常根据烟气、烟尘条件和工艺要求来选定比较合适的流程。

(一) 烟气、烟尘条件的影响

1. 含尘量

收尘的最终要求是充分回收国家资源；使烟气放空时符合卫生标准；给烟气综合利用创造条件。

除回收价值较低的原矿粉尘，而又对周围环境影响不大者外，通常回收挥发尘均应设置精净化设备；机械尘则应设置中净化或精净化设备。精净化或中净化设备之前是否需要粗净化设备或需要几级粗净化设备，则由烟气的含尘量来确定。

2. 烟气温度

当烟气温度过高，在干式收尘设备之前应设冷却装置，使烟气冷却至该设备的允许的温度范围内。

3. 烟气含水量

干式收尘其烟气温度应在水露点 20~30℃ 以上工作，湿式收尘则不限。

4. 烟尘比电阻

有色冶炼厂

厂别	冶炼设备		工艺名称	烟气测定地点	烟
	名称	规格			烟气量(标米 ³ /时)
1	①鼓风炉	6.24 米 ²	铅氧化矿还原熔炼	出炉烟道 15 米	18000~20000
2	①电炉	30000 千伏安	铜精矿熔炼	出炉烟道	28000~36000
	②带式干燥 焙烧机	53 米 ²	造球干燥焙烧	(1~7号)吸风箱集合管	43000
				(8~14号)吸风箱集合管	25200
				机尾卸料烟道	37200
③转炉	50 吨	冰铜吹炼	烟罩出口管	35000~40000	
3	①鼓风炉	8.4 米 ²	铅锌氧化矿化矿	出炉烟道	33000~43000
	②烟化炉	9.3 米 ²	铅炉渣烟化	出炉烟道	18800
4	①沸腾炉	2.02 米 ²	铜精矿硫酸化焙烧	出炉处	600~800
5	①沸腾炉	36 米 ²	铜精矿氧化焙烧	出炉烟道	12700~14700
	②反射炉	210 米 ²	铜精矿及焙烧矿混合熔炼	出炉斜坡烟道	70000~100000
	③转炉	50 吨	冰铜吹炼	旋风收尘器入口	30000
6	①烧结机	21.5 米 ²	铅鼓风返烟烧结	烟罩出口管	19500
	②鼓风炉	8.1 米 ²	铅烧结矿熔炼	出炉烟道 20 米	32000
	③密闭鼓风炉	10 米 ²	铜精矿熔炼	出炉烟道	20000~22000
	④转炉	8 吨	冰铜吹炼	烟罩内	8000~12000
	⑤回转窑	φ2.3×32 米	锌浸出渣挥发	出窑烟道	6600~8000
	⑥反射炉	10 8 米 ²	铅浮渣熔炼	出炉 60 米	10500~11000
	⑦回转窑	φ2.2×32 米	铅水碎渣挥发	窑出口	6600~10400
7	①圆筒干燥机	φ1.5×12 米	铜精矿干燥	出窑烟道	11700
	②反射炉	219 米 ²	铜精矿熔炼	斜坡烟道	70000~80000
	③转炉	50 吨	冰铜吹炼	烟罩内	30000

烟 气 实 例

表 7—1—10

气 条 件				烟 气 成 分 (%)				
温 度(°C)	含 尘 量 (克/标米 ³)	烟 尘 率 (%)	含 水 量 (克/标米 ³)	SO ₂	CO ₂	CO	O ₂	SO ₃
150~350	20~30	5~7	20~35	0.002~ 0.06	6~8	1.7~3.5	11~13	—
460~600	60~80	5~6	20	1.12~1.23	4.9~5.5	0.03~0.08	16.7~17.8	微
100~120	4~8	0.53	50~80	0.175	2~4	0~0.2	16.2~19.6	微
100~150	3~5	0.5	80~110	1.17	2.8	微	17.6	—
60~100	20~25	3.0	30~50	0.138	—	—	20	—
600~630	3~5	0.6~1.0	10~20	4~7	13~16	0~0.1	15~17	—
200~600	18~20	5~7	35~40	—	3~10	1~3.6	6~9	—
1100	80~110	13~18	5~10	—	3.5~6.8	0.1~0.2	16.2	—
640~700	140~180	30~35	20~40	4.1~5.2	—	—	5~7	0.8~1.7
770~820	300	50	40	12.46	—	—	1.93	0.54
1200~1250	32~41	5~8	—	1~1.5	18.4	—	0.4~1.2	微
400~500	15~25	—	—	6~8	—	—	9~10	—
170~230	25~37	10.4	84	4.36	3.07	—	11.6	—
200~250	8~16	1.5~3.0	13	0.4	14~16	6.8	5.07~7.73	—
450~600	20~38	3~5	16	3.5~5.5	8~11	0.4	3~6	0.001~ 0.03
900~1000	15~20	5~7	—	5~6				
700	100	—	90~120	微	17.6	12.5	2.0	—
300	3.8							
650~750	50~55		48	—	18~20	0.2~1.5	2~4	—
176	20.1	—	—	微	2.5	微	17.9	—
1100~1250	15~18	3~5	—	1.59	18.9	0.24	6.50	—
800~900	5.6	1.6	—	9.0	0.5	微	17.9	