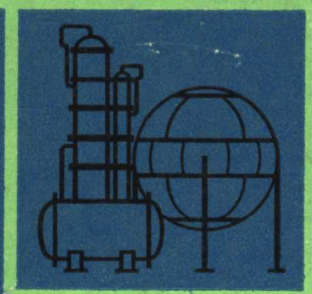


化工设备设计全书

# 除尘设备设计

化工设备设计全书编辑委员会



上海科学技术出版社

化工设备设计全书

# 除尘设备设计

主 编

化学工业部设备设计技术中心站 金国森

编 写

河 北 工 学 院	王 全
上 海 化 工 研 究 院	夏兴祥 劳家仁 邵国兴
冶金工业部长沙有色冶金设计院	甘吉勇
上 海 化 工 专 科 学 校	周健民

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书阐述了粉尘的特性,全面论述了各种除尘设备的原理、结构、性能、设计方法和标准系列,以及对整个除尘系统的设计和含尘气流的测定进行了介绍。

本书可供从事除尘设备设计、制造、使用单位的技术人员以及高等院校有关专业的师生参考。

化工设备设计全书

除尘设备设计

化学工业部设备设计技术中心站 金国森 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

发行所上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 30.75 插页 4 字数 750,000

1985 年 11 月第 1 版 1986 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—13,000

统一书号: 15119·2357 定价: 7.65 元

# 前 言

鉴于广大化工设备设计人员的要求,在化学工业部的领导下,由化学工业部设备设计技术中心站组织全国近百所高校、工厂、科研和设计单位,共同编写了一部《化工设备设计全书》,供从事化工设备专业的设计人员使用。

《化工设备设计全书》以结构、强度的设计计算为主,从基础理论、设计方法、结构分析、标准规定、计算实例等方面进行系统的阐述,并对化工原理和设计计算作了简介。在实用的前提下,尽量反映国内及从国外引进的先进技术,并努力吸取当前国外新技术动向,总之,本书旨在搞好设备结构、强度设计的同时,结合化工过程的要求去研究改进设备的设计,提高设备的生产效率,降低设备的制造成本,实现化工单元操作的最佳化。

《除尘设备设计》分册主要是论述粉尘的特性,以及把这些粉尘从气体中分离出来的方法。内容着重设计和实用,从除尘过程的原理,各种除尘设备的原理、结构、性能、设计方法和标准系列,以及对整个除尘系统和含尘气流的测定进行全面的论述。

《除尘设备设计》分册由化学工业部设备设计技术中心站金国森主编,编写者第一章是河北工学院王全,第三章第一、三、四节是上海化工研究院夏兴祥,第三章第九节是上海化工研究院劳家仁,第五章是冶金工业部长沙有色冶金设计院甘吉勇,第六章是上海化工专科学校周建民,第八章是上海化工研究院邵国兴,第二章、第三章第二、五、六、七、八、十、十一、十二、十三节、第七章是化学工业部设备设计技术中心站金国森,曹龙英进行了协助。本分册由王全、金国森统一全稿,燕山石油化学总公司设计院洪国宝、南京化学工业公司黄力行和广东省石油化工设计院苏树明进行校审。

由于化工生产发展迅速,我们掌握情况有限,本分册的内容还会有不足和错误之处,热忱希望广大读者提出宝贵意见,以便再版时补充改正。

在本分册编写和审校的过程中,得到了很多单位和同志的大力协助和指导,在此致以深切的谢意。

《化工设备设计全书》编辑委员会

1983年

## 化工设备设计全书编辑委员会

### 主任委员

洪国宝 燕山石油化学总公司设计院

### 副主任委员

黄力行 南京化学工业公司  
李肇盛 化学工业部第六设计院  
姚北权 化学工业部第四设计院  
琚定一 华东化工学院  
寿振纲 国家医药管理局上海医药设计院  
金国森 化学工业部设备设计技术中心站

### 委 员

张冠亚 兰州化学工业公司设计院  
杨慧莹 化学工业部第八设计院  
汪子云 化学工业部化工设计公司  
卓克涛 化学工业部第一设计院  
苏树明 广东省石油化工设计院

# 目 录

第一章 粉尘的特性与除尘器的性能	1
第一节 粉尘与气体的物理性质	2
第二节 除尘器的除尘性能	17
第三节 除尘器的分类与选择	29
一、除尘器的选择要点	30
二、除尘器的类型与性能	32
第二章 沉降室与惯性除尘器	37
第一节 沉降室	37
一、粉尘的重力沉降	37
二、沉降室	39
三、除尘效率和压力损失	40
四、沉降室应用实例	41
第二节 惯性除尘器	41
一、工作原理	41
二、百叶式除尘器	42
第三章 旋风除尘器	44
第一节 旋风除尘器的分离理论和结构参数	44
一、旋风除尘器的工作原理和气体流动概况	44
二、旋风除尘器的临界粒径与分离理论	49
三、旋风除尘器的压力损失和除尘效率	52
四、影响旋风除尘器性能的主要因素	55
五、旋风除尘器的分类及其选择	62
六、设计实例	64
第二节 CLT 型旋风除尘器	65
一、CLT 型旋风除尘器	65
二、CLT/A 型旋风除尘器	68
第三节 D 型旋风除尘器	76
一、D 型旋风除尘器的压力损失计算及其影响因素	76
二、D 型旋风除尘器的分级除尘效率计算及其影响因素	78
三、D 型旋风除尘器的结构尺寸	81
第四节 B 型旋风除尘器	84
一、结构特点	84
二、B 型旋风除尘器的阻力系数与其影响因素	86
三、B 型旋风除尘器的除尘效率计算与其影响因素	87
四、常用 B 型旋风除尘器的结构尺寸	89
五、B 型旋风除尘器的选择与设计	93
第五节 旁路式旋风除尘器	95
一、工作原理	95

二、结构特点与尺寸 .....	95
三、技术性能 .....	98
四、旁路式旋风除尘器选型 .....	100
第六节 扩散式旋风除尘器 .....	106
一、工作原理 .....	106
二、结构特点 .....	106
三、压力损失 .....	107
四、除尘效率 .....	107
五、扩散式旋风除尘器选型 .....	110
第七节 长锥体旋风除尘器 .....	114
一、结构特点 .....	114
二、技术性能 .....	115
三、长锥体旋风除尘器系列 .....	116
第八节 多管式旋风除尘器 .....	122
一、工作原理 .....	122
二、多管式旋风除尘器的旋风体 .....	122
三、CLG 型多管式旋风除尘器 .....	126
四、用于催化裂化装置的多管式旋风除尘器 .....	127
第九节 龙卷风除尘器 .....	129
一、工作原理 .....	129
二、结构参数及性能 .....	133
三、反射型龙卷风除尘器 .....	136
四、龙卷风除尘器使用情况 .....	139
第十节 双级蜗旋除尘器 .....	139
一、工作原理 .....	139
二、固定叶片结构对性能的影响 .....	139
三、双级蜗旋除尘器的除尘效率 .....	140
四、双级蜗旋除尘器的设计计算 .....	141
五、CR 205 双级蜗旋除尘器系列 .....	141
第十一节 旋风惯性除尘器 .....	144
一、工作原理 .....	144
二、结构尺寸 .....	144
三、技术特性 .....	145
四、选型 .....	146
第十二节 JC 型除尘器组 .....	147
一、工作原理 .....	147
二、技术参数 .....	149
第十三节 旋风除尘器的耐磨措施和制造要求 .....	150
一、旋风除尘器的耐磨措施 .....	150
二、旋风除尘器的制造安装要求 .....	155
第四章 过滤式除尘器 .....	156
第一节 袋式除尘器 .....	156
一、分类 .....	156

二、工作原理	157
三、滤布	159
四、筒易袋式除尘器	164
第二节 脉冲袋式除尘器	168
一、工作原理	168
二、喷吹系统的结构	169
三、脉冲袋式除尘器技术性能	177
四、脉冲袋式除尘器进气方式和滤袋长度的选取	181
五、脉冲袋式除尘器选型	182
六、环隙喷吹脉冲袋式除尘器	194
第三节 机械振打袋式除尘器	199
一、LD 型机械振打袋式除尘器	200
二、ZX 型机械振打袋式除尘器	202
第四节 气环反吹袋式除尘器	204
一、工作原理	204
二、技术性能	205
三、气环反吹袋式除尘器选型	206
第五节 扁袋式除尘器	208
一、ZC 型回转反吹扁袋式除尘器	208
二、单元式扁袋式除尘器组	212
第六节 颗粒层除尘器	213
一、颗粒层过滤原理	214
二、颗粒料的选择	214
三、颗粒层的除尘效率	215
四、颗粒层的过滤压力损失	215
五、反吹清洗	216
六、颗粒层除尘器	217
七、旋风-颗粒层除尘器	218
八、沸腾颗粒层除尘器	221
第五章 电除尘器	223
第一节 电除尘器的发展历史及动向	223
一、研究情况	223
二、对某些研究的分析比较	223
三、新型电除尘器的研究和发展方向	224
第二节 电除尘器的工作原理及其分类	225
一、电除尘器的工作原理	226
二、电除尘器的分类	240
第三节 电除尘器的性能与极间距的确定	241
一、电除尘器的性能	241
二、极间距的确定	243
第四节 影响电除尘器性能的因素	245
一、气体分布的影响	245
二、含尘气体性质的影响	247



三、操作条件的影响 .....	252
第五节 电除尘器的结构设计 .....	256
一、电除尘器的总体 .....	256
二、气体分布板 .....	257
三、沉尘电极 .....	260
四、电晕电极 .....	270
五、电除尘器的壳体 .....	284
六、电除尘器的排灰装置和锁气器 .....	295
第六节 电除尘器的供电 .....	296
一、电除尘器对供电系统的要求 .....	296
二、整流设备的台数和电除尘器的供电方式 .....	297
三、电除尘器常用的供电设备 .....	299
四、整流机室的负荷计算 .....	302
五、供电系统的材料选择 .....	305
六、整流系统的防雷和接地 .....	307
七、振打机构的控制 .....	307
八、安全措施 .....	307
第七节 电除尘器的设计计算和应用实例 .....	307
一、主要参数计算 .....	307
二、电除尘器的总体计算 .....	311
三、零、部件设计计算 .....	313
四、供电系统选择 .....	332
五、60 m <sup>2</sup> 电除尘器 .....	334
六、几种电除尘器的简介 .....	334
第六章 湿式除尘器 .....	343
第一节 湿式除尘的工作原理 .....	343
第二节 洗涤塔 .....	345
一、湍球塔 .....	345
二、泡沫除尘器 .....	350
三、旋流板塔 .....	356
第三节 水膜除尘器 .....	362
一、立式水膜除尘器 .....	362
二、卧式旋风水膜除尘器 .....	366
第四节 水浴除尘器 .....	371
一、工作原理 .....	371
二、喷头 .....	372
三、水浴除尘器系列 .....	373
第五节 冲激式除尘器 .....	375
一、结构和工作原理 .....	375
二、CCJ 型和 CCJ/A 型冲激式除尘器机组系列 .....	376
第六节 文氏管除尘器 .....	384
一、工作原理 .....	384
二、碗形喷嘴 .....	385

三、压力损失	387
四、除尘效率	387
五、材质	389
六、在生产中的应用	389
第七节 复喷与复挡	391
一、复喷	391
二、复挡	394
第八节 污水及泥浆的处理	397
一、污水处理	397
二、泥浆处理	403
第七章 除尘系统设计	405
第一节 气体管道设计	405
一、除尘管道计算	405
二、管道中的压力损失	408
第二节 除尘器的排灰装置	426
一、干式排灰装置	426
二、湿式排灰装置	436
第三节 风机和电机	439
一、风机	439
二、电机	442
第八章 含尘气流的测定	445
第一节 取样	446
一、取样位置的选择	446
二、取样点的确定	447
三、取样孔	449
四、取样管	450
五、等速取样	451
六、取样口的方向	452
七、取样口直径	453
第二节 气体状态参数及粉尘性质测定	453
一、气体状态参数的测定	454
二、固体粉尘物性测定	459
三、气体中湿含量测定	462
第三节 气流含尘浓度测定	463
第四节 粉尘粒径分散度测定	466
一、冲击式测粒仪	467
二、Bahco 测粒仪	472
三、Coulter 测粒仪	472
符号说明	475
参考文献	477
附录	479
一、空气的湿焓图	479
二、常见标准筛制	480

# · 第一章 ·

## 粉尘的特性与除尘器的性能

化学工程把气体与粉尘微粒的多相混合物的分离操作称为除尘。微粒不一定局限于固体,也可以是液体微粒。多相混合物中处于分散状态的物质称为分散相或分散物质,通称尘粒或粉尘微粒,而包围分散相的另一物质则为连续相或分散介质,如气体或液体。

作为除尘对象的尘粒直径(简称粒径),一般在  $100 \sim 0.01 \mu\text{m}$  之间。 $100 \mu\text{m}$  以上的尘粒,由于重力作用很快将降落殆尽,不成为除尘对象。 $10 \mu\text{m}$  以上尘粒易于分离,问题不大。成为问题的是  $10 \sim 0.1 \mu\text{m}$  尘粒,特别是  $1 \mu\text{m}$  以下的微尘粒分离较为困难,也有害于人体,是目前主要研究范围<sup>[1][2]</sup>。

除尘操作在化工生产中的应用可分为:

(1) 净化分散介质 如催化反应的原料气中如有固体微粒,会严重影响催化剂的效能,必须在原料气进入反应器之前把它除掉。

(2) 回收分散物质 如流化床反应器送出的气体中一般夹带着许多催化剂微粒,为降低成本,也为保护环境,这些催化剂必须加以回收。又如从干燥等工艺过程的气流中回收固体产品等等。

(3) 净化排放气 在生产中排放废气之前,要尽量分离出其中的固体微粒,以便开展综合利用和保护环境。

(4) 消除爆炸危险 某些含碳物质及金属细粉与空气混合能形成爆炸混合物。因此在混合之前应把能爆炸的物质除掉。

除尘设备在化工生产中应用极为广泛,而在某些基本化学工业如硫酸、合成氨等,除尘器历来被作为关键设备。随着化学工业的迅速发展,特别是装置日益大型化,在能量回收、气体净化、催化剂回收及防大气污染等工程中,高效除尘器则成为关键设备之一。

表 1-1 作业地点空气中粉尘的最高容许浓度  
(TJ36-79 部分标准摘录)

粉尘名称	最高容许浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	粉尘名称	最高容许浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
含有 80% 以上游离二氧化硅的粉尘	1	铝、氧化铝、铝合金粉尘	5
含有 10% 以上游离二氧化硅的粉尘	2	烟草及茶叶粉尘	3
石棉粉尘及含有 10% 以上石棉的粉尘	2	其他各种粉尘*	10
含有 10% 以下游离二氧化硅的滑石粉尘	4	五氧化二钒烟	0.1
含有 10% 以下游离二氧化硅的水泥粉尘	6	五氧化二钒粉尘	0.5
含有 10% 以下游离二氧化硅的煤尘	10	铅烟	0.03
玻璃棉和矿渣棉粉尘	4	铅尘	0.05

\* 系指由游离二氧化硅含量在 10% 以下,不含有毒物质的矿物性和动植物性粉尘。

注: ① 表中最高允许浓度是工人工作地点空气中有害物质所不应超过的数值。工作地点系指有工人为观察和管理生产过程而经常或定时停留的地点,如生产操作在车间内许多不同地点进行,则整个车间均算为工作地点。

② 工人在车间内停留的时间短暂,经采取措施仍不能达到上表规定的浓度时,可与当地卫生主管部门协商解决。

从环境保护的角度来看,粉尘是人体健康的大敌。尤其是粒径在  $0.5\sim 5\mu\text{m}$  之间的飘尘(即长期甚至几年飘浮在大气中的粉尘),对人的危害最大。大于  $5\mu\text{m}$  的尘粒,由于惯性作用可被鼻毛与呼吸道粘液排除;小于  $0.5\mu\text{m}$  的尘粒,也可因气体扩散作用被粘附在上呼吸道表面而随痰排出。唯独  $0.5\sim 5\mu\text{m}$  的飘尘则可通过呼吸道直接到达肺部而沉积,危害人体。据分析,有些飘尘微粒表面还附有致癌性很强的芳香族碳氢化合物,尤其是煤的粉尘是大气中各种毒物的元凶,所以世界各国都十分重视大气中粉尘的防护<sup>[8]</sup>。

粉尘对环境和人体的危害还取决于粉尘的进入量。所以一般以空气中所含粉尘的浓度作为衡量的标准。为此我国已制订了《工业企业设计卫生标准(TJ36-79)》,规定作业场所空气中的粉尘最高容许浓度;《工业企业设计卫生标准(TJ36-79)》,规定居民区大气中的粉尘最高容许浓度;《工业“三废”排放试行标准(GBJ4-73)》,规定烟囱和除尘装置排放的气体粉尘最高容许浓度。如超过标准,必须采取除尘净化措施,使粉尘浓度低于标准规定。

表 1-2 居民区大气中粉尘、飘尘最高容许浓度  
(TJ36-79 部分标准摘录)

物 质 名 称	最 高 允 许 浓 度 (mg/m <sup>3</sup> )	
	任何一次测定值	任何一日平均浓度
飘 尘	0.50	0.15
粉尘自然沉降量	3~5 吨/平方公里/月*	

\* 在当地清洁区基础上容许增加的数值。

表 1-3 烟囱和除尘装置排放气体中粉尘最高容许浓度  
(GBJ4-73 部分标准摘录)

序 号	排 放 有 害 物 企 业*	最高允许浓度(mg/m <sup>3</sup> )
1	工业及采暖锅炉烟尘	200
2	炼钢电炉烟尘	200
3	炼钢转炉烟尘	200
	小于 12 吨	
	大于 12 吨	150
4	水泥粉尘	150
5	硫酸(雾)排气筒高度 30~45 m	260
	排气筒高度 60~80 m	600
6**	含有 10% 以上的二氧化硅或石棉粉尘、玻璃棉和矿渣棉粉尘、铝化物粉尘等	100
7**	含有 10% 以下的游离二氧化硅的煤尘及其它粉尘	150

\* 表中未列入的企业,其有害物质的排放量可参照本表类似企业。

\*\* 系指局部通风除尘后所允许的排放浓度。

## 第一节 粉尘与气体的物理性质

除尘所涉及的多相混合物也称气相悬浮系或气溶胶。分散于其中的细小颗粒叫做尘粒或微粒,而尘粒的堆集状态叫做粉体。

根据成因的不同,气相悬浮系可分为两大类:分散性的和凝聚性的。

分散性的尘粒一般称为粉尘或尘灰,是将固体破碎或研磨成粉末或将液体喷成雾沫而成,或由于其它机械原因,致使固体或液体成为微粒,飞扬而悬浮于气体中。粉尘微粒大小,通常大于 $1\mu\text{m}$ 。

凝聚性的尘粒系气体或蒸汽质点的凝聚,或由两种气体或蒸气经过化学反应而得。凝聚所得微粒,固体的称为烟,液体的称为雾。如氯化氢与氨生成的氯化铵,三氧化硫与水蒸气生成的硫酸雾,各种炉烟中的粉尘也属此类。烟与雾的尘粒大小通常在 $10\sim 0.01\mu\text{m}$ 之间。表1-4为各种粒径范围的物质名称及其适用的除尘装置形式<sup>[1]</sup>。

从表中可以看出,由于尘粒的粒径由大变小,其气相悬浮系将由非均一系统转变为均一系统。因为粒径小到 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 时,布朗运动就变得显著了,而均相的气体及其大分子的粒径可以大到 $0.005\mu\text{m}$ 。粒径在 $0.2\sim 0.001\mu\text{m}$ 的分散体系属胶体溶液范畴。由于尘粒大小不同,将形成不同性质的物系,因此测定粒径的方法和从分散体系中除去尘粒的方法也就不同。还可以看到各种除尘设备操作范围有一定程度的交叉,这是由于选择设备不但要按照尘粒大小,而且还要依据气量、粉尘浓度及粉尘的物理化学性质等因素而定。

为了正确地设计和选择除尘设备,必须掌握粉尘的各种物理化学性质及粉尘浓度等,以便确定本工程的设计卫生标准、回收价值和防尘措施。

现就主要物性,简述如下。

#### (一) 尘粒粒径与分散度

尘粒如呈球形,可取其直径为粒径。但实际上尘粒的形状是很复杂的,多为不定形的。若要求得单一尘粒粒径需借用不同的方法测出其代表性尺寸,叫做尘粒粒径。用得比较多的有如下几种方法<sup>[2]</sup>:

(1) 显微镜粒径。对细微尘粒是借用透过的光测得多个尘粒的投影像的一边尺寸的平均值,作为平均粒径。还有以尘粒的投影面积与同面积的圆的直径或与正方形的一边尺寸表示的当量粒径。

(2) Stokes 粒径。按尘粒在分散介质中的平均沉降速度而确定的粒径。这种方法主要适合对 $38\mu\text{m}$ 以下的尘粒粒径的测定。

(3) 筛分粒径。对 $38\mu\text{m}$ 以上的粗尘粒可通过筛网分出尘粒大小,叫做筛分粒径。

由于测试方法不同,同一粉尘的粒径,一般是不会相同的。

粉尘的各种粒级(某一粒径范围,如 $5\sim 10\mu\text{m}$ , $10\sim 15\mu\text{m}$ 等)所占重量或颗粒数的百分比(%),称为重量分散度或颗数分散度。粉尘的粒径值是粉尘的主要特性之一,其粒径分布大部分是细尘粒还是粗尘粒,是最关键的数据。

粉尘分散度对除尘工作具有重要意义,是除尘系统设计、管径计算以及选择除尘设备的主要依据之一。

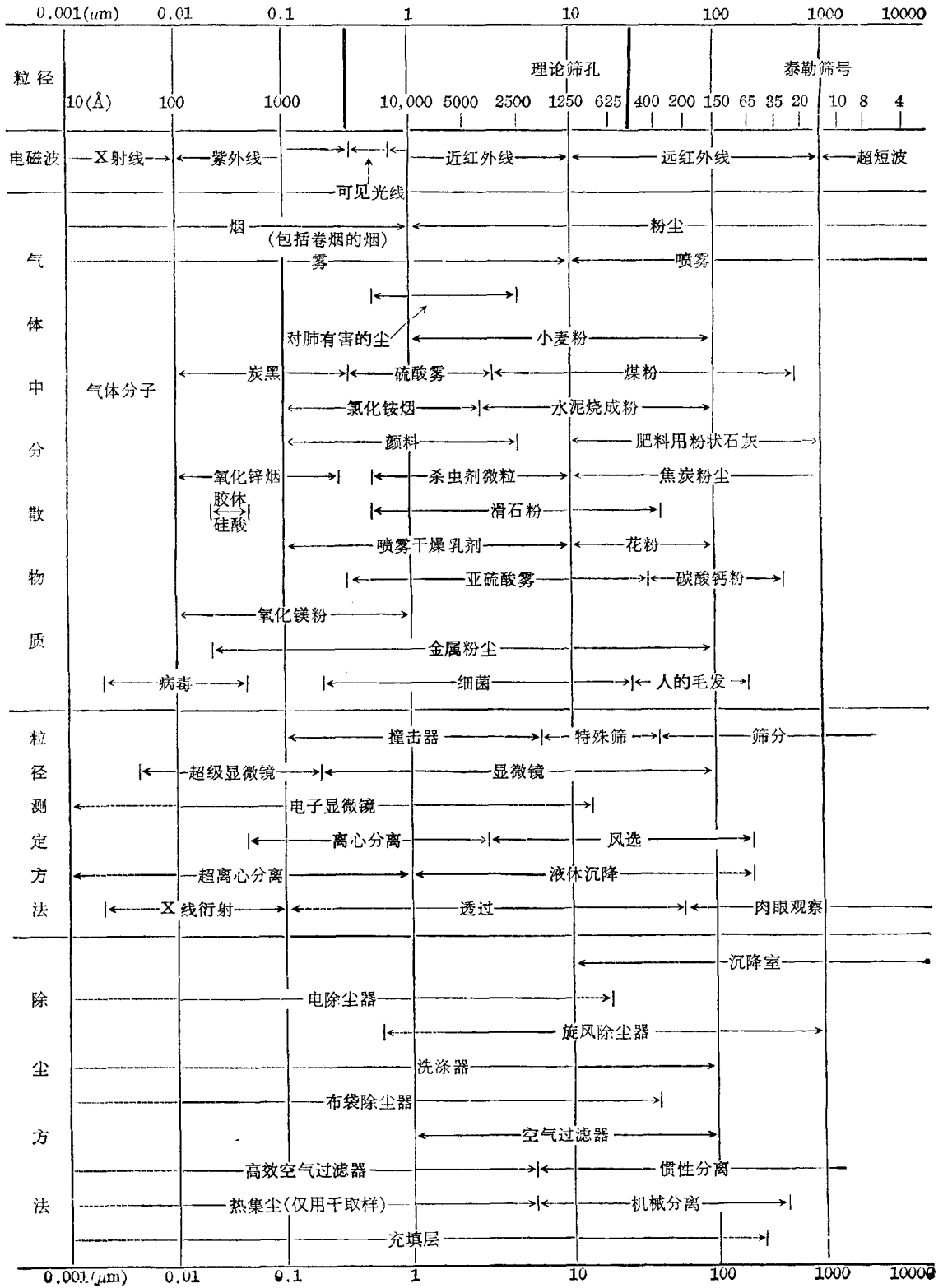
#### (二) 尘粒的重度与堆积重度

尘粒本身有其重度(或真重度),而作为集合体,堆积状态的重度叫做堆积重度(或容重)。

重度对重力、惯性、离心式除尘器的除尘率关系很大,而堆积重度则与设计粉尘的贮存设备和粉尘的再飞扬问题有关。当粉尘的重度与堆积重度之比为10以上时,需要特别注意解决粉尘的二次飞扬问题。

尘粒之间的空隙体积与包括尘粒在内的总体积之比称为空隙率,如用 $\epsilon$ 表示。尘粒重度 $\gamma_0(\text{kg}/\text{m}^3)$ 与尘粒堆积重度 $\gamma_a(\text{kg}/\text{m}^3)$ 之间有如下关系:

表 1-4 尘粒与尘粒分散相的特性



$$\gamma_0 = (1 - \varepsilon) \gamma_s$$

各种粉尘的重度如表 1-5 所示<sup>[5][6]</sup>。

表 1-5 粉尘的重度

粉尘名称	重度 (g/cm <sup>3</sup> )	堆积重度 (g/cm <sup>3</sup> )	备注
硅砂粉 I	2.63	1.55	标准筛 105 μm 通过
II	2.63	1.45	沉降法得 $d=30 \mu\text{m}$
III	2.63	1.15	沉降法得 $d=8 \mu\text{m}$
IV	2.62	1.26	沉降法得 $0.5 \sim 72 \mu\text{m}$
精制滑石粉	2.70	0.70	沉降法得 $1.5 \sim 45 \mu\text{m}$
滑石粉 S100	2.75	0.53~0.62	$d=1.6 \mu\text{m}$
滑石粉 N013	2.75	0.56~0.66	$d=2.7 \mu\text{m}$
滑石粉 N011	2.75	0.59~0.71	$d=3.2 \mu\text{m}$
烟灰 I	2.20	1.07	沉降法得 $d=0.7 \sim 56 \mu\text{m}$
烟灰 II	2.15	1.20	球状粒子
烟道粉尘 K-1	4.88	1.11~1.25	$d=5.6 \mu\text{m}$
烟道粉尘 M	5.07	0.29~0.33	$d=0.24 \mu\text{m}$
硅酸盐水泥 I	3.12	1.50	沉降法得 $d=0.7 \sim 91 \mu\text{m}$
硅酸盐水泥 II	3.05	1.64	
氧化铜	6.40	2.62	沉降法得 $d=0.9 \sim 42 \mu\text{m}$
碳黑烟尘	1.85	0.04	
造型用粘土	2.47	0.72~0.80	$d=4.6 \mu\text{m}$
烧结矿粉尘	3.8~4.2	1.5~2.6	
镁粉尘	2.8	0.95	电除尘器回收粉尘
石灰粉尘	2.7	1.10	旋风除尘器回收粉尘
石灰粉尘	2.9	1.0	电除尘器回收粉尘
粘土粉尘	2.1	0.9	电除尘器回收粉尘
盐湖镁砂粉尘	3.0	1.1	电除尘器回收粉尘
白云石粉尘	2.8	0.9	电除尘器回收粉尘
飘尘、烟灰	—	0.72	
食盐(细粉)		0.74~0.8	
漂白粉		0.60~0.75	
漂粉精		0.95	
硫酸铜粉		1.41	

(三) 粉尘的凝聚性

粉尘微粒产生时的高温, 尘粒表面的电荷、布朗运动和声波的振动以及磁力作用, 可使尘粒相互撞击而引起凝聚。这一特性对除尘的原理和除尘效率起着不可忽视的作用。近年来发展的新型除尘器都设法利用这一特性, 超声波除尘器就是利用声波使尘粒凝聚成微粒团, 然后再送入一般旋风除尘器, 这样, 对于微小尘粒也能获得高效率。

(四) 粉尘的湿润性

粉尘粒子能被水(或其他液体)湿润的现象, 叫做湿润性。所有粉尘可根据被水湿润的程度分为疏水性粉尘和亲水性粉尘。但是湿润性还随粒径的减小和温度的升高而降低。例如悬浮于空气中小于  $1.0 \mu\text{m}$  的尘粒很难被水湿润而凝并, 因为微小尘粒和水滴在空气中均存在着环绕气膜现象, 尘粒与水滴在空气中必须冲破环绕气膜才能接触凝并。为此尘粒与水滴必须具有足够的相对速度。此外, 表面能力愈小的液体愈容易湿润固体表面, 反之则不易。各种湿式除尘器, 就是主要依靠粉尘与水的湿润效果来除尘的。为减小水的表面能力, 可以加入少

表 1-6 粉尘的荷电性质

粉尘种类	带正电粒子(%)	带负电粒子(%)	不带电粒子(%)
铁矿尘	54.3	36.4	9.3
石英岩粉尘	42.5	53.1	4.4
砂岩粉尘	54.7	40.2	5.1

表 1-7 工业中常见粉尘的比电阻

粉尘种类	温度 (°C)	相对湿度 (%)	比电阻 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )
水泥窑尘	120~180		$5 \times 10^9 \sim 5 \times 10^{10}$
水泥磨和烘干机尘	60	10	$10^{12}$
	95	10	$10^{13}$
铜焙烧烟尘	144	22	$2 \times 10^9$
	250		$1 \times 10^8$
铅烧结机烟尘	144	10	$1 \times 10^{12}$
	52	9	$2 \times 10^{10}$
	40	7.5	$1 \times 10^6$
铅鼓风炉烟尘	204	5	$4 \times 10^{12}$
	149	5	$2 \times 10^{13}$
含锌渣烟化炉烟尘	204	1.3	$4 \times 10^9$
	149	1.3	$2 \times 10^{10}$
回转窑氧化镍烟尘	20		$3 \times 10^{10}$
	65.5		$8 \times 10^9$
	121		$6 \times 10^9$
	177		$5 \times 10^8$
	232		$1 \times 10^8$
回转窑氧化铝微尘	20		$3 \times 10^8$
	65.5		$3 \times 10^{11}$
	121		$2 \times 10^{12}$
	177		$5 \times 10^{10}$
	232		$8 \times 10^8$
烧结机粉尘	烘干		$1.3 \times 10^{10}$
高炉粉尘	未烘干		$2.2 \times 10^8 \sim 3.40 \times 10^8$
转炉粉尘	烘干		$2.18 \times 10^{11}$
白云石粉尘	150		$4 \times 10^{12}$
石灰石粉尘	130		$5 \times 10^{12}$
菱镁矿、镁砖、镁砂粉尘	160		$3 \times 10^{13}$
氧化镁粉尘	180		$3 \times 10^{12}$
平炉粉尘	232		$9 \times 10^8$
A	21		$8 \times 10^5$
飞灰 B		$3 \times 10^8$	
C		$2 \times 10^{10}$	
石灰	121		$1 \times 10^{11}$
	177		$3 \times 10^{11}$



量的皂角素、平平加等湿润剂,以提高其湿润效果,从而使微小尘粒甚至布朗运动很明显的微粒分散系(属胶体溶液)也凝并为较大的尘粒而除去。

#### (五)粉尘的荷电与导电性

粉尘在它的产生过程中,由于物料的激烈撞击,尘粒彼此间或尘粒与物料间的摩擦,放射线照射以及电晕放电等作用而发生荷电,它的物理性质将有所改变,如凝聚性和附着性增强,并影响尘粒在气体中的稳定性等等。

粉尘的种类、温度与湿度影响尘粒的荷电性。导电性强的粉尘荷电与失电均较快,故不稳定,反之则较稳定;温度升高带电能力增强,湿度增加带电能力减小。

尘粒荷电后更容易沉附于肺泡和支气管中,所以对人体的危害性也增强。某些粉尘的荷电性如表 1-6 所示<sup>[6]</sup>。

粉尘的导电性在除尘工程中用比电阻(或称视电阻)来表示,单位为  $\Omega \cdot \text{cm}$ 。它是自然堆积的断面为  $1.0 \text{ cm}^2$ 、高为  $1.0 \text{ cm}$  的粉尘圆柱,沿其高度方向测得的电阻值。

粉尘的比电阻与组成粉尘的各种成分的电阻有关,而且与粉尘的粒径、分散度、湿度、温度、空隙率以及空隙的气体的导电性等因素有关,它对电除尘器的除尘效率有着重要的影响。

现在已知粉尘的比电阻值在  $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  范围内能获得理想电除尘效果,而比电阻低于  $10^4$  或高于  $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  都将使除尘效果恶化。具体情况及应采取的措施详见第五章第四节。

一些粉尘的比电阻如表 1-7 所示<sup>[4]</sup>。

某些粉尘的比电阻随温度的变化关系如表 1-8 所示<sup>[7]</sup>。

#### (六)粉尘的自然堆积角

粉尘的自然堆积角也称安息角,即粉尘在水平面上自然堆放时,所堆成的锥体的斜面与水平面所成的夹角。粉尘从一定高度自由沉降,所堆积成的堆积角称为动堆积角;粉尘在空气中以极其缓慢的速度自由沉降,所堆积成的堆积角称为静堆积角。

表 1-8 烟尘在各种温度下的比电阻

烟尘(粉尘)种类	在 各 种 温 度 下 的 比 电 阻 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )				
	21°C	66°C	121°C	177°C	232°C
三氧化二铁	$3 \times 10^7$	$2 \times 10^9$	$9 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{10}$
碳酸钙	$3 \times 10^8$	$2 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{12}$	$8 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{12}$
二氧化钛	$2 \times 10^7$	$5 \times 10^7$	$1 \times 10^9$	$5 \times 10^9$	$4 \times 10^9$
氧化镍	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$4 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	$6 \times 10^4$
氧化铅	$2 \times 10^{11}$	$4 \times 10^{12}$	$2 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{11}$	$7 \times 10^9$
三氧化二铝	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$2 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{12}$	$2 \times 10^{12}$
硫	$1 \times 10^{14}$	—	—	—	—
飞灰 A	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
B	$3 \times 10^8$	$5 \times 10^9$	$2 \times 10^{11}$	$4 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{11}$
C	$2 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{11}$	$7 \times 10^{12}$	$5 \times 10^{12}$	$7 \times 10^{11}$
水泥粉灰	$8 \times 10^7$	$7 \times 10^8$	$7 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{11}$	$9 \times 10^9$
石灰	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^{11}$	$3 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{11}$
矾土粉尘	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{12}$	$5 \times 10^{10}$	$8 \times 10^8$
平炉粉尘	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^{11}$	$1 \times 10^{11}$	$9 \times 10^8$
氧化铬粉尘	$2 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$2 \times 10^{10}$	$9 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{10}$
氧化镍窑粉尘	$3 \times 10^{10}$	$8 \times 10^9$	$6 \times 10^9$	$5 \times 10^8$	$1 \times 10^8$