

环保设备 设计手册

——大气污染控制设备

主编 周兴求

副主编 叶代启



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

环保设备设计手册

——大气污染控制设备

主 编 周兴求

副主编 叶代启

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环保设备设计手册. 大气污染控制设备/周兴求主编.
北京: 化学工业出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-5050-X

I. 环… II. 周… III. ①环境保护-设备-设计-手册
②空气污染控制-设备-设计-手册 IV. X505-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 117936 号

环保设备设计手册

——大气污染控制设备

主 编 周兴求

副主编 叶代启

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 刘莉珏

责任校对: 郑 捷

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 35¼ 字数 880 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5050-X/TH·172

定 价: 80.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《环保设备设计手册》编辑委员会

主 任：周兴求

副主任：吴学龙 龚佰勋 叶代启 伍健东

委 员：（按姓氏笔画排序）

方江敏 叶代启 伍健东 杨治贵

吴学龙 张洪波 周 亮 周兴求

胡小芳 赵云涛 姜宗顺 唐纪进

曹民伟 曹学义 龚佰勋 梁顺文

前 言

环境保护是我国的一项基本国策，近 30 年来，我国在环保设备的研究、开发、设计、制造等方面取得了长足的进步，环保装备的国产化进程正在加快。为了满足环保设备设计人员的要求，化学工业出版社组织国内部分单位编写了《环保设备设计手册》。

《环保设备设计手册》共四册，分别为《废水处理设备》、《大气污染控制设备》、《固体废物处理设备》和《噪声控制设备》。手册分别对各类环保设备的设计理论基础、设计计算方法和应用实例进行系统的阐述。手册所编选的内容既考虑到实用的要求，又兼顾到国内外新技术、新设备的推广应用。

《环保设备设计手册》的编写工作得到了华南理工大学、深圳市市政环卫综合处理厂、深圳市粤昆仑环保实业有限公司、广州市兴华环保设备联合有限公司、广州市中绿环保有限公司等单位的大力支持。

《环保设备设计手册——大气污染控制设备》由周兴求任主编，叶代启任副主编，参加编写的人员有：方江敏（第 1 篇第 1、4 章）、周长法（第 1 篇第 2 章）、伍健东（第 1 篇第 3 章、第 3 篇）、周兴求（第 2 篇第 1 章）、叶代启（第 2 篇第 2~5 章）。

手册在编写过程中参考了大量的文献资料及其图表，限于篇幅，没有一一标注来源，只在最后给出主要参考文献。编者在此对所有被引用的参考文献的作者表示感谢！

《环保设备设计手册》的编写是一项复杂的工作，由于编者的水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

《环保设备设计手册》编辑委员会

2004 年 1 月

目 录

第 1 篇 除尘设备

第 1 章 机械式除尘器	3	2.3.4 烟气的喷雾增湿装置	110
1.1 重力沉降室	3	2.3.5 国内外静电除尘器结构特点 对比	111
1.1.1 重力沉降原理	3	2.4 静电除尘器电源部分	112
1.1.2 尘粒的沉降速度	4	2.4.1 静电除尘器高压电源系统	112
1.1.3 阻力系数	4	2.4.2 低压电源系统	114
1.1.4 重力沉降室的设计计算	4	2.4.3 脉冲电源装置	117
1.1.5 沉降室应用实例	10	2.5 静电除尘器的控制	119
1.2 惯性除尘器	12	2.5.1 高压控制系统	119
1.2.1 惯性除尘器除尘机理	12	2.5.2 静电除尘低压控制系统	126
1.2.2 惯性除尘器结构形式	12	2.5.3 静电除尘器的控制设备	127
1.2.3 惯性除尘器的性能与计算	13	2.6 静电除尘器安全技术	130
1.2.4 惯性除尘器的应用	15	2.6.1 安全联锁	130
1.3 旋风除尘器	18	2.6.2 静电除尘器的接地	131
1.3.1 旋风除尘器的除尘工作原理	19	2.6.3 静电除尘器的绝缘	132
1.3.2 旋风除尘器的设计计算	22	2.7 静电除尘器的设计与选型技术	134
1.3.3 影响旋风除尘器性能的主要 因素	23	2.7.1 设计原则	134
1.3.4 旋风除尘器的分类及其选择	27	2.7.2 设计的原始数据	136
1.3.5 常用旋风除尘器的结构和性能	31	2.7.3 静电除尘器设计的主要参数	136
第 2 章 静电除尘器	80	2.7.4 静电除尘器的设计计算	137
2.1 静电除尘的原理	80	2.7.5 静电除尘器设计裕量	138
2.1.1 静电除尘器的基本工作原理	80	2.8 除尘器的安装、调试及验收	139
2.1.2 静电除尘理论计算	83	2.8.1 静电除尘器的本体安装	139
2.1.3 静电除尘的影响因素	86	2.8.2 电气安装	143
2.1.4 静电除尘的性能特点	88	2.9 静电除尘器的调试	144
2.2 静电除尘器的结构	90	2.9.1 静电除尘器本体的调试	144
2.2.1 阴极系统	90	2.9.2 电气调试	145
2.2.2 阳极系统	95	2.9.3 静电除尘器试运转	146
2.2.3 振打装置	99	2.9.4 静电除尘器的工程交接验收 标准	147
2.2.4 气流分布装置	104	2.10 静电除尘器的生产管理	148
2.2.5 静电除尘器外壳	106	2.10.1 安全管理	148
2.3 静电除尘器设备	106	2.10.2 运行管理	150
2.3.1 静电除尘器分类	106	2.10.3 静电除尘器维修保养	153
2.3.2 管式静电除尘器	108	2.10.4 静电除尘器故障分析及处理	154
2.3.3 干式、板式和卧式的综合型静电 除尘器	109	2.11 静电除尘器的展望	157

2.11.1 新型的超高压、宽间距静电除尘器	157
2.11.2 静电除尘器与其他除尘方式的组合	157
2.11.3 高压电源的开发	158
第3章 过滤式除尘器	160
3.1 袋式除尘器	160
3.1.1 袋式除尘器的工作原理	161
3.1.2 袋式除尘器的性能	161
3.1.3 袋式除尘器的分类	164
3.1.4 袋式除尘器的滤料	168
3.1.5 简易袋式除尘器	172
3.1.6 机械振打袋式除尘器	175
3.1.7 脉冲袋式除尘器	179
3.1.8 气环反吹袋式除尘器	198
3.1.9 扁袋式除尘器	199
3.1.10 反吹(吸)风袋式除尘器	206
3.1.11 袋式除尘器的选型、设计和应用	213
3.2 颗粒层除尘器	216
3.2.1 颗粒层除尘器的性能	217
3.2.2 影响除尘器性能的因素	218
3.2.3 颗粒层除尘器的分类	219
3.2.4 颗粒层除尘器的结构形式	220

第4章 湿式除尘器	234
4.1 概述	234
4.1.1 湿式除尘的除尘机理	234
4.1.2 湿式除尘器的分类	237
4.1.3 湿式除尘器的性能	238
4.2 塔式洗涤除尘器	241
4.2.1 重力喷雾洗涤除尘器	242
4.2.2 填料洗涤除尘器	243
4.2.3 泡沫除尘器	250
4.2.4 动力波洗涤器	257
4.2.5 旋流板洗涤器	264
4.3 旋风洗涤除尘器	268
4.3.1 中心喷水切向进气旋风除尘器	268
4.3.2 立式旋风水膜除尘器	269
4.3.3 卧式旋风水膜除尘器	279
4.4 文丘里洗涤器	281
4.4.1 文丘里洗涤除尘器的结构和工作原理	281
4.4.2 文丘里除尘器的设计与计算	284
4.4.3 文氏管的压力损失	289
4.4.4 文丘里除尘器的除尘效率	290
4.4.5 文丘里湿式除尘器系列	292
4.4.6 文丘里湿式除尘器的应用	293
4.4.7 其他类型的文丘里除尘器	296

第2篇 气态污染物控制设备

第1章 吸收设备	301
1.1 吸收工艺设计概述	301
1.1.1 吸收工艺	301
1.1.2 吸收剂	301
1.1.3 液气比	302
1.2 填料塔	302
1.2.1 填料塔的设计步骤	302
1.2.2 填料	303
1.2.3 塔径的计算	327
1.2.4 填料层总高度的计算	328
1.2.5 填料层的分段	329
1.2.6 全塔压力降的计算	329
1.2.7 填料塔内件的设计	329
1.3 湍球塔	330
1.3.1 填料参数和流体力学计算	331
1.3.2 辅助结构	335
第2章 吸附设备	338
2.1 吸附原理	338

2.1.1 吸附与吸附平衡	338
2.1.2 吸附等温线与吸附等温方程式	339
2.1.3 吸附量	342
2.1.4 吸附速率	343
2.1.5 变压吸附法	344
2.2 吸附剂	345
2.2.1 吸附剂的选择	345
2.2.2 常用的吸附剂	346
2.2.3 吸附剂的浸渍	351
2.2.4 吸附剂的再生	352
2.3 固定床吸附装置	354
2.3.1 吸附	354
2.3.2 固定床吸附器的分类与结构特征	355
2.3.3 固定床吸附器的设计计算	357
2.3.4 设备简介	364
2.4 移动床吸附装置	367
2.4.1 移动床吸附装置的结构特征	367

2.4.2 移动床吸附装置的设计计算	369	3.2.11 催化燃烧效率	406
2.4.3 设备介绍	372	3.2.12 对苯系物总净化效率	406
2.5 流化床吸附装置	373	3.3 设备选型	407
2.5.1 流化床吸附器的结构特征	373	3.3.1 含氟气体催化分解装置	407
2.5.2 流化床吸附器操作速度的 确定	375	3.3.2 二噁英催化分解器	408
2.5.3 流化床吸附器设计举例	377	3.3.3 蓄热式氧化反应器	411
2.5.4 设备简介	378	3.3.4 蓄热式催化氧化反应器	413
2.6 回转式吸附装置	381	3.3.5 一种吸附-催化一体化油烟净化 装置	413
2.6.1 回转式吸附装置的特征	381	3.3.6 FJ-Y5000 型蜂轮净化机	414
2.6.2 回转式吸附装置的设计计算	381	3.3.7 UJ1-B 型催化净化装置	416
2.6.3 计算实例	382	3.3.8 BCO-2 型净化装置	416
2.6.4 设备简介	383	3.4 工程实例介绍	419
2.7 注意因素和吸附影响因素、 新发展	385	第 4 章 工业废气的低温等离子 体治理设备	422
2.7.1 注意因素	385	4.1 等离子体技术治理工业废气 的原理	422
2.7.2 影响吸附的因素	385	4.2 工艺方法与设备	422
2.7.3 吸附装置的新发展	386	4.2.1 电子束辐照法	423
2.8 工程应用实例	387	4.2.2 脉冲电晕放电法	425
第 3 章 有机废气的燃烧及 催化净化设备	392	4.2.3 介质阻挡放电	427
3.1 分类	392	4.3 工业应用实例	429
3.1.1 直接氧化燃烧法	392	4.3.1 电子束 (EBA) 法烟气脱硫	429
3.1.2 催化燃烧法	394	4.3.2 脉冲电晕式放电法净化器	431
3.2 设备的设计	401	4.3.3 高频辅助的低频介质阻挡放 电装置	432
3.2.1 参数计算	401	4.3.4 等离子体处理器	434
3.2.2 出口浓度与吸附时间的关系	402	第 5 章 光催化与生物净化	442
3.2.3 空塔速度对吸附效率的影响	404	5.1 光催化净化	442
3.2.4 脱附次数对有效吸附作用 时间的影响	404	5.1.1 TiO_2 光催化净化机理	442
3.2.5 空塔速度与阻力关系	404	5.1.2 气-固相光催化反应	443
3.2.6 吸附效率	404	5.1.3 光催化反应器的设计及形式	445
3.2.7 脱附物浓度与脱附温度的关系	405	5.1.4 催化方法与其他方法的联用	452
3.2.8 脱附风量与脱附时间的关系	405	5.2 生物净化	453
3.2.9 吸附床的脱附升温曲线	405	5.2.1 净化原理	453
3.2.10 催化燃烧入口有机物浓度与 加热功率关系	406	5.2.2 生物法应用	455
		5.2.3 生物法前景展望	467
第 3 篇 集气罩与管道系统			
第 1 章 概述	471	2.1.3 集气罩的性能	478
第 2 章 集气罩的设计	472	2.2 密闭罩	481
2.1 概述	472	2.2.1 密闭罩的结构形式	481
2.1.1 集气罩气流的流动特性	472	2.2.2 密闭罩的结构	482
2.1.2 集气罩的分类和设计原则	477	2.2.3 密闭罩的设计	483

2.3 排气柜	487
2.4 外部集气罩	490
2.4.1 概述	490
2.4.2 控制风速	492
2.4.3 上部集气罩	494
2.4.4 侧吸罩	495
2.4.5 槽边集气罩	497
2.4.6 下部集气罩	501
2.5 接受式集气罩	502
2.5.1 高悬罩与低悬罩	503
2.5.2 热射流流量计算	503
2.5.3 热源上部接受罩的设计	504
2.6 吹吸式集气罩	505
2.6.1 工作原理与应用	505
2.6.2 设计计算	506

第3章 管道系统的设计	511
3.1 管道系统的配置	511
3.1.1 管道系统配置的一般原则	511
3.1.2 管网的布置方式	512
3.1.3 管道和部件	513
3.1.4 管道热补偿	517
3.1.5 管道系统的保温及防爆措施	523
3.2 管道系统的设计计算	528
3.2.1 管道内流体流速的选择	529
3.2.2 管道直径的确定	529
3.2.3 管道内流体的压力损失	531
3.2.4 风机和电机的选择	543
3.2.5 管道系统计算实例	544
参考文献	547

第 1 篇 除 尘 设 备

第 1 章 机械式除尘器

机械式除尘器是利用质量力（如重力、惯性力、离心力等）的作用使含尘气流中的尘粒与气流分离并被捕集的装置。包括重力沉降室、惯性力沉降室和旋风除尘器等。机械除尘器的主要特点是结构简单、易于制造、造价低、便于维护及阻力小等，因而广泛用于工业生产中。但一般来说，这类除尘器对大粒径粉尘的去除具有较高的效率，而对于小粒径粉尘捕获率很低。因而这类除尘器通常用在去除大颗粒粉尘以及除尘效率要求不高的场合，有时也作为除尘效率要求较高场合的预除尘器。表 1-1-1 示出几种常用的干式机械除尘器的特性参数。

表 1-1-1 干式机械除尘器的特性参数

除尘器类型	最大烟气处理量/(m³/h)	可去除最小粒径及除尘效率	压力损失/Pa	使用最高温度(烟气温度)/℃
重力除尘器	可根据安装现场决定最大烟气处理量	>50μm(80%~90%)	50~130	350~550
旋风除尘器	85000	10μm(50%~60%)	250~1500	350~550
旋流除尘器	30000	2μm(90%)	<2000	<250
串联旋风除尘器	170000	5μm(90%)	750~1500	350~550
惯性力除尘器	127500	2μm(90%)	750~1500	<400

1.1 重力沉降室

重力沉降室是使含尘气流中的尘粒借助重力作用自然沉降来达到净化气体目的的装置。这种装置具有结构简单、造价低、施工容易（可以用砖砌或用钢板焊制）、维护管理方便、阻力小（一般为 50~150Pa）等优点，但由于它体积大，除尘效率低（一般只有 40%~50%），适于捕集大于 50μm 粉尘粒子，故一般只用于多级除尘系统中的第一级除尘。

1.1.1 重力沉降原理

若将表面光滑的刚性球形尘粒置于静止的气体介质中，由于尘粒的密度大于气体的密度，则尘粒将在气体中降落。在这种条件下，尘粒受到三个力的作用，即重力、浮力、沉降时介质阻力，如图 1-1-1 所示。对球形尘粒，上述三个力分别为：

$$F_g = \frac{\pi}{6} d_p^3 \rho_p g \tag{1-1-1}$$

$$F_b = \frac{\pi}{6} d_p^3 \rho_g g \tag{1-1-2}$$

$$F_d = \zeta A \frac{\rho u_i^2}{2} \tag{1-1-3}$$

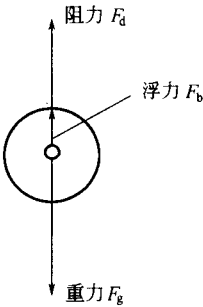


图 1-1-1 沉降尘粒的受力情况

式中 F_g ——重力，N；
 F_b ——浮力，N；
 F_d ——沉降时介质阻力，N；
 d_p ——尘粒直径，m；

ρ_p ——尘粒的密度, kg/m^3 ;

ρ ——气体的密度, kg/m^3 ;

A ——尘粒在垂直于其运动方向的平面的投影面积, 其值为 $A = \frac{\pi}{4} d_p^2$, m^2 ;

u_i ——尘粒相对于流体的沉降速度, m/s ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

ζ ——尘粒沉降时受到介质阻力的阻力系数, 无量纲。

根据牛顿第二定律, 上面三个力的合力应等于尘粒的质量与其加速度的乘积, 即:

$$F_g - F_b - F_d = ma \quad (1-1-4)$$

式中 m ——尘粒的质量, kg ;

a ——加速度, m/s^2 。

式 (1-1-4) 三个力中, 重力与沉降方向一致, 浮力与沉降方向相反, 介质阻力与总的运动方向相反。尘粒在上述合力的作用下向下运动, 介质阻力随沉降速度的增加而相应增大, 最后, 重力、浮力与阻力达到平衡, 合力为零, 即:

$$F_g - F_b = F_d$$

$$\frac{\pi}{6} d_p^3 \rho_p g - \frac{\pi}{6} d_p^3 \rho g = \zeta \frac{\pi}{4} d_p^2 \frac{\rho u_i^2}{2} \quad (1-1-5)$$

在重力沉降过程中, 重力与浮力两者的差值为沉降力。当尘粒种类、粒径和介质种类与状态一定时, 则沉降力为一定值。当沉降力与阻力相等时, 尘粒等速下降, 此速度即为沉降速度 u_i 。尘粒以沉降速度下降, 经过一定时间后, 尘粒沉降到沉降室的底部而分离, 净化后的气体从出口排出。

1.1.2 尘粒的沉降速度

由式 (1-1-5) 得沉降速度 u_i :

$$u_i = \sqrt{\frac{4gd_p(\rho_p - \rho)}{3\zeta\rho}} \quad (1-1-6)$$

由于在常压下气体介质的密度和尘粒的密度相比往往很小, 计算时可以忽略气体对尘粒的浮力 F_b , 式 (1-1-6) 可简化为:

$$u_i = \sqrt{\frac{4gd_p\rho_p}{3\zeta\rho}} \quad (1-1-7)$$

1.1.3 阻力系数

用式 (1-1-7) 计算沉降速度时, 首先需要确定阻力系数 (ζ) 值。由量纲分析法可知, ζ 取决于尘粒与流体相对运动时的雷诺数 (Re) 和尘粒的形状。根据实验测得尘粒沉降的阻力系数 ζ 与 Re 的综合结果如图 1-1-2 所示。由图 1-1-2 可见, 尘粒在流体介质中沉降阻力可按层流、过渡流、湍流等不同的区间来表示, 其阻力系数 ζ 和沉降速度 u_i 的计算见表 1-1-2。

图 1-1-2 中, ϕ_s 为球形度, 是体积和不规则形状尘粒相等的球形尘粒的表面积 S 与不规则形状尘粒的实际表面积 S_p 的比值, 即 $\phi_s = \frac{S}{S_p}$ 。

由表 1-1-2 可知, 不同的流动区域沉降速度 u_i 的计算公式不同。因此, 计算沉降速度时, 首先应判断沉降所属于的区域, 而判断区域的雷诺数 (Re) 又包含沉降速度, 故需采用试差法计算沉降速度。即先假设沉降属于某一区域, 然后根据表 1-1-2 选用与假设区域相应的沉降速度计算公式计算出沉降速度, 再校核 Re 是否在所假设的区域内。如果与原假设

一致，则求出的沉降速度 u_t 值有效；否则，需重新假设流动区域，并改用相应的公式求出 u_t ，直到求得的 u_t 算出的 Re 值与所选用公式的 Re 值范围相符为止。

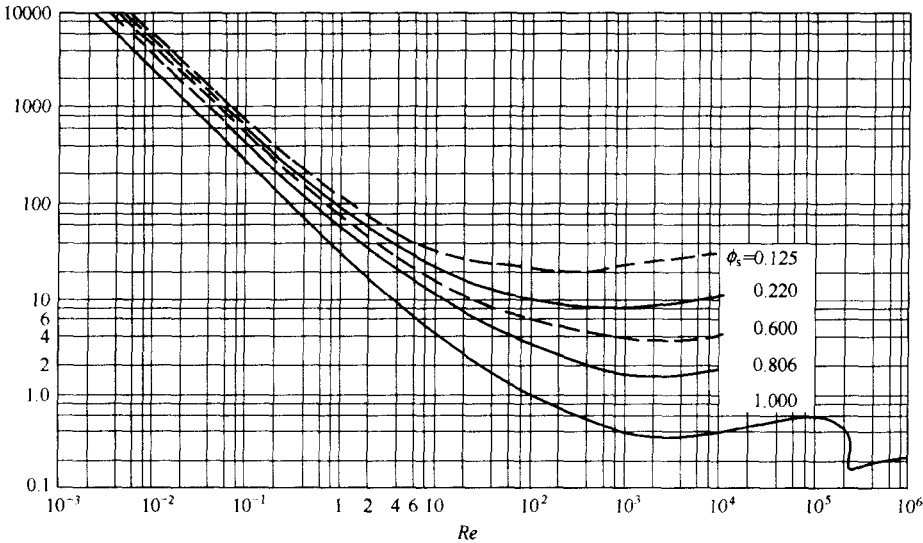


图 1-1-2 ζ - Re 的关系曲线

表 1-1-2 球形尘粒的 ζ 与 u_t 计算式

区 间	Re	阻力系数 ζ	沉降速度 u_t
层流(Stokes 区)	$10^{-4} \sim 1$	$\zeta = \frac{24}{Re}$	$u_t = \frac{d^2(\rho_p - \rho)g}{18\mu}$
过渡流(Allen 区)	$1 \sim 1000$	$\zeta = \frac{18.5}{Re^{0.6}}$	$u_t = 0.27 \sqrt{\frac{d(\rho_p - \rho)g}{\rho} Re^{0.6}}$
湍流(Newton 区)	$10 \sim 2 \times 10^3$	$\zeta = 0.44$	$u_t = 1.74 \sqrt{\frac{d(\rho_p - \rho)g}{\rho}}$

事实上，尘粒形状是各式各样的，形状不规则尘粒的介质阻力系数较球形尘粒的大，其数值可由尘粒的 Re 和球形度 ϕ_s （见图 1-1-2）确定；也可按球形尘粒求出阻力系数 ζ 值，然后乘以形状修正系数 λ 。非球形尘粒的阻力系数为 $\zeta' = \lambda\zeta$ 。根据实验，形状系数 λ 值见表 1-1-3。

表 1-1-3 形状修正系数 λ 值

形 状	λ	形 状	λ
球形尘粒	1	片状尘粒	4.97
表面粗糙的圆形表面	2.42	不规则形尘粒	2.75~3.5
椭圆形尘粒	3.03		

1.1.4 重力沉降室的设计计算

重力沉降室的设计计算主要是根据要求处理的气量和净化效率确定沉降室的尺寸。最关键的是选择适当的气流速度。气流速度低，分离效果好，但除尘器截面积较大；气流速度大，分离效果差，且易引起二次扬尘。因此，气流速度的选择还应注意，沉降室中的气体流速应低于物料被重新带走的二次扬尘速度。表 1-1-4 为一些工业粉尘被重新扬起的气流

速度。

表 1-1-4 一些工业粉尘被重新扬起的气流速度

粉尘类型	密度 (kg/m^3)	中位径 / μm	重返气流 速度/(m/s)	粉尘类型	密度 (kg/m^3)	中位径 / μm	重返气流 速度/(m/s)
铅粉	2720	335	4.3	石灰石尘	2780	71	6.3
有色金属铸造粉尘	3020	117	5.6	淀粉	1270	64	1.7
氧化铝	8250	14.7	7.5	木屑	1180	1370	3.9
钢粒尘	6850	96	4.6	锯末	—	1400	6.7
石棉尘	2200	261	5.1				

1.1.4.1 气体流速

在重力沉降室的设计计算中,为了使问题简化,假定沉降室内气流分布均匀,并处于层流状态。进入除尘器的尘粒以气流速度 v 向前运动,同时以沉降速度 u_i 下降,如图 1-1-3 所示。进入沉降室的含尘气体在沉降室断面上的流速根据含尘气体的临界速度确定。

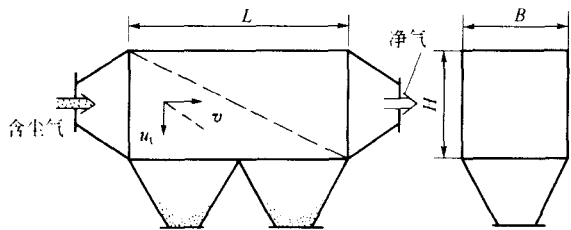


图 1-1-3 沉降室中尘粒的运动

$$v_c = \sqrt{\frac{k d_p g \rho_p}{\rho}} \quad (1-1-8)$$

式中 v_c ——含尘气体的临界速度, m/s ;

k ——流线系数,取 $10 \sim 20$, k 值随尘粒直径减小而递增;其余符号意义同前。

含尘气体在沉降室断面上的流速为临界速度的 $0.5 \sim 0.75$ 倍,一般在 $0.2 \sim 0.8 \text{m/s}$ 范围内的选取。

1.1.4.2 有效分离粒径

如图 1-1-3 所示,尘粒从沉降室顶部降落到底部所需时间:

$$\tau_s = H/u_i \quad (1-1-9)$$

式中 H ——沉降室高度, m ;

u_i ——尘粒的沉降速度, m/s ;

τ_s ——尘粒沉降时间, s 。

气流在沉降室内停留的时间:

$$\tau = \frac{L}{v} \quad (1-1-10)$$

式中 L ——沉降室长度, m ;

v ——沉降室内的气流速度, m/s ;

τ ——气流流过沉降室所需的时间, s 。

要使尘粒不被气流带走,必须使 $\tau \geq \tau_s$, 即必须使沉降室的长度:

$$L \geq \frac{Hv}{u_i} \quad (1-1-11)$$

而尘粒的沉降速度 u_i 与粒径 d_p 的平方成正比,根据斯托克斯定律,不同粒径尘粒的沉降速度可用式 (1-1-12) 求得:

$$u_i = \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) g}{18\mu} \quad (1-1-12)$$

式中所有符号意义同前。

密度为 1000kg/m^3 的不同粒径尘粒，根据斯托克斯定律计算和通过试验得到的沉降速度见表 1-1-5。

表 1-1-5 不同粒径尘粒的沉降速度

粒径/ μm	沉降速度/(m/s)		粒径/ μm	沉降速度/(m/s)	
	试验值	按斯托克斯定律计算值		试验值	按斯托克斯定律计算值
0.1	8.70×10^{-7}	8.71×10^{-7}	10.0	3.06×10^{-7}	3.06×10^{-7}
0.2	2.30×10^{-7}	2.27×10^{-7}	20.0	1.2×10^{-7}	1.2×10^{-7}
0.4	6.80×10^{-7}	6.85×10^{-7}	40.0	4.8×10^{-7}	5.0×10^{-7}
1.0	3.50×10^{-7}	3.49×10^{-7}	100.0	2.46×10^{-7}	2.5×10^{-7}
2.0	1.19×10^{-7}	1.19×10^{-7}	400.0	1.57	4.83
4.0	5.10×10^{-7}	5.00×10^{-7}	1000.0	3.82	30.5

沉降室的高度 H 应根据实际情况确定。但 H 应尽量小一些，因为 H 越大，所需的沉降时间就越长，势必加长沉降室的长度。具体的长度和高度尺寸可根据现场空间条件，同时考虑运转的方便来确定，必要时可以以消耗材料最少为目的，进行最优计算。

沉降室的宽度 B 与处理气量有关：

$$B = \frac{Q}{Hv} \tag{1-1-13}$$

式中 Q ——沉降室处理气量， m^3/s ；

B ——沉降室的宽度， m ；其余符号意义同前。

一定结构的沉降室，能沉降在室内的最小粒径 $d_{\min}$ 可按式 (1-1-14) 求得：

$$d_{\min} = \left(\frac{18\mu H v}{\rho_p g L} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{1-1-14}$$

式中所有符号意义同前。

1.1.4.3 结构尺寸

沉降室的外形尺寸可用近似式确定：

$$L = \frac{Hv}{u_t} \tag{1-1-15}$$

$$H = (0.5 \sim 1) \sqrt{A} \tag{1-1-15}$$

$$A = \frac{Q}{v} = BL \tag{1-1-16}$$

式中 A ——沉降室有效截面积， m^2 。

1.1.4.4 除尘效率和阻力损失

(1) 除尘效率

沉降室的结构一定，理论上沉降速度 $u_t \geq \frac{Hv}{L}$ 的尘粒都能沉降下来，当沉降速度 $u_t < \frac{Hv}{L}$ 时，对各种粒级尘粒的分级除尘效率 η_s 可由式 (1-1-17) 求出：

$$\eta_s = \frac{Lu_t}{vH} \times 100\% \tag{1-1-17}$$

式中， η_s 为各种粒级尘粒的分级除尘效率，其余符号意义同前。

在实际应用中，由于含尘气流在沉降室内流动时，气流的湍流、壁面效应以及其他因素

会干扰尘粒的正常沉降，尤其是直径小的尘粒，所以除尘效率比计算的要低。

(2) 阻力损失

$$\Delta p = \frac{(v_{in}^2 + 1.5v_{out}^2)\rho}{2} \quad (1-1-18)$$

式中 Δp ——含尘气体通过沉降室的压力损失，Pa；

v_{in} ——含尘气体进入沉降室时的速度，m/s；

v_{out} ——含尘气体离开沉降室时的速度，m/s。

一般含尘气体通过沉降室的压力损失只有 50~150Pa。

通常，在设计重力沉降室时，应注意下列问题。

① 气流速度尽可能选低些，以保持接近层流 ($Re < 2000$) 状态，因为湍流会使已降落的粉尘二次扬尘，破坏沉降作用。

② 为保证沉降室横断面上气流分布均匀，沉降室的进风管应通过平滑的渐扩管与之相连。若受场地限制，可装设导流板、扩散板等气流分布装置。如条件允许，把进风管装在降尘室上部，会收到意想不到的效果。

③ 净化高温烟气时，由于热压作用，排气口以下的空间有可能气流减弱，从而降低了容积利用率和除尘效率，此时沉降室的进出口位置应低一些。

重力沉降室的主要优点是结构简单、价格低廉、耗能少，适用于净化密度大、粒径粗的粉尘。通常的粒径去除范围为 30~50 μm 的粉尘，效率达 60%~80%，但对小于 5 μm 的粉尘，净化效率几乎等于零。重力沉降室的压力损失约为 50~150Pa。

1.1.4.5 沉降室结构形式

沉降室的结构形式见图 1-1-4~图 1-1-7。沉降室在实际运行时，在室内都加设各种挡尘装置，以提高除尘效率。实验表明，采用人字形挡板和垂直隔板结构形式的除尘效率较高 [见图 1-1-4 (b)~(d)]。这是由于人字形挡板能使刚进入沉降室的气体很快扩散，气流均匀充满整个沉降室。而垂直隔板可把沉降室高度降低一半，这样，粉尘由于自重而降落到底部的距离减少一半，降落时间也减少一半，因此，对于同一尺寸的沉降室来说，其除尘效率可大大提高，一般比空沉降室提高 15%。也可用喷嘴喷水提高除尘效率。图 1-1-5 所示为增设喷雾装置的沉降室结构。

对重力沉降室沉降原理的理论分析可知，理论上沉降室的生产能力只与其沉降面积 BL 及尘粒的沉降速度 u_i 有关，而与沉降室高度 H 无关。因此，为了提高重力沉降室的生产能力，减小设备的体积，可将沉降室设计成扁平形，或在室内均匀设置多层水平隔板，构成如图 1-1-6 所示的多层沉降室。

沉降室也可捕集垂直上升气流中的粉尘粒子，但在这种沉降室中垂直上升气流的速度一定要小于可去除最小粒径粒子的末端沉降速度。图 1-1-7 为常见垂直沉降室的三种结构形式，这三种沉降室都可直接安装在烟囱顶部，多用于小型冲天炉或锅炉除尘。图 1-1-7 (a) 为屋顶式沉降室，捕集下来的粉尘堆积在烟气进入伞形挡板周围的底板上，待一定时间进行清扫后，粉尘返回冲天炉中。图 1-1-7 (b) 为扩大烟管式沉降室，在烟囱顶部用大直径（比烟囱直径大 2~3 倍）的耐火材料作沉降室，沉降室中相应气流速度为烟囱中气流速度的 1/9~1/4。当烟囱中气流速度为 1.5~2.0m/s 时，该沉降室可除掉 200~400 μm 的粉尘粒子。所捕集的粉尘随时通过侧面沉降管落到灰斗中。图 1-1-7 (c) 是带有锥形导流器的扩大烟管式沉降室。