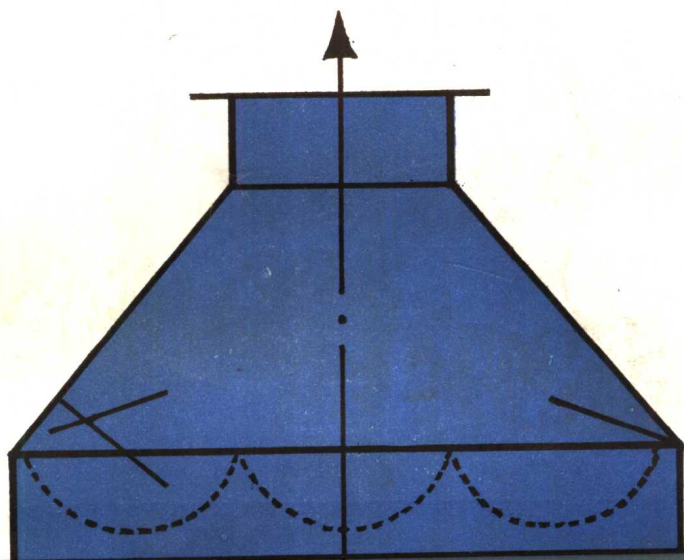


除尘技术与设备

陈世敏 编著

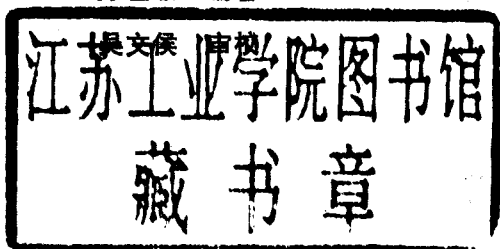
吴文侯 审校



人 民 邮 电 出 版 社

除尘技术与设备

陈世敏 编著



人民邮电出版社

内 容 提 要

本书共分八章，第一章简明系统地阐述了除尘技术的基本知识；第二至五章介绍了常用除尘设备中的吸尘罩、风道、除尘器、风机的工作原理、性能和结构的设计与计算；第六章讲述了除尘设备噪声的防治理论与方法；第七、八章结合生产实际，对除尘设备的研究与设计做了专门叙述，并介绍了国内外邮政除尘设备的新成果。

全书内容通俗易懂，例题多，便于自学和实际应用。

书后附有设计除尘设备常用的技术资料，供读者参考。

本书可做为邮电中等专业学校邮政机械专业和通风除尘专业的教学参考书，也可做为通风除尘设备安装和使用维护人员的培训教材及有关技术人员学习参考。

除 尘 技 术 与 设 备

陈世敏 编著

吴文侯 审校

责任编辑：刘兴航

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32

1988年6月 第一版

印张：10 8/32 页数：164

1988年6月北京第1次印刷

字数：233千字

插页：1

印数：1—1 000 册

ISBN7115—03593—8/Z002

定价：1.50元

前 言

防治尘害，是改善生产环境，提高工作效率，保护工人身体健康的重要措施之一。1979年国务院重新修订并颁发了《工业企业设计卫生标准》（TJ36—79）；1980年国务院又下达100号文件，要求各工矿企业认真防治尘害，搞好劳动保护和环境保护，实现文明生产，造福于人民。

邮电部邮政总局自1973年以来，先后在鞍山、哈尔滨、沈阳、昆明等邮电局和邮政局进行邮政尘害防治技术的研究与试验。

为了配合尘害防治工作的开展，本书以实用为主，系统地阐述除尘技术的基本理论、知识和除尘设备的工作原理与结构，并把治理邮政尘害作为实例，提供一些这方面的经验。

全书共八章，介绍尘的理化性质和危害及其综合防治措施；并就除尘设备中的“四大件”（吸尘罩、风道、除尘器、风机）的基本原理，结构设计与应用做了较详细的叙述；然后结合邮政生产特点，阐述邮政除尘设备应具有的性能及其设计方法与设想。与除尘技术有关的常用资料列在附录中供参考。

书中采用国际单位制（SI），在个别地方为了照顾习惯，保留了目前与国际单位制并用的一些单位。

本书可供邮政机械专业，通风除尘专业的工人、初、中级技术人员设计、安装、使用、维护除尘设备的学习用书；也可供领导干部制定尘害防治措施参考；还可作为邮电学校邮政机械专业教师与学生的参考书。

中国建筑工业出版社吴文侯高级工程师审阅了本书手稿，

並提出了具体修改、补充的内容，对书稿质量的提高起了较大作用。在此表示衷心地感谢。

由于水平所限，对书中存在的一些缺点和错误，敬请读者批评指正。

编著者

1987.9

目 录

第一章 除尘技术的基本知识	(1)
第一节 尘及其性质.....	(1)
第二节 尘粒在空气中的运动.....	(13)
第三节 尘的危害.....	(17)
第四节 气体的性质.....	(18)
第五节 湿气体的性质.....	(24)
第六节 尘害的综合防治.....	(28)
第二章 吸尘罩的设计	(34)
第一节 吸尘罩的设计原则.....	(34)
第二节 闭式吸尘罩.....	(39)
第三节 开式吸尘罩.....	(44)
第三章 风道的设计	(62)
第一节 除尘风道的设计原则.....	(62)
第二节 风道压损的计算.....	(65)
第三节 风道管网的设计与计算.....	(77)
第四章 除尘器的工作原理与设计	(94)
第一节 除尘器的类型.....	(94)
第二节 除尘器的性能.....	(95)
第三节 重力除尘器.....	(102)
第四节 惯性力除尘器.....	(113)
第五节 离心力除尘器.....	(118)
第六节 电力除尘器.....	(127)
第七节 洗涤除尘器.....	(150)

第八节	过滤式除尘器	(169)
第九节	超声波除尘器	(185)
第十节	除尘器的选择	(186)
第五章	风机	(193)
第一节	风机的种类	(193)
第二节	风机的结构与工作原理	(194)
第三节	离心式风机的性能	(196)
第四节	离心式风机在管道系统中的运转	(201)
第五节	风机的选择与使用	(205)
第六章	除尘设备噪声的防治	(209)
第一节	噪声	(209)
第二节	噪声的防治	(217)
第七章	除尘系统的设计	(237)
第一节	邮政尘源	(237)
第二节	生产概况与特点	(241)
第三节	方案的确定	(246)
第四节	技术设计	(248)
第五节	除尘系统的设计举例	(249)
第八章	邮政除尘设备简介	(258)
第一节	台式小型除尘器	(258)
第二节	吸尘桌	(258)
第三节	包裹开拆吸尘台	(259)
第四节	封闭式倒袋吸尘机	(261)
第五节	推式悬挂机用封闭式倒袋吸尘机	(271)
附录		
附录1	决定每米长度风管压力损失的线解图	(280)
附录2	弯管局部阻力系数	(281)

附录3	变断面部件局部阻力系数	(282)
附录4	吸入口和吹出口局部阻力系数	(284)
附录5	三通局部阻力系数	(286)
附录6	送气三通局部阻力系数	(288)
附录7	吸气三通局部阻力系数	(289)
附录8	吸气罩局部阻力系数	(290)
附录9	风帽局部阻力系数	(290)
附录10	除尘器型式代号统一编制办法	(291)
附录11	风机性能规格表	(293)
附录12	车间空气中有害物质的最高容许浓度...	(312)
参考文献		(318)

第一章 除尘技术的基本知识

除尘的目的，是防止在生产过程中散发出来的尘，对环境的污染和对人体健康的危害以及对产品质量的影响。除尘技术，就是研究如何从空气中捕集分离尘的方法与设备。因此，在研究除尘设备之前，先介绍尘和空气的一些基本性质。

第一节 尘及其性质

一、尘的定义

人们给尘起了许多习惯上的名称，如灰尘、粉尘、尘埃等等，而这些名称又没有明确的定义。本书为叙述方便，参照国内、外一些有关资料，而使用以尘粒大小为条件的名称体系：

尘——粒径小于 $100\mu\text{m}$ 浮游于空气中的固体颗粒。粒径小于 $100\mu\text{m}$ 的固体颗粒，在静止空气中的沉降速度受着牛顿定律支配，这里不视为尘。下面根据尘的粒径大小划分的几个范围，可分别称为：

粉尘——粒径大于 $10\mu\text{m}$ 小于 $100\mu\text{m}$ 浮游于空气中的固体颗粒。

尘雾——粒径大于 $0.25\mu\text{m}$ 小于 $10\mu\text{m}$ 浮游于空气中的固体颗粒。

尘云——粒径小于 $0.25\mu\text{m}$ 浮游于空气中的固体颗粒。

二、尘的分类

为便于了解尘的性质和研究防治尘害的措施，对尘进行分类是必要的。分类方法，一般可按尘的形成原因，理化性质等进行分类。

1. 按尘的来源分类

(1) 自然尘 风吹起大地上的泥砂及垃圾等，由地理环境和气象条件所决定。绿化可减少自然尘的产生。

(2) 破碎性尘 在生产过程中，物料由于受到破碎、研磨等机械力作用产生的细小颗粒受到外力作用后，飘浮到空气中形成的尘。常温下一般不发生化学变化。例如，邮件在邮袋内互相磨擦产生的粉末是邮政尘的主要成份。

(3) 烟尘 烟尘在生成过程中伴有物理或化学变化，如氧化、升华、蒸发、燃烧和凝固等，多为高温条件下产生的尘。

2. 按尘的理化性质分类

(1) 有机尘 来自动物、植物和人工有机物的粉末。例如：兽毛、角质、毛发等的粉末是动物性尘；棉、麻、粮食等的粉末是植物性尘；染料、塑料、沥青等的粉末是人工有机物尘。

(2) 无机尘 来自矿物、金属物和人工无机物的粉末。例如：石棉、石英、砂、石墨等的粉末是矿物性尘；铸铁、铅、铜、铝等的粉末是金属性尘；水泥、玻璃、金刚砂等的粉末是人工无机物尘。

(3) 混合尘 由以上多种物质粉末组成的尘。这种尘在实际生产中较为多见。由于生产环境不同，某种物质的粉末可

能占主体地位。例如：邮政生产过程中产生的尘，就是混合尘，其中约50%是呈纤维状的有机尘，它们由棉、麻、纸等包装物在搬运过程中相互磨损所产生；其余是无机尘由自然界的泥砂矿物质等组成。

3. 按尘的光学特性分类

(1) 可见尘 肉眼可以看见的尘，粒径大于 $10\mu\text{m}$ 的。

(2) 显微尘 用普通显微镜可以看见的尘，粒径大于 $0.25\mu\text{m}$ 小于 $10\mu\text{m}$ 的。

(3) 超显微尘 用超倍显微镜能看见的尘，粒径小于 $0.25\mu\text{m}$ 大于光波之半的。

可见光波的平均波长 $\lambda \approx 0.55 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ ，粒径小于光波之半的固体颗粒不能使光波屈折和反射，而使其向四方漫射，这样的尘粒用一般显微镜人也是看不见的。

4. 按尘的沉降状况分类

(1) 飘尘 能长期在空气中浮游的燃烧产物，烟与炭及物料粉末等，粒径小于 $1\mu\text{m}$ 的颗粒。如金属炭（金属经高温升华后冷却凝结而成）、油珠、沥青珠等。

(2) 降尘 在空气中由于重力作用能以等速很快沉降的固体颗粒，粒径一般大于 $10\mu\text{m}$ 。

三、尘的粒径

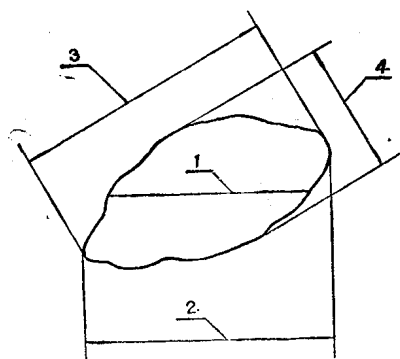
尘粒形状很不规则，有片形、条形、多角形和楞块形的，呈球形的甚少。为表示非球形尘粒的大小，用“球形系数”把非球形尘粒换算成相当球形尘粒的大小，也用“粒径”来表示。

球形系数 ϕ 是指体积相等的球形尘粒表面积与非球形尘粒

实际表面积之比。对于球形尘粒 $\varphi_s = 1$ ，而对于非球形尘粒 $\varphi_s < 1$ 。尘粒形状愈接近于球形， φ_s 愈接近于1。例如：正八面体 $\varphi_s = 0.846$ ；正方体 $\varphi_s = 0.806$ ；正四面体 $\varphi_s = 0.67$ 。对于非球形尘粒，用“粒径”表示大小的方式有三种：投影径、几何当量径、物理当量径。

1. 投影径

是用显微镜观察尘粒在投影板上投影的大小。测量投影径大小的方法有四种，如图1-1所示。这四种方法为：



1. 面积等分径；2. 定向径；3. 长径；4. 短径

图1-1 尘粒的投影径

(1) 面积等分径

是把尘粒投影面积二等分的直线长度，这条直线长度与所取方向有关，一般都取与投影板底边平行的方向。

(2) 定向径

是取尘粒投影对边两平行切线的距离，取向可任意定，一般都取与投影板底边平行的方向。

(3) 长径 是取尘粒投影边上两点间的最长距离，不受方向限制。

(4) 短径 是取尘粒投影边上两点间的最短距离，不受方向限制。

2. 几何当量径

当非球形尘粒某一几何量（面积或体积等）与球形尘粒同

一几何量相等时，用这一球形尘粒直径表示非球形尘粒的大小，叫做几何当量径。常用的几何当量径有以下三种表示法：

(1) 等投影面积径 与非球形尘粒投影面积相等的某一球形尘粒的直径，可用下式表示：

$$\begin{aligned} d_A &= \sqrt{\frac{4A_p}{\pi}} \\ &= 1.128\sqrt{A_p} \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中 d_A ——等投影面积径； A_p ——非球形尘粒的投影面积。

(2) 等体积径 与非球形尘粒体积相等的某一球形尘粒的直径，可用下式表示：

$$\begin{aligned} d_v &= \sqrt[3]{\frac{6V_p}{\pi}} \\ &= 1.24\sqrt[3]{V_p} \end{aligned} \quad (1-2)$$

式中 d_v ——等体积径； V_p ——非球形尘粒的体积。

(3) 等表面积径 与非球形尘粒外表面积相等的某一球形尘粒的直径，可用下式表示：

$$\begin{aligned} d_s &= \sqrt{\frac{A_s}{\pi}} \\ &= 0.1796\sqrt{A_s} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中 d_s ——等表面积径； A_s ——非球形尘粒的外表面积； π ——圆周率， $\pi = 3.14159$ 。

3. 物理当量径

当非球形尘粒某一物理量与球形尘粒同一物理量相同时，

用这一球形尘粒直径表示非球形尘粒的大小，叫做物理当量径。常用的物理当量径有二种表示方法：

(1) 阻力径 与非球形尘粒在同一气体中所受阻力相同的球形尘粒的直径。阻力的计算公式是：

$$F_D = C_D A_P \rho \frac{u^2}{2} \quad (1-4)$$

式中 F_D ——尘粒受到的阻力 (N)； C_D ——阻力系数； A_P ——垂直于气流方向的尘粒断面积 (m^2)； ρ ——气体的密度 (kg/m^3)； u ——尘粒与气体间的相对速度 (m/s)。

上式中的阻力系数 C_D ，在粘性流范围内，当雷诺数 $Re < 2$ 时，可用下式求出：

$$C_D = 24 \frac{1}{Re} \quad (1-5)$$

阻力径 d_d 为：

$$\begin{aligned} d_d &= 2 \sqrt{\frac{A_P}{\pi}} \\ &= 0.3592 \sqrt{A_P} \end{aligned} \quad (1-6)$$

(2) 自由沉降径 与非球形尘粒在同一气体中自由沉降所达到的末速度相等的球形尘粒的直径，叫做自由沉降径。

四、尘的浓度

单位体积气体中所含尘的数量称为尘的浓度。尘的浓度有两种表示方法：一是重量浓度，用 mg/m^3 或 g/m^3 表示；二是粒数浓度，用个/ m^3 表示。除尘技术中多采用重量浓度。

尘的浓度是个重要数据，它是说明检测区内，空气含尘量

是否符合《卫生标准》(见附录12)的依据,也是评价除尘设备性能的一个重要参数。

五、尘的分散度

尘的性质,不仅与尘的单个颗粒的大小有关,而且还与各种大小不同颗粒按其直径分组,各组在群体中所占的百分比有更重要的关系。用百分法表示尘中大小不同颗粒组所占百分比,称做尘的分散度。分散度是尘的重要性质之一。例如:由同种物质形成的两组尘,甲组尘,粒径大于 $10\mu\text{m}$ 的占98%;乙组尘,粒径小于 $1\mu\text{m}$ 的占98%,这两组尘在力场中的性质就截然不同。甲组尘用较简单的机械力方式就能捕集,而乙组尘就需用机械力以外的较复杂的方式才能捕集。尘的分散度不同,它对人体和动物的危害,对产品质量的影响亦不同。

分散度的表示方法:

(1) 重量表示法 某一粒径范围组的尘的重量占总重量的百分比,叫做重量分散度。

(2) 粒数表示法 某一粒径范围组的尘的粒数占总粒数的百分比,叫做粒数分散度。

我国对尘的分散度一般按以下四个计测范围分组:①粒径小于 $2\mu\text{m}$;②粒径在 $2\sim 5\mu\text{m}$ 之间;③粒径在 $5\sim 10\mu\text{m}$ 之间;④粒径大于 $10\mu\text{m}$ 。例如:某邮局实测邮政尘的粒数分散度:

粒径范围(μm)	粒数分布(%)
<2	25
2~5	31
5~10	24
>10	20

也有分成8组,12组,最多不超过20组。

六、尘的密度

尘的密度有真密度和视在密度（也叫容积密度或堆积密度），它们分别用 ρ_p 和 ρ_s 表示。真密度对于一定物质是固定的；视在密度与尘颗粒的大小，组成成分和堆积后的空隙率有关。即尘自然堆积后，单位体积的质量。真密度 ρ_p 与视在密度 ρ_s 之间的关系，可用下式表示：

$$\rho_s = (1 - \varepsilon) \rho_p \quad (1-7)$$

式中 ρ_s ——视在密度 (g/cm^3)； ε ——空隙率； ρ_p ——真密度 (g/cm^3)。

某些尘的真密度与视在密度实测值如下：

尘的种类	真密度 ρ_p	视在密度 ρ_s
煤尘	2.1	0.52
水泥	3	0.6
碳黑	1.9	0.025
邮政粉尘	1.7	0.459

七、尘的比表面积

比表面积——单位体积尘的全表面积 A_v (cm^2/cm^3) 或单位质量尘的全表面积 A_w (cm^2/g)。在除尘技术中，常采用 A_v 表示。

若将比表面积相等的均匀粒径的球形粒子群的直径当作比表面积直径 d_{sp} ，则比表面积 A_v 可用下式表示：

$$A_v = \frac{\pi d_{sp}^2 \rho_p}{\frac{\pi}{6} d_{sp}^3} = \frac{6}{d_{sp}} \quad (1-8)$$

若粒子真密度为 ρ_p ，则比表面积直径 d_{sp} 可表示为：

$$d_{sp} = \frac{6}{A_v} = \frac{6}{\rho_p A_w} \quad (1-9)$$

式(1-8)表明,比表面积 A_v 与粒径成反比,粒径越小,比表面积越大。例如:某物边长为1厘米的立方体,它的表面积等于6平方厘米。若把它粉碎成边长为1微米的立方体,则表面积增加到6平方米,增加到10000倍。由于比表面积增大,物质的理化活性也随着增高,所以其附着、凝聚、湿润、吸收、吸附及化学反应等性质都表现得更活泼。例如:某些尘产生自燃或自爆,除其它因素外,由于比表面积增大,增加了与空气中氧气的接触面积,使反应进行得更加剧烈。

八、尘的荷电性

浮游于空气中的固体颗粒,由于破碎时的摩擦,相互碰撞或受到电离辐射或由于电场的作用而带电,叫尘的荷电性。所带电荷量主要取决于颗粒的大小和重量。尘被荷电后,凝聚性有所增强,颗粒因凝聚而增大,从而易于沉降和捕集。同时颗粒因带电也较容易沉积于支气管和肺泡中,增加了对人体的危害性,所以经电除尘处理后的空气不应再送回车间。

利用尘的荷电性,可采用电除尘方式。影响电除尘效率的一个主要因素是尘的比电阻。

比电阻(也叫表观电阻)是截面积为1平方厘米,高为1厘米自然堆积的尘柱沿高度方向测得的电阻值。可按下式计算:

$$e = \frac{UA}{IS} \quad (1-10)$$

式中 e ——比电阻($\Omega \cdot \text{cm}$); U ——电压(V); I ——电流(A); S ——电极间距离(尘厚)(cm); A ——电极面积(cm^2)。