

工厂防尘技术

苏汝维 编著



劳动人事出版社

工厂防尘技术

苏汝维 编著

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092 32开 10.5印张 234千字

1986年11月北京第1版 1986年11月第1次印刷

印数：1—6,200册

书号：15238·0187 定价：2.10元

内 容 简 介

本书是为普及防尘知识，传播防尘技术，提高劳动保护干部与劳动卫生技术人员的业务水平，推动工厂企业的防尘工作而编写的。

书中系统地总结了国内外工厂行之有效的防尘经验和先进技术，并从实用角度阐述了尘源的控制方法和除尘技术。此外，书中还对粉尘的危害与防尘综合措施、个人防尘用具和测试方法作了比较完整的介绍。

本书可作为劳动部门、产业部门、工会系统、工矿企业培训劳动保护干部的教材，也可供从事防尘工作的工程技术人员和工人阅读。对劳动、卫生、工会部门的管理干部和监测人员以及高等院校有关专业的师生也有参考价值。

前 言

保护职工在劳动过程中的安全健康，是我国的一项基本国策。建国以来，为改善职工的劳动条件，创造良好的生产环境，国家投入了大量人力物力，从事粉尘危害的治理工作，并取得了很大成绩。但是，在所采取的粉尘治理措施中，尚有许多效果不佳，甚至还有失败的教训。究其原因，主要是由于一些地区和单位所采取的粉尘治理技术水平低，技术措施决策失误造成的。这本书，为广大劳动保护干部、工程技术人员提供了防尘技术基础知识。熟练地掌握这些基础知识，对于提高工程技术人员的技术素质，提高防尘措施的技术水平，避免技术设计的失败是十分必要的。要提高我国粉尘治理技术措施的成功机率，除了必须掌握防尘技术知识以外，在宏观决策上还应当注意以下几点：

一、要突出重点。粉尘治理的重点，应当是那些粉尘危害最严重，造成尘肺病患者最多的行业和企业、工序或工种。每个地区、行业和企业都应当明确各自的治理重点。就全国而言，在各种职业危害中，粉尘危害是我国当前的主要职业危害。治理粉尘危害、预防尘肺病，是我国当前劳动卫生工作中的主要任务。在粉尘危害中，又以石棉尘危害和含游离二氧化硅百分七十以上的粉尘危害最为严重。控制这两种粉尘危害，应当是我国劳动卫生工作中的突出重点。就一个行业而言，粉尘危害的程度也有轻重之分，如陶瓷生产行业中，一般以电瓷生产危害最为严重，其次是建筑瓷、日用瓷和陶器生产。在一个企业中，危害程度也有轻重之分，如日用瓷生产，以轮碾粉碎和装出窑两道工序最为严重。总之，粉尘

治理一定要分类排队。突出重点。抓住重点。

二、要突出治本措施。治理粉尘危害，预防尘肺病的发生，其方法是多方面、多层次的，但总有个主次之分。从原材料、工艺和设备等方面控制生产过程粉尘危害的措施，是最好的治本措施，应当大力提倡，这是我们努力的方向。但是也应当看到，目前工人在产生粉尘危害的作业环境中进行生产还是大量的，还主要是通过采取通风防尘、个人防护等措施来控制，这在目前条件下是必不可少的。

三、要遵循生产活动的经济原则。生产活动本身就是取得经济效益，治理生产过程中的粉尘危害，也应当遵循生产活动的经济原则，不然，就不易实现，也难以推广。首先，粉尘的治理措施要考虑到本企业的技术装备水平，要同其经济实力相适应，不要脱离实际。不能要求在一个手工生产的工厂全部采用自动化的防尘措施，同样，也不能允许在自动化程度很高的企业，采用手工的或极端落后的防尘措施。其次，粉尘的治理措施要考虑企业的经济效益（当然主要是社会效益），否则也很难行得通。再次，粉尘的治理应当是解决最急需解决的难题，要采用治本的措施，只有这样，才能收到预期的经济效果。

四、要面向未来，要有发展的眼光。生产技术在不断发展，职业危害的程度也在不断变化：一些粉尘危害严重的行业，随着生产技术的发展，会逐步减轻；一些危害较轻的行业，也会因为治理不力而上升到相对严重的程度上来。粉尘治理的重点，要随着生产的发展而逐渐变更。粉尘的治理技术也应随着生产技术的发展而发展，要采用先进的防尘技术，推动生产技术的发展。

劳动人事部劳动保护局

一九八六年一月

编审者的话

建国以来，党和国家对工厂的防尘工作十分重视。各地与各级政府的劳动部门、卫生部门、产业部门和工会系统，切实加强领导和监督，使我国工厂的防尘工作取得了很大的成绩，并涌现出北京耐火材料厂、江西下垄钨矿等一批防尘先进企业。目前，这些企业的粉尘合格率已达到95%以上，防尘技术达到了国际先进水平，粉尘的职业危害得到了控制，成为清洁工厂或清洁矿山。但是，从全国范围看，为数众多的老企业尚缺乏防尘技术改造的资金和技术，新企业的防尘措施又不尽完善，近年来兴起的乡镇企业还构成了防尘工作上的大量空白。这些年来，全国尘肺发病率仍有上升的趋势，粉尘的职业危害潜伏着严重的后果。

中国劳动保护科学技术学会鉴于当前工厂防尘技术力量的不足，并已成为防尘工作的一个薄弱环节，在1983年11月工业防尘专业委员会成立时，就提出要为培训各地区、各部门的广大劳动保护干部和工厂中从事防尘工作的工程技术人员，编写一本介绍工厂防尘基础技术和方法的图书，并把书名定为《工厂防尘技术》。

《工厂防尘技术》是一本应用科技图书，具有概括全面、切合国情、侧重实用、技术先进、深入浅出等特点。我们把它作为学会的一个贡献，并将它奉献给广大读者。

《工厂防尘技术》经过我们一年多时间的编写和两次审定，终于和读者见面了。我们相信，读者通过培训或自学形

式，谙熟本书内容后，是能够掌握防尘原理，决策技术方案，合理选择设备，进行系统的设计计算和进行性能测试的。

本书系苏汝维编著，由钱恒、胡鉴仲、陈安琦、伍贻芬、李赞和、朱先熊、赵国通等审定。由于时间仓促，不足和错误之处，恳请读者批评指正。

本书从提出到全部编审工作，始终得到劳动人事部劳动保护局和劳动人事出版社的指导和帮助，劳动保护局为本书写了前言。对此，表示衷心感谢。

中国劳动保护科学技术学会

《工厂防尘技术》编审组

一九八六年一月

目 录

第一章 粉尘危害与防尘综合措施	1
第一节 粉尘的来源	1
第二节 粉尘的特性	3
第三节 粉尘的危害	10
第四节 卫生标准与排放标准	17
第五节 防尘综合措施	19
第六节 防尘工作与经济效益	25
第二章 通风除尘	30
第一节 控制工业有害物的通风方法	30
第二节 通风除尘系统的型式	36
第三节 通风除尘系统型式的确定	42
第三章 吸尘罩	44
第一节 吸尘罩的型式及设计要点	44
第二节 密闭罩	50
第三节 外部吸尘罩	64
第四节 接受罩	71
第五节 吹吸罩	77
第四章 除尘器	89
第一节 除尘原理及除尘器分类	89
第二节 除尘器主要性能指标	90
第三节 重力沉降室	99
第四节 旋风除尘器	102
第五节 袋式除尘器	113
第六节 电除尘器	142

第七节	湿式除尘器	161
第八节	除尘器的选择	171
第五章	通风除尘系统的设计计算	175
第一节	风管的阻力	175
第二节	通风除尘系统的阻力计算	188
第三节	风管设计中的有关问题	189
第六章	通风机	206
第一节	离心式通风机的结构原理和分类	206
第二节	离心式通风机的性能参数和特性曲线	210
第三节	离心式通风机在系统中的工作	220
第四节	离心式通风机的型号编制和选择	224
第五节	离心式通风机的主要故障及其排除	233
第六节	轴流式通风机	234
第七章	湿法防尘与二次尘源的消除	238
第一节	湿法作业	238
第二节	水力消尘	247
第三节	喷雾降尘	252
第四节	二次尘源的消除	253
第八章	高压静电抑（控）制尘源技术	261
第一节	应用高压静电技术抑制开放性尘源的原理和特点	261
第二节	高压静电抑制开放性尘源技术的实际应用	265
第三节	高压静电技术在密闭性尘源上的应用	269
第四节	高压静电抑制开放性尘源装置的安全性	274
第九章	测定技术	278
第一节	风管内压力、流速和风量测定	278
第二节	空气中含尘浓度测定	287
第三节	吸尘罩性能测定	303
第四节	除尘器性能测定	308
第五节	通风机性能测定	310

第十章 个人防尘用具	313
第一节 个人防护与防尘用具	313
第二节 过滤式防尘用具	314
第三节 隔离式防尘用具	318
第四节 防尘用具的使用和选择	320
参考文献	323

第一章 粉尘危害与防尘

综合措施

第一节 粉尘的来源

一、粉尘

能较长时间悬浮在空气中的固体微粒称为粉尘。工业生产中产生的粉尘称为生产性粉尘（以下简称粉尘）。

粉尘可以根据其特征进行分类。按照通常的分类方法，可分为三大类。

（一）按物理化学性质来分

按物理化学性质可分为无机性粉尘、有机性粉尘和混合性粉尘。

1. 无机性粉尘

无机性粉尘包括：矿物性粉尘，如石英、石棉、滑石、煤粉尘等；金属性粉尘，如铜、铁、锰、锌、铅粉尘等；人工无机性粉尘，如金刚砂、水泥、石墨、玻璃粉尘等。

2. 有机性粉尘

有机性粉尘包括：动物性粉尘，如兽毛、毛发、骨质、角质粉尘等；植物性粉尘，如棉、麻、甘蔗、谷物、木质、烟草、茶粉尘等；人工有机性粉尘，如TNT炸药、有机染料粉尘等。

3. 混合性粉尘

混合性粉尘是指上述两种或多种粉尘的混合物。在实际

生产环境中遇到的粉尘有的就属于混合性粉尘，如金属磨削加工时产生的粉尘，既有金属性粉尘，又有金刚砂粉尘。

（二）从卫生学角度来分

从卫生学角度可分为呼吸性（又称可吸入性）粉尘和非呼吸性（又称不可吸入性）粉尘。呼吸性粉尘是指能进入人的细支气管到达肺泡的粉尘微粒。其粒径在5微米（1微米 $=10^{-3}$ 毫米）以下。由于呼吸性粉尘能到达人的肺泡，并沉积在肺部，故对人体的危害最大。

（三）按燃烧和爆炸性质来分

按燃烧和爆炸性质可分为易燃易爆粉尘，如硫黄粉尘等；非易燃易爆粉尘，如石灰石粉尘等。

二、粉尘的产生

许多工业生产部门，例如冶金行业的冶炼厂、烧结厂、耐火材料厂，机械行业的铸造厂，建材行业的水泥厂、石棉制品厂、砖瓦厂，轻工行业的玻璃厂、陶瓷厂，化工行业的橡胶厂、农药厂、化肥厂等等，在生产中均产生大量粉尘。粉尘产生的原因有以下几个方面：

（一）固体物质的机械破碎过程，如用破碎机将矿石破碎或用球磨机将煤块磨成煤粉。

（二）固体表面的加工过程，如用砂轮机磨削刀具和用喷砂清除工件上的铁锈。

（三）粉状物料的贮运、装卸、混合、筛分、包装及成型过程，如用振动筛筛分物料，用压砖机对模具中的粉料进行冲压使之成型。

（四）物质的加热和燃烧以及金属的冶炼和焊接过程，如煤在锅炉中燃烧后所产生的烟气就夹杂着大量粉尘。锅炉每

燃烧1吨煤可产生3~11公斤的粉尘排放物，而冲天炉每熔炼1吨金属平均就会产生约10公斤粉尘排放物。

三、粉尘的扩散

上面提到的破碎机、球磨机、砂轮机工作时都会产生粉尘。我们把这些产尘设备或产生粉尘的地点叫做尘源。

粉尘从尘源处产生后，在室内气流（即由通风或冷热气流对流而形成的气流）带动下，就会扩散到生产环境空气中，在车间内到处弥漫，危害工人的身体健康。因此减少和防止粉尘的扩散，就成为防尘工作的重要任务。

第二节 粉尘的特性

粉尘具有许多不同的特性。下面着重介绍与卫生学和除尘技术有密切关系的一些特性。

一、粉尘中游离二氧化硅含量

硅(Si)，是自然界中存在的一种化学元素。在自然界没有纯粹的硅，它总是以化合物的形式存在，最常见的是二氧化硅(SiO_2)。游离二氧化硅是指不与其他元素的氧化物结合在一起的二氧化硅，如单体石英。石棉($\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$)和滑石($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)中，虽也有二氧化硅的成分，但它是与其他元素的氧化物，如氧化钙(CaO)、氧化镁(MgO)结合在一起的。这种以结合状态存在的二氧化硅，我们称它为硅酸盐。各种粉尘中游离二氧化硅含量(见表1-1)，可以用化学分析方法把它测定出来。粉尘中游离二氧化硅含量对尘肺的形成起着主要作用。

表1-1

粉尘中游离二氧化硅含量

粉尘名称	游离二氧化硅含量(%)	测定单位或测定地点
石灰石	1.58	中国水泥厂
粘土	40.56~42.60	扬州水泥厂
铁粉	12.99~14.86	中国水泥厂
石膏	0.78~1.08	中国水泥厂
生料	7.54	衡阳市水泥厂生料磨旋风除尘器前
水泥	1.19	衡阳地区水泥厂包装车间袋式除尘器前
矿渣水泥	1.83	扬州水泥厂
砂子	78.50~90.00	喷砂室内
型砂	76.00~80.00	混砂机处
芯砂	46.00~88.00	清理滚筒处
回用砂	36.00~84.00	落砂机附近

二、粉尘的粒径和分散度

粉尘的粒径对球形颗粒来说，是指它的直径。实际的尘粒形状大多是不规则的，只能用某一个有代表性的线性尺寸作为粉尘的粒径。例如用显微镜直接测定粒径时，有定向粒径、定向面积等分粒径和投影面积粒径等；用沉降法（如移液管法、沉降天平法等）测出的粒径称为斯托克斯粒径。在除尘技术中，常用斯托克斯粒径来表示粉尘的粒径。

通风除尘系统处理的粉尘都是由粒径不同的颗粒所组成，粉尘的粒径分布叫做分散度。粉尘的分散度对确定除尘器的分级效率、正确选择除尘器和评价粉尘对人体的危害程度都极为重要。通常按粉尘粒径大小进行分组，并用分组的质量百分数（粒径频率）来表示它的分散度，计算公式如下：

$$M_n = \frac{G_n}{G} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 M_d ——粒径为 d 的粉尘分散度, %;

G_d ——取样粉尘中粒径为 d 的粉尘质量, 克;

G ——取样粉尘总质量, 克。

例如取石英粉尘 200 克, 其中 0 ~ 5 微米的粉尘有 20.8 克、5 ~ 10 微米的有 28 克、10 ~ 20 微米的有 39.2 克、20 ~ 40 微米的有 44.8 克、40 ~ 60 微米的有 28 克、>60 微米的有 39.2 克。则

$$M_{0\sim5} = \frac{20.8}{200} \times 100\% = 10.4\%$$

同理:

$$M_{5\sim10} = 14\% \quad M_{10\sim20} = 19.6\%$$

$$M_{20\sim40} = 22.4\% \quad M_{40\sim60} = 14\%$$

$$M_{>60} = 19.6\%$$

分散度可用列表法或图示法来表示。下面用列表法 (见表 1-2) 和图示法 (见图 1-1) 分别表示某种石英粉尘和型砂粉尘的分散度。

表 1-2 粉尘的分散度 (列表法)

粉尘名称	分散度 (%)					
	0 ~ 5 微米	5 ~ 10 微米	10 ~ 20 微米	20 ~ 40 微米	40 ~ 60 微米	>60 微米
石英粉尘	10.4	14.0	19.6	22.4	14.0	19.6
型砂粉尘	9.9	26.5	32.4	19.2	5.3	6.7

粉尘分散度的高低, 与产生设备的工作情况和附近气流的流动情况有关。表 1-3 为铸造车间各工作地点 (又称作业点或工作区) 的粉尘分散度。

在除尘技术中, 粉尘的粒径分布也可用粉尘粒径的累计质量百分数或累计质量百分数曲线来表示。下面将该石英粉

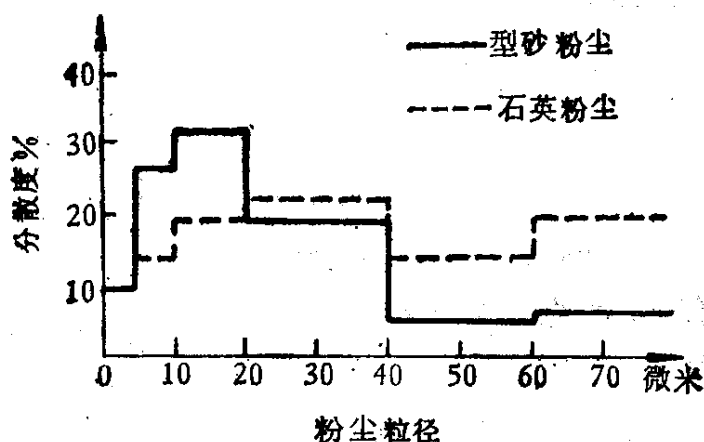


图1-1 粉尘的分散度 (图示法)

表1-3

铸造车间粉尘的分散度 (%)

工种	作业点	粉尘粒径 (微米)			
		< 2	2 ~ 5	5 ~ 10	> 10
铸 钢	大件造型	20	45	24	11
	电弧炉炼钢	31	41	23	5
	落砂开箱	30	40	17	13
	清理中小件	38	48	12	2
	切割中小件	65	26	6	3
	混碾旧砂	7	45	26	22
	混碾新砂	16	55	25	4
	碾轧耐火砖	25	61	13	1
	抛丸清理室内	67	15	15	3
	振动落砂地沟内	79	4	3	14
铸 铁	喷砂室内	56	38	4	2
	大件造型	25	57	16	2
	制芯	16	60	20	4
	清理铸造	52	30	12	6
	混碾旧砂	30	36	24	10
	混碾新砂	40	29	20	11
	滚筒破碎筛筛砂	10	46	30	14
	湿型落砂开箱	13	22	35	30
	干型落砂开箱	40	17	10	33
	悬挂砂轮打磨	29	54	6	11
	冲天炉加料处	8	13	53	26
	地沟内	40	9	21	30

尘和型砂粉尘的累计质量百分数分别列于表 1-4 和示于图 1-2 中。

表1-4 粉尘粒径的累计质量百分比（列表法）

粉尘名称	小于下列直径的粉尘累计质量百分数(%)				
	5 微米	10微米	20微米	40微米	60微米
石英粉尘	10.4	24.4	44.0	66.4	80.4
型砂粉尘	9.9	36.4	68.8	88.0	93.3

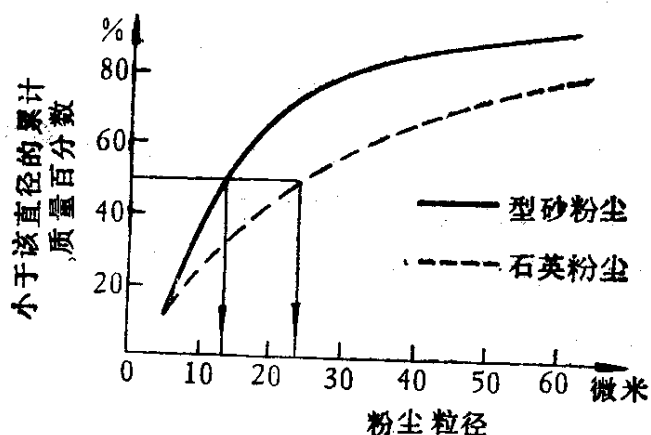


图1-2 粉尘粒径的累计质量百分数曲线

在除尘技术中，有时还用中位粒径 d_{p50} 来表示粉尘的粒径分布。中位粒径就是粉尘粒径的累计质量百分数为50%时的粒径。这时粒径小于 d_{p50} 和大于 d_{p50} 的粉尘所含质量百分数一样多。从图 1-2 可以得出，用作试样的石英粉尘和型砂粉尘的中位粒径分别为25微米和14微米。

三、粉尘的密度

粉尘在自然状态下往往是不密实的，颗粒之间与颗粒内部都存在空隙。因此，在自然堆积（松散）状态下单位体积粉尘的质量要比密实（不存在空隙）状态下小得多。例如粒径为 0.7~56 微米的烟尘，在密实状态下每立方厘米的质量为 2.2 克，而在自然堆积状态下只有1.07克。我们把自然堆