

高等学校教材

# 矿井粉尘检测 与防治技术

► 浑宝炬 郭立稳 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

高等学校教材

# 矿井粉尘检测与防治技术

浑宝炬 郭立稳 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井粉尘检测与防治技术/浑宝炬, 郭立稳主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 7

高等学校教材

ISBN 7-5025-7478-6

I. 矿… II. ①浑…②郭… III. ①矿业-粉尘-检测②矿业-粉尘-污染防治高等学校-教材 IV. X75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082960 号

---

高等学校教材

矿井粉尘检测与防治技术

浑宝炬 郭立稳 主编  
责任编辑: 张双进 杨菁  
责任校对: 王素芹  
封面设计: 潘峰

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
购书咨询: (010) 64982530  
(010) 64918013  
购书传真: (010) 64982630  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷  
三河市宇新装订厂装订  
开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11 字数 187 千字  
2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-7478-6  
定 价: 19.00 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

# 前 言

采矿工业是生产原材料的基础工业，在国民经济发展中占有重要的地位。矿产资源的开采与利用在满足国民经济快速发展对矿产资源需求的同时，由于粉尘的危害使从业人员所付出的健康甚至生命的代价已经成为人们关注的焦点，尤其是资源开采过程中所产生的粉尘导致职业病的发生，直接危害着从业人员的身体健康。据统计，我国每年平均新增职业病患者 1.5 万人左右，数字触目惊心，这些都严重影响和制约着矿山企业的健康发展。所以对矿山尤其是井工开采的矿山作业场所进行粉尘的检测与防治，对于从源头上控制职业病的发生，确保从业人员的健康尤为重要。

编者根据多年来掌握的职业病防治、粉尘检测、粉尘控制的科技理论知识和在实际工作中积累的经验，编写了这本书。本书在编写内容上力求内容丰富具体，技术简明实用。全书共分生产性粉尘的产生、生产性粉尘对人体健康的危害、粉尘测定技术、粉尘采样解释误差和误差控制、粉尘测定数据的分析处理、矿井气象条件的测定、粉尘测定需用仪器设备、综合防尘技术及措施等 10 部分内容。每一部分都结合粉尘检测与防治实际，突出实用性、可操作性。

本书由河北理工大学浑宝炬、郭立稳主编，参加编写的还有岳志新、孙光华。在本书编写过程中，开滦（集团）公司职业病防治研究所为本书提供了宝贵的技术资料，在此表示致谢。

鉴于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

# 目 录

<b>第一章 生产性粉尘的产生、性质及危害</b> .....	1
第一节 生产性粉尘的产生 .....	1
第二节 生产性粉尘的性质 .....	2
第三节 生产性粉尘的危害 .....	5
第四节 生产性粉尘的传播机理 .....	8
<b>第二章 生产性粉尘对人体健康的危害</b> .....	11
第一节 粉尘在人体内的蓄积与清除 .....	11
第二节 粉尘对人体健康的影响 .....	12
第三节 尘肺病 .....	13
<b>第三章 粉尘测定技术的发展历程</b> .....	31
第一节 粉尘测定技术的发展历史 .....	31
第二节 呼吸性粉尘研究的概况与展望 .....	32
<b>第四章 粉尘测定技术</b> .....	49
第一节 工作场所粉尘浓度测定 .....	49
第二节 工作场所粉尘分散度测定 .....	71
第三节 粉尘中游离二氧化硅含量测定 .....	76
<b>第五章 粉尘采样解释误差和误差控制</b> .....	89
第一节 粉尘采样及解释误差 .....	89
第二节 呼吸性粉尘及分析的质量控制 .....	94
<b>第六章 粉尘测定数据、资料的分析处理</b> .....	99
第一节 粉尘资料的登记与整理 .....	99
第二节 粉尘测定结果报告、评价方法和统计处理 .....	102
<b>第七章 生产环境气象条件的测定</b> .....	109
第一节 生产环境气象条件测定的目的和项目 .....	109
第二节 工作场所环境气象条件测定方法 .....	110
<b>第八章 粉尘测定需用的仪器设备及药品</b> .....	115
第一节 分析天平的结构、使用及维护 .....	115

第二节	显微镜的结构、使用、维护及粉尘测定所需仪器药品 .....	117
<b>第九章</b>	<b>生产性粉尘的监督管理 .....</b>	<b>123</b>
第一节	工作场所空气中粉尘最高容许浓度 .....	124
第二节	生产性粉尘作业危害程度分级标准及分级管理办法 .....	128
第三节	粉尘测定的目的和要求 .....	130
<b>第十章</b>	<b>综合防尘措施 .....</b>	<b>133</b>
第一节	通风除尘 .....	134
第二节	湿式作业 .....	137
第三节	密闭抽尘及净化 .....	152
第四节	个体防护 .....	165
<b>参考文献</b>	.....	167

# 第一章 生产性粉尘的产生、性质及危害

## 第一节 生产性粉尘的产生

在生产过程中产生和形成的、能较长时间在空气中悬浮的固体微粒被称为生产性粉尘。悬浮于空气中的粉尘称为浮尘，已沉落的粉尘称为积尘，人们检测和防治的重点就是浮尘。从胶体化学的观点来看，含有粉尘的空气是一种气溶胶，悬浮粉尘散布弥漫在空气中与空气混合，共同组成一个分散体系，分散介质是空气，分散相是悬浮在空气中的粉尘粒子。

在许多生产过程中都能散放出大量的粉尘，如化学工业、固体原材料、半成品的加工和成品的包装等过程中产生粉尘；轻工业在搪瓷、纺织以及皮毛加工等生产过程中产生粉尘；机械工业的铸造、研磨等工序产生粉尘；煤炭以及各种矿石、岩石的开采和加工产生粉尘；冶金工业的选矿、烧结、耐火材料等工序产生粉尘；农业的耕种、收获等也能产生粉尘。总之，粉尘的产生过程概括起来有两类，一是机械过程：其中包括固体的粉碎、研磨等，粉末状或散粒状物料的混合、过筛、输送、包装等；二是物理化学过程：其中包括物质的不完全燃烧或爆炸，物质被加热时产生的蒸气在空气中凝结或被氧化等。

生产性粉尘的分类一般有以下几种。

### 1. 按粉尘性质（组成成分）分类

#### (1) 无机性粉尘

- ① 矿物性粉尘，如石英、石棉、滑石等粉尘；
- ② 金属性粉尘，如锡、铁、铜、铅、锰、锌、铍等金属及其化合物粉尘；
- ③ 人工合成无机性粉尘，如水泥、玻璃纤维、金刚砂等粉尘。

#### (2) 有机性粉尘

- ① 植物性粉尘，如棉、亚麻、甘蔗、谷物、木材、茶等粉尘；
- ② 动物性粉尘，如毛发、兽皮、骨质、角质等粉尘；

③ 人工合成有机性粉尘，如炸药、有机染料、塑料、人造纤维等粉尘。

### (3) 混合性粉尘

两种以上不同性质的粉尘同时存在称为混合性粉尘。这种粉尘在生产中最为多见。如煤矿开采时煤尘中掺杂有不等量石英；金属制品加工研磨时有金属和磨料粉尘；棉纺厂准备工序有棉尘和土壤粉尘等。

#### 2. 按粉尘粒径大小分类

① 尘埃：（固有粉尘）粒子直径大于  $10\mu\text{m}$ ，在静止空气中呈重力加速度下降，停留时间短，不扩散。

② 尘雾（云）：粒子直径在  $0.1\sim 10\mu\text{m}$  之间，在静止空气中沉降较慢，遵循依斯托克斯法则等速降落。

③ 烟尘（烟）：粒子直径在  $0.001\sim 0.1\mu\text{m}$  之间，因其大小接近于空气分子，受空气分子的冲击，在空气中做布朗运动，具有相当强的扩散能力，在静止空气中几乎完全不降落或非常缓慢而曲折地降落。

#### 3. 按粉尘粒子折光性的不同分类

① 可见性粉尘：肉眼可见，粉尘粒子直径大于  $10\mu\text{m}$ 。

② 显微性粉尘：显微镜下可见，粉尘粒子直径为  $0.25\sim 10\mu\text{m}$ 。

③ 超显微性粉尘：只有在超显微镜下（如电子显微镜）才能看见，粒径小于  $0.25\mu\text{m}$ 。

#### 4. 按粉尘粒子能否进入肺泡分类

① 呼吸性粉尘：粉尘粒子能随呼吸进入人体肺泡，粒子直径一般小于  $10\mu\text{m}$ 。

② 非呼吸性粉尘：粉尘粒子被呼吸道阻留，不能随呼吸进入人体肺泡，粒子直径一般大小  $10\mu\text{m}$ 。

## 第二节 生产性粉尘的性质

固体块状物料被破碎成细小的粉状微粒后，除继续保持原有的主要物理化学性质外，还会出现许多新的特性，如爆炸性、带电性等。研究掌握这些特性对于粉尘的检测及防尘措施的制定有很强的指导意义。

### 一、粉尘的化学成分

粉尘的化学成分及含量，直接决定着对人体的危害程度。粉尘中所含游离



二氧化硅的量越高，则引起尘肺病（也称肺尘埃沉着病，下同）变的程度越重，病情发展的速度越快，所以危害性也越大。

二氧化硅约占地壳的60%~70%，总称为硅石，在地表分布极为广泛。其以结合型和游离型两种形态存在于自然界中。游离二氧化硅其中有无定型的，如硅藻土，致纤维化能力较弱；结晶型的，如石英类，具有很强的致纤维化能力。结合型二氧化硅，如石棉、滑石，其致病力也因游离二氧化硅含量高低而不同。石棉肺症状在尘肺中最重，而滑石肺症状较轻。

经研究证明，含游离二氧化硅量70%以上的粉尘所致尘肺，肺内弥漫性纤维性病变多以结节为主，进展较快且易融合成大的纤维团块；含游离二氧化硅量低于10%的粉尘所致尘肺，肺内病变则以间质纤维化为主，发展较慢且不易融合。以上说明粉尘中游离二氧化硅含量不同，所引起的尘肺表现形式也不同。

在尘肺发生中，除粉尘中游离二氧化硅这一关键因素之外，其他因素也不容忽视，如一些稀有元素和放射性物质，也能影响尘肺的发病和病程。

## 二、粉尘的分散度

粉尘的粒径分布称为粉尘的分散度。粉尘的粒径对球形粒子来讲是指它的直径。实际尘粒的形状大多是不规则的，只能用某一代表性的数值作为粉尘的粒径。例如用显微镜法测定粒径时有定向粒径、长轴粒径、短轴粒径等；用液体沉降法测出的粒径称为斯托克斯粒径。

生产性粉尘粒子大小通常用其直径一粒径 $\mu\text{m}$ 来表示。

粉尘的分散度不同、其存在的形态及对人体健康的危害有所不同。

分散度与粉尘在空气中存留的时间有关。分散度愈高则粉尘粒子沉降愈慢，在空气中飘浮时间愈长。不同直径的粉尘，从呼吸带（1.5m左右）降落至地面，所需时间差异很大，在静止空气中 $10\mu\text{m}$ 的石英尘，数分钟就降落下来， $1.0\mu\text{m}$ 的石英尘降落到地面需5~7h， $0.1\mu\text{m}$ 石英尘24h左右才能降落下来。在生产环境空气中的粉尘，以 $10\mu\text{m}$ 以下者最多，其中 $2\mu\text{m}$ 以下者占40%~90%。所以这些粉尘造成对人体健康的损害成为防治的重点。

分散度与粉尘在呼吸道中的阻留有关。一般情况下 $10\mu\text{m}$ 以上的尘粒，在上呼吸道沿途被阻留， $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒，可达到肺泡。硅肺（旧称矽肺）尸检发现，肺组织中多数是 $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒，也有极个别的尘粒大于 $5\mu\text{m}$ 。粒径在 $0.5\mu\text{m}$ 以下的粉尘，因质量极小，在空气中随空气分子运动，可随呼出气流排出。

分散度与粉尘的理化性质有关。粉尘分散度越高，则单位体积粉尘总表面积（单位体积中所有粒子的表面积的总和）越大，表面积大，理化活性高，易参与理化反应。同时粉尘能吸附气体分子，在尘粒表面形成一层薄膜，阻碍粉尘的凝聚，增加了粉尘在空气中存留时间。粉尘表面积大，增加了吸附空气分子能力。

### 三、粉尘的溶解度

粉尘的溶解度大小与其对人体的危害程度的关系因粉尘性质的不同而异。毒性粉尘，随着溶解度的增加，有害作用也加强；对人体主要起机械性刺激的粉尘，尘粒溶解得越迅速、越完全，危害性越小。

值得提出的是石英粉尘，虽然在体内溶解较少，但对人体的危害比较严重。

### 四、粉尘的荷电性

生产性粉尘所带电荷的来源有三：在粉碎过程中形成；在运动中粉尘间互相摩擦而产生，吸附了空气中的离子而带电；也可以与其他带电表面直接接触而得到。粉尘粒子的荷电量取决于尘粒的大小和质量，同时受温度和湿度的影响，温度升高，则荷电量增高，湿度增加时，荷电量降低。

粉尘的荷电性对粉尘在空气中的稳定程度有一定影响，同性电荷相斥，增加了尘粒在空气中的稳定性。异性电荷相吸，则粒子在撞击时凝聚而沉降。

粉尘的荷电性首先影响粉尘吸入人体后的阻留量。在其他条件相同的情况下，荷电粉尘在肺内阻留量达70%~74%，而不荷电者只有10%~16%。尘粒带电程度还能影响细胞吞噬作用的速度。

### 五、粉尘的形状和硬度

粉尘粒子的形状多种多样，有块状、片状、针状、线状及其他形状。粉尘粒子的形状在某种程度上影响粉尘在空气中的稳定性。质量相同的尘粒，其形状愈接近球形，则沉降时所受阻力愈小，沉降速度越快。

带棱角坚硬的粉尘作用于呼吸道、黏膜和皮肤时能引起较大的损伤，对呼吸道有一定的机械性刺激。

### 六、粉尘的爆炸性

固体物料破碎后，总表面积大大增加，例如每边长1cm的立方体固体粉

碎成每边长  $1\mu\text{m}$  的小粒子后，总表面积由  $6\text{cm}^2$  增加到  $6\text{m}^2$ ，由于表面积增加，粉尘的化学活泼性大为加强。某些在堆积状态下不易燃烧的可燃物如糖、面粉、煤粉、硫磺、铝、锌等，当它以粉末状态悬浮于空气时，与空气中的氧有了充分的接触机会，在一定的温度和浓度下，可能发生爆炸。各种可爆炸性粉尘最小浓度：煤尘为  $30\sim 40\text{g}/\text{m}^3$ ；铝、淀粉、硫磺为  $7\text{g}/\text{m}^3$ ；糖为  $10.3\text{g}/\text{m}^3$ 。所以设计除尘系统时，必须高度注意，避免爆炸事故的发生。

### 七、可湿性

尘粒是否易于被水（或其他液体）润湿的性质称为可湿性。根据粉尘被水润湿程度的不同可将粉尘分为两类：一类是容易被水润湿的如泥土等称为亲水性粉尘；另一类是难以被水润湿的粉尘如炭黑等称为疏水性粉尘。亲水性粉尘被水润湿后会发生凝聚、增重，有利于粉尘从空气中分离。疏水性粉尘则不宜采用湿法除尘。

粒径对粉尘的可湿性也有很大影响。 $5\mu\text{m}$  以下（特别是  $1\mu\text{m}$  以下）的尘粒因表面吸附了一层气膜，即使是亲水性粉尘也难以被水润湿。只有当液滴与尘粒之间具有较高相对速度时，才能冲破气膜使其润湿。有的粉尘（如水泥、石灰等）与水接触后，会发生黏结和变硬，这种粉尘称为水硬性粉尘，不宜采用湿法除尘。

## 第三节 生产性粉尘的危害

粉尘的危害是多方面的，首先是对人体的危害；其二是造成大气环境的污染；其三是影响产品质量、加速机械部件的磨损。粉尘除造成经济上的损失外，还有些易燃易爆的粉尘，可能会引起爆炸事故发生，不利于安全生产。

### 一、对人体的危害

粉尘的种类繁多，性质各异，作用于人体之后所引起的变化也各有不同。就病理作用性质分成以下几种。

- ① 全身中毒粉尘，如铅、锰、砷等粉尘。
- ② 引起肺部纤维化的粉尘，如硅尘、硅酸盐类粉尘等。
- ③ 局部刺激性粉尘，如漂白粉、生石灰、水泥等。
- ④ 变态反应性粉尘，如大麻、吐根、乌苏尔等粉尘。

- ⑤ 光感性粉尘，如沥青粉尘。
- ⑥ 感染源性粉尘，如破烂布屑、兽毛等粉尘。
- ⑦ 致癌性粉尘，如某些光力学物质和放射性物质等粉尘。

粉尘对人体健康的危害同粉尘的性质及粒径大小和进入人体的粉尘量有关。

#### 1. 粉尘的化学性质是危害人体的主要因素

因为化学性质决定它在人体内参与和干扰生化过程的程度和速度，从而决定危害的性质和大小。有些毒性很强的金属粉尘（铬、锰、镉、铅、镍等）进入人体后，会引起中毒以致死亡。例如铅使人贫血，损害大脑；锰、镉损害人的神经、肾脏；镍可以致癌；铬会引起鼻中隔溃疡和穿孔，以及肺癌发病率增加。此外，它们都能直接对肺部产生危害。如吸入锰尘会引起中毒性肺炎；吸入镉尘会引起心肺机能不全等。粉尘中的一些重金属元素对人体的危害很大。

一般粉尘进入人体肺部后，可能引起各种尘肺病。有些非金属粉尘如硅、石棉、炭黑等，由于吸入后人体不能排除，将变成硅肺、石棉肺和尘肺。例如含有游离二氧化硅成分的粉尘，在肺泡中沉淀会引起纤维性病变，使肺组织硬化而丧失呼吸功能，发生硅肺。

#### 2. 粉尘粒径的影响

粉尘粒径的大小是危害人体的另一个重要因素，它主要表现在以下两个方面。

粉尘粒径小，粒子在空气中不易沉降，亦难以捕集，造成长期空气污染；同时易于随空气吸入人的呼吸道深部。一般说来，粒径大于 $5\mu\text{m}$ 的粒子容易被呼吸道阻留，一部分阻留在口、鼻中，一部分阻留在器官和支气管中。如图 1-1 所示，不同粒径的粉尘在人的呼吸部位沉积情况。支气管具有长的纤毛的上皮细胞，这些纤毛把黏附有粉尘的黏液送到喉咙，然后被人咳出去或者咽到胃里；粒径小于 $5\mu\text{m}$ 的粒子能进入人体的肺泡，如果在肺泡沉淀下来，由于肺泡壁板薄，无数肺泡的表面积很大，且其为含碳酸的液体所润湿、周围毛细血管很多，便成为吸收有害物的主要地点。粒径小的有害物又比较易溶解，经肺泡吸收也较快。因为有害物通过肺泡的吸收速度快，而且被肺泡吸收后，不经肝脏的解毒作用，直接被血液和淋巴输送到全身，所以有很大的危害性。

粉尘粒径小，不仅其化学活性增大，表面活性也增大（由于单位质量的表面积增大），加剧了人体生理效应的发生与发展。例如锌和一些金属本身并无毒，但将其加热后形成烟状氧化物时，可与体内蛋白质作用而引起发烧，发生

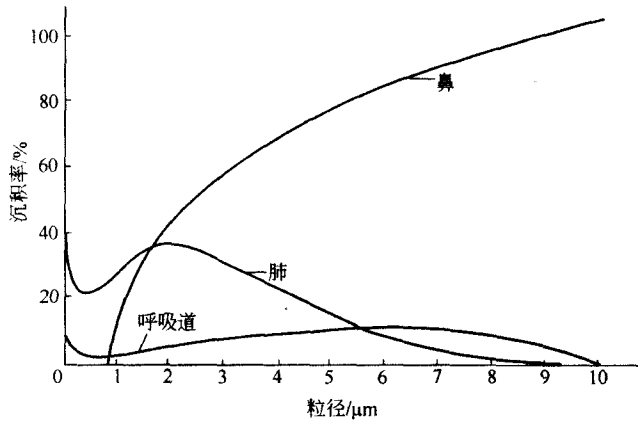


图 1-1 不同粒径的粉尘在人的呼吸部位的沉积情况

所谓铸造热病。

再有，粉尘的表面可以吸附空气中的有害气体、液体以及细菌病毒等微生物，它是污染物质的媒介物，还会和空气中的二氧化硫联合作用，加剧对人体的危害。

粉尘还能大量吸收太阳紫外线短波部分，严重影响儿童的生长发育。

## 二、粉尘对大气的污染

中国的大气污染已达到相当普遍和严重的地步。由于工业布局不合理、人口密集及管理不善等原因，城市大气污染更为严重。目前中国能源构成中煤炭占 70% 以上，石油及天然气占 25%，而能量利用率在 30% 以下，加上民用炉灶及采暖锅炉效率低，燃烧点分散，更加重了污染。

## 三、粉尘对生产的影响

粉尘对生产的影响主要是降低产品的质量和机器工作精度。如感光胶片、集成电路、化学试剂、精密仪表和微型电动机等产品，若是被粉尘玷污或其转动部件被磨损、卡住，就会降低质量甚至报废。有些工厂车间经常由于对生产环境的粉尘控制不严而受到许多损失。粉尘还使光照度和能见度降低，影响室内作业的视野。有些粉尘对建筑物进行物理的及化学的侵蚀和破坏。

## 四、粉尘爆炸性危害

分散在空气中的某些粉尘同时具备氧气、高温，可燃粉尘在一定的空间内

就会燃烧、爆炸。爆炸在瞬间发生，伴随高温、高压、热空气膨胀形成的冲击波具有很强的摧毁力和破坏性。

在实际工作中，评价生产环境空气中粉尘对人体危害程度时，既应分析其化学组成，尤其是二氧化硅含量，也应注意作业环境中的粉尘浓度，通过综合评价，为制定防尘措施提供科学依据。

### 第四节 生产性粉尘的传播机理

任何粉尘都要经过一定的传播过程，才能以空气为媒介侵入人的机体组织。在自然力或机械力的作用下使尘粒从静止状态变成悬浮于周围空气中的作用，称其为“尘化”作用。下面是造成尘化作用的几种情况。

#### 1. 剪切压缩造成的尘化作用

筛分物料用的振动筛往复振动时，使疏松的物料不断受到挤压，因而会把物料间隙中的空气猛烈挤压，因而会把

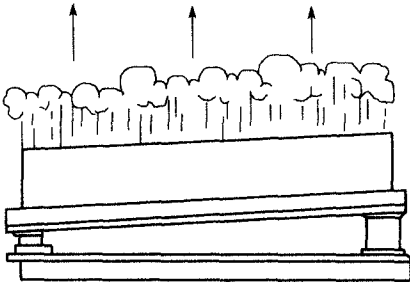


图 1-2 剪切压缩造成的尘化作用

物料间隙中的空气猛烈挤压。当这些气流向外高速运动时，由于气流和粉尘的剪切压缩作用，带动粉尘一起溢出，如图 1-2 所示。

#### 2. 诱导空气造成的尘化作用

物体或粒状物料在空中高速运动时，能带动周围空气随其流动，这部分空气称为诱导空气。由于空气和物料

的相对运动使粉尘飞扬。如图 1-3、图 1-4 所示。

#### 3. 综合尘化作用

如图 1-5 所示，胶带运输机的粉料从高处下落到地面时，由于气流和粉尘的剪切作用，被物料挤压出来的高速气流会带着粉尘向四周飞溅。另外，粉尘在下落过程中，由于剪切和诱导空气的作用，高速气流也会使部分物料飞扬。

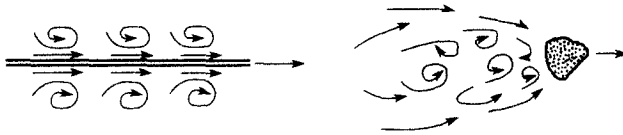


图 1-3 诱导空气造成的尘化作用（块、粒状物料运动时）

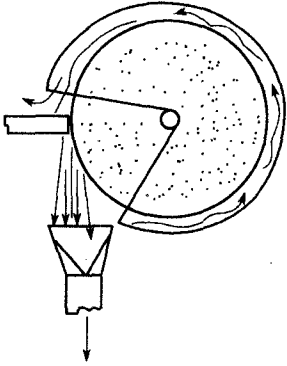


图 1-4 诱导空气造成的尘化作用  
(砂轮转动时)

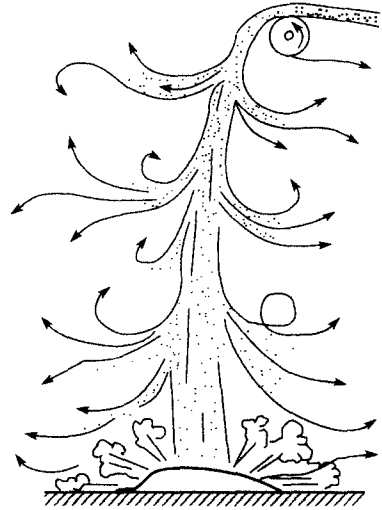


图 1-5 综合尘化作用

#### 4. 热气流上升造成的尘化作用

当炼钢电炉、加热炉以及金属浇铸等热产生尘设备表面的空气被加热上升时，会带着粉尘一起运动。

通常，把上述各种使尘粒由静止状态进入空气中浮游的尘化作用称为一次尘化作用。引起一次尘化作用的气流称为尘化气流。通过对尘粒运动状态的分析研究表明，一次尘化作用给予粉尘的能量是不足以使粉尘扩散飞扬的，它只

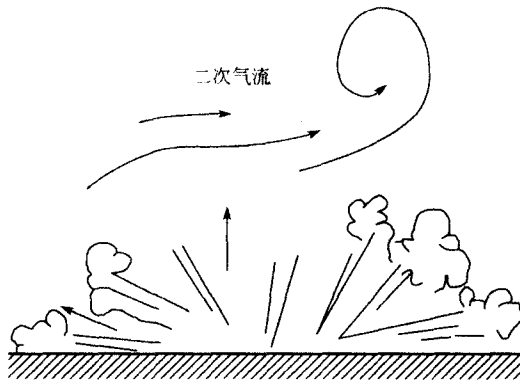


图 1-6 二次气流对粉尘扩散的影响

造成局部地点的空气污染。造成粉尘进一步扩散，污染空间环境的主要原因是二次气流，即由于通风或冷热气流对流所形成的空间内气流。二次气流带动局部地点的含尘空气在整个空间内流动，使粉尘飞扬。所以，粉尘是依附于气流而运动的，如图 1-6 所示。



## 第二章 生产性粉尘对人体健康的危害

生产性粉尘是常见的职业危害因素之一。随着卫生学调查研究、采样和分析技术的进步对粉尘危害的认识逐步深入，由于生产性粉尘的种类繁多，其危害程度也因其理化性质、浓度、接触时间及作用部位等情况不同而异。中国接触粉尘作业人员，以接触硅尘作业为多，而在全部肺病人中，硅肺病人占比重较大。

### 第一节 粉尘在人体内的蓄积与清除

人体能通过多种途径将大部分吸入的尘粒清除掉，人体防御和清除尘粒的功能有三：滤尘、运送和吞噬功能。三者相互联系，不能分割。

含尘气流经过鼻腔、咽部和气管时，由于沿途的撞击和惯性使粒径小于 $15\mu\text{m}$ 的尘粒沉积下来，经鼻腔黏膜和气管黏膜分泌物将它粘住并排出体外。鼻腔滤尘效能约为吸入粉尘总量的 $30\%\sim 50\%$ ，滞留在气管、支气管的上呼吸道粉尘颗粒粒径一般小于 $10\mu\text{m}$ ，是借助于呼吸道黏膜所分泌的黏液和黏膜上皮的纤毛运动，其中有 $97\%\sim 98\%$ 的尘粒伴随黏液排出体外。

在下呼吸道，由于支气管逐级分支（如图 2-1 所示）气流速度减慢或方向改变，使尘粒沉积黏着在各级气管壁上，一般将粒径小于 $5\mu\text{m}$ （或以小于 $7\mu\text{m}$ 为界限）称为呼吸性粉尘，其通过气管、支气管进入肺泡。吸入并残留在肺内的粉尘，只占吸入粉尘量的 $2\%\sim 3\%$ 。其中小于 $0.2\mu\text{m}$ 的尘粒还可随呼气的气流带出体外。由此看来进入肺泡的尘粒粘着在肺泡表面的液体上

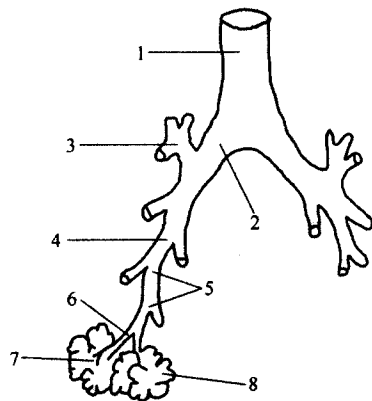


图 2-1 粉尘在肺内部各部分阻留模式图

- 1—气管；2—一级支气管；3—二级支气管；  
4—三级支气管；5—六级及五级支气管；  
6—呼吸性支气管；7—肺泡管；8—肺泡囊