

主 编  
张 建 民

# 尘肺防治



吉林

.2

主 编:张建民

副主编:刘志强 戴鸿儒 艾振坤

焦红岩 皇德威

编 委(按姓氏笔划为序)

王言华 王泽春 王金跃 王喜歌 田 耕 史 平  
艾振坤 刘志强 刘青义 刘宪彬 卢春光 李钟哲  
李秀随 朱桂芝 朱敬存 吴连科 孟 月 陈 彬  
陈光伟 陈玉金 宫云杰 金敬淑 张仁青 张建民  
张学智 张 宏 张凤敏 梁红革 皇德威 韩文超  
贾云岗 贾宝元 程振远 焦红岩 景瑞林 梅景荣  
赵 林 赵 福 赵 颖 靳万刚 戴鸿儒

### 尘肺防治

主 编 张建民

责任编辑:陈颂琴

封面设计:孙 崧

吉林大学出版社出版

吉林省新华书店发行

(长春市东中华路 29 号)

长春市东方印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 1993 年 12 月第 1 版

印张:9.5

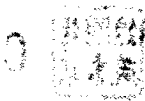
1993 年 12 月第 1 次印刷

字数:210 千字

印数:1—5050 册

ISBN 7-5601-1462-8/R·11

定价:6.35 元



## 编者的话

切实保护劳动者的健康,保证经济建设的顺利进行,是党和政府的一贯方针。劳动卫生工作者承担着保护生产力的光荣使命,为了早日攻克尘肺防治这一难题,多年来进行了不懈的努力。无论是在粉尘的治理,还是在尘肺的治疗等诸领域,都取得了令人瞩目的成果。

由于历史的原因和生产力水平的限制,以及粉尘危害自身所具有的治理困难、发病周期长等特点的制约,特别是在改革开放的初期,有关制约机制不完善,使防尘工作又受到一定的冲击,使得在今后相当长的时期内,尘肺防治仍将是劳动卫生工作的主要任务。为了促进尘肺防治工作的开展,介绍国内外的新进展,交流尘肺防治经验,从而切实保障接尘人员的身心健康,我们组织了在国内有一定影响的尘肺防治专家、防尘专业人员及企业中有丰富防尘工作经验的技术人员,编写了《尘肺防治》一书,以求教于各位同行。

本书从阐述生产性粉尘入手,以矽肺为代表介绍了尘肺的发病机理、X线及临床表现、实验室检查等方面的基本知识和新观点;在广泛收集资料的基础上,对有代表性的特殊粉尘,逐一进行了介绍。针对我国目前防尘技术措施的现状,对不同类型的厂矿粉尘治理方面做了详尽的阐述。为了方便广大读者的使用和促进尘肺防治工作的法制化进程,在附录中收集了有关防尘工作的法规和有关国家标准。本书是一册普及与提高并重,既有基本知识,又反映国内外新进展的尘肺防

治专著。可供广大劳动卫生专业人员、厂矿企业领导和职工、以及卫生专业学生在工作、学习中参考。

在本书编写过程中,查阅并引用了一些国内外文献资料,限于篇幅无法一一列出,在此谨向有关作者致谢。

同时,对支持本书编写工作的吉林省卫生厅、吉林省劳动卫生职业病防治研究所和各编委所在单位等一并表示感谢。

由于学识水平和客观条件的限制,本书疏漏之处在所难免,恳请各位同道不吝赐教,以增进交流,共同促进尘肺防治工作水平的提高。

编 者

一九九三年十月 于长春

# 目 录

|         |     |
|---------|-----|
| 绪言..... | (1) |
|---------|-----|

## 第一章 生产性粉尘

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一节 概述.....             | (3)  |
| 第二节 生产性粉尘的理化特性.....     | (6)  |
| 第三节 生产性粉尘的毒性与致病作用 ..... | (15) |
| 第四节 生产性粉尘在肺内的沉积 .....   | (16) |
| 第五节 呼吸道对粉尘的净化作用 .....   | (17) |
| 第六节 粉尘浓度与尘肺发病的关系 .....  | (19) |

## 第二章 尘肺

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一节 呼吸系统解剖学 .....       | (21) |
| 第二节 尘肺病因及发病机理 .....     | (32) |
| 第三节 尘肺病理学 .....         | (42) |
| 第四节 尘肺的临床症状及体征 .....    | (46) |
| 第五节 尘肺 X 线诊断与鉴别诊断 ..... | (63) |
| 第六节 尘肺的治疗 .....         | (71) |
| 第七节 尘肺患者劳动能力鉴定和安置 ..... | (74) |
| 第八节 胸部 X 线检查技术 .....    | (76) |

## 第三章 尘肺各论

|                |       |
|----------------|-------|
| 第一节 矽酸盐肺.....  | (98)  |
| 第二节 炭素类尘肺..... | (113) |

|     |      |       |
|-----|------|-------|
| 第三节 | 金属尘肺 | (118) |
| 第四节 | 其它尘肺 | (124) |

#### 第四章 尘肺的预防

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第一节 | 概述       | (126) |
| 第二节 | 金属矿山防尘技术 | (128) |
| 第三节 | 煤矿防尘技术   | (132) |
| 第四节 | 工厂防尘技术   | (145) |
| 第五节 | 卫生保健措施   | (165) |

#### 第五章 尘肺流行病学调查方法

|     |                              |       |
|-----|------------------------------|-------|
| 第一节 | 尘肺流行病学现场调查方法                 | (169) |
| 第二节 | 粉尘危害的回顾性与前瞻性<br>流行病学调查       | (171) |
| 第三节 | 尘肺流行病学调查常用指标                 | (173) |
| 第四节 | 尘肺流行病学调查实例—吉林省<br>尘肺流行病学调查研究 | (175) |

|      |                  |       |
|------|------------------|-------|
| 附录一： | 国务院关于加强防尘防毒工作的决定 | (221) |
|------|------------------|-------|

|      |                |       |
|------|----------------|-------|
| 附录二： | 中华人民共和国尘肺病防治条例 | (226) |
|------|----------------|-------|

|      |                             |       |
|------|-----------------------------|-------|
| 附录三： | 吉林省实施《中华人民共和国<br>尘肺病防治条例》办法 | (231) |
|------|-----------------------------|-------|

|      |               |       |
|------|---------------|-------|
| 附录四： | 吉林省工业劳动卫生管理条例 | (238) |
|------|---------------|-------|

|      |                           |       |
|------|---------------------------|-------|
| 附录五： | 卫生部关于颁发《职业病诊断<br>管理办法》的通知 | (248) |
|------|---------------------------|-------|

|      |                        |       |
|------|------------------------|-------|
| 附录六： | 职业病范围和职业病患者处理<br>办法的规定 | (254) |
|------|------------------------|-------|

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 附录七：我国“粉尘作业工人医疗预防<br>措施实施办法” ..... | (262) |
| 附录八：尘肺病理诊断标准.....                  | (268) |
| 附录九：尘肺 X 线诊断标准及处理原则 .....          | (270) |
| 附录十：作业场所空气中粉尘测定方法.....             | (273) |
| 附录十一：我国现行车间空气中粉尘<br>最高容许浓度.....    | (284) |
| 附录十二：尘肺临床生化检验方法.....               | (285) |

## 绪 言

在工业发达的国家，尘肺是最常见的一种职业病，它占全部职业病的 70% 左右，我国尘肺占全部职业病的 80—90%。矽肺是尘肺中最多种的一种，全国矽肺占尘肺总数的 48.4%，吉林省矽肺占尘肺总数的 49.7%。它危害工人身体健康，影响生产。

人类患尘肺病的情形可以追溯到古代。据解剖学记载，在解剖古代埃及木乃伊时，曾发现有矽肺病变，这说明矽肺病的历史已相当久远。

我国是文明古国之一，远在数千年前，就有冶炼、采矿、陶瓷、石器雕刻、建筑等生产技术方面的发展，不难理解，矽肺病在我国久已存在。据公元 11—12 世纪，北宋时孔平仲所著“孔氏谈苑”记载：“贾古山采石人，末石伤肺，肺焦多死”。到清代记载的就更完整些。如肖琢如医案中的矿山窿工咳嗽病，记载有“龙王山工人某，先年咳嗽，累医无效，每逢寅卯时喉间如烟火上冲即连咳不止，晨餐后渐已，习已为常，口苦气粗，舌红苔白，此寒包热也，与小青龙汤加石膏，一剂知，二剂已”。这些记载不仅明确的指出了矽肺的病因学亦提出了临床特点和发病机理。

在欧洲从十六世纪才出现有职业病的记载，当时主要是侧重于矿工职业病的叙述。到 1967 年德国医生 Zenker 建议把肺脏粉尘疾患称为尘肺 (Pneumoconiosis)，1870 年 Viskonfi 命名矽肺 (Sillecosis)。在十九世纪末，二十世纪初由于工业



高度发展，特别是采矿工业的发展，尘肺病的发生和死亡都剧烈增长。如英国、德国、意大利、俄国等。解放前中国矿山矽肺发病也很高。如据伪统计局记载湖南锡矿山从1888年到1947年半个世纪内就有九万多矿工死于矽肺，平均每天死亡五人。

# 第一章 生产性粉尘

## 第一节 概述

### 一、粉尘的概念

粉尘是指较长时间分散在气体介质中的细小的固体物质颗粒所组成的系统。该系统称为“分散系统”它们是由分散相（最小的颗粒）及分散介质（空气）组成的。

### 二、粉尘的产生及来源

在工业生产过程中如物质的粉碎、碾压、研磨、钻孔、过筛、拌料、运输、装卸等生产过程中产生的粉尘叫做生产性粉尘或工业粉尘。

物质的燃烧、升华以及在化学反应或加热过程中产生的粉尘一般称为烟尘。

生产性粉尘形成的方式有以下三种：

- 1、固体物质的机械性粉碎及其它形式的加工；
- 2、物质的不完全燃烧或爆炸；
- 3、物质经化学处理及被加热时产生的蒸气在空气中凝结

或被氧化而形成的气溶胶。

在工业高度发达的城市中，若无必要的卫生保护，则在 0.4 公顷的面积上每年要降落将近 300 吨的粉尘。根据美国 14 个工业城市调查的资料，空气中所含的粉尘量达  $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 50% 是碳酸盐，35% 是灰粉，12% 是砂，2% 是铁的氧化物。

在农业区和海洋的上空，空气中粉尘的含量低于  $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。大气中粉尘粒子的平均直径小于  $1\mu$ ，而其中 50% 以上的为  $0.5\mu$  左右，工业性粉尘的粒子较大其平均直径超过  $1\mu$ 。

### 三、粉尘的分类

工业粉尘的分类，可以从各个不同的角度根据粉尘的特征加以分类。常用的分类方法有：

#### 1、按粉尘的性质分

##### 1)、有机粉尘

(1) 植物性粉尘 如棉、茶、炭、纸、面粉等。

(2) 动物性粉尘 如兽毛、角质、毛发等。

(3) 加工有机性粉尘 如炸药、沥青等。

##### 2)、无机粉尘

(1) 金属性粉尘 如铁、锰、锌、铜、铅等。

(2) 矿物性粉尘 如石英、砂石、石棉、石墨、滑石等。

(3) 加工无机性粉尘 如金刚砂、水泥、玻璃、耐火材料等等。

##### 3)、混合性粉尘

混合性粉尘在生产中最为多见。它包括上述各类两种或

两种以上的粉尘。

2、根据粉尘粒子直径的大小和在空气中的状态来分

1) 粉尘粒子直径为  $100-10\mu$  的，在空气中作等加速下降的浮尘，在空气中停留的时间很短。

2) 雾尘 粒子直径为  $10-0.1\mu$  的在静止空气中按斯道克斯 (Stokes) 法则作等速下降的浮尘，实际上此种粉尘无扩散性。

3) 烟尘，粒子直径小子  $0.1\mu$  的浮尘，此类粒子的特征是在静止的空气中作不规则的布朗运动，具有扩散能力，实际上这类粉尘在静止空气中也不下降，故又称飘尘。

3、按光学性质分

对粒子的大小的界限 E、A、B，UZGOPZUK 主张把粒子按其分散性有关的感光性来区别。随着粒子的缩小，粒子渐渐失去固体所特有的性质，并接近于气体状态。当粒子接近光波波长一半时，粉尘的粒子已经不能使光波反射和屈折，而只能引起绕射现象。

因为光谱最明亮（黄色）的部分其光波波长被视为  $0.55\mu$ ，所以直径在  $0.25\mu$  以下的粒子，其形象及大小已不能用微视法来确定，此类粒子在明亮的光谱带上是看不到的，只有用微视法才能看见。因此，又提出按光学性质来分：

1) 肉眼可见的粒子，大于  $10\mu$

2) 用普通光学显微镜法可见的显微粒子，其直径介于  $0.25-10\mu$  之间。

3) 只能用超微视法发现的亚显微粒子，直径小于  $0.25\mu$ 。

## 第二节 生产性粉尘的理化特性

### 一、粉尘的分散度

生产性粉尘被吸入体内的机率与粉尘的稳定性有直接关系。粉尘的稳定性即粉尘粒子在空气中浮游时间的长短。粉尘的稳定程度受许多条件影响，尤其与它的分散度有密切的关系。粉尘在静止空气中呈悬浮状态的延续时间取决于它的重力和空气阻力间的相互作用。

根据 Stokes 法则，空气的阻力与介质的粘滞系数、粉尘粒子半径和运动速度成正比。

表 1—1 球形石英粒子在静止空气中的下降速度 (m/h)

| 粒子直径 ( $\mu$ ) | 速度        |
|----------------|-----------|
| 100            | 2829.6    |
| 10             | 28.296    |
| 1              | 0.28296   |
| 0.1            | 0.0028296 |

必须注意，上述浮尘粒子的一切下降规律仅适用于静止空气中的粒子和球形粒子，在工业生产的情况下，粉尘粒子的沉降由于空气对流，机械和人员的运动，机器排气及压缩外溢等原因而复杂化。例如小于  $2\mu$  的粒子实际上并不下降，非球形粒子以阻力最大的状态下降，这就提供其飞扬能力，并

使其下降速度比球形粒子在静止空气中更缓慢。对于较粗大的粒子也在很大程度上改变其沉降速度。

粉尘的降落速度随其直径的减小而急剧降低。若粉尘从相当于人的呼吸带 1.5—2.0m 的高度落至地面，计算的结果是：10 $\mu$  直径的粉尘需 3—4 分钟，而 1 $\mu$  的则需 5—7 小时。

粉尘的分散度越大，其稳定性也越大，被机体吸入的机会也就越多。众所周知，粉尘的溶解性、化学活性和在空气中滞留情况以及生物学作用都与粉尘的颗粒大小有关。因此，颗粒大小对于尘肺病的作用问题，历来都是人们研究的课题之一。

很多人研究了不同大小的尘粒在肺内滞留情况。H. P. HETPOB 等研究证明，进入肺泡的粒子中 95%—99% 是小于 5 $\mu$ ，A. B. hzgopozu 研究发现当尘粒直径由 5 $\mu$  减少到 0.25—0.3 $\mu$  时，滞留在肺内的百分数随直径的减少而有规律的下降。但是尘粒直径减小到超显微粒子时，百分数又急剧上升，肺中滞留率可过 57—90%。

肺内粉尘滞留率与粉尘在空气中实际分布状况有关。

据 Topzkuu 多次观察，矿坑空气中小于 2 $\mu$  的微细尘粒占 90—95%，据国内调查矿坑内空气中粉尘分散度小于 5 $\mu$  的占 90% 以上。这种现象与肺内滞留率恰好一致。

究竟粉尘直径多大对入体才有危害呢？

有人指出，肺纤维化的速度与石英的粒子大小有关，即石英粉尘颗粒愈小，纤维化的发展速度越快。但 Gardner 指出很小的粉尘（0.002 $\mu$ ）具有高度的溶解性，进入肺内时只发生全身性中毒作用，而不引起尘肺，Kong 等用 0.5—8 $\mu$  的石英粉尘实验，当重量相同而分散度不同时，纤维蛋白原的活性随着粉尘粘度的减小而增加，颗粒大的粉尘导致 5 级纤维

化需要9个月，而较小的颗粒则只要5个月，后来他们(1954年)进一步实验得知，最能形成纤维化的是直径 $1-2\mu$ 的粉尘。人们认为这是由于尘细胞运送大的尘粒困难，而运送小的尘粒要容易些，并被长期阻留在淋巴结内的缘故，但小于 $1\mu$ 的粉尘更易继续转移，而且易于溶解，所以不能阻留在淋巴结内，也就起不了致纤维化的作用。E. B. XYXPHa (1956)用气管内注入染尘法研究了 $1.1-2$ 、 $3-5$ 、 $10-20$ 、 $20-40\mu$ 的石英粉尘对大白鼠的致病作用。当重量相同( $50\text{mg}$ )而分散度不同时，发现只是 $1-2\mu$ 的粉尘造成的矽肺严重，发生时间短，死亡早。但注入小于 $1\mu$ 的粉尘时，组织出现明显的炎性反应，有些动物在注入粉尘后 $1-14$ 天发生死亡。

综上所述，可将粉尘颗粒大小与矽肺的关系，归纳成以下几点：

1、颗粒性粉尘 $5\mu$ 以下才能进入肺泡引起组织的纤维化，而 $1-2\mu$ 的粉尘危害性最大。

2、当进入肺泡内的石英粉尘重量相同时，粉尘分散度越大引起的肺组织纤维化愈严重。

3、关于粉尘颗粒的下限危害性尚无定论， $0.1-0.002\mu$ 的石英粉尘颗粒只引起炎性反应和全身中毒，不发生纤维化。

4、空气中的粉尘分布状况与分散度有关，其分散度越大，粉尘的稳定性越强。

5、作业场所浮尘中主要是 $5\mu$ 以下的粒子( $90-95\%$ )与肺内粉尘滞留率相一致。

## 二、粉尘的表面积

物质的表面积与它的分散度成正比，所以粉尘粒子越小则单位质量的总表面积越大，例如某物质  $1\text{cm}^3$ ，它的表面积等于  $6\text{cm}^2$ 。若将它粉碎为  $1\mu^3$  的粒子其表面积增加为  $6\text{m}^2$ ，即表面积增大了 10000 倍。

粉尘的分散度越大，比表面积越大，它的物理活性与化学活性也越高，而易参与理化反应，如尘相与介质之间的反应速度的增高和反应的加强。如煤尘，糖尘，面粉以及非破碎状态下活性低的物质铝、橡胶、木材等粉尘将有爆炸性。某些有机粉尘的氧化过程也随着粒度的变小而急剧活化。即使稳定性高的物质如石英，当其表面积扩大时也会引起溶解速度的急剧增加。

尘相对分散介质中气体分子的吸着作用起着重要影响，被吸着的气体分子能在粒子周围生成保护膜，它能防止粒子产生粘着和聚集现象，从而增加了气溶胶的稳定性。

## 三、粉尘的吸湿性

液体向固体表面扩散，是由于固体表面张力大于固体与液体之间张力及液体表面张力之和。

生产性粉尘的吸湿性大小因粒子成分、直径、荷电状态、温度和气压等不同而异，吸着力随压力增加而增加，随温度上升而下降，随粒子直径减小而吸湿性显著减少。易吸水的粉尘称为亲水性粉尘，反之，称为疏水性粉尘，如焦油烟尘。对疏水性粉尘不宜采取湿式除尘净化。



增加粉尘吸湿性的条件：

1、粉尘和液体需长时间的密切接触。

2、在粉尘发生源加注液体，因为在粉尘发生的同时产生的热量能阻碍粉尘吸着空气，而易于吸湿，同时在发生源连续给水，可排出空气，以防止空气被粉尘粒子吸着形成保护膜。

3、利用表面张力小，易发生泡沫的东西，如皂角素，氨等表面活性剂等。

#### 四、粉尘的荷电性

粉尘本来不荷电，但由于下列因素促使它荷电：

1、由于气体介质中离子的直接吸着作用；

2、由于与相应的固体或液体之表面相接触所致；

3、由于尘流中粒子相互碰撞摩擦所致，而这种电荷是因粒子的大小和质量的不同而异。如把生成粉尘的物质作机械性的磨碎时，也能产生粒子的荷电现象。

悬浮粒子的荷电性对尘粒在空气中的稳定性有一定的影响。如尘粒带异性电荷时粒子相互吸引，粘着，凝结，增大体积并迅速下降。反之若是荷同性电，其凝结困难，增强粉尘的稳定性。

过去有人认为非金属粉尘和酸性氧化物荷正电，金属粉尘和碱性氧化物荷负电。近来一些研究认为同一种粉尘可带两种电荷，并在矿尘里，带正电荷的尘粒和带负电荷的尘粒通常是同时存在的。美国亚利桑那大学对吸入性粉尘的静电性质进行了研究，发现小于  $3\mu$  的尘粒带负电荷，大颗粒尘带正电荷或中性，而大地带有负电荷。