

# 尘肺病防治

CHENFEIBING FANGZHI

主编 文涛 王明海

5.2

大连海事大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

尘肺病防治 / 文涛, 王明海主编. - 大连: 大连海事大学出版社, 1998  
ISBN 7-5632-1189-6

I. 尘... II. ①文... ②王... III. 尘肺-防治 IV. R135.2

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第08185号

---

主 编: 文 涛 王明海  
副主编: 张 华 张 晶 王庆华 邵元鹏  
杨慧君 王明兰  
编 委: (以姓氏笔划为序)  
文 涛 王明海 王庆华 王明兰  
王晓辉 石瑞玲 关 宁 邵元鹏  
杨慧君 张 华 张 晶 张蓬英  
贺 艳 凌 云  
主 审: 贺英甲

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4684394)

大连海事大学印刷厂印刷 大连海事大学出版社发行

1998年4月第1版 1998年4月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15

字数: 374千 印数: 0001~2000册

责任编辑: 育源 封面设计: 王艳

定价: 18.00元

## 前 言

尘肺的防治工作,数十年来在党和政府的极大关怀和重视下取得了很大成绩。政府为了防治尘肺采取了一系列的举措,1956年发布了《国务院关于防止厂、矿企业中矽尘危害的决定》等有关法规、条例,以后不断修改完善,1979年实行了《工业企业设计卫生标准》,1987年发布了《中华人民共和国尘肺病防治条例》,同时各地区还建立了劳动卫生研究部门和职业病防治部门,培训了大批专业人员,因而尘肺防治工作取得了可喜的成果。以危害严重的矽肺为例,根据全国尘肺流行病学调查结果,一期矽肺平均发病工龄(几何均数)已由1955年~1959年的9.54年延长到1985年~1986年的26.25年(几何均数)。但根据全国尘肺流行病学调查还看到另外一个重要问题,即截止到1992年底全国县以上企业累计尘肺484974例,其中死亡为102455例,而且专家们还预测到2000年全国尘肺患者累计可达80万人,所以尘肺防治工作任务还很艰巨。为此,作者把多年从事防治尘肺工作的经验和体会以及专家学者们在杂志、书刊和各种学术会议上介绍的经验汇集在一起,尽可能系统化地介绍了粉尘的发生及特性;尘肺及影响尘肺发病的因素;预防尘肺的综合性措施及其效果的评价;尘肺的诊断和治疗及尘肺患者的劳动能力鉴定等。还介绍了我国现行的有关法规、条例、标准,以便尘肺防治工作者参考。

因为本书所参考的文献和资料较多,所以就不一一列出。本书的绘图由李清岩同志承担,在这里一并表示感谢。需要说明的是,由于编写时间仓促、水平有限,本书难免有不足之处,敬请同行不吝赐教,给予指正。

文 涛

1998年2月

# 目 录

第一章 粉尘的理化、生物学特性	1
第一节 粉尘的物理特性	1
一、粉尘颗粒的布朗运动	1
二、粉尘颗粒的下落速度	1
三、粉尘颗粒的凝聚现象	2
四、粉尘颗粒的吸附性	2
五、粉尘颗粒的带电现象	3
六、粉尘颗粒的光学特性	3
七、粉尘颗粒的大小	3
八、粉尘的硬度	4
九、粉尘的扩散性	4
十、粉尘的比重	4
第二节 粉尘的化学特性	5
一、粉尘的爆炸性	5
二、粉尘的化学成分和分子式	5
三、粉尘的溶解度	11
第三节 粉尘的生物学特性	12
一、全身中毒性作用	12
二、对局部的有害作用	13
三、粉尘的变态反应性	13
四、粉尘的光化学作用	14
五、粉尘的感染性(传染性)	14
六、粉尘的致癌作用	14
七、粉尘对呼吸系统的作用	15
(一)对呼吸道的机械刺激和感染作用	15
(二)粉尘对肺部的影响	16
1. 尘肺	16
2. 肺癌	18
3. 肺炎	19
第二章 粉尘发生的原因	21
第一节 粉尘发生的原因	21
第二节 产生粉尘的厂矿企业与工种	23
第三章 影响尘肺发病的因素	24
第一节 粉尘的分散度	24
第二节 粉尘的浓度	30
一、影响粉尘浓度的因素	30
二、粉尘浓度与尘肺发病的关系	32

三、车间空气中粉尘最高容许浓度 .....	42
第三节 粉尘颗粒的硬度 .....	43
第四节 粉尘颗粒的形状和结晶型 .....	44
第五节 粉尘颗粒的溶解度 .....	44
第六节 粉尘颗粒的扩散性 .....	45
第七节 粉尘颗粒的荷电性 .....	45
第八节 粉尘的吸附和附着现象 .....	46
第九节 粉尘的化学成分 .....	46
第十节 上呼吸道的疾病及其异常 .....	52
第十一节 肺部的疾患 .....	53
第十二节 心脏的疾患 .....	53
第十三节 其他疾患 .....	53
第十四节 年龄因素 .....	53
第十五节 个体因素(种族、性别、体型、血型、营养状况、神经类型等) .....	54
第十六节 劳动条件 .....	55
第十七节 接触粉尘工龄 .....	56
一、矽肺方面 .....	56
二、水泥尘肺方面 .....	58
三、油母页岩尘肺方面 .....	58
四、滑石肺方面 .....	58
五、石棉肺方面 .....	58
第十八节 工种因素 .....	59
第十九节 吸烟习惯 .....	62
第二十节 个人防护情况 .....	62
第二十一节 个人住宿情况 .....	62
<b>第四章 预防尘肺的综合性措施 .....</b>	<b>63</b>
第一节 预防尘肺的综合性措施概述 .....	63
第二节 改善生产过程和防尘设备 .....	65
一、机械化、自动化、遥控化生产 .....	65
二、密闭、密闭加通风、隔离发生源 .....	65
三、通风 .....	69
四、湿式作业 .....	71
五、密闭、通风与喷雾三者并用的措施 .....	83
六、除尘器 .....	83
七、改善工艺过程 .....	87
八、局部吸尘罩 .....	91
九、预防性卫生监督 .....	94
第三节 防尘设备的维护检修及防止车间内粉尘沉积的方法 .....	94
一、防尘设备的维护检修 .....	94
二、防止车间内粉尘沉积的方法 .....	95

第四节 调整作业时间 .....	97
第五节 加强个人防护 .....	97
一、对口鼻的防护 .....	97
二、对眼的防护 .....	103
三、对躯体的防护 .....	103
四、注意工人宿舍及食堂等生活场所的粉尘问题 .....	103
第六节 增强机体对一切疾病的抵抗力 .....	104
第七节 医学的职业选择、就业前和定期健康检查和职业禁忌症 .....	105
一、医学的职业选择的意义 .....	105
二、职业禁忌症 .....	105
三、就业前健康检查及定期健康检查及方法 .....	105
第八节 讲究个人卫生 .....	106
第九节 加强有关防尘的卫生宣传工作 .....	106
第十节 定期摸清粉尘车间的卫生情况 .....	107
第十一节 应用药物预防尘肺的方法 .....	109
第十二节 晚发性尘肺的预防 .....	113
第十三节 预防尘肺的组织措施 .....	113
第十四节 防止粉尘爆炸的方法 .....	114
第五章 评价尘肺预防措施效果的方法 .....	115
第六章 尘肺 .....	119
第一节 尘肺的分类 .....	119
一、分类的目的 .....	119
二、分类的要求 .....	119
三、尘肺的分类法 .....	119
第二节 尘肺的诊断 .....	124
第三节 尘肺的治疗 .....	126
一、治疗方法 .....	126
二、尘肺患者疗效的分类 .....	127
第四节 尘肺患者的护理 .....	129
第五节 尘肺的合并症 .....	130
第六节 尘肺患者的劳动能力鉴定 .....	130
第七节 尘肺患者的安置原则 .....	131
第八节 矽肺 .....	131
一、病因 .....	131
二、影响矽肺发病的因素 .....	131
三、病理 .....	131
四、矽肺发病的最高、最低工龄 .....	138
五、症状 .....	139
六、生理功能检查 .....	146
七、化验室检查 .....	181
八、支气管镜检查 .....	200

九、上呼吸道检查	200
十、超声波检查	200
十一、锁骨上淋巴结的活体组织检查	200
十二、机体免疫力的检查	200
十三、体温	200
十四、结核菌素检查	200
十五、中医经络测定	200
十六、X线检查	201
十七、矽肺的诊断	203
十八、矽肺的鉴别诊断	205
十九、合并症	210
二十、治疗	210
二十一、矽肺患者的护理	215
二十二、预后	215
二十三、矽肺患者的劳动能力鉴定	215
二十四、矽肺患者的安置原则	215
<b>第九节 石棉肺</b>	215
一、病因	215
二、症状	216
三、生理功能检查	216
四、X线所见	216
五、诊断	216
六、鉴别诊断	218
七、治疗	218
八、合并症	218
九、预后	218
十、石棉肺患者的劳动能力鉴定与安置原则	218
<b>第十节 滑石尘肺</b>	218
<b>第十一节 陶工尘肺</b>	219
<b>第十二节 云母尘肺</b>	219
<b>第十三节 铸工尘肺</b>	220
<b>第十四节 煤工尘肺</b>	220
<b>第十五节 水泥尘肺</b>	221
<b>第十六节 电焊工尘肺</b>	222
<b>第十七节 铝尘肺</b>	222
<b>第十八节 石墨尘肺</b>	223
<b>第十九节 炭黑尘肺</b>	223

## 附 录

附录一	中华人民共和国尘肺病防治条例·····	224
附录二	我国 1989 年~1996 年新增或修订的车间空气中粉尘的最高容许浓度·····	227
附录三	粉尘颗粒空气动力学直径换算公式·····	228
附录四	车间空气中粉尘的时间加权平均浓度 ( $C_{TWA}$ ) 计算方法·····	228



# 第一章 粉尘的理化、生物学特性

## 第一节 粉尘的物理特性

### 一、粉尘颗粒的布朗运动

粉尘在空气中可形成气溶胶体(aerosol)。大小在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下的尘粒与气体分子间可发生不断地冲撞运动,这种运动叫做布朗运动(Brownian Movement)(如图1-1所示)。



### 二、粉尘颗粒的下落速度

粉尘颗粒的下落速度,决定于颗粒的大小和密度,严格地说密度的实质是重力,当然也决定于空气的阻力(粉尘颗粒下落时与空气的摩擦力)。

空气对粉尘的阻力大小,与粉尘颗粒的大小、运动速度和空气密度成正比关系。

粉尘颗粒在 $10\ \mu\text{m}$ 以上(称固有的粉尘)时,当粉尘重力大于摩擦力,在静止空气中,粉尘颗粒呈球形时,按牛顿定律自由落体下落,即以等加速度下落。

粉尘颗粒在 $0.1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间(称云),当颗粒为球形时,就以等速度落下,因为这时重力等于摩擦力。

粉尘颗粒在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下(称烟)时,不受阻力与重力的影响,在静止空气中几乎不下落,并进行布朗运动。

影响固有的粉尘、云的颗粒下落的因素是:

- (一) 粉尘颗粒吸附气体后,阻碍下落;
- (二) 非球形的颗粒常遭遇较大的阻力,也阻碍降落;
- (三) 较微弱的空气流动或较强的气流,可使颗粒上升或在空气中呈漂浮状态,或者促使粉尘颗粒凝集而加速下落。

有人认为石英粉尘颗粒,直径为 $10\ \mu\text{m}$ 时,其下落速度为 $0.6\ \text{cm/s}$ ;为 $5\ \mu\text{m}$ 时,其下落速度为 $0.15\ \text{cm/s}$ 。根据实验观察,在静止空气中(指每秒气流速度在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下者),能降落的粉尘颗粒直径约为 $2\ \mu\text{m}$ 左右,但是在流动空气中,这样大小的粉尘颗粒,几乎不能从空气中降落。有人把球形石英粉尘颗粒在静止空气中的下落速度归纳在表1-1中。

表1-1 球形石英粒子在静止空气中的下落速度

粒子直径 ( $\mu\text{m}$ )	下 落 速 度	
	1 s (秒)	1 h (小时)
100	78.6 cm	2829.6m
10	7.86 mm	28.296m
1	0.0786 mm	28.296 cm
0.1	0.000786 mm	2.8296 mm

关于粉尘颗粒下落量与粉尘浓度的关系，应该是下落的越多，空气中粉尘的浓度就越小，如表1-2所示。当车间停止生产后1h，粉尘浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 为17.2；2h为11.2。减少的原因是由于粉尘颗粒下落造成的。

表1-2 粉尘在停产后浓度变化

测定日期	采样时生产状况	粉尘名称	停产后沉静状况	
			1 h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	2 h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
3月23日	未将密闭罩的缝隙堵塞	砂岩	17.2	11.2

有人认为，粉尘颗粒的形状对其下落速度有重要影响，薄片形比立方体形停留在空气中的时间要长得多。

### 三、粉尘颗粒的凝集现象

粉尘中烟的粒子大小越均匀，凝集的越慢。空气中粉尘浓度越大，烟和云的微粒互相冲撞越频繁，也就越容易凝集。此外，大的颗粒吸附了小的颗粒以后，也会促使这些粉尘颗粒在气溶胶中沉降下来，但是往往粉尘颗粒的表面吸附了气体，这样就影响了粉尘颗粒之间的凝集。粉尘的凝集现象是凝集力（同种分子间互相作用的引力）与附着力（异种分子间互相作用的引力）互相作用造成的。

一般说在空气流通时，由于粉尘颗粒之间互相冲撞机会增多，聚集现象也会加剧，氧化锌粉尘就是如此，但石英粉尘颗粒就不会因此促进凝集。

另外，粉尘在沉降室内，因为通风的缘故，粉尘颗粒弯弯曲曲地流动，所以粉尘颗粒也容易凝集。

### 四、粉尘颗粒的吸附性

粉尘颗粒的吸附性的产生，是因为异种分子间的附着力造成的，如炭尘能吸附甲烷、一氧化碳、二氧化碳等。

吸附力大小决定于粉尘颗粒的大小，粉尘颗粒越小，其单位质量的表面积就越大，吸附的气体也越多，因而妨碍了粉尘颗粒的凝集作用，于是增加了气溶胶的稳定性。当吸附了一氧化碳的粉尘，吸入肺后也引起慢性一氧化碳中毒。这种中毒在临床上表现是极轻微的。

粉尘颗粒还能吸附空气中的离子，因而带有正或负电荷。如果空气中离子都带有同种电荷时，则互相排斥，从而增加气溶胶的稳定性；相反在空气中有异性电荷存在时，则互相吸引、冲撞，从而破坏了气溶胶，而形成气凝胶（aerogel）。粉尘在吸附气体离子时，能使空气中的电荷丧失。

粉尘颗粒吸附水分的性质叫吸水性（吸湿性），因为石英（ $\text{SiO}_2$ ），本身是酸酐，呈酸性反应，所以吸水性很强。由于固体的凝聚力大于水的凝聚力，因而液体能扩散在固体的表面。但是粉尘颗粒的表面常吸附一部分空气或其它物质，因而影响了粉尘颗粒被水湿润，这时如果保持粉尘颗粒湿润，就必须驱散颗粒表面的空气层。粉尘颗粒吸水性大小，取决于颗粒的大小、成分、带电状态、温度及气压。气压大时吸附力增加，温度上升吸附力就下降。粉尘颗粒小时，吸附的空气就多，从而吸水性就变小，这就是通常在  $40\ \mu\text{m}$  以下的岩石粉尘洒水仍不易湿润的原因所在。

使粉尘颗粒吸水性增加的方法如下：

(一) 必须使粉尘颗粒与液体长时间密切接触。

(二) 及早对发尘源直接注水。理由有二：其一乃是一般粉尘发生时，常同时使周围空气温度升高，因而妨碍吸附水分，及时加水可减少这种热空气（因水能冷却热空气），增加液体的湿润能力；其二乃是在向发尘源加水时，可排出一部分空气，以防止空气妨碍尘埃颗粒的吸水作用。

(三) 使用增加水湿润力的物质，即使用降低水表面张力物质，如肥皂草素（Saponin）、氨、酒精、食盐、碳酸钠等。

### 五、粉尘颗粒的带电现象

粉尘颗粒可带正电或负电，在空气中的粉尘颗粒可以一部分带正电荷，一部分带负电荷，也可均带同一种电荷。粉尘颗粒带电的原因有如下几种：

(一) 摩擦生电，粉尘颗粒之间摩擦或粉尘颗粒与其它物质接触均可产生电荷；

(二) 化学反应或溶解时产生电荷；

(三) 紫外线、高压输电线路的离子放电，亦可使粉尘颗粒产生电荷。

一般依粉尘的种类不同，摩擦时产生的电荷也不同（参见表1-3）。一般二氧化硅（石英）粉尘带正电，石灰石粉尘带负电。电气除尘器就是利用高压电产生的电场，使粉尘颗粒产生与直流高压电负极相同的负电荷，被高压电的负极所排斥，再被正极所吸引，最后丧失电荷而下沉并被收集在除尘器下部的漏斗中。

表 1-3 粉尘颗粒摩擦产生的电荷

粉尘性质	电荷性质
非金属	+
金属	-
酸性氧化物（如 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等）	+
碱性氧化物（如 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等）	-

### 六、粉尘颗粒的光学特性

丁铎尔（Tyndall）现象是粉尘特有的现象，即在暗室内通过光束时，粉尘颗粒表面发生乱反射，因此在侧面可以看到光线的通路，这种现象在日常生活中也是多见的。例如在室内可见到日光射入的通路上有许多白点（粉尘被光照后反射所致），通过 Tyndall 现象可以看到室内粉尘很多。

利用粉尘能遮光的原理可以用来测定空气中粉尘的浓度，但是在粉尘浓度太大时，遮光现象的增加或照度减少并不明显，因为有这个缺点，所以未推广。

### 七、粉尘颗粒的大小

粉尘颗粒大时易降落，小时不易降落。当粉尘颗粒直径在  $0.1 \mu\text{m}$  以下时，产生布朗运动。粉尘颗粒小的吸附性较大，表面吸附气体多，使粉尘不易凝集而降落，而保持浮游状态。总之，颗粒小的粉尘其理化活性较大（因单位质量的表面积也大），在化学反应上也越容易引起氧化、燃烧、爆炸，如木尘、煤尘、淀粉、米、砂糖、面粉等皆易引起氧化（燃烧或爆炸）。

粉尘颗粒大小在工业生产中大于大气中的粉尘颗粒（参见图1-2）。

粉尘颗粒越小，溶解度也越大。如硫酸钙的颗粒直径为  $3.17 \mu\text{m}$  时的溶解度约为直径

25  $\mu\text{m}$  的 17 倍。

粉尘颗粒越小，就越容易吸收光线，直到呈现黑色时为止。如银的颗粒极小时呈黑色。

### 八、粉尘的硬度

粉尘颗粒硬度大时，易引起呼吸道粘膜损伤，但在引起尘肺方面不受硬度影响。例如石棉纤维虽然软，但易引起石棉肺，而硬的金钢砂却不易引起尘肺。

粉尘的硬度大小：金钢石为 10，金钢砂为 9，石英为 7，长石为 6，斜方角闪石为 5.5~6，透闪石或角闪石均为 5~6，磷灰石为 5，方解石或铜均为 3，铝为 2.9，银为 2.7，金或锌均为 2.5，钙为 2.2，镁为 2.1，绿泥石为 2~2.5，锡为 1.8，叶腊石为 1~2，铅为 1.5，滑石为 1~1.5，钾为 0.5，钠为 0.4。

### 九、粉尘的扩散性

这里指的是烟 (Smokes)，即指颗粒大小在 0.1  $\mu\text{m}$  以下者，它呈现布朗运动，不易降落，因此在设计除尘器时，应使粉尘颗粒湿润化。在设计口罩时，有时利用油类粘附这种粉尘。

### 十、粉尘的比重

粉尘比重大时，容易落下，否则粉尘不易下降，这一点对设计通风设备、口罩时很重要。各种物质比重见表 1-4。

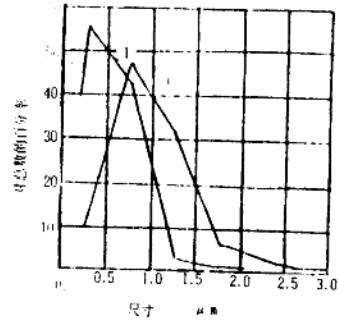


图 1-2 大气尘和工业尘特性的比较  
I—大气尘 II—工业尘

表 1-4 几种物质的比重

物质名称	比重	物质名称	比重	物质名称	比重
铁	7.3	湿砂	1.9~2.1	石膏	2.2~2.4
铜	8.9	石英	2.56~2.66	云母	2.63~3.2
铅丹( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )	8.6~9.1	碳酸钙	2.7~2.9	磷灰石	3.2
铝	2.7	金钢砂	3.51	无烟煤	1.4~1.8
粘土	1.6~2.9	木材	0.5~0.7	熟石灰	1.15~1.25
耐火砖	2.2	保温砖成品	0.5~0.6	硅藻土	1 左右
亚麻尘	1.2	无烟煤尘	1.6	铜尘	7.7~8.2
毛尘	1.55	砂(从喷砂装置来的)	2.7	铅尘	11.8
烟草尘	1.3	金钢砂尘	3.1~3.2	水泥	1.4
木尘	1.5	铁尘	5.7~7.9	蛋白石	2.2
喷砂用砂	2.7	石墨	2.0	煤	1.6

## 第二节 粉尘的化学特性

### 一、粉尘的爆炸性

粉尘爆炸是粉尘与氧发生急剧的氧化反应。爆炸时，不但会急剧地产生大量的热，而且会使周围的气体急速膨胀，遇到障碍物时，往往表现出很大的破坏作用。

粉尘发生爆炸要具备两个条件：

(一) 附近要有火花或炽热的热源；

(二) 要有足够的粉尘浓度，引起爆炸的粉尘浓度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )：镁为 20，聚乙烯为 25，棉屑为 50。其它粉尘可参看表 1—5。据报道当煤尘在  $1 \text{ m}^3$  空气中超过 2 000g 时，反而不能爆炸，这是因为空气中的氧不够维持其迅速爆炸的缘故。

表 1—5 几种粉尘引起爆炸的最低极限

粉尘名称	爆炸最低极限浓度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )		
	遇炽热物体	遇电弧	遇感应电火花
硫粉	7.0	13.7	13.7
铝粉	7.0	7.0	13.7
淀粉	7.0	10.3	13.7
面粉	10.3	10.3	13.7
糖粉	10.3	17.2	34.4
煤粉	17.2	24.1	不燃烧

影响粉尘爆炸的因素有三：

(一) 粉尘的分散度越高，即粉尘颗粒越小则粉尘单位质量空气中氧的接触面积就越大，其理化活性就越高，就越易燃烧爆炸。

(二) 粉尘中有无惰性物质。例如密集的淀粉粉尘在电弧作用下容易发生爆炸。但是其中含有 30% 页岩粉尘的情况下，则不会爆炸，这是因为惰性混合物（页岩），在粉尘中吸收了一部分热量，所以降低了燃烧所需的温度所致。

(三) 粉尘的潮湿程度，粉尘越潮湿，燃烧时为排除水分所消耗的热量也越大，因而粉尘就越不容易爆炸，同时水分可以使粉尘颗粒湿润，粉尘重量增加，粉尘迅速降落，空气中粉尘浓度下降，从而阻止了粉尘的爆炸。

### 二、粉尘的化学成分和分子式

粉尘的化学成分大致可分为无机性与有机性两种物质，一般说来，纯粹无机性或有机性粉尘并不多见，多半是混合性粉尘。

一般无机性粉尘中的无机成分常见有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{MnO}$  等外，还有含有有机物质的页岩。

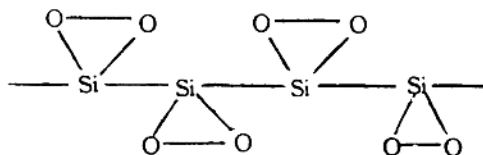
一般有机性粉尘，往往含有少部分无机物，如 Si、Fe、Mn、K、Na、Al 的盐类，而有机物主要是酚、醇、蛋白质、碳水化合物、塑料等。

石英在自然界中有两种形态：(一) 无定型；(二) 结晶型。无定型石英远较结晶型石英为少。无定型石英在自然界中主要以硅藻土的形态存在，这些硅藻土是单细胞的藻类的硅壳矿物质残渣。另外，也可以用人工方法将结晶型石英变为无定型而且又硬的玻璃样物质，如比重为 2.2 的石英。Hamlin 氏把游离  $\text{SiO}_2$  分成三种形成（如表 1-6 所示）。

表 1-6 各种形状的游离二氧化硅 (Hamlin)

(1) 结晶型
白硅石
鳞石英
石英
(2) 微晶型 (潜晶型, Cryptocrystalline)
玉髓
燧石
黑硅石
碧石
板状硅藻土
(3) 无定型
硅藻土
硅凝胶
玻璃状二氧化硅
蛋白石

结晶型石英有几种，这是由于石英分子是聚合造成的。假想其聚合分子构造如下：



由于组成石英聚合分子的  $\text{SiO}_2$  分子在数目和彼此间排列的不同，便产生了各种结晶型石英，有  $\alpha$ -石英、 $\beta$ -石英； $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -磷石英和  $\alpha$ -、 $\beta$ -方石英。据 Frank Wigglesworth clark 测得大气、地壳（深达 16 km）和海洋中的主要元素是氧（占 49.20%），其次是硅（占 25.67%）。也有人报告 Si 占地壳的 28%，占有岩石的 60%，这说明了硅是广泛存在的。

岩石和在其被粉碎后浮游在空气中或沉降于地面上的粉尘中的游离二氧化硅含量往往是不同的。假如该岩石中的其它成分（石英以外）较石英容易粉碎，那么，空气里浮游粉尘的游离二氧化硅含量就比岩石中的为低；相反地浮游粉尘中游离二氧化硅含量就比岩石为高。从表 1-7 中就可以看出这种现象。

表 1-7 在岩石和飞扬的粉尘中游离  $\text{SiO}_2$  的平均含量

岩 石	$\text{SiO}_2$ %	
	在岩石中	在飞扬的粉尘中
带有石英—绢云母夹石的含铜黄铁矿	5.23	4.15
含金的角闪石页岩	13.0	10.0
铁石英岩	67.6	41.0
含金的石英砾岩	85.0	60.0
玢 岩	46.6	53.8

各种粉尘的化学成分、游离二氧化硅含量和分子式，可参看表1-8、表1-9、表1-10、表1-11。

表1-8 各种粉尘的化学成分表(百分比)

粉尘名称	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	烧灼减重	其 他
油母页岩	61	1.19	21.0	9.97	1.20		
赤铁矿	12.49	0.49	2.10	57.30	1.33		FeO 13.71
石英岩	95.64	0.92	2.00	0.80	0.28		
硅质板岩	60.46	11.09	2.91	0.87	7.44		
砂岩	99.12	0.12	0.31	0.10	0.13		Na <sub>2</sub> O 2.7
硅砂	90.67	0.19	5.34	0.32	—		Na <sub>2</sub> O 2.76
苦炭石	0.91	31.40	0.10	0.20	21.48		
石灰石	2.09	54.30	0.19	0.10	1.05		
水泥	34~38	40~45	10~12	5~6	2~3		
软水剂 (泡沸石)	51.6	1.26	16.5	6.9	28.8	3.5	
玻璃粉	91.2	0.65	8.19	0.45	0.42		
地砖素地料	71.20	0.56	18.69	1.05	0.45	3.55	
苏州包土	45.64	0.03	39.80	0.23	0.08	14.57	
彰武粘土	75.42	0.75	16.00	0.60	0.85	3.68	
硅石	98.75	0.40	0.50	0.15	0.08	0.09	
长石	66.02	0.65	18.80	0.10	0.20	0.28	
滑石	61.73	4.22			29.00	5.31	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =0.21
烧粉	54.02	1.15	41.30	1.50	0.66	—	
石灰石	2.99	50.01	0.30	0.10	3.40	42.58	
石膏	—	32.58	—	—	1.46		水分 0.092, 结晶水 19.24, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =0.86
高矾土	13.88	0.14	84.14	0.88	0.04	0.72	
浑河砂	53~64	2.5	17	4.3~4.7	—		
山根砂	64~67	1~22	25~27	5.2	—		
七棵树砂	88.9	0.56	2.56	6.4	—		
黄土	60.28	7.8	13.7	3.9	2.25	8.66	
铁矿	12.66	4.04	3.16	74.54	—	3.56	
石灰石	0.77	53.54	0.43	0.6	1.4	43.26	
矿渣	35.76	41.33	11.86	0.78	7.75	0.40	MnO 1.49
砂岩	84.48	0.92	8.61	1.91	0.29	2.46	
坩土	53.52	1.08	29.98	5.68	—	9.86	
煤灰	50.18	3.04	33.01	12.15	0.77	1	
绢云母	46.65	—	37.46	0.8	1.16		K <sub>2</sub> O 6.38 Na <sub>2</sub> O 0.64
长石	60~70	0.2~1.2	18~21	0.2~1	—	0.2~0.8	K <sub>2</sub> O 3~10 Na <sub>2</sub> O 3~10
粘土	40~75	0.2~1.5	16~58	0.5~5	—	3~17	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O=0.2~3.5
石灰石	1.06~10	53.14	若干	若干	若干		
红粘土	63.28	—	14.7	10.45	—		
砂土	68.68	—	15.16	4.01	—		
铁粉	19.62	—	10.52	59.62	—		
炼钢炉上的积尘	5.2~19.2	24.6~32.0	—	11.6~18.5	—		
花岗岩	67.5	4.64	20		1.4		

续表 1-8

粉尘名称	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	烧灼减重	其 他
赤 铁 矿	1.32~50.2	0.03~ 1.84	0.08~ 1.21	31.63 ~77.13	0.08 ~1.65		FeO 12.05~31.05, MnO 0.036~0.887, P 0.006~0.013, S 0.006~1.022
白石英砂	97.8	0.5	0.22	0.22	—		
水 泥	30.3	62.4	6.2	3.7	1.0		SO <sub>3</sub> 1.7 其他 3.7
硅 石	98.61	0.17	0.23	0.33	—		
粘 土	49.22	0	48.31	1.64	—		
冕牌玻璃 (无铅玻璃)	62.8	12.5	2.6	—	—		K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2.20
硼石玻璃	38.2	—	2.0	—	—		PbO 48.5
美国棉花 (干燥 100℃)	49.980	2.910	—	—	0.175		
埃及棉花 (干燥 100℃)	29.090	3.900	—	—	1.230		
硅 石	98~99.9	—	—	—	—		
金 刚 砂							SiC 93~99, Si 0.1~1, C(游离) 0.3~1
牙 粉							滑石粉 72.35~74.17, CaCO <sub>3</sub> 20.42~20.54, Mg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 4.29~5.62, 香料微量
白泥(粘土)	69.5~75.0	—	16.5	—	—		
粘 土	30~40	—	40~60	—	—		
生石(硬质)	50~65	2	35~55	—	1		
硅 藻 土	70~75	—	—	—	—		
烧 粉	50~65	2	30~50	—	—		
爽 身 粉							滑石粉 94.64~94.74, 香料微量, H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 微量
铜 矿 渣	36.44	—	—	56	—		Cu 0.384, Pb 0.0002, P 0.0553, C 0.1960, S 0.2080
红 砂 石	53.1~51.75	—	—	—	—		
石 灰 石	3.6	—	—	—	—		
硅 灰 石	48.6	—	—	—	—		
灰色砂石	35.3~58	—	—	—	—		
石 灰 石	0.55~18.8	—	—	—	—		
煤 尘	全 SiO <sub>2</sub> 11.40 游离 SiO <sub>2</sub> 1.78	—	6.97	2.35	—	77.92 (1800℃)	
Криворожский 铁矿粉尘	5.46	0.12	—	92.65	0.03		FeO 1.44 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.04
波特兰水泥 (Portland cement)	18~24	60~66	5~8	2~4	1~2		SO <sub>3</sub> 1~2%



表 1-9 各厂粉尘游离二氧化硅含量比较表

厂名	取样工序	取样方法	游离二氧化硅含量%
某制针厂	打尖	收集自然沉降粉尘	4.5
某电瓷厂	过筛	石英原料	96.29
	过筛	长石原料	11.41
	过筛	腊石原料	12.87
	过筛	木节土原料	17.76
	过筛	苏州土原料	3.91
	加工	收集自然沉降粉尘	82.27
某玻璃厂	拌料	石英原料	96.29
	拌料	高级白磁料原料	57.64
	拌料	普通白磁料原料	14.17
	打砂	收集自然沉降粉尘	5.62
某镁砂加工厂	粉碎	镁砂原料	4.54
	粉碎	白云石原料	6.89
某泡化碱厂	加料室	收集自然沉降粉尘	96.46
某石器厂	加工	收集自然沉降粉尘	32.29
某耐火材料厂	6号粉碎机	收集自然沉降粉尘	20.57
	618号加料器		72.70
	雷蒙机		25.81
	913号粉碎机		25.34
	水泥		2.74
某造船厂	清砂	采积	43.28
	筛砂		72.16
	喷砂		67.26
某搪瓷厂	拌料	摊白粉原料	32.57
	拌料	太奶黄粉原料	20.25
	喷花	收集自然沉降粉尘	4.95

表 1-10 粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量比较表

粉尘名称	游离 SiO <sub>2</sub> %	备注
油母页岩	11.05~14.5	磷酸法测定样品采自石油厂
白云岩	7.68	硅氟酸、氧化氢法,样品来自铅矿 间接分析矿石
云母片岩	2.05	
煤斑岩	9.68	
石英岩	17.90	
页岩	25~30	样品材料来自煤矿
石灰石	15~37	
砂岩	33~76	
粘土	7.4~77.5	磷酸法,样品来自耐火厂耐火车间
硅石	41.2~96.29	
焦宝石	44.8	
拌砂	2.23(全 SiO <sub>2</sub> 为 2.34)	用自然降落法集尘而测得
筛火土	35.35(全 SiO <sub>2</sub> 为 47.27)	
长石	82.37(全 SiO <sub>2</sub> 为 89.29)	粉碎该原料时取其室内浮尘而测得
硅石粉	88.33(全 SiO <sub>2</sub> 为 93.47)	
烧粉	39.07(全 SiO <sub>2</sub> 为 56.39)	为原料的 SiO <sub>2</sub> 测定结果
素料	40.83(全 SiO <sub>2</sub> 为 53.95)	粉碎该原料时取其室内浮尘而测得
煤	6.66~1.03	
页岩	15.45~59.80	