

矿 井 防 尘

B. 斯托切斯 H. 云格 著

中 国 工 业 出 版 社

U181.3
S756

矿 井 防 尘

[捷克斯洛伐克社会主义共和国] B.斯托切斯

[德意志民主共和国] H.云 格

著

涂 继 正 译

中 国 工 业 出 版 社

本书搜集了分散于各种专门文献的大量材料，全面论述了矿井防尘技术的问题，包括粉尘的危害性、粉尘的物理性质、矿井里的尘源、测尘和各工序的防尘方法，着重介绍矿井生产中行之有效的防尘技术措施。除钻眼、爆破、运输过程中的防尘措施以外，对于煤尘和煤矿防尘论述尤为详细。

本书主要是为采矿工业的生产技术人员编写的，偏重实际经验的叙述，图表丰富，理论较少。

本书也可供采矿专业的院校师生和设计、研究人员参考。

B. Stožes H. Jung

STAUB- UND SILIKOSEBEKÄMPFUNG
IM BERGBAU

Akademie-Verlag Berlin-1962

矿 井 防 尘
涂 继 正 译

煤炭工业部书刊编辑室编辑(北京东长安街煤炭工业部大楼)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $14^{1/8}$ ·插页1·字数256,000

1965年11月北京第一版·1965年11月北京第一次印刷

印数0001—1,820·定价(科五)1.70元

统一书号: 15165·4153(煤炭-308)



譯 者 序

本书是一本全面闡述矿井防尘技术的专著。书中論述了粉尘的性质、矿井里的尘源、測尘和矿井生产中各工序的防尘方法，詳細介紹了各种行之有效的防尘措施，內容尚为丰富，对我国矿山防尘工作有一定参考价值。关于測尘的一章比較簡短，这并不意味此項工作不重要。測尘是防尘的耳目，無論是确定尘源、日常检查或确定某項防尘措施的效果如何，都要依靠測尘。本书概略介紹了測尘的方法和仪器，沒有涉及更为專門的理論和操作技术。原书包括有医学部分和預防矽肺病經濟意义的部分，这些部分对采矿工作人員的用途不大；原书还有取自苏联书刊的某些內容，而这些內容已有中文譯本。在翻譯过程中，已将属于上述性质的各部分删去。

本书指出尘肺病（矽肺病是最常見的一种）是危害矿工身体健康的 职业 病。目前，在医学上还缺乏治疗矽肺病的有效办法，因此，防尘工作就更加重要。做好防尘工作不仅是专业防尘人員的事，它也是每一个矿山工作人員的責任。为了有效地防尘和預防矽肺病，必須采取綜合的防尘措施，特別是那些实践証明有效的基本防尘措施。至于将近代物理学和化学的成就运用到防尘工作上去的問題，还有待于进一步的研究和实验。

本书的特点是：着重介紹防尘的技术措施，实际經驗的叙述較多，图表較多，理論和計公式較少。这是符合矿井防尘工作的要求的。但我国的矿山条件和外国不可能完全相同，因此，在参考或采用本书所論述的防尘原則以及在各种条件下的防尘措施时，必須結合我国煤炭工业的方針政策和矿山的具体情况，区别对待，有所选择。至于某些参数的具体数值，則須通过試驗加以驗證，以便确定是否符合我国的实际情况。

除作者的原注以外，譯者在书中还加了一些注释（凡未注明是譯者注的，都是原注）。其中有些是为了指出原著中可能存在的錯誤，另一些是結合我国的《煤矿保安暫行規程》而作的引注。譯者学識淺薄，所加注释难免挂一漏万。此外，由于譯者水平和文字表达能力所限，錯誤之处在所难免，請讀者多多指正。

譯 者

1965年1月

目 录

譯者序

1 导言1

- 1-1 概述1
- 1-2 尘肺病的有关术语1
- 1-3 使用的量度单位2

2 粉尘的危害3

- 2-01 粒度的意义3
- 2-02 颗粒形状的意义4
- 2-03 尘粒物质成分的意义4
- 2-04 保护性粉尘5
- 2-05 煤尘的作用5
- 2-06 煤矿里的石英尘5
- 2-07 粉尘的极限许可浓度6
- 2-08 放射性粉尘9
- 2-09 混合粉尘的意义9
- 2-10 矿物混合物的危害度10

3 粉尘的产生13

- 3-01 地面和井下空气中粉尘含量的差别13
- 3-02 矿井里的尘源13
- 3-03 机械化对产尘量的影响14
- 3-04 生产集中化对产尘量的影响14
- 3-05 岩石或矿物种类对产尘量的影响15
- 3-06 层厚对产尘量的影响15
- 3-07 倾角对产尘量的影响16
- 3-08 围岩对粉尘成分和产尘量的影响16
- 3-09 通风对粉尘量的影响16
- 3-10 煤的炭化程度对产尘量的影响16
- 3-11 煤层的赋存情况和岩相学性质对产尘量的影响17

3-111 煤层岩相组织和节理性

之间的关系17

3-112 煤的炭化程度17

3-113 垂直节理(光滑的 α -节理)17

3-114 “波状” c -节理17

3-115 地质构造情况18

3-12 矿井里的粉尘量18

4 粉尘的物理性质22

- 4-1 尘粒的大小22
- 4-2 不同直径尘粒的重量22
- 4-3 尘粒的可见度23
- 4-4 尘粒的悬浮性24
- 4-5 粉尘在井巷里的传播26
- 4-6 尘粒的表面积28
- 4-7 尘粒的静电荷29
- 4-8 粉尘浓度的增长29

5 粉尘的测定和研究31

- 5-1 概述31
- 5-2 测定浮游粉尘浓度用的仪器32
- 5-21 尘埃计32
- 5-22 过滤式仪器和测定方法34
- 5-23 计重计(冲击瓶)36
- 5-24 热沉淀器36
- 5-25 丁达耳计37
- 5-26 加斯特氏静电集尘仪39
- 5-3 粉尘粒度的测定方法39
- 5-31 光学方法39
- 5-32 沉降分析40
- 5-4 粉尘物质成分的测定方法41
- 5-41 灰化法41
- 5-42 显微镜观察光的折射和双折射41
- 5-43 X射线分析43

5-44 差热分析.....	43	7-624 粉尘的输送.....	74
5-45 化学分析.....	44	7-625 捕尘、收集粉尘和使抽出的粉尘无害化.....	75
5-5 西德煤矿工业中通用的测尘方法(日常测尘方法).....	45	7-626 干式抽尘钻眼的应用实例.....	75
6 防尘手段	47	7-626-1 黑姆沙伊特-克尼格斯博恩型干式抽尘装置.....	75
6-1 概述.....	47	7-626-2 许克施特型装置.....	77
6-2 防尘的基本原则.....	47	7-626-3 苏联CIIIH-7型干式抽尘装置.....	78
6-3 综合防尘.....	49	7-626-4 霍耳曼“干式抽尘”型凿岩机.....	78
6-4 防尘设施的效率.....	50	7-626-5 克鲁伯公司的“超级20ZSK”型中心抽尘式凿岩机.....	79
6-5 选择防尘手段时的注意事项.....	52	7-626-6 奥塔塞克氏眼口抽尘装置.....	80
6-6 从生产工程师的角度对防尘措施进行分类.....	52	7-626-7 勒贝尔特收尘罩.....	80
6-7 主要的防尘措施.....	53	7-627 干式抽尘钻眼的优缺点.....	81
6-8 机械化和生产集中化与预防矽肺病的关系.....	53	7-628 湿式钻眼和干式钻眼时的粉尘浓度.....	82
7 钻眼时的防尘	55	7-629 干式抽尘钻眼的前景.....	84
7-1 概述.....	55	7-7 用泡沫除尘	84
7-2 钻眼时产生的粉尘量.....	57	7-8 钻眼时防尘和预防矽肺病的其他措施	88
7-3 粉尘的产生.....	59	7-81 采用硬质合金和锋利的钎刃.....	88
7-4 利用新的钻眼方法和岩石破碎方法防尘.....	61	7-82 大直径和深孔钻眼.....	88
7-5 湿式钻眼(用水冲洗炮眼).....	61	7-83 钻眼时减少工作面的工人数.....	90
7-51 开眼.....	62	7-84 减轻钻眼工作的体力劳动以减少粉尘的有害作用.....	90
7-52 向眼底供水的方法.....	62	7-85 避免上向炮眼.....	90
7-521 利用冲洗水管的湿式钻眼.....	62	7-86 降低岩石硬度.....	90
7-522 旁侧供水或中心供水.....	62	7-87 使岩石预先湿润.....	92
7-53 上向炮眼的湿式钻眼.....	68	7-9 钻眼时的防尘措施一览表	93
7-54 改进湿式钻眼用的附加装置.....	68	8 用沉降室、旋流器和过滤器捕尘	94
7-55 湿式钻眼的耗水量.....	68	8-1 沉降室.....	94
7-6 干式钻眼	72	8-2 旋流器.....	94
7-61 概述.....	72	8-3 静电除尘器.....	95
7-62 干式抽尘方法.....	72		
7-621 通过钎杆抽出钻粉.....	73		
7-622 通过插入钻眼的套管从眼底抽出钻粉.....	73		
7-623 在眼口抽尘.....	74		

8-4 锯末、人造纤维和铁屑过滤器	96	9-11 用合适的炮眼堵塞物是防止爆破时粉尘产生的手段之一	118
8-5 弗罗伊恩德-凯恩堡氏干式过滤器	97	9-12 使用水囊	123
8-6 袋过滤器	99	9-13 干式过滤器	123
8-7 滤膜	100	10 煤壁注水法	124
8-8 特殊类型的除尘器	100	10-1 概述	124
8-9 排尘设备和矽肺病	101	10-2 几项基本原则	125
9 爆破时的防尘	104	10-21 注水眼的位置和方向	126
9-01 概述	104	10-22 注水眼的直径	126
9-02 爆破时的产生量	104	10-23 注水眼的间距	127
9-03 爆破时防尘的基本原则	105	10-24 注水眼长度和眼内密封位置	127
9-04 彻底排除炮烟的重要意义	106	10-25 水压	127
9-05 水幕法	106	10-26 注水量	128
9-06 喷洒食盐溶液	109	10-27 注水流量	129
9-07 曼斯菲耳德含铜页岩矿消除炮烟所用的各种装置	109	10-3 注水试验	129
9-071 曼斯菲耳德装置	109	10-4 煤壁注水用的装置	130
9-071-1 概述	109	10-41 带螺旋轴的注水器	131
9-071-2 曼斯菲耳德装置的应用	110	10-42 自动式注水管	131
9-072 施利克式喷射器	111	10-43 注水软管	132
9-072-1 概述	111	10-44 高压注水器	133
9-072-2 施利克式喷射器的应用	112	10-441 脉冲注水器	133
9-072-3 施利克式喷射器的液体和压气消耗量	112	10-442 日律塞耳氏高压注水器	134
9-073 风筒内喷雾器	112	10-443 豪斯黑尔型高压注水器	135
9-073-1 概述	112	10-444 高压泵	137
9-073-2 风筒内喷雾器的应用	113	10-5 深孔注水法	138
9-073-3 风筒内喷雾器的液体和压气消耗量	113	10-6 注水爆破	139
9-074 预防炮烟的实例	113	11 风镐采煤时的防尘	142
9-08 爆破后的规定间歇时间	114	12 机械化采煤时的防尘	147
9-09 水幕法中粒子电荷的意义	115	12-1 截煤时产生的粉尘	147
9-10 防护性尘幕	117	12-2 机械化落煤和装煤时产生的粉尘	148
		12-3 湿式截煤	148
		12-4 煤壁注水和湿式截煤的比较	151
		12-5 用刨煤机采煤是减少浮游粉尘的手段之一	151
		12-6 用远距离控制作为防尘	

手段	151	进行比较	173
12-7 轉移尘流	151	15-042 皮带接头处的防尘	175
13 用水防尘	152	15-043 在轉載点进行抽尘	176
13-01 噴洒水	152	15-044 轉載点的噴霧洒水	176
13-02 洒水的优缺点	152	15-05 运输时防止风流吹走 粉尘	177
13-03 使用淨水	153	15-06 矿車洒水装置	178
13-04 噴霧	153	15-07 装車站的防尘	179
13-05 有关水的霧化和分散的 理論	153	15-08 箕斗提升时的防尘	180
13-06 噴嘴的种类和应用	155	15-09 用空气幕代替风門	183
13-07 噴霧器的构造	157	15-10 巷道吸尘器	184
13-08 使用噴霧器的一般注意 事項	162	15-11 用覆盖盐层的方法消除 巷道內粉尘的危害 (撒盐法)	185
13-09 曼斯菲耳德含銅頁岩矿 中噴嘴的应用	162	15-12 噴洒盐溶液法	189
13-10 在水里加入湿润剂和 固結剂	164	16 通风	187
13-11 霧幕或水幕	164	16-1 概述	187
13-12 供水	164	16-2 风流中粉尘的沉降	189
13-13 用移动式水箱供水	165	16-3 局部通风	189
13-14 用水車供水	166	16-4 下行通风	201
13-15 水的处理	166	16-5 两个工作地点的串联 通风	202
13-16 用水使粉尘沉降的問 題	166	16-6 长独头巷道的通风	202
14 湿润剂	167	16-7 回采工作面机械化采煤 时的防尘 轉移工作 地点的含尘风流	202
14-1 概述	167	16-8 矿內气候条件对矽肺病 的影响	202
14-2 湿润剂的效果	169	17 回采工作中粉尘的产生	204
15 运输时的防尘	171	17-1 概述	204
15-01 概述	171	17-2 充填时的防尘	207
15-02 装載时的防尘	171	17-3 用冒落法管理頂板时的 防尘	210
15-03 沿傾斜溜送物料时的 防尘	172	18 撒岩粉和利用超声波	212
15-04 振动运输机、带式运输 机和刮板运输机运输 时的防尘	173	18-1 岩粉的使用	212
15-041 从产尘的角度对振动式、 带式和刮板式运输机		18-2 用超声波除尘	213
		参考文献	214

1 导 言

1-1 概 述

許多矿工受着一种由粉尘引起的肺部疾病的危害。这种疾病最早叫做“矿井肺結核”。这种病主要发生在被吸入的粉尘中含有微細石英（二氧化硅， SiO_2 ）的場合，因而被称为矽^①肺病。它常和肺結核一起存在。

这种肺部疾病不只是采矿企业的人員才有。其他如磨石英厂和耐火材料制造厂的工人，碼頭上的装煤工人，高岭土和粘土矿、陶瓷厂、鑄造厂和开挖隧道的工人，以及雕刻家和石匠等也受它的侵害。凡是与吸入含石英的粉尘有关的工作，都可能引起矽肺病。

矽肺病人只有患病多年才显出严重的症状。这种病在初期没有什么疼痛或其他不舒服的感觉。所以，这种病长期未受人們注意，只是在它日益流行和人們开始研究其症状时，人們才开始注意它。

世界各地在医学和技术方面以最大努力尽可能防止矽肺病的发生。

矽肺病不是什么新疾病；由普利尼烏斯⁽⁶¹⁾、希波克拉底、策耳苏斯⁽¹⁴⁾和其他人的著作中可以知道，在很古的时代，矿工已經受它的危害了。

柯利斯⁽¹⁸⁾认为，早在新石器时代，在地下开采燧石的矿工已經有矽肺病。此外，在两个史前时期的尸体和埃及的許多木乃伊身体上确实发现有尘肺病的形迹⁽⁷¹⁾。因此，可以认为矽肺病是最古老的一种职业病。

策耳苏斯⁽¹⁴⁾相当精确地描述过这种疾病，特别是肺部病症的发展和热症的侵袭。

根据阿格里科拉的資料，在16世紀已經知道，不是每一种尘都同样有害。那时已經区别出两种尘：一种被认为是产生简单矽肺病的原因，另一种則被认为是引起与肺結核一起发生的矽肺病的原因。

1-2 尘肺病的有关术语

尘肺病这一概念包括某些种类粉尘对肺部的影响所引起的一切疾病。德文尘肺病（Pneumokoniose）一詞来自希腊文pneumon（肺）和konis（尘）。矽肺病是由石英粉尘引起的一种疾病；德文矽肺病（Silikose）来自拉丁文silex（燧石）。这种疾病产生所謂矽肺性結节。硅酸盐产生硅酸盐肺病。肺部受煤尘侵害时引起煤肺病。鉄肺病是由鉄尘引起的，鉄在有水的条件下氧化，变成氢氧化鉄。鋁肺病是由于吸入鋁或其合金的尘而引起的一种疾病。石棉肺病是由石棉纖維引起的。

真正的矽肺病是长期吸入富含石英的尘而引起的。大多数其它粉尘产生的是肺部扩散

① 在化学上，矽已改硅，但医学上現在仍然用“矽肺病”这一名称，而不用“硅肺病”。本书从之。

性纤维化，它一般没有矽肺病那样严重。

本书中，将不涉及各种类型的尘肺病，而只提矽肺病。

1-3 使用的量度单位

尘粒是非常微小的，要用微米、有时甚至用毫微米或埃来量度。1微米是1毫米的千分之一，1毫微米是1毫米的百万分之一。本书将采用最近由国际上公认并正式公布的下列量度单位：

	名 称
$0.001 \text{ 毫米} = \frac{1}{1000} \text{ 毫米} = 10^{-3} \text{ 毫米}$	1 微米
$0.000001 \text{ 毫米} = \frac{1}{1000000} \text{ 毫米} = 10^{-6} \text{ 毫米}$	1 毫微米
$0.0000001 \text{ 毫米} = \frac{1}{10000000} \text{ 毫米} = 10^{-7} \text{ 毫米}$	1 埃 = 0.1 毫微米

为了便于理解1微米有多么小，可以这样考虑：在1毫米³的立方体中理论上可以有100万个体积为1微米³的小立方体。

空气中的含尘量（粉尘浓度）以1厘米³空气中的尘粒数（颗/厘米³）或1米³空气中的粉尘重量（例如6毫克/米³）表示。

2 粉尘的危害

2-01 粒度的意义

现在一般认为只有小于5微米的尘粒才能进入人的肺部对人体有害，因而测定时只考虑小于5微米的尘粒。

对因矽肺病而死亡的人的肺部所进行的研究使人们知道了能够进入肺部的尘粒大小。在肺里沉积的粉尘量及其粒度是可以测定的。已经确定，肺里只存在有5微米以下的尘粒，其中绝大部分颗粒比5微米小得多。在个别情况下也发现肺里有大于10微米的尘粒，这是因为颗粒能否被吸入与其形状有关。例如，长度超过100微米的石棉纤维也可能进入肺部（参看第10页）。

肺里沉积的大部分尘粒的粒度在0.2~2微米范围内，尤其是小于1微米的占多数（图1）。肺里没有小于20埃（=0.002微米）的尘粒。这样小的尘粒能被流经肺部的液体带走，这可能是因为这种粒子容易通过各种组织被流经肺部的液体带走或者迅速溶解，因为随着粒度的减小，粒子的溶解度是急剧升高的。

西德矿业工会的矽肺病研究所（波鸿城）与多特邦德教授合作研究了粉尘在肺里的滞留情况，测定了肺泡吸入和呼出的空气中的尘量及其粒度分布。他们发现，小于0.5微米的尘粒有96%被滞留在肺里，滞留率与呼吸次数、呼吸深度（即与无效空间）和粉尘的比重有关。还发现，滞留率不仅与尘粒大小有关，而且与粉尘浓度有关。肺泡内滞留率最大的粒度范围是0.5~3微米和小于0.5微米。在0.5~3微米的区间，被肺泡滞留得最多的粒度小于1微米。试验用的空气中的最小颗粒是0.01微米。有害粒度的下限目前还无法确定，因为有关尘肺病的病原学问题尚未弄清。

在产生粉尘时，通常是细的和粗的同时产生。前面已经提到，粗尘不能进入肺部，因而也不能在肺里沉积。但这并不是说粗尘就毫无危害了。它能增加呼吸器官的负担；粗尘太多时，会使分泌器官的负担过重。它还刺激眼睛，影响视力。视线良好的矿井里，事故也少。

此外，还不能忽视工人的心理状况。应当使工人在劳动时感到自己周围有清洁的空气并且有人在关怀他。心情不好也会影响劳动效率，因此也应当注意减少粗的粉尘。

粗尘超过一定量时，呼吸时所有的粘膜都粘上一层粉尘，使它就不能够再捕集细尘。

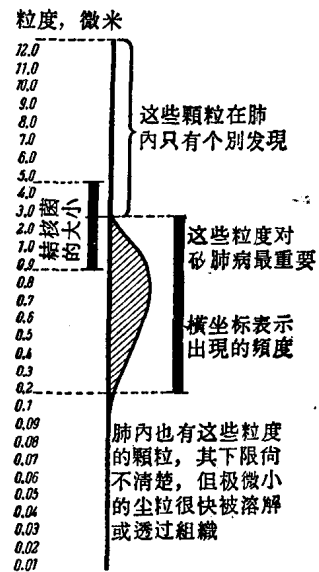


图1 肺内沉积的尘粒大小

細尘就可以通行无阻进入肺部。含有細尘的空气这时是流经一条内壁鋪了一层粉尘的管道进入肺部。粗尘剥夺了人体的一部分天然保护机能，使它不再能大量捕集和阻留細尘。

上面主要討論了粉尘对人体的影响。应当指出，粉尘，特别是粗尘，还会进入机器的軸承損害机器。比起照明良好而粉尘少的矿井来，在多尘而視线不良的矿井里，机器由于维护得不够也会受更多的損害。

2-02 顆粒形状的意义

以前人們认为是棱角銳利的石英粒子损伤了肺部組織而使肺受損害，因而一直強調了尘粒棱角鋒銳性的意义。現在我們知道，問題根本不在于肺部組織的直接受损伤，而是一种复杂得多的作用；圓滑的尘粒也使肺部受損害。在动物試驗中，棱角尖銳的刚玉尘不引起肺部任何矽肺性病变，而吸入圓形石英粒子时却引起矽肺病。但是，尘粒形状对尘粒能否进入肺泡却有一定影响（參看9,10頁）。

2-03 尘粒物质成分的意义

各种粉尘不都是同样有害的。在肺里极易溶解的尘不可能留在肺内。盐（岩盐、鉀盐等）的尘是易溶的；甚至石灰岩，即不含二氧化硅夹杂物的天然純粹的 CaCO_3 ，在肺液里也能溶解。由于肺里有过量的二氧化碳，因而 CaCO_3 特別易溶，并被肺里的液体带走。

許多别的物质，例如硅酸盐类，在肺里能溶解并分解成各个組成部分；从这些物质在自然界里所经历的变化（风化作用）中可以推論出这一点来。在肺里发生的过程是与此类似的。下面举出常見的几种造岩矿物：

鈉长石	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
鉀长石	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
斜长石（鈉鈣长石）	$x\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8], y\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$
白云母（絹云母的 SiO_2 含量較大）	$(\text{OH})_2\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}]$
角閃石	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2\text{R}$
	$[\text{R}=(\text{Mg}, \text{Fe}), \text{或} \text{Ca}, \text{Mg}]$
輝石	$[\text{Si}_2\text{O}_6]\text{R}$
	$[\text{R}=(\text{Mg}, \text{Fe}), \text{或} \text{CaMg}(\text{Fe}) \text{或} (\text{Al}, \text{Fe})\text{Na}]$

在自然界里，这些矿物中的鉀和鈉較易受风化作用（在稀溶液的化学作用下）而溶解出来。它們形成易溶的 K_2CO_3 和 Na_2CO_3 。鈣、鉄和鎂也以同样方式形成 CaCO_3 、 FeCO_3 和 MgCO_3 ，这些也都是可溶性的物质。鋁和硅在分解时处于离子状态。这就是为什么硅酸盐、甚至那些含有較多硅酸的盐类不在肺里沉积，而被帶出肺外，从而只表現較弱的矽肺病原作用。反之，石英却几乎是不溶的，因而在肺里停留很長時間。硅胶（无定形二氧化硅）主要是有毒性作用。粉尘是否新近形成以及是否在新断裂处具有許多自由价鍵的破碎晶体，可能也有影响（見9頁注）。然而研究証明，形成時間已久的石英尘也能引起矽肺病。

2-04 保护性粉尘

在石英尘里掺入某种别的粉尘也许能抵消石英尘的一部分有害作用。例如，加入某种粉尘使石英尘沉降并聚集成大颗粒，或者使石英尘表面覆上一层保护层使它不能溶解或不能直接起作用（例如压电作用）。

保护性粉尘是一个重要问题，它目前已被用来防止矽肺病。

石灰质粉尘（包括石膏和方解石）在肺里很快溶解，不产生有害作用。有人认为，石灰质粉尘有良好的作用，它能阻止或延缓矽肺病的发生，抵消石英尘的作用，是一种负催化剂。

2-05 煤尘的作用

煤，特别是不易氧化的煤，坚硬而易产生粉尘。煤尘不能溶于肺液，在肺里能大量积聚并引起类似矽肺的病变。由煤尘引起的肺部疾病叫做煤肺病。

由于煤矿里也有石英尘，煤矿工人所患的往往是矽肺病和煤肺病的合并症。煤尘里的石英含量通常低于3%，但它在肺里逐渐积聚也能引起矽肺病。

总的说来，和开采含石英矿石的工人相比，煤矿工人的发病过程较慢，需要经过较长时间才能显现其危害。通常要15~20年的时间。对许多工人来说，肺里虽有煤尘，其影响却不显著。甚至以后并发的肺结核也是轻微和缓慢发展的，它的感染性也不强。一般来说，患有矽肺病的煤矿工人不象金属矿工人那样容易和经常并发肺结核。

西德来因普鲁士采矿与化学公司（杭贝克城）的矽肺病研究部研究了煤的地质年龄对煤尘危害性是否有影响的问题⁽⁶⁴⁾。他们采用了腹膜试验法，发现单纯的煤没有任何纤维化作用，煤的年代也没有影响。但煤里总是含有一定数量的石英的，而年代久的煤里石英含量一般都比年代近的要多（见17页）。杭贝克地区煤中石英含量约为3%。这样的SiO₂含量足以引起鳞片状肉芽组织。

进一步的研究使人认为，铝能减少粉尘的溶解度和危害性，碱类能促进石英尘的作用，而少量石英尘也能对组织产生纤维化作用的原因是由于惰性粉尘的排除受到了障碍。

2-06 煤矿里的石英尘

煤矿工人也有患矽肺病的。有必要追究煤里的石英尘是哪里来的。首先，煤矿里经常在煤层的顶底板岩层内掘进许多巷道，这些岩层绝大多数是砂岩、砾岩、角砾岩和含有石英的頁岩。煤层本身也含有石英。这些石英是由风和水从附近带到最初形成煤层的沼泽地去的。这些石英都是容易在空气中悬浮和容易随水沉积的。这就是煤矿里发生矽肺病的根源。当然，有的煤矿（例如褐煤矿）里发病危险性很小，这是因为那里的岩尘少。褐煤是在沼泽里形成的。其周围有森林密集，因而很难产生粉尘。只有从水里可能沉淀一些二氧化硅。褐煤的水分多，不易产生细尘。和硬煤不同，褐煤层里夹石很少，而且几乎所有巷道都开凿在煤层里。

煤矿里也会发生矽肺病的原因，可以作如下解释。煤矿里有大量煤尘，其中极微细的

煤尘可以进入肺部。这些煤尘在肺里吸收氧，因为细小的尘粒有相当大的比表面积。煤氧化的结果变成灰分，因为任何一种煤不可能全部是可燃物。由于煤尘里经常混有岩尘，煤矿的浮游粉尘里的灰分往往为煤本身灰分的2~3倍。这些灰分都残留在肺里。其中一部分，特别是可溶性的成分，可能随血液或淋巴液被排走；但灰分里还有不可溶的成分。归根到底，每种植物（而煤是由植物变成的）都含有二氧化硅。煤氧化时，这些二氧化硅被留下了。因此煤矿工人的肺里也能积聚有石英尘。

2-07 粉尘的极限许可浓度

矿井空气应当尽可能和大气一样不含粉尘。由于不可能达到这种理想状况，各国对最高许可粉尘浓度做了规定。某些国家还规定，超过这一限量时，必须停止作业或采取一定措施。由于只有小于5微米的尘粒才能进入肺泡，因而应只考虑这一部分粉尘。此外，石英尘的危害性比煤尘大，也应当加以区别。

英国过去规定最高限度为每立方厘米中小于5微米的煤尘不超过660颗，其中石英尘或岩尘不得超过60颗。无烟煤矿里则规定煤尘为400颗，其中岩尘为40颗，新的规定见表1。美国1954年的规定见表2。

粉尘浓度也常用重量指标表示。这时同样只应计入小于5微米的粒子。过去常用的许可浓度是1米³空气中含尘5毫克，其中石英尘不得超过0.5毫克。捷克斯洛伐克曾分别规

表1 英国的极限许可粉尘浓度(1948年)

在岩层内作业	450颗/厘米 ³ (0.5~5微米)
在无烟煤层内作业	650颗/厘米 ³ (0.5~5微米)①
在其他层内作业	850颗/厘米 ³ (0.5~5微米)①

① 英国的现行规定中只有岩尘才计算0.5~5微米的粒度范围，其他两种情况下都是计算1~5微米的尘粒。——译者注

表2 美国的极限许可粉尘浓度(1954年)①

有毒的尘、烟和雾	毫克/米 ³	矿物性粉尘	颗/厘米 ³
氟化物	2.5	云母(5%游离SiO ₂)	700
硒化合物(折合成Se)	0.1	滑石	700
铀(可溶性化合物)	0.05	二氧化硅	
铀(不溶性化合物)	0.25	高含量(~90%游离SiO ₂)	175
矿物性粉尘	颗/厘米 ³	中等含量(5~50%SiO ₂)	700
铝矾土(氧化铝)	1750	低含量(5%SiO ₂)	1750
石棉	175	页岩(5%游离SiO ₂)	1750
金刚砂(碳化硅)	1750	皂石(5%游离SiO ₂)	700
水泥	1750	一般粉尘(5%游离SiO ₂)	1750
灰(无游离SiO ₂ 的灰渣)	1750		

① 在美国政府工业卫生大会第16届年会(1954年4月24—27日在芝加哥召开)上确定的。

定出許可浓度的計数法和計重法指标，如表3所示。苏联从1938年就規定了各种粉尘的最高許可浓度，經過几度修改，現行的規定如表4。

表3 捷克斯洛伐克关于粉尘許可浓度的規定

石 英 含 量 (重量%)	許 可 粉 尘 浓 度	
	毫克/米 ³	顆/厘米 ³
5	30	1000
25	10	500
50	5	250
50以上	2	150

注：最新規定中已取消計数浓度(顆/厘米³)的指标。

表4 苏联1959年公布的极限許可粉尘浓度①

含結晶形游离SiO ₂ (石英、方英石、磷石英) 70%以上的尘	1 毫克/米 ³
含游离 SiO ₂ 10~70% 的尘	2 毫克/米 ³
含石棉10%以上的石棉尘或混合尘	2 毫克/米 ³
玻璃纖維和矿物性尘	3 毫克/米 ³
含游离 SiO ₂ 10% 以下的其他硅酸盐类的尘	4 毫克/米 ³
含游离 SiO ₂ 10% 以下的重晶石、磷灰石和水泥粉尘	5 毫克/米 ³
人造磨料 (金刚砂、碳化鎢) 的尘	5 毫克/米 ³
不含游离SiO ₂ 的水泥、粘土、矿物及其混合物的尘	6 毫克/米 ³
含游离 SiO ₂ 10% 以上的煤尘和其他灰尘	2 毫克/米 ³
含游离 SiO ₂ 10% 以下的煤尘	4 毫克/米 ³
不含游离SiO ₂ 的煤尘	10毫克/米 ³

① 原书中是1938年公布的数值，此表是根据較新的資料編写的(見 В. Жданov: «Гигиена и Санитария», 1959, №11, 89—92)。——譯者注

可以认为，苏联所規定的浓度值是相当低的。目前在矿井生产中，即使采用良好的防尘措施，其粉尘浓度有时仍大大超过这些极限。从苏联的文献中可以看到，不是所有的生产条件下都能达到这一規定。美国的規定实际上就是国际劳工局于1952年在日内瓦決議采用的数值。英国关于岩层内作业的极限值是不现实的，因为各种岩石不应采用同一极限值，对于二氧化硅含量大的岩石(例如砂岩)，450顆/厘米³是太高了。

在岩石中石英含量很高的南非①金矿里，确定了以下的极限值：

200~300顆/厘米 ³	合格
100~200顆/厘米 ³	良好
<100顆/厘米 ³	很好

南非矿井里过去的粉尘浓度一般为50毫克/米³，現在已降到1毫克/米³，但矽肺病仍是一个严重問題⁽¹¹⁾。

① 在白人种族主义者統治下的南非。下同。——編者

从上面所引的各国规定来看，許可粉尘浓度在这个国家可以是0.5毫克/米³，在另一个国家却是2毫克/米³①。第23頁的图10表明，1毫克粉尘相当于570万顆直径5微米的尘粒、8840万顆直径2微米的尘粒或7亿多顆直径1微米的尘粒。如果考虑粒数浓度，例如，每1厘米³空气中不得超过175顆（美国）或650顆（英国）小于5微米的尘粒，那么所得到的概念也是不够精确的。650顆直径5微米的石英尘粒的重量是 $11 \cdot 10^{-5}$ 毫克，但同样数量的直径0.2微米的尘粒却只有 $7 \cdot 10^{-9}$ 毫克。

应当指出，有必要更精确地测定粉尘的含量。当我们規定1厘米³中允許含有的尘粒数或1米³中的粉尘重量时，只能用作相对的比較。应当精确地确定空气中各种粒度的粉尘各有多少。这种测定非常困难，实际上行不通，因而未被采用。但是，如果我們在某一矿井里已經确定在相同作业条件下的粉尘成分大致相同而且各种粒度的粉尘所占比例也大致一样，那么我們可以用1厘米³中的顆粒数来比較空气的污染程度。

尽管有这些不确切性，对于个别的煤田、矿井或工作地点規定出极限許可粉尘浓度仍然是有用的和必要的。这样可以更好地评价矽肺病危险程度和防尘措施的效果。許多大矿区多年的实践证明，規定出极限許可浓度是有好处的。

在魯尔煤田，根据近年来的經驗，取消了許可粉尘浓度的規定而代之以根据測得的粉尘浓度值来决定該值与其他企业測得的值相比是低、中等、高还是很高。为此，定期在每一作业地点进行測尘，并定出其粉尘負荷等級（見46頁）。

德意志民主共和国关于粉尘許可浓度的現行規定如表5。劳动保护条例第622条規定，要采取防尘措施防止出現危险的粉尘浓度；企业领导者应当运用与最新科学水平相适应的防尘手段，通过測尘对矿井空气中的含尘量进行經常性的检查。

表 5 德意志民主共和国关于許可粉尘浓度的規定

粉 尘 組 別 和 种 类	許 可 平 均 浓 度, 顆/厘米 ³ (< 5 微米)
第 I 組	
1. 游离結晶SiO ₂ 含量 > 50% 的矿物性粉尘①	≤ 100
2. 石棉尘(包括 ≤ 120 微米的所有尘粒)	≤ 100
第 II 組	
1. 游离結晶SiO ₂ 含量为 5~50% 的矿尘	
(1) 游离結晶SiO ₂ 含量 > 20~50 %	≤ 250
(2) 游离結晶SiO ₂ 含量 5~20 %	≤ 500
2. 滑石尘	≤ 500
第 III 組	
1. 游离結晶SiO ₂ 含量 < 5% 的矿尘	800
2. 不含游离結晶SiO ₂ 的矿尘和非毒性金属尘	800
3. 不含游离結晶SiO ₂ 的非毒性植物、动物和塑料粉尘	800

① 游离結晶SiO₂是指石英、鱗石英和方英石。

● 我国的許可粉尘浓度标准是：

粉尘中的游离二氧化硅含量在10%以上时……………2毫克/米³；

粉尘中的游离二氧化硅含量在10%以下时(包括煤尘)……………10毫克/米³。

參看《煤矿保安暫行規程》第525、526条。——譯者注

2-08 放射性粉尘

馬克斯-普朗克生物物理研究所（美国河岸法兰克福）的腊耶夫斯基教授及其同事们从卫生学的角度研究了放射学的问题。他们确定了电离性辐射（特别是 Ra、Rn 及其衰变产物）的作用和许可剂量，探讨了放射性气溶胶及其在呼吸道内沉积的问题。

日本科学家渡边研究了伦琴射线在不同条件下对三组鼠（每组24只）矽肺病的发病的影响。第一组动物定期吸入石英尘并且每星期照射一次伦琴射线。第二组同样定期吸入石英尘但不照射伦琴射线。第三组每星期照射一次，但不吸入石英尘。5个月以后，第三组动物肺部没有变化，第二组有轻微结节现象。第一组动物肺部有明显发展的结节形病变。这表明伦琴射线促进了石英对肺部结缔组织的作用。这一观察结果使人想起1948年丹廷-加累果提出的假说，即岩石的放射性在矽肺病的发生中有一定作用。含云母的岩石中的放射性钾（ K^{40} ）可能也有一定作用。

放射性元素的生物学作用在于它能使活组织的原子中的电子脱离，形成带正电的离子。因此，长期吸入放射性粉尘或放射性气体可以引起肺癌。阿格里科拉在1556年提到的所谓什内堡肺病就是属于这种情况。

2-09 混合粉尘的意义

煤尘以前被认为是无害的，因为只从事手工劳动的煤矿工人没有严重的矽肺病。至少从表面看来是如此。当时这种疾病并不广泛存在，人们也没有十分注意它，特别是由于当时的X射线技术还不完善。许多研究者（例如哈耳登）认为，掺入煤尘可以使少量石英尘变为无害。根据哈耳登的说法，煤尘能增强肺和呼吸器官的活动；由于肺的活动加强，可以将肺里的石英尘排出去；如果粉尘中的煤尘含量不大（例如， $<25\%$ ），则煤尘是无害的。但现在我们知道这是不符合事实的，煤矿工人也能得矽肺病或煤肺病。金（King）在1949~1950年所作的动物试验表明，少量石英单独存在时几乎无害，但在伴有大量煤尘时，其作用就大大加剧。例如10%石英和90%煤的混合物，其作用大致和同量的纯石英尘一样。这是由于淋巴管被煤尘堵塞的缘故①。

下面引用哈恩说的一段话⁽³⁸⁾：

“在矽肺病研究的初期，人们以为只有二氧化硅才与矽肺病的发生有关。后来人们知道，其他矿物，首先是煤，也起某种作用。金的实验表明，吸入纯煤尘时，最多只引起轻微的纤维性病变。”

“现在已经不能否认，从来没有在岩层里工作的采煤工也能得矽肺病。采煤时产生的尘决不是纯煤尘，而是煤尘和岩尘的混合物，其中又几乎经常含有一定量的石英。”

“当初人们还未能发现粉尘堵塞淋巴管的原因。兰德韦尔⁽⁵⁰⁾在1954年进行了研究，用不同粉尘所具有的特殊形状来解释这种堵塞作用。他将粉尘区分为：针状的，即“一

① 格廷根的馬克斯-普朗克研究所生物化学部曾发现，不含石英的纯煤尘不引起纤维性病变，但只要掺有1~2%石英就有致纤维化作用。此外，最近还确定，石英的晶体结构不是引起纤维性病变的决定性因素；无定形二氧化硅也有同样的作用⁽⁵⁶⁾。