

限制接尘量控制矽肺发病率的探讨

吴植恩 彭开良 毛福珍

尘肺是我国当前最严重的职业病,解放以来病例逾 48 万,病死者 10 多万^[1]。现有观察对象达 60 万,每年检出新病例 1.5 万^[2]。国家为此每年直接、间接经济损失约 50 亿人民币。尘肺的发病仍呈上升趋势^[1]。虽然党和各级政府非常重视降尘防尘,成绩很大,但在某些生产环境,粉尘浓度还达不到容许标准。例如,1988 年全国煤炭系统粉尘合格率为 14%,岩尘合格率为 20%,煤工尘肺发病率居高不下,形势严峻。为了保护工人健康,降低矽肺发病,发展生产,建议采用经济、有效的限制接尘量的方法,控制矽肺发病率。这只作为粉尘浓度很高环境中采用的权宜之计,不能因此放松必要的降尘防尘措施。

1 粉尘与矽肺的关系

这里所指的粉尘是指能引起肺部纤维化病变(即尘肺)的粉尘。各种尘肺中,主要有矽肺(占 48.30%)和煤工尘肺(占 39.06%),病例较少的有铸工尘肺、陶工尘肺等等。

矽肺的纤维化病变主要由粉尘中的游离 SiO_2 所致。 SiO_2 进入肺泡后具有很强的致纤维化毒性。能进入肺泡的粉尘是空气动力学直径 $\leq 5 \mu\text{m}$ 的微细粉尘。国际标准化组织把呼吸道分为三个区,即喉外区(鼻腔到喉)、气管支气管区和肺泡区。能进入和滞留在各区的粉尘的空气动力学直径分别为 $\leq 30 \mu\text{m}$ 、 $\leq 10 \mu\text{m}$ 和 $\leq 3 \mu\text{m}$ 的尘粒。呼吸性粉尘的浓度及其中游离 SiO_2 所占比例,与矽肺发病关系密切。

影响矽肺发病的因素很多。环境因素有粉尘的性质、分散度、游离 SiO_2 含量、各种 SiO_2 变体所占比例(鳞石英毒性 > 方石英 > 石英 > 柯石英 > 超石英)、 SiO_2 外表状态(SiO_2 外表裹有瓷泥等,毒性下降)、粉尘中是否含有其他元素(含钙、铝等,毒性降低,含镍毒性则增加)。机体因素有劳动强度、个人防护、吸烟与否、生活习惯等。以上因素,给定量计算接尘量与矽肺发病带来困难。

2 接尘量与矽肺发病关系

衡量接尘多少可用总粉尘接触量、呼吸性粉尘接

触量、呼吸性游离 SiO_2 接触量、肺内石英粉尘吸入量、肺内石英粉尘滞留量等方法表示。实用中以呼吸性粉尘接触量较为方便和准确。

近年来国内外一些学者对接尘量与发病关系进行了研究。

郭霖等^[3]认为连续工作 30 年矽肺患病率为 10% 时,呼吸性粉尘容许浓度矽砖工为 $1.30 \text{mg}/\text{m}^3$ (含 SiO_2 81.5%),粉料工为 $1.30 \text{mg}/\text{m}^3$ (含 SiO_2 80%),粘土工为 $2.6 \text{mg}/\text{m}^3$ (含 SiO_2 24.5%),镁砖工为 $4.34 \text{mg}/\text{m}^3$ (含 SiO_2 5%)。当患病率为 50% 时,上述各工种呼吸性粉尘容许浓度分别为 2.38、2.38、4.76 和 $7.94 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

李克等^[4]用 Logistic 回归分析法研究,认为工作 30 年发病率为 10% 时,呼吸性 SiO_2 平均暴露浓度为 $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。终身不发生矽肺的接触限值为 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

胡建安等^[5]用寿命表法进行研究,提出呼吸性岩尘(含游离 SiO_2 38.2%)容许浓度为 $1.18 \text{mg}/\text{m}^3$;呼吸性煤尘(含游离 SiO_2 < 5%)容许浓度为 $1.27 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

刘和顺等研究煤矿总粉尘与尘肺发病的关系,认为工人接尘量与累积发病概率呈直线相关。工作 30 年患病率为 10% 时,总粉尘容许浓度(几何平均值)为 $10.52 \text{mg}/\text{m}^3$;若控制在 5%,则为 $9.05 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

国外 Pangani 等^[6]报道,粉尘的剂量-反应关系原则在粉尘低浓度及中等浓度时并不适用。粉尘剂量低于发病阈值时是不可能引起矽肺的。中等剂量时从开始接尘到发病约 20 年。粉尘在高剂量时,才符合剂量-反应关系。

Rice 等^[7]1986 年对粉尘作业工人接触呼吸性粉尘的无害浓度和致尘肺最低浓度作了研究,发现连续工作 40 年呼吸性粉尘的无害浓度是 $90 \sim 113 \mu\text{g}/\text{m}^3$,致尘肺最低浓度是 $225 \sim 283 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

Rice 等也评述了接触游离 SiO_2 与矽肺危险度的关系,包括金矿、花岗岩矿、石膏矿等。结果是连续工作 45 年接触呼吸性 SiO_2 的无害浓度是 $7 \sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$,致尘肺最低浓度是 $20 \sim 252 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

世界卫生组织研究组 1984 年报告一些矽尘与矽肺的接触-反应关系^[8]。McDonald 等研究呼吸性 SiO_2

作者单位: 430030 武汉 同济医科大学(吴植恩、彭开良); 徐州矿务局社会事业部(毛福珍)。

浓度 33^g/m³, 不引起矽肺。 Theriault 等的研究认为呼吸性 SiO₂ 浓度 30^g/m³, 不引起矽肺。 David 等研究的结果是总粉尘浓度 5~ 10mg/m³, 含 SiO₂ 14% ~ 35%, 不引起矽肺。

Hnizdo 等研究南非金矿井下工矽肺。 在累计接触呼吸性粉尘为 1mg/m³· a 时, 相当于接触 7^g/m³ 呼吸性 SiO₂ 尘 45 年 [K 0.3 (含 SiO₂ 30%) / 45 a], 在 2 218 名矿工中未发现矽肺。 当累计接触呼吸性粉尘 3mg/m³· a 时, 相当于接触 20^g/m³ 呼吸性 SiO₂ 尘 45 年 [K 0.3 / 45], 在 2 014 名矿工中发现矽肺 9 名。 故认为呼吸性粉尘无害接触浓度为 7^g/m³, 发病率 5% 的接触浓度为 20^g/m³。

3 计算呼吸性粉尘接触限量的方法

采用呼吸性粉尘浓度计算工人累计接触限量比较方便和准确。 公式如下:

$$\sum_{j=1}^n [C_j \times (S_j + 2) \times T_j \times W_j] \geq 300$$

式中: *n*— 工人更换工种的次数

C_j— 该工种呼吸性粉尘算术平均浓度 (mg/m³)

S_j— 该工种呼吸性粉尘中游离 SiO₂ 平均百分含量值, 如为 20%, 取值 20, 如为 35.5%, 取值 35.5

T_j— 该工种连续工作年数 (年数 = 工作月数 ÷ 12)

W_j— 该工种实际劳动时间占工作日的比值 (工作小时数 / 8)

按公式计算结果 > 300, 则属安全。 如接近 300, 则工人应立即调离粉尘作业。

现应用本公式计算出含石英量不同的呼吸性粉尘的容许浓度, 与国内几位学者推荐的容许浓度作一比较 (见表 1) 结果表明, 按本公式计算的容许浓度, 大部分低于学者推荐的浓度, 所以是安全的。

表 1 几位学者推荐的呼吸性粉尘容许浓度与本公式计算结果比较

作者	工种或粉尘性质	SiO ₂ 含量 (%)	作者推荐浓度 (mg/m ³)	本公式计算结果 (mg/m ³)
郭霖等 ^[3]	矽砖工	81.5	1.30	0.12
	粉料工	80.0	1.30	0.12
	粘土工	24.5	2.60	0.38
胡建安等 ^[5]	煤尘	< 5	1.27	2.00
	岩尘	38.2	1.18	0.25
李克等 ^[4]	钨矿粉尘	10	2.4	0.83
		20	1.2	0.45
		30	0.8	0.31
		40	0.6	0.24
		50	0.48	0.19
		60	0.4	0.16
		70	0.34	0.14
		80	0.3	0.12
	90	0.27	0.11	

本公式计算的容许浓度与几个国家规定的容许浓度比较 (见表 2), 其结果与他们的容许浓度相当。 但他们的标准是按工作 35 年或 40 年考虑的, 我们只工作 30 年, 所以也是安全的。

表 2 几个国家的呼吸性粉尘容许浓度与本公式计算结果比较

呼吸性粉尘 SiO ₂ 含量 (%)	呼吸性粉尘容许浓度 (mg/m ³)					本公式计算
	澳大利亚	意大利	日本	南斯拉夫	中国	
10	1.67	0.77	0.91	0.70	1.0	0.83
20	1.00	0.43	0.54	0.35	1.0	0.45
30	0.70	0.30	0.38	0.23	1.0	0.31
40	0.56	0.23	0.30	0.18	1.0	0.24
50	0.45	0.19	0.24	0.14	1.0	0.19
60	0.38	0.16	0.20	0.12	0.5	0.16
70	0.33	0.14	0.18	0.10	0.5	0.14
80	0.29	0.12	0.16	0.09	0.5	0.12
90	0.26	0.11	0.14	0.08	0.3	0.11
100	0.24	0.10	0.13	0.07	0.3	0.10

我国厂矿过去按规定是测总粉尘浓度。 欲换算成呼吸性粉尘浓度, 可用下式:

$$C_R = C_T \times P$$

式中: *C_R*— 过去某时间某工种呼吸性粉尘浓度 (mg/m³)

C_T— 过去某时间某工种总粉尘浓度 (mg/m³)

P— 目前该工种呼吸性粉尘与总粉尘浓度之比

Dosemeci 等^[9]对我国 29 个不同类型厂矿各不同历史阶段粉尘浓度进行调查, 采用上式推算出各历史阶段的呼吸性粉尘浓度。

4 部分国家粉尘接触限值

为防止过量吸入粉尘引起尘肺, 保护工人健康, 许多国家规定了作业场所粉尘容许浓度, 选录如下 (见表

3)。

表 3 一些国家粉尘接触容许浓度

国家	粉尘性质	游离 SiO ₂ 含量 (%)	容许浓度 (mg/m ³)
中 国	总粉尘	< 10	10
		10~ < 50	2
		50~ 80	1.5
		> 80	1.0
	呼吸性粉尘	10~ < 50	1.0
		50~ 80	0.5
	> 80	0.3	
澳大利亚	呼吸性粉尘		$\frac{25\text{mg}/\text{m}^3}{\text{呼吸性粉尘 SiO}_2\% + 5}$
德 国	呼吸性煤尘	≤ 5	5
	呼吸性粉尘	> 5 (包括方石英、磷石英)	0.15
波 兰	总粉尘	≤ 5	4
		> 70	1
		10~ 70	2
前 苏 联	总粉尘	< 10	4
		> 70	1
		10~ 70	2
		2~ < 10	4
日 本	总粉尘	> 10	$\frac{12\text{mg}/\text{m}^3}{\text{粉尘中 SiO}_2\text{含量}\% \times 0.23 + 1}$
	呼吸性粉尘	> 10	$\frac{2.9\text{mg}/\text{m}^3}{\text{呼吸尘 SiO}_2\text{含量}\% \times 0.22 + 1}$
美 国	总粉尘	< 1	10
	呼吸性粉尘	石英	0.1
		方石英	0.05
		磷石英	0.05
	呼吸性煤尘	< 5	2

5 小结

本文提出限制呼吸性粉尘累计接尘量以减少矽肺发生,并提供计算接尘量公式.公式所用基本参数可通过接尘工人健康档案(工种、工种变动、接尘年限)和环境监测档案(历年粉尘浓度、SiO₂含量)求得.接尘指数接近 300的工人可安排低接尘或不接尘作业,以控制矽肺发病.这是利国利民的.鉴于各厂矿粉尘性质、生产条件、发病水平不同,指数 300尚应根据本厂矿特点加以调整.本公式只是提供一种计算方法和参考值,不是标准.因此,各粉尘超标单位宜加强工人健康监护,健全接尘工人的建档建卡工作,把控制矽肺发病的工作推上一个新台阶.

6 参考文献

- 1 邹昌淇,等.全国尘肺流行病学调查研究.第五次全国劳动卫生与职业病学术会议论文摘要汇编.武汉:1993,11: 1~ 6
- 2 全国职业病防治中心职业病报告组.1986~1988年我国职业病发病情况.中国工业医学杂志,1989,2(3):4
- 3 郭黛,等.I期矽肺患者接尘量下限值法在推算容许浓度

和预测预报矽肺发展趋势的应用价值.卫生标准年刊.上海第一医学院,1984,第一期:18~22

- 4 李克,等.呼吸性矽尘容许限值的研究.中国工业医学杂志,1994,7(2):68
- 5 胡建安,等.煤矿呼吸性粉尘与尘肺的剂量-反应关系.中国工业医学杂志,1992,5(2):66
- 6 Pangant et al. Does the average dust concentration modify the critical dust dose leading to silicosis? Pneumologic (in German), 1991 Jul, 45 (7): 579~ 581
- 7 Rice FL, et al. An assessment of silicosis risk for occupational exposure to crystalline silica. Second International Symposium on Silica, Silicosis and Cancer. San Francisco, 1993, Oct.
- 8 叶葶葶,等编译.粉尘有关疾病.职业卫生丛刊(八).上海医科大学.上海:1987,1~30
- 9 Dosemeci M. et al. Historical total and respirable silica dust exposure levels in mines and pottery factories in China. Second International Symposium on Silica, Silicosis and Cancer, San Francisco, 1993, Oct.

(收稿:1995-02-16 修回:1996-02-05)