

耐火陶瓷纤维对作业工人肺通气功能的影响

朱晓俊, 李涛, 王鸿飞

摘要: [目的] 探讨耐火陶瓷纤维对作业工人肺通气功能的影响。[方法] 选择从事耐火陶瓷纤维生产和加工的265名作业工人作为接触组, 273名仅接触噪声的作业工人作为对照组, 进行肺通气功能检查, 指标为用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气量(FEV1.0)、一秒率(第一秒用力呼气量占用力肺活量百分率, FEV1.0/FVC), 均以实测值占预计值的百分比(FVC%、FEV1.0%、FEV1.0/FVC%)表示。接触组分别按纤维计数浓度<0.1、0.1~0.5、>0.5 f/mL, 按总粉尘质量浓度<1、1~5、>5 mg/m³分为低、中、高水平。低纤维低总尘亚组81人、中纤维中总尘亚组123人、中纤维高总尘亚组30人、高纤维高总尘亚组31人。[结果] 接触组作业工人FVC%、FEV1.0%和FEV1.0/FVC%的均数均低于对照组($P<0.05$); 高纤维高总尘亚组作业工人FVC%和FEV1.0%的下降较其他3个亚组更为明显($P<0.05$), 不同接触工龄亚组间各指标差异均无统计学意义($P>0.05$)。接触组限制性、阻塞性和混合性肺通气功能障碍检出率为58.9%、4.5%和3.8%, 与对照组的检出率10.9%、5.1%和4.0%比较, 仅限制性肺通气功能障碍检出率的差别有统计学意义($P<0.05$)。限制性肺通气功能障碍与纤维计数浓度、接触工龄具有关联性($P<0.05$), 与总粉尘质量浓度、是否吸烟无关联性($P>0.05$)。[结论] 接触耐火陶瓷纤维可导致以限制性通气功能障碍为主的肺通气功能损害, 限制性通气功能障碍检出率与纤维累计接触水平存在正相关关系, 与纤维计数浓度的关联性优于总粉尘质量浓度。

关键词: 耐火陶瓷纤维; 肺通气功能; 限制性肺通气功能障碍; 纤维计数浓度; 总粉尘质量浓度

Effects of Refractory Ceramic Fibers on Workers' Pulmonary Ventilation Function ZHU Xiao-jun, LI Tao, WANG Hong-fei (National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China). Address correspondence to LI Tao, E-mail: litao@chinacdc.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To explore the effects of refractory ceramic fibers on workers' pulmonary ventilation function. [Methods] This study enrolled 265 manufacturing and processing workers as the exposure group and another 273 workers only exposed to noise as the control group. All subjects accepted pulmonary function test with indicators including forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 s (FEV1.0), and FEV1.0/ FVC, represented in percentages of measured values over expected values (FVC%, FEV1.0%, FEV1.0/FVC%). Low, medium, and high exposure subgroups were divided by the number concentration of fiber <0.1, 0.1-0.5, and >0.5 f/mL and by the gravimetric concentration of total dust <1, 1-5, and >5 mg/m³. Specifically, 81 workers were classified into the low fiber and low total dust subgroup, 123 workers in the medium fiber and medium total dust subgroup, 30 workers in the medium fiber and high total dust subgroup, and 31 workers in the high fiber and high total dust subgroup. [Results] Compared with the control group, the exposure group had significantly lower mean values of FVC%, FEV1.0%, and FEV1.0/FVC% ($P<0.05$). The subgroup with high number concentration of fiber and high gravimetric concentration of total dust had significantly greater reduction of FVC% and FEV1.0% than other three subgroups ($P<0.05$). Subgroups with different exposure age had no differences in the values of FVC%, FEV1.0%, and FEV1.0/FVC% ($P>0.05$). The positive rates of restrictive, obstructive, and mixed pulmonary dysfunction were 58.9%, 4.5%, and 3.8% in the exposure group respectively and 10.9%, 5.1% and 4.0% in the control group respectively, and only the positive restrictive pulmonary dysfunction rate showed significant difference between the two groups ($P<0.05$). The restrictive pulmonary dysfunction was associated with the number concentration of fiber and the exposure age ($P<0.05$), and not with the gravimetric concentration of total dust or smoking habit ($P>0.05$). [Conclusion] Exposure to refractory ceramic fibers can harm the pulmonary ventilation function, mainly restrictive pulmonary dysfunction. The positive rate of restrictive pulmonary dysfunction has a positive correlation with the cumulative number concentration of fiber, and shows superior correlation with the number concentration of fiber to the gravimetric concentration of total dust.

Key Words: refractory ceramic fiber; pulmonary ventilation function; restrictive pulmonary dysfunction; number concentration of fiber; gravimetric concentration of total dust

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.15167

[基金项目]北京市自然科学基金资助项目(编号: 7152104); 中国疾病预防控制中心青年科研基金资助项目(编号: 2013B101)

[作者简介]朱晓俊(1980—), 男, 博士, 助理研究员; 研究方向: 职业卫生; E-mail: happyzhuxj@163.com

[通信作者]李涛, E-mail: litao@chinacdc.cn

[作者单位]中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050

耐火陶瓷纤维(refractory ceramic fibers)具有良好的耐热、抗拉强度和耐久性,是重要的保温隔声材料和主要的石棉代用品,与玻璃纤维、玻璃棉、岩棉和矿渣棉等均属于人造矿物纤维的范畴^[1]。石棉已被国际癌症研究中心(IARC)列为确定的人类致癌物,经呼吸道进入人体后可导致肺癌、胸膜和腹膜间皮瘤等恶性肿瘤,还能引发石棉肺、肺功能损害等不良健康效应,已有50多个国家全面禁止使用石棉^[2]。作为石棉的替代品,1988年IARC首次将耐火陶瓷纤维、玻璃棉、岩棉、矿渣棉列为2B类(可疑人类致癌物),2002年重新评估时仍将耐火陶瓷纤维保留为2B类,将玻璃棉、岩棉和矿渣棉降至3类(对人及动物致癌性证据不足)^[3]。美国政府工业卫生师协会(ACGIH)将其列为A2类(可疑的人类致癌物)^[4]、德国科学研究院(DFG)将其列为2类(致癌性吸入实验结果阳性)^[5]。目前其致癌性分类已被认为较为明确,但在致肺纤维化、胸膜改变和肺功能损害等非致癌性效应方面的报道仍不多见。本研究主要探讨其对作业工人肺通气功能的影响,为确定耐火陶瓷纤维职业接触限值依据的关键效应及作业工人职业健康监护技术规范提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究现场

选择某典型企业作为研究现场。工艺流程为:以硬质黏土中的煤矸石熟料或以工业氧化铝粉与硅石粉的合成料为原料,电阻炉熔融后经喷吹或甩丝生产得到直径为2~6 μm的耐火陶瓷纤维散装棉,以此为基础生产毯、毡、板,或加工异型件、陶瓷纤维纸、模块、锚固件、纺织品等。

1.2 研究对象

①接触组。纳入从事耐火陶瓷纤维生产和加工作业的436名工人,排除既往接触石棉和其他纤维、接触对呼吸系统有损害的粉尘和化学物质、最近一周患有感冒的171名工人,最终共265名。参考国外耐火陶瓷纤维已有的职业接触限值以及本课题组前期推荐的人造矿物纤维绝热棉(玻璃棉、岩棉和矿渣棉)纤维容许浓度和总粉尘容许浓度的建议值^[1,6]进行分组:按纤维计数浓度<0.1、0.1~0.5、>0.5 f/mL,总粉尘质量浓度<1、1~5、>5 mg/m³各分别分为低、中、高三个水平。按此标准,背衬板车间操作工81人,接触的纤维计数浓度均<0.1 f/mL、总粉尘质量浓度均<1 mg/m³,列为低纤维低总尘组;硅酸铝车间、硅酸镁车间、喷

吹车间、外贸车间中生产耐火陶瓷纤维的调整工和分级工共123人,接触的纤维计数浓度平均值0.19 f/mL、总粉尘质量浓度平均值2.56 mg/m³,列为中纤维中总尘组;纺织车间操作工30人,接触的纤维计数浓度平均值0.20 f/mL、总粉尘质量浓度平均值7.06 mg/m³,列为中纤维高总尘组;模块车间包装工、挤压工、切割工、折叠工共31人,接触的纤维计数浓度平均值0.73 f/mL、总粉尘质量浓度平均值7.74 mg/m³,列为高纤维高总尘组。作业工人佩戴的防护用品有纱布口罩和纱线手套。②对照组。以工龄作为匹配因素,选择仅接触噪声的空气分离企业、制盖企业和造纸企业的操作工作为外对照,对照组除不接触耐火陶瓷纤维外,其余排除条件均与接触组相同,最终共273名,佩戴的防护用品有纱线手套和耳塞。对两组观察对象进行既往病史问卷调查,均未发现影响肺通气功能的疾病,如慢性支气管炎、肺气肿和哮喘等。

1.3 问卷调查

问卷调查内容包括人口学基本信息(性别、年龄等),是否吸烟(吸烟指每天1支烟至少1年以上,或者曾经的吸烟总量已超过20包),职业史和职业危害接触史(工种、岗位、总工龄、接害工龄、接触耐火陶瓷纤维工龄等),班制,工作内容和时间,个人防护用品的使用及佩戴情况。

1.4 肺功能检查

按照GBZ 188—2007《职业健康监护技术规范》(附录B)^[7]的要求,使用便携式肺功能仪(Microlab型,英国Carefusion公司)测定研究对象肺通气功能。指标为:用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气量(FEV1.0)、一秒率(即第一秒用力呼气量占用力肺活量百分率,FEV1.0/FVC),各指标均以实测值占预计值的百分率(FVC%、FEV1.0%、FEV1.0/FVC%)表示。当FVC%<80%时判定为限制性通气功能障碍^[8]:<40%时为重度,40%~59%时为中度,60%~79%时为轻度^[9];FEV1.0%<70%时判定为阻塞性通气功能障碍;同时出现FVC%<80%和FEV1.0%<70%时判定为混合性通气功能障碍^[8]。

1.5 统计学分析

定量资料的集中趋势和离散趋势分别采用均数(\bar{x})和标准差(s)进行描述,两组间均数比较采用t检验,多组间均数比较采用方差分析,两两比较采用SNK法;定性资料中的频率型指标采用构成比进行描述,组间比较采用 χ^2 检验,采用logistic回归进行多

因素分析时选用逐步法筛选自变量, 分组变量为单向有序资料采用 χ^2 趋势检验。逐步法筛选自变量时取 $\alpha=0.1$ 、 $\beta=0.1$ 为界值, 其余均取 $\alpha=0.05$ 为界值。

2 结果

2.1 基本状况

接触组与对照组之间平均年龄、平均总工龄、是否吸烟等变量具有较好的可比性, 差异均无统计学意义($P>0.05$)(表1)。接触组4个亚组耐火陶瓷纤维平均接触工龄及其组间分布的差异均具有统计学意义(均 $P<0.05$)(表2)。

表1 耐火陶瓷纤维接触组与对照组的基本特征

Table 1 Characteristics of refractory ceramic fiber exposure group and control group

变量 Variable	接触组($n=265$) Exposure group	对照组($n=273$) Control group
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁) Age($\bar{x} \pm s$, year)	31.9 ± 6.4	32.2 ± 7.2
总工龄($\bar{x} \pm s$, 年) Total working age($\bar{x} \pm s$, year)	9.6 ± 4.9	9.3 ± 6.7
性别(Gender)*		
男(Male)	161(61%)	222(81%)
女(Female)	104(39%)	51(19%)
吸烟(Smoking)		
是(Yes)	114(43%)	122(45%)
否(No)	151(57%)	151(55%)

[注]*: 经 χ^2 检验, 与对照组比较, $P<0.05$ 。

[Note]*: Chi-square test, compared with the control group, $P<0.05$.

表2 耐火陶瓷纤维接触组不同接触特征亚组工龄及构成

Table 2 Mean values and distribution of exposure age across refractory ceramic fiber exposure subgroups

组别(纤维, 总尘) Group(Fiber, total dust)	人数 n	接触工龄($\bar{x} \pm s$, 年) [*] Exposure age ($\bar{x} \pm s$, year)	工龄分布(年) [△] Exposure age distribution		
			0~5	6~10	11~
低, 低(Low, low)	81	8.1 ± 5.1	28	29	24
中, 中(Medium, medium)	123	8.4 ± 4.8	35	67	21
中, 高(Medium, high)	30	8.8 ± 5.0	9	11	10
高, 高(High, high)	31	5.6 ± 4.1	16	10	5

[注]*: 经方差分析, 组间比较, $P<0.05$ 。△: 经 χ^2 检验, 组间比较;

$P<0.05$ 。

[Note]*: Analysis of variance, compared within the subgroups, $P<0.05$.

△: Chi-square test, compared within the subgroups, $P<0.05$.

2.2 肺通气功能指标

接触组FVC%、FEV1.0%和FEV1.0/FVC%的均数均低于对照组, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$)(表3)。接触组中4个不同接触特征亚组两两比较, 与其他三组相比, 高纤维高总尘组的FVC%和FEV1.0%的

均数较低, 而FEV1.0/FVC%的均数较高($P<0.05$); 接触组中3个不同接触工龄亚组比较, 各指标的差异均无统计学意义($P>0.05$)(表4)。

表3 耐火陶瓷纤维接触组与对照组肺通气功能各指标实测值与预计值的比值($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Ratios of measured values and expected values of pulmonary ventilation function indicators in refractory ceramic fiber exposure group and control group

组别 Group	受检人数 Number of subjects	FVC%	FEV1.0%	FEV1.0/ FVC%
接触组(Exposure group)	265	$77.3 \pm 9.8^*$	$84.1 \pm 9.9^*$	$109.2 \pm 7.9^*$
对照组(Control group)	273	87.7 ± 11.8	92.7 ± 12.9	128.1 ± 9.9

[注]*: 经 t 检验, 与对照组比较, $P<0.05$ 。

[Note]*: T -test, compared with the control group, $P<0.05$.

表4 耐火陶瓷纤维接触组不同亚组肺通气功能实测值与预计值的比值($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Ratios of measured values and expected values of pulmonary ventilation function indicators in refractory ceramic fiber exposure subgroups

组别 Group	受检人数 Number of subjects	FVC%	FEV1.0%	FEV1.0/ FVC%
接触特征(纤维, 总尘) Exposure feature(Fiber, total dust)				
低, 低(Low, low)	81	80.4 ± 10.7	87.0 ± 10.0	108.3 ± 9.1
中, 中(Medium, medium)	123	76.2 ± 9.6	82.8 ± 9.5	108.8 ± 7.5
中, 高(Medium, high)	30	77.6 ± 7.8	84.8 ± 8.5	109.8 ± 7.2
高, 高(High, high)	31	$72.8 \pm 10.2^*$	$81.5 \pm 11.0^*$	$112.8 \pm 6.0^*$
接触工龄(年) Exposure age(Years)				
0~	88	77.1 ± 10.3	83.3 ± 10.4	108.4 ± 8.9
6~	117	78.1 ± 9.5	85.2 ± 9.8	110.0 ± 6.6
11~	60	76.2 ± 9.7	83.6 ± 9.2	109.1 ± 8.4

[注]*: 经SNK法两两比较, 与其他三组比较, $P<0.05$ 。

[Note]*: Analysis of variance, compared with other subgroups, $P<0.05$.

2.3 肺通气功能障碍检出率

接触组检出限制性肺通气功能障碍156例(其中: 中度8例, 轻度148例), 检出率58.9%, 高于对照组(10.9%), 差异有统计学意义($P<0.05$)。接触组阻塞性和混合性肺通气功能障碍检出率分别为4.5%和3.8%, 与对照组5.1%和4.0%的检出率差异无统计学意义($P>0.05$)(表5)。

接触组限制性肺通气功能障碍检出率与职业接触水平呈线性趋势关系, 其检出率随纤维计数浓度和总粉尘质量浓度的增加而升高($P_{\text{趋势}}<0.05$); 与接触工龄未呈现线性趋势关系($P_{\text{趋势}}>0.05$)(表6)。

表5 耐火陶瓷纤维接触组和对照组肺通气功能障碍检出率

Table 5 Pulmonary dysfunction positive rates in refractory ceramic fiber exposure group and control group

组别 Group	受检人数 Number of subjects	限制性障碍 Restrictive dysfunction		阻塞性障碍 Obstructive dysfunction		混合性障碍 Mixed dysfunction	
		人数(n)	%	人数(n)	%	人数(n)	%
接触组(Exposure group)	265	156	58.9*	12	4.5	10	3.8
对照组(Control group)	273	30	10.9	14	5.1	11	4.0

[注]*: 经 χ^2 检验, 与对照组比较, $P<0.05$ 。[Note]*: Chi-square test, compared with the control group, $P<0.05$.

表6 耐火陶瓷纤维接触组不同亚组的限制性肺通气功能障碍检出率

Table 6 Restrictive pulmonary dysfunction positive rates in refractory ceramic fiber exposure subgroups

组别 Group	受检人数 Number of subjects	检出人数 Number of positive	检出率(%) Positive rate
接触特征(纤维、总尘) Exposure feature(Fiber, total dust)			
低, 低(Low, low)	81	40	49.4
中, 中(Medium, medium)	123	73	59.4*
中, 高(Medium, high)	30	20	66.7*
高, 高(High, high)	31	23	74.2*
接触工龄(年)(Exposure age, years)			
0~	88	52	59.1
6~	117	57	48.7
11~	60	47	78.3

[注]*: 经 χ^2 趋势检验, $P<0.05$ 。[Note]*: Chi-square trend test, $P<0.05$.

2.4 限制性肺通气功能障碍的影响因素

将纤维接触水平(x_1)、总粉尘接触水平(x_2)、接触工龄(x_3)、是否吸烟(x_4)作为自变量纳入非条件 logistic 回归模型, 自变量赋值见表7。以逐步法进行筛选后, 进入模型的自变量有: 纤维接触水平(x_1)和接触工龄(x_3), 模型和变量的回归系数均有统计学意义($P<0.05$); 总粉尘接触水平(x_2)、吸烟(x_4)未进入模型(表8)。

表7 自变量赋值表

Table 7 Independent variables assignment

变量名(Variable)	赋值说明(Assignment)
纤维接触水平 Exposure level of fiber, x_1	0=对照(Control); 1=低(Low, <0.1 f/mL); 2=中(Medium, 0.1~0.5 f/mL); 3=高(High, >0.5 f/mL)
总粉尘接触水平 Exposure level of total dust, x_2	0=对照(Control); 1=低(Low, <1 mg/m³); 2=中(Medium, 1~5 mg/m³); 3=高(High, >5 mg/m³)
耐火陶瓷纤维接触工龄 Exposure age, x_3	0=对照(Control); 1=0~5年(0~5 years); 2=6~10年(6~10 years); 3=11年及以上(>11 years)
吸烟(Smoking, x_4)	0=否(No); 1=是(Yes)

表8 耐火陶瓷纤维作业工人限制性通气功能障碍影响因素的非条件 logistic 回归分析(逐步法)

Table 8 Logistic regression analysis (stepwise) for risk factors of restrictive pulmonary dysfunction

变量 Variable	Wald 检验(Wald test)				似然比检验(Likelihood ratio test)		
	b	S _b	Wald χ ²	P	χ ²	r	P
变量未筛选的模型(Variables included in the model without selected)					151.5	4	<0.0001
常数项(Intercept)	-2.0506	0.2045	100.5998	<0.0001			
x_1	0.6260	0.4675	1.7933	0.1805			
x_2	0.2068	0.4196	0.2429	0.6221			
x_3	0.4196	0.1318	10.1358	0.0015			
x_4	0.1807	0.2331	0.6008	0.4383			
变量筛选后的模型(Variables included in the model by stepwise method)					149.2	2	<0.0001
常数项(Intercept)	-1.9663	0.1749	126.4	<0.0001			
x_1	0.8396*	0.1472	32.5	<0.0001			
x_3	0.3998△	0.1300	9.4	0.0021			

[注]*: OR=2.313, 95%CI为1.732~3.089。△: OR=1.508, 95%CI为1.167~1.949。

[Note]*: OR=2.313, 95%CI is 1.732~3.089. △: OR=1.508, 95%CI is 1.167~1.949.

3 讨论

很多组织、机构和学者一直持续地研究天然或人造矿物纤维的潜在健康效应, 这一持续的关注源于研

究已证实石棉是确定的人类致癌物。耐火陶瓷纤维作为石棉的主要代用品, 其产量于20世纪70年代在全球范围内开始激增, 该物质接触人群广泛, 既包含在

作业场所从事生产、加工、使用和检修维护的职业人群，又包含在公共环境中暴露的一般人群，其安全使用及对人体健康的影响一直是国内外关注的热点^[1-2]，进而促进了其暴露监测、实验和流行病学研究。

本研究在研究对象的选择上设置了明确的纳入和排除标准，并以接触的职业性有害因素和工龄作为主要匹配因素选择外对照，对照组除不接触耐火陶瓷纤维外，其余排除条件均与接触组相同，两组在平均总工龄等特征变量上均具有较好的可比性，且肺通气功能指标均以实测值占预计值的百分比表示和分析，消除了年龄、性别、身高和体重的影响。问卷调查结果显示两人群均无慢性支气管炎、肺气肿和哮喘等可能影响肺通气功能的疾病史。因此，本研究较好地控制了选择偏倚，以及因接触其他职业性有害因素或劳动者自身相关疾病而可能造成的混杂偏倚。

与对照组相比，接触组作业工人FVC%、FEV1.0%和FEV1.0/FVC%均数的下降均有统计学意义（均 $P < 0.05$ ）。接触组不同接触特征亚组间两两比较显示，高纤维高总尘组FVC%、FEV1.0%的下降较其他三组更为明显（ $P < 0.05$ ）；但不同工龄亚组间各指标的差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），这可能与接触组不同接触特征亚组间耐火陶瓷纤维接触工龄的分布差异有关。

按照肺通气功能障碍的判定标准，接触组限制性、阻塞性、混合性肺通气功能障碍的检出率分别为58.9%、4.5%和3.8%，与对照组10.9%、5.1%和4.0%的检出率比较，两组间仅限制性肺通气功能障碍检出率的差别具有统计学意义，且95%（148/156）为轻度限制性肺通气功能障碍，与本课题组前期对玻璃棉、岩棉和矿渣棉等人造矿物纤维绝热棉对作业工人肺通气功能影响的研究结果相似^[10-11]。本研究未观察到作业工人的胸片有明显的小阴影，仅观察到少数胸片呈现一定程度的胸膜增厚。美国和欧洲的队列研究观察到生产工人胸片上的小阴影与耐火陶瓷纤维职业接触有较弱的关联性^[1]，Lockey等^[12]通过20年的队列研究仅观察到其累计接触量与胸膜斑的关联性具有统计学意义。因此，研究结果提示耐火陶瓷纤维可导致以限制性通气功能障碍为主的肺通气功能损害。限制性通气功能障碍的检出率随纤维计数浓度和总粉尘质量浓度的增加而升高且呈线性趋势关系（ $P_{\text{趋势}} < 0.05$ ），但未与接触工龄呈线性趋势关系（ $P_{\text{趋势}} > 0.05$ ），可能也与不同接触特征亚组间耐火陶瓷纤维接触工龄的分布差异有关。

将可能影响因素中的纤维接触水平（ x_1 ）、总粉尘接触水平（ x_2 ）、接触工龄（ x_3 ）设为有序变量，吸烟（ x_4 ）设为二分类变量纳入非条件logistic回归模型进行多因素分析，限制性通气功能障碍与纤维接触水平（ x_1 ）和接触工龄（ x_3 ）的关联性具有统计学意义，其检出率随纤维计数浓度接触水平和接触工龄的增加而升高，提示限制性通气功能障碍与纤维累计接触水平存在正相关关系。由于缺乏既往的检测资料和详尽的职业健康检查资料，因此未能观察到作业工人首次检出限制性通气功能障碍的观察终点，进而未能对累计接触水平进行较为精确的估算。

自变量中总粉尘接触水平（ x_2 ）未纳入非条件logistic回归模型，提示耐火陶瓷纤维对作业工人限制性通气功能障碍与纤维计数浓度的关联性优于总粉尘质量浓度。作为一类特殊的粉尘，包括耐火陶瓷纤维在内的纤维物质在职业接触水平的表征上一直存在纤维计数浓度（f/mL）和总粉尘质量浓度（mg/m³）两种表示单位^[13]，不同国家和组织（机构）在制定或推荐耐火陶瓷纤维职业接触限值也存在不同情形，芬兰、法国、奥地利等制定了其粉尘质量浓度限值，ACGIH、职业安全卫生研究所（NIOSH）和新西兰、荷兰、瑞典等制定了其纤维计数浓度限值，澳大利亚及英国卫生安全局（HSE）、美国职业安全卫生管理局（OSHA）分别制定了其纤维计数浓度和粉尘质量浓度限值；且在纤维定义、粉尘分类及依据的主要健康效应上存在差异^[1]。

因此，在推荐其纤维容许浓度时可考虑将限制性通气功能障碍作为关键效应指标，在开展职业健康监护时，应将肺功能测定作为主要的检查项目，上岗后的前5年内应至少检查一次肺通气功能。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to refractory ceramic fibers [M]. Cincinnati: NIOSH-Press, 2006: 1-98.
- [2] NIOSH. Asbestos fibers and other elongate mineral particles: state of the science and roadmap for research [M]. Cincinnati: NIOSH-Press, 2011: 1-18.
- [3] IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: man-made vitreous fibers [M]. Lyon: IARC-Press, 2002: 327-340.

（下转第408页）

所均设置了通风除尘设施，设置了浴室用于作业工人班后及时清洗皮肤，设置了压缩空气干法清扫装置及时清除沉积在工人衣物上的纤维粉尘，接触工人还佩戴了纱布口罩、耳塞、纱线手套等。

综上，在推荐耐火陶瓷纤维总粉尘容许浓度时，可考虑将刺激性接触性皮炎、皮肤瘙痒症状等皮肤刺激效应作为关键效应；在开展职业健康监护时，应将皮肤检查和症状问询作为主要检查项目，在岗期间每年应至少进行一次皮肤检查。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to refractory ceramic fibers [M]. Cincinnati: NIOSH-Press, 2006: 1-98.
- [2] NIOSH. Asbestos fibers and other elongate mineral particles: state of the science and roadmap for research [M]. Cincinnati: NIOSH-Press, 2011: 1-18.
- [3] 朱晓俊, 陈永青, 李涛. 人造矿物纤维绝热棉对作业工人皮肤的刺激作用 [J]. 环境与职业医学, 2014, 31(4): 267-271.
- [4] 朱晓俊. 人造矿物纤维绝热棉职业接触控制水平研究 [D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2012: 104-108.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GBZ 188—2007 职业健康监护技术规范 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GBZ 20—2002 职业性接触性皮炎诊断标准 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.
- [7] ACGIH. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices (7th edition), synthetic vitreous fibers [M]. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001: 6.
- [8] 朱晓俊, 陈永青, 李涛. 人造矿物纤维绝热棉对作业工人呼吸系统的影响 [J]. 环境与职业医学, 2014, 31(4): 264-266.
- [9] ATSDR. Toxicological profile for synthetic vitreous fibers [M]. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004: 164-167.
- [10] WHO. Determination of airborne fiber number concentrations: a recommended method, by phase contrast optical microscopy (membrane filter method) [M]. Geneva: World Health Organization, 1997: 1-47.
- [11] 邢春生, 叶风廷, 方玉香, 等. 某岩棉制品厂的劳动卫生学调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 1995, 13(2): 74.
- [12] 王兴刚, 刘岳文, 严月华. 玻璃纤维企业工人职业性皮肤病调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2010, 28(9): 684-685.

(收稿日期: 2015-02-06)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)

(上接第 403 页)

- [4] ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices [M]. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2014: 55.
- [5] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). List of MAK and BAT values 2010 [M]. Germany: Wiley-VCH, 2010: 73-160.
- [6] 朱晓俊. 人造矿物纤维绝热棉职业接触控制水平研究 [D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2012: 104-108.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GBZ 188—2007 职业健康监护技术规范 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [8] 李德鸿. 尘肺病 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 128-130.
- [9] 朱蕾, 刘又宁, 于润江. 临床肺功能 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 74.

- [10] 朱晓俊, 陈永青, 李涛. 人造矿物纤维绝热棉对作业工人呼吸系统的影响 [J]. 环境与职业医学, 2014, 31(4): 264-266.
- [11] 朱晓俊, 陈永青, 李涛. 职业接触岩棉对肺通气功能及呼吸系统症状的影响 [J]. 工业卫生与职业病, 2012, 38(3): 68-72.
- [12] Lockey JE, Roggli VL, Hilbert TJ, et al. Biopersistence of refractory ceramic fiber in human lung tissue and a 20-year follow-up of radiographic pleural changes in workers [J]. J Occup Environ Med, 2012, 54(7): 781-788.
- [13] 朱晓俊, 陈永青, 李涛. 人造矿物纤维绝热棉职业接触限值比较分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 30(2): 149-151.

(收稿日期: 2015-02-06)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)