

人造矿物纤维企业工人粉尘暴露及其健康状况

李益琪¹, 李巧², 余珉³, 陈钧强³, 蒋兆强³, 徐承敏³

摘要: [目的] 了解人造矿物纤维(MMMF)企业工人粉尘暴露及其健康状况,为制定MMM F粉尘危害的预防控制措施提供参考。[方法] 随机选择浙江省3家MMM F生产企业(玻璃纤维、耐火材料A、B)进行粉尘浓度检测,对497名接尘工人拍摄胸片,调查工人皮肤症状;同时选择某塑料企业同期体检的89人作为对照组,并对结果进行对比分析。[结果] 玻璃纤维企业原料投料岗位个体采样的粉尘浓度达标率为80%,耐火陶瓷纤维A企业粉尘浓度均达标,耐火陶瓷纤维B企业的铺棉和切割工种定点采样的粉尘浓度达标率为33.3%。MMM F 3家企业接尘工人的皮肤刺激、皮肤瘙痒、皮肤红斑的检出率均高于对照组($P<0.01$);接触性皮炎的检出率为3.7%~4.6%。未有工人被诊断为尘肺病,耐火陶瓷纤维B企业有1人被诊断为尘肺病观察对象。[结论] 耐火陶瓷纤维企业原料投料工种的粉尘浓度达标率较低,MMM F接触工人皮肤刺激、瘙痒、红斑、接触性皮炎检出率较高。

关键词: 人造矿物纤维;耐火陶瓷纤维;玻璃纤维;风险;职业健康检查

Dust Exposure and Health Condition of Workers in Man-Made Mineral Fibers Manufacturers LI Yi-qi¹, LI Qiao², YU Min³, CHEN Jun-qiang³, JIANG Zhao-qiang³, XU Cheng-min³ (1. Institute of Occupational Prevention and Treatment, Zhejiang Changguang Group Corporation Ltd., Zhejiang 313100, China; 2. Taizhou Central Hospital, Zhejiang 318000, China; 3. Zhejiang Academy of Medical Sciences, Zhejiang 310013, China). Address correspondence to JIANG Zhao-qiang, E-mail: jzq0909@126.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To evaluate dust exposure level and health status of workers in manufacturers of man-made mineral fiber (MMM F) in order to provide prevention and control strategies for MMM F dust exposure. [Methods] Three MMM F production enterprises (glass fiber enterprise, refractory ceramic fiber enterprise A and B) in Zhejiang Province were randomly selected to detect dust concentration. Dust exposure workers ($n=497$) were invited to chest X ray examination and skin symptom investigation, and workers from plastic production enterprises ($n=89$) were selected as control group. The results from selected enterprises were compared and analyzed. [Results] The qualified rate of dust was 80% at the raw material feeding workstation in the glass fiber enterprise by personal sampling, 100% at all samplings sites in the refractory ceramic fiber enterprise A, and 33.3% at the cotton spreading and cutting workstations in the refractory ceramic fiber enterprise B by area sampling. Higher positive rates of skin irritation symptoms, skin itching, and skin erythema symptoms were reported among the dust exposure workers from the three MMM F enterprises than the controls ($P<0.01$), and the incidence rates of contact dermatitis ranged from 3.7%~4.6%. No worker was diagnosed as pneumoconiosis. One worker in the refractory ceramic fiber enterprise B was diagnosed as observation case of pneumoconiosis. [Conclusion] A low qualified rate of dust is found in the raw material feeding workstation in the refractory ceramic fiber enterprises. MMM F workers show higher incidence rates of skin irritation symptoms, skin itching, skin erythema symptoms, and contact dermatitis.

Key Words: man-made mineral fiber; refractory ceramic fiber; glass fiber; risk; occupational health examination

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14492

[基金项目] 浙江省医学支撑学科劳动卫生学(编号: 11-ZC02); 浙江省医药卫生科技计划项目(编号: 2013KYB071)

[作者简介] 李益琪(1975—), 男, 本科, 主治医师; 研究方向: 职业病诊断与治疗; E-mail: liyiqi999@163.com

[通信作者] 蒋兆强, E-mail: jzq0909@126.com

[作者单位] 1. 浙江长广(集团)有限责任公司职业病防治所, 浙江 313100; 2. 台州市中心医院, 浙江 318000; 3. 浙江省医学科学院, 浙江 310013

人造矿物纤维(man-made mineral fiber, MMM F)包括玻璃纤维、耐火陶瓷纤维、岩棉、矿渣棉,其生产原料主要为熔融岩石、矿渣(工业废渣)、玻璃、金属氧化物、瓷土等,通过熔融、拉丝、切割、包装等工艺生产而成^[1-2]。研究发现,MMM F对人的皮肤黏膜、眼、呼吸道可造成一定损害,其作用接近于温石棉^[3-7]。岩棉和矿渣棉的耐高温效果相对较差,且有一定的致癌风险^[8]。耐火陶瓷纤维可诱导人多核粒细

胞产生活性氧,其损伤作用超过其它类型的MMMF,吸入高剂量耐火陶瓷纤维可导致大鼠发生肺纤维化和间皮瘤,但我国尚缺乏足够的现场调查及职业健康检查资料^[9-11]。浙江省MMMF生产企业较多,包括外资企业、国内大型企业和私人小型企业,总年产量约20万吨,产品广泛用于军工、电力、化工、建材等行业。本研究拟对浙江省MMMF生产企业车间空气中的粉尘浓度及工人健康状况进行调查,为制定MMMF生产企业的职业病防治措施提供参考,现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象

2008年1月至2011年12月选择浙江省3家MMMF生产企业作为研究现场,包括玻璃纤维生产企业、耐火陶瓷纤维生产企业A及耐火陶瓷纤维生产企业B。选择玻璃纤维生产企业185人为调查对象,其中男105人,女80人,年龄23~38岁,平均 (29.4 ± 4.5) 岁,工龄 (0.9 ± 0.2) 年;耐火陶瓷纤维生产企业A 44人,其中男30人,女14人,年龄33~67岁,平均 (46.4 ± 9.1) 岁,工龄 (4.9 ± 8.7) 年;耐火陶瓷纤维生产企业B 268人,其中男142人,女126人,年龄20~88岁,平均 (51.3 ± 15.0) 岁,工龄 (7.3 ± 8.1) 年。选择某塑料企业同期体检的89名非接尘工人作为对照组,与MMMF企业工人劳动强度接近。

1.2 方法

1.2.1 粉尘浓度检测 按照GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》的规定选择采样点。玻璃纤维企业选择4个岗位14名接尘工人个体采样,选择2个岗位的3个采样点定点采样;耐火陶瓷纤维A企业选择5个岗位22名接尘工人个体采样,选择5个岗位共5个采样点定点采样;耐火陶瓷纤维B企业选择4个岗位共10个采样点进行定点采样。定点采样采用SFC-3BT粉尘采样器C,采样流量为20 L/min,时间为15 min,使用过氯乙烯测尘滤膜。个体采样仪器为Gillian Aim 5粉尘采样器C及FCC-3000G防爆个体粉尘采样器C,使用微孔滤膜,采样流量4 L/min,时间为60 min。采用十万分之一电子分析天平称重。粉尘浓度检测方法按照GBZ/T 192.1—2007《工作场所空气中粉尘测定第1部分:总粉尘浓度》,游离二氧化硅含量检测按照GBZ/T 192.4—2007《工作场所空气中粉尘测定第4部分:游离二氧化硅

含量》,评价依据参照GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素》的矽尘、人造玻璃质纤维粉尘的时间加权平均容许浓度(PC-TWA)规定。

1.2.2 职业卫生现场调查 对企业的一般情况、生产工艺、作业工人数、防护设施和个人防护用品情况进行职业卫生现场调查。

1.2.3 职业健康检查 对接尘工人拍摄X线胸片。胸片结果按照GBZ 70—2009《尘肺病诊断标准》评价。

1.2.4 统计学分析

用SPSS 17.0统计软件分析数据。用 χ^2 检验或Fisher确切概率法比较两组率。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 生产班制及生产工艺

生产企业实行二班工作制,每班工作10~12 h。玻璃纤维企业工艺为原料投料(接触矽尘、高压弧光、噪声)—熔融(接触高温)—出料(密封管道)—成型(接触MMMF粉尘、高湿、高温、噪声)—切割(密封管道,接触MMMF粉尘)—包装(接触MMMF粉尘)—废丝处理(接触MMMF粉尘)。耐火陶瓷纤维A企业工艺为原料投料—出料—铺棉—切割—包装。耐火陶瓷纤维B企业工艺为原料投料—成型—铺棉—切割。3个企业的工艺新旧有所不同,但主要工序没有明显差别。

2.2 原料成分

玻璃纤维企业的新工艺原料有叶腊石、石灰石、白云石等,老工艺原料中需添加一定比例的石英粉。耐火陶瓷纤维A企业的原料为焦宝石、自配药水(成分不明)。耐火陶瓷纤维B企业的原料为焦宝石、高岭土等。玻璃纤维生产企业老工艺的原料车间料仓积尘游离 SiO_2 含量为20.9%,新工艺的游离 SiO_2 含量为11.7%。废玻璃丝细粉游离 SiO_2 含量为2.1%,原料车间料仓混合尘积尘游离 SiO_2 含量为20.9%。耐火陶瓷纤维A企业的焦宝石原料游离 SiO_2 含量为40%。耐火陶瓷纤维B企业的原料中游离 SiO_2 含量为42%,成型车间以及自动化车间原料投料粉尘中游离 SiO_2 含量分别为53.2%、50.4%。

2.3 防护设施和个人防护用品

玻璃纤维企业在密封管道中运输原料,在维修和管道密封不严时有粉尘逸散;成型车间拉丝工种为湿式作业,使用集中空调通风系统。烘干车间安装有

大型通风设施。工人佩戴3M 防尘口罩、半面具和滤盒、防高温手套。其余岗位均为机械化流水线操作, 安装有全面通风除尘设备。耐火陶瓷纤维生产企业的投料口为自然通风, 出料口未设有通风防尘设施, 铺棉岗位安装有立式风扇, 采用自然通风, 工人戴普通棉纱口罩和手套, 部分劳动者以工作不便为由拒戴口罩。

2.4 粉尘浓度达标情况

玻璃纤维企业原料投料岗位个体采样的粉尘浓度达标率为80.0%, 耐火陶瓷纤维A企业粉尘浓度均达标, 玻璃纤维企业及耐火陶瓷纤维B企业的投料岗位粉尘浓度均未达标, 后者成型岗位达标率为50.0%, 铺棉和切割工种定点采样的粉尘浓度达标率均为33.3%, 见表1。

表1 MMMF 生产企业的粉尘浓度检测结果

企业	岗位	粉尘种类	个体采样			定点采样		
			人数	TWA(mg/m ³)	达标率(%)	点数	TWA(mg/m ³)	达标率(%)
玻璃纤维	投料	矽尘*	5	0.2~1.8	80.0	1	<0.1	100.0
	成型	玻璃纤维	4	0.1~0.3	100.0	—	—	—
	包装	玻璃纤维	3	0.3~0.5	100.0	2	0.8~1.8	100.0
	废丝	玻璃纤维	2	0.1~0.4	100.0	—	—	—
耐火陶瓷纤维A [△]	投料	矽尘*	4	1.2~2.1	100.0	1	0.8	100.0
	出料	耐火陶瓷纤维	1	1.6	100.0	1	0.6	100.0
	铺棉	耐火陶瓷纤维	8	0.3~1.7	100.0	1	0.4	100.0
	切割	耐火陶瓷纤维	6	0.7~1.6	100.0	1	0.5	100.0
	包装	耐火陶瓷纤维	2	0.3~0.5	100.0	1	0.1	100.0
耐火陶瓷纤维B [△]	投料	矽尘◆	—	—	—	2	5.3~6.0	0.0
	成型	耐火陶瓷纤维	—	—	—	2	1.3~3.5	50.0
	铺棉	耐火陶瓷纤维	—	—	—	3	1.8~19.4	33.3
	切割	耐火陶瓷纤维	—	—	—	3	2.5~18.4	33.3

[注] 粉尘浓度标准按 GBZ 2.1 2007《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》评价。*: 玻璃纤维企业及耐火陶瓷纤维A企业的投料工种粉尘浓度标准为矽尘10%<游离SiO₂含量≤50%。◆: 耐火陶瓷纤维B企业的投料工种粉尘浓度标准的矽尘50%<游离SiO₂含量≤80%。△: 耐火陶瓷纤维按人造玻璃质纤维PC-TWA(3mg/m³)评价。

2.5 皮肤症状及尘肺病诊断情况

表2可见, MMMF各企业接尘工人的皮肤刺激、皮肤瘙痒、皮肤红斑的检出率与对照组比较, 总体差异均有统计学意义(χ^2 分别为88.44, 75.68, 31.63, $P<0.01$)。无工人被诊断为尘肺病, 耐火陶瓷纤维B企业有1名女性被认定为尘肺病观察对象, 年龄45岁, 工龄24年, 为原料投料工种, 在诊断后离开企业。

表2 MMMF 企业工人及对照组的皮肤症状检出率

组别	人数	刺激		瘙痒		红斑		接触性皮炎	
		人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
耐火陶瓷纤维A	44	30	68.2	27	61.4	15	34.1	2	4.6
耐火陶瓷纤维B	268	131	48.9	123	45.9	66	24.6	10	3.7
玻璃纤维	185	97	52.4	88	47.6	48	25.9	8	4.3
对照组	89	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

3 讨论

本调查之玻璃纤维企业采用自动化生产工艺, 防护措施较好, 该企业原料中的游离SiO₂含量为11.7%, 原料投料岗位的部分防尘设施密封不全, 粉尘浓度达标率为80%, 工人在清扫灰尘时有矽尘暴露, 对接尘

工人健康造成影响。耐火陶瓷纤维A企业采用电弧炉熔融喷吹法生产, 为20世纪70年代的老生产工艺, 但检测结果显示粉尘浓度均未超标, 可能与该厂规模和产量较小有关。耐火陶瓷纤维B企业采用机械化操作, 产量较高, 但防护措施较差, 粉尘检测显示, 该企业原料投料岗位粉尘浓度均未达标, 成型岗位达标率为50.0%, 铺棉和切割岗位定点采样的粉尘浓度达标率仅为33.3%, 这与企业生产规模和防护措施有一定的关系, 说明在机械化生产MMMF时, 应加强注意密封、湿式作业等卫生防护措施。

调查显示, 接尘工人大多有皮肤刺激、瘙痒症状, 部分工人颈部出现红斑, 一般可自行缓解, 说明MMMF主要造成皮肤黏膜损害。耐火陶瓷纤维A企业、耐火陶瓷纤维B企业、玻璃纤维企业接触性皮炎发生率分别为4.6%、3.7%、4.3%, 而对照组未发现接触性皮炎。耐火陶瓷纤维B企业原料投料工种的矽尘浓度为5.3~6.0mg/m³, 均超过国家标准, 该岗位有1例工龄24年的女性被认定为尘肺病观察对象, 说明MMMF企业原料投料岗位的矽尘浓度超标可能是

尘肺发病的危险因素^[11]。耐火陶瓷纤维B企业应加强湿式作业,对投料岗位的积尘进行清扫,增加地面清扫的频率,在清扫地面积尘时拖把需保持一定的湿度,并加强一线车间的职业卫生管理,从多个途径降低粉尘浓度。硅酸盐尘肺病的发病潜伏期一般大于10年,本研究在MMMF粉尘直接暴露的各岗位中未检出尘肺病患者,考虑与三企业工人平均接尘工龄较短有关。国外研究报道,MMMF粉尘接触工人可出现肺间质纤维化,在肺组织中可检出MMMF纤维,MMMF粉尘暴露可显著升高尘肺的发病风险^[12]。因此根据本研究结果,尚不能明确MMMF粉尘是否会导致尘肺,还需要进行随访观察明确结论。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1]朱晓俊,陈永青,李涛.人造矿物纤维绝热棉对人体健康效应研究进展[J].中华劳动卫生职业病杂志,2011,29(7):553-556.
- [2]陈茂招,梁晓阳,杜琼,等.玻璃纤维粉尘与甲醛联合对呼吸系统某些指标细胞毒性的影响[J].中国职业医学,2008,35(3):226-228.
- [3]陈茂招,黄丽蓉,郑刚,等.玻璃纤维粉尘对呼吸系统影响的调查[J].中国职业医学,2005,32(2):45-46.
- [4]Pintos J, Parent ME, Rousseau MC, et al. Occupational exposure to asbestos and man-made vitreous fibers and risk of lung cancer: evidence from two case-control studies in Montreal, Canada[J]. J Occup Environ Med, 2008, 50(11):1273-1281.
- [5]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):262-266.
- [6]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.
- [7]张幸,洪长福,娄金萍,等.人造矿物纤维的体外细胞毒性研究[J].浙江预防医学,2000,12(3):3-4,8.
- [8]Bruske-hohlfeld I, Mohnen M, Pohlabein H, et al. Occupational lung cancer risk for men in Germany: results from a pooled case-control study[J]. Am J Epidemiol, 2000, 151(4):384-395.
- [9]Ruotsalainen M, Hirvonen MR, Luoto K, et al. Production of reactive oxygen species by man-made vitreous fibres in human polymorphonuclear leukocytes[J]. Hum Exp Toxicol, 1999, 18(6):354-362.
- [10]Brown RC, Bellmann B, Muhle H, et al. Survey of the biological effects of refractory ceramic fibres: overload and its possible consequences[J]. Ann Occup Hyg, 2005, 49(4):295-307.
- [11]张敏,张幸.耐火陶瓷纤维流行病学和毒理学研究进展[J].环境与职业医学,2013,30(1):63-66.
- [12]Fireman E. Man-made mineral fibers and interstitial lung diseases[J]. Curr Opin Pulm Med, 2014, 20(2):194-198.
- (收稿日期:2014-07-16)
- (英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:郑轻舟)
- (上接第564页)
- 测定[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [8]中华人民共和国卫生部.GB/T 5750.2—2006 生活饮用水标准检验方法水样的采集与保存[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [9]中华人民共和国卫生部.GB 5750—2006 生活饮用水标准检验方法[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [10]中华人民共和国卫生部.WS/T 89—1996 尿中氟化物的测定离子选择电极法[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [11]邹志方,靳峰,陈晓琴,等.儿童尿氟与骨质疏松相关性及其尿氟基准剂量研究[J].环境与健康杂志,2012,29(7):627-629.
- [12]环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.GB 3095—2012 环境空气质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [13]涂俊,刘克俭,李明峰,等.职业性氟接触人群血氟、尿氟水平及相关因素研究[J].中国工业医学杂志,2010,23(3):163-165.
- [14]Crump K. Critical issues in benchmark calculations from continuous data[J]. Crit Rev Toxicol, 2002, 32(3):133-153.
- (收稿日期:2013-11-07)
- (英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:洪琪)