

新加坡模型在小型家具制造企业接木粉尘岗位职业健康风险评估中的应用

聂志超¹, 田甜¹, 李婷婷¹, 唐道冰², 刘静², 曾跃春², 贾红¹

1. 西南医科大学公共卫生学院, 四川 泸州 646000

2. 四川中环康源卫生技术服务有限公司, 四川 成都 610041

摘要:

[背景] 新加坡模型充分考虑了危害因素浓度、工作时间和频率等因素, 已应用于多个行业, 但在家具制造行业运用较少。

[目的] 运用新加坡模型对四川省9家小型家具制造企业接木粉尘岗位进行职业健康风险评估, 并探讨其适用性, 为木粉尘防控提供依据。

[方法] 以9家小型家具制造企业6个接木粉尘岗位为研究对象, 应用新加坡模型对其进行风险评估, 并与有害作业分级结果比较。

[结果] 新加坡模型中, 54个岗位被评为高和极高风险的岗位分别占46.3%、48.1%。对开料、封边、铣型和雕刻岗位评估时, 新加坡模型风险比值高于有害作业分级, 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$); 对排钻和打磨岗位评估时, 风险比值差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。一致性检验中, 两种方法一致率为20.4%, 加权Kappa值为0.050, 差异无统计学意义($Z=1.878$, $P=0.060$)。

[结论] 新加坡模型可用于家具制造企业的职业健康风险评估。家具制造企业接木粉尘岗位普遍存在职业健康风险, 应加强对木粉尘的防控。

关键词: 风险评估; 职业危害; 家具制造企业; 新加坡模型; 工作场所有害作业分级

Application of Singapore model in occupational health risk assessment of workstations exposed to wood dust in small furniture manufacturing enterprises NIE Zhi-chao¹, TIAN Tian¹, LI Ting-ting¹, TANG Dao-bing², LIU Jing², ZENG Yue-chun², JIA Hong¹ (1.School of Public Health, Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China; 2.Sichuan Zhonghuan Kangyuan Health Technical Services, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract:

[Background] Singapore model takes full account of the intensity or concentration of hazard factors, working time, and frequency, and has been well applied in many industries except in furniture manufacturing enterprises.

[Objective] Singapore model is used to assess the occupational health risk of workstations exposed to wood dust in nine small furniture manufacturing enterprises, and the applicability of the Singapore model is discussed, so as to provide evidence for the prevention and control of wood dust.

[Methods] Six workstations exposed to wood dust in nine small furniture manufacturing enterprises were evaluated by Singapore model, and the results were compared with the results of the classification of occupational hazards at workplace.

[Results] The results of Singapore model indicated that 46.3% and 48.1% of the 54 workstations were identified at high and extremely high risk levels. The risk ratio by Singapore model was significantly higher than that by the national classification of occupational hazards at workplaces for cutting, sealing, milling, and carving workstations ($P < 0.05$), but was not different for drilling and grinding workstations ($P > 0.05$). The consistency rate of the two methods was 20.4% and the weighted Kappa value was 0.050, which was not statistically significant ($Z=1.878$, $P=0.060$).

[Conclusion] Singapore model can be used to assess the occupational health risk of furniture manufacturing enterprises. There are occupational health risks in workstations exposed wood

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.20289

基金项目

四川省企业生产性粉尘危害风险评估及完善分级管理研究(19ZD019)

作者简介

聂志超(1994—), 女, 硕士生;
E-mail: 951674485@qq.com

通信作者

贾红, E-mail: jhong_lz@163.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-06-11

录用日期 2020-08-28

文章编号 2095-9982(2020)11-1100-06

中图分类号 R13

文献标志码 A

引用

聂志超, 田甜, 李婷婷, 等. 新加坡模型在小型家具制造企业接木粉尘岗位职业健康风险评估中的应用[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(11): 1100-1105.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20289

Funding

This study was funded.

Correspondence to

JIA Hong, E-mail: jhong_lz@163.com

Competing interests None declared

Received 2020-06-11

Accepted 2020-08-28

To cite

NIE Zhi-chao, TIAN Tian, LI Ting-ting, et al. Application of Singapore model in occupational health risk assessment of workstations exposed to wood dust in small furniture manufacturing enterprises[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(11): 1100-1105.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20289

dust in furniture manufacturing enterprises, so the prevention and control of wood dust should be strengthened.

Keywords: risk assessment; occupational hazard; furniture manufacturing enterprise; Singapore model; classification of occupational hazards at workplaces

木粉尘是家具制造业中普遍存在的职业危害因素^[1]。据估计,每年约17亿m³森林用于木材制造业,每天至少有200万人暴露于木粉尘环境^[2]。国内外研究表明,长期暴露于高浓度木粉尘环境,可引起癌症、肺纤维化、过敏性肺炎、支气管哮喘等多种疾患^[3-6]。家具制造企业中木材切削、板面加工及打磨会产生大量木粉尘^[7]。小型企业工艺自动化和机械化程度不高,木粉尘未经有效处理,极易扩散到车间空气中,使从业人员的粉尘暴露增加^[8-9]。相关研究结果显示,小型企业中接木粉尘岗位的超标率可达80%,质量浓度(下称浓度)超标高达50倍^[10-11]。因此,评估家具制造企业长期木粉尘暴露所致职业健康风险是极其必要的。

我国职业病防治法明确规定开展职业健康风险评估是卫生部门主要职责之一^[12]。国内目前依据的GBZ/T 229.1—2010《工作场所职业病危害作业分级第1部分:生产性粉尘》将粉尘接触浓度、游离二氧化硅含量以及体力劳动强度作为粉尘风险评估的主要内容,但其评估维度简单,判定较主观,运用并不成熟^[13-14]。而国外已有多种风险评估方法,其中新加坡化学毒物职业暴露半定量风险评估方法(简称新加坡模型)在职业健康风险评估方面研究最为广泛,该模型虽未考虑企业的工程、个人防护以及职业卫生管理等因素,但其判定主要依据危害因素本身的理化特性、暴露浓度和时间等因素,评估结果相对客观和准确^[15]。有学者将新加坡模型与国际采矿和金属委员会(International Council on Mining & Metals, ICMM)职业健康风险评估操作指南(简称ICMM模型)、美国环境保护署(Environmental Protection Agency, EPA)模型等进行比较,显示新加坡模型结果更能全面反映风险水平,且与危害因素现场检测浓度相关性最强^[16-17]。此外,GBZ/T 298—2017《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》中半定量风险评估模型也借鉴了新加坡模型。目前,该模型已在造纸、化工等行业广泛应用,但针对家具制造企业的风险评估较少。

因此,本研究拟以四川省9家小型家具制造企业中接木粉尘岗位为研究对象,运用新加坡模型对其进

行风险评估,并与有害作业分级结果比较,探究其在家具企业中风险评估的适用性,为木粉尘防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究利用四川省某职业卫生技术服务机构2017年1—12月家具制造企业的职业卫生调查、职业卫生检测以及在岗期间监护数据,包括企业的生产工艺、职业危害因素分布、接触情况(暴露浓度、频率和时间等)、防护措施、职业卫生管理制度以及健康检查等。

1.2 检测方法

根据GBZ 159—2004《工作场所空气中有毒物质监测的采样规范》和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》的要求,该机构对企业主要工艺流程中接木粉尘岗位进行定点检测。采样于企业工作日的上、下午进行,上午1次,下午2次,每次15 min,连续3 d。根据GBZ 188—2014《职业健康监护技术规范》对接触木粉尘岗位的工人进行在岗期间职业健康检查。

1.3 研究对象

依据《国家统计局关于印发统计上大中小微型企业划分办法的通知》(国统字〔2017〕213号)和企业的生产工艺,共筛选出9家生产工艺一致的小型家具制造企业(编号为A~I),并以开料、封边、铣型、排钻、雕刻及打磨6个主要接触木粉尘的岗位作为研究对象。

1.4 风险评估方法

1.4.1 新加坡模型^[18] (1) 风险等级。风险指数=(危害等级·暴露等级)^{1/2}。(2) 危害等级。木粉尘为人类确定致癌物(IARC1995),危害等级评级为5。(3) 暴露等级。判定分为浓度评估法和暴露指数法。本研究中企业接木粉尘岗位的检测浓度等信息均可获得,故采用浓度评估法。暴露等级=暴露浓度/职业接触限值,共分为1~5级。 $\rho_E = (V_F \times t_D \times \rho_M) / t_W$,其中: ρ_E 为每周暴露浓度,mg·m⁻³; V_F 为每周暴露频率,次·周⁻¹; t_D 为每次暴露的平均持续时间,h; ρ_M 为暴露量,mg·m⁻³; t_W 为每周平均工作时间,h。

1.4.2 《工作场所职业病危害作业分级》(简称为有害作业分级) 依据 GBZ/T 229.1—2010《工作场所职业病危害作业分级 第1部分:生产性粉尘》计算分级指数。 $G=W_M \times W_B \times W_L$, 式中: G 为分级指数; W_M 指粉尘中游离二氧化硅含量的权重; W_B 指粉尘的接触比值权重; W_L 指体力劳动强度权重。分级指数分别与4个作业级别对应: ≤ 1 为0级(相对无害作业)、 $>1 \sim 6$ 为I级(轻度危害作业)、 $>6 \sim 24$ 为II级(中等危害作业)、 >24 为III级(重度危害作业)。

1.5 评估结果比较

新加坡模型风险等级为5级, 有害作业分级为4级。将风险评估结果标准化, 采用风险比值(风险比值=各风险评估方法对应等级/该方法总等级)表示。本研究将比值分为4级: 1级(0.00~0.25), 低风险; 2级(0.26~0.50), 中等风险; 3级(0.51~0.75), 高风险; 4级(0.76~1.00), 极高风险。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 25.0 进行统计分析。不同评估方法风险比值符合正态性分布, 采用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较应用独立样本 t 检验。利用两种风险评估方法结果的一致率以及加权 Kappa 值, 判断两种方法的一致性。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 企业基本职业卫生概况

9家企业主要生产板式家具, 均实行白班制, 工作时间 $8\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$, 生产工艺主要包括原木料的切割和封边、铣型、雕刻等操作(图1)。工艺设备机械化、半自动化和半密闭化。车间内以自然通风和机械通风(工业电风扇)为主; 部分车间安装有抽风除尘设施, 多数正常运行; 危害因素告知卡、警示标示以及公告栏设置不完善。企业为暴露粉尘岗位的作业工人发放合格防尘口罩, 但部分工人未佩戴。

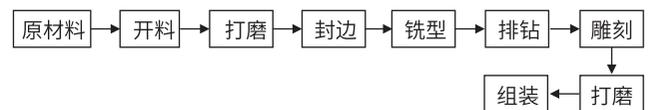


图1 四川省9家小型家具制造企业生产工艺流程图
Figure 1 Process flow of nine small furniture manufacturing enterprises in Sichuan Province

2.2 木粉尘检测浓度

结果显示: 开料、铣型和打磨岗位木粉尘时间加权平均浓度较高, 与国家木粉尘限定标准比较, 浓度分别超标4.78倍、5.59倍和6.22倍。此外, A、E企业岗位超标率最高, 达55.6%。见表1。

表1 四川省9家小型家具制造企业接木粉尘岗位粉尘检测浓度

Table 1 Concentrations of wood dust at exposed workstations in nine small furniture manufacturing enterprises in Sichuan Province

企业	短时间接触浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)						时间加权平均浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)						超标数/ 个	超标率/ %
	开料	封边	铣型	排钻	雕刻	打磨	开料	封边	铣型	排钻	雕刻	打磨		
A	1.53~16.50	4.33~7.13	11.50~24.37	1.70~9.43	0.17~1.30	9.33~16.10	1.44~11.03	3.98~4.77	10.11~16.78	1.32~4.93	0.29~0.68	6.36~11.36	5	55.6
B	1.30~5.97	2.13~3.90	1.77~18.10	0.73~14.53	1.30~12.93	2.70~13.87	1.06~4.25	1.86~2.73	1.54~11.87	0.62~10.20	1.03~2.04	1.70~6.33	4	44.4
C	1.17~2.23	1.13~2.40	2.90~7.73	0.15~0.27	2.80~3.47	4.17~6.60	1.45~1.71	1.29~1.64	3.08~6.22	0.17~0.27	2.67~2.81	4.12~6.10	2	22.2
D	1.43~1.87	0.47~0.93	0.47~0.93	1.03~1.30	0.27~0.77	0.97~1.33	1.32~1.53	0.42~0.79	0.67~0.79	0.93~1.11	0.18~0.36	0.93~1.11	0	0.0
E	4.73~12.17	0.70~1.03	1.17~6.73	0.90~6.07	3.73~5.07	1.73~29.9	3.92~12.17	0.64~0.74	2.70~3.02	0.84~6.07	3.17~3.40	2.93~18.67	5	55.6
F	3.90~17.83	2.63~3.23	12.5~16.3	4.00~5.20	4.70~6.20	1.20~5.10	3.72~14.33	2.50~2.58	12.10~12.72	4.00~4.09	4.80~4.93	2.50~3.58	4	44.4
G	1.47~5.83	0.83~3.83	1.20~5.73	4.60~8.90	0.80~3.87	1.40~4.50	1.85~3.81	0.81~2.13	2.06~3.18	4.26~6.06	0.66~1.42	1.44~3.85	3	33.3
H	0.83~4.37	2.33~2.90	1.10~3.27	1.63~2.77	1.53~3.03	4.83~7.73	0.88~3.70	2.13~2.42	0.81~2.70	1.54~2.30	1.45~2.53	4.40~6.66	2	22.2
I	1.60~2.83	0.83~1.27	1.70~2.57	1.27~1.73	1.50~2.23	2.87~4.53	1.53~1.82	0.74~0.88	1.27~1.42	1.08~1.14	0.46~0.51	2.14~2.34	0	0.0

[注] 木粉尘时间加权平均容许浓度为 $3\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

2.3 风险评估结果比较

新加坡模型中, 54个岗位被评为高和极高风险的岗位分别占46.3%、48.1%。有害作业分级中, 企业的开料、封边以及雕刻岗位风险等级多处于0级, 排钻为0—II级, 打磨主要为II—III级, 铣型岗位0—III级均存在。所有岗位中, 相对无害、中度危害、重度危害作业岗位分别占61.1%、29.6%、9.3%。见表2。

2.4 风险比值结果比较

开料、封边、铣型和雕刻岗位的风险比值在两种方法中有差异, 新加坡模型比值高于有害作业分级(均 $P < 0.05$); 排钻和打磨岗位的风险比值差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。一致性结果显示, 一致率为20.4%, 加权 Kappa 值为0.050, 差异无统计学意义($Z=1.878, P=0.060$)。见表3。

表2 两种方法对四川省9家小型家具制造企业接木粉尘岗位风险评估结果比较

Table 2 Comparison of risk assessment results of two models in nine small furniture manufacturing enterprises in Sichuan Province

工种	企业	新加坡模型 [*]						有害作业分级 [#]			
		V_f (次·周 ⁻¹)	t_0 /h	ρ_M (mg·m ⁻³)	ρ_I (mg·m ⁻³)	暴露等级	危害等级 (风险等级)	W_M	W_b	W_L	分级指数 (作业级别)
开料	A	6	6	7.01	6.31	5	5 (极高风险)	6	2.08	1.5	II级 (中度危害)
	B	6	6	5.14	4.63	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	C	6	7	3.43	3.60	4	5 (高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	D	5	7	1.60	1.40	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	E	6	6	4.49	4.04	4	5 (高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	F	6	7	9.76	8.54	5	5 (极高风险)	6	2.85	1.5	III级 (重度危害)
	G	5	6	4.16	3.74	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	H	6	7	2.63	2.76	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	I	6	6	2.20	1.98	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
封边	A	6	6	5.73	5.16	5	5 (极高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	B	6	6	2.21	1.99	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	C	6	7	1.77	1.86	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	D	5	7	0.84	0.74	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	E	6	6	0.88	0.79	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	F	6	7	2.90	2.54	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	G	5	6	1.80	1.62	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	H	6	7	2.60	2.73	4	5 (极高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	I	6	6	1.08	0.97	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
铣型	A	6	6	21.76	19.58	5	5 (极高风险)	6	4.44	1.5	III级 (重度危害)
	B	6	6	9.97	8.97	5	5 (极高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	C	6	7	4.81	5.05	5	5 (极高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	D	5	7	1.16	0.58	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	E	6	6	3.84	3.46	4	5 (中等风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	F	6	7	14.24	12.46	5	5 (极高风险)	6	4.15	1.5	III级 (重度危害)
	G	5	6	3.27	2.94	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	H	6	7	1.70	1.79	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	I	6	6	1.46	1.10	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
排钻	A	6	6	2.59	2.33	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	B	6	6	3.97	3.57	3	5 (高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	C	6	7	1.19	0.20	1	5 (低风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	D	5	4	1.16	1.02	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	E	6	6	4.90	4.41	4	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	F	6	7	4.63	4.05	4	5 (高风险)	6	1.35	1.5	II级 (中度危害)
	G	5	6	7.20	6.48	5	5 (极高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	H	6	7	2.80	2.18	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	I	6	5	1.46	1.31	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
雕刻	A	6	6	0.74	0.67	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	B	6	6	9.97	8.97	5	5 (极高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	C	6	7	3.14	3.30	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	D	5	4	0.52	0.26	1	5 (低风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	E	6	6	4.31	3.88	4	5 (中等风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	F	6	7	5.54	4.85	4	5 (高风险)	6	1.00	1.5	II级 (中度危害)
	G	5	4	2.24	1.34	3	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	H	6	7	2.24	2.35	4	5 (高风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
	I	6	2	1.79	0.54	2	5 (中等风险)	6	0.00	1.5	0级 (相对无害)
打磨	A	6	6	11.83	10.65	5	5 (极高风险)	6	2.86	2.0	III级 (重度危害)
	B	6	6	5.54	4.99	5	5 (极高风险)	6	1.00	2.0	II级 (中度危害)
	C	6	7	6.37	6.69	5	5 (极高风险)	6	1.00	2.0	II级 (中度危害)
	D	5	3	0.18	0.07	1	5 (低风险)	6	0.00	2.0	0级 (相对无害)
	E	6	6	17.90	16.11	5	5 (极高风险)	6	3.63	2.0	III级 (重度危害)
	F	6	7	3.06	2.68	3	5 (高风险)	6	1.00	2.0	II级 (中度危害)
	G	5	6	2.76	2.48	4	5 (高风险)	6	0.00	2.0	0级 (相对无害)
	H	6	7	6.24	6.55	5	5 (极高风险)	6	1.00	2.0	II级 (中度危害)
	I	6	5	3.52	2.64	4	5 (高风险)	6	0.00	2.0	0级 (相对无害)

[注] * : t_w 每周平均工作时间为40h。# : 木粉尘为人类致癌物 (IARC1995), 等级按照最高级别赋权重, $W_M=6$; W_b 根据实际检测的木粉尘平均加权浓度与时间加权平均容许浓度 (木粉尘为 $3\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) 比值计算所得。

表3 两种模型对四川省9家小型家具制造企业风险评估的风险比值比较

Table 3 Comparison of risk ratios of two models in nine small furniture manufacturing enterprises in Sichuan Province

工种	新加坡模型		有害作业分级		t	P
	风险比值	等级	风险比值	等级		
开料	0.78±0.13	4	0.50±0.31	2	-2.61	0.025
封边	0.76±0.16	4	0.31±0.17	2	-5.93	<0.001
铣型	0.71±0.16	3	0.42±0.25	2	-2.91	0.010
排钻	0.83±0.17	4	0.58±0.33	3	-1.96	0.067
雕刻	0.69±0.17	3	0.42±0.25	2	-2.72	0.017
打磨	0.85±0.21	4	0.64±0.31	3	-1.70	0.108

2.5 职业健康检查结果

结果显示：7家企业木粉尘暴露岗位实际体检人数少于暴露人数，体检率为31.0%~75.0%；接木粉尘岗位作业人员存在不同程度的肺功能损伤，异常人数所占百分比最高达实际体检人数的37.7%。见表4。

表4 四川省9家小型家具制造企业木粉尘暴露岗位肺功能损伤结果

Table 4 The results of lung function damage in nine small furniture manufacturing enterprises in Sichuan Province

企业	应体检人数/人	开料	封边	铣型	排钻	雕刻	打磨	实际体检人数/人	异常人数/人	异常率/%
A	16	3	1	3	4	1	4	16	3	18.8
B	27	13	3	2	3	2	4	18	6	33.3
C	41	7	1	10	8	3	12	19	2	10.5
D	11	2	2	2	2	1	2	5	1	20.0
E	19	9	1	2	2	2	3	14	2	14.3
F	35	14	4	1	9	4	3	15	4	26.7
G	53	9	6	21	10	2	5	53	20	37.7
H	16	3	2	4	4	1	2	12	2	16.7
I	26	6	4	4	6	2	4	8	1	12.5

3 讨论

本研究新加坡模型显示，9家企业6个接木粉尘岗位职业健康风险多处于高风险和极高风险。但新加坡模型和有害作业分级对9家企业木粉尘暴露岗位的风险比值和一致性检验结果发现，开料、封边、铣型和雕刻在前者中的风险比值更高。此外，健康检查结果显示，被评估企业均有作业人员的肺功能损伤，其中G企业受损率最高为37.7%，该企业在新加坡模型中岗位风险多被评估为高-极高，而在有害作业分级中多为相对无害等级，显然体检结果与前者更为吻合，与后者差异较大。原因可能是：有害作业分级直接将接触比值 ≤ 1 赋值为0，导致岗位均被评估为0级；体力劳动权重赋值较为主观，没有考虑工作时长和周围环境，最终低估风险。有害作业分级中规定，被评估为0级的岗位，企业可以继续保持当前作业方

式和防护措施，并认为不会对劳动者健康产生影响，这样易使企业防控意识降低；而新加坡模型考虑了岗位的粉尘暴露浓度以及接触时间和频率，可更真实地反映粉尘暴露情况，在多个行业均表现出较好的适用性^[19-20]，但也有学者认为新加坡模型未考虑防护设备、个体防护的使用情况以及企业卫生管理状况对风险水平的影响^[21]，易高估风险。

家具制造企业分布广泛、规模不一，尤其是小型企业，接木粉尘岗位的作业人员普遍存在职业健康风险^[22-24]。袁方等^[11]对重庆市472家家具制造企业的670个接木粉尘岗位的评估结果显示，263个(39.3%)岗位超标，其中打磨超标50倍；陈强等^[25]对武汉市49家家具制造企业评估的结果显示，开料和打磨木粉尘浓度均超出限定标准，最高可达 $72.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，是国家限值的24倍。本研究结果显示，9家小型家具制造企业接木粉尘岗位的浓度均超标严重，打磨岗位最高，浓度超标达6.23倍。尽管这与上述研究结果存在一定差异，但自2003年四川被评为“中国西部家具商贸之都”以来，小型家具企业木粉尘暴露岗位超标情况日益严重。这可能由于小型家具企业科技含量和投资规模的局限性，导致行业的“门槛较低”。此外，本研究发现，企业虽为部分车间配有抽风除尘设施，但实际生产中，未全部运行；生产车间内危害警示标识设置不完善，作业人员对粉尘危害意识不强，部分人员未佩戴防尘口罩。按规定，企业需对职业危害因素暴露的所有人员进行职业健康检查，但大部分企业实际体检人数不全。因此，为减轻木粉尘危害，保障作业人员的职业健康，家具制造企业应积极革新工艺，正确使用并及时维护除尘设施，普及职业危害防治知识，提高个人防护意识，加强职业健康检查力度。

综上，本研究提示新加坡模型可用于家具制造企业的风险评估，且家具制造企业接木粉尘岗位职业健康风险多处于高和极高等级。但本研究存在一定局限性，新加坡模型的参数维度是依据当地职业卫生标准设定，该标准与我国并不完全一致；因此，未来需要开展更加广泛的适用性研究，探究更多适合我国实际情况的风险评估模型。

参考文献

- [1] BORNHOLDT J, SABER AT, SHARMA AK, et al. Inflammatory response and genotoxicity of seven wood dusts in the human epithelial cell line A549 [J]. *Mutat Res*, 2007, 632

- (1/2) : 78-88.
- [2] International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans [EB/OL]. [2020-06-01]. <http://monographs.iarc.fr/>.
- [3] MAHMOOD N M, KARADAKY K, HUSSAIN S A, et al. Respiratory function among sawmill workers in different areas of Sulaimani city [J]. *Int J Med Sci Public Health*, 2016, 5 (2) : 351-355.
- [4] OKWARI O O, ANTAI A B, OWU D U, et al. Lung function status of workers exposed to wood dust in timber markets in Calabar, Nigeria [J]. *Afr J Med Med Sci*, 2005, 34 (2) : 141-145.
- [5] SIEW S S, KAUPPINEN T, KYRÖNEN P, et al. Occupational exposure to wood dust and formaldehyde and risk of nasal, nasopharyngeal, and lung cancer among Finnish men [J]. *Cancer Manag Res*, 2012, 4 : 223-232.
- [6] TOBIN E A, EDIAGBONYA T F, OKOJIE O H, et al. Occupational exposure to wood dust and respiratory health status of sawmill workers in South-south Nigeria [J]. *J Pollut Eff Cont*, 2016, 4 : 154.
- [7] NEGHBAB M, JABARI Z, KARGAR SHOUROKI F. Functional disorders of the lung and symptoms of respiratory disease associated with occupational inhalation exposure to wood dust in Iran [J]. *Epidemiol Health*, 2018, 40 : e2018031.
- [8] 陈娅, 刘艳, 秦妍, 等. 中小型木质家具制造企业接尘作业人员木尘暴露现状研究 [C] // 中国职业安全健康协会 2010 年学术年会论文集. 上海: 中国职业安全健康协会, 2010 : 473-476.
- [9] SCHLÜNSSEN V, VINZENTS P S, MIKKELSEN A B, et al. Wood dust exposure in the Danish furniture industry using conventional and passive monitors [J]. *Ann Occup Hyg*, 2001, 45 (2) : 157-164.
- [10] 张文勇, 吴建生. 成都市 30 家中小型木质家具企业职业病危害现状调查 [J]. *预防医学情报杂志*, 2013, 29 (9) : 778-781.
- [11] 袁方, 钟慧云, 邓华欣. 2016 年重庆市木制家具制造业职业病危害风险评估 [J]. *职业卫生与病伤*, 2017, 32 (5) : 279-283.
- [12] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国主席令第八十一号 [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://wenku.baidu.com/view/d5af42c15fbfc77da269b14d.html#>.
- [13] 徐守香, 王博深, 韩磊, 等. 我国职业病危害作业分级和 EPA 吸入风险模型在接苯作业健康风险评估中的应用 [J]. *环境与职业医学*, 2020, 37 (4) : 379-384.
- [14] 张美辨, 邹华, 袁伟明, 等. 职业危害风险评估方法的研究进展 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2012, 30 (12) : 972-974.
- [15] 周莉芳, 张美辨. 职业健康风险评估方法学研究进展 [J]. *环境与职业医学*, 2020, 37 (2) : 125-130.
- [16] 徐秋凉, 张美辨, 邹华, 等. 六种常用职业健康风险评估模型在小型印刷企业中的定量比较 [J]. *环境与职业医学*, 2020, 37 (2) : 131-137.
- [17] TIAN F, ZHANG M, ZHOU L, et al. Qualitative and quantitative differences between common occupational health risk assessment models in typical industries [J]. *J Occup Health*, 2018, 60 (5) : 337-347.
- [18] Ministry of Manpower (Singapore). A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals [EB/OL]. [2020-06-01]. <http://www.mom.gov.sg/workplace-safety-health/resources/>.
- [19] 王志平, 郑文慧, 肖国兵. 某企业职业病危害的半定量风险评估 [J]. *环境与职业医学*, 2013, 30 (9) : 686-689.
- [20] 傅红, 俞爱青, 张磊, 等. 新加坡职业暴露半定量风险评估模型在草甘膦制造行业中的应用研究 [J]. *中国预防医学杂志*, 2016, 17 (12) : 916-920.
- [21] 张鹏, 刘弢, 李辉, 等. 两种风险评估模型在转椅家具制造企业的应用比较 [J]. *预防医学*, 2018, 30 (2) : 158-162.
- [22] SCHLÜNSSEN V, SIGSGAARD T, RAULF-HEIMSOTH M, et al. Workplace exposure to wood dust and the prevalence of wood-specific sensitization [J]. *Allergol Sel*, 2018, 2 (1) : 101-110.
- [23] 安玉, 邵小翠, 田宏飞. 2008—2013 年大连市某木制家具企业职业病危害因素调查 [J]. *职业与健康*, 2014, 30 (17) : 2504-2506.
- [24] 史雅翼, 段培霞, 谢锡治, 等. 木质家具制造企业职业病危害现状调查 [J]. *浙江预防医学*, 2014, 26 (4) : 408-410.
- [25] 陈强, 周焕明, 梅凌峰, 等. 武汉市中小型木质家具制造企业职业病危害分析 [J]. *工业安全与环保*, 2015, 41 (11) : 71-73.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)