

论著 DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2023.06.006

• 调查研究 •

多种职业健康风险评估方法在制鞋行业中的应用比较

彭志恒, 何易楠, 冯玉超, 张海, 邓颖聪, 周丽屏, 周海林, 王致

广州市职业病防治院, 广东 广州 510620

摘要: **目的** 探索不同评估方法在制鞋行业中的适用性, 为我国制鞋行业职业健康风险评估的方法研究提供科学依据。**方法** 2019—2020 年, 选取广州市内 4 家制鞋企业作为研究对象, 采用美国环境保护署吸入风险评估法 (简称“美国 EPA 法”)、危险源辨识风险评价方法 (简称“MES 法”)、国际采矿和金属委员会职业健康评估法 (简称“ICMM 法”)、澳大利亚职业健康与安全风险评估法 (简称“澳大利亚法”)、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》综合指数法 (简称“综合指数法”) 和危害作业分级法等 6 种职业健康风险评估方法对制鞋企业的重点岗位进行职业健康风险评估, 采用风险比值对 6 种方法的风险评估结果进行标化, 比较 6 种评估方法评估结果。**结果** 4 家制鞋企业重点岗位的苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和正己烷检测结果均符合国家职业接触限值要求。6 种职业健康风险评估方法之间存在差异, 两两比较结果显示, 美国 EPA 法、综合指数法、MES 法、ICMM 法和澳大利亚法风险等级均高于危害作业分级法, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 其中美国 EPA 法评估的风险水平最高, 其次是综合指数法, MES 法和澳大利亚法评估的风险水平相近, ICMM 法与其他评估方法差异较大。**结论** 建议以综合指数法为主, MES 法和澳大利亚法为辅, 多种评估方法相结合对制鞋行业进行职业健康风险评估。

关键词: 风险评估; 制鞋行业; 吸入风险评估; 半定量风险评估; 综合指数; 风险比值

中图分类号: R134; R136 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2023)06-0693-06

引用: 彭志恒, 何易楠, 冯玉超, 等. 多种职业健康风险评估方法在制鞋行业中的应用比较[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(6): 693-698.

Application and comparison of multiple occupational health risk assessment methods in the footwear industry

PENG Zhiheng, HE Yinan, FENG Yuchao, ZHANG Hai, DENG Yingcong, ZHOU Liping, ZHOU Hailin, WANG Zhi (Guangzhou Occupational Diseases Prevention and Treatment Hospital, Guangzhou, Guangdong 510620, China)

Abstract: **Objective** To explore the applicability of different assessment methods in the shoe-making industry, providing a scientific basis for the selection of occupational health risk assessment methods in the shoe-making industry in China. **Methods** From 2019 to 2020, four shoe-making enterprises in Guangzhou were selected as the study objects. And six methods, including the US Environmental Protection Agency inhalation risk assessment method (US EPA method), the Multiple Exposure Scenarios method (MES method), the International Council on Mining and Metals Occupational Health Assessment Method (ICMM method), the Australian Occupational Health and Safety Risk Assessment Method (Australian method), the GBZ/T 298—2017 “Technical Guidelines for Occupational Health Risk Assessment of Chemical Hazardous Factors in the Workplace” Comprehensive Index Method (Comprehensive Index Method), and the Hazardous Operation Grading Method, were used to conduct occupational health risk assessment for the key positions in the shoe-making enterprises. The risk ratio was used to standardize the risk assessment results derived from these six methods, and the results of the six methods were compared. **Results** The airborne concentrations of benzene, 1,2-dichloroethane, trichloroethylene, and n-Hexane in the key positions of these four shoe-making enterprises were lower than the national

基金项目: 广州市科学技术局重点研发计划项目 (202206010061); 广州市医学重点学科建设项目 (2021—2023 年); 广州市卫生健康科技项目 (20221A010034); 广州市卫生健康科技项目 (20231A011058); 广州市市校 (院) 联合资助专题 (广州市职业环境与健康重点实验室) (2023A0350502)

作者简介: 彭志恒 (1987—), 男, 硕士, 主管医师

通信作者: 王致, 主任医师, E-mail: zhiwang@outlook.com

occupational exposure limit. There were differences in results derived from six methods. The pairwise comparison showed that the risk levels assessed by the US EPA method, the Comprehensive Index Method, the MES method, the ICMM method, and the Australian method were statistically higher than those assessed with the Hazardous Operation Grading Method ($P < 0.05$). Among them, the risk level assessed by the US EPA method was the highest, followed by the Comprehensive Index Method; similar risk levels were derived by the MES method and the Australian method; and the ICMM method had a large difference from other assessment methods. **Conclusions** It is recommended to use the Comprehensive Index Method as the main method, with both the MES method and the Australian method as the supplementary methods. A combination of multiple assessment methods is suggested to conduct occupational health risk assessment in the shoe-making industry.

Keywords: risk assessment; shoe-making industry; inhalation risk assessment; semi-quantitative risk assessment; comprehensive index; risk ratio

《中华人民共和国职业病防治法》^[1]自 2018 年修订后,明确规定国务院卫生行政部门应当对职业健康风险进行评估。职业健康风险评估作为我国各级卫生行政部门的主要职责之一,已然成为我国做好职业健康保护工作的重要手段和措施^[2]。目前,国际上对职业健康风险评估的研究比较成熟,包括美国环境保护署吸入风险评估法(以下简称“美国 EPA 法”)、新加坡化学物质职业暴露半定量风险评估法(以下简称“MOM 法”)、国际采矿和金属委员会职业健康评估法(以下简称“ICMM 法”)和澳大利亚职业健康与安全风险评估法(以下简称“澳大利亚法”)等^[3-7]。相比于发达国家,我国相关职业健康风险评估研究起步较晚,主要包括原国家安全生产监督管理总局的危险源辨识风险评价方法^[8](以下简称“MES 法”)、《工作场所职业病危害作业分级》^[9](以下简称“危害作业分级法”)和 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》^[10](以下简称“综合指数法”)等,其中 GBZ/T 298—2017 参考了 MOM 法等评估方法,根据我国实际情况,增加了综合指数法,进一步弥补了我国职业健康风险评估研究的空白。随着我国经济的日益增长,以化学有害因素为主要职业病危害的制鞋行业得到了越来越多的社会关注,也成为广州市重点职业病危害的监管内容。目前国内针对制鞋行业,运用多种职业健康风险评估方法的分析研究较少。本研究拟探索不同评估方法在制鞋行业中的适用性,为我国制鞋行业职业健康风险评估的方法研究提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象

采用立意抽样的方法,于 2019—2020 年选取广

州市内 4 家制鞋企业作为研究对象。4 家制鞋企业均为私营企业,均实行 8 h/d、6 d/周的劳动班制。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查

根据 6 种职业健康风险评估方法的要素,设计《职业卫生现场调查表》,对企业的基本情况、主要生产工艺流程、设备设施、原辅材料及使用情况、职业病危害因素来源和分布、工人工作日写实、防护设施、应急救援和个人防护情况以及职业卫生管理等内容展开调查。

1.2.2 职业病危害因素现场检测

根据 GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[11],结合现场调查职业卫生情况,对 4 家制鞋企业具有代表性的岗位进行采样,根据 GBZ/T 300.66—2017《工作场所空气有毒物质测定 第 66 部分:苯、甲苯、二甲苯和乙苯》、GBZ/T 160.45—2007《工作场所空气有毒物质测定 卤代烷烃类化合物》、GBZ/T 300.78—2017《工作场所空气有毒物质测定 第 78 部分:氯乙烯、二氯乙烯、三氯乙烯和四氯乙烯》和 GBZ/T 160.38—2007《工作场所空气有毒物质测定 烷烃类化合物》等标准^[12-15],对工作场所中苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和正己烷等化学毒物进行检测。检测结果参照 GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》^[16]进行评价。

1.2.3 职业健康风险评估方法

1.2.3.1 美国 EPA 法

(1) 致癌风险评估法。根据公式 $Risk = IUR \times EC$ 计算致癌风险值,其中, $EC = (CA \times ET \times EF \times ED) / AT$ 。式中 IUR 表示吸入单位风险 $[(\mu g/m^3)^{-1}]$, IUR 值均可在美国环境保护署(EPA)网站综合风险信息数据库(IRIS)数据库中查询;EC 表示暴露浓度

($\mu\text{g}/\text{m}^3$);CA 表示工作场所有毒有害物质的浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$);ET 表示暴露时间(h/d);EF 表示暴露频率(d/年);ED 表示暴露持续时间(年);AT 表示暴露周期平均时间(h) = 期望寿命 $\times 365 \times 24$,期望寿命按 2021 年广州市居民的期望寿命 83.18 岁^[17]计。 $\text{Risk} < 10^{-4}$ 表示风险较小可接受, $\text{Risk} \geq 10^{-4}$ 表示风险较高不可接受。

(2) 非致癌风险评估法。根据公式 $\text{HQ} = \text{EC}/\text{RfC}$ 评估健康风险,其中, $\text{EC} = (\text{CA} \times \text{ET} \times \text{EF} \times \text{ED})/\text{AT}$ 。式中 HQ 表示危害商数;RfC 表示参考接触浓度(mg/m^3),可在 EPA 网站 IRIS 数据库中查询;EC、ET、EF、ED 和 AT 与 1.2.3.1 致癌风险评估法一致。根据 HQ 值将风险等级划分为可忽略风险(< 0.1)、低风险($0.1 \sim < 0.5$)、中风险($0.5 \sim < 1.0$)、高风险($1.0 \sim < 2.0$)和极高风险(≥ 2.0),由低到高依次赋值为 1 ~ 5 分。

1.2.3.2 综合指数法

按照 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》中综合指数法,根据化学有害因素的毒性特征确定其危害等级(HR),综合考虑化学因素的蒸汽压力、E/OEL 比值、危害控制相关措施、日使用量和接触时间等因素,确定接触指数(EI),按照公式 $\text{ER} = (\text{EI}_1 \times \text{EI}_2 \times \dots \times \text{EI}_n)^{\frac{1}{n}}$ 计算接触等级,其中, n 表示接触因素的数量。根据公式 $R = \sqrt{\text{HR} \times \text{ER}}$ 计算风险值,划分为可忽略风险、低风险、中等风险、高风险和极高风险,由低到高依次赋值为 1 ~ 5。

1.2.3.3 ICMM 法

采用 ICMM 定量法,按照公式 $\text{RR} = C \times \text{PrE} \times \text{PeE}$ 计算风险等级,式中 RR 表示风险值; C 表示后果;PrE 表示暴露概率;PeE 表示暴露时间。根据风险值划分为可容忍风险(< 20)、潜在风险($20 \sim 69$)、高风险($70 \sim 199$)、非常高风险($200 \sim 399$)和不可容忍风险(≥ 400)5 级风险等级,由低到高依次赋值为 1 ~ 5 分。

1.2.3.4 澳大利亚法

参考《国外职业健康风险评估指南》^[18],确定职业病危害后果、暴露频率和发生概率,其中危害后果分为较小、较大、严重、十分严重、灾难和大灾难,暴露频率分为连续、经常、不经常、罕见和十分罕见,发生概率分为几乎不可能、可假设但不太可能、极小的可能性、小但有可能、十分可能和几乎确定。利用风险等级计算器或者人工手动连线的方法确定风险等级,可划分为低、中、重大、高和非常高 5 级,由低到高依次赋值为 1 ~ 5 分。

1.2.3.5 MES 法

根据公式 $R = M \times E \times S$ 计算风险程度(Risk),式中, M 表示控制措施的状态(无职业病危害防护措施、有防护措施但不完善和有合理的防护措施); E 表示接触时间(连续、每天工作时间、每周 1 次、每月 1 次、每年几次、更少); S 表示后果的严重程度(多人职业病、1 人职业病、职业性多发病和职业因素引起身体不适)。根据风险程度将风险等级划分为稍有危险、一般危险、显著危险、高度危险和极其危险,由低到高依次赋值为 1 ~ 5 分。

1.2.3.6 危害作业分级法

根据 GBZ/T 299.2—2010《工作场所职业病危害作业分级 第 2 部分:化学物》,按照公式 $G = W_D \times W_B \times W_L$ 计算分级指数,式中, G 表示分级指数; W_D 表示化学物危害程度级别的权重数; W_B 表示职业接触比值权重系数; W_L 表示劳动者体力劳动强度的权重数。根据分级指数 G 的结果将危害作业分为相对无害作业(0 级)、轻度危害作业(I 级)、中度危害作业(II 级)和重度危害作业(III 级),由低到高依次赋值为 1 ~ 4 分。

1.2.4 评估方法比较

因以上 6 种评估方法的风险等级各不相同,将各评估方法的风险等级从低到高依次从 1 开始赋值,故以风险比值法(风险等级/风险等级总数)对 6 种评估方法进行标化,比较各评估方法风险比值之间的差异。其中,美国 EPA 法同时存在致癌效应和非致癌效应者,综合风险等级以高者计算。

1.2.5 统计学分析

使用 SPSS 25.0 统计学软件对数据进行统计学分析,不同评估方法风险比值以 Kruskal-Wallis H 检验进行比较,检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 基本情况

4 家制鞋企业生产工艺流程相似,主要包括:领料→开料→面部刷胶(前段)→拉帮揸鞋→拔钉打磨→落底刷胶(中段)→定型贴底→清洗包装。工作场所通风均以自然通风为主,机械通风为辅;使用黏胶剂的岗位设置有抽排风设施,但抽风效果不佳,劳动者在接触化学毒物岗位均佩戴 3M 1203 型防毒口罩,个人防护用品使用登记记录完善;均制定了相应的职业卫生管理制度,按规定开展工作场所职业病危害因素检测和职业健康检查。

2.2 职业病危害因素检测

本次研究对 4 家制鞋企业的重点岗位进行分

析,主要包括面部刷胶(前段)岗、拉帮搥鞋岗、落底刷胶(中段)和清洗包装岗等,主要存在的职业病危害因素包括苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和正己烷。根据现场采样及实验室检测,工作场所空气中苯的时间加权平均浓度(C_{TWA})为 $<0.05 \sim 0.8 \text{ mg/m}^3$,1,2-二氯乙烷为 $<0.1 \sim 5.1 \text{ mg/m}^3$,三氯乙烯为 $<0.05 \sim 6.1 \text{ mg/m}^3$,正己烷为 $<0.07 \sim 2.6 \text{ mg/m}^3$,检测结果均符合国家相关职业接触限值的要求。见表 1。

表 1 工作场所空气中职业病危害因素检测结果

| 岗位 | 职业病危害因素 | $C_{TWA}/$ (mg/m^3) | 职业接触限值 (OEL)/(mg/m^3) | E/OEL |
|--------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|
| 面部刷胶 (前段) | 苯 | 0.2 ~ 0.8 | 6 | 0.13 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 3.2 ~ 5.1 | 7 | 0.73 |
| | 三氯乙烯 | 0.9 ~ 3.8 | 30 | 0.13 |
| | 正己烷 | 0.9 ~ 2.6 | 100 | 0.03 |
| 拉帮搥鞋 | 苯 | $<0.05 \sim 0.30$ | 6 | 0.05 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 0.9 ~ 4.0 | 7 | 0.57 |
| | 三氯乙烯 | 0.8 ~ 3.2 | 30 | 0.11 |
| | 正己烷 | $<0.07 \sim 0.90$ | 100 | 0.01 |
| 落底刷胶 (中段) | 苯 | $<0.05 \sim 0.31$ | 6 | 0.15 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 2.8 ~ 4.6 | 7 | 0.66 |
| | 三氯乙烯 | 0.2 ~ 4.1 | 30 | 0.14 |
| | 正己烷 | 0.07 ~ 2.2 | 100 | 0.02 |
| 清洗包装 | 苯 | <0.05 | 6 | 0.00 |
| | 1,2-二氯乙烷 | $<0.10 \sim 4.10$ | 7 | 0.59 |
| | 三氯乙烯 | $<0.05 \sim 6.10$ | 30 | 0.20 |
| | 正己烷 | 0.9 ~ 2.4 | 100 | 0.02 |

注:以各检测浓度最大值作为 E 计算 E/OEL。

2.3 风险评估

根据 6 种职业健康风险评估方法对 4 家制鞋企业进行职业健康风险评估,并对 6 种评估方法的风险等级进行标化,计算其风险比值,其中危害作业分级法因各职业病危害因素均符合职业接触限值,风险等级均为 0 级,风险比值为 0.25。不同评估方法风险比值不满足方差齐性,采用 Kruskal-Wallis H 检验对 6 种评估方法的风险比值进行比较。结果显示,6 种职业健康风险评估方法之间存在差异,具有统计学意义($P < 0.05$)。6 种评估方法进一步做两两比较,结果显示,美国 EPA 法、综合指数法、MES 法、ICMM 法和澳大利亚法评估的风险水平均高于危害作业分级法,具有统计学意义($H = 6.655$ 、 5.965 、 2.937 、 3.048 、 3.877 , $P < 0.05$),其中美国 EPA 法评估的风险水平最高,其次是综合指数法,MES 法和澳大利亚法评估的风险水平相近,ICMM 法与其他评估方法差异较大。见表 2 ~ 6。

表 2 美国 EPA 法职业健康风险评估结果

| 岗位及因素 | IUR/(μg/m³) ⁻¹ | 致癌效应 | | 非致癌效应 | | | 风险比值 |
|----------|--------------------------------|-----------------------|------|-------|--------|------|------|
| | | Risk/10 ⁻⁴ | 风险等级 | RFC | HQ | 风险等级 | |
| 面部刷胶（前段） | | | | | | | |
| 苯 | (2.2 ~ 7.8)×10 ⁻⁶ | (0.18 ~ 0.64) | 低 | 0.03 | 7.60 | 极高 | 1 |
| 1,2-二氯乙烷 | 2.6 × 10 ⁻⁵ | 9.08 | 高 | - | - | - | 1 |
| 三氯乙烯 | 4.1 × 10 ⁻⁶ | 1.07 | 高 | 0.002 | 541.37 | 极高 | 1 |
| 正己烷 | - | - | - | 0.7 | 1.06 | 高 | 0.8 |
| 拉帮搥鞋 | | | | | | | |
| 苯 | (2.2 ~ 7.8) × 10 ⁻⁶ | (0.023 ~ 0.080) | 低 | 0.03 | 2.85 | 级高 | 1 |
| 1,2-二氯乙烷 | 2.6 × 10 ⁻⁵ | 7.13 | 高 | - | - | - | 1 |
| 三氯乙烯 | 4.1 × 10 ⁻⁶ | 0.9 | 高 | 0.002 | 455.89 | 级高 | 1 |
| 正己烷 | - | - | - | 0.7 | 0.37 | 低 | 0.4 |
| 落底刷胶（中段） | | | | | | | |
| 苯 | (2.2 ~ 7.8) × 10 ⁻⁶ | (0.14 ~ 0.48) | 低 | 0.03 | 8.55 | 极高 | 1 |
| 1,2-二氯乙烷 | 2.6 × 10 ⁻⁵ | 12.29 | 高 | - | - | - | 1 |
| 三氯乙烯 | 4.1 × 10 ⁻⁶ | 1.15 | 高 | 0.002 | 584.11 | 极高 | 1 |
| 正己烷 | - | - | - | 0.7 | 0.90 | 中 | 0.6 |
| 清洗包装 | | | | | | | |
| 苯 | (2.2 ~ 7.8)×10 ⁻⁶ | (0.004 ~ 0.01) | 低 | 0.03 | 0.24 | 低 | 0.4 |
| 1,2-二氯乙烷 | 2.6 × 10 ⁻⁵ | 7.30 | 高 | - | - | - | 1 |
| 三氯乙烯 | 4.1 × 10 ⁻⁶ | 1.71 | 高 | 0.002 | 869.04 | 极高 | 1 |
| 正己烷 | - | - | - | 0.7 | 0.98 | 中 | 0.6 |

注:以该方法,本次调查企业各岗位和因素的参数 ET 均为 8 h/d, EF 为 312 d/年,ED 为 3 年,AT 以 83.18 岁计,不再列出。“-”表示参数不适用该评估方法,不进行计算。

表 3 综合指数法职业健康风险评估结果

| 岗位及因素 | HR | EL ₁ | EL ₂ (E/OEL) | EL ₃ | EL ₄ | EL ₅ | ER | 风险比值 |
|----------|----|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|------|
| 面部刷胶(前段) | | | | | | | | |
| 苯 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3.59 | 1.0 |
| 1,2-二氯乙烷 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 3.90 | 0.8 |
| 三氯乙烯 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3.59 | 0.8 |
| 正己烷 | 2 | 5 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3.13 | 0.6 |
| 拉帮搥鞋 | | | | | | | | |
| 苯 | 5 | 5 | 1 | 2 | 2 | 5 | 2.72 | 0.8 |
| 1,2-二氯乙烷 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 5 | 3.39 | 0.6 |
| 三氯乙烯 | 5 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 3.13 | 0.8 |
| 正己烷 | 2 | 5 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2.72 | 0.6 |
| 落底刷胶(中段) | | | | | | | | |
| 苯 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3.59 | 1.0 |
| 1,2-二氯乙烷 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 3.90 | 0.8 |
| 三氯乙烯 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3.59 | 0.8 |
| 正己烷 | 2 | 5 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3.13 | 0.6 |
| 清洗包装 | | | | | | | | |
| 苯 | 5 | 5 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2.72 | 0.8 |
| 1,2-二氯乙烷 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 5 | 3.39 | 0.6 |
| 三氯乙烯 | 4 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 3.13 | 0.8 |
| 正己烷 | 2 | 5 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2.72 | 0.6 |

注:EL₁为蒸气压: $<13.3 \text{ Pa} = 1$, $13.3 \sim <133 \text{ Pa} = 2$, $133 \sim <1330 \text{ Pa} = 4$, $\geq 1330 \text{ Pa} = 5$;E/OEL: $<0.1 = 1$, $0.1 \sim <0.5 = 2$, $0.5 \sim <1.0 = 3$, $1.0 \sim <2.0 = 4$, $\geq 2.0 = 5$;EL₃为危害控制措施:防护措施、设施充分且定期维护等 = 1,防护措施、设施充分但不定期维护等 = 2,防护措施、设施充分但无维护等 = 3,防护措施、设施不充分等 = 4,完全无防护措施、设施等 = 5;EL₄为日用量: $<0.2 \text{ kg/L} = 1$, $0.2 \sim <2 \text{ kg/L} = 2$, $2 \sim <20 \text{ kg/L} = 3$, $20 \sim <200 \text{ kg/L} = 4$, $\geq 200 \text{ kg/L} = 5$;EL₅为日接触时间: $<1 \text{ h} = 1$, $1 \sim <2 \text{ h} = 2$, $2 \sim <4 \text{ h} = 3$, $4 \sim <6 \text{ h} = 4$, $\geq 6 \text{ h} = 5$ 。

表 4 MES 法职业健康风险评估结果比较

| 岗位 | 职业病危害因素 | M | E | S | RF | 危险等级 | 风险比值 |
|----------|----------|---|---|---|----|------|------|
| 面部刷胶(前段) | 苯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 正己烷 | 3 | 6 | 1 | 18 | 1 | 0.2 |
| 拉帮揠鞋 | 苯 | 3 | 6 | 2 | 36 | 2 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 正己烷 | 3 | 6 | 1 | 18 | 1 | 0.2 |
| 落底刷胶(中段) | 苯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 正己烷 | 3 | 6 | 1 | 18 | 1 | 0.2 |
| 清洗包装 | 苯 | 3 | 6 | 2 | 36 | 2 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 3 | 6 | 4 | 72 | 3 | 0.6 |
| | 正己烷 | 3 | 6 | 1 | 18 | 1 | 0.2 |

注:M:合理有效的防护 = 1,有防护但不完善 = 3,无防护 = 5;E:更少的接触 = 0.5,每年几次 = 1,每月 1 次 = 2,每周 1 次 = 3,每天工作间接触 = 6,连续接触 = 10;S:职业因素引起的身体不适 = 1,职业性多发病 = 2,1 人职业病 = 4,多人职业病 = 8。

表 5 ICMM 法定量法职业健康风险评估结果比较

| 岗位 | 职业病危害因素 | 后果 | 风险等级 | 风险分类 | 风险比值 |
|----------|----------|----|------|--------|------|
| 面部刷胶(前段) | 苯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 15 | 900 | 不可容忍风险 | 1 |
| | 三氯乙烯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 正己烷 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| 拉帮揠鞋 | 苯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 15 | 900 | 不可容忍风险 | 1 |
| | 三氯乙烯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 正己烷 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| 落底刷胶(中段) | 苯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 三氯乙烯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 正己烷 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| 清洗包装 | 苯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 15 | 900 | 不可容忍风险 | 1 |
| | 三氯乙烯 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |
| | 正己烷 | 1 | 60 | 潜在风险 | 0.4 |

注:后果:小病 = 1,大病 = 7,重病 = 15,重大残疾 = 50,1 人或多人死亡 = 100;暴露概率:低 = 3,中 = 6,高 = 10;暴露时间:每年 1 次 = 0.5,每年几次 = 1,1 月几次 = 2,1 班次暴露 2 ~ 4 h = 6;1 班次连续暴露 8 h = 10。以该方法,本次调查企业各岗位和因素的参数“暴露概率”均为 6,“暴露时间”均为 10,不再列出。

表 6 澳大利亚法职业健康风险评估结果比较

| 岗位 | 职业病危害因素 | 估计概率 | 最严重后果 | 风险等级 | 风险比值 |
|----------|----------|----------|-------|------|------|
| 面部刷胶(前段) | 苯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 极小的可能性 | 严重 | 重大 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 正己烷 | 极小的可能性 | 较大 | 中等 | 0.4 |
| 拉帮揠鞋 | 苯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 极小的可能性 | 严重 | 重大 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 正己烷 | 极小的可能性 | 较大 | 中等 | 0.4 |
| 落底刷胶(中段) | 苯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 极小的可能性 | 严重 | 重大 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 正己烷 | 极小的可能性 | 较大 | 中等 | 0.4 |
| 清洗包装 | 苯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 1,2-二氯乙烷 | 极小的可能性 | 严重 | 重大 | 0.6 |
| | 三氯乙烯 | 可假设但不太可能 | 十分严重 | 重大 | 0.6 |
| | 正己烷 | 极小的可能性 | 较大 | 中等 | 0.4 |

注:以该方法,本次调查企业各岗位和因素的参数暴露频率均为“连续”,不再列出。

3 讨论

我国制鞋行业的职业病危害因素相对比较复杂,其生产自动化的程度较低,职业病防治的形势不容忽视。本研究选取的 4 家制鞋企业职业病危害因素检测结果虽然均符合职业接触限值,但运用 6 种职业健康风险评估方法评估的最高风险等级有高风险和重大风险等,其可能引起的职业健康风险仍然需要引起重视和关注。

本次研究的 6 种职业健康风险评估方法,识别和注重的客观、主观因素并不相同,计算所得的风险比值也各有不同。美国 EPA 法评估结果表明,面部刷胶(前段)、拉帮揠鞋、落底刷胶(中段)和清洗包装 4 个岗位苯的致癌风险均为低风险,1,2-二氯乙烷和三氯乙烯的致癌风险均为高风险,非致癌风险评估各岗位的风险等级均较高,苯和三氯乙烯均为极高风险(风险比值 1.0),评估结果与汤海涛^[19]等研究的结果基本一致。美国 EPA 法所考虑的因素比较全面,包括毒物的性质、暴露浓度、暴露时间等,评估的主观因素较少,评估结果较严谨、可靠,但该方法受 RfC 和 IUR 值的影响^[20],当 RfC 值很小时,即使岗位的职业病危害因素未超出职业接触限值,也可能得出高风险的评估结果。因此,在使用该方法时可考虑根据我国职业人群的生理特点适当调整 RfC 和 IUR 值^[21-23]。

本研究中,MES 法和澳大利亚法的风险评估结果相似。MES 法和澳大利亚法所考虑的因素比较简单,在缺少现场检测数据时仍具有一定的适用性,

但其评估过程往往存在主观依赖性, 容易存在主观偏倚^[9]。《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》中的综合指数法参考了国外 MOM 法等半定量评估方法, 能够全面结合工作场所有害因素的暴露水平及各方面的防护控制措施, 相比澳大利亚法等定性方法, 能弥补一定的不足, 且企业的职业卫生管理评估资料容易获得, 可操作性较强。

而 ICMM 法的风险评估结果与其他方法差异较大, 可能原因是该方法主要受后果(C 值) 因素的影响, C 值赋值从 1 ~ 100, 差距较大, 从而对风险等级的结果影响较大。危害作业分级法的风险水平最低, 这可能是由于该方法侧重职业接触比值权重系数(W_B), 本研究中各岗位浓度均低于职业接触限值, W_B 值为 0, G 值均为 0, 故该方法的风险评估水平最低。该方法仅考虑了化学毒物的危害程度、与职业接触限值的比重和劳动强度因素, 未对工作场所的危害防护设施进行评估, 因此也具有一定的局限性^[24]。

综上所述, 针对我国制鞋行业, 国外的职业健康风险评估模型大多是针对国外人群设计, 直接运用可能存在一定的局限性。在本次研究的 4 家制鞋企业中, 美国 EPA 法评估结果最高, 但受 RfC 值影响容易“高估”, 危害作业分级法和 ICMM 法侧重危害暴露水平, 容易“低估”评估结果, 均不适用于存在高毒化学物危害的制鞋行业。而综合指数法考虑的因素全面, 在我国制鞋行业中较为可行。建议以综合指数法为主, MES 法和澳大利亚法为辅, 综合考虑企业的性质、职业人群特征等因素, 结合多种评估方法对制鞋行业进行职业健康风险评估。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 中华人民共和国全国人民代表大会. 中华人民共和国职业病防治法 [A]. 2001-10-27.
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2023 年全国职业健康工作电视电话会议在京召开 [EB/OL]. [2023-04-19]. <http://www.nhc.gov.cn/zyjks/s3586s/202304/7fe0763bc6374cd99867503e5bf726c9.shtml>.
- [3] Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for superfund: volume I - human health evaluation manual (Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment) [M]. Washington D C: Environmental Protection Agency, 2009.
- [4] MINISTRY OF MANPOWER(SINGAPORE). A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals. Occupational safety and health Division [M/OL]. (2014-12-12) [2023 -05 -12]. <http://www.mom.gov.sg/workplace-safety-health/resources/>.
- [5] ICMM. Good practice guidance on occupational health risk assessment [M]. London: Pennington Fine Colour, 2009: 44-49.
- [6] ICMM. Good practice guidance on occupational health risk assessment [M]. 2th Edition. London: Pennington Fine Colour, 2016: 45-20.
- [7] University of Queensland. Occupational health and safety risk assessment and management guideline [R]. Queensland: Occupational Health & Safety Unit, 2011.
- [8] 中国职业安全健康协会. 危险源辨识、风险评价和控制措施策划指南: T/COSHA 004—2020 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 工作场所职业病危害作业分级 第 2 部分: 化学物: GBZ/T 229.2—2010 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则: GBZ/T 298—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有毒物质监测的采样规范: GBZ 159—2004 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定 第 66 部分: 苯、甲苯、二甲苯和乙苯: GBZ/T 300.66—2017 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [13] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定 卤代烷烃类化合物: GBZ/T 160.45—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [14] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定 第 78 部分: 氯乙烯、二氯乙烯、三氯乙烯和四氯乙烯: GBZ/T 300.78—2017 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [15] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定烷烃类化合物: GBZ/T 160.38—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [16] 中华人民共和国卫生部. 工作场所化学有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素: GBZ 2.1—2019 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [17] 广州市卫生健康委员会. 2021 年广州市居民期望寿命公布 [EB/OL]. (2022-07-01) [2023-05-12]. http://wjw.gz.gov.cn/xxgk/zdlyxx/ggws/content/post_8387729.htm.
- [18] 张美辨. 国外职业健康风险评估指南 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2014: 204-226.
- [19] 汤海涛, 王永伟, 盛佩佳, 等. 吸入风险评估模型在制鞋行业职业病危害评价中的应用 [J]. 现代预防医学, 2017, 44(3): 419-423.
- [20] 冯玉超, 赵远, 高原, 等. 多种职业健康风险评估方法在污水处理行业中的应用研究 [J]. 职业卫生与应急救援, 2021, 39(1): 45-49.
- [21] 张美辨, 徐秋凉. 探索职业健康风险分级方法, 促进用人单位职业卫生分类监管 [J]. 环境与职业医学, 2023, 40(6): 609-612.
- [22] 王艳艳, 田宏飞, 邵小翠. 美国 EPA 吸入风险评估模型在个体喷漆行业应用的探讨 [J]. 中国卫生工程学, 2018, 17(5): 785-786.
- [23] 袁伟明, 张美辨, 高向景, 等. 美国吸入风险评估模型累积效应在制鞋企业评估毒物致癌性的应用 [J]. 中国预防医学杂志, 2016, 17(3): 183-186.
- [24] 陈琳, 岑子博, 马炜钰, 等. 三种风险评估方法在某汽车 4S 店职业健康风险评估中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 37(11): 866-870.

收稿日期: 2023-08-21