· 评价与防护 ·

深圳市木质家具制造业有机溶剂 职业危害现状及其风险评估

Present status of occupational hazards by organic solvents and its risk assessment in wood furniture manufacturing industry in Shenzhen city

香映平, 黄业恩, 钟小欢, 周伟

(深圳市职业病防治院, 广东 深圳 518020)

摘要: 以2019—2021年深圳市职业病防治院开展行业专项工作的61家木质家具制造企业为研究对象, 通过有机溶剂主要挥发性有机组分分析、职业卫生调查和检测收集资料, 采用半定量综合指数法对有机溶剂危害严重的重点岗位进行职业健康风险评估。结果显示, 检出率较高的前十位挥发性有机组分依次为乙酸丁酯、二甲苯、乙苯、乙酸乙酯、甲苯、丙二醇甲醚醋酸酯、乙酸仲丁酯、甲醇、乙酸甲酯和丙酮; 大中型企业2个喷漆岗位、小微企业1个喷漆岗位和2个修色岗位的二甲苯个体时间加权平均浓度(C_{TWA})超标, 其他化学毒物 C_{TWA} 均符合国家职业接触限值要求; 大中型企业和小微企业各有1个修色岗位的接苯职业危害为高风险, 其他岗位均为可忽略风险、低风险和中等风险。卫生监督部门和企业重视喷漆和修色岗位的职业危害防护, 在降低作业场所化学毒物浓度的同时, 应加强包装清洁和喷(刷)胶岗位职业卫生防控措施。

关键词: 木质家具制造业; 有机溶剂; 化学物质; 风险评估

中图分类号: R135 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2023)05-0442-04

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2023.05.018

木质家具制造业为我国职业病危害严重的重点行业^[1-2], 由于使用大量的有机溶剂, 伴随高排放的挥发性有机物(VOCs)是该行业主要职业病危害因素^[3-5]。目前关于木质家具制造业有机溶剂危害的风险评估仍缺少相关的研究证据。本研究通过对深圳市木质家具制造企业作业场所进行职业卫生现状调查、监测和职业健康风险评估, 了解和掌握该行业使用有机溶剂的现状及其危害水平, 为卫生监督部门和企业提供科学的职业卫生防控依据。

基金项目: 深圳市科技创新委员会基础研究重点项目(编号: JCYJ20200109150831878)

作者简介: 香映平(1981—), 男, 硕士, 副主任医师, 注册安全工程师, 研究方向: 职业卫生。

通信作者: 周伟, 主任医师, E-mail: zhouwei198007@163.com

1 对象与方法

1.1 对象 采用方便抽样方法, 选择2019—2021年深圳市职业病防治院开展行业专项工作的61家木质家具制造企业为研究现场, 以喷漆、修色、包装清洁和喷(刷)胶岗位的操作工人为研究对象。

1.2 职业卫生学调查 根据《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)中半定量综合指数法职业健康风险评估要求, 对61家企业的生产工艺流程、原辅材料及使用量、劳动定员及工作制度、作业时间、职业危害防护设施、个人防护用品、职业卫生管理措施等进行调查。

1.3 挥发性有机组分分析 使用10 ml顶空瓶从有机溶剂原包装中抽取2 ml, 采用气相色谱-质谱联用法分析有机溶剂含有的主要挥发性有机组分。

1.4 职业卫生检测 根据《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T 160—2004)和《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004), 对接触化学有害物质的劳动者进行个体时间加权平均浓度(C_{TWA})采样和检测, 上、下午各采样2 h; 并依据《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1—2019)对化学毒物的浓度进行评价。

1.5 职业健康风险评估 参照GBZ/T 298—2017中的半定量综合指数法对木质家具制造企业进行职业健康风险评估。

1.6 质量控制 本研究所使用的GilAir Plus气体粉尘采样器、7890A气相色谱仪和7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪均经具有检定资质的法定计量机构检定, 其技术性能均可满足工作的需要。每个采样组配备2名经过专业技术培训并取得中级以上资格的技术人员进行现场采样和质量控制。

1.7 统计分析 运用Excel 2016建立数据库, 采用SPSS 26.0软件进行统计分析。计量资料化学物质的

检测结果经正态性检验,均不符合正态分布,采用中位数(四分位数间距) $[M(P_{25} \sim P_{75})]$ 描述;多组组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧),以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况 61家木质家具制造企业包括大中型企业10家、小微企业51家。根据职业卫生现场调查,生产工艺流程及存在的职业病危害因素较为相似^[6-7],主要工艺为开料、修边、拼板、机加工(木工)、木磨、组装、喷漆(胶)、油膜、修色、清洁、包装出货。喷漆和修色作业使用油漆、稀释剂和固化剂等有机溶剂,清洁作业使用白电油、天那水等有机溶剂,喷(刷)胶作业使用黄胶、白乳胶、万能胶、胶粘剂和喷胶等胶水。61家企业作业人员每周作业时间均 ≥ 40 h (40~69 h)。大中型企业的喷漆和修色岗位均设有独立密闭间并设置送风加水帘柜侧排风的通风方式,并为作业人员配备符合要求的活性炭过滤式防毒口罩,而少部分小微企业尚未设置独立密闭间或局部排风装置,配备的个人防护用品不符合要求。不同规模企业的包装清洁和喷(刷)胶岗位作业

人员配备的个人防护用品较差,而且工程防护措施缺失严重。

2.2 主要挥发性有机组分分析 采集61家企业使用的化学原料374份(大中型企业107份、小微企业267份)进行挥发性有机组分分析,检出率较高的前十位挥发性有机组分依次为乙酸丁酯(59.6%)、二甲苯(58.3%)、乙苯(56.1%)、乙酸乙酯(52.1%)、甲苯(37.7%)、丙二醇甲醚醋酸酯(36.4%)、乙酸仲丁酯(30.5%)、甲醇(24.3%)、乙酸甲酯(24.3%)和丙酮(13.9%);正己烷和苯的检出率分别为8.0%和5.3%。大中型企业和小微企业主要职业病危害因素中乙酸乙酯(37.4%、66.7%)和甲苯(65.4%、26.6%)检出率差异均有统计学意义($\chi^2=26.942$, 49.034, $P<0.05$)。

2.3 化学毒物浓度检测 大中型企业2个喷漆岗位的二甲苯 C_{TWA} 超过国家职业接触限值,小微企业2个修色岗位和1个喷漆岗位的二甲苯 C_{TWA} 超标,最高浓度为225.7 mg/m³,超标3.5倍,其他化学毒物检测点 C_{TWA} 均符合国家职业卫生标准。对不同规模企业主要化学毒物浓度进行比较,乙酸丁酯、乙酸乙酯和正己烷 C_{TWA} 差异均有统计学意义($Z=-3.614$ 、 -3.418 、 -3.087 , $P<0.05$)。见表1。

表1 不同规模企业化学毒物浓度检测结果

化学毒物	大中型企业		小微企业		Z	P
	检测点数(个)	C_{TWA} [$M(P_{25} \sim P_{75})$, mg/m ³]	检测点数(个)	C_{TWA} [$M(P_{25} \sim P_{75})$, mg/m ³]		
乙酸丁酯	30	8.40 (3.07~19.05)	46	1.20 (0.40~6.32)	-3.614	<0.05
二甲苯	38	5.90 (1.32~17.92)	96	5.10 (0.90~13.00)	-1.326	>0.05
乙苯	31	1.60 (0.40~4.30)	76	1.20 (0.20~2.72)	-1.293	>0.05
乙酸乙酯	29	4.20 (1.45~24.85)	44	1.40 (0.60~4.32)	-3.418	<0.05
甲苯	45	0.30 (0.05~0.85)	90	0.10 (<0.01~0.72)	-0.986	>0.05
乙酸甲酯	24	1.10 (<0.01~6.45)	27	0.40 (<0.01~8.70)	-0.321	>0.05
丙酮	13	<0.1	28	<0.1	-0.729	>0.05
正己烷	22	<0.01 (<0.1~0.12)	27	0.90 (0.05~4.40)	-3.087	<0.05
苯	10	<0.01 (<0.01~0.01)	30	<0.01 (<0.01)	-1.200	>0.05

不同岗位主要化学毒物 C_{TWA} 比较,二甲苯、乙苯、甲苯、丙酮和正己烷浓度差异有统计学意义($H=21.42$ 、 16.13 、 10.84 、 6.64 、 6.70 , $P<0.05$),各岗位间两两比较,喷漆与喷(刷)胶岗位二甲苯、乙苯和正己烷 C_{TWA} 差异有统计学意义;修色与喷(刷)胶岗位二甲苯和丙酮 C_{TWA} 差异有统计学意义;喷漆与包装清洁岗位甲苯 C_{TWA} 差异有统计学意义。见表2。

2.4 职业健康风险评估 采用半定量综合指数法对

61家企业乙酸丁酯、二甲苯、乙苯、乙酸乙酯、甲苯、乙酸甲酯、丙酮、正己烷和苯进行职业健康风险评估。结果显示,除大中型企业和小微企业各有1个修色岗位接触苯为高风险外,其他岗位均为中等风险及以下。对不同规模企业主要化学毒物危害的风险等级进行比较,差异有统计学意义($\chi^2=17.00$, $P<0.05$);多重比较结果显示,乙酸丁酯和乙酸乙酯危害的风险等级差异具有统计学意义($\chi^2=6.868$ 、 7.740 , $P<0.05$)。见表3。

表2 不同岗位化学毒物浓度检测结果 [$M(P_{25} \sim P_{75}), \text{mg}/\text{m}^3$]

化学毒物	喷漆			修色			包装清洁			喷(刷)胶			H	P
	检测点 数(个)	超标点 数(个)	C_{TWA}	检测点 数(个)	超标点 数(个)	C_{TWA}	检测点 数(个)	C_{TWA}	检测点 数(个)	C_{TWA}	检测点 数(个)	C_{TWA}		
乙酸丁酯	53	0	5.30 (0.55~12.25)	9	0	4.20 (3.20~10.40)	3	1.00 (0.06~1.30)	4	0.10 (0.06~2.80)	2.41	>0.05		
二甲苯	87	3	7.60 (1.90~15.90) ^a	15	2	5.60 (1.70~15.90) ^a	3	0.90	9	0.30 (0.13~0.45)	21.42	<0.05		
乙苯	78	0	1.70 (0.48~3.48) ^a	12	0	1.00 (0.24~3.98)	4	0.10 (0.08~0.44)	4	0.07 (0.03~0.10)	16.13	<0.05		
乙酸乙酯	51	0	2.40 (1.20~8.20)	8	0	1.70 (1.13~5.63)	2	5.30	3	0.06 (0.04~124.80)	1.75	>0.05		
甲苯	90	0	0.40 (0.10~1.03) ^b	14	0	0.25 (0.10~0.73)	3	0.04 (0.03~0.05)	7	0.03 (0.03~21.40)	10.84	<0.05		
乙酸甲酯	31	0	0.35 (0.10~9.98)	5	0	2.40 (1.35~6.45)	2	7.25	7	10.80 (0.17~15.10)	6.29	>0.05		
丙酮	29	0	0.10 (0.10~0.10)	4	0	0.10 (0.10~0.93) ^a	0	—	1	0.03 (0.03~0.03)	6.64	<0.05		
正己烷	14	0	0.10 (0.10~0.13) ^a	0	0	—	11	0.57 (0.10~4.40)	21	2.80 (0.10~9.35)	6.70	<0.05		
苯	21	0	0.10 (0.10~0.15)	5	0	0.10 (0.05~0.10)	0	—	3	0.05 (0.01~0.07)	2.37	>0.05		

注: a, 与喷(刷)胶岗位同化学物质比较, $P < 0.05$; b, 与包装清洁岗位比较, $P < 0.05$ 。包装清洁、喷(刷)胶岗位化学毒物检测浓度均未超标。

表3 不同规模企业化学毒物职业健康风险评估结果 [个]

化学毒物	大中型企业				小微企业				χ^2	P
	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险		
乙酸丁酯	19	0	18	1	33	8	25	0	6.868	<0.05
二甲苯	26	1	24	1	64	7	56	1	1.528	>0.05
乙苯	20	0	16	4	55	4	39	12	1.643	>0.05
乙酸乙酯	18	0	16	2	30	7	23	0	7.740	<0.05
甲苯	32	5	26	1	60	24	34	2	5.870	>0.05
乙酸甲酯	13	1	11	1	17	4	12	1	1.334	>0.05
丙酮	6	0	6	0	18	3	15	0	1.143	>0.05
正己烷	13	1	10	2	23	5	15	3	1.180	>0.05
苯	7	0	1	6	16	0	4	12	0.329	>0.05
合计	154	8	128	18	316	62	223	31	17.000	<0.05

对喷漆、修色、包装清洁和喷(刷)胶岗位化学毒物危害的风险等级进行比较, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 48.83, P < 0.05$); 多重比较结果显示, 喷漆、

修色岗位与包装清洁、喷(刷)胶岗位差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 而喷漆与修色岗位差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表4。

表4 不同岗位化学毒物职业健康风险评估结果 [个]

化学毒物	喷漆 ^{a,b}				修色 ^{a,b}				包装清洁				喷(刷)胶			
	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险	风险点数	可忽略风险	低风险	中等风险
乙酸丁酯	39	6	33	0	7	0	7	0	2	1	1	0	3	1	1	1
二甲苯	69	4	65	0	12	1	10	1	2	0	2	0	7	3	3	1
乙苯	63	2	49	12	10	1	7	2	3	0	2	1	3	1	1	1
乙酸乙酯	37	5	32	0	6	0	5	1	1	0	1	0	3	2	0	1
甲苯	70	20	50	0	12	2	9	1	3	3	0	0	6	4	0	2
乙酸甲酯	19	3	16	0	4	0	4	0	1	0	1	0	6	2	2	2
丙酮	20	2	18	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
正己烷	11	0	11	0	0	0	0	0	9	2	5	2	16	4	9	3
苯	18	0	3	15	3	0	1	2	0	0	0	0	2	0	1	1
合计	346	42	277	27	56	4	45	7	21	6	12	3	47	18	17	12

注: 职业健康风险评估, a, 与包装清洁岗位比较, $P < 0.05$; b, 与喷(刷)胶岗位比较, $P < 0.05$ 。

3 讨论

木质家具制造业劳动者接触化学毒物的种类繁多,对人体呼吸、皮肤和神经系统等均可产生危害^[3],其中苯为国际癌症研究机构(IARC)分类中G1类致癌物^[8],为白血病的致病因素之一^[9];正己烷可引起职业性急性或慢性中毒,且慢性中毒常呈群发性^[10-11]。我国主要采用职业接触限值进行职业危害风险评估,而半定量综合指数评估法在评估职业健康风险等级方面比现行的职业接触限值方法更全面、更严格,有利于企业做出针对性整改措施^[12]。

本研究收集油漆171份中水性漆42份,涉及19家企业;固化剂62份中水性固化剂4份,涉及4家企业;水性涂料的挥发性有机组分峰面积占比均<5%。近年来,企业对绿色环保的原材料愈加重视,深圳市木质家具制造业使用水性涂料的企业有所增加,但仍处于较低水平。水性涂料因直接使用清水稀释,较油性涂料大大减少了VOCs的排放^[13]。企业应按照生产工艺的需求积极推广水性涂料的使用,政府部门应配套多种政策引导和扶持企业使用水性涂料,在满足环保的同时提升企业产品的竞争力。

本次研究显示,3个喷漆岗位和2个修色岗位检测点空气中二甲苯 C_{TWA} 超标,并且有8个喷漆岗位检测点空气中二甲苯 C_{TWA} 超过国家职业接触限值的1/2,说明喷漆和修色岗位二甲苯的危害仍然严重。分析其原因可能与作业场所油漆、稀释剂和固化剂的使用量较大,原料中二甲苯的含量较高,而作业场所的局部排风装置设置不合理、通风量不能满足要求有关。企业应加强作业场所空气中二甲苯浓度较高岗位的职业卫生管理,设置独立密闭间并合理设置上送风加水帘柜侧排风的通风装置,加大排风量,定期维修和保养排风设施,员工正确佩戴符合要求的防毒口罩,并每年进行职业健康体检和职业卫生培训。

喷漆和修色岗位主要存在乙酸丁酯和乙酸乙酯危害,大中型企业工作场所空气中乙酸丁酯和乙酸乙酯 C_{TWA} 和风险等级均显著高于小微企业。分析其原因,主要是大中型企业喷漆和修色岗位含乙酸丁酯和乙酸乙酯原料的使用量较大,在类似的防护措施下其工作场所空气中 C_{TWA} 较高。

虽然2个修色岗位的苯 C_{TWA} 低于检出限值,但健康风险等级被评估为高风险。其原因是该企业员工的作业时间长(10 h/d, 6 d/周),作业场所未设置任何工程防护措施,员工未佩戴个人防护用品,而且企业未建立职业卫生管理制度,未执行落实职业健康

体检和培训。喷漆和修色岗位作业场所化学毒物的浓度普遍比包装清洁和喷(刷)胶岗位高,但包装清洁和喷(刷)胶岗位的风险等级反而较高,可能与包装清洁、喷(刷)胶岗位作业场所基本未设置工程防护措施控制化学物质扩散,员工普遍未佩戴符合要求的个人防护用品,职业健康体检落实不到位,职业卫生管理制度缺失等有关。

卫生监督部门和企业应重视木制家具制造业喷漆和修色岗位的职业危害防护措施,在降低作业场所毒物浓度的同时,加强包装清洁和喷(刷)胶岗位的防控措施,合理设置工程防护、督促员工正确佩戴符合要求的个人防护用品、合理安排作业时间以及建立与完善职业健康体检、职业健康培训等职业卫生管理制度,并加以执行落实,以降低职业健康风险等级,保护劳动者健康。

参考文献

- [1] 段佳丽,林艳发,吴能简,等.深圳市坪山区78家家具制造企业职业卫生管理现状调查[J].职业卫生与应急救援,2021,39(2):158-162.
- [2] 曹磊,冉瑞红.重庆市某木制家具制造企业职业病危害因素及其关键控制点分析[J].职业与健康,2020,36(19):2607-2610.
- [3] 任鸿,徐秋凉,李飞,等.木质家具制造企业职业病危害化学因素调查及防治对策[J].安全,2019,40(8):38-42.
- [4] 刘仲义.顺德区某木质家具制造企业职业病危害因素监测与评价[J].广东化工,2018,45(14):270-272.
- [5] 薛彩凤,高雪莹,朱惠丽,等.某家具制造各工序VOCs排放特征及风险评估[J].太原科技大学学报,2022,43(2):116-121.
- [6] 李克勇,迟美娜,孙原,等.上海市木质家具生产企业主要岗位职业病危害作业分级研究[J].职业卫生与应急救援,2016,34(3):199-202,215.
- [7] 王爱红,冷朋波,边国林,等.两种风险评估模型在木质家具制造企业职业健康风险评估中的应用[J].中华劳动卫生职业病杂志,2016,34(10):756-761.
- [8] 陆叶,黄简抒,周元陵,等.上海市某石化企业苯接触工人的职业危害风险评估[J].中华劳动卫生职业病杂志,2016,34(10):746-749.
- [9] 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.
- [10] 刘灵辉,钟伟燕,尹江伟.深圳市企业生产原料中职业危害因素正己烷来源分析[J].中国卫生检验杂志,2020,30(1):94-96,103.
- [11] 杨贵彬,池建源,陈曦.揭阳市某制鞋厂正己烷作业工人职业健康调查[J].中国卫生工程学,2021,20(4):563-565.
- [12] 杨燕,夏敏,陈坚,等.半定量风险评估法在木质家具制造企业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(5):369-373.
- [13] 许发财.中小型木质家具行业挥发性有机物的治理[J].化学工程与装备,2021(9):247-249.