

论著

DOI: 10.16369/j.oh.er.issn.1007-1326.2023.02.011

· 调查研究 ·

半定量职业健康风险评估方法 在某企业浸漆房的应用与研究

Application of semi-quantitative occupational health risk assessment method in painting booth of an enterprise

吴松刚, 商懿, 霍婷婷

WU Songgang, SHANG Yi, HUO Tingting

上海建科检验有限公司, 上海 201108

摘要:目的 探讨半定量职业健康风险评估方法在电机制造业浸漆工艺运用的可行性和适用性, 为此类工艺的风险评估方法的选择提供思路, 同时为优化风险评估模型提供参考。方法 对某企业 5 个浸漆房开展职业卫生现场调查和职业病危害因素检测, 运用接触比值评估法、接触指数法、综合指数法对该浸漆房进行职业健康风险评估, 将风险评估结果进行对比分析。结果 接触比值评估法评估结果显示, A、B、E 浸漆房浸漆工接触的苯乙烯为高风险, 其他均为低风险或可忽略风险。接触指数法评估结果显示, A、B 浸漆房浸漆工接触的二甲苯以及各浸漆房浸漆工接触的苯乙烯均为中等风险, 其他均为低风险。综合指数法评估结果显示, 各浸漆房浸漆工接触的苯乙烯均为中等风险, 接触的二甲苯均为低风险。若 $E/OEL < 0.1$, 接触指数法、综合指数法得到的岗位风险分级基本相同, 且敏感度高于接触比值法; 若 $E/OEL \geq 1$, 接触指数法、综合指数法得到的岗位风险分级低于接触比值评估法。接触指数法与综合指数法的分析结果有中等的一致性, 加权 Kappa 值为 0.714 ($P < 0.05$)。接触比值评估法与接触指数法、接触比值评估法与综合指数法评估结果尚无统计学意义上的一致性。结论 接触指数法、综合指数法可运用于本案例 $E/OEL < 0.1$ 情形下的职业健康风险分级; 若应用于 $E/OEL \geq 1$ 的情形, 当企业风险接受度较低时, 可选择接触比值评估法。

关键词: 电机制造; 浸漆房; 半定量; 职业健康; 风险评估; 接触比值评估法; 接触指数法; 综合指数法

中图分类号: R135 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2023)02-0177-04

引用: 吴松刚, 商懿, 霍婷婷. 半定量职业健康风险评估方法在某企业浸漆房的应用与研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(2): 177-180.

职业健康风险评估是通过全面、系统地辨识和分析工作场所存在的职业病危害因素及可能采取的防护措施, 定性或定量地测评职业健康风险水平, 并将风险划分等级, 从而采取相应控制措施的过程。20 世纪 80 年代, 一些国家或国际组织陆续制定了职业健康风险评估方法及评估指南^[1], 国内学者引用罗马尼亚职业事故和职业病风险评估模型、新加坡半定量风险评估模型、澳大利亚风险评估模型、美国国家环境保护局(EPA)评估模型、国际采矿及金属委员会(ICMM)评估模型等在不同行业开展广泛的应用研究, 取得了一定的成果^[2-7]。我国《职业病防治法》指出开展职业健康风险评估是卫生行政部门主要责任之一^[8], 2017 年制定的第 1 部关于

职业健康风险评估的标准 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》^[9](以下简称“技术导则”), 为企业开展化学有害因素的职业健康风险评估工作提供了依据。

本研究拟运用技术导则中的半定量接触比值评估法、接触指数法、综合指数法于 2021 年对某企业浸漆房职业病危害进行职业健康风险评估, 探讨职业健康风险评估方法在浸漆工艺运用的可行性和适用性, 为浸漆工艺的职业健康风险评估模型的优化提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选择某电机制造企业为研究对象, 该企业年生产汽车电动机 20 万台, 一号厂房设置 2 个相同的

基金项目: 上海建科检验有限公司科研创新项目 (HT0019006S3)

作者简介: 吴松刚 (1989—), 男, 硕士, 工程师

传统浸漆房 A、B, 四号厂房设置 3 个相同的自动化浸漆房 C、D、E, 浸漆工约 19 人, 实行 8 h 一班制, 每周工作 5 d。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查与检测

调查内容主要包括生产工艺、原辅料使用量、劳动者人数及作业方式、作业时间、职业病防护及应急救援设施、个体防护用品佩戴以及职业卫生管理制度的制定及落实情况等。参照 GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[10]等标准规范对工作场所空气中二甲苯、苯乙烯进行检测。

1.2.2 接触比值评估法

根据化学有害因素毒性和化学有害因素急性毒性实验数据进行危害特征分级 (HR), 选择两种评价分级方法中高级别等级进行风险等级评估。将接触浓度 (E) 与相应的职业接触限值 (occupational exposure limits, OEL) 进行比较, 以 E/OEL 的最大值为计, 确定接触等级 (ER)。风险指数根据公式 $R = \sqrt{HR \times ER}$ 进行计算, 风险等级从 1 ~ 5 分别对应可忽略风险、低风险、中等风险、高风险和极高风险, 不同等级的风险对应有不同的风险控制对策措施。

1.2.3 接触指数法

当无法获得工作场所空气中化学有害因素检测结果, 或某些化学有害因素未制定相应的职业接触限值时, 可根据接触指数 (EI) 进行分级, 接触指数主要取决于化学有害因素的蒸气压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、日/周物料使用量和日/周接触时间等 8 个接触因素, 根据公式 $ER = (EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n)^{1/n}$ 计算接触等级, n 是接触因素的个数, 风险等级的判定同 1.2.2。

1.2.4 综合指数法

当可获得工作场所空气中化学有害因素检测结果且已制定相应的职业接触限值时, 综合考虑职业防护及管理措施情况, 接触等级计算方法同 1.2.3, 风险等级的判定同 1.2.2。

1.2.5 统计学分析

采用 Excel 2011 软件建立数据库, 并利用 SPSS 软件进行统计分析, 对 3 种风险评估方法所得评估结果进行两两加权 Kappa 值一致性检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 现场调查和职业病危害因素检测结果

该企业浸漆房使用的物料主要为浸渍树脂 (各

组分的质量分数分别为: 苯乙烯 42%; 树脂 50%; 二甲苯 3%; 其他 5%)、稀释剂苯乙烯 (质量分数 > 90%), 年用量分别为 87 t、20 t, 浸漆操作工接触的主要职业病危害因素包括二甲苯、苯乙烯。一号厂房传统浸漆房作业工人主要负责浸漆房的加料、工件转移、清理漆渣的作业, 接触时间约 5 h/d; 四号厂房自动化浸漆房作业工人主要负责浸漆房内部巡检, 在浸漆房外部上下工件, 定期进行加料, 接触时间约 2 h/d。经现场调查, 在工程防护措施方面, A、B 传统浸漆房浸漆罐密闭化运行, 烘箱设置排风管, 但浸漆罐上下件作业点以及清理漆渣作业点未设局部排风装置, 作业人员长时间在浸漆房内作业; C、D、E 自动化浸漆房浸漆时在浸漆房内自动化运行, 浸漆房内设上送下排式整体通风系统, 作业人员仅在巡检和添加物料过程进入浸漆房。调查时 C、D 浸漆房通风系统正常运行, E 浸漆房排风机故障, 未正常运行。在应急救援设施方面, 各浸漆房均设有二甲苯检测报警装置、应急冲淋洗眼装置、吸附棉, 制定应急救援预案, 但未进行应急演练。职业病防护用品方面, 为员工配备了防毒半面罩、防护眼镜、防护手套、防护服, 定期发放和更换。在职业卫生管理情况方面, 未严格落实职业病防治责任制, 职业病危害警示标志和告知卡设置不齐全, 职业病危害项目申报项目不齐全, 职业卫生管理人员未接受培训, 未对新建项目按照要求开展职业病防护设施“三同时”工作, 未及时组织个别浸漆工进行岗前体检和复查, 未开展职业卫生中毒或化学品泄漏的应急演练。该企业浸漆房职业病危害因素现场检测结果见表 1。

表 1 各浸漆房浸漆工主要职业病危害因素检测结果

岗位	化学有害因素	日工作时间/(h/d)	$C_{TWA}/(mg/m^3)$	$C_{STEL}/(mg/m^3)$	E/OEL 值
A 浸漆房浸漆工	苯乙烯	5	106.4	201.2	2.012
	二甲苯	5	3.9	4.6	0.005
B 浸漆房浸漆工	苯乙烯	5	59.4	117.5	1.175
	二甲苯	5	3.2	3.8	0.004
C 浸漆房浸漆工	苯乙烯	2	2.1	4.1	0.041
	二甲苯	2	< 3.0	< 3.0	< 0.003
D 浸漆房浸漆工	苯乙烯	2	2.0	3.6	0.004
	二甲苯	2	< 3.0	< 3.0	< 0.003
E 浸漆房浸漆工	苯乙烯	2	69.8	295.3	2.953
	二甲苯	2	5.9	16.2	0.162

注: 苯乙烯、二甲苯时间加权平均容许浓度 (PC-TWA) 和短时间接触容许浓度 (PC-STEL) 值均分别为 50 mg/m³、100 mg/m³。

2.2 职业健康风险评估结果

2.2.1 接触指数分级

根据现场调查和职业病危害因素检测结果,进行接触指数(EI)分级,结果见表2。

表2 各浸漆房接触指数分级赋值结果

岗位	化学有害因素	蒸气压力(EI ₁)	E/OEL值(EI ₂)	危害控制措施				日工作量(EI ₈)	日工作时间(EI ₉)	
				卫生工程防护(EI ₃)	应急救援设施(EI ₄)	职业病防护用品(EI ₅)	应急救援措施(EI ₆)			职业卫生管理(EI ₇)
A 浸漆房浸漆工	苯乙烯	4	5	5	4	5	2	2	5	5
	二甲苯	4	1	5	4	5	2	2	3	5
B 浸漆房浸漆工	苯乙烯	4	4	5	4	5	2	2	5	5
	二甲苯	4	1	5	4	5	2	2	3	5
C 浸漆房浸漆工	苯乙烯	4	1	1	4	5	2	2	5	3
	二甲苯	4	1	1	4	5	2	2	3	3
D 浸漆房浸漆工	苯乙烯	4	1	1	4	5	2	2	5	3
	二甲苯	4	1	1	4	5	2	2	3	3
E 浸漆房浸漆工	苯乙烯	4	5	3	4	5	2	2	5	3
	二甲苯	4	2	3	4	5	2	2	3	3

2.2.2 风险评估结果

分别运用半定量接触比值评估法、接触指数法、综合指数法的模型计算风险指数R,评估结果见表3。

表3 半定量职业健康风险评估及作业危害分级结果

岗位	化学性有害因素	接触比值评估法			接触指数法			综合指数法			风险等级		
		HR	ER	R	HR	ER	R	HR	ER	R			
A 浸漆房浸漆工	苯乙烯	3	5	4	高风险	3	3	3	中等风险	3	4	3	中等风险
	二甲苯	2	1	1	可忽略风险	2	3	3	中等风险	2	3	2	低风险
B 浸漆房浸漆工	苯乙烯	3	4	4	高风险	3	3	3	中等风险	3	4	3	中等风险
	二甲苯	2	1	1	可忽略风险	2	3	3	中等风险	2	3	2	低风险
C 浸漆房浸漆工	苯乙烯	3	1	2	低风险	3	3	3	中等风险	3	3	3	中等风险
	二甲苯	2	1	1	可忽略风险	2	2	2	低风险	2	2	2	低风险
D 浸漆房浸漆工	苯乙烯	3	1	2	低风险	3	3	3	中等风险	3	3	3	中等风险
	二甲苯	2	1	1	可忽略风险	2	2	2	低风险	2	2	2	低风险
E 浸漆房浸漆工	苯乙烯	3	5	4	高风险	3	3	3	中等风险	3	3	3	中等风险
	二甲苯	2	2	2	低风险	2	3	2	低风险	2	3	2	低风险

注: E 浸漆房排风机未运行。

2.2.3 一致性检验分析

接触比值评估法与接触指数法的分级结果、接

触比值评估法与综合指数法的分级结果尚未体现出有统计学意义上的一致性(加权 Kappa 值分别为-0.067、-0.103, $P > 0.05$)。接触指数法与综合指数法的分级结果有中等的一致性,加权 Kappa 值为0.714($P = 0.035$)。

2.2.4 评估与分级结果分析

(1)对于 $E/OEL < 0.1$ 的情形:通过横向对比 A、B、C、D 浸漆房二甲苯以及 C、D 自动化浸漆房苯乙烯的风险等级可知,接触指数法、综合指数法得到的岗位风险分级基本相同,且敏感度高于接触比值法,接触指数法、综合指数法对此类作业的职业健康风险评估结果有较强的一致性,评估结果相对客观。

(2)对于 $E/OEL \geq 1$ 的情形:通过对比 A、B 传统浸漆房苯乙烯的风险等级可知,接触指数法、综合指数法得到的岗位风险分级均为中等风险,接触比值法得到的岗位风险分级为高风险,接触指数法、综合指数法的岗位风险分级低于接触比值法,主要原因为接触指数法、综合指数法的评估模型中把各项管控措施纳入其中,降低了接触等级,故风险指数降低。

3 讨论

本研究运用 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》中的接触比值评估法、接触指数法、综合指数法对某企业浸漆房进行职业健康风险评估,其评估结果均有不同,各职业健康风险评估方法均有其优缺点和适用性,企业可灵活使用多种职业健康风险评估方法进行比较,选择适合企业自身特点的风险评估方法,对企业自身职业病危害风险进行分级管理和分类控制,以更有针对性地开展职业病防治工作。

接触比值评估法考虑化学有害因素的毒性和作业人员的实际接触水平,未考虑管控措施对风险等级的影响;接触指数法可应用于尚未制定或无法获得工作场所职业接触限值的化学有害因素风险分级;综合指数法兼顾了有害因素的毒性特征、职业危害接触水平及管控措施。

接触指数法、综合指数法可运用于本案例 $E/OEL < 0.1$ 情形下的职业健康风险分级,与宁勇等^[11]报道结果相似,在对职业病危害预评价项目中职业病危害因素及其危害程度评估也可较好地应用^[12-13]。若应用于 $E/OEL \geq 1$ 情形,当企业风险接受度较低,企业从严进行职业健康管理,可选择接触比值评估法,反之,可选择接触指数法和综合指数法。

本研究仅选用 5 个浸漆房进行评估,缺少一定代表性,后续可进一步扩大相似工艺的样本数据,为此类工艺职业健康风险评估模型的完善提供依据。可在后续研究中进一步优化接触指数法、综合指数法中工程防护措施、接触比值、化学品使用量、员工职业健康状况的赋值^[14],同时应考虑职业病危害事故风险大小、工况变化对风险等级的影响,调整不同风险等级所对应的控制对策。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 张美辨,唐仕川. 职业健康风险评估方法学实践应用[M]. 北京:人民军医出版社,2016.
- [2] ZHOU L F, TIAN F, ZOU H, et al. Research progress in occupational health risk assessment methods in China [J]. Biomed Environ Sci, 2017, 30(8): 616-622.
- [3] 蒋凤,黄进,李欣,等. 三种职业健康风险评估方法在木质家具制造企业的应用研究 [J]. 职业与健康, 2019, 35(22): 3025-3031.
- [4] 刘忻,张锋,朱宝立. 职业健康风险评估模型在草甘膦生产企业中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 37(7): 525-528.
- [5] 霍婷婷,商懿,郭梅. 四种职业健康风险评估方法在无机颜料制造业中的运用与结果比较 [J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(4): 346-351.
- [6] 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; 79.
- [7] 赵雪,曾强,刘静,等. 五种方法在电焊烟尘接触工人职业健康风险评估中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2021, 39(5): 375-378.
- [8] 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会. 全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国劳动法》等七部法律的决定[EB/OL]. (2018-12-29)[2022-04-08]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-12/30/content_5353503.htm.
- [9] 国家卫生与计划生育委员会. 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:人民卫生出版社,2018.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有害物质监测的采样规范:GBZ 159—2004[S]. 北京:人民卫生出版社,2006.
- [11] 宁勇,王良锋,唐颖,等. 半定量综合指数法在某生活垃圾焚烧厂风险评估中的应用 [J]. 上海预防医学, 2021, 33(12): 1150-1153.
- [12] 阮晓颖,傅红,朱霖,等. 某垃圾生态填埋场项目职业病危害风险预评价[J]. 预防医学, 2019, 31(12): 1193-1199.
- [13] 杜春玲,李宁,段化莉. 职业健康危害风险评估法在某 30 万吨/年双氧水法环氧丙烷装置项目职业危害预评价中的应用 [J]. 中国卫生工程学, 2021, 20(5): 734-736.
- [14] 杨勇,李燕,余青,等. 半定量风险评估模型在己内酰胺生产企业职业健康风险评估中的应用[J]. 公共卫生与预防医学, 2019, 30(2): 46-49.

收稿日期:2022-08-11

(上接第 176 页)

- 蓄电池生产企业中的应用[J].浙江预防医学, 2013, 25(12): 8-11.
- [3] 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,2018.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中粉尘测定 第 1 部分:总粉尘浓度:GBZ/T 192.1—2007[S]. 北京:人民卫生出版社,2007.
- [5] 郭轶斌,郭威,秦宇辰,等. 基于 Kappa 系数的一致性检验及其软件实现[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(1): 169-170; 174.
- [6] 刘晓晓,周颖,雷浩昊,等. 不同风险评估法在某有色金属铸造企业职业健康风险评估中的应用 [J]. 上海预防医学, 2020, 32(11): 895-900.
- [7] IARC. Silica dust, crystalline, in the form of quartz or cristobalite. International agency for research on cancer (IARC) working group on the evaluation of arcinogenic risks to humans [R]. Lyon, France: IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 2012.
- [8] 丁钢强,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.
- [9] 湖南省工会干部学校课题组. 中国尘肺病群体生存现状分析[J]. 中国工人, 2016(6): 20-25.
- [10] 叶开友,徐瑞芳,陆辰汝,等. 2002—2013 上海市青浦区职业病发病特征[J]. 环境与职业医学, 2015, 32(5): 426-429.
- [11] 叶开友,刘晓晓,陆辰汝,等. 青浦区作业场所空气中电焊烟尘及矽尘浓度主动监测结果分析 [J]. 环境与职业医学, 2015, 32(12): 154-1157.
- [12] 刘彩玲,路建超,武永平. 电焊作业场所职业病危害风险综合评估[J]. 职业与健康, 2016, 32(17): 2319-2322.
- [13] 陈培仙,张海,杨燕,等. 两种风险评估法在粉尘职业健康风险评估中的应用比较 [J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(4): 352-356.

收稿日期:2022-08-04