

三种半定量职业健康风险评估方法在汽车整车制造业中的应用

叶伟平, 张成, 梁娇君, 毛革诗, 陈振龙

武汉市职业病防治院职业卫生科, 湖北 武汉 430015

摘要：

[背景] 汽车整车制造企业在生产过程中存在粉尘、化学毒物等职业病危害因素，会对作业人员的健康产生不良影响。

[目的] 应用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》中的三种半定量风险评估方法对汽车制造企业进行职业健康风险评估，探索其适用条件。

[方法] 采用判断抽样方法，从湖北省武汉市6家整车制造企业中选取4家，对接触职业病危害因素的主要岗位进行职业健康风险评估，并对三种方法的评估结果进行比较和验证。

[结果] 4家汽车整车制造企业的主要职业病危害因素为电焊烟尘、砂轮磨尘、锰及其无机化合物、二氧化氮、甲苯、二甲苯、丁酮、乙酸丁酯、丁醇、异丙醇。接触比值法评估结果显示，C、D企业熔化极惰性气体保护（melt inert-gas, MIG）焊岗位为高风险岗位。指数法评估结果显示，各企业的点焊、打磨岗位和A、C、D企业的MIG焊岗位为中等风险岗位。综合指数法评估结果与指数法相同。当接触浓度（exposure concentration, EC） $< 1/2$ 职业接触限值（occupational exposure levels, OELs）时，接触比值法的风险指数（risk, R）（ 1.694 ± 0.433 ）低于指数法（ 2.344 ± 0.317 ）和综合指数法（ 2.327 ± 0.317 ）（ $P < 0.001$ ）；当 $1/2 OELs \leq EC < OELs$ 时，接触比值法的R（ 2.966 ± 0.138 ）与指数法（ 2.916 ± 0.206 ）和综合指数法（ 2.924 ± 0.195 ）之间的差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；当 $EC \geq OELs$ 时，接触比值法的R（ 3.398 ± 0.289 ）高于指数法（ 2.802 ± 0.283 ）和综合指数法（ 2.887 ± 0.279 ）（ $P < 0.001$ ）。接触比值法与指数法的评估结果一致性差（加权Kappa=0.118, $P < 0.001$ ），与综合指数法的评估结果一致性差（加权Kappa=0.136, $P < 0.001$ ），指数法与综合指数法的评估结果一致性极好（加权Kappa=0.977, $P < 0.001$ ）。EC超过OELs的岗位，三种评估结果为中等风险以上，与OELs的判定结果相符。手工喷漆岗位在三种评估方法中被评估为可忽略风险岗位和低风险岗位，与职业健康监护结果不一致。

[结论] 三种半定量方法均能识别重点岗位，但是对于手工喷漆岗位的风险评估结果偏保守。三种半定量风险评估结果与EC有关，可根据职业病危害因素的EC，选择合适的评估方法。

关键词： 职业健康；风险评估；汽车整车制造业；半定量评估方法；接触比值法；指数法；综合指数法

Application of three semi-quantitative occupational health risk assessment methods in automobile manufacturing enterprises YE Wei-ping, ZHANG Cheng, LIANG Jiao-jun, MAO Ge-shi, CHEN Zhen-long (Occupational Health Department, Wuhan Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases, Wuhan, Hubei 430015, China)

Abstract:

[Background] Occupational hazards such as dust and toxic chemicals in the production process of automobile manufacturers will adversely affect the health of workers.

[Objective] This study applies three semi-quantitative risk assessment methods in GBZ/T 298-2017 *Guidelines for occupational health risk assessment of chemicals in the workplace* to assess the occupational health risk in automobile manufacturing enterprises and explores their applicability.

[Methods] Judgment sampling method was used to select four out of six automobile manufacturing enterprises in Wuhan City, Hubei Province to conduct occupational health risk assessment for the main positions exposed to occupational hazards, and the results of three

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19596

组稿专家

张美辨 (浙江省疾病预防控制中心职业健康与辐射防护所), E-mail: mbzhang@cdc.zj.cn

基金项目

国家职业卫生标准体系建设项目 (131031109000160010)

作者简介

叶伟平 (1984—), 男, 硕士, 主管医师; E-mail: 13377881745@163.com

通信作者

陈振龙, E-mail: 77785338@qq.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-08-30

录用日期 2019-12-30

文章编号 2095-9982(2020)02-0150-07

中图分类号 R13

文献标志码 A

► 引用

叶伟平, 张成, 梁娇君, 等. 三种半定量职业健康风险评估方法在汽车整车制造业中的应用 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (2): 150-156.

► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19596

Funding

This study was funded.

Correspondence to

CHEN Zhen-long, E-mail: 77785338@qq.com

Competing interests None declared

Received 2019-08-30

Accepted 2019-12-30

► To cite

YE Wei-ping, ZHANG Cheng, LIANG Jiao-jun, et al. Application of three semi-quantitative occupational health risk assessment methods in automobile manufacturing enterprises [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(2): 150-156.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19596

occupational health risk assessment methods were compared and verified.

[Results] The major occupational hazards of the four automobile manufacturers were welding fume, grinding wheel dust, manganese and its inorganic compounds, nitrogen dioxide, toluene, xylene, methyl ethyl ketone, butyl acetate, butanol, and isopropyl alcohol. The results of exposure ratio method showed that the melt inert-gas (MIG) welding positions of companies C and D were high-risk positions. The results of index method showed that the spot welding and polishing positions of the four companies and the MIG welding positions of companies A, C, and D were medium-risk positions. The results of composite index method were the same as the index method. When exposure concentration (EC) was less than $1/2$ of the relevant national occupational exposure limits ($OELs$), the risk index (R) of the exposure ratio method (1.694 ± 0.433) was lower than those of the index method (2.344 ± 0.317) and the composite index method (2.327 ± 0.317) ($P < 0.001$). When $1/2 OELs \leq EC < OELs$, there was no significant difference in the R values of the exposure ratio method (2.966 ± 0.138), the index method (2.916 ± 0.206), and the composite index method (2.924 ± 0.195) ($P > 0.05$). When $EC \geq OELs$, the R of the exposure ratio method (3.398 ± 0.289) was higher than those of the index method (2.802 ± 0.283) and the composite index method (2.887 ± 0.279) ($P < 0.001$). The consistency of the assessment results between the exposure ratio method and the index method was poor (weighted Kappa=0.118, $P < 0.001$), that between the exposure ratio method and the composite index method was also poor (weighted Kappa=0.136, $P < 0.001$), and that between the index method and the composite index method was excellent (weighted Kappa=0.977, $P < 0.001$). For positions with EC exceeding $OELs$, the three assessment results were all above medium risk, consistent with the determination results of $OELs$. The manual spraying positions were evaluated as negligible-risk positions and low-risk positions by the three assessment methods, inconsistent with the results of occupational health examination.

[Conclusion] The three semi-quantitative risk assessment methods can identify key positions with occupational health hazards, but the results for the manual spraying positions are conservative. Because the results of the three methods are related to EC , it is suggested to choose appropriate assessment methods according to the EC of target occupational hazardous factors.

Keywords: occupational health; risk assessment; automobile manufacturer; semi-quantitative assessment method; exposure ratio method; index method; composite index method

在我国目前职业卫生评价活动中,对工作场所某个岗位的职业危害程度评价往往只用是否超标作为评价指标,而这个指标有一定局限性,不能全面反映其职业危害程度的大小,对企业职业卫生管理指导性不够强^[1]。职业健康风险评估是对劳动者因接触职业病危害因素导致的职业健康风险进行系统评估,划分风险等级,从而提出相应的预防与控制措施,减少职业危害事故的发生^[2]。美国、澳大利亚和新加坡等多个国家根据本国实际情况建立了风险评估方法^[3-5]。2017年我国颁布了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》^[6](以下简称技术导则),将职业健康风险评估方法分为定性、半定量和定量三大类。汽车整车制造业在生产过程中存在粉尘、化学毒物等职业病危害因素,会对作业人员的健康产生不良影响。为了全面评估汽车整车制造业各岗位职业健康风险,本研究采用技术导则中的接触比值法、指数法和综合指数法对湖北省武汉市4家汽车整车制造企业主要岗位进行职业健康风险评估,比较三种半定量方法的适用性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用判断抽样方法,于2018年从湖北省武汉市6家汽车整车制造业中选取其中4家企业(简称为

A、B、C、D企业)进行职业卫生学调查和职业病危害因素检测,对主要岗位进行职业健康风险评估。

1.2 方法

1.2.1 职业卫生学调查 调查上述企业的基本情况、生产工艺、主要原辅料使用情况、劳动定员、岗位分布、生产制度、接触时间、防护设施设置情况、个人防护用品配备和使用情况、职业卫生管理制度等。

1.2.2 职业病危害因素检测 根据GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》要求^[7],对上述企业工作场所的化学有害因素进行采样。以个体采样为主,部分无法进行个体采样的则使用定点采样。定点采样在工作日的上、下午不同时段进行,其中上午采样2次,下午1次,每次15 min。根据接触时间,计算其时间加权平均浓度(time weighted average concentration, C_{TWA}),作为接触浓度(exposure concentration, EC)。

1.3 职业健康风险评估

参照技术导则中半定量风险评估的工作程序和方法^[6]进行评估。

1.4 评估方法比较

对三种评估方法评估结果的总体差异以及在不同接触浓度 [$EC < 1/2 OELs$ 、 $1/2 OELs \leq EC < OELs$ 、 $EC \geq OELs$; $OELs$: 职业接触限值(occupational exposure limits)]下的差异进行比较,对三种评估方法评估结果的一致性进行比较,对三种评估方法评估结果与 EC 的相关性

进行比较,对三种评估方法评估结果与OELs进行验证,对三种评估方法评估结果与职业健康监护结果进行验证。

1.5 统计学分析

用SAS 9.4软件进行统计分析。对三种评估方法评估结果的差异性使用单因素方差分析;对EC与三种评估方法的相关性使用采用Pearson相关分析;对三种评估方法评估结果的一致性检验使用加权Kappa一致性检验,Kappa系数 ≤ 0.40 为一致性差;0.41~0.74为一致性好;0.75~1.00为一致性极好^[8]。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 职业卫生学调查结果

4家汽车整车制造企业生产工艺基本一致,主要

为冲压→焊接→涂装→总装,接触职业病危害因素的主要岗位有焊接、打磨、喷漆,主要职业病危害因素为电焊烟尘、砂轮磨尘、锰及其无机化合物、二氧化氮、甲苯、二甲苯、丁酮、乙酸丁酯、丁醇、异丙醇。各企业均建立了相应的职业卫生管理制度,采取了应急管理措施。各企业职业卫生基本情况见表1。

2.2 接触比值法评估结果

4家企业各岗位职业病危害因素风险指数(risk, R)为1~4,风险等级为可忽略、低、中等和高风险。其中C、D企业熔化极惰性气体保护(melt inert-gas, MIG)焊岗位为高风险岗位。见表2。

2.3 指数法评估结果

4家企业各岗位职业病危害因素R为2~3,风险等级为低、中等风险。其中各企业的点焊、打磨岗位和A、C、D企业的MIG焊岗位为中等风险岗位。见表2。

表1 武汉市4家汽车整车制造企业职业卫生基本情况

Table 1 General occupational health information in four automobile manufacturers in Wuhan

企业 Enterprise	年生产规模/万辆 Annual production capacity/10 ⁴ vehicles	工人数 Workers	岗位 Position	原辅料 Materials	日接触时间/h Daily exposure hours	日使用量 Daily usage	周工作天数/d Weekly work days	作业方式 Operation	防护措施 Protective measure
A	25	4681	点焊 Spot welding	—	9.5	—	5	手工/半自动 Manual/semi-automatic	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			MIG焊 MIG welding	焊丝 Welding wire	9.5	20 kg	5	手工 Manual	局部通风,个人防护 Local ventilation, personal protection
			打磨 Polishing	—	9.5	—	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			手工喷漆 Manual spraying	油漆 Paint	9.5	24 L	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
B	15	1641	点焊 Spot welding	—	7.5	—	5	半自动 Semi-automatic	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			MIG焊 MIG welding	焊丝 Welding wire	0.5	1 kg	5	手工 Manual	局部通风,个人防护 Local ventilation, personal protection
			打磨 Polishing	—	7.5	—	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			手工喷漆 Manual spraying	油漆 Paint	1.0	18 L	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
C	8	1412	点焊 Spot welding	—	8.0	—	5	手工/半自动 Manual/semi-automatic	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			MIG焊 MIG welding	焊丝 Welding wire	8.0	18 kg	5	手工 Manual	局部通风,个人防护 Local ventilation, personal protection
			打磨 Polishing	—	8.0	—	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			手工喷漆 Manual spraying	油漆 Paint	8.0	36 L	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
D	15	1815	手工点焊 Manual spot welding	—	10.0	—	5	手工/半自动 Manual/semi-automatic	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection
			MIG焊 MIG welding	焊丝 Welding wire	10.0	20 kg	5	手工 Manual	局部通风,个人防护 Local ventilation, personal protection
			手工喷漆 Manual spraying	油漆 Paint	10.0	28 L	5	手工 Manual	全面通风,个人防护 General ventilation, personal protection

2.4 综合指数法评估结果

综合指数法与指数法评估结果相同。见表2。

2.5 三种评估方法差异性

接触比值法的R为1.857±0.628, 指数法的R为2.401±0.349, 综合指数法的R为2.302±0.375, 接触比值法的R低于指数法和综合指数法 ($P < 0.001$), 指数法与综合指数法评估结果之间的差异无统计学意义 ($P = 0.134$)。见表2。

当 $EC < 1/2 OELs$ 时, 接触比值法的R为1.694±0.433, 指数法的R为2.344±0.317, 综合指数法的R为2.327±

0.317, 接触比值法的R低于指数法和综合指数法 ($P < 0.001$), 指数法与综合指数法评估结果之间的差异无统计学意义 ($P = 0.107$)。当 $1/2 OELs \leq EC < OELs$ 时, 接触比值法的R为2.966±0.138, 指数法的R为2.916±0.206, 综合指数法的R为2.924±0.195, 三种方法评估结果之间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。当 $EC \geq OELs$ 时, 接触比值法的R为3.398±0.289, 指数法的R为2.802±0.283, 综合指数法的R为2.887±0.279, 接触比值法的R高于指数法和综合指数法 ($P < 0.001$), 指数法与综合指数法评估结果之间的差异无统计学意义 ($P = 0.401$)。见图1。

表2 三种半定量职业健康风险评估方法对武汉市4家汽车整车制造企业主要职业病危害因素的评估结果比较

Table 2 Comparison of grading occupational health hazardous factors by three semi-quantitative occupational health risk assessment methods in four automobile manufacturers in Wuhan

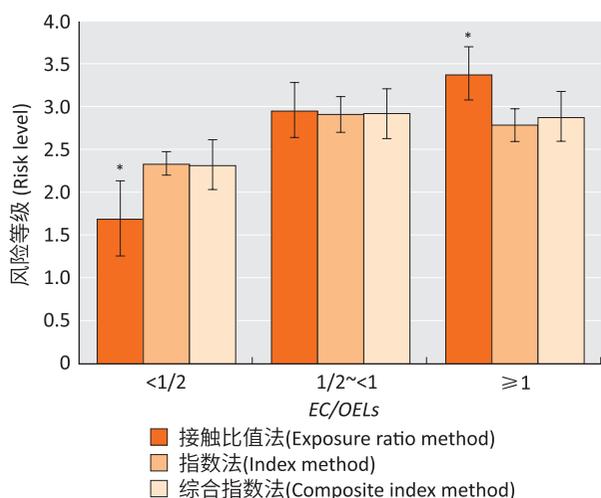
企业 Enterprise	岗位 Position	危害因素 Hazardous factor	检测点数 Detected sites	OELs/ mg·m ⁻³	C _{TW} / mg·m ⁻³	HR	接触比值法 Exposure ratio method		指数法 Index method		综合指数法 Composite index method	
							ER	R	ER	R	ER	R
A	点焊 Spot welding	电焊烟尘 Welding fume	21	4	1.305±0.982	3	2.238±0.625	2.572±0.320	2.340	2.650	2.309±0.107	2.631±0.059
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	21	5	0.084±0.017	2	1.000	1.414	2.340	2.163	1.974	1.414
	MIG焊 MIG welding	电焊烟尘 Welding fume	9	4	0.811±0.542	3	1.778±0.441	2.290±0.316	2.343	2.720	2.343±0.100	2.651±0.057
		锰及其无机化合物 Manganese and its inorganic compounds	9	0.15	0.046±0.068	2	1.778±1.093	1.817±0.536	2.466	2.233	2.312±0.186	2.149±0.085
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	9	5	0.093±0.043	2	1.000	1.414	2.466	2.233	2.168	2.082
	打磨 Polishing	砂轮磨尘 Grinding wheel dust	6	8	1.300±1.620	3	1.500±0.837	2.063±0.541	3.129	3.064	2.727±0.225	2.858±0.116
	手工喷漆 Manual spraying	甲苯 Toluene	9	50	<0.03	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.028
		二甲苯 Xylene	9	50	0.992±2.010	2	1.111±0.333	1.479±0.195	2.188	2.092	2.004±0.060	2.002±0.029
		乙酸丁酯 Butyl acetate	9	200	0.328±0.418	2	1.000	1.414	2.188	2.092	1.984	1.922
		丁酮 Methyl ethyl ketone	9	300	0.127±0.212	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.135
丁醇 Butanol		9	100	5.333±11.305	2	1.111±0.333	1.479±0.195	2.188	2.092	2.004±0.060	2.002±0.029	
B	点焊 Spot welding	电焊烟尘 Welding fume	12	4	0.531±0.290	3	1.750±0.452	2.270±0.324	2.512	2.745	2.352±0.119	2.656±0.068
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	12	5	0.043±0.017	2	1.000	1.414	2.512	2.241	2.154	2.076
	MIG焊 MIG welding	电焊烟尘 Welding fume	3	4	0.767±0.158	3	2.000	2.449	1.648	2.223	1.694	2.449
		锰及其无机化合物 Manganese and its inorganic compounds	3	0.15	0.016±0.008	2	1.667±0.577	1.805±0.338	1.648	1.815	1.641±0.092	1.810±0.051
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	3	5	0.021±0.007	2	1.000	1.414	1.648	1.815	1.534	1.752
	打磨 Polishing	砂轮磨尘 Grinding wheel dust	6	8	2.832±2.660	3	1.833±0.753	2.302±0.490	2.724	2.859	2.523±0.183	2.302±0.490

续表 2

企业 Enterprise	岗位 Position	危害因素 Hazardous factor	检测点数 Detected sites	OELs/ mg·m ⁻³	C _{TWA} / mg·m ⁻³	HR	接触比值法 Exposure ratio method		指数法 Index method		综合指数法 Composite index method	
							ER	R	ER	R	ER	R
C	手工喷漆 Manual spraying	甲苯 Toluene	3	50	<0.03	2	1.000	1.414	1.919	1.959	1.769	1.414
		二甲苯 Xylene	3	50	<0.05	2	1.000	1.414	1.842	1.919	1.707	1.848
		乙酸丁酯 Butyl acetate	3	200	0.205±0.174	2	1.000	1.414	1.842	1.919	1.707	1.848
		丁醇 Butanol	3	100	<0.3	2	1.000	1.414	1.842	1.919	1.707	1.848
	点焊 Spot welding	电焊烟尘 Welding fume	8	4	1.025±1.316	3	2.000±0.926	2.397±0.539	2.727	2.859	2.556±0.190	2.397±0.539
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	8	5	0.046±0.329	2	1.000	1.414	2.724	2.334	2.305	2.147
	MIG 焊 MIG welding	电焊烟尘 Welding fume	4	4	5.975±4.055	3	1.494±1.014	3.197±0.613	2.904	2.952	2.962±0.166	2.980±0.084
		锰及其无机化合物 Manganese and its inorganic compounds	4	0.15	0.455±0.601	2	3.500±1.732	2.581±0.671	2.904	2.410	2.946±0.222	2.426±0.092
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	4	5	0.082±0.043	2	1.000	1.414	2.904	2.410	2.494	2.233
	打磨 Polishing	砂轮磨尘 Grinding wheel dust	3	8	1.433±0.777	3	2.000	2.449	3.129	3.064	2.904	2.952
	手工喷漆 Manual spraying	甲苯 Toluene	3	50	0.092±0.775	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.028
		二甲苯 Xylene	3	50	1.420±0.956	2	1.000	1.414	2.188	2.092	1.984	1.992
乙酸丁酯 Butyl acetate		3	200	42.767±14.745	2	2.000	2.00	2.188	2.092	2.163	2.080	
丁酮 Methyl ethyl ketone		3	300	1.770±0.461	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.028	
丁醇 Butanol		3	100	2.527±0.523	2	1.000	1.414	2.188	2.092	1.984	1.992	
D	手工点焊 Manual spot spraying	电焊烟尘 Welding fume	18	4	2.661±1.330	3	2.722±0.669	2.837±0.350	2.954	2.977	2.903±0.119	2.950±0.061
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	18	5	0.122±0.014	2	1.000	1.414	2.954	2.431	2.466	2.221
	MIG 焊 MIG welding	电焊烟尘 Welding fume	6	4	4.950±2.487	3	3.833±0.753	3.378±0.333	3.107	3.053	3.196±0.090	3.096±0.044
		锰及其无机化合物 Manganese and its inorganic compounds	6	0.15	0.118±0.119	2	2.667±1.155	2.276±0.478	3.107	2.493	3.019±0.175	2.457±0.071
		二氧化氮 Nitrogen dioxide	6	5	0.123±0.015	2	1.000	1.414	3.107	2.493	2.643	2.299
	打磨 Polishing	砂轮磨尘 Grinding wheel dust	3	8	4.733±3.523	3	2.667±1.155	2.788±0.586	3.129	3.064	3.023±0.205	3.010±0.101
	手工喷漆 Manual spraying	甲苯 Toluene	6	50	<0.03	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.028
		二甲苯 Xylene	6	50	<0.05	2	1.000	1.732	2.188	2.562	1.984	2.440
		乙酸丁酯 Butyl acetate	6	200	1.547±1.548	2	1.000	1.414	2.188	2.092	1.984	1.992
		异丙醇 Isopropyl alcohol	6	350	<0.47	2	1.000	1.414	2.280	2.135	2.057	2.028
	合计 Total		292					1.857±0.628		2.401±0.349 ^a		2.302±0.375 ^a

[注] HR: 危害分级; ER: 接触等级; R: 风险指数: 1=可忽略风险, 2=点风险, 3=中等风险, 4=高风险, 5=极高风险; a: 与接触比值法比较, $P < 0.001$ 。

[Note] HR: Hazard rating; ER: Exposure rating; R: Risk; 1=Negligible risk; 2=Spot risk; 3=Medium risk; 4=High risk; 5=Very high risk; a: Compared with exposure ratio method, $P < 0.001$.



[注 (Note)] * : $P < 0.001$ 。

图 1 不同浓度等级下三种半定量职业健康风险评估方法的风险等级比较

Figure 1 Risk levels for different concentration levels of target hazards by three semi-quantitative occupational health risk assessment methods

2.6 三种评估方法一致性

接触比值法与指数法的评估结果一致性差 (加权 $Kappa=0.118$, $P < 0.001$), 接触比值法与综合指数法的评估结果一致性差 (加权 $Kappa=0.136$, $P < 0.001$), 指数法与综合指数法的评估结果一致性极好 (加权 $Kappa=0.977$, $P < 0.001$)。

2.7 三种评估方法结果与 EC 相关性

接触比值法评估结果与 EC 为极强相关 ($r=0.950$, $P < 0.001$), 指数法评估结果与 EC 为强相关 ($r=0.611$, $P < 0.001$), 综合指数法评估结果与 EC 为强相关 ($r=0.741$, $P < 0.001$)。

2.8 三种评估方法结果与 OELs 验证

99 个粉尘检测点中, 8 个电焊烟尘和 1 个砂轮磨尘的检测结果超过 OELs; 22 个锰及其无机化合物的检测点中, 4 个点的检测结果超过 OELs, 均在 C、D 企业的 MIG 焊岗位, 接触比值法、指数法和综合指数法的评估结果均为中度风险以上 (见表 2); 其余所有检测点的化学毒物检测结果均低于 OELs, 与 OELs 结果相符。

2.9 三种评估方法结果与职业健康监护结果验证

查阅 2018 年度职业健康监护档案, 发现 4 家企业共 1318 名苯系物作业人员, 其中有 37 人 (2.8%) 的白细胞计数低于 $4.0 \times 10^9 L^{-1}$, 为苯系物作业职业禁忌证。手工喷漆岗位在三种评估方法中被评估为可忽略风险岗位和低风险岗位, 这与职业健康监护结果不一致。

3 讨论

随着汽车整车制造工艺的不断改进, 大部分焊接、涂装工艺已实现机械化, 人工焊接、喷漆作业逐步被机械手所代替, 小部分返修焊接、喷漆还是手工作业。本次研究结果显示, 除 C、D 企业少部分检测点外, 其余检测点的化学毒物检测结果均低于 OELs, 这与其他城市的汽车制造企业的报道结果相似^[9-11]。

Pearson 相关性分析结果显示: 三种评估方法评估结果与 EC 均有相关关系, 相关性为接触比值法 > 综合指数法 > 指数法; 对三种评估结果进行一致性检验, 结果显示: 接触比值法与指数法、综合指数法评估结果的一致性差, 指数法与综合指数法的评估结果一致性极好。出现以上结果的原因可能为三种评估方法确定危害等级的方法相同, 而确定接触等级的方法不同。接触比值法直接由 EC 确定接触等级; 综合指数法除了考虑 EC 之外, 还考虑了化学有害因素的蒸汽压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、使用量和接触时间; 指数法除了不考虑 EC 之外, 基本与综合指数法相同, 而这一因素作为多个因素中的一个, 对计算结果的影响不够明显, 贡献较小。

评估方法差异性比较显示: 三种半定量风险评估方法的评估结果与 EC 之间存在一定关系, EC 变化对接触比值法的风险评估结果影响较大。当 $EC < 1/2 OELs$ 时, 接触比值法的评估结果均小于其他两种方法; 当 $1/2 OELs \leq EC < OELs$ 时, 三种评估方法结果之间的差异无统计学意义; 当 $EC \geq OELs$ 时, 接触比值评估法的评估结果均高于其他两种方法, 这与有关文献报告结果一致^[12]。分析原因可能为 R 主要受 HR 和 ER 影响, 上述三种方法中 HR 均相同, 那么主要影响因素就是 ER。本研究所选择的 4 家企业的企业规模、岗位、职业病危害因素、职业病危害控制措施基本相似, 指数法和综合指数法的 ER 为 2~3 左右, 接触比值法的 ER 与 EC 有关。因此, 可以根据 EC, 选择合适的方法进行评估。

与 OELs 验证显示: 企业 C、D 的部分 MIG 焊岗位电焊烟尘、锰及其无机化合物的 EC 超过 OELs, 接触比值法、指数法和综合指数法的评估结果为中等风险以上, 与 OELs 判定结果相符, 说明三种方法均能识别重点岗位。

与职业健康监护结果验证显示: 手工喷漆岗位在三种评估方法中被评估为可忽略风险岗位和低风险岗位, 这与职业健康监护结果不一致, 评估方法可能偏于保守而低估了风险等级, 提示苯系物 EC 即使低于行

动水平仍可对工人的健康造成不良后果^[13-14]。

需要说明的是, 本研究所用的三种半定量职业健康风险评估方法在使用上存在一定的局限性, 只能用于粉尘和化学物质的风险评估, 不适用于物理因素。对于接触噪声、高温、紫外辐射等职业病危害因素的岗位, 应选择其他合适的方法进行评估。

综上所述, 三种方法均能识别出重点岗位, 但是对于手工喷漆岗位的风险评估结果偏保守。接触比值法仅考虑职业病危害因素的毒性特征和接触浓度从而确定风险等级, 评估资料易于获得, 使用简单方便, 适用于仅能获取职业病危害因素检测结果的情况。指数评估法根据职业病危害因素的蒸汽压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、使用量和接触时间等确定接触等于, 适合于无法获取检测数据或无OELs等相关信息的情况, 可操作性强。综合指数法考虑化学有害因素的蒸汽压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、使用量、接触浓度和接触时间等, 评估考虑全面^[15-16]。三种半定量风险评估结果与接触浓度有关, 在日常工作中可根据职业病危害因素的浓度, 选择合适的评估方法。

参考文献

- [1] 曹素红. 两种职业健康风险评估模型在上海市奉贤区某汽车零部件制造企业中的运用 [J]. 职业与健康, 2018, 34 (20): 2740-2744.
- [2] 刘文慧, 苏世标, 徐海娟, 等. 职业健康风险评估方法应用研究进展 [J]. 中国职业医学, 2016, 43 (4): 487-490.
- [3] United States Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment, EPA-540-R-070-002OSWER 9285.7-82 January 2009) [R]. Washington. DC: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency, 2009.
- [4] The University of Queensland. Occupational health and safety risk assessment and management guideline [R]. Australia: Occupational Health and Safety Unit, 2004.
- [5] Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals [R]. Singapore: Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division, 2005.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 苏艺伟, 李艳华, 郭尧平, 等. 2017年广州市某汽车厂职业病危害因素及职工健康状况 [J]. 职业与健康, 2018, 34 (17): 2310-2313, 2317.
- [10] 路艳艳, 柴剑荣, 徐承敏, 等. 杭州市新建汽车整车制造项目职业病危害控制效果 [J]. 职业与健康, 2017, 33 (15): 2029-2033.
- [11] 张守刚, 张荣, 宋伟, 等. 某新建汽车生产线建设项目职业病危害控制效果评价 [J]. 职业与健康, 2009, 25 (15): 1653-1655.
- [12] 李旭东, 丁俊, 刘明, 等. 三种职业健康风险评估方法评估涂料生产企业有机溶剂风险的应用比较 [J]. 预防医学, 2018, 30 (8): 794-798.
- [13] 许振国, 张敏红, 刘莉莉, 等. 加油站苯接触岗位职业健康风险评估 [J]. 中国职业医学, 2018, 45 (6): 762-765.
- [14] 丁俊, 苏世标, 靳雅丽, 等. 家具生产企业有机溶剂的三种健康风险评估方法比较 [J]. 预防医学, 2019, 31 (4): 400-404.
- [15] 田亚锋, 刘开钳, 吴礼康, 等. 比较三种职业健康风险评估模型在蓄电池生产企业的应用 [J]. 预防医学, 2018, 30 (12): 1248-1251.
- [16] 陈琳, 马炜钰, 靳雅丽, 等. 广州汽车4S店化学有害因素职业健康风险评估 [J]. 中国职业医学, 2018, 45 (6): 789-792.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 汪源; 校对: 王晓宇)