

某高科技塑业企业三苯接触工人职业健康风险评估

Assessment on occupational hazards in workers exposed to benzene series of a high-tech plastic enterprise

李小琴¹, 朱俊², 毛一扬¹, 杨锦², 程金霞¹, 金武¹, 魏静¹, 张娟³, 浦跃朴³

(1. 扬州市疾病预防控制中心, 江苏 扬州 225001; 2. 扬州市江都区疾病预防控制中心; 3. 东南大学公共卫生学院环境医学工程教育部重点实验室)

摘要: 某高科技塑业企业工作场所环境监测数据显示, 工作场所空气中苯、甲苯 C_{TWA} 的中位数 $M(P_0 \sim P_{100})$ 分别为 $0.30 (0.30 \sim 0.53) \text{ mg/m}^3$ 、 $0.60 (0.60 \sim 10.70) \text{ mg/m}^3$, C_{STEL} 的中位数 $M(P_0 \sim P_{100})$ 分别为 $0.30 (0.30 \sim 1.00) \text{ mg/m}^3$ 、 $0.60 (0.60 \sim 11.40) \text{ mg/m}^3$, 二甲苯的 C_{TWA} 、 C_{STEL} 检测值均小于最低检出限 (3.3 mg/m^3), 三苯检测合格率为 100.0%。31 名三苯接触工人 WBC 计数、中性粒细胞偏低检出率分别为 12.90%、6.45%。工人接触苯、甲苯和二甲苯所致的非致癌危害商数 (HQ) 值 $M(P_0 \sim P_{100})$ 分别为 2 849.33 (712.33, 15 671.33)、34.19 (8.55, 188.06) 和 5 157.00 (1 282.20, 28 208.40), 接触苯致癌风险值为 $9.81 \times 10^{-6} \sim 3.48 \times 10^{-5}$ 。提示接触三苯的工人处于较高的非致癌和低致癌健康风险水平。

关键词: 苯; 甲苯; 二甲苯; 职业病危害; 吸入风险模型; 风险评估

中图分类号: R135.12 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2020)04-0363-02

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.04.029

近几年, 我国职业性急慢性苯中毒发生率一直高居急慢性职业中毒的前 3 位, 苯污染及其对健康的危害仍为亟待解决的公共安全和健康问题。本文拟采用美国环境保护署 (EPA) 吸入风险评估模型对某高科技塑业企业接触三苯的工人进行职业健康风险评估。

1 对象与方法

1.1 对象 某高科技塑业企业 31 名接触三苯的工人。

1.2 方法 收集该企业基本情况、使用三苯的车间数量、接触三苯的工人数, 每个班次刷 (喷) 漆的累计接触时间、每年接触三苯的天数以及接触工龄等。

收集 2016—2018 年企业三苯的作业环境监测数

据和工人职业健康体检资料。若现场三苯的水平低于最低检出浓度, 则取最低检出限的 1/2 进行计算。职业健康体检资料主要包括白细胞、中性粒细胞、血小板等检查结果, 根据《职业健康监护技术规范》(GBZ188—2014) 及血细胞分析参考区间对血细胞值进行界定。

1.3 职业健康风险评估 采用美国 EPA 的吸入风险评估模型进行相关评价。接触浓度 (EC) 根据公式 $EC (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (CA \times ET \times EF \times ED) / AT$ 进行计算, 式中 CA 为空气中污染物水平 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ET 为每天接触时间 (h/d), EF 为每年接触天数 (d/年), ED 为接触工龄 (年); AT 为接触周期平均时间/期望寿命 (h)。致癌风险评估模型中 $AT = \text{期望寿命 (岁)} \times 365 (\text{d/年}) \times 24 (\text{h/d})$, 非致癌风险评估模型中 $AT = ED \times 365 (\text{d/年}) \times 24 (\text{h/d})$ 。

非致癌危害商数 (related hazard quotient, HQ) $= EC/RfC$, 式中 EC 为接触浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), RfC 为吸入毒性参考值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), 若 $HQ \geq 1$, 则表示存在非癌症类健康风险, 且 HQ 值越大健康风险就越高; 若 $HQ < 1.00$, 则健康风险较小, 属于安全范围。

根据公式 $Risk = IUR \times EC$ 确定苯的致癌风险值。式中 IUR 为吸入单元风险 [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$]。由于本调查的研究对象为职业接触人群, 参照文献 [1, 2] 取 1.00×10^{-4} 为苯致癌的可接受风险水平。若 Risk 值 $> 1.00 \times 10^{-4}$, 则评定为高致癌风险水平, 且 Risk 值越大致癌风险就越高; 若 Risk 值为 $1.00 \times 10^{-6} \sim 1.00 \times 10^{-4}$, 则评定为低致癌风险水平; 若 Risk 值 $< 1.00 \times 10^{-6}$, 则苯致癌风险很小或无风险。查询美国 EPA 网站上 IRIS (integrate risk information system) 数据库, 苯的 IUR 为 $(2.2 \sim 7.8) \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ 。

1.4 统计分析 对所有调查收集的资料进行核对和整理后, 用 Excel 2010 建立数据库, 运用统计软件 SPSS 19.0 进行数据分析。

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 81872645), 扬州市“十三五”科教强卫专项经费资助 (重点人才 金武 ZDRC201827)

作者简介: 李小琴 (1982—), 女, 主管医师, 硕士, 主要从事职业卫生与健康监护工作。

通信作者: 金武, 高级工程师, E-mail: jw@yzcdc.com

2 结 果

2.1 基本情况 该企业为小型私营独资橡胶和塑料制品生产厂家, 1 间喷漆车间有 15 名工人; 2 间刷漆车间各有 8 名工人。31 名三苯接触工人中男 11 人、女 20 人。接触三苯工龄中位数 $M(P_0 \sim P_{100})$ 为 4.0 (1.0~22.0) 年, 每天接触三苯 8 h, 年工作 312 d。喷漆工人工作期间佩戴有活性炭夹层的口罩, 刷漆工人佩戴普通口罩。

2.2 工作场所空气中三苯检测结果 喷漆、刷漆作业使用原料相同。工作场所空气中苯、甲苯 8 h 加权平均容许浓度 (C_{TWA}) 的中位数 $M(P_0 \sim P_{100})$ 分别为 0.30 (0.30~0.53) mg/m^3 、0.60 (0.60~10.70) mg/m^3 。短时间接触浓度 (C_{STEL}) 的中位数 $M(P_0 \sim P_{100})$ 分别为 0.30 (0.30~1.00) mg/m^3 、0.60 (0.60~11.40) mg/m^3 。二甲苯的 C_{TWA} 、 C_{STEL} 检测值均小于最低检出限 (3.3 mg/m^3), 三苯的检测合格率

为 100%。
2.3 血常规检查结果 31 人中有 4 人白细胞计数、2 人中性粒细胞计数偏低, 无血小板计数偏低者。任意一个指标减少的有 4 人, 检出率分别为 12.90% (4/31)、6.45% (2/31)、12.90% (4/31)。
2.4 职业健康风险评估 喷漆作业过程中苯、甲苯和二甲苯的主要接触途径为吸入, 风险识别结果显示, 甲苯和二甲苯均有非致癌效应, 苯存在致癌效应。

工作场所空气中苯、甲苯和二甲苯的 HQ 值分别为 2 849.33、34.19、5 157.00, 均 >1, 三苯的非致癌效应风险为高风险水平。见表 1。分别以苯的 IUR 最小值 (2.20×10^{-6}) 和最大值 (7.80×10^{-6}) 估算, 按 2015 年扬州市人口平均预期寿命 76.74 岁计算^[3], AT 值为 672 242.4 h, EC 为 4.46 (1.11, 24.51) $\mu g/m^3$, 则企业三苯接触工人的 Risk 值为 $9.81 \times 10^{-6} \sim 3.48 \times 10^{-5}$, 为低致癌风险水平。

表 1 工作场所苯、甲苯和二甲苯非致癌效应风险评估结果

毒物	CA ($\mu g/m^3$)	ET (h/d)	EF (d/年)	ED (年)	AT (h)	EC ($\mu g/m^3$)	Rfc ($\mu g/m^3$)	HQ 值	风险 判定
苯	300	8	312	4.0(1.0,22.0)	35 040.0	85.48(21.37,470.14)	0.03	2 849.33(712.33,5 671.33)	高风险水平
甲苯	600	8	312	4.0(1.0,22.0)	35 040.0	170.95(42.74,940.28)	5.00	34.19(8.55,188.06)	高风险水平
二甲苯	1800	8	312	4.0(1.0,22.0)	35 040.0	515.70(128.22,2 820.84)	0.10	5 157.00(1 282.20,8 208.40)	高风险水平

3 讨 论

目前我国单纯采用现行的职业卫生标准对作业工人接触的三苯水平进行评价, 难以全面分析作业工人的健康危害风险程度。而 EPA 吸入风险评估模型是一种依据化学物的危害性及其毒性参考值, 综合分析评估通过吸入方式接触化学毒物所致的健康危害后果风险技术, 可分为非致癌和致癌效应风险评估两个方面。本次对某高科技塑业企业职业健康风险评估显示, 喷漆工所接触的苯、甲苯和二甲苯的 HQ 值均 >1.00, 为高健康风险水平; 分别以苯的 IUR 最小值和最大值估算三苯接触工人的 Risk 值, 结果为 $9.81 \times 10^{-6} \sim 3.48 \times 10^{-5}$, 为低致癌风险水平。评估结果提示, 虽然该企业生产现场三苯浓度符合国家职业接触限值条件, 但仍应对工作场所苯、甲苯和二甲苯的非致癌风险水平给予关注。

本次风险评估结果提示企业应继续加强对工作场所通风排毒设施的维护保养以及空气中三苯浓度的检测; 规范个人防护用品的配置, 根据企业生产实际情况及时更换防毒面具。对于健康监护中发现的血常规

异常者应及时进行复查, 必要时调离喷漆岗位, 对于疑似职业病人应向职业病诊断机构提请诊断。健康监护监测和评价机构在实际工作中应结合职业健康检查和风险评估结果综合考虑三苯暴露对工人健康的影响。本次调查过程存在一些问题, 如大部分三苯样本检测结果均低于最低检出浓度, 采用最低检出浓度的 1/2 进行替代是否合适需进一步探讨。另外, 本研究样本量和研究条件有限, 采用影响因素较多的血常规单次测量指标判断三苯接触人群的健康损害, 科学性有所欠缺, 需进一步完善。

参考文献

[1] 杨双喜, 高波, 王玉萍, 等. 汽车 4S 店苯系物接触人群职业健康风险评估 [J]. 中国职业医学, 2017, 44 (3): 389-392.
[2] 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.
[3] 扬州市统计局. 扬州市人口平均预期寿命达 76.74 岁 [EB/OL]. [2018-11-08] <http://tjj.yangzhou.gov.cn/yztjj/tjxx1/201612/24fc5bfb6ee54d849bb7f3f74b498bf4.shtml>.

(收稿日期: 2019-05-17; 修回日期: 2019-08-18)