

苯职业接触评估的 Meta 回归分析

温翠菊, 李荣宗, 徐海娟, 刘明, 苏世标, 温贤忠

摘要:

[目的] 应用 Meta 回归分析方法对苯职业接触水平进行评估。

[方法] 检索中国期刊全文数据库、万方数据库和 PubMed 数据库中 1983 年 1 月 1 日—2017 年 9 月 30 日公开发表的有关我国工作场所职业性苯接触水平的相关文献, 中文主题词为“苯”“工作场所”“浓度”“暴露”, 英文检索词为“benzene”“workplace”“concentration”“exposure”, 按照本研究制定的入选和剔除标准, 筛选出 118 篇文献进行 Meta 回归分析。采用 SAS 9.3 软件, 以线性混合效应模型构建回归方程进行回归推算, 分析各行业苯职业接触水平的变化趋势。

[结果] 文献数据显示, 1983—2014 年我国各行业工作场所苯短时间接触浓度 (C_{STEL}) 和苯时间加权平均浓度 (C_{TWA}) 的中位数分别为 6.26、1.87 mg/m^3 。苯 C_{STEL} 的中位数居前 3 位的行业分别为家具制造业, 皮革、毛皮、羽毛及其制品与制鞋业 (以下简称“皮革制鞋业”) 和通用设备制造业, 分别为 26.63、15.99、7.98 mg/m^3 。除 1998 年、2000 年外, 2000 年之前苯 C_{STEL} 均高于 10 mg/m^3 。1983—2014 年皮革制鞋业、家具制造业、石油加工业、化工原料制造业和橡胶制品业的苯 C_{STEL} 以每年 8%~31% 的速度下降, 石油加工业的苯 C_{TWA} 以每年 46% 的速度上升 ($P<0.05$)。

[结论] 文献报道的我国皮革制造业、家具制造业、化工原料制造业和橡胶制品业的苯职业接触水平呈下降趋势。

关键词: Meta 回归; 职业接触评估; 苯; 线性混合效应模型

引用: 温翠菊, 李荣宗, 徐海娟, 等. 苯职业接触评估的 Meta 回归分析[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(8): 750-755. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18153

Meta regression analysis on evaluation of occupational benzene exposure WEN Cui-ju, LI Rong-zong, XU Hai-juan, LIU Ming, SU Shi-biao, WEN Xian-zhong (Grassroots Instruction Department, Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangdong Provincial Key Laboratory of Occupational Diseases Prevention and Treatment, Guangzhou, Guangdong 510300, China). Address correspondence to WEN Cui-ju, E-mail: 2591628@qq.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To evaluate occupational benzene exposure levels by meta regression analysis.

[Methods] A bibliographic search of occupational benzene exposure in China was conducted across CNKI, WanFang, and PubMed databases from January 1, 1983 to September 30, 2017. The keywords for searching were benzene, workplace, concentration, and exposure in both English and Chinese. Overall, 118 articles were selected based on pre-determined inclusion and exclusion criteria. Linear mixed-effect meta regression models were developed to evaluate the trend of benzene exposure level in different sectors by SAS 9.3 software.

[Results] Based on the published data, the overall median concentration of short-term exposure (C_{STEL}) and time-weighted average (C_{TWA}) of benzene in all industries from 1983 to 2014 were 6.26 mg/m^3 and 1.87 mg/m^3 , respectively. The top three C_{STEL} medians were in furniture (26.63 mg/m^3), leather, fur, feathers, and their products and shoes (leather and shoes thereafter) (15.99 mg/m^3), and general equipment (7.98 mg/m^3) manufacturing sectors. All the concentrations were higher than 10 mg/m^3 before 2000 except 1998 and 2000. There were declines of 8%-31% per year in C_{STEL} in leather and shoes, furniture, petrochemical, chemicals, and rubber manufacturing sectors, as well as an increase of 46% per year in C_{TWA} in petrochemical industry from

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 国家自然科学基金(编号: 81602804); 广东省医学科研基金(编号: B2016017)

[作者简介] 温翠菊(1978—), 女, 硕士, 副主任医师; 研究方向: 职业病防治; E-mail: 2591628@qq.com

[通信作者] 温翠菊, E-mail: 2591628@qq.com

[作者单位] 广东省职业病防治院基层指导科, 广东省职业病防治重点实验室, 广东 广州 510300

1983 to 2014 ($P < 0.05$).

[Conclusion] The benzene exposure levels in leather and shoes, furniture, chemicals, and rubber manufacturing sectors show declining trends based on literature reports.

Keywords: meta regression; occupational exposure assessment; benzene; linear mixed-effect model

Citation: WEN Cui-ju, LI Rong-zong, XU Hai-juan, et al. Meta regression analysis on evaluation of occupational benzene exposure[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(8): 750-755. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18153

职业接触评估是职业流行病学的关键内容。国外已有研究利用职业接触文献资料,建立相应模型,对职业病危害因素的接触水平进行回顾性评估分析^[1]。Meta分析是目前常见的运用于流行病学研究领域,通过系统整合分析各相关研究内容与指标,从而获得整体研究结果的一种方法^[2]。最近,有学者提出可运用Meta回归分析方法对文献报道的职业性铅接触水平进行回顾性评估^[3]。本研究尝试运用Meta回归分析方法,分析近年文献报道的有关我国职业性苯接触水平的概况及变化趋势,探讨该方法在职业接触评估中的应用。

1 材料与方法

1.1 方法

1.1.1 检索策略 采用文献计量法,在中国期刊全文数据库(CNKI)、万方数据库和PubMed进行文献检索,中文主题词为“苯”“工作场所”“浓度”“暴露”,英文检索词为“benzene”“workplace”“concentration”“exposure”。检索1983年1月1日至2017年9月30日在国内外期刊上公开发表的关于中华人民共和国境内用人单位工作场所的苯职业接触及相关研究的文献。文献入选标准:①2017年9月前国内外公开发表关于苯的职业流行病学研究和职业卫生调查文献;②文献报道的企业在中华人民共和国境内;③文献内容中包括行业名称,苯的检测时间和苯的接触水平指标如短时间接触浓度(short term exposure limit concentration, C_{STEL})和时间加权平均浓度(time weighted average concentration, C_{TWA}),最低质量浓度(minimum concentration, C_{min}) (不为0)、最高质量浓度(maximum concentration, C_{max})、算术均数(arithmetical mean, AM)和几何均数(geometric mean, G)等。文献剔除标准:①未明确说明行业名称的文献;②未明确说明苯的检测时间、检测类型或接触水平,未明确说明检测样本数或检测样本数少于2个的文献;③重复报道文献;④会议文献或综述文献。

1.1.2 数据处理 将行业、文献发表年代、检测类别和苯的接触水平如 C_{min} 、 C_{max} 、 AM 、标准差(standard deviation, SD)、 G 、几何标准差(geometric standard deviation, S_G)等数据录入Excel 2010电子表格,建立数据库。按文献中报道职业性苯接触水平检测的实际年度进行年度接触水平的分析。行业分类根据GB/T 4754—2011《国民经济行业分类》划分,检测记录过少的行业归纳定义为“其他”分类。低于检测限(limit of detection, LOD)的数据取LOD的1/2进行统计分析^[4]。没有报道 G 和 S_G 的文献,采用公式(1)~(4)计算^[5-6]。当文献仅提供 G 而无法计算 S_G 时, S_G 取平均估算值2.65^[7]。

$$G = e^{[\ln(C_{min}) + \ln(C_{max})]/2} \quad \text{公式(1)}$$

$$S_G = e^{[\ln(C_{min}) + \ln(C_{max})]/4} \quad \text{公式(2)}$$

$$G = e^{\ln(AM) - 0.5 \times \ln[1 + (SD/AM)^2]} \quad \text{公式(3)}$$

$$S_G = e^{\sqrt{\ln[1 + (SD/AM)^2]}} \quad \text{公式(4)}$$

式中: G —几何均数, S_G —几何标准差, C_{min} —最低质量浓度; C_{max} —最高质量浓度; e —自然对数的底数,取值为2.71828, AM —算术均数, SD —标准差。

1.2 统计学分析

Meta回归分析是将Ⅱ型方差分析理论和多元统计分析方法结合的方法^[2]。本研究采用混合效应模型的Meta回归分析,模型的拟合及分析在SAS 9.3软件中实现。以文献篇数($\hat{y}$)为应变量,年份(x)为自变量,建立一元线性回归方程,分析发表文献的年度线性趋势。由于 G 服从对数正态分布,故取其对数作为效应变量;取 S_G 对数的平方除以样本数作为变异效应;以2000年作为中心,使年度作为连续变量。运用线性混合效应模型,计算各行业苯接触水平的时间变化趋势,获得截距回归系数($\beta_{\text{截距}}$)和斜率回归系数($\beta_{\text{斜率}}$)^[8],采用公式(5)和(6)计算某行业苯接触水平的平均年度变化水平(C_{year})以及某年某行业的 G 值(G_{year})。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

$$C_{\text{year}} = (e^{b_{\text{斜率}}} - 1) \times 100\% \quad \text{公式(5)}$$

$$G_{\text{year}} = e^{[b_{\text{截距}} + b_{\text{斜率}} \times (\text{年份} - 2000)]} \quad \text{公式(6)}$$

式中： C_{year} —某行业苯接触水平的平均年度变化水平， $b_{\text{斜率}}$ —斜率回归系数， G_{year} —某年某行业的 G 值， $b_{\text{截距}}$ —截距回归系数。

2 结果

2.1 年代和行业分布

初检文献239篇，按照本研究的文献入选和剔除标准筛选文献，最终共有118篇文献纳入本次Meta分析，筛选流程见图1。118篇文献中，2001年以前发表的文献较少(共12篇，占10.2%)，2001年后发表的文章逐渐增多(共106篇，占89.8%)。1986—2016年文献发表的线性趋势回归方程为： $\hat{y}=0.238x-470.825$ ，决定系数为0.420， $F=15.17$ ， $P=0.0008$ ，回归方程成立。对回归系数进行检验，结果显示： $t=3.90$ ， $P=0.0008$ ；鉴于回归系数为正数，据此认为1986—2016年关于苯接触水平发表的文献呈总体上升趋势。见表1。118篇文献主要涉及9大行业，其中，皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业(以下简称“皮革制鞋业”)文献55篇(占46.6%)，家具制造业12篇(占10.2%)，石油加工业17篇(占14.4%)，通用设备制造业9篇(占7.6%)，化学原料和化学制品制造业(以下简称“化工原料制造业”)8篇(占6.8%)，汽车制造业7篇(占5.9%)，橡胶制品业5篇(占4.2%)，电子制造业3篇(占2.5%)，印刷业2篇(占1.7%)。

2.2 苯的职业接触概况

118篇文献中，共收集269条可用于本研究的苯职业接触水平记录。其中，关于 C_{STEL} 的记录有218条(占80.0%)，关于 C_{TWA} 的记录有51条(占20.0%)。文献报道的结果显示，1983—2014年我国各行业工作场所苯 C_{STEL} 和 C_{TWA} 的中位数分别为6.26、1.87 mg/m³。除

其他行业外，苯 C_{STEL} 的中位数居前3位的行业分别为家具制造业、皮革制鞋业和通用设备制造业，分别为26.63、15.99、7.98 mg/m³，见表2。各年度苯职业接触水平见表3，除1998年、2000年外，2000年之前苯 C_{STEL} 均高于10 mg/m³。

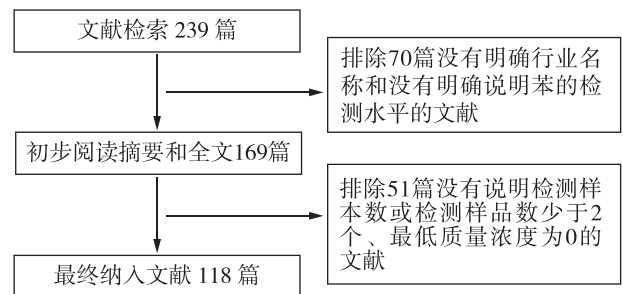


图1 文献筛选流程

表1 文献发表的年份分布情况

年份	1986	1987	1991	1994	1996	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005
篇数	2	2	1	2	2	2	1	6	3	5	6	6
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合计
篇数	7	7	13	4	7	7	9	10	8	6	2	118

2.3 Meta回归分析

根据不同检测数据类型和不同行业，运用线性混合效应模型建立回归方程式，Meta回归分析结果见表4。从表4可见，在9个行业中，皮革制鞋业、家具制造业、石油加工业、化工原料制造业和橡胶制品业的苯 C_{STEL} 以每年8%~31%的速度下降，石油加工业的苯 C_{TWA} 以每年46%的速度上升， $b_{\text{斜率}}$ 有统计学意义($P<0.05$)。各行业某年的 G 也可以通过计算获得，如皮革制鞋业和家具制造业2002年的苯 C_{STEL} 分别为13.88、29.21 mg/m³。

表2 文献报道1983—2014年我国不同行业工作场所苯职业接触水平基本情况

行业	C_{STEL}				C_{TWA}			
	记录数 (条)	样品数 (个)	中位数 (mg/m ³)	范围(最小值~最大值) (mg/m ³)	记录数 (条)	样品数 (个)	中位数 (mg/m ³)	范围(最小值~最大值) (mg/m ³)
皮革制鞋业	108	10148	15.99	0.11~205.67	20	3010	5.68	0.03~17.56
家具制造业	25	1579	26.63	0.85~849.30	—	—	—	—
印刷业	5	1314	2.70	0.77~64.81	—	—	—	—
石油加工业	28	937	1.28	0.16~67.55	19	381	0.34	0.03~1.87
化工原料制造业	25	2190	1.94	0.08~74.71	4	1546	3.52	0.79~8.30
橡胶制品业	5	184	0.77	0.26~693.64	—	—	—	—
通用设备制造业	9	210	7.98	0.04~315.11	8	121	4.32	0.03~244.51
汽车制造业	8	739	0.99	0.07~44.72	—	—	—	—
电子制造业	4	81	5.44	0.89~14.78	—	—	—	—
合计	218	17382	6.26	0.04~849.30	51	5058	1.87	0.03~244.51

[注] C_{STEL} : 短时间接触浓度; C_{TWA} : 时间加权平均浓度; “—”: 无该项数据。

表3 文献报道1983—2014年我国不同年份工作场所苯职业接触水平基本情况

年份	C _{STEL}			C _{TWA}			年份	C _{STEL}			C _{TWA}		
	记录数 (条)	样本数 (个)	中位数 (mg/m ³)	记录数 (条)	样本数 (个)	中位数 (mg/m ³)		记录数 (条)	样本数 (个)	中位数 (mg/m ³)	记录数 (条)	样本数 (个)	中位数 (mg/m ³)
1983	1	18	152.58	—	—	—	2002	18	877	11.18	—	—	—
1985	5	125	55.23	—	—	—	2003	14	610	7.72	—	—	—
1986	2	476	49.65	—	—	—	2004	18	3939	16.56	3	40	7.50
1992	1	21	14.78	—	—	—	2005	11	499	6.05	—	—	—
1993	7	220	28.87	—	—	—	2006	19	2280	3.09	—	—	—
1994	1	41	849.30	—	—	—	2007	13	522	5.77	3	376	12.84
1995	2	92	358.56	—	—	—	2008	10	1799	3.91	6	1868	6.91
1996	15	405	41.07	—	—	—	2009	7	251	2.46	8	396	4.56
1997	4	120	34.11	—	—	—	2010	13	1128	1.30	7	548	0.12
1998	8	385	6.90	—	—	—	2011	12	202	2.96	8	744	1.10
1999	5	249	39.75	—	—	—	2012	8	808	2.11	8	942	3.04
2000	8	288	2.27	—	—	—	2013	11	403	1.05	6	87	0.45
2001	3	238	41.15	—	—	—	2014	2	123	0.74	2	57	0.42

[注]“—”: 无该项数据。

表4 文献报道1983—2014年我国不同行业苯职业接触水平 Meta 回归分析结果

行业	时间段	记录数 (条)	截距					斜率					C _{year} (%) ^a
			回归系数 (b)	标准误 (S _b)	t	P	95%CI	回归系数 (b)	标准误 (S _b)	t	P	95%CI	
C _{STEL}													
皮革制鞋业	1983—2012	108	2.94	0.15	19.75	<0.000 1	2.65~3.23	-0.16	0.02	-6.9	<0.000 1	-0.20~-0.11	-14
家具制造业	1994—2013	25	3.96	0.22	17.87	<0.000 1	3.52~4.39	-0.29	0.04	-7.9	<0.000 1	-0.36~-0.22	-25
印刷业	2002—2010	5	2.71	1.22	2.22	0.026 0	0.32~5.10	-0.28	0.23	-1.2	0.213 9	-0.73~0.16	-25
石油加工业	2009—2014	28	3.96	0.22	17.87	<0.000 1	3.52~4.39	-0.29	0.04	-7.9	<0.000 1	-0.36~-0.22	-25
化工原料制造业	1985—2013	25	0.94	0.23	4.04	<0.000 1	0.48~1.40	-0.08	0.03	-2.6	0.009 7	-0.14~-0.02	-8
橡胶制品业	1995—2009	6	1.47	0.26	5.72	<0.000 1	0.97~1.97	-0.37	0.05	-8.1	<0.000 1	-0.46~-0.28	-31
通用设备制造业	1995—2013	9	1.61	1.63	0.99	0.322 0	-1.58~4.80	-0.09	0.17	-0.5	0.616 7	-0.42~0.25	-8
汽车制造业	1998—2010	8	2.12	1.11	1.92	0.056 0	-0.05~4.29	-0.33	0.17	-1.9	0.059 4	-0.66~0.01	-28
电子制造业	1992—2012	4	1.67	0.55	3.02	0.003 0	0.58~2.75	-0.04	0.06	-0.6	0.528 0	-0.16~0.08	-4
C _{TWA} ^b													
皮革制鞋业	2004—2012	20	2.67	0.86	3.10	0.002 0	0.98~4.35	-0.12	0.09	-1.4	0.171 8	-0.30~0.05	-11
石油加工业	2009—2014	19	-5.88	1.83	-3.22	0.001 0	-9.47~-2.29	0.38	0.16	2.4	0.016 1	0.07~0.69	46
化工原料制造业	2008—2011	4	5.13	5.46	0.94	0.347 0	-5.58~15.84	-0.49	0.66	-0.7	0.459 2	-1.78~0.80	-0.39
通用设备制造业	2007—2012	8	2.80	4.25	0.66	0.511 0	-5.55~11.15	-0.14	0.46	-0.3	0.757 8	-1.03~0.75	-0.13

[注]a: C_{year}指某行业苯接触水平的平均年度变化水平, C_{year}=(e^{b_{斜率}}-1)×100%; b: 家具制造业、印刷业、橡胶制品业、汽车制造业、电子制造业 C_{TWA}数据较少, 不作行业分类回归分析。

3 讨论

苯是工业上广泛使用的一种高脂溶性有机溶剂, 主要用作化工原料、溶剂和稀释剂。职业活动中接触苯后可导致急、慢性中毒, 并可导致白血病, 危害广泛^[9-11]。近年来, 我国报告慢性苯中毒及苯所致白血病病例数仍位于我国慢性化学中毒和职业性肿瘤的主要病种首位, 健康危害后果严重^[12]。危害因素的接触水平是反映工业发展、工艺流程、危害控制管理和危害检测技术等方面情况的一个综合指标。对我国苯

作业人群进行苯的职业接触评估, 对于确定工作场所空气中苯的人体健康基准值具有一定的参考价值^[13]。本研究通过收集1986—2016年118篇关于我国工作场所的苯职业接触及相关研究的文献进行分析, 结果显示: 1983—2014年我国各行业工作场所苯 C_{STEL} 和苯 C_{TWA} 的中位数分别为6.26、1.87 mg/m³; 其中皮革制鞋业和家具制造业的苯 C_{STEL} 中位数为15.99、26.63 mg/m³, 均超过GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》规

定的限值(10.00 mg/m^3),提示家具制造业、皮革制鞋业两大行业苯的危害较为严重,应特别加强对此类行业的重点监督管理。王来明等^[14]收集182篇1987—2004年我国制鞋业工人苯职业接触的文献进行分析,发现2002—2004年苯接触水平低于1979—1990年和1991—2001年($P<0.05$)。LIU等^[15]分析204篇1956—2005年报道我国涂料生产行业苯接触水平的文献,认为此期间苯接触水平总体呈下降趋势。LIANG等^[16]收集384篇1960—2003年有关职业性苯中毒和现场职业卫生调查的文献进行分析,亦发现苯接触水平呈总体下降趋势。朱素蓉等^[17]以上海市工作场所化学性职业危害因素监测资料库数据为基础,分析1953—1989年上海市工作场所苯接触水平,结果显示虽然苯接触水平波动较大,但总体呈下降趋势($P<0.05$)。本研究通过Meta回归分析方法建立回归方程模型,对各行业工作场所苯职业接触水平变化趋势进行分析,证实皮革制鞋业、家具制造业、石油加工业、化工原料制造业和橡胶制品业的苯 C_{STEL} 呈下降趋势($P<0.05$)。可能与《中华人民共和国职业病防治法》的颁布实施后各有关部门加强了对工作场所苯危害的防治力度有关。此外,1986—2014年有关苯职业接触及相关研究文献发表总体呈上升趋势,1983、1994、1995年文献报道皮革制鞋业、家具制造业、橡胶制品业苯职业接触浓度超过 100 mg/m^3 ,一方面说明20世纪90年代、21世纪初我国部分行业工作场所苯浓度水平高,苯所致职业病较为严重,受到政府、科研机构和专家学者的关注;另一方面也说明苯的职业危害防治的研究稳步发展。建议今后进一步结合《国家职业病防治规划(2016—2020年)》有关要求,开展重点职业病防治科技攻关,并以预防控制关键技术为突破口,加强苯的危害因素检测、防护和应急救援技术的研究及开发应用,切实做好苯的职业危害防治工作。

目前,常用的职业接触评估方法是职业接触浓度矩阵(job-exposure matrix, JEM),其常被用于职业流行病学队列研究中的职业接触评估^[18-19]。朱素蓉等^[20]根据上海市1954—2000年油漆作业工作场所苯的 C_{STEL} 数据资料,初步建立了该市油漆作业场所苯的JEM,并采用该JEM估算上海市油漆作业场所苯职业接触值,结果显示虽然估算均值低于实测均值,但差异无统计学意义($P>0.05$),认为所建立的JEM模型可对历史检测资料进行估算和填补空缺。HEIN等^[1,5]运用文献报道的资料建立模型,对苯、甲苯、二甲苯

以及氯化物的职业接触水平进行评估,认为合理运用文献报道检测数据也可为职业接触评估提供参考。Meta回归分析是在医学领域常用的对既往研究结果进行系统综述的方法,其优势在于可以整合多项研究结果,以量化的方式综述研究结论^[2]。KOH等^[3]采用Meta回归分析方法分析文献报道的工作场所空气中铅及作业工人血铅年度变化趋势,有效地整合了文献报道的检测数据,以可量化的方式分析职业性铅接触水平的年度变化趋势,说明Meta回归分析可作为一种应用于职业接触评估的方法。文献[14, 16]在对职业性苯接触水平进行趋势分析时,所采用线性分析方法无法考虑各研究组间变异,而Meta回归分析考虑了组间变异,将各统计记录的样本量和 S_G 加入模型,可更充分地利用文献所提供信息。但由于Meta分析是对既往报道资料的总结性数据进行分析,而不是单独检测数据,因此不能对具体某一工种接触水平进行评估;由于检索或某领域文献报道的有限性和报道数据的选择性,发表与实际检测数据可能存在差异,也可能影响分析结果。再者,不同文献对LOD处理方法不一致,有些直接报道为0,有些报道原始检测限。原始数据处理也存在偏倚,也会对分析结果产生影响。虽然文献报道检测资料存在一些偏倚,但本研究在选择文献时制定相应的纳入和剔除标准,从报道文献中提取的苯职业接触水平数据仍可作为苯职业接触水平的估算依据。我国从2002年开始,增加 C_{TWA} 作为苯职业接触限值,因此从2004年开始才陆续有文献报道苯 C_{TWA} 职业接触水平,导致收集 C_{TWA} 的记录(51条,占20.0%)较少,对回归分析有一定影响。

2009年我国启动重点职业病监测项目,将重点职业病危害因素分布、危害程度等纳入监测范围,这些监测数据可发挥危害因素职业接触评估及风险预警的作用^[21]。如何在大数据时代更好地利用职业病监测信息化数据,将是今后一段时间内需要探索的关键问题。本研究仅对Meta回归分析在职业接触评估中的应用进行探讨,认为Meta回归可对文献报道的工作场所苯接触水平随时间变化的趋势进行预测,也为职业危害风险评估提供思路。文献报道的检测数据仅仅是职业卫生检测数据中的一小部分,Meta回归分析方法在化学毒物职业接触评估中的应用是否能整合工作场所监测数据、中毒报告检测数据和个体检测数据,发挥危害因素的预警预测功能仍需进一步研究与验证。

参考文献

- [1] HEIN MJ, WATERS MA, RUDER AM, et al. Statistical modeling of occupational chlorinated solvent exposures for case-control studies using a literature-based database[J]. *Ann Occup Hyg*, 2010, 54(4): 459-472.
- [2] 王安伟, 黄文丽. 多水平 Meta 回归分析及其在流行病学研究中的应用[J]. *大理学院学报*, 2007, 6(12): 84-86.
- [3] KOH DH, NAM JM, GRAUBARD BI, et al. Evaluating temporal trends from occupational lead exposure data reported in the published literature using meta-regression[J]. *Ann Occup Hyg*, 2014, 58(9): 1111-1125.
- [4] LUBIN JH, COLT JS, CAMANN D, et al. Epidemiologic evaluation of measurement data in the presence of detection limits[J]. *Environ Health Perspect*, 2004, 112(17): 1691-1696.
- [5] HEIN MJ, WATERS MA, VAN WIJNGAARDEN E, et al. Issues when modeling benzene, toluene, and xylene exposures using a literature database[J]. *J Occup Environ Hyg*, 2007, 5(1): 36-47.
- [6] LAVOUEE J, BÉGIN D, BEAUDRY C, et al. Monte Carlo simulation to reconstruct formaldehyde exposure levels from summary parameters reported in the literature[J]. *Ann Occup Hyg*, 2007, 51(2): 161-172.
- [7] KROMHOUT H, SYMANSKI E, RAPPAPORT S M. A comprehensive evaluation of within- and between-worker components of occupational exposure to chemical agents[J]. *Ann Occup Hyg*, 1993, 37(3): 253-270.
- [8] VAN HOUWELINGEN HC, ARENDS LR, STIJNEN T. Advanced methods in meta-analysis: multivariate approach and meta-regression[J]. *Stat Med*, 2002, 21(4): 589-624.
- [9] 刘移民. 职业病防治理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 61-62, 113-114.
- [10] 胡世杰, 郑倩玲. 职业性慢性苯中毒发病特点与防治对策探讨[J]. *中国职业医学*, 2012, 39(3): 209-212.
- [11] 郑倩玲, 梁伟辉, 李斌, 等. 职业性苯所致白血病 52 例临床分析[J]. *中国热带医学*, 2011, 11(2): 237-238.
- [12] 中华人民共和国国家卫生健康委员会疾病预防控制中心. 关于 2016 年职业病防治工作情况的通报[EB/OL]. [2017-12-28]. <http://www.nhfpc.gov.cn/jkj/s5899t/201712/c46227a95f054f5fa75a40e4db05bb37.shtml>.
- [13] 李雷, 李红, 王力, 等. 我国低浓度职业性苯暴露对人体外周血白细胞数影响的 Meta 分析[J]. *环境与健康杂志*, 2012, 29(7): 637-639.
- [14] 王来明, 周一梅, 梁友信, 等. 中国制鞋业的苯接触及历史动向[J]. *中国工业医学杂志*, 2006, 19(4): 228-231.
- [15] LIU H, LIANG Y, BOWES S, et al. Benzene exposure in industries using or manufacturing paint in China-a literature review, 1956-2005[J]. *J Occup Environ Hyg*, 2009, 6(11): 659-670.
- [16] LIANG YX, WONG O, ARMSTRONG T, et al. An overview of published benzene exposure data by industry in China, 1960-2003[J]. *Chem Biol Interac*, 2005, 30(153/154): 55-64.
- [17] 朱素蓉, 卢伟, 薛寿征, 等. 20 世纪 50—80 年代上海市工种苯暴露强度分析[J]. *环境与职业医学*, 2004, 21(1): 52-54.
- [18] FRIESEN MC, MACNAB YC, MARION SA, et al. Mixed models and empirical bayes estimation for retrospective exposure assessment of dust exposures in Canadian sawmills[J]. *Ann Occup Hyg*, 2006, 50(3): 281-288.
- [19] KOH DH, BHATTI P, COBLE JB, et al. Calibrating a population-based job-exposure matrix using inspection measurements to estimate historical occupational exposure to lead for a population-based cohort in Shanghai, China[J]. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 2014, 24(1): 9-16.
- [20] 朱素蓉, COBLE J, 徐建时, 等. 上海市油漆工苯职业接触浓度矩阵的建立[J]. *环境与职业医学*, 2008, 25(1): 19-23.
- [21] 朱晓俊, 李涛, 王丹, 等. 重点职业病监测现状及问题对策分析[J]. *中国工业医学杂志*, 2016, 29(6): 403-407.

(收稿日期: 2018-02-11; 录用日期: 2018-07-06)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 陶黎纳, 陈姣; 校对: 王晓宇)