

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20210430002

张晓惠, 王冬梅, 焦永杰. 某园区大气中甲苯污染及其健康暴露风险评估[J]. 生态毒理学报, 2021, 16(5): 113-119

Zhang X H, Wang D M, Jiao Y J. Atmospheric pollution and health risk assessment of toluene in an industrial park [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2021, 16(5): 113-119 (in Chinese)

某园区大气中甲苯污染及其健康暴露风险评估

张晓惠^{1,3}, 王冬梅^{2,*}, 焦永杰¹

1. 天津市生态环境科学研究院, 天津 300191

2. 天津市生态环境综合保障中心, 天津 300191

3. 天津环科环安科技有限公司, 天津 300191

收稿日期: 2021-04-30

录用日期: 2021-09-01

摘要: 我国甲苯生产量大, 且用途广泛, 研究以某园区为例, 采用美国环境保护局(US EPA)吸入风险评估模型, 针对园区周边人群(非职业人群)开展甲苯吸入的健康暴露风险评估。结果表明, 基于目前甲苯单一污染物的暴露水平, 以暴露时限 70 a, 估算的甲苯最大危害商为 3.81×10^{-3} , 空气中甲苯的最大允许暴露浓度为 $1.97 \times 10^3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 远高于目前园区大气中实测的甲苯浓度。此外, 结合国内外对甲苯的管控策略和园区环境管理的需求, 提出下一步对园区甲苯环境风险的管控对策建议。

关键词: 甲苯; 暴露; 风险评估

文章编号: 1673-5897(2021)5-113-07

中图分类号: X171.5

文献标识码: A

Atmospheric Pollution and Health Risk Assessment of Toluene in an Industrial Park

Zhang Xiaohui^{1,3}, Wang Dongmei^{2,*}, Jiao Yongjie¹

1. Tianjin Academy of Ecological and Environmental Science, Tianjin 300191, China

2. Tianjin Ecology and Environment Comprehensive Protection Center, Tianjin 300191, China

3. Tianjin Environmental Science and Safety Co. Ltd., Tianjin 300191, China

Received 30 April 2021

accepted 1 September 2021

Abstract: The production of toluene in China is large with wide application. Taking an industrial park as an example, we adopted the inhalation risk assessment model developed by United States Environmental Protection Agency (US EPA) to conduct the health exposure risk assessment of toluene inhalation by people around the industrial park (non-occupational group). The results showed that if basing on the current exposure level of toluene, the single pollutant with the exposure duration of 70 years, the estimated maximum harm factor of toluene will be 3.81×10^{-3} , and the maximum allowable exposure concentration of toluene in the air will be $1.97 \times 10^3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, which is much higher than the measured concentration of toluene in the air at present. In addition, we provided the suggestions of the control countermeasures for the environmental risk of toluene in the park combining with the domestic and international control of toluene and requirements for the environmental management of the park.

基金项目: 关于实施全球环境基金“基于区域生态效益的 POPs 和有毒化学品管理项目”(C/N/S/17/272)

第一作者: 张晓惠(1986—), 女, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为有毒有害化学品环境风险评估, E-mail: zxx_8677@126.com

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: tjwangdongmei@126.com

Keywords: toluene; exposure; risk assessment

甲苯是重要的基础化工原料,主要用于生产苯、二甲苯和苯甲酸等产品,还作为有机溶剂、稀释剂用于涂料、油墨和农药等。由它衍生的硝基甲苯、苯甲酸和异氰酸酯等一系列中间体广泛用于染料、医药、农药、助剂以及合成材料工业。截至 2018 年底,我国甲苯产量约 730 万 t,开工率 54.9%,进口量为 32.8 万 t,出口微量,表观消费量约 762.8 万 t^[1]。

甲苯具有一定的危害性,长期或频繁接触可能对脑/中枢神经系统造成永久性损伤^[2-3]。本研究通过对某化工园区空气中甲苯的实测环境浓度,采用美国环境保护局(US EPA)推荐的健康风险评估模型,开展了园区空气中甲苯对人体健康的风险评估,并结合国内外对甲苯的现有管控措施,提出对甲苯的管控对策建议。

1 甲苯的环境暴露(The exposure of toluene)

1.1 甲苯的理化属性

甲苯是无色透明液体,有类似苯的芳香气味,难溶于水,有一定的亲脂性。在我国按照危险化学品进行管控,属于易燃液体,有一定的环境和健康危

害。根据《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS),中国、日本和欧盟等国家和组织等对甲苯进行的危害分类结果显示,甲苯具有吸入危害、皮肤腐蚀/刺激、生殖毒性,可对中枢神经系统、肾脏等造成一定危害,同时对水生生物也有一定的急慢性毒性^[4-6],其理化属性和危害分类如表 1 和表 2 所示。

1.2 甲苯的环境释放与转归

环境中的甲苯有 2 个来源,自然来源包括火山爆发、森林火灾等,人为来源包括汽车尾气、工业排放和甲苯生产泄露等。人为来源是环境中甲苯的主要来源,而工业排放又是人为来源的主要源。

基于甲苯的固有理化属性,甲苯易进入大气环境,并在大气中赋存,少部分进入水体,不会在土壤和生物体内累积。根据一级逸度环境平衡模型(level 1 fugacity based environmental equilibrium model),99.34% 的甲苯存在于空气中,而水和土壤中的甲苯分别为 0.62% 和 0.04%,沉积物、水中悬浮沉积物、生物群和气溶胶中的甲苯存在量很小,可忽略不计^[7]。甲苯在环境中的释放来源与转归路径如图 1 所示。

表 1 甲苯的理化属性
Table 1 Physicochemical properties of toluene

理化属性 Physical and chemical properties	特征及数值 Features and values	来源 Source
物理状态 Physical state	无色透明液体,有类似苯的芳香气味 Transparent liquid, aromatic odor similar to benzene	PSL (1992)
纯度 Purity	≥99%	EU RAR (2003)
熔点/℃ Melting point/℃	-95	HSDB
沸点/℃ Boiling point/℃	110.6 (1 atm)	EU RAR (2003)
相对密度/(g·cm ⁻³) Relative density/(g·cm ⁻³)	0.86 (20 ℃)	EU RAR (2003)
饱和蒸气压/Pa Saturated vapor pressure/Pa	3 826 (25 ℃)	EU RAR (2003)
水溶性/(mg·L ⁻¹) Water-solubility/(mg·L ⁻¹)	534.8 (25 ℃)	EU RAR (2003)
lgK _{ow}	2.69	PSL (1992)
lgK _{oc}	1.6 ~ 2.2	EU RAR (2003)
亨利常数/(Pa·m ³ ·mol ⁻¹) Henry's constant/(Pa·m ³ ·mol ⁻¹)	537	EU RAR (2003)
闪点/℃ Flash point/℃	4 (闭杯 Closed cup)	IUCLID (1994)
自燃温度/℃ Autoignition temperature/℃	535	IUCLID (1994)

注:K_{ow} 表示辛醇-水分配系数,K_{oc} 表示底泥/水分配系数,PSL 表示加拿大优先物质清单评估报告 No.4,EU RAR 表示欧盟风险评估报告,HSDB 表示美国国家医学图书馆有害物质数据库,IUCLID 表示统一化学品信息数据库。

Note: K_{ow} represents octanol-water partition coefficient; K_{oc} represents the sediment/water partition coefficient; PSL represents Priority Substances List Assessment Report No.4; EU RAR represents European Union risk assessment report; HSDB represents Hazardous Substances Data Bank; IUCLID represents International Uniform Chemical Information Database.

1.3 大气中甲苯的暴露浓度

通过对环境中甲苯的释放与转归的分析,甲苯主要赋存在大气环境中。根据现有文献资料可知,2016 年,在南京某园区、重庆某园区周边采集的 6 个大气样品中,甲苯的浓度范围为 2.53 ~ 21.1

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (平均 $7.71\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)。笔者对天津某园区下风向大气中的甲苯情况开展了春、夏、秋、冬四季的跟踪检测,甲苯浓度范围为 $2.73\sim18.03\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,浓度均值为 $7.70\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,具体检测结果如表 3 所示。

表 2 各国或组织对甲苯的《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS) 危害分类结果
Table 2 Results of the classification for the *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals* (GHS) hazard of toluene by different countries or organizations

序号 Number	国家/组织 Nation/ Organization	GHS 危害分类结果 GHS hazard classification results	分类结果来源 Source of classification result
1	中国 China	(1)易燃液体,类别 2 Flammable liquid, category 2 (2)皮肤腐蚀/刺激,类别 2 Skin corrosion/irritation, category 2 (3)生殖毒性,类别 2 Reproductive toxicity, category 2 (4)特异性靶器官毒性: 一次接触,类别 3(麻醉效应) Specific target organ toxicity: One exposure, category 3 (narcotic effect) (5)特异性靶器官毒性: 反复接触,类别 2* Specific target organ toxicity: Repeated exposure, category 2* (6)吸入危害,类别 1 Inhalation hazard, category 1 (7)危害水生环境: 急性危害,类别 2 Hazardous to the aquatic environment: Acute hazard, category 2 (8)危害水生环境: 长期危害,类别 3 Hazardous to the aquatic environment: Long-term hazard, category 3	危险化学品目录(2015 版)实施指南(试行) Implementation Guidelines for the Catalogue of Hazardous Chemicals (for Trial Implementation 2015)
2	欧盟 European Union	(1)易燃液体,类别 2 Flammable liquid, category 2 (2)皮肤腐蚀/刺激,类别 2 Skin corrosion/irritation, category 2 (3)吸入危害,类别 1 Inhalation hazard, category 1 (4)特异性靶器官毒性: 一次接触,类别 3 Specific target organ toxicity: Single exposure, category 3 (5)特异性靶器官毒性: 反复接触,类别 2* Specific target organ toxicity: Repeated exposure, category 2* (6)生殖毒性,类别 2 Reproductive toxicity, category 2	《欧盟物质和混合物的分类、标签和包装法规》(CLP 法规) EU Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures (CLP)
3	日本 Japan	(1)易燃液体,类别 2 Flammable liquid, category 2 (2)皮肤腐蚀/刺激,类别 2 Skin corrosion/irritation, category 2 (3)严重眼刺激/眼损伤,类别 2B Serious eye irritation/eye damage, category 2B (4)急性毒性: 吸入(蒸气),类别 4 Acute toxicity: Inhalation (vapor), category 4 (5)生殖毒性,类别 1A Reproductive toxicity, category 1A (6)特异性靶器官毒性: 一次接触,类别 1(中枢神经系统)类别 3(呼吸道刺激、麻醉效应) Specific target organ toxicity: Single exposure, category 1 (central nervous system) category 3 (respiratory tract irritation, narcotic effects) (7)特异性靶器官毒性: 反复接触,类别 1(中枢神经系统、肾脏) Specific target organ toxicity: Repeated exposure, category 1 (central nervous system, kidney) (8)吸入危害,类别 1 Inhalation hazard, category 1 (9)危害水生环境: 急性危害,类别 2 Hazardous to the aquatic environment: Acute hazard, category 2 (10)危害水生环境: 长期危害,类别 3 Hazardous to the aquatic environment: Long-term hazard, category 3	物理危害和健康危害:日本政府的 GHS 分类指南(2010 年 7 月) Reference Manual: Physical Hazards and Health Hazards: GHS Classification Guidance by the Japanese Government (July, 2010)
4	澳大利亚 Australia	(1)易燃液体,类别 2 Flammable liquid, category 2 (2)皮肤腐蚀/刺激,类别 2 Skin corrosion/irritation, category 2 (3)特异性靶器官毒性: 反复接触,类别 2 Specific target organ toxicity: Repeated exposure, category 2 (4)生殖毒性,类别 1A Reproductive toxicity, category 1A	《澳大利亚工业化学品加速评估》 Accelerated Assessment of Industrial Chemicals in Australia

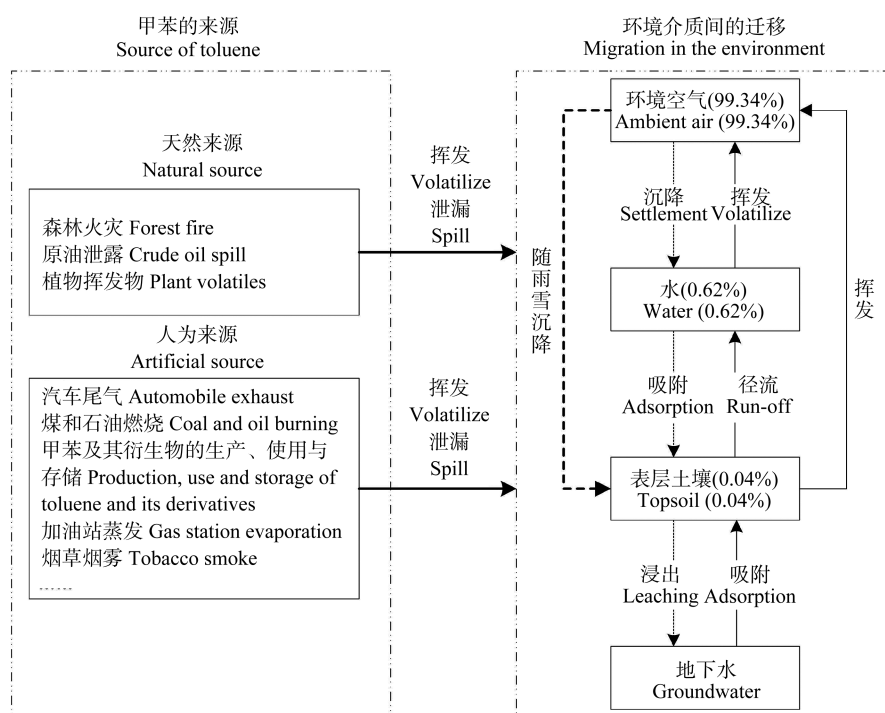


图1 环境中甲苯的释放与转归

Fig. 1 Release and circulation of toluene in environment

因甲苯易挥发,受温度、风等气象条件影响较大^[8-9],检测数据显示,夏季园区大气中甲苯的浓度相对较低,春、秋、冬季甲苯的浓度相对较高,这可能与园区地形地貌以及企业实际生产情况有一定的相关性。

2 园区甲苯的健康风险 (Health risk of toluene in industrial park)

健康暴露评估主要评估人体通过环境的间接暴露,包括吸入、饮水和摄食等途径。甲苯的健康暴露

途径有呼吸吸入、经口摄入和皮肤接触^[10-11]。研究显示,呼吸吸入是甲苯最主要的健康暴露方式,在含甲苯的空气环境中暴露后的10~15 min内血液中甲苯浓度迅速提高^[12-13]。甲苯经消化道吸收弱于经呼吸道吸收,皮肤吸收的程度最低,可忽略不计^[14]。本研究主要考虑人体经呼吸吸入甲苯引起的健康风险。

2.1 健康风险评估方法

目前甲苯是否可致癌尚未明确,本研究采用实测的园区甲苯浓度的年均值作为暴露剂量,假定一般人群生活在该园区附近,计算人群长期在甲苯单一污染物暴露下的非致癌危害,最后以单一污染物可接受危害商值1为标准,反推环境空气中甲苯最大允许暴露浓度。评估模型采用US EPA发布的《超级基金风险评估指南 第一卷 人类健康评估手册(F部分:吸入风险评估补充指南)》(2009年)中的人体非致癌危害评估模型,公式如下:

$$HQ_{\text{甲苯}} = \frac{EC_{\text{甲苯}}}{RfC_{\text{甲苯}}} \quad (1)$$

式中: $HQ_{\text{甲苯}}$ 为吸入空气中甲苯的危害商; $EC_{\text{甲苯}}$ 为空气中甲苯的暴露量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$); $RfC_{\text{甲苯}}$ 为甲苯呼吸吸入参考浓度($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$),0~2岁为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,3~15岁为 $1.7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,15岁以上为 $5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ^[15]。

$$EC_{\text{甲苯}} = \frac{CA_{\text{甲苯}} \times ET \times EF \times ED}{AT} \quad (2)$$

表3 天津某园区大气中的甲苯检测结果

Table 3 Testing results of toluene in the atmosphere of an industrial park in Tianjin

测试日期 Test date	甲苯浓度/ $(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$ Toluene concentration/ $(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$
2020-01	冬 Winter: 4.72
2020-04	春 Spring: 18.03
2020-07	夏 Summer: 2.73
2020-10	秋 Autumn: 5.31

注:所测浓度值为小时均值,采用电子鼻自动监测设备,测试频率 $5 \text{ min} \cdot \text{次}^{-1}$,每小时抓取12次数据,每月总计抓取8 640次数据。

Note: The obtained concentration value is hourly average, using electronic nose automatic monitoring equipment, with testing frequency $5 \text{ min} \cdot \text{time}^{-1}$, grabbing 12 data per hour, and grabbing 8 640 data per month in total.

式中:CA_{甲苯}为甲苯在空气中的浓度(mg·m⁻³);ET为人群在含甲苯空气中的日均暴露时长(h·d⁻¹);EF为人群在含甲苯空气中的年均暴露时长(d·a⁻¹);ED为人群在含甲苯空气中的总暴露时长(a);AT为人群影响效应平均时间(h)。

2.2 暴露参数

假设环境空气中甲苯浓度稳定,不考虑甲苯泄露事故等特殊条件,针对不同年龄段的人群开展甲苯的非致癌风险评估。根据园区实测数据以及中国人群暴露特点,开展化工园区周边居住人群(非职业暴露人群)健康风险评估。

2.3 风险评估结果

将暴露参数(表 4)代入模型公式,计算人体非致癌危害商,公式如下:

$$CA_{\max} = \frac{HQ_{\text{标准}} \times AT \times RfC_{\text{甲苯}}}{ET \times EF \times ED}$$

(3)

式中:CA_{max}为环境空气最大允许暴露浓度(mg·m⁻³);HQ_{标准}为单一污染物可接受危害商,为 1;AT为人群影响效应平均时间(h);RfC_{甲苯}为甲苯呼吸吸入参考浓度(mg·m⁻³),0~2 岁为 0.1 mg·m⁻³,3~15

岁为 1.7 mg·m⁻³,15 岁以上为 5 mg·m⁻³;ET 为人群在含甲苯空气中的日均暴露时长(h·d⁻¹);EF 为人群在含甲苯空气中的年均暴露时长(d·a⁻¹);ED 为人群在含甲苯空气中的总暴露时长,74.8 a。

我国单一污染物可接受危害商(HQ)为 1,如果 HQ<1,表示污染物暴露浓度低于产生不良反应的阈值,带来的非致癌健康风险处于可接受水平;如果 HQ>1 则表示暴露浓度超过阈值,带来的非致癌健康风险处于不可接受水平。由表 5 可知,化工园区人群在最长暴露时间下,其 HQ<1,且园区甲苯测试浓度(7.7 μg·m⁻³)远远小于环境空气最大允许暴露浓度(1.97×10³ μg·m⁻³),即在单一甲苯暴露下危害水平尚可接受。但是值得注意的是污染物并不是单一存在的,往往与其他物质共同作用于人体,因此仍需要采取相应措施降低空气中污染物浓度。

2.4 不确定性分析

本研究仅假定化工园区周边人群暴露在甲苯这种单一有害物质的大气中,未考虑大气环境中其他化学物质对人体健康可能产生的暴露叠加效应,而实际情况是大气环境中会存在多种化学物质,因此,

表 4 人群甲苯暴露参数
Table 4 Parameters of human exposure to toluene

参数 Parameter	符号 Symbol	单位 Unit	值 Value
甲苯平均值 Mean toluene concentration	CA _{甲苯} CA _{toluene}	μg·m ⁻³	7.7
日均暴露时长 Average daily exposure	ET	h·d ⁻¹	24
年均暴露时长 Annual average exposure days	EF	d·a ⁻¹	350
暴露时限 Years of exposure	ED	a	1
			5
			70
效应平均时间 Mean time of effect	AT	h	655 248

注:CA_{甲苯}采用区域统计数据平均值;ET 为设定值;EF 参考《中国人群暴露参数手册》;ED 设定为 1、5 和 70 a(居住用地最高出让时间为 70 a)3 个暴露时限;AT 为人均期望年龄总时间,365 d·a⁻¹×74.8 a×24 h·d⁻¹=655 248 h。

Note: CA_{toluene} is the average of regional statistical data; EF is obtained by referring to the *Chinese Population Exposure Parameter Manual*; ET are set durations; ED is assumed to be three periods of 1 year, 5 years and 70 years (a maximum of 70 years is selected for residential land); AT is the expected age per capita, 365 d·a⁻¹×74.8 a×24 h·d⁻¹=655 248 h.

表 5 园区甲苯对人群的非致癌危害
Table 5 Non-carcinogenic hazards to human from toluene in the industrial park

人群分类 Crowd classification	3 个暴露时限的危害商 Hazard quotient for three exposure periods			最大允许暴露浓度/(μg·m ⁻³) Maximum allowable exposure concentration/(μg·m ⁻³)
	1 a	5 a	70 a	
0~2 岁 The first 2 years of life	9.87E-04	2.15E-03	3.81E-03	1.97E+03
3~15 岁 3 to 15 years old	5.81E-05	2.90E-04	1.88E-03	
>15 岁 Ages >15	1.97E-05	4.94E-04	1.38E-03	

园区周边人群的健康暴露风险会比单一暴露在甲苯中的风险高。此外,本次评估采用的是园区大气环境中甲苯实测数据的平均值,但检测数据量和频次偏少,不能有效反映园区大气中甲苯的实际情况。

3 对策与建议 (Countermeasures and suggestions)

3.1 国内管控情况

甲苯是比较重要的基础化工原料,因其有一定的环境和健康危害属性,我国已在不同法律法规中对其进行管控规定。主要包括:《危险化学品安全管理条例》(2013 年版)将甲苯纳入危险化学品实施管理,要求生产、使用、储存和运输等企业向应急管理部申领安全许可证;《易制毒化学品的分类和品种目录》(2018 版)中甲苯被列入易制毒化学品,购买等受公安部门管制;《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录》(2016 年版)中提出,鼓励在乳油加工行业中将甲苯溶剂替代为松脂基油溶剂;《环境保护综合名录》(2017 年版)提出,有机化学原料制造行业中煤焦化甲苯产品列为高环境风险产品,生产、使用和存储甲苯超过 10 t 的企业必须开展突发环境事件风险评估,并制定应急预案;2020 年 11 月,甲苯被列入《优先控制化学品名录》(第二批),要求企业对甲苯产生环境与健康风险的主要环节采取风险管控措施。

此外,为控制甲苯的环境排放,我国在《污水综合排放标准》《大气污染物综合排放标准》《城镇污水处理厂污染物排放标准》《石油化学工业污染物排放标准》《合成革与人造革工业污染物排放标准》《合成树脂工业污染物排放标准》《石油炼制工业污染物排放标准》《油墨工业水污染物排放标准》《杂环类农药工业水污染物排放标准》《船舶工业污染物排放标准》和《轧钢工业大气污染物排放标准》等

已颁布的综合性国家标准、行业排放标准中规定了甲苯最高的允许排放浓度。在《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》中规定了甲苯的职业接触限值为 $50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (时间加权平均容许浓度,简称 PC-STEL)和 $100 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (短时间接触容许浓度,简称 PC-STEL)。此外,在水、土壤和室内空气质量标准中,分别对甲苯含量做出了限值规定,如表 6 所示。

3.2 国外管控情况

美国、日本等化学物质环境管理起步较早、法规比较健全的国家,很早就对甲苯进行了管控。美国《清洁空气法案》中要求 US EPA 对包括甲苯在内的 187 种有害空气污染物(HAPS)分 2 个阶段进行管控:第 1 阶段基于“技术”可行性,即根据行业可实现的污染物排放水平,制订最大可达技术标准(MACT),实施化学品排放管控^[6];第 2 阶段基于“风险”可控性,即判断是否需要更多的健康保护标准,补充制订最佳可控技术标准,实施健康风险管控。日本《大气污染防治法》将 248 种物质列为有害大气污染物,并筛选出包括甲苯在内 23 种优先控制污染物,要求对其采取“加强化学物质基础研究、公示健康风险评估、企业污染状况上报并控制排污”等有效控制措施^[7]。

3.3 对策建议

(1)甲苯是基础化工原料之一,在我国生产使用数量大,应用领域十分广泛。因甲苯易挥发,生产使用过程中的点源排放(包括无组织排放)会通过吸入等途径造成一定的人体健康暴露,建议将甲苯纳入园区大气重点管控物质,并增加园区环境空气中甲苯的监测频次,建立园区环境空气质量监测长效机制,定期开展园区周边甲苯环境污染和健康风险评估。

表 6 我国对甲苯在不同介质中的浓度限值

Table 6 Limits of toluene concentration in different media in China

标准 Standard	限值 Limit value	备注 Note
《地表水环境质量标准》 <i>Environmental Quality Standard for Surface Water</i> (GB 3838—2002)	$0.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	集中式生活饮用水地表水源地 Centralized surface water source for drinking water
《生活饮用水卫生标准》 <i>Standards for Drinking Water Quality</i> (GB 5749—2006)	$0.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	生活饮用水、生活饮用水水源、集中式供水、二次供水 Drinking water, drinking water source, centralized water supply, secondary water supply
《土壤环境质量标准》 <i>Soil Environmental Quality</i> (GB 36600—2018)	$1\ 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	建设用地甲苯风险筛选值和管制值 Toluene risk screening value and control value for construction land
《室内空气质量标准》 <i>Indoor Air Quality Standard</i> (GB/T 18883—2002)	$0.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$	1 h 均值 1 h mean

(2)甲苯已列入《优先控制化学名录(第二批)》,需进一步严格落实优先控制化学品管控要求,对园区内涉甲苯的生产、加工使用的企业,全面实施排污许可证制度和清洁生产审核,并按照清洁生产审核要求进行信息公开,全面提升企业和园区的化学物质环境管理能力。

通讯作者简介:王冬梅(1979—),女,硕士,高级工程师,主要研究方向为固体废物及有毒有害化学品环境风险管理。

参考文献(References):

- [1] 米多,姜日元,王涛.芳烃产品生产及市场分析[J].化学工业,2019,37(4):17-25
Mi D, Jiang R Y, Wang T. Production and market analysis of some aromatics products [J]. Chemical Industry, 2019, 37(4): 17-25 (in Chinese)
- [2] Byrne A, Kirby B, Zibin T, et al. Psychiatric and neurological effects of chronic volatile substance abuse [J]. Canadian Journal of Psychiatry, 1991, 36(10): 735-738
- [3] Rosenberg N L, Spitz M C, Filley C M, et al. Central nervous system effects of chronic toluene abuse—Clinical, brainstem evoked response and magnetic resonance imaging studies [J]. Neurotoxicology and Teratology, 1988, 10(5): 489-495
- [4] 中华人民共和国国家安全生产监督管理总局.〔2015〕80号 危险化学品目录实施指南(试行)[S].北京:中华人民共和国国家安全生产监督管理总局,2015
State Administration of Work Safety of the People's Republic of China. [2015] No. 80 Implementation Guidelines for the Catalogue of Hazardous Chemicals (for Trial Implementation) [S]. Beijing: State Administration of Work Safety of the People's Republic of China, 2015 (in Chinese)
- [5] Japanese Inter-ministerial Committee on GHS, Ministry of Health, Labour and Welfare, Ministry of the Environment. Physical hazards and health hazards: GHS classification guidance by the Japanese government [R]. Tokyo: Japanese Inter-ministerial Committee on GHS, Ministry of Health, Labour and Welfare, Ministry of the Environment, 2010
- [6] Finnish Safety and Chemicals Agency. Substance evaluation report. Background document for the purpose of substance evaluation under REACH for substance name toluene [R]. Helsinki, Finland: Finnish Safety and Chemicals Agency, 2013
- [7] National Library of Medicine (NLM). Toxic chemical release inventory (TRI) [R]. Bethesda, MD: National Toxicology Information Program, 1999
- [8] 刘奇琛,黄婧,郭新彪.北京市大气挥发性有机物(VOCs)的污染特征及来源[J].生态毒理学报,2017,12(3):49-61
Liu Q C, Huang J, Guo X B. Pollution characteristics and sources of ambient volatile organic compounds(VOCs) in Beijing [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2017, 12(3): 49-61 (in Chinese)
- [9] 杨婷,李丹丹,单玄龙,等.北京市典型城区环境空气中苯系物的污染特征、来源分析与健康风险评价[J].生态毒理学报,2017,12(5):79-97
Yang T, Li D D, Shan X L, et al. Pollution characterization, source apportionment and health risk assessment of benzene homologues in the ambient air of a typical urban area in Beijing, China [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2017, 12(5): 79-97 (in Chinese)
- [10] Government of Canada & Environment Canada & Health Canada. Canadian Environmental Protection Act. Priority substances list assessment report. Toluene [R]. Quebec: Government of Canada & Environment Canada & Health Canada, 1992
- [11] Tyle H, Larsen H S, Andersen L K, et al. European Union risk assessment report. Toluene [R]. Brussels: European Commission, 2003
- [12] Hjelm E W, Näslund P H, Wallén M. Influence of cigarette smoking on the toxicokinetics of toluene in humans [J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, 1988, 25(2): 155-163
- [13] Pyykkö K, Tähti H, Vapaatalo H. Toluene concentrations in various tissues of rats after inhalation and oral administration [J]. Archives of Toxicology, 1977, 38(3): 169-176
- [14] Brown H S, Bishop D R, Rowan C A. The role of skin absorption as a route of exposure for volatile organic compounds (VOCs) in drinking water [J]. American Journal of Public Health, 1984, 74(5): 479-484
- [15] Hugh B, Jim C, Michael P, et al. Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens [R]. Washington DC: Risk Assessment Forum, United States Environmental Protection Agency, 2005
- [16] United States Environmental Protection Agency. The Plain English Guide to the Clean Air Act [R]. Triangle Park, NC: Office of Air Quality Planning and Standards Research 2007
- [17] 日本环境省.大气污染防治法概要[EB/OL]. [2021-04-30]. <http://www.env.go.jp/air/osen/law/index.html>, 2012 ◆