

# 2017—2019年扬州市大气污染物与儿童呼吸系统门诊量的时间序列分析

张开月, 李小琴, 姚庆兵, 戴翔宇, 卞晓寅, 巫晶晶, 叶涛, 金武\*  
(扬州市疾病预防控制中心, 江苏 扬州 225007)

**摘要:**收集扬州市2017—2019年大气污染物细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)和臭氧(O<sub>3</sub>)的日均质量浓度、气象因素(日均温度、相对湿度)以及每日儿童呼吸系统门诊量数据,运用广义相加模型(GAM)进行单污染物和多污染物分析。结果表明,单污染物分析中,大气污染物的质量浓度累积滞后效应均大于单独滞后效应。 $\rho$ (PM<sub>2.5</sub>)、 $\rho$ (SO<sub>2</sub>)和 $\rho$ (NO<sub>2</sub>)对儿童呼吸系统门诊量影响效应均在累积滞后7 d(lag 07)达到最大值, $\rho$ (O<sub>3</sub>)在累积滞后6 d(lag 06)达到最大值。表现为 $\rho$ (PM<sub>2.5</sub>)、 $\rho$ (SO<sub>2</sub>)和 $\rho$ (NO<sub>2</sub>)在lag 07时,每升高10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,儿童呼吸系统门诊量超额危险度分别为0.720% [95%置信区间(95% CI):0.346% ~ 1.095%]、6.955% (95% CI:5.197% ~ 8.743%)和2.133% (95% CI:1.516% ~ 2.754%); $\rho$ (O<sub>3</sub>)在lag 06时,每升高10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,儿童呼吸系统门诊量超额危险度为1.160% (95% CI:0.873% ~ 1.447%)。多污染物分析中,当引入所有污染物(SO<sub>2</sub> + NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>)时,PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统门诊量风险影响消失。大气污染物浓度的升高会增加儿童呼吸系统疾病的发生风险,并且其影响存在一定的滞后效应,有必要开展有针对性的大气污染物与儿童呼吸系统疾病的预警研究,保护易感人群,合理分配卫生资源。

**关键词:** 大气污染; 儿童; 呼吸系统门诊; 时间序列分析; 广义相加模型; 扬州

中图分类号:X823

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2021)05-0067-04

## Time-series Analysis of Association between Air Pollutants and Respiratory Outpatient Visits in Children in Yangzhou City in 2017—2019

ZHANG Kai-yue, LI Xiao-qin, YAO Qing-bing, DAI Xiang-yu, BIAN Xiao-yin, WU Jing-jing, YE Tao, JIN Wu\*  
(Yangzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention, Yangzhou, Jiangsu 225007, China)

**Abstract:** The daily average concentrations of PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>, meteorological factors (including daily average temperature and relative humidity) and the number of outpatient patients in children's respiratory system were collected in Yangzhou City from 2017 to 2019. The single pollutant and multi-pollutant analysis were carried out by using generalized additive model (GAM). The results showed that in single pollution model, the cumulative lag effect of air pollutant concentration was greater than that of single pollution model. The effects of  $\rho$ (PM<sub>2.5</sub>),  $\rho$ (SO<sub>2</sub>) and  $\rho$ (NO<sub>2</sub>) on outpatient volume of pediatric respiratory system reached the maximum value in 7 days (lag 07), and  $\rho$ (O<sub>3</sub>) reached the maximum value in 6 days (lag 06), which showed that when  $\rho$ (PM<sub>2.5</sub>),  $\rho$ (SO<sub>2</sub>) and  $\rho$ (NO<sub>2</sub>) (lag 07) increased by 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , the risk score of outpatient volume increased by 0.720% (95% CI: 0.346% ~ 1.095%), 6.955% (95% CI: 5.197% ~ 8.743%) and 6.133% (95% CI: 1.516% ~ 2.754%). The risk of outpatient outpatient service increased by 1.160% (95% CI: 0.873% ~ 1.447%) for every 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase of  $\rho$ (O<sub>3</sub>) (lag 06). In the multi-pollution model, when all pollutants (SO<sub>2</sub> + NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>) were introduced, the influence of PM<sub>2.5</sub> on the outpatient volume risk of children respiratory system disappeared. The increase of air pollutant concentration will increase the risk of respiratory diseases in children, and the effect has a certain lag effect. Therefore, it is necessary to carry out targeted early warning research on air pollutants and respiratory diseases of children, so as to protect vulnerable people and allocate health resources reasonably.

**Key words:** Air pollution; Children; Respiratory outpatient visits; Time-series analysis; Generalized additive model; Yangzhou

收稿日期:2021-06-30; 修订日期:2021-08-05

基金项目:扬州市重点研发项目(社会发展)(YZ2021070)

作者简介:张开月(1989—),女,主管医师,硕士,主要从事环境健康工作。

通讯作者:金武 E-mail:1176465715@qq.com

大气污染物是重要的环境健康危险因素<sup>[1]</sup>。扬州作为宜居城市,随着城市化水平的不断提升,大气污染问题逐步凸显<sup>[2]</sup>。相关研究表明,大气污染物与呼吸道感染的发病率增加有关<sup>[3-4]</sup>。与成年人相比,儿童呼吸系统发育不全,呼吸道狭窄,免疫力低下,对空气污染更为敏感<sup>[5]</sup>,因此研究大气污染物与儿童呼吸系统疾病间的关联效应具有重要意义。许多研究证实,随着大气污染物浓度的上升会使儿童呼吸系统疾病就诊量和住院率增加<sup>[6-8]</sup>。现采用时间序列分析方法,基于广义相加模型(generalized additive models, GAM)定量分析 2017—2019 年扬州市大气污染物浓度与儿童呼吸系统门诊量的“暴露-反应”关系,为空气污染健康风险评估和易感人群公共卫生政策的制定提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

2017—2019 年,儿童逐日呼吸系统门诊量来源于扬州市妇幼保健院医院信息系统,按照世界卫生组织国际疾病分类(ICD-10 J00-J98)进行统计。气象指标(日均温度、相对湿度)和大气污染物[细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)及臭氧(O<sub>3</sub>)]日均浓度资料分别来源于扬州市气象局和扬州市生态环境局。

### 1.2 统计分析方法

采用 R 3.1.1 软件进行统计分析。研究期间的气象指标、大气污染物浓度及儿童呼吸系统门诊量运用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )、最小值、最大值及四分位间距(P<sub>25</sub>、P<sub>50</sub>、P<sub>75</sub>)指标进行描述性分析。大气污染物、气象指标及儿童呼吸系统门诊量相关性采用 Spearman 相关分析。

大气污染物浓度对儿童呼吸系统门诊量的影响采用时间序列分析法进行分析,为了控制日门诊量、日均温度及相对湿度的长期和季节趋势,运用 GAM 模型进行计算,见公式(1):

$$\text{Log}E(Y_t) = \beta Z_t + \text{DOW} + \text{ns}(\text{time}, \text{df}) + \text{ns}(\text{temperature}, \text{df}) + \text{ns}(\text{RH}, \text{df}) \quad (1)$$

式中:  $E(Y_t)$ —— $t$  日儿童呼吸系统门诊量( $Y_t$ )的数学期望,例; $\beta$ ——大气污染物回归系数; $Z_t$ —— $t$  日大气污染物浓度,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; DOW——“星期几效应”的哑变量; ns——自然样条平滑函数, df 为自由度(基于赤池信息法则确定),  $\text{time} = 8 \times a$ ,

共收集了 3 a 的数据,因此 time 的  $\text{df} = 24$ ,依据日平均气温(temperature)和相对湿度(RH)对人群健康影响的特点,选择 3 作为 temperature 和 RH 的 df。

通过单独滞后效应和累积滞后效应进行敏感性分析。在单独滞后效应中,选择 lag 0—lag 7 进行分析, lag 0 表示污染物当日浓度, lag 1 表示污染物前 1 d 浓度,以此类推;在累积滞后效应中,选择 lag 01—lag 07 进行分析, lag 01 表示污染物当日和前 1 d 的平均浓度, lag 02 表示污染物当日和前 2 d 的平均浓度,以此类推。运用多污染模型来评价模型的稳定性。

依据 GAM 模型估算的大气污染物回归系数( $\beta$ ),对健康效应做出定量评价,结果表示为污染物质量浓度每升高或降低  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,儿童呼吸系统每日门诊量增加或减少的百分比,即超额危险度(ER)及其 95% 置信区间(95% CI)。计算公式见式(2)和式(3):

$$\text{ER} = [e(\beta \times 10) - 1] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{ER}(95\% \text{ CI}) = \{e[(\beta \pm 1.96\text{SE}) \times 10] - 1\} \times 100 \quad (3)$$

式中: ER——超额危险度,无量纲; SE——标准误,无量纲。

## 2 结果与讨论

### 2.1 儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素描述性分析

2017—2019 年扬州市儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素描述性分析见表 1。由表 1 可见,儿童呼吸系统门诊量日均有 220 例;气象因素中日均温度和相对湿度分别为  $16.62 \text{ }^\circ\text{C}$  和  $75.39\%$ ;大气污染物的  $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 、 $\rho(\text{SO}_2)$ 、 $\rho(\text{NO}_2)$  及  $\rho(\text{O}_3)$  分别为  $45.90$ 、 $14.32$ 、 $32.67$  和  $98.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,其中  $\rho(\text{PM}_{2.5})$  高于国家二级标准<sup>[9]</sup>。

### 2.2 儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素相关分析

2017—2019 年扬州市儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素 Spearman 相关分析见表 2。由表 2 可见,儿童呼吸系统门诊量与大气污染物的  $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 、 $\rho(\text{NO}_2)$  呈正相关( $P < 0.01$ ),与  $\rho(\text{O}_3)$  和气象因素(日均温度、相对湿度)呈负相关( $P < 0.01$ )。污染物中,除了  $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 、 $\rho(\text{NO}_2)$  分

别与 $\rho(O_3)$ 不相关( $P > 0.05$ ),其余污染物两两之间均呈正相关( $P < 0.01$ )。气象因素中,日均温度与 $\rho(PM_{2.5})$ 、 $\rho(NO_2)$ 呈负相关( $P < 0.01$ ),而与 $\rho(SO_2)$ 、 $\rho(O_3)$ 呈正相关( $P < 0.01$ ),相对湿度与所有污染物均呈负相关( $P < 0.01$ )。可以看出,日

均温度和相对湿度与所有污染物及儿童呼吸系统门诊量均有关联,可见气象因素是研究污染物对儿童呼吸系统疾病门诊量影响的重要混杂因素,因此,日均温度和相对湿度被纳入 GAM 模型中进行控制。

表 1 2017—2019 年扬州市儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素描述性分析<sup>①</sup>

指标	$\bar{x} \pm s$	最小值	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	最大值
儿童呼吸系统门诊量/例	220 ± 82	90	169	203	247	722
$\rho(PM_{2.5})/(\mu g \cdot m^{-3})$	45.90 ± 28.00	5.79	25.13	38.72	57.81	189.63
$\rho(SO_2)/(\mu g \cdot m^{-3})$	14.32 ± 6.27	4.38	9.88	13.10	17.07	41.02
$\rho(NO_2)/(\mu g \cdot m^{-3})$	32.67 ± 15.98	4.83	21.19	29.13	41.07	103.94
$\rho(O_3)/(\mu g \cdot m^{-3})$	98.34 ± 42.24	11.94	65.28	89.63	125.73	245.38
日均温度/°C	16.62 ± 9.55	-4.60	8.15	17.00	24.70	34.80
相对湿度/%	75.39 ± 13.16	28.00	67.00	76.00	85.50	100.00

①P<sub>25</sub>、P<sub>50</sub>、P<sub>75</sub>代表四分位间距中的下四分位数、中位数和上四分位数。

表 2 2017—2019 年扬州市儿童呼吸系统门诊量、大气污染物浓度及气象因素相关分析<sup>①</sup>

指标	儿童呼吸系统门诊量	$\rho(PM_{2.5})$	$\rho(SO_2)$	$\rho(NO_2)$	$\rho(O_3)$	日均温度	相对湿度
儿童呼吸系统门诊量	1.000						
$\rho(PM_{2.5})$	0.436 **	1.000					
$\rho(SO_2)$	0.030	0.516 **	1.000				
$\rho(NO_2)$	0.448 **	0.766 **	0.558 **	1.000			
$\rho(O_3)$	-0.321 **	-0.025	0.307 **	-0.02	1.000		
日均温度	-0.610 **	-0.404 **	0.138 **	-0.328 **	0.625 **	1.000	
相对湿度	-0.115 **	-0.182 **	-0.425 **	-0.313 **	-0.453 **	-0.024	1.000

①\* \* 表示  $P < 0.01$ 。

### 2.3 大气污染物浓度对儿童呼吸系统门诊量的单独滞后效应和累积滞后效应分析

大气污染物的 $\rho(PM_{2.5})$ 、 $\rho(SO_2)$ 、 $\rho(NO_2)$ 和 $\rho(O_3)$ 对儿童呼吸系统门诊量当日至前 7 d 的单独滞后效应和累积滞后效应见图 1(a)(b)(c)(d)。由图 1 可见,大气污染物的累积滞后效应(lag 01—lag 07)均大于单独滞后效应(lag 0—lag 7)。对于单独滞后效应,在滞后 4,5,6 d(lag 4、lag 5、lag 6)时, $\rho(PM_{2.5})$ 的升高均会增加儿童呼吸系统门诊量;除了 $\rho(NO_2)$ 滞后 1 d(lag 1)及 $\rho(O_3)$ 滞后 6,7 d(lag 6、lag 7), $\rho(SO_2)$ 、 $\rho(NO_2)$ 及 $\rho(O_3)$ 其余滞后日的升高均会增加儿童呼吸系统门诊量。对于累积滞后效应,在累积滞后 5,6,7 d(lag 05、lag 06、lag 07)时, $\rho(PM_{2.5})$ 的升高均会增加儿童呼吸系统门诊量; $\rho(SO_2)$ 、 $\rho(NO_2)$ 及 $\rho(O_3)$ 在所有累积滞后日的升高均会增加儿童呼吸系统门诊量。

大气污染物对儿童呼吸系统门诊量的单污染模型分析结果见表 3。由图 1(a)(b)(c)(d)和表 3 可见, $\rho(O_3)$ 对儿童呼吸系统门诊量在累积滞后

6 d(lag 06)达到最大值,每升高 10  $\mu g/m^3$ ,儿童呼吸系统门诊量的 ER 为 1.160% (95% CI:0.873% ~ 1.447%); $\rho(PM_{2.5})$ 、 $\rho(SO_2)$ 、 $\rho(NO_2)$ 均在累积滞后 7 d(lag 07)达到最大值,每升高 10  $\mu g/m^3$ ,儿童呼吸系统门诊量的 ER 为 0.720% (95% CI:0.346% ~ 1.095%),6.955% (95% CI:5.197% ~ 8.743%) 和 2.133% (95% CI:1.516% ~ 2.754%)。

史亚妮等<sup>[10]</sup>研究指出, $\rho(SO_2)$ 在累积滞后 7 d(lag 07)时,对儿童呼吸系统门诊量影响最为显著,与本研究结果一致,但 $\rho(PM_{2.5})$ 和 $\rho(NO_2)$ 的效应最大值均出现在 lag 01。本研究 $\rho(PM_{2.5})$ 和 $\rho(NO_2)$ 的效应最大值出现在 lag 07,与张莉君等<sup>[11]</sup>研究结果一致。梁志江等<sup>[12]</sup>指出, $\rho(SO_2)$ 和 $\rho(NO_2)$ 的升高可能会造成 15 d 内儿童呼吸系统门诊量的增加。由以上文献可以看出,国内不同地区报道的大气污染物对儿童呼吸系统门诊量的影响结果不完全一致,这可能与不同地区的污染物浓度、主要来源和成分不同有关,也可能与人群对呼吸系统疾病的易感性及其他混杂因素等不同有关。

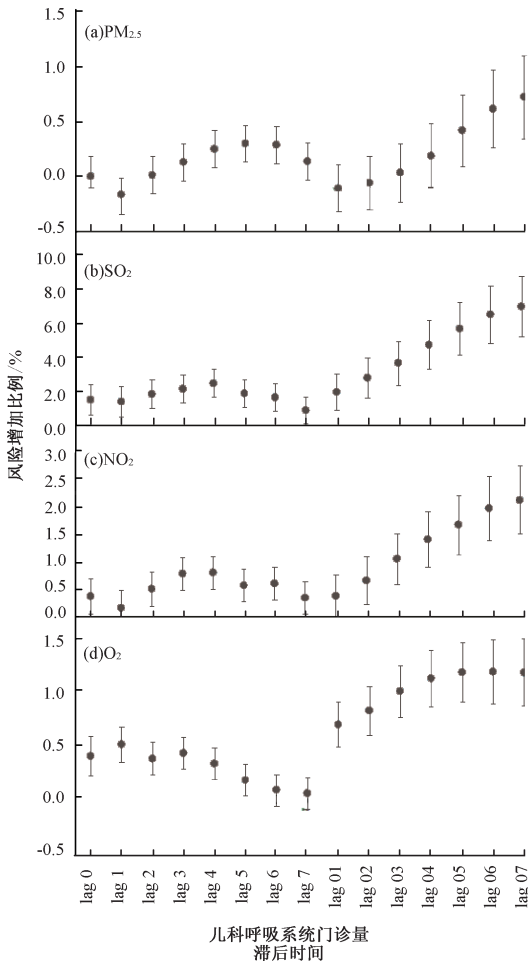


图 1 大气污染物对儿童呼吸系统门诊量的滞后效应

表 3 大气污染物对儿童呼吸系统门诊量的单污染模型分析结果 %

污染物	滞后时间	儿童呼吸系统门诊量风险	
		ER	ER(95% CI)
PM <sub>2.5</sub>	lag 07	0.720	0.346 ~ 1.095
SO <sub>2</sub>	lag 07	6.955	5.197 ~ 8.743
NO <sub>2</sub>	lag 07	2.133	1.516 ~ 2.754
O <sub>3</sub>	lag 06	1.160	0.873 ~ 1.447

2.4 PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统门诊量风险的多污染物模型拟合结果

扬州市 2017—2019 年  $\rho(\text{PM}_{2.5})$  高于国家二级标准,因此进行 PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统门诊量风险的多污染物模型分析(表 4)。由表 4 可见,当引入所有污染物(SO<sub>2</sub> + NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>)时,儿童呼吸系统门诊量风险影响消失。这提示了不同污染物之间可能有相互协同、拮抗及联合作用,因此在研究某种污染物的健康风险时应考虑其他相关污染物的影响<sup>[13]</sup>。

表 4 PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统门诊量的多污染模型分析结果 %

模型	儿童呼吸系统门诊量风险	
	ER	ER(95% CI)
PM <sub>2.5</sub>	0.613	0.264 ~ 0.963
PM <sub>2.5</sub> + SO <sub>2</sub>	0.362	-0.027 ~ 0.752
PM <sub>2.5</sub> + NO <sub>2</sub>	0.236	-0.255 ~ 0.729
PM <sub>2.5</sub> + O <sub>3</sub>	0.256	-0.108 ~ 0.622
PM <sub>2.5</sub> + SO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + O <sub>3</sub>	-0.465	-1.067 ~ 0.140

3 结论

运用时间序列广义相加模型(GAM),探讨了扬州市大气污染物暴露对儿童呼吸系统门诊量风险的影响。结果显示,2017—2019 年,扬州市  $\rho(\text{PM}_{2.5})$  高于国家二级标准,对这 3 a 的大气污染物浓度和气象因素资料进行分析发现, $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 、 $\rho(\text{SO}_2)$ 、 $\rho(\text{NO}_2)$ 、 $\rho(\text{O}_3)$ 对儿童呼吸系统门诊量存在一定的滞后效应,且累积滞后效应大于单独滞后效应。 $\rho(\text{O}_3)$ 在累积滞后 6 d(lag 06)时效应达到最大, $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 、 $\rho(\text{SO}_2)$ 、 $\rho(\text{NO}_2)$ 均在累积滞后 7 d(lag 07)时效应达到最大。PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统门诊量风险的多污染物模型拟合结果显示,当引入所有污染物(SO<sub>2</sub> + NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>)时,儿童呼吸系统门诊量风险影响消失。综上所述,大气污染物浓度的升高会增加儿童呼吸系统疾病的发生风险,并且存在一定的滞后效应。因此,有必要开展有针对性的大气污染物与儿童呼吸系统疾病的预警研究,保护易感人群,降低儿童相关疾病的发生。

本研究仅收集了扬州市一家儿童医院的呼吸系统门诊资料,代表性有限,可能存在选择偏倚,且采用环境监测站点的大气污染物均值反映暴露水平,这与儿童个体真实的暴露量有一定差异,后续将会对污染物与重点人群健康效应资料的代表性和真实性进行进一步的研究。

[参考文献]

[1] 王永星,杨似玉,张杰,等.郑州市空气污染与儿童医院呼吸系统日门诊量的相关性[J].环境卫生学杂志,2019,9(6):583-588.  
 [9] 徐琴,汪霄,胡效亚.扬州市区大气污染的变化规律及其机理探讨[J].扬州大学学报(自然科学版),2016,19(1):74-78.  
 [3] GAUDERMAN W J,URMAN R,AVOL E,et al. Association of improved air quality with lung development in children[J].New England Journal of Medicine,2015,372(10):905-913.

(下转第 123 页)

- (2011-03-09)[2021-06-10]. [http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201104/t20110401\\_208364.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201104/t20110401_208364.htm).
- [19] 环境保护部. 关于印发《全国集中式生活饮用水水源水质监测信息公开方案》的通知(环办监测[2016]3号)[R]. 北京:环境保护部,2016.
- [20] USEPA. Risk assessment guidance for superfund: volume3 - process for conducting probabilistic risk assessment chapter1, part a[R]. Washington D. C. : office of emergency and remedial Response US EPA,2001.
- [21] 刘松华,周静,金龙龙,等. 苏州市集中式饮用水源地健康风险评估研究[J]. 环境工程,2021,39(5):217-223.
- [22] 赵小健. 饮用水源地痕量有毒有害污染物环境健康风险评估[J]. 中国环境监测,2014,30(1):11-12.
- [23] 符刚,曾强,赵亮,等. 基于GIS的天津市饮用水水质健康风险评估[J]. 环境科学,2015,36(12):4553-4560.
- [24] 徐爱兰,陈敏,孙克遥. 长江口南通地区饮用水源地健康风险评估[J]. 中国环境监测,2012,28(6):9-13.
- [25] 韩芹芹,王涛,杨永红,等. 乌鲁木齐市主要饮用水源地水质健康风险评估[J]. 中国环境监测,2015,31(1):57-63.
- [26] 赵秀阁,段小丽. 中国人群暴露参数手册:概要[M]. 北京:中国环境出版社,2014:18-21.
- [27] 国务院新闻办. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[EB/OL]. (2020-12-23)[2021-05-19]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/42311/44583/index.htm>.
- [28] US EPA. Superfund public health evaluation manual [R]. EPA-AP540P1-86. Washington DC;US EPA,1986.
- [29] US EPA. Available information on assessment exposure from pesticides in food[R]. Washington D. C. : U. S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs,2000.
- [30] 祝慧娜,袁兴中,曾光明,等. 基于区间数的河流环境健康风险模糊综合评价模型[J]. 环境科学学报,2009,29(7):1527-1533.
- [31] 胡习邦,王俊能,许振成,等. 区间数的饮用水源地健康风险模糊综合评价[J]. 环境科学与技术,2012,35(12J):349-355.

.....

(上接第70页)

- [4] GUARNIERI M, BARMES J R. Outdoor air pollution and asthma [J]. Lancet, 2014,383(9928):1581-1592.
- [5] 丁亚萍,虞明星,郝海燕,等. 石家庄市空气PM<sub>2.5</sub>浓度与儿童呼吸系统疾病门诊量的关系[J]. 中华疾病控制杂志,2018,22(7):672-676.
- [6] 贾云飞,韦丽,唐彦钊,等. 2015—2017年南京市大气污染物对儿童内科门诊量影响的时间序列分析[J]. 职业与健康,2020,36(5):666-669,673.
- [7] 周芳,崔玉霞,刘焯,等. 空气污染物暴露对儿童常见呼吸系统疾病住院患儿数的影响[J]. 中国医药导报,2020,17(21):58-61.
- [8] 李虹静,任钰婷,张燕妮,等. 大气污染与儿童门急诊呼吸系统疾病相关性研究[J]. 环境卫生学杂志,2020,10(2):143-148,154.
- [9] 中华人民共和国环境保护部. 环境空气质量标准:GB 3095—2012[S]. 北京:中国环境科学出版社,2012.
- [10] 史亚妮,董继元,刘玉荣. 兰州市空气污染对儿童呼吸疾病的影响[J]. 中国环境科学,2020,40(4):1792-1799.
- [11] 张莉君,东春阳,许慧慧,等. 上海市大气污染与某综合医院儿童呼吸系统疾病门诊人次的关系[J]. 环境与职业医学,2020,37(8):741-746.
- [12] 梁志江,马远珠,缪华章,等. 广州地区空气污染对儿童呼吸系统疾病就诊人次的影响研究[J]. 环境与健康杂志,2015,32(6):481-484.
- [13] 张开月,金武,姚庆兵,等. 扬州市空气细颗粒物与居民死亡关系的时间序列分析[J]. 南通大学学报(医学版),2019,39(4):299-301.

栏目编辑 王 湜 周立平