

上海市崇明区大气污染物与医院门诊量关系的时间序列研究

张标, 王锦香

上海市崇明区疾病预防控制中心, 上海 202150

摘要:

[目的] 崇明岛作为生态休闲旅游岛, 岛内空气质量备受关注。本研究拟分析上海市崇明区大气污染物浓度对该区医院门诊量的影响, 为制定生态岛大气污染防控政策提供科学依据。

[方法] 收集 2014—2017 年上海市崇明区大气污染资料、气象资料及上海市第十人民医院崇明分院每日总门诊、呼吸系统疾病门诊、循环系统疾病门诊病例。使用广义线性模型分析大气污染物水平与该医院门诊量的暴露反应关系。计算大气污染物每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 日门诊量的相对危险度 (RR) 和超额危险度 (ER)。

[结果] 研究期间, $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 和 CO 日均浓度分别为 $38.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $107.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $48.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $17.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $9.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 、 PM_{10} 、 NO_2 超标率分别为 10.17%、9.28%、1.77%、0.28%, SO_2 和 CO 未超出限值。日均门诊总量为 1 393 人次, 呼吸系统疾病日均门诊量为 123 人次, 循环系统疾病日均门诊量为 167 人次。在总门诊中, 污染物每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 和 O_3 使门诊量增加 (ER) 分别为 0.17%、0.16%、0.60%、1.39% 和 0.10%; 在呼吸系统疾病门诊中, 污染物每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 和 O_3 使门诊量增加分别为 0.38%、0.26%、0.98%、1.61% 和 0.27%; 在循环系统疾病门诊中, 污染物每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 和 O_3 使门诊量增加分别为 0.27%、0.19%、0.83%、1.45% 和 0.15%。除 CO 外, 5 种不同大气污染物对总门诊量、呼吸系统疾病门诊量、循环系统疾病门诊量均有滞后效应, 且不同污染物滞后日期不同。 $\text{PM}_{2.5}$ 对三类门诊量最强滞后效应日期均为 lag1; PM_{10} 对三类门诊量最强滞后效应日期分别为 lag1、lag1、lag3; NO_2 对三类门诊量最强滞后效应日期分别为 lag1、lag1、lag2; SO_2 对三类门诊量最强滞后效应日期均为 lag3; O_3 对三类门诊量最强滞后效应日期分别为 lag2、lag3、lag2。

[结论] 大气污染物 ($\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 和 O_3) 浓度升高会增加该区医院门诊量, 且 1~3 d 均有滞后效应。

关键词: 大气污染; 门诊量; 时间序列研究; 滞后效应

Time-series study on relationship between air pollutants and outpatient visits in Chongming District of Shanghai ZHANG Biao, WANG Jin-xiang (Shanghai Chongming District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 202150, China)

Abstract:

[Objective] As an eco-tourism island, Chongming Island has attracted much attention on its air quality. In this study, we analyze the impact of air pollutant concentrations on outpatient visits in Chongming District of Shanghai, and provide a scientific basis for formulating air pollution prevention and control policies for the ecological island.

[Methods] We collected data on air pollution, meteorological factors, and daily outpatient visits registered in Shanghai Tenth People's Hospital Chongming Branch for all purposes, respiratory diseases, and circulatory diseases from 2014 to 2017. A generalized linear model was used to analyze the exposure-response relationship between concentrations of selected air pollutants and outpatient visit volume. A $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in selected air pollutants was used to compute the relative risk (RR) and excess risk (ER) of daily outpatient visit volume.

[Results] During the study period, the daily average concentrations of $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , PM_{10} , NO_2 , SO_2 , and CO were $38.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $107.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $48.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $17.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $9.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$, respectively; the unqualified rates of $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , PM_{10} , and NO_2 were 10.17%, 9.28%, 1.77%, and

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18536

作者简介

张标 (1985—), 男, 学士, 医师;
E-mail: 13918573135@163.com

通信作者

王锦香, E-mail: cmcdchz@163.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-08-29

录用日期 2019-02-11

文章编号 2095-9982(2019)04-0376-05

中图分类号 R122.2

文献标志码 A

引用

张标, 王锦香. 上海市崇明区大气污染物与医院门诊量关系的时间序列研究 [J]. 环境与职业医学, 2019, 36 (4): 376-380.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18536

Funding

This study was funded.

Correspondence to

WANG Jin-xiang, E-mail: cmcdchz@163.com

Competing interests None declared

Received 2018-08-29

Accepted 2019-02-11

To cite

ZHANG Biao, WANG Jin-xiang. Time-series study on relationship between air pollutants and outpatient visits in Chongming District of Shanghai[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(4): 376-380.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18536

0.28%, respectively, but SO₂ and CO did not exceed the limits. The daily outpatient volumes for all purposes, respiratory diseases, and circulatory diseases were 1393, 123, and 167 person-times, respectively. For total outpatient visits, each 10 µg/m³ increase of PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, and O₃ elevated the outpatient volume (ER) by 0.17%, 0.16%, 0.60%, 1.39%, and 0.10%, respectively. For respiratory outpatient visits, each 10 µg/m³ increase of PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, and O₃ elevated the outpatient volume by 0.38%, 0.26%, 0.98%, 1.61%, and 0.27%, respectively. For circulatory outpatient visits, each 10 µg/m³ increase of PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, and O₃ elevated the outpatient volume by 0.27%, 0.19%, 0.83%, 1.45%, and 0.15%, respectively. Five selected air pollutants, except CO, had different lag effects on the three categories of outpatient volume. The strongest lag effects of PM_{2.5} on total, respiratory, and circulatory disease outpatient visits were all on lag1; for PM₁₀, on lag1, lag1, and lag3, respectively; for NO₂, on lag1, lag1, and lag2, respectively; for SO₂, all on lag3; for O₃, on lag2, lag3, and lag2, respectively.

[Conclusion] The increases of concentrations of selected air pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, and O₃) would increase the outpatient visit volume of the hospital, and the related lag effects range from 1 to 3 days.

Keywords: air pollution; outpatient visit; time-series study; lag effect

自2013年起大气污染对人体健康的影响受到高度关注,近几年已成为国内外环境卫生研究的热点^[1-2]。国内研究主要关注大气污染较重的内陆城市和地区(重污染区)的大气污染物对居民的健康影响^[3-5],而对于空气质量较好的地区则研究较少。崇明岛作为生态休闲旅游岛,交通相对闭塞,但近几年随着长江隧桥的开通,机动车数量的迅速增长,城市化进程的加速及大量的人口流动等,岛内空气污染问题备受关注,而崇明岛尚无空气污染与医院门诊量的相关研究。故本研究拟通过收集医院门诊、大气污染物以及气象资料,应用时间序列研究,分析大气污染物浓度对医院门诊量的影响,为制定空气污染物对人群健康影响和生态岛大气污染防控政策提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 大气污染物及气象资料 大气污染物资料(包括PM_{2.5}、PM₁₀、CO、SO₂、NO₂和O₃)来源于崇明区环境监测中心,气象资料(包括日平均气温和日平均相对湿度)来源于崇明区气象局。时间区间为2014年1月1日至2017年12月31日。

1.1.2 医院门诊资料 系统收集上海市第十人民医院崇明分院同期的每日门诊就诊资料,包括日门诊总量、呼吸和循环系统日均门诊量。根据国际疾病分类标准第十版(ICD-10)从HIS系统筛选,主要包括呼吸系统疾病和症状J00-J99、R04-R07、R09.0-R09.3,循环系统疾病和症状I00-I99、R00-R03、R09.8。

1.2 研究方法

1.2.1 描述性及相关性分析 采用SPSS 21.0软件对大气污染物浓度、气象指标及医院门诊量进行一般统计

学描述;根据GB 3095—2012《国家环境空气质量标准》^[6]评价空气污染水平;并对大气污染物浓度与气象指标进行Spearman相关性分析。

1.2.2 时间序列分析 相对崇明区总人口而言,每日人群去医院就诊属于小概率事件,其分布近似服从Poisson分布。而大气污染资料、气象资料、门诊资料都是每日的连续资料,属于时间序列数据。采用广义线性模型进行分析,在控制长期趋势、星期几效应、节假日效应、气象等混杂因素的基础上,定量分析大气污染物对日门诊量的影响及其滞后效应,并计算相对危险度。基本模型为:

$$\log [E(Y_t)] = \beta Z_t + ns(\text{time}, \nu) + DOW + ns(\text{temperature}, \nu) + ns(\text{humidity}, \nu) + \text{intercept}$$

式中, $E(Y_t)$ 代表 t 日医院日门诊量的期望值, $\log$ 为对 $E(Y_t)$ 进行对数转换; Z_t 为 t 日大气污染物日均浓度, β 为 Z_t 的系数; DOW 为星期几效应,模型中设置为哑变量; ns 为自然平滑函数, ν 为其自由度; time 为日期变量, temperature 为 t 日平均气温, humidity 为 t 日平均相对湿度; intercept 为截距。根据赤池信息量准则(AIC)和以往研究^[7],控制长期趋势的时间变量样条函数 $\nu=6/\text{年}$,气温和相对湿度 $\nu=3$ 。根据模型估算日门诊量的相对危险度(relative risk, RR)及95%可信区间(95% confidence interval, 95%CI)。超额危险度 $ER=RR-1=[\exp(\beta \times 10)-1] \times 100\%$,含义为大气污染物质量浓度每升高10 µg/m³,日门诊量增加的百分数。数据分析采用R3.3统计软件进行拟合,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 大气污染物、气象因素和医院门诊量

2014—2017年大气污染物、气象因素和医院门诊

情况见表1。PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、SO₂、NO₂日平均浓度分别为38.6、48.8、107.3、9.2、17.0 μg/m³，CO为0.4 mg/m³。根据GB 3095—2012《国家环境空气质量标准》，6种污染物日均质量浓度的均值均未超过国家二级标准（PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、SO₂、NO₂分别为75、150、160、150、80 μg/m³，CO为4 mg/m³）。研究期间，PM_{2.5}、O₃、PM₁₀和NO₂的超标率分别为10.17%（137/1347）、9.28%（130/1401）、1.77%（25/1412）和0.28%（4/1417），CO和SO₂未超标。同期日平均温度和相对湿度分别为16.2℃和80.4%。研究期间，该医院日均门诊总量为1393.6人次，呼吸系统疾病日均门诊量为123.7人次，循环系统疾病日均门诊量为167.6人次。

表1 2014—2017年崇明区大气污染物、气象因素和医院门诊情况

变量	$\bar{x} \pm s$	Min	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	Max
大气污染物						
PM _{2.5} (μg/m ³)	38.6±29.3	2.0	18.0	29.5	50.0	257.0
PM ₁₀ (μg/m ³)	48.8±33.4	4.0	27.0	39.0	60.0	310.0
O ₃ (μg/m ³)	107.3±38.6	11.0	81.0	101.0	126.0	264.0
SO ₂ (μg/m ³)	9.2±6.2	2.0	5.0	7.0	11.0	58.0
NO ₂ (μg/m ³)	17.0±12.5	2.0	9.0	13.0	21.0	102.0
CO (mg/m ³)	0.4±0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	1.8
气象因素						
相对湿度 (%)	80.4±10.2	43.0	74.0	82.0	88.0	100.0
平均温度 (℃)	16.2±8.6	-6.7	8.6	17.1	23.3	33.5
日门诊人次						
日门诊总量	1393.6±161.1	467.0	1296.0	1393.0	1493.0	1848.0
呼吸系统日均门诊量	123.7±48.4	31.0	89.0	118.0	150.0	405.0
循环系统日均门诊量	167.6±47.6	11.0	139.0	173.0	202.0	286.0

2.2 大气污染物浓度与气象因素的关系

大气污染物浓度与气象因素的相关性见表2。除O₃与SO₂、NO₂之间无相关外（ $P>0.05$ ），其余各污染物之间均呈正相关（ $P<0.001$ ）；SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、CO五种污染物分别与平均温度、相对湿度呈负相关（ $P<0.001$ ）；O₃与平均温度呈正相关（ $P<0.001$ ）；O₃与相对湿度呈负相关（ $P<0.001$ ）。大气污染物与气象因素间存在一定强度的负相关（除O₃与平均温度外），提示气象因素是研究大气污染物人群健康效应的重要混杂因素。

2.3 大气污染物对当日门诊量的影响

大气污染物与当日门诊量的关系见表3。污染物质量浓度每升高10 μg/m³均可使日门诊总量、呼吸系

统疾病门诊量、循环系统疾病门诊量上升，上升幅度略有差异，呼吸系统疾病日门诊量上升幅度高于总门诊量和循环系统门诊量。SO₂和NO₂使门诊量上升的幅度最大，PM_{2.5}和PM₁₀次之，O₃最小。

表2 2014—2017年崇明区大气污染物、气象因素之间的相关性

指标	PM _{2.5}	PM ₁₀	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO	平均温度	相对湿度
PM _{2.5}	1.000	—	—	—	—	—	—	—
PM ₁₀	0.879*	1.000	—	—	—	—	—	—
O ₃	0.201*	0.212*	1.000	—	—	—	—	—
SO ₂	0.620*	0.591*	0.041	1.000	—	—	—	—
NO ₂	0.658*	0.611*	0.019	0.613*	1.000	—	—	—
CO	0.831*	0.778*	0.090*	0.538*	0.595*	1.000	—	—
平均温度	-0.216*	-0.300*	0.324*	-0.200*	-0.268*	-0.395*	1.000	—
相对湿度	-0.241*	-0.409*	-0.190*	-0.383*	-0.252*	-0.156*	0.241*	1.000

[注] *： $P<0.001$ 。

表3 2014—2017年崇明区大气污染物每增加10 μg/m³对医院日均门诊量的影响

指标	污染物	RR (95%CI)	ER (%)
日门诊总量	SO ₂	1.0139 (1.0042~1.0236)	1.39
	NO ₂	1.0060 (1.0014~1.0106)	0.60
	PM _{2.5}	1.0017 (1.0006~1.0028)	0.17
	PM ₁₀	1.0016 (1.0013~1.0019)	0.16
	O ₃	1.0010 (1.0002~1.0018)	0.10
呼吸系统疾病门诊量	SO ₂	1.0161 (1.0066~1.0256)	1.61
	NO ₂	1.0098 (1.0017~1.0179)	0.98
	PM _{2.5}	1.0038 (1.0011~1.0065)	0.38
	PM ₁₀	1.0027 (1.0007~1.0047)	0.27
	O ₃	1.0026 (1.0002~1.0050)	0.26
循环系统疾病门诊量	SO ₂	1.0145 (1.0019~1.0271)	1.45
	NO ₂	1.0083 (1.0001~1.0165)	0.83
	PM _{2.5}	1.0027 (1.0014~1.0040)	0.27
	PM ₁₀	1.0019 (1.0009~1.0029)	0.19
	O ₃	1.0015 (1.0006~1.0024)	0.15

2.4 大气污染物对门诊量的滞后效应

大气污染物对门诊量的1~3 d滞后效应见表4。大气中污染物质量浓度每增加10 μg/m³，PM_{2.5}对总门诊、呼吸系统门诊、循环系统门诊量的滞后效应均在滞后1 d最大，滞后2~3 d次之；PM₁₀、O₃分别对总门诊、呼吸系统、循环系统门诊量的滞后效应显示1~3 d相当；SO₂对总门诊、呼吸系统门诊量的滞后

效应显示滞后1~3 d依次递增,循环系统滞后3 d效应最大;NO₂对总门诊滞后效应显示滞后1 d效应最大,呼吸系统滞后1 d、3 d效应相当,循环系统滞后2 d效应最大。

表4 2014—2017年崇明区大气污染物每增加10 μg/m³对医院日均门诊量的1~3 d滞后效应

指标	滞后天数 (d)	日门诊总量		呼吸系统疾病门诊量		循环系统疾病门诊量	
		RR (95%CI)	ER (%)	RR (95%CI)	ER (%)	RR (95%CI)	ER (%)
PM _{2.5}	1	1.0044 (1.0002~1.0086)	0.44	1.0017 (1.0006~1.0028)	0.17	1.0047 (1.0009~1.0085)	0.47
	2	1.0003 (0.9999~1.0007)	0.03	1.0002 (0.9997~1.0007)	0.02	1.0010 (1.0001~1.0019)	0.10
	3	1.0009 (1.0001~1.0017)	0.09	1.0003 (1.0002~1.0004)	0.03	1.0021 (1.0013~1.0029)	0.21
PM ₁₀	1	1.0028 (1.0019~1.0037)	0.28	1.0023 (1.0006~1.0040)	0.23	1.0011 (1.0008~1.0014)	0.11
	2	1.0020 (1.0010~1.0030)	0.20	1.0015 (1.0009~1.0021)	0.15	1.0005 (1.0002~1.0008)	0.05
	3	1.0025 (1.0009~1.0041)	0.25	1.0018 (1.0012~1.0024)	0.18	1.0012 (1.0009~1.0015)	0.12
O ₃	1	1.0010 (1.0005~1.0015)	0.10	1.0003 (1.0001~1.0005)	0.03	1.0002 (1.0001~1.0003)	0.02
	2	1.0015 (1.0010~1.0020)	0.15	1.0005 (1.0001~1.0009)	0.05	1.0007 (1.0004~1.0010)	0.07
	3	1.0013 (1.0004~1.0022)	0.13	1.0008 (1.0002~1.0014)	0.08	1.0006 (1.0002~1.0010)	0.06
SO ₂	1	1.0050 (1.0035~1.0065)	0.50	1.0054 (1.0033~1.0075)	0.54	1.0011 (1.0000~1.0022)	0.11
	2	1.0052 (1.0026~1.0078)	0.52	1.0055 (1.0029~1.0081)	0.55	1.0007 (1.0004~1.0010)	0.07
	3	1.0063 (1.0040~1.0086)	0.63	1.0068 (1.0040~1.0096)	0.68	1.0012 (1.0001~1.0023)	0.12
NO ₂	1	1.0066 (1.0031~1.0101)	0.66	1.0050 (1.0030~1.0070)	0.50	1.0030 (1.0017~1.0043)	0.30
	2	1.0050 (1.0028~1.0072)	0.50	1.0036 (1.0021~1.0051)	0.36	1.0049 (1.0021~1.0077)	0.49
	3	1.0044 (1.0019~1.0069)	0.44	1.0049 (1.0023~1.0075)	0.49	1.0042 (1.0019~1.0065)	0.42

3 讨论

本研究使用时间序列方法定量描述了2014—2017年上海市崇明区大气污染物的浓度特征及其与门诊总量、呼吸系统疾病和循环系统疾病门诊量的暴露-反应关系。时间序列分析方法是目前国际上研究大气污染急性短期健康效应的标准方法^[8],它可反复观察同一研究人群暴露条件改变后的健康效应。近年来国内外已有大量研究常采用时间序列方法分析大气污染物急性暴露的健康效应,发现大气中PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、O₃等污染物的浓度与医院门诊量呈正相关^[2, 9-15],从健康效应来看污染物浓度大多以滞后0~3 d对人群健康效应的影响最强。

研究期间,崇明区SO₂、NO₂和PM₁₀日均浓度分别为9.2、17.0、48.8 μg/m³,远低于国内济南、哈尔滨、上海等地的监测浓度^[2-4, 10],而本研究这三种污染物对人群门诊量影响均低于上海地区^[10]的研究。PM_{2.5}浓度相对于哈尔滨、上海某区等地偏低,对人群门诊量影响也低于两地的研究水平^[4, 10]。O₃浓度略高于上海市区平均浓度^[10],能不同程度增加三类门诊量。各污染物引起门诊量增加的可能原因是崇明岛目前处于城市化快速发展中,岛内机动车数量快速增长,长江下流及入海口附近船舶燃料和燃煤等的持续排放导致臭氧和复合型污染成为大气污染的突出问题,这

些都值得进一步关注。

PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂、SO₂及O₃浓度增加可引起总门诊量、呼吸系统疾病门诊量、循环系统疾病门诊量的增加,且均有滞后效应,和目前的相关类似研究结果基本一致^[9-13]。本研究中各污染物对三类门诊量滞后效应均明显,但杨程等^[10]研究中上海某区PM₁₀无滞后效应,NO₂、SO₂及O₃对呼吸系统疾病门诊量滞后2~3 d均无效应,PM_{2.5}对呼吸系统疾病门诊量滞后1~2 d及总门诊量滞后2 d均无效应等。不同地区大气污染来源不同,浓度及化学组分也不相同,可能导致健康效应也各有差异^[16]。

本研究环境监测站点为崇明现代农业园区监测站,属于上海市控环保站点,位于崇明区中兴镇现代农业园区内,距监测医院约20 km。由于收集的各项大气污染物浓度和气象资料来源于崇明区环境监测中心和气象局,为区一级数据,可以代表全区居民真实的暴露水平,结果较可靠。且本研究中门诊病例的资料来源于上海市第十人民医院崇明分院,该医院是一家二级甲等综合医院,每日门诊的病人几乎全部来源于本岛,门诊就诊量约占全区的一半,门诊资料能很好地代表全岛居民的门诊就诊水平。但本研究也有一定的局限性:门诊量统计中未剔除单纯医保开药情况;利用环境监测站点的污染物监测浓度作为人

群的暴露,未考虑个体间暴露的差异;各污染物之间存在较强的相关性,还需开展多污染物的联合效应分析。

本研究通过崇明区大气污染与医院门诊量之间的相关性分析、时间序列分析,结果表明:崇明区空气质量虽相对较好,但仍发现污染物的日均浓度与崇明区医院门诊量存在正相关,且1~3 d均有滞后效应。今后还应继续开展类似研究,进一步探索大气污染物与人群健康相关影响,为崇明百姓健康保驾护航。

参考文献

- [1] ZHOU J, ITO K, LALL R, et al. Time-series analysis of mortality effects of fine particulate matter components in detroit and seattle [J]. *Environ Health Perspect*, 2011, 119 (4): 461-466.
- [2] 张江华,郭常义,许慧慧,等.上海市大气污染与某医院呼吸系统疾病门诊量关系的时间序列研究[J].*环境与职业医学*, 2014, 31 (11): 846-851.
- [3] 王艳,张宜升,李欣鹏.济南城区空气污染对呼吸道疾病门诊量的影响[J].*中国环境科学*, 2008, 28 (6): 571-576.
- [4] 刘晓波,杨丽,洪千淇,等.2015年哈尔滨市某地区空气污染物与呼吸系统疾病门诊量关系的时间序列研究[J].*环境卫生学杂志*, 2017, 7 (4): 279-283.
- [5] 张秉玲,牛静萍,曹娟,等.兰州市大气污染与居民健康效应的时间序列研究[J].*环境卫生学杂志*, 2011, 1 (2): 1-6.
- [6] 国家环境空气质量标准:GB 3095—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [7] TAM WW, WONG TW, NG L, et al. Association between air pollution and general outpatient clinic consultations for upper respiratory tract infections in Hong Kong [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (1): e86913.
- [8] 周晓丹,陈仁杰,阚海东.大气污染队列研究的回顾和对我国的启示[J].*中华流行病学杂志*, 2012, 33 (10): 1091-1094.
- [9] 崔亮亮,李新伟,耿兴义,等.2013年济南市大气PM_{2.5}污染及雾霾事件对儿童门诊量影响的时间序列分析[J].*环境与健康杂志*, 2015, 32 (6): 489-493.
- [10] 杨程,杨兴堂,沈先标.上海市某区2013—2015年大气污染物与医院门诊量的时间序列研究[J].*环境与职业医学*, 2017, 34 (3): 235-238, 244.
- [11] LIN YK, CHANG SC, LIN C, et al. Comparing ozone metrics on associations with outpatient visits for respiratory diseases in Taipei Metropolitan area [J]. *Environ Pollut*, 2013, 177: 177-184.
- [12] WANG KY, CHAU TT. An association between air pollution and daily outpatient visits for respiratory disease in a heavy industry area [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (10): e75220.
- [13] LIN YK, CHANG CK, CHANG SC, et al. Temperature, nitrogen dioxide, circulating respiratory viruses and acute upper respiratory infections among children in Taipei, Taiwan: a population-based study [J]. *Environ Res*, 2013, 120: 109-118.
- [14] DARROW LA, KLEIN M, FLANDERS WD, et al. Air pollution and acute respiratory infections among children 0-4 years of age: an 18-year time-series study [J]. *Am J Epidemiol*, 2014, 180 (10): 968-977.
- [15] JACOBSON LDAS, HACON SDE S, DE CASTRO HA, et al. Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian Amazon [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (8): e104177.
- [16] KIM SY, PEEL JL, HANNIGAN MP, et al. The temporal lag structure of short-term associations of fine particulate matter chemical constituents and cardiovascular and respiratory hospitalizations [J]. *Environ Health Perspect*, 2012, 120 (8): 1094-1099.

(英文编辑:汪源;编辑:汪源;校对:丁瑾瑜)