

2017年成都市PM_{2.5}质量浓度与呼吸系统急救人次的关系*

覃芳葵, 高绪芳, 鹿茸, 孙婧雯, 杜慧兰, 杜楠

成都市疾病预防控制中心(成都 610041)

【摘要】目的 分析2017年成都市大气细颗粒物(particulate matter 2.5, PM_{2.5})对呼吸系统急救人次的近期影响。**方法** 收集成都市2017年1月1日~12月31日的PM_{2.5}每日24 h质量浓度均值、每日呼吸系统疾病急救人次、日均气温和相对湿度,采用广义相加时间序列模型,在每日总急救人次无明显长期趋势的基础上,控制气象因素(气温和湿度)、“星期效应”混杂因素后,分析PM_{2.5}与呼吸系统急救人次的关系。**结果** 成都市2017年因呼吸系统疾病急救呼救共9 309人次,平均每天26人次。日均温度16.6 ℃,日均相对湿度81.2%,全年PM_{2.5}质量浓度均值为53.6 μg/m³。单污染物模型滞后时间效应分析发现,最强效应期为暴露当日,在最强效应期空气中PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³,居民因呼吸系统疾病急救风险增加1.26%(95%可信区间: 0.56%~1.97%),且PM_{2.5}质量浓度与居民因呼吸系统疾病急救风险几乎呈正向直线关系。双污染物模型分析发现,每日臭氧质量浓度8 h滑动平均值(O_{3-8h})能够增强PM_{2.5}质量浓度对人群急救风险的效应。**结论** 空气PM_{2.5}污染,可能增加居民因呼吸系统疾病急救的风险。

【关键词】 PM_{2.5} 急救 时间序列分析

PM_{2.5} and Emergency Calls for Health with Respiratory Diseases in Chengdu in 2017 QIN Fang-kui, GAO Xu-fang, LU Rong, SUN Jing-wen, DU Hui-lan, DU Nan. Chengdu Center for Disease Control and Prevention, Chengdu 610041, China

【Abstract】 Objective To determine the association between daily particulate matter 2.5 (PM_{2.5}) mass and emergency calls for help with respiratory diseases. **Methods** Semi-parametric generalized additive model was established to determine the association between daily PM_{2.5} and emergency calls for help with respiratory diseases in 2017 in Chengdu, after adjustments for time trend and variations in the days of the week and weather conditions. **Results** In 2017, a total of 9,309 emergency calls for help with respiratory diseases were recorded in Chengdu: on average 26 calls a day. Over the year, Chengdu reported a mean PM_{2.5} mass concentration of 53.6 μg/m³, an average temperature of 16.6 ℃, and an average relative humidity of 81.2%. The single pollutant model with lag time effect showed that a 10 μg/m³ increase in PM_{2.5} was associated with an increase of 1.26% [95% confidence interval (CI) 0.56%-1.97%] emergency calls for help with respiratory diseases. The exposure-response was almost in a direct line. The dual pollutant model found that O₃ 8-hour sliding average (O_{3-8h}) enhanced the effect of PM_{2.5} on emergency calls for help with respiratory diseases. **Conclusion** Outdoor PM_{2.5} is a significant predictor of emergency calls for help with respiratory diseases in Chengdu.

【Key words】 Particulate matter2.5 Emergency call Time series analysis

大气颗粒物PM_{2.5}是指空气动力学当量直径在2.5 μm以下的所有细颗粒物(particulate matter 2.5, PM_{2.5}),又称可入肺颗粒物,是雾霾的主要成分。大气流行病学与毒理学研究发现,大气中PM_{2.5}质量浓度的高低对人体心血管系统、呼吸系统、免疫系统、生殖系统等有很大影响^[1-2],国际癌症研究机构(IARC)于2013年将室外空气污染物确定为人类一级致癌物,同时将其主要成分颗粒物单独评估为人类一级致癌物。近年来国内外研究^[3-8]表明,PM_{2.5}与人群总死亡率、呼吸系统疾病患病率和死亡率、心血管系统的患病率和死亡率有关;儿童因为身体发育未完善,是空气污染的敏感人群,研究发现PM_{2.5}和儿童门诊就诊总量、呼吸系统疾病门诊量有关^[9-10]。胡悦等^[11]和宋杰等^[12]对石家庄市大

气臭氧(Ozone, O₃)浓度与急救人次关系进行了分析,尚未见PM_{2.5}与急救关系的报道,为探讨成都市空气中PM_{2.5}质量浓度对人群呼吸系统疾病急救需求的近期影响,我们对2017年1月1日~12月31日全市居民呼吸系统疾病急救呼救数据、气象和环保监测数据采用广义相加时间序列模型进行了分析,报道如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源

急救数据来自成都市急救指挥中心。收集2017年1月1日~12月31日成都市居民(包括20个区县,不含天府新区和简阳市)的急救呼救数据,按照国际疾病分类第十版(ICD-10)进行疾病分类,筛选出呼吸系统疾病(J00-J99)数据;气象数据来自成都市气象局,包括全市国家级基准气象监测站每日平均温度、平均相对湿度

* 四川省卫计委重点研究项目(No.18ZD047)资助

数据; 空气污染物数据来自成都市环境监测中心站, 包括8个国控监测点每日PM_{2.5}、可吸入颗粒物(inhalable particle matter, PM₁₀)、二氧化氮(nitrogen dioxide, NO₂)、二氧化硫(sulfur dioxide, SO₂)、一氧化碳(carbon monoxide, CO)质量浓度24 h均值和每日O₃质量浓度8 h滑动平均值(O₃ 8-hour sliding average, O_{3-8h})。

1.2 统计学方法

计量资料(空气污染物和气象数据)经Shapiro-Wilk检验, 均呈非正态分布, 分别以 $\bar{x} \pm s$ 、最小值~最大值(Min-Max)、中位数值(Median)与四分位间距(P₂₅, P₇₅)表示。采用基于泊松分布的广义相加时间序列模型, 分析每日大气中PM_{2.5}质量浓度对居民因呼吸系统疾病寻求急救服务的急性影响; 运用平滑样条函数控制时间长期趋势、平均气温及平均相对湿度的长期趋势和季节趋势, 并将“星期效应”作为哑变量。基本模型表达为:

$$\log E(Y_t) = \beta Z_t + s(\text{time}, df_t) + s(\text{temperature}, df_t) + s(\text{humidity}, df_t) + \text{DOW}$$

其中 β 为回归系数, Z_t 为第 t 日污染物质量浓度, df 为自由度, DOW为星期效应, s 为平滑样条函数。在广义相加时间序列模型中拟合回归系数 β 并计算其95%置信区间, 在假设每日PM_{2.5}质量浓度24 h均值每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的条件下, 提取出每日因呼吸系统疾病急救人次的超额危险度(Excess risk, ER)及其95%可信区间。既往研究发现^[13-14], 空气污染物对人群健康的影响具有滞后性, 故本研究分析空气中PM_{2.5}质量浓度对

居民呼吸系统疾病急救人次的影响除了分析单独滞后(0、1、2、3、4、5、6、7 d)效应外, 还将累积滞后(0~1 d、0~2 d、0~3 d、0~4 d、0~5 d、0~6 d)效应纳入模型, 找出PM_{2.5}暴露最强效应期, 并在最强效应期绘制暴露反应关系曲线; 此外, 尝试引入其他共存污染物构建双污染物模型进行分析。

空气污染物与气象因素的相关性采用Spearman相关性分析。 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 2017年成都市居民急救、气象因素和PM_{2.5}基本情况

成都市2017年因呼吸系统疾病急救呼救共9 309人次, 平均每天26人次。日均温度16.6 $^{\circ}\text{C}$, 日均相对湿度81.2%, 属亚热带季风气候。全年PM_{2.5}质量浓度均值为53.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 其中有69 d PM_{2.5}质量浓度日均值超过了《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 限值。见表1。

成都市PM_{2.5}质量浓度日均值的分布有明显时间段特征, 表现为1~3月、10~12月高, 4~9月相对低, 见图1。2017年全年成都市总急救人次无明显长期分布特征, 但呼吸系统疾病呈曲线分布, 表现为1~3月、10~12月高, 4~9月相对低, 见图2、图3。

2.2 空气污染物与气象因素相关分析

Spearman相关分析结果显示, PM_{2.5}质量浓度与其他污染物质量浓度呈正相关, 与O_{3-8h}呈负相关, 与平均

表 1 2017年成都市每日空气污染物、气象因素和居民急救情况 (n=365)

Table 1 Air pollutants, meteorological factors and calls for emergency help with diseases in Chengdu, 2017 (n=365)

Variable	$\bar{x} \pm s$	Min-Max	Median(P ₂₅ , P ₇₅)
Air pollutants/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
PM ₁₀	85.7 $\pm$ 64.0	15.0-434.0	66.0(44.0, 105.0)
PM _{2.5}	53.6 $\pm$ 42.6	7.0-275.0	41.0(25.0, 67.0)
NO ₂	48.4 $\pm$ 16.9	16.0-113.0	47.0(36.0, 58.0)
SO ₂	12.0 $\pm$ 4.0	6.0-28.0	11.0(9.0, 14.0)
O _{3-8h}	94.0 $\pm$ 50.5	12.0-275.0	81.0(53.5, 130.0)
CO	0.9 $\pm$ 0.3	0.4-2.4	0.8(0.6, 0.9)
Meteorological factors			
Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	16.6 $\pm$ 7.3	3.3-29.0	16.4(9.3, 23.2)
Relative humidity/%	81.2 $\pm$ 8.1	55.8-97.5	81.8(76.0, 87.1)
Calls for emergency help with diseases/person-time			
Total	497 $\pm$ 46	320-637	500(470, 524)
Respiratory diseases(J00-J99)	26 $\pm$ 8	9-72	24(20, 30)

O_{3-8h}: O₃ 8-hour sliding average; Min:Minimum; Max: Maximum

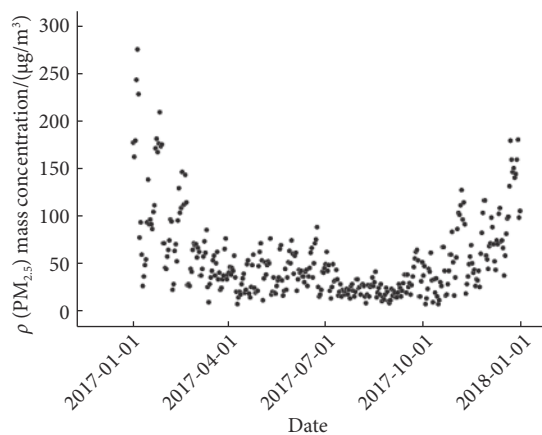


图 1 2017年成都市PM_{2.5}质量浓度时间分布

Fig 1 Distribution of PM_{2.5} mass concentration over time in Chengdu, 2017

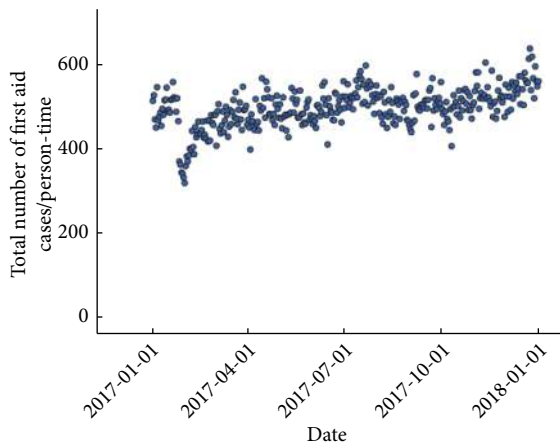


图 2 2017年成都市总急救人次时间分布

Fig 2 Distribution of emergency calls for help with diseases over time in Chengdu, 2017

气温呈负相关, 见表2。

2.3 PM_{2.5}质量浓度与呼吸系统急救人次相关分析

2.3.1 单污染物模型不同滞后时间效应分析

PM_{2.5}滞后0 d、1 d, 与累积滞后0~2 d、0~3 d和0~4 d对

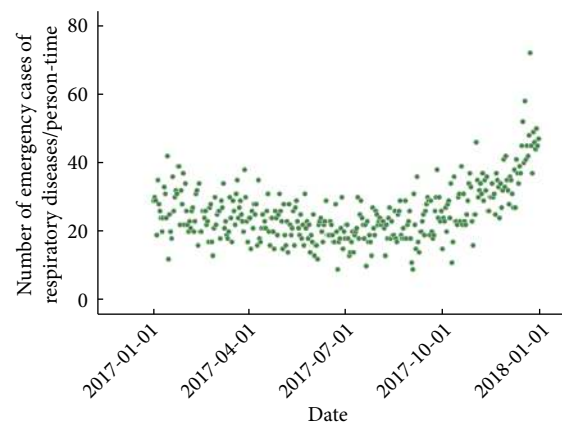


图 3 2017年成都市呼吸系统疾病急救人次时间分布

Fig 3 Distribution of emergency calls for help with respiratory diseases over time in Chengdu, 2017

人群呼吸系统疾病急救人次的影响差异均有统计学意义, 其中暴露当日广义交叉验证(GCV)最小, 为最强的效应期, 其ER为1.26%(95%CI: 0.56%~1.97%)。见图4。

在最强效应期(lag0)绘制PM_{2.5}质量浓度24 h均值与呼吸系统急救风险的暴露-反应关系图, 发现二者几乎呈正向线性关系, 见图5。

2.3.2 双污染物分析 在最强效应期, 双污染物模型中分别引入SO₂、NO₂和CO时, PM_{2.5}对呼吸系统疾病急救数ER的正向影响消失, 但模型无统计学意义, 而引入O_{3-8h}时, 正向效应增强, 模型有统计学意义。

2.3.3 不同时间自由度分析 在选取不同时间自由度的情况下, 对PM_{2.5}质量浓度和呼吸系统急救人次的关系进行分析, ER及其95%可信区间变化不大, 说明模型较稳定。

3 讨论

PM_{2.5}的粒径小, 表面积大、活性强, 能较长时间的

表 2 2017年成都市空气污染物与气象因素的相关系数 (r)

Table 2 Spearman correlation coefficients (r) between air pollutants and meteorological factors in Chengdu, 2017

Variable	Relative humidity	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	SO ₂	O _{3-8h}	CO
Temperature	-0.044	-0.560**	-0.576**	-0.544**	-0.442**	0.714**	-0.514**
Relative humidity		-0.060	0.000	-0.146**	-0.252**	-0.481**	0.150**
PM ₁₀			0.986**	0.819**	0.730**	-0.308**	0.810**
PM _{2.5}				0.791**	0.708**	-0.354**	0.821**
NO ₂					0.750**	-0.287**	0.726**
SO ₂						-0.170**	0.641**
O _{3-8h}							-0.380**

O_{3-8h}: O₃ 8-hour sliding average; ** P<0.01

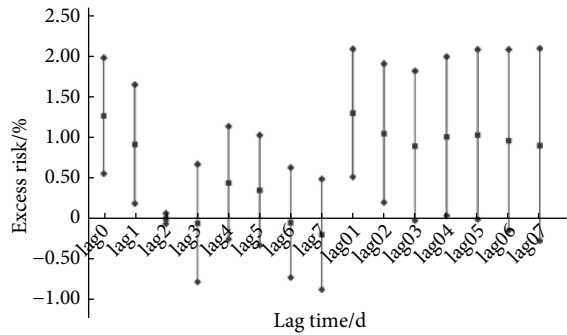


图 4 2017年成都市PM_{2.5}质量浓度每升高10 µg/m³对居民呼吸系统疾病急救人次的影响

Fig 4 Effect of 10 µg/m³ increase in PM_{2.5} mass concentration on emergency calls for help with respiratory diseases in Chengdu, 2017

Separate lags 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 d respectively for lag0, lag1, lag2, lag3, lag4, lag5, lag6, lag7 in the diagram, accumulative lag of 0-1 d, 0-2 d, 0-3 d, 0-4 d, 0-5 d, 0-6 d and 0-7 d are respectively represented as lag01, lag02, lag03, lag04, lag05, lag06 and lag07

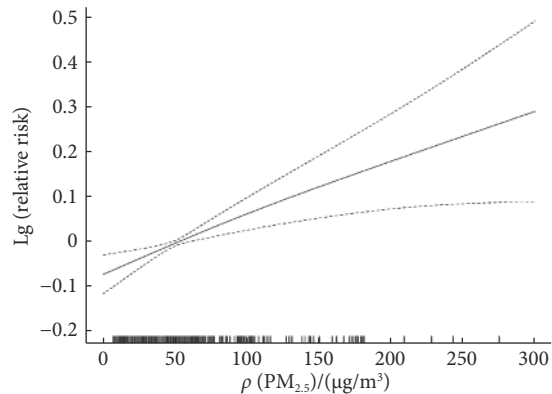


图 5 PM_{2.5}质量浓度在最强效应期 (lag0) 与呼吸系统疾病急救风险的暴露-反应关系曲线

Fig 5 Exposure-response curve between PM_{2.5} mass concentration in the most effective period (lag0) and emergency calls for help with respiratory diseases

The short black line in abscissa indicates the frequency distribution of PM_{2.5} mass concentration; the dotted line indicates the 95% confidence interval

表 3 双污染物分析结果
Table 3 Results of the dual pollutant model

Pollutants	ER/%	95%CI
PM _{2.5}	1.26	0.56, 1.97
PM _{2.5} +O _{3-8h}	2.48	0.67, 4.32
PM _{2.5} +SO ₂	1.74	-0.30, 3.82
PM _{2.5} +NO ₂	0.57	-1.60, 2.80
PM _{2.5} +CO	-0.27	-2.65, 2.18

ER: Excess risk; CI: Confidence interval

悬浮在空气中,并且容易附带大量的重金属、微生物等有毒有害物质,故PM_{2.5}在空气中的质量浓度越高,

表 4 不同时间自由度对分析模型的影响

Table 4 Effects of time degrees of freedom (df) on the models of anlyses

df	ER/%	95%CI
10	1.29	0.58, 1.99
9	1.28	0.58, 1.99
8	1.28	0.58, 1.99
7	1.26	0.56, 1.97
6	1.24	0.53, 1.95
5	1.19	0.47, 1.91
4	1.09	0.40, 1.79

ER: Excess risk; CI: Confidence interval

说明空气污染越严重,对人体健康的影响也越大。而因为颗粒小,PM_{2.5}能深入到细支气管和肺泡,能直接、不可逆地损伤肺的通气功能,另外PM_{2.5}中的有害物质会破坏肺部的防御功能,长期作用下会使人们患上支气管哮喘、肺气肿和支气管炎等疾病,所以PM_{2.5}对人体呼吸系统疾病的发病率和死亡率有严重影响^[1-2,13]。

2017年成都市PM_{2.5}质量浓度均值为53.6 µg/m³,高于我国《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准35 µg/m³限值,有69 d PM_{2.5}质量浓度日均值超过了二级标准75 µg/m³限值;全年居民因呼吸系统疾病每日急救人次与PM_{2.5}质量浓度24 h均值的时间分布特征均呈冬、春季高,夏、秋季低,PM_{2.5}质量浓度与PM₁₀、SO₂、NO₂和CO正相关,与O_{3-8h}质量浓度负相关;本研究尝试定量描述2017年成都市空气中PM_{2.5}质量浓度与居民因呼吸系统疾病急救人次的关系,单污染物模型滞后时间效应分析显示,暴露滞后0 d(当日)为最强效应期,大气中PM_{2.5}质量浓度每升高10 µg/m³,居民因呼吸系统疾病急救风险增加1.26%(95%CI: 0.56%~1.97%);在最强效应期,PM_{2.5}质量浓度与居民因呼吸系统疾病急救呼救人次暴露反应关系几乎呈正向线性;双污染物模型分析发现,PM_{2.5}暴露当日引入O_{3-8h}效应增强,与既往研究发现O_{3-8h}能增加呼吸系统急救风险一致^[11-12],而引入与PM_{2.5}相关性也较强的SO₂、NO₂和CO,效应消失,这可能与污染物之间存在共线性或者其他混杂作用有关^[14-15],明确各污染物的交互作用需进一步研究。

成都地区地处四川盆地,东西部为龙泉山脉和龙门山脉,地形相对闭塞,且山区、丘陵区和平原区气象背景差异大,不利于污染物扩散和治理,而由于地处内陆盆地,成都地区独有风速小、静风频率高、大气层结稳定、逆温频率高、湿度大等气象条件,所以地形和气

象条件是成都地区发生严重空气污染的潜在先天因素^[16]。随着各大产业的迅猛发展和居民生活水平提高,成都市近年来雾霾形势严峻,与京津冀、华东地区和广东珠三角组成全国雾霾污染四个重点区域^[17],成都市政府通过整治重污染源,加强空气质量监测和建立违法排污举报制度等举措治理大气污染。而深入了解雾霾对人群健康的效应,有助于政府在不能改变地形、气象等“先天不足”条件的情况下,更科学地采取防霾治霾措施。

本研究数据来源均为国家级监测站点,设备先进、经验丰富、质控严格,数据可靠、准确,为探索雾霾对人群因呼吸系统疾病急救的近期效应提供了科学依据。结合分析结果,要降低PM_{2.5}对人群呼吸系统疾病急救影响,防霾和治霾是关键。

本研究的局限性主要为:①受限于急救数据本身特点,疾病诊断为初步诊断,而非患者入院后明确诊断;②仅收集了1年数据进行分析,模型可能存在不稳健性;③PM_{2.5}有明显的季节分布特征,由于仅收集1年数据,未开展季节分层分析;④未对急救人群进行性别、年龄分层分析。为此,我们将继续收集更长时段数据,进行深入研究。

参 考 文 献

- [1] 阚海东, 陈仁杰. PM_{2.5}对人体危害有多大. 中国经济报告, 2015(4): 114–116.
- [2] 阚海东. 雾霾天气下的细颗粒物污染和居民健康. 中华预防医学杂志, 2013, 47(6): 491–493.
- [3] 李国星, 潘小川. 我国四个典型城市空气污染所致超额死亡评估. 中华医学杂志, 2013, 93(34): 2703–2706.
- [4] ATKINSON RW. Epidemiological time series studies of PM_{2.5} and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta analysis. Thorax, 2014, 69(7): 660–665.
- [5] 周洪霞, 蒋守芳, 郭 忠. 唐山市大气污染对居民心血管疾病日门诊和日住院人数的影响. 现代预防医学, 2015, 42(12): 2138–2141.
- [6] 郑龙超, 何 平, 张爱华. 贵阳市大气PM_{2.5}对呼吸系统门诊量影响分析. 职业与健康, 2017, 33(11): 1545–1548.
- [7] 蒋琴琴, 施 洁, 杨铁骥. 广州市2015年大气PM_{2.5}与呼吸系统疾病日门诊量的关系. 中国热带医学, 2017, 17(6): 594–597.
- [8] WONG CM, VICHIT-VAKAN N, KAN H, *et al*. Public Health and Air Pollution in Asia(PAPA): a multicity study of short-term effects of air pollution on mortality. Environ Health Perspect, 2008, 16(9): 1195–2202.
- [9] 徐艳龙, 黄发源, 王志强. 2014–2015年合肥市大气PM_{2.5}污染对儿童门诊量影响的时间序列分析. 环境与健康杂志, 2017, 34(4): 321–324.
- [10] 王大虎, 石同幸, 吕嘉韵. 2013–2015年广州市大气PM_{2.5}浓度对儿童呼吸系统门诊量影响分析. 医学动物防制, 2017(12): 1230–1234.
- [11] 胡 悦, 郭 映, 关茗洋. 石家庄市大气臭氧浓度与居民急救关系的时间序列分析. 环境与健康杂志, 2016, 33(10): 872–876.
- [12] 宋 杰, 徐东群, 范蔚蔚. 大气O₃污染对石家庄市呼吸系统疾病急救人次的急性影响. 环境卫生学杂志, 2016, 6(4): 263–266.
- [13] 李冰玉, 牛佳钰, 肖纯凌. PM_{2.5}对呼吸系统影响研究的进展. 中国公共卫生管理, 2017, 33(5): 631–634.
- [14] POPE CA, RENLUND DG, KFOURY AG, *et al*. Pelation of heart failure hospitalization to exposure to fine particulate air pollution. Am J Cardiol, 2008, 102(9): 1230–1234.
- [15] SAMOLI E, PENG R, RAMSAY T, *et al*. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. Environ Health Perspect, 2008, 116(11): 1480–1486.
- [16] 李强强, 高红霞. 地理气象条件先天不足使成都大气污染防治面临挑战. 成都日报(2017-11-21)[2018-06-06]. <http://sc.people.com.cn/n2/2017/1121/c379471-30943961.html>.
- [17] 陈 淋, 仲健鸿. 成都是全国雾霾污染四大重点区域之一四川将加强灰霾污染防治. 四川新闻网(2015-12-08)[2018-06-06]. <http://scnews.newssc.org/system/20151208/000627417.htm>.

(2018-10-08收稿, 2018-12-26修回)

编辑 沈 进