

无锡市大气PM_{2.5}对儿童内科门诊量影响的时间序列分析

李文毅¹, 朱晶颖², 张熙², 庞振昱¹, 周伟杰²

摘要:

【目的】了解无锡市大气污染基本特征, 重点探讨大气主要污染物PM_{2.5}对儿童内科门诊量的影响。

【方法】收集2014—2015年无锡市逐日气象资料、大气污染资料以及儿童专科医院内科门诊量数据。采用基于Poisson分布的广义相加模型(GAM), 控制长期趋势及气象条件等混杂因素, 分析PM_{2.5}浓度和儿童内科门诊量的关系及滞后效应。

【结果】2014—2015年无锡市PM_{2.5}日平均质量浓度(后称“浓度”)年均值为61.4 μg/m³; Spearman等级相关分析表明, 儿童内科日门诊量与二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、PM₁₀和PM_{2.5}等污染物浓度呈正相关($P < 0.01$)。时间序列分析结果提示, PM_{2.5}对儿童内科门诊量的影响存在滞后及累积效应, 超额危险度(ER)估计值在单日滞后第4天及累积滞后第10天, 达到观察期内较高值, PM_{2.5}浓度每升高10 μg/m³, 儿童内科门诊量分别增加0.47% (95%可信区间: 0.35%~0.59%) 和1.45% (95%可信区间: 1.15%~1.75%)。

【结论】无锡市大气主要污染物PM_{2.5}浓度升高可导致儿童内科门诊量增加, 应采取措施保护易感人群。

关键词: 大气污染; PM_{2.5}; 儿童门诊量; 时间序列分析

引用: 李文毅, 朱晶颖, 张熙, 等. 无锡市大气PM_{2.5}对儿童内科门诊量影响的时间序列分析[J]. 环境与职业医学, 2017, 34 (3): 230-234. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16340

Time-series analysis on effects of ambient PM_{2.5} on pediatric internal medicine outpatient visits in Wuxi
LI Wen-yi¹, ZHU Jing-ying², ZHANG Xi², PANG Zhen-yu¹, ZHOU Wei-jie² (1. Wuxi Liangxi District Center for Disease Control and Prevention, Wuxi, Jiangsu 214011, China; 2. Wuxi Center for Disease Control and Prevention, Wuxi, Jiangsu 214000, China). Address correspondence to ZHOU Wei-jie, E-mail: wxcdczwj@163.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

【Objective】To describe the basic characteristics of ambient air pollution and to quantify the effects of PM_{2.5} concentration on pediatric internal medicine outpatient visits in Wuxi.

【Methods】From 2014 to 2015, daily meteorological variables, air pollution data, and outpatient visits to internal medicine in a children's hospital were collected. Generalized additive model (GAM) based on Poisson distribution was used, with adjusting long-term trend and meteorological variables, to evaluate the association between daily pediatric internal medicine outpatient visits and PM_{2.5} concentrations as well as related lag patterns.

【Results】The annual mean level of PM_{2.5} from 2014 to 2015 in Wuxi was 61.4 μg/m³. The daily count of pediatric internal medicine outpatient visits was positively associated with sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), PM₁₀, and PM_{2.5} concentrations ($P < 0.01$) according to the Spearman rank correlation analysis. A 10-μg/m³ increment in PM_{2.5} was associated with a 0.47% [95% confidence interval (CI): 0.35%-0.59%] increment in pediatric internal medicine outpatient visits on the 4th lag day (lag 4) and a 1.45% (95% CI: 1.15%-1.75%) increment on 0- to 10-day cumulative lag.

【Conclusion】Higher PM_{2.5} concentrations correspond to elevated pediatric internal medicine outpatient visits in Wuxi. The results urge related agencies to adopt corresponding measures to protect susceptible groups.

Keywords: air pollution; PM_{2.5}; children's outpatient visit; time-series analysis

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

【基金项目】无锡市社会发展科研项目(编号: 锡科计[2014] 231号·24); 无锡市卫生局科研项目(编号: MS201406)

【作者简介】李文毅(1976—), 男, 学士, 副主任医师; 研究方向: 食品与环境卫生; E-mail: 87576453@qq.com

【通信作者】周伟杰, E-mail: wxcdczwj@163.com

【作者单位】1. 无锡市梁溪区疾病预防控制中心, 江苏 无锡 214011; 2. 无锡市疾病预防控制中心, 江苏 无锡 214000

Citation: LI Wen-yi, ZHU Jing-ying, ZHANG Xi, et al. Time-series analysis on effects of ambient PM_{2.5} on pediatric internal medicine outpatient visits in Wuxi[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(3): 230-234. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16340

2013年,中国1400 km²地区遭遇严重雾霾天气,从东北蔓延至华南,影响超过8亿人口。大气污染,尤其是颗粒污染物PM_{2.5}受到空前关注^[1]。受雾霾天气影响,近年来,无锡市PM_{2.5}年均值为《国家环境空气质量标准》限值1.5倍以上,居各主要污染物项目超标倍数之首。国内外流行病学研究表明,PM_{2.5}污染可增加人群急慢性疾病包括呼吸系统疾病、心血管疾病及肿瘤发病^[2-4]。儿童多系统发育尚不完善,对外源性化学物易感,早期暴露于大气污染物,除了引起急性呼吸系统疾病的发生,更可能为成人疾病包括心血管疾病,免疫内分泌疾病奠定病理基础^[5],影响儿童生长发育,增加人群疾病负担。儿童门诊量可较敏感地反映大气状况对儿童健康的影响。故本研究拟通过收集无锡市儿童专科医院门诊病例资料以及气象和空气污染物数据,应用时间序列研究,分析空气PM_{2.5}浓度与儿科门诊量关系,探讨大气污染对儿童健康影响。

1 材料和方法

1.1 气象及空气污染资料

2014年1月1日—2015年12月31日空气污染物[二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、PM_{2.5}、PM₁₀、臭氧(O₃)]资料来源于无锡市环境监测中心站,以其下属7个国控点监测数据的算术均值作为各污染物日平均浓度。气象资料(日平均气温、日平均相对湿度、日平均气压、日平均风速等)收集于无锡市锡山区国家一级基准观测站,数据来源于无锡市气象局。

1.2 儿童内科门诊资料

日门诊量资料来源于无锡市第八人民医院。该医院位于无锡市城区,为儿童专科医院,年内科门诊量约为15万人次,90%以上就诊患者为本地常住儿童。区别于大型综合医院的儿科诊室,该医院接诊能力未达到饱和,即日门诊量尚可反映大气污染波动对健康结局的效应,符合模型适用条件。儿童内科日门诊量数据通过医院信息系统统一导出。

1.3 模型构建及统计分析

本研究基于Poisson分布的广义相加模型(generalized additive model, GAM),在控制长期趋势、

星期几效应、气象因素(温度、湿度)的影响后,对PM_{2.5}与儿童内科日门诊量进行拟合。基本模型为:

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

式中, $E(Y_t)$ 代表第 t 日儿童内科日门诊量的估计值,Log为对 $E(Y_t)$ 进行对数转换; Z_t 为第 t 日大气污染物(PM_{2.5})日均浓度, β 为 Z_t 的系数; DOW 用于调整星期几效应,模型中设置为哑变量;时间、温度及湿度通过自然平滑(ns)函数调整,根据赤池信息准则(Akaike's information criterion, AIC)^[6],三者的自由度分别设置为 $\nu=5/\text{年}$, $\nu=3$ 和 $\nu=3$,亦与以往研究一致,intercept为截距。本研究,超额危险度(ER)=[$\exp(\beta \times 10) - 1$] $\times 100\%$,含义为大气污染物每升高10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,儿童内科日门诊量增加的百分数。检验水准 $\alpha=0.05$ 。文献报道仅对污染物当日浓度(lag0)与儿童内科日门诊量进行分析,可能低估污染物的健康效应^[7],故进行单日滞后及多日累积效应分析。结合文献对PM_{2.5}滞后模型的设计及本研究结果,分别计算滞后1日到滞后11日(lag1至lag11)以及累积滞后1日到累积滞后11日(lag01至lag011)大气污染物的健康效应分析。统计分析利用R 3.0.1软件进行。

2 结果

2.1 描述性分析

2014—2015年间,无锡市第八人民医院儿童内科门诊量共计328791人次,日均447人次,范围为120~785人次/d。该市PM_{2.5}年均值64.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (范围:11.1~225.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),为GB 3095—2012《环境空气质量标准》年均值限值(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, II级标准)的1.83倍;且28.5%(208/730)观察日的PM_{2.5}日均浓度均超过该标准24h均值限值(75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, II级标准)。其他大气污染物PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃及CO年均值分别为98.7、27.1、42.6、102.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及1.1 mg/m^3 。按GB 3095—2012《环境空气质量标准》中PM₁₀、SO₂、NO₂年平均II级浓度限值(分别为70、60、40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)判断,SO₂低于年均限值,NO₂和PM₁₀为限值的1.06和1.41倍。该市日均气温年均值为17.1℃(范围:-1.4~34.4℃),相对湿度为74.1%(范围:13%~99%)。见表1。

表1 无锡市空气污染物、气象因素和儿童内科门诊量的描述性分析结果

指标	$\bar{x} \pm s$	最小值	P_{25}	M	P_{75}	最大值	WHO 限值	超标倍数
空气污染物								
二氧化硫 (SO ₂ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27.1 $\pm$ 11.6	6.9	18.7	25.1	33.1	89.8	20	1.35
二氧化氮 (NO ₂ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42.6 $\pm$ 16.1	11.1	31.0	39.6	51.8	131.4	40	1.06
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98.7 $\pm$ 48.7	10.9	65.8	88.9	121.4	342.7	20	4.94
一氧化碳 (CO, mg/m^3)	1.1 $\pm$ 0.3	0.3	0.9	1.0	1.2	2.8	—	—
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	64.1 $\pm$ 34.1	11.1	41.4	56.7	77.9	225.3	10	6.41
臭氧 8h (O ₃ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	102.1 $\pm$ 53.3	10.1	59.3	89.7	135.7	275.9	100	1.02
气象因素								
日平均气压 (hPa)	1014.8 $\pm$ 38.5	994.5	1008.1	1016.2	1023.4	1036.4	—	—
日平均气温 (°C)	17.1 $\pm$ 8.5	-1.4	9.4	18.4	24.0	34.4	—	—
日平均相对湿度 (%)	74.1 $\pm$ 13.4	13.0	66.0	76.0	84.0	99.0	—	—
日平均风速 (m/s)	2.2 $\pm$ 0.9	0.4	1.6	2.1	2.6	6.0	—	—
健康效应指标 (人次/d)								
日就诊人次	446.9 $\pm$ 120.8	157.0	354.0	428.0	546.5	785.0	—	—

2.2 大气污染、气象因素与儿童内科门诊量相关性分析

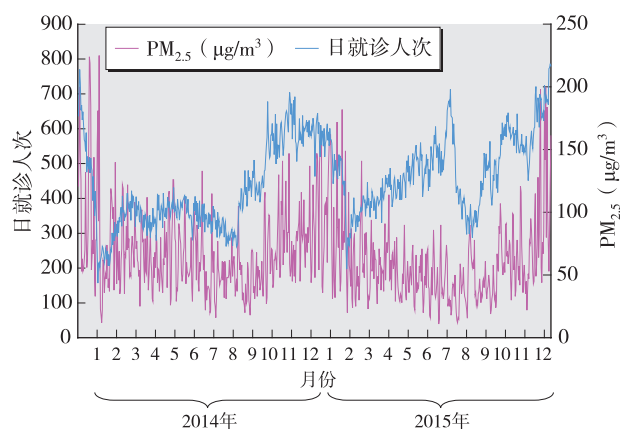
Spearman 等级相关分析表明, 儿童内科日门诊量与 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 以及平均气压存在正相关 ($P < 0.01$); 另与平均气温、平均相对湿度、平均

风速等气象因素存在负相关关系 (见表2)。同时, 各大气污染物间呈现中高度正相关, 具有统计学意义。2014—2015 年间 PM_{2.5} 日均浓度及儿童内科日门诊量的变化趋势如图1所示。

表2 无锡市儿童内科日门诊量与大气污染物、气象因素之间的 Spearman 相关分析结果

指标	日门诊量	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	CO	PM _{2.5}	日平均气压	日平均气温	日平均湿度
二氧化硫 (SO ₂)	0.360**	—	—	—	—	—	—	—	—
二氧化氮 (NO ₂)	0.303**	0.687**	—	—	—	—	—	—	—
PM ₁₀	0.240**	0.697**	0.666**	—	—	—	—	—	—
一氧化碳 (CO)	0.123**	0.416**	0.474**	0.602**	—	—	—	—	—
PM _{2.5}	0.196**	0.598**	0.670**	0.916**	0.720**	—	—	—	—
日平均气压	0.312**	0.563**	0.476**	0.317**	0.218**	0.296**	—	—	—
日平均气温	-0.229**	-0.444**	-0.498**	-0.295**	-0.295**	-0.326**	-0.889**	—	—
日平均相对湿度	-0.120**	-0.564**	-0.193**	-0.392**	0.094*	-0.165**	-0.285**	0.167**	—
日平均风速	-0.182**	-0.324**	-0.367**	-0.270**	-0.363**	-0.339**	-0.128**	0.053	-0.040

[注] **: $P < 0.01$ 。

图1 无锡市 PM_{2.5} 日均浓度与儿童内科门诊量的时间序列图

2.3 回归模型拟合

单污染模型分析结果显示 (见表3), 单日滞后第2日起, PM_{2.5} 可增加儿内日门诊量。ER 估计值在污染物单日滞后第4日 (lag4) 时达到观察期最高值, 即 PM_{2.5} 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 儿童内科日门诊量增加 0.47% (95%CI: 0.35%~0.59%)。第5日后 ER 估计值逐渐下降, 至单日滞后第11日 (lag11) 无增加效应。采用 PM_{2.5} 滑动平均浓度, 估计污染物累积滞后效应, 儿童内科日门诊量在累积滞后第10天 (lag010) 时 ER 估计值达到最高, 即 PM_{2.5} 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 儿童内科日门诊量增加 1.45% (95%CI: 1.15%~1.75%)。

表3 PM_{2.5}每升高10 μg/m³对无锡市儿童内科日门诊量的影响

滞后日数 (d)	单日滞后				累积滞后			
	ER估计值 (%)	95%CI下限 (%)	95%CI上限 (%)	P	ER估计值 (%)	95%CI下限 (%)	95%CI上限 (%)	P
0	0.02	-0.11	0.15	0.77				
1	0.04	-0.08	0.16	0.54	0.04	-0.11	0.19	0.57
2	0.21	0.09	0.33	<0.01	0.18	0.01	0.35	0.04
3	0.35	0.23	0.47	<0.01	0.37	0.18	0.57	<0.01
4	0.47	0.35	0.59	<0.01	0.64	0.42	0.86	<0.01
5	0.38	0.26	0.49	<0.01	0.86	0.61	1.10	<0.01
6	0.37	0.25	0.49	<0.01	1.11	0.85	1.37	<0.01
7	0.28	0.16	0.40	<0.01	1.31	1.03	1.59	<0.01
8	0.25	0.13	0.37	<0.01	1.39	1.10	1.69	<0.01
9	0.31	0.18	0.43	<0.01	1.44	1.14	1.74	<0.01
10	0.24	0.12	0.37	<0.01	1.45	1.15	1.75	<0.01
11	-0.04	-0.17	0.08	0.52	1.33	1.03	1.62	<0.01

3 讨论

监测结果显示, 2014—2015 年间无锡环境空气污染物SO₂低于《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)年平均限值, PM_{2.5}、PM₁₀和NO₂分别超标1.83、1.41和1.06倍。按世界卫生组织(WHO)空气质量指南指出的SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、O₃限值, 无锡市对应污染物超标倍数分别达到1.35、1.06、6.41、4.94及1.02倍。大气颗粒型污染物PM_{2.5}污染现状尤为严峻。

颗粒污染物可通过多种机制影响儿童健康。多中心流行病学研究发现, 暴露于大气污染可损害儿童肺功能, 升高呼吸系统疾病发病^[8-9]; 改变儿童体液及细胞免疫状态^[10]; 增加儿童白血病的罹患风险^[11], 并与呼吸系统及婴儿猝死综合征引起的死亡率升高有关^[12]。儿童门诊量指标为卫生服务利用指标, 可较敏感地反映大气污染与相关症状及疾病的就诊情况。本研究应用广义相加泊松回归模型, 控制了时间长期效应、星期几效应以及气象混杂因素, 结果显示无锡市第八人民医院内科门诊量与PM_{2.5}浓度相关。单日滞后第4日, PM_{2.5}浓度每升高10 μg/m³, 儿童内科门诊量增加0.47% (95%CI: 0.35%~0.59%), 与上海^[13]、济南^[14]等地的研究结果一致。值得注意的是, 无锡市颗粒物浓度远低于济南市, 且大气污染来源存在差异, 本研究在较低PM_{2.5}浓度水平下, 即观察到健康损害效应, 其结果可为轻污染地区健康风险评估(暴露-反应参数)提供一定参考。国内外研究均提示, 即使污染物浓度低于美国环境保护署标准, PM_{2.5}浓度升高仍可对哮喘儿童的肺功能产生短期负面影响^[15-16], 提示需识别、保护易感人群, 并进一步加强环境监测及空气质量标准限值的论证。

本研究同时发现, 儿童日门诊量增加最大效应值

出现在空气污染滞后第4天, 累积滞后效应最大效应值出现在第10天, 提示PM_{2.5}污染对儿童健康影响存在滞后效应。但滞后天数各地研究结果不完全一致。如济南市研究发现儿内科门诊总量最大滞后天数为1d, 累积滞后最大效应天数为4d^[14]; 而深圳^[17]和上海市^[13]人群呼吸系统疾病就诊量的累积滞后最大效应均为6d, 这与不同城市大气污染物来源、成分及气象条件不同有关^[18], 也可能与人群人口学特征及社会经济地位构成不同等因素有关^[19-20]。

本研究采用单污染物模型探讨PM_{2.5}的独立效应, 未考虑多个污染物对每日门诊量的联合影响。多个时间序列研究发现, 如将气体污染物纳入模型, 会显著降低颗粒物健康效应的估计值, 这可能与大气污染物来源相近且高度相关有关。以独立变量将各污染物引入模型, 对污染物共线性关系不做处理, 可能影响模型的稳定性^[21]。在之后的研究中, 考虑优化设计, 例如引入主成分分析方法进行污染物效应的估计。

本研究定量分析了无锡市大气主要污染物PM_{2.5}水平与儿童内科门诊量的关系, 为客观评价空气污染对儿童健康影响以及污染物控制提供了依据。但由于资料收集时间较短, 且仅选择1家儿童专科医院统计内科门诊数据, 无法全面反映全市儿童的就诊情况。因此本研究尚存在一定局限性。今后将进一步延长观察时间, 扩大评估人群范围, 优化模型设计, 同时开展PM_{2.5}组分分析, 深入探讨PM_{2.5}污染对儿童健康的影响。

参考文献

[1] Xu P, Chen Y, Ye X. Haze, air pollution, and health in China [J]. Lancet, 2013, 382 (9910): 2067.

[2] Chen R, Li Y, Ma Y, et al. Coarse particles and mortality in

- three Chinese cities : the China air pollution and health effects study (CAPES) [J] . *Sci Total Environ*, 2011, 409 (23) : 4934-4938.
- [3] Cao J, Xu H, Xu Q, et al. Fine particulate matter constituents and cardiopulmonary mortality in a heavily polluted Chinese city [J] . *Environ Health Perspect*, 2012, 120 (3) : 373-378.
- [4] 董凤鸣, 莫运政, 李国星, 等. 大气颗粒物 (PM₁₀/PM_{2.5}) 与人群循环系统疾病死亡关系的病例交叉研究 [J] . *北京大学学报 (医学版)*, 2013, 45 (3) : 398-404.
- [5] Balti E V, Echouffo-Tcheugui J B, Yako Y Y, et al. Air pollution and risk of type 2 diabetes mellitus : a systematic review and meta-analysis [J] . *Diabetes Res Clin Pract*, 2014, 106 (2) : 161-172.
- [6] Peng R D, Dominici F, Louis T A. Model choice in time series studies of air pollution and mortality [J] . *J R Stat Soc A Stat Soc*, 2006, 169 (2) : 179-203.
- [7] Bell M L, Samet J M, Dominici F. Time-series studies of particulate matter [J] . *Annu Rev Public Health*, 2004, 25 (1) : 247-280.
- [8] Vedal S, Petkau J, White R, et al. Acute effects of ambient inhalable particles in asthmatic and nonasthmatic children [J] . *Am J Respir Crit Care Med*, 1998, 157 (4) : 1034-1043.
- [9] Jalaludin B B, Chey T, O'Toole B I, et al. Acute effects of low levels of ambient ozone on peak expiratory flow rate in a cohort of Australian children [J] . *Int J Epidemiol*, 2000, 29 (3) : 549-557.
- [10] Leonardi G S, Houthuijs D, Steerenberg P A, et al. Immune biomarkers in relation to exposure to particulate matter : a cross-sectional survey in 17 cities of Central Europe [J] . *Inhal Toxicol*, 2000, 12 (S4) : 1-14.
- [11] Filippini T, Heck J E, Malagoli C, et al. A review and meta-analysis of outdoor air pollution and risk of childhood leukemia [J] . *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*, 2015, 33 (1) : 36-66.
- [12] Glinianaia S V, Rankin J, Bell R, et al. Does particulate air pollution contribute to infant death? A systematic review [J] . *Environ Health Perspect*, 2004, 112 (14) : 1365-1370.
- [13] 殷永文, 程金平, 段玉森, 等. 上海市霾期间 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相关分析 [J] . *环境科学*, 2011, 32 (7) : 1894-1898.
- [14] 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.
- [15] Dales R, Chen L, Frescura A M, et al. Acute effects of outdoor air pollution on FEV1 : a panel study of schoolchildren with asthma [J] . *Eur Respir J*, 2009.
- [16] 王燕侠, 牛静萍, 丁国武, 等. 兰州市大气污染对青春期青少年肺功能的影响 [J] . *环境与健康杂志*, 2007, 24 (6) : 415-418.
- [17] 廖玉学, 彭朝琼, 余淑苑, 等. 深圳市大气 PM₁₀ 与呼吸系统疾病日门诊量的时间序列分析 [J] . *华南预防医学*, 2014, 40 (4) : 301-305.
- [18] Zanobetti A, Schwartz J. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality : a national analysis [J] . *Environ Health Perspect*, 2009, 117 (6) : 898-903.
- [19] Ou C Q, Hedley A J, Chung R Y, et al. Socioeconomic disparities in air pollution-associated mortality [J] . *Environ Res*, 2008, 107 (2) : 237-244.
- [20] Fecht D, Fischer P, Fortunato L, et al. Associations between air pollution and socioeconomic characteristics, ethnicity and age profile of neighbourhoods in England and the Netherlands [J] . *Environ Pollut*, 2015, 198 : 201-210.
- [21] Guo Y, Li S, Tian Z, et al. The burden of air pollution on years of life lost in Beijing, China, 2004-08 : retrospective regression analysis of daily deaths [J] . *BMJ*, 2013, 347 : f7139.

(收稿日期 : 2016-04-26 ; 录用日期 : 2017-01-12)

(英文编辑 : 汪源 ; 编辑 : 丁瑾瑜 ; 校对 : 王晓宇)