

深圳市大气PM_{2.5}质量浓度与流感样病例发病的关联性分析

黄智峰¹, 刘晓剑², 杨连朋³, 李烨⁴, 蔡云鹏⁴, 吴永胜², 邹宇华¹

摘要:

[目的] 探讨深圳市大气中PM_{2.5}质量浓度(简称“浓度”)对流感样病例发病人数的短期影响。

[方法] 收集深圳市2013—2014年气象观测和空气中PM_{2.5}浓度数据,以及同期深圳市18家监测点每周上报的流感样病例发病人次监测数据。采用Poisson分布的广义相加模型在调整混杂因素后分析PM_{2.5}浓度与流感样病例人数的关系,计算RR(95%CI)值,分析PM_{2.5}浓度对各年龄段流感样病例的影响规律。

[结果] 共收集流感样病例214 456人次。PM_{2.5}周平均值为36.8 μg/m³。在控制了气温、相对湿度等气象因素的影响后,PM_{2.5}浓度每增加1个IQR(29.3 μg/m³),深圳市全人群、0~4岁、5~14岁、15~24岁及25~59岁人群的流感样病例均有所增加,其RR值分别为1.092 5(95%CI: 1.080 0~1.105 2)、1.115 2(95%CI: 1.096 5~1.134 1)、1.053 8(95%CI: 1.029 0~1.079 3)、1.148 7(95%CI: 1.109 4~1.189 3)及1.086 1(95%CI: 1.059 1~1.113 8)。

[结论] 深圳市大气中PM_{2.5}浓度对各年龄组流感样病例的发病存在短期影响,两者具有一定的关联性。

关键词: 流行性感冒; 流感样病例; PM_{2.5}; 关联性; 深圳市

引用: 黄智峰, 刘晓剑, 杨连朋, 等. 深圳市大气PM_{2.5}质量浓度与流感样病例发病的关联性分析[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(5): 421-425. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16693

Association between ambient PM_{2.5} mass concentration and influenza-like illness reporting in Shenzhen
HUANG Zhi-feng¹, LIU Xiao-jian², YANG Lian-peng³, LI Ye⁴, CAI Yun-peng⁴, WU Yong-sheng², ZOU Yu-hua¹ (1.School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510310, China; 2.Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen, Guangdong 518000, China; 3.Injury Prevention Research Center, Shantou University, Shantou, Guangdong 515000, China; 4.Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen, Guangdong 518000, China). Address correspondence to WU Yong-sheng, E-mail: cdc@szcdc.net; ZOU Yu-hua, E-mail: yuhuaizou@sina.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To assess the short-term effect of ambient PM_{2.5} mass concentration on influenza-like illness occurrence in Shenzhen.

[Methods] Records of meteorological factors and ambient PM_{2.5} levels were collected in Shenzhen from 2013 to 2014. Influenza-like illness reports during the same period were collected from 18 surveillance sites weekly. The relationship between PM_{2.5} concentration and reported influenza-like illness person-time was analyzed using generalized additive model with Poisson distribution. RR (95%CI) values were calculated. The effect of PM_{2.5} mass concentration on influenza-like illness for each age group were also assessed.

[Results] During the study period, a total of 214 456 influenza-like illness person-times were recorded. The weekly average mass concentration of PM_{2.5} was 36.8 μg/m³. After adjusting meteorological variables such as temperature and relative humidity, an IQR (29.3 μg/m³) increment of PM_{2.5} mass concentration was associated with reporting more influenza-like illness cases: RR=1.092 5 (95%CI: 1.080 0~1.105 2) for all, 1.115 2 (95%CI: 1.096 5~1.134 1) for 0-4 years age group, 1.053 8 (95%CI: 1.029 0~1.079 3) for 5-14 years age group, 1.148 7 (95%CI: 1.109 4~1.189 3) for 15-24 years age group, and 1.086 1 (95%CI: 1.059 1~1.113 8) for 25-59 years age group, respectively.

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863计划)(编号: 2015AA020109)

[作者简介] 黄智峰(1990—),男,硕士生;研究方向: 流行病与卫生统计学; E-mail: 18300170211@163.com

[通信作者] 吴永胜, E-mail: cdc@szcdc.net; 邹宇华, E-mail: yuhuaizou@sina.com

[作者单位] 1. 广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510310; 2. 深圳市疾病预防控制中心, 广东 深圳 518000; 3. 汕头大学医学院伤害预防研究中心, 广东 汕头 515000; 4. 中国科学院深圳先进技术研究院, 广东 深圳 518000

[Conclusion] Ambient PM_{2.5} mass concentration has a short-term effect on influenza-like illness cases for all age groups in Shenzhen. There may be a correlation between ambient PM_{2.5} and influenza-like illness.

Keywords: influenza; influenza-like illness; PM_{2.5}; association; Shenzhen

Citation: HUANG Zhi-feng, LIU Xiao-jian, YANG Lian-peng, et al. Association between ambient PM_{2.5} mass concentration and influenza-like illness reporting in Shenzhen[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(5): 421-425. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16693

近年来,大气污染问题受到各国政府和公众的普遍关注,尤其是大气颗粒物对人体健康的危害已成为世界共同研究的课题之一。而流行性感冒(简称“流感”)作为首个全球监测的传染病,具有发病率高和迅速蔓延的特点。研究认为,由于PM_{2.5}比表面积大,易携带大量有害物质(如细菌、真菌、病毒等各类微生物群落),可经呼吸道进入人体肺部深处及血液循环,对人体产生极大危害^[1-2]。我国从2013年开始将PM_{2.5}纳入环境监测体系,目前国内关于PM_{2.5}质量浓度(简称“浓度”)与流感的关联定量研究仍较少。但现有的研究均表明外环境PM_{2.5}浓度与流感传播存在正相关关系^[2-5]。然而,此方面的研究在空气质量较好的城市尚少。深圳是我国空气质量较好的城市之一^[6],本研究针对深圳市2013—2014年空气中PM_{2.5}浓度与流感的关系进行分析,定量评价PM_{2.5}对流感发病的短期健康影响,为保护易感人群,制定有效的防护措施提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 流感样病例 流感样病例数据来源于深圳市疾病预防控制中心,收集2013—2014年18家监测点(分别为11家哨点医院、5家社康中心、1所大学以及1所社会福利中心)上报的每周流感样病例监测发病人次数据。流感样病例定义:发热(体温 $\geq 38^{\circ}\text{C}$),伴咳嗽或咽痛之一者^[7]。

1.1.2 PM_{2.5}浓度 PM_{2.5}浓度数据来源于深圳市环境监测中心,收集深圳市2013年1月1日—2014年12月31日的日均浓度值。

1.1.3 气象因素 气象资料来源于深圳市气象局,收集深圳市2013年1月1日—2014年12月31日的日均数据。指标主要有最高气温、最低气温、平均气温、相对湿度、降雨量等。

1.2 研究方法

1.2.1 气象、PM_{2.5}数据预处理及模型建立 由于本研究流感样病例报告数据为周时间数据,所以需要将气

象数据和PM_{2.5}浓度数据进行预处理,将其均转换为周时间数据,与流感样病例报告数据建立时间对应关系。预处理方法:①周平均最高气温、周平均最低气温、周平均相对湿度为其日数据的7d内平均值;②周最低气温为7d内日最低气温最小值;③周降雨量为24h降水量7d内的累加值;④周均温差为周平均最高气温和周平均最低气温的差值;⑤周平均PM_{2.5}为其日数据的7d内平均值。

1.2.2 模型的建立 采用Poisson分布广义相加模型,模型中自变量包括气象参数、PM_{2.5}参数以及流感样病例发病人次的滞后项(用于解释时间序列中的自相关)^[8]。在控制气象因素和时间趋势混杂因素的前提下,根据Akaike's信息标准最小选择原则确定自由度并选择最优模型^[9],研究PM_{2.5}浓度对流感样病例的影响。公式如下:

$$\lg[E(Y_t)] = \text{intercept} + s(Tmin_t, v) + s(P_t, v) + s(RH_t, v) + s(PM_{2.5t}, v) + s(Td_t, v) + s(Time_t) + s[Y_m, v]$$

式中, $E(Y_t)$ 为第 t 周流感样病例发病人次期望值;intercept为截距项; s 表示非参数平滑样条函数; v 为自由度; $Tmin_t$ 是周最低气温($^{\circ}\text{C}$); P 是周降雨总量(mm); RH 是周平均相对湿度(%);PM_{2.5}是细颗粒物周平均质量浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$); Td 是周平均温差($^{\circ}\text{C}$); $Time$ 是时间长期趋势; Y_m 为滞后 n 周的流感样病例发病人次。

1.3 统计学分析

采用Excel 2007建立基础数据库。运用SPSS 20.0对流感样病例数据、PM_{2.5}和气象数据进行描述性分析和Spearman秩相关分析。运用SAS 9.4的proc gam语句建立各年龄组的流感样病例广义相加模型。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 流感样病例报告数、气象因素及PM_{2.5}浓度

2013—2014年全市流感样病例上报214456人次。在监测人群中,0~4岁年龄组流感样病例报告人

次最高, 占 45.5% (97 548/214 456), 其次为 5~14 岁年龄组 (22.6%), 60 岁以上流感样病例报告人次最低, 占 (1.3%)。PM_{2.5} 平均值为 36.8 μg/m³。周降雨总量为 37.8 mm, 周平均气温为 23.2 ℃, 周平均最低气温为 18.7 ℃, 周均温差为 6.1 ℃, 周平均相对湿度为 74.0%。见表 1。

表 1 2013—2014 年深圳市每周流感样病例、PM_{2.5} 浓度及气象因素

指标	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	范围	四分位数间距 (IQR)
流感样病例全人群组	1 496.0	1 860.0	2 486.0	969.0~4 132.0	990.0
流感样病例 0~4 岁组	691.3	846.5	1 131.0	263.0~1 820.0	439.7
流感样病例 5~14 岁组	336.3	421.0	564.0	167.0~1 027.0	227.7
流感样病例 15~24 岁组	139.0	187.5	242.0	86.0~596.0	103.0
流感样病例 25~59 岁组	274.3	384.0	529.0	199.0~991.0	254.7
流感样病例 60~ 岁组	19.0	24.5	32.8	10.0~69.0	13.8
PM _{2.5} (μg/m ³)	20.2	33.3	49.5	7.9~106.1	29.3
周最低气温 (℃)	13.7	20.4	24.2	4.4~26.9	10.5
周平均气温 (℃)	18.7	24.0	28.4	8.4~29.8	9.7
平均相对湿度 (%)	68.0	75.8	82.3	38.9~97.0	14.3
周降雨总量 (mm)	0.1	10.6	53.2	0~400.2	53.1
周均温差 (℃)	5.3	6.0	6.8	2.7~10.0	1.5

2.2 大气气象因素、PM_{2.5} 浓度和流感样病例间相关关系

Spearman 秩相关分析显示, 各变量间均有不同程度的相关关系: PM_{2.5} 分别与最低温度、相对湿度和降雨量呈负相关关系, 而温差分别与最低气温、湿度和降雨呈负相关; 降雨量分别和最低气温、相对湿度呈正相关关系; 最低气温和相对湿度和 PM_{2.5} 呈正相关关系 (均 $P < 0.05$); PM_{2.5} 及温差与当周和超前 1 周的流感样病例均呈现负相关关系。见表 2。

表 2 2013—2014 年深圳市气象因素和 PM_{2.5} 的 Spearman 相关系数

指标	PM _{2.5}	最低气温	相对湿度	降雨量	温差
PM _{2.5}	1.000	—	—	—	—
最低气温	-0.693**	1.000	—	—	—
相对湿度	-0.655**	0.359**	1.000	—	—
降雨量	-0.552**	0.370**	0.657**	1.000	—
温差	0.369**	-0.272**	-0.528**	-0.528**	1.000
超前 1 周流感样病例全人群	-0.340**	0.282**	0.452**	0.370**	-0.233*
当周流感样病例全人群	-0.349**	0.400**	0.452**	0.330**	-0.194*

[注]: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$ 。

2.3 大气 PM_{2.5} 浓度与流感样病例的关联性分析

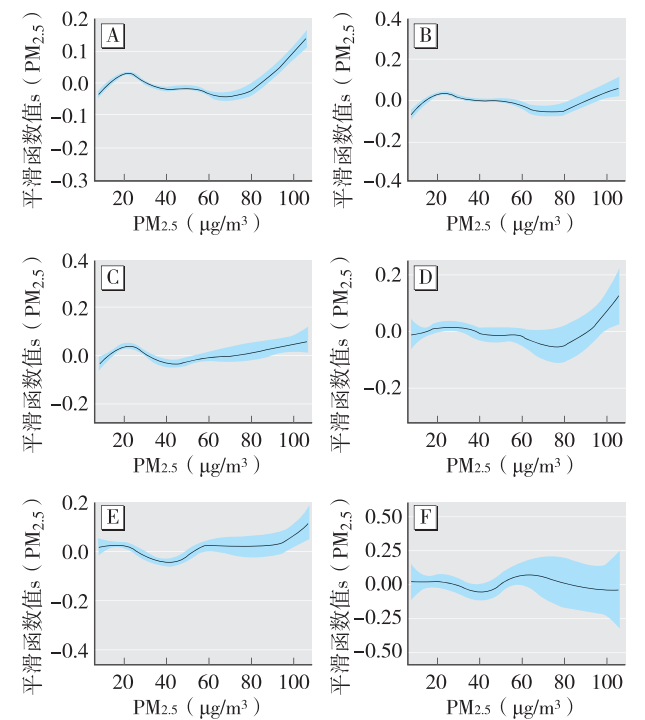
大气中 PM_{2.5} 浓度与流感样病例数具有关联性,

并存在一定滞后效应。当周 PM_{2.5} 浓度对流感样病例短期影响较滞后 1 周时明显。当周 PM_{2.5} 浓度每升高 1 个 IQR (29.3 μg/m³), 对应流感样病例人次增加 9.25%。此外, 与 60 岁以下流感样病例均有关联性。当滞后 1 周时, PM_{2.5} 浓度每升高 1 个 IQR, 对应流感样病例人次增加 2.91%。见表 3。

表 3 PM_{2.5} 浓度每升高 1 个 IQR 各年龄组流感样病例数的变化

滞后情况	年龄 (岁)	b	S _b	RR	95%CI
滞后 0 周	全人群	30.2×10^{-4}	2.01×10^{-4}	1.0925	1.0800~1.1052
	0~	37.2×10^{-4}	2.94×10^{-4}	1.1152	1.0965~1.1341
	5~	17.9×10^{-4}	4.15×10^{-4}	1.0538	1.0290~1.0793
	15~	47.3×10^{-4}	6.05×10^{-4}	1.1487	1.1094~1.1893
	25~	28.2×10^{-4}	4.38×10^{-4}	1.0861	1.0591~1.1138
	60~	27.0×10^{-4}	17.0×10^{-4}	1.0823	0.9817~1.1933
滞后 1 周	全人群	9.8×10^{-4}	1.88×10^{-4}	1.0291	1.0180~1.0403
	0~	20.6×10^{-4}	2.92×10^{-4}	1.0622	1.0446~1.0802
	5~	13.0×10^{-4}	3.82×10^{-4}	1.0388	1.0163~1.0619
	15~	12.7×10^{-4}	5.71×10^{-4}	1.0379	1.0044~1.0725
	25~	5.8×10^{-4}	3.96×10^{-4}	1.0171	0.9942~1.0405
	60~	5.4×10^{-4}	16.20×10^{-4}	1.0160	0.9257~1.1151

由图 1 可见, 当周 PM_{2.5} 浓度对 60 岁以下流感样病例的影响趋势基本一致, 但影响强度有所不同。当 PM_{2.5} 浓度大于 80 μg/m³ 时, 各年龄组流感样病例病例数有所增长, 其中 15~24 岁年龄组增长明显。



[注] 蓝色区域表示可信区间。A: 全人群; B: 0~岁; C: 5~岁; D: 15~岁; E: 25~岁; F: 60~岁。

图 1 当周 PM_{2.5} 浓度与各年龄组人群流感样病例的关联效应图

3 讨论

研究表明, $PM_{2.5}$ 暴露与多个系统疾病有关, 尤其是肺部疾病。其致病机制主要包括炎症作用、氧化应激反应、免疫毒性和基因突变四方面^[10-14]。此外, $PM_{2.5}$ 能够降低机体对病原微生物的抵抗力, 从而增加儿童、老年人等敏感人群感染的风险^[15]。近年来, 对于 $PM_{2.5}$ 携带流感病毒联合作用于暴露人群的研究也开始引起了人们的关注。

广义相加模型作为广义线性模型的扩展, 在保留了广义线性模型特点的基础上, 拟合非参数回归, 可增加模型应用的灵活性, 因此在空气污染短期效应研究得到比较广泛的应用^[16-20]。本研究结果显示, 深圳市 $PM_{2.5}$ 污染与全人群流感样病例具有关联性, 其中 0~4 岁年龄组流感样病例数与 $PM_{2.5}$ 的关联较 5~14 岁组强, 其原因可能是机体抵抗力更弱以及婴幼儿就诊频率相对较高。

国内也有一些城市开展 $PM_{2.5}$ 与流感样病例关联的研究, 其结果均显示 $PM_{2.5}$ 是影响流感样病例的重要环境因素。南京一项基于人群的研究表明, $PM_{2.5}$ 每增加一个 IQR , 全人群流感样病例人次增加 2.91%。在不同年龄流感样病例群体中, 15~24 岁人群与 $PM_{2.5}$ 浓度关联性最高, 其次是 5~14 岁和 0~4 岁流感样病例人群, 而 25 岁以上流感样病例与 $PM_{2.5}$ 的关联性没有统计学意义^[4]。另一项在北京开展的研究结果显示, $PM_{2.5}$ 浓度与各年龄组的流感样病例数均有关联性, 其中与 25~59 岁流感样病例关联性最大, 其次是 15~24 岁人群^[2], 随后是 5~14 岁和 60 岁以上人群, 最低是 5 岁以下人群。本研究结果显示, $PM_{2.5}$ 浓度每增加一个 IQR , 全人群流感样病例人次增加 9.25%, 其造成的短期影响比南京的研究结果更高, 分析其原因可能与不同地区颗粒物的化学成分、人口结构等因素有关。15~24、25~59 岁年龄组流感样病例与 $PM_{2.5}$ 的关联程度相对较高, 与北京研究结果基本一致, 其原因可能与该年龄层人群在乘坐交通工具或私家车上学的路上, 与大气中 $PM_{2.5}$ 接触的机会更多有关, 室外 $PM_{2.5}$ 的高暴露可以部分解释该人群因 $PM_{2.5}$ 而产生的发病风险。60 岁以上流感样病例与大气中 $PM_{2.5}$ 浓度没有关联关系, 与南京结果一致, 而与北京的研究结果不同, 其原因可能是由于深圳市老年人因流感前往医院就诊的比例不高, 其更多选择在药房自行购买药品进行治疗, 除非疾病加重才去医院就医, 不同地区生活方式的差异可能会造成流感样病例监测数据

不能正确地代表该年龄组的实际发病情况。15 岁以下流感样病例与 $PM_{2.5}$ 的关联关系均有统计学意义, 与北京、南京研究结果基本一致, 但深圳市 0~4 岁流感样病例人群与 $PM_{2.5}$ 暴露的关联性较强, 高于南京和北京研究结果, 其原因可能与暴露水平和 $PM_{2.5}$ 污染物来源不同^[21-23]有关。综合 3 个地区分析结果可知, $PM_{2.5}$ 暴露对不同年龄群流感样病例均有影响, 但影响程度及区域差异原因仍有待进一步研究。

本研究存在一定局限性: 第一, 由于 $PM_{2.5}$ 浓度为环境监测资料, 并不能体现个体暴露水平, 因此可能会低估 $PM_{2.5}$ 浓度对流感样病例的影响; 第二, 本研究仅从剂量反应关系上研究大气 $PM_{2.5}$ 浓度对流感样病例的关联性, 未结合污染物组成成分进行分析; 第三, 本次研究流感样病例数据为周数据, 难以分析出大气颗粒物对流感样病例的具体滞后效应。下一步研究应多渠道收集资料, 使数据更能代表流感样病例的总体情况, 并结合污染物组成成分进行分析。

参考文献

- [1] 郭新彪, 杨旭. 空气污染与健康[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2015: 1-16.
- [2] Feng C, Jian L, Sun W, et al. Impact of ambient fine particulate matter ($PM_{2.5}$) exposure on the risk of influenza-like-illness: a time-series analysis in Beijing, China[J]. Environ Health, 2016, 15: 17.
- [3] Liang Y, Fang L, Pan H, et al. $PM_{2.5}$ in Beijing-temporal pattern and its association with influenza[J]. Environ Health, 2014, 13: 102.
- [4] Huang L, Zhou L, Chen J, et al. Acute effects of air pollution on influenza-like illness in Nanjing, China: a population-based study[J]. Chemosphere, 2016, 147: 180-187.
- [5] Chen G, Zhang W, Li S, et al. The impact of ambient fine particles on influenza transmission and the modification effects of temperature in China: a multi-city study[J]. Environ Int, 2017, 98: 82-88.
- [6] 中华人民共和国环境保护部. 环境保护部发布 2014 年重点区域和 74 个城市空气质量状况[EB/OL]. (2015-02-02) [2016-10-01]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201502/t20150202_295333.htm#.
- [7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 卫生部办公厅关于印发《全国流感监测方案(2010 年版)》的通知[EB/OL]. (2010-09-10) [2016-10-01]. <http://www.moh.gov>.

- cn/jkj/s3577/201009/3fa356d0f4834d408fde6c12891a6482.shtml.
- [8] Soebiyanto R P, Gross D, Jorgensen P, et al. Associations between meteorological parameters and influenza activity in Berlin (Germany), Ljubljana (Slovenia), Castile and León (Spain) and israeli districts [J]. PLoS One, 2015, 10(8): e0134701.
- [9] Peng R D, Dominici F, Louis T A. Model choice in time series studies of air pollution and mortality [J]. J R Stat Soc Ser A Stat Soc, 2006, 169(2): 179-203.
- [10] Hiraiwa K, van Eeden S F. Contribution of lung macrophages to the inflammatory responses induced by exposure to air pollutants [J]. Mediators Inflamm, 2013, 2013: 619523.
- [11] Ghio A J, Carraway M S, Madden M C. Composition of air pollution particles and oxidative stress in cells, tissues, and living systems [J]. J Toxicol Environ Health B Crit Rev, 2012, 15(1): 1-21.
- [12] Møller P, Jacobsen N R, Folkmann J K, et al. Role of oxidative damage in toxicity of particulates [J]. Free Radic Res, 2009, 44(1): 1-46.
- [13] Møller P, Loft S. Oxidative damage to DNA and lipids as biomarkers of exposure to air pollution [J]. Environ Health Perspect, 2010, 118(118): 1126-1136.
- [14] Zeng Y, Deng J, Huo T, et al. Assessment of genetic toxicity with major inhalable mineral granules in A549 cells [J]. Appl Clay Sci, 2016, 119: 175-182.
- [15] Zelikoff J T, Chen L C, Cohen M D, et al. Effects of inhaled ambient particulate matter on pulmonary antimicrobial immune defense [J]. Inhal Toxicol, 2003, 15(2): 131-150.
- [16] 郑山, 刘兴荣, 程宁, 等. 空气污染与恶性肿瘤住院人数的关联性分析 [J]. 环境与职业医学, 2016, 33(6): 601-605, 609.
- [17] 刘晓剑, 吴永胜, 付英斌, 等. 深圳市空气 PM_{2.5} 与心脑血管疾病死亡的广义相加模型分析 [J]. 中华疾病控制杂志, 2016, 20(2): 207-209.
- [18] 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.
- [19] Ye X, Peng L, Kan H, et al. Acute effects of particulate air pollution on the incidence of coronary heart disease in Shanghai, China [J]. PLoS One, 2016, 11(3): e0151119.
- [20] 陈楠, 程娟, 孙鉴, 等. 2014 年武汉市大气颗粒物数浓度与呼吸系统疾病日门诊量的时间序列研究 [J]. 环境与职业医学, 2016, 33(10): 970-976.
- [21] 徐敬, 丁国安, 颜鹏, 等. 北京地区 PM_{2.5} 的成分特征及来源分析 [J]. 应用气象学报, 2007, 18(5): 645-654.
- [22] 樊曙先, 徐建强, 郑有飞, 等. 南京市气溶胶 PM_{2.5} 一次来源解析 [J]. 气象科学, 2005, 25(6): 587-593.
- [23] 李响. 深圳 PM_{2.5} 的化学组成特征及来源解析 [D]. 北京: 北京大学, 2011.
- (收稿日期: 2016-10-24; 录用日期: 2017-02-16)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 王晓宇)