

上海市霾期间 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相关分析

殷永文^{1,2}, 程金平^{1*}, 段玉森³, 魏海平³, 嵇若旭⁴, 于金莲², 于宏然¹

(1. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240; 2. 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200235; 3. 上海市环境监测中心, 上海 200030; 4. 上海交通大学医学院附属新华医院, 上海 200092)

摘要: 为了探讨上海市霾期间 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染与呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数的相关性; 对上海市 6 所大中型医院 2009-01-01 ~ 2009-12-31 期间医院呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数及霾天 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的浓度数据运用广义相加泊松回归模型进行统计分析, 并进行当日和滞后日的危险度评估. 结果发现, 在霾发生当日, PM_{10} 日均浓度每增加 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3% 和 0.5%; $PM_{2.5}$ 日均浓度每增加 $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3.2% 和 1.9%; 同时 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染对门诊人数影响的滞后累积效应大于当日效应, 且在霾污染暴发第 6 d 时累积效应达到最大化. 从而推测, 上海市霾期间 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染对医院呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数具有一定影响.

关键词: 霾; $PM_{2.5}$; PM_{10} ; 门诊人数; 呼吸科; 儿呼吸科

中图分类号: X18; R12 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2011)07-1894-05

Correlation Analysis Between the $PM_{2.5}$, PM_{10} Which were Taken in the Hazy Day and the Number of Outpatient About Breathing Sections, Breathing Sections of Pediatrics in Shanghai

YIN Yong-wen^{1,2}, CHENG Jin-ping¹, DUAN Yu-sen³, WEI Hai-ping³, JI Ruo-xu⁴, YU Jin-lian², YU Hong-ran¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200400, China; 2. College of Life and Environmental Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200235, China; 3. Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China; 4. Shanghai Jiao Tong University Medical School Affiliated Hospital of Xinhua, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to explore the correlation between the concentration of PM_{10} , $PM_{2.5}$ which were taken during the day of haze pollution and the average number of outpatient service, pediatrics. Based on the date with the number of pediatric, outpatient and the concentration of $PM_{2.5}$, PM_{10} which were taken from the haze days on 1 January 2009- December 31 in 6 hospital in shanghai such as xinhua hospital, we analyzed the data and executed the risk evaluation. The results showed that: in the haze day, when the average concentration of PM_{10} increase $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the average number of the outpatient service and pediatric clinic increased 3% and 0.5%, when the average concentration of $PM_{2.5}$ increase $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the average number of the outpatient service and pediatric clinic increased 1.9% and 3.2%, Also, the pollution of PM_{10} and $PM_{2.5}$ has a larger cumulative effects on the number of outpatient service. And the accumulation effect will be To maximize after 6 days behind the haze pollution. Thus, $PM_{2.5}$, PM_{10} which were taken during the haze of pollution in shanghai, has certain influence on the average number of outpatient service, pediatric clinic.

Key words: haze; $PM_{2.5}$; PM_{10} ; daily outpatient service; breathing sections; breathing sections of pediatrics

我国气象局《地面气象观测规范》规定, 灰霾天气(haze weather)是指: “大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中, 使水平能见度 $< 10\text{km}$ 的空气普遍有混浊现象, 能使远处光亮物微带黄、红色, 使黑暗物微带蓝色”^[1]. 目前我国存在 4 个明显大范围的灰霾区域, 分别为华北地区、长江三角洲、四川盆地和珠江三角洲, 且有日益加重的趋势. 据报道, 目前在沿海大城市区域霾出现的日数达到 100 ~ 200d/a 以上, 强度也大大增加^[2]. 同时有研究表明, 霾污染主要是指细颗粒物污染^[3], 且流行病学研究已证实: 霾污染中的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 与各种呼吸系统疾病的

发病率以及居民死亡率的增加有关, 如呼吸系统症状增加、肺功能降低, 医院门、急诊入院率增加、慢性支气管炎发病增加、长期或短期死亡率上升等^[3,4].

霾污染期间颗粒物能显著影响人群的健康状态, 目前国外针对霾健康危害的研究主要集中在细颗粒物诱发的健康效应方面^[5], 而且国内外对霾期

收稿日期: 2010-07-26; 修订日期: 2010-10-19

基金项目: 上海市环境保护局项目(09-26); 上海交通大学医工交叉项目

作者简介: 殷永文(1986 ~), 男, 硕士, 主要研究方向为环境化学与生态毒理, E-mail: yinyong.1986@163.com

* 通讯联系人, E-mail: jpcheng@sjtu.edu.cn

间颗粒物对人体的呼吸系统的研究相对较少^[6-8],尤其是上海地区对霾期间的颗粒物的健康效应的研究还处于起步阶段.因而,本研究针对上海地区对霾期间 PM₁₀、PM_{2.5}污染与医院门诊人数关系的研究较少的现状,专门对 2009-01-01 ~ 2009-12-31 期间上海市霾期间 PM₁₀、PM_{2.5}污染情况与呼吸科、儿呼吸科门诊人数进行了相关性分析.希望为尽可能真实地描述霾期间颗粒物对上海市城区居民健康的影响,建立反映我国特点的霾颗粒物与人群健康之间的暴露-反应关系,以期制定有效的环境法规提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 疾病资料

收集 2009-01-01 ~ 2009-12-31 上海市 6 所大中型医院呼吸科和儿呼吸科的逐日门诊病例资料,统计时根据国际疾病分类标准第 10 版(ICD-10)进行分类,呼吸系统疾病编码为 J00 ~ J99.

1.1.2 PM₁₀、PM_{2.5}的日浓度及霾资料

收集 2009-01-01 ~ 2009-12-31 上海市 PM₁₀、PM_{2.5}的日浓度,数据来自上海市环境监测中心.采用线性内插法对缺失数据进行填充后得到完整的日均浓度.

本研究主要通过当日能见度、PM_{2.5}的浓度、PM_{2.5}/PM₁₀的浓度比值来进行霾污染判断.

1.1.3 气象资料

收集 2009-01-01 ~ 2009-12-31 上海市逐日地面气象资料,包括均气温、最高气温、最低气温、风速、相对湿度、气压、能见度等 7 项气象因子,资料来自上海市气象局官方网站.

1.2 统计方法

分析方法采用时间序列的广义相加泊松回归模型.由于相对总人口来说,每日呼吸系统发病是小概率事件,作为一种时间序列模型,其实际分布近似泊松分布.该模型是对传统广义对数线性模型的进一步拓展,模型中除拟合普通的线性项外,还可将一些与因变量之间存在复杂非线性关系的变量以不同函数加和的形式拟合模型.该分析模型目前已成为环境流行病学中研究大气污染的标准方法之一^[9-11].

本研究采用样条平滑函数拟合非线性自变量,包括时间、温度和相对湿度.医院每日呼吸科门诊人数作为一个时间序列变量,其最大特点是具有自相关性和长期季节趋势,因此在分析霾污染对呼吸科、

儿科门诊人数的影响的时候,必须首先排除上述因素的影响,因此,在模型中对日期采用非参数平滑样条函数(s)进行处理;引入周日亚元变量(day of week, DOW, DOW 为 1 ~ 7)是考虑到呼吸科门诊人数在 1 周内具有“星期几”效应;同时,气候因素对呼吸科门诊人数有着显著的影响,且这种影响的暴露-反应关系并非一定是直线关系,因此笔者也采用非参数平滑样条函数对其进行处理.同时,为了得到霾颗粒物浓度变化与呼吸科、儿科门诊人数的定量研究结果,将 PM₁₀、PM_{2.5}作为变量引入模型,分别观察其对呼吸科、儿科门诊人数的影响^[12,13].

$$\begin{aligned} \log[E(Y_i)] = & \alpha + ns[X_i, \text{knots} = c(x_{25}, x_{75})] \\ & + \text{DOW} + s(\text{time}, \text{df}) + s(\text{temperature}, \text{df}) \\ & + s(\text{humidity}, \text{df}) \end{aligned}$$

式中, Y 为观察日 i 当天的呼吸科门诊人数; $E(Y_i)$ 为观察日 i 呼吸科门诊人数的期望值; α 为截距; X_i 为 i 日大气污染物浓度或几日累积平均浓度, x_{25} 、 x_{75} 分别为污染物第 25、75 分位数;DOW 为周日亚元变量; $s(\text{time}, \text{df})$ 为时间样条平滑函数; $s(\text{temperature}, \text{df})$ 为温度样条平滑函数; $s(\text{humidity}, \text{df})$ 为相对湿度样条平滑函数.

建模前的散点图分析表明大气颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5}与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相对危险度存在一定的线性趋势,故考虑拟合颗粒物的线性作用模型,并考察滞留日效应.并且根据各个模型估算出颗粒物的回归系数 β ,计算当污染物变化单位浓度[如四分位间距(IQR)]时,医院呼吸科和儿呼吸科门诊人数自然对数的相对改变量.公式 $[\exp^{(\beta \times \text{IQR})} - 1] \times 100\%$,并在此基础上计算平均百分比改变的 95% 的可信区间.

关于滞后效应研究,本研究选择分析了滞后期(Lag)为 0 ~ 7 d 的大气污染效应,即纳入模型中的病例期暴露水平为滞后 0 ~ 7 d(Lag 0 ~ 7)的大气污染物浓度,对照期的暴露水平则不考虑此效应.其中发病当日的污染物浓度即为当日污染物浓度(Lag 0),发病当日前第 1 ~ 6 d 的污染物浓度视为滞后 1 ~ 6 d(Lag 为 1 ~ 6)的污染物浓度.最后,根据模型计算出回归系数 β ,并由 β 计算出不同滞后天数的 RR,最后根据最大相对危险度值(RR 值)确定最佳滞后期.

核心模型建立后,均对各自的残差序列进行检验,判断是否呈随机平稳的白噪音过程,若无法满足残差独立的要求,则对模型进行调整,直至满足白噪音特征为止.

以上模型均采用 SPSS 10.0 及 S-Plus 2000 统计软件进行运算.

2 结果与分析

2.1 描述性统计结果

表 1、表 2 显示的是 2009-01-01 ~ 2009-12-31 所

有霾天的气象指标、大气污染物指标与日门诊人数的分布情况. 由表 1、表 2 可看出, 在 2009-01-01 ~ 2009-12-31 平均温度 16.32℃, 平均湿度 75.94%, 平均能见度 7.15 km, 平均大气压 1 015.4 Pa, 平均风速 14.08 m/s; 由表 2 可以看出儿呼吸科和呼吸科日均门诊人数分别为 394、86 人.

表 1 2009 年气象指标因素描述性统计分析(2009-01-01 ~ 2009-12-31)

Table 1 2009 meteorological index factor descriptive statistical analysis(2009-01-01 ~ 2009-12-31)

项目	温度/℃	湿度/%	能见度/km	大气压/Pa	风速/m·s ⁻¹
有效统计	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0
平均数	16.32	75.94	7.15	1 015.43	14.08
标准误差	8.99	12.40	2.21	9.09	8.07
四分位数					
0	-3.00	32.00	2.00	996	0
25	8.00	67.50	5.00	1 007.5	8.00
50	18.00	78.00	7.00	1 015	13.00
75	25.00	86.00	9.00	1 022	19.00
100	31.00	98.00	10.00	1 037	42.00

表 2 日门诊人数、空气污染因素描述性统计分析(2009-01-01 ~ 2009-12-31)

Table 2 Outpatient service, air pollution factor descriptive statistical analysis(2009-01-01 ~ 2009-12-31)

变量	观察天数/d	平均值	标准差	百分位数/%					IQR ¹⁾
				0	25	50	75	100	
PM ₁₀ /mg·m ⁻³	173.0	0.064 5	0.045	0.008	0.044	0.065	0.094	0.334	0.050
PM _{2.5} /mg·m ⁻³	173.0	0.044 4	0.032 3	0.008	0.024	0.044	0.058	0.284	0.034
儿呼吸科日均门诊数/人	173.0	394.0	110.0	138.0	344.0	394.0	444.0	760.0	101.0
呼吸科日均门诊数/人	173.0	86.00	43.00	0	58.00	86.00	112.0	190.0	53.50

1) IQR 表示四分位间距, 下同

2.2 危险度评估

2.2.1 霾日当天危险度评估

表 3 描述了霾污染期间 PM₁₀、PM_{2.5} 日均浓度每上升一个四分位间距 (IQR) 时, 医院呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数相对危险度 (RR) 与 95% 可信区间. 由表 3 可看出, 在霾发生当日, PM₁₀ 日均浓度每

增加一个 IQR (50 μg/m³), 呼吸科及儿呼吸科日均门诊人数分别增加 1.030 5 (0.847 9 ~ 1.252 3) 和 1.005 5 (0.827 4 ~ 1.222); PM_{2.5} 日均浓度每增加一个 IQR (34 μg/m³), 呼吸科及儿呼吸科日均门诊人数分别增加 1.032 5 (0.965 9 ~ 1.103 6) 和 1.019 6 (0.953 8 ~ 1.089 8).

表 3 霾污染期间 PM₁₀、PM_{2.5} 浓度上升 IQ 时各死因 RR 及 95% 可信区间

Table 3 Cause-specific death relative risk (RR) and 95% confidence interval for an inter-quartile (IQ) increase of haze PM₁₀, PM_{2.5} concentration

日门诊人数	PM ₁₀		PM _{2.5}	
	RR	95% CI	RR	95% CI
IQR/μg·m ⁻³	50	50	34	34
呼吸科门诊率	1.031	0.847 9 ~ 1.252 3	1.032 5	0.965 9 ~ 1.103 6
儿呼吸科门诊率	1.006	0.827 4 ~ 1.222	1.019 6	0.953 8 ~ 1.089 8

2.2.2 滞后日危险度评估

图 1 ~ 4 描述的是霾污染期间儿呼吸科、呼吸科日均门诊人数不同滞后天数的相对危险度. 由图 1 可以看出, 在滞后霾日的第 6 d, 霾污染颗粒物中的 PM₁₀ 对儿呼吸科日均门诊人数的累积影响效应达到最大值; 同理从图 2 ~ 4 中可以看出, 在滞后霾日 6 d

时, 霾污染对儿呼吸科、呼吸科的日均门诊人数的累积影响效应达到最大化.

2.3 模型残差检验

绘制模型残差的时序图发现残差为呈零均值随机分布, 无长期趋势及季节性. 残差自相关图和偏自相关图均无有意义信息, 自相关和偏自相关系数很

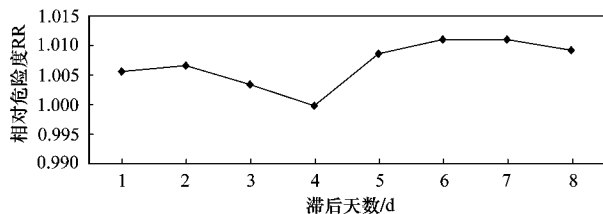


图1 PM₁₀对儿呼吸科日均门诊人数的RR(95%CI)的单污染模型

Fig. 1 RR (95% CI) single pollution model between PM₁₀ and the number of breathing sections of pediatrics

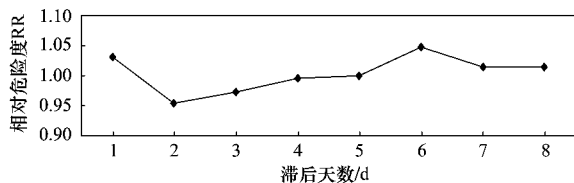


图2 PM₁₀对呼吸科日均门诊人数的RR(95%CI)的单污染模型

Fig. 2 RR (95% CI) single pollution model between PM₁₀ and the number of breathing sections

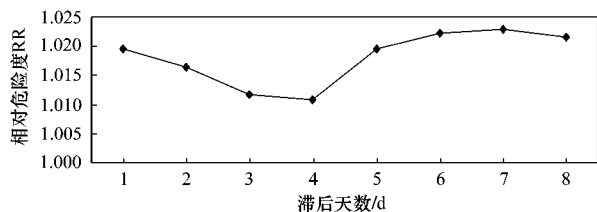


图3 PM_{2.5}对儿呼吸科日均门诊人数的RR(95%CI)的单污染模型

Fig. 3 RR (95% CI) single pollution model between PM_{2.5} and the number of breathing sections of pediatrics

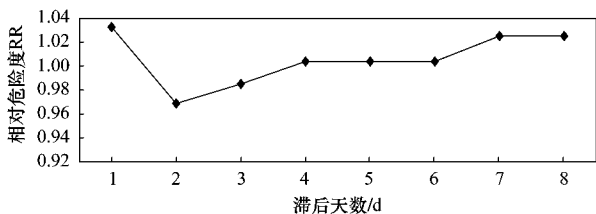


图4 PM_{2.5}对呼吸科日均门诊人数的RR(95%CI)的单污染模型

Fig. 4 RR (95% CI) single pollution model between PM_{2.5} and the number of breathing sections

3 讨论

本研究发现霾污染期间颗粒物 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 日均浓度与医院儿呼吸科、呼吸科日均门诊人数之间存在显著正关联,这与国内外同类研究^[14,15]结果相似.本研究通过分析发现:在霾发生当日,PM₁₀ 日均浓度每增加一个 IQR (50 μg/m³),呼吸科及儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3% 和 0.5%,与国内外 PM₁₀ 的同类研究结果接近,例如 Ostro 等^[16]研究表明 PM₁₀ 浓度每增加 50 μg/m³,儿童下呼吸道症状就诊数的相对危险度分别为 2.5%;同时本研究还发现 PM_{2.5} 日均浓度每增加一个 IQR (34 μg/m³),呼吸科及儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3.2% 和 1.9%;同时 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染对日均门诊人数影响的累积效应大于当日效应,且在霾污染暴发 6 d 时达到最大化.

在灰霾污染期间,很多因素会影响颗粒物与呼吸科、儿科门诊人数之间的关系,而且这种影响形式多样,用较为简单的线性关系难以描述.因而本实验采用非参数平滑函数的方法将一些混杂因素如时间的长期趋势、季节性、气象变量引入模型以控制它们的影响.模型的灵敏度检验表明,采用不同类型的平滑函数控制混杂因素所估计的大气颗粒物的回归系数比较稳定.

上海市霾污染期间颗粒物 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 日均浓度对医院儿呼吸科、呼吸科日均门诊人数的影响与其他地区研究结果具有一定的相似性.表 4 显示的是不同地区大气污染引起居民健康危害的统计.由表 4 可以看出,当 PM₁₀ 变化 10 μg/m³ 时,上海、太原、欧美等不同地区各健康效应终点变化是不同的.这可能与不同地区的大气污染水平、人群对大气污染的易感性、人口年龄分布、不同的颗粒物组成成分有较大的关联.在西欧和美国,PM_{2.5} 主要来自于机动车尾气的排放,而我国的大气污染目前仍以煤烟型为主;欧美国家老年人口中高龄老人较多,易感人群比例远较我国高,我国大气粗细颗粒物的浓度往往比欧美国家更高,而高浓度下人群的暴露-反应曲线往往趋向平坦,这些因素可能导致了我国与欧美国家颗粒物人群健康暴露-反应系数的差异.

4 结论

(1) 在霾发生当日,PM₁₀ 日均浓度每增加 50 μg/m³,呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3% 和 0.5%.

小,均小于 0.06,提示残差之间相互独立.故所得模型符合残差白噪声.

表 4 各地区大气污染引起居民健康危害统计^[17-25]

Table 4 Regional air pollution caused by residents health hazard

健康效应终点	颗粒物	研究地点	IQR/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	RR/%	95% CI
呼吸科门诊率	PM ₁₀	太原	10.00	1.003	1 ~ 0.918
日医保人次	PM ₁₀	上海	10.00	1.002	1.000 ~ 1.003
死亡率	PM ₁₀	上海	10.00	1.010	— ¹⁾
死亡率	PM ₁₀	欧洲	10.00	1.006	1.004 ~ 1.008
日死亡数	PM _{2.5}	美国	10.00	1.015	1.011 ~ 1.019
呼吸系统发病率	PM ₁₀	欧洲	50.00	1.415	1.200 ~ 1.668
上呼吸道感染的日门诊率	PM ₁₀	阿拉斯加	50.00	1.209	1.118 ~ 1.308

1) 文献中没有提供相关数据

(2) 在霾发生当日, PM_{2.5} 日均浓度每增加 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数分别增加 3.2% 和 1.9%。

(3) 同时 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染对门诊人数影响的滞后累积效应大于当日效应, 且在霾污染暴发 6 d 时累积效应达到最大化。

(4) 上海市霾期间 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染对医院呼吸科、儿呼吸科日均门诊人数具有一定影响。

参考文献:

- [1] 吴兑, 邓雪娇, 毕雪岩, 等. 都市霾与雾的区分及粤港澳的灰霾天气观测预报预警标准[J]. 广东气象, 2007, **29**(2): 5-10.
- [2] 张保安, 钱公望. 中国灰霾历史渊源和现状分析[J]. 环境与可持续发展, 2007, (1): 56-58.
- [3] 高歌. 1961-2005 年中国霾日气候特征及变化分析[J]. 地理学报, 2008, **63**(7): 761-768.
- [4] 郭军. 天津地区灰霾天气的气候特征分析[J]. 城市环境与城市生态, 2008, **21**(3): 12-14.
- [5] 白志鹏, 蔡斌彬, 董海燕, 等. 灰霾的健康效应[J]. 环境污染与防治, 2006, **28**(3): 198-200.
- [6] Pope C A, Richard T, Burnett R T, *et al.* Cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine particulate air pollution [J]. Journal of the American Medical Association, 2002, **287**: 1132-1141.
- [7] 童尧青. 南京地区霾天气及其污染特征分析[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [8] 任艳军. 大气颗粒物污染与心血管疾病死亡病例的交叉研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2006.
- [9] 戴海夏, 宋伟民, 高翔, 等. 上海市 A 城区大气 PM₁₀、PM_{2.5} 污染与居民日死亡数的相关分析[J]. 卫生研究, 2004, **33**(3): 293-297.
- [10] Schwartz J, Dockery D W, Neas L S. Is daily mortality associated specifically with fine particles? [J]. Journal Air Waste Management Association, 1996, **46**: 927-939.
- [11] 宋桂香, 江莉莉, 陈国海, 等. 上海市大气气态污染物与居民每日死亡关系的时间序列研究[J]. 环境与健康杂志, 2006, **23**(5): 390-393.
- [12] Borja-Aburto V H, Castillejos M, Gold D R, *et al.* Mortality and

ambient fine particles in southwest Mexico City [J]. Environmental Health Perspectives, 1998, **106**(12): 849-855.

- [13] Pantazopoulou Z, Katsouyanni K, *et al.* Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the Greater Athens Greece area [J]. Environmental Research, 1995, **69**: 31-36.
- [14] 刘爱君, 杜尧东, 王惠英. 广州灰霾天气的气候特征分析[J]. 气象与城市环境, 2004, **30**(12): 68-71.
- [15] Ostro B D, Eskeland G S, Sanchez J M, *et al.* Air pollution and health effects: a study of medical visits among children in Santiago, Chile [J]. Environmental Health Perspectives, 1999, **107**: 69-73.
- [16] 贾沈怡. 上海市大气污染对三级医院日医保急诊人次的影响[J]. 中国医院统计, 2009, **16**(1): 18-20.
- [17] Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, *et al.* Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project [J]. Epidemiology, 2001, **12**: 21-31.
- [18] 贾健, 阚海东, 陈秉衡, 等. 上海市闸北区大气污染与死亡率的病例交叉研究[J]. 环境与健康杂志, 2004, **21**(5): 279-282.
- [19] Choudhury A H, Gordian M E, Morris S S. Associations between respiratory illness and PM₁₀ air pollution [J]. Archives of Environmental Health, 1997, **52**: 113-117.
- [20] Quinn K, Bates T S. North American, Asian, and Indian haze similar regional impacts on climate [J]. Geophysical Research Letters, 2003, **30**(11): 1555-1559.
- [21] Schwartz J, Francine L, Antonella Z. The Concentration-Response Relation between PM_{2.5} and Daily Deaths [J]. Environmental Health Perspectives, 2002, **110**(10): 1025-1029.
- [22] 常桂秋, 王灵菇, 潘小川, 等. 北京市大气污染物与儿科门诊急诊就诊人次关系的研究[J]. 中国校医, 2003, **17**(4): 295-297.
- [23] Tong Y, Qian Y, Qian L, *et al.* Analysis of the characteristics of hazy phenomena in Nanjing area [J]. China Environmental Science, 2007, **27**(5): 584-588.
- [24] Liao Y F, Wu X Y, Pan Z X, *et al.* Climatic characteristics of haze in Hunan Province during 1996-2006 [J]. Advances in Climate Change Research, 2007, **3**(5): 260-265.