

# 北京地区灰霾事件对儿科门/急诊量影响的分析

张金良 王淑兰 黄万玉 田兆兴 王芬芬 吴虎兵 邹天森  
魏永杰 柴发合 张燕萍

**【摘要】** 目的 分析北京市自 2013 年 1 月灰霾期间儿科门诊和急诊量情况,探讨就诊量增加是否与空气污染相关。方法 患儿就诊数据来自北京市海淀区某大型综合性医院,空气污染数据来自中国环境科学研究院,气象数据来自天气网。将灰霾期间每日儿科门/急诊量与上一年度同期比较,计算每日儿科门/急诊量的增加百分比。采用广义相加模型确定浓度反应关系曲线特征,以多种结构断裂点测试方法确定曲线拐点,危险度估计采用分段线性模型。结果 北京地区灰霾期间,氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、 $\text{PM}_{2.5}$ 和  $\text{PM}_{10}$  分别最高达  $672.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $146.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $312.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $995.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 高峰日集中于 2012 年 12 月 28 日和 2013 年 1 月 10 日。同日儿科就诊量出现高峰,2012 年 12 月 28 日和 2013 年 1 月 10 日分别增加了 47.75% 和 34.14%。4 种污染物中低浓度,均与儿科门诊量相关,浓度反应关系呈“C”形和“S”形;其中  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{SO}_2$  高浓度与儿科急诊量相关,浓度反应关系呈“J”形。结论 北京地区灰霾期间空气污染与儿科就诊量增加相关。儿科病例中存在不同易感人群,“C”、“S”、“J”形相关人群易感性依次降低。

**【关键词】** 空气污染;灰霾事件;儿科门诊量和急诊量;浓度反应关系

**Study on the effect of the haze episodes on the visits to pediatrics outpatient departments and emergency departments in Beijing** Zhang Jinliang<sup>1</sup>, Wang Shulan<sup>1</sup>, Huang Wanyu<sup>1</sup>, Tian Zhaoxing<sup>2</sup>, Wang Fenfen<sup>1,3</sup>, Wu Hubing<sup>2</sup>, Zou Tiansen<sup>1</sup>, Wei Yongjie<sup>1</sup>, Chai Fahe<sup>1</sup>, Zhang Yanping<sup>1</sup>. 1 State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2 Affiliated Third Hospital of Peking University; 3 School of Public Health, Shanxi Medical University

Corresponding author: Zhang Jinliang, Email: jinliangzhg@263.net

This work was supported by grants from the Basic Scientific Research Special Funds for National Non-Profit Institute of Chinese Research Academy of Environmental Sciences (No. 2013-YSKY-03) and National Natural Science Foundation of China (No. 81172745).

**【Abstract】 Objective** The aim of this study was to investigate the impact of air pollution on the number of pediatric outpatient and emergency room visits in January 2013. **Methods** Health-related data was from a major hospital in Haidian, Beijing while related data on air pollution was from the Chinese Research Academy of Environmental Sciences. Data on weather was from the China Weather Website. Number of hospital outpatient visits per day during the haze period was compared to those from the previous year to get the increase of percentage. Concentration-response functions were estimated using generalized additive modeling with natural log link function, while multiple structural change test was used to determine the changing point in CRFs. Constrained piecewise linear function was used to estimate the risks for different segments of CRFs. **Results** The peak of  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  and  $\text{PM}_{10}$  reached  $672.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $146.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $312.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $995.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , around 28 December 2012 and 10 January 2013. The peaks of visits to the pediatric department were observed at the some days, showing 47.75% and 34.14% of increase in the visits to the pediatric department. In the low or intermediate ranges of concentration, all the four air pollutants were significantly associated with pediatric outpatient visits, in the form of C- and S- shape of concentration-response function.

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.01.006

基金项目: 中国环境科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2013-YSKY-03); 国家自然科学基金(81172745)

作者单位: 100012 北京, 中国环境科学研究院 环境基准和风险评估国家重点实验室(张金良、王淑兰、黄万玉、王芬芬、邹天森、魏永杰、柴发合、张燕萍); 北京大学第三附属医院(田兆兴、吴虎兵); 山西医科大学公共卫生学院(王芬芬)

张金良、王淑兰同为第一作者

通信作者: 张金良, Email: jinliangzhg@263.net

However, in the range of high concentration, only  $PM_{10}$  and  $SO_2$  were significantly associated with the number of visits to the pediatric emergency room, appeared as the J-shape form. Discernable thresholds were found in S- and J- shapes which were located at  $200 \mu g/m^3$ ,  $20 \mu g/m^3$ ,  $40 \mu g/m^3$  and  $100 \mu g/m^3$  for  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ , respectively. **Conclusion** Air pollution during the haze period was associated with the increase of pediatric outpatient and emergency room visits. There were different sensitive groups within the pediatric cases. Their susceptibility showed a decreasing trend from C-, S-, to J- shape related group.

**【Key words】** Air pollution; Haze episode; Outpatient and emergency pediatrics; Concentration-response function

2013年1月我国中东部地区出现多次严重的灰霾天气,涉及17个省、市、自治区约6亿人口。这是我国首次大面积严重空气污染事件,其可能产生的健康影响引起广泛关注。为此,中国环境科学研究院于2013年2月启动“灰霾及寒冷天气对人群健康风险的评估”研究项目,其目的是在此次灰霾覆盖区域,系统地评价灰霾事件对一系列健康结局的影响。本研究为其中部分研究结果,报道北京市灰霾事件对儿科门/急诊量的影响。

## 资料与方法

1. 数据来源:患儿就诊数据来自北京市海淀区某三甲综合性医院每日门/急诊量统计;空气污染数据来自中国环境科学研究院环境超级站;气温数据来自天气网(www.tianqi.com)。每种数据均有2个时间序列,第一时间序列从2012年10月至2013年1月( $T_1$ ),第二时间序列从2011年10月至2012年1月( $T_2$ )。

### 2. 分析指标:

(1)每日门/急诊量增加情况:北京地区门诊量数据统计最明显的特点是周趋势,即周一、二门诊量最大,周三最小,周四、五回升,周六、日骤减,此外还有节假日的影响。本研究期间包括“十一”(7 d)、元旦(3 d)和春节(7 d),节假日期间门诊量骤减,但急诊量却骤增。由于不同年份的日期不同, $T_1$ 与 $T_2$ 的同日比较时,门/急诊量差异增大,故门诊量数据按如下整理:①周几对齐。例如2011年与2012年周几错位2 d,可将2012年数据后移2 d,即可对齐。②公历节假日日期对齐,并剔除由此出现的空项。③农历春节(2012年1月22—28日)期间的门诊量用附近5 d移动平均值替代。④2012年1月7、8日为周末,而与此对应的2013年1月5、6日由于元旦调休,两年比较时,差异出现增大偏倚,可将2012年1月7、8日用附近5 d移动平均值替代。急诊量数据不做任何处理,只是周几对齐。

数据整理后,两年度同日比较,计算每日门/急诊量增加的百分比,并控制因季节、流感以及其他无

法测量的时间依赖变量的混杂影响,但差异还包括门/急诊量的年度自然增长量,即门诊量逐年增长的长期趋势。计算10—11月每日门/急诊量的增长百分比均值,作为年度门/急诊自然增长量;每日门/急诊的增量百分比减去10—11月均值,以消除门诊量逐年增长的长期趋势影响。应用7 d中心移动均值,进一步消除周趋势对门/急诊量的影响,观察门/急诊量及其百分增量的变化趋势。

(2)空气污染与门/急诊量的浓度反应关系:依据Daniels等<sup>[1]</sup>方法应用广义相加模型(GAM)连接每日空气污染物浓度与每日儿科门/急诊量,连接函数为log与Poisson误差。通常考虑的模型形式为 $\log(ut) = \beta \times s(Pt, df) + \text{混杂因素}$ ,式中 $s(Pt, df)$ 为每日空气污染浓度的自然样条函数,固定结点为总体分布的第25( $P_{25}$ )和75( $P_{75}$ )百分位数。为控制与空气污染相关的混杂因素,模型包括时间和季节的平滑函数。

$$\log[E(y_t)] = s(\text{time}, 7/\text{year}) + \sum s(t, 6) + as, \text{factor}(DOW_t) + ns[x, \text{knots} = c(P_{25}, P_{75})]$$

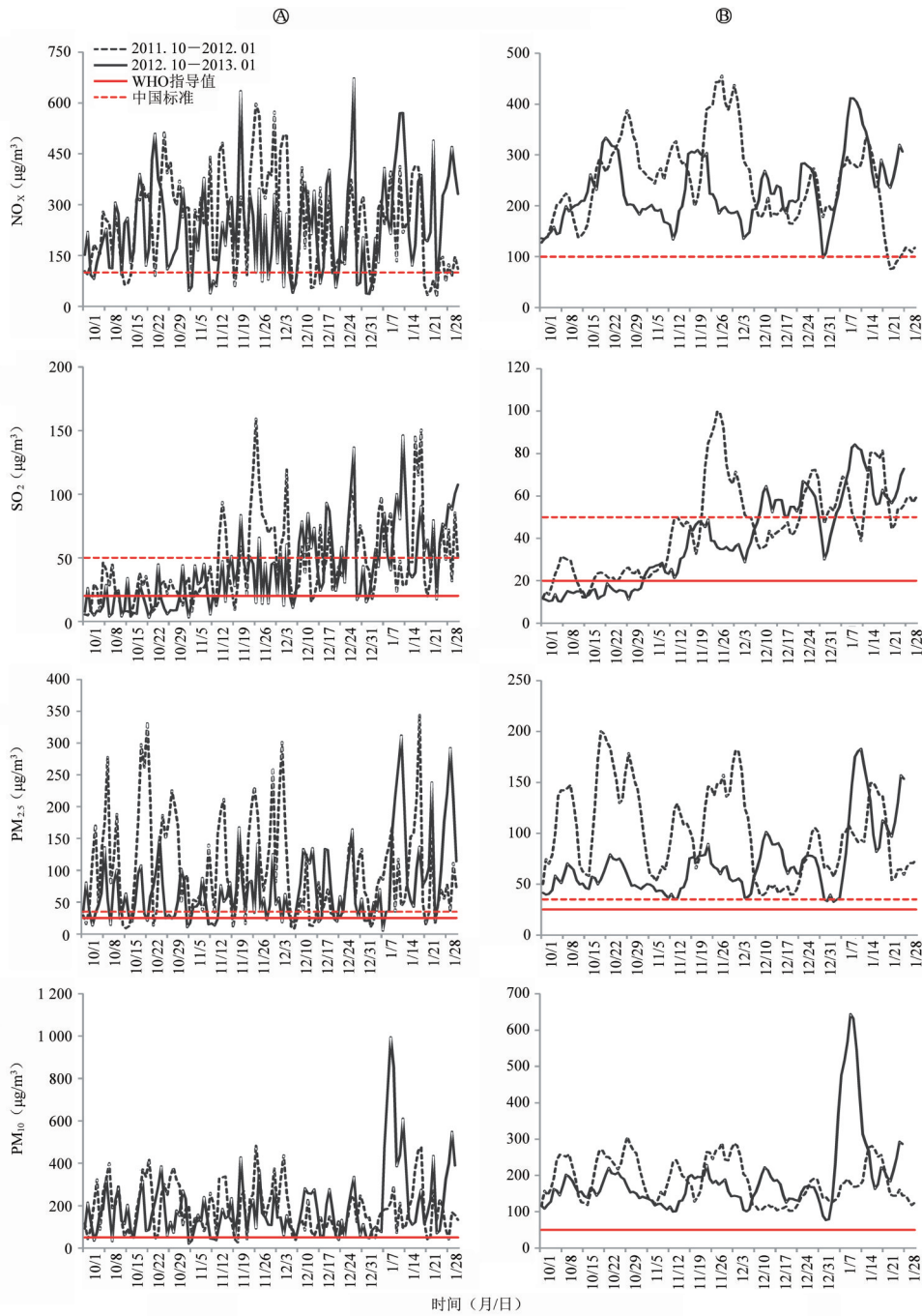
式中 $y_t$ 为 $t$ 天的门诊量或急诊量, $E(y_t)$ 为 $y_t$ 的期望值, $s(\text{time}, 7/\text{year})$ 为日期的样条函数,每年7个自由度; $\sum s(t, 6)$ 为温度集团平均值的样条函数, $df=6$ ; $as, \text{factor}(DOW_t)$ 为1周内 $t$ 天的分类变量; $ns[x, \text{knots} = c(P_{25}, P_{75})]$ 为空气污染浓度的自然立方样条函数,括号中标明了结点。

由于多数浓度反应关系为曲线,本研究应用多重结构断裂点检测算法确定拐点<sup>[2]</sup>,2个拐点确定一个线段,选择相对最大斜率和最小置信区间线段,应用约束性分段线性函数估计相应的危险度<sup>[3]</sup>。

本研究分别拟合了当天(lag0)至滞后7 d(lag1~lag7)、累积当天和前1天(avg01)至当天和前7天(avg07)的GAM模型,以观察空气污染的滞后效应和累积效应。

## 结果

1. 空气污染情况:4种空气污染物两时间序列波动趋势见图1(A),可见监测地区空气污染浓度最



注：A：空气污染浓度；B：7 d 中心移动平均值

图1 北京地区4种空气污染物两时间序列每日波动趋势

大值集中于12月28日至1月13日；相应的7 d 中心移动平均值波动趋势见图1B。

(1)NO<sub>x</sub>: 12月28日和1月12日NO<sub>2</sub>出现2个高峰,浓度分别为672.63 μg/m<sup>3</sup>和569.8 μg/m<sup>3</sup>,分别是我国标准的6.73倍和5.70倍(表1)。

(2)SO<sub>2</sub>: 2012年9月至2013年1月SO<sub>2</sub>呈逐渐升高趋势,自11月3日开始超过WHO标准,12月12日超过我国标准。2012年12月28日和2013年1月13日出现2个高峰,SO<sub>2</sub>浓度分别为136.7 μg/m<sup>3</sup>和

146.2 μg/m<sup>3</sup>,分别是WHO指导值的6.83、7.30倍,我国标准的2.73、2.92倍(表1)。

(3)颗粒物:与气体污染物不同,颗粒物浓度持续超过WHO指导值和我国标准。PM<sub>2.5</sub>高峰日为1月13日,浓度达312.2 μg/m<sup>3</sup>,是WHO指导值的12.49倍,我国标准的8.92倍;PM<sub>10</sub>高峰日为1月9日,浓度达995.0 μg/m<sup>3</sup>,是WHO指导值和我国标准的19.90倍(表1)。

污染物浓度的7 d 移动平均值更清晰显示,灰霾期间4种空气污染物浓度急剧升高,尤其PM<sub>10</sub>,升高趋势更为明显(图1B)。两年度相比,在12月之前,T<sub>1</sub>序列空气污染浓度低于T<sub>2</sub>序列,到12月两数值接近,1月1日后,T<sub>1</sub>序列空气污染浓度明显高于T<sub>2</sub>序列。

2. 儿科门/急诊量: 两时间序列儿科门/急诊量每日波动趋势见图2A、B。由图2B可知,T<sub>1</sub>序列中,儿科门诊量从11月15日开始增加,于2012年12月17—28日达高峰,次年1月5—8日再次出现高峰,而儿科急诊量高峰出现于元旦期间。在元旦期间儿科门诊量减少,但急诊量陡增出现尖峰,两科室就诊量合计分析时,观察到一个完整的高峰,峰顶时间为12月28日。

儿科门/急诊百分增量分析见图2C、D。由图2D可知,儿科门诊量12月和次年1月高峰时间分别为12月25日和1月10日,相应的百分增量分别为59.2%和39.1%;儿科急诊量相应的日期为12月31

日。儿科门/急诊量合计分析时,观察到一个完整的高峰,峰顶时间为12月28日。

**表 1** 北京地区强霾期间 4 种空气污染物最大值( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )及超标情况

标准	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
WHO 指导值 <sup>[4]</sup>	20.0	-	25.0	50.0
中国标准 <sup>[5]</sup>	50.0	100.0	35.0	50.0
强霾期间最大值	146.2	672.6	312.2	995.0
最大值/WHO 指导值	7.3	-	12.5	19.9
最大值/中国标准	2.9	6.7	8.9	19.9

日和 1 月 16 日,百分增量分别为 68.5% 和 38.7%。上述两科室合计分析时,12 月 28 日出现高峰,百分增量为 47.8%;次年 1 月 10 日高峰的百分增量为 34.1%(表 2)。

3. 空气污染与儿科门/急诊量的相关性:

(1) 浓度反应关系:控制温度的影响后,多个滞后和累积效应期观察到空气污染物浓度与儿科门(急)诊量呈正相关,浓度反应关系曲线呈“C”、“S”和“J”3 种形状(图 3)。

(2) 拐点:“S”和“J”形曲线呈现明显的拐点,拐点对应的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的 M 值( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )分别为 199.5、20.0、41.0 和 101.0(表 3)。

(3) 危险度: T<sub>1</sub> 序列危险度分析结果见表 4。PM<sub>2.5</sub> 和 NO<sub>x</sub> 相关“S”形危险度分析结果具有统计学

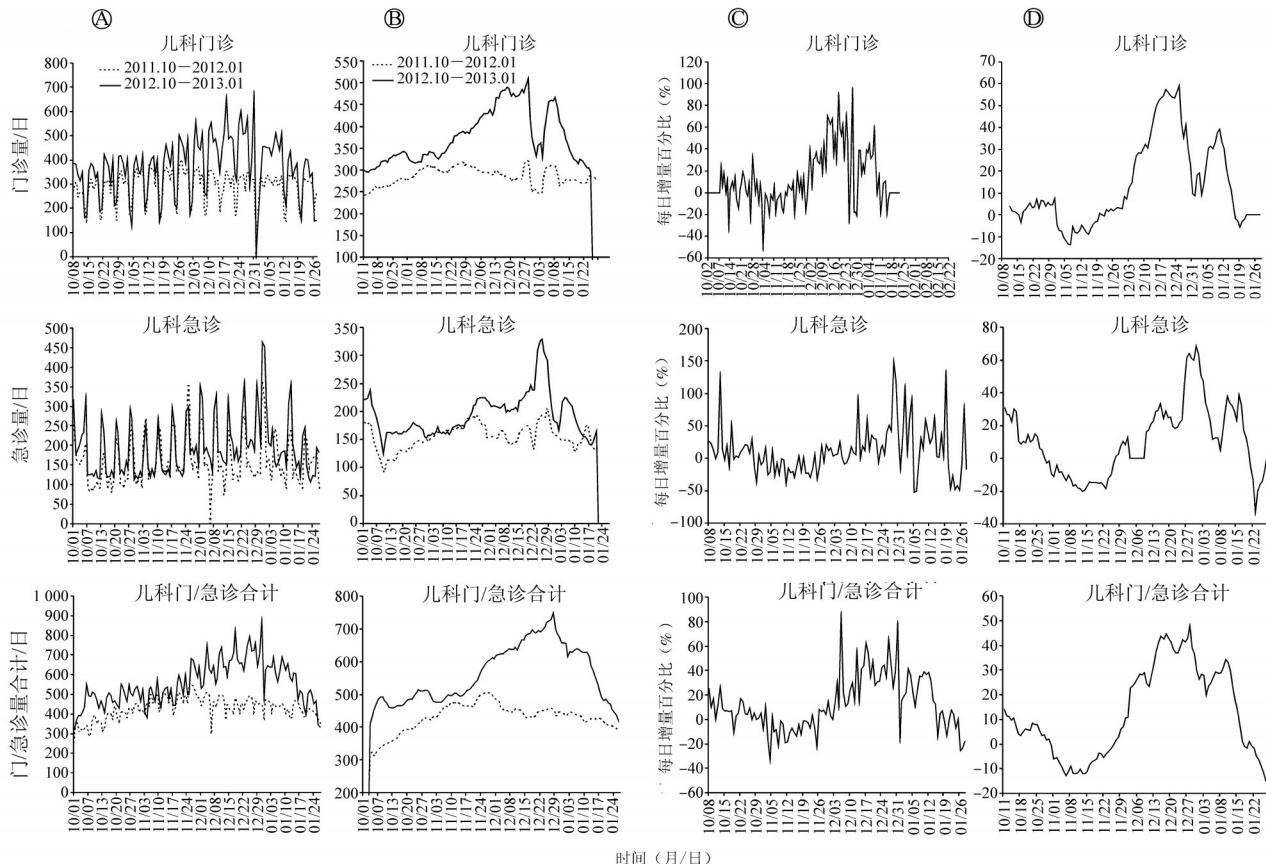
**表 2** 北京地区灰霾期间某医院儿科就诊量百分增量高峰时间及相应数值(7 d 中心移动平均值)

儿科	门/急诊量高峰时间	百分增量(%)
门诊	2012-11-15-2013-01-23	17.5
	2012-12-19-25	57.4~59.2
	2012-12-25	59.2
	2013-01-10	39.1
急诊	2012-11-21-2013-01-21	19.0
	2012-12-28-31	64.1~68.5
	2013-01-11-16	37.9~38.7
合计	2012-11-15-2013-01-27	19.9
	2012-12-28	47.8
	2013-01-10	34.1

**表 3** 北京地区空气污染物与儿科就诊量“S”、“J”形相关曲线拐点的 M 值

污染物( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	儿科就诊量拐点(M 值)		
	急诊	门诊	合计
NO <sub>x</sub>	154.0	182.0	199.5
SO <sub>2</sub>	-	25.7	20.0
PM <sub>2.5</sub>	49.0	33.0	41.0
PM <sub>10</sub>	119.0	115.0	101.0

意义, PM<sub>10</sub> 相关“C”形和“J”形危险度分析结果具有统计学意义, SO<sub>2</sub> 三种形状危险度分析结果均具有统计学意义。同一污染物与同一科室类别比较,“C”形危险度较高,“S”形居中,“J”形较低,如 SO<sub>2</sub> 与儿



注: A: 儿科就诊量; B: 儿科就诊量 7 d 中心移动平均值; C: 百分增量; D: 百分增量 7 d 中心移动平均值

**图 2** 北京地区某医院儿科就诊量及百分增量每日波动趋势

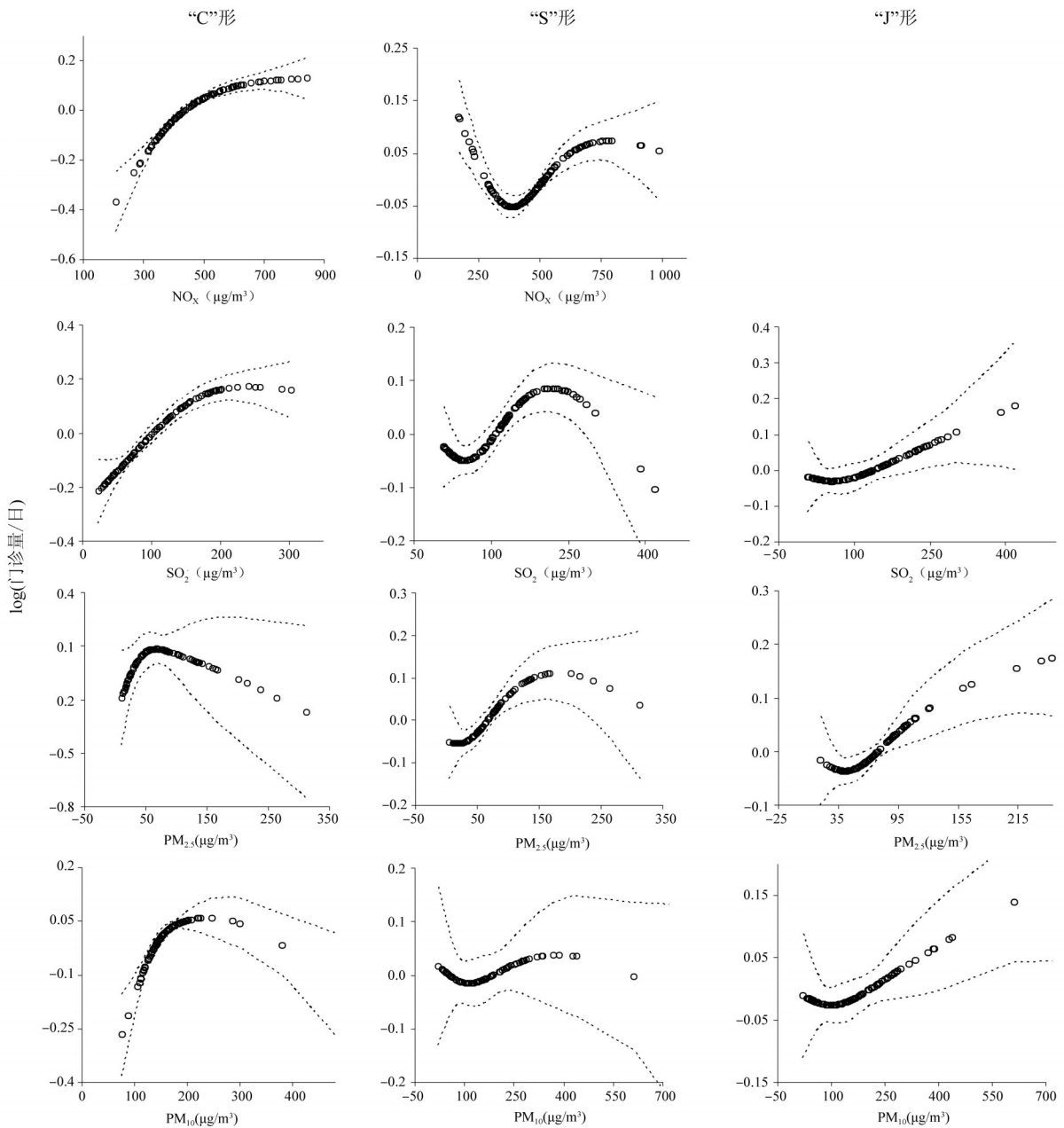
科合计,“C”、“S”、“J”形相关危险度分别为2.75%、0.94%和0.64%。“C”、“S”形曲线主要与儿科门诊量相关,而“J”型主要与儿科急诊量相关。“J”形曲线反映了灰霾期间高浓度空气污染对健康的影响。本研究结果表明,SO<sub>2</sub>和PM<sub>10</sub>均与儿科急诊量“J”形相关,控制了气温等混杂因素影响后,SO<sub>2</sub>浓度每升高10 μg/m<sup>3</sup>,儿科急诊量增加8.46% (95% CI: 0.31 ~ 16.78), PM<sub>10</sub>浓度每升高10 μg/m<sup>3</sup>,儿科急诊量增加0.47% (95% CI: 0.10 ~ 0.83)。

T<sub>2</sub>序列中(表5),仅发现NO<sub>x</sub>与儿科合计“C”形

相关,NO<sub>x</sub>浓度每升高10 μg/m<sup>3</sup>,儿科门(急)诊量增加6.20% (95% CI: 1.29 ~ 11.17)。

### 讨 论

此次北京地区灰霾事件具有3个特点。首先灰霾期间颗粒物(PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>)浓度最大日均值和周均值接近1952年伦敦烟雾事件,SO<sub>2</sub>浓度却远低于该次事件<sup>[6]</sup>,但略高于1991年伦敦烟雾事件<sup>[7]</sup>,而NO<sub>x</sub>浓度最大值远低于后者(表6)。其次发生时间较晚。1930年比利时马斯河谷<sup>[8]</sup>和1952、1991年伦



注:PM<sub>2.5</sub>的“C”形为儿科急诊相关曲线,PM<sub>10</sub>的“S”形为儿科门诊相关曲线,“J”形为儿科急诊相关曲线,其余均为儿科门诊和急诊合计相关曲线;4种空气污染物浓度反应关系曲线相对应的效应期分别为:NO<sub>x</sub>:Avg07、Avg04;SO<sub>2</sub>:Avg03、Lag5、Lag2;PM<sub>2.5</sub>:Lag4、Lag2、Avg03;PM<sub>10</sub>:Avg07、Lag6、Lag5

图3 北京地区空气污染与儿科门诊量的浓度反应关系曲线

表4 2012年10月至2013年1月北京地区4种污染物与儿科就诊量的浓度反应关系曲线形状、拐点及危险度

污染物 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	儿科	效应期	浓度反应 关系形状	单污染物模型			多污染物模型		
				拐点	最大斜率段 对应的浓度	RR值(95%CI)	拐点	最大斜率段 对应的浓度	RR值(95%CI)
NO <sub>x</sub>	急诊	Lag5	C	-	36.65 ~ 160.58	2.83(-2.83 ~ 8.63)	-	36.65 ~ 138.81	1.77(-5.51 ~ 9.23)
		Lag2	S	62.86	138.81 ~ 379.09	1.20(-0.71 ~ 3.14)	120.16	151.17 ~ 318.82	3.34(-1.23 ~ 7.97)
	门诊	Avg07	C	-	101.78 ~ 236.74	-8.69(-16.63 ~ -0.54)	-	101.78 ~ 236.74	-6.97(-31.69 ~ 20.17)
		Avg04	S	181.97	197.26 ~ 317.77	6.14(0.63 ~ 11.77)	160.27	194.53 ~ 296.56	16.23(1.63 ~ 31.54)
	合计	Avg07	C	-	101.78 ~ 259.56	1.86(-0.80 ~ 4.57)	-	101.78 ~ 259.56	2.86(-0.69 ~ 6.46)
		Avg04	S	188.55	199.54 ~ 328.62	2.17(0.26 ~ 4.09)	182.81	203.04 ~ 319.13	5.09(0.77 ~ 9.49)
SO <sub>2</sub>	急诊	Lag4	J	-	53.60 ~ 146.20	8.46(0.31 ~ 16.78)	-	57.40 ~ 146.20	6.26(-3.25 ~ 16.01)
		Lag6	C	-	2.80 ~ 22.02	6.01(-18.74 ~ 32.62)	-	72.82 ~ 146.20	-7.31(-17.69 ~ 3.39)
	门诊	Avg02	S	24.68	32.58 ~ 59.46	15.07(-4.90 ~ 36.15)	22.45	32.23 ~ 53.40	29.86(5.52 ~ 55.84)
		Lag2	J	27.68	31.17 ~ 146.20	3.39(-0.35 ~ 7.2)	36.01	51.02 ~ 146.20	5.59(-2.20 ~ 13.57)
	合计	Avg03	C	-	7.95 ~ 60.12	9.62(4.72 ~ 14.58)	-	7.95 ~ 49.31	11.33(-0.49 ~ 23.57)
		Lag5	S	16.96	24.40 ~ 60.57	3.29(0.24 ~ 6.36)	20.19	24.40 ~ 60.57	4.02(-0.77 ~ 8.92)
PM <sub>2.5</sub>	急诊	Lag4	C	-	5.16 ~ 45.80	5.81(-1.64 ~ 13.81)	-	10.69 ~ 47.76	6.08(-7.07 ~ 21.09)
		Lag3	S	44.86	51.29 ~ 164.52	-0.35(-2.26 ~ 1.60)	36.77	47.87 ~ 142.42	-2.91(-9.31 ~ 3.94)
		Lag5	S	52.52	52.52 ~ 125.75	1.90(0.06 ~ 3.78)	55.53	59.24 ~ 125.75	3.69(-2.49 ~ 10.26)
		Lag2	J	41.63	75.11 ~ 312.19	1.77(-0.27 ~ 3.85)	35.70	42.45 ~ 312.19	3.08(-0.33 ~ 6.60)
	门诊	Lag5	C	-	5.16 ~ 76.81	0.64(-2.27 ~ 3.64)	-	10.69 ~ 41.63	2.46(-12.67 ~ 20.20)
		Lag3	S	33.24	36.77 ~ 128.11	2.02(0.47 ~ 3.60)	26.40	36.77 ~ 82.47	7.17(-0.30 ~ 15.21)
		Lag2	C	-	5.16 ~ 107.84	1.95(-0.04 ~ 3.98)	-	5.16 ~ 70.31	5.20(-3.18 ~ 14.30)
		Lag3	S	26.40	36.77 ~ 82.47	-0.05(-2.98 ~ 2.96)	34.99	36.77 ~ 128.11	6.55(0.11 ~ 13.39)
	合计	Lag5	C	-	33.86 ~ 110.52	1.00(-0.93 ~ 2.98)	-	10.69 ~ 36.77	12.50(-0.56 ~ 27.28)
		Lag2	S	19.53	36.77 ~ 82.47	1.67(0.03 ~ 3.35)	16.49	36.77 ~ 82.47	3.34(0.08 ~ 6.71)
PM <sub>10</sub>	急诊	Avg07	S	137.12	138.56 ~ 199.32	5.10(-0.24 ~ 10.74)	117.91	138.56 ~ 199.32	6.07(-1.77 ~ 14.54)
		Lag5	J	100.96	121.17 ~ 277.79	0.47(0.10 ~ 0.83)	109.63	138.50 ~ 277.79	0.42(-0.04 ~ 0.88)
	门诊	Avg07	C	-	77.20 ~ 153.46	-5.84(-10.40 ~ -1.04)	-	77.20 ~ 151.65	-6.43(-19.69 ~ 9.02)
		Lag1	S	115.25	115.25 ~ 282.29	0.32(-0.69 ~ 1.35)	121.27	152.08 ~ 282.29	0.55(-1.95 ~ 3.11)
		Avg07	C	-	77.20 ~ 156.24	0.53(-1.14 ~ 2.23)	-	77.20 ~ 191.38	0.49(-3.65 ~ 4.81)
	合计	Lag6	S	100.96	115.25 ~ 277.79	0.22(-0.19 ~ 0.64)	121.17	115.25 ~ 277.79	0.48(-0.51 ~ 1.48)
		Avg04	C	-	71.11 ~ 273.74	1.02(0.50 ~ 1.55)	-	71.11 ~ 273.74	1.54(-1.13 ~ 4.28)

表5 2011年10月至2012年1月北京地区NO<sub>x</sub>与儿科就诊量的浓度反应关系曲线形状、拐点及危险度

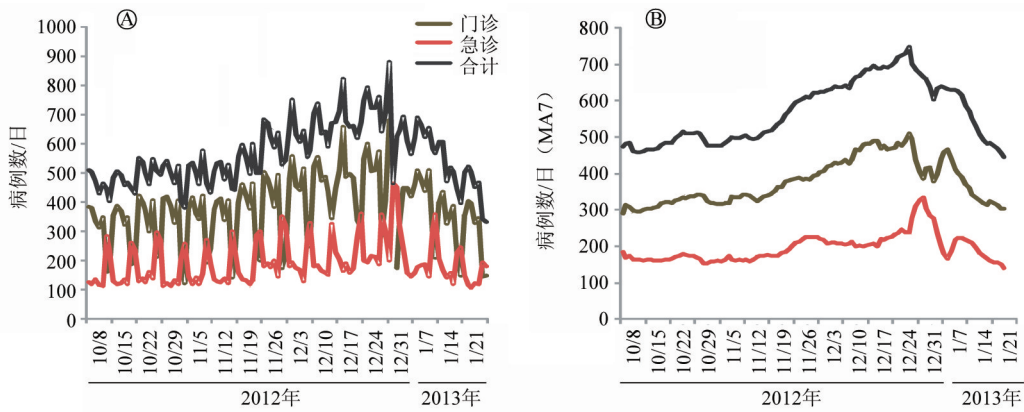
污染物	儿科	效应期	浓度反应 关系形状	单污染物模型			多污染物模型		
				拐点	最大斜率段 对应的浓度	RR值(95%CI)	拐点	最大斜率段 对应的浓度	RR值(95%CI)
NO <sub>x</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	急诊	Lag0	C	-	28.63 ~ 153.65	-4.20(-29.09 ~ 23.09)	-	28.63 ~ 170.87	2.11(-10.03 ~ 14.77)
		Lag2	S	154.95	205.49 ~ 329.56	4.34(-9.80 ~ 19.20)	138.04	154.95 ~ 340.73	0.60(-6.00 ~ 7.37)
		Avg02 <sup>a</sup>	J	259.84	301.14 ~ 452.48	8.77(-16.60 ~ 36.51)	292.46	320.15 ~ 452.48	8.94(-10.54 ~ 29.8)
		Lag2 <sup>a</sup>	C	-	28.63 ~ 145.64	13.63(2.71 ~ 24.91)	-	28.63 ~ 153.65	6.20(1.29 ~ 11.17)
	合计	Avg01 <sup>a</sup>	C	-	38.26 ~ 157.29	11.69(1.63 ~ 22.06)	-	38.26 ~ 173.53	7.86(2.97 ~ 12.83)
		Avg05 <sup>a</sup>	J	-	29.33 ~ 450.42	8.71(-2.40 ~ 20.29)	-	64.33 ~ 450.42	5.06(0.83 ~ 9.34)
		Avg06	S/J	210.77	217.25 ~ 303.84	12.83(-3.43 ~ 30.03)	173.74	184.59 ~ 337.26	0.26(-7.14 ~ 7.83)

注:<sup>a</sup>模型中引入最高气温,其余引入最低气温

表6 北京市灰霾期间与伦敦市两次烟雾事件空气污染物浓度比较

污染物 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	北京市灰霾期间(2013年)			伦敦市烟雾事件		
	1月 均值	1月9-13日		1952年12月5-8日		1991年12月12-15日 最大值
		均值	最大值	均值	最大值	
TSP	537	1 239	1 887	1 400	1 620	148
NO <sub>x</sub>	-	-	672.6 <sup>a</sup>	-	-	5 250.0
SO <sub>2</sub>	-	-	146.2	1 630.2	1 973.4	120.1

注:<sup>a</sup>依据文献报道<sup>[9]</sup>,1999年9月至2001年9月,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>=55%,PM<sub>2.5</sub>/TSP=29%,依此得出PM<sub>10</sub>/TSP=52.73%



注: ①: 每日儿科门急诊量及合计; ②: 7 d 中心移动平均值

图4 2012年10月至2013年1月北京地区每日儿科门急诊量的变化趋势

敦两次烟雾事件均发生于12月上旬,而北京地区灰霾发生在1月。第三,持续时间较长。比利时马斯河谷烟雾事件持续时间为5 d,1952年伦敦烟雾事件持续7 d,1991年伦敦烟雾事件持续4 d,而此次北京地区灰霾事件持续时间超过1个月。

以往研究空气污染事件,多数应用死亡率作为健康结局。与死亡数据不同,门诊量数据最大的特点是周日、节假日效应(图4①)。虽然7 d移动均值较好控制了周日效应,但节假日影响依然存在,元旦期间门诊量骤然下降,急诊量急剧增加。当门诊和急诊合计分析时,可观察到一个完整的就诊量高峰(图4②)。

本研究结果表明,儿科门/急诊就诊合计于2012年12月28日达到高峰,增量为47.75%。在儿科就诊量回落的过程中,2013年1月10日出现拖尾现象,当日的增量为34.14%。值得注意的是,儿科就诊量高峰并非出现于灰霾最严重的2013年1月9—13日,由于儿童敏感性较高,在2012年12月28日NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>出现高峰时,儿科就诊量已达高峰,在灰霾最严重的2013年1月9—13日,由于易感人群减少,儿科就诊量回落。相关性分析进一步表明,在中低浓度范围(“C”和“S”形),主要表现为空气污染对儿科门诊量的影响,在灰霾期间的高浓度范围(“J”形),主要表现为PM<sub>10</sub>和SO<sub>2</sub>对儿科急诊量的影响。

在本研究暴露浓度范围内,SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>4种污染物的“J”和“S”形浓度-反应关系曲线均有明显的拐点,分别为20 μg/m<sup>3</sup>、175 μg/m<sup>3</sup>、100 μg/m<sup>3</sup>和35 μg/m<sup>3</sup>。尽管单一曲线的拐点与一般研究的“阈值”相似,但本研究还可发现上述4种污染物均存在“C”形曲线,且其浓度范围低于“J”和“S”形,所以不能将此拐点视为阈值。

自2009年始北京市中小學生免费接种流感疫

苗,有效降低了流感发病率。依据北京市疾病预防控制中心2013年发布的信息,1月7—13日流感样病例发病率为3.72%,与近两年高峰时期(2012年12月至2013年1月)基本持平。且在门诊增量计算时,已控制了流感发病及其混杂因素的影响。在回归分析中也控制了温度的影响。

本研究存在一定局限性,门诊量数据虽然与住院率、住院死亡率相比覆盖范围较广,但由于无个案和诊断信息,无法分性别、年龄或病种深入分析;其次由于未获得相对湿度数据,GAM模型中仅控制了温度的影响,由于气温与湿度一定程度相关,引入湿度后,一定程度上就控制了湿度的影响。

#### 参 考 文 献

- [1] Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, et al. Estimating particulate matter-mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities [J]. *Am J Epidemiol*, 2000, 152(5): 397-406.
- [2] Bai J, Perron P. Computation and analysis of multiple structural change models [J]. *J Appl Economet*, 2003, 18(1): 1-22.
- [3] Roberts S. Biologically plausible particulate air pollution mortality concentration-response functions [J]. *Environ Health Perspect*, 2004, 112(3): 309.
- [4] WHO. Air quality standard about particulate matter, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> (关于颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫的空气质量准则) [S]. The global version of 2005.
- [5] Chinese Research Academy of Environmental Science, China's National Environmental Monitoring Centre. Ambient air quality standards (GB 3095-2012) [S]. Beijing: China environmental Science Press, 2012. (in Chinese)  
中国环境科学研究院, 中国环境监测总站. 环境空气质量标准 (GB 3095-2012) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [6] Ministry of Health. Mortality and morbidity during the London fog of December 1952. Reports on Public Health and Medical Subjects No. 95 [R]. London: London Ministry of Health, 1954.
- [7] Anderson HR, Limb ES, Bland JM, et al. Health effects of an air pollution episode in London, December 1991 [J]. *Thorax*, 1995, 50(11): 1188-1193.
- [8] Nemery B, Hoet PHM, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster [J]. *The Lancet*, 2001, 357(9257): 704-708.
- [9] Yang FM, He KB. Variation characteristics of PM<sub>2.5</sub> concentration and its relationship with PM<sub>10</sub> and TSP in Beijing [J]. *Chin Environ Sci*, 2002, 22(6): 506-510. (in Chinese)  
杨复沫, 贺克斌. 北京PM<sub>2.5</sub>浓度的变化特征及其与PM<sub>10</sub>, TSP的关系 [J]. *中国环境科学*, 2002, 22(6): 506-510.

(收稿日期: 2014-07-23)

(本文编辑: 张林东)