

【论著】

西安市大气 PM_{2.5} 污染与城区居民死亡率的关系赵珂^{1,2}, 曹军骥¹, 文湘闽³

[摘要] 目的 定量评价西安大气 PM_{2.5} 污染对城区居民每日疾病死亡率的影响。方法 以大气 PM_{2.5} 浓度为自变量, 以总死亡, 呼吸系统疾病, 心血管疾病, 中风, 慢性阻塞型肺部疾病, 冠心病, 下呼吸道感染等疾病为因变量, 进行了单因素泊松回归分析。结果 单变量分析结果表明: 除 PM_{2.5} 对下呼吸道感染死亡率的影响无显著意义以外, 与其它各种疾病死亡率之间的正相关关系均有显著意义。暴露-反应关系模型显示: PM_{2.5} 浓度每升高 100 μg/m³, 总死亡、呼吸系统疾病、心血管疾病、冠心病、中风、COPD 的死亡率分别增加 4.08%, 8.32%, 6.18%, 8.32%, 5.13%, 7.25%。结论 大气 PM_{2.5} 浓度的升高会引起相应疾病死亡率的增加。

[关键词] 大气污染 PM_{2.5}; 每日死亡率; 泊松回归; 暴露-响应关系

[中图分类号] R122.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-4028(2011)04-0257-06

Correlation Between PM_{2.5} Pollution in Air and Mortality of Residents in Urban Area, Xi'anZHAO Ke^{1,2}, CAO Jun-ji¹, WEN Xiang-min³

1 Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, Shaanxi Province, China.

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences.

3 Sichuan Center for Disease Control and Prevention.

Abstract Objective To conduct quantitative assessment on the impact of PM_{2.5} pollution in air on daily disease mortality of residents in urban area in Xi'an. **Methods** Poisson regression analysis was conducted to understand the correlation between PM_{2.5} concentration in air (independent variable) and total mortality and the mortalities of respiratory disease, cardiovascular disease, stroke, chronic obstructive pulmonary disease (COPD),

coronary disease and lower respiratory tract disease (dependent variable). **Results** The analysis indicated that except the impact on lower respiratory tract disease mortality, PM_{2.5} concentration in air was positively correlated

作者单位: 1 中国科学院地球环境研究所 (陕西 西安 710075)

2 中国科学院研究生院

3 四川省疾病预防控制中心

作者简介: 赵珂, 女, 硕士, 环境科学

4 参考文献

- [1] 董旭东, 罗世香, 梁虹. 昆明市孕妇 HIV 感染检测结果分析[J]. 中国艾滋病性病, 2006, 12(1): 67.
- [2] 张起坪. 8049 名产妇 HBV、HIV、梅毒感染情况与分析[J]. 中国艾滋病性病, 2009, 15(6): 635-636.
- [3] 李育兰. 孕妇 HIV、HBV、HCV 及梅毒感染的调查与分析[J]. 中国实用医学, 2008, 3(4): 54-55.
- [4] 王世一, 李琼, 张亮, 等. 昆明市 800 名孕产妇 HIV 监测分析[J]. 中国性病艾滋病防治, 2002, 8(2): 115.
- [5] 钟娜, 郑文爱, 朱海花, 等. 6235 例孕妇梅毒血清学检测结果分析[J]. 中国艾滋病性病, 2007, 13(1): 52-53.
- [6] 刘丽君, 魏米. 丙型肝炎病毒的流行病学[J]. 传染病信息, 2007, 20(5): 1007-8134.

- [7] 文芳, 钟斐, 程伟彬, 等. 广州市男男性接触者 HIV 和现症梅毒感染状况及相关因素分析[J]. 华南预防医学, 2010, 36(2): 19-23.
- [8] 何波, 农丽萍, 何香新, 等. 特殊人群 HIV 监测结果分析[J]. 广西预防医学, 2005, 11(69): 42-43.
- [9] 王临虹, 王爱玲, 方利文, 等. 艾滋病母婴传播的流行状况与预防[J]. 中国妇幼保健, 2005, 20(3): 350-352.
- [10] 朱秋映, 刘伟, 陈杰, 等. 1989~2006 年广西艾滋病流行情况分析[J]. 应用预防医学, 2008, 14(2): 70-73.
- [11] 乐杰. 妇产科学[M]. 6 版, 北京: 人民卫生出版社, 2005.
- [12] 陈月琼, 梁道江, 林根妹, 等. 3886 名孕产妇筛查检测 HIV 结果分析[J]. 中国妇幼保健, 2007, 22(17): 2333-2334.

(收稿日期: 2010-10-25)

with the mortalities of the other diseases significantly. The exposure – reaction model indicated that when $PM_{2.5}$ concentration in air increased by $100\mu g/m^3$, the total mortality and the mortalities of respiratory disease, cardiovascular disease, coronary disease, stroke and COPD increased by 4.08%, 8.32%, 6.18%, 8.32%, 5.13% and 7.25% respectively. **Conclusion** The rise of $PM_{2.5}$ concentration in air could result in the increase of mortalities of some diseases.

Key words air pollution; $PM_{2.5}$; daily mortality; Poisson regression; exposure – reaction relationship

大气污染是影响人类健康的主要环境危害因素之一。在公认的大气污染物中,颗粒物(包括可吸入颗粒物 PM_{10} , 细颗粒物 $PM_{2.5}$)与人群健康效应终点的流行病学联系最为密切。细颗粒物是一种重要的空气污染物,它的形态和组成相当复杂,不仅含有大量的有机物,而且含有许多重金属。这些组分大多数是有毒的,其中一些可以引起肺部炎症和哮喘,另一些具有遗传毒性的物质可能是潜在的致癌物。细颗粒物可经过呼吸进入肺部,并且沉积在肺组织,因此它严重危害人类健康。长期以来,国外大量的流行病学研究发现^[1~5],即使是在低于各国的大气质量标准的浓度下,大气 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 浓度上升与易感人群总死亡数、心血管、呼吸系统疾病的超死亡数亦存在密切关联。

1 材料与方法

1.1 大气 $PM_{2.5}$ 与疾病死亡资料 收集西安市 2004 – 01 – 01/2008 – 12 – 31 每日居民死亡数(包括总死亡和分疾病别死亡数)以及大气 $PM_{2.5}$ 浓度。

死亡资料来自于西安市疾病预防控制中心,并按国际疾病分类(ICD – 10)分别为总死亡(剔除意外伤害)、心血管疾病死亡、慢性阻塞型肺部疾病(COPD)、下呼吸道感染、冠心病以及中风 6 个变量。

大气 $PM_{2.5}$ 每日浓度资料来自中国科学院地球环境研究所。使用微流量气溶胶采样仪,配 $PM_{2.5}$ 采样头,采集大气中的 $PM_{2.5}$, 采样时间为 24h, 流量为 5LPM, 每天一个样品。 $PM_{2.5}$ 使用微纤维石英滤纸($\varphi 47$ mm, Whatman 公司, 英国)采集。空白滤纸和采样后滤纸在称样前都在恒温恒湿箱中平衡 24 h 至恒重,然后在灵敏度为 $1\mu g$ 的电子天平(Sartorius MC5 electronic balance)称重,称重误差分别小于 $15\mu g$ 和 $20\mu g$ 。结合西安当地大气压和气温,根据克拉伯龙方程计算标况下大气中 $PM_{2.5}$ 的浓度($\mu g/m^3$)。采样地点位于西安市内高新区,中国科学院地球环境研究所综合大楼二楼楼顶。 $PM_{2.5}$ 采样头距地面约 10 m, 四周没有明显的气溶胶排放源,能够较好的

代表城市大气状况。

1.2 方法

1.2.1 数据预处理 为了保持数据的连续性和充分利用所有的数据,在本研究中,使用 SPSS 程序中 Replacing Missing Values 菜单的 Mean of the nearby points(就近跨距均值),以缺失值前后两天的 $PM_{2.5}$ 日浓度的均值来插补缺失值。

1.2.2 Poisson 回归分析 医学研究中常研究人群中某事件的发生率,其观察单位是人 – 时数,设 j 为时间分组($j = 1, 2, \dots, J$), L_j 为该时区的长度, n_j 为该时区的总暴露人数, d_j 为该时区的死亡人数, $n_j L_j$ 为该时区的总暴露人时数, $\lambda_j = d_j/n_j L_j$ 表示该时区内的死亡密度或称事件发生的风险函数。 $X_1, X_2, \dots, X_p$ 为危险因素(暴露、混杂因素)。当事件的发生率很低时,各时区的事件发生数服从均数和方差相等的 Poisson 分布^[6], 有:

$$P(d) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^d}{d!}, d = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Poisson 回归模型的一般形式为:

$$\ln(\lambda_j) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (2)$$

其中 $\lambda_j = d_j/n_j$, 即 Poisson 回归是建立强度参数与影响因素、协变量之间的关系。根据每个变量的系数可以估计发病率之比 IRR, 及 e^{β} ^[7]。

在数据预处理的基础上,对每一种疾病死亡率拟合广义线性模型,以判断 $PM_{2.5}$ 与疾病死亡率是否有统计学意义相关关系及相关程度和相关方向。由于每日死亡数据是一种计数数据,而且相对于人群整体来说是一种小概率事件,因此,对每日死亡数据拟合 Poisson 分布是合适的。本研究使用 SAS9.2 软件对疾病的每日死亡人数数据 $E(Y)$ 建立模型和对模型的自变量进行参数估计。泊松回归的表达式如下:

$$\ln E(Y) = \beta X$$

式中: $E(Y)$ 为日死亡人数预测值, X 为 $PM_{2.5}$ 日平均浓度行向量, β 表示模型自变量的系数行向量。由日死亡人数 $E(Y)$ 及西安市每年人口数即可求得人群的

日死亡率。将污染物变量与相应疾病死亡率进行泊松回归, 根据 P 值, 可判断 PM_{2.5} 日浓度与疾病死亡率的泊松回归结果是否具有统计学意义。

2 结果

2.1 西安市大气颗粒物污染状况 由于中国还没有制定 PM_{2.5} 的国家环境空气质量标准, 因此按照美国 EPA National Ambient Air Quality Standards (2006 修订版) 的 PM_{2.5} 日均值浓度 35 μg/m³ 的标准, 只有极少数天数未超标(表 1)。

表 1 2004 - 2008 年西安市大气 PM _{2.5} 的平均浓度					
年份	监测天数	中位数 /μg · m ⁻³	范围 /μg · m ⁻³	超标天数	超标率/%
2004	339	184.94	28.4 ~ 651.26	336	99.12
2005	344	194.93	32.57 ~ 783.58	340	98.84
2006	350	206.78	31.44 ~ 768.62	348	99.43
2007	347	193.74	29.94 ~ 609.08	346	99.71
2008	336	179.08	7.56 ~ 418.44	324	96.43

使用单因素非参数过程的多独立样本 Kruskal - Wallis H 检验方法来分析五年来大气污染物浓度之间的差异是否存在统计学意义。分析结果是从 2004 到 2008 年五组数据的平均秩次分别为: 797.20, 873.26, 956.94, 925.97, 733.02, 说明各年 PM_{2.5} 浓度值的差异均具有统计学意义(*P* < 0.01)。2004 - 2008 年 PM_{2.5} 浓度水平由高到低依次为: 2006 > 2007 > 2005 > 2004 > 2008。

2.2 西安市居民每日死亡率的基本情况

2.2.1 西安市每日死亡人数的频率分布 在 2004 - 01 - 01/2008 - 12 - 31, 西安市市区共有 47838 例死亡, 平均每天有 26.18 例, 其中 12.07 例死于心血管系统疾病, 7.24 例死于呼吸系统疾病(表 2)。

2.2.2 西安市居民年死亡情况 由表 3 的统计结果可以看出: 从 2004 - 2008 年, 西安市因呼吸系统疾病死亡的共 13 232 人, 死亡率为 34.38/10 万, 其中因慢性阻塞性肺病死亡 1 633 人, 占呼吸系统疾病死亡的 12.34%, 因下呼吸道感染死亡 1 467 人, 占呼吸系统疾病死亡的 11.09%。因心血管病死亡 22 051 人, 死亡率为 57.16/10 万, 其中因冠心病死亡 13 232 人, 占心血管疾病死亡的 60.01%; 因中风死亡 8 198 人, 占心血管疾病死亡的 37.18%。

表 2 2004 - 01 - 01/2008 - 12 - 31 西安市城区						
每日死亡数频率分布						
项目	频率分布 /%					均数
	10	25	50	75	90	
死亡例数						
总死亡	15	20	25	31	39	26.18
心血管疾病	6	8	11	15	20	12.07
呼吸系统疾病	3	4	7	9	12	7.24
下呼吸道感染	0	0	0	1	2	0.80
COPD	0	0	1	1	2	0.89
中风	2	3	4	6	8	4.49
冠心病	3	4	7	9	12	7.24

表 3 2004 - 2008 年西安市居民年死亡情况													
年份	人口数	呼吸系统		COPD		心血管病		冠心病		下呼吸道感染		中风	
		死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹	死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹	死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹	死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹	死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹	死亡数	死亡率/10 万 ⁻¹
2004	7 250 078	2 355	32.48	290	4.00	3 735	51.52	2 355	32.48	144	1.99	1 318	18.18
2005	7 417 263	2 229	30.05	318	4.29	3 704	49.94	2 229	30.05	149	2.01	1 458	19.66
2006	7 531 126	1 940	25.76	217	2.88	3 401	45.16	1 940	25.76	259	3.44	1 445	19.19
2007	7 642 527	3 055	39.97	394	5.16	4 645	60.78	3 055	39.97	362	4.74	1 555	20.35
2008	8 375 300	3 653	43.62	414	4.94	6 566	78.40	3 653	43.62	553	6.60	2 422	28.92

使用非参数卡方(Chi-Square Test)检验方法分析 2004-2008 年不同年度疾病死亡率之间的差异是否有统计学意义。分析结果表明: 呼吸系统疾病(Asymp. Sig. = 0.173), COPD(Asymp. Sig. = 0.955), 冠心病(Asymp. Sig. = 0.173), 下呼吸道感染(Asymp. Sig. = 0.293), 中风(Asymp. Sig. = 0.446)死亡率 5 年的变化没有统计学意义。心血管疾病(Asymp. Sig. = 0.019 < 0.05)死亡率变化具有统计学意义, 2004-2008 年, 心血管疾病死亡率由高到低依次为: 2008 > 2007 > 2004 > 2005 > 2006(以心血管疾病为例):

Group			
	Observed N	Expected N	Residual
1	52	57.2	-5.2
2	50	57.2	-7.2
3	45	57.2	-12.2
4	61	57.2	3.8
5	78	57.2	20.8
Total	286		

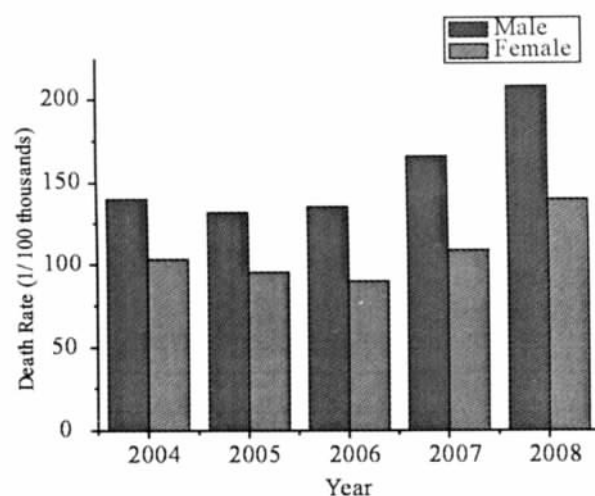
Test Statistics

	Group
Chi-Square	11.797 ^a
df	4
Asymp. Sig.	.019

利用历年的人口资料直接计算 2004-2008 年按男女性别分类人群的死亡率(图 1)。2004-2008 年人口总数^[8]分别为 7 250 078、7 417 263、7 531 126、7 642 527 和 8 375 300。男女性别比为 107(以女性为 100, 男性对女性的比例)。因为人群的死亡绝对数小, 相对于人口数属罕见事件, 但各死亡病例相互独立, 故可建立 Poisson 回归模型估计其每年的平均死亡人数, 并分析性别的影响。本研究中时区为年, 事件发生率即男性和女性的死亡率。变量编码见表 4。采用 Stata10.0 统计软件录入和分析, 检验水准取 0.05。

表 4 Poisson 回归模型变量编码

因素	变量名	变量编码
性别	Sex	0 = 男性, 1 = 女性
年度	Year	连续变量 2004-2008

图 1 2004-2008 年西安人群
(男性、女性)的死亡率/10 万⁻¹

对表 4 所列的变量分别用 Poisson 回归模型作单因素分析^[9], 结果见表 5。年度死亡率差异无统计学意义, 死亡率不具有随时间发展的趋势。但不同性别的死亡率差异是有统计学意义的, 女性和男性的死亡率之比(IRR)是 0.6875, 即男性多于女性。

表 5 Poisson 回归模型的单因素分析结果

变量	回归系数	标准误 SE	Z 值	P 值	IRR	IRR90% CI
Year	0.0973	0.05203	1.87	0.094	1.1021	-0.204 -0.2150
Sex	-0.3746	0.07895	-3.26	0.010	0.6875	0.5303 -0.8915

2.3 大气 PM_{2.5}与疾病死亡率之间的关系 滞后日是时间序列分析中常用的概念, 其意义是为研究前几日的大气污染对后面的健康问题的影响。本研究将当日 PM_{2.5}浓度, 1 d 前 PM_{2.5}浓度, 2 d 前 PM_{2.5}浓度, 直到 30 d 前 PM_{2.5}浓度分别于上述疾病死亡率进行泊松回归分析。

根据 P 值排除不显著的变量($P > 0.05$ 或参数估计值的 95% 可信区间分别在 0 的两侧) 后, 取回归系数最大的污染物滞后日浓度带入模型。根据 $PM_{2.5}$ 浓度对疾病死亡率影响的程度及模型的拟合情况发现: 20 天前的 $PM_{2.5}$ 浓度与呼吸系统疾病死亡率关系最大。

2.3.1 大气 $PM_{2.5}$ 与疾病死亡率关系的单因素泊松回归分析 在时间序列数据进行插补缺失值的预处理基础上, 将滞后 20 d 的 $PM_{2.5}$ 浓度分别与相应的疾病死亡人数进行单因素泊松回归分析。结果表明: 大气中 $PM_{2.5}$ 与总死亡, 心血管疾病, 呼吸系统, COPD, 中风, 冠心病死亡率间均存在正相关关系。(P 值 < 0.01 , 说明模型拟合的很好)

回归公式表达如下:

$$\ln(\text{Total}) = 3.1942 + 0.0004PM_{2.5} \quad (P < 0.0001)$$
$$\ln(\text{CVD}) = 2.3884 + 0.0006PM_{2.5} \quad (P < 0.0001)$$
$$\ln(\text{RD}) = 1.8420 + 0.0008PM_{2.5} \quad (P < 0.0001)$$
$$\ln(\text{LRTI}) = -0.2691 + 0.0003PM_{2.5} \quad (P = 0.2651 > 0.05)$$
$$\ln(\text{COPD}) = -0.2400 + 0.0007PM_{2.5} \quad (P = 0.0018)$$
$$\ln(\text{STROKE}) = 1.4120 + 0.0005PM_{2.5} \quad (P < 0.0001)$$
$$\ln(\text{CHD}) = 1.8420 + 0.0008PM_{2.5} \quad (P < 0.0001)$$

表 6 $PM_{2.5}$ 每升高 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 各种疾病死亡率增加的百分比(单因素分析)

污染物	总死亡	呼吸系 统疾病	心血管 疾病	冠心病	中风	COPD	下呼吸 道感染
$PM_{2.5}$	4.08	8.32	6.18	8.32	5.13	7.25	-

3 讨论

3.1 在利用 Poisson 回归模型对性别进行的单因素分析 结果表明: 女性和男性的死亡率之比(IRR) 是 0.6875, 即男性多于女性。这可能由于在相同大气粉尘污染情况下, 男性中吸烟人群多于女性吸烟人群造成的。

3.2 PM 暴露与死亡率的相关性 在时间序列分析

中, 对于随时间变化的随机数据序列, 具体的分析方法有多种, 但近年来多采用泊松回归。本研究在时间序列分析中进行插补缺失值的基础上, 初步建立了大气 $PM_{2.5}$ 污染与人群死亡率关系的暴露 - 反应关系模型。Pope 和 Dockery(1999) ^[10] 指出呼吸系统疾病死亡率与 PM 的实质性关联更大些, 而心血管疾病的致死率比全病因死亡率与 PM 的关联性更大。 PM_{10} 暴露的增加也与呼吸系统疾病引起的增加住院率和增加的保健就医次数有关联, 与心血管疾病也有中等程度的相关。并观测到下呼吸道症状, 哮喘和咳嗽的加剧, 以及与上呼吸道症状和肺功能衰减与 PM 暴露也存在程度更轻的相关。本研究也有类似结果。

3.3 与其他研究中 PM 浓度升高的死亡相对危险度对比 对 $PM_{2.5}$ 的观测结果基本与 PM_{10} 的观测结果一样, 只是通常每 μg $PM_{2.5}$ 浓度的升高引起的“% 变化量”更大, 说明 $PM_{2.5}$ 粒子对健康的危害更大^[11]。本研究发现 $PM_{2.5}$ 浓度每增加 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 各疾病死亡率上升百分点高于常桂秋等^[12] 的(2003) 报道: PM_{10} 每增加 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 呼吸系统疾病, 心血管疾病, 冠心病, COPD 死亡率分别上升 4.08%, 4.98%, 3.77% 和 4.95%。

3.4 本研究结果和其他研究结果不同之处的原因探讨 本研究中, 当大气 $PM_{2.5}$ 浓度增加 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时, 总死亡率上升 4.08%, 戴海夏等(2004) ^[13] 对上海市 A 城区大气 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 污染与居民日死亡数的相关分析研究发现 $PM_{2.5}$ 每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时, 总死亡上升 0.85% (0.32% ~ 1.39%); 这两项研究都比美国六城市、墨西哥研究^[14,15] 结果得到的死亡相对危险度稍低。分析原因, 这可能与不同的大气污染水平、人群对大气污染的易感性、人口年龄分布、不同的颗粒物成分有较大的关系。地壳 $PM_{2.5}$ 的增加并没有导致死亡率上升, 而机动车排放 $PM_{2.5}$ 的增加导致的死亡率上升高于燃煤排放的 $PM_{2.5}$ ^[16]。在美国和西欧, 细颗粒物多来自机动车尾气的排放, 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^[17]。

3.5 对未来研究的展望 本研究中的影响因素比较少, 如果能对大气 $PM_{2.5}$ 的化学组分, 和其它气相污染物如 SO_2 , NO_x 等以及当地的温、湿度、风向风速、气压等气象因素加以考虑进行多因素泊松回归分析, 则结果将更加丰满, 更具指导价值。

4 参考文献

- [1] Wallace L. Correlations of personal exposure to particles with outdoor air measurements: A review of recent studies [J]. *Aerosol Science and Technology*, 2000, 32: 15-72
- [2] Avol EL, Gauderman WJ, Tan SM, *et al.* Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels [J]. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2001, 164: 2067-2072.
- [3] Camilla Andersson, Robert Bergström, Christer Johansson. Population exposure and mortality due to regional background PM in Europe - Long-term simulations of source region and shipping contributions *Atmospheric Environment*, 2009; 43(22-23): 3614-3620.
- [4] M Fuentes H, Song SK, Ghosh DM, *et al.* Davis, Spatial association between speciated fine particles and mortality [J]. *Biometrics*, 2006, 62: 855-863.
- [5] Jungsoo Choi, Montserrat Fuentes. Spatial temporal association between fine particulate matter and daily mortality [J]. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2009, 53. 2989-3000.
- [6] 陈峰. 广义线性模型. //陈峰主编. 医用多元统计分析方法 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2001: 114-132.
- [7] 陈峰. Poisson 回归. //陈峰主编. 现代医学统计方法与 Stata 应用 [M]. 2 版. 北京: 中国统计出版社, 2003: 229-232
- [8] 西安市统计局. 2004-2008 年西安市国民经济和社会发展统计公报. 西安市统计信息网
- [9] 顾海燕. 上海市徐汇区 1995-2004 年 20 岁以下人群白血病死亡率 Poisson 回归分析 [J]. *上海预防医学杂志* 2006, 18(3): 106-108.
- [10] Pope III CA, Dockery DW. Epidemiology of particle effects. *Air Pollution and Health* [M]. London and San Diego: Academic Press, 1999: 673-705.
- [11] Peter H, McMurtry. Particulate Matter Science for Policy makers [Z]. 2004: 85.
- [12] 常桂秋. 北京市大气污染与城区居民死亡率关系的时间序列分析 [J]. *卫生研究* 2003, 32(6): 565-568.
- [13] 戴海夏. 上海市 A 城区大气 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 污染与居民日死亡数的相关分析 [J]. *卫生研究*, 2004, 33(3) 293-297
- [14] Schwartz J, Laden F, Zanobetti A. The concentration-response relation between $PM_{2.5}$ and daily deaths [J]. *Environ Health Perspect*, 2002, 110(10): 1025-1029
- [15] Borja Aburto VH, Castillejos M, Gold DR, *et al.* Mortality and ambient fine particles in southwest Mexico City, 1993-1995 [J]. *Environ Health Perspect*, 1998, 106(12): 849-855.
- [16] Laden F, Neas LM, Dockery DW, *et al.* Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U. S. cities [J]. *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108: 841-947.
- [17] 阚海东, 陈秉衡. 我国大气颗粒物暴露与人群健康效应的关系 [J]. *环境与健康杂志*, 2002, 19(6): 422-424.

(收稿日期: 2010-11-18)

更正

2011 年第 27 卷第 2 期第 124 页《健康教育与健康促进管理机制改革的试点探索》作者李珊的单位应为: 自贡市疾病预防控制中心。特此更正。

《预防医学情报杂志》编辑部

2011 年 3 月 25 日