· 专题报道 ·

大气 PM_{10} 浓度与健康暴露 – 反应关系门槛效应模型分析

刘国峰, 邓芙蓉, 简伟研

摘　要: 目的　探讨大气可吸入颗粒物(PM_{10})污染浓度与健康的暴露 – 反应关系是否存在拐点及拐点的个数, 为相关政策的制定提供参考。**方法**　收集 2011 年和 2013 年中国统计年鉴以及各城市环境公报中的 PM_{10} 数据, 利用雷达图作出 2011 和 2013 年各省份 PM_{10} 平均浓度分布图; 利用 2011 和 2013 年中国健康与养老追踪调查数据, 通过门槛效应模型研究各城市 PM_{10} 污染与自评健康、过去 1 个月是否患病、过去 1 年是否有住院需要等 3 个指标的暴露 – 反应曲线。**结果**　雷达图显示, 2011 和 2013 年全国 27 个省市的 PM_{10} 浓度分布情况相似, 中部和北部地区的污染物浓度高于东南沿海地区。门槛效应模型回归分析结果显示, 自评健康、过去 1 个月是否患病、过去 1 年是否有住院需要 3 个健康指标的暴露 – 反应曲线均存在 2 个拐点(门槛效应的门槛值); 当 PM_{10} 浓度分别为 < 96、96 ~ 199、> 199 μg/m³ 时, PM_{10} 浓度每升高 1 μg/m³, 被调查者自评健康较好的概率分别下降 0.092% ($P < 0.01$)、0.041% ($P > 0.05$)、0.010% ($P > 0.05$); 当 PM_{10} 浓度分别为 < 52、52 ~ 60、> 60 μg/m³ 时, PM_{10} 浓度每升高 1 μg/m³, 被调查者报告过去 1 个月患病的概率分别升高 0.131% ($P < 0.05$)、下降 0.070% ($P > 0.05$)、升高 0.023% ($P < 0.05$); 当 PM_{10} 浓度分别为 < 45、45 ~ 56、> 56 μg/m³ 时, PM_{10} 浓度每升高 1 μg/m³, 过去 1 年有住院需要的概率分别升高 0.061% ($P > 0.05$)、下降 0.110% ($P < 0.05$)、升高 0.019% ($P > 0.05$)。**结论**　PM_{10} 浓度与健康的暴露 – 反应关系曲线存在拐点, 政府在制定卫生政策时应充分考虑到不同污染物浓度对居民健康影响的差异性, 以减少不必要的卫生费用支出和卫生资源投入。

关键词: 大气可吸入颗粒物(PM_{10}); 健康; 暴露 – 反应关系; 门槛效应模型

中图分类号: R 197　**文献标志码**: A　**文章编号**: 1001-0580(2017)01-0004-05　DOI: 10.11847/zgggws2017-33-01-02

Exposure-response relationship between ambient air PM_{10} pollution and health: a threshold effect model

LIU Guo-feng, DENG Fu-rong, JIAN Wei-yan (*School of Public Health, Peking University Health Science Center, Beijing* 100191, China)

Abstract: Objective　To explore whether there are inflection points and the number of the points for the exposure-response relationship between ambient air particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter (PM_{10}) and health and to provide references for relevant policy-making. **Methods**　PM_{10} data for cities in the year of 2012 and 2014 were obtained from China Statistical Yearbook and Environmental Bulletins of cities and radar chart was adopted to describe the distribution of PM_{10} level across provinces in China in 2011 and 2013. Based on the dataset of China Health and Retirement Longitudinal Study (2011 and 2013), we used threshold effect model to explore the exposure-response relationships between PM_{10} levels across cities and 3 indicators including self-rated health, illness experience during past one month, and history of required hospitalization during past one year. **Results**　Radar chart analysis indicated that the distribution of PM_{10} across 27 provinces were similar between the two years and the pollution level in central China and north China was higher than that in southeast coastal regions. The threshold effect model analyses revealed two inflection points (threshold values) in the exposure-response curves between PM_{10} level and the 3 indicators; every 1 μg/m³ increase in PM_{10} was associated with the decreases of 0.092% ($P < 0.01$), 0.041% ($P > 0.05$), and 0.01% ($P > 0.05$) in the possibility of reporting good self-rated health when the PM_{10} level being < 96, between 96 and 199, and > 199 μg/m³; every 1 μg/m³ increase in PM_{10} was related to the 0.131% increase ($P < 0.05$), 0.070% decrease ($P > 0.05$), and 0.023% increase ($P < 0.05$) in the possibility of having illness during past one month when the PM_{10} level being < 52, between 52 and 60, and > 60 μg/m³; and every 1 μg/m³ increase in PM_{10} was associated with the 0.061% increase ($P > 0.05$), 0.110% decrease ($P < 0.05$), and 0.019% increase ($P > 0.05$) in the probability of required hospitalization during past one year when the PM_{10} level being < 45, between 45 and 56, and > 56 μg/m³, respectively. **Conclusion**　There are inflection points in the exposure-response curves between PM_{10} level and health outcomes and different impacts of various PM_{10} pollution levels on health should be concerned when making relevant policies by governmental agencies to conduct reasonable health resources allocation.

Key words: particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter; health; exposure-response relationship; threshold effect model

作者单位: 北京大学医学部公共卫生学院, 北京 100191
作者简介: 刘国峰(1991 –), 男, 河南驻马店人, 硕士在读, 研究方向: 卫生政策、慢性病、医疗质量等。
通讯作者: 简伟研, E-mail: jianweiyan@bjmu.edu.cn
数字出版日期: 2016 – 10 – 10 10:37
数字出版网址: http://www.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20161010.1037.014.html

在中国城镇化快速发展的进程中,空气污染对健康的影响广受关注[1]。其中,大气可吸入颗粒物(particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter, PM_{10})对于居民健康有明确的负向近期效应和远期效应[2-6]。关于 PM_{10} 与健康的暴露-反应关系曲线的研究[5,7-8],多数均以线性关系或阈值作为结论。然而,不同浓度水平的 PM_{10} 对人群健康的影响不同,会进一步影响卫生费用的支出和医疗资源的利用。量化二者的关系,制定符合实际的卫生政策,能够减少不必要的卫生费用的支出和医疗资源的投入。为此,本研究尝试利用 2011 年和 2013 年中国健康与养老追踪调查的追踪样本数据对 PM_{10} 浓度与中老年人群健康暴露-反应关系进行分析,在检验 PM_{10} 对健康定量影响的基础上,探讨二者关系是否存在拐点,从而丰富该方面的理论,为相关政策的制定提供参考。结果报告如下。

1　资料与方法

1.1　资料来源　全国各地区 PM_{10} 数据来源于 2011 年和 2013 年中国统计年鉴[9-10],对于统计年鉴上缺少的 PM_{10} 数据,则通过对应城市的环境公报进行查询。健康相关数据来源于北京大学中国社会科学调查中心 2011 年和 2013 年中国健康与养老追踪调查数据[11],覆盖全国 27 个省市 150 个县级单位和 450 个村级单位。各地区生产总值(gross domestic product, GDP)数据来源于 2010 和 2012 年中国卫生统计年鉴[12-13]。

1.2　统计分析　考虑到不同浓度 PM_{10} 污染对健康的边际影响可能不同,本研究采用门槛效应模型研究二者的暴露-反应关系。研究边际影响的变化及拐点常用的方法有 2 种:(1)在回归方程中加入高次项,探索高次项差异是否有统计学意义。此种方法的主要问题是高次项与一次项往往存在较大的共线性;(2)采用分段回归。此种方法存在的主要问题是未考虑到数据的真实分布,可能存在人为主观判断的差异。门槛效应模型通过 R2 确定拟合度的变化和拐点值,并利用数据抽取模拟的方法进行拐点值的检验,避免了共线性问题和主观判断。同时,该模型利用面板数据中的固定效应模型,可以消除那些同一地区随时间变化很小而又可能对健康造成影响的因素(如温度、湿度等);曲线的变化更符合实际的暴露-反应规律。假设有 k-1 个拐点(门槛值),门槛效应模型[14]如下:

$$\begin{cases} y_{ijt} = \mu_i + \beta_1 PM_{10jt} + X_{jt}\theta + \epsilon_{i1}, PM_{10} \leqslant \gamma_1 \\ y_{ijt} = \mu_i + \beta_1 PM_{10jt} + X_{jt}\theta + \epsilon_{i1}, PM_{10} \leqslant \gamma_1 \\ \cdots \\ y_{ijt} = \mu_i + \beta_k PM_{10jt} + X_{jt}\theta + \epsilon_{ik}, PM_{10} \leqslant \gamma_{k-1} \end{cases}$$

显然,通过合并,也可以写成等价的单一方程形式:$y_{ijt} = \mu_i + \beta_1 PM_{10jt} I(PM_{10} \leqslant \gamma 1) + \beta_2 PM_{10jt} I(\gamma_1 < PM_{10} \leqslant \gamma_2) + \cdots + X_{jt}\theta + \epsilon_i$

其中,y_{ijt} 表示包括个体的自评健康、过去 1 个月是否患病、过去 1 年是否有住院需要 3 个指标的因变量(均取 0 和 1 两个值);μ_i 表示个体层面不随时间变化的特征,PM_{10} 是 PM_{10} 的浓度大小,也为门槛效应模型中的"门槛变量";γ 为拐点;X_{jt} 为年龄、性别、患有慢病的种类等控制变量,包括个体和地区层面变化的特征;ε_i 为残差项;$I(\cdot)$ 为指示函数,以 $I(PM_{10} \leqslant \gamma_1)$ 为例,当 PM_{10} 浓度小于等于 γ_1 时,$I(PM_{10} \leqslant \gamma_1)$ 为 1,否则为 0。该模型的基本思路是先估计出门槛值,利用模拟反复抽取的方法构造 F 统计量进行显著性检验,通过构造 LR 统计量计算出门槛的个数和门槛值的非拒绝域,以确定模型的最终形式,依次检验单一门槛模型、双重门槛模型、三重门槛模型哪种更为合适。如果有 $k-1$ 个拐点(门槛值),那么该 $k-1$ 个拐点将数据分为 k 部分,PM_{10} 与健康的关系在这 k 部分内均有相对应的回归系数,通过 t 检验确定回归系数的显著性。整个分析过程在 Stata/SE 12.0 软件中进行。

2　结　果

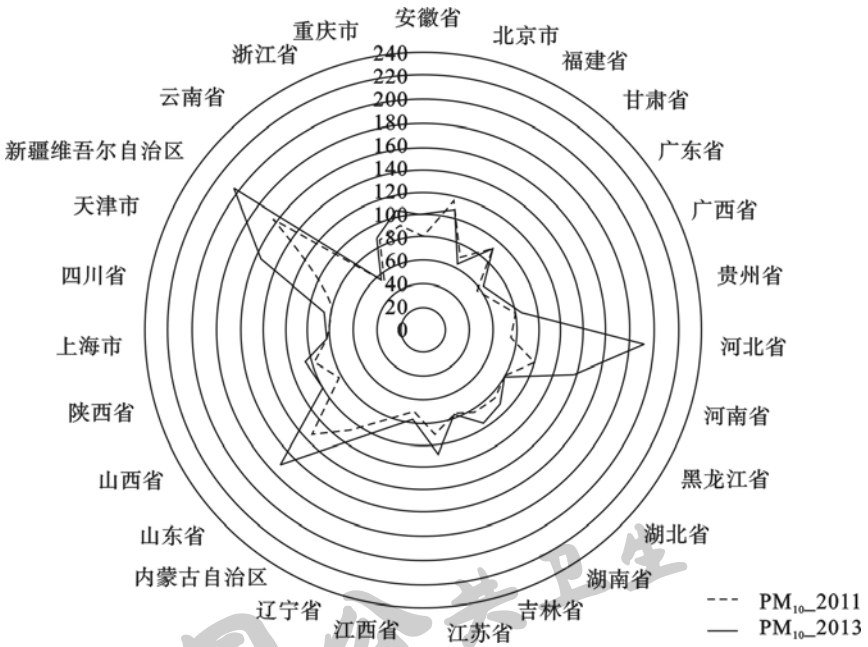
2.1　PM_{10} 地区分布情况(图 1)　雷达图显示,2011 年和 2013 年全国 27 个省市的 PM_{10} 浓度分布情况相似,中部和北部地区的污染物浓度高于东南沿海地区,各地区 PM_{10} 平均浓度多数为 80 ~ 140 μg/m^3。浓度较高的地区为新疆维吾尔族自治区、山东省、河北省;大部分地区(北京市和福建省除外)2011 年的 PM_{10} 浓度均小于 2013 年;2011 年和 2013 年浓度差异较大的地区为河北省、河南省和新疆维吾尔族自治区;东北三省的 PM_{10} 浓度与北部地区比较相对较低。

2.2　门槛效应模型分析

2.2.1　PM_{10} 与自评健康的关系(图 2)　PM_{10} 与自评健康的暴露-反应曲线和门槛值及其 95% confidence interval (95% CI) 如图 2 所示。存在 2 个门槛值(拐点),门槛值分别为 96 和 199 μg/m^3,且门槛值的 95% CI 为[96,96]和[199,199],可看出 95% CI 较窄,说明估计值比较准确。当 PM_{10} 浓度分别为 <96、96 ~ 199、>199 μg/m^3 时,PM_{10} 浓度每升高 1 μg/m^3,被调查者自评健康较好的概率分别下降 0.092% ($P < 0.01$)、0.041% ($P > 0.05$)、0.010% ($P > 0.05$)。

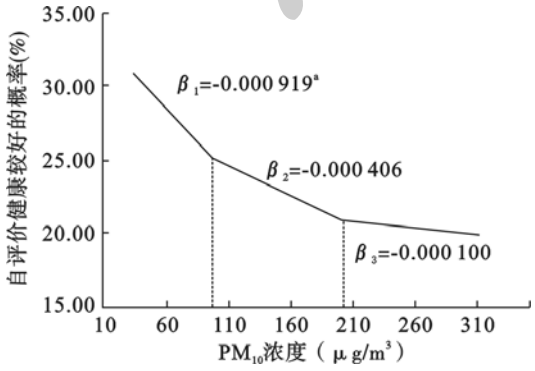
2.2.2　PM_{10} 与过去 1 个月是否患病的关系(图 3)　PM_{10} 与过去1个月是否患病的暴露-反

中国公共卫生 CPH



注：此处只显示中国健康与养老追踪调查抽样的省份地区，省级浓度的取值按照调查抽到的市级地区浓度的平均值处理。

图 1　中国 2011 年和 2013 年不同地区 PM_{10} 平均浓度的雷达图

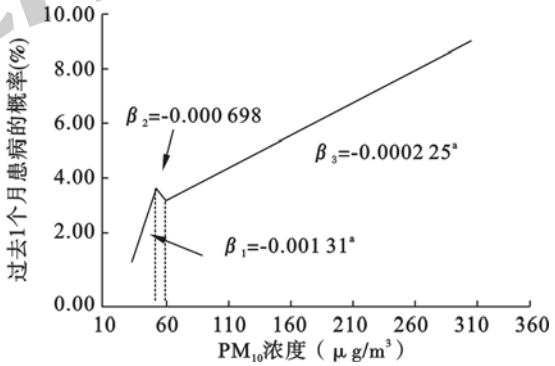


注：虚线对应的 2 个门槛值及其 95% *CI* 分别为 96[96,96] 和 199[199,199]；a $P<0.01$。

图 2　PM_{10} 浓度与自评健康的暴露－反应曲线

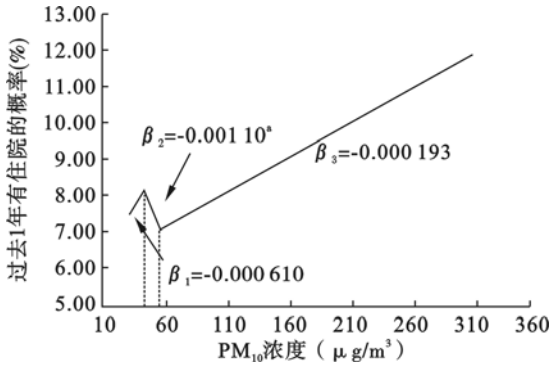
应曲线和门槛值及其 95% *CI* 如图 3 所示。存在 2 个门槛值（拐点），门槛值较接近，分别为 52 和 60 μg/m³，但后一个门槛值的 95% *CI* 较大，整个曲线出现了反方向的拐点。当 PM_{10} 浓度分别为 <52、52～60、>60 μg/m³ 时，PM_{10} 浓度每升高 1 μg/m³，被调查者报告过去 1 个月患病的概率分别升高 0.131%（$P<0.05$）、下降 0.070%（$P>0.05$）、升高 0.023%（$P<0.05$）。

2.2.3　PM_{10} 与过去 1 年是否有住院需要的关系（图 4）　PM_{10} 与过去 1 年是否有住院需要的暴露－反应曲线和门槛值及其 95% *CI* 如图 4 所示。存在 2 个门槛值（拐点），门槛值较为接近，分别为 45 和 56 μg/m³，但后一个门槛值的 95% *CI* 较大，曲线出现了反方向的拐点。当 PM_{10} 浓度分别为 <45、45～56、>56 μg/m³ 时，PM_{10} 浓度每升高1 μg/m³，过去 1 年有住院需要的概率分别升高 0.061%（$P>0.05$）、下降 0.110%（$P<0.05$）、升高 0.019%（$P>0.05$）。



注：虚线对应的 2 个门槛值及其 95% *CI* 分别为 52[52,52] 和 60[56,198]；a $P<0.05$。

图 3　PM_{10} 浓度与过去 1 个月患病概率的暴露－反应曲线



注：虚线对应的 2 个门槛值及其 95% *CI* 分别为 45[45,46] 和 56[52,148]；a $P<0.05$。

图 4　PM_{10} 浓度与过去 1 年住院需要概率的暴露－反应曲线

中国公共卫生 CPH

2.2.4　门槛效应回归分析(表 1)　门槛效应回归分析结果显示,自评健康随着年龄的增加而降低,过去 1 年有住院需要随着年龄的增加而增加;男性的自评健康高于女性,且过去 1 个月患病的概率低于女性;文化程度较高的人群自评健康也较高;与未患慢性病的人群比较,患有慢性病的人群自评健康较差,且过去 1 个月患病和过去 1 年住院需要概率均较高;对于患有慢病的人群而言,患有慢病的种类越多,自评健康水平下降趋势越明显,健康需要的上升趋势也相对显著。

表 1　门槛效应模型回归分析

变量		参照组	自评健康			过去 1 个月是否患病			过去 1 年是否有住院需要		
			β 值	t 值	P 值	β 值	t 值	P 值	β 值	t 值	P 值
年龄			−0.001 5	−2.83	0.005	−0.000 5	−1.33	0.183	0.002 9	6.47	<0.001
性别	男性	女性	0.045 6	5.91	<0.001	−0.011 4	−1.94	0.052	0.006 2	0.93	0.355
文化程度	中学和大专	小学及以下	−0.016 6	−1.55	0.120	−0.006 4	−0.77	0.441	−0.000 5	−0.05	0.960
	本科及以上		0.035 9	2.15	0.032	−0.012 3	−0.96	0.335	−0.000 3	−0.02	0.982
婚姻状况	在婚	非在婚	−0.002 6	−0.21	0.836	−0.009 6	−1.00	0.319	0.011 4	1.05	0.294
患慢性病(种)	1	0	−0.139 0	−15.56	<0.001	0.009 6	1.41	0.159	0.026 0	3.33	0.001
	2		−0.220 0	−21.23	<0.001	0.046 9	5.94	<0.001	0.090 6	9.96	<0.001
	≥3		−0.264 0	−23.86	<0.001	0.055 2	6.52	<0.001	0.169 0	17.51	<0.001
GDP(对数形式)			−0.021 6	−1.62	0.106	0.051 6	4.16	<0.001	0.105 0	7.39	<0.001
常数项			0.659 0	−6.83	<0.001	−0.273 0	−3.11	<0.001	−0.880 0	−8.71	<0.001

3　讨　论

本研究结果显示,自评健康、过去 1 个月是否患病和过去 1 年是否有住院服务需要等 3 个因素与 PM_{10} 污染物浓度的暴露 − 反应曲线均存在拐点。大气 PM_{10} 处在较低浓度时,随着浓度的增加,污染物对于自评健康、过去 1 个月是否患病概率的影响趋势明显,对过去 1 年是否有住院服务需要的影响不明显。然而,当 PM_{10} 浓度增加到一定水平,暴露 − 反应曲线变得平缓。换言之,虽然 PM_{10} 对健康的负向作用仍然存在,但是其浓度变化对健康指标变化的影响程度变小了,或者认为边际效应降低了。值得一提的是,过去 1 个月是否患病概率、过去 1 年是否有住院服务需要的曲线在 PM_{10} 中等浓度的时候,此 2 个指标的曲线有一段下降的过程。

以往较多研究[2,6,15−17]已确定 PM_{10} 污染物对死亡的影响(如对心血管系统、呼吸系统等的影响),死亡是显著的终点,较为容易研究与比较[18],且多数集中在某一类疾病[15,17,19]。但是较少有研究从卫生服务的角度去探究 PM_{10} 对以非死亡结局为指标的人群层面健康的影响,包括其中拐点的探究,本研究为此方面的研究提供了重要参考。对于医疗卫生服务与 PM_{10} 污染水平关系拐点的探究,发现其中的规律,能够明确环境污染与健康的定量关系。而和健康相关的卫生服务与卫生费用和卫生资源的投入密切相关,因此在定量关系的基础上对拐点的研究在政策层面有着重要的参考意义:根据实际的人群健康水平和环境污染对健康的影响程度,一方面可以减少不必要的卫生费用支出,实现费用的“精细化”管理;另一方面也能够减少卫生资源不必要的投入。

本研究中,过去 1 个月是否患病和过去 1 年是否有住院服务需要等 3 个指标代表着居民的健康水平。PM_{10} 对健康的负向边际影响效果随着 PM_{10} 浓度的增加而出现减弱的趋势(自评健康的负向边际效应减弱,近期 1 个月是否患病和近 1 年是否有住院需要 2 个指标的正边际效应减小,也存在一段的反向趋势过程),可能的原因主要有:(1)不同地区大气污染物 PM_{10} 的成分不同[20]。污染物对健康的危害程度因地区而异,即使是同一类人群,对不同成分的 PM_{10} 的反应性也不相同。中国各地区的产业结构与能源消耗均存在差异[21−22],导致大气 PM_{10} 的成分可能存在差异。从结果推断,在 PM_{10} 浓度较高的地区,PM_{10} 健康危害的边际效应可能小于浓度较低的地区。(2)人群敏感性的差异。不同地区人群对 PM_{10} 的敏感性不同,污染物浓度较高的地区,可能高敏感人群已经发生急性反应,如高龄人群出现了死亡结局[7,15]。那些“存活下来”的人群对污染物的敏感性相对较低,因此 PM_{10} 浓度的增加对健康的边际影响较小。(3)不同地区社会结构的公平性不同。健康社会决定因素是疾病“原因之原因”,相对于病因学,收入、环境、职业、经济环境等背后的社会学因素能更深入地揭示地区的疾病发生和发展的原因,一个地区的社会分层和公平性往往影响着这个地区的健康水平[23−24],包括卫生服务可及性、居住环境和健康信息可获得性等方面,如,收入水平

中国公共卫生 CPH

较高的居民有更高的可能性享有更均衡的饮食、更干净的环境、更好的卫生服务[25]。然而这些因素的分布不均会引起自评健康和卫生服务的明显差异，进而影响到健康指标的差异。从中国高速而失衡的城镇化过程来看，污染物浓度的高低在一定程度上可以代表当地经济发展水平[1]。而一些经济发展水平较高的地区公平性反而更好[26]，对于健康而言，这是重要的促进因素。因此，在经济水平较高的地区，健康社会决定因素减弱了环境污染对人群健康的负向影响。

大气污染治理是一个长期过程，政府部门和环境部门根据污染源采取有效措施进行控制是非常必要的。而在此过程中，环境污染给当地居民健康和卫生系统带来的负担与威胁是不可避免的。为此，本研究建议政府部门在制定卫生政策时，应根据当地大气污染情况，研究其对居民健康造成的影响，即，决策者应考虑环境污染对于居民健康和卫生服务的边际作用。如量化污染物浓度的增加对卫生服务需要与利用（医院门诊和住院服务量等）的影响，同时还应考虑不同污染物浓度影响的拐点，进而更有效率地分配医疗资源，减少不必要的浪费，提高医疗资源的利用效率。

志谢　感谢北京大学国家发展研究院中国经济研究中心提供中国健康与养老追踪调查数据

参考文献

[1] Gong P, Liang S, Carlton EJ, et al. Urbanisation and health in China[J]. Lancet, 2012, 379(9818): 843 – 852.
[2] 白子娜，段争. 石家庄市大气颗粒物（PM_{10}/$PM_{2.5}$）对下呼吸道感染住院影响的病例交叉研究[J]. 解放军医学杂志，2016, 41(2): 123 – 129.
[3] 张江华，郭常义，许慧慧，等. 上海市大气污染与某医院呼吸系统疾病门诊量关系的时间序列研究[J]. 环境与职业医学，2014, 31(11): 846 – 851.
[4] 朱瑞霞，陈亚红，邓芙蓉，等. 北京市大气污染物对慢性阻塞性肺疾病预后的影响[J]. 国际呼吸杂志，2012, 32(9): 665 – 671.
[5] Zeng Q, Li G, Zhao L, et al. Characteristics of the exposure-response relationship of particulate matter and mortality: a time series analysis of 7 cities in China[J]. J Occup Environ Med, 2015, 57(10): e93 – 100.
[6] Weinmayr G, Romeo E, De Sario M, et al. Short-term effects of PM_{10} and NO_2 on respiratory health among children with asthma or asthma-like symptoms: a systematic review and meta-analysis[J]. Environ Health Perspect, 2010, 118(4): 449 – 457.
[7] Chen R, Kan H, Chen B, et al. Association of particulate air pollution with daily mortality: the China Air Pollution and Health Effects Study[J]. Am J Epidemiol, 2012, 175(11): 1173 – 1181.
[8] 于晓洁. 基于广义可加模型的等级模型用于估计 PM_{10} 含量对居民健康的影响[D]. 太原：山西医科大学硕士学位论文，2011.
[9] 卫生部统计信息中心. 2011 年中国卫生统计年鉴[M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2011.
[10] 卫生部统计信息中心. 2013 年中国卫生统计年鉴[M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2013.
[11] Zhao Y, Hu Y, Smith JP, et al. Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS)[J]. Int J Epidemiol, 2014, 43(1): 61 – 68.
[12] 中华人民共和国国家统计局. 2010 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社，2010.
[13] 中华人民共和国国家统计局. 2012 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社，2012.
[14] Hansen BE. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345 – 368.
[15] 张云权，吴凯，朱慈华，等. 武汉大气污染与缺血性心脏病死亡关系季节差异[J]. 中国公共卫生，2015, 31(7): 926 – 929.
[16] Yorifuji T, Bae S, Kashima S, et al. Health impact assessment of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in 27 Southeast and East Asian cities[J]. J Occup Environ Med, 2015, 57(7): 751 – 756.
[17] 马艳琴，王俊东. 环境污染与心血管系统疾病关系研究进展[J]. 中国公共卫生，2011, 27(6): 800 – 802.
[18] Kunzli N, Medina S, Kaiser R, et al. Assessment of deaths attributable to air pollution: should we use risk estimates based on time series or on cohort studies? [J]. Am J Epidemiol, 2001, 153(11): 1050 – 1055.
[19] Seo S, Kim D, Min S, et al. GIS-based association between PM_{10} and allergic diseases in Seoul: implications for health and environmental policy[J]. Allergy Asthma Immunol Res, 2016, 8(1): 32 – 40.
[20] Thurston GD, Ito K, Mar T, et al. Workgroup report: workshop on source apportionment of particulate matter health effects-intercomparison of results and implications[J]. Environ Health Perspect, 2005, 113(12): 1768 – 1774.
[21] 宋长鸣. 区域经济发展差异中的产业结构变迁与生产率差异[J]. 经济问题探索，2012(4): 44 – 49.
[22] 王智勇. 产业结构、城市化与地区经济增长 – 基于地市级单元的研究[J]. 产业经济研究，2013(5): 23 – 34.
[23] Marmot M, Friel S, Bell R, et al. Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health[J]. Lancet, 2008, 372(9650): 1661 – 1669.
[24] Thornton RL, Glover CM, Cene CW, et al. Evaluating strategies for reducing health disparities by addressing the social determinants of health[J]. Health Aff (Millwood), 2016, 35(8): 1416 – 1423.
[25] Gong Y, Yin X, Wang Y, et al. Social determinants of community health services utilization among the users in China: a 4-year cross-sectional study[J]. PLoS One, 2014, 9(5): e98095.
[26] 李强，王昊. 中国社会分层结构的四个世界[J]. 社会科学战线，2014(9): 174 – 187.

收稿日期： 2016–05–18　　（郭薇编辑　解学魁校对）