

焦作市冬季供暖期间PM_{2.5}污染与儿童呼吸道感染就诊量的关系

何科佑¹, 王明仕¹, 常虹^{2,3}, 曹景丽¹

摘要:

[目的] 研究细颗粒物(PM_{2.5})质量浓度(以下简称“浓度”)对儿童呼吸道感染的影响。

[方法] 收集2015年11月至2016年4月焦作市PM_{2.5}日均浓度及焦作市第二人民医院普通儿科门诊每日患者数。利用MATLAB软件进行小波相干分析,研究去噪后的两组时间序列数据的相关性。

[结果] 焦作市冬季PM_{2.5}浓度低于国家一级标准(35 μg/m³)的天数仅占17%,其浓度值超出国家标准值1倍以上的天数达62%。在5%的置信水平下儿童呼吸道感染就诊总量与PM_{2.5}日均浓度值在时间域上的相关系数接近1。PM_{2.5}日均浓度值的第一个波峰出现在第60天(浓度值最高),上呼吸道感染就诊量的第一个波峰出现在第63天,下呼吸道感染就诊量的第一个波峰出现在第64天。PM_{2.5}日均浓度值的第二个波峰出现在第131天(浓度值远低于第一个波峰),上呼吸道感染就诊量的第二个波峰出现在第151天,下呼吸道感染就诊量的第二个波峰出现在第156天。

[结论] 冬季供暖期间,焦作市PM_{2.5}污染严重,PM_{2.5}对儿童呼吸道感染的影响明显。PM_{2.5}对儿童上呼吸道产生明显影响的阈值高于其对下呼吸道产生明显影响的阈值。PM_{2.5}浓度越高,儿童上、下呼吸道感染的发病速度越快,且上呼吸道感染的发病速度快于下呼吸道感染。

关键词: PM_{2.5}; 呼吸道感染; 儿童; 去噪; 小波相干分析; MATLAB

引用:何科佑,王明仕,常虹,等. 焦作市冬季供暖期间PM_{2.5}污染与儿童呼吸道感染就诊量的关系[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(7): 630-635. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16726

Correlation between PM_{2.5} pollution and hospital visit volume of children with respiratory infection during winter heating period in Jiaozuo City HE Ke-you¹, WANG Ming-shi¹, CHANG Hong^{2,3}, CAO Jing-li¹ (1. Institute of Resources & Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454003, China; 2. The Second Affiliated Hospital of Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454003, China; 3. The Affiliated Hospital of Jiaozuo Health and Medical School, Jiaozuo, Henan 454003, China). Address correspondence to CHANG Hong, E-mail: 120248396@qq.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To assess the effect of fine particulate matter (PM_{2.5}) concentration on respiratory tract infections in children.

[Methods] We collected daily average concentration of PM_{2.5} in Jiaozuo City and the daily outpatient visit volume to the general pediatrics department of The Second Affiliated Hospital of Henan Polytechnic University from November 2015 to April 2016. The correlation between the two time-series data after denoising were identified by wavelet coherence analysis based on MATLAB.

[Results] The days with average concentrations of PM_{2.5} below the national air quality standard category I (35 μg/m³) accounted for 17% of the studied period in Jiaozuo City, and the days with concentrations more than 1 fold higher than the national standard accounted for 62%. The correlation coefficient between the respiratory tract infections in children and the daily average concentration of PM_{2.5} was close to 1 at 5% confidence level in the time domain. The first peak of PM_{2.5} daily average concentration appeared on the 60th day (maximum concentration), the first peak of outpatient visits for upper respiratory tract infections appeared on the 63rd day, and the first peak of outpatient visits for lower respiratory tract infections appeared on the 64th day. The second peak

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 河南省高等学校重点科研项目(编号: 16A170001); 河南理工大学杰出青年基金(编号: J2013-06)

[作者简介] 何科佑(1994—),男,本科生;研究方向:大气污染与人体健康;E-mail: 243703270@qq.com

[通信作者] 常虹, E-mail: 120248396@qq.com

[作者单位] 1. 河南理工大学资源环境学院, 河南 焦作 454003; 2. 河南理工大学第二附属医院, 河南 焦作 454003; 3. 焦作卫生医药学校附属医院, 河南 焦作 454003

of $PM_{2.5}$ daily average concentration appeared on the 131st day (which was far lower than the first peak), the second peak of outpatient visits for upper respiratory tract infections appeared on the 151st day, and the second peak of outpatient visits for lower respiratory tract infections appeared on the 156th day.

[Conclusion] Serious $PM_{2.5}$ pollution is identified in Jiaozuo in winter heating period. $PM_{2.5}$ has an obvious effect on children's respiratory tract infections. The threshold value of $PM_{2.5}$ significantly affecting upper respiratory tract of children is higher than that on lower respiratory tract. The higher $PM_{2.5}$ concentration is, the sooner upper and lower respiratory infections in children occur, and the occurrence of upper respiratory tract infection is faster than that of lower respiratory tract infection.

Keywords: $PM_{2.5}$; respiratory tract infection; child; denoise; wavelet coherence analysis; MATLAB

Citation: HE Ke-you, WANG Ming-shi, CHANG Hong, et al. Correlation between $PM_{2.5}$ pollution and hospital visit volume of children with respiratory infection during winter heating period in Jiaozuo City[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(7): 630-635. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16726

中国是全球空气污染较重的国家之一,黄河以北大部分地区的空气污染情况尤为严重^[1]。目前的研究表明,中国北方各省市在冬季供暖期间,由于煤炭的大量燃烧以及大气逆温等情况的影响,各类污染物不易扩散,极易出现严重的雾霾天气^[1-5]。空气污染一直是危害人类健康的主要因素之一^[5-6],对于生活在内陆城市的居民来说尤其如此^[7-8]。焦作市位于中国河南省腹部,除了是一座内陆城市外,还是一座因煤而兴的典型资源型工业城市。2014年,煤炭在焦作市的一次能源消费结构中占比高达59.8%^[9]。在燃煤供暖的冬季,焦作市大气 $PM_{2.5}$ 污染情况尤为严重, $PM_{2.5}$ 的最高日平均质量浓度(以下简称“浓度”)更是达到国家标准值($35\mu g/m^3$)的13.5倍^[10]。

$PM_{2.5}$ 系大气中空气动力学当量直径小于等于 $2.5\mu m$ 的细颗粒物,它能悬浮于空气中达数天之久,除了本身所含有的硫化物、硝酸盐、铵盐、无机离子、有机碳、多环芳香烃等物质外^[11],在它悬浮于空气的过程中还会吸附大量的病毒、细菌及其他有毒物质^[12-14],并通过呼吸作用进入人体,危害人体健康^[15-16]。 $PM_{2.5}$ 长期暴露会导致一系列的人体健康问题,例如各类呼吸道炎症^[17-18]、肺组织损伤^[18]、哮喘^[15,19]等, $PM_{2.5}$ 甚至可以穿过细胞壁^[20],引发全身血管功能障碍^[21]和心率失常^[22],严重的话,可能导致死亡率增加^[16,23]。相对于成年人而言,儿童则更容易受到 $PM_{2.5}$ 的危害,尤其在冬季^[24-26]。

本研究以焦作市冬季供暖期间 $PM_{2.5}$ 为对象,利用 $PM_{2.5}$ 浓度值与儿童呼吸道感染就诊量数据进行定量分析,旨在研究大气中 $PM_{2.5}$ 浓度对内陆城市儿童呼吸道健康的影响,为研究和完善环境保护制度与公众健康政策提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究中所采用的 $PM_{2.5}$ 日均浓度值取自中国环境监测总站“全国城市空气质量实时发布平台”(http://106.37.208.228:8082/)。

焦作市冬季供暖时间为每年11月15日至次年3月15日,总计供暖4个月。为更好地了解焦作市供暖及其后续时期 $PM_{2.5}$ 对儿童呼吸系统的影响,本次调查的时间为2015年11月1日至2016年4月30日,共计6个月。

本研究中所采用的儿童呼吸道感染病例数据取自焦作市第二人民医院普通儿科门诊部。该医院为三级甲等医院,位于焦作市的中心区域,周边无工业区,地理位置及空气环境条件可基本代表焦作市区的普遍情况,就诊患者多,能极好地反映焦作市城区市民及儿童的患病就医情况。呼吸道疾病发病影响因素繁多,如温度变化、污染物暴露及过敏源接触等。因焦作市 $PM_{2.5}$ 浓度在研究期间远超国家标准,且研究期间焦作市无大型流感爆发,因此在本次研究中主要考虑 $PM_{2.5}$ 的污染影响。在病例录取的时候,将门诊部病例按上呼吸道感染、下呼吸道感染进行分类统计。上呼吸道感染包括普通感冒、咽炎、喉炎、疱疹性咽峡炎、咽结膜热、扁桃体炎等,下呼吸道感染包括支气管炎、慢性支气管炎、肺炎、支气管扩张等^[27]。2015年11月1日至2016年4月30日期间,患上呼吸道感染的儿童就诊量为1904人次,患上呼吸道感染的儿童就诊量为1776人次,呼吸道感染就诊量总计为3680人次。

1.2 基于MATLAB的小波分析法

本次研究中所使用的 $PM_{2.5}$ 日均浓度值和儿童呼

吸道感染日就诊量的原始数据都是以天为单位的时间序列数据。气象条件、节假日等偶然因素的存在严重影响了两组数据的真实变化规律,直接分析这两组时间域上的原始数据存在困难,因此事先利用MATLAB对数据进行去噪化处理^[28-31],将各种不同的频率成分分解到互不重叠的频带上,为信号滤波、信噪分离和特征提取提供了有效途径。

本研究中使用wden函数进行数据去噪^[30],参数选择参照杨书申等^[31]的研究:

$xd=wden(X, 'rigrsure', 's', 'one', 5, 'sym10')$

式中, X 是原始的时间序列数据信号, 'rigrsure' 为阈值函数, 's' 表示使用软阈值作为阈值处理方法, 'one' 表示参数定义所用的阈值不需要进行重新调整, 5 表示小波分解的层次为5层, 'sym10' 是本次选取的去噪小波函数。最终, xd 即为去噪后得到的数据。

研究中还利用MATLAB进行了小波相干性分析^[28, 32]。小波相干性分析是对数据进行空间(时间)和频率的局部变换,并从中提取有效信息,进行合理判断。使用英国国家海洋学中心(<http://noc.ac.uk/using-science/crosswavelet-wavelet-coherence>)提供的小波相干工具包,利用XWT函数对去噪后的 $PM_{2.5}$ 日均浓度值与呼吸道感染就诊量进行小波相干性分析,通过伸缩、平移等运算功能,计算两组时间序列数据间的相关性。

2 结果

2.1 $PM_{2.5}$ 污染特征

将时间域上的 $PM_{2.5}$ 日均浓度值在频域上表示出来,以 $35 \mu g/m^3$ (中国国家一级标准值)为频距,作 $PM_{2.5}$ 日均浓度值的频率饼图。由图1可见,焦作市冬季 $PM_{2.5}$ 浓度低于国家标准值的天数仅占17%。研究期间,大气 $PM_{2.5}$ 浓度值超出国家标准值1倍以上的天数达62%。

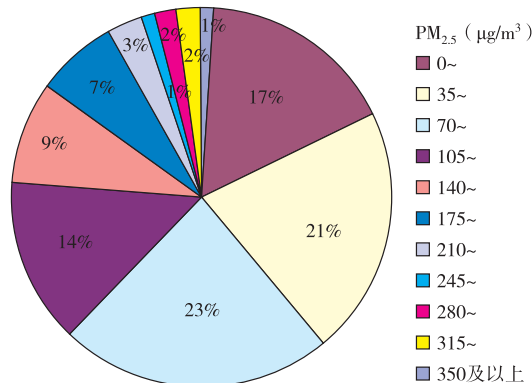


图1 2015年11月—2016年4月焦作市 $PM_{2.5}$ 日均浓度分布

去噪处理后的 $PM_{2.5}$ 日均浓度值如图2所示,其数值均在国家标准值以上。其中,2015年12月下旬至2016年1月上旬的 $PM_{2.5}$ 污染情况尤为突出。在时间域上, $PM_{2.5}$ 日均浓度从2015年11月起经历了一次大幅度的增加后迅速回落至波谷,并于2016年2月下旬有一次小幅度的回升,之后便再次下降。整个时段 $PM_{2.5}$ 日均浓度值曲线的变化情况清晰,波峰及波谷的形状良好,浓度值波动范围大。

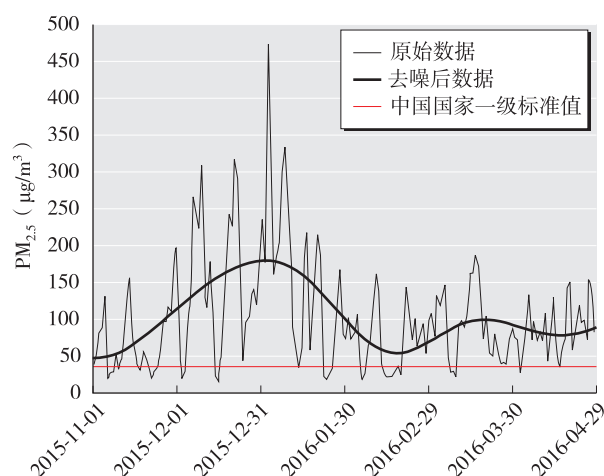


图2 $PM_{2.5}$ 日均浓度值及其去噪结果

2.2 $PM_{2.5}$ 与儿童呼吸道感染的相关性

根据 $PM_{2.5}$ 的污染情况,对2015年11月至2016年4月的 $PM_{2.5}$ 浓度与儿童呼吸道感染就诊量进行相干分析。以2015年11月1日为第1天,至2016年4月30日,共计182d。 $PM_{2.5}$ 与上、下呼吸道感染就诊量去噪后的时间序列数据如图3所示。 $PM_{2.5}$ 日均浓度值的第一个波峰出现在第60天,上呼吸道感染就诊量的第一个波峰出现在第63天,下呼吸道感染就诊量的第一个波峰出现在第64天,这可能说明儿童上呼吸道受 $PM_{2.5}$ 污染的影响在时间上的反应比下呼吸道快。 $PM_{2.5}$ 日均浓度值的第二个波峰出现在第131天,上呼吸道感染就诊量的第二个波峰出现在第151天,下呼吸道感染就诊量的第二个波峰出现在第156天,这说明环境中 $PM_{2.5}$ 浓度增加可能大大缩短儿童呼吸道感染的发病时间。

$PM_{2.5}$ 日均浓度值与上、下呼吸道感染就诊量间的相关系数如图4A、图4B所示。第1~20天及第100~182天,上呼吸道感染就诊量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值呈负相关性,其余时间则呈正相关性。而整个研究期间下呼吸道感染就诊量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值则呈正相关性,且相关系数在5%的置信水平下为0.7~0.9,指

示箭头几乎垂直向下,表明下呼吸道感染就诊量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值不但呈现出较高的相关性,还表现出明显的滞后性。

结合图3、图4A、图4B可以发现,在第1~20天、第100~182天(研究期间 $PM_{2.5}$ 日均浓度相对较低), $PM_{2.5}$ 日均浓度值与下呼吸道感染就诊量间呈正相关,而其与上呼吸感染就诊量间负相关。而在第20~100天间(研究期间 $PM_{2.5}$ 日均浓度相对较高), $PM_{2.5}$ 日均浓度值与下呼吸道感染就诊量间的正相关性明显大于其与上呼吸感染就诊量间的正相关性。

$PM_{2.5}$ 与儿童呼吸道感染就诊总量之间的小波相干分析见图4C。由相关系数色条指示,整个时段焦作市儿童呼吸道感染就诊量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值的相关系数在5%的置信水平下接近1,儿童呼吸道感染就诊

量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值呈现出极高的相关性。箭头的方向主要指向右下方,表示儿童呼吸道感染的就诊量与 $PM_{2.5}$ 日均浓度值呈现出明显的正相关性和滞后性。

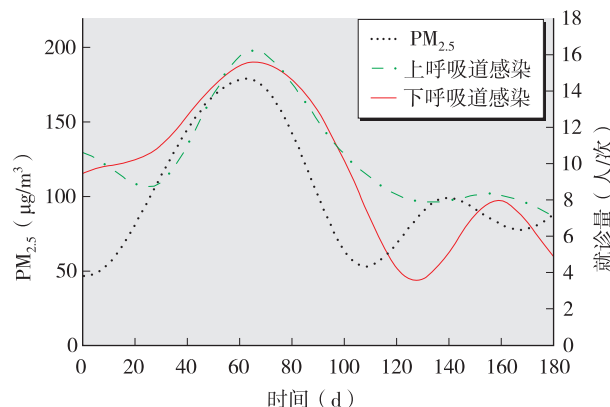
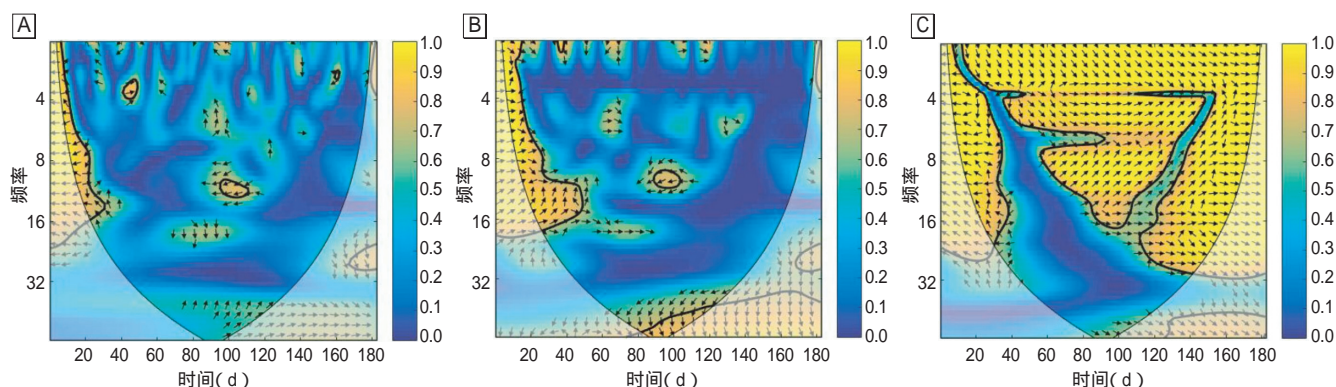


图3 $PM_{2.5}$ 与儿童上、下呼吸道感染就诊量的关系



[注]纵坐标代表以2为底数的幂的尺度,尺度越小,计算越精细;横坐标为天数;粗线代表5%的置信水平;色条指示相关性系数大小;箭头表示相关性的类型。箭头向左表示负相关,箭头向右表示正相关,箭头向下表示呼吸道感染就诊量变化情况滞后于 $PM_{2.5}$ 的变化情况,箭头向上表示 $PM_{2.5}$ 变化滞后于呼吸道感染就诊量变化。

图4 $PM_{2.5}$ 与儿童上呼吸道(A)、下呼吸道(B)、呼吸道(C)感染就诊量的小波相干分析结果

3 讨论

焦作市在冬季供暖期间 $PM_{2.5}$ 污染情况十分严重,反映了中国北方各大城市的普遍现状^[1]。本研究期间,大气 $PM_{2.5}$ 浓度值以超出国家一级标准值($35 \mu g/m^3$)的1~3倍为主,在无风或微风时段甚至可达到国家标准值的10倍以上。

本研究采用小波分析法对 $PM_{2.5}$ 日均浓度值和儿童呼吸道感染日就诊量进行分析。与傅里叶变换相比,小波变换是空间(时间)和频率的局部变换,因而能有效地从信号中提取信息。通过伸缩和平移等运算功能可对函数或信号进行多尺度的细化分析,解决了傅里叶变换不能解决的问题。通过本研究发现, $PM_{2.5}$ 浓度值与儿童呼吸道感染就诊量间呈正相关,说明 $PM_{2.5}$ 污染对儿童呼吸系统有明显的影响,这与其他学

者的研究结论基本一致^[8,33]。相比前人的研究报告,本次研究还发现了一些特别的现象:在研究期间 $PM_{2.5}$ 日均浓度值相对较低时, $PM_{2.5}$ 日均浓度值与下呼吸道感染就诊量间呈正相关,与上呼吸感染就诊量呈负相关,而在研究期间 $PM_{2.5}$ 日均浓度相对较高时, $PM_{2.5}$ 日均浓度值与下呼吸道感染就诊量的正相关性明显大于其与上呼吸感染就诊量的正相关性;这说明可能存在于一个对儿童上、下呼吸道产生明显影响的 $PM_{2.5}$ 阈值,且对上呼吸道产生明显影响的 $PM_{2.5}$ 阈值高于对下呼吸道产生明显影响的 $PM_{2.5}$ 阈值。由于这一阈值的存在,在第1~20天与第100~182天 $PM_{2.5}$ 对儿童上呼吸道就诊量虽产生影响但并不明显,甚至在受到季节温度等因素导致的就诊量正常变化,呈现较低系数的负相关。而随着 $PM_{2.5}$ 浓度的升高,对上呼吸感染的作用

凸显,两者呈现较高系数的正相关。对于下呼吸道而言,由于其受影响的PM_{2.5}日均浓度阈值相对较低,因而两者在整个研究期间均呈现正相关性。故本研究推测,PM_{2.5}在低于某一浓度阈值的环境中,PM_{2.5}污染可能不是儿童患上呼吸道感染的主导因素,但却是儿童患上呼吸道感染的重要原因。

本研究仅考虑了PM_{2.5}对儿童呼吸道的影响,而实际过程中由于温度变化、流感及二氧化碳等污染物的影响都可造成儿童呼吸道感染就诊量出现变化,因此所得的结论可能存在一定的偏差,但毋庸置疑的是PM_{2.5}浓度值与儿童呼吸道感染就诊量间存在一定的相关性。

本研究所选用的儿童呼吸道感染就诊量数据仅取自焦作市第二人民医院,而没有涵盖焦作市所有的医院和门诊部。其原因一是工作量过于庞大,二是许多门诊部和小医院没有完善的病情诊断历史数据,无法为本研究提供有效的数据支持。焦作市第二人民医院为综合性医院,就诊患者数量相对较大,因此能基本反映焦作市儿童正常就诊情况。但是不可否认的是,在本次研究中所使用的数据量较焦作市儿童呼吸道感染实际就诊量小,计算所得的相关性可能与真实值之间也存在一定的误差。因此,今后的研究需要进一步扩大数据量,为环境保护及公共健康政策提供更加有效的数据支持。

参考文献

- [1] 贾艳红,陆赛娣,冯小莉,等.中国雾霾分布及其组成相关性分析[J].测绘与空间地理信息,2015,38(12): 9-12.
- [2] 潘本锋,汪巍,李亮,等.我国大中型城市秋冬季节雾霾天气污染特征与成因分析[J].环境与持续发展,2013(1): 33-36.
- [3] 廖晓农,张小玲,王迎春,等.北京地区冬夏季持续性雾霾发生的环境气象条件对比分析[J].环境科学,2014,35(6): 2031-2044.
- [4] 林云,李美玲,宋党育.焦作市城区雾霾天气成因与对策分析[J].河南科技学院学报,2013,41(5): 27-31.
- [5] 孙亮.灰霾天气成因危害及控制治理[J].环境科学与管理,2012,37(10): 71-75.
- [6] Brunekreef B. Air pollution and health-air quality standards[J]. Verh K Acad Geneesk Belg, 2011, 73(5/6): 331-337.
- [7] Mehta S, Shin H, Burnett R, et al. Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease[J]. Air Qual Atmos Health, 2013, 6(1): 69-83.
- [8] 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.
- [9] 焦作市统计局.焦作统计年鉴[R].北京:中国统计出版社,2005—2013.
- [10] 环境空气质量标准:GB 3095—2012[S].北京:中国环境科学出版社,2016.
- [11] WHO. Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia [R]. Geneva: WHO, 2013: 20.
- [12] 阚海东.《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)细颗粒物(PM_{2.5})标准值解读[J].中华预防医学杂志,2012,46(5): 396-398.
- [13] 孙志豪,崔燕平. PM_{2.5}对人体健康影响研究概述[J].环境科技,2013,26(4): 75-78.
- [14] Schlesinger R B. The health impact of common inorganic components of fine particulate matter(PM_{2.5}) in ambient air: a critical review[J]. Inhal Toxicol, 2007, 19(10): 811-832.
- [15] Cai J, Zhao A, Zhao J, et al. Acute effects of air pollution on asthma hospitalization in Shanghai, China[J]. Environ Pollut, 2014, 191: 139-144.
- [16] 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.
- [17] Jin C, Shelburne C P, Li G, et al. Particulate allergens potentiate allergic asthma in mice through sustained IgE-mediated mast cell activation[J]. J Clin Invest, 2011, 121(3): 941-955.
- [18] Li N, Harkema JR, Lewandowski RP, et al. Ambient ultrafine particles provide a strong adjuvant effect in the secondary immune response: implication for traffic-related asthma flares [J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2010, 299(3): L374-L383.
- [19] 李红.室内空气污染对儿童哮喘影响的研究进展[J].卫生研究,2009,38(2): 247-250.
- [20] Chauhan A J, Johnston S L. Air pollution and infection in respiratory illness[J]. Br Med Bull, 2003, 68(1): 95-112.
- [21] Kampfrath T, Maiseyeu A, Ying Z, et al. Chronic fine particulate matter exposure induces systemic vascular dysfunction via NADPH oxidase and TLR4 pathways[J]. Circ

- Res, 2011, 108(6): 716-726.
- [22] Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health[J]. Lancet, 2002, 360(9341): 1233-1242.
- [23] Buczyńska AJ, Krata A, Van Grieken R, et al. Composition of PM_{2.5} and PM₁ on high and low pollution event days and its relation to indoor air quality in a home for the elderly[J]. Sci Total Environ, 2014, 490: 134-143.
- [24] van der Zee S, Hoek G, Boezen HM, et al. Acute effects of urban air pollution on respiratory health of children with and without chronic respiratory symptoms[J]. Occup Environ Med, 1999, 56(12): 802-812.
- [25] Roemer W, Hoek G, Brunekreef B. Effect of ambient winter air pollution on respiratory health of children with chronic respiratory symptoms[J]. Am Rev Respir Dis, 1993, 147(1): 118-124.
- [26] Kim PE, Musher DM, Glezen WP, et al. Association of invasive pneumococcal disease with season, atmospheric conditions, air pollution, and the isolation of respiratory viruses[J]. Clin Infect Dis, 1996, 22(1): 100-106.
- [27] 倪鑫, 沈颖. 儿科诊疗常规[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2013.
- [28] Torrence C, Compo GP. A practical guide to wavelet analysis[J]. Bull Am Meteor Soc, 1998, 79(1): 61-78.
- [29] Sang YF, Wang D, Wu JC, et al. Entropy-based wavelet denoising method for time series analysis[J]. Entropy, 2009, 11(4): 1123-1147.
- [30] 范晓志. 小波变换的信号去噪应用[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2004, 27(3): 286-288.
- [31] 杨书申, 陈兵, 邵龙义. 北京市PM₁₀浓度变化规律的小波分析[J]. 中原工学院学报, 2014, 25(1): 39-43.
- [32] Grinsted A, Moore JC, Jevrejeva S. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series, Nonlin[J]. Processes Geophys, 2004, 11(5/6): 561-566.
- [33] Arbex MA, Pereira LA, Carvalho-Oliveira R, et al. The effect of air pollution on pneumonia-related emergency department visits in a region of extensive sugar cane plantations: a 30-month time-series study[J]. J Epidemiol Community Health, 2014, 68(7): 669-674.
- 收稿日期: 2016-11-04; 录用日期: 2017-02-16)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 汪源; 校对: 王晓宇)

(上接第629页)

- [2] 邹华, 张美辨, 方兴林, 等. 浙江省尘肺病直接经济损失研究[J]. 浙江预防医学, 2015, 27(12): 1210-1212, 1216.
- [3] 陈献文, 冯鸿义, 张捷, 等. 2006—2013年江阴市672例新发尘肺病特点分析[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2015, 18(2): 266-271.
- [4] 孙伟, 耿敬东, 谢峰, 等. 2006—2014年宁夏地区尘肺病流行病学特征[J]. 职业与健康, 2016, 32(9): 1184-1186.
- [5] 郑文慧, 王志平, 柴鹏飞. 浙江省宁波市鄞州区2003—2012年尘肺发病分析[J]. 环境与职业医学, 2014, 31(3): 192-194.
- [6] 马琳. 泰安市煤矿工人尘肺病现状及其防治对策[D]. 泰山: 泰山医学院, 2012.
- [7] 李飞, 项橘香, 余坚忠, 等. 杭州市某区关停和转制采石企业新发矽肺患者社会保障状况[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2015, 33(1): 36-37.
- [8] 邵春华, 张久红, 汤俊豪, 等. 2010—2011年广西新诊断尘肺病发病特征分析[J]. 广西医学, 2016, 38(3): 372-375, 415.
- [9] 黄斌. 我国职业病防治工作存在的问题及应对策略——以苏州市为例[D]. 苏州: 苏州大学, 2014.
- (收稿日期: 2017-03-06; 录用日期: 2017-05-18)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 陶黎纳; 校对: 陈姣)