

2006—2016年中国室外空气污染的 归因死亡分析

杨静 殷鹏 曾新颖 由金玲 赵艳芳 王卓群 周脉耕

100050 北京, 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心科教与国际合作室(杨静、赵艳芳、王卓群), 生命登记与死因监测室(殷鹏、曾新颖、由金玲);

100050 北京, 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心(周脉耕)

通信作者: 周脉耕, Email: zhoumg@chinacdc.cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.11.006

【摘要】 目的 分析2006—2016年室外空气污染对我国人群造成的死亡情况。**方法** 所有数据来自2016年全球疾病负担研究(GBD2016)。GBD2016采用空气质量数据集成模型来估计空气动力学直径 $<2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物($\text{PM}_{2.5}$)暴露水平,在计算人群归因分值(PAF)的基础上,计算归因于室外空气污染的死亡数,采用世界标准人口的年龄结构计算年龄标化率,并在不同性别、疾病和省份之间进行比较。**结果** 2016年中国因室外空气污染导致107.5万例死亡,占总死亡人数的11.1%,其中57.6%为冠心病和脑卒中,男性的归因死亡数是女性的1.7倍;与2006年相比,因室外空气污染导致的死亡人数占总死亡人数的比例下降了6.8%,年龄标化归因死亡率下降了26.5%,各疾病的年龄标化归因死亡率均有所下降,其中冠心病的下降幅度最小(-5.3%),下降幅度较大的是下呼吸道感染(-37.6%)和COPD(-42.1%),男、女性的年龄标化归因死亡率均下降,女性下降幅度(-34.8%)高于男性(-20.4%);分省来看,2016年室外空气污染造成的PAF,天津最高(13.9%),西藏最低(6.1%),京津冀地区、山东、河南、东北三省等地相对较高,香港地区、澳门地区、福建、海南等地相对较低;新疆的年龄标化归因死亡率最高(120.1/10万),香港地区最低(30.9/10万),除此之外,青海、贵州、河南等地相对较高,澳门地区、上海、福建等地相对较低;与2006年相比,17个省份的PAF下降,下降幅度从-4.1%到-16.8%,吉林、黑龙江的PAF值略有增加(5.0%、8.1%)。其余14个省份没有明显变化;各省的年龄标化归因死亡率均下降,下降幅度从-11.9%(黑龙江)到-43.2%(福建),广东、浙江、贵州等地下降幅度相对较高,东北三省、湖北、河北等地下降幅度相对较低。**结论** 2016年中国由于 $\text{PM}_{2.5}$ 导致的疾病负担巨大,但与2006年相比有所下降,其影响存在性别和地区差异。

【关键词】 空气污染; 死亡

基金项目: 卫生部公益性行业科研专项(201502003)

Deaths attributed to ambient air pollution in China between 2006 and 2016 Yang Jing, Yin Peng, Zeng Xinying, You Jinling, Zhao Yanfang, Wang Zhuoqun, Zhou Maigeng

Division of Science, Education and International Cooperation (Yang J, Zhao YF, Wang ZQ), Division of Vital Registry and Mortality Surveillance (Yin P, Zeng XY, You JL), National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China (Zhou MG)

Corresponding author: Zhou Maigeng, Email: zhoumg@chinacdc.cn

【Abstract】 Objective To analyze the deaths attributed to ambient air pollution in China between 2006 and 2016. **Methods** The data were collected from the project of Global Burden of Disease in 2016 (GBD2016). The Data Integration Model for Air Quality were used to estimate exposure to particulate matter smaller than $2.5\ \mu\text{m}$ in aerodynamic diameter ($\text{PM}_{2.5}$). The attributable death number was calculated based on the calculation of population attributable fraction (PAF), and the results were compared by gender, diseases and provinces. An average world population age structure was adopted to calculate age-standardized rates. **Results** In 2016, a total of 1 075 000 deaths

attributed to ambient air pollution occurred in China, accounting for 11.1% of the total deaths, and 57.6% of the deaths attributed to ambient air pollution were due to ischemic heart disease and stroke. The death number among men was 1.7 times higher than that in women, Compared with 2006, the proportion of ambient air pollution related deaths in total deaths decreased by 6.8%; the age-standardized death rate attributed to ambient air pollution decreased by 26.5% and the decrease rate of lower respiratory infections (37.6%) and chronic obstructive pulmonary disease (42.1%) were greater than ischemic heart disease (5.3%). The age-standardized rate of death attributed to ambient air pollution decreased both in men and in women, but the decrease rate was higher in women (34.8%) than that in men (20.4%). The PAFs varied among provinces, it was highest in Tianjin (13.9%), lowest in Tibet (6.1%), and it was relatively higher in Beijing, Hebei, Shandong, Henan and the three provinces in the northeast and relatively lower in Hong Kong, Macao, Fujian and Hainan etc.. The age-standardized rate of death attributed to ambient air pollution was highest in Xinjiang (120.1/100 000) and lowest in Hong Kong (30.9/100 000), and it was relatively higher in Qinghai, Guizhou, Henan and relatively lower in Macao, Shanghai and Fujian, etc.. Compared with 2006, the PAFs of 17 provinces decreased, the decrease rate ranged from 4.1% to 16.8%, whereas the PAF of Jilin (5.0%) and Heilongjiang (8.1%) increased, and the PAFs of other 14 provinces showed no significant change. The attributable age-standardized death rate decreased in all provinces with the decrease rate ranging from 11.9% (Heilongjiang) to 43.2% (Fujian), and the decrease rate was relatively higher in Guangdong, Zhejiang and Guizhou, and lower in the three provinces in the northeast, Hubei and Hebei etc.

Conclusions In 2016, the disease burden attributable to PM_{2.5} in China was heavy, but mitigated compared with 2006. The gender and area specific distributions of deaths attributed to ambient air pollution were observed.

【Key words】 Ambient air pollution; Death

Fund program: Special Project for Scientific Research for Public Welfare (201502003)

国内外大量研究显示,室外空气污染物能对人体产生广泛的健康危害^[1-5]。2016年全球疾病负担研究(Global Burden of Disease Study 2016, GBD2016)显示^[6],室外空气污染导致全球409.3万例死亡,损失1.06亿人年的伤残调整寿命年,是影响人群健康的第六位危险因素。过去三十几年,中国经济快速发展,大规模的工业化发展、大量以煤炭为主的能源消耗和机动车的增加,导致空气污染物排放增加^[7]。本研究对室外空气污染对我国造成的死亡情况进行分析。

资料与方法

1. 资料来源:数据均来自GBD2016对中国疾病负担的估计,包括全国和33个省份。

2. 研究方法:GBD遵循统一的方法来估计室外空气污染对中国及各省份的疾病负担。主要包括5个步骤:①估计室外空气质量:提取室外空气动力学直径 $<2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物(particulate matter smaller than $2.5\ \mu\text{m}$ in aerodynamic diameter, PM_{2.5})的年平均质量浓度数据,来源包括大气气溶胶的卫星观察数据、地面测量数据、化学迁移模型模拟(chemical transport model simulations)以及人口和土地使用等数据,采用了空气质量数据集成模型(Data Integration Model for Air Quality)估计网格化的PM_{2.5}暴露水平,见文献[6,8]。②确定危险因素的健康结局:室外空气污染的健康结局包括冠心病、脑卒中、肺癌、

COPD和下呼吸道感染所致的死亡。③估计RR值:GBD利用现有关于PM_{2.5}暴露水平与疾病死亡风险关系的数据,通过综合暴露反应(Integrated Exposure Response)函数填补现有数据的空白^[9],估计不同暴露水平下室外空气污染对不同健康结局的RR值。④确定理论最小风险暴露水平:GBD根据现有研究确定了室外空气污染的理论最小风险暴露水平为 $2.4\sim 5.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。⑤计算归因死亡:在计算危险因素的人群归因分值(population attributable fraction, PAF)的基础上,计算归因于室外空气污染的死亡数、死亡率及年龄标化率等指标。具体研究方法见文献[6,10]。

3. 主要指标:①PAF:表示在某一人群中,如果某危险因素的暴露降低到理论最小暴露水平,该人群中相关疾病或死亡能降低的比例。具体计算方法见文献[6]。②归因死亡数、归因死亡率和年龄标化归因死亡率:根据PAF,可以计算出在某一人群中,某疾病的总死亡中归因于某危险因素的死亡数;根据归因死亡数和人口数可计算出归因死亡率;GBD采用世界标准人口的年龄结构计算年龄标化率^[10]。③PAF和归因死亡率的变化百分比:描述了某指标在2016年的指标值与2006年相比的变化百分比,均使用年龄标化值进行计算。

结 果

1. 一般情况:2016年中国因室外空气污染导致

107.5万例死亡,占总死亡的11.1%;与2006年相比,室外空气污染所致的总死亡数没有明显变化,占总死亡的比例下降了6.8%,年龄标化归因死亡率下降了26.5%,见表1。

2. 分病种的归因疾病负担:2016年,有近1/3的下呼吸道感染死亡是由于室外空气污染导致,而只有近1/5的冠心病和脑卒中死亡是由于室外空气污染导致。在室外空气污染造成的死亡中,冠心病和脑卒中的占比超过一半(57.6%);与2006年比较,所有相关疾病的年龄标化归因死亡率均有所下降,其中冠心病的下降幅度最小,较2006年下降5.3%,下呼吸道感染和COPD的下降幅度较大,较2006年分别下降37.6%、42.1%,见表1。

3. 分性别的归因疾病负担:2016年,室外空气污染造成的归因疾病负担,男性的归因死亡数是女性的1.7倍;与2006年比较,男性的归因死亡数增长11.3%,女性则下降8.7%,二者的年龄标化归因死亡率均下降,女性下降幅度高于男性,女性下降34.8%,男性下降20.4%;分病种看,女性的每一种疾病的归因死亡率均下降,男性除冠心病以外,其他疾病的归因死亡率均下降,见表1。

4. 分省份的归因疾病负担:①PAF:2016年室外空气污染造成的PAF,天津最高(13.9%),西藏最低

(6.1%),其次,京津冀地区、山东、河南、东北三省、重庆和新疆等地相对较高,香港地区、澳门地区、福建、海南等地相对较低,见图1;与2006年相比,17个省份的PAF下降,下降幅度从-4.1%~-16.8%,吉林、黑龙江的PAF值略有增加(5.0%、8.1%)。其余14个省份没有明显变化,见表2。②年龄标化归因死亡率,新疆的标化归因死亡率最高(120.1/10万),香港地区最低(30.9/10万),此外,青海、贵州、河南、黑龙江、四川、安徽、宁夏、甘肃等地相对较高,澳门地区、上海、福建、浙江、北京等地相对较低,见图1;与2006年相比,所有省份的年龄标化归因死亡率均下降,下降幅度从-11.9%(黑龙江)到-43.2%(福建),广东、浙江、贵州、湖南、四川、重庆和甘肃等地下降幅度相对较高,东北三省、湖北、河北、山西等地下降幅度相对较低,见表2。

讨 论

2016年,室外空气污染(PM_{2.5})给中国带来了巨大的疾病负担,全球由于室外空气污染导致的死亡中,超过1/4发生在中国,是影响中国人群健康的第3位危险因素^[1]。室外空气污染导致的疾病负担主要来自心脑血管疾病、COPD和肺癌,虽然下呼吸道感染与室外空气污染关系最密切,但是由于下呼吸

表1 2016年中国分性别、分疾病的室外空气污染归因死亡及与2006年相比的变化情况

疾病	2016年PAF (%)	2006—2016年年龄标化PAF变化百分比(%)	2016年归因死亡数 (万例)	2006—2016年归因死亡数变化百分比(%)	2016年年龄标化归因死亡率 (/10万)	2006—2016年年龄标化归因死亡率变化百分比(%)
合计						
小计	11.1(9.7~12.7)	-6.8(-9.9~-3.1)	107.5(94.0~122.2)	2.9(-1.2~7.2)	79.8(69.4~91.1)	-26.5(-29.5~-23.3)
下呼吸道感染	31.9(24.4~39.7)	-2.8(-4.3~-1.1)	5.0(3.8~6.6)	-15.1(-21.1~-8.0)	4.7(3.5~6.0)	-37.6(-42.2~-32.4)
肺癌	24.7(16.4~33.1)	-0.6(-1.2~-0.2)	14.6(9.6~19.6)	22.7(16.8~28.3)	9.7(6.4~13.0)	-10.2(-14.3~-6.2)
冠心病	18.6(15.7~21.3)	-2.2(-3.4~-1.3)	32.1(27.2~36.9)	29.5(23.6~35.3)	23.4(19.7~27.0)	-5.3(-8.8~-1.9)
脑卒中	16.6(13.9~19.7)	-1.1(-1.9~-0.4)	29.8(24.8~35.0)	-0.7(-4.6~3.6)	20.6(17.1~24.4)	-27.9(-30.1~-25.5)
COPD	29.7(17.9~42.5)	-3.2(-4.4~-2.2)	26.1(15.4~37.5)	-18.3(-22.2~-11.9)	21.4(12.7~30.8)	-42.1(-44.9~-37.5)
男性						
小计	11.4(10.0~12.8)	-4.8(-7.5~-1.7)	67.6(59.4~76.4)	11.3(6.7~16.0)	105.2(91.1~120.0)	-20.4(-23.6~-17.0)
下呼吸道感染	32.0(24.5~39.6)	-2.5(-4.0~-0.9)	3.0(2.2~4.1)	-8.7(-16.3~-1.2)	6.1(4.5~8.3)	-30.8(-36.9~-25.2)
肺癌	24.6(16.4~33.1)	-0.7(-1.3~-0.2)	10.4(6.9~14.0)	25.4(17.7~32.4)	14.3(9.5~19.3)	-8.1(-13.6~-3.1)
冠心病	19.8(16.8~22.4)	-1.6(-2.7~-0.7)	19.4(16.4~22.2)	37.7(30.8~44.7)	29.1(24.6~33.4)	1.4(-3.2~5.5)
脑卒中	17.1(14.3~20.1)	-0.8(-1.7~-0.1)	19.0(15.9~22.3)	9.0(3.8~14.6)	27.2(22.5~32.2)	-20.7(-24.0~-17.2)
COPD	29.7(17.9~42.3)	-3.1(-4.3~-2.4)	15.8(9.6~22.6)	-10.4(-14.2~-6.2)	28.5(17.3~40.6)	-36.3(-38.8~-33.5)
女性						
小计	10.7(9.2~12.3)	-10.2(-14.4~-5.0)	39.9(34.2~46.0)	-8.7(-14.3~-2.8)	57.2(49.1~66.6)	-34.8(-38.8~-30.4)
下呼吸道感染	31.8(24.3~39.6)	-3.2(-4.9~-1.2)	2.0(1.5~2.6)	-23.0(-31.0~-14.9)	3.5(2.6~4.6)	-44.7(-50.2~-39.2)
肺癌	24.7(16.4~33.2)	-0.5(-1.1~0.2)	4.1(2.7~5.6)	16.3(5.0~25.1)	5.3(3.5~7.2)	-15.2(-23.2~-8.9)
冠心病	17.1(14.2~19.7)	-3.9(-5.7~-2.4)	12.7(10.5~14.8)	18.8(10.5~26.2)	18.1(14.9~21.1)	-13.7(-18.7~-8.8)
脑卒中	15.9(13.2~18.8)	-2.4(-3.6~-1.3)	10.8(8.9~12.9)	-14.2(-19.9~-8.9)	14.6(12.1~17.7)	-37.7(-41.5~-34.4)
COPD	29.8(18.0~42.5)	-3.2(-4.7~-1.5)	10.3(6.0~16.2)	-28.1(-34.3~-15.4)	15.6(9.2~24.8)	-49.1(-53.4~-40.1)

注:不包括中国台湾地区资料;PAF为人群归因分值;括号内数值为95%不确定性区间(95% uncertainty interval, UI)

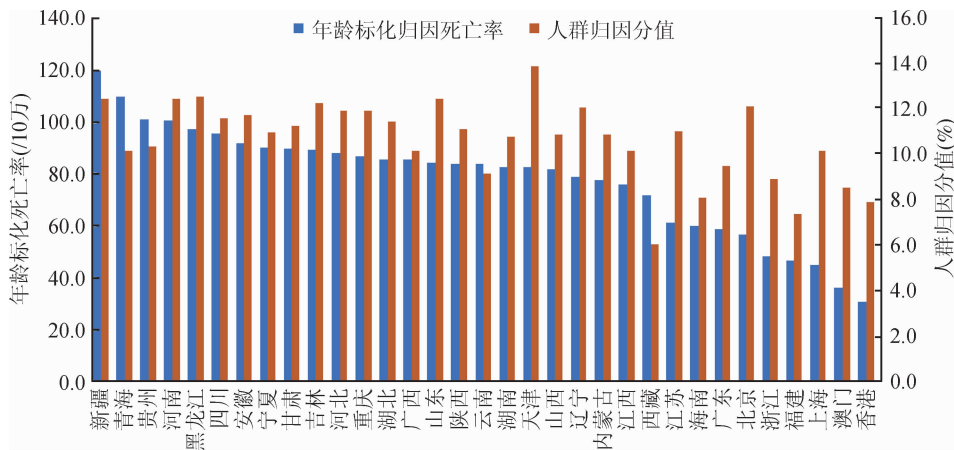


图1 2016年中国各省份室外空气污染PAF和年龄标准化归因死亡率

表2 2016年中国各省份室外空气污染PAF、年龄标准化归因死亡率及与2006年相比的变化情况

省份	2016年PAF(%)	2006—2016年年龄标准化PAF变化百分比(%)	2016年年龄标准化归因死亡率(/10万)	2006—2016年年龄标准化归因死亡率变化百分比(%)
北京	12.1(10.9 ~ 13.5)	-4.1(-6.8 ~ -1.4)	56.9(48.8 ~ 66.8)	-25.6(-34.2 ~ -16.0)
天津	13.9(12.5 ~ 15.3)	-1.3(-3.8 ~ 1.4)	82.5(70.4 ~ 95.1)	-20.4(-30.7 ~ -10.6)
河北	11.9(10.6 ~ 13.4)	-3.1(-7.2 ~ 1.0)	88.3(74.8 ~ 103.8)	-19.3(-28.5 ~ -8.8)
山西	10.9(9.5 ~ 12.2)	-3.1(-6.9 ~ 1.0)	81.8(69.0 ~ 95.4)	-20.1(-29.6 ~ -9.7)
内蒙古	10.9(9.6 ~ 12.2)	-0.2(-3.5 ~ 3.5)	77.6(65.4 ~ 91.6)	-24.2(-33.1 ~ -14.0)
辽宁	12.1(10.8 ~ 13.5)	1.4(-2.6 ~ 5.4)	79.1(68.2 ~ 90.8)	-17.8(-26.7 ~ -8.4)
吉林	12.3(11.0 ~ 13.7)	5.0(1.1 ~ 9.2)	89.5(77.6 ~ 103.2)	-16.4(-25.1 ~ -5.9)
黑龙江	12.6(11.2 ~ 13.9)	8.1(2.9 ~ 13.1)	97.3(84.0 ~ 112.1)	-11.9(-21.5 ~ -1.2)
上海	10.2(8.6 ~ 11.8)	-1.7(-5.9 ~ 3.2)	45.1(36.9 ~ 53.7)	-20.8(-30.3 ~ -10.1)
江苏	11.0(9.6 ~ 12.7)	-1.4(-4.8 ~ 2.2)	61.5(51.5 ~ 72.7)	-26.0(-34.1 ~ -17.8)
浙江	8.9(7.5 ~ 10.4)	-13.1(-17.5 ~ -7.9)	48.3(39.3 ~ 58.1)	-33.6(-41.8 ~ -24.6)
安徽	11.7(10.2 ~ 13.4)	-1.4(-6.2 ~ 3.1)	91.8(77.6 ~ 108.6)	-21.3(-29.0 ~ -11.9)
福建	7.4(6.3 ~ 8.6)	-16.8(-20.5 ~ -12.1)	46.5(38.1 ~ 55.7)	-43.2(-49.9 ~ -36.2)
江西	10.2(8.7 ~ 11.7)	-9.6(-12.8 ~ -6.4)	76.2(63.0 ~ 91.1)	-27.9(-35.2 ~ -19.6)
山东	12.4(11.0 ~ 14.0)	-3.2(-7.1 ~ 0.7)	84.5(71.9 ~ 98.6)	-21.2(-28.9 ~ -13.0)
河南	12.5(11.1 ~ 14.0)	-3.8(-8.0 ~ 0.4)	100.8(87.8 ~ 116.0)	-25.9(-32.6 ~ -18.7)
湖北	11.5(10.0 ~ 13.2)	-1.0(-3.9 ~ 1.7)	85.5(71.8 ~ 100.0)	-17.0(-24.8 ~ -9.5)
湖南	10.8(9.2 ~ 12.6)	-14.1(-18.7 ~ -7.6)	82.9(69.4 ~ 98.9)	-31.0(-38.1 ~ -23.3)
广东	9.5(8.2 ~ 10.9)	-16.7(-20.3 ~ -12.5)	58.9(49.7 ~ 69.2)	-38.8(-46.1 ~ -31.4)
广西	10.2(8.8 ~ 11.7)	-11.3(-14.6 ~ -7.6)	85.4(71.3 ~ 100.7)	-23.2(-31.3 ~ -14.3)
海南	8.1(6.9 ~ 9.3)	-6.2(-10.4 ~ -1.9)	60.2(49.6 ~ 71.7)	-24.8(-33.9 ~ -14.4)
重庆	11.9(9.8 ~ 14.1)	-14.9(-18.0 ~ -11.5)	86.7(70.2 ~ 106.0)	-32.2(-40.4 ~ -24.5)
四川	11.6(9.5 ~ 13.7)	-16.0(-19.0 ~ -12.7)	95.5(76.4 ~ 117.0)	-33.7(-41.2 ~ -25.4)
贵州	10.4(8.7 ~ 12.0)	-14.7(-18.4 ~ -9.6)	101.2(81.8 ~ 120.5)	-32.0(-39.8 ~ -23.3)
云南	9.2(7.5 ~ 11.0)	-8.7(-12.0 ~ -4.1)	84.0(66.3 ~ 104.3)	-24.3(-31.8 ~ -15.7)
西藏	6.1(5.1 ~ 7.2)	-0.5(-4.3 ~ 3.3)	71.7(58.0 ~ 89.5)	-24.0(-31.9 ~ -15.4)
陕西	11.1(9.8 ~ 12.5)	-4.3(-9.5 ~ 0.6)	84.0(69.8 ~ 99.8)	-24.6(-33.8 ~ -14.0)
甘肃	11.3(9.5 ~ 13.1)	-7.7(-12.2 ~ -2.1)	89.9(72.8 ~ 108.8)	-29.0(-36.6 ~ -19.5)
青海	10.1(8.6 ~ 11.8)	-7.5(-11.7 ~ -2.5)	109.9(87.9 ~ 132.2)	-24.9(-33.8 ~ -15.7)
宁夏	11.0(9.7 ~ 12.3)	-4.8(-8.3 ~ -1.2)	90.3(75.5 ~ 106.1)	-21.9(-31.3 ~ -10.4)
新疆	12.5(10.9 ~ 14.0)	-2.8(-7.8 ~ 3.5)	120.1(100.5 ~ 141.0)	-23.7(-32.5 ~ -13.8)
香港地区	7.9(6.1 ~ 9.6)	-12.9(-16.5 ~ -8.8)	30.9(23.9 ~ 37.8)	-25.7(-33.4 ~ -17.2)
澳门地区	8.5(6.9 ~ 10.3)	-16.3(-19.6 ~ -13.4)	36.2(28.2 ~ 44.6)	-30.9(-38.7 ~ -22.1)
合计	11.1(9.7 ~ 12.7)	-6.8(-9.9 ~ -3.1)	79.8(69.4 ~ 91.1)	-26.5(-29.5 ~ -23.3)

注: 不包括中国台湾地区资料; PAF为人群归因分值; 括号内数值为95%不确定性区间

道感染死亡率已大幅下降,心脑血管疾病等慢性病成为影响人群健康的主要疾病,室外空气污染导致的死亡主要体现在慢性病。

不同省份间的室外空气污染疾病负担存在差异,这主要与各地室外空气污染水平和相关疾病死亡水平有关。通过PAF可以看出各地室外空气污染暴露上的差异,京津冀地区、东北三省以及山东、河南和新疆等地的PAF较高,反映了较高的空气污染水平;从年龄标化归因死亡率来看,新疆、青海等西部地区,以及河南、黑龙江、安徽等地相对较高,而北京的年龄标化归因死亡率相对较低,这是因为北京虽然空气污染水平较高,但是其心脑血管疾病和COPD等疾病的死亡率相对较低^[12],因此,尽管北京的PAF较高,但归因疾病负担并非处于较高水平。

虽然2016年室外空气污染导致的疾病负担巨大,但是与2006年相比有所下降。原因主要有两个方面,一方面是室外空气污染状况改善,大约一半的省份室外空气污染归因分值有所下降。中国政府近年来加大空气污染治理力度,2012年发布新的《环境空气质量标准》,把PM_{2.5}列入空气污染监测和治理范围,之后发布了《节能减排“十二五”规划》、《大气污染防治行动计划》,2015年8月修订通过《中华人民共和国大气污染防治法》,并对污染最重的京津冀地区采取了重点干预措施,从环保部发布的信息来看,全国环境空气质量总体上有所改善,但是北方地区冬季污染依然较重(特别是进入采暖期后)^[13];另一方面,医疗状况的改善和进步减少了相关疾病的死亡,中国COPD年龄标化死亡率与2006年相比下降了40.2%、脑卒中下降了27.0%^[14]。分地区看,东北三省的空气污染问题值得关注,这3个省份的室外空气污染PAF较高,并且吉林和黑龙江两省的归因分值与2006年相比有所上升,同时,这3个省份的年龄标化归因死亡率也较高,下降幅度相对较低,提示东北三省可能在空气污染治理与卫生服务等方面与其他地区存在差距,需进一步关注。本研究充分利用现有各类数据,通过适宜的模型进行估计,可以保证不同地区、不同年份之间研究结果的可比性,对于评价不同地区不同人群由于空气污染造成的健康危害,制定有针对性的政策具有重要的意义。

本研究存在局限性。如空气污染数据的收集,在夜晚或者多云天气里,无法通过卫星观察来收集数据,而一些地区的地面监测点数量又十分有限,导致模型估计数据的不确定区间较大,未来需要各地加强空气污染的监测,提高数据的准确度,并建立中

国的疾病负担研究体系。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] The United States EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for particulate matter (Final Report, Dec 2009) [R/OL]. EPA/600/R-08/139F. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. (2009-12-15) [2018-05-07]. <https://www.epa.gov/isa>.
- [2] The United States EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for sulfur oxides-health criteria (Final) [R/OL]. EPA/600/R-17/451. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. (2017-12-14) [2018-05-07]. <https://www.epa.gov/isa>.
- [3] Romieu I, Samet JM, Smith KR, et al. Outdoor air pollution and acute respiratory infections among children in developing countries[J]. *J Occup Environ Med*, 2002, 44(7): 640-649.
- [4] Huang YT, Al-Hegelan M. Adverse effects of outdoor air pollution[J]. *Clin Pulm Med*, 2012, 19(1): 14-20. DOI: 10.1097/CPM.0b013e318240524b.
- [5] Liu Q, Xu C, Ji GX, et al. Effect of exposure to ambient PM_{2.5} pollution on the risk of respiratory tract diseases: a Meta-analysis of cohort studies[J]. *J Biomed Res*, 2017, 31(2): 130-142. DOI: 10.7555/JBR.31.20160071.
- [6] GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10100): 1345-1422. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8.
- [7] Chen Z, Wang JN, Ma GX, et al. China tackles the health effects of air pollution[J]. *Lancet*, 2013, 382(9909): 1959-1960. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)62064-4.
- [8] Shaddick G, Thomas ML, Jobling A, et al. Data integration model for air quality: a hierarchical approach to the global estimation of exposures to ambient air pollution[J]. *J Royal Stat Soc Ser C*, 2018, 67(1): 231-253. DOI: 10.1111/rssc.12227.
- [9] GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 [J]. *Lancet*, 2016, 388 (10053): 1659-1724. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31679-8.
- [10] GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2017, 390(10100): 1151-1210. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32152-9.
- [11] Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD compare data visualization [EB/OL]. Seattle, WA: IHME, University of Washington. (2016) [2018-06-04]. <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
- [12] Zhou MG, Wang HD, Zhu J, et al. Cause-specific mortality for 240 causes in China during 1990-2013: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. *Lancet*, 2016, 387(10015): 251-272. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00551-6.
- [13] 环境保护部. 2016年全国空气质量状况[EB/OL]. (2017-01-23) [2018-06-01]. http://www.mep.gov.cn/xxgk/hjyw/201701/t20170123_395142.shtml. The Ministry of Environmental Protection. National air quality status in 2016 [EB/OL]. (2017-01-23) [2018-06-01]. http://www.mep.gov.cn/xxgk/hjyw/201701/t20170123_395142.shtml.
- [14] Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2016 (GBD 2016) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) [EB/OL]. (2017) [2018-06-04]. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.

(收稿日期:2018-06-07)

(本文编辑:万玉立)