· 流行病学研究 ·

基于不同政策场景下上海市空气污染治理政策健康效益分析*

石晶金[1], 陈仁杰[1], 阚海东[1], 赵卓慧, 袁东[2]

摘　要: 目的　定量评价 2001—2007 年上海市空气污染治理政策的健康经济效益。**方法**　运用 MARKAL 优化模型模拟 2001—2007 年各政策场景下细颗粒物 PM_{10} 的排放情况; 根据暴露 - 反应关系估算归因于 PM_{10} 污染的居民死亡及发病数; 结合单位健康效应的经济价值, 计算相应的经济损失。**结果**　2001—2007 年上海市实施大气污染物排放控制措施, 相比 2000 年颗粒物年均值下降 20.5 μg/m^3, 避免了 8 817 例居民死亡, 减少了 1.59 万例慢性支气管炎, 44.62 万例急性支气管炎, 2.50 万哮喘发作病例, 6 225 例住院病例, 28.75 万次内科门诊和 3.03 万次儿科门诊, 健康经济收益为 17.47 亿美元 ~ 31.83 亿美元。**结论**　上海市施行的一系列环境治理措施尤其是控制大气污染排放和调整能源结构, 可以有效降低空气污染水平, 改善城市居民的健康状况, 带来可观的健康经济收益。

关键词: 空气污染; 政策; 健康效益; 经济学评价

中图分类号: R 122.7　**文献标志码**: A　**文章编号**: 1001-0580(2017)06-0883-06　DOI: 10.11847/zgggws2017-33-06-06

Health benefit assessment for air pollution control strategy under different policy scenarios in Shanghai

SHI Jing-jin*, CHEN Ren-jie, KAN Hai-dong, et al (*Key Laboratory of Public Health Safety, Ministry of Education, Department of Environmental Health, School of Public Health, Fudan University, Shanghai* 200032, China)

Abstract: Objective　To quantitatively assess the economic health benefit of implementing air pollution control policies in Shanghai between 2001 and 2007. **Methods**　A market allocation (MARKAL) optimization model was used to simulate emission concentrations of particulate particles less than 10 microns in aerodynamic diameter (PM_{10}) under different policy scenarios between 2001 - 2007. Exposure-response functions were also used to calculate the number of cases and mortality related to particulate air pollution. Corresponding economic benefits were estimated based on unit values of the health outcomes. **Results**　With the implementation of air pollution control policies, PM_{10} concentration was decreased by 20.5 μg/m^3 during 2001 - 2007 compared with that in 2000; the estimated health effects associated with the reduction of PM_{10} are the avoidances of 8 817 mortalities, 15 900 chronic and 446 200 acute bronchitis incidences, 25 000 asthma attacks, 6 225 hospitalizations, 287 500 internal medicine outpatient visits, and 30 300 pediatric outpatient visits among residents of Shanghai. The estimated total economic health benefit is 17.47 - 31.83 billions US dollars. **Conclusion**　The implementation of air pollution control policies decreased air pollutants levels effectively and improved health status of residents in urban Shanghai, with a substantial economic benefit.

Key words: air pollution; policy; health benefit; economic evaluation

颗粒物作为中国城市大气环境的首要污染物, 危害严重[1]。上海作为中国特大国际化城市, 面临石油型与煤烟型并重的复合型空气污染, 颗粒物浓度年均值为 50 ~ 59 μg/m^3, 超过国际卫生组织年平均值标准 15 μg/m^3 的 3 ~ 4 倍。自 2001 年起上海市正式实施《中华人民共和国大气污染防治法》[2], 该年也是上海市实施环境保护和建设三年行动计划的关键一年。上海市政府积极推进煤烟型污染控制、二氧化硫总量控制、机动车污染控制、扬尘污染控制等多项工作, 并加大环保投入。2001—2007 年期间上海地区总体空气质量状况有所好转, 发生轻度及以上等级的空气污染天数由 90 天降至 50 天以下, 自 2005 年以来, 空气污染虽呈降低趋势但已基本稳定在同一水平[3-4]。上海市环境空气质量并未随着经济的高速发展和能源消耗量的大幅增加而恶化。本研究以 2000 年作为政策评估的基线年, 运用模型模拟了在不同政策场景下 2001 年 1 月—2007 年 12 月上海市大气污染物 PM_{10} 的质量浓度, 并将污染水平降低所带来的健康收益进行货币化分析。定量评价大气污染治理政策对人群健康的影响, 为政府政策的制定及执行提供经济学参考。现将结果报告如下。

1　材料与方法

1.1　人群暴露水平分析及场景设置(表 1)　为估计不同环境治理政策对大气质量的影响, 运用市场

* **基金项目**: 上海市卫生计生委科研项目(2010Y041)

作者单位: 1. 复旦大学公共卫生学院环境卫生教研室 公共卫生安全教育部重点实验室, 上海 200433; 2. 上海市疾病预防控制中心合作交流培训处

作者简介: 石晶金(1991 -), 女, 江苏人, 硕士在读, 研究方向: 环境流行病研究。

通讯作者: 袁东, E-mail: yuandong@scdc.sh.cn; 赵卓慧, E-mail: zhzhao@fudan.edu.cn

数字出版日期: 2017 - 5 - 3 9:17

数字出版网址: http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20170503.0917.004.html

分配模型(market allocation, MARKAL)[5-6]模拟各政策场景下大气污染物的排放情况。根据长距离传输和沉积模型(atmospheric trajectory model, ATMOS)[7]提供的单位源强浓度分布矩阵,以及 MARKAL 模型输出的多方案能源政策和排放场景,计算上海市现在和未来不同能源场景下的 PM_{10} 浓度[8],其中,政策场景大致分为以下四类:(1)基本场景(business as usual, BAU)。即其他条件维持 2000 年的水平保持不变,仅考虑 GDP 在 2000—2005 年间年均增长 9% ~11%,并且以后每隔 5 年 GDP 在此基础上每年下降 0.5% ~1%。(2)能源选择场景包括能源效率提高场景(energy efficiency improvement, EFF)和扩大天然气终端使用场景(expanding natural gas use for final sectors, GAS)。前者假定煤炭使用效率每年提高 5% ~10%,后者假定随着西气东输工程的开展,到 2005 年 35% 的终端煤消耗部门改用天然气作为能源,2035 年这一比例达到 90%。(3)二氧化硫(sulfur dioxide, SO_2)和二氧化氮(nitrogen dioxide, NO_X)的排放控制场景。假定到 2020 年,SO_2 和 NO_X 的年排放量将分别低于 400 和 325 千吨每年。(4)碳排放控制场景。在 SO_2 和 NO_X 排放场景的基础上,假定每排放 1 吨 CO_2 各施加 200 元人民币的碳税。

表 1　各排放场景的基本要素

场景	经济增长	能效提高	煤使用最大化	电力进口	天然气可及性	SO_2 排放控制	NOx 排放控制	PM_{10} 排放控制	CO_2 税
BAU	√								
EFF	√	√							
GAS	√	√	√	√	√				
SO_2	√	√	√	√	√	√			
NOx	√	√	√	√	√	√	√		
CO_2 税	√	√	√	√	√	√	√	√	√

1.2　健康效应终点选择　由于各气态物之间存在着密切的相关性和多重共线性,因而在评价空气污染健康效应时,往往挑选一种与健康关系最密切的污染物作为大气污染的指示物,如可吸入颗粒物 PM_{10}。本研究纳入的健康终点为死亡、慢性支气管炎、心血管疾病和呼吸系统疾病住院、门诊人数(内科、儿科)、急性支气管炎,哮喘发作等。

1.3　暴露-反应关系(表 2)　暴露-反应关系是指大气污染物浓度与人群健康效应终点的变化关系。国际上通常基于流行病学研究结果,对大气污染造成的健康影响进行定量评估[9]。一定暴露水平下,大气污染所导致的人群健康效应可计算如下:

$$E = \exp(\beta \times C - C_0) \times E_0 \quad (1)$$

其中,C 和 C_0 分别为 PM_{10} 的实际浓度和阈浓度;E 和 E_0 分别为对应于 C 和 C_0 的某健康终点发生数;β 是 PM_{10} 与该健康终点的暴露反应关系系数。

暴露反应关系系数,均来自 PM_{10} 与各健康结局的流行病学文献。死亡作为空气污染最主要的效应终点,我国相关研究仍属空白[10],大部分空气污染的长期队列研究多集中在欧美国家,因此选用国际权威文献研究结果,若有数篇文献加以阐述,则进行 meta 分析,对暴露反应系数进行合并[11-12],若选取的国外研究是基于 $PM_{2.5}$ 的结果,需按照 $PM_{10}/PM_{2.5} = 0.65$[13],转换成 PM_{10} 的暴露反应关系。除"死亡"之外其他健康终点的暴露反应关系均来自于国内研究。从上海市环境保护局收集 2000—2007 年全市 PM_{10}, SO_2, NO_2 的日平均浓度,若缺乏上海市居民在 2000 年各项健康终点的基线发生率,则以全国水平和其他省市的数据作为替代。

表 2　各健康终点的 PM_{10} 暴露-反应关系系数及其单位经济学价值

健康终点	暴露-反应关系系数		均值(美元)	方法
	均数	95% *CI*		
死亡 1	0.004 3	0.002 6 ~ 0.006 1[14-15]	187 600	WTP
死亡 2[a]	0.005 3	0.001 9 ~ 0.007 4[16]	187 600	WTP
死亡 3[a]	0.004 5	0.003 8 ~ 0.005 6[17]	187 600	WTP
慢性支气管炎	0.004 5	0.001 3 ~ 0.007 7[18-19]	10 460	WTP
呼吸系统疾病住院	0.001 3	0.000 1 ~ 0.002 5[20-22]	710	COI
心血管疾病住院	0.001 3	0.000 7 ~ 0.001 9[20,22]	1 043	COI
内科门诊	0.000 3	0.000 2 ~ 0.000 5[23]	14	COI
儿科门诊	0.000 4	0.000 1 ~ 0.000 6[23]	14	COI
急性支气管炎	0.005 5	0.001 9 ~ 0.009 1[18]	11	WTP
哮喘发作	0.003 9	0.001 9 ~ 0.005 9[24-26]	8	WTP

注:死亡作为健康终点时,由于地域、社会经济状况、医疗条件等方面存在差异性,故增加了两个国外队列研究的结果(死亡 2,死亡 3)进行敏感性分析。

中国公共卫生 CPH

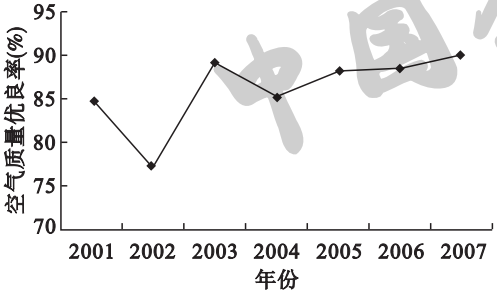
1.4　经济收益分析　目前国际上主要采用的评价方法包括支付意愿法(willingness to pay, WTP)[27]、人力资本法(human capital approach, HCA)[28]或疾病成本法(cost of illness, COI)[29]。本研究采用支付意愿法,若无相应的 WTP 研究,则根据疾病成本法(cost of illness, COI)进行测算。不同发病终点的单位经济价值,由于我国目前尚无相应的支付意愿的研究结果,参照美国环保署的研究结果,并结合上海市实际加以适当转换。以住院和门诊为例,由于这 2 个疾病终点目前国内外尚无相应的支付意愿估计值,故对其的经济评价采用疾病成本法。

2　结　果

2.1　2000—2007 年上海市大气污染实际浓度水平(表 3、图 1)　在 2000—2007 期间,上海市主要大气污染物(PM_{10}、SO_2、NO_2)均有不同程度的下降,总体空气质量优良率逐步提高,其中从 2005 年开始,优良率基本保持平稳。以 PM_{10} 为例,2000—2007 年间浓度下降了 13 μg/m^3。

表 3　2000—2007 年上海市 PM_{10}、SO_2、NO_2 的年平均水平(μg/m^3)

污染物	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM_{10}	101	100	108	97	99	88	86	88
SO_2	45	43	36	43	54	61	51	55
NO_2	63	62	58	57	62	61	56	55



注:空气质量优良率是指全年空气污染指数(API)达到二级和优于二级的天数占全年天数的百分比。空气污染指数的分级标准为:一级,API 小于 50,空气质量优;二级,API 51 ~ 100,空气质量良好;三级,API 101 ~ 150 为轻微污染;API 151 ~ 200 为轻度污染;四级,API 201 ~ 300,为中度污染;五级,API 大于 300,为重污染。

图 1　2000—2007 年上海市空气质量优良率年际变化趋势

2.2　各排放场景下模拟的 PM_{10} 浓度水平(表 4)　以 2000 年为基准,本研究模拟了各排放场景下 PM_{10} 年均污染水平。在各政策场景下,模拟的污染物浓度水平均明显高于真实值。与不额外增加任何环保措施的 BAU 场景相比,上海市 2000—2007 年期间采取的一系列措施使 2007 年的 PM_{10} 由 108.5 μg/m^3 降低到88.0 μg/m^3,降低了 20.5 μg/m^3。

表 4　2001—2007 年上海市各排放场景下模拟的 PM_{10} 水平

场景	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
BAU	101.2	102.4	103.6	104.9	106.1	107.3	108.5
EFF	101.0	102.0	103.0	104.1	105.1	106.1	107.1
GAS	100.3	100.7	101.0	101.3	101.6	102.0	102.3
SO_2 总量控制	100.2	100.5	100.7	101.0	101.2	101.5	101.7
NO_X 总量控制	99.8	99.7	99.5	99.3	99.1	98.9	98.8
增收 CO_2 排放税	99.5	99.1	98.6	98.2	97.7	97.2	96.8

2.3　健康经济效益分析(表 5、6)　将实际 PM_{10} 水平所算得的健康效应与各场景下模拟的 PM_{10} 水平所算得的健康效应比较,则为该政策场景的健康效益[30]。根据公式(1)估算 2001—2007 年各场景归因于 PM_{10} 水平下降所带来的健康收益,见表 5。假定 BAU 场景模拟的与实际的 PM_{10} 水平差值为上海一系列环保措施的总效应,2007 年的差值 20.5 μg/m^3 可解释为避免 8817 例居民死亡,1.59 万例慢性支气管炎,44.62 万例急性支气管炎,2.50 万例哮喘发作,6225 例居民住院、28.75 万次内科门诊和 3.03 万次儿科门诊。通过对死亡为健康终点的敏感性分析发现,使用国外其他权威队列研究的暴露反应关系系数并不能明显改变其对健康效益的结果。将各健康终点的单位经济价值和表 5 所计算的健康收益例数相乘,即为货币化的经济收益,见表 6。结果表明,2007 年上海市城区大气颗粒物污染健康危害造成的经济损失为 7.47 亿美元 ~ 31.83 亿美元,约合人民币 131.03 亿元 ~ 238.73 亿元,占上海全市当年 GDP 的 1.1% ~ 2.0%。其中,由死亡引起的经济损失最大,占总数的 93.04%;另外,慢性支气管炎对经济损失总额的贡献也较大。

为进一步分析各项政策对环境与健康的影响,我们将各政策场景的基本参数进行了简单合并,归为以下三类:能源结构调整,能源效率提高和大气污染排放控制。GAS 场景和 EFF 场景下的效益差值即可归结为能源结构调整,EFF 和 BAU 场景的差值即可归结为能源效率提高,CO_2 税和 BAU 场景的差值即可归结为大气污染排放控制。到 2007 年,这三类措施各降低了 PM_{10} 浓度 5、1 和6 μg/m^3,分别避免死亡 2 143、423 和 2 190 例。由此可见,大气污染排放控制政策能产生最大幅度的健康收益,其次是能源结构的调整。

中国公共卫生 CPH

表 5　2007 年上海市各环保政策场景与实际情况相比获得的健康收益(例数)

健康终点	实际情况	△BAU	△EFF	△GAS	△SO_2	△NO_2	△CO_2 税
死亡 1	28 827	8 817	8 394	6 251	6 251	4 943	4 062
死亡 2	34 330	10 762	10 250	7 652	7 652	6 060	4 984
死亡 3	29 960	9 209	8 768	6 533	6 533	5 168	4 247
慢性支气管炎	51 609	15 903	15 142	11 285	11 285	8 928	7 338
呼吸系统疾病住院	14 614	4143	3 938	2 911	2 911	2 292	1 878
心血管疾病住院	7 413	2 082	1 979	1 462	1 462	1 150	942
内科门诊	1 040 286	287 583	273 250	201 513	201 513	158412	129 654
儿科门诊	109 611	30 341	28 830	21 264	21 264	16 717	13 683
急性支气管炎	1 448 030	446 211	424 861	316 631	316 631	250 487	205 882
哮喘发作	79 276	25 021	23 836	17 813	17 813	14 115	11 615

注:△BAU 表示 BAU 场景与实际情况的差值,以此类推。

表 6　2007 年上海市各环保政策场景与实际情况相比获得的健康经济收益(每百万美元)

健康终点	实际情况	△BAU	△EFF	△GAS	△SO_2	△NO_2	△CO_2 税
死亡 1	5 281.2	1 654.2	1 574.8	1 172.8	1 172.8	927.4	761.9
死亡 2	6 440.3	2 019.0	1 922.9	1 435.5	1 435.5	1 136.9	935.0
死亡 3	5 620.5	1 727.6	1 644.9	1 225.6	1 225.6	969.5	796.7
慢性支气管炎	527.3	166.4	158.4	118.0	118.0	93.4	76.8
呼吸系统疾病住院	10.1	2.9	2.8	2.1	2.1	1.6	1.3
心血管疾病住院	7.5	2.2	2.1	1.5	1.5	1.2	1.0
内科门诊	14.2	4.0	3.8	107	2.8	2.2	1.8
儿科门诊	1.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2
急性支气管炎	15.4	4.6	4.6	3.5	3.5	2.7	2.2
哮喘发作	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

注:△BAU 表示 BAU 场景与实际情况的差值,以此类推。

中国公共卫生 CPH

3　讨　论

本文定量评价了上海市实施空气污染治理政策的一系列措施后,因大气环境质量改善而获得的居民健康效益,在模拟基本场景、能源效率提高场景、扩大天然气终端使用场景、SO_2 和 NO_X 排放控制场景、碳排放控制场景六种政策场景下,定量评估大气细颗粒物浓度变化对上海市居民未来健康状况的影响以及相应的健康经济收益。一系列空气污染治理政策的实施有效避免了 8 817 例居民死亡,减少了 1.59 万例慢性支气管炎,44.62 万例急性支气管炎,2.50 万哮喘发作病例,6 225 例住院病例,28.75 万次内科门诊和 3.03 万次儿科门诊,健康经济收益为 17.47 亿美元 ~ 31.83 亿美元。从不同的健康终点来看,尽管 2000—2007 年上海市减少的急性支气管炎发病人数远高于慢性支气管炎发病人数,减少的门诊人数也远高于住院人数,但由于健康终点单位经济损失的差异,慢性支气管炎的健康经济效益远大于急性支气管炎,住院远大于门诊。此结果与我国京津冀地区的研究结果一致[31]。从不同政策来看,控制大气污染排放和调整能源结构能产生较大的健康收益,主要为避免死亡和减少慢性支气管炎所带来的效益,两者占总效益的 95% 以上。

大气颗粒物作为城市大气的主要污染物,已证实与一系列健康效应终点的改变有关[32-33]。我国的一项研究表明,PM_{10} 浓度每增加 10 μg/m^3,肺癌死亡率平均增加 3.4% ~ 6.0%[10]。美国癌症协会癌症预防研究(American Cancer Society's Cancer Prevention Study, ACS CPS-II)发现,$PM_{2.5}$ 浓度每增加 10 μg/m^3,肺癌死亡率平均增加 15% ~ 27%[34]。英国两项队列研究表明,PM_{25} 浓度每增加 10 μg/m^3,心血管疾病发生的风险比(hazard ratio, HR)平均增加 1.3(95% *CI* = 0.39 ~ 4.34);PM_{10} 浓度每增加 10 μg/m^3,HR 平均增加 1.16(95% *CI* = 0.7 ~ 1.92)[35]。一项加拿大的研究表明,PM_{25} 浓度每增加 10 μg/m^3,循环系统疾病发生的风险比平均增加 1.19(95% *CI* = 1.07 ~ 1.31),呼吸系统死亡率

的 HR 平均增加 1.52(95% *CI* = 1.26 ~ 1.84)[36]。空气污染的暴露反应关系是非线性的,由于欧美国家空气质量优于我国,目前国内暴露 - 反应系数的研究结果往往较低,例如 Lave[37] 估计的居民每日死亡数与大气污染的关系比徐希平[38] 的研究结果高 1 ~ 2 倍。因此考虑到估计中的不确定性和多种气态污染物的影响,建议取保守的低线值[39]。越来越多的学者开始以健康为基础的成本 - 效益分析方法评估治理空气污染的政策,将空气污染对人类健康的影响量化为货币价值,同时考虑时间和空间收益的变化、减少排放的成本支出等大量不确定因素,以健康作为最终价值导向得出经济效益评估结果[40]。

本研究仍存在不足之处。(1)目前国内尚未报道过空气污染相关的长期研究结果,资料来源有限,故本研究中部分暴露 - 反应关系系数取自于欧美国家的研究成果,存在不确定性。(2)本研究主要选取的是可定量评价和经济分析的健康效应终点,某些亚临床症状如肺功能等,尽管流行病学研究已证实其与大气颗粒物暴露的关系,却并未进入本次评价,可能导致健康效应的低估。(3)部分健康效应终点由于支付意愿的资料不可得,只能采用疾病成本的方法。但这两种方法并不是毫无联系的,二者相互交织,相互补充[41]。

综上所述,上海市通过执行一系列空气污染治理政策,有效控制和降低了颗粒物浓度,对上海市居民健康整体水平带来较大改善,进而减少了相应的经济损失。

参考文献

[1] 李宁,张本延,彭晓武. 大气污染与儿科呼吸系统疾病住院人数关系[J]. 中国公共卫生, 2009,25(12):1504 - 1505.

[2] 陆福宽. 上海市人民代表大会城市建设环境保护委员会关于《上海市实施〈中华人民共和国大气污染防治法〉办法(草案)》的审议意见报告—2001 年 4 月 16 日在上海市第十一届人民代表大会常务委员会第二十七次会议[C]. 2001.

[3] 张国琏,甄新蓉. 2007 年上海地区空气质量综述[J]. 大气科学研究与应用, 2009,1:38 - 45.

[4] 上海统计局. 2007 年上海市国民经济和社会发展统计公报[R]. 上海:上海统计局,2008.

[5] Charlson RJ, Schwartz SE, Hales JM, et al. Climate forcing by anthropogenic aerosols[J]. Science, 1992, 255(5043):423 - 430.

[6] 陈长虹,科林·格林,吴昌华. MARKAL 模型在上海市能源结构调整与大气污染物排放中的应用[J]. 上海环境科学, 2002,9:515 - 519.

[7] Arndt RL, Streets DG, Bhatti N, et al. Sulfur dioxide emissions and sectorial contributions to sulfur deposition in Asia[J]. Atmospheric Environment, 1997, 31(10):1553 - 1572.

[8] 阚海东. 上海市能源方案选择与大气污染的健康危险度评价及其经济分析[D]. 上海:复旦大学,2003.

[9] Environment Protection Agency, United States. The final report to congress on benefits and costs of the clean air act, 1990 - 2010[R]. 2012.

[10] Chen X, Zhang LW, Huang JJ, et al. Long-term exposure to urban air pollution and lung cancer mortality: a 12-year cohort study in Northern China[J]. Science of the Total Environment, 2016, 571:855 - 861.

[11] 钱孝琳,阚海东,宋伟民,等. 大气细颗粒物污染与居民每日死亡关系的 Meta 分析[J]. 环境与健康杂志, 2005,4:246 - 248.

[12] 谢鹏,刘晓云,刘兆荣,等. 我国人群大气颗粒物污染暴露 - 反应关系的研究[J]. 中国环境科学,2009,10:1034 - 1040.

[13] 陈仁杰,陈秉衡,阚海东. 我国 113 个城市大气颗粒物污染的健康经济学评价[J]. 中国环境科学, 2010,3:410 - 415.

[14] Dockery DW, Rd PC, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U. S. cities[J]. New England Journal of Medicine, 1993, 329(24):1753 - 1759.

[15] Rd PC, Thun MJ, Namboodiri MM, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U. S. adults [J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1995, 151(3 Pt 1):669 - 674.

[16] Cakmak S, Hebbern C, Vanos J, et al. Ozone exposure and cardiovascular-related mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CANCHEC) by spatial synoptic classification zone[J]. Environmental Pollution, 2016, 214:589 - 599.

[17] Turner MC, Jerrett M, Pope CA 3rd, et al. Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2016, 193(10):1134 - 1142.

[18] 井立滨,秦怡,徐肇翊,等. 本溪市大气污染与急慢性呼吸系统疾病的关系[J]. 环境与健康杂志, 2000,17(5):268 - 270.

[19] 马洪宝,洪传洁. 大气颗粒物污染对慢性呼吸道疾病的影响[J]. 中国公共卫生学报,1992(4):229 - 232.

[20] Wordley J. Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. [J]. Occupational and Environmental Medicine, 1997, 54(2):108 - 116.

[21] Zmirou D, Schwarts J, Saez M, et al. Time-series analysis of air pollution and cause-specific mortality[J]. Epidemiology, 1998, 9(5):495 - 503.

[22] Prescott GJ, Cohen GR, Elton RA, et al. Urban air pollution and cardiopulmonary ill health: a 14.5 year time series study[J]. Occupational and Environmental Medicine, 1998, 55(10):697 - 704.

[23] Dx XM, Dockery DW, Christiani DC, et al. Association of air pollution with hospital outpatient visits in Beijing[J]. Arch Environ Health, 1995, 50(3):214 - 220.

[24] Dusseldorp A, Kruize H, Brunekeef B, et al. Associations of PM_{10} and airborne iron with respiratory health of adults living near a steel factory[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1995, 152(6 Pt 1):1932 - 1939.

[25] Hiltermann TJ, Stolk J, Sc VDZ, et al. Asthma severity and susceptibility to air pollution[J]. European Respiratory Journal, 1998, 11(3):686 - 693.

[26] Neukirch F, Ségala C, Le MY, et al. Short-term effects of low-level winter pollution on respiratory health of asthmatic adults[J]. Archives of Environmental Health An International Journal, 1998, 53(5):320 - 328.

[27] 徐肇翊. 健康损失评价新课题 - 定量化和货币化[J]. 环境与健康杂志,2002,19(1):6 - 7.

[28] 徐肇翊,金福杰. 辽宁城市大气污染造成的居民健康损失及其货币化估计[J]. 环境与健康杂志, 2003,20(2):67 - 71.

[29] 赵越. 大气污染对城市居民的健康效应及经济损失研究[D]. 北京:中国地质大学,2007.

[30] 阚海东. 上海市能源方案选择与大气污染的健康危险度评价及其经济分析[D]. 上海:复旦大学,2003.

[31] 黄德生,张世秋. 京津冀地区控制 PM_(2.5)污染的健康效益评估[J]. 中国环境科学, 2013,33(01):166 - 174.

[32] 宋宏,余德新. 环境空气污染与人群健康[J]. 中国公共卫生, 1997,13(4):245 - 246.
[33] 王燕侠,牛静萍,丁国武,等. 空气污染对中小学生呼吸系统健康状况影响[J]. 中国公共卫生, 2007,23(6):666 - 668.
[34] Turner MC, Krewskid D, Chen Y, et al. Long-term ambient fine particulate matter air pollution and lung cancer in a large cohort of never-smokers[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2011,184(12):1374 - 1381.
[35] Dehbi HM, Blangiardo M, Gulliver J, et al. Air pollution and cardiovascular mortality with over 25 years follow-up: a combined analysis of two British cohorts[J]. Environment International, 2017,99:275 - 281.
[36] Pinailt L, Tjeojema M, Crouse DL. Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian community health survey cohort[J]. Environmental Health, 2016,15(1):1 - 15.
[37] Lave LB, Seskin EP. Air pollution and human health[M]. Published for Resources for the Future by the Johns Hopkins University Press, 1977:723 - 733.
[38] 董景五,徐希平,陈育德,等. 1990 ~ 1991 年北京市城区大气污染与每日居民死亡关系的研究[J]. 卫生研究, 1995,4:212 - 214.
[39] 靳乐山. 2000 年北京大气中 SO_2 浓度削减 50% 的健康效益 - 人力资本法实例研究[J]. 中国环境科学, 1998,18(3):280 - 283.
[40] 王诺,程蒙,臧春鑫,等. 成本 - 效果分析/成本 - 效益分析方法在雾霾治理研究中的应用[J]. 中国人口 · 资源与环境, 2015,S2:85 - 88.
[41] 阚海东,陈秉衡,汪宏. 上海市城区大气颗粒物污染对居民健康危害的经济学评价[J]. 中国卫生经济, 2004,2:8 - 11.

收稿日期: 2016-12-07 (张翠编校)

· 流行病学研究 ·

湖南省居民健康素养状况及其中介效应分析

李哲成[1],刘四云[2],胡明[2],常艳[2],粘惠瑜[2],邵凯[2],冉昱[2]

摘 要:目的 了解居民健康素养水平及其影响因素,并探究基本知识和理念、健康生活方式与行为之间健康技能的中介效应,为居民健康素养水平的提高提供理论依据。**方法** 2012 年 10—12 月,采用概率抽样的方法抽取湖南省 12 个区(县)36 个街道(乡镇)72 个居委会(村)的 3475 名 15 ~ 69 岁居民作为研究对象进行现场问卷调查,研究对象的健康素养水平比较采用 χ^2 检验,居民健康素养的影响因素分析采用 logistic 回归分析,中介效应分析选取 Bootstrap 检验。**结果** 共获得有效问卷 3475 份,459 人(13.2%)具有基本健康素养,具备健康素养基本知识和理念、健康生活方式与行为、健康技能者的比例分别为 18.6%、15.0% 和 14.2%;logistic 回归分析显示,文化程度、民族、职业及收入是居民健康素养水平的影响因素($P < 0.05$),随着文化程度的升高,健康素养升高($OR = 1.447$, 95% $CI = 1.259 \sim 1.664$),医务人员健康素养水平高于农民($OR = 8.556$, 95% $CI = 4.676 \sim 15.658$);基本知识和理念与健康技能、基本知识和理念跟健康生活方式与行为、健康技能和健康生活方式与行为之间均呈现出强关联性($r = 0.821$、0.821、0.836, $P < 0.01$);健康技能的中介效应为 0.136(95% $CI = 0.119 \sim 0.154$),基本知识和理念对健康生活方式与行为的总效应为 0.497,中介效应占总效应的比例 27.4%。**结论** 湖南省居民健康素养水平高于全国平均水平,但仍需提高,应重视健康技能的中介效应,加强对农民的健康教育,建立健全健康素养监测体系,全面提高居民健康素养水平。

关键词: 居民;健康素养;影响因素;中介效应
中图分类号: R 16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0580(2017)06-0888-06 DOI: 10.11847/zgggws2017-33-06-07

Health literacy and its mediating effect on health behaviors among residents in Hunan province

LI Zhe-cheng*, LIU Si-yun, HU Ming, et al (* *XiangYa Medical School, Central South University, Changsha, Hunan Province* 410013, China)

Abstract: Objective To examine the level and influence factors of health literacy and to explore the mediating effect of health knowledge and attitude on healthy lifestyle and behaviors among residents, and to provide theoretical bases for improving health literacy of residents. **Methods** With probability sampling, a questionnaire survey was carried out among 3 475 residents aged 15 - 64 years selected from 72 villages or cummunities in 12 counties or districits of Hunan province during October to December 2012. The diffenrence in health literacy was ananlyzed using Chi-square test; influencing factors of health literary were explored with logistic regression and mediating effect of health literacy on health life style and behaviors was evaluated with bootstrap test. **Results** Of all the participants, 459 (13.2%) reported having basic health literacy; 18.6%, 15.0%, and 14.2% reported havig basic health knowledge and concept, healthy lifestyle and be-

作者单位: 1. 中南大学湘雅医学院,湖南 长沙 410013; 2. 中南大学湘雅公共卫生学院流行病与卫生统计学系
作者简介: 李哲成(1995 -),男,湖南长沙人,本科,研究方向:健康评价。(刘四云为本文并列第一作者)
通讯作者: 胡明,E-mail: huming0129@126.com
数字出版日期: 2017 - 3 - 14 10:12
数字出版网址: http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20170314.1012.004.html