



空气污染的健康成本研究

Evaluating Social Health Costs of Air Pollution

北京大学国家发展研究院

2020年9月

National School of Development, Peking University

September, 2020

空气污染的健康成本研究

项目总结报告

北京大学国家发展研究院 环境与能源经济学研究中心

伴随我国高速的经济增长，环境污染问题，尤其是空气污染问题越来越突出，这可能对我国居民的健康状况产生严重的负面影响。大量基于发达国家背景的研究发现空气污染对于人类健康产生破坏性影响，但发展中国家的研究相对缺乏。由于以中国为代表的发展中国家污染情况更为严重，环境恶化速度更快，医疗健康和防护体系也不够完备，空气污染带来的影响可能比发达国家更为严重。可靠地评价空气污染带来的社会健康成本，是相关政策制定和评估的重要基础。

现有的利用中国数据的研究已发现空气污染与健康之间存在显著的负相关关系，但是识别这个相关关系是否为因果关系的研究相对较为匮乏。此外，已有研究大部分集中在死亡这一健康结局，对非致死性健康影响或直接医疗支出的研究更加缺乏。因此，本课题研究旨在依托计量经济学模型，基于高质量的空气污染数据和丰富的健康数据，识别空气污染与我国居民死亡率以及医疗支出的因果关系，以较为全面地估计空气污染的健康成本。

项目内容由两大部分构成，分别是空气污染的（1）医疗成本估计和（2）死亡成本估计，对应地，研究报告的专题一关注的是空气质量对直接医疗支出的短期影响，专题二关注的则是空气污染对人群死亡率的影响。由于老年人健康问题在人口老龄化的背景下愈发重要，并且研究发现空气污染对老年人的影响更大，尤其是过早死亡方面，专题三特别关注了空气污染对老年人死亡率的影响。专题四则在专题二和三的研究基础上，进一步基于统计寿命价值（value of statistical life, VSL）对空气污染的死亡成本进行了货币化核算。

首先，为了得到空气污染的医疗费用成本的可靠估计，专题一的研究以北京为例，使用的是基本医疗保险的全样本数据集，该数据集不仅有很高的覆盖率，而且提供了详细的医疗机构就诊及医疗花费信息。以外生的大气逆温作为 PM_{2.5} 的工具变量，

研究发现空气污染显著增加了当期的医院就诊和医疗花费，PM_{2.5} 下降 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 将使人均医疗费用平均减少 0.653%，相当于人均年医疗支出减少 24.3 元。若简单外推至全国，PM_{2.5} 每上升 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，医疗支出每年将增加约 334 亿元。治理空气污染能够通过减少发病率，从而减少医院就诊人次和相应医疗费用带来巨大收益。粗略地推算，北京市的 PM_{2.5} 浓度从 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （2013 年均浓度）下降到 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （2018 年均浓度），40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的下降能够为北京节省每年约 19.4 亿元的医疗支出。此外，对不同年龄人群的分析显示，空气污染对老年人的影响更大，尤其是在自付费用方面。随着我国面临的人口老龄化的挑战越来越严峻，如果空气质量没有改善，将会给公共财政和个人财政都带来更大的经济负担。最后，基于空气污染过程的分析表明，一旦空气污染持续到第二天及以后，人们对污染的边际反应开始变得显著更大，这意味着从降低空气污染健康损失的角度考虑，避免持续污染事件和重污染过程可能更有效率。

由于北京市基本医疗保险数据集中缺失了准确的疾病诊断信息，为了弥补这一不足，子课题使用了有准确病因的心脑血管疾病住院数据进行了补充研究，评估了 PM_{2.5} 暴露对心脑血管疾病风险的影响及相应经济负担。研究结果显示，PM_{2.5} 日均浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，心脑血管疾病住院风险显著增加 0.40%-0.66%，与专题一估计得到的系数相近。PM_{2.5} 浓度从 2013 年 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降至 2017 年 58.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关总心脑血管疾病住院与经济负担均有 20%左右的下降。

空气污染的死亡成本方面，专题二将 2004-2010 年的全国疾病监测系统数据与空气污染数据和气象数据进行匹配，在控制城市经济社会特征和气象条件等变量的基础上，运用固定效应法和以城市异常风速天数作为工具变量的方法来实证检验大气污染对居民健康的影响。因为污染物排放是企业自报数据，存在不实低报的可能，所以采用由环保监测站用仪器测量的污染物浓度指标。又因为地方政府存在下调 PM₁₀ 以使得 API 指数达标的激励，研究主要采用 SO₂ 的大气浓度数据作为空气总体质量的代理变量。使用面板固定效应模型和工具变量模型都发现 SO₂ 浓度上升提高了呼吸系统疾病死亡率，同时对于非呼吸系统疾病死亡率没有显著的影响；在考察了空气污染对不同性别和不同年龄人群后，研究发现空气污染对女性的影响稍大于男性，且负面影响主要体现在相对脆弱的婴幼儿和老年人群体。

老年人的健康问题在人口老龄化的背景下也值得特别关注，国内关于老年人健康的研究相对较少。专题三的研究利用中国老年人健康影响因素跟踪调查（CLHLS）2014 年存活截面调查和 2018 年跟踪数据构建老年人 2015-2017 年年度死亡概率面板数

据，分别与空气监测站数据和气象数据进行匹配，运用固定效应模型的方法来检验空气污染对老年人死亡概率的因果影响。模型结果发现：（1）空气污染物对老年人年度死亡概率的影响具有非线性的特征。上一年 PM2.5 在区间(75,150]—的天数（相比于上一年 PM2.5 在区间(0,75]—的天数）增加一天，平均会使老年人年度死亡概率显著上升约 0.93%；（2）采用能够反映大气污染物综合效果的环境空气质量指数 AQI 进行分析得到一致的结果。上一年 AQI 在(100,200]—的天数（相较于上一年 AQI 在(0,100]—的天数）每增加一天，将平均使老年人的死亡概率显著上升约 1.13%；（3）运用 Cox 比例风险模型检验空气污染与老年人死亡风险的相关性，分析结果证实空气污染浓度与老年人死亡风险有显著正相关的非线性关系，PM2.5 在区间(75,150]—的天数和 PM10 在区间(150, 350]—的天数增加均会显著增加老年人的死亡风险；（4）分样本回归结果显示，居住在城市、女性和患有慢性疾病的老年人受到空气污染的影响更为显著。

最后，要将空气污染对健康的影响货币化，需要结合 VSL 计算过早死亡的经济成本。相比欧美发达国家和地区，我国本土直接的 VSL 调查研究相对薄弱且大部分较早，而伴随着经济水平的迅速提高，有研究表明我国居民的 VSL 也在大幅上升。专题四通过综述已有研究，我国的 VSL 估计值范围为 0.73-11.1 百万元（以 2016 年价格衡量）。在综合比较各项研究，包括研究方法、调查设计、风险类型、调查时间等因素后，我们推荐使用 Jin et al. (2020) 给出的 VSL 估计值 554 万元。以我国因室外空气污染造成过早死亡人数 120 万（Global Burden of Disease, 2010）计算，空气污染死亡成本约为 6.65 万亿元。结合专题二的估计系数，若我国 SO₂ 能够从研究期间的 50 μg/m³ 达到一级标准 20 μg/m³，每年能够避免过早死亡 7.5 万人，其中 90% 为 65 岁以上老年人，相当于带来 4155 亿元的健康收益。根据专题三针对老年人的研究，若研究期间一年中 PM2.5 达到二级标准（小于 75 μg/m³）的天数每增加一天，则能减少 65 岁以上群体呼吸系统疾病死亡人数约 1.06 万，货币化收益 587 亿元。

我们的研究表明，在经济已得到快速发展的今天，环境污染问题已经成为亟待解决的重要问题。健康是重要的人力资本，是影响一国长期发展的重要动力和影响社会福祉的关键因素。在测算空气污染的外部成本、进行环境保护政策制定时，将健康方面的成本纳入其中是必不可少的。同时，空气污染带来的影响在脆弱人群中更明显，这也启示我们在污染物防治时需要更加关注脆弱人群，尤其是已经患有慢性疾病的老年人，在中国面临快速老龄化挑战的大背景下，大气污染带来的健康方面的损失不可

忽视。治理大气污染对于改善我国居民的公共健康水平、提高人力资本，也有极其重要的意义。

空气污染健康影响的研究基础而重要，要准确地回答这个问题仍面临着很多挑战。结合相关文献以及本项目的进展，我们认为这一领域的研究目前面临的主要限制及未来可能的研究方向包括：

- (1) 大范围时间空间匹配的死亡数据、医疗数据和空气质量数据的可得性；
- (2) 空气污染暴露的准确衡量，实际暴露与环境浓度指标存在差异，不同污染物之间是否存在协同健康效应也有待研究；
- (3) 较新的、系统的、有广泛代表性的本土化 VSL 调查研究；
- (4) 考虑个体异质性的 VSL，或统计寿命年价值（Value of Statistical Life Year）研究，使得更精细地基于预期寿命损失货币化死亡影响成为可能；
- (5) 建立污染源与健康结局的直接连接，有助于更有针对性、更高效地治理污染源，例如可以研究 PM_{2.5} 的各类组分与健康结果的关系。