

何春阳教授团队在《自然-通讯》期刊发文揭示中国 空气污染防治政策成效

2020 年 3 月 19 日，《自然-通讯》(Nature Communications) 杂志在线发表了北京师范大学地理科学学部何春阳教授团队的最新研究成果，定量评估和揭示了中国空气污染防治政策成效，指出中国依然需要在未来实施更强有力的空气质量控制政策。该论文题为 “中国需要进一步改善空气质量以减少 PM_{2.5} 污染导致的人口死亡 (Stronger policy required to substantially reduce deaths from PM_{2.5} pollution in China) ” 。

PM_{2.5} 污染是指直径小于 2.5 μ m 的细颗粒物散布在空气中，进而影响人类福祉与健康现象。联合国可持续发展目标 3.9 明确指出，到 2030 年，需要实质性地减少危险化学品以及空气、水和土壤污染导致的死亡和患病人数。根据全球疾病负担项目最新的测算结果，中国每年有近一百万人死于 PM_{2.5} 污染。为了控制空气污染及其负面影响，国务院于 2013 年施行了 “大气污染防治行动计划”（以下简称 “大气十条”），计划到 2017 年将城市中的 PM_{2.5} 浓度降低 10-25%。该计划的整体投入约 1.7 万亿人民币（约合 2700 亿美元），覆盖了中国三百多个地级行政区，横跨能源、工业、交通、法律和法规等多个部门，是一项前所未有的空气污染防治行动。2018 年，中国生态环境部宣布该计划设定的 PM_{2.5} 浓度控制目标顺利达成。然而，“大气十条”相关的 PM_{2.5} 污染防治所带来的健康效益依然缺乏定论。

评价 “大气十条” 健康效益的难点在于，PM_{2.5} 污染致死人数受 PM_{2.5} 浓度、人口数量、年龄结构和疾病死亡率等多个因素的共同影响。目前已有研究

往往使用 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数在 2013-2017 年的变化量来近似表示 “大气十条” 所带来的健康效益，也有研究通过假设其它因素不变来量化 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度变化的影响。但是，这些研究都很难区分各个因素的相对贡献，部分结果甚至相互矛盾。施行 “大气十条” 究竟产生了多少健康效益依然缺乏定论。

为此，该研究结合长期的 $\text{PM}_{2.5}$ 监测数据和最新的流行病学模型，对比了实施 “大气十条” 前后（2000-2013 和 2013-2017）中国 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数的变化趋势。同时使用解构的思路量化了 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、人口数量、年龄结构和疾病死亡率等因素对于 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数变化趋势的影响，全面揭示了 “大气十条” 通过减缓 $\text{PM}_{2.5}$ 污染所产生的健康效益。结果表明，中国的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数在 2000-2017 年总体呈现增加趋势，从 2000 年的 71.4 万人增加到了 2017 年的 97.1 万人，增加了 36.1%，年均增长率为 1.8%。“大气十条” 实施以后中国的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数依然呈现增加趋势，但是年均增长率在 2013 年以后有所下降。2000-2013 年，中国的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数新增了 22.1 万人，年均增长率为 2.1%。而在 2013-2017 年，中国 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数增加了 3.6 万人，其年均增长率为 1.0%，明显低于实施 “大气十条” 之前的水平。进一步的解构分析表明，由于实施 “大气十条” 后 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度降低，2017 年的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染致死人数比 2013 年减少了 6.4 万人。

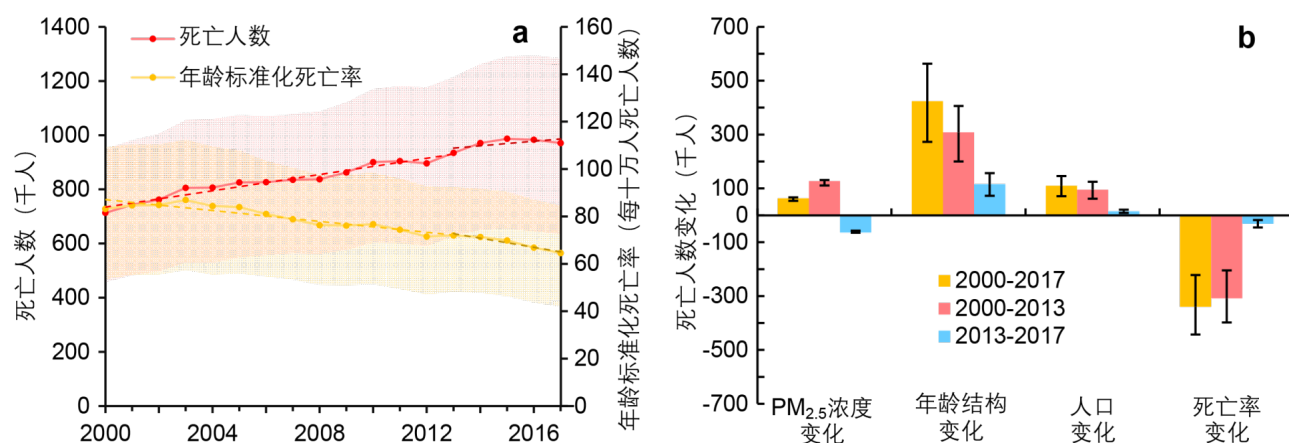


图 1 中国实施“大气十条”对 PM_{2.5}污染致死人数的影响。(a) 2000-2017 年 PM_{2.5}污染致死人数和对应的年龄标准化死亡率的时间动态。(b) 各个因素对于 PM_{2.5}污染致死人数变化的贡献。

在此基础上，该研究进一步探索了 2030 年 PM_{2.5}污染致死人数在两种不同的 PM_{2.5}控制政策情景（趋势情景和强力政策情景）下的变化趋势。研究假设趋势情景中，中国会延续现有的空气质量控制力度，人口加权的 PM_{2.5}浓度会在 2030 年逐渐降低到 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （中国现行的空气质量标准）。而在强力政策情境中，中国会采取更加严格的空气污染控制政策，人口加权的 PM_{2.5}浓度会在 2030 年大幅度降低至 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （世界卫生组织公布的空气质量标准）。与此同时，人口和年龄结构按照现有趋势发展，而疾病死亡率由于医疗保健水平的提高而进一步降低。该研究的预测结果表明，趋势情景中 PM_{2.5}污染致死人数将在 2030 年达到 95.3 万人，仅比 2017 年降低了 2%。而在强力政策情景中，PM_{2.5}污染致死人数将在 2030 年达到 55.0 万人，比 2017 年降低了 40%以上。这意味着，如果延续当前政策趋势，虽然 PM_{2.5}浓度依然会有所下降，但是

由于老龄化等其它因素的影响，PM_{2.5}污染致死人数依然很难实现可持续发展目标 3.9 所提到的“实质性”降低的目标。中国依然需要在未来实施更强有力的空气质量控制政策，才能够一定程度上抵消老龄化等因素的影响，使得 PM_{2.5}污染致死人数“实质性”地下降（图 2）。

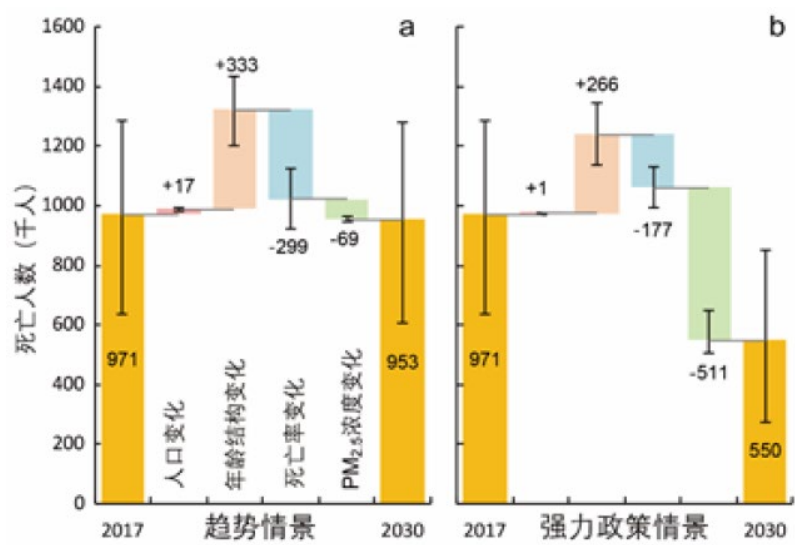


图 2 2030 年不同情景下 PM_{2.5}污染致死人数的变化及各个影响因素的贡献。（a）趋势情景（b）强力政策情景。

该研究的主要贡献是通过解构分析全面认识了 PM_{2.5}浓度、人口数量、年龄结构和疾病死亡率等多个因素对 PM_{2.5}污染致死人数变化的影响，进而准确地估

算了施行“大气十条”所带来的健康效益。同时，该研究还综合考虑了各个影响因素的变化，对未来 PM_{2.5} 污染致死人数进行了预测，为中国制定未来的环境政策，实现相关的联合国可持续发展目标提供了重要参考。

北京师范大学地理科学学部 2015 级博士生岳恒陞为论文第一作者，学部何春阳教授为论文通讯作者。学部黄庆旭副教授，2018 级研究生尹丹和澳大利亚迪肯大学 Brett A. Bryan 教授为论文的合作者。本研究主要由国家重点研发计划项目“城镇化对区域及全球尺度气候变化的影响研究”（编号：2019YFA0607203）和国家自然科学基金委创新群体项目“地表过程模型与模拟”（编号：41621061）等项目资助。

近年来，何春阳教授团队主要聚焦我国城镇化过程的生态环境影响研究，在 PM_{2.5} 污染的时空格局分析、PM_{2.5} 污染对城市可持续性的影响和 PM_{2.5} 污染相关的健康风险与政策响应等方面取得了积极进展。相关研究成果连续发表在 Nature Communications（自然-通讯）、Remote Sensing of Environment（环境遥感）和 Journal of Cleaner Production（清洁生产学报）等主流学术期刊上。

论文原文链接：

<https://www.nature.com/articles/s41467-020-15319-4>