



北京大学
PEKING UNIVERSITY



大气污染防治政策的成本效益：基于 IMED 模型的案例分析

戴瀚程 研究员·助理教授·博导

北京大学·环境科学与工程学院·环境管理系

 [个人主页](#) 或 [Researchgate](#) 

第十四届中国城市空气质量管理研讨会 @12 月 12-13 日, 2019, 中国, 成都

IMED 模型综述介绍可在此下载: [English](#) or [Chinese 中文](#)

背景

IMED 模型简介

IMED|CGE 模型

IMED|HEL 健康模型

IMED 模型应用案例

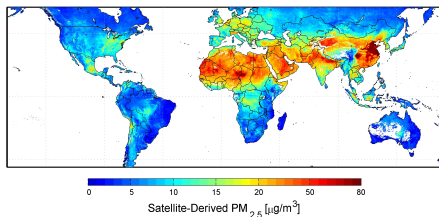
公共健康视角下空气污染及治理的费效分析

气候政策对空气质量和人群健康的协同效益

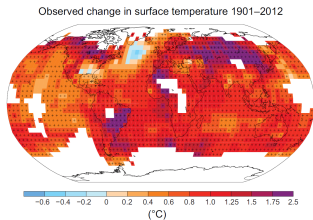
引用文献

背景

- 人为引起的**空气污染**和**气候变化**对人类构成巨大威胁



2001-2006 年全球 PM_{2.5} 平均浓度 (来源: NASA)



观测到的 1901-2012 年地表温度变化, (资料来源: IPCC)

- 空气污染和气候变化都导致**全球疾病负担**和巨大的经济损失

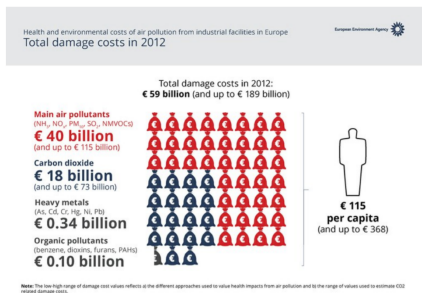


WHO: 大气污染导致的健康影响



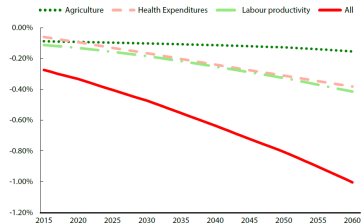
WHO: 保护健康不受气候变化影响,
2008 年

- 空气污染和气候变化都导致全球疾病负担和巨大的**经济损失**



欧盟的空气污染成本：400 亿欧元（欧洲环境署）。

Figure 6. Attribution of macroeconomic consequences to selected climate change impacts, central projection
Percentage change, central projection w.r.t. no-feedback projection



气候变化影响的宏观经济后果（OECD）：
GDP 的 1%

GAINS 的优势

- 操作简单（易上手、开放式）
- 丰富的排放技术治理选择
- 提供治理成本
- 快速的 $PM_{2.5}$ 浓度模拟
- 是整个费效评估的重要一环

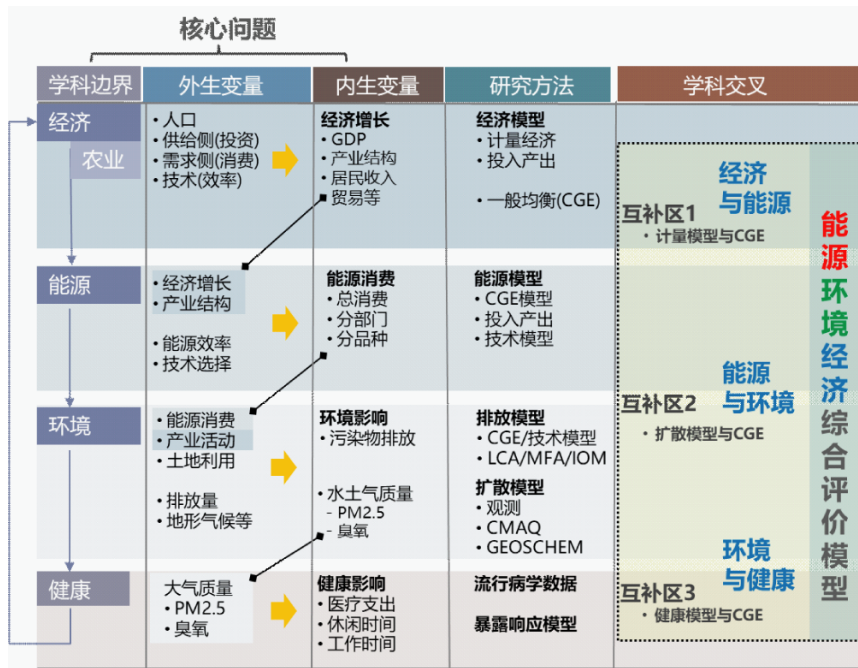
GAINS 的优势

- 操作简单（易上手、开放式）
- 丰富的排放技术治理选择
- 提供治理成本
- 快速的 $PM_{2.5}$ 浓度模拟
- 是整个费效评估的重要一环

纵观整个评估环节，有诸多要改进的地方：

- **前端经济/产业结构**及减排经济影响是什么？
- **前端能源结构**
- 空气质量评估
- **健康影响评估：健康终端、价值评估**
- **经济分析：成本和效益**，特别是成本
- 不确定性分析：数据、以及每一步都有不确定性

IMED 模型简介

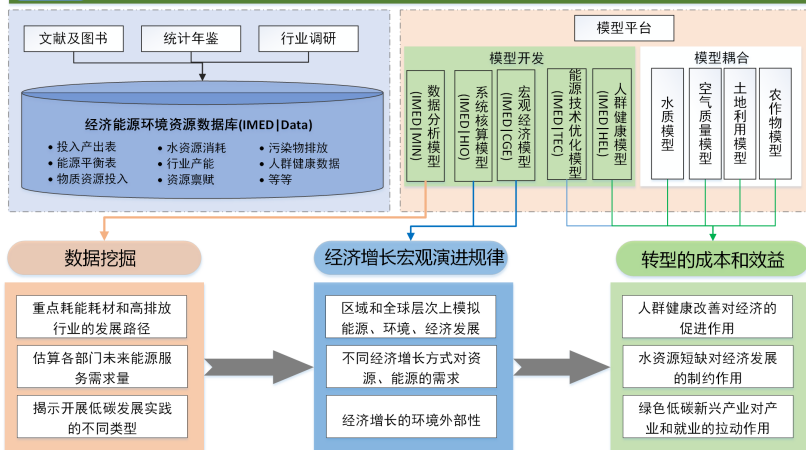


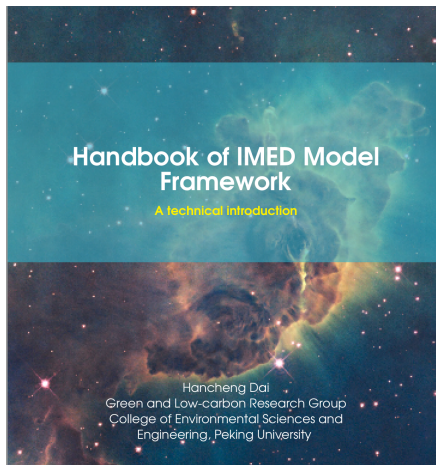


- Integrated **M**odel of **E**nergy, **E**nvironment and **E**conomy for Sustainable **D**evelopment
- 能源环境经济可持续发展综合评价模型

愿景

- 自主构建的经济环境能源**数据库及模型体系**。
- 综合评估市区、省级、国家、全球水平的环境、能源和气候政策。
- 发表高水平学术文章，提供科学决策支撑。

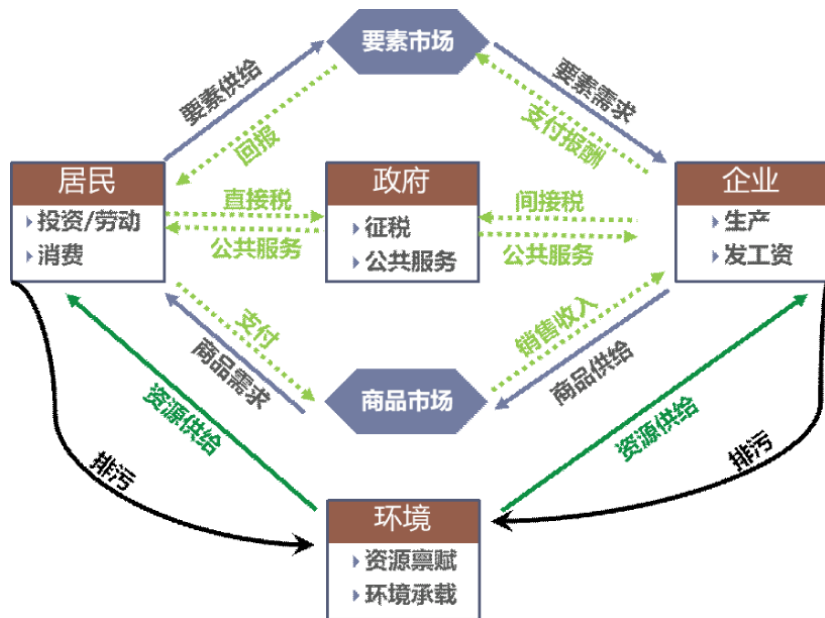




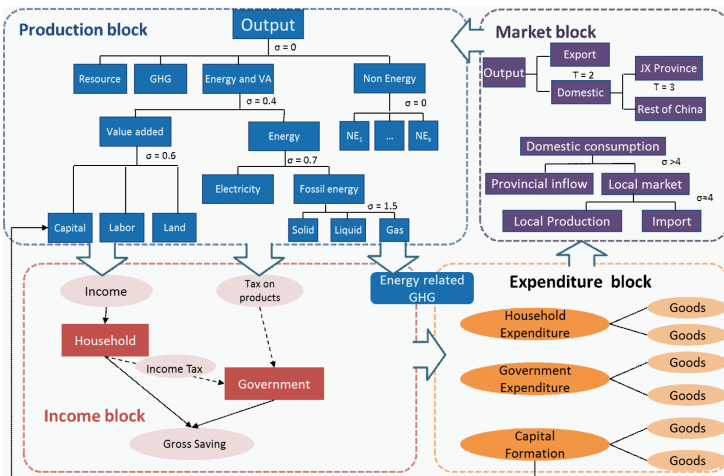
IMED 模型手册可自由下载: http://scholar.pku.edu.cn/hanchengdai/imed_general

IMED 模型简介

IMED|CGE 模型



IMED|CGE: 模拟经济系统的可计算一般均衡模型 (Computable general equilibrium) ¹.



- 模拟未来宏观经济发展状况;
- 多部门、多地区、递归动态 CGE 模型;
- 包括中国 30 个省和全球 14 个国际地区;
- 部门数灵活多变: 22, 25, 33, 或 91 部门.

¹模型介绍手册可在此下载: <http://scholar.pku.edu.cn/hanchengdai/imedcge>

- 碳减排对地区**产业竞争力**有何影响: 辽宁省、上海市 [1]、广西省;^{2 3 4}
- 施加**碳税**对宏观经济有何影响?^{5 6}
- 施加**污染税**或排放配额对经济有何影响?⁷

²Z. Li, H. Dai* et al. (2017). "Exploring the impacts of regional unbalanced carbon tax on CO₂ emissions and industrial competitiveness in Liaoning province of China." [Energy Policy](#) 113: Page ([文章链接](#))

³X. Tian, H. Dai* et al. (2016). "The effects of household consumption pattern on regional development: a case study of Shanghai." [Energy](#) 103: 49-60 ([文章链接](#))

⁴Z. Weng, H. Dai* et al. (2018). "A general equilibrium assessment of economic impacts of provincial unbalanced carbon intensity targets in China." [Resources, Conservation and Recycling](#) 133: 157-168 ([文章链接](#))

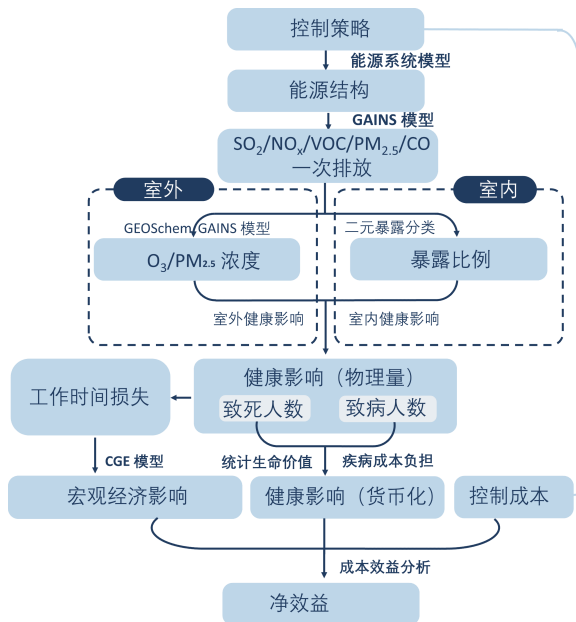
⁵Z. Li, H. Dai* et al. (2018). "Exploring the impacts of regional unbalanced carbon tax on CO₂ emissions and industrial competitiveness in Liaoning province of China." [Energy Policy](#) 113: 9-19 ([文章链接](#))

⁶H. Dong, H. Dai* et al. (2017). "Exploring impact of carbon tax on China's industrial CO₂ reductions and provincial disparities." [Renewable & Sustainable Energy Reviews](#) 77: 596-603 ([文章链接](#))

⁷Y. Xie, H. Dai* et al. (2018). "Impacts of SO₂ taxations and renewable energy development on CO₂, NO_x and SO₂ emissions in Jing-Jin-Ji region." [Journal of Cleaner Production](#) 171: 1386-1395 ([文章链接](#))

IMED 模型简介

IMED|HEL 健康模型



IMED|HEL model: 健康影响评估模型.

- 与其他模型进行耦合，如 GAINS，能源系统优化模型或空气质量模型.
- 量化空气污染导致的人群健康影响和经济影响.
- 评估能源政策或空气污染控制政策的成本效益.

⁸最新介绍在此下载: <http://scholar.pku.edu.cn/hanchengdai/imedhel>

健康评估模块 [2]

- 相对风险 = $1 + CRF * (C - C_0)$
- 健康结局 = 基准发病率 * $(1 - RR)$ * 人口
- 工作时间损失 = 致病损失 + 致死损失

健康影响的货币化

- 医疗支出 = 健康结局数 * 医疗价格
- 统计生命价值 = 过早死亡数 * 单位统计生命价值
 - 对照美国环保署方法.
 - 未来的单位统计生命价值基于人均GDP 和弹性系数 (0.5) 计算

健康影响的货币化

健康评估模块 [2]

- 相对风险 = $1 + CRF * (C - C_0)$
- 健康结局 = 基准发病率 * $(1 - RR)$ * 人口
- 工作时间损失 = 致病损失 + 致死损失

- 医疗支出 = 健康结局数 * 医疗价格
- 统计生命价值 = 过早死亡数 * 单位统计生命价值
 - 对照美国环保署方法.
 - 未来的单位统计生命价值基于人均GDP 和弹性系数 (0.5) 计算

Category	Endpoint from PM2.5	Endpoint from ozone
Work loss	Work loss day from morbidity	Work loss day from morbidity
	Work loss day from cumulative mortality	Work loss day from cumulative mortality
Morbidity	Respiratory hospital admissions	Respiratory hospital admissions
	Cerebrovascular hospital admission	Lower respiratory symptoms
	Cardiovascular hospital admissions	Bronchodialtor usage
	Chronic bronchitis	
	Asthma attacks	
	Respiratory symptoms days	
Mortality	All cause (International)	All cause (International)

IMED 模型应用案例

基于 IMED 模型的空气污染控制措施与气候政策健康影响分析

地区

- 中国及中国各省市
- 韩国
- 亚洲地区
- 全球



行业部门

- 工业部门 (包括钢铁部门、水泥部门、整个工业部门)
- 交通部门
- 电力部门
- 居民部门



政策措施

- 空气污染控制政策: “煤改气”政策, 去产能政策, 大气污染控制技术的推广等
- 气候变化减缓: 气候目标和气候情景



时间尺度: 历史年份, 近期(2020年), 中期至长期(2030,2050,2100)

研究对象: PM_{2.5}污染, O₃污染, 以及二者间对比

相关文献: [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

- 室外空气污染对不同地区的影响^{9 10 11 12}
- 清洁转型的健康效益^{13 14 15 16}
- 臭氧的健康和经济风险评估¹⁷

⁹中国上海: R. Wu, H. Dai*, et al. (2017). "Economic Impacts from PM_{2.5} Pollution-Related Health Effect: A Case Study in Shanghai." [Environmental Science Technology](#). ([Paper link](#))

¹⁰中国各省: Y. Xie, H. Dai* et al. (2016). "Economic impacts from PM_{2.5} pollution-related health effects in China: A provincial-level analysis." [Environmental Science & Technology](#) ([Paper link](#))

¹¹京津冀: 谢杨, 戴瀚程等 (2016). "PM_{2.5} 污染对京津冀地区人群健康影响和经济影响." [中国人口资源与环境](#) 26(11): 20-28 ([Paper link](#))

¹²韩国: S. Kim, Y. Xie, H. Dai, et.al.. (2019). "Co-benefits of air quality and health from mitigating climate change in South Korea." [Environment International](#), Under review.

¹³清洁能源: X. Zhang, H. Dai et al. (2019). "Health-related economic impacts of "coal to electricity" policy in residential sector in Beijing-Tianjin-Hebei region." [Energy Policy](#) ([Paper link](#))

¹⁴清洁交通: X. Tian, H. Dai, et.al.. (2018). "Economic Impacts from PM_{2.5} pollution-related health effects in China's road transport sector: a provincial-Level analysis." [Environment International](#) ([Paper link](#))

¹⁵清洁交通: X. Tian, H. Dai, et.al.. (2019). "Toward the 2-degree target: evaluating co-benefits of road transportation in China." [Journal of Transport & Health](#)([Paper link](#))

¹⁶清洁生产: C. Liu, H. Dai* et al. (2019). "The impacts of economic restructuring and technology upgrade on air quality and human health in Beijing-Tianjin-Hebei region in China." [Frontiers of Environmental Science and Engineering](#) ([Paper link](#))

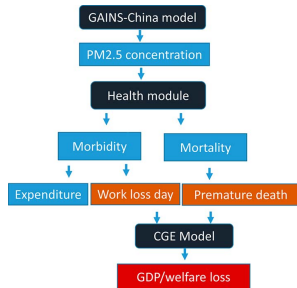
¹⁷PM_{2.5} 和 O₃: Y. Xie, H. Dai* et al. (2019). "Comparison of health and economic impacts of PM_{2.5} and ozone pollution in China." [Environment International](#) ([Paper link](#))

IMED 模型应用案例

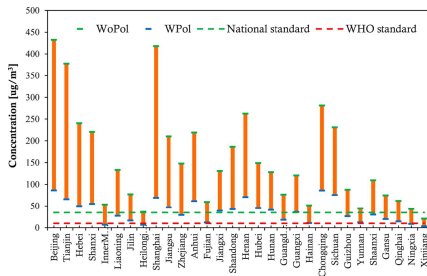
公共健康视角下空气污染及治理的费效分析

1. 中国各省 PM_{2.5} 污染健康影响的经济影响分析¹⁸

- **空气污染物浓度:** 不加以控制的情况下, 到 2030 年, PM_{2.5} 浓度将远超国家标准 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 尤其是华北平原
- 如果加以控制, 大部分省份的 PM_{2.5} 浓度将下降约 65-80%



研究框架



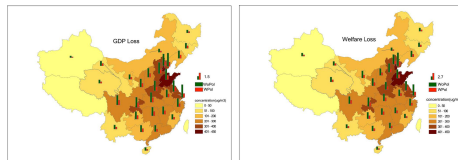
2030 年省级平均 PM_{2.5} 浓度.

¹⁸Environmental Science Technology. 2016. Authors: Y. Xie, H. Dai et al.

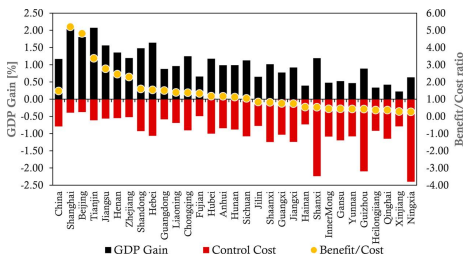
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b05576>

1. 中国各省 PM_{2.5} 污染健康影响的经济影响分析

- **污染物控制效果**: 空气污染控制可以减少约 75% 的患病人数, 并减少约 75% 的健康消费至 65 亿美元
- **经济损失**: 到 2030 年, 国家的控制成本将达约 1018 亿美元 (=GDP 的 0.79%), 但使 GDP 增加 1.17%;
- **成本收益分析**: 约 23 个富裕且人口密度高的省份的效益成本比率 >1.0。

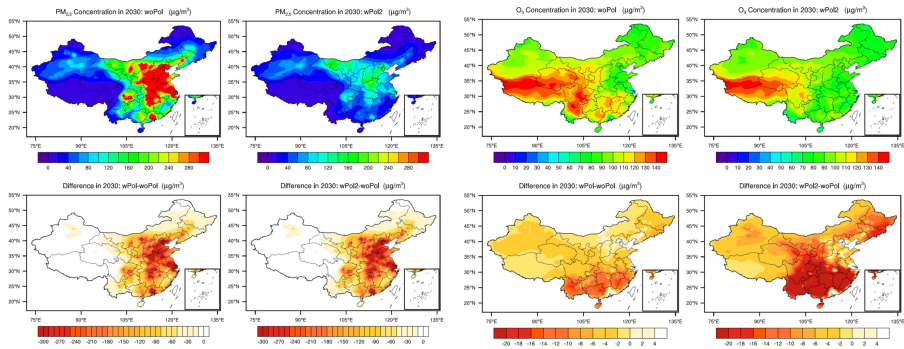


2030 年 PM_{2.5} 污染在 WPol 和 WoPol 情景下分别导致的 GDP (左) 和居民福利 (右) 损失



2030 年 PM_{2.5} 污染控制的成本效益

2. 中国 PM_{2.5} 和臭氧健康和经济影响的对比分析¹⁹

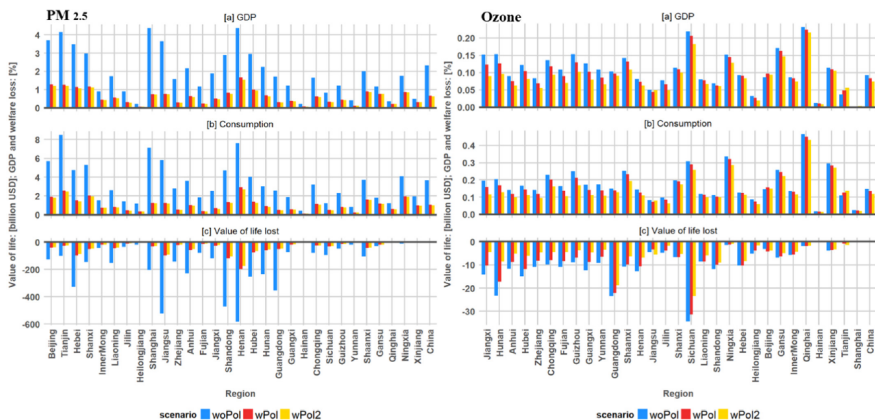


- **地区不均衡性：**空气污染的健康和经济影响在中国差别很大。东部省份受 PM_{2.5} 影响更为严重，西部省份受 O₃ 的影响更为严重。

¹⁹Environment International. 2019. Authors: Y. Xie, H. Dai et al

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.075>

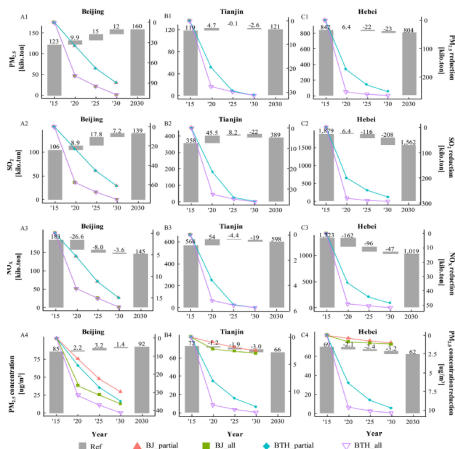
2. 中国 PM_{2.5} 和臭氧健康和经济影响的对比分析



- **健康影响:** 在污染不控制的情况下, 到 2030 年, PM_{2.5} 和 O₃ 带给中国的总损失将分别达 GDP 的 2% 和 0.09%。在污染控制的情形下, 相关损失将会显著降低 (<0.5%)。
- **长期政策启示:** O₃ 污染物的影响较小, 但很难减轻。到 2030 年, 即使最严格的减排政策也只能减少 20% 的 O₃ 浓度, 而 PM_{2.5} 浓度则能减少约 75%

3. 京津冀居民清洁能源政策的健康和经济效益分析²⁰

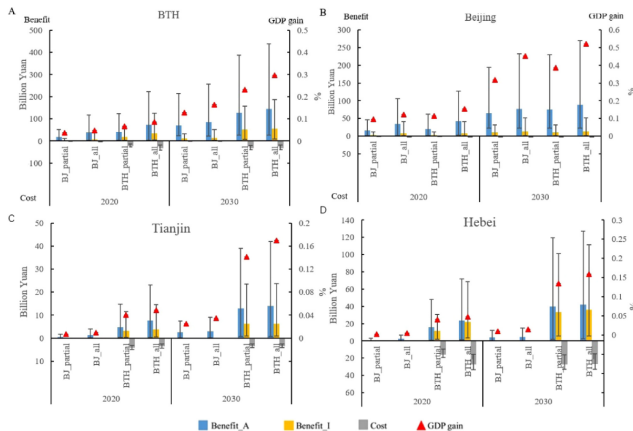
- **空气污染物排放：**煤改电政策可以有效影响京津冀地区 $PM_{2.5}$ 和 SO_2 的排放量。
- **健康影响：**在 BTH_partial 情景下，到 2030 年，北京、天津、河北每年可以避免过早死亡数分别为 6,700 (19.7%)、2,500 (13.1%) 和 13,200 (11.2%)



不同情景下一次污染排放及 $PM_{2.5}$ 浓度

²⁰Energy Policy. 2019. Authors: X. Zhang, Y. Jin et al <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.008>

3. 京津冀居民清洁能源政策的健康和经济效益分析



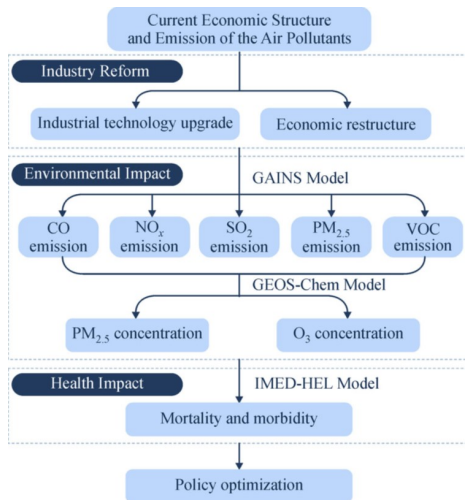
- **经济可行性**: 到 2020 年, 政策成本将达 215.5 亿元, 经济效益则为 411 亿元。GDP 净收益在 2020 年将为 0.07%, 2030 年将为 0.24%
- **地区不均衡性**: 北京的效益最高而河北的效益最低。

4. 京津冀产业转型与技术升级对空气污染及人群健康的影响分析²¹

- 采用综合性方法，包括空气污染物排放模型、空气质量模型、和 IMED|HEL 模型

表: 情景设置

Scenario name	Introduction
Base	Use actual GDP, emissions and air quality of the BTH region in 2012
Scenario A	Emission intensity reduction according to the current legislation
Scenario B	Clean production in BTH region referring to Guangdong
Scenario C	Economic restructuring in BTH region referring to Guangdong
Scenario D	Reduction of pollution intensive industries



研究框架

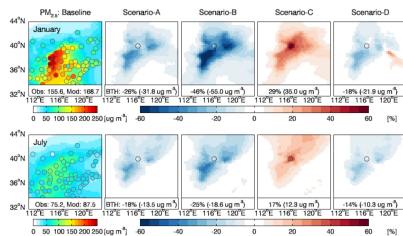
²¹Frontiers of Environmental Science Engineering. 2019. Authors: C. Liu, H. Dai et al.

<https://doi.org/10.1007/s11783-019-1155-y>

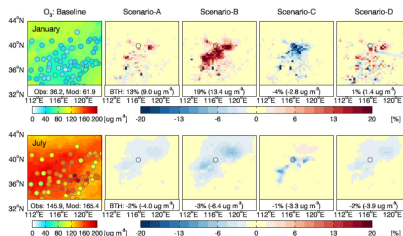
4. 京津冀产业转型与技术升级对空气污染及人群健康的影响分析

结果：空气污染

- 模拟的 $PM_{2.5}$ 浓度降低显著，在情景 C 中，产业重组情况下模拟的 $PM_{2.5}$ 浓度上升
- 夏天, O_3 浓度的变化小于 3%, 冬天, O_3 浓度在情景 A、B、D 中上升，在情景 C 中下降



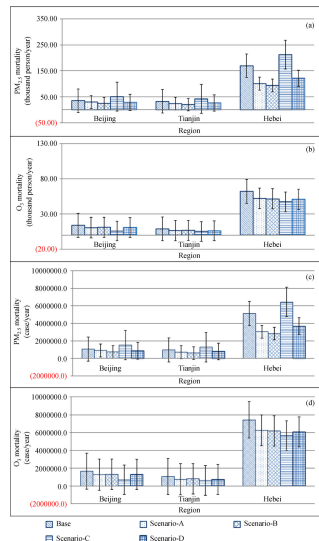
PM_{2.5} concentrations



O_3 concentrations

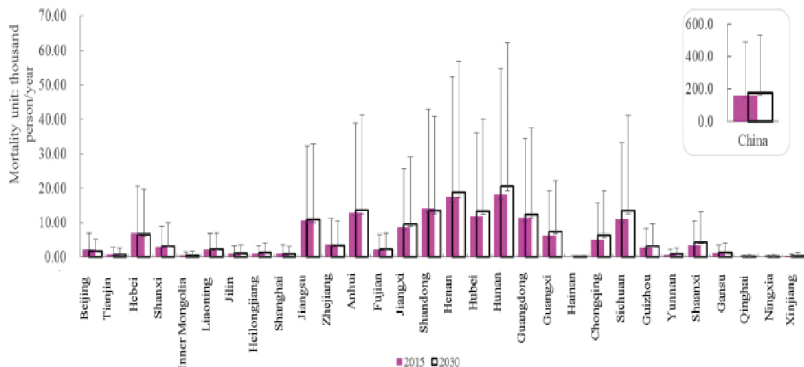
4. 京津冀产业转型与技术升级对空气污染及人群健康的影响分析

- **健康影响：**在情景 A、B、D 中，由于 $PM_{2.5}$ 导致的死亡数显著增加，而 O_3 存在很大的不确定性
- **经济损失：**在最好的情况下（情景 B：更清洁的生产），获得的收益达到河北省 GDP 的 7%，北京的 2%，天津的 4%



$PM_{2.5}$ 和 O_3 污染的健康影响

5. 中国道路交通 PM_{2.5} 污染的健康及经济影响分析²²

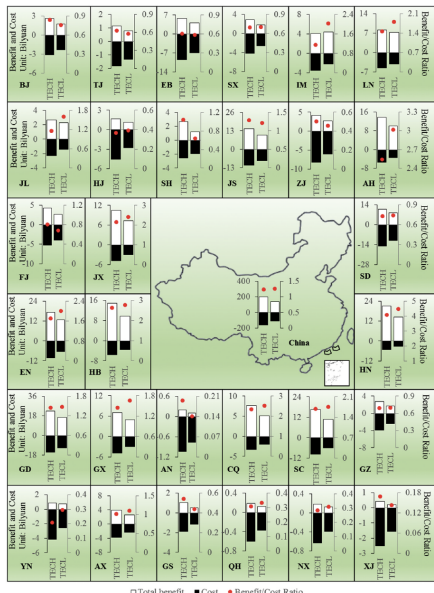


健康影响：全国死亡数从 2015 到 2030 年将提高 8.47%，达到约 17 万人，=10% 的空气污染相关总死亡人数

²²Environment International. 2018. Authors: X. Tian, H. Dai et al
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018301338>

5. 中国道路交通 PM_{2.5} 污染的健康及经济影响分析

- **道路交通过的经济损失：**PM_{2.5} 污染在 2015 年导致了 0.37% 的全国 GDP 损失
- **收益损失率：**有着较高健康效益的省份：河南和四川将获得最多的污染控制效益

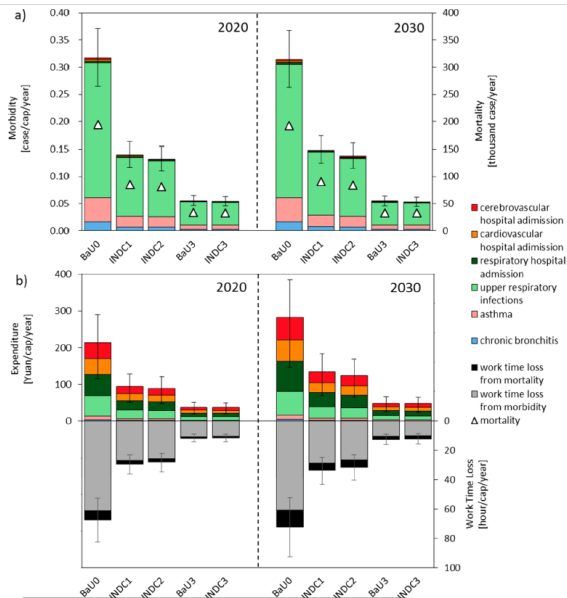


2030 年道路交通大气污染控制措施的成本效益比

IMED 模型应用案例

气候政策对空气质量和人群健康的协同效益

6. PM_{2.5} 污染相关的健康损失及气候政策的影响：以上海市为例²³



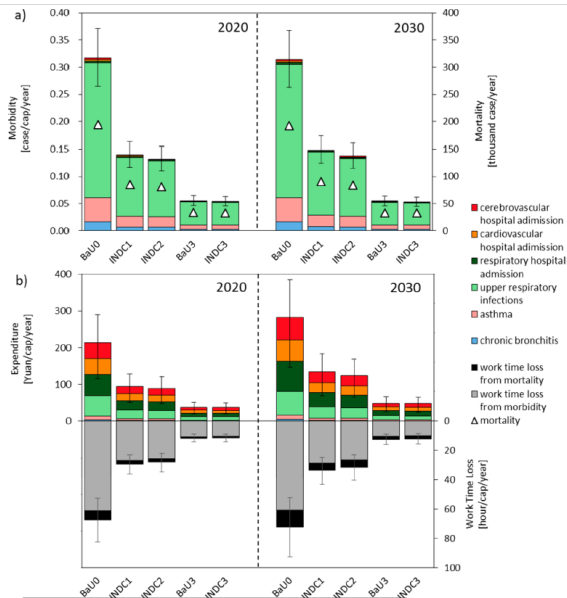
健康影响

- 空气污染物控制和缓解气候变化的政策可以有效降低健康风险

²³Environmental Science and Technology. 2017. Authors: R. Wu, H. Dai et al

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00026>

6. PM_{2.5} 污染相关的健康损失及气候政策的影响：以上海市为例²³



健康影响

- 空气污染物控制和缓解气候变化的政策可以有效降低健康风险
- 达到 NDC 目标可以避免长江三角洲 10-15.9 万人的过早死亡

²³Environmental Science and Technology. 2017. Authors: R. Wu, H. Dai et al

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00026>

大气污染的经济成本：

- 如果不采取措施，未来 GDP 和福利损失将分别超过 2% 和 3%
- 在严格的区域控制下：分别下降到 0.34% 和 0.38%
- **净收益**：健康协同效益将超过或大致等于减缓政策的成本
- 长三角区域的联防联控效益最大

6. PM_{2.5} 污染相关的健康损失及气候政策的影响：以上海市为例

Table 2. GDP and Welfare Losses in 2030 (Lower and Upper Values of 95% Confidence Interval of Exposure-Response Functions)

scenario	GDP losses (%)			welfare losses (%)		
	lower	medium	upper	lower	medium	upper
BAU0	1.60	2.26	2.95	2.18	3.14	4.15
INDC1	0.70	0.95	1.22	0.78	1.07	1.37
INDC2	0.65	0.89	1.14	0.72	0.99	1.28
BAU3	0.27	0.37	0.48	0.37	0.51	0.65
INDC3	0.25	0.34	0.44	0.28	0.38	0.50

大气污染的经济成本：

- 如果不采取措施，未来 GDP 和福利损失将分别超过 2% 和 3%
- 在严格的区域控制下：分别下降到 0.34% 和 0.38%
- **净收益**：健康协同效益将超过或大致等于减缓政策的成本
- 长三角区域的联防联控效益最大

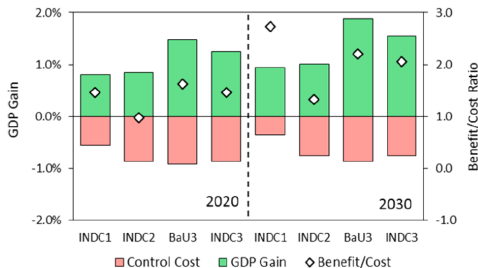
6. PM_{2.5} 污染相关的健康损失及气候政策的影响：以上海市为例

大气污染的经济成本：

- 如果不采取措施，未来 GDP 和福利损失将分别超过 2% 和 3%
- 在严格的区域控制下：分别下降到 0.34% 和 0.38%
- **净收益：**健康协同效益将超过或大致等于减缓政策的成本
- 长三角区域的联防联控效益最大

Table 2. GDP and Welfare Losses in 2030 (Lower and Upper Values of 95% Confidence Interval of Exposure-Response Functions)

scenario	GDP losses (%)			welfare losses (%)		
	lower	medium	upper	lower	medium	upper
BAU0	1.60	2.26	2.95	2.18	3.14	4.15
INDC1	0.70	0.95	1.22	0.78	1.07	1.37
INDC2	0.65	0.89	1.14	0.72	0.99	1.28
BAU3	0.27	0.37	0.48	0.37	0.51	0.65
INDC3	0.25	0.34	0.44	0.28	0.38	0.50



不同情景下气候政策的净效益

基于 IMED 健康、IMED 经济模型与 GAINS 模型和空气质量模型，从不同角度分析了中国空气污染导致的健康和经济影响：

- 区域视角：京津冀、长三角、中国各省、亚洲各国、全球各国
- 部门视角：道路交通、电力部门
- 措施视角：空气污染减排，气候减缓政策

基于 IMED 健康、IMED 经济模型与 GAINS 模型和空气质量模型，从不同角度分析了中国空气污染导致的健康和经济影响：

- 区域视角：京津冀、长三角、中国各省、亚洲各国、全球各国
- 部门视角：道路交通、电力部门
- 措施视角：空气污染减排，气候减缓政策

虽然不确定性很大，但有些相对确定性的结论

1. 空气污染导致了巨大的健康和经济影响，特别是 $\text{PM}_{2.5}$

基于 IMED 健康、IMED 经济模型与 GAINS 模型和空气质量模型，从不同角度分析了中国空气污染导致的健康和经济影响：

- 区域视角：京津冀、长三角、中国各省、亚洲各国、全球各国
- 部门视角：道路交通、电力部门
- 措施视角：空气污染减排，气候减缓政策

虽然不确定性很大，但有些相对确定性的结论

1. 空气污染导致了巨大的健康和经济影响，特别是 $\text{PM}_{2.5}$
2. O_3 影响小一些，但更难治理

基于 IMED 健康、IMED 经济模型与 GAINS 模型和空气质量模型，从不同角度分析了中国空气污染导致的健康和经济影响：

- 区域视角：京津冀、长三角、中国各省、亚洲各国、全球各国
- 部门视角：道路交通、电力部门
- 措施视角：空气污染减排，气候减缓政策

虽然不确定性很大，但有些相对确定性的结论

1. 空气污染导致了巨大的健康和经济影响，特别是 $\text{PM}_{2.5}$
2. O_3 影响小一些，但更难治理
3. 空气污染和气候减缓政策具有可观的费效比

基于 IMED 健康、IMED 经济模型与 GAINS 模型和空气质量模型，从不同角度分析了中国空气污染导致的健康和经济影响：

- 区域视角：京津冀、长三角、中国各省、亚洲各国、全球各国
- 部门视角：道路交通、电力部门
- 措施视角：空气污染减排，气候减缓政策

虽然不确定性很大，但有些相对确定性的结论

1. 空气污染导致了巨大的健康和经济影响，特别是 $\text{PM}_{2.5}$
2. O_3 影响小一些，但更难治理
3. 空气污染和气候减缓政策具有可观的费效比

LEEEP

北京大学能源环境经济与政策研究室

Laboratory of Energy & Environmental Economics and Policy, PKU



戴瀚程
助理教授
Hancheng DAI
Assistant Professor



杨晓芳
行政助理
Xiaofang Yang
Administrative Assistant



江琴
科研助理
Qin Jiang
Research Assistant



任明
博士后
Ming REN
Post-doc



郭超艺
博士研究生
Chaoyi GUO
Ph.D. Candidate



吴雅珍
博士研究生
Yazhen WU
Ph.D. Candidate



马腾
博士研究生
Teng MA
Ph.D. Candidate



李博抒
博士研究生
(合作指导)
Boshu LI
Ph.D. Candidate



刘晓钰
博士研究生
(合作指导)
Xiaoyu LIU
Ph.D. Candidate



张思露
博士研究生
(合作指导)
Silu ZHANG
Ph.D. Candidate



陆潘涛
硕士研究生
Pantao LU
M.S. Student



刘晓瑞
硕士研究生
Xiaorui LIU
M.S. Student

引用文献

- [1] Xu Tian, Yong Geng, Hancheng Dai, Tsuyoshi Fujita, Rui Wu, Zhe Liu, Toshihiko Masui, and Yang Xie. "The effects of household consumption pattern on regional development: A case study of Shanghai". In: *Energy* 103 (2016), pp. 49–60. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421630202X>.
- [2] Yang Xie, Hancheng Dai, Huijuan Dong, Tatsuya Hanaoka, and Toshihiko Masui. "Economic impacts from PM_{2.5} pollution-related health effects in China: A provincial-level analysis". In: *Environmental science & technology* 50.9 (2016). **ESI 1% Highly Cited Paper in 2018-19**, pp. 4836–4843. URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b05576>.
- [3] Rui Wu, Hancheng Dai, Yong Geng, Yang Xie, Toshihiko Masui, Zhiqing Liu, and Yiyang Qian. "Economic Impacts from PM_{2.5} Pollution-Related Health Effect: A Case Study in Shanghai". In: *Environmental Science & Technology* 51.9 (2017), pp. 5035–5042. URL: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b00026>.
- [4] Xu Tian, Hancheng Dai, Yong Geng, Jeffrey Wilson, Rui Wu, Yang Xie, and Han Hao. "Economic Impacts from PM_{2.5} pollution-related health effects in China's road transport sector: a provincial-level analysis". In: *Environment International* 115 (2018), pp. 220–229. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018301338>.
- [5] Yang Xie, **Hancheng Dai***, Yanxu Zhang*, Tatsuya Hanaoka, and Toshihiko Masui. "Comparison of health and economic impacts of PM_{2.5} and ozone pollution in China". In: *Environment International* 130 (2019), p. 104881. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.075>.
- [6] Yang Xie, Hancheng Dai, Xinghan Xu, Shinichiro Fujimori, Tomoko Hasegawa, Kan Yi, Toshihiko Masui, and Gakuji Kurata. "Co-benefit of climate mitigation on air quality and human health in Asian countries". In: *Environment International* 119 (2018), pp. 309–318. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018305841>.
- [7] Chao Liu, **Hancheng Dai***, Lin Zhang, and Changchun Feng. "The impacts of economic restructuring and technology upgrade on air quality and human health in Beijing-Tianjin-Hebei region in China". In: *Frontiers of Environmental Science and Engineering* 13 (5 2019), p. 70. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-019-1155-y>.
- [8] 张翔, 戴瀚程, 靳雅娜, 和张世秋. "京津冀居民生活用煤“煤改电”政策的健康与经济效益评估". In: *北京大学学报 (自然科学版)* 55 (2 2019), pp. 367–376. URL: <http://xbna.pku.edu.cn/CN/abstract/abstract3355.shtml>.
- [9] Xiang Zhang, Yana Jin, Hancheng Dai, Yang Xie, and Shiqiu Zhang. "Health and economic benefits of cleaner residential heating in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China". In: *Energy Policy* 127 (2019), pp. 165–178. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518308048?dgcid=author>.
- [10] Tian Xu, **Hancheng Dai**, Yong Geng, Shaohui Zhang, Yang Xie, Xiaorui Liu, Pantao Lu, and Raimund Bleischwitz. "Toward the 2-degree target: evaluating co-benefits of road transportation in China". In: *Journal of Transport & Health* 15 (2019), p. 100674. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100674>.
- [11] 谢杨, 戴瀚程, 花岡達也, 和 增井利彦. "PM_{2.5} 污染对京津冀地区人群健康影响和经济影响". In: *中国人口资源与环境* 26.11 (2016), pp. 20–28. URL: <http://www.cqvip.com/qk/97796x/201611/670596305.html>.

谢谢!

Q & A ?



LEEPP 小组微信公众号
欢迎扫二维码关注

戴瀚程 研究员·助理教授·博导
能源环境经济与政策研究室 (LEEPP)

北京大学·环境科学与工程学院

dai.hancheng@pku.edu.cn

 **个人主页** 或 **Researchgate** 或 **Google scholar**

中文或英文研究综述



北京大学
PEKING UNIVERSITY

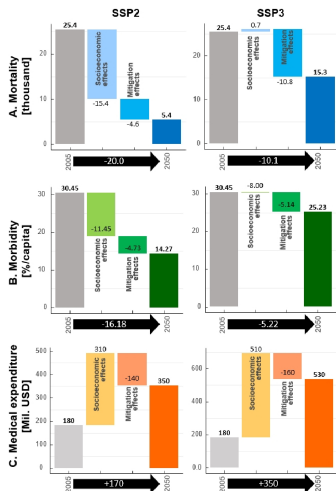


LEEPP



备用材料

2. 韩国案例²⁴



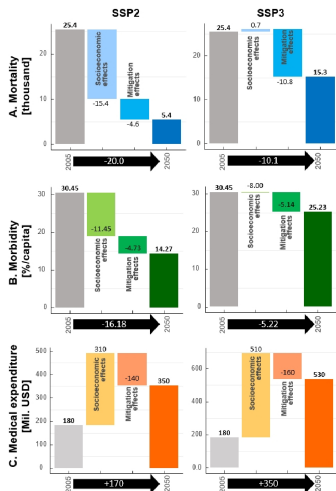
韩国气候政策的健康效益

健康影响

- 2050 年相较于 2005 年，达到 RCP3.4 的气候目标分别可以防止 4600 (SSP2) 和 10.8 (SSP3) 万人的过早死亡

²⁴Environment International. In Review. Authors: S. Kim, Y. Xie, H. Dai et al

2. 韩国案例²⁴

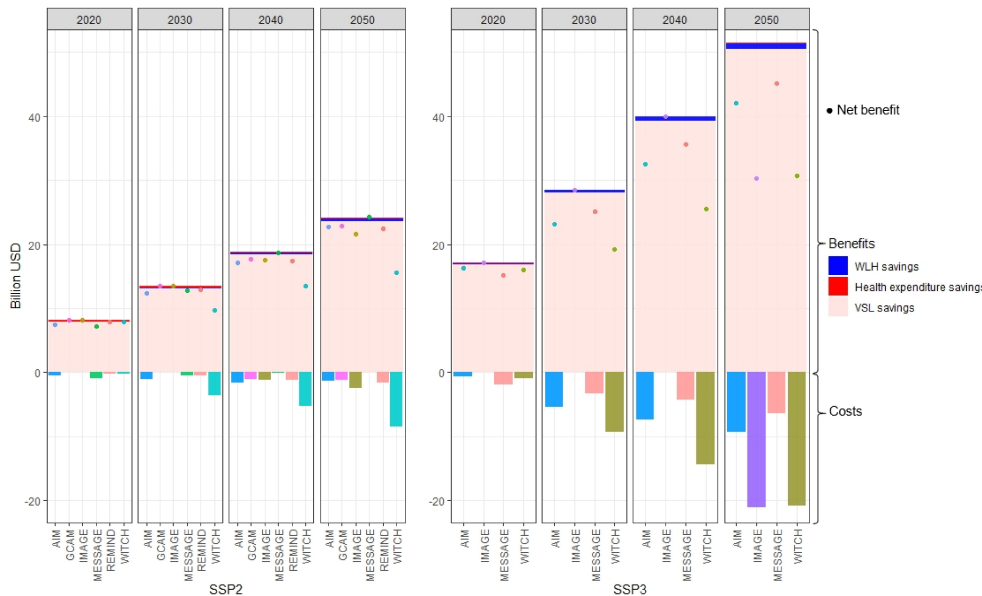


韩国气候政策的健康效益

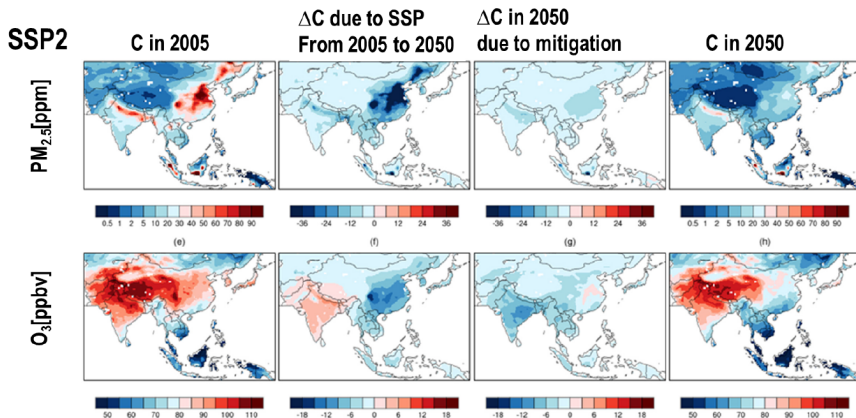
健康影响

- 2050 年相较于 2005 年，达到 RCP3.4 的气候目标分别可以防止 4600 (SSP2) 和 10.8 (SSP3) 万人的过早死亡
- 在 SSP2 情景中，在 2050 年发病风险由于气候政策下降 16.18%，避免 236 亿美元的过早死亡损失

2. 韩国案例



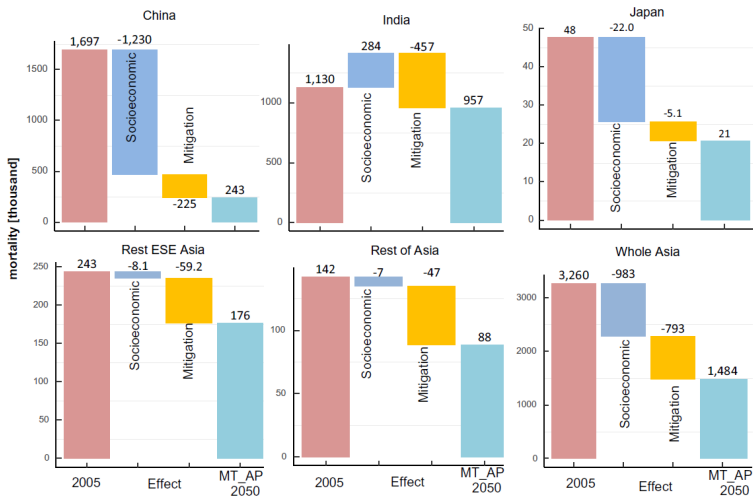
2050 年韩国气候政策的净效益



亚洲 PM_{2.5}(a-d) 和 O₃(e-h) 浓度 (第一列: 2005; 第二列: 2050 BL_AP-2005; 第三列: 2050 MT_AP - 2050 BL_AP; 第四列: 2050 MT_AP)

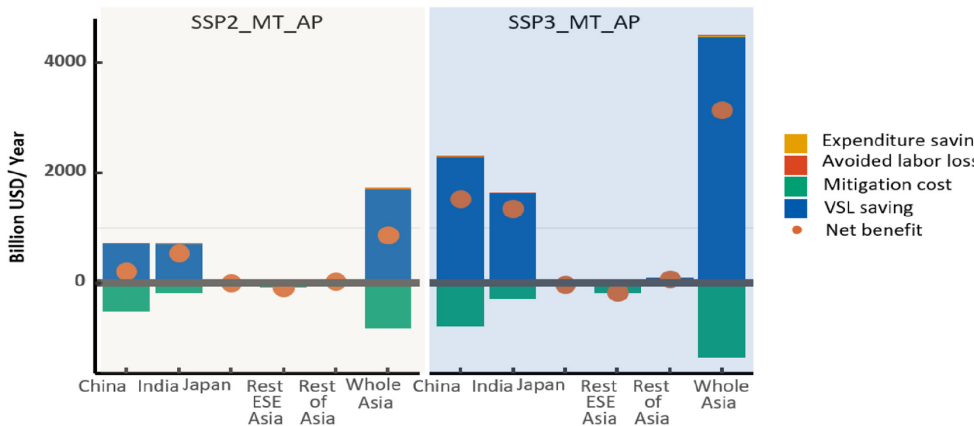
²⁵Environment International. 2018. Authors: Y. Xie, H. Dai, et al.

3. 亚洲案例



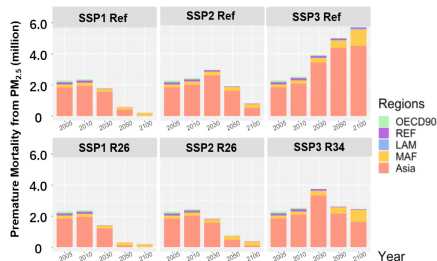
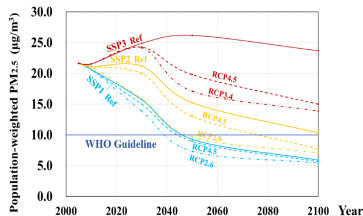
减排政策对疾病负担的影响：减排政策在 2050 年将减少亚洲 79 万过早死亡。

3. 亚洲案例



效益-成本：2050 年，绝大多数地区的健康效益将远大于气候缓解政策的成本

4. 全球气候政策的协同效益²⁶



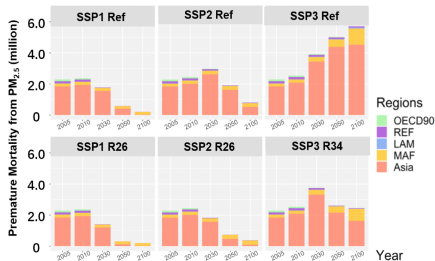
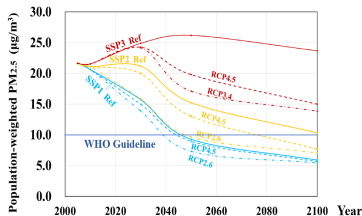
不同 SSP + RCP 方案下的 PM_{2.5} 浓度和过早死亡

大气污染和健康影响

- 在所有 SSPs 情景下，减排政策可以减轻按人口加权的 PM_{2.5} 浓度，尤其是 SSP3 情景下

²⁶In preparation

4. 全球气候政策的协同效益²⁶



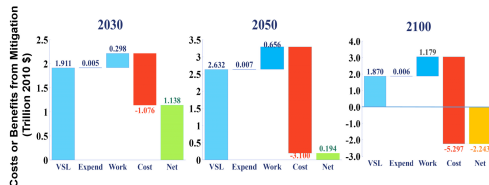
不同 SSP + RCP 方案下的 PM_{2.5} 浓度和过早死亡

大气污染和健康影响

- 在所有 SSPs 情景下，减排政策可以减轻按人口加权的 PM_{2.5} 浓度，尤其是 SSP3 情景下
- 2050 年，SSP2+RCP2.6 情景下可以避免 118 万全球过早死亡，115 万的亚洲过早死亡

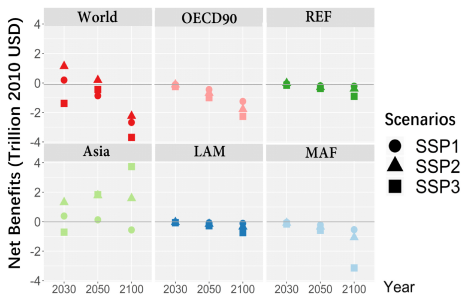
²⁶In preparation

4. 全球气候政策的协同效益²⁷



减缓政策的净效益

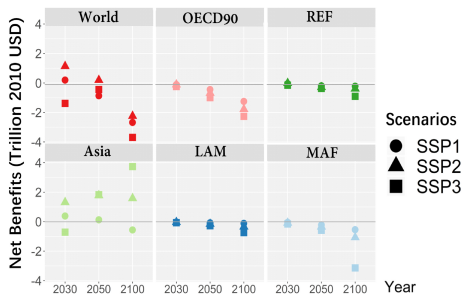
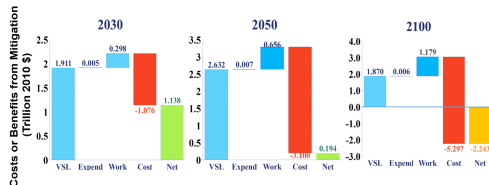
- 2 度目标的货币化收益大于成本，且 2030 年的净收益（1.1 万亿美元）高于 2050 年的净收益（2000 亿美元）。



2 度情景下的成本效益分析

²⁷In preparation

4. 全球气候政策的协同效益²⁷



2 度情景下的成本效益分析

减缓政策的净效益

- 2 度目标的货币化收益大于成本，且 2030 年的净收益（1.1 万亿美元）高于 2050 年的净收益（2000 亿美元）。
- SSPs 情景影响不同地区净收益

备用材料

加入 LEEEP

推荐有条件的同学申请以下博士后项目：

- 2019 年度北大-IIASA 联合培养博后：
<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90955.htm>
- 2019 年“博雅”博士后项目：<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90438.htm>
- 博士后国际交流引进项目：<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90562.htm>

北大-IIASA 联合培养博士后项目

- 项目概况
 - 资助名额不超过 2 个，资助期限为两年
 - 基础年薪 18.5 万元（税前），五险一金约 9.1 万元/年、租房补助 6 万元/年
 - 2019 年博士后项目：<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90955.htm>
- 申请人条件
 - 年龄不超过 35 岁，获得博士学位不超过三年
 - 评选标准包括学术能力、研究计划水平、研究方向与导师契合度等
- 申请时间节点：4 月 30 号截止，7 月 1 日公布结果，9 月 2 日进站
- 申请材料
 - 北京大学-IIASA 博士后项目申请书，个人简历
 - 两封推荐信（必含博士期间导师推荐信一封）
 - 双方博士后合作导师的确认函各一封

“博雅” 博士后项目

- 项目概况
 - 资助名额不超过 200 个，资助期限为两年
 - 基础年薪 18.5 万元（税前），五险一金约 9.1 万元/年、租房补助 6 万元/年
 - 2019 年“博雅”博士后项目：<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90438.htm>
- 申请人条件
 - 年龄不超过 35 岁，获得博士学位不超过三年
 - 评选标准包括学术能力、研究计划水平、研究方向与导师契合度等
- 申请时间节点
 - 第一批申请受理时间：1 月 15 日至 3 月 15 日，4 月底公示，6 月初进站
 - 第二批申请受理时间：9 月 1 日至 10 月 15 日，11 月下旬公示，1 月进站
- 申请材料
 - 北京大学博雅博士后项目申请书
 - 两封推荐信（必含博士期间导师推荐信一封）
 - 博士后合作导师的确认函一封

博士后国际交流引进项目

- 项目概况
 - 全国资助名额不超过 300 个，资助期限为两年，基础年薪 30 万元（税前）
 - 2019 年博士后项目：<https://postdocs.pku.edu.cn/tzgg/90562.htm>
- 申请人条件
 - 年龄不超过 35 岁，获得博士学位不超过三年
 - 申请人博士毕业学校应为世界排名前 100 名，或所属学科排名全球前 100 名（参照当年上海软科、泰晤士、QS、US News 排名）
 - “一带一路”沿线国家的申请人，条件可放宽至博士毕业学校为本国排名前 3 名
- 申请时间节点
 - 第一批：3 月 11 日，5 月公布结果
 - 第二批：6 月 10 日，8 月公布结果
 - 第三批：9 月 9 日，11 月公布结果
- 申请材料：登录中国博士后网站“国外境外交流项目”申报系统，填写相关信息