AQLI Air Quality Life Index®

空气质量寿命指数® | 2023六月

年度报告

Michael Greenstone, Christa Hasenkopf

致谢

我们衷心感谢 AARSH BATRA 和 NISHKA SHARMA 的努力，他们为本手稿提供了出色的数据分析和事实核查。如有错误，均由我们承担。我们还要深深感谢 RANDALL MARTIN 教授、AARON VAN DONKELAAR 博士和华盛顿大学圣路易斯分校大气成分分析小组的持续合作，为我们提供每年的全球卫星地面$PM_{2.5}$数据。

亲爱的朋友们、同事们：

我们很高兴为您带来空气质量生活指数 (AQLI) 的最新数据。该数据表明，细颗粒物空气污染仍然是对公众健康的最大外部威胁。 然而，纵观历史，美国、欧洲、日本以及近年来的中国等国家都能够显著减少空气污染，这要归功于公众对变革的持续呼吁和跟随而来的强有力的政策。 这些行动的基础是两样共同的东西：政治意愿以及人力和财力资源，两者相辅相成。如果公众和政策制定者拥有这些工具，则更有可能采取措施。

AQLI 旨在通过提供各地有关空气质量及其健康影响的信息来帮助解决其中一些挑战。它在许多方面都取得了成功，已被来自全球各个国家的超过 325,000 名访问者使用，并被 300 多家媒体报道，这让我们的内容得以以 20 种语言覆盖超过 11 亿人。并且，印度和其他地区的政府领导人利用 了AQLI 的数据来证明他们的新政策和抗击污染措施的合理性。

然而，关于空气污染浓度的卫星数据只是偶尔（比如每年）才有，而且现在还没有被广泛用于执行关于空气质量的法规政策。因为我认为，更频繁（如每天）的本地地面监测数据通常是公众参与社区活动的起点，大多数情况下还是执行政策的先决条件。

遗憾的是，现在在一些污染最严重的国家，他们没有所需的工具来解决基本的空气质量管理问题，比如生成高频的本地空气质量数据。能够及时、可靠地供公民使用的本地空气质量数据是抗击污染的基本工具，可以和AQLI 这样的工作相辅相成。有了它，研究人员、地方和全球组织、领导人可以加深对高污染与当地健康影响之间联系的了解，进一步制定强有力的空气质量标准，并确保政策成功。然而，亚洲和非洲只有一小部分国家向其公民提供这种完全开放的空气质量数据。

同时，相对于亚洲和非洲的空气污染负担，慈善资金的分配并不平衡。比如，非洲用于对抗室外空气污染的慈善金大概就和在美国买一栋普通家庭住房的钱一样。对于这些国家以及国际援助组织和私人慈善机构来说，有一个巨大的机会可以有策略地将资金投向建设那些必要的基础设施，从而解放知识，并最终促成行动。但现在，这还没有实现。

在接下来的几个月和几年内，芝加哥大学能源政策研究所（EPIC）将深入探讨这个数据鸿沟，并寻找机会与有兴趣提供必要信息的组织合作，以帮助社会作出更明智的决策。与此同时，这份报告继续了 AQLI 的努力，以提高人们对细颗粒空气污染的认识。我想再次重申，这种污染导致地球上的人平均寿命缩短 2.3 年。

真挚地，

Michael Greenstone
Milton Friedman Distinguished Service Professor in Economics
Director, EPIC & BFI
University of Chicago

Christa Hasenkopf
Director, Air Quality Programs and AQLI, EPIC
University of Chicago

概览

空气污染是地球上人类预期寿命的最大外部威胁。

- AQLI 的2021年最新数据显示，永久减少全球$PM_{2.5}$空气污染以达到世界卫生组织 (WHO) 的指导标准，将使人类平均预期寿命延长2.3年，即总共节省178亿生命年。
- $PM_{2.5}$对全球预期寿命的影响与吸烟相当，是饮酒和不安全饮用水的3倍以上，是车祸等交通伤害的5倍以上，是艾滋病的7倍以上。

亚洲和非洲负担最重，但缺乏关键基础设施。

- 南亚是世界上污染最严重的四个国家的所在地，人口占全球近四分之一。在孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦，AQLI 数据显示，如果污染水平持续下去，预计居民平均寿命将缩短约5年。自2013年以来，全球新增污染量中约 59% 来自印度。
- 非洲国家刚果民主共和国、卢旺达、布隆迪和刚果共和国是世界上污染最严重的十个国家之一。目前，空气污染对中非和西非的健康构成的威胁与艾滋病毒/艾滋病和疟疾一样严重，这两种疾病是该地区众所周知的健康杀手。
- 尽管这些生命年的损失里有92.7%都是来自亚洲和非洲，但他们缺乏基础设施来改变这个现状。亚洲和非洲分别只有 6.8% 和 3.7% 的国家提供完全公开的空气质量数据，只有 35.6% 和 4.9% 的亚洲和非洲国家制定了空气质量标准。两者都是进行政策行动的基本要素。[1]
- 扭转这种不平等现象的机会很大。全球的艾滋病、疟疾和肺结核基金，每年为这些问题提供40亿美元的资金，但在空气污染方面却没有相应的资金和其他资源。整个非洲大陆收到的用于空气污染的慈善资金不足30万美元。亚洲（除中国和印度外）也仅获得140万美元。根据清洁空气基金的数据，欧洲、美国和加拿大获得了3400万美元。[2]

1 OpenAQ. 2022. “Open Air Quality Data: The global landscape.”
2 Clean Air Fund. 2022. “The State of Global Air Quality Funding.”

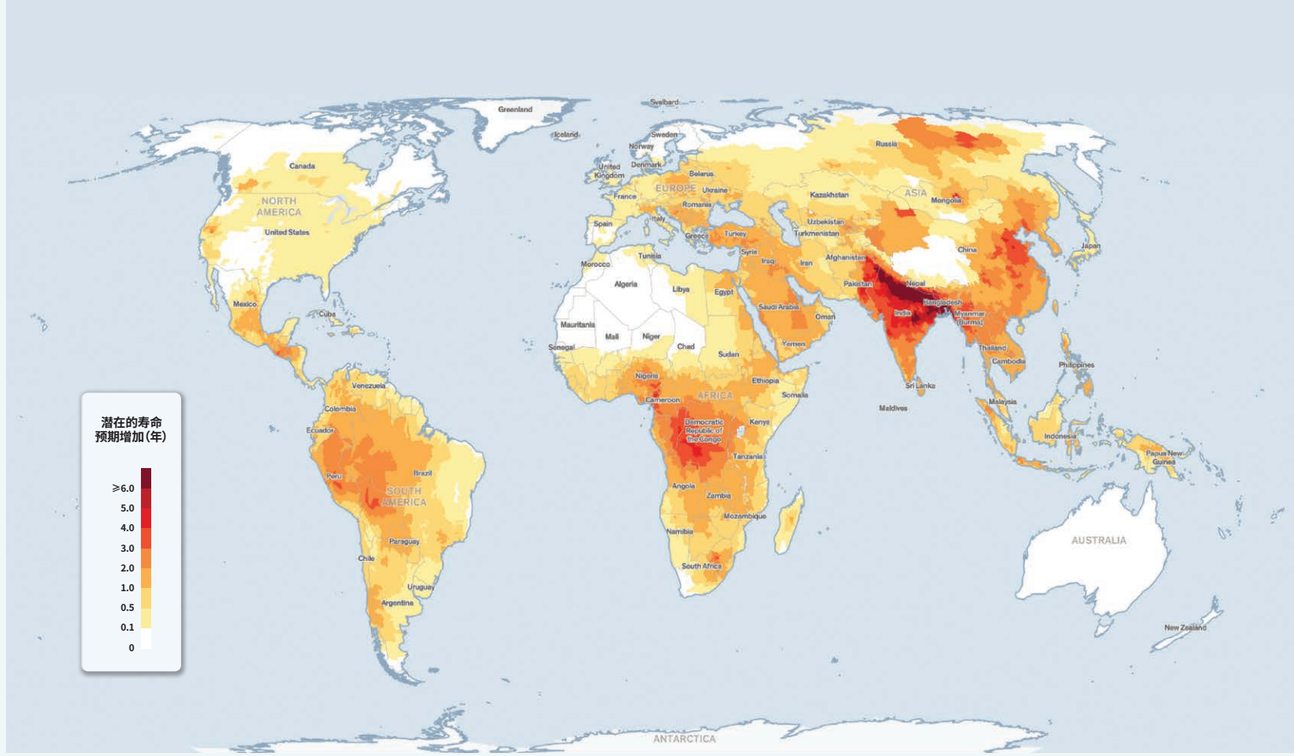
中国在遏制污染方面的努力取得了令人瞩目的成就，且仍在继续。

- 自2013年（即中国打响“污染攻坚战”的前一年）以来，中国的污染已经下降了42.3%。如果减排持续下去，中国公民的平均寿命预计会延长2.2年。
- 中国的污染仍比世界卫生组织指导值高六倍，导致预期寿命缩短2.5年。

尽管美国和欧洲有更严格的标准，但两地的污染影响都是分布不均的。

- 2021年，受山火影响，美国污染最严重的30个县中有20个位于加州。加州中央谷地的居民目前持续暴露于高于国家$PM_{2.5}$标准（12微克每立方米）的污染水平的环境中。
- 今年，美国环保局提议将标准从12微克每立方米降低到9微克每立方米至10微克每立方米。如果达到这个标准，2021年还居住在超过该标准的40个县的人们，总共可以获得320万生命年。
- 东欧居民呼吸着比西邻更脏的空气，寿命也因此缩短。[3] 如果东部地区的空气质量能够达到欧洲大陆西部地区的水平，那么东部地区居民的平均寿命将延长7.2个月，这意味着整个东欧地区的总寿命将延长1.14亿年。
- 2022年，欧盟委员会提议到2030年将欧盟目前的年度$PM_{2.5}$污染标准从25微克每立方米降低至10微克每立方米。如果目前超过提议的更严格标准的15个成员国都能达到该标准，居民将总共获得8030万生命年。

3 西欧被定义为以下国家：德国、瑞士、意大利、摩纳哥、卢森堡、比利时、法国、荷兰、安道尔、西班牙、英国、葡萄牙、丹麦、爱尔兰、冰岛、奥地利。东欧定义为以下文件中列出的国家：https://drive.google.com/file/d/1k7TeI92GduIJsoSl06JG2wzQdHD8qKQH/view?usp=drive_link。该定义仅在本报告中比较东欧和西欧时使用（文本和图 7.4）。所有其他类型的计算均遵循脚注57中列出的欧洲（包括更多国家）的原始定义。



拉丁美洲在某些地区污染严重，并且缺乏完全公开的空气质量数据。

- 拉丁美洲污染最严重的地区（位于危地马拉、玻利维亚和秘鲁）的空气质量与印度浦那和中国哈尔滨等污染热点地区相似。在这些地区，如果空气质量符合世界卫生组织的指导标准，居民的平均预期寿命将增加3至4.4年。
- 只有 19% 的拉丁美洲国家将其政府污染数据完全向公众开放，这使得围绕空气污染的研究和宣传以及随后的政策行动变得更加困难。

方法论

AQLI 的预期寿命计算基于陈等人的两项同行评审研究。(2013) 和埃本斯坦等人。(2017)，由迈克尔·格林斯通 (Michael Greenstone) 合着，利用了中国独特的自然实验。通过比较长期暴露于不同程度的颗粒物空气污染的两个亚组人群，这些研究能够合理地将颗粒物空气污染的影响与影响健康的其他因素区分开来。埃本斯坦等人。(2017) 发现，持续暴露于额外 10 μg/m³ 的 PM_{10} 中，预期寿命会缩短 0.64 年。就 $PM_{2.5}$ 而言，这意味着 $PM_{2.5}$ 每增加 10 μg/m³，预期寿命就会减少 0.98 年。然后将该指标与去除海盐和矿物粉尘的卫星 $PM_{2.5}$ 数据相结合。所有 2021 年 $PM_{2.5}$ 年均值均经过人口加权，AQLI 的人口数据来源为 https://landscan.ornl.gov/。我们感谢圣路易斯华盛顿大学的大气成分分析小组为我们提供了卫星数据。原始数据集可以在这里找到：https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/。

要更深入地了解 AQLI 使用的方法，请访问：aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology。

第一节

空气污染对健康的威胁及应对之策

随着2021年全球污染的加剧，其对人类健康的负担也随之增加。AQLI 显示，减少全球污染以达到世界卫生组织 (WHO) 的指导方针将使平均预期寿命延长2.3年。[4] 然而，污染的负担并没有在全球范围内均匀分布，构建强有力政策所需的基本资源也分布不均。

颗粒物污染是一个全球性的健康威胁：2021 年全球数据更新

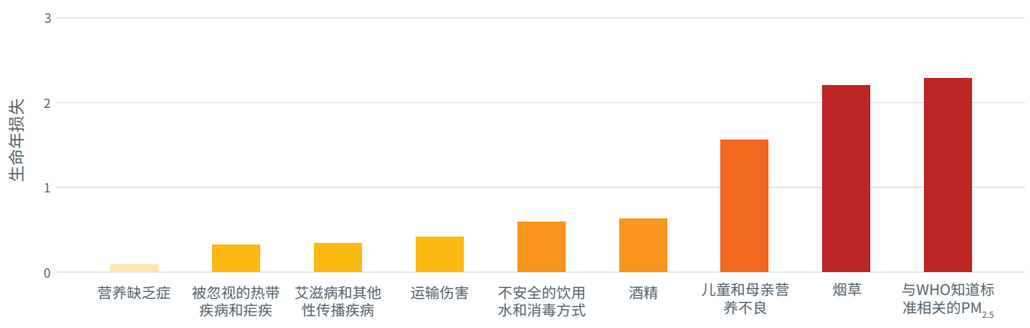
根据最新修订的卫星$PM_{2.5}$数据，2020年至2021年期间，全球人口加权平均$PM_{2.5}$水平略有上升，从28微克每立方米上升到28.2微克每立方米，是世界卫生组织（WHO）指导值5微克每立方米的五倍多。

AQLI显示，减少全球$PM_{2.5}$污染以达到世界卫生组织的指导标准将使平均预期寿命延长2.3年。换句话说，永久性地将颗粒物污染降低到世界卫生组织的标准，意味着世界人口将总共增加178亿年的寿命。

以预期寿命来衡量，AQLI显示，环境颗粒物污染一直是全球人类健康的最大风险。颗粒物污染会使全球平均预期寿命减少2.3岁，而吸烟则会使全球平均预期寿命减少2.2岁。儿童和孕产妇营养不良会减少1.6年的预期寿命；饮酒会减少7.2个月；不安全的饮用水和消毒条件会减少7.2个月；艾滋病毒/艾滋病会减少3.6个月；营养不良仅会减少1.2个月（见图 1.1）。因此，微粒污染对预期寿命的影响相当于吸烟的影响，酗酒、不安全饮水和消毒的影响的3.8倍，交通伤害的影响的5.8倍，艾滋病毒/艾滋病的影响的7.6倍，营养缺乏的影响的23倍。

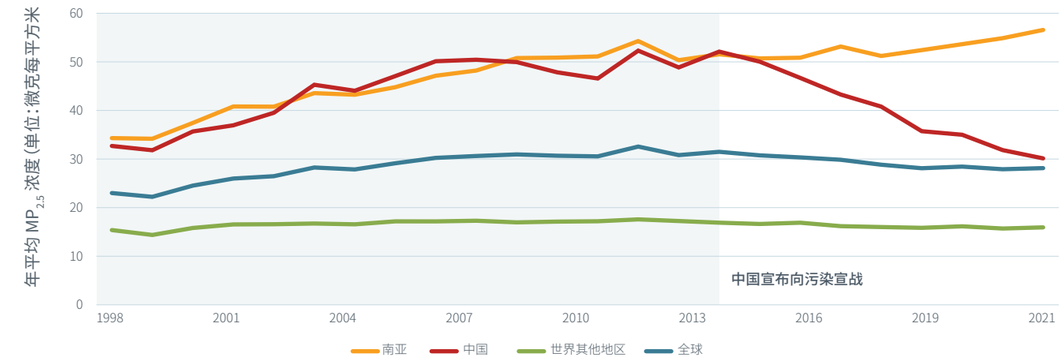
4 该数据基于 AQLI2021数据集。所有年平均$PM_{2.5}$值（以微克每立方米为单位：μg/m3）均经过人口加权。

图 1.1 · 全球预期寿命面临的主要威胁



来源：全球疾病负担（(https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及 WHO 生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“$PM_{2.5}$ 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

图1.2 · 1998-2021 年全球和部分区域 $PM_{2.5}$ 年平均浓度



南亚被定义为以下国家：阿富汗、孟加拉国、不丹、印度、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡。世界其他地区是指除南亚和中国以外的全球所有地区。

过去二十年来，全球颗粒物污染浓度保持相当稳定（图1.2）。然而，自2013年以来，空气污染的进程由两种相互竞争的区域趋势组成（图 1.2）。在南亚，从2013年到2021年，颗粒物污染增加了 9.7%，AQLI 估计这会使该地区的预期寿命额外缩短6个月。印度$PM_{2.5}$水平上升9.5%；巴基斯坦为 8.8%；在孟加拉国，同期水平上升了 12.4%。

与此同时，自2014年向污染宣战以来，中国在治理污染方面取得了惊人的成功，如果污染减少持续下去，2013年至2021年污染减少了42.3%，人口平均预期寿命延长了2.2年。2020年至2021年，中国污染水平再下降5.3%。事实上，2013年至2021年全球污染水平的小幅下降完全归功于中国的进步。

部分地区污染负担首当其冲

尽管中国在减少污染方面取得了进展，但要达到世界卫生组织认为的安全水平，空气污染浓度还需要取得更多进展。由于人口众多，中国因污染造成的健康负担在全球排名第二，仅次于印度，就损失的总生命年数而言。印度和中国，加上巴基斯坦、孟加拉国、尼日利亚和印度尼西亚，由于污染程度高和人口众多，合计占全球空气污染负担的四分之三（图1.3）。

事实上，空气污染对全球预期寿命的影响主要来自六个国家，这一事实突显了全球各地人们呼吸的空气质量及其对健康的影响存在着巨大的不平等。在2021年污染水平最高的国家孟加拉国，由于污染水平不符合世界卫生组织的指导方针，每个公民将平均损失6.8年的生命。与此同时，在美国，美国人平均只损失了3.6个月。

美国人呼吸更清洁的空气很大程度上是因为强有力的政策，但情况并非总是如此。在工业化时期，美国和欧洲等国家与当今许多污染热点地区一样受到污染。这一变化的关键促进因素来自显示空气污染程度的数据以及显示其健康影响的研究。人们开始呼吁变革，变革就来了。例如，自美国通过《清洁空气法案》以来，污染减少了 64.9%，美国人的平均寿命延长了1.4年（参见本报告第7节）。

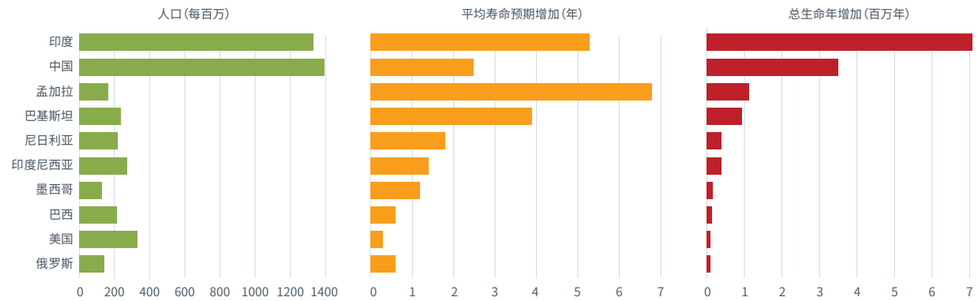
完全开放的数据是进步的关键，但在世界的许多地方，相关数据却仍然缺失

国际社会有机会帮助处于工业化进程中的国家走上甚至跨越类似的道路。但在其中许多领域，缺乏变革所需的基础，例如数据、研究。以及寻求变革呼吁往往与空气污染本身一样分布不均（表1.1）。例如，安装监测器来跟踪空气污染数据是相对便宜且容易的第一步，可以为建立研究、公共知识以及最终的政策提供所需的基础。然而，只有 6.8% 的亚洲国家、3.7% 的非洲国家和 19% 的拉丁美洲国家充分提供政府数据。欧洲国家、美国和加拿大中有 69.2% 的政府提供相同类型的信息（表 1.1）。[5]

此外，71.4%（60 项研究）的长期颗粒物污染流行病学研究发生在欧洲、美国或加拿大。与此同时，除中国以外，整个亚洲仅进行了8项研究，其中只有一项在世界最大、污染第二严重的国家印度进行。挑战在于缺乏代表性的空气污染和健康（例如生命统计）数据。除了激发地区建立和修订国家空气质量标准的意愿外，填补高污染环境中

5 OpenAQ. 2022. “Open Air Quality Data: The global landscape.”

图1.3 · 世界上10个人口最多的国家中，将$PM_{2.5}$浓度从2021年永久降低至世界卫生组织指南，可潜在延长预期寿命。



流行病学研究的这些空白还可以提高我们对颗粒物污染对人类健康影响的科学认识。[6,7,8]

政府空气质量监测数据、行政健康和/或生命统计数据以及在区域相关条件下进行的流行病学研究历来是首先制定国家空气质量标准并随着时间的推移逐步提高其目标的基础。[9] 如果没有这些要素，标准以及后续政策就不太可能出现。

虽然亚洲和非洲因空气污染超过世界卫生组织指导值而损失的总生命年占全球的大部分（92.7%），但这些地区上只有 35.6% 和 4.9% 的国家分别制定了国家空气质量标准。[10] 与此同时，欧洲、美国和加拿大仅占全球颗粒物污染健康负担的 4.1%，但这些地区 83.4% 的国家制定了国家空气质量标准。

全球空气污染界面临巨大机遇

空气污染是全球最大的外部健康挑战，国际社会面临巨大的机会来改变这一状况。具体来说，如果能够增加和重新分配捐赠，并战略性地对空气污染所需的关键部分提供资金，则有望获得丰厚的回报。

清洁空气基金估计，2021年全球范围内，慈善基金会投入了6380万美元用于对抗室外空气污染。这个数额与美国人估计每年在找零中损失的金额相当[11]。与此同时，2021年，欧洲、美国和加拿大共收到了3400万美元的慈善基金会资金，专门用于解决空气污染问题，而整个非洲大陆在同一年内用于减少空气污染的慈善资金不到30万美元，即大约相当于美国一栋单户住宅的现价[12]。

本报告的其余部分将进一步描述污染随着时间的推移而增加和减少的地方，从而概述改善现有最重要措施（延长寿命）的最大机会所在。

6 Pozzer, A.、Anenberg, S.C.、Dey, S.、Haines, A.、Lelieveld, J. 和 Chowdhury, S. 2023。

7 Joshua S. Apte, Julian D. Marshall, Aaron J. Cohen, and Michael Brauer. 2015.

8 该分析涵盖了所有具有独特队列的长期（> 1 年）流行病学研究（>1000 人；最大样本量：13.8 亿），并测量了环境 $PM_{2.5}$、PM_{10}、TSP、超细颗粒物对死亡率（特定原因、全因、过早）/预期寿命的影响于1993年至2023年初发布。可访问基础数据集这里 并分析于：https://github.com/aqli-epic/epi.meta.analysis.

9 Vahlsing, C., Smith, K.R. 2012.

10 AQLI 为本报告编制的国家/地区年平均$PM_{2.5}$标准（如果有）可在此处找到：https://docs.google.com/spreadsheets/d/1B-MaCvcuK06D7KvupzwaC7queMTBECqD7ThB0mstq4Sw/edit?usp=sharing.

11 CBS News. 2016 “Americans throw away $62 million in coins each year.”

12 U.S. Census Bureau and U.S. Department of Housing and Urban Development. 2023. “Median Sales Price of Houses Sold for the United States [MSPUS].”

表1.1: · 全球各地区空气质量基础设施格局

地区	2021 年由于 $PM_{2.5}$ 预计损失的年数[13]	制定国家$PM_{2.5}$空气质量标准的国家百分比[14]	进行的大型长期 PM 流行病学研究的数量[15,16]	拥有完全公开的公共政府空气质量数据的国家百分比[17]	2021 年年度慈善资金总额（百万美元）[18]
亚洲	3.3	35.6	24（中国16个，印度1个）	6.8	21.57（中国为 5.94，印度）
非洲	1.3	4.9	0	3.7	0.29
拉美[19]	0.9	47.6	0	19	0.82 [20]
欧洲、美国和加拿大	0.6	76.4	60	69.2	34.58 [21]

13 此列中的欧洲定义为以下文件中列出的53个国家: https://drive.google.com/file/d/1CpDGkKu96HcKr5x-CZ3QozIdnozJMetrH/view?usp=drive_link。有关拉丁美洲的定义，请参阅拉丁美洲部分。

14 请参阅脚注10 和 13。

15 参见脚注 14.

16 请参阅脚注 6.

17 OpenAQ. 2022. “Open Air Quality Data: The global landscape.” By fully open government public air quality data we specifically mean “Y”’ s (yes) in columns E to H of the following spreadsheet: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1m3KfNOGQNlBBGn-jSqPoRmKH-IU0ic1AY9UNClXQb3I/edit#gid=1038230352

18 Clean Air Fund. 2022. “The State of Global Air Quality Funding.”

19 请参阅本报告拉丁美洲部分的脚注 44 。

20 对于此类别，我们使用脚注18中“拉丁美洲和加勒比地区”类别的数据。

21 该类别是通过合并脚注18中提到的参考资料中的“欧洲和北美”数据而创建的，其中“北美”仅指加拿大和美国。

第二节

南亚仍是全球污染的中心

2021年，南亚的污染继续加剧，这里是世界上污染最严重的国家的所在地。持续接触颗粒物污染导致南亚人的寿命缩短5.1年。在污染最严重的地区，死亡人数甚至更高。

地球上没有其他地方比南亚更能说明污染挑战的顽固性[22]2021年，这些国家的污染继续呈上升趋势。孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦——居住着全球22.9%的人口——是世界上污染最严重的四个国家。南亚地区因严重污染而损失的生命年数占全球总生命年数的一半以上，即 52.8%。如果这四个国家减少污染以达到世界卫生组织的指导方针，南亚人的平均寿命将延长5.1年。

在这四个国家中，颗粒物污染对预期寿命的影响远远高于其他重大健康威胁。例如，吸烟会使这些国家的预期寿命缩短2.8年；不安全的饮用水水和卫生设施会使预期寿命缩短一年；饮酒是半年。

孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦的平均居民面临的颗粒物污染水平比世纪之交高出 51.3%。如果2000年的污染水平长期保持不变，这些国家居民的预期寿命将减少3.3年，如果是2021年水平则会减少5.2年。[23]

在世界所有国家中，印度面临着最大的空气污染健康负担，因为其高颗粒物污染浓度影响了大量人口。自2013年以来，全球污染增量的59.1%来自印度。根据新修订的2021年卫星$PM_{2.5}$数据，印度的污染已从2020年的56.2微克每立方米增加到2021年的58.7微克每立方米，是世界卫生组织指导值的10倍多。如果持续无法符合世界卫生组织的指导方针，印度居民的平均预期寿命将减少5.3年。

印度污染最严重的地区是北部平原[24]拥有超过5亿人口，占全国人口的38.9%。如果污染水平持续下去，该地区居民的平均预期寿命将减少约8年。该地区的首都德里是世界上污染最严重的特大城市，年平均颗粒物污染为126.5微克每立方米，是世界卫生组织指导值的25倍以上。

然而，颗粒物污染不再只是印度北部平原的一个特征。过去二十年来，严重的空气污染在地理上不断扩大。例如，在拥有2.042亿人口的印度马哈拉施特拉邦和中央邦，自2000年以来，污染程度分别上升了 76.8% 和 78.5%。这里的人均预期寿命现在又缩短了1.8至2.3年。，相对于如果2000点的水平持续下去他们可能会损失的损失。

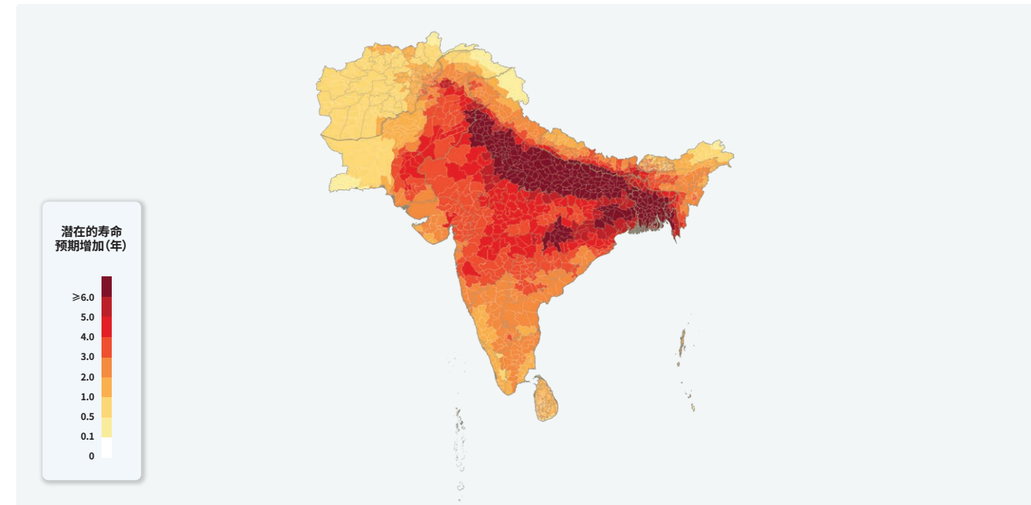
虽然一些印度人呼吸着世界上污染最严重的空气，但总体上污染最严重的国家是孟加拉国。尽管与2020年水平相比，颗粒物污染下降了 2.1%，但孟加拉国的污染在过去十年中一直徘徊在世界卫生组织指导值的14至15倍左右。在该国污染最严重的地区——达卡区的加济布尔地区，如果符合世界卫生组织的指导标准，居民的寿命将延长8.3年。

22 南亚被定义为以下8个国家：阿富汗、孟加拉国、不丹、印度、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡。

23 2021年是 AQLI 卫星衍生$PM_{2.5}$数据可用的最新一年。

24 我们将该地区定义为以下七个邦和联邦直辖区：比哈尔邦、昌迪加尔、德里、哈里亚纳邦、旁遮普邦、北方邦和西孟加拉邦。

图2.1 · 将$PM_{2.5}$浓度从2021年永久降低至世界卫生组织的指导标准可潜在延长预期寿命



在尼泊尔，2021年$PM_{2.5}$浓度为51.7微克每立方米，如果该国符合世界卫生组织的指导方针，居民平均寿命将延长4.6年。在该国污染最严重的地区，例如 Mahottari 和 Rautahat 地区协调委员会，居民将因更清洁的空气而延长7年多的寿命。在巴基斯坦，2021年$PM_{2.5}$浓度为44.7微克每立方米，居民平均将比世卫组织的指导标准减少3.9年。该国污染最严重的城市拉合尔的居民将获得7.5年的潜在寿命增加。

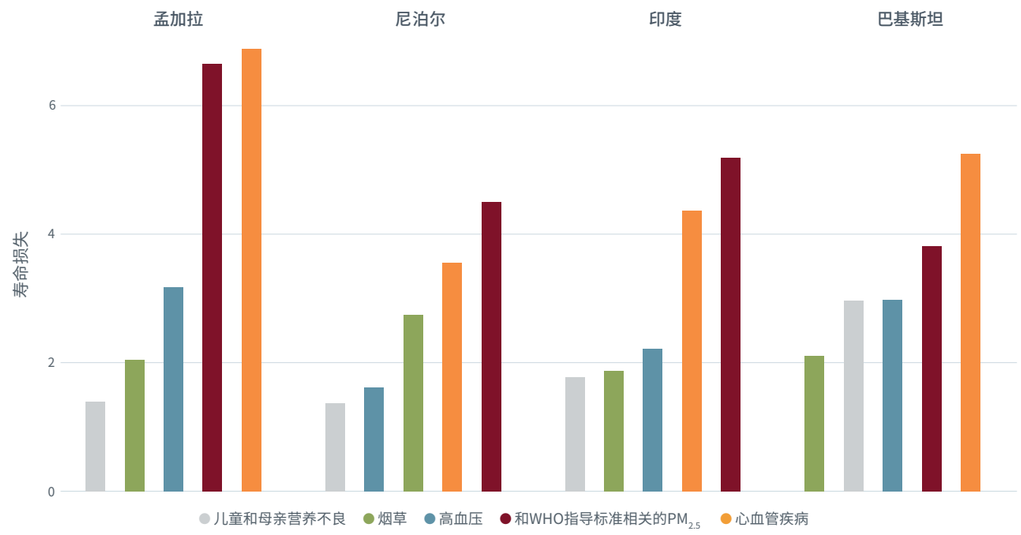
随着时间的推移，南亚空气污染的加剧并不令人意外。过去二十年来，工业化、经济发展和人口增长导致整个地区的能源需求和化石燃料使用量猛增。在印度和巴基斯坦，自2000年代初以来，道路上的车辆数量增加了约四倍。从2010年到2020年，孟加拉国的车辆数量大约增加了两倍。[25] 从1998年到2017年，孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦的化石燃料发电量增加了两倍。[26] 农作物焚烧、砖窑和其他工业活动也导致该地区颗粒物排放量上升。能源使用的增加提高了生活水平和经济产出，从而大大提高了福祉。然而，随之而来的颗粒物污染的增加已经产生了严重后果，非经合组织地区的能源需求预计只会继续增长。如果不采取协调一致的政策行动，空气污染的威胁也会加剧。

幸运的是，这些国家越来越多的人认识到问题的严重性，政府也开始做出反应。例如，2019 年，印度政府向污染宣战，并启动了国家清洁空气计划 (NCAP)，其既定目标是到2024年将2017年颗粒物污染水平降低 20% 至 30%。2022年，印度政府修改了 NCAP 目标，目标是到2026年将131个未达标城市的颗粒物污染水平降低 40%。131个未达标城市实现并维持这样的减少将使印度全国平均预期寿命延长7.9个月，而德里（污染最严重的未达标城市）居民的平均预期寿命将增加4.4岁，这凸显了巨大的潜在效益。

25 印度统计和计划实施部。2017. “Motor vehicles – Statistical year book India 2017. Table 20.4.”; Pakistan Statistical Pocket Book. 2006. “Table 17.5.”和《今日巴基斯坦》。“Registered vehicles in Pakistan increased by 9.6% in 2018.”；孟加拉国道路运输管理局。2020. “Number of registered vehicles in the whole BD.”

26 美国能源信息管理局。“International: Electricity [Data set].”

图2.2 · 南亚国家预期寿命面临的全球主要威胁的比较



资料来源：全球疾病负担 (https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及 WHO 生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“$PM_{2.5}$ 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

南亚其他国家也开始采取政策行动。尼泊尔制定了加德满都谷地空气质量管理行动计划，并采取了各种其他政策来控制车辆和工业排放以及管理空气质量。在巴基斯坦，政府开始安装更多的污染监测器，并在冬季供暖能源需求较高的月份关闭污染严重地区的工厂。同样，孟加拉国的监测能力增加了一倍，实时空气污染测量现已覆盖其八个城市。[27]

巴基斯坦和孟加拉国都鼓励砖窑业主转向更清洁的技术。在孟加拉国，砖窑造成了达卡 58% 的颗粒物污染，该国2019年修订了砖窑生产法律，禁止在住宅、商业、农业和环境敏感地区附近建立砖窑。[28] 此外，政府计划到2025年逐步淘汰砖块的使用，转而使用混凝土块，以减少对空气质量和表土质量的损害。[29] 最终，南亚这些政策变化的真正考验将是它们是否能够使空气更清洁并延长该地区的平均预期寿命。

27 孟加拉国环境、森林和气候变化部。2018。“Ambient Air Quality in Bangladesh.”这8个城市分别是：达卡、吉大港、纳拉扬甘杰、加济普尔、库尔纳、拉杰沙希、巴里萨尔和锡尔赫特。

28 Dhaka Tribune. 2019. “Environment minister: Brick kilns responsible for 58% air pollution in Dhaka.”

29 The Daily Star. 2019. “Checking Air Pollution: Bye bye brick!”

第三节

空气污染是东南亚的主要负担

东南亚6.737亿人口几乎全部生活在细颗粒物污染严重的地区，世界卫生组织 (WHO) 认为这些地区不安全。相对于符合世界卫生组织指导方针的情况而言，这种污染使东南亚人的平均预期寿命缩短了1.6年。在一些污染最严重的地区，居民的预期寿命缩短了3.5年。

总体而言，2021 年整个东南亚的污染程度有所上升。例如，在柬埔寨和泰国，颗粒物污染分别增加了 15.8% 和 5.5%。事实上，东南亚约6.737亿人口中的 99.9% 现在居住在颗粒物污染超过世界卫生组织修订后的5微克每立方米标准的地区。在整个地区，与符合世界卫生组织指导标准的情况相比，空气污染使平均预期寿命减少了1.6年。在该地区的11个国家中，估计因空气污染而损失了11亿生命年。[30]

虽然2021年平均污染略有增加，但东南亚的污染水平二十年来基本保持不变，平均在18至22微克每立方米之间波动（2021 年为21.4微克每立方米）。然而，在旱季，印度尼西亚的火灾会导致该国及其顺风方向邻国（如马来西亚）的污染突然激增。数据证实，与最近活跃的野火季节2019年相比，2021 年该地区火灾减少产生了重大影响。2019 年，印度尼西亚苏门答腊岛和婆罗洲发生了数千起火灾。与2019年相比，印度尼西亚2021年下降了16.3%，而马来西亚则下降了 31.4%。

印度尼西亚爪哇岛是该国的人口和工业中心，2021 年的污染水平较2019年略有下降。在雅加达周边地区（包括茂物、德波、勿加泗和坦格朗），年平均$PM_{2.5}$浓度下降约 18.7%，至30微克每立方米。不过，如果该地区符合世界卫生组织的指导方针，大约3030万居民的平均预期寿命将延长$_{2.5}$年。2021年，北苏门答腊岛是印度尼西亚污染最严重的地区之一，但相对2019年有所下降。例如，棉兰的污染水平为33.9微克每立方米，略高于32.6微克每立方米，但仍显着低于2019年40微克每立方米的水平。如果污染得到控制以满足世界卫生组织的指导标准，这里的居民预期寿命将延长2.8年。

柬埔寨、泰国和缅甸——受印度尼西亚周期性火灾影响较小——从2019年到2021年，颗粒物污染有所增加。缅甸是2021年东南亚污染最严重的国家，自2012年以来一直保持这一排名，人口加权-平均颗粒物污染浓度为35微克每立方米——是世界卫生组织指导值的七倍。由于污染超过指导标准，缅甸居民的预期寿命缩短了2.9年，这明显高于缅甸的其他健康威胁，如儿童和孕产妇营养不良（1.4 岁）或糖尿病（1.1 岁）（图 3.3）。在仰光和曼德勒，2021年平均污染水平分别为33和39.9微克每立方米，这表明如果符合世界卫生组织的指导标准，居民将分别增加2.7和3.4年的寿命。

在泰国，颗粒物污染较2019年增加了 5.5%。2021 年全国平均水平为23.2微克每立方米，这一水平自2000年代中期以来基本保持稳定。但总体而言，2021 年，颗粒物浓度各地差异很大，从北部帕夭府的33.4微克每立方米，到曼谷大都市的20.6微克每立方米，再到泰国普吉岛的13.4微克每立方米。南方。这种变化的部分原因是泰国北部地区（包括清迈、清莱、甘烹碧和帕夭周边地区）的火灾增加了区域空气污染量，导致相比于世界卫生组织指导标准下的预期寿命减少$_{2.5}$年。与此同时，在泰国最大的城市曼谷，如果污染水平符合世界卫生组织的指导方针，居民的寿命将延长1.5年。

30 东南亚包括以下国家：文莱、柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、泰国、东帝汶和越南。

图3.1 · 将 $PM_{2.5}$ 浓度从2021年降低至世界卫生组织指导标准可潜在延长预期寿命

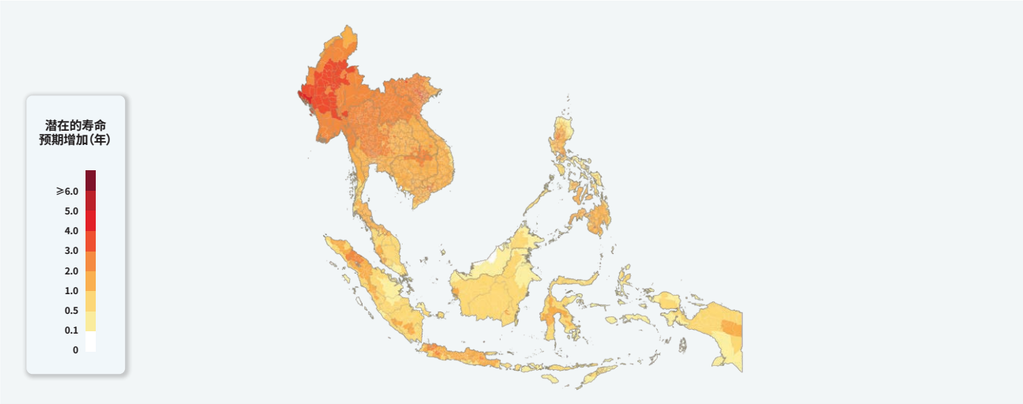


图3.2 · 在东南亚10个人口最多的地区，将$PM_{2.5}$从2021年水平降低至世界卫生组织指南可潜在延长预期寿命马尼拉大都会（菲律宾

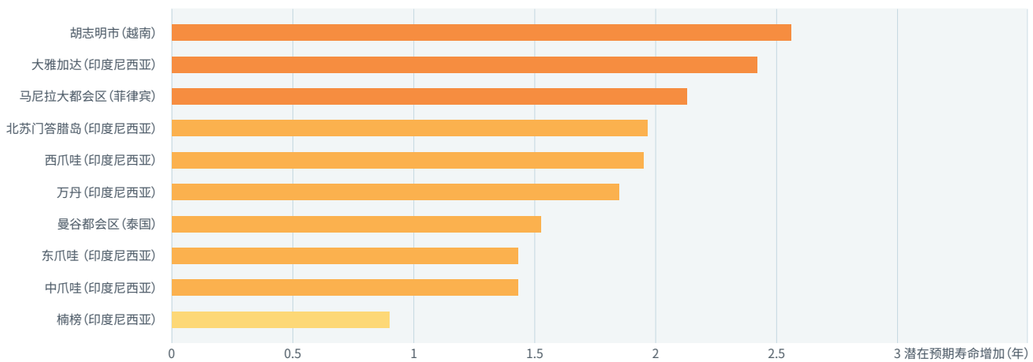
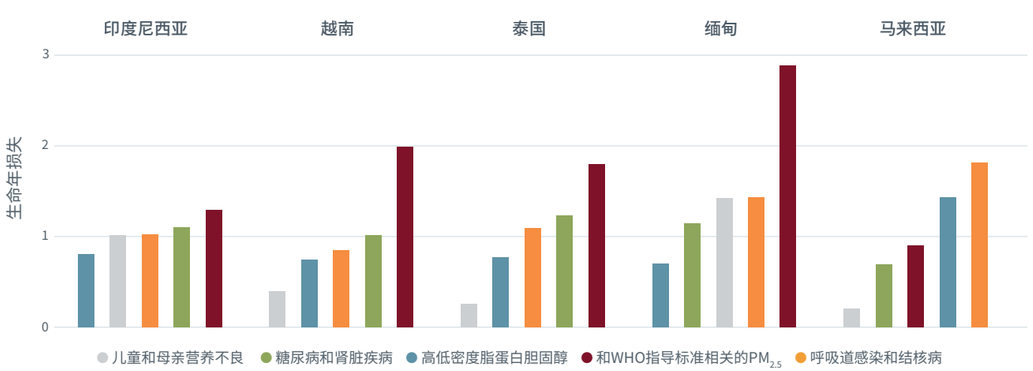


图3.3 · 南亚国家预期寿命面临的主要威胁比较



资料来源：全球疾病负担 (https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及 WHO 生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“$PM_{2.5}$ 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

在越南，地区之间的差异更为明显。在拥有超过800万人口、越南主要工业中心之一的首都河内，如果空气质量符合世界卫生组织的指导标准，预期寿命将增加3年。越南许多南部地区受到的影响要小得多，如果空气质量符合世界卫生组织的指导标准，平定等沿海省份的预期寿命只会增加0.9年。总体而言，如果污染永久减少到世界卫生组织的指导方针，越南公民的平均预期寿命将延长两年。这种对预期寿命的威胁明显大于越南的其他健康威胁，如糖尿病（1 岁）或呼吸道感染和结核病（0.9 岁）（图 3.3.）。

该地区国家如何应对这一问题?除了减少生物可燃物、森林和泥炭地的火灾（这些火灾通常是为了清理农业种植园的土地而非法点燃的）之外，更严格的燃料排放标准还提供了另一个潜在的改进领域。中国和印度的燃料标准至少与欧盟（Euro-6）采用的标准一样严格，而印度尼西亚和泰国的燃料标准要低得多。那里的车辆只需要满足 Euro-4 标准，该标准允许柴油氮氧化物排放量达到原来的3倍，硫含量达到原来的5倍。泰国政府原计划于2021年采用 Euro-5 标准，但由于 COVID-19 限制及考虑到对私营部门对持续影响，已将标准的采用推迟到2024年[31]。越南于2022年1月1日生效 Euro-5 标准。[32]

工业排放是另一个有潜力改善的领域。印度尼西亚的燃煤电厂——雅加达方圆100公里范围内约有10座燃煤电厂[33]——排放的颗粒物、氮氧化物和二氧化硫是中国燃煤电厂的3至7.5倍，是印度2003。2016年间安装的燃煤电厂的2至4倍。[34] 氮氧化物和二氧化硫 一旦排放到大气中，就会形成颗粒物。

在整个地区，人们对采取紧急清洁空气行动的必要性的认识不断提高，这在许多情况下是由社区倡导者推动的。例如，2021 年，雅加达一家法院做出了有利于公民的裁决，该诉讼声称政府未能向公民提供安全、清洁的空气。2022年，草根组织泰国清洁空气网络向泰国议会提交了第一份公民驱动的立法草案，旨在制定《泰国清洁空气法》。

31 China Daily. 2023. “Thailand approves delay on imposing Euro 5 emission standard on new vehicles.”

32 Transport Policy. 2022. “As of January 1, 2022, 4-wheeled light-duty vehicles in Vietnam are regulated under the Euro 5 standard.”

33 Reuters. 2019. “Asia’ s coal addiction puts chokehold on its air-polluted cities.”

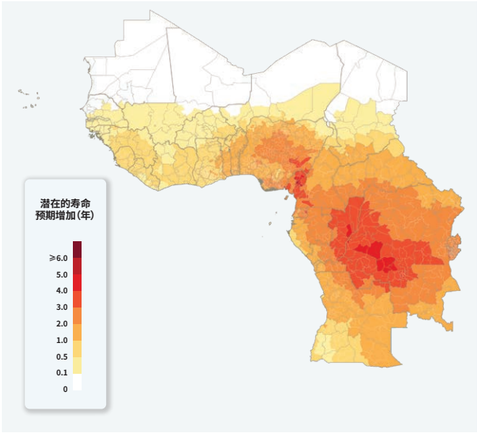
34 Zhang, Xing. 2016.

第四节

中西非是孕育污染的温床

随着中非和西非能源使用量的不断增加，颗粒物污染正在成为日益严重的健康威胁，其威胁程度堪比艾滋病毒/艾滋病和疟疾等该地区众所周知的杀手，导致在污染最严重的地区预期寿命缩短多达5.4年。

图4.1 · 将 $PM_{2.5}$ 浓度从2021年水平降低至世界卫生组织的指导标准可延长的潜在预期寿命



虽然南亚国家理所当然地受到了最多的关于极端空气污染水平的媒体报道，但新的和修订后的卫星数据显示，刚果民主共和国、卢旺达、布隆迪和刚果共和国等非洲国家是全球污染最严重的十个国家。

2021年并没有给该地区的平均空气质量带来实质性变化。2021年人口加权平均$PM_{2.5}$浓度与2020年的平均水平几乎相同，均为21.2微克每立方米，是世界卫生组织指导值的4.2倍。[35] 因此，在拥有27个国家6.387亿人口的中非和西非地区，如果这种水平的污染持续下去，人均寿命将减少1.6年。如果该地区减少污染以达到世界卫生组织的指导标准，这意味着可以节省10亿生命年。

虽然撒哈拉以南非洲地区的健康讨论主要集中在艾滋病毒/艾滋病和疟疾等传染病上，但数据显示，颗粒物污染暴露对健康的影响同样严重。刚果民主共和国 (DRC) 的情况确实如此，该国拥有1.05亿人口，是2021年非洲大陆污染最严重的国家，其颗粒物污染为34.6微克每立方米，几乎高出世界卫生组织的指导标准7倍。因此，如果该国符合世界卫生组织的指导标准，平均预期寿命将减少2.9岁。

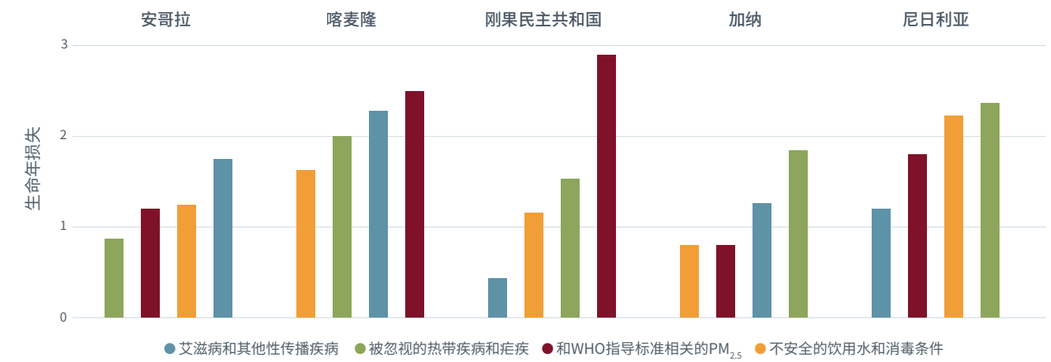
在拥有1190万人口的刚果民主共和国首都和最大城市金沙萨，如果该城市符合世界卫生组织的指导方针，居民的预期寿命将缩短3.3年。然而，金沙萨东部的一些地区，即迈恩东贝、奎卢和开赛，污染程度更高，导致那里的居民寿命缩短3.8至4年。在这些地区，高空气污染水平主要归因于废物燃烧、采矿以及矿物加工和水泥制造等工业实践。此外，随着固体燃料的大量使用，居民面临着越来越多的室内空气污染[36].

刚果共和国、卢旺达、布隆迪、喀麦隆和赤道几内亚是

35 中部非洲被定义为以下11个国家：安哥拉、布隆迪、喀麦隆、中非共和国、乍得、刚果共和国、刚果民主共和国、赤道几内亚、加蓬、圣多美和普林西比、卢旺达。西非被定义为以下16个国家：贝宁、布基纳法索、佛得角、冈比亚、加纳、几内亚、几内亚比绍、科特迪瓦、利比里亚、马里、毛里塔尼亚、尼日尔、尼日利亚、塞内加尔、塞拉利昂、多哥。

36 Interactive Country Fisches. “Democratic Republic of Congo: Pollution.”

图4.2 · 中非和西非人口最多的五个国家的对预期寿命的主要威胁的比较



资料来源：全球疾病负担 (https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及 WHO 生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“$PM_{2.5}$ 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

2021年中非和西非污染最严重的国家，仅次于刚果民主共和国。他们的故事很相似。在刚果共和国首都布拉柴维尔，居民寿命减少了3.3年；在卢旺达穆桑泽，为3年；布隆迪首都基特加为2.4年；在喀麦隆梅扎姆，居民寿命缩短了4.6年；在赤道几内亚巴塔，这一数字为2.2年。

尼日利亚还面临着沉重的污染负担。2021年，尼日利亚的颗粒物污染水平为23微克每立方米，是世界卫生组织指导值的4.6倍。在拥有2110万人口的尼日利亚最大城市拉各斯，由于长途通勤和高硫燃料造成的车辆排放、工业排放以及在电力供应不可靠的情况下使用柴油发电机，导致城市空气污染严重。[37] 如果颗粒物污染减少以达到世界卫生组织的指导方针，那里的居民的预期寿命将增加1.4年。2021年，尼日尔河三角洲出现了尼日利亚污染水平最高的地区，那里的炼油厂与日常严峻的空气污染现实有关。[38] 在阿夸伊博姆州、塔拉巴州、克罗斯河州和三角洲州，平均污染水平为26.6至34.3微克每立方米。根据 AQLI 的数据，这些州居民的预期寿命比 WHO 的指导标准水平缩短了2.1至2.9年。2020年尼日利亚污染最严重的城市是塔拉巴州的地方政府辖区萨多纳，该地区$PM_{2.5}$ 浓度平均为44.6微克每立方米，与全球污染第四严重国家巴基斯坦的水平相似。在这里，居民的预期寿命将减少3.9年。

尽管全球针对艾滋病毒/艾滋病、疟疾和结核病的大型基金每年为这些问题拨款40亿美元，但没有一套同等的协调资源来应对空气污染。[39] 事实上，清洁空气基金估计整个非洲大陆收到了不到30万美元的慈善资金来帮助应对室外空气污染。[40] 然而，在刚果民主共和国和喀麦隆，空气污染比艾滋病毒/艾滋病、疟疾和其他健康威胁更能缩短人均寿命（见图 4.2）。[41] 在尼日利亚，空气污染对预期寿命的影响大于艾滋病毒/艾滋病，但小于疟疾。

中西非27个国家均未制定颗粒物污染国家标准。事实上，非洲61个国家中只有17个通过了包含某些空气质量标准的立法文书。[42] 此外，96.3%的非洲国家没有完全公开的政府空气质量数据。[43]

37 Croitoru, L.、Chang, J.C. 和 Kelly, A.，2020。

38 尼日尔河三角洲被定义为以下九个州：河流、三角洲、阿夸伊博姆、伊莫、埃多、翁多、克罗斯河、阿比亚、巴耶尔萨。

39 From the Global Fund website, accessed 9 August 2023.

40 Clean Air Fund. 2022. “The State of Global Air Quality Funding.”

41 除环境 $PM_{2.5}$空气污染外，死亡原因和风险对预期寿命的影响是根据2019年全球疾病负担的死亡率数据计算的。有关详细信息，请参阅 https://aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology /。

42 UN Environment Program. 2021.” Regulating Air Quality: The First Global Assessment of Air Pollution Legislation.” Also, please note that only a subset of these countries are a part of Central and West Africa. These 17 countries are as follows: Algeria, Benin, Burkina Faso, Côte d’ Ivoire, Egypt, Eswatini, Gambia, Ghana, Kenya, Mauritius, Morocco, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Senegal, South Africa, and the United Republic of Tanzania.

43 Open Air Quality Data. 2022. “The global landscape community summary table.” Please note that in reporting numbers using this table, we have assumed this table’ s definition of the African continent (54 countries). The AQLI definition that is used elsewhere in the factsheet defines the African continent as containing a total of 61 countries. Some of the regions in this definition may or may not be included elsewhere in the African continent’ s definition.

第五节

大多数拉美人呼吸的空气比WHO的指导标准要差

拉丁美洲6.417亿人口中的绝大多数人呼吸的空气超出了世界卫生组织认为的安全标准。在该地区污染最严重的地区，空气污染使预期寿命缩短3至4.4年。

新修订的2021年卫星$PM_{2.5}$数据显示，拉丁美洲6.417亿人口中有 96.3% 的人口居住环境颗粒物污染水平超过了世界卫生组织5微克每立方米的指导值。[44]尽管整个拉丁美洲因净化空气而延长的平均预期寿命相对较低（平均仅不到11个月），但在区域热点地区，这个数字要大得多。六十个污染最严重的地区位于危地马拉、玻利维亚和秘鲁。在这些地区，居民呼吸的空气与世界其他主要污染热点地区（例如印度浦那和中国哈尔滨）类似。

拉丁美洲污染最严重的地区是危地马拉米斯科市，2021年该市的平均污染水平为50.3微克每立方米，是世界卫生组织指导值的10.1倍。如果该地区净化空气以达到WHO标准，居民的预期寿命将增加4.4年。巴西韦柳港也发生了类似的情况，那里的居民因空气污染而寿命缩短了$_{2.5}$年；玻利维亚塞尔卡多（贝尼省）的居民损失了3.1年，秘鲁首都利马的居民损失了2.3年。在该地区，主要污染源包括车辆排放、无铅燃料的使用以及最近的野火。

44 拉丁美洲地区被定义为由以下21个国家组成：墨西哥、危地马拉、洪都拉斯、萨尔瓦多、尼加拉瓜、哥斯达黎加、巴拿马、哥伦比亚、委内瑞拉、厄瓜多尔、秘鲁、玻利维亚、巴西、巴拉圭、智利、阿根廷、乌拉圭、古巴、海地、多米尼加共和国、波多黎各。

图5.1 · 在拉丁美洲15个人口最稠密的地区，将$PM_{2.5}$从2021年的水平永久降低至世界卫生组织指南，可潜在延长预期寿命

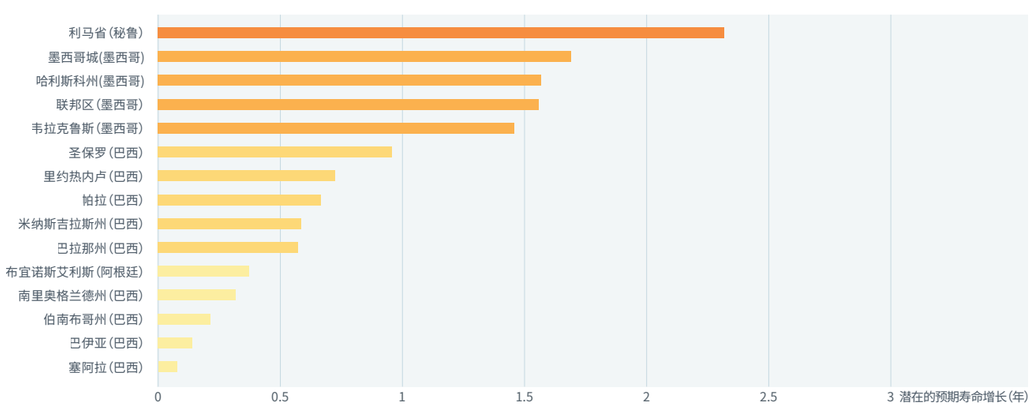


图5.2 · 将$PM_{2.5}$浓度从2021年降低至世界卫生组织的知道标准可潜在延长的预期寿命

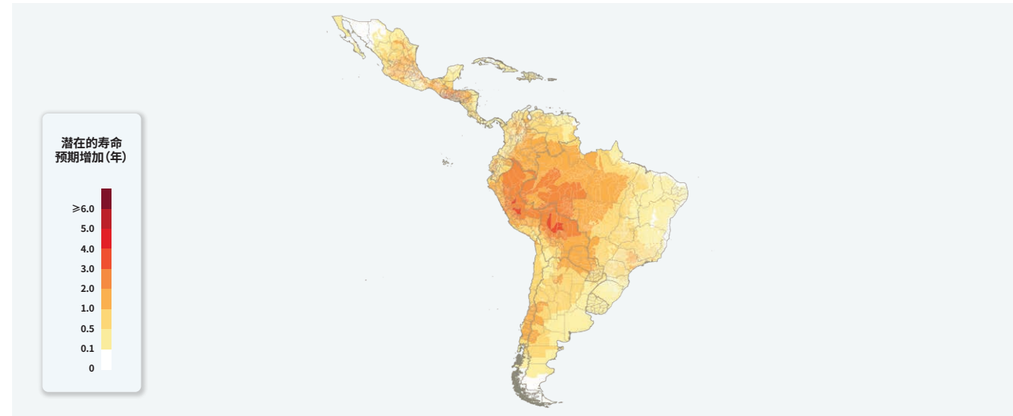
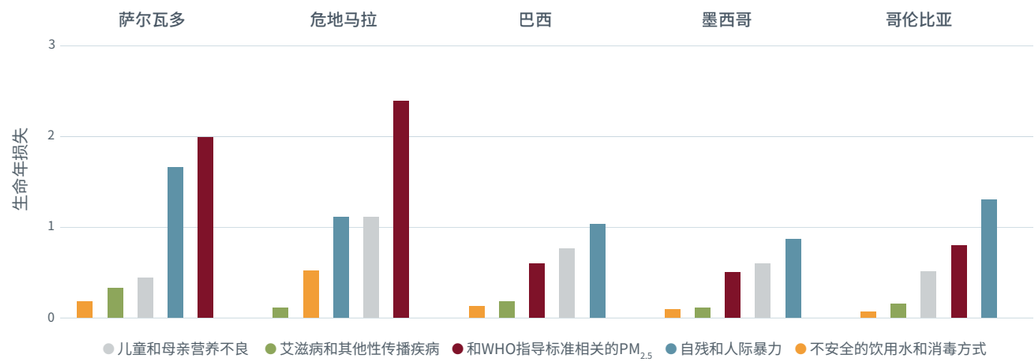


图5.3 · 拉丁美洲部分国家的对预期寿命主要威胁的比较



资料来源：全球疾病负担 (https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及 WHO 生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“$PM_{2.5}$ 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

汽车尾气排放是危地马拉、玻利维亚和秘鲁等拉丁美洲主要热点城市空气质量不佳的主要原因。[45]近几十年来，波哥大、墨西哥城、智利圣地亚哥和基多等几个拉丁美洲城市实施了政策工具，以减少城市空气污染和交通拥堵，例如基于车牌的汽车使用限制。[46]过去15年中，除智利圣地亚哥外，这些城市的颗粒物污染均大幅下降。

拉丁美洲的空气污染不仅限于其城市。玻利维亚的农村居民也面临着高水平的颗粒物污染。例如，在马莫雷（贝尼省）这个农村地区的空气质量是全国最差的，2021 年颗粒物污染平均水平为32.9微克每立方米。相对于世界卫生组织的指导值，由于这种不洁净的空气，当地居民的预期寿命减少了2.7年。

在巴西，整个亚马逊地区的颗粒物污染水平是世界卫生组织建议值的4.4倍，这主要是由于雨林被烧毁造成的。火灾是由于砍伐森林和为开垦耕地和放牧而非法放火造成的。如果污染减少到符合世界卫生组织的指导标准，该地区420万居民的预期寿命将延长1.7年。

45 Guatemala: International Women’ s Media Foundation. 2018. “How Outdated Cars Live On in a Smoggy Afterlife.”; Bolivia: Mardoñez, V., Uzu, G., Andrade, M., Borlaza, L. J. S., Pandolfi, M., Weber, S., Moreno, I., Jaffrezo, J.-L., Besombes, J.-L., Alastuey, A., Perez, N., Mo⊠nik, G., and Laj, P., 2022; Peru: Pinedo-Jáuregui, C., Verano-Cachay, J., Barrantes-Santos, V., 2020.

46 Boso, À.、Oltra, C.、Garrido, J. 等人，2023 年。

第六节

中国的反污染战争持续进行

自2014年中国打响“污染攻坚战”以来，中国的污染状况逐年下降。这种下降趋势持续到了2021年，污染水平比2013年下降了 42.3%。由于这些改善，如果减排持续下去，中国公民的平均寿命预计会延长2.2年。

尽管世界许多地区的颗粒物污染显着增加，但全球污染自2013年以来有所下降。这种下降完全归功于中国在大幅减少污染方面取得的成功——2013 年至2021年间污染下降了 42.3%，仅2020年至2021年就下降了 5.3% 。北京市污染下降幅度最大，仅八年就下降了 56.2%（图6.1）。如果没有中国污染的急剧下降，2013年至2021年全球平均污染将会略有增加。

由于空气质量的改善，如果空气质量下降持续下去，中国公民的平均寿命有望延长2.2年。在北京，人均预期寿命可延长4.2年。在上海，$PM_{2.5}$从46.4微克每立方米下降到25.5微克每立方米，平均人预期寿命可延长2年（图6.2）

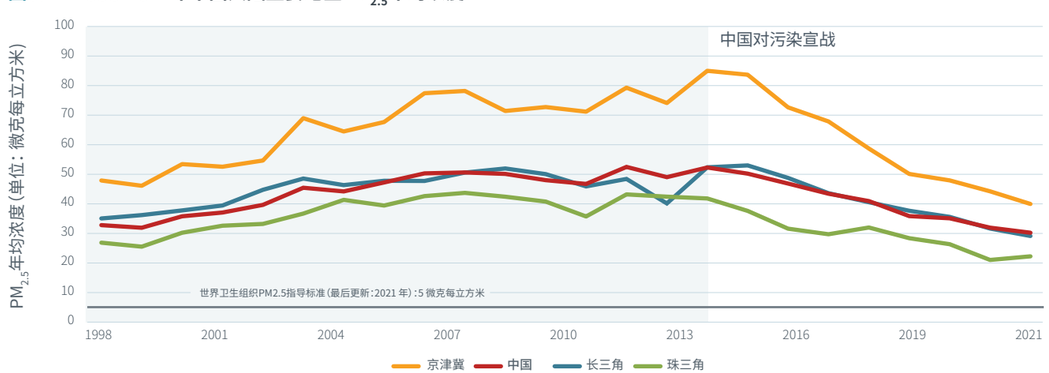
中国在减少污染方面取得如此成功得益于严格的公共政策。2013年中国污染达到最高水平后，公众开始呼吁变革。作为回应，中国于2013年秋季出台了《国家空气质量行动计划》，制定了到2017年底改善空气质量的具体目标，其中包括斥资2700亿美元减少人口稠密地区污染的举措。[47]

在2014年人民代表大会年会上，李克强总理宣布“向污染宣战”。这一声明的发布标志着中国长期以来优先考虑经济增长而非环境保护的政策发生了重要转变。[48]

47 Michael Greenstone, Guojun He, Shanjun Li, and Eric Yongchen Zou, 2021.

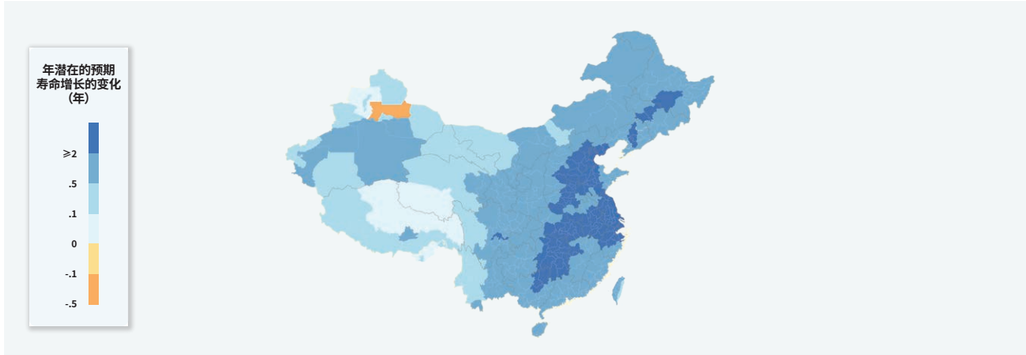
48 Greenstone, Michael, Guojun He, Ruixue Jia, and Tong Liu, 2022.

图6.1 · 1998-2021年中国大陆主要地区$PM_{2.5}$年均浓度



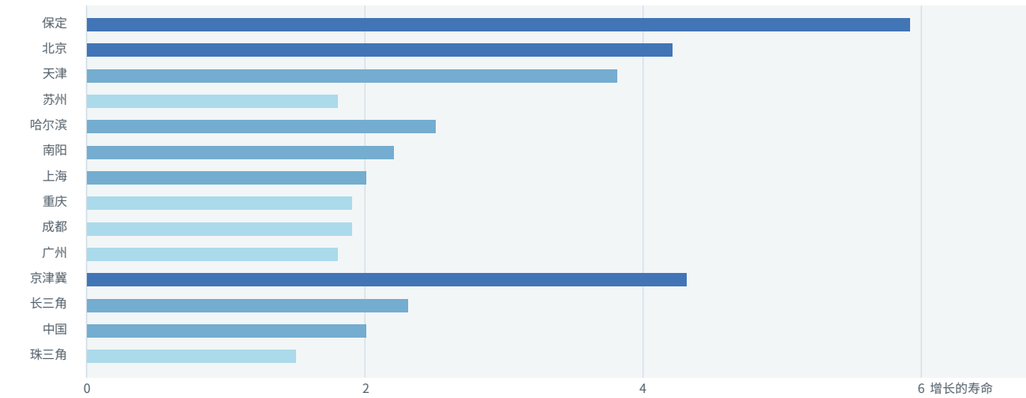
PRD 指珠江三角洲，包括覆盖广东省东莞、佛山、广州、惠州、江门、深圳、肇庆、中山、珠海九个地市的密集城市网络以及香港特别行政区和澳门。YRD代表长江三角洲，包括上海、江苏和浙江。BTH代表北京-天津-河北。需要注意的是，我们对长三角地区的定义包括江苏省和浙江省的所有地区。其他人对长三角地区的定义可能与我们在本报告中的定义不同。

图6.2 · 2014年至2021年间，由于污染减少，预期寿命有所提高



注：由于2014年以来颗粒物污染的减少（如果这些减少持续下去），预计几乎所有中国居民的预期寿命都会延长（蓝色）。

图6.3 · 2014年至2021年中国大陆$PM_{2.5}$浓度变化导致的预期寿命变化



该图显示2014年至2021年间中国大陆因污染减少而预期寿命的增加。在中国现有的2个苏州府中，图中所示的一个位于安徽省。请注意，该图比较了不同行政级别的地区（例如中国、京津冀地区、苏州地区等）。欲了解更多详情，请参阅脚注 图6.1 。

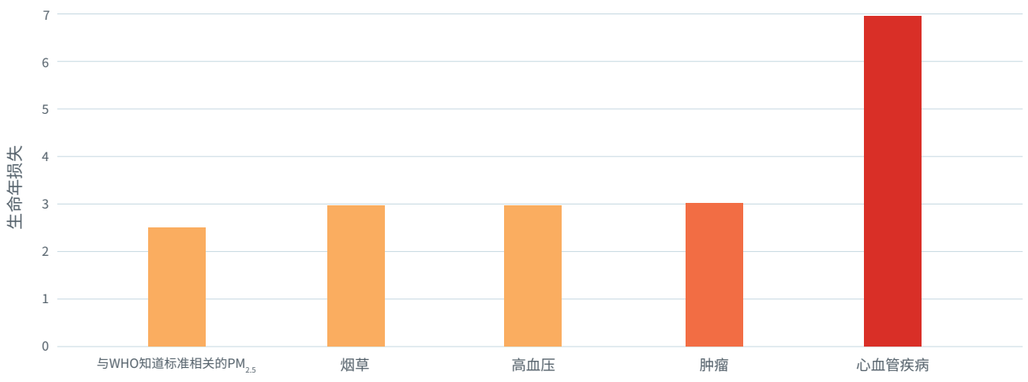
为了实现《国家空气质量行动计划》设定的目标，政府开始限制北京、上海和广州等大城市道路上的汽车数量。工业领域，钢铁产能减少。京津冀、珠三角、长三角地区禁止新建燃煤电厂，现有电厂被强制减排或改用天然气和可再生能源，其他电厂则被关闭或搬迁。此外，北方家庭取暖用的燃煤锅炉也被燃气或电取暖器取代。

由于这些以及其他严格的污染政策，中国的年平均污染水平低于国家标准。然而，中国的污染仍然是世界卫生组织指导值的六倍，仍然是该国预期寿命的最大威胁之一。如果中国能够将污染水平从2021年的水平减少到达到世界卫生组织的指导标准，并且这种减少能够永久持续，那么中国人的平均预期寿命将增加$_{2.5}$年。在该国，这一威胁仅次于烟草和高血压的威胁，它导致预期寿命缩短3年（图6.4）。在河北、天津、河南和山东等污染较严重的省份，健康威胁更为严重，这些省份的居民因清洁空气而预期寿命将延长3.3至3.5年。北京居民的寿命将增加3.2年。放眼国际，北京的污染程度仍然是美国污染最严重的主要城市洛杉矶的近3倍。

中国能否进一步减少污染？迄今为止，中国一直依靠指挥控制措施来迅速减少污染。尽管这些措施取得了成效，但也带来了巨大的经济和社会成本（参见2022年 AQLI 更新）。[49]

49 Air Quality Life Index (AQLI). 2022. “Annual Update.”

图6.4 · 中国预期寿命面临的前5大威胁

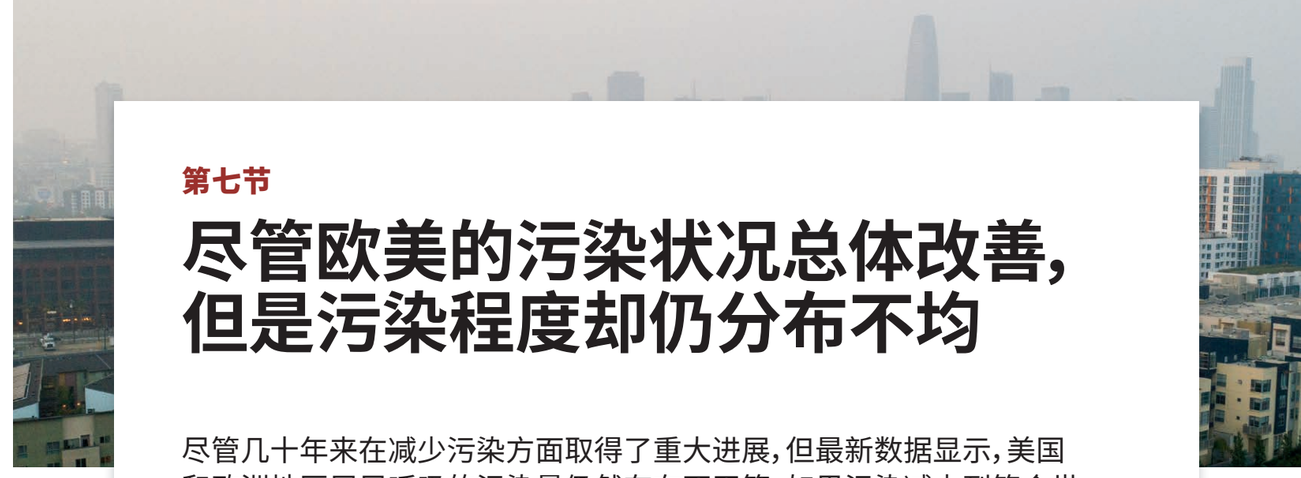


资料来源：全球疾病负担 (https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/) 2 级原因和风险数据以及世界卫生组织生命表 (https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en) 与生命表方法相结合得出这些结果。“PM2.5 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2021) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

随着中国进入“反污染战争”的下一阶段，中国有机会更加重视基于市场的方法，以便以更低的成本更可持续地减少污染。这种减少污染的方法在世界其他地区取得了成功。美国二氧化硫排放交易计划是历史上最大的计划之一，1980 年至2003年间，污染减少了 40%。分析人士表明，该计划的收益与成本之比为 40:1。与此同时，印度古吉拉特邦政府于2019年在工业城市苏拉特实施了世界上第一个颗粒物污染排放交易市场。有证据表明，参与的工厂已将污染减少了约 24%，而运营成本却没有任何明显增加。[50] 与此同时，中国于2021年启动了碳排放交易体系（ETS），该体系已成为世界上最大的碳市场，规模是欧盟的三倍，并且根据增加重工业和制造业的计划，预计将增长70%。[51]该市场的规模可以使该国为传统空气污染市场的潜在采用做好准备。

50 Hindustan Times. 2022. “Gujarat to launch India’ s first carbon trading market among large polluters.”

51 Forbes. 2022. “China’ s Emissions Trading System Will Be The World’ s Biggest Climate Policy. Here’ s What Comes Next.”



第七节

尽管欧美的污染状况总体改善，但是污染程度却仍分布不均

尽管几十年来在减少污染方面取得了重大进展，但最新数据显示，美国和欧洲地区居民呼吸的污染量仍然存在不平等。如果污染减少到符合世界卫生组织的指导标准，一些污染最严重地区的人们的寿命将增加2.5年，这凸显了继续加强和创新空气质量政策的重要性。

几十年前，工业化时期导致污染席卷了欧洲和美国，而这两个地区在很大程度上成功地制定并执行了强有力的污染法。在美国，自1970 年以来，《清洁空气法》等立法措施已帮助减少了 64.9% 的污染，使平均寿命延长了1.4年[52]. 在欧洲，自1998年以来，欧盟空气质量框架指令等政策已帮助减少了 23.5% 的污染，使居民延长了4.5个月的平均寿命。[53] 主要由于这些污染的减少，占世界人口 15.4% 的美国和欧洲仅占颗粒物污染健康负担的 4.1% 左右。[54]

然而，最新的科学证据表明，即使当今美国和欧洲大部分地区的污染水平较低，也会对人类健康有害。随着这一新证据被纳入世界卫生组织的指导标准，2021 年的数据显示，美国和欧洲分别有 96% 和 98.4% 的人现在被认为生活在7.8微克每立方米，略高于世界卫生组织指导值5微克每立方米。在此水平上，如果居民呼吸的空气符合世界卫生组织的指导方针，预计可以延长大约3.6个月的寿命，相当于9920万生命年。2021年欧洲人均暴露于颗粒物污染浓度为12.4微克每立方米的环境中，满足欧盟25微克每立方米的空气污染标准，但低于修订后的世界卫生组织的指导标准。[55] 如果颗粒物污染达到这一标准，整个欧洲的平均预期寿命将延长8.4个月，相当于6.024亿总生命年。

如果美国和欧洲进一步减少污染以满足世界卫生组织的最新指导标准，最大的好处将集中在特定领域。例如，近年来，美国西部不断发生的山火导致该地区空气污染水平上升。加州中央山谷的居民现在持续暴露在高于世界卫生组织指南和国家空气质量标准的平均颗粒物污染水平下。2021 年——从烧毁面积和最大单次野火来看，加州经历了第二严重的野火季节[56,57]——污染最严重的30个县中有20个位于加利福尼亚州（图 7.2），其平均污染浓度从蒙特利县的5.5微克每立方米到普卢玛斯县的26.6微克每立方米。在美国污染最严重的普卢马斯地区，如果空气质量永久保持在世界卫生组织指导值以下，而不是保持在2021年的水平，居民的预期寿命将增加2.1年。美国三个县2021年的污染水平高于1970年的估计水平。

52 我们对1970年美国的估计仅基于可近似估计1970年$PM_{2.5}$浓度的237个美国县。应该注意的是，并非所有州都包含拥有1970年以来数据的县。这里，我们将这237个县的1970年代推算$PM_{2.5}$数据与2021年$PM_{2.5}$数据进行比较，后者适用于美国所有 3,136 个县。欲了解更多信息，请参阅技术附录：https://aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts/united-states-clean-air-act/.

53 European Commission. 2008. “DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe.”

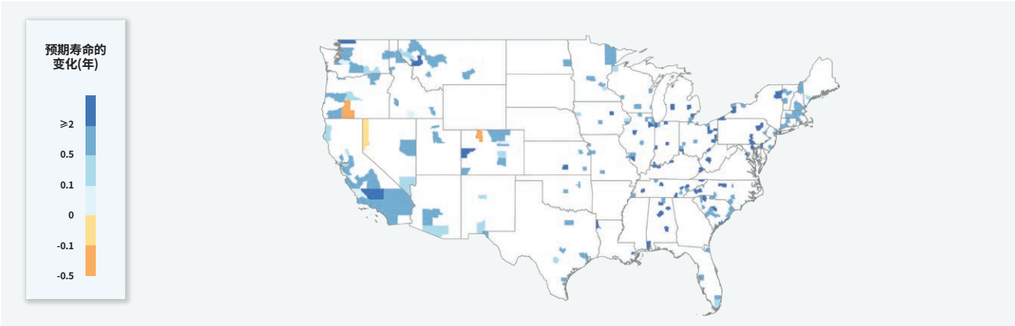
54 欧洲定义为以下文件中列出的53个国家/地区：https://drive.google.com/file/d/1CpDGkKu96HcKr5xCZ3QozIdnozJMetrH/view?usp=drive_link

55 尽管 EU $PM_{2.5}$标准仅适用于欧盟的一部分欧洲国家，但我们在本报告中将其用作欧洲所有53个国家的参考点。

56 National Interagency Coordination Centre. 2021. “Wildland Fire Summary and Statistics Annual Report.”

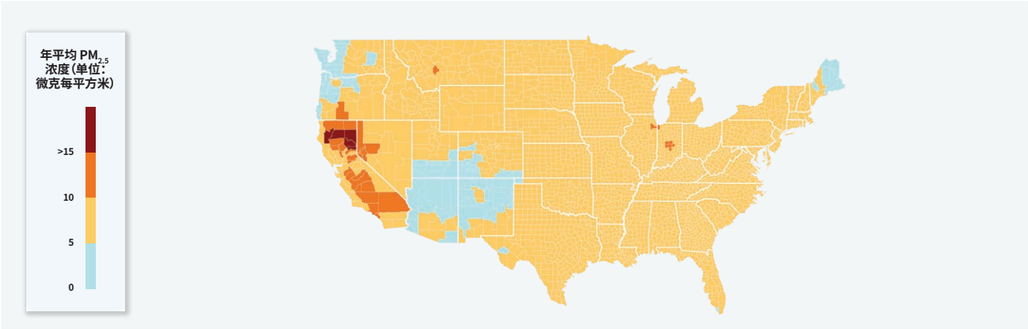
57 California State Portal. 2022. “Fire Season Incident Archive.”

图7.1 · 1970 年至2021年间美国235个县$PM_{2.5}$浓度变化导致的预期寿命变化。



注：与1970年相比，只有3个县（橙色）由于2021年颗粒物污染增加而损失生命年：鲁特（科罗拉多州）、瓦肖（内华达州）和克拉马斯（俄勒冈州）。注：与1970年相比，只有3个县（橙色）由于2021年颗粒物污染增加而损失生命年：鲁特（科罗拉多州）、瓦肖（内华达州）和克拉马斯（俄勒冈州）。此比较只能针对可根据现有数据估算1970年$PM_{2.5}$浓度的237个美国县。标题中提到的3个县是：鲁特（科罗拉多州）、瓦肖（内华达州）、克拉马斯（俄勒冈州）。由于篇幅有限，本图中不包括安克雷奇（阿拉斯加）和檀香山（夏威夷）两个县；然而，与1970年相比，2021 年颗粒物污染也有所下降，分别增加了7.4个月和3.6个月。欲了解更多信息，请参阅技术附录，网址为：https://aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts/united-states-clean-air-act/.

图7.2 · 山火肆虐的加州包括了美国30个污染最严重的县中的20个

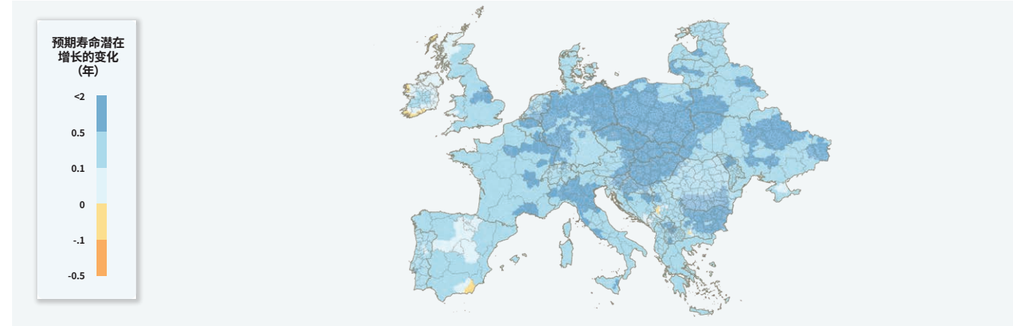


欧洲的情况大致相似，由于1998年至2021年颗粒物污染减少，大多数欧洲居民的预期寿命有所提高（图 7.3）。由于2021年颗粒物污染较1998年增加，只有保加利亚、爱尔兰、西班牙、塞尔维亚和英国的部分居民预期寿命缩短了数年。

非洲大陆东部和西部地区当前的污染水平和随之而来的健康负担仍然存在鲜明对比（图7.4）。如果欧洲东部地区都符合世界卫生组织的指导标准，那么欧洲东部地区的预期寿命将比西部地区多延长6.3个月。波兰、白俄罗斯、斯洛伐克、匈牙利、立陶宛、亚美尼亚以及波斯尼亚和黑塞哥维那的几乎所有人口都不符合世界卫生组织的指导标准。

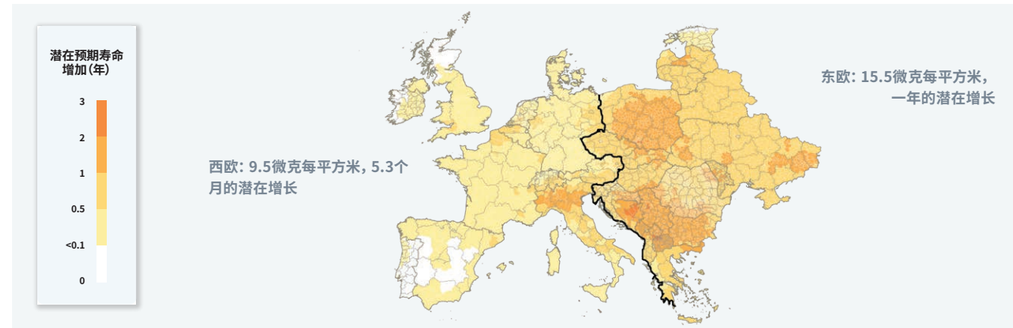
波斯尼亚和黑塞哥维那是欧洲污染最严重的国家。如果污染得到改善，达到世界卫生组织的指导标准，居民平均寿命将延长1.8年。图兹拉市和泽尼察-多博伊市及其周边地区的颗粒物污染水平特别高。如果污染得到改善，达到世界卫生组织的指导标准，该国污染最严重的地区图兹拉的居民的寿命将延长$_{2.5}$年。在东欧以外的地区，意大利波河河谷等地区仍然存在严重污染。在西欧污染最严重的城市米兰，如果颗粒物污染水平降低到符合世界卫生组织的指导方针，居民将获得1.6年的寿命。

图7.3 · 1998年至2021年间欧洲$PM_{2.5}$浓度变化导致的预期寿命变化。



注：如果颗粒物污染持续减少，几乎所有欧洲居民的预期寿命都会得到改善（蓝色）。请参阅脚注 3、57 和 66。

图7.4 · 比较东欧与西欧（以粗黑线划分），将 $PM_{2.5}$浓度从2021年浓度降低至世界卫生组织的指导标准，可潜在延长预期寿命



超过拟议的更严格标准的十五个国家：奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、希腊、匈牙利、意大利、拉脱维亚、立陶宛、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚。

2021年世界卫生组织指南修订后，美国和欧盟一直在采取措施加强其$PM_{2.5}$标准。今年，美国环境保护局提出了新的年度$PM_{2.5}$标准9至10微克每立方米，以取代现行的12微克每立方米的标准。[58] 如果采用新修订的上限，那么到2021年颗粒物污染水平超过10微克每立方米的40个县的平均居民预期寿命将比现行标准增加1.6个月，即320万总寿命年。

与此同时，2022 年末，欧盟委员会提议到2030年将欧盟目前的$PM_{2.5}$标准从 25微克每立方米降低至10微克每立方米。[59] 根据最新的 AQLI 2021 数据，欧盟28个成员国中有15个国家超过了10微克每立方米的限制。如果这15个国家降低污染水平以满足这个更严格限制，那么生活在这些国家的普通公民的平均预期寿命将延长4.9个月，相当于这15个国家的人口总寿命延长8030万年。[60]

58 Environmental Protection Agency. 2023. “Reconsideration of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter.”

59 European Commission. 2022. “DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast).”

60 超过拟议的更严格标准的十五个国家：奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、希腊、匈牙利、意大利、拉脱维亚、立陶宛、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚。

结论

空气污染继续对全球健康构成重大威胁。AQLI 表明，如果空气质量符合世界卫生组织的指导标准，2021 年的污染水平将使全球平均预期寿命缩短2.3年，与吸烟对预期寿命的影响相当，比艾滋病毒或营养缺乏造成的影响更严重。

尽管全球颗粒物污染浓度在过去二十年中保持相对稳定，但自2013年以来，不同地区的趋势出现了分化。南亚，特别是印度、巴基斯坦和孟加拉国，污染水平显着上升，如果这些地区的污染水平达到世界卫生组织的指导方针，该地区的居民的预计寿命将增加5.1年。相反，自2014年向污染宣战以来，中国在防治污染方面取得了显著成功，2013年至2021年污染水平降低了42.3%，平均预期寿命有望延长2.2年。

我们的分析还强调了污染负担的不平等分布以及应对污染负担的必要工具。在污染程度最高的国家孟加拉国，由于污染程度不符合世界卫生组织的指导标准，居民平均会损失6.8年的寿命。相比之下，在美国居民平均仅损失3.6个月的寿命。

由于建立在数据、信息和宣传基础上的强有力的政策，美国人呼吸着更清洁的空气。如今，许多污染最严重的国家都没有这样的基础。例如，亚洲和非洲分别只有 6.8% 和 3.7% 的政府[61]，生成完全开放的空气质量数据可供公众使用，而欧洲、美国和加拿大的这一数据为 69.2%。由于基础薄弱，颗粒物污染负担最重的地区（亚洲和非洲）与国家空气质量标准之间存在显着差异。虽然亚洲和非洲因污染造成的全球生命年损失占92.7%，但这些地区只有 35.6% 和 4.9% 的国家分别制定了国家空气质量标准。

我们关于颗粒污染水平及其对预期寿命影响的报告揭示了一个引人注目的机遇，即全球的政策、慈善和发展工作，可以增加让人们过上更长寿、健康的生活的机会。

61 OpenAQ. 2022. “Open Air Quality Data: The global landscape.”

附录：卫星推导的$PM_{2.5}$数据的演变

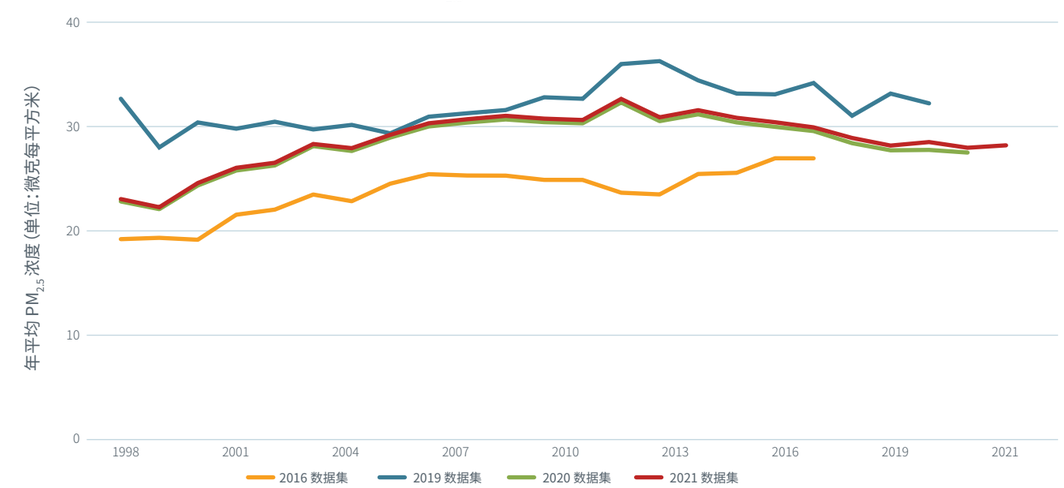
可靠的、地理范围广泛的污染测量对于理解空气污染的程度及其对健康的影响至关重要。不幸的是，世界许多地区要么缺乏广泛的污染监测系统，要么直到最近才开始监测$PM_{2.5}$，这使得追踪长期的全球趋势变得不可能。为了构建一个全球覆盖、地方解决、方法一致，并且跨越多年以展示随时间变化的污染趋势的颗粒物污染及其健康影响的单一数据集，华盛顿大学大气组成分析组最新的AQLI数据整合了从1998年至2021年长达24年的每年的卫星衍生环境$PM_{2.5}$浓度估计（方法在van Donkelaar等人（2021）中描述）。最新的原始数据集（版本：V5.GL.03）可在以下网址公开访问：https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/。AQLI使用的这个数据版本排除了海盐和灰尘。

本报告中使用的卫星衍生$PM_{2.5}$数据集与先前AQLI报告中使用的数据集存在差异。例如，在今年使用的新修订的2021年数据集中，2019年的全球人口加权平均$PM_{2.5}$浓度相对于我们在2022年AQLI更新中使用的2020年数据集有所上调，从27.7提高到28.5微克每立方米（图A.1）。

根据van Donkelaar等人（2021年），通过使用称为GEOS-Chem的化学传输模型将每个网格单元上的气溶胶光学深度（AOD）测量转换为$PM_{2.5}$测量来构建卫星衍生的$PM_{2.5}$数据。然后，这些估算值随后根据地理加权回归（GWR）校准到区域地面观测的总质量和组成质量。随着时间的推移，模型和校准输入的改进以及地面监测覆盖的增加，都需要对历史$PM_{2.5}$数据集进行定期更新。

在图A.1中，我们使用各年版本的年均$PM_{2.5}$数据集绘制和比较全球人口加权的$PM_{2.5}$时间趋势。尽管新修订的$PM_{2.5}$数据集产生的全球平均浓度水平平均高于使用2020年和2016年参考数据集估计的水平，并且平均低于2019年参考数据集，但整体情况仍然相同。全球年均$PM_{2.5}$水平在世界卫生组织指导标准的3.8至7.2倍之间变化，这使空气污染成为全球人类健康的最大外部威胁。

图A.1 · 最新（2021 年参考数据集）全球年平均$PM_{2.5}$浓度时间序列与各种历史参考数据集的比较



注意：2021的线使用 https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/ (V5.GL.03) 中的数据绘制了全球人口加权年平均$PM_{2.5}$趋势，这个方法在van Donkelaar et al. (2021)中有描述。(2021)。“2020 年数据集”线使用 van Donkelaar 等人的数据绘制了全球人口加权平均$PM_{2.5}$趋势。(2021)。“2019 年数据集”线使用 Hammer 等人的数据绘制了类似的趋势。(2020)。“2016 数据集”使用 van Donkelaar 等人的数据绘制了趋势。(2016)。请注意，AQLI 使用所有数据集的版本，不包括海盐和灰尘。要了解有关这些版本的更多信息，请访问：https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/.

附表 · 各国 2021 年平均 PM2.5 污染浓度以及在符合世界卫生组织指南或国家标准的情况下相应的潜在预期寿命延长

国家或地区	平均 $PM_{2.5}$（微克/立方米）	国家标准（μg/m³）	将 $PM_{2.5}$ 浓度从 2021 年降低至 WHO 指导值 5 μg/m³，可延长预期寿命（以年为单位）	2021 年 $PM_{2.5}$ 浓度降低至国家标准后的预期寿命增益（以年为单位）
阿富汗	16.9	35	1.2	0
阿克罗蒂里和德凯利亚	11.2	*	0.6	*
阿尔巴尼亚	13.5	25	0.8	0
阿尔及利亚	6.2	*	0.1	*
美属萨摩亚	1	12	0	0
安道尔	7.6	25	0.2	0
安哥拉	16.9	*	1.2	*
安圭拉	2.2	*	0	*
安提瓜和巴布达	2.4	*	0	*
阿根廷	11.2	15	0.6	0
亚美尼亚	19.5	*	1.4	*
阿鲁巴岛	3.3	*	0	*
澳大利亚	3.6	8	0	0
奥地利	10.7	25	0.6	0
阿塞拜疆	12.4	*	0.7	*
巴哈马	3.8	*	0	*
巴林	17.9	*	1.3	*
孟加拉国	74	15	6.8	5.8
巴巴多斯	2.5	10	0	0
白俄罗斯	12.8	*	0.8	*
比利时	10.1	25	0.5	0
伯利兹	10.4	*	0.5	*
贝宁	17.4	*	1.2	*
百慕大	3.3	*	0	*
不丹	30.6	*	2.5	*
玻利维亚	25.2	*	2	*
博内尔岛、圣尤斯特歇斯岛和萨巴岛	3.3	*	0	*
波斯尼亚和黑塞哥维那	23.7	25	1.8	0
博茨瓦纳	12.8	*	0.8	*
布韦岛	*	*	*	*
巴西	11.1	*	0.6	*
英属印度洋领地	*	*	*	*
英属维尔京群岛	2.1	*	0	*
文莱	6.2	*	0.1	*
保加利亚	19	25	1.4	0
布基纳法索	8.5	*	0.3	*
布隆迪	31.9	*	2.6	*
佛得角	2.6	*	0	*
柬埔寨	19.8	*	1.4	*
喀麦隆	31	*	2.5	*
加拿大	8	8.8	0.3	0
开曼群岛	7.4	*	0.2	*
中非共和国	25.6	*	2	*
乍得	11.1	*	0.6	*
智利	18.9	20	1.4	0

国家或地区	平均 $PM_{2.5}$（微克/立方米）	国家标准（μg/m³）	将 $PM_{2.5}$ 浓度从 2021 年降低至 WHO 指导值 5 μg/m³，可延长预期寿命（以年为单位）	2021 年 $PM_{2.5}$ 浓度降低至国家标准后的预期寿命增益（以年为单位）
中国	30.2	35	2.5	0
圣诞岛	2.2	*	0	*
克利珀顿岛	*	*	*	*
椰子岛	1.8	*	0	*
哥伦比亚	13.6	20	0.8	0
科摩罗	6.4	*	0.1	*
库克群岛	1	*	0	*
哥斯达黎加	12.5	*	0.7	*
克罗地亚	14.9	25	1	0
古巴	6.8	*	0.2	*
库拉索	3.6	*	0	*
塞浦路斯	12.3	25	0.7	0
捷克共和国	13.2	25	0.8	0
象牙海岸	10.8	*	0.6	*
刚果民主共和国	34.6	*	2.9	*
丹麦	8.1	25	0.3	0
吉布提	17.4	*	1.2	*
多米尼加	2.5	*	0	*
多明尼加共和国	7.9	15	0.3	0
厄瓜多尔	16	15	1.1	0.1
埃及	18.2	50	1.3	0
救星	25.8	15	2	1.1
赤道几内亚	29.1	*	2.4	*
厄立特里亚	12.9	*	0.8	*
爱沙尼亚	6.7	25	0.2	0
埃塞俄比亚	17	*	1.2	*
福克兰群岛	2	*	0	*
法罗群岛	2.5	*	0	*
斐济	2.4	*	0	*
芬兰	5.1	25	0	0
法国	9.2	25	0.4	0
法属圭亚那	5.8	*	0.1	*
法属波利尼西亚	1.4	*	0	*
法属南部领土	*	*	*	*
加蓬	23.6	*	1.8	*
冈比亚	7.1	*	0.2	*
乔治亚州	14.5	20	0.9	0
德国	9.3	25	0.4	0
加纳	13.1	*	0.8	*
直布罗陀	9.7	*	0.5	*
希腊	11.8	25	0.7	0
格陵兰	1.2	*	0	*
格林纳达	2.6	*	0	*
瓜德罗普岛	2.8	*	0	*
关岛	1.3	12	0	0

* 没有具体的国家标准

国家或地区	平均 $PM_{2.5}$（微克/立方米）	国家标准（μg/m³）	将 $PM_{2.5}$ 浓度从 2021 年降低至 WHO 指导值 5 μg/m³，可延长预期寿命（以年为单位）	2021 年 $PM_{2.5}$ 浓度降低至国家标准后的预期寿命增益（以年为单位）
危地马拉	29	*	2.4	*
根西岛	8	*	0.3	*
几内亚	11.2	*	0.6	*
几内亚比绍	8.6	*	0.3	*
圭亚那	7.1	*	0.2	*
海地	10.1	*	0.5	*
赫德岛和麦克唐纳岛	*	*	*	*
洪都拉斯	25.1	*	2	*
匈牙利	14.1	25	0.9	0
冰岛	4.1	25	0	0
印度	58.7	40	5.3	1.8
印度尼西亚	18.8	15	1.4	0.4
伊朗	16.6	*	1.1	*
伊拉克	24.6	*	1.9	*
爱尔兰	6.4	25	0.1	0
马恩岛	6.5	*	0.1	*
以色列	12.6	25	0.7	0
意大利	13	25	0.8	0
牙买加	13	15	0.8	0
日本	10.7	15	0.6	0
球衣	8.4	*	0.3	*
约旦	18.6	*	1.3	*
哈萨克斯坦	13.3	*	0.8	*
肯尼亚	17.4	35	1.2	0
基里巴斯	1	*	0	*
科索沃	20.8	*	1.6	*
科威特	17.2	*	1.2	*
吉尔吉斯斯坦	14.7	5	0.9	0.9
老挝	27.2	*	2.2	*
拉脱维亚	14.1	25	0.9	0
黎巴嫩	16.8	*	1.2	*
莱索托	23.1	*	1.8	*
利比里亚	10.5	*	0.5	*
利比亚	6.8	*	0.2	*
列支敦士登	11.1	*	0.6	*
立陶宛	12.2	25	0.7	0
卢森堡	8.6	25	0.3	0
马其顿	22.9	*	1.8	*
马达加斯加	9.9	*	0.5	*
马拉维	16.2	*	1.1	*
马来西亚	13.7	*	0.9	*
马尔代夫	8.8	*	0.4	*
马里	6.8	*	0.2	*
马耳他	6.3	25	0.1	0
马绍尔群岛	1	*	0	*

国家或地区	平均 $PM_{2.5}$（微克/立方米）	国家标准（μg/m³）	将 $PM_{2.5}$ 浓度从 2021 年降低至 WHO 指导值 5 μg/m³，可延长预期寿命（以年为单位）	2021 年 $PM_{2.5}$ 浓度降低至国家标准后的预期寿命增益（以年为单位）
马提尼克岛	3.2	*	0	*
毛里塔尼亚	3.8	*	0	*
毛里求斯	6.1	*	0.1	*
马约特岛	8	*	0.3	*
密克罗尼西亚	1	*	0	*
摩尔多瓦	14.7	25	0.9	0
摩纳哥	10.1	*	0.5	*
蒙古	36	25	3	1.1
黑山	17	25	1.2	0
蒙特塞拉特	2.9	*	0	*
摩洛哥	8.8	*	0.4	*
莫桑比克	12.4	*	0.7	*
缅甸	35	*	2.9	*
墨西哥城	17.3	12	1.2	0.5
纳米比亚	12	*	0.7	*
瑙鲁	1.3	*	0	*
尼泊尔	51.7	*	4.6	*
荷兰人	9.7	25	0.5	0
新喀里多尼亚	3.4	*	0	*
新西兰	3.5	*	0	*
尼加拉瓜	13.6	*	0.8	*
尼日尔	8.9	*	0.4	*
尼日利亚	23	*	1.8	*
纽埃	0.9	*	0	*
诺福克岛	1.8	*	0	*
北朝鲜	20	*	1.5	*
北塞浦路斯	12.2	*	0.7	*
北马里亚纳群岛	1	12	0	0
挪威	5.6	12	0.1	0
阿曼	12.1	*	0.7	*
巴基斯坦	44.7	15	3.9	2.9
帕劳	2.9	12	0	0
巴勒斯坦	12.6	*	0.8	*
巴拿马	9.1	20	0.4	0
巴布亚新几内亚	12.9	*	0.8	*
西沙群岛	6.7	*	0.2	*
巴拉圭	13.7	15	0.8	0
秘鲁	24.2	25	1.9	0
菲律宾	18.3	25	1.3	0
皮特凯恩群岛	2	*	0	*
波兰	18	25	1.3	0
葡萄牙	6.3	25	0.1	0
波多黎各	2.9	12	0	0
卡塔尔	30	*	2.5	*
刚果共和国	32.4	*	2.7	*

* 没有具体的国家标准

国家或地区	平均 $PM_{2.5}$（微克/立方米）	国家标准（μg/m³）	将 $PM_{2.5}$ 浓度从 2021 年降低至 WHO 指导值 5 μg/m³，可延长预期寿命（以年为单位）	2021 年 $PM_{2.5}$ 浓度降低至国家标准后的预期寿命增益（以年为单位）
罗马尼亚	15	25	1	0
俄罗斯	11.3	25	0.6	0
卢旺达	32.4	*	2.7	*
会议	3	*	0	*
圣赫勒拿岛、阿森松岛和特里斯岛	2.8	*	0	*
圣基茨和尼维斯	3.1	*	0	*
圣卢西亚	2.4	*	0	*
圣彼得和密克隆群岛	3.9	*	0	*
圣文森特和格林纳丁斯	2.6	*	0	*
圣巴塞洛缪教堂	2.4	*	0	*
圣马丁学院	2.2	*	0	*
萨摩亚	1.2	*	0	*
圣马力诺	10.9	*	0.6	*
沙特阿拉伯	25	15	2	1
塞内加尔	5.7	*	0.1	*
塞尔维亚	20.2	25	1.5	0
塞舌尔	5	*	0	*
塞拉利昂	11.6	*	0.7	*
新加坡	13	*	0.8	*
圣马丁岛	2.5	*	0	*
斯洛伐克	14.5	25	0.9	0
斯洛文尼亚	13.4	25	0.8	0
所罗门群岛	5.8	*	0.1	*
索马里	9.2	*	0.4	*
南非	21.1	20	1.6	0.1
南乔治亚岛和南沙	*	*	*	*
韩国	20.4	15	1.5	0.5
南苏丹	16	*	1.1	*
西班牙	7.5	25	0.2	0
南沙群岛	0	*	0	*
斯里兰卡	18.8	15	1.4	0.4
苏丹	11.4	*	0.6	*
苏里南	6.4	*	0.1	*
斯瓦尔巴群岛和扬马延岛	*	*	*	*
斯威士兰	15.9	*	1.1	*
瑞典	5.5	25	0	0
瑞士	9.4	10	0.4	0
叙利亚	19.7	*	1.4	*
圣多美和普林西比	11.1	*	0.6	*
台湾	16.2	*	1.1	*
塔吉克斯坦	16.7	*	1.1	*
坦桑尼亚	16.4	*	1.1	*
泰国	23.2	15	1.8	0.8
东帝汶	10.5	*	0.5	*
多哥	15.4	*	1	*
托克劳	1.4	*	0	*
汤加	1.8	*	0	*
特立尼达和多巴哥	4	15	0	0
突尼斯	8.6	*	0.3	*
火鸡	21.8	*	1.6	*
土库曼斯坦	10.4	*	0.5	*
特克斯和凯科斯群岛	3.4	*	0	*
图瓦卢	1.3	*	0	*
乌干达	26.7	*	2.1	*
乌克兰	14.6	25	0.9	0
阿拉伯联合酋长国	16.8	*	1.2	*
英国	8.7	25	0.4	0
美国	7.8	12	0.3	0
美国本土外小岛屿	3	*	0	*
乌拉圭	8.4	*	0.3	*
乌兹别克斯坦	20	*	1.5	*
瓦努阿图	4.4	*	0	*
梵蒂冈城	11.3	*	0.6	*
委内瑞拉	10.8	*	0.6	*
越南	25.8	25	2	0.1
美属维尔京群岛	2.2	12	0	0
瓦利斯和富图纳群岛	1.3	*	0	*
撒哈拉沙漠西部	4.8	*	0	*
也门	14.8	*	1	*
赞比亚	18.5	*	1.3	*
津巴布韦	14.4	*	0.9	*
一片地	4.8	*	0	*

* 没有具体的国家标准

参考文献

Aaron van Donkelaar, Melanie S. Hammer, Liam Bindle, Michael Brauer, Jeffery R. Brook, Michael J. Garay, N. Christina Hsu, Olga V. Kalashnikova, Ralph A. Kahn, Colin Lee, Robert C. Levy, Alexei Lyapustin, Andrew M. Sayer, and Randall V. Martin. 2021. *"Monthly Global Estimates of Fine Particulate Matter and Their Uncertainty." Environmental Science & Technology* 55(22): 15287–15300. DOI: 10.1021/acs.est.1c05309.

Aaron van Donkelaar, Randall V. Martin, Michael Brauer, N. Christina Hsu, Ralph A. Kahn, Robert C. Levy, Alexei Lyapustin, Andrew M. Sayer, and David M. Winker. 2016. *"Global Estimates of Fine Particulate Matter using a Combined Geophysical-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors." Environmental Science & Technology* 50(7): 3762-3772. DOI: 10.1021/acs.est.5b05833.

Air Quality Life Index (AQLI). 2022. "*Annual Update*." Available at: https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2022/06/AQLI_2022_Report-Global.pdf.

Bangladesh Ministry of Environment, Forest and Climate Change. 2018. "*Ambient Air Quality in Bangladesh*." Available at: http://doe.portal.gov.bd/sites/default/files/files/doe.portal.gov.bd/page/cdbe516f_1756_426f_af6b_3ae9f35a78a4/2020-06-10-11-02-5a7ea9f58497800ec9f0cea00ce7387f.pdf.

Bangladesh Road Transport Authority. 2020. "*Number of registered vehicles in the whole BD*." Available at: https://brta.portal.gov.bd/site/page/74b2a5c3-60cb-4d3c-a699-e2988fed84b2/Number-of-registered-Vehicles-in-Whole-BD.

Boso, À., Oltra, C., Garrido, J. et al. 2023. "*Understanding Public Acceptance of Automobile Restriction Policies: A Qualitative Study in Four Latin American Cities*." Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s12115-023-00867-4#Abs1

BP. 2019. "*BP Energy Outlook – 2019: Insights from the Evolving Transition Scenario – Africa*." Available at: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019-region-insight-africa.pdf.

Burnett, R. and Aaron C. 2020. "*Relative Risk Functions for Estimating Excess Mortality Attributable to Outdoor $PM_{2.5}$ Air Pollution: Evolution and State-of-the-Art*." Atmosphere 11(6): 589. https://doi.org/10.3390/atmos11060589.

California State Portal. 2022. "*Fire Season Incident Archive*." Available at: https://www.fire.ca.gov/incidents/2022.

CBS News. 2016 "*Americans throw away $62 million in coins each year*." Available at: https://www.cbsnews.com/news/americans-throw-away-62-million-in-coins-each-year/

Chen, Y., Ebenstein, A., Greenstone, M., & Li, H. 2013. "*Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy*." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(32): 12936-12941. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1300018110.

China Daily. 2023. "*Thailand approves delay on imposing Euro 5 emission standard on new vehicles*." Available at: https://global.chinadaily.com.cn/a/202302/22/WS63f5b9c9a31057c47ebb0361.html#:~:text=Thailand%20adopted%20Euro%201%20emission,place%20a%20particulate%20number%20standard.

Clean Air Fund. 2022. "*The State of Global Air Quality Funding*." Available at: https://www.cleanairfund.org/wp-content/uploads/State-of-Global-Air-Quality-Funding-2022-online.pdf.

Croitoru, L., Chang, J. C., and Kelly, A. 2020. "*The Cost of Air Pollution in Lagos*." World Bank. Available at: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33038.

Dhaka Tribune. 2019. "*Environment minister: Brick kilns responsible for 58% air pollution in Dhaka*." Available at: https://archive.dhakatribune.com/bangladesh/environment/2019/02/14/environment-minister-brick-kilns-responsible-for-58-air-pollution-in-dhaka#:~:text=Environment%20minister%3A%20Brick%20kilns%20responsible%20for%2058%25%20air%20pollution%20in%20Dhaka,-BSS&text=Environment%2C%20Forest%20and%20Climate%20Change,58%25%20of%20its%20air%20pollution.

Dieleman, Joseph L et al. 2018. "*Spending on health and HIV/AIDS: Domestic health spending and development assistance in 188 countries, 1995–2015*." The Lancet, Volume 391, Issue 10132, 1799 - 1829 DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30698-6.

Ebenstein, A., Fan, M., Greenstone, M., He, G., & Zhou, M. 2017. "*New evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River Policy*." Proceedings of the National Academy of Sciences 114(39): 10384-10389. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1616784114.

Environmental Protection Agency. 2023. "*Reconsideration of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter*." Available at: https://www.federalregister.gov/documents/2023/01/27/2023-00269/reconsideration-of-the-national-ambient-air-quality-standards-for-particulate-matter.

European Commission. 2008. "*DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe*." Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj.

European Commission. 2022. "*DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast).*" Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0542.

Forbes. 2022. "*China's Emissions Trading System Will Be The World's Biggest Climate Policy. Here's What Comes Next.*" Available at: https://www.forbes.com/sites/energyinnovation/2022/04/18/chinas-emissions-trading-system-will-be-the-worlds-biggest-climate-policy-heres-what-comes-next/?sh=1873ed502d59

Global Burden of Disease Collaborative Network (GBD). 2019. "*Global Burden of Disease Study 2017 cause-specific mortality 1980-2017* [Data set]." Institute for Health Metrics and Evaluation. Available at: http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool.

Greenstone, Michael, Guojun He, Ruixue Jia, and Tong Liu. 2022. "*Can technology solve the principal-agent problem? Evidence from China's War on Pollution.*" American Economic Review: Insights, 4 (1): 54-70. DOI: 10.1257/aeri.20200373

Melanie S. Hammer, Aaron van Donkelaar, Chi Li, Alexei Lyapustin, Andrew M. Sayer, N. Christina Hsu, Robert C. Levy, Michael J. Garay, Olga V. Kalashnikova, Ralph A. Kahn, Michael Brauer, Joshua S. Apte, Daven K. Henze, Li Zhang, Qiang Zhang, Bonne Ford, Jeffrey R. Pierce, and Randall V. Martin. 2020. "*Global Estimates and Long-Term Trends of Fine Particulate Matter Concentrations (1998–2018).*" Environmental Science & Technology 54(13): 7879–7890. DOI: 10.1021/acs.est.0c01764.

Michael Greenstone, Guojun He, Shanjun Li, and Eric Yongchen Zou. 2021. "*China's war on pollution: Evidence from the first 5 years.*" Review of Environmental Economics and Policy, 15 (2): 281–299. DOI: 10.1086/715550

Hindustan Times. 2022. "*Gujarat to launch India's first carbon trading market among large polluters.*" Available at: https://www.hindustantimes.com/india-news/gujarat-to-launch-india-s-first-carbon-trading-market-among-large-polluters-101653415939802.html

Huijnen, V., Wooster, M., Kaiser, J. et al. 2016. "*Fire carbon emissions over maritime southeast Asia in 2015 largest since 1997.*" Sci Rep 6, 26886 (2016). Available at: https://doi.org/10.1038/srep26886

Hunt, W.F., & Lillis, E.J. 1981. "*1980 Ambient Assessment – Air Portion.*" US Environmental Protection Agency. Available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-11/documents/trends_report_1980.pdf.

India Ministry of Statistics and Programme Implementation. 2017. "*Motor vehicles – Statistical year book India 2017.* Table 20.4." Available at: https://www.mospi.gov.in/statistical-year-book-india/2017/189.

Inrix. 2020. "*Inrix 2021 Global Traffic Scorecard.*" Available at: https://inrix.com/scorecard/.

Interactive Country Fisches. "*Democratic Republic of Congo: Pollution.*" Available at: https://dicf.unepgrid.ch/democratic-republic-congo/pollution.

International Energy Agency. 2019. "*Africa Energy Outlook 2019. World Energy Outlook special report.*" Available at: https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2019.

International Women's Media Foundation. 2018. "*How Outdated Cars Live On in a Smoggy Afterlife.*" Available at: https://www.iwmf.org/reporting/how-outdated-cars-live-on-in-a-smoggy-afterlife/.

Joshua S. Apte, Julian D. Marshall, Aaron J. Cohen, and Michael Brauer. 2015. "*Addressing Global Mortality from Ambient* $PM_{2.5}$." Environmental Science & Technology 49 (13), 8057-8066, DOI: 10.1021/acs.est.5b01236.

Mardoñez, V., Uzu, G., Andrade, M., Borlaza, L. J. S., Pandolfi, M., Weber, S., Moreno, I., Jaffrezo, J.-L., Besombes, J.-L., Alastuey, A., Perez, N., Močnik, G., and Laj, P. 2022. "*Sources of particulate air pollution in two high-altitude Bolivian cities: La Paz and El Alto.*" Available at: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022EGUGA..24.6183M/abstract.

Mongabay, 2007. "*2006 Indonesian forest fires worst since 1998.*" Available at: https://news.mongabay.com/2007/03/2006-indonesian-forest-fires-worst-since-1998/#:~:text=While%20the%202006%20el%20Ni%C3%B1o,acres)%20ever%20recorded%20in%20Indonesian.

National Interagency Coordination Centre. 2021. "*Wildland Fire Summary and Statistics Annual Report.*" Available at: https://www.nifc.gov/sites/default/files/NICC/2-Predictive%20Services/Intelligence/Annual%20Reports/2021/annual_report_0.pdf.

Nikonovas, T., Spessa, A., Doerr, S. H. et al. 2020. "*Near-complete loss of fire-resistant primary tropical forest cover in Sumatra and Kalimantan.*" *Commun Earth Environ* 1(65). Available at: https://doi.org/10.1038/s43247-020-00069-4.

OpenAQ. 2022. "*Open Air Quality Data: The global landscape.*" Available at: https://documents.openaq.org/reports/Open+Air+Quality+Data+Global+Landscape+2022.pdf.

Pakistan Statistical Pocket Book. 2006. Available at: https://www.pbs.gov.pk/publication/pakistan-statistical-pocket-book-2006.

Pakistan Today. 2019. "*Registered vehicles in Pakistan increased by 9.6% in 2018.*" Available at: https://profit.pakistantoday.com.pk/2019/06/16/registered-vehicles-in-pakistan-increased-by-9-6-in-2018/.

Pinedo-Jáuregui, C., Verano-Cachay, J., Barrantes-Santos, V. (2020). "*Analysis of the control of vehicular atmospheric emissions in Metropolitan Lima.*" Available at: https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/598.

Pozzer, A., Anenberg, S. C., Dey, S., Haines, A., Lelieveld, J., & Chowdhury, S. 2023. "*Mortality attributable to ambient air pollution: A review of global estimates.*" *GeoHealth*, 7, e2022GH000711. Available at: https://doi.org/10.1029/2022GH000711

Reuters. 2019. "*Asia's coal addiction puts chokehold on its air-polluted cities.*" Available at: https://www.reuters.com/article/us-asia-pollution-coal/asias-coal-addiction-puts-chokehold-on-its-air-polluted-cities-idUSKCN1R103U.

Shapiro, J. S., & Walker, R. 2018. "*Why is pollution from US manufacturing declining? The roles of environmental regulation, productivity, and trade.*" *American Economic Review* 108(12): 3814-54. DOI: 10.1257/aer.20151272.

Straits Times. 2015. "*Almost 7,000 schools in Malaysia closed due to haze; four million students affected.*" Available at: https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/almost-7000-schools-in-malaysia-closed-due-to-haze-four-million-students-affected.

Straits Times. 2016. "*Indonesia forest fires in 2015 released most carbon since 1997: Scientists.*" Available at: https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/indonesia-forest-fires-in-2015-released-most-carbon-since-1997-scientists.

The Conversation. 2019. "*Indonesia's huge fires and toxic haze will cause health problems for years to come.*" Available at: https://theconversation.com/indonesias-huge-fires-and-toxic-haze-will-cause-health-problems-for-years-to-come-124556.

The Daily Star. 2019. "*Checking Air Pollution: Bye bye brick!*" Available at: https://www.thedailystar.net/backpage/news/check-air-pollution-bye-bye-brick-1834924.

The Global Fund website, "*About the Global Fund,*" accessed 9 August 2023: https://www.theglobalfund.org/en/about-the-global-fund/

Transport Policy. 2022. "*As of January 1, 2022, 4-wheeled light-duty vehicles in Vietnam are regulated under the Euro 5 standard.*" Available at: https://www.transportpolicy.net/standard/vietnam-light-duty-emissions/#:~:text=Overview,emissions%20limits%20are%20outlined%20below.&text=Newly%20manufactured%2C%20assembled%20and%20imported,mass%20not%20exceeding%202%2C610%20kg.

UN Environment Program. 2021. "*Regulating Air Quality: the First Global Assessment of Air Pollution Legislation.*" Available at: https://www.unep.org/resources/report/regulating-air-quality-first-global-assessment-air-pollution-legislation.

UNICEF. 2019. "*Silent Suffocation in Africa.*" Available at: https://www.unicef.org/media/55081/file/Silent%20suffocation%20in%20africa%20air%20pollution%202019%20.pdf.

U.S. Census Bureau and U.S. Department of Housing and Urban Development. 2023. "*Median Sales Price of Houses Sold for the United States [MSPUS].*" Retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS.

U.S. Energy Information Administration. "*International: Electricity* [Data set]." Available at: https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-generation.

Vahlsing, C., Smith, K.R. 2012. "*Global review of national ambient air quality standards for* PM_{10} *and SO2(24 h).*" *Air Qual Atmos Health* 5, 393–399. Available at: https://doi.org/10.1007/s11869-010-0131-2.

Vietnam Plus. 2021. "*Vietnam strictly controls vehicle emissions to improve air quality.*" Available at: https://en.vietnamplus.vn/vietnam-strictly-controls-vehicle-emissions-to-improve-air-quality/197192.vnp.

World Bank. 2019. "*Air Quality in Poland, What are the issues and what can be done?*" Available at: http://documents1.worldbank.org/curated/en/426051575639438457/pdf/Air-Quality-in-Poland-What-are-the-Issues-and-What-can-be-Done.pdf.

World Bank. 2020. "*GDP per capita (constant 2010 US$)* [Data set]." Available at: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.

World Health Organization. 2021. "*New WHO Global Air Quality Guidelines aim to save millions of lives from air pollution.*" Available at: https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution.

Zhang, Xing. 2016. "*International Energy Agency Clean Coal Centre – Emission standards and control of* $PM_{2.5}$ *from coal-fired power plants.*" Available at: https://www.researchgate.net/profile/Xing-Zhang/publication/337446167_Emission_standards_and_control_of_PM25_from_coal-fired_power_plant/links/5ee23b50299bf1faac4b069a/Emission-standards-and-control-of-PM25-from-coal-fired-power-plant.pdf.

关于作者

Michael Greenstone

Michael Greenstone 是米尔顿·弗里德曼经济学、大学以及哈里斯学院教授，同时兼任贝克尔· 弗里德曼研究所及芝加哥大学能源政策研究所所长。他之前担任奥巴马总统经济顾问委员会首席经济学家，共同领导美国政府对碳排放社会成本的研究。Greenstone 还指导了汉密尔顿计划，该计划旨在研究促进经济发展的政策，他从此加入了顾问委员会。他是美国人文与科学院当选院士、计量经济学会的会士以及《政治经济学杂志》前编辑。任职于芝加哥大学之前，Greenstone 曾是麻省理 工学院 (MIT) 环境经济学 3M 教授。Greenstone 的研究影响了全球的政策制定，其研究重点揭示了环境质量和社会能 源选择的效益及成本。他当前的工作主要集中在尝试各种创新方式来提高能源获取

并改善全球环境法规的效率。此外，作为气候影响实验室的联合主任，他还在以经验为基础来预测气候变化对本地和全球的影响。同时，他还创立了 Air Quality Life Index™ (空气质量-寿命指数)，该指数主要衡量在大气颗粒污染物浓度符合全球或国家标准的情况下，社区居民平均预期寿命的增加年数。Greenstone 分别以优异的成绩获得斯沃斯莫尔学院经济学学士学位和普林斯顿 大学经济学博士学位。

Christa Hasenkopf

克里斯塔-哈森科普夫是EPIC的空气质量生命指数（AQLI）和空气质量项目主任。在EPIC，她主要研究开放信息、资源和网络，从而帮助更多的社区去清洁居民呼吸的空气。在此之前，她是OpenAQ的联合创始人和首席执行官。该组织围绕全球最大规模的空气质量信息开放数据库组件了一个全球性的空气质量信息社区。她还曾担任过美国国务院医疗服务办公室的首席空气污染顾问，并在美国国际发展署担任过多个职位。哈森科普夫在科罗拉多大学获得了大气和海洋科学的博士学位，宾夕法尼亚州立大学获得了天文学和天体物理学学士学位。

关于空气质量寿命指数

空气质量寿命指数（AQLITM）将颗粒物污染浓度转化为人们预期寿命的增减。它可以可靠测算，在污染浓度水平下降到符合世界卫生组织标准、国家标准或其他标准时人们预期寿命可能延长的年限。与大多数关于空气污染与人体健康关系的研究不同，AQLI反映长期空气污染对健康的影响，并有效隔绝了其他影响因素。常用的空气质量指数(AQI)是计算空气污染浓度的复杂函数，不能直接反映对健康的影响，因此AQLI可以作为AQI的重要补充.

aqli.epic.uchicago.edu aqli-info@uchicago.edu @UChiAir #AQLI

关于EPIC

芝加哥大学能源与环境政策研究所(EPIC)致力于解决全球能源挑战，确保能源市场能供应可靠、可承担的能源，同时减少能源对环境和社会的损害。我们采用一种独特的跨学科方法，通过对下一代全球能源领导者进行战略性的宣导和培训，将强大的、数据为导向的研究转化为对现实世界的影响.

epic.uchicago.edu @UChiEnergy /UChicagoEnergy /UChicagoEnergy @UChiEnergy