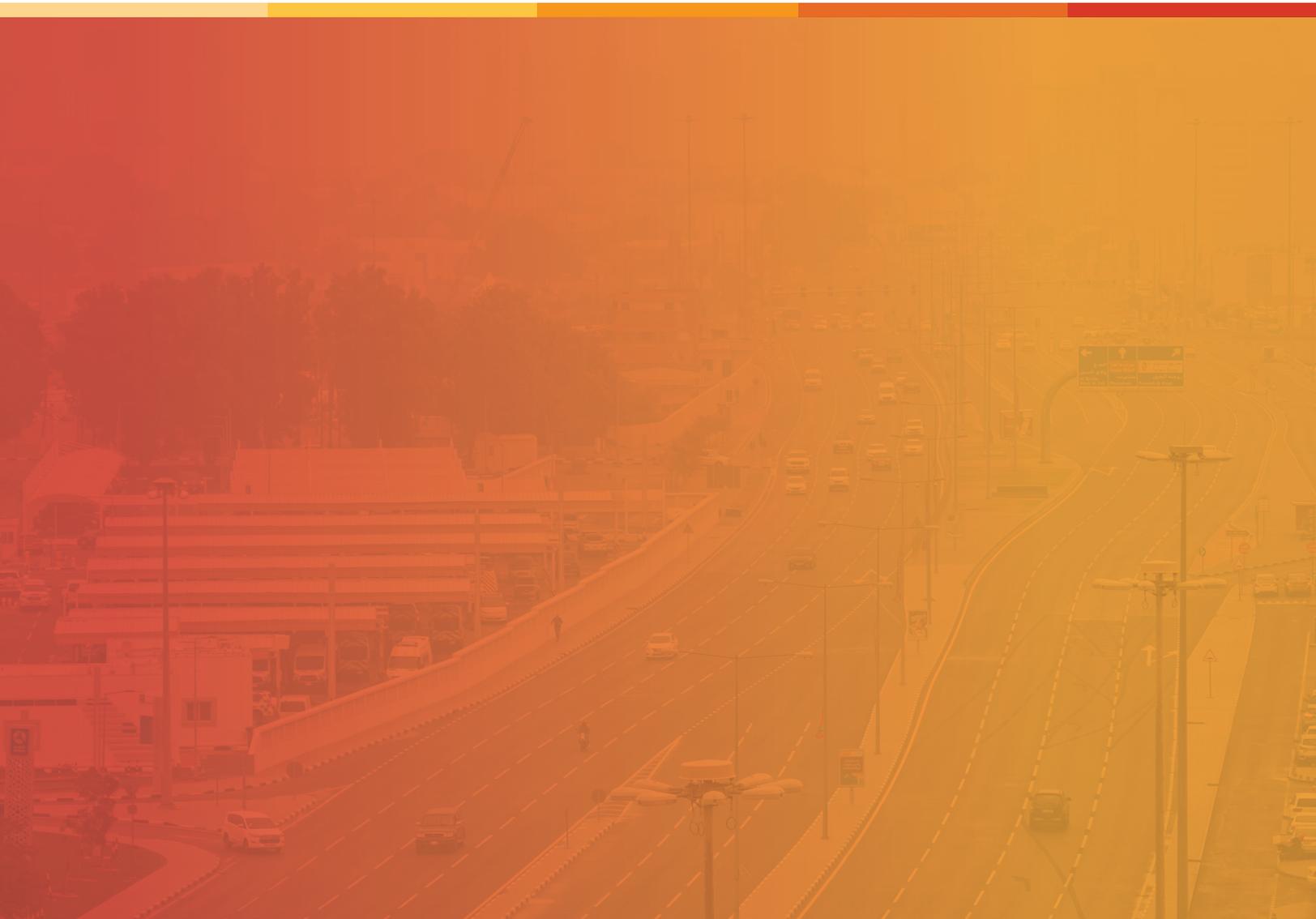




空气质量寿命指数® | 2024六月

年度报告

*By Michael Greenstone, Tanushree Ganguly, Christa Hasenkopf,
Nishka Sharma and Hrishikesh Gautam*



目录

05	来自 AQLI 的信
06	概览
08	第 1 部分——全球污染水平下降, 但各国未能达到自己的污染标准
12	第二节 南亚扭转了污染同比上升的趋势, 但仍继续呼吸着被污染的空气
16	第三部分——污染正在成为中非和西非部分地区的主要健康威胁
19	第 4 部分 - 中东和北非成为新的污染温床
22	第 5 部分 - 空气污染仍然是东南亚的主要负担
26	第六节 大多数拉丁美洲人呼吸的空气超出了世界卫生组织的指导标准
29	第 7 节 - 中国污染减排持续取得进展
31	第八节 更严格的空气污染标准揭示了美国和欧洲的空气污染不平等
34	结论
35	附录一: 方法论
39	附录二: 卫星衍生 PM2.5 数据的演变
40	参考文献

致谢

我们衷心感谢Randall Martin教授、Aaron van Donkelaar博士及圣路易斯华盛顿大学大气成分分析小组为我们提供全球卫星地面PM2.5年数据及其持续合作。我们也要感谢Aarsh Batra为本手稿提供的出色数据分析。

亲爱的朋友们、同事们：

我们很高兴向您介绍最新的空气质量生活指数 (AQLI) 数据。数据显示，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，污染在全球的分布极不均衡。如果高污染水平持续存在，与呼吸最洁净空气的人(后五分之一)相比，呼吸最严重污染空气的人(前五分之一)预计寿命将缩短近三年。

今年的报告延续了去年的主题：污染的不平等源于各国应对污染的基本工具和基础设施的不平等。我们去年指出，许多国家在资金可用性、监测设备和开放数据访问等关键工具方面存在缺失。为了解决这一全球性挑战，今年我们启动了一项新举措——EPIC空气质量基金，旨在支持当地团体和组织安装监测设备，并向最需要的社区提供开放数据。这些数据的公开获取将帮助公民了解他们所处环境的污染严重程度，从而推动变革。

开放数据的获取还为制定和评估空气质量标准(今年报告的主题)提供了必要的支持。我们的报告显示，如果各国制定并实施雄心勃勃的空气质量标准，全球预期寿命将显著提高。这些标准(有的严格，有的宽松)反映了各国在平衡经济、环境和健康目标时面临的多重挑战。然而，全球超过四分之三的国家和地区未能达到国家污染标准，甚至没有制定相关标准。

虽然 AQLI 年度报告强调了许多国家未能达到标准以及政策失败的现象，但我们也应当关注那些成功的案例。纵观历史，美国、欧洲、日本以及最近的中国等国家，通过强有力的政策——这些政策往往是在公众不断呼吁变革之后出台的——显著减少了空气污染。例如，自2014年中国宣布“向污染宣战”以来，由于政策的有效实施，污染显著减少，中国居民的平均寿命因此延长了两年。基于这一成功，中国现在的目标是到2025年，将全国颗粒物浓度在2020年的基础上再降低10%。

印度的国家标准与中国相似，但只有60%的人口呼吸的空气符合该标准。幸运的是，印度正在通过实施创新政策应对这一挑战。2019年，古吉拉特邦与Greenstone及其同事合作，推出了世界上第一个颗粒物污染交易市场。此后，该市场已使苏拉特市的污染减少了20-30%，并正在迅速推广到其他城市和州。这类创新政策表明，可以在不显著影响经济增长的情况下，改善空气质量和人民健康(在这种情况下，它甚至促进了经济增长)。

EPIC将继续通过我们的空气质量基金，向最需要的社区提供有关空气污染的数据，通过AQLI有效传达这种污染对健康的影响，并与当地政府合作，制定和测试以最低成本减少污染的政策。这一多管齐下的策略不仅旨在揭示全球污染导致人类平均寿命缩短1.9年的问题，还致力于提供切实可行的解决方案。

真挚地，



Michael Greenstone
以下是翻译结果
米尔顿·弗里德曼杰出服务教授
EPIC主任



Christa Hasenkopf
清洁空气项目主任
能源政策研究所 (EPIC)



Tanushree Ganguly
空气质量寿命指数 (AQLI) 主任
能源政策研究所 (EPIC)

概览

尽管2022年全球污染略有下降,但它仍然是对人类预期寿命的最大外部威胁。

- AQLI 2022年的数据显示,如果将全球PM2.5污染永久减少至世界卫生组织(WHO)5微克/立方米的指导标准,人类平均预期寿命将增加1.9年,总计增加149亿生命年。
- PM2.5对全球预期寿命的影响与吸烟相当,是儿童和孕产妇营养不良的1.3倍,是酗酒的4.4倍,是交通伤害(如车祸和不安全的水源)的5.8倍,以及艾滋病的6.7倍。¹

世界各地的污染情况高度不平等,政策目标也是如此。

- 世界上污染最严重的地区(前五分之一)的空气污染水平是污染最轻的地区(后五分之一)的六倍。因此,生活在污染最严重地区的人比生活在最干净地区的人平均预期寿命缩短2.7年。
- 各国的国家空气质量标准(作为制定强有力政策的重要工具)差异巨大。一些国家严格遵循世界卫生组织的指导标准,而另一些国家则设定了高达50微克/立方米的宽松标准,甚至有些国家根本没有设立标准。

许多制定国家标准的国家并未达到这些标准,从而影响了预期寿命。

- 全球252个国家和地区中,有94个制定了国家标准,覆盖了全球80%的人口。²然而,其中37个国家未能达到这些标准,影响了全球30%的人口。
- 如果所有有标准的国家和地区都能达到这些标准,生活在这些地区的人平均寿命将增加1.2年

当各国执行并达到其国家标准时,预期寿命就会提高。

- 由于实施了严格的政策,美国和欧洲的污染显著减少,目前这两个地区仅占全球颗粒物污染造成的健康负担的3.9%。去年,这两个地区都引入或颁布了更严格的标准,如果达标,美国和欧洲的平均预期寿命将分别延长1.3个月和4个月。
- 中国也成功达到了其国家标准。自2014年国家宣战以来,由于政策的有效实施,污染显著减少,居民的平均预期寿命延长了两年。

1 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。“PM2.5相对于 WHO 指南”栏显示根据最新 AQLI (2022) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况

2 AQLI 编制的国家层面年度平均PM2.5标准可在此处查看 ([Country annual average pm2.5 standards July2024 - Google Sheets](#))。据我们所知,表中的信息已更新至最新状态。我们鼓励读者在发现信息有误、遗漏或已更新时联系我们。

- 尽管印度的国家标准与中国相似,但只有60%的人口呼吸着符合该标准的空气。幸运的是,印度正在通过实施创新政策应对这一问题。2019年,古吉拉特邦推出了世界上第一个颗粒物污染市场。自那以后,苏拉特市的污染减少了20-30%,并且这一举措正在迅速推广到其他城市和州。

许多没有国家标准的国家污染严重,缺乏关键工具。

- 世界上超过一半的国家和地区(252个中的158个)没有污染标准。这些国家占全球颗粒物污染健康负担的12.4%。在没有标准的国家中,只有三分之一有政府监控的证据,而这些国家中不到1%拥有完全开放的数据。由于数据稀缺,制定和执行污染标准变得困难。
- 为了应对这一挑战,今年EPIC启动了EPIC空气质量基金,旨在支持当地团体和组织安装监测设备,并向最有可能受益的社区提供开放数据。

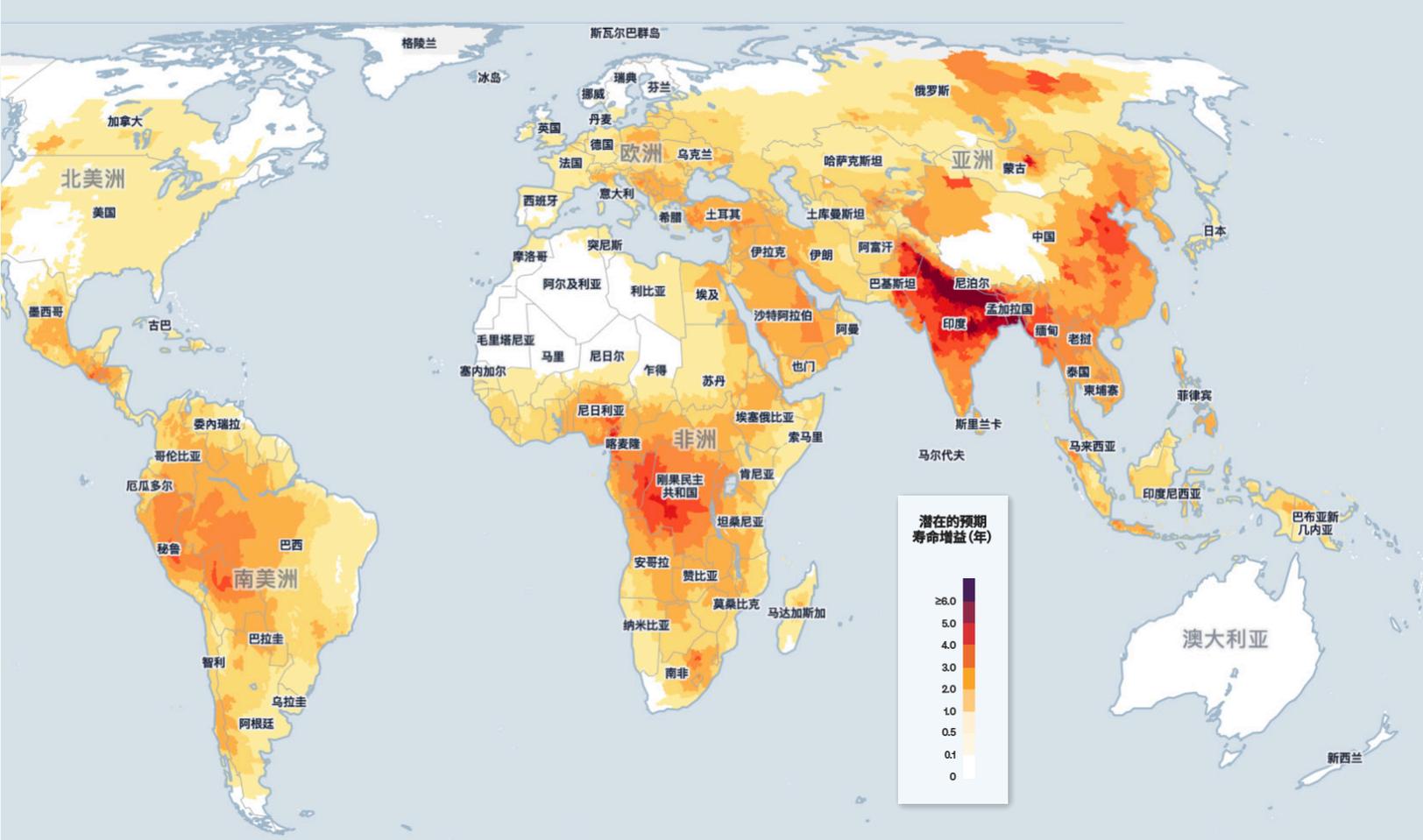
2022年全球污染的下降几乎完全是由于南亚和东南亚的趋势逆转,而中东和非洲的污染水平却在上升。

- 2022年全球污染的下降几乎完全归因于南亚的趋势逆转——该地区污染在一年内下降了18%(东南亚的下降幅度较小,为4.8%)。虽然难以确定这种下降的确切原因,但气象因素(如降雨量增加)可能发挥了重要作用。尽管污染略有下降,南亚仍是全球污染最严重的地区,如果该地区未能达到世界卫生组织的指导标准,居民的预期寿命将减少3.5年。
- 尽管南亚和东南亚的污染有所下降,中东和非洲大陆的污染水平却在上升。³在中东和北非地区,污染浓度增加了13%。如果该地区的污染降低至符合世界卫生组织的指导标准,居民的预期寿命将增加1.3年。

污染与当地已知的生命威胁相当。

- 在中非和西非,空气污染现在已经成为与该地区众所周知的杀手(如艾滋病、疟疾和不安全的水源)一样的健康威胁。如果污染持续保持当前水平,居民的平均预期寿命将缩短1.7年。
- 在南美洲许多地区,颗粒物污染对健康的威胁比自杀和暴力造成的威胁更大或相当。例如,在拉丁美洲污染最严重的国家玻利瓦,颗粒物污染导致的预期寿命损失比自杀和暴力造成的损失高出九倍。在哥伦比亚,影响也类似。

3 本报告中使用的所有区域定义可在此处找到:[AQLI AR 2024 Regions - Google Sheets](#)。





第 1

部分——全球污染水平下降, 但各国未能达到自己的污染标准

颗粒物污染相比往年有所下降, 但仍远未达到安全水平: 2022年 全球数据更新

新的和修订后的卫星PM2.5数据显示, 全球人口加权的PM2.5水平从2021年的26.6微克/立方米降至2022年的24.2微克/立方米。AQLI的数据显示, 如果全球PM2.5污染能够减少并达到世界卫生组织的指导标准, 全球平均预期寿命将增加1.9年, 总预期寿命将增加149亿岁——这使得颗粒物污染成为人类健康的最大威胁。颗粒物污染对预期寿命的影响相当于吸烟造成的负担, 是儿童和孕产妇营养不良负担的1.3倍, 酗酒负担的4.4倍, 交通伤害或不安全用水导致的负担的5.8倍, 是缺乏洗手和卫生设施的负担的6.7倍。此外, 颗粒物污染的影响是艾滋病毒/艾滋病导致负担的26.7倍(见图1.1)。

南亚取得进展, 但非洲和中东空气污染加剧

在过去的二十年里, 全球颗粒物污染浓度总体保持稳定, 一些地区的污染有所下降, 而另一些地区的污染则有所增加。尽管中国在2022年继续减少污染——自“向污染宣战”以来, 污染已减少了41%, 并且如果这一趋势持续, 中国人口的平均预期寿

命将延长2年——但南亚在2022年出现了一个显著的趋势逆转(见图1.2)。该地区的污染不再像过去二十年那样稳步上升, 而是在2021年至2022年间急剧下降了18%(从50.7微克/立方米降至41.4微克/立方米)。如果南亚的污染水平没有下降, 全球污染水平将与去年持平。

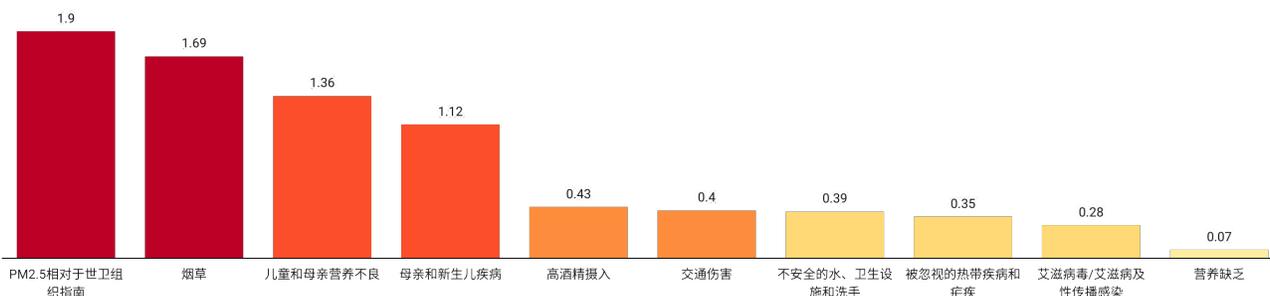
南亚从2021年到2022年的污染下降是自1998年开始收集数据以来的最大单年下降。如果这一趋势持续下去, 该地区居民预期寿命将比2021年增加0.9年。

根据现有证据, 很难最终确定2022年南亚颗粒物污染水平下降的具体原因。除斯里兰卡外, 所有南亚国家的PM2.5浓度均有所下降。在国家层面, 孟加拉国的降幅最大, 其次是印度和尼泊尔。在孟加拉国的达卡和吉大港, 以及印度的西孟加拉邦和贾坎德邦的一些地区, PM2.5浓度相较于2021年下降了超过20微克/立方米。

来自印度的最新证据⁴ 表明有利的气象条件放大了该国PM2.5

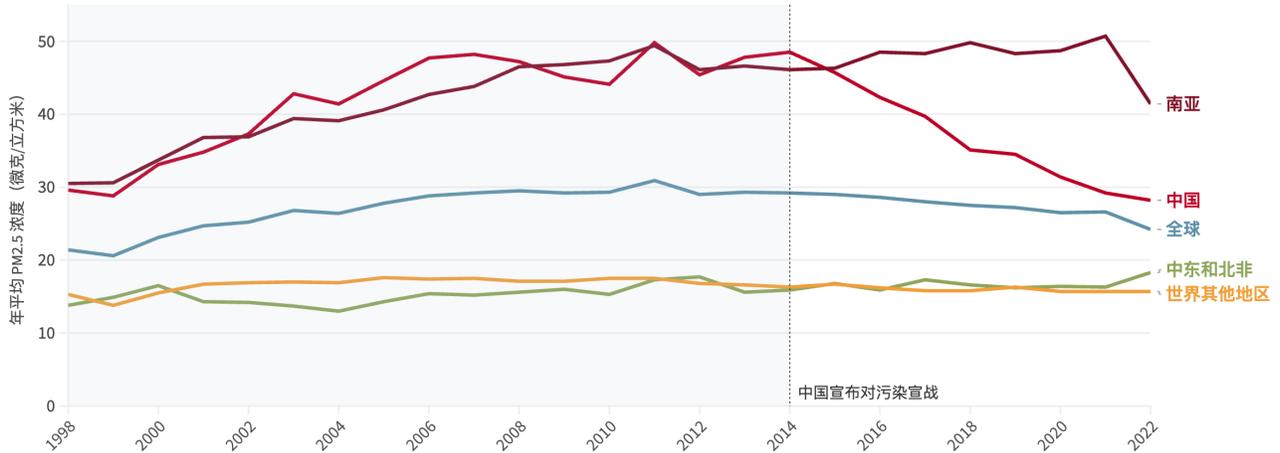
4 谢元宇、周密、Kieran M. R. Hunt 和 Denise L. Mauzerall。2024年。“印度最近的PM2.5空气质量改善受益于气象变化”《自然可持续性》(2024年)。https://doi.org/10.1038/s41893-024-01366-y

图1.1· 预期寿命面临的主要威胁



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WHO生命表(<https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en>) 与生命表法相结合得出这些结果。“PM2.5相对于WHO指南”栏显示根据最新AQLI(2022)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 · 全球和部分区域 PM2.5 年平均浓度



注意：南亚定义为以下国家：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。世界其他地区指全球除南亚和中国以外的所有地区。中东和北非 (MENA) 定义为以下国家：阿尔及利亚、巴林、埃及、伊朗、伊拉克、以色列、约旦、科威特、黎巴嫩、利比亚、摩洛哥、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、叙利亚、突尼斯、阿拉伯联合酋长国、巴勒斯坦和也门。世界其他地区不包括南亚、中国和中东北非。

颗粒物和 PM2.5 前体 (SO₂, NO_x, NH₃) 排放量小幅下降的影响。再加上整个地区污染水平下降的事实表明，气象可能在降低整个南亚污染水平方面发挥了重要作用。有证据还表明，2022 年南亚许多地区的降雨量将高于正常水平，⁵ 较高的降水量与较低的污染水平有关。虽然很难最终确定南亚 PM2.5 水平下降的原因，但可以肯定的是，有利的气象条件可能发挥了一定作用。因此，持续观察、政策执行努力和监测政策干预的影响对于理解和维持这些减少至关重要。

尽管有所改善，南亚仍然是全球污染最严重的地区。如果污染能够永久减少至符合世界卫生组织的指导标准，该地区居民的生命将延长 3.6 年。

尽管南亚传来的消息是积极的，且媒体对该地区空气污染挑战的报道最为广泛，但 PM2.5 的估计表明，中东和北非正逐渐成为污染热点。与 2021 年相比，该地区的 PM2.5 浓度增加了 13%。虽然很难确定 2022 年颗粒物浓度增加的具体原因，但该地区的污染主要归因于道路车辆、城市固体废物燃烧、农业和工业活动。⁶ 如果该地区的人们能够呼吸符合世界卫生组织指南的空气，他们的预期寿命将延长 1.3 年。

空气质量标准差异较大，执行困难

无论污染是增加还是减少，很明显世界上某些地区的污染程度远远超过其他地区。生活在污染最严重的地方 (前五分之一) 的人们所呼吸的空气中的污染物浓度是生活在污染最轻的地方 (后五分之一) 的人们所呼吸的空气中的污染物浓度的六倍 (见

图 1.3)。这意味着，与生活在空气最干净地区的居民相比，污染最严重地区的居民因空气污染导致的寿命缩短了多达 2.7 年。

虽然地理地形和气象因素可能对污染产生影响，但清洁空气标准或减排目标等不同政策目标，以及各国执行这些目标的能力，是污染水平的主要决定因素。各国的政策目标差异显著，一些国家制定了严格的国家空气质量标准，另一些国家制定了较宽松的标准，还有一些国家则没有制定任何标准 (见图 1.4a)。国家空气质量标准对于减少污染的努力至关重要，因为它为政策制定者提供了一个指导标准，以便设定政策目标并评估其成效。在本报告分析的 252 个国家和地区中，有 94 个国家或地区制定了 PM2.5 空气质量标准，其人口占全球人口的 81% 以上。⁷

当然，各国制定空气质量标准时会考虑多种政策目标。例如，一些国家可能认为，更严格的空气污染政策在工业化和经济繁荣方面的成本可能超过其带来的收益。在决策过程中，各国还会考虑各种与公平和公正相关的分配因素。

各国在实现其标准方面取得了不同程度的成功。执行标准需要承诺减少大量污染源，包括移动污染源 (如车辆) 和固定污染源 (如工厂和发电厂)。对于国家能力较弱的国家来说，这尤其具挑战性。事实上，各国的历史记录参差不齐。例如，在印度，环境监管机构通常被认为不够理想。⁸ 尽管印度在空气和水污染治理方面有相似的结构，但其有效性却存在显著差异。空气污染法规的执行往往比水污染法规更具影响力，这种差异主要归因于公民对空气污染问题的参与度更高以及司法干预的频率更高。⁹

5 世界气象研究所。2023。“2022 年亚洲气候状况” <https://wmo.int/publication-series/state-of-climate-asia-2022> <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170963>

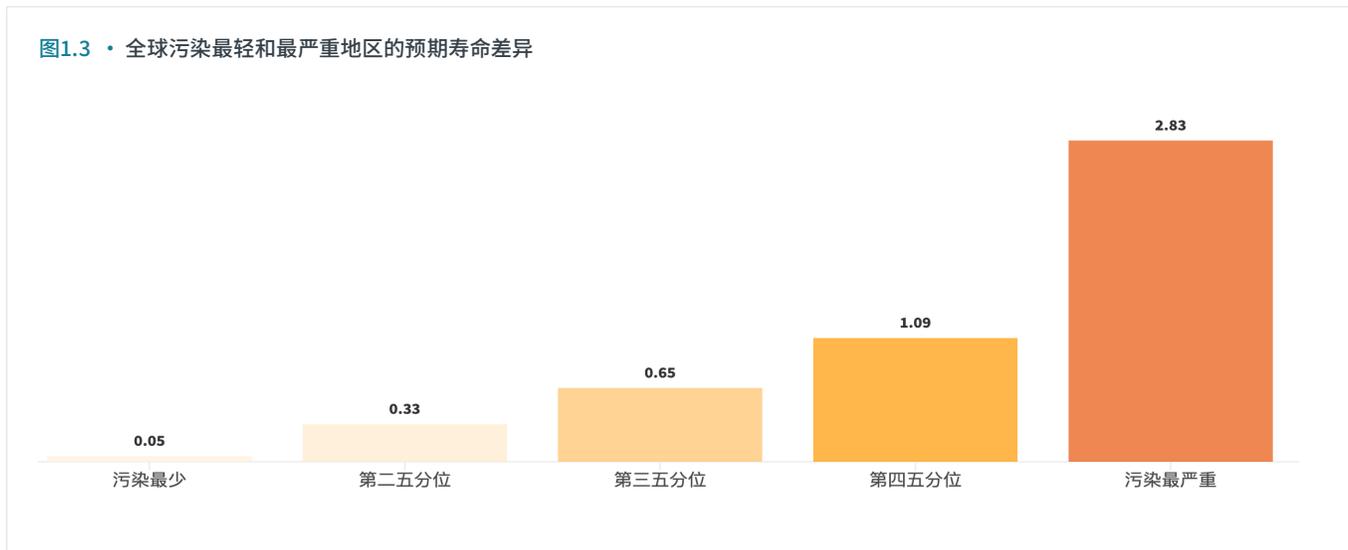
6 世界银行。2022 年。《中东和北非发展报告：中东和北非的蓝天、蓝海空气污染、海洋塑料和海岸侵蚀》 <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/9125cb69-90b8-53b0-b645-800b33e9d1ee/content>

7 参见脚注 2

8 政策研究中心。2022。“印度污染控制委员会状况——一系列论文” <https://cprindia.org/workingpapers/the-state-of-indias-pollution-control-boards/>

9 迈克尔·格林斯通和雷马·汉纳。2014。“印度的环境法规、空气和水污染以及婴儿死亡率”《美国经济评论》2014, 104(10): 3038–3072” https://www.theigc.org/sites/default/files/2016/06/Greenstone_Hanna.pdf

图1.3 · 全球污染最轻和最严重地区的预期寿命差异



此外,环境标准有时会产生意想不到的后果。例如,美国收紧汽车尾气排放标准的政策虽然有效减少了新车的排放,但也使新车变得更加昂贵,从而增加了对老旧、污染严重车辆的需求。估计一年中超过三分之二的污染排放可归因于车龄超过10年的车辆。¹⁰这说明在评估更严格标准的有效性时,还需要关注如何更好地执行这些标准。

这些例子说明了影响一个国家环境空气质量标准决策的多种考虑因素,导致各国制定不同的标准。南亚是这些细微差别的一个典型例子。在印度,年均PM2.5标准为40微克/立方米,超过40%的人口呼吸着超标的空气。2021年,孟加拉国将年度PM2.5标准从15微克/立方米修订为35微克/立方米。然而,2022年,96.8%的孟加拉国人口呼吸的空气仍不符合这一修订后的标准。在巴基斯坦,虽然污染水平与印度和孟加拉国相似,但PM2.5标准要严格得多,设定为15微克/立方米,几乎该国所有人口都呼吸着不符合标准的空气。

到2022年,全球33%的人口生活在未达到本国标准的地区(见图1.4b)。如果这些地区达到各自国家的标准,全球人口的预期寿命将增加超过30亿生命年。其中,伊拉克、孟加拉国和巴基斯坦的受益最大,预期寿命分别增加2.2年、1.9年和2.3年(见图1.4c)。

然而,即使在全球更清洁且限制更严格的地区,达到标准的能力也是一个问题。虽然欧盟最近制定了更为严格的2030年PM2.5目标,即10微克/立方米,但保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、希腊、匈牙利、意大利、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克和斯洛文尼亚的污染水平仍然超过了这一更严格的标准。这些国家75%以上的人口呼吸着不符合标准的空气。如果这些国家能够达到2030年PM2.5的限制,居民的平均预期寿命可能会增加4个月。

制定一个标准,即使它尚未完全实现,仍然比没有标准要好。尽管有94个国家和地区制定了空气质量标准,但仍有158个国家和地区没

有制定任何标准。刚果共和国、喀麦隆和赤道几内亚等国家是世界上污染最严重的国家之一,却没有制定任何污染标准。事实上,这些国家中许多甚至缺乏制定适当标准所需的监测设备和公开污染数据的基础设施。

本报告的其余部分将详细描述世界不同地区的污染水平如何随时间变化,并简要探讨各国已实施的相关政策措施。此外,报告还将强调,如果全球人民能够呼吸到更清洁的空气,他们的预期寿命将如何得到显著延长。

10 克莱曼能源政策中心。2022。“汽车尾气标准效果如何?” <https://kleinmanenergy.upenn.edu/wp-content/uploads/2022/12/KCEP-Digest-How-Effective-Are-Vehicle-Exhaust-Standards.pdf>

图1.4a • 世界各地的环境空气质量标准的不同

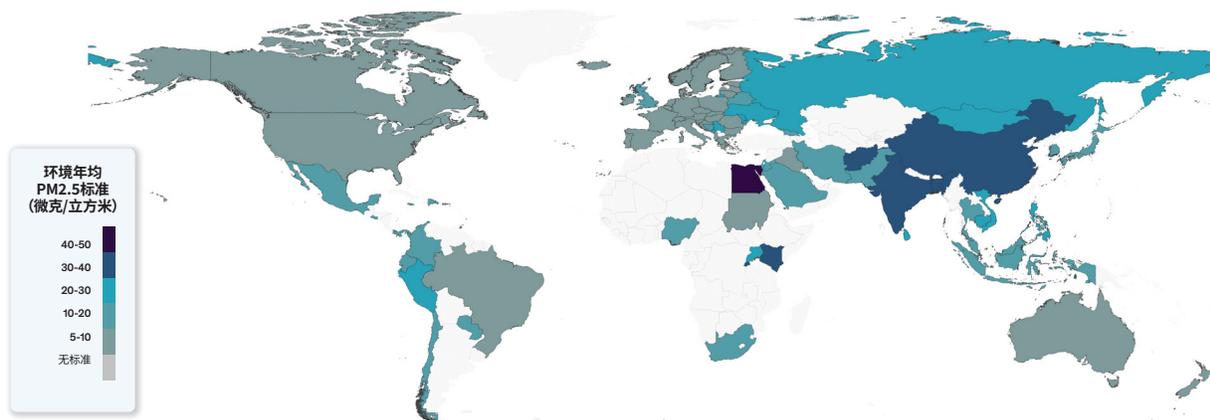


图1.4b • 世界上超过三分之一的人口呼吸着超过本国空气质量标准的空气

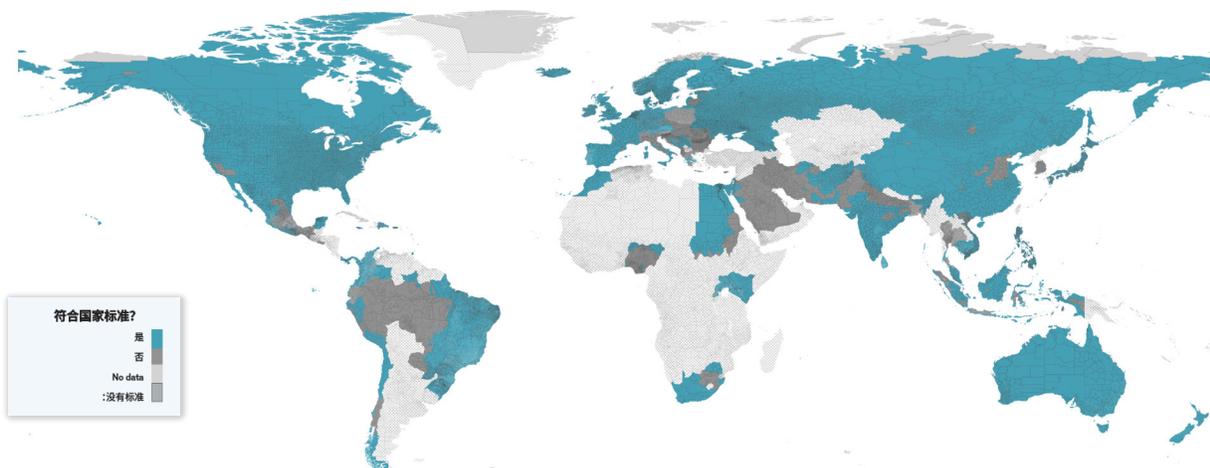
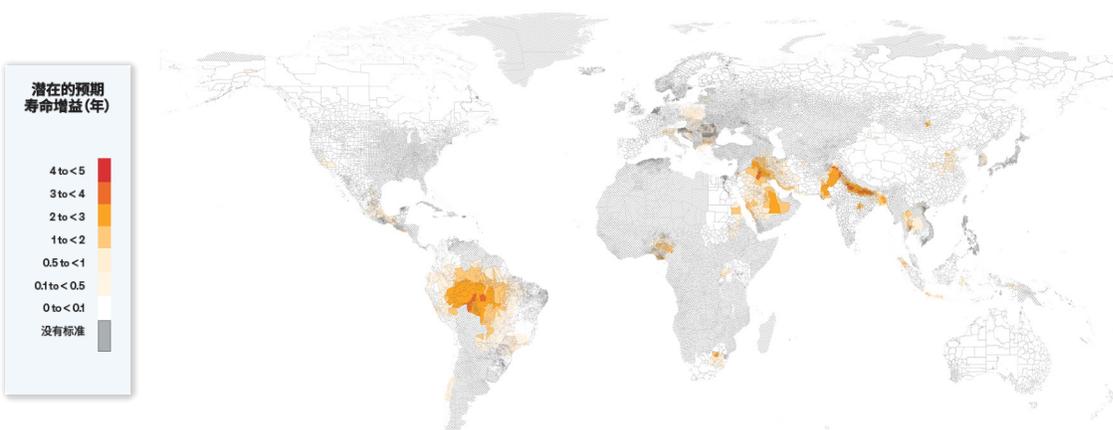


图 1.4c • 如果满足各自的 PM2.5 标准, 预期寿命可能会延长的地区¹



1 用于评估是否符合国家空气质量标准的颗粒物浓度不包括尘土和海盐的贡献。

第二节

南亚扭转了污染同比上升的趋势，但仍继续呼吸着被污染的空气

相对于过去十年的平均颗粒物污染水平，南亚到 2022 年将呼吸到更清洁的空气。经过十年的持续增加，南亚的污染水平在2022年有所下降。尽管如此，该地区的居民依然呼吸着受污染的空气，其污染水平几乎是世界卫生组织指导值的8.5倍。长期接触这种颗粒物污染预计会使南亚人的平均寿命缩短3.5年。在污染最严重的地区，死亡率甚至更高。

与过去十年的平均颗粒物污染水平相比，2022年南亚的空气质量有所改善。¹¹ 在2012年至2021年期间，南亚的PM2.5平均水平为48微克/立方米。而2022年的PM2.5水平为41.4微克/立方米，与十年平均水平相比下降了约14%。如果这种下降趋势能够持续下去，南亚居民的预期寿命可能会增加7.9个月。

2022年，除斯里兰卡外，所有南亚国家的PM2.5水平都较2021年有所下降。孟加拉国的降幅最大，PM2.5年均浓度下降超过15微克/立方米。紧随其后的是印度和尼泊尔，PM2.5浓度分别下降了约9微克/立方米。在巴基斯坦，PM2.5浓度下降了4微克/立方米。

在孟加拉国内，昌德普尔、沙里亚特普尔、马达里普尔、戈帕尔甘吉和马德拉等地区的PM2.5浓度下降幅度最大，每个地区的PM2.5浓度下降超过20微克/立方米。在印度，西孟加拉邦的普鲁利亚和班库拉地区降幅最大，其次是贾坎德邦的丹巴德、普尔比和帕希姆辛格布姆、帕希姆梅迪尼普尔和博卡罗地区，这些地区的PM2.5浓度也下降了20微克/立方米以上。

很难准确确定 2022 年南亚空气质量改善的原因，但降雨量高于正常水平以及逆温次数减少等有利的气象条件¹² 有研究发现，2022年住宅和交通部门排放量的控制小幅下降，这一变化

被有利的气象条件放大了。¹³住宅部门排放量的下降主要归因于印度全国推行的清洁烹饪计划——Pradhan Mantri Ujjwala Yojana，而交通相关排放量的减少则与柴油使用量的减少有关。在印度空气质量管理旗舰计划——国家清洁空气计划 (NCAP) 覆盖的城市所在地区，PM2.5浓度平均下降了19%，而在未覆盖的地区，PM2.5浓度平均下降了16%。除丹巴德外，NCAP框架未涵盖PM2.5浓度下降幅度最大的地区。此外，世界气象组织将拉尼娜现象与夏季季风季节南亚部分地区降雨量高于正常水平联系起来。¹⁵。巴基斯坦在2022年8月遭遇了严重洪灾。除了强季风之外，孟加拉国还在2022年10月经历了气旋风暴和强降雨，并在6月和7月发生了洪水事件。阿富汗在5月也经历了洪涝灾害。

解释印度PM2.5水平下降以及南亚整体空气质量改善的现有证据表明，有利的气象条件可能是2022年PM2.5浓度下降的关键因素。然而，这些有利条件可能不会逐年持续，特别是在未来气候变化的情况下，这表明这些改善可能是暂时的。¹⁶因此，南亚地区需要采取持续的政策措施来控制排放，以确保空气质量的长期改善。

尽管南亚的空气质量比往年有所改善，但它仍然是全球污染最严重的地区，占全球因高污染而损失的总寿命的45%。孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦居住着全球23.2%的人口，是世界上污染最严重的国家之一。如果这四个国家能够永久减少污染

11 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。

12 逆温层是大气中的一层，其中气温随着高度的增加而增加，这与大气随着高度的增加而冷却的正常趋势相反。这些逆温层限制了地面附近空气污染物的向上运动，从而增加了地面污染浓度。

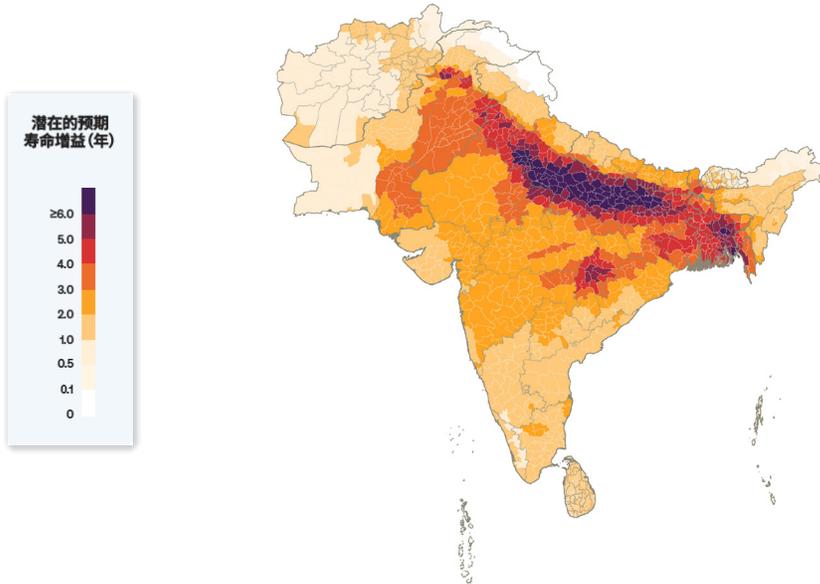
13 参见脚注 3

14 Gufran Beig, V Anand, N Korhale, SB Sobhana, K M Harshitha, R H Kripalani. 2024. “印度空气质量的三重拉尼娜现象、非正统环流和异常旋转”《全面环境科学》，第 920 卷，2024 年 4 月 10 日，170963

15 参见脚注3

16 参见脚注3

图 2.1 • 将 PM2.5 浓度从 2022 年永久降低至世界卫生组织标准可潜在延长预期寿命



以达到世界卫生组织的指导标准，南亚居民的平均寿命将延长 3.5 年。在这四个国家中，颗粒物污染对预期寿命的影响远高于其他重大健康威胁（见图 2.2）。例如，吸烟会使这些国家的预期寿命减少多达 2 年；不安全的水和卫生设施导致的寿命损失为 1 年；饮酒则为半年。

与世纪之交相比，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高出 22.3%。如果 2000 年的污染水平保持不变，这些国家居民的预期寿命将减少 2.8 年，而不是 2022 年的 3.6 年。¹⁷

孟加拉国一直是南亚污染最严重的国家。尽管 2022 年颗粒物浓度较 2021 年下降了 20%，但孟加拉国的 PM2.5 年均水平仍高达 54.2 微克/立方米，是世界卫生组织指导值的 10 倍多。孟加拉国拥有 1.664 亿人口，如果污染水平持续下去，居民的平均预期寿命可能会减少 4.8 年。孟加拉国首都达卡是世界上污染第二严重的大城市，年平均颗粒物浓度为 61.7 微克/立方米，是世界卫生组织指导值的 12 倍多。如果颗粒物水平达到标准，居民的平均寿命将延长 5.6 年。在该国污染最严重的地区——达卡区的加济布尔地区，如果长期符合世界卫生组织的指导标准，居民的寿命将延长 6.3 年。即使在该国污染最轻的地区——锡尔赫特省的锡尔赫特地区，与全球平均水平相比，居民的预期寿命也比长期符合世界卫生组织指导标准的情况缩短了更多（2.8 年对 1.8 年）。

尽管孟加拉国是总体污染最严重的国家，但印度由于暴露在空气污染中的人口众多，面临着更高的健康负担。尽管 2022 年的颗粒物水平相比 2021 年下降了 19.3%，但如果当前的污染水平持续下去，印度居民的平均预期寿命可能会减少 3.4 年。印度污染

最严重的地区是北部平原，¹⁸该地区拥有超过 5 亿人口，占全国人口的近 40%。2022 年，该地区的颗粒物水平较 2021 年降低了 17.2%。如果这一水平在未来几年内能够维持，北部平原地区的预期寿命可能会增加 1.2 年。然而，尽管 2022 年的空气质量比往年有所改善，但如果污染水平持续不变，该地区居民的平均预期寿命仍可能减少约 5.4 年，这表明仍有很大空间可以进一步加强污染缓解措施。

除了北部平原之外，马哈拉施特拉邦、中央邦和拉贾斯坦邦的污染负担也是全国最高的。平均而言，生活在这些州的 2.923 亿人的预期寿命现在已经缩短了 2.9 年。

在尼泊尔，2022 年的 PM2.5 浓度为 39.2 微克/立方米，比 2021 年降低了 18.2%。如果该国能够达到世界卫生组织的指导标准，居民的平均寿命将延长 3.4 年。在该国污染最严重的地区，如 Mahottari 和 Rautahat，居民的预期寿命将因更清洁的空气而延长 5.3 年以上。

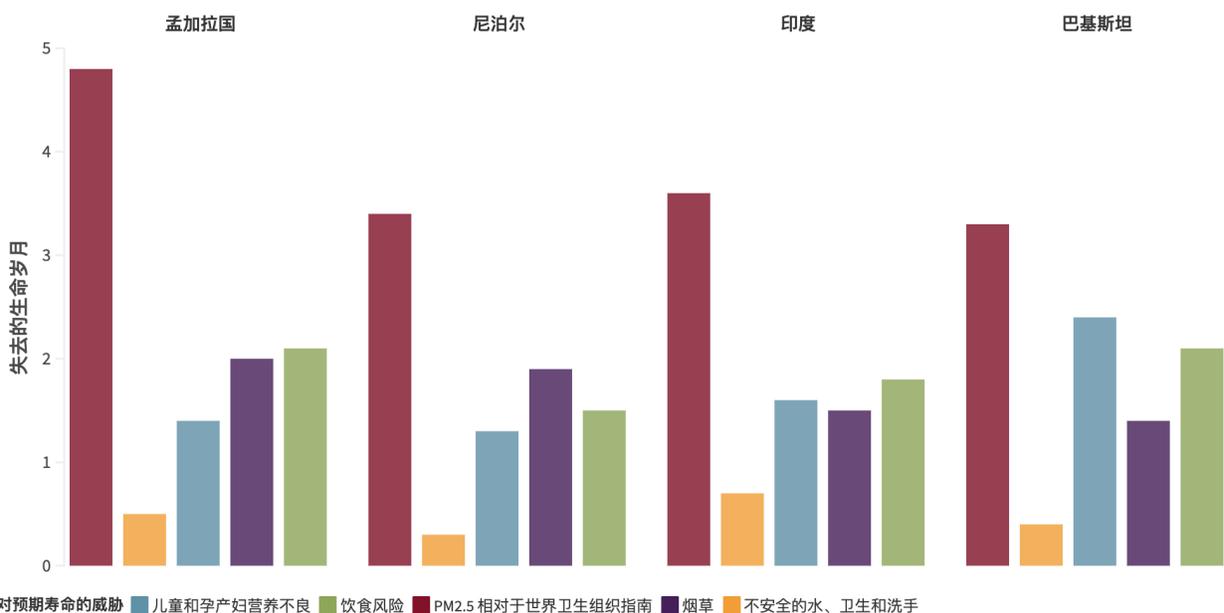
在巴基斯坦，2022 年的 PM2.5 浓度为 38.9 微克/立方米，比 2021 年降低了 10%。如果该国能够达到世界卫生组织的指导标准，居民的平均预期寿命将比 2021 年提前 3.3 年。巴基斯坦污染最严重的城市白沙瓦的居民则有望延长 5.6 年的寿命。

虽然 2022 年南亚地区的污染水平确实较 2021 年有所下降，但现在判断这是否标志着更大趋势的开始还为时过早。过去二十年来，该地区的污染水平一直在持续上升。快速的工业化、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急剧增加。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

17 2022 年是 AQLI 卫星衍生 PM2.5 数据可用的最近一年。

18 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 2.2 · 南亚国家面临的全球主要健康威胁对预期寿命的影响比较



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。“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。

约增加了两倍。¹⁹

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。²⁰ 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。但随之而来的颗粒物污染的增加已经造成了严重的后果。鉴于非经合组织地区的能源需求预计将增长,如果不采取协调一致的政策行动,空气污染的威胁也将加剧。^{21,22}

幸运的是,这些国家对空气污染的认识正在提高,政府也开始做出反应。

幸运的是,这些国家对空气污染的认识正在提高,政府也开始采取行动应对。在全球污染最严重的国家之一孟加拉国,环境和气候变化部发布了《2022 年空气污染(控制)规则》。这些规则是根据《1995 年孟加拉国环境保护法》制定的,创建了国家

空气质量控制计划和空气污染防治计划,识别空气污染源,并制定了工业、汽车和特定项目(如发电、纺织、水泥、化肥等)的排放标准²³。在孟加拉国达卡,砖窑造成了 58% 的颗粒物污染,2019 年修订了砖窑生产法律,禁止在住宅、商业、农业和环境敏感区域附近建立砖窑。²⁴ 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。²⁵ 此外,孟加拉国的实时空气污染测量现已覆盖其八个城市,并计划将其扩展到另外五个城市。²⁶

印度是南亚污染健康负担最重的国家,政府于 2019 年启动了国家清洁空气计划(NCAP),目标是到 2024 年将 2017 年的颗粒物污染水平降低 20% 至 30%。2022 年,印度政府修改了 NCAP 的目标,计划到 2026 年将 131 个未达标城市的颗粒物污染水平降低 40%。如果印度能够实现这一目标,未达标地区居民的预期寿命将比 2017 年增加 2 年,全国平均预期寿命也将增加 7.8 个月。截至 2022 年,未达标城市的污染水平比 2017 年下降了 18.8%,使这些地区 4.467 亿居民的预期寿命延长了 10.8 个月,全国平均预期寿命延长了 4 个月。

19 印度统计和计划实施部。2017 年。“机动车辆——2017 年印度统计年鉴。表 20.4。”;巴基斯坦统计袖珍本。2006。“表 17.5。”和《今日巴基斯坦》。2019 年。“2018 年巴基斯坦注册车辆增长了 9.6%。”;孟加拉国道路运输管理局。2020。“整个屋宇署登记车辆数量。”

20 美国能源信息管理局。“国际:电力[数据集]。”

21 标准普尔全球。2021 年。“到 2050 年,全球能源需求将增长 47%,其中石油仍是主要来源:美国 EIA”<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/100621-global-energy-demand-to-grow-47-by-2050-with-oil-still-top-source-us-eia>

22 美国能源信息管理局。2023。《2023 年国际能源展望》https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2023_Narrative.pdf

23 恩维亚洲。2022 年。“孟加拉国发布空气污染控制规则,包括移动和固定排放标准”https://enviliance.com/regions/south-asia/bd/report_7939

24 达卡论坛报。2019 年。“环境部长:砖窑造成了达卡 58% 的空气污染。”

25 每日星报。2019。“检查空气污染:再见砖头!”

26 孟加拉国环境、森林和气候变化部。2018。“孟加拉国的环境空气质量。”这 8 个城市分别是:达卡、吉大港、纳拉扬甘杰、加齐普尔、库尔纳、拉杰沙希、巴里萨尔和锡尔赫特。计划扩建的 5 个城市为:Savar、Narsindhi、Comilla、Mymensingh、Rangpur

尼泊尔制定了加德满都谷地空气质量管理行动计划。²⁷ 该计划采用了综合的城市空气质量管理框架,并将空气质量目标与部门政策相结合。该计划还将交通、制砖和建筑确定为污染最严重的行业,并采取措施加强空气质量监测、制定排放清单、开展影响评估,以及推动可持续交通系统、减排和生态友好建筑的政策。²⁸

在巴基斯坦,政府开始安装更多污染监测设备²⁹,并在冬季取暖能源需求较高时关闭污染严重的工厂。³⁰ 与孟加拉国类似,巴基斯坦政府也鼓励砖窑业主转向更清洁的技术。

尽管尚无定论,但现有证据表明,2022年有利的气象条件有助于降低整个南亚地区的PM2.5水平。鉴于与气象相关的改善可能是暂时的,持续执行政策并严格监测这些措施的影响,对于维持这些减少至关重要。

27 加德满都谷地被定义为以下地区:加德满都、拉利特普尔、巴克塔普尔

28 尼泊尔人口与环境部环境司。2017年,《加德满都谷地空气质量管理行动计划》<https://doenv.gov.np/progressfiles/Final-Report-on-AQM-Action-Plan-2017-42479-32168-1663670175.pdf>

29 印度斯坦时报。2019年。“巴基斯坦与印度合作建立实时空气质量监测器”<https://www.hindustantimes.com/cities/pakistan-works-with-india-to-get-air-quality-monitors/story-udFJR143uXVcz8Cwd2AUhl.html>

30 半岛电视台。2021年。“巴基斯坦的防雾霾小组针对拉合尔工厂进行排放”<https://www.aljazeera.com/news/2021/11/25/pakistan-anti-smog-squads-lahore-factories-pollution>



第三部分

污染正在成为中非和西非部分地区的主要健康威胁

在撒哈拉以南非洲污染最严重的地区，颗粒物污染导致人们的预期寿命缩短多达5.1年。这一数字超过了其他主要健康威胁，如艾滋病毒/艾滋病、疟疾以及不安全的水、卫生设施和洗手设施。

与南亚和东南亚污染水平的改善不同，2022年中非和西非地区的空气质量几乎没有实质性变化。2022年，人口加权平均PM2.5浓度与2021年的平均水平几乎相同，均为22.2微克/立方米，是世界卫生组织指导值的4.4倍。³¹ 中非和西非地区包括27个国家，人口总计约6.605亿。自1998年以来，该地区的PM2.5浓度一直保持在20至22微克/立方米之间。如果这种污染水平持续下去，该地区的平均居民将失去1.7年的预期寿命，总计相当于损失19亿生命年。在喀麦隆污染最严重的梅努阿地区，预期寿

命损失高达5.1年，这与全球污染最严重地区的损失情况相当。

2022年，刚果民主共和国(DRC)成为非洲大陆污染最严重的国家，年平均颗粒物浓度高达34.7微克/立方米，接近世界卫生组织指导值的6.9倍。如果该国的空气质量能够符合世界卫生组织的标准，居民的平均预期寿命将增加2.9年。

在刚果民主共和国的首都和最大城市金沙萨，拥有1230万人口的居民，如果空气质量达到世界卫生组织的指导标准，预期寿命将延长3.3年。此外，金沙萨东部的迈恩东贝、奎卢和开赛等地区的污染程度甚至更高，导致那里的居民寿命缩短3.7至3.9年。这些地区的高空气污染水平主要源于废物燃烧、采矿、矿物加工和水泥制造等工业活动。此外，由于脏污的室内炉灶广泛存在，居

31 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。

图 3.1 • 将2022年的PM2.5浓度永久降低至世界卫生组织指南水平，可能会显著延长预期寿命。

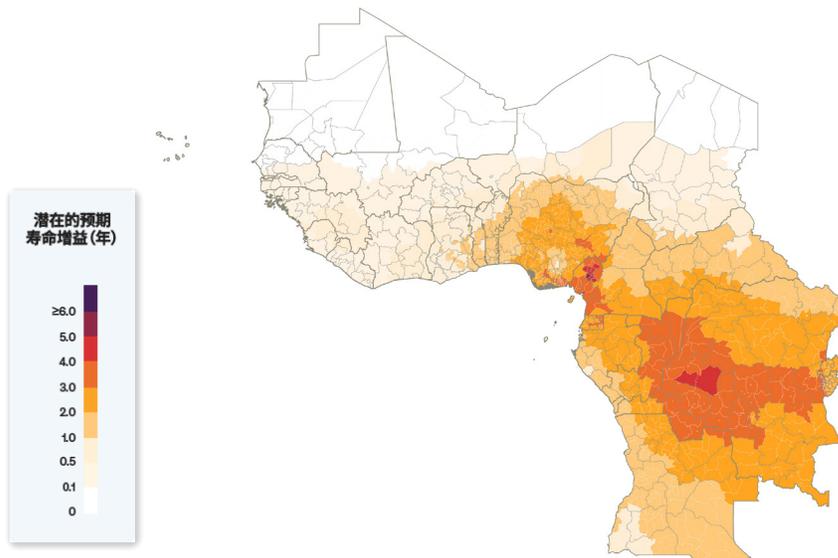
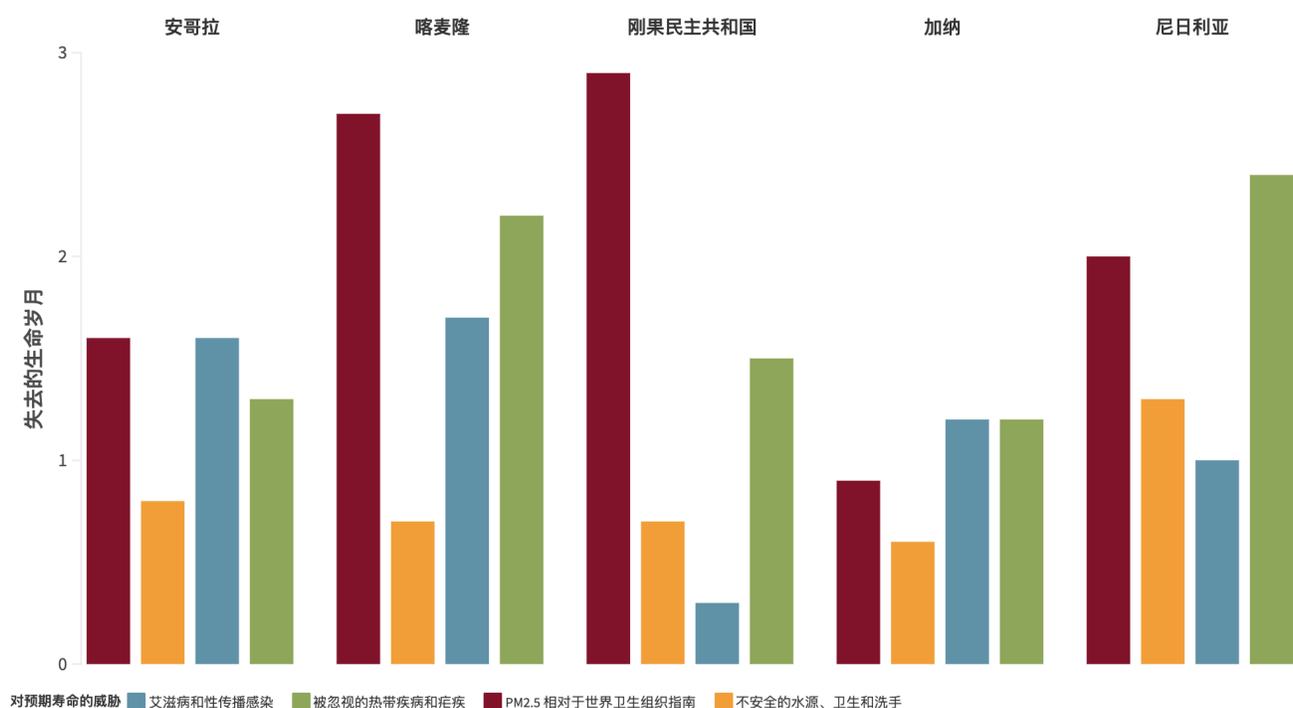


图 3.2 · 中非和西非人口最多的五个国家中，各主要健康威胁对预期寿命的影响比较



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。“PM2.5 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2022) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

民还面临更多的室内空气污染。³²

在中非和西非地区，除了刚果民主共和国外，布隆迪、卢旺达、赤道几内亚、喀麦隆和刚果共和国也是污染最严重的国家之一。这些国家的情况相似。在刚果共和国首都布拉柴维尔，居民的寿命减少了 3.2 年；在卢旺达的 Musanze 地区为 3.1 年；在布隆迪首都基特加为 2.5 年；在喀麦隆的梅拉姆地区，居民寿命缩短了 4.5 年；在赤道几内亚的巴塔，这一数字为 2.6 年。

尽管中非国家的污染程度较高，但西非国家尼日利亚由于人口众多，面临着非洲最严重的空气污染健康负担。2022 年，尼日利亚的颗粒物污染水平为 25 微克/立方米，是世界卫生组织指导值的 5 倍。因此，尼日利亚居民的寿命将缩短两年，相比空气质量达到世界卫生组织标准的情况。尼日利亚因污染损失的寿命累计占整个非洲总寿命损失的 20% 以上。在尼日利亚首都阿布贾所在的联邦首都特区，如果颗粒物污染能永久降低至符合世界卫生组织的指导标准，居民的预期寿命将延长 2.7 年。

在尼日利亚人口最多的城市拉各斯，拥有 2160 万居民，如果颗粒物污染得到永久减少并达到世界卫生组织的指导标准，居民的预期寿命将增加 1.7 年。与前几年的趋势一样，尼日尔河三角洲地区的炼油厂与严重的空气污染问题密切相关，该地区因空气

污染面临尼日利亚最重的健康负担。³³ 该地区的平均颗粒物污染水平为 31.3 微克/立方米，导致居民的预期寿命缩短了 2.6 年。

撒哈拉以南非洲的健康讨论通常集中在艾滋病毒/艾滋病和疟疾等传染病上，但数据显示，颗粒物污染对健康的影响同样严重。根据 AQLI 的分析，在非洲污染最严重的国家刚果民主共和国和喀麦隆，PM2.5 污染对预期寿命的威胁比艾滋病毒/艾滋病、热带疾病、疟疾或水、环境卫生和洗手条件更为严重 (图 4.2)。

进展的早期迹象

不久前，中西非 27 个国家还没有国家颗粒物污染标准。自 2020 年以来，该地区 27 个国家中有 4 个制定了标准。^{34,35} 在整个非洲，61 个国家中有 17 个国家通过了一些立法文书来监测空气质量，14 个国家制定了国家标准，其中包括最近增加的乌干

32 互动乡村渔夫。“刚果民主共和国：污染。”

33 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

34 尼日利亚联邦共和国官方公报。2021 年。<https://archive.gazettes.africa/archive/ng/2021/ng-government-gazette-supplement-dated-2021-02-17-no-161.pdf>

35 东非共同体。2021 年《空气质量规范第二版标准草案》<https://bbnburundi.org/wp-content/uploads/2021/05/Air-quality-Specification-DEAS-vrai.pdf>

达。^{36,37}此外,越来越多的民间社会组织呼吁采取行动,各国政府也开始通过一些立法文书或空气质量计划做出回应。³⁸

尼日利亚国家环境标准法规和执行机构(NESREA)于2021年实施了空气质量法规,并制定了室内和环境质量标准。^{39,40}卢旺达共和国于2016年颁布了一项保护该国空气质量和防止空气污染的法律,并于2018年采用了东非环境空气质量标准。⁴¹加纳环境保护局于2018年推出了大阿克拉都市区(GAMA)空气质量计划(AQMP),目标是使GAMA符合该国的空气质量标准,并随着该地区经济的发展保持合规性。⁴²多哥与气候和清洁空气联盟合作,实施了一项减少空气污染物和短期气候污染物的国家计划,目标是减少45%的颗粒物污染,该计划得到了环

境、可持续发展部长的正式批准2020年自然发展与保护。⁴³在非洲各地,摩洛哥、斯威士兰和南非也制定了国家级空气质量立法,而肯尼亚和埃塞俄比亚则分别颁布了内罗毕和亚的斯亚贝巴空气质量计划。

尽管近年来取得了进展,非洲国家仍然缺乏管理和减轻空气污染的工具和资源。2017年至2021年间,非洲国家仅获得了5%的空气质量资金。^{44,45}该地区的空气质量数据基础设施还有显著增强的空间。该地区所有国家的13个政府监测机构在OpenAQ等数据平台上公开共享数据,这些政府监测机构提供的易于获取的开放数据可与丹麦相媲美,而丹麦的污染水平仅为该地区平均水平的三分之一。为了使该地区人民过上更健康、更长寿的生活,需要注入更多资源。

36 联合国环境规划署。2021年。“监管空气质量:首次全球空气污染立法评估。”请注意,这些国家中只有一部分属于中非和西非。这17个国家如下:阿尔及利亚、贝宁、布基纳法索、科特迪瓦、埃及、斯威士兰、冈比亚、加纳、肯尼亚、毛里求斯、摩洛哥、莫桑比克、尼日利亚、卢旺达、塞内加尔、南非和坦桑尼亚联合共和国。

37 新视野。2024年。“2024年空气质量标准是解决乌干达空气质量问题的里程碑式工具”https://www.newvision.co.ug/category/blogs/air-quality-standards-in-2024-a-landmark-tool-NV_187722

38 EPIC“EPIC 清洁空气计划 - 空气质量实体注册”<https://epic.uchicago.edu/air-quality-registry/>

39 参见脚注 37

40 雷玛。2018。《卢旺达空气污染源盘查》https://rema.gov.rw/fileadmin/templates/Documents/rema_doc/Air%20Quality/Inventory%20of%20Sources%20of%20Air%20Pollution%20in%20Rwanda%20Final%20Report.pdf

41 卢旺达法律信息研究所。2016。“卢旺达空气质量保护和空气污染预防法”<https://rwandalii.org/akn/rw/act/law/2016/18/eng@2016-06-06#:~:text=Any%20person%20owning%20emission%20sources,activities%20that%20are%20considered%20as>

42 加纳环保局。2018。“大阿克拉都市区空气质量计划”https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/2018_Greater-Accra-Region-Air-Quality-Management_EPA-Ghana.pdf

43 廉政公署秘书处。2020年。“多哥环境部长批准第一个减少空气污染物和短期气候污染物的国家计划”<https://www.ccacoalition.org/news/togos-minister-environment-endorses-first-national-plan-reduce-air-pollutants-and-short-lived-climate-pollutants>

44 清洁空气基金。2023年。“2023年全球空气质量资助状况”<https://s40026.pcdn.co/wp-content/uploads/The-State-of-Global-Air-Quality-Funding-2023-Clean-Air-Fund.pdf>

45 清洁空气基金。2023。“慈善基金会资助清洁空气:推进气候行动、健康和社会正义”<https://s40026.pcdn.co/wp-content/uploads/Clean-Air-Fund-Philanthropic-Foundation-Funding.pdf>

第 4 部分

中东和北非成为新的污染温床

中东和北非97%的人口生活在颗粒物污染超过世界卫生组织指导值的地区。在污染最严重的地区，影响要大得多，那里的居民因 PM2.5 而损失了 4.1 年寿命。

最新的卫星衍生 PM2.5 数据突出了中东和北非⁴⁶ 作为一个新兴的污染热点。2022 年人口加权平均颗粒物污染比 2021 年高出 12.9%，达到 18.4 微克/立方米，是世界卫生组织指导值的 3.7 倍。如果污染水平降低到符合世界卫生组织的指导标准，该地区 4.665 亿居民的预期寿命将延长 1.3 年，相当于节省 6.126 亿总寿命年（图 8.1）。在这些国家中，颗粒物污染对预期寿命的影响与其他重大健康威胁相当（图 8.2）。伊拉克巴比伦省受到的影响要大得多，该地区是该地区污染最严重的地区，颗粒物污染使当地居民的预期寿命缩短了 4.1 年。

卡塔尔的颗粒物污染水平为 39.1 微克/立方米，几乎是世界卫生组织指导值的 7.8 倍，卡塔尔不仅是中东和北非地区污染最

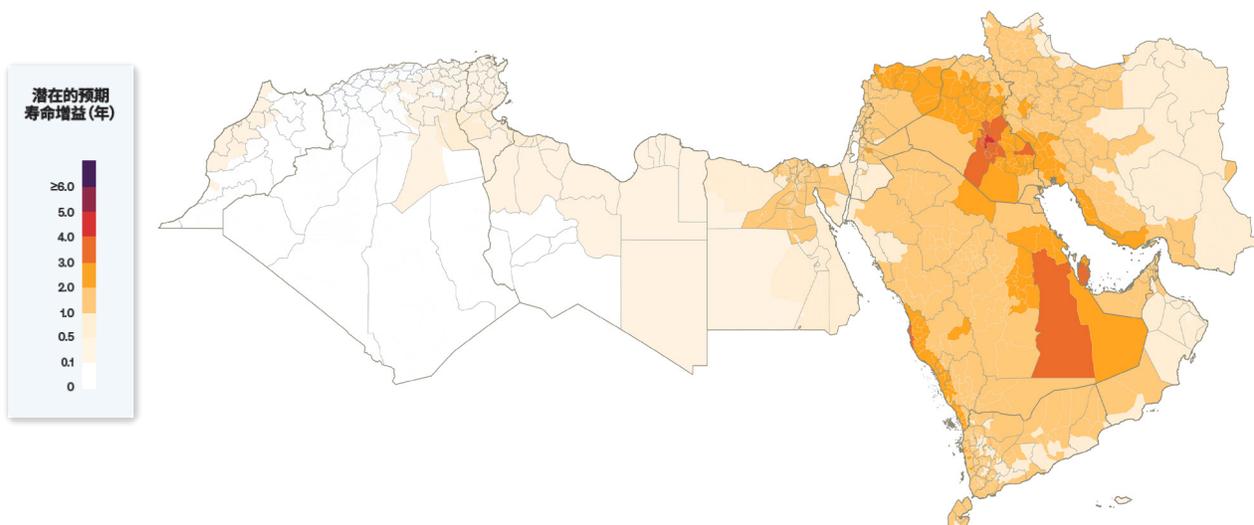
严重的国家，也是全球第四大污染国家。由此得出的结果是，卡塔尔的平均预期寿命比符合世界卫生组织指南的预期寿命低 3.3 年，这使得颗粒物污染成为比吸烟和车辆伤害更大的健康威胁（图 8.2）。在该国首都和最大城市多哈，大约有一半的人口居住在该国，如果目前的污染水平持续下去，居民的预期寿命将减少 3.4 年。卡塔尔的颗粒物污染很大程度上归因于工业排放和支持快速城市化的建设。⁴⁷

尽管卡塔尔是污染最严重的国家，但中东和北非 50 个污染最严重的地区中有 39 个位于伊拉克。2022 年，伊拉克年平均颗粒物污染水平为 32.4 微克/立方米，成为该地区污染第二严重的国家。该国污染最严重的五个省份占伊拉克总寿命损失的

46 中东地区被定义为以下 13 个国家：巴林、伊朗、伊拉克、以色列、约旦、科威特、黎巴嫩、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、叙利亚、阿拉伯联合酋长国、也门。北非被定义为以下 6 个国家：阿尔及利亚、吉布提、埃及、利比亚、摩洛哥、突尼斯。

47 半岛。2024 年。“大规模建设热潮后多哈空气质量出现改善迹象” <https://thepeninsulaqatar.com/article/31/03/2024/signs-of-air-quality-improvement-in-doha-after-major-construction-boom>

图 4.1 • 将 PM2.5 浓度从 2022 年永久降低至世界卫生组织指南可潜在延长预期寿命



40% 以上。⁴⁸ 在伊拉克首都巴格达及其人口最多的省份，居民的平均预期寿命将缩短 3.5 年。邻近巴比伦省污染最严重的马哈维尔地区的情况更为严重，该地区有 130 万人因颗粒物污染而缩短了 4.1 年的预期寿命。伊拉克的空气污染归因于汽车尾气、发电机、石油和天然气精炼厂火灾以及该地区持续的军事冲突。⁴⁹

尽管埃及的平均颗粒物污染低于卡塔尔和伊拉克，但由于人口众多，埃及面临着该地区最高的健康负担。2022 年，埃及的颗粒物污染水平为 19.2 微克/立方米——几乎是世界卫生组织指导值的 4 倍。这意味着，如果埃及的污染水平降低到世界卫生组织的指导标准，埃及居民的平均寿命可以延长 1.4 年。这将有助于防止该国 1.497 亿生命年的损失。埃及首都开罗市是中东和北非最大的特大城市，拥有 1010 万人口，其 PM2.5 浓度为 22.6 微克/立方米，全国最差。开罗居民平均寿命减少约 1.7 年，大开罗地区因颗粒物污染而损失的寿命合计达 2,360 万岁。⁵⁰ 亚历山大是地中海最大的城市，也是埃及重要的旅游和工业中心，其情况稍好一些，颗粒物污染水平为 16.2 微克/立方米，意味着预期寿命减少 1.1 年。交通拥堵和汽车尾气、农业

刀耕火种以及燃煤发电厂是埃及颗粒物污染的主要来源。^{51,52}

颗粒物污染负担不均

在区域层面，颗粒物污染仍然高度不平等，年污染水平从阿尔及利亚低至 6.1 微克/立方米到卡塔尔高达 39.1 微克/立方米。总体而言，中东国家的污染程度高于北非国家。减少颗粒物污染以满足世界卫生组织的指导标准将使中东地区居民的寿命比北非地区居民的寿命延长 10 个月。从更细化的层面来看，中东和北非国家的颗粒物污染也集中在某些区域，主要集中在各国首都周边地区。

遏制空气污染的政策行动迹象

直到最近，19 个中东和北非国家还没有任何空气质量管理计划。这 19 个国家中有 8 个制定了 PM2.5 标准，7 个国家制定了与环境相关的立法文书，其中也涉及采取行动缓解空气污染。然而，随着五个国家实施空气质量管理计划，空气质量越来越受到关注。

伊朗于 1995 年首次颁布《大气污染防治法》，此后又进行了两次更新。2017 年最新更新的《清洁空气法》包括对不遵守污染限

48 这五个省是：卡迪西亚省、纳杰夫省、巴比伦省、巴格达省、卡尔巴拉省

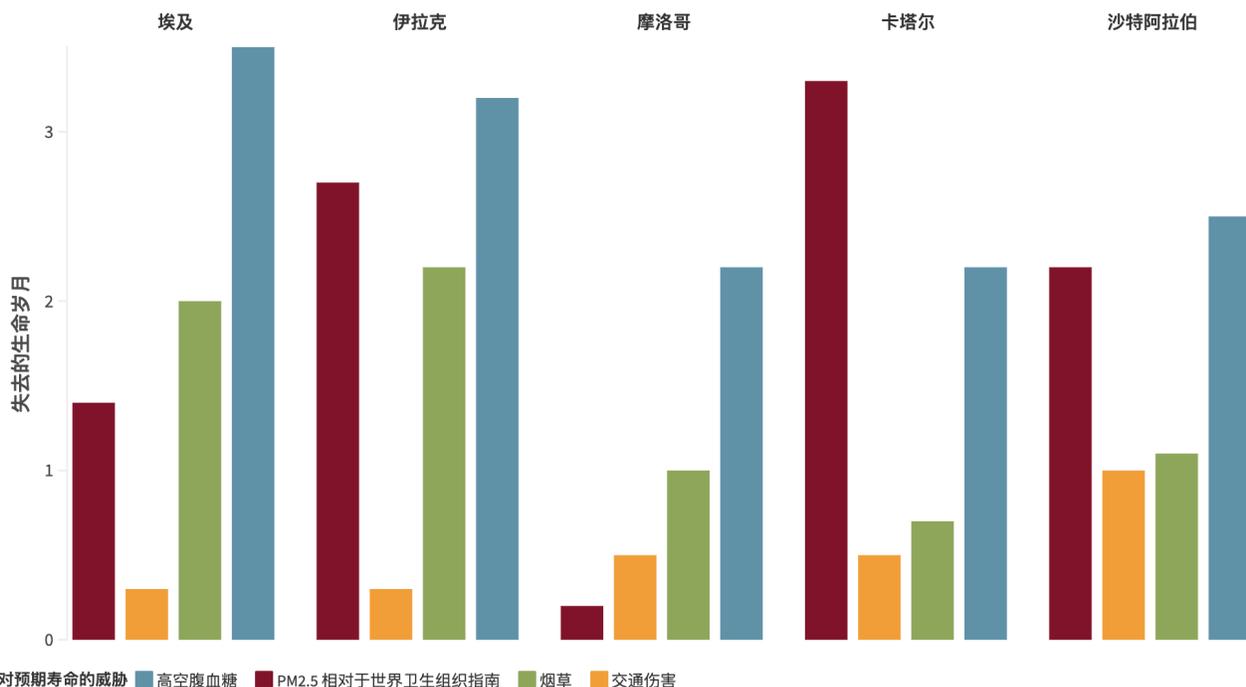
49 生态中心地图。2023。“伊拉克巴格达的空气污染 <https://www.ecohubmap.com/hot-spot/air-pollution-in-baghdad-iraq/nxoml7sorv56#>

50 大开罗被定义为：Al Qahirah 省、Imbahah、吉萨、Shubra-al-Khaymah

51 清洁空气基金。2023。“非洲城市从污染到解决方案 <https://www.cleanairfund.org/clean-air-africas-cities/cairo/>

52 IQAir。2024。“埃及的空气质量” <https://www.iqair.com/us/egypt>

图 4.2 · 中东和北非人口最多的五个国家对预期寿命的全球选定主要威胁的比较



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。“PM2.5 相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2022) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

制的行业或个人实施更严厉的处罚。^{53,54}

以色列《清洁空气法》于2012年生效,此后经过两次修订,现在包括工业设施的清洁空气要求、减少车辆污染和温室气体的措施以及生物燃料的可再生燃料标准。⁵⁵

黎巴嫩议会颁布了《环境保护法》。共34条,内容涉及空气质量监测管理、空气污染防治等。^{56,57}

2021年,摩洛哥与气候与清洁空气联盟合作,最终确定了减少短期气候污染物的国家行动计划。全面实施该计划可以使摩洛哥交通部门的颗粒物比2014年减少51.6%。⁵⁸

2013年,阿联酋启动了“2021愿景”,启动了空气质量数据收集和监测工作。这些数据用于告知2023年发布的《2031年国家空气质量议程》计划的目标。最新议程的重点是减少室外和室内空气污染、减少异味和减少噪音污染。^{59,60}

53 粮农组织。2024。“FAOLEX 数据库”<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC182168/>

54 自由欧洲电台。2023。“伊朗的环境标准,污染现实像石油和水一样混合”<https://www.rferl.org/a/iran-environmental-standards-pollution-smog/32385813.html#>

55 国会图书馆。“空气污染监管:以色列”https://maint.loc.gov/law/help/air-pollution/israel.php#_ftn14

56 人权高专办。“黎巴嫩的环境管理”<https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Environment/SREnvironment/Pollution/Lebanon.pdf>

57 粮农组织。2019。FAOLEX 数据库<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC176635/>

58 廉政公署秘书处。2022年。“摩洛哥国家行动计划标志着该国气候和清洁空气承诺的新时代”<https://www.ccacoalition.org/news/morocco-national-action-plan-signals-new-era-countrys-climate-and-clean-air-commitment>

59 廉政公署秘书处。2023。“阿联酋通过国家空气质量议程进入 COP28 领导地位”<https://www.ccacoalition.org/news/uae-enters-cop28-leadership-national-air-quality-agenda>

60 阿联酋莫切。2023。“阿联酋2031年国家空气质量议程 [阿联酋 国家的 空气质量 议程 2031部 改变 气候 还有环境](https://www.moc.gov.ae) [HTTPS的://万维网.莫卡埃.政府.ae](https://www.moc.gov.ae) 资产, 下载

第 5 部分

空气污染仍然是东南亚的主要负担

与南亚类似，东南亚大部分地区的污染水平在2022年相比2021年有所下降。尽管有所改善，但东南亚的平均污染水平仍然比世界卫生组织的指导值高出3.6倍。如果东南亚居民持续暴露在这样的污染水平下，他们的平均寿命可能会比符合世界卫生组织标准的情况下缩短1.2年。

总体而言，2022年东南亚地区的污染水平有所下降。东南亚各国的污染水平在一年内平均下降了4.8%，其中缅甸的降幅最大（15.7%），而马来西亚的降幅最小（0.8%）。然而，新加坡和东帝汶是唯一污染水平上升的国家。整个东南亚地区的空气污染使居民的平均预期寿命减少了1.2年，相比于如果永久满足世界卫生组织的5微克/立方米指导标准的情况下（见图3.1）。在该地区的11个国家中，估计因空气污染而损失了10亿生命年。⁶¹

61 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

虽然2022年东南亚的平均污染水平略有下降，但在过去二十年中，东南亚的污染水平基本保持不变，一般在17至22微克/立方米之间波动，几乎是世界卫生组织指导值的3.5倍。东南亚约6.813亿人口中，几乎所有人（99.9%）都呼吸着世界卫生组织认为受污染的空气。印度尼西亚的锡默卢埃岛和明打威岛，以及菲律宾的海龟岛和卡利巴托湖是唯一空气质量符合世界卫生组织指南的地区。

2022年，东南亚污染最严重的国家是缅甸，该国的人口加权颗粒物浓度为28.6微克/立方米，是世界卫生组织指导值的5倍。由于污染超过了世界卫生组织的指导标准，缅甸居民的预期寿命减少了2.9年。这一数字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年）或呼吸道感染和结核病（1.4年）（见图3.2）。在缅甸人口最多的地区仰光和曼德勒，2022年的平均污染水平分别为27.8和33.8微克/立方米。如果仰光和曼德勒能够符合世界卫生组织的指导标准，居民的预期寿命将分别延长2.2年和2.8年。

虽然印度尼西亚的污染水平在过去十年中基本保持稳定，在旱季时通常在18至22微克/立方米之间波动，但该国的火灾事件导致其国内及下风邻国（如马来西亚）的污染突然激增。数据显示，与2019年最近的一次野火季节相比，2022年该地区火灾减少

的影响显著。2019年，印度尼西亚的苏门答腊岛和婆罗洲发生了数千起火灾。⁶²与2019年相比，印度尼西亚2022年的颗粒物污染下降了17.2%，而马来西亚则下降了33.9%。

在印度尼西亚的人口和工业中心爪哇岛，2022年的污染水平较2019年略有下降。在雅加达大都市周边地区（包括茂物、德波、勿加泗和坦格朗），年平均PM2.5浓度在2022年下降了约6.3%，达到28.2微克/立方米。不过，如果该地区能够符合世界卫生组织的指导标准，大约2490万居民的平均预期寿命将延长2.2年。2022年，印度尼西亚污染最严重的地区之一北苏门答腊的污染水平也较2019年有所下降。例如，棉兰的污染水平为33.0微克/立方米，显著低于2019年的40.2微克/立方米。如果污染水平得到控制，达到世界卫生组织的指导标准，这里的居民预期寿命将延长2.7年。

在泰国，2022年的颗粒物污染较2021年下降了5.3%，全国平均水平为21.2微克/立方米。这一水平自2000年代中期以来一直大致稳定。然而，2022年泰国各地的颗粒物污染浓度差异显著，从北部帕天府的31.1微克/立方米，到曼谷大都市的19.1微

62 蒙加巴伊。2024年。“由于厄尔尼诺现象，2023年印度尼西亚火灾数量增加了五倍 <https://news.mongabay.com/2024/01/2023-fires-increase-fivefold-in-indonesia-amid-el-nino/>

图 5.1 · 将 PM2.5 浓度从 2022 年永久降低至世界卫生组织标准可潜在延长预期寿命

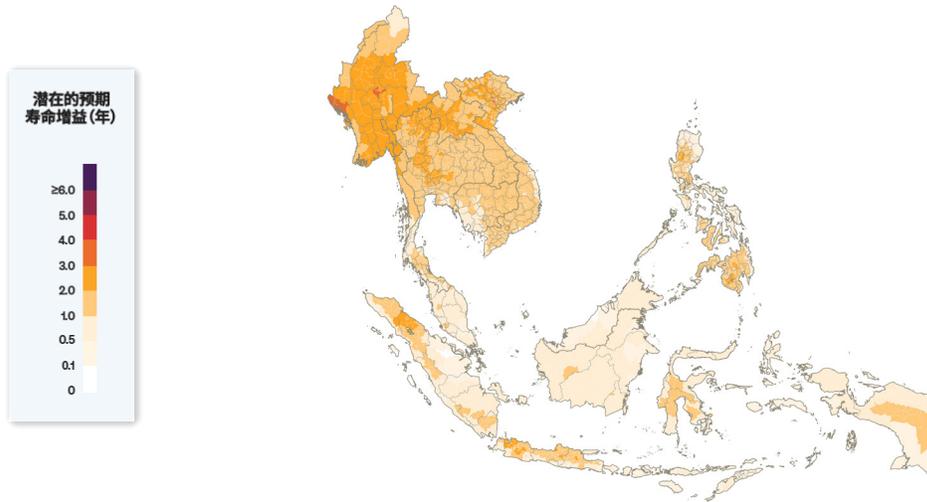
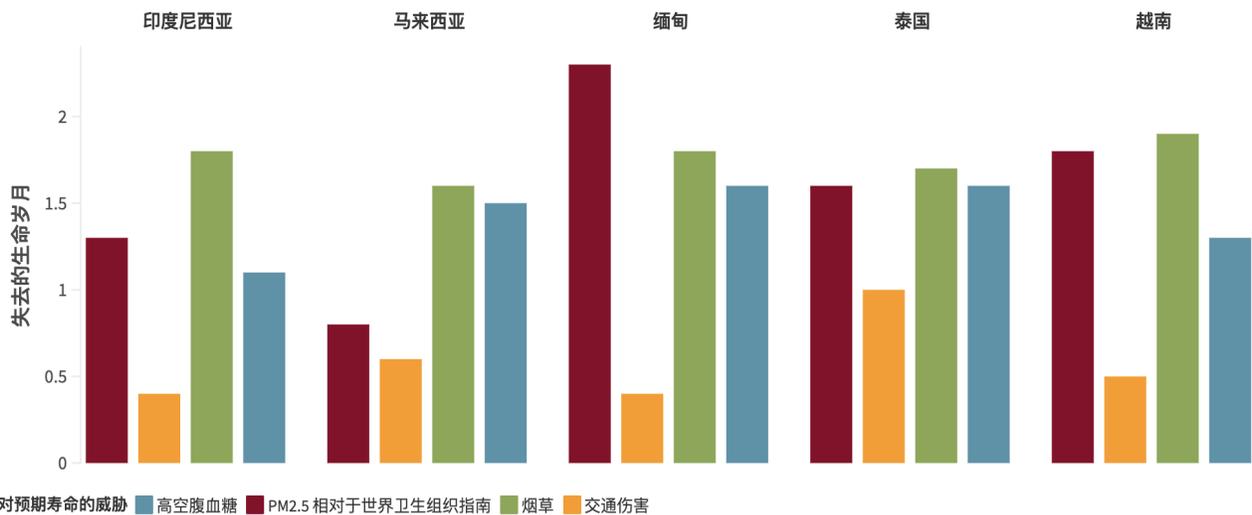


图 5.2 · 东南亚国家面临的全球主要健康威胁对预期寿命的影响比较



来源:全球疾病负担 (<https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>) 的二级原因和风险数据以及世卫组织生命表 (<https://apps.who.int/gho/data/node.main.LIFECOUNTRY?lang=en>) 结合生命表法得出了这些结果。“PM2.5相对于世卫组织指南”柱状图显示了根据最新AQLI (2022年) 数据计算的相对于世卫组织指南的预期寿命减少。

克/立方米,再到南部普吉岛的11.6微克/立方米。这种差异部分原因在于泰国北部地区(包括清迈、清莱、北标府和帕天府周边地区)的火灾增加了区域空气污染量,导致这些地区居民的预期寿命比世界卫生组织指导标准下的预期寿命减少了2.8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标准,居民的寿命将延长1.4年。

在越南,地区之间的空气污染差异更加显著。在拥有超过800万人口的首都河内——越南的主要工业中心之一,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。而在越南许多南部地区,空气污染的影响要小得多,例如在富安等沿海省份,如果空气质量符合世界卫生组织的指导标准,居民的预期寿命将增加0.9年。总体而言,如果污染永久减少到世界卫生组

织的指导标准,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(1.1年)或呼吸道感染和结核病(0.84年)(见图3.2)

该地区国家如何应对空气污染?

区的各国必须共同努力减少生物质、农场、森林和泥炭地火灾。2023年,在老挝举行的东盟跨界雾霾污染协定缔约方会议(COM-18)上,⁶³ 第二个《东盟跨界雾霾污染控制合作及实施手段路线图》(“无雾霾路线图”)(2023-2030年)获得通过。该路线图致力于在东盟成员国国内实施预防和控制土地火灾的行动。该路线图还强调需要使用卫星和应用程序进行火灾和雾霾

63 东盟。2023年,《第十七届东盟环境部长级会议暨第十八届东盟跨界雾霾污染协定缔约方会议》

监测,马来西亚气象局将完善东南亚火灾危险评级系统,以增加气象站的数量,实施新的火灾危险代码,并为东盟北部地区提供7天的预报模拟。

除了减少生物质、森林和泥炭地火灾之外,更严格的燃料排放标准也提供了一个潜在的改进领域。目前,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则相对较低。泰国的车辆只需满足Euro-4标准,该标准允许柴油机氮氧化物排放量增加3倍,硫含量增加5倍。泰国政府原计划于2021年采用Euro-5标准,但由于COVID-19的限制及其对私营部门实施这些标准的准备情况的影响,将标准的采用推迟到2024年。⁶⁴ 2024年1月1日,泰国将正式采用柴油车的Euro-5标准。⁶⁵ 该标准在泰国工业标准协会于2023年2月至12月接受申请并记录了来自25家汽车制造商的50份申请后获得通过。能源部计划在2025年1月1日之前提出Euro-6标准。越南于2022年1月1日实施了Euro-5标准。⁶⁶

工业排放是另一个有潜力改善的领域。例如,印度尼西亚的燃煤电厂⁶⁷——其中约有10座位于雅加达方圆100公里范围内——允许的颗粒物、氮氧化物和二氧化硫的排放量是中国燃煤电厂的3至7.5倍,是印度2003年至2016年间安装的燃煤电厂的2至4倍。⁶⁸ NOx和SO₂一旦排放到大气中,就会形成颗粒物。为了控制工业污染,印度尼西亚必须严格执行该国的固定源排放标准。2021年,印度尼西亚环境和森林部出台了一项旨在整合污染控制系统的新法规。⁶⁹ 该新规要求十大高污染工业类别⁷⁰ 使用连续排放监测系统监测其排放,并在2023年1月1日之前将其数据整合到连续工业排放监测系统信息中

64 中国日报。2023年。“泰国批准推迟对新车实施欧5排放标准。”

65 国家。2024年,“汽车工业符合柴油欧5标准”<https://www.nationthailand.com/thailand/policies/40034316>

66 运输政策。2022年。“自2022年1月1日起,越南的四轮轻型车辆受欧5标准监管。”

67 路透社。2019年。“亚洲对煤炭的依赖导致空气污染严重的城市窒息。”

68 张、兴。2016年。“国际能源署洁净煤中心——燃煤电厂PM2.5的排放标准和控制。”

69 环境和林业部。2021。“工业连续排放监测系统(SISPEK)”<https://ditppu.menlhk.go.id/portal/sispek/?token=4aSpjX66PhcYoEWi4fOB>

70 钢铁冶炼、纸浆和造纸、人造丝、炭黑、石油和天然气、采矿、热废物处理、水泥、火力发电厂、化肥和硝酸铵

提高工业排放标准的合规性:印度的例子

2019年,印度古吉拉特邦推出了全国首个清洁空气市场,以苏拉特市为试点实施大规模工业排放交易计划。古吉拉特邦污染控制委员会在芝加哥大学能源政策研究所(EPIC)、耶鲁大学经济增长中心以及阿卜杜勒·拉蒂夫·贾米尔贫困行动实验室(J-PAL)的研究团队的协助下,推动了这一排放交易计划。通过该计划,政府设定了排放上限,并允许各行业在不超过上限的情况下进行排放交易。研究人员通过随机对照试验评估了该计划相对于现状的效益和成本,发现该方法成功地将污染减少了20%至30%,行业减排成本降低了11%。

在古吉拉特邦的另一项随机评估中,研究发现,加强对工业排放报告的第三方审核有助于减少污染。环境监管机构通过第三方审核员监控工业排放标准的合规性。然而,在大多数情况下,审核员由其审核的公司支付报酬并对其负责,这可能导致潜在的利益冲突,进而可能促使审核员操纵或伪造报告。此外,如果审核员未能准确报告,受监管方也没有动力遵守法规,因为监管机构缺乏执行处罚所需的信息。为解决这一问题,古吉拉特邦污染控制委员会与上述研究团队合作,通过改革审核市场,提高审核报告的准确性,进而提升行业的合规性。改革后的审核系统中,审核员被随机分配到他们要监控的工厂,并由公共资金支持费用,以确保审核的准确性。研究人员发现,改革实施后,审核员错误报告排放读数的可能性降低了80%,工业单位的平均污染水平也有所下降,尤其是先前排放读数最高的工厂,其减排效果最为显著。

在整个地区,公众对采取紧急清洁空气行动的必要性认识不断提高,很多情况下这得益于社区倡导者的推动。例如,2021年,雅加达的一家法院裁定支持一项由公民主导的诉讼,该诉讼指责政府未能向公民提供安全、清洁的空气。2022年,泰国的草根组织——泰国清洁空气网络,向泰国议会提交了首份由公民推动的《泰国清洁空气法》立法草案。此外,2023年11月,泰国内阁通过了《清洁空气法》草案,以建立一个旨在减轻空气污染的立法框架。¹ 实际上,目前泰国已有七份不同的清洁空气立法草案,这些草案由政府、反对派及民间社会提出。² 2024年1月,泰国内阁投票原则上接受了所有七份《清洁空气法案》草案。接下来,议会将成立一个委员会,整合不同的努力,并对内阁草案进行修改,然后提交议会进一步讨论。³

1 路透社。2023年。“泰国内阁批准清洁空气法案草案以减少污染”<https://www.reuters.com/world/asia-pacific/thai-cabinet-approves-draft-clean-air-act-reduce-pollution-2023-11-28/>

2 斯德哥尔摩环境研究所。2024。“赋能变革——泰国开创性的公民主导的清洁空气立法”<https://www.sei.org/features/podcast-th-legislation-cleaner-air/>

3 国家。2024年。“立法者一致接受清洁空气法案的全部7份草案”<https://www.nationthailand.com/thailand/general/40034803>

第六节

大多数拉丁美洲人呼吸的空气超出了世界卫生组织的指导标准

拉丁美洲的6.459亿人口中,绝大多数人呼吸的空气质量都超过了世界卫生组织(WHO)认为安全的标准。在该地区污染最严重的地方,空气污染导致人们的寿命减少了4年,这与孟加拉国、印度和尼泊尔一些污染最严重地区的情况相当。

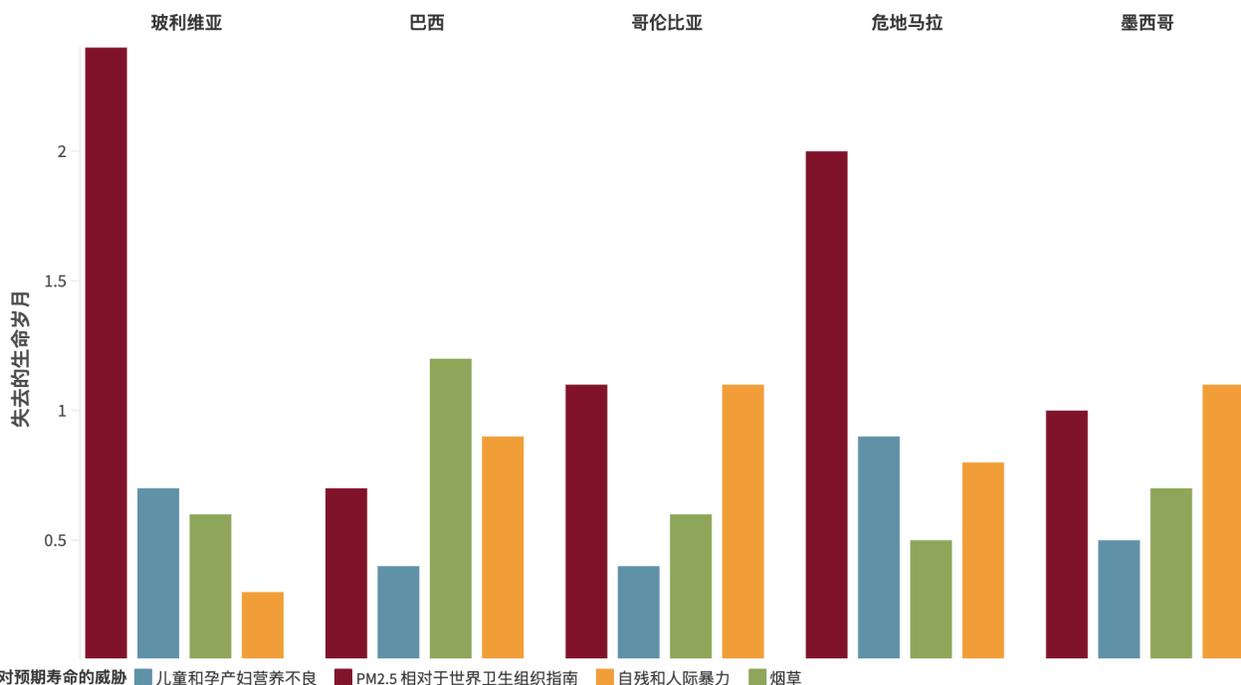
根据2022年最新和修订的卫星PM2.5数据,拉丁美洲96.3%的人口所处的颗粒物污染水平超过了世界卫生组织的指导值——5微克/立方米。⁷¹空气污染对健康的威胁与该地区其他主要致命威胁(例如自残和人际暴力)相当(见图5.1)。2022年,拉丁美洲的PM2.5年平均浓度较2021年上升了4.8%,较1998年上升了3%。虽然通过净化空气而延长的平均预期寿命相对较低——整

71 拉丁美洲地区定义为以下20个国家和地区: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。

个拉丁美洲平均延长不到1年(见图5.2),但在危地马拉、玻利维亚和秘鲁等污染热点地区,预期寿命延长幅度要高得多(见图5.3)。拉丁美洲污染最严重的地区中有六十个位于这三个国家。

根据最新的卫星颗粒物2.5数据,玻利维亚是拉丁美洲污染最严重的国家,年平均颗粒物污染水平为29.6微克/立方米,是世界卫生组织指导值的6倍。在玻利维亚以及整个拉丁美洲污染最严重的地区——贝尼省的马尔班市,情况更加严峻。2022年,这里的平均颗粒物污染水平达到了45.7微克/立方米,是世界卫生组织指

图 6.1 • 拉丁美洲一些人口最多和污染最严重的国家对预期寿命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。“PM2.5相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2022) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

导值的9.1倍。如果该地区的空气质量能永久符合世界卫生组织的标准,居民的预期寿命将增加4年。

玻利维亚的农村居民也面临着严重的颗粒物污染。例如,在贝尼省的马莫雷——一个全国空气质量最差的农村地区,2022年的颗粒物污染平均水平为41.8微克/立方米。与符合世界卫生组织指南的情况相比,该地区居民的预期寿命因此减少了3.6年。

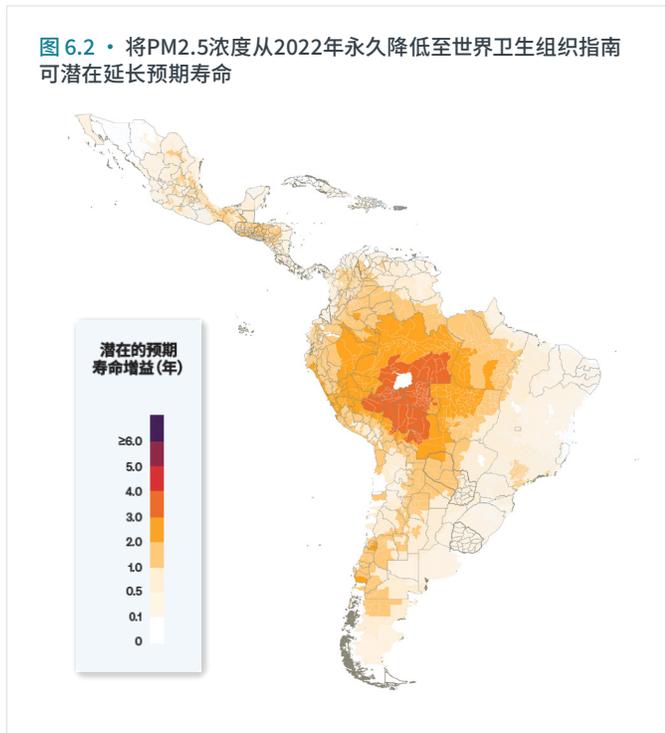
在中美洲的火山弧国家之一危地马拉,颗粒物污染是对人类健康的最大威胁之一。危地马拉的平均预期寿命比符合世界卫生组织指南的预期寿命低2.1年,这使得颗粒物污染成为比人际暴

减少空气污染的进展

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。⁷³ 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、⁷⁴ 波哥大的快速公交(BRT)系统(世界上最大)、公交专用道和巴西库里蒂巴的BRT路线是拉丁美洲城市采取措施减少车辆污染的其他例子。巴西于1987年启动的PROCONVE计划也旨在减少车辆排放。车辆必须符合欧六标准,且要求越来越严格。PROCONVE L-7阶段标准于2022年1月1日开始,L-8阶段标准将在2025年之前强制执行车队平均排放限制。^{75,76}

由于采取了这些措施,大多数城市的污染水平在过去15年中要么下降,要么保持稳定,智利圣地亚哥是一个例外。这表明这些城市的空气质量管理呈现出积极的趋势。例如,巴西圣保罗的居民呼吸的空气中颗粒物浓度比过去15年的平均水平低了5%。在哥伦比亚首都波哥大,过去15年间的颗粒物水平一直维持在19微克/立方米至20微克/立方米之间。在厄瓜多尔首都基多,颗粒物水平保持在17微克/立方米至18微克/立方米之间。2021年,基多的污染水平降至15.6微克/立方米,但在2022年又增加至17.4微克/立方米。

虽然这些城市已经设法控制了日益增长的污染水平,但减少污染的空间仍然很大。如果这些城市的污染水平能永久降低至世界卫生组织的指导标准,居民的平均寿命将延长一年多。



力、结核病和烟草使用更大的健康威胁(见图5.3)。在危地马拉最污染严重的城市米斯科,居民的预期寿命缩短了3.8年。

拉丁美洲的空气污染不仅限于城市。在拉丁美洲人口最多的国家巴西,如果颗粒物污染减少到符合世界卫生组织的标准,2.169亿人的预期寿命将延长8.4个月,总共将延长1.518亿生命年。巴西亚马逊河流域的朗多尼亚州的情况更加严重,该州的170万居民因空气污染而缩短了3.2年的预期寿命。在亚马逊州,颗粒物污染水平是世界卫生组织指导值的6.4倍,这主要是由于雨林被烧毁造成的。森林火灾是由于砍伐森林以及为开垦耕地和放牧而非非法纵火导致的。如果污染能减少到永久符合世界卫生组织的标准,该地区410万居民的预期寿命将延长2.7年。⁷² 如果污染减少到符合世界卫生组织的指导标准,该地区410万居民的预期寿命将延长2.7年。

72 美国雨林基金会。2024。“亚马逊雨林火灾”<https://rainforestfoundation.org/engage/brazil-amazon-fires/>

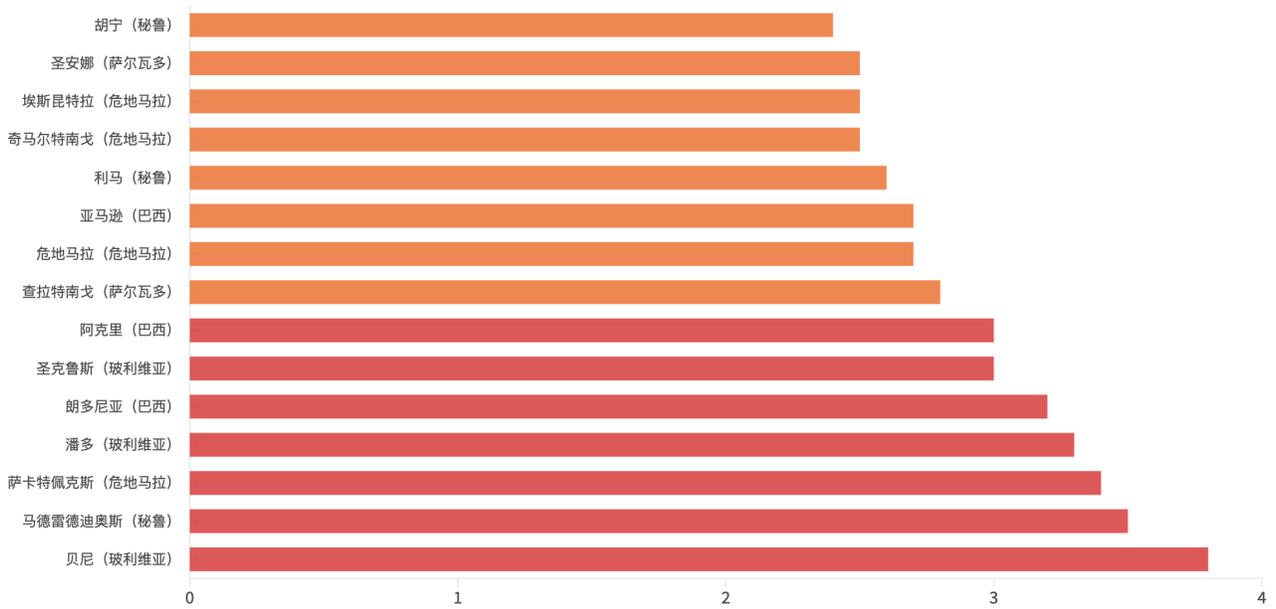
73 危地马拉:国际妇女媒体基金会。2018。“过时的汽车如何在烟雾弥漫的来世中生存。”;玻利维亚:Mardoñez, V., Uzu, G., Andrade, M., Borlaza, L. J. S., Pandolfi, M., Weber, S., Moreno, I., Jaffrezzo, J.-L., Besombes, J.-L., Alastuey, A., Perez, N., Moñnik, G. 和 Laj, P., 2022年;秘鲁:Pinedo-Jáuregui, C., Verano-Cachay, J., Barrantes-Santos, V., 2020。

74 Boso, A., Oltra, C., Garrido, J. 等人, 2023年。“了解公众对汽车限制政策的接受程度:四个拉丁美洲城市的定性研究”。

75 巴西环境与可再生自然资源研究所。2011。《机动车大气污染防治方案》https://www.ibama.gov.br/phocadownload/veiculosautomotores/manual%20proconve%20promot_english.pdf

76 气候与清洁空气联盟(CCAC)。2024。“巴西”<https://www.ccacoalition.org/partners/brazil>

图 6.3 · 在拉丁美洲15个污染最严重的地区，将PM2.5从2022年水平永久降低至世界卫生组织指南，可延长预期寿命



第7节

中国污染减排持续取得进展

尽管中国近年来在减少污染方面取得了显著进展，但该国仍有一些地区的空气污染对人们的生活产生了重大影响，持续时间已超过四年。

中国拥有世界近18%的人口，其空气污染相关的健康负担占全球总量的20%。然而，得益于严格的政策措施，从2013年到2022年，中国的空气污染水平下降了41%。在全国范围内，北京的污染下降幅度最大，在短短9年内下降了54.1%（见图6.1）。由于空气质量的改善，如果这种趋势持续下去，中国公民的平均预期寿命有望延长两年。在北京，人均预期寿命可延长3.9年。在上海，PM2.5浓度从45.3微克/立方米下降到23.0微克/立方米，人均预期寿命延长2.2年（见图6.2）。

中国在减少污染方面取得如此成功，主要归功于严格的公共政策。2013年中国污染达到最高水平后，公众开始强烈呼吁变革。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。

为实现《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。在工业领域，钢铁产能被削减，京津冀、珠三角和长三角地区禁止新建燃煤电厂。

现有工厂被要求减少排放或改用天然气和可再生能源，一些工厂则被关闭或搬迁。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。

得益于这些严格的污染政策，中国的年平均污染水平目前达到了35微克/立方米的国家标准。然而，中国的污染水平仍然比世界卫生组织指导值高出5.6倍，仍然是该国预期寿命的主要威胁之一。如果中国能够从2022年的水平开始减少污染，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进一步增加2.3年。这一威胁在中国仅次于烟草和高血压，后者会导致预期寿命缩短3年（见图6.3）。

空气污染负担不平等

尽管自2013年以来全国总体污染水平有所下降，但在污染较严重的河北、天津、河南和山东等省份，如果污染水平得到进一步降低，这些地区的居民预期寿命将增加3至3.4年以达到世界卫生组织的指导标准。而在尚未达到中国国家标准35微克/立方米的54个地市县中，健康威胁更为显著。这些地区的年平均颗粒物

图 7.1 • 1998-2022年中国大陆主要地区PM2.5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、珠海九个地市和香港特别行政区的密集城市网络。香港和澳门。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。

污染为40.5微克/立方米,如果能够永久符合世界卫生组织的指导标准,这54个县的3.181亿居民将多活3.5年。此外,与2021年相比,2022年这54个地市县中有33个的颗粒物污染有所增加。

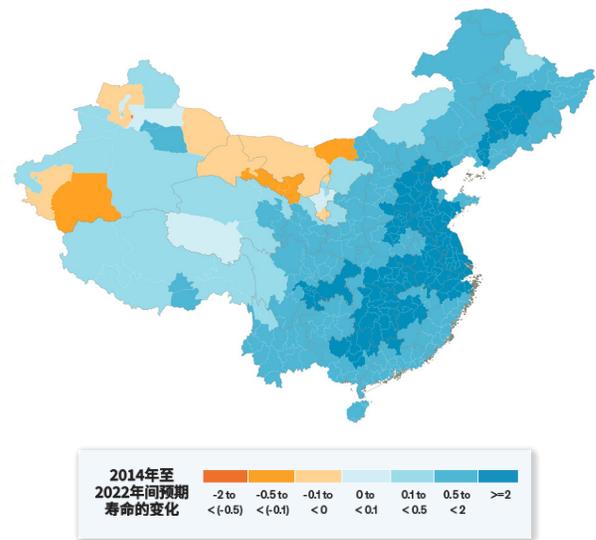
从2021年至2022年,全国有112个地市县报告颗粒物污染有所增加。其中,中国北部和西部地区有24个地市县的颗粒物污染水平较2013年有所上升,表明这些地区的污染情况甚至比2013年还要严重。为减少这些地区的污染,中国启动了一场污染治理战。如果这些地区的污染水平能够减少至符合世界卫生组织的指导标准,2970万居民的预期寿命将增加1.5年。这些地市分布在甘肃、黑龙江、内蒙古、宁夏回族自治区、青海和新疆维吾尔自治区等省区。在这些省份中,河北、新疆和四川的空气污染负担最为不平等,中国人均预期寿命的潜在增长范围在2.4个月到4.4年之间(见图6.2中的黑色部分)。

尽管中国在减少污染方面取得了显著进步,但仍有更多工作要做。2023年11月,中国发布了第三次污染防治规划。⁷⁷ 规划提出,到2025年,所有地级及以上城市颗粒物污染比2020年下降10%。京津冀地区PM2.5浓度下降20%,PM2.5浓度下降15%。汾渭平原污染水平与2020年相比。如果污染减排成功,京津冀地区的平均预期寿命将增加10个月,汾渭平原的平均预期寿命将增加6.9个月。⁷⁸ 时间会告诉我们未来几年中国如何应对这些新目标。

77 对话地球。2023年《新大气污染防治方案发布》<https://dialogue.earth/en/digest/new-air-pollution-control-plan-released/>

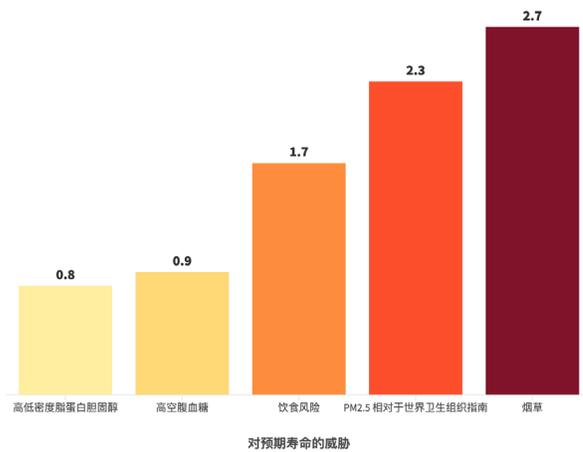
78 汾渭平原定义为陕西省西安市、宝鸡市、咸阳市、渭南市、铜川市;山西晋中、吕梁、临汾、运城;河南省洛阳市、三门峡市。资料来源:Liu, S.;朱, T.;潘, B.;李, M.; Peng, S. 2022 “基于 OMI 卫星数据的 2012-2020 年中国汾渭平原气溶胶分析”。*气氛* 13 (10):1728。<https://www.mdpi.com/2073-4433/13/10/1728>

图 7.2 • 2014 年至 2022 年中国因污染减少而提高预期寿命



注:自 2014 年以来颗粒物污染有所减少,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 7.3 • 中国预期寿命面临的 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 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。“PM2.5相对于 WHO 指南”栏显示了根据最新 AQLI (2022) 数据计算得出的相对于 WHO 指南的预期寿命缩短情况。

第八节

更严格的空气污染标准揭示了美国和欧洲的空气污染不平等

美国和欧洲都进一步收紧了污染标准,但仍有一些地区无法达到要求。如果这些地区的污染水平达到新标准,欧洲和美国的预期寿命将分别延长7.2个月和2.4个月。

在经历了几十年的空气污染之后,美国和欧洲在制定和执行严格的污染控制措施方面都取得了很大的成功。在美国,自1970年以来,《清洁空气法》等立法措施已帮助减少了67.2%的污染,使平均寿命延长了1.5年。只有一个县——华盛顿州的皮尔斯县——2022年的污染水平高于1970年的估计水平(图7.1)。⁷⁹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30.2%的污染,帮助居民节省了5.6个月的时间(图7.2

)。⁸⁰除了居住在安道尔、希腊、意大利、马耳他和西班牙的一些居民外,大多数欧洲居民的空气质量都得到了改善,从而延长了他们的预期寿命。主要由于这些污染的减少,占世界人口15.3%的美国和欧洲仅占颗粒物污染健康负担的3.9%左右。⁸¹

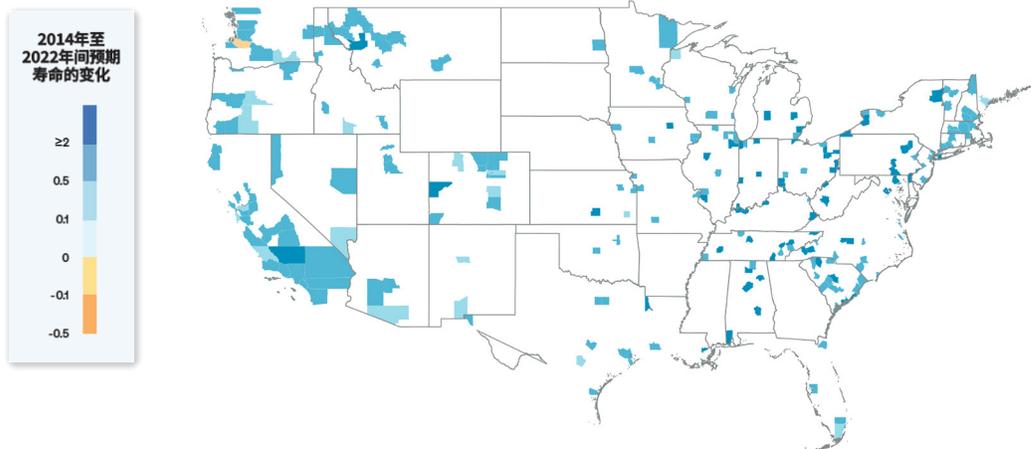
但是,最新的科学证据表明,即使当今美国和欧洲大部分地区的污染水平较低,也会对人类健康有害。随着这一新证据现已纳入世界卫生组织的指南,2022年的数据显示,美国和欧洲分

79 我们对1970年美国的估计仅基于可近似估计1970年PM2.5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。在这里,我们将这237个县的1970年代推算PM2.5数据与2021年PM2.5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/>。

80 欧盟委员会。2008年。“欧洲议会和理事会关于欧洲环境空气质量和清洁空气的第2008/50/EC号指令。”

81 欧洲被定义为以下文件中列出的53个国家:https://drive.google.com/file/d/1CpDGkKu96HcKr5xCZ3QozldnozJMetrH/view?usp=drive_link

图 8.1 • 1970 年至 2022 年间美国 235 个县 PM2.5 浓度变化导致的预期寿命变化。



注:与1970年相比,只有一个县(橙色)由于2022年颗粒物污染增加而损失寿命年——皮尔斯县(华盛顿州)。

此比较只能针对可根据现有数据估算1970年PM2.5浓度的237个美国县。由于篇幅有限,本图中不包括阿克雷奇(阿拉斯加)和檀香山(夏威夷)两个县;然而,与1970年相比,2022年颗粒物污染也有所下降,分别增加了7.2个月和3.1个月。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/>。

别有 94% 和 96.8% 的人生活在污染水平超过 5 微克/立方米的地区 (被视为不安全) 由世界卫生组织。

美国2022年平均污染为6.9微克/立方米,略高于世界卫生组织指导值5微克/立方米,但符合新修订的国家年度PM2.5标准9微克/立方米。在此水平上,如果居民呼吸的空气永久符合世界卫生组织的指导标准,那么他们预计将获得大约 2.2 个月的生命,即 6260 万总生命年。

2022年欧洲居民平均暴露于颗粒物污染浓度为11.1微克/立方米,满足欧盟年度PM2.5限值25微克/立方米和第二阶段限值20微克/立方米,但未达到修订后的世界卫生组织指南以及新采用的欧盟 2030 年限量 10 微克/立方米。⁸² 如果颗粒物污染符合修订后的世界卫生组织指南,欧洲的平均预期寿命将延长 7.2 个月,即 5.159 亿总生命年。

空气污染负担不平等

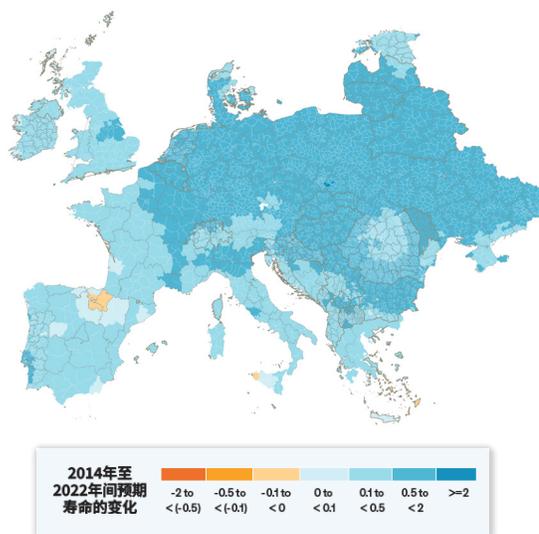
美国和欧洲的特定地区面临的污染水平远高于平均水平,对预期寿命产生重大影响。

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面临的平均颗粒物污染水平高于世界卫生组织的指导标准和美国自己的空气质量标准。2022 年,虽然阿拉斯加的费尔班克斯北极星自治市是污染最严重的县,如果符合世界卫生组织的指导标准,居民将获得 10 个月的时间,但 20 个污染最严重的县中有 10 个位于加利福尼亚州。那里的平均污染浓度范围从德尔诺特县的 4.3 微克/立方米到克恩县的 11.6 微克/立方米。(图 7.3)。

82 尽管 EU PM2.5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。

83 欧盟理事会。2024 年。“空气质量:理事会和议会达成协议以加强欧盟标准” <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>

图 8.2 • 1998 年至 2022 年间欧洲 PM2.5浓度变化导致的预期寿命变化。



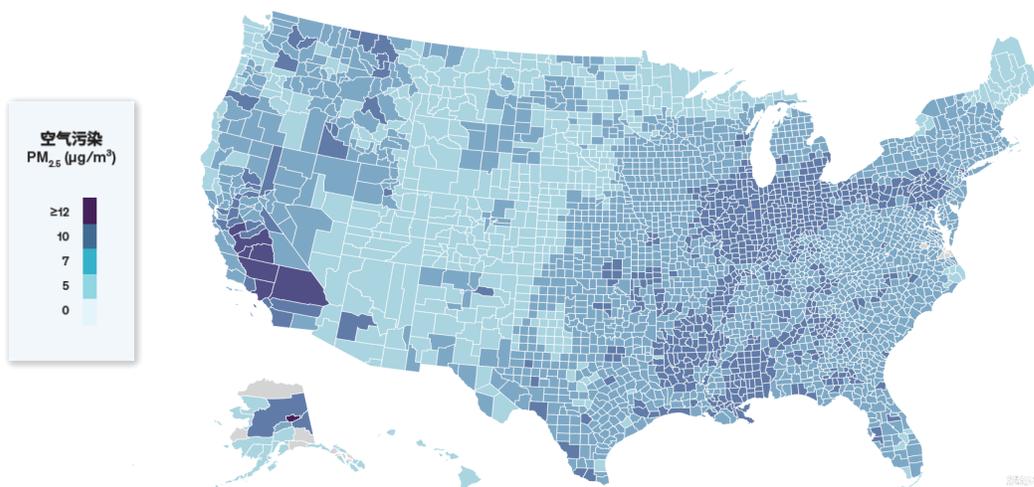
注:如果颗粒物污染持续减少,几乎所有欧洲居民预期寿命都会得到改善(蓝色)。^{1,2}

- 1 参见脚注 72
- 2 由于篇幅限制,该地图不包括加那利群岛(西班牙)、亚速尔群岛和马德拉群岛(葡萄牙)地区。但所有基础计算都包括这些区域。东欧与西欧的定义请参见脚注 4。

与美国一样,欧洲的空气污染负担也不平等,欧洲大陆东部地区的污染水平较高(图 7.4)。如果东欧和西欧都符合世界卫生组织的指导标准,东欧的预期寿命将比西欧延长 4.8 个月。⁸⁴

84 东欧与西欧的定义可以找到这里。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本表中列出的欧洲(包括更多国家)的原始定义床单。

图 8.3 • 山火肆虐的加州是美国污染最严重的 10 个县中的 9 个县



东欧国家波斯尼亚和黑塞哥维那是欧洲污染最严重的国家，波兰、白俄罗斯、斯洛伐克、匈牙利、立陶宛和亚美尼亚几乎所有国家都超过了世界卫生组织的指导标准。如果颗粒物污染减少到符合世界卫生组织的指导标准，这些国家居民的平均预期寿命将增加10.2个月，相当于增加6130万生命年。波斯尼亚和黑塞哥维那的图兹拉市和泽尼察-多博伊市及其周边地区的颗粒物污染水平特别高，堪比巴西亚马逊地区野火肆虐的情况。如果污染减少到符合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预期寿命将延长 2.5 年。

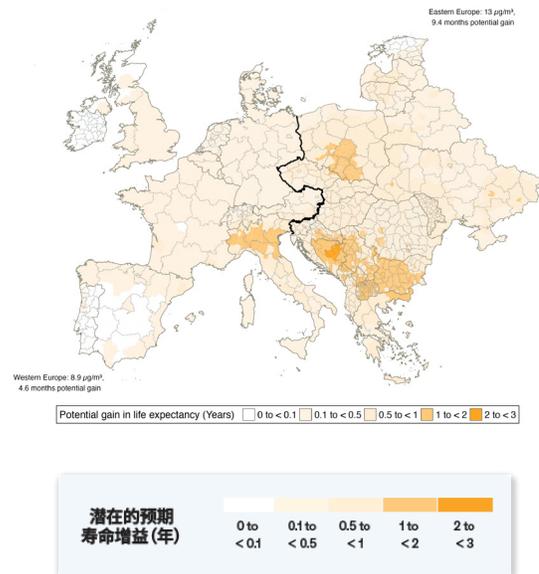
在东欧以外的地区，意大利波河谷等地区的污染仍然很高。在西欧污染最严重的城市米兰，如果颗粒物污染水平降低到符合世界卫生组织的指导标准，居民将获得1.7年的寿命。

加强空气质量标准的行动

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 PM2.5 标准。自2024年5月6日起，美国环境保护局实施新的年度PM2.5标准9微克/立方米，取代其12微克/立方米标准。⁸⁵ 2022年，美国所有州均达到旧标准。尽管标准更加严格，但美国3142个县中只有13个县的污染水平高于新标准。其中九个县位于加利福尼亚州。如果这些县达到修订后的标准，美国这些地区的居民平均预期寿命将增加 1.3 个月，全国寿命增加 190 万年。

与此同时，2022 年末，欧盟委员会提议到 2030 年将欧盟目前的 PM2.5 标准从 25 微克/立方米降低至 10 微克/立方米。⁸⁶ 2024年2月，欧洲议会与欧盟国家就此达成临时协议。⁸⁷ 根据最新的AQLI数据，欧盟27个成员国中有12个超过了2030年更严格的限制。如果这12个国家的污染水平降低到达标水平，生活在这些国家的普通公民的预期寿命将平均延长4个月，相当于这12个国家的人口总寿命延长5580万年。⁸⁸

图 8.4 · 将 PM2.5 浓度从 2022 年的浓度永久降低至世界卫生组织指南，可延长预期寿命，比较东欧与西欧（以粗黑线划分）¹



1 参见脚注 72 和 79

85 美国环保局。2024.《加强颗粒物国家空气质量健康标准最终规定》<https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-02/pm-naaqs-overview.pdf>

86 欧盟委员会。2022 年。“欧洲议会和理事会关于欧洲环境空气质量和清洁空气的指令(重订)”。

87 欧洲议会新闻。2024。“空气污染：与议会合作以改善空气质量 <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240219IPR17816/air-pollution-deal-with-council-to-improve-air-quality>

88 超过拟议的更严格标准的十二个国家：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、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚。

结论

2022年,全球污染水平有所下降,但南亚的空气污染在过去十年中持续上升。尽管有一定的改善,全球范围内,空气污染仍导致人们的平均预期寿命缩短了1.9年。在污染最严重的地区,人们的预期寿命甚至缩短了5年以上。

空气污染的影响极为不平等,南亚和撒哈拉以南非洲地区受到的影响尤为严重。即便在同一地区内部,也存在显著差异。例如,尽管自2013年以来,中国的颗粒物污染水平已降低了40%以上,但仍有超过20%的中国人口呼吸着不符合国家标准的空气。

国家标准在改善空气质量方面发挥着重要作用。如果各国定更雄心勃勃的空气质量目标并实施相关政策来实现这些目标,预期寿命将显著提高。然而,全球超过30%的人口生活在不符合本国国家标准的地区。如果这些国家能够实现其自身设定的标准,全球寿命总计将增加超过30亿年。此外,世界上几乎一半的国家根本没有制定污染标准,而其中许多国家恰恰是世界上污染最严重的国家。

最新的AQLI报告强调了全球各地空气污染的差异及其对人类健康的影响,并指出了有助于扭转这些差异的政策措施。这些政策对于实现全球空气质量的持续改善至关重要,最终将有助于显著提高全球人口的预期寿命。

附录一：方法论

AQI (空气质量生命指数) 的预期寿命计算基于两项由陈等人 (2013) 和埃本斯坦等人 (2017) 主导的同行评审研究, 这些研究均由迈克尔·格林斯通 (Michael Greenstone) 合著, 利用了中国的一个独特自然实验。通过比较长时期暴露于不同程度颗粒物空气污染的两个亚组人群, 研究能够有效区分颗粒物空气污染对健康的影响与其他影响健康的因素。尽管该研究仅基于中国的环境数据, 但研究涵盖的地区和年份的污染水平差异很大——PM10 的范围为 27-307 微克/立方米 (约相当于 PM2.5 的 18-200 微克/立方米)。因此, 预期寿命和 AQI 背后的颗粒物污染之间的关系, 是基于与全球观察到的 PM2.5 分布类似的分布, 这为推广埃本斯坦等人 (2017) 测量的污染与预期寿命关系提供了可靠的基础。

需要指出的是, 本次 AQI 更新中的全球 PM2.5 年平均测量值范围从低于 1 微克/立方米到 84 微克/立方米。对于颗粒物浓度低于埃本斯坦等人 (2017) 研究的地区, AQI 假设长期接触 PM2.5 与预期寿命之间存在与其他浓度范围相同的线性关系。尽管污染与预

期寿命之间的关系在某些 PM2.5 浓度范围内可能是非线性的, 或者存在一个阈值, 低于该阈值时 PM2.5 对预期寿命没有显著影响, 但目前尚无可靠的经验证据来否定线性假设。

埃本斯坦等人 (2017) 发现, 持续暴露于额外 10 微克/立方米的 PM10 会导致预期寿命缩短 0.64 年。就 PM2.5 而言, 这意味着额外 10 微克/立方米的 PM2.5 会使预期寿命减少 0.98 年。该指标随后与去除海盐和矿物粉尘的卫星 PM2.5 数据相结合。所有 2022 年 PM2.5 年均值均经过人口加权, AQI 使用的人口数据来源于 <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。原始数据集可以在以下链接找到: <https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/>

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

附表·2022年各国年均PM2.5污染浓度及如果达到世卫组织指南或国家标准的预期寿命潜在增益

国家	2022年PM2.5浓度(微克/立方米)	国家标准(微克/立方米)	将2022年PM2.5浓度降低至世卫组织5		国家	2022年PM2.5浓度(微克/立方米)	国家标准(微克/立方米)	将2022年PM2.5浓度降低至世卫组织5	
			水平后预期寿命增加(年)	将2022年PM2.5浓度降低至国家标准后预期寿命增加(年)				水平后预期寿命增加(年)	将2022年PM2.5浓度降低至国家标准后预期寿命增加(年)
阿富汗	17	35	1.2	0	智利	22.8	20	1.7	0.28
阿克罗蒂里和德凯利亚	13.4	*	0.8		中国	28.2	35	2.3	0
奥兰	4	*	0		圣诞岛	2.9	*	0	
阿尔巴尼亚	12.6	10	0.7	0.25	克利珀顿岛	*	*	*	
阿尔及利亚	6.1	*	0.1		科科斯群岛	1.7	*	0	
美属萨摩亚	1.4	9	0	0	哥伦比亚	16.2	20	1.1	0
安道尔	8.7	25	0.4	0	科摩罗	7	*	0.2	
安哥拉	21.1	*	1.6		库克群岛	1.1	*	0	
安圭拉	1.7	*	0		哥斯达黎加	12.6	*	0.7	
安提瓜和巴布达	1.8	*	0		科特迪瓦	10.4	*	0.5	
阿根廷	12.5	*	0.7		克罗地亚	14.1	10	0.9	0.41
亚美尼亚	19.5	*	1.4		古巴	6.3	*	0.1	
阿鲁巴	3.4	*	0		库拉索	3.7	*	0	
澳大利亚	3.4	8	0	0	塞浦路斯	14.7	10	1	0.46
奥地利	9.5	10	0.4	0	捷克	11.5	10	0.6	0.15
阿塞拜疆	11.9	*	0.7		刚果民主共和国	34.7	*	2.9	
巴哈马	3.1	*	0		丹麦	7.1	10	0.2	0
巴林	22.8	25	1.7	0	吉布提	18.4	*	1.3	
孟加拉国	54.2	35	4.8	1.88	多米尼克	2.3	*	0	
巴巴多斯	2	10	0	0	多米尼加共和国	7.9	15	0.3	0
白俄罗斯	9.8	15	0.5	0	厄瓜多尔	18.3	15	1.3	0.33
比利时	8.8	10	0.4	0	埃及	19.2	50	1.4	0
伯利兹	9.9	*	0.5		萨尔瓦多	27.4	15	2.2	1.22
贝宁	17.3	*	1.2		赤道几内亚	32.9	*	2.7	
百慕大	2.8	*	0		厄立特里亚	14.4	*	0.9	
不丹	22.8	*	1.7		爱沙尼亚	5.6	10	0.1	0
玻利维亚	29.6	*	2.4		埃塞俄比亚	16.9	*	1.2	
博奈尔、圣尤斯特歇斯和萨巴	3.3	*	0		福克兰群岛	2.6	*	0	
波斯尼亚和黑塞哥维那	23.9	20	1.9	0.39	法罗群岛	2.6	*	0	
博茨瓦纳	12.5	*	0.7		斐济	3.2	*	0	
布维岛	*	5	*		芬兰	4.4	10	0	0
巴西	12.1	10	0.7	0.2	法国	8.4	10	0.3	0
英属印度洋领地	*	*	*		法属圭亚那	5.5	*	0	
英属维尔京群岛	1.5	*	0		法属波利尼西亚	1.5	*	0	
文莱	6.3	*	0.1		法属南部领地	*	*	*	
保加利亚	18.8	10	1.4	0.87	加蓬	25.7	*	2	
布基纳法索	8.7	*	0.4		冈比亚	6.9	*	0.2	
布隆迪	34	*	2.8		格鲁吉亚	13.7	20	0.9	0
佛得角	2.2	*	0		德国	8.5	10	0.3	0
柬埔寨	16.9	25	1.2	0	加纳	13.7	*	0.9	
喀麦隆	32.6	*	2.7		直布罗陀	7.3	*	0.2	
加拿大	6	8.8	0.1	0	希腊	12.6	10	0.7	0.25
开曼群岛	8	*	0.3		格陵兰	1.1	*	0	
中非共和国	25	*	2		格林纳达	2.2	*	0	
乍得	11.3	*	0.6		瓜德罗普	2.3	*	0	

注:未指定国家标准和/或数据不可用。

国家	将2022年PM2.5浓度降低至世卫组织5			
	2022年PM2.5浓度(微克/立方米)	国家标准(微克/立方米)	水平后预期寿命增加(年)	将2022年PM2.5浓度降低至国家标准后预期寿命增加(年)
关岛	1.2	9	0	0
危地马拉	25.1	*	2	
根西岛	6.9	*	0.2	
几内亚	9.8	*	0.5	
几内亚比绍	7.9	*	0.3	
圭亚那	7.2	*	0.2	
海地	9.9	*	0.5	
赫德岛和麦克唐纳群岛	*	*	*	
洪都拉斯	24.5	*	1.9	
匈牙利	11.9	10	0.7	0.19
冰岛	2.9	10	0	0
印度	41.4	40	3.6	0.14
印度尼西亚	18.3	15	1.3	0.32
伊朗	18.8	12	1.4	0.67
伊拉克	32.4	10	2.7	2.2
爱尔兰	5.4	10	0	0
马恩岛	5.4	*	0	
以色列	14.3	25	0.9	0
意大利	13.1	10	0.8	0.3
牙买加	13.2	12	0.8	0.11
日本	11.3	15	0.6	0
泽西岛	6.9	*	0.2	
约旦	19.7	15	1.4	0.46
哈萨克斯坦	12	*	0.7	
肯尼亚	16.5	35	1.1	0
基里巴斯	0.9	*	0	
科索沃	15.5	*	1	
科威特	21.7	*	1.6	
吉尔吉斯斯坦	12.1	*	0.7	
老挝	23.5	*	1.8	
拉脱维亚	12.2	10	0.7	0.21
黎巴嫩	18.6	*	1.3	
莱索托	27.9	*	2.2	
利比里亚	9.4	*	0.4	
利比亚	8.9	*	0.4	
列支敦士登	10.8	*	0.6	
立陶宛	9.6	10	0.5	0
卢森堡	8	10	0.3	0
北马其顿	19	*	1.4	
马达加斯加	9.7	*	0.5	
马拉维	17.6	*	1.2	
马来西亚	13.3	15	0.8	0
马尔代夫	8.2	*	0.3	
马里	6.6	*	0.2	
马耳他	7.2	10	0.2	0

国家	将2022年PM2.5浓度降低至世卫组织5			
	2022年PM2.5浓度(微克/立方米)	国家标准(微克/立方米)	水平后预期寿命增加(年)	将2022年PM2.5浓度降低至国家标准后预期寿命增加(年)
马绍尔群岛	1	*	0	
马提尼克	2.7	*	0	
毛里塔尼亚	3.5	*	0	
毛里求斯	5.7	*	0.1	
马约特	8.1	*	0.3	
墨西哥	15.6	12	1	0.36
密克罗尼西亚	0.9	*	0	
摩尔多瓦	11.5	25	0.6	0
摩纳哥	9.9	*	0.5	
蒙古	30.1	25	2.5	0.5
黑山	15.1	25	1	0
蒙特塞拉特	2.3	*	0	
摩洛哥	7.1	*	0.2	
莫桑比克	12.7	*	0.8	
缅甸	28.6	*	2.3	
纳米比亚	14.5	*	0.9	
瑙鲁	1.2	*	0	
尼泊尔	39.2	*	3.4	
荷兰	8.5	10	0.3	0
新喀里多尼亚	4.3	*	0	
新西兰	3.7	10	0	0
尼加拉瓜	14.6	*	0.9	
尼日尔	10.6	*	0.5	
尼日利亚	25	20	2	0.49
纽埃	1.2	*	0	
诺福克岛	1.6	*	0	
朝鲜	18.6	*	1.3	
北塞浦路斯	14.5	*	0.9	
北马里亚纳群岛	1.1	9	0	0
挪威	4.9	5	0	0
阿曼	13.4	*	0.8	
巴基斯坦	38.9	15	3.3	2.34
帕劳	2.4	12	0	0
巴勒斯坦	14	*	0.9	
巴拿马	9.7	15	0.5	0
巴布亚新几内亚	14.5	*	0.9	
西沙群岛	4	*	0	
巴拉圭	13.2	15	0.8	0
秘鲁	25.5	25	2	0.05
菲律宾	19.2	25	1.4	0
皮特凯恩群岛	2.5	*	0	
波兰	14.1	10	0.9	0.4
葡萄牙	5.7	10	0.1	0
波多黎各	2.2	9	0	0
卡塔尔	39.1	*	3.3	

注:未指定国家标准和/或数据不可用。

国家	2022年PM2.5 浓度(微克/立 方米)	国家标准(微克/立 方米)	将2022年PM2.5浓 度降低至世卫组织5 水平后预期寿命增 加(年)	
			将2022年PM2.5浓度 降低至国家标准后预 期寿命增加(年)	
刚果共和国	31.9	*	2.6	
留尼汪	2.7	*	0	
罗马尼亚	13.7	10	0.9	0.36
俄罗斯	9.3	25	0.4	0
卢旺达	33.4	35	2.8	0
圣赫勒拿、阿森松和特里 斯坦-达库尼亚	2.7	*	0	
圣基茨和尼维斯	2.4	*	0	
圣卢西亚	2	*	0	
圣皮埃尔和密克隆	3.4	*	0	
圣文森特和格林纳丁斯	2.1	*	0	
圣巴泰勒米	2	*	0	
圣马丁	1.8	*	0	
萨摩亚	1.7	*	0	
圣马力诺	13.5	*	0.8	
圣多美和普林西比	10.3	*	0.5	
沙特阿拉伯	27.5	15	2.2	1.23
塞内加尔	5.7	*	0.1	
塞尔维亚	16.9	25	1.2	0
塞舌尔	5	*	0	
塞拉利昂	9.9	*	0.5	
新加坡	13.9	10	0.9	0.38
荷属圣马丁	2	*	0	
斯洛伐克	12.1	10	0.7	0.21
斯洛文尼亚	12.3	10	0.7	0.23
所罗门群岛	7	*	0.2	
索马里	8.9	*	0.4	
南非	23.3	20	1.8	0.32
南乔治亚岛和南桑威 奇群岛	*	*	*	
韩国	20.8	15	1.5	0.57
南苏丹	16	*	1.1	
西班牙	7.5	10	0.2	0
南沙群岛	0	*	0	
斯里兰卡	19.1	25	1.4	0
苏丹	10.2	10	0.5	0.02
苏里南	6.1	*	0.1	
斯瓦尔巴和扬马延	*	*	*	
斯威士兰	16.4	*	1.1	
瑞典	4.9	10	0	0
瑞士	8.7	10	0.4	0
叙利亚	22.8	*	1.7	
台湾	17.3	*	1.2	
塔吉克斯坦	17.1	*	1.2	
坦桑尼亚	18.2	*	1.3	
泰国	21.2	15	1.6	0.6
东帝汶	11	*	0.6	

注:未指定国家标准和/或数据不可用。

国家	2022年PM2.5 浓度(微克/立 方米)	国家标准(微克/立 方米)	将2022年PM2.5浓 度降低至世卫组织5 水平后预期寿命增 加(年)	
			将2022年PM2.5浓度 降低至国家标准后预 期寿命增加(年)	
多哥	15.6	*	1	
托克劳	1.6	*	0	
汤加	2	*	0	
特立尼达和多巴哥	3.9	15	0	0
突尼斯	10.2	*	0.5	
土耳其	21.1	*	1.6	
土库曼斯坦	10.4	*	0.5	
特克斯和凯科斯群岛	2.7	*	0	
图瓦卢	1.5	*	0	
乌干达	27.8	25	2.2	0.28
乌克兰	10.8	25	0.6	0
阿拉伯联合酋长国	20.7	*	1.5	
英国	8.3	20	0.3	0
美国	6.9	9	0.2	0
美国小离岛	3.2	*	0	
乌拉圭	9.1	*	0.4	
乌兹别克斯坦	18.6	*	1.3	
瓦努阿图	5.1	*	0	
梵蒂冈	11.1	*	0.6	
委内瑞拉	12	*	0.7	
越南	23.6	25	1.8	0
美属维尔京群岛	1.8	9	0	0
瓦利斯和富图纳	1.8	*	0	
西撒哈拉	4.9	*	0	
也门	16.8	*	1.2	
赞比亚	22.2	*	1.7	
津巴布韦	16	*	1.1	*

附录二:卫星衍生 PM2.5数据的演变

可靠的、广泛覆盖的地理污染测量对于理解空气污染的程度及其健康影响至关重要。然而,全球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 PM2.5,从而无法追踪长期的全球趋势。为了创建一个覆盖全球、具有本地分辨率、方法一致且跨越多年的颗粒物污染及其健康影响的单一数据集,以揭示随时间变化的污染趋势,最新的 AQLI 数据结合了华盛顿大学大气成分分析小组对 1998 年至 2022 年 25 年间的年度环境 PM2.5 浓度估算(详见 van Donkelaar 等人 (2021) 和 Donkelaar 等人 (2024) 中描述的方法)。

最新的原始数据集版本为 V6.GL.01,可公开访问于:<https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/#V6.GL.02>。AQLI 使用的版本不包括海盐和灰尘。

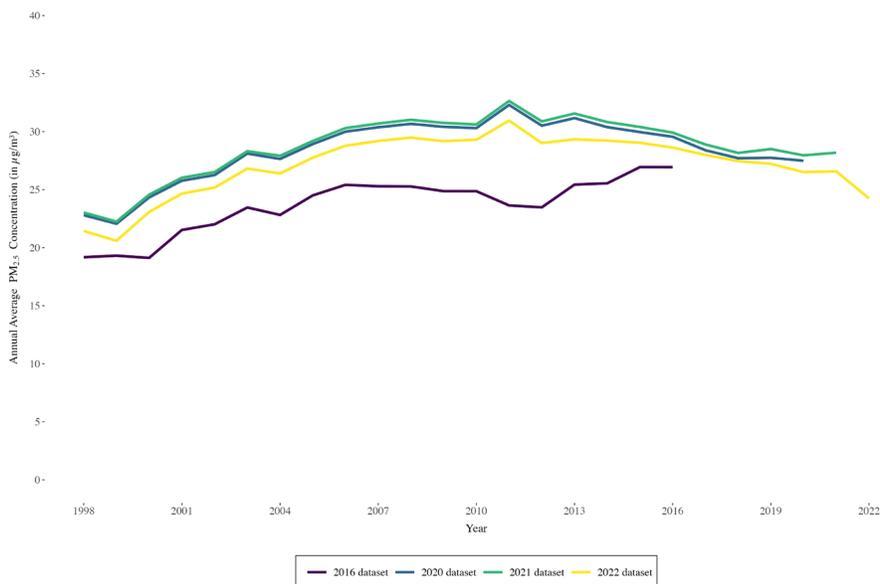
本报告中使用的卫星衍生 PM2.5 数据集与之前 AQLI 报告中使用的数据集存在差异。例如,在今年使用的新修订的 2022 年数据集中,估计的 2019 年全球人口加权平均 PM2.5 浓度相对下调(从 28.5 微克/立方米至 27.2 微克/立方米),与 2023 年 AQLI 更新中使用的 2021 年数据集相比(详见图 A.1)。

根据 van Donkelaar 等人 (2021) 的研究,卫星衍生的 PM2.5 数据是通过使用称为 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) 测量值转换为 PM2.5 测量值

来构建的。随后,使用地理加权回归 (GWR) 将这些估计值校准为区域地面观测的总质量和成分质量。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范围的不断扩大,促使定期更新历史 PM2.5 数据集。

在图 A.1 中,我们使用各年份版本的年平均 PM2.5 数据集绘制并比较了全球人口加权 PM2.5 的时间趋势。尽管新的和修订后的 PM2.5 数据集得出的全球平均浓度水平低于使用 2020 年和 2021 年数据集估计的水平,并且也低于 2016 年参考数据集的水平,但总体趋势保持一致。全球 PM2.5 年平均水平已达到世界卫生组织指导值的 3.8 至 7.2 倍,空气污染仍是全球人类健康的最大外部威胁之一。

图 A.1 • 最新 (2022 年参考数据集) 全球年平均 PM2.5 浓度时间序列与各种历史参考数据集的比较



注:“2022 年数据集”线使用了来自 <https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/#V6.GL.02> 的数据,并按照 van Donkelaar 等人 (2021) 和 Donkelaar 等人 (2024) 描述的方法绘制全球人口加权年平均 PM2.5 趋势。“2021 年数据集”线使用 van Donkelaar 等人 (2021) 的数据绘制了全球人口加权平均 PM2.5 趋势。“2020 数据集”线使用 Hammer 等人 (2020) 的数据绘制了类似的趋势。“2016 数据集”使用 van Donkelaar 等人 (2016) 的数据绘制了趋势。请注意,AQLI 使用的所有数据集版本都不包括海盐和灰尘。要了解这些版本的更多信息,请访问:<https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/>。

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): 1528715300. DOI: [10.1021/acs.est.1c05309](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05833).
- Al Jazeera. 2021. "Pakistan's anti-smog squads target Lahore factories for emissions." <https://www.aljazeera.com/news/2021/11/25/pakistan-anti-smog-squads-lahore-factories-pollution>.
- Air Quality Life Index (AQLI). 2023. "Annual Update" Available at: https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2023/08/AQLI_2023_Report-Global_v03.5_indiaview_spreads.pdf
- Air Quality Life Index (AQLI). 2023. "Policy Impact: United States: Clean Air Act (1970)" <https://aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts/united-states-clean-air-act/>
- Association of Southeast Asian Nations (ASEAN). 2023. "17th ASEAN Ministerial Meeting on the Environment and the 18th Meeting of the Conference of the Parties to the ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution" <https://asean.org/media-release-of-17th-asean-ministerial-meeting-on-the-environment-and-18th-meeting-of-the-conference-of-the-parties-to-the-asean-agreement-on-transboundary-haze-pollution/>
- Bangladesh Ministry of Environment, Forest and Climate Change. 2018. "Ambient Air Quality in Bangladesh." https://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>
- Brazilian Inst. of Environment & Renewable Natural Resources. 2011. "Air Pollution Control Program by Motor Vehicles" https://www.ibama.gov.br/phocadownload/veiculosautomotores/manual%20proconve%20promot_english.pdf
- California State Portal. 2022. "Fire Season Incident Archive." <https://www.fire.ca.gov/incidents/2022>
- Center for policy research. 2022. "The State of India's Pollution Control Boards – A Series of Papers" <https://cprindia.org/workingpapers/the-state-of-indias-pollution-control-boards/>
- Climate and Clean Air Coalition (CCAC). 2024. "Brazil" <https://www.ccacoalition.org/partners/brazil>
- Climate and Clean Air Coalition (CCAC) secretariat. 2020. "Togo's Minister of Environment endorses first National Plan to Reduce Air Pollutants and Short-Lived Climate Pollutants" <https://www.ccacoalition.org/news/togos-minister-environment-endorses-first-national-plan-reduce-air-pollutants-and-short-lived-climate-pollutants>
- Climate and Clean Air Coalition (CCAC) Secretariat. 2023. "UAE Enters COP28 Leadership With National Air Quality Agenda" <https://www.ccacoalition.org/news/uae-enters-cop28-leadership-national-air-quality-agenda>
- Climate and Clean Air Coalition (CCAC) Secretariat. 2022. "Morocco's National Action Plan Signals New Era in the Country's Climate and Clean Air Commitment" <https://www.ccacoalition.org/news/moroccos-national-action-plan-signals-new-era-countrys-climate-and-clean-air-commitment>
- 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." <https://global.chinadaily.com.cn/a/202302/22/WS63f5b9c9a31057c47ebb0361.html#:~:text=Thailand%20adopted%20Euro%201%20emission,place%20a%20particulate%20number%20standard>
- Clean Air Fund. 2023. "From pollution to solution in Africa's cities" <https://www.cleanairfund.org/clean-air-africas-cities/cairo/>
- Clean Air Fund. 2023. "The State Of Global Air Quality Funding 2023" <https://s40026.pcdn.co/wp-content/uploads/The-State-of-Global-Air-Quality-Funding-2023-Clean-Air-Fund.pdf>
- Clean Air Fund. 2023. "Philanthropic Foundation Funding For Clean Air: Advancing Climate Action, Health And Social Justice" <https://s40026.pcdn.co/wp-content/uploads/Clean-Air-Fund-Philanthropic-Foundation-Funding.pdf>
- Council of the European Union. 2024. "Air quality: Council and Parliament strike deal to strengthen standards in the EU" <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen->

[standards-in-the-eu/](#)

Dialogue earth. 2023. “New air pollution control plan released” <https://dialogue.earth/en/digest/new-air-pollution-control-plan-released/>

Dhaka Tribune. 2019. “Environment minister: Brick kilns responsible for 58% air pollution in Dhaka.” <https://www.dhakatribune.com/science-technology-environment/environment/168823/environment-minister-brick-kilns-responsible-for>

East African Community. 2021. “Draft Standards Air Quality Specification Second Edition” <https://bbnburundi.org/wp-content/uploads/2021/05/Air-quality-Specification-DEAS-vrai.pdf>

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 (EPA) Ghana. 2018. “The Greater Accra Metropolitan Areas Air Quality Management Plan” https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/2018_Greater-Accra-Region-Air-Quality-Management_EPA-Ghana.pdf

Envilience Asia. 2022. “Bangladesh publishes Air Pollution Control Rules including emission standards for mobile and stationary” https://envilience.com/regions/south-asia/bd/report_7939

Energy Policy Institute at the University of Chicago (EPIC) “EPIC Clean Air Programs – Air Quality Entities Registry” <https://epic.uchicago.edu/air-quality-registry/>

Energy Policy Institute at the University of Chicago (EPIC). 2023. “Policy Impact: United States: Clean Air Act (1970)” <https://aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts/united-states-clean-air-act/>

European Commission. 2008. “DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe.” <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)” <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0542>

European parliament news. 2024. “Air pollution: Deal with Council to improve air quality” <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240219IPRI7816/air-pollution->

[deal-with-council-to-improve-air-quality](#)

Ecohubmap. 2023. “Air pollution in Baghdad, Iraq” <https://www.ecohubmap.com/hot-spot/air-pollution-in-baghdad-iraq/nxoml7sorr56#>

Food and Agriculture Organization (FAO). 2024. “FAOLEX Database” <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC182168/>

Food and Agriculture Organization (FAO). 2019. “FAOLEX Database” <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC176635/>

Federal Republic of Nigeria Official Gazette. 2021. <https://archive.gazettes.africa/archive/ng/2021/ng-government-gazette-supplement-dated-2021-02-17-no-161.pdf>

GBD 2021 Risk Factors Collaborators. 2024. “Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021” Lancet 2024; 403: 2162–203 <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2824%2900933-4>

Gufran Beig , V Anand , N Korhale , S B Sobhana , K M Harshitha , R H Kripalani. 2024. “Triple dip La-Nina, unorthodox circulation and unusual spin in air quality of India” Science of Total Environment , Volume 920, 10 April 2024, 170963 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170963>

Hindustan Times. 2019. “Pakistan works with India to set up real-time air quality monitors” <https://www.hindustantimes.com/cities/pakistan-works-with-india-to-get-air-quality-monitors/story-udFjR143uXVcz8Cwd2AUhI.html>

India Ministry of Statistics and Programme Implementation. 2017. “Motor vehicles – Statistical year book India 2017. Table 20.4.” <https://www.mospi.gov.in/statistical-year-book-india/2017/189>

Interactive Country Fisches. “Democratic Republic of Congo: Pollution.” <https://dicf.unepgrid.ch/democratic-republic-congo/pollution>

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/>

IQAir. 2024. “Air quality in Egypt” <https://www.iqair.com/us/egypt>

Kleinman center for energy policy. 2022. “How Effective Are Vehicle Exhaust Standards?” <https://kleinmanenergy.upenn.edu/wp-content/uploads/2022/12/KCEP-Digest-How->

[Effective-Are-Vehicle-Exhaust-Standards.pdf](#)

“Law governing the Preservation of Air Quality and Prevention of Air Pollution in Rwanda” <https://rwandalii.org/akn/rw/act/law/2016/18/eng@2016-06-06#:~:text=Any%20person%20owning%20emission%20sources,activities%20that%20are%20considered%20as>

Library of congress. “Regulation of Air Pollution: Israel” https://maint.loc.gov/law/help/air-pollution/israel.php#_ftn14

Liu, S.; Ju, T.; Pan, B.; Li, M.; Peng, S. 2022 “Aerosol Analysis of China’s Fenwei Plain from 2012 to 2020 Based on OMI Satellite Data.” *Atmosphere* 13(10): 1728. <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/10/1728>

Mardoñez, V., Uzu, G., Andrade, M., Borlaza, L. J. S., Pandolfi, M., Weber, S., Moreno, I., Jaffrezou, 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://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/EGU22-6183.html>

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. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/715550?journalCode=reep>

Michael Greenstone, and Rema Hanna. 2014. “Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India” *American Economic Review* 2014, 104(10): 3038–3072” https://www.theigc.org/sites/default/files/2016/06/Greenstone_Hanna.pdf

Ministry of Environment and Forestry. 2021. “Industrial Continuous Emission Monitoring Information System (SISPEK)” <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/sispek/?token=4aSpjX66PhcYoEWi4fOB>

Mongabay. 2024. “2023 fires increase fivefold in Indonesia amid El Niño” <https://news.mongabay.com/2024/01/2023-fires-increase-fivefold-in-indonesia-amid-el-nino/>

National Interagency Coordination Centre. 2021. “Wildland Fire Summary and Statistics Annual Report.” <https://www.nifc.gov/sites/default/files/NICC/2-Predictive%20Services/>

[Intelligence/Annual%20Reports/2021/annual_report_O.pdf](#)

Nepal Ministry of Populations and Environment, Department of Environment. 2017. “Air Quality Management Action Plan for Kathmandu Valley” <https://doenv.gov.np/progressfiles/Final-Report-on-AQM-Action-Plan-2017-42479-32168-1663670175.pdf>

New Vision. 2024. “Air quality-standards-in-2024-a landmark tool for addressing Air quality in Uganda” https://www.newvision.co.ug/category/blogs/air-quality-standards-in-2024-a-landmark-tool-NV_187722

Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights (OHCHR). 2018. “Environment management in Lebanon” <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Environment/SREnvironment/Pollution/Lebanon.pdf>

Pinedo-Jáuregui, C., Verano-Cachay, J., Barrantes-Santos, V. (2020). “Analysis of the control of vehicular atmospheric emissions in Metropolitan Lima.” Available at: <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-005>

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-96-in-2018>.

Radio free Europe. 2023. “Iran’s Environmental Standards, Polluted Reality Mix Like Oil And Water” <https://www.rferl.org/a/iran-environmental-standards-pollution-smog/32385813.html#>

Rainforest Foundation US. 2024. “Amazon Rainforest Fires” <https://rainforestfoundation.org/engage/brazil-amazon-fires/>

Reuters. 2019. “Asia’s coal addiction puts chokehold on its air-polluted cities.” <https://www.reuters.com/article/us-asia-pollution-coal/asias-coal-addiction-puts-chokehold-on-its-air-polluted-cities-idUSKCN1R103U/>

Reuters. 2023. “Thai cabinet approves draft clean air act to reduce pollution” <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/thai-cabinet-approves-draft-clean-air-act-reduce-pollution-2023-11-28/>

Rwanda Environment Management Authority (REMA). 2018. “Inventory of Sources of Air Pollution in Rwanda” https://rema.gov.rw/fileadmin/templates/Documents/rema_doc/Air%20Quality/Inventory%20of%20Sources%20of%20Air%20

[Pollution%20in%20Rwanda%20Final%20Report.pdf](#)

Rwanda Legal Information Institute. 2016. “Law governing the Preservation of Air Quality and Prevention of Air Pollution in Rwanda” <https://rwandalii.org/akn/rw/act/law/2016/18/eng@2016-06-06#:~:text=Any%20person%20owning%20emission%20sources,activities%20that%20are%20considered%20as>

Shen, S. Li, C. van Donkelaar, A. Jacobs, N. Wang, C. Martin, R. V.. 2024. “Enhancing Global Estimation of Fine Particulate Matter Concentrations by Including Geophysical a Priori Information in Deep Learning.” ACS ES&T Air. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsestair.3c00054>

S & P Global. 2021. “Global energy demand to grow 47% by 2050, with oil still top source: US EIA” <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/100621-global-energy-demand-to-grow-47-by-2050-with-oil-still-top-source-us-eia>

Stockholm Environment Institute. 2024. “Empowering change – Thailand’s pioneering citizen-led legislation for cleaner air” <https://www.sei.org/features/podcast-th-legislation-cleaner-air/>

The Daily Star. 2019. “Checking Air Pollution: Bye bye brick!” <https://www.thedailystar.net/backpage/news/check-air-pollution-bye-bye-brick-1834924>

The Nation. 2024. “Auto industry complies with Euro 5 standard of diesel fuel” <https://www.nationthailand.com/thailand/policies/40034316>

The Nation. 2024. “Lawmakers accept unanimously all 7 drafts of Clean Air Bill” <https://www.nationthailand.com/thailand/general/40034803>

The Peninsula. 2024. “Signs of air quality improvement in Doha after major construction boom” <https://thepeninsulaqatar.com/article/31/03/2024/signs-of-air-quality-improvement-in-doha-after-major-construction-boom>

Transport Policy. 2022. “As of January 1, 2022, 4-wheeled light-duty vehicles in Vietnam are regulated under the Euro 5 standard.” <https://www.transportpolicy.net/standard/vietnam-light-duty-emissions>

UAE Ministry of Climate Change and Environment (UAE MOCCE). 2023. “UAE National Air Quality Agenda 2031” UAE National Air Quality Agenda 2031 <https://www.moccae.gov.ae/assets/download>

United Nations Environment Programme (UNEP). 2021. “Regulating Air Quality: The First Global Assessment of Air Pollution Legislation.” Also, please note that only a subset of these countries is a part of Central and West. <https://www.unep.org/resources/report/regulating-air-quality-first->

[global-assessment-air-pollution-legislation](#)

United Nations Environment Programme (UNEP). 2022. “Actions to improve the ‘air we share’ unveiled in new Plan for Latin America and the Caribbean” <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/actions-improve-air-we-share-unveiled-new-plan-latin-america-and#:~:text=The%20new%20Regional%20Action%20Plan,aim%20of%20building%20a%20cooperation>

United Nations Environment Programme (UNEP). 2023. Progress Report 2022 – 2023 of the implementation of Decision 1 of the XXII Forum <https://drive.google.com/file/d/1DpHLeCSLVph1BzKJCUgE1fBjJsBTpSY9/view>

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

U.S. Energy Information Administration. 2023. “International Energy Outlook 2023” https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2023_Narrative.pdf

USEPA. 2024. “Final Rule to Strengthen the National Air Quality Health Standard for Particulate Matter” <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-02/pm-naaqs-overview.pdf>

World Bank. 2022. “Middle East And North Africa Development Report: Blue Skies, Blue Seas Air Pollution, Marine Plastics, and Coastal Erosion in the Middle East and North Africa” <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/9125cb69-90b8-53b0-b645-800b33e9d1ee/content>

World Meteorological Institute. 2023. “State of Climate in Asia in 2022” <https://wmo.int/publication-series/state-of-climate-asia-2022>

Yuanyu Xie, Mi Zhou, Kieran M. R. Hunt, and Denise L. Mauzerall. 2024. “Recent PM_{2.5} air quality improvements in India benefited from meteorological variation” Nature Sustainability (2024). <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01366-y>

Zhang, Xing. 2016. “International Energy Agency Clean Coal Centre – Emission standards and control of PM_{2.5} from coal-fired power plants.” https://www.researchgate.net/profile/Xing-Zhang/publication/337446167_Emission_standards_and_control_of_PM25_from_coal-fired_power_plant/links/5ee23b50299b1faac4b069a/Emission-standards-and-control-of-PM25-from-coal-fired-power-plant.pdf

关于作者



Michael Greenstone

Michael Greenstone是芝加哥大学经济学、学院和哈里斯公共政策学院的米尔顿·弗里德曼杰出服务教授,同时也是贝克尔·弗里德曼研究所和跨学科能源政策研究所的所长。Greenstone的研究对全球政策产生了深远影响,主要关注揭示环境质量和社
会能源选择的收益与成本。他曾担任奥巴马总统经济顾问委员会的首席经济学家,并共同领导了美国政府碳社会成本的制定。此外,二十多年来,他一直致力于研究颗粒物污染对人类福祉的影响,包括合理量化人类长期暴露于颗粒物污染与预期寿命之间的因果关系。这项工作构成了空气质量生活指数(AQLI)的基础。



Tanushree Ganguly

Tanushree Ganguly 是 EPIC 空气质量生活指数项目的总监。她的职业生涯专注于加强基于数据的空气质量决策,并解决在地方层面实施国家级政策的挑战。她曾在美国
和印度担任空气质量顾问和研究员。在加入 AQLI 之前, Tanushree 领导了能源、环境和水理事会的清洁空气计划,并协助多个州和市制定实现其清洁空气目标的路径。Tanushree 拥有亚特兰大佐治亚理工学院环境工程硕士学位和艾哈迈达巴德尼
尔玛大学的土木工程学士学位。



Christa Hasenkopf

Christa Hasenkopf 是 EPIC 清洁空气项目的总监。她的职业生涯专注于开放信息、资源
和网络,以便更多地区的更多人能够呼吸到更健康的空气。此前,她是环境技术非营利组织 OpenAQ 的联合创始人并担任首席执行官,该组织围绕全球最大的空气质量信息开放数据库建立了一个全球社区。她还曾担任美国国务院医疗服务办公室的首席
空气污染顾问,并在美国国际开发署担任多个职务。Hasenkopf 拥有科罗拉多大学大气与海洋科学博士学位和宾夕法尼亚州立大学天文学与天体物理学学士学位。



Nishka Sharma

Nishka Sharma 是 EPIC 空气质量生活指数 (AQLI) 和空气质量项目的研究与政策经理。在加入 AQLI 之前, Nishka 是气候影响实验室的博士前研究员, 主要研究气候变化与经济发展之间的交叉领域。她拥有耶鲁大学国际与发展经济学硕士学位和希夫纳达尔大学经济学学士学位。



Hrishikesh Gautam

Hrishikesh Chandra Gautam 是 EPIC 空气质量生活指数 (AQLI) 的数据专家。在加入 EPIC 之前, 他曾在科学、技术和政策研究中心 (CSTEP) 担任高级助理, 负责卫星数据分析的统计模型开发、低成本传感器校准、降低复杂性模型以及排放清单开发工作。他拥有印度马德拉斯理工学院 (IITM) 环境工程博士学位, 专注于基于人工神经网络 (ANN) 的空气质量预测和模糊空气质量指数 (AQI) 开发。他还拥有卡纳塔克国家理工学院 (NITK) 环境工程硕士学位。

关于空气质量寿命指数

AQLI 是一个污染指数,它将颗粒物空气污染转化为可能最重要的指标:它对预期寿命的影响。AQLI 由芝加哥大学米尔顿·弗里德曼经济学杰出服务教授 Michael Greenstone 及其在芝加哥大学能源政策研究所 (EPIC) 的团队开发,基于最近的研究量化了人类长期暴露于空气污染与预期寿命之间的因果关系。该指数将这项研究与超本地化的全球颗粒物测量相结合,为世界各地社区颗粒物污染的真实成本提供了前所未有的洞察。该指数还说明了当空气污染政策能够达到世界卫生组织的安全暴露水平、现有的国家空气质量标准或用户定义的空气质量水平时,如何能够延长预期寿命。这些信息帮助当地社区和决策者具体了解空气污染政策的重要性。

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

关于EPIC

芝加哥大学能源政策研究所 (EPIC) 正面临全球能源挑战,致力于确保能源市场能够提供可靠、可负担的能源,同时减少环境和社会的损害。我们通过一种独特的跨学科方法,将扎实的数据驱动研究转化为现实世界的影响,并通过战略推广和为下一代全球能源领导者提供培训来实现这一目标。

EPIC 清洁空气计划致力于将有关我们呼吸的空气质量及其对健康影响的可操作信息传播到全球各地,以激励行动并为高效的空气污染政策提供指引。

这项工作包括设立空气质量基金,以在世界上最需要的地方提供高质量、高频率的空气污染监测和数据获取;空气质量寿命指数 (AQLI),该指数利用空气污染数据将污染对人类预期寿命的影响转化为量化的数据;以及与州政府合作在印度城市试点的若干颗粒污染交易市场。

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