

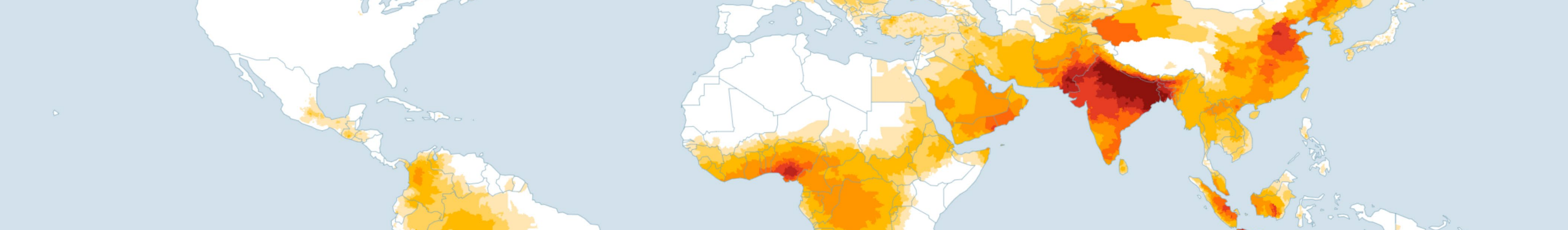


空气质量寿命指数® | 2021九月

年度报告

Ken Lee 和 Michael Greenstone 著





执行概要

在过去的一年里，新冠肺炎封锁措施关闭了部分工业，禁止机动车出行，并暂时性的为地球上一些污染最为严重的地区带来了蓝天白云。在印度，清洁的空气让部分社区在多年来第一次目睹到白雪皑皑的喜马拉雅山脉。但在世界的另一端，情景却截然不同。被愈加高温和干燥的气候而加剧了的野火把烟雾带到了数千英里之外的城市上空。芝加哥、纽约、波士顿等一些在过去数十年里因为严格的清洁空气政策将蔚蓝的天空视作常态的城市经历了多次环境污染警报。

这些重大事件表明，空气污染不仅仅是个全球性的挑战，它也与气候变化有着密切的联系。这些难题主要都是由同一个罪魁祸首所造成的：发电厂、汽车以及其他工业的化石燃料燃烧与排放。现今世界的当务之急是采用强有力的政策来降低我们对化石燃料的依赖，而现有数据也支持这一观点。空气质量寿命指数 (AQLI) 表明，严格的污染防治政策在世界各地都能带来延长居民寿命的好处。据AQLI的最新数据显示，如果将全世界的空气污染程度降低到世界卫生组织 (WHO) 认定的安全标准，全球预期寿命将增加2.2年。

中国是一个重要的进步典范。2013年，中国的空气污染达到了其历史上最严重的阶段，随之而来的公众意识和批评也达到了新的高度。第二年，中国总理李克强宣布“向污染宣战”，并投入大量的公共资源用来治理环境污染。中国严谨的政策行动成功让环境污染指数迅速下降。自2013年以来，中国的颗粒物污染水平下降了29%，保持这个势头下去，中国人的平均预期寿命将增加约1.5年。相比中国的成功，美国和欧洲在经历了数十年的时间和数次经济衰退之后才实现了中国在6年时间内达成的总污染减少量，而中国在这期间还保持了经济增长。

中国的污染战争表明，即使在世界上污染最严重的国家，环境治理依然是可以取得进展的。在本报告中，我们将利用最新的AQLI数据来向各国诠释能够让其国民更加健康与长寿的机会与可能性。

世界上污染最严重的五个国家中有四个都在南亚地区，所以南亚的机会比世界上任何一个地区都要显著。AQLI的数据显示，如果孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦将其污染程度降低到WHO标准，其人均寿命将延长5.6年。由于南亚的高人口密度和污染浓度，该地区的总计人类寿命年数损失占全世界所有颗粒

物污染超标所造成的损失的58%。在印度北部的印度河-恒河平原，4.8亿居民时常呼吸着比欧美地区污染度高出10倍的空气，在这里清洁空气政策带来的好处也就会更大。

空气污染同样也是曼谷、胡志明市和雅加达的心头之患。在这些东南亚大都市，如果污染水平得以控制到WHO标准，居民们的平均预期寿命将增加2至5年。与此同时，在中非和西非，颗粒物污染对预期寿命的影响堪比艾滋病和疟疾等疾患风险。在空气质量与南亚相近的尼日尔三角洲地区，如果污染趋势持续下去，该地区居民的平均预期寿命将缩短近6年。

AQLI的数据是对减少化石燃料排放的紧迫性的又一个警示。悄无声息的PM_{2.5}对心脏、肺和其他人体系统的致命效果以及其对预期寿命的影响远比肺结核、吸烟甚至战争等疾病和行为风险更具破坏性。如果没有强有力的政策来减少化石燃料消耗并降低全球空气污染水平至WHO标准，我们将失去数以十亿计的人类寿命年数。与此同时，气候变化所引发的野火只会带来更严重的空气污染和其他可怕的气候后果。

高污染地区的蓝天白云与低污染地区的雾霾漫天为我们呈现了两个形成鲜明对比的未来。区分这两种未来的关键就在于减少化石燃料消耗的政策。

方法

AQLI的预期寿命计算是基于Chen et al. (2013) 和Ebenstein et al. (2017) 在中国进行的自然研究，这组研究均由米尔顿·弗里德曼讲席经济学教授迈克尔·格林斯通合著。通过对比长期暴露于不同程度空气颗粒物污染的两组人群，这组研究成功将空气颗粒物污染于其他影响人类健康的因素分离开来。这两项研究中的最新发现指出，空气中的PM10每增加10 µg/m3，人类预期寿命将会缩短0.64年。以PM_{2.5}来计算，空气中的PM_{2.5}每增加10 µg/m3，人类预期寿命将会缩短0.98年。AQLI将这一发现与使用卫星获取的全球PM_{2.5}数据融合，以此计算出世界各地能通过清洁空气获得的预期寿命上升值。

欲了解更多有关AQLI及其研究方法的信息，请访问：<http://aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology>。

2021年7月20日，美国西部野火失控导致纽约市上空烟雾弥漫。来源：Getty Images



2020年4月印度旁遮普省帕坦科特景色。一些居民报告说，因为新冠肺炎封锁降低了空气污染，他们在30年来第一次看到了喜马拉雅山脉的山峰。来源：Twitter@PARASRISHI



第一部分

气候变化正在加剧空气污染

颗粒物污染主要是由燃烧化石燃料引起的。根据研究估计, 60%的城市环境PM2.5都来自于化石燃料燃烧, 剩下的来源于自然和其他人类活动 (见图1)。与此同时, 作为气候变化的罪魁祸首, 化石燃料燃烧已经开始导致全球平均气温上升, 冬季积雪融化得更早, 干旱愈加严重, 野火季节变得更长。

随着地球变得越来越热, 干燥的土壤和植被条件将使更多的地区面临人为与自然的野火的风险。近年来野火也开始在全球各地开始猖獗起来。而正如卫星PM_{2.5}数据所示, 无论是在加利福尼亚, 亚马逊森林, 印度尼西亚的加里曼丹岛和苏门答

腊岛、泰国北部还是刚果盆地等地区, 火灾事件频发与空气污染指数激增也是相辅相成的。

在东南亚, 火灾事件在厄尔尼诺年中特别常见。2015年印度尼西亚发生了超过10万起火灾, 使之成为有史以来以来最严重

Figure 2 · 化石燃料、颗粒物污染与气候变化之间的联系

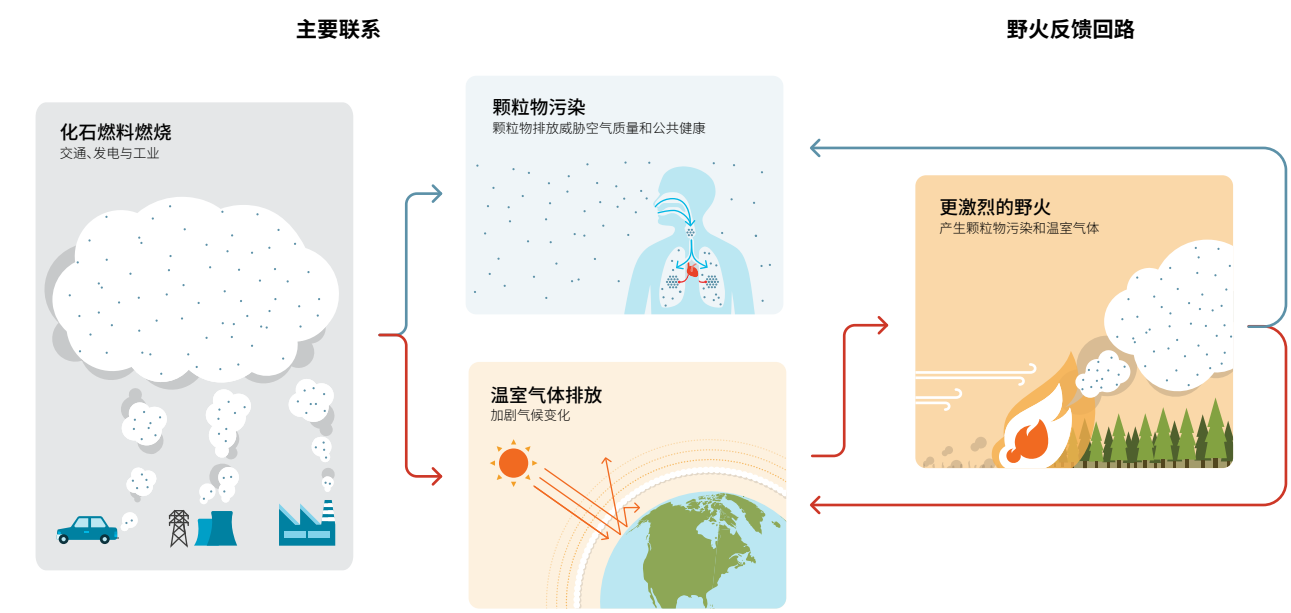
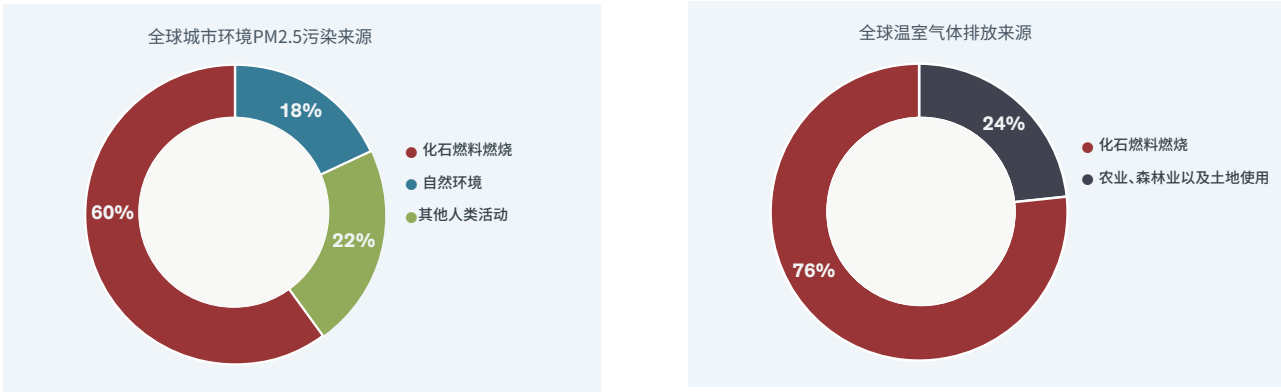


图1: 化石燃料燃烧是颗粒物污染与气候变化的罪魁祸首



Philip et al. (2014) and IPCC, 2014

什么是颗粒物污染, 它来自哪里?

颗粒物 (PM) 是指悬浮在空气中的固体和液体颗粒, 如烟灰、灰雾、灰尘等。有些颗粒物来自灰尘、海盐、野火等自然来源。绝大部分颗粒物则是由化石燃料 (如汽车和发电站) 和生物质 (如家用木材和作物燃烧) 的燃烧所造成的。

这些微小的颗粒与人体所需的氧气一起进入呼吸系统。当颗粒物被吸入体内时, 每个颗粒的终点站都取决于它的大小, 颗粒越小则越深入人体内部。PM_{2.5}是最致命的颗粒物, 其直径不超过_{2.5} μm, 也就是人类发丝直径的3%。这让PM_{2.5}颗粒能够穿透人体的自然防御系统并深入肺部, 并再通过肺部进入血液, 导致肺病、癌症、中风以及心脏病的发作。还有证据表明PM_{2.5}颗粒对人类的感官和认知有负面影响。

PM_{2.5}颗粒的微小身材不仅让其成为危险的健康隐患, 更赋予了它能在空中停留数周和移动千里的能力。这也大幅度增加了颗粒物在落地前被人类吸入体内的可能性。

想要了解更多有关颗粒物污染的信息, 请浏览: <https://aqli.epic.uchicago.edu/pollution-facts/>。

PM_{2.5} <2.5 μm 燃烧颗粒物, 有机化合物, 金属

PM₁₀ <10 μm 灰尘、花粉、霉

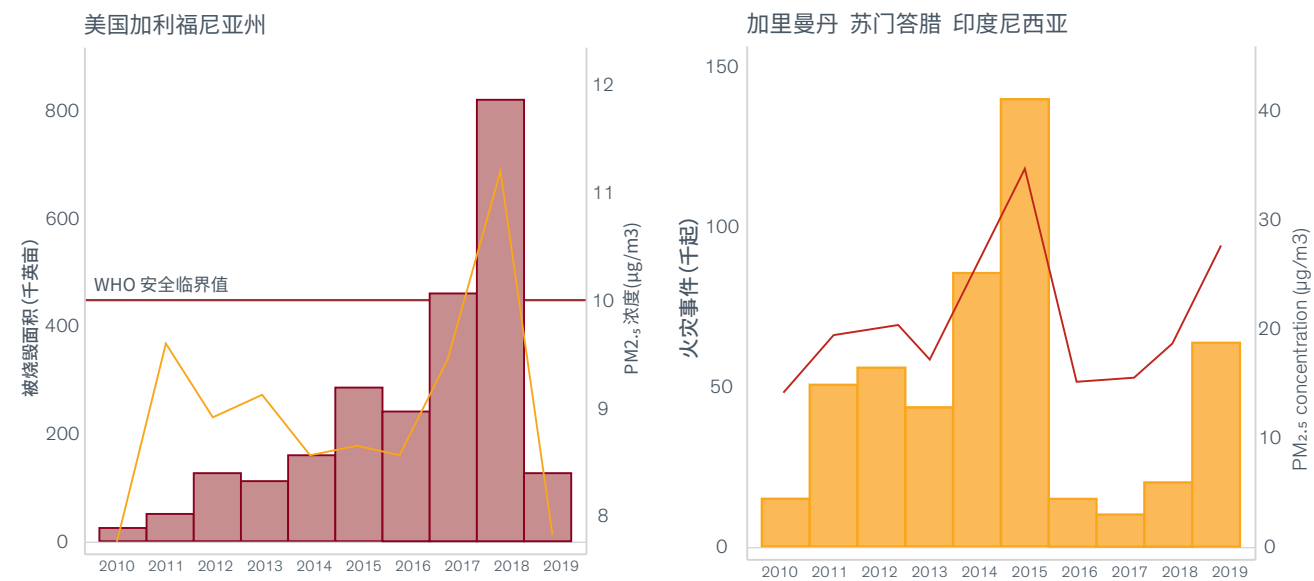
一粒沙 ~90μm

μm: 微米直径

的火灾季节之一。¹ 与2013年相比, 2015年印尼人口加权平均PM_{2.5}值上升了30%以上, 达到近40 µg/m³。根据AQLI的数据, 假如这变成永久性的污染值增长, 印尼的平均预期寿命将缩短0.9年。由于火宅造成的空气污染通常会跨越国界, 火灾会产生溢出效应并影响邻近国家和地区人民的身体健康。美国加利福尼亚州自2016年以来越来越频繁的经历火灾, 并在2018年达到峰值。在北加州的一些县市里, 2018年人口加权 平均PM_{2.5}值比2017年提高了一倍以上。如果这些额外的污染值永久性地保持下去, 该地区的平均预期寿命将缩短0.6至0.8年 (见图2)。

燃烧化石燃料不仅会直接产出PM_{2.5}污染物, 还会通过气候变化的影响间接地造成空气污染 (见图3)。此外, 假如人类未来适应气温上升并增加能源消耗, 例如在发展中国家大量安装和使用空调, 这个反馈循环只会变得更加糟糕。鉴于气候变化在加剧空气污染方面发挥的作用, 现在的当务之急就是出台降低我们对化石燃料的依赖的政策。

图3: 近年来加州的气温上升、野火和空气颗粒物污染



¹ <https://www.bbc.com/news/business-35770490>

第二部分

空气污染是一个全球性的健康风险

AQLI研究显示, 世界人均预期寿命因颗粒物污染超标而缩短了2.2年。颗粒物污染的负面影响超过了结核病和艾滋病等严重传染病, 吸烟等行为风险, 甚至战争。

全世界人类平均接触到的颗粒物污染浓度为32 µg/m³, 比WHO认定标准的10 µg/m³高出三倍有余。如果该水平的颗粒物污染继续保持下去, 空气污染将会使全球预期寿命相比WHO标准情况下缩短2.2年。换句话说, 按照WHO标准来永久性地减少空气污染可以将全球平均预期寿命从约72岁提升至74岁, 而全世界人类将额外获得总计170亿年的寿命年数。

如果以预期寿命来衡量的话, 环境颗粒物污染一直是全球人类健康最大的威胁。相比起来, 吸烟让全球平均预期寿命缩短了约1.8年, 酗酒为7个月, 不安全的饮水和卫生设施同样为7个月, 艾滋病为4个月, 疟疾为3个月, 而武装冲突和恐怖主义对预期寿命的负面影响只有18天 (见图5)。² 因此, 颗粒物污染对预期寿命的影响与吸烟相当, 是酗酒和吸毒的两倍, 不完全饮用

图4 (a) : 根据WHO标准降低PM_{2.5}浓度能造成的全球平均预期寿命上升值 (1998-2019年)

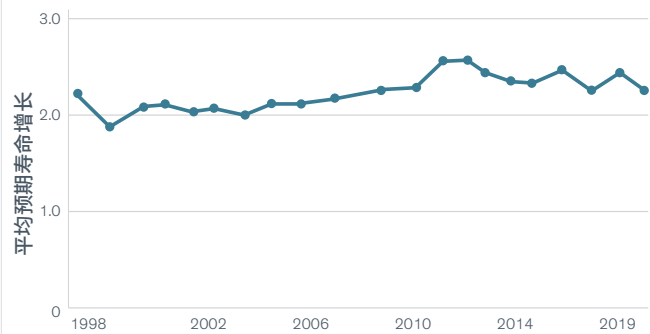
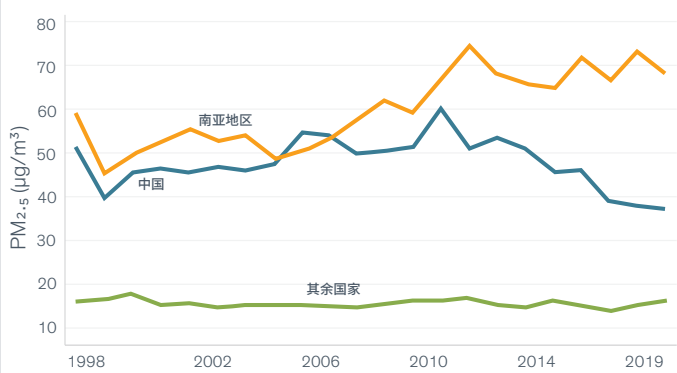


图4 (b) : 1998-2019年全球PM_{2.5}浓度趋势



² 除环境PM_{2.5}污染外的其他死因和死亡风险对预期寿命的影响均是根
据《Global Burden of Disease 2017》的死亡率数据计算得出。详情请
参见: <https://aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology/>。



Beijing, China

水的三倍，艾滋病的五倍，以及武装冲突和恐怖主义的29倍。

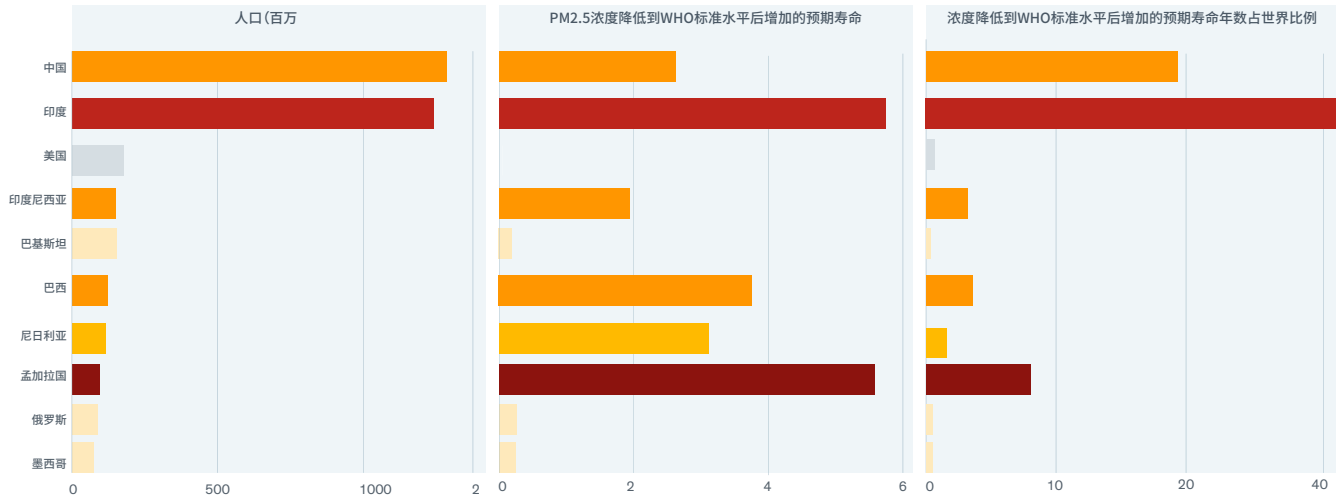
空气污染之所以如此致命，是因为它对于生活在高污染国家的大多数人来说都是无法避免的。人们可以戒烟或小心预防疾病，但每个人都不得不呼吸空气。因此，空气污染对人类的影响比其他任何因素都要大。全世界有63亿人（全球人口的82%）生活在PM_{2.5}超标地区。其他的生命风险因素，比如艾滋病、结核病和战争，对其波及到的人群有更显著的影响，但它们影响的范围要小很多。比如，在2017年死于艾滋病的人群平均过早死亡53年，但相比起呼吸着污染空气的63亿人来说，这3700万艾滋病患只能算是一个很小的群体。

幸运的是，强有力的清洁空气政策——尤其是专门针对化石燃料燃烧的政策——可以有效降低颗粒物污染浓度，在提高预期寿命的同时还能减少导致气候变化的温室气体的排放。

自2011年以来，由于空气质量政策的改变，中国与其他国家的空气污染水平都有所下降。如果保持2011年的颗粒物污染水平不变，中国的平均预期寿命将比WHO标准情况下低4.7年。但是根据2019年的污染水平来计算，对预期寿命的负面影响的估值为2.6年。也就是说，中国的清洁空气政策让其国民的平均预期寿命上升了2.1年。

一些地区的空气质量有所改善但其他地区的污染又有激增，这表明空气污染是一个非常顽固的问题。尽管全球污染水平自2011年以来有所下降，这些进展几乎全部来自于中国。自从中国在2013年开始“向污染宣战”以来，全球四分之三的减污进展都得归功于中国。相比之下，同一时期的南亚地区的空气污

图6: 世界人口大国将PM_{2.5}浓度从2019年水平降低到WHO标准水平后可增加的预期寿命



染水平却在稳步上升见图4(a)与图4(b)。

现今全球颗粒物污染水平与1998年大致相同，均为32 µg/m³。虽然污染会随着时间和地区的变化而波动，现在污染程度最严重的始终是还正在进行工业化的发展中国家。这些国家燃烧了大量的化石燃料，却没有采取许多在发达国家常见的政策保障措施 (见图7)。

本报告接下来将进一步揭示空气污染在何时何地有着怎样的波动，以及这些波动对于当地居民寿命的影响。

图5: PM_{2.5}和其他死亡风险对预期寿命的影响

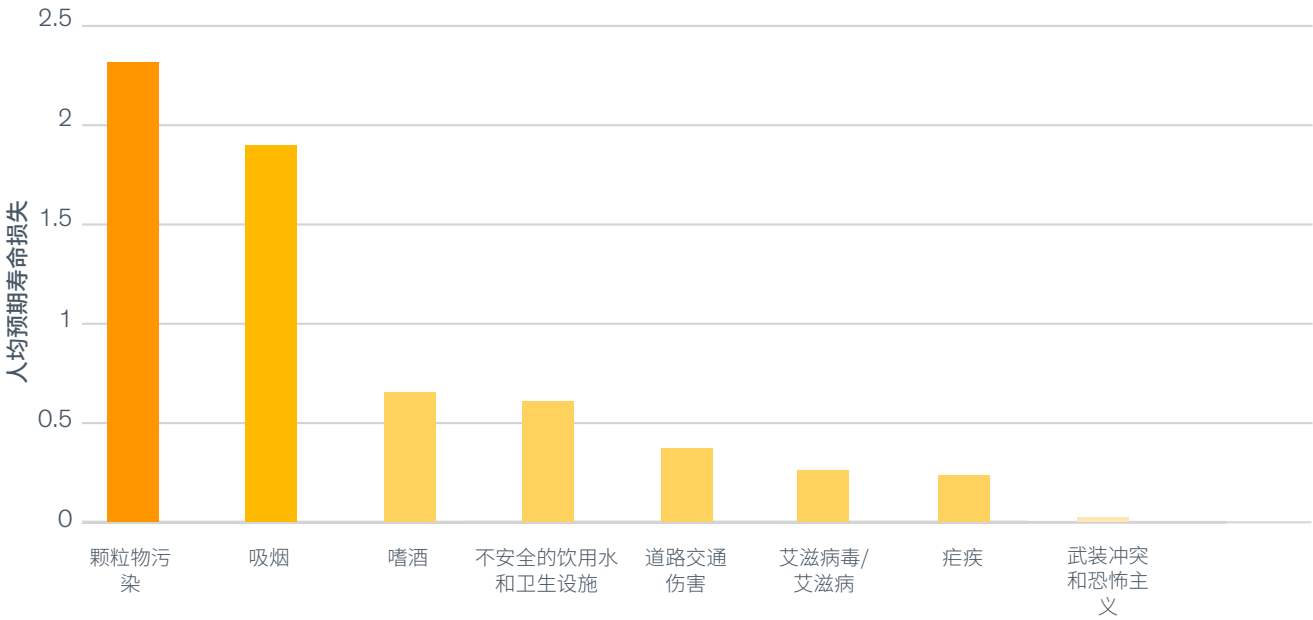
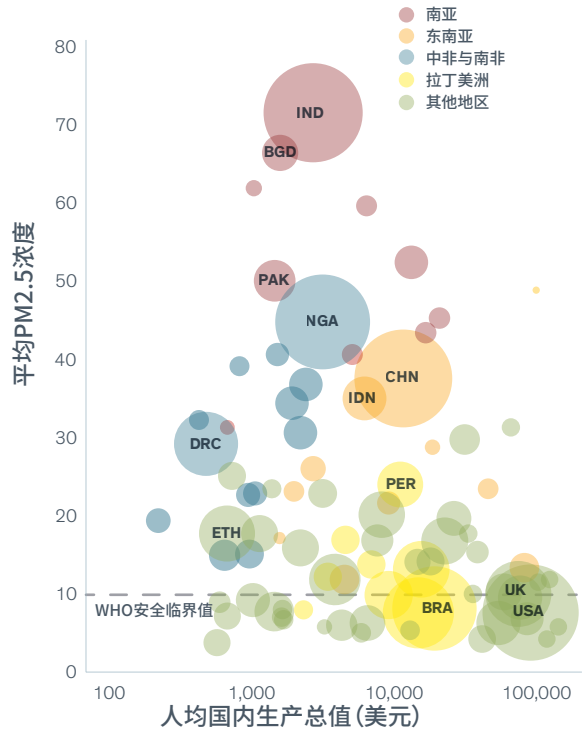


图7: 2019年颗粒物污染浓度与人均国内生产总值



第三部分

南亚依然是个污染重灾区

南亚是地球上污染最严重的地区。如果目前的污染程度持续下去，长期暴露在空气污染中的当地居民将会失去5.5年的预期寿命。在全世界空气污染程度最高的印度北部，后果甚至会更加严重。

孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦的人口占全球人口的近四分之一，这四个国家也一直名列世界上污染最严重的五个国家之中。整个南亚地区的预期寿命年数损失占全世界所有颗粒物污染超标所造成的损失的60%。如果上述四个国家将其污染水平降低到WHO标准，当地居民的平均预期寿命将增加6年。

印度是世界上空气污染最严重的国家，有超过4.8亿印度居民（约占印度人口的40%）生活在印度北部的印度河-恒河平原，而这片区域的污染程度时常比世界上其他地区高出十倍有余。如果2019年的污染水平持续下去，包括德里和加尔各答在内的该地区的居民预期寿命将缩短超过9年（见图6）。

令人担忧的是，印度严重的空气污染已经随着时间的推移在

地理上愈加扩大。与几十年前相比，颗粒物污染已经扩散出印度河-恒河平原地区。在马哈拉施特拉邦和中央邦，空气污染严重加剧，导致这两个地区的人均预期寿命相比起21世纪初额外缩短了2.5至2.9年。

紧随印度之后的是孟加拉国，该国的污染水平如若能降低到WHO标准，其居民的寿命将延长5.4年。在孟加拉国污染最严重的达卡地区，居民的寿命甚至可以延长7.7年。同样的在尼泊尔，居民的平均寿命可以延长5年，而污染严重的特莱外围区域的居民寿命将延长6.7年。在巴基斯坦，居民的平均寿命可以延长4.2年，第二大城市拉合尔的居民平均寿命可以延长5年。

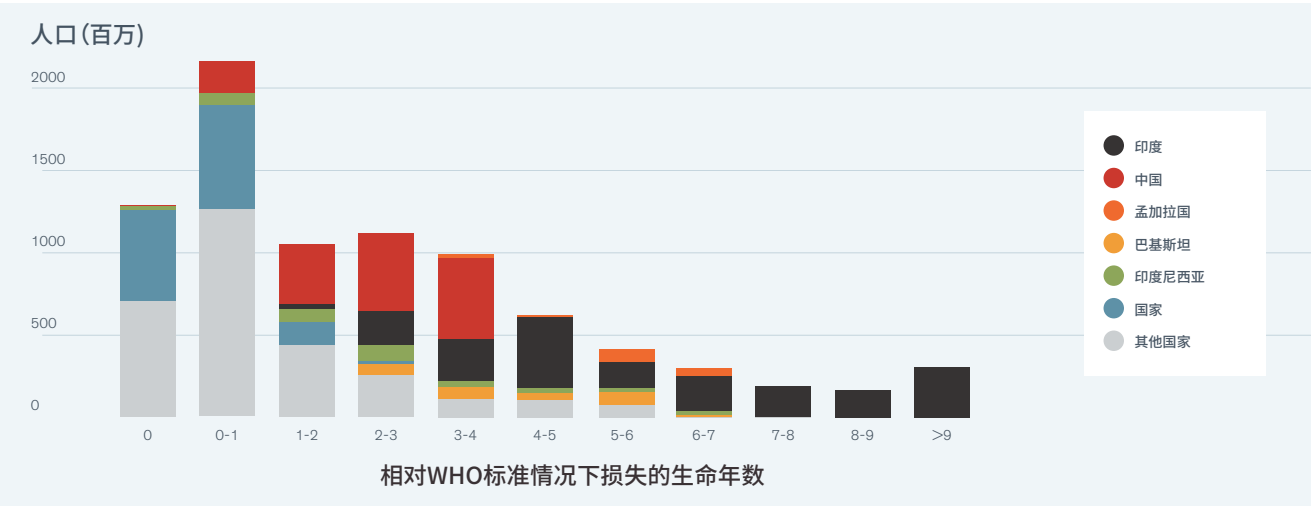
在这些国家，空气污染对居民预期寿命的影响已经高于其他的健康隐患。比如，吸烟使这些国家的预期寿命缩短了1.8年，不安全饮用水和卫生设施让寿命缩短了1.2年，酒精和毒品的食用则缩短了大约1年的预期寿命。

这四个国家的居民面临的平均颗粒物污染水平比21世纪初上升了35%。保持2000年的空气污染水平不变，这些国家的居民预期寿命只会减少4.8年而不是现在的6年。

空气污染程度在南亚地区变得愈加严重是意料之中的事情。在过去的20年里，工业化、经济发展和人口增长导致该地区的能源需求和化石燃料使用量急剧上升。在印度和巴基斯坦，公路上行驶的车辆数目相比起本世纪初增长了四倍。在孟加拉国，机动车数量从2010年到2020年大约增加了三倍³。在孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦，化石燃料发电量从1998年到2017年增加了三倍⁴。焚烧作物、砖窑和其他工业活动也让该地区

3 Statistical Year Book of India, 2017, Table 20.4; Pakistan Statistical Pocket Book, 2006, Table 17.5 and Pakistan Today, 2019; Bangladesh Road Transport Authority, 2020
4 US Energy Information Administration.

图9: 全球范围内将PM_{2.5}值降低至WHO指标后会增加的预期寿命年数



注：印度、中国、孟加拉国、印度尼西亚和巴基斯坦是世界上增长值最高的五个国家。

的颗粒物浓度大量上升。

更高的能源消耗让居民生活水平和经济产出得以上升，这无疑提高了社会福祉。但是，伴随能源消耗而来的颗粒物污染也产生了严重的后果，而且非OECD国家的预计能源需求还在持续上升中。没有一个协调一致的政府对策的话，空气污染对该地区人类健康的威胁也会持续加剧。

幸运的是，在这些国家里有越来越多的居民认识到了空气问题的严重性，地区政府也开始采取相应的措施。印度政府在2019年开始“向污染宣战”，启动了国家清洁空气计划（NCAP），其目标是在2024年年末之前将颗粒物污染水平相比起2017年降低20%至30%。同时印度也开始采用了与欧盟标准相当的燃料排放标准。尽管NCAP的条款并不具有法律约束力，如果其中目标能够实现并保持下去，印度的国民预期寿命将增加1.7年，德里居民的预期寿命则将增加3.1年。

其他的南亚国家也采取了政策行动。在巴基斯坦，政府开始列装更多的污染监测仪，并在冬季供暖能源需求高峰期时关闭污染严重地区的工厂。孟加拉国同样也在扩大其污染监测能力，实时的空气污染监测系统现在已经覆盖了4座城市并将很快扩展到8座城市⁵。

巴基斯坦和孟加拉国开始鼓励砖窑厂向更清洁的技术转型。在孟加拉国的达卡地区，砖窑是大约60%的颗粒物污染的罪魁祸首。孟加拉国在2019年修改了管理砖窑生产的法律，禁止在居民区、商业、农业和环境敏感地区建立砖窑。此外，政府还计划在2025年后停止使用砖块改用混凝土砌块，从而减少该行业对空气和表土质量的损害。

5 孟加拉国人民共和国政府环境和森林部。

第四部分

东南亚地区同样承担着空气污染的负担

在整个东南亚地区，松懈的机动车、发电和工业排放法规在一些地方造成了严重空气污染，而森林、泥炭和农地火灾则在其他地区导致了高度空气污染。如果曼谷、胡志明市和雅加达等东南亚大都市的空气污染水平能下降到WHO标准，本地居民的预期寿命将增加2至5年。

在东南亚的6.5亿人口中，90%的人都生活在颗粒物污染超标的地区。就整个东南亚而言，空气污染使其平均预期寿命相比WHO标准情况下缩短了1.7年。在这一地区的11个国家中，空气污染预计会造成11亿年的人类寿命损失。

根据AQLI的卫星数据，新加坡的颗粒物污染水平与北京和孟买相近，这也使其成为世界第五大污染严重的国家。如果新加坡的空气质量能提升到WHO标准，该国600万居民的预期寿命将增加3.8年。

空气污染的负担在其他东南亚人口和工业中心也很高。在印尼的人口和工业中心爪哇岛，如果颗粒物污染水平达到WHO标准，雅加达1100万居民的平均预期寿命将增加5.5年。在茂物、南丹格朗、万隆和贝卡西，净化空气也有着类似的公共健康福利。

在东南亚大陆，越南的总体颗粒物污染水平最高，不过各地区之间存在明显的差异。在首都河内周围的北部红河三角洲地区，如果空气质量提升到WHO标准，本地700万居民的预期寿命将增加3.4年。在空气质量更好的南部地区，空气污染的影响要相对小很多。总体而言，如果颗粒物污染问题在越南得到永久性的解决，居民的平均预期寿命将增加1.6年。

在泰国，如果污染水平达到WHO标准，曼谷居民将平均多活1.5年。泰国北部地区的森林火灾加剧了该地区的空气污染，使居民的预期寿命减少了2年。⁶缅甸和柬埔寨的空气污染不像其他东南亚国家那么严重，但情况正在恶化。1999年至2019年期间，缅甸和柬埔寨的颗粒物污染水平分别上升了60%和51%，导致两国的平均预期寿命相比1999年分别略微缩短了

6 Statistical Year Book of India, 2017, Table 20.4; Pakistan Statistical Pocket Book, 2006, Table 17.5 and Pakistan Today, 2019; Bangladesh Road Transport Authority, 2020

0.9年和0.6年。

东南亚地区的国家应该如何应对这一问题呢？一个可行的方案是颁布更加严格的燃料排放标准。不同于燃料标准和欧盟6级标准一样严格的中国和印度，印尼、越南和泰国的燃料标准要低得多。这些国家的机动车排放限制仅仅对标欧盟4级标准，其允许的柴油氮氧化物排放量比6级标准高出3倍，硫含量排放

图10: 东南亚地区将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数

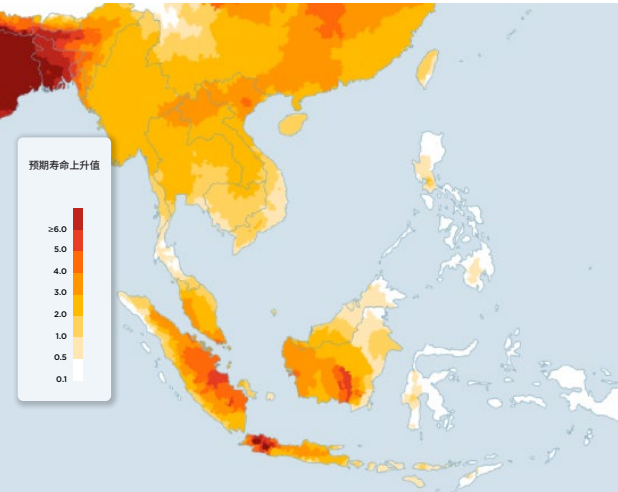
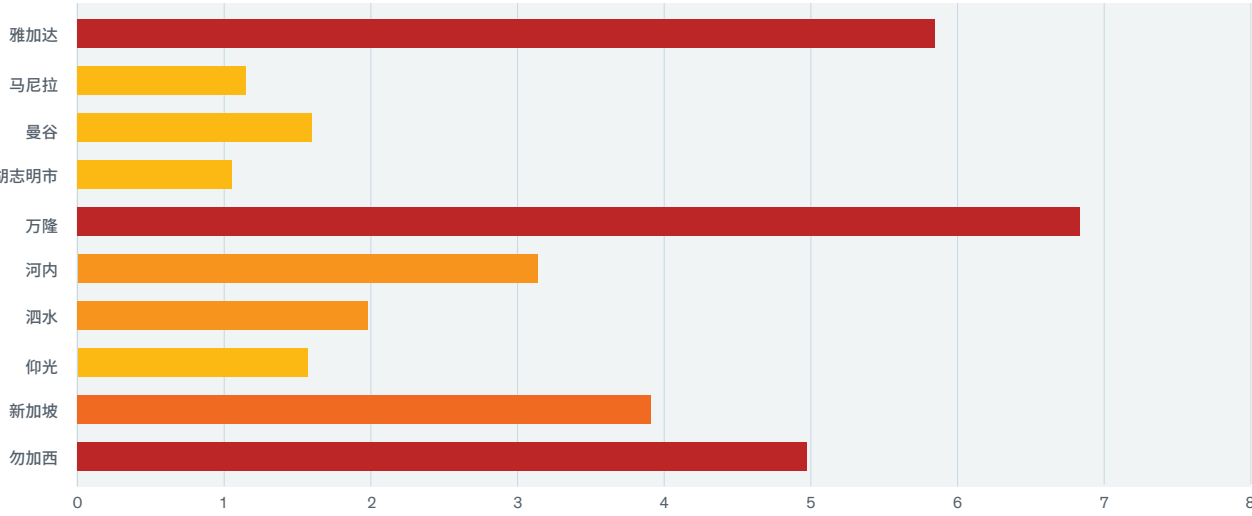


图11: 东南亚十大城市将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数



量则高出5倍。不过越南将于2022年开始实施欧盟5级标准⁷。印尼政府的年度雾霾期在未来可能会变得更加频繁和危险¹²。

工业排放是另一个可以改善的方面。印尼的燃煤电厂目前的颗粒物、氮氧化物和二氧化硫排放额度是中国燃煤电厂的3至7.5倍，是印度在2003年至2016年期间安装的燃煤电厂的2至4倍⁸，而这其中就有大约10座电站位于雅加达方圆100公里范围内。⁹氮氧化物和二氧化硫一旦排放到大气中，同样会形成颗粒物。

除了汽车、煤炭和工厂，生物质燃烧也是东南亚大部分地区的季节性空气污染的重要来源之一。在印尼的苏门答腊岛和加里曼丹岛，森林和泥炭地火灾造成了一年一度的雾霾期，而这些火灾通常是为了给农业种植园清理土地而非法引燃的。尽管这些火灾的强度和地点随着时间浮动，它们的高重复性意味着居住在周边地区的人们不得不长期暴露在严重空气污染之下。在印尼的加里曼丹中部城市帕朗加拉亚市和南苏门答腊岛的巨港市，过去十年的平均颗粒物污染水平约为WHO标准的3倍。这意味着，这些城市居民的预期寿命比WHO标准情况下缩短了2年左右。

印尼的火灾还对下风的邻国造成了重大影响，使空气污染成为了一个国际性问题。在2015年的东南亚雾霾事件中，由于印尼的野火烟雾，马来西亚被迫关闭了7000所学校、企业和政府机构。¹⁰在森林火灾频发的年份，颗粒物污染通常会加剧。马来西亚2006年的颗粒物污染比2005年和2007年高出了约40%，在2015年，颗粒物污染比前后两年分别高出12%和35%。¹¹如今，印尼的泥炭地的抗火森林已经所有无几，过去一直困扰着

7 Vietnam Plus, 2021.
8 Zhang, 2016.
9 Taylor, 2019.
10 Straits Times, 2015
11 除了本地和跨国界的空气污染，印尼森林和富含碳的泥炭地的燃烧也是气候变化的一个重要因素。据计算，2015年的那场火灾每天排放的二氧化碳超过了整个欧盟 (Huijnen et al., 2016)。

12 Nikonovas et al., 2020.

第五部分

空气污染在中非和西非的影响堪比传染病

在中非和西非，超过94%的人暴露在空气污染超标的环境中，颗粒物污染也成为了一个日益严重的健康威胁。该地区的平均预期寿命相比WHO标准情况下缩短了2至5年，这使得颗粒物污染对人类健康的威胁超过了如艾滋病和疟疾等知名的健康隐患。

撒哈拉以南非洲地区的公共卫生问题讨论的焦点一直在艾滋病和疟疾等传染病上。但是颗粒物污染对健康的负面影响同样严重。该地区27个国家的6亿多人口都暴露在颗粒物污染水平超标三倍的空气中¹³。如果空气质量能提升到WHO标准，整个地区的平均预期寿命将增加2.1年，即12亿年的人类寿命年数。新闻媒体对空气污染的报道多聚焦于亚洲国家，但尼日利亚、贝宁和多哥这些非洲国家也在世界十大污染最严重国家之列。

尼日利亚是该地区的污染中心。在拥有2000万人口的拉各斯，漫长的通勤加上高含硫量燃料造成的车辆排放、工业排放、以及断电情况下使用的柴油发电机都加剧了城市空气污染。¹⁴如果颗粒物污染水平被永久性地下降至WHO标准，尼日利亚居民的预期寿命将增加4.3年。

在尼日尔三角洲，合法与非法的炼油厂直接导致了和空气污染，这让该地的居民人均寿命比WHO标准情况下低了4.7年。在尼日利亚污染最严重的城市奥尼查，居民的预期寿命低了5.8年。这整个三角洲的空气污染情况都大同小异。在多哥的首都洛美，居民的预期寿命低了3.7年；在拥有1000多万人口的刚果民主共和国金沙萨市，寿命损失是2.6年；而在科特迪瓦的阿比让市，该地500万居民的寿命损失为2.9年。

与尼日利亚的其他环境健康风险和传染病相比，空气污染对预期寿命的影响高于不安全的饮用水和卫生设施以及疟疾，仅次于艾滋病（见图13）。在刚果民主共和国，空气污染的影响仅次于疟疾。在加纳，空气污染是最为致命的健康风险。而在科特迪瓦，空气污染所导致的预期寿命减少程度与这些传染病大致相同。

图12：中非和西非将2019年PM_{2.5}浓度永久性降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数

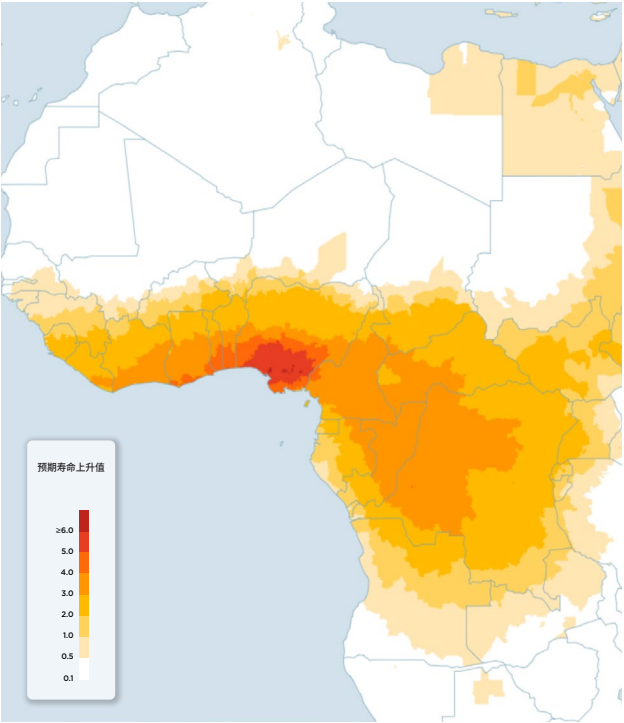
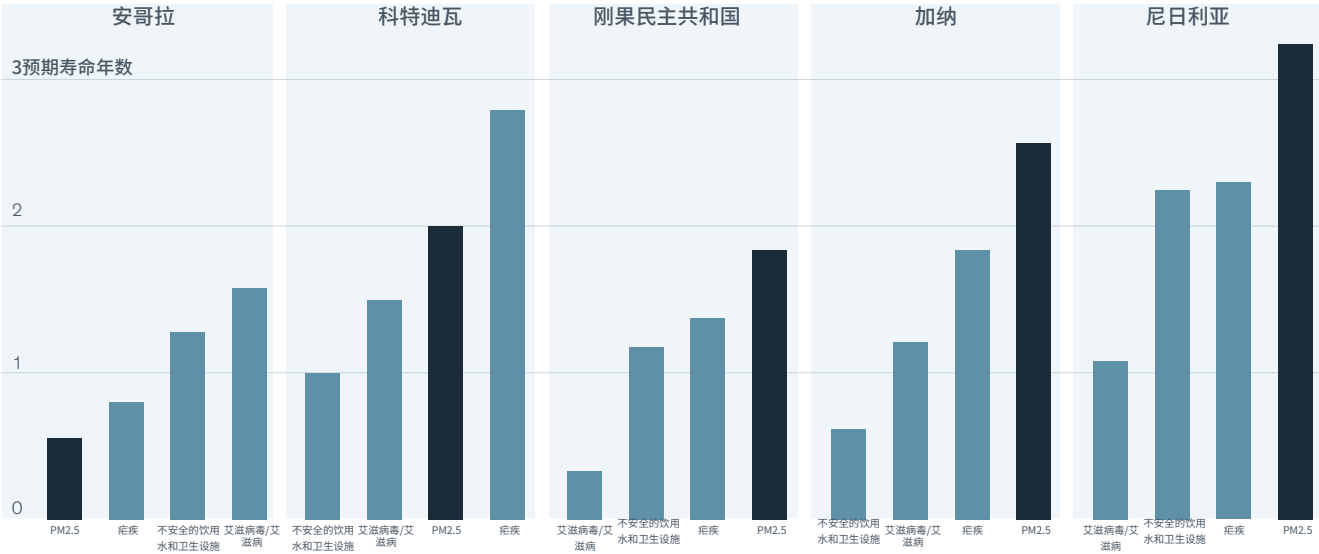


图13：中非和西非人口最多的五个国家的颗粒物污染以及其他健康威胁对预期寿命的影响



¹⁵可是在撒哈拉以南非洲地区，艾滋和疟疾的防治措施占用了大约10%的地区卫生支出，空气污染问题却无人问津。¹⁶举个例子，尼日利亚政府因其对埃博拉病毒危机做出的迅速且有效的管理控制而饱受赞扬，但当尼日尔三角洲城市哈科特港从2016年11月开始被烟尘笼罩时，政府在经过了4个月时间和公众的强烈抗议之后才发布了紧急状态宣言。

在加纳，颗粒物污染水平是WHO标准的三倍还多。如果空气污染降低到WHO标准水平，该地居民平均可获得2.6年的额外预期寿命。大城市的空气污染水平更高，其中最明显的是阿克拉，当地居民的预期寿命因此可以增加3年。与其他发展中国家的城市一样，该地区的机动车广泛使用污染严重的老式二冲程内燃机，机动车排放也成为空气污染的一个主要因素。此外，垃圾焚烧这一现象正在变得愈加频繁，并且可能因为持续的城市化发展而愈演愈烈。

在27个中非和西非国家中，只有喀麦隆为颗粒物污染制定了国家标准。此外，整个地区只有三个实时空气质量监测站，严重缺乏透明且有意义的污染数据。¹⁷相比之下，印度有大约200个实时监测站，而印度的土地面积比该地区还小。

在非洲，预期能源消耗的增长将迎来历史新高：2017年至2040年期间煤炭消耗的预计增长值是1995年至2017年期间的三倍有余；天然气消耗的预计则是两倍多。¹⁸除非地区政府积极采

取行动来治理未来的排放增长，非洲的空气污染问题只会变得更加严重。

¹³ 中非指中非经济共同体的11个国家，西非则指联合国定义的16个国家。

¹⁴ Croituru et al, World Bank 2020.

¹⁵ 除环境PM_{2.5}污染外的其他死因和死亡风险对预期寿命的影响均是根据《Global Burden of Disease 2017》的死亡率数据计算得出。详情请参见：<https://aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology/>.

¹⁶ 2015年用于防治艾滋病的本地与国际援助资金合计180亿美元，2016年用于防治疟疾的资金为27亿美元。撒哈拉以南非洲地区的卫生支出总额为1940亿美元（Dieleman et al., 2018; Haakenstad et al., 2019）。

¹⁷ UNICEF, 2019.

¹⁸ BP Energy Outlook 2019.

第六部分

半数以上的拉丁美洲人都呼吸着受污染的空气

拉丁美洲各地的颗粒物污染水平差异巨大。在阿根廷、巴拉圭和哥斯达黎加等国家, 空气质量一般符合WHO标准。然而, 秘鲁、哥伦比亚、玻利维亚和巴西等国家则是空气污染热点, 当地的颗粒物污染水平高出WHO标准二至三倍。这些高污染地区的居民预期寿命可以通过清洁空气增加1至2年。

在拉丁美洲的6.11亿人中, 超过一半的人暴露在PM_{2.5}超标的空气中。尽管整个拉丁美洲大陆通过改善空气质量能获得的额外预计寿命相对较少(大约为5个月), 这一数字在污染热点地区要高很多。例如, 在秘鲁首都利马市为4.7年; 在哥伦比亚城市波哥大和麦德林分别为1.8年和2.2年。

机动车排放是拉丁美洲主要热点城市空气污染的主要来源。在2019年, 波哥大和卡利的平均通勤时间在全球排名第一和第十¹⁹。该数据表明本地居民花费在在户外和道路上时间异常地长, 这也就意味着严重的交通堵塞和居民空气污染暴露水平。在拉丁美洲, 限制机动车出行一直是一个很受欢迎的治理对策。智利的圣地亚哥和墨西哥的墨西哥城分别在1986年和1989年运用了机动车牌照限制系统。在这两个系统之后, 又有不少拉美城市引入了类似的限制措施。

拉丁美洲的空气污染不仅限于大城市。哥伦比亚的农村居民也面临高浓度的PM_{2.5}污染。在哥伦比亚空气污染最严重的农村省份托利马, 2019年颗粒物污染的平均水平为33 µg/m³, 这其中一个主要污染源是家用固体燃料的使用。

在巴西, 由于森林大火, 整个亚马逊地区的颗粒物污染水平是WHO标准的两倍。这些火灾多由森林砍伐和非法放火引起, 而这些活动的目的主要是为耕种和放牧制造空地。如果空气质量能够提升到WHO标准, 该地区的420万居民的预期寿命会增加1年。



Mexico City, Mexico

图14: 拉丁美洲十大城市将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数

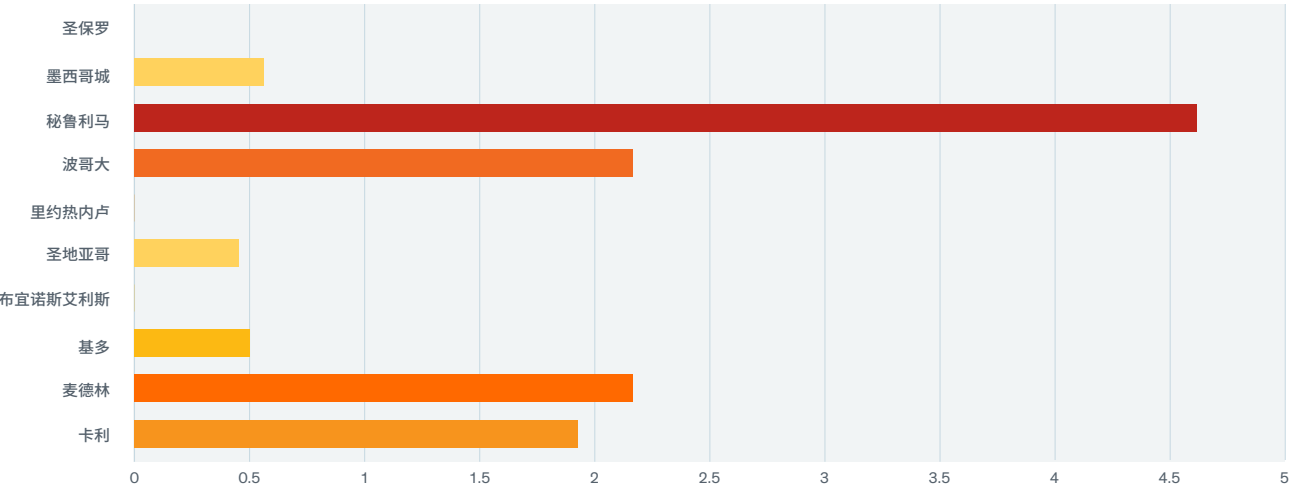
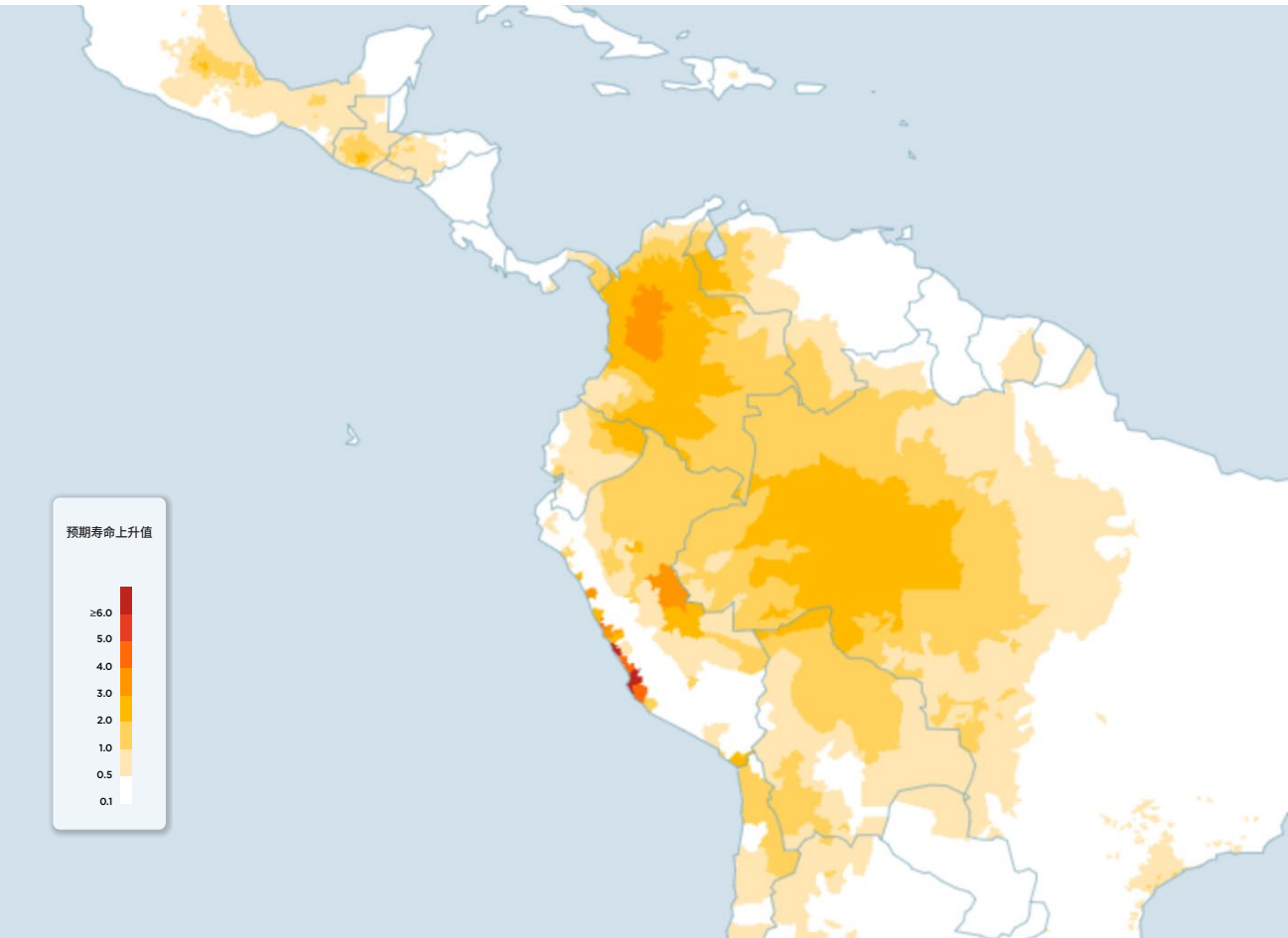


图15: 拉丁美洲地区将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数



19 INRIX, 2020.

中国在“污染战争”中取得上风

在2013年至2019年期间,中国将其颗粒物污染水平降低了29%,这也使该国跌出前五空气污染大国的行列。如果这样的空气质量改善得以保持,中国人民的预期寿命可望增加1.5年。

中国公众对日益恶化的空气污染的关 注从20世纪90年代末开始逐渐上升。美国驻北京大使馆从2008年开始在推特和美国国务院网站上公开发布空气质量监测数据,中国的居民们很快发现美国大使馆的数据与当地政府的空气质量报告存在着很大的差异。中国在2013年经历了一系列历史级的空气污染事件,公众的批评也随之达到了新的高度。与此同时,Chen et al. (2013) 发表了他们的淮河研究报告,并在报告中说明严重的空气污染使中国北方居民 的寿命相比起南方居民缩短了约5年。空气污染问题在中国的严重性变得愈加明显。

在2014年,李克强总理宣布“向污染宣战”。大气污染防治行动计划拨出2700亿美元加上北京市政府额外拨出的1200亿美元用于降低环境空气污染。该计划的目标是将全国地级及以上城市在2017年的颗粒物浓度相比2012年降低至少10%。包括京津冀、珠江三角洲和长江三角洲的全 国污染最严重的地区都被分布了更加具体的防治目标。

为了实现这些目标,中国政府采取了一系列的策略:将污染治理纳入地方官员的激励机制,把环境 和经济表现作为职位晋升的审核标准;在一些地区禁止修建燃煤电厂,并要求现有燃煤电厂减排或换用天然气作为原料;增加可再生 能源发电;降低钢铁产能;限制大城市的机动车数量;增加透明度并更好地执行排放标准。在2013-2014年,中国政府推出了一个全国性的空气质量监测网络,用来自动报告污 染监测数据。统计分析表明,这个网络缓解了地方政府官员错报污染数据的问题,使公众能够获取准确且实时的空 气污染信息,以便他们能够自发的采取个人防护措施²⁰。

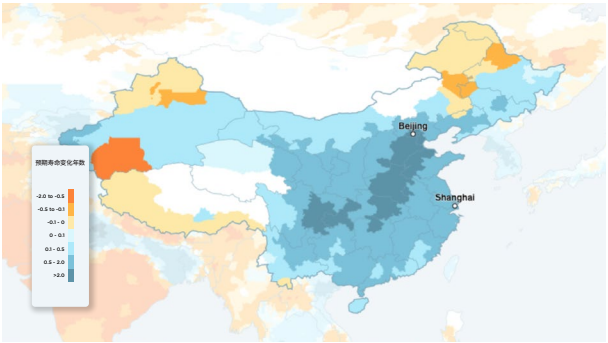
通过上述行动,大气污染防治行动计划里设定的所有2017 年目标都被实现。在2013年至2019年期间,整个中国平均的颗粒物污染暴露水平下降了29%。从1998年到2016年,中国每年都是世界上空气污染最严重的五个国家之一,但在2017年之后跌出了前五名。如果这样的空气改善能够得以维持,中国居民 的预期寿命将增加1.5年(见图16和表1)。京津冀地区作为2013年中国污染最严重的地区之一,颗粒物污染下降了33%,如果这得以持续下去,该地区的1.09亿居民 的预期寿命将增加2.6年。

为了更好的理解中国空气质量改善的规模和速度,我们将用欧美在后工业化时期的情况进行一个对比。在美国颁布《清洁空气法》后,该国花了近三十年和五次经济衰退才实现了与中国类似的空气污染百分比降幅。在欧洲成立了环保机构之后,该地区花了大约二十年和两次经济衰退才实现了与中国类似的空气污染百分比降幅。相反的,中国在减少了29%的空气污染的同时还将其人均国内生 产总值增加了45.5%。

但是中国2019年的颗粒物污染水平仍然超出WHO标准三倍多,中国政府也敏锐地意识到,中国的空气污染还是一个严重的问题。如果将空气污染水平降低到WHO标准,中国居民 的预期寿命将增加2.6年(见图17)。作为中国的煤炭和钢铁工业中心,河北和河南两省的空气水平如果能降低到WHO标准,该地居民 的预期寿命将增加4年。

为了进一步的改善空气质量,中国政府在2018年7月宣布了2018-2020年的新计划。空气污染水平超过国家标准的35 µg/m3的地区,需要将其污染水平相比2015年降

图16: 中国分别在2013年和2019年将PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后增加的预期寿命年数的差距



低18%。²¹在天津、河北、河南和北京等省市,如此规模的空气质量改善将使居民 的预期寿命延长1年。尽管现阶段中国的国家目标没有之前那般雄心勃勃,一些地区政府在地方五年计划中为自己设定了相对更严格的目标。例如,北京市承诺将在2015年的基础上降低30%的空气污染,这个目标如果被保持下去,将会转化为1.7年的额外居民预期寿命。天津、河北、北京、上海和其他省份已经成功将其颗粒物污染水平比2015年减少了18%以上。

图17: 中国将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数

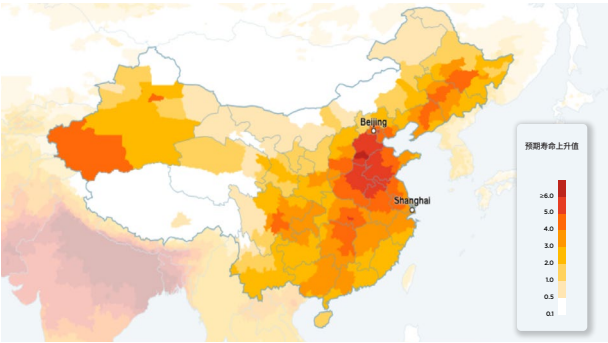


表1: 中国人口最多的十个地级市的空气质量改善情况

地级市	2013-2019		2019		
	人口 (百万)	PM _{2.5} 的下降 百分比	PM _{2.5} 下降所导致的预期寿命上升年数	2019 PM _{2.5} Concentration (µg/m³)	PM _{2.5} 浓度降低至WHO标准后所增加的预期寿命年数
重庆	30.0	70%	2.3	34.1	2.4
上海	24.1	35%	1.1	33.2	2.3
北京	20.5	56%	2.4	44.2	3.3
苏州	16.6	36%	1.5	43.8	3.3
成都	13.9	81%	3.6	45.3	3.5
天津	13.6	68%	3.3	49.3	3.9
广州	13.2	19%	0.6	33.2	2.3
保定	11.6	48%	2.7	57.0	4.6
福州	11.5	25%	0.7	26.2	1.6
哈尔滨	11.1	10%	0.4	41.8	3.1

21 中国生态环境部, 2018.

20 Greenstone et al., 2020.

第七部分

数十年的减污工作给美国、欧洲和日本带来的福利

在实施了持续且强力的空气污染控制政策之后，美国、欧洲和日本的颗粒物污染已经有了显著的降低，居民也因此变得更加长寿。这些地区的经验给我们提供了成功案例的研究机会。

美国、欧洲和日本共占目前世界人口的16%和颗粒物污染造成的健康负担的2%。但这些地区的情况并不是一直如此。在曾经被称作“大烟雾”和“世界雾霾之都”的伦敦、洛杉矶和大阪，过去的空气污染和现今其他高污染地区一样严重。

多年以来，高污染行业的外迁以及重要空气污染治理政策的出台为这些地区控制空气污染发挥了巨大的作用。美国在1970年颁布了《清洁空气法》，该法案建立了国家环境空气质量标准（NAAQS），规定了颗粒物和其他污染物的允许浓度上限，还为污染源制定了排放标准，指引工业设施安装污染控制技术，并引导汽车制造商生产更清洁、更省油的机动车。此外，该法案还要求每个州政府制定各自的治理计划，以实现和维持法案设定的污染标准。

《清洁空气法》迅速的改善了美国居民呼吸的空气质量²²。到了1980年，加上1970年经济放缓对污染排放控制的帮助，美国的颗粒物污染水平比1970年下降了50%，颗粒物的前身二氧化硫的环境浓度下降了44%。²³现在美国居民平均接触到的颗粒物污染水平相比1970年减少了62%。他们也因此变得更加长寿，从1970年到现在，美国人的平均预期寿命增加了1.4年。对于生活在前雾霾之都洛杉矶的居民来说，自1970年以来，颗粒物污染水平已经下降了近57%，平均预期寿命延长了1.4年。²⁴在费城和华盛顿特

22 可能影响了1970年至今空气污染水平的因素有很多，但研究表明《清洁空气法》发挥了显著的作用。Shapiro and Walker (2018) 将1990-2008年制造业工厂的排放量下滑原因进行了解析：(1) CAA 环境法规导致的减排技术运用，(2) 美国工业生产转型(高污染
23 Hunt and Lillis, 1981.
24 美国一共有236个县的1970年PM_{2.5}浓度可以被准确的估算，该数据则是

区，预期寿命的增长分别是2.6年和3.3年。

欧洲的经历类似于美国。欧洲环境署在20世纪90年代中期被创建，并开始向政府和公众提供独立的环境管理信息。在随后的几年里，欧盟制定了排放目标，创建了污染标准，并颁布了全面的清洁空气计划和辅助措施。欧盟的空气污染法规，如燃料排放标准，已经成为包括阿根廷、印度和土耳其在内许多国家的政策标准。

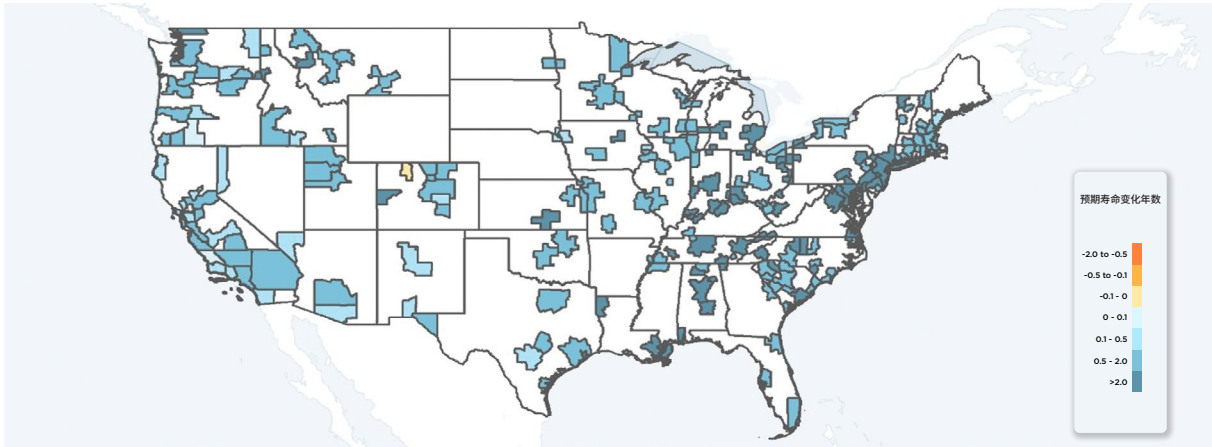
现在欧洲居民平均接触到的颗粒物污染水平相比20年前减少了27%，这给他们带来了4个月的额外预期寿命。历史上污染严重的地区甚至出现了更加可观的社会福利。

日本从1990年开始加强对环境的管理，并颁布了《环境基本法》。该法律在早先两条环境法的基础上做出了改进，提出了工业排放限制、环境污染控制计划等法规上的变化。之后在2001年，日本环境署被正式提升为环境部。日本的颗粒物污染水平在过去20年里下降了34%，日本居民因此变得更加健康和长寿。

由于欧美的空气质量已经有了巨大的改善，进一步提升这些地区的空气质量的潜力虽然存在，但其公共健康福利大多局限在特定地区，总体福祉提升相对有限。美国10%的人口生活在颗粒物污染超标的地区，尤其是加利福利亚州中央谷地的居民长期暴露在颗粒物污染超标的空气之中。相比起加州山火肆虐的2018年，如果这些地区的空气质量能够保持在WHO标准之下，居民们的预期寿命将增加5个月。

基于这些县区所计算而来。关于1970年颗粒物污染浓度和1970年以来预期寿命变化的估算方法，请访问：aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts。

图18：美国1970-2019年因PM_{2.5}变化所造成的预期寿命增长



欧洲的情况大致相似。近四分之三的欧洲居民仍然生活在颗粒物污染超过WHO标准10 µg/m3的地区。在2019年，欧洲居民平均暴露在12.2 µg/m3颗粒物污染浓度下，该水平低于欧盟的25 µg/m3空气污染标准但超过了WHO的标准。如果颗粒物污染水平能达到WHO标准，整个欧洲的平均预期寿命将增加4个月。

欧洲污染最严重的地区是东欧，波兰、白俄罗斯、斯洛伐克、匈牙利、立陶宛、亚美尼亚、摩尔多瓦、塞浦路斯、波斯尼亚和黑塞哥维那的空气污染水平全部都没有达到WHO标准。波兰是欧洲空气污染最严重的国家，华沙和罗兹周边地区的颗粒物污染水平非常之高，主要原因是该地区的家庭和商业取暖以及工业和电力生产严重依赖燃烧煤炭。²⁵如果空气污染能够得以控制到WHO标准，华沙的居民预期寿命将增加1.2年。西里西亚是波兰的煤炭开采业的中心，也是波兰污染最严重的省份。虽然当地的空气质量一直在有所提升，但如果颗粒物污染水平能够被降低到WHO标准，该地居民的预期寿命会平均增加1.3年。

25 World Bank, 2019.

图19：欧洲1998-2019年因PM_{2.5}变化所造成的预期寿命浮动

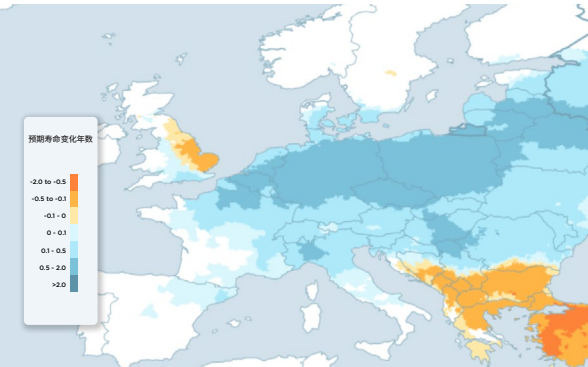


图20：日本1998-2019年因PM_{2.5}变化所造成的预期寿命增长

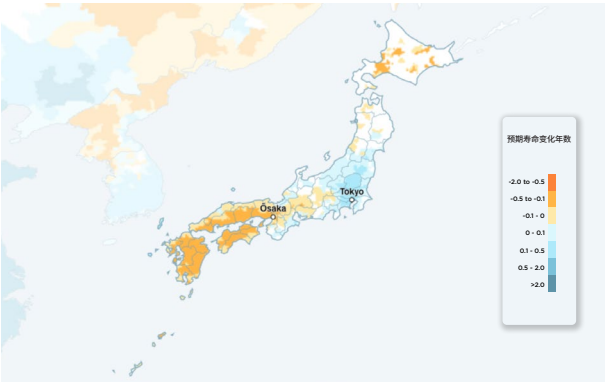


图21: 欧洲将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数

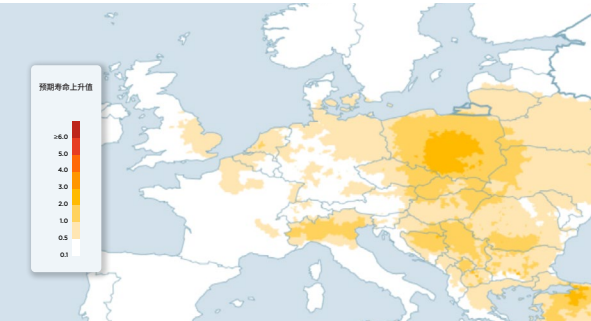


图22: 日本将2019年PM_{2.5}浓度永久性地降低至WHO标准后会增加的预期寿命年数



结论

空气质量寿命指数指出，颗粒物污染是世界上对人类健康的最大威胁。南亚仍然是污染最严重的地区，该地居民的平均寿命相比起WHO标准情况下缩短了5年，在像印地北部这种污染最为严重的地方，情况更为严重。虽然南亚国家已经开始对空气污染这个问题给予重视，在中非和西非地区，空气污染仍未获得应有的关注，即使其对预期寿命的影响与疟疾和艾滋病等知名的健康隐患相当。与此同时，中国取得了快速的减污进展，在大约5年的时间内，该国将空气污染水平减少了28%，如果这样的减污效果能够保持下去，中国居民的预期寿命将延长1.4年。中国不仅像欧美地区一样制定了强力的政策来应对空气污染，该国还在以更快的速度取得更加显著的成绩。美国、欧洲、日本和中国的成功经验表明空气污染是可以通过长期的公共政策来解决的，他们也为高污染地区提供了重要的榜样。这些通过针对化石燃料燃烧来解决颗粒物污染的公共政策，对于应对气候变化这个国际挑战也将至关重要。

PM_{2.5}浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:

国家	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准
----	-----------------------------------	--------------	-------	------

阿富汗	31	10	2.1	2.1
阿克罗蒂里和德凯利亚	12	0	0.2	
阿尔巴尼亚	12	15	0.2	0.0
阿尔及利亚	6	0	0.0	
美属萨摩亚	1	0	0.0	
安道尔	5	25	0.0	0.0
安哥拉	16	0	0.6	
安圭拉	1	0	0.0	
安提瓜和巴布达	1	0	0.0	
阿根廷	7	15	0.0	0.0
亚美尼亚	17	0	0.7	
阿鲁巴	3	0	0.0	
澳大利亚	9	8	0.2	0.3
奥地利	13	25	0.3	0.0
阿塞拜疆	12	0	0.3	
巴哈马	3	0	0.0	
巴林	35	0	2.4	
孟加拉	65	15	5.4	4.9
巴巴多斯	1	0	0.0	
白俄罗斯	14	15	0.3	0.0
比利时	12	25	0.2	0.0
伯利兹	9	0	0.0	
贝宁	40	0	3.0	
百慕大群岛	2	30	0.0	0.0
不丹	35	0	2.4	
玻利维亚	14	10	0.4	0.4
博内尔岛、圣尤斯特歇斯岛和萨巴岛	2	0	0.0	
波斯尼亚和黑塞哥维纳	16	25	0.6	0.0
博茨瓦纳	8	0	0.0	
巴西	8	0	0.1	
英属维尔京群岛	2	0	0.0	
文莱	16	0	0.6	
保加利亚	16	25	0.6	0.0
布基纳法索	15	0	0.5	
布隆迪	20	0	0.9	
柬埔寨	17	0	0.7	
喀麦隆	34	10	2.4	2.4
加拿大	7	10	0.0	0.0
佛得角	2	0	0.0	
里海	10	0	0.1	
开曼群岛	6	0	0.0	
中非共和国	32	0	2.2	
乍得	23	0	1.3	

*各国具体国家标准并未标明

PM_{2.5}浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:

国家	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准
----	-----------------------------------	--------------	-------	------

智利	11	20	0.2	0.0
中国	37	35	2.6	0.6
圣诞岛	4	0	0.0	
科科斯群岛	3	0	0.0	
哥伦比亚	24	25	1.4	0.2
科摩罗	2	0	0.0	
库克群岛	1	0	0.0	
哥斯达黎加	6	0	0.0	
克罗地亚	13	25	0.3	0.0
古巴	5	0	0.0	
库拉索	3	0	0.0	
塞浦路斯	12	25	0.2	0.0
捷克共和国	15	25	0.5	0.0
科特迪瓦	30	0	2.0	
刚果民主共和国	29	0	1.8	
丹麦	11	25	0.1	0.0
吉布提	25	0	1.4	
多米尼克	2	0	0.0	
多米尼加共和国	7	15	0.0	0.0
厄瓜多尔	14	15	0.4	0.1
埃及	12	0	0.2	
萨尔瓦多	12	15	0.2	0.0
赤道几内亚	26	0	1.6	
厄立特里亚	18	0	0.8	
爱沙尼亚	8	25	0.0	0.0
埃塞俄比亚	18	0	0.8	
福克兰群岛	1	0	0.0	
法罗群岛	2	0	0.0	
斐济	2	0	0.0	
芬兰	7	25	0.0	0.0
法国	10	25	0.1	0.0
法属圭亚那	10	0	0.0	
法属波利尼西亚	1	0	0.0	
法属南方领土	4	0	0.0	
加蓬	22	0	1.2	
冈比亚	9	0	0.0	
格鲁吉亚	14	0	0.4	
德国	11	25	0.2	0.0
加纳	36	0	2.6	
直布罗陀	7	0	0.0	
希腊	10	25	0.1	0.0
格陵兰岛	1	0	0.0	
格林纳达	1	0	0.0	
瓜德罗普岛	2	25	0.0	0.0

附录表

国家	PM _{2.5} 浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:			
	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准

关岛	2	12	0.0	0.0
危地马拉	17	10	0.7	0.7
格恩西岛	7	0	0.0	
几内亚	17	0	0.7	
几内亚比绍	13	0	0.3	
圭亚那	7	0	0.0	
海地	8	0	0.0	
洪都拉斯	13	0	0.3	
匈牙利	15	25	0.5	0.0
冰岛	3	0	0.0	
印度	70	40	5.9	3.1
印度尼西亚	35	0	2.5	
危地马拉	20	10	1.0	1.0
伊拉克	17	0	0.7	
爱尔兰	5	25	0.0	0.0
马恩岛	5	0	0.0	
以色列	10	25	0.0	0.0
意大利	11	25	0.3	0.0
牙买加	10	15	0.0	0.0
日本	13	15	0.3	0.0
泽西岛	7	0	0.0	
约旦	10	15	0.1	0.0
哈萨克斯坦	14	0	0.4	
肯尼亚	8	35	0.1	0.0
基里巴斯	14	0	0.6	
科索沃	17	0	0.6	
科威特	26	15	1.6	1.1
吉尔吉斯斯坦	19	0	0.9	
老挝	27	0	1.7	
拉脱维亚	10	25	0.0	0.0
黎巴嫩	12	0	0.2	
莱索托	6	0	0.0	
利比里亚	26	0	1.6	
利比亚	4	0	0.0	
列支敦士登	10	0	0.0	
立陶宛	13	25	0.3	0.0
卢森堡	9	25	0.0	0.0
马其顿	16	0	0.6	
马达加斯加	4	0	0.0	
马拉维	9	8	0.0	0.1
马来西亚	29	35	1.8	0.2
马里	10	0	0.1	
马耳他	4	0	0.0	
马绍尔群岛	0	0	0.0	

国家	PM _{2.5} 浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:			
	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准

马提尼克岛	2	25	0.0	0.0
毛里塔尼亚	4	0	0.0	
毛里求斯	1	0	0.0	
马约特岛	2	25	0.0	0.0
墨西哥	12	15	0.3	0.1
密克罗尼西亚	1	0	0.0	
摩尔多瓦	12	0	0.2	
摩纳哥	8	0	0.0	
蒙古国	9	25	0.2	0.0
蒙特塞拉特	12	20	0.2	0.0
蒙特塞拉特	2	0	0.0	
摩洛哥	6	0	0.0	
莫桑比克	7	0	0.0	
缅甸	23	0	1.3	
纳米比亚	7	0	0.0	
瑙鲁	1	0	0.0	
尼泊尔	61	0	5.0	
荷兰	13	25	0.3	0.0
新喀里多尼亚	3	25	0.0	0.0
新西兰	4	0	0.0	
尼加拉瓜	8	0	0.0	
尼日尔	15	0	0.5	
尼日利亚	44	0	3.4	
纽埃	1	0	0.0	
诺福克岛	3	0	0.0	
北朝鲜	21	0	1.1	
北塞浦路斯	12	0	0.2	
北马里亚纳群岛	2	0	0.0	
挪威	6	15	0.0	0.0
阿曼	30	0	2.0	
巴基斯坦	50	15	3.9	3.4
帕劳	2	0	0.0	
巴勒斯坦	10	0	0.0	
巴拿马	10	0	0.1	
巴布亚新几内亚	6	0	0.0	
巴拉圭	9	15	0.0	0.0
秘鲁	30	15	2.1	1.8
菲律宾	12	25	0.3	0.0
波兰	20	25	0.9	0.0
玻利维亚	4	25	0.0	0.0
波多黎各	2	15	0.0	0.0
卡塔尔	37	0	2.6	
刚果共和国	28	0	1.8	
留尼汪岛	2	0	0.0	

国家	PM _{2.5} 浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:			
	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准

罗马尼亚	14	25	0.4	0.0
俄罗斯	13	25	0.3	0.0
卢旺达	23	0	1.3	
圣赫勒拿岛	2	0	0.0	
圣基茨和尼维斯	2	0	0.0	
圣卢西亚	2	0	0.0	
圣皮埃尔和密克隆岛	2	0	0.0	
圣文森特和格林纳丁斯	2	0	0.0	
圣巴泰勒米	2	0	0.0	
圣马丁	2	0	0.0	
萨摩亚	1	0	0.0	
圣马力诺	9	0	0.0	
沙特阿拉伯	30	15	1.9	1.4
塞内加尔	7	0	0.0	
塞尔维亚	17	25	0.7	0.0
塞舌尔	1	0	0.0	
塞拉里昂	20	0	1.0	
新加坡	48	12	3.8	3.6
圣马丁岛	2	0	0.0	
斯洛伐克	17	25	0.7	0.0
斯洛文尼亚	11	0	0.2	
所罗门群岛	3	0	0.0	
索马里	8	0	0.2	
南非	9	20	0.1	0.0
韩国	23	25	1.3	0.1
南苏丹	21	0	1.0	
西班牙	6	25	0.0	0.0
斯里兰卡	19	25	0.9	0.0
苏丹	16	0	0.6	
苏里南	10	0	0.0	
斯威士兰	10	0	0.0	
瑞典	8	25	0.0	0.0
刚果民主共和国	11	0	0.1	
叙利亚	13	0	0.3	
圣多美和普林西比	13	0	0.3	
台湾	17	15	0.6	0.2
塔吉克斯坦	23	0	1.3	
坦桑尼亚	9	0	0.1	
刚果民主共和国	22	25	1.2	0.1
东帝汶	11	0	0.1	
多哥	39	0	2.8	

国家	PM _{2.5} 浓度降低至标准后会增加的预期寿命年数:			
	2019年PM _{2.5} 浓度 (µg/m3)	国家标准 (µg/m3)	WHO标准	国家标准
汤加	1	0	0.0	
特立尼达和多巴哥	2	15	0.0	0.0
突尼斯	4	0	0.0	
土耳其	17	0	0.6	
土库曼斯坦	11	0	0.2	
特克斯和凯科斯群岛	2	25	0.0	0.0
图瓦卢	1	0	0.0	
乌干达	18	0	0.7	
乌克兰	13	0	0.3	
阿拉伯联合酋长国	31	0	2.1	
斐济	10	25	0.1	0.0
美国	8	12	0.0	0.0
乌拉圭	4	0	0.0	
乌兹别克斯坦	23	0	1.2	
瓦努阿图	3	0	0.0	
梵蒂冈城	9	0	0.0	
委内瑞拉	11	0	0.3	
越南	26	25	1.6	0.5
维尔京群岛, 美国	2	12	0.0	0.0
瓦利斯和富图纳	1	0	0.0	
西撒哈拉	2	0	0.0	
也门	25	0	1.5	
赞比亚	11	0	0.2	
津巴布韦	7	0	0.0	
阿兰	6	0	0.0	

*各国具体国家标准并未标明

*各国具体国家标准并未标明

参考文献

Bangkok Post (13th March, 2019). Chiang Mai Air Pollution Worst in the World. <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/1643388/chiang-mai-air-pollution-worst-in-the-world>

Food and Agriculture Organization (31st May, 2019). FAO assists Myanmar to tackle Fire and Transboundary Haze issues

<http://www.fao.org/myanmar/news/detail-events/en/c/1200518/>

Earth.org (17th April, 2020). Forest Fires Have Devastated Northern Thailand.

<https://earth.org/forest-fires-have-devastated-northern-thailand/>

Bangladesh Road Transport Authority. (2020, March 5). Number of registered vehicles in the whole BD. <https://brta.portal.gov.bd/site/page/74b2a5c3-60cb-4d3c-a699-e2988fed84b2/Number-of-registered-Vehicles-in-Whole-BD>

BP.(2019) BP energy outlook – 2019: insights from the Evolving transition scenario – Africa. <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>

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.

China Ministry of Ecology and Environment. (2018, July 13). The State Council rolls out a three-year action plan for clean air. http://english.mee.gov.cn/News_service/news_release/201807/t20180713_446624.shtml

Dieleman, J. L., Haakenstad, A., Micah, A., Moses, M., Abbafati, C., Acharya, P., ... & Alizadeh-Navaei, R. (2018). Spending on health and HIV/AIDS: domestic health spending and development assistance in 188 countries, 1995–2015. *The Lancet*, 391(10132), 1799-1829.

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.

Global Burden of Disease Collaborative Network. (2018). Global Burden of Disease Study 2017 burden by risk 1980-2017 [Data set]. Institute for Health Metrics and Evaluation. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

Global Burden of Disease Collaborative Network. (2018). Global Burden of Disease Study 2017 cause-specific mortality 1980-2017 [Data set]. Institute for Health Metrics and Evaluation. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

Greenstone, M., He, G., Jia, R., and Liu, T. (2020). Can technology solve the principal-agent problem? Evidence from China’s War on Pollution. *Mimeograph*.

Haakenstad, A., Harle, A. C., Tsakalos, G., Micah, A. E., Tao, T., Anjomshoa, M., ... & Mohammed, S. (2019). Tracking spending on malaria by source in 106 countries, 2000–16: an economic modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(7), 703-716.

Huijnen, V., Wooster, M. J., Kaiser, J. W., Gaveau, D. L., Flemming, J., Parrington, M., ... & Van Weele, M. (2016). Fire carbon emissions over maritime southeast Asia in 2015 largest since 1997. *Scientific reports*, 6, 26886.

Hunt, W.F., & Lillis, E.J. (1981). 1980 ambient assessment – air portion. US Environmental Protection Agency. 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. <http://mospi.nic.in/statistical-year-book-india/2017/189>

Pakistan Bureau of Statistics. (2006). Pakistan statistical pocket book 2006. <http://www.pbs.gov.pk/content/pakistan-statistical-pocket-book-2006>

Pakistan Today. (2019, June 16). Registered vehicles in Pakistan increased by 9.6% in 2018. <https://profit.pakistantoday.com.pk/2019/06/16/registered-vehicles-in-pakistan-increased-by-9-6-in-2018/>

Philip, S., Martin, R.V., van Donkelaar, A., Lo, J.W., Wang, Y., Chen, D., ..., Macdonald, D.J. (2014). Global chemical composition of ambient fine particulate matter for exposure assessment. *Environmental Science & Technology*, 48(22), 13060-13068.

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.

Straits Times. (2015, October 5). Almost 7,000 schools in Malaysia closed due to haze; four million students affected. <https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/almost-7000-schools-in-malaysia-closed-due-to-haze-four-million-students-affected>

Taylor, M. (2019, March 19). Asia’s coal addiction puts chokehold on its air-polluted cities. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/us-asia-pollution-coal/asias-coal-addiction-puts-chokehold-on-its-air-polluted-cities-idUSKCN1R103U>

UNICEF. (June 2019). Silent Suffocation in Africa. <https://www.unicef.org/media/55081/file/Silent%20suffocation%20in%20africa%20air%20pollution%202019%20.pdf>

US Energy Information Administration. (n.d.). International: Electricity [Data set]. <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-generation>

Vietnam Plus (2021, March 7). Vietnam strictly controls vehicle emissions to improve air quality.

<https://en.vietnamplus.vn/vietnam-strictly-controls-vehicle-emissions-to-improve-air-quality/197192.vnp>

Washington Post (7th May, 2019). Northern Thailand was once a paradise. Now forest fires have made the air worse than Beijing’s.

<https://www.washingtonpost.com/world/2019/05/07/northern-thailand-was-once-paradise-now-forest-fires-have-made-air-worse-than-beijings/>

World Bank (Fall 2019). Air Quality in Poland, What are the issues and what can be done?

<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]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>

Zhang, X. (2016). Emission standards and control of PM_{2.5} from coal-fired power plant. International Energy Agency Clean Coal Centre. <https://www.iea-coal.org/report/emission-standards-and-control-of-pm2-5-from-coal-fired-power-plant-ccc-267/>

About the Author



Ken Lee

Ken Lee 是空气质量寿命指数 (AQLI) 研究主任和芝加哥大学经济系高级助理研究员。在此之前, Ken担任过EPIC印度研究中心的执行主任以及有效全球行动中心 (Center for Effective Global Action) 和哈斯能源研究所 (Energy Institute at Haas) 的研究员。Ken的研究主要涉及发展经济学, 环境和能源经济学的领域, 并在肯尼亚和印度设计了多个实地实验。他拥有加州大学伯克利分校的博士学位和哥伦比亚大学国际与公共事务学院 (SIPA) 的硕士学位。



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。

关于空气质量寿命指数

空气质量寿命指数（AQLI™）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



@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



EPIC ENERGY POLICY INSTITUTE
AT THE UNIVERSITY OF CHICAGO

An Affiliated Center of



Becker
Friedman
Institute



THE UNIVERSITY OF
CHICAGO