



空气质量寿命指数® | 2022六月

年度报告

Michael Greenstone, Christa Hasenkopf和Ken Lee著



2022 六月

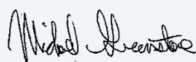
亲爱的朋友与同事们，

我们很高兴为您带来空气质量寿命指数 (AQLI) 的最新数据。这份报告再次证明颗粒物污染是全球人类健康的最严重威胁。然而，我们也看到了改善的可能。空气污染是一个可以被战胜的对手。我们所需要的只是有效的政策。为了实现这一目标，类似于AQLI的有针对性的信息可以孕育公民意识，并最终引导出支持有效法规的呼声。

为了帮助指引这份事业，我们很高兴地欢迎克里斯塔-哈森科夫博士担任AQLI的新主任。克里斯塔具有在数据透明度、大气科学和社区建设方面的特殊专长。在此之前，通过创建非营利性的OpenAQ，她指导了一系列扩展全球空气质量数据维度的工作，建立了由各部门及地区共同组建的合作社区来一同改善数据。她将提供容易获取的、容易理解的空气质量信息的这项工作视为解决社区空气污染问题的一个重要环节。这也是AQLI使命的核心所在。

在克里斯塔的领导下，我们期待着通过向群众和各机构提供有关空气污染及其健康后果的关键信息来扩大AQLI的研究成果和在世界各地社区的影响。这样的信息能够让政府和人民做出更好的决策。

迈克尔-格林斯通



EPIC主任

BFI主任

米尔顿-弗里德曼经济学杰出教授

芝加哥大学

亲爱的朋友与同事们，

欢迎阅读最新一期的空气质量寿命指数报告。

本版AQLI报告提供了新冠肺炎疫情伊始的2020年里颗粒物(PM2.5)污染对人类生活持续严重影响的一张全球快照。本报告也指明了解决颗粒物污染的主要突破口—即在世界哪些地方可以通过改善空气来获得人类平均预期寿命的最大收益。

展现全球人类寿命长短与颗粒物污染之间的关系是了解空气污染对个人、非政府组织、公司和政府的影响的基础。有了这些信息，就有可能有战略性且高效地制定方法来清洁空气。从数字来看，清洁空气的重要性跃然纸上。目前，人类平均因颗粒物污染而损失了2.2年的预期寿命。同时，用于解决空气污染的资金投入与空气问题的严重程度完全不对等。仅举一例，在全球范围内，所有慈善机构每年用于对抗空气污染的资金投入不到4500万美元，仅占每年慈善机构总捐赠额的0.1%。¹

正如《纽约时报》最近指出的那样，解决空气污染是一个被大众忽视的问题，但它同时也是一个非常容易记录的问题，这也是让我们充满希望的原因。减少污染的各种技术与政策方面的解决方案比比皆是，并且已经被世界各地的各类社区进行了尝试和测试。鉴于目前全球对这一问题的资金投入水平较低，哪怕是小规模额外投入也可以产生巨大的影响，填补基本的空气质量管理空缺，比如提供连续且可靠的空气质量监测数据。AQLI这样一个用来捕捉颗粒物污染对人类健康的影响的简单衡量标准能够帮助让这个全球公共健康危机显得更加紧迫，从而刺激受影响最大的社区去采取行动。

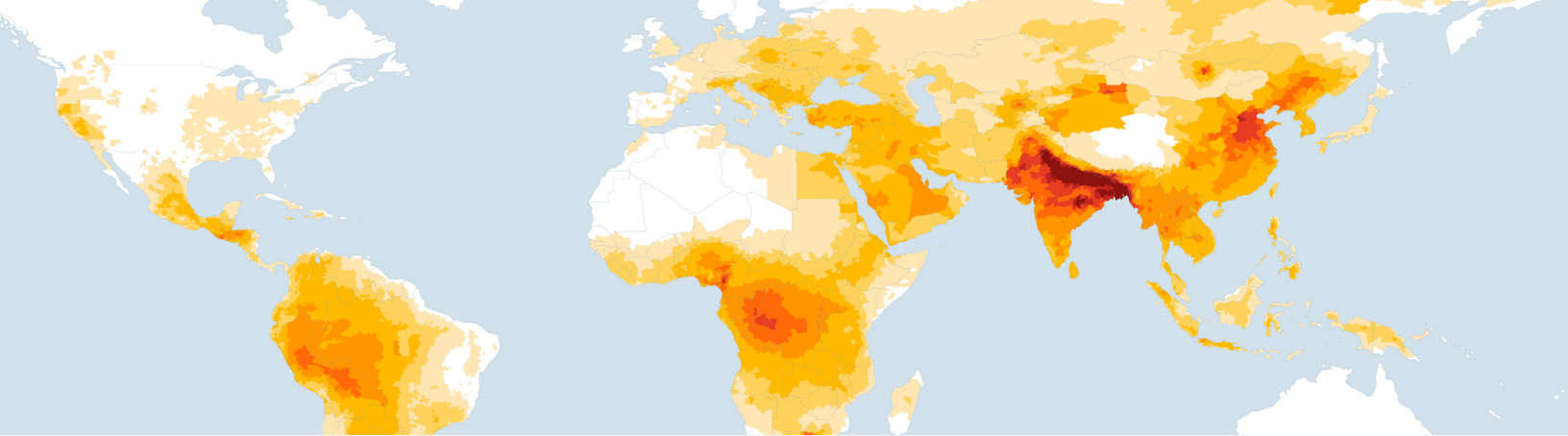
社区们可以利用AQLI来宣传空气污染对公众健康的巨大影响以及探讨解决空气污染的渠道。作为空气质量寿命指数(AQLI)的新主任，我对此感到异常激动。我期待着与世界各地致力于清洁他们所呼吸的社区的社区进行学习与接触。

真诚的，
克里斯塔-哈森科普夫



空气质量寿命指数(AQLI)主任
空气质量项目主任
芝加哥大学能源政策研究所(EPIC)

1 2021 State of Global Air Quality Funding, Clean Air Fund



执行摘要

2020年,新冠肺炎肆虐,工业被叫停,汽车也熄了火。这为地球上一些污染最严重的地区带来了暂时的蓝天白云。但根据新修订的卫星衍生的PM2.5监测数据,全球颗粒物污染水平没有显著的变化。在2019年和2020年之间,尽管全球经济发展出现了明显的放缓,全球人口加权平均PM2.5水平仅从27.7微克/立方米下降到27.5微克/立方米。在南亚这个世界上污染最严重的地区,新冠肺炎疫情开始的第一年里空气污染甚至还加剧了。

在全世界经济停滞不前的情况下,全球污染仍然保持在原先水平甚至略有增加,这一事实证明空气污染是一个顽固的问题,只有通过更强烈的改革意愿支持下的强有力的政策才能解决这一顽疾。通过计算清洁的空气可以为世界各地的人们带来额外的预期寿命,空气质量寿命指数(AQLI)有效地展现了这类政策的重要性。AQLI的最新数据显示,永久性地将全球空气污染水平降低到到世界卫生组织(WHO)认定的安全标准将使人类的平均预期寿命增加2.2年。

世界上没有哪个地区比南亚改善健康和预期寿命的潜力更高。全球污染最严重的前五个国家中的四个—孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦—都地处南亚。AQLI数据显示,如果该四国的空气污染水平下降到符合世卫组织的安全标准,它们的居民将平均多活5年。由于南亚的高人口和高污染浓度,该地区因颗粒物污染而损失的预期寿命年数占全球总损失量的52%。

污染在中非和西非也是一个严峻的挑战。这些地区持续增加其对化石燃料的依赖和使用,而颗粒污染的威胁已经不下于艾滋病和疟疾等在该地区有名的公共健康威胁。同时,该地区几乎所有的国家都缺乏国家层面的污染限制,实时空气质量监测站也仅仅建有三座。相比之下,印度虽然土地

面积相对要小得多,境内却有大约200个监测站。数据透明度的严重缺乏是政策行动的一个主要障碍。

尽管减少全球空气污染的挑战可能看起来很艰巨,但中国的进步给我们提供了一个优秀的范例。2013年,中国经历了一系列历史上最严重的空气污染阶段,这也让公众意识和社会批判达到了新的高度。第二年,中国总理李克强宣布"向污染宣战",拨出大量公共资源用于治理污染。中国严格的政策行动导致了污染水平的迅速下降。自2013年以来,中国的颗粒物污染已经下降了39.6%,假设这些成果能够持续下去,中国居民的平均预期寿命将增加约2年。将中国的成功做个对比,自2013年以来,中国境内污染水平的下降占全球下降总量的百分之百。美国和欧洲花了数十年的时间和经历了数次经济衰退之后才实现了与中国在7年内所获得的相同程度的污染减少,而中国在此期间还保持了经济的持续增长。尽管如此,目前中国的污染水平仍然远超世卫组织的安全标准。

值得注意的是,空气污染也与气候变化深深交织在一起。这两个挑战主要是由同一个罪魁祸首所造成的:发电厂、车辆和工业所引起的化石燃料排放。这也给我们提供了一个难得的双赢机会,因为减少人类对化石燃料的依赖的政策可以在让人们变得更长寿、更健康的同时一并减少全球气候变化所造成的危害。

在这份报告中,我们使用最新修订的卫星衍生的PM2.5数据来证明清洁空气政策的非凡好处。

随着越来越多的科学证据表明颗粒物污染—即便是相对较低的浓度下—对健康的负面影响,世界卫生组织(WHO)在2021年9月22日更新了其关于颗粒物污染对于人类健康

方法

AQLI的预期寿命计算是基于Chen et al. (2013) 和Ebenstein et al. (2017) 在中国进行的自然实验研究,这组研究均由芝加哥大学经济学教授迈克尔·格林斯通合著。通过比较长暴露在不同程度的空气颗粒物污染中的两组人群,这两项研究合理地将颗粒物污染的影响从影响健康的其他因素中分离出来。这两项研究中的最新发现指出,空气中的PM10每增加10,人类预期寿命将会缩短0.64年。以PM2.5计算,我们预估空气中的PM2.5每增加10微克/立方米,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PM2.5数据融合,以计算世界各地通过清洁空气可以实现的预期寿命的提升。

要了解更多关于AQLI和其方法,请访问: aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology。

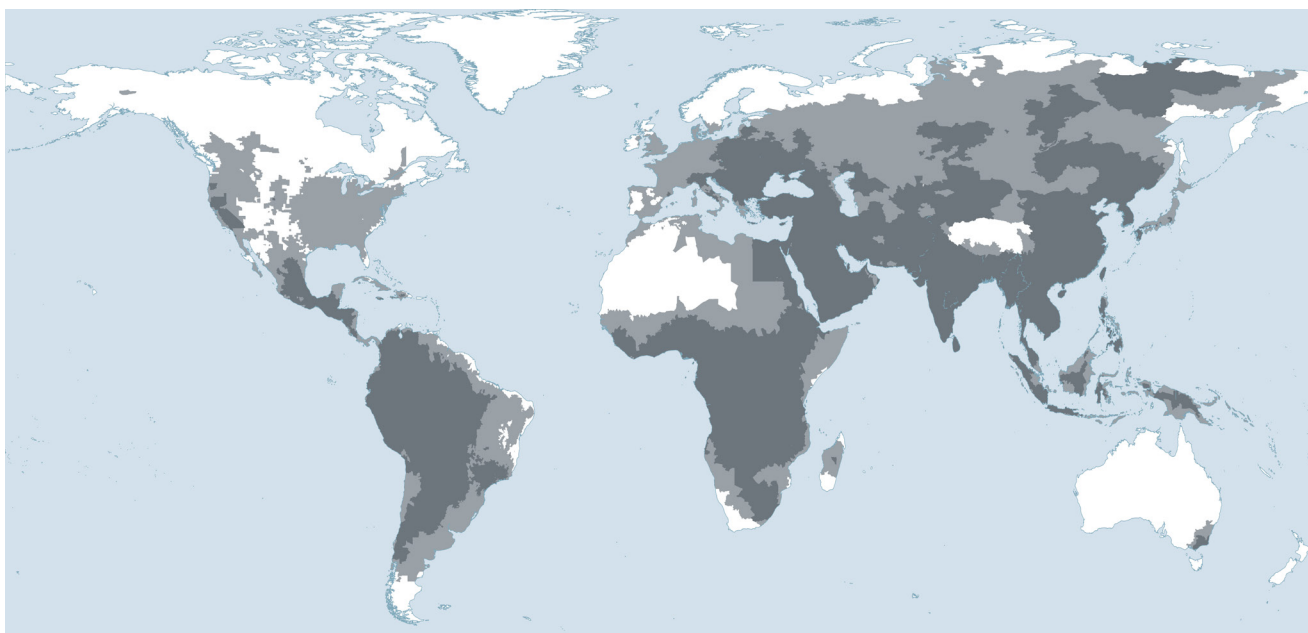
越来越多关于污染对健康影响的证据成就了更有说服力的安全基准

的安全标准。² 这是2005年制定空气质量安全标准以来的第一次更新,将原先的10微克/立方米的标准下调至5微克/立方米。³世卫组织在安全标准上的大幅度修订释放出了一个明确的信号:空气污染的致命性远比想象中的要大。

根据新修订的卫星衍生的PM2.5数据显示,在2020年里,全球80.2%的人口生活在PM2.5浓度高于旧版世卫组织的健康标准的地区。根据修订后的更严格的标准,全球现在有97.3%的人口生活在空气污染超过建议标准的地区(见图1)。

这一修订的影响在美国和欧洲尤为明显。根据旧的健康标准,2020年里美国和欧洲分别只有7.6%和47.3%的人口生活在空气污染超标的地区。也许是由于这个原因,近年来清洁空气没有成为一个受关注的主要政治问题。但根据新的标准,美国和欧洲分别有92.8%和95.5%的人现在生活在污染超标地区。同时,几乎整个南亚和东南亚以及超过93%的拉丁美洲地区的污染都超过了现有标准。

图1: 世卫组织修订版安全标准对世界各地污染超标程度的影响



Note: 白色区域对应的是符合世卫组织准则的地区。深蓝色区域对应的是那些根据原先的世卫组织标准被归类为污染超标的地区。浅蓝色区域对应的是不符合世卫组织最新标准的地区。

² 见Burnett and Aaron, 2020

³ WHO, 2021

第一节

在疫情大封锁的背景下,全球污染水平仍保持平稳,健康威胁显著

即使世界各地的经济停滞不前,全球污染水平在新冠肺炎疫情的第一年仍然保持平稳。这证明污染是一个异常顽固、只有通过强有力的政策才能被解决的问题。AQLI显示,如果全球污染被控制到最新的世界卫生组织(WHO)安全标准之内,人类的平均预期寿命将增加2.2年。

2020年,新冠肺炎疫情肆虐全球,全世界各地区都迅速出台了封锁和旅行限制。这使得局部地区的环境质量在短时间内得到了改善。然而,全球范围内的平均颗粒物污染水平几乎不变。根据新修订的卫星监测PM_{2.5}数据,尽管全球各地的经济发展速度迅速放缓,全球人口加权平均PM_{2.5}水平在2019年和2020年之间仅有小幅度的下降,从27.7微克/立方米降至27.5微克/立方米,这一数据是世卫组织最新的5微克/立方米标准的五倍有余。事实上,现今的全球颗粒物污染水平与2003年大致相同(见图2)。

在全世界经济因疫情而停滞不前的一年里,颗粒物污染水平仍然高居不下,这一事实强调了空气污染所带来的巨大挑战,以及强有力的抗污政策能够改善人类健康的可能性。AQLI显示,如果全球污染水平下降到现在更严格的世界卫生组织(WHO)健康标准,人类的平均预期寿命将增加2.2年。换句话说,永久

性地将空气污染改善到世卫组织的健康标准将使全球平均预期寿命从大约72岁增加到74.2岁。总的来说,全世界人口将获得惊人的170亿年的额外寿命。

全世界有74亿人(占全球人口的97.3%)生活在PM_{2.5}浓度超过世卫组织最新的健康标准的地区。最新的、更加严格的健康标准反映了近十年的科学研究证据:即便是低水平的空气污染,其对人类健康的负面影响要比最初想象的大得多。

AQLI使得这一系列越来越丰富的科学证据变得更具有社会意义。AQLI的研究显示,以预期寿命作为衡量单位,环境颗粒物污染始终是世界上对人类健康的最大风险。颗粒物污染使全球平均预期寿命减少了2.2年。相比之下,吸烟则使全球预期寿命减少约1.9年;饮酒会减少8个月的预期寿命;不干净的饮用水和卫生设施会减少7个月;艾滋病毒/艾滋病会减少4个月;疟疾会减少3个月;武装冲突和恐怖主义只会减少9天(见图4)。因此,颗粒物污染对预期寿命的影响与吸烟相当,是饮酒和饮用水及卫生设施问题的三倍,是艾滋病毒/艾滋病的六倍,是武装冲突和恐怖主义的89倍。

空气污染之所以如此致命,是因为对于生活在高污染水平国家的大多数人来说,暴露在空气污染之下是几乎不可避免的。虽然人们能够戒烟或对疾病采取预防措施,但每个人都必须呼吸空气。因此,空气污染影响到的人群比其他任何公共健康威胁都要庞大。如艾滋病毒/艾滋病、结核病和战争等健康威胁对受难者的影响更加显著,但它们染指的人群要小很多。例如,在2017年死于艾滋病毒/艾滋病的患者们平均早亡了大约53年。尽管有3600万人受到该疾病的困扰,但艾滋病患者的人数相比起呼吸污染空气的74亿人来说只是一个很小的群体。

图2: 2000-2020年全球PM_{2.5}水平的趋势

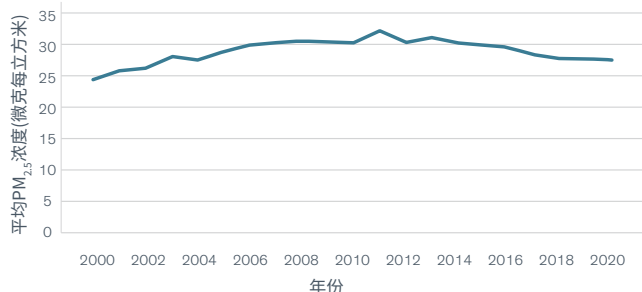


图3·在世界人口最多的前十个国家境内，将2020年的PM2.5水平永久降低到世卫组织的标准后可能获得的额外预期寿命

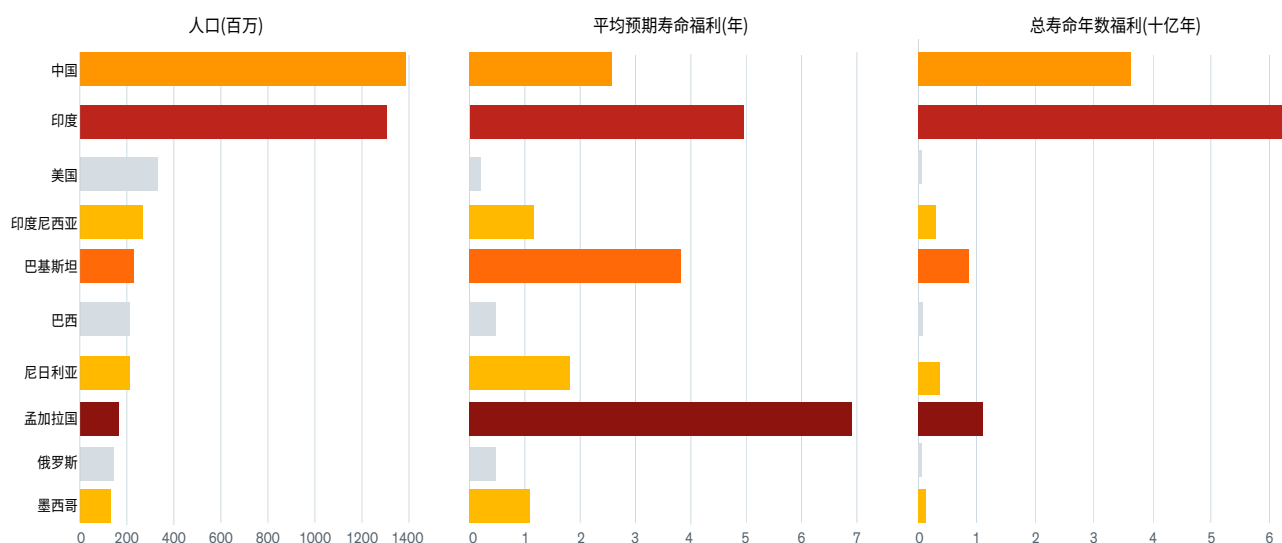
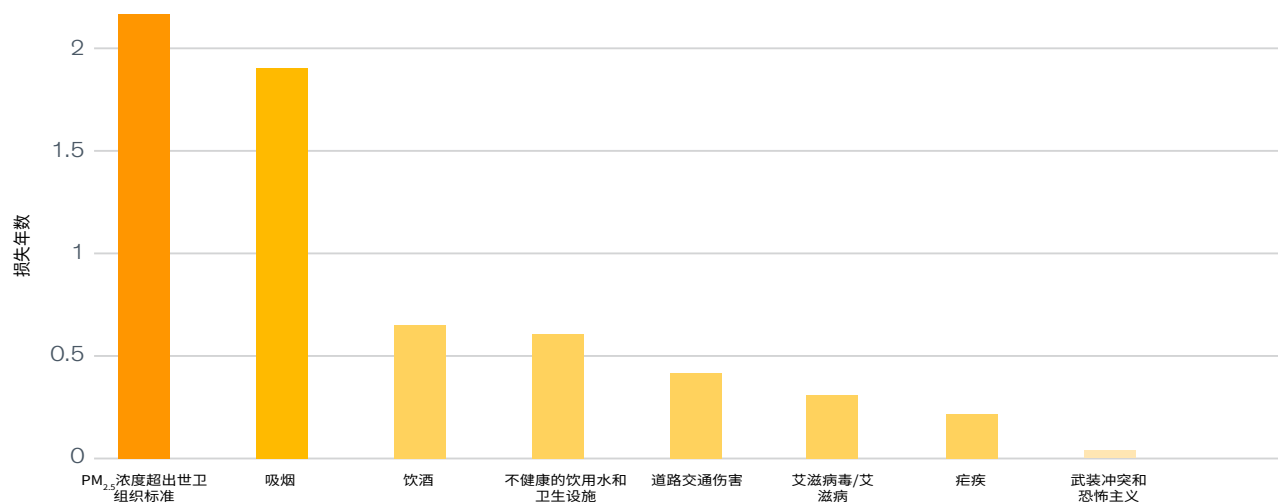


图4·PM_{2.5}和各种公共健康风险对全球预期寿命的影响



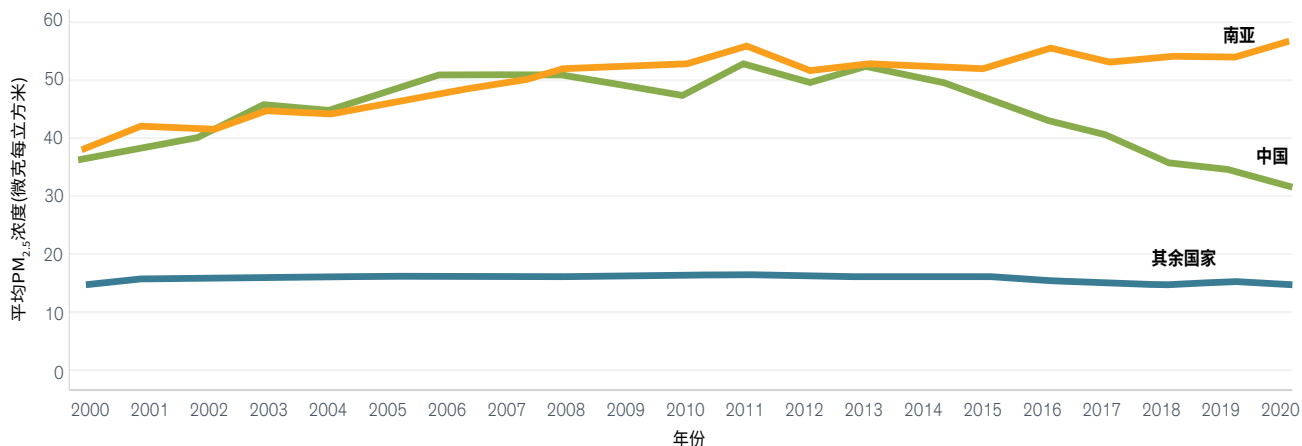
幸运的是，类似于针对化石燃料燃烧的环保法规等一系列强有力的清洁空气政策能够有效地减少颗粒物污染浓度，并提高居民的预期寿命，这些政策同时还有减少导致地球气候变化的温室气体排放的额外功效。

现今污染最严重的地区都集中在正在努力工业化的发展中国家。这些国家燃烧着大量的化石燃料，却没有像中国等国家那样通过法规来保障空气质量安全。相反的，中国近年来通过强

有力的政策，有效地缓解了其空气污染问题(图5)。

图6显示了如果PM2.5水平降低到世卫组织的健康标准后，全世界范围内的预期寿命上升年数与影响人数的分布情况。清洁空气的最大受益国(仅就预期寿命而言)是印度、中国、巴基斯坦、孟加拉国和印度尼西亚。事实上，仅这五个国家就占了全球空气污染所造成的寿命损失的四分之三，这是因为这些国家的污染程度高，人口也更庞大。

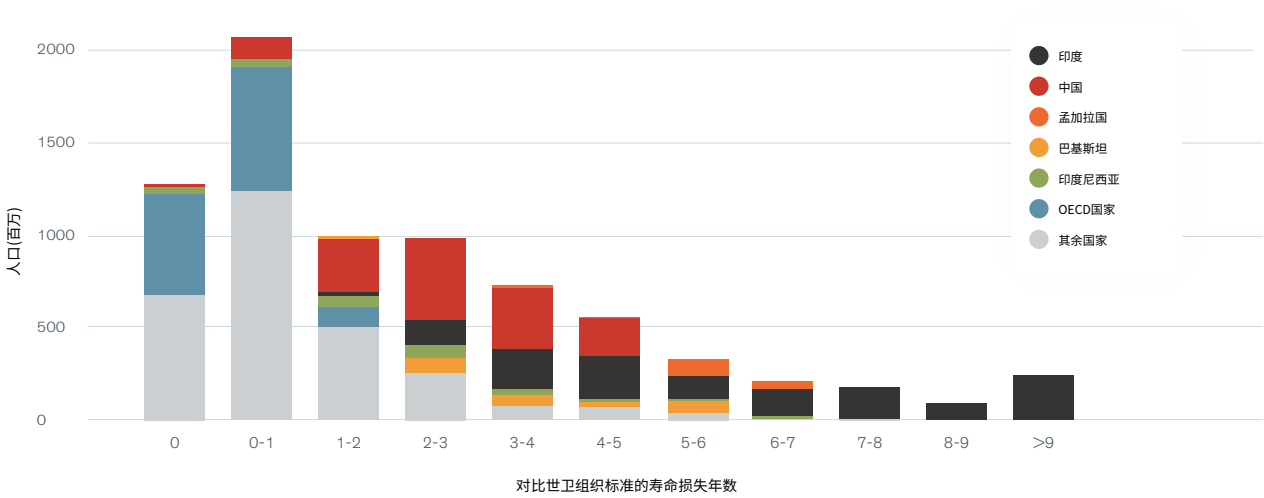
图5 :2000-2020年全球PM2.5浓度趋势



在新冠肺炎疫情的第一年里,封锁措施对于这些高污染国家的污染水平没有明显的影响。南亚地区的污染水平持续上升。在印度,PM2.5水平同比上升了2.9%,达到55.8微克/立方米;在巴基斯坦,PM2.5水平上升了6.3%,达到44.2微克/立方米;而在孟加拉国,PM2.5水平上升了13.1%,达到75.8微克/立方米(见图7)。

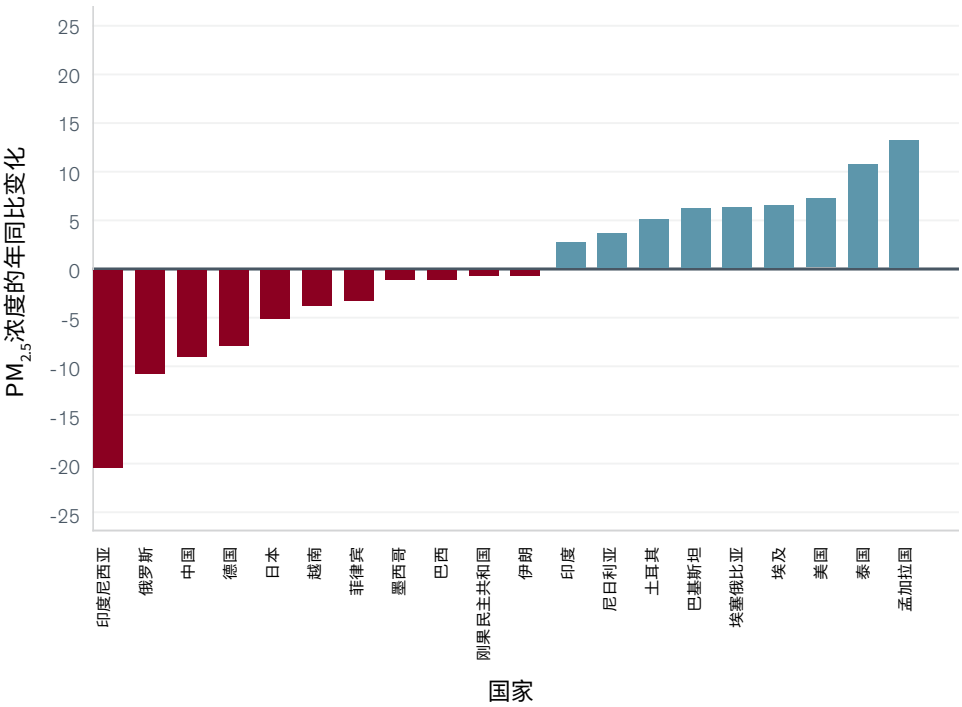
东南亚的部分地区的污染水平也在继续上升。在柬埔寨和泰国,PM2.5水平分别增加了25.9%和10.8%。不同的是,东南亚的其他地区的污染水平在2020年出现了下滑,这主要是因为火灾的数量与2019年相比有了一定下降。在2019年,印度尼西亚的苏门答腊岛和婆罗洲岛上发生了数千起火灾,并引起了区域性雾霾事件。在新加坡和印度尼西亚,PM2.5水平分别下降了38.3%和20.3%。

图6 · PM_{2.5}水平降低到世卫组织的标准后世界各地所增加的寿命年数与影响人数



注：印度、中国、孟加拉国、印度尼西亚和巴基斯坦将PM_{2.5}浓度降低到世卫组织标准后的人类寿命收益排名全球前五。

图7 · 新冠肺炎疫情第一年的2020年里PM_{2.5}水平的同比变化



第二节

南亚仍然是世界空气污染的热点地区

即尽管社会被长期处于疫情封锁之下，南亚的污染水平在新冠肺炎疫情的第一年仍然有所上升。作为地球上污染最严重的国家的所在地，长期暴露在空气污染中的南亚人的预期寿命被缩短了5年，这一数字在污染最严重的局部地区甚至更高。

空气污染的顽固性在南亚地区最为明显，尽管全球疫情导致经济发展速度放缓，该地区的空气污染水平在2020年仍然在上升。全球近四分之一的人口生活在印度、巴基斯坦、孟加拉国和尼泊尔这四个世界上污染最严重国家境内。南亚占全球因高污染而损失的预期寿命总年数的52%。如果污染水平能够被永久性地降低至世卫组织的健康标准，这四个国家的平均预期寿命将增加5年。

对于这其中的每一个国家来说，空气污染对预期寿命的影响都远远高于其他的公共健康威胁的影响。例如，吸烟使这些国家的预期寿命减少了2.5年；不干净的饮用水和卫生设施减少了大约1年；饮酒减少了大约半年。

这四个国家的居民接触到的平均颗粒物污染水平相比本世纪初高出了47%。假如2000年的污染水平得以保持至今，这些国家的居民将会失去3.3年的预期寿命，而不是现今的5年。

在世界所有国家中，颗粒物污染浓度高且人口众多的印度面临着最严峻的空气污染所带来的健康威胁。自2013年以来，世界上约44%的空气污染增长均来自印度，印度的颗粒物污染水平从当时的53微克/立方米上升到了今天的56微克/立方米。该数字大约比世卫组织的标准高出11倍。如果空气污染持续大幅度超出世卫组织的标准，印度居民的平均预期寿命将减少5年。

印度污染最严重的地区是北部的印度恒河平原⁴，那里居住着5亿人，约占全国人口的40%。该地区2020年PM2.5的平均浓度为76.2微克/立方米。印度首都德里就地处此地区，它是世界上污染最严重的巨型都市，年平均PM2.5水平超过107微克/立方米，该

数字是世卫组织标准的21倍。⁵

然而，印度的颗粒物污染问题已经不再局限于印度恒河平原。在过去的二十年里，重度空气污染受灾区已经从地理上扩散开来。例如，自2000年以来，空气污染水平在拥有2亿人口的印度马哈拉施特拉邦和中央邦已分别上升了68.4%和77.2%。在这两个地区，普通居民因为空气污染而丢失的预期寿命相比起2000年来说增加了1.5到2.2年。

虽然印度的部分地区拥有世界上污染最为严重的空气，但整体空气污染最严重的国家是孟加拉国。根据最新的卫星监测PM2.5数据，孟加拉国在2020年的PM2.5污染浓度为75.8微克/立方米。换句话说，在新冠肺炎疫情封锁下的第一年里，污染水平反而上升了13.1%。虽然这一数字比起2019年的67微克/立方米的水平有大幅增加，但其实在过去的十年里孟加拉国的PM2.5污染水平一直保持在63至77微克/立方米的高位之间波动。如此的长期污染水平比世卫组织的标准高出了12到15倍。

在尼泊尔，2020年的PM2.5浓度为47.1微克/立方米，普通居民如果能够呼吸到清洁的空气将多活4.1年。在巴基斯坦，2020年的PM2.5浓度为44.2微克/立方米，普通居民如果能够呼吸到清洁的空气将多活3.8年。

南亚的空气污染问题会日益加剧是在预期之中的。在过去的二十年里，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的使用迅速增加。自21世纪初以来，印度和巴基斯坦的道路上的车辆数量增加了约4倍。在孟加拉国，机动车的

4 我们把这个地区定义为以下七个邦和联邦领土：比哈尔邦、昌迪加尔邦、德里、哈里亚纳邦、旁遮普邦、北方邦和西孟加拉邦。

5 北印度/北印度/北印度带都是不同的术语，指的是完全相同的地区：具体来说就是印度恒河平原（如脚注4所述）。

数量从2010年到2020年大约增加了两倍。⁶ 从1998年到2017年，孟加拉国、印度、尼泊尔和巴基斯坦四国总体的化石燃料发电量增加了两倍。⁷ 农作物燃烧、砖窑和其他工业活动也导致了该地区颗粒物污染水平的上升。

能源使用的增加带来了生活水平和经济产出的提高，这无疑有益于社会的福祉。然而，伴随着能源使用而来的颗粒物污染已经产生了严重的后果，更糟糕的是非OECD国家的预计能源需求只会持续地上涨。如果没有协调一致的法规对策，空气污染的威胁将愈加严峻。

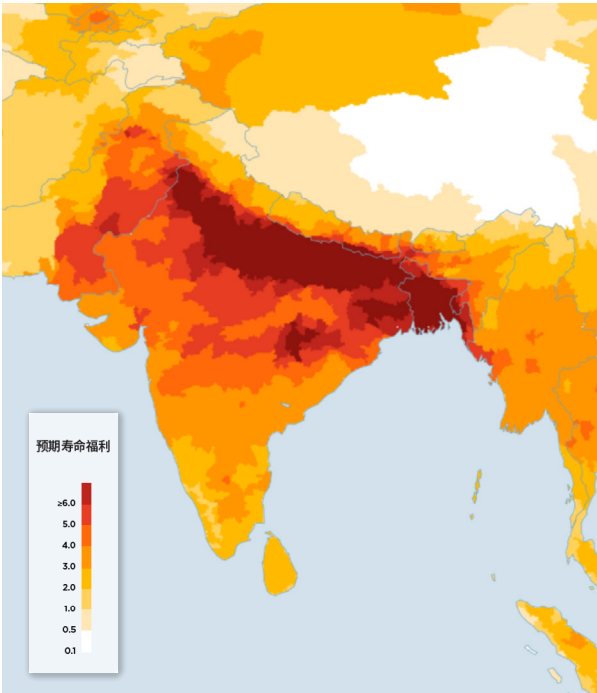
幸运的是，这些国家里越来越多的国民开始认识到污染问题的严重性，政府也逐渐作出回应。例如，印度政府在2019年宣布“向污染宣战”，并启动了国家清洁空气计划（“NCAP”）。其既定目标是截止2024年之前将颗粒物污染水平相比起2017年的水平降低20%至30%。印度同时采用了与欧盟标准相同的燃料排放标准。虽然NCAP的目标并不具有法律约束力，但假如该目标真的被实现和保持下去，印度的国民预期寿命将增加1.6年，德里居民的预期寿命将增加3.2年。

南亚的其他国家也开始采取政策行动。尼泊尔已经制定了加德满都谷地的空气质量管理行动计划，并采取了各种其他政策来控制车辆和工业的排放以管理空气质量。在巴基斯坦，政府开始安装更多的空气污染监测器，并严令高污染地区的工厂在冬季取暖的能源需求很高的时期停工。孟加拉国也正在扩大其污染监测能力，实时空气污染测量系统预计将很快从目前的4个城市覆盖到8个城市。⁸

巴基斯坦和孟加拉国都在积极鼓励砖窑业主向清洁技术进行转变。在孟加拉国的达卡地区，砖窑造成了约60%的颗粒物污染。地方政府在2019年修订了管理砖窑生产的法律，禁止在住宅、商业、农业和环境敏感地区附近建立砖窑。此外，政府正计划在2025年前逐步淘汰砖块，改用混凝土块，以减少对空气和表土质量的破坏。

这些政策最终成功与否将由颗粒物污染水平是否实际减少来决定。我们会关注这些国家在未来几年的空气质量数据，以提供一个量化的评估。

图8 · PM_{2.5}水平降低到世卫组织的标准后南亚地区所增加的预期寿命年数



6 《印度统计年鉴》，2017年，表20.4；《巴基斯坦统计年鉴袖珍本》，2006年，表17.5和《今日巴基斯坦》，2019年；孟加拉国公路运输局，2020年。

7 美国能源信息署（EIA）。

8 孟加拉人民共和国政府环境和森林部。

第三节

空气污染是东南亚地区所面临的一个主要挑战

与南亚一样，几乎整个东南亚的空气污染水平都超过了安全标准。在新冠肺炎疫情的第一年里，许多地区的污染情况并没有好转，局部地区的污染水平甚至增加了25%之多。2020年里污染最严重的地区是曼德勒、河内和雅加达等城市的周边地区，这些地区的居民也因此失去了3到4年的预期寿命。

尽管经历了疫情封锁期，2020年东南亚大部分地区的污染水平仍然持续上升。例如，柬埔寨和泰国的颗粒物污染分别增加了25.8%和10.8%。在东南亚大约6.5亿人口中，几乎所有的人（99.9%）都生活在颗粒物污染水平超过世卫组织最新的5微克/立方米健康标准的地区。在整个东南亚，空气污染使平均预期寿命相比起世卫组织标准的情况低1.5年。该地区的11个国家预计因为空气污染损失了9.598亿年的人类寿命。⁹

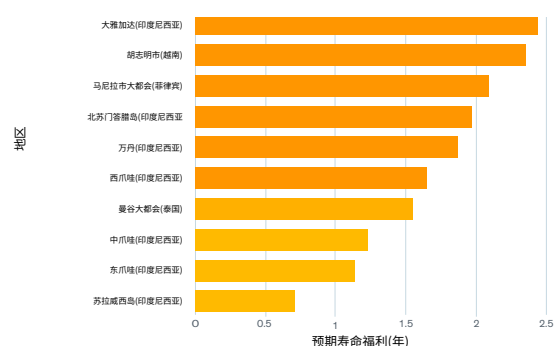
近二十年来，东南亚的污染水平基本没有变化，一般在19至22微克/立方米之间波动。然而，印度尼西亚在旱季频繁出现的火灾导致该国以及马来西亚等下风向邻国的空气污染激增。在全球疫情的第一年里，整个东南亚的人口加权平均污染水平有所下降。这很可能是因为火灾的数量与2019年相比少了很多。在2019年，印度尼西亚的苏门答腊岛和婆罗洲岛连续发生了数千场火灾。

2020年该地区火灾减少的重要影响也在数据中得到了证实。从2019年到2020年，印度尼西亚的空气污染水平下降了20%，马来西亚的污染水平也下降了34%。在印度尼西亚的人口和工业中心的爪哇岛，2020年的污染水平与2019年相比有所下降。在雅加达特大都市的周边地区（包括茂物、德波克、勿加西和坦格朗），平均PM_{2.5}浓度在2020年达到了30.1微克/立方米，同比下降了大约16%。尽管如此，如果该地区的污染水平能够达到世界卫生组织的健康标准，其2900万居民将平均增加2.5年的预期寿命。2020年，北苏门答腊是印度尼西亚污染最严重的地区之一，但污染水平总体也出现了下降。例如，棉兰的污染水平为33.1微克/立方米，比2019年的40.0微克/立方米有所改善。如果这块地区的污染能够被控制到世卫组织的标准之下，本地居民将额外获得2.8年的预期寿命。

柬埔寨、泰国和缅甸三国受印度尼西亚火灾事件的影响较小，它们境内的颗粒物污染水平从2019年到2020年都有所增加。缅甸是2020年东南亚污染最严重的国家，该国自2012年以来一直保持着这一头衔。其人口加权平均颗粒物污染浓度为32.4微克/立方米，是世卫组织的标准的六倍多。如果缅甸的污染水平能够达到世卫组织的标准，该国居民预期寿命将增加2.7年。在仰光和曼德勒，2020年的平均污染水平为32.7和36微克/立方米，如果这些地区的污染水平达到世卫组织的标准，本地居民将分别增加2.7和3年的寿命。

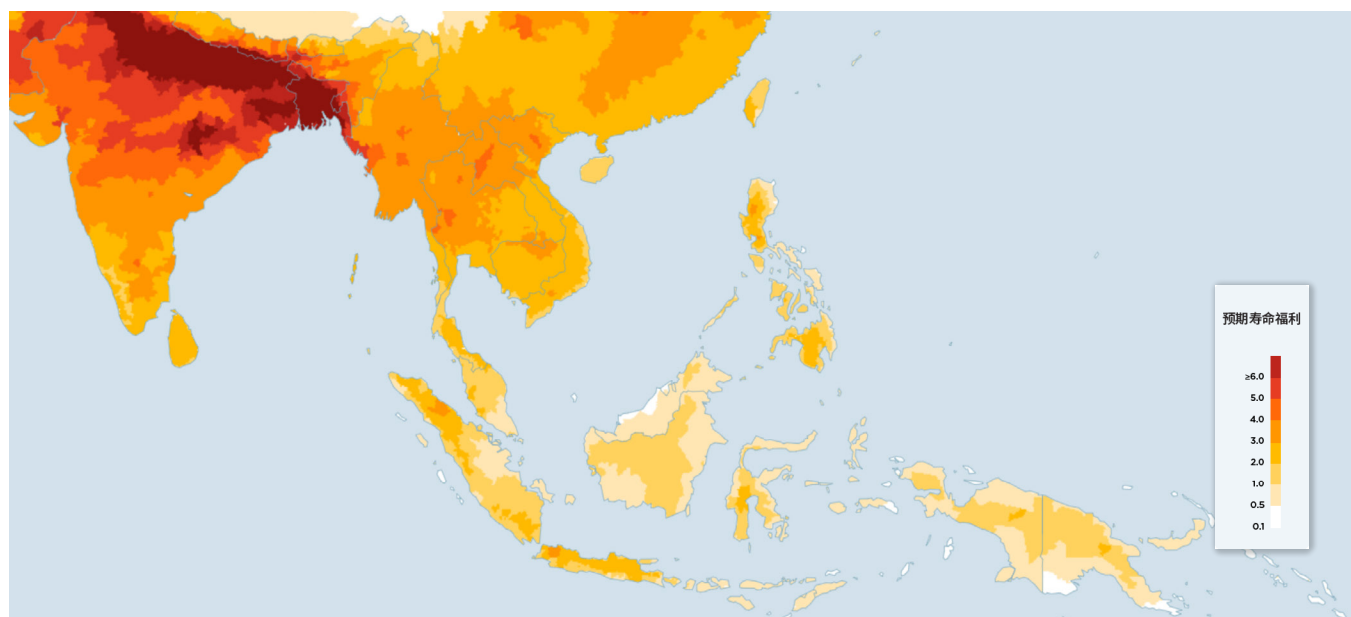
柬埔寨在2020年经历了最大幅度的PM_{2.5}污染增长，污染水平从16.5微克/立方米上涨到20.8微克/立方米，同比上升了26%。根据目前的污染水平，如果政府能够将空气污染控制到世卫组

图9·2020年PM_{2.5}水平降低到世卫组织的标准后东南亚地区所增加的预期寿命年数



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

图10· 2020年PM2.5水平降低到世卫组织的标准后东南亚10个人口最多的地区所增加的预期寿命年数



织的标准，柬埔寨的居民将增加1.5年的寿命。柬埔寨和缅甸都是农业火灾带来的高颗粒物污染的受害者。

在泰国，颗粒物污染水平比2019年增长了11%。2020年全国平均水平为23.8微克/立方米，该数字虽然逐年有所增加，但自2000年代中期以来已经基本保持稳定。从北部部分地区的34至36微克/立方米，到曼谷大都市的20.8微克/立方米，再到南部大部分地区的11至15微克/立方米，总体而言在2020年里，不同地区之间的颗粒物浓度有着很大的差别。AQLI研究表明，如果污染水平能够达到世卫组织的标准，曼谷的居民将额外获得1.5年的寿命。泰国北部地区（包括清迈、清莱和甘榜披的周边地区）频发的火灾加剧了局部的空气污染问题，该地区的居民的预期寿命相比起世卫组织标准的情况低了3年。

在越南，各地区之间存在着鲜明的差异。在环绕首都河内的北部红河三角洲地区，如果污染水平达到世卫组织的标准，当地的700万居民的预期寿命将增加3年。在空气质量较好的南部地区，空气污染的负面影响要小得多。总体而言，如果空气污染被永久降低至安全标准，越南居民的平均预期寿命将增加1.9年。

东南亚地区的国家该如何解决空气污染问题？除了减少通常因为农业种植园清理土地而非法放火所造成的生物质、森林和泥炭地的火灾之外，更严格的燃料排放标准是另一个潜在的改善领域。中国和印度的燃料标准与欧盟采用的标准（欧六）一样严格，相比之下，印度尼西亚、越南和泰国的燃料标准要宽松很多。该地区的机动车辆只需要满足欧四标准，该标准所允许的柴油氮氧化物排放比欧六高出3倍，硫含量高出5倍。不过越南将于2022年实施欧五标准。¹⁰

工业排放是另一个潜在的改善领域。印度尼西亚的燃煤电厂—

其中有10座在在雅加达方圆100公里内—被允许排放的颗粒物、氮氧化物和二氧化硫是中国煤电厂的3至7.5倍，是印度2003至2016年间安装的电厂的2至4倍。¹² 氮氧化物和二氧化硫一旦排放到大气中，就会形成颗粒物污染。

东南亚地区对于清洁空气的重要性的公民意识正在提高，在许多情况下这得归功于各个社区的清洁空气倡导者。一个例子就是雅加达的一个地区法院在2021年裁定支持一项由公民主导的诉讼，该诉讼声称政府在向公民提供安全、清洁的空气方面没有尽责。

10 Vietnam Plus, 2021

11 Taylor, 2019.

12 Zhang, 2016

第四节

中非和西非是一个不断恶化的污染温床

随着中非和西非的能源使用的持续增长,颗粒物污染正在成为一个不断恶化的健康威胁—现阶段的恶劣影响已经与艾滋病毒/艾滋病和疟疾等该地区众所周知的公共健康威胁的影响持平。在该地区污染最严重的地方,空气污染水平是世卫组织新标准的7倍。整个中、西非地区的97%以上的居民暴露在超过该标准的污染环境下。居民们的平均预期寿命也因此缩短了1.6年,在污染最严重的地区则缩短了多达5年。

南亚国家因为其极端的空气污染问题上得到了大量的媒体关注,但新的卫星数据显示,像刚果民主共和国、卢旺达、布隆迪和刚果共和国这样的非洲国家同样经历着世界上最严重的空气污染。

在新冠肺炎疫情的第一年里,中、西非地区的平均空气质量并没有显著的改善。2020年的人口加权平均PM2.5浓度几乎与2019年的平均水平相同,为21.1微克/立方米,该数字比世界卫生组织规定的新标准高出4倍。¹³ 如果这样的污染水平持续下去,居住在中、西非地区的27个国家里的6亿多居民将平均每人损失1.6年的生命。换句话说,如果该地区将空气污染控制到到世卫组织的标准之下,社会将额外获得9.71亿年的人类寿命。

虽然撒哈拉以南非洲地区的公共健康讨论的焦点在艾滋病毒/艾滋病和疟疾等传染病上,但如数据显示,颗粒物污染对健康的影响也同样严重。刚果民主共和国(DRC)的情况就是如此,该国近1亿人口,是2020年污染最严重的国家之一,那里的颗粒物污染为34.2微克/立方米,该数字比世界卫生组织的健康标准高出近7倍。该国民众的平均预期寿命因此比世卫组织标准情况下要低2.9年。

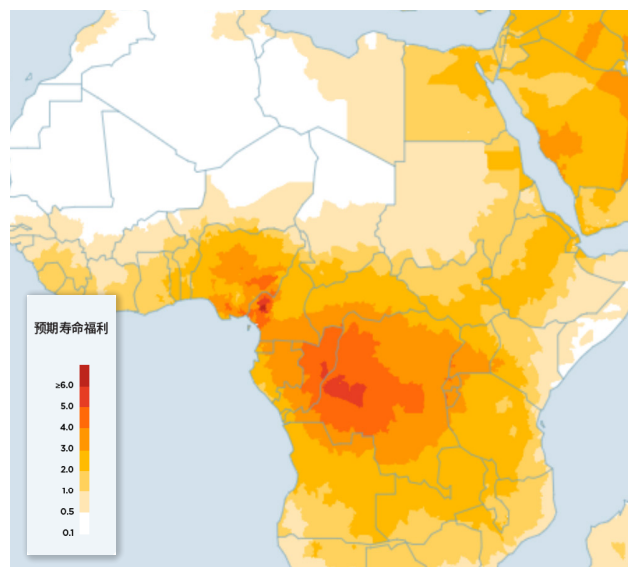
在拥有1100多万人口的金沙萨,居民的预期寿命缩短了3.2年。空气污染在金沙萨东部的一些省份(即马伊-恩东贝、奎卢和开赛)更加恶劣,清洁的空气能够将当地的居民的预期寿命提升3.6到4年。在这些地区,高空气污染水平的罪魁祸首是废物燃烧、采矿以及矿物加工和水泥制造等工业活动。此外,随着固体燃料的大量使用,居民面临着越来越严重的室内空气污染。

布隆迪、刚果共和国、喀麦隆和赤道几内亚是继刚果民主共和国之后中、西非地区污染最严重的国家。这些国家的情况都大致相

同。在喀麦隆的武里和姆丰迪,居民的预期寿命分别缩短了3.6年和2.7年;在刚果共和国的布拉柴维尔,这个数字是3.2年;在科特迪瓦的阿比让,这个数字是0.6年。

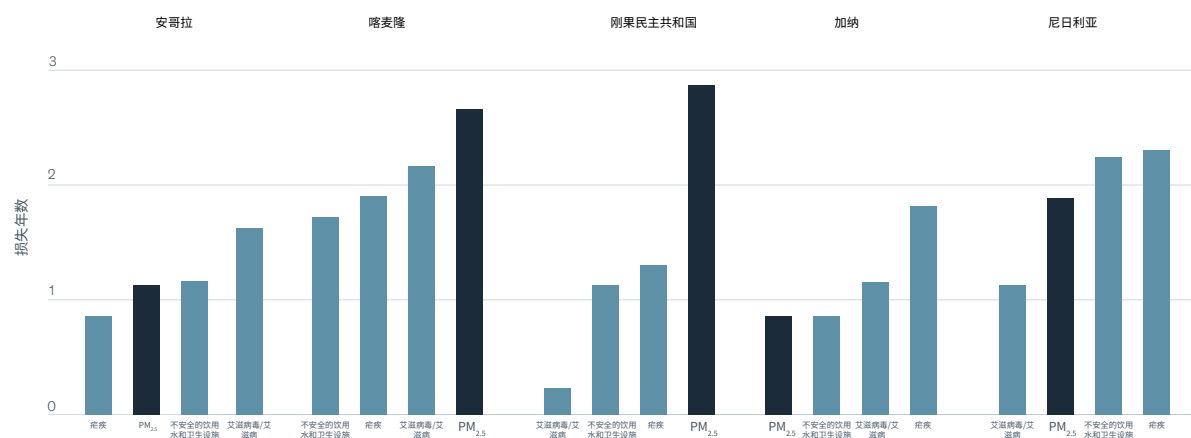
尼日利亚同样承担着沉重的空气污染负担。2020年,尼日利亚的颗粒物污染水平为23.7微克/立方米,比世卫组织的标准高出4.7倍。在拥有2000万人口的拉各斯,由于长时间通勤和高硫含量燃

图11 · 永久性地将PM2.5水平降低到世卫组织的标准后中、西非地区所增加的预期寿命年数



13 中部非洲包括组成中非国家经济共同体的11个国家。西非包括16个国家,遵循联合国对该地区的定义。

图12 · 中、西非洲五个人口最多的国家内颗粒物污染和其他健康威胁对预期寿命的影响



料导致的车辆排放、工业排放以及在不可靠的电力供应情况下使用柴油发电机的额外排放，城市空气污染水平居高不下。¹⁴ 如果颗粒物污染水平被永久地减少到符合世界卫生组织的标准，该市的居民的预期寿命将增加1.5年。

2020年里尼日利亚污染最严重的区域是尼日尔三角洲，那里的合法与非法炼油厂直接导致了高度空气污染下的严峻生活。在阿夸伊博姆、塔拉巴、克罗斯河和三角洲各州，平均PM_{2.5}污染水平保持在31.1至35.1微克/立方米之间。根据AQLI的数据，这些州的居民的预期寿命相比起世卫组织标准情况下要少2.6到3年。2020年尼日利亚污染最严重的城市是塔拉巴州的萨尔达纳，那里的PM_{2.5}浓度平均为45.3微克/立方米，与巴基斯坦的水平相似。这里的居民的预期寿命被污染缩短了4年。

虽然撒哈拉以南非洲地区约有10%的卫生支出用于防治艾滋病毒/艾滋病或疟疾，但空气污染问题在该地区却没有得到重视。¹⁵ 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，尼日利亚政府顶着公众的强烈抗议在4个月之后才宣布进入紧急状态。同样是在尼日利亚，该国政府却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。讽刺的是，与刚果民主共和国和喀麦隆的其他自然健康风险和严重传染病相比，空气污染在对预期寿命方面的影响是最为显著的，比儿童和产妇营养不良、艾滋病毒/艾滋病、疟疾、不干净的水和卫生设施以及其他风险更为致命（见图12）。¹⁶ 在尼日利亚，空气污染对预期寿命的影响大于艾滋病毒/艾滋病；与疟疾、不干净的水和卫生设施以及洗漱相当；但小于儿童和产妇营养不良（图12中没有显示）。

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，整个地区截至2019年只有三个实时空气质量监测站，几乎没有透明、有意义的污染数据可供研究。¹⁷ 相比之下，土地面积比中、西非洲小的印度有大约200个实时监测站。

非洲的能源消耗的预计增长速度将超过所有历史时期：2017年至2040年期间煤炭消耗的预计增长是1995年至2017年期间的增长的两倍多；天然气消耗预计增长将是1995年至2017年期间的增长的两倍多。¹⁸ 除非立刻采取行动来解决未来污染排放的高速增长，否则空气污染只会成为非洲国家的一个棘手的问题。

14 Croitoru et al, 2020.

15 2015年用于防治艾滋病毒/艾滋病的国内和国际援助资金合计180亿美元，2016年用于防治疟疾的资金为27亿美元。撒哈拉以南非洲的卫生支出总额为1940亿美元。（Dieleman et al., 2018; Haakenstad et al., 2019）。

16 除PM_{2.5}污染外的死亡原因和风险的预期寿命影响是根据《2019年全球疾病负担》的死亡率数据计算的。详情请见<https://aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology/>。

17 UNICEF, 2019.

18 BP Energy Outlook 2019.

第五节

在更加严格的最新健康标准下，大多数拉丁美洲人都在呼吸污染超标的空气

拉丁美洲6.4亿人中的绝大多数人呼吸的空气都超过了世卫组织的健康标准。危地马拉、玻利维亚和秘鲁四个国家的高污染区域的空气质量与印度的浦那和中国的哈尔滨等世界上其他高污染的大都市地区类似。在这些热点地区，颗粒物污染水平比世界卫生组织的指导方针高出8倍以上。这些地方的居民可以从更清洁的空气中获得3到4年的额外预期寿命。

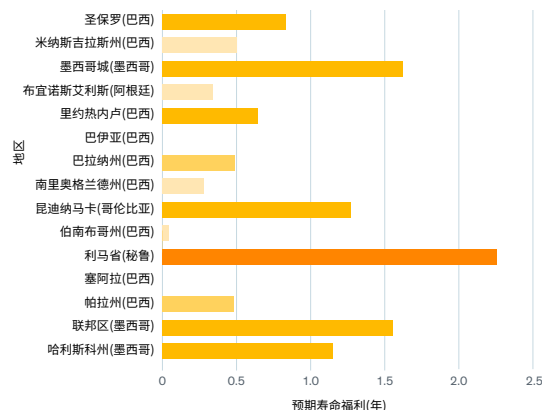
新的卫星监测PM2.5数据显示，拉丁美洲6.4亿人中有93.1%暴露在超过世卫组织标准的5微克/立方米的颗粒物污染水平下。¹⁹ 虽然清洁空气能给整个拉丁美洲大陆所带来的平均预期寿命收益相对较低，只有不到11个月，但在高污染的热点地区，收益要显著得多。在危地马拉的米克斯科市，2020年的平均PM2.5浓度为41.4微克/立方米，把空气污染长期控制到世卫组织的标准之下将带来3.6年的预期寿命收益。巴西的波尔图-韦略也有类似的空气污染问题，那里的居民因污染而损失了3年的预期寿命；玻利维亚的安德烈斯-伊巴涅斯的居民损失了2.8年的寿命，而居住在秘鲁的利马的居民则损失了2.2年。拉丁美洲地区主要的污染源包括车辆排放、无铅燃料的使用，以及近期出现的野火。

车辆排放是造成拉丁美洲主要污染热点城市空气质量恶劣的主要原因。哥伦比亚的波哥大是全世界平均通勤时间最长的城市，而该市的市民在2020年因为空气污染平均损失了1.3年的预期寿命。²⁰ 因为通勤者需要在户外和道路上花费更多的时间，长时间的通勤也就意味着高度的交通拥堵和更高的污染暴露水平。机动车出行限制在整个拉丁美洲地区一直是一个广受欢迎的法规对策。智利的圣地亚哥和墨西哥的墨西哥城分别在1986年和1989年颁布了基于汽车牌照的驾驶限制。在这两个城市之后，又有几个拉美城市实施了类似的限制措施。

拉丁美洲的空气污染不仅限于其城市。玻利维亚的农村居民也面临高水平的PM2.5污染。贝尼省是该国空气污染最为严重的地区之一，该省的2020年颗粒物污染的平均水平为37.4微克/立方米。家庭固体燃料的使用、汞污染和森林砍伐是造成这个地区空气污染的主要原因。

在巴西，由于肆虐雨林的野火，整个亚马逊地区的颗粒物污染水平是世卫组织的健康标准的4倍多。火灾是森林砍伐和非法放火的结果，其目的是为了耕种和放牧活动开发土地。如果空气污染水平永久性地降低到世卫组织的标准，该地区的420万居民可以额外获得1.6年的预期寿命。

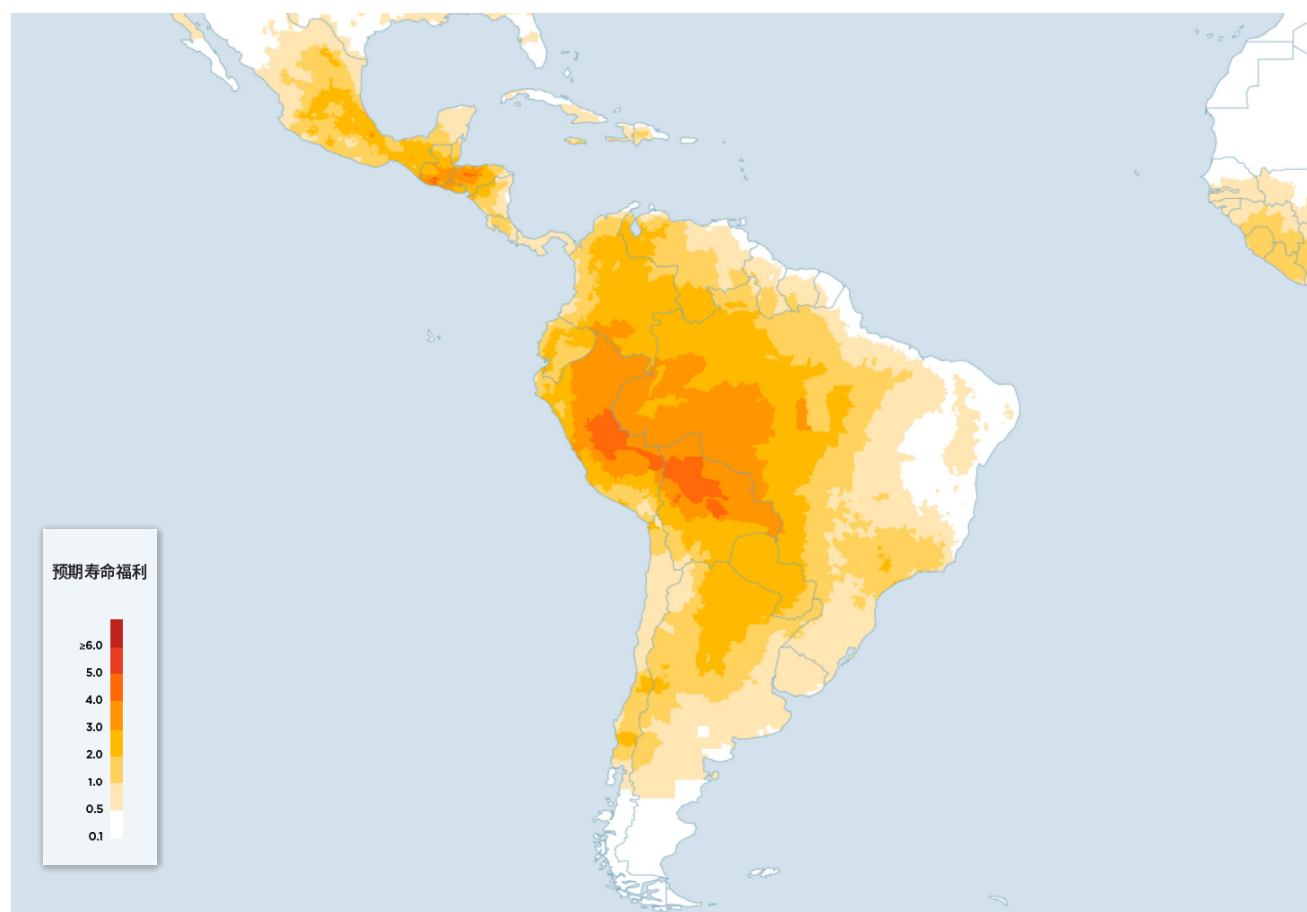
图13 · 2020年PM2.5水平降低到世卫组织的标准后拉丁美洲15个人口最多的地区所增加的预期寿命年数



19 拉丁美洲包括北美洲、中美洲和南美洲的27个讲西班牙语或葡萄牙语的国家

20 INRIX, 2020.

图14 · 2020年PM2.5水平降低到世卫组织的标准后拉丁美洲地区所增加的预期寿命年数



第六节

中国在反污染战争中战果磊磊

自从七年前中国开展“反污染战争”以来，中国的污染水平一直在下降。2020年保持着同样的下降趋势，与2013年相比，污染水平下降了约39.6%。如果迄今的变化能够保持下去，中国公民的平均寿命由于环境的改善可望延长2年。尽管如此，中国还有很长的路要走。虽然中国境内的空气已经达到了国家空气质量标准，但空气污染水平仍然大大超过世卫组织的标准。

虽然近年来世界上部分地区的空气污染问题有所恶化，全球总体的污染水平相较2013年来说是有所有改善的，而这可以完全归功于中国。在2013年至2020年期间，如果不是因为中国的空气污染水平的急剧下降，全球人口加权平均颗粒物污染水平是略有上升的。中国的污染水平逐年急剧下降，2020年也不例外。2013年至2020年，空气污染水平下降了39.6%；2019年至2020年，空气污染水平下降了9.1%。在2013年至2020年这段时间里，北京的空气污染的下降幅度最大，PM2.5水平在短短七年内下降了55%，从85微克/立方米下降到38微克/立方米。从2019年至2020年，北京的空气污染水平下降了8.7%。

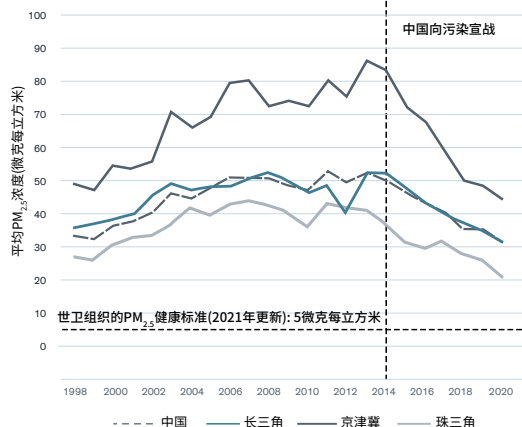
图16将这些空气质量的改善转化为普通居民所获得的额外预期寿命。AQI的数据显示，由于自2013年以来污染的稳步下降，如果这样的环境改善能够得以永久性地保持下去，北京居民将能预期多活4.6年。上海的PM2.5水平从50微克/立方米下降到了28微克/立方米，平均每个居民可望多活2.2年。在全国范围内，居民的预期寿命相对于2013年增加了2年。

中国在减少污染方面取得了如此成功的背后是严格的公共政策。在中国于2013年达到历史最严重污染水平后，公众开始呼吁改变。中国政府在2013年秋季以《大气污染防治行动计划》作为回应，计划规定了要在2017年底前完成改善空气质量的具体目标，这其中包括一项2700亿美元的拨款补助，将人口稠密的京津冀地区的PM2.5污染减少25%以及将珠江和长江三角洲地区的PM2.5污染分别减少15%和20%的计划目标。²¹

21 珠三角是指珠江三角洲，它包括密集的城市网络，覆盖广东省的九县，东莞、佛山、广州、惠州、江门、深圳、肇庆、中山和珠海以及香港和澳门特别行政区。长三角代表长江三角洲，它包括上海、江苏和浙江。BTH代表京津冀。值得注意的是，我们对长三角地区的定义包括整个江苏和浙江地区。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有所不同。

在2014年的人民代表大会上，李克强总理宣布发起一场“反污染战争”。在一个通常用于讨论关键经济目标的全国性会议的开幕式上发表这一声明，标志着中国长期以来将经济增长置于环境保护工作之上的政治态度发生了重要转变。²²这也标志着政府对该国空气质量话题的官方口径发生了重要变化。国家媒体在过去声称能见度低是由于“雾霾”，并称污染排放对雾霾没有直接影响，以便转移人们对空气质量话题的关注。现在，政府开始强调其对环境保护的责任。

图15 · 中国大陆主要地区的PM2.5浓度变化



见注脚21

为了实现《大气污染防治行动计划》中规定的目标，政府开始限制北京、上海和广州等大城市的机动车通行数量，削减工业部门的钢铁制造能力。在京津冀、珠江三角洲和长江三角洲地区，新

22 Greenstone et al., 2020.

煤炭发电站的修建被禁止，现有的煤电站一部分被强制要求减少排放或转用天然气和其他可再生能源，一部分则被关闭或搬迁。此外，北方家庭取暖用的燃煤锅炉被替换为燃气或电加热器。

在中国的“反污染战争”开始七年后的今天，其成果是有持续性的，也是货真价实的。如前文所述，空气污染水平下降了39.6%。得益于严格的环保政策，中国的空气污染水平现在已经达到了国家标准。但是中国的空气污染现状仍然比世卫组织的标准高出6倍。在国际上对比的话，北京的污染程度比美国污染最严重的城市洛杉矶高3倍。总的来说，如果中国能够将其空气污染从2020年的水平永久性地降低到符合世卫组织的健康标准，其居民的平均预期寿命将延长2.6年。在河北、河南和天津等污染较重的省市，预期寿命的收益甚至更大，这些地区的居民将分别获得多达4.1年的额外预期寿命。北京居民则可以增加3.2年的预期寿命。

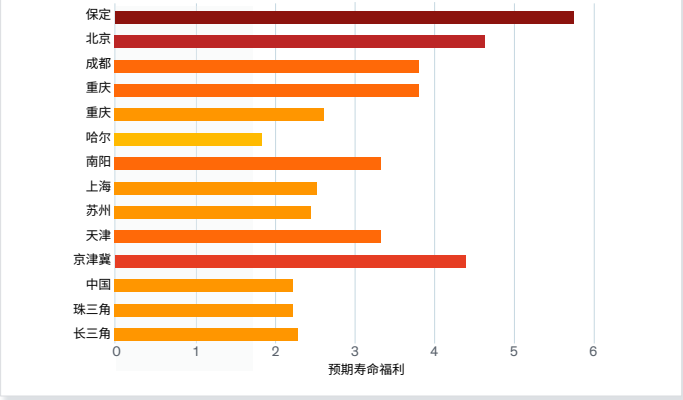
中国能否达到并维持进一步的减污目标呢？截至目前，中国一直依靠行政管理手段来迅速减少污染。这些措施虽然见效了，但也随之带来巨大的经济和社会成本。例如，当京津冀地区在2017年夏季没有达到减污目标时，政府在目标期限之前的2017年8月发布了143页的“战斗计划”作为回应，要求在第二年3月前大幅减少工业和民用煤炭消费。随之而来的政府管理手段包括在天然气或电力替代物出现之前拆除燃煤锅炉，这使北方大城市的一些家庭失去了冬季供暖。

虽然这仅仅是说明目前政策的高额成本的一个具体例子。但事实是几乎所有的政策都高度依赖“行政管理手段”，完全不考虑如何将实现减污目标的成本降到最低。中国政府关闭、迁移和减少了大量排污企业的生产能力，在许多行业应用更加严格的排放标准，向地方政府分配具有政治约束力的减排目标，并派出数千名巡视小组成员去检查地方政府的环保表现。这些措施虽然有效地减少了全国的排放总量，但却忽视了不同企业、行业和地区在减排成本上的巨大差异，并造成了巨大的经济和行政成本。这些政策还引起利益相关者在社交媒体上抱怨过于严格的环境法规，迫使被排污企业解雇的工人提出抗议，甚至让地方政府对严格的环保法规进行抵制。

随着中国进入“反污染战争”的下一阶段，中国可以将重心放到以市场为基础的环保手段上，以便在持续性地减污的同时造成较低的成本和面对更小的社会性压力。这种减少污染的方法在世界其他地区已经取得了成功。美国的二氧化硫排放交易市场作为历史上规模最大的排放交易市场之一，在1980年至2003年期间降低了美国40%的二氧化硫排放污染。分析表明，该交易市场的最终收益是其成本的40倍。同时，印度古吉拉特邦政府于2019年在工业城市苏拉特实施了世界上第一个颗粒物污染的排放交易市场。证据表明，参与交易市场的工厂减少了约24%的污染，而其运营成本没有明显的增加。中国在2021年7月引入了国家级的碳排放交易市场，该市场建成后将成为世界上最大的此类市场，为该未来建设颗粒物和二氧化硫排放市场奠定了良好的基础。

[注：关于中国在2008年夏季奥运会到2022年冬季奥运会之间改善其空气污染问题的详细情况，请参阅 发表于2022年2月的《从2008年夏季奥运会到2022年冬季奥运会：中国的反污染之战》]。

图16 · 中国大陆将PM2.5水平降低到世卫组织的健康标准后可能带来的预期寿命增长，2013年对比2020年



第七节

一个更加严格的最新健康标准揭示了美国和欧洲的空气污染问题

虽然美国和欧洲持续执行强硬空气污染法规大大减少了颗粒物污染，公民也因此变得更加长寿、健康，但即使是低水平的空气污染对人类健康也有显著影响。这些新的科学研究认知表明，以前被认为是安全的地区的空气状态仍然值得我们去关注。

几十年前欧洲和美国的空气污染问题因为工业化变得异常严重，之后这两个地区基本上都成功地颁布了强硬的减污法规。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最大允许浓度。它还为污染源制定了排放标准，引导工业设施安装污染控制技术，并指引汽车制造商生产更清洁、更省油的机动车。此外，该法案还要求各州政府制定自己的减污计划，以实现和保持空气质量标准。

该法案迅速改善了美国人所呼吸的空气。截止1980年，美国的颗粒物污染与1970年相比减少了50%，颗粒物的前体的二氧化硫的环境浓度减少了44%，当然这也一定程度上受到了1970年代经济发展速度放缓的影响。

今天，美国人平均接触到的颗粒物污染水平比1970年时减少了66.9%。他们也因此而变得更加长寿，现今美国人的平均预期寿命相比1970年增加了1.3年。对于那些生活在前雾霾之都的洛杉矶的人来说，颗粒物污染自1970年以来下降了近53%，该城的居民的平均预期寿命延长了1.3年。在费城和华盛顿特区，这一增长是2.4年和3.1年。

欧洲的历史与美国类似。环境法规改革中的重要一环就是在20世纪90年代中期建立欧洲环境署，其职责是为立法者和公众提供中立的信息。在随后的几年里，欧盟设定了排放目标和污染标准，发布了全面的清洁空气计划，并实施了环保辅助措施以确保清洁目标的实现。欧盟的燃料排放标准等空气污染法规已经被阿根廷、印度、土耳其等许多其他国家采纳为他们的排放标准。现今欧洲人平均接触到的颗粒物污染水平比20年前下降了24.1%，他们的预期寿命因此增加了4个月。该收益在曾经污

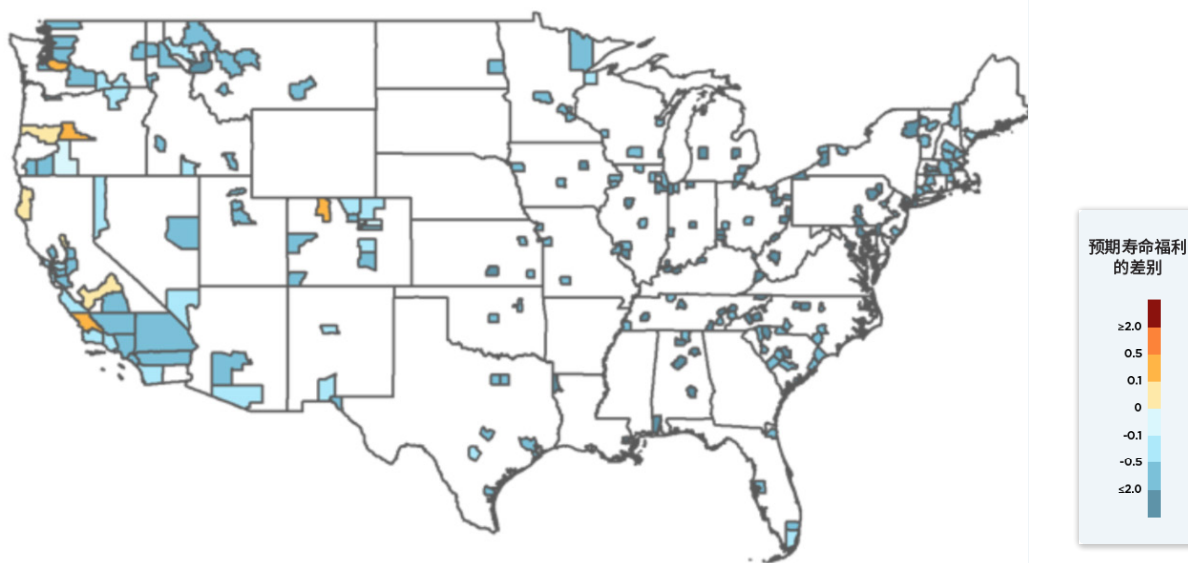
染特别严重的地区更为显著。

由于上述的成功，占世界人口15.7%的美国和欧洲只占颗粒物污染造成的全球公共健康负担的4.1%左右。然而随着人们对于空气污染负面影响的科学理解更加深入，在美国和欧洲大部分地区存在的低水平的空气污染现在也被纳入世卫组织对空气污染健康研究的评估之中。新数据表明，美国和欧洲分别有92.8%和95.5%的人口生活在污染超标的地区。相比起来，在曾经的科学认知和健康标准下，美国和欧洲分别仅有7.6%和47.3%的人口生活在污染超标地区。这一现状可能证明清洁空气没有得到该地区政府应该赋予的重视。

虽然还有进步空间，但清洁空气在欧洲和美国的健康收益相对较低。美国2020年的平均PM2.5污染水平为7.1微克/立方米，略高于世卫组织的准则。符合世卫组织标准的清洁空气大约能为居民提升2.5个月的预期寿命，也就是总共6800万年的人类寿命。欧洲人在2020年平均暴露在11.2微克/立方米的颗粒物污染浓度下，这一数字符合欧盟25微克/立方米的空气污染标准，但没有达到修订后的世卫组织健康标准。如果颗粒物污染能够下降到世卫组织的标准，整个欧洲的平均预期寿命将提高7.3个月，相当于5.27亿年的人类寿命。

在美国和欧洲，改善空气污染带来的最大好处都集中在特定的区域。例如，美国西部近年来野火不断，导致该地区的空气污染水平上升。加利福尼亚州中央谷地的居民现在一直暴露在超过国家和世卫组织空气质量标准的颗粒物污染之下。加州在2020年又经历了一年的强烈野火，全国污染最严重的20个县中有19个分别在加州，平均PM2.5污染浓度从塞拉县的13微克/立方米到马里波萨县的22.6微克/立方米不等。在马里波萨，如果空气

图17· 1970-2020年美国PM2.5变化引起的预期寿命变化



质量从2020年的水平长期下降到世卫组织标准线以下，居民将获得1.7年的额外预期寿命。在一些县，2020年的污染水平甚至高于其1970年的水平。

欧洲的情况大致相似，欧洲大陆东部等人口比较集中的地区可以获得最大的健康收益。波兰、白俄罗斯、斯洛伐克、匈牙利、立陶宛、亚美尼亚、摩尔多瓦、塞浦路斯以及波斯尼亚和黑塞哥维那各国的整体人口都暴露在超过世界卫生组织的健康标准的空气污染之下。

东欧以外的地区也存在高污染区域，其中包括米兰市在内的意大利波河谷以及土耳其的工业中心布尔萨。如果米兰和布尔萨的颗粒物污染水平达到世界卫生组织的标准，该地居民将分别增加1.6和1.9年的预期寿命。

图18 · 1998-2020年欧洲PM2.5变化引起的预期寿命的变化

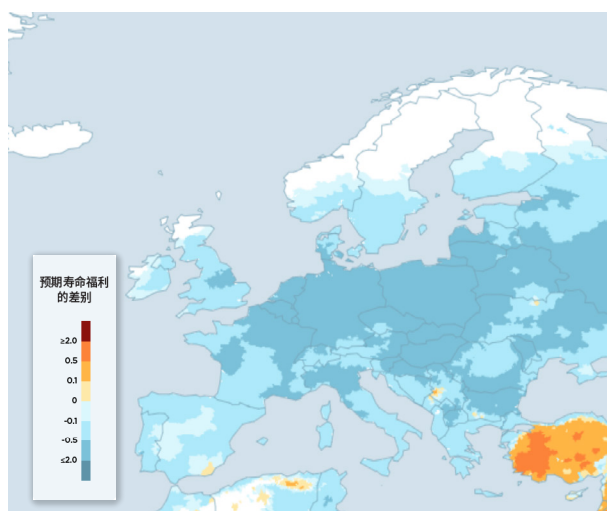
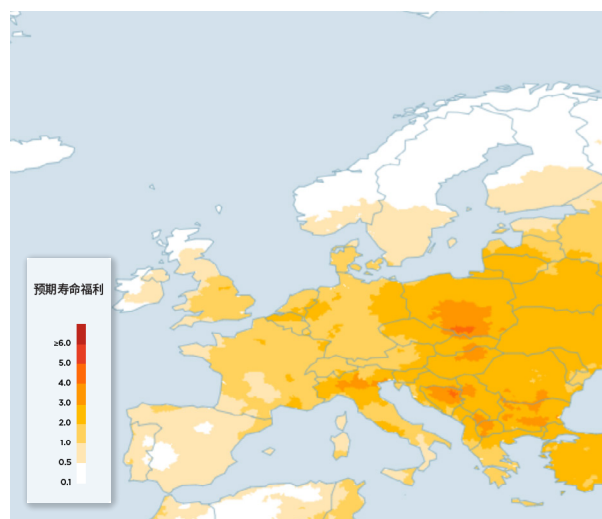


图19 · 欧洲永久性地将PM2.5从2020年的浓度降低到世卫组织标准后可能带来的预期寿命增长



结论

尽管对抗新冠肺炎疫情的社会性封锁措施使世界各地的经济停滞不前,颗粒物污染在2020年仍然是一个顽固的挑战。假如现在的高污染水平保持不变,全球可能会有170亿年的人类寿命因污染而消失。在全球污染最严重的地区,空气污染在持续恶化,这其中就包括南亚地区,该地区占颗粒物污染造成的全球公共健康负担的一半有余。如果高污染问题持续下去,那里的居民预计将损失约5年的预期寿命,在污染最为严重的地区该数字甚至会更高。

此外,世卫组织将最新的科学研究成果纳入了其对空气污染的公共健康影响的考量,即使是低水平的污染也会影响人类健康这一事实被很好的反映在了新的健康标准中。因此,那些看起来已经解决了空气污染问题的国家现在也被放在了聚光灯下。拉丁美洲已经开始出现高污染水平的热点地区,而几乎整个美国和欧洲的空气质量都没有达到世卫组织的标准,这表明各国政府都低估了空气污染的严重性。如果空气质量能够控制到世卫组织的健康标准,美国可以拯救6800万年的生命,欧洲可以拯救5.27亿年的生命。在中非和西非地区,空气污染问题同样被公众和政府所忽略,可是污染所造成的公共健康负担与艾滋病毒/艾滋病、疟疾和水卫生问题造成的负担相当,甚至在很多情况下远超后者。如果该地区再不行动起来,空气污染问题会持续恶化,因为整个非洲大陆的能源需求预计到2030年将翻一番。

尽管空气污染问题的顽固性可能看起来令人生畏,但如果各国开始着手实施强硬的减污法规对策的话,污染问题还是有可能被解决的,中国在减污方面做到的丰功伟绩就是一个很好的例子。近年来,全球空气污染水平的改善完全是因为中国的成功。如果不是因为中国自2013年以来开启“反污染战争”后空气污染浓度大幅度下降,全球人口加权平均颗粒物污染水平将略有上升。美国、欧洲和中国等国家都成功地在保持经济增长的同时降低了污染水平,这表明空气污染并不是经济发展的必要元素之一。公民呼吸的空气质量反映了国家政府对于健康威胁的理解程度以及其对人民健康的态度。AQLI研究证明,只要国家愿意接受环境法规的成本,就有机会去改善公民的健康和延长他们的寿命。

附录

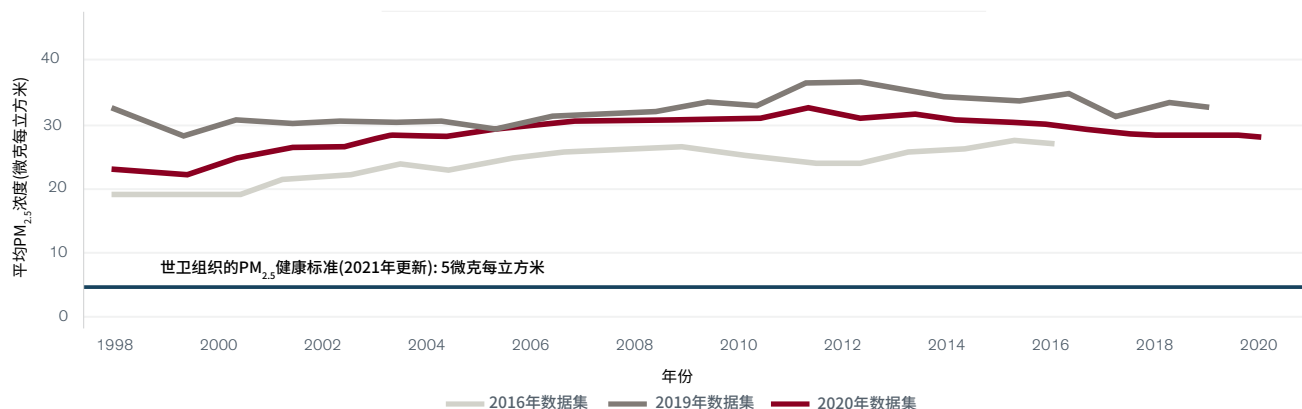
可靠、大面积的污染监测对于了解空气污染的程度及其健康影响至关重要。不幸的是，世界上许多地区要么缺乏广泛的污染监测系统，要么直到最近才开始监测PM_{2.5}浓度，这让我们无法跟踪长期的全球污染趋势。为了组建一个颗粒物污染及其健康影响的单一数据库，保证其全球性的覆盖面，高精度的分辨率，一致的计算方法，并且通过跨越多年的数据来揭示污染的发展趋势，AQLI纳入了van Donkelaar等人(2021年)开发的跨越23年(1998-2020年)的卫星监测PM_{2.5}浓度估算数据。

本报告中使用的卫星监测PM_{2.5}数据库与以前的AQLI报告中使用的数据库有很大的不同。在新的数据库中，2019年估算的全球人口加权平均PM_{2.5}浓度从大约32微克/立方米下调到28微克/立方米。历史上的PM_{2.5}浓度的时间序列也受到影响，在南亚、东南亚和非洲有大量的下调。

卫星监测PM_{2.5}数据是通过使用名为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)测量值转换成的PM_{2.5}测量值构成的。之后再用现有的地面监测器的PM_{2.5}浓度读数对这些估计值进行校准。随着时间的推移，模型和校准输入的改进需要定期更新历史PM_{2.5}浓度数据库。AQLI使用的数据库版本不包括海盐和灰尘读数。

在图20中，我们使用PM_{2.5}浓度数据库的变化来绘制和比较全球人口加权的PM_{2.5}浓度的时间趋势。尽管新的PM_{2.5}浓度数据库得出的全球平均浓度水平低于早期数据库的估值，但总体情况仍然是一样的。自1998年以来，全球PM_{2.5}水平在过去20年里一直比世卫组织的标准高出4.4至5.5倍，这使得空气污染成为全球人类健康的最大威胁。

图20 · 全球人口加权的PM_{2.5}浓度随时间的变化



注：“2020年数据库”线使用van Donkelaar等人(2021)的数据绘制了全球人口加权平均PM_{2.5}趋势。“2019年数据库”线使用Hammer等人(2020)的数据绘制了类似的趋势。“2016年数据库”使用van Donkelaar等人(2016)的数据绘制了趋势。请注意，AQLI使用的所有数据库均不包含海盐和灰尘读数。

附录表

国家	国家平均PM _{2.5} 浓度(微克每立方米)	国家标准(微克每立方米)	将污染水平降至世卫组织健康标准后的预期寿命福利(5微克每立方米)	将污染水平降至国家标准后的预期寿命福利
阿富汗	16.2	10	1.1	0.6
阿克罗蒂里和德凯	11.3	*	0.6	*
奥兰	3.8	*	0	*
阿尔巴尼亚	12.7	15	0.8	0
阿尔及利亚	5.5	*	0	*
美属萨摩亚	0.7	*	0	*
安道尔	6.4	25	0.1	*
喀麦隆	17.4	*	1.2	*
安圭拉	1.8	*	0	*
安提瓜和巴布达	1.7	*	0	*
阿根廷	11.6	15	0.6	0
亚美尼亚	19.1	*	1.4	*
阿鲁巴	2.8	*	0	*
澳大利亚	4.7	8	0	0
奥地利	9.6	25	0.5	0
阿塞拜疆	11.7	*	0.7	*
巴哈马	2.8	*	0	*
巴林	17.8	*	1.2	*
孟加拉	75.8	15	6.9	6
巴巴多斯	1.9	*	0	*
白俄罗斯	11.1	15	0.6	0
比利时	7.9	25	0.3	0
伯利兹	11.8	*	0.7	*
贝宁	16.8	*	1.2	*
百慕大群岛	2.6	30	0	0
不丹	28.7	*	2.3	*
玻利维亚	27.9	10	2.2	1.8
博内尔岛、圣尤斯特歇斯岛和萨巴岛	2.6	*	0	*
波斯尼亚和黑塞哥维纳	23.8	25	1.8	0
博茨瓦纳	11.3	*	0.6	*
巴西	10	*	0.5	*
英属维尔京群岛	1.6	*	0	*
文莱	5.5	*	0	*
保加利亚	18	25	1.3	0
布基纳法索	7.6	*	0.3	*
布隆迪	31.8	*	2.6	*
柬埔寨	20.8	*	1.6	*
喀麦隆	31.4	10	2.6	2.1
加拿大	5.6	10	0.1	0
佛得角	1.8	*	0	*
里海	9.1	*	0.4	*

* 没有具体的国家标准

国家	国家平均PM _{2.5} 浓度(微克每立方米)	国家标准(微克每立方米)	将污染水平降至世卫组织健康标准后的预期寿命福利(5微克每立方米)	将污染水平降至国家标准后的预期寿命福利
开曼群岛	6.4	*	0.1	*
中非共和国	26.9	*	2.1	*
乍得	11.4	*	0.6	0.6
智利	14.2	20	0.9	0
中国	31.6	35	2.6	*
圣诞岛	2.2	*	0	0
科科斯群岛	1.3	*	0	*
哥伦比亚	15	25	1	0
科摩罗	5.5	*	0	0
库克群岛	0.8	*	0	*
哥斯达黎加	11.1	*	0.6	*
科特迪瓦	10.4	*	0.5	*
刚果共和国	13.7	25	0.9	0
古巴	6.1	*	0.1	*
库拉索岛	3	*	0	*
塞浦路斯	12.3	25	0.7	0
捷克共和国	11.9	25	0.7	0
民主刚果共和国	34.2	*	2.9	*
刚果民主共和国	6.9	25	0.2	0
吉布提	16.7	*	1.1	*
多米尼克	2	*	0	*
多米尼加共和国	6.7	15	0.2	*
厄瓜多尔	15.7	15	1	0.1
埃及	17.9	*	1.3	*
萨尔瓦多	25.6	15	2	*
赤道几内亚	28.6	*	2.3	*
厄立特里亚	11.7	*	0.7	*
爱沙尼亚	5.2	25	0	0
埃塞俄比亚	16.7	*	1.1	*
福克兰群岛	1.2	*	0	*
法罗群岛	1.9	*	0	*
斐济	1.5	*	0	*
芬兰	4.1	25	0	0
法国	7.2	25	0.2	0
法属圭亚那	4.4	*	0	*
法属波利尼西亚	0.9	*	0	*
法属南方领土	7.8	*	0.3	*
加蓬	23.8	*	1.8	*

国家	国家平均PM _{2.5} 浓度(微克每立方米)	国家标准(微克每立方米)	将污染水平降至世卫组织健康标准后的预期寿命福利(5微克每立方米)	将污染水平降至国家标准后的预期寿命福利	国家	国家平均PM _{2.5} 浓度(微克每立方米)	国家标准(微克每立方米)	将污染水平降至世卫组织健康标准后的预期寿命福利(5微克每立方米)	将污染水平降至国家标准后的预期寿命福利
冈比亚	6.8	*	0.2	*	列支敦士登	8.5	*	0.3	*
格鲁吉亚	14.3	*	0.9	*	立陶宛	10.1	25	0.5	0
德国	8	25	0.3	0	卢森堡	7.2	25	0.2	0
加纳	13.1	*	0.8	*	马其顿	20.3	*	1.5	*
直布罗陀	8.7	*	0.4	*	马达加斯加	7.1	*	0.2	*
希腊	11.2	25	0.6	0	马拉维	14.8	8	1	0.7
格陵兰岛	0.9	*	0	*	马来西亚	12.7	35	0.8	0
格林纳达	1.9	*	0	*	马尔代夫	12	*	0.7	*
瓜德罗普岛	2.2	25	0	0	马里	5.5	*	0	*
关岛	0.7	12	0	0	马耳他	6.5	*	0.1	*
危地马拉	28.4	10	2.3	1.8	马绍尔群岛	0.6	*	0	*
格恩西岛	5.6	*	0.1	*	马提尼克岛	2.6	25	0	0
几内亚	10.6	*	0.6	*	毛里塔尼亚	3.2	*	0	*
几内亚比绍	8.2	*	0.3	*	毛里求斯	3.6	*	0	*
圭亚那	5.6	*	0	*	马约特岛	6.9	25	0.2	0
海地	8.7	*	0.4	*	墨西哥	16.2	15	1.1	0.1
洪都拉斯	27.3	*	2.2	*	密克罗尼西亚	0.6	*	0	*
匈牙利	12.8	25	0.8	0	摩尔多瓦	12.8	*	0.8	*
冰岛	2.1	*	0	*	摩纳哥	9.5	*	0.4	*
印度	55.8	40	5	1.6	蒙古国	31.5	25	2.6	0.6
印度尼西亚	17	*	1.2	*	蒙特塞拉特	15.9	20	1.1	0
危地马拉	17.2	10	1.2	0.7	蒙特塞拉特	2.2	*	0	*
伊拉克	23.7	*	1.8	*	摩洛哥	7.4	*	0.2	*
爱尔兰	4.6	25	0	0	莫桑比克	10.3	*	0.5	*
马恩岛	4.7	*	0	*	缅甸	32.4	*	2.7	*
以色列	12.4	25	0.7	0	纳米比亚	10.6	*	0.6	*
意大利	12.7	25	0.8	0	瑙鲁	1	*	0	*
牙买加	12.1	15	0.7	0	尼泊尔	47.1	*	4.1	*
日本	10.3	15	0.5	0	荷兰	7.8	25	0.3	0
泽西岛	5.6	*	0.1	*	新喀里多尼亚	2.2	25	0	0
约旦	17.7	15	1.2	0.3	新西兰	2.7	*	0	*
哈萨克斯坦	14.1	*	0.9	*	尼加拉瓜	13.3	*	0.8	*
肯尼亚	17.7	35	1.2	0	尼日尔	10	*	0.5	*
基里巴斯	0.8	*	0	*	尼日利亚	23.7	*	1.8	*
科索沃	20.9	*	1.6	*	纽埃	0.6	*	0	*
科威特	17.3	15	1.2	0.2	诺福克岛	1.7	*	0	*
吉尔吉斯斯坦	14.9	*	1	*	北朝鲜	20.6	*	1.5	*
老挝	28	*	2.2	*	北塞浦路斯	12.3	*	0.7	*
拉脱维亚	11.2	25	0.6	0	北马里亚纳群岛	0.6	*	0	*
黎巴嫩	16.4	*	1.1	*	挪威	3.8	15	0	0
莱索托	22.9	*	1.8	*	阿曼	11.1	*	0.6	*
利比里亚	10.7	*	0.6	*	巴基斯坦	44.2	15`	3.8	2.9
利比亚	6.7	*	0.2	*	帕劳	1.8	*	0	*
					巴勒斯坦	12.4	*	0.7	*

* 没有具体的国家标准

Country	Average PM _{2.5} Country (µg/m³)	National Standard (µg/m³)	Life Expectancy Gains (in years) from reducing pollution to WHO Standard (5 µg/m³)	Life Expectancy Gains (in years) from reducing pollution to the country's National Standard
巴拿马	7.8	*	0.3	*
巴布亚新几内亚	10.8	*	0.6	*
巴拉圭	16.3	15	1.1	0.1
秘鲁	23.9	25	1.9	0
菲律宾	16.4	25	1.1	0
波兰	15	25	1	0
玻利维亚	5	25	0	0
波多黎各	2.2	15	0	0
卡塔尔	29.2	*	2.4	*
刚果共和国	31.6	*	2.6	*
留尼汪岛	1.8	*	0	*
罗马尼亚	13.8	25	0.9	0
俄罗斯	10	25	0.5	0
卢旺达	33	*	2.7	*
圣巴泰勒米	2	*	0	*
圣马丁	1.9	*	0	*
圣赫勒拿岛	1.9	*	0	*
圣基茨和尼维斯	2.3	*	0	*
圣卢西亚	1.8	*	0	*
圣皮埃尔和密克隆岛	3.4	*	0	*
圣文森特和格林纳 丁斯	1.9	*	0	*
萨摩亚	0.8	*	0	*
圣马力诺	10.7	*	0.6	*
圣多美和普林西比	10.7	*	0.6	*
沙特阿拉伯	23	15	1.8	0.8
塞内加尔	5.3	*	0	*
塞尔维亚	19.4	25	1.4	0
塞舌尔	3.1	*	0	*
塞拉里昂	11.7	*	0.7	*
新加坡	10.9	12	0.6	0
圣马丁岛	1.9	*	0	*
斯洛伐克	12.9	25	0.8	0
斯洛文尼亚	12.8	*	0.8	*
所罗门群岛	5.5	*	0	*
索马里	7	*	0.2	*
南非	20.3	20	1.5	0
韩国	20.3	25	1.5	0
南苏丹	15	*	1	*
西班牙	6.7	25	0.2	0
斯里兰卡	18.6	25	1.3	0
苏丹	9.7	*	0.5	*
苏里南	4.9	*	0	*
斯威士兰	12.8	*	0.8	*
瑞典	4.6	25	0	0
刚果民主共和国	7.8	*	0.3	*
叙利亚	19.6	*	1.4	*
台湾	14.5	15	0.9	0
塔吉克斯坦	18.6	*	1.3	*
坦桑尼亚	16.6	*	1.1	*
泰国	23.8	25	1.8	0
东帝汶	8	*	0.3	*
多哥	15	*	1	*
托克劳群岛	1.3	*	0	*
汤加	1	*	0	*
特立尼达和多巴哥	3.4	15	0	0
突尼斯	8.4	*	0.3	*
土耳其	21.6	*	1.6	*
土库曼斯坦	9.9	*	0.5	*
特克斯和凯科斯群岛	2.2	25	0	0
图瓦卢	1.3	*	0	*
乌干达	26.9	*	2.1	*
乌克兰	13.7	*	0.9	*
阿拉伯联合酋长国	15.4	*	1	*
斐济	7.2	25	0.2	0
美国	7.1	12	0.2	0
美国外围小群岛	1.6	*	0	*
乌拉圭	7.8	*	0.3	*
乌兹别克斯坦	21.3	*	1.6	*
瓦努阿图	3.1	*	0	*
梵蒂冈城	10.9	*	0.6	*
梵蒂冈	11.5	*	0.6	*
越南	24.4	25	1.9	0
维尔京群岛, 美国	1.7	12	0	0
瓦利斯和富图纳	0.9	*	0	*
西撒哈拉	3.4	*	0	*
也门	14.2	*	0.9	*
赞比亚	17.7	*	1.2	*
津巴布韦	11.7	*	0.7	*

* 没有具体的国家标准

参考文献

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

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>.

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

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

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: 10.1073/pnas.1300018110.

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

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

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

Greenstone, 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. DOI: 10.1016/S1473-3099(19)30165-3.

Hammer, M., et al. 2020. "Global Estimates and Long-Term Trends of Fine Particulate Matter Concentrations (1998–2018)." *Environ. Sci. Technol.* 54(13): 7879–7890. DOI: 10.1021/acs.est.0c01764.

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. DOI: 10.1038/srep26886.

Hunt, W.F., & Lillis, E.J. 1981. "1980 ambient assessment – air portion." US Environmental Protection Agency. Available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-11/documents/trends_report_1980.pdf.

India Ministry of Statistics and Programme Implementation. 2017. "Motor vehicles – Statistical year book India 2017." Available at: <http://mospi.nic.in/statistical-year-book-india/2017/189>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

van Donkelaar, A., et al. 2021. "Monthly Global Estimates of Fine Particulate Matter and Their Uncertainty." *Environ. Sci. Technol.* 55(22): 15287–15300. DOI: 10.1021/acs.est.1c05309.

van Donkelaar, A., et al. 2016. "Global Estimates of Fine Particulate Matter using a Combined Geophysical-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors." *Environ. Sci. Technol.* 50(7): 3762-3772. DOI: 10.1021/acs.est.5b05833.

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

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

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

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

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

作者简介



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能源选择的效益及成本。他当前的工作主要集中在尝试各种创新方式来提高能源获取

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



Christa Hasenkopf

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



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。

关于空气质量寿命指数

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

aqli.epic.uchicago.edu



@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

