《大气中国》报告特别篇专题

亚洲国家经济发展与空气质量

关于本报告

自2022年起，亚洲清洁空气中心（CAA）开始编制《大气中国》系列报告的特别篇“十年清洁空气之路，中国与世界同行”，通过指标图集的方式呈现了中国过去（特别是2013年实施大气污染防治“国十条”后的关键十年）在清洁空气与气候变化领域的进展和历程，并通过与东亚、南亚、东南亚国家、以及欧美典型国家的对比分析，提供互鉴，并识别未来的改进方向。该报告覆盖了六组指标，涉及空气质量、空气污染物排放、温室气体排放、能源、交通运输和重点工业行业。同时，在主报告之外，CAA围绕空气质量管理的主要议题也编写了专题子报告。

亚洲地理面积约占全球的30%，居住着世界上60%多的人口，是世界经济增长的重要引擎。但很多亚洲发展中国家仍处于快速城市化、工业化和机动化的进程之中，同时面临着空气污染控制和温室气体减排的巨大挑战。 亚洲国家的经济发展水平与环境空气质量之间的关系，符合环境库茨涅茨“倒U型”曲线假说的规律。经济发展进入“高阶”水平的国家环境质量较好，反之，收入水平较低的发展中国家环境质量较差。

作为亚洲最大经济体，中国的经济发展模式正稳步高效地从粗放式增长转向高质量的绿色发展，在大气污染防治和气候变化应对方面取得了积极的进展。过去十年间，中国人均GDP突破了一万美元大关，实现“拐点”跨越，进入经济发展与环境质量改善“双赢”的状态。而部分亚洲国家，仍然面临经济持续增长与更清洁的空气之间的权衡取舍，甚至是面临经济发展困境与环境质量退化的双重挑战。

报告团队

撰稿人

衷 楠　　博士　高级环境研究员

审稿人

万薇　　博士　中国区项目总监

致谢

报告团队衷心感谢北京大学环境科学与工程学院张世秋教授对本篇专题报告的悉心指导和专业建议。

一、亚洲经济发展与排放情况

亚洲经济整体增速快，第二产业增加值占比和能源强度偏高

2023年，东亚、南亚、东南亚国家的全球GDP占比约为32%（International Monetary Fund, 2024a）。同时，该地区是全球最具活力的地区，2023年贡献了全球经济增长的近三分之二（International Monetary Fund, 2024b）。过去十年间，东亚、南亚、东南亚的发展中国家大多处于稳步发展阶段，尽管人均GDP水平仍然远低于欧美典型发达国家，但增长速度在全球范围内相对较快。从2020年开始，亚洲经济体受新冠疫情影响增速放缓，当前已呈现恢复态势。

图1 2013-2022年亚洲部分国家与欧美典型发达国家平均经济发展水平与增速

数据来源：World Development Indicators数据库

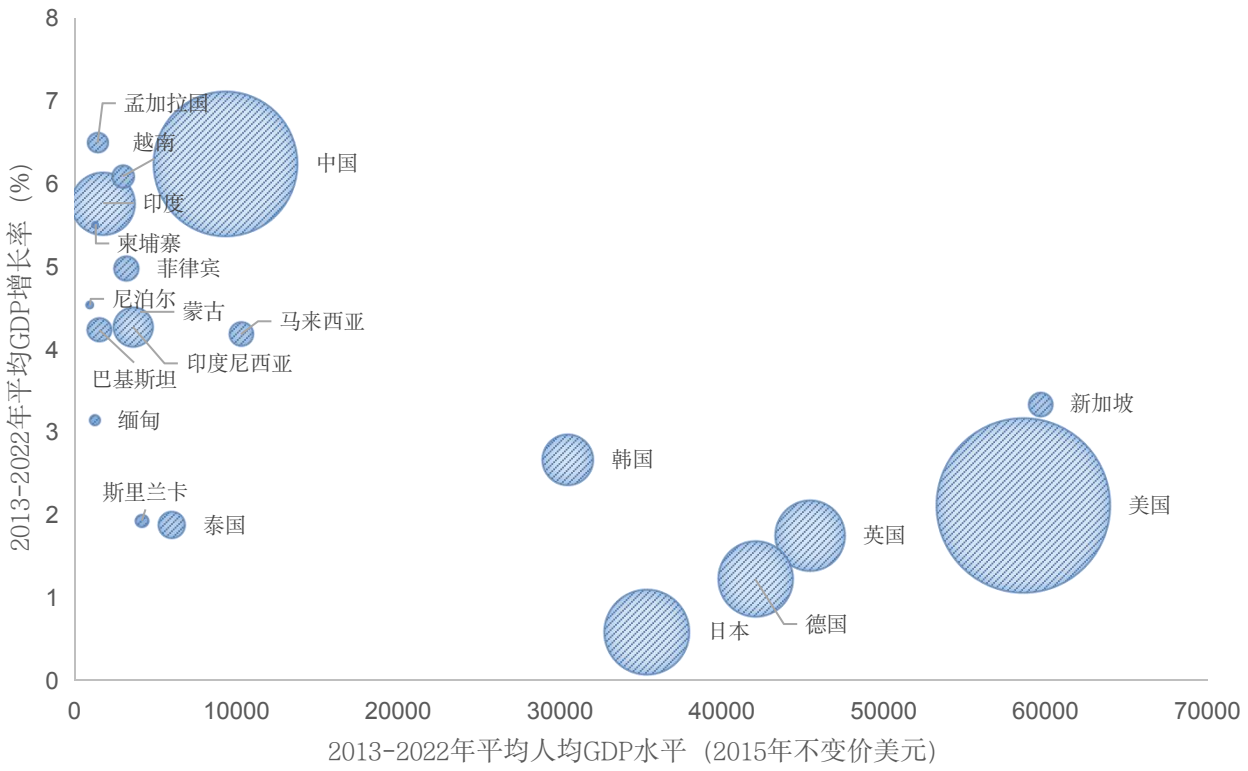


图2 2013–2022年亚洲部分国家人均GDP与GDP增速变化

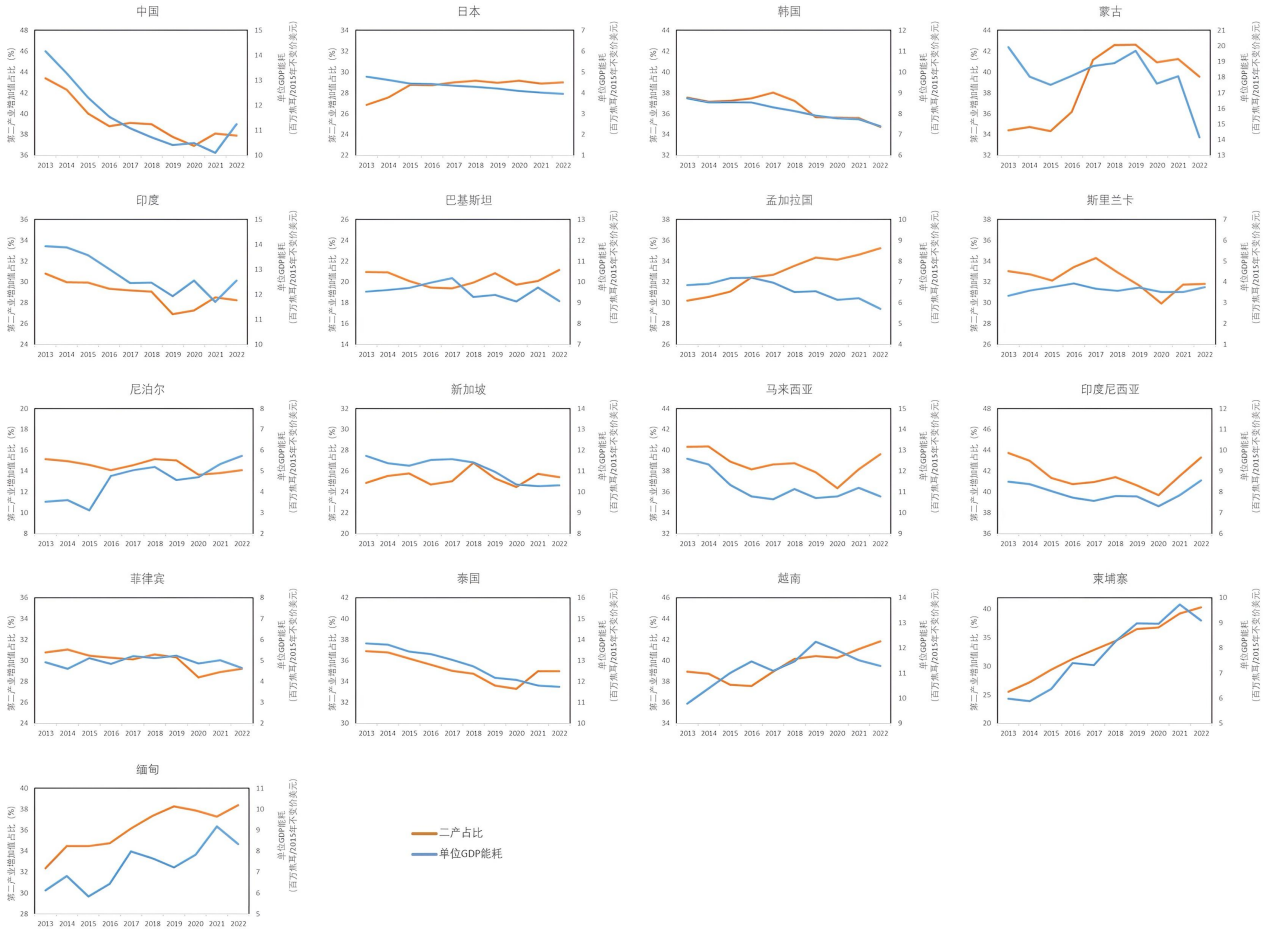
数据来源：World Development Indicators数据库

与欧美典型发达国家相比，亚洲发展中国家由于仍处在经济高速发展阶段，普遍呈现出第二产业增加值占比和能源强度偏高的特点。其中，位于东南亚以缅甸和柬埔寨为代表的国家，正在经历第二产业的迅速发展和能源强度的大幅上升阶段。在新冠疫情前的10年间，缅甸和柬埔寨的国内生产总值年均增长率均达到7%，推动两国经济高速发展的因素之一，正是工业行业的快速增长。2013-2022年，缅甸和柬埔寨第二产业增加值占比，分别由32%和26%提升至38%和40%。伴随第二产业发展，两国能源强度同步上升，分别由6.12和5.98升至8.34和9.09百万焦耳/2015年不变价美元。

另一些国家在产业结构和能源强度上却呈现相反的变化趋势。以中国为例，通过优化产业结构、推动产业转型升级等努力，中国第二产业增加值占比已由2013年的43.4%降至2022年的37.9%。同期，中国也在能源使用效率方面取得进展，单位GDP能耗由14.15降至11.24百万焦耳/2015年不变价美元，降幅超过20%。印度、马来西亚、泰国等国家，也均表现出类似变化趋势。

图3 2013–2022年亚洲部分国家第二产业增加值占比和能源强度

数据来源：UN National accounts，U.S. Energy Information Administration，World Development Indicators数据库，2014-2023历年中国统计年鉴。



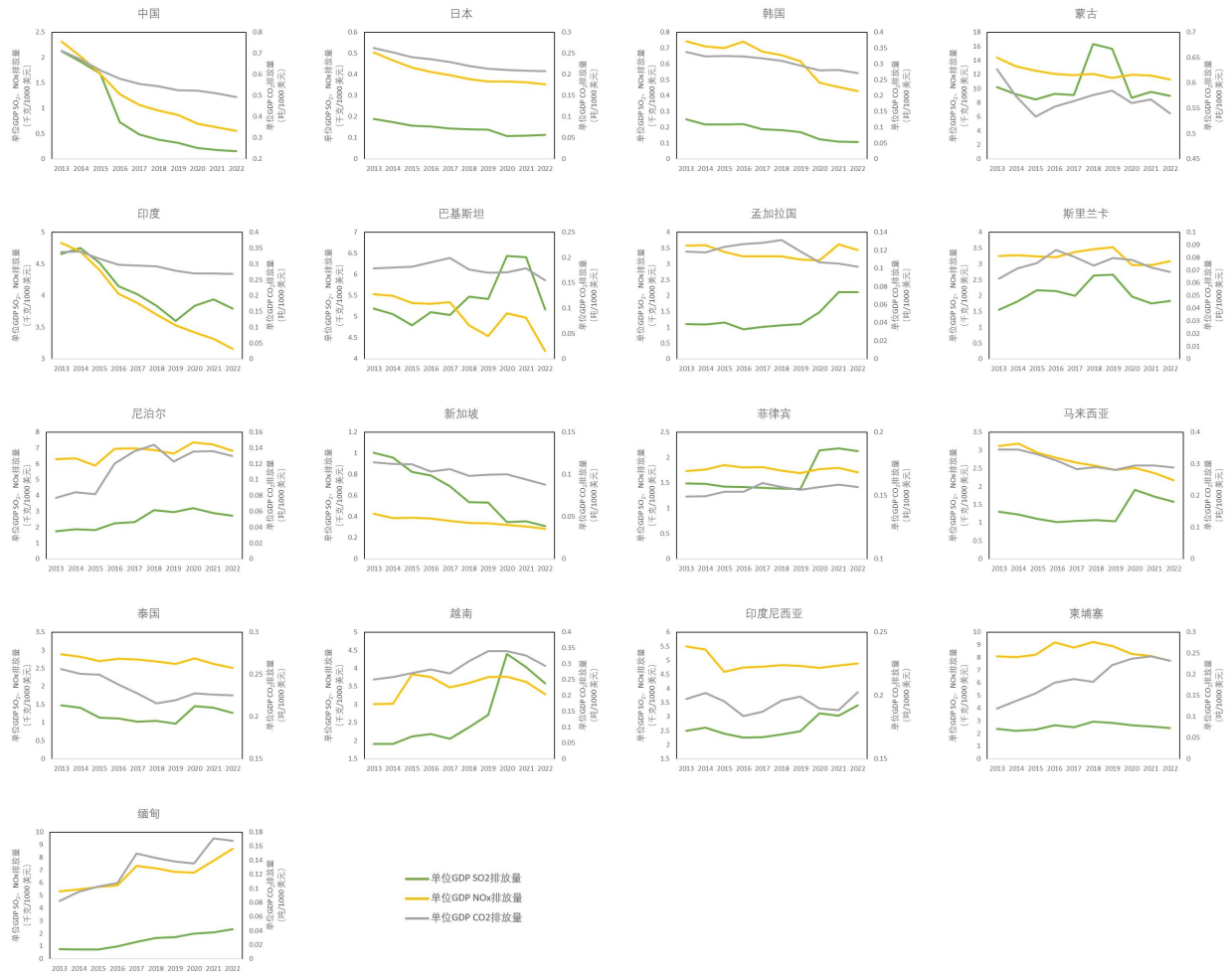
各国污染物排放趋势存在差异，产业与能源结构发展变化是推动因素之一

亚洲新兴经济体在产业结构和能源消费等方面的变化，是驱动空气污染物以及温室气体排放水平变化的重要因素。以缅甸、柬埔寨和越南为例，第二产业占比和能源强度均在稳定上升，单位GDP空气污染物以及单位GDP温室气体排放量均呈现不同幅度的上涨趋势，其中以缅甸的增幅最为显著。2013至2022年，缅甸单位GDP二氧化硫（SO_2）、氮氧化物(NO_x)及二氧化碳(CO_2)排放量，分别增长约204%、63%和115%。另一些国家由于煤炭消费比重增加，也表现出排放量的上升趋势。例如菲律宾、柬埔寨等国家，煤炭消费比重在近十年明显上升，分别由26%和5%上升至35%和22%，并直接导致了这些国家单位GDP排放量上升。

与此对应，其它已经开始产业结构转型且能源强度已实现降低的国家，其单位GDP排放量则相应减少。中国、印度、马来西亚、泰国等国家的单位GDP排放量，均在近十年明显下降。其中，得益于一系列气候变化应对以及空气污染防治政策的出台和有效执行，中国在经济持续稳步增长的同时，实现了空气污染物和温室气体排放量的大幅下降。2013至2022年，中国的单位GDP SO_2、NO_x及CO_2排放量分别下降约93%、76%和31%。

图4 2013–2022年亚洲部分国家单位GDP空气污染物和温室气体排放量

数据来源：Community Emissions Data System (CEDS)，Emissions Database for Global Atmospheric Research，World Development Indicators 数据库，2014-2023历年中国统计年鉴。图中单位GDP SO_2、NO_x排放量的单位为千克/1000美元（2015年不变价美元），单位GDP CO_2排放量单位为吨/1000美元（按购买力平价衡量的2017年不变价国际元）。



二、亚洲主要国家和典型城市的空气质量

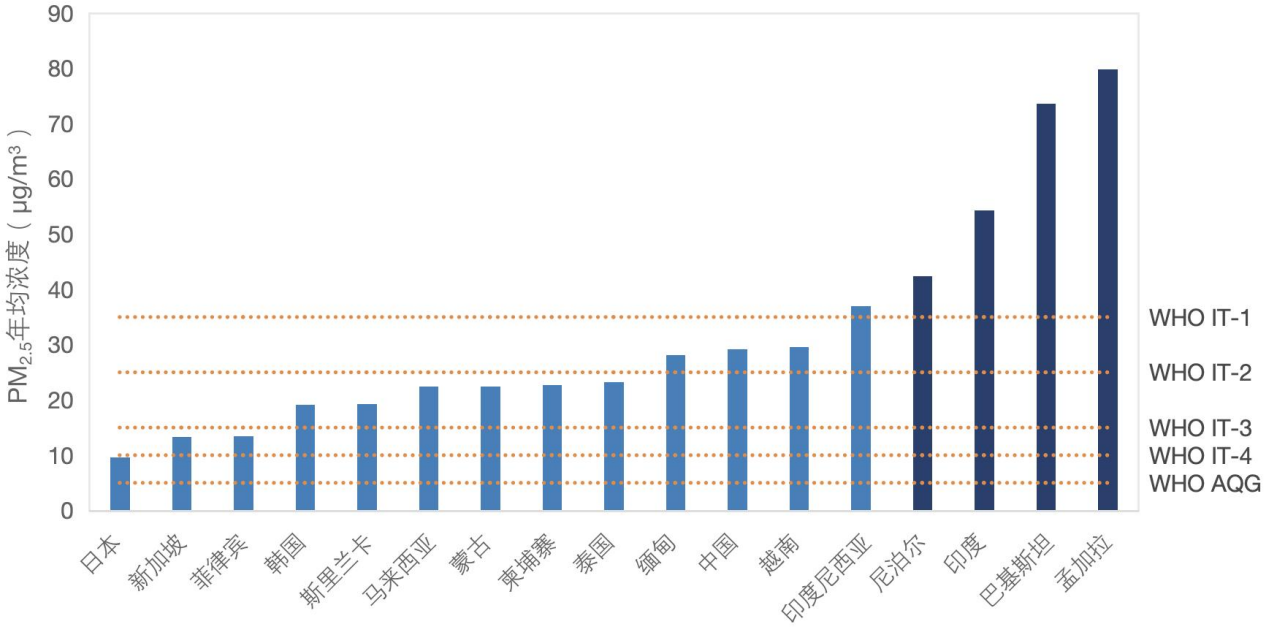
南亚地区空气质量堪忧，东亚、东南亚大部分地区可达到WHO IT–1水平

亚洲一直是全球空气污染最严重的区域之一。尤其是南亚地区，$PM_{2.5}$暴露浓度接近全球平均水平的两倍，远超其它地区。南亚的孟加拉、巴基斯坦、印度、尼泊尔，$PM_{2.5}$年均浓度最高，2023年的年均浓度在40-80 $\mu g/m^3$ 之间。影响这些国家$PM_{2.5}$浓度的主要因素包括砖窑和其他工业排放、农业废物焚烧和火葬、烹饪和取暖所用固体燃料燃烧等。另一方面，独特的地理和气候因素，也导致空气污染不易扩散，更容易在这一区域累积。据估计，在南亚主要城市的空气污染中，仅有不到一半是由城市内部产生的，这突显了区域协同减排的重要性（IQAir, 2022; World Bank, 2022a）。

东南亚、东亚和太平洋地区的$PM_{2.5}$暴露浓度虽然也较高，远超高收入国家地区及欧洲、美洲其它区域，但大部分代表性国家的年均$PM_{2.5}$浓度，现已降至WHO最宽松的过渡目标IT-1标准（35 $\mu g/m^3$ ）以下。亚洲发达国家空气质量相对较好，其中日本的$PM_{2.5}$年均浓度已达到WHO的最严格过渡目标IT-4（10 $\mu g/m^3$ ）。

图5 亚洲部分国家年均$PM_{2.5}$浓度（2023年）

数据来源：IQAir历史空气质量数据库，2024中国生态环境状况公报。



超大城市空气质量整体向好，南亚城市空气污染依旧严重、甚至仍在恶化

近年来，亚洲超大城市空气质量整体呈现改善趋势。在本报告关注的28个亚洲超大城市中，超过八成城市在2019至2022年间的$PM_{2.5}$三年滑动平均浓度有所改善。其中，改善比例超过10%的城市有10个，6个是中国城市。自2013年起，中国开始推进国家层面的大气污染防治工作，先后发布并实施了《大气污染防治行动计划》以及《打赢蓝天保卫战三年行动计划》。中国在国民经济和工业化、城镇化保持快速发展的情况下，实现了整体空气质量的显著改善。2013-2023年间，中国实现全国整体$PM_{2.5}$年均浓度下降约56%，SO_2年均浓度下降约78%。2023年，中国发布第三个国家层面大气污染防治计划《空气质量持续改善行动计划》，明确了至2025进一步改善空气质量的目标和任务。

除中国城市空气质量呈现整体改善趋势外，蒙古首都乌兰巴托空气质量改善幅度也比较大。乌兰巴托的空气污染来源，主要为传统蒙古包居住区的原煤燃烧。2019年，蒙古政府发布政策，禁止在乌兰巴托的蒙古包区域燃烧原煤，并引入更为清洁的煤球作为替代燃料。2020年，乌兰巴托的年均$PM_{2.5}$浓度显著下降，较2019年下降近25%，并在2021至2022年保持持续下降的走势。

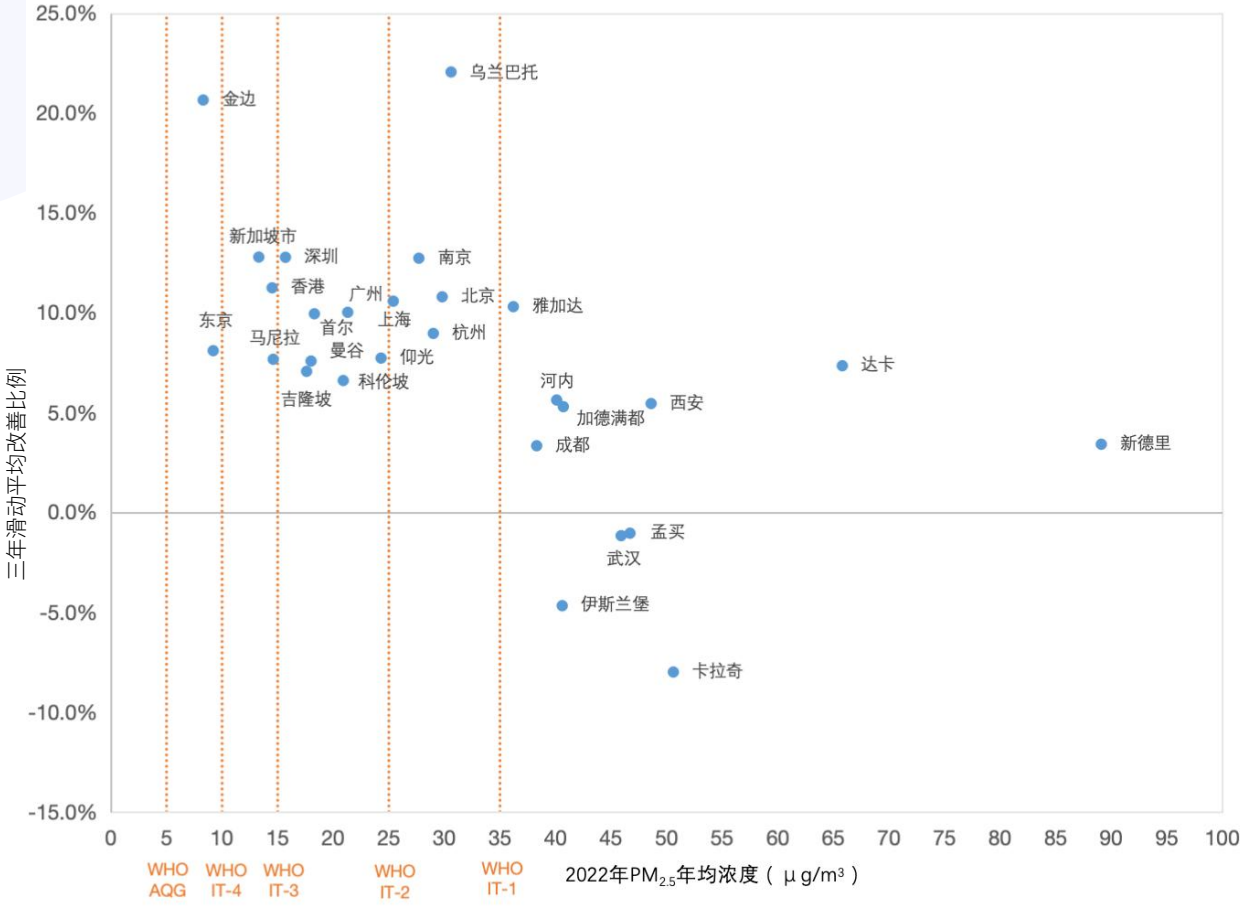
尽管东南亚超大城市空气质量呈现整体改善趋势，但也存在空气质量堪忧的典型大都市。印度尼西亚是该区域污染较为严重的国家，首都雅加达长期是其中污染最严重的城市之一。人口增长与城市发展导致当地交通及能源需求快速上升，当地$PM_{2.5}$浓度水平自2017年起快速上升，至2019年上升幅度超过60%。虽然2020年以来，雅加达空气污染程度有所减轻（部分归因于疫情期间的生产及交通活动水平大幅下降），但其$PM_{2.5}$浓度水平仍超出WHO指导值的8倍左右。值得注意的是，东南亚城市空气质量的季节性波动很大，旱季特殊气象条件使空气污染问题更加突出。以印度尼西亚雅加达和泰国曼谷为例，干旱季节的$PM_{2.5}$浓度水平可高出全年平均浓度水平的20%-50%。

南亚超大城市空气质量状况较差且改善不佳，甚至仍在恶化。位于南亚的印度首都新德里和孟加拉国首都达卡，$PM_{2.5}$浓度远高于其它超大城市，分别超出WHO最新指导值的17倍和13倍。南亚其它超大城市，例如孟买、加德满都、伊斯兰堡和卡拉奇，空气污染也很严重，$PM_{2.5}$浓度超出WHO最新指导值8-10倍不等。其中，巴基斯坦城市卡拉奇和首都伊斯兰堡在2019至2022年间的$PM_{2.5}$三年滑动平均浓度上升幅度最大，分别达到8%和4.7% 。

图6 2022年亚洲主要城市$PM_{2.5}$年均浓度和2019–2022年间改善比例

注：本图中改善比例采用三年滑动平均值改善比例，即2020-2022三年浓度均值相比2019-2021三年浓度均值的改善比例。

数据来源：IQAir 历史空气质量数据库。



三、环境空气质量与经济发展之间的关系

中国已成功实现拐点跨越、进一步证明空气质量改善与经济发展可以双赢

早在90年代，环境质量与经济发展之间的关系就得到了广泛关注。1991年，针对北美自由贸易协定（North American Free Trade Agreement）可能对美国本土环境造成的影响，Grossman and Krueger(1991)首次对环境质量与人均收入之间的关系进行了实证研究。1992年，世界银行的《世界发展报告》也进行了环境质量与收入关系的相关研究。随后，Panayotou（1995)首次将环境质量与人均收入间的关系描述为环境库兹涅茨曲线（Environmental Kuznets Curve, EKC）。EKC假说认为，环境质量起初随着收入增加而恶化，而当收入水平上升到一定程度后，环境质量将随着收入增加而改善，即环境质量与收入呈倒U型关系。

尽管目前对EKC假说仍有争论，但已有大量实证证据，支持各种环境质量指标与经济发展之间的倒U型关系。针对环境质量随收入水平改善的拐点位置，采用不同的环境质量指标与实证模型得出的结论存在一定差异。一些覆盖跨国数据的实证研究得出，拐点可能在5000到10000美元（1985年不变价美元）附近（Grossman and Krueger, 1993; Grossman and Krueger, 1995; Sheldon and Song, 1994）。

很多国家的经济发展和环境质量变化也符合这一假说。19世纪随着工业革命兴起，英国和美国的经济发展至EKC假说拐点附近，两国分别经历了空气质量的恶化，继而引起公众和政府的广泛关注。最终，英国于1956年颁布清洁空气法令（Clean Air Act），美国于1970年通过《清洁空气法案修订案》（Clean Air Act Amendments）且制定了国家空气质量标准，两国空气质量在随后几十年持续好转。

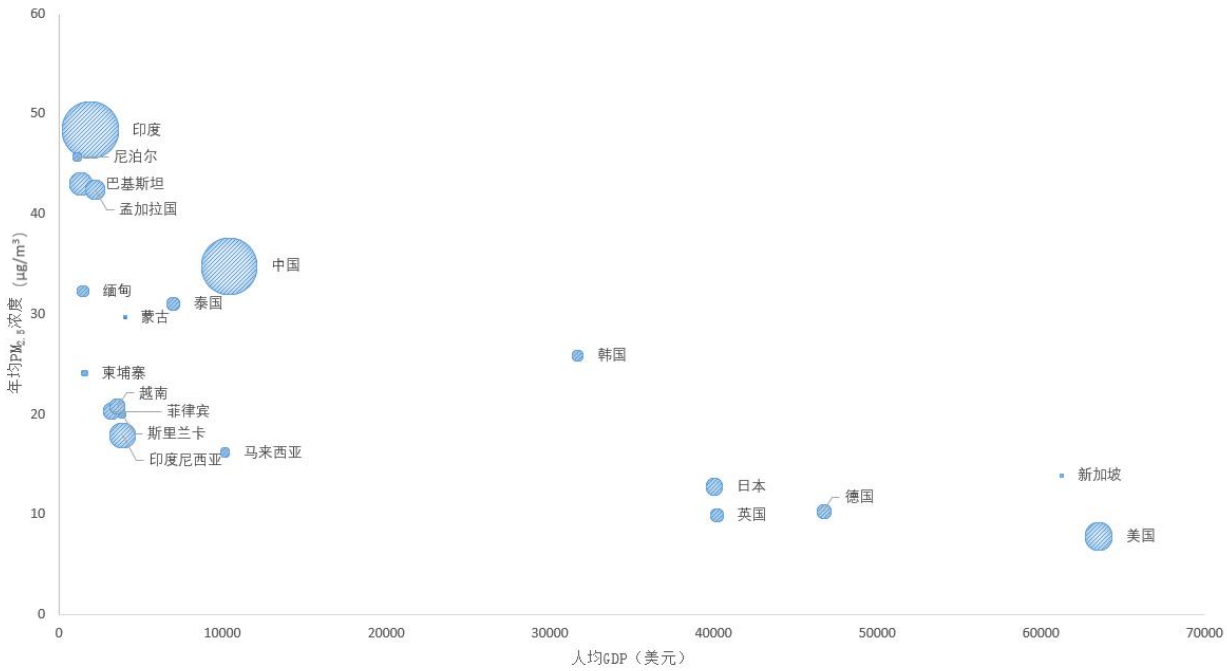
自改革开放以来，中国经济迅速增长，近40年维持平均近10%的增长速度，被世界银行描述为“历史上主要经济体最快的持续扩张”。2011年起，中国大气重污染事件频发，“雾霾”问题引起广泛关注，治理$PM_{2.5}$的紧迫性逐渐显现。2013年，国务院印发《大气污染防治行动计划》，部署了到2017年的空气质量改善目标和具体措施，宣告中国正式对“雾霾”宣战。其后，从中央到地方政府陆续出台了一系列政策、标准与措施，逐渐形成了以空气质量整体改善为目标、多种污染物减排、全污染源管控的大气污染防治体系。

《行动计划》实施后的十年间，中国在经济整体保持快速发展的情况下，实现了城市空气质量的显著改善。根据中国生态环境部统计，2013至2021年的十年间，中国第一批实施新空气质量标准并依据新标准开展空气质量监测的74个城市，年平均$PM_{2.5}$浓度下降约56%，中国已成为世界上空气质量改善最快的国家。

图7绘制了20个国家2020年度的$PM_{2.5}$暴露水平与人均GDP，气泡大小代表各国的人口数量。图中两个指标呈明显负相关关系，人均GDP较高的国家$PM_{2.5}$暴露水平相对较低。这一关系与环境库茨涅茨曲线假说相符合，即当人均收入水平上升到一定程度时，环境质量将随着收入增加而改善。根据以往的实证研究，环境质量随收入增加而改善的拐点，可能在5000到10000美元（1985年不变价美元）附近，相当于大约10000到20000美元（2020年不变价美元）。从图中来看，右侧的发达国家已超越这一收入水平，普遍呈现较低的空气污染水平，处于拐点左侧的发展中国家污染水平差异较大。中国正处于这一拐点附近，中国过去10年也同时经历空气质量状况的大幅改善时期。

图7 各国$PM_{2.5}$暴露水平与人均GDP（2020年）

数据来源：State of Global Air, World Development Indicators数据库。



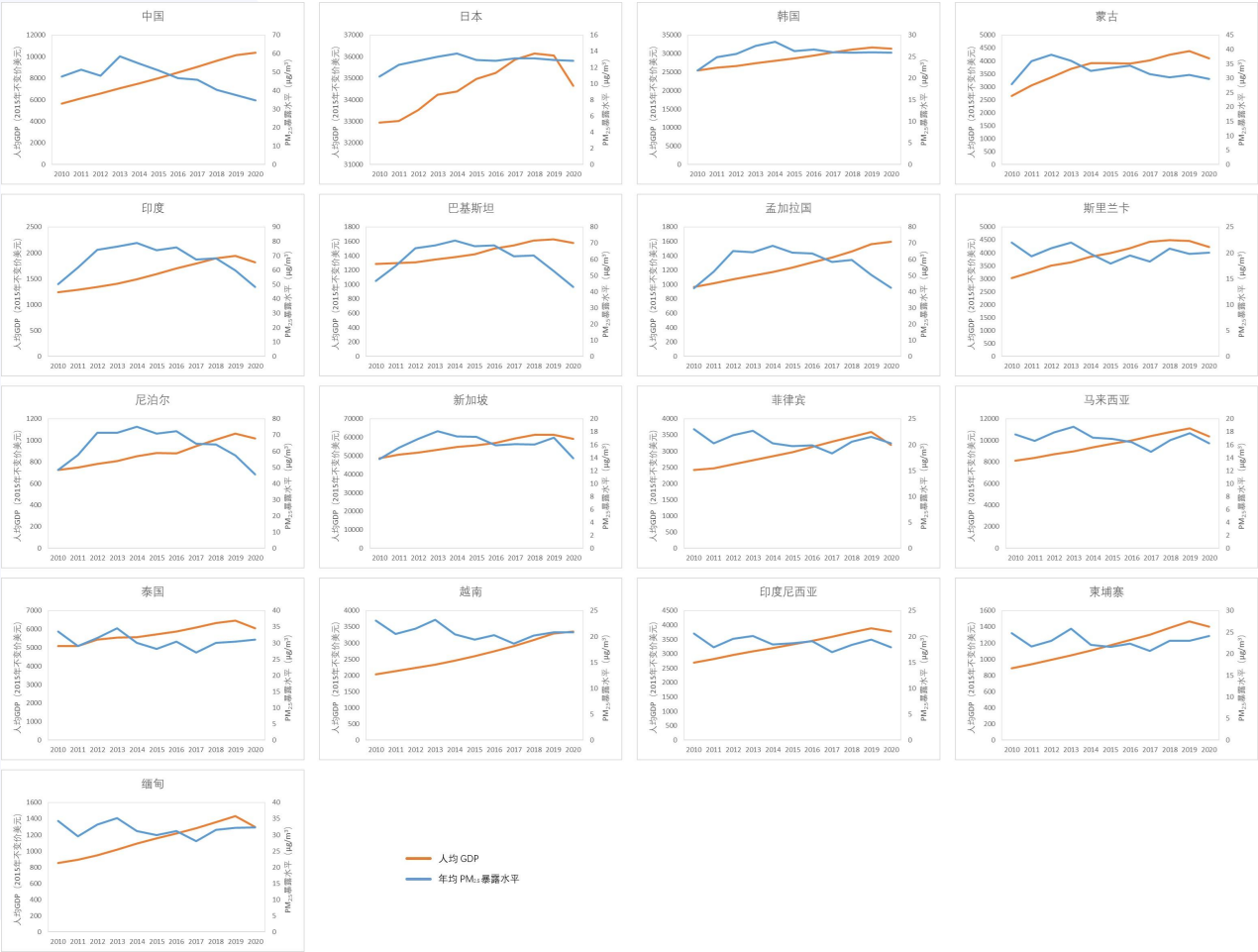
亚洲国家有望实现环境质量恶化与经济增长之间的脱钩

近十年，亚洲国家从整体上看，在保持经济稳定增长的基础上，实现了空气质量稳定及一定程度上的改善。这一趋势若继续保持，亚洲国家将实现环境质量恶化与经济增长之间的脱钩，越过环境库茨涅茨曲线拐点，开始迈向绿色转型时期。

图8绘制了亚洲17个代表性国家2010至2020年的人均GDP（2015年不变价美元）以及$PM_{2.5}$暴露水平与的变化趋势。其中，中国在人均GDP保持年均约7%增长速度的同时，$PM_{2.5}$暴露水平在2013年后开始稳定大幅下降。印度、巴基斯坦、孟加拉国、尼泊尔等南亚代表性国家，近十年的$PM_{2.5}$暴露水平仍然较高，平均维持在60 $\mu g/m^3$ 左右，人均GDP水平相对较低，仅为1000-2000美元，十年间经济平均增速约5%。2015年后，南亚国家$PM_{2.5}$暴露水平开始呈现明显下降趋势。东南亚国家整体在保持经济增长的同时，实现$PM_{2.5}$暴露水平稳定在较低水平。例如菲律宾和越南，2010至2020年间，人均GDP水平平均为3000美元左右，并保持4-5%的平均增速，$PM_{2.5}$暴露水平稳定在较低的20 $\mu g/m^3$左右。日本、韩国、新加坡三个亚洲发达国家，已具有较高的人均GDP水平并保持缓慢经济增长，同时$PM_{2.5}$暴露水平维持在非常低的10 $\mu g/m^3$ 附近或以下。

图8 各国$PM_{2.5}$暴露水平与人均GDP变化趋势（2010–2020年）

数据来源：State of Global Air, World Development Indicators数据库。



产业结构、能源强度和能源结构等因素，可对空气质量造成影响

在试图解释空气质量与经济发展之间的关系时，大量文献探索了可能对空气质量造成潜在影响且与社会经济发展相关的一系列重要指标，包括产业结构（Li et al., 2018; Wang et al., 2017）、能源消费与能源结构（Alvarez-Herranz et al., 2017; Bilgen, 2014; Geng et al., 2021; Wang et al., 2019）等。图9(a)至(c)分别绘制了20个亚洲代表性国家和欧美典型发达国家，2020年度$PM_{2.5}$暴露水平与第二产业增加值占比、能源强度、和煤炭消费量在能源消费总量中的占比，气泡大小代表各国的人口数量。

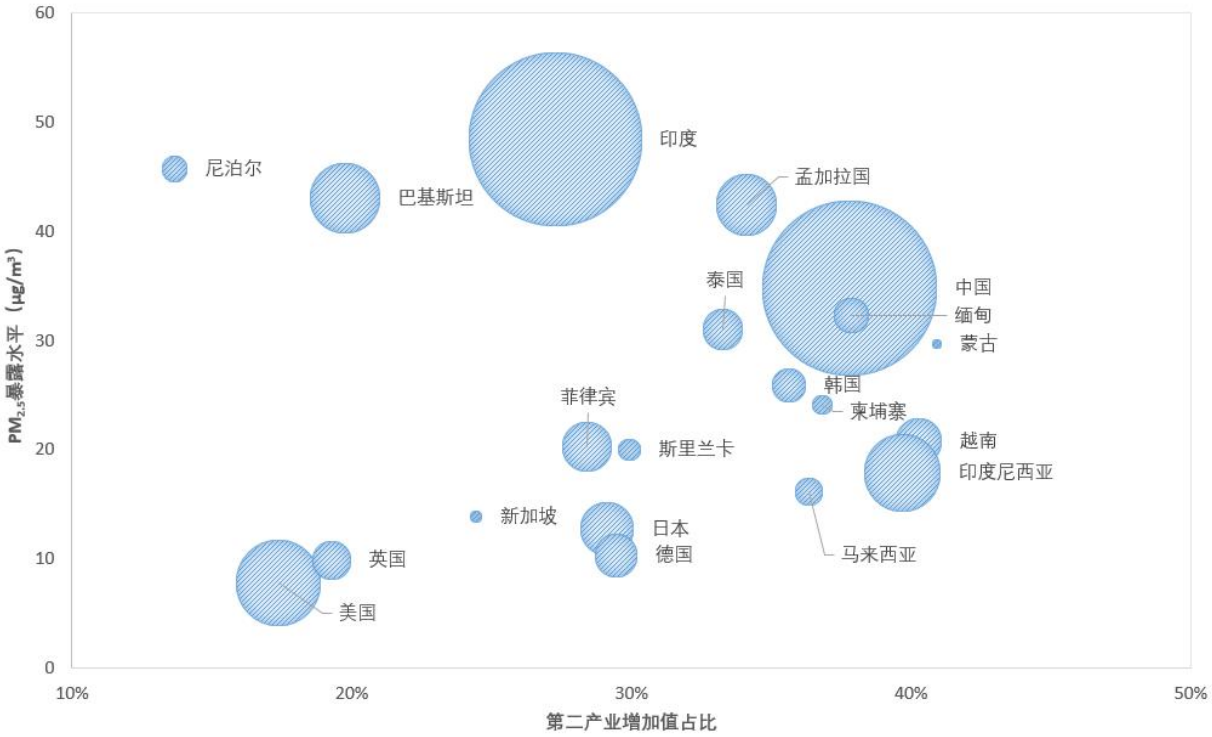
工业生产过程通常是最主要的空气污染来源之一，图（a）显示，第二产业增加值占比更高的国家，更有可能暴露在较高的$PM_{2.5}$水平下。中国虽在近年积极推进产业结构转型，第二产业增加值占比稳定下降，但目前这一占比仍接近40%，同时仍然暴露在相对较高的空气污染水平下。另一些亚洲发展中国家，例如缅甸、柬埔寨和越南等，正处于由第二产业扩张拉动的经济稳定增长时期，相对较高并仍处于上升阶段的第二产业增加值占比，给空气质量管理带来一定的压力。南亚部分国家的第二产业增加值占比虽不突出，但空气污染程度远超其它国家，主要是由于南亚区域较高的生物质燃料使用比例，以及居民活动产生的空气污染排放。

从能源强度角度来看，产出单位GDP所需的能源越多，污染排放强度及污染浓度水平可能更高。如图（b）所示，各国的$PM_{2.5}$暴露水平与能源强度之间呈明显正相关关系。由于二产增加值占比较高，中国、印度等国的能源强度也偏高，从而倾向于暴露在污染浓度偏高的空气中。印度尼西亚等东南亚国家，二产增加值占比虽然较高，但多以纺织、电子产品制造等劳动密集型的轻工业为主，加之服务业在经济中的占比规模相当、甚至更大，因此整体能源强度并不突出。

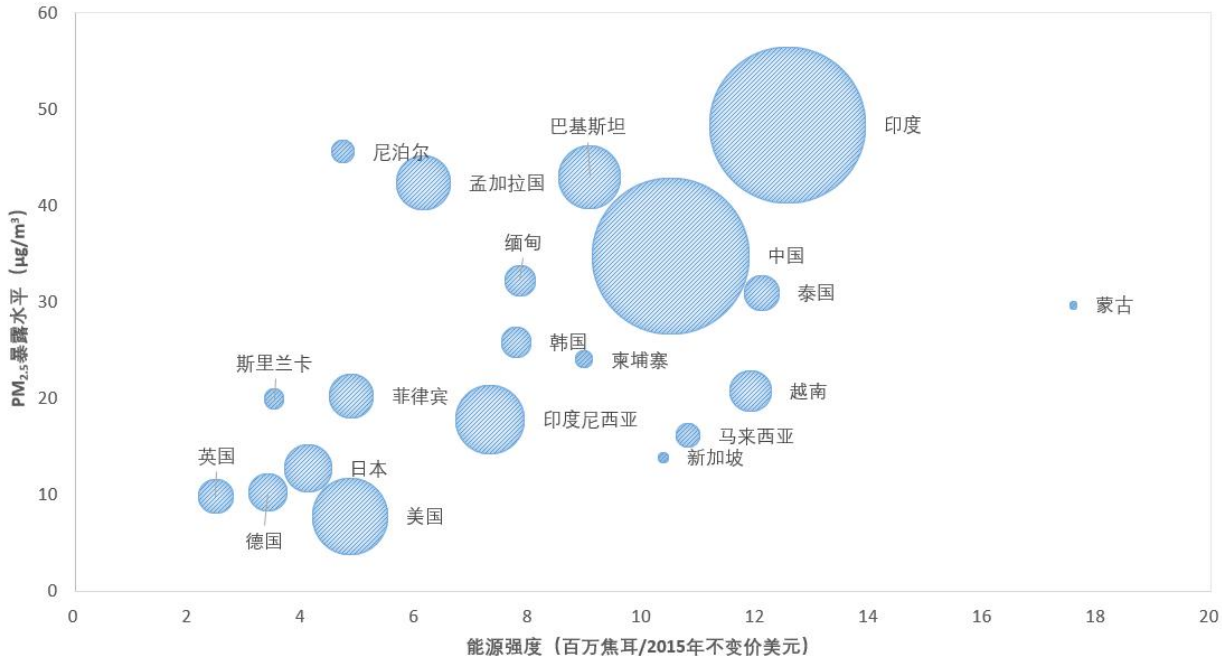
能源消费结构也是影响空气污染程度的一个重要因素，尤其是煤炭等高排放一次能源消费占比的增加，对空气质量产生负面影响。图（c）显示，煤炭消费占比更大的国家，更有可能暴露在较高的$PM_{2.5}$水平下。中国和蒙古虽已在努力推进能源结构转型，两国煤炭消费占比也在总体下降，但其煤炭消费占比仍在60%左右，处于高位。印度和越南的煤炭消费占比也超过50%，明显高于其它国家，且越南的煤炭消费占比仍在迅速提升，近十年增长近60%。同样，部分南亚国家显示出高于亚洲国家整体趋势的高污染水平，除煤炭消费外，用于烹饪、取暖等家庭活动的高比例生物质燃料也会直接影响空气质量。

图9 各国$PM_{2.5}$暴露水平与产业结构、能源强度和能源结构（2020年）

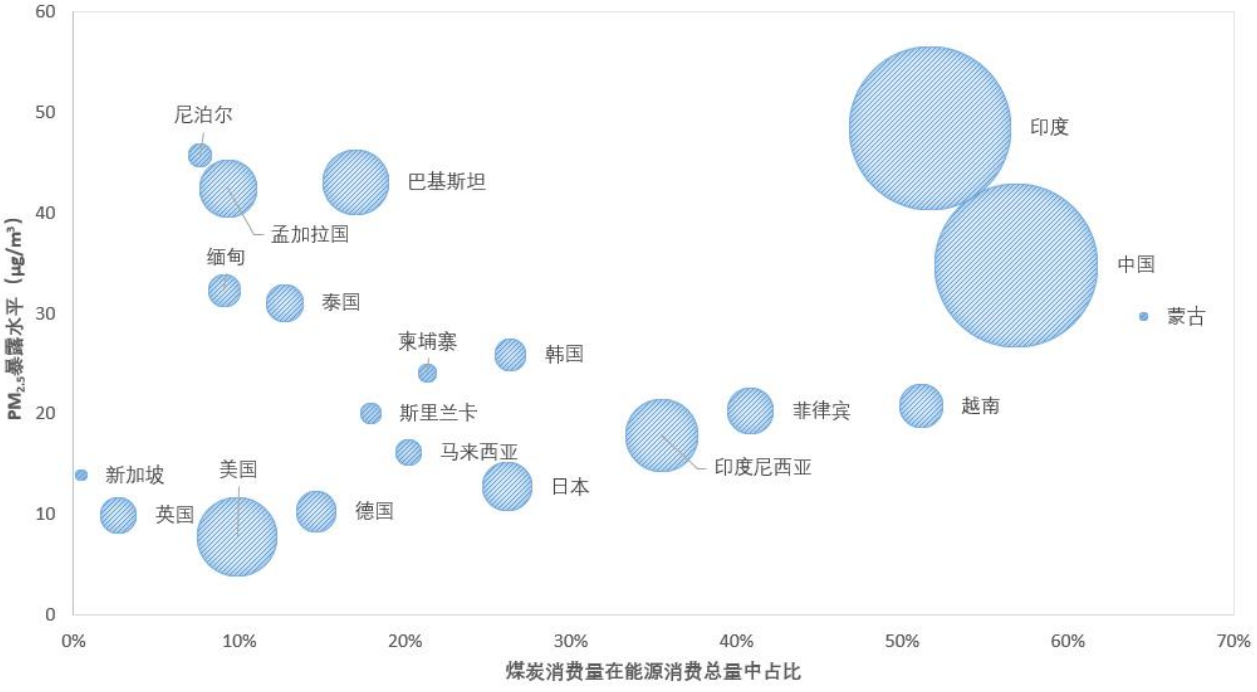
数据来源：State of Global Air，UN National accounts，U.S. Energy Information Administration，World Development Indicators数据库,2021年中国统计年鉴。



(a) $PM_{2.5}$暴露水平与第二产业增加值占比



(b) $PM_{2.5}$暴露水平与能源强度



(c) $PM_{2.5}$暴露水平与煤炭消费占比

四、亚洲国家空气污染的经济负担

全球约七成归因于$PM_{2.5}$暴露的过早死亡发生在亚太地区，该区域空气污染带来的经济成本约占GDP10%左右

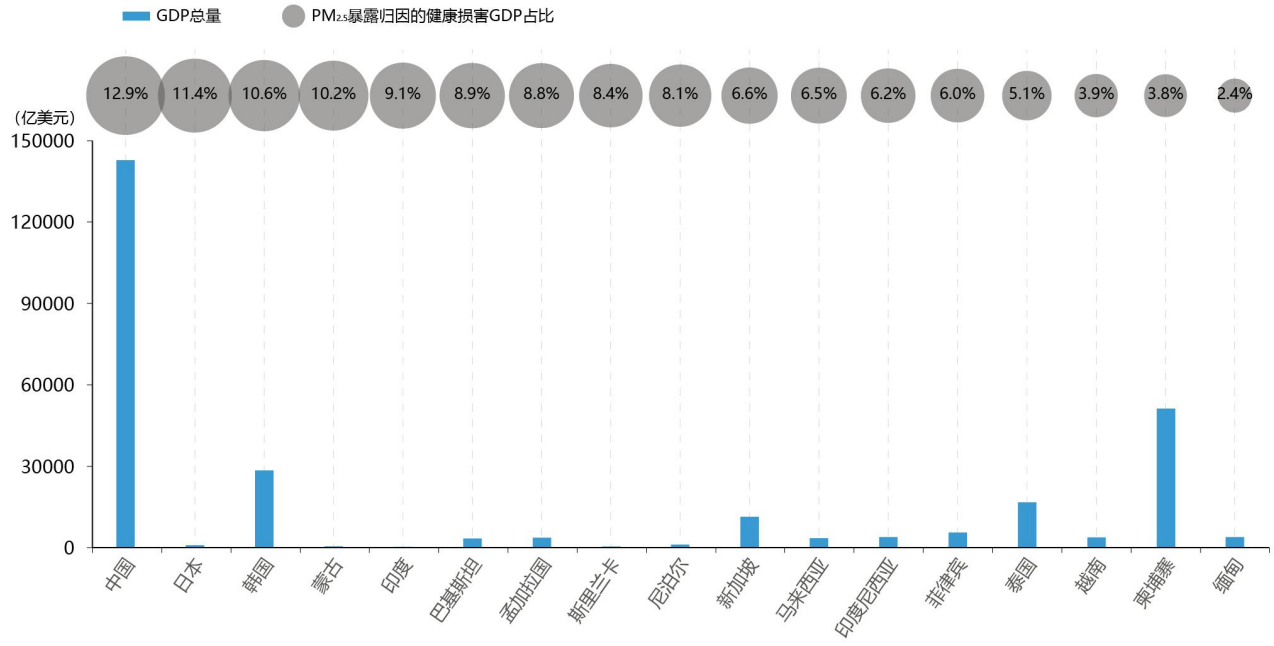
空气质量管理涉及到一系列污染控制措施，意味着需要相当规模的政府、企业和社会的财务成本支出，而此类支出可能会与政府其它政策目标竞争预算资金。在这种情况下，明确空气污染的经济负担，即改善空气质量所带来的收益，对于政策决策者十分必要。

在空气污染造成的经济负担中，健康成本是最主要的组成部分，也是估算方法体系最为成熟的部分。大多数与空气污染有关的健康成本由$PM_{2.5}$造成（World Bank, 2016; USEPA, 2011），世界银行在最新研究中，对2019年全球因$PM_{2.5}$暴露造成的过早死亡和疾病成本进行了估算。研究结果显示，2019 年全球有 640 万人因接触 $PM_{2.5}$空气污染而过早死亡，其中约70% 的死亡发生在东亚和太平洋地区以及南亚。

对$PM_{2.5}$健康损害的货币化估值表明，2019年由$PM_{2.5}$暴露导致的过早死亡和疾病的全球成本约为8.1万亿美元，相当于全球GDP的6.1%。这一健康成本的GDP占比在亚洲地区最高，按照地区占比，其在南亚占比约为10.3%，在东亚及太平洋地区占比约为9.3%。此外，亚洲区域由家庭空气$PM_{2.5}$暴露造成的健康损害在总健康成本中占比相对较高，按照地区占比，其在南亚占比约为42%，在东亚及太平洋地区占比约为22%。在以南亚为主的亚洲部分国家，在家庭烹饪和供暖等活动中大量使用固体燃料，进而造成较为严重的家庭空气污染问题，是造成这一现象的主要原因。健康成本的主要构成部分为过早死亡造成的经济成本，亚太地区由过早死亡产生的健康成本占总额比重约为84%。

在亚洲代表性国家中，空气污染问题仍较为严峻的发展中国家，例如中国、缅甸、印度、尼泊尔等国，$PM_{2.5}$暴露导致的健康成本可达本国GDP的10%以上。相比之下，空气污染控制较好的发达国家健康损害成本相对较低，在韩国、日本、新加坡等国约占GDP的2.4%-5.1%。

图10 亚洲代表性国家的GDP总量及$PM_{2.5}$暴露归因的健康损害GDP占比（2019年）



注：数据来源World Bank(2022b)，World Development Indicators数据库。

五、小结

亚洲经济发展迅速，是全球最具经济活力的地区。过去十年间，东亚、南亚以及东南亚发展中国家，大多处在稳定高速发展阶段，第二产业增加值和能源强度整体偏高。其中，缅甸、柬埔寨等国的工业行业仍在快速增长，第二产业增加值占比及能源强度呈现上升态势，而以中国为代表的另一些国家，已在积极调整产业结构，努力降低能源强度。产业结构、能源结构的变化是污染物排放的重要驱动因素之一，各国单位GDP SO_2、NO_x及CO_2排放量，随之呈现出有差异的变化趋势。

在空气质量方面，亚洲地区是全球污染最严重的区域之一。其中，南亚地区的空气污染尤为严重，$PM_{2.5}$暴露浓度接近全球平均水平的两倍，多种污染源排放、独特的地理和气候因素是主要因素。在国家层面，东亚、东南亚大部分代表性国家，年均$PM_{2.5}$浓度已降至WHO最宽松的过渡目标IT-1标准（35 $\mu g/m^3$ ）以下。亚洲发达国家空气质量相对较好，其中日本的$PM_{2.5}$年均浓度已达到WHO的最严格过渡目标IT-4（10 $\mu g/m^3$ ）。在城市层面，亚洲超大城市空气质量整体呈现改善趋势，但南亚超大城市空气质量状况较差，改善效果不佳、甚至仍在恶化。

亚洲国家经济发展水平与环境空气质量之间的关系，符合环境库茨涅茨“倒U型”曲线假说的规律。经济发展进入“高阶”水平的国家空气质量较好，人均GDP较低的发展中国家空气质量较差。近十年，亚洲代表性国家整体上呈现出在保持经济稳定增长的基础上实现了空气质量持续改善的趋势，该趋势若能保持，亚洲国家将有望实现环境质量恶化与经济增长之间的脱钩，越过环境库茨涅茨曲线拐点，开始进入绿色转型时期。产业结构、能源强度和能源结构，既是影响空气质量的关键因素，也是推动空气质量改善的抓手。

亚洲区域严重的空气污染状况不仅带来公共健康问题，同时伴随着沉重的经济负担。全球约七成$PM_{2.5}$暴露归因的过早死亡发生在亚太地区，亚太地区因空气污染带来的经济损失约占GDP的10%左右。在亚洲地区推动空气质量改善，不仅能够带来生态环境质量和公共健康水平提升，也可带来可观的经济负担降低。明确空气污染以及空气质量改善所带来的经济损益，将对空气质量管理相关决策起到决策支持和决策推动作用。

参考文献

Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. Energy policy, 105, 386-397.

Bilgen, S. E. L. Ç. U. K. (2014). Structure and environmental impact of global energy consumption. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38, 890-902.

Byambajav et al. (2021). Particulate matter concentrations during winter seasons of 2016-2020 in Ulaanbaatar, Mongolia. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, 30-39.

Chay, K., & Greenstone, M. (2003). Air quality, infant mortality, and the Clean Air Act of 1970. NBER working paper. United Nations Environment Pregramme (2021a). Actions on Air Quality: A Global Summaryof Policies and Prggrammes to Reduce Air Pollution. Nairobi.<United Nations Environment Programme (2021b). Actions on Air Quality in Asia and the Pacific.Nairobi.

Geng, G., Zheng, Y., Zhang, Q., Xue, T., Zhao, H., Tong, D., ... & Davis, S. J. (2021). Drivers of PM2. 5 air pollution deaths in China 2002—2017. Nature Geoscience, 14(9), 645-650.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.

Grossman, G.M. and A.B. Krueger (1993), 'Environmental impacts of a North American free trade agreement', in Garber, P., ed., The Mexico—US Free Trade Agreement, Cambridge, MA: MIT Press.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. The quarterly journal of economics, 110(2), 353-377.

Health Effects Institute (2020). State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute. https://www.healthdata.org/sites/default/files/files/policy_report/2021/soga-2020-report-10-26_0.pdf

International Monetary Fund (2024a). World Economic Outlook Database, https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/April.

International Monetary Fund (2024b). Regional economic outlook. Asia and Pacific : steady growth amid diverging prospects. https://www.imf.org/en/Publications/REO/APAC/Issues/2024/04/30/regional-economic-outlook-for-asia-and-pacific-April-2024.

IQAir (2023). 2023 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/dl/2023_World_Air_Quality_Report.pdf

IQAir (2022). 2022 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/newsroom/world-air-quality-report-press-release-2022

IQAir (2021). 2021 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2021-en.pdf

IQAir (2020). 2020 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2020-en.pdf

IQAir (2019). 2019 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2019-en.pdf

QAir (2018). 2018 World Air Quality Report. https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf

Li, M., Li, C., & Zhang, M. (2018). Exploring the spatial spillover effects of industrialization and urbanization factors on pollutants emissions in China's Huang-Huai-Hai region. Journal of Cleaner Production, 195, 154-162.

Panayotou, T. (1995). Environmental degradation at different stages of economic development. Beyond Rio: The environmental crisis and sustainable livelihoods in the third world, 13-36.

Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. Journal of Environmental Economics and management, 27(2), 147-162.

Wang, S., Zhou, C., Wang, Z., Feng, K., & Hubacek, K. (2017). The characteristics and drivers of fine particulate matter (PM2. 5) distribution in China. Journal of Cleaner Production, 142, 1800-1809.

Wang, S., Li, C., & Zhou, H. (2019). Impact of China's economic growth and energy consumption structure on atmospheric pollutants: Based on a panel threshold model. Journal of Cleaner Production, 236, 117694.

World Bank (2022a). Striving for clean air: Air pollution and public health in South Asia. Washington, DC.: License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. https://www.worldbank.org/en/region/sar/publication/striving-for-clean-air

World Bank. (2022b). The global health cost of PM2. 5 air pollution: a case for action beyond 2021. The World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/455211643691938459/The-Global-Health-Cost-of-PM-2-5-Air-Pollution-A-Case-for-Action-Beyond-2021

World Bank (1992), World Development Report 1992, New York: Oxford University Press.
Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. The quarterly journal of economics, 110(2), 353-377.

USEPA (2011), The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020 Final Report — Rev. A.

电话/传真： +86 10 8532 6172
Email：china@cleanairasia.org
微博：@亚洲清洁空气中心
官网：www.cleanairasia.cn / www.cleanairasia.org
地址：北京市朝阳区秀水街1号建国门外外交公寓3-41，10060

CLEAN AIR ASI 亚洲清洁空气中心