

全球 60 个新兴经济体 2010—2020 年 二氧化碳排放数据集

清华大学关大博讲席教授团队

摘要 构建科学的二氧化碳核算体系是推动应对气候变化和实现低碳发展的基石。作为全球经济发展的重要推动力，新兴经济体正在成为全球二氧化碳排放的主要增长源之一。但是，当前仍缺乏全面、细致以及统一的新兴经济体二氧化碳排放清单，导致相关的减碳技术、资金、政策等研究难以开展，从而制约了新兴经济体开展应对气候变化的行动和相关低碳发展规划的制订。中国碳核算数据库（CEADs）编制了 2010 年至 2020 年 60 个新兴经济体全口径、全透明、可验证的二氧化碳排放核算清单。该清单详细核算了分能源类型、分行业的二氧化碳排放数据，具有长时间序列、行业统一等特征。该清单旨在为全球应对气候变化行动提供数据支撑。同时，对新兴经济体二氧化碳排放数据的全面分析不仅能更加科学、客观地评估减排效果，还能落实全球盘点和预测未来碳排放趋势，有效推动新兴经济体积极应对气候变化。

关键词 新兴经济体 二氧化碳排放 数据

[中图分类号] X24 [文献标识码] A [文章编号] 2097-454X (2024) 02-0114-11

一、引言

气候变化对人类经济社会活动与可持续发展产生重要影响（Perkins-Kirkpatrick and Lewis, 2020; Tellman et al., 2021）。2015 年，《巴黎协定》就将全球平均气温增长幅度控制在比工业化前水平高 2℃ 之内，并为把温升控制在 1.5℃ 之内而努力达成共识（UNFCCC, 2015）。在全球气候治理中，新兴经济体的二氧化碳排放及其碳中和进程是预测全球碳排放趋势、加强应对气候变化国际合作、提升新兴经济体应对气候变化国际话语权的重要基础。与欧美等其他国家相比，新兴经济体的二氧化碳排放具有显著的特征。2000 年以来，中小型新兴经济体已成为全球二氧化碳排放增量的主要贡献者之一，尽管单个国家二氧化碳排放相对较少，但新兴经济体的二氧化碳排放总量却不容忽视。已有研究指出，2010 年至 2018 年二氧化碳排放增长速度超过全球平均水平的部分国家中，主要为中小型新兴经济体，且二氧化碳排放总量超过了除中国和美国以外的任何单一国家。2018 年，其总量已经是全球第三大排放国（印度）二氧化碳排放量的 1.65 倍（Cui et al., 2022）。尽管

【基金项目】科技部政府间国际科技创新合作计划“中欧典型行业碳中和评估模型与技术路径研究”（批准号：2023YFE0113000）。

【作者简介】清华大学中国碳核算数据库（CEADs），是由清华大学关大博讲席教授团队于 2016 年自主设计并建立的精细化碳核算数据平台。据 ELSEVIER 统计数据显示，该数据库已为来自 20 多个国家的科研机构提供了基础数据支持，累计引用量达到 2600 余次，已成为具有全球影响力的碳核算数据平台之一。本研究主要执笔人为：李姝萍、考青云、崔璨、李婕、陈玉馨、郭蓉、关大博（通讯作者，guandabo@tsinghua.edu.cn）。

新冠疫情防控使得其二氧化碳排放增长略有延缓，但仍无法改变其整体成为下一个全球主要碳排放源的趋势。主要因为：一方面，新兴经济体人口增长迅速，对经济发展的需求迫切，但其工业化程度尚处于早期阶段，经济增长严重依赖于化石能源，再加之全球产业向新兴经济体的转移，可以预见，众多新兴经济体将在未来成为全球二氧化碳排放增长的主要贡献者；另一方面，这些国家的技术发展相对落后，清洁能源投资和应用进程缓慢，使得短期内二氧化碳排放的快速增长态势较难转变。不仅如此，为实现脱贫目标，新兴经济体国家仍在持续建设工业和交通领域等基础设施，也将导致二氧化碳排放的迅速增长，这对全球有效应对气候变化提出了严峻挑战。若无进一步的有效减排政策和技术支持，经济发展需求所驱动的化石能源消费量及碳排放量仍将持续增加，进一步加剧全球气候变化。

自全球净零碳目标提出以来，统一规范的碳核算体系建设显得尤为重要。《巴黎协定》也强调，各缔约方应根据会议通过的相关指导原则进行碳核算，推动二氧化碳数据信息的完整性、透明性、精确性、完备性、可比和一致性，并避免双重核算（UNFCCC，2015）。然而，目前国际能源署（IEA）、全球碳预算（GCB）、欧盟环境署全球大气排放数据库（EDGAR）、美国能源信息署（EIA）和英国石油公司（BP）等国际主要碳数据库均侧重于发达国家和主要新兴经济体（如中国和印度）的二氧化碳排放数据，对欠发达国家的二氧化碳排放关注则明显不足。更具体地，除中国、印度外，绝大多数新兴经济体缺乏实现减排目标所必需的国家级、区域级和行业级的二氧化碳排放基础数据。在这一背景下，建立系统、完善、透明的二氧化碳排放核算体系，对于新兴经济体有效减缓气候变化，推动南南合作、构建人类命运共同体，实现可持续发展具有重要的现实意义。

基于上述新兴经济体二氧化碳排放清单缺失的问题，中国碳核算数据库（CEADs）研究团队构建了统一、透明、科学的新兴经济体二氧化碳排放清单数据，旨在为分析新兴经济体的排放现状，探索新兴经济体的低碳减排路径提供数据支撑。该数据核算清单涵盖来自亚洲、非洲、拉丁美洲、欧洲和大洋洲等全球 60 个不同地理位置以及不同社会经济发展阶段的新兴经济体国家。尽管这些新兴经济体中的单个国家经济体量较小，但其经济总量及人口总体规模不容忽视。2022 年，全球 GDP 为 100.9 万亿（现价美元）。其中，这 60 个新兴经济体占比为 18.1%（World Bank，2022），且呈现出持续增长态势；人口占比高达 50.8%（United Nations Population Fund，2023）。从增速上来看，2010 年后，34 个国家的 GDP 年均增长率高于美国同期增长率的 4.5%，48 个国家人口年均增长率远高于美国的 0.6%。其中，约旦和尼日尔的人口年均增长率分别高达 4.1% 和 3.9%。经济发展和人口增长将会给这部分新兴经济体的能源转型和减缓气候变化带来更大挑战。本数据集考虑了一次能源消费所产生的二氧化碳排放，数据源包括各国的能源平衡表和能源消耗量、工业产量等能源经济指标。为提高该套数据的准确性，本研究统一使用各国或该区域的活动数据，优先使用各国的二氧化碳排放因子，识别各国的二氧化碳趋势和异质性，以更好地反映突发事件（如工业事故、自然灾害和疫情等）对二氧化碳排放的影响。

二、方法与数据来源

二氧化碳排放核算方法依据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）指南（IPCC，2006），即活动水平数据与排放因子相乘。本研究首先根据各国的能源平衡表编制新兴经济体国家级的二氧化碳排放清单，接下来使用行业匹配指标统一成行业数目一致的清单，实现数据间的一致性和可比性，具体核算框架如图 1 所示。对于大多数新兴经济体来说，次国家级二氧化碳排放清单的构建是基于国家级行业统一的二氧化碳排放量进行计算，然后通过次国家级匹配指标得出。对于少数新兴

经济体拥有次国家级分行业分能源类型数据，本研究则采用先核算次国家级二氧化碳排放量，再进一步统一行业的方法（Cui et al., 2023）。

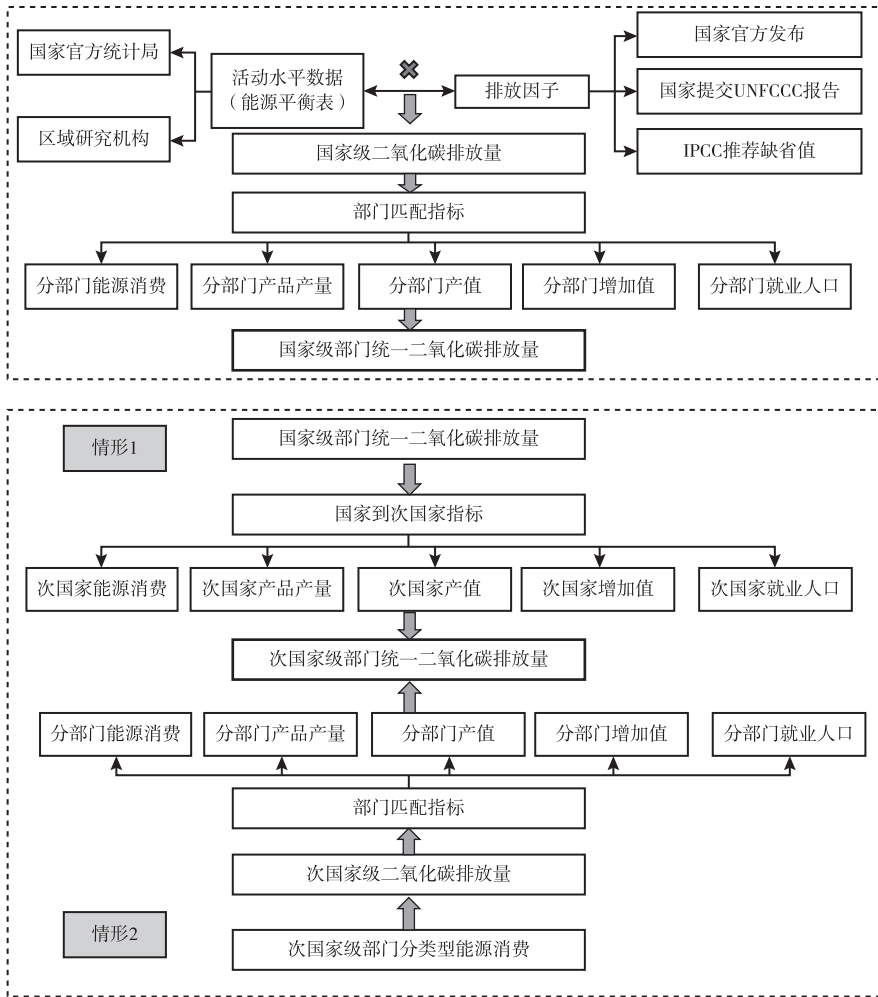


图1 新兴经济体二氧化碳排放核算流程

资料来源：作者绘制。

(一) 二氧化碳排放核算方法学

1. 国家级二氧化碳排放核算方法

基于联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）指南（IPCC, 2006），国家级二氧化碳排放量可按照如下方式计算：

$$CE = \sum_{ij} CE_{ij} = \sum_{ij} AD_{ij} \times EF_{ij} \quad (1)$$

其中， CE_{ij} 是来自行业 J 的活动类型 i 的二氧化碳排放量， AD 是活动水平数据（如能源消费量）， EF 是排放因子，可量化单位活动所放出的二氧化碳排放量。对基础统计数据暂时缺失的年份，或统计数据与前后年份相比有明显异常、但无可解释依据时，通过以下方式修正其二氧化碳排放量：

$$CE_{t1} = CE_{t0} \times (1 + agr)^{t1-t0} \quad (2)$$

其中， CE_{t1} 是修正年份的二氧化碳排放量， CE_{t0} 是参考年份的二氧化碳排放量， agr 是二氧化碳排放量的年均增长率，修正即假设二氧化碳排放增速不变，以参考年份的排放量推算修正年份的排

放量。此外，考虑到新冠疫情影响，2020 年二氧化碳排放量（ CE_{2020} ）的修正方法如下：

$$CE_{2020} = CE_{2019} \times (1 + rate) \quad (3)$$

以 2019 年作为参考年份（ CE_{2019} ），运用能源消费数据、产出数据和国内生产总值数据等指标变化率（ $rate$ ）外推到 2020 年。具体各国修正年份如表 1 所示。

表 1 进行数据修正的国家及年份

国家	修正年份
缅甸	2018,2019,2020
柬埔寨	2020
老挝	2010,2011,2019,2020
约旦	2019,2020
蒙古	2019,2020
斯里兰卡	2011
亚美尼亚	2010,2011,2012,2013,2014
伊朗	2019,2020
泰国	2010,2011,2012
马来西亚	2020
沙特阿拉伯	2010,2011,2012,2013,2014,2020
以色列	2010,2011,2012
布隆迪	2016,2017,2019,2020
马达加斯加	2019,2020
利比里亚	2019,2020
埃塞俄比亚	2010,2016,2017,2018,2019,2020
乌干达	2013,2014,2015
卢旺达	2019,2020
坦桑尼亚	2017,2018,2019,2020
吉布提	2017,2018,2019,2020
津巴布韦	2019
肯尼亚	2010,2011,2016,2017,2018,2019,2020
加纳	2010,2011,2012,2013,2014,2015
尼日利亚	2019,2020
埃及	2010,2011,2017,2018,2019,2020
突尼斯	2020
南非	2020
博茨瓦纳	2019,2020
尼加拉瓜	2010,2011
哥伦比亚	2020
秘鲁	2010
古巴	2010
摩尔多瓦	2010,2011,2012,2013
俄罗斯	2020
密克罗尼西亚	2015,2016,2017,2018,2019,2020

资料来源：作者根据核算情况整理。

2. 行业二氧化碳排放核算方法

由于各国的统计口径不同，所核算的行业数目不等。因而，根据国家能源平衡表和行业匹配指标，相应匹配到行业的二氧化碳排放量如下：

$$CE_{ij} = CE_{iJ} \times \frac{SI_{ij}}{SI_{iJ}} \tag{4}$$

其中， SI 代表行业统计指标，包括行业能源消耗、行业能源强度、行业增加值、行业产出等。 J 为各国能源平衡表中的行业，而 j 则指 47 个行业列表中的匹配行业。

3. 区域二氧化碳排放核算方法

一些国家有区域性的能源统计，则便于进行区域、省或州一级的能源相关的二氧化碳排放核算。对这些国家来说，因活动数据可从地方统计资料中获取，核算方法与国家核算方法类似。然而，大多数新兴经济体缺乏完整的区域统计资料，这些国家的区域行业排放核算则需要额外的关键指标来对国家排放进行处理。降尺度处理方法可表述为：

$$CE_{ijr} = CE_{ijC} \times \frac{SIR_{ijr}}{SIR_{ijC}} \tag{5}$$

其中， CE_{ijr} 是指在地区 r 的行业 i 因活动 j 产生的二氧化碳排放量， SIR 代表区域和行业的匹配指标， $\frac{SIR_{ijr}}{SIR_{ijC}}$ 指区域 r 的能源或经济数据占全国 C 的比例。降尺度处理的指标可选择能源消费、工业生产或其他能够近似反映一个地区排放占全国比例的数值。

(二) 数据来源

本研究编制完成的数据可呈现新兴经济体国家历史上能源消费模式的变化以及对全球二氧化碳排放的影响，包括亚洲、非洲、拉丁美洲、欧洲和大洋洲等新兴经济体的二氧化碳排放和能源消费态势，涵盖已有 60 个新兴经济体国家的一次能源结构、化石能源碳排放特征以及分行业化石能源碳排放贡献等信息，时间序列更新至 2020 年。根据《世界经济形势与展望》，60 个新兴经济体的“发展阶段”按照各国的社会经济发展水平划分为最不发达国家、发展中经济体、转型经济体、发达经济体，再结合国家的地理位置，部分国家属于小岛屿发展中国家和内陆发展中国家（见表 2）。

表 2 各国基础信息概览

国家	区域	发展阶段	国家	区域	发展阶段
亚洲篇			伊朗	南亚	发展中经济体
缅甸	东南亚	最不发达国家	泰国	东南亚	发展中经济体
柬埔寨	东南亚	最不发达国家	马来西亚	东南亚	发展中经济体
老挝	东南亚	最不发达国家、内陆发展中国家	土耳其	西亚	发展中经济体
吉尔吉斯斯坦	中亚	转型经济体	沙特阿拉伯	西亚	发展中经济体
巴基斯坦	南亚	发展中经济体	以色列	西亚	发展中经济体
印度	南亚	发展中经济体	非洲篇		
菲律宾	东南亚	发展中经济体	布隆迪	东非	最不发达国家、内陆发展中国家
约旦	西亚	发展中经济体	马达加斯加	东非	最不发达国家
印度尼西亚	东南亚	发展中经济体	利比里亚	西非	最不发达国家
蒙古	东亚	内陆发展中国家	尼日尔	西非	最不发达国家、内陆发展中国家
斯里兰卡	南亚	发展中经济体	埃塞俄比亚	东非	最不发达国家、内陆发展中国家
亚美尼亚	西亚	转型经济体、内陆发展中国家	乌干达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家

续表

国家	区域	发展阶段	国家	区域	发展阶段
多哥	西非	最不发达国家	牙买加	加勒比	小岛屿发展中国家
卢旺达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	厄瓜多尔	南美洲	发展中经济体
坦桑尼亚	东非	最不发达国家	巴拉圭	南美洲	内陆发展中国家
吉布提	东非	最不发达国家	哥伦比亚	南美洲	发展中经济体
津巴布韦	东非	内陆发展中国家	秘鲁	南美洲	发展中经济体
肯尼亚	东非	发展中经济体	古巴	加勒比	小岛屿发展中国家
加纳	西非	发展中经济体	巴西	南美洲	发展中经济体
尼日利亚	西非	发展中经济体	圭亚那	南美洲	小岛屿发展中国家
摩洛哥	北非	发展中经济体	阿根廷	南美洲	发展中经济体
阿尔及利亚	北非	发展中经济体	巴拿马	中美洲	发展中经济体
埃及	北非	发展中经济体	智利	南美洲	发展中经济体
突尼斯	北非	发展中经济体	乌拉圭	南美洲	发展中经济体
南非	南非	发展中经济体	欧洲篇		
博茨瓦纳	南非	内陆发展中国家	摩尔多瓦	东欧	转型经济体、内陆发展中国家
毛里求斯	东非	小岛屿发展中国家	俄罗斯	东欧	转型经济体
拉丁美洲和加勒比篇			爱沙尼亚	海峡群岛	发达经济体
尼加拉瓜	中美洲	发展中经济体	大洋洲篇		
萨尔瓦多	中美洲	发展中经济体	巴布亚新几内亚	美拉尼西亚	小岛屿发展中国家
玻利维亚	南美洲	内陆发展中国家	密克罗尼西亚	密克罗尼西亚	小岛屿发展中国家
危地马拉	中美洲	发展中经济体	—	—	—

资料来源：作者根据联合国发布的《世界经济形势与展望》报告整理。

其中，能源平衡表、排放因子、行业匹配指标和国家、区域的降尺度指标选择依据和来源如下。

1. 能源平衡表

能源平衡表作为一种统计工具，旨在跟踪特定国家的能源供给和能源使用之间的平衡情况。该表中会详细记录各种类型能源（如石油、天然气、煤炭、可再生能源等）在不同行业的供应、加工转换和消费数据。二氧化碳排放数据是根据能源燃烧转换（如电力和热力的生产以及工业、交通等最终消费）计算得出。本研究所采用的能源平衡表优先选用各国统计局发布的能源平衡表，其次选用区域研究机构的能源平衡表。例如，印度、吉尔吉斯斯坦、巴西、智利、南非和阿尔及利亚等国家的能源平衡表均来自本国的统计局或能源局等；圭亚那则采用拉丁美洲和加勒比能源信息系统所提供的能源平衡表；布隆迪和尼日利亚等国家则选用非洲能源委的数据；缅甸和柬埔寨等国家的能源平衡表取自东亚东盟经济研究中心。此外，按照计量单位来看，能源平衡表分为实物量能源平衡表和标准量能源平衡表。在核算过程中，根据各国的数据情况选择合适的能源平衡表类型，例如，以色列使用实物量能源平衡表，巴西采用标准油当量能源平衡表。

2. 排放因子

在核算过程中，优先采用国家统计局公布的排放因子或各国提交联合国气候变化框架公约（UNFCCC）的国家清单报告等信息；对于未公布国家排放因子的国家，采用 IPCC 推荐的排放因子进行计算。即，若该国存在相应的排放因子，则直接采用；若不存在，则选择经济状态或产业结构相似、地理位置相近的国家的排放因子或缺省值进行替代。例如，俄罗斯优先使用俄罗斯自然资源与环境部（MNRE）所提供的排放因子；土耳其和爱沙尼亚等国家采用本国提交给 UNFCCC 的国家清单中的排放因子。相比之下，乌拉圭使用 IPCC 推荐的缺省值。

3. 行业匹配指标

行业匹配指标包括能源消费数据、产出数据、销售数据和人口等，这些数据在相近的行业（如黑色金属冶炼和有色金属冶炼来自同一初始行业金属冶炼）之间具有可比性。行业匹配指标收集自国家统计局、经济报告、工业报告等。例如，各国统计局会提供更加细化的农业、工业、建筑和服务业的增加值或 GDP 数据，有助于匹配农业、工业、建筑和服务业的数据；部分国家可给出分行业但不区分能源类型的能源消费量数据。此外，少数国家会呈现农村和城镇的人口数据或者世界银行提供城镇化率数据，可进一步细化家庭生活消费排放。具体地，摩洛哥的行业匹配指标取自本国官方统计网站，可匹配工业和服务业增加值并将世界银行的城镇化率数据匹配到家庭生活消费。

4. 国家到区域的降尺度指标

大多数国家已公布国家能源平衡表，但区域、省或州一级的统计数据公布较少。因此，优先地利用区域、省或州层面的能源消费数据来核算二氧化碳排放量。对于没有区域、省或州能源统计数据的国家，则使用其他指标来将国家的二氧化碳排放量降尺度到区域、省或州层面。降尺度指标从国家统计局或经济报告中收集，包括区域、省或州层面的分行业 GDP、产出、人口数据等。例如，泰国选用各区域所消费的能源量；蒙古的降尺度指标来自乌兰巴托统计局、鄂尔浑省统计局和色楞格省统计局等各省份统计的分行业产出和人口数据；乌干达的降尺度指标来自乌干达统计的区域人口数据；坦桑尼亚采用区域的国内生产总值报告。

三、新兴经济二氧化碳排放特征分析

图 2 展示了 2019 年 18 个亚洲国家、21 个非洲国家、16 个拉丁美洲国家、2 个大洋洲国家和 3 个欧洲国家的人均化石能源消费相关的二氧化碳排放和人均 GDP 数据。此外，本研究利用能源消费及经济数据等代用指标，完成次国家级区域水平的数据覆盖，关注各新兴经济体内部区域间二氧化碳排放的异质性。在空间尺度上，就能源类型而言，亚洲区域新兴经济体主要依赖煤炭消费，拉丁美洲区域新兴经济体侧重石油消费，非洲区域新兴经济体则主要是生物质消费。特别是非洲区域的生物质使用方式较为传统，如通过砍伐森林用以家庭生活消费，这导致了森林覆盖率的减少和退化，因为森林恢复需要漫长周期，燃烧生物质所产生的二氧化碳排放若在核算时间周期内不能被吸收，最终会造成碳排放增加，加剧全球变暖 (Cherubini et al., 2011; Hudiburg et al., 2011)。因此，越来越多的学者发现了未充分考虑生物质二氧化碳排放所带来的研究误差 (Börjesson and Gustavsson, 2000; Withey et al., 2019)，本研究也进一步量化了这部分不可持续的生物质能源。此外，行业二氧化碳排放与能源使用息息相关，不同区域和国家均具有各自的特点和多样性。从行业角度分析，老挝等亚洲区域的新兴经济体近年来使用煤炭发电，使得电、热、气和水的生产的二氧化碳排放增长迅速，老挝该行业的煤炭消费量从 2015 年的 5.6 百万吨增加到 2018 年的 14.8 百万吨。

在时间序列上，在 2010—2019 年中，60 个新兴经济体整体化石能源相关的二氧化碳排放是 70.2 亿—90 亿吨，占全球 22.8%—27%，是美国化石能源相关的二氧化碳排放量的 1.3—1.9 倍，且与美国等国家的二氧化碳排放下降的态势不同，全球化石能源相关的二氧化碳排放在此期间的年均增长率为 1.02%，而尼日利亚、尼日尔、巴拉圭、乌干达、菲律宾、老挝、柬埔寨等国家的二氧化碳排放年均增长率均超过 4.4%，特别是乌干达、菲律宾、老挝等国家的二氧化碳排放增长速度甚至超过 10%。印度和俄罗斯是主要的二氧化碳排放国，其中，2019 年印度化石能源相关的二氧化碳排放量达到 2328.4 百万吨，而 2010—2019 年，俄罗斯的化石能源相关的二氧化碳排放总体上从 1470.1 百万吨增至 2019 年的 1513.8 百万吨，约增长了 3%。除俄罗斯外，其他 59 个国家在 2010—2019 年整体化石能源相关的二氧化碳排放是 55.5 亿—74.8 亿吨，占全球的 17.8%—

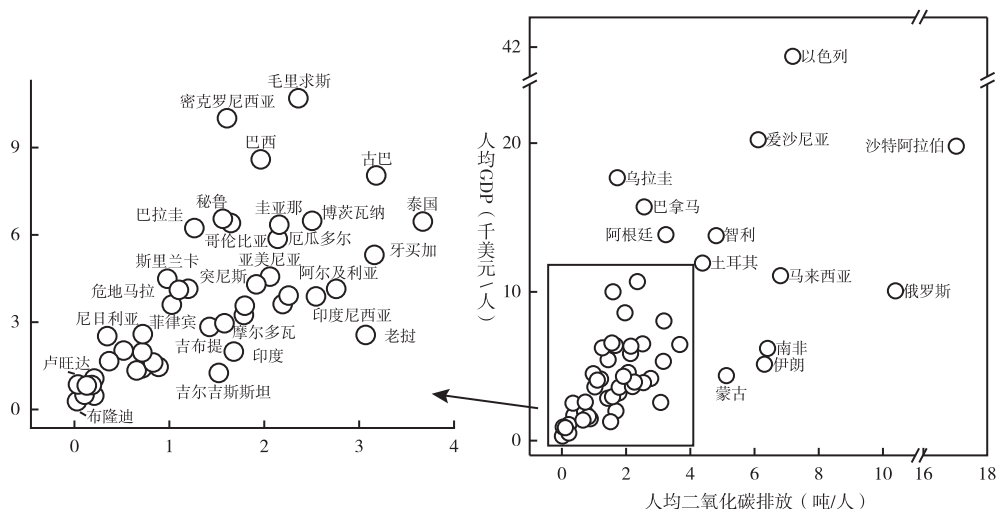


图 2 新兴经济体 2019 年人均化石能源二氧化碳排放和人均 GDP

资料来源：作者根据联合国网站的人口、GDP 数据和本研究核算的二氧化碳清单整理绘制，并尽可能多地标注国家名称。

22.4%。在此期间，58 个国家（不包括印度和俄罗斯）整体加总的化石能源相关的二氧化碳排放从 41.6 亿吨上升到 51.5 亿吨（年均增长 2.4%），截至 2019 年，其化石能源相关的二氧化碳排放分别是美国、印度和俄罗斯的 1.1 倍、2.2 倍和 3.4 倍，二氧化碳排放增长的态势主要和工业化进程以及化石能源使用相关，在经济增长的同时，也促使二氧化碳排放增加。

受新冠疫情影响，2020 年，玻利维亚、秘鲁和乌干达等国家的化石能源相关的二氧化碳排放量有所下降。相较于 2019 年，2020 年秘鲁、玻利维亚和乌干达化石能源相关的二氧化碳排放分别下降了 19.3%、14.7% 和 4.3%。与 2019 年相比，玻利维亚 2020 年天然气消费产生的二氧化碳量为 6.8 百万吨，占化石能源排放的 37.9%。此外，2020 年石油产品消费所产生的二氧化碳排放量为 10.9 百万吨，占化石能源相关的二氧化碳排放量的比重达 60.9%。其中，汽油和柴油是玻利维亚主要使用的石油产品。而土耳其、多哥共和国等国家的化石能源相关的二氧化碳排放量则在 2020 年呈现上升态势。电力、热力、燃气和水的生产行业是土耳其化石能源相关的二氧化碳排放的主要来源。2020 年，以上行业化石能源消费所产生的二氧化碳排放量占化石能源相关二氧化碳排放的比重为 37.5%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，在 2020 年占化石能源相关的二氧化碳排放总量的 22.7%。受益于“一带一路”倡议等的推动，近年来多哥共和国工业化进程迅速，电力生产消费化石能源导致的二氧化碳排放从 2010 年的 0.07 百万吨增至 2020 年的 0.61 百万吨，2020 年多哥共和国化石能源相关碳排放相较于 2019 年增长了 7%。

四、总结与展望

当今世界正经历百年未有之大变局，国际环境日趋复杂，不稳定性、不确定性明显增加。随着全球气候治理行动的推进，二氧化碳的排放空间（地球的碳承载能力）将成为各国未来竞争的稀缺资源，甚至可能演变为制约新兴经济体发展的重要因素之一。这意味着，在全球碳中和目标的背景下，新兴经济体将面临排放空间持续缩紧的重大挑战。为应对这一挑战，并促进新兴经济体国家协同实现经济发展、人民生活水平提高和应对气候变化，本研究建立了系统、完善、透明的二氧化碳排放核算体系，以更准确地统计二氧化碳排放情况，为制定和实施减缓气候变化政策提供可靠依

据,对新兴经济体参与全球气候治理体系和全球盘点工作的延续具有重要的实践意义。

本文研究显示,尽管在2020年新冠疫情期间,多哥共和国、土耳其等国家的化石能源相关的二氧化碳排放量仍呈现上升态势,但是其在提高能源效率以减少二氧化碳排放方面具有较大的潜力,可以采取更积极的措施提高减排幅度(Li et al., 2023)。未来,应大力推进新兴经济体在技术转移、资金支持和知识共享方面的国际合作,发挥南南合作在支持新兴经济体低碳发展中的关键作用,发达国家应向新兴经济体提供进一步的资金和技术支持,助力新兴经济体经济发展和应对气候变化,尽早实现减碳、零碳和负碳目标。此外,新兴经济体的可再生能源丰富,可以实现绿色低碳能源转型。中国作为全球主要的绿色与清洁技术产业供应国之一,风电、光伏、电动汽车、新兴低碳技术等领域的发展均位居世界前列,逐渐成为推动全球能源消费迈向低碳化、清洁化转型的领军者(He and Kammen, 2016; Li et al., 2022; Zhang et al., 2023)。与中国类似,许多新兴经济体也拥有丰富的可再生能源资源,非洲区域新兴经济体的光伏和水力等可再生能源可优化能源结构并促进经济发展,在减少二氧化碳排放方面可发挥显著作用(Joshi et al., 2021)。国家和区域间的经验可相互借鉴,如拉丁美洲有充足的水力和太阳能等,特别是乌拉圭、巴拉圭等国,可再生能源近年来得到了较好的利用。拉丁美洲国家的可再生能源发展经验可为非洲国家借鉴(Li et al., 2023)。识别各国的能源、行业异质性,针对不同经济体的能源结构,发挥自身清洁能源的优势,促进风能、光能和地热能等可再生能源在关键领域的应用。但是,当前这些国家对资源的有效利用程度有限,清洁能源发展潜力尚未充分挖掘,特别是“一带一路”国家电力的普及程度仍然较低(Chen et al., 2019)。

在数据利用与分析方面,本研究具有三方面实际效用。第一,新兴经济体二氧化碳排放清单可分析碳排放模式和碳排放增长的驱动力,识别关键行业二氧化碳排放来源,进而揭示技术变化对关键行业二氧化碳排放的作用机制,并找出能源系统低碳转型的途径。通过区分不同国家的差异化二氧化碳减排目标,分步骤、分行业因地制宜地有效助力各国的二氧化碳减排路径(Mardani et al., 2020; Berrill et al., 2022; Dong et al., 2023)。第二,新兴经济体的二氧化碳减排路径与2030可持续发展目标(SDGs)具有协同效应,并可直接或间接地作用于可持续发展目标(Peng et al., 2023)。此外,将新兴经济体二氧化碳排放清单与投入产出表相链接,能以更高的数据准确性与稳健性实现全球化背景下全球和区域消费端碳排放核算和隐含碳转移核算的分析,具有广阔的数据应用前景(Davis and Caldeira, 2010; Meng et al., 2018)。第三,基于环境扩展投入产出分析以及结构分解分析方法,可从宏观维度、全产业链视角更清晰地揭示行业间的依存关系及传导机制(Feng et al., 2015; Su et al., 2022)。

新兴经济体二氧化碳排放数据是有效应对气候变化的基石,本研究考虑了新兴经济体的地理位置、经济发展水平、资源禀赋和二氧化碳排放模式等异质性因素,对潜在的能源转型渠道和重点行业进行了精准核算。未来,中国碳核算数据库将继续追踪新兴经济体的二氧化碳排放模式和减排潜力,为推动南南合作,为新兴经济体争取更公平、合理的发展权,提升新兴经济体应对气候变化的硬实力和软实力,务实推动世界各国共同应对气候变化。

参考文献

- Berrill, P., E. J. H. Wilson and J. L. Reyna, et al. (2022), "Decarbonization Pathways for the Residential Sector in the United States", *Nature Climate Change*, 12 (8), pp. 712 - 718.
- Börjesson, P. and L. Gustavsson (2000), "Greenhouse Gas Balances in Building Construction: Wood versus Concrete from Life-cycle and Forest Land-use Perspectives", *Energy Policy*, 28 (9), pp. 575 - 588.
- Chen, S., X. Lu and Y. Miao, et al. (2019), "The Potential of Photovoltaics to Power the Belt and Road Initiative", *Joule*, 3 (8), pp. 1895 - 1912.

- Cherubini, F., G. P. Peters and T. Berntsen, et al. (2011), “CO₂ Emissions from Biomass Combustion for Bioenergy: Atmospheric Decay and Contribution to Global Warming”, *GCB Bioenergy*, 3 (5), pp. 413–426.
- Cui, C., D. Guan and D. Wang, et al. (2022), “Global Mitigation Efforts Cannot Neglect Emerging Emitters”, *National Science Review*, 9 (12), nwac223.
- Cui, C., S. Li and W. Zhao, et al. (2023), “Energy-related CO₂ emission Accounts and Datasets for 40 Emerging Economies in 2010–2019”, *Earth System Science Data*, 15 (3), pp. 1317–1328.
- Davis, S. J. and K. Caldeira (2010), “Consumption-based Accounting of CO₂ Emissions”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (12), pp. 5687–5692.
- Dong, J., B. Cai and S. Zhang, et al. (2023), “Closing the Gap between Carbon Neutrality Targets and Action: Technology Solutions for China’s Key Energy-Intensive Sectors”, *Environmental Science & Technology*, 57 (11), pp. 4396–4405.
- Feng, K., S. J. Davis and L. Sun, et al. (2015), “Drivers of the US CO₂ Emissions 1997–2013”, *Nature Communications*, 6, 7714.
- He, G. and D. M. Kammen (2016), “Where, When and How Much Solar is Available? A Provincial-scale Solar Resource Assessment for China”, *Renewable Energy*, 85, pp. 74–82.
- Hudiburg, T., B. Law and C. Wirth, et al. (2011), “Regional Carbon Dioxide Implications of Forest Bioenergy Production”, *Nature Climate Change*, 1 (8), pp. 419–423.
- IPCC (2006), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, S., L. Buendia and K. Miwa, et al. (eds), Japan: IGES.
- Joshi, S., S. Mittal and P. Holloway, et al. (2021), “High Resolution Global Spatiotemporal Assessment of Rooftop Solar Photovoltaics Potential for Renewable Electricity Generation”, *Nature Communications*, 12 (1), 5738.
- Li, M., E. Virguez and R. Shan, et al. (2022), “High-resolution Data Shows China’s Wind and Solar Energy Resources are Enough to Support a 2050 Decarbonized Electricity System”, *Applied Energy*, 306, 117996.
- Li, S., C. Cui and J. Meng, et al. (2023), “The Heterogeneous Driving Forces behind Carbon Emissions Change in 30 Selective Emerging Economies”, *Patterns*, 4 (7), 100760.
- Mardani, A., H. Liao and M. Nilashi, et al. (2020), “A Multi-stage Method to Predict Carbon Dioxide Emissions Using Dimensionality Reduction, Clustering, and Machine Learning Techniques”, *Journal of Cleaner Production*, 275, 122942.
- Meng, J., Z. Mi and D. Guan, et al. (2018), “The Rise of South-South Trade and Its Effect on Global CO₂ Emissions”, *Nature Communications*, 9 (1), 1871.
- Peng, K., K. Feng and B. Chen, et al. (2023), “The Global Power Sector’s Low-carbon Transition May Enhance Sustainable Development Goal Achievement”, *Nature Communications*, 14 (1), 3144.
- Perkins-Kirkpatrick, S. E. and S. C. Lewis (2020), “Increasing Trends in Regional Heatwaves”, *Nature Communications*, 11 (1), 3357.
- Su, B., B. W. Ang and Y. Sun (2022), “Input-output Analysis of Embodied Emissions: Impacts of Imports Data Treatment on Emission Drivers”, *Energy Economics*, 107, 105875.
- Tellman, B., J. A. Sullivan and C. Kuhn, et al. (2021), “Satellite Imaging Reveals Increased Proportion of Population Exposed to Floods”, *Nature*, 596 (7870), pp. 80–86.
- UNFCCC (2015), “Paris Agreement”, [https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMImaKI8KnrhAMVfi6tBh21rA3OEAAAYASAAEgKwIPD_BwE\[2024-03-01\]](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMImaKI8KnrhAMVfi6tBh21rA3OEAAAYASAAEgKwIPD_BwE[2024-03-01]).
- United Nations Population Fund (2023), “World Population Dashboard”, [https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard\[2024-02-22\]](https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard[2024-02-22]).
- Withey, P., C. Johnston and J. Guo (2019), “Quantifying the Global Warming Potential of Carbon Dioxide Emissions from Bioenergy with Carbon Capture and Storage”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115, 109408.
- World Bank (2022), “World Development Indicators—GDP (Current US\$MYM)”, [https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD\[2024-02-21\]](https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD[2024-02-21]).

Zhang, Z. , M. Chen and T. Zhong, et al. (2023), “Carbon Mitigation Potential Afforded by Rooftop Photovoltaic in China”, *Nature Communications*, 14 (1), 2347.

CO₂ Emissions Dataset for 60 Emerging Economies from 2010 to 2020

LI Shuping¹, KAO Qingyun², CUI Can³, LI Jie⁴, CHEN Yuxin¹, GUO Rong⁵, GUAN Dabo¹

(1. Department of Earth System Sciences, Tsinghua University, Beijing 100080, China;

2. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

3. Department of Mechanical and Process Engineering, ETH Zurich, Zurich 8092, Switzerland;

4. Weihai Institute of Interdisciplinary Research, Shandong University, Weihai 264209, China;

5. School of Economics and Management, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, China)

Abstract: The scientific carbon accounting system is essential for climate change mitigation and low-carbon development. As significant drivers of global economic growth, emerging economies are increasingly contributing to global CO₂ emissions. However, emerging economies lack the comprehensive, detailed, and unified CO₂ emissions inventories, which hinders related researches, such as decarbonization technologies, finances and policies, and limits actions across countries to combat climate change and developments about low-carbon development strategies. The Carbon Emission Accounts and Datasets (CEADs) for Emerging Economies has compiled comprehensive, transparent and verifiable CO₂ emissions inventories for 60 emerging economies from 2010 to 2020. These inventories provide detailed accounting of CO₂ emissions across energy types and sectors. They include features like long-term time series and sectoral consistency, with the goal of furnishing essential data support for global climate initiatives. Meanwhile, the comprehensive analysis of CO₂ emissions from emerging economies can scientifically and objectively assess emission reduction effects, facilitate global stocktake, forecast future emission trends, and effectively drive active responses of emerging economies to climate change.

Key Words: emerging economies; CO₂ emissions; data

责任编辑：周枕戈