CEADs

Carbon Emission Accounts & Datasets
中国碳核算数据库

新兴经济体二氧化碳排放报告2025

主编 关大博 《中国碳核算数据库》工作组 著

CEADs

CEADs致力于打造公开、透明、可验证、全免费的中国及其他发展中国家与地区的碳核算数据库。编制精准可靠的排放清单是减排政策实施的基础与先决条件。清单编制需要大量的基础工作。我们诚挚邀请所有感兴趣的老师同学加入到CEADs团队来，互相学习、共同发展，为全球碳核算研究工作添砖加瓦。

CEADs

Carbon Emission Accounts & Datasets
中国碳核算数据库

2025 新兴经济体二氧化碳排放报告

主编 关大博 《中国碳核算数据库》工作组 著

ICCON 清华大学碳中和研究院 Institute for Carbon Neutrality, Tsinghua University
清华大学地球系统科学系 Department of Earth System Science, Tsinghua University
CAEP 生态环境部环境规划院 Chinese Academy of Environmental Planning
白马湖实验室 BAIMA LAKE LABORATORY

序

气候变化是全人类面临的共同挑战。应对气候变化，关乎人类前途命运。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告显示，人类活动致使全球气温已上升1.1℃左右，世界各个区域均面临着前所未有的气候系统变化，距离《巴黎协定》设定的1.5℃和2℃温控上限愈加接近，立即采取措施应对气候变化刻不容缓。面对这种紧迫的局面，精确核算当前的碳排放状况变得至关重要。这不仅有助于各国全面明确其碳排放量，还能为制定和实施有效的减排策略提供必要的数据支持，为绿色转型奠定基础。

了解各新兴经济体的碳排放现状是加强全球气候治理的协作与共赢的重要前提。不同于发达国家，新兴经济体面临经济发展和碳减排的双重需求，其经济增长和工业化进程迅速加快，已然成为全球温室气体排放量增长的主要贡献者，并且在未来可预见的一定时间内排放也将持续上升。新兴经济体在全球应对气候变化和碳减排工作中的重要性日益凸显。为实现全球温升控制目标，建立起新兴经济体可比较和可验证的碳核算方法体系和数据库成为至关重要的基础工作。这一努力不仅有效填补新兴经济体在评估气候变化减缓义务履行程度方面的空白，还可以帮助其更加高效地推进转型和发展。

中国碳核算数据库（CEADs）工作组长期致力于中国及全球新兴经济体的碳排放核算是非常有意义的，体现出他们在应对全球气候变化和实现碳中和目标等方面的责任担当。只有通过科学的碳排放数据分析，才能真正理解各国在碳减排和应对气候变化方面所面临的复杂挑战。希望本报告能够为政策制定者、研究人员及公众提供有价值的参考，为全球共同应对气候变化、实现可持续发展贡献积极力量。

高翔

中国工程院院士

前言

气候变化的影响日益显现，全球行动的紧迫性持续上升，各国纷纷制定多样化的减排目标，力求将全球平均气温增长控制在比工业化前水平高2℃以内，并努力将温升限制在1.5℃以内。然而，目前各国设定的自主贡献目标的减排量仍不足以实现全球2℃/1.5℃目标的要求。在此背景下，推动经济绿色发展是各国共同的责任和使命。鉴于此，我们特此发布本报告，呈现关于新兴经济体能源结构与二氧化碳排放特征的最新数据与深入剖析，旨在协助政策制定者、研究学者和公众等各界人士等多方力量了解新兴经济体碳排放的最新变化与走势，从而能够更加精准地做出规划决策。

《新兴经济体二氧化碳排放报告》作为新兴经济体能源消费及二氧化碳排放的重要参考，已连续发布五年，为其低碳转型提供了有力的数据支持和指导。在新版报告中，中国碳核算数据库（Carbon Emission Accounts and Datasets - CEADs）继续聚焦新兴经济体的能源消费和二氧化碳排放特征，扩大数据范围，深入探索排放核算方法，以期为新兴经济体未来的低碳发展提供更为坚实的数据基础。在去年的基础上，我们进一步更新了新兴经济体的二氧化碳排放清单，详尽探讨涵盖亚洲、非洲、拉丁美洲和加勒比地区以及大洋洲等地区的新兴经济体的能源消费及碳排放动态。报告依次展示了一次能源消费结构、化石能源碳排放特征及各行业的化石能源碳排放贡献等全面信息，国家数目为七十个，时间序列更新至2022年。我们希望通过不断地更新和完善，进一步提升报告精确性，为全球气候变化应对领域做出积极贡献。

CEADs研究团队致力于开发针对全球150多个发展中国家多尺度统一、全口径、全透明、可验证、长时间序列、高空间精度、分社会经济行业以及分能源品种的精细化碳排放核算清单，并不断提高发展中国家数据的时效性。CEADs研究团队持续以数据众筹的方式，不断扩充新兴经济体二氧化碳排放清单数目，提高数据的可靠性与稳健性。此次报告凝聚清华大学、天津大学、山东大学、中国人民大学、香港大学、英国伦敦大学学院、英国伯明翰大学、北京林业大学等国内外研究机构的学者共同编写完成。我们特别感谢CEADs科学指导委员会的指导与帮助；感谢科学技术部国际合作司《碳中和目标下中欧科技应对气候变化与可持续发展国际合作研究》项目及国家自然基金委对本报告的支持与资助；感谢中国21世纪议程管理中心对本报告编制工作的支持。本报告中若有不当之处，敬请读者批评指正。

中国碳核算数据库

年度报告作者

主编		执行主编	
关大博	清华大学地球系统科学系	李姝萍	清华大学地球系统科学系
		考青云	天津大学管理与经济学部

编写委员会核心成员			
孟靖	英国伦敦大学学院	单钰理	英国伯明翰大学
王静蕾	清华大学地球系统科学系	郝琦	清华大学地球系统科学系
李婕	山东大学（威海）蓝绿发展研究院	马仕君	英国伦敦大学学院
陈秀静	清华大学地球系统科学系	毕云青	英国伦敦大学学院
卢雅卓	香港大学工学院土木工程系	彭华熙	英国伦敦大学学院
郭蓉	山东大学（威海）蓝绿发展研究院	许易庭	英国伦敦大学学院
杨淳然	英国伦敦大学学院	青松	英国伦敦大学学院
郝晴宇	英国伦敦大学学院	赵伟辰	英国伦敦大学学院
陈烁存	中国人民大学公共管理学院	王然	山东理工大学
周铭玮	北京林业大学经济管理学院	王莹	清华大学地球系统科学系
陈玉馨	清华大学地球系统科学系	徐静航	英国伯明翰大学
何奕栩	清华大学地球系统科学系		

科学指导委员会（按姓氏笔画排序）			
王金南	中国工程院院士，生态环境部环境规划院原院长	戴民汉	中国科学院院士，厦门大学海洋与地球学院教授
朴世龙	中国科学院院士，北京大学碳中和研究院院长	Paul Brenton	世界银行宏观经济与贸易部首席经济学家
汪寿阳	发展中国家科学院院士， 中国科学院数学与系统科学研究院研究员	Philippe Ciais	法国科学院院士，中国科学院外籍院士， 法国气候和环境科学实验室研究员
李善同	国务院发展研究中心发展战略和 区域经济研究部研究员	D'Maris Coffman	英国伦敦大学学院可持续建筑学院教授
杨志峰	中国工程院院士， 广东工业大学环境生态工程研究院名誉院长	Steven Davis	美国斯坦福大学杜尔可持续发展学院 地球系统科学系教授
罗 勇	清华大学地球系统科学系主任、教授	Charles Godfray	英国皇家科学院院士，英国牛津大学马丁学院院长
洪永淼	发展中国家科学院院士， 中国科学院大学经济与管理学院院长	John Holdren	美国科学院院士，美国工程院院士， 哈佛大学肯尼迪政府学院教授
贺克斌	中国工程院院士，清华大学碳中和研究院院长	Klaus Hubacek	荷兰格罗宁根大学能源和可持续发展研究所教授
高 翔	中国工程院院士，浙江工业大学校长,白马湖实验室主任	Karen Seto	美国科学院院士，耶鲁大学环境学院教授
陶 澍	中国科学院院士，北京大学城市与环境学院教授	Pete Smith	英国皇家科学院院士，阿伯丁大学教授
黄 晶	中国21世纪议程管理中心原主任、研究员	Tong Wu	Quadrature气候基金会执行主任
潘家华	中国社会科学院学部委员， 中国社会科学院生态文明研究所研究员	Ernesto Zedillo	墨西哥前总统， 美国耶鲁大学全球变化研究中心主任、教授
魏一鸣	北京理工大学副校长、教授		

目录

第一章 引言 08

1.1 报告背景 10
1.2 数据挑战 11
1.3 创新点 12

第二章 亚洲篇 18

2.1 缅甸 20
2.2 吉尔吉斯斯坦 24
2.3 巴基斯坦 28
2.4 柬埔寨 32
2.5 印度 36
2.6 老挝 40
2.7 菲律宾 44
2.8 斯里兰卡 48
2.9 伊朗 52
2.10 约旦 56
2.11 印度尼西亚 60
2.12 蒙古 64
2.13 亚美尼亚 68
2.14 泰国 72
2.15 土耳其 76
2.16 哈萨克斯坦 80
2.17 马来西亚 84
2.18 中国 88
2.19 文莱 92
2.20 以色列 96

第三章 非洲篇 100

3.1 布隆迪 102
3.2 马达加斯加 106
3.3 尼日尔 110
3.4 利比里亚 114
3.5 卢旺达 118
3.6 乌干达 122
3.7 埃塞俄比亚 126
3.8 多哥 130
3.9 赞比亚 134
3.10 坦桑尼亚 138
3.11几内亚 142
3.12 津巴布韦 146
3.13 毛里塔尼亚 150
3.14 尼日利亚 154
3.15 肯尼亚 158
3.16 加纳 162
3.17 吉布提 166
3.18 阿尔及利亚 170
3.19 摩洛哥 174
3.20 突尼斯 178
3.21 埃及 182
3.22 南非 186
3.23 博茨瓦纳 190
3.24 毛里求斯 194

第四章 拉丁美洲和加勒比篇 198

4.1 委内瑞拉 200
4.2 海地 204
4.3 尼加拉瓜 208
4.4 玻利维亚 212
4.5 危地马拉 216
4.6 牙买加 220
4.7 巴拉圭 224
4.8 厄瓜多尔 228
4.9 伯利兹 232
4.10 哥伦比亚 236
4.11 秘鲁 240
4.12 巴西 244
4.13 格林纳达 248
4.14 古巴 252
4.15 圭亚那 256
4.16 阿根廷 260
4.17 巴拿马 264
4.18 特立尼达和多巴哥 268
4.19 智利 272
4.20 乌拉圭 276
4.21 巴巴多斯 280

目录

第五章 欧洲篇 284

5.1 摩尔多瓦 286
5.2 俄罗斯 290
5.3 爱沙尼亚 294

第六章 大洋洲篇 298

6.1 巴布亚新几内亚 300
6.2 密克罗尼西亚 304

第七章 展望篇 308

区域观察–东非地区典型国家排放模式分析

7.1 东非地区国家二氧化碳排放时空演进趋势 310
7.2 东非国家未来减排路径面临的挑战和矛盾点 311

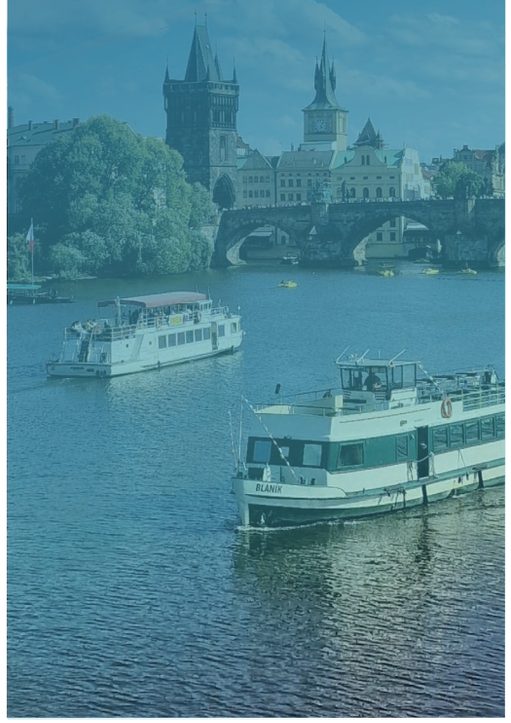
附录 316

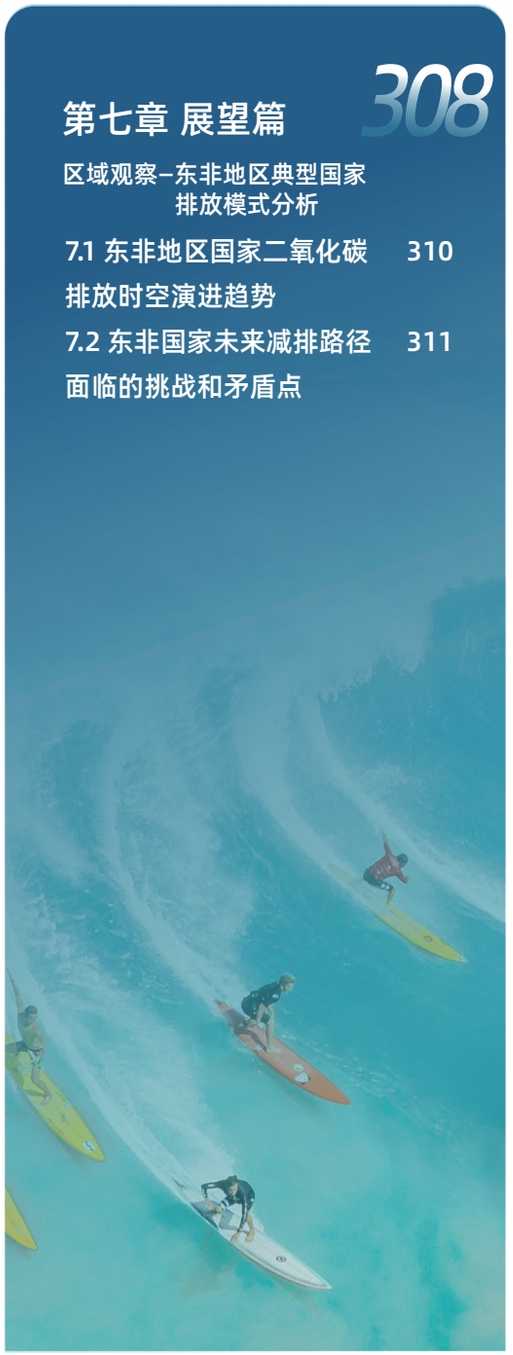
二氧化碳排放核算 318
1）国家排放核算 318
2）行业排放核算 319

数据来源 320
1）能源平衡表 320
2）排放因子 320
3）行业匹配指数 320

参考文献 320

致谢 330





第一章

引言

INTRODUCTION

报告背景

人类活动导致的温室气体排放是引起全球变暖问题的重要原因。二氧化碳作为主要的温室气体，约占温室气体总排放的72%[1]。近年来，许多发达国家已实现碳达峰，新兴经济体逐渐成为碳排放增加的主要贡献者，而中国也成为二氧化碳排放大国，并在2006年前后超过美国，从2013年开始，中国的二氧化碳排放迅速增长，预计将在2030年前达到峰值[2]。作为同样重要的新兴经济体——印度，虽然其二氧化碳排放增长的时间节点晚于中国，但未来可能成为下一个“碳排放巨头”。实际上，自2010年以来，全球其他新兴经济体的快速经济增长均对全球二氧化碳排放产生了巨大影响，不仅如此，近年来全球产业链的迭代，使得简单技术劳动逐渐向新兴经济体转移，加之生活方式的改变促使能源需求和能源使用的增长[3-5]，致使这些经济体将成为未来全球碳排放增长的主要贡献者。但由于以往除中国和印度之外的其他单个新兴经济体二氧化碳排放量相对较少，其碳核算研究与减排行动较少受到关注。在推进工业化和发展经济的同时，少数新兴经济体已经逐步开始部署和实施应对气候变化的能源转型与减排计划，以实现本世纪末全球升温不超过1.5℃[6]的目标，但仍有许多新兴经济体应对气候变化的减排路径不明晰。已有学者关注新兴经济体的脱碳技术和可再生能源的利用[7,8]，研究其经济发展与碳排放的关系[9]，然而，相关数据缺口是开展相关研究的主要瓶颈，缺少全面、细致、统一的碳排放清单限制了新兴经济体气候行动研究与规划。鉴于此，提供准确可靠的二氧化碳排放清单，将有助于清晰识别新兴经济体的碳排放来源，进而指导减缓气候变化的政策制定。

全球大气研究排放数据库（Emissions Database for Global Atmospheric Research，EDGAR）报告显示，自21世纪初以来，全球温室气体排放趋势呈现增加态势，主要是由于中国和其他新兴经济体的二氧化碳排放量增加。政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC）发布的评估报告、联合国环境规划署（United Nations Environment Programme，UNEP）排放差距报告以及国际能源署（International Energy Agency，IEA）发布的能源展望报告等都凸显了气候变化的威胁性以及应对气候变化的紧迫性。印度作为第三大二氧化碳排放国，在《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会（COP26）上提出2070年碳中和目标，未来越来越多的新兴经济体将加入到碳中和梯队中，进行更大规模的全球减排努力。但各国缓解气候变化行动的规模、适应性仍然各不相同，因此，必须加快对新兴经济体碳核算工作，加快推进新兴经济体有针对性的碳减排政策制定与实施。本报告旨在继续加快推进新兴经济体碳核算工作，提供可对比、可验证的新兴经济体碳排放数据，更好地评估新兴经济体的减排潜力和政策实施效果。

2025年新兴经济体二氧化碳排放报告显示，疫情后（2021-2022年），能源需求上升推动部分国家化石能源相关碳排放强劲反弹。印度、以色列、秘鲁、赞比亚和阿尔及利亚2022年的化石能源相关碳排放较2021年分别上升5.2%、4.8%、7.3%、15.5%和5.1%，玻利维亚、圭亚那、马达加斯加、卢旺达和尼日尔等国也连续两年排放攀升。而亚美尼亚、老挝、布隆迪和毛里塔尼亚等国家的化石能源相关碳排放量在 2020-2022 年则呈现持续上升的态势。亚美尼亚、多哥和毛里塔尼亚近年来工业化发展迅速，电力生产消费化石能源所产生的碳排放分别从2010年的1.2百万吨、0.07百万吨和0.3百万吨增加到2022年的1.9百万吨、0.4百万吨和1.3百万吨。此外，土耳其、巴拉圭、乌干达和南非等国家2022年化石能源相关碳排放较2021年有所下降。

本报告中碳排放均指二氧化碳排放

数据挑战

相较于发达国家， 新兴经济体的碳核算体系在细致性和连续性上均不足。 新兴经济体的能源消费、排放因子和经济活动等数据基础相对较差，很少建立完善的统计系统，难以测算出较为精确的碳排放清单。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）等是获得各国碳排放数据的重要来源，并每年发布相应的报告，而上述机构侧重提供发达国家和主要的新兴经济体 （如中国和印度） 的碳排放数据，而对欠发达国家的碳排放特征关注不足。新兴经济体碳排放数据库的建立面临如下挑战：

一是数据获取难度高。 相较于中国和印度等受关注度高的新兴经济体， 一些小岛屿国家和最不发达国家并不具有自己完备的二氧化碳核算体系，很容易被忽视，在国际能源署（IEA）、美国能源信息署（EIA） 等国际机构中通常都将其纳入“其他”中，如非洲的利比里亚等，将其纳入“非洲其他区域”中，一定程度上限制了这些新兴经济体的碳排放趋势、原因及减排路径的研究。

二是数据时效性不佳。 新兴经济体由于经济发展水平、 技术水平等因素， 使得能源消费和经济活动等数据更新不及时，阻碍了政策制定以及政策实施后效果评估。及时有效追踪新兴经济体二氧化碳排放情况至关重要。

三是数据的可比性较差。 发达经济体组成国际组织 （如经济合作组织 OECD） 进行标准化的数据公开和共享， 而新兴经济体由于统计口径差异很大，在核算范围、能源品种、行业划分等方面互不相同，难以实现国家间碳排放量的具体比较，从而影响碳排放归因分析，进而影响减排责任探讨及分担。

四是数据的精细度较低。发达经济体的碳排放数据具有细致的能源品种与行业的划分，而新兴经济体的碳排放数据仅统计到煤、石油、天然气等能源大类，行业来源也仅具体到农业、工业、交通、民用等相对宽泛的行业。现实情况是，新兴经济体在快速工业化发展的过程中， 碳排放存在行业部门的异质性，不同行业部门在二氧化碳减排和应对气候变化时面临的挑战不同，需要基于能源品种及行业来源的精细化碳排放数据进行深入探讨。 此外， 在数据尺度上， 已有的新兴经济体排放数据大多到国家尺度， 缺乏区域

尺度的排放核算，难以反映国家内部区域间碳排放的异质性，这也在一定程度上限制了区域减排政策的制定。

因此， 有必要丰富充盈小岛屿国家及在国际机构中模糊归类的国家数据，具体研究这些国家的碳排放变化； 进一步更新时间序列，提升数据的时效性； 完善统一口径及格式的新兴经济体排放清单，比较并区分新兴经济体多尺度排放的特异性，为减排政策制定与实施提供数据支持。 新兴经济体所面临的挑战要比发达国家更多，至此，实现从时间序列、 区域和行业等不同尺度核算新兴经济体的二氧化碳排放， 识别其异质性，补充编制新兴经济体的碳排放清单，并开展相关研究意义重大。

创新点

中国碳核算数据库（CEADs）聚集了一大批来自中国、英国以及美国等国家的专家，在全球范围内开展碳排放核算及应用工作。CEADs提供透明、可核查、免费公开的碳排放和社会经济贸易数据。此次，CEADs团队关注到了新兴经济体碳排放清单领域面临的问题，通过数据众筹的方式，建立新兴经济体的碳排放清单数据库，旨在为新兴经济体的碳排放清单构建统一、透明、科学的核算体系，进而分析新兴经济体的碳排放现状，探索新兴经济体的低碳减排路径。

本报告根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）的核算方法，收集了新兴经济体国家官方发布的能源活动和排放因子数据，核算国家层面上能源消费所产生的二氧化碳排放，编制了2010-2022年间8种能源类型和47行业的70个新兴经济体二氧化碳排放清单。考虑到新兴经济体中生物质作为民用部门的主要一次能源，本报告研判了生物质消费排放是否应纳入国家或地区碳排放核算体系，这对于分析东南亚、非洲国家的碳排放特点和能源结构有重要的支撑作用。此外，不同机构所采用的数据源、能源类型和行业的划分存在差异，是造成排放结果不同的主要原因。本报告通过与不同机构公布的数据进行比较，验证CEADs清单的合理性和可靠性。

CEADs研究团队基于IPCC指南和新兴经济体官方最新发布的能源、经济等数据，为新兴经济体提供独立的二氧化碳排放核算。此次2025年新兴经济体二氧化碳排放报告继续沿用数据众筹的方式，在2024年报告的基础上将数据的时间序列从2021年延长至2022年。此外，本次报告更新格外关注了部门优化，在新版报告中，中国碳核算数据库继续聚焦新兴经济体的能源消费和二氧化碳排放特征，通过整合工业、建筑、交通等高排放部门的生产活动数据与精确部门分配标准深入探索排放核算方法，重点推进多部门碳排放数据体系的精细化重构，优化了部门级碳排放清单的完整性与一致性，进一步强化了重点部门碳排放核算的准确性和可靠性，以期为新兴经济体未来的低碳发展提供更为坚实的数据基础。

未来的报告中，将进一步扩充新兴经济体的数目、更新排放清单的时间范围，以保证数据的时效性，并利用正在筹备的点源碳排放数据进行交叉验证，以提高数据的准确性与稳健性。此外，本报告只涵盖了新兴经济体与能源消费相关的二氧化碳排放，暂未考虑工业生产过程中的二氧化碳排放，或将在未来的版本中予以补充。

表1.1 新兴经济体二氧化碳排放报告2025所涵盖的国家

亚洲篇

国家	地区	发展阶段	时间序列
缅甸	东南亚	发展中经济体	2010-2022
吉尔吉斯斯坦	中亚	转型经济体	2010-2022
巴基斯坦	南亚	发展中经济体	2010-2022
柬埔寨	东南亚	发展中经济体	2010-2022
印度	南亚	发展中经济体	2010-2022
老挝	东南亚	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
菲律宾	东南亚	发展中经济体	2010-2022
斯里兰卡	南亚	发展中经济体	2010-2022
伊朗	南亚	发展中经济体	2010-2022
约旦	西亚	发展中经济体	2010-2022
印度尼西亚	东南亚	发展中经济体	2010-2022
蒙古	东亚	发展中经济体、内陆发展中国家	2010-2022
亚美尼亚	西亚	转型经济体、内陆发展中国家	2010-2022
泰国	东南亚	发展中经济体	2010-2022
土耳其	西亚	发展中经济体	2010-2022
哈萨克斯坦	中亚	转型经济体、内陆发展中国家	2010-2022
马来西亚	东南亚	发展中经济体	2010-2022
中国	东亚	发展中经济体	2010-2022
文莱	东南亚	发展中经济体	2010-2022
以色列	西亚	发展中经济体	2010-2022

非洲篇

国家	地区	发展阶段	时间序列
布隆迪	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
马达加斯加	东非	最不发达国家、发展中经济体	2010-2022
尼日尔	西非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022

国家	地区	发展阶段	时间序列
利比里亚	西非	最不发达国家	2010-2022
卢旺达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
乌干达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
埃塞俄比亚	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
多哥	西非	最不发达国家	2010-2022
赞比亚	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	2010-2022
坦桑尼亚	东非	最不发达国家	2010-2022
几内亚	西非	最不发达国家、小岛屿发展中国家	2010-2022
津巴布韦	东非	内陆发展中国家	2010-2022
毛里塔尼亚	西非	最不发达国家	2010-2022
尼日利亚	西非	发展中经济体	2010-2022
肯尼亚	东非	发展中经济体	2010-2022
加纳	西非	发展中经济体	2010-2022
吉布提	东非	最不发达国家	2010-2022
阿尔及利亚	北非	发展中经济体	2010-2022
摩洛哥	北非	发展中经济体	2010-2022
突尼斯	北非	发展中经济体	2010-2022
埃及	北非	发展中经济体	2010-2022
南非	南非	发展中经济体	2010-2022
博茨瓦纳	南非	内陆发展中国家	2010-2022
毛里求斯	东非	小岛屿发展中国家	2010-2022

拉丁美洲和加勒比篇

国家	地区	发展阶段	时间序列
委内瑞拉	南美洲	发展中经济体	2010-2022
海地	加勒比	小岛屿发展中国家、最不发达国家	2010-2022
尼加拉瓜	中美洲	发展中经济体	2010-2022
玻利维亚	南美洲	内陆发展中国家	2010-2022
危地马拉	中美洲	发展中经济体	2010-2022
牙买加	加勒比	小岛屿发展中国家	2010-2022
巴拉圭	南美洲	内陆发展中国家	2010-2022
厄瓜多尔	南美洲	发展中经济体	2010-2022
伯利兹	中美洲	小岛屿发展中国家	2010-2022
哥伦比亚	南美洲	发展中经济体	2010-2022
秘鲁	南美洲	发展中经济体	2010-2022
巴西	南美洲	发展中经济体	2010-2022
格林纳达	加勒比	小岛屿发展中国家	2010-2022
古巴	加勒比	小岛屿发展中国家	2010-2022
圭亚那	南美洲	小岛屿发展中国家	2010-2022
阿根廷	南美洲	发展中经济体	2010-2022
巴拿马	中美洲	发展中经济体	2010-2022
特立尼达和多巴哥	加勒比	小岛屿发展中国家	2010-2022
智利	南美洲	发展中经济体	2010-2022
乌拉圭	南美洲	发展中经济体	2010-2022
巴巴多斯	加勒比	小岛屿发展中国家	2010-2022

欧洲篇

国家	地区	发展阶段	时间序列
摩尔多瓦	东欧	转型经济体、内陆发展中国家	2010-2022
俄罗斯	东欧	转型经济体	2010-2022
爱沙尼亚	海峡群岛	发达经济体	2010-2022

大洋洲篇

国家	地区	发展阶段	时间序列
巴布亚新几内亚	美拉尼西亚	小岛屿发展中国家	2010-2022
密克罗尼西亚	密克罗尼西亚	小岛屿发展中国家	2010-2022

至此，在2021-2024年发布的前四版报告基础上，此次2025报告可获取70个新兴经济体2010-2022年的二氧化碳排放清单。根据联合国《世界经济形势展望》，70个新兴经济体的“发展阶段”按照各国家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，结合国家的地理位置及经济特征，部分国家属于小岛屿发展中国家、内陆发展中国家、转型经济体。本报告第二章至第六章中，涵盖亚洲、拉丁美洲和加勒比地区、非洲、欧洲和大洋洲，每一章节依次从国家背景、一次能源结构、化石能源碳排放特征、分行业化石能源碳排放贡献和国内各区域化石能源碳排放分布及国际机构对比角度介绍和分析新兴经济体的二氧化碳排放情况，并提供GCB、EDGAR和IEA等机构的排放数据作为参考，以评估碳排放清单的质量。

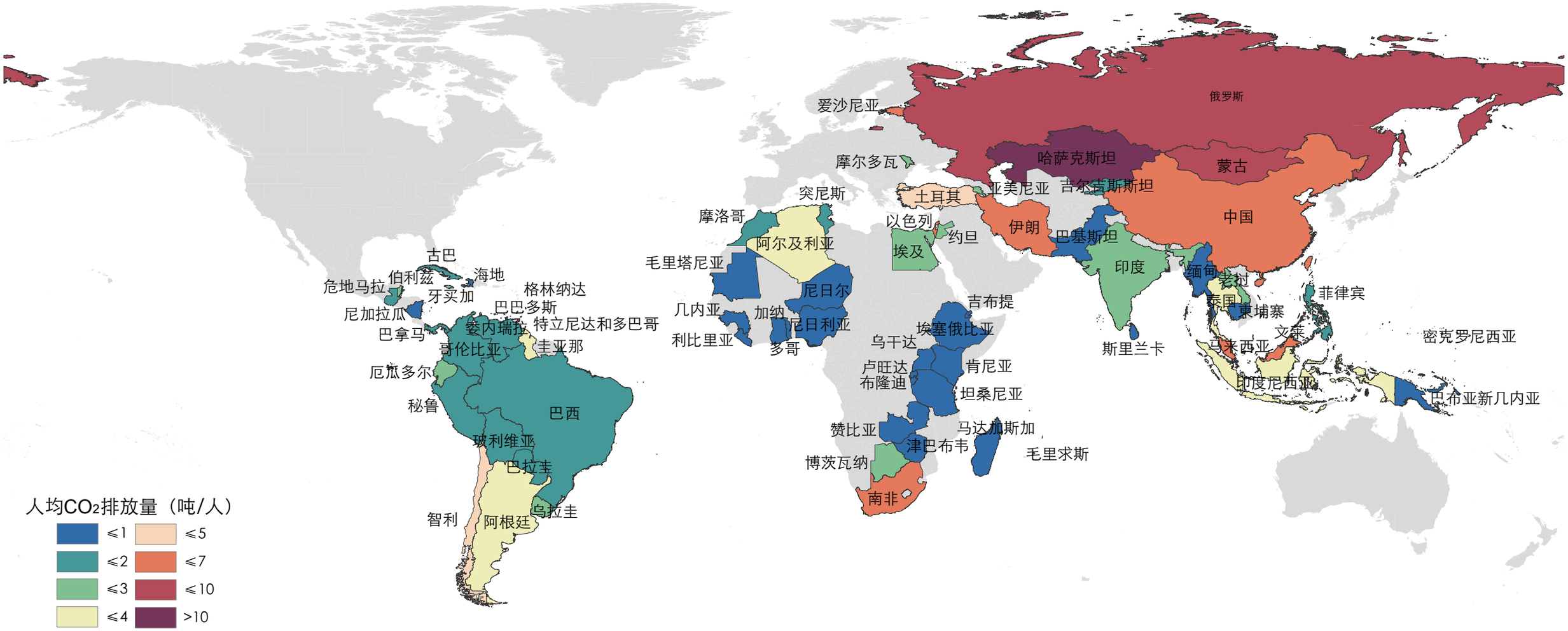


图1.1 新兴经济体2022年人均化石能源碳排放

* 地图所示国家边界和名称仅用于示意，并不代表研究团队对相关国家或地区的主权归属或边界划分持任何观点。

第二章

亚洲篇

ASIA

国家背景

缅甸位于东南亚的中南半岛，西北部与孟加拉国和印度接壤，东北部与中国接壤，东部与老挝接壤，南部与安达曼海接壤，是中南半岛上最大的国家。2010年至2022年，缅甸的人口稳步增长，年均增长率约为0.7%。根据世界银行的数据，2022年缅甸的总人口超过了5413.4万人[10]。近年来，缅甸的经济发展迅速。2010-2022年期间，国内生产总值年均增长1.0%。2022年，缅甸的GDP（现价）达到667.6亿美元[11]。

缅甸的服务业在该国经济中贡献最大，在2022年占GDP总额的39.7%[12]。近年来，该国的工业GDP增长迅速，是该国增长最快的行业，2022年占GDP总额的37.6%[13]。缅甸的矿产资源丰富，石油与有色金属是缅甸重要的经济资源。在国际贸易方面，缅甸近年来前三大出口产品分别是石油、非针织女装和精炼铜，这些产品通常运往泰国、中国和日本；精炼石油、广播设备和合成棉织物是缅甸主要的进口产品，通常来自中国、泰国和新加坡等国家[14]。

为了应对气候变化，缅甸电力和能源部推出了可再生能源目标，到2021年将可再生能源在电力生产中的份额提高到8%，到2025年提高到12%，这是针对可再生能源项目的激励计划[15]。同时缅甸政府旨在2030年前将森林面积增加到30%[16,17]，已于2015年提交了国家自主贡献（INDC），着重关注林业和能源两大领域[18]。

一次能源消费结构

2022年，缅甸化石能源消费占一次能源消费结构的63.0%，以石油为主，2022年石油消费占比48.5%，天然气和煤炭消费占比分别为12.5%和2.0%，此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的4.1%；生物质占一次能源消费比重达33.0%。

化石能源碳排放特征

石油消费所产生的碳排放占据主导地位，2022年占化石能源碳排放的65.9%；并呈现大幅增长态势，从2010年的7.1百万吨增长到2022年的18.7百万吨，年均增长率为13.7%。天然气也是该国碳排放的主要来源。2010-2022年，天然气消费产生的碳排放整体呈现增长态势，从4.1百万吨增长至7.7百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

交通运输业、仓储和邮政是缅甸最大的化石能源碳排放行业，其次是电、热、燃气、水的生产以及其他制造业。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放为12.5百万吨，占化石能源碳排放总量的43.8%。此外，电、热、燃气、水的生产消费所产生的碳排放呈现快速增长的趋势，占比从2010年的24.2%增加至2022年的27.0%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质占一次能源消费结构的33.0%左右，主要用于生活消费。缅甸的生物质原料主要来源于森林木材，过度的采伐导致了森林覆盖率减少和森林退化[19]。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时期内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质燃烧并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。该国的生物质消费所产生的碳排放从2010年的36.7百万吨增加到2022年的35.2百万吨。

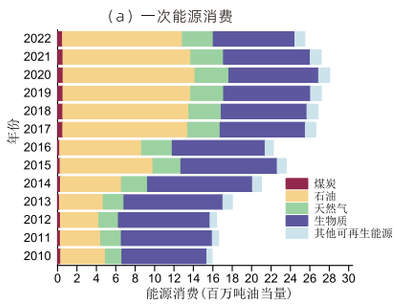
碳排放趋势

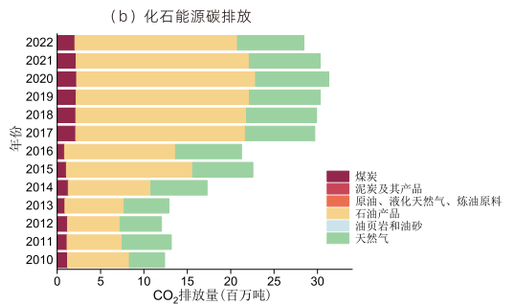
2010-2022年，化石能源消费所产生的碳排放从12.4百万吨增至28.4百万吨，年均增长率为7.2%。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从36.7百万吨增加到35.2百万吨，年均增长率为-0.3%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的缅甸化石能源碳排放量与其他机构的统计数据在排放趋势上几乎相同，但是与各大国际机构每年数值有一定差距。具体地说，与EDGAR的统计数据相比，CEADs的统计数据在2010，2011年更高，然而，2012年之后，EDGAR的统计数据开始超过CEADs的统计数据，并一直保持这一趋势。与GCB的统计数据相比，CEADs的统计数据在2017年之前保持着一致的趋势和差距，然而，2017年之后，CEADs的统计数据具有较高的增长率，并保持这一趋势直到2022年。对于IEA的统计数据，其数值也在2010-2012年低于CEADs的数值，但自2013年后，两者的数值开始相互超越。但从行业排放来看，存在着一定差异。如，2017年CEADs的交通运输业、仓储和邮政二氧化碳排放为12.8百万吨，而IEA的数据仅为5.94百万吨。对于GCB的统计数据，其数值及变动趋势与CEADs的统计数据具有较高的重合性，2017年前GCB的统计数据低于CEADs统计数据，此后超过CEADs统计数据，差距在3.0%-8.2%之间。

从统计口径的角度来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。例如，石油产品分为车用汽油、柴油、燃料油等，每一类油品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是，两个机构的能源消费数据不同。CEADs采用的是东盟和东亚经济研究所（ERIA）的能源消费数据，而IEA的数据有多个数据来源，如缅甸中央统计局、国际可再生能源署（IRENA）、亚太能源研究中心（APERC）等。这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距。如2017年，IEA采用的缅甸交通运输业、仓储和邮政的石油产品为1875千吨油当量，但CEADs使用的东盟和东亚经济研究所（ERIA）数据显示，该行业石油产品消费为4196千吨油当量。上述原因导致了IEA和CEADs在行业碳排放上的差异。此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为63.6百万吨。





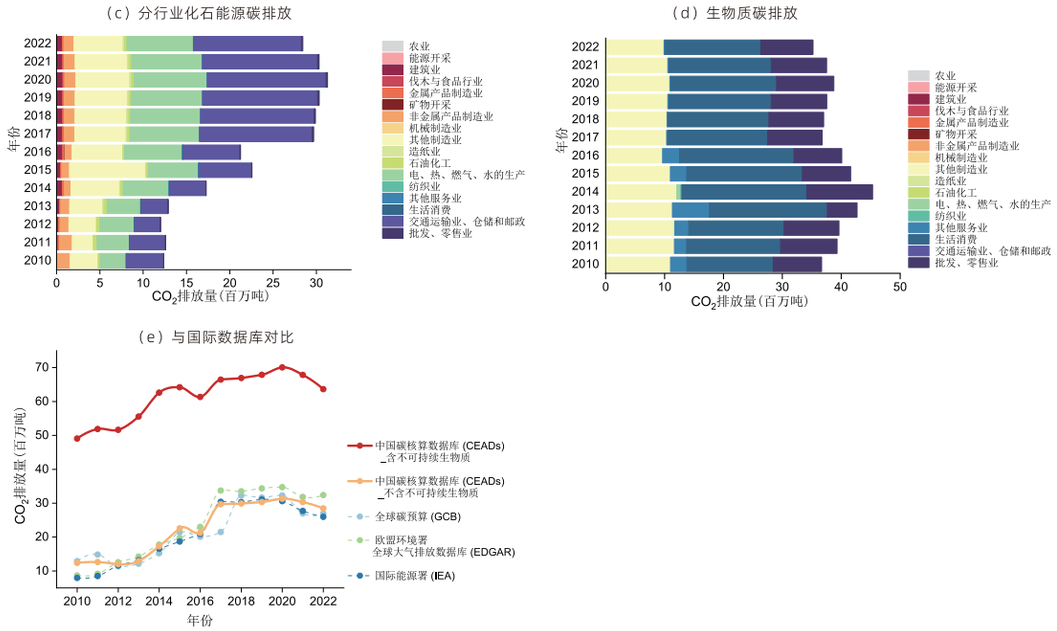


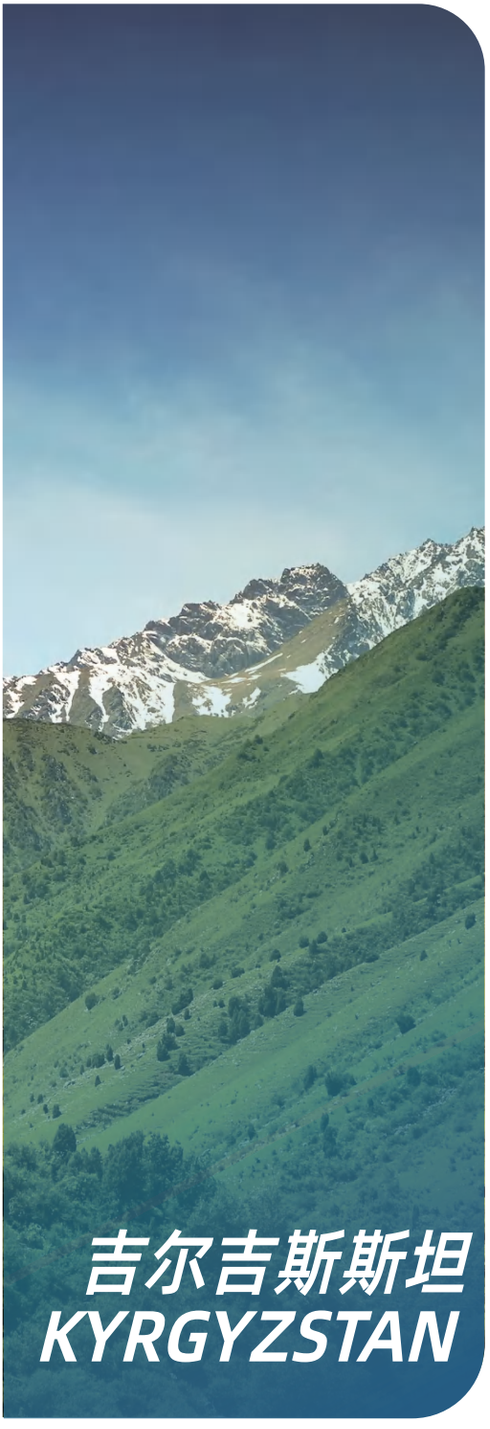
图2.1 缅甸2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源平衡表取自东亚东盟经济研究中心（ERIA）。据统计，缅甸消费的化石能源主要有5种，分别是煤炭、原油、石油产品、天然气和其他。值得注意的是，其他即为生物质。虽然这在ERIA的报告中没有具体说明，但根据报告中图例的解释，可以推断出这一点。这些能源消耗在3个主要行业，即工业、运输和其他行业。为了将3个主要行业进一步细化为47个行业，使用了亚洲开发银行提供的GDP数据。

表2.1 缅甸排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	东亚东盟经济研究中心（ERIA）	https://www.eria.org/publications/energy-demand-and-supply-of-the-republic-of-the-union-of-myanmar-2010-2017/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	亚洲开发银行---国内生产总值	https://data.adb.org/dataset/myanmar-key-indicators
	联合国商品统计贸易数据库 (UN Comtrade)，出口数据	https://comtradeplus.un.org/



吉尔吉斯斯坦
KYRGYZSTAN

国家背景

吉尔吉斯斯坦是一个位于中亚的国家，与哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦和中国接壤。吉尔吉斯斯坦统计局显示[20]，吉尔吉斯斯坦国土面积为199,951平方公里，2022年全国人口总计7,000万，人均GDP（现价）为1740.1美元，世界排名第134位。吉尔吉斯斯坦是独立国家联合体、欧亚经济联盟、集体安全条约组织、上海合作组织、伊斯兰合作组织、欧洲安全与合作组织、突厥国家组织、国际突厥文化组织的成员。

吉尔吉斯斯坦自然资源主要有黄金、锑、钨和稀有金属等。其中锑产量居世界第三位、独联体第一位，锡产量和汞产量居独联体第二位，水电资源在独联体国家中居第三位。

一次能源消费结构

吉尔吉斯斯坦的化石能源消费占一次能源消费结构的比重达到77.0%，以煤炭为主。2022年，煤炭消费占比41.3%，石油产品消费占比27.9%，天然气消费占比7.7%。此外，水能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的23.0%。

化石能源碳排放特征

煤炭和石油消费是吉尔吉斯斯坦化石能源碳排放的最主要来源。煤炭和汽油作为吉尔吉斯斯坦最主要的化石能源，2022年煤炭消费产生碳排放6.2百万吨，占化石能源碳排放的57.7%。石油消费所产生的碳排放从2010年的2.7百万吨增长至2022年的3.8百万吨，占化石能源碳排放的34.8%。天然气也是其主要的化石能源，2022年天然气消费所产生的碳排放为0.8百万吨，占化石能源碳排放的7.5%。

分行业化石能源碳排放贡献

吉尔吉斯斯坦的化石能源消费产生的碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放从2010年的2.0百万吨增长至2022年的3.6百万吨，占化石能源碳排放总量的33.6%。交通运输业、仓储和邮政是吉尔吉斯斯坦的第二大化石能源碳排放行业，从2010年的1.9百万吨增长至2022年的3.2百万吨，占化石能源碳排放总量的30.1%。

碳排放趋势

在2010年到2022年间，吉尔吉斯斯坦化石能源碳排放呈稳定增长态势，年均增长率为4.9%，从6.7百万吨增至10.8百万吨。在此期间，煤炭消费所产生的碳排放从2010年的3.5百万吨增加到2022年的6.2百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的吉尔吉斯斯坦化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR和GCB发布的数据结果误差较小，产生差异的主要原因：一是CEADs与IEA、EDGAR和GCB的排放因子选取有所差别，二是CEADs数据具有更为详细的能源分类，而其他机构对能源品种的统计口径比较模糊。

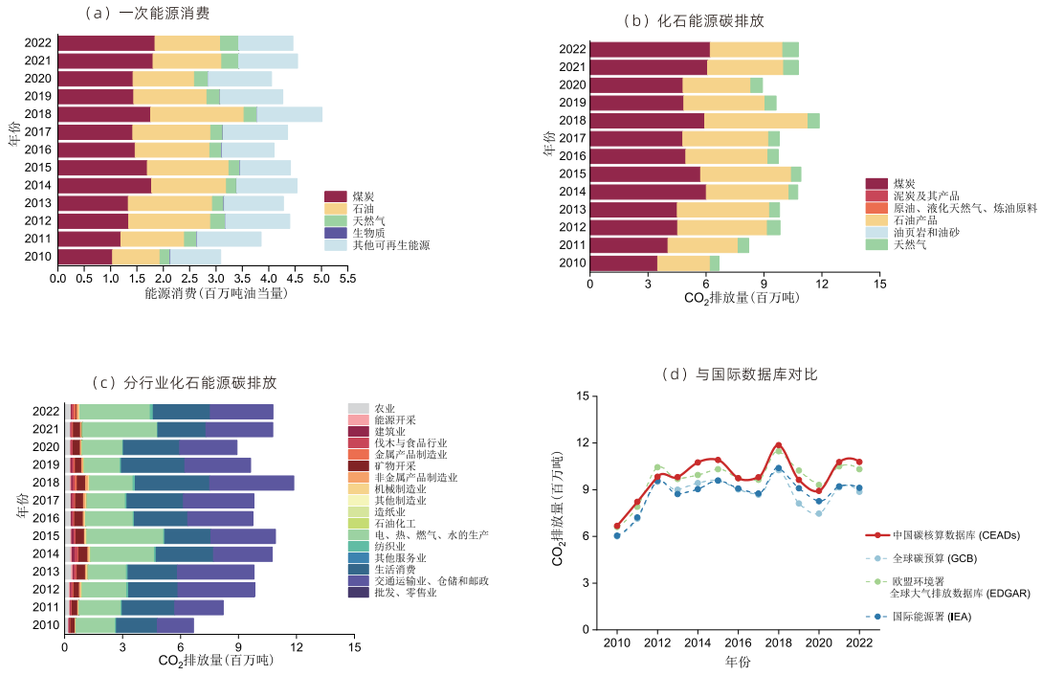


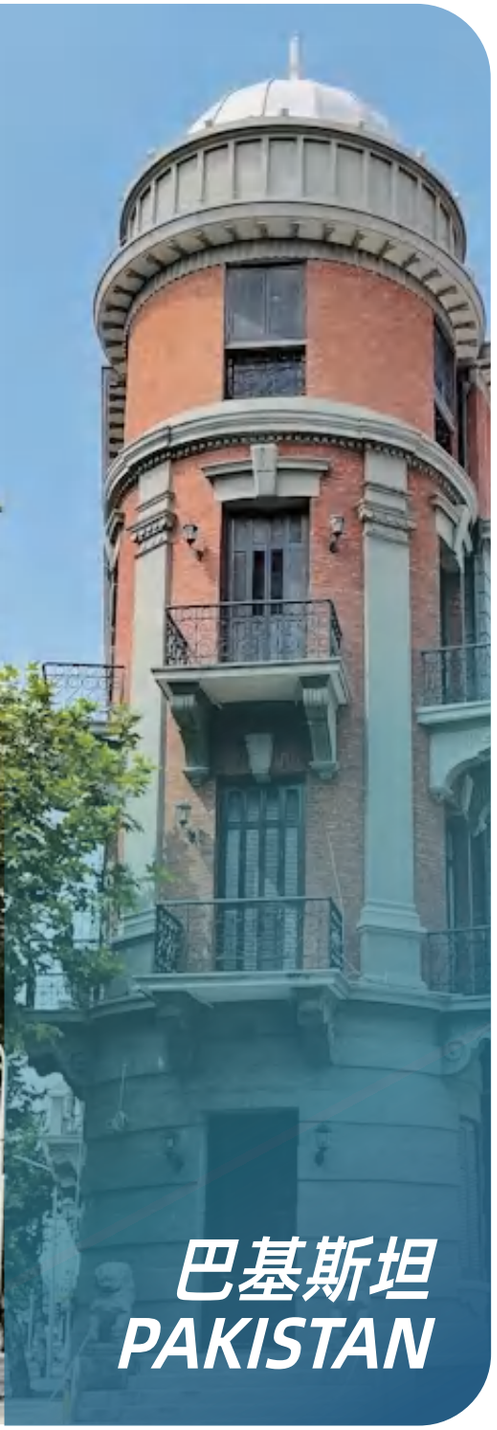
图2.2 吉尔吉斯斯坦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

吉尔吉斯斯坦的能源平衡表中列出了8个能源品种，其中主要的能源品种有煤炭、石油和天然气等能源品种。吉尔吉斯斯坦能源平衡表中将行业分为了6个，分别是：工业、建筑业、交通行业、农业、住宅和其他。

表2.2 吉尔吉斯斯坦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	吉尔吉斯斯坦统计局	http://www.stat.kg/ru/publications/toplivno-energeticheskij-balans/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	吉尔吉斯斯坦统计局	http://www.stat.kg
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

巴基斯坦位于南亚次大陆的西北部，东临印度共和国，西接伊朗，西北与阿富汗接壤，南濒阿拉伯海、扼波斯湾出口，东北与我国新疆喀什地区接壤。巴基斯坦地处北纬23°30′～36°45′，东经61°～75°31′之间。2022年总人口约2.4亿，是世界第五人口大国[21]。2022年，巴基斯坦GDP（现价）为3,748.9亿美元[22]。

巴基斯坦统计局公布的数据显示，2022年巴基斯坦农业总产值占GDP的22.7%，主要农作物有小麦、大米、玉米、棉花、甘蔗等，主要农作物产值占GDP的4.41%，其他农作物产值占GDP的3.14%。巴基斯坦牲畜业、林业和渔业产值占GDP的比重分别为14.04%、0.49%和0.32%。工业总产值对GDP的贡献率为19.1%，同比增长7.2%。从工业组成看，制造业是巴基斯坦经济发展支柱，占GDP的12.4%，采矿业占GDP的1.71%、电力行业占GDP的2.41%、建筑行业占GDP的2.56%。在制造业中，轻纺工业占了较大比例，机械、电子制造业发展不足[23]。巴基斯坦的自然资源比较贫乏，矿产的勘探和开发远远落后于人口的增长。巴基斯坦目前已发现的矿产资源有47种，重要的矿产有锑、重晶石、铝土、铬铁等，铬铁矿储量相当丰富。石油和煤炭资源匮乏，但天然气储量非常丰富，探明天然气储量为4411.3亿立方米；在国际贸易方面，近年来，巴基斯坦政府一直努力加速工业化，扩大出口，缩小外贸逆差，与90多个国家和地区有贸易关系。主要进口石油及石油制品、机械和交通设备、钢铁产品、化肥和电器产品等，沙特、中国、阿联酋、科威特、美国、日本、印度是巴基斯坦的主要进口来源国。主要出口大米、棉花、纺织品、皮革制品和地毯等，美国、阿联酋、阿富汗、英国、德国、意大利、中国等是巴基斯坦的主要出口目的地[24]。

巴基斯坦拥有潜在的可再生能源,如风能、太阳能、水能和生物质能。这些资源有能力为未来可再生能源生产、减少气候变化努力和国家可持续能源发展作出主要贡献[25]。在《联合国气候变化框架公约》第27次缔约方大会（COP27）上巴基斯坦承诺为“人人享有预警”倡议提供财政、实际或技术支持。承诺到2030年实现60%的清洁能源占比和30%的电动车占比，巴基斯坦在气候变化问题上做出了超其份额的承诺并敦促发达国家落实气候融资承诺。

一次能源消费结构

2022年，巴基斯坦化石能源消费占一次能源结构的比重为59.6%，其中，煤炭消费占比15.07%，石油消费占比20.2%，天然气消费占比24.5%。此外，太阳能水能等其他可再生能源在一次能源消费占比10.2%，生物质占一次能源消费比重达30.2%。

化石能源碳排放特征

目前巴基斯坦由化石能源消费产生的碳排放量约181.1百万吨，从分品种化石能源碳排放来看，石油消费所产生的碳排放为62.4百万吨，占化石能源碳排放的34.5%；其次煤炭和天然气消费所产生的碳排放占比分别为33.3%和32.2%。

分行业化石能源碳排放贡献

巴基斯坦最大的碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该行业的化石能源碳排放为50.03百万吨，占巴基斯坦化石能源碳排放总量的27.6%，紧随其后的是纺织业部门，2022年该行业化石能源碳排放为45.8百万吨，占化石能源碳排放的25.3%。

生物质碳排放特征

2022年巴基斯坦的生物质能占一次能源消费结构的30.2%，由于巴基斯坦生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2013年，巴基斯坦的化石能源消费所产生的碳排放出现小幅度波动状态，2013-2018年期间，化石能源碳排放量保持持续增长趋势，从145.8百万吨增长至197.6百万吨，增加了35.5%。2018-2020年，巴基斯坦的化石能源碳排放出现缓慢下降，2020年化石能源碳排放降至185.2百万吨。2021年，巴基斯坦化石能源碳排放反弹上升，增至196.5百万吨，较2020年增加了6.1%。2022年，巴基斯坦化石能源碳排放又呈现下降趋势，降至181.1百万吨，较2021年减少了7.8%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的巴基斯坦化石能源二氧化碳排放量与IEA发布的数据结果误差较小，与EDGAR和GCB结果相对差距略大但总体来说趋势大致相符。核算方法和基础的差异使得结果有所不同，产生差异的主要原因：一是CEADs与IEA、EDGAR和GCB的排放因子选取有所差别，二是CEADs数据具有更为详细的能源分类，而其他机构对能源品种的统计口径比较模糊。

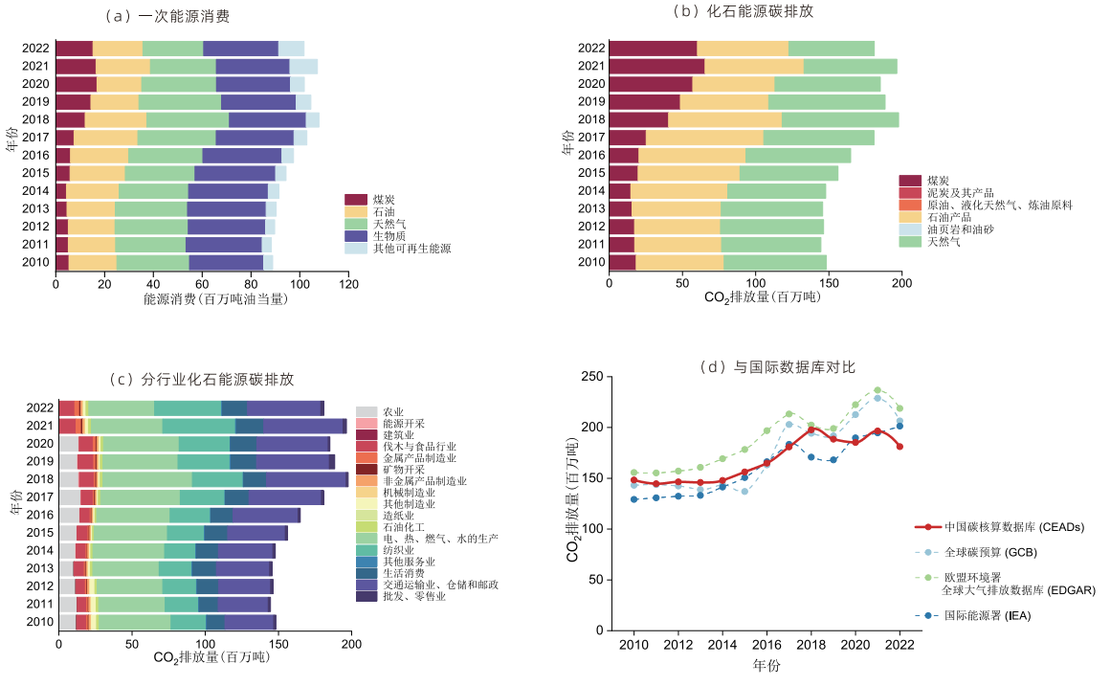


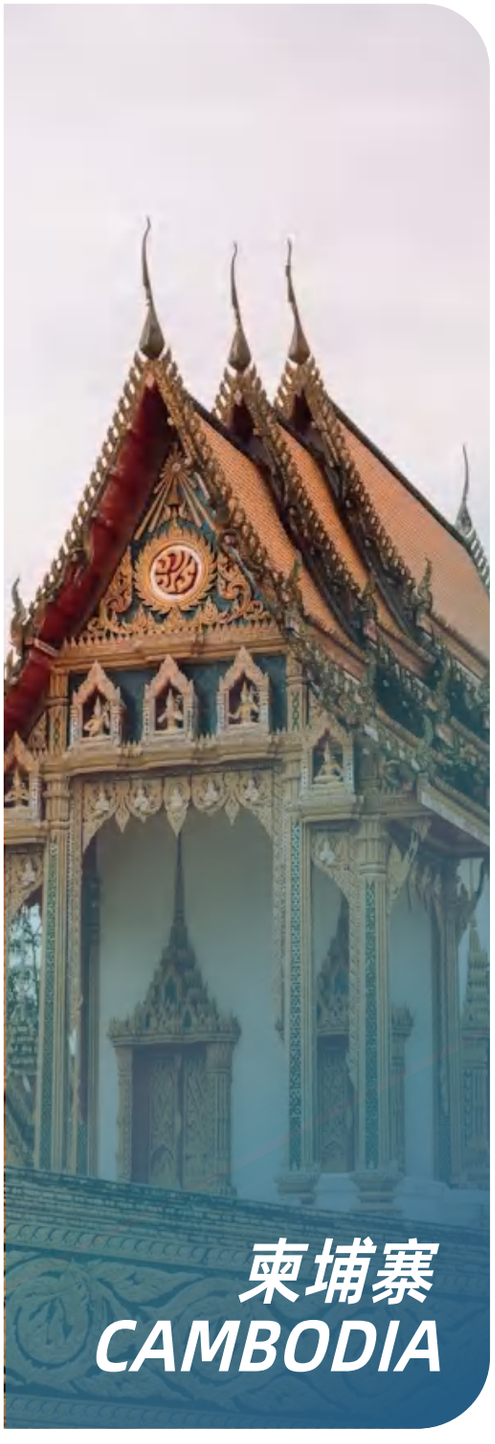
图2.3 巴基斯坦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

2010-2020年，巴基斯坦的能源平衡表共涉及4个能源品种，6个部门，各年份的数据来自巴基斯坦统计局对于能源消耗的统计；2021年，巴基斯坦的能源平衡表共涉及9个能源品种，6个部门，数据来自于巴基斯坦能源部（石油司）碳氢化合物开发研究所对于能源消耗的统计；2022年，巴基斯坦数据由Our World in Data国际机构给出的人均能源使用量变化率外推所得。分部门匹配采用巴基斯坦官方统计网站的数据，以及联合国商品贸易统计数据库中的出口数据，基于工业部门、农业部门的出口数据以及城镇居民比例，对部门进行降尺度分配到47个部门。

表2.3 巴基斯坦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	巴基斯坦统计局 巴基斯坦能源部（石油司） 碳氢化合物开发研究所 Our World in Data	https://www.sbp.org.pk/departments/stats/pakEconomy_HandBook/Chap-2.3.pdf https://www.scribd.com/document/623119848/EYB-2021 https://ourworldindata.org/energy
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	巴基斯坦统计局	https://www.pbs.gov.pk/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

柬埔寨是中南半岛上最小的国家，土地面积为181,035平方公里。在过去十年中，柬埔寨的人口稳步增长，年均增长率为1.6%。2022年，柬埔寨的人口达到1,677万[26]。尽管柬埔寨仍是世界上最不发达的国家之一，但在过去的几十年里，该国的经济取得了很大的进步。1998年至2020年期间，柬埔寨的GDP快速增长，年增长率达到7.7%。2015年，该国实现了从低收入国家向中低收入国家的过渡，2022年按GDP（现价）达到399.9亿美元[27]。

近年来，柬埔寨的服务业增长迅速，2022年增加值占比高达34.2%。同时，工业也表现强劲，服装出口和旅游业逐渐成为柬埔寨经济增长的两大主要引擎。在国际贸易方面，柬埔寨出口的商品主要是服装产品，运往美国、德国、日本和中国；而黄金、轻型橡胶针织品和精炼石油是柬埔寨最重要的进口商品，通常来自泰国、中国和新加坡[28]。

柬埔寨拥有丰富的可再生能源资源，如水力、太阳能。然而，由于受资金和经验的限制，可再生能源的发展进程相对缓慢[29]。作为一个高度依赖农业和渔业等气候敏感型行业的国家，柬埔寨非常容易受到气候变化的影响。政府机构在可再生能源目标上提出在2030年之前实现二氧化碳排放量减少27%，森林覆盖率从57%提高至60%[30, 31]。

一次能源消费结构

柬埔寨的一次能源消费结构以石油为主。2022年，化石能源消费占一次能源消费结构的66%，其中石油消费占比46.9%，煤炭消费占比为19.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达28.7%，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的5.3%。

化石能源碳排放特征

柬埔寨的化石能源碳排放均来自于石油产品和煤炭。石油产品作为柬埔寨最重要的化石能源，在2022年共产生碳排放10.4百万吨，占化石能源碳排放的64.5%。相比之下，煤炭消费所产生的碳排放从2010的0.1百万吨增长到2022年5.7百万吨，增长速度明显。

分行业化石能源碳排放贡献

柬埔寨最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年该行业化石能源碳排放为7.1百万吨，占柬埔寨化石能源消费所产生的碳排放总量的43.7%。随着柬埔寨城市化水平的提高，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放在2010-2022年期间保持快速增长趋势，增加了1.5倍。紧随其后的是电、热、燃气和水的生产，这是柬埔寨的第二大化石能源碳排放行业，在2022年占化石能源碳排放的比重高达36.5%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质约占一次能源消费结构的28.7%。生物质主要的形式是农业残余物（稻壳、花生壳、甘蔗加工残渣等）、木材，其中，80%的生物质用于生活消费，主要在农村地区用于炊事和取暖。木材是柬埔寨生物质能源最主要的形式，其绝大部分来源于森林的砍伐。人口的快速增长对木材的需求量急剧增加，造成了森林严重退化，仅有小面积得到了恢复，对柬埔寨整个生态造成了严重压力。因此该国生物质燃烧并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质消费所产生的碳排放量经历了小幅的波动，2010-2015年，生物质消费所产生的碳排放从7.5百万吨增加至8.8百万吨，2016-2022年有缓慢增加，2022年增加至8.9百万吨。

碳排放趋势

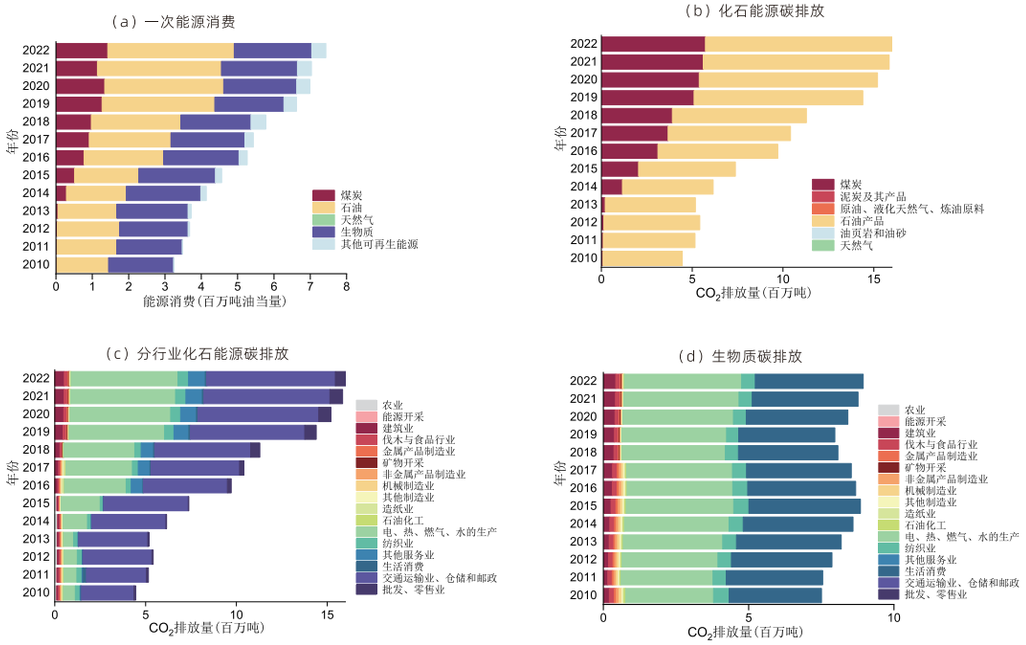
在2010-2022年，化石能源消费所产生的碳排放保持相对稳定的增长速度，年均增长率为11.3%，从2010年的4.5百万吨上升到2022年16.2百万吨。其次，生物质消费所产生的碳排放从7.5百万吨增加至8.9百万吨，增加了19.1%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础的差异使得结果有所不同。其中CEADs含生物质的碳排放量最高，CEADs与IEA、EDGAR和GCB的数据具有相似的起点，但从2014年开始，EDGAR和CEADs之间的差距逐年拉大，GCB和

CEADs核算结果则在2018年开始拉开差距，而IEA的数据和CEADs保持相同的增长趋势，但存在轻微差异。在比较CEADs与IEA部门排放时，2017年CEADs的交通运输业、仓储和邮政排放量为4.9百万吨，而IEA的数据为5.3百万吨。这个差异可以从两个方面解释：一是从统计口径来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。如石油产品分为汽油、柴油、燃料油等，每一类石油产品都有相应的排放因子，而IEA的统计口径中能源品种只分为石油产品一类。因此，IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致排放数据的差异。二是两个机构的能源消费数据来源不同。CEADs采用的是东亚东盟经济研究所中心（ERIA）的能源消耗数据，而IEA的数据有多个数据来源，如柬埔寨电力局、ERIA、柬埔寨石油总局等。这些机构的能源消耗统计数据之间存在着细微的差异。例如，2017年，IEA采用的柬埔寨运输行业的石油产品为1744千吨油当量，但CEADs使用的东亚东盟经济研究所中心（ERIA）数据显示，该行业的石油产品消费为1612千吨油当量。上述原因导致了IEA和CEADs之间的行业排放差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs含生物质的碳排放量为25.1百万吨。



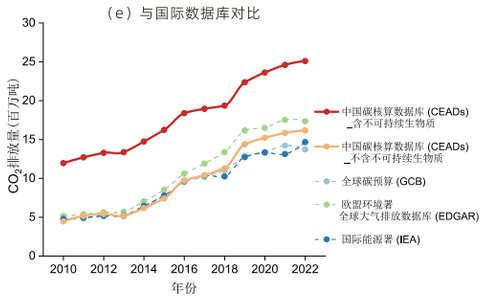


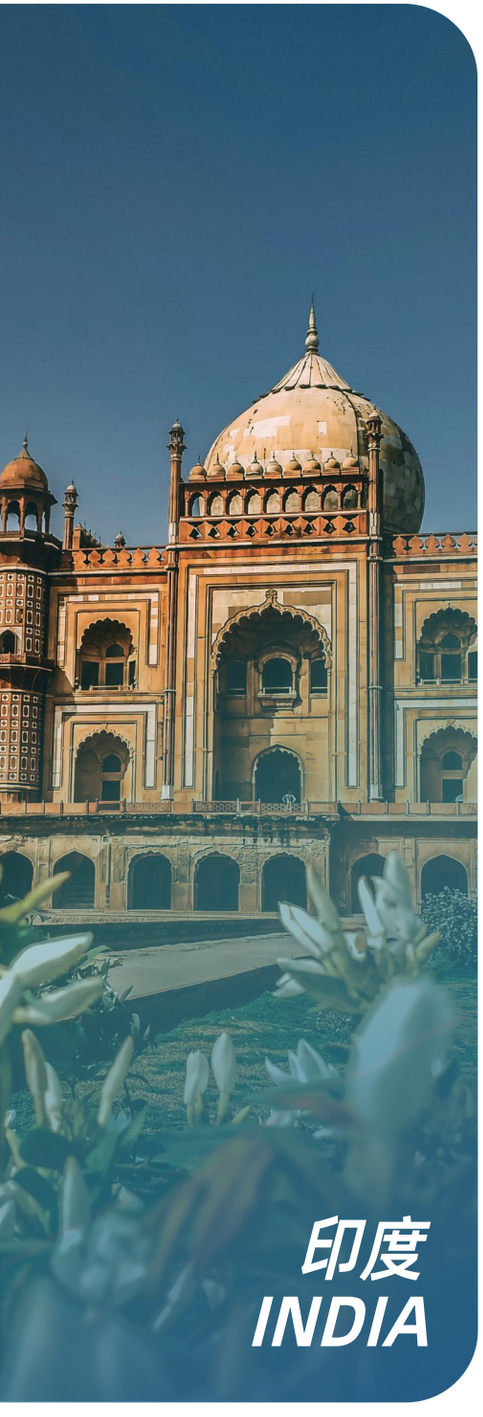
图2.4 柬埔寨2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自ERIA提供的2010-2019年能源平衡表。2020-2022年数据借助东亚能源展望报告中能源数据。据统计，柬埔寨消费的化石能源主要有4种，分别是煤炭、原油、石油产品和其他。值得注意的是，其他即代表生物质，虽然在ERIA的报告中没有具体说明，但根据报告中的图例和图例的解释可以推断。这些能源消耗在3个主要行业，即工业、运输和其他行业。为了将3个主要行业进一步细化为47个行业，使用了亚洲开发银行的投入产出表。

表2.4 柬埔寨排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	东亚东盟经济研究中心（ERIA）	https://www.eria.org/RPR_FY2015_No.8_Chapter_2.pdf
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	亚洲开发银行---投入产出表	https://data.adb.org/dataset/cambodia-input-output-economic-indicators



国家背景

印度位于南亚，三面环海，南部连接印度洋，西南与阿拉伯海相连，东临孟加拉湾，分别与巴基斯坦、中国、尼泊尔和不丹多国接壤，占据优越的地理位置。根据印度统计局最新人口普查预测，该国拥有14亿人口，是仅此于中国的世界人口第二大国。根据名义GDP，印度是全球第五大经济体，2022年印度GDP（现价）为33.5亿美元[32]，由于其庞大的人口规模，人均GDP仅为2352.6美元，处于世界低收入国家水平。

印度的产业结构主要依赖服务业和农业，工业占比仅不到三分之一。虽然其经济规模位于前列水平，但其工业水平与其他主要经济体之间的差距非常大，大部分工业产品都依赖于进口。在国际贸易方面，印度主要从中国、美国和中东地区进口矿产品、机电产品和贵金属产品等商品，中国是印度第一大进口来源国，2019年进口额占总额的14.1%[33]。2019年印度的出口目的地遍布全球238个国家和地区，石油制品、钻石、药品、贵金属及载人机动车辆是其主要的出口产品，占出口总额的30.4%。

作为世界第三大能源消费国和二氧化碳排放国，气候变化对该国经济和社会发展造成了重大威胁，引起了印度政府的高度重视。印度在绿色能源的发展上取得了一定成果，该国的可再生能源装机容量已经突破100吉瓦。目前印度正执行全球最大的清洁能源计划，旨在2022年可再生能源装机容量达到175吉瓦，其中太阳能装机容量达到100吉瓦。此外，印度政府大力发展清洁电力、发展乙醇、建设“绿色交通”以及发展电池储蓄技术等，承诺到2030年将其碳排放量较2005年减少33%至35%，同时通过非化石能源发电满足该国的40%的电力需求[34]。

一次能源消费结构

2022年，印度化石能源消费占一次能源消费结构的76.6%，以煤炭和石油为主。其中，煤炭和石油分别占一次能源消费结构的51.48%和22.5%；天然气消费占比较低，仅为2.6%。此外，生物质占一次能源消费比重达20.3%，可再生能源占3.1%。

化石能源碳排放特征

印度煤炭消费所产生碳排放占据主导地位，2022年占化石能源碳排放的74.1%。煤炭作为印度最主要的化石能源，所产生的二氧化碳排放从2010年的1032.9百万吨增至2022年的2162.8百万吨，年均增长率达9.1%。石油产品消费所产生的二氧化碳排放从2010年的319.2百万吨增长到2022年691.6百万吨，增长速度也较为明显。此外，天然气消费导致的二氧化碳排放相对较少，2022年占化石能源碳排放的比重仅为2.2%。

分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气和水的生产行业是印度化石能源碳排放最高的行业。2022年该行业消费化石能源所产生的碳排放为1554.6百万吨，占印度化石能源碳排放总量的53.3%，且在2010年至2022年呈现上升趋势。随后的是非金属产品制造业，在2022年其消费化石能源所产生的碳排放量为405.0百万吨，占比为13.9%。此外，其他服务业也产生了较多的碳排放，2022年消费化石能源所产生的碳排放量为306.1百万吨。

生物质碳排放特征

印度生物质的主要来源是农作物（小麦稻草、秸秆和树皮）残渣、动物粪便、木材。其中，印度有大面积土地尚未开发，主要利用荒地种植树木作为生物燃料生产，因此，该国生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。目前，该国生物质能源消费数据尚未在国家官方网站和IEA公开，其他国际机构也未公开印度的生物质数据情况。

碳排放趋势

2010年至2022年，印度化石能源消费产生的碳排放量从1352.1百万吨增长到2775.8百万吨，增加了109.4%。2018年至2020年间，印度的化石能源碳排放出现回落，从2679.7百万吨降至2020年的2418.2百万吨，降幅9.8%，2022年增长到2918.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs的化石能源碳排放数据与GCB、EDGAR和IEA的数据存在较小差距，在总体趋势上具有较高的一致性。2022年CEADs的数据为2918.8百万吨，GCB为2663.9百万吨，EDGAR为2740.8百万吨，IEA为2514.0百万吨。CEADs能源数据来自于印度国家统计局发布的能源平衡表，其不同年份更新的相同指标常出现数据变动，而IEA的数据来源于IEA汇总的国家报告数据，与印度官方统计年鉴公布的版本不同，因此造成了排放核算结果的差异。

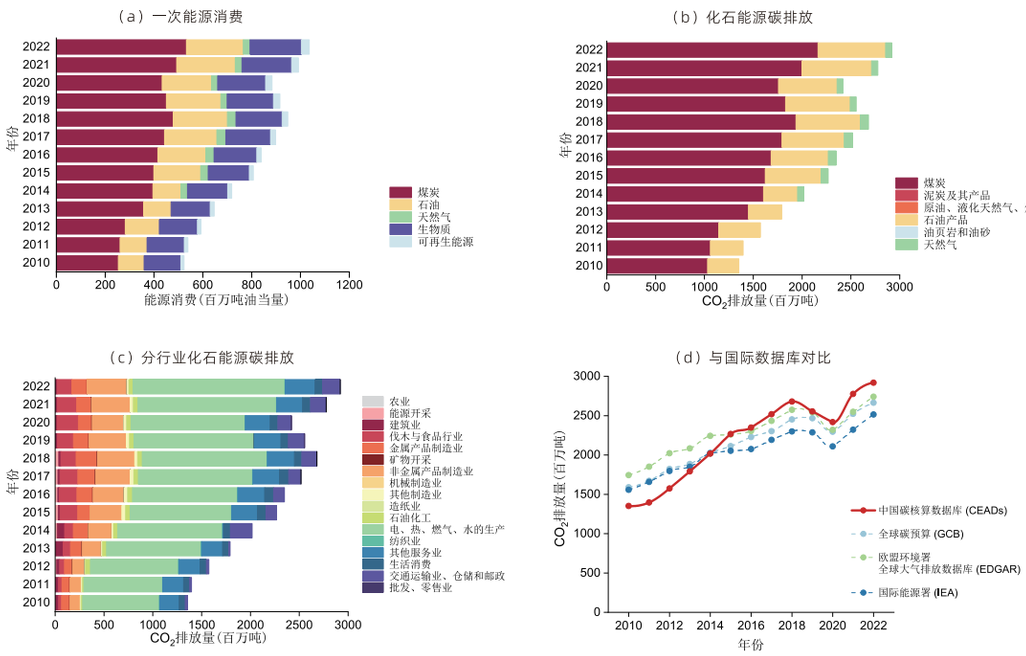


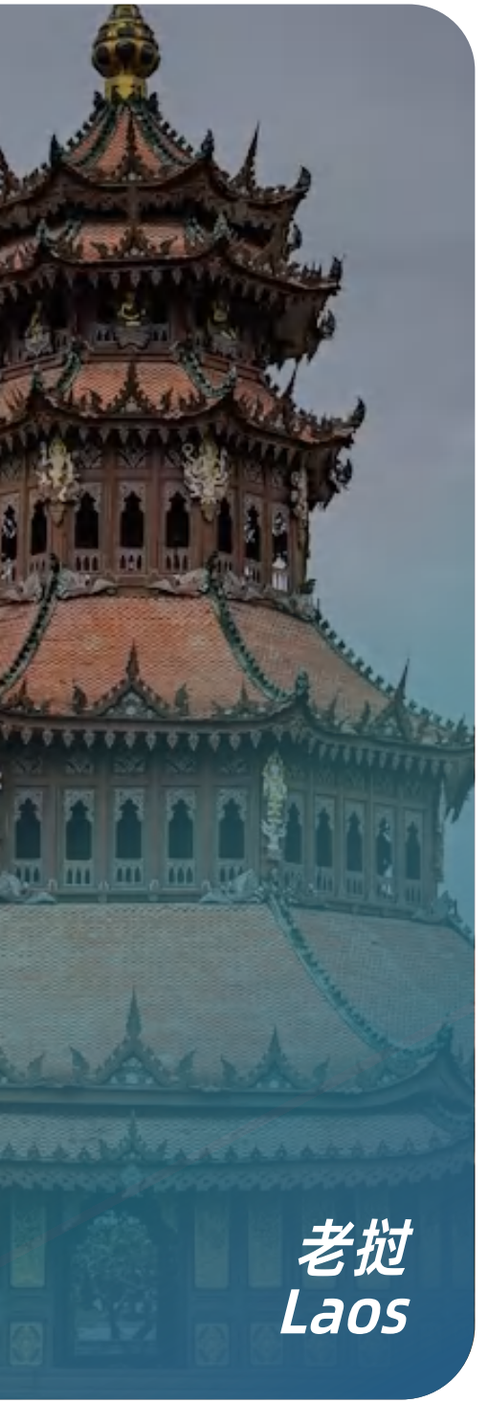
图2.5 印度2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

印度的能源平衡表来自于其国家统计局，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及了14个能源品种，19个行业。其次在分行业的匹配上，利用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据进一步划分成为47个行业。

表2.5 印度排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	国家统计局	http://mospi.gov.in/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/



老挝
Laos

国家背景

老挝共和国位于东南亚的中南半岛上，是东南亚唯一的内陆国家，面积为237,955平方千米。在过去的十年里，老挝的人口稳步增长，年均增长率为1.5%。根据国家统计局显示，2022年，老挝的总人口达到744.2万[35]。老挝的经济发展较为迅速，1993年至2022年，GDP的年增长率为8.8%[36]，这主要得益于老挝政府1986年实施的革新开放政策和积极的对外贸易政策，如1997年和2015年加入东盟和世贸组织。

近年来，老挝的产业结构主体由农业逐渐被服务业取代，2022年，服务业占老挝GDP的40.3%[37]。此外，工业在过去十年里也发展迅速，2022年，工业占老挝GDP的30.5%[37]。尽管如此，仍有超三分之二的人口生活在农村地区，从事农业生产，使得老挝经济社会对气候变化较为敏感脆弱[38]。老挝水利资源和矿产资源丰富，有锡、铅、钾盐、铜、铁、金、石膏、煤、稀土等矿产，石油和天然气多依赖于进口。在国际贸易方面，老挝的主要出口国和进口国均为泰国、中国和日本，首要出口产品是电力、铜和显示器，主要进口产品为精炼石油、汽车和广播设备。

为应对全球气候变化，老挝制定了一系列雄心勃勃的计划，以减少温室气体排放，提高应对气候变化的复原能力，如增加可再生能源的份额，加快开发的水电资源至13吉瓦容量[39]。老挝可再生能源发展战略旨在鼓励从国家层面开发可再生能源，实现到2025年可再生能源消费占总能源消费的30%。老挝是亚洲第一个在2015年就宣布国家自主贡献（INDC）的国家，但目前低碳减排工作进展并不乐观。

一次能源消费结构

2022年，老挝化石能源消费占一次能源消费结构的63.2%，以煤炭为主，几乎没有天然气消费。其中，煤炭消费占比39.8%，石油消费占比23.4%；此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的21.3%；生物质占一次能源消费比重达15.5%。

化石能源碳排放特征

老挝由煤炭消费所产生的碳排放占主导地位。从2015年起，老挝的Hongsa电厂开始运行，导致煤炭的消费量急剧增加，2022年碳排放达到16.5百万吨，占化石能源碳排放的82.0%。此外，石油产品消费所产生的碳排放从2010年的1.9百万吨增加至2022年的3.6百万吨，2022年占化石能源碳排放的18.0%。

分行业化石能源碳排放贡献

2010年至2022年间，老挝的电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的碳排放大幅增长，2010年该行业化石能源消费所产生的碳排放为0.5千吨，仅占化石能源碳排放总量的0.03%，随着2015年Hongsa电厂的投入使用，电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的碳排放急剧增加，使其成为最大的化石能源碳排放行业。2022年该行业的化石能源碳排放达到了16.0百万吨，占比79.5%。交通运输业、仓储和邮政是第二大化石能源碳排放行业，但其占化石能源碳排放的比重从2010年的72.1%下降至2022年的16.8%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质约占一次能源消费结构的15.5%。在其能源结构中，生物质曾是最主要的能源，在农村地区广泛应用，主要用于生活消费。老挝的生物质种类主要包括木材燃料、木炭。随着老挝Hongsa火电机组投入运行，这使得生物质在能源消费中的占比持续下降。该国的生物质主要来源于森林的采伐，由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时期内不具有持续性。可见，该国生物质燃烧并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。2010年和2022年，老挝生物质消费所产生的碳排放分别为6.3百万吨和6.6百万吨。

碳排放趋势

在2010-2022年，化石能源消费所产生的碳排放急速增长，从1.9百万吨增至2022年的20.2百万吨，年均增长率达到21.8%。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从6.3百万吨增加到6.6百万吨，年均增长率为0.3%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上来看，CEADs核算的老挝化石能源碳排放量与GCB、IEA的统计数据基本一致，2022年EDGAR统计数据与其他各数据相差相对偏大；从数值上看，2010-2022年CEADs核算的老挝化石能源碳排放量与IEA，EDGAR，GCB的统计数据基本一致，2022年各数据库IEA（18.8Mt），GCB（17.9Mt），CEADs（20.2Mt），均与EDGAR（24.5Mt）产生部分偏差。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为26.7百万吨。

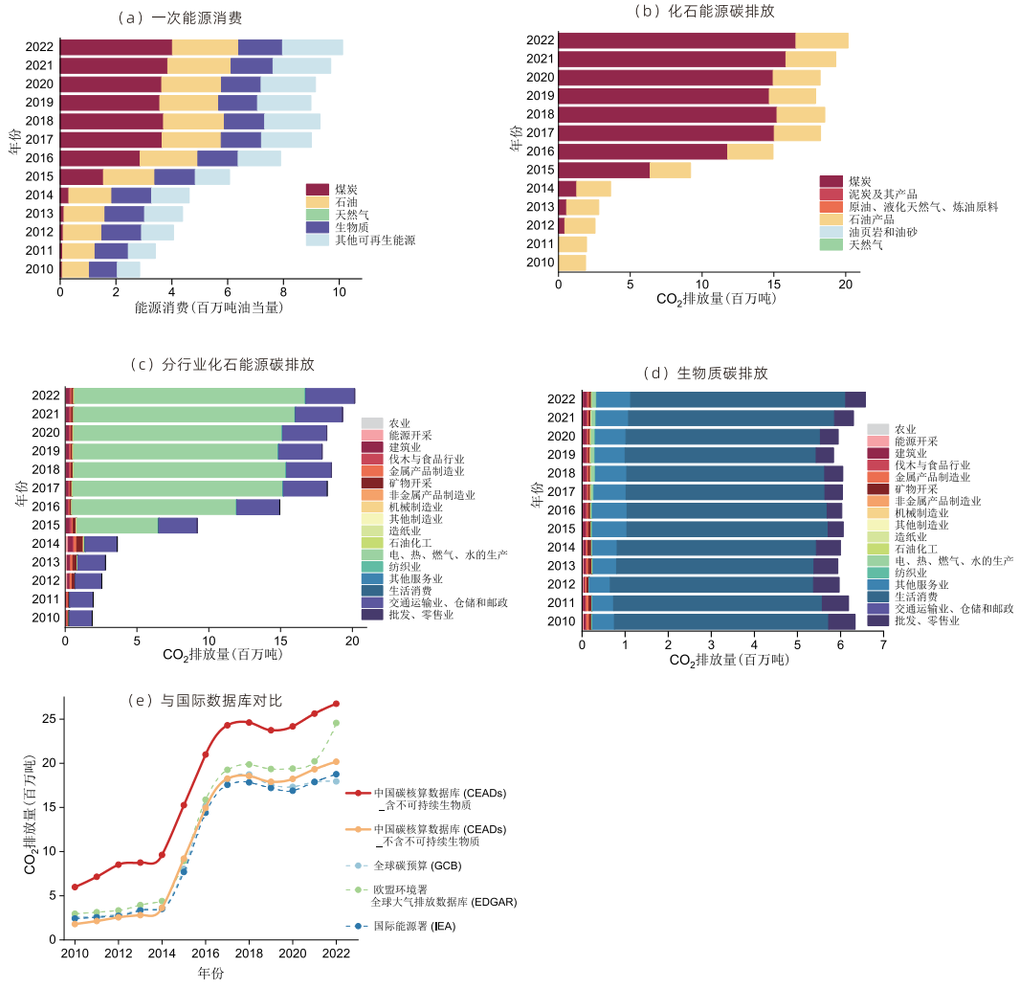


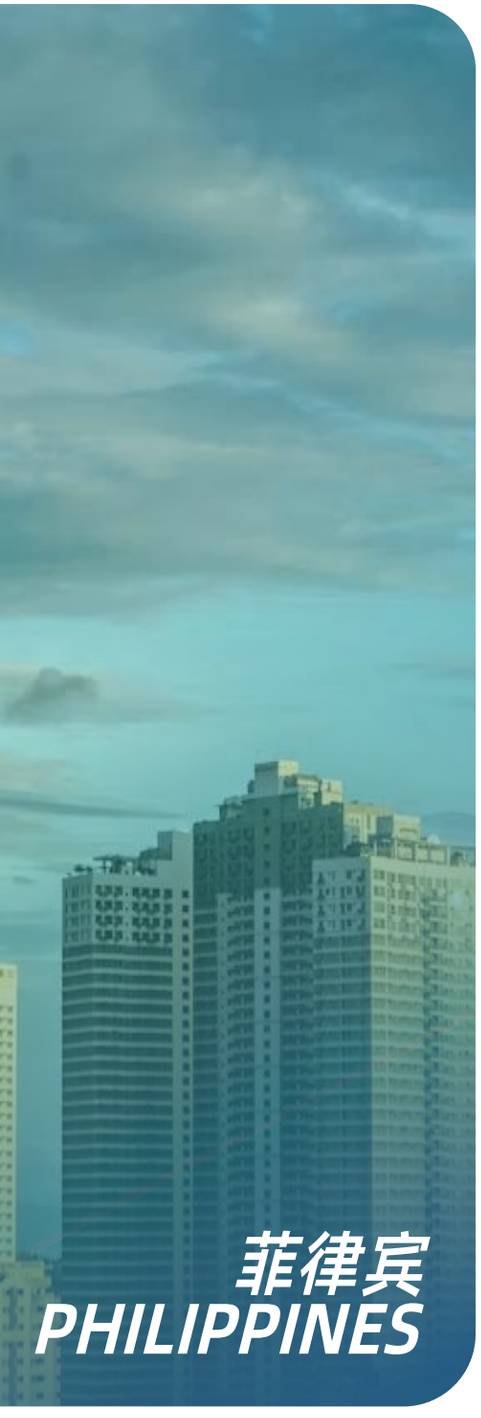
图2.6 老挝2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自ERIA提供的能源平衡表。据统计，老挝消费的化石能源主要有3种，分别是煤炭、石油产品和其他。应该注意的是，其他即为生物质。虽然这在ERIA的报告中没有具体说明，但根据报告中的图例和图例的解释，可以推断出这一点。这些能源消耗在3个主要行业，即工业、运输和其他行业。为了将3个主要行业进一步细化为47个行业，我们采用GDP数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据。

表2.6老挝排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	东亚东盟经济研究中心（ERIA）	https://www.eria.org/publications/energy-demand-and-supply-of-the-lao-peoples-democratic-republic-2010-2018/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/
行业匹配指标	老挝统计局---国内生产总值	https://laosis.lsb.gov.la/tblInfo/TblInfoList.do
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

菲律宾是位于东南亚的一个群岛国家，它占地299,764平方公里，共有大小岛屿7000多个，其中吕宋岛等11个主要岛屿占全国总面积的96%，海岸线长约18,533公里[40]。根据菲律宾国家统计局的数据，菲律宾2022年的总人口约为1.1亿人，是世界上第12个成为人口过亿的国家和东南亚第二个人口破亿的国家。菲律宾国家统计局报告称，菲律宾人口总生育率已从2017年2.7人下降至2022年的1.9人[41]。2022年，现价GDP为4043.5亿美元，同比疫情前增长7.3%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了1,959.8亿美元[42]。

菲律宾为出口导向型经济，高度依赖外部市场。菲律宾经济结构呈现为服务业驱动、工业为辅、农业疲软的特点。2022年，菲律宾服务业增加值约占GDP的61.2%；工业增加值约占GDP的29.2%；农林牧渔业增加值约占GDP的9.5%。菲律宾的自然资源丰富，铜蕴藏量约48亿吨、镍10.9亿吨、金1.4亿吨，地热资源预计有20.9亿桶原油标准能源。菲律宾全球化程度高，与150个国家有贸易关系，前十大贸易伙伴分别是中国、日本、美国等，出口商品以矿产、原材料等，以及新兴的成衣、电子产品为主。

针对可再生能源的发展，2021年，菲律宾能源部发布了《2020-2040年菲律宾能源计划》，制定了菲律宾到2030年将可再生能源在发电厂能源结构中的占比提高至35%， 到2040年提高至50%的目标[43]，助力该国履行其到2030年将碳排放量减少70%的承诺。

一次能源消费结构

2022年，菲律宾的化石能源消费占一次能源消费结构中的66.3%，以煤炭和石油消费为主。其中，煤炭消费占比31.9%，石油消费占比30.1%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的19.7%；生物质占一次能源消费比重达14.0%。

化石能源碳排放特征

2022年菲律宾消费化石能源所产生的碳排放为134.7百万吨，其中石油和煤炭产品消费是菲律宾化石能源碳排放的主要来源。2022年，石油产品消费产生二氧化碳排放52.7百万吨，占化石能源碳排放的比重从2010年的51.6%下降到2022年的39.1%。煤炭产品也是该国二氧化碳排放的主要来源，2022年消费煤炭产品所产生的碳排放为75.2百万吨，占比为55.8%。相比之下，天然气对化石能源碳排放量的贡献相对较小，且总体趋势在下降，占化石能源碳排放的比重从2010年的10.9%降至2022年的5.1%。

分行业化石能源碳排放贡献

菲律宾的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产和交通运输业、仓储和邮政。2010年以来，电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的碳排放量呈上升趋势，2022年达到77.0百万吨，占化石能源碳排放的57.2%。该部门也是2010年以来碳排放量增长幅度最大的部门，2022年相较于2010年增长138.5%。交通运输业、仓储和邮政是第二大化石能源碳排放行业，2022年该行业消费化石能源产生的碳排放量为34.7百万吨，占比为25.8%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质占一次能源消费比重为14.0%。菲律宾传统能源储备匮乏，但非常重视可再生能源的开发。在菲律宾农村，多数家庭保留用植物残渣作厨房燃料的习惯，生物质种类主要包括农业残余如植物残渣、动物粪便等等。由于菲律宾生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2022年，化石能源消费所产生的碳排放呈现增长趋势，从2010年的73.2百万吨增加至2022年的134.7百万吨，年均增长率达到了5.2%。

与国际数据库对比

统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的菲律宾化石能源碳排放量与其他机构的统计数据的年变化趋势几乎相同，尤其是与IEA、GCB机构的数据极为接近但略偏低，差距分别在1.5%、3.0%左右，与EDGAR的差距在10%左右，2019年以来差距均明显缩小。从差距原因上看，CEADs的数据有更详细的能源分类，每一类油品都有相应的排放因子，而按照其他机构如IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是菲律宾统计局的能源消费数据，而其他机构如IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等，这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，这也进一步导致了CEADs和IEA等其他机构二氧化碳排放数据的差异。

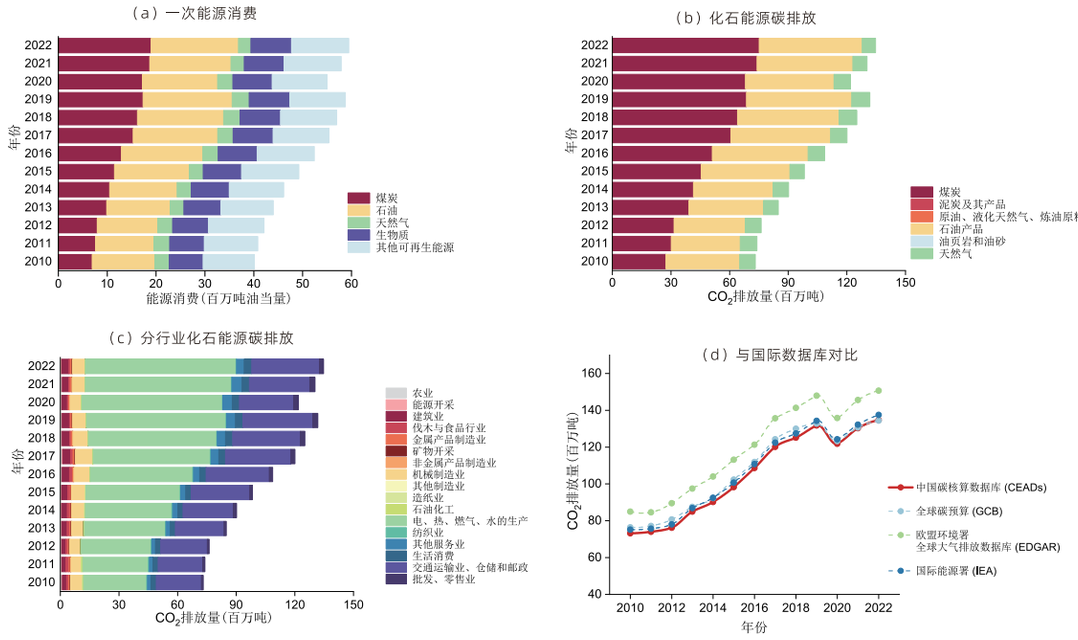


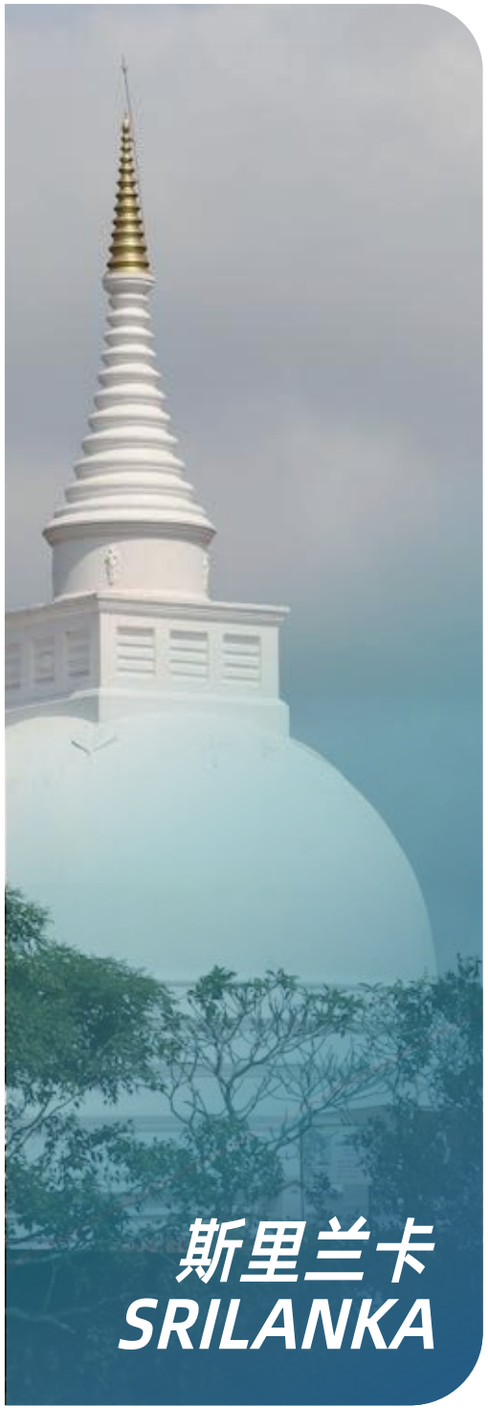
图2.7 菲律宾2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

菲律宾的能源平衡表均来自于国家统计局，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及13个能源品种，5个部门。其中在分部门匹配上，我们以其工业特征作为分配基础，结合联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据进行细化,对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表2.7 菲律宾排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	菲律宾统计局 （Philippine Statistics Authority）	https://www.google.com/url?client=internal-element-cse&cx=002003278549005806711:omtq4bysgs4&q=https://psa.gov.ph/system/files/enrad/Table%25202.7%2520Energy%2520Balance%2520Table%252C%25202012%2520to%25202022.xlsx&sa=U&ved=2ahUKEwiLnpLp0tyFAxWhywIHHZZiC2AQFnoECAMQAQ&usg=AOvVaw2zFZ7cvzDtaATPVC_JFn9T
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/
行业匹配指标	菲律宾统计局 （Philippine Statistics Authority） 统计年鉴（分行业GDP数据）	https://psa.gov.ph/philippine-statistical-yearbook



斯里兰卡
SRILANKA

国家背景

斯里兰卡民主社会主义共和国，在1972年前被称为锡兰，是位于南亚-印度次大陆东南部的一个岛国，属于亚洲。其政治首都位于Sri Jayawardenepura Kot，简称“Kot”，而其经济首都位于科伦坡。据《世界概况》显示[44]，斯里兰卡的陆地面积为65,610平方公里。根据世界银行[45]的数据，2023年该国人口约为2,203.7万人，其人均GDP约为3,828美元，世界排名第132位。斯里兰卡西部，尤其是首都及其周边地区，人口密度最高。僧伽罗人是全国最大的民族，占总人口的74.9%。

斯里兰卡目前的经济以宝石出口和农业为主。该国最重要的出口产品是锡兰红茶。斯里兰卡是世界三大茶国。作为产茶大国之一，国内经济深受茶叶生产形势的影响。斯里兰卡的年报也显示其旅游资源丰富，但自2004年印度洋地震引发海啸以来，该国海岸线遭到严重破坏，旅游业也受到一定影响。

此外，斯里兰卡居民习惯于平日大规模使用柴火。政府也在推动天然气等能源替代柴火，但仍在努力，尚未取得好的效果。斯里兰卡于2021年9月份宣布将停止建设新的燃煤电站，转向可再生能源。斯里兰卡的目标是到2030年，通过可再生能源满足70%的国家电力需求，到2050年实现碳中和。斯里兰卡为实现2030年70%可再生能源发电的目标，吸引了大批投资者投资超过50兆瓦的太阳能和风能项目。在现有458兆瓦太阳能发电容量基础上增加4,800兆瓦，同时在现有248兆瓦风电容量基础上增加3,500兆瓦。

一次能源消费结构

2022年，斯里兰卡的化石能源消费占一次能源消费结构的比重接近50.4%，以石油产品为主。其中，石油消费占比38.4%，煤炭消费占比11.9%。此外，生物质占一次能源消费比重达32.3%，这主要归因于斯里兰卡居民大规模使用柴火等生物质能源。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的17.3%，以水电为主。

化石能源碳排放特征

斯里兰卡消费石油产品所产生的碳排放是最主要来源，2022年石油产品消费产生的碳排放为12.9百万吨，占化石能源碳排放的70.9%。煤炭消费所产生的碳排放从2010年的0.2百万吨增长到2022年5.3百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

斯里兰卡主要的化石能源碳排放行业是交通运输业、仓储和邮政以及电、热、燃气和水的生产。2017年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放达到峰值，为11.0百万吨，此后保持缓慢下降趋势。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为8.9百万吨，占化石能源碳排放总量的48.9%，主要使用的产品有柴油、汽油、航空燃油等。此外，2022年，电、热、燃气和水的生产消费化石能源所产生的碳排放为6.7百万吨，占化石能源碳排放总量的37.1%。

生物质碳排放特征

2022年斯里兰卡的生物质能占一次能源消费结构的32.3%，主要用于生活消费和工业行业消费使用。斯里兰卡的生物质主要分为两大类，甘蔗渣与木柴。斯里兰卡传统的生物质使用是指使用木柴等生物质用于家庭烹饪，这类型的生物质主要来源于森林砍伐，属于不可持续再生资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。而甘蔗渣等生物废料主要来自于当地的种植园，可反复种植，属于可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。从时间趋势上看，斯里兰卡的生物质消费所产生的碳排放量从2010年的21.5百万吨缓慢下降至2022年的16.7百万吨。

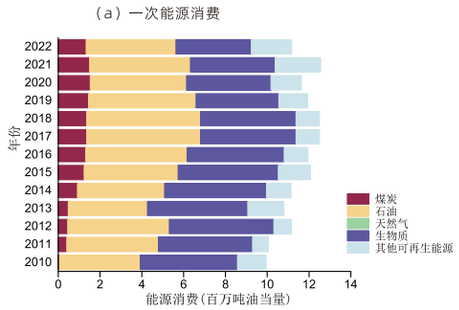
碳排放趋势

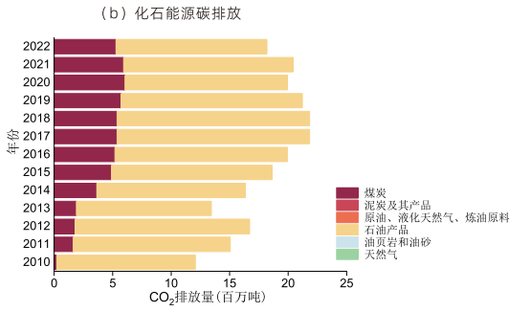
2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的12.1百万吨增至2022年的18.2百万吨，年均增长率为3.5%。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从2010年的21.5百万吨缓慢下降至2022年的16.7百万吨。

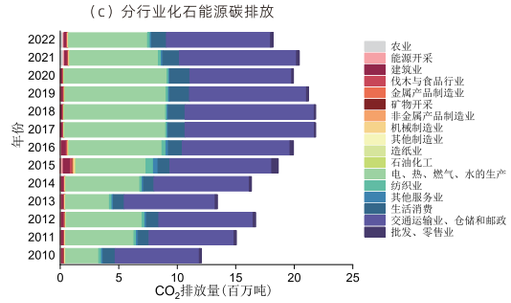
与国际数据库对比

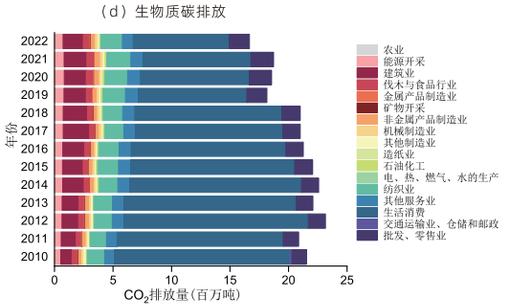
在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的斯里兰卡化石能源碳排放量与其他机构的统计数据尽管有相似的趋势，但不同机构的数值是不同的。具体来看，与EDGAR、GCB等结果相比，CEADs核算结果在2010年具有较高的起点，但是从2012年开始，CEADs就一直低于其他数据库，但是排放趋势相一致。从结果来看，造成差异的主要原因，一个是排放因子，CEADs具有更为详细的能源分类，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙，并且在计算时我们使用了斯里兰卡本国发布的排放因子，在排放因子的选择上可能有些许不同，从而导致最后结果的不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为34.8百万吨。









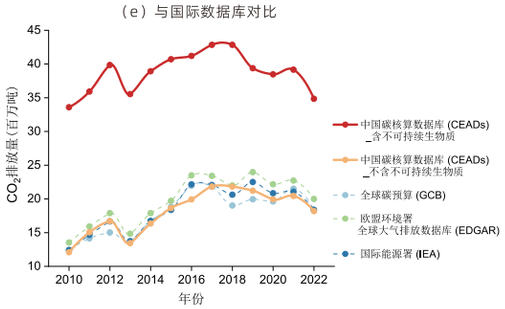


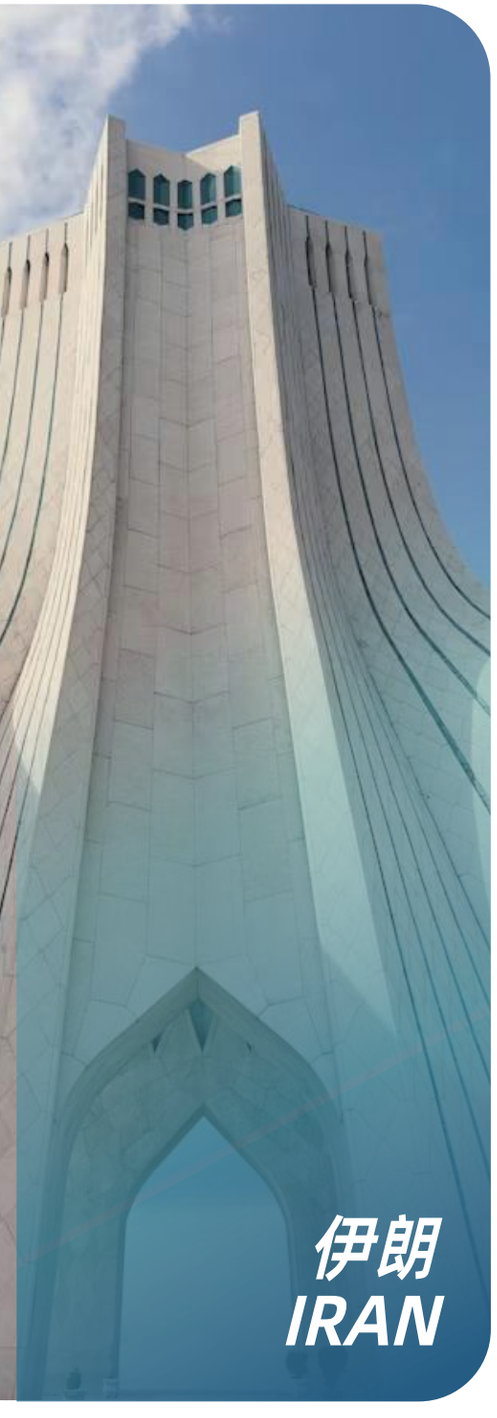
图2.8 斯里兰卡2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

斯里兰卡的能源平衡表均来自于斯里兰卡可持续能源管理局，范围覆盖了2010年和2012-2022年的数据，共涉及9个能源品种，7个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国（UN）分行业增加值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表2.8 斯里兰卡排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	可持续能源管理局	http://www.energy.gov.lk/index.php/en/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts



国家背景

伊朗位于亚洲西南的中东地区，属西亚，分别与巴基斯坦、阿富汗、土耳其等多国接壤，南面濒临波斯湾和阿拉伯海，地理位置优越。根据其国家统计局公布的数据，2022年伊朗国内生产总值按现价约为4046.3亿美元[46]，人均GDP为4465.6美元[47]，由于受到长期的能源和经济制裁，伊朗仍处于发展中国家行列。

2022年，伊朗农业、工业、服务业三大产业增加值占GDP比重分别为12.8%、36.2%和48.3%[48-50]。伊朗油气资源丰富，天然气与石油探明储量分别位列世界第2位与第4位。依托优越的天然资源禀赋，伊朗石化产业蓬勃发展，石油产业成为伊朗主要的支柱产业和外汇收入来源，石油收入占本国外汇总收入的一半以上[51]。据伊朗海关总署数据显示，2022年伊朗进出口总额为738.8亿美元，其中出口额为349.9亿美元，进口额为388.9亿美元。伊朗前五大出口目的地依次为：中国、伊拉克、阿联酋、土耳其、阿富汗，其中出口产品中近50%为石化和石油产品，20%为矿产品；最大的三个进口来源地为中国、阿联酋和土耳其[52]。

此外，伊朗拥有丰富的太阳能和风能，为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响。政府机构鼓励提高核能、地热能等可再生能源占比，但未在其国家自主贡献中提及明确的清洁能源目标，仅提出2030年温室气体排放量减少4%的目标[53]。受到政治局势和较高贫困率等多重因素的影响，伊朗缺乏先进的技术和充足资金支持制定强有力的环境政策，目前仍然依赖高碳密集型工业和石油出口来维持本国经济。

一次能源消费结构

2022年，伊朗化石能源消费结构占一次能源消费结构的98.1%，以天然气和石油产品为主。其中，天然气消费占比70.9%，石油产品消费占比26.9%。此外，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的1.4%；生物质占一次能源消费比重为0.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，天然气和石油消费所产生的碳排放占据主导地位。天然气作为伊朗最主要的化石能源，在2022年所产生碳排放为378.6百万吨，占化石能源碳排放的66.4%。石油产品消费所产生的碳排放从2010的229.4百万吨下降到2022年的189.5百万吨，减少了17.4%。伊朗石油产品产量自2016年以来持续下降，主要受到伊核协议（JCPOA）国际能源制裁及全球经济下滑的影响。

分行业化石能源碳排放贡献

伊朗最大的化石能源碳排放部门是电、热、燃气和水的生产。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为175.6百万吨，占化石能源碳排放总量的30.8%，这一比例在此期间保持基本稳定。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，这是伊朗的第二大化石能源碳排放行业，在2022年占化石能源碳排放总量的25.2%。第三大化石能源碳排放部门是生活消费，其消费化石能源产生的碳排放占化石能源碳排放总量的20.3%。

生物质碳排放特征

2022年伊朗的生物质占一次能源消费结构的0.5%，主要用于生活消费部门。伊朗的生物质能主要包括以农业固体废物和动物粪便等为主的固体生物质和沼气等[54]。由于伊朗生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

伊朗的化石能源消费产生的碳排放增长较快，在2010年至2019年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了15.7%，从471.7百万吨增至545.9百万吨。2020年受到全球经济形势的影响，化石能源消费所产生的碳排放降至534.7百万吨，相较于2019年减少了2.0%，2022年化石能源碳排放总量回升至570.3百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础的差异使得结果有所不同。其中EGDAR的碳排放量最高，且CEADs与EDGAR和GCB之间的差距均逐年拉大。CEADs与IEA的数据具有相似的起点，总量的差距大约在6%左右。在比较CEADs与IEA部门排放时，结果存在差异。从结果来看，造成差异的首先是排放因子，CEADs具有更为详细的能源分类，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙。其次是各部门的能源消耗数据，例如IEA在统计上部分行业的能源使用数据与官方发布的能源平衡表存在差异，因此造成了核算结果的不同。

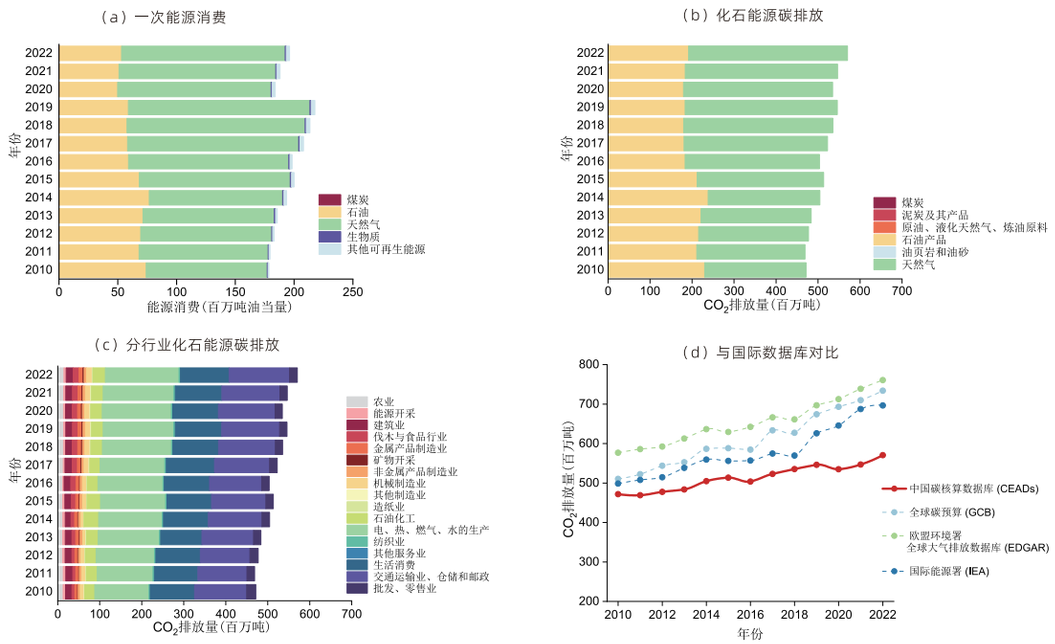


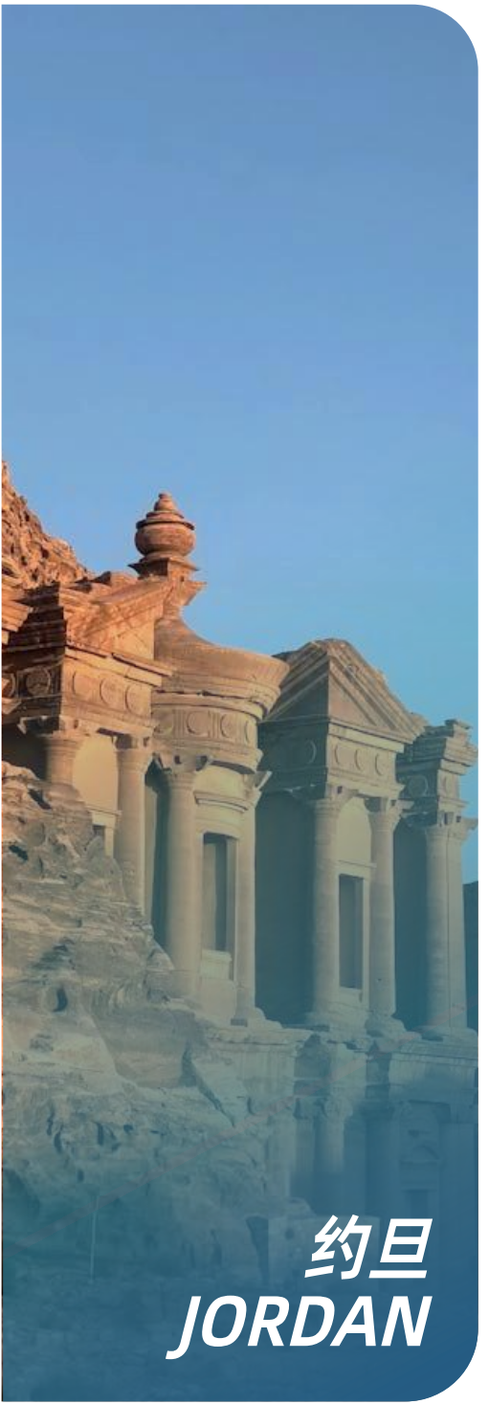
图2.9 伊朗2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d)与国际数据库对比

数据来源简述

伊朗的2010年-2018年的能源平衡表来自于其本国统计局官方发布，数据来源真实可靠，2019年的能源数据根据历史趋势进行补充，2020-2022年能源数据依据Enerdata能源指标进行外推。其官方发布了能源平衡表，表中涉及5个能源品种和5个行业，根据工业的产出数据和城乡的人口数据以及联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据进一步降尺度分配到47个行业。

表2.9 伊朗排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	伊朗电力和能源规划署	https://pep.moe.gov.ir/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	伊朗统计局	https://www.amar.org.ir/english/Iran-Statistical-Yearbook
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

约旦位于阿拉伯半岛的西北部，地理位置优越，与以色列、巴勒斯坦、叙利亚等国相邻，处于亚、欧、非三大洲的交汇处，自古以来就是中东贸易的主要通道。约旦一直保持政治稳定，享有“中东和平绿洲”的美誉。约旦是中东地区最小的经济体之一，2023年GDP按现价为509.7亿美元[55]，人口为1143.9万[56]，其中11.6%的人口生活在贫困线以下。

约旦的制造业较为发达，2023年约占GDP总量的17.0%[57]；农业相对薄弱，其产值约占GDP总量的4.8%[58]。与其他邻近的阿拉伯国家不同，它是一个非产油国，自然资源和矿产有限，只拥有少量的石油和天然气储量。在国际贸易方面，其出口产品主要是非金属、炼油、水泥、化肥等；主要出口国为美国、沙特阿拉伯、伊拉克等。2021年主要进口产品包括机械设备及部件、轨道车辆及配件、电机设备及部件、石油产品、液化天然气等，主要的贸易伙伴依次为沙特、美国、中国、印度等。其中，中国是约旦第二大进口来源国，2021年自中国的进口总额为31.4亿美元[59]。

约旦拥有丰富的太阳能和风能，为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响。政府机构在可再生能源目标上提出在2030年达到电力结构占比达到50%，此外政府计划投入建成总容量1.0GW的太阳能发电和风力发电装备[60]。根据《联合国气候变化框架公约》，约旦做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前将其温室气体排放量减少14%[61]。

一次能源消费结构

约旦的一次能源消费结构以天然气和石油产品为主。2022年，石油产品消费占比48.8%，天然气消费占比40.6%，化石能源消费总量占比92%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的7.6%；生物质占一次能源消费比重达0.4%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油和天然气的碳排放占据主导地位。石油产品作为约旦最主要的化石能源，2022年产生的碳排放为12.7百万吨，占化石能源碳排放总量的55.6%。天然气消费所产生的碳排放从2010年的6.2百万吨增长到2022年的9.4百万吨，增长速度明显。

分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气和水的生产是约旦最大的化石能源碳排放行业。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为9.0百万吨，占约旦化石能源碳排放总量的39.3%，但这一比例自2015年以来正在下降。主要由于约旦哈希姆政府和国家电力公司NEPCO与利维坦天然气田签署了购买协议，开始每年向约旦提供150亿立方米的天然气来取代石油发电。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，主要使用柴油、汽油、燃油，这是约旦近年来的第二大化石能源碳排放行业，在2022年占化石能源碳排放总量的38.4%。

生物质碳排放特征

2022年约旦的生物质占一次能源消费结构的0.4%，主要用于生活消费行业。生物质种类主要包括农业残余（谷物、水果、蔬菜残余）、动物粪便以及市政固体垃圾[62, 63]。由于约旦生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2017年，化石能源碳排放总量增加了32.0%，从20.4百万吨增至26.9百万吨；此后化石能源消费所产生的碳排放保持持续下降的趋势，2020年化石能源碳排放总量减少至19.9百万吨，2019-2022年出现了小幅上升，2022年化石能源碳排放总量为22.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础的差异使得结果有所不同。其中EDGAR与CEADs的数据具有相似的起点，但之间的差距逐年拉大。CEADs与GCB的数据最为吻合，大约在5%。当比较CEADs与IEA行业碳排放时，结果存在差异。例如，2018年CEADs制造业和建筑业的碳排放量为2.4百万吨，而IEA的数据为1.6百万吨，存在33.9%的差距。从结果来看，造成差异的主要原因有两个，一是排放因子，CEADs具有更为详细的能源分类，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙。二是各行业的能源消耗数据，如IEA在统计上农业能源使用数据缺失，其他未分类行业的数据与官方发布的能源平衡表存在差异，因此造成了核算结果的不同。

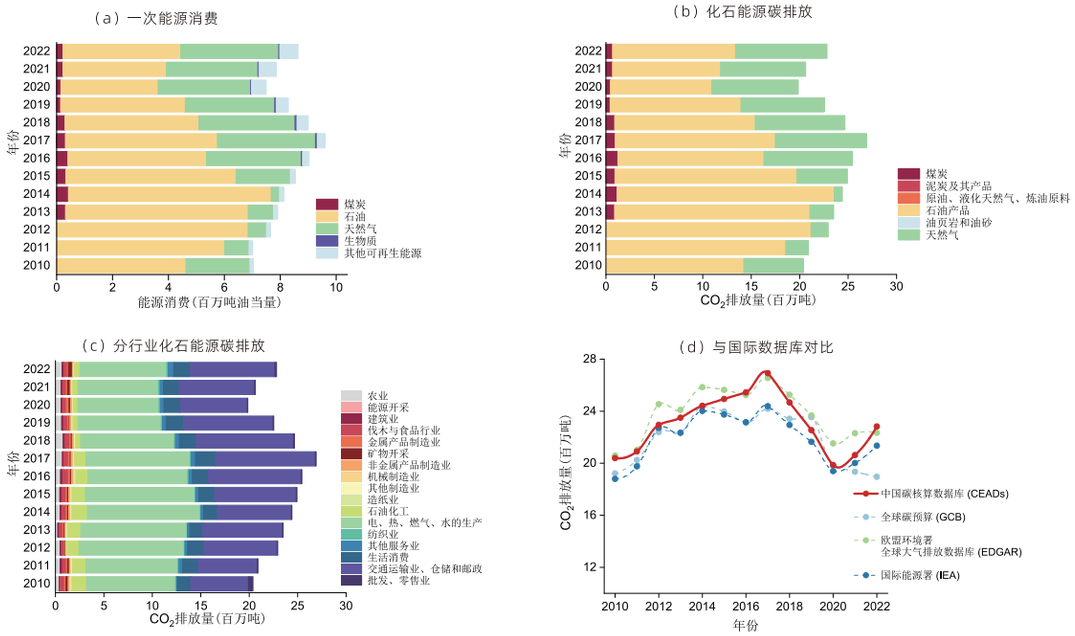


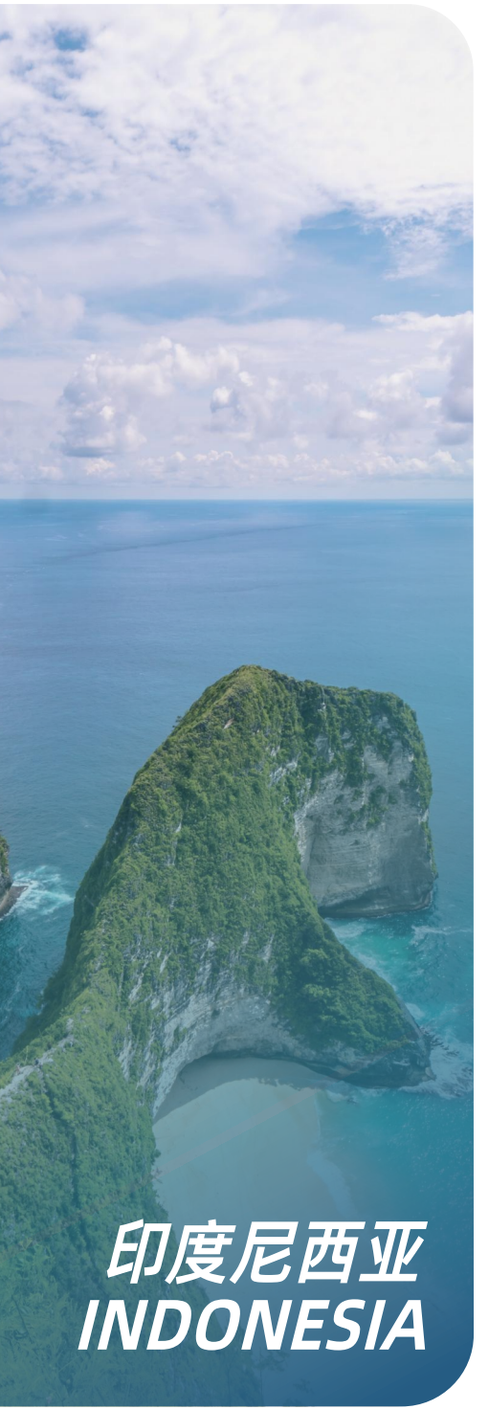
图2.10 约旦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

约旦的能源平衡表均来自于能源与矿物部，范围覆盖了2010-2022年的数据。能源平衡表共涉及13个能源品种，6个行业。其中在分行业匹配上，我们采用其国家统计局公布的工业的产出数据以及农业、服务业和建筑业的生产总值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对行业进行降尺度匹配，分配到47个行业。

表2.10 约旦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	能源和矿产资源部	https://www.memr.gov.jo/Default/Ar
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	约旦统计局（工业）	http://jorinfo.dos.gov.jo/Databank/pxweb/ar/DOS_Database/START__10__1001__1101/FIN_T1/
	约旦统计局（农业、服务业和建筑业）	http://jorinfo.dos.gov.jo/Databank/pxweb/ar/NationalAccount/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



印度尼西亚
INDONESIA

国家背景

印度尼西亚，位于亚洲东南部，横跨赤道，与巴布亚新几内亚、东帝汶和马来西亚接壤。印度尼西亚是世界上最大的群岛国家，由太平洋和印度洋之间的大约17,508个岛屿组成，陆地面积约为190.4平方公里。2023年，印度尼西亚的总人口为2.8亿，位居世界第四。自20世纪60年代以来，印度尼西亚一直保持较为稳定的经济增长，在农业、能源开采和纺织业方面取得了较大的发展，成为东南亚国家联盟（东盟）最大的经济体。2023年，印度尼西亚经济增长率为5.0%，GDP（按现价）约1.37万亿美元，人均GDP约为4876.3美元，重返世界银行确定的中高收入国家行列[64]。

国际贸易在印度尼西亚的国民经济中发挥着重要作用，印尼政府采取了一系列措施来鼓励和促进制造业产品的出口。目前，印度尼西亚的出口产品除石油和天然气外，主要是纺织品、服装、木材、橡胶等，而进口产品则主要包括机械和运输设备、化工产品、汽车及零配件等，主要贸易对象为中国、日本、新加坡和美国。2021年，印度尼西亚货物进出口贸易总额为4277.13亿美元，同比增长40.3%。其中，进口额1961.9亿美元，同比增长38.58%；出口额2315.23亿美元，同比增长41.87%。贸易顺差353.33亿美元，为2011年以来最高值[64]。

在气候变化方面，印度尼西亚是世界上的碳排放大国之一，政府承诺到2030年实现二氧化碳排放量比基准情景减少29%，如果得到60亿美元的国际援助，将把减排目标提升至41%[65]。印度尼西亚是亚太地区可再生能源占比最高的五个国家之一，在电力行业，水力发电和地热发电分别贡献了约8%和5%。此外，印尼政府计划通过国家能源政策，在2025年可再生能源占一次能源的比重达到23%，到2050年占31%[66]。

一次能源消费结构

2022年，印度尼西亚化石能源消费占一次能源消费结构的96.2%，以煤炭、石油和天然气三种能源为主。其中，煤炭消费占比56.2%，石油消费占比28.0%，以及天然气消费占比12.0%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的1.4%；生物质占一次能源消费比重为2.4%。

化石能源碳排放特征

印度尼西亚化石能源消费所产生的碳排放中，除2010年、2014年外，煤炭一直是印度尼西亚最大的化石能源碳排放源，并且增长快速，从2010年的180.8百万吨增加到2022年的606.5百万吨。2022年，煤炭消费所产生的碳排放占化石能源碳排放总量的68.9%。石油是印度尼西亚的第二大化石能源碳排放源，在2010年和2014年化石能源碳排放排名第一，但在2015-2019年，由于石油的消费大幅减少，其化石能源碳排放也随之减少，而到2022年，重质石油产品和硬煤、褐煤和泥煤的使用量增多。2022年石油消费所产生的碳排放占化石能源碳排放总量的23.4%。此外，天然气消费也产生了一定的碳排放，约占化石能源碳排放总量的7.8%。

分行业化石能源碳排放贡献

2010-2022年，电、热、燃气、水的生产一直是印度尼西亚产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年该行业消费化石能源所产生的碳排放占化石能源碳排放总量的43.9%。交通运输业、仓储与邮政以及生活消费紧随其后，在2022年分别占该国化石能源碳排放总量的10.6%和8.6%。

生物质碳排放特征

2022年印度尼西亚生物质占一次能源消费结构的2.4%，主要用于生活消费和建筑业。该国生物质种类主要是橡胶木废料、棕榈油渣等。由于印度尼西亚生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2012年，印度尼西亚化石能源消费产生的碳排放量迅速增加，从426.5百万吨增加到573.5百万吨，增长了34.5%。此后，化石能源碳排放总量出现小幅度波动，在2012-2015年间呈下降趋势，减少了11.4%；在2015-2019年间呈上升趋势，增长了35.1%；随后，化石能源碳排放出现小幅下降，2020年降至626.0百万吨，而在2022年，化石能源碳排放增加到880.5百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的化石能源碳排放核算结果在趋势上大致是相同的。CEADs与EDGAR的二氧化碳排放数据的趋势几乎完全吻合，且数值最为接近，差距大约为10%左右。CEADs与GCB的二氧化碳排放数据的趋势也大致相同，虽然2012-2013年的结果有较大差距，但2014年之后二者又基本吻合。在比较CEADs与IEA的统计数据时，数值差距最大，相差约20%左右。造成差距的主要原因在于数据来源的差异，进而造成了核算结果的不同。CEADs的能源平衡表数据来自印度尼西亚国家统计局（BPS），而IEA的主要数据来源为印尼能源与矿产资源部（ESDM）、印尼国家统计局（BPS）、印尼农业部和印尼国家电力公司（PT.PLN）。

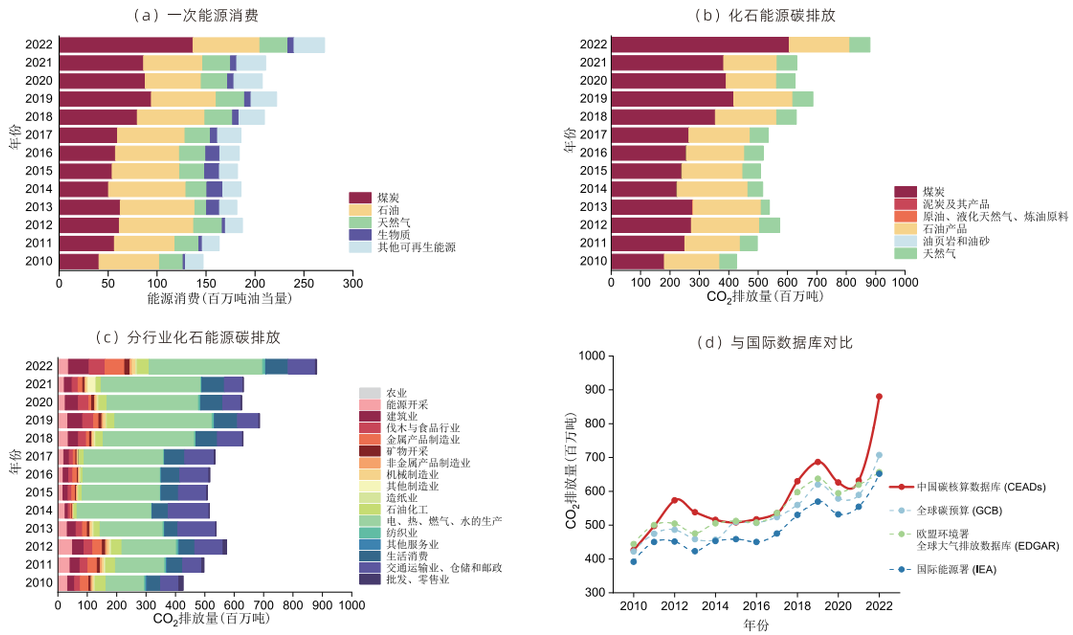


图2.11 印度尼西亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放； (d) 与国际数据库对比

数据来源简述

印度尼西亚的能源平衡表数据来自印度尼西亚国家统计局，包含12种能源类型与17个行业的能源消费，时间序列为2010年至2022年。本研究中所采用的行业匹配指标来自于印度尼西亚统计局和联合国商品统计贸易数据库(UN Comtrade)中出口数据。

表2.11 印度尼西亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	印度尼西亚统计局	https://www.bps.go.id/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	印度尼西亚统计局	https://www.bps.go.id/
	联合国商品统计贸易数据库 (UN Comtrade)，出口数据	https://comtradeplus.un.org/

蒙古
MONGOLIA

国家背景

蒙古是东亚的一个内陆国家，位于中国和俄罗斯之间。鉴于其特殊的地理位置，蒙古国在国际合作中发挥着重要的桥梁作用。该国占地157万平方公里，是仅次于哈萨克斯坦的第二大内陆国家。在经济增长上，蒙古作为亚洲乃至世界经济增速最快的国家之一，2022年按照现价GDP总量达到171.5亿美元[67]，拥有343万人口[68]，人均GDP为4993.5美元[69]，在全球属于中等偏低收入国家。

蒙古的经济结构在很大程度上依赖于农业和采矿业。作为世界上人口最稀少的国家之一，畜牧业是蒙古重要的经济活动，2021年畜牧业产值占国民生产总值的13.1%，工业产值占GDP的37.1%，其中采矿业占GDP的22.0%，占蒙古出口的80.0%以上。近年来，非油气矿产的出口带来了蒙古的稳定经济增长。蒙古拥有丰富的自然资源，包括煤炭、原油、金属等。在国际贸易方面，其主要进口产品是机电商品及零配件、公路、航空及水路运输工具、钢材及制品等，中国是蒙古贸易往来最密切的国家[70]。

蒙古拥有丰富的太阳能、风能和水能等可再生资源，为了减少蒙古对煤炭的高度依赖，减少温室气体排放。政府机构在可再生能源目标上提出在2023年可再生能源占能源总量的比例达到20%，到2030年将达到30.0%[71]。提升可再生能源，尤其是水电的发电装机容量，2023年可再生能源在能源结构中的份额达到20.0%，2030年提高到30.0%，电力生产量达到1,260 GW[72, 73]。

一次能源消费结构

2022年，蒙古化石能源消费占一次能源消费结构的99.2%，以煤炭和石油产品为主，没有天然气。其中，煤炭消费占比76.4%，石油消费占比22.9%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的0.2%；生物质占一次能源消费比重达0.6%。

化石能源碳排放特征

煤炭消费化石能源所产生的碳排放是蒙古化石能源碳排放最主要的来源。2022年，煤炭消费化石能源所产生碳排放22.1百万吨，占化石能源碳排放总量的80.9%。此外，石油产品也是该国二氧化碳排放的主要来源，石油产品消费所产生的碳排放从2010年的2.3百万吨增长到2022年的5.2百万吨，增长速度显著。

分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气、水的生产是蒙古化石能源碳排放最大的行业。2022年，该行业消费化石能源产生的碳排放为19.3百万吨，占蒙古化石能源碳排放总量的70.4%，这一比例在2010-2022年基本保持稳定，主要由于煤炭一直是蒙古电力生产的主要稳定来源。其次是交通运输业、仓储和邮政，主要由于使用汽油进行陆路运输，占化石能源碳排放总量的10.9%。其他服务业和生活消费紧随其后，分别贡献了6.4%和4.1%的化石能源碳排放。

生物质碳排放特征

2022年，生物质约占一次能源消费结构的0.6%。蒙古的生物质主要由牛粪、马粪、羊粪等动物粪便制成。由于蒙古生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

蒙古的化石能源碳排放总量整体呈上升趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增长了60.8%，从17百万吨增至2022年的27.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础的差异使得结果有所不同。其中GCB的碳排放量最高，CEADs与GCB相比，数值显著偏低。CEADs与EDGAR和IEA结果的总量的差距大约在10%左右。从结果上看，造成差异的主要原因是各机构对于电、热、燃气、水的生产的能源消费数据的统计口径有一定的差异，造成了该行业化石能源碳排放量之间的差距。

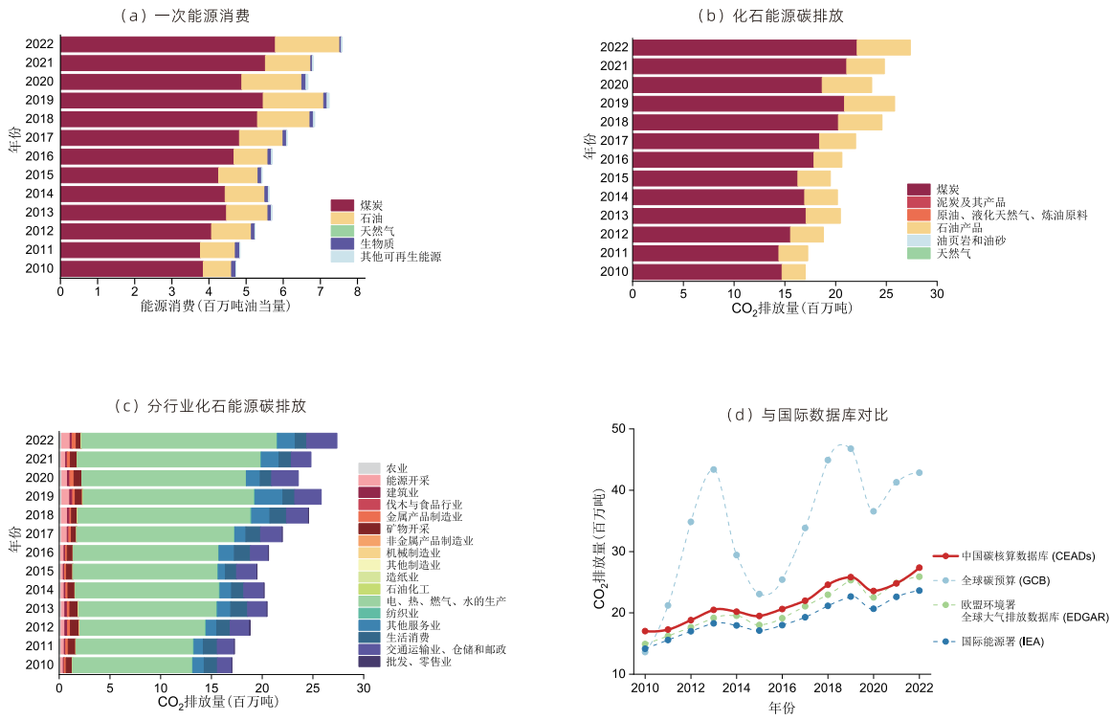


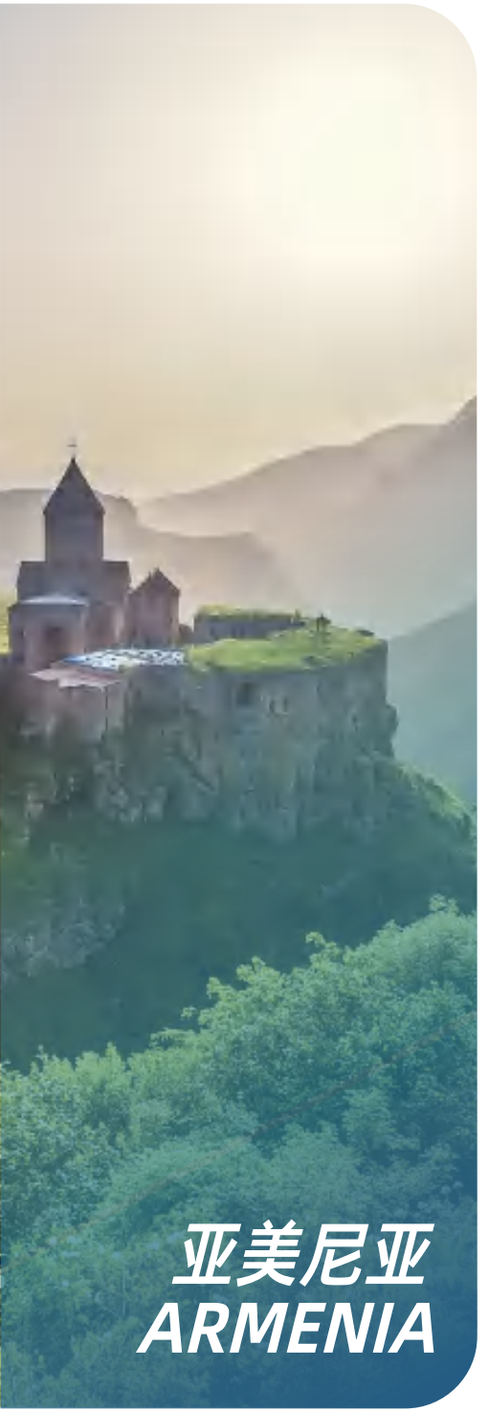
图2.12 蒙古2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；（d）与国际数据库对比

数据来源简述

蒙古的2010年-2022年的能源平衡表来自于其本国统计局官方发布，数据来源真实可靠。能源平衡表中共分成7个行业，根据工业的产出数据和城乡的人口数据以及联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据进一步降尺度分配到47个行业；

表2.12 蒙古排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	蒙古统计局	https://www.1212.mn/Stat.aspx?LIST_ID=976_L11&type=tables
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	工业和建筑业--工业的销售生产	https://www.1212.mn/Stat.aspx?LIST_ID=976_L11&type=tables
	居民消费	https://www.1212.mn/Stat.aspx?LIST_ID=976_L03&type=tables
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

亚美尼亚位于亚洲与欧洲交界处的外高加索南部的内陆国。西接土耳其，南接伊朗，北临格鲁吉亚，东临阿塞拜疆[74]。2010年至2022年，亚美尼亚人口稳步增长，根据世界银行的数据，2022年亚美尼亚的总人口超过了296.1万人[75]。近年来，亚美尼亚的经济发展迅速。2009年以来亚美尼亚政府采取调整产业结构、扩大内需、加快基础设施建设、大力扶植农业等措施，努力消除金融危机后果，收到一定成效。2021年亚美尼亚国内生产总值为139亿美元，同比增长5.7%，外贸额83.8亿美元，同比增长17.7%。2022年亚美尼亚国内生产总值约合195亿美元，同比增长12.6%，外贸额141亿美元，同比增长70%[76]。

一次能源消费结构

2022年，亚美尼亚化石能源消费占一次能源消费结构的72.5%，以天然气为主。其中，天然气消费占比57.5%，石油消费占比14.7%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的24.4%；生物质占一次能源消费比重达3.1%。

化石能源碳排放特征

亚美尼亚天然气消费所产生的化石能源碳排放占据主导地位，2022年占化石能源碳排放的77.5%；并呈现大幅增长态势，从2010年的3.9百万吨到2022年的6.2百万吨，年均增长率为4.6%。石油产品也是该国化石能源碳排放的主要来源。2010-2022年，石油及产品产生的化石能源碳排放呈现增长态势，从2010年的0.8百万吨到2022年的1.8百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

交通运输业、仓储和邮政是亚美尼亚最大的化石能源碳排放行业。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放为2.5百万吨，约占化石能源碳排放总量的30.7%。其次是电、热、燃气、水的生产的化石能源碳排放，2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为1.9百万吨，占化石能源碳排放总量的23.7%。同时生活消费的化石能源碳排放保持稳定，2022年占比为22.9%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质仅占一次能源消费结构的3.1%，主要用于生活消费。亚美尼亚的生物质原料主要来源于森林木材，由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时期内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质燃烧并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。该国的生物质消费所产生的碳排放从2010年的0.3百万吨增加到2022年的0.5百万吨。

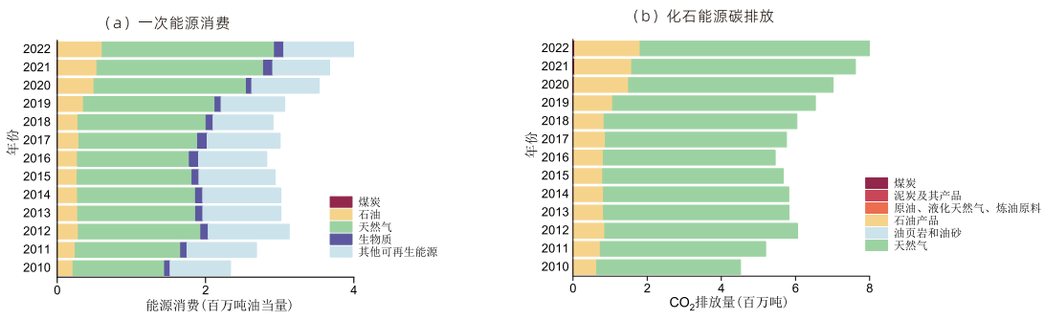
碳排放趋势

2010-2022年，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的4.7百万吨增至2022年的8.1百万吨，年均增长率为4.7%。期间，生物质消费所产生的碳排放从0.3百万吨增加到0.5百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的亚美尼亚化石能源碳排放量与其他机构的统计数据在排放趋势几乎相同，仅在2021与2022年有所差距。具体而言，CEADs的统计数据与IEA和EDGAR的统计数据基本上保持一致，存在不同年份交替增加情况，但变化数值几乎可以忽略不计，2022年，CEADs的核算数据为8.1百万吨，IEA核算数据为7百万吨，EDGAR核算数据为7.3百万吨。与GCB统计数据相比，2010-2019年，CEADs核算数据与GCB统计数据从趋势与数值上均保持一致，2020-2022年CEADs统计数据略高于GCB统计数据，2022年GCB统计数据为6.7百万吨。整体来看，CEADs核算数据与国际机构统计数据较为一致。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为8.5百万吨。



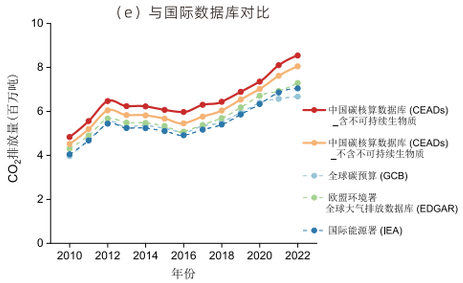


图2.13 亚美尼亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自亚美尼亚农业统计委员会提供的2015-2022年能源平衡表。据统计，亚美尼亚消费的化石能源涉及19种，主要包括褐煤、烟煤、液化石油气、煤油、柴油、汽油和天然气等。这些能源消耗在23个行业，例如化工行业、钢铁行业、矿物开采、建筑业、纺织业和交通运输业等。为了将其行业进一步细化为47个行业，使用了联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据。

表2.13 亚美尼亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	亚美尼亚农业统计委员会	https://armstatbank.am
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/

国家背景

泰国位于东南亚的中南半岛上，位于东南亚的中心，是通往印度、缅甸和中国南部的天然门户。泰国的总人口接近7000万，在东南亚国家中排名第四[77]。在过去的几十年里，泰国的经济发展取得了巨大的进步。2022年，国内生产总值达到5149亿美元（现价）[78]。

泰国被认为是一个混合型的经济体，该国的主要经济行业是工业和旅游业[79]。在国际贸易方面，2022年泰国的前三大出口商品是机械零件、汽车、集成电路。这些产品主要输出地是中国、美国和日本。原油、集成电路和黄金是泰国最重要的进口商品。这些商品通常来自中国、日本和马来西亚[80]。近年来，泰国的最终能源消费稳步增长。

泰国一直致力于推动和支持能源发展，尤其在可再生能源和能源效率方面。泰国政府推动太阳能、风能、地热能、水能等可再生能源的发展，减少对以天然气为主的化石能源的使用，进而减缓对环境的影响。为应对气候变化和能源安全，泰国政府计划在2030年将温室气体排放量减少20%，假如获得国际支持，与2005年的水平相比，可将下降比例提高到25%[81]。在可再生能源方面，泰国政府设立了到2037年实现可再生能源在总能源消费占比达到30%的目标，加大对智能电网的投资，预计在2036年投资大约64亿美元，加强电网的韧性，从而减少碳排放总量[82]。

一次能源消费结构

2022年，泰国化石能源消费占一次能源消费结构的79.3%，以石油和天然气为主。其中，石油消费占一次能源消费的37.4%，天然气消费占比27.3%，煤炭消费占比14.6%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的1.2%，生物质占一次能源消费比重达19.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油产品贡献最大，2022年其消费产生碳排放为122.3百万吨，占化石能源碳排放总量的47.4%。天然气消费所产生的碳排放有所下降，但整体趋势较为稳定，占化石能源碳排放总量的比重从2010年的29.1%下降到2022年的27.7%。相比之下，煤炭消费占化石能源碳排放总量的比重整体趋势较为稳定，且有所增加，从2010年的24.4%增加到2022年的25%。

分行业化石能源碳排放贡献

泰国化石能源消费产生的碳排放最多的行业是交通运输业、仓储和邮政，2022年该行业消费化石能源所产生的碳排放达到97.3百万吨，其占化石能源碳排放总量的37.7%。电、热、燃气、水的生产紧随其后，2022年消费化石能源所产生的碳排放达到82.3百万吨，其占化石能源碳排放总量的31.9%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质约占一次能源消费结构的19.5%，主要用于电、热、燃气、水的生产、生活消费和其他制造业等行业。泰国有许多种生物质，包括稻壳，甘蔗渣，农业废弃物、柴薪以及木柴加工过程中产生的黑液和残余气体等。稻壳、甘蔗渣、农业废弃物以及通过其加工得到的包括沼气、生物乙醇和生物柴油在内的二次能源，为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。而柴薪以及木柴加工过程中产生的黑液和残余气体，为不可持续地利用资源，因此在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。柴薪消费产生的碳排放量由2010年的31.7百万吨下降至2022年的12.8百万吨。

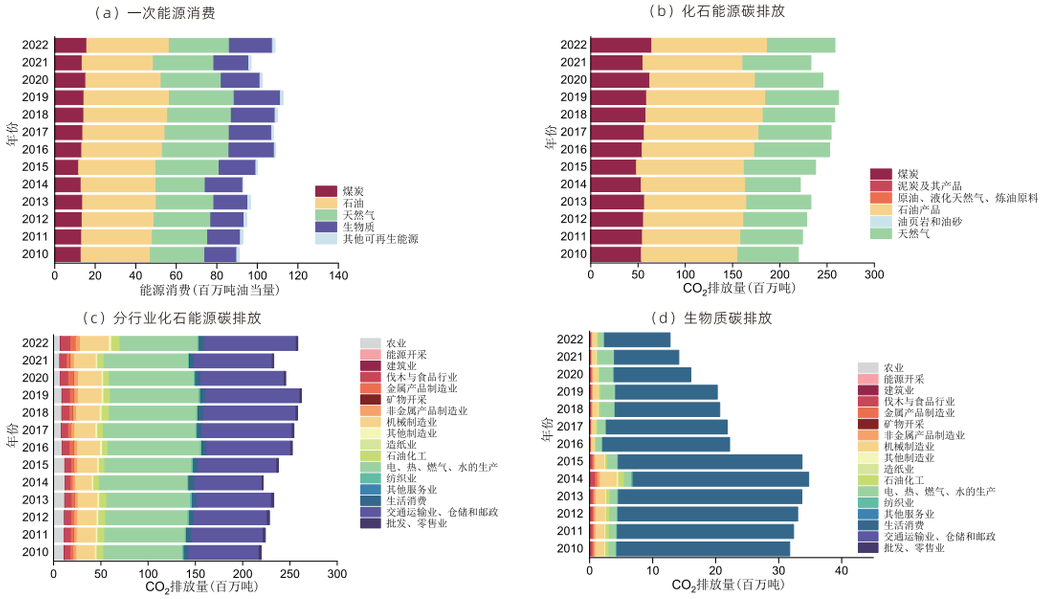
碳排放趋势

在2010-2022年间，化石能源消费产生的碳排放增加了17.6%，从219.6百万吨增至2022年的258.3百万吨，年均增长率为1.36%。在此期间，生物质消费产生的碳排放从31.7百万吨下降到12.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的泰国化石能源碳排放量与其他机构的统计数据尽管有相似的趋势，但不同机构的数值是不同的。2022年国际数据库核算的碳排放总量分别为251.2百万吨（GCB），275.9百万吨（EDGAR），250百万吨（IEA）和258.3百万吨（CEADs），总体来看数据差别不大。在比较CEADs和IEA的不同行业消费化石能源所产生的碳排放时，存在差异。例如，2019年CEADs的交通运输业碳排放量为99.9百万吨，而IEA的数据仅为73.6百万吨，存在26%的差距。从排放因子来看，CEADs数据有更为详细的能源分类。如，每种石油产品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径把石油产品仅归为一类。因此，IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致了数据的差异。此外，CEADs与IEA所采用的能源消耗数据之间存在着差距。如在运输行业，CEADs采用的能源数据包括国内和国际所有的航空燃料。然而，IEA的数据则分别计算了国内和国际航班的燃料消耗，导致了燃料统计数据的差异，进而造成IEA和CEADs之间行业排放的差异。此外， EDGAR数据明显高于CEADs的统计结果。

当包含柴薪等生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为271百万吨。



（e）与国际数据库对比

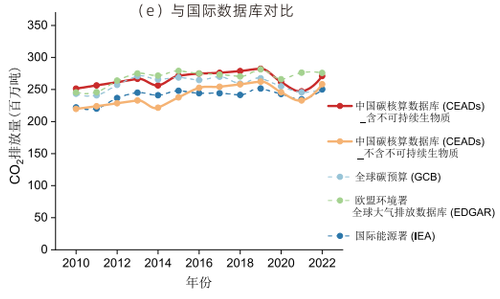


图2.14 泰国2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放； (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自泰国能源部提供的2013-2022年能源平衡表。据统计，共有47种能源消耗量，其中化石能源共有40种。化石能源的主要类型包括煤炭、原油和NGL、石油产品和生物质。这些能源消耗在7个主要行业，即农业、采矿、制造、建筑、住宅、商业和运输。为了将3个主要行业进一步细化47个行业，使用了来自亚洲开发银行的泰国 GDP 数据及联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据。

表2.14 泰国排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	泰国能源部	https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47340
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	亚洲开发银行---国内生产总值	https://data.adb.org/dataset/thailand-key-indicators
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/

土耳其
TURKEY

国家背景

土耳其是一个横跨欧亚两洲的国家，北临黑海，南临地中海，西临爱琴海，同时与叙利亚、希腊、格鲁吉亚等国家接壤，在地理位置和地缘政治战略上具有重要意义，是连接欧亚的十字路口。作为新兴的工业化国家，2022年，该国GDP（按现价）为9071亿美元，全球经济排名第19位。根据其统计局最新统计的人口数据，2022年土耳其人口为8497.99万人，人均GDP达10674.5美元。

土耳其极易受到自然灾害的影响，气候变化成为国家经济和社会发展的重大威胁。土耳其《第十一个发展计划（2019-2023）》再一次强调了环境问题的重要性，包括气候变化、清洁生产、废物管理及可再生能源的利用和发展[83]。其中，土耳其拥有丰富的可再生能源，水电已得到了充分地开发，约占全国电力供应的五分之一，该国目标是在2023年达到三分之二的电力来自可再生能源[84]。此外土耳其政府承诺提高能源效率，到2030年将温室气体排放量减少21%，同时，太阳能发电量增加到10GW，风能发电量增加到16GW[85]。

一次能源消费结构

2022年，土耳其化石能源消费占一次能源消费结构的81.8%，主要以煤炭、石油和天然气为主。其中，煤炭消费占比27.1%，天然气消费占比28.3%，石油消费占比26.4%。此外，太阳能、地热能及其他可再生能源占一次能源消费的15.2%，生物质占一次能源消费比重仅为3.0%。

化石能源碳排放特征

煤炭消费是土耳其的化石能源碳排放的主要来源。2022年，煤炭消费产生碳排放为174.7百万吨，占化石能源碳排放总量的44.1%，相较于2010年的124.0百万吨有所上升。石油产品消费所产生的碳排放在2022年达到124.0百万吨，占化石能源碳排放总量的31.3%。其次是天然气消费所产生的碳排放占化石能源碳排放总量的24.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气、水的生产是土耳其化石能源碳排放最大的行业。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量为152.5百万吨，占土耳其化石能源碳排放总量的38.5%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，在2022年占化石能源碳排放总量的24.1%。第三是生活消费，2022年，该行业消费化石能源产生了47.8百万吨碳排放，占化石能源碳排放总量的12.1%。

生物质碳排放特征

2022年土耳其的生物质约占一次能源消费结构的3.0%，主要用于生活消费。生物质种类主要包括废弃木材（木头、树皮、枯树）、农业残渣、动物粪便以及城市固体废弃物[86]。由于土耳其生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应将生物质计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2022年间，土耳其化石能源消费所产生的碳排放呈现上升趋势，从289.6百万吨增至396.5百万吨，增加了36.9%。

与国际数据库对比

统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，CEADs核算的土耳其化石能源碳排放量与各个机构的核算结果大致是相同的，具有细微的差距。2022年，CEADs为396.5百万吨，IEA为383.2百万吨，EDGAR为433.7百万吨，GCB为392.5百万吨。CEADs与IEA的数据结果存在3.48%的差距，而显著小于EDGAR的核算结果。结果差异具体可能体现在一些排放因子和能源分类上，CEADs具有更为详细的能源分类，而IEA对能源品种的统计口径比较模糊；CEADs使用的排放因子是土耳其统计局单独发布的，而IEA使用的是IPCC的排放因子。

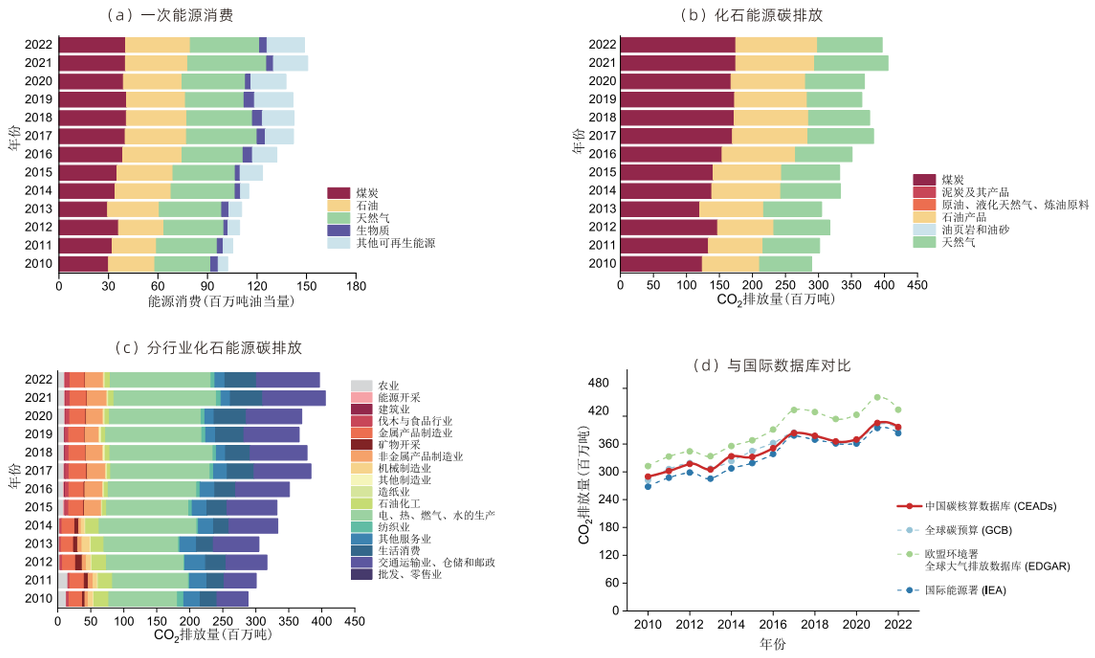


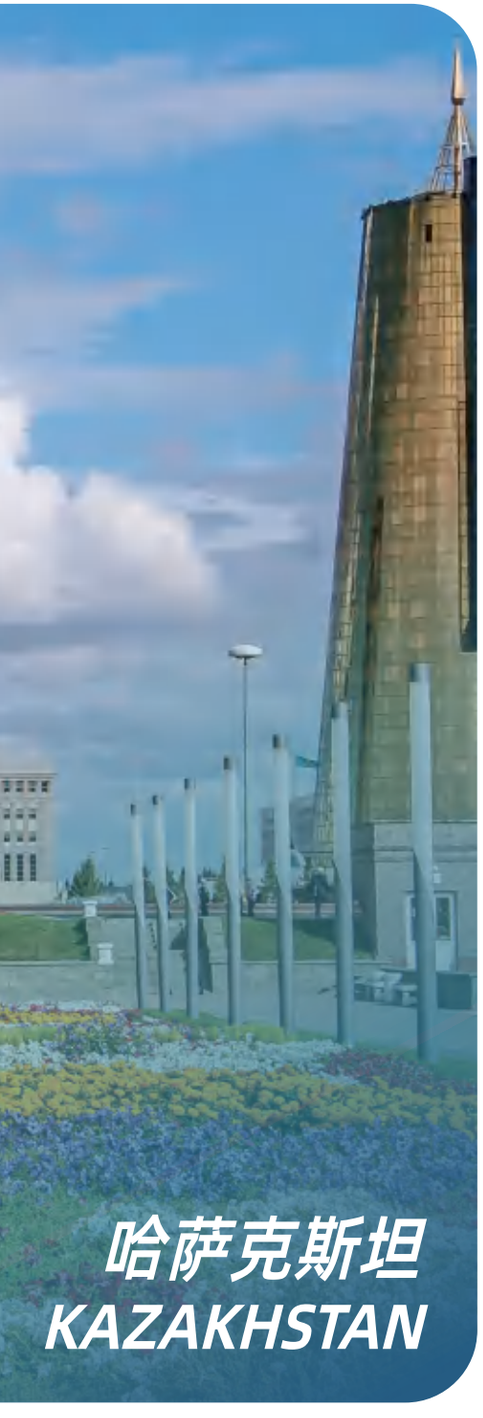
图2.15 土耳其2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d）与国际数据库对比

数据来源简述

土耳其的能源平衡表均来自于世界能源理事会土耳其国家委员会，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及29个能源品种，36个行业。其中在分行业匹配上，我们采用工业出口的经济数据将36个行业分配到47个行业。

表2.15 土耳其排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	世界能源理事会土耳其国家委员会	https://www.dunyaenerji.org.tr/turkiye-enerji-denge-tablolari/
排放因子	联合国气候变化框架公约（UNFCCC）---国家清单	https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021
行业匹配指标	土耳其统计局	https://www.tuik.gov.tr/Home/Index



哈萨克斯坦
KAZAKHSTAN

国家背景

哈萨克斯坦位于亚洲中部，北邻俄罗斯，南与乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦接壤，西濒里海，东接中国，面积272.49万平方千米。哈萨克斯坦领土横跨亚欧两洲，以乌拉尔河为洲界，是一个中亚内陆国家，同时也是世界上最大的内陆国。哈萨克斯坦地形复杂，境内多为平原和低地。特点是东南高、西北低，大部分领土为平原和低地。多数居民信奉伊斯兰教（逊尼派）。 此外，还有东正教、天主教和佛教等。2022年，哈萨克斯坦GDP（现价）为2255.0亿美元，人口为2003.0万人[87]。

采矿业是哈萨克斯坦国民经济的支柱产业。2022年，哈萨克斯坦采矿业产值约542.0亿美元，同比下降0.9%，在工业总产值中占比51.1%。2022年，哈萨克斯坦制造业产值约460.0亿美元，同比增长3.6%，在工业总产值中的占比达43.4%，主要包括石油加工和石化工业、轻纺工业、建材、家用电器和汽车制造等。2022年哈萨克斯坦对外货物贸易总额为1355.3亿美元，较上年增长33.5%。2022年哈萨克斯坦前五大贸易伙伴国分别为俄罗斯、中国、意大利、土耳其、韩国，主要出口商品为能矿产品（占比66%）、金属制品（17.5%）、农产品和食品（6.2%）为主[88]。哈萨克斯坦的石油资源和矿产资源丰富，已经探明石油储量140亿吨（陆上和里海地区），已经探明的矿藏90多种。不少矿藏储量占全球储量的比例很高，如钨超过50%，铀25%，铬矿23%，铅19%，锌13%，铜和铁10%。

根据《哈萨克斯坦绿色经济转型构想》，计划到2020年将可再生能源电力占比提升至3%，2030年和2050分别提升至30%和50% 。此外，哈萨克斯坦是《巴黎协定》缔约国，按照协定规定，哈萨克斯坦到2030年应将温室气体排放量在1990年基础上减少15%，降至3.284亿吨。同时哈萨克斯坦政府已制定《2060年前实现碳中和目标的政策声明》，声明指出到2060年，哈萨克斯坦整体经济将达到零排放平衡状态，大部分排放将得以避免，剩余排放将利用碳捕获与封存技术（CCS）收集，以及被植被和土壤吸收。

一次能源消费结构

哈萨克斯坦的一次能源结构以煤炭为主。2022年，煤炭消费占比48.8%，天然气消费占比26.1%，石油产品消费占比23.4%，化石能源消费总量占比98.3%。此外，生物质占一次能源消费比重达0.02%，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的1.7%。

化石能源碳排放特征

2022年哈萨克斯坦由化石能源消费产生的碳排放量约为230.8百万吨，从分品种化石能源碳排放来看，煤炭消费所产生的二氧化碳排放量约154.6百万吨，占化石能源碳排放总量67.0%左右；其次为石油产品和天然气消费导致的二氧化碳排放，其占比大致为18.9%和14.1%。其中，煤炭消费导致的二氧化碳排放在2010-2022年整体呈现先上升后波动性下降的趋势，从2010年的175.3百万吨增至2013年的197.5百万吨，2013-2022年由197.5百万吨降至154.6百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

哈萨克斯坦最大的化石能源碳排放来源于电、热、燃气和水的生产行业。2022年，该行业消费化石能源所产生的总排放量接近124.7百万吨，相较于2010年下降了约1.0百万吨，占哈萨克斯坦化石能源碳排放总量从2010年的52.4%增至2022年的54.0%。其次，哈萨克斯坦的化石能源碳排放来源于批发、零售业，其化石能源碳排放量远小于电、热、燃气和水的生产行业。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近27.1百万吨，相较于2010年增长了约20.8百万吨，占哈萨克斯坦化石能源碳排放总量的11.7%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，2022年该部门消耗化石能源所产生的碳排放为23.5百万吨左右，相较于2010年增长了约8.9百万吨，占化石能源碳排放总量的10.2%。

生物质碳排放特征

2022年哈萨克斯坦的生物质占一次能源消费结构的0.02%，主要用于生活消费行业。生物质种类主要包括农业残余和动物粪便。由于哈萨克斯坦生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

哈萨克斯坦的二氧化碳排放在2010-2013年呈现上升趋势，由239.8百万吨增至270.2百万吨；2013-2016年呈现下降趋势，由270.2百万吨降至205.9百万吨；2016-2022年再次呈上升趋势，由205.9百万吨升至230.8百万吨。

与国际数据库对比

统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年哈萨克斯坦碳排放总量的核算结果为230.8百万吨（CEADs），225.9百万吨（IEA），240.2百万吨（EDGAR），234.3百万吨（GCB）；CEADs的化石能源碳排放数据与IEA、EDGAR、GCB的总体趋势相同，与IEA、EDGAR的数值相近，而GCB的数值整体高于EDGAR、IEA、CEADs团队计算的数值。此外，从2020年开始，CEADs和IEA的差距有所减小，结果总量的差距不是很明显，大约在2%左右。从结果看，造成差异的主要原因在于统计口径的不同，CEADs采用了哈萨克斯坦统计局中的能源平衡表结果，而IEA则采用了年度能源问卷调查数据。

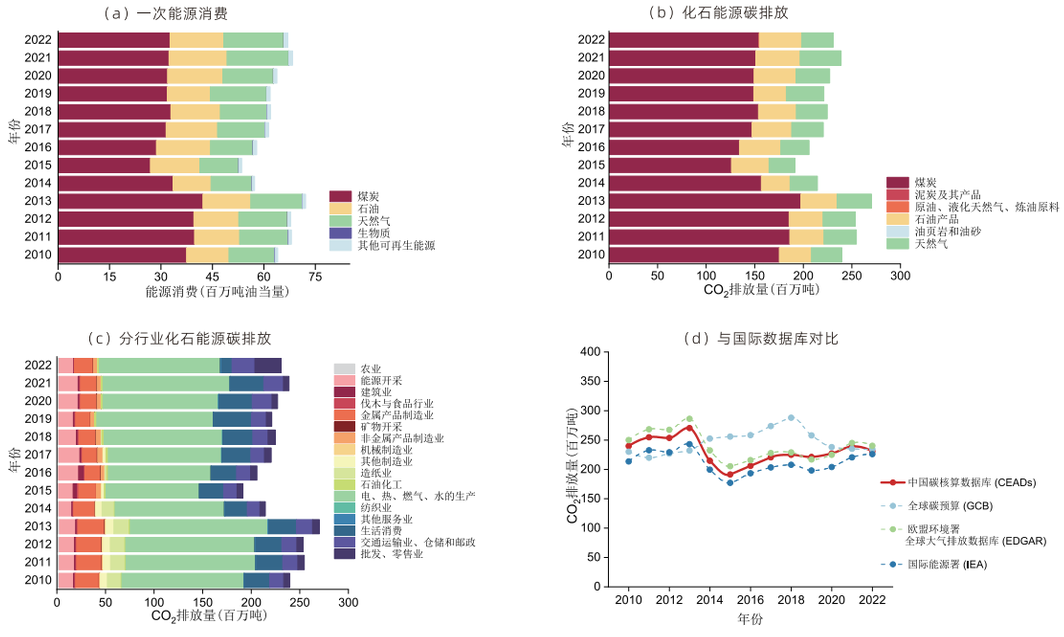


图2.16 哈萨克斯坦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

哈萨克斯坦的能源平衡表均来自于哈萨克斯坦统计局，范围覆盖了2010-2022年的数据，2022年共涉及40个能源品种，24个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据和哈萨克斯坦本国的分部门数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表2.16哈萨克斯坦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	哈萨克斯坦统计局	https://stat.gov.kz/en/industries/business-statistics/stat-energy/dynamic-tables/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB
行业匹配指标	哈萨克斯坦统计局	https://stat.gov.kz/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）,出口数据	https://comtradeplus.un.org/

马来西亚
MALAYSIA

国家背景

马来西亚是一个位于东南亚的国家，与印度尼西亚、文莱和新加坡等国接壤。马来西亚首都为吉隆坡，是马来西亚人口最密集和繁荣的地区。世界银行显示[89]，马来西亚国土面积为330,345平方公里，2023年全国人口总计3,513万，人均GDP11,379.1美元，世界排名第99位。

马来西亚是亚洲基础建设较发达的国家之一，该国具有七座国际港口，而紧邻马六甲海峡航线所产生的国际贸易以及制造业是这个国家经济的关键领域。马来西亚是一个自然和农业资源的出口国，最值钱的出口资源是石油，并且它曾是世界上最大的锡、橡胶和棕榈油的最大生产国。为使马来西亚的经济多样化，该国正积极推动他们的旅游业，旅游业也因此成为该国第三大的外汇来源。Global Economy显示[90]，马来西亚2020年农业部门增加值占GDP的8.17%，而旅游业因受到新冠疫情的影响，2020年仅占GDP的1%，该数据2019年为6.08%。MATRADE显示[91]，在国际贸易方面，马来西亚的主要出口产品有棕榈油、橡胶、石油与钢铁等，主要出口国为新加坡（14.5%）、中国（13.5%）、美国（9.5%）和日本（8%）等国；其进口产品主要为电子产品和化工产品等，主要进口国为中国（19.6%）和新加坡（11.1%）等国。

毕马威提到[92]，为了应对全球变暖的威胁，马来西亚通过了《巴黎协定》，并承诺到2030年将国内生产总值的排放强度比2005年的基线减少45%。截至2019年，该国已经将其碳排放强度率降低到33%。2021年，在第12个马来西亚计划发布后，马来西亚总理宣布了2050年的碳中和目标。马来西亚政府将不再建造新的燃煤电厂，并将很快出台一项全面的国家能源政策。在2022年底前对低碳发展战略进行审查后，碳定价和碳税将与其他碳减排措施一起推出。

一次能源消费结构

2022年，马来西亚的化石能源消费占一次能源结构的比重接近94.3%，其中煤炭消费占比33.2%，石油产品消费占比31.0%，天然气消费占比30.1%。以水能为主的其他可再生能源的占比为4.1%。此外，生物质占一次能源消费比重为1.6%。

化石能源碳排放特征

煤炭消费是马来西亚化石能源碳排放的最主要来源。2022年，马来西亚煤炭消费产生二氧化碳排放为94.2百万吨，占化石能源碳排放的44.5%；而2010年，该国煤炭消费产生的碳排放为58.5百万吨，占化石能源碳排放的32.4%，十一年来增长显著。石油产品消费所产生的碳排放从2010年的61.7百万吨增长至2022年的66.2百万吨，占化石能源碳排放的31.3%。天然气也是马来西亚主要的化石能源，2022年天然气消费所产生的二氧化碳排放从2010年的60.0百万吨下降为51.3百万吨，占化石能源碳排放的24.3%。

分行业化石能源碳排放贡献

马来西亚的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产部门，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放从2010年的95.8百万吨增长至2022年的116.5百万吨，占化石能源碳排放总量的55.0%。交通运输业、仓储和邮政是马来西亚的第二大化石能源碳排放行业，从2010年的49.6百万吨增长至2022年为53.1百万吨，占化石能源碳排放总量的25.1%。

生物质碳排放特征

2022年马来西亚的生物质消费占一次能源消费结构的1.6%，主要用于电、热、燃气、水的生产部门和交通运输业、仓储和邮政部门。马来西亚的生物质主要是由生物柴油和沼气组成，为可持续再生的资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。

碳排放趋势

在2010年到2022年间，马来西亚化石能源二氧化碳排放呈稳定增长态势，年均增长率为1.4%，从180.2百万吨增至2022年的211.7百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的马来西亚化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR和GCB发布的数据结果误差较小，但总体来说CEADs的数据略小于其他数据库的结果。产生差异的主要原因：一是CEADs与IEA、EDGAR和GCB的排放因子选取有所差别，二是CEADs数据具有更为详细的能源分类，而其他机构对能源品种的统计口径比较模糊。

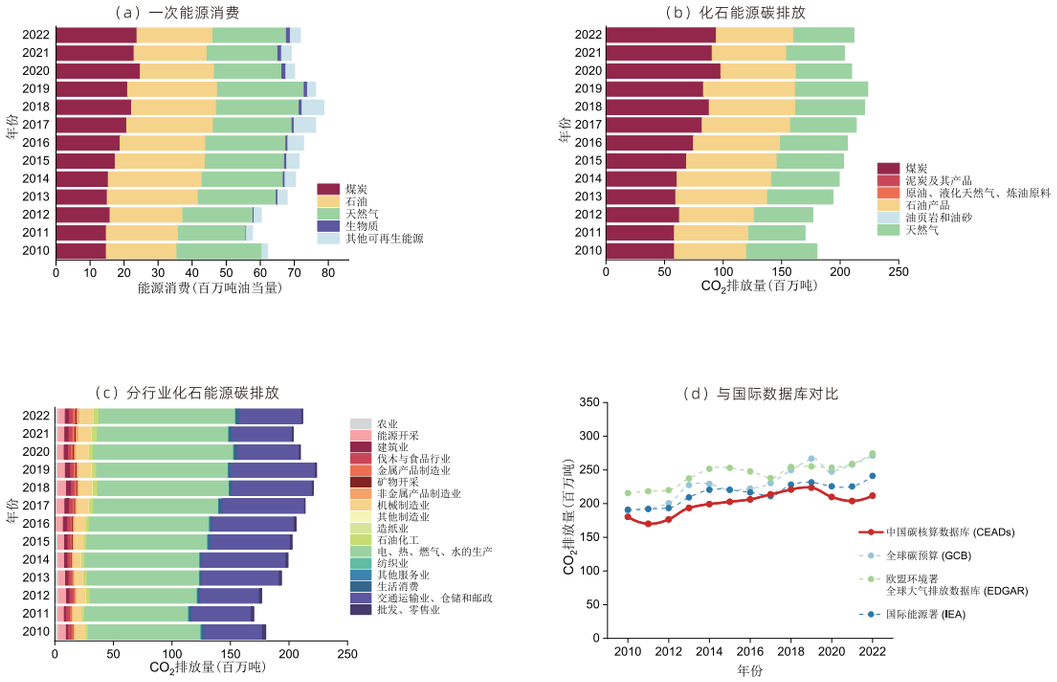


图2.17 马来西亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

马来西亚的能源平衡表中列出了14个能源品种，其中主要的能源品种有天然气、汽油和柴油等能源品种。马来西亚能源平衡表中将行业分为了6个，分别是：居民消费、商业、交通运输业、工业、农业和渔业。其中在分部门匹配上，我们采用马来西亚统计局GDP数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表2.17 马来西亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	马来西亚能源中心	https://meih.st.gov.my/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	马来西亚统计局（GDP）	https://www.dosm.gov.my/v1/index.php
	联合国商品统计贸易数据库 (UN Comtrade)，出口数据）	https://comtradeplus.un.org/

国家背景

中国位于东亚地区，东临太平洋，南接中国南海、越南、缅甸、印度和尼泊尔，西北毗邻阿富汗、塔吉克斯坦和哈萨克斯坦，西邻巴基斯坦，北与蒙古国、俄罗斯、朝鲜接壤。陆地面积约960万平方千米[93]。截止到2022年，中国人口为14.118亿，人口出生率为6.77‰，自然增长率为-0.60‰[94]。在经济方面，中国已经成为全球第二大经济体，国内生产总值（GDP）从2010年的40万亿元[95]，上升到2022年突破120万亿元[94]，中国的经济增长速度令人瞩目。

过去几十年里，制造业一直是中国经济增长的重要引擎，其中包括许多能源密集型行业，如钢铁、水泥和化工等。然而，随着中国经济的发展，制造业也开始面临着诸多挑战，如劳动力成本上升、环境污染问题加重、国际贸易摩擦加剧等问题[96]。近年来，中国政府着力推动制造业智能化、高端化、绿色化发展，促进制造业与服务业融合发展，且保持制造业在国民经济中比重保持稳定。服务业已经成为国民经济的支柱产业之一，其在国内生产总值中的比重不断上升[97]，尤其是金融、保险、房地产、信息技术和科技服务等领域，正在蓬勃发展。同时，中国的高科技产业也实现了跨越式发展，在电子信息、生物医药、新能源、高端装备制造等战略性新兴产业领域取得显著成就。自2013年以来，中国光伏装机容量连续十年稳居全球首位，新能源汽车产业更是呈现爆发式增长态势，产销量连续八年蝉联全球第一。目前，中国已发展成为全球可再生能源制造重要的产业集群。

中国的可再生能源实现跨越式发展，装机规模已突破12亿千瓦大关，占全国发电总装机容量的比重超过45%[98]。其中，水电、风电、光伏发电、生物质发电装机规模均以连续多年稳居全球首位。2022年中国可再生能源发电量达2.7万亿千瓦时，占全国发电量的30.8%，主要流域水电、风电、光伏发电利用率分别达到98.7%、96.8%、98.3%[99]。为实现可再生能源高质量跃升发展，中国制定了2025年可再生能源消费总量达到10亿吨标准煤左右，以及可再生能源消费增量在一次能源消费增量中的占比超过50%的目标，这一行动将为到2025年实现非化石能源消费占比20%，到2030年达到25%的发展目标奠定重要基础[100]。

一次能源消费结构

2022年，中国化石能源消费占一次能源消费结构的92.4%。其中，煤炭消费占比65%，石油消费占比19.1%，天然气消费占比8.3%。煤炭在中国的能源消费结构中仍然占据主导地位。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的7.6%。

化石能源碳排放特征

近十年来，不同化石能源品种的碳排放占比呈现不同变化趋势。其中，原煤消费所产生的碳排放在2013年达到峰值，为5271.8百万吨；此后出现回落，但总体上呈现相对稳定的趋势。值得一提的是，其在化石能源碳排放中的占比持续下降。油品消费产生的碳排放量增加，从2010年的936.9百万吨到2022年1266.2百万吨，其占化石能源碳排放量总量的比例从2010年的12.7%增长到2022年的12.9%。天然气消费产生的二氧化碳排放呈现增长态势，从2010年的182.6百万吨到2022年的524.5百万吨，且天然气消费产生的碳排放占总化石能源碳排放量的比例也从2010年的2.5%上升至2022年的5.3%[101-105]。

分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气、水的生产行业是中国消费化石能源产生碳排放最高的行业。2022年该行业消费化石能源所产生的化石能源碳排放量为5442.3百万吨，占中国化石能源碳排放总量的55.3%，相比于2010年增长了2246.5百万吨。紧随其后的是黑色金属冶炼及延压加工业，在2022年其消费化石能源所产生的碳排放量为1891.5百万吨，占比为19.2%，相比于2010年增加了429.6百万吨。此外，服务业也是碳排放主要贡献部门，其2022年消费化石能源所产生的碳排放量为870.8百万吨[101-105]。

碳排放趋势

2010年至2022年，中国化石能源消费产生的碳排放量从7357.7百万吨增长至9845.4百万吨，增加了33.8%。工业化和城市化带来的能源消费增长导致二氧化碳排放总体上仍在上升，尚未达到峰值。中国政府在《中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告》[106]（以下简称《透明度报告》）中发布了全国二氧化碳排放数据，这是当前由中国政府披露的最新二氧化碳排放数据。我们将CEADs核算数据与《透明度报告》披露数据进行对比，结果显示：2021年，CEADs核算的中国能源相关的二氧化碳排放为9665.4百万吨，《透明度报告》中披露该数据为10095.0百万吨，两者相差4.3%。

与国际数据库对比

基于统一的核算口径（不考虑生物质碳排放），CEADs的化石能源碳排放数据与GCB、EDGAR、和IEA的数据在数值上存在一定差异，但在总体趋势上呈现高度一致性。值得注意的是，CEADs的核算结果始终低于GCB和IEA的估算值。这种差异主要源于GCB和IEA使用的IPCC默认排放因子值高于CEADs核算中所采用的排放因子值；CEADs基于中国实测的煤炭质量研究表明，中国煤炭的排放因子平均比政府间专门委员会建议的默认值要低40%[107]。因此我们认为中国二氧化碳排放的核算应当采用经过实地测量修正的排放因子。尽管EDGAR数据库提供了化石能源相关排放的估算数据，但其估算值普遍偏高，这反映出不同数据库在排放核算方面均存在一定程度的不确定性。值得注意的是，CEADs的核算数据与由中国政府官方发布的排放之间的差异小于5.0%，且数据在97.5%的置信区间内的不确定性范围是-3.42%到3.51%。这一统计结果表明， CEADs核算结果具有较高的可靠性和准确性，可作为中国碳排放研究的重要参考依据。

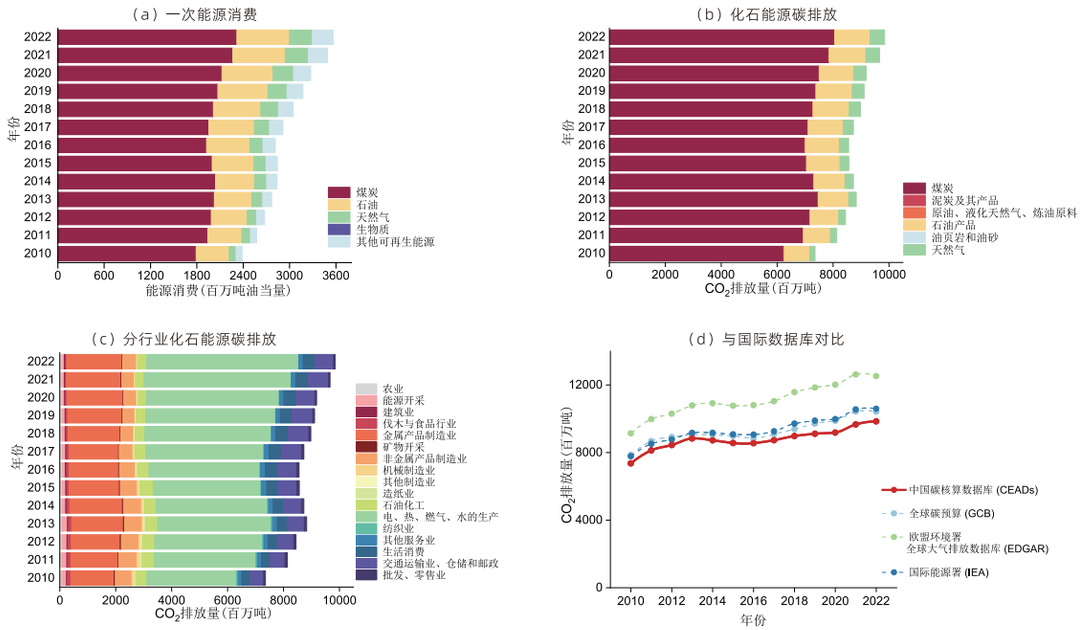


图2.18 中国2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告使用的能源数据来源于中国国家统计局能源司提供的2010-2022年国家能源平衡表及分行业分能源品种消费量。化石能源的主要类型包括煤炭、石油和天然气。这些能源消耗在47个行业，主要包括农业、工业和服务业。

表2.18 中国排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	中国能源统计年鉴	http://60.16.24.131/CSYDMirror/area/Yearbook/Single/N2019080025?z=D07
排放因子	刘竹等人发表在《自然》（Nature）上的“Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion andcement production in China”	https://doi.org/10.1038/nature14677

文莱
BRUNEI

国家背景

文莱达鲁萨兰国（简称：文莱）是一个位于东南亚婆罗洲北岸的君主专制国家，北濒南中国海，东、南、西三面与马来西亚的沙捞越州接壤，最大城市是其首都斯里巴加湾市，国土面积为5765平方公里，全国共划分为4个区。2022年，文莱的总人口约为45.5万人。得益于其丰富的油气资源，文莱的经济状况颇佳，2022年，文莱的GDP（现价）达到166.8亿美元，同比减少1.6%。尽管如此，其人均GDP（现价）依旧高达3.7万美元[108]，位居亚洲前列。

文莱的经济结构单一，高度依赖油气产业，农业、工业基础薄弱。2022年，石油和天然气开采约占其国内生产总值的52.7%，油气下游产业约占其国内生产总值的21.1%[109]。为摆脱单一经济束缚，近年来文莱大力发展油气下游产业、旅游业等，加大对农、林、渔业以及基础设施建设投入。在自然资源方面，文莱拥有丰富的油气资源，但其他矿产资源较少。因此，文莱一方面积极勘探新油气区，另一方面对油气开采奉行节制政策。在国际贸易方面，文莱进口产品主要为机器和运输设备、工业品、食物、药品等，主要出口国为马来西亚、俄罗斯、沙特阿拉伯。其出口产品主要是原油、石油产品和液化天然气，主要向澳大利亚、印度、泰国等出口原油，向日本、中国、马来西亚出口天然气。

文莱高度重视绿色发展，是东盟成员国中最早交存《巴黎协定》批准书的国家之一。2020年7月，文莱政府发布了打造低碳生活、应对气候变化的十大策略，计划到2035年将电动车销量提升至占汽车总销量的60%，到2035年将以光伏发电为主的可再生能源发电量占比提升到30%；在2021年11月第26届联合国气候变化大会上签署了支持全球煤炭向清洁能源转型的声明，承诺扩大清洁发电设备部署，停止新发燃煤发电许可证，禁止新建燃煤发电项目[110]。

一次能源消费结构

文莱的一次能源消费结构主要以化石能源为主。2022年，天然气消费占一次能源消费的比重达到64.5%，石油消费占比达到15.4%。近年来，煤炭在文莱的能源消费结构中也逐渐占据重要位置，2022年煤炭消费占一次能源消费的比重达到19.8%。另外，其他可再生能源消费占一次能源消费比重0.3%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品、煤炭和天然气是文莱化石能源碳排放的所有来源。2022年，天然气和煤炭分别产生5.1百万吨和2.7百万吨二氧化碳，分别占化石能源碳排放的54.9%和28.5%。此外，石油产品消费也是文莱重要的化石能源碳排放来源。2022年，文莱石油产品消费共产生1.6百万吨碳排放，相较于2010年2.0百万吨碳排放有所降低。

分行业化石能源碳排放贡献

文莱的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产部门，该行业的碳排放量在2010年至2019年期间保持稳定，2020年开始快速上升，2022年达到7.8百万吨，占文莱化石能源总排放的83.2%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政部门，这是文莱近年来的第二大碳排放部门，2022年碳排放达1.1百万吨，占当年化石能源总排放11.7%。相较于2019年下降了约12.2%，可能是应对新型冠状肺炎而采取的经济封锁措施所致。

碳排放趋势

文莱的二氧化碳排放呈现波动上升的趋势。在2010-2014年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了33.4%，从6.2百万吨增至2014年的8.3百万吨。此后碳排放量逐年下降，直到2019年达到历年来的最低点。但近年来文莱的碳排放量开始逐年上升，其中，2020年的碳排放量大幅增加，2022年的碳排放达到了9.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的文莱化石能源二氧化碳排放量总体低于EDGAR、GCB发布的数据。从趋势上看，CEADs核算结果与EDGAR数据较为接近，平均差距约为6.3%，但二者差距近些年来有所缩小。同时除2010外，CEADs核算结果与IEA、EDGAR的结果总体上保持基本相同的变化趋势。造成差异的主要原因是各个机构的能源消费数据来源不同。由于数据限制，CEADs采用的是APEC统一公布的能源平衡表数据，而其他机构未明确指出具体来源。

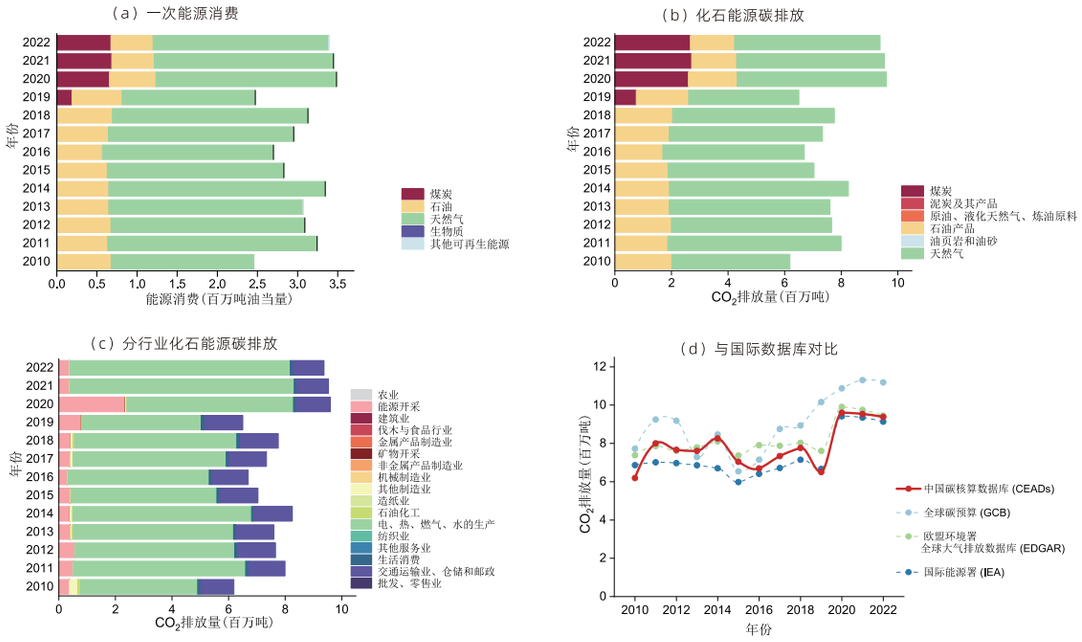


图2.19 文莱2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比。

数据来源简述

本清单以政府间气候变化专门委员会（IPCC）的二氧化碳清单编制方法为基准、CEADs统一格式、统一统计口径的碳排放清单为模板、依据APEC能源部门的能源平衡表和政府间气候变化专门委员会（IPCC）的排放因子，计算了文莱能源消费相关碳排放。在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据和世界银行中人口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表2.19 文莱排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	APEC能源部门	https://www.egeda.ewg.apec.org/egeda/database/newbalance_select_cond2.php
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php
行业匹配指标	文莱统计局GDP报告	https://deps.mofe.gov.bn/SitePages/eData%20library.aspx
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/
	世界银行人口数据	https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?view=chart

以色列
ISRAEL

国家背景

以色列是西亚的一个国家，位于肥沃的新月地带的黎凡特地区。该国位于地中海东端，北部与黎巴嫩接壤，东北部与叙利亚接壤，东部与约旦接壤，西南部与埃及接壤；此外，它与西岸的巴勒斯坦领土和加沙地带的东部和西部接壤。以色列拥有非常多元的地理特征和气温变化，如特拉维夫和海法等沿海地区属于典型的地中海气候，冬季凉爽多雨，夏季漫长炎热。2022年，以色列的人口为955.8万，15岁以下人口占比27.8%，15至64岁人口占比59.9%，65岁以上人口占比12.3%。以色列2022年的GDP达5250亿美元（现价美元）[111]。

以色列自然资源极其匮乏，有60%的土地是沙漠，剩下的地方也是干旱地带，水资源严重不足。以色列开发了各种节水技术，包括滴灌技术，同时以色列探索太阳能的使用，使以色列成为人均太阳能使用量领先的国家。以色列经济主要由高新科技出口带动，该国以出口高科技设备和钻石为主，原油，谷物，原材料和机器主要依靠进口。以色列的服务业是总外贸的重要组成部分[112]。

以色列的能源主要是化石能源，由于能源需求远远高于产量，导致其严重依赖进口来满足其能源需求。据报道，2018年，以色列70%的电力来自天然气，4%来自可再生能源，其中，可再生能源的95%是太阳能光伏。除此之外，以色列的可再生能源装机容量为1500兆瓦，其中太阳能的装机容量为1438兆瓦。其他能源包括风力发电（27兆瓦）、沼气发电（25兆瓦）、水力发电（7兆瓦）和其他生物能源（3兆瓦）。截至2019年，在太阳能发电中，光伏发电占主导地位[113]。

2018年，以色列设定了2030年逐步淘汰化石能源汽车的目标。此外，以色列内阁批准了其能源部的目标，即到2030年，该国30%的能源将来自可再生能源。2021年，以色列在联合国气候变化大会（COP26）承诺将在2025年之前逐步淘汰煤炭发电，并进一步提出了一个临时目标：到本世纪中叶，将温室气体排放量减少27%。其中，约减少的85%的碳排放量来自于交通、电力部门和城市垃圾，并力争早日实现净零碳排放[114]。

一次能源消费结构

以色列的一次能源结构以天然气和石油产品为主。2022年，天然气消费占比43.4%，石油产品消费占比33.3%，煤炭能源消费占比17.5%，其他可再生能源占比5.2%，生物质占一次能源消费比重达0.6%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，煤炭、石油和天然气的碳排放占据主导地位。煤炭和石油作为以色列最主要的化石能源，消费所产生的二氧化碳分别从2010年的34.6百万吨和28.0百万吨降至2022年的15.1百万吨和21.3百万吨，占2022年化石能源碳排放总量的24.6%和34.7%；2022年天然气消费所产生的碳排放为24.9百万吨，占化石能源碳排放总量的40.6%，与2010年的11.6百万吨碳排放量（占比达15.3%）相比有较大上升。

分行业化石能源碳排放贡献

以色列的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产和交通运输业、仓储和邮政。电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的二氧化碳排放量呈下降趋势，从2010年的48.3百万吨下降到2022年的40.2百万吨，约占2022年化石能源碳排放总量的65.5%。交通运输业、仓储和邮政行业是以色列第二大化石能源碳排放行业，其化石能源消费产生的碳排放量从2010年的16.6百万吨增长至2022年的18.5百万吨，占化石能源碳排放总量的30.1%。

碳排放趋势

2010年至2022年，以色列的化石能源碳排放呈现下降趋势，从75.3百万吨减少到61.4百万吨，减少了约18.5%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的以色列化石能源二氧化碳排放量与IEA发布的数据结果误差较小，在2010-2016年，无论是化石能源碳排放量还是化石能源碳排放趋势，CEADs核算的以色列数据与IEA机构统计数据几乎一致；2017年双方统计数据有微小差异，2018-2022年双方统计数据基本上又保持一致，总体来看，CEADs核算的以色列化石能源碳排放与IEA的统计结果差异不大。与GCB和EDGAR的统计结果相比，CEADs的核算数据在2010-2013年与二者无论是数量还是趋势均保持一致，自2014年开始，三者的结果表现出差异，具体来说，EDGAR的统计结果均高于CEADs的核算结果，整体高出约4%-9%；GCB的统计数据均低于CEADs的核算结果，整体约低于6%-9%。这些差异可以从以两方面进行解释：一是从统计口径来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。如石油产品分为汽油、柴油、燃料油等，每一类石油产品都有相应的排放因子，而IEA的统计口径中能源品种只分为石油产品一类。因此，IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致排放数据的差异。二是两个机构的能源消费数据来源不同。CEADs采用的是以色列能源部以及燃料和液化石油气管理局的数据，而IEA的数据有多个数据来源。

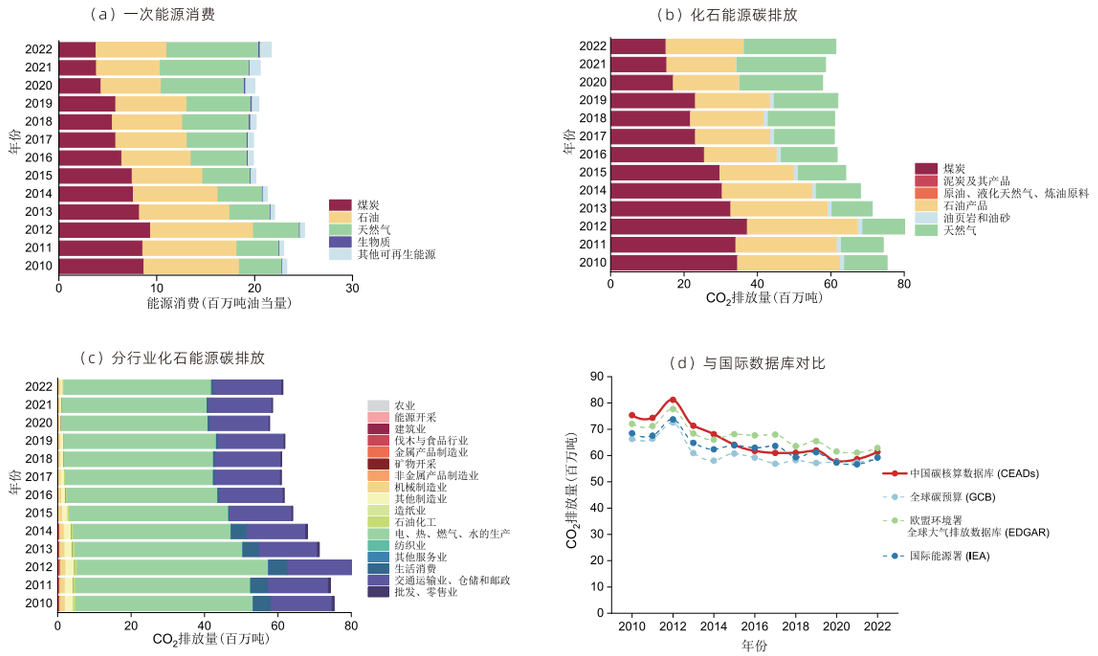


图2.20 以色列2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d)与国际数据库对比

数据来源简述

所用能源平衡表可从以色列能源部以及燃料和液化石油气管理局（Fuel and LPG Authority, Ministry of Energy of Israel）获得，这部分数据由以色列的中央统计局（Israel Central Bureau of Statistics，CBS）收集，其中包含有关能源的供应、转换和供应情况，以及主要经济部门的石油、石油产品和可再生能源的最终使用情况（2013-2014年为3个部门；2015-2022年为5个部门）。利用以色列中央统计局数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，将部门划分为47个行业。

表2.20 以色列排放核算的数据来源

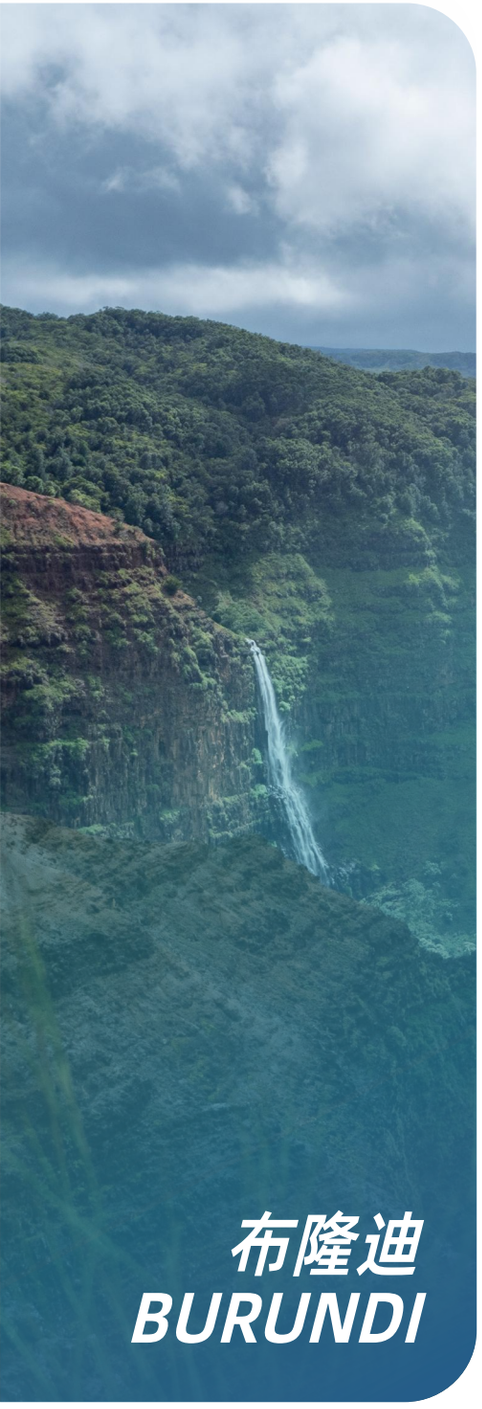
数据类型	来源	网站
能源平衡表	以色列能源部以及燃料和液化石油气管理局	https://www.cbs.gov.il/en/subjects/Pages/Energy.aspx
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	以色列中央统计局	https://www.cbs.gov.il/he/cbsNewBrand/Pages/default.aspx

CEADs

第三章

非洲篇

AFRICA



布隆迪
BURUNDI

国家背景

布隆迪是一个位于非洲东部的小型内陆国家，其北、东、西面分别被卢旺达、坦桑尼亚与刚果民主共和国所包围。布隆迪是世界上最贫穷的国家之一，国内生产总值、人均国内生产总值与人类发展指数都位于国际排名的较后段。布隆迪也是联合国所认定最不发达国家之一。根据世界银行数据，2022年布隆迪的GDP总量为现价33.4亿美元，人口为1332.2万，人均GDP（现价）也仅为250.6美元[115]。

布隆迪的农牧业仍然占据着经济的主导地位，约有九成以上的人员从事农业生产活动，但由于农业基础设施落后，抵御自然灾害的能力弱，同时面临着耕地紧缺和农耕方法落后等问题。2022年农业产值约占国内生产总值的27.6%。工业方面，布隆迪主要有农产品加工、化工、纺织、烟酒和发电等产业，工业规模相对较小，2022年约占GDP的10.6%[116]。布隆迪的矿产资源十分有限，目前只开采少量的锡、钨和金等。在国际贸易方面，布隆迪的主要出口产品包括咖啡、茶、糖、棉花等，主要出口国为阿联酋、刚果（金）、瑞士、巴基斯坦等，主要进口国为中国、沙特阿拉伯、阿联酋、印度、坦桑尼亚。近些年来外贸连年逆差。

此外，布隆迪拥有较为丰富的太阳能和水能资源，太阳能年平均发电潜力约为2000千瓦时/平方米[117]。为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响，政府机构制定了到2040年安装204兆瓦的太阳能光伏发电的目标，届时预计达到该国总装机容量的27%。根据《联合国气候变化框架公约》，布隆迪做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前将其温室气体排放量减少3%（无条件减排）~13%（视国际支持）[118]。

一次能源消费结构

布隆迪的一次能源结构主要以生物质为主。2022年化石能源消费总量占比5.1%，无煤炭和天然气消费。生物质占一次能源消费比重达94.1%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的0.8%。

化石能源碳排放特征

石油产品作为布隆迪唯一的化石能源，在2022年共产生碳排放0.36百万吨，相比2010年增长了59.9%。

分行业化石能源碳排放贡献

布隆迪最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该行业消费化石能源碳排放量为0.21百万吨，占化石能源碳排放总量的57.3%。且随着布隆迪公路、铁路线路的不断建设和运输量的增长，这一比例自2010年的51%逐步上升。第二是金属产品制造业，占比由2010年的7.9%上升至2022年的11%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，其占比呈现小幅下降，由2010年的19.2%下降至2022年的10.7%。

生物质碳排放特征

2022年，布隆迪的生物质消费占一次能源消费结构的94.1%左右，主要用于生活消费和批发、零售业。布隆迪的生物质主要为木柴和木炭。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。2010-2022年，生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年的7.7百万吨增长至2022年的10.3百万吨。

碳排放趋势

布隆迪的二氧化碳排放增长速率呈现先平缓后快速增长的趋势。在2010年至2016年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了4%，从2010年的0.226百万吨增至2016年的0.235百万吨。但此后布隆迪的二氧化碳排放快速增长，在2017年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了65.1%。2010-2022年间，生物质消费所产生的碳排放从7.7百万吨增加到10.3百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的布隆迪化石能源碳排放量数据比IEA、GCB和EDGAR的核算结果小，尤其在2016年以后，CEADS核算的化石能源碳排放量几乎只有GCB对应数值的一半。在2017年CEADS核算出的化石能源碳排放量为0.22百万吨，而IEA的数值达到0.54。这个差异主要因为各个机构的能源消费数据来源不同。CEADs采用的是非洲能源委员会（AFREC）的能源消耗数据，而IEA的数据并未指出具体来源。事实上布隆迪2015至2018年发生了严重的政治动乱[119]，国内社会经济发展受到打击，非洲能源委员会对非洲各国现实国情的掌握程度优于其他国际机构数据，因此CEADs计算的略有下降的碳排放趋势更符合实际情况。上述原因导致了CEADs核算结果与IEA结果之间存在差异。

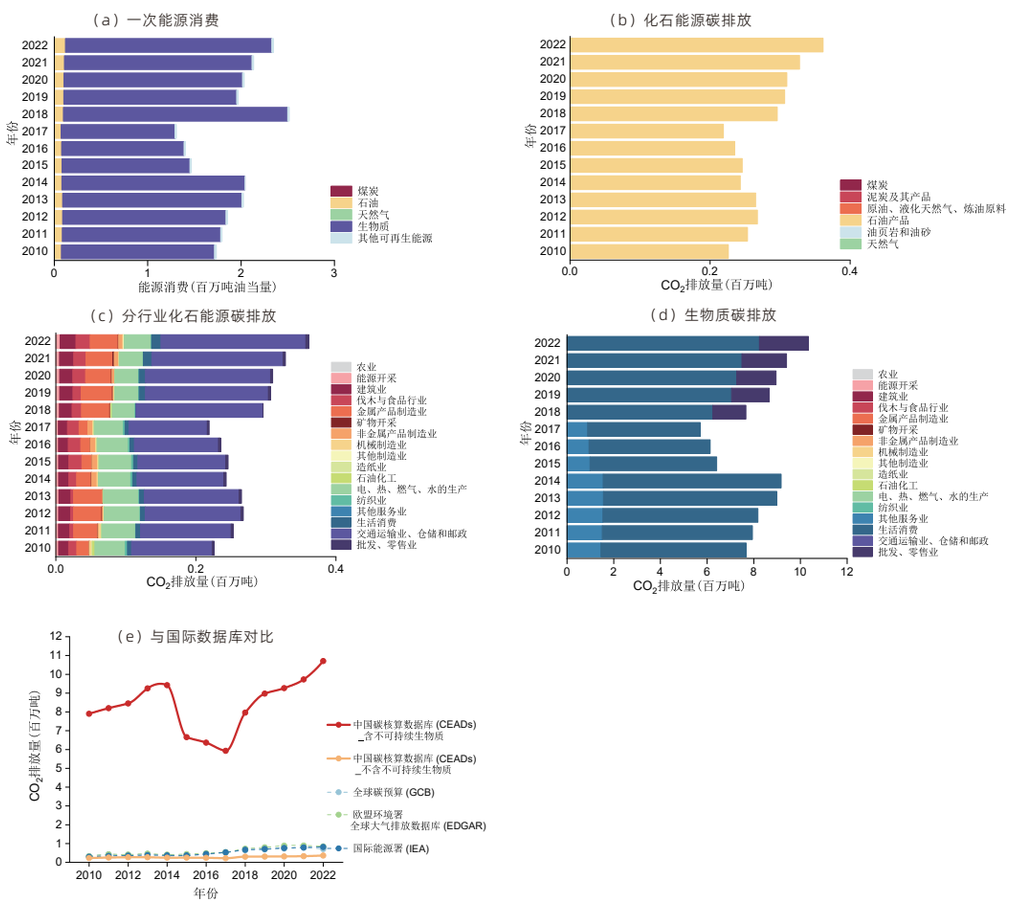


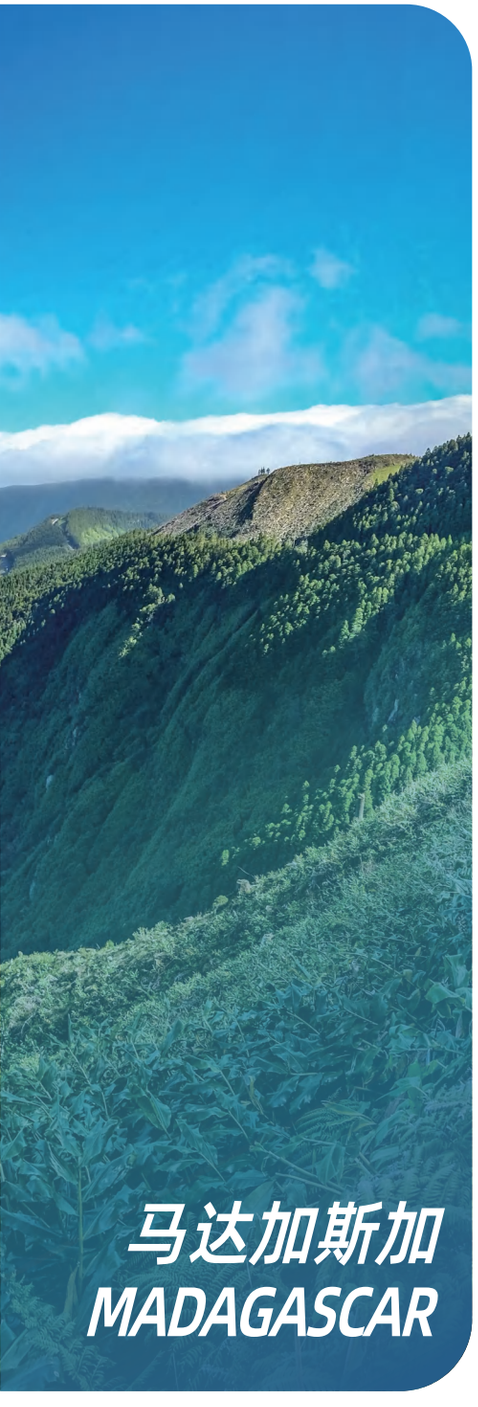
图3.1 布隆迪2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

布隆迪的能源平衡表均来自于非洲能源委员会，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及11个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据、布隆迪统计局和非洲发展银行的数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.1 布隆迪排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/
	布隆迪统计局（人口数据）	http://www.isteebu.bi/nada/index.php/catalog
	非洲发展银行（AFDB）	https://dataportal.opendataforafrica.org/nbyenxf/afdb-socio-economic-database-1960-2023



马达加斯加
MADAGASCAR

国家背景

马达加斯加全称为马达加斯加共和国，是位于非洲大陆以东、印度洋西部的岛国，隔莫桑比克海峡与非洲大陆相望，是非洲第一大、世界第四大岛屿。马达加斯加岛全岛由火山岩构成，海岸线长约5000公里，旅游资源丰富。2009年以来，马达加斯加政治局势动荡，经济基础薄弱，严重依赖对外援助，是联合国公布的最不发达国家之一[120]，2022年GDP为134.3亿美元（2015年不变价），人口为2961万人，其中80%的人口生活在贫困线以下[121]。

农业是马达加斯加最主要的经济部门，2022年增加值约占GDP总量的21.9%[122]，农业人口占总人口80%以上，出口收入的70%来自农业。马达加斯加工业基础薄弱，2022年其增加值约占GDP总量的21.7%[123]。旅游业也是马达加斯加的重要产业，全国旅游资源丰富，但服务设施不足。马达加斯加矿藏丰富，主要矿产资源有石墨、铬铁、铝矾土等，其中石墨储量居非洲首位，此外还有较丰富的宝石、半宝石资源以及大理石、花岗岩和动植物化石。在国际贸易方面，其出口产品主要是咖啡、虾、铬矿石、香草、丁香、棉纺织品等，进口产品主要是石油、车辆、机械设备、药品、日用消费品及食品等，主要贸易伙伴为法国、美国、中国、欧盟、南非、南共体、东南亚部分国家和印度洋诸岛国等[120]。

此外，马达加斯加拥有丰富的可再生资源，包括水能、地热能、风能和太阳能等[124-127]，清洁电力生产潜力巨大，有助于减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响，但目前开发程度仍较低。政府机构积极采取可再生能源政策，加大对水能发电、风能发电等项目的支持力度，以促进农村和城市地区的电气化[126,127]。根据《联合国气候变化框架公约》，马达加斯加做出的国家自主贡献（INDC）承诺在2030年前将其温室气体排放量减少14%[128]。

一次能源消费结构

马达加斯加的一次能源结构主要以生物质为主。2022年，马达加斯加煤炭消费占比4.3%，石油消费占比17.5%，化石能源消费总量占比超过21%。此外，生物质占一次能源消费比重超过76.8%，水能等其他可再生能源占一次能源消费比重极小，不足1.3%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，柴油等石油产品和煤炭的二氧化碳排放占据主导地位。石油产品作为马达加斯加最主要的化石能源，在2022年其消费产生的碳排放占化石能源碳排放的75.5%，从2010年的1.9百万吨缓慢波动增长到2022年的3.0百万吨，始终居于化石能源消费所产生二氧化碳排放的主导地位。其次为煤炭消费所产生的二氧化碳排放，2022年共计1.0百万吨，占当年化石能源消费碳排放比例大致为24.5%。

分行业化石能源碳排放贡献

马达加斯加最大的化石能源二氧化碳排放来源于电、热、燃气、水的生产行业。该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放量从2010年的0.8百万吨增长至2022年超过1.8百万吨，占马达加斯加化石能源二氧化碳排放总量的45.9%，主要由柴油和燃油消费产生。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政行业，这是马达加斯加近年来的第二大化石能源二氧化碳排放行业，其年度碳排放量自2010年以来波动性上升，至2018年达到峰值2.3百万吨后迅速下降，在2022年产生超过1.4百万吨二氧化碳排放，占化石能源二氧化碳排放总量的36.0%左右，主要使用柴油和汽油。

生物质碳排放特征

2022年马达加斯加的生物质能占一次能源消费结构的76.8%左右，主要用于生活消费和服务行业使用。生物质种类主要包括薪材、木炭、其他植物和农业残余。薪材和木炭主要来源于当地居民对森林的过度采伐，这导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。马达加斯加也使用植物与农业残余等生物质废料，这类生物质来源主要为可持续再生能源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放[128]。从时间趋势上看，生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年至2012年逐年减少，从2010年的14.1百万吨减少到2012年的13.9百万吨，此后生物质的二氧化碳排放逐年增加，从2012年的13.9百万吨增长到2015年的16.2百万吨，年均增长5.2%。2016年，生物质的二氧化碳排放短暂下降至16.0百万吨，此后生物质的二氧化碳排放迅速增加至2018年的20.4百万吨，之后2019年至2021年稳定在16-17百万吨之间。2022年，生物质的二氧化碳排放达到了18.7百万吨。

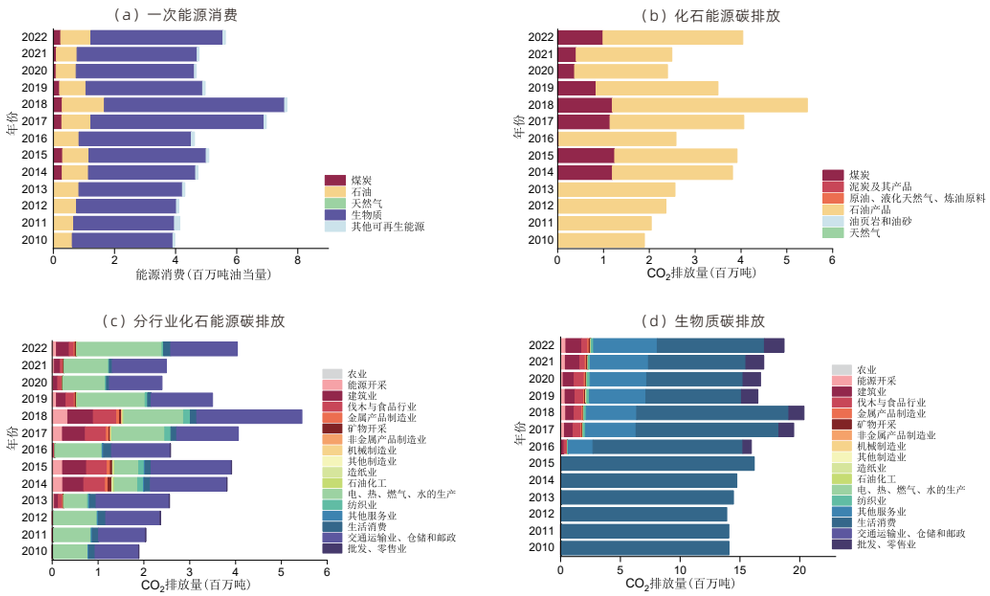
碳排放趋势

马达加斯加的二氧化碳排放整体呈现波动增长趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了1.6倍以上，从1.9百万吨增至2022年的4.0百万吨，增长较为迅速。其中，化石能源消费产生的二氧化碳排放除2015至2016年、2018年至2020年间下降外，其余年份均呈增长趋势。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从14.1百万吨增加到18.7百万吨，年均增长率为2.4%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同，但结果仍较为接近。CEADs计算的化石能源二氧化碳排放量与IEA数据最为接近，2010年至2017年间误差约为13%，但2014年起两者之间的差距较大，误差最大的2018年误差超过40%。从时间序列的角度，CEADs的结果与IEA和GCB数据的变化趋势大体相同，且具有相近的起点，但因2014年后的变化幅度较大而差距逐渐拉大。从结果来看，造成差异的主要原因来源于数据基础的不同，本研究采用非洲能源委员会（AFREC）发布的能源平衡表作为数据基础，该能源平衡表在2010年至2013年的能源品种中未涉及煤炭，从2014年起才覆盖煤炭消耗的统计，且统计数据在不同年份之间变化较大，导致了本研究的结果自2014年起变化幅度较大。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为22.7百万吨。



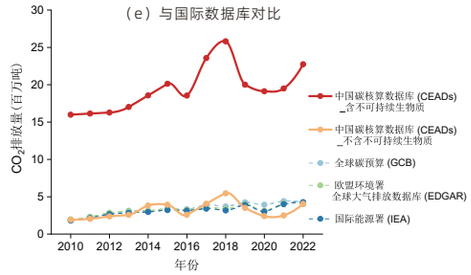


图3.2 马达加斯加2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

马达加斯加的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），不同年份所涉及能源品种与部门数量不完全相同，以2022年为例，共涉及16个能源品种，5个部门。其中在分部门匹配上，我们采用马达加斯加国家统计局发布的分部门GDP与联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）发布的出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.2 马达加斯加排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	马达加斯加统计局	https://www.instat.mg/statistiques/bases-de-donnees/comptes-nationaux https://www.instat.mg/thematique/population
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtrada.un.org

尼日尔
NIGER

国家背景

尼日尔全称为尼日尔共和国，位于非洲西部，是撒哈拉沙漠南缘的内陆国，该国北与阿尔及利亚和利比亚接壤，南同尼日利亚和贝宁交界，西与马里和布基纳法索毗连，东同乍得相邻。尼日尔北部属热带沙漠气候，南部属热带草原气候，是世界上最热的国家之一。多年来，尼日尔受到恐怖主义势力的渗透，政治局势不甚稳定，经济基础薄弱，是联合国公布的最不发达国家之一[129]，2022年GDP为142.9亿美元（2015年不变价），人口为2621万人，其中50.6%的人口生活在贫困线以下[130]。

尼日尔的农牧林等第一产业是最主要的经济部门，2022年增加值约占GDP总量的42%[131]，全国80%以上的居民从事农业，但粮食生产不稳定。尼日尔工业基础薄弱，2022年其增加值约占GDP总量的17.5%[132]。尼日尔的主要自然资源为铀、磷酸盐（尚未开发）、煤、石油等。在国际贸易方面，其出口产品主要是铀、黄金、石油等；主要出口国为尼日利亚、布基纳法索、中国和马里[129]。

此外，尼日尔拥有丰富的太阳能资源，有巨大的清洁电力生产潜力[133,134]。2012年，西非经济共同体15个国家共同通过了西非经共体可再生能源政策，提出了西非地区可再生能源占比在2020年达到10%、2030年达到19%的目标[135]。尼日尔积极采取政策行动，成立能源市场监管机构，取消对太阳能和风力发电设备生产的税收，以增加可再生能源的使用，提高本国电气化率，力争实现2035年全国电力普及的目标[136]。根据《联合国气候变化框架公约》，尼日尔做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前将其温室气体排放量无条件减少10.6%[137]。

一次能源消费结构

尼日尔的一次能源结构以生物质为主。2022年，尼日尔煤炭消费占比3.5%，石油消费占比22.9%，化石能源消费总量占比为26.9%。此外，生物质占一次能源消费比重达73.0%，太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的比重不足0.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，柴油和汽油等石油产品消费是尼日尔化石能源二氧化碳排放的主要来源。石油产品作为尼日尔最主要的化石能源，在2022年共产生二氧化碳排放2.4百万吨，占化石能源二氧化碳排放的81.4%，其消费所产生的二氧化碳碳排放从2010年的1.1百万吨增长到2022年2.4百万吨，始终居于化石能源消费所产生二氧化碳排放的主导地位。其次为煤炭和天然气消费所产生的二氧化碳排放，其占比大致分别为16.9%和1.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

尼日尔最大的化石能源二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政行业。2022年，该行业主要消费柴油和汽油等化石能源，共产生二氧化碳排放1.5百万吨，占尼日尔化石能源二氧化碳排放的52.6%。其次是电、热、燃气、水的生产，在2022年消费化石能源共产生二氧化碳排放超过0.8百万吨，占化石能源二氧化碳排放总量的28.1%，主要由褐煤消费所产生。

生物质碳排放特征

2022年尼日尔的生物质能占一次能源消费结构的73.0%左右，主要用于生活消费和服务行业消耗使用。尼日尔的生物质种类主要包括薪材、生物固体燃料等，来源于对森林的过度采伐，导致了森林覆盖减少和森林退化[137]。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质消费并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质的二氧化碳排放从2010至2017年逐年增加，从2010年的3.4百万吨上升到2017年的7.4百万吨，年均增长11.6%，其中2016年至2017年增长了超过53.7%。此后，生物质的二氧化碳排放从2017年的7.4百万吨下降到2018年的5.6百万吨，然后逐年增加至2022年的11.8百万吨。

碳排放趋势

尼日尔的二氧化碳排放增长呈现波动增长趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了86.6%，从1.6百万吨增至2022年的2.9百万吨，年均增长率为5.3%。其中，2010年至2012年、2013年至2014年、2017年至2019年、2020年至2022年二氧化碳排放呈增长趋势，其余年份呈下降趋势。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从3.4百万吨增加到11.8百万吨，年均增长率高达11.0%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs计算的化石能源二氧化碳排放量与EDGAR数据最为接近，误差约为4.5%，与IEA数据的误差在11%左右。从时间序列的角度，CEADs的化石能源二氧化碳排放结果在2010年至2014年与IEA、EDGAR的数据变化趋势与变化幅度几乎完全相同，2014年后，数据变化趋势相近但变化幅度与IEA和EDGAR的数据有所不同。本研究的数据来源于非洲能源委员会（AFREC），IEA的数据来源于联合国统计司、国际可再生能源机构以及与尼日尔石油、能源和可持续能源部的直接联系，两者数据来源不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为14.7百万吨。

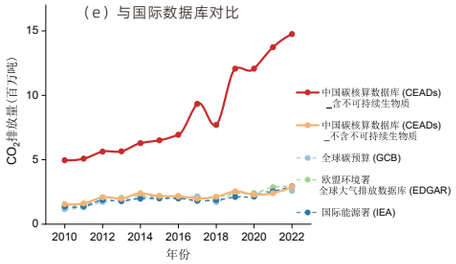
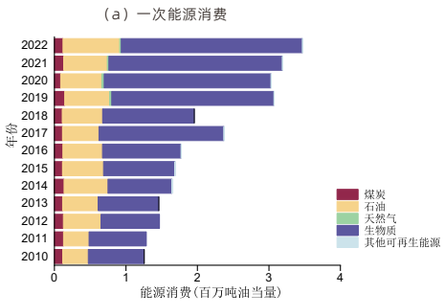
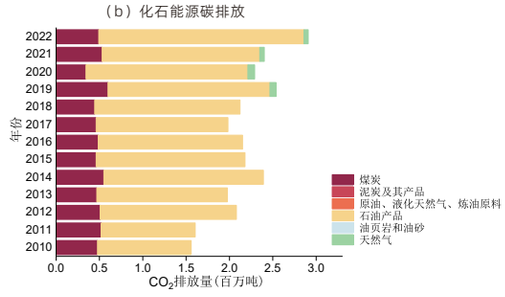
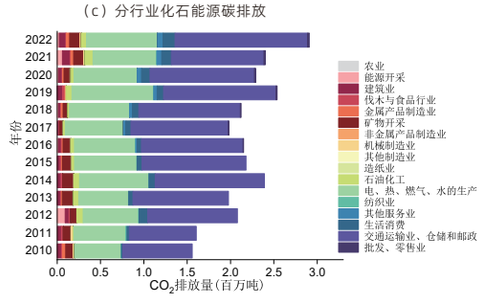
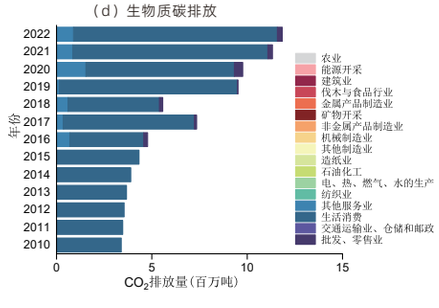


图3.3 尼日尔2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比









数据来源简述

尼日尔的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），范围覆盖了2010-2022年的数据，不同年份所涉及能源品种与部门数量不完全相同，以2022年为例，共涉及19个能源品种，5个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）发布中出口数据、CEADs Emerging模型中的服务业产出数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.3 尼日尔排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts https://comtradeplus.un.org/
	中国碳核算数据库	https://www.ceads.net/

国家背景

利比里亚位于非洲西部大西洋沿岸，北接几内亚，西北接塞拉利昂，东邻科特迪瓦。利比里亚是非洲一个从未遭受殖民统治的黑人国家，也是非洲最古老的共和国[138]。利比里亚是最不发达的国家之一，2022年现价GDP总量为40.0亿美元，人口为537万[139]，有一半以上的人口生活在贫困线以下。

农业是利比里亚的主导产业，2022年第一产业增加值约占GDP的57%；工业不发达，其2022年的第二产业增加值约占GDP总量的6%[140]。利比里亚自然资源丰富。在内战之前，它是非洲铁矿石的主要生产国之一，铁矿已探明储量超过100亿吨。天然橡胶、木材等生产和出口为其国民经济的主要支柱。在国际贸易方面，其出口产品主要是铁矿、天然橡胶、黄金和原木等；主要出口国为瑞士、比利时、美国、阿联酋等。其进口产品主要为机械运输设备、石油产品、食品和制成品等；主要从中国、印度、美国、科特迪瓦等国家进口[140, 141]。

尽管利比里亚可再生能源潜力巨大，但该国电力主要依赖化石能源，是世界上发电成本最高的国家之一。为提高可再生资源的利用率，确保安全、可靠、可持续的电力供应，利比里亚制定了2030年超过75%的电力来自可再生能源的目标。总体规划确定了92个项目和投资，预计在2030年前为蒙罗维亚以外的26.5万户家庭和134万人通电[142]。根据《联合国气候变化框架公约》，利比里亚做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前减少至少10%的温室气体排放量[143]。

一次能源消费结构

利比里亚的一次能源结构以生物质为主。2022年，石油产品消费占比20.2%，无其他化石能源消费。生物质占一次能源消费比重达78.6%，太阳能等可再生能源消费占比较小，仅为1.2%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费产生的碳排放中，全部由石油产品消费产生的碳排放所致，在2022年共产生碳排放0.8百万吨，占化石能源碳排放的100%。石油产品消费所产生的碳排放从2010的0.6百万吨增长到2022年0.8百万吨，变化趋势比较平稳。

分行业化石能源碳排放贡献

利比里亚的化石能源碳排放主要来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该部门消费化石能源共产生碳排放0.4百万吨，相较于2010年增长了0.09百万吨，占利比里亚化石能源碳排放总量的46.3%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，这是利比里亚近年来的第二大化石能源碳排放行业，2022年碳排放量0.2百万吨，在2022年占化石能源碳排放总量的28.1%。

生物质碳排放特征

2022年利比里亚的生物质能占一次能源消费结构的78.6%，主要用于生活消费，利比里亚的生物质主要是木柴和木炭，来源于对森林的过度采伐，导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物消费并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质消费产生的二氧化碳排放贡献在2010-2015年逐年递增，从2010年的4.9百万吨上升到2015年的5.7百万吨。生物质消费产生的二氧化碳排放经历了2016年的下滑后，在2016-2018年逐年递增，但2019年再次出现下滑，随后从2019年的3.4百万吨增加到2022年的4.6百万吨。

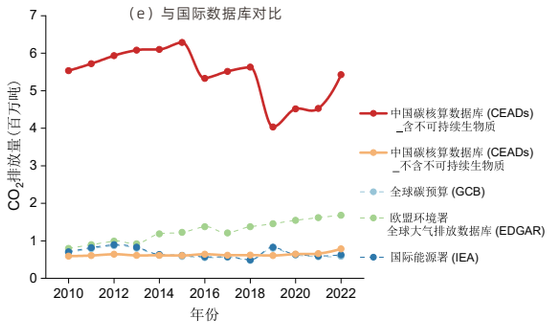
碳排放趋势

利比里亚的碳排放增长较为缓慢。在2010年至2022年间，化石能源消费产生的碳排放年均增加2.4%。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从2010年的4.9百万吨增至2015年的5.7百万吨，经历了2016年的下滑后，从2016年的4.7百万吨增至2018年的5.0百万吨，2019年再次出现下滑，随后从2019年的3.4百万吨增加到2022年的4.6百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同，但结果仍较为接近。CEADs计算的化石能源二氧化碳排放量与IEA数据最为接近，2010年至2017年间误差约为13%，但2014年起两者之间的差距较大，误差最大的2018年误差超过40%。从时间序列的角度，CEADs的结果与IEA和GCB数据的变化趋势大体相同，且具有相近的起点，但因2014年后的变化幅度较大而差距逐渐拉大。从结果来看，造成差异的主要原因来源于数据基础的不同，本研究采用非洲能源委员会（AFREC）发布的能源平衡表作为数据基础，该能源平衡表在2010年至2013年的能源品种中未涉及煤炭，从2014年起才覆盖煤炭消耗的统计，且统计数据在不同年份之间变化较大，导致了本研究的结果自2014年起变化幅度较大。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为22.7百万吨。



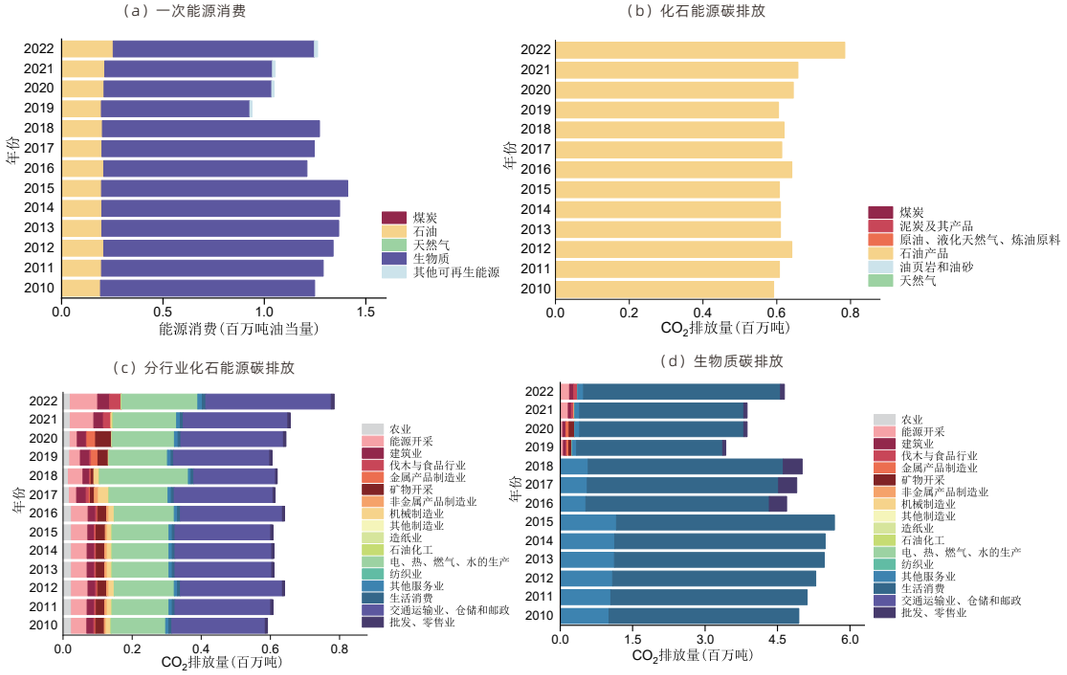


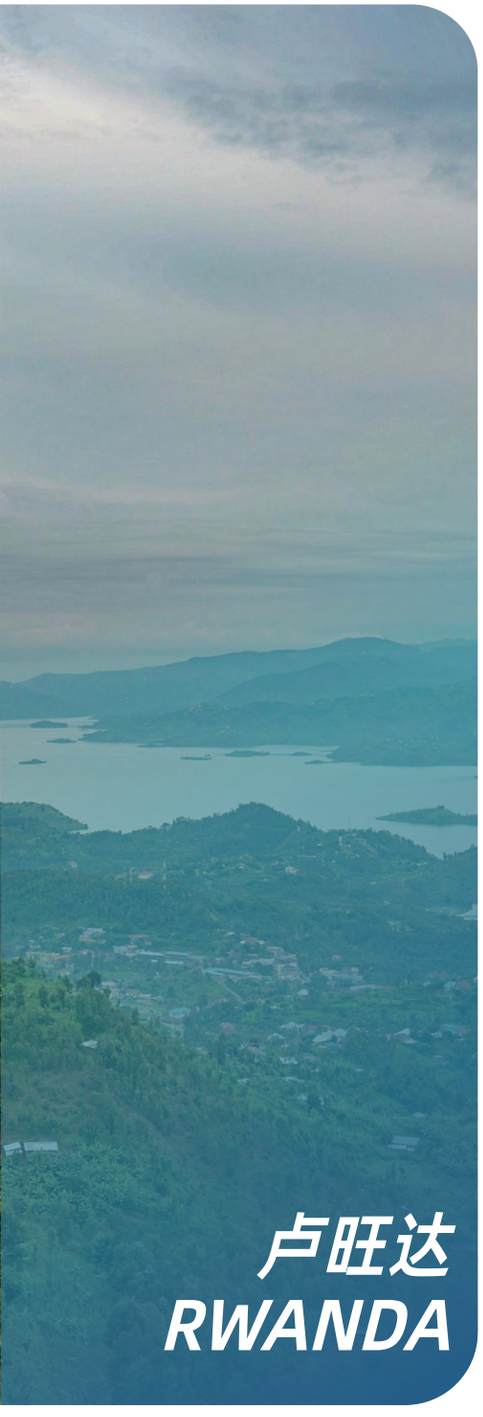
图3.4 利比里亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

利比里亚的能源平衡表均来自于非洲能源委员会，共涉及11个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国增加值数据可获取的农林牧渔业、采矿业、制造业、能源行业、建筑业、运输业、贸易与公共服务部门的生产总值作为分配基础，同时结合联合国商品贸易统计数据的出口数据，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.4 利比里亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#mart
	联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



卢旺达
RWANDA

国家背景

卢旺达位于中非东部，赤道以南，与乌干达、坦桑尼亚、布隆迪和刚果民主共和国接壤。卢旺达地处大湖地区，海拔较高，地理上以西部的山区和东部的热带草原为主，全国各地分布有多个湖泊。卢旺达是东非地区最小的经济体之一，自2000年迄今，受益于政府有效的经济政策，该国正经历高速的经济增长，吸引了大量的国外投资，被称为“非洲大陆的新加坡”，人民生活水平也大幅提高[144]。2022年该国GDP为现价133亿美元，人口为1395万[145]。

卢旺达的服务业较为发达，2022年约占GDP总量的46.5%；农业占GDP总量约32.2%；工业基础相对薄弱但近年来逐渐得到发展，其产值约占GDP总量的21.3%，同比增长5.0%。卢旺达的主要自然资源包括锡矿、黄金、甲烷和钨矿，但整体储量较小。在国际贸易方面，其出口产品主要是咖啡、茶叶、皮料、锡矿等；主要出口国为阿联酋，肯尼亚，瑞士等。其进口产品主要为食品、机械与设备、钢铁、石化产品、水泥与建材；主要从中国，乌干达，印度进口[146]。

此外，卢旺达拥有较为丰富的水能资源，为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响，政府机构在其《能源部战略规划2018-2024》（Energy Sector Strategic Plan 2018-2024）中制定了在2030年前将可再生能源发电占比提高至60%的目标，主要由水能和太阳能提供，并将总电力装机容量提高至512MW[147]。根据《联合国气候变化框架公约》，卢旺达做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前将其温室气体排放量减少16%（无条件减排）~22%（视国际支持）。

一次能源消费结构

卢旺达的一次能源结构以生物质为主。2022年，化石能源消费总量占比为19.2%，主要由石油的消费组成（15.8%）。此外，生物质占一次能源消费比重达78.8%，水能等其他可再生能源占一次能源消费的2.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油消费所产生的碳排放占据主导地位。石油产品作为卢旺达最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放1.2百万吨，占化石能源碳排放的81.7%，相较于2010年0.8百万吨的碳排放有所上升。此外，2019年来卢旺达开始消费煤炭和天然气，但排放量均较低且相较于2019年保持稳定。

分行业化石能源碳排放贡献

卢旺达化石能源消费产生的二氧化碳排放最多的行业依次是交通运输业、仓储和邮政、电、热、燃气、水的生产。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放量为0.7百万吨，占卢旺达化石能源碳排放总量的47.2%，这一比例自2010年以来不断波动上升。其次，电、热、燃气和水的生产行业部门是卢旺达近年来的第二大化石能源碳排放部门，2022年碳排放量0.2百万吨，占化石能源碳排放总量的16.2%，

生物质碳排放特征

2022年卢旺达的生物质能占一次能源消费结构的78.8%，主要用于生活消费和部分服务业消费。卢旺达的生物质主要包括木柴和木炭，农业残余（谷物、水果、蔬菜残余）等。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。卢旺达也使用农作物残余物等生物质废料，这类生物质来自于当地的家庭农场或种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。2010-2022年，生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年的6.6百万吨增长至2022年的9.4百万吨，其中2015年有所下降（6.0百万吨）。

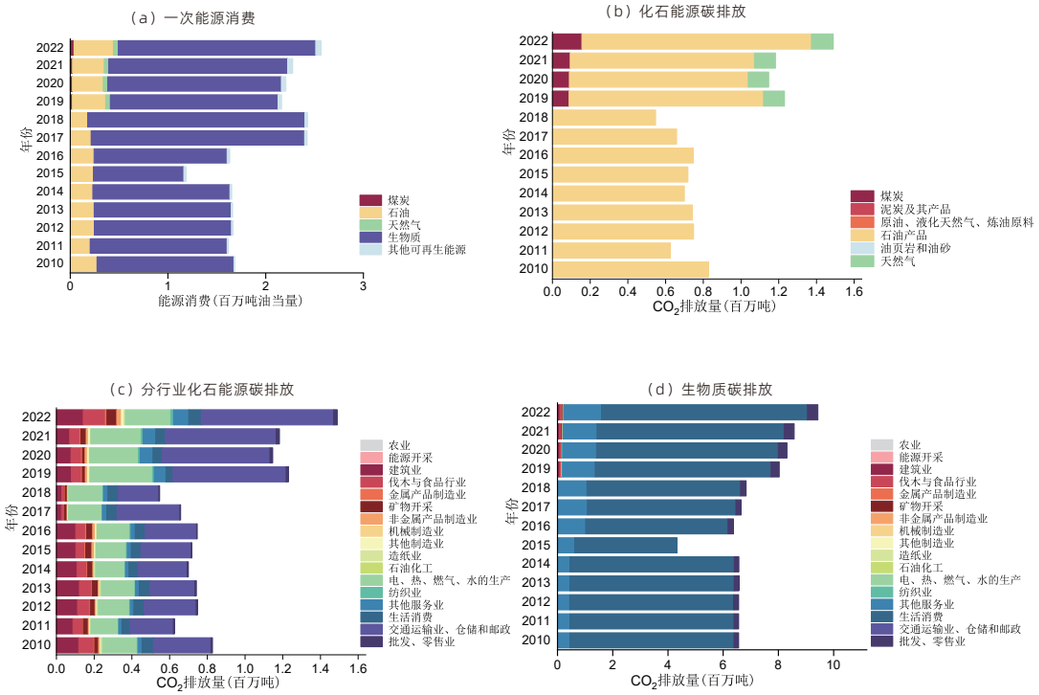
碳排放趋势

在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增长了79.9%，从0.8百万吨增加至2022年的1.5百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从2010年的6.6百万吨增加至2022年的9.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，无论是化石能源碳排放量还是相应的化石能源碳排放趋势，CEADs核算的卢旺达数据相比其他三家机构的数据都偏低。总体看来，除2015-2018年外，CEADs核算的结果与GCB数据最为接近，差距为10-20%。各个机构差异的产生主要是因为能源消费数据来源不同。例如，CEADs采用的是非洲能源委员会（AFREC）的能源消费数据，而IEA并未指出卢旺达数据的具体来源。其次从统计口径来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。如石油产品分为汽油、柴油、燃料油、煤油、航空煤油等，每一类石油产品都有相应的排放因子，而IEA的统计口径中能源品种只分为石油产品一类，上述原因导致了IEA和CEADs之间的核算结果存在差异。

此外，当包含不可持续生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为10.9百万吨。



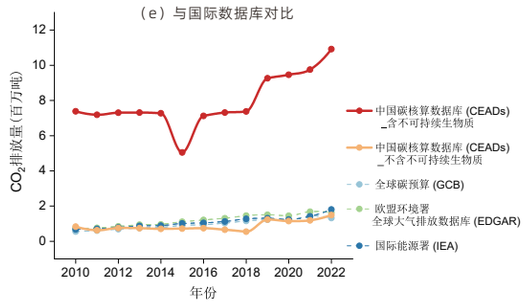


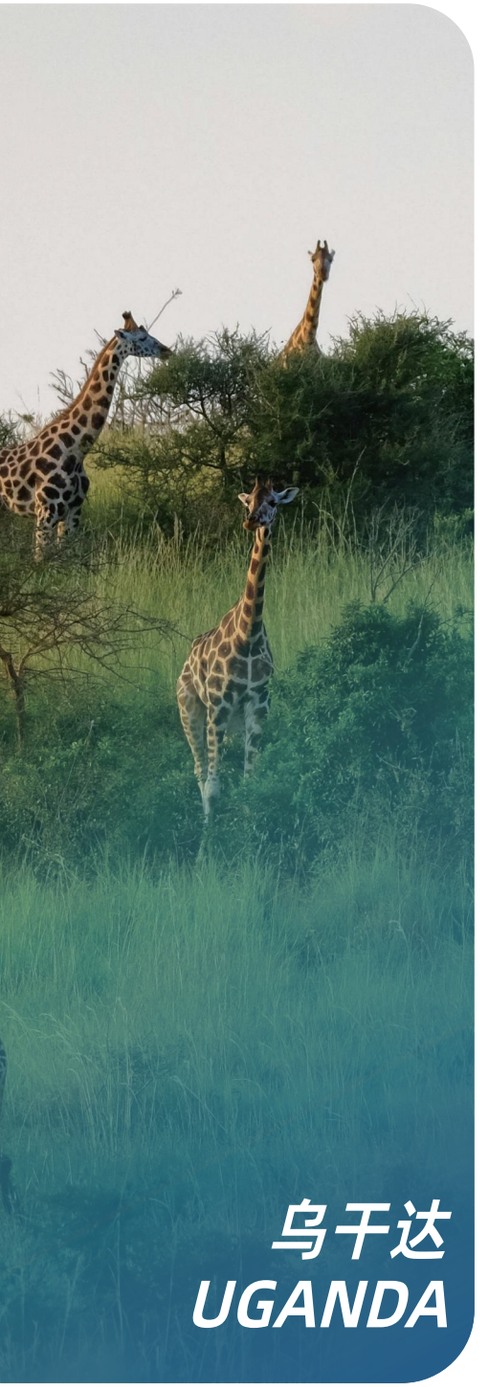
图3.5 卢旺达2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

卢旺达的能源平衡表均来自于非洲能源委员会，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及13个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的工业部门的产出数据以及农业、服务业和建筑业的生产总值作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.5 卢旺达排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	卢旺达统计局	https://www.statistics.gov.rw/statistical-publications/subject/statistical-yearbook



国家背景

乌干达，正式名称为乌干达共和国，是一个位于非洲中东部的内陆国家，东邻肯尼亚，南部与坦桑尼亚和卢旺达接壤，西邻刚果民主共和国，北部与南苏丹接壤[148]。该国南部领土包含维多利亚湖的部分水域面积，维多利亚湖水域整体由乌干达、肯尼亚和坦桑尼亚共享。2022年乌干达GDP为441.5亿美元（2015年不变价），人口为4725万人，其中63%的人口生活在贫困线以下[149]。

然而，乌干达的产业结构仍然相对单一，粮食作物种植与生产、建筑和批发零售业是国家的支柱产业。农业是乌干达从业人员最多的行业，但生产力相当低下，这也导致2022年乌干达的农业GDP低于服务业与工业，农业增加值仅占国内生产总值的24%[150]。而工业增加值占国内生产总值的26.8%[151]。此外，对外贸易也是乌干达经济的重要组成部分，出口产品主要是农产品，包括咖啡和棉花等，而其主要从中国等国进口机械设备、电子产品和能源等。

在乌干达，气候变化被普遍认为将会对国家经济和社会发展产生重大威胁，这一观点在主要的国家政策和战略计划中都得以体现，如《2016-2021年国家发展计划》、《乌干达2040年愿景》[152]。在农业方面，2015年乌干达通过了《关于应对气候变化的智慧农业计划》以积极调整农业发展模式从而促进节能减排。此外，乌干达的许多主要政策也提出了增加可再生能源利用的战略措施。例如，《乌干达2040年远景规划》设想在2040年将该国的电力生产总装机容量增加到2500兆瓦，其中2000兆瓦的装机容量由可再生能源贡献，并大规模开发水力发电[153]。根据《联合国气候变化框架公约》，乌干达做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年前将其温室气体排放量减少24.7%[154]。

一次能源消费结构

2022年，乌干达的化石能源消费占一次能源消费结构的11.9%。其中，以石油消费为主，无煤炭及天然气消费。此外，生物质占一次能源消费比重达85.4%；水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的比例极小，为2.8%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品消费是乌干达化石能源二氧化碳排放的绝对主要来源，且石油产品消费产生的二氧化碳排放从2010年的1.6百万吨波动增长至2022年的5.6百万吨。这些石油产品主要从肯尼亚的蒙巴萨港口进口。其中，产生二氧化碳排放最多的化石能源是汽油与柴油，其消费产生的二氧化碳排放达到化石能源碳排放量的97%以上。

分行业化石能源碳排放贡献

乌干达最大的化石能源二氧化碳排放行业为交通运输业、仓储和邮政行业，其产生的二氧化碳排放在2010年至2022年间迅速增长，从1.0百万吨增加至2022年的3.8百万吨，年均增长率约为11.3%。2022年，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量占化石能源碳排放总量的67.0%。农业是乌干达的第二大化石能源二氧化碳排放行业，2022年，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量超过了0.5百万吨，占化石能源碳排放总量的9.5%。

生物质碳排放特征

2022年，乌干达的生物质消费占一次能源消费结构的85.4%，主要用于生活消费和其他服务业，乌干达的生物质主要是薪材、生物固体燃料等，来源于对森林的过度采伐，导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质消费并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质消费产生的二氧化碳排放整体上呈现迅速增长的趋势，从25.5百万吨增长至2022年的54.1百万吨，增长了1.1倍以上。其中，2010年至2011年间生物质消费产生的碳排放略微下降，从25.5百万吨下降至22.8百万吨，2011年至2019年间生物质消费产生的二氧化碳排放呈现迅速增长态势，年均增长率达到15.7%。2019年至2022年间生物质消费产生的二氧化碳排放有所回落，从73.2百万吨减少至54.1百万吨。

碳排放趋势

2010-2022年，乌干达的化石能源消费所产生的二氧化碳排放整体呈现增长趋势，在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了2.5倍，从1.6百万吨增至2022年的5.6百万吨，年均增长率高达11.0%。其中，2019年至2020年、2021年至2022年间碳排放呈下降趋势，其余年份均呈增长趋势。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从25.5百万吨增加到54.1百万吨，年均增长率接近6.5%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的乌干达化石能源碳排放量与IEA、GCB和EDGAR的统计数据在计算结果与变化趋势上均较为一致，其中与IEA和GCB的数据最为接近，误差均在10-15%之间。从结果来看，造成差异的主要原因来源于数据基础的不同，CEADs采用非洲能源委员会（AFREC）发布的能源平衡表作为数据基础，与其他机构的数据来源有所不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为59.8百万吨。

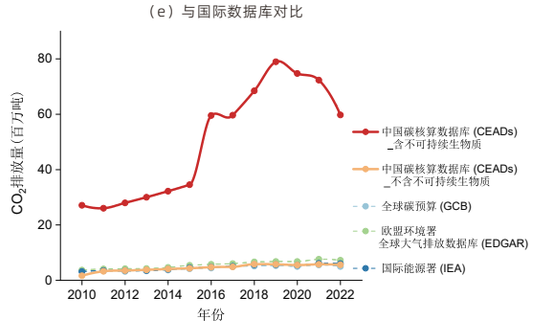
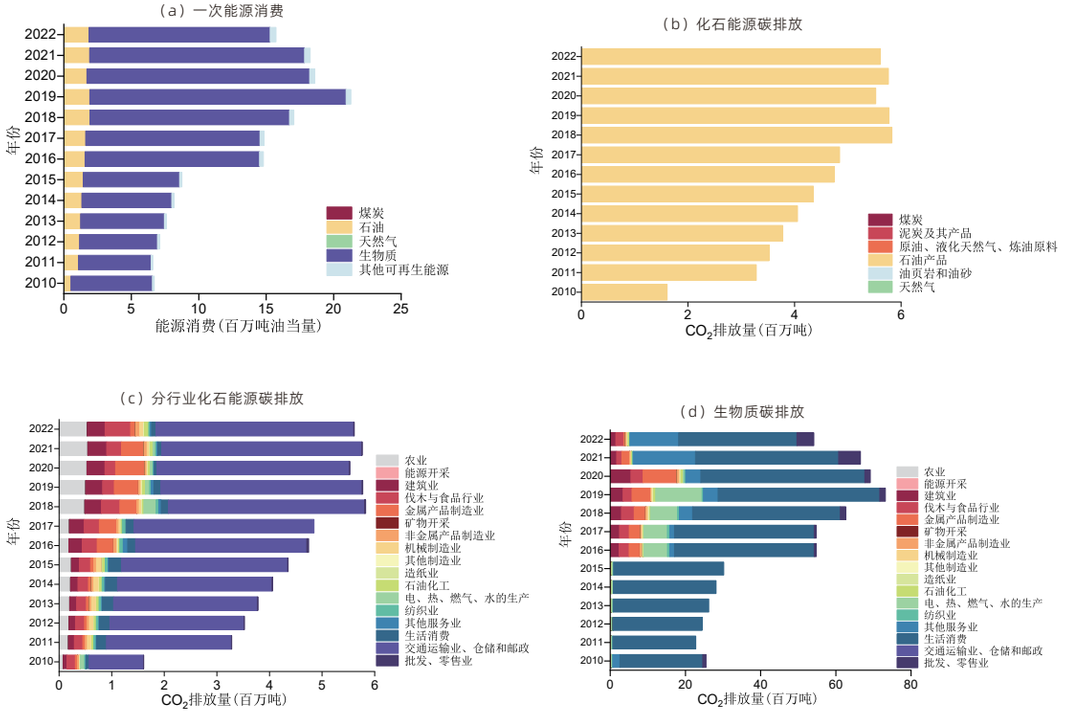


图3.6 乌干达2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

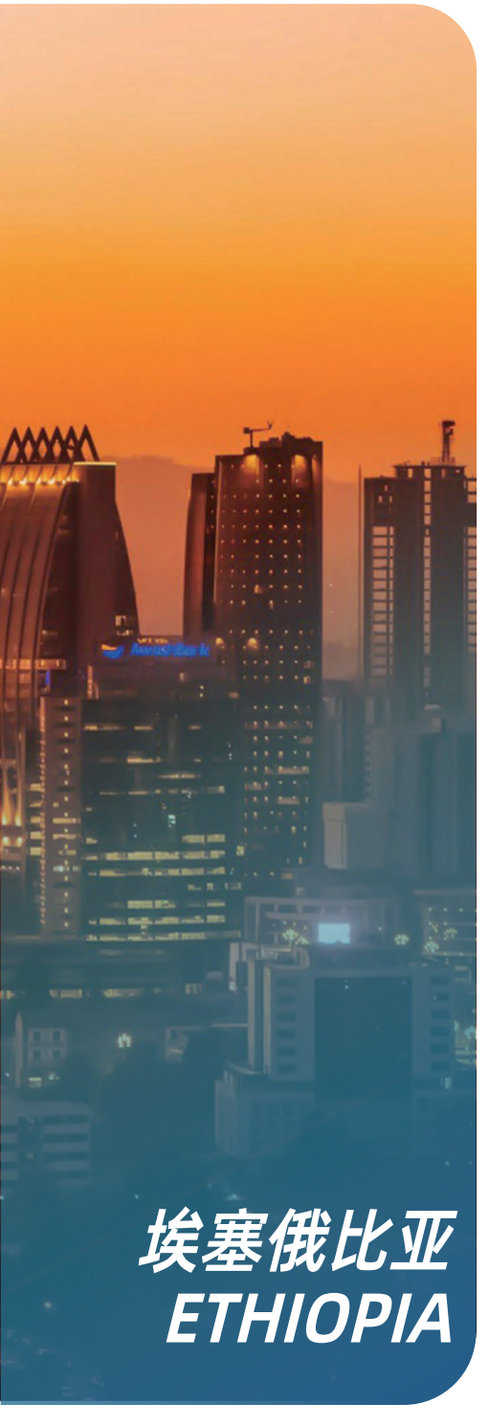


数据来源简述

乌干达的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），范围覆盖了2010-2022年的数据，不同年份所涉及能源品种与部门数量不完全相同，以2022年为例，共涉及17个能源品种，5个部门。本研究中的行业匹配指标是乌干达统计局（UBOS）发布的GDP数据、城乡人口数据与联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）出口数据。

表3.6 乌干达排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	乌干达统计局（UBOS） 国内生产总值	https://www.ubos.org/explore-statistics/9/
	乌干达统计局（UBOS）城乡人口	https://www.ubos.org/explore-statistics/20/
	联合国商品贸易统计数据库 （UN Comtrade）出口数据	https://comtrada.un.org



埃塞俄比亚 ETHIOPIA

国家背景

埃塞俄比亚联邦民主共和国，简称埃塞俄比亚，位于非洲东北部，东与吉布提、索马里毗邻，西同苏丹、南苏丹共和国交界，南与肯尼亚接壤，北接厄立特里亚。埃塞俄比亚是世界上增长最快的经济体之一，2010-2022年，国内生产总值的年平均增长率为8.1%，2022年GDP为现价1267.7亿美元，人口约为1.25亿人[155, 156]。

在经济发展中，埃塞俄比亚的工业在国内生产总值中的份额从2010年的9.4%增加到2022年的19.5%。2021年，埃塞俄比亚的出口产品主要是咖啡（12.3亿美元）、石油制品（6.3亿美元）和油料种子（3.6亿美元）。埃塞俄比亚的进口以机械设备（15.5亿美元）、石油制品（13.9亿美元）和金属制品（8.7亿美元）为主。自2010年以来，运输服务的出口稳步增长[157]。

埃塞俄比亚是东非最早发布国家自主贡献（INDC）的国家。该国政府在2008年就停止了化石能源的补贴，这显示了他们在促进可再生能源方面的巨大决心。该国的可再生能源潜力主要为水能和风能，从2007年开始，埃塞俄比亚开始促进小规模太阳能、风能和水能的广泛应用，以满足农村地区分散的电力需求[158,159]。目标是到2030年将发电量提升25000兆瓦，包括22000兆瓦的水电，1000兆瓦的地热发电，和2000兆瓦的风电[160]。在建的复兴大坝装机容量6000兆瓦，建成后将是非洲最大的水力发电设施。

一次能源消费结构

埃塞俄比亚的一次能源结构以生物质为主。2022年，埃塞俄比亚化石能源消费占一次能源消费结构的14.5%，以石油为主。另外，煤炭消费占比1.8%，石油消费占比12.7%，无天然气使用。此外，水能、太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的4.4%，其中大部分为水能；生物质占一次能源消费比重达81.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品和煤炭消费产生的二氧化碳排放占据主导地位。石油产品作为埃塞俄比亚最主要的化石能源，从2010年产生的5.5百万吨二氧化碳排放增长至2022年12.6百万吨，占化石能源碳排放的84.8%。煤炭消费所产生的二氧化碳排放从2010年的0.1百万吨增长到2022年2.3百万吨，增长速度较快，占2022年化石能源碳排放的15.2%。

分行业化石能源碳排放贡献

埃塞俄比亚化石能源消费产生的二氧化碳排放呈指数型增长，主要由交通运输业、仓储和邮政与建筑业推动。交通运输业、仓储和邮政2022年消费化石能源所产生的二氧化碳排放为11.1百万吨，相比于2010年增加了8.2百万吨，占2022年化石能源碳排放的比重约为74.2%。该行业也是二氧化碳排放增长速率最快的行业。根据WTO和UN Comtrade的贸易数据显示，该国运输设备进口额急剧增加，包括从德国和美国进口的飞机，从比利时进口的铁路和有轨电车机车等。建筑业是埃塞俄比亚近年来的第二大化石能源碳排放行业，其二氧化碳排放从2010年的0.7百万吨增长至2022年的2.5百万吨，2022年占化石能源碳排放总量16.8%，主要消费能源品种为石油和煤炭。2010年后埃塞俄比亚政府兴建了包括复兴大坝在内的一系列基础设施，建筑行业能源需求激增，致使消费化石能源所产生的碳排放增长迅速。

生物质碳排放特征

2022年，埃塞俄比亚的生物质消费占一次能源消费结构的81.1%，主要用于生活消费。埃塞俄比亚的生物质种类主要是木材，木材的使用量超过了资源环境的可持续承载力，过高的需求加剧了森林砍伐，从而造成了草原生态退化等灾难性的环境问题[161,162]。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质消费产生的二氧化碳排放量从2010年的116.7百万吨增长到2021年的154.2百万吨,并在2022年下降至107.9百万吨。

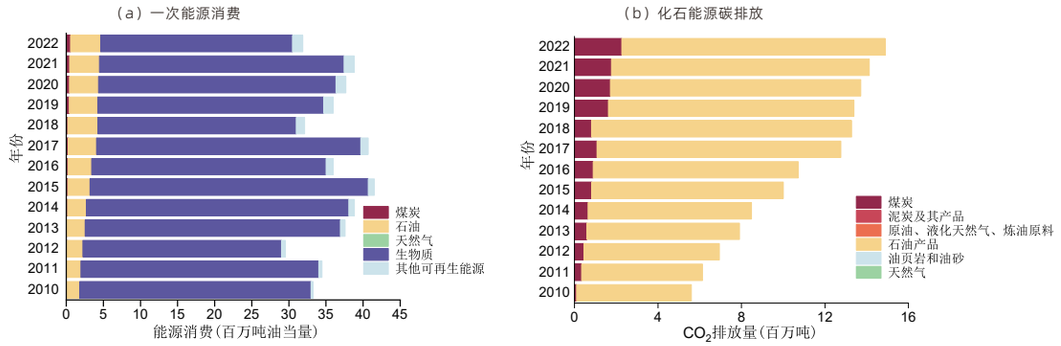
碳排放趋势

在2010年至2022年间，埃塞俄比亚的化石能源消费产生的二氧化碳排放量从5.6百万吨增加到14.9百万吨，年均增长率为8.5%。2010至2021年间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从116.7百万吨增加到154.2百万吨，并于2022年下降至107.9百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各机构的核算结果和增长趋势基本保持一致，而核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。CEADs核算的化石能源碳排放量与IEA的数据较为接近。因为IEA数据的主要来源是与水利、灌溉和能源部等部门直接沟通(我们使用的数据集来自其非洲能源委员会)。与IEA的差距大部分发生在2014年，主要是石油产品统计偏差造成的。IEA的数据显示，2014年石油产品消费略有激增，而埃塞俄比亚水、灌溉和能源部的数据显示，2011-2015年，石油消费均匀增长，没有出现先增后减的趋势。此外，CEADs的排放量略低于GCB和EDGAR的结果，差距分别为7.2%和31.2%。

此外，当包含不可持续生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为122.8百万吨。



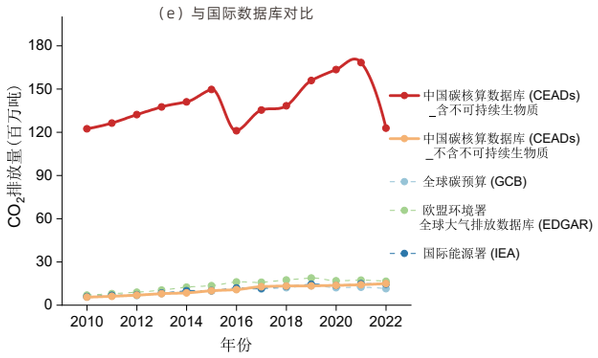


图3.7 埃塞俄比亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从非洲能源委员会网站上获取了埃塞俄比亚2010-2022年能源平衡表，其中包含了埃塞俄比亚17种一次与二次能源品种的能源加工转换数据以及6个经济部门的能源消耗数据。其中在分部门匹配上，我们采用联合国分部门增加值数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.7 埃塞俄比亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数	https://comtradeplus.un.org/

国家背景

多哥共和国，简称多哥，位于非洲西部，介于北纬6～11°、东经0～2°之间。东邻贝宁，西与加纳相邻，北与布基纳法索交界，南濒几内亚湾。面积56785平方公里。海岸线短而平直，长53公里，全国分为滨海区、高原区、中部区、卡拉区和草原区五大经济区。多哥首都及最大城市为洛美[163]。多哥是世界最不发达国家之一，2022年GDP（现价）为81.7亿美元，总人口为909万人[164]。

多哥的工业基础薄弱，2022年工业增加值占国内生产总值的20%[165]。主要工业门类有采矿、农产品加工、纺织、皮革、化工、建材等。其三大支柱产业分别是农业、磷酸盐和转口贸易。多哥优先发展农业，全国40%以上的人口从事农业生产活动，2022年农业增加值约占国内生产总值的18.3%[166]。其中粮食作物产值占农业产值的67%，主要为玉米、高粱、木薯和稻米；经济作物占大约20%，主要为棉花、咖啡和可可。同时多哥磷酸盐产量居撒哈拉以南非洲前列，已探明优质矿储量2.6亿吨，含少量碳酸盐的约10亿吨[163]。此外多哥实行自由贸易政策，鼓励进出口贸易。进出口总额占国内生产总值的43%左右。主要出口商品是化工产品、石油制品、棉花和磷酸盐，主要进口日用消费品、中间产品等。主要出口对象国为布基纳法索、马里、贝宁和尼日尔；主要进口国为中国、法国、印度和加纳。

多哥全国一半以上人口仍处在无电可用的状态，可再生能源项目主要以水电为主，占比高达96%，而光伏占比仅4%，除此之外暂无其他再生能源项目。得益于良好的太阳能资源条件，多哥政府计划将以发展光伏为优先项目，并拟定在2030年实现100%的用电普及率。《巴黎协定》生效后，多哥无条件承诺到2030年将其温室气体(GHG)排放量减少20.51%[166]。

一次能源消费结构

多哥的一次能源结构以生物质能为主。2022年，生物质占一次能源消费比重达到71.1%。化石能源消费总量占比约为28.3%，其中石油消费占比21.3%，天然气消费占比7%，无煤炭消费。水能、太阳能等其他可再生能源均转化为其他形式能源后利用，占比约为0.6%。

化石能源碳排放特征

多哥的化石能源消费所产生的二氧化碳排放主要来自于石油产品。石油产品消费在2022年共产生二氧化碳排放1.5百万吨，占化石能源二氧化碳排放的接近79.2%。石油产品消费所产生的排放从2010到2020年呈波动下降趋势，2010年最高，二氧化碳排放量为2.1百万吨；2016年次高，为2.0百万吨。新冠疫情结束后，石油产品消费所产生的二氧化碳排放迅速增加，于2021年达到1.8百万吨，单年增长超过24.5%，并于2022年下降至1.47百万吨。近年来，天然气也成为了多哥重要的化石能源，其消费产生的二氧化碳由2018年的不足0.1百万吨，增长至2022年0.39百万吨，占2022年化石能源二氧化碳排放的20.8%。

分行业化石能源碳排放贡献

多哥最大的化石能源二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政行业。2022年，该行业消费化石能源消费所产生的二氧化碳排放量占化石能源二氧化碳排放总量的65.8%。自2010年以来，该部门产生的二氧化碳排放呈现出先减少，后波动性增加的趋势，由2010年的1.6百万吨减少至2019年的0.2百万吨，后回升至2022年的1.2百万吨。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，这是多哥近年来的第二大化石能源二氧化碳排放行业，其产生的二氧化碳排放由2010年的0.07百万吨增长至2022年的0.4百万吨，占2022年化石能源二氧化碳排放总量的21.2%。

生物质碳排放特征

2022年多哥的生物质能占一次能源消费结构的71.1%左右，主要用于生活消费和其他服务业消费使用。生物质种类主要包括木柴、木炭和蔬菜废料等。多哥主要通过砍伐森林获得木柴并将部分木柴制成木炭，使用过程对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体二氧化碳排放。多哥也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。从时间趋势上看，木柴及木炭消费二氧化碳排放量从2010年至2022年间从7.0百万吨波动增长到7.6百万吨，年均增长率达0.69%。

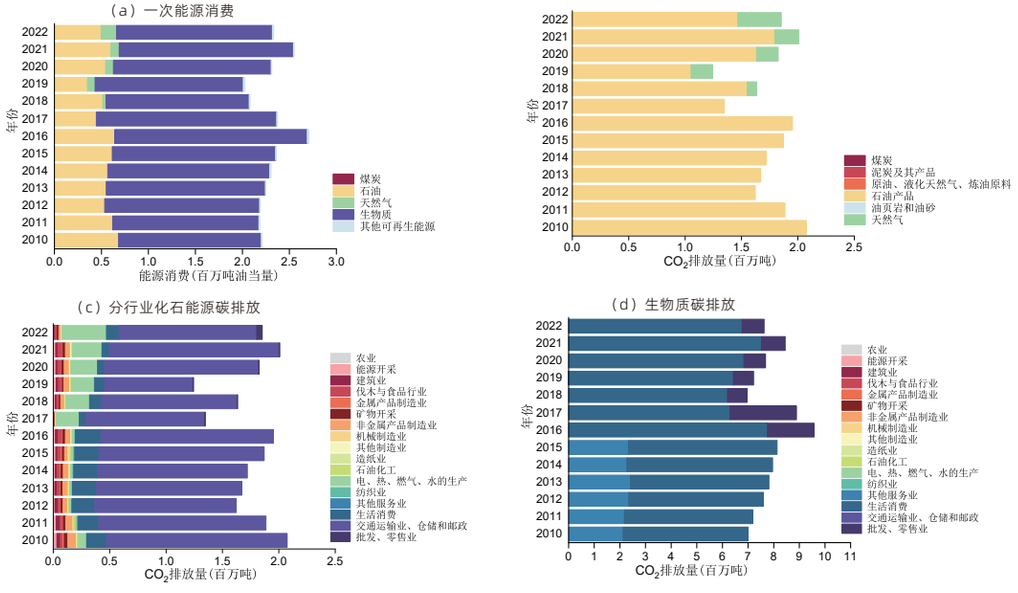
碳排放趋势

多哥的总二氧化碳排放量整体呈缓慢波动下降趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放降低了10.1%，从2.1百万吨降至2022年的1.9百万吨，年均变化率为-0.76%。在此期间，生物质消费所产生的排放从7.0百万吨增加到7.6百万吨，年均增长率为0.69%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是一致的，核算方法和数据基础的差异使得结果有所不同。其中由于数据来源不同，IEA和GCB统计结果略低于CEADs与EDGAR；CEADs与IEA的数据在变化趋势上基本一致，尤其在2017-2022年CEADs的数据与IEA数据高度接近，但在2013-2016年数值相差较大。除了原始数据本身的差异外，造成差异的原因可能为以下几点：一个是排放因子，CEADs对多哥的化石能源的排放因子采用IPCC中推荐值，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙。其次是各部门的能源消费数据，例如，2011年CEADs所统计的多哥化石能源总消费量为477.1千吨油当量，而IEA获取的数据为620千吨油当量，故导致CEADs统计2011年化石能源二氧化碳排放总量的1.5百万吨低于IEA的1.9百万吨，因此造成了核算结果的不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为9.5百万吨。



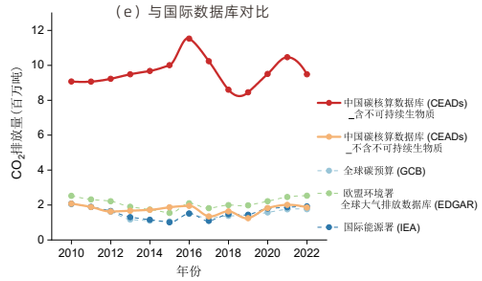


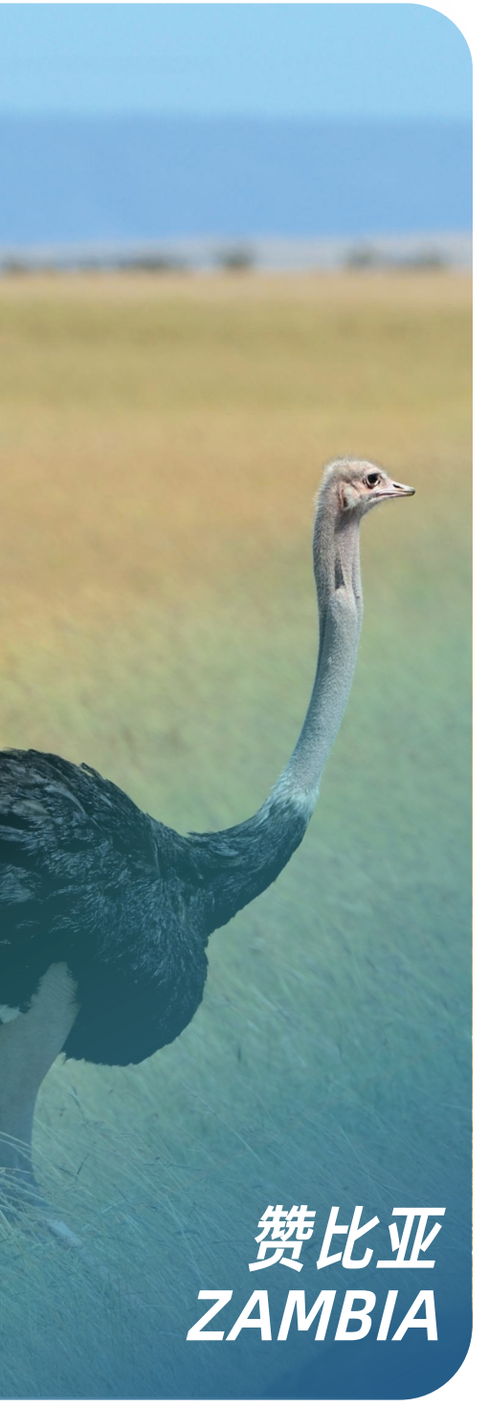
图3.8 多哥2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从非洲能源委员会网站上获取了多哥2010-2022年能源平衡表，其中包含了多哥11种一次与二次能源品种的能源加工转换数据和6个部门能源消费数据。其中在分部门匹配上，我们采用联合国（UN）分行业增加值数据、联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据以及多哥国家统计与经济与人口研究所（INSEED）中人口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.8 多哥排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#mart
	多哥国家统计与经济与人口研究所（INSEED）	https://inseed.tg/comptes-nationaux/



赞比亚
ZAMBIA

国家背景

赞比亚是非洲中南部内陆国家，大部分属于高原地区。北靠刚果民主共和国，东北邻坦桑尼亚，东面和马拉维接壤，东南和莫桑比克相连，南接津巴布韦、博茨瓦纳和纳米比亚，西面与安哥拉相邻，国土面积75万平方公里，大部分属于高原地区，地势大致从东北向西南倾斜，属热带草原气候，分凉干、热干和暖湿三季。2022年赞比亚GDP（现价）为29.2亿美元，人口为20.2百万人，且在2022年赞比亚的贫困人口比例为64.3%[167]。

赞比亚批发和零售贸易业、采矿和采石业和建筑业是主要经济贡献行业，2022年采矿和采石业名义增加值为68,289.6百万赞比亚克瓦查。赞比亚森林资源非常丰富，2022年森林面积占土地面积的59.8%。同时，赞比亚是非洲第二大铜钴矿资源国，有色金属类矿藏有铜、钴、锌、铅、镍、铂、锰、锡、铁和黄金等。赞比亚已探明铜储量1900万吨，约占世界铜总储量的6%，人均占有量位居世界第一。在国际贸易方面，赞比亚的主要出口产品是铜，其他出口产品包括糖、烟草、宝石、棉花和电力。赞比亚的主要出口伙伴是瑞士，其他包括：中国、南非、英国、津巴布韦和刚果金。

此外，赞比亚拥有丰富的可再生能源潜力，如风能、太阳能和小型水电技术等，其中赞比亚电力以水电为主，太阳能处于刚开发利用阶段。赞比亚政府相继出台了一系列的可再生能源政策,加强可再生能源的开发利用。赞比亚向《联合国气候变化框架公约》提交了国家自主减排贡献，承诺到2030年将温室气体排放量减少25%-47%。

一次能源消费结构

赞比亚的一次能源结构以生物质产品为主。2022年，石油产品消费占比19.6%，煤炭消费占比11.3%，化石能源消费总量占比30.9%。生物质占一次能源消费比重达51.0%，水力和太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的18.1%。

化石能源碳排放特征

2022年赞比亚由化石能源消费产生的碳排放量约为8.6百万吨，从分品种化石能源碳排放来看，石油产品消费所产生的二氧化碳排放量约4.9百万吨，占化石能源碳排放总量57.3%左右；其次为煤炭消费导致的二氧化碳排放，其占比大致为42.7%。其中，煤炭消费导致的二氧化碳排放在2010-2022年整体呈现上升趋势，从2010年的0.002百万吨增至2022年的3.7百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

赞比亚最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政，2022年，该行业消费化石能源所产生的总排放量接近2.7百万吨，占赞比亚化石能源碳排放总量的31.5%。紧随其后的是电、热、燃气和水的生产行业，2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近2.2百万吨，占赞比亚化石能源碳排放总量从2010年的1.6%增至2022年的25.5%。

生物质碳排放特征

2022年，赞比亚的生物质占一次能源消费结构的51.0%，其主要用于生活消费。赞比亚的生物质种类主要为木材和木炭，主要来源于森林，过度的采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此在核算期内该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质消费产生的二氧化碳排放量总体呈现先上升后下降的态势，生物质消费所产生的碳排放从2010年的24.6百万吨增加到2021年的34.8百万吨，从2021年的34.8百万吨降至2022年的19.6百万吨。

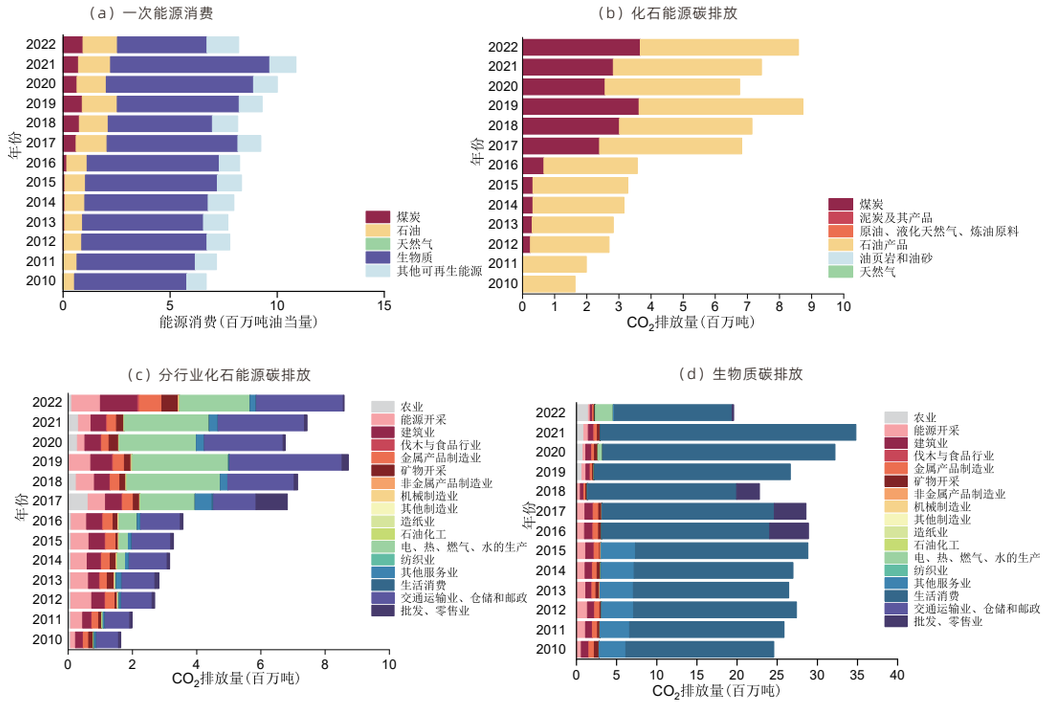
碳排放趋势

赞比亚的二氧化碳排放呈明显上升趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放从1.6百万吨增至2022年的8.6百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从24.6百万吨降低到19.6百万吨。

与国际数据库对比

统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年赞比亚碳排放总量的核算结果为8.6百万吨（CEADs），9.0百万吨（IEA），7.8百万吨（EDGAR），6.5百万吨（GCB）；CEADs的化石能源碳排放数据与IEA、EDGAR、GCB的总体趋势相同，与IEA、GCB的数值相近，而EDGAR的数值整体高于GCB、IEA、CEADs团队计算的数值。此外，从2021年开始，CEADs和IEA的差距有所减小，结果总量的差距不是很明显，大约在7%以下。从结果看，造成差异的主要原因在于统计口径的不同，CEADs采用了非洲能源委员会（AFREC）中的能源平衡表结果，而IEA则采用了年度能源问卷调查数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为28.2百万吨。



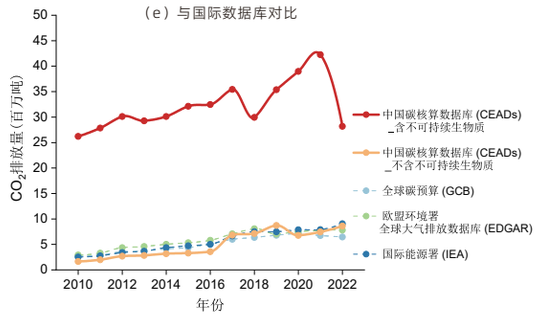


图3.9 赞比亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

赞比亚的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及15个能源品种，7个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）的出口数据和赞比亚本国的分部门数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.9 赞比亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	赞比亚统计局	https://www.zamstats.gov.zm/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）,出口数据	https://comtradeplus.un.org/

坦桑尼亚
TANZANIA

国家背景

坦桑尼亚是位于非洲大湖区内的一个东非国家，北与肯尼亚和乌干达交界，南与赞比亚、马拉维、莫桑比克接壤，西与卢旺达、布隆迪和刚果（金）为邻，东临印度洋。该国近年来经济稳定增长，2010-2022年，国内生产总值年均增长6.43%。2022年，坦桑尼亚的国内生产总值为现价758亿美元，人口为6471万[168, 169]。

坦桑尼亚主要出口产品是矿物和初级农产品。2020年，坦桑尼亚的主要出口产品是黄金（18亿美元）、咖啡（1.5亿美元）和锡（1.3亿美元），大多出口到卢旺达（7.1亿美元），而坦桑尼亚进口最多的是精炼石油产品（16.9亿美元）和精铜（14.2亿美元）。

坦桑尼亚在国家自主贡献中涉及到推广各种可再生能源，如地热、风能、太阳能等，以此实现2030年温室气体减排10%~20%的目标[170]。自2008年以来，坦桑尼亚政府一直在通过投资和补贴该国的能源发展准入计划（TEDAP）来推广太阳能[171]，为使用可再生资源的发电商和太阳能光伏项目提供平均1美元/瓦时的补贴。

一次能源消费结构

坦桑尼亚的一次能源结构以生物质为主。2022年，煤炭消费占比7.9%，石油消费占比27.0%，天然气消费占比7.5%，化石能源消费总量占比42.4%。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的2.8%；生物质占一次能源消费比重达54.9%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品和煤炭消费产生的二氧化碳排放占据主导地位。石油产品作为坦桑尼亚最主要的化石能源，2022年其消费共产生二氧化碳排放8.3百万吨，占化石能源碳排放的63%。2010-2022年，石油产品消费所产生二氧化碳排放增加了80.9%。在此期间，煤炭消费产生的二氧化碳排放量显著增长，2022年碳排放量约为3.1百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

坦桑尼亚化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的二氧化碳排放为6.5百万吨，相较于2010年增长了3.0百万吨，占化石能源碳排放总量的49.2%。其次是建筑行业，2022年建筑行业消耗化石能源产生的二氧化碳排放为1.81百万吨，占化石能源碳排放总量的13.7%。

生物质碳排放特征

2022年，坦桑尼亚的生物质消费占一次能源消费结构的54.9%，主要用于生活消费。坦桑尼亚的生物质种类主要为木柴和木炭，随着人口的增加，其使用量也在迅速增长，使得森林遭受过度采伐，导致森林覆盖减少和森林退化。森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。2010-2022年，生物质消费产生的二氧化碳排放从7.1百万吨增加到25.9百万吨，生物质消费产生的二氧化碳排放在2017年大幅上升后随后缓慢增长，这源自大幅增加的生物质消费，相比于2016年，2017年的生物质消费增加了221.2%。

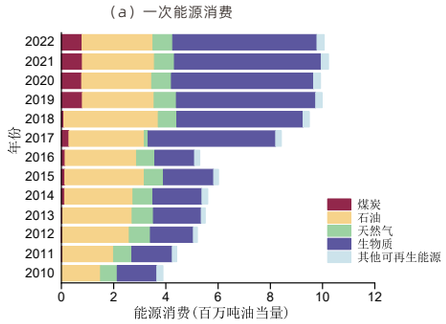
碳排放趋势

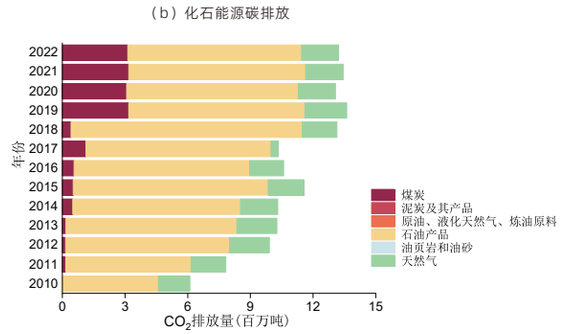
坦桑尼亚的化石能源二氧化碳排放增长较快。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了116.6%，从6.1百万吨增至13.2百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从7.1百万吨增加到25.9百万吨，上升趋势明显。

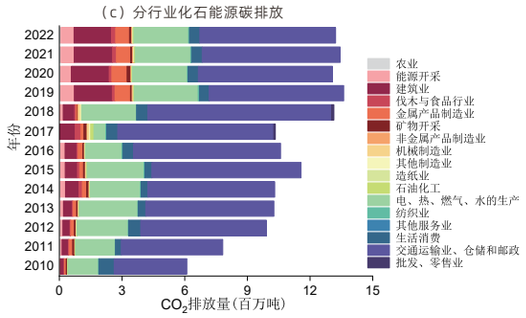
与国际数据库对比

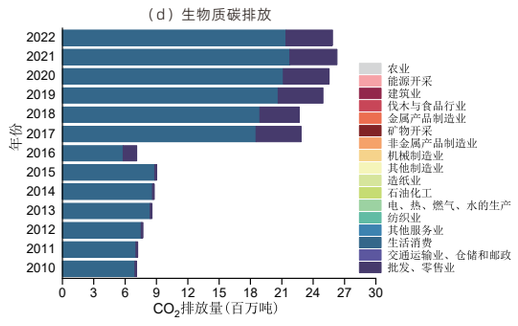
在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。2010年至2020年间，CEADs核算的化石能源碳排放量与IEA的数据非常接近，误差在1%至5%之间，但比EDGAR的结果略低，2022年CEADs核算的化石能源碳排放量与GCB更接近，误差约2%。从时间序列的角度来看，CEADs核算的结果与IEA较为一致，但在2017年出现差异。AFREC发布的能源平衡表中石油消费量在2016至2017年呈现小幅下降趋势，而IEA数据中的石油消费量在2016至2017年呈缓慢上升趋势。IEA的数据来源是坦桑尼亚银行、坦桑尼亚能源和水公用事业管理局的年度报告，本报告的数据来源为非洲能源委员会。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为39.1百万吨。









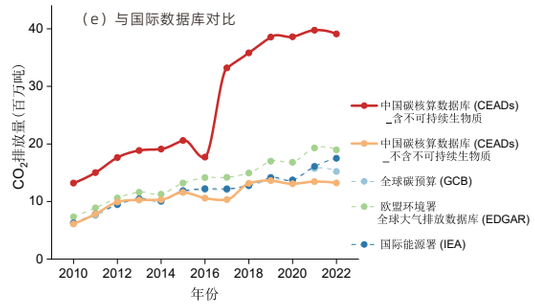


图3.10 坦桑尼亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从非洲能源委员会网站上获取了坦桑尼亚2010-2022年能源平衡表，其中包含了坦桑尼亚9种一次与二次能源品种的能源加工转换数据。其中在分部门匹配上，我们采用坦桑尼亚本国统计局数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中的出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.10 坦桑尼亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/
	坦桑尼亚国民账户	National Bureau of Statistics - NA Publications (nbs.go.tz)

几内亚
GUINEA

国家背景

几内亚（全称：几内亚共和国，英文：The Republic of Guinea），位于西非西岸，北邻几内亚比绍、塞内加尔和马里，东与科特迪瓦、南与塞拉利昂和利比里亚接壤，西濒大西洋，国土面积245,857平方公里，全国共有7个大区和1个首都科纳克里市（与大区同级）、33个省、304个专区，全国有20多个民族，其中富拉族（又称颇尔族）约占全国人口的40%以上，马林凯族约占30%以上，苏苏族约占20%[172]。2022年，几内亚总人口约1405.5万[173]。

几内亚系不发达国家，经济以农业、矿业为主，工业基础薄弱，粮食不能自给。自然资源丰富，有“地址奇迹”之称。铝土、铁矿储藏大、品味高，其中铝矾土已探明储量约400亿吨，居世界第一位。此外还有钻石、黄金、铜、铀、钴、铅、锌等。沿海大陆架也已初步发现有石油和天然气。拥有350公里长海岸线，沿海渔业资源较丰富。同时，几内亚河流众多，淡水资源丰富，是西非三大河流发源地，有“西非水塔”之称；水电蕴藏量达600万千瓦，而目前只有15%左右得到开发。森林覆盖率居西非首位，可耕地600万公顷，其中80%未开垦，农业发展条件得天独厚。同时，几内亚也是世界贸易组织成员、马诺河联盟成员国、西非第二货币区协定签字国。

2022年，几内亚国内生产总值约199.1亿美元（现值），人均国内生产总值约1416.6美元（现值），国内生产总值同比增长16.6%，比上年增长了约28.4亿美元（现值）[174]。2022年，几内亚农业、工业和服务业增加值占GDP的比重分别为27.3%、28.8%和35.3%[175]。

一次能源消费结构

2022年，几内亚石油消费占比33.2%。此外，生物质占一次能源消费比重达62.9%，太阳能水能等其他可再生能源在一次能源消费占比4%。

化石能源碳排放特征

由于2022年几内亚暂无煤炭和天然气碳排放数据，所以其化石能源消费所产生的碳排放即为石油的碳排放。石油作为几内亚最主要的化石能源，其消费所产生的碳排放从2010年的1.5百万吨增长到2022年6.5百万吨，涨幅333.3%。

分行业化石能源碳排放贡献

几内亚最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政部门。2022年，该部门的化石能源碳排放为4.3百万吨，占几内亚化石能源碳排放总量的66.3%。紧随其后的是矿物开采部门，这是几内亚近年来的第二大化石能源碳排放部门，2022年该部门的化石能源碳排放为1.1百万吨，占几内亚化石能源碳排放总量的17.4%。

生物质碳排放特征

2022年几内亚的生物质能占一次能源消费结构的62.9%，主要用于生活消费部门，其生物质种类主要包括木材、木炭等家庭部门日常生活中的常用燃料，传统生物质消费所产生的碳排放在几内亚占据了重要比例。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质的碳排放总体上呈增长趋势，从2010年的11.3百万吨增加到2022年的18.8百万吨，其中2017年生物质碳排放有轻微下降。此外，批发、零售业部门的碳排放量在几内亚的生物质碳排放总量中所占比重虽小，却也在2017到2022年间逐年增加，这可能与其国家发展进程有关。2017年到2022年间，几内亚生物质能碳排放总量呈现逐年平稳上升趋势。

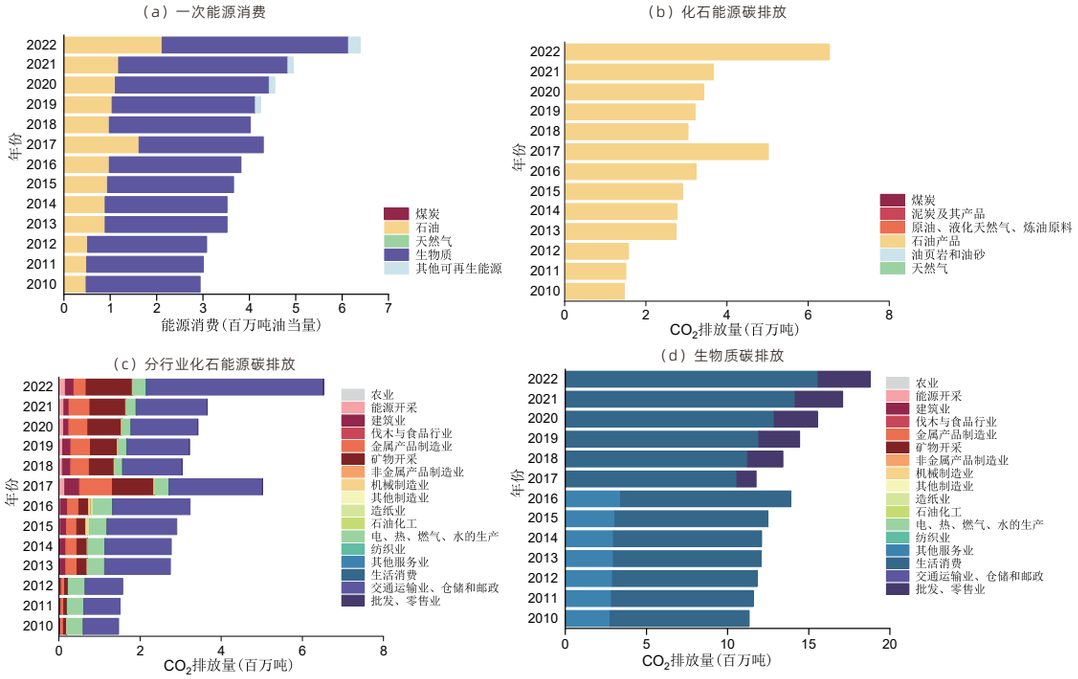
碳排放趋势

几内亚的二氧化碳排放总量在2010年到2022年呈现小幅波动、总体上升趋势，从2010年的12.8百万吨增长至2022年的25.3百万吨，涨幅97.7%。其中，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的1.5百万吨增长至2022年的6.5百万吨，涨幅333.3%。生物质的碳排放从2010年的11.3百万吨增加到2022年的18.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。对化石能源碳排放量进行对比后发现，2022年IEA化石能源碳排放为4.5百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为6.5百万吨，而EDGAR的数据为3.8百万吨，GCB的数据为4.2百万吨。可以看出CEADs和IEA、GCB统计的化石能源碳排放总量分别存在30.8%、35.4%的差距。其中，IEA的碳排放数据是国际能源机构秘书处根据现有多个机构的二手资料估算得来，其统计过程较为粗糙；而CEADs直接基于非洲能源委员会中几内亚国家官方发布的能源平衡表进行计算，数据统计更加准确，因此造成了核算结果的不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为25.3百万吨。



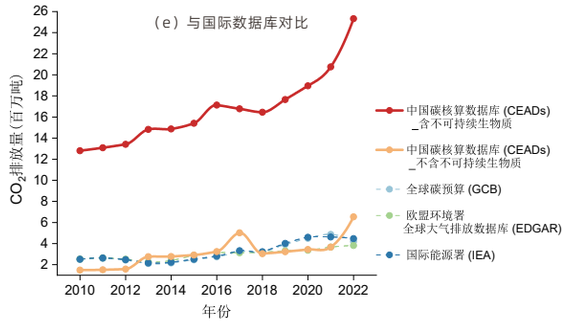


图3.11 几内亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

几内亚的能源平衡表共涉及13个能源品种，6个部门，各年份的数据来自非洲能源委员会对于能源消耗的统计，时间覆盖2010-2022年。分部门匹配采用世界银行、联合国商品贸易统计数据库中出口数据、以及globalEDGE的数据，基于工业部门、农业、商业与公共服务业的生产总值以及城镇居民比例，对部门进行降尺度分配到47个部门。

表3.11 几内亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/data-statistics-energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	世界银行（人口数据）	https://data.worldbank.org/country/guinea
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）（工业部门）	https://comtrada.un.org
	globalEDGE（农业和服务业）	https://comtradeplus.un.org/

津巴布韦
ZIMBABWE

国家背景

津巴布韦共和国，简称津巴布韦，位于非洲东南部，系内陆高原国。北与西北以赞比西河为界，与赞比亚为邻，东与东北和莫桑比克接壤，西与博茨瓦纳毗邻，南以林波波河与南非为界，国土面积约39.1万平方公里。2022年，津巴布韦人口1606.9万[176]，主要有绍纳族和恩德贝莱族。近些年来受灾害和疫情等影响，津巴布韦的经济困难进一步加剧。2022年，津巴布韦GDP为现价327.9亿美元，人均GDP为2040.6美元，GDP增长率为6.1%，通货膨胀率104.7%[176]。

津巴布韦是非洲工业较发达的国家，制造业、农业、矿业为经济三大支柱。2022年，津巴布韦三大产业产值中，农业、工业和服务业增加值占GDP的比重分别为18.8%、39.7%和41.5%[177]。津巴布韦自然资源丰富，有煤、铬、铁、铂金、金、钻石等，煤蕴藏量约270亿吨，铁蕴藏量约2.5亿吨。2022年津巴布韦贸易总额153亿美元，进口87亿美元，出口66亿美元[177]。津巴布韦与196个国家和地区有贸易关系，主要出口烟草、黄金、铁合金，主要进口机械、工业制成品和化工产品。

津巴布韦在利用太阳能、水力和生物质能源等各种可再生能源发电方面具有巨大潜力。津巴布韦政府于2019年提出了国家可再生能源政策(NREP)，这项政策举措可能会在预测期内推动津巴布韦的可再生能源市场，其目标是到2025年和2030年，可再生能源分别占总发电量（不包括大型水电）的 16.5% 和 26.5%，该政策还旨在到2030年，温室碳排放量减少33%[178]。

一次能源消费结构

津巴布韦的一次能源结构以生物质为主。2022年，津巴布韦煤炭消费占比16.9%，石油消费占比14.7%，化石能源消费总量占比接近31.6%。此外，2022年生物质消费量占一次能源消费比重为63.7%。太阳能等其他可再生能源占一次能源消费结构的4.7%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，煤炭和石油产品的碳排放占主要地位。2022年，煤炭产生碳排放7.3百万吨，占化石能源碳排放的60.1%；石油产品产生碳排放4.8百万吨，占化石能源碳排放的39.9%。煤炭消费所产生的碳排放从2010年的5.6百万吨增长到2022年的7.3百万吨，增长了29.3%。

分行业化石能源碳排放贡献

津巴布韦最大的二氧化碳排放来源于电、热、燃气、水的生产。从2010至2022年，电、热、燃气、水的生产部门所产生的化石能源碳排放呈现波动上升的趋势。2022年，电、热、燃气、水的生产部门的碳排放量为4.0百万吨，占化石能源碳排放总量的32.8%。此外，交通运输业、仓储和邮政是津巴布韦的第二大排放部门，碳排放总量约为2.3百万吨，占化石能源总排放的19.0%。

生物质碳排放特征

2022年，津巴布韦的生物质消费占一次能源消费结构的63.7%，主要用于生活消费，津巴布韦的生物质主要是柴火，来源于对森林的过度采伐，导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质消费并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，2010年至2022年间生物质消费产生的碳排放量经历了小幅的波动，碳排放量从24.0百万吨波动增加至32.3百万吨。

碳排放趋势

津巴布韦的二氧化碳排放呈现波动增长趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了62.7%，从7.5百万吨波动增加至12.1百万吨。此外，2010-2022年，生物质消费所产生的碳排放从24.0百万吨缓慢波动增至32.3百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，除个别年份外，CEADs计算的化石能源消费所产生的碳排放量与其他机构统计数据呈现出相似的趋势特征。2010-2018年与2021年，CEADs数据与GCB数据最为近似，差距约10%左右；2019年CEADs数据与IEA数据最为近似，差距约4%左右；2020年与2022年CEADs数据与EDGAR数据最为近似，差距约20%左右。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为44.5百万吨。此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为9.5百万吨。

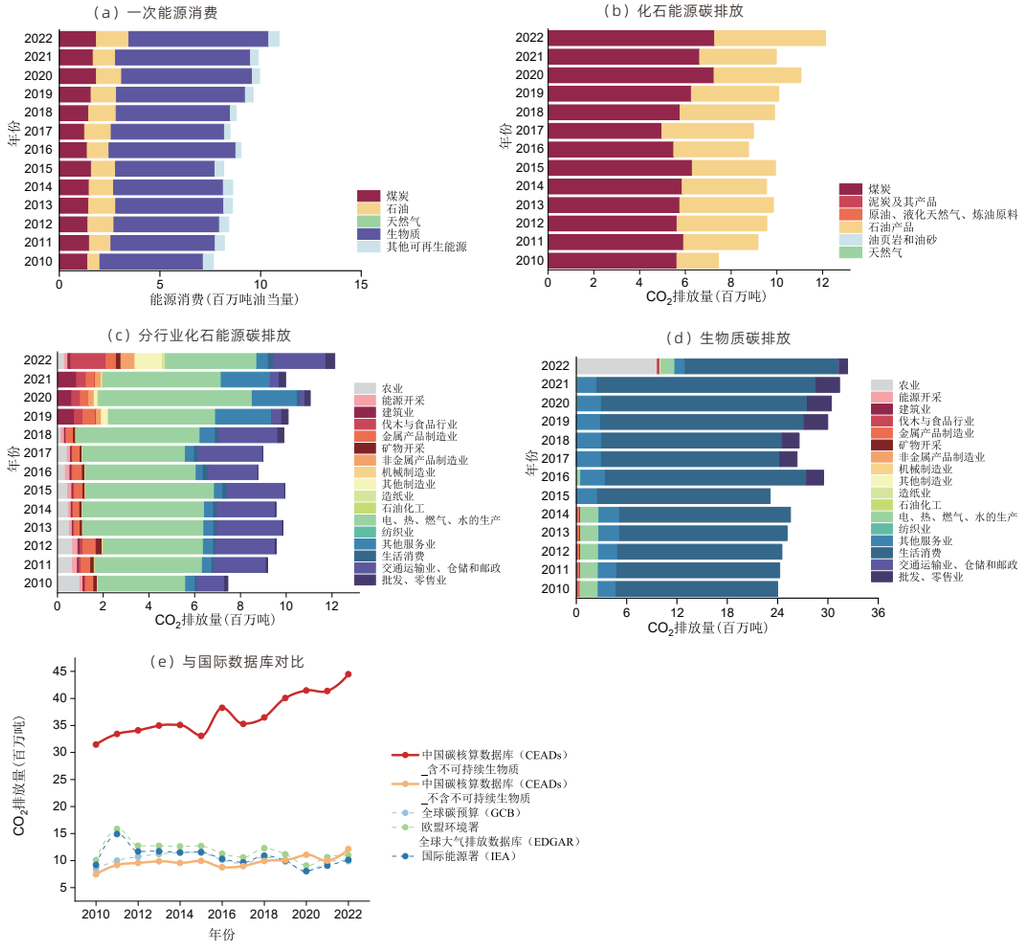


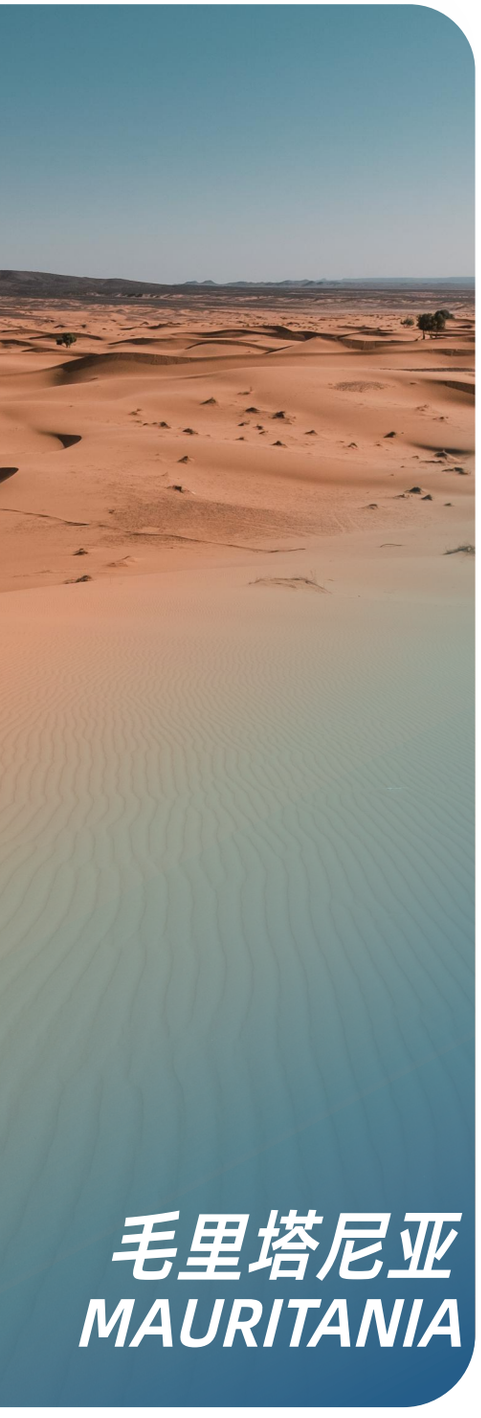
图3.12 津巴布韦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自非洲能源委员会提供的津巴布韦2010-2022年的能源平衡表。在分部门匹配上，我们以津巴布韦官方经济数据和联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.12 津巴布韦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（African Energy Commission）	https://au-afrec.org/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/
行业匹配指标	津巴布韦数据门户（Zimbabwe Data Portal）	https://zimbabwe.opendataforafrica.org/
	联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



毛里塔尼亚
MAURITANIA

国家背景

毛里塔尼亚位于非洲西北部，地处北纬15～27度之间，面积103.07万平方公里。毛里塔尼亚西濒大西洋，北部与西撒哈拉和阿尔及利亚接壤，东南部与马里为邻，南与塞内加尔相望。地区属热带沙漠性气候，广大北部和中部地区处于撒哈拉大沙漠西南部，全国3/4的面积为沙漠，素有“沙漠共和国”之称。毛里塔尼亚地处马格里布和西非之间，特殊的地理位置使其具有阿拉伯和撒哈拉以南非洲国家双重属性。2022年毛里塔尼亚的GDP（现价）为95.6亿美元，人口为487.6万人[179]。

采矿业和渔业是毛里塔尼亚的支柱性产业，其矿产资源较丰富，已探明铀、钴、锰、煤、钻石等400种矿物的存在迹象，其中铁矿砂储量约为107亿吨，铁矿砂出口占毛里塔尼亚对外出口的70%，国家财政收入的30%。此外，毛里塔尼亚濒临大西洋的海岸线长754公里，海域面积16.35万平方公里，是世界上渔业资源最丰富的地区之一，渔业资源储量估计为400万吨，每年可捕捞约160万吨。油气产业是毛里塔尼亚的新兴产业，农业和林业资源较为匮乏，可耕种土地53.5万公顷，其中13.5万公顷为灌溉田，35万公顷为雨水田，5万公顷为绿洲。但因水资源匮乏，水利设施薄弱，实际种植面积很小[180]。毛里塔尼亚主要出口铁矿砂和渔产品，铁矿砂主要出口中国，渔产品出口西班牙、日本、尼日利亚等国。

毛里塔尼亚在地理位置上具备优势，虽然在2022年的通电率为49.0%，但适合发展太阳能与风力发电，根据国际可再生能源机构预测毛里塔尼亚全国可再生能源发电潜力高达4千兆瓦时。毛里塔尼亚原先目标是到2020年可再生能源占其能源结构的20%（2018年已实现），新目标是到2030年将可再生能源的份额提高到50%。

一次能源消费结构

毛里塔尼亚的一次能源结构以石油产品为主。2022年化石能源消费只有石油产品，化石能源消费总量占一次能源消费比重为61.7%。此外，生物质占一次能源消费比重达37.0%，风能和太阳能等其他可再生能源占一次能源消费结构的1.3%。

化石能源碳排放特征

2022年毛里塔尼亚由化石能源消费所产生的碳排放量约为3.9百万吨，其中化石能源消费只有石油产品。石油产品消费导致的二氧化碳排放在2010-2022年整体呈现上升趋势，从2010年的2.1百万吨增至2022年的3.9百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

毛里塔尼亚最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政部门，2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近1.4百万吨，占毛里塔尼亚化石能源碳排放总量的36.9%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产行业，2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近1.3百万吨，占毛里塔尼亚化石能源碳排放总量的比重从2010年的14.8%增至2022年的33.4%。其次是矿物开采行业，其化石能源碳排放量远小于电、热、燃气、水的生产行业，其中，2022年矿物开采行业化石能源所产生的碳排放为0.3百万吨左右，占化石能源碳排放总量的7.8%。

生物质碳排放特征

2022年，毛里塔尼亚的生物质占一次能源消费结构的37.0%，其主要用于生活消费。毛里塔尼亚的生物质种类主要为木材和木炭，主要来源于森林，过度的采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此在核算期内该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质消费产生的二氧化碳排放量在2016-2022年呈现上升态势，从2016年的2.5百万吨增长至2022年为3.6百万吨。

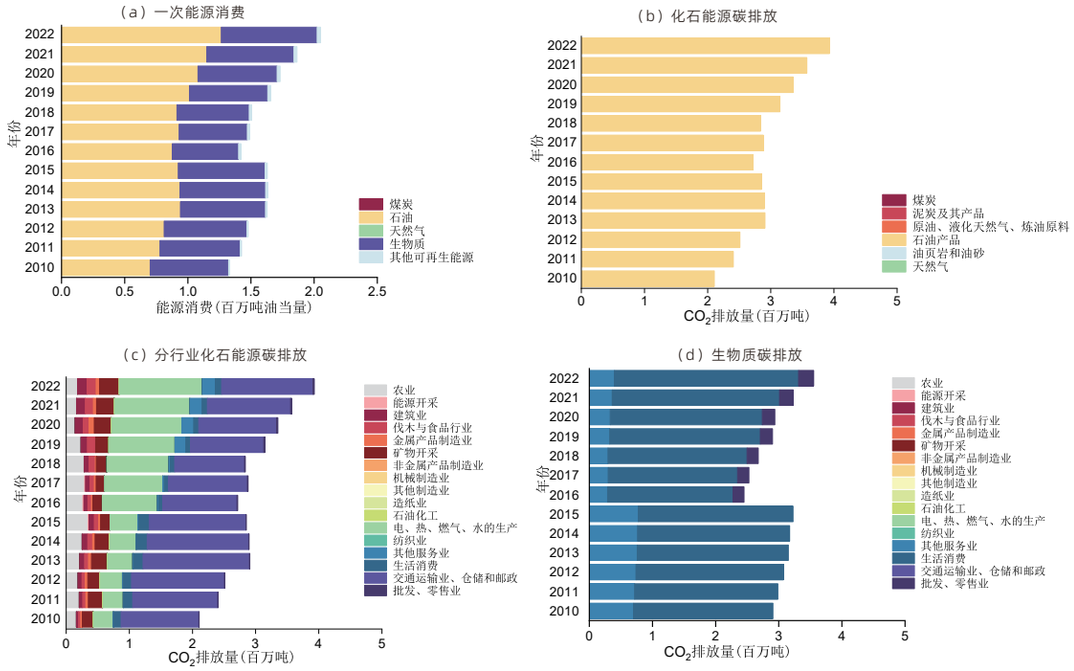
碳排放趋势

毛里塔尼亚的二氧化碳排放呈上升趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放从2.1百万吨增至2022年的3.9百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从2.9百万吨增加到3.6百万吨。

与国际数据库对比

统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年毛里塔尼亚碳排放总量的核算结果为CEADs 3.9百万吨，IEA 4.4百万吨，EDGAR 4.8百万吨，GCB 4.6百万吨；CEADs的化石能源碳排放数据低于IEA、GCB团队计算的数值，且在2010-2016年与EDGAR的数值相近，2016-2022年低于EDGAR数值。此外，2022年CEADs和IEA的差距有所减小，结果总量的差距不是很明显，大约在13%左右。从结果看，造成差异的主要原因在于统计口径的不同，CEADs采用了非洲能源委员会（AFREC）中的能源平衡表结果，而IEA则采用了年度能源问卷调查数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为7.5百万吨。



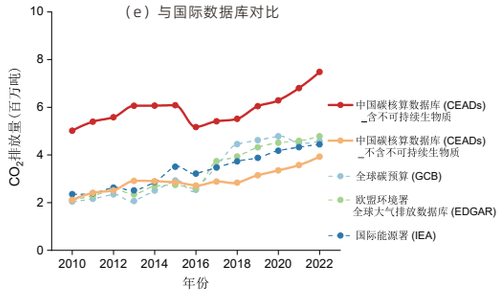


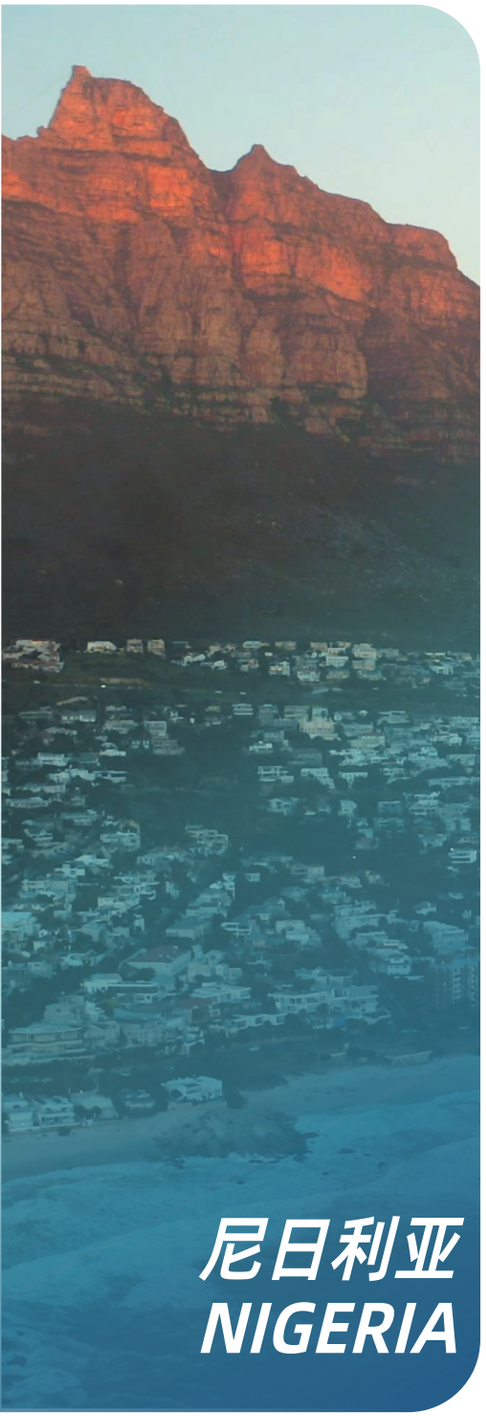
图3.13 毛里塔尼亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

毛里塔尼亚的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及12个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据和毛里塔尼亚本国的分部门数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.13毛里塔尼亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	毛里塔尼亚统计局	https://ons.mr/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）,出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

尼日利亚（英文：Federal Republic of Nigeria，全称：尼日利亚联邦共和国），位于西非东南部，是非洲几内亚湾西岸的顶点，邻国包括西边的贝宁，北边的尼日尔，东北方隔乍得湖与乍得接壤一小段国界，东和东南方向与喀麦隆毗连，南濒大西洋几内亚湾。尼日利亚作为西非的重要国家，是非洲第一人口大国，2022年总人口2.23亿；同时也是非洲第一大经济体，受疫情影响，2022年，尼日利亚国内生产总值为现价4774亿美元[181]。

尼日利亚的支柱产业是石油工业，占国家总收入的83%。石油储量居非洲第二、世界第十，是非洲最大的石油生产国和出口大国。天然气储量也很丰富，已探明天然气储量居非洲第一、世界第八。为了改变本国经济对石油工业的过多依赖，尼日利亚大力开发天然气资源。煤储量约27.5亿吨，为西非唯一产煤国。除能源开采外，尼日利亚其他产业相对落后，主要制造业为纺织、车辆装配、木材加工、水泥、食品加工等。农业占国内生产总值的40%，但不能实现粮食自给。尼日利亚拥有丰富的能源资源，至2014年已探明具有商业开采价值的矿产资源有30多种，但尼日利亚的采掘工业还处于初级阶段。在国际贸易方面，大量工业产品和粮食依赖进口，大量能源资源出口到世界各地，石油出口占总出口收入的98%[182]。

尼日利亚的可再生能源资源十分丰富，太阳能、风能、生物质等过去未得到足够重视的可再生能源，成为如今经济发展的推动力[183]。尼日利亚政府设定了可再生能源发展计划(REMP)，目标在2025年实现可再生能源占能源消费10%。为此，政府正在大力推动可再生能源产业的发展，特别是太阳能产业，为促进经济和保障电力供应安全做出更多贡献[184]。同时，尼日利亚也吸引了很多可再生能源境外投资和新兴技术。在“联合国气候变化纲要公约第26次缔约方会议”（COP26）上，尼日利亚总统布哈里表示，尼日利亚将在2060年实现净零排放。同时，尼日利亚正加大投资力度恢复生物多样性，为发展水电和太阳能发电项目寻找合作伙伴、技术和资金，使用太阳能解决方案为500万家庭和2500万人供电。

一次能源消费结构

尼日利亚的一次能源结构以生物质为主。2022年，尼日利亚石油消费占比30.6%，天然气消费占比18.2%，化石能源消费总量占比接近48.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达50.3%，太阳能等其他可再生能源在一次能源消费占比1.0%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油和天然气消费所产生的碳排放占据主导地位。石油产品作为尼日利亚最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放75.0百万吨，占化石能源碳排放的67.7%。天然气消费所产生的碳排放从2010年的19.3百万吨增长到2022年35.8百万吨，占比逐渐增大。

分行业化石能源碳排放贡献

尼日利亚最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该部门的化石能源碳排放为66.1百万吨，占尼日利亚化石能源碳排放总量的59.7%，同时该部门也是近年来化石能源碳排放占比增长最迅速的部门。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，这是尼日利亚近年来的第二大化石能源碳排放部门，在2022年占化石能源碳排放总量的16.7%，主要使用柴油、汽油、燃油。第三是能源开采，其中石油和天然气开采所产生的排放占化石能源碳排放总量的9.4%。

生物质碳排放特征

2022年尼日利亚的生物质能占一次能源消费结构的50.3%左右，主要用于家庭部门和电、热、燃气、水的生产消耗使用，在尼日利亚的能源结构中占据了重要位置。生物质种类主要是木材、木炭、粪肥、作物残渣等等，传统生物质能带来的碳排放在尼日利亚占据了重要比例[185]。从时间趋势上看，生物质的碳排放总体上呈增长趋势，从2010年的650.8百万吨增加到2021年的747.4百万吨，随后在2022年急速下降至190.5百万吨。其中，2015-2016年生物质碳排放量呈现明显下降，这可能与当时油价大跌经济衰退的背景有关。此外，尼日利亚政府也在大力推行可再生能源的使用与普及，近年来虽然生物质能的碳排放量仍呈现正增长，但是增长速度出现放缓。由于传统生物质并未完整地在经济市场中进行交易，统计数据可能存在不确定性[186]。

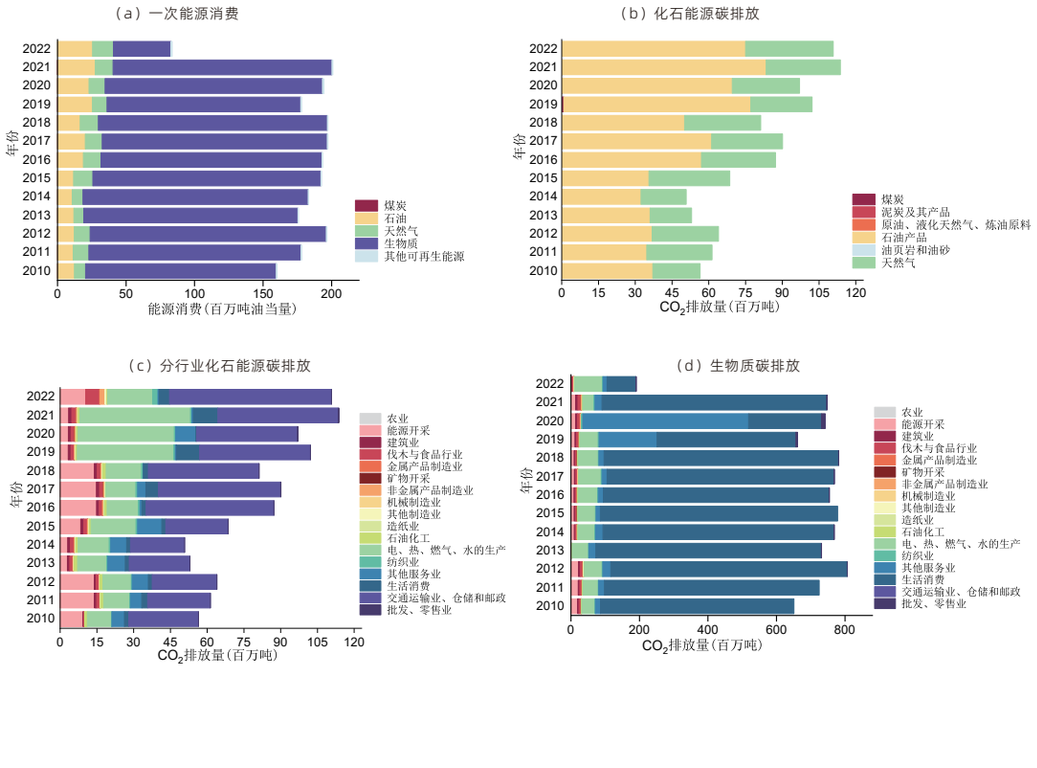
碳排放趋势

尼日利亚的化石能源碳排放呈现波动增长趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了96.2%，从56.4百万吨波动增加至110.7百万吨。此外，2010-2021年，生物质消费所产生的碳排放从650.8百万吨波动增至747.4百万吨，随后在2022年急速下降至190.5百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的。对化石能源碳排放量进行对比后发现，2022年GCB化石能源碳排放为110.3百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为110.7百万吨，而EDGAR的数据为130.1百万吨，IEA的数据为100.4百万吨。2013-2014年CEADs数据与各个机构数据差异较大，误差约为50%左右。造成此误差的原因可能是2013-2014尼日利亚天然气的能源转换和能源自用部门大幅减少。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为301.2百万吨。



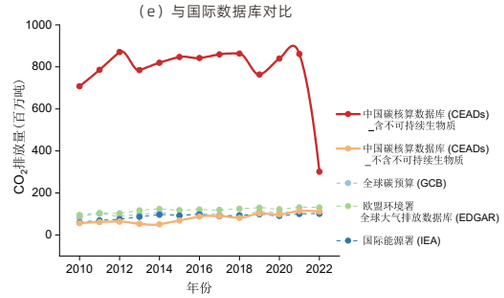


图3.14 尼日利亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

尼日利亚的能源平衡表共涉及7个能源品种，6个部门，数据来自非洲能源委员会对于能源消耗的统计。分部门匹配采用尼日利亚官方统计网站的数据，基于工业部门产出、农业、建筑交通等的生产总值以及城镇居民比例，对部门进行降尺度分配到47个部门。

表3.14 尼日利亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/en/western-africa/nigeria
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	尼日利亚官方统计网站	https://nigeria.opendataforafrica.org/NGNBSNGDPPTO2016/nigerian-gross-domestic-product-report#

肯尼亚
KENYA

国家背景

肯尼亚是一个位于非洲东部的国家，赤道横贯中部，东非大裂谷纵贯南北。东邻索马里，南接坦桑尼亚，西连乌干达，北与埃塞俄比亚、南苏丹交界，东南濒临印度洋，海岸线长536公里。国土面积的18%为可耕地，其余主要适用于畜牧业，国土面积58.3万平方公里。2022年，肯尼亚的GDP为现价1144.5亿美元。人口方面，肯尼亚的人口为5425万。

肯尼亚是撒哈拉以南非洲地区中排名第四的经济体。农林牧业仍然是肯尼亚的主导产业，但受制于不利的天气条件和越来越严格的禁伐规定，2022年其在国内生产总值中的份额为22.3%，同比下降0.1%。茶叶和咖啡依然是肯尼亚的传统经济作物，是出口贸易的重要组成部分。肯尼亚制造业的GDP占比仅为8.3%，并且处于下降趋势。服务业方面，旅游业仍然是肯尼亚主要的经济驱动力之一。

根据肯尼亚的《国家发展计划》，相较于基准情境下的碳排放143百万吨，肯尼亚计划在2030年之前将其温室气体排放量减少43百万吨（30%）。根据《2015-2035年发电和传输总体规划》，地热将占发电装机容量的三分之一，在2035年提供超过一半的年发电量，使肯尼亚成为非洲领先的地热发电国家[187]。

一次能源消费结构

肯尼亚的一次能源结构以生物质为主。2022年，化石能源消费总量占比约19.5%，具体地，煤炭消费占比2.6%，石油消费占比16.9%，无天然气使用。此外，地热能、水能、风能及其他可再生能源占一次能源结构的34.1%，其中绝大部分为地热能；生物质占一次能源消费比重达46.4%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品和煤炭消费是肯尼亚化石能源碳排放的主要来源。石油产品作为肯尼亚最主要的化石能源(主要为柴油和汽油)，2022年其消费产生二氧化碳排放14.2百万吨，占化石能源碳排放的83.3%。煤炭消费所产生的二氧化碳排放从2010年的1.1百万吨增长到2022年2.9百万吨，增长速度明显。

分行业化石能源碳排放贡献

肯尼亚化石能源消费所产生的二氧化碳排放最大的行业是交通运输业、仓储和邮政，也是化石能源碳排放增长速率最快的行业，从2010年的4.7百万吨增长到2022年的9.1百万吨，2022年占化石能源碳排放的比重约为53.4%。其他服务业的化石能源碳排放量增长迅速，2022年为1.1百万吨，占化石能源碳排放的6.2%。电、热、燃气、水的生产行业也是肯尼亚重要的化石能源碳排放来源，该行业消费化石能源所产生的碳排放呈现“先增后减”的趋势。由于地热能和水能的快速发展，该行业的化石能源碳排放增长趋势从2013年开始减缓。

生物质碳排放特征

2022年，肯尼亚的生物质消费占一次能源消费结构的46.4%，主要用于生活消费。肯尼亚的生物质种类主要为木柴和木炭，主要来源于森林，过度的采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。2010-2014年，生物质消费逐渐增加，2014年其产生二氧化碳排放量达71.4百万吨。然而，考虑到木材燃烧对环境和人类健康的危害，自2015年以来，政府采取了禁止伐木和限制木炭贸易的政策，生物质的消费出现了一定程度上的下降，2022年生物质消费产生的二氧化碳排放为60.7百万吨。由于统计口径差异，生物质碳排放在行业分布上有所不同。2015年及之后发布的能源平衡表中，原本在2014年及以前划归“居民消费”的生物质能源消费量被划入“居民消费”和“其他消费”两个行业，统计口径变更导致2016年以后其他消费的生物质碳排放量核算结果升高，居民消费的生物质碳排放量核算结果降低。

碳排放趋势

在2010年至2022年间，肯尼亚的化石能源消费所产生的二氧化碳排放从10.3百万吨增至17.0百万吨，年均增长率为4.3%。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放增长了约38.0%，从44.0百万吨最高增长至2014年的71.4百万吨，随后降至2022年的60.7百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的化石能源碳排放量与IEA和GCB数据基本一致，略高于IEA结果，略低于GCB结果。在2010年至2022年，CEADs数据均略低于EDGAR数据，2016年至2020年CEADs数据略高于IEA数据。CEADs的结果与IEA数据差距在3%至13%之间。IEA的数据来源于肯尼亚中央统计局的《经济调查》，以及国际可再生能源机构的《2020年可再生能源统计》，而CEADs的数据来源于肯尼亚中央统计局的《经济调查》，故数据一致性较高。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为77.8百万吨。

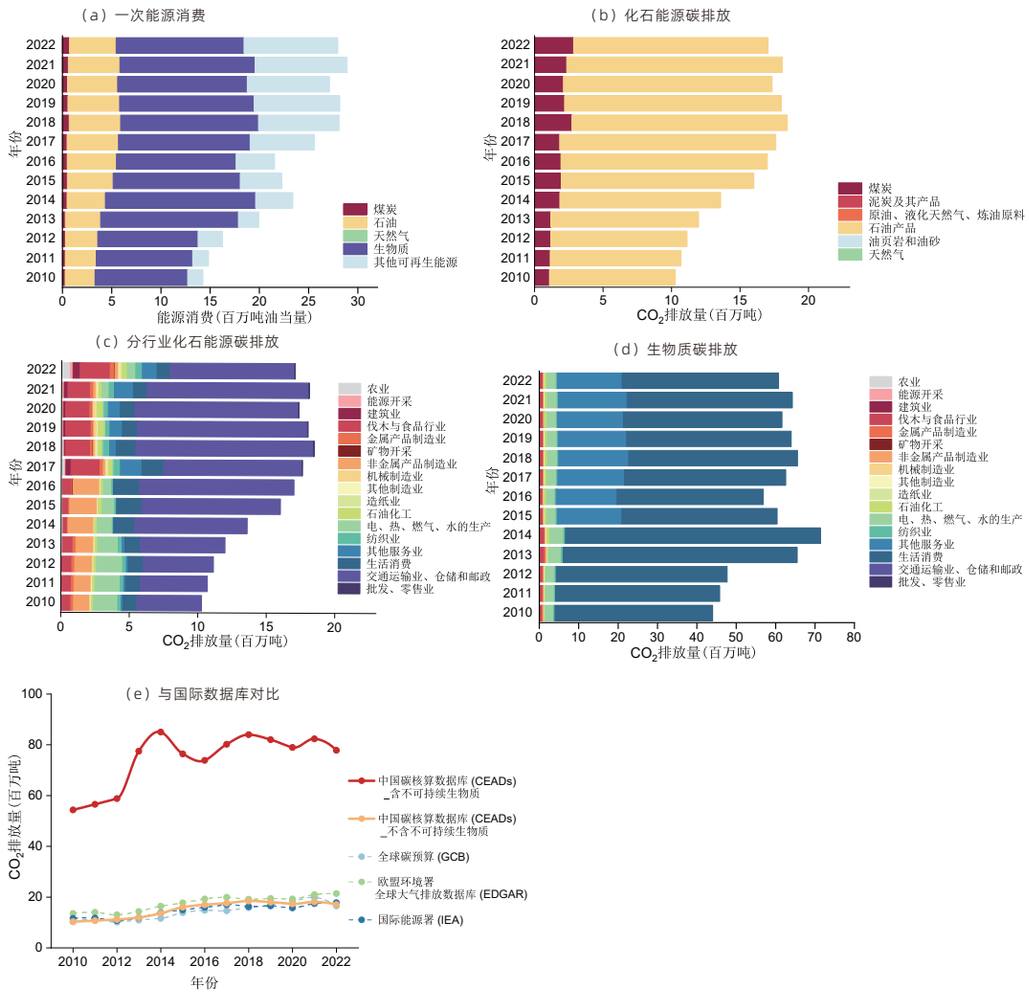


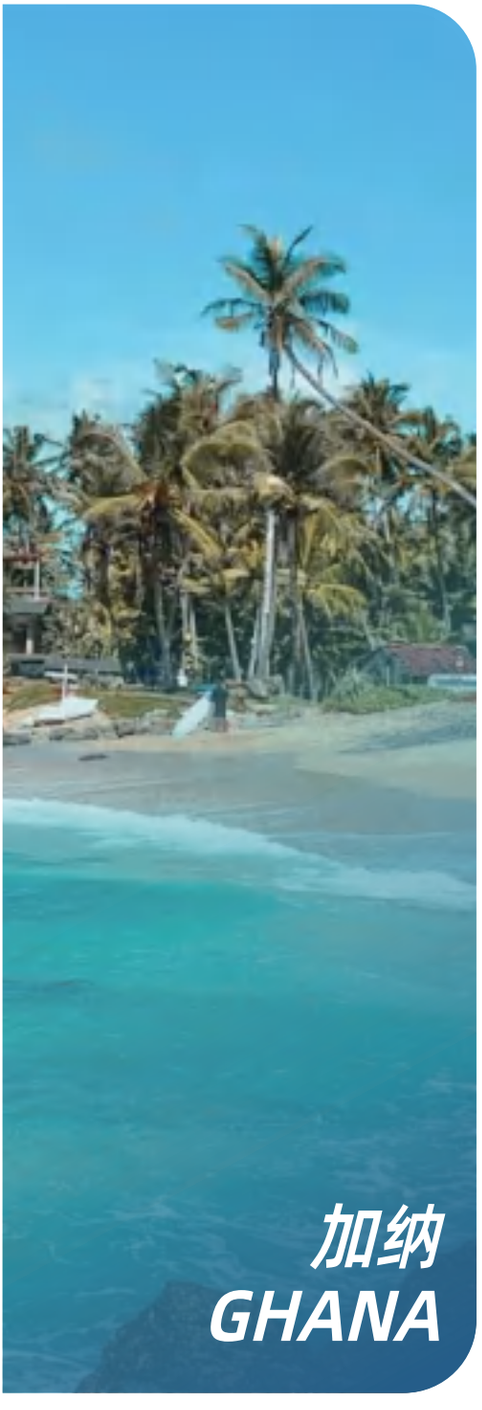
图3.15 肯尼亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从肯尼亚国家统计局网站上获取了肯尼亚2012-2022年能源平衡表，其中包含了肯尼亚9种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及7个大类经济行业的能源消费数据。其中在分部门匹配上，我们采用肯尼亚统计局官方数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.15 肯尼亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	肯尼亚国家统计局	https://www.knbs.or.ke/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	肯尼亚统计局	https://www.knbs.or.ke/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）出口数据	https://comtrada.un.org



国家背景

加纳位于非洲西部、几内亚湾北岸，西邻科特迪瓦，北接布基纳法索，东毗多哥，南濒大西洋，海岸线长约562公里。地形南北长、东西窄。2022年，加纳的GDP为现价742.6亿美元，人口为3315万，是在撒哈拉以南非洲地区排名第六的经济体。

加纳拥有丰富的自然资源基础，主要出口产业包括数字技术产品的制造，汽车和船舶的建造和出口，以及油气和工业矿物等多样化的资源出口。服务业在国民经济中占主导地位（约50%），工业的GDP份额从2009年的18.5%上升到2019年的32.0%，农业从2009年的31.0%下降到2019年的17.3%。加纳是非洲第二大黄金生产国（仅次于南非）和第二大可可生产国（仅次于科特迪瓦）[188]。2020年，加纳的首要出口产品是黄金（约114亿美元）、原油（约29亿美元）、可可豆（约24亿美元）和可可膏，主要出口到瑞士、印度和中国。加纳还参与了“一带一路”倡议，并与中国加强了经济和贸易合作。

根据国家能源战略计划（2006~2020年），政府设定的目标是到2030年将可再生能源的比例提高到10%，并实现普及。随着国家自主贡献（INDC）的签署，加纳的减排目标是到2030年无条件地将其温室气体排放量比基准情景下的7395万吨二氧化碳排放量减少15%。

一次能源消费结构

加纳的一次能源结构主要以石油和生物质为主。2022年，加纳化石能源消费占一次能源消费结构的65.2%，以石油和天然气为主，无煤炭消费量。其中，石油消费占比37.8%；天然气消费占比27.4%，相比2021年略有下降。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费结构的6.4%；生物质占一次能源消费比重达28.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品和天然气消费是加纳化石能源碳排放的主要来源，2022年分别占化石能源碳排放的63.3%和36.3%。且石油产品消费所产生的二氧化碳排放量从2010-2022年整体增长态势，2019年与2022年略有下降，2022年达到12.7百万吨。加纳一直积极推广使用天然气，其消费所产生的二氧化碳排放呈总量小、增长快的特点，2022年达到7.3百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

加纳化石能源消费所产生二氧化碳排放最高的行业为交通运输业、仓储和邮政。2022年，该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放量为10.0百万吨，占化石能源碳排放总量的50.0%。电、热、燃气、水的生产行业是加纳第二大化石能源碳排放行业，2022年为7.0百万吨，相比于2021年上升约13.5%，体现出加纳电力部门的需求量不断升高。

生物质碳排放特征

2022年，加纳的生物质占一次能源消费结构的28.5%，占比略有上升，其主要用于生活消费。加纳的生物质种类主要为木材和木炭，主要来源于森林，过度的采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。森林面积占比从1990年的44%下降至2020年的35%。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此在核算期内该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质消费所产生的二氧化碳排放量总体呈现上升态势，从2010年的13.8百万吨增长至2022年的15.1百万吨。

碳排放趋势

2010-2022年，加纳化石能源消费所产生的二氧化碳呈较为迅速的上升趋势，从10.2百万吨增至20.0百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从13.8百万吨增加到15.1百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。CEADs核算的化石能源碳排放量与GCB数据接近，误差约为0.3%。2018-2022年，CEADs的排放量略高于GCB的结果，差距在10%以内（主要是石油产品的数据差异）。IEA的数据来源是加纳能源委员会能源统计数据，与CEADs的数据来源一致，误差约为7%。而CEADs数据在2010至2022年间低于EDGAR数据，误差在10%到17%之间。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为35.1百万吨。

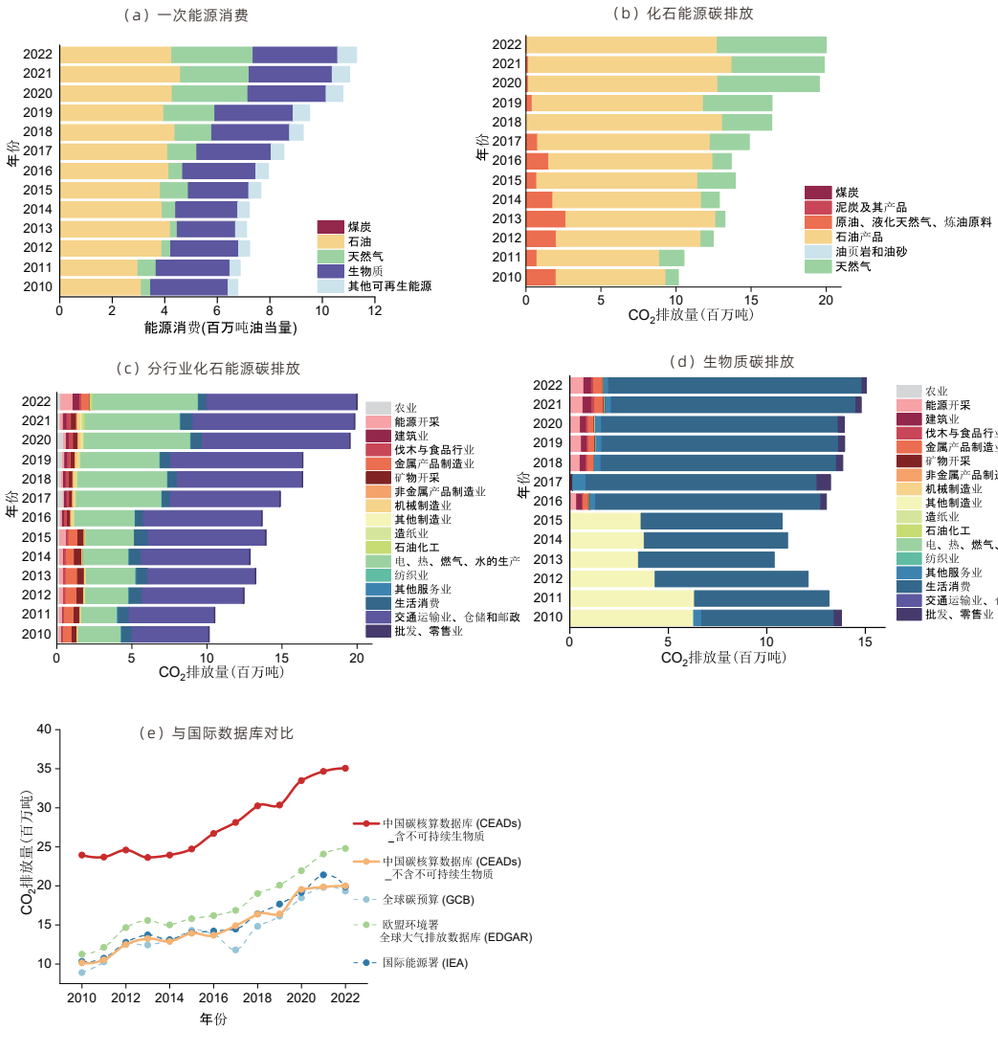


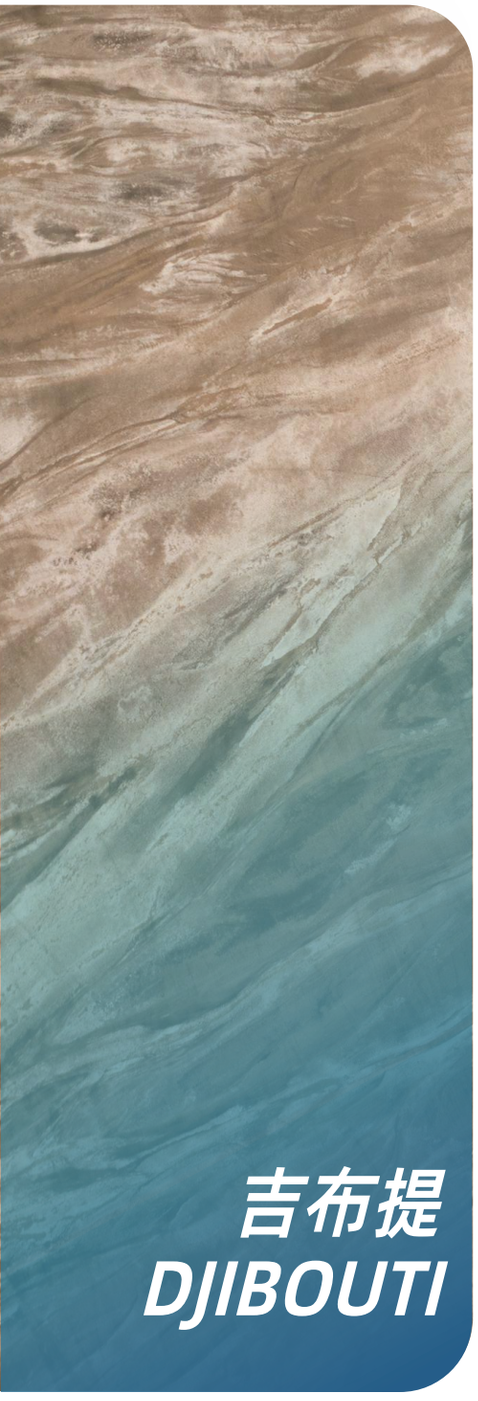
图3.16 加纳2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从加纳能源部和非洲能源委员会网站上上获取了加纳2010-2022年能源平衡表，其中包含了加纳7种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及6个大类经济行业的能源消费数据。其中在分部门匹配上，我们采用联合国（UN）分行业增加值数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.16 加纳排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	加纳能源部	http://www.energycom.gov.gh/files
排放因子	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/
行业匹配指标	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
	UN增加值(VA)数据	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts
	联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/



吉布提
DJIBOUTI

国家背景

吉布提位于红海口，非洲东部，陆路与厄立特里亚、埃塞俄比亚和索马里接壤，海路与也门接壤，地理位置优越，人口不足100万，是非洲最小的国家之一。该国缺乏自然资源，工业活动不多，经济十分依赖物流服务，以及通过其国际港口的贸易。2022年，吉布提的国内生产总值为现价36.7亿美元，其中服务业占比为约77%。

吉布提的自然资源贫乏，工农业基础薄弱，95%以上农产品和工业品依靠进口。交通运输、商业和服务业（主要是港口服务业）在经济中占主导地位。近年来，吉布提积极调整经济政策，争取外援外资，重点发展第三产业，并加紧实施基础设施建设，积极参与地区一体化进程。吉布提充分利用其战略位置，港口转口贸易占很大比重，其已成为埃塞俄比亚的主要海上贸易通道。2020年吉布提处理了埃塞俄比亚90%以上的出口和进口货物。吉布提的主要出口商品包括盐、鱼类、皮革、香料等，主要进口商品为石油、食品、机械设备等。吉布提仍然严重依赖从埃塞俄比亚进口的电力，占其供应量的70%左右。

同时，吉布提政府继续推进2035年可再生能源目标的计划，计划增加太阳能和风能的利用，以减轻其能源安全风险。因此，该国积极与摩洛哥、西班牙、美国、法国等国家合作开发地热、风能和太阳能等可再生能源，以满足日益增长的居民和工业用电需求，减少对外能源依存度，促进经济发展和清洁能源转型[189]。此外，吉布提政府已承诺到2030年将温室气体排放量相较于基准情景减少40%，约2百万吨二氧化碳。

一次能源消费结构

吉布提的一次能源结构以生物质为主。2022年，吉布提化石能源消费占一次能源消费结构的38.0%，能源结构相对单一，主要以石油为主，没有煤炭和天然气消费。此外，可再生能源基础薄弱；生物质占一次能源消费比重达62.0%。

化石能源碳排放特征

吉布提的化石能源消费仅限于石油产品，其化石能源消费所产生的二氧化碳排放量在2017年出现大幅下降，源自石油消费量的大幅下降。2010年至2022年间二氧化碳的排放先保持平稳后下降，2022年共产生二氧化碳排放0.5百万吨，年均增长率为-2.0%。

分行业化石能源碳排放贡献

吉布提化石能源消费所产生的二氧化碳排放最多的行业是交通运输业、仓储和邮政。其2022年消费化石能源所产生的二氧化碳排放为0.32百万吨，占化石能源碳排放总量的66.5%；其次为电、热、燃气、水的生产行业，2022年化石能源碳排放量为0.06百万吨。由于吉布提的化石能源消耗总量不断下降，其各行业的化石能源碳排放均持续下降。

生物质碳排放特征

2022年，吉布提的生物质消费占一次能源消费结构的62.0%，主要用于生活消费。吉布提的生物质种类主要为木柴，森林的过度采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质的二氧化碳排放量总体保持稳步增长，2022年产生二氧化碳排放1.2百万吨。

碳排放趋势

2010年至2022年，吉布提的化石能源消费所产生的二氧化碳排放减少了21.1%，从0.6百万吨下降至0.5百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从0.8百万吨增加到1.2百万吨，持续上升。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，各机构的核算结果大致是相同的（尤其是2017年后），而核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。CEADs核算的化石能源碳排放与GCB数据接近，2019年之后的误差在7%以内。从2010年到2018年，CEADs的排放量略高于GCB的结果，差距约为24万吨。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为1.7百万吨。

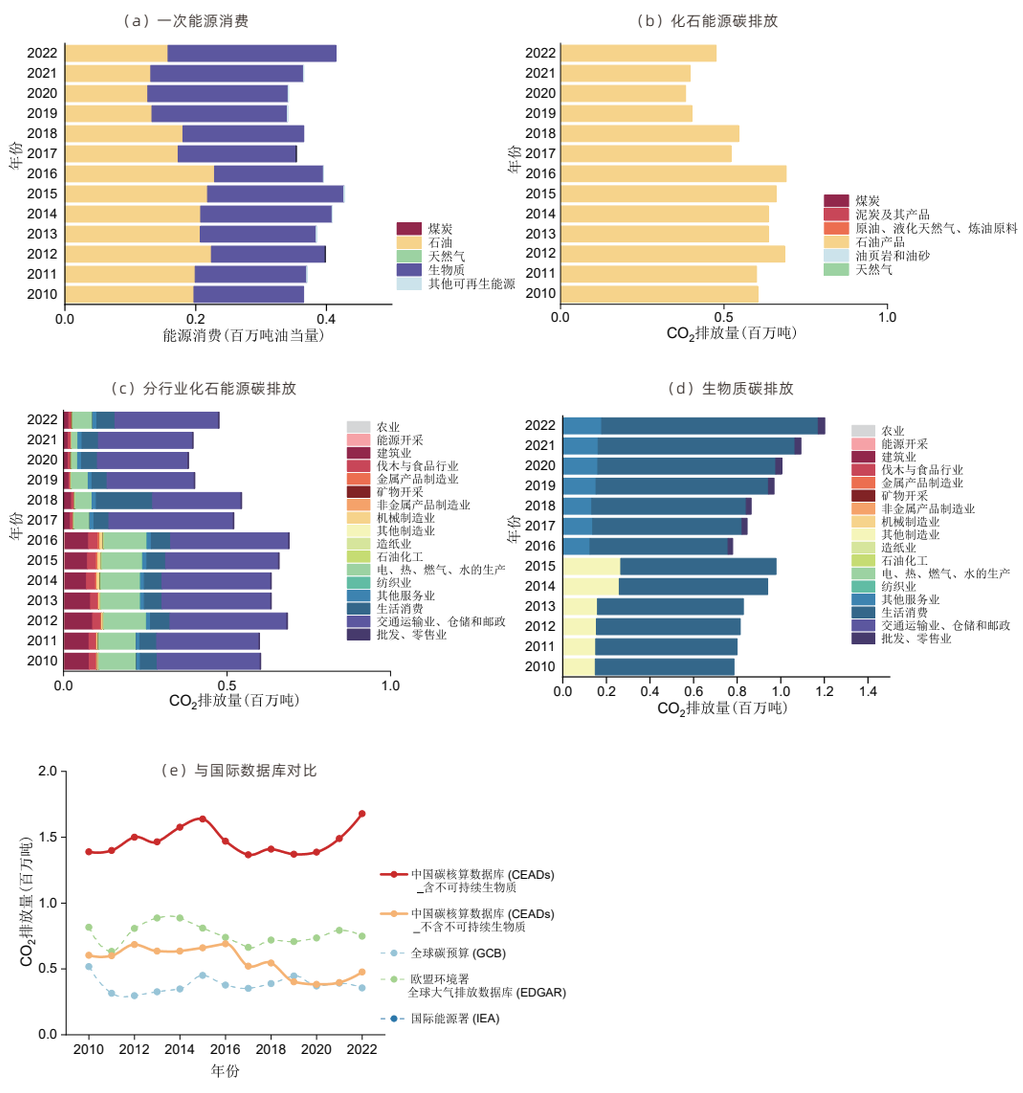


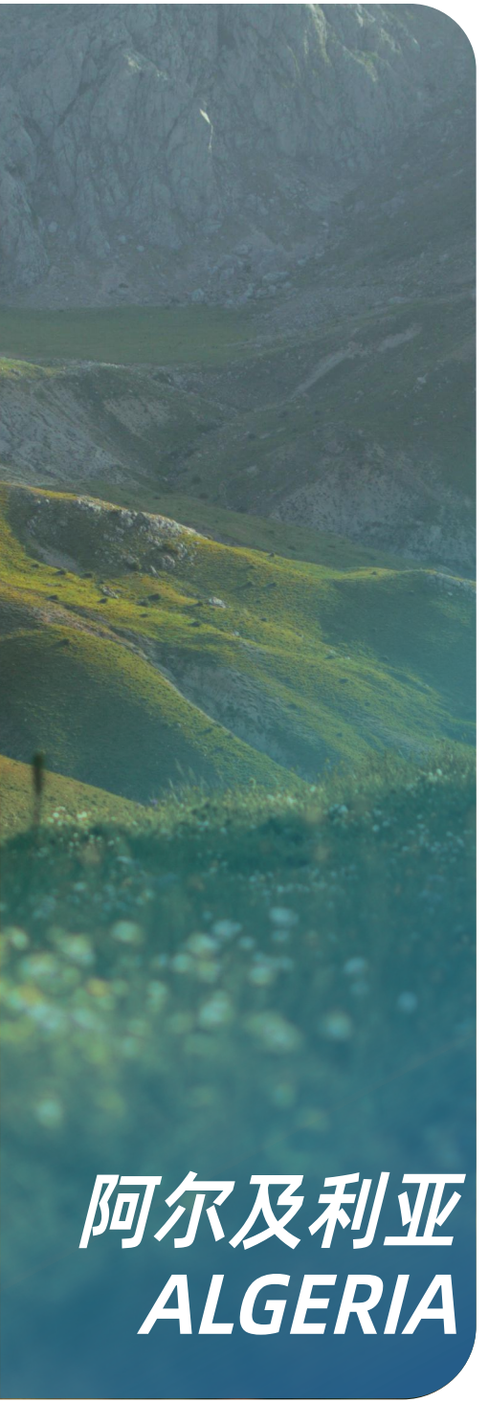
图3.17 吉布提2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从非洲能源委员会网站上获取吉布提能源平衡表，其中包含了吉布提9种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及7个大类经济行业的能源消费数据。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.17 吉布提排放核算的数据来

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/bk-keyafrica-en.php
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrade.un.org/
	吉布提国民账户	http://www.insd.dj/accueil.php



阿尔及利亚
ALGERIA

国家背景

阿尔及利亚位于非洲北部，北临地中海，与利比亚、突尼斯、摩洛哥等国接壤，是非洲国土面积最大的国家[190]。阿尔及利亚是非洲最大的经济体之一，2022年GDP总量（现价）为2256.4亿美元[191]，人口为4547.7万人[2]。

阿尔及利亚天然气和石油资源丰富，天然气储量居世界第10位，石油储量居世界第15位。天然气和石油产业是阿尔及利亚国民经济的支柱，2022年占全国GDP的45.1%，其出口占国家出口总额的90%以上[190]，主要出口国为欧盟国家、美国等；除天然气和石油产业外，国家钢铁、冶金、机械、电力等工业部门不发达，2022年制造业对GDP的贡献仅占5.2%；阿尔及利亚农业体量大，2022年约占全国GDP的12%，但粮食自给率低，粮食、奶、油、糖等依赖进口，主要进口国为法国、德国、美国等。

由于国土面积的86%为撒哈拉沙漠，阿尔及利亚拥有丰富的太阳能和风能资源。根据《联合国气候变化框架公约》，阿尔及利亚在国家自主贡献中承诺，到2030年，全国温室气体排放量比2010年减少7%至22%，全国27%的电力来自于可再生能源。

一次能源消费结构

阿尔及利亚的一次能源结构以天然气和石油为主。2022年，天然气消费占比64.8%，石油消费占比35.0%。此外，太阳能等可再生能源占一次能源消费的比重为0.1%；一次能源结构中生物质能源的比例非常小。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，天然气和石油的碳排放占据主导地位。天然气作为阿尔及利亚最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放86.7百万吨。石油产品消费在2022年共产生碳排放57.1百万吨。自2010年以来，天然气消费所产生的碳排放在化石能源碳排放中的占比逐渐提高，从2010年的46.3%提高到2022年的59.4%，石油消费所产生的碳排放在化石能源碳排放中的占比逐渐降低，从2010年的50.5%降低到2022年的39.1%。

分行业化石能源碳排放贡献

阿尔及利亚最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该部门所产生的碳排放量为46.1百万吨，占阿尔及利亚化石能源碳排放总量的31.5%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，这是阿尔及利亚近年来的第二大化石能源碳排放部门，在2022年共产生碳排放42.5百万吨，占化石能源碳排放总量的29.1%。第三大化石能源碳排放部门是生活消费，在2022年消费化石能源所产生的碳排放高达26.3百万吨。

生物质碳排放特征

2022年阿尔及利亚的生物质能占一次能源消费结构的远不足0.02%。阿尔及利亚的生物质种类主要为木柴和木炭，使得森林遭受过度采伐，导致森林覆盖减少和森林退化。森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。从时间趋势上看，生物质的碳排放总体呈下降趋势，从2010年的0.0431百万吨下降到2022年的0.004百万吨。

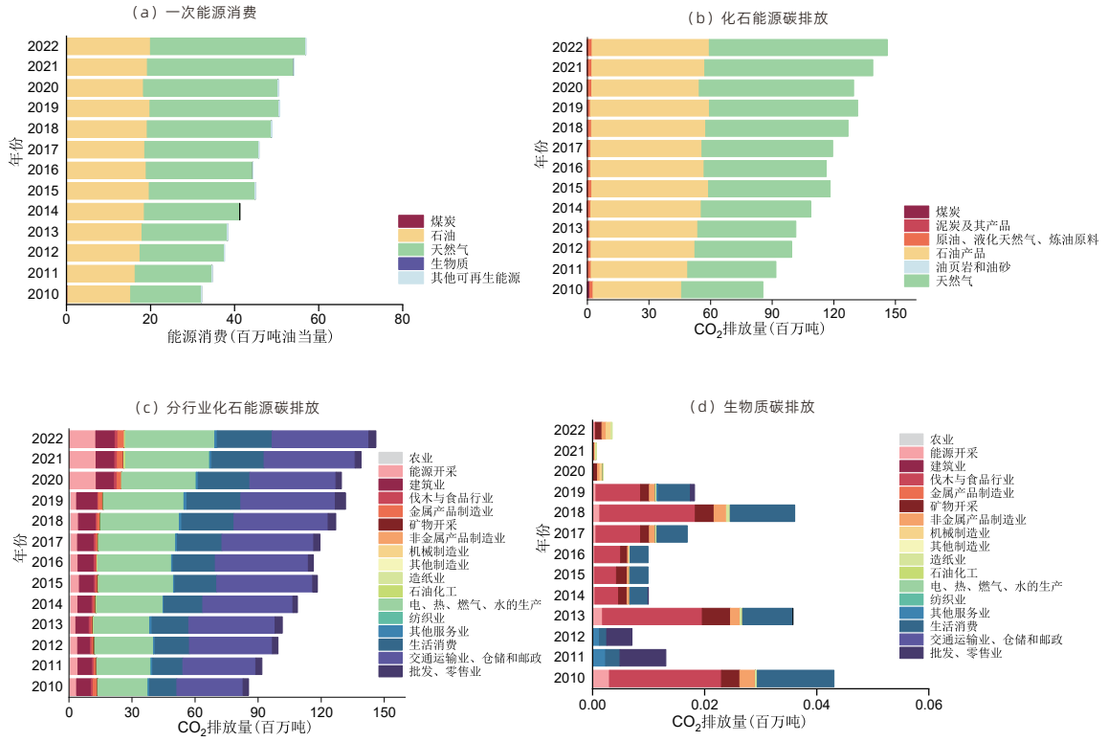
碳排放趋势

在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了70.9%，从85.4百万吨增至146.1百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从0.0431百万吨减少到0.004百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的化石能源二氧化碳排放数据大致与GCB、EDGAR以及IEA发布的结果是相似的，核算方法和基础数据的差异使得每年的结果有所不同。其中EDGAR的化石能源碳排放量最高；IEA和GCB的化石能源碳排放量接近，且与CEADs数据相差15%左右。在比较CEADs与IEA分行业化石能源碳排放时，结果存在差异。例如，2013年CEADs的化石能源碳排放量为101.5百万吨，而IEA的数据为115.8百万吨，存在14.2%的差距。从结果来看，造成差异的主要原因，一个是排放因子，CEADs具有更为详细的能源分类，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙。其次是各部门的能源消耗数据，例如IEA在统计上农业部门能源使用数据缺失，其他未分类行业的数据与官方发布的能源平衡表存在差异，因此造成了核算结果的不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为146.1百万吨。



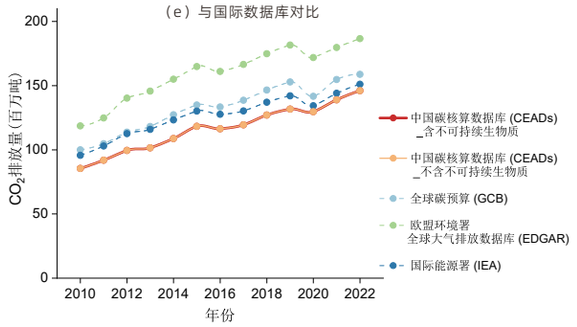


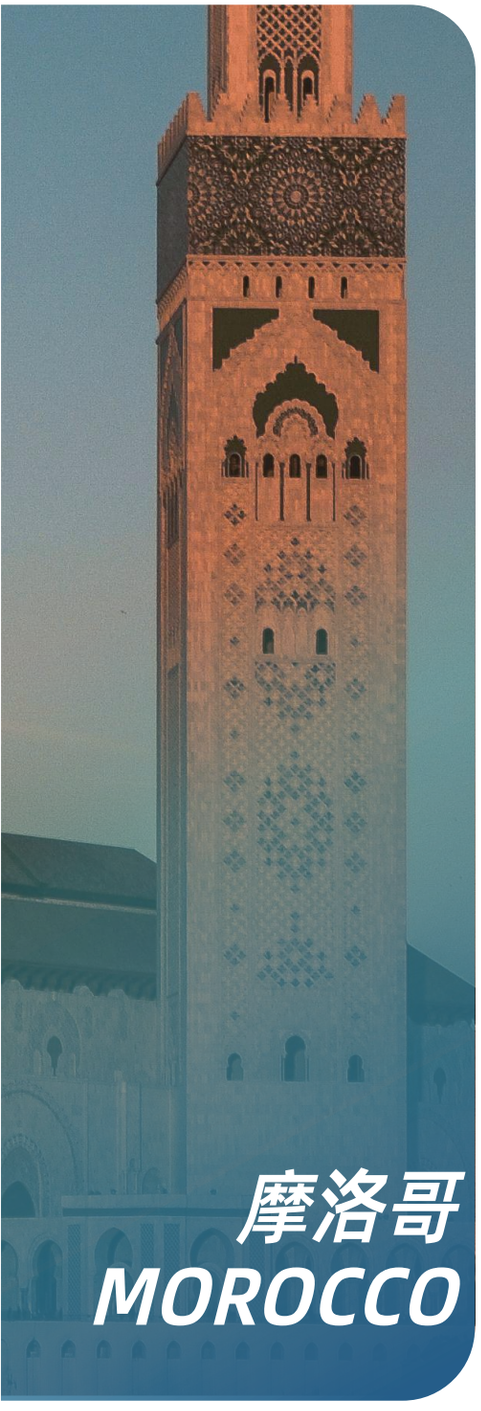
图3.18 阿尔及利亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放； (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

阿尔及利亚的能源平衡表均来自于能源与矿产部，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及22个能源品种，16个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）的出口数据和阿尔及利亚本国的分部门数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.18 阿尔及利亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/bk-keyafrica-en.php
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrade.un.org/
	吉布提国民账户	http://www.insd.dj/accueil.php



国家背景

摩洛哥王国，简称摩洛哥，位于非洲西北端。东、东南接壤阿尔及利亚，南部为西撒哈拉，西濒大西洋，北隔直布罗陀海峡与西班牙相望，扼地中海入大西洋的门户；海岸线1700多公里；国土面积约45.9万平方公里。2022年，摩洛哥王国总人口为3667万人。阿拉伯语为国语，通用法语[192]。信奉伊斯兰教。摩洛哥的经济总量（2022年）在非洲排名第五（在尼日利亚、埃及、南非、阿尔及利亚之后），在北非排名第三，属于非洲规模较大的经济体[193]，2022年国内生产总值约为现价1309.5亿美元。[194]

磷酸盐出口、旅游业、侨汇是摩洛哥经济主要支柱。农业有一定基础，2022年约占GDP总量的9.3%，但粮食不能自给。渔业资源丰富，产量居非洲首位，但整体产值不高，约占GDP总量的0.5%。第三产业较为发达，产值占2022年GDP的54.6%，其中汽车贸易与维修的产值较高。磷酸盐为摩洛哥的主要资源，已探明储量1100亿吨，占世界储量的75%。其它矿产资源有铁、铅、锌、钴、锰、钡、铜、盐、磁铁矿、无烟煤、油页岩等。其中油页岩储量1000亿吨以上，含原油60亿吨。但能源资源相对匮乏，目前超过95%的基础能源依赖进口。在国际贸易方面，同90多个国家和地区有贸易往来，主要贸易伙伴为欧洲国家，占进出口总额约70%。西班牙和法国是摩洛哥最重要的贸易伙伴国。其出口产品主要是机电产品、运输设备、非针织服装、肥料、无机化学品、建筑材料等，主要出口国为西班牙、法国、意大利；进口产品主要为矿物燃料、机电产品、机械设备、运输设备、粮食等，主要进口国为西班牙、法国、中国[193]。

此外，摩洛哥的风能、太阳能资源较丰富。摩洛哥积极发展可再生能源，制定可再生能源发展战略，计划到2030年将可再生能源总装机量占其全部电力生产的比例提高到52%，到2050年实现新能源装机总量100%。目前在建的努奥光热电站项目是境内最大的工程项目，也是全球装机容量最大的在建槽式光热电站[193]。2021年，摩洛哥政府在沙特阿拉伯举行的中东绿色倡议(MGI)峰会上强调，将积极落实其在《巴黎协定》的承诺目标，并制定了到2050年实现经济低碳发展的综合战略。摩洛哥新一届政府上调了可再生能源发展的目标，即在2025年实现可再生能源在国家能源结构中占比超过52%的目标，比此前提前了5年。

一次能源消费结构

摩洛哥的一次能源结构以石油产品为主。2022年，石油产品消费占比58.5%，煤炭消费占比30.9%，天然气消费占比0.9%，化石能源消费总量占比90.3%。此外，生物质占一次能源消费比重达5.6%，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费结构的4.1%。

化石能源碳排放特征

2022年摩洛哥由化石能源消费所产生的碳排放量约为63.7百万吨，从分品种化石能源碳排放来看，石油产品消费所产生的二氧化碳排放量约37.0百万吨，占化石能源碳排放总量58.1%左右；其次为煤炭和天然气消费导致的二氧化碳排放，其占比大致为41.2%和0.7%。其中，煤炭消费导致的二氧化碳排放在2010-2022年整体呈现上升趋势，从2010年的8.5百万吨增至2022年的26.3百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

摩洛哥最大的化石能源碳排放来源于电、热、燃气、水的生产行业。2022年，该行业消费化石能源消费所产生的总排放量接近29.9百万吨，占摩洛哥化石能源碳排放总量的比重从2010年的35.7%增至2022年的46.9%。其次，摩洛哥的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近17.4百万吨，占摩洛哥化石能源碳排放总量的27.3%。紧随其后的是生活消费行业，其化石能源碳排放量远小于交通运输业、仓储和邮政行业，其中，2022年生活消费行业化石能源消费所产生的碳排放为7.7百万吨左右，占化石能源碳排放总量的12.1%。

生物质碳排放特征

2022年，摩洛哥的生物质占一次能源消费结构的5.6%，其主要用于生活消费。摩洛哥的生物质种类主要为木材和木炭，主要来源于森林，过度的采伐导致了森林覆盖减少和森林退化。由于森林恢复的周期漫长，这种生物质利用方式在一定时间内不具有可再生性和持续性。因此在核算期内该国生物质并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源消费共同计入总体碳排放。生物质消费产生的二氧化碳排放量总体呈现上升态势，从2010年的2.0百万吨增长至2022年为5.6百万吨。

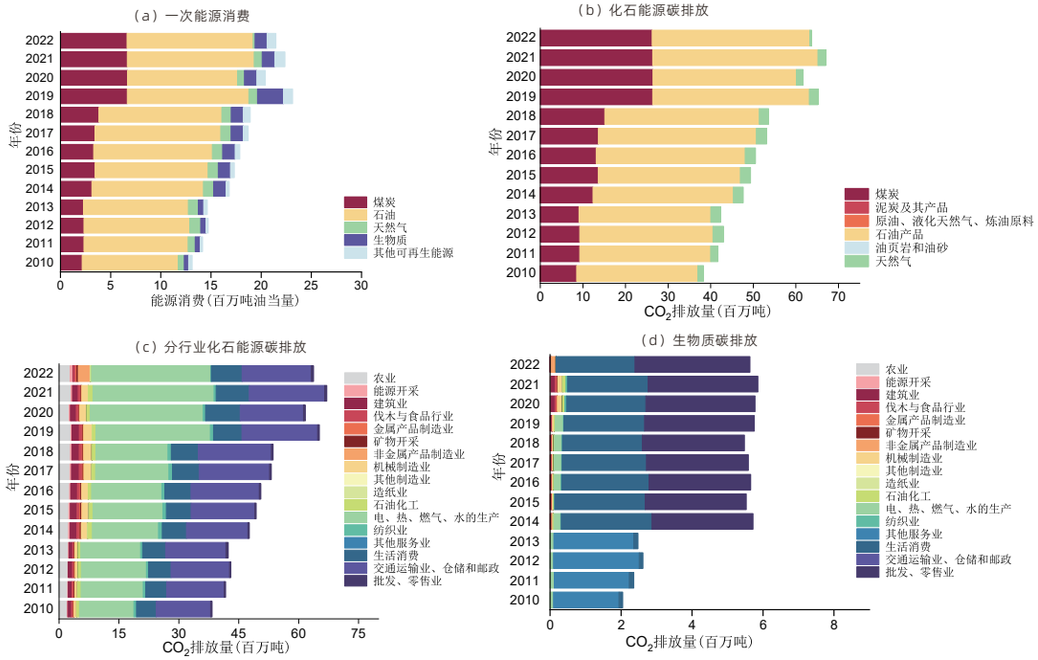
碳排放趋势

摩洛哥的二氧化碳排放呈明显上升趋势。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放从38.3百万吨增至2022年的63.7百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从2.0百万吨增加到5.6百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年摩洛哥碳排放总量的核算结果为CEADs 63.7百万吨，IEA 66.8百万吨，EDGAR 70.3百万吨，GCB 64.4百万吨；CEADs的化石能源碳排放数据与IEA、EDGAR、GCB的总体趋势相同，与IEA、GCB的数值相近，而EDGAR的数值整体高于GCB、IEA、CEADs团队计算的数值。此外，从2019年开始，CEADs和IEA的差距有所减小，结果总量的差距不是很明显，大约在5%以下。从结果看，造成差异的主要原因在于统计口径的不同，CEADs采用了非洲能源委员会（AFREC）中的能源平衡表结果，而IEA则采用了年度能源问卷调查数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为69.4百万吨。



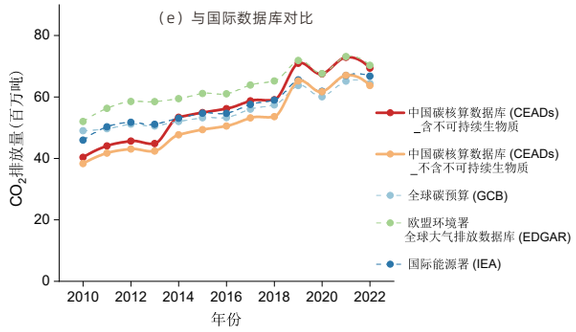


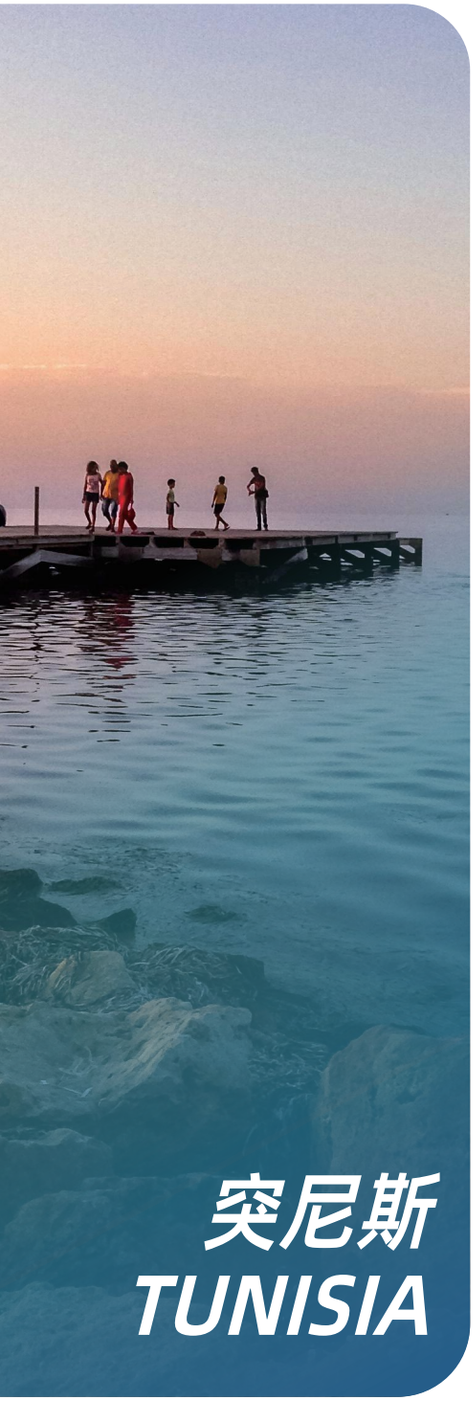
图3.19 摩洛哥2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放； (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

摩洛哥的能源平衡表均来自于非洲能源委员会（AFREC），范围覆盖了2010-2022年的数据。在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）的出口数据和摩洛哥本国的分部门数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.19 摩洛哥排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会（AFREC）	https://au-afrec.org/publication/african-energy-balance-and-indicators-2021
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	摩洛哥统计局	https://www.hcp.ma/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



突尼斯
TUNISIA

国家背景

突尼斯位于非洲北部，与阿尔及利亚、利比亚等国接壤，北东侧临地中海，位于西、南、东南亚之间的海运线上的必经之路——地中海航路中间，是中东石油运输到西欧、美国的重要通道。突尼斯国土面积仅有16万平方公里，2022年人口约为1220.0万人[195]。尽管其交通区位优越，但由于被利比亚和阿尔及利亚两个地域大国夹在中间，发展相对受限，且近年来内乱频频，社会动荡，百业废弛，因此经济发展水平在阿拉伯地区国家中属于垫底水平，2022年GDP现价总量为485.3亿美元[196]。

突尼斯被称为橄榄之乡，国内有大量的油橄榄种植，是全球主要的橄榄油生产国和出口国之一。其矿产资源也相对较为丰富，有磷酸盐、石油、天然气、铁、铝、锌等。突尼斯的经济中工业、农业、服务业并重，工业以磷酸盐开采、加工及纺织业为主，农业以橄榄种植为主，服务业方面，旅游业在国民经济中居重要地位，是突第一大外汇来源。国际贸易方面，橄榄油是突尼斯主要的出口创汇农产品，同时，突尼斯主要出口电子机械、纺织品等，法国、意大利、德国是突前三大出口市场。突尼斯的进口产品主要是能源、机电设备、汽车、棉花、农业和食品加工产品等，进口来源国主要有意大利、法国、中国[197]。

突尼斯拥有丰富的太阳能和风能。为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响，突尼斯政府计划到2030年时，将可再生能源发电的比率提高到30%。2017年，政府完成首轮70MW光伏招标，2019年12月份国家更完成了首个规模500MW的光伏招标计划。此外，2019年突尼斯启动了10个光伏电站项目的建设，每个电站的发电能力为10兆瓦，单个电站投资为3000万第纳尔，于2020年建成发电[198, 199]。

一次能源消费结构

突尼斯的一次能源结构以天然气为主。2022年，突尼斯天然气消费占比52.5%，石油消费占比37.8%，化石能源消费总量占比达90.3%。此外，风能、太阳能等可再生能源占一次能源消费结构的1.2%；生物质占一次能源消费比重达8.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，天然气和石油产品的碳排放占据主导地位。天然气2022年共产生12.5百万吨碳排放，占化石能源碳排放总量的52.3%。石油消费所产生碳排放量为11.4百万吨，占比为47.7%。而从趋势来看，天然气消费所产生的碳排放在此期间出现小幅增长，从2010年的11.4百万吨增长至2022年的12.5百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

突尼斯最大的二氧化碳排放来源于电、热、燃气和水的生产，2022年该行业化石能源消费所产生的碳排放为8.6百万吨，占比为36.1%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政行业。2022年，该行业化石能源消费所产生的碳排放为8.1百万吨，占突尼斯化石能源碳排放总量的34.0%。第三大化石能源碳排放行业是生活消费，该行业消费化石能源所产生的碳排放在2022年占比为9.7%。

生物质碳排放特征

2022年突尼斯的生物质能占一次能源消费结构的8.5%左右，主要用于生活消费和批发、零售业与其他服务业消耗使用。生物质种类主要包括农业残余（谷物、水果、蔬菜残余）、木炭和薪材，分别占生物质能源结构的16.4%，18.9%，64.7%。当地居民通过砍伐薪材，燃制木炭，用于家庭烹饪和取暖，并在商业服务行业中进行利用，为不可持续地利用资源。在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。同时也使用农业残余等生物质废料，来自于当地种植园，视为可持续再生的资源，全生命周期具有“零碳”属性。在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。2010至2022年，在整体从时间趋势上看，薪材与木炭消费的碳排放呈稳定状态，保持在3.1-3.9百万吨。

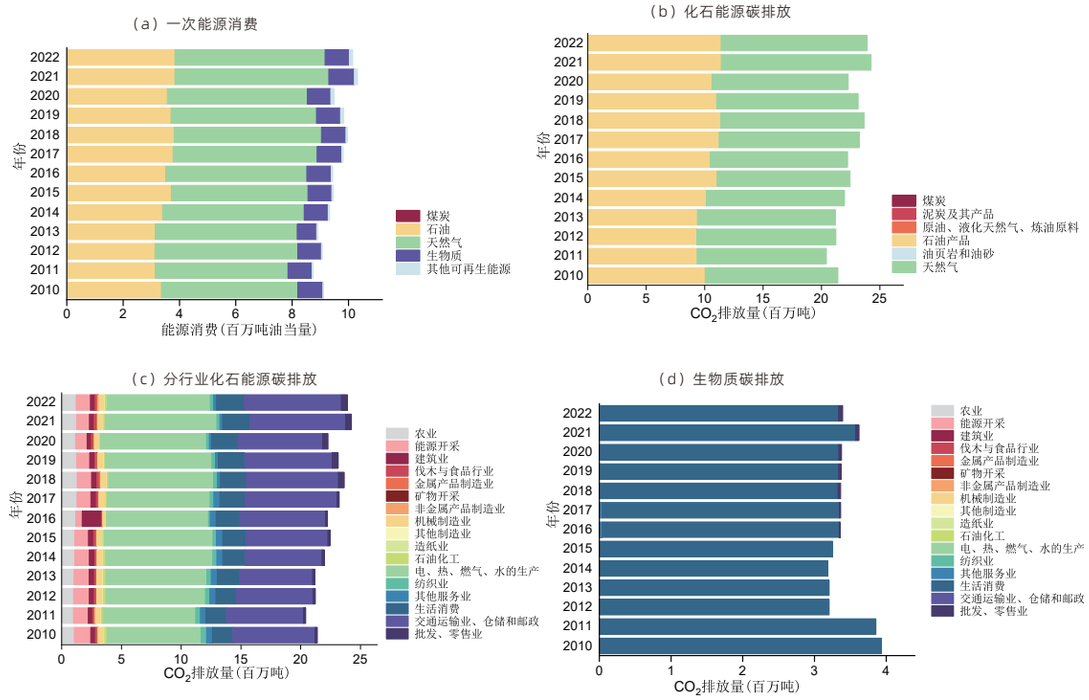
碳排放趋势

突尼斯的二氧化碳排放随年份变化有所波动，但整体呈平缓上升趋势，主要来自化石能源碳排放的增加。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放基本保持稳定，在20.4至24.2百万吨之间波动。2010年和2022年，突尼斯生物质消费所产生的二氧化碳排放分别为3.9百万吨和3.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的突尼斯化石能源碳排放量与其他机构的统计数据从趋势上看大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。2022年，CEADs核算的突尼斯化石能源消费所产生的碳排放总量为23.9百万吨，IEA结果为26.4百万吨，差异在9.5%左右；GCB数据库为27.2百万吨；EDGAR数据库为30.5百万吨，差异略大。从结果来看，造成差异的主要原因，一个是统计口径的区别，其次是EDGAR的部分能源消耗数据较非洲能源委员会发布的能源平衡表存在差异，因此造成了核算结果的不同。

此外，包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为27.3百万吨。



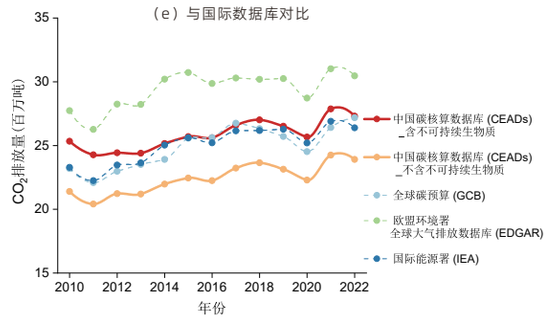


图3.20 突尼斯2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

突尼斯的能源平衡表均来自于非洲能源委员会，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及17个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的各工业、农业、服务业和建筑业部门的产出数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对应分配到47个部门。

表3.20 突尼斯排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/en/energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	突尼斯统计局（分行业GDP统计）	http://www.ins.tn/en/statistiques/75
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）	https://comtradeplus.un.org/

埃及
EGYPT

国家背景

埃及位于非洲东北部，地处欧亚非三大洲的交通要冲。南接苏丹，西连利比亚，东临红海与巴勒斯坦、以色列接壤，北经地中海与欧洲隔海相通。埃及是东北非洲人口最多的国家，也是整个非洲大陆为数不多的中等强国之一，在地中海、中东和伊斯兰信仰地区尤其有广泛的影响力。2022年该国GDP（现价）为4767亿美元，人口为1.13亿。

埃及经济主要依赖于农业、石油出口、旅游业，以及劳务出口。其中埃及的服务业较为发达，2022年约占GDP总量的54%；农业占GDP总量约12%；工业产值约占GDP总量的35%。埃及的主要自然资源包括石油，天然气，铁矿石，磷酸盐等。在国际贸易方面，其出口产品主要是咖啡、茶叶、皮料、锡矿等；主要出口国为阿联酋，肯尼亚，瑞士等。其进口产品主要为食品、机械与设备、钢铁、石化产品、水泥与建材；主要从中国，乌干达，印度进口[200]。

此外，埃及拥有较为丰富的水能资源，尼罗河是无与伦比的水力发电能源。于1970年完工投入运营的阿斯万高坝电站装机容量高达2000 MW。但由于埃及人口激增和对能源的需求不断增长迫使政府建造更多的热电厂，其中许多热电厂由该国丰富的天然气储量推动，在2018年供应该国约五分之四的电力。为减轻气候变化对该国社会经济的影响，埃及计划到2022年将可再生能源发电的供应增加到20%，到2035年增加到42%，其中风能占14%，水力发电占2%，光伏发电（PV）占22%，聚光太阳能发电（CSP）占3%，预计私营部门将提供大部分产能[201]。埃及在国家自主贡献（INDC）并没有给出清晰量化的减排目标，仅承诺了向清洁能源转型等低碳政策。

一次能源消费结构

埃及的一次能源结构以天然气和石油为主。2022年，煤炭消费占比仅占4.7%，石油消费占比34.2%，天然气消费占比58.6%，化石能源消费总量占比接近97.6%。此外，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费结构的2.4%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油和天然气的碳排放占据主导地位。天然气作为埃及最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放124.8百万吨，占化石能源碳排放的52.6%。石油消费所产生的碳排放从2010年的97.7百万吨减少到2022年的95.3百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

埃及的化石能源消费所产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产行业。2022年，电、热、燃气和水的生产行业共产生碳排放88.1百万吨，占埃及化石能源碳排放总量的37.2%，这一比例自2010年起逐渐上升，但2015年后略有下降并保持稳定。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，这是埃及近年来的第二大化石能源碳排放行业，在2022年占化石能源碳排放总量的24.4%，主要使用柴油、汽油、燃油。此外，能源开采也是主要的化石能源碳排放行业，其所产生的碳排放占13.2%。

碳排放趋势

埃及的二氧化碳排放增长较快。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了49.2%，从2010年的159.0百万吨增至2022年的237.2百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs碳核算结果为237.2百万吨，与IEA数据库统计结果217.8百万吨相比，高约8.9%，比EDGAR的核算结果247.2百万吨低约4.0%，比GCB 248.9百万吨的核算结果低4.7%。在比较CEADs与IEA分能源品种碳排放时，结果存在差异，差异的来源几乎都来自煤炭。从结果来看，造成差异的最主要原因是能源消耗数据来源不同，CEADs采用的是非洲能源委员会的能源消耗数据，而IEA的数据有多个数据来源，如埃及中央统计局、埃及天然气控股公司、埃及电力统计年报等。这些机构的能源消耗统计数据之间存在着细微的差异。例如，2016年，IEA统计埃及煤炭产品最终消费总量为84千吨油当量，但CEADs使用的非洲能源委员会数据显示该年全国煤炭产品最终消费为396千吨油当量。上述原因导致了IEA和CEADs之间的排放差异。另一个原因是排放因子，CEADs具有更为详细的能源分类，例如煤炭大类下细分了硬煤，褐煤，焦炭等，而IEA对能源品种的统计口径比较粗糙，因此，IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致排放数据的差异。

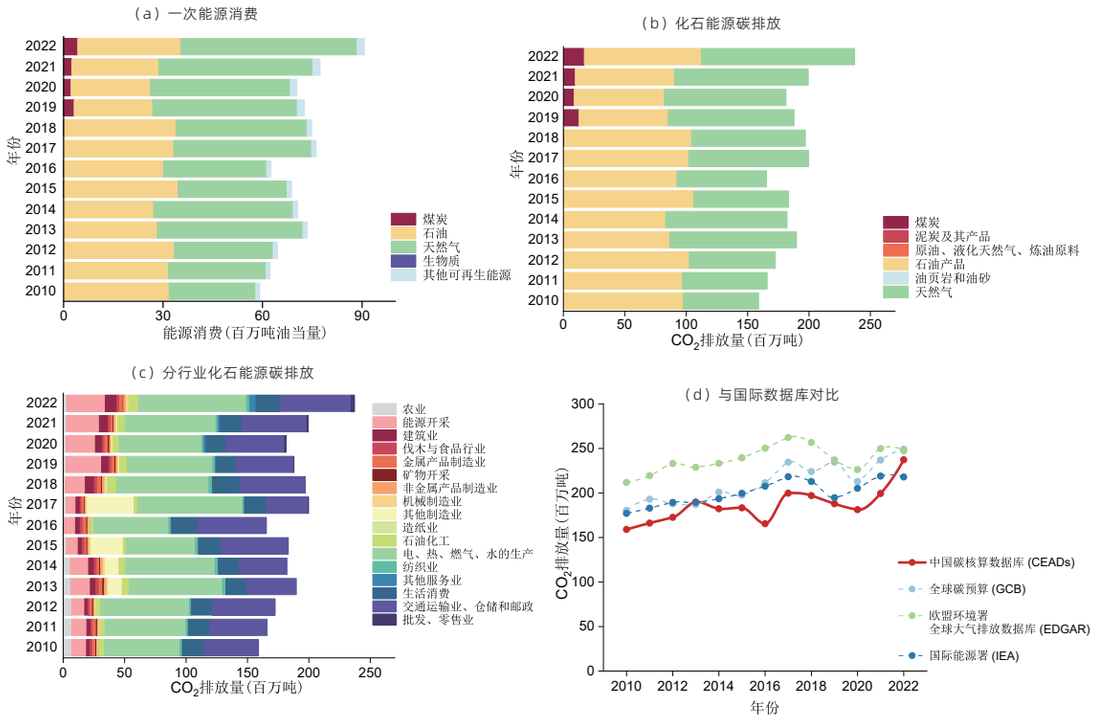


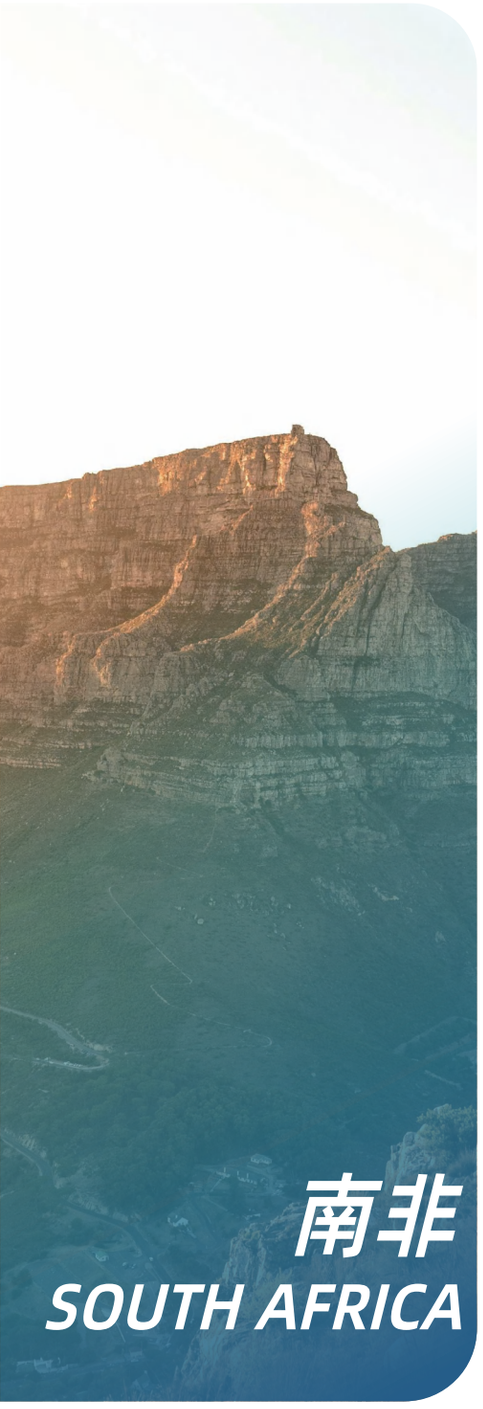
图3.21 埃及2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

埃及的能源平衡表均来自于非洲能源委员会，共涉及8个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用联合国（UN）分行业增加值数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表3.21 埃及排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/data-statistics-energy-balances
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



南非
SOUTH AFRICA

国家背景

南非位于非洲最南端，在南大西洋与南印度洋的交会处，毗邻纳米比亚、北部接壤博茨瓦纳及津巴布韦、东北部邻接莫桑比克及斯威士兰。据世界银行的官方数据显示，2022年南非拥有6237万人口，国内生产总值（GDP）为现价4069亿美元[202]。

南非在农业、采矿业和生产相关产品方面具有比较优势，目前重心已转移至第三产业，占国内生产总值的65%，价值估计2300亿美元。矿业一直是南非发展的主要推动力，南非是世界领先的开采和处理矿物的国家之一，采矿业占国内生产总值的比例从1970年的21%下降至2011年的6%，但仍占总出口量的近六成。主要出口玉米、钻石、水果、黄金、金属、矿产、糖和羊毛。机械及运输设备占全国进口价值超过三分之一，其他进口包括化学品、制成品和石油[203]。

风能、太阳能等可再生能源在南非具有极大发展潜力。气候政策上，欧盟和南非自 2007 年以来一直保持着战略合作伙伴关系，同年通过了一项关于合作伙伴关系的行动计划。在一年一度的欧盟-南非峰会上和在联合国气候大会的磋商会议中，开展了关于气候问题的最高政治级别讨论。南非作为“77国集团+中国”的主席国，在通过具有历史意义的巴黎协议上起到了关键作用。

一次能源消费结构

2022年，南非化石能源消费占一次能源消费结构的86.3%，以煤炭为主。2022年，煤炭消费占比67.7%，石油消费占比17.1%，天然气消费占比1.6%。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的4.3%，生物质占一次能源消费结构的9.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，煤炭和石油产品消费是南非化石能源碳排放的主要来源。煤炭作为南非最主要的化石能源，2022年其消费所产生的二氧化碳排放为281.7百万吨，占化石能源碳排放总量的78.5%。石油产品消费所产生的二氧化碳排放为73.3百万吨，占化石能源碳排放的20.4%，呈现逐年下降趋势。

分行业化石能源碳排放贡献

南非的化石能源消费所产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产行业以及交通运输业、仓储与邮政。2022年电、热、燃气、水的生产行业产生的二氧化碳排放量为217.5百万吨，占化石能源碳排放总量的60.6%。交通运输业、仓储与邮政也是南非主要的化石能源碳排放行业，该部门产生的二氧化碳排放量从2010年的72.2百万吨下降至45.1百万吨，占化石能源碳排放量的比例也由2010年的18.5%下降至2022年的12.6%，出现明显的下降趋势。

生物质碳排放特征

2022年南非的生物质占一次能源消费结构的9.5%，由于南非生物质来源主要为可持续再生资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2022年，南非化石能源消费所产生的二氧化碳排放减少了8.3%，从391.3百万吨下降至358.8百万吨。2013年化石能源碳排放到达一个峰值，为418.8百万吨。2015-2016年化石能源碳排放出现回升，紧接着又出现持续下降，这与南非能源结构的调整紧密关联。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs计算的南非二氧化碳排放量与其他机构的二氧化碳统计数据的年排放趋势几乎相同，但是与各大国际机构每年数值有一定差距。2022年，CEADs的核算结果为358.8百万吨，GCB的核算结果为400.0百万吨，EDGAR的核算结果为409.4百万吨，IEA的核算结果为394.1百万吨。具体来说，CEADs数据与EDGAR、IEA、GCB的统计数据相比均偏低。以IEA为例，其数值高于CEADs数值的主要原因是统计口径和能源消耗数据不一致。从统计口径的角度来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。例如，石油产品分为车用汽油、柴油、燃料油等，每一类油品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，IEA采用的排放因子与CEADs采用的排放因子不同，导致了排放数据的差异。造成差异的另一个原因是，两个机构的能源消耗数据不同。CEADs采用的是南非中央统计局的能源消耗数据，而IEA的数据有多个数据来源，如国际可再生能源署（IRENA）等。这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距。上述原因导致了IEA和CEADs在行业排放上的差异。

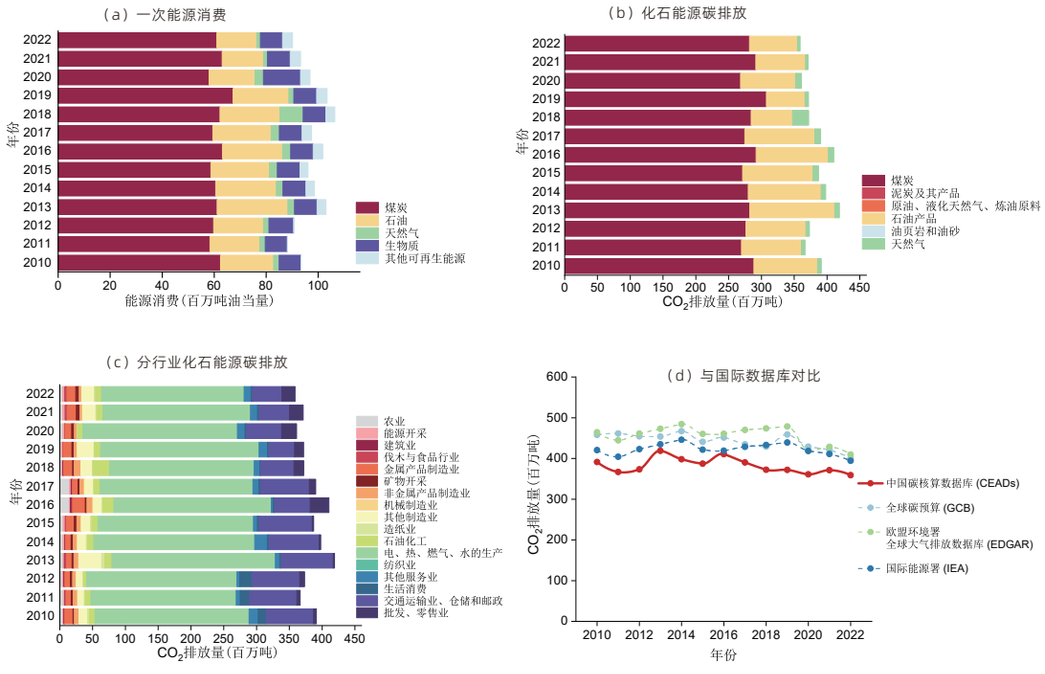


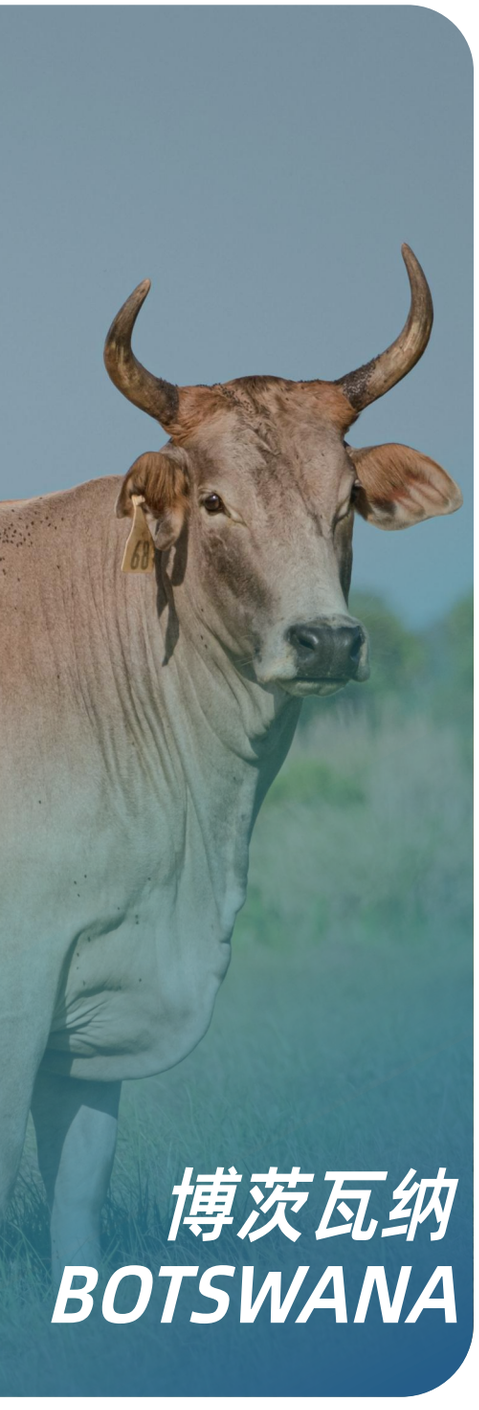
图3.22 南非2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d)与国际数据库对比

数据来源简述

2010-2021年南非的能源平衡表来自于南非国家统计局，能源分为煤炭、原油、石油、天然气、核、水力、地热、可再生能源、电力、热力。2022年由于数据缺失，南非的碳排放在2021年基础上进行外推。在行业降尺度划分上，采用南非国家统计局的国家国内生产总值和联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade）中出口数据作为分配指标对应47个部门。

表3.22 南非排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	南非统计局	http://www.energy.gov.za/files/media/Energy_Balances.html
排放因子	国际能源署（IEA）	https://www.iea.org/areas-of-work/global-engagement/china?language=zh
行业匹配指标	南非统计局	https://www.statssa.gov.za/?page_id=1854&PPN=P0441
	联合国商品贸易统计数据（UN Comtrade）-出口	http://www.insd.dj/accueil.php



博茨瓦纳
BOTSWANA

国家背景

博茨瓦纳是非洲南部的内陆国家。平均海拔1000米左右。东接津巴布韦，西连纳米比亚，北邻赞比亚，南接南非。国土面积58.1730万平方公里，首都哈博罗内，全国划分为10个行政区，人口234.6万（2022年）[204]，绝大部分为班图语系的茨瓦纳人（占人口的90%）。博茨瓦纳是非洲经济发展较快，经济状况较好的国家之一。以钻石业、养牛业和新兴制造业为支柱产业，2022年，博茨瓦纳国内生产总值现价约合203.6亿美元，人均国内生产总值7726.1美元[205]。

从20世纪70年代中期起，采矿业取代畜牧业成为博茨瓦纳国民经济的主要部门。受国际大宗产品价格等因素影响，矿业占博茨瓦纳GDP的比重已由10年前的约24.0%降至2020年的11.5%，主要出口商品包括毛坯钻石、黄金、苏打灰、盐和铜等。钻石产业是博茨瓦纳经济的支柱产业，也是博茨瓦纳政府收入和外汇收入的重要来源。受地理位置、技术、人力资源等因素制约，博茨瓦纳的钻石产业链并不完备。上游钻石开采业发展成熟，但钻石加工和珠宝设计等高附加值下游产业发展落后。博茨瓦纳主要钻石开采和销售企业有戴比斯瓦纳公司（Debswana）、博茨瓦纳钻石贸易公司（Diamond Trading Company)、奥卡万戈钻石公司（Okavango Diamond Company）。

博茨瓦纳政府积极推行经济多元化战略，出台相关配套政策，设立特别经济区，大力招商引资，以发展制造业，摆脱对单一钻石经济的依赖。然而由于市场、原材料以及工业基础薄弱等原因，博茨瓦纳制造业发展缓慢，其占国民经济的比重较小。2021年，由于钻石产量增长，矿产业恢复至疫前水平，工业产值占GDP总产值的19.2%。

一次能源消费结构

2022年，博茨瓦纳化石能源消费占一次能源消费的80.8%，以石油为主。其中，石油消费占一次能源消费结构的41.3%，煤炭消费占比39.5%。此外，生物质占一次能源消费比重达19.2%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油产品贡献最大，2022年其消费所产生的二氧化碳排放为3.0百万吨，占化石能源碳排放总量的44.3%。其余碳排放量均由煤炭消费产生，煤炭消费所产生的碳排放占化石能源碳排放的比重呈现上升态势，从2010年的19.8%上升到2022年的55.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

博茨瓦纳化石能源消费所产生的二氧化碳排放最多的行业是电、热、燃气、水的生产部门，其占化石能源碳排放总量的比重呈现不断增加的趋势，从2010年的16%增加到2022年的54.2%。交通运输业、仓储和邮政行业产生的二氧化碳排放量紧随其后，2022年消费化石能源所产生的碳排放达到2.3百万吨，其占化石能源碳排放总量的比重呈现不断下降的趋势，从2010年的60.6%下降到2022年的33.3%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质占一次能源消费结构的19.2%左右，主要用于电、热、燃气、水的生产，生活消费和其他制造业等行业。博茨瓦纳有多种生物质，包括稻壳、甘蔗渣、农业废弃物、柴薪以及木柴加工过程中产生的黑液和残余气体等。稻壳、甘蔗渣、农业废弃物以及通过其加工得到的包括沼气、生物乙醇和生物柴油在内的二次能源，为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。而柴薪以及木柴加工过程中产生的黑液和残余气体，为不可持续利用的资源，因此在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。总体来说，生物质消费所产生的碳排放量由2010年的0.83百万吨增加至2022年的1.1百万吨。

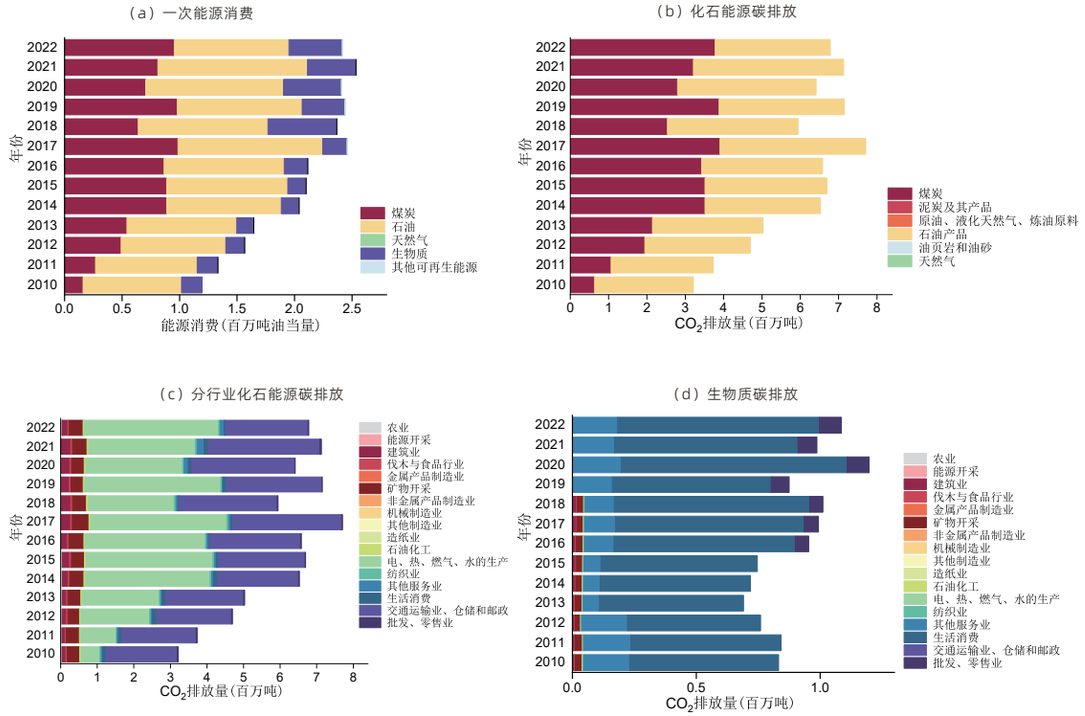
碳排放趋势

在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了111.1%，从3.2百万吨增至2022年的6.8百万吨，年均增长率为6.4%。在此期间，生物质消费产生的二氧化碳排放从0.8百万吨增加到1.1百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的博茨瓦纳化石能源碳排放量与其他机构的统计数据尽管有相似的趋势，但不同机构的数值是不同的。2022年国际数据库核算的碳排放总量分别为GCB为6.6百万吨，EDGAR为7.3百万吨，IEA为6.5百万吨，CEADs为6.8百万吨，总体来看数据差别不大。从2010年至2017年，CEADs核算的博茨瓦纳碳排放值与IEA、EDGAR的值较为接近，2017年GCB所公布的统计值远低于上述机构统计值。

当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为7.9百万吨。



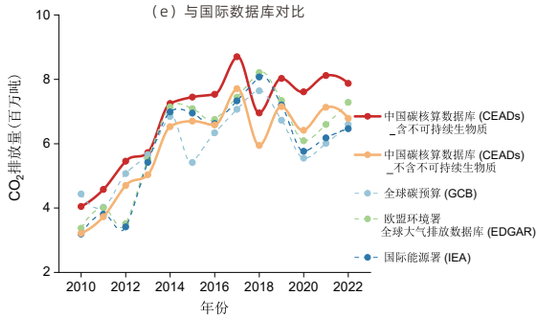


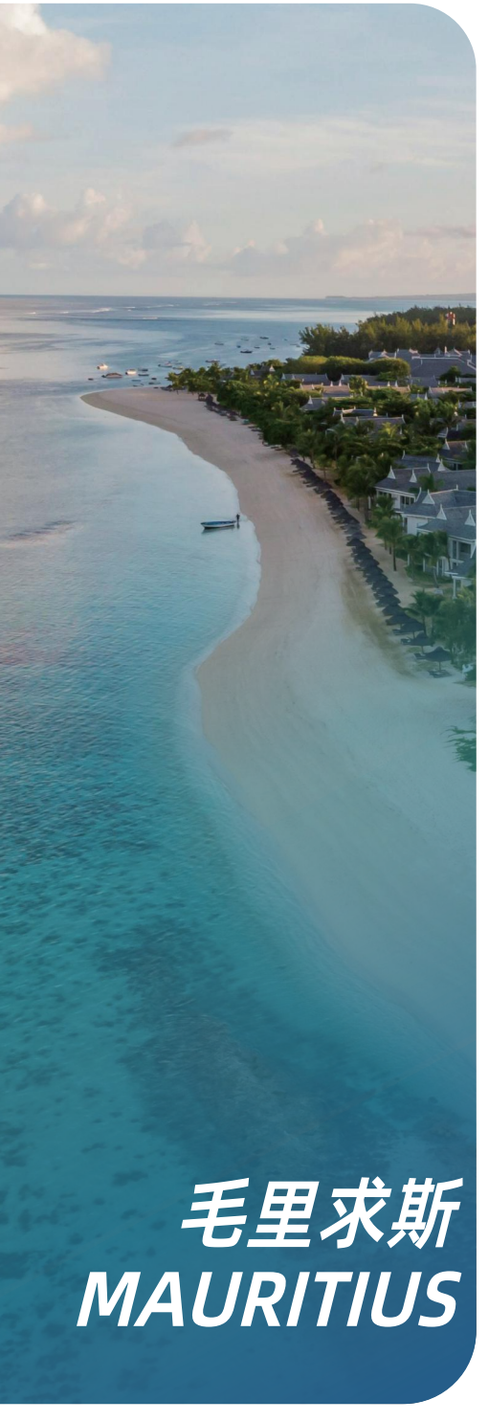
图3.23 博茨瓦纳2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放； (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

博茨瓦纳的能源平衡表来自非洲能源委提供的2010-2022年能源平衡表。据统计，共有47种能源，其中化石能源共有40种。化石能源的主要类型包括煤炭、原油、石油产品和生物质。这些能源消耗在7个主要行业，即农业、采矿、制造、建筑、住宅、商业和运输。为了将7个主要行业进一步细化为统一部门，使用了来自博茨瓦纳统计局的 GDP 数据。

表3.23 博茨瓦纳碳排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	非洲能源委员会	https://au-afrec.org/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	博茨瓦纳统计局	https://www.statsbots.org.bw/



毛里求斯
MAURITIUS

国家背景

毛里求斯位于印度洋西南方，距马达加斯加约800公里，与非洲大陆相距2200公里。作为火山岛国，毛里求斯四周被珊瑚礁环绕，岛上地貌千姿百态，沿海是狭窄平原，中部是高原山地，有多座山脉和孤立的山峰。毛里求斯是非洲少有的富国之一，2022年，毛里求斯GDP现价为129.3亿美元，同比增加8.9%。人口约为126.3万人，人均GDP（现价）达到1.0万美元，拥有相对富裕的生活和较为发达的经济[206]。

毛里求斯是非洲经济发展较好的国家之一，在世界经济论坛2019年《全球竞争力报告》中，毛里求斯位居第52位，在非洲国家中位列第一。毛里求斯实行多元化产业政策，形成制造业、金融服务业、旅游业和信息通讯业四大经济支柱，实现经济快速发展。2022年毛里求斯的旅游业已从新冠肺炎疫情的影响中逐步恢复。工业主要以制糖业和出口加工业为主，2022占GDP的比重达到12.1%[207]。毛里求斯矿产资源匮乏，石油、天然气等完全依赖进口，水力资源有限。对外贸易是毛里求斯国民经济的重要组成部分，主要出口蔗糖和出口加工区产品，进口粮食及其他食品、棉毛原料、机器设备、石油产品等，主要贸易伙伴国是法国、英国、美国、印度、中国等。

作为岛屿国家，毛里求斯面临的气候变化挑战更加紧迫。在第三次提交的国家清单报告中指出，毛里求斯指出到2020年将可再生能源的贡献率提高到28%，到2025年提高到35%[208]。2023年，毛里求斯中央电力局启动了碳中和工业部门可再生能源计划，旨在为工业企业投资可再生能源发电，特别是太阳能和风能。该计划与其绿色能源转型和到2030年实现可再生能源在当地电力结构中占60%的目标相一致[209]。

一次能源消费结构

毛里求斯的一次能源结构以化石能源为主。2022年，石油消费占一次能源消费结构的65.8%，而煤炭占比也达到24.2%，化石能源消费总量占比接近90.0%。此外，生物质占一次能源消费比重达8.3%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费结构的1.7%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油消费所产生的碳排放占据主导地位。石油产品作为毛里求斯最主要的化石能源，其碳排放在2010-2019年间呈现上升趋势。但受到疫情等影响，2020年石油消费所产生的碳排放大幅下降24.1%，此后趋势较为平稳，2022年产生碳排放约为3.0百万吨。2022年煤炭消费所产生的碳排放为1.2百万吨，占比为29.0%。

分行业化石能源碳排放贡献

毛里求斯最大的化石能源碳排放来源于电、热、燃气、水的生产，2022年该部门消费化石能源产生碳排放为2.1百万吨，占毛里求斯化石能源总排放的50.5%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政行业，2022年的碳排放占化石能源碳排放总量的36.4%。毛里求斯近年来第三大化石能源碳排放部门是家庭部门，在2022年占化石能源碳排放总量的4.0%。

生物质碳排放特征

2022年，毛里求斯的生物质消费占一次能源消费结构的8.3%左右，主要用于生活消费。毛里求斯的生物质主要包括薪材、木炭和甘蔗渣。当地居民主要通过砍伐森林获得薪材、木炭，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，这部分生物质能源在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。毛里求斯也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。2010-2021年，薪材、木炭消费所产生的二氧化碳排放从2010年的0.03百万吨减少至2022年的0.02百万吨，呈现逐年下降的趋势。

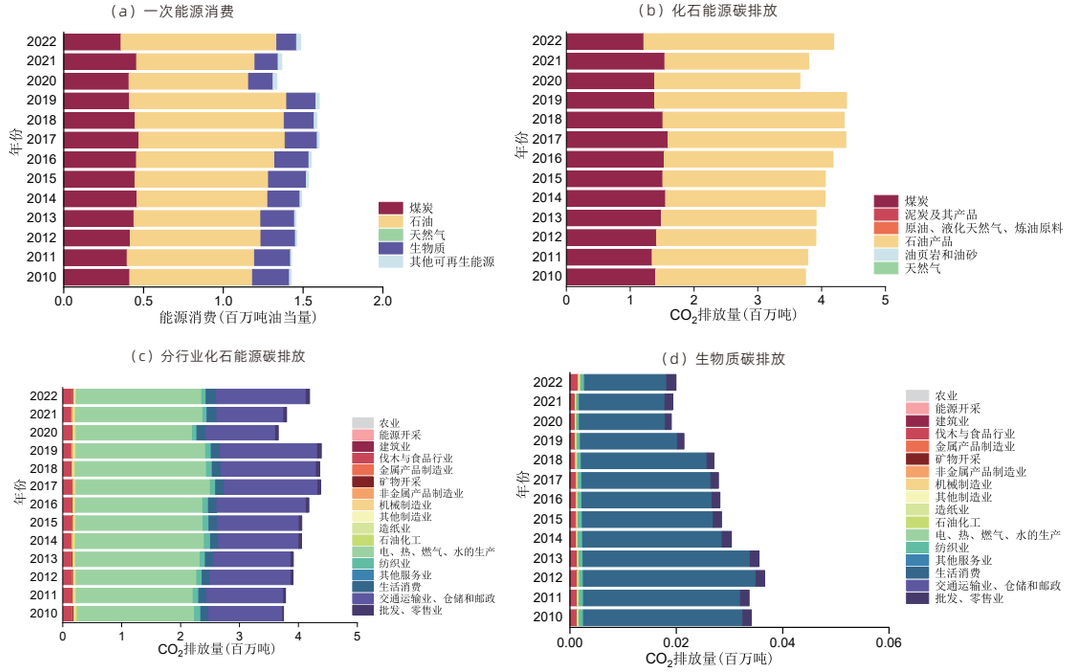
碳排放趋势

毛里求斯的二氧化碳排放在2010年至2019年间呈现增长趋势，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的3.8百万吨增至2019年的4.4百万吨。由于受到疫情影响，2020年的碳排放大幅下降至3.7百万吨，同比下降16.7%。此后得益于旅游业等经济复苏，2022年的碳排放缓慢增长至4.2百万吨。在此期间，生物质消费所产生的排放从0.03百万吨减少到0.02百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，但是核算方法和基础的差异使得结果有所微小差异。其中，CEADs核算的化石能源碳排放量与GCB数据最为接近，平均差距不到3.14%。与IEA、GCB的核算结果相比，差距也分别仅为4.05%和3.51%。造成差异的主要原因是各部门的能源消耗数据，CEADs使用的是毛里求斯统计局发布的数据，而IEA数据中能源种类比CEADs多，故导致CEADs统计历年能源碳排放总量与IEA结果存在细小差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为4.2百万吨。



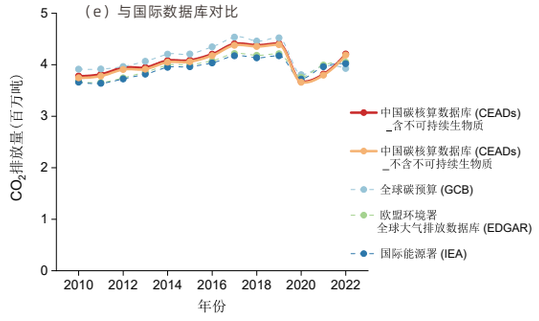


图3.24 毛里求斯2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

毛里求斯的能源平衡表均来自于能源与矿物部，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及15个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的工业部门的产出数据以及农业、服务业和建筑业的生产总值作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到统一部门上。

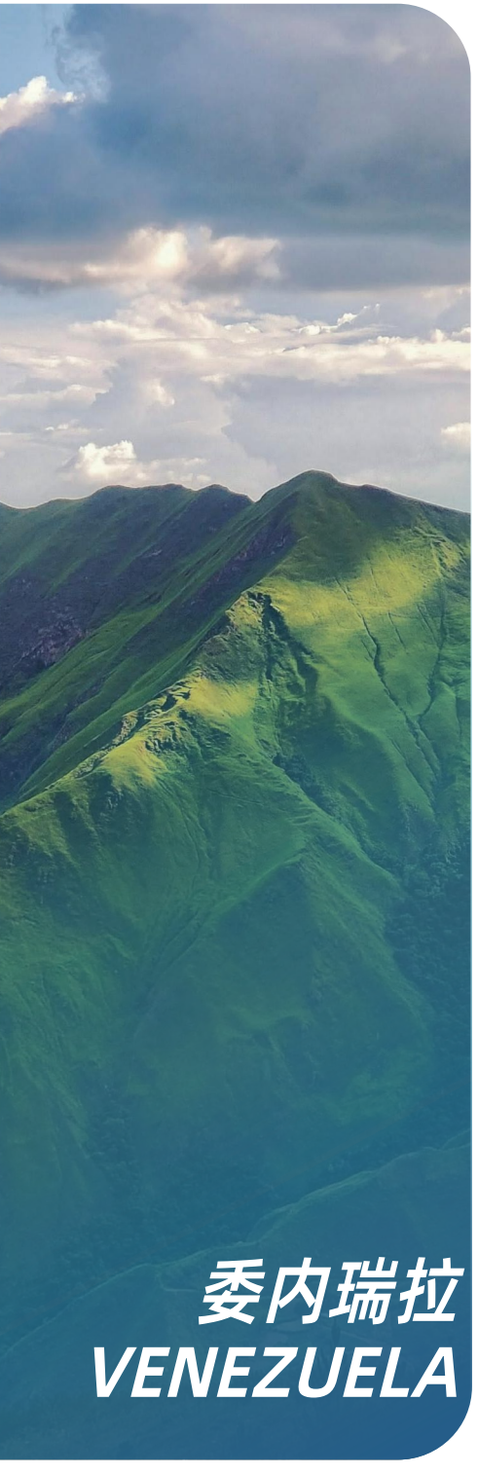
表3.24 毛里求斯碳排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	毛里求斯统计局	https://statsmauritius.govmu.org/Pages/Statistics/By_Subject/Energy_Water/Arch_Energy-Water.aspx
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	毛里求斯统计局	https://statsmauritius.govmu.org/Pages/Statistics/By_Subject/Manufacturing/SB_Manufacturing.aspx

第四章

拉丁美洲和加勒比篇

LATIN AMERICA AND CARIBBEAN



委内瑞拉
VENEZUELA

国家背景

委内瑞拉（西班牙语：República Bolivariana de Venezuela，全称：委内瑞拉玻利瓦尔共和国），位于南美洲大陆北部。东与圭亚那为邻，南同巴西接壤，西与哥伦比亚交界，北濒加勒比海。委内瑞拉是南美洲的重要国家之一，2022年总人口约为2821万，占南美洲总人口的7.4%；2022年，委内瑞拉国内生产总值为现价92.1亿美元[210]。

委内瑞拉的支柱产业是石油工业，委内瑞拉石油（含重油）探明储量为3000亿桶，居世界第一位，天然气储量居世界第四位。主要工业部门有石油、铁矿、建筑、炼钢、炼铝、电力、汽车装配、食品加工、纺织等。石油工业为委国民经济命脉。全国共有8000万公顷土地适合发展农业、林业、畜牧业、水产养殖，其中可耕地面积3007万公顷，天然和人工放牧草场面积1379万公顷，农业发展缓慢，粮食不能自给。1990年9月，委内瑞拉加入“关税和贸易总协定”，现与世界100多个国家和地区有贸易关系。主要出口原油、石油化工产品、铝锭、钢材、铁矿砂、金属制品等，进口机电设备、化工和五金产品、汽车配件、建筑材料及农产品等。近年来，国际油价下滑和制裁对委内瑞拉经济造成严重冲击[211]。

委内瑞拉是世界主要水电生产国之一，委内瑞拉水力发电量位居世界第九位，占水力发电总量的1.9%。委内瑞拉还拥有大量来自风能和太阳能的可再生能源。光伏发电产业发展潜力巨大，根据全球太阳能地图集的数据，委瑞内拉太阳能理论发电量为每平方米5.35千瓦，是南美洲最高的国家之一[212]。据IRENA的数据，2020年，委内瑞拉光伏发电量约为50吉瓦时，截至2019年底，委内瑞拉的风电装机容量为 71.28兆瓦[213]。随着可再生能源的不断发展，绿色电力有望改变委内瑞拉电力供应结构，缓解委内瑞拉电力缺口。为进一步促进可再生能源产业发展，委内瑞拉政府提出了风光具体发展目标。委内瑞拉计划用15年时间，打造装机容量为1万兆瓦的风电场。2023年年初，委内瑞拉电力部宣布了一项新计划，未来3年内将增加2000兆瓦太阳能发电装机。

一次能源消费结构

委内瑞拉的一次能源结构以化石能源为主。2022年，委瑞内拉煤炭消费占比0.7%，石油消费占比39.7%，天然气消费占比32.5%，化石能源消费总量占比接近72.9%。此外，生物质占一次能源消费比达1%，太阳能等其他可再生能源在一次能源消费占比26.04%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油和天然气的碳排放占据主导地位。石油产品作为委瑞内拉最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放26.4百万吨，占化石能源碳排放的56.9%。化石能源消费所产生的碳排放从2010年的219.3百万吨减少到2022年46.4百万吨，占比逐渐减少。

分行业化石能源碳排放贡献

委瑞内拉最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，该部门的化石能源碳排放为16.8百万吨，占委瑞内拉化石能源碳排放总量的36.2%.紧随其后的是石油化工，这是委瑞内拉近年来的第二大化石能源碳排放部门，同时该部门也是近年来化石能源碳排放占比增长最迅速的部门。在2022年占化石能源碳排放总量的15.2%，主要使用柴油、汽油、燃油。第三是紧随其后的是能源开采，在2022年占化石能源碳排放总量的11%。

生物质碳排放特征

2022年委瑞内拉的生物质能占一次能源消费结构的1%左右，主要用于生活消费消耗使用。从时间趋势上看，生物质的碳排放总体上呈降低趋势，从2010年的1.7百万吨下降到2020年的0.6百万吨，2021年出现回升，截至2022年升至1百万吨。其中，2018-2020年生物质碳排放量的明显下降，这可能与当时油价大跌经济衰退的背景有关。此外，由于委瑞内拉政府也在大力推行可再生能源的使用与普及，近年来生物质能的碳排放量呈现下降。

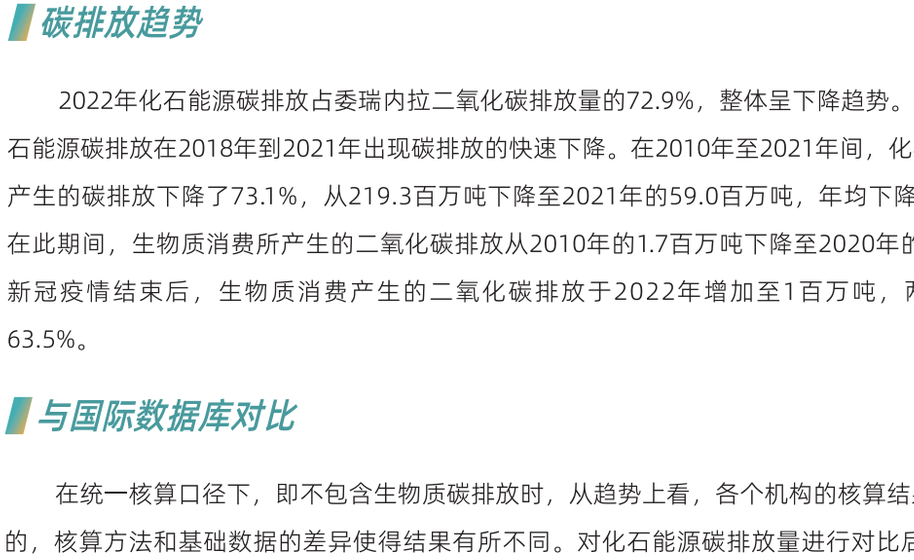
碳排放趋势

2022年化石能源碳排放占委瑞内拉二氧化碳排放量的72.9%，整体呈下降趋势。委瑞内拉的化石能源碳排放在2018年到2021年出现碳排放的快速下降。在2010年至2021年间，化石能源消费所产生的碳排放下降了73.1%，从219.3百万吨下降至2021年的59.0百万吨，年均下降率为11.2%。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从2010年的1.7百万吨下降至2020年的0.6百万吨，新冠疫情结束后，生物质消费产生的二氧化碳排放于2022年增加至1百万吨，两年内增长了63.5%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。对化石能源碳排放量进行对比后发现，2022年IEA化石能源碳排放为63.6百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为46.4百万吨，而EDGAR的数据为77.8百万吨，GCB的数据为70.3百万吨。通过对比使用的能源平衡表可以发现，CEADs和IEA统计的能源生产总量存在3%左右的差距，差别不大；分析数据来源后发现，IEA在统计过程中，关于能源的加工转换、用于航空等部分的数据存在误差，对于该过程的统计较为粗糙，CEADs统计更加详细全面，造成了核算结果的不同。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为47.4百万吨。



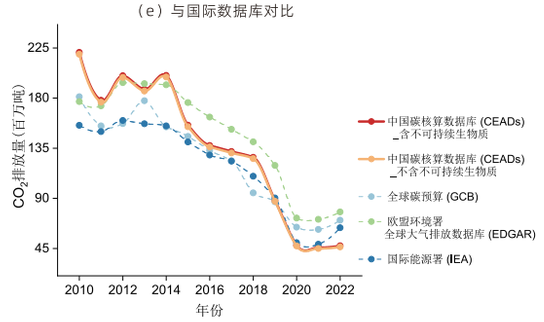


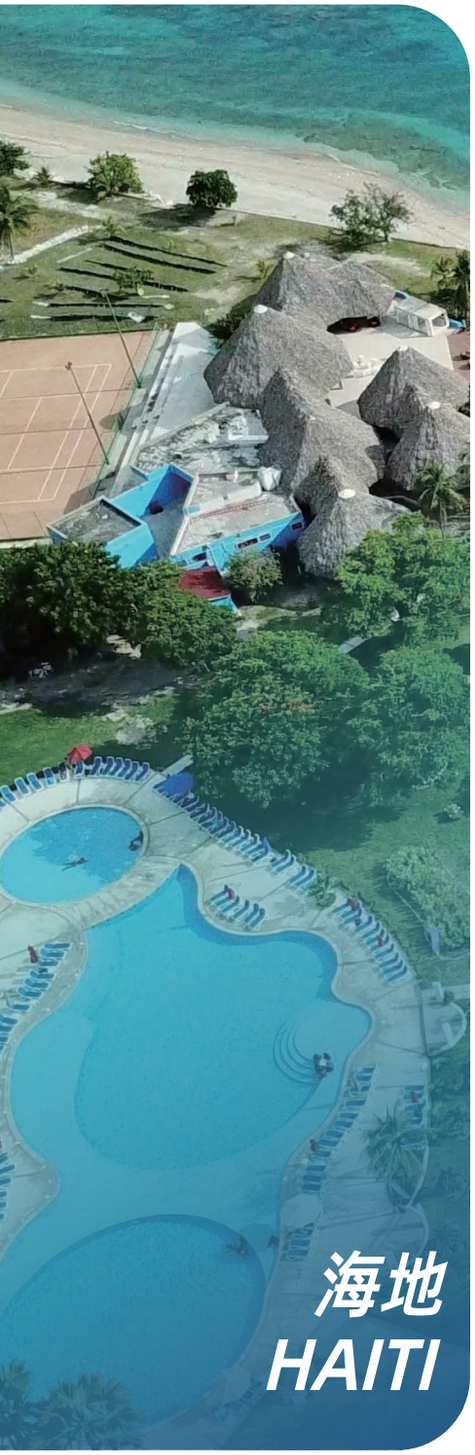
图4.1 委瑞内拉2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放； (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

委瑞内拉的能源平衡表共涉及20个能源品种，7个部门，数据来自拉丁美洲和加勒比地区能源信息系统的统计。分部门匹配采用委瑞内拉官方统计网站的数据，基于工业部门产出、农业、建筑交通等的生产总值以及城镇居民比例，对部门进行降尺度分配到47个部门。

表4.1 委瑞内拉排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比地区能源信息系统	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=1
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	委瑞内拉官方统计网站（工业，公共服务，人口）	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=1



国家背景

海地（全称：海地共和国，英文：The Republic of Haiti），位于加勒比海北部，伊斯帕尼奥拉岛（即海地岛）西部。东与多米尼加相邻，南临加勒比海，北濒大西洋，西与古巴和牙买加隔海相望。国土面积为2.78万平方公里，海地划分为10省，省下设区，共42个区，首都太子港[214]。2022年，海地人口总数为1150.4万，人口增长率为1.1%[215]。

海地属拉美最不发达国家，经济以农业为主，依赖外援。国内政局动荡、新冠肺炎疫情、自然灾害等对海地经济造成重大影响，物价飞涨，失业增加，民众生活困难。2022年，海地国内生产总值为202.5亿美元（现价），人均国内生产总值为1760.6美元（现价），国内生产总值增长率：-3.0%[216]。

海地工业基础十分薄弱。尽管政府大力鼓励外国和私人投资，但国内治安混乱，水电通讯等基础设施严重滞后使投资者望而却步。海地的对外贸易主要出口咖啡、可可、芒果、香精油和加工制成品等产品，进口食品、燃油（成品油）、工业制成品、机械设备、运输设备和日用消费品等，主要贸易伙伴是美国和欧盟。海地与中国并无外交关系，是世界银行、国际货币基金组织、世界贸易组织、拉美和加勒比国家共同体、美洲开发银行、加勒比共同体成员。30多个国际和地区组织在海设有常驻机构。国际社会长期向海提供经济援助[214]。

一次能源消费结构

2022年，海地石油消费占比27.4%，暂无煤炭和天然气消费，化石能源消费总量占比27.4%。此外，生物质占一次能源消费比重达72.1%，太阳能水能等其他可再生能源在一次能源消费占比0.5%。

化石能源碳排放特征

由于2022年海地暂无煤炭和天然气碳排放数据，所以其化石能源消费所产生的碳排放即为石油的碳排放。石油作为海地最主要的化石能源，其消费所产生的碳排放从2010年的2.1百万吨增长到2022年2.9百万吨，涨幅38.1%。

分行业化石能源碳排放贡献

海地最大的二氧化碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政部门。2022年，该部门的化石能源碳排放为1.4百万吨，占海地化石能源碳排放总量的49.1%。随后的是电、热、燃气、水的生产部门，这是海地近年来的第二大化石能源碳排放部门，2022年该部门的化石能源碳排放为0.6百万吨，占海地化石能源碳排放总量的21.9%。

生物质碳排放特征

2022年海地的生物质能占一次能源消费结构的72.1%，主要用于生活消费部门，其生物质种类主要包括木材、木炭等家庭部门日常生活中的常用材料，传统生物质能带来的碳排放在海地占据了重要比例。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。从时间趋势上看，海地的生物质碳排放总体上呈增长趋势，从2010年的10.4百万吨增加到2022年的11.6百万吨，其中2014年和2020年有轻微下降，2021年海地的生物质碳排放重新回升，2022年继续上涨。

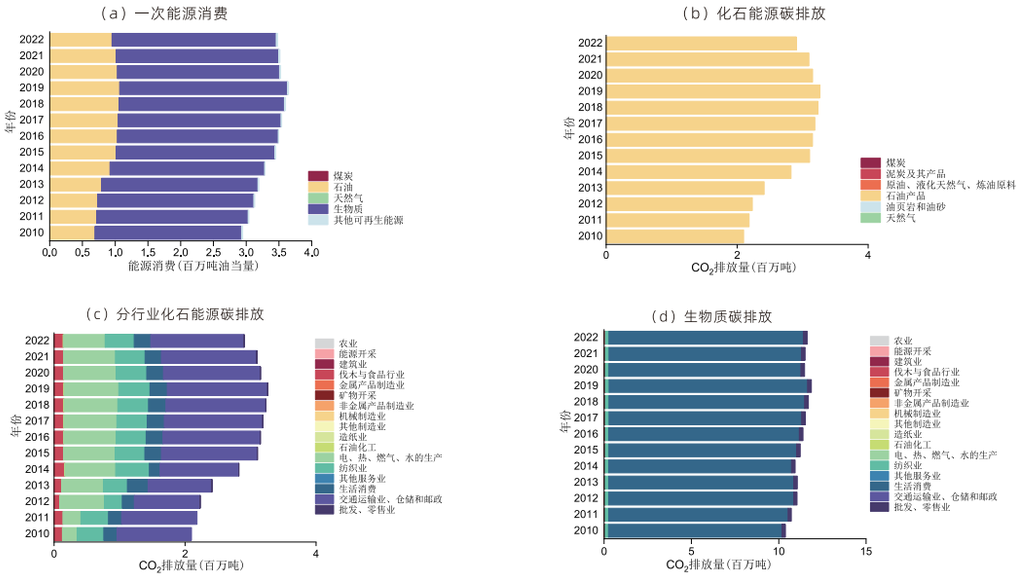
碳排放趋势

海地的二氧化碳排放总量在2010年到2019年呈现持续上升趋势，2020年有轻微下降，2021年重新升高，2022年又有轻微下降。总体来看，海地的二氧化碳排放总量从2010年的12.5百万吨增长到2022年的14.5百万吨，涨幅16%。其中，化石能源燃烧所产生的碳排放从2010年的2.1百万吨增长到2022年的3.0百万吨，涨幅38.4%；生物质燃烧所产生的碳排放从2010年的10.4百万吨增长2022年的11.6百万吨，涨幅11.9%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，各个机构的核算结果大致是相同的，核算方法和基础数据的差异使得结果有所不同。对化石能源碳排放量进行对比后发现，2022年IEA化石能源碳排放为3.04百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为2.9百万吨，而EDGAR的数据为3.4百万吨，GCB的数据为3.3百万吨。可以看出CEADs和EDGAR、GCB统计的化石能源碳排放总量分别存在17.2%、13.8%的差距，而CEADs和IEA统计的化石能源碳排放总量基本保持一致。其中，IEA的碳排放数据是国际能源机构秘书处根据现有多个机构的二手资料估算得来，CEADs是直接基于拉美能源组织中海地国家官方发布的能源平衡表进行计算，数据统计更加准确。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为14.5百万吨。



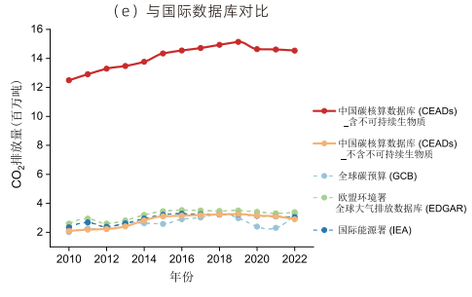


图4.2 海地2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

海地的能源平衡表共涉及20个能源品种和6个部门，时间覆盖2010-2022年。分部门指标采用Global　EDGE以及世界银行的数据，基于工业部门的GDP占比以及城镇居民比例，对部门进行降尺度分配到47个部门。

表4.2 海地排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Energy Information System of Latin America and Caribbean）	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=2
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	Global EDGE（制造业与工业GDP比例）	https://globaledge.msu.edu/countries/haiti/economy
	世界银行（城乡人口占比）	https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS

尼加拉瓜
NICARAGUA

国家背景

尼加拉瓜位于中美洲地区中部，北中部为高地，东部为海岸平原，多丛林沼泽，地势低平，西部为沿岸低地，其东多火山、湖泊。北靠洪都拉斯，南连哥斯达黎加，东临加勒比海，西濒太平洋，国土面积13.04万平方公里。2022年，尼加拉瓜的总人口达到673.1万人，GDP总量（现价）为156.5亿美元，同比增长10.7%。但是，人均GDP仅为2325.2美元[217]，尼加拉瓜属于经济落后的农业国，高失业率，人民生活贫困。

尼加拉瓜的经济整体较为落后。农牧业依旧为尼加拉瓜的重要组成部分，主要生产棉花、咖啡、甘蔗、香蕉、肉类等，2022年农业部门占GDP的比重为16.8%。同时其工业基础相对薄弱，2022年工业制造业占GDP的比重为26.09%。在自然资源方面，尼加拉瓜是拉美主要产金国之一，其他矿藏有银、锑、锌、铜、铅等；地热资源丰富。森林占全国面积的43%[218]。在国际贸易方面，尼加拉瓜主要出口黄金、咖啡、肉类、乳制品、蔗糖、花生等，主要出口对象国为美国、萨尔瓦多、哥斯达黎加、墨西哥等。进口原材料、消费品、石油、燃料、润滑油等，主要进口来源国为美国、墨西哥、哥斯达黎加和委内瑞拉[219]。

作为世界上最易受气候变化影响的国家之一，尼加拉瓜自2007年起就开始大力发展清洁能源。2010年8月，尼加拉瓜发布“2010~2017年国家能源计划”，该计划确立了其发展可再生能源的宏伟目标。这项计划将使水力发电能力增加597.7MW，地热能增加100MW和风力发电能力增加100MW。同时预计到2018年，尼加拉瓜能源与矿业部将在可再生能源领域再投入25亿美元，以调整该国能源结构[220]。可再生能源发电在2007-2020年期间节省了1894万桶石油，确保了尼加拉瓜拥有可靠和清洁电力供应。尼加拉瓜在其国家自主贡献（NDC）中也进一步承诺减少由土地利用的使用和变化以及能源的消费和生产造成的温室气体碳排放[220]。

一次能源消费结构

尼加拉瓜的一次能源结构以石油为主。2022年，尼加拉瓜石油消费1.6百万吨，占一次能源消费的51.6%。生物质也是其重要的能源来源，生物质占一次能源消费的比重达到41.7%。此外，水能、地能、风能等可再生能源也占一次能源消费的6.7%。

化石能源碳排放特征

尼加拉瓜化石能源碳排放全部由石油产品所产生。石油产品作为尼加拉瓜最主要的化石能源，在2022年共产生二氧化碳排放5.0百万吨，较2010年产生的二氧化碳排放4.0百万吨增长了23.2%。

分行业化石能源碳排放贡献

尼加拉瓜化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来源于交通运输业、仓储和邮政部门和电、热、燃气、水的生产。2022年，交通运输业、仓储和邮政部门消费化石能源所产生的碳排放为2.6百万吨，占尼加拉瓜化石能源碳排放总量的51.8%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产部门，产生的碳排放为1.1百万吨，占2022年化石能源碳排放总量的21.1%。值得注意的是，这一比例自2010年以来一直呈上下波动状态，这可能与尼加拉瓜对可再生能源发电的持续投入有关。

生物质碳排放特征

2022年尼加拉瓜的生物质能占一次能源消费的41.7%，主要用于生活消费。尼加拉瓜的生物质主要包括木柴以及甘蔗渣、稻壳、咖啡壳、花生壳等为代表的作物废料。一方面，当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。另一方面，尼加拉瓜也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入碳排放体系。2010-2022年，生物质能源消费产生的二氧化碳排放从2010年的5.1百万吨增长至2022年的6.0百万吨。

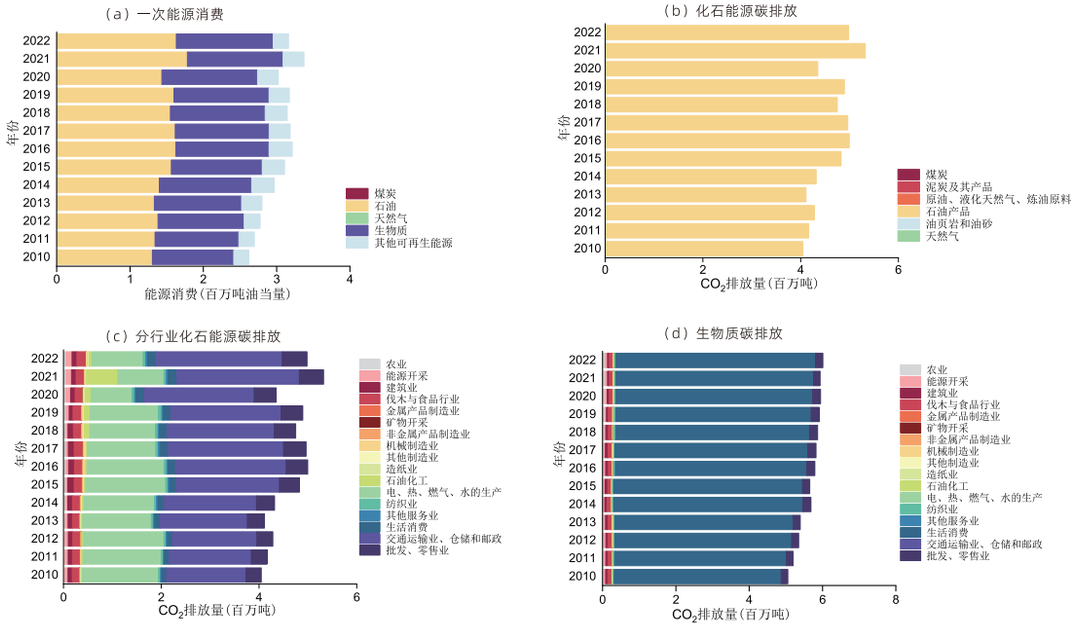
碳排放趋势

尼加拉瓜的二氧化碳排放增长较快。在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放呈整体上升趋势，从2010年的4.0百万吨增至2022年的5.0百万吨，年均增长率为1.8%。在此期间，2022年生物质消费所产生的碳排放相较于2010年增加了0.9百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，从趋势上看，CEADs核算的尼加拉瓜化石能源碳排放与各机构核算的碳排放变化趋势基本保持一致，但相较于IEA、EDGAR和GCB的结果都略低。核算方法和数据的差异使得结果略有所不同。其中，CEADs核算结果与IEA和GCB的结果最为接近，与EDGAR的结果相差最大。具体而言，CEADs与IEA结果的平均差距不到2%，与EDGAR结果的平均差距达到8%。

当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为11.0百万吨。



（e）与国际数据库对比

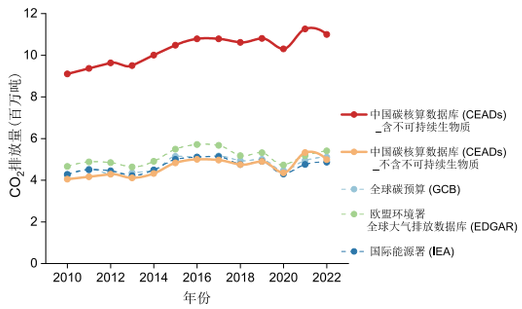


图4.3 尼加拉瓜2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

尼加拉瓜的能源平衡表均来自于尼加拉瓜能源和矿业部，范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及22个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家信息发展研究所中农业、服务业和建筑业的生产总值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.3 尼加拉瓜排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	尼加拉瓜能源和矿业部	http://www.mem.gob.ni/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	尼加拉瓜国家信息发展研究所	https://www.inide.gob.ni/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）（出口数据）	https://comtrada.un.org

玻利维亚
BOLIVIA

国家背景

玻利维亚是位于南美洲中西部的内陆国家，全国共分为九个省，法定首都为苏克雷，实际政府所在地和行政首都是拉巴斯。根据国家统计局发布的数据，2022年，玻利维亚的总人口为1208万，GDP（现价）为440亿美元[221]。虽然玻利维亚在过去几十年中经历了快速的发展，但仍为南美洲第二贫穷的国家，属于发展中国家。

2022年农业、工业和服务业增加值占GDP的比重分别为12.5%、37.9%和49.6%[222]。其主要经济部门包括农林渔业、采矿业、纺织服装和精炼石油等。尽管玻利维亚的农业发达，但农产品加工方面还未形成大规模、产业化的发展模式，农业残余物如甘蔗、大豆、玉米、向日葵的残留物等广泛存在，并未得到充分利用[223]。玻利维亚拥有非常丰富的矿产资源，包括锡、银、锂和铜等，但关键矿产开采与加工技术依然依赖进口。玻利维亚的主要出口国为巴西、阿根廷和美国等，主要出口产品为天然气、银、锌、铅、锡、金、藜麦、大豆和豆制品；主要进口国为中国、巴西和阿根廷，主要进口产品为机械、石油产品、车辆、钢铁、塑料等。

在促进能源可持续发展方面，玻利维亚积极采取措施以减缓气候变化，致力于提高可再生能源利用率[224]，促进清洁能源技术的普及。玻利维亚政府采取的主要行动包括：建设水电站（中小型水电站、大型水电和多用途水电）以及促进可再生能源的发展（风能、地热能和太阳能），来改善以石油、天然气为主的化石能源消费结构。为应对全球气候变化，玻利维亚的国家自主贡献（INDC）指出优先考虑将水、能源、森林和农业领域的减缓和适应行动联系起来。

一次能源消费结构

玻利维亚化石能源消费占一次能源消费的比重接近87.3%，主要以石油产品与天然气为主，几乎没有煤炭的消费。2022年，石油产品消费占比50.6%，天然气消费占比36.7%。此外，以水能为主的可再生能源消费占一次能源消费的2.8%；生物质消费占一次能源消费比重为9.9%。

化石能源碳排放特征

天然气和石油产品消费是玻利维亚化石能源碳排放的主要来源。2010年，天然气消费产生的二氧化碳排放量为6.6百万吨，占化石能源碳排放量的41.3%，且在2010-2018年间呈现出持续增长的趋势，至2019-2020年，天然气消费产生的二氧化碳量略微下降到6.8百万吨，2021年重新增长至7.5百万吨，2022增长至7.8百万吨，占化石能源碳排放量的比重达36.4%。2022年,石油产品消费所产生的二氧化碳排放量为13.6百万吨，占化石能源碳排放量的比重达62.8%。其中，汽油和柴油是玻利维亚主要使用的石油产品。

分行业化石能源碳排放贡献

玻利维亚的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来源于交通运输业、仓储和邮政以及电、热、燃气、水的生产行业。交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放自2010年以来一直呈现增长态势，从2010年的7.0百万吨增长到2018年的11.5百万吨，占化石能源碳排放总量的比重从43.9%增长到50.8%。2018-2020年间该行业消费化石能源所产生的碳排放降至8.9百万吨;2021年起又回升，2022年升至12.6百万吨。2022年，玻利维亚电、热、燃气、水的生产行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放为3.9百万吨。

生物质碳排放特征

2022年，生物质消费约占一次能源消费的9.9%，主要用于生活消费、伐木与食品行业。玻利维亚的生物质种类主要包括粪便、绿色残留物[225]，由于玻利维亚生物质来源主要为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体二氧化碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010年至2018年，玻利维亚化石能源消费产生的二氧化碳排放增长相对平缓，由16.0百万吨增长到22.6百万吨，年均增长率为4.5%。2019年稍有下降，2020年受全球疫情影响，碳排放下降至18.0百万吨。2021年碳排放回升，2022年增至21.6百万吨，2010至2022年年均增长率为2.9%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的玻利维亚化石能源二氧化碳排放量与EDGAR、GCB在2017年前数据基本保持一致，但总体略高于IEA数据，整体趋势误差在8%左右。由于CEADs与IEA所使用的玻利维亚能源平衡表均来源于玻利维亚碳氢化合物部，可推测误差是所采用的化石能源碳排放因子不同导致的。2017年以后，CEADs核算的化石能源二氧化碳排放数据相比于EDGAR数据来说，增速相对较快；而CEADs与IEA数据的增长趋势则相对保持一致。2022年的结果与IEA数据较为接近。

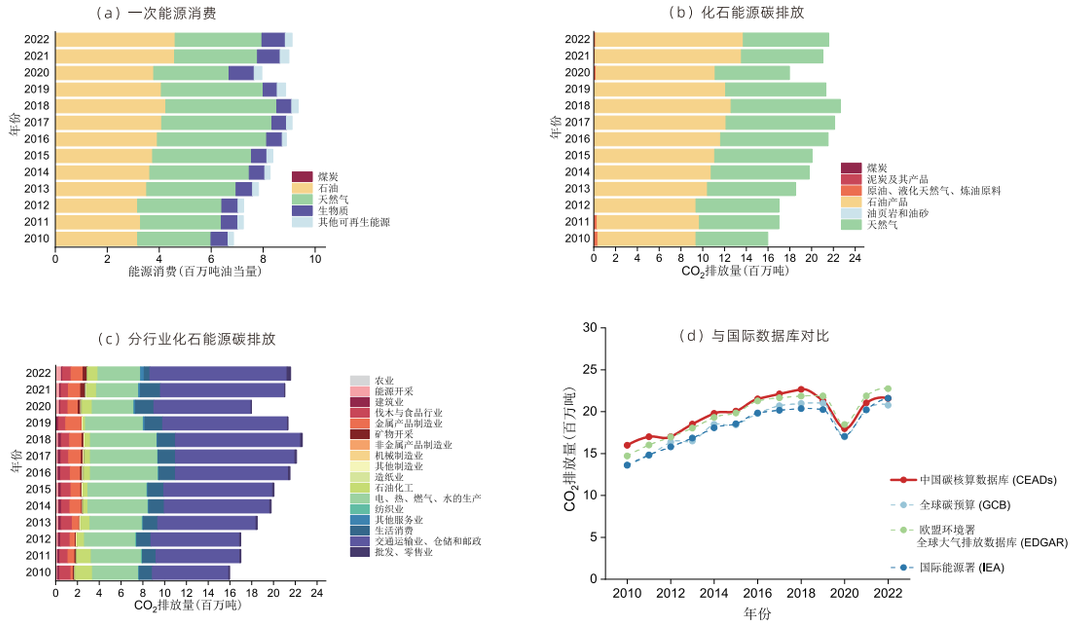


图4.4 玻利维亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d)与国际数据库对比

数据来源简述

从玻利维亚能源署网站上获取了玻利维亚2010-2022年能源平衡表，其中包含了玻利维亚25种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及7个大类经济行业的能源消费数据。通过玻利维亚统计局和联合国商品贸易统计出口数据，对分行业的二氧化碳排放进行计算。

表4.4 玻利维亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	玻利维亚碳氢化合物部	https://www.hidrocarburos.gob.bo/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/
	玻利维亚统计局	https://www.ine.gob.bo/

危地马拉
GUATEMALA

国家背景

危地马拉是中美洲的西北部的一个总统共和制国家，与墨西哥、伯利兹、洪都拉斯等国家接壤，东临加勒比海，南濒太平洋，全国共分为22个省，国土面积10.89万平方公里，2023年人口为1812.5万，GDP为1044.5亿美元（2023年现价）。危地马拉受内战影响，经济长期停滞，1996年《最终和平协议》生效后，危地马拉经济恢复增长。2003年至2008年，GDP年均增长率达4%。它是中美洲人口最多的国家，同时也是中美洲甚至是拉丁美洲，贫困率最高、收入最不平等的国家。2023年失业率为2.3%[226]。

危地马拉的经济以服务业为主[227]。农业主要生产咖啡、甘蔗、香蕉和豆蔻等经济作物，并向北美、中美、欧洲等地区出口。然而，由于65%的土地被2.5%的农场所控制[228]，土地使用权的分配非常不均衡，造成从事农业生产人口收入较低、贫困率高。此外，危地马拉工业基础薄弱，工业原料、主要消费品依赖进口，2019年工业增加值约占GDP的四分之一。

值得注意的是，农业、牲畜、薪材、非法采伐和森林火灾给危地马拉可持续发展带来了巨大压力。该国目前正在加强国家计划，积极与国际组织开展合作，以更好地管理其自然资源，缓解因农业发展和居民生活而导致的森林砍伐与森林退化问题，并改善生计。此外，危地马拉在2015年提交了该国的国家自主贡献，提出与基准情景相比，到2030年减少11.2%的温室气体碳排放（5385万吨二氧化碳排放量）。并且，在国际资源的支持下，这一目标可以提高到22.6%[224]。

一次能源消费结构

危地马拉化石能源消费占一次能源消费的比重为35.7%，且主要以煤炭和石油产品为主，几乎没有天然气的消费。2022年，煤炭消费占比6.1%，石油产品消费占比29.6%。此外，以水能为主的其他可再生能源消费占一次能源消费的6.6%；生物质占一次能源消费比重达57.7%。

化石能源碳排放特征

石油产品和煤炭消费是危地马拉化石能源碳排放的主要来源。其中，石油产品消费是其最大的碳排放来源，2022年石油产品消费产生的二氧化碳排放为15.2百万吨，占该国化石能源碳排放的77.5%。在其石油产品中，柴油和汽油是主要类型。其他石油产品，如燃料油、石油液化气和煤油在危地马拉也有使用，并造成了一定的二氧化碳排放。煤炭在2010年消费所产生的碳排放为2.1百万吨，占化石能源碳排放的17.3%；在2022年产生的碳排放4.4百万吨，占化石能源碳排放的22.5%，增长幅度明显。

分行业化石能源碳排放贡献

危地马拉的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来源于交通运输业、仓储和邮政。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的二氧化碳排放为12.2百万吨，占化石能源碳排放总量的62.0%。电、热、燃气、水的生产行业是危地马拉的第二大化石能源碳排放行业，由2010年的3.2百万吨（25.8%）变化到2022年的1.9百万吨（9.8%）。

生物质碳排放特征

2022年，危地马拉的生物质消费占一次能源消费的57.7%，主要用于生活消费。危地马拉的生物质种类主要包括木柴和甘蔗渣。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，进而用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，因此在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。而甘蔗渣等作物来源于反复种植的农田，为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

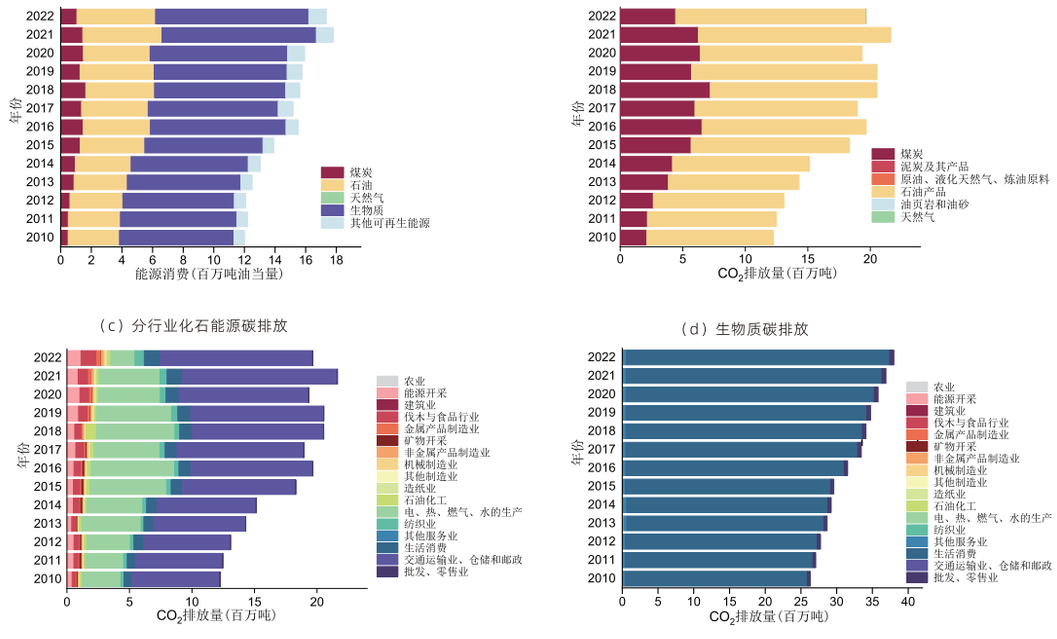
碳排放趋势

2010年至2022年，危地马拉的化石能源二氧化碳排放呈现稳定的增长态势，从12.2百万吨增至19.7百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从26.3百万吨增加到38.0百万吨，增长了44.5%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的危地马拉化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR发布的结果基本一致。CEADs核算的数据略高于GCB发布的结果。主要的差距在于2014年和2020年的核算结果上，EDGAR数据显示2014-2015年危地马拉化石能源二氧化碳排放有所下降，而CEADs发布的数据显示该时间段化石能源二氧化碳排放并没有下降。根据CEADs从危地马拉能源矿产部收集的危地马拉能源平衡表显示，2014-2015年，危地马拉的能源消费量从73712千吨油当量增长到77989千吨油当量，能源消费增长了6%左右，因此我们认为2014-2015年期间化石能源二氧化碳排放不应下降。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为57.6百万吨。



（e）与国际数据库对比

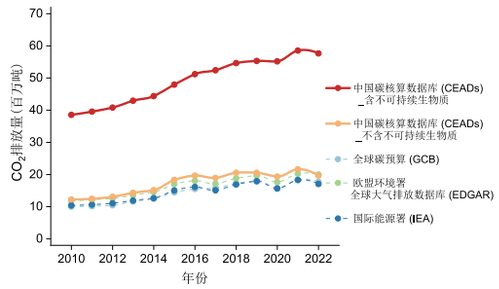


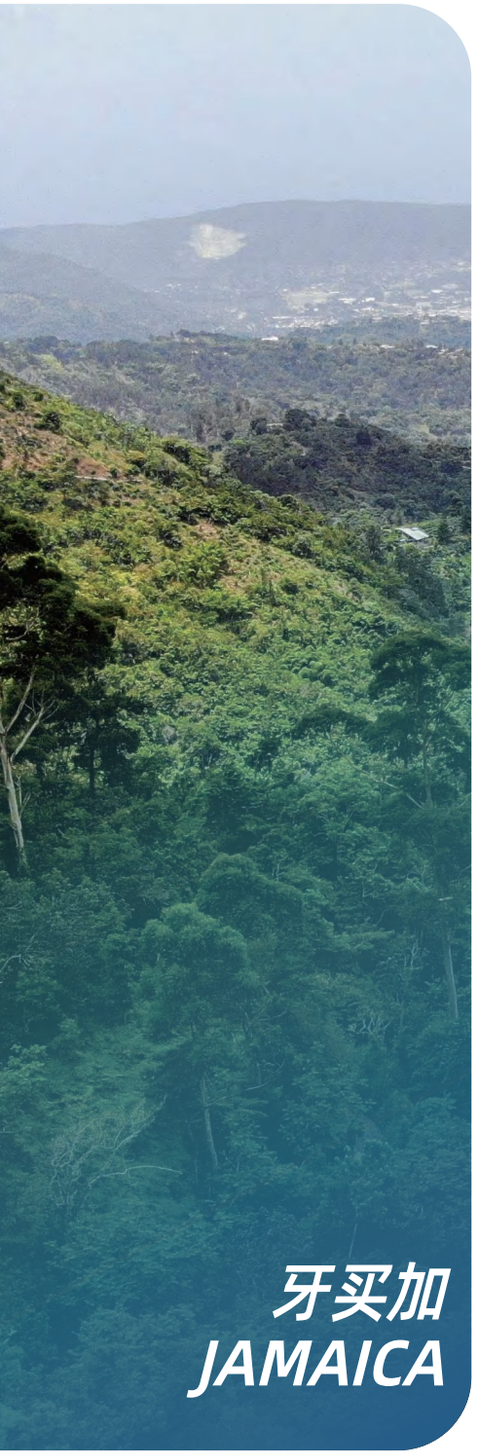
图4.5 危地马拉2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从危地马拉能源矿产部网站上获取了2010-2022年的能源平衡表，其中包含了危地马拉17种一次与二次能源品种的能源加工转换数据。危地马拉的能源平衡表中只包含了4个经济行业的能源消费数据，包括交通、工业、居民、商业与服务业。我们使用了联合国商品贸易统计出口数据，对经济行业大类的数据进行了拆分。

表4.5 危地马拉排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	危地马拉能源矿产部	https://mem.gob.gt/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

牙买加是一个位于加勒比海的岛国，它占地10990平方公里，是大安的列斯群岛和加勒比地区的第三大岛。牙买加2022年的总人口为283.9万人[229]，是美洲第三大人口国和加勒比地区第四大人口国，且有普遍年轻化的倾向，约60%的人口年龄在29岁以下。2022年，GDP为171.0亿美元（现价），同比增加16.6%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了38.8亿美元。

牙买加经济高度依赖服务业，2022年服务业占该国GDP的64.8%[230] 其中，旅游业和金融业是该国经济的重要组成部分。农业和工业也对牙买加的经济起到重要贡献作用，2021年占GDP的比重分别为8.9%和21.1%。牙买加的自然资源相对丰富，铝矾土储量约25亿吨，居世界第四位，其他丰富的资源还有铜、铁、铅、锌和石膏等。贸易占约四分之一的国内生产总值，其主要出口国为美国、荷兰和加拿大等，主要出口产品为氧化铝、铝土矿、化学品、咖啡、矿物燃料、废金属；主要进口国为美国、哥伦比亚和日本，进口产品为食品和其他消费品、工业用品、燃料、资本货物的零件和配件、机械和运输设备、建筑材料。

针对可再生能源的发展，牙买加政府于 2010 年通过了一项国家能源政策，该政策确立了到 2030 年能源结构中可再生能源占20%的目标[231],并规划到2030年有33%的发电量来自可再生能源。根据《联合国气候变化框架公约》，牙买加做出的国家自主贡献（INDC）是到2030 年，每年减少110万吨的二氧化碳排放，与基准情景（BAU）相比，将减少7.8%的二氧化碳排放量。

一次能源消费结构

牙买加的一次能源结构以石油产品为主。2022年，石油产品消费占比71.2%，天然气消费占比20.8%，煤炭消费占比2.1%，化石能源消费总量在一次能源消费结构中占比接近94.2%。此外，生物质占一次能源消费比重为4.3%。

化石能源碳排放特征

2022年牙买加由化石能源消费产生的碳排放量约为7.9百万吨，从分品种化石能源碳排放来看，2022年石油产品消费所产生的二氧化碳排放量约为6.0百万吨，占化石能源碳排放总量的76.9%左右；其次是煤炭和天然气消费导致的二氧化碳排放，其占比大致为3.1%和20.1%，相比之下，煤炭对化石能源碳排放量的贡献相对较小，占化石能源碳排放的比重从2010年的1.3%增至2022年的3.1%。

分行业化石能源碳排放贡献

牙买加的化石能源消费产生的二氧化碳排放量最大的部门为交通运输业、仓储和邮政行业，2022年其产生的二氧化碳排放量为3.3百万吨，占化石能源碳排放量从2010年的31.3%增至2022年的42.1%。其次是电、热、燃气、水的生产，2022年该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近2.3百万吨，占化石能源碳排放总量的29.6%。随后是金属产品制造业，其化石能源碳排放量远小于电、热、燃气、水的生产部门，2022年所产生的碳排放为0.8百万吨，占化石能源碳排放总量的10.4%。

生物质碳排放特征

2022年，牙买加的生物质消费占一次能源消费的4.3%，主要用于生活消费和其他服务业等行业。生物质种类主要包括甘蔗渣、木柴和城市固体废物。当地居民主要通过砍伐森林获取木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，因此为不可持续利用的能源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放体系。牙买加也使用甘蔗渣、城市固体废物等生物质废料，为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入碳排放体系。从时间趋势上看，木柴消费产生的二氧化碳排放呈先上升后下降的趋势，从2011年的0.6百万吨上升到2014年的0.8百万吨，又下降至2022年的0.4百万吨。由于统计口径变化，2014年及之后发布的能源平衡表中，原本在2013年及以前划归“农业”的生物质燃料消费量被划入“其他消费”部门，本清单运用部门匹配指标，“其他消费”部门产生的生物质碳排放分摊至“农业”，统计口径变更导致2014年以后农业部门的生物质碳排放量核算结果升高，其他消费的生物质碳排放量核算结果降低。

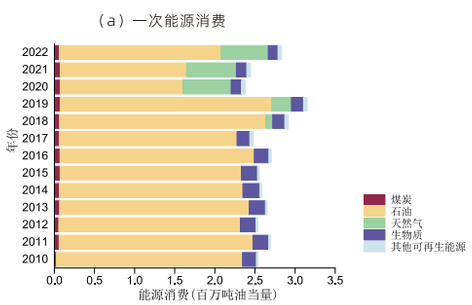
碳排放趋势

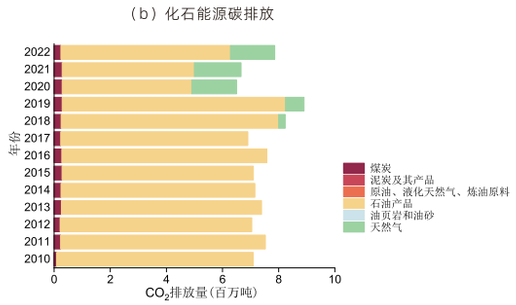
2010年至2022年，牙买加的化石能源二氧化碳排放呈现先上升后下降再上升的趋势，从2010年的7.1百万吨至2019年的8.9百万吨，增加了25.5%。2021年牙买加的化石能源二氧化碳排放相较于2019年下降2.2百万吨。而在2022年，牙买加的化石能源二氧化碳排放达到7.9百万吨，同比上升18.0%。2010-2022年间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从0.5百万吨下降到0.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的牙买加二氧化碳排放量与其他机构的二氧化碳排放统计数据的年变化趋势几乎相同。具体来说，与GCB的统计数据相比，2018-2022年，CEADs核算的二氧化碳排放数值更高，其他年份，CEADs的统计数据相对低。2010年至2016年，CEADs统计数据略高于IEA，2017年和2018年CEADs的数值与IEA的数值几乎相同，但自2018年后，CEADs数值又开始超越IEA。此外，CEADs的数据有更详细的能源分类。例如，石油产品分为车用汽油、柴油、燃料油等，每一类油品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，这也导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是牙买加统计局的能源消费数据，而IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等，这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，进而导致了CEADs和IEA二氧化碳排放数据的差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为8.3百万吨。





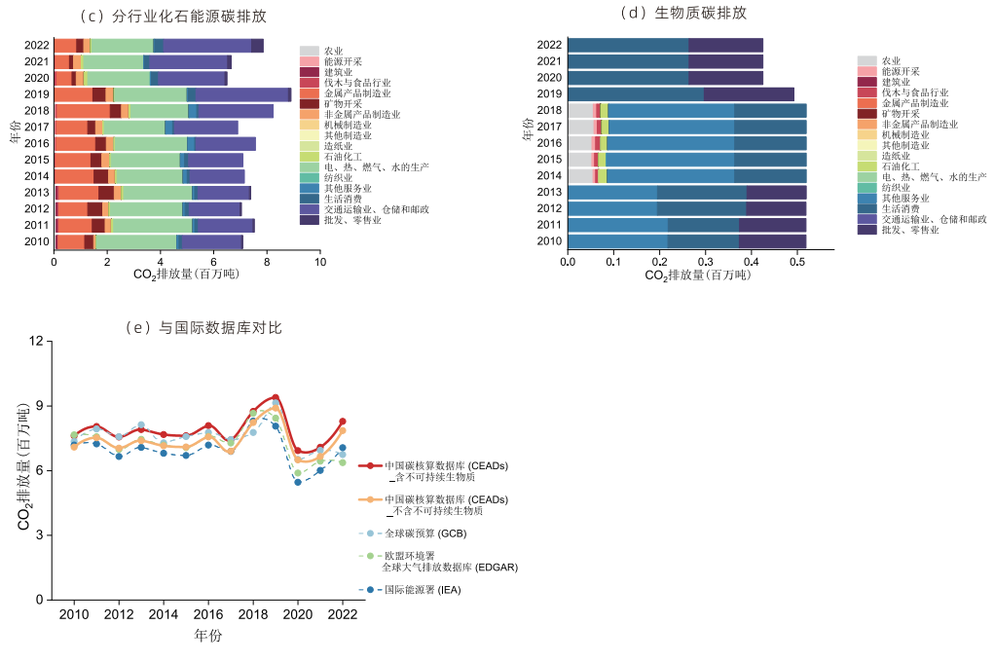


图4.6 牙买加2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

能源平衡表的能源分为煤炭、原油、汽油、柴油、航空煤油、燃料油、液化石油气、原料、其他非能源产品、木柴、木炭、甘蔗渣、水电、风能、太阳能(PV)、电力。行业分为制造、农业、采矿/铝土矿、家庭、服务、建筑、电力和热力。行业降尺度指标来自于牙买加统计局和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，数据年份为2010-2022年。

表4.6 牙买加排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	牙买加统计局	https://www.mset.gov.jm/document-category/energy-balances/
排放因子	国际能源署	https://www.iea.org/areas-of-work/global-engagement/china?language=zh
行业匹配指标	牙买加统计局	https://statinja.gov.jm/NationalAccounting/Quarterly/NewQuarterlyGDP.aspx
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org

巴拉圭
PARAGUAY

国家背景

巴拉圭共和国是南美洲中部的内陆国家，位于巴拉圭河两岸，与阿根廷、巴西和玻利维亚接壤，巴拉圭的首都是亚松森。巴拉圭面积约40.6万平方公里，世界排名第60位。世界银行数据显示，2023年该国人口约为684.4万[232]，巴拉圭的人均GDP为6276.4美元。

巴拉圭是拉美最落后的国家之一。农业是巴拉圭经济的主要支柱。主要农产品有大豆、棉花、烟草、小麦和玉米等。2023年农业增加值占GDP比重为11.4%[233]。巴拉圭工业基础薄弱，以轻工业和农牧产品加工业为主，主要产品有肉类罐头、面粉、饮料、烟草、柴油、石脑油等。巴拉圭的自然资源主要包括铁、金、镁、石灰石等矿产。森林覆盖率较高，70％的森林资源集中在格兰查科地区。在国际贸易方面，其出口产品主要是豆类、木制品、棉花等，主要出口国为乌拉圭、巴西、阿根廷等；其进口产品主要有汽车、日用品、烟草、石化品等，主要从中国、巴西、美国等国家进口。

国际能源署（2016）[234]分析中提到，巴拉圭一直在努力促进天然气的消费，以减少薪柴和木炭的使用。其2014-2030年国家发展计划中制定了可再生能源目标，即到2030年可再生能源占总能源消耗的60%，并将化石能源在能源消耗中的份额减少20%。巴拉圭最近更新的国家自主贡献批准了到2030年使二氧化碳排放量减少20%的承诺，并强调可再生能源的利用是主要驱动力。

一次能源消费结构

巴拉圭的化石能源消费占一次能源的比重接近29.9%，以石油产品为主，2022年，石油产品消费占比27.7%，天然气消费占比2.2%。一次能源结构以水能等其他可再生能源为主。以水能为主的其他可再生能源在2022年占比达42.9%。此外，生物质占一次能源消费比重达27.2%。

化石能源碳排放特征

石油产品消费是巴拉圭化石能源碳排放的最主要来源，2022年石油产品消费产生二氧化碳排放7.4百万吨，占化石能源碳排放的93.7%。天然气消费所产生的二氧化碳排放从2010年的0.2百万吨增长到2022年的0.5百万吨，碳排放量较为稳定。巴拉圭也有少量的煤炭使用，2022年煤炭消费所造成的二氧化碳排放仅占化石能源碳排放的0.02%。

分行业化石能源碳排放贡献

巴拉圭的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放从2010年的4.5百万吨增长至2022年的7.5百万吨，占化石能源碳排放总量的94.7%。生活消费是巴拉圭的第二大化石能源碳排放行业， 2022年消费化石能源产生的二氧化碳排放为0.2百万吨，占化石能源碳排放总量的2.6%。伐木与食品行业是巴拉圭的第三大化石能源碳排放行业，2022年为0.07百万吨，占化石能源碳排放总量的0.9%。

生物质碳排放特征

2022年巴拉圭的生物质消费占一次能源消费的27.2%，主要用于生活消费。巴拉圭的生物质主要是木柴以及甘蔗渣等，2021年分别占生物质能源的74%和26%。对于木柴的获取，只有小部分木柴经过认证是可持续来源，绝大部分来自于森林砍伐。当地居民通过私自砍伐树木来收集木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，因此为不可持续能源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放体系。巴拉圭也使用甘蔗渣、玉米等生物质废料，这一类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入碳排放体系。2010-2022年，木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的6.2百万吨增长至2022年的7.9百万吨，增长迅速。

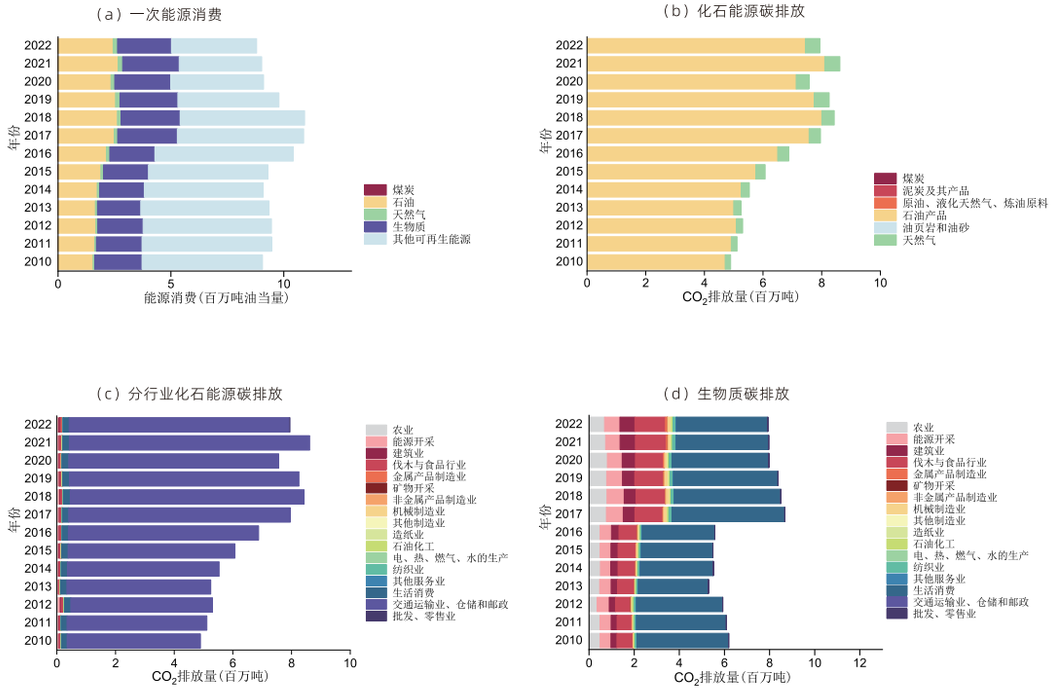
碳排放趋势

在2010年到2022年间，巴拉圭化石能源二氧化碳排放呈快速增长态势，年均增长率为4.1%，从4.9百万吨增至2022年的7.9百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从2010年的6.2百万吨增加到2022年的7.9百万吨，增长迅速。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的巴拉圭化石能源二氧化碳排放量与IEA、GCB、EDGAR发布的数据结果误差较小，产生差异的主要原因：一是CEADs与IEA、EDGAR的排放因子选取有所差别，二是CEADs数据具有更为详细的能源分类，而其他机构对能源品种的统计口径比较模糊。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为15.9百万吨。



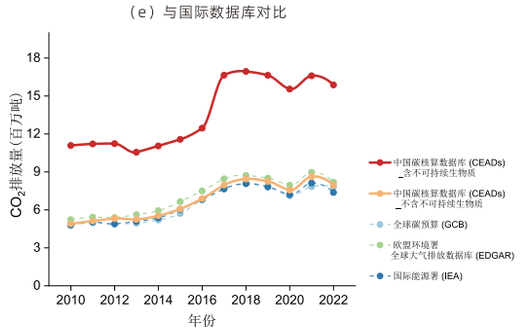


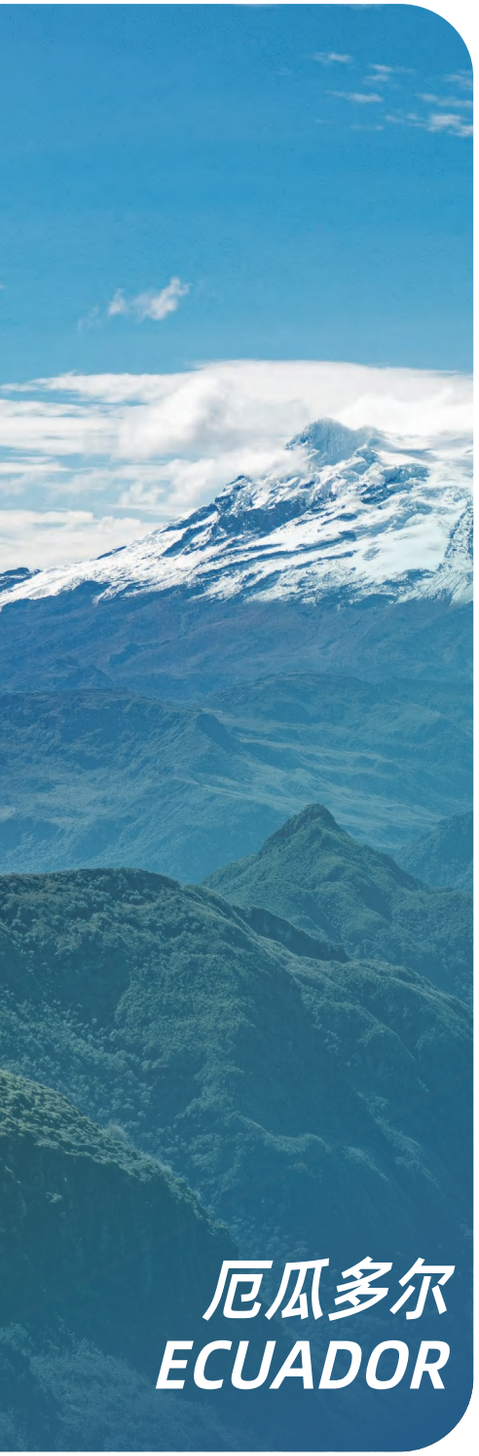
图4.7 巴拉圭2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

巴拉圭的能源平衡表中列出了15个能源品种，其中主要的能源品种有汽油、柴油和木柴等。巴拉圭能源平衡表中将行业分为了4个，分别是：居民消费、交通行业、工业和其它行业。其中在分部门匹配上，我们采用联合国（UN）分行业增加值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.7 巴拉圭排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	巴拉圭统计局	http://www.dgeec.gov.py/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts



厄瓜多尔
ECUADOR

国家背景

厄瓜多尔的大陆位于南美洲西北部，与哥伦比亚、秘鲁等国家相邻。它还包括太平洋上的加拉帕戈斯群岛，位于厄瓜多尔大陆以西约1000公里处。2022年厄瓜多尔人口约1782万，GDP为1165.9亿美元（现价）[235]，人均GDP约为6542.6美元，大约64%的人口生活在城市，属于中等收入的发展中国家。

厄瓜多尔的农业发展相对缓慢，主要农产品包括香蕉、咖啡、可可、花卉等，是世界上最大的香蕉出口国[236]。工业基础较为薄弱，石油业是厄瓜多尔第一大经济支柱。尽管该国的石油与天然气蕴藏丰富，但因缺乏适当的炼油设备，仍以原油出口为主。其能源结构高度依赖石油及其衍生品，80%以上的能源供应来自石油[237]。目前，厄瓜多尔政府正努力通过增加可再生能源或天然气的供应来实现初级能源供应的多样化。

自2010年以来，水电的份额迅速增加，现已是厄瓜多尔重要的发电来源之一。厄瓜多尔是《联合国气候变化框架公约》的签署国，已将减缓气候变化作为其国家目标之一，并制定了《2012-2025年国家气候变化战略》。在其国家自主贡献承诺中，厄瓜多尔的目标是在2025年前将水力发电占可再生能源发电的比重提高到90%甚至更高，并将能源消费产生的二氧化碳排放量较基准情景减少20.4%-25%。如果得到国际社会的支持，这一减排目标可以进一步提高到37.5%至45.8%之间[224]。

一次能源消费结构

2022年厄瓜多尔的化石能源消费占一次能源的比重为83.5%，以石油产品为主，2021年以前几乎没有煤炭的消费，2022年煤炭消费占比1.3%。2022年，石油产品消费占比80.9%，天然气消费占比1.4%，煤炭消费占比1.3%。此外，以水能为主的其他可再生能源占一次能源消费的14.1%；生物质占一次能源消费比重为2.4%。

化石能源碳排放特征

石油产品消费是厄瓜多尔化石能源碳排放的最主要来源。2022年，石油产品消费产生二氧化碳排放35.7百万吨，占化石能源碳排放的96.4%。此外，天然气也是厄瓜多尔重要的化石能源，2016年以来，天然气消费产生的二氧化碳排放呈下降趋势，2022年为0.47百万吨。厄瓜多尔2022年开始消费煤炭，并产生0.86百万吨的二氧化碳排放。

分行业化石能源碳排放贡献

厄瓜多尔的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政，该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放从2010年的13.3百万吨（42.7%）到2022年的21.6百万吨（58.3%）;伐木与食品行业是厄瓜多尔第二大化石能源碳排放行业，其化石能源碳排放从2010年的1.7百万吨增长到2022年的3.3百万吨，占化石能源碳排放总量的8.9%。其中，天然气、燃料油、柴油和其他一些石油产品常用作火力发电燃料，造成了较多的碳排放。

生物质碳排放特征

2022年厄瓜多尔的生物质消费占一次能源消费的2.4%，主要用于生活消费。厄瓜多尔的生物质主要包括木柴和以甘蔗渣为代表的作物废料。当地居民主要通过砍伐森林获取木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。此外，甘蔗渣等作物废料的利用正在迅速增长，这部分生物质为可持续再生资源，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010年至2014年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放一直呈现增长态势，从2010年的31.2百万吨增长到2014年的39.3百万吨。2015年化石能源二氧化碳排放有所下降，随后呈现波动增长态势，2022年，厄瓜多尔的化石能源二氧化碳排放为37.1百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放保持轻微下降，从2010年的1.5百万吨降低至2022年的1.0百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年CEADs核算的厄瓜多尔化石能源二氧化碳排放量为37.1百万吨，总体低于EDGAR发布的数据(42.3)，与IEA(38.3)和GCB(36.0)数据较为接近，在2014年以前两者的数值保持基本相同的增长趋势，2014年以后开始相互超越，但两者的数值差距在3%以内。从使用的原始数据来看，CEADs的能源平衡表数据来自厄瓜多尔能源与不可再生资源部，IEA的能源平衡表数据来自厄瓜多尔地质调查局，因此原始数据存在的差异，可能是导致核算的二氧化碳排放数据不同的原因。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为38.1百万吨。

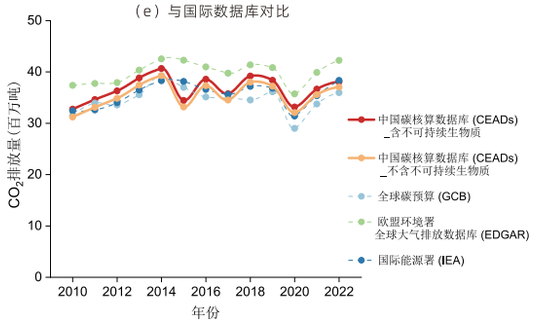
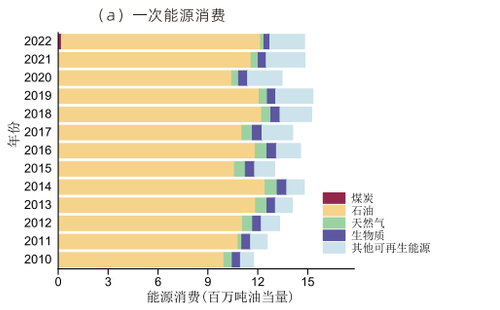
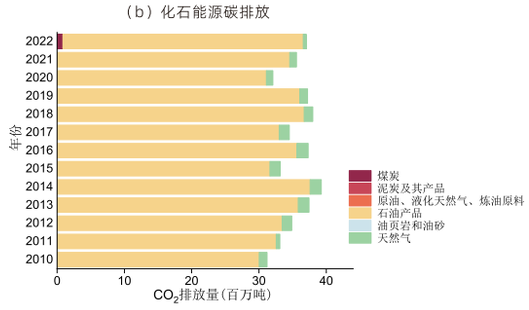
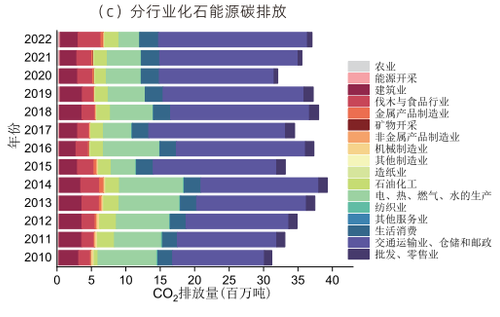
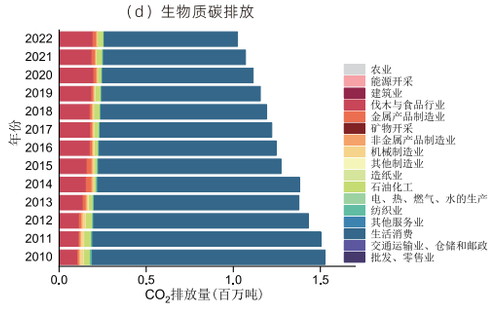


图4.8 厄瓜多尔2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比







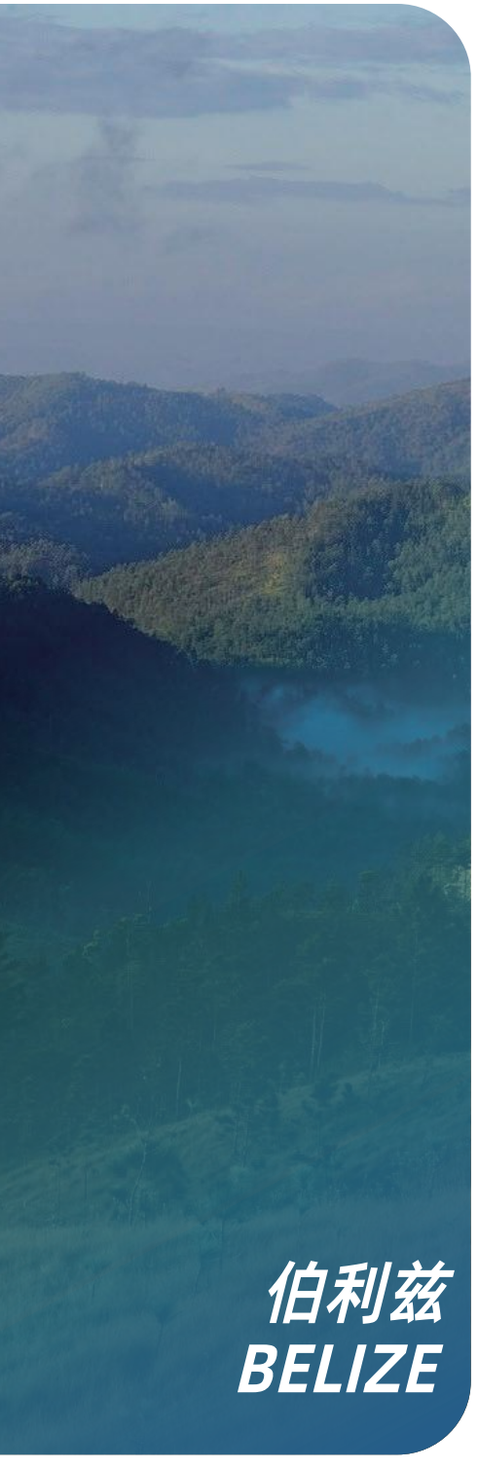


数据来源简述

我们从厄瓜多尔能源与不可再生自然资源部网站上获取了厄瓜多尔2010-2022年能源平衡表，其中包含了厄瓜多尔22种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及7个大类经济行业的能源消费数据。通过厄瓜多尔本国统计局数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，计算出分47部门的二氧化碳排放数据。

表4.8 厄瓜多尔排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	能源与不可再生自然资源部	https://www.recursosyenergia. gob.ec/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/
	厄瓜多尔统计局	https://www.ecuadorencifras.gob.ec/



国家背景

伯利兹位于中美洲东北部，北与墨西哥接壤，西和南与危地马拉毗邻，东濒加勒比海，国土面积22,966平方公里，海岸线长约386公里[238]。根据世界银行的数据，伯利兹2022年的总人口约为40.3万人，人口增长率相对较高，归因于移民和相对年轻的人口结构，15岁以下的人口占比约为28%，65岁及以上的老年人口占比约为5%[239]。2022年，现价GDP为28.5亿美元，同比疫情前增长19.2%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了11亿美元[240]。

长期以来，伯利兹的经济结构呈现以农业为主、工业薄弱的特点，2022年伯利兹农业和工业增加值约占GDP的7.7%、15.4%。近年来，旅游业逐步成为伯利兹支柱产业，离岸金融业、渔业、轻工业和建筑业等有较快发展，2022年服务业增加值约占GDP的61.7%[241]。在国际贸易方面，伯利兹人民生活用品、机械和运输设备高度依赖进口，主要出口产品包括糖、香蕉、成衣、木材、海产品，主要贸易对象为美国、英国、欧盟、墨西哥、加拿大、加勒比共同体国家。伯利兹的森林和渔业资源丰富，森林覆盖率为70％左右，盛产贵重木材，以及龙虾、旗鱼等海产品。伯利兹西北地区有石油、重晶石、锡石、黄金等矿藏，已证实的石油储量为670万桶，伯利兹政府已于2017年底开始禁止境内石油开发，现主要依赖进口[238, 242]。

针对可再生能源的发展，伯利兹政府在过去的20年中大力投资于国内生物质发电、太阳能和水电，并制定了到2027年全国85%的电力来自可再生能源的目标，其中绝大部分来自潜力巨大的水电[242]。在伯利兹《2012-2033年国家可持续能源战略》中，2033年目标是成为电力和生物燃料净出口国，将国内生产总值的能源强度提高30%，将废物流的能源回收量提高两倍，并将化石能源进口量减少50%[243]。伯利兹政府积极推动将《2030年可持续发展议程》和可持续发展目标的原则纳入国家现行的《伯利兹计划中期发展战略2022-2026》中[244]，可再生能源的大力发展有助于其发展战略的落实。

一次能源消费结构

2022年伯利兹的化石能源消费在一次能源消费结构中占比接近63.9%。生物质占一次能源消费比重达31.3%，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的4.8%。

化石能源碳排放特征

2022年伯利兹的化石能源碳排放0.8百万吨，全部来自于石油产品的消费。2022年，石油产品消费产生二氧化碳排放相较于2010年的碳排放增加了0.3百万吨。相比之下，天然气对化石能源碳排放量的贡献极小且总体趋势在下降

分行业化石能源碳排放贡献

伯利兹的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政以及生活消费。2010年以来，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的二氧化碳排放量呈波动趋势，2022年达到0.6百万吨，占化石能源碳排放量的71.2%。生活消费是伯利兹第二大化石能源碳排放行业，2022年化石能源消费产生的二氧化碳排放量为0.1百万吨，占化石能源碳排放量的9.5%。

生物质碳排放特征

2022年伯利兹的生物质消费占一次能源消费比重为31.3%，产生的二氧化碳排放呈现波动式下降趋势，由2010年的0.09百万吨下降至0.07百万吨。其中，生活消费是生物质消费的主要来源，其产生的二氧化碳排放由2010年的0.06百万吨下降至0.05百万吨。伯利兹的生物质主要包括木柴和以甘蔗渣为代表的作物废料，分别占生物质能源结构的11.2%和88.8%。由于伯利兹传统能源缺乏，当地居民通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续地利用资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。同时，伯利兹也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的农业种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。

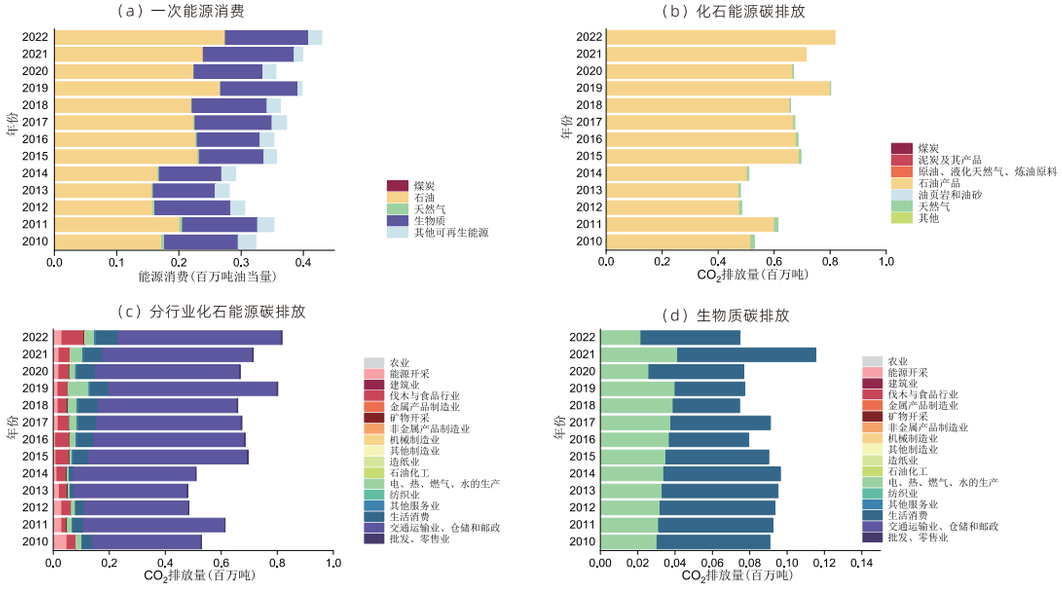
碳排放趋势

2010年至2022年，伯利兹的化石能源二氧化碳排放呈现增长趋势，从2010年的0.5百万吨增加至2022年的0.8百万吨，年均增长率达3.7%。在此期间，生物质燃烧所产生的排放从0.09百万吨减少至0.07百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的伯利兹化石能源碳排放量与其他机构的统计数据的年变化趋势几乎相同，但是与国际机构数据相比，CEADs每年的数值均高一点。CEADS数据与IEA、GCB的差距分别在3.3%、6.4%左右。从差距原因上看，CEADs的数据有更详细的能源分类，每一类油品都有相应的排放因子，而按照其他机构如IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Olade）的能源消费数据，而其他机构如IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等，这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，这也进一步导致了CEADs和IEA等其他机构二氧化碳排放数据的差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为0.9百万吨。



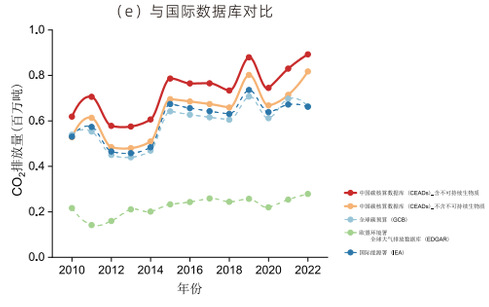


图4.9 伯利兹2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

伯利兹的能源平衡表均来自于拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Olade），范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及19个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的商业和公共部门的产出数据以及联合国商品贸易统计数据库网站公布的出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.9伯利兹排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Energy Information System of Latin America and Caribbean）	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=3
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipccnggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	伯利兹统计局，统计年鉴（GDP数据）	https://sib.org.bz/publications/annual-reports/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/
	世界银行（World Bank）城镇化率数据	https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS

哥伦比亚
COLOMBIA

国家背景

哥伦比亚横跨南美洲和北美洲大陆，主要位于南美洲西北部，由32个省和该国最大的城市波哥大首都区组成，与委内瑞拉、巴西等国家接壤。2022年，哥伦比亚的人口为5173万，GDP为3453亿美元（现价）[245]。

哥伦比亚的支柱产业是工业，2022年，工业增加值占GDP的比重约为26.15%[246]。自然资源丰富，森林面积近六千万公顷，占国土面积59%，主要矿藏有煤炭、石油、绿宝石。绿宝石储量世界第一，出口量常年占全球祖母绿市场的一半。哥伦比亚主要出口产品是能源产品、咖啡，是拉丁美洲第四大石油生产国、世界第四大煤炭生产国和第三大咖啡出口国[247]，主要国际贸易对象为美国、中国、墨西哥和日本。

哥伦比亚可再生能源发展较快，其水力发电已占装机容量的70%以上[248]。这得益于政府积极的政策和行动，哥伦比亚政府在2014年推出了可再生能源法，旨在通过减税或免税等间接激励措施促进可再生能源的开发和使用。此外，哥伦比亚已承诺减少国内的森林砍伐，以保护重要的生态系统，特别是亚马逊地区的森林[224]。并承诺到2030年将温室气体排放量比基准情景减少20%，并在获得国际支持的情况下减少30%，这意味着到2030年将减少67百万吨至100.5百万吨二氧化碳。

一次能源消费结构

哥伦比亚的化石能源消费占一次能源消费的比重为74.8%，以石油产品为主。2022年，煤炭消费占比7.5%，石油产品消费占比46.8%，天然气消费占比20.4%。此外，以水能为主的其他可再生能源消费占一次能源消费的13.8%；生物质占一次能源消费比重达11.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品消费是哥伦比亚化石能源碳排放的最主要来源，其消费所产生的二氧化碳排放从2010年的36.9百万吨增长至2022年的54.9百万吨，分别占当年化石能源碳排放的50.3%和61.7%。在石油产品中，柴油和汽油是能源消费的两个主要类型。其他石油产品，如燃料油、液化石油气和煤油及喷气燃料在哥伦比亚也有相应的使用，并产生一定的碳排放。2022年，天然气消费产生的二氧化碳排放为20百万吨，占化石能源碳排放的22.5%。此外，煤炭消费产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放的14%。

分行业化石能源碳排放贡献

哥伦比亚的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政。2022年，该行业化石能源消费产生的二氧化碳排放为45.9百万吨，占化石能源碳排放总量的51.7%。电、热、燃气、水的生产行业是哥伦比亚的第二大化石能源碳排放行业，2022年该行业消费化石能源所产生的碳排放为13.1百万吨。

生物质碳排放特征

2022年哥伦比亚的生物质消费占一次能源消费的11.5%，主要用于生活消费。哥伦比亚的生物质主要是木柴、生物柴油以及以甘蔗渣为代表的作物废料。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。哥伦比亚也使用生物柴油以及以甘蔗渣为代表的作物废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。2010-2022年，生物质产生的二氧化碳排放从2010年的17.6百万吨降低至2022年的13.4百万吨。

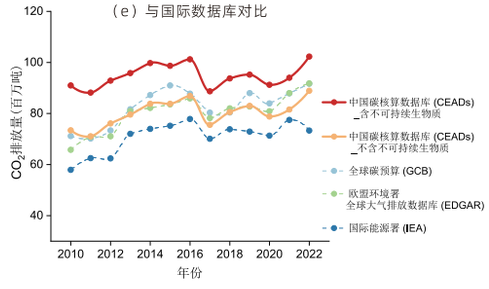
碳排放趋势

从2010年到2022年，哥伦比亚的化石能源二氧化碳排放年均增长率为1.8%，从73.4百万吨增长到88.9百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从2010年的17.6百万吨降低到2022年的13.4百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的哥伦比亚化石能源二氧化碳排放量与EDGAR发布的数据结果误差较小，2010-2022年核算数据平均差异在3%以内。与GCB的变化趋势较为一致，与IEA发布的数据相比偏高，总体高出20%。能源原始数据的不同是造成误差的主要原因之一，CEADs在哥伦比亚矿业与能源计划行业官方网站上获得了其能源平衡表，而IEA与哥伦比亚矿业与能源计划行业沟通获得能源数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为102.3百万吨。



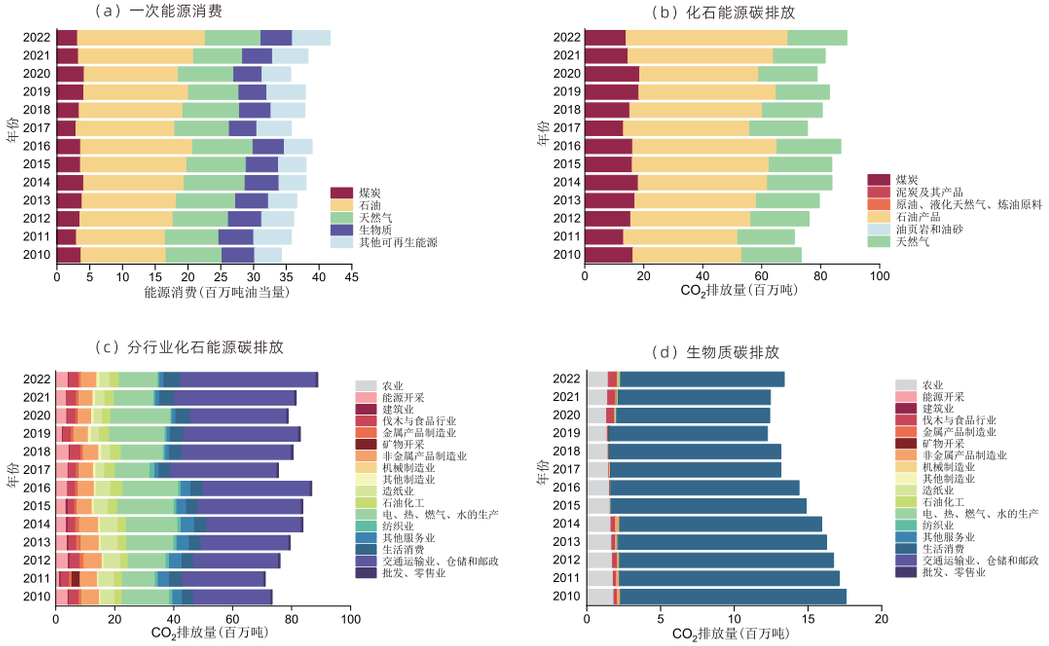


图4.10 哥伦比亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

我们从哥伦比亚国家矿业和能源计划行业获取了哥伦比亚2010-2022年能源平衡表，其中包含了19种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，包括了生物质、原煤、石油制品、天然气等。此外，我们使用2020-2022年的国内GDP变化率，对2020年和2022年的能源平衡表进行了估算。在哥伦比亚的能源平衡表中给出了近40个经济行业的详细能源消费数据。其中在分部门匹配上，我们采用联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.10 哥伦比亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	哥伦比亚矿业和能源部	https://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/BECOCONSULTA.aspx
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org

秘鲁
PERU

国家背景

秘鲁位于南美洲西部，与厄瓜多尔、哥伦比亚、巴西等国接壤。秘鲁是发展中国家，人类发展指数为中等，截至2023年，秘鲁总人口约3385万人，其中有约20.2%的人口处于贫困状态[249]，尤其是在农村地区，有53.0%的农村人口被认定为贫困人口，而城市人口中16.6%被认定为贫困人口。2023年秘鲁的GDP为2676亿美元（现价），人均GDP约为7906.6美元(现价)[250]。

秘鲁的经济主要依赖于矿业、农业和轻工业。矿业是秘鲁的主要经济支柱，秘鲁是世界上最大的银、锡和金生产国之一，也是铜、锌、铅和锑等金属的主要生产国之一。农业方面，秘鲁是世界上最大的可可豆和喜马拉雅山藜麦生产国之一，也是咖啡、棉花、玉米、土豆和水果等农产品的主要生产国之一。轻工业方面，秘鲁的纺织品、服装、皮革制品和食品加工等行业也有一定发展[251]。2023年，秘鲁第一、第二和第三产业占GDP的比重分别为：7.2%、33.9%和51.3%[252]。秘鲁森林面积7800万公顷，森林覆盖率58%，在南美洲仅次于巴西。渔业资源丰富，鱼粉产量居世界前列。秘鲁实行自由贸易政策，主要出口矿产品和石油、农牧业产品、纺织品以及渔产品等。近年来，秘鲁对国际贸易的参与度不断提高，主要向美国、中国、巴西和欧盟出口铜、金和锌等金属。

秘鲁致力于应对全球变化。秘鲁的能源发展战略计划到2030年将可再生能源的份额增加两倍[253]。同时，秘鲁国家自主贡献中提及，预计到2030年，相较于基准情景减少30%的温室气体碳排放量[224]。

一次能源消费结构

秘鲁的化石能源消费占一次能源消费的比重为75.2%，以石油产品与天然气为主。2022年，煤炭消费占比2.7%，石油消费占比44.6%，天然气消费占比27.8%。此外，风能、光能、水能及其他可再生能源占一次能源消费的11.6%；生物质占一次能源消费比重为13.2%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品消费是秘鲁化石能源碳排放的最主要来源。2022年，石油产品消费所产生的二氧化碳排放为29.1百万吨，占化石能源碳排放的52.8%。2010-2022年，天然气消费所产生的二氧化碳排放总体呈增长态势，从11.5百万吨增加到17.2百万吨。此外，秘鲁煤炭消费产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放量的比重不超过10%。

分行业化石能源碳排放贡献

秘鲁的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政，2010年该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放为18.8百万吨，2017年为26.6百万吨，在此期间年均增长率为5.07%，2018年略有下降，为25.3百万吨，占化石能源碳排放总量的50.7%，2019年有所反弹达到26.5百万吨，受全球疫情影响，2020年又回落至20.8百万吨，而2022年又大幅增长，上升至28.1百万吨。电、热、燃气、水的生产行业是秘鲁的第二大化石能源碳排放行业，2022年该行业化石能源消费产生的碳排放为12.1百万吨，相较于该行业2010年化石能源消费产生的碳排放为10.7百万吨，分别占当年化石能源碳排放总量的21.9%和25.7%。金属产品制造业是秘鲁的第三大化石能源碳排放行业，2022年该行业化石能源消费产生的二氧化碳排放量约为4.3百万吨，占化石能源碳排放总量的7.9%。

生物质碳排放特征

2022年，秘鲁的生物质消费占一次能源消费的13.2%左右，主要用于生活消费。秘鲁的生物质主要包括木柴、动物粪便和以甘蔗渣为代表的作物废料，当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。秘鲁也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，被视为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年的9.1百万吨增长至2021年的12.6百万吨，2022年下降到12百万吨。由于统计口径的变化，

2017年起，秘鲁能源平衡表中对木柴的能源消费统计范围扩大，并对2010-2016年木柴能源消费数据进行了修订，主要体现在工业木柴能源消费的增长上，导致2017年起秘鲁工业木柴消费产生的生物质二氧化碳排放增长。

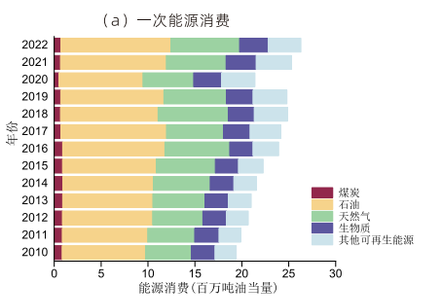
碳排放趋势

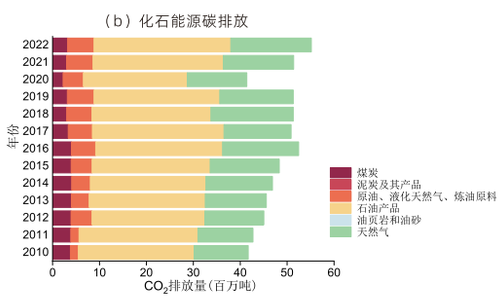
从2010年到2019年，秘鲁的化石能源二氧化碳排放呈现稳定增长的趋势，从2010年的41.7百万吨增至2019年的51.3百万吨；2020年，受全球疫情影响，排放总量下降至41.4百万吨，2022年排放总量涨回至55.2百万吨。在此期间，生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年的9.1百万吨增长到2022年的12百万吨。

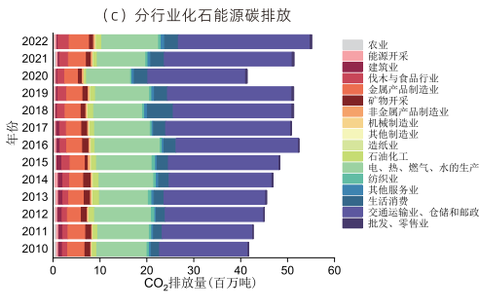
与国际数据库对比

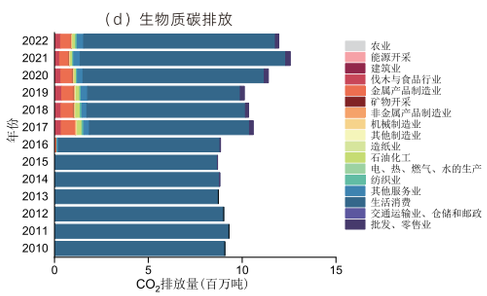
在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的秘鲁化石能源二氧化碳排放量与EDGAR发布的数据结果相比偏低，约低10%；与IEA和GCB的数据基本保持一致，平均差距在1.7%以下。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为67.1百万吨。









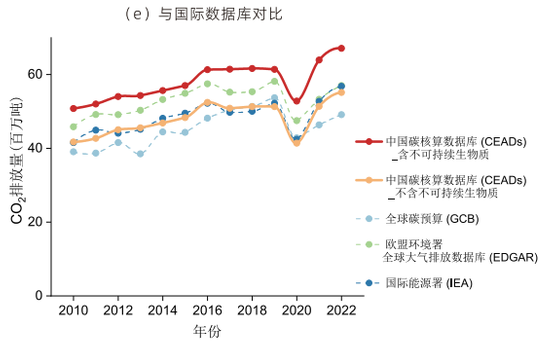


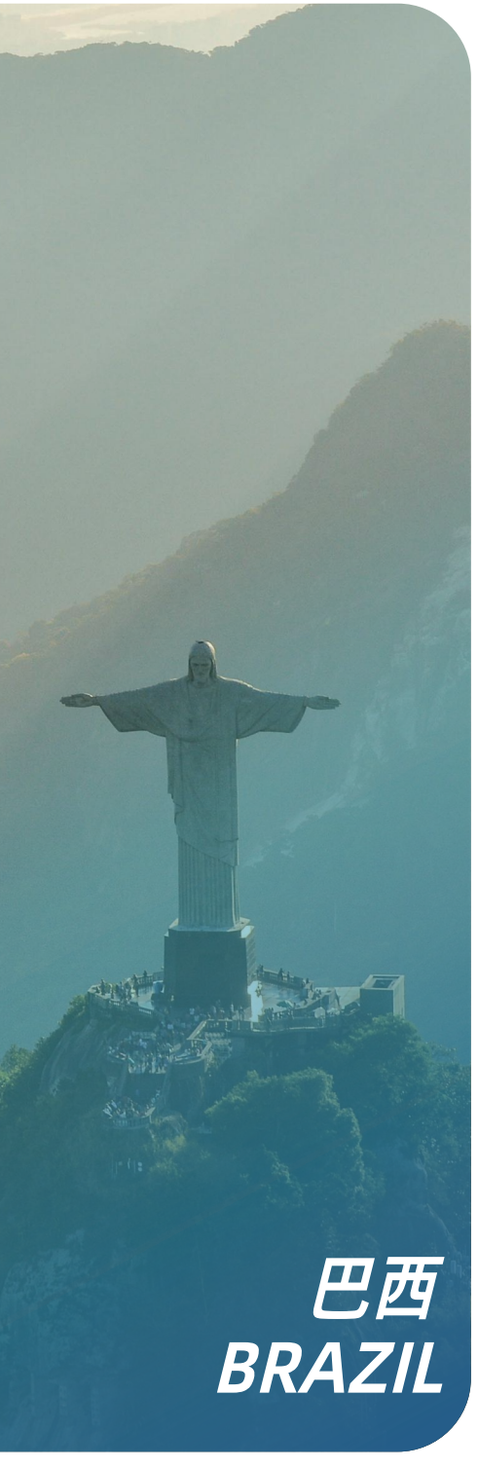
图4.11 秘鲁2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

从秘鲁国家能源信息系统网站上获取能源平衡表，其中包含26种能源的加工转换数据，以及8个经济行业的能源消费数据。分部门匹配上，使用联合国（UN）分行业增加值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据对秘鲁的分行业的二氧化碳排放进行了估算。

表4.11 秘鲁排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	秘鲁环境信息系统	https://sinia.minam.gob.pe/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	联合国（UN）分行业增加值	http://data.un.org/Explorer.aspx#marts



国家背景

巴西是拉丁美洲最大的国家，位于南美洲东部，主要在赤道和南回归线之间，毗邻大西洋，与乌拉圭、阿根廷、巴拉圭等国家接壤。据世界银行的官方数据显示，2022年巴西拥有2.15亿人口，其国内生产总值（GDP）为1,901,461亿美元（2015年不变价）。

工业和农业是巴西的支柱产业，2022年工业占GDP比重为20.7%[254]。其工业种类繁多，从汽车、钢铁和石化产品到计算机、飞机和耐用消费品一应俱全[255]。此外，巴西是世界上最大的咖啡、甘蔗和橙子生产国，也是世界上最大的大豆生产国之一。巴西的森林覆盖了一半的国土，其拥有世界上最大的雨林，是第四大木材出口国。在国际贸易方面，其出口产品主要是大豆、铁矿砂、石油、纸浆等；主要出口国为中国、美国、荷兰等。其进口产品主要为成品油、原油、通讯设备、汽车配件等；主要进口国为中国、美国、阿根廷、德国等。

巴西政府正积极制定新的公共政策来应对气候变化。通过实施适应气候变化的政策和措施，降低脆弱性并提供生态系统服务，提高生态系统、基础设施和生产系统的复原能力。同时，各方利益相关者的参与，将有助于巴西计划的制定和实施。2021年，巴西承诺将致力于到2050年实现碳中和，其中关键战略之一是在2025年之前将净二氧化碳排放量减少37%，到2030年减少43%[256]。2022年，巴西再度更新国家自主贡献（NDC），增加于2028年前结束非法森林砍伐内容[257]。2023年，巴西在更新的国家自主贡献（NDC）中重申了2050年实现碳中和的目标[258]。此外，巴西最高法院重新启动了气候基金，并成为第一个承认《巴黎协定》为人权条约的国家[259]。

一次能源消费结构

巴西的化石能源消费占一次能源消费的比重达到54.5%，以石油产品为主。2022年，煤炭消费占比5.3%，石油产品消费占比39.9%，天然气消费占比9.4%。此外，水能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的14.4%；生物质占一次能源消费比重达31.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品消费是巴西化石能源二氧化碳排放的最主要来源。2022年，石油产品消费产生的二氧化碳排放量已经超过291.4百万吨，占化石能源二氧化碳排放的69.5%。自2017年起，煤炭消费产生的二氧化碳排放逐年下降，从65.5百万吨减少至2020年的56.2百万吨，后于2021年达到68.9百万吨，恢复到2015年前后的排放水平，2022年又减少至56.7百万吨。此外，天然气的消费也是巴西化石能源二氧化碳排放的主要来源，2010-2015年，其二氧化碳排放迅速增加，增长至超过90百万吨，而2016-2020年，其二氧化碳排放又出现回落并在80百万吨左右波动，然而新冠疫情结束后，天然气消费产生的二氧化碳排放迅速上升至2021年的89.8百万吨，后又于2022年减少至70.9百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

巴西的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政行业，在173.9百万吨到213.2百万吨之间波动。2022年，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的二氧化碳排放为211.1百万吨，占化石能源二氧化碳排放总量的50.4%。电、热、燃气、水的生产行业和矿物开采行业也是巴西主要的化石能源二氧化碳排放行业，其2022年化石能源消费产生的二氧化碳排放分别为40.8百万吨和32.9百万吨，均低于2020年的排放水平。

生物质碳排放特征

2022年巴西生物质消费占一次能源消费的31.1%，主要用于电、热、燃气、水的生产行业、造纸业和生活消费。巴西生物质的种类主要包括甘蔗等作物废料和木柴。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。巴西也使用甘蔗渣等生物质废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。2010-2022年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从138.3百万吨增长至216.6百万吨，年均增长率达到了3.8%。

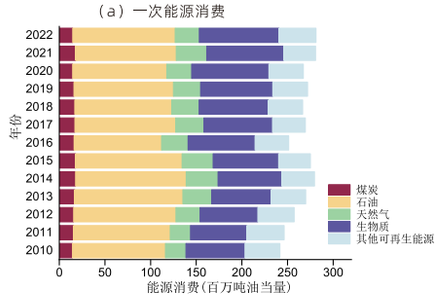
碳排放趋势

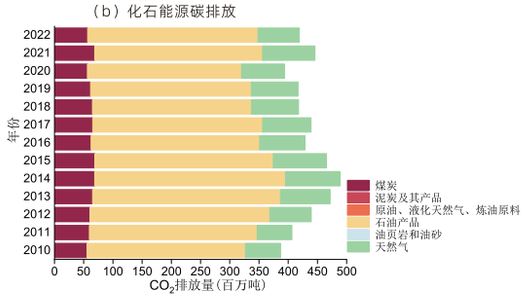
巴西的化石能源消费产生的二氧化碳排放呈现先增长、后减少、后急速增加并急速减少的趋势。在2010年至2014年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了26.4%，从387.0百万吨逐年增加至488.9百万吨。后从2014年起，化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现下降趋势，以年均3.7%的降低率下降至2020年的393.6百万吨。新冠疫情结束后，化石能源消费产生的二氧化碳排放于2021年迅速增加至445.7百万吨，单年内增长了13.3%，后又于2022年迅速减少至419.1百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从138.3百万吨增加到216.6百万吨，年均增长率为3.8%。

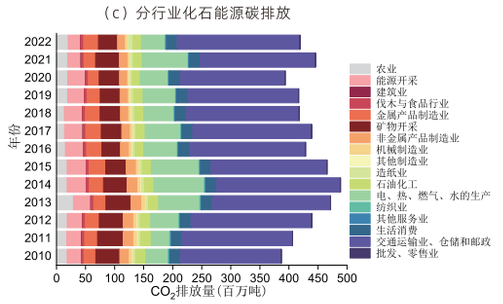
与国际数据库对比

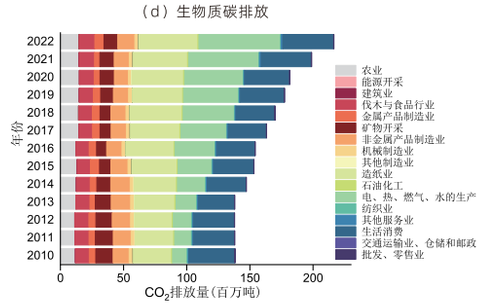
在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs计算的巴西化石能源二氧化碳排放量与其他机构的二氧化碳统计数据的年排放趋势几乎完全相同，但是每年数值有一定差距。具体地说，与EDGAR和GCB的统计数据相比，CEADs的统计数据整体略低；与IEA的统计数据相比，CEADs的统计数据略高于IEA的统计数据。从统计口径的角度来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。例如，石油产品分为车用汽油、柴油、燃料油等，每一类油品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，这也导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是巴西统计局的能源消耗数据，而IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等。这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，进而导致了CEADs和IEA二氧化碳排放数据的差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为635.7百万吨。









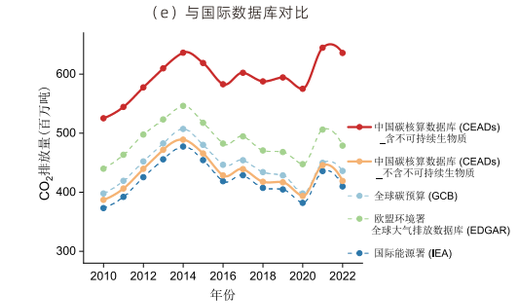


图4.12 巴西2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

能源平衡表的能源种类是石油、天然气、动力煤、冶金煤、木柴、甘蔗产品、其他一次能源、生物柴油、柴油、燃料油、汽油、液化石油气、石脑油、煤油、焦炉煤气、焦化 煤、木炭、乙醇、其他二次能源、其他石油产品、其他石油二次能源、焦油。行业分为能源部门、生活消费、商业、公共行业、农牧业、交通运输业、水泥生产、生铁和钢生产、钢合金生产、采矿业、非黑色金属生产、化工业、食品与饮料生产、纺织业、造纸业、陶瓷生产、其他工业。行业匹配指标为分行业GDP以及联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据。

表4.12 巴西排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	巴西统计局	https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Paginas/Brazilian-Energy-Balance-2023.aspx
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	巴西统计局分行业GDP	https://www.ibge.gov.br/en/statistics/economic/national-accounts/17173-system-of-national-accounts-brazil.html?edicao=41775&t=resultados
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org

国家背景

格林纳达是位于加勒比海东部西印度群岛的岛国。作为向风群岛中最南端的岛屿，格林纳达位于圣文森特和格林纳丁斯的南部，距离特立尼达和南美大陆约100英里（160公里）。2022年格林纳达人口约11.74万，GDP为12.2亿美元（现价）[260]，人均GDP约为10474.3美元，大约37%的人口生活在城市，属于中等收入的发展中国家。

格林纳达的支柱产业为旅游业。该国的主要出口农产品是肉豆蔻和豆蔻花，格林纳达是世界第二大肉豆蔻出口国。目前，该国的电力几乎全部依靠化石能源，特别是柴油来生产[261]。2022年，92.6%的能源供应来自于化石能源。

一次能源消费结构

格林纳达的化石能源消费占一次能源的比重接近92.6%，基本全为石油产品。2022年，石油产品消费占比92.6%，生物质消费占比7.1%，可再生能源占比0.3%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品消费是格林纳达化石能源碳排放的最主要来源。石油产品消费产生二氧化碳排放从2010年的0.3百万吨增长到2022年的0.4百万吨，占化石能源碳排放的100%。

分行业化石能源碳排放贡献

格林纳达的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产行业，该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放从2010年的0.13百万吨（49.2%）到2022年的0.17百万吨（45.5%）。交通运输业、仓储和邮政行业是格林纳达第二大化石能源碳排放行业，其化石能源碳排放从2010年至2022年基本持平在0.1百万吨，2022年占化石能源碳排放总量的36.0%。

生物质碳排放特征

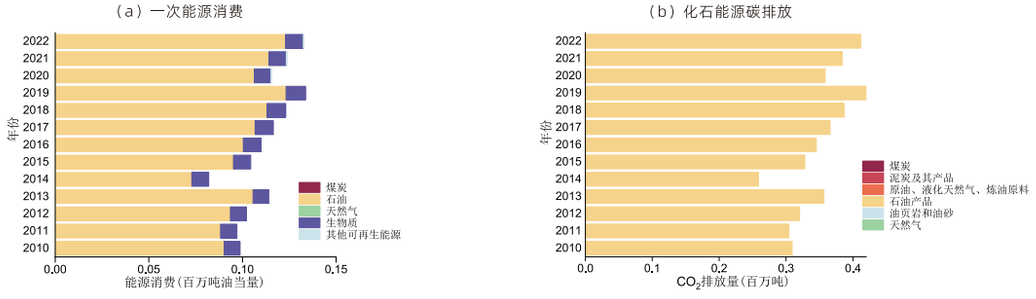
2022年格林纳达的生物质消费占一次能源消费的7.1%，主要用于生活消费和电、热、燃气、水的生产行业。从2010年到2022年，格林纳达的生物质碳排放稳定在0.04百万吨左右。

碳排放趋势

2010年至2019年间，格林纳达化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现波动增长态势，从2010年的0.3百万吨增长到2019年的0.37百万吨。2020年受疫情影响，化石能源二氧化碳排放下降到0.32百万吨，2022年回升至0.38百万吨。

与国际数据库对比

2010年至2019年间，格林纳达化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现波动增长态势，从2010年的0.3百万吨增长到2019年的0.37百万吨。2020年受疫情影响，化石能源二氧化碳排放下降到0.32百万吨，2022年回升至0.38百万吨。



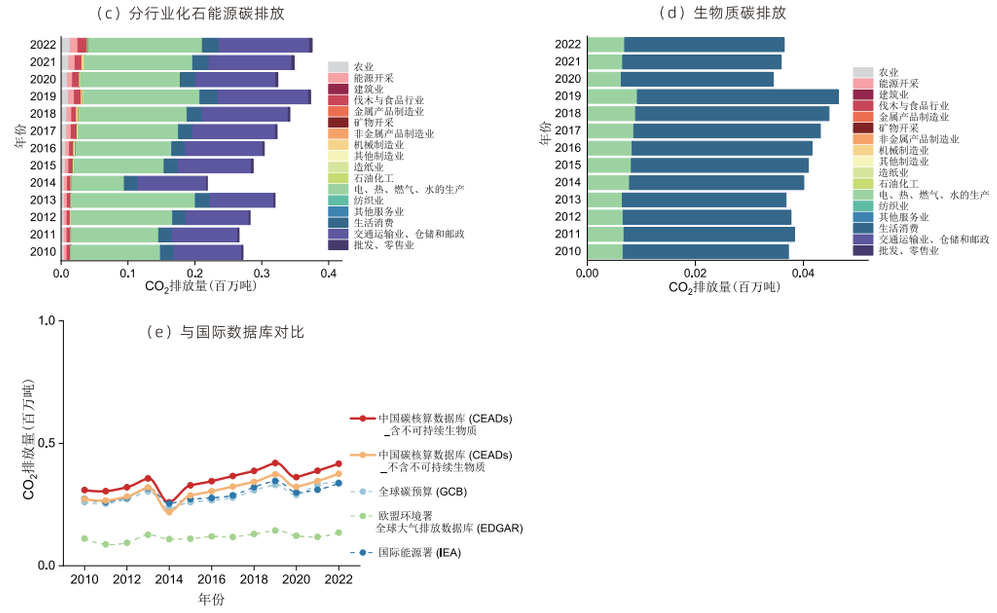


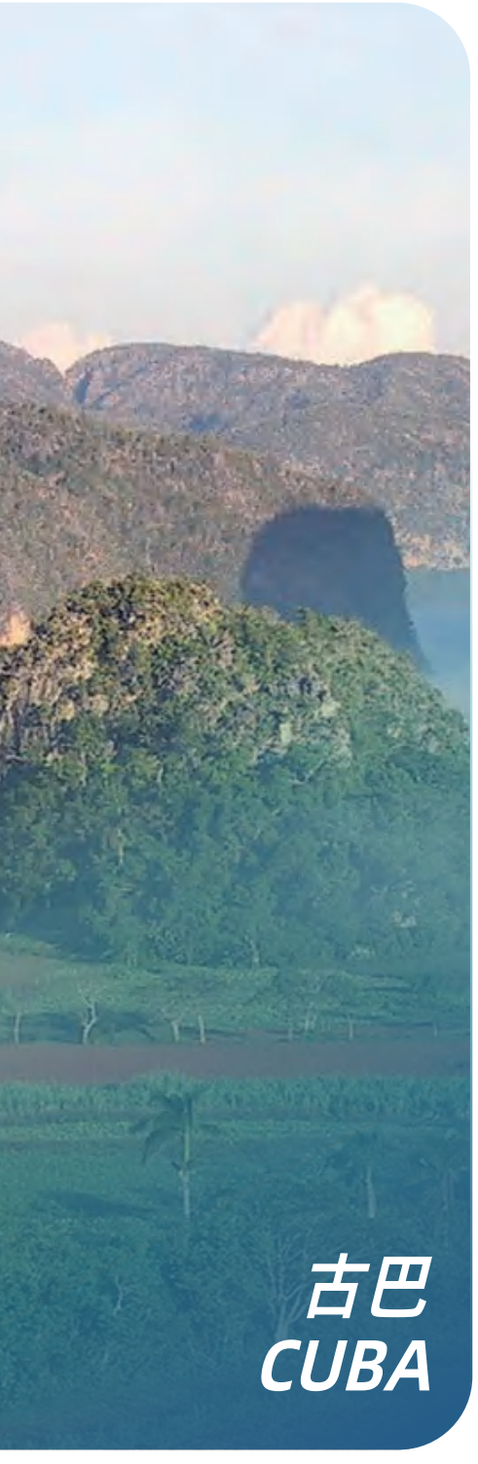
图4.13 格林纳达2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

能源数据来自拉丁美洲和加勒比能源信息系统提供的2010-2022年能源平衡表，共涉及6个部门。以联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对6个部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.13 格林纳达排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Energy Information System of Latin America and Caribbean）	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=1
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

古巴共和国是北美洲加勒比海北部的岛国，总面积为109884平方公里。2010年到2022年，古巴共和国的人口基本维持稳定，在1105.9~1134.2万人之间波动。2021年古巴共和国的总人口为1105.9万，其中城市人口占77.4%[262]。2010年至2022年，古巴共和国的GDP持续增长，年增长率为1.0%，2020年现价GDP达到了1266.9亿美元。人均GDP则从2010年的5275.5美元增长到了2020年的11255美元[263]。

古巴共和国长期实行计划经济体制。制糖业、旅游和镍出口是重要经济支柱。主要农产品为甘蔗、烟草、热带水果、咖啡、可可、水稻等，工业制成品主要依赖进口。制糖业占世界糖产量的7%以上，人均产糖量居世界首位，蔗糖的年产值约占国民收入的40%。农业主要种植甘蔗，甘蔗的种植面积占全国可耕地的55%。矿业资源以镍、钴、铬为主，此外还有锰、铜等。钴矿藏量80万吨，镍蕴藏量1460万吨，铬200万吨。森林覆盖率约21%。盛产贵重的硬木。劳务输出、旅游和侨汇收入是重要外汇来源。

古巴是加勒比地区最大的国家，太阳能、风能等自然资源丰富。但受制于较低的经济、科技发展水平，其传统能源开采和新型能源开发利用都比较缓慢，目前只能通过大量进口才能满足其能源需求。2012年古巴全国消耗的电能仅3.8%属可再生能源发电。目前，古巴全国共有34658个不同种类的可再生能源装置，其中太阳能发电板9476块、风力实验发电园4座（20台风机）、沼气发电装置827个、水力发电站187个、太阳能热水器10595台、风力磨坊9343座、生物质能涡轮发电机79台（锅炉114座）及生物质能砖窑647座。

古巴政府正抓紧制定新能源发展政策，鼓励外资投资新能源项目，同时加大财政投入，大力建设太阳能、风能和生物质能电站，计划在未来8年内将可再生能源占总发电量的比例由目前的3.8%提高至20%[264]。

一次能源消费结构

2022年，古巴共和国化石能源消费占一次能源消费的89.6%，主要以石油为主。此外，生物质占一次能源消费比重达9.9%，甘蔗制品是主要的生物质能源。其他可再生能源占比0.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费产生的碳排放中，石油产品一直是古巴共和国最大的化石能源碳排放源，其碳排放从2010年的30.5百万吨显著下降到2022年的15.7百万吨。此外，在古巴共和国，天然气和煤炭消费也产生了一定量的碳排放，但排放量相对较小。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2022年，电、热、燃气、水的生产一直是古巴共和国产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年，该行业使用化石能源所产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放总量的45.2%以上。机械制造业行业紧随其后，2022年其占该国化石能源碳排放总量的13.3%。

生物质碳排放特征

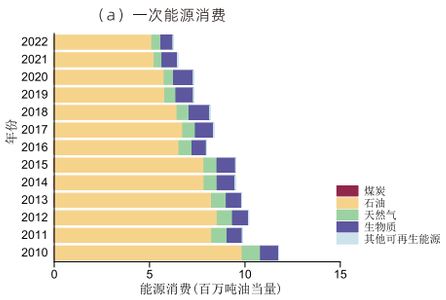
2022年，古巴的生物质消费占一次能源消费的9.9%，主要来源于建筑业和电、热、燃气、水的生产。这两个行业分别占2022年总生物质碳排放的37.0%和27.0%。该国生物质种类主要是木柴、甘蔗制品、生物气、木炭和乙醇等。由于古巴共和国甘蔗制品来源为种植园，为可持续能源，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。而木柴加工过程中产生的黑液和残余气体，为不可持续利用的资源，因此在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。2010-2022年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从2010年的0.9百万吨下降到2022年的0.6百万吨。

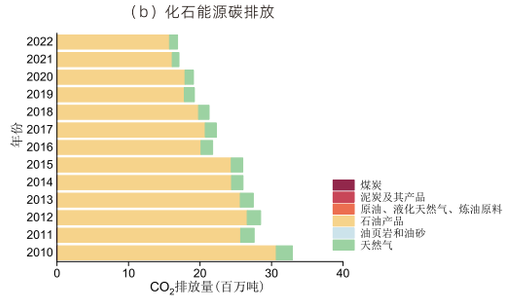
碳排放趋势

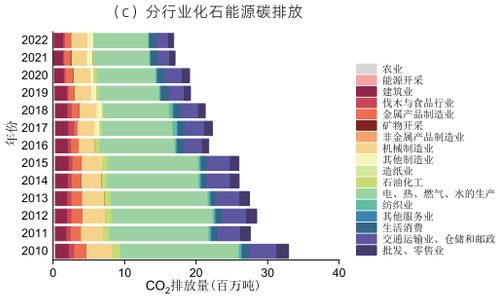
2010年至2022年期间，古巴共和国化石能源消费产生的二氧化碳排放量从32.9百万吨下降至16.9百万吨。生物质消费碳排放从2010年的0.9百万吨下降到2022年的0.6百万吨。

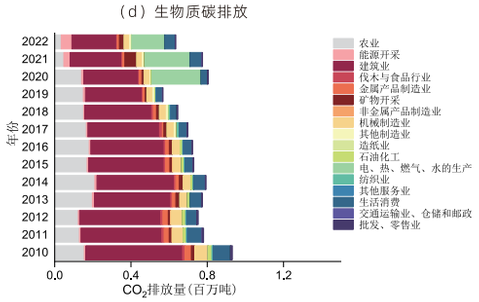
与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2010年到2015年以及2019年到2022年，CEADs的化石能源碳排放数据均与GCB、EDGAR和IEA的数据相近。2016年到2018年，CEADs的化石能源碳排放数据偏低，这可能是由于排放因子数据使用不同导致的。此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为17.5百万吨。









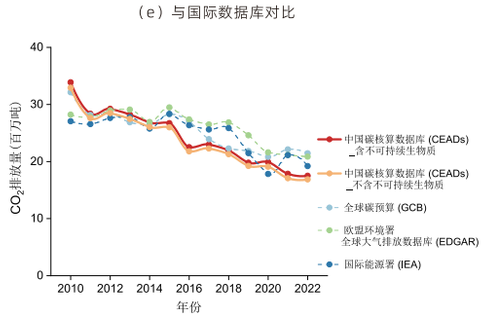


图4.14 古巴2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

古巴共和国2010-2022年的能源平衡表数据来源于拉丁美洲的能源经济信息系统。通过本国统计局分部门的GDP数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，对国家级数据进行降尺度，从而计算古巴共和国分行业的二氧化碳排放。

表4.14 古巴排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲的能源经济信息系统	https://www.olade.org/en/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	古巴共和国国家统计局---分部门的GDP数据	http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tipo/Anuario

圭亚那
GUYANA

国家背景

圭亚那合作共和国，简称圭亚那，位于南美洲北部，西北与委内瑞拉交界，南与巴西毗邻，东与苏里南接壤，东北濒大西洋。圭亚那陆地面积共占19.7万平方公里，水域面积为1.8万平方公里。截至2022年，圭亚那总人口共79万，国内生产总值总量达147.2亿美元，人均GDP达到18632.9美元，成为加勒比地区唯一经济正增长国家[265]。

圭亚那拥有丰富的矿产资源。黄金年产量达到50万盎司以上。铝矾土储量约3.6亿吨，品位高、杂质少。此外，圭亚那化石能源充足，已探明的可开采天然气储量超过 100 亿桶油当量（油气比约为 3:1）。

在进出口贸易上，圭亚那主要出口原油、黄金、大米、铝土矿和糖。前五大出口地分别为美国、加拿大、牙买加、阿联酋和巴巴多斯。主要进口的商品包括燃料、润滑油、机械和水泥等。其主要进口地有美国、葡萄牙、特多、中国和日本等国。

圭亚那在应对全球气候变化上做出了许多努力。圭亚那计划在2025年前电力行业实现百分之百地使用清洁和可再生能源。预计建设两个中型规模的水电站，为国家电网输送电能150-350兆瓦，圭亚那的水利发电潜能预计在7000兆瓦[266]。此外，圭亚那推行了低碳发展战略，并在此基础上制定了《2030年低碳发展战略》，圭亚那政府表示会全力支持全球脱碳事业，并承诺在2030年前减少70%的排放量。

一次能源消费结构

圭亚那的一次能源结构以石油为主。2022年，石油消费占一次能源结构的比重为93.9%。此外，生物质占一次能源消费比重达5.8%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费比重极小，仅占0.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油产品的碳排放占据绝对地位。石油产品作为圭亚那最主要的化石能源，在2022年共产生碳排放3.2百万吨。石油产品消费所产生的碳排放从2010的2.0百万吨增长到2022年的3.2百万吨，增长了61.9%。

分行业化石能源碳排放贡献

圭亚那最大的二氧化碳排放来源于电、热、燃气、水的生产。2022年，电、热、燃气、水的生产所产生的总碳排放量为1.2百万吨，占圭亚那化石能源总碳排放的36.5%。第二大碳排放部门是交通运输业、仓储和邮政消费，碳排放总量约为1.1百万吨，占化石能源总碳排放的33.9%。

生物质碳排放特征

2022年，圭亚那的生物质消费占一次能源消费的5.8%，主要用于电力生产部门和生活消费行业。生物质种类主要是木炭，来源于对森林的过度采伐，属于不可再生资源。因此该国生物质燃烧并不具有“零碳”属性，国家及地区的碳排放核算中应将生物质与化石能源燃烧共同计入总体碳排放。

碳排放趋势

在2010年至2022年间，化石能源消费呈快速增长趋势，化石能源消费所产生的碳排放增加了62.1%，从2.0百万吨增加至3.2百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从0.2百万吨减少至0.1百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算数据均低于其他机构统计数据，且差距均在30%左右。造成碳排放差异的原因是存在能源消费数据来源不一致，CEADs的能源数据来自拉丁美洲和加勒比能源信息系统，该系统所提供的原始数据，如加工转换和能源品种的消费量与IEA数据库存在一定的差距。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为3.3百万吨，而IEA、GCB和EDGAR等机构的统计数据不包含生物质碳排放数据。

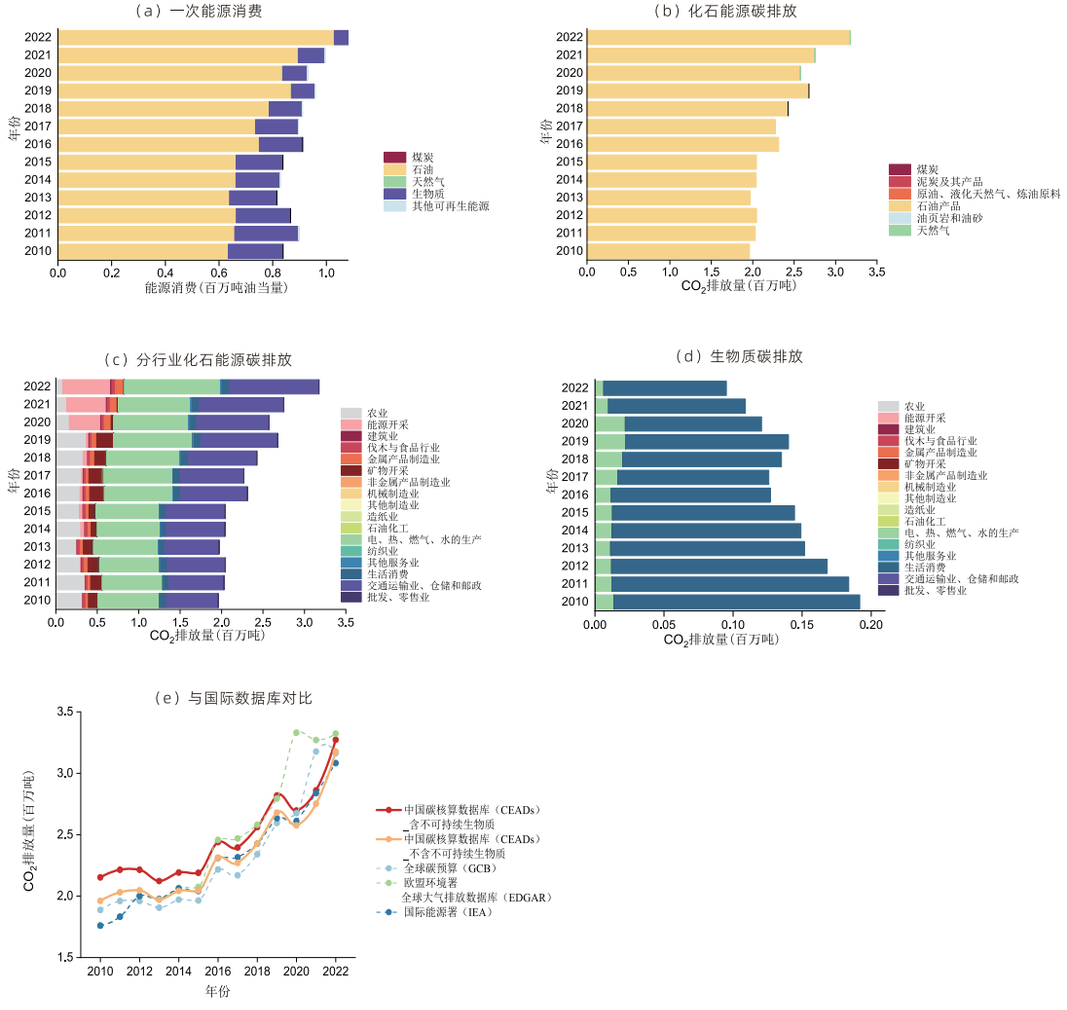


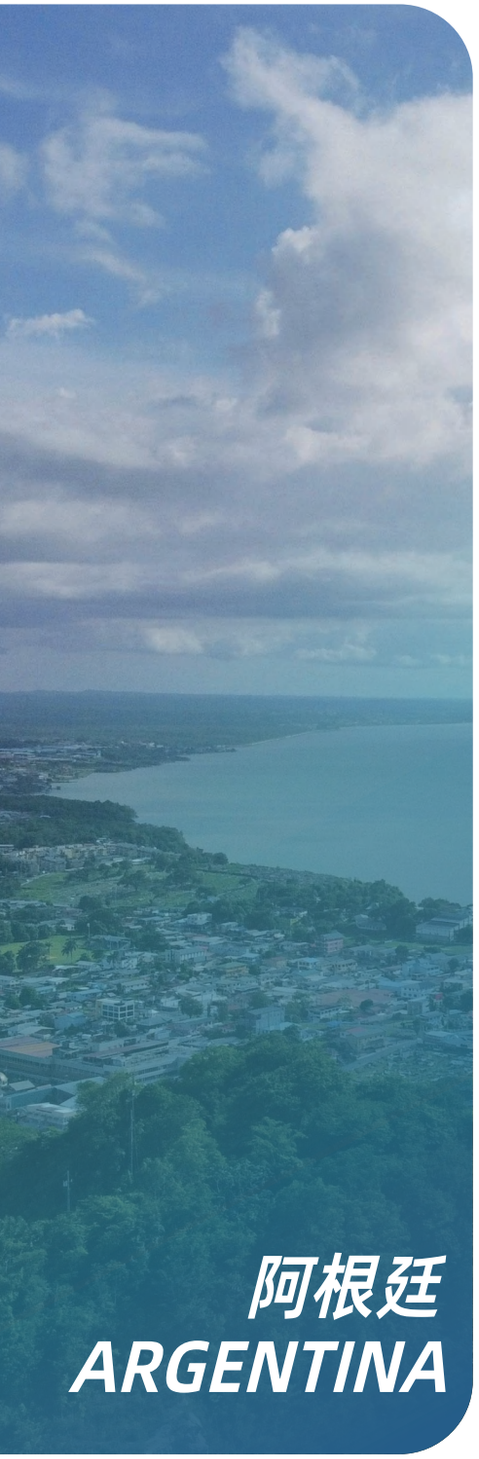
图4.15 圭亚那2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自拉丁美洲和加勒比能源信息系统提供的2010-2022年能源平衡表，共涉及6个部门。在分部门匹配上，我们以本国统计局分行业经济数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.15 圭亚那排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Energy Information System of Latin America and Caribbean）	https://sielac.olade.org/default.aspx
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/
行业匹配指标	圭亚那统计局（Bureau of Statistics）	https://statisticsguyana.gov.gy/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org



阿根廷
ARGENTINA

国家背景

阿根廷，位于南美洲南部，面积次于巴西，是拉美第二大国，由23个省和1个联邦首都区（布宜诺斯艾利斯）组成。截至2022年底，阿根廷总人口达到4623.5万。2018年以来，阿根廷经济金融形势多次剧烈波动，加之受新冠肺炎疫情等影响，阿根廷经济下行压力加大，GDP呈下降趋势。但自2021年起， GDP开始回升，2022年阿根廷的GDP为6311.3亿美元[267]，同比上升29.4%。

此外，阿根廷农牧业发达，是世界主要农业生产国之一；就工业而言，阿根廷主要依赖食品加工、饮料、化工和制药、炼油、机动车和汽车零部件等行业。2021年，阿根廷第一产业、第二产业和第三产业占GDP的比重分别为6.9%、22.9%、52.0%[268]。在自然资源方面，阿根廷的黄金、铜、银和锂等矿产资源丰富，拥有拉丁美洲最丰富的可再生能源资源，包括巴塔哥尼亚南部的风能，以及西北部的太阳能[269]。在国际贸易方面，阿根廷的主要进出口国均为巴西、中国和美国，主要出口产品为大豆及其衍生物、石油和天然气、车辆、玉米、小麦，主要进口产品为机械、汽车、石油和天然气、有机化学品、塑料。

为实现国家能源的多样化，减轻对进口化石能源的依赖，以及减少二氧化碳排放，阿根廷启动了一项名为RenovAr的创新计划。其目标是：到2025年，阿根廷20%的电力来自可再生能源[269]。根据《联合国气候变化框架公约》，阿根廷做出的国家自主贡献（INDC）是在2030年将温室气体排放量减少15%。该目标下制定的行动准则包括：促进可持续的森林管理、能源效率以及运输方式的转变，尽可能地应用本国开发的技术捕集温室气体[270]。

一次能源消费结构

阿根廷的化石能源消费占一次能源消费的比重为87.0%，以天然气消费为主。2022年，煤炭消费占比2.2%，石油产品消费占比39.2%，天然气消费占比45.5%。受节能减排政策的影响，天然气的消费呈逐年上升的趋势，但自2019年起有所下降。石油的消费呈逐年下降的趋势，但石油消费在2021年出现反弹。此外，2022年风能及其他可再生能源占一次能源消费的8.7%；生物质占一次能源消费比重为4.4%。

化石能源碳排放特征

化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，阿根廷天然气消费所产生的二氧化碳排放占据主导地位，主要作为供应和发电燃料，2022年占化石能源碳排放的46.3%，且呈现出较快的增长趋势。该国拥有世界第四大页岩油储量和第二大页岩气储量，石油产品消费所产生的二氧化碳排放从2010年的71.8百万吨上升至2022年87.2百万吨，在此期间二氧化碳排放呈现出先上升后下降再上升的趋势，2022年占该国化石能源碳排放的50.8%。

分行业化石能源碳排放贡献

阿根廷化石能源消费产生二氧化碳排放最大的行业是电、热、燃气、水的生产和其他服务业。2022年，热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的二氧化碳排放为58.8百万吨，占化石能源碳排放总量的34.3%。交通运输业、仓储和邮政的化石能源碳排放为50.2百万吨，占其化石能源二氧化碳排放的29.2%。2022年家庭消费使用化石能源所产生的二氧化碳排放量达到25.8百万吨，是第三大化石能源碳排放行业。

生物质碳排放特征

2022年，阿根廷生物质占一次能源消费的4.4%左右，主要用于电、热、燃气、水的生产以及居民的生活消费。阿根廷的生物质种类主要包括木柴和甘蔗渣。对于木柴的获得，当地居民主要通过砍伐森林，用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。而甘蔗渣等作物来源于反复种植的农田，为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。生物质消费产生的二氧化碳排放在2010年和2022年分别为3.2百万吨和5.2百万吨。

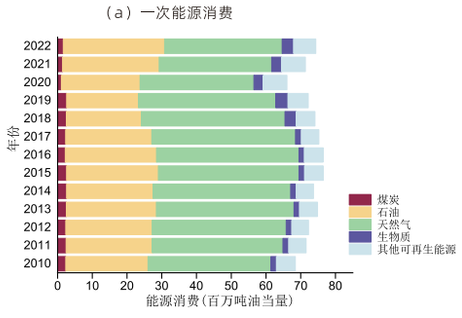
碳排放趋势

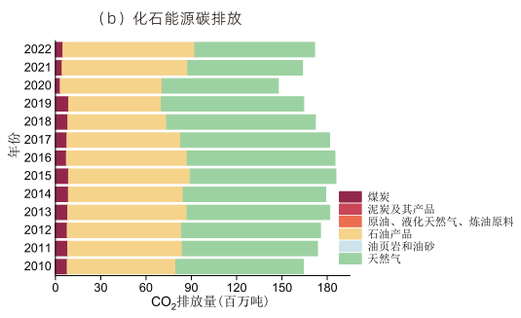
在2010年至2015年间，阿根廷化石能源消费所产生的二氧化碳排放从164.2百万吨增至2015年的185.8百万吨，增加了21.6百万吨。2015-2021间年化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现缓慢下降趋势，下降至2022年的171.6百万吨，说明阿根廷的减排政策取得一定的成效。2022年，生物质消费所产生的二氧化碳排放为5.2百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的阿根廷化石能源二氧化碳排放量与其他机构的二氧化碳排放统计数据的趋势几乎相同，但是每年数值有一定差距。国际数据库2022年的化石能源碳排放总量核算结果分别为：GCB196.8百万吨，EDGAR193.5百万吨，IEA 174.3百万吨，CEADs171.6百万吨。具体地说，与GCB、EDGAR的统计数据相比，CEADs的统计数据在2010年到2022年均更低。CEADs的结果与IEA十分接近。从统计口径的角度来看，CEADs的数据有更详细的能源分类。例如，石油产品分为车用汽油、柴油、燃料油等，每一类油品都有相应的排放因子，而按照IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，这也导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是阿根廷统计局的能源消耗数据，而IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等。这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，进而导致了CEADs和IEA二氧化碳排放数据的差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为176.9百万吨。





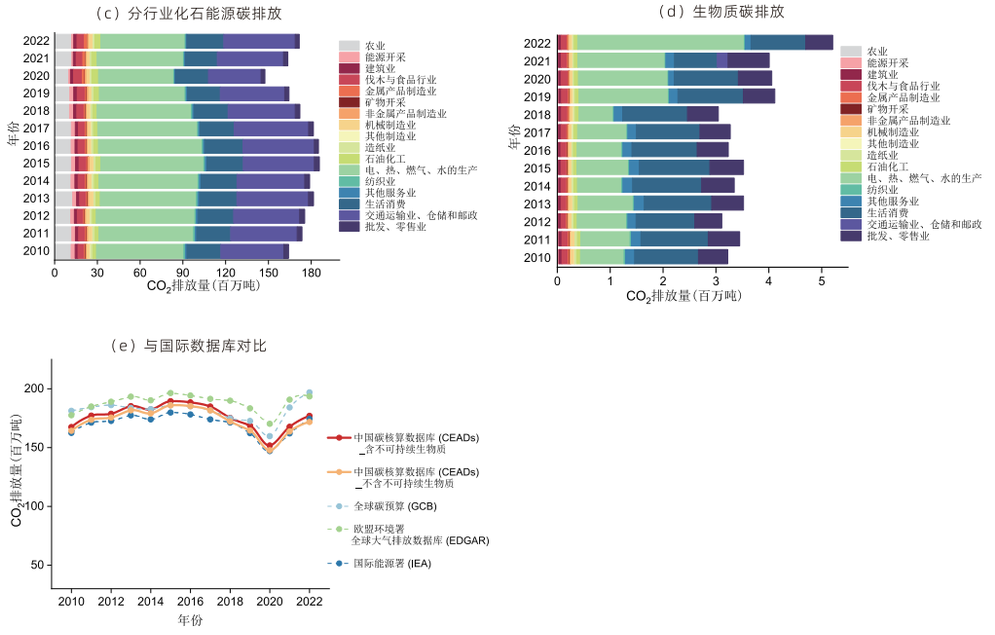


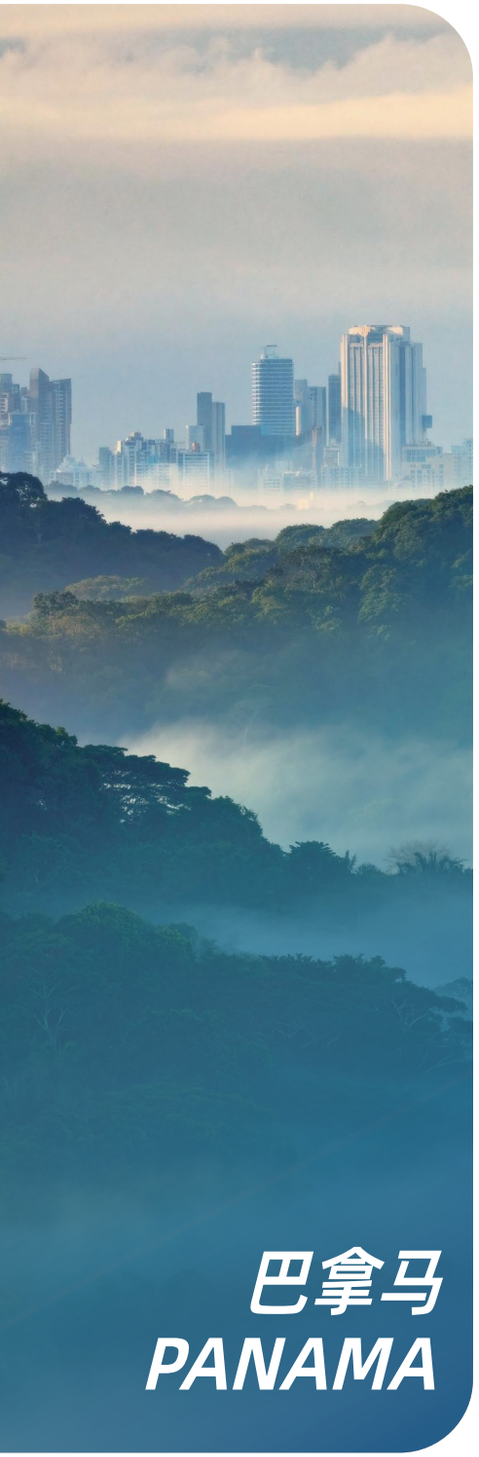
图4.16 阿根廷2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

能源平衡表取自阿根廷统计局，数据年份为2010-2022年。其中能源类型分为天然气、石油、矿碳、风能、太阳能、炼油厂气、液化气、柴油+瓦斯油、燃料油、残煤、非高能焦炉煤气、高炉煤气、焦炭、木炭、生物乙醇、生物柴油等。行业分为住宅、商业和公共行业、交通行业、农业、工业、电力行业和热力行业。

表4.16 阿根廷排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	阿根廷统计局	https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos
排放因子	国际能源署（IEA）	https://www.iea.org/areas-of-work/global-engagement/china?language=zh
行业匹配指标	阿根廷统计局	https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-3-9



巴拿马
PANAMA

国家背景

巴拿马共和国是中美洲最南部的国家，总面积为75517平方公里。2010年到2022年，巴拿马共和国的人口维持稳定增长的趋势，年均增长率约为1.7%。2020年巴拿马共和国的总人口达到了440.1万，其中城市人口占69.1%。2010年至2022年，巴拿马共和国的GDP增长迅速，年增长率高达7.2%。人均GDP则从2010年的8124.0美元增长到了2022年的17332.4美元[271]。

巴拿马共和国是中美洲和加勒比地区最重要的国家之一。巴拿马共和国政局稳定，经济发展势头良好。巴拿马运河航运、地区金融中心、科隆自由贸易区和旅游业是巴拿马共和国经济四大支柱，服务业在国民经济中占有重要地位，以金融、贸易和旅游为主。工业基础薄弱，无重工业，制造业主要以农牧产品加工业及民生用品产业等轻工业为主，部分低技术家电能自制。由于巴拿马的建立和贸易都和美国有重要关系，巴拿马共和国从1907年开始使用美元作为流通货币，是世界上第一个美国以外使用美元作为法定货币的国家。

巴拿马在水电、太阳能、风能等方面具有发展可再生能源的巨大潜力。目前，巴拿马国家电网装机容量的60%左右是可再生能源，其中54%的能源通过水力发电，并建有中美洲和加勒比地区最大的风电场。虽然太阳能在巴拿马可再生能源中占比较少。但在2011年至2020年期间，巴拿马的年太阳能发电量从2兆瓦增加到198兆瓦，现在每年可以为大约30万户家庭供电。为应对气候变化，巴拿马国家能源计划中提出旨在到2050年可再生能源消费占比达70%以上的目标[272]。

除此之外，巴拿马已承诺到2050年实现碳中和。根据NDC伙伴关系，巴拿马计划恢复50000公顷的国家森林，这将有助于到2050年吸收约260万吨二氧化碳排放量[272]。

一次能源消费结构

2022年，巴拿马共和国化石能源消费占一次能源消费的74.2%以上，主要以石油和天然气两种能源为主。其中，石油消费占比68.4%，天然气消费占比5.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达5.9%，水能、风能和太阳能等可再生能源共占一次能源消费的19.9%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油产品一直是巴拿马共和国最大的化石能源碳排放源，2022年占化石能源碳排放的90.9%。自2018年起，巴拿马共和国开始有天然气的消费，并产生了一定的碳排放，2022年约占化石能源碳排放的6.1%。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2022年，交通运输业、仓储和邮政行业一直是巴拿马共和国产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年，该行业使用化石能源所产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放总量的62.1%以上。电力、热力、燃气和水的生产以及建筑行业紧随其后，2022年分别占该国化石能源碳排放总量的13.4%和7.3%。

生物质碳排放特征

2022年，生物质占一次能源消费的5.9%左右，主要体现在生活消费行业和建筑业生物质的使用。该国生物质种类主要是木柴、甘蔗渣、生物气、木炭和乙醇等。由于巴拿马共和国生物质来源主要为森林砍伐，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，生物质碳排放应计入总体碳排放。巴拿马共和国2022年生物质使用共产生碳排放0.9百万吨，主要来源于生活消费行业和建筑业，分别占生物质碳排放的81.5%以及6.8%。

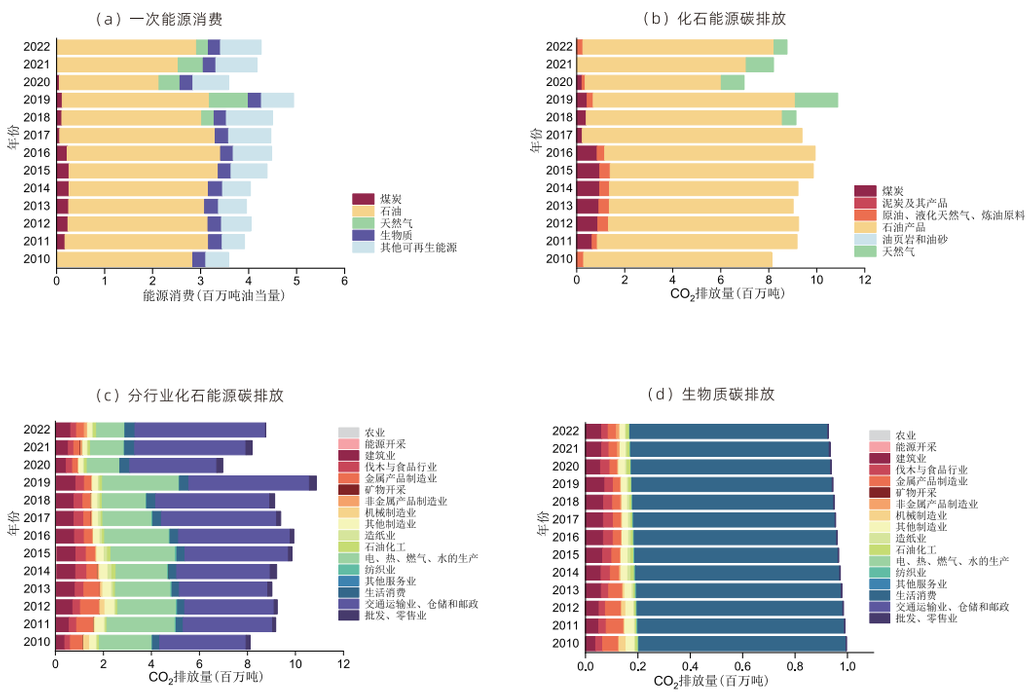
碳排放趋势

2010-2012年期间，巴拿马共和国化石能源消费产生的二氧化碳排放呈现增加的趋势，从8.1百万吨增加到9.2百万吨。2012年至2013年期间，化石能源碳排放出现小幅度下降；2013-2016年化石能源碳排放从9.0百万吨增至9.9百万吨。2017-2019年出现小范围波动，呈现先下降后增长的趋势，2019年化石能源碳排放达到10.9百万吨。2020年显著下降至7.0百万吨，而在2022年又增长至8.8百万吨。在2010至2022年间，生物质消费产生的二氧化碳排放从1.0百万吨减少到0.9百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质排放时，CEADs核算的巴拿马化石能源碳排放量与其他机构的统计数据的年变化趋势几乎相同。从数值上看，CEADs的数据与IEA的结果最为接近，在2010-2018年几乎相同，因为CEADs和IEA的数据来源均来自于巴拿马共和国能源政策委员会；2019-2022年CEADs数据略低于IEA。GCB和CEADs的数据在2010-2018年基本吻合，在其他年份的数据差距相对略高。

当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年，CEADs核算数据为9.7百万吨。



（e）与国际数据库对比

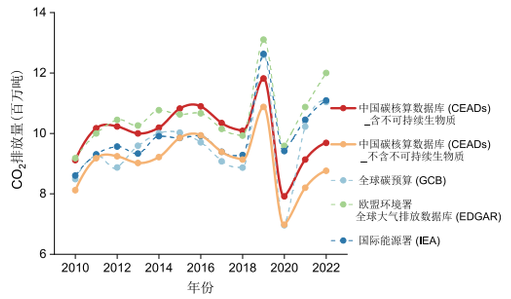


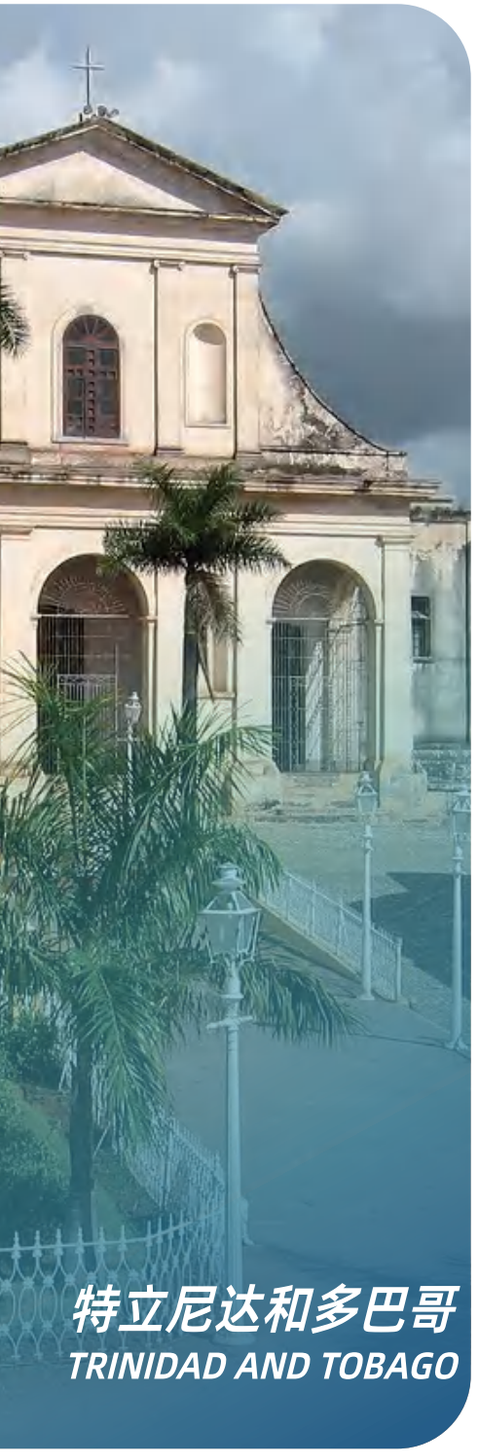
图4.17 巴拿马2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e)与国际数据库对比

数据来源简述

从巴拿马共和国能源委员会网站上获取了巴拿马共和国2010-2022年能源平衡表，其中包含了巴拿马共和国27种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及5个大类经济行业的能源消费数据。通过本国统计局分部门GDP数据和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了巴拿马分行业的二氧化碳排放。

表4.17 巴拿马排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	巴拿马共和国能源委员会	https://www.energia.gob.pa/mdocs-posts/balance-energetico-serie-1970-2020/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	巴拿马共和国国家统计局---分部门国内生产总值	https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default2.aspx?ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=26



特立尼达和多巴哥
TRINIDAD AND TOBAGO

国家背景

特立尼达和多巴哥位于加勒比海小安的列斯群岛的东南端，西与委内瑞拉隔海相望，国土面积5128平方公里，其中特立尼达岛4828平方公里，多巴哥岛300平方公里[273]。根据世界银行的数据，特立尼达和多巴哥2022年的总人口约为136.6万人，全国城市化率达53.3%[274]，大多数人口居住在特立尼达岛的城市地区，尤其是首都西班牙港和其他主要城市，多巴哥岛则以乡村和自然景观著称。2022年，现价GDP为300.5亿美元，同比疫情前增长26.4%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了78.9亿美元[275]。

长期以来，特立尼达和多巴哥的经济结构以能源开发和加工为主，近年来制造、建筑、旅游和金融保险业等发展较快，2022年特立尼达和多巴哥农业、工业、服务业增加值约占GDP的3.3%、48.9%和47.8%[276]。在国际贸易方面，特立尼达和多巴哥主要出口石油、天然气、化工产品、制成品和原材料，进口钢铁制品、建筑机械、燃料、运输设备和食品等,主要贸易伙伴有美国、中国、墨西哥、圭亚那、巴西、加拿大。特立尼达和多巴哥天然气和石油资源丰富，是加勒比地区最大的石油和天然气生产和输出国，截至2019年底，已探明和有可能开采的天然气储量达10.2万亿立方英尺，石油储量约2.4亿桶。特立尼达和多巴哥还拥有世界最大的天然沥青湖，该湖面积约41公顷，已探明储量超过6百万吨[277]。

针对可再生能源的发展，特立尼达和多巴哥作为一个岛屿国家，拥有良好的太阳辐射水平和海上风能部署条件，该国能源部门目前将重点放在太阳能光伏和海、陆风能发电上，其目标是到 2030 年实现 30% 的电力来自可再生能源[278]。

特立尼达和多巴哥在国家自主贡献（NDC）中承诺的目标是，到2030年，发电、工业和交通三个部门的排放量比“一切照旧”发展路径（Business As Usual，BAU）减少15%；到2030年，公共交通排放量比2013年无条件减少30%[279]。

一次能源消费结构

2022年特立尼达和多巴哥的化石能源消费在一次能源消费结构中占比接近100%，其中石油消费占比13.1%，天然气消费占比86.9%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的比例极小，接近于0%。

化石能源碳排放特征

2022年特立尼达和多巴哥的化石能源碳排放20.6百万吨，来自于石油产品和天然气的消费。其中，石油产品消费产生二氧化碳排放相较于2010年的碳排放减少了0.7百万吨，占化石能源碳排放的比例为16.2%。天然气消费产生二氧化碳排放相较于2010年的碳排放减少了1.7百万吨，占化石能源碳排放的比例为83.8%。

分行业化石能源碳排放贡献

特立尼达和多巴哥的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自能源开采以及电、热、燃气、水的生产。能源开采行业是特立尼达和多巴哥第一大化石能源碳排放行业，2022年化石能源消费产生的二氧化碳排放量为6.8百万吨，相较于2010年下降了0.9百万吨，占2022年化石能源碳排放量的33.1%。电、热、燃气、水的生产是特立尼达和多巴哥第二大化石能源碳排放行业，2010年以来，电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的二氧化碳排放量呈波动下降趋势，从2010年6.3百万吨下降到2022年5.3百万吨，占2022年化石能源碳排放量的25.7%。此外，特立尼达和多巴哥的非金属产品制造业的化石能源碳排放自2010年以来增长幅度最大，从2010年的0.03百万吨增长到2022年的0.07百万吨，占2022年化石能源碳排放量的0.3%。

碳排放趋势

2010-2022年，特立尼达和多巴哥的化石能源碳排放呈现减少趋势，从2010年的23.0百万吨减少至2022年的20.6百万吨，年均递减率达到了0.9%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的特立尼达和多巴哥化石能源碳排放量与其他机构的统计数据的年变化趋势几乎相同。与IEA数据相比，CEADs每年的数值均较高，差距在15%左右。而与GCB、EDGAR相比，CEADs每年的数值均较低。从差距原因上看，CEADs的数据有更详细的能源分类，每一类油品都有相应的排放因子，而按照其他机构如IEA的统计口径，能源品种仅分为石油产品一类。因此，CEADs采用的排放因子与IEA采用的排放因子不同，导致了碳排放数据的差异。造成差异的另一个原因是CEADs和IEA采用的能源消费数据不同。CEADs采用的是拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Olade）的能源消费数据，而其他机构如IEA的数据有多个来源，如国际可再生能源署（IRENA）等，这些机构的能源消费统计数据之间存在着明显的差距，这也进一步导致了CEADs和IEA等其他机构二氧化碳排放数据的差异。

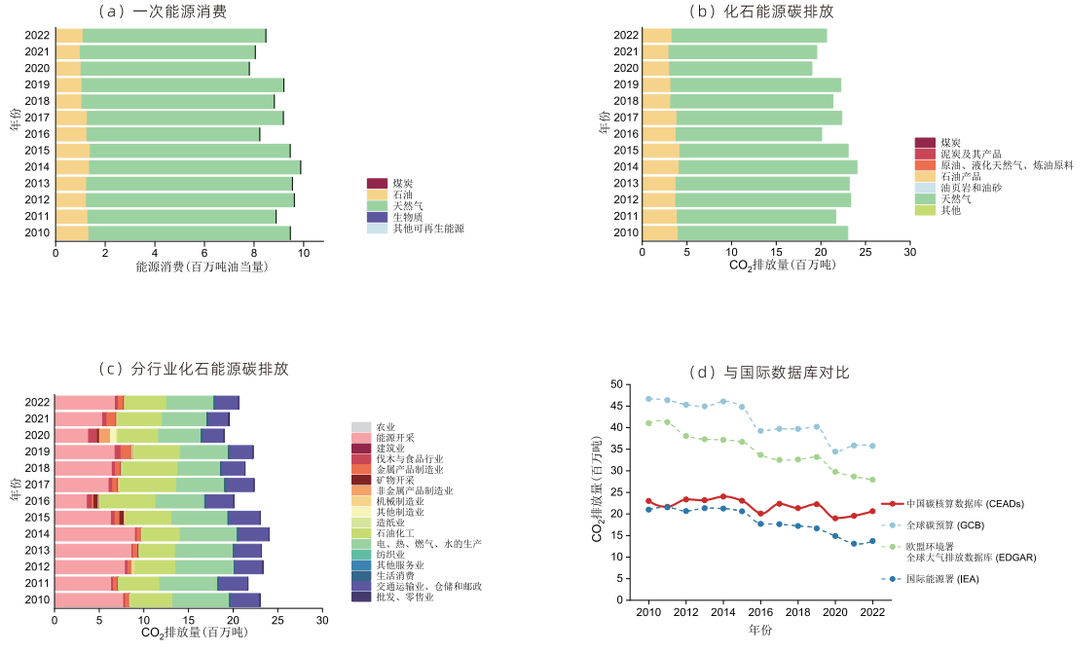


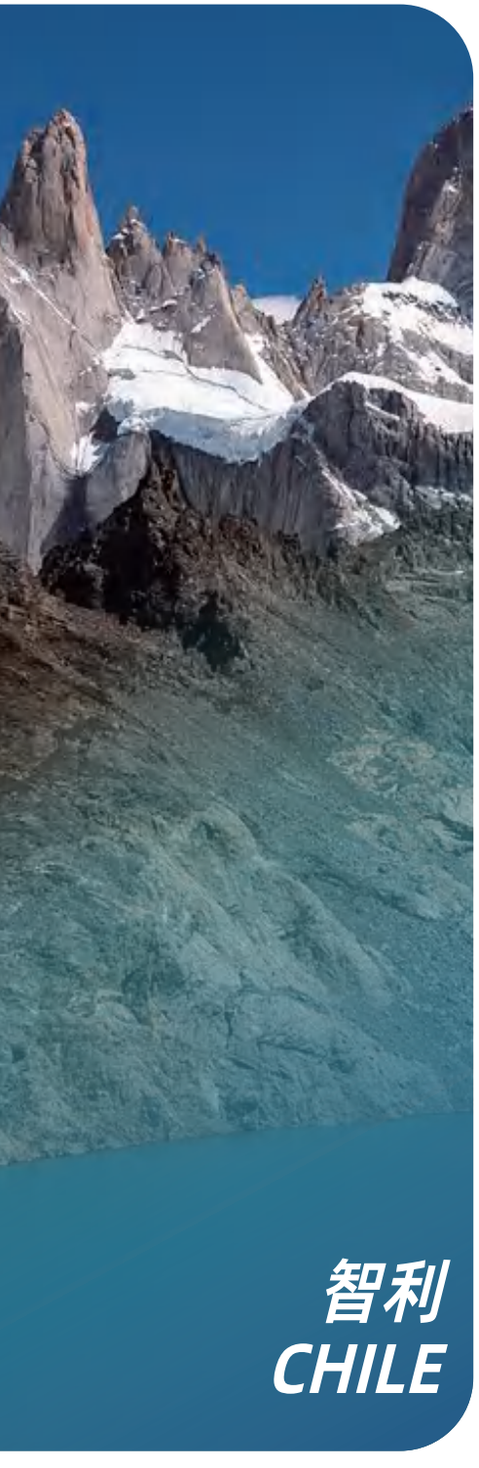
图4.18 特立尼达和多巴哥2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

特立尼达和多巴哥的能源平衡表均来自于拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Olade），范围覆盖了2010-2022年的数据，共涉及19个能源品种，6个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的各部门GDP数据作为分配基础，结合联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据进行细化，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。

表4.18 特立尼达和多巴哥排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比能源信息系统（Energy Information System of Latin America and Caribbean）	hhttps://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=2
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipccnggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	特立尼达和多巴哥中央统计局（分部门GDP统计）	https://cso.gov.tt/subjects/national-accounts/
	世界银行（World Bank）城镇化率数据	https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



智利
CHILE

国家背景

智利位于南美洲西部，是安第斯山脉与太平洋之间地形狭长的国家，与秘鲁、玻利维亚和阿根廷接壤。由于纬度跨度大，使得智利气候具有多样性，表现为北部是世界上最干燥的沙漠——阿塔卡马沙漠，中部的地中海气候，复活节岛的亚热带湿润气候，到东部和南部的海洋性气候。截至2022年，智利的人口为1949万人，GDP（现价）为3021亿美元[280]。

智利有色资源储量丰富，化石能源缺乏。铜矿开采占智利GDP总额的20%，占出口总额的60%[281]，同时它的铜产量占世界的三分之一[282]。智利是一个化石能源缺乏的国家，石油、天然气和煤炭等能源主要依赖进口，但却拥有丰富的可再生能源。智利北部拥有丰富的太阳能资源[283]。智利有许多河流穿过，一般长度较短，为其领土南部的水力资源的供应提供了潜能。此外，农业和林业的发展为生物质的供应提供了较大潜力。在国际贸易方面，其出口产品主要是矿物产品、贱金属、植物产品等；主要的出口国为中国、美国、巴西、日本等。其进口商品主要为机械器具、矿物产品、运输设备、化学产品等；主要进口国为中国、美国、巴西、阿根廷、德国等国家。

智利为应对气候变化做出了诸多努力。智利承诺在2030年之前将单位国内生产总值所产生的二氧化碳排放量在2007年的基础上减少30%，在国际货币基金的资助下，这一比例甚至将达到35%至45%。智利政府所做的努力还包括应用可再生能源，提出到2025年，能源供应中20%是可再生能源，2014-2025年，该国45%的电力生产使用更清洁的能源。同时，智利还计划将碳交易市场作为缓解温室气体排放的工具[224]。

一次能源消费结构

智利的化石能源消费占一次能源消费的比重约为72.1%，以石油产品为主。2022年，石油产品消费占比43.1%，煤炭消费占比14.5%，天然气消费占比14.5%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的11.1%。生物质占一次能源消费比重达16.8%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，煤炭和石油产品消费是智利化石能源碳排放的最主要来源。在石油产品中，柴油和汽油是两种主要的消费类型。2022年，石油产品消费产生的二氧化碳排放量超过50.2百万吨，占化石能源碳排放的58.4%。其次，煤炭消费产生的二氧化碳排放量达到22.5百万吨，占化石能源碳排放的26.3%。

此外，智利天然气消费产生的二氧化碳排放为13.1百万吨，占该国化石能源碳排放的15.3%。智利天然气消费导致的二氧化碳排放在2014-2022年呈现逐年上升趋势，从2014年的9.6百万吨增至2022年的13.1百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

智利最大的二氧化碳排放来源是交通运输业、仓储和邮政服务。2022年，交通运输业、仓储和邮政服务排放占智利化石能源总碳排放的38.7%，2010-2022年间此行业化石能源消费产生的二氧化碳排放量整体呈现上升趋势，从2010年的25.5百万吨增至2022年的33.2百万吨。电、热、燃气、水的生产是智利的第二大化石能源碳排放行业，2022年该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放约为32.4百万吨，占化石能源碳排放总量的37.7%。

生物质碳排放特征

2022年，智利的生物质消费占一次能源消费的16.8%，主要用于电、热、燃气、水的生产以及生活消费。智利的生物质种类主要为农作物废料，这类生物质来自于当地的种植园，可反复种植，为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010年至2022年间，智利化石能源消费产生的二氧化碳排放量增加了15.9%，从2010年的74.1百万吨增加到2022年的85.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的化石能源碳排放数据结果与GCB、EDGAR以及IEA发布的结果相比，总体趋势相同且CEADs的化石能源碳排放数据结果相对较高，相差在2.8%到8.2%之间。这主要是由于IEA所使用的智利各能源品种信息是分别从各行业消费、进出口进行数据收集的，而CEADs直接使用了智利国家能源委员会所发布的能源平衡表，从中获取了各行业与能源品种的加工转化量、消费量等数据，原始数据的差别导致了CEADs核算数据与IEA核算数据之间存在一定区别。

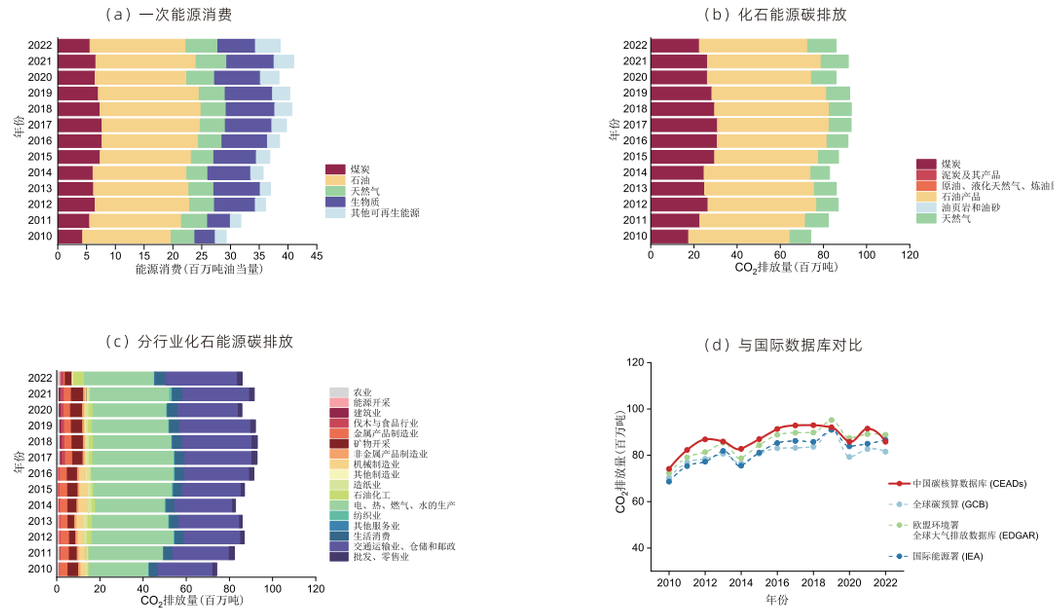


图4.19 智利2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

我们从智利国家能源委员会网站上获取了智利2010-2022年能源平衡表。智利的能源平衡表中包含了27种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及22个经济行业的能源消费数据。通过联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据，对分行业的二氧化碳排放进行计算。

表4.19 智利排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	国家能源委员会	http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org

乌拉圭
URUGUAY

国家背景

乌拉圭是南美洲东南部的一个国家。与阿根廷、巴西、拉普拉塔河接壤。乌拉圭有342万人口，其中近180万人口居住在其首都和最大的城市蒙得维的亚及其都市区。乌拉圭的面积约为176000平方公里，是南美洲第二小的国家，仅比苏里南大。世界银行[284]报告显示，该国长期以来一直是拉丁美洲大陆人均GDP最高的国家。联合国将乌拉圭列为高收入国家，2023年的人均GDP为22798美元。

农业和工业是乌拉圭的重要行业。2015年，乌拉圭农业产值占GDP比重为6.5%，工业产值占GDP比重12.3%。此外，乌拉圭的旅游业也是其经济的一个重要组成部分，在2019年占GDP总额的17.4%[285]。在国际贸易方面，其出口产品主要是牛肉、纸浆、大豆、乳制品等；主要出口国为中国、巴西、美国等。其进口产品主要为汽车、服饰、塑料制品等；主要进口国为巴西、中国、阿根廷等国家。

在《巴黎协定》之后，乌拉圭承诺将在2030年实现碳中和。2019 年，乌拉圭的水能、风能和太阳能的发电量占比上升至98%。值得注意的是风电的爆发式增长，2010 年至 2019 年风电装机容量增长了 68 倍，乌拉圭从几乎没有风力发电，在不到十年的时间里，成为了世界上人均风力发电量最高的国家。

一次能源消费结构

2022年，乌拉圭化石能源消费占一次能源消费的42.3%，以石油为主。其中，石油消费占比40.6%，天然气占比1.7%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的18.7%；生物质占一次能源消费比重达39.0%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油和天然气消费所产生的二氧化碳排放占据主导地位。石油产品作为乌拉圭最主要的化石能源，2022年产生二氧化碳排放6.7百万吨，占化石能源碳排放的96.5%。天然气消费所产生的二氧化碳排放从2010的0.17百万吨增长到2022年0.25百万吨，增长速度较为缓慢。

分行业化石能源碳排放贡献

乌拉圭化石能源消费产生二氧化碳排放最大的行业是交通运输业、仓储和邮政，2010年该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放为3.1百万吨，并以每年3.1%的增速增长至2017年的3.9百万吨。2020年，交通运输业、仓储和邮政的化石能源二氧化碳排放下降到3.7百万吨，2022年又上升至4.3百万吨，占化石能源碳排放总量的61.5%。此外，电、热、燃气、水的生产也是乌拉圭的主要化石能源碳排放行业，2022年该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量约为0.79百万吨，相较于该行业2010年消费化石能源产生的二氧化碳排放量下降了10.2%。此外，2022年伐木与视频行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放量约为0.53百万吨，占化石能源碳排放总量的7.6%。

生物质碳排放特征

2022年乌拉圭的生物质消费占一次能源消费的39.0%，主要用于伐木、食品和生活消费。乌拉圭的生物质能源主要是木柴和木材废料。当地居民主要通过砍伐森林获得木柴，并用于家庭烹饪和取暖，对环境产生了较大的影响，为不可持续利用的资源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。此外，乌拉圭也使用木材废料作为生物质，这类生物质主要来自于当地的种植园，可反复种植，为可持续再生的资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入排放体系。从时间趋势上看，在2010到2022年间，乌拉圭木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的2.5百万吨增长至2018年的3.4百万吨，2022年下降到2.2百万吨。

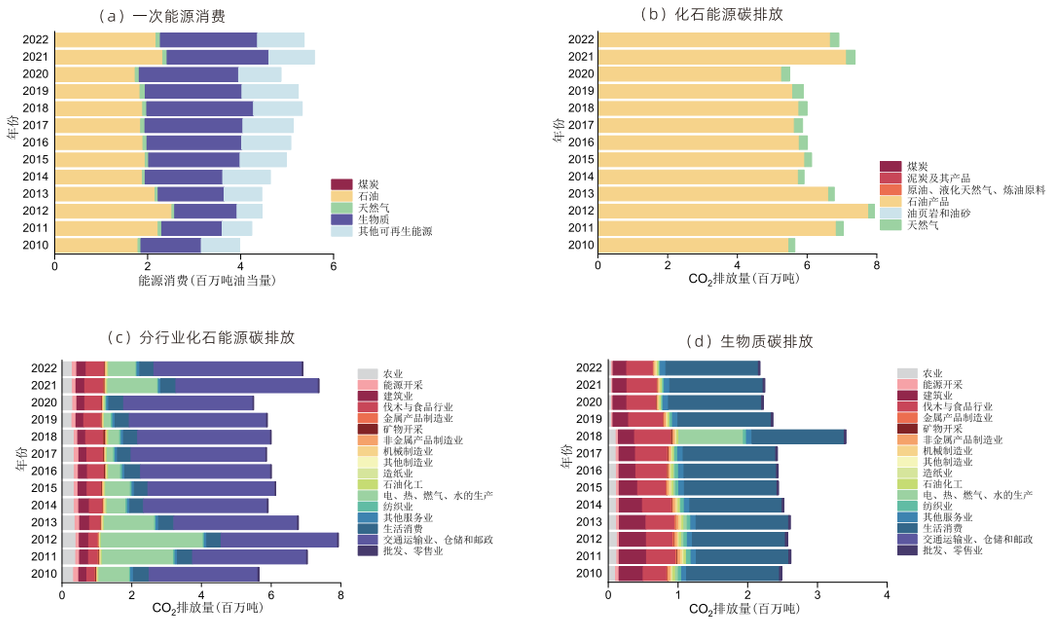
碳排放趋势

2010-2022年，乌拉圭化石能源消费产生的二氧化碳排放年均变化率为1.57%，从2010年的5.6百万吨升至2022年的6.9百万吨。2012年为乌拉圭近年来的化石能源碳排放巅峰，产生了7.9百万吨二氧化碳排放。在此期间，生物质消费所产生的排放从2010年的2.5百万吨快速增长到2018年的3.4百万吨，2022年降至2.2百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的乌拉圭化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR和GCB发布的数据结果误差较小，产生差异的主要原因：一是CEADs与IEA、EDGAR的排放因子选取有所差别，二是CEADs数据具有更为详细的能源分类，而其他机构对能源品种的统计口径比较模糊。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为9.1百万吨。



（e）与国际数据库对比

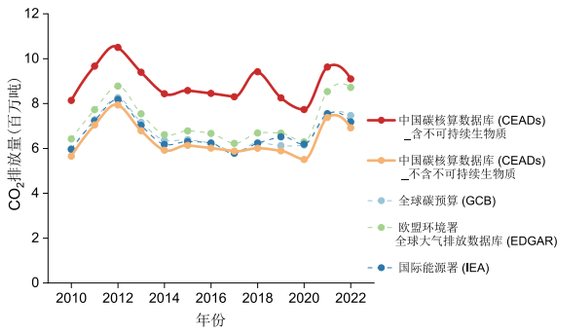


图4.20 乌拉圭2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

乌拉圭的能源平衡表来源于乌拉圭的官方统计局，范围覆盖了2010-2022年的数据。乌拉圭的能源平衡表中列出了22种能源品种，其中主要的能源品种有汽油和木柴等。乌拉圭的能源平衡表中将排放行业分为了5个，分别是居民消费、交通、工业、农业和商业服务行业。行业降尺度划分上使用联合国（UN）分行业增加值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据。

表4.20 乌拉圭排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	乌拉圭统计局	https://www.olade.org/en/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtrada.un.org
	联合国（UN）分行业增加值	http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tipo/Anuario

国家背景

巴巴多斯（Barbados）位于东加勒比海小安的列斯群岛东端，是一座美丽的珊瑚石灰岩海岛。四面环海，西临圣卢西亚、圣文森特和格林纳丁斯、格林纳达。巴巴多斯的面积约为431平方公里。人口约28.2万（截至2022年），其中90%以上为黑人后裔，2%为欧洲移民后裔。首都布里奇顿，全国划分为11个区[286]。2010年至2019年，巴巴多斯的GDP持续增长，从4.9亿美元增长到了5.3亿美元。2020年下降到4.7亿美元。2022年现价GDP达到5.3亿美元。人均GDP则从2010年的16902.5美元增长到了2022年的22164美元[287]。

巴巴多斯拥有丰富的矿产和自然资源。其石油储量约为200万桶，天然气储量达1.1亿立方米，石灰石储量约为300亿吨，浮石储量为13.2亿吨。在植物资源方面，巴巴多斯主要以人工种植为主，种类丰富，包括无花果、棉花、甘蔗、香蕉树、芒果树、猴面包树、椰子树、棕榈等。动物资源也相当丰富，包括鹈鹕、壁虎、青蛙、黑长尾猴，以及海洋物种如金枪鱼、剑鱼、海豚和飞鱼等。此外，巴巴多斯还拥有许多特有物种，如卡拉西方细盲蛇、巴巴多斯醋栗、巴贝多樱桃、库拉索芦荟等，这些物种对于该国的生态系统和生物多样性具有重要意义。

巴巴多斯传统经济以制糖业为主，但近年来开始向旅游、离岸金融、轻工制造和信息服务业转型。然而，2020年的疫情对旅游业影响严重，经济遭受打击。近两年来，经济呈现复苏趋势。农业方面，政府鼓励蔬果种植以减轻食品进口压力。制造业主要生产制糖、饮料、朗姆酒、服装等产品。旅游业是经济的重要支柱，尤其吸引来自欧美加的游客。2022年对外贸易总额为23.1亿美元，出口以朗姆酒、加工食品、化学制品为主。进口主要为燃料、食品及饮料等。

一次能源消费结构

2022年，巴巴多斯化石能源消费占一次能源消费的97.9%以上，主要以石油为主。此外，生物质占一次能源消费比重为2.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费产生的碳排放中，石油产品一直是巴巴多斯关键的化石能源碳排放源。2022年，石油产品产生的碳排放为1.4百万吨，相较于2010年减少了0.3百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2022年，交通运输业、仓储和邮政一直是巴巴多斯产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年，交通运输业、仓储和邮政使用化石能源所产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放总量的48.2%，相较于2010年占比少量上升。此外，电、热、燃气、水的生产消费化石能源所产生的碳排放量也占化石能源碳排放总量的39.9%。

生物质碳排放特征

2022年，巴巴多斯的生物质占一次能源消费的2.1%。该国生物质种类主要是甘蔗，属于可持续生物质能源，在整体碳核算过程中，不计入总体碳排放。

碳排放趋势

巴巴多斯化石能源消费产生的二氧化碳排放量呈现下降的趋势，从2010年的1.8百万吨下降到了2022年的1.4百万吨，年变化率为-1.9%。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2022年EDGAR、IEA和GCB公布的碳排放数据分别为0.76百万吨、1.1百万吨和1.03百万吨。CEADs核算的巴巴多斯化石能源二氧化碳排放量为1.4与IEA和GCB发布的数据结果误差较小，在总体趋势上具有较高的一致性。与EDGAR结果相对误差较大，造成差距的主要原因在于统计数据来源及版本的不同。CEADs使用的巴巴多斯能源平衡表来自APEC能源工作组。

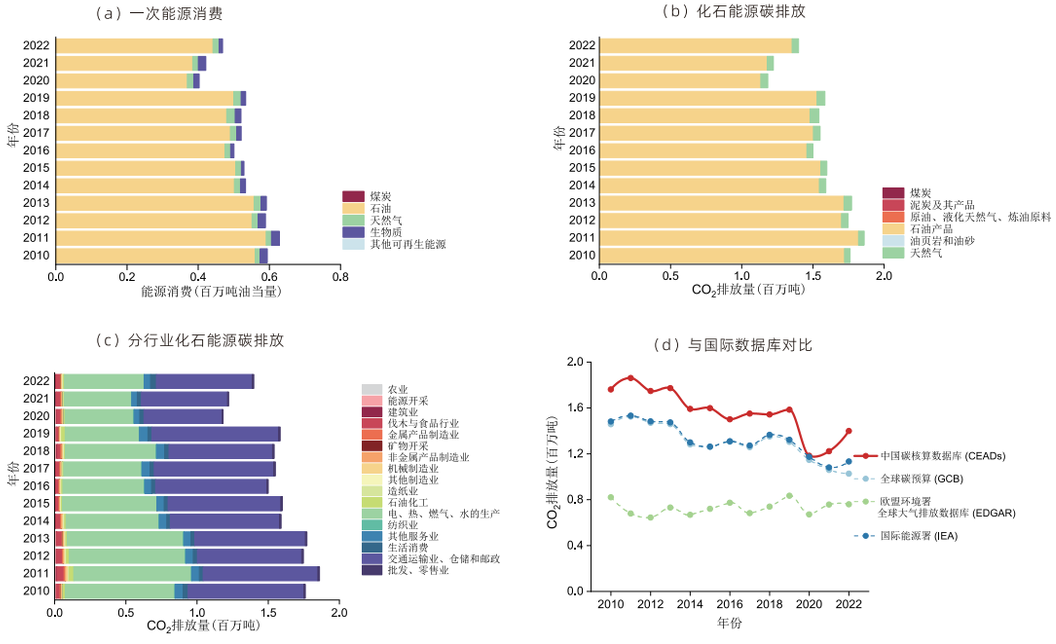


图4.21 巴巴多斯2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

巴巴多斯能源平衡表来自APEC能源工作组，包含了2010-2022年共13年的数据，覆盖了18种一次与二次能源品种。在行业降尺度划分上，我们采用Emerging投入产出表的总产值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配指标对应统一部门。

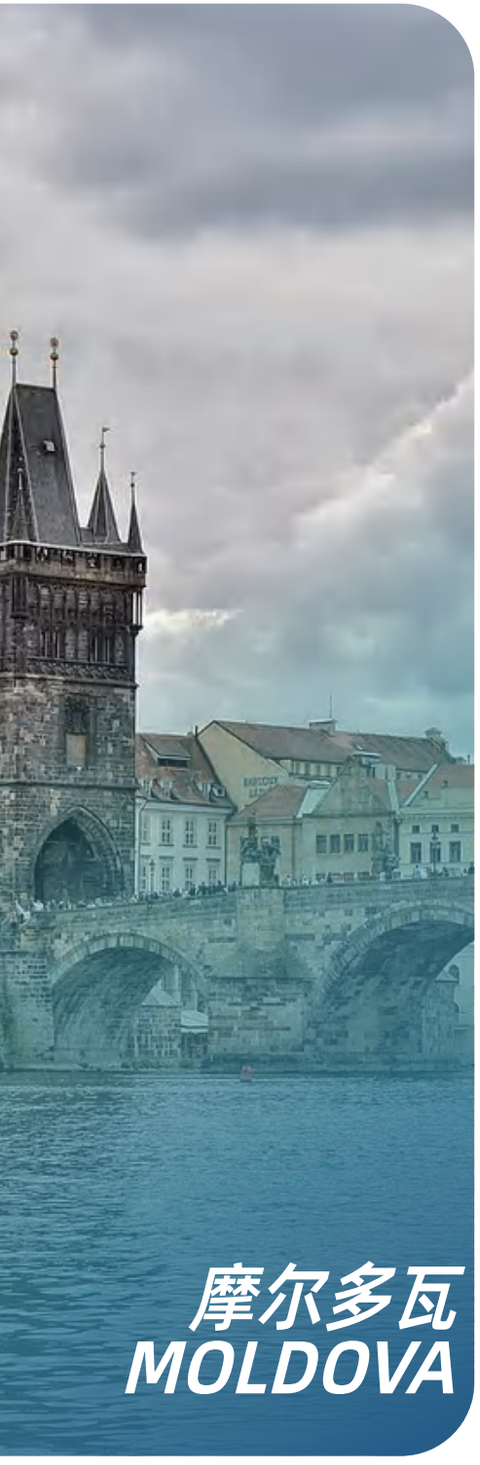
表4.21 巴巴多斯排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	拉丁美洲和加勒比地区能源信息系统	https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=1
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	Emerging投入产出表	https://www.ceads.net.cn/
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据据	https://comtrade.un.org

第四章

欧洲篇

EUROPE



摩尔多瓦
MOLDOVA

国家背景

摩尔多瓦位于欧洲中部，是一个毗邻罗马尼亚和乌克兰的内陆国家，现正处于社会经济的转型阶段。其大部分领土位于普鲁特河和德涅斯特河之间。全国分为32个区，3个市和2个地方特别行政区。其中，加告兹和德涅斯特河沿岸地区在主权问题上一直有冲突和争端。国家总体政治局势稳定，社会治安良好。根据其国家统计局公布的数据，2022年摩尔多瓦国内生产总值按现价约为165.4亿美元[288]，人口为245.8万[289]，其中24.5%的人口生活在贫困线以下。

摩尔多瓦经济结构以农业为主，80%的土地为黑土高产田，适合农作物生产，盛产葡萄、糖、食用油和烟草，2022年该国的农业增加值约占当年GDP的7.6%[290]。该国工业以食品加工、纺织、服装和鞋类等传统加工制造为主，近几年该国的GDP结构逐步向服务业转移，2022年第三产业占GDP的61.1%[291]。在对外贸易方面，摩尔多瓦的主要贸易伙伴是欧盟成员国和独联体国家，主要出口蔬菜、水果、农产品和工业产品。此外，摩尔多瓦缺乏化石能源，目前主要依赖俄罗斯的天然气，所需能源的97%需要进口[292]。

此外，摩尔多瓦拥有丰富的太阳能和风能，为减少对外能源依存度和减轻气候变化对该国社会经济的影响。政府机构在可再生能源目标上提出在2030年可再生能源在能源结构中占比达到20%，其中生物燃料占交通运输的10%，可再生能源分别占发电和供热的10%和27%。在温室气体排放量水平上，实现2030年比1990年的水平减少64-67%，并尽最大努力将其碳排放量减少67%。

一次能源消费结构

2022年，摩尔多瓦化石能源消费占一次能源消费的75.5%，以天然气和石油产品为主。2022年，石油产品消费占比36.6%，天然气消费占比35.6%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的1.5%；生物质占一次能源消费比重达22.9%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，石油产品和天然气消费是摩尔多瓦化石能源碳排放的最主要来源。2022年，石油产品消费产生的碳排放3.1百万吨，占化石能源碳排放的54.5%，天然气产生的碳排放2.2百万吨，约占化石能源碳排放的39.3%。

分行业化石能源碳排放贡献

摩尔多瓦的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自交通运输业、仓储和邮政行业，该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放从2010年的1.8百万吨（38.2%）增加到2022年的2.4百万吨（42.3%），年均增长率为2.5%，其中交通运输业、仓储和邮政行业主要使用汽油和柴油两种主要化石能源。生活消费是摩尔多瓦第二大化石能源碳排放行业，2022年生活消费化石能源产生的碳排放为1.2百万吨，占化石能源碳排放总量的21.9%。第三大化石能源碳排放部门是电、热、燃气、水的生产，主要使用天然气发电，占化石能源碳排放的16.0%。与其他国家不同的是，摩尔多瓦的发电量比例很小。目前，摩尔多瓦国内发电所提供的电力供应尚不足其全国电力总需求的30%。这是由于这些热电厂使用的是天然气，由于效率低，边际成本高，因此摩尔多瓦缺乏高效的发电能力。

生物质碳排放特征

2022年摩尔多瓦的生物质占一次能源消费的22.9%，主要用于生活消费部门。摩尔多瓦的生物质能主要包括农业残留物（包括植物根、茎、叶、稻草、葡萄藤等）。此外，农业残留物的利用正在迅速增长，由于摩尔多瓦生物质来源主要为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

摩尔多瓦的化石能源碳排放增长较快，在2010年至2022年间，化石能源消费所产生的碳排放每年以1.3%的速度增长，从4.7百万吨增至5.6百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的摩尔多瓦化石能源二氧化碳排放量总体低于EDGAR和IEA发布的数据，整体变化趋势较为一致，其中EGDAR的碳排放量最高，且与CEADs间的差距逐年拉大。CEADs与GCB的数据自2014年，无论在碳排放量还是趋势变化上均比较接近，2022年CEADs核算的摩尔多瓦化石能源碳排放量为5.6百万吨，GCB的统计结果为5.2百万吨。CEADs与IEA、EDGAR发布数据的主要差别在对德涅斯特河左岸行政区的能源统计上。CEADs能源平衡表数据来自摩尔多瓦统计局官方发布的能源数据，摩尔多瓦统计局没有包含德涅斯特河左岸行政区的相关数据，而IEA、EDGAR发布的数据包含了德涅斯特河左岸行政区的二氧化碳排放量，导致核算的二氧化碳排放量数据不同。当按照我国外交部对摩尔多瓦行政区的界定范围（包括德涅斯特河左岸行政区）来统计时，CEADs核算的化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR发布的二氧化碳排放量数据基本一致。

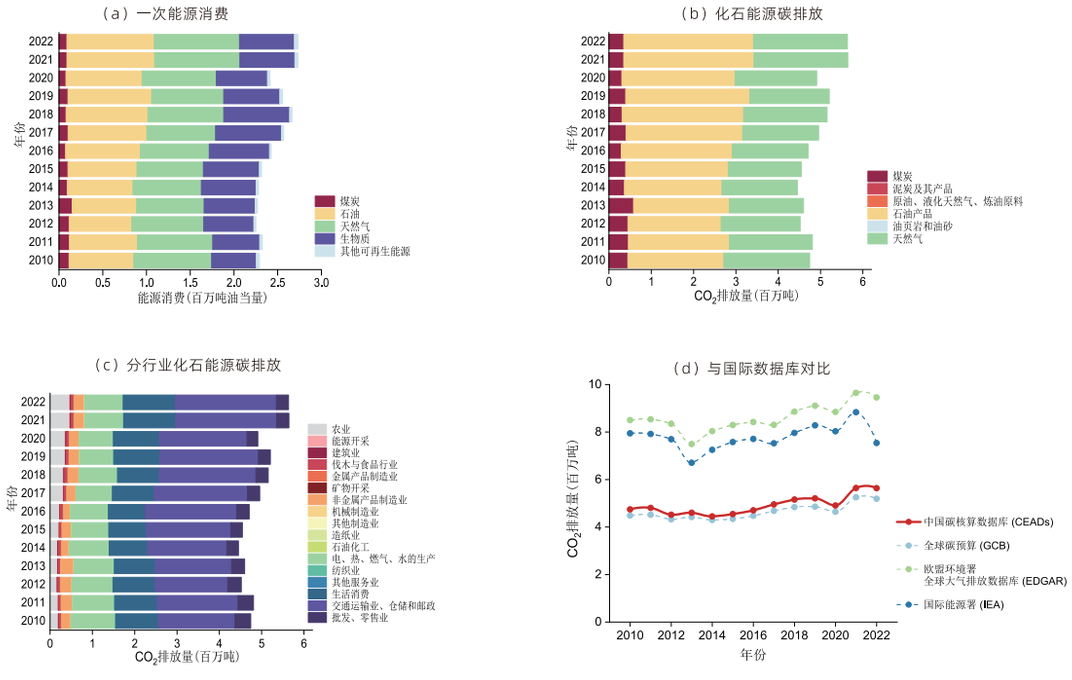


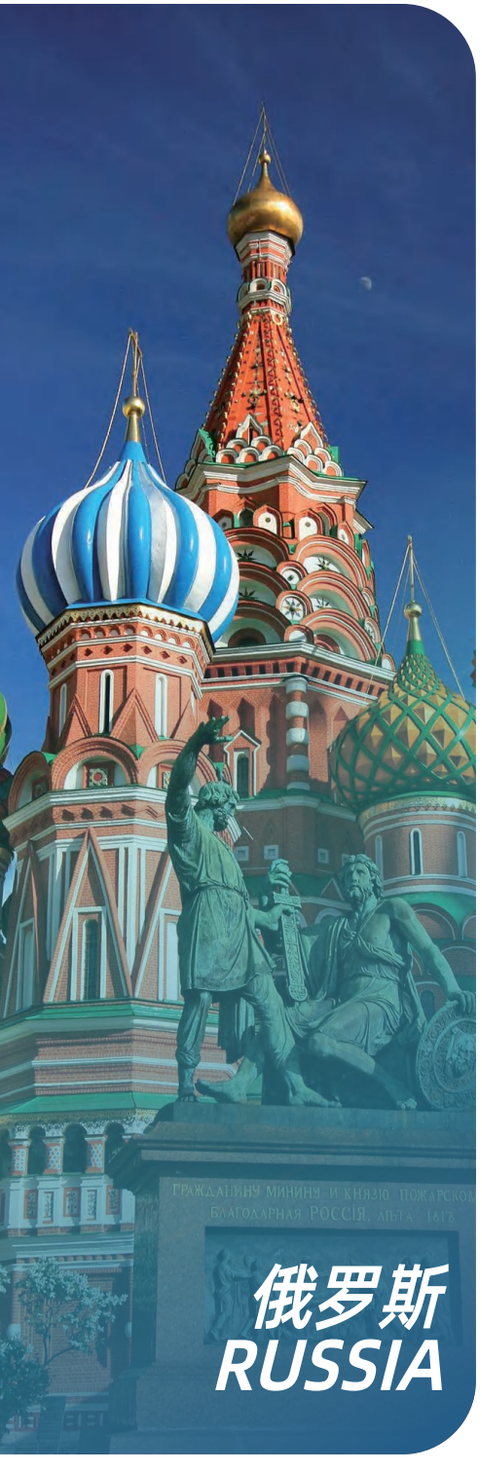
图5.1 摩尔多瓦2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

摩尔多瓦能源平衡表来自其国家统计局，包含了2010-2022年的数据，覆盖了4个能源品种和6个行业。在行业降尺度划分上，我们采用工业的总产出数据和农业、商业、交通、服务业的总产值和联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade）中出口数据作为分配指标对应47个行业，其中2010-2013年的数据缺失，暂时用2014年的产值作为分配依据进行匹配。

表5.1 摩尔多瓦排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	摩尔多瓦统计局	https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/40%20Statistica%20economica/40%20Statistica%20economica__15%20ENE__serii%20anuale/ENE020100.px/?rxid=b2ff27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	摩尔多瓦统计局	https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/40%20Statistica%20economica/40%20Statistica%20economica__14%20IND__IND020/IND020100.px/table/tableViewLayout1/?rxid=b2ff27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774
	联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade），出口数据	https://comtradeplus.un.org/



国家背景

俄罗斯横跨欧亚大陆，东西最长9000公里，南北最宽4000公里。作为世界上国土最辽阔的国家，其由八十多个平等的联邦主体组成，首都莫斯科是欧洲最大的城市。同时，俄罗斯也是世界上人口密度最低和城市化程度最高的国家之一。2022年，俄罗斯的总人口达到1.44亿人，GDP（现价）总量达到2.27万亿美元，同比增长率为-2.1%。此外，俄罗斯的人均GDP（现价）也达到1.5万美元[293]。

俄罗斯的自然资源十分丰富，能源相关行业等较为发达。2022年，能源开采行业占GDP的比重达到16.7%。同时，俄罗斯的工业发达，核工业和航空航天业在世界上都占据重要的地位。在农业方面，俄罗斯的农业条件十分优越，粮食产量位列世界前列，但是农业部门占经济的比重一直较低，2022年，俄罗斯的农业占GDP的比重为3.8%[294]。此外，俄罗斯有世界最大储量的矿产资源，是世界上重要的石油和天然气输出国，且拥有世界最大的森林储备。由于俄乌冲突带来的诸多挑战，近年来俄罗斯在国际贸易方面受到较大影响。以油气出口为例，印度等亚洲地区正在逐渐取代欧洲成为俄罗斯主要的出口地区。

目前，俄罗斯已着手推进可再生能源的使用，特别是用于发电。根据当前的政策，预计到2030 年，可再生能源（不包含核能和水能）将占最终能源消费总量的近5%，为实现这一目标，需要到 2030年在可再生能源领域累计投资3000亿美元[295]。在应对气候变化方面，俄罗斯已于2019年加入巴黎协议，该协议旨在加强国际合作，缓解全球气候变化。在其2020年国家自主贡献（INDC）中，提出了到2030年将温室气体排放量限制在1990年水平的70%的目标[296]。

一次能源消费结构

俄罗斯的一次能源消费结构以化石能源为主。具体到不同的能源上，2022年，天然气消费占一次能源消费的比重达到56.9%，石油消费占比也达到21.6%，核能、水能等可再生能源占一次能源消费的9.4%，而生物质消费占比不到0.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，天然气和煤炭消费是俄罗斯化石能源碳排放的最主要来源。2022年，天然气和煤炭消费分别产生517.3百万吨和499.7百万吨二氧化碳，分别占化石能源碳排放的37.3%和36.0%，相较于2010年分别减少和增长了27.9百万吨和34.2百万吨。此外，石油产品消费也是俄罗斯重要的化石能源碳排放来源。2022年，石油产品消费所产生的碳排放占比为21.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

俄罗斯的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产部门，该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放从2017年的616.1百万吨下降至2020年的566.3百万吨，但此后出现了回弹现象。2022年，该部门碳排放量占化石能源碳排放总量的41.8%。金属产品制造业是俄罗斯第二大化石能源碳排放行业，2022年碳排放量占化石能源碳排放总量的22.9%。其他服务业是第三大化石能源碳排放行业，2022年碳排放量为128.6百万吨，占化石能源碳排放总量的9.3%。

生物质碳排放特征

2022年俄罗斯的生物质消费占一次能源消费比重极低，不到0.1%，主要用于造纸业、伐木与食品行业、金属产品制造业等。俄罗斯的生物质主要包括木屑颗粒和木制废料，且木屑颗粒和木制废料的利用正在迅速增长，由于俄罗斯生物质来源主要为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体二氧化碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2018年，俄罗斯的化石能源二氧化碳排放总体上呈现增长态势，从1470.1百万吨增至2018年的1526.4百万吨，约增加了3.8%。但是此后俄罗斯的碳排放呈现缓慢下降趋势。2022年俄罗斯的碳排放为1388.8百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算的俄罗斯化石能源碳排放量总体低于EDGAR、GCB和IEA发布的数据。其中，与IEA数据较为接近，总体上保持基本相同的增长趋势，历年来两者的平均差距仅有0.78%。虽然从2017年开始，CEADs核算结果与IEA结果逐渐拉开差距，但2022年二者差距开始缩小。具体来看，CEADs核算的结果为1388.8百万吨，而IEA的数据为1577.2百万吨，存在2.1%的差距。从结果来看，造成差异的主要原因，一是使用的原始数据，二是各部门的能源消耗数据。CEADs采用的数据来源是俄罗斯区域间统一数据机构，具体的排放系数由自然资源和环境部（MNRE）提供，IEA的能源平衡表数据来自俄罗斯国家统计局，但俄罗斯统计局公布的能源平衡表中经济部门与能源品种粗略，排放因子数据来自2006年IPCC国家温室气体清单指南。因此，原始数据存在一定差异，可能是不同机构核算的二氧化碳排放数据存在不同的原因。

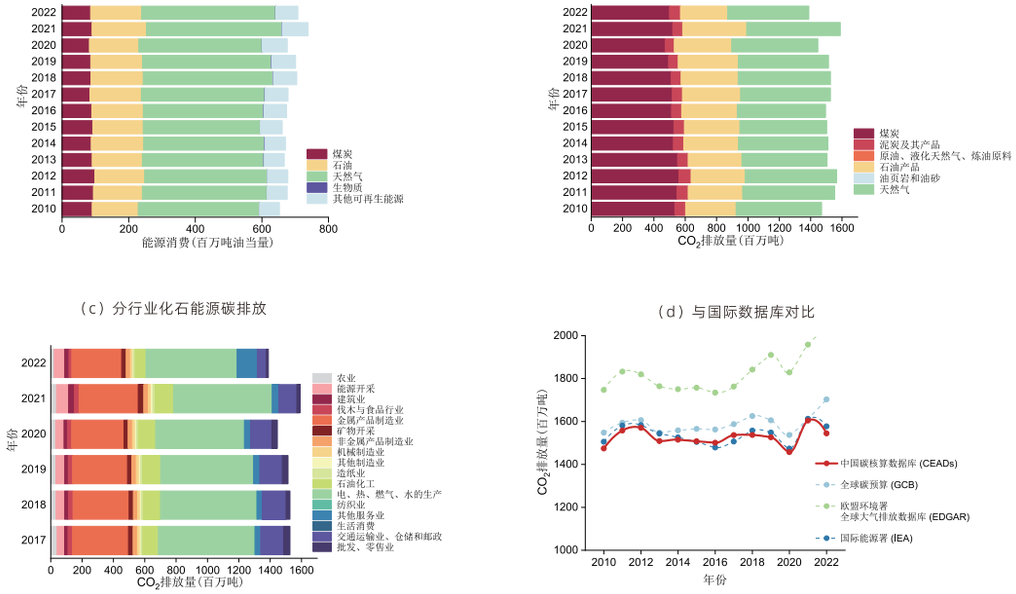


图5.2 俄罗斯2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比。由于数据可得性等问题，分行业化石能源碳排放只提供2017-2022年数据。

数据来源简述

本清单以政府间气候变化专门委员会（IPCC）的二氧化碳清单编制方法为基准、CEADs统一格式、统一统计口径的碳排放清单为模板、依据俄罗斯统一部门间统计信息系统（UISIS)的化石能源消费数据和俄罗斯自然资源与环境部(MNRE)2015年发布的百余种能源品种排放因子，计算了俄罗斯化石能源消费相关碳排放。

表5.2俄罗斯排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	俄罗斯统一行业间统计信息系统（The Unified Interdepartmental Statistical Information System）	https://fedstat.ru/indicato
排放因子	俄罗斯自然资源与环境部 (MNRE)	http://www.mnr.gov.ru/en/
行业匹配指标	俄罗斯统一行业间统计信息系统（The Unified InterdepartmentalStatistical Information System）	https://fedstat.ru/indicator

国家背景

爱沙尼亚是北欧国家，西临波罗的海，北临芬兰湾，南部和东部分别与拉脱维亚和俄罗斯接壤。自2017年行政改革以来，共有79个地方政府，其中包括15个镇和64个农村直辖市。2022年，爱沙尼亚的总人口约为134.9万人。爱沙尼亚是一个相对发达和富裕的国家，特别是自2004年加入欧盟以来，经济更是高速发展，被称为“波罗的海之虎”，世界银行也将其列入高收入国家。2022年，其GDP（现价）达到383.8亿美元，增长率为6.0%，人均GDP（现价）高达2.8万美元[115]。

从产业结构来看，爱沙尼亚服务业发达。2022年爱沙尼亚的服务业占经济增加值的比重达到70.8%。其次是制造业和建筑业，占比也分别达到13.77%和6.4%[297]。爱沙尼亚化石资源和非金属矿产较为丰富，主要拥有油页岩、泥煤、石灰岩等。此外，爱沙尼亚拥有丰富的森林资源，其森林覆盖率高达54%。在国际贸易方面，爱沙尼亚的主要出口国为芬兰、拉脱维亚、瑞典等；主要进口国为芬兰、立陶宛、德国。电子、通信产品，矿产品，机械设备和木材、木质制品这四大类产品一直是爱沙尼亚最主要的进出口商品。

爱沙尼亚拥有丰富的风能、太阳能和水能资源，长期鼓励发展可再生能源，给予利用可再生能源的企业以国家补贴。为了推进可再生能源的利用，爱沙尼亚和拉脱维亚签署共同开发海上风力发电场。此外，爱沙尼亚制定了2030年可再生能源在最终能源消费总量和发电量中所占份额高达50%的目标[298]。根据《联合国气候变化框架公约》，爱沙尼亚做出的国家自主贡献（INDC）是到2030年，国内温室气体排放量相比于1990年至少减少 40%[299]。

一次能源消费结构

爱沙尼亚的一次能源消费结构主要以化石能源为主。2022年，化石能源消费总量占一次能源消费的比重达到67.3%，其中石油消费占比54.0%，天然气消费占比7.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达30%，风能、太阳能及其他可再生能源占比为2.7%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的二氧化碳排放中，油页岩和油砂消费产生的二氧化碳排放占据主导地位。首先，油页岩和油砂消费产生的二氧化碳排放，从2010年的9.4百万吨上升到2013年的10.9百万吨，但此后开始快速下降，2022年产生碳排放3.9百万吨，占化石能源碳排放的48.5%。2022年，石油产品消费产生3.0百万吨二氧化碳排放，占化石能源排放的37.1%。天然气和煤炭产生的碳排放，占比依次约为8.3%和5.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

爱沙尼亚的化石能源消费产生的二氧化碳排放主要来自电、热、燃气、水的生产以及交通运输业、仓储和邮政。电、热、燃气、水的生产行业是爱沙尼亚最大的化石能源碳排放行业，2022年其化石能源碳排放量为4.8百万吨，占化石能源碳排放总量的58.7%。交通运输业、仓储和邮政是爱沙尼亚的第二大化石能源碳排放行业，近些年碳排放量明显上升，2022年排放量为2.5百万吨，占化石能源碳排放总量的30.4%。

生物质碳排放特征

2022年，爱沙尼亚的生物质约占一次能源消费的30%，主要用于电、热、燃气、水的生产行业和生活消费。生物质种类主要包括使用森林生物量和残留物、农业生物量以及城市垃圾产生的生物量[300]。由于爱沙尼亚生物质来源主要为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体二氧化碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

碳排放趋势

2010-2017年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放相对稳定，但此后快速下降。由于新型冠状病毒肺炎的爆发，2020年的碳排放下降到历年来的最低点，此后2022年该国碳排放反弹至8.1百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，2005-2018年CEADs核算的爱沙尼亚化石能源二氧化碳排放量与GCB、EDGAR和IEA的二氧化碳排放数据在趋势上具有一致性，但CEADs的二氧化碳排放数值低于GCB、EDGAR和IEA的数据。主要差异在于CEADs核算二氧化碳排放时，使用的碳排放因子取自爱沙尼亚统计局，要比其他机构碳核算中使用IPCC的排放因子数值要小一些。2019-2020年，由于爱沙尼亚统计局数据编制发生变化，CEADs采用的碳排放因子来源也变更为其发布的《联合国气候变化框架公约》，近两年核算结果的差距有所减小。从整体结果上来看，CEADs核算结果与EDGAR核算结果的差距最大，与IEA最为接近。

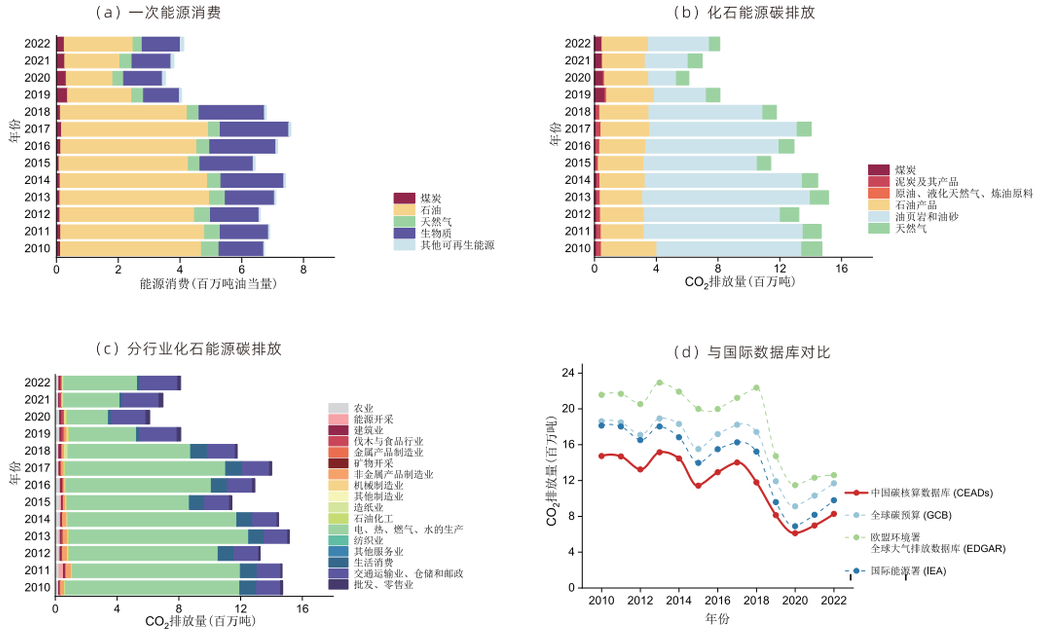


图5.3 爱沙尼亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 与国际数据库对比

数据来源简述

其中，2010-2018年能源平衡表的能源有27种能源品种19个行业的统计，2019-2022能源平衡表的能源有30种能源品种18个行业的统计，分行业指标来自行业工业产值。数据来自爱沙尼亚国家统计局网站。

表5.3 爱沙尼亚排放核算的数据来源

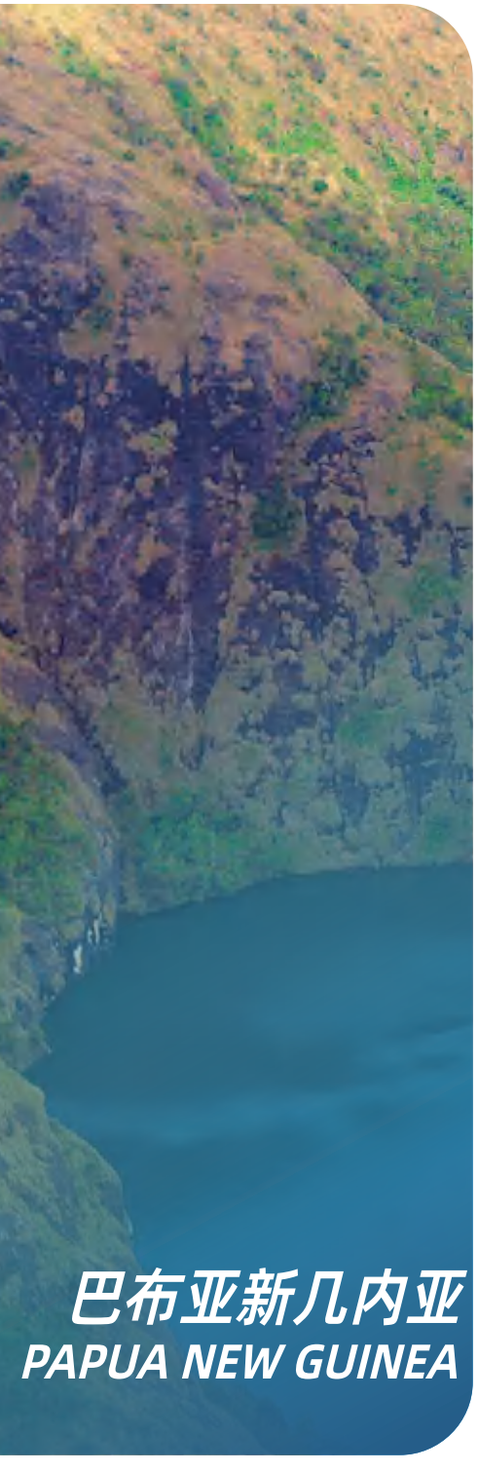
数据类型	来源	网站
能源平衡表	爱沙尼亚统计局	https://andmed.stat.ee/en/stat
排放因子	《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）	https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018
行业匹配指标	爱沙尼亚统计局	https://andmed.stat.ee/en/stat

CEADs

第六章

大洋洲篇

OCEANIA



巴布亚新几内亚
PAPUA NEW GUINEA

国家背景

巴布亚新几内亚位于太平洋西南部。西与印度尼西亚的伊里安查亚省接壤，南隔托雷斯海峡与澳大利亚相望，总面积为46.3万平方公里。2010年到2022年，巴布亚新几内亚的人口从2010年的758.3万增长到了2022年的1020.3万[301]。2021年城市人口占13.6%。巴布亚新几内亚是世界上较不发达的国家之一。2010年至2022年，巴布亚新几内亚的GDP持续增长，年增长率高达4.1%，2022年现价GDP达到261.1亿美元。人均GDP则从2010年的1879.2美元增长到了2022年的3101.7美元[302]。

巴布亚新几内亚国内自然资源丰富。矿产、石油和农业经济作物是巴布亚新几内亚的支柱产业。铜和黄金产量分别列世界第11位和第13位。此外还有富金矿、铬、镍、铝矾土、海底天然气和石油等资源。巴布亚新几内亚森林资源丰富。热带原始森林占国土面积的86.4%。主要农产品为椰干、可可豆、咖啡、天然橡胶和棕榈油。巴布亚新几内亚是太平洋岛国地区最大的椰油和椰干生产国。

巴布亚新几内亚经济发展极不平衡。近年来由于新冠肺炎疫情冲击和国际市场波动，巴新经济增速有所放缓，政府财政困难增多。同时，许多山区居民仍过着原始部落自给自足的生活。全国人口中近37%生活在国际贫困线（人均1.25美元/天）以下。2021年联合国开发计划署人类发展指数显示，巴新在191个国家中列第156位。人口增长较快，大量农村人口流向城市，失业率居高不下，社会治安有待改善，广大民众生活依旧艰难。巴布亚新几内亚政府近年来集中精力发展经济，制订了《2010~2030年发展规划》、《2050年远景规划》和“联通巴新”等发展战略规划，为其经济社会发展提供了相对稳定的外部政策环境，使其经济连续多年实现正增长。政府加大吸引外资的力度并取得一定成效，液化天然气项目、瑞木镍矿等投资项目均取得重要进展，为推动经济持续增长发挥了重要作用。

一次能源消费结构

2022年，巴布亚新几内亚化石能源消费占一次能源消费的53.5%以上，主要以石油为主。此外，生物质占一次能源消费比重达42.4%，其他可再生能源占4.1%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费产生的碳排放中，石油产品一直是巴布亚新几内亚关键的化石能源碳排放源。2022年，石油产品产生的碳排放为6.2百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2022年，电、热、燃气、水的生产一直是巴布亚新几内亚产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年，电、热、燃气、水的生产使用化石能源所产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放总量的56.2%。此外，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的二氧化碳排放量从2010年的1.4百万吨增加到2022年的1.8百万吨。

生物质碳排放特征

2022年，巴布亚新几内亚的生物质占一次能源消费的42.4%，主要来源于生活消费部门。该国生物质种类是薪材、木材废料和木炭等，其中薪材和木材废料是主要的生物质能源，属于不可持续生物质能源，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。2010-2022年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从2010年的7.4百万吨增长至2022年的8.1百万吨。

碳排放趋势

巴布亚新几内亚化石能源消费产生的二氧化碳排放量呈现上升的趋势，从2010年的5.7百万吨增长到了2022年的6.7百万吨，年增长率为1.5%。巴布亚新几内亚的生物质碳排放呈现缓慢上升趋势，从2010年的7.4百万吨增长至2022年的8.1百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs的化石能源碳排放数据显著高于EDGAR的数据，与IEA、GCB数据更为接近。不同机构的统计数据存在差距，这可能是因为数据源不同，例如，IEA用的是联合国能源统计数据库，而CEADs用的是APEC能源工作组最新格式的数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2022年CEADs核算的二氧化碳排放数据为14.8百万吨。

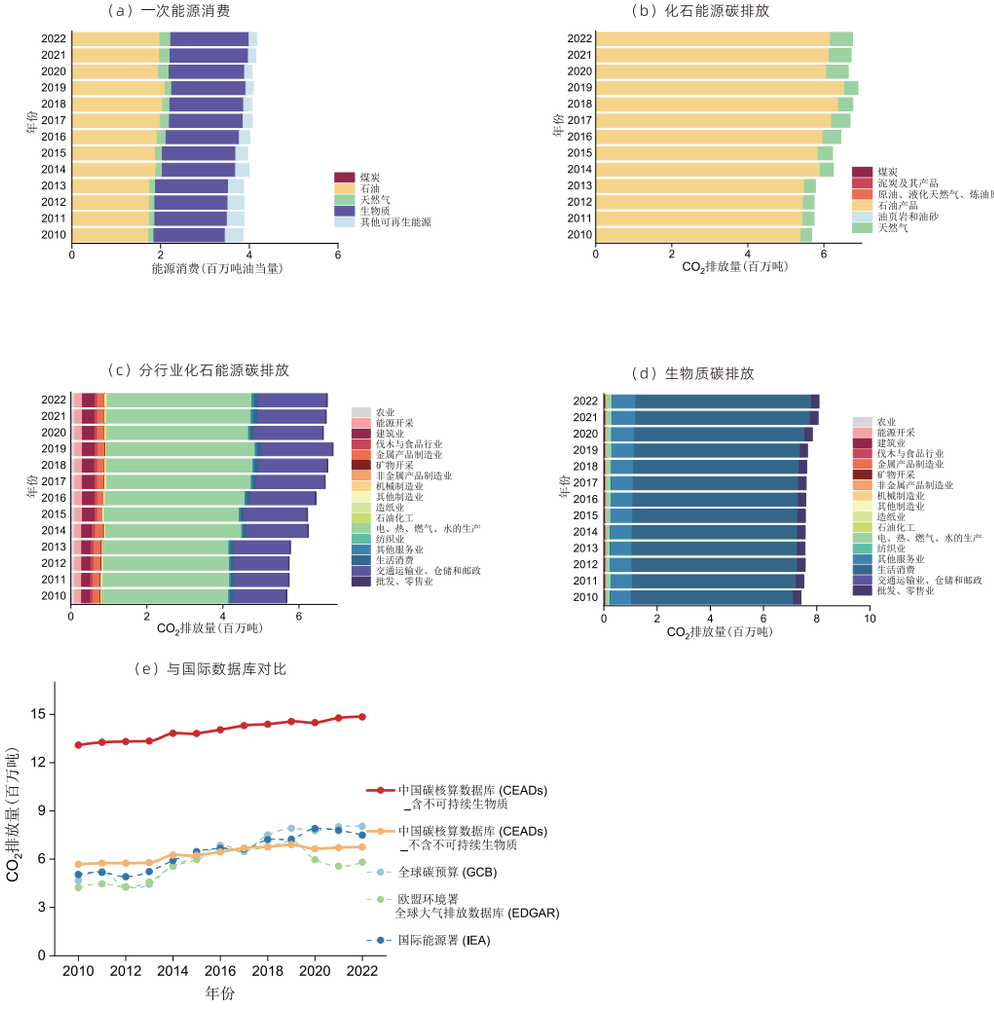


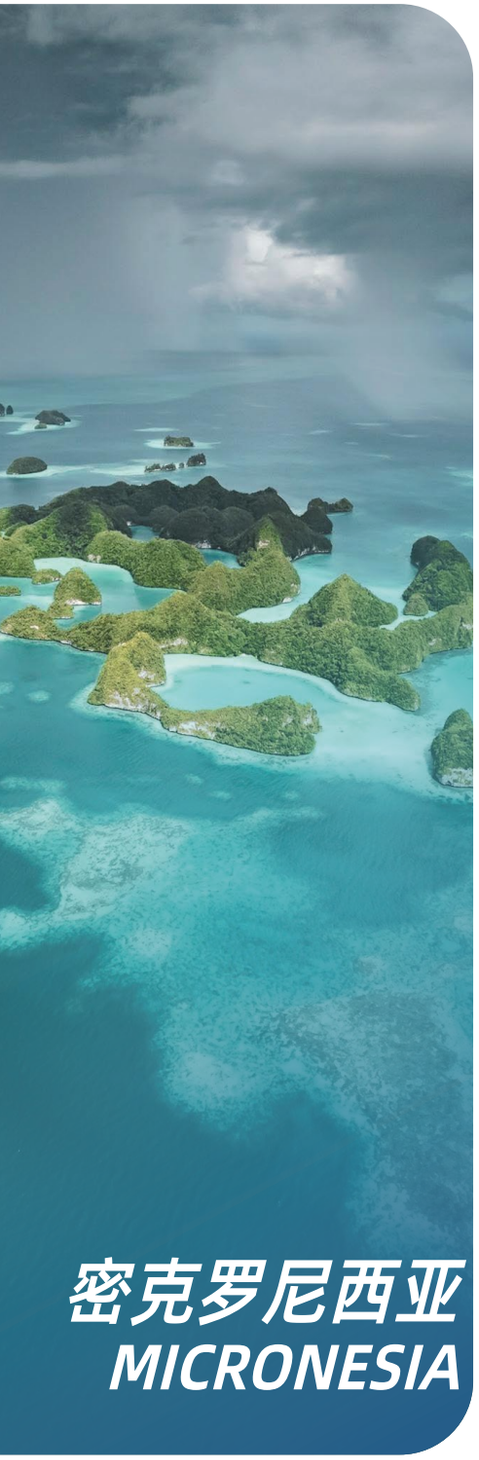
图6.1 巴布亚新几内亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

巴布亚新几内亚能源平衡表来自APEC能源工作组，覆盖了62种一次与二次能源品种。在行业降尺度划分上，我们采用中国碳核算数据库的投入产出数据作为分配指标对应统一部门。

表6.1 巴布亚新几内亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	APEC能源工作组	https://www.egeda.ewg.apec.org/egeda/database_info/newbalance_select_form2.html
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	中国碳核算数据库	https://www.ceads.net/



密克罗尼西亚
MICRONESIA

国家背景

密克罗尼西亚联邦位于中部太平洋地区，属加罗林群岛，陆地面积702平方公里，海洋专属经济区面积298万平方公里。2022年密克罗尼西亚联邦的总人口为11.2万。2010年至2022年，密克罗尼西亚联邦共和国的GDP波动增长，年增长率高达1.6%，2022年按照2022年现价GDP达到了4.3亿美元。人均GDP则从2010年的2760美元增长到了2021年的3535.4美元[303]。

密克罗尼西亚联邦经济落后，绝大多数人的经济生活以村落为单位。产椰子、胡椒、芋头、面包果等农产品。渔业资源丰富，尤以金枪鱼著名。粮食及生活日用品均靠进口。严重依赖外援，国内缺乏有效的市场机制和良好的投资环境，经济发展缓慢。农业、渔业、旅游业是密克罗尼西亚联邦经济的“三大支柱”。

目前，密克罗尼西亚联邦主要使用柴油进行发电。国际可再生能源署（International Renewable Energy Agency）数据显示，截至2019年年底，密克罗尼西亚联邦太阳能装机量为2MW，总发电装机量为18MW 。2020年，密克罗尼西亚联邦（FSM）政府启动招标，以建设多个配备储能系统的光伏电站。

一次能源消费结构

2022年，密克罗尼西亚联邦的化石能源消费种类单一，石油消费占据一次能源消费的100%。

化石能源碳排放特征

石油产品一直是密克罗尼西亚联邦最大且唯一的化石能源碳排放源，其二氧化碳排放量在2010年至2022年期间一直在0.14-0.18百万吨之间小幅波动。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2022年，农业一直是密克罗尼西亚联邦产生化石能源碳排放最多的行业。例如，在2022年，该行业使用化石能源所产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放总量的42.2%。批发、零售业和造纸业紧随其后，2022年分别占该国化石能源碳排放总量的19.2%和17.3%。

碳排放趋势

2010年至2022年期间，密克罗尼西亚联邦化石能源消费产生的二氧化碳排放量呈现相对稳定的趋势，从2010年的0.15百万吨先下降到2011年的0.14百万吨后又增加到2022年的0.18百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，除2010年外，CEADs的化石能源碳排放数据与GCB的结果排放趋势几乎完全吻合。但相比于IEA和GCB的数据，CEADs在排放量偏高。这可能是因为数据源不同，例如，IEA并未公开使用的数据源，而CEADs用的是密克罗尼西亚联邦官方统计数据。

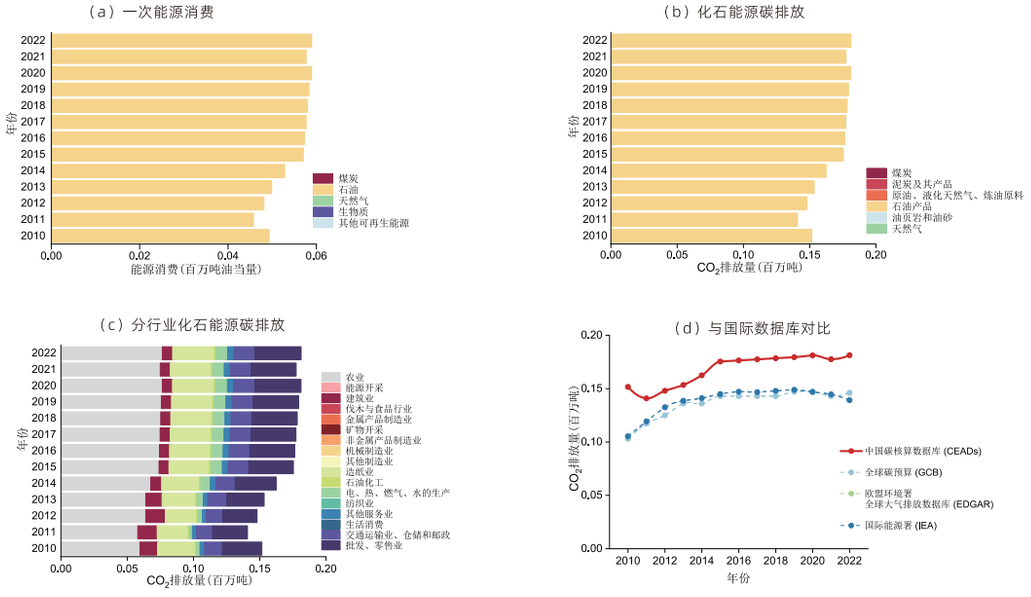


图6.2 密克罗尼西亚2010-2022年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c)分行业化石能源碳排放；(d)与国际数据库对比

数据来源简述

密克罗尼西亚的能源平衡表来自于密克罗尼西亚联邦国家统计局，包含密克罗尼西亚联邦2015年的3种二次能源品种的能源消费数据以及2010年至2014年按能源类型划分的输出值。在行业降尺度划分上，我们采用密克罗尼西亚联邦国家统计局的国家国内生产总值作为分配指标。

表6.2 密克罗尼西亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	密克罗尼西亚联邦国家统计局	https://www.fsmstatistics.fm/environment/seea-experimental-energy-accounts/
排放因子	政府间气候变化专门委员会（IPCC）	https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/
行业匹配指标	密克罗尼西亚联邦国家统计局 --国家国内生产总值	https://www.fsmstatistics.fm/wp-content/uploads/2019/02/FSM-Experimental-Energy-Accounts.pdf

第七章

展望篇

区域观察–东非地区典型国家排放模式分析

东非作为当今世界最具经济活力的地区之一，当前虽仍属于欠发达地区[305]，但未来将是全球减排的主战场。东非国家在经济、社会和生态环境等维度具有共通性和差异性。在经济和城市发展方面，大部分国家主要依赖农业，咖啡、茶叶等初级产品及矿产资源为重要的出口商品，但工业化水平普遍较低、经济结构较为单一，容易受到国际市场波动的影响。典型国家如布隆迪和卢旺达的经济严重依赖咖啡出口，国际咖啡价格波动对其经济影响巨大[306]。除肯尼亚首都内罗毕、埃塞尔比亚首都亚的斯亚贝巴、坦桑尼亚首都达累斯萨拉姆等主要城市外，大部分地区的城市化水平整体较低，基础设施和服务业发展水平不高。在社会发展方面，贫困、不平等和社会冲突是东非国家面临的主要社会问题。如肯尼亚和乌干达近年来因选举争议和政治治理问题，社会矛盾加剧。生态环境方面，东非以其丰富的生物多样性著称，拥有众多的野生动物保护区和独特的生态系统，但也面临着森林砍伐、气候变化和资源枯竭等环境问题。在能源供需方面，尽管这些国家正在推进可再生能源项目，如埃塞俄比亚正在推进的复兴大坝水电项目[307]、肯尼亚新建的加里萨太阳能发电项目[308]，但能源需求和能源贫困问题依然突出，特别是对于受电力分配不均影响较为严重的农村地区。此外，气候变化对东非国家的影响尤为显著[309]，不仅加剧了干旱、洪水等极端天气事件的发生频率和强度，还对农业和粮食安全构成威胁，进一步影响国家的经济发展和社会稳定。例如赞比亚和马达加斯加近年来频繁遭遇干旱和飓风，导致农作物减产，粮食价格波动[310]；坦桑尼亚和乌干达的湖泊和湿地生态系统也因气候变化和人类活动而退化，影响了渔业和水资源供应。

总体来说，随着东非地区国家工业化和城市化进程的推进，能源使用驱动下的排放量将进一步上升。这些国家在推动经济发展的同时，也面临着实现可持续发展方面的诸多挑战，包括经济结构单一、基础设施落后、社会冲突、能源转型和气候变化等，因此需平衡能源需求与环境保护的挑战。

东非地区国家二氧化碳排放时空演进趋势

在东非地区国家中，2010-2022年化石能源碳排放总量排名前三的国家是肯尼亚、坦桑尼亚和埃塞俄比亚，分别对应着4.3%、6.7%和8.5%的年均增长率。肯尼亚作为东非最大的经济体之一，其经济规模在区域内遥遥领先，是东非共同体（EAC）的核心成员国，同时也是东非地区的贸易和金融中心。在能源资源方面，肯尼亚是东非地区可再生能源发展的先行者，尽管其在地热能和太阳能领域处于领先地位，但由于石油产业的重要性，碳排放仍居高位，2022年石油产品消费产生的碳排放占化石能源碳排放总量的83.3%。化石能源排放量年均增长率最快的国家是赞比亚，以14.8%的速率从2010年的1.6增长到2022年的8.6百万吨二氧化碳。一方面归因于赞比亚经济的快速增长，导致了生产生活对能源需求的增加，推动了二氧化碳排放量的上升。特别是赞比亚交通运输业快速发展，汽车保有量的增加导致了对燃油需求的上升，2022年该部门的化石能源碳排放量的贡献占比在31.5%；另一方面，尽管赞比亚拥有丰富的水力资源，但由于干旱等极端天气事件的影响，水电供应不稳定，为了弥补电力缺口，赞比亚对石油和煤炭这两种化石能源具有强烈的依赖性。

在东非地区各国家中，化石能源碳排放的增长格局在部门间具有显著的相似性。从2022年来看，除津巴布韦、马达加斯加、毛里求斯的化石能源碳排放最高的部门是电力、热力、燃气及水生产和供应业外，东非地区其余国家化石能源碳排放最高的部门均来源于交通运输、仓储和邮政业。然而，由于各国经济基础和能源结构的差异，二氧化碳排放的具体产业部门贡献也存在一定差异。例如，肯尼亚除交通部门外排放贡献较大的部门是制造业，2022年产生了3.9百万吨二氧化碳，占整体比例为22.8%，这是由于肯尼亚拥有相对完善的交通、通信和能源基础设施，以及较为稳定的政治环境和丰富的劳动力资源，为制造业的发展提供了良好基础。而赞比亚的采矿业产生的二氧化碳占总排放的比例相比各东非国家较高，这一现象归因于赞比亚拥有丰富的铜矿和其他矿产资源，使得采矿业成为赞比亚经济的重要组成部分[311]。

东非国家未来减排路径面临的挑战和矛盾点

在气候变化的现实背景与碳减排的紧迫压力下，东非国家面临着诸多挑战与难点，这些挑战与经济结构、工业发展、能源依赖、资金及技术限制、国际环境等因素密切相关。

首先是快速城市化与能源需求增长的矛盾。东非国家正处于快速城市化进程中，城市人口的增加助推能源需求的激增，例如卢旺达和乌干达近年来城市化进程加快，电力需求和交通部门排放迅速增长[312]。因此，如何在城市化进程中平衡能源需求增长与减排目标的实现，是东非国家面临的重要挑战。其次是经济发展与低碳转型的矛盾。东非国家的工业发展水平普遍较低，但在以肯尼亚和赞比亚为代表的国家，制造业和采矿业正在逐步兴起，而这些行业的发展将带来大量的碳排放。因此，如何通过技术升级和转型，采用更加清洁低碳的生产方式，从而平衡经济发展需要与减排目标，是许多东非国家面临的瓶颈。其三是能源结构转型与能源供应稳定的权衡。东非国家过去及当前的能源结构普遍以化石能源和传统生物质能为主[313]，许多国家的电力供应不足、能源基础设施落后、能源贫困问题凸显。典型国家如坦桑尼亚仍大量依赖生物质能，这不仅加剧了森林砍伐和土地退化[314]，还对居民健康和环境造成了负面影响。因此，如何减少对化石燃料和生物质能的依赖，在推动能源转型的同时保证能源供应基本稳定及能源安全，是减排过程中具有挑战性的问题。其四是减排投入与资金、技术限制之间的矛盾。东非国家普遍面临减排技术和资金方面的严重限制。一方面，许多国家缺乏发展可再生能源的资金、技术支持，导致太阳能、风能等清洁能源的开发利用仍处于起步阶段；另一方面，诸如碳捕集、利用与封存（CCUS）等先进技术的引入与应用需要大量的投资，而东非国家的财政能力有限，难以独自承担相关成本。其五是气候变化与粮食安全之间的矛盾。东非国家的农业对气候变化极为敏感，干旱、洪涝等极端天气事件对粮食安全和农业生产力造成严重影响[315]，例如布隆迪的农业部门在气候变化背景下面临减产风险，这可能加剧经济和社会不稳定性因素。因此，减排行动需要与粮食安全和农业可持续发展相结合，而如何在有限的资源下实现减排目标是一个复杂的挑战。此外，还存在国际承诺与各国国情之间的矛盾。东非国家在国际气候谈判中通常以区域合作的形式参与，如通过非洲联盟（AU）、东非共同体（EAC）等平台。然而，东非各国基于各自国情，在减排目标和政策上的优先级可能存在差异，因此若无法较好地平衡国际承诺和国内发展需求，将引发政策制定和行动落实之间的矛盾[316]。

综上所述，东非国家在未来减排路径中面临着许多挑战。为了应对气候变化和实现可持续发展目标，这些国家需要加强碳排放监测和管理、推动可再生能源的发展、提高能源效率，同时加强自然资源保护。此外，在国际社会的支持下，应凝聚政府、企业和社会各界的多方努力，探索适合本国国情的减排路径、制定差异化的政策和措施，推动低碳转型和可持续发展，助力实现经济增长与碳减排的双赢局面。

CEADs

附录

APPENDIX

东非国家未来减排路径面临的挑战和矛盾点

1）国家排放核算

根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）指南，国家二氧化碳排放量可按照以下方式计算：

$$CE = \sum_{ij} CE_{ij} = \sum_{ij} AD_{ij} \times EF_{ij}$$

其中，CE_{ij} 是来自行业 J 的活动类型i的二氧化碳排放量 (例如，与能源有关的碳排放核算，与生产过程有关的碳排放核算等等), AD 是活动数据（如能源消耗），EF 是排放因子，可衡量单位活动所释放的二氧化碳排放量。

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碳排放量：

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

其中，CE_{t1} 是修正年份的碳排放量，CE_{t0} 是参考年份的碳排放量，agr 是碳排放量的年均增长率，修正即假设碳排放增速不变，以参考年份的排放量推算修正年份的碳排放量。具体各国修正年份如下表所示。

表附1 进行数据修正的国家及年份

国家	修正年份
缅甸	2018, 2019, 2020, 2021, 2022
巴基斯坦	2022
柬埔寨	2020, 2021, 2022
老挝	2019, 2020, 2021, 2022
斯里兰卡	2011, 2022
伊朗	2019, 2020, 2021, 2022
亚美尼亚	2010, 2011, 2012, 2013, 2014
泰国	2010, 2011, 2012
哈萨克斯坦	2010, 2011, 2012, 2013
马来西亚	2022
文莱	2022
以色列	2010, 2011, 2012
乌干达	2012, 2013, 2014, 2015
坦桑尼亚	2022
几内亚	2016
肯尼亚	2010, 2011, 2020
南非	2022
尼加拉瓜	2010, 2011
秘鲁	2010
古巴	2010
俄罗斯	2020
巴布亚新几内亚	2022
密克罗尼西亚	2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022

2）行业排放核算

由于各国的统计口径不同，所核算的行业数目不一。因此，依据已建的CEADs数据库（https://ceads.net）来匹配行业，该数据库包括47个行业。根据上述国家的排放账户和行业匹配指标，相应的匹配到行业的二氧化碳排放量如下：

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

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 是指国家官方统计定义的行业，而 j 是47个行业列表中的匹配行业。

数据来源

1）能源平衡表

能源平衡表中包括详细的分能源类型、分行业的供应、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到。本报告中使用的能源平衡表数据来自国家统计局和区域研究中心（详细数据来源已列出）。

2）排放因子

排放因子被定义为每单位（热值或实物量）能源燃烧所产生的二氧化碳排放量。本数据库优先采用国家公布的排放因子，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。详细的数据来源已列出。

3）行业匹配指标

由于每个国家的能源消费统计是在不同的行业组合中，我们以中国经济产业部门划分，将各国行业标准化为47个行业。使用行业匹配指标，将产生自原始行业的碳排放分配到47行业中。行业匹配指标包括能源消耗数据、产出数据和销售数据等，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。详细情况见各国数据来源说明。

参考文献

[1] Olivier J.G.J., Peters J.A.H.W. Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions: 2019 report [R]. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2019.
[2] Guan Dabo, Meng Jing, Reiner David M., et al. Structural decline in China's CO2 emissions through transitions in industry and energy systems [J]. Nature Geoscience, 2018, 11(8): 551-5.
[3] Fatih Birol, Laura Cozzi, Tim Gould, et al. World Energy Outlook 2020 [R]. Paris: International Energy Agency, 2020.
[4] Bernard Looney. Energy Outlook 2020 edition [R]: BP p.l.c., 2020.
[5] U.S.Energy Information Administration. International Energy Outlook 2019 [R]. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration, 2019.
[6] Hohne Niklas, den Elzen Michel, Rogelj Joeri, et al. Emissions: world has four times the work or one-third of the time [J]. Nature, 2020, 579(7797): 25-8.
[7] Hu Hui, Xie Nan, Fang Debin, et al. The role of renewable energy consumption and commercial services trade in carbon dioxide reduction: Evidence from 25 developing countries [J]. Applied Energy, 2018, 211: 1229-44.
[8] Samuel Asumadu Sarkodie, Vladimir Strezov. Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries [J]. Science of The Total Environment, 2019, 646: 862-71.
[9] Wawrzyniak Dorota, Doryń Wirginia. Does the quality of institutions modify the economic growth-carbon dioxide emissions nexus? Evidence from a group of emerging and developing countries [J]. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 2020, 33(1): 124-44.
[10] World Bank. World Development Indicators–Myanmar (Population) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MM.
[11] World Bank. World Development Indicators–Myanmar (GDP) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MM.
[12] World Bank. World Development Indicators–Myanmar (Services, value added) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=MM.
[13] World Bank. World Development Indicators–Myanmar (Industry, including construction, value added) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=MM.
[14] The Observatory of Economic Complexity. Myanmar Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oec.world/en/profile/country/mmr.
[15] Audray Souche, William Greenlee, Dave Seibert. Renewable energy snapshot: Myanmar [R]: Singapore: Norton Rose Fulbright, 2019.
[16] Myanmar National Climate Change Policy. Strategy & Action Plan (NCCP and MCCSAP 2017-2030) [EB/OL]. [2025-03-04]. http://myanmarccalliance.org/en/mccsap/.
[17] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties---Myanmar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Myanmar/1/Myanmar's%20INDC.pdf.
[18] COLLEGE. C E. Myanmar INDC Factsheet [R]: The University of Melbourne, 2015.
[19] Maw Maw Tun, Dagmar Juchelková. Biomass Sources and Energy Potential for Energy Sector in Myanmar: An Outlook [J]. Resources, 2019, 8(2).
[20] National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic [EB/OL]. [2025-02-26]. http://www.stat.kg.
[21] World Bank. World Development Indicators---Pakistan (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PK.
[22] World Bank. World Development Indicators---Pakistan (GDP(current US$)) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?page=&locations=PK.
[23] 商务部对外投资和经济合作司, 商务部国际贸易经济合作研究院, 中国驻巴基斯坦大使馆经济商务处. 对外投资合作国别(地区)指南 巴基斯坦(2023年版) [EB/OL]. [2025-03-06]. https://zjydyl.zj.gov.cn/module/download/down.jsp?i_ID=41119&colID=1229701381.
[24] 中华人民共和国外交部. 巴基斯坦国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676308/1206x0_676310/.
[25] WASIQ MAHEED. 巴基斯坦可再生能源可持续发展政策 [D]; 华北电力大学(北京), 2022.
[26] World Bank. World Development Indicators---Cambodia (Population). [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=KH.
[27] World Bank. World Development Indicators---Cambodia (GDP). [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=KH.
[28] The Observatory of Economic Complexity. Cambodia (KHM) Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oec.world/en/profile/country/khm#trade-products
[29] Kongchheng Poch. Renewable energy development in Cambodia: status, prospects and policies [R], 2012.
[30] HUN SEN. Cambodia Climate Change Strategic Plan 2014 – 2023 [R]. Phnom Penh: National Climate Change Committee, 2013.
[31] Kingdom of Cambodia. Cambodia's Intended Nationally Determined Contribution [R]. Phnom Penh: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2019.
[32] World Bank. GDP (current US$) - India [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IN.
[33] 中华人民共和国商务部. 2019 年度印度进出口情况报告 [R]. 北京, 2020.
[34] The Republic of India. India's Intended Nationally Determined Contribution: Working Towards Climate Justice [R]: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015.
[35] Lao statistics Bureau Cooperation with the Statistics Korea. Laos Statistical Information Service [EB/OL]. [2025-03-04]. https://laosis.lsb.gov.la/tblInfo/TblInfoList.do.
[36] World Bank. World Development Indicators---Laos. [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=KH.
[37] Statistia. Laos: Share of economic sectors in gross domestic product (GDP) from 2012 to 2022 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.statista.com/statistics/804979/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-laos/.
[38] Lao PDR Ministry of Mines and Energy. Energy Demand and Supply of the Lao People's Democratic Republic 2010-2018 [R], 2020.
[39] United Nations Development Programme. Climate action | UNDP in Lao PDR. UNDP [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.la.undp.org/content/lao_pdr/en/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html.
[40] 中华人民共和国外交部. 菲律宾国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676452/1206x0_676454.
[41] Philippine Statistics Authority. Total Fertility [EB/OL]. [2025-02-22]. https://psa.gov.ph/content/total-fertility-rate-declined-27-2017-19-2022.
[42] World Bank. World Development Indicators–Philippines (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PH.
[43] Asia Business Law Journal. 可再生能源法规之比较 - 菲律宾 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://law.asia/zh-hans/renewable-energy-regulations-philippines.
[44] The World Factbook. Sri Lanka [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/sri-lanka/.
[45] World Bank. Sri Lanka [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/country/sri-lanka.
[46] World Bank. World Development Indicators---Iran (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IR.
[47] World Bank. World Development Indicators---Iran (GDP per capita) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=IR.
[48] World Bank. World Development Indicators--- Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) [EB/OL]. [2025-03-07]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=IR.
[49] World Bank. World Development Indicators--- Industry (including construction), value added (% of GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=IR.

[50] World Bank. World Development Indicators--- Services, value added (% of GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=IR.
[51] 中华人民共和国外交部. 伊朗国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677172/1206x0_677174/.
[52] Wikipedia. Iran [EB/OL]. [2025-03-04]. https://en.wikipedia.org/wiki/Iran.
[53] Fatemeh Chatri, Masoud Yahoo. Chapter 15 - The importance of renewable energy expansion in power generation sector in Iran: a computable general equilibrium approach [M]//AZAR A T, KAMAL N A. Design, Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems. Academic Press. 2021: 393-411.
[54] Seyed Hashem Samadi, Barat Ghobadian, Mohsen Nosrati. Prediction and estimation of biomass energy from agricultural residues using air gasification technology in Iran [J]. Renewable Energy, 2020, 149: 1077-91.
[55] World Bank. World Development Indicators---Jordan (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=JO.
[56] World Bank. World Development Indicators---Jordan (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=JO.
[57] World Bank. World Development Indicators–Jordan (Manufacturing, value added) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS?locations=JO.
[58] World Bank. World Development Indicators–Jordan (Agriculture, forestry, and fishing, value added) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=JO.
[59] 中华人民共和国外交部. 约旦国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677268/1206x0_677270/.
[60] Al-Hamamre Zayed, Saidan Motasem, Hararah Muhanned, et al. Wastes and biomass materials as sustainable-renewable energy resources for Jordan [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2017, 67: 295-314.
[61] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties--- Hashemite Kingdom of Jordan [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Jordan/1/Jordan%20INDCs%20Final.pdf.
[62] Murat Varol, Aysel T Atimtay. Combustion of olive cake and coal in a bubbling fluidized bed with secondary air injection [J]. Fuel, 2007, 86(10-11): 1430-8.
[63] A Demirbaş. Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass [J]. Energy conversion management 2000, 41(6): 633-46.
[64] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别（地区）指南-印度尼西亚（2022年版） [R].
[65] The Guardian. Indonesia to cut carbon emissions by 29% by 2030 [EB/OL]. [2025-03-10]. https://www.theguardian.com/environment/2015/sep/21/indonesia-promises-to-cut-carbon-emissions-by-29-by-2030#top.
[66] Renewable Energy in Indonesia – Current State, Opportunities and Challenges [EB/OL]. [2025-02-26]. https://energytracker.asia/renewable-energy-in-indonesia/.
[67] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MN.
[68] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MN.
[69] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (GDP per capita) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=MN.
[70] 中华人民共和国外交部. 蒙古国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676740/1206x0_676742/.
[71] Lauha Fried, Shruti Shukla, Steve Sawyer, et al. Global wind outlook 2016 [R]: Global Wind Energy Council, 2016.
[72] Ankhzaya Baatarbileg, Bayasgalan Dugarjav, Gae-myoung Lee. Analysis of the wind power generation in Mongolian central power system; proceedings of the 2018 5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications (ICREGA), F, 2018 [C]. IEEE.
[73] Enkhjargal Volodya, Min Ju Yeo, Yong Pyo Kim. Trends of Ecological Footprints and Policy Direction for Sustainable Development in Mongolia: A Case Study [J]. Sustainability, 2018, 10(11): 4026.
[74] People's Republic of China Ministry of Foreign Affairs. Introduction of Armenia by the Ministry of Foreign Affairs of the People's Republic of China [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677028/1206x0_677030/.
[75] World Bank. World Development Indicators---Armenia (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=AM.
[76] World Bank. World Development Indicators---Armenia (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/country/armenia.
[77] World Bank. World Development Indicators---Thailand (Population). [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?end=2019&locations=TH&start=2009.
[78] World Bank. World Development Indicators---Thailand (GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=TH.
[79] Thailand national statistical office. Statistical Yearbook Thailand 2020 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/pubs/e-book/SYB-2563/files/assets/basic-html/index.html#16.
[80] The Observatory of Economic Complexity. Thailand Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oec.world/en/profile/country/tha.
[81] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDC Submissions---Thailand [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Thailand/1/Thailand_INDC.pdf.
[82] International Trade Administration. Thailand-Renewable Energy [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.trade.gov/energy-resource-guide-thailand-renewable-energy.
[83] Presidency of the Republic of Turkey. The Eleventh Development Plan (2019-2023) in Turkey [R]. Ankara, 2019.
[84] Anadolu Agency. Turkey looks to raise share of renewables to two-thirds by 2023 [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.dailysabah.com/energy/2019/06/17/turkey-looks-to-raise-share-of-renewables-to-two-thirds-by-2023.
[85] Turkey expects up to 21% drop in emissions until 2030 [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.aa.com.tr/en/energy/regulation-renewable/turkey-expects-up-to-21-drop-in-emissions-until-2030/32513.
[86] E. Toklu. Biomass energy potential and utilization in Turkey [J]. Renewable Energy, 2017, 107: 235-44.
[87] World Bank. World Development Indicators–Kazakhstan [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/%E5%93%88%E8%90%A8%E5%85%8B%E6%96%AF%E5%9D%A6.
[88] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别（地区）指南-哈萨克斯坦（2023年版） [EB/OL]. [2025-03-04]. https://opendata.mofcom.gov.cn/front/data/detail?id=C5E1C2CA614F1C512980B497A98BE71C.
[89] World Bank. Malaysia [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/country/malaysia.
[90] The Global Economy. Malaysia: International tourism revenue [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.theglobaleconomy.com/Malaysia/international_tourism_revenue_to_GDP/.
[91] Menara MATRADE. Malaysia International Trade [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.matrade.gov.my/en/.
[92] KPMG. Net Zero Readiness Index: Malaysia [EB/OL]. [2025-03-04]. https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2021/09/nzri-malaysia.html.
[93] 中央政府门户网站. 中国概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.gov.cn/guoqing/2005-08/11/content_2583942.htm.
[94] 中国国家统计局. 中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230228_1919011.html.
[95] 中国国家统计局. 中华人民共和国2010年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.gov.cn/gzdt/2011-02/28/content_1812697.htm.
[96] 毛俊鹏. 中美贸易摩擦常态化背景下中国制造业高质量发展的路径研究 [J]. 对外经贸实务, 2023, (03): 27-34.
[97] 中国国家统计局. 2022年统计年鉴 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm.
[98] 国家能源局. 国家能源局关于2022年度全国可再生能源电力发展监测评价结果的通报. [EB/OL]. [2025-03-04]. https://zfxxgk.nea.gov.cn/2023-09/07/c_1310741874.htm.
[99] 人民日报. 去年我国光伏发电平均利用率98.3%. [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/21/content_5742400.htm.
[100] 水电水利规划设计总院. 中国可再生能源发展报告2021 [R]: 水电水利规划设计总院, 2021.
[101] CEADs. 中国碳核算数据库 [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.ceads.net.cn/.
[102] Shan Yuli, Guan Dabo, Zheng Heran, et al. China CO2 emission accounts 1997–2015 [J]. Scientific Data, 2018, 5(1): 170201.
[103] Shan Yuli, Huang Qi, Guan Dabo, et al. China CO2 emission accounts 2016–2017 [J]. Scientific Data, 2020, 7(1): 54.
[104] Guan Yuru, Shan Yuli, Huang Qi, et al. Assessment to China's Recent Emission Pattern Shifts [J]. Earth's Future, 2021, 9(11): e2021EF002241.
[105] Xu Jinghang, Guan Yuru, Oldfield Jonathan, et al. China carbon emission accounts 2020-2021 [J]. Applied Energy, 2024, 360.
[106] 生态环境部. 中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告 [R], 2024.
[107] Liu Zhu, Guan Dabo, Wei Wei, et al. Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China [J]. Nature, 2015, 524(7565): 335-8.
[108] World Bank. World Development Indicators---Brunei [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/brunei-darussalam?view=chart.
[109] Department of Economic Planning and Statistics. Ministry of Finance and Economy [EB/OL]. [2025-03-04]. https://deps.mofe.gov.bn/SitePages/National%20Accounts.aspx.
[110] 中华人民共和国商务部. [2025-03-06]. http://www.mofcom.gov.cn/dl/gbdqzn/upload/wenlai.pdf.
[111] World Bank. GDP (current US$) - Israel [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IL.
[112] Wikimedia Foundation. Economy of Israel [EB/OL]. [2025-03-04]. https://en.wikipedia.org/wiki/Economy_of_Israel.
[113] Israel - Energy. International Trade Administration | Trade.gov [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.trade.gov/country-commercial-guides/israel-energy.
[114] BBC News. Climate Change: Israel to Cut 85% of Emissions by Mid-Century [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.bbc.com/news/world-middle-east-57965028.
[115] World Bank. World Development Indicators---Burundi [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/burundi?view=chart.
[116] 中华人民共和国外交部. 布隆迪共和国国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677486/1206x0_677488/.
[117] SEforALL Africa Hub. Burundi [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.se4all-africa.org/seforall-in-africa/country-data/burundi/.
[118] VIZZUALITY. Economy-wide - Climate Targets - Burundi - Climate Change Laws of the World [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.climate-laws.org/geographies/burundi/climate_targets/Economy-wide.
[119] Wikipedia. Burundian unrest (2015–2018) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Burundian_unrest_(2015%E2%80%932018)&oldid=1075470041.
[120] 中华人民共和国外交部. 马达加斯加国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678092/1206x0_678094/.
[121] World Bank. Madagascar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/country/madagascar?view=chart.
[122] World Bank. Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - Madagascar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=MG&view=chart.
[123] World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) - Madagascar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=MG&view=chart.
[124] Modeste Kameni Nematchoua. Analysis and comparison of potential resources and new energy policy of Madagascar island; A review [J]. Renewable Energy, 2021, 171: 747-63.
[125] Jean Philippe Praene, Mamy Harimisa Radanielina, Vanessa Rolande Rakotoson, et al. Electricity generation from renewables in Madagascar: Opportunities and projections [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2017, 76: 1066-79.
[126] United States Agency for International Development. Power Africa in Madagascar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.usaid.gov/powerafrica/madagascar.
[127] Qin Ling, Wang Mengjun, Zhu Jinfu, et al. Towards Circular Economy through Waste to Biomass Energy in Madagascar [J]. Complexity, 2021, 2021.

[128] United Nations Framework Convention on Climate Change. NDC 2 Madagascar [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/636850.
[129] 中华人民共和国外交部. 尼日尔国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678332/1206x0_678334/.
[130] World Bank. Niger [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/country/niger?view=chart.
[131] World Bank. Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - Niger [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=NE&view=chart.
[132] World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) - Niger [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=NE&view=chart.
[133] Bhandari Ramchandra, Sessa Vittorio, Adamou Rabani. Rural electrification in Africa-A willingness to pay assessment in Niger [J]. Renewable Energy, 2020, 161: 20-9.
[134] Samuel Gabra, John Miles, Stuart A Scott. Techno-economic analysis of stand-alone wind micro-grids, compared with PV and diesel in Africa [J]. Renewable Energy, 2019, 143: 1928-38.
[135] Ali M Moustapha Maman, Yu Qian. Assessment of the impact of renewable energy policy on sustainable energy for all in West Africa [J]. Renewable Energy, 2021, 180: 544-51.
[136] United States Agency for International Development. Power Africa in Niger [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.usaid.gov/powerafrica/niger.
[137] United Nations Framework Convention on Climate Change. Niger First NDC (Updated submission) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/497781.
[138] Donald Rahl Petterson. Liberia | History, Map, Flag, Population, & Facts [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.britannica.com/place/Liberia.
[139] World Bank. World Development Indicators---Liberia (Population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LR.
[140] 中华人民共和国外交部. 利比里亚国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677994/1206x0_677996/.
[141] World Bank. World Development Indicators---Liberia (Industry (including construction), value added (% of GDP)) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LR.
[142] The Republic of Liberia. Rural Energy Strategy and Master Plan for Liberia Until 2030 [R], 2016.
[143] The Republic of Liberia. Republic of Liberia Intended Nationally Determined Contributions (INDC) [R].
[144] Bigirimana Moïse, Hongyi Xu. Research on relationship between financial inclusion and economic growth of Rwanda: Evidence from commercial banks with ARDL approach [J]. International Journal of Innovation Economic Development, 2018, 4(1): 7-18.
[145] World Bank. World Development Indicators---Rwanda (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=RW.
[146] OEC - The Observatory of Economic Complexity. Rwanda (RWA) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oec.world/en/profile/country/rwa.
[147] 联合国粮食及农业组织. Rwanda Energy Sector Strategic Plan (2018/19 - 2023/24) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.fao.org/forestry/energy/catalogue/search/detail/zh/c/1382215/.
[148] Collins Okello, Stefania Pindozzi, Salvatore Faugno, et al. Development of bioenergy technologies in Uganda: A review of progress [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2013, 18: 55-63.
[149] World Bank. Uganda [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/country/uganda?view=chart.
[150] World Bank. Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - Uganda [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=UG&view=chart.
[151] World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) - Uganda [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=UG&view=chart.
[152] Acosta Mariola, van Wessel Margit, van Bommel Severine, et al. The power of narratives: Explaining inaction on gender mainstreaming in Uganda's climate change policy [J]. Development Policy Review, 2020, 38(5): 555-74.
[153] Mathilde Brix Pedersen. Deconstructing the concept of renewable energy-based mini-grids for rural electrification in East Africa [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy Environment, 2016, 5(5): 570-87.
[154] United Nations Framework Convention on Climate Change. Uganda's Updated NDC [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/613827.
[155] World Bank. Ethiopia - GDP (current US$) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/ethiopia.
[156] World Bank. Ethiopia - Population, total [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/ethiopia.
[157] World Bank. Tanzania - Sectoral GDP (current US$) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/ethiopia.
[158] Kidane Asefa, Asres Wolde Giorgis, Deksyos Tarekegn, et al. Climate Change National Adaptation Program of Action (NAPA) of Ethiopia [R]. National Meteorological Agency, 2007.
[159] Ministry of Environment And Forest. Intended Nationally Determined Contribution (INDC) of the Federal Democratic Republic of Ethiopia [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ethiopia%20First/INDC-Ethiopia-100615.pdf.
[160] International Energy Agency. Ethiopia Energy Outlook - Analysis [EB/OL]. [2025-02-28]. https://www.iea.org/articles/ethiopia-energy-outlook.
[161] Ethiopian Energy Authority. Energy Efficiency Strategy for Industries, Buildings and Appliances [R], 2019.
[162] Zerebruk Wolde. The Effect of Renewable, Non-Renewable and Biomass Energy Consumption and Economic Growth on CO2 Emission in Ethiopia [M]. GRIN Verlag, 2020.
[163] 中华人民共和国外交部. 多哥国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677534/1206x0_677536/.
[164] World Bank. Togo [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/country/togo?view=chart.
[165] World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) - Togo [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=TG&view=chart.
[166] United Nations Framework Convention on Climate Change. Togo First NDC (Updated submission) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/497972.
[167] World Bank. World Development Indicators–Zambia [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/zambia.
[168] World Bank. Tanzania - GDP (current US$) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/tanzania.
[169] World Bank. Tanzania - Population, total [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/tanzania.
[170] Axel Michaelowa, Stephan Hoch, Matthias Honegger, et al. Transitioning from INDCs to NDCs in Africa [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/AfDB-CIF-Transitioning_fromINDCs_to_NDC-report-November2016.pdf.
[171] International Energy Agency. Tanzanian Energy Development Access Programme (TEDAP) – IEA/IRENA Renewables Policies Database [EB/OL]. [2025-02-28]. https://www.iea.org/policies/4963-tanzanian-energy-development-access-programme-tedap.
[172] 中华人民共和国外交部. 几内亚国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677728/1206x0_677730/.
[173] World Bank. World Development Indicators---Guinea (Population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=GN.
[174] World Bank. World Development Indicators---Guinea (GDP(current US$)) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=GN.
[175] 商务部对外投资和经济合作司, 商务部国际贸易经济合作研究院, 中国驻几内亚大使馆经济商务处. 对外投资合作国别（地区）指南 几内亚（2023年版） [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.investgo.cn/upfiles/swbgbzn/2023/jineiya.pdf.
[176] World Bank. World Development Indicators---Zimbabwe [Z].
[177] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别（地区）指南津巴布韦（2022年版） [Z].
[178] Mordor. Zimbabwe Renewable Energy Market - Growth, Trends, Covid-19 Impact and Forecast 2023 - 2028 [Z].
[179] World Bank. World Development Indicators–Mauritania [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/mauritania.
[180] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别（地区）指南 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mofcom.gov.cn/dl/gbdqzn/upload/maolitaniya.pdf.
[181] World Bank. World Development Indicators---Nigeria (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=NG.
[182] 中华人民共和国外交部. 尼日利亚国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678356/1206x0_678358/.
[183] Justin Ugwu, Kenneth C Odo, Leonard O Oluka, et al. A Systematic Review on the Renewable Energy Development, Policies and Challenges in Nigeria with an International Perspective and Public Opinions [J]. International Journal of Renewable Energy Development, 2022, 11(1).
[184] Lin Boqiang, Ankrah Isaac. On Nigeria's renewable energy program: Examining the effectiveness, substitution potential, and the impact on national output [J]. Energy, 2019, 167: 1181-93.
[185] Energy Information Administration. Country Analysis Brief: Nigeria [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.eia.gov/international/analysis/country/NGA.
[186] Sunday O Oyedepo, Israel S Dunmade, Tunde Adekeye, et al. Bioenergy technology development in Nigeria-pathway to sustainable energy development [J]. International Journal of Environment Sustainable Development, 2019, 18(2): 175-205.
[187] Petroleum Regulatory. Power Generation and Transmission Master Plan, Kenya Long Term Plan 2015–2035 [R]: Kenya Energy Authority, 2018.
[188] Robin. Cocoa in Ivory Coast and Ghana 2017 - African Business [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.africanbusinessexchange.com/cocoa-in-ivory-coast-and-ghana-2017/.
[189] Oxford business group. The Report: Djibouti 2018 [R]. Oxford business group, 2018.
[190] 中华人民共和国驻阿尔及利亚民主人民共和国大使馆. 阿尔及利亚国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. http://dz.china-embassy.gov.cn/agk/gky/201911/t20191104_7257571.htm.
[191] World Bank. World Development Indicators–Algeria [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org.cn/country/%E9%98%BF%E5%B0%94%E5%8F%8A%E5%88%A9%E4%BA%9A.
[192] 全国人民代表大会. 摩洛哥国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. http://www.npc.gov.cn/npc/c1773/c1850/zljwyzdmlgsnje/zljwyzdmlgsnje008/202305/t20230515_429448.html.
[193] 中华人民共和国外交部. 摩洛哥国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678212/1206x0_678214/.
[194] World Bank. World Development Indicators–Morocco [EB/OL]. [2025-03-06]. https://data.worldbank.org.cn/country/%E6%91%A9%E6%B4%9B%E5%93%A5.
[195] World Bank. World Development Indicators–Tunisia (Population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=TN.
[196] World Bank. World Development Indicators–Tunisia (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=TN.
[197] 中华人民共和国外交部. 突尼斯国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678598/1206x0_678600/.
[198] 驻突尼斯使馆经商处. 突尼斯将启动10个光伏电站项目 [EB/OL]. [2025-03-06]. http://tn.mofcom.gov.cn/article/ztdy/201904/20190402856871.shtml.
[199] 驻突尼斯使馆经商处. 全球光伏新兴市场需求解析–非洲地区：突尼斯 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://news.solarbe.com/202005/29/325567.html.
[200] The Observatory of Economic Complexity. Egypt (EGY) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oec.world/en/profile/country/egy.
[201] INTERNATIONAL TRADE ADMINISTRATION. Egypt - Renewable Energy [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.trade.gov/country-commercial-guides/egypt-renewable-energy.

[202] World Bank. World Development Indicators---South Africa (Population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=ZA.
[203] 中华人民共和国外交部. 南非国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678284/1206x0_678286/.
[204] Wolrd Bank. World Development Indicators---Botswana (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=BW.
[205] Wolrd Bank. World Development Indicators---Botswana (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BW.
[206] World Bank. World Development Indicators---Mauritius [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/mauritius?view=chart.
[207] Mauritius Bureau of Statistics. [2025-03-04]. https://statsmauritius.govmu.org.
[208] National Inventory Report (NIR) to NC 3 Mauritius [EB/OL]. [2025-02-26]. https://unfccc.int/documents/192587.
[209] 中华人民共和国商务部. 毛里求斯中央电业局推出碳中和工业部门可再生能源计划 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://mu.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202302/20230203383342.shtml.
[210] World Bank. Venezuela, RB [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/venezuela-rb.
[211] 中国驻委内瑞拉大使馆. 委内瑞拉概况 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://ve.china-embassy.gov.cn/chn/wnrlgk/.
[212] Global Solar Atlas. Global Solar Atlas [EB/OL]. [2025-03-01]. https://globalsolaratlas.info/map?c=6.489983,-65.214844,2.
[213] International Renewable Energy Agency. Africa50 Joins IRENAs ETAF Platform to Accelerate Renewable Energy Deployment in Africa [EB/OL]. [2025-03-01]. https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Jun/Africa50-Joins-IRENAs-ETAF-Platform-to-Accelerate-Renewable-Energy-Deployment--in-Africa.
[214] 中华人民共和国外交部. 海地共和国国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/bmz_679954/1206_680352/1206x0_680354/.
[215] World Bank. World Development Indicators---Haiti (Population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?iframe=true&locations=HT.
[216] World Bank. World Development Indicators---Haiti (GDP(current US$)) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=HT&view=chart.
[217] World Bank. World Development Indicators--- Nicaragua [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/nicaragua?view=chart.
[218] globaledge.msu.edu. (n.d.). Nicaragua: Economy [EB/OL]. [2025-03-04]. https://globaledge.msu.edu/countries/nicaragua/economy.
[219] 中华人民共和国外交部. 尼加拉瓜国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/bmz_679954/1206_680654/1206x0_680656/.
[220] Nicaragua. National Communication (NC). NC4 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/628035.
[221] National Institute of Statistics of Bolivia. Population and Economic statistic [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.ine.gob.bo/index.php/censos-y-banco-de-datos/censos/.
[222] World Bank. Services, value added (% of GDP)-Bolivia [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=BO.
[223] Morató Teresa, Vaezi Mahdi, Kumar Amit. Techno-economic assessment of biomass combustion technologies to generate electricity in South America: A case study for Bolivia [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2020, 134: 110154.
[224] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx.
[225] Energypedia. Bolivia Energy Situation [EB/OL]. [2025-03-04]. https://energypedia.info/wiki/Bolivia_Energy_Situation.
[226] World Bank. World Development Indicators---Guatemala (Poverty headcount ratio at national poverty lines (% of population)) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/SI.POV.NAHC?locations=GT.
[227] World Bank. World Development Indicators---Guatemala (Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP)) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=GT.
[228] Chase Mangrum. 8 Facts About Poverty in Guatemala and Ways To Get Involved [EB/OL]. [2025-03-04]. https://borgenproject.org/tag/income-inequality-in-guatemala/.
[229] World Bank. World Development Indicators–Jamaica [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/country/jamaica.
[230] Statistical Institute of Jamaica. National Accounts [EB/OL]. [2025-03-04]. https://statinja.gov.jm/NationalAccounting/Quarterly/NewQuarterlyGDP.aspx.
[231] International Energy Agency. World energy balances 2020: Overview [M]. IEA Publications, 2020.
[232] World Bank. World Development Indicators---Paraguay (Population) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PY.
[233] Statista. Share of value added by the agricultural sector to the gross domestic product (GDP) in Paraguay from 2010 to 2018 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.statista.com/statistics/1078930/paraguay-agriculture-share-gdp/.
[234] Energy Information Administration. Country analysis brief: Paraguay/Uruguay [EB/OL]. [2025-02-26]. http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/Paraguay_Uruguay/Background.html
[235] Wolrd Bank. World Development Indicators---Ecuador (GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EC.
[236] Iriarte Alfredo, Almeida Maria Gabriela, Villalobos Pablo. Carbon footprint of premium quality export bananas: case study in Ecuador, the world's largest exporter [J]. Science of the total environment, 2014, 472: 1082-8.
[237] MR Peláez-Samaniego, M Garcia-Perez, LAB Cortez, et al. Energy sector in Ecuador: Current status [J]. Energy Policy, 2007, 35(8): 4177-89.
[238] 中华人民共和国外交部. 伯利兹国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/bmz_679954/1206_680156/1206x0_680158/.
[239] World Bank. World Development Indicators–Belize (population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BZ.
[240] World Bank. World Development Indicators–Belize (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BZ.
[241] World Bank. World Development Indicators–Belize (Value added proportion) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=BZ.
[242] The Caribbean Electric Utility Services Corporation. Energy Market in Belize [EB/OL]. [2025-03-04]. https://carilec.org/energy-market-in-belize/.
[243] International Energy Agency. Belize National Sustainable Energy Strategy [EB/OL]. [2025-02-28]. https://www.iea.org/policies/6319-belize-national-sustainable-energy-strategy-2012-2033.
[244] Government of Belize Press Office. Belize Reaffirms Commitment to 2030 Agenda with National SDG Partnership Dialogue [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.pressoffice.gov.bz/belize-reaffirms-commitment-to-2030-agenda-with-national-sdg-partnership-dialogue/.
[245] World Bank. World Development Indicators---Colombia (GDP) [EB/OL]. [2025-03-01]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=CO.
[246] Statista. Colombia: Share of economic sectors in the gross domestic product (GDP) from 2010 to 2020 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.statista.com/statistics/369032/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-colombia/.
[247] IndexMundi. Colombia Economy Profile [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.indexmundi.com/colombia/economy_profile.html.
[248] Amando A Radomes Jr, Santiago Arango. Renewable energy technology diffusion: an analysis of photovoltaic-system support schemes in Medellín, Colombia [J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 92: 152-61.
[249] Instituto Nacional of De Estadistica E Informatica. PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.inei.gob.pe/.
[250] World Bank. World Development Indicators---Peru (GDP) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PE.
[251] 秘鲁: 重点/特色产业 [EB/OL]. [2025-02-26]. http://www.chinagermany.org/CountryProfiles2/Country_Industriy.aspx?CountryID=144.
[252] Cental Intelligence Agency. GDP - composition, by sector of origin [EB/OL]. [2025-02-28]. https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/gdp-composition-by-sector-of-origin/.
[253] Oxford business group. Peru targets investment in renewable energy [EB/OL]. [2025-03-04]. https://oxfordbusinessgroup.com/analysis/looking-sun-work-under-way-attract-capital-renewable-energy.
[254] World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) - Brazil [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=BR&view=chart.
[255] Santander. Brazil: Ecomoic and Political Outline [EB/OL]. [2025-03-04]. https://santandertrade.com/en/portal/analyse-markets/brazil/economic-political-outline.
[256] Climate Scorecard. Brazil's President Has Committed the Country to Become Carbon Neutral by 2050 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.climatescorecard.org/2021/07/brazils-president-has-committed-the-country-to-become-carbon-neutral-by-2050/.
[257] United States Agency for International Development. Brazil Climate Change Country Profile [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.usaid.gov/climate/country-profiles/brazil.
[258] The United Nations Framework Convention on Climate Change. Brazil First NDC 2023 adjustment [EB/OL]. [2025-03-04]. https://unfccc.int/documents/633022.
[259] Climate Action Tracker. Brazil Climate Action Tracker [EB/OL]. [2025-03-04]. https://climateactiontracker.org/countries/brazil/.
[260] World Bank. Countries, Grenada [EB/OL]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?end=2024&locations=GD&most_recent&start=2000&view=chart.
[261] International Renewable Energy Agency. Energy Profile Grenada [EB/OL]. [2025-03-01]. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Central%20America%20and%20the%20Caribbean/Grenada_Central%20America%20and%20the%20Caribbean_RE_SP.pdf.
[262] State Statistics and Information Office of the Republic of Cuba. Yearbook of Cuban demography [R].
[263] State Statistics and Information Office of the Republic of Cuba. Statistical Yearbook of Cuba [R].
[264] Global Impression Investment Analysis Cuba division. Cuban energy status, imports and crisis analysis in 2021 [R], 2021.
[265] World Bank. World Development Indicators [EB/OL]. [2025-03-04]. https://data.worldbank.org/country/Guyana.
[266] 中国国际贸易促进委员会北京市分会. 圭亚那合作共和国投资参考手册 [EB/OL]. [2025-03-04]. http://www.ccpitbj.org/web/static/articles/catalog_ff80808160263e4a016043b4a361008f/article_ff8080816da92f5b0173c2a6b62c313b/ff8080816da92f5b0173c2a6b62c313b.html.[267] World Bank. World Development Indicators---Argentina (GDP) [EB/OL]. [2025-03-04]. https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators.
[268] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别（地区）指南——阿根廷 [EB/OL]. [2025-03-06]. http://www.mofcom.gov.cn/dl/gbdqzn/upload/agenting.pdf.
[269] World Bank. Argentina Taps Into Its Renewable Energy Potential [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.worldbank.org/en/results/2018/02/15/argentina-taps-its-renewable-energy-potential.
[270] Climate Technology Center & Network of the Argentine Republic. INDC of the Argentine Republic [R]: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015.
[271] National Institute of Statistics and Census - Panama. Panama in Figures (2010-2022) [R].
[272] The Republic of Panama. National Indigenous Climate Change Mitigation Contribution (NDC) of the Republic of Panama to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [R], 2016.
[273] 中华人民共和国外交部. 特立尼达和多巴哥国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/bmz_679954/1206_680826/1206x0_680828/.
[274] World Bank. World Development Indicators–Trinidad and Tobago (population) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=TT.

[275] World Bank. World Development Indicators–Trinidad and Tobago (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=TT.
[276] World Bank. World Development Indicators–Trinidad and Tobago (Value added proportion) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=TT.
[277] 中华人民共和国外交部. 对外投资合作国别（地区）指南——特立尼达和多巴哥 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.mofcom.gov.cn/dl/gbdqzn/upload/telinidaheduobage.pdf.
[278] InvesTT Limited. Sustainable Energy [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.investt.co.tt/industries-and-opportunities/sustainable-energy/.
[279] United Nations Sustainable Development Goals Knowledge Platform. Trinidad and Tobago [EB/OL]. [2025-03-04]. https://sustainabledevelopment.un.org/memberstates/trinidadtobago.
[280] World Bank. World Development Indicators---Chile (GDP) [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/chile.
[281] Mardones Cristian, del Rio Ricardo. Correction of Chilean GDP for natural capital depreciation and environmental degradation caused by copper mining [J]. Resources Policy, 2019, 60: 143-52.
[282] de Solminihac Hernán, Gonzales Luis E, Cerda Rodrigo. Copper mining productivity: lessons from Chile [J]. Journal of Policy Modeling, 2018, 40(1): 182-93.
[283] Escobar Rodrigo A, Cortés Cristián, Pino Alan, et al. Solar energy resource assessment in Chile: Satellite estimation and ground station measurements [J]. Renewable Energy, 2014, 71: 324-32.
[284] World Bank. Uruguay [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=UY.
[285] Knoema. Uruguay - Overall contribution of tourism to GDP - percentage share [EB/OL]. [2025-03-04]. https://knoema.com/atlas/Uruguay/topics/Tourism/Travel-and-Tourism-Total-Contribution-to-GDP/Contribution-of-travel-and-tourism-to-GDP-percent-of-GDP#:~:text=Uruguay%20-%20Contribution%20of%20travel%20and%20tourism%20to,%28%25%20of%20GDP%29%20for%20Uruguay%20was%2017.4%20%25.
[286] World Bank. World bank. Population, total - Barbados [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/country/BB.
[287] World Bank. GDP per capita (current US$) - Barbados [EB/OL]. [2025-03-02]. https://tradingeconomics.com/barbados/gdp-per-capita-us-dollar-wb-data.html#:~:text=GDP%20per%20capita%20%28current%20US%24%29%20in%20Barbados%20was,of%20development%20indicators%2C%20compiled%20from%20officially%20recognized%20sources.
[288] World Bank. World Development Indicators---Moldova (GDP) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MD.
[289] World Bank. World Development Indicators---Moldova (Population) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MD.
[290] World Bank. World Development Indicators–Moldova (Agriculture, forestry, and fishing, value added) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=MD.
[291] Statista. Moldova: Distribution of gross domestic product (GDP) across economic sectors from 2011 to 2021 [EB/OL]. [2025-03-04]. https://www.statista.com/statistics/513314/moldova-gdp-distribution-across-economic-sectors/.
[292] 中华人民共和国外交部. 摩尔多瓦国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/oz_678770/1206_679498/1206x0_679500/.
[293] World Bank. World Development Indicators---Russian Federation [EB/OL]. [2025-02-23]. https://data.worldbank.org.cn/country/russian-federation?view=chart.
[294] Statista.Statistics of All industries and related sub-industries. Share of industry Gross domestic product (GDP) of Russia [EB/OL]. [2025-02-23]. https://www.statista.com/statistics/1322102/gdp-share-oil-gas-sector-russia/.
[295] Dolf Gielen, Deger Saygin. Renewable Energy Prospects for the Russian Federation [R], 2017.
[296] International Institute for Sustainable Development. Russian Federation's NDC Reiterates 30 Percent by 2030 Emission Reduction Goal [EB/OL]. [2025-03-04]. https://sdg.iisd.org/news/russian-federations-ndc-reiterates-30-percent-by-2030-emission-reduction-goal/.
[297] Statistics Estonia [EB/OL]. [2025-02-26]. https://andmed.stat.ee/en.
[298] International Energy Agency. Energy Policies of IEA Countries: Estonia 2019 Review [R], 2019.
[299] Climate Energy College---Estonia [EB/OL]. [2025-02-26]. https://www.climatecollege.unimelb.edu.au/indc-factsheets/estonia.
[300] Tartu Regional Energy Agency. Biomass action plan of southern Estonia [R]. Innovation & Environment Region of Europe Sharing Solutions, 2013.
[301] World Bank. World Development Indicators---Papua New Guinea (Population) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PG.
[302] World Bank. World Development Indicators---Papua New Guinea (GDP) [EB/OL]. [2025-03-02]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PG.
[303] 中华人民共和国外交部. 密克罗尼西亚联邦国家概况 [EB/OL]. [2025-03-06]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/dyz_681240/1206_681568/1206x0_681570/.
[304] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2022 [R], 2022.
[305] UNDP-OPHI. Multidimesional Poverty Index 2020: Charting Pathways Out of Multidimensional Poverty: Achieving the SDGs [R]: United Nations Development Programme, Oxford Poverty and Human Development Initiative, 2020.
[306] Patrick Illien. Coffee and the agrarian questions in Laos and Rwanda: Taking a bottom-up perspective [J]. Journal of Rural Studies, 2024, 106: 103201.
[307] Tewodros Negash Kahsay, Onno Kuik, Roy Brouwer, et al. Estimation of the transboundary economic impacts of the Grand Ethiopia Renaissance Dam: A computable general equilibrium analysis [J]. Water Resources and Economics, 2015, 10: 14-30.
[308] Hans-Erik Edsand, Lennart Bångens. Power struggles: Advances and roadblocks of solar powered mini grids in Tanzania [J]. Energy Reports, 2024, 11: 2352-4847.
[309] M.K. Roxy, C. Gnanaseelan, A. Parekh, et al. Indian ocean warming. In: Assessment of Climate Change over the Indian Region: A Report of the Ministry of Earth Sciences (MoES) [R]: Government of India, Springer Singapore, Singapore, 2020.
[310] Daniel Assefa Tofu. Evaluating the impacts of climate-induced east Africa's recent disastrous drought on the pastoral livelihoods [J]. Scientific African, 2024, 24: e02219.
[311] Chomba Kolala, Alphet Dokowe. Economic potential of industrial minerals in Zambia - A review [J]. Resources Policy, 2021, 72: 101997.
[312] Sun Jian, Weng Lingfei. Dynamics of mitigation measures in urbanizing Africa: Challenges and opportunities for future climate change [J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 446: 141443.
[313] Egide Manirambona, Stephen M. Talai, Stephen K. Kimutai. A review of sustainable planning of Burundian energy sector in East Africa [J]. Energy Strategy Reviews, 2022, 43: 100927.
[314] FRANCESCO CHERUBINI, GLEN P. PETERS, TERJE BERNTSEN, et al. CO2 emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming [J]. GCB Bioenergy, 2011, 3(5): 413-26.
[315] Thomas Kirina, Iwan Supit, Annemarie Groot, et al. Projected climate change impacts on Potato yield in East Africa [J]. European Journal of Agronomy, 2025, 166: 127560.
[316] Sun Yida, Hao Qi, Cui Can, et al. Emission accounting and drivers in East African countries [J]. Applied Energy, 2022, 312: 118805.

致谢

2017年-2019年，中国碳核算数据库（CEADs）联合《应用能源》期刊共同举办“应用能源·中国碳核算数据库暑期学校”。2022年，中国碳核算数据库（CEADs）重启暑期学校，联合清华大学碳中和研究院及福建海洋可持续发展研究院（厦门大学）共同举办，围绕“中国及新兴经济体碳核算及碳中和转型路径”主题，开展面对面的学术交流与课程培训，培养专业水平高、实践能力强、面向3060“碳达峰、碳中和”的复合型人才，为中国及全球新兴经济体的碳排放核算进行数据众筹。本报告向参加中国碳核算数据库暑期学校的所有同学和授课老师对碳排放核算体系、新兴经济体数据收集、编辑、完善等工作做出的贡献表示由衷感谢。

2017年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
曹晓静	同济大学环境学院	彭焜	华中科技大学
施雨	同济大学	程冬冬	广东工业大学
陈沫	北京理工大学	王建达	中国矿业大学（北京）
崔璨	武汉大学	曹哲	中国矿业大学（北京）
蒋烁	厦门大学	金艺	中国石油大学（北京）
王菁	厦门大学	朱永光	中国地质大学（武汉）
杨青	北京师范大学	石萌萌	华中科技大学
王蕾	中国矿业大学	张珊珊	厦门大学
曹丽娜	山东大学	张瑾	河南财经政法大学
刘莉娜	兰州大学	周雅	广东工业大学
申璐	上海交通大学	刘磊	郑州大学
田梦姣	江苏大学	高星雨	南京师范大学
孙华平	江苏大学	陈正杰	南京大学
唐三力	中国科学院工程热物理研究所	汪峰	南京大学
刘建齐	厦门大学	张福建	河海大学
朱英明	四川大学	李薇宇	南京师范大学
王瑞林	中国科学院工程热物理研究所	郑宇	南京信息工程大学
刘泰秀	中国科学院工程热物理研究所	吴瑞	中科院
孙尧光	南京大学	付金鑫	南京大学

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
刘日晨	南京师范大学	刘江华	上海财经大学
周雅	广东工业大学	孙岩	爱思唯尔出版公司
杨琬琪	南京师范大学	胡秦然	哈佛大学
赵旭	河海大学	陈伟强	中国科学院城市环境研究所
田立新	南京师范大学		

2018年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
高星雨	南京师范大学	王月菊	兰州大学
段志远	吉林大学环境与资源学院	赵丹丹	北京林业大学
金艺	中国石油大学（北京）	王义忠	苏州大学
景锐	厦门大学能源学院	汪惠青	对外经济贸易大学
王宇晴	北京大学城市与环境学院	马敏达	重庆大学
邱靖原	杜伦大学	吴锴	成都信息工程大学
汤林彬	中国科学院城市环境研究所	张诗琪	上海财经大学财经研究所
李倩文	中国矿业大学管理学院	杜鸣溪	北京大学
王思亓	青岛科技大学	崔献丹	成都理工大学
支彦玲	河海大学	任明	中国矿业大学（北京）
陈斌	北京大学	陈伟健	广东工业大学管理学院
王丹	清华大学	刘云霞	天津大学
孟凡鑫	东莞理工学院	汪焰煜	浙江大学
周小勇	南京航空航天大学	潘英杰	北京航空航天大学
刘昱	中国科学院城市环境研究所	居义義	名古屋大学
崔璨	武汉大学	路朝阳	河南农业大学
李红叶	西安交通大学	赵腾龙	北京工业大学
孙朝	东南大学	童须能	河海大学
黄昭悦	中国地质大学(北京)	彭旭	同济大学
贺玲	北京师范大学	肖惠娟	暨南大学
李礼旭	华南理工大学	王鸿涛	中国地质大学（北京）
陈一心	英国帝国理工学院	杨花	江苏大学
周荷雯	华中科技大学	王术	中国农业科学院
黄琳琳	福建师范大学	李诗涵	东华大学
刘芳	天津城建大学	王立红	南京信息工程大学
周霞	苏州科技大学	闫俊娜	天津财经大学
高超	湖南大学	王淞	北京理工大学管理与经济学院
张钰	华北电力大学	刘献美	中北大学
李浩	北京理工大学	彭焜	华中科技大学

姓名	学校	姓名	学校
王俊博	成都理工大学	李曼	中国矿业大学（徐州）
刘玲娜	中国地质大学（北京）	周文兵	山东工商学院
黄天钺	华中科技大学中欧清洁与可再生能源学院	侯慧敏	南开大学
Chen Zhongyin	香港科技大学	Xinfang Wang	伯明翰大学
Fatima Zahra	北京理工大学		
Ainou	北京理工大学		

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
陶澍	北京大学	贺克斌	清华大学
王金南	生态环境部环境规划院	刘俊国	南方科技大学
李善同	国务院发展研究中心	徐猛	北京交通大学
朱旭峰	清华大学	薛进军	名古屋大学
禹湘	中国社会科学院	王苒	对外经济贸易大学
陈彬	北京师范大学	王玉涛	复旦大学
张强	清华大学	吴力波	复旦大学

2019年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
徐冲	中南财经	高燕桃	太原理工大学
赵静怡	陕西科技大学	高明	西南财经大学
韩鹏飞	中国科学院大气物理研究所	赵伟辰	伦敦大学学院
唐妙涵	重庆大学	张盼	广东工业大学
杨帆	内蒙古自治区环境科学研究院	章博雅	大连理工大学
马艳芹	中南财经政法大学	曹赟	中国海洋大学
付娆	湖北大学	史巧玲	北京理工大学
刘祚希	中国科学院沈阳应用生态研究所	王妍	合肥工业大学
刘芳	石河子大学	谭旖琦	中山大学
朱豫礼	华中科技大学	杨亚飞	山东理工大学
吉嫦婧	北京理工大学	陈柳	成都理工大学
刘尚炜	普林斯顿大学	陈璐	成都理工大学
丁亚奎	北京师范大学	崔璨	武汉大学
杜伊	香港中文大学	李一凡	山东大学（威海）
刘献美	中北大学	彭叶宸楠	汉堡大学
宫徽	清华大学	李碧波	南开大学
杨俊艾	北京航空航天大学	周波	南京航空航天大学
孙冬营	江苏大学	金环环	浙江师范大学
刘帅	中国社会科学院研究生院	蔡萌	香港中文大学
赵海龙	华北理工大学	郑秀仪	广东工业大学

姓名	学校	姓名	学校
闫君	中国石油大学（北京）	陈家琦	华东师范大学
杨文娟	华北水利水电大学	赵存学	河海大学
黄少剑	湖南农业大学	方桐	同济大学
周倩玲	北京大学	龙志	兰州大学
吴乐英	河南大学	王晨	南京大学
仲维辰	吉林大学	张营营	北京航空航天大学
张宁	深圳大学	胡晓芬	兰州城市学院
苗诒贺	上海交通大学	东岩	天津城建大学
黄琳琳	福建师范大学	王丹	格罗宁根大学
王力可	天津大学	管世辉	中国煤炭科工集团
何宇鹏	西安交通大学	王佳琪	广西大学
柳宁	爱丁堡大学	李旭堃	南方科技大学
王柯	中国地质大学	李娜娜	南开大学
丛人	香港大学	郑植	黑龙江科技大学
关玉儒	华北电力大学	白彩全	山东大学
钟超	北京师范大学	许晓雅	南开大学
缪佳雯	上海理工大学	程丹阳	清华大学
周彦楠	中国科学院地理科学与资源研究所	韦力元	武汉大学
王锦程	对外经贸大学	邹小伟	山东大学
王玉莹	中国地质大学（北京）	黄琦	山东大学
刘伟男	浙江大学	高在晗	杜伦大学
马敏达	重庆大学	孙韬淳	首都师范大学
柯丕煜	中山大学		

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
宫鹏	香港大学	陶澍	北京大学
D'Maris Coffman	伦敦大学学院	陈彬	北京师范大学
严晋跃	瑞典皇家理工学院	潘家华	中国社会科学院
刘竹	清华大学	熊伟	中国农业科学院
薛进军	名古屋大学	李善同	国务院发展研究中心
赵忠秀	山东财经大学	冯奎双	马里兰大学
贺克斌	清华大学	王灿	清华大学
王兆华	北京理工大学	周雅	广东工业大学

2022年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
于云嵩	芝加哥大学	杨泽	山西大学
徐静航	伯明翰大学	张昊天	山东理工大学
安扬铭	香港城市大学	邹茂君	上海理工大学
刘昱琪	山西财经大学	白健冬	南开大学
张胤杰	北京化工大学	李梦旭	上海财经大学
范茗治	中国社会科学院生态文明研究所	李泽浩	中共中央党校研究生院
宋彦伍	北京理工大学	许石炜	北京大学
牛牛	北京理工大学	李雷	安徽师范大学
田靖文	中央民族大学	周琨	四川农业大学
师嘉怿	中国农业大学	庄缘	河海大学
王灿	北京理工大学	王玉昆	北京理工大学
李娇妍	天津大学	张鸿宇	天津大学/生态环境部环境规划院
胡一凡	东北林业大学	肖皓	清华大学
殷梓淇	伦敦大学学院	孙浩哲	大连理工大学
李梦	西北农林科技大学	李睿	重庆大学
邱羽	东北财经大学	叶晓斌	东北财经大学
符田媛	华南师范大学	王逸	南京大学
胡亚楠	中国科学院新疆生态与地理研究所	陈彦融	西安科技大学
张雪梅	清华大学	郭子旭	浙江工商大学
陈玉烁	中国环境科学研究院	何奕栩	华东师范大学
郭沿孜	江苏大学	温湘澜	北京建筑大学
郁昱	西南财经大学	田美慧	贵州大学
马雪卿	中国石油大学（北京）	胡康颖	山东财经大学
孟晓虹	中北大学	张朝	北京师范大学
张燕美	青岛科技大学	王佳秀	山东大学
袁弋鸿	同济大学	胡礼庭	浙江大学
郭妍杉	西南石油大学	王欣雨	厦门大学
齐晓燕	太原理工大学	冯轶楠	浙江大学
江昕萌	西南交通大学	刘芳	西湖大学
司睿涵	黑龙江工程学院	唐珺	西北大学
李汭诗	华北水利水电大学	李希点	湖南大学
王洋	荷兰格罗宁根大学	徐玥莹	西安交通大学
蒲广颖	清华大学环境学院	陈佩秀	香港科技大学
张楠	中国环境科学研究院	唐琳	中国地质大学（北京）
张蓝心	清华大学	陈泽军	广东技术师范大学
史晓楠	中国科学院东北地理与农业生态研究所	叶濯缨	中央财经大学
张泽文	南京农业大学	龚教伟	中国人民大学
张星	中国科学院大气物理研究所	刘燚爽	武汉大学
龚年姣	上海财经大学	何柄秀	上海奕碳科技有限公司

姓名	学校	姓名	学校
陈柳	重庆大学	吴潇晗	东北大学
程庆禧	韩山师范学院	方溢超	厦门大学
刘世棋	天津城建大学	祁绩	湖北师范大学
赵丛雨	对外经济贸易大学	潘云龙	中国地质大学（北京）
苏秀文	爱丁堡大学	邢嘉豪	吉林大学
张晓晗	南京农业大学	杨帆	内蒙古师范大学
韩雨晴	山东师范大学	林自强	济南大学
赵肯悦	沈阳建筑大学	丁辰鑫	新疆大学
张欣洋	首都经济贸易大学	鲍倚天	北京交通大学
马啸天	北京大学	占妍泓	厦门大学
郭晶鹏	内蒙古大学/梅西大学	季明瑞	四川大学
孙树杰	日本上智大学地球环境研究所	汪彦丞	厦门大学
彭亮	南京师范大学	王晨阳	中国科学院城市环境研究所
于新豪	河南大学	谢明莉	中南财经政法大学
欧阳瑾	首都经济贸易大学	陈恒材	宁波诺丁汉大学
安纪钊	西北工业大学	陈晗施	中国科学院城市环境研究所
杨浦	清华大学	陈筱筱	厦门大学
魏家冉	东南大学	黄晨晨	厦门大学
杨洋	哈尔滨工业大学（深圳）		

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
贺克斌	清华大学	陶澍	北京大学
洪永淼	中国科学院大学	戴民汉	厦门大学
张强	清华大学	禹湘	中国社会科学院
汪寿阳	中国科学院	夏珩	《自然》杂志

2023年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
刘巧盈	安徽财经大学	曹涛	日本东京大学
肖逸龙	北京大学	张倩	厦门大学
万山铨	北京大学	孙鹏程	厦门大学
张承蒙	北京大学	郑传增	厦门大学
姜硕	北京工业大学	孟令泽	厦门大学
徐小移	北京航空航天大学	杨悦迪	山东财经大学
苏想童	北京交通大学	贾维东	山东大学
张振军	北京理工大学	张昊天	山东理工大学
程研	北京林业大学	黎文涛	山西财经大学

姓名	学校	姓名	学校
段晓宇	北京师范大学	张任涛	山西大学
赵婧熠	成都理工大学	吴颖欣	陕西师范大学
段昌赞	大连理工大学	刘妍	陕西师范大学
袁明生	东北大学	邹月晴	上海财经大学
考青云	东北林业大学	姚晓玥	上海国家会计学院
王馨瑶	东北农业大学	彭吉豪	上海交通大学
张思远	东华大学	易虹汝	上海理工大学
王文韬	东南大学	徐嘉敏	上海师范大学
周扬	对外经济贸易大学	刘文睿	四川大学
郭策	复旦大学	谢嘉雯	天津大学
关爱群	广东工业大学	李娇妍	天津大学
罗宸垲	广东工业大学	蒋清睿	同济大学
陈致通	广东工业大学	马乐	武汉大学
黄贺源	广州大学	董哲铭	西安财经大学
张宽元	贵州财经大学	刘政光	西安交通大学
杨莉杉	贵州大学	王庆玲	西北农林科技大学
唐元亨	哈尔滨工程大学	张德鑫	西湖大学
王兵倩	哈尔滨工业大学	水滨	香港城市大学
石威	湖南大学	王壬丰	香港大学
李佳霖	华北电力大学	徐钰聪	香港科技大学（广州）
韩亚夺	华北水利水电大学	王芝伟	新疆大学
李鉴恒	华东理工大学	梁迪领	英属哥伦比亚大学
成沁梓	华东师范大学	赵宏飞	浙江大学
刘逸飞	华中科技大学	徐欣	浙江大学
袁俐雯	华中农业大学	范坤	中北大学
刘超硕	吉林大学	徐丰	中国地质大学（北京）
曹圆钰	暨南大学（推免至清华大学深研院）	郑毅	中国地质大学（武汉）
孙小喻	卡迪夫大学	童荣鑫	中国地质大学（武汉）
陈熙	兰州大学	张海洋	中国海洋大学
王效淳	利兹大学	董晶晶	中国环境科学研究院
鲁希郁	伦敦大学学院	张纪伟	中国科学院广州地球化学研究所
Jiawei Li	伦敦政治经济学院	牛乐	中国科学院沈阳应用生态研究所
黄晶晶	洛桑联邦理工学院	张雪丽	中国矿业大学
曾敏芳	南昌航空大学	郭同方	中国林业科学研究院
张仁培	南京大学	耿梦清	中国农业大学
赵文鑫	南京大学	黄宇金	中国人民大学
郝月婷	南京大学	于江韵	中国社会科学院大学
潘思佩	南京农业大学	高鑫	中国石油大学（北京）
王天宇	南京审计大学	张洪轩	中南财经政法大学
尚昱竹	南京信息工程大学	张智慧	中山大学
朱世婧	南开大学	许美嘉	中央财经大学

姓名	学校	姓名	学校
李敬玉	内蒙古大学	陈林	重庆大学&剑桥大学
董昕玥	宁波诺丁汉大学	张钰泽	卡迪夫大学
翟宁宁	青岛大学	郑玉文	北京大学
张驰	清华大学	张玲	北京大学
关辽	清华大学	杨志颖	北京理工大学
冯建群	清华大学深研院	李晓凡	北京师范大学
任晋辉	清华大学	智一桐	华东师范大学
樊熊菲	清华大学	孙璐暄	上海交通大学
陈励业	香港科技大学&清华大学（即将入学公管学院）	李锐超	北京林业大学
张帅	西南大学	傅泽尉	中国政法大学
江科	北京大学	王文强	山东大学
刑冉	北京大学	王舒璇	北京理工大学
门亚泰	北京大学	孟丹妮	哈尔滨工程大学
黄怡凡	北京大学	孙宇彤	北京师范大学
张鸿沂	成都理工大学	王雅燕	烟台大学
李天琛	东北林业大学	赵青悦	沈阳建筑大学
刘亚琦	南开大学	郑雨茜	重庆大学
呼昊	清华大学	邵诗篇	沈阳建筑大学
谢金良	清华大学	张馨元	沈阳建筑大学
韩岑洋	清华大学深研院	陈小琪	厦门大学
闫艺	清华大学深研院	刘莉娜	中国科学院西北生态环境资源研究院助理研究员

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
贺克斌	清华大学	戴民汉	厦门大学
苏纪兰	自然资源部第二海洋研究所	石敏俊	浙江大学
毕军	南京大学	夏珩	《自然》杂志
曹龙	浙江大学		

2024年暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
高宇辰	清华大学	麦骏南	贵州财经大学
李政	清华大学	郭岩岩	大连理工大学
白向平	石河子大学	崔胜楠	东北石油大学
张馨文	南加州大学	周铭玮	北京林业大学
张译文	中国海洋大学	王音璠	香港中文大学
韩艾曦	复旦大学环境科学与工程系	谢舒欣	北京师范大学
张野	广东工业大学	陈俊杰	上海理工大学
沈伟钦	广东工业大学生态环境与资源学院	邹佳潮	东华大学

姓名	学校	姓名	学校
蒲博宇	广东工业大学生态环境与资源学院	沈沁源	南京审计大学
卢梓达	广东工业大学生态环境与资源学院	严帅	兰州大学
汪璐明	索邦大学	刘健羽	宾夕法尼亚大学
洪振杓	布朗大学	孙晨思	华北电力大学
Olabisi Isaac Ewumi	Tsinghua University	张婷	吉林大学
Gressot Romain	EHESS	魏伟	中国科学院新疆生态与地理研究所
Karolina Bieryt	清华大学能源环境经济研究所	柴国翔	德国WHU-Otto Beisheim School of Management
Marianne de Gaalon	Environmental Engineer	冯韬	武汉理工大学
AIT ISMAIL	EHESS	杜娇	南方科技大学
赵义义	河南大学黄河文明与可持续发展研究中心	康筱悦	成都理工大学
李照源	北京理工大学	汪玮	中国矿业大学经济管理学院
姜旭朋	西北大学（碳中和学院）	赵悦	华中科技大学
肖凯元	北京大学	赖文瑾	重庆大学
白逸翔	广东财经大学	鲁卓韬	香港理工大学
朱鹏坤	昆明理工大学	程菲雨	北京交通大学
冯淑芳	厦门大学	刘洁	广东技术师范大学
聂海如	伊犁师范大学	沈洋	华侨大学
高仕康	香港科技大学（广州）	王瀚锟	暨南大学
苗歆雨	马来亚大学	施子航	巴黎政治大学
王璐	哈尔滨工程大学	刘迎雪	浙江大学
刘文斌	东南大学	孙茹峰	吉林大学
王凤至	山西大学经济与管理学院	朱彦橙	浙江大学
张丽佳	华东师范大学	杨安歌	西交利物浦大学
来纳米	哈尔滨工业大学 环境学院	伍嘉怡	南京航空航天大学
李嘉欣	南京师范大学	刘东哲	香港城市大学
齐泽心	上海交通大学	洪光灿	北京理工大学国际教育学院
王理想	安徽理工大学经济与管理学院	刘荣钰	中山大学
邢培学	西北农林科技大学	张鹏翼	西北农林科技大学
李宇晴	湖北工业大学	王雅先	中国矿业大学（北京）
孟正豪	中国地质大学（武汉）	邓文浩	太原理工大学
周航	湖南工业大学	李海铭	延世大学
毕彩凤	山东大学（威海）前沿交叉科学研究院	丁泽君	北京外国语大学
赵柳真	浙江财经大学	张海涛	长安大学
郝仪佳	新疆农业大学	卢雅卓	香港大学
韩亚夺	郑州大学	陈宇佳	福州大学
郑微	中国人民大学	彭菲	南昌大学
高敏祺	沈阳建筑大学	张楚仪	University of Nottingham
葛榛子	南京信息工程大学	朱烁光	University of California Davis
郭家宏	中央民族大学	张馨文	南加州大学
陈晓冉	伦敦大学亚非学院	郝晴宇	伦敦大学学院
由扬	湖北大学	徐小楠	英国曼彻斯特大学

姓名	学校	姓名	学校
江听杰	南昌航空大学	付子实	卡迪夫大学
江亦晗	香港科技大学（广州）	张仁培	剑桥大学
张豫蒙	伦敦大学学院 UCL	王一新	新加坡国立大学
陈钰彬	广州理工学院	崔艳芳	中国地质大学（北京）
刘嘉宁	清华大学	李妍新	西安交通大学
高艺荧	中国石油大学（北京）	杨静娜	合肥工业大学
傅国浩	华中农业大学	王莹	伦敦大学学院
肖建宇	中国社会科学院大学应用经济学院	黄润垚	同济大学
刘俊杰	哈尔滨工程大学	王一达	南安普顿大学
章帆	浙江大学	李娜	天津大学环境科学与工程学院
吴涛	同济大学建筑与城市规划学院	张子延	上海对外经贸大学
徐梦瑶	华东理工大学	汪哲宇	西安科技大学
欧阳乾弘	北京师范大学统计学院		

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
贺克斌	清华大学	Tim Broyd	英国伦敦大学学院巴特莱特建筑学院教授、 建筑环境数字创新研究所所长、英国皇家工程院院士
张力	中电工程、中国电力工程顾问集团有限公司、 中电碳中和发展研究院执行院长	严晋跃	欧洲科学与艺术学院院士、 香港工程科学院院士
高翔	中国工程院院士、浙江工业大学校浙江大学 碳中和研究院院长	潘铁丽	黑龙江省科学技术厅处长
陈德亮	瑞典皇家科学院院士、中国科学院外籍院士	丁辉	生态环境部对外合作与交流中心书记
禹湘	中国社会科学院生态文明研究所研究员	Monica Contestabile	Nature Sustainability高级编辑