



CEADs

CEADs
Carbon Emission
Accounts & Datasets
for emerging economies
中国碳核算数据库

CEADs | Carbon Emission
Accounts & Datasets
for emerging economies
中国碳核算数据库

新兴经济体 二氧化碳排放报告2023

主编 关大博 《中国碳核算数据库》工作组 著

新兴经济体二氧化碳排放报告2023

《中国碳核算数据库》工作组著
主编 关大博

- 环境
- 经济
- 多科学交叉
- 公开
- 透明
- 多尺度

更多详情可访问
<https://www.ceads.net/>
 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。



序

气候变化是当今全球所面临的重要问题，不断增长的碳排放和日益严峻的变化形势要求世界各国尽快采取有效措施控制碳排放强度并减缓全球变暖的速度。今年是我国提出“一带一路”倡议的十周年，习近平主席提出了共同促进“一带一路”绿色发展，实现人与自然和谐共生等多项行动，深化“一带一路”国家在应对气候变化、采取气候行动等方面的务实合作，推动绿色基础设施、绿色交通、荒漠化和沙尘暴防治等领域实践交流。第二十八届联合国气候变化大会（COP28）即将展开第一次全球盘点，旨在追踪巴黎协定的进展成效。在此背景下，准确核算碳排放成为关键。这一举措能够帮助各国量化其碳排放，有效地开展各项碳减排工作，是加强国际合作、应对气候变化的重要基础。

为推动全球气候治理事业实现协作互利，需充分了解各新兴经济体的碳排放情况。新兴经济体在全球碳排放格局中的地位不断凸显，已然成为全球二氧化碳排放增长的主要推动力。这些国家既面临着实现经济发展的现实需求，又面对碳中和目标下的环境限制等多重挑战，亟需在不同目标的矛盾中找到平衡。为实现全球减排目标，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。该方法体系和数据库的建立将帮助新兴经济体更准确地了解和监测碳排放情况，为制定和实施相关政策提供可靠依据，帮助新兴经济体在转型发展的道路上更加有序、高效地前行。

以碳中和为目标的国际新竞争已经开启，其表面看是低碳技术、清洁能源、产业发展等领域的竞争，深层次上实为全球气候治理话语权的竞争。中国碳核算数据库（CEADs）工作组长期深耕新兴经济体碳排放核算并连续三年撰写《新兴经济体二氧化碳排放报告》。这一报告是中国碳核算数据库（CEADs）工作组持续努力的成果，旨在为全球气候行动提供关键碳排放信息和有力支持。通过对这些新兴经济体数据的全面分析，能够更好地评估目前的碳减排努力和未来的发展趋势，从而为发展中国家争取公平、合理的发展权。

习近平主席曾就气候变化问题明确指出“地球是个大家庭，人类是个共同体，气候变化是全人类面临的共同挑战，需要合作应对。”相较于过去两版报告，《新兴经济体二氧化碳排放报告2023》涵盖的新兴经济体国家范围更广，支持更多“一带一路”沿线国家的碳排放数据收集和处理，精细化核算不同能源类型和产业部门的二氧化碳排放。以双碳目标为基础的国际互动新规则和以碳中和为逻辑的国际新竞争正在展开，通过为新兴经济体提供底层碳排放数据、研究排放现状和趋势，有助于支撑决策者从战略、规划层面科学制定减排政策，有助于研究者识别减排目标节点、合理绘制技术路线图，促进新兴经济体采取积极措施应对气候变化。总而言之，本报告将通过数据和分析为各方提供宝贵的洞察和启发，推动全球实现碳减排和绿色低碳转型。

贺克斌
清华大学碳中和研究院

前言

随着全球气候变化日趋严峻，低碳经济已成为各国实现可持续发展的必要途径。在这一背景下，不断推进低碳经济转型是各国共同的责任和使命。为此，我们发布此次报告，旨在提供有关新兴经济体能源结构和二氧化碳排放特征的最新数据及相关分析，以支持政策制定者、研究人员和公众等各界人士了解新兴经济体碳排放的新动态和趋势，以便更好地制定计划及决策。

今年是新兴经济体二氧化碳排放清单系列报告的第三个年头。《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，为新兴经济体低碳转型提供有力的数据支持和指导。在新的报告中，中国碳核算数据库（Carbon Emission Accounts and Datasets — CEADs）继续关注新兴经济体在能源消费和二氧化碳排放方面的发展情况，扩大数据范围，深入探索排放核算方法，为低碳发展提供更有价值的支撑。在去年的基础上，我们继续推进新兴经济体二氧化碳排放清单的更新和完善，详实探讨涵盖亚洲、非洲、拉丁美洲、大洋洲等新兴经济体的碳排放变化动态，依次展示一次能源消费结构、化石能源碳排放特征、分行业化石能源碳排放贡献等全方面信息，将新兴经济体国家数目扩展到六十个，时间序列更新至2020年。我们相信，通过不断地更新和完善，这份报告将会越来越精准，为全球应对气候变化做出更大的贡献。

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、山东大学、上海财经大学、天津大学、英国伦敦大学学院、英国伯明翰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》项目及国家自然科学基金委《大气成分变化及气候环境影响》项目对本报告的支持与资助；感谢科学技术部中国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
		崔璨	瑞士苏黎世联邦理工学院
编写委员会核心成员			
孙艺达	清华大学地球系统科学系	郝琦	清华大学地球系统科学系
谭畅	清华大学地球系统科学系	马仕君	英国伦敦大学学院
崔志伟	上海财经大学	毕云青	英国伦敦大学学院
李婕	山东大学（威海）蓝绿发展研究院	彭华熙	英国伦敦大学学院
考青云	天津大学	许易庭	英国伦敦大学学院
王静蕾	山东大学（威海）蓝绿发展研究院	青松	英国伦敦大学学院
孟靖	英国伦敦大学学院	单钰理	英国伯明翰大学
徐静航	英国伯明翰大学	雷天扬	清华大学地球系统科学系
霍婧雯	清华大学地球系统科学系	李敬玉	内蒙古大学
何奕翔	清华大学地球系统科学系	翟寒冰	中国科学院大学
赵伟辰	英国伦敦大学学院	梁迪领	英国伦敦大学学院
王文强	山东大学	陈秀静	华东师范大学
科学指导委员会（按姓氏笔画排序）			
王金南	中国工程院院士，中国环境科学学会理事长，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	发展中国家科学院院士，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院长
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	美国加州大学尔湾分校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
洪永森	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
陶澍	中国科学院院士、北京大学城市与环境学院教授	Karen Seto	美国科学院院士、耶鲁大学环境学院教授
黄晶	中国21世纪议程管理中心主任、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 柬埔寨	24
2.3 老挝	28
2.4 吉尔吉斯斯坦	32
2.5 巴基斯坦	36
2.6 印度	40
2.7 菲律宾	44
2.8 约旦	48
2.9 印度尼西亚	52
2.10 蒙古	56
2.11 斯里兰卡	60
2.12 亚美尼亚	64
2.13 伊朗	68
2.14 泰国	72
2.15 马来西亚	76
2.16 中国	80
2.17 土耳其	84
2.18 沙特阿拉伯	88
2.19 以色列	92

第三章 非洲篇 96

3.1 布隆迪	98
3.2 马达加斯加	102
3.3 利比里亚	106
3.4 尼日尔	110
3.5 埃塞俄比亚	114
3.6 乌干达	118
3.7 多哥	122
3.8 卢旺达	126
3.9 坦桑尼亚	130
3.10 吉布提	134
3.11 津巴布韦	138
3.12 肯尼亚	142
3.13 加纳	146
3.14 尼日利亚	150
3.15 摩洛哥	154
3.16 阿尔及利亚	158
3.17 埃及	162
3.18 突尼斯	166
3.19 南非	170
3.20 博茨瓦纳	174
3.21 毛里求斯	178

第四章 拉丁美洲篇 182

4.1 尼加拉瓜	184
4.2 玻利维亚	188
4.3 危地马拉	192
4.4 牙买加	196
4.5 厄瓜多尔	200
4.6 巴拉圭	204
4.7 哥伦比亚	208
4.8 秘鲁	212
4.9 古巴	216
4.10 巴西	220
4.11 圭亚那	224
4.12 阿根廷	238
4.13 巴拿马	232
4.14 智利	236
4.15 乌拉圭	240

目 录

第五章 欧洲篇 244

- 5.1 摩尔多瓦 246
- 5.2 俄罗斯 250
- 5.3 爱沙尼亚 254

第六章 大洋洲篇 258

- 6.1 巴布亚新几内亚 260
- 6.2 密克罗尼西亚 264

第七章 展望篇 268

区域观察—中东地区典型国家模式分析

- 7.1 中东国家二氧化碳排放时空演进趋势 270
- 7.2 中东国家未来减排路径面临的挑战 271

第八章 应用篇 272

方法—数据—模型多元耦合

- 8.1 中东典型国家消费端碳排放 274
- 8.2 中东典型国家油气田点源碳排放 275

附录 276

- 二氧化碳排放核算 278
 - 1) 国家排放核算 278
 - 2) 行业排放核算 279
 - 3) 区域排放核算 279
- 数据来源 280
 - 1) 能源平衡表 280
 - 2) 排放因子 280
 - 3) 行业匹配指标 280
 - 4) 国家到区域的降尺度指标 280
- 参考文献 281
- 致 谢 289

CEAD_s



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°C^[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。

¹ 本报告中碳排放均指二氧化碳排放

2023年新兴经济体二氧化碳排放报告显示，受疫情的影响，秘鲁、玻利维亚、尼日尔和乌干达等国家的化石能源相关碳排放量呈现下降态势。相较于2019年，2020年秘鲁、玻利维亚、尼日尔和乌干达化石能源相关碳排放分别下降了19.3%、14.7%、9.7%和4.3%。而多哥、土耳其等国家的化石能源相关碳排放量则呈现上升态势。受益于“一带一路”等政策，多哥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从2010年的0.07百万吨增加到2020年的0.61百万吨。相较于2019年，2020年多哥化石能源相关碳排放增加了7%。

■ 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, <https://ceads.net>）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燃烧所产生的二氧化碳排放，编制了2010-2020年间8种能源类型和47行业的60个新兴经济体二氧化碳排放清单（表1本报告所涵盖的国家）。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燃烧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，在数据可获得的情况下，本报告利用能源消费及经济数据等代用指标，实现了次国家级区域水平的数据覆盖，编制了43个新兴经济体区域级碳排放清单，关注各新兴经济体内部区域间碳排放的异质性。最后，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。本报告通过与其他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2023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2022年报告的基础上新增10个新兴经济体二氧化碳排放数据；同时，将数据的时间序列从2019年延长至2020年，并完成更新2022年报告的50个新兴经济体。

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燃烧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2023所涵盖的国家

亚洲篇				
国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
缅甸	东南亚	最不发达国家	/	2010-2020
柬埔寨	东南亚	最不发达国家	/	2010-2020
老挝	东南亚	最不发达国家、内陆发展中国家	/	2010-2020
吉尔吉斯斯坦	中亚	转型经济体	9	2010-2020
巴基斯坦	南亚	发展中经济体	/	2010-2020
印度	南亚	发展中经济体	33	2010-2020
菲律宾	东南亚	发展中经济体	17	2010-2020
约旦	西亚	发展中经济体	/	2010-2020
印度尼西亚	东南亚	发展中经济体	34	2010-2020
蒙古	东亚	内陆发展中国家	22	2010-2020
斯里兰卡	南亚	发展中经济体	/	2010-2020
亚美尼亚	西亚	转型经济体、内陆发展中国家	11	2010-2020
伊朗	南亚	发展中经济体	31	2010-2020
泰国	东南亚	发展中经济体	77	2010-2020
马来西亚	东南亚	发展中经济体	/	2010-2020
中国	东亚	发展中经济体	30	2010-2020
土耳其	西亚	发展中经济体	81	2010-2020
沙特阿拉伯	西亚	发展中经济体	13	2010-2020
以色列	西亚	发展中经济体	7	2010-2020

非洲篇				
国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
布隆迪	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	/	2010-2020
马达加斯加	东非	最不发达国家	22	2010-2020
利比里亚	西非	最不发达国家	/	2010-2020
尼日尔	西非	最不发达国家、内陆发展中国家	8	2010-2020
埃塞俄比亚	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	11	2010-2020
乌干达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	135	2010-2020
多哥	西非	最不发达国家	5	2010-2020
卢旺达	东非	最不发达国家、内陆发展中国家	/	2010-2020
坦桑尼亚	东非	最不发达国家	23	2010-2020
吉布提	东非	最不发达国家	/	2010-2020
津巴布韦	西非	内陆发展中国家	10	2010-2020
肯尼亚	东非	发展中经济体	47	2010-2020
加纳	东非	发展中经济体	16	2010-2020
尼日利亚	西非	发展中经济体	37	2010-2020
摩洛哥	北非	发展中经济体	13	2010-2020
阿尔及利亚	北非	发展中经济体	48	2010-2020
埃及	北非	发展中经济体	27	2010-2020
突尼斯	北非	发展中经济体	24	2010-2020
南非	南非	发展中经济体	9	2010-2020
博茨瓦纳	南非	内陆发展中国家	10	2010-2020
毛里求斯	东非	小岛屿发展中国家	3	2010-2020

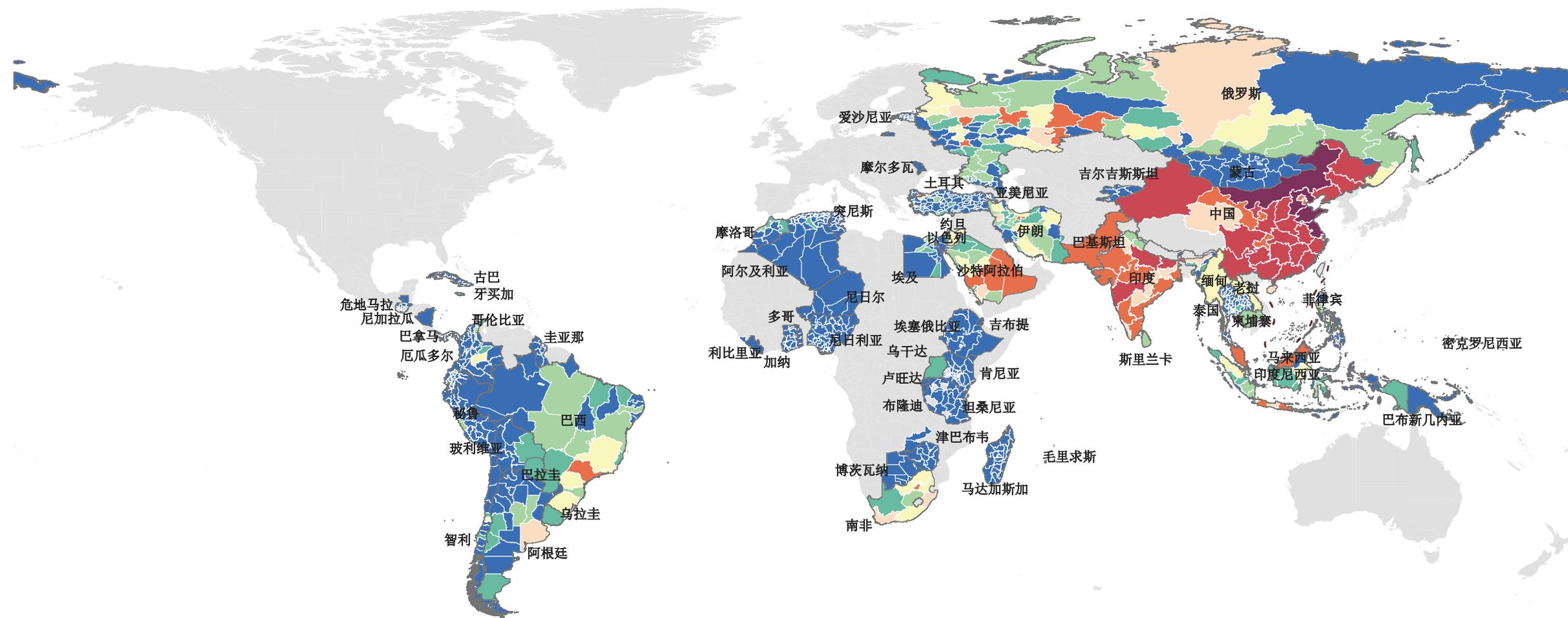
拉丁美洲和加勒比篇				
国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
尼加拉瓜	中美洲	发展中经济体	/	2010-2020
玻利维亚	南美洲	内陆发展中国家	9	2010-2020
危地马拉	中美洲	发展中经济体	22	2010-2020
牙买加	加勒比	小岛屿发展中国家	/	2010-2020
厄瓜多尔	南美洲	发展中经济体	24	2010-2020
巴拉圭	南美洲	内陆发展中国家	/	2010-2020
哥伦比亚	南美洲	发展中经济体	32	2010-2020

国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
秘鲁	南美洲	发展中经济体	25	2010-2020
古巴	加勒比	小岛屿发展中国家	16	2010-2020
巴西	南美洲	发展中经济体	26	2010-2020
圭亚那	南美洲	小岛屿发展中国家	10	2010-2020
阿根廷	南美洲	发展中经济体	23	2010-2020
巴拿马	中美洲	发展中经济体	10	2010-2020
智利	南美洲	发展中经济体	16	2010-2020
乌拉圭	南美洲	发展中经济体	/	2010-2020

欧洲篇				
国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
摩尔多瓦	东欧	转型经济体、内陆发展中国家	/	2010-2020
俄罗斯	东欧	转型经济体	82	2010-2020
爱沙尼亚	海峡群岛	发达经济体	17	2010-2020

大洋洲篇				
国家	地点	发展阶段	区域	数时间序列
巴布亚新几内亚	美拉尼西亚	小岛屿发展中国家	/	2010-2020
密克罗尼西亚	密克罗尼西亚	小岛屿发展中国家	4	2010-2020

至此，在2021年和2022年发布的第一版和第二版报告基础上，此次2023报告可获取60个新兴经济体2010-2020年的二氧化碳排放清单。根据联合国《世界经济形势展望》，60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、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。



CO₂ 排放量 (百万吨)

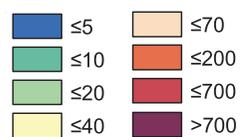


图1-1 新兴经济体2020年化石能源碳排放, 单位: 百万吨

CEADs

CEADs



第二章

亚洲篇

ASIA



缅甸

MYANMAR

■ 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2020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，2020年缅甸的总人口超过了5441.01万人。近年来，缅甸的经济发展迅速。2010–2020年期间，国内生产总值年均增长7.64%。2020年，缅甸的GDP（现价）达到789.3亿美元^[10]。

缅甸的服务业在该国经济中贡献最大，在2020年占GDP总额的40.49%。近年来，该国的工业GDP增长迅速，是该国增长最快的行业，2020年占GDP总额的35.22%。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、非针织女装大衣和精炼铜，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^[11]。

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^[12]。同时缅甸政府旨在2030年前将森林面积增加到30%^[13, 14]，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^[15]。

■ 一次能源消费结构

2020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。其中，煤炭消费占比2.0%，石油消费占比48.5%，天然气消费占比12.5%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的4.07%；生物质占一次能源消费比重达33.0%。

■ 化石能源碳排放特征

缅甸石油消费所产生的二氧化碳排放占据主导地位，2020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7.1百万吨到2020年的25.9百万吨，年均增长率为13.9%。天然气也是该国二氧化碳排放的主要来源。2010–2020年，天然气消费产生的二氧化碳排放呈现增长态势，从2010年的4.1百万吨到2020年的10.6百万吨。

■ 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。2020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17.2百万吨，占化石能源碳排放总量的43.8%。同时，电、热、燃气、水的生产的化石能源碳排放占比呈现快速增长的趋势，从2010年的24.3%增加至2020年的27.0%。其他制造业的化石能源碳排放保持稳定，但其占比略有下降，从2010年的18.8%下降到2020年的14.6%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，生物质占一次能源消费结构的33%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^[16]导致了森林覆盖率减少和森林退化。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2020年的48.7百万吨。

■ 碳排放趋势

2010–2020年，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的12.4百万吨增至2020年的39.3百万吨，年均增长率为12.2%。期间，生物质消费所产生的碳排放从36.7百万吨增加到48.7百万吨，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，并保持这一趋势直到2016年。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2020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。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（APEREC）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，2020年，CEADs核算数据为88.0百万吨。

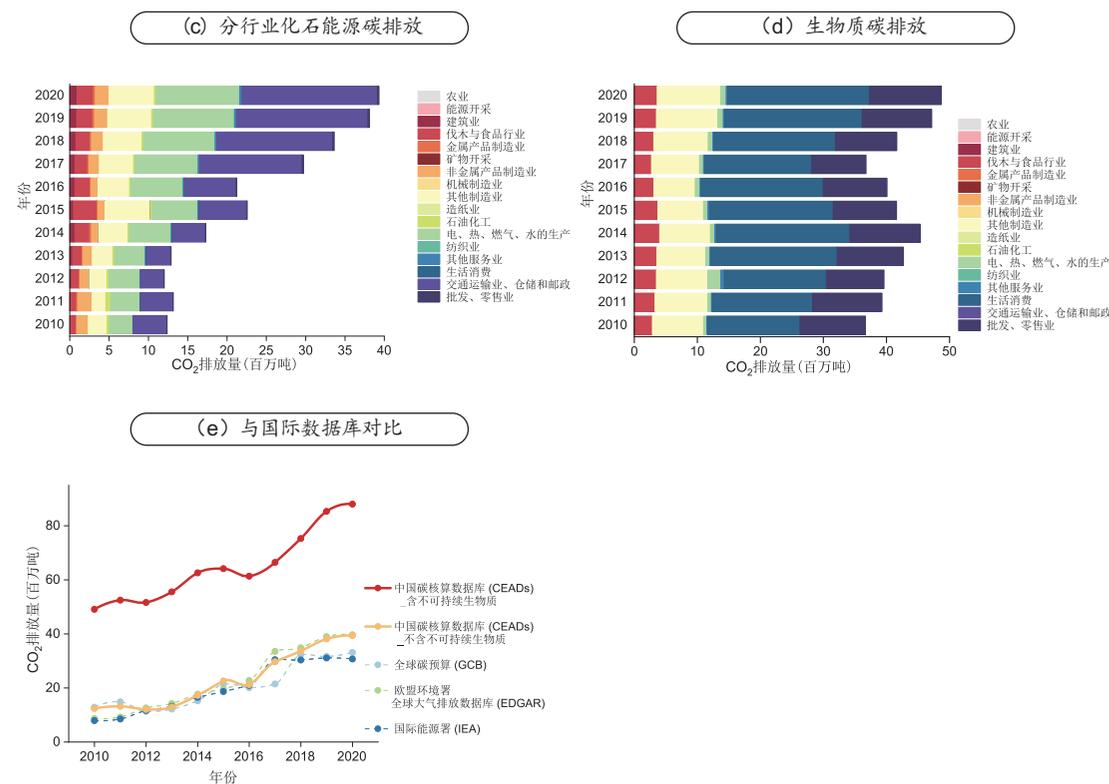
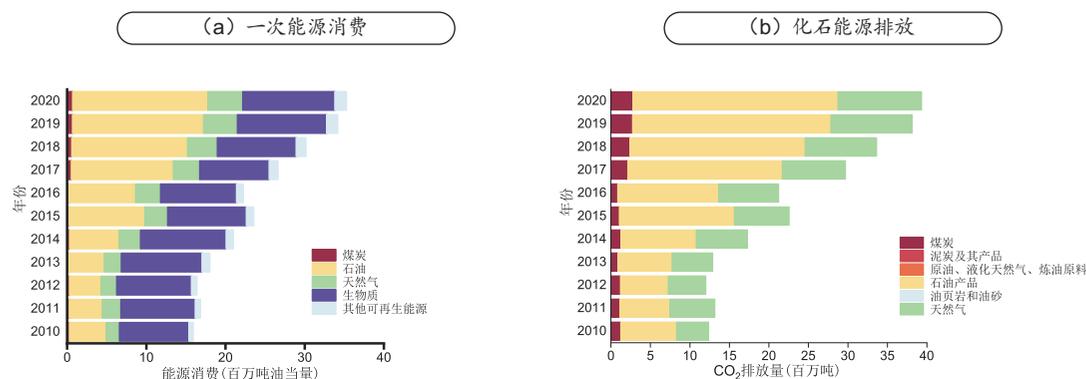


图2-1 缅甸2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告所用能源数据来自ERIA提供的2010-2017年能源平衡表。据统计，缅甸消费的化石能源主要有5种，分别是煤炭、原油和NGL、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



柬埔寨 CAMBODIA

■ 国家背景

柬埔寨是中南半岛上最小的国家，土地面积为181035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%。2019年，柬埔寨的人口达到1659万^[17]。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，2021年按现价GDP达到269.6亿美元^[18]。

近年来，柬埔寨的服务业增长迅速，2020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^[19]。

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^[20]。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%^[21, 22]。

■ 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。2020年，煤炭消费占比19.2，石油消费占比46.9%，化石能源消费总量占比接近66.0%。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5.2%。

■ 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消费。石油产品作为柬埔寨最重要的化石能源，在2020年共产生碳排放10.2百万吨，占化石能源碳排放的86.4%。相比之下，煤炭消费所产生的碳排放从2010年的0.1百万吨增长到2020年1.6百万吨，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、仓储和邮政部门。2020年该部门化石能源碳排放为6.9百万吨，占柬埔寨化石能源消费所产生的碳排放总量的58.6%。随着柬埔寨城市化水平的提高，交通运输业、仓储和邮政部门的碳排放量在2010-2020年期间保持快速增长趋势，增加了1.4倍。紧随其后的是电、热、燃气和水的生产行业，这是柬埔寨的第二大化石能源碳排放部门，在2020年占化石能源碳排放的比重高达18.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020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，生物质消费产生的碳排放量经历了小幅的波动，2010年至2015年间，碳排放量从7.5百万吨略增加至8.8百万吨，2016-2020年有明显下降，2019年达到最低点为4.5百万吨。

■ 碳排放趋势

在2010至2020年间，化石能源消费产生的碳排放量保持相对稳定的增长速度，年均增长率为11.8%，从2010年的4.5百万吨上升到2020年15.2百万吨。其次，生物质消费所产生的碳排放从7.5百万吨降低至4.8百万吨，减少了36.0%。

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，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保持相同的生长趋势，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，2020年，CEADs含生物质的碳排放量为20.0百万吨。

(e) 与国际数据库对比

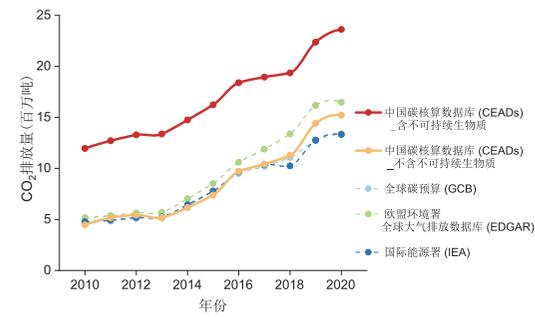


图2-2 柬埔寨2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比

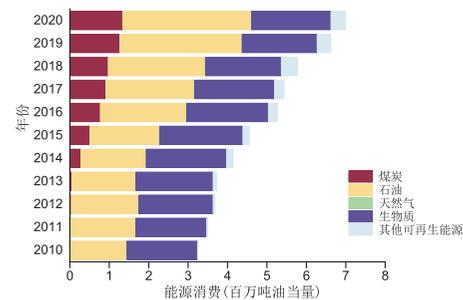
数据来源简述

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、原油和NGL、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。

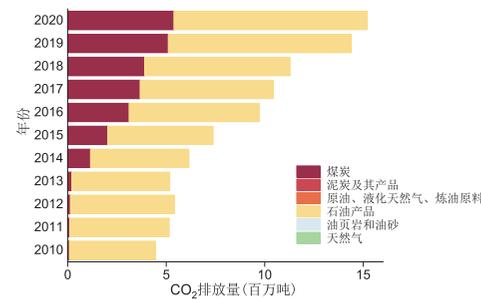
表2-2 柬埔寨排放核算的数据来源

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

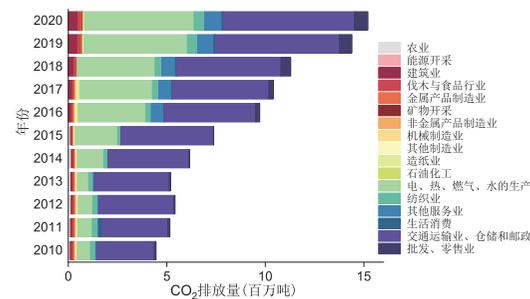
(a) 一次能源消费



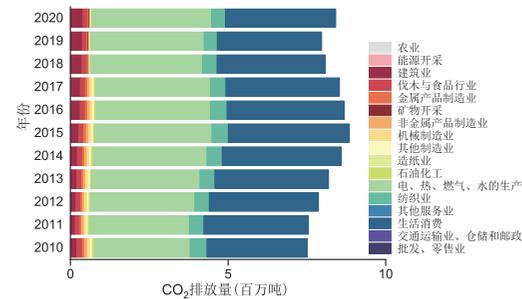
(b) 化石能源碳排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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237955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，2021年，老挝的总人口达到733.8万^[23]。老挝的经济发展较为迅速，1993年至2020年，GDP的年增长率为6.7%^[24]，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，2020年，服务业占老挝GDP的41.05%。此外，工业在过去十年里也发展迅速，年增长率约为7.9%，是增长最快的行业。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^[25]。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^[26]。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

2020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39.7%，石油消费占比23.4%；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二氧化碳排放占主导地位。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，2020年产生二氧化碳排放18.5百万吨，占化石能源碳排放量的82%。此外，石油产品消费所产生的二氧化碳排放从2010年的1.5百万吨增加至2020年的4.0百万吨，2020年占化石能源碳排放的18%。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

2010年至2020年间，老挝的电、热、燃气、水的生产行业化石能源消费产生的二氧化碳排放大幅增长，2010年该行业化石能源二氧化碳排放为0.53千吨，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，电力生产造成的二氧化碳排放急剧增加，使其成为最大的化石能源碳排放行业。在2020年该行业的化石能源碳排放为17.9百万吨，占比79.6%。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2020年的16.8%。

■ 生物质碳排放特征

2020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2020年，老挝生物质消费所产生的二氧化碳排放分别为4.2百万吨和7.4百万吨。

■ 碳排放趋势

在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的二氧化碳急速增长，从1.8百万吨增至2020年的22.5百万吨，年均增长率达到28.8%。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从4.2百万吨增加到7.4百万吨，年均增长率为5.8%。

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，从趋势上来看，CEADs核算的老挝化石能源碳排放量与EDGAR与GCB的统计数据基本一致，而IEA的统计数据自2018年以后与其余统计数据之间的差距与趋势均产生较大差异，且IEA的统计数据明显低于其他机构的统计数据；从数值上看，在2013-2018年间，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，自2018年以后产生较大差异，造成这一主要原因在于CEADs核算的老挝化石能源碳排放量在2018年以后根据之前历史数据进行外推。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为29.90百万吨。

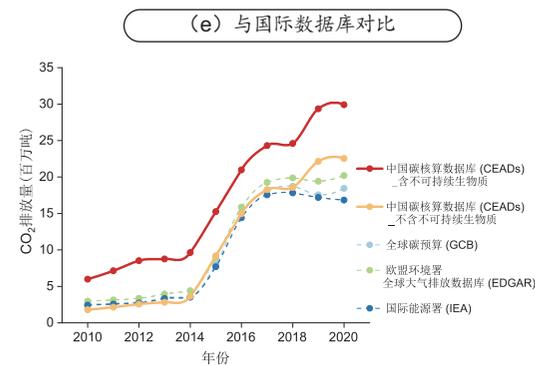


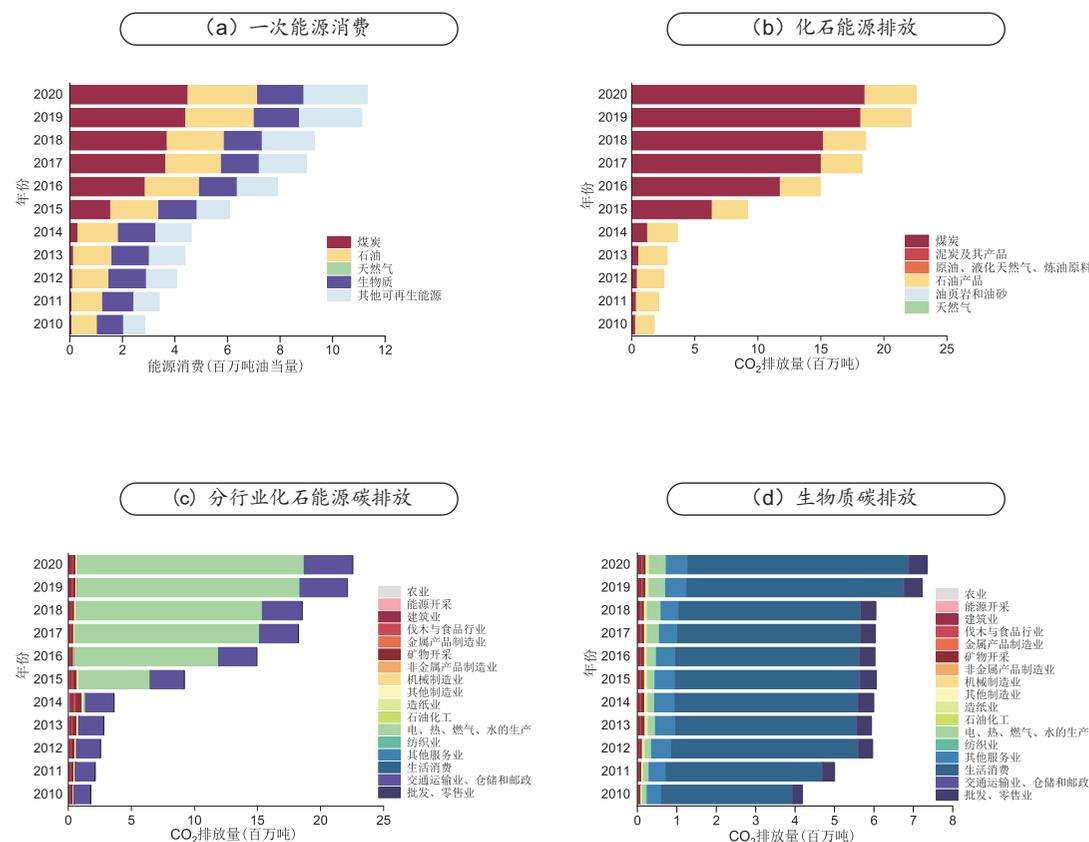
图2-3 老挝2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

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。

表2-3 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/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——国内生产总值	https://data.adb.org/dataset/cambodia-input-output-economic-indicators





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^[27]，吉尔吉斯斯坦国土面积为199951平方公里，2020年全国人口总计7000万，人均GDP5562美元，世界排名第166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。

2020年吉尔吉斯斯坦国家财政赤字占GDP的2.8%，在欧亚经济联盟成员国中仅高于白俄罗斯。农业是唯一正增长的经济部门。2020年吉尔吉斯斯坦从欧亚经济联盟的进口额约为18.5亿美元，同比下降12%^[28]。

吉尔吉斯斯坦自然资源主要有黄金、铋、钨和稀有金属等。其中铋产量居世界第三位、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结构的比重达到70.3%，以煤炭为主。2020年，煤炭消费占比35.2%，石油产品消费占比28.8%，天然气消费占比6.4%。此外，水能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的29.7%。

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，2020年煤炭消费产生二氧化碳排放4.8百万吨，占化石能源碳排放的53.9%。石油消费所产生的排放从2010年的2.7百万吨增长至2020年的3.5百万吨，占化石能源碳排放的39.3%。天然气也是其主要的化石能源，2020年柴油消费所产生的二氧化碳排放为0.6百万吨，占化石能源碳排放的6.8%。

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二氧化碳排放主要来自交通部门，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放从2010年的1.9百万吨增长至2020年的3.0百万吨，占化石能源碳排放总量的33.3%。电、热、燃气、水的生产部门是吉尔吉斯斯坦的第二大化石能源碳排放行业，从2010年的2.04百万吨增长至2020年为2.1百万吨，占化石能源碳排放总量的23.5%。

区域间化石能源碳排放异质性

吉尔吉斯斯坦全国划分为七个州和两个直辖市，总共九个地区。比什凯克市和奥什市分别作为楚伊州和奥什州的行政中心，但本身不属于该地区的一部分，在统计学上需要独立划分出来。总的来说吉尔吉斯斯坦的化石能源碳排放分布与人口成正相关，集中在西部与乌兹别克斯坦接壤的地区以及北部与哈萨克斯坦接壤的地区。地理上来看，这两个区域与东南部高原相比较为平坦，海拔更低，属于低海拔平原。奥什州，贾拉拉巴德州和首都比什凯克市作为人口最多的三个地区，在2020年分别贡献了1.9百万吨，1.7百万吨和1.4百万吨的二氧化碳排放，分别占该国碳排放的20.9%，19.0%和16.2%。

碳排放趋势

在2010年到2020年间，吉尔吉斯斯坦化石能源二氧化碳排放呈稳定增长态势，年均增长率为2.9%，从6.7百万吨增至2020年的8.9百万吨。在此期间，煤炭消费所产生的二氧化碳排放从2010年的3.5百万吨增加到2020年的4.8百万吨。

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核算的吉尔吉斯斯坦化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR和CDIAC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CDIAC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分类口径比较模糊。

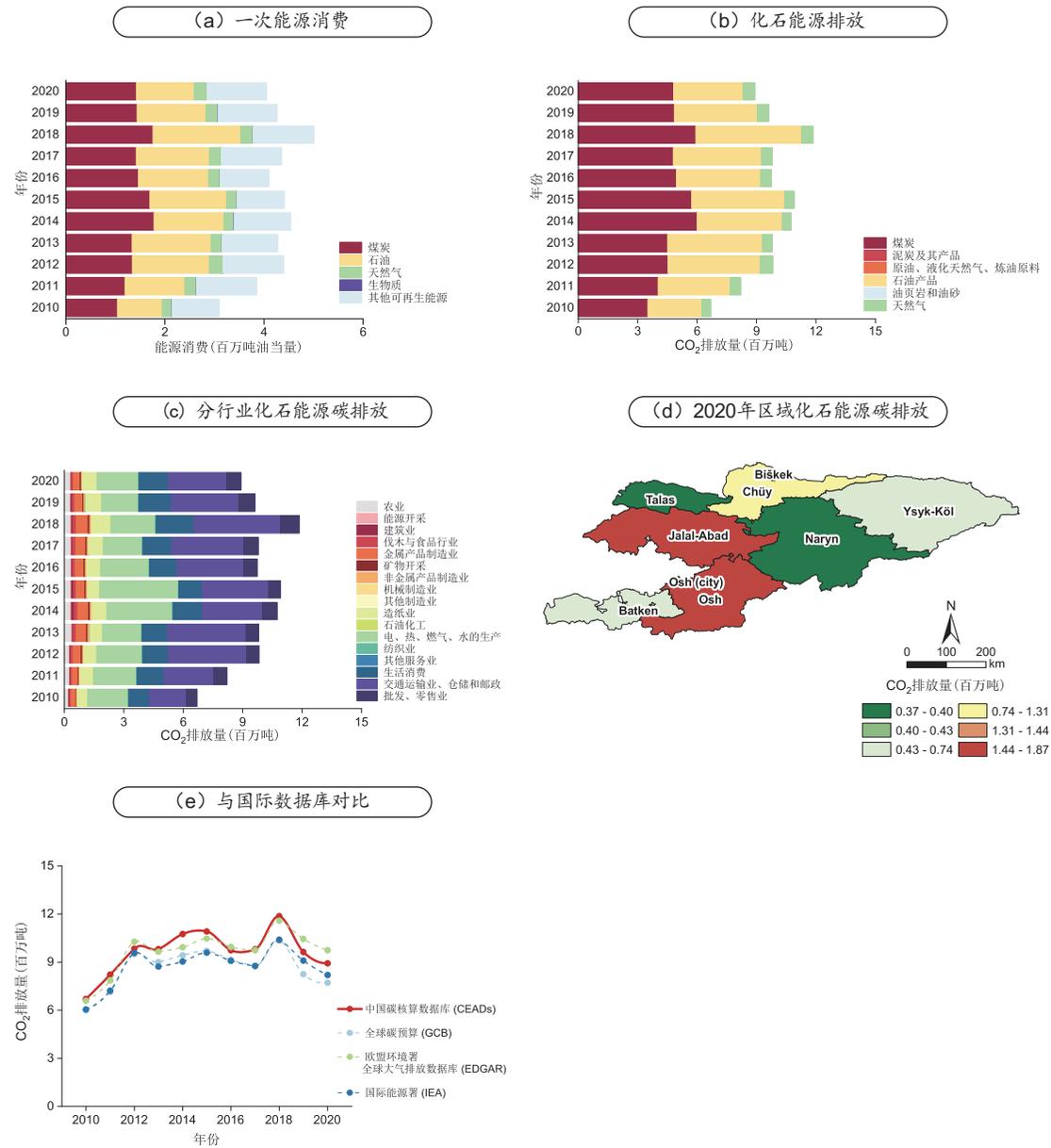


图2-4 吉尔吉斯斯坦2010-2020年能源消费和二氧化碳排放：(a) 一次能源消费；(b) 化石能源排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比



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2-4 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/
部门匹配指标	吉尔吉斯斯坦统计局	http://www.stat.kg
国家到区域降尺度指标	吉尔吉斯斯坦统计局 (人口)	http://www.stat.kg/en/statistics/naselenie/



巴基斯坦 PAKISTAN

国家背景

巴基斯坦（全称：巴基斯坦伊斯兰共和国（The Islamic Republic of Pakistan），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。2020年总人口2.3亿，是世界第六人口大国。受疫情影响，2020年，巴基斯坦国内生产总值为3004亿美元（现价），为近年来最低^[29]。

巴基斯坦经济以农业为主，农业产值占国内生产总值22%，工业基础薄弱，巴基斯坦的主要工业部门为棉纺织业、毛纺织业、制糖、造纸、烟草、制革、机器制造等。受疫情影响，巴基斯坦2020财年工业部门增长率为-2.6%，其中矿物开采部门下降最为严重。巴基斯坦的自然资源比较贫乏，矿藏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^[30]。

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可持续能源发展作出主要贡献^[31]。

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出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

2020年，巴基斯坦煤炭消费占比15%，石油消费占比16%，天然气消费占比25.3%，化石能源消费总量占比接近56.3%。此外，生物质占一次能源消费比重达40.3%，太阳能水能等其他可再生能源在一次能源消费占比3.5%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，煤和天然气的碳排放占据主导地位。天然气作为巴基斯坦最主要的化石能源，在2020年共产生碳排放55.6百万吨，占化石能源碳排放的37.4%。煤炭消费所产生的碳排放从2010年的17.4百万吨增长到2020年47.2百万吨，占比逐渐增大。

分行业化石能源碳排放贡献

巴基斯坦最大的二氧化碳排放来源于电、热、燃气、水的生产部门。2020年，该部门的化石能源碳排放为44.3百万吨，占巴基斯坦化石能源碳排放总量的29.8%，紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政部门，这是巴基斯坦近年来的第二大化石能源碳排放部门，在2020年占化石能源碳排放总量的25.2%。

生物质碳排放特征

2020年巴基斯坦的生物质能占一次能源消费结构的40.3%，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

巴基斯坦的二氧化碳排放从2010年到2011年保持增长态势，在2012年出现略微下降，2013年到2017年碳排放量再次出现持续增长，2013年到2017年巴基斯坦碳排放从147.8百万吨增长至197.6百万吨，增加了33.7%，在2017年至2020年再次出现缓慢下降，受疫情影响，2020年碳排放出现大幅下降，为148.6百万吨。

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，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。对化石能源碳排放量进行对比后发现，2020年IEA化石能源碳排放为166百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为148.6百万吨，而EDGAR的数据为202百万吨，GCB的数据为192.3百万吨，存在近25%左右的差距。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，因此产生了一定的核算差距。

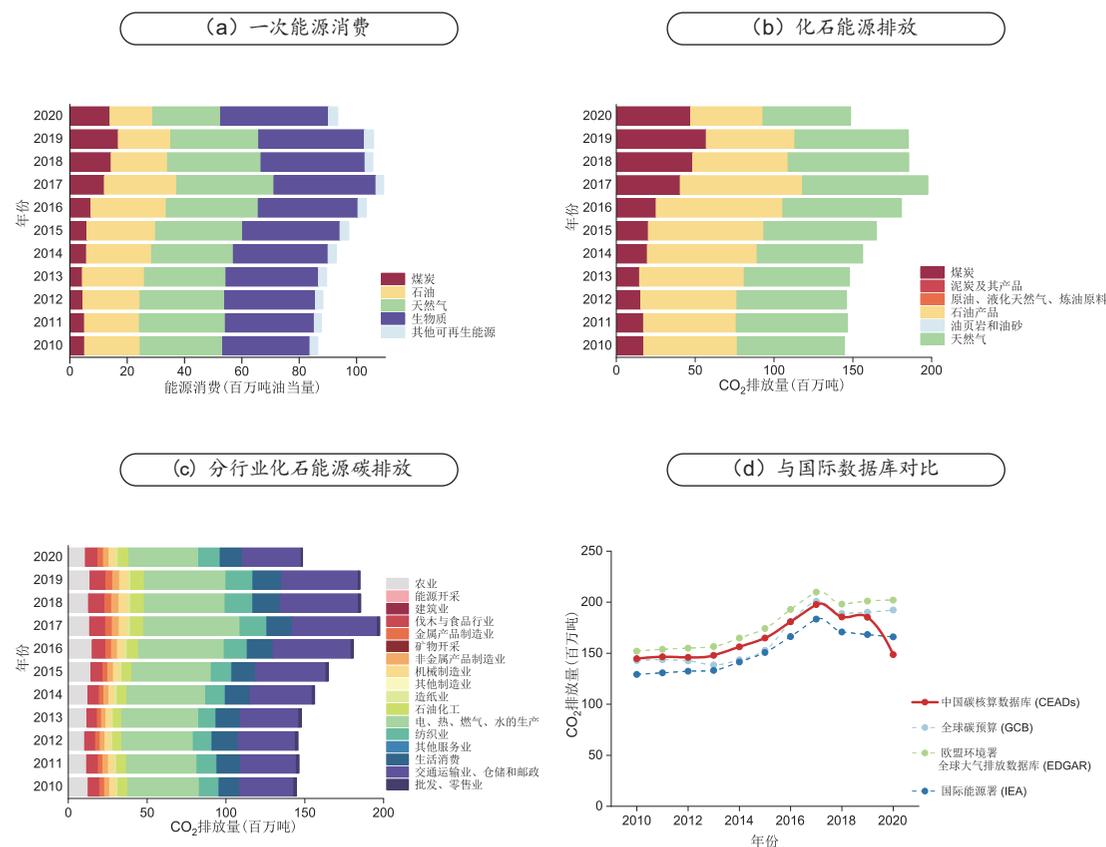


图2-5 巴基斯坦2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 与国际数据库对比



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，时间覆盖2010-2020年。分部门匹配采用巴基斯坦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。

注：巴基斯坦官方2020年的能源平衡表标注为“暂时”，可能会在后续进行确认或更新。

表2-5 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	https://www.sbp.org.pk/departments/stats/pakEconomy_HandBook/Chap-2.3.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	巴基斯坦统计局	https://www.pbs.gov.pk/



■ 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13.8亿人口，是仅次于中国的世界人口第二大国。根据名义GDP，印度是全球第六大经济体，2020年印度现价GDP为26.2亿美元^[32]，由于其庞大的人口规模，人均GDP仅为1900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

印度的一次能源消费结构以化石能源为主，2020年化石能源消费占比高达94.0%。其中，煤炭和石油是主要的化石能源消费品种，分别占一次能源消费总量的69.4%和22.3%；天然气消费占比较低，仅为2.3%。其次，太阳能、风能等可再生能源占一次能源消费的比重极小，为6.0%。此外，印度官方发布的能源平衡表没有公开生物质数据。

■ 化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，煤炭的碳排放占据主导地位。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1040.0百万吨增至2020年的1649.8百万吨，年均增长率达4.7%。石油产品消费所产生的排放从2010年的343.8百万吨增长到2020年584.5百万吨，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，2020年占化石能源碳排放的比重仅为2.4%。

■ 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。2020年该行业消费化石能源所产生的碳排放为1090.6百万吨，占印度化石能源碳排放总量的47.6%，且在2010年至2020年呈现上升趋势。紧随其后的是非金属产品制造业，在2020年其消费化石能源所产生的碳排放量为471.1百万吨，占比为20.6%。此外，其他服务业和金属产品制造业也产生了较多的碳排放，2019年消费化石能源所产生的碳排放量分别为242.4百万吨和128.9百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

印度共有35个一级行政区，包括28个邦、6个联邦属地和1个国家首都辖区，其化石能源碳排放反映出显著的区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济程度大体相一致。以2020年为例，该国的化石能源碳排放主要集中在北部和中西部，其中，排放排名第一的北方邦排放二氧化碳394.3百万吨，占印度化石能源碳排放总量的17.2%。泰米尔纳德邦是印度主要产粮区之一，且发展了纺织、钢铁、水泥等工业，交通发达，化石能源消耗量大。其次是比哈尔邦和马哈拉施特拉邦，二氧化碳排放量分别占该国化石能源碳排放的9.0%和8.1%。北方邦是印度人口最多的邦，经济主要以农业和农业相关的加工业为支柱产业，GDP总量仅低于马哈拉施特拉邦。马哈拉施特拉邦是印度的主要经济和文化中心之一，当地矿产丰富，工业相对发达。相比之下，化石能源碳排放量较低的地区主要集中在印度的西北部和东北部。

■ 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2020年，印度化石能源消费产生的碳排放量从1383.8百万吨增长到2289.1百万吨，增加了65.4%。其中，2011年出现了化石能源碳排放的负增长，从2010年的1383.8百万吨降至1284.6百万吨。2011年至2018年，印度的化石能源碳排放增长速度保持稳定态势，每年以约13%的速度持续增加。2018年至2020年间，印度的化石能源碳排放出现回落，从2433.1百万吨降至2020年的2289.1百万吨，降幅5.92%。

■ 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。2020年CEADs的数据为2289.1百万吨，CDIAC为2319.3百万吨，EDGAR为2396.3百万吨，IEA为2073.0百万吨。2014年之前，CEADs计算的化石能源碳排放要低于其他机构的计算结果，其中，CEADs的数据在2010年至2011年间呈下降趋势，而其余机构计算的数据均呈增长趋势。2015年至2018年，CEADs的核算数据高于IEA、低于GCB与EDGAR，化石能源碳排放变化趋势最为一致。造成差距的主要原因在于统计数据来源及版本的不同。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。

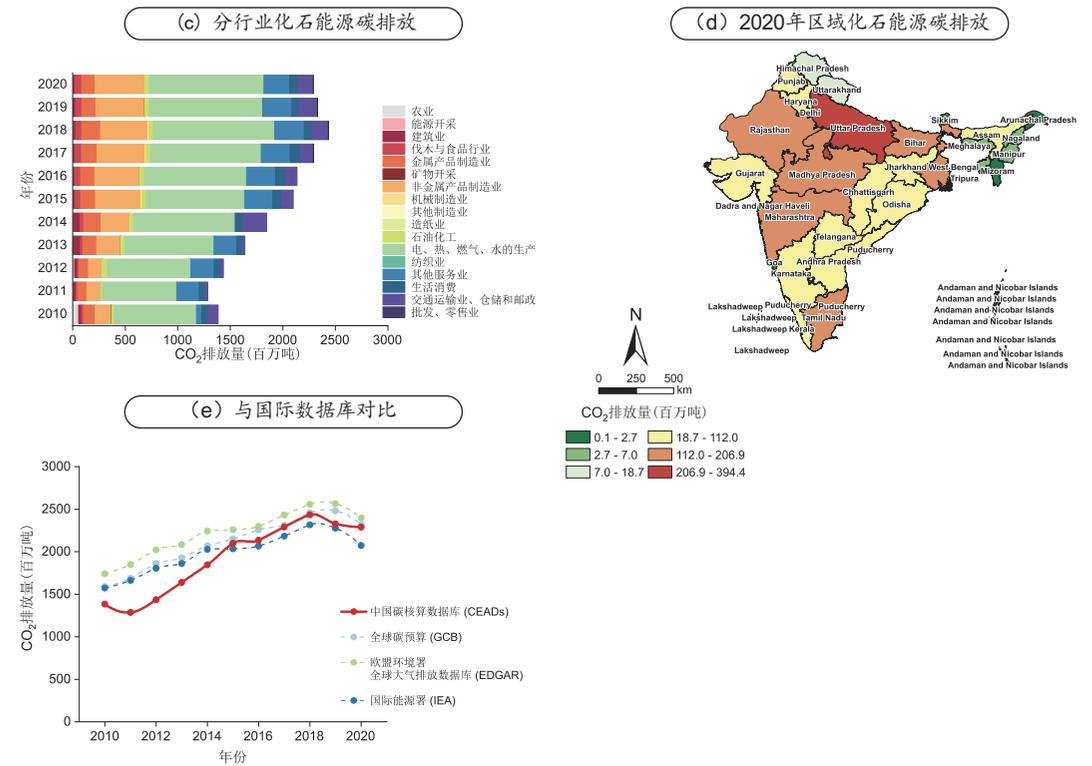


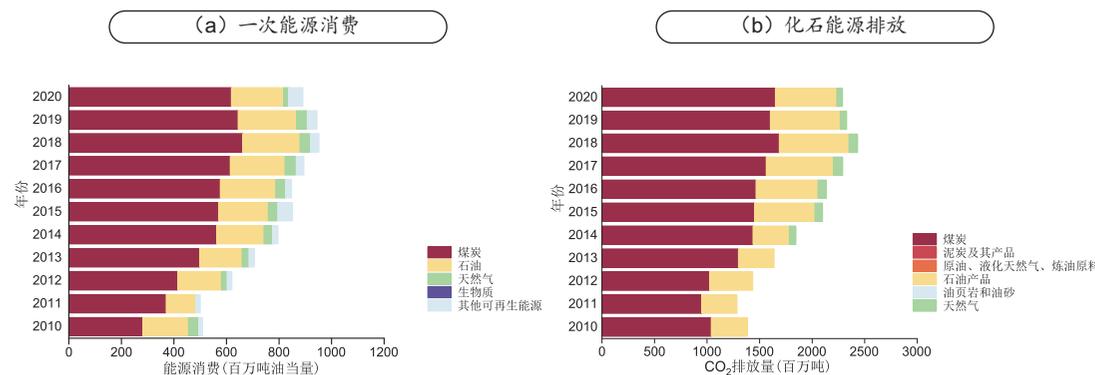
图2-6 印度2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

■ 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2010-2020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，利用印度统计局的行业经济数据进一步划分成为47个行业。区域数据按照印度能源统计年鉴中的各州分部门能源消费进行核算。

表2-6 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/
部门匹配指标	印度统计局——行业调查数据	http://www.csoisw.gov.in/CMS/cms/Home.aspx
	印度统计局——分部门产出数据	https://mospi.gov.in/web/mospi/reports-publications/-/reports/view/templateFive/901?q=RPCAT
国家到区域降尺度指标	印度能源统计年鉴	http://mospi.nic.in/statistical-year-book-india/2018/185
	印度温室气体平台 (GHG Platform India)	http://www.ghgplatform-india.org/economy-wide





菲律宾 PHILIPPINES

■ 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18533公里^[35]。根据菲律宾国家统计局的数据，菲律宾2021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，菲律宾人口委员会报告称，菲律宾人口增长率仍高居亚洲第一位，其总生育率为3.2人，意味着一对夫妇平均有3到4名子女。2020年，现价GDP为3622.4亿美元，同比疫情前增长4.2%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了1,531亿美元。菲律宾在海外工作的劳工约230多万人，是全球主要劳务输出国之一^[35]。

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。2020年，菲律宾服务业增加值约占GDP的61.4%，其中海外劳工汇款达299亿美元；工业增加值约占GDP的28.4%；农林牧渔业增加值约占GDP的10.2%。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^[36]，助力该国履行其到2030年将碳排放量减少70%的承诺^[37]。

■ 一次能源消费结构

2020年，菲律宾的化石能源消费在一次能源消费结构中占比接近64.9%，以煤炭和石油消费为主。其中，煤炭消费占比31.3%，石油消费占比28.0%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的20.4%；生物质占一次能源消费比重达14.6%。

■ 化石能源碳排放特征

2020年菲律宾的化石能源碳排放103.5百万吨，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。2020年，石油产品消费产生二氧化碳排放45.4百万吨，相较于2010年的碳排放占比有所下降，从占化石能源碳排放的57.4%下降到43.8%。煤炭产品消费产生二氧化碳排放49.8百万吨，占化石能源碳排放的48.1%。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12.1%降至2020年的8.1%。

■ 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二氧化碳排放量呈上升趋势，2020年达到55.2百万吨，占化石能源碳排放总量的53.4%。交通运输业、仓储和邮政是菲律宾第二大化石能源碳排放行业，2020年化石能源消费产生的二氧化碳排放量为27.7百万吨，占化石能源碳排放量的26.8%。此外，菲律宾的批发、零售业的化石能源碳排放也急剧增加，从2010年的1.4百万吨增加到2020年的3.6百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

菲律宾全国共分为17省，分别是国家首都区、科迪勒拉大区、伊罗戈斯大区、卡加延河谷大区、中央吕宋大区、甲拉巴松大区、西南他加禄大区、比科尔大区、西米沙鄢大区、中米沙鄢大区、东米沙鄢大区、三宝颜半岛大区、北棉兰老大区、达沃区、南哥苏萨桑大区、棉兰老穆斯林自治区和卡拉加大区。国家首都区是全国最大城市和主要的工业中心，区域中心是马尼拉。因为区域内繁华的经济工业活动，其成为菲律宾化石能源碳排放最高的区域之一，在2020年共产生碳排放为12.8百万吨，占菲律宾化石能源碳排放总量的12.4%。此外，甲拉巴松大区和中央吕宋大区也是菲律宾经济和人口的核心地带，2020年的化石能源碳排放量分别为15.4百万吨和11.8百万吨，分别占菲律宾化石能源碳排放总量的14.8%和11.4%。

■ 生物质碳排放特征

生物质占一次能源消费比重为14.6%。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年至2020年，菲律宾的化石能源二氧化碳排放呈现增长趋势，从2010年的65.8百万吨增加至2020年的103.5百万吨，年均增长率达到了4.6%。

■ 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，但是与EDGAR、GCB等国际机构数据相比，CEADs每年的数值较低。此外，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。

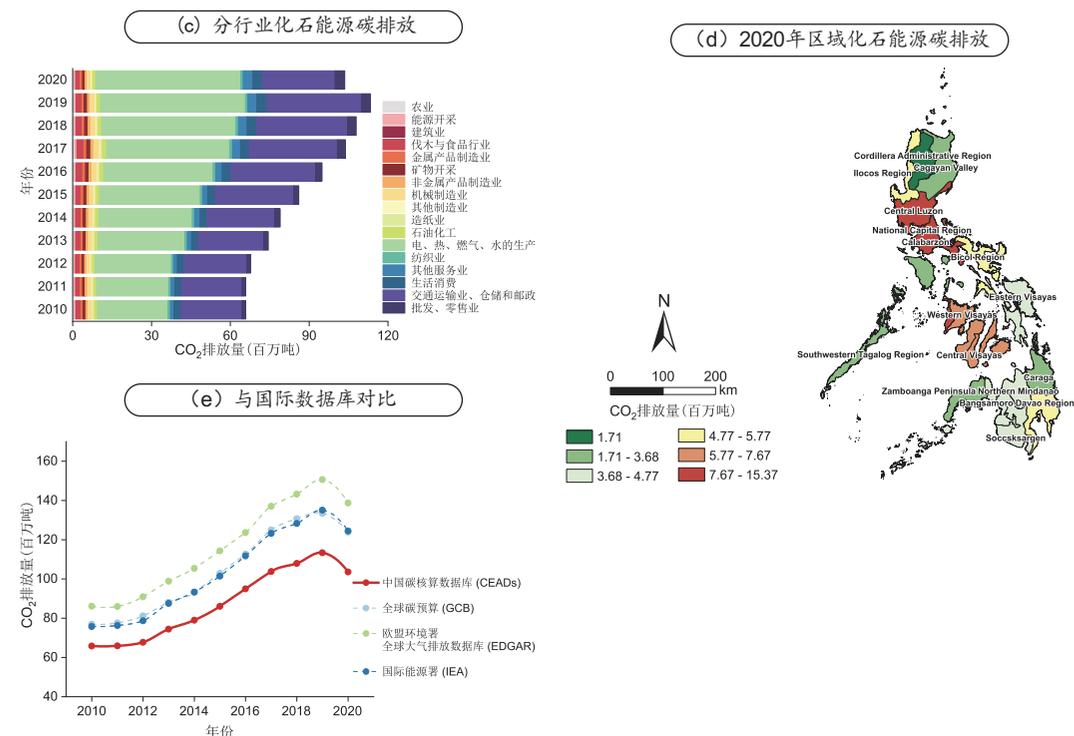


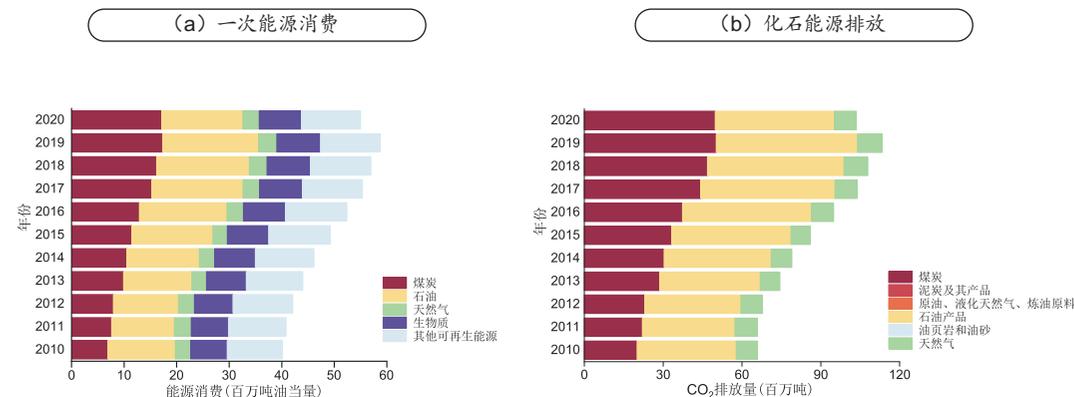
图2-7 菲律宾2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

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2010-2020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，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。此外，使用区域的人口分布情况将国家层面的数据映射到区域层面，此部分数据来自菲律宾国家统计局人口普查，缺失数据经过插值处理。

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://psa.gov.ph/sites/default/files/attachments/ird/specialrelease/Table%202.5%20Energy%20Balance%20Tables%2C%202010%20to%202019.xlsx
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
国家到区域降尺度指标	印度能源统计年鉴	https://psa.gov.ph/people





■ 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一，2021年GDP按现价计为457.4亿美元^[38]，人口为1115万^[39]，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，2021年约占GDP总量的23.7%；农业相对薄弱，其产值约占GDP总量的4.7%。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^[40]。

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^[41]。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%^[42]。

■ 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。2020年，石油消费占比53.8%，天然气消费占比39.0%，煤炭消费占比3.4%，化石能源消费总量占比接近99.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达0.8%。

■ 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，在2020年共产生碳排放13.2百万吨，占化石能源碳排放总量的55.8%。天然气消费所产生的碳排放从2010年的6.1百万吨增长到2020年9.2百万吨，增长速度明显。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

约旦最大的化石能源碳排放来源于电、热、燃气和水的生产行业。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为9.7百万吨，占约旦化石能源碳排放总量的40.8%，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、仓储和邮政部门，这是约旦近年来的第二大化石能源碳排放行业，在2020年占化石能源碳排放总量的37.9%，主要使用柴油、汽油、燃油。

■ 生物质碳排放特征

2020年约旦的生物质占一次能源消费结构的0.8%，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^[43, 44]。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

在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了17.3%，从20.2百万吨增至2020年的23.7百万吨。

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，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IEA的数据最为吻合，大约在5%。在比较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。

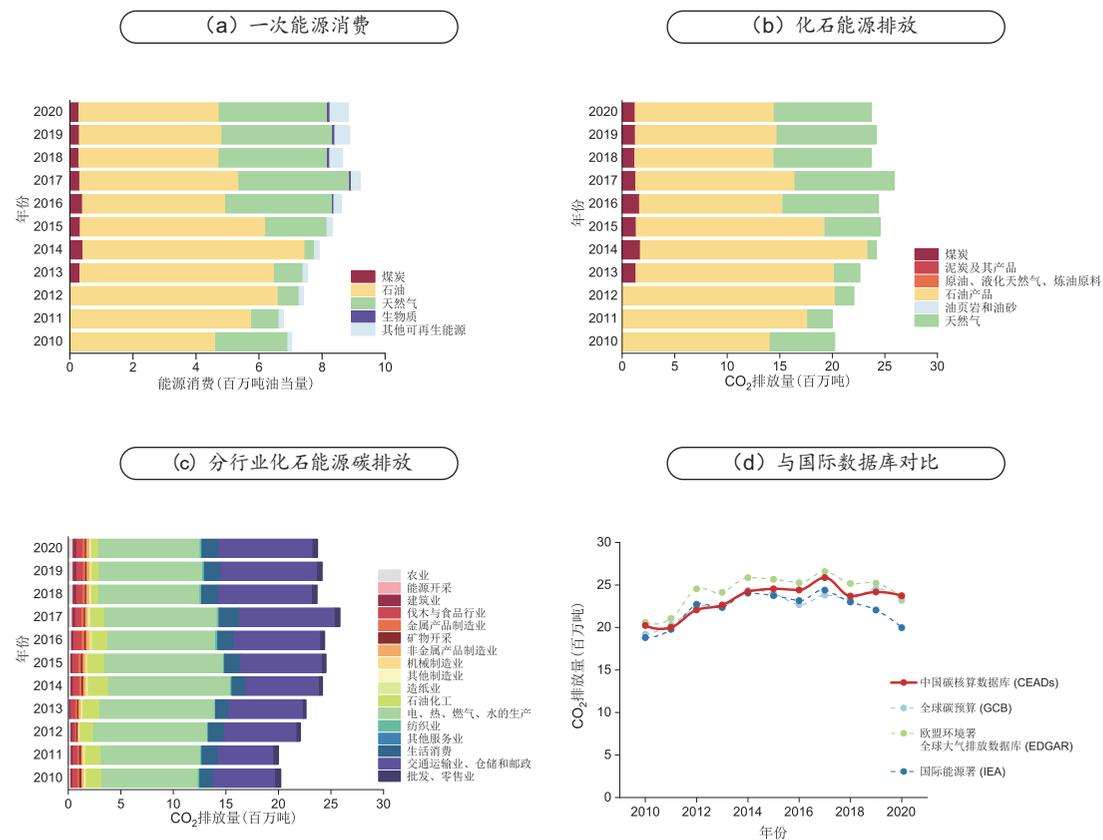


图2-8 约旦2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 与国际数据库对比



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2010-2018年的数据，2019和2020年的能源平衡表根据历史数据后续进行了补充。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作为分配基础，对行业进行降尺度匹配，分配到47个行业。此外，由于缺乏区域的相关数据，约旦暂无分区域的碳排放数据。

表2-8 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/



■ 国家背景

印度尼西亚，正式名称为印度尼西亚共和国，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17508个岛屿组成，陆地面积约为190.4平方公里。截至2021年2月，印度尼西亚的总人口为2.7亿，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。2020年，印度尼西亚按照可比价格计算的国内生产总值为1.1万亿美元，全球排名15位，尽管GDP总量较大，但人均GDP仍处于全球平均水平之下，在全球属于中等偏低收入国家。

服务业在印度尼西亚经济中占比最大，约占2020年GDP的49.3%，紧随其后的是制造业（19.9%）和农业（13.7%）。此外，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。

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%^[45]。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%^[46]。

■ 一次能源消费结构

2020年，印度尼西亚化石能源消费占一次能源消费结构的94.7%以上，以煤炭、石油和天然气三种能源为主。其中，煤炭消费占比48.6%，石油消费占比31.3%，以及天然气消费占比14.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达3.6%，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

在化石能源消费产生的碳排放中，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年开始年均增长率达到8.0%。2020年，煤炭的比例中占化石能源碳排放的62.6%。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年产生的碳排放一度超过煤炭，但2015年至2019年，石油的消费大幅减少，其产生的碳排放也随之减少，2020年石油的消费又进一步降低，产生的碳排放占化石能源碳排放的27.4%。此外，在印度尼西亚，天然气消费也产生了一定量的碳排放，每年约占化石能源碳排放的10.1%。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

2010-2020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。如，在2020年该行业消费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50.3%。生活消费以及交通运输业、仓储与邮政紧随其后，2020年分别占该国化石能源碳排放总量的11.9%和9.8%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

印度尼西亚的化石能源碳排放呈显著区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济发程度大体相一致。该国的化石能源碳排放主要集中在西南部的爪哇岛，该岛不仅有化石能源碳排放最高的三个省份（西爪哇、雅加达和东爪哇），也是全球人口密度最高的岛屿之一。2020年，西爪哇、雅加达和东爪哇化石能源碳排放总量达到281.4百万吨，占全国化石能源碳排放的45.0%。由此可见，化石能源碳排放量较高的地区主要在印度尼西亚西南部。

■ 生物质碳排放特征

2020年印度尼西亚生物质占一次能源消费结构的3.6%，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二氧化碳排放量迅速增加，从426.5百万吨增加到573.5百万吨，增长了34.5%。此后，化石能源消费产生的二氧化碳出现小幅度波动，2012-2015年呈下降趋势，减少了11.4%；2015-2019年呈上升趋势，上升了35.1%；2019-2020年化石能源二氧化碳排放从686.5百万吨降至626.0百万吨，下降了8.8%。

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，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，在数据上具有相似的起点，然而2012年后差距逐渐开始拉大。CEADs与GCB的二氧化碳排放数据的趋势也大致相同，虽然2013-2014年的结果有较大差距，但2015年之后二者又基本吻合。在比较CEADs与IEA的统计数据时，数值差距较大，平均相差约78.5百万吨。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）。

(e) 与国际数据库对比

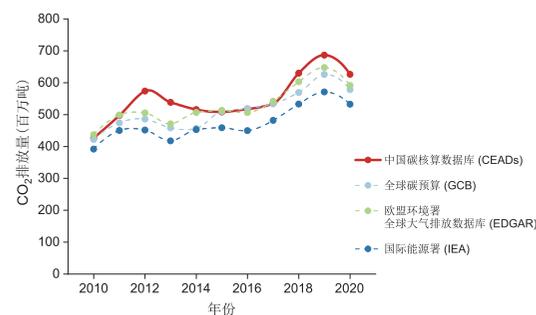


图2-9 印度尼西亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

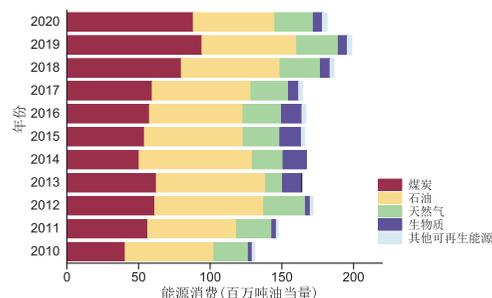
数据来源简述

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2020年。本研究中所采用的行业匹配指标与国家到区域的降尺度指标均为CEIC数据库的增加值。

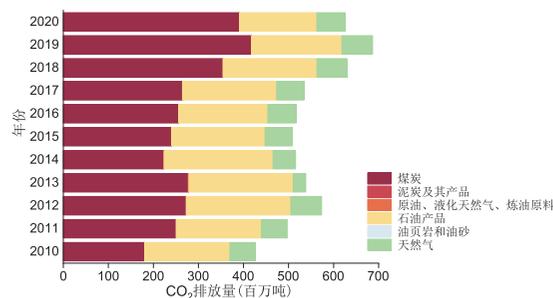
表2-9 印度尼西亚排放核算的数据来源

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/
国家到区域降尺度指标	印度尼西亚统计局	https://www.bps.go.id/indicator/52/286/1/-2010-verssion-gross-regional-domestic-product.html

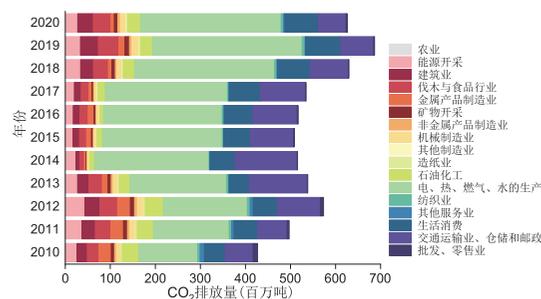
(a) 一次能源消费



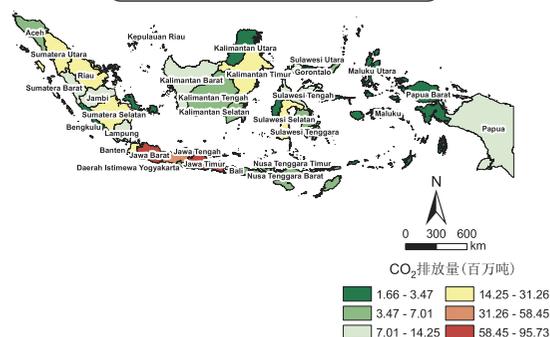
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放





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一，2021年按照现价GDP总量达到152.9亿美元^[47]，拥有320万人口^[48]，人均GDP略超过4000美元^[49]，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%，占蒙古出口的80%以上。近年来，非油气矿产品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^[50]。

蒙古拥有丰富的太阳能、风能和水电等可再生资源，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%^[51]。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%，2030年提高到30%，电力生产量达到1260GW^[52,53]。

■ 一次能源消费结构

2020年，蒙古化石能源消费占一次能源消费结构的99.1%，以煤炭和石油产品为主，几乎没有天然气的消费。其中，煤炭消费占比64.8%，石油消费占比33.9%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的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，煤炭消费是蒙古化石能源碳排放的最主要来源。2020年，煤炭消费产生二氧化碳排放11.5百万吨，占化石能源碳排放总量的72.7%。此外，石油产品也是蒙古重要的化石能源，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2020年的4.3百万吨，增长速度明显。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气、水的生产是蒙古化石能源碳排放最大的行业。2020年，该行业消费化石能源产生的碳排放为9.9百万吨，占蒙古化石能源碳排放总量的62.7%，这一比例在2010-2020年期间基本保持稳定。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，主要是使用汽油进行陆路运输，占化石能源碳排放总量的13.5%。其他服务业和生活消费紧随其后，分别贡献了6.5%和5.9%的化石能源碳排放。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

蒙古全国共分为1市和21个省，分别是乌兰巴托市、鄂尔浑省、达尔汗乌拉省、肯特省、库苏古尔省、科布多省、乌布苏省、中央省、色楞格省、苏赫巴托尔省、南戈壁省、前杭爱省、扎布汗省、中戈壁省、东方省、东戈壁省、戈壁县贝尔省、戈壁阿尔泰省、布尔干省、巴彦洪戈尔省、巴彦乌列盖省、后杭爱省。首都乌兰巴托市不仅是人口最密集的区域，也是该国化石能源碳排放最高的地区。该国绝大部分的生产经济活动都集中在乌兰巴托市，2020年消费化石能源产生碳排放12.1百万吨，占该国化石能源碳排放总量的76.6%。以乌兰巴托首都为中心的三省（达尔汗乌勒省、鄂尔浑省和色楞格省）同样也是高碳排放地区，消费化石能源所产生的碳排放分别为0.8、0.7和0.2百万吨，分别占该国化石能源碳排放量的5.0%、4.4%和1.2%。此外，东部地区的南戈壁省是另外一个高排放地区，贡献化石能源碳排放量的2.5%。化石能源碳排放最多的前五个省市的具有人口分布密集和交通便利的城市特征，其排放模式总体相同，电力生产是主要的工业结构，而蒙古西部和南部地区经济城市化发展水平较低，化石能源碳排放贡献比例较小，贡献不足10%。

■ 生物质碳排放特征

草原覆盖蒙古大约80%的面积，因此牧草是其主要的生物质来源。然而，目前缺乏对牧草生物质的准确核算，在能源平衡表与IEA数据中都未有公布，其他国际机构也未披露蒙古的生物质。

碳排放趋势

蒙古的化石能源碳排放量总体呈上升趋势。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了48.8%，从10.6百万吨增至2020年的15.8百万吨。在此期间，2013-2015年出现小幅波动，化石能源碳排放出现了缓慢下降的现象，主要是由于对采矿业的严格监管，在2015年达到化石能源碳排放最低值，为12.4百万吨。

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，结果显著偏低。CEADs与EDGAR和IEA结果的总量的差异不是很明显，大约在30%左右。在比较CEADs与IEA部门碳排放时，结果存在差异，主要体现在电力行业。其中CEADs核算的电力生产行业消费化石能源在2020年排放了9.9百万吨二氧化碳，IEA公布的数据为14.0百万吨，具有29.3%的差距。从结果上看，造成差异的主要原因是各机构对于电力生产行业的能源消费数据的统计口径有一定的差异，造成了电力生产行业的化石能源碳排放量之间的差距。

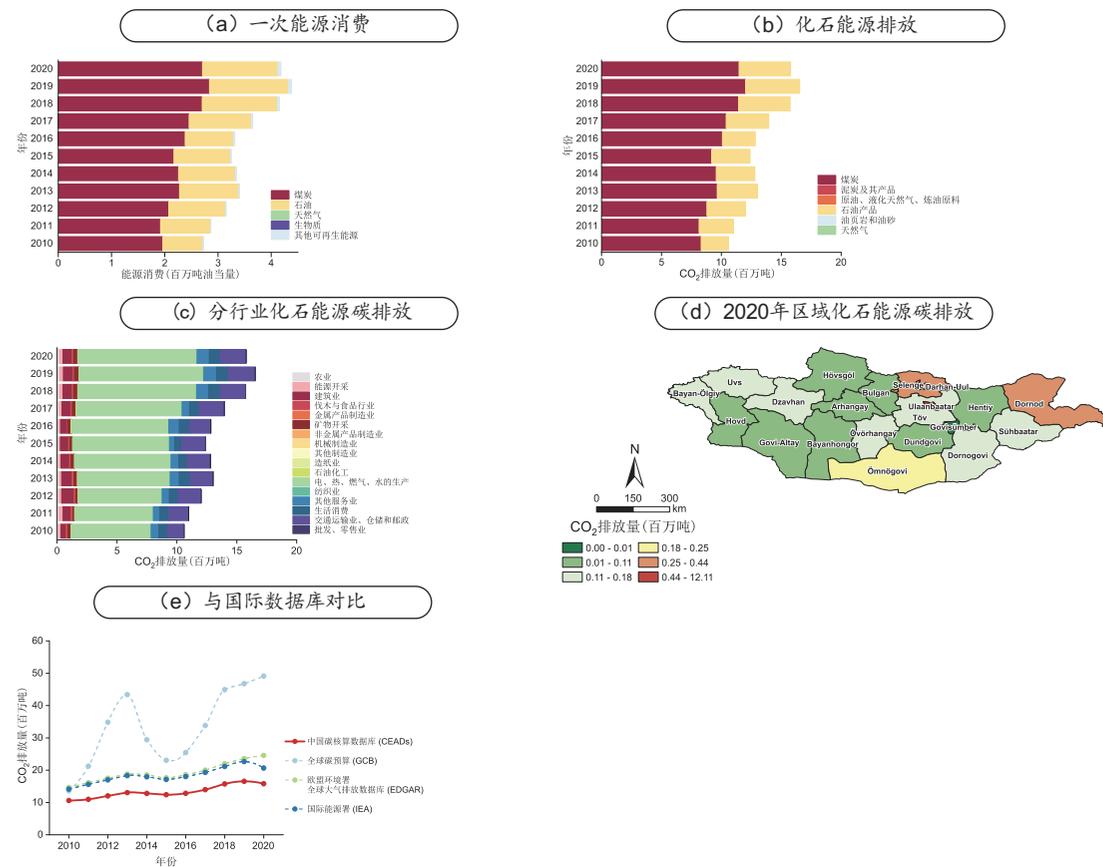


图2-10 蒙古2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

蒙古的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和2020年的能源平衡表根据历史数据后续进行了补充。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进一步降尺度分配到47个行业；蒙古国共分成了1个市和21个省，其中各省均发布每年详细的工业产出值以及各省的城乡人口数、农业、交通运输业、商业以及建筑业的生产总值来源于国家统计年鉴，以此来进行区域的降尺度划分。

表2-10 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
	家庭	https://www.1212.mn/Stat.aspx?LIST_ID=976_L03&type=tables
国家到区域降尺度指标	乌兰巴托统计局	http://ubstat.mn/Statistics
	鄂尔浑省统计局	https://orkhon.nso.mn/page/614
	达尔汗乌勒省统计局	https://darkhan-uul.nso.mn/page/1298
	肯特省统计局	http://www.khentii.nso.mn/page/1132
	库苏古尔省统计局	https://khuvs gul.nso.mn/page/726
	科布多统计局	https://khovd.nso.mn/page/651
	乌布苏省统计局	https://uvs.nso.mn/page/156
	中央省统计局	https://tuv.nso.mn/page/919
	色楞格省统计局	https://selenge.nso.mn/page/778
	苏赫巴托尔省统计局	https://sukhbaatar.nso.mn/page/295
	南戈壁省统计局	https://umngovi.nso.mn/page/1321
	前杭爱省统计局	https://uvurkhangai.nso.mn/page/94
	扎布汗省统计局	https://zavkhan.nso.mn/page/637
	中戈壁省统计局	http://dundgovi.nso.mn/page/645
	东方省统计局	https://dornod.nso.mn/page/276
	戈壁苏木贝尔省统计局	http://govisumber.nso.mn/page/674
	戈壁阿尔泰省统计局	https://govi-altai.nso.mn/page/1244
	布尔干州统计局	https://bulgan.nso.mn/page/853
	巴彦洪戈尔省统计局	http://bayankhongor.nso.mn/page/122
	巴彦乌尔盖省统计局	https://bayan-ulgii.nso.mn/page/333
	后杭爱省统计局	https://arkhangai.nso.mn/page/1359
东戈壁省统计局	https://dornogovi.nso.mn/	



斯里兰卡 SRI LANKA

■ 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。《世界概况》显示^[54]，斯里兰卡的陆地面积为65610平方公里。根据《世界经济展望数据库（2020）》^[55]，2019年该国人口约为2192万人，其人均GDP约为3293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。Tissa^[56]指出，热带地区的主要农产品是水稻、橡胶、椰子、咖啡等具有代表性的经济作物。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电项目。在现有458兆瓦太阳能发电容量基础上增加4800兆瓦，同时在现有248兆瓦风电容量基础上增加3500兆瓦。

■ 一次能源消费结构

斯里兰卡的化石能源消费占一次能源结构的比重接近46.3%，以石油产品为主。2020年，石油消费占比39.6%，煤炭消费占比13.2%，天然气占比为0。此外，生物质占一次能源消费比重达34.8%，这是斯里兰卡居民大规模使用柴火等生物质能源所导致。斯里兰卡其他可再生能源占一次能源消费比重达12.5%，其中以水电为主。

■ 化石能源碳排放特征

石油产品消费是斯里兰卡化石能源碳排放的最主要来源。石油产品作为斯里兰卡最主要的化石能源，2020年石油产品消费产生二氧化碳排放13.9百万吨，占化石能源碳排放的69.6%。煤炭消费所产生的二氧化碳排放从2010年的0.2百万吨增长到2020年6.1百万吨，年均增长率为34.5%，增长迅速。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

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电、热、燃气和水的生产以及交通运输业、仓储和邮政。2017年交通运输业、仓储和邮政所产生的碳排放达到近年来的巅峰，2017年该行业所产生的碳排放为11.0百万吨，此后缓慢下降。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放为8.7百万吨，占斯里兰卡化石能源碳排放总量的43.7%，主要使用的产品有柴油、汽油、航空燃油等。此外，电、热、燃气和水的生产在2020年产生的碳排放为8.8百万吨，占斯里兰卡化石能源碳排放总量的44%。

■ 生物质碳排放特征

2020年斯里兰卡的生物质能占一次能源消费结构的34.8%，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二氧化碳排放量从2010年的21.5百万吨缓慢下降至2020年的18.5百万吨。

■ 碳排放趋势

斯里兰卡的二氧化碳排放增长较快。在2010年至2020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2020年的19.9百万吨，年均增长率为9.5%。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2020年的18.5百万吨。

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对能源品种的分类口径比较粗糙，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，2020年，CEADs核算数据为38.5百万吨。

(e) 与国际数据库对比

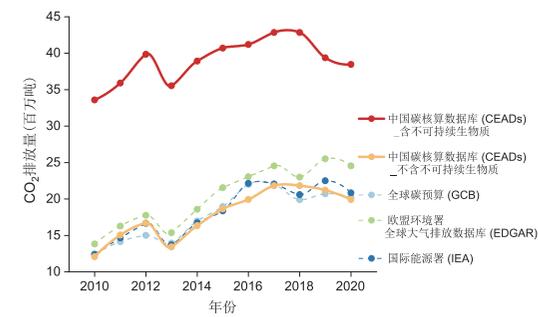
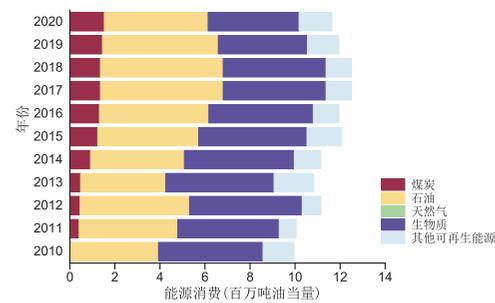
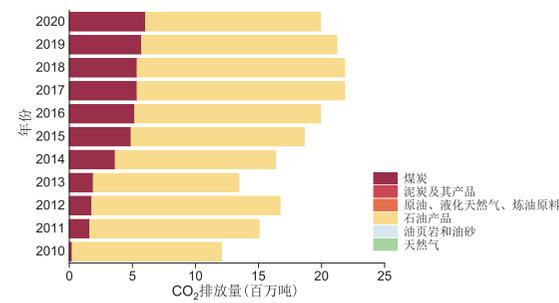


图2-11 斯里兰卡2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比

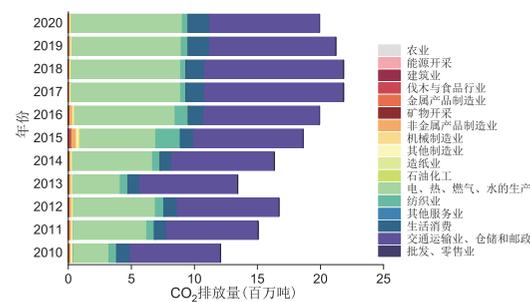
(a) 一次能源消费



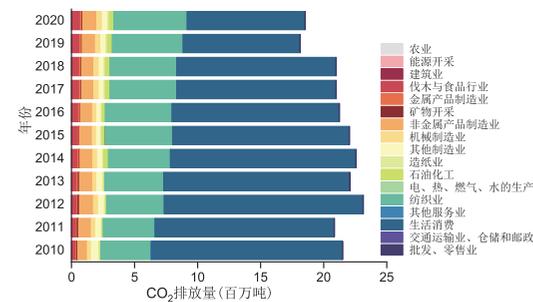
(b) 化石能源碳排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放



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2012-2020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，我们采用其国家统计局公布的工业部门的产出数据以及农业、交通业和服务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。此外，由于缺乏区域的相关数据，斯里兰卡暂无分区域的碳排放数据。

表2-11 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)	https://comtrade.un.org



亚美尼亚 ARMENIA

■ 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^[57]。2010年至2020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^[58]。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年亚国内生产总值为139亿美元，同比增长5.7%，外贸额83.79亿美元，同比增长17.7%。2022年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%^[59]。

■ 一次能源消费结构

2020年，亚美尼亚化石能源消费占一次能源消费结构的70.5%，以天然气为主。其中，天然气消费占比55.5%，石油消费占比14.8%。此外，水能太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的27.3%；生物质占一次能源消费比重达2.2%。

■ 化石能源碳排放特征

亚美尼亚天然气消费所产生的二氧化碳排放占据主导地位，2020年占化石能源碳排放的77.0%；并呈现大幅增长态势，从2010年的3.3百万吨到2020年的4.9百万吨，年均增长率为4.0%。石油及产品也是该国二氧化碳排放的主要来源。2010-2020年，石油及产品产生的二氧化碳排放呈现增长态势，从2010年的0.6百万吨到2020年的1.4百万吨。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

住宅生产是亚美尼亚最大的化石能源碳排放行业，2020年住宅消费产生的化石能源碳排放为1.64百万吨，约占碳排放总量的25.7%。其次是电、热、燃气、水的生产的化石能源碳排放，2020年，电、热、燃气、水的生产的化石能源碳排放为1.6百万吨，占化石能源碳排放总量的25.4%。同时交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放较为稳定，其2020年约占化石能源碳排放总量的18.7%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，生物质仅占一次能源消费结构的2.2%左右，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2020年的0.32百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

亚美尼亚的化石能源碳排放呈显著区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济程度大体相一致。该国的化石能源碳排放主要集中在首都埃里温，2020年埃里温地区的化石能源碳排放达到3.8百万吨，约占全国总的化石能源碳排放占比的59.9%。由此可见，埃里温作为亚美尼亚的经济和政治文化中心，同时也是化石能源碳排放量较高的地区。

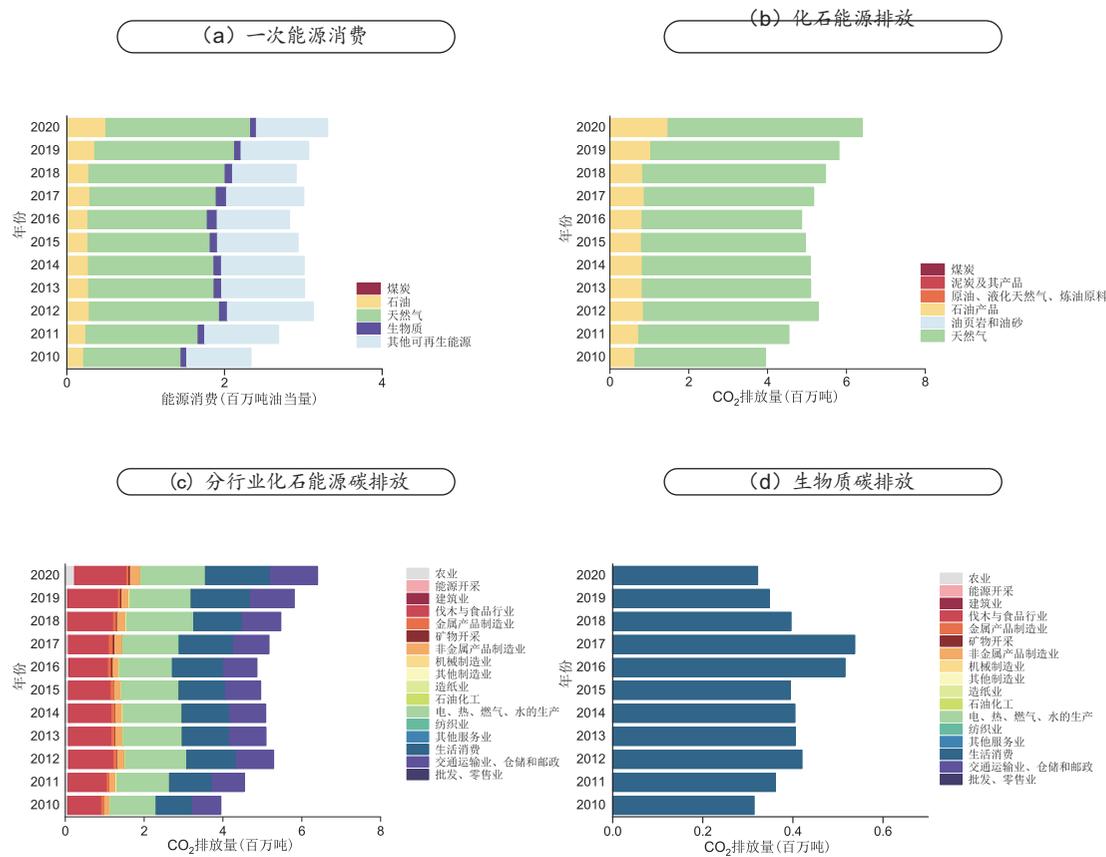
■ 碳排放趋势

2010-2020年，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的3.9百万吨增至2020年的6.4百万吨，年均增长率为4.9%。期间，生物质消费所产生的碳排放从0.3百万吨增加到0.3百万吨，整体变化不大。

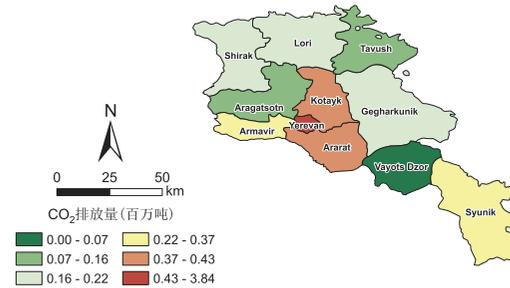
与国际数据库对比

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与树枝上几乎相同，仅与各大国际机构在2020年数值有微小差距。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，2020年，CEADs的核算数据为6.4百万吨，IEA核算数据为6.3百万吨，EDGAR核算数据为6.38百万吨。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年CEADs统计数据略高于GCB统计数据，2020年GCB统计数据为6.1百万吨。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，2020年，CEADs核算数据为6.7百万吨。



(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

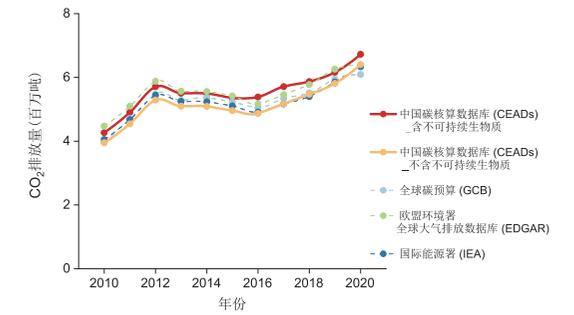


图2-12 亚美尼亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2015-2020年能源平衡表。据统计，亚美尼亚消费的化石能源主要有四种，分别是煤炭、石油产品、天然气和其他。值得注意的是，其他即为生物质。虽然这在亚美尼亚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，使用了亚美尼亚农业统计委员会提供的GDP数据。为了更好的描述亚美尼亚分区域的碳排放等情况，国家到区域的降尺度指标来自于亚美尼亚农业统计委员会。

表2-12 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	亚美尼亚农业统计委员会	https://armstatbank.am
国家到区域的降尺度指标	亚美尼亚农业统计委员会	https://armstatbank.am



伊朗 IRAN

■ 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，2021年伊朗国内生产总值按现价约为3597.0亿美元^[60]，人均GDP为4091.2美元^[61]，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。

2021年，伊朗农业、工业、服务业三大产业增加值占GDP比重分别为12.4%、38.0%和49.6%。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^[62]。据伊朗海关总署数据显示，2021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^[63]。

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%^[64]的目标。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

伊朗的一次能源消费结构以天然气和石油产品为主。2020年，天然气消费占比70.9%，石油产品消费占比26.9%，煤炭消费占比0.2%，化石能源消费总量占比接近98.1%。此外，生物质占一次能源消费比重0.5%，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的1.4%。

■ 化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，天然气和石油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2020年共产生碳排放355.0百万吨，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229.4百万吨减少到2020年的177.7百万吨，减少了22.5%。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、燃气和水的生产部门。2020年，该部门消费化石能源所产生的碳排放为171.5百万吨，占化石能源碳排放总量的32.1%，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、仓储和邮政部门，这是伊朗的第二大化石能源碳排放部门，在2020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批发、零售部门，其消费化石能源产生的碳排放占化石能源碳排放总量的15.3%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

伊朗共分为31省，分别是德黑兰省、库姆省、中央省、加兹温省等。德黑兰省是伊朗行政首都所在地，是全国主要的经济和工业中心，其成为伊朗化石能源碳排放最高的区域，在2020年该地区的化石能源碳排放量为128.65百万吨（24.1%）。此外，法尔斯、伊斯法罕和库尔德斯坦的化石能源碳排放量分别26.5百万吨（4.9%）、36.8百万吨（6.9%）和58.2（10.9%）百万吨。

■ 生物质碳排放特征

2020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^[65]。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545.7百万吨。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2.1%。

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，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。

(e) 与国际数据库对比

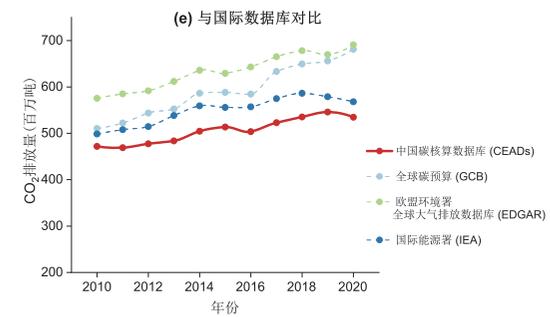


图2-13 伊朗2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

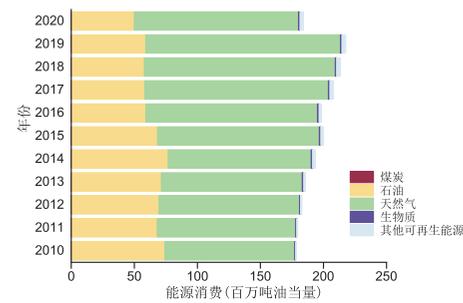
数据来源简述

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进一步降尺度分配到47个行业；伊朗共分成了31个省，其中国家统计局年鉴中涵盖各省每年详细的工业产出值以及各省的城乡人口数、农业、交通运输业、商业以及建筑业的生产总值等数据，以此来进行区域的降尺度划分。

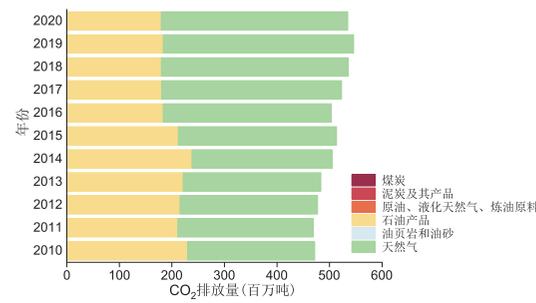
表2-13 伊朗排放核算的数据来源

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	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
国家到区域的降尺度指标	伊朗统计局	https://www.amar.org.ir/english/Iran-Statistical-Yearbook

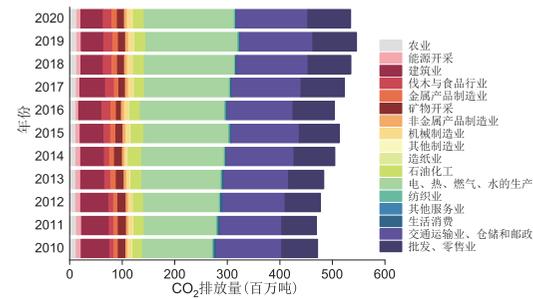
(a) 一次能源消费



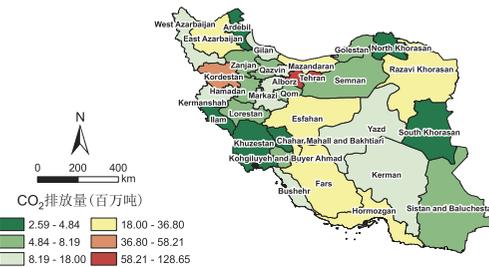
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放





泰国

THAILAND

■ 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^[66]。在过去的几十年里，泰国的经济发展取得了巨大的进步。2020年，国内生产总值达到5018亿美元（现价）^[67]。

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^[68]。在国际贸易方面，2020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^[69]。近年来，泰国的最终能源消费稳步增长。石油产品占2020年能源消费总量的36.3%，也是所有燃料类型中占比最大的能源。

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%^[70]。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^[71]。

■ 一次能源消费结构

2020年，泰国化石能源消费占一次能源消费结构的80.2%，以石油为主。其中，石油消费占一次能源消费的36.3%，天然气消费占比29.0%，煤炭消费占比15.0%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的1.1%，生物质占一次能源消费比重达18.7%。

■ 化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，石油产品贡献最大，2020年其消费产生二氧化碳排放111.5百万吨，占化石能源碳排放的45.4%。天然气消费所产生的碳排放量也比较稳定，占化石能源碳排放量的比重从2010年的29.1%到2020年的29.1%，基本保持不变。相比之下，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24.4%上升到2020年的25.5%。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

泰国化石能源消费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，尽管其占化石能源碳排放总量的比重呈现波动，但总体上略有增加，从2010年的33.9%增加到2020年的38.1%。电、热、燃气、水的生产行业二氧化碳排放量紧随其后，2020年消费化石能源所产生的碳排放达到89.9百万吨，其占化石能源碳排放总量的比重从2010年的38.1%略微下降到35.8%。在此期间，其他制造业消费化石能源产生的碳排放占化石能源碳排放总量的比重基本保持稳定，2020年占到总量的20.0%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

泰国的化石能源碳排放呈显著区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济发达程度大体相一致。曼谷与罗勇府作为泰国经济最发达的两个地区，也是碳排放主要集中的地方，其中曼谷的碳排放占泰国整体碳排放的19.5%，罗勇府的碳排放占泰国整体碳排放的10.6%，其余碳排放分散在其他省份。

■ 生物质碳排放特征

2020年，生物质占一次能源消费结构的18.7%左右，主要用于电、热、燃、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2020年的16.1百万吨。

碳排放趋势

在2010年至2020年间，化石能源消费产生的二氧化碳排放增加了11.8%，从219.6百万吨增至2020年的245.6百万吨，年均增长率为1.1%。在此期间，生物质消费产生的二氧化碳排放从31.7百万吨下降到16.1百万吨。

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。2020年国际数据库核算的碳排放总量分别为GCB254.8百万吨，EDGAR265.8百万吨，IEA243百万吨，CEADs245.6百万吨，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，CDIAC数据和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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为261.6百万吨。

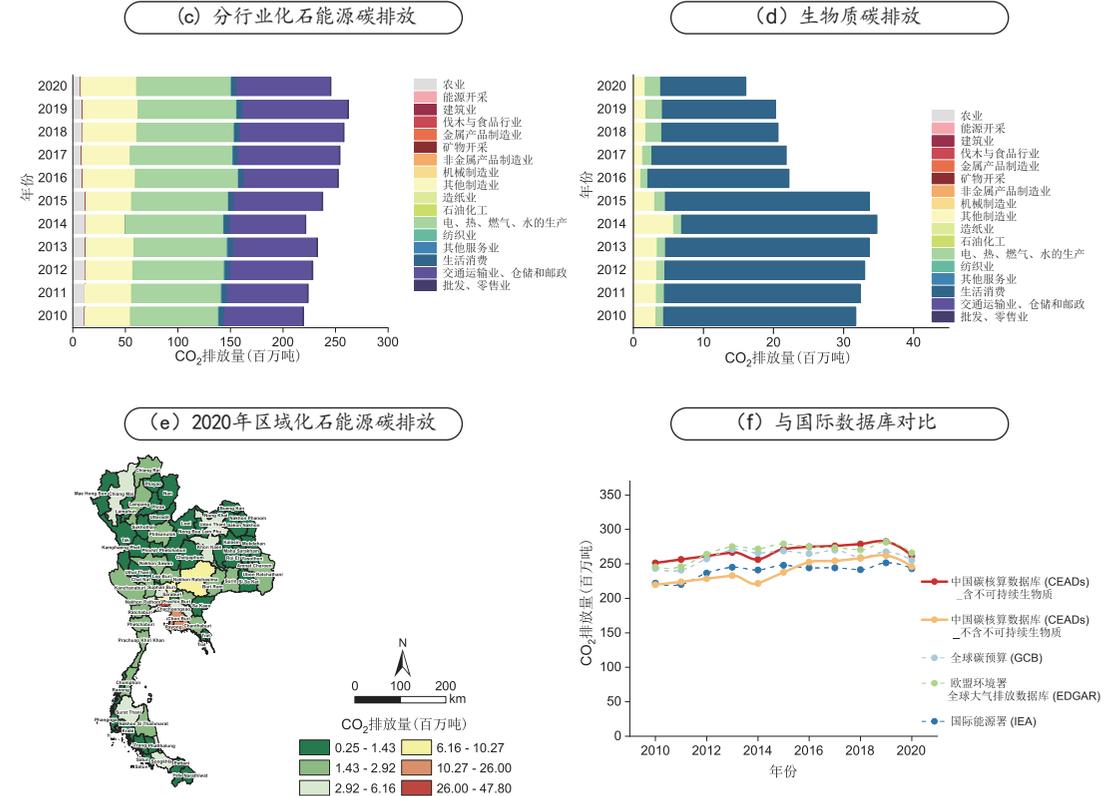
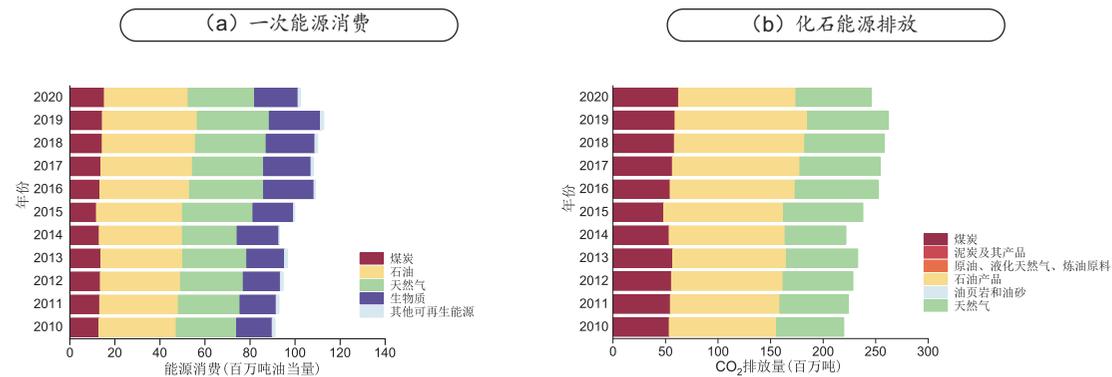


图2-14 泰国2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2013-2020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。为了更好的描述泰国分区域的碳排放等情况，国家到区域的降尺度指标来自于泰国能源部的泰国区域能源数据库。

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
国家到区域的降尺度指标	泰国能源部	https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47340



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。马来西亚统计局显示^[72]，马来西亚国土面积为330345平方公里，2020年全国人口总计3327万，人均GDP11604美元，世界排名第60位。

马来西亚是亚洲基础设施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^[73]，马来西亚2020年农业部门增加值占GDP的8.19%，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^[74]，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^[75]，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

2020年，马来西亚的化石能源消费占一次能源结构的比重接近95.6%，天然气消费占比33.4%，石油产品消费占比34.6%，煤炭消费占比27.6%。以水能为主的其他可再生能源的占比为3.1%。此外，生物质占一次能源消费比重为1.3%。

■ 化石能源碳排放特征

煤炭和焦炭消费是马来西亚化石能源碳排放的最主要来源。煤炭和焦炭作为马来西亚最主要的化石能源，2020年煤炭和焦炭消费产生二氧化碳排放79.6百万吨，占化石能源碳排放的37.3%。石油产品消费所产生的排放从2010年的61.7百万吨增长至2020年的75.0百万吨。天然气也是马来西亚主要的化石能源，2020年天然气消费所产生的二氧化碳排放为58.9百万吨，占化石能源碳排放的27.6%。

■ 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2020年的107.2百万吨，占化石能源碳排放总量的50.2%。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2020年为68.7百万吨，占化石能源碳排放总量的32.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020年马来西亚的生物质消费占一次能源消费结构的1.3%，主要用于电力部门和交通运输业、仓储和邮政。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2020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1.6%，从180.2百万吨增至2020年的213.5百万吨。

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核算的马来西亚化石能源二氧化碳排放量与IEA、EDGAR和CDIAC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CDIAC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。

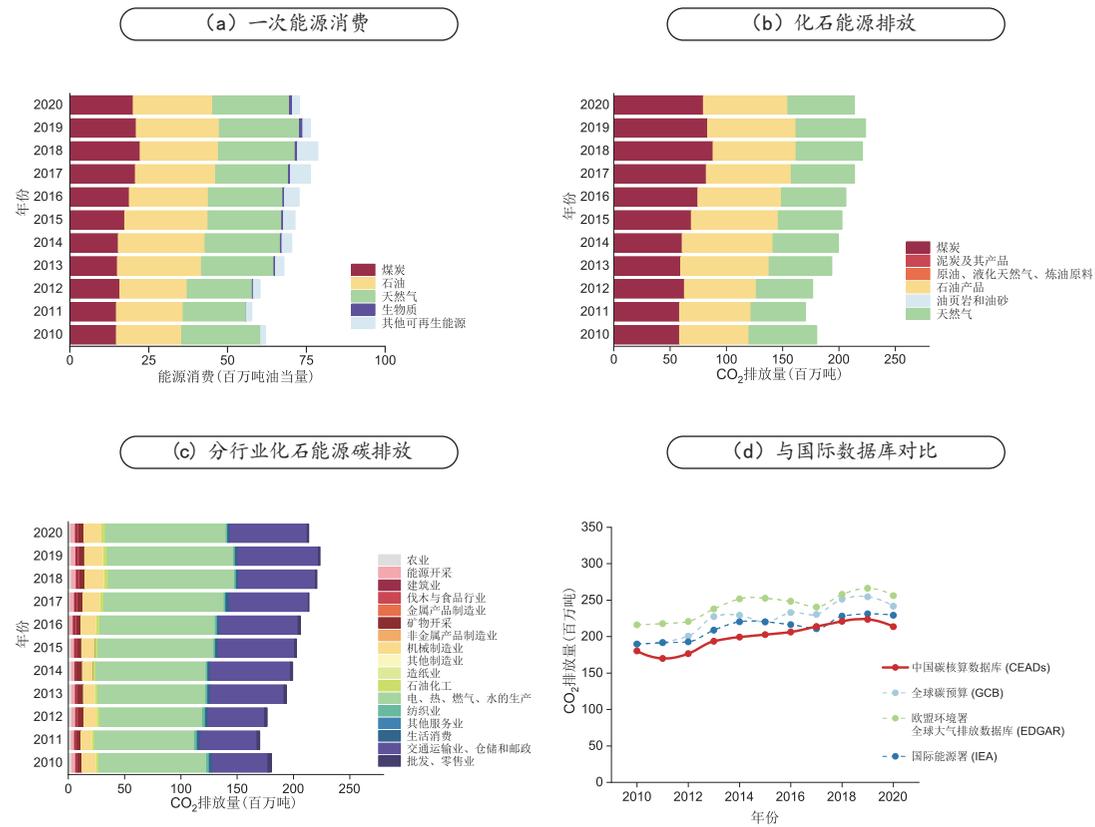


图2-15 马来西亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 与国际数据库对比



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。

表2-15 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	https://www.dosm.gov.my/v1/index.php



中国 CHINA

■ 国家背景

中国位于亚洲东部，太平洋西岸，陆地面积约960万平方千米^[76]。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‰^[77]。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^[78]，上升到2020年突破100万亿元^[79]，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^[80]。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^[81]，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取得了长足的进步，如电子信息、生物医药、新能源、高端装备制造等领域，2013年起，中国光伏装机已连续十年位居全球第一，新能源汽车持续爆发式增长连续八年保持全球第一，已经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10亿千瓦大关，占全国发电总装机容量的比重超过40%。其中，水电、风电、光伏发电、生物质发电装机规模分别连续17年、12年、7年和4年稳居全球首位。2020年中国可再生能源消费总量达6.8亿吨标准煤，占一次能源消费总量的13.6%。其中，可再生能源发电量2.2万亿千瓦时，占全部发电量的29.1%，主要流域水电、风电、光伏发电利用率分别达到97%、97%、98%^[82]。

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^[82]。

■ 一次能源消费结构

2020年，中国化石能源消费占一次能源消费结构的93.3%。其中，煤炭消费占比64.9%，石油消费占比20.2%，天然气消费占比8.1%。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6.7%。

■ 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于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2020年1236.6百万吨，其占化石能源碳排放总量的比例从2010年的11.9%增长到2020年的12.5%。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2020年的445.6百万吨，且天然气消费产生的碳排放占化石能源碳排放总量的比例也从2010年的2.3%上升至2020年的4.5%^[83-86]。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

电、热、燃气和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。2020年该行业消费化石能源所产生的化石能源碳排放量为4749.2百万吨，占中国化石能源碳排放总量的48.1%。紧随其后的是黑色金属冶炼及延压加工业，在2020年其消费化石能源所产生的碳排放量为1916.4百万吨，占比为19.4%。此外，非金属矿物制品业和服务业也是碳排放主要贡献部门，其2020年消费化石能源所产生的碳排放量分别为1153.5百万吨和1370.8百万吨^[83-86]。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

中国由34个一级行政区组成，包括23个省、4个直辖市、5个自治区及2个特别行政区。这些行政区使用化石能源产生的碳排放表现出明显的区域差异，与其经济结构与资源禀赋密切相关。以2020年为例，大部分的化石能源碳排放集中在北部地区。河北省的排放量位居首位，达到了939.4百万吨，约占全国的8.6%。河北省作为能源消费大户，主要以化石能源为主，尤其是煤炭，呈现“三高”现象，即煤炭消费比重、人均煤炭消费量、万元GDP能耗均高于全国水平^[87]。

紧随其后的是山东省和内蒙古自治区，其化石能源碳排放量分别占全国的8.5%和7.7%。山东省是中国的重要工业中心，是国内众多行业如汽车、船舶、重工、化工、家电和纺织的制造基地，2020年山东省的电力行业二氧化碳排放量为540.4百万吨二氧化碳，占该省总排放的58.1%。内蒙古自治区拥有丰富的煤炭、石油、天然气资源，以及多个重要的工业生产基地^[88]，燃煤相关的二氧化碳排放量占该自治区总碳排放的80.60%。海南省、青海省和北京市为二氧化碳排放量最低的行政区，2020年，它们的碳排放量分别为40.3百万吨、47.9百万吨和76.8百万吨，占全国的0.37%、0.44%和0.70%^[83-86]。

碳排放趋势

2010年至2020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9183.9百万吨，增加了24.8%。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。

与其他数据对比

中国政府在《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》（以下简称《更新报告》）中对中国全国及分行业的二氧化碳排放数据进行发布，这是当前由中国政府披露的最新二氧化碳排放数据，将CEADs核算数据按照《更新报告》中部门定义范围加总后与其进行对比，结果发现：2014年，CEADs核算中国全国与能源相关的二氧化碳排放为8727.1百万吨，《更新报告》中披露数据为8924.9百万吨，两者差别2.2%；从分部门来看，CEADs核算2010年中国制造业和建筑业整体二氧化碳排放为2890.01百万吨，《更新报告》中披露数据为2914.3百万吨，两者差别为0.8%；CEADs核算2014年中国能源供应部门（即前文所述电、热、燃气和水的生产行业）二氧化碳排放为3984.3百万吨，《更新报告》中披露数据为3998.3百万吨，两者差别为0.4%。

此外，CEADs的化石能源碳排放数据与GCB、EDGAR和IEA的数据虽然在数值上存在差异，但在总体趋势上是高度一致的。值得注意的是，CEADs的数据始终明显低于GCB和IEA。这种差异产生的主要原因是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%，因此我们认为对于中国二氧化碳排放的核算需要采用上述实地测量的修正排放因子^[89]。EDGAR的数据仅考虑了化石能源的排放，但EDGAR的估算值相对较高，这表明每个数据库的估算都存在一定不确定性。值得一提的是，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3.5%，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%，我们认为CEADs核算数据具有较强的可靠性。

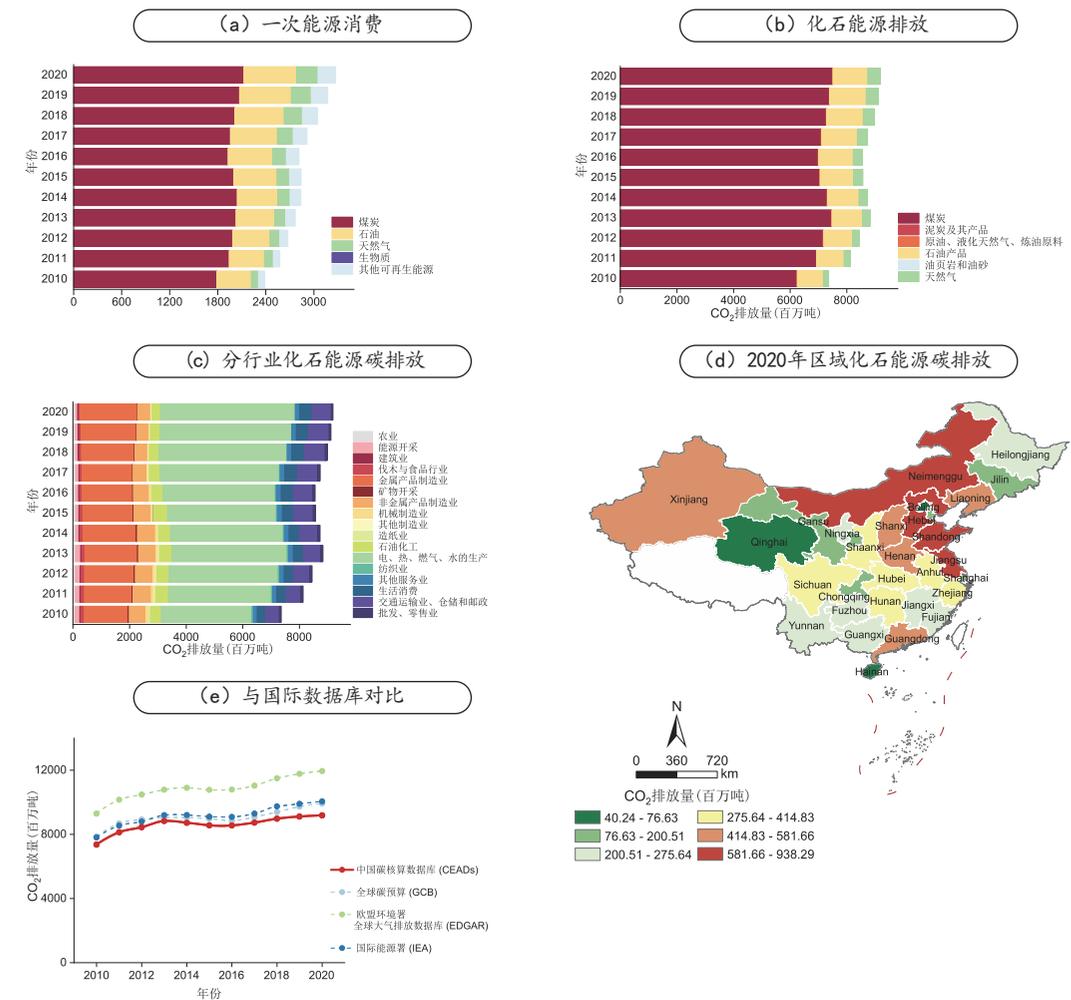


图2-16 中国2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

本报告使用的能源数据有两部分来源：一是中国国家统计局能源司提供的2010-2020年国家和30个省的能源平衡表；另一部分是30个省的统计局提供的2010-2020年分行业分能源品种消费量。据统计，共有20种能源消耗量，其中化石能源共有17种。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2-16 中国排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
国家级能源平衡表	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 and cement production in China"	https://doi.org/10.1038/nature14677
省级能源平衡表 省级分行业分能源品种消费量	中国能源统计年鉴 各省统计年鉴	http://60.16.24.131/CSYDMirror/area/Yearbook/Single/N2019080025?z=D07 https://www.zgtjnj.org/naviBooklist-YOFGE-0.html



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，其2020年国内生产总值按现行价格计算为7201亿美元，全球经济排名第17位。根据其统计局最新统计的人口数据，2021年土耳其人口为8631.19万人，人均GDP达8538美元。

旅游业是土耳其的经济支柱产业，2020年占GDP总量的比重达54.64%。土耳其的工业门类比较齐全，贡献了GDP总量的19.1%，其中冶金工业、纺织工业、皮革工业是工业领域的突出行业。在国际贸易方面，2020年土耳其总出口额达到1695亿美元，汽车出口位列第一，达到221亿美元，占总出口额13%，其次机械及电子产品分别贡献9.9%和5.5%。土耳其主要的进口品包括石油产品、贵金属等，主要的贸易伙伴依次是中国、德国、俄罗斯等。

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^[90]。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^[91]。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^[92]。

■ 一次能源消费结构

2020年，土耳其化石能源消费占一次能源消费结构的83.4%，主要以煤炭、石油和天然气为主。其中，煤炭消费占比28.8%，天然气消费占比28.3%，石油消费占比26.2%。此外，太阳能、地热能及其他可再生能源占一次能源消费的15.6%，生物质占一次能源消费比重仅为0.9%。

■ 化石能源碳排放特征

土耳其的化石能源碳排放主要来源于煤炭消费。煤炭作为该国最主要的化石能源，2020年其消费产生碳排放167.6百万吨，占化石能源碳排放的45.3%，该比例相较于2010年的43.1%略有上升。石油产品消费所产生的二氧化碳达到112.7百万吨，占化石能源碳排放的30.5%。其次是天然气消费导致的二氧化碳排放，占化石能源碳排放的24.1%。

■ 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。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量为138.8百万吨，占土耳其化石能源碳排放总量的37.5%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政，在2020年占化石能源碳排放总量的22.7%。第三是住宅，2020年，该行业消费化石能源产生了43.6百万吨碳排放，占化石能源碳排放总量的13.2%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

土耳其化石能源碳排放的空间分布特点明显，与人口分布和经济发展程度高度吻合。该国化石能源碳排放前三的城市分别是伊斯坦布尔、伊兹密尔和安卡拉，2020年分别排放二氧化碳181.5百万吨、24.9百万吨和22.3百万吨，占该国化石能源碳排放总量的41.8%、5.7%和3.9%。其中，伊斯坦布尔是土耳其的经济文化中心，也是欧洲人口最多的城市，2020年人口为1550万人。安卡拉和伊兹密尔分别是土耳其的第二和第三大城市，作为该国经济、人口集中区域，也是主要的碳排放区域。

■ 生物质碳排放特征

2020年土耳其的生物质约占一次能源消费结构的0.9%，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物^[93]。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

2010-2020年，土耳其化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现上升态势，从282.5百万吨增至369.5百万吨。其中土耳其2017年的碳排放达到峰值382.3百万吨，此后一直呈现下降趋势。

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。2020年，CEADs为369.5百万吨，IEA为361.1百万吨，EDGAR为416.5百万吨，GCB为366.1百万吨。CEADs与IEA的数据结果存在2.27%的差距，而显著小于EDGAR的核算结果。结果差异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。

(e) 与国际数据库对比



图2-17 土耳其2010-2020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) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

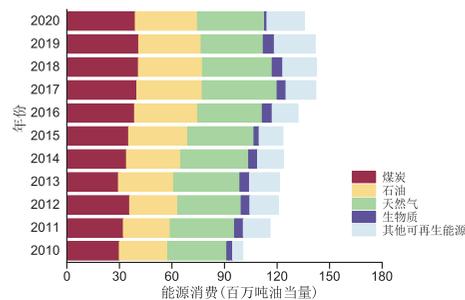
数据来源简述

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2010-2020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。通过各省的人口数据，将国家级数据降尺度到了区域级。

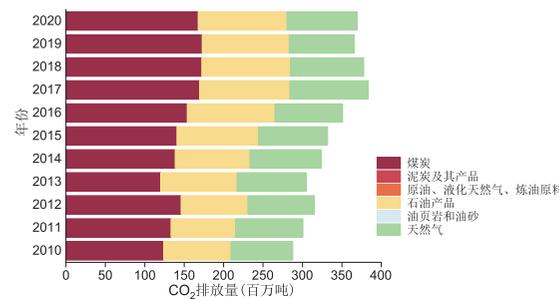
表2-17 土耳其排放核算的数据来源

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/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-1-parties/national-inventory-submissions-2020
行业匹配指标	土耳其统计局	https://www.tuik.gov.tr/Home/Index
国家到区域的降尺度指标	土耳其统计局	https://www.tuik.gov.tr/Home/Index

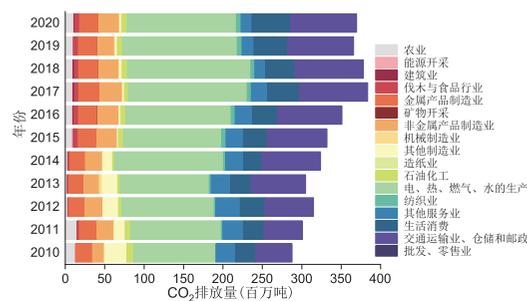
(a) 一次能源消费



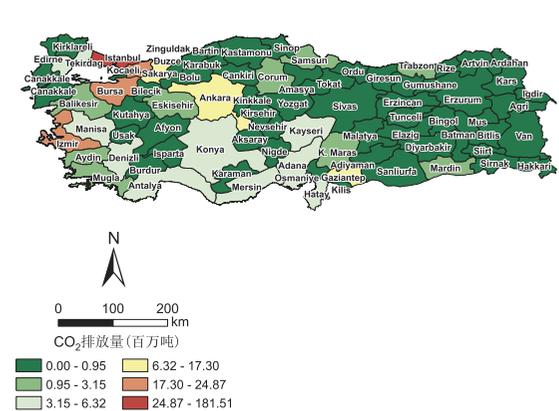
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放





沙特阿拉伯 SAUDI ARABIA

■ 国家背景

沙特阿拉伯位于西亚，是中东最大的国家和阿拉伯世界第二大面积的国家，陆地面积约为214.97万平方公里。沙特阿拉伯与约旦、伊拉克、科威特、卡塔尔、巴林、阿拉伯联合酋长国、阿曼和也门接壤，也是唯一拥有红海和波斯湾海岸线的国家，其大部分地形由干旱的沙漠、低地、草原和山脉组成。沙特阿拉伯西部的高原具有地中海气候，而另一大片地区属于热带沙漠气候，日温差大，除沿海地区湿度高外，其他地区炎热干燥。2020年，沙特阿拉伯的GDP现价为7001.2亿美元，总人口为3481万^[94]。

石油是沙特阿拉伯经济的基础，而政府控制着国家的主要工业。具体而言，沙特阿拉伯拥有世界第二大已探明石油储量，约占世界总储量的24%，仅次于加拿大。它同时也是最大的石油出口国和石油输出国组织（欧佩克）的主要成员。石油行业的收入约占沙特阿拉伯总收入的75%，GDP的40%，以及出口收入的90%。此外，还有约40%的GDP来自非公有部门。

沙特阿拉伯已经加入了应对气候变化的共同挑战，其在《2030年沙特愿景》（Saudi Vision 2030）中提议大力发展包括教育、医疗、旅游和娱乐在内的私营行业^[95]，号召持续减少其对石油出口的经济依赖。沙特阿拉伯最新的气候计划旨在到2030年每年“减少、避免和消除”2.78亿吨的温室气体排放。为了帮助实现这一目标，沙特阿拉伯计划到2030年，将可再生能源在电力结构中的比例从目前不到1%提高到50%。此外，沙特阿拉伯宣布到2060年实现净零碳目标，并承诺为实现该目标投入1860亿美元的公共投资^[96]。

■ 一次能源消费结构

沙特阿拉伯一次能源结构主要以石油和天然气两种能源为主。2020年，石油消费占比53.7%，天然气消费占比46.3%。

■ 化石能源碳排放特征

石油产品是沙特阿拉伯化石能源碳排放的主要来源。2020年，石油产品消费产生二氧化碳碳排放285.2百万吨，占化石能源碳排放的47.2%。天然气消费是沙特阿拉伯第二大的碳排放来源，2020年天然气消费产生的二氧化碳占化石能源碳排放的比重为39.8%

■ 分行业化石能源碳排放贡献

沙特阿拉伯的化石能源消费所产生的二氧化碳排放主要集中于电、热、燃气、水的生产行业，2015年以来，电、热、燃气、水的生产行业所产生的二氧化碳排放量呈下降趋势，2020年的占比达到45.5%。交通运输业、仓储和邮政是沙特阿拉伯第二大化石能源碳排放行业，2020年，其化石能源碳排放量为176.6百万吨，占化石能源碳排放总量的29.2%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

沙特阿拉伯王国13个一级行政区，首都和最大城市是利雅得省(ar-Riyad)。沙特阿拉伯的化石能源碳排放集中在麦加省(Mekka)和利雅得省(ar-Riyad)，即阿拉伯半岛的传统中心，2020年两个地区的化石能源碳排放量分别为158.4和151.9百万吨，占沙特阿拉伯化石能源碳排放的比重分别为26.2%和25.1%。作为煤田和油田的主要产区，东部省(asch-Scharqiyya)是沙特阿拉伯的第三大化石能源碳排放中心，由于该地区人口众多（2017年为490万），面积广阔（15.2万平方公里），其贡献了90.3百万吨碳排放，占比达14.9%。相比之下，位于高原和沿海的焦夫省(al-Dschau)和巴哈省(al-Baha)拥有较小的面积。人口更加分散，生活方式和生产方式更加清洁，2020年，其化石能源碳排放占比仅为2.98%。

■ 碳排放趋势

在2010-2020年间，沙特阿拉伯化石能源消费所产生的二氧化碳排放量呈现先上升后下降的趋势，从2010年的504.8百万吨，到2015年实现排放达峰约为641.3百万吨，随后开始下降，到2020年全年化石能源碳排放量为604.8百万吨（注：2010-2014年排放为估算数据）。

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。具体地，2010–2015年间，CEADs与其他机构数据存在差异，因沙特阿拉伯官方能源统计仅公布了2015年后的数据，而2014年及以前的碳排放由CEADs根据能源进出口量、GDP、人口数据的变化趋势估算获得。从2015年到2017年，CEADs发布的统计数据高于IEA和EDGAR，一种可能的解释是，CEADs提供了更详细的能源消费来源分类，并考虑了发展中国家的独特情况。以石油为例，CEADs将其分为汽油、柴油、燃料油等，采用的排放因子更为可靠。此外，我们使用的数据具有繁多的统计项目，例如按类别划分的部门经济数据、按目的地划分的原油和精炼油出口量，接下来，我们也将进一步利用数据中的信息。

(e) 与国际数据库对比

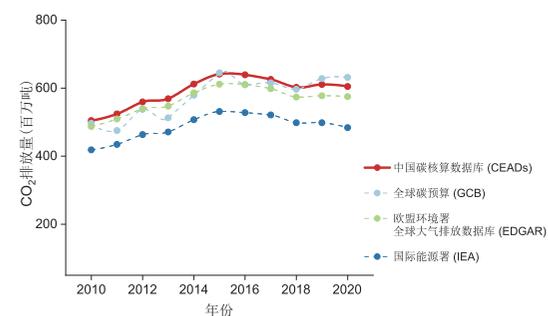
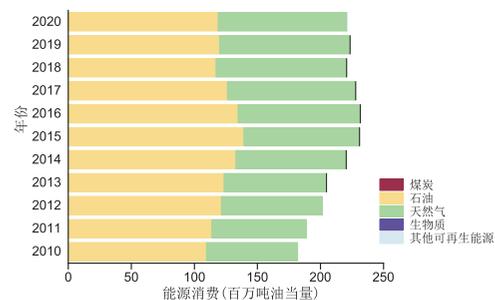
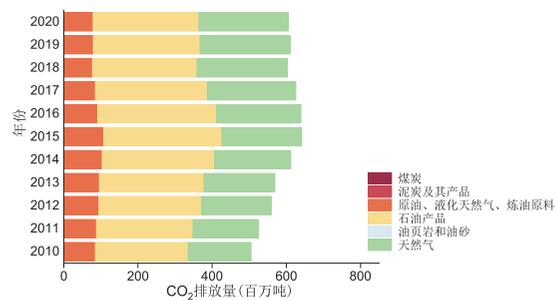


图2-18 沙特阿拉伯2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

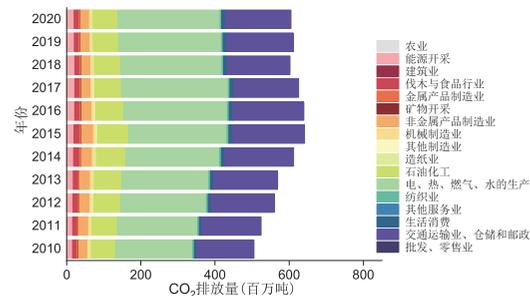
(a) 一次能源消费



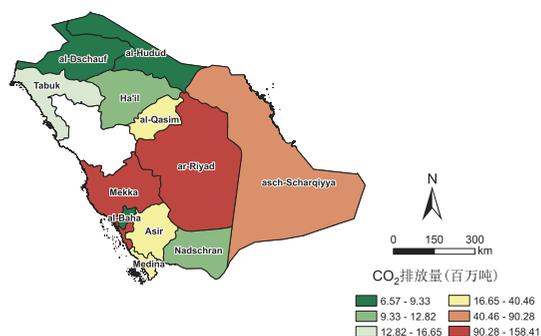
(b) 化石能源碳排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放



数据来源简述

所用能源平衡表可从沙特阿拉伯能源部获得，其中，包含石油和石油产品的生产和国内消费数据，以及5大经济部门的消费者数量。利用联合国商品贸易出口行业分类，将部门划分为47个行业；使用区域GDP和人口分布情况将国家层面的数据映射到区域层面，此部分数据详情见沙特阿拉伯统计总局。

表2-18 沙特阿拉伯排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	沙特阿拉伯能源部	https://www.stats.gov.sa/en/1024
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
国家到区域的降尺度指标	沙特阿拉伯统计总局	https://database.stats.gov.sa/beta/dashboard/landing



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。2020年，以色列的人口为921.7万，15岁以下人口占比27.8%，15至64岁人口占比59.8%，65岁以上人口占比12.4%。以色列的名义GDP位列世界第三十一位，预计2020年底将达到4071亿美元。2019年，以色列有0.92%的劳动力在农业部门工作，17.23%在工业部门工作，81.86%在服务部门工作^[97]。

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^[98]。

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^[99]。

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^[100]。

■ 一次能源消费结构

以色列的一次能源结构以石油产品和其他可再生能源为主。2020年，煤炭能源消费占比21.5%，石油产品消费占比30.7%，天然气消费占比42.5%，生物质占一次能源消费比重达0.7%。以色列的一次能源消费结构呈现明显的趋势性，即石油产品消费比重逐渐增加，天然气和可再生能源消费比重明显减少。

■ 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，所产生的二氧化碳分别从2010年的34.6百万吨和23.3百万吨降至2020年的17.1百万吨和18.0百万吨；2020年天然气消费所产生的碳排放为22.5百万吨，占化石能源碳排放总量的39.0%，与2010年的11.6百万吨碳排放量（占比达16.4%）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。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2020年的39.9百万吨，约占2020年化石能源碳排放总量的69.0%。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2020年化石能源消费产生的碳排放量约为15.9百万吨，占化石能源碳排放总量的27.5%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

以色列的碳排放集中在中部和北部行政区，即以以色列的金融中心和两个人口最多的地区，2020年，二者分别贡献14.1百万吨和9.3百万吨的化石能源碳排放，其占比分别为24.4%和16.0%。作为国际大都市区，特拉维夫拥有全国最大的大都市区Gush Dan，这是化石能源碳排放第三高的地区，贡献了9.1百万吨碳排放量，占化石能源碳排放总量的15.8%，其碳排放主要由于特拉维夫人口众多，有41.7万常住居民，且拥有广阔的面积（1276平方公里）。相反，犹太和撒马利亚地区的区域经济因战争而停滞，人口较少，分布更为分散，生活方式和生产方式也不规则，2020年，其化石能源碳排放占比仅为4.9%。

碳排放趋势

2010年至2020年，以色列的化石能源碳排放呈现下降趋势，从70.6百万吨减少到2020年的57.8百万吨，减少了约18.2%。

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，2018-2020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。

(e) 与国际数据库对比

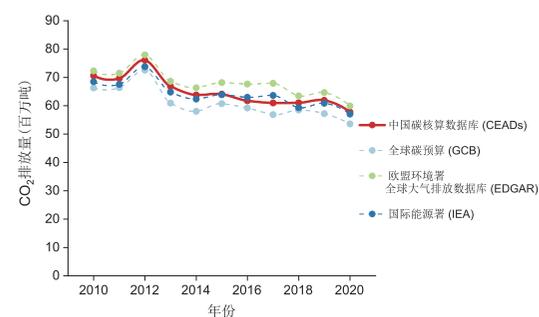


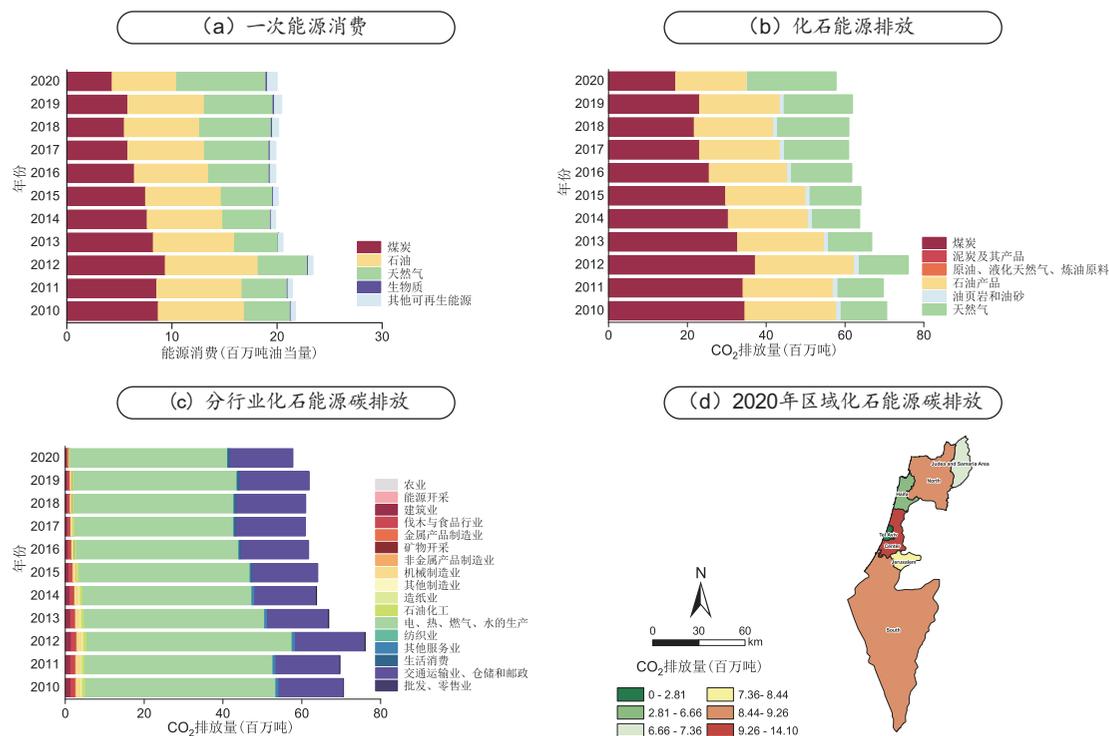
图2-19 以色列2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

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；2015-2020年为5个部门)。本章利用联合国商品贸易出口行业分类，将部门划分为47个行业；使用区域的人口分布情况将国家层面的数据映射到区域层面，此部分数据详情见美国智库《世界人口评论》 (World Population Review) 和以色列中央统计局。

表2-19 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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	《世界人口评论》 (World Population Review)	https://worldpopulationreview.com/countries/israel-population
	以色列中央统计局	https://www.cbs.gov.il/he/pages/default.aspx



CEAD_s



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，2021年布隆迪的GDP总量为现价27.8亿美元，人口为1251万^[101]。

布隆迪的农业仍然占据着经济的主导地位，但面临着耕地紧缺和农耕方法落后等问题。2020年，农业产值约占GDP总量的39.2%。工业方面，布隆迪的咖啡和棉花加工以及啤酒和水泥制造仍然是主要产业，但工业规模相对较小，2020年约占GDP的15.4%^[102]。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，2020年布隆迪的主要出口产品包括咖啡、茶、糖、棉花等，主要出口国为瑞士、英国、比利时、卢旺达和肯尼亚等。其进口产品主要为机械、石油制品和食品等，主要进口国为沙特阿拉伯、比利时、中国、乌干达和肯尼亚等。

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^[103]。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）^[104]。

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。2020年化石能源消费总量占比3.9%，无煤炭和天然气消费。此外，生物质占一次能源消费比重达95.5%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的0.7%。

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2020年共产生碳排放0.3百万吨，相比2010年增长了31%。

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。2020年，该行业消费化石能源碳排放量为0.2百万吨，占化石能源碳排放总量的61.2%。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年以来逐步上升。紧随其后的是伐木与食品行业，在2020年占比达17.4%，主要使用柴油和汽油。第三是电、热、燃气、水的生产部门，所产生的碳排放占10.9%。

生物质碳排放特征

2020年，布隆迪的生物质消费占一次能源消费结构的95%左右，主要用于生活消费和部分服务业消费。布隆迪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，分别占生物质能源的71.7%、28.3%。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。布隆迪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。2010-2020年，木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的6.7百万吨增长至2020年的7.7百万吨。

碳排放趋势

布隆迪的二氧化碳排放增长速率平缓。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了31.0%，从0.23百万吨增至2020年的0.3百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从6.7百万吨增加到7.7百万吨，年均增长率为1.5%。

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，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核算的布隆迪数据与EDGAR的统计结果基本一致，差距约10%。但与IEA和GCB核算结果差异明显。从2014年开始，IEA和CEADs之间的差距越来越大，而EDGAR的数据和CEADs保持相同的生长趋势，但存在轻微差异。具体地，在2015年之后，IEA、GCB的数据显示布隆迪碳排放持续高速增长，而CEADs的计算结果呈现先下降后上升的趋势。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[105]，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和GCB结果之间存在差异。

此外，当包含不可持续生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为8.0百万吨。

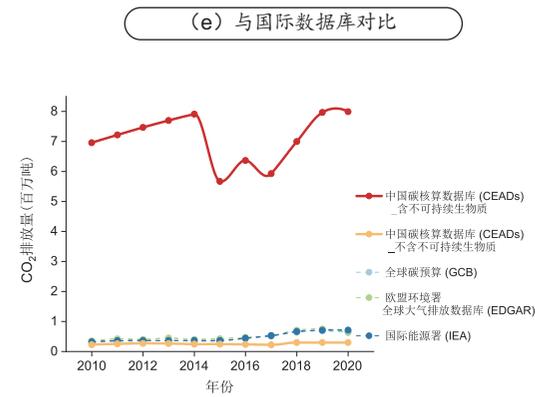


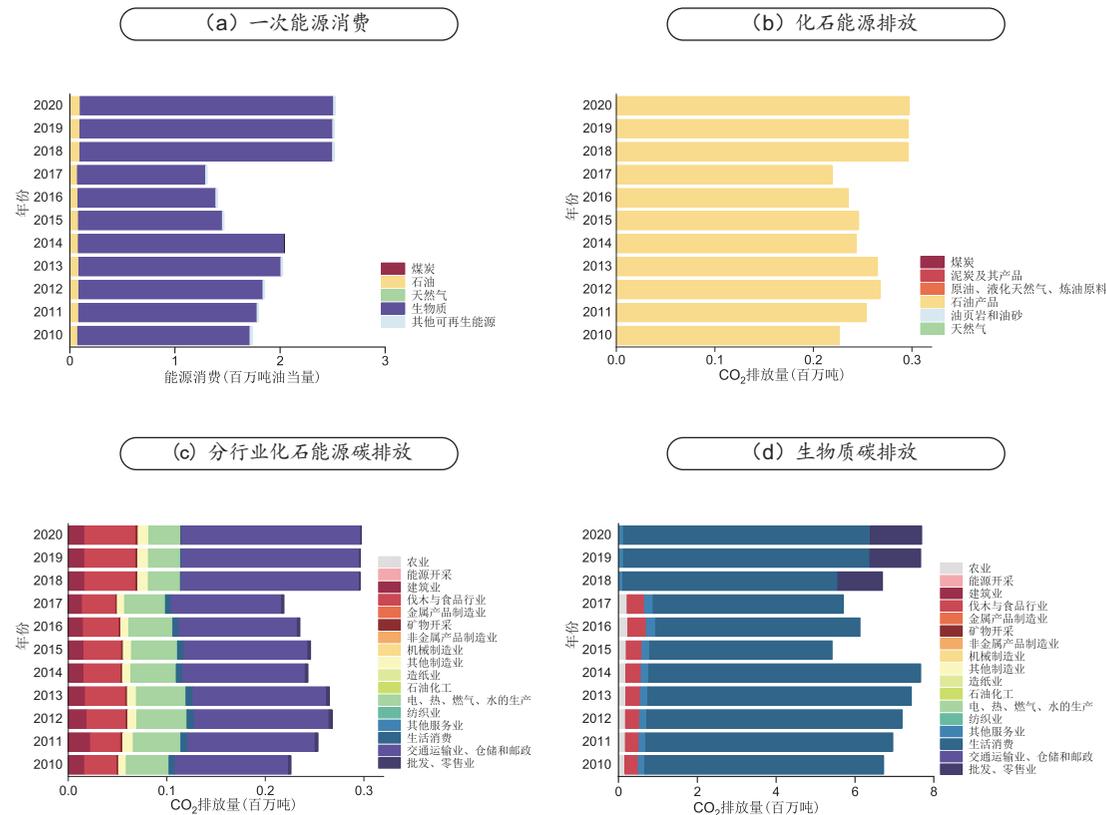
图3-1 布隆迪2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

布隆迪的能源平衡表均来自于能源与矿物部，范围覆盖了2010-2018年的数据，共涉及13个能源品种，6个部门，2019和2020年根据历史数据进行核算。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。此外，由于缺乏区域的相关数据，布隆迪暂无分区域的碳排放数据。

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	布隆迪统计局	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一，2021年GDP为现价148.25亿美元，人口约为2800万人^[106]，其中75%的人口生活在贫困线以下^[107]。

农业是马达加斯加最主要的经济部门，2020年产值约占GDP总量的24.1%，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，2020年其产值约占GDP总量的13.3%^[108]。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，2020年共接待外国游客数量8.7万人次。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，2021年进出口总额为65.8亿美元^[106]。

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^[109-111]，清洁电力生产潜力巨大，有助于减少对外能源依赖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^[110、111]。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%^[112]。

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。2020年，马达加斯加煤炭消费占比3.8%，石油消费占比18.0%，化石能源消费总量占比超过21.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达77.2%，水能等其他可再生能源占一次能源消费比重极小，不足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，柴油等石油产品和煤炭的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2020年共产生碳排放4.2百万吨，占化石能源碳排放的78.1%，其消费所产生的二氧化碳排放从2010年的1.9百万吨增长到2020年的4.2百万吨，年均增长率达12.0%，增长速度较快，且始终居于化石能源消费所产生碳排放的主导地位。其次为煤炭消费所产生的二氧化碳排放，其占比大致为21.9%。

分行业化石能源碳排放贡献

马达加斯加最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政行业。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量为2.2百万吨，占马达加斯加化石能源碳排放总量的42.1%，主要使用柴油和汽油。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产，这是马达加斯加近年来的第二大化石能源碳排放行业，在2020年产生超过1.3百万吨碳排放，占化石能源碳排放总量的1/4左右，主要由柴油和燃油消费产生。

区域间化石能源碳排放异质性

马达加斯加全国共分为22个区，分别是阿那拉芒加区、达亚纳区、上马齐亚特拉区、博爱尼区、阿齐那那那区、阿齐莫-安德列发那区、萨瓦区、伊达西区、法基南卡拉塔区、邦古拉法区、索非亚区、贝齐博卡区、梅拉基区、阿拉奥特拉-曼古罗区、阿那拉兰基罗富区、阿莫罗尼马尼亚区、法土法韦-非图韦那尼区、阿齐莫-阿齐那那那区、伊霍罗贝区、美那贝区、安德罗伊区、阿诺西区。马达加斯加首都塔那那利佛是全国最大的城市和政治、经济、通讯中心，其所在的阿那拉芒加区也是全国人口最多的区。因为区域内较为繁华的经济工业活动和较多的人口，阿那拉芒加区成为马达加斯加化石能源碳排放最高的排放区域，在2020年化石能源碳排放量为0.8百万吨（占全国碳排放总量的14.1%）。梅拉基区位于马达加斯加东部，为全国人口最少的区，主要产业为渔业和农业，为马达加斯加化石能源碳排放最低的排放区域，2020年碳排放量为0.06百万吨，仅占全国碳排放总量的1.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020年马达加斯加的生物质能占一次能源消费结构的77.2%左右，主要用于家庭部门、服务行业和工业消耗使用。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燃烧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^[113]。从时间趋势上看，生物质消费产生的碳排放从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6%。2016年，生物质的碳排放短暂下降至16.0百万吨，此后生物质的二氧化碳排放迅速增加，2017年至2020年稳定在20百万吨左右。

■ 碳排放趋势

马达加斯加的二氧化碳排放整体呈现迅速增长趋势。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了1.8倍以上，从1.9百万吨增至2020年的5.3百万吨，增长迅速。其中，化石能源消费产生的碳排放除2015至2016年、2019年至2020年间略微下降外，其余年份均呈增长趋势。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从14.1百万吨增加到20.0百万吨，年均增长率达4.1%以上。

■ 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，但结果仍较为接近。CEADs计算的化石能源碳排放量与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2020年误差接近50%。从时间序列的角度，CEADs的结果与IEA和GCB数据的变化趋势几乎完全相同，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，2020年，CEADs核算数据为25.3百万吨。

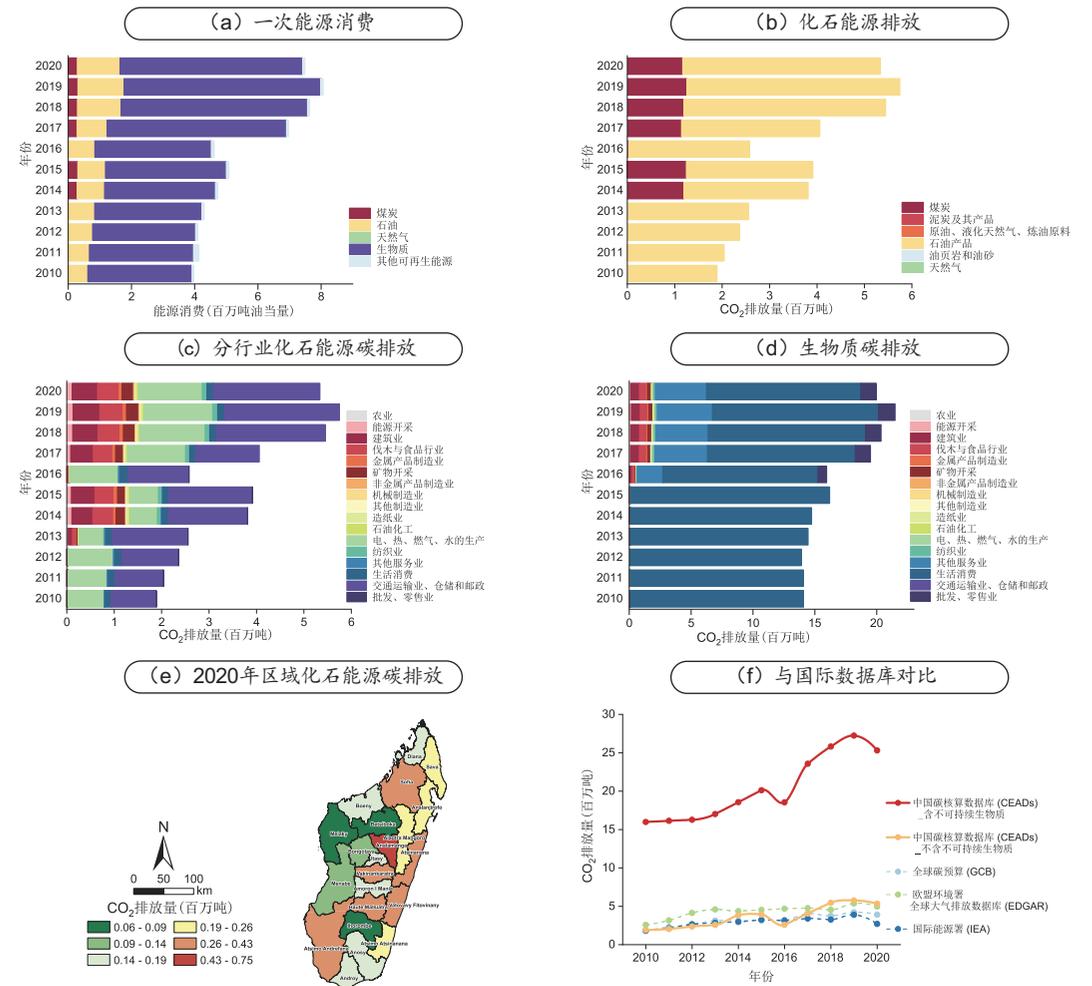


图3-2 马达加斯加2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2018年为例，共涉及13个能源品种，4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作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。在国家到区域的降尺度匹配上，我们采用其国家统计局公布的分地区人口普查数据作为匹配指标。

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/telechargements/publications-mensuelles/comptes-nationaux-annuels
国家到区域的降尺度指标	马达加斯加统计局	http://www.instat.mg



利比里亚 LIBERIA

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^[114]。利比里亚是最不发达的国家之一，2020年农业增加值GDP总量为现价33亿美元，人口为509万^[115]，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，2020年农业增加值约占GDP的41.1%；工业不发达，其2020年的工业增加值约占GDP总量的17.7%。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^[116,117]。

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^[118]。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^[119]。

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。2020年，石油类产品消费占比15.8%，无其他化石能源消费。此外，生物质占一次能源消费比重达84.2%，太阳能等可再生能源消费占比相对较小。

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2020年共产生碳排放0.6百万吨，占化石能源碳排放的100%。柴油消费所产生的碳排放从2010的0.59百万吨增长到2020年0.6百万吨，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电、热、燃气和水的生产。2020年，该部门消费化石能源共产生碳排放0.3百万吨，占利比里亚化石能源碳排放总量的41.5%。紧随其后的是伐木与食品行业，这是利比里亚近年来的第二大化石能源碳排放行业，在2020年占化石能源碳排放总量的25.8%。

生物质碳排放特征

2020年利比里亚的生物质能占一次能源消费结构的84.2%左右，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，经历了2016年的下滑后，在2016~2019年逐年递增，年均增长率为2.4%，但2020年再次出现下滑。

碳排放趋势

利比里亚的碳排放增长较为缓慢。在2010年至2019年间，化石能源消费产生的碳排放增加了5%，而2020年的碳排放略有下降。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2019年的5.0百万吨，2020年下滑至4.9百万吨。

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计算的化石能源碳排放与EDGAR、IEA、GCB的数据具有相似的起点，相差5%左右；但之后差距逐年拉大。IEA的结果表明利比里亚碳排放处于高速增长状态，而CEADs的计算结果显示利比里亚化石能源碳排放增长速度缓慢，原因为IEA计算使用的能源消费与供应数据来自联合国统计数据，而CEADs的采用了非洲能源委员会更加精细的数据，计算的碳排放趋势也与利比里亚的经济发展趋势一致。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为5.5百万吨。

(e) 与国际数据库对比

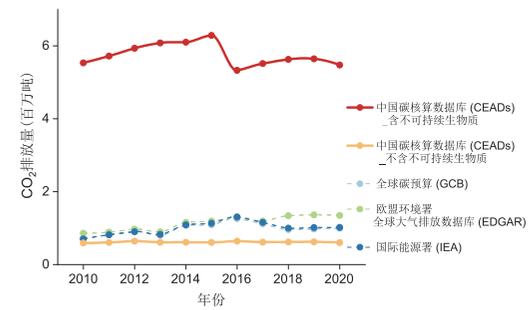
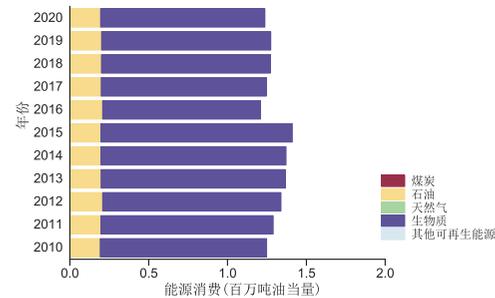
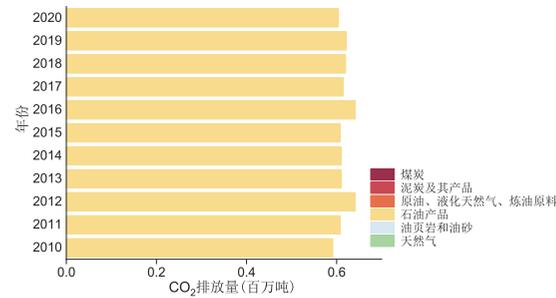


图3-3 利比里亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

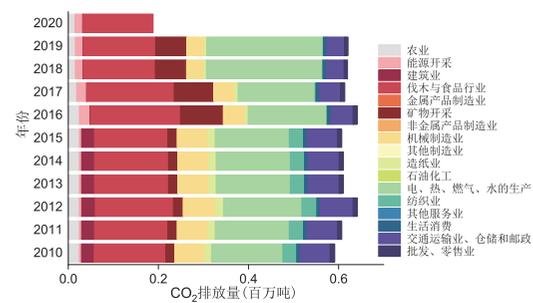
(a) 一次能源消费



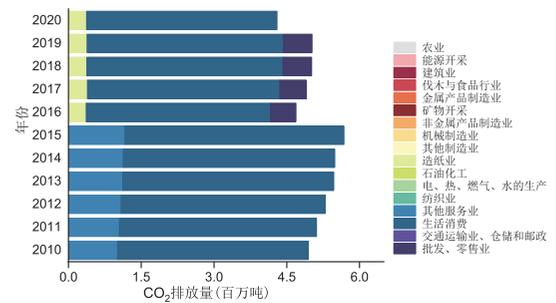
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放



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，我们采用其数据门户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，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。此外，由于缺乏区域的相关数据，利比里亚暂无分区域的碳排放数据。

表3-3 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	利比里亚数据门户	https://liberia.opendataforafrica.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一，2021年GDP为现价149亿美元，人口为2590万人^[120]，其中41.8%的人口生活在贫困线以下^[121]。

尼日尔的农牧林等第一产业是最主要的经济部门，2021年产值约占GDP总量的36.5%，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，2021年其产值约占GDP总量的20.8%^[122]。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^[120]。

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^[123, 124]。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^[125]。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^[126]。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减少3.5%^[127]。

■ 一次能源消费结构

尼日尔的一次能源结构以生物质为主。2020年，尼日尔煤炭消费占比2.9%，石油消费占比19.0%，化石能源消费总量占比为23.0%。此外，生物质占一次能源消费比重达76.9%，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2020年共产生碳排放1.9百万吨，占化石能源碳排放的81.6%，其消费所产生的碳排放从2010年的1.1百万吨增长到2020年1.9百万吨，始终居于化石能源消费所产生碳排放的主导地位。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15.1%和3.4%。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

尼日尔最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政行业。2020年，该行业主要消费柴油和汽油等化石能源，共产生碳排放1.2百万吨，占尼日尔化石能源碳排放的52.6%。其次是电、热、燃气、水的生产，在2020年消费化石能源共产生碳排放超过0.7百万吨，占化石能源碳排放总量的31.9%，主要由褐煤消费所产生。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

尼日尔全国共分为蒂拉贝里、多索、塔瓦、马拉迪、津德尔、阿加德兹和迪法7个大区，以及1个大区级市即首都尼亚美^[120]。津德尔大区位于尼日尔东南部，与尼日利亚接壤，是全国人口最多和面积第二大的大区，区域内主要经济活动为农业和畜牧业，炼油工业处于起步阶段，是尼日尔化石能源碳排放最高的区域，在2020年化石能源碳排放量为0.5百万吨（占全国碳排放总量的20.7%）。此外，人口较多的马拉迪大区和塔瓦大区是尼日尔化石能源碳排放第二、三高的区域，2020年的化石能源碳排放量分别占全国碳排放总量的19.9%和19.5%。阿加德兹大区尽管面积占到国土面积的一半左右，但由于境内沙漠广布，人口稀疏，为尼日尔化石能源碳排放最低的区域，2020年化石能源碳排放量仅为0.06百万吨（占全国碳排放总量的2.8%）。

■ 生物质碳排放特征

2020年尼日尔的生物质能占一次能源消费结构的76.9%左右，主要用于家庭部门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^[128]。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16.6%，其中2016年至2017年增长率高达53.8%。此后，生物质的二氧化碳排放波动增长，从2017年的7.4百万吨下降到2018年的5.6百万吨，然后增加至2019年的19.0百万吨后又回落至2020年的9.8百万吨。

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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了47.0%，从1.6百万吨增至2020年的2.3百万吨。其中，2010年至2012年、2013年至2014年、2017年至2019年碳排放呈增长趋势，其余年份呈下降趋势。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从3.4百万吨增加到9.8百万吨，年均增长率为18.7%。

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计算的化石能源碳排放量与EDGAR数据最为接近，误差约为6%，与IEA数据的误差在10%左右。从时间序列的角度，CEADs的化石能源碳排放结果在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年至2016年、2017年至2020年数据变化趋势相近但变化幅度略大于IEA与EDGAR的数据，仅在2016年至2017年的变化趋势出现差异。这是由于非洲能源委员会（AFREC）发布的能源平衡表中石油产品的消费量在2016年至2017年呈小幅下降趋势，而IEA发布的能源平衡表中石油产品的消费量在2016年至2017年呈缓慢增长趋势，二者有所差异。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，2020年，CEADs核算数据为12.1百万吨。

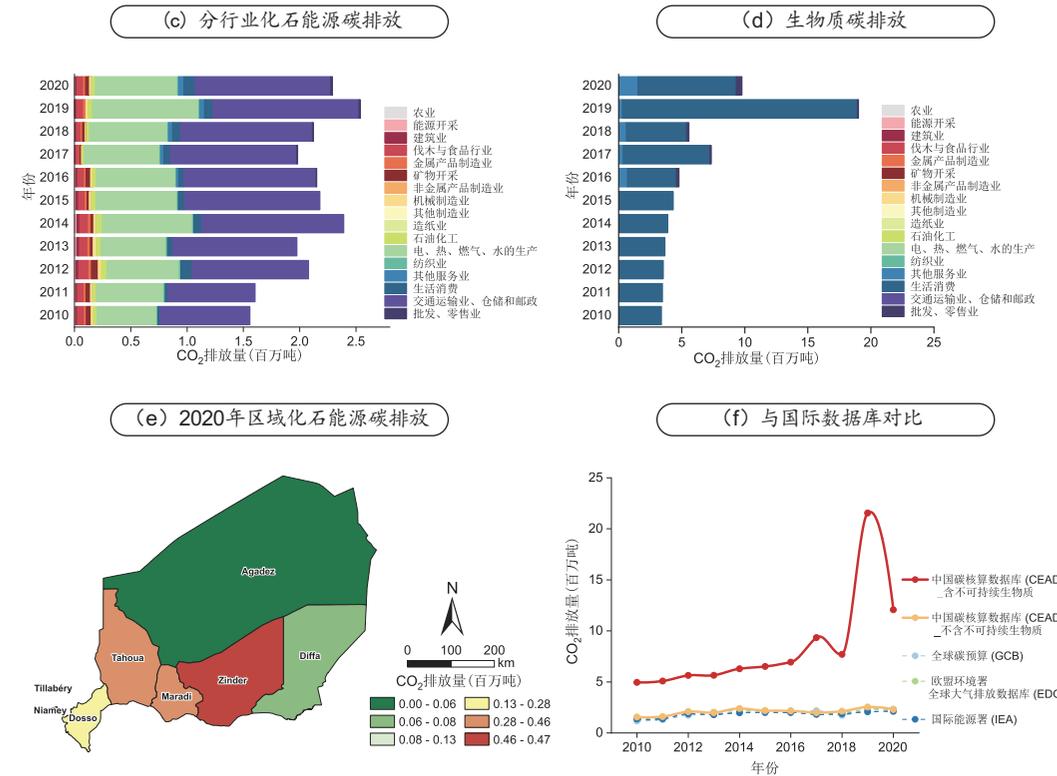
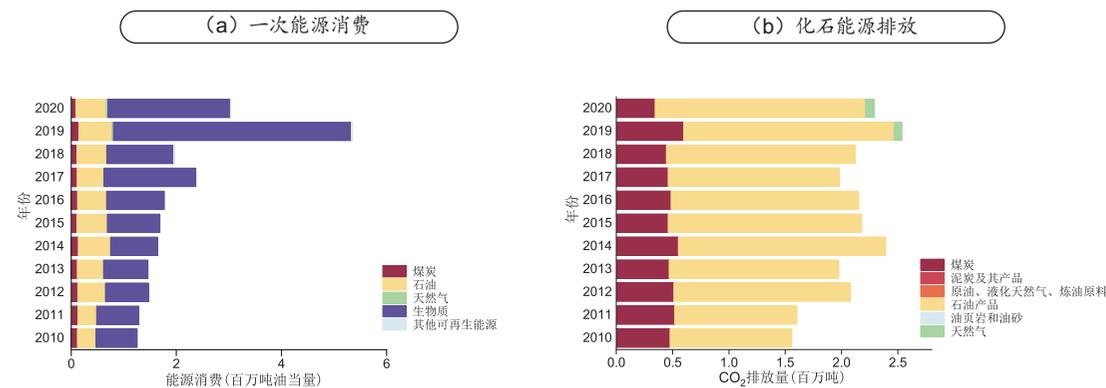


图3-4 尼日尔2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020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2020年为例，共涉及9个能源品种，5个部门。其中在分部门匹配上，我们采用CEADs Emerging模型中2010、2015-2019年尼日尔多区域投入产出表中的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。在国家到区域的降尺度匹配上，我们采用其国家统计局公布的分地区人口普查数据作为匹配指标。

表3-4 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	中国碳核算数据库	https://www.ceads.net/
国家到区域的降尺度指标	尼日尔统计局	https://www.stat-niger.org/wp-content/uploads/2020/06-TBS_2018.pdf



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一，2010-2021年，国内生产总值的年平均增长率为8.4%，2021年GDP为现价1112.7亿美元，人口约为1.2亿人。

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2021年的33.3%。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。

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年就停止了化石燃料的补贴，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^[129, 130]。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^[131]。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。2020年，埃塞俄比亚化石能源消费占一次能源消费结构的9.0%，以石油为主。其中，煤炭消费占比0.8%，石油消费占比8.2%，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2.6%，其中大部分为水能；生物质占一次能源消费比重达88.5%。

■ 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，在2020年共产生二氧化碳排放11.1百万吨，占化石能源碳排放的90.4%。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2020年1.5百万吨，增长速度较快。

■ 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2020年消费化石能源所产生的二氧化碳排放为9.3百万吨，占化石能源碳排放的比重约为73.4%；同时，该行业也是二氧化碳排放增长率最快的行业。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，2020年占化石能源碳排放总量11.8%，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。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

化石能源碳排放高的地区位于埃塞俄比亚的中部。首都亚的斯亚贝巴以及附近的阿姆哈拉州、提格雷州和奥罗米亚州都是高排放区，在该国中部形成一条南北向的“高排放轴”。高排放区域与国家经济中心相重合。根据埃塞俄比亚中央统计局（CSA）的数据，大约39%的制造业位于亚的斯亚贝巴，其次是奥罗米亚，超过29%。其中，奥罗米亚州人口众多，经济总量较大，2020年化石能源碳排放量达4.9百万吨，占全国化石能源碳排放总量的38.9%，为全国最高，紧随其后的阿姆哈拉州化石能源碳排放量为3.3百万吨。

■ 生物质碳排放特征

2020年，埃塞俄比亚的生物质消费占一次能源消费结构的88.5%，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^[132, 133]。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燃烧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124.2百万吨增长到2020年的170.2百万吨。

碳排放趋势

在2010年至2020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6.5百万吨增加到12.6百万吨，年均增长率为6.8%。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从124.2百万吨增加到170.2百万吨，年均增长率为3.3%

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，各机构的核算结果大致是相同的，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的数据非常接近，误差约为5%。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官方网站)。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EDGAR和GCB的结果，差距约为20%。

此外，当包含不可持续生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为182.9百万吨。

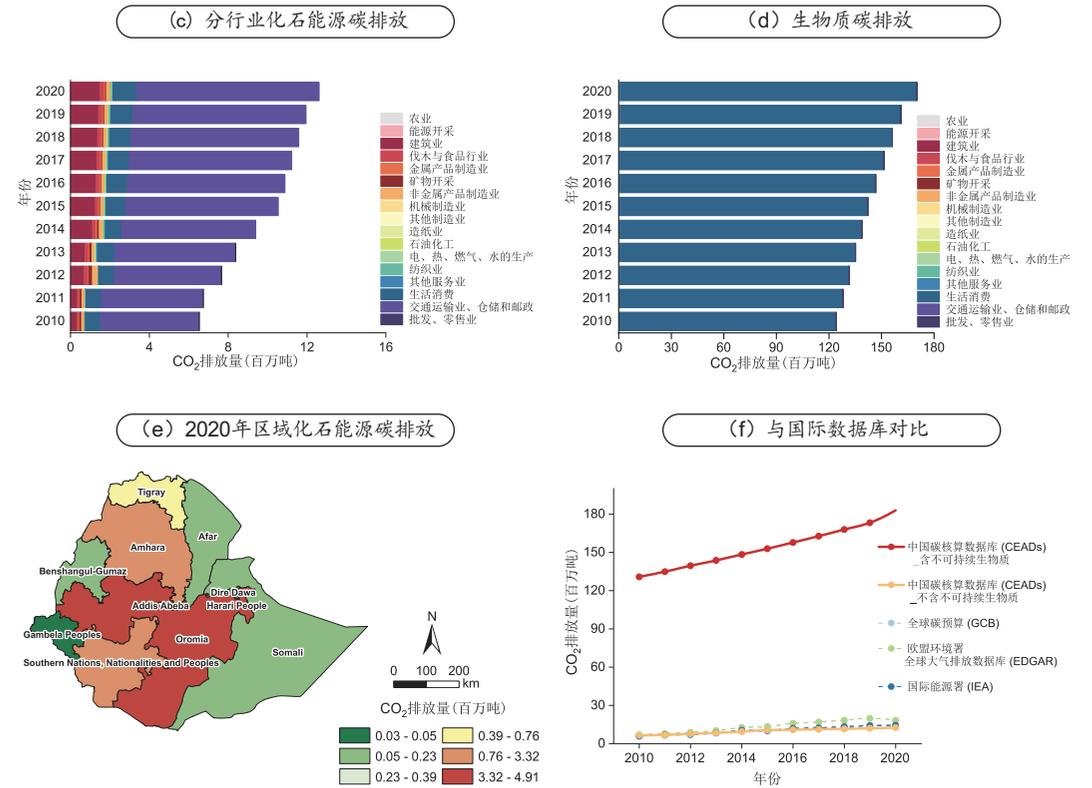


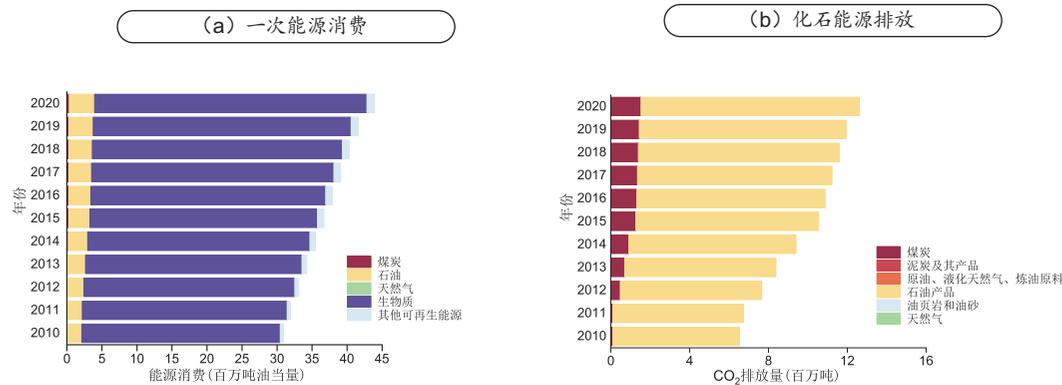
图3-5 埃塞俄比亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

数据来源简述

从埃塞俄比亚水、灌溉和能源部网站上获取了埃塞俄比亚2011-2015年能源平衡表，其中包含了埃塞俄比亚8种一次与二次能源品种的能源加工转换数据，以及8个大类经济行业的能源消费数据。通过分地区分经济行业的增加值数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了埃塞俄比亚分区域、分行业的二氧化碳排放。

表3-5 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	埃塞俄比亚水、灌溉和能源部	http://www.csa.gov.et/
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/
国家到区域的降尺度指标	埃塞俄比亚就业部	http://www.csa.gov.et/



乌干达 UGANDA

■ 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^[134]。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。根据乌干达统计局（UBOS）^[135]最新人口普查预测，该国2021年拥有约4288.6万人口。作为非洲大陆经济发展速度最快的国家之一，乌干达2021年的国内生产总值按现行价格计算为162.7万亿先令，按2016年不变价格计算为137.0万亿先令^[136]。

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2021年乌干达的农业GDP低于服务业与工业。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》^[137]。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^[138]。

■ 一次能源消费结构

2020年，乌干达的化石能源消费占一次能源消费结构的9.2%。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88.9%；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1.9%。

■ 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，石油产品消费是乌干达化石能源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2020年的5.5百万吨。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87%以上。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

乌干达最大的化石能源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从2010年至2020年间迅速增长，从1.0百万吨增加至2020年的3.7百万吨，年均增长率约为25.3%。2020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66.2%。伐木与食品行业是乌干达的第二大化石能源碳排放行业，2020年，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量超过了1.1百万吨，占化石能源碳排放总量的20.2%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

乌干达共有135个省级行政区，化石能源二氧化碳排放的空间分布模式呈现出明显的地域分异特点，即南部高于北部，西部高于东部。瓦基索和首都坎帕拉是该国二氧化碳排放量最高的两个地区，也是人口最密集的区域，2020年消费化石能源所产生的碳排放分别为0.4百万吨（占比7.0%）和0.2百万吨（占比4.0%）。在乌干达南部的维多利亚湖附近，化石能源碳排放量较高的地区往往集中分布，而其他化石能源碳排放量高的地区大多零散分布在该国西南和西北的边界附近。这种空间分布模式可能与乌干达东部多山，而西部地区的东非大裂谷地带地形相对平坦、河流湖泊众多、更适合人类生存和经济发展有一定关联。

■ 生物质碳排放特征

2020年，乌干达的生物质消费占一次能源消费结构的88.9%，主要用于生活消费，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2020年的69.2百万吨，增长了接近2倍。

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2015年、2016年至2018年间生物质消费产生的碳排放呈现稳定增长态势，两年时间内的年均增长率分别为9.8%和7.2%。2015年至2016年、2018年至2019年间生物质消费产生的二氧化碳排放增长迅速，分别增长了23.1百万吨和85.0百万吨。2019年至2020年间生物质消费产生的碳排放有所回落，从147.6百万吨减少至69.2百万吨。

碳排放趋势

2010-2020年，乌干达的化石能源消费所产生的二氧化碳排放呈现波动增长的趋势，在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了2.4倍，从1.6百万吨增至2020年的5.8百万吨。其中，2011年至2012年、2018年至2020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69.2百万吨，年均增长率达到了17.1%以上。

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。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，2020年，CEADs核算数据为74.7百万吨。

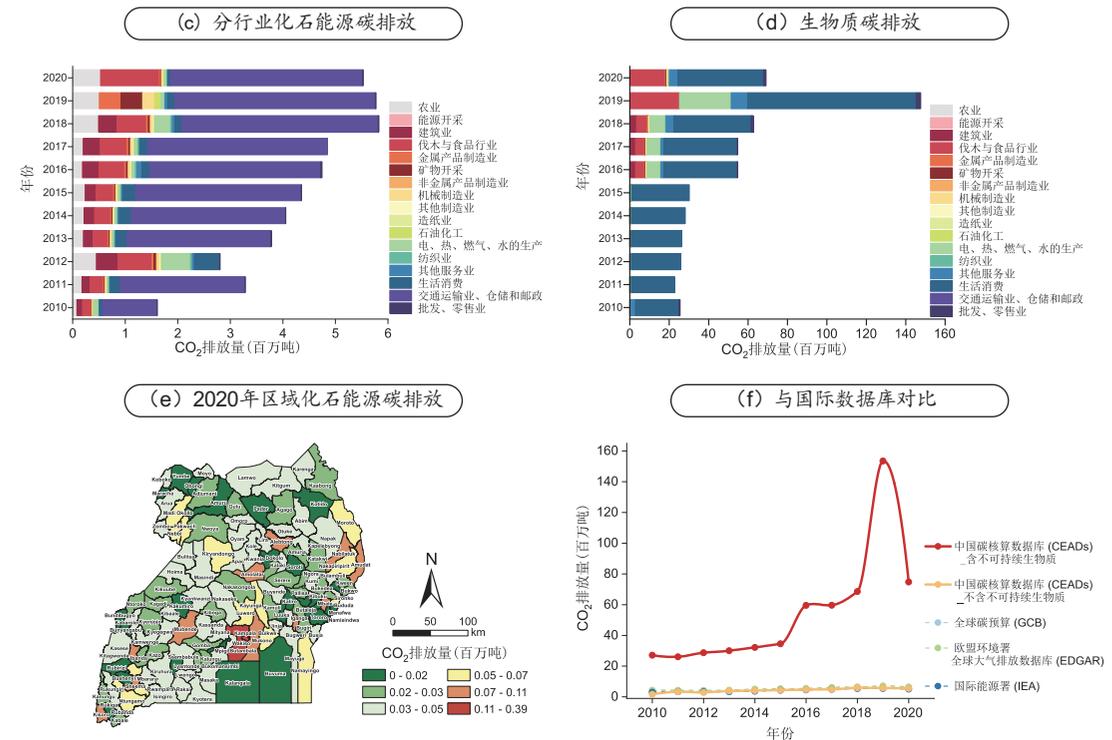
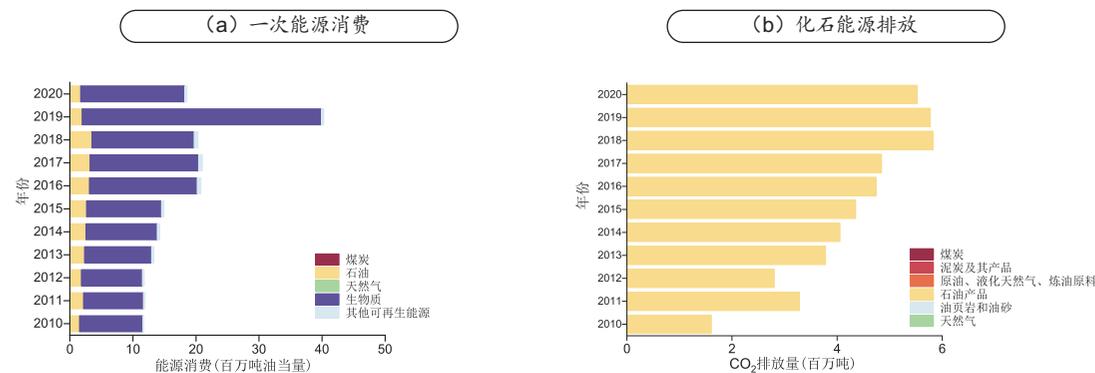


图3-6 乌干达2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020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2020年为例，共涉及7个能源品种，5个部门。本研究中的行业匹配指标是CEADs Emerging模型中2015年乌干达多区域投入产出表的产出数据和乌干达统计局（UBOS）发布的GDP数据，国家到区域的降尺度指标是乌干达统计局（UBOS）发布的各地区人口预测数据。

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	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	中国碳核算数据库	https://www.ceads.net/
	乌干达统计局 (UBOS) 国内生产总值	https://www.ubos.org/explore-statistics/9/
国家到区域的降尺度指标	乌干达统计局 (UBOS) 地区人口预测	https://www.ubos.org/explore-statistics/20/



多哥 TOGO

■ 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^[139]。多哥是世界最不发达国家之一，2021年GDP总量为现价84.1亿美元，总人口为864.5万人^[140]。

多哥的工业基础薄弱，2020年工业产值占国内生产总值的22.4%。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42.2%的人口从事农业生产活动，2020年农业产值约占国内生产总值的20.3%。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^[139]。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。2021年，贸易总额35.25亿美元，出口额13.5亿美元，进口额21.75亿美元。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%^[141]。

■ 一次能源消费结构

多哥的一次能源结构以生物质能为主。2020年，生物质占一次能源消费比重接近77.2%。化石能源消费总量占比接近22.5%。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0.3%。

■ 化石能源碳排放特征

多哥的化石能源消费所产生的碳排放主要来自于石油产品。石油产品消费在2020年共产生碳排放1.4百万吨，占化石能源碳排放的88.4%。且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，碳排放量达到2.3百万吨；2012年次高，为1.9百万吨；2014-2020年二氧化碳排放量在1.5百万吨左右。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

多哥最大的化石能源碳排放来源于交通运输业、仓储和邮政行业。2020年，该行业消费化石能源消费所产生的碳排放量占化石能源碳排放总量的52.1%，而在2010年和2012年该比例均超79%，这一比例自2010年以来波动下降。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碳排放行业，在2020年，共产生二氧化碳排放0.6百万吨，占化石能源碳排放总量的37.3%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

多哥全国共分为滨海区、高原区、中部区、卡拉区和草原区五大经济区。首都洛美是全国最大城市以及政治、经济、文化中心。因为区域内繁华的经济活动与最高的人口密度，其所在的滨海区成为多哥化石能源碳排放最高的区域，2020年化石能源碳排放量为0.7百万吨（42.0%）。

■ 生物质碳排放特征

2020年多哥的生物质能占一次能源消费结构的77.2%左右，主要用于家庭部门和服务行业消费使用。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，使用过程中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。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，木柴及木炭消费碳排放量从2010年至2020年间从6.1百万吨波动增长到7.4百万吨，年均增长率达2.2%。

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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放降低了28.8%，从2.3百万吨降至2020年的1.6百万吨。在此期间，生物质消费所产生的排放从6.1百万吨增加到7.4百万吨，年均增长率为2.2%。

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；2010-2016年CEADs与IEA的数据均来自于多哥能源信息系统（SIE），结果一致度较高，但所获取的能源平衡表发布年份有不同，故结果也有些微差距，但两者统计的碳排放变化趋势相同，2017-2020年CEADs的数据来源于AFREC，但结果与IEA数据仍最为接近。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年化石能源碳排放总量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，2020年，CEADs核算数据为9.0百万吨。

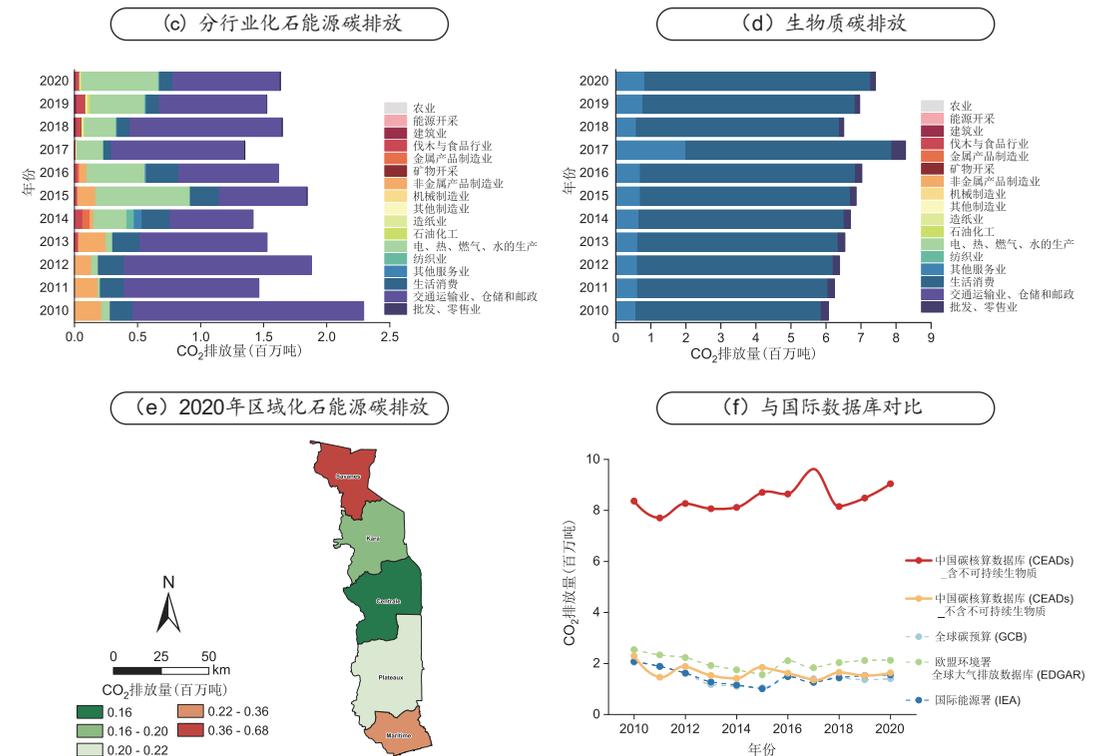
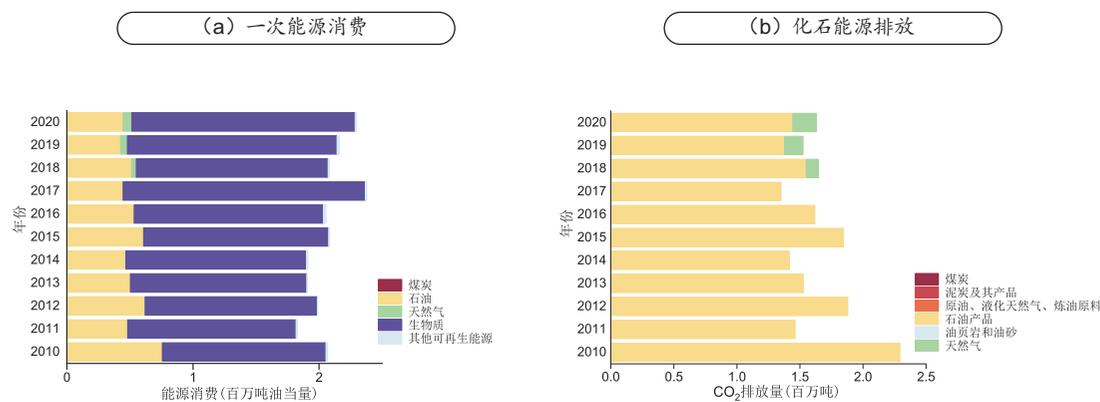


图3-7 多哥2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 2020年区域化石能源碳排放；(f) 与国际数据库对比

数据来源简述

多哥2010-2016年的能源平衡表来自于多哥能源信息系统（SIE-Togo），共涉及4个能源品种，17个部门，2017-2020年的能源平衡表来自于非洲能源委员会（AFREC），共涉及6个能源品种，4个部门。其中在分部门匹配上，我们采用其国家统计与经济及人口研究所发布的包含2010-2020年各行业生产总值的统计年鉴作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。在分区域匹配上，依据多哥五个不同经济区人口数量的相关数据进行匹配。

表3-7 多哥排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	多哥能源信息系统 (SIE)	http://www.sie-togo.com/bilan-energetique/
	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	多哥国家统计与经济及人口研究所 (INSEED)	https://inseed.tg/comptes-nationaux/
国家到区域的降尺度指标	多哥五个不同经济区人口数量	The population estimates are based on the (1) national population censuses and national estimates, and (2) total population estimates from World Development Indicators.



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^[142]。2021年该国GDP为现价111亿美元，人口为1346万^[143]。

卢旺达的服务业较为发达，2021年约占GDP总量的52%；农业占GDP总量约27%；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20%，同比增长1.7%。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^[144]。

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^[145]。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。2020年，化石能源消费总量占比接近7.3%，全部由石油消费组成。此外，生物质占一次能源消费比重达91.9%，水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

卢旺达的化石能源消费仅限于石油产品，其消费产生的二氧化碳排放量2010年至2020年间呈现相对稳定的趋势，2020年共产生二氧化碳排放0.5百万吨。

■ 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、水的生产和生活消费行业。2020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0.2百万吨，占卢旺达化石能源碳排放总量的39.8%，但这一比例自2010年以来不断波动下降。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，2020年占化石能源碳排放总量的32.4%，且占比一直保持稳定，主要使用柴油和燃油。第三是生活消费，主要使用液化石油气和煤油以供日常烹饪和照明，其中乡村区域化石能源碳排放占该部门主导，2020年乡村区域化石能源碳排放占生活消费行业的84%。

■ 生物质碳排放特征

2020年卢旺达的生物质能占一次能源消费结构的91.9%左右，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，分别占生物质能源的67.7%、32.3%。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。2010-2020年，木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的6.6百万吨增长至2019年的6.8百万吨，但2020年又略下降至6.6百万吨。

■ 碳排放趋势

卢旺达的二氧化碳排放增长缓慢。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放减少了14%，从0.6百万吨下降至2020年的0.5百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放基本维持在6.6百万吨左右。

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EDGAR的统计结果低约20%。2010至2014年，CEADs核算的结果与IEA、GCB数据非常接近，差距不到5%。从2014年开始，IEA和CEADs之间的差距越来越大。具体地，在2015年之后，IEA、GCB的数据显示卢旺达碳排放持续高速增长，而CEADs的计算结果呈现平稳缓慢增长的趋势。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，2020年，CEADs核算数据为7.1百万吨。

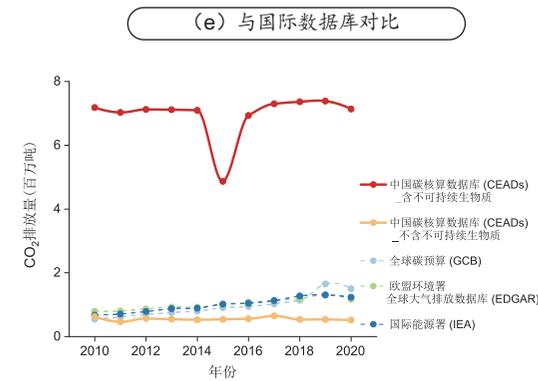


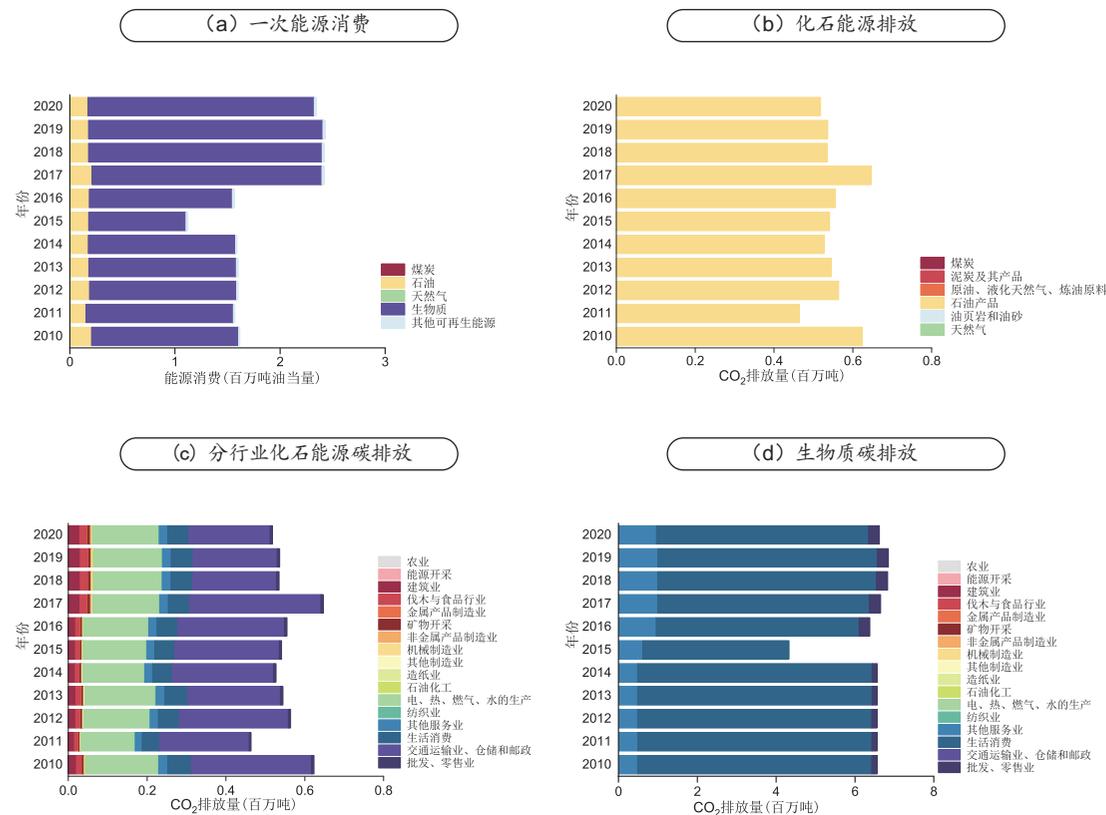
图3-8 卢旺达2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比

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2010-2018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。此外，由于缺乏区域的相关数据，卢旺达暂无分区域的碳排放数据。

表3-8 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





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。2021年，坦桑尼亚的国内生产总值为现价707亿美元，人口为6,020万。

该国近年来经济稳定增长，2010-2021年，国内生产总值年均增长6.6%。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^[146]。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^[147]，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石油为主。2020年，煤炭消费占比2.7%，石油消费占比51.7%，天然气消费占比13.1%，化石能源消费总量占比67.4%。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的3.9%；生物质占一次能源消费比重达28.7%。

■ 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，石油产品和天然气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，2020年其消费共产生二氧化碳排放10.2百万吨，占化石能源碳排放的78.9%。2010-2020年，石油产品消费所产生二氧化碳排放增加了61.3%。在此期间，天然气消费产生的二氧化碳排放量相对稳定，平均碳排放量约为1.8百万吨。

■ 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。2020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8.6百万吨，占化石能源碳排放总量的66.2%。从增长趋势来看，非金属产品制造业消费化石能源产生的二氧化碳排放增长最快，2020年是2010年的3.9倍左右。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

坦桑尼亚共有26大区，总的来说，坦桑尼亚的化石能源碳排放的空间分布比较均匀，碳排放强度高的地区没有表现出明显的空间集聚性。位于国家边界的地区比位于内陆的地区有更高的化石能源碳排放量。首都达累斯萨拉姆是坦桑尼亚的政治、经济、人口和工业中心，2020年化石能源碳排放量最高，为2.2百万吨，占该国化石能源碳排放总量的17.0%；北部的姆万扎省是仅次于首都的高化石能源碳排放地区，2020年化石能源碳排放为1.3百万吨，占该国化石能源碳排放总量的9.7%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，坦桑尼亚的生物质消费占一次能源消费结构的28.7%，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。2010-2020年，生物质消费产生的二氧化碳排放从15.3百万吨减少到8.8百万吨。政府颁布限制采伐和木炭交易的法令后，该国生物质消费量显著下降，工业部门几乎取缔了生物质能源，转向使用石油和天然气等能源。

碳排放趋势

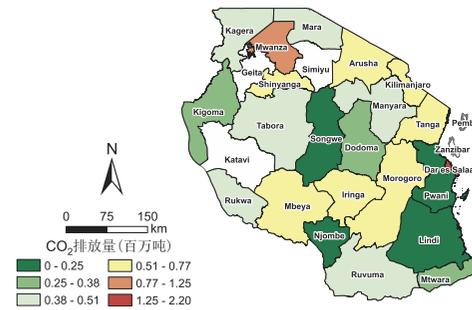
坦桑尼亚的化石能源二氧化碳排放增长较快。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了54.1%，从6.1百万吨增至12.9百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从15.3百万吨减少到8.8百万吨，呈现波动下降的趋势。

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IEA的数据非常接近，但比EDGAR的结果略低。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，2020年，CEADs核算数据为21.8百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

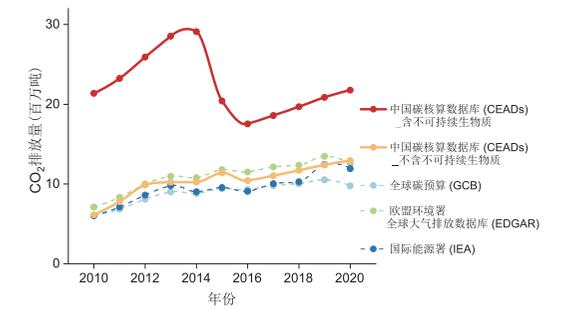


图3-9 坦桑尼亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

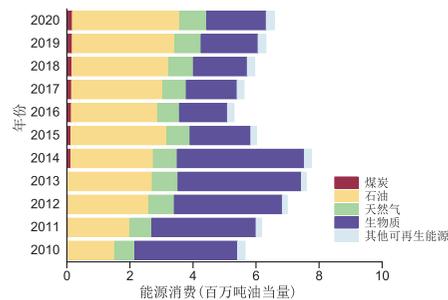
数据来源简述

从非洲能源委员会网站上获取了坦桑尼亚2010-2017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，以及7个大类经济行业的能源消费数据。通过分地区分经济行业的增加值数据，以及工业统计年鉴中分行业分能源品种支出数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了坦桑尼亚分区域、分行业的二氧化碳排放。

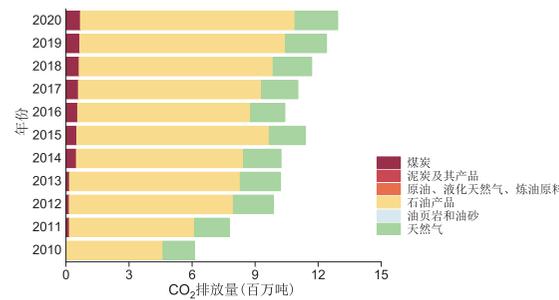
表3-9 坦桑尼亚排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	AFREC能源数据库	AFREC The African Energy Commission (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	联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade)	UN Comtrade International Trade Statistics Database
	坦桑尼亚国民账户	National Bureau of Statistics - NA Publications (nbs.go.tz)
国家到区域的降尺度指标	国家统计局——地区国内生产总值报告	National Bureau of Statistics - Regional GDP Reports (nbs.go.tz)

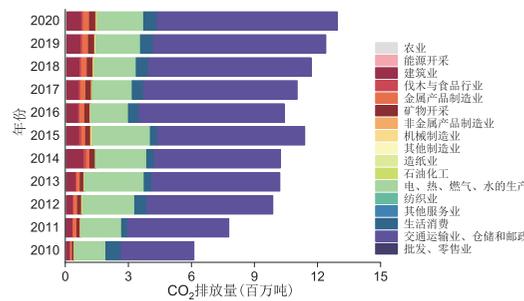
(a) 一次能源消费



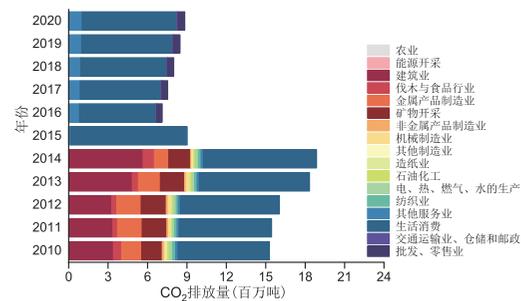
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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。2021年，吉布提的国内生产总值为现价34.8亿美元，其中服务业占比为约77%。

吉布提充分利用其战略位置，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^[148]。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石油为主。2020年，吉布提化石能源消费占一次能源消费结构的74.5%，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，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的比重为0.04%；生物质占一次能源消费比重达25.5%。

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，其消费产生的二氧化碳排放量2010年至2020年间缓慢上升，2020年共产生二氧化碳排放1.5百万吨，年均增长率为2.2%。

分行业化石能源碳排放贡献

吉布提化石能源消费产生的二氧化碳排放最多的行业依次是电、热、燃气、水的生产行业，交通运输业、仓储和邮政和建筑业。其中，2020年电、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0.8百万吨，占化石能源碳排放总量的53.0%；其次为交通运输业、仓储和邮政和建筑业，2020年化石能源碳排放量分别为0.4百万吨和0.2百万吨。各行业排放趋势相对稳定，缓慢增长，与2010年相比，2020年上述三个行业化石能源碳排放分别增加了21.1%、19.3%和17.5%。

生物质碳排放特征

2020年，吉布提的生物质消费占一次能源消费结构的25.5%，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燃烧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定，在2014年和2015年略有上升，之后下降，2020年产生二氧化碳排放0.8百万吨。由于统计口径精细化，2016年发布的能源平衡表中，原本在2015年及以前划归“其他，未明确用途”的生物质能源被划入“商业以及公共服务业”部门，统计口径变更导致2016年以后商业的生物质碳排放量核算结果升高。

碳排放趋势

2010年至2020年，吉布提的化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了17.7%，从1.3百万吨增至1.5百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从0.78百万吨增加到0.8百万吨，波动性较小。

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，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EDGAR数据接近，2013年之前的误差约为5%。从2013年到2017年，CEADs的排放量略高于EDGAR的结果，差距约为40万吨，主要原因在于，EDGAR的数据中吉布提的石油消费在2013年大幅下降，但在AFREC统计中对应时段的消费量下降幅度较小。CEADs核算数据约是IEA数据和GCB数据的两倍多，差距也主要来自于石油消费量的数据基础差异。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为2.3百万吨。

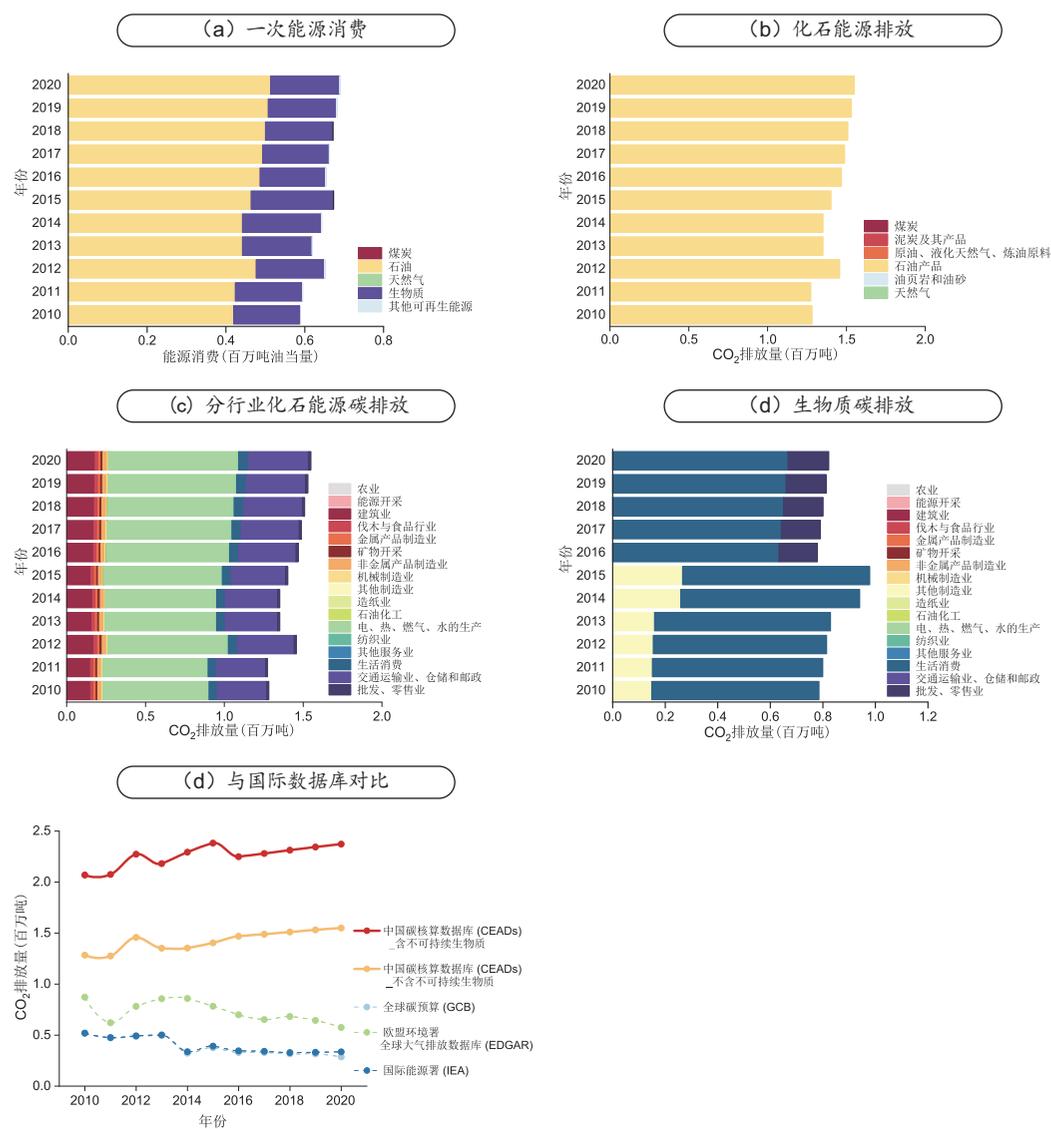


图3-10 吉布提2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比



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。通过分地区分经济行业的增加值数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了吉布提分区域、分行业的二氧化碳排放。

表3-10 吉布提排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	AFREC能源数据库	AFREC非洲能源委员会 (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	联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade)	UN Comtrade International Trade Statistics Database
	吉布提国民账户	吉布提国家统计局 (insd.dj)



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。2020年，津巴布韦人口1567万，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。2020年，津巴布韦GDP为现价215.1亿美元，人均GDP为1372.7美元，GDP增长率为-7.8%，通货膨胀率557.2%。

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。2020年，津巴布韦三大产业产值中，农业、工业和服务业占GDP的比重分别为11.8%、28.3%和59.9%。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。2020年津巴布韦贸易总额88.5亿美元，进口46.5亿美元，出口42亿美元。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%^[149]。

■ 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。2020年，津巴布韦煤炭消费占比4.2%，石油消费占比2.9%，化石能源消费总量占比接近7.0%。此外，2010-2019年生物质平均消费5.5百万吨油当量，占一次能源消费比重均在60%左右；2020年生物质消费剧烈增加到31.1百万吨油当量，占一次能源消费比重达91.9%（2020年生物质消费可能存在官方统计误差）。太阳能等其他可再生能源占一次能源供应的1.0%。

■ 化石能源碳排放特征

在化石能源燃烧所产生的碳排放中，煤炭和石油产品的碳排放占主要地位。2020年，煤炭产生碳排放5.6百万吨，占化石能源排放的65.7%；石油产品产生碳排放2.9百万吨，占化石能源排放的34.3%。天然气燃烧所产生的排放从2010年的7.5百万吨增长到2020年的8.5百万吨，增长了14.5%。

■ 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2020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。2020年，电、热、燃气、水的生产部门的碳排放量为4.9百万吨，占化石能源碳排放总量的57.8%。此外，能源开采、矿物开采、其他服务业部门是2010年来化石能源排放上升速率最快的部门。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

津巴布韦全国划分为10个省，各省的名称分别为：马尼卡兰、东马绍纳兰、中马绍纳兰、西马绍纳兰、马旬戈、北马塔贝莱兰、南马塔贝莱兰、中部、哈拉雷和布拉瓦约。西马绍纳兰省是津巴布韦第二大省，多样的物产及丰富的自然资源赋予了西马绍纳兰省参与地区和国际竞争的特殊优势，因此西马绍纳兰省成为津巴布韦化石能源碳排放第一大的地区，2020年碳排放量为2.1百万吨，占津巴布韦化石能源碳排放总量的25.1%。哈拉雷是津巴布韦的首都，同时也是该国政治、经济、文化、金融中心和陆、空交通枢纽，因为其区域内繁华的经济活动，哈拉雷成为津巴布韦化石能源碳排放第二大的地区。

■ 生物质碳排放特征

2020年，津巴布韦的生物质消费占一次能源消费结构的91.9%，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消费共同计入总体碳排放。

从时间趋势上看，2010年至2019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27.1百万吨，2020年生物质消费产生的碳排放大幅度增长到145.4百万吨，究其原因2020年津巴布韦生物质消费由2019年的5.1百万吨油当量剧烈增加到31.1百万吨油当量（2020年生物质消费可能存在统计误差）。

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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了14.5%，从7.5百万吨波动增加至8.5百万吨。其中，2010年至2013年、2016年至2019年碳排放呈增长趋势，其余年份呈下降趋势。此外，2010-2019年，生物质燃烧所产生的排放从24.0百万吨缓慢波动增至27.1百万吨，2020年生物质燃烧所产生的排放迅速增加至145.4百万吨（2020年生物质消费可能存在统计误差）。

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。2010-2014年，CEADs数据与GCB数据最为近似，差距约10%左右；2015-2020年CEADs数据与IEA数据最为近似，差距约10%左右。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年CEADs核算数据剧烈增加至153.9百万吨（2020年生物质消费可能存在统计误差）。

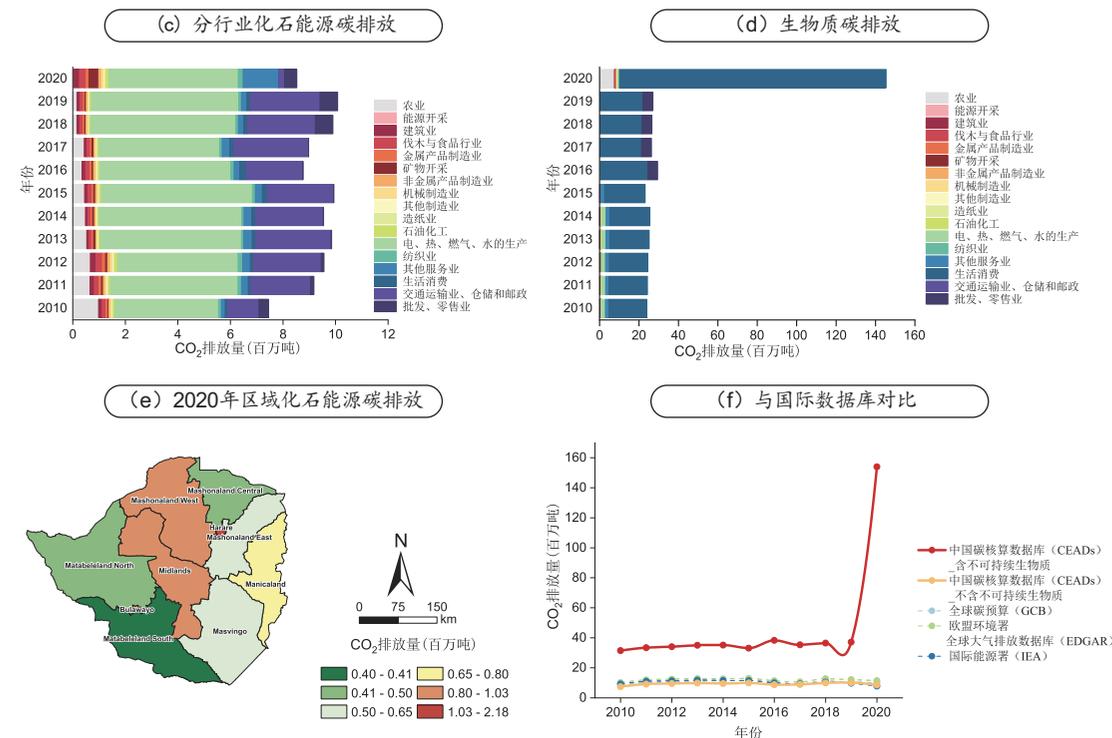
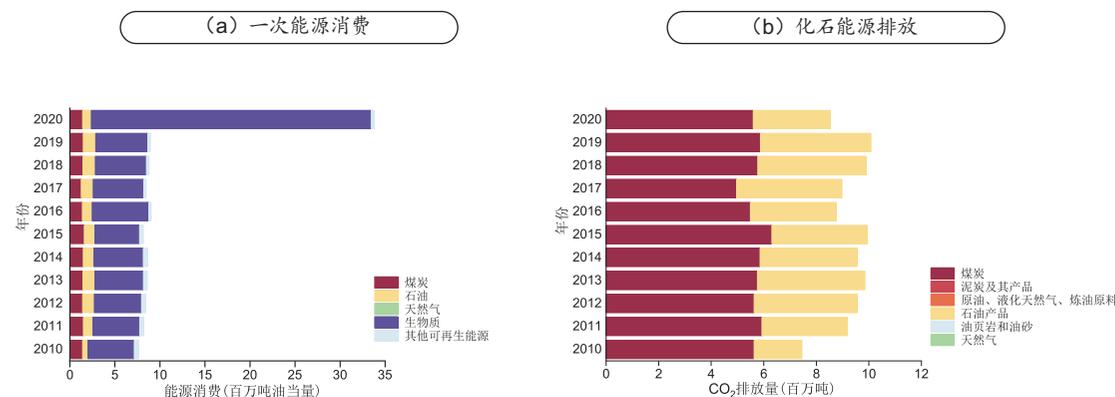


图3-11 津巴布韦2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 2020年区域化石能源碳排放；(f) 与国际数据库对比

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2010-2018年的能源平衡表，2019年根据历史数据进行核算，2020年数据来源于非洲能源委员会发布的报告：Africa Energy Balance & Indicators 2022。在部门匹配上，我们以经济数据和人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。此外，使用区域的经济分布和人口分布情况将国家层面的数据映射到区域层面。

注：津巴布韦2020年的能源平衡表存在数据来源的变更，可能会因此带来误差和波动，数据更新后将重新核算。

表3-11 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/
	非洲统计年鉴	https://www.afdb.org/en/knowledge/publications/african-statistical-yearbook
国家到区域的降尺度指标	津巴布韦数据门户 (Zimbabwe Data Portal)	https://zimbabwe.opendataforafrica.org/



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，其余主要适于畜牧业，国土面积58.3万平方公里。2021年，肯尼亚的GDP为现价1103.5亿美元。人口方面，肯尼亚的人口为5300万。

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，2021年其在国内生产总值中的份额为22.4%，同比下降0.2%。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7.2%，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^[150]。

■ 一次能源消费结构

肯尼亚的一次能源结构以生物质为主。2020年，化石能源消费总量占比约23.8%，具体地，煤炭消费占比2.3%，石油消费占比21.5%，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供应的16.6%，其中绝大部分为地热能；生物质占一次能源消费比重达59.6%。

■ 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)，2020年其消费产生二氧化碳排放15.9百万吨，占化石能源碳排放的87.8%。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2020年2.2百万吨，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2020年的11.4百万吨，2020年占化石能源碳排放的比重约为63.3%。生活消费的化石能源碳排放量增长迅速，2020年为2.1百万吨，占化石能源碳排放的11.4%。电、热、燃气、水的生产行业也是肯尼亚主要的化石能源碳排放行业，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。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

肯尼亚全国划分为47个省，不同省份化石能源消费产生的二氧化碳排放的高低主要取决于经济总量、人口数量和产业结构，化石能源碳排放与经济发展中心相重合。化石能源碳排放增长主要分布在西部和中南部区域，在空间上高度集中。以首都内罗毕为中心的基安布和马查科斯是高化石能源碳排放区。2020年，首都内罗毕化石能源碳排放量达5.2百万吨，占全国化石能源碳排放总量的比例为28.9%。东南部的重要港口城市蒙巴萨，是另外一个化石能源碳排放密集区，排放量为1.8百万吨，占比10.3%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，肯尼亚的生物质消费占一次能源消费结构的59.6%，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燃烧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，2020年生物质消费产生的二氧化碳排放为68.2百万吨。由于统计口径差异，生物质碳排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2020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18.1百万吨，年均增长率为5.8%。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放增长了约60.9%，从44.0百万吨最高增长至2019年的70.8百万吨。2020年受新冠疫情影响，二氧化碳排放相比2019年下降了3.7%。

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EDGAR数据基本一致，略高于IEA结果，略低于EDGAR结果。在2010年至2016年，CEADs数据略低于GCB数据，2016年至2020年CEADs数据略高于GCB数据。CEADs的结果与IEA数据差距在10%以内。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，2020年，CEADs核算数据为86.3百万吨。

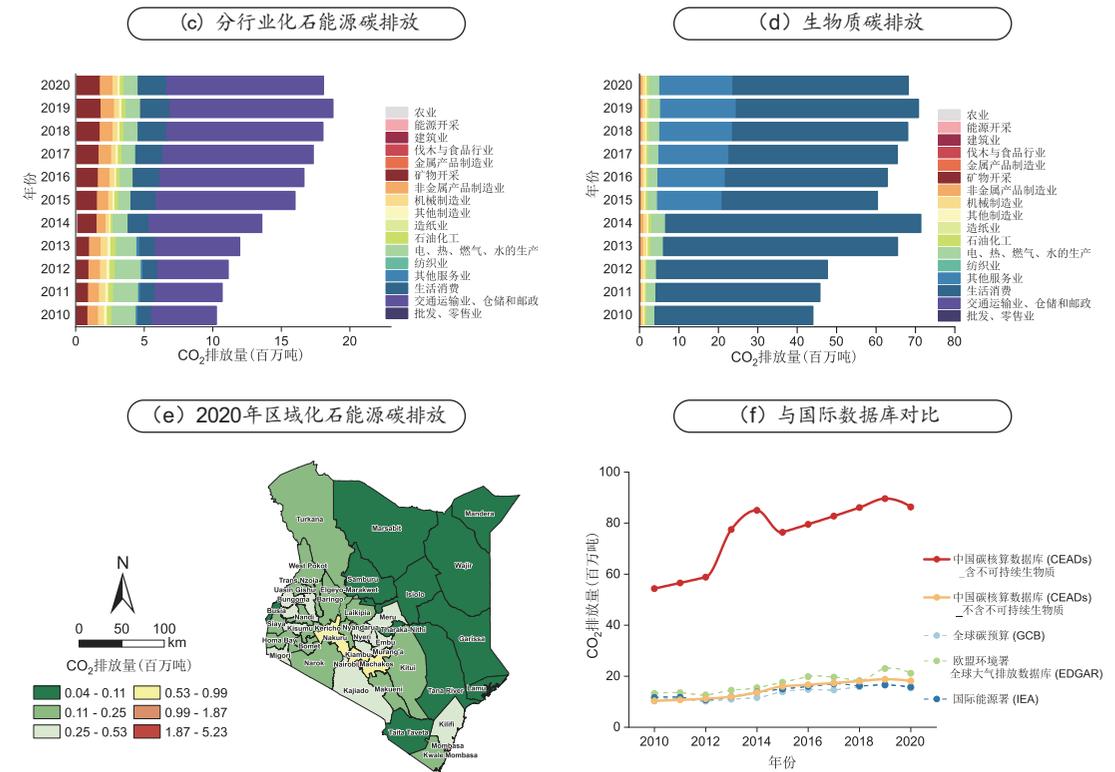


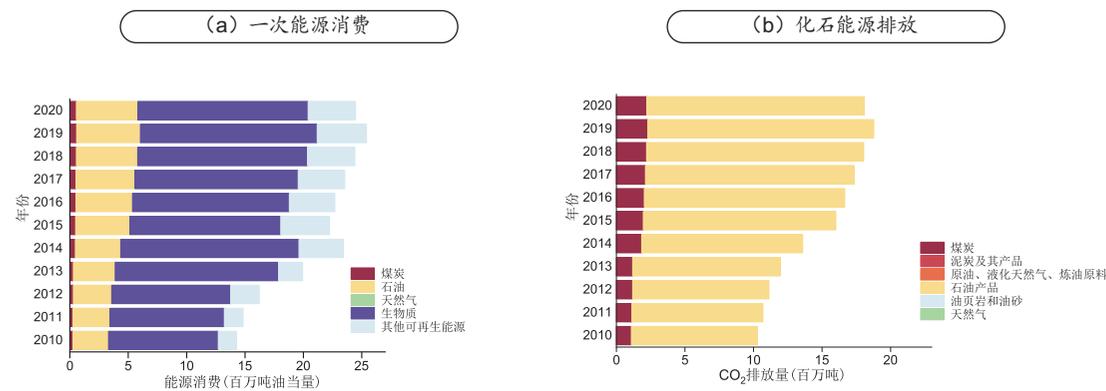
图3-12 肯尼亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

数据来源简述

从肯尼亚国家统计局网站上获取了肯尼亚2012-2020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。通过分地区分经济行业的增加值数据，以及工业统计年鉴中分行业分能源品种支出数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了肯尼亚分区域、分行业的二氧化碳排放。

表3-12 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/?wpdmprom=economic-survey-2019
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/
国家到区域的降尺度指标	肯尼亚统计局——国内生产总值报告	https://www.knbs.or.ke/





加纳 GHANA

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。2021年，加纳的GDP为现价775.9亿美元，人口为3160万，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）^[151]。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^[152]。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天然气为主。2020年，加纳化石能源消费占一次能源消费结构的66.5%，以石油和天然气为主，无煤炭消费量。其中，石油消费占比39.8%；天然气消费占比26.8%，相比2019年有显著提高。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的5.9%；生物质占一次能源消费比重达27.6%。

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，天然气和石油产品消费是加纳化石能源碳排放的主要来源，2020年分别占化石能源碳排放的64.6%和34.6%。且石油产品消费产生的二氧化碳排放量从2010-2018年一直呈现增长态势，2019年略有下降，2020年达到12.6百万吨。加纳一直积极推广使用天然气，其消费产生的二氧化碳排放呈总量小、增长快的特点，2020年达到6.8百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

加纳化石能源消费产生二氧化碳排放最高的行业为交通运输业、仓储和邮政。2020年，该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量为9.8百万吨，占化石能源碳排放总量的50.3%。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，2020年为7.1百万吨，相比于2019年上升约34%，体现出加纳电力部门的需求量不断升高。

区域间化石能源碳排放异质性

加纳首都为阿克拉，全国共设大阿克拉省、阿散蒂省等16个省。加纳的化石能源碳排放主要集中在南部首都阿克拉一带，南部地区的化石能源碳排放量显著高于北部，其中阿散蒂和大阿克拉是排放最高的地区，2020年化石能源碳排放量分别为3.7百万吨和3.2百万吨，分别占全国碳排放总量的19.1%和16.3%。

生物质碳排放特征

2020年，加纳的生物质占一次能源消费结构的27.6%，占比略有下降，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燃烧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10.1百万吨增长至2020年为13.9百万吨。

碳排放趋势

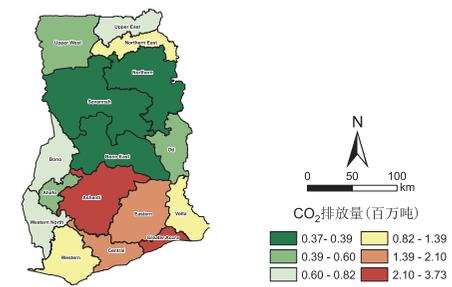
2010-2020年，加纳化石能源消费所产生的二氧化碳呈较为迅速的上升趋势，从10.6百万吨增至19.5百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从10.1百万吨增加到13.9百万吨。

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EDGAR数据接近，误差约为5%。2016-2020年，CEADs的排放量略高于IEA的结果，差距约为10%（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，与CEADs的数据来源一致。而CEADs数据在2010年以及2017年至2020年略高于GCB数据，在其他年份略低于GCB数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为33.5百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

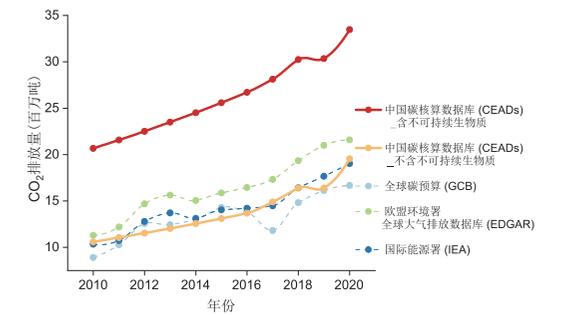


图3-13 加纳2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

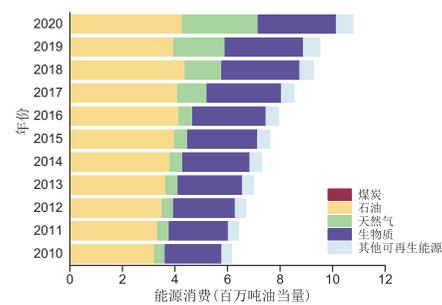
数据来源简述

从加纳能源部网站上获取了加纳2010-2020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。通过分地区分经济行业的增加值数据对国家级数据进行了降尺度，从而计算了加纳分区域、分行业的二氧化碳碳排放。

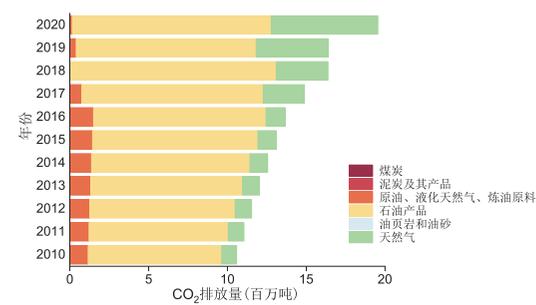
表3-13 加纳排放核算的数据来源

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	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/
国家到区域的降尺度指标	加纳统计局	statsghana.gov.gh

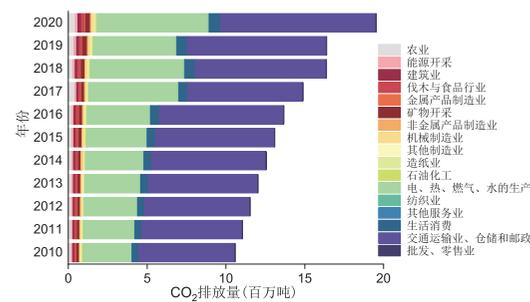
(a) 一次能源消费



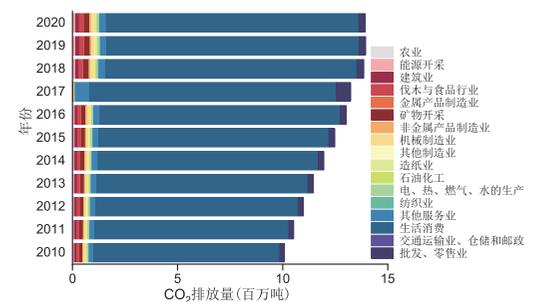
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





尼日利亚 NIGERIA

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，2020年总人口2.06亿，占非洲总人口的16%；同时也是非洲第一大经济体，受疫情影响，2020年，尼日利亚国内生产总值为现价4323亿美元^[153]。

尼日利亚的支柱产业是石油工业，占国家总收入的83%。同时为了改变本国经济对石油工业的过多依赖，大力开发天然气资源。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。煤储量约27.5亿吨，为西非唯一产煤国。除能源开采外，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%^[154]。

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^[155]。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大贡献^[156]。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。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。2020年，尼日利亚煤炭消费占比0.007%，石油消费占比4.7%，天然气消费占比2.4%，化石能源消费总量占比接近7.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达92.7%，太阳能等其他可再生能源在一次能源消费占比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，石油和天然气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2020年共产生碳排放49.0百万吨，占化石能源碳排放的71.0%。天然气消费所产生的碳排放从2010年的11.4百万吨增长到2020年20.0百万吨，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。2020年，该部门的化石能源碳排放为45.5百万吨，占尼日利亚化石能源碳排放总量的65.9%，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2020年占化石能源碳排放总量的21.8%，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6.0%。

区域间化石能源碳排放异质性

尼日利亚共有36个州和一个联邦首都区，具体是阿比亚州、阿夸·伊博姆州、阿达玛瓦州、阿南布拉州、包奇州、贝努埃州、博尔诺州、十字河流州、三角州、埃多州、埃努古州、伊莫州、吉加瓦州、卡杜纳州、卡诺州、卡齐纳州、凯比州、科吉州、夸拉州、拉各斯州、尼日尔州、奥贡州、翁多州、奥逊州、沃约州、高原州、河流州、索科托州、塔拉巴州、约比州、贡贝州、纳萨拉瓦州、赞法拉州、埃邦伊州、埃基提州、巴耶尔萨州。卡诺州和拉各斯州作为尼日利亚的重要城市和工业、交通、商业中心，在2020年化石能源碳排放量分别达到4.7百万吨和4.5百万吨，显著高于其他州。

■ 生物质碳排放特征

2020年尼日利亚的生物质能占一次能源消费结构的92.7%左右，主要用于家庭部门和服务行业消耗使用，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在尼日利亚占据了重要比例^[157]。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793.2百万吨增加到2020年的953.7百万吨。其中，2015-2016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，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^[158]。

■ 碳排放趋势

尼日利亚的化石能源碳排在2013年到2016年出现碳排放的下降，2017年之后碳排放量重新回到较高水平。在2010年至2019年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了47.7%，从47.6百万吨增至2019年的70.3百万吨。受疫情影响，2020年碳排放稍有降低，为69.0百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从2010年的793.2百万吨增长至2020年的953.7百万吨。

■ 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，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，2020年IEA化石能源碳排放为88.1百万吨，CEADs的化石能源碳排放总量为69.0百万吨，而EDGAR的数据为120.3百万吨，GCB的数据为107.9百万吨，存在近两倍左右的差距。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，2020年，CEADs核算数据为1022.7百万吨。

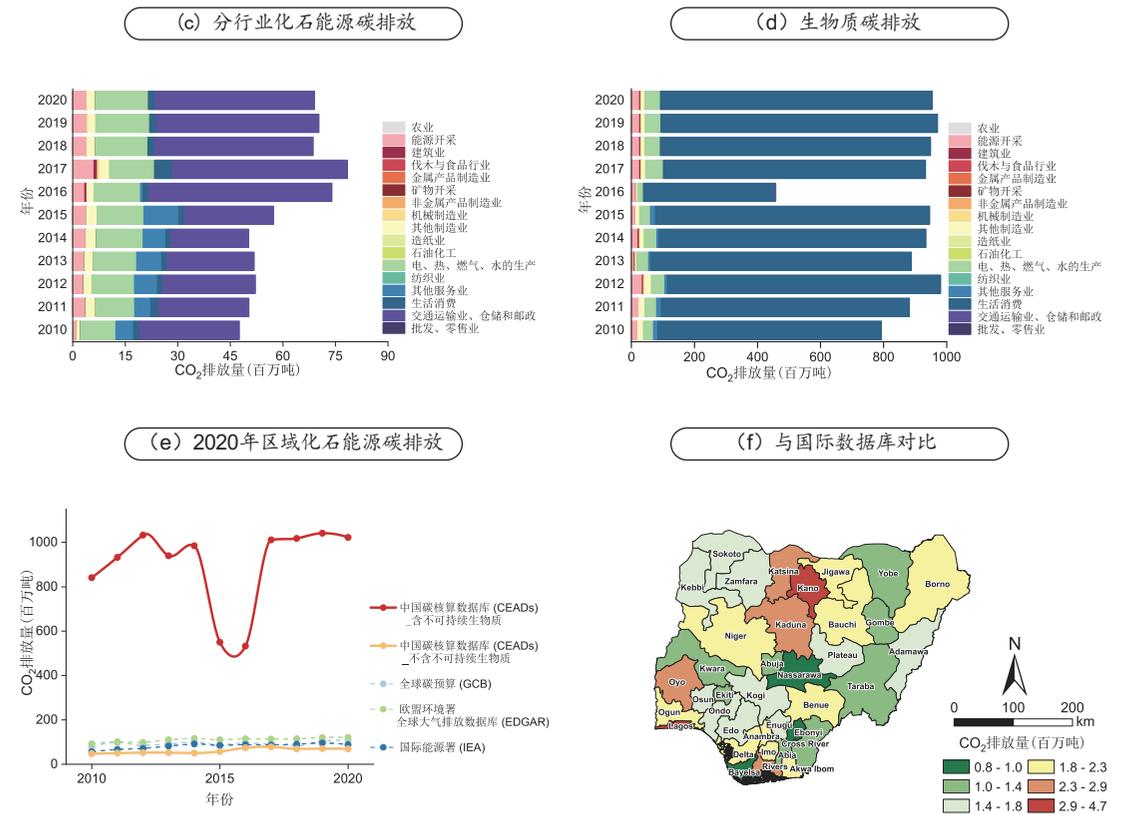
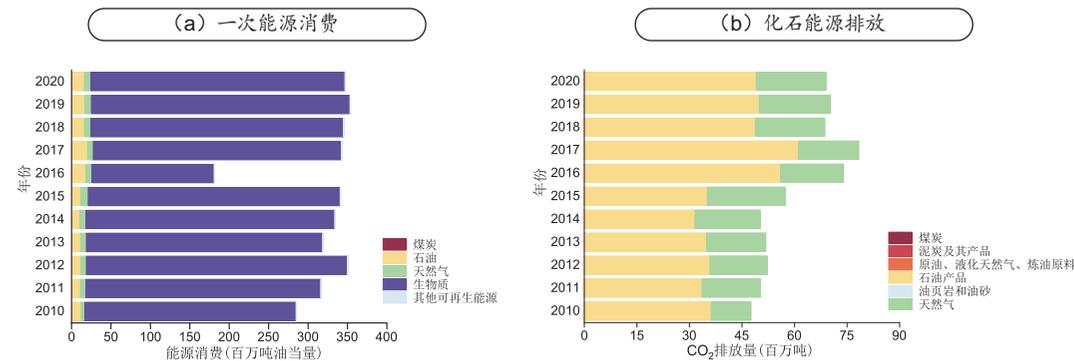


图3-14 尼日利亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

■ 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。尼日利亚分区域的数据是依据官方统计局中各行政区生产总值的数据比例估算得到，综合考虑各区域经济发展水平、人口等影响因素。

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 (工业, 公共服务, 人口)	https://nigeria.opendataforafrica.org/jbfbmme/selected-banking-sector-report-q3-2018
国家到区域的降尺度指标	尼日利亚官方统计网站	https://www.nigerianstat.gov.ng/



■ 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。2021年，摩洛哥王国总人口为3621万人。阿拉伯语为国语，通用法语。信奉伊斯兰教。摩洛哥的经济总量（2021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^[159]，2020年国内生产总值约为现价1213亿美元。

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，2020年约占GDP总量的10.7%，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1%。第三产业较为发达，产值占2020年GDP的51.2%，其中金融和贸易产值较高。磷酸盐为摩洛哥的主要资源，已探明储量500亿吨，占世界储量的71%。其它矿产资源有铁、铅、锌、钴、锰、钒、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^[159]。

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2020年前投资217亿美元，将可再生能源总装机量提高到800万千瓦，占其全部电力生产的42%，到2030年进一步提高到52%。目前在建的努奥光伏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光伏电站^[159]。根据《联合国气候变化框架公约》，摩洛哥制定了到2020年实现可再生资源满足国内42%能源需求的目标，并于2015年正式提交了国家自主贡献行动目标。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。2020年，石油产品消费占比53.7%，煤炭消费占比32.8%，天然气消费占比3.3%，化石能源消费总量占比89.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达6%，风能等其他可再生能源占一次能源消费的4.2%。其中，从2010年到2020年，天然气消费总量先上升再下降，在2014-2016年相对平稳，并在2017-2020年呈现下降趋势。

■ 化石能源碳排放特征

2020年摩洛哥化石能源消费产生的碳排放量约为61.7百万吨，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33.6百万吨，占化石能源碳排放总量54.5%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42.9%和2.6%。整体来看，摩洛哥化石能源消费产生的碳排在2010-2019年逐年增长，在2020年碳排放略微有所下降，其中石油及石油产品消费产生的碳排放占比最多，天然气消费产生的碳排放占比较小。

■ 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。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近28.3百万吨，占摩洛哥化石能源碳排放总量的45.9%。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。2020年，该行业消费化石能源所产生的碳排放量接近15.9百万吨，占摩洛哥化石能源碳排放总量的25.7%。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部门，其中，2020年居民消费化石能源所产生的碳排放为8.7百万吨左右，占化石能源碳排放总量的14.1%。

区域间化石能源碳排放异质性

依照摩洛哥官方统计口径，摩洛哥王国共分为12个政区，分别是丹吉尔-得土安-胡塞马大区、非斯-梅克内斯大区、拉巴特-萨累-盖尼特拉大区、德拉-塔菲拉勒特大区（驻地拉希迪耶）、贝尼迈拉勒-海尼夫拉大区、东部大区、大卡萨布兰卡-塞塔特大区、马拉喀什-萨菲大区、苏斯-马塞大区、盖勒敏河大区（Guelmim - Oued Noun）、阿尤恩-斯马拉大区（Laâyoune - Sakia El Hamra）、达赫拉-黄金谷地大区。此外，统计中还包括了治外法权地区。其中，大卡萨布兰卡-塞塔特大区是全国经济最发达城市卡萨布兰卡的所在地，也是全国经济最发达的政区，因为区域内经济工业活动繁华，为摩洛哥化石能源碳排放最高的区域，2020年共产生碳排放19.9百万吨（32.2%）。此外，首都拉巴特的所在政区拉巴特-萨累-盖尼特拉大区，2020年的化石能源碳排放量为9.9百万吨。

生物质碳排放特征

2020年，摩洛哥的生物质占一次能源消费结构的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燃烧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趋势，从2010年的2百万吨增长至2020年为5.8百万吨。

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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放从38.3百万吨增至2020年的61.7百万吨。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5.8百万吨。

与国际数据库对比

统一核算口径下，2020年摩洛哥碳排放总量的核算结果为CEADs 61.7百万吨，IEA 61.8百万吨，EDGAR 67.4百万吨，GCB 59.7百万吨；CEADs的化石能源碳排放数据与IEA、EDGAR、GCB的总体趋势相同，数值上与IEA、GCB相差不多，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，核算结果基本一致。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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为67.5百万吨。

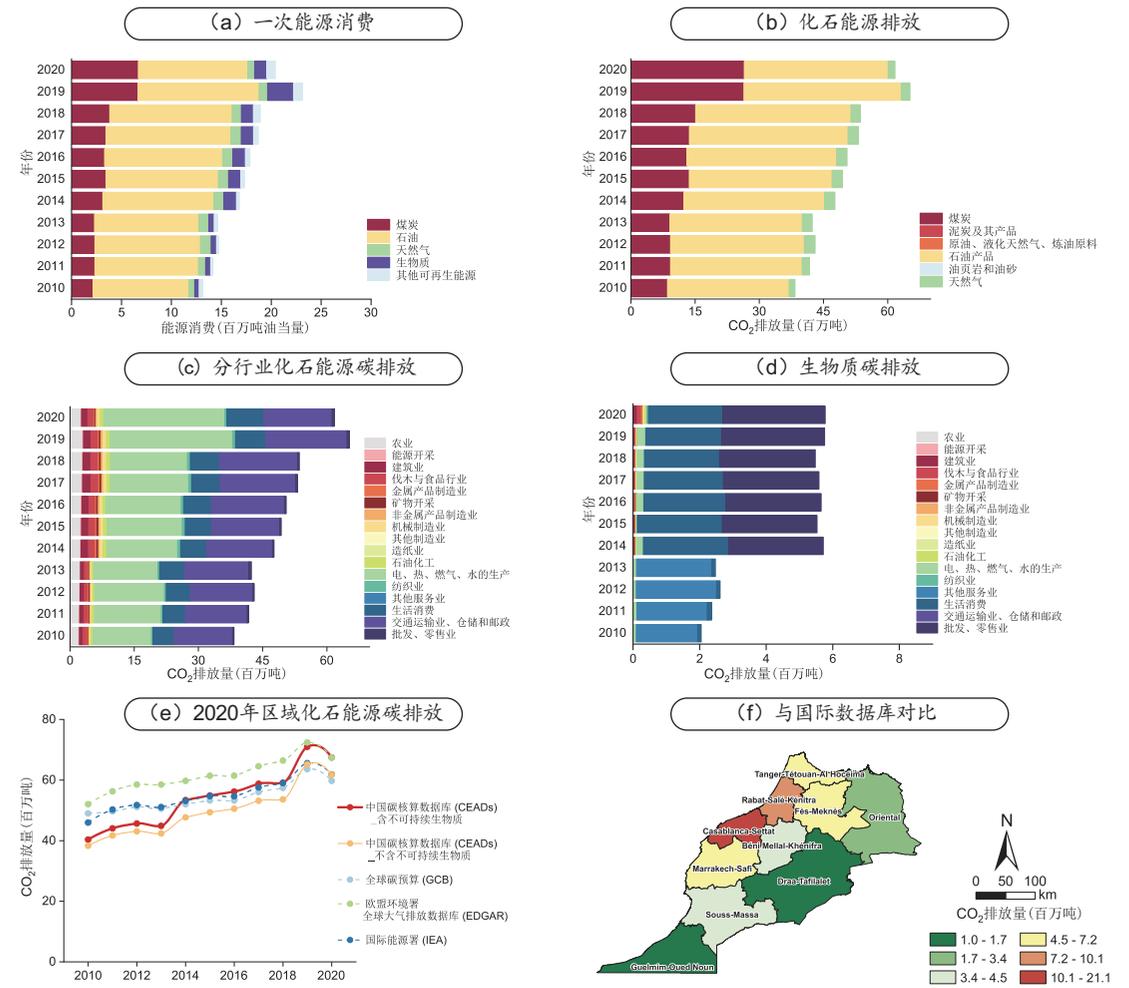


图3-15 摩洛哥2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020年的数据。在分部门匹配上，我们采用其国家统计局公布的各部门的现价下的增加值作为分配基础，对部门进行降尺度匹配，分配到47个部门。此外，对区域的分类则是基于国家统计局公布的各政区的GDP进行区域分类核算，分配到13个区域。

表3-15 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/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	高等计划署	https://www.hcp.ma/search/COMPTES+NATIONAUX+/
国家到区域的降尺度指标	高等计划署	https://www.hcp.ma/



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^[160]。阿尔及利亚是非洲最大的经济体之一，2020年GDP总量（现价）为1450亿美元^[161]，人口为4345万人^[162]。

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，2020年约占全国GDP的20%以上，其出口占国家出口总额的97%以上^[160]，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，2020年制造业对GDP的贡献不足5%；阿尔及利亚农业体量大，2020年约占全国GDP的13%，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。2020年，天然气消费占比81.1%，石油消费占比18.8%。此外，一次能源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。天然气产品作为阿尔及利亚最主要的化石能源，在2020年共产生碳排放75.2百万吨。石油产品消费在2020年共产生碳排放18.8百万吨。自2010年以来，天然气产品产生的碳排放占化石能源碳排放中的占比逐渐提高，从2010年的65.0%提高到2020年的78.2%，石油产品产生的碳排放占化石能源碳排放中的占比逐渐降低，从2010年的32.3%降低到2020年的19.6%。

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电、热、燃气、水的生产。2020年，该部门所产生的碳排放量为34.8百万吨，占阿尔及利亚化石能源碳排放总量的36.2%。紧随其后的是生活消费部门，这是阿尔及利亚近年来的第二大化石能源碳排放部门，在2020年共产生碳排放22.9百万吨，占化石能源碳排放总量的23.8%。第三大化石能源碳排放部门是交通运输业，在2020年消费化石能源所产生的碳排放高达14.1百万吨。

区域间化石能源碳排放异质性

2020年11月前，阿尔及利亚共分48个省，分别是阿德拉尔省、谢里夫省、瓦尔格拉省、乌姆布瓦吉省、巴特纳省、贝贾亚省、比斯卡拉省、贝沙尔省、卜利达省、布维拉省、塔曼拉塞特省、泰贝萨省、特莱姆森省、提亚雷特省、提济乌祖省、阿尔及尔省、杰勒法省、吉杰尔省、塞提夫省、赛伊达省、斯基克达省、西迪贝勒阿巴斯省、安纳巴省、盖勒马省、君士坦丁省、麦迪亚省、穆斯塔加奈姆省、姆西拉省、穆阿斯凯尔省、瓦尔格拉省、奥兰省、巴亚兹省、伊利济省、布阿拉里季堡省、布米尔达斯省、塔里夫省、廷杜夫省、提塞姆西勒特省、瓦迪省、汉舍莱省、苏格艾赫拉斯省、提帕萨省、米拉省、艾因迪夫拉省、纳马省、艾因泰穆尚特省、盖尔达耶省、埃利赞省。其中，阿尔及尔省是国家首都阿尔及尔市的所在省份，是国家的政治、经济中心，拥有全国最大的港口，是阿尔及利亚全国化石能源碳排放最高的区域，在2020年总排放量为9.49百万吨（全国的9.87%）。

生物质碳排放特征

2020年阿尔及利亚的生物质能占一次能源消费结构的0.01%左右。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燃烧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0.037百万吨下降到2020年的0.0017百万吨。

碳排放趋势

在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了26.3%，从76.1百万吨增至96.1百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从0.037百万吨减少到0.0017百万吨。

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BP的化石能源碳排放量接近，且与CEADs数据相差20%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，2018年CEADs交通行业的化石能源碳排放量为28.1百万吨，而IEA的数据为45.5百万吨，存在38.2%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，2020年，CEADs核算数据为96.1百万吨。

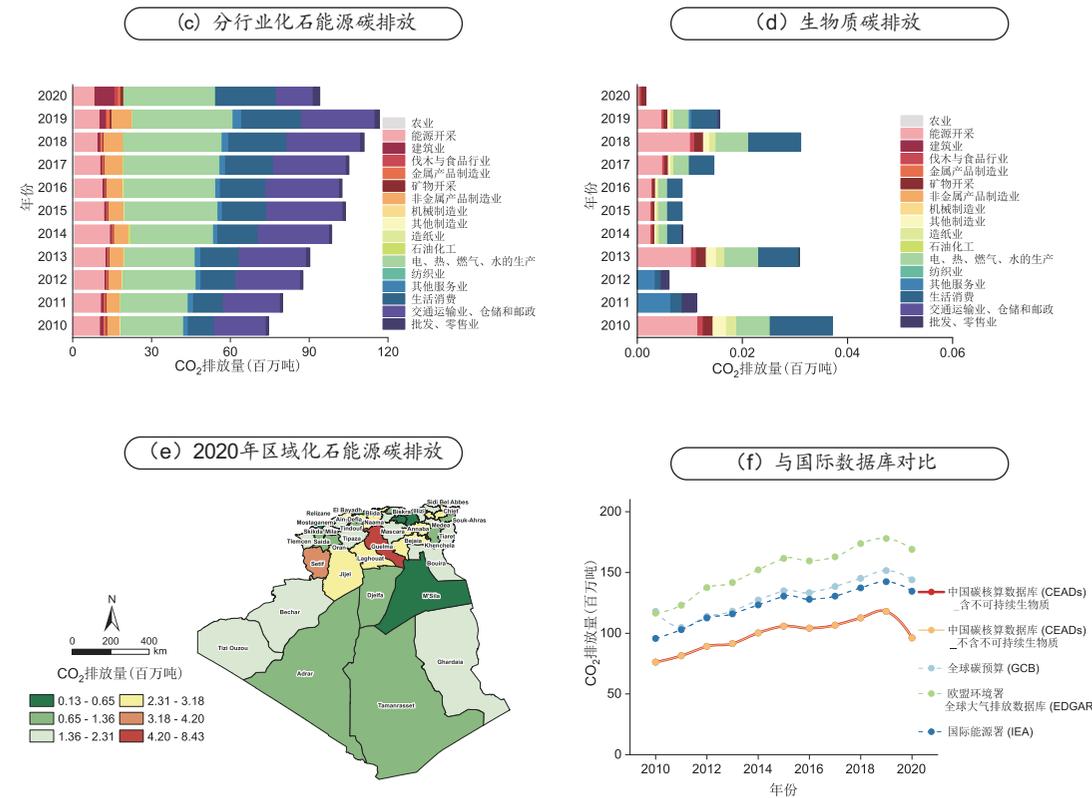


图3-16 阿尔及利亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020年的数据，共涉及21个能源品种，16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。此外，本研究中所采用的国家到区域的降尺度指标为世界银行发布的2010-2016年阿尔及利亚分省人口数据。

表3-16 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	能源和矿产部	http://www.energy.gov.dz/
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	阿尔及利亚统计局	https://www.ons.dz/
国家到区域的降尺度指标	世界银行	https://www.citypopulation.de/en/algeria/



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。2021年该国GDP（现价）为4041亿美元，人口为1.09亿。

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，2021年约占GDP总量的52%；农业占GDP总量约17%；工业产值约占GDP总量的31%。埃及的主要自然资源包括石油，天然气，铁矿石，磷酸盐等，其中。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^[163]。

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^[164]。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。2020年，煤炭消费占比仅占0.2%，石油消费占比44.6%，天然气消费占比53.7%，化石能源消费总量占比接近98.5%。此外，风能太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的1.5%。

■ 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2020年共产生碳排放104.8百万吨，占化石能源碳排放的48.1%。石油消费所产生的碳排放从2010年的101.5百万吨增长到2020年112.5百万吨，增长速度明显。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

埃及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。2020年，电、热、燃气和水的生产共产生碳排放91.2百万吨，占埃及化石能源碳排放总量的41.8%，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2020年占化石能源碳排放总量的17.6%，主要使用柴油、汽油、燃油。此外，工业制造也是主要的化石能源碳排放行业，其中非金属制造业所产生的碳排放占6.0%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

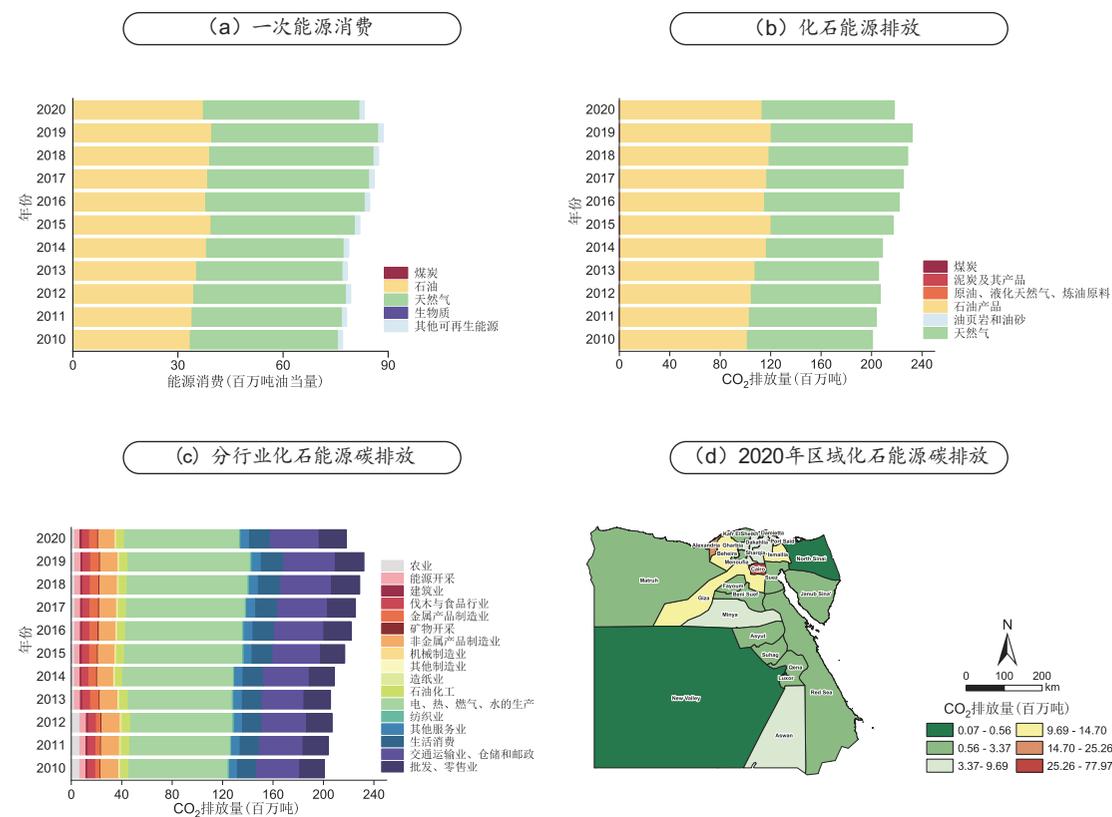
埃及全国共分为27省。开罗是埃及首都，也是全国最大城市和主要的工业中心。因为区域内繁华的经济工业活动，其成为埃及化石能源碳排放最高的区域，在2020年共产生碳排放78百万吨（35.8%）。此外，亚历山大是埃及的第二大省，2020年的化石能源碳排放量为25.3百万吨。

■ 碳排放趋势

埃及的二氧化碳排放增长较快。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了8.5%，从200.8百万吨增至2020年的218.0百万吨。

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，CEADs碳核算结果为218百万吨，与IEA数据库统计结果188.4百万吨相比，高约15%，比EDGAR的核算结果243.3低约10%，比GCB 246.8百万吨的核算结果低6.65%。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采用的是埃及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使用的埃及中央统计局数据显示该年全国煤炭产品最终消费为136千吨油当量。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。



(e) 与国际数据库对比

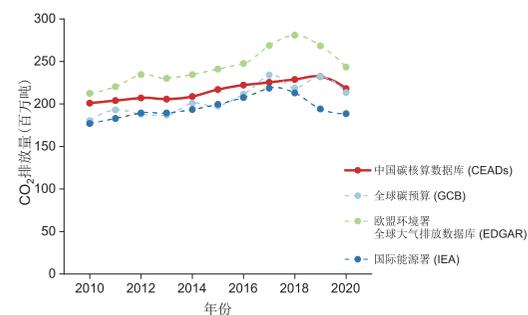


图3-17 埃及2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

数据来源简述

埃及的能源平衡表均来自于埃及中央统计局，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3-17 埃及排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	埃及中央统计局	https://www.capmas.gov.eg/
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	埃及中央统计局 (工业部门)	https://www.capmas.gov.eg/
	埃及中央统计局 (农业、服务业和建筑业)	https://www.capmas.gov.eg/
国家到区域的降尺度指标	埃及计划与经济发展部	https://mped.gov.eg/Governorate?lang=en



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，2020年人口约为1216.1万人。尽管其交通区位优势，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，2020年GDP现价总量425.4亿美元，人均GDP为3497.7美元，失业率约为16.4%^[165]。

突尼斯被称为橄榄之乡，国内有大量的橄榄种植，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^[166]。

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^[167,168]。

一次能源消费结构

突尼斯的一次能源结构以天然气为主。2020年，突尼斯天然气消费占比52.5%，石油消费占比37.6%，化石能源消费总量占比达90.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达8.8%，风能、太阳能等可再生能源占一次能源消费的1.1%。整体而言，2010-2015年，石油消费占比略微上升，而2015-2020年，石油消费占比逐年下降，但趋势较为平缓，一次能源结构保持稳定。

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。石油产品在2020年共产生碳排放10.1百万吨，占化石能源碳排放总量的47.6%。而天然气2020年共产生11.1百万吨，占比达52.4%。从趋势来看，石油消费所产生的碳排放从2010的10.0百万吨到2020年10.1百万吨，基本持平。天然气消费所产生的碳排放也基本稳定，2010年为11.4百万吨，而2020年为11.1百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

突尼斯最大的化石能源二氧化碳排放来源于电、热、燃气和水的生产行业，在2020年化石能源碳排放量为8.2百万吨，占比为39.0%。紧随其后的是交通运输业、仓储和邮政行业。2020年，该行业消费化石能源产生的碳排放量为6.7百万吨，占突尼斯化石能源碳排放总量的31.7%。第三是生活消费部门，城市与乡村的生活消费部门消费化石能源所产生的碳排放占9.5%。

区域间化石能源碳排放异质性

突尼斯全国共分为二十四个省，分别是卡夫、马赫迪耶、莫纳斯提尔、卡塞林、凯鲁万、阿里亚纳、巴贾、比则太、本阿鲁斯、坚杜巴、梅德宁、马努巴、纳布勒、加贝斯、加夫萨、凯比里、斯法克斯、西迪布兹德、希里亚奈、苏塞、泰塔温、托泽尔、突尼斯、宰格万省。突尼斯省是突尼斯的首都所在地，是全国的政治、经济、文化中心和交通枢纽^[166]，是突尼斯化石能源碳排放最高的区域，2020年共产生化石能源碳排放1.9百万吨，占化石能源碳排放总量的9.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020年突尼斯的生物质能占一次能源消费结构的8.8%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2020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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放基本持平，从21.4百万吨至2020年的21.2百万吨。同期，生物质消费所产生的碳排放变化幅度亦较小，整体在3.1百万吨至3.9百万吨间波动起伏。

■ 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。2020年，突尼斯化石能源碳排放总量CEADs的核算结果为21.2百万吨，IEA结果为25.2百万吨，差异在18%左右；GCB数据库为23.9百万吨；EDGAR数据库为27.6百万吨，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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为24.2百万吨。

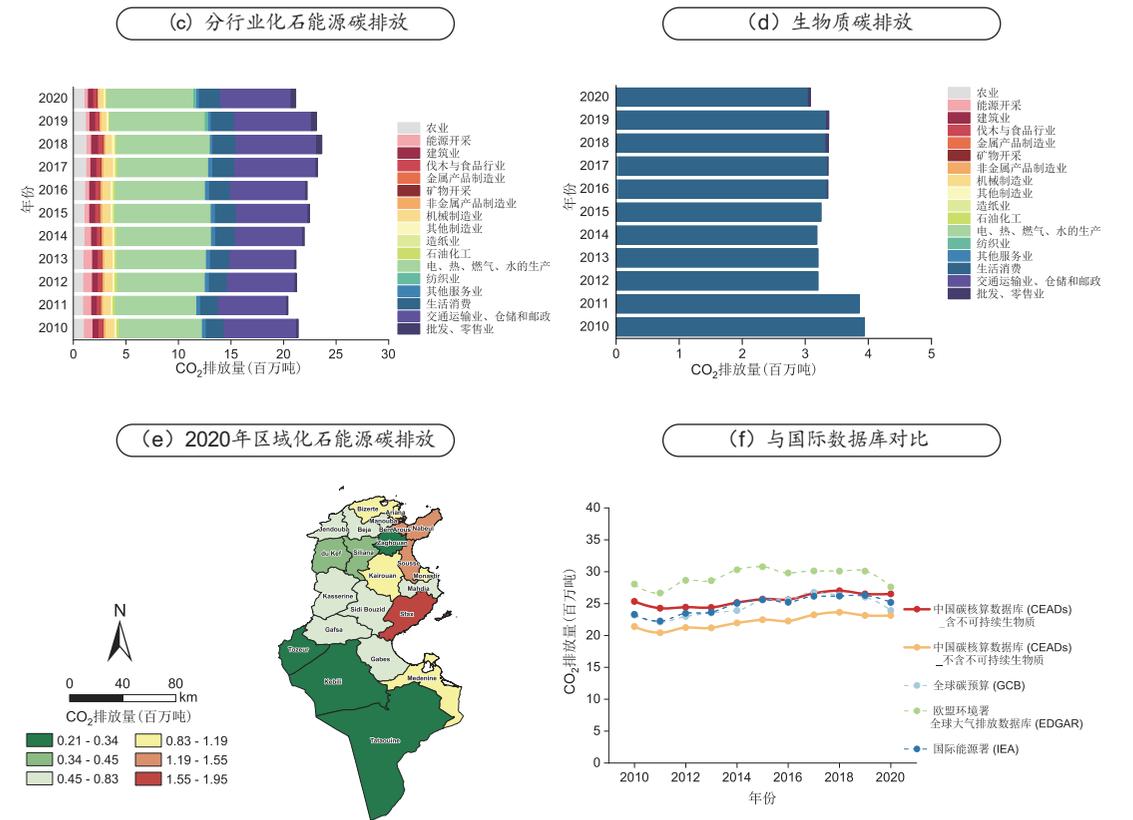


图3-18 突尼斯2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 2020年区域化石能源碳排放；(f) 与国际数据库对比

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2010–2019年的数据，2020年根据经济指标进行外推，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作为分配基础，对应分配到47个部门。在分区域分配中，采用国家统计局公布的人口比例数据作为基础，进行区域比例的分配。

表3-18 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
国家到区域的降尺度指标	突尼斯统计局 (分地区人口统计)	http://www.ins.tn/en/statistiques/111



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，2020年南非拥有5880万人口，国内生产总值(GDP)为3376亿美元^[169]。

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^[170]。

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战略合作关系的行动计划。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

2020年，南非化石能源消费占一次能源消费结构的87.7%，以煤炭为主。2020年，煤炭消费占比65%，石油消费占比20.8%，天然气消费占比1.9%。此外，太阳能、风能及其他可再生能源占一次能源消费的3.8%。

■ 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燃料，2020年其消费产生二氧化碳排放287.9百万吨，占化石能源碳排放的82.8%。石油产品消费所产生的二氧化碳排放为55.1百万吨，占化石能源碳排放的15.8%，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。2020年电、热、燃气、水的生产行业产生的二氧化碳排放量为226.1百万吨，占化石能源碳排放总量的65%。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36.4百万吨，占化石能源碳排放量的比例也由2010年的18.5%下降至2020年的10.5%，出现明显的下降趋势。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

南非分为9个省，其中，化石能源二氧化碳排放主要集中于豪登省，2020年为119.8百万吨，占该国化石能源碳排放的34.4%。豪登省是南非人口最多的省份，虽占地面积小，但城市化程度较高，包括南非最大的城市约翰内斯堡，经济活动频繁，因此产生了较高的化石能源碳排放。此外，北开普省的化石能源二氧化碳排放量最低，仅为7.1百万吨，仅占该国化石能源碳排放的2%，主要是因为该地区的气候不宜人类居住，人口稀少，产业基础薄弱。

■ 生物质碳排放特征

2020年南非的生物质占一次能源消费结构的8.5%，由于南非生物质来源主要为可再生资源，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

2010–2020年，南非化石能源消费所产生的二氧化碳排放减少了11.1%，从391.3百万吨下降至347.9百万吨。2013年化石能源碳排放到达一个峰值，为418.8百万吨，而2015年，化石能源碳排放达到了2010–2015年的最低点，仅有386.9百万吨，2015年–2016年化石能源碳排放出现回升，紧接着又出现持续下降，2020年南非化石能源消费所产生的二氧化碳碳排放为347.9百万吨。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。2020年，GCB的核算结果为430.7百万吨，EDGAR的核算结果为427.8百万吨，IEA的核算结果为388.1百万吨。具体地说，与EDGAR的统计数据相比，CEADs的统计数据整体比EDGAR的统计数据低。对于IEA的统计数据，其数值也高于CEADs的数值。从行业排放来看，存在着一定差异。例如，2020年CEADs的交通运输业、仓储和邮政二氧化碳总排放为36.4百万吨，而IEA的数据仅交通行业就有45百万吨。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。

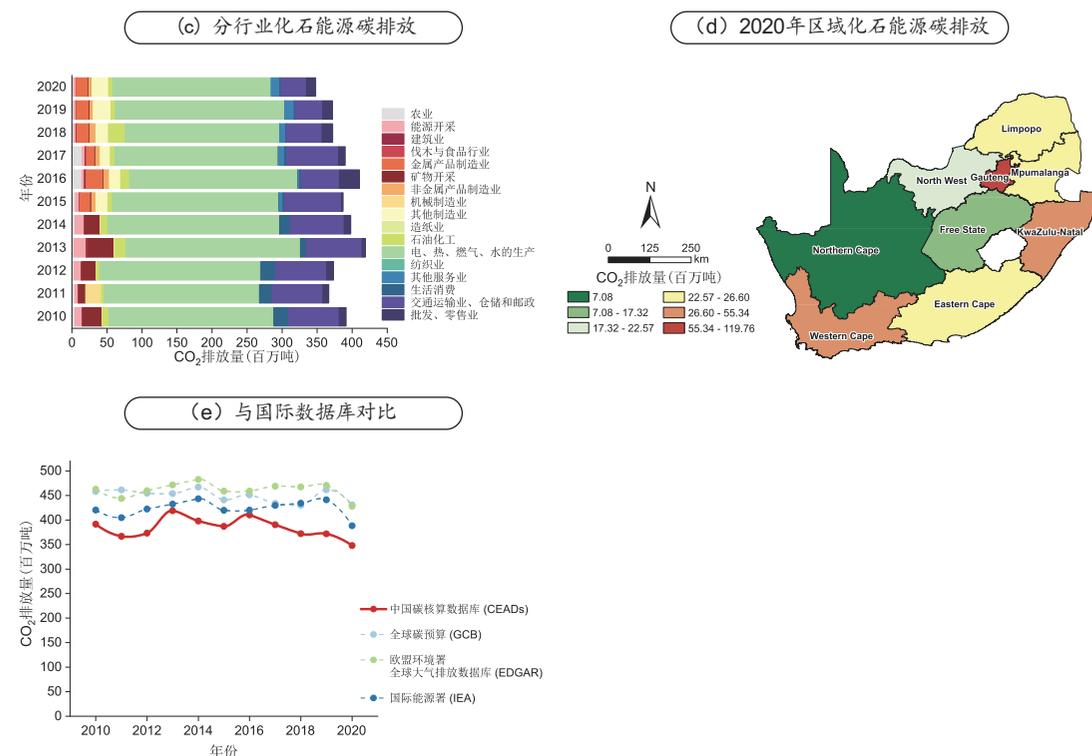
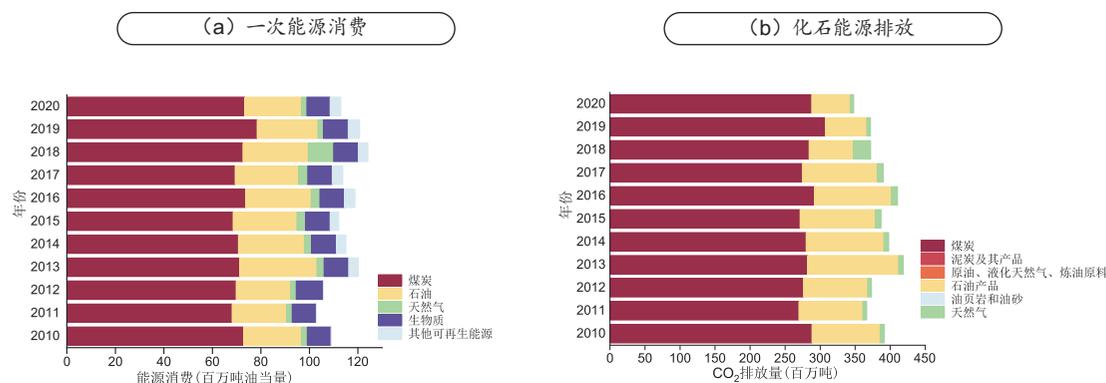


图3-19 南非2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

数据来源简述

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。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作为分配指标对应47个部门。在国家到区域的降尺度指标上，采用世界银行的分地区的国内生产总值作为分配指标进行不同地区碳排放的计算。

表3-19 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	http://www.energy.gov.za/files/media/Energy_Balances.html
国家到区域的降尺度指标	世界银行	https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/



博茨瓦纳 BOTSWANA

■ 国家背景

博茨瓦纳是南部的非洲内陆国家。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^[171]。国土面积581730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）^[172]，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，2021年，博茨瓦纳国内生产总值约合190.38亿美元，人均国内生产总值7932美元^[173]。

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）^[171]。

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。2020年制造业产值为97.81亿普拉，占国内生产总值的5.4%。

■ 一次能源消费结构

2020年，博茨瓦纳化石能源消费占一次能源消费的74.7%，以石油为主。其中，石油消费占一次能源消费的47.7%，煤炭消费占比27.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达25.3%。

■ 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，2020年其消费产生二氧化碳排放3.5百万吨，占化石能源碳排放的57.3%。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2020年的42.7%。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

博茨瓦纳化石能源消费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，尽管其占化石能源碳排放总量的比重处于波动状态，但总体上呈现下降趋势，从2010年的60.6%下降到2020年的45%。电、热、燃气、水的生产行业产生的二氧化碳排放量紧随其后，2020年消费化石能源所产生的碳排放达到2.4百万吨，其占化石能源碳排放总量的比重从2010年的16.0%增加到39.6%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，生物质占一次能源消费的25.3%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，生物质消费产生的碳排放量由2010年的0.83百万吨增加至2020年的1.04百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

博茨瓦纳的化石能源碳排放呈显著区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济发展程度和人口密度大体一致。该国的化石能源碳排放主要集中在中部与东南地区。2020年，博茨瓦纳中部与东南地区的碳排放总量达到3.2百万吨，占全国化石能源碳排放的51.5%，其中中部地区碳排放占比约为25.4%，东南地区碳排放占比约为26.1%。

碳排放趋势

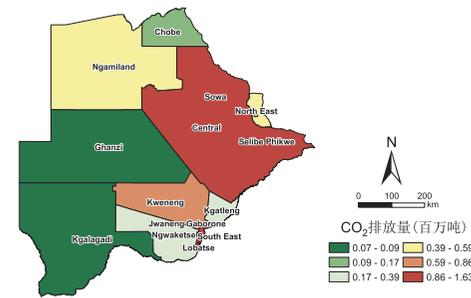
在2010年至2020年间，化石能源消费产生的二氧化碳排放增加了91%，从3.2百万吨增至2020年的6.1百万吨，年均增长率为6.7%。在此期间，生物质消费产生的二氧化碳排放从0.83百万吨增加到1.04百万吨。

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。2020年国际数据库核算的碳排放总量分别为GCB为6.3百万吨，EDGAR为6.7百万吨，IEA为5.8百万吨，CEADs为6.1百万吨，总体来看数据差别不大，IEA的统计值略低。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。

当包含柴薪等生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为7.2百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

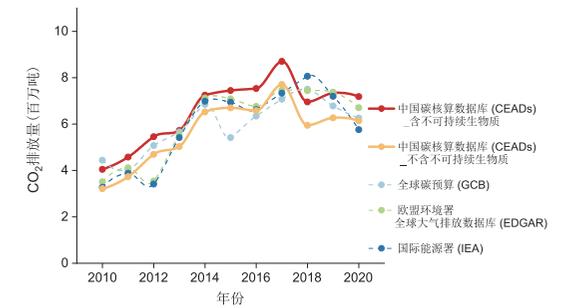


图3-20 博茨瓦纳2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

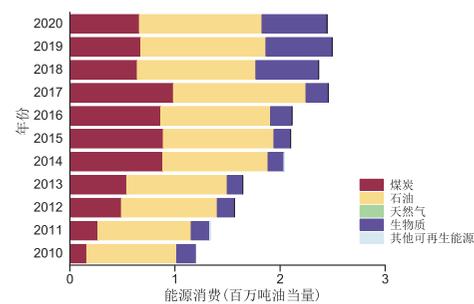
数据来源简述

博茨瓦纳的能源平衡表来自博茨瓦纳统计局提供的2010-2018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。为了更好地描述博茨瓦纳分区域的碳排放等情况，来自博茨瓦纳统计局的国家到区域的降尺度指标被采用。

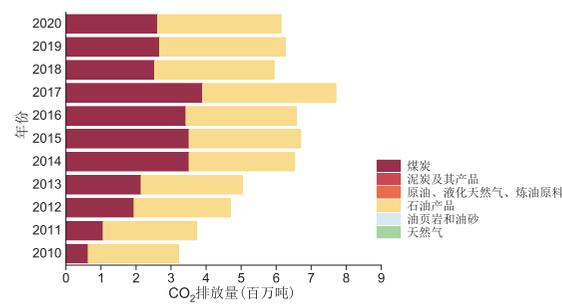
表3-20 博茨瓦纳碳排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	博茨瓦纳统计局	https://www.statsbots.org/bw/
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/
国家到区域的降尺度指标	博茨瓦纳统计局	https://www.statsbots.org/bw/

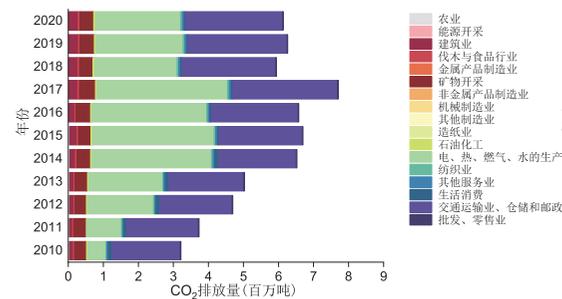
(a) 一次能源消费



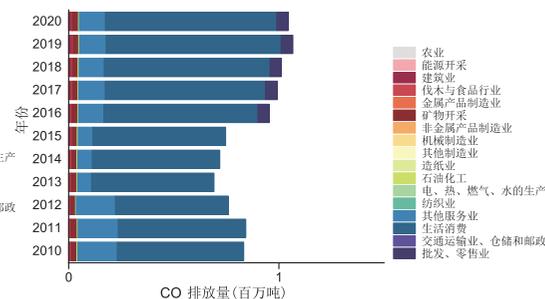
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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一，2020年，毛里求斯GDP现价为109.2亿美元，人口约为123.3万人，拥有相对富裕的生活和较为发达的经济。

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^[174]。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。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。2020年，毛里求斯进出口总额为55.4亿美元，出口额为16.8亿美元，进口额为38.6亿美元。

■ 一次能源消费结构

毛里求斯的一次能源结构以石油为主。2020年，石油消费占一次能源消费的93.7%，同比下降1.6个百分点，而煤炭占比3.0%，化石能源消费总量占比接近96.7%。此外，生物质占一次能源消费比重达2.0%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费的1.3%。

■ 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，其碳排放从2010-2019年间呈现上升趋势，2019年产生碳排放约为3.0百万吨。受到疫情影响，2020年石油消费所产生的碳排放有所下降，为2.3百万吨，占化石能源排放的96.5%。2020年煤炭消费所产生的碳排放占比为3.5%。

■ 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交通运输业、仓储和邮政行业。2020年，该部门消费化石能源所产生碳排放1.2百万吨，占毛里求斯化石能源总排放的50.2%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产行业，这是毛里求斯近年来第二大化石能源碳排放行业，在2020年占化石能源碳排放总量的28.2%，主要使用柴油、煤油、燃油。纺织业产生的碳排放升至第三位，在2020年占化石能源碳排放总量的7.5%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

毛里求斯全国包括毛里求斯岛、罗德里格斯岛和阿加莱加岛。毛里求斯岛是最主要的部分，因为区域内繁华的经济工业活动，其成为毛里求斯化石能源碳排放最高的区域，在2020年共排放2.3百万吨（96.5%）。此外，罗德里格斯岛为毛里求斯的第二大化石能源碳排放区域，2020年排放量不足0.1百万吨。

■ 生物质碳排放特征

2020年，毛里求斯的生物质消费占一次能源消费的2.0%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，分别占生物质能源结构的2.9%和97.1%。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。2010-2020年，薪材、木炭消费产生的二氧化碳排放从2010年的3.4万吨减少至2020年的1.9万吨。

碳排放趋势

毛里求斯的二氧化碳排在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增加了27.5%，从2.4百万吨增至2019年的3.1百万吨。受到疫情影响，2020年的碳排放下降至2.4百万吨，同比下降23.1%。在此期间，生物质消费所产生的排放从3.4万吨减少到1.9万吨，年均增长率为-5.7%。

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不同。CEADs核算的化石能源碳排放量与IEA数据最为接近，平均差距约在30%。相比于IEA数据，从结果来看，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数据中能能源种类比CEADs多，故导致CEADs统计历年能源碳排放总量低于IEA，因此造成了核算结果的不同。此外，CEADs核算的化石能源碳排放量也低于EDGAR和GCB的统计数据，差距约为35%。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为2.4百万吨。

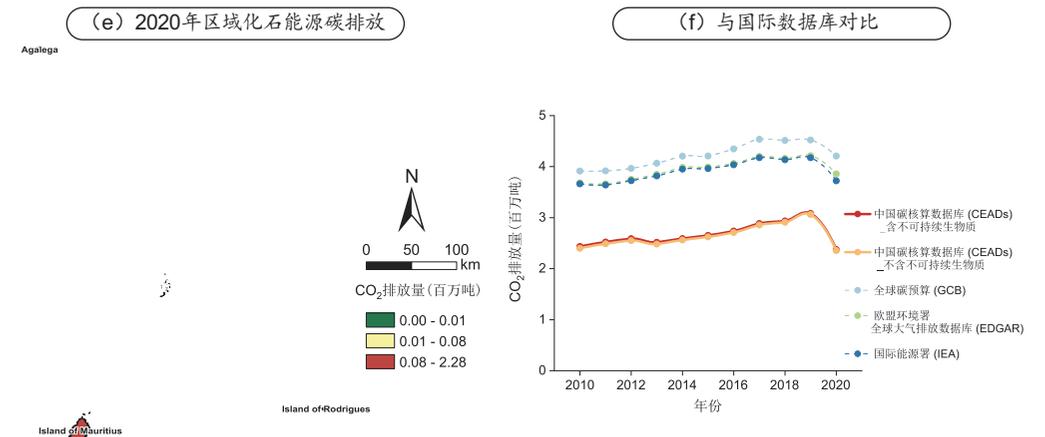
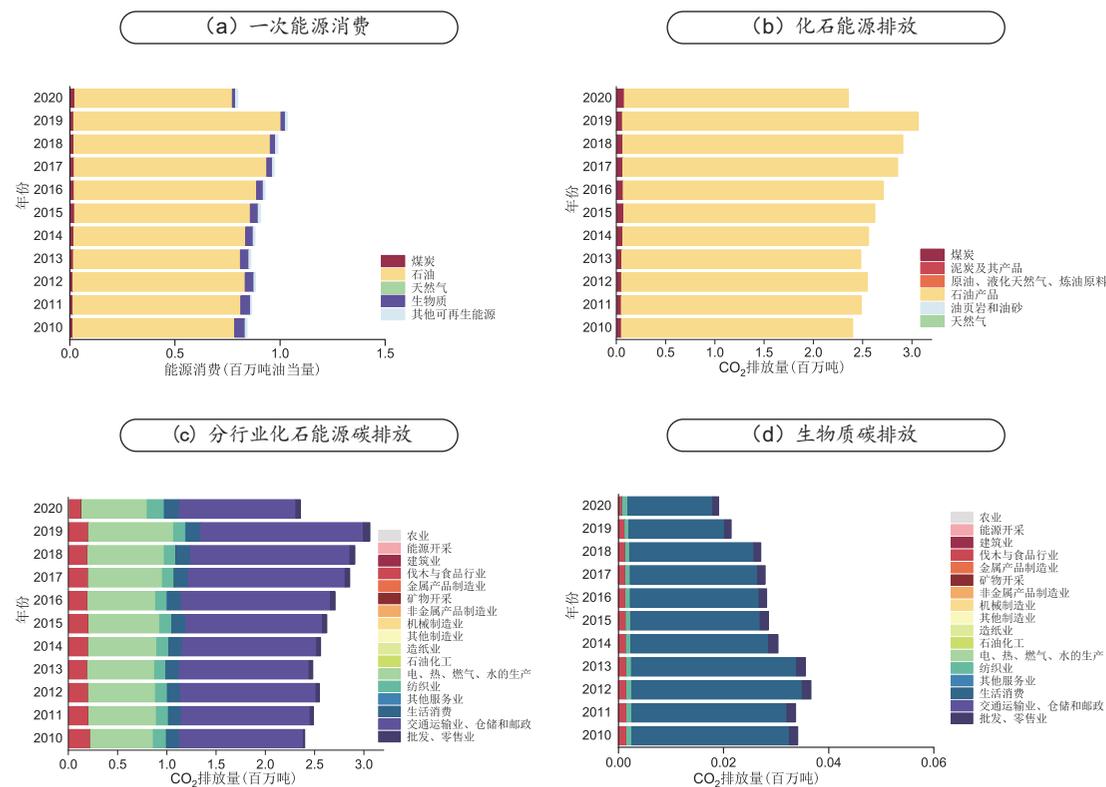


图3-21 毛里求斯2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020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。在国家到区域的降尺度指标上，采用毛里求斯统计局的各区域GDP数据进行分区域的碳排放计算。

表3-21 毛里求斯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
国家到区域的降尺度指标	毛里求斯统计局	https://statsmauritius.govmu.org/Documents/Statistics/Digests/Demography

CEAD_s



第四章

拉丁美洲篇

LATIN AMERICA



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。2020年，尼加拉瓜的总人口达到675.6万人，GDP总量为125.9亿美元（现价），同比下降1.8%。人均GDP仅为1863美元^[175]。尼加拉瓜属于经济落后的农业国，失业率很高，人民生活贫困。

虽然尼加拉瓜是一个经济落后的国家，但对经济贡献最大的部门仍然是服务业，在2020年生产总值的占比中远不到50%，同时工业基础相对薄弱。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；有2处石油矿藏。森林占全国面积的43%。在国际贸易方面，主要出口咖啡、肉类、黄金、乳制品、蔗糖、花生等产品，主要出口对象国为美国、萨尔瓦多、哥斯达黎加、委内瑞拉等。主要进口原材料、消费品、石油、燃料、润滑油等产品，主要进口来源国为美国、墨西哥、哥斯达黎加和委内瑞拉^[176]。

自2007年起，尼加拉瓜大力发展清洁能源。过去7年，其在可再生能源发电领域总投资达到了15亿美元。2010年8月11日，尼加拉瓜发布“2010~2017年国家能源计划”，该计划确立了中美洲国家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597.7 MW，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^[177]。根据2017全球气候风险指数，尼加拉瓜的经济支柱为农业，极易受太平洋和大西洋飓风侵袭，是世界上第四易受气候变化影响的国家。为了应对气候变化，2017年10月，尼加拉瓜宣布签署《巴黎协定》。

一次能源消费结构

尼加拉瓜的一次能源结构以石油为主。2020年，尼加拉瓜石油消费1.4百万吨油当量，占一次能源消费的68.4%。此外，水能、地能、风能等可再生能源也占一次能源消费的25.2%，生物质占一次能源消费比重为6.3%。

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2020年共产生二氧化碳排放4.2百万吨，较2010年增长了6.0%。

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。2020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2.2百万吨，占尼加拉瓜化石能源碳排放总量的53.6%。紧随其后的是电、热、燃气、水的生产部门，这是尼加拉瓜近年来第二大化石能源碳排放部门，2020年占化石能源碳排放总量的20.1%。值得注意的是，这一比例自2012年以来持续下降，这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

2020年尼加拉瓜的生物质能占一次能源消费的6.3%，主要用于其他商业和纺织业。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。2010-2020年，木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的0.5百万吨增长至2020年的0.6百万吨。

碳排放趋势

尼加拉瓜的二氧化碳排放增长较快。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放从2010年的4.0百万吨增至2020年的4.2百万吨，年均增长率为0.6%。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从0.5百万吨增加到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，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，误差均仅为3.4%~9.9%，且近些年CEADs核算结果与IEA的差距也在不断缩小。而CEADs核算结果与EDGAR的结果相差最大，在2011年二者结果最高相差18.2%，但此后差距也在不断减小。

当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为4.8百万吨。

(e) 与国际数据库对比

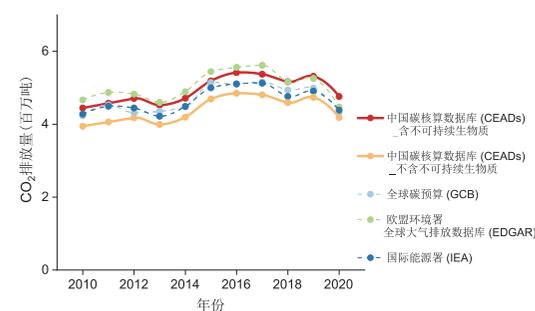


图4-1 尼加拉瓜2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比

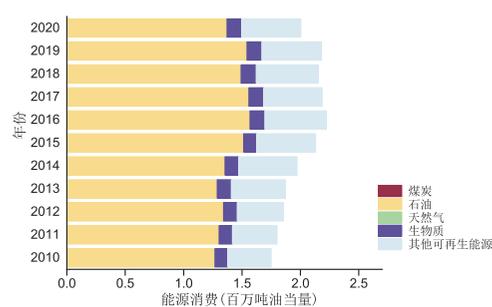
数据来源简述

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2010-2020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。此外，由于缺乏区域的相关数据，尼加拉瓜暂无分区域的碳排放数据。

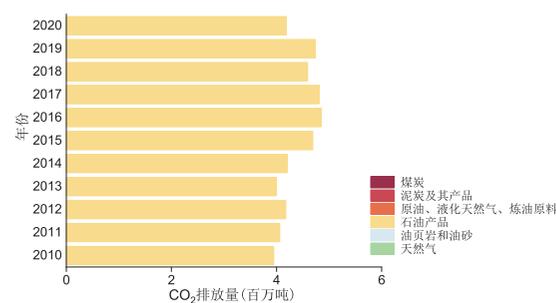
表4-1 尼加拉瓜排放核算的数据来源

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/

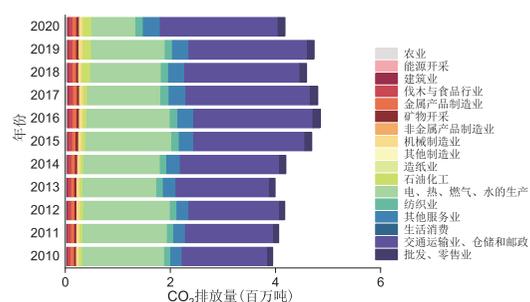
(a) 一次能源消费



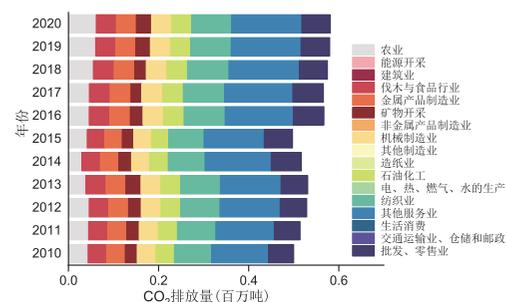
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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都是拉巴斯。根据国家统计局发布的数据，2020年，玻利维亚的总人口为1193万，GDP（现价）为348亿美元^[178]。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。

2020年农业、工业和服务业增加值占GDP的比重分别为14.0%、23.5%和62.5%^[179]。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^[180]。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^[181]，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），来改变以石油、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84.2%，主要以石油产品与天然气为主，几乎没有煤炭的消费。2020年，石油产品消费占比47.6%，天然气消费占比36.5%。此外，以水能为主的可再生能源消费占一次能源消费的3.7%；生物质消费占一次能源消费比重为12.1%。

■ 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，占化石能源碳排放量的比重达37.9%。此外，2020年石油产品消费所产生的二氧化碳排放量为10.9百万吨，占化石能源碳排放量的比重达60.9%。其中，汽油和柴油是玻利维亚主要使用的石油产品。

■ 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7.01百万吨增长到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%。但2020年该行业消费化石能源所产生的碳排放降至8.9百万吨。此外，随着经济的发展，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自2010–2020年间在4.0百万吨至4.2百万吨间波动。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

玻利维亚全国共分为九省，分别是贝尼、丘基萨卡、科恰班巴、拉巴斯、奥鲁罗、潘多、波多西、塔里哈和圣克鲁斯省。圣克鲁斯是全国最大城市和主要的工业中心，由于区域内繁华的经济工业活动，其成为玻利维亚化石能源二氧化碳排放最高的区域，在2020年化石能源消费产生的二氧化碳排放量为6.4百万吨（35.5%）。此外，拉巴斯是玻利维亚的政府所在地和行政首都，其2020年的化石能源消费产生的碳排放为4.3百万吨，占该国化石能源碳排放的23.9%。玻利维亚化石能源碳排放第三的地区是科恰班巴，2020年科恰班巴化石能源消费产生的碳排放为3.9百万吨，占该国化石能源碳排放的21.5%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，生物质消费约占一次能源消费的12.1%，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^[182]，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。

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。2020年的结果与IEA数据较为接近。

(e) 与国际数据库对比

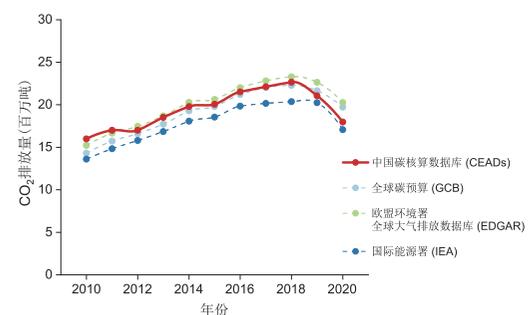


图4-2 玻利维亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放；(e) 与国际数据库对比

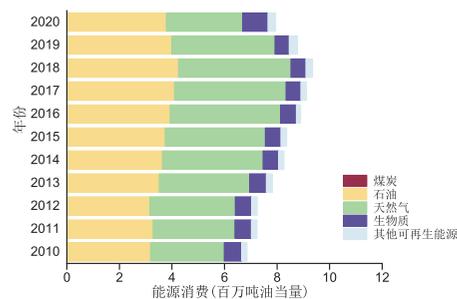
数据来源简述

从玻利维亚能源署网站上获取了玻利维亚2010-2020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。通过分地区的GDP数据，对国家级数据进行了降尺度到了区域级。

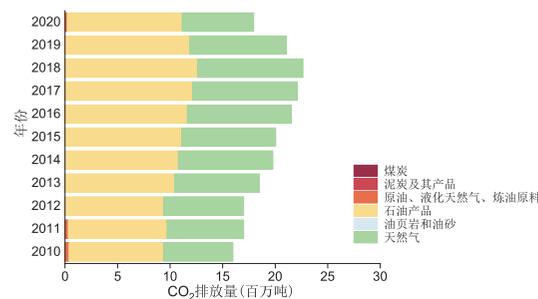
表4-2 玻利维亚排放核算的数据来源

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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	玻利维亚统计局	https://www.ine.gob.bo/

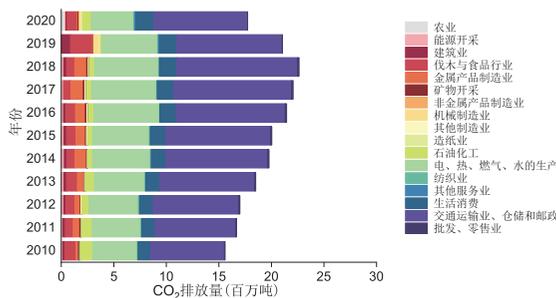
(a) 一次能源消费



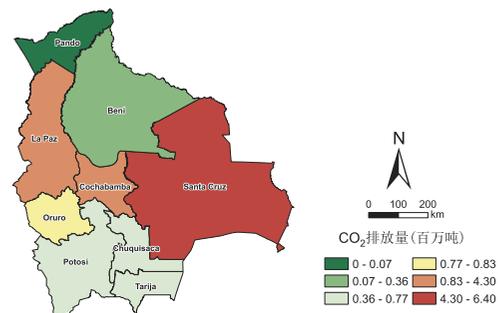
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放





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，2020年人口为1710.9万，GDP为776.3亿美元（2020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。2020年失业率为3.4%^[183]。

危地马拉的经济以服务业为主，2020年第一、二、三产业增加值占GDP比重分别为9.9%，22.2%，62.2%^[184]。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^[185]，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%的温室气体排放（5385万吨的二氧化碳排放量）。并且，在国际资源的支持下，这一目标可以提高到22.6%^[181]。

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35.9%，且主要以煤炭和石油产品为主，几乎没有天然气的消费。2020年，煤炭消费占比8.0%，石油产品消费占比27.9%。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6.5%；生物质占一次能源消费比重达57.6%。

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，2020年石油产品消费产生的二氧化碳排放为12.9百万吨，占该国化石能源碳排放的70.7%。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2020年产生的碳排放5.4百万吨，占化石能源碳排放的29.3%，增长速度明显。

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。2020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10.4百万吨，占化石能源碳排放总量的56.6%。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2020年的4.1百万吨（22.1%）。

区域间化石能源碳排放异质性

危地马拉划分为22个省，不同省份化石能源消费产生的二氧化碳排放的高低主要取决于人口的数量。由于20%的人口居住在危地马拉省，这使得危地马拉省成为该国化石能源碳排放最高的区域，2020年化石能源消费产生的碳排放为3.7百万吨，占该国化石能源碳排放总量的20.1%。位于其西北部的四省（圣马科斯、韦韦特南戈、基切和上韦拉帕斯）人口合计占危地马拉总人口的29%，2020年化石能源二氧化碳排放总和为5.2百万吨，占该国的28.5%。其余17个省份人口稀少，2020年化石能源二氧化碳排放总和为9.4百万吨，占该国的51.5%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，危地马拉的生物质消费占一次能源消费的57.6%，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，2020年分别占生物质能源的85.0%和14.9%。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。木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的26.3百万吨增长至2020年的35.8百万吨。

■ 碳排放趋势

2010年至2020年，危地马拉的化石能源二氧化碳排放呈现一定的增长态势，从12.2百万吨增至18.3百万吨，增加了49.5%，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35.8百万吨，年均增长率为3.1%。

■ 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，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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为54.1百万吨。

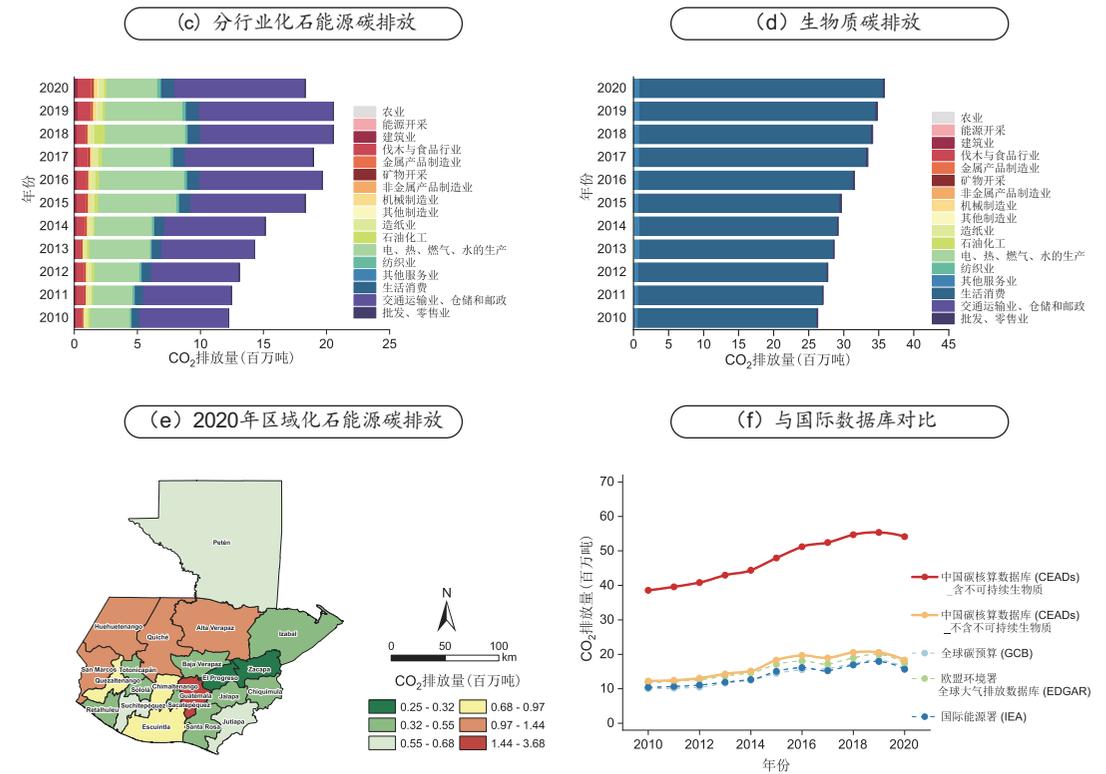
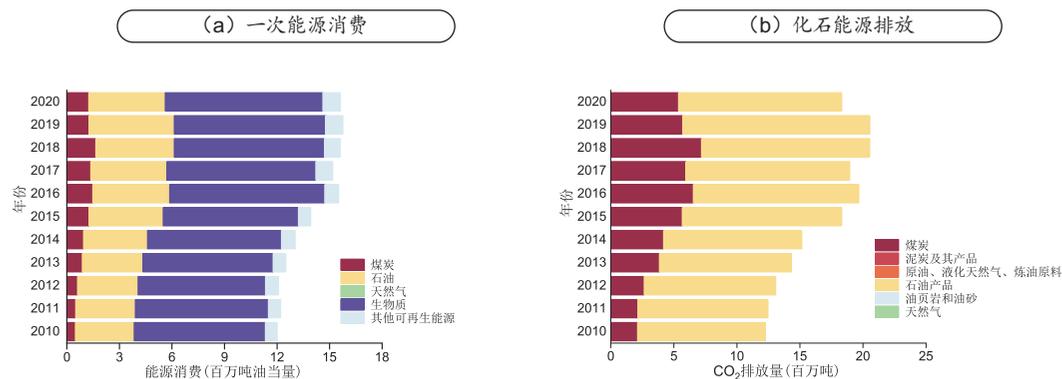


图4-3 危地马拉2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

■ 数据来源简述

从危地马拉能源矿产部网站上获取了2010-2020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、商业与服务行业。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。我们使用了危地马拉国家统计局发布的分区域的人口数据对国家层面的二氧化碳排放进行了降尺度。

表4-3 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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	危地马拉统计局	https://comtrade.un.org/https://www.ine.gob.gt/ine/portal-estadistico-1-0/

牙买加 JAMAICA

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。根据国家统计局的数据，牙买加2020年的总人口为282.0万人^[186]，是美洲第三大人口大国和加勒比地区第四大人口大国，且有普遍年轻化的倾向，约60%的人口年龄在29岁以下。2020年，GDP为138.1亿美元（现价），同比减少10%；与2010年GDP数据相比，GDP增长了5.9亿美元。

牙买加经济高度依赖服务业，2020年服务业占该国GDP的59.7%^[187]。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，2020年占GDP的比重分别为8.7%和20.4%。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^[188]，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

牙买加的化石能源消费在一次能源消费结构中占比接近92.2%，以石油产品消费为主。2020年，石油产品消费占比64.2%，天然气消费占比24.9%，煤炭消费占比3.0%。此外，生物质占一次能源消费比重为5.4%。

化石能源碳排放特征

石油产品消费是牙买加化石能源碳排放的主要来源。2020石油产品消费产生二氧化碳排放4.6百万吨，占化石能源碳排放的71.1%。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2020年的4.4%。

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电、热、燃气、水的生产，2020年其产生的二氧化碳排放量为2.3百万吨，占化石能源碳排放量的36%。此外，牙买加的交通运输业、仓储和邮政行业的碳排放量从2010年的2.2百万吨增加到2020年的2.5百万吨。

生物质碳排放特征

2020年，牙买加的生物质消费占一次能源消费的5.4%，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2020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2019年，牙买加的化石能源二氧化碳排放呈现增长趋势，从2010年的7.1百万吨至2019年的8.9百万吨，增加了25.5%。2020年牙买加的化石能源二氧化碳排放相较于2019年下降2.4百万吨。2010-2020年间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从0.7百万吨下降到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和2019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，2020年，CEADs核算数据为6.9百万吨。

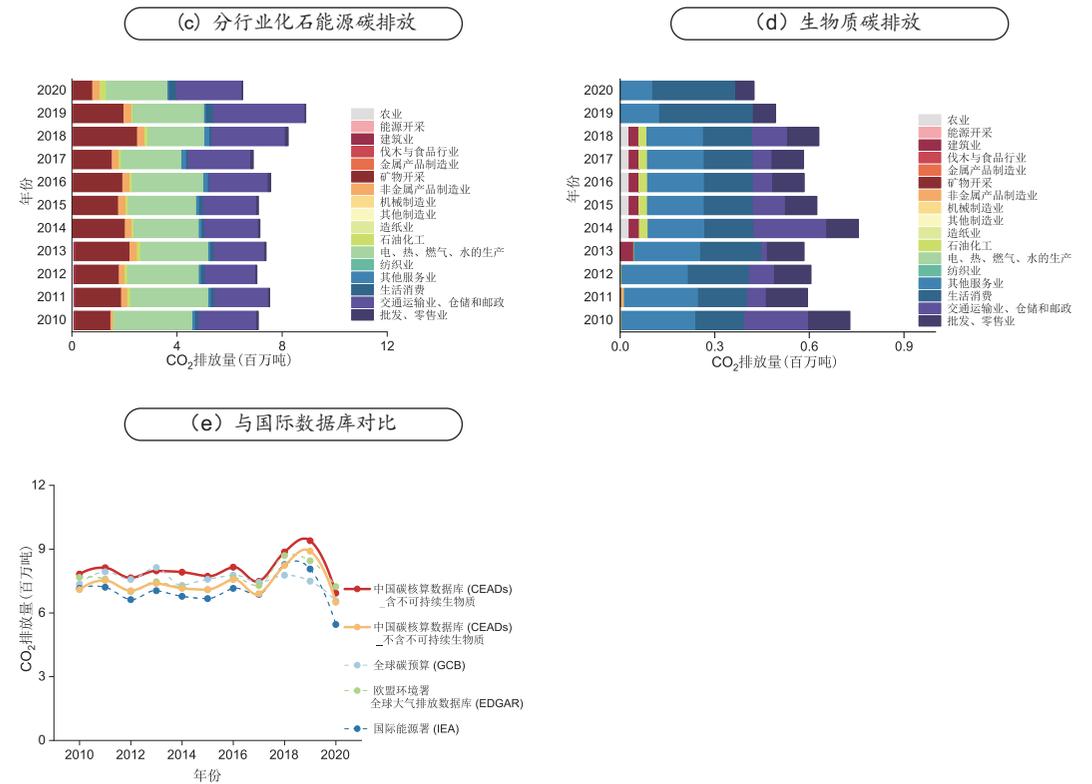
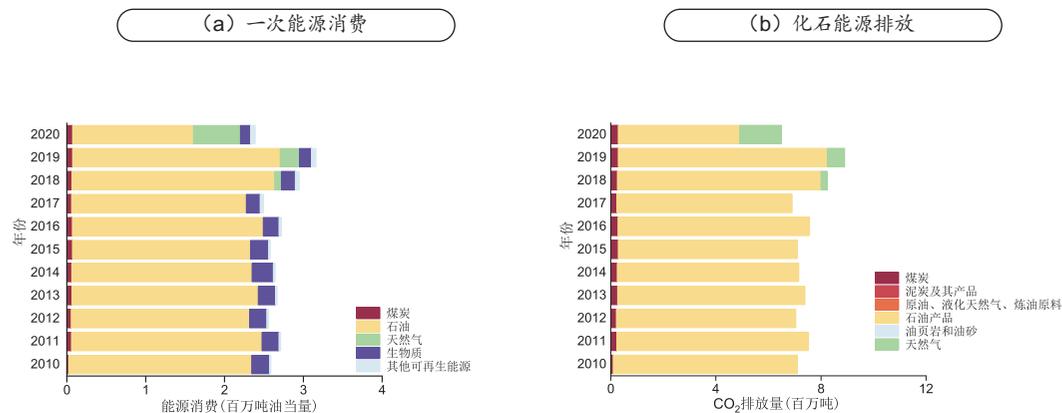


图4-4 牙买加2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

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。降尺度指标类型为GDP，数据年份为2010-2020。

表4-4 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/BusinessStatistics.aspx



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。2020年厄瓜多尔人口约1759万，GDP为992.9亿美元（现价）^[189]，人均GDP约为5645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^[190]。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^[191]。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^[181]。

■ 一次能源消费结构

厄瓜多尔的化石能源消费占一次能源的比重接近82.9%，以石油产品为主，几乎没有煤炭的消费。2020年，石油产品消费占比79.8%，天然气消费占比3.0%。此外，以水能为主的其他可再生能源占一次能源消费的15.4%；生物质占一次能源消费比重为1.8%。

■ 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，石油产品消费是厄瓜多尔化石能源碳排放的最主要来源。2020年，石油产品消费产生二氧化碳排放31.1百万吨，占化石能源碳排放的97.0%。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，2020年为1.0百万吨。

■ 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2020年的14.6百万吨（45.7%），占比基本持平，交通领域主要使用汽油和柴油两种化石能源。电、热、燃气、水的生产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8.6百万吨下降到2020年的5.1百万吨，分别占化石能源碳排放总量的27.4%和15.8%。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。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

厄瓜多尔共划分为24个省，总体来看，东部地区的化石能源二氧化碳排放量较高，而西部地区的化石能源二氧化碳排放量较低。厄瓜多尔的化石能源二氧化碳排放主要集中在瓜亚斯省和皮钦查省。瓜亚斯省是厄瓜多尔人口最多的省份，人口超过300万，2020年，瓜亚斯省的化石能源碳排放量为7.0百万吨，占该国化石能源碳排放的21.9%。皮钦查省是厄瓜多尔的首都所在地，2020年，皮钦查省的化石能源碳排放量为7.1百万吨，占该国化石能源碳排放的22.3%。

■ 生物质碳排放特征

2020年厄瓜多尔的生物质消费占一次能源消费的1.8%，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，2020年分别占生物质能源的43.8%和56.2%。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。2010-2020年，木柴消费产生的二氧化碳排放保持轻微波动，从2010年的1.5百万吨降低至2020年的1.1百万吨。

碳排放趋势

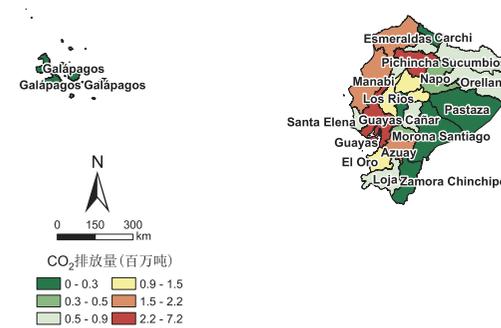
2010年至2014年间，化石能源消费所产生的二氧化碳排放一直呈现增长态势，从2010年的31.2百万吨增长到2014年的39.3百万吨。2015年化石能源二氧化碳排放有所下降，随后呈现波动增长态势，2020年，厄瓜多尔的化石能源二氧化碳排放为32.1百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放保持轻微下降，从2010年的1.5百万吨降低至2020年的1.1百万吨。

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核算的厄瓜多尔化石能源二氧化碳排放量为32.1百万吨，总体低于EDGAR发布的数据，与IEA(30.5)和GCB(30.0)数据较为接近，在2014年以前两者的数值保持基本相同的的增长趋势，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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为33.2百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

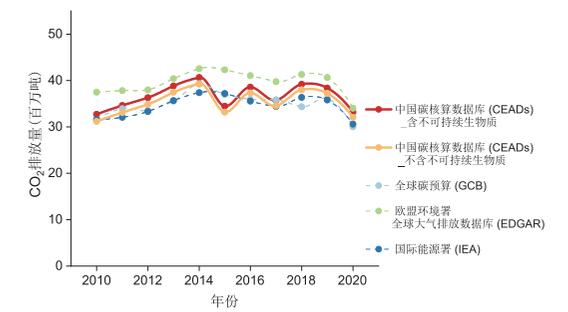


图4-5 厄瓜多尔2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

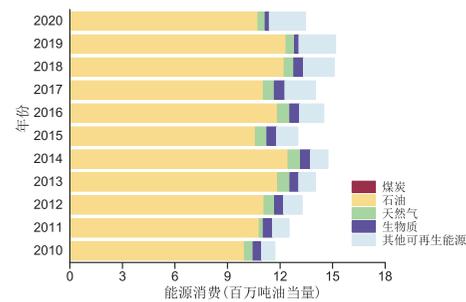
数据来源简述

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2010-2020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。通过分地区的GDP数据，将国家级数据降尺度到了区域级。

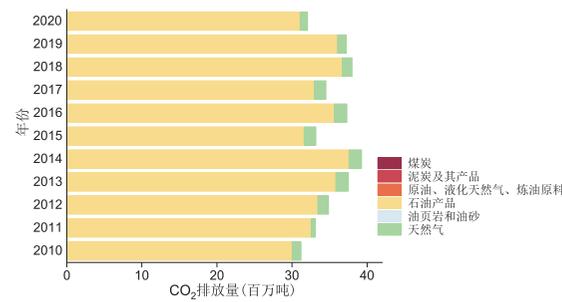
表4-5 厄瓜多尔排放核算的数据来源

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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	中央银行	https://www.ecuadorencifras.gob.ec/cuentas-economicas/

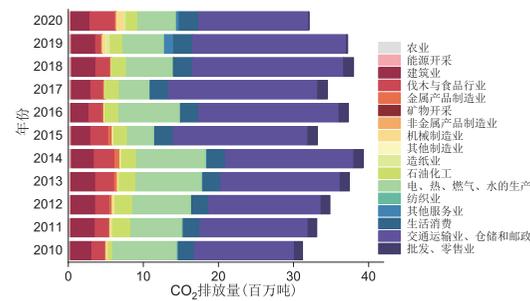
(a) 一次能源消费



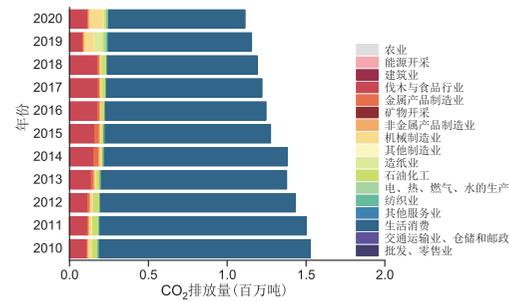
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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，2020年该国人口约为661.9万^[192]，巴拉圭的人均GDP为5353.4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。2020年农业增加值占GDP比重为11.1%^[193]。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）^[194]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27.3%，以石油产品为主，2020年，石油产品消费占比25.5%，天然气消费占比1.8%。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2020年占比达45.8%。此外，生物质占一次能源消费比重达26.9%。

■ 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。石油产品作为巴拉圭最主要的化石能源，2020年石油产品消费产生二氧化碳排放7.1百万吨，占化石能源碳排放的94.2%。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2020年的0.4百万吨，排放量较为稳定。巴拉圭也有少量的煤炭使用，2020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0.03%。

■ 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2020年的7.2百万吨，占化石能源碳排放总量的94.6%，平均增长率为4.7%。生活消费是巴拉圭的第二大化石能源碳排放行业，从2010年的0.2百万吨增长至2020年的0.23百万吨，占化石能源碳排放总量的3.1%。农业是巴拉圭的第三大化石能源碳排放行业，2020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

2020年巴拉圭的生物质消费占一次能源消费的26.9%，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，2020年分别占生物质能源的80.4%和19.6%。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，不应计入排放体系。2010-2020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2020年的11.3百万吨，增长迅速。

■ 碳排放趋势

在2010年到2020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4.4%，从4.9百万吨增至2020年的7.6百万吨。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2020年的11.3百万吨，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和CDIAC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CDIAC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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为18.9百万吨。

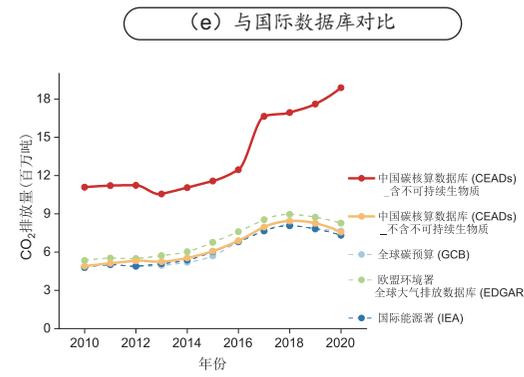


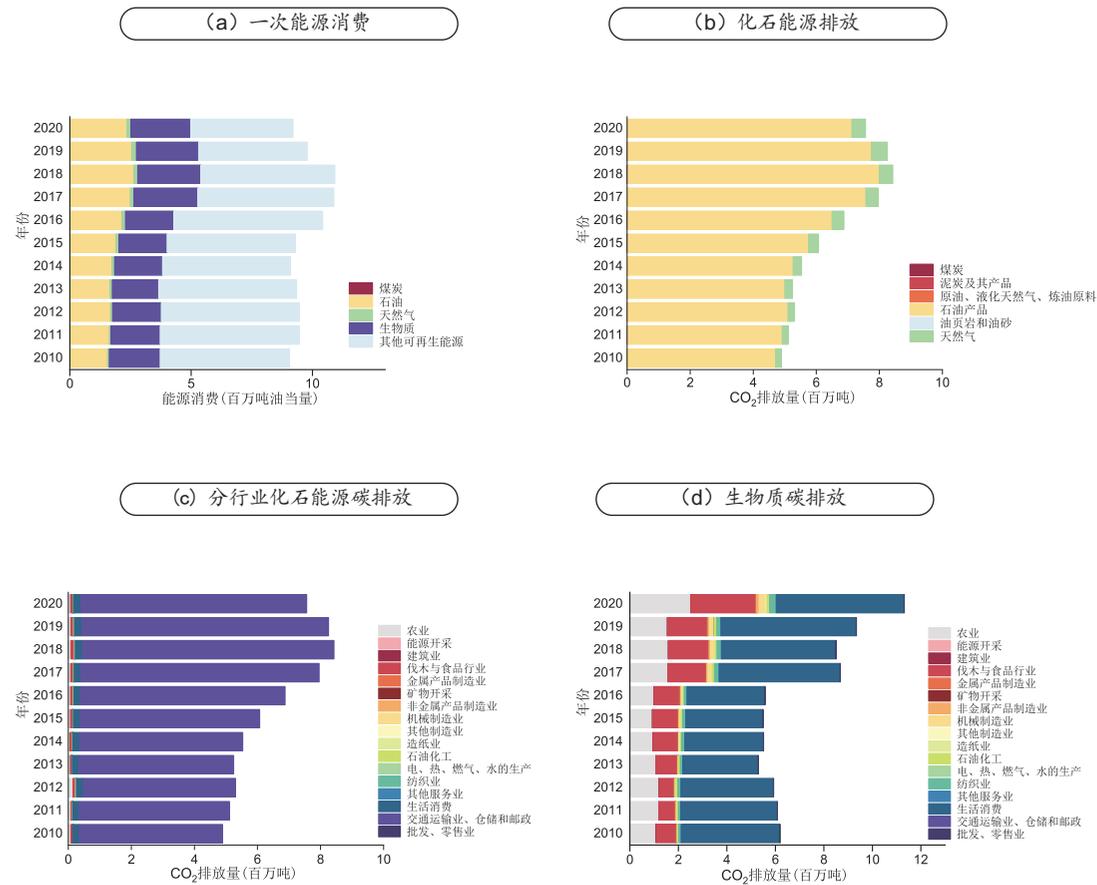
图4-6 巴拉圭2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 与国际数据库对比

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。

表4-6 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://comtrade.un.org





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。2020年，哥伦比亚的人口为5093万，GDP为2987亿美元（现价）^[195]。

哥伦比亚的支柱产业是工业，2020年，工业增加值占GDP的比重约为25%^[196]。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^[197]，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^[198]。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^[181]。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73.0%，以石油产品为主。2020年，煤炭消费占比10.9%，石油产品消费占比41.5%，天然气消费占比20.5%。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15.7%；生物质占一次能源消费比重达11.4%。

■ 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2020年的42.8百万吨，分别占当年化石能源碳排放的50.3%和56.1%。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。2020年，天然气消费产生的二氧化碳排放为16.6百万吨，占化石能源碳排放的21.8%。此外，煤炭消费产生的二氧化碳排放占化石能源碳排放的22.1%。

■ 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。2020年，该行业化石能源消费产生的二氧化碳排放为35.9百万吨，占化石能源碳排放总量的47.04%。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，2020年该行业消费化石能源所产生的碳排放为17.6百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

哥伦比亚一级行政区分32个省和波哥大首都区，总体来看，化石能源碳排放呈现出西北部高、东南部低的特征，与该国的经济活动以及人口的分布情况高度一致。梅塔省和塞萨尔省分别是哥伦比亚化石能源二氧化碳排放的第一和第二大省，其化石能源碳排放量在2020年分别高达23.4百万吨和12.5百万吨，占该国化石能源碳排放的30.7%和16.3%。

■ 生物质碳排放特征

2020年哥伦比亚的生物质消费占一次能源消费的11.4%，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。2010-2020年，木柴消费产生的二氧化碳排放从2010年的17.6百万吨降低至2020年的11.3百万吨。

碳排放趋势

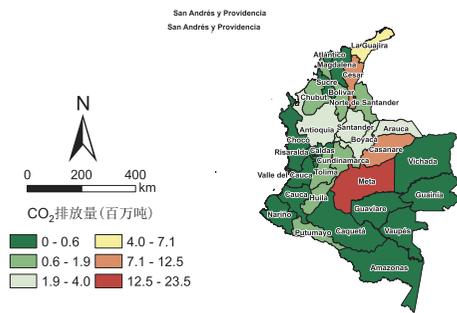
从2010年到2020年，哥伦比亚的化石能源二氧化碳排放年均增长率为0.4%，从73.4百万吨增长到76.4百万吨。在此期间，生物质消费所产生的二氧化碳排放从2010年的17.6百万吨降低到2020年的11.3百万吨。

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，2010-2020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13%。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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为87.7百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

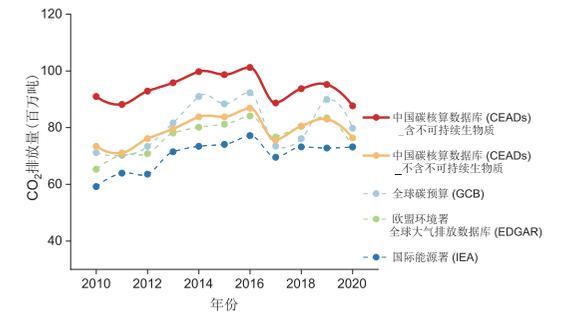


图4-7 哥伦比亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

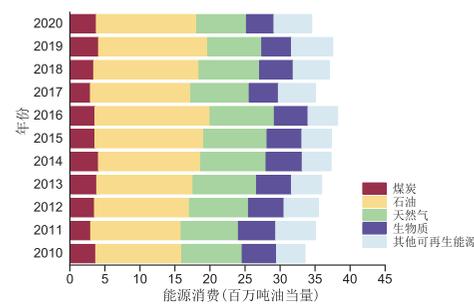
数据来源简述

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2010-2019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。由于2020年的能源平衡表尚未发布，因此我们使用2019-2020年的国内一次能源生产量变化率，对2020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。我们使用了分区域的GDP数据对哥伦比亚的分区域二氧化碳排放进行了计算。

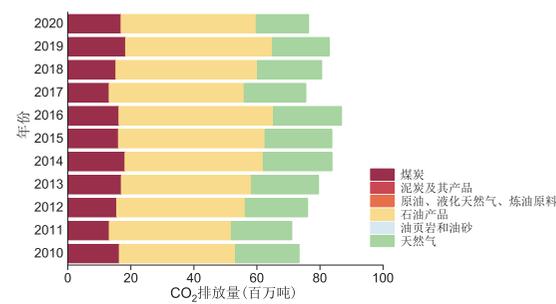
表4-7 哥伦比亚排放核算的数据来源

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/BECOCOCONSULTA.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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	哥伦比亚统计局	https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=9a0911f802200470d815eb11063aa6aee

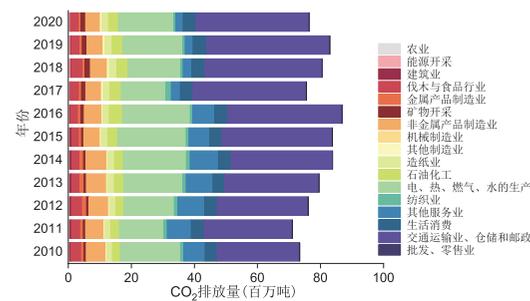
(a) 一次能源消费



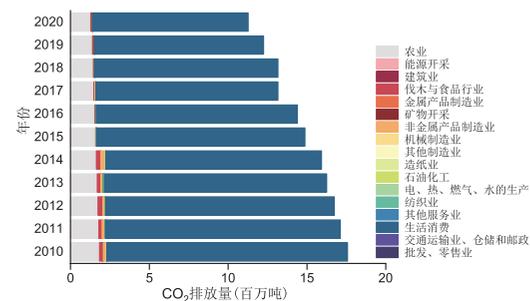
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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2020年，秘鲁总人口约3330万人，其中有约20.2%的人口处于贫困状态^[199]，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。2020年秘鲁的GDP为1914亿美元（现价），人均GDP约为5747美元^[200]。

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^[201]。2020年，秘鲁第一、第二和第三产业占GDP的比重分别为：6.5%、32.8%和60.7%^[202]。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^[203]。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%的温室气体排放量^[181]。

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69.5%，以石油产品与天然气为主。2020年，煤炭消费占比2.4%，石油消费占比41.9%，天然气消费占比25.2%。此外，风能、光能、水能及其他可再生能源占一次能源消费的16.6%；生物质占一次能源消费比重为14.0%。

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，石油产品消费是秘鲁化石能源碳排放的最主要来源。2020年，石油产品消费所产生的二氧化碳排放为22.2百万吨，占化石能源碳排放的53.5%。2010–2018年，天然气消费所产生的二氧化碳排放呈增长态势，从11.5百万吨增加到17.6百万吨，2019–2020年间天然气消费产生的碳排放有所下降，到2020年已经回落至12.7百万吨。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25.9百万吨，受全球疫情影响，2020年又回落至20.8百万吨。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，该行业化石能源消费产生的碳排放由2010年11.5百万吨下降到2020年的9.6百万吨，分别占当年化石能源碳排放总量的27.6%和23.2%。生活消费是秘鲁的第三大化石能源碳排放行业，2020年该行业化石能源消费产生的二氧化碳排放量约为2.9百万吨，占化石能源碳排放总量的7.0%。

区域间化石能源碳排放异质性

秘鲁划分为26个一级行政区，包括24个省（大区）、卡亚俄宪法省和利马省（首都区）。首都利马省人口众多，经济工业活动相对频繁，是秘鲁化石能源二氧化碳排放最高的区域。2020年，利马的化石能源消费产生的二氧化碳排放量达到了16.8百万吨，约占该国化石能源碳排放的40.6%。其次，化石能源碳排放相对较高的地区大多位于太平洋附近，如胡宁、普诺、阿雷基帕等。然而，低排放的地区包括乌卡亚利等，乌卡利亚2020年仅占该国化石能源碳排放的0.75%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，秘鲁的生物质消费占一次能源消费的14.0%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2020年的11.4百万吨。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52.3百万吨；2020年，受全球疫情影响，排放总量下降至41.4百万吨。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2020年的11.4百万吨。

■ 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%；比CDIAC发布的数据结果约低25%；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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为52.8百万吨。

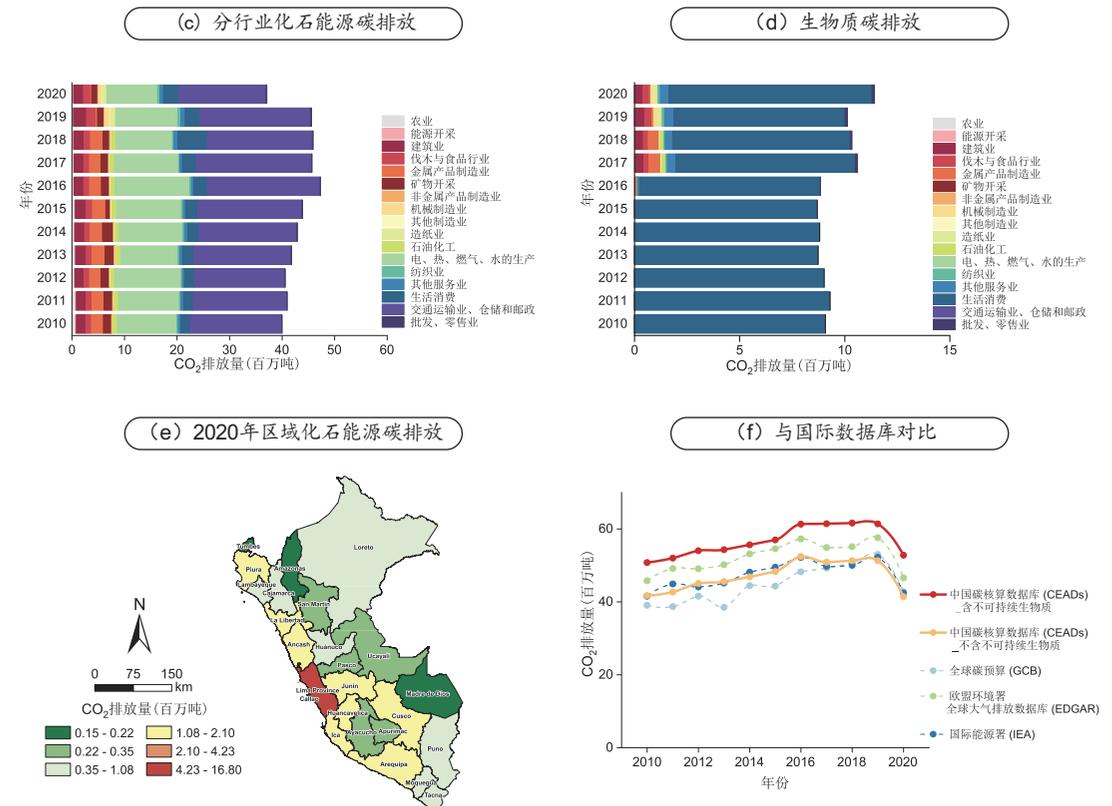
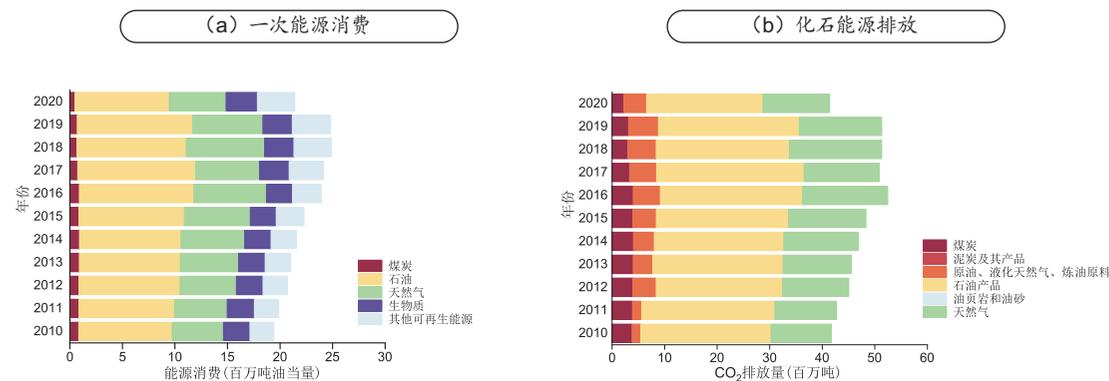


图 4-8 秘鲁2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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。通过使用联合国商品贸易统计出口数据，对秘鲁的分行业的二氧化碳排放进行了估算。通过分地区的增加值数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了秘鲁分区域的二氧化碳排放。

表4-8 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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	秘鲁统计信息中心	https://www.inei.gob.pe/



古巴 CUBA

■ 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2020年，古巴共和国的人口基本维持稳定，在1122.6~1133.9万人之间波动。2020年古巴共和国的总人口为1131.8万，其中城市人口占77.3%^[204]。2010年至2020年，古巴共和国的GDP持续增长，年增长率高达4.9%，2020年现价GDP达到了1073.5亿美元。人均GDP则从2010年的5275美元增长到了2020年的9499美元^[205]。

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%^[206]。

■ 一次能源消费结构

2020年，古巴共和国化石能源消费占一次能源消费的83.6%，主要以石油为主。此外，生物质占一次能源消费比重达2.8%，甘蔗制品是主要的生物质能源。其他可再生能源占比13.6%。

■ 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44.6百万吨显著下降到2020年的28.1百万吨。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2020年，批发、零售业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2020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27.3%以上。交通运输业、仓储和邮政行业紧随其后，2020年其占该国化石能源碳排放总量的17.9%，相较于2010年占比增长了4.4%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

古巴共和国的化石能源碳排放反映出显著的区域差异。以2020年为例，该国的化石能源碳排放主要集中于哈瓦那省，为12.6百万吨，占该国家化石能源碳排放的44.6%。而其他省份的化石能源碳排放量均小于3.0百万吨。西部的马亚贝克和青年岛特区的化石能源所产生的碳排放最小，分别为0.6百万吨和0.2百万吨。

■ 生物质碳排放特征

2020年，古巴的生物质消费占一次能源消费的2.8%，主要来源于批发、零售业行业和交通运输业、仓储和邮政业。这两个行业分别占2020年总生物质碳排放的27.3%和17.9%。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。2010–2020年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从2010年的2.9百万吨下降到2020年的1.7百万吨。

■ 碳排放趋势

2010年至2013年期间，古巴共和国化石能源消费产生的二氧化碳排放量下降至35.1百万吨。2014年至2016年期间，化石能源消费产生的二氧化碳呈现上升的趋势；2016年化石能源二氧化碳排放达到峰值，为39.4百万吨。2017年至2019年在36.0百万附近波动。到2020年古巴共和国的化石能源二氧化碳排放显著下降，仅为28.1百万吨。2010–2020年，生物质消费产生的二氧化碳排放从2010年的2.9百万吨下降到2020年的1.7百万吨。

■ 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的化石能源碳排放数据均高于GCB、EDGAR和IEA的数据。在比较CEADs与GCB、EDGAR以及IEA的统计数据时，数值差距较大，这可能是由于数据源不同，例如，IEA用的是拉丁美洲的能源经济信息系统的数据，而CEADs用的是古巴共和国统计年鉴的数据。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为29.8百万吨。

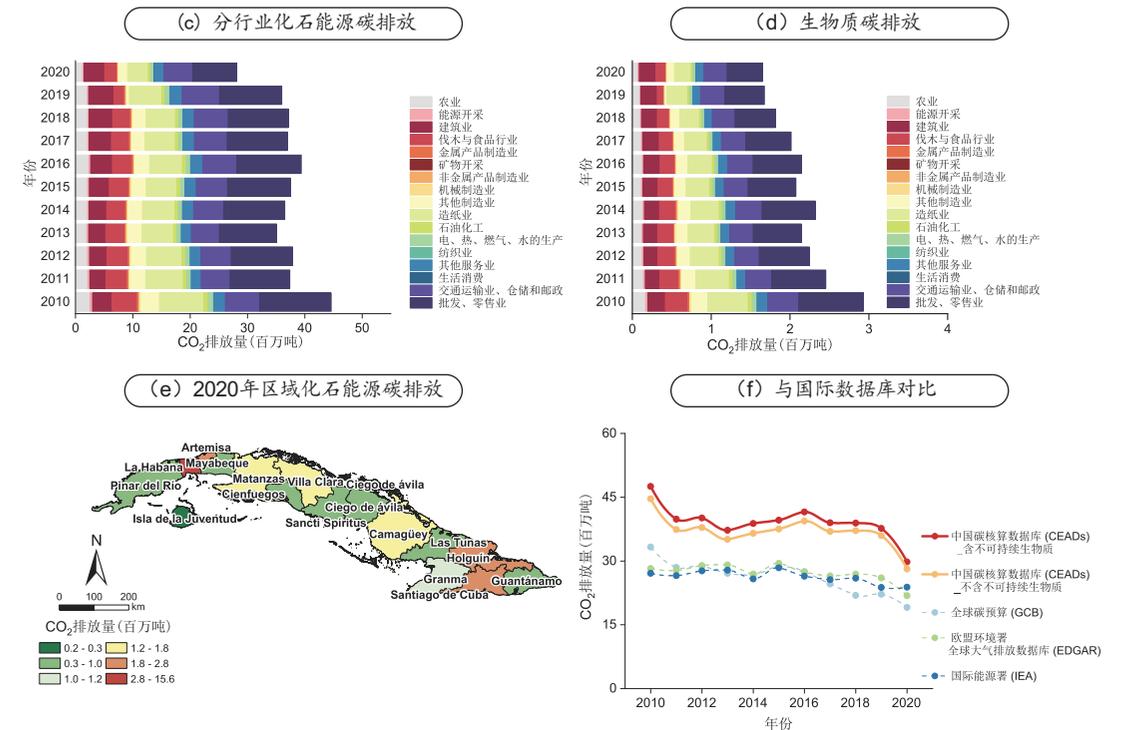
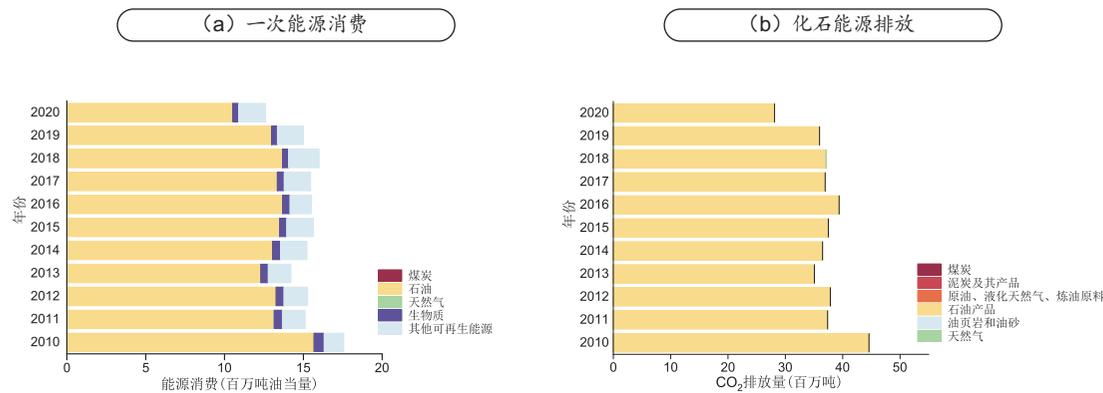


图4-9 古巴2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 2020年区域化石能源碳排放；(f) 与国际数据库对比

数据来源简述

从古巴共和国国家统计局网站上获取了古巴共和国2011–2020年的20种一次与二次能源品种的能源消费数据。通过分地区分部门的相关数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了古巴共和国分区域、分行业的二氧化碳排放。

表4-9 古巴排放核算的数据来源

数据类型	来源	网站
能源平衡表	古巴共和国国家统计局	http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tipo/Anuario
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	古巴共和国国家统计局—国家国内生产总值, CEADs的多区域input-output表	http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tipo/Anuario
国家到区域的降尺度指标	古巴共和国国家统计局—分地区的农业土地面积数据、建筑价值数据、投资数据以及零售商品价值数据	http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tipo/Anuario



巴西 BRAZIL

■ 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，2021年巴西拥有2.14亿人口，其国内生产总值（GDP）为16089.8亿美元。

工业和农业是巴西的支柱产业，2021年工业占GDP比重为18.9%^[207]。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^[208]。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%^[209]。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^[210]。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^[211]。

■ 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54.3%，以石油产品为主。2020年，煤炭消费占比5.5%，石油产品消费占比38.6%，天然气消费占比10.2%。此外，水能、风能及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达31.6%。

■ 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碳排放的最主要来源。2020年，石油产品消费产生的二氧化碳排放量已经超过263.9百万吨，占化石能源碳排放的67.1%。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。此外，天然气的消费也是巴西化石能源碳排放的主要来源，2010–2015年，其碳排放迅速增加，增长至超过90百万吨，而2016–2020年，其碳排放又出现回落并在80百万吨左右波动。

■ 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。2020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180.3百万吨，占化石能源碳排放总量的45.8%。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碳排放行业，其2020年化石能源消费产生的二氧化碳排放分别为48.3百万吨和29.3百万吨。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

巴西共分为26个州和1个联邦区（巴西利亚联邦区），其化石能源二氧化碳排放主要集中在东南部的五个省份，其中全国最大城市圣保罗所在的圣保罗州的化石能源二氧化碳排放量远远高于其他省份，2020年达到了121.3百万吨，占该国化石能源碳排放的30.8%以上。里约热内卢州以37.4百万吨的化石能源二氧化碳排放位居第二。这是因为巴西的人口集中分布在东南部，人类经济活动更频繁，能源使用更多，所造成的碳排放也更高。此外，巴西最西部的阿克里州与最北部的罗赖马州、阿马帕州人口稀少，植被茂密，其相应的化石能源碳排放量最低，占该国化石能源碳排放的比重均不足0.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020年巴西生物质消费占一次能源消费的31.6%，主要用于造纸业、电、热、燃气、水的生产行业和生活消费。巴西生物质的种类主要包括甘蔗等作物废料和木柴，2020年分别占生物质能源的38.0%和21.0%。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。2010-2020年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从2010年的138.3百万吨增长至2020年的181.6百万吨，年均增长率达到了2.8%。

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、后减少的趋势。在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了1.7%，从387.0百万吨增至2020年的393.6百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从138.3百万吨增加到181.6百万吨，年均增长率为2.8%。

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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为575.2百万吨。

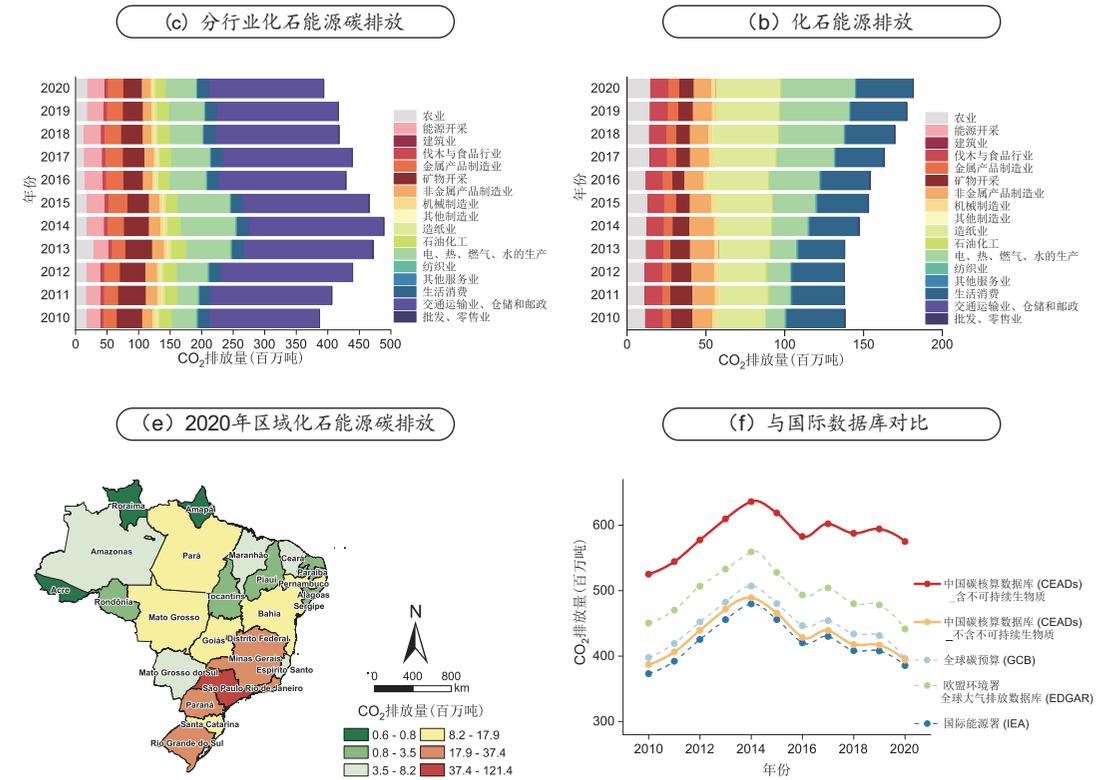


图4-10 巴西2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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，国家到区域的降尺度指标为分地区GDP，数据年份为2010-2020。

表4-10 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-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf
排放因子	国际能源署 (IEA)	https://www.iea.org/areas-of-work/global-engagement
行业匹配指标	分行业GDP, 巴西统计局	https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html
国家到区域的降尺度指标	分地区GDP, 巴西统计局	https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?&t=resultados



■ 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2021年，圭亚那总人口共79万，国内生产总值总量达49.04亿美元，人均GDP达到6855美元，成为加勒比地区唯一经济正增长国家^[212]。

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，圭亚那化石燃料充足，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^[213]。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。2020年，石油消费占一次能源结构的比重为86.7%。此外，生物质占一次能源消费比重达13.2%，风能、太阳能等其他可再生能源占一次能源消费比重极小。

■ 化石能源碳排放特征

在化石能源消费所产生的碳排放中，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2020年共产生碳排放1.7百万吨。石油产品消费所产生的碳排放从2010年的1.2百万吨增长到2020年的1.7百万吨，增长了37.0%。

■ 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交通运输业、仓储和邮政与农业。2020年，交通运输业、仓储和邮政消费的总排放量为0.9百万吨，占圭亚那化石能源总排放的52.5%。第二大排放部门是农业，碳排放总量约为0.6百万吨，占化石能源总排放的34.1%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

圭亚那共分为10个行政区，其中德默拉拉-马哈伊卡区作为国家首都和主要人口聚集地，因繁华的经济工商业活动和重要的交通枢纽地位，使其成为圭亚那化石能源碳排放最高的区域，在2020年排放量为0.7百万吨，占圭亚那化石能源碳排放总量的41.7%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，圭亚那的生物质消费占一次能源消费结构的13.2%，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。

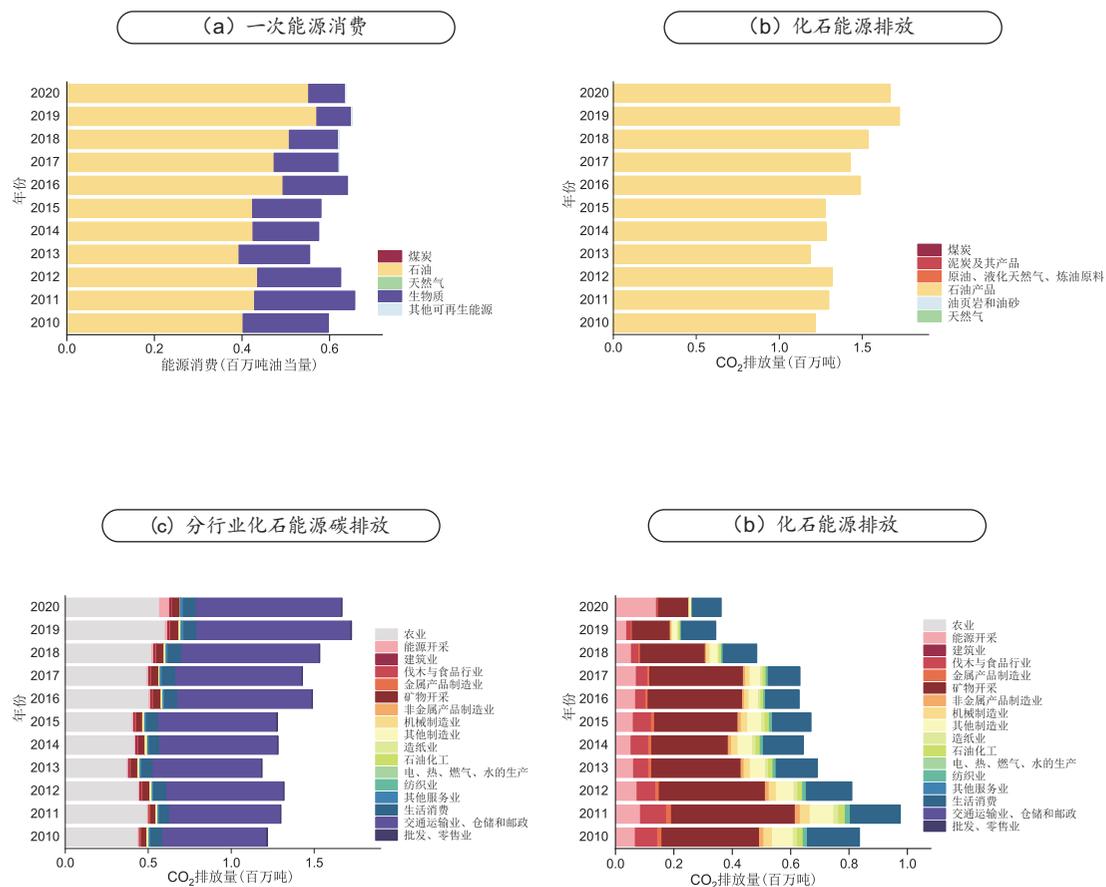
■ 碳排放趋势

在2010年至2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了37.0%，从1.2百万吨增加至1.7百万吨。在此期间，生物质消费所产生的碳排放从0.8百万吨减少至0.4百万吨。

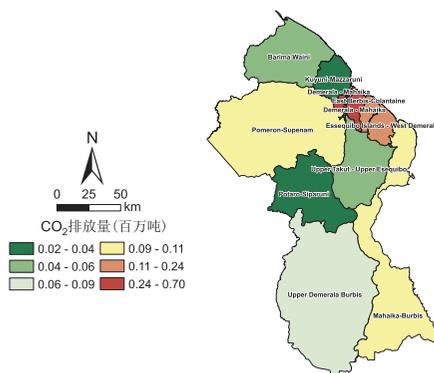
与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质碳排放时，CEADs核算数据均低于其他机构统计数据。造成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，2020年，CEADs核算数据为2.0百万吨。



(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

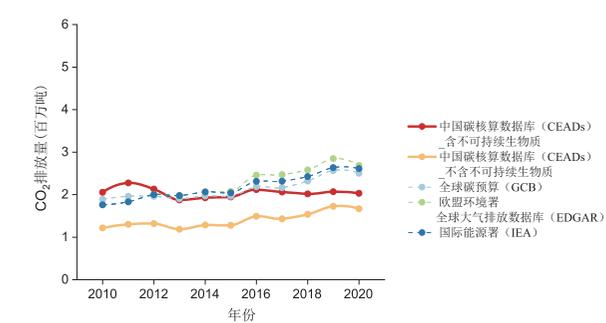


图4-11 圭亚那2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

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2010-2020年能源平衡表，共涉及6个部门。在分部门匹配上，我们以GDP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。此外，使用区域的人口分布情况将国家层面的数据映射到区域层面。

表4-11 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/
国家到区域的降尺度指标	圭亚那统计局 (Bureau of Statistics)	https://statisticsguyana.gov.gy/



■ 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2020年底，阿根廷总人口达到4537.68万。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。2020年阿根廷的GDP为3831亿美元^[214]，同比下降9.9%。

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。2020年，阿根廷农业、工业和服务业占GDP的比重分别为23.19%、22.47%、54.34%。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^[215]。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^[215]。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^[216]。

■ 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85.6%，以天然气消费为主。2020年，煤炭消费占比1.6%，石油产品消费占比34.3%，天然气消费占比49.6%。受节能减排政策的影响，天然气的消费呈逐年上升的趋势，而石油的消费呈逐年下降的趋势，石油消费在2020年出现反弹。此外，风能及其他可再生能源占一次能源消费的10.4%；生物质占一次能源消费比重为4.03%。

■ 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，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，2020年占化石能源碳排放的52.1%，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68.2百万吨下降至2020年67.5百万吨，在此期间二氧化碳排放呈现出先上升后下降的趋势，2020年占该国化石能源碳排放的45.7%。

■ 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、水的生产以及交通运输业、仓储和邮政，两个行业的二氧化碳排放量差距较小，且均呈现出先上升后下降的趋势。2020年，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37.9百万吨，占化石能源碳排放总量的25.7%；交通运输业、仓储和邮政的化石能源碳排放为36.9百万吨，占其化石能源二氧化碳排放的25.0%，阿根廷货物运输的需求促使陆运和水运发展迅速，公路网较为发达。2020年家庭生活消费使用化石能源所产生的二氧化碳排放量达到23.3百万吨，是第三大化石能源碳排放行业。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

阿根廷分为23个省和1个联邦首都区。化石能源消费产生的二氧化碳排放主要集中分布在布宜诺斯艾利斯，2020年化石能源碳排放量为43.5百万吨，占该国化石能源碳排放总量的29.5%。这主要是由于布宜诺斯艾利斯人口占阿根廷总人口的三分之一；农业和工业活动也是产生二氧化碳的主要原因。同时，在首都周围的城市，如科尔多瓦和圣菲，受到来自首都的辐射带动影响，其人口和人类活动多于其他地区，化石能源的二氧化碳排放也相对较高，2020年两地区化石能源碳排放量分别为11.6百万吨和10.8百万吨，占该国化石能源碳排放总量的7.9%和7.3%。相比之下，在阿根廷的西部和南部地区，如圣胡安和拉里奥哈，由于这些地区的人口比较分散，生活和生产方式相对落后，化石能源碳排放量总和仅占该国化石能源碳排放总量的1.2%。

■ 生物质碳排放特征

2020年，阿根廷生物质占一次能源消费结构的4.03%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，为可再生再生资源，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放在2010年和2020年分别为3.2百万吨和4.1百万吨。

碳排放趋势

在2010年至2013年间，阿根廷化石能源消费所产生的二氧化碳排放增加了17.2百万吨，从145.6百万吨增至2013年的162.8百万吨。2015–2019年间化石能源消费二氧化碳排放缓慢下降；从2015年的166.0百万吨下降至2020年的147.6百万吨，说明阿根廷的减排政策取得一定的成效。2020年，生物质消费所产生的二氧化碳排放为4.1百万吨。

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核算的阿根廷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相同，但是与每年数值有一定差距。国际数据库2020年的化石能源碳排放总量核算结果分别为：GCB 163.77百万吨，EDGAR 171.86百万吨，IEA 149.02百万吨，CEADs 147.62百万吨。具体地说，与GCB、EDGAR的统计数据相比，CEADs的统计数据在2010年到2020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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为151.7百万吨。

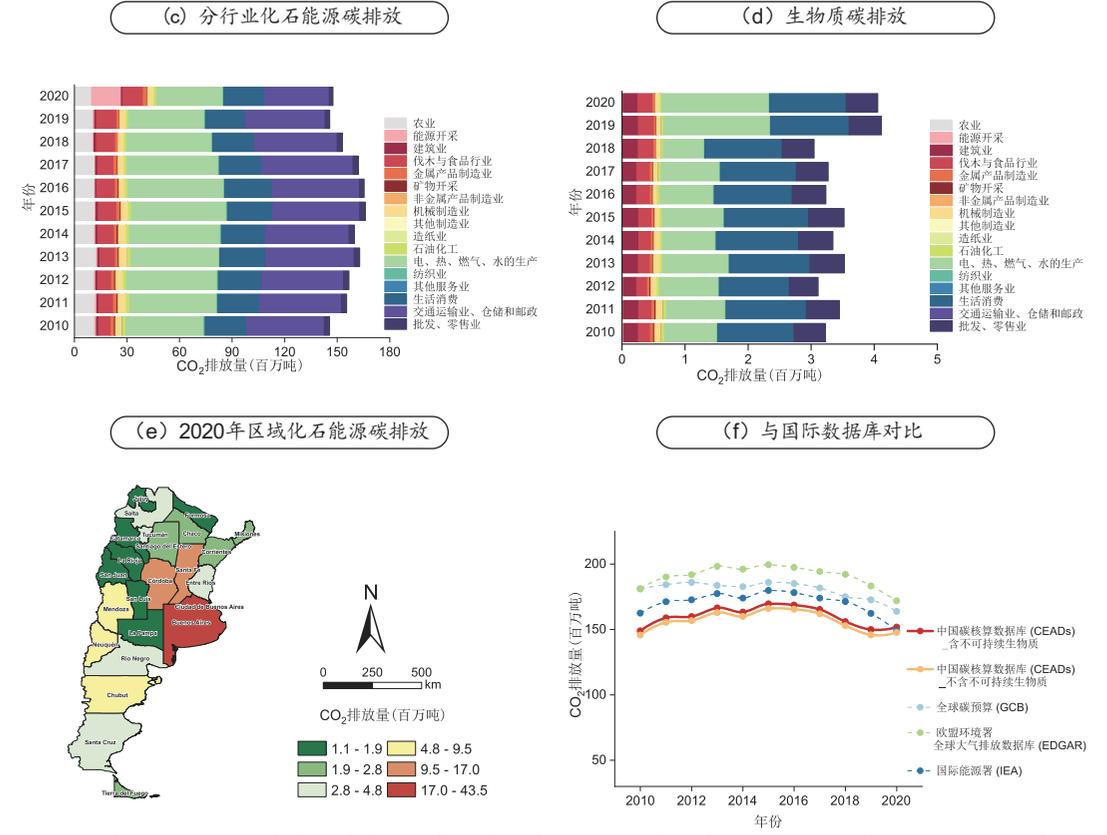
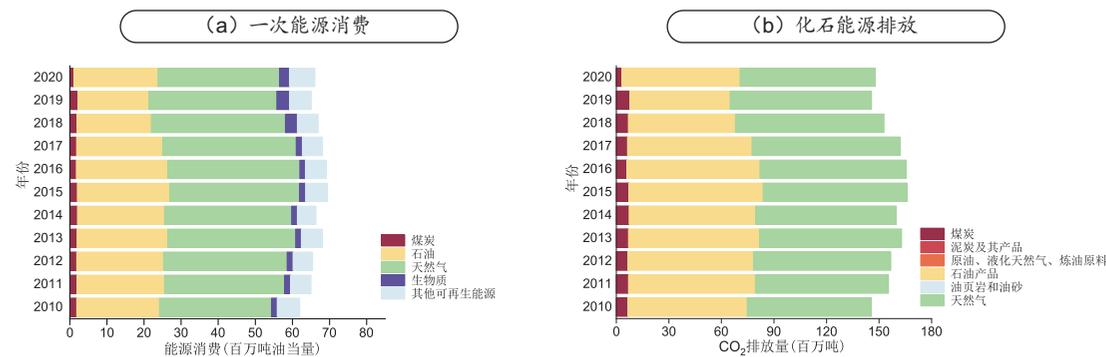


图4-12 阿根廷2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 生物质碳排放；(e) 2020年区域化石能源碳排放；(f) 与国际数据库对比

数据来源简述

能源平衡表的能源分为水力能、核能、天然气、石油、矿碳、木柴、甘蔗渣植物油、植物醇、风能、太阳能、电力、网络分配的天然气、炼油厂气、液化气、天然气、其他汽油、Motonafta、总煤油和航空煤油、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。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。降尺度指标为区域GDP，数据年份为2010–2020。

表4-12 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
国家到区域的降尺度指标	阿根廷统计局	https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-9-138



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2020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431.5万，其中城市人口占68.0%。2010年至2019年，巴拿马共和国的GDP增长迅速，年增长率高达6.8%。人均GDP则从2010年的8124.0美元增长到了2019年的15877.6美元^[217]。然而，受疫情影响，巴拿马的经济严重下滑，据预测，巴拿马2020年的现价GDP仅为539.77亿美元，人均GDP仅为12615.9美元^[217]。

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^[218]。

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^[218]。

一次能源消费结构

2020年，巴拿马共和国化石能源消费占一次能源消费的71.7%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57.8%，天然气消费占比12.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达7.5%，水能、风能和太阳能共占一次能源消费的20.8%。

化石能源碳排放特征

在化石能源消费产生的碳排放中，石油产品一直是巴拿马共和国最大的化石能源碳排放源，2020年占化石能源碳排放的81.3%。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，2020年约占化石能源碳排放的13.7%。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2020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2020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51.9%以上。电力、热力、燃气和水的生产与供应以及建筑行业紧随其后，2020年分别占该国化石能源碳排放总量的20.2%和13.9%。

区域间化石能源碳排放异质性

巴拿马的化石能源碳排放反映出显著的区域差异，且化石能源碳排放与区域的经济水平基本呈现正相关。以2020年为例，该国的化石能源碳排放主要集中于巴拿马省和科隆省，共占该国化石能源碳排放的65.4%。西巴拿马省的化石能源所产生的碳排放仅次于巴拿马省和科隆省，占该国化石能源碳排放的12.2%。相比之下，其他省份的化石能源碳排放量相对较低。

生物质碳排放特征

2020年，生物质占一次能源消费的7.5%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，在整体碳核算过程中，应计入总体碳排放。巴拿马共和国2020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81.1%以及13.8%。

碳排放趋势

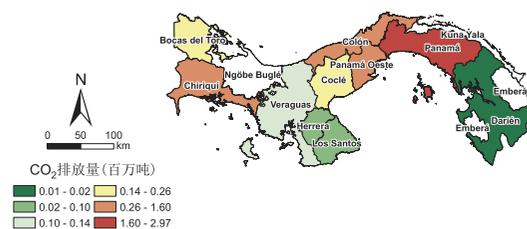
2010年至2012年期间，巴拿马共和国化石能源消费产生的二氧化碳排放量呈现增加的趋势，从8.1百万吨增加到9.2百万吨。2012年至2013年期间，化石能源消费产生的二氧化碳出现小幅度下降；2013年-2016年化石能源二氧化碳排放从9.0百万吨增至9.9百万吨。2017年-2019年出现小范围波动，呈现先下降后增长的趋势，2019年化石能源碳排放达到10.9百万吨。2020年显著下降至7.0百万吨。在2010至2020年间，生物质消费产生的二氧化碳排放从1.0百万吨减少到了0.9百万吨。

与国际数据库对比

在统一核算口径下，即不包含生物质排放时，CEADs的数据与IEA的结果排放趋势几乎完全吻合，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，然而2019-2020年期间差距较大，这可能是IEA将煤炭自产纳入排放核算中。GCB的数据在2010年-2012年基本吻合，但在其他年份的数据差距较大。在比较CEADs与EDGAR的统计数据时，数值差距较大，平均相差超过1.4百万吨。

当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年，CEADs核算数据为7.9百万吨。

(e) 2020年区域化石能源碳排放



(f) 与国际数据库对比

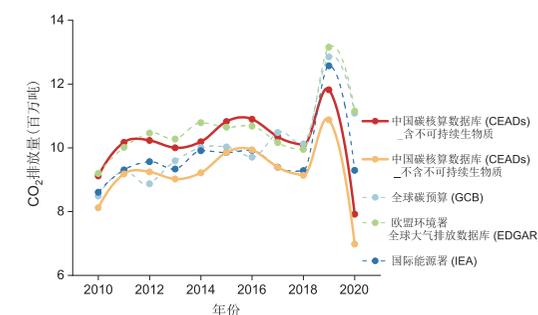


图4-13 巴拿马2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 2020年区域化石能源碳排放; (f) 与国际数据库对比

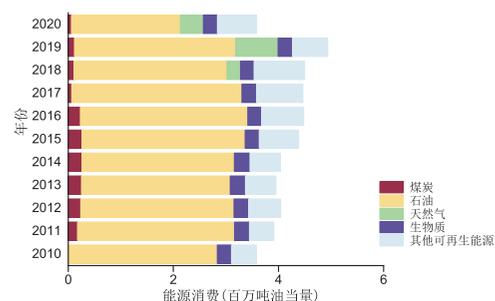
数据来源简述

从巴拿马共和国能源委员会网站上获取了巴拿马共和国2010-2020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。通过分地区分部门的GDP数据，对国家级数据进行了降尺度，从而计算了巴拿马分区域、分行业的二氧化碳排放。

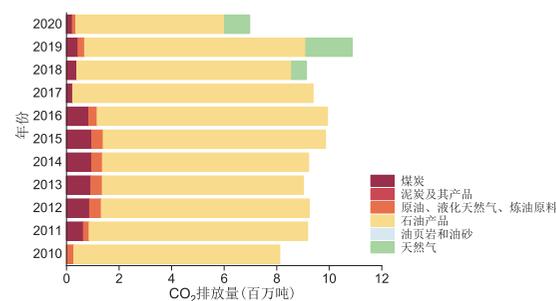
表4-13 巴拿马排放核算的数据来源

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——国家国内生产总值	https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1095&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=26
国家到区域的降尺度指标	巴拿马共和国国家统计局——地区国内生产总值	https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1100&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=26

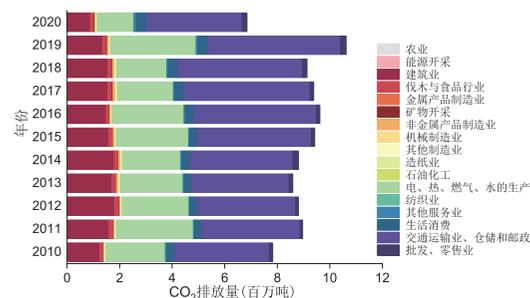
(a) 一次能源消费



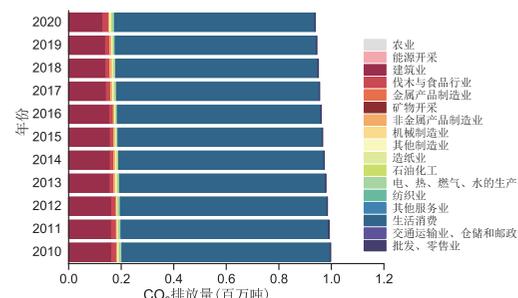
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 生物质碳排放





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2020年，智利的人口为1930万人，GDP为2527亿美元，人均名义GDP在拉丁美洲排名第二（仅次于乌拉圭）^[219]。

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%^[220]，同时它的铜产量占世界的三分之一^[221]。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^[222]。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%}。在国际货币基金会的资助下，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^[181]。

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70.7%，以石油为主。2020年，石油产品消费占比41.4%，煤炭消费占比16.9%，天然气消费占比12.4%。此外，水能、太阳能及其他可再生能源占一次能源消费的8.4%。生物质占一次能源消费比重达20.9%。

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，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。煤炭是智利发电的主要化石能源，2020年，煤炭消费产生的二氧化碳排放量已经达到25.9百万吨，占化石能源碳排放的30.4%。其次，石油产品消费产生的二氧化碳排放量超过48.0百万吨，占化石能源碳排放的56.5%。2020年，智利天然气消费产生的二氧化碳排放为11.1百万吨，占该国化石能源碳排放的13.0%。

分行业化石能源碳排放贡献

智利化石能源消费产生的二氧化碳排放最大的行业是电、热、燃气、水的生产行业，2010-2020年间，以每年2.1%的碳排放增速增长，从2010年的27.8百万吨增加到2020年的34.2百万吨。交通运输业、仓储和邮政是智利的第二大化石能源碳排放行业，2020年该行业消费化石能源所产生的二氧化碳排放约为28.1百万吨，占化石能源碳排放总量的33.1%。

区域间化石能源碳排放异质性

智利共分为16个地区，其化石能源所产生的二氧化碳排放主要集中在首都地区及周围省市。圣地亚哥大都会区包含国家的首都圣地亚哥，是智利人口最多和最密集的地区，大多数商业和工业都位于此地区，是该国的最主要的交通枢纽。因此，该区域是智利化石能源碳排放最高的地区，2020年其消费化石能源所产生的二氧化碳排放达到35.2百万吨，占该国化石能源碳排放总量的41.4%。相比之下，智利最南端地区（艾森、麦哲伦）和最北端的地区（阿里卡和帕林阿克塔大区）由于其气候恶劣，是智利人口最稀少的地区，经济发展缓慢，也是该国化石能源碳排放最低的区域。2020年，艾森、麦哲伦、阿里卡和帕里纳科塔大区的化石能源碳排放量分别为0.5、0.8和1.1百万吨，这三个地区合计仅占智利化石能源碳排放总量的2.8%。总的来说，化石能源碳排放空间特征呈现出中部高，向北部和南部递减的态势。

■ 生物质碳排放特征

2020年，智利的生物质消费占一次能源消费的20.9%，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2020年间，智利化石能源消费产生的二氧化碳排放量增加了23.17%，从2010年的74.09百万吨增加到2020年的84.9百万吨。化石能源消费产生的二氧化碳排放量虽有波动，但整体呈现增长态势，年均增长率为1.4%。

■ 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，CEADs核算的化石能源二氧化碳排放数据结果与GCB、BP、EDAG以及IEA发布的结果相比，均相对较高，相差在4.4%到7.5%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。

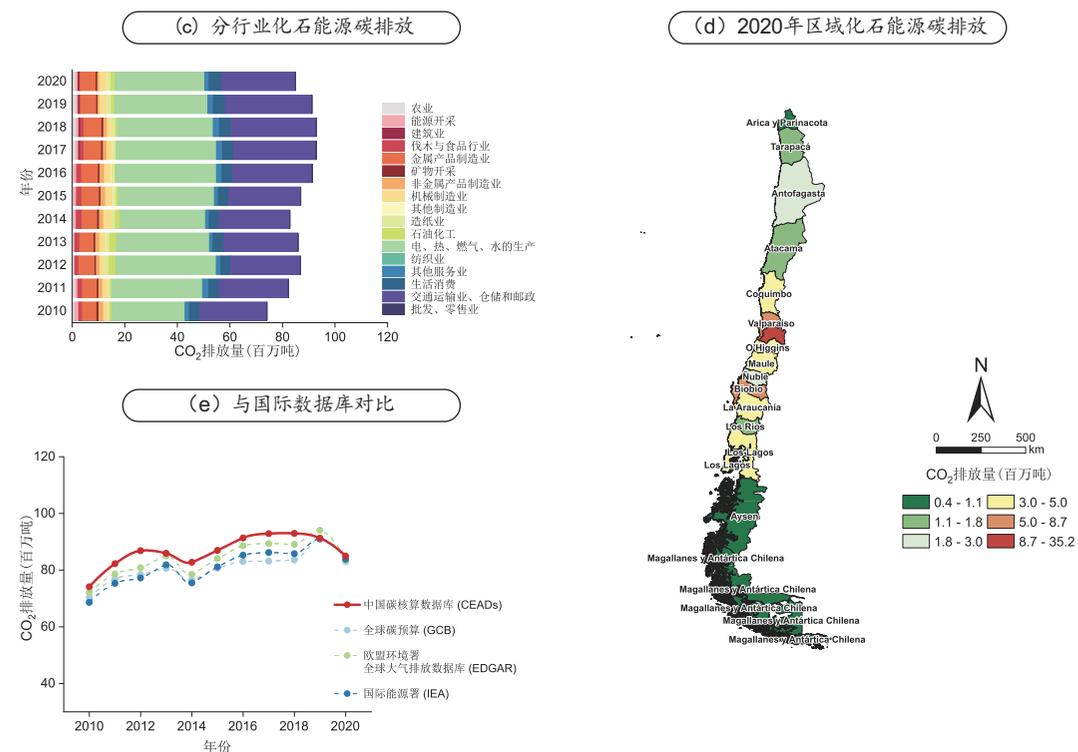
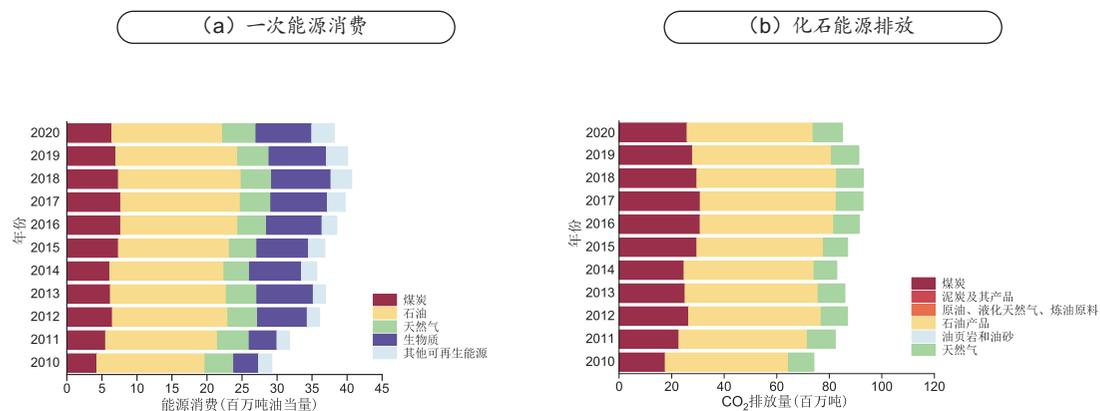


图4-14 智利2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

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2010-2020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出口数据，对分行业的二氧化碳排放进行计算。通过分地区、分行业的就业人数，将国家级数据降尺度到了区域级。

表4-14 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://comtrade.un.org
国家到区域的降尺度指标	智利统计局	https://www.ine.cl/estadisticas/



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。世界经济展望^[223]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，2020年的人均GDP为15619.5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，乌拉圭的旅游也是其经济的一个重要组成部分，在2019年占GDP总额的17.4%^[224]。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

2020年，乌拉圭化石能源消费占一次能源消费的37.3%，以石油为主。其中，石油消费占比35.6%，天然气占比1.8%。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43.9%。

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，2020年产生二氧化碳排放5.3百万吨，占化石能源碳排放的95.8%。天然气消费所产生的二氧化碳排放从2010年的0.17百万吨增长到2020年0.23百万吨，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%的排放增速增长至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略有下降，为3.7百万吨，占化石能源碳排放总量的67.48%。此外，伐木与食品行业也是乌拉圭的主要化石能源碳排放行业，2010年该行业消费化石能源产生的二氧化碳排放量约为0.4百万吨，并快速增长到2020年的0.6百万吨，占化石能源碳排放总量的10.9%。此外，2020年农业消费化石能源所产生的二氧化碳排放量约为0.45百万吨，占化石能源碳排放总量的8.1%。

生物质碳排放特征

2020年乌拉圭的生物质消费占一次能源消费的43.9%，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，2020年分别占生物质能源的21.08%和74.01%。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2020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，2020年下降到2.2百万吨。

碳排放趋势

2010-2020年，乌拉圭化石能源消费产生的二氧化碳排放年均增长率为-0.27%，从2010年的5.6百万吨降至2020年的5.5百万吨。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，2020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、GCB和CDIAC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CDIAC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分类口径比较模糊。

此外，当包含生物质消费所产生的二氧化碳时，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为7.7百万吨。



图4-15 乌拉圭2010-2020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2010-2020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。此外，由于缺乏区域的相关数据，乌拉圭暂无分区域的碳排放数据。

表4-15 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.ine.gub.uy/inicio
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

CEADs



第五章

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，2021年摩尔多瓦国内生产总值按现价约为136.8亿美元^[225]，人口为261.5万^[226]，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，农业增加值约占GDP的10.4%。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，2021年第三产业占GDP的54.9%^[227]。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^[228]。

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

摩尔多瓦的一次能源消费结构以天然气和石油产品为主。2020年，天然气消费占比37.2%，石油产品消费占比31.7%，化石能源消费总量占比接近72.1%。此外，生物质占一次能源消费比重达26.9%。

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，石油产品消费和天然气是摩尔多瓦化石能源碳排放的最主要来源。2020年，石油产品消费产生二氧化碳排放2.4百万吨，占化石能源碳排放的49.6%，天然气产生的二氧化碳排放2.1百万吨，约占化石能源碳排放的44.0%。

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1.5百万吨（40.9%）增加到2020年的2.1百万吨（42.7%），年均增长率为3.3%，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，2020年其消费化石能源共产生碳排放1.1百万吨，占化石能源碳排放总量的22.2%。第三大化石能源碳排放部门是电、热、燃气、水的生产部门，主要使用天然气发电，占化石能源碳排放的16.7%。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

2020年摩尔多瓦的生物质占一次能源消费的26.9%，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2020年间，化石能源消费所产生的碳排放增加了34.9%，从3.6百万吨增至4.8百万吨。

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核算的摩尔多瓦化石能源二氧化碳碳排放量总体低于EDGAR、IEA和GCB发布的数据，但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年无论从碳排放量还是趋势上，均较为接近，2020年，CEADs核算的摩尔多瓦化石能源碳排放量为4.88百万吨，GCB的统计结果为4.61百万吨。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发布的二氧化碳碳排放量数据基本一致。

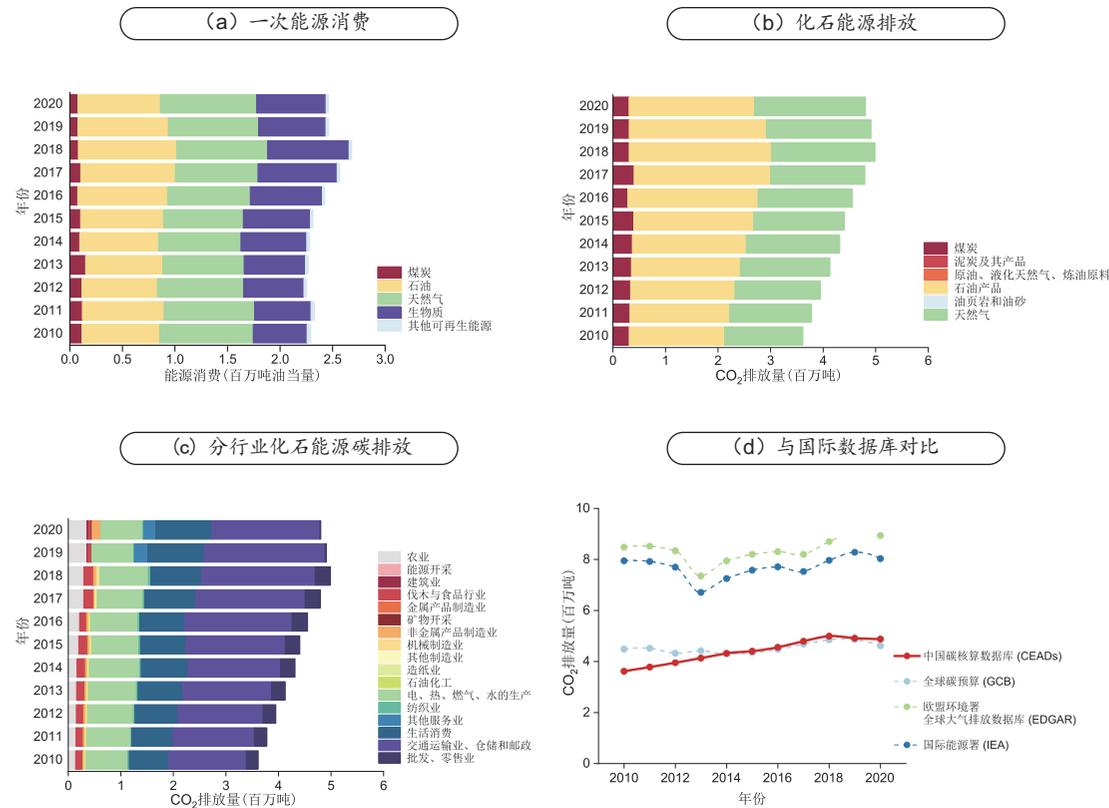


图5-1 摩尔多瓦2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 与国际数据库对比



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2010-2020年共10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/?rid=b2f27d7-0b96-43c9-934b-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/?rid=b2f27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774



俄罗斯 RUSSIA

■ 国家背景

俄罗斯是一个横跨北亚和东欧大陆的国家，其首都莫斯科是欧洲最大的城市。俄罗斯是世界上人口密度最低和城市化程度最高的国家之一，根据国家统计局的数据显示，截至2021年1月1日，俄罗斯的总人口为1.46亿，相比2010年增长2.38%。俄罗斯是欧洲第五大经济体。2020年，俄罗斯的GDP为1.49万亿美元（现价），同比下降2.7%，人均GDP达到1.0万美元^[229]。

俄罗斯拥有世界第三大面积的耕地，然而，由于其环境恶劣，只有约7.4%的土地是可耕地，农业部门占经济的比重较低；其工业发达，核工业和航空航天业在世界上占据重要的地位。2020年，俄罗斯的农业、工业和服务业占GDP的比重分别为13.74%、29.99%和56.27%。此外，俄罗斯有世界最大储量的矿产资源，是最大的石油和天然气输出国，且拥有世界最大的森林储备。在国际贸易方面，俄罗斯的主要出口国为欧盟、中国和白俄罗斯，主要出口产品为石油和石油产品、天然气、金属等；主要进口国为欧盟、中国和美国，进口机械、车辆、医药产品、塑料、金属半成品、肉类等。

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^[230]。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^[231]。

■ 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，2020年，天然气消费占一次能源消费的比重接近54.3%，石油消费占比也达到21.8%，核能、水能等可再生能源占一次能源消费的11.7%，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。2020年，天然气和煤炭消费分别产生549.2百万吨和471.6百万吨二氧化碳，分别占化石能源碳排放的38.0%和32.6%。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。2020年，石油产品消费产生二氧化碳排放为366.6百万吨。

■ 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。2020年该部门碳排放量占化石能源碳排放总量的39.2%。金属产品制造业是俄罗斯第二大化石能源碳排放行业，从2017年的357.3百万吨下降到2020年的334.3百万吨。交通运输业、仓储和邮政是第三大化石能源碳排放行业，2020年为136.9百万吨，占化石能源碳排放总量的9.5%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

在俄罗斯的82个联邦主体中，西部和南部地区的化石能源二氧化碳排放量较高，而东部和北部地区的化石能源二氧化碳排放量较低。俄罗斯的化石能源二氧化碳排放主要集中在秋明州和车里雅宾斯克州。秋明州是俄罗斯发展最为繁荣的州，2020年，秋明州的化石能源碳排放量为136.6百万吨，占该国化石能源碳排放的9.5%。车里雅宾斯克州是俄罗斯重要的交通枢纽，2020年，车里雅宾斯克州的化石能源碳排放量为125.5百万吨，占该国化石能源碳排放的8.7%。利佩茨克州和斯维尔德洛夫斯克州紧随其后，碳排放量也分别达到了92.4百万吨和86.9百万吨。作为俄罗斯最大的城市和首都，莫斯科2020年化石能源碳排放量为75.8百万吨，占该国化石能源碳排放的5.2%。

■ 生物质碳排放特征

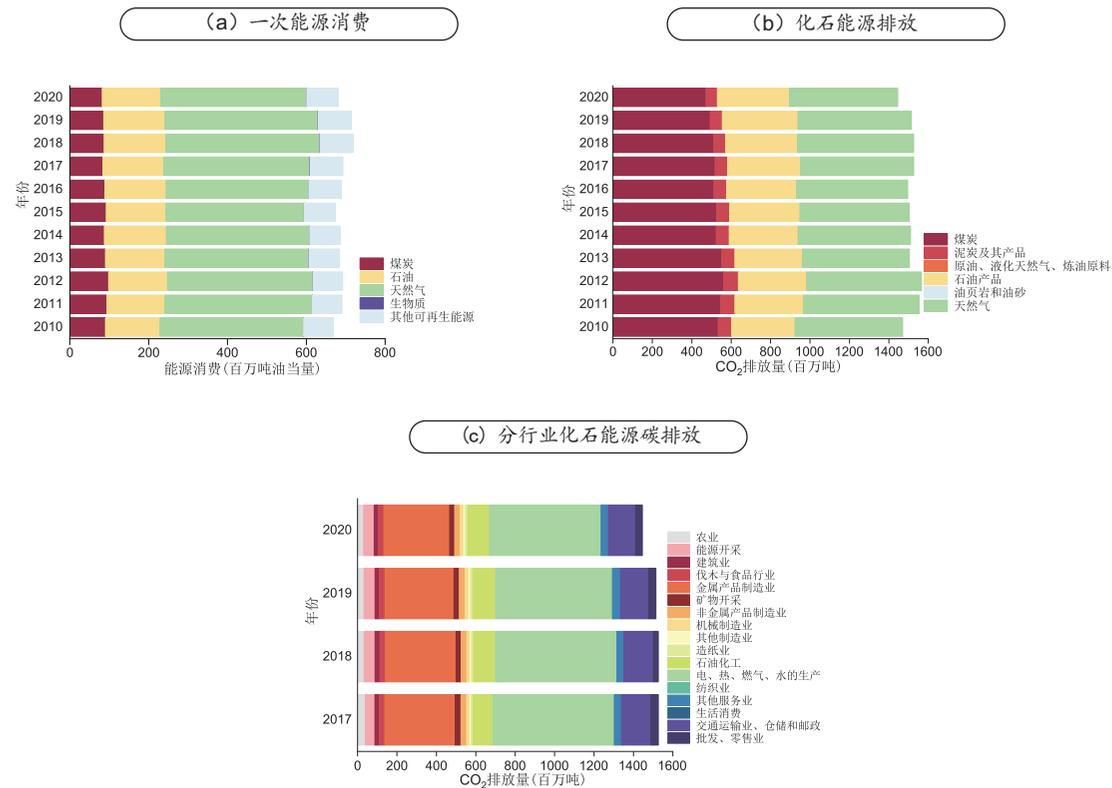
2020年俄罗斯的生物质消费占一次能源消费比重极低，主要用于造纸业、伐木与食品行业、金属产品制造业等。俄罗斯的生物质主要包括木屑颗粒和木制废料，且木屑颗粒和木制废料的利用正在迅速增长，由于俄罗斯生物质来源主要为可持续再生资源，其全生命周期具有“零碳”属性，在整体二氧化碳核算过程中，不应计入总体碳排放。

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，2020年的碳排放达到了1445.7百万吨。

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核算的俄罗斯化石能源二氧化碳排放量总体低于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趋势，两者的数值差距保持在-1.3%–2.6%之间。但是从2017年开始，CEADs核算结果与IEA结果逐渐拉开差距，2020年二者间的差距达到了4.3%。从2020年的具体分行业数据看，主要是电、热、燃气、水的生产和交通运输业、仓储和邮政等重点碳排放部门的结果相差较大所导致的。从使用的原始数据来看，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，可能是导致核算的二氧化碳排放数据不同的原因。



(d) 2020年区域化石能源碳排放



(e) 与国际数据库对比

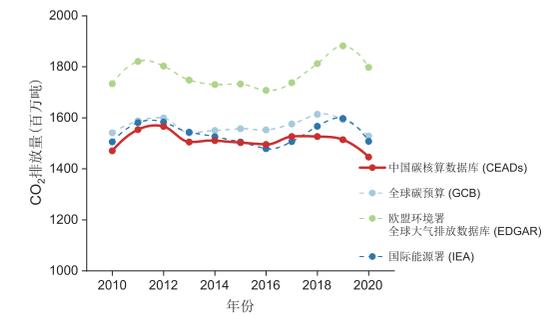


图5-2 俄罗斯2010–2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费；(b) 化石能源碳排放；(c) 分行业化石能源碳排放；(d) 2020年区域化石能源碳排放。由于数据可得性等问题，分行业化石能源碳排放只提供2017年—2020年数据。(e) 与国际数据库对比；

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/indicator
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 Interdepartmental Statistical Information System)	https://fedstat.ru/indicator
国家到区域的降尺度指标	俄罗斯统一行业间统计信息系统 (The Unified Interdepartmental Statistical Information System)	https://fedstat.ru/indicator



爱沙尼亚 ESTONIA

■ 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。2020年，爱沙尼亚的总人口约为132.9万人。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。2020年，其GDP（现价）达到313.7亿美元，增长率为-0.6%，人均GDP（现价）高达2.4万美元^[232]。

从产业结构来看，爱沙尼亚服务业发达。2020年爱沙尼亚的农业、工业和服务业占GDP的比重分别为14.27%、21.88%和63.85%。全国近60%的劳动力集中在服务业，特别是旅游业、金融服务、信息服务等。爱沙尼亚化石资源和非金属矿产丰富，拥有大量油页岩和石灰石矿床。此外，爱沙尼亚拥有丰富的森林资源，其森林覆盖率达48%。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、俄罗斯、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。2020年，可再生能源发电量为2229GWh，同比增长15%，占全国电力总产量的46.4%^[233, 234]。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^[235]。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%^[236]。

■ 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。2020年，石油消费占比42.8%，天然气消费占比9.9%，化石能源消费总量占一次能源消费的比重达到61.6%。此外，生物质占一次能源消费比重达35.7%，风能、太阳能及其他可再生能源占比也上升到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，石油产品消费产生的二氧化碳排放占据主导地位。2020年，石油产品消费产生2.9百万吨二氧化碳排放，占化石能源碳排放的47.1%。其次为油页岩和油砂消费产生的二氧化碳，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，2020年产生碳排放1.8百万吨，占化石能源排放的29.3%。天然气和煤炭产生的碳排放，占比依次约为13.2%和9.3%。

■ 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二氧化碳排放行业，2020年其化石能源二氧化碳排放量为2.7百万吨，占化石能源碳排放总量的43.7%。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，2020年排放量为2.3百万吨，占化石能源碳排放总量的37.0%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

爱沙尼亚的行政单位为县，全国共分为哈留、希尤、东维鲁、约格瓦、耶尔瓦、莱内、西维鲁、珀尔瓦、派尔努等15个县。其中，爱沙尼亚化石能源碳排放量最高的县为东维鲁县，2020年的化石能源碳排放量为2.2百万吨，占该国化石能源碳排放的35.3%。哈留县是爱沙尼亚首都塔林的所在地，2020年的化石能源碳排放量为1.9万吨，占该国化石能源碳排放的31.4%，仅次于东维鲁县。

■ 生物质碳排放特征

2020年，爱沙尼亚的生物质约占一次能源消费的35.7%，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^[237]。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，2020年的碳排放下降到6.1百万吨。

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IEA最为接近，2020年二者间的误差为13.5%。

(e) 与国际数据库对比

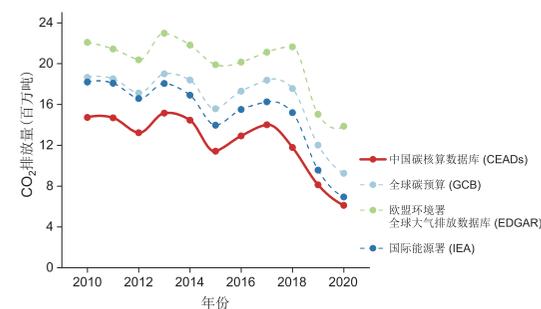


图5-3 爱沙尼亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比

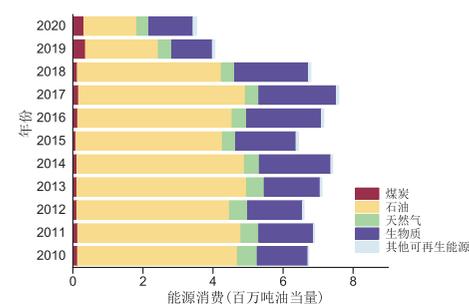
数据来源简述

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，2019-2020年能源平衡表的能源有30种能源品种18个行业的统计，分区域指标主要来自区域GDP，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。

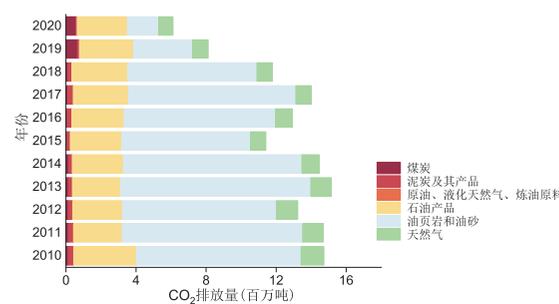
表5-3 爱沙尼亚排放核算的数据来源

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
国家到区域的降尺度指标	爱沙尼亚统计局	https://andmed.stat.ee/en/stat

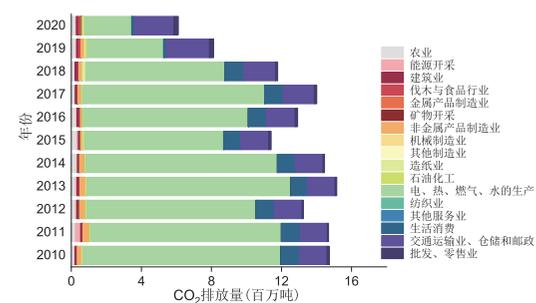
(a) 一次能源消费



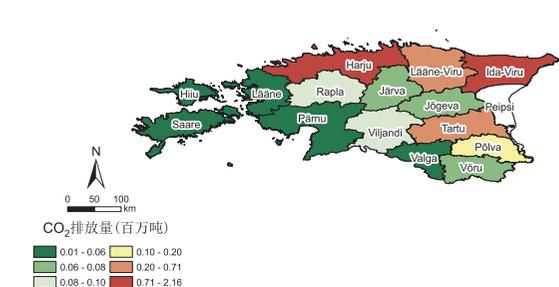
(b) 化石能源排放



(c) 分行业化石能源碳排放



(d) 2020年区域化石能源碳排放



CEAD_s



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2020年，巴布亚新几内亚的人口从2010年的731.1万增长到了2020年的911.9万^[238]。2020年城市人口占13.5%。巴布亚新几内亚是世界上较不发达的国家之一。2010年至2020年，巴布亚新几内亚的GDP持续增长，年增长率高达6.1%，2020年现价GDP达到246.7亿美元。人均GDP则从2010年的1879美元增长到了2020年的2446美元^[239]。

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^[240]。

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

2020年，巴布亚新几内亚化石能源消费占一次能源消费的35.7%以上，主要以石油为主。此外，生物质占一次能源消费比重达31.6%，其他可再生能源占32.7%。

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。2020年，石油产品产生的碳排放为6.1百万吨。

分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2020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2020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38.8%。此外，交通运输业、仓储和邮政消费化石能源所产生的碳排放量从2010年的1.4百万吨增加到2020年的1.8百万吨。

生物质碳排放特征

2020年，巴布亚新几内亚的生物质占一次能源消费的31.6%，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。2010-2020年，木柴等消费产生的二氧化碳排放从2010年的7.5百万吨增长至2020年的8百万吨。

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2020年的6.6百万吨，年增长率为1.6%。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7.5百万吨增长至2020年的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，这可能是由于数据源不同，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，2020年CEADs核算的二氧化碳排放数据为14.6百万吨。

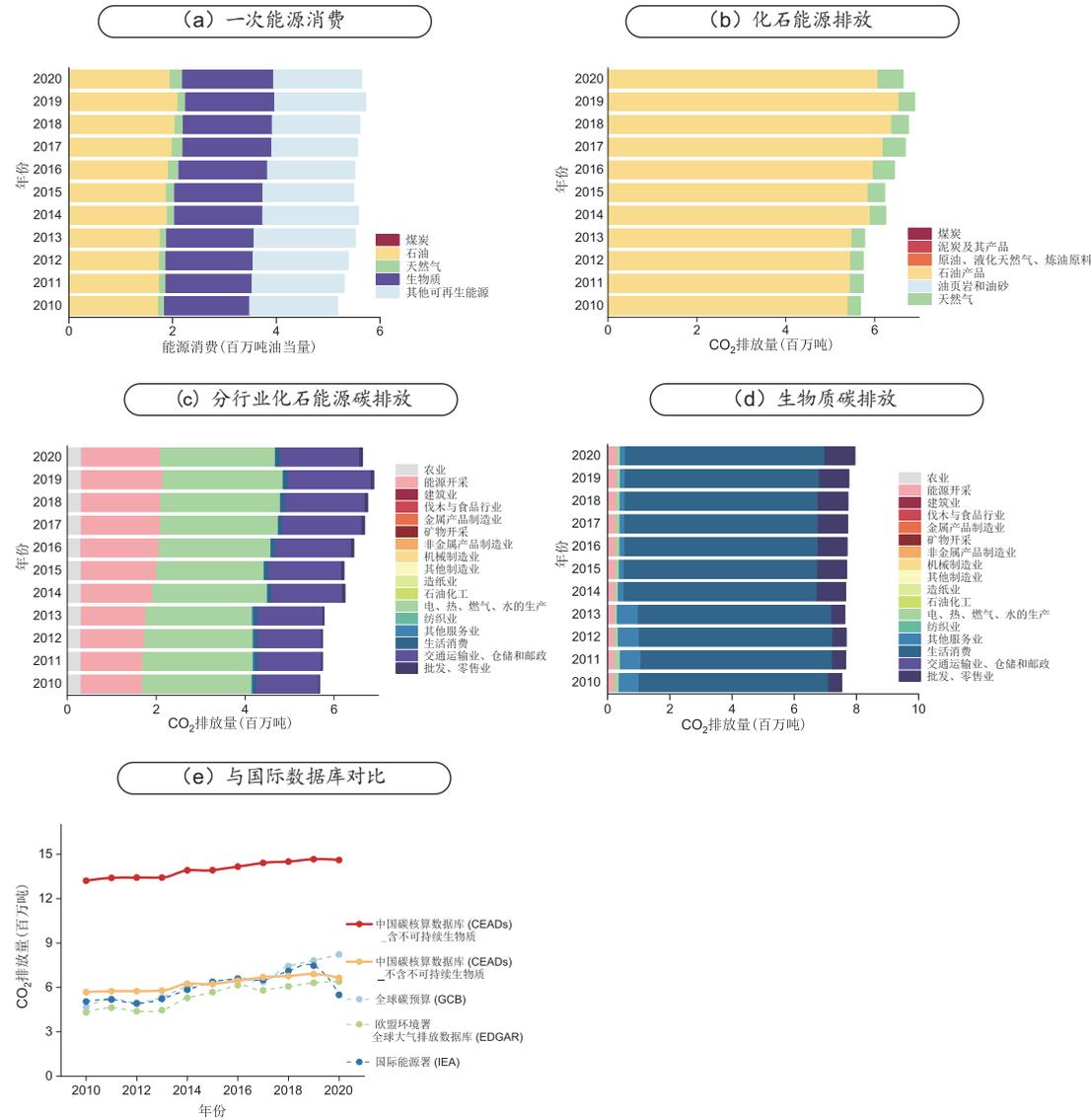


图6-1 巴布亚新几内亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 生物质碳排放; (e) 与国际数据库对比



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，包含了2010-2020年共10年的数据，覆盖了62种一次与二次能源品种。在行业降尺度划分上，我们采用太平洋发展统计司公布的总产出数据和农业、商业、交通、服务业的总产值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	太平洋发展统计司	https://sdd.spc.int/pg



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。2020年密克罗尼西亚联邦的总人口为11.5万。2010年至2020年，密克罗尼西亚联邦共和国的GDP持续增长，年增长率高达3.3%，2020年按照2020年现价GDP达到了4.08亿美元。人均GDP则从2010年的2760美元增长到了2020年的3639美元^[241]。

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容量为2 MW，总发电装机容量为18 MW^[242]。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

2020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2020年期间一直在0.14–0.18百万吨之间徘徊。

■ 分行业化石能源碳排放贡献

从2010年到2020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2020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，2020年分别占该国化石能源碳排放总量的19.2%和17.3%。

■ 区域间化石能源碳排放异质性

密克罗尼西亚联邦的化石能源碳排放反映出显著的区域差异。以2020年为例，波纳佩州和特鲁克州是该国的化石能源碳排放最大的两个州，分别为0.08百万吨和0.05百万吨，占该国化石能源碳排放的73.1%。科思雷州的化石能源所产生的碳排放最小，仅为0.01百万吨。

■ 碳排放趋势

2010年至2020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2020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。这可能是由于数据来源不同，例如，IEA并未公开使用的数据库，而CEADs用的是密克罗尼西亚联邦官方统计数据。

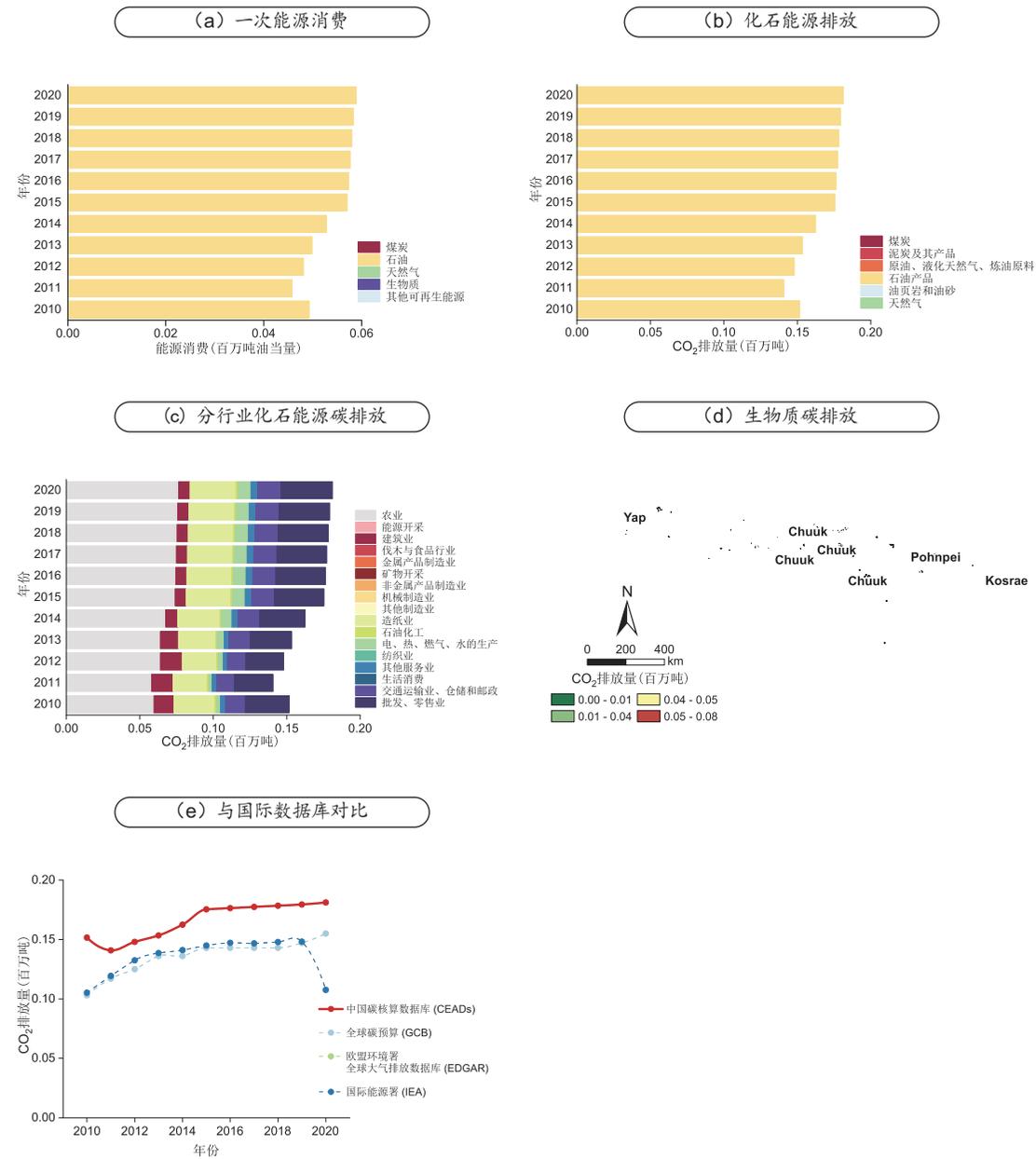


图6-2 密克罗尼西亚2010-2020年能源消费和二氧化碳排放 (a) 一次能源消费; (b) 化石能源碳排放; (c) 分行业化石能源碳排放; (d) 2020年区域化石能源碳排放; (e) 与国际数据库对比



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对应17个部门。在国家到区域的降尺度指标上，采用密克罗尼西亚联邦共和国国家统计局的分地区的国内生产总值作为分配指标进行不同地区碳排放的计算。

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
国家到区域的降尺度指标	密克罗尼西亚联邦共和国国家统计局—分地区的国内生产总值	https://www.fsmstatistics.fm/d

CEADs



第七章

展望篇

区域观察—中东地区典型国家模式分析

■ 中东国家未来减排路径面临的挑战

中东国家面临的首要挑战是石油依赖与经济发展间的权衡。中东国家在经济发展中高度依赖石油和天然气资源，石油和天然气出口是其经济主要来源，减排的关键需要削弱对石油和天然气资源的依赖。然而，减少石油产量可能对经济稳定和国家收入造成负面影响，亟需找到经济发展多元化的替代方案。其次，中东地区的工业部门通常是能源密集型的，例如石油精炼、化工等重工业领域。这些行业的碳排放较高，减排需要进行技术升级和转型，采用更清洁和低碳的生产方式。第三，中东地区快速城市化与能源需求增长的挑战。中东地区快速的城镇化进程导致能源需求迅速增长，增加了碳排放的压力。需要在城市规划和建设中加强低碳和可持续发展理念的应用，提高能源效率并推广清洁能源的使用。第四，中东地区当前已出现水资源稀缺、干旱和沙漠化等问题。减排行动过程中需要加强气候适应能力，并在水资源管理中注重可持续性，确保气候适应能力和减排目标的实现。

综上所述，中东地区各国的碳排放趋势受到经济结构、能源消耗模式、政府政策和技术创新等诸多因素的综合影响。为了应对气候变化和可持续发展的挑战，中东国家需要进一步加强碳排放监测和管理，促进可再生能源的发展，推动能源效率的提升，凝聚政府、企业和社会各界的多方努力，制定出合适的政策和措施，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。

中东地区是当今世界上最为关注的地区之一，兼具经济和政治上的重要性。该地区位于欧亚大陆的交汇处，连接着亚洲、非洲和欧洲，包括众多国家如沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国、卡塔尔和伊朗等，具有得天独厚的地理位置和战略意义。

在资源方面，中东地区以其丰富的能源资源而闻名于世，特别是石油和天然气。这些资源的供应对全球经济具有重要影响，中东国家在国际能源市场中扮演着举足轻重的角色。地区内的石油生产国如沙特阿拉伯、伊拉克、伊朗以及卡塔尔等，拥有世界上最大的油田和天然气储备，其能源产业对地区经济发展起着关键推动作用。此外，中东地区也是文化和历史交融的重要区域。文化遗产、古迹和博物馆等也为中东地区带来了独特的旅游资源，成为了一个重要的旅游目的地。

然而，中东地区也面临着一系列的挑战和问题。国家间存在经济不平衡以及人道主义危机等问题，这些因素对地区的经济和社会产生了严重的影响。尽管面临挑战，中东地区的国家也在积极寻求改革和发展。许多国家致力于推动经济多元化，减少对石油的依赖，并促进其他行业的发展，如旅游和金融创新等。同时，一些国家也在推动社会改革，加强教育以及促进民主等。在全球化的背景下，中东地区的国家也在积极寻求国际合作和多边关系。中东多国参与“一带一路”倡议，加强与亚洲、非洲和欧洲的贸易和投资合作。此外，一些国家也在加强区域组织合作，以促进地区内的稳定和发展。

总体来说，中东地区是一个充满活力和潜力的地区，其经济和政治的发展对全球具有重要影响。为应对未来其经济发展的需要和低碳转型等多重问题，中东地区需要从不同维度全面了解碳排放情况，积极推动能源转型升级。

■ 中东国家二氧化碳排放时空演进趋势

在中东地区的国家中，沙特阿拉伯是一个重要的能源生产和出口国家。由于沙特阿拉伯经济高度依赖石油等化石能源，其相关碳排放量在过去十年中呈现出先增长后下降的态势。2010–2015年间，沙特阿拉伯的化石能源碳排放年均增长率为4.9%，2015–2020年间，沙特阿拉伯的化石能源碳排放年均变化率为-1.1%。整体上，十年间化石能源碳排放年均增长率为1.8%。在此期间，该地区经济快速增长，GDP年均增长率为2.5%，与碳排放量呈现高度关联。尽管该国在能源领域推动了一些可再生能源项目，但由于石油产业的重要性，碳排放仍然位居高位。伊朗作为中东地区的另一个重要国家，其碳排放趋势相对稳定，2010–2020年间年均增长率为1.3%。伊朗近年来积极推动可再生能源的发展，如太阳能和风能等。这些努力在一定程度上抑制了碳排放的增长，使得伊朗的排放量保持相对稳定。在中东地区的各个国家中，碳排放的增长格局在部门间具有显著的相似性。电、热、燃气和水的生产是各国中二氧化碳排放量最高的部门。此外，各国由于经济结构和能源结构的差异，在具体产业部门的碳排放占比上也存在一些差异。以伊朗为例，交通、运输和仓储部门占化石能源碳排放的比例为25.2%。而沙特阿拉伯则在交通、运输和仓储以及石油化工部门占比分别为29.2%和11.1%。

CEADs

第八章

应用篇

方法—数据—模型多元耦合

■ 中东典型国家消费端碳排放

中东地区国家碳排放展现出较高一致性，除土耳其以外的其他国家能源消费均呈缓慢的波动下降趋势。这些国家的能源消费主要来自煤炭和石油，并且在2010到2020的十年间中东国家能源消费结构几乎没有发生变化，向清洁能源转型的进展不显著。在中东地区，沙特阿拉伯和伊朗这两个能源大国无论从生产端还是消费端都是碳排放最大的两个国家。沙特阿拉伯消费端碳排放量从2010年的652.0百万吨下降至2019年的371.4百万吨，降低43.1%。最终消费的碳排放主要集中于电、热、燃气、水的生产部门；2019年，其消费端排放量为103.1百万吨，占沙特阿拉伯消费端总排放的27.8%。从消费类型看，2019年沙特阿拉伯的居民消费、政府部门消费和投资引起的碳排放所占比例分别为40.0%，19.1%和40.1%。从2010年到2019年，消费端碳排放的下降主要集中在居民消费，降低了157.4百万吨。伊朗消费端碳排放量从2010年的486.5百万吨上升至2019年的515.2百万吨，增长了5.9%。2019年伊朗最终消费的隐含碳排放主要集中于机械制造业部门和石油化工部门，分别为4.3百万吨和3.7百万吨，占消费端总排放的25.0%和21.6%。从消费类型看，2019年伊朗的居民消费、政府部门消费和投资引起的碳排放所占比例分别为69.2%，5.2%和25.6%。从2010年到2019年，交通运输业、仓储和邮政部门以及能源开采部门消费需求的上升是消费端碳排放增加的主要原因，增加量分别为32.2和12.9百万吨。

随着全球化的不断加强，中东地区和其他国家直接的贸易往来逐渐加强，在全球供应链中发挥着越来越重要的作用。2019年，沙特阿拉伯属于贸易隐含碳净出口国家。沙特阿拉伯出口隐含碳排放主要集中在石油化工部门，2010和2019年，该部门分别占比8.8%和14.4%。同时，法国、中国和印度是沙特阿拉伯三大主要贸易出口国，其中沙特阿拉伯出口法国隐含的碳排放占2019年沙特阿拉伯出口贸易隐含碳排放总量的14.3%，能源开采部门的碳排放为0.8百万吨，占沙特阿拉伯出口到法国总出口隐含碳排放总量的5.9%。沙特阿拉伯进口隐含碳排放主要集中在机械制造业部门，2010年和2019年，该部门进口隐含碳排放占总进口隐含碳排放总量的比例分别为19.4%和18.3%。中国、阿联酋和印度是沙特阿拉伯的前三大主要进口依赖地区，其中，中国占沙特阿拉伯2019年总进口贸易隐含碳排放的32.8%。2019年伊朗属于贸易隐含碳净出口国家。伊朗2019年出口碳排放主要集中于交通运输业、仓储和邮政，达9.8百万吨，占出口隐含碳排放总量的20.5%。同时，石油化工部门作为出口隐含碳排放第二大部门，其占比从2010年的12.0%增长到2019年的16.3%。在伊朗2019年的出口贸易中，中国、土耳其和印度是前三大主要消费国，出口贸易的隐含碳排放分别为17.8、4.0和3.0百万吨，分别占伊朗出口贸易隐含碳排放的37.3%、8.3%和6.2%。在伊朗2019年的进口贸易中，中国、印度和俄罗斯是前三大主要进口依赖国，进口贸易隐含碳排放分别为9.7、1.4和1.1百万吨，分别占进口贸易隐含碳排放总量的55.0%、7.9%和6.6%。

■ 中东典型国家油气田点源碳排放

基于高空间分辨率的碳排放数据研究和评估城市和区域碳排放水平是国际碳排放研究的一个重点和热点方向，也是解决数据不足和不同地理单元数据源差异的重要途径。随着对空间数据精度要求的不断提高和对碳排放监测、报告和核查的更趋严格，基于排放源自底向上实现高质量碳排放空间数据成为了研究主流和重点，在开拓全球各个国家、区域、城市层面碳排放清单的同时，中国碳核算数据库研究团队聚焦碳排放重点工业，开展全球重点源碳排放温室气体排放核算体系开发及数据库建设。目前团队已经完成全球油气田温室气体排放清单的构建，涵盖了全球143个国家，共计25611个油气田的温室气体排放信息以及基础运营信息（地形条件、地质条件、运营状态、生产年限、产量、储量、油气资源类型等）。

作为全球主要的油气产区之一，中东地区的油气田也是全球油气采掘业最重要的温室气体排放来源，贡献了约27%的全球油气田温室气体排放。沙特阿拉伯是中东地区最大的油气田温室气体排放源，年度温室气体排放量约为215百万吨（约占中东地区油气田温室气体排放的30%），其中近80%来自于陆上常规油田。伊朗是中东地区第二大油气田温室气体排放源，占中东地区油气田温室气体排放的20%左右，其50%的温室气体排放来自陆上常规油田，33%排放来自海上常规气田。伊拉克是中东地区第三大油气田温室气体排放源，也是2010-2021年间中东地区油气田温室气体排放增速最快的国家，其年度温室气体排放量从67百万吨增至129百万吨，90%以上的排放来自陆上常规油田。虽然陆上油气田主导着中东地区温室气体排放，但随着技术进步和海上油气田开采的增加，中东地区海上油气田温室气体排放迅速上升（从2010年的112百万吨，增至2021年的203百万吨），相应的其排放占比也从18%升至27%。

CEAD_s



附录

APPENDIX

二氧化碳排放核算

1) 国家排放核算

根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 指南^[243], 国家二氧化碳排放量可按照以下方式计算:

$$CE = \sum_{i,j} CE_{i,j} = \sum_{i,j} AD_{i,j} \times EF_{i,j}$$

其中, $CE_{i,j}$ 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。此外, 考虑到疫情影响, 2020年碳排放量 (CE_{2020}) 的修正方法如下:

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

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

表附9-1 进行数据修正的国家及年份

国家	修正年份	国家	修正年份	国家	修正年份
缅甸	2018, 2019, 2020	蒙古	2019, 2020	泰国	2010, 2011, 2012
柬埔寨	2020	斯里兰卡	2011	马来西亚	2020
老挝	2010, 2011, 2019, 2020	亚美尼亚	2010, 2011, 2012, 2013, 2014	沙特阿拉伯	2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2020
约旦	2019, 2020	伊朗	2019, 2020	以色列	2010, 2011, 2012

国家	修正年份	国家	修正年份	国家	修正年份
布隆迪	2016, 2017, 2019, 2020	津巴布韦	2019	尼加拉瓜	2010, 2011
马达加斯加	2019, 2020	肯尼亚	2010, 2011, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020	哥伦比亚	2020
利比里亚	2019, 2020	加纳	2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015	秘鲁	2010
埃塞俄比亚	2010, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020	尼日利亚	2019, 2020	古巴	2010
乌干达	2013, 2014, 2015	埃及	2010, 2011, 2017, 2018, 2019, 2020	摩尔多瓦	2010, 2011, 2012, 2013
卢旺达	2019, 2020	突尼斯	2020	俄罗斯	2020
坦桑尼亚	2017, 2018, 2019, 2020	南非	2020	密克罗尼西亚	2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020
吉布提	2017, 2018, 2019, 2020	博茨瓦纳	2019, 2020		

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。

3) 区域排放核算

一些国家有区域性的能源统计, 有利于区域、省或州一级的能源相关的二氧化碳排放核算。对这些国家来说, 因活动数据可以从地方统计中获得, 核算方法与国家核算方法类似。然而, 大多数发展中国家没有完整的区域统计资料, 这些国家的区域行业排放核算需要额外的关键指标来对国家排放进行处理。降尺度处理方法可以描述为:

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

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

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。

4) 国家到区域的降尺度指标

大多数国家已公布国家能源平衡表，但公布到区域、省或州一级的统计数据较少。我们尽可能地利用区域、省或州层面的能源消耗数据来计算碳排放量，而对于没有区域、省或州能源统计数据的国家，使用其他指标来将国家的碳排放量降尺度到区域、省或州层面。降尺度指标从国家统计局或经济报告中收集，包括区域、省或州层面的分行业GDP、产出、人口数据等，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. 33–60.
- [2] Dabo Guan, Jing Meng, David M. Reiner, et al. Structural decline in China's CO2 emissions through transitions in industry and energy systems [J]. Nature Geoscience, 2018, 11(8): 551–555.
- [3] Bernard Looney. Energy Outlook 2020 edition [R]. BP p.l.c., 2020. 32–42.
- [4] Fatih Birol, Laura Cozzi, Tim Gould, et al. World Energy Outlook 2020 [R]. Paris: International Energy Agency, 2020. 27–28.
- [5] U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2019 [R]. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration, 2019. 16–32.
- [6] Niklas Hohne, Michel Den Elzen, Joeri Rogelj, et al. Emissions: world has four times the work or one-third of the time [J]. Nature, 2020, 579(7797): 25–28.
- [7] Hui Hu, Nan Xie, Debin Fang, 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: 1229–1244.
- [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: 862–871.
- [9] Dorota Wawrzyniak, Wirginia Doryń. 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–Ekonomiska Istraživanja, 2020, 33(1): 124–144.
- [10] World Bank. World Development Indicators---Myanmar. [EB/OL]. [2023-04-15]. <https://data.worldbank.org/country/myanmar>
- [11] The Observatory of Economic Complexity. Myanmar Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2023-03-15]. <https://oec.world/en/profile/country/mmr>.
- [12] Audray Souche, William Greenlee, Dave Seibert. Renewable energy snapshot: Myanmar [R]. Singapore: Norton Rose Fulbright, 2019. 1–5.
- [13] Myanmar National Climate Change Policy. Strategy & Action Plan (NCCP and MCCSAP 2017–2030) [EB/OL]. [2023-03-10]. <http://myanmarccalliance.org/en/mccsap/>.
- [14] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties---Myanmar [EB/OL]. [2023-03-10]. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Myanmar/1/Myanmar's%20INDC.pdf>.
- [15] Climate Energy College. Myanmar INDC Factsheet [R]. The University of Melbourne, 2015.
- [16] Maw Maw Tun, Dagmar Juchelková. Biomass sources and energy potential for energy sector in Myanmar: An outlook [J]. Resources, 2019, 8(2): 102.
- [17] World Bank. World Development Indicators---Cambodia (Population). [EB/OL]. [2023-05-08]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=KH>.
- [18] World Bank. World Development Indicators---Cambodia (GDP). [EB/OL]. [2023-05-08]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=KH>.
- [19] The Observatory of Economic Complexity. Cambodia (KHM) Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2023-05-08]. <https://oec.world/en/profile/country/khm#trade-products>
- [20] Kongchheng Poch. Renewable energy development in Cambodia: status, prospects and policies [R]. 2012. 227–266.
- [21] Hun Sen. Cambodia Climate Change Strategic Plan 2014 – 2023 [R]. Phnom Penh: National Climate Change Committee, 2013. 13–23.
- [22] Kingdom Of Cambodia. Cambodia's Intended Nationally Determined Contribution [R]. Phnom Penh: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2019. 2–6.
- [23] Lao Statistics Bureau Cooperation with the Statistics Korea. Laos Statistical Information Service [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://laosis.lsb.gov.la/tblInfo/TblInfoList.do>.
- [24] World Bank. World Development Indicators---Laos. [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=KH>.
- [25] Lao Pdr Ministry of Mines and Energy. Energy Demand and Supply of the Lao People's Democratic Republic 2010–2018 [R]. 2020.
- [26] United Nations Development Programme. Climate action | UNDP in Lao PDR. UNDP [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://www.la.undp.org/content/laopdr/en/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>.
- [27] National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic [EB/OL]. [2023-05-04]. <http://www.stat.kg>.
- [28] 中华人民共和国外交部. 2020年吉尔吉斯斯坦对欧亚经济联盟进出口额均有减少 [EB/OL]. [2023-04-30]. <http://kg.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202106/20210603069440.shtml>.
- [29] World Bank. World Development Indicators---Pakistan (Population) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PK>.
- [30] 中华人民共和国外交部. 巴基斯坦国家概况 [EB/OL]. [2023-04-16]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676308/1206x0_676310/.

- [31] 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.
- [32] World Bank. GDP (current US\$) – India [EB/OL]. [2023-04-15]. <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. 1-6.
- [34] The Republic Of India. India's Intended Nationally Determined Contribution: Working Towards Climate Justice [R]. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015. 7-18.
- [35] 中华人民共和国外交部. 菲律宾国家概况 [EB/OL]. [2023-04-10]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676452/1206x0_676454/.
- [36] 可再生能源法规之比较 — 菲律宾 [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://law.asia/zh-hans/renewable-energy-regulations-philippines/>.
- [37] Climate Action. The Philippines pursues Renewable Energy Expansion [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://www.climateaction.org/news/the-philippines-pursues-renewable-energy-expansion>.
- [38] World Bank. World Development Indicators---Jordan (GDP) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=JO>.
- [39] World Bank. World Development Indicators---Jordan (Population) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=JO>.
- [40] 中华人民共和国外交部. 约旦国家概况 [EB/OL]. [2023-04-30]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677268/1206x0_677270/.
- [41] Zayed Al-Hamamre, Motasem Saidan, Muhanned Hararah, et al. Wastes and biomass materials as sustainable-renewable energy resources for Jordan [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2017, 67: 295-314.
- [42] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties--- Hashemite Kingdom of Jordan [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Jordan/1/Jordan%20INDCs%20Final.pdf>.
- [43] 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): 1430-1438.
- [44] A Demirba . Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass [J]. Energy conversion management 2000, 41(6): 633-646.
- [45] Indonesia to cut carbon emissions by 29% by 2030 [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://www.theguardian.com/environment/2015/sep/21/indonesia-promises-to-cut-carbon-emissions-by-29-by-2030>.
- [46] Renewable Energy in Indonesia – Current State, Opportunities and Challenges [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://energytracker.asia/renewable-energy-in-indonesia/>.
- [47] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (GDP) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MN>.
- [48] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (Population) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MN>.
- [49] World Bank. World Development Indicators---Mongolia (GDP per capita) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=MN>.
- [50] 中华人民共和国外交部. 蒙古国家概况 [EB/OL]. [2023-04-30]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676740/1206x0_676742/.
- [51] Lauha Fried, Shruti Shukla, Steve Sawyer, et al. Global wind outlook 2016 [R]. Global Wind Energy Council, 2016.
- [52] 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.
- [53] 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.
- [54] The World Factbook. Sri Lanka [EB/OL]. [2023-02-04]. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/sri-lanka/>.
- [55] World Economic Outlook Database. Sri Lanka [EB/OL]. [2023-02-04]. <https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>.
- [56] Tissa Jayatilaka. Sri Lanka---an Overview [EB/OL]. [2023-02-04]. http://www.fulbrightsrilanka.com/?page_id=561.
- [57] 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]. [2023-06-05]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677028/1206x0_677030/.
- [58] World Bank. World Development Indicators---Armenia (Population) [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=AM>.
- [59] World Bank. World Development Indicators---Armenia (GDP) [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org/country/armenia>.
- [60] World Bank. World Development Indicators---Iran (GDP) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IR>.
- [61] World Bank. World Development Indicators---Iran (GDP per capita) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=IR>.
- [62] 中华人民共和国外交部. 伊朗国家概况 [EB/OL]. [2023-04-30]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677172/1206x0_677174/.
- [63] Wikipedia. Iran [EB/OL]. [2023-04-03]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Iran>.
- [64] Fatemeh Chatrri, Masoud Yahoo. Chapter 15 – The importance of renewable energy expansion in power generation sector in Iran: a computable general equilibrium approach [M]. Ahmad Taher Azar, Nashwa Ahmad Kamal. Design, Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems. Academic Press. 2021: 393-411.
- [65] 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: 1077-1091.
- [66] World Bank. World Development Indicators---Thailand (Population). [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?end=2019&locations=TH&start=2009>.
- [67] World Bank. World Development Indicators---Thailand (GDP) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=TH>.
- [68] Thailand National Statistical Office. Statistical Yearbook Thailand 2020 [EB/OL]. [2023-04-30]. <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/pubs/e-book/SYB-2563/files/assets/basic-html/index.html#16>.
- [69] The Observatory of Economic Complexity. Thailand Exports, Imports, and Trade Partners [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://oec.world/en/profile/country/tha>.
- [70] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDC Submissions---Thailand [EB/OL]. [2023-04-30]. https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Thailand/1/Thailand_INDC.pdf.
- [71] International Trade Administration. Thailand-Renewable Energy [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://www.trade.gov/energy-resource-guide-thailand-renewable-energy>. [72] Department of Statistics Malaysia. Malaysia statistics [EB/OL]. [2023-05-19]. <https://www.mycensus.gov.my/>.
- [73] The Global Economy. Malaysia: International tourism revenue [EB/OL]. [2023-05-19]. https://www.theglobaleconomy.com/Malaysia/international_tourism_revenue_to_GDP/.
- [74] Menara Matrade. Malaysia International Trade [EB/OL]. [2023-05-19]. <https://www.matrade.gov.my/en/>.
- [75] Kpmg. Net Zero Readiness Index: Malaysia [EB/OL]. [2023-05-19]. <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2021/09/nzri-malaysia.html>.
- [76] 中央政府门户网站. 中国概况 [EB/OL]. [2023-08-30]. https://www.gov.cn/guoqing/2005-08/11/content_2583942.htm.
- [77] 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]. [2023-05-10]. http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230228_1919011.html.
- [78] 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]. [2023-05-30]. https://www.gov.cn/gzdt/2011-02/28/content_1812697.htm.
- [79] 中国国家统计局. 中华人民共和国2020年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [2023-05-10]. http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901004.html.
- [80] 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.
- [81] 中国国家统计局. 2022年统计年鉴 [EB/OL]. [2023-05-10]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>.
- [82] 国家能源局. “十四五”可再生能源发展规划 [EB/OL]. [2023-05-10]. <https://www.ndrc.gov.cn/>.
- [83] CEADs. 中国碳核算数据库 [EB/OL]. [2023-05-10]. <https://www.ceads.net.cn/>.
- [84] Yuli Shan, Dabo Guan, Heran Zheng, et al. China CO2 emission accounts 1997-2015 [J]. Scientific Data, 2018, 5(1): 170201.
- [85] Yuli Shan, Qi Huang, Dabo Guan, et al. China CO2 emission accounts 2016-2017 [J]. Scientific Data, 2020, 7(1): 54.
- [86] Yuru Guan, Yuli Shan, Qi Huang, et al. Assessment to China's Recent Emission Pattern Shifts [J]. Earth's Future, 2021, 9(11): e2021EF002241.
- [87] 肖金成, 魏孟举, 刘钊. 碳达峰碳中和背景下河北省能源结构优化调整的对策 [J]. 中国电力企业管理, 2021, (34): 60-62.
- [88] 自然资源保护协会. 内蒙古煤炭生产和消费绿色转型研究 [EB/OL]. [2023-05-30]. <http://www.ndrc.cn/information/informationinfo?id=304&cook=2>.
- [89] Zhu Liu, Dabo Guan, Wei Wei, et al. Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China [J]. Nature, 2015, 524(7565): 335-338.
- [90] Presidency of the Republic Of Turkey. The Eleventh Development Plan (2019-2023) in Turkey [R]. Ankara, 2019. 57-136.
- [91] Anadolu Agency. Turkey looks to raise share of renewables to two-thirds by 2023 [EB/OL]. [2023-03-30]. <https://www.dailysabah.com/energy/2019/06/17/turkey-looks-to-raise-share-of-renewables-to-two-thirds-by-2023>.
- [92] Turkey expects up to 21% drop in emissions until 2030 [EB/OL]. [2023-03-30]. <https://www.aa.com.tr/en/energy/regulation-renewable/turkey-expects-up-to-21-drop-in-emissions-until-2030/32513>.
- [93] Ethem Toklu. Biomass energy potential and utilization in Turkey [J]. Renewable Energy, 2017, 107: 235-244.
- [94] Wikipedia. Saudi Arabia [EB/OL]. [2023-04-03]. https://en.wikipedia.org/wiki/Saudi_Arabia.
- [95] Arabia Business. Tourism Key to Saudi Arabia's Vision 2030 Plans [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://www.arabianbusiness.com/industries/travel-hospitality/387984-tourism-key-to-saudi-arabias-vision-2030-plans>.
- [96] Sara Schonhardt. Saudi Arabia's Climate Plan Relies on More Oil [EB/OL]. [2023-02-06]. <https://www.eenews.net/articles/saudi-arabias-climate-plan-relies-on-more-oil/>.
- [97] Statista. Employment by Economic Sector 2009-2019 | Statista [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://www.statista.com/statistics/526601/employment-by-economic-sector-in-israel/>.
- [98] Wikimedia Foundation. Economy of Israel [EB/OL]. [2023-04-05]. https://en.wikipedia.org/wiki/Economy_of_Israel.

- [99] Israel – Energy. International Trade Administration | Trade.gov [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/israel-energy>.
- [100] Bbc News. Climate Change: Israel to Cut 85% of Emissions by Mid-Century [EB/OL]. [2023-04-10]. <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-57965028>.
- [101] World Bank. World Development Indicators---Burundi (GDP) [EB/OL]. [2023-04-19]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BI>.
- [102] AFDB Socio Economic Database, 1960-2023 – Africa Information Highway Portal [EB/OL]. [2023-04-19]. <https://dataportal.opendataforafrica.org/nbyenxf/afdb-socio-economic-database-1960-2023>.
- [103] Seforall Africa Hub. Burundi [EB/OL]. [2023-04-19]. <https://www.se4all-africa.org/seforall-in-africa/country-data/burundi/>.
- [104] Vizzuality. Economy-wide – Climate Targets – Burundi – Climate Change Laws of the World [EB/OL]. [2023-04-19]. https://www.climate-laws.org/geographies/burundi/climate_targets/Economy-wide.
- [105] Wikipedia. Burundian unrest (2015–2018) [EB/OL]. [2023-04-20]. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Burundian_unrest_\(2015%E2%80%932018\)&oldid=1075470041](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Burundian_unrest_(2015%E2%80%932018)&oldid=1075470041).
- [106] 中华人民共和国外交部. 马达加斯加国家概况 [EB/OL]. [2023-05-04]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678092/1206x0_678094/.
- [107] World Bank. The World Bank in Madagascar [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.worldbank.org/en/country/madagascar/overview#1>.
- [108] Statista. Madagascar: Share of economic sectors in the gross domestic product (GDP) from 2010 to 2020 [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.statista.com/statistics/460387/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-madagascar>.
- [109] Modeste Kameni Nematchoua. Analysis and comparison of potential resources and new energy policy of Madagascar island; A review [J]. Renewable Energy, 2021, 171: 747–763.
- [110] 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: 1066–1079.
- [111] United States Agency for International Development. Power Africa in Madagascar [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.usaid.gov/powerafrica/madagascar>.
- [112] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDC of Madagascar [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.ctc-n.org/content/indc-madagascar>.
- [113] Ling Qin, Mengjun Wang, Jinfu Zhu, et al. Towards Circular Economy through Waste to Biomass Energy in Madagascar [J]. Complexity, 2021, 2021.
- [114] Donald Rahl Petterson. Liberia | History, Map, Flag, Population, & Facts [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://www.britannica.com/place/Liberia>.
- [115] World Bank. World Development Indicators---Liberia (Population) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LR>.
- [116] 中华人民共和国外交部. 利比里亚国家概况 [EB/OL]. [2023-04-16]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677994/1206x0_677996/.
- [117] World Bank. World Development Indicators---Liberia (Industry (including construction), value added (% of GDP)) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LR>.
- [118] The Republic Of Liberia. Rural Energy Strategy and Master Plan for Liberia Until 2030 [R]. 2016.
- [119] The Republic Of Liberia. Republic of Liberia Intended Nationally Determined Contributions (INDC) [R].
- [120] 中华人民共和国外交部. 尼日尔国家概况 [EB/OL]. [2023-05-04]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678332/1206x0_678334/.
- [121] World Bank. The World Bank in Niger [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.worldbank.org/en/country/niger/overview#1>.
- [122] Statista. Niger: Share of economic sectors in the gross domestic product (GDP) from 2011 to 2021 [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.statista.com/statistics/448655/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-niger/>.
- [123] Ramchandra Bhandari, Vittorio Sessa, Rabani Adamou. Rural electrification in Africa—A willingness to pay assessment in Niger [J]. Renewable Energy, 2020, 161: 20–29.
- [124] 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: 1928–1938.
- [125] M Moustapha Maman Ali, Qian Yu. Assessment of the impact of renewable energy policy on sustainable energy for all in West Africa [J]. Renewable Energy, 2021, 180: 544–551.
- [126] United States Agency for International Development. Power Africa in Niger [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.usaid.gov/powerafrica/niger>.
- [127] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDC of Niger [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.ctc-n.org/content/indc-niger>.
- [128] Energy Charter. The Energy Sector of Niger: Perspectives and Opportunities [EB/OL]. [2023-05-04]. https://africa-energy-portal.org/sites/default/files/2019-12/Niger_Energy_Sector.pdf.
- [129] Kidane Asefa, Asres Wolde Giorgis, Deksyos Tarekegn, et al. Climate Change National Adaptation Program of Action (NAPA) of Ethiopia [R]. National Meteorological Agency, 2007.
- [130] Ministry of Environment And Forest. Intended Nationally Determined Contribution (INDC) of the Federal Democratic Republic of Ethiopia [EB/OL]. [2023-03-16]. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ethiopia%20First/INDC-Ethiopia-100615.pdf>.
- [131] International Energy Agency. Ethiopia Energy Outlook – Analysis [EB/OL]. [2023-03-16]. <https://www.iea.org/articles/ethiopia-energy-outlook>.
- [132] Ethiopian Energy Authority. Energy Efficiency Strategy for Industries, Buildings and Appliances [R]. 2019.
- [133] Zerebruk Wolde. The Effect of Renewable, Non-Renewable and Biomass Energy Consumption and Economic Growth on Co2 Emission in Ethiopia [M]. GRIN Verlag, 2020.
- [134] Collins Okello, Stefania Pindozi, Salvatore Faugno, et al. Development of bioenergy technologies in Uganda: A review of progress [J]. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2013, 18: 55–63.
- [135] Uganda Bureau Of Statistics. Population Projections By District, 2015 to 2021 [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.ubos.org/explore-statistics/20/>.
- [136] Uganda Bureau Of Statistics. Annual GDP Tables CY 2020 [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www.ubos.org/explore-statistics/9/>.
- [137] Mariola Acosta, Margit Van Wessel, Severine Van Bommel, et al. The power of narratives: Explaining inaction on gender mainstreaming in Uganda’s climate change policy [J]. Development Policy Review, 2020, 38(5): 555–574.
- [138] 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): 570–587.
- [139] 中华人民共和国外交部. 多哥国家概况 [EB/OL]. [2023-05-04]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677534/1206x0_677536/.
- [140] World Bank. Togo [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://data.worldbank.org/country/%E5%A4%9A%E5%93%A5>.
- [141] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDC of Togo [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/All.aspx>.
- [142] Moise Bigirimana, Xu Hongyi. 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.
- [143] World Bank. World Development Indicators---Rwanda (GDP) [EB/OL]. [2023-04-21]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=RW>.
- [144] Oec – the Observatory of Economic Complexity. Rwanda (RWA) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC [EB/OL]. [2023-04-21]. <https://oec.world/en/profile/country/rwa>.
- [145] 联合国粮食及农业组织. Rwanda Energy Sector Strategic Plan (2018/19 – 2023/24) [EB/OL]. [2023-04-21]. <https://www.fao.org/forestry/energy/catalogue/search/detail/zh/c/1382215/>.
- [146] Axel Michaelowa, Stephan Hoch, Matthias Honegger, et al. Transitioning from INDCs to NDCs in Africa [EB/OL]. [2023-04-16]. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/AfDB-CIF-Transitioning_fromINDCs_to_NDC-report-November2016.pdf.
- [147] International Energy Agency. Tanzanian Energy Development Access Programme (TEDAP) – IEA/IRENA Renewables Policies Database [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://www.iea.org/policies/4963-tanzanian-energy-development-access-programme-tedap>.
- [148] Oxford Business Group. The Report: Djibouti 2018 [R]. Oxford business group, 2018.
- [149] Mordor. Zimbabwe Renewable Energy Market – Growth, Trends, Covid-19 Impact and Forecast 2023 – 2028 [EB/OL]. [2023-04-18]. <https://www.mordorintelligence.com/zh-CN/industry-reports/zimbabwe-renewable-energy-market>.
- [150] Kenya Energy Authority, Petroleum Regulatory. Power Generation and Transmission Master Plan, Kenya Long Term Plan 2015—2035 [R]. Nairobi: Ministry of Energy and Petroleum, 2018. 81–106.
- [151] Robin. Cocoa in Ivory Coast and Ghana 2017 – African Business [EB/OL]. [2023-03-30]. <https://www.africanbusinessexchange.com/cocoa-in-ivory-coast-and-ghana-2017/>.
- [152] Margaret Adobea Oduro, Samuel Gyamfi, Samuel Asumadu Sarkodie, et al. Evaluating the Success of Renewable Energy and Energy Efficiency Policies in Ghana: Matching the Policy Objectives against Policy Instruments and Outcomes [M]. Renewable Energy-Resources, Challenges and Applications. IntechOpen. 2020.
- [153] World Bank. World Development Indicators---Nigeria (GDP) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=NG>.
- [154] 中华人民共和国外交部. 尼日利亚国家概况 [EB/OL]. [2023-04-25]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678356/1206x0_678358/.
- [155] 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).
- [156] Boqiang Lin, Isaac Ankrah. On Nigeria’s renewable energy program: Examining the effectiveness, substitution potential, and the impact on national output [J]. Energy, 2019, 167: 1181–1193.
- [157] Energy Information Administration. Country Analysis Brief: Nigeria [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://www.eia.gov/international/analysis/country/NGA>.
- [158] 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.
- [159] 中华人民共和国外交部. 摩洛哥国家概况 [EB/OL]. [2023-02-10]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678212/1206x0_678214/.
- [160] 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]. [2023-05-14]. http://dz.china-embassy.gov.cn/agk/gky/201911/t20191104_7257571.htm.
- [161] World Bank. World Development Indicators---Algeria (GDP) [EB/OL]. [2023-05-14]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=DZ>.
- [162] World Bank. World Development Indicators---Algeria (Population) [EB/OL]. [2023-05-14]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=DZ>.

- [163] The Observatory of Economic Complexity. Egypt (EGY) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC [EB/OL]. [2023-04-19]. <https://oec.world/en/profile/country/egy>.
- [164] International Trade Administration. Egypt – Renewable Energy [EB/OL]. [2023-04-19]. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/egypt-renewable-energy>.
- [165] World Bank. Tunisia [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org/country/tunisia?view=chart>.
- [166] 中华人民共和国外交部. 突尼斯国家概况 [EB/OL]. [2023-06-05]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678598/1206x0_678600/.
- [167] 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]. [2023-06-05]. <http://tn.mofcom.gov.cn/article/ztdy/201904/20190402856871.shtml>.
- [168] 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]. [2023-06-05]. <https://news.solarbe.com/202005/29/325567.html>.
- [169] World Bank. World Development Indicators---South Africa (Population) [EB/OL]. [2023-01-26]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=ZA>.
- [170] 中华人民共和国外交部. 南非国家概况 [EB/OL]. [2023-01-26]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678284/1206x0_678286/.
- [171] 中华人民共和国外交部. 博茨瓦纳国家概况 [EB/OL]. [2023-06-05]. http://new.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_677438/1206x0_677440/.
- [172] World Bank. World Development Indicators---Botswana (Population) [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=BW>.
- [173] World Bank. World Development Indicators---Botswana (GDP) [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BW>.
- [174] 中华人民共和国外交部. 毛里求斯国家概况 [EB/OL]. [2023-04-22]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678164/1206x0_678166/.
- [175] World Bank. Nicaragua [EB/OL]. [2023-04-25]. <https://data.worldbank.org/country/nicaragua>.
- [176] 中华人民共和国外交部. 尼加拉瓜国家概况 [EB/OL]. [2023-04-25]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/bmz_679954/1206_680654/1206x0_680656/.
- [177] United Nations Framework Convention on Climate Change. National Communication submissions from Non-Annex I Parties [EB/OL]. [2023-04-25]. <https://unfccc.int/non-annex-i-ncs>.
- [178] National Institute of Statistics Of Bolivia. Population and Economic statistic [EB/OL]. [2023-01-11]. <https://www.ine.gov.bo/index.php/censos-y-banco-de-datos/censos/>.
- [179] World Bank. Services, value added (% of GDP)–Bolivia [EB/OL]. [2023-01-11]. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=BO>.
- [180] Teresa Morató, Mahdi Vaezi, Amit Kumar. 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.
- [181] United Nations Framework Convention on Climate Change. INDCs as communicated by Parties [EB/OL]. [2023-01-11]. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx>.
- [182] Energypedia. Bolivia Energy Situation [EB/OL]. [2023-01-11]. https://energypedia.info/wiki/Bolivia_Energy_Situation.
- [183] World Bank. World Development Indicators---Guatemala (Poverty headcount ratio at national poverty lines (% of population)) [EB/OL]. [2023-05-30]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/SI.POV.NAHC?locations=GT>.
- [184] World Bank. World Development Indicators---Guatemala (Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP)) [EB/OL]. [2023-05-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=GT>.
- [185] Chase Mangrum. 8 Facts About Poverty in Guatemala and Ways To Get Involved [EB/OL]. [2023-05-30]. <https://borgenproject.org/tag/income-inequality-in-guatemala/>.
- [186] Statistical Institute Of Jamaica. Population Statistics [EB/OL]. [2023-06-05]. https://statinja.gov.jm/Demo_SocialStats/PopulationStats.aspx#.
- [187] World Bank. Services, value added (% of GDP) – Jamaica [EB/OL]. [2023-06-05]. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?locations=JM>.
- [188] International Energy Agency. World energy balances 2020: Overview [M]. IEA Publications, 2020.
- [189] World Bank. World Development Indicators---Ecuador (GDP) [EB/OL]. [2023-01-05]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EC>.
- [190] Alfredo Iriarte, María Gabriela Almeida, Pablo Villalobos. Carbon footprint of premium quality export bananas: case study in Ecuador, the world's largest exporter [J]. Science of The Total Environment, 2014, 472: 1082–1088.
- [191] Mr Peláez-Samaniego, M García-Perez, Lab Cortez, et al. Energy sector in Ecuador: Current status [J]. Energy Policy, 2007, 35(8): 4177–4189.
- [192] World Bank. World Development Indicators---Paraguay (Population) [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PY>.
- [193] Statista. Share of value added by the agricultural sector to the gross domestic product (GDP) in Paraguay from 2010 to 2018 [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://www.statista.com/statistics/1078930/paraguay-agriculture-share-gdp/>.
- [194] Energy Information Administration. Country analysis brief: Paraguay/Uruguay [EB/OL]. [2023-01-30]. http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/Paraguay_Uruguay/Background.html
- [195] World Bank. World Development Indicators---Colombia (GDP) [EB/OL]. [2023-02-10]. <https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=CO>.
- [196] Statista. Colombia: Share of economic sectors in the gross domestic product (GDP) from 2010 to 2020 [EB/OL]. [2023-02-10]. <https://www.statista.com/statistics/369032/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-colombia/>.
- [197] Indexmundi. Colombia Economy Profile [EB/OL]. [2023-02-10]. https://www.indexmundi.com/colombia/economy_profile.html.
- [198] 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: 152–161.
- [199] Instituto Nacional de De Estadística E Informatica. PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://www.inei.gob.pe/>.
- [200] World Bank. World Development Indicators---Peru (GDP) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PE>.
- [201] 秘鲁: 重点/特色产业 [EB/OL]. [2023-04-16]. http://www.chinagermany.org/CountryProfiles2/Country_Industry.aspx?CountryID=144.
- [202] Ministry of Commerce of the People's Republic Of China. Foreign Investment Cooperation Country (Region) Guide–Peru [R]. Chinese Academy of International Trade and Economic Cooperation, 2020.
- [203] Oxford Business Group. Peru targets investment in renewable energy [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://oxfordbusinessgroup.com/analysis/looking-sun-work-under-way-attract-capital-renewable-energy>.
- [204] State Statistics and Information Office of the Republic Of Cuba. Yearbook of Cuban demography [R].
- [205] State Statistics and Information Office of the Republic Of Cuba. Statistical Yearbook of Cuba [R].
- [206] Global Impression Investment Analysis Cuba Division. Cuban energy status, imports and crisis analysis in 2021 [R]. 2021.
- [207] The World Bank. Industry (including construction), value added (% of GDP) – Brazil [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=BR>.
- [208] Santander. Brazil: Economic and Political Outline [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://santandertrade.com/en/portal/analise-markets/brazil/economic-political-outline>.
- [209] Elis Cotosky. Brazil's President Has Committed the Country to Become Carbon Neutral by 2050 [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://www.climatecorecard.org/2021/07/brazils-president-has-committed-the-country-to-become-carbon-neutral-by-2050/>.
- [210] United States Agency for International Development. Brazil Climate Change Country Profile [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://www.usaid.gov/climate/country-profiles/brazil>.
- [211] Climate Action Tracker. Brazil Climate Action Tracker [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://climateactiontracker.org/countries/brazil/>.
- [212] 中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别 (地区) 指南圭亚那 (2021年版) [EB/OL]. [2023-04-23]. <http://www.mofcom.gov.cn/dl/gbdqzn/upload/guiana>.
- [213] 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]. [2023-04-23]. http://www.ccpitbj.org/web/static/articles/catalog_ff80808160263e4a016043b4a361008f/article_ff8080816da92f5b0173c2a6b62c313b/ff8080816da92f5b0173c2a6b62c313b.html.
- [214] Knoema. Argentina [EB/OL]. [2023-05-04]. <https://knoema.com/atlas/Argentina>.
- [215] International Finance Corporation. A New Dawn: Argentina Taps Into Its Renewable Energy Potential [EB/OL]. [2023-05-04]. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news_ext_content/ifc_external_corporate_site/news+and+events/news/argentina-taps-into-its-renewable-energy-potential.
- [216] Climate Technology Center & Network of the Argentine Republic. INDC of the Argentine Republic [R]. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015. 2–7.
- [217] National Institute of Statistics and Census – Panama. Panama in Figures (2010–2020) [R].
- [218] 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.
- [219] World Bank. World Development Indicators---Chile (GDP) [EB/OL]. [2023-04-16]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=CL>.
- [220] Cristian Mardones, Ricardo Del Rio. Correction of Chilean GDP for natural capital depreciation and environmental degradation caused by copper mining [J]. Resources Policy, 2019, 60: 143–152.
- [221] Hernán De Solminihac, Luis E Gonzales, Rodrigo Cerda. Copper mining productivity: lessons from Chile [J]. Journal of Policy Modeling, 2018, 40(1): 182–193.
- [222] Rodrigo A Escobar, Cristián Cortés, Alan Pino, et al. Solar energy resource assessment in Chile: Satellite estimation and ground station measurements [J]. Renewable Energy, 2014, 71: 324–332.
- [223] World Economic Outlook Database. Uruguay [EB/OL]. [2023-01-10]. <https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>.
- [224] Knoema. Uruguay – Overall contribution of tourism to GDP – percentage share [EB/OL]. [2023-01-10]. <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.>
- [225] World Bank. World Development Indicators---Moldova (GDP) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MD>.
- [226] World Bank. World Development Indicators---Moldova (Population) [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=MD>.
- [227] Statista. Moldova: Distribution of gross domestic product (GDP) across economic sectors from 2011 to 2021 [EB/OL]. [2023-04-30]. <https://www.statista.com/statistics/513314/moldova-gdp-distribution-across-economic-sectors/>.

[228] 中华人民共和国外交部. 摩尔多瓦国家概况 [EB/OL]. [2023-04-30]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/oz_678770/1206_679498/1206x0_679500/.

[229] World Bank. World Development Indicators---Russian Federation [EB/OL]. [2023-01-26]. <https://data.worldbank.org/country/russian-federation>.

[230] Dolf Gielen, Deger Saygin. Renewable Energy Prospects for the Russian Federation [R]. 2017.

[231] International Institute for Sustainable Development. Russian Federation's NDC Reiterates 30 Percent by 2030 Emission Reduction Goal [EB/OL]. [2023-01-26]. <https://sdg.iisd.org/news/russian-federations-ndc-reiterates-30-percent-by-2030-emission-reduction-goal/>.

[232] World Bank. World Development Indicators---Estonia [EB/OL]. [2023-04-25]. <https://data.worldbank.org/country/estonia>.

[233] 中华人民共和国商务部. 2020年爱沙尼亚可再生能源发电量同比增长15% [EB/OL]. [2023-04-25]. <http://ee.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202101/20210103034334.shtml>.

[234] The Estonian Renewable Energy Association (Erea). Renewable energy in Estonia [EB/OL]. [2023-04-25]. <http://www.taastuvenergeetika.ee/en/renewable-energy-estonia/#1482065136293-0ea9767f-f12b>.

[235] International Energy Agency. Energy Policies of IEA Countries: Estonia 2019 Review [R]. 2019.

[236] Climate Energy College---Estonia [EB/OL]. [2023-04-25]. <https://www.climatecollege.unimelb.edu.au/indc-factsheets/estonia>.

[237] Tartu Regional Energy Agency. Biomass action plan of southern Estonia [R]. Innovation & Environment Region of Europe Sharing Solutions, 2013.

[238] World Bank. World Development Indicators---Papua New Guinea (Population) [EB/OL]. [2023-05-05]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=PG>.

[239] World Bank. World Development Indicators---Papua New Guinea (GDP) [EB/OL]. [2023-05-05]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PG>.

[240] 中华人民共和国外交部. 巴布亚新几内亚国家概况 [EB/OL]. [2023-05-05]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/dyz_681240/1206_681266/1206x0_681268/.

[241] 中华人民共和国外交部. 密克罗尼西亚联邦国家概况 [EB/OL]. [2023-05-01]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/dyz_681240/1206_681568/1206x0_681570/.

[242] International Renewable Energy Agency (Irena). Renewable Capacity Statistics 2022 [R]. 2022.

[243] Simon Eggleston, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, et al. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [R]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. 5-29.



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

2017年 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	汪焱煜	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	居义羲	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)

2018年 暑期学校参加同学			
姓名	学校	姓名	学校
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
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
黄天铄	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 Zhongying	香港科技大学	Xinfang Wang	伯明翰大学
Fatima Zahra Ainou	北京理工大学		

2018年 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

2019年 暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
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	曹贇	中国海洋大学
付烧	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	谭漪琦	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
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

2019年 暑期学校参加同学

姓名	学校	姓名	学校
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		

2019年 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

2022年 暑期学校参加同学			
姓名	学校	姓名	学校
刘昱琪	中国科学院大气物理研究所	白健冬	南开大学
张胤杰	重庆大学	李梦旭	上海财经大学
范茗治	内蒙古自治区环境科学研究院	李泽浩	中共中央党校研究生院
宋彦伍	中南财经政法大学	许石炜	北京大学
牛牛	湖北大学	李雷	安徽师范大学
田靖文	中国科学院沈阳应用生态研究所	周琨	四川农业大学
师嘉悱	石河子大学	庄缘	河海大学
王灿	华中科技大学	王玉昆	北京理工大学
李娇妍	北京理工大学	张鸿宇	天津大学/生态环境部环境规划院
胡一凡	普林斯顿大学	肖皓	清华大学
殷梓淇	北京师范大学	孙浩哲	大连理工大学
李梦	香港中文大学	李睿	重庆大学
邱羽	中北大学	叶晓斌	东北财经大学
符田媛	清华大学	王逸	南京大学
胡亚楠	北京航空航天大学	陈彦融	西安科技大学
张雪梅	江苏大学	郭子旭	浙江工商大学
陈玉烁	中国社会科学院研究生院	何奕栩	华东师范大学
郭沿孜	华北理工大学	温湘澜	北京建筑大学
郁昱	中国石油大学(北京)	田美慧	贵州大学
马雪卿	华北水利水电大学	胡康颖	山东财经大学
孟晓虹	湖南农业大学	张朝	北京师范大学
张燕美	北京大学	王佳秀	山东大学
袁弋鸿	河南大学	胡礼庭	浙江大学
郭妍杉	吉林大学	王欣雨	厦门大学
齐晓燕	深圳大学	冯轶楠	浙江大学
江昕萌	上海交通大学	刘芳	西湖大学
司睿涵	福建师范大学	唐珺	西北大学
李沛诗	天津大学	李希点	湖南大学
王洋	西安交通大学	徐玥莹	西安交通大学
蒲广颖	爱丁堡大学	陈佩秀	香港科技大学

2022年 暑期学校参加同学			
姓名	学校	姓名	学校
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	叶濯纓	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	刘焱爽	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
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
刘世祺	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
赵青悦	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)		

2022年 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

2022年

暑期学校授课老师

姓名	学校	姓名	学校
洪永森	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	夏琦	《自然》杂志