

Carbon

Monitor

Carbon
Monitor

CEADs

Carbon Emission
Accounts & Datasets
for emerging economies

全球近实时二氧化碳排放报告

刘竹 关大博 朱碧青 等著



清华大学碳中和研究院
Institute for Carbon Neutrality, Tsinghua University



清华大学地球系统科学系
Department of Earth System Science, Tsinghua University

Carbon
Monitor



Carbon Emission
Accounts & Datasets
for emerging economies

全球近实时二氧化碳 排放报告

刘竹 关大博 朱碧青 等著



清华大学碳中和研究院
Institute for Carbon Neutrality, Tsinghua University



清华大学地球系统科学系
Department of Earth System Science, Tsinghua University

前言

气候变化已成为人类可持续发展的严峻挑战。在应对气候变化的迫切需求之下，世界各国展现气候治理雄心与决心，提出了本国气候变化减排方案以及碳中和时间表，助力《巴黎协定》温控目标的实现。气候减排措施的提出与实施的评估和预期亟待更加科学、及时、精确的高时空分辨率的基础数据予以支撑。然而，当前各国的碳排放数据依赖于以年为时间单位的国家统计数据，存在一年以上的滞后期。全球碳减排与碳中和目标的实现，迫切需要及时、准确、可靠的碳排放动态监测及政策评估。

2020年初爆发的新冠疫情在促成不同学科开展对人类社会经济活动近实时变化的动态追踪和数据融合的基础上，也进一步激发了气候变化科学领域的专家学者们探索碳排放动态变化的科研热情。其中，由清华大学领衔构建、多个国家的研究机构及科学家共同参与的全球碳监测（Carbon Monitor）团队在此背景下应运而生。Carbon Monitor团队旨在基于卫星观测、排放核算、统计、模拟等多维度数据融合构建碳排放近实时量化的方法学，建立能反映碳排放动态变化的透明、科学的全球各国动态碳排放核算监测体系，为全球各国实现碳达峰和碳中和目标提供以及未来减排政策的制定提供科学依据和数据支持。Carbon Monitor发布的全球近实时碳数据库初步实现对世界主要国家每日碳排放量的动态监测，得到国际社会的广泛关注。截止目前，Carbon Monitor已经被政府间气候变化专门委员会（IPCC）、国际气象组织（WMO）、联合国环境署（UNEP）、国际能源署（IEA）、美国国家气象局（NASA）等官方机构多次引用。

此次撰写的《全球近实时二氧化碳排放报告》依托全球近实时碳数据库，以2019年疫情前水平为基准，详细讨论2020–2022年的美国、欧盟、英国、中国、印度等全球主要经济体的碳排放动态变化情况。从全球维度逐渐降尺度到国家层面，展示一次能源消费结构和部门排放分布，详实地剖析日度碳排放特征，以此揭示在新冠疫情大流行背景之下，世界各国在疫情控制、经济活动恢复以及碳排放总量控制等多政策目标下的碳排放变化情况，为公众、媒体、科研单位、智库等相关方提供更为科学及时的碳排放情况概览。高分辨率的碳排放数据解析有助于世界各国有针对性地采取更为有效的低碳行动，实现从自上而下到自下而上碳减排的过渡，充分体现各国低碳发展的异质性，从而为优化各国碳减排政策提供坚实的数据支持。

本报告，Carbon Monitor团队聚集了来自中国、英国、美国、法国及日本等国家和地区的近百名学者，在全球范围内开展近实时碳排放的核算及应用工作，历时两年共同合作编制完成。本报告中若有不当之处，敬请批评指正。

全球碳监测（Carbon Monitor）及中国碳核算数据库（CEADs）团队

作者列表

主 编	刘 竹	清华大学地球系统科学系
	关 大 博	清华大学地球系统科学系
执行主编	朱 碧 青	清华大学地球系统科学系
	于 颖	北卡罗来纳大学教堂山分校吉林斯全球公共卫生学院

编写委员会核心成员			
胡 一 凡	东北林业大学	孙 赞	天津大学环境科学与工程学院
黎 赞	鲁汶大学建筑系	张 婕 妤	约翰霍普金斯大学
仇 乙 交	四川大学化学工程学院	李 重 言	清华大学未央书院
宋 暄 任	清华大学地球系统科学系	宋 开 慧	马里兰大学地理科学系
黄 晓 婷	清华大学地球系统科学系	杜 莹	上海交通大学电子信息与电气工程学院
鲁 晨 曦	清华大学地球系统科学系	孙 韬 淳	清华大学地球系统科学系
窦 新 宇	清华大学地球系统科学系	李 姝 萍	山东大学（威海）蓝绿发展研究院
柯 丕 煜	清华大学地球系统科学系		

科学指导委员会 按姓氏笔画排序			
王 金 南	中国工程院院士 生态环境部环境规划院院长	Paul Brenton	世界银行宏观经济与贸易部首席经济学家
朴 世 龙	中国科学院院士 北京大学碳中和研究院院长	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
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	D'Maris Coffman	英国伦敦大学学院可持续建筑学院院长
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	Steven Davis	美国加州大学尔湾分校地球系统科学系教授
杨 志 峰	中国工程院院士 广东工业大学环境生态工程研究院名誉院长	Charles Godfray	英国皇家科学院院士 英国牛津大学马丁学院院长
罗 勇	清华大学地球系统科学系主任、教授	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
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	Klaus Hubacek	荷兰格罗宁根大学能源和可持续发展研究所教授
贺 克 斌	中国工程院院士、清华大学碳中和研究院院长	Karen Seto	美国科学院院士、耶鲁大学环境学院教授
陶 澍	中国科学院院士、北京大学城市与环境学院教授	Tong Wu	Quadrature 气候基金会执行主任
黄 晶	中国21世纪议程管理中心主任、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
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		
魏 一 鸣	北京理工大学副校长、教授		
戴 民 汉	中国科学院院士、厦门大学海洋与地球学院教授		

目 录

全球近实时碳排放报告	01
前言	01
作者列表	02
第一章 报告背景	12
第二章 2019–2022全球二氧化碳排放特点及趋势	12
2.1 全球二氧化碳排放概述	14
2.2 主要国家二氧化碳排放贡献情况	15
2.3 各部门二氧化碳排放情况一览	15
2.3.1 电力部门	16
2.3.2 工业部门	17
2.3.3 地面运输部门	19
2.3.4 居民消费部门	20
2.3.5 航空部门	21
2.3.6 国际航运部门	23
第三章 主要排放体2019-2021排放特点及趋势	24
3.1 美国	27
3.1.1 国家概况	27
3.1.2 一次能源消费结构	28
3.1.3 近实时碳排放特征与趋势	28
3.1.4 分部门碳排放贡献	29
3.1.5 日均碳排放空间分布特征	30
3.1.6 数据来源	30
3.2 欧盟27国及英国	32
3.2.1 国家概况	32
3.2.2 一次能源消费结构	33
3.2.3 近实时碳排放特征与趋势	33
3.2.4 分部门碳排放贡献	34
3.2.5 日均碳排放空间分布特征	35
3.2.6 数据来源	36



目 录

3.3 英国	37
3.3.1 国家概况	37
3.3.2 一次能源消费结构	38
3.3.3 近实时碳排放特征与趋势	38
3.3.4 分部门碳排放贡献	39
3.3.5 日均碳排放空间分布特征	40
3.3.6 数据来源	41
3.4 德国	42
3.4.1 国家概况	42
3.4.2 一次能源消费结构	43
3.4.3 近实时碳排放特征与趋势	43
3.4.4 分部门碳排放贡献	44
3.4.5 日均碳排放空间分布特征	45
3.4.6 数据来源	46
3.5. 法国	47
3.5.1 国家概况	47
3.5.2 一次能源消费结构	48
3.5.3 近实时碳排放特征与趋势	48
3.5.4 分部门碳排放贡献	49
3.5.5 日均碳排放空间分布特征	50
3.5.6 数据来源	51
3.6 意大利	52
3.6.1 国家概况	52
3.6.2 一次能源消费结构	53
3.6.3 近实时碳排放特征与趋势	53
3.6.4 分部门碳排放贡献	54
3.6.5 日均碳排放空间分布特征	55
3.6.6 数据来源	56

3.7 西班牙	57
3.7.1 国家概况	57
3.7.2 一次能源消费结构	58
3.7.3 近实时碳排放特征与趋势	58
3.7.4 分部门碳排放贡献	59
3.7.5 日均碳排放空间分布特征	60
3.7.6 数据来源	61
3.8 欧盟其他国家	62
3.8.1 奥地利	62
3.8.2 爱尔兰	64
3.8.3 爱沙尼亚	66
3.8.4 保加利亚	68
3.8.5 比利时	70
3.8.6 波兰	72
3.8.7 丹麦	74
3.8.8 芬兰	76
3.8.9 荷兰	78
3.8.10 捷克共和国	80
3.8.11 克罗地亚	82
3.8.12 拉脱维亚	84
3.8.13 立陶宛	86
3.8.14 卢森堡	88
3.8.15 罗马尼亚	90
3.8.16 马耳他	92
3.8.17 葡萄牙	94
3.8.18 瑞典	96
3.8.19 塞浦路斯	98
3.8.20 斯洛伐克	100
3.8.21 斯洛文尼亚	102
3.8.22 希腊	104
3.8.23 匈牙利	106



目 录

3.9 日本	108
3.9.1 国家概况	108
3.9.2 一次能源消费结构	109
3.9.3 近实时碳排放特征与趋势	109
3.9.4 分部门碳排放贡献	110
3.9.5 日均碳排放空间分布特征	111
3.9.6 数据来源	112
3.10 俄罗斯	113
3.10.1 国家概况	113
3.10.2 一次能源消费结构	114
3.10.3 近实时碳排放特征与趋势	114
3.10.4 分部门碳排放贡献	115
3.10.5 日均碳排放空间分布特征	116
3.10.6 数据来源	117
3.11 中国	118
3.11.1 国家概况	118
3.11.2 一次能源消费结构	119
3.11.3 近实时碳排放特征与趋势	119
3.11.4 分部门碳排放贡献	120
3.11.5 日均碳排放空间分布特征	121
3.11.6 数据来源	121
3.12 印度	123
3.12.1 国家概况	123
3.12.2 一次能源消费结构	124
3.12.3 近实时碳排放特征与趋势	124
3.12.4 分部门碳排放贡献	125
3.12.5 日均碳排放空间分布特征	126
3.12.6 数据来源	127

3.13 巴西	128
3.13.1 国家概况	128
3.13.2 一次能源消费结构	129
3.13.3 近实时碳排放特征与趋势	129
3.13.4 分部门碳排放贡献	130
3.13.5 日均碳排放空间分布特征	131
3.13.6 数据来源	132
3.14 世界其他国家和地区	133
3.14.1 国家概况	133
3.14.2 一次能源消费结构	133
3.14.3 近实时碳排放特征与趋势	134
3.14.4 分部门碳排放贡献	134
3.14.5 日均碳排放空间分布特征	135

第四章 数据应用与展望	136
4.1 全球实时碳数据（CarbonMonitor）反映全球排放在 新冠疫情影响下的快速下降与迅速反弹	138

附录1 二氧化碳排放核算	142
--------------	-----

附录2 数据来源	144
----------	-----

参考文献	147
------	-----



第一章

报告背景

Carbon
Monitor



报告背景

伴随气候变化成为全球共识，各国相继提出本国的碳排放控制目标及碳中和时间表。在2015年达成的《巴黎协定》中，各国政府承诺将全球平均温度控制在比前工业化水平升温2摄氏度以内，并努力达到升温1.5摄氏度以内的目标；2021年在格拉斯哥举行的联合国气候变化框架公约第二十六次大会（COP26）上，各缔约国纷纷提出更具有雄心和决心的气候减排方案。然而随着气候减排措施的实施和不断深入和优化，对减排措施实施效果的评估和预期也愈大，而这其中需要更高时间和空间分辨率的碳排放数据加以支持。以往在时间尺度上，反映各国的碳排放数据一般以年为时间单位，且存在一年甚至更长的时间滞后期，在及时性和时间分辨率上均有不足。主要原因有：

一是传统碳核算体系依托统计核算数据（例如能源消费数据，经济活动数据等）作为基础数据。各国对该类数据的公布存在较长的时间滞后性。以全球大气研究排放数据库（Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR）数据为例^[1]，其每年发布的最新碳排放数据滞后时间为一年以上。

二是国家统计数据通常以“年”尺度为单位进行公布，缺乏高时间分辨率的基础数据，导致高时间分辨率的碳排放数据核算工作存在相应时间分辨率基础数据难以获得的天然困境。虽然不同国家、地区和不同数据库已有尝试提供较高时间分辨率的基础数据（比如国际能源署IEA提供以月为单位的能源电力生产消费数据），但存在覆盖范围和行业划分等方面的不同，各部门的基础数据时间分辨率差异也很大。如何提高基础数据的时间分辨率是生成一套全球各国实时关键部门碳数据核算的主要技术挑战。

三是现有碳排放相关活动数据存在国家间、行业间、部门间核算口径差异大，难以统一的挑战。具体到部门层面，作为主要排放部门：工业与电力部门，各国各地区核算口径不尽相同。例如，国外机构采用的联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）排放因子是基于20世纪90年代左右西方国家工业系统的经验和统计数据设计，其经验因子和数值并不适用于中国实际情况，使得国际机构对中国排放的估算普遍较高。而国内研究例如中国碳核算数据库（CEADs）发布的碳排放清单基础数据来自于国家统计局官方统计（特别是能源统计）和有关国内机构提供的国别参数（燃料热值、含碳量等）。同时，我国能源消费的行业划分根据独立法人企业，而国际机构如IEA等都基于能源的最终用途，核算边界存在较大差别，分部门具体情况难以直接进行国际比较。此外，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^[2]。这些基础数据统计口径的差异对编制全球实时碳数据库带来诸多挑战。统一核算口径对客观展示各国、各地区碳排放的总量和变化情况，从天变化、主要贡献部门等多维度刻画各国家和地区碳排放现状，助力全球减排政策的制定和实施至关重要。

针对上述问题，本报告在IPCC的2019年全球年度基准排放数据的基础上，通过将“自上而下”的排放监测数据与“自下而上”的排放核算数据融合的方式，将排放数据扩展到近实时更新和“天”为尺度的时间分辨率。融合全球31个国家的近实时电力生产数据、全球416个城市的近实时道路交通拥堵数据、全球航班近实时飞行数据、主要国家月度工业生产数据以及各国人口加权采暖度与制冷度日数数据的采集，构建起一套涵盖电力、交通、工业、居民消费等主要部门的人类活动数据集，形成电力生产与碳排放、交通拥堵指数与车流量及碳排放、温度与供暖碳排放等近实时碳排放核算模型，实现日尺度碳排放的近实时核算与监测。

报告分析了全球主要经济体的2019–2022年的整体碳排放变化，并聚焦于部门和逐日的碳排放特征，从而揭示在新冠病毒流行的背景下，各国在控制疫情，恢复经济生产活动，控制碳排放总量等多目标情况下的碳排放变化，以期为公众、媒体，科研单位、智库等相关方，提供更为及时的碳排放概览，从而采取更为有效的低碳行动、优化和宣传方案等，实现自上而下到自下而上减排的过渡，进而为优化各国碳减排政策提供数据支持。

未来的报告中，将进一步扩充国家碳核算清单，对更多国家进行精细化碳核算，同时更新碳排放清单的时空覆盖范围，以保证数据的即时性，实现对近实时排放趋势的核算和报告。此外，利用正在开展的高空间分辨率碳排放数据库，对碳排放重点城市和地区进行重点核算，为精细化减排政策的制定和实施提供参考。

第二章

2019-2022 全球二氧化碳
排放特点及趋势

Carbon
Monitor



2019-2022全球二氧化碳排放特点及趋势

全球二氧化碳排放概述

2019–2022年间，全球二氧化碳排放量呈现出明显的先降后升的“V”字型变化趋势。受新冠疫情影响，各国正常经济活动与社会稳定运行受到极大的干扰与限制，进而导致与生产活动密切相关的二氧化碳排在2020年出现大幅下降趋势，从2019的346.1亿吨大幅减少至2020年的327.3亿吨。2021年以来，随着开放政策的相继实施，世界各国的经济逐步复苏，二氧化碳排放量因此大幅增加。2021年，全球二氧化碳排放量达348.8亿吨，相比2020年增加6.6%（21.5亿吨），相比2019年增加0.8%（2.7亿吨）。2022年，全球二氧化碳排放量约为354.2亿吨，相比2021年增加1.6%（5.4亿吨），相比2020年增加8.2%（30.0亿吨），相比2019年疫情前水平增加2.3%（8.1亿吨）。2021年后疫情时代以来，碳排放的快速增长趋势预示着社会生产与生活基本恢复至疫情前的常态化水平。

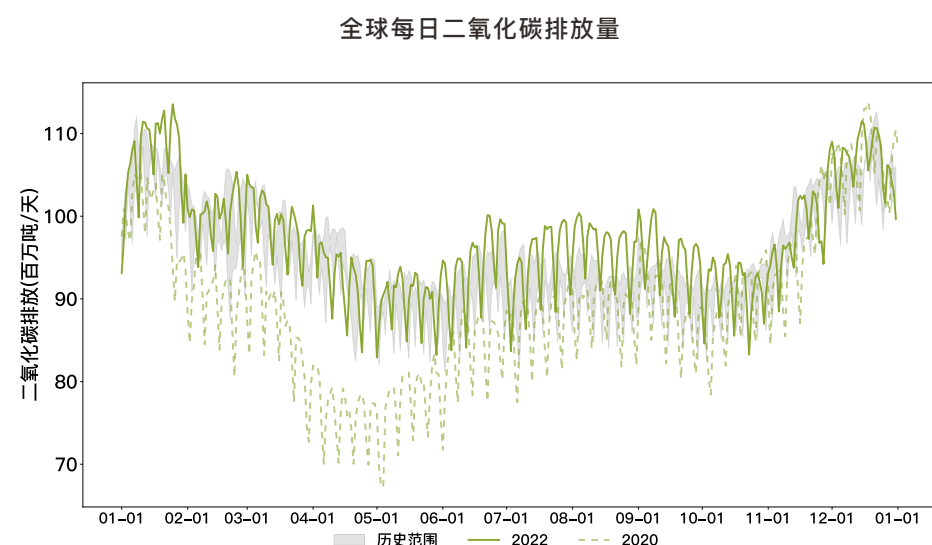


图2-1 2019年1月1日至2022年12月31日全球日度二氧化碳排放情况

主要国家二氧化碳排放贡献情况

在2019–2022年，世界主要国家二氧化碳排放全球占比格局较为稳定，仅出现细微变化。中国在近四年中二氧化碳排放全球占比均位于首位，且四年内有连续小幅上涨趋势，从30.5%提升到30.9%。剩余主要国家二氧化碳排放全球占比排序近四年保持不变，但具体占比情况有所波动。其中，美国近四年二氧化碳排放占全球比重均位居世界第二，占比分别为14.7%、14.0%、13.9%和14.0%；欧盟27国及英国二氧化碳排放占全球比重减少至8.4%；印度和俄罗斯二氧化碳排放占比分别小幅上升至7.3%和5.1%；日本和巴西二氧化碳排放占比分别小幅下降至2.9%和1.1%。除此之外，世界其他国家和地区、国际航空及国际航运二氧化碳排放全球占比均出现略微下降。

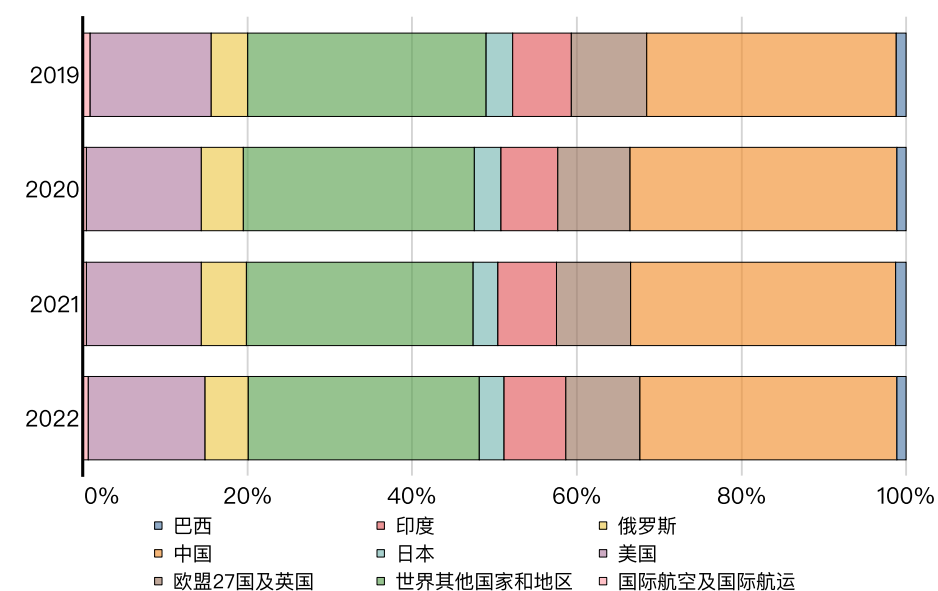


图2-2 2019–2022年各国二氧化碳排放占比

各部门二氧化碳排放情况一览

受新冠疫情影响，2020年全球社会经济领域各部门二氧化碳排放较2019年均有一定程度的下降。其中，地面运输部门因各国封锁政策遭受了最大程度的冲击，二氧化碳减排量占全球当年总减排量的35.7%（7.1亿吨）。其次为电力部门和国际航空部门，分别占全球总减排量的23.1%（3.9亿吨）和17.6%（3.5亿吨）。由于全球贸易整体相对稳定，因此国际航运部门二氧化碳排放下降量相对较少，占比仅为1.0%（0.2亿吨）。

2021年以来，由于各国社会经济活动复苏刺激了能源需求，各社会经济部门二氧化碳排放相比上年均有不同程度的增加。其中，电力部门增加量最大，相比2020年增加6.9%（9.1亿吨），相较于2019年疫情前水平增加3.9%（5.3亿吨）。其次为工业部门与地面运输部门，相比上年分别增加5.7%（5.7亿吨）和8.8%（5.1亿吨），相较于2019年分别增加3.9%（5.3亿吨）和减少3.1%（2.0亿吨）。国际航运部门二氧化碳排放量仍保持下降趋势，相比上年减少7.3%（0.5亿吨），相较于2019年减少10.1%（0.7亿吨）。

2022年以来，各国经济活动趋于疫情前常态化水平，各社会经济部门二氧化碳排放持续增加。其中，地面运输部门二氧化碳排放增加量最大，相比2021年增加2.5%（1.6亿吨），相比2020年增加11.5%（6.7亿吨），相比2019年减少0.6%（0.4亿吨）。工业部门与电力部门均呈现小幅上升趋势，相较于2021年分别增加1.1%（1.1亿吨）和0.8%（1.1亿吨），相比2020年分别增加6.9%（6.7亿吨）和7.8%（10.3亿吨），相比2019年疫情前水平分别增加4.3%（4.3亿吨）和4.7%（6.4亿吨）。受疫情影响最严重的国际航空部门二氧化碳排在2022年呈现大幅回升趋势，相比去年增加44.4%（1.4亿吨），相比2020年增加70.0%（1.9亿吨），相比2019年仍减少25.3%（1.6亿吨）。

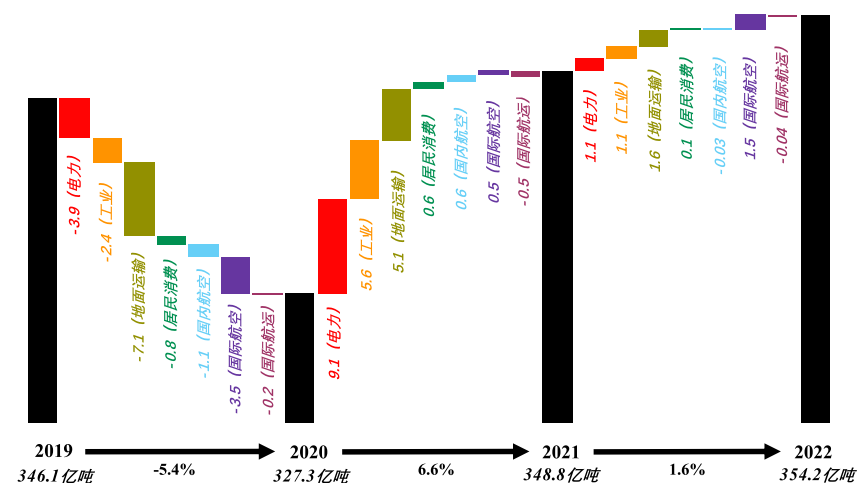


图2-3 2019-2022年二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

1、电力部门

2019年-2022年，全球电力部门二氧化碳排放波动相对较小，整体呈现出先降后升的变化趋势。总体而言，全球电力部门二氧化碳排放总量先从2019年的135.3亿吨降低到2020年的131.4亿吨，其后回升至2021年的140.5亿吨，最后增加至2022年的141.7亿吨。也即，2022年全球电力部门二氧化碳排放相比2021年增加0.8%（1.1亿吨），相比2020年增加7.8%（10.3亿吨），相较于2019年疫情前水平增加4.7%（6.4亿吨）。

具体而言，2020年疫情期间，全球电力部门日度二氧化碳排在绝大部分时间点均低于2019年同期水平，仅在年末有所超越。2021年后疫情时代，全球电力部门日度二氧化碳排在绝大部分时间点高于2020年同期水平，甚至在大部分时期高于2019年疫情前水平。2022年以来，全球电力部门日度二氧化碳排在部分时期略低于2021年排放水平，但在绝大部分时间点均高于2020年与2019年同期水平。2021年后疫情时代以来，全球电力部门二氧化碳排放的急剧回升预示着各行各业的生产生活基本恢复正常。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球电力部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为中国（35.1%）、世界其他国家和地区（27.0%）及美国（11.0%）。2021-2022年全球电力部门二氧化碳排放总量位列前三的国家或地区不变，占比情况同样保持不变。

全球电力部门每日二氧化碳排放量

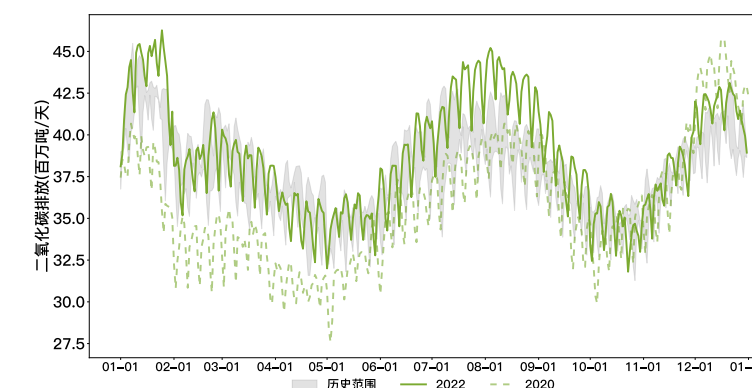


图2-4 2019年1月1日至2022年12月31日电力部门二氧化碳排放日度变化情况

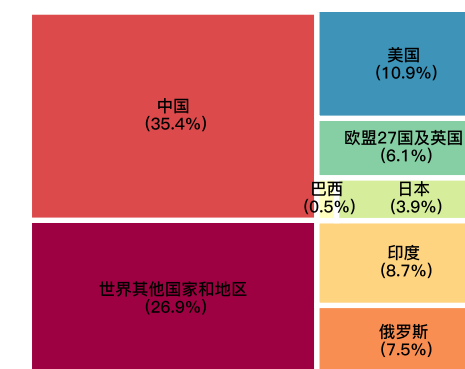


图2-5 2020年世界各国电力部门二氧化碳排放在全球电力部门二氧化碳总排放中占比

2、工业部门

2019年-2022年，全球工业部门日度二氧化碳排放波动相对较大，呈现先降后升的动态变化趋势。总体而言，全球工业部门二氧化碳排放总量先从2019年的100.2亿吨降低到2020年的97.7亿吨，随后回升至2021年的103.3亿吨，最后增加至2022年的104.4亿吨。也即，2022年全球工业部门相比2021年增加1.1%（1.1亿吨），相比2020年增加6.9%（6.7亿吨），相比2019年疫情前水平增加4.3%（4.3亿吨）。

具体而言，2020年2月–2020年6月，全球工业部门日度二氧化碳排放远低于2019年同期水平。这一现状主要归因于受封锁政策影响，世界大部分国家均面临停工停产困境，使得碳排放大幅下降，直至封锁政策解除后才逐步回升。2020年7月至2020年12月，中国等世界工厂的工业生产活动基本恢复至疫情前水平，主要工业国家的复工复产致使全球工业部门二氧化碳排放与2019年同期水平基本持平。2021年1月至2021年7月，全球工业部门日度二氧化碳排放绝大部分时期均高于2020年同期水平。除2021年2月中旬至3月中旬与10月至12月中旬外，2021年工业部门二氧化碳排放均高于2019年同期水平。2021年7月至10月，全球工业部门二氧化碳排放与2020年同期水平及2019年同期水平基本保持一致。然而，2021年10月–12月，全球工业部门二氧化碳排放出现较大幅度的下降，低于2020年与2019年同期水平。2022年，全球工业部门日度二氧化碳排放趋势与2021年趋近一致，仅在2月低于2021年同期水平。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球工业部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为中国（43.6%）、世界其他国家和地区（27.3%）和美国（9.8%）。2021–2022年全球工业部门二氧化碳排放总量占比情况保持不变，位列前三的国家或地区排序不变。

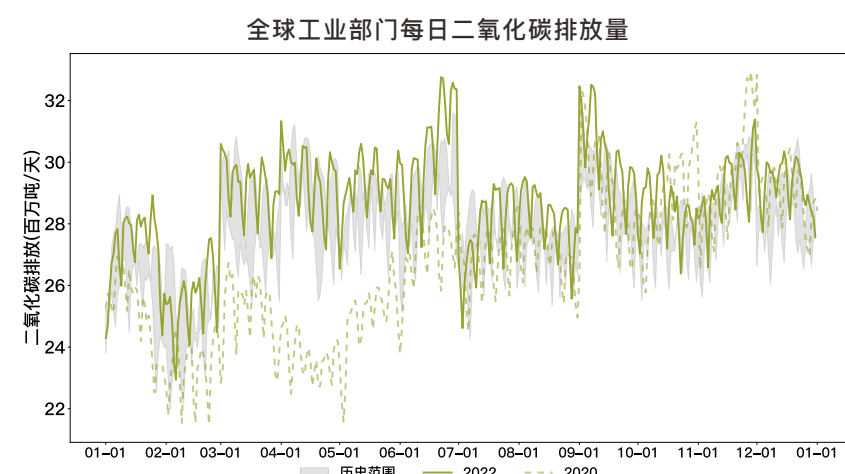


图2-6 2019年1月1日至2022年12月31日工业部门二氧化碳排放日度变化情况

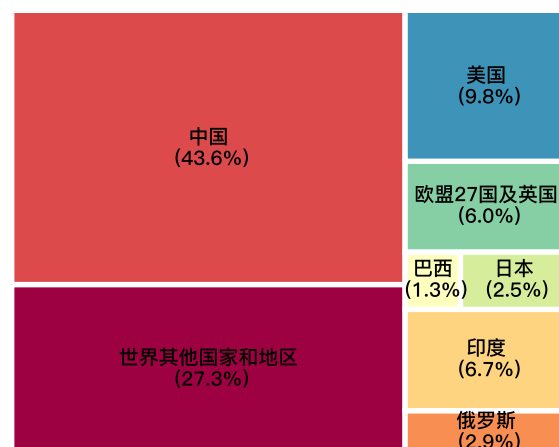


图2-7 2020年世界各国工业部门二氧化碳排放在全球工业部门二氧化碳总排放中占比

3、地面运输部门

2019年–2022年，全球地面运输部门二氧化碳排放波动剧烈，呈现出明显的“V”字形变化趋势。作为受疫情影响最严重的部门之一，全球地面运输部门二氧化碳排放总量从2019年的65.1亿吨锐减至2020年的58.0亿吨，随后回升至2021年的63.1亿吨，最后增加至2022年的64.7亿吨。也即，2022年全球地面运输部门二氧化碳排放相比2021年增加2.5%（1.6亿吨），相比2020年增加2.5%（6.7亿吨），相较于2019年疫情前水平减少0.6%（0.4亿吨）。

具体而言，2020年疫情期间，受“居家令”等封锁政策制约，全球地面运输部门日度二氧化碳排放基本在全年所有时期均低于2019年同期水平。2021年以来，全球地面运输部门日度二氧化碳排放有所增长，且在绝大部分时期均高于2020年同期水平。然而，相较于2019年，地面运输日度二氧化碳排放在全年绝大部分期间均低于疫情前水平。2022年，地面运输二氧化碳排放进一步回升，并在绝大部分时期高于2019年疫情前水平，这彰显着居民日常交通出行活动基本恢复至疫情前水平。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球地面运输部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为世界其他国家和地区（32.4%）、美国（25.6%）以及欧盟27国&英国（14.3%）。2021–2022年全球地面运输部门二氧化碳排放总量位列前三的国家或地区依旧为世界其他国家和地区、美国以及欧盟27国&英国，且占比情况基本保持不变。

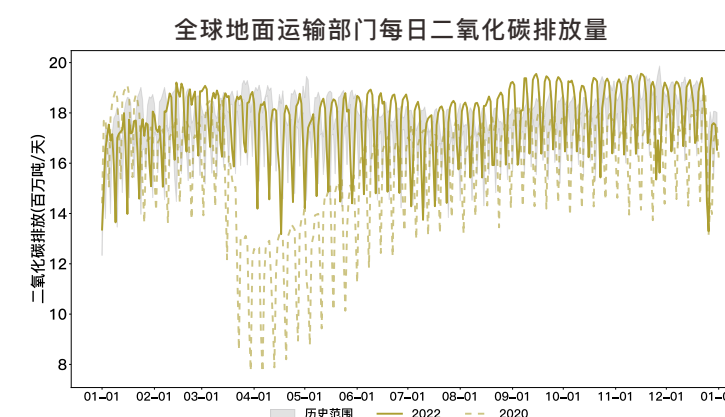


图2-8 2019年1月1日至2022年12月31日地面运输部门二氧化碳排放日度变化情况

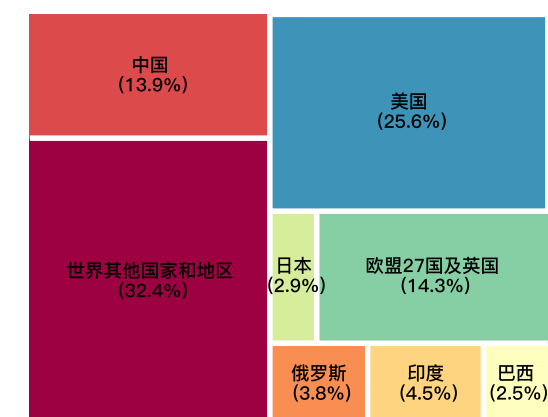


图2-9 2020年世界各国地面运输部门二氧化碳排放在全球地面运输部门二氧化碳总排放中占比

4、居民消费部门

2019年–2022年，全球居民消费部门二氧化碳排放波动相对较小，变化幅度并不明显。总体而言，全球居民消费部门二氧化碳排放总量先从2019年的35.7亿吨降低到2020年的34.9亿吨，随后回升至2021年的35.4亿吨，最后增加至2022年的35.6亿吨。也即，2022年居民消费部门二氧化碳排放相比2021年增加0.3%（0.1亿吨），相比2020年增加2.1%（0.7亿吨），相较于2019年疫情前水平减少0.3%（0.09亿吨）。

具体而言，2020年1月至4月及2020年11月，全球居民消费部门日度二氧化碳排放略低于2019年同期水平。在2020年其他时段，全球居民消费部门日度二氧化碳排放与2019年同期水平基本持平。2021年后疫情时代，全球居民消费部门日度二氧化碳排放略高于2020年同期水平，甚至在绝大部分时期与2019年疫情前水平基本持平。2022年以来，全球居民消费部门日度二氧化碳排放高于受疫情影响最严重的2020年的同期水平，并且恢复至2019年疫情前同期水平。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球居民消费部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为世界其他国家和地区（28.7%）、中国（23.2%）及欧盟27国&英国（17.5%）。2021–2022年后疫情时代，全球居民消费部门二氧化碳排放总量占比情况基本保持不变，位列前三的国家或地区仍然为世界其他国家和地区、中国及欧盟27国&英国。

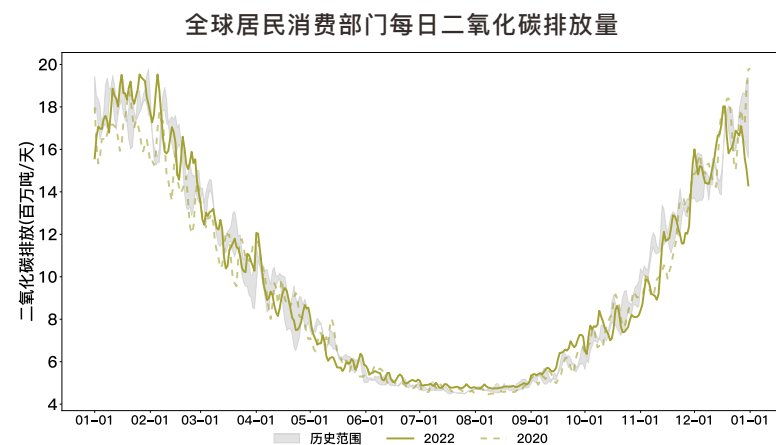


图2-10 2019年1月1日至2022年12月31日居民消费部门二氧化碳排放日度变化情况

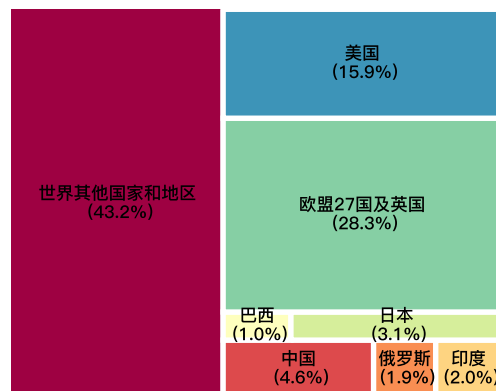


图2-11 2020年世界各国居民消费部门二氧化碳排放在全球居民消费部门二氧化碳总排放中占比

5、航空部门

作为受疫情及封锁政策影响最严重的部门，全球航空部门（包括国内航空部门及国际航空部门）的二氧化碳排在2019年–2022年期间波动剧烈，均呈现出显著的先降后升的“V”字形变化趋势。

从全球国内航空部门来看，其二氧化碳排放总量首先从2019年的3.6亿吨骤降到2020年的2.5亿吨，随后回升至2021年的3.2亿吨，最后增加至2022年的3.1亿吨。也即，2022年国内航空部门二氧化碳排放相比2021年增加0.9%（0.03亿吨），相比2020年增加24.5%（0.7亿吨），相较于2019年疫情前水平仍减少13.9%（0.5亿吨）。

具体而言，除2020年1月之外，2020年全球国内航空部门日度二氧化碳排放均远低于2019年同期水平。步入2021年后疫情时代，全球国内航空部门日度二氧化碳排放相比上年有所回升。除2021年1月–3月中旬外，其他时间段均高于2020年同期水平。然而，相比于2019年同期水平，2021年全球国内航空二氧化碳排放在全年所有时期均低于疫情前水平。2022年1–3月，全球国内航空二氧化碳排放远高于2021年同期水平，并在绝大部分时期远高于2020年同期水平，但仍然普遍低于2019年疫情前同期水平。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球国内航空部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为美国（48.1%）、中国（20.5%）和世界其他国家和地区（16.2%）。2021–2022年全球国内航空部门二氧化碳排放总量占比情况和位列前三的国家或地区保持不变。

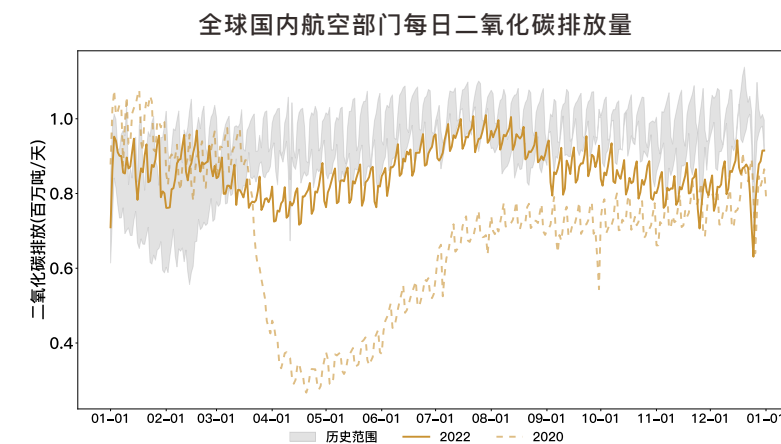


图2-12 2019年1月1日至2022年12月31日国内航空部门二氧化碳排放日度变化情况

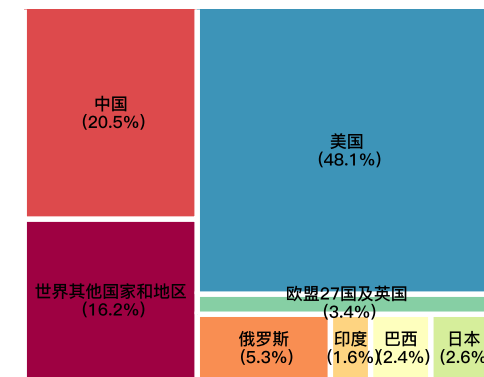


图2-13 2020年世界各国国内航空部门二氧化碳排放在全球国内航空部门二氧化碳总排放中占比

从全球国际航空部门来看，其二氧化碳排放总量从2019年的6.3亿吨减少到2020年的2.8亿吨，随后回升至2021年的3.3亿吨，最后大幅增加至2022年的4.7亿吨。也即，2022年国际航空部门二氧化碳排放相比2021年增加44.4%（1.5亿吨），相比2020年增加70.0%（1.9亿吨），相较于2019年疫情前水平仍减少25.3%（1.6亿吨）。

具体而言，除2020年1月之外，2020年全球国际航空部门日度二氧化碳排放在全年所有时间段均远低于2019年同期水平。自2020年3月中下旬开始，全球范围内的封锁政策使促使国际航空部门二氧化碳排放大幅降低，并在其后持续低迷。2021年以来，全球国际航空部门日度二氧化碳排放相比上年有所回升，但整体情况仍远低于2019年疫情前同期水平。2022年以来，全球国际航空部门日度二氧化碳排放放在所有时期均高于2021年同期水平，在绝大部分时期高于2020年同期水平，但仍然低于2019年疫情前水平。

从各国碳排放占比情况来看，2020年全球国际航空部门二氧化碳排放总量排名前三的国家或地区分别为世界其他国家和地区（43.2%）、欧盟27国&英国（28.3%）以及美国（15.9%）。2021–2022年全球国际航空部门二氧化碳排放总量占比情况和位列前三的国家或地区保持不变。

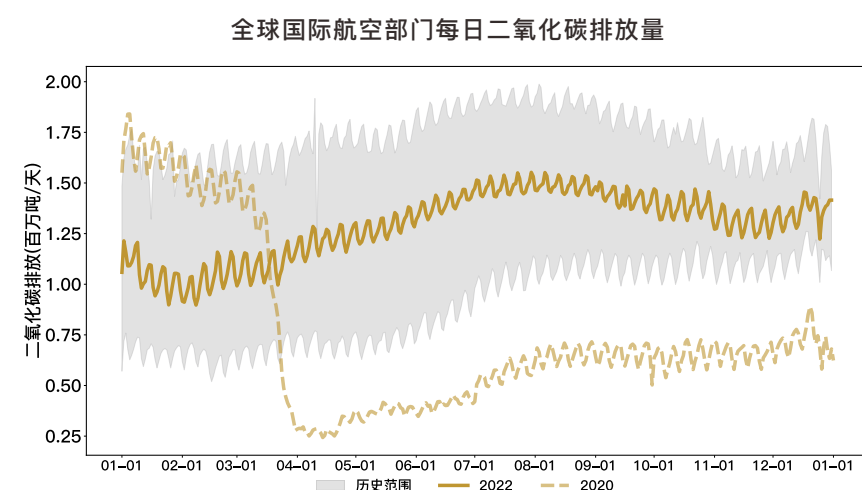


图2-14 2019年1月1日至2022年12月31日国际航空部门二氧化碳排放日度变化情况

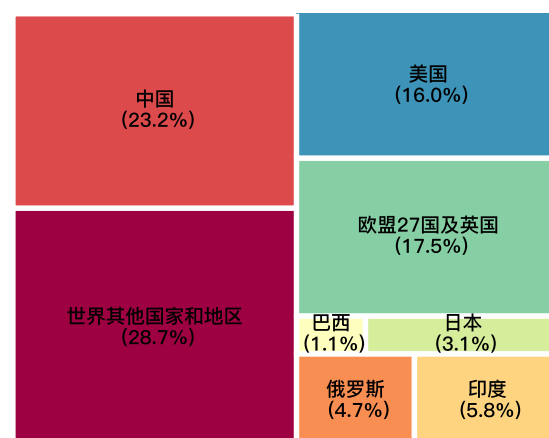


图2-15 2020年世界各国国际航空部门二氧化碳排放在全球国际航空部门二氧化碳总排放中占比

6、国际航运部门

2019年–2022年，全球国际航运部门二氧化碳排放呈持续下降趋势。总体而言，全球国际航运部门二氧化碳排放总量首先从2019年的7.3亿吨降低到2020年的7.1亿吨。其后，国际航运部门二氧化碳排放减少至2021年的6.6亿吨，并在2022年维持在6.5亿吨，相比2020年减少7.8%（0.5亿吨），相比2019年疫情前水平减少10.7%（0.8亿吨）。

具体而言，除2020年1月及3月之外，全球国际航运部门日度二氧化碳排放在全年其他时间段均低于2019年同期水平。2021年，全球国际航运部门日度二氧化碳排放进一步下降，在绝大部分时期均低于2020年与2019年同期水平。2022年以来，全球国际航运部门日度二氧化碳排放趋势与2021年保持一致，在绝大部分时期仍旧低于2020年与2019年疫情前水平。值得注意的是，考虑到国际航运二氧化碳排放占二氧化碳排放总量比值较小，从宏观层面来看，该部门由于疫情影响减少的碳排放对总变化量的贡献相对较小。

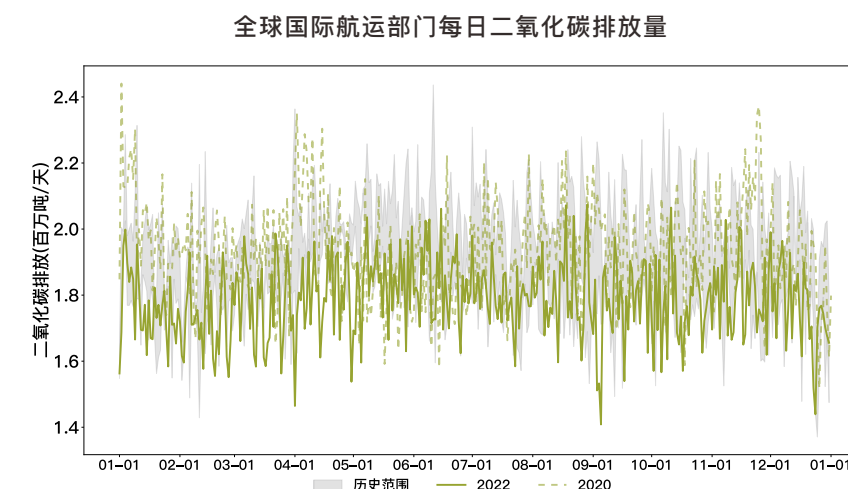


图2-16 2019年1月1日至2022年12月31日国际航运部门二氧化碳排放日度变化情况



第三章

主要国家和地区近实时
碳排放变化：2019-2022

Carbon
Monitor



主要排放体 2019-2022排放特点及趋势

相较于2019年，各主要排放源国家及地区在2020年与2021年呈现出不同的碳排放特点与变化趋势。总体而言，在2020年，由于COVID-19疫情的强势冲击，绝大多数国家的碳排放相比上年大幅下降。除世界其他国家和地区（Rest of the World）之外，降幅最大的三个国家分别为西班牙（-17.0%）、英国（-13.3%）与法国（-12.0%）。

在2021年，全球大部分国家和地区碳排放差距相比2019年有所缩减，但依然未恢复疫情前水平。其中，除世界其他国家和地区之外，碳排放降幅最大的三个国家分别为西班牙（-9.0%）、英国（-6.8%）与日本（-6.0%）。由于疫情及封锁政策给各国经济活动造成的持续冲击以及全球供应链的断裂，一些国家面临着停工停产或减工减产的困境，以中国、巴西、俄罗斯为代表的国家的出口贸易借此得以扩张，从而呈现不降反升现象。与之相对，旅游业作为支柱型产业，通常给西班牙及意大利的GDP贡献了10%以上。因此，新冠疫情对旅游国家造成的毁灭性打击导致其更难从疫情中恢复如初。作为欧洲新冠疫情最严重的国家，英国各行各业始终笼罩在新冠疫情的阴影之下，从而碳排放的降幅远超其他国家。

世界个国家和地区碳排放相较于2019年增降幅情况

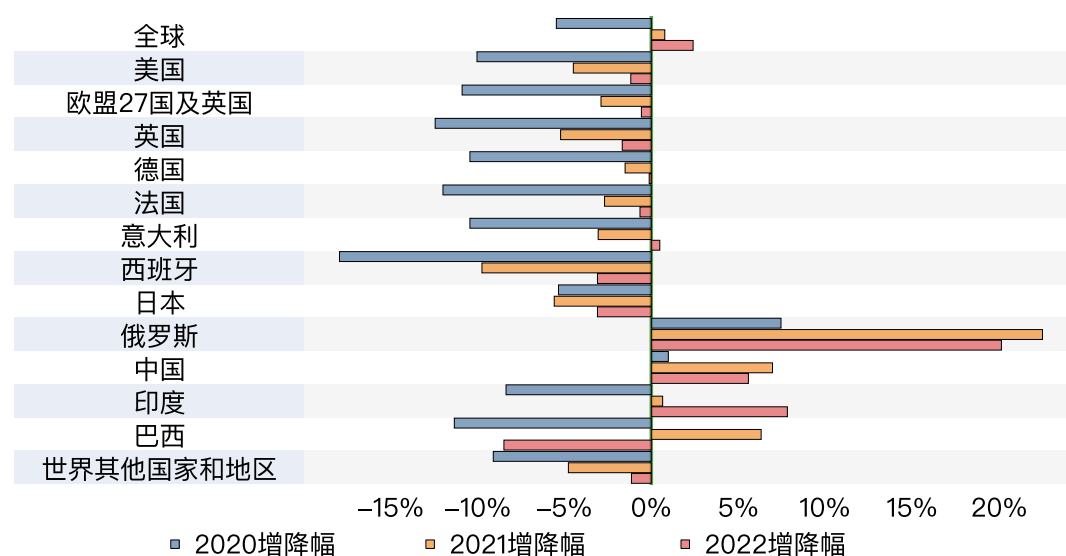


图3-1 世界各国和地区碳排放相较于2019年增降幅情况



国家概况

美国是全球面积第三大的国家，领土面积约为9629091平方公里。在过去的十年中，美国人口增长率保持波动下降趋势，年均增长率为0.6%。截止2020年，美国的人口数达到3.3亿（世界银行，2020[3]）。作为全球最大的经济体，美国的经济发展自19世纪末以来始终处于领先地位。2020年，美国国内生产总值为20.9万亿美元，同比下降 2.3%。

美国产业结构以金融服务业为主。2020年GDP占比前三的行业分别为：“金融、保险、房地产、租赁”行业占GDP总额的22.0%，专业及商用服务行业占GDP总额的12.9%，制造业贡献10.9%（美国商务部，2020^[4]）。在国际贸易方面，2020年美国货物贸易总额为38391.8亿美元，同比下降8.8%。其中，美国进口额为24075.5亿美元，同比下降6.2%；出口额为14316.4亿美元，同比下降12.9%。美国的出口商品结构主要为燃料、食品和办公及通信设备，出口目的地以加拿大、墨西哥与中国为主。进口贸易集中在办公及通信设备、运输设备和食品，进口来源地主要为中国、墨西哥与加拿大（OEC, 2020）。

2020年，美国总统拜登自上台后发布的一系列政策重新向世界展示了其气候变化雄心^[5]。2021年1月27日，进一步签署有关解决气候危机的行政命令，例如联邦、州各级政府车辆零排放，计划暂停发放美国联邦土地和水域的石油和天然气租赁许可，逐步停止给予石油行业的联邦补贴等^[6]。2021年2月19日，美国总统拜登宣布美国重返《巴黎协定》。

一次能源消费结构

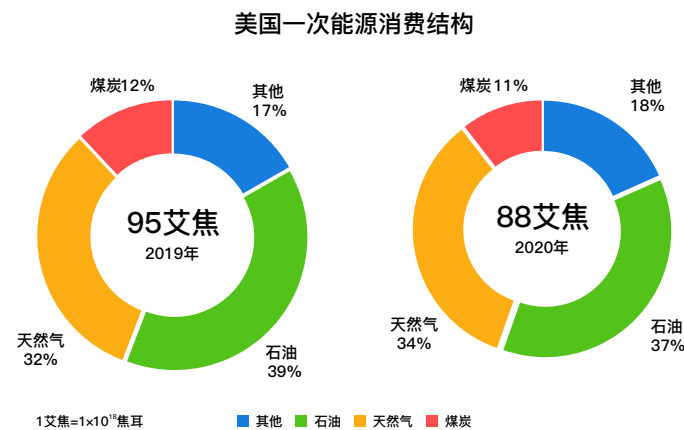


图3-2 美国一次能源消费结构

美国能源消费结构以化石能源（尤其是石油、天然气）为主。2020年美国能源消费总量相较于2019年下降7.5%，化石能源消费量的下降起到决定性作用。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，美国化石能源占能源消费总量比重超过80%。其中，石油占比37.1%，相比上年下降2%。紧随其后的是天然气，占能源消费总量的34.1%，相比上年上升1.9%。煤炭贡献10.5%，相比上年下降1.5%。核能、水能及其他可再生能源占比为18.3%，相比上年增加1.6%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，美国碳排放总量为51.1亿吨。作为碳排放的第二大国，美国迄今为止仍然遭受着新冠疫情的冲击。总体而言，在2020年，美国碳排放总量为46.0亿吨，相较于2019年下降了5.1亿吨。在2020年3月底至4月期间，美国碳排放出现大幅下降趋势。究其原因，自加利福尼亚州于2020年3月19日率先颁布“居家令”开始，各州纷纷效仿，相继采取不同力度的封锁政策。该法令波及了餐饮零售、教育卫生及户外旅游等多个产业的正常运转，因此碳排放呈现出明显的下降趋势。自2020年5月开始，各州逐步放宽或取消居家令，相较于2019年同期水平，碳排放差距得以缩减。

在2021年，美国碳排放相较于2020年有所回升，然而相较于2019年疫情前水平依旧有一定程度的下降。2021年美国碳排放总量为48.8亿吨，相较于2019年同期水平下降2.3亿吨，并且在1月、2月和3月出现较为明显的下降趋势。疫情肆虐及总统大选均有可能对碳排放下降产生影响。此外，拜登政府主打更加清洁的发展路线，全盘否定了特朗普时期的能源政策，自上台以来相继推行清洁能源计划并承诺重返《巴黎气候协定》，这些政策同样可解释碳排放的短期下降^[8]。

2022年，美国的碳排放相较于2021年同期有所增长。2022年美国碳排放总量为50.5亿吨，相较于2021年同期水平上涨1.7亿吨。2022年4月份至7月份相较于2020年同期，美国碳排放量有明显增加，甚至超过了历史碳排放量的范围。

美国每日二氧化碳排放量

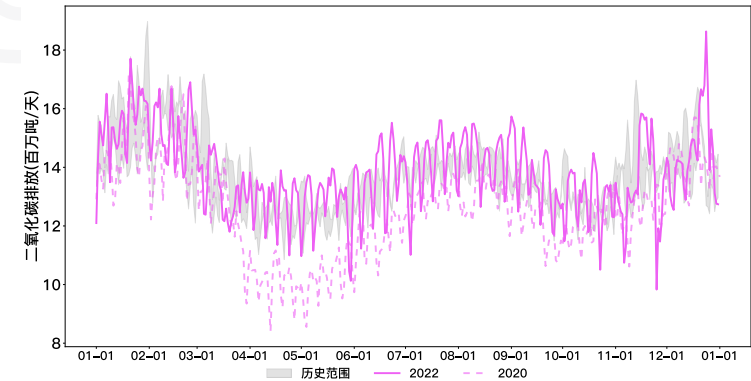


图3-3 2019年1月1日至2022年12月31日美国二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，美国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少10.1%（5.1亿吨）。其中，电力部门与地面运输部门受到新冠疫情及封锁政策影响最大，碳排放相比上年分别减少1.7亿吨和1.6亿吨。其后依次为国内航空部门、工业部门和居民消费部门，碳排放相比上年分别减少0.5、0.5和0.5亿吨。国际航空部门碳排放相比上年减少0.4亿吨，贡献程度相对较小。

2021年，美国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加6.2%（2.8亿吨），相比2019年仍减少4.5%（2.3亿吨）。其中，地面运输部门，相比2020年增加1.1亿吨，相比2019年减少0.5亿吨。其次是电力部门碳排放贡献最大，相比2020年增加1.0亿吨，但相比2019年仍减少0.7亿吨。国内航空部门与工业部门碳排放均小幅度增长，相比于2020年分别增加0.4亿吨与0.2亿吨，然而相比于2019分别减少0.1与0.2亿吨。居民消费部门碳排放相比2020年增长0.1亿吨，相比2019年减少0.4亿吨。国际航空部门相对贡献最小，相比于2020年增加0.2亿吨，相比2019年仍减少0.3亿吨。

2022年，美国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加3.5%，相比2020年仍增加9.8%，相比于2019年减少1.2%。其中，地面运输部门碳排放量贡献最大，相比2021年减少0.4亿吨。其次是电力部门相比于2021年下降了1亿吨。居民消费部门，相比2021年增加0.4亿吨。国际航空部门与工业部门碳排放均小幅度增长，相比于2021年分别增加0.1亿吨与0.5亿吨。国内航空部门相对贡献最小，相比于2021年减少0.04亿吨。

美国各部门二氧化碳排放变化

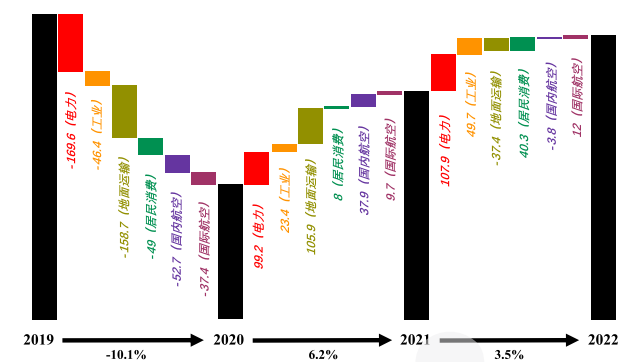


图3-4 2019-2022年 美国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，美国日均碳排放地图总体呈现东高西低的空间分布，日均碳排放量高值呈现在美国特大城市聚集，并向四周辐射的趋势，且东部显著高于西部；中等程度的碳排放主要呈线性展布于城际公路网络；西北部山区、高原及沙漠地区碳排放量较少，由于人为活动较少，其主要来源可能为稀少的植物呼吸作用。

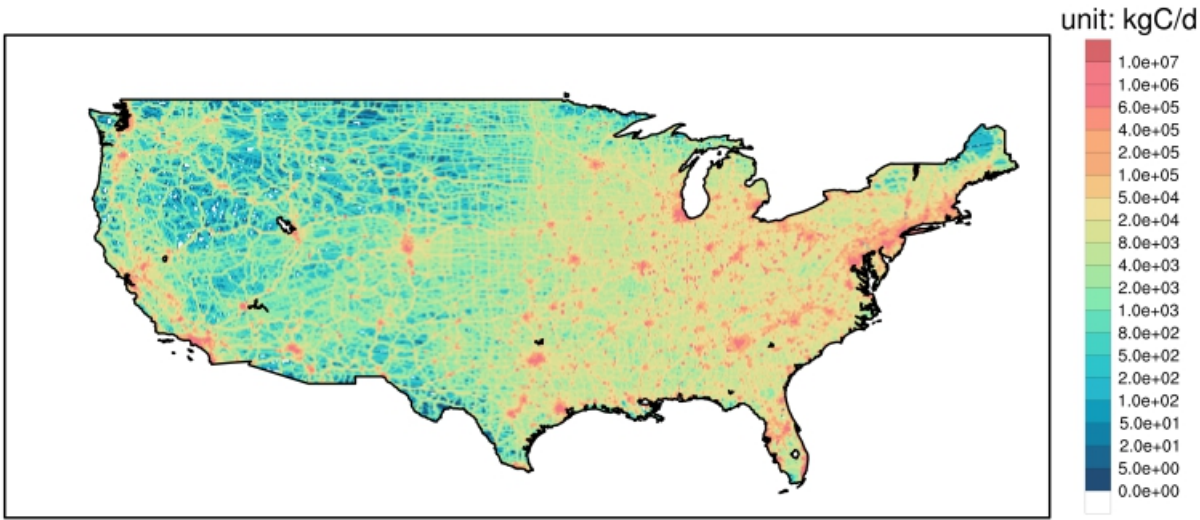


图3-5 2020年美国日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括煤,石油和天然气生产)	能源信息管理局 (EIA) 小时级电网监控	https://www.eia.gov/beta/electricity/gridmonitor/
工业生产	工业生产指数 (IPI)	联邦储备系统	https://www.federalreserve.gov
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com

数据类型		来源	网站
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim地面气温(2米气温)再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/



欧盟27国&英国

European Union & The United Kingdom

区域概况

欧盟27国&英国领土面积总计约4291125平方公里。在过去的十年中，欧盟27国&英国人口增长率小幅波动，年均增长率为0.2%。截止2020年，欧盟27国&英国的人口数达到5.2亿（世界银行，2020^[9, 10]）。作为全球第二大经济体，欧盟27国&英国经济联盟的经济发展形势较为平稳，GDP年均增长率为-0.3%。2020年，欧盟27国&英国国内生产总值为18.0万亿美元，同比下降2.8%。

欧盟27国&英国的产业结构以第三产业为主。2020年，欧盟27国&英国第三产业占GDP总额的73.5%，第二产业贡献24.7%，第一产业占比1.9%（世界银行，2020^[11, 12]）。在国际贸易方面，2020年欧盟27国&英国出口额为19316亿欧元，同比下降9.4%；进口额为17143亿欧元，同比下降11.6%。2020年，欧盟&英国的出口商品结构主要为运输设备、食品和制药，出口目的地以美国、英国与中国为主。进口贸易集中在运输设备、食品和办公及通信设备。进口来源地主要为中国、美国与英国（Eurostat，2021）。

作为应对全球气候变化的倡导者和先行者，欧盟27国&英国倡导的一些重要的气候变化政策措施受到国际的认可：《巴黎协定》的签署^[13]；新“2030”气候和能源框架预案^[14]；“弹性能源联盟”的新战略^[15]。在这一阶段中，大多数欧洲国家都在此背景下制定了新的政策，努力实现当前政策下对温室气体减排、可再生能源和能效提升的“2020”目标。

一次能源消费结构

欧盟27国及英国一次能源消费结构

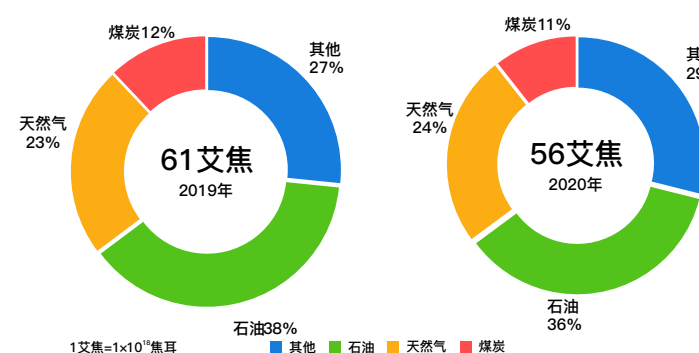


图3-6 欧盟27国&英国一次能源消费结构

欧盟27国&英国能源消费结构以化石能源（尤其是石油）为主。2020年欧盟27国&英国能源消费总量相较2019年下降8.2%，主要由石油、煤炭消费量的下降贡献该跌幅。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，欧盟27国&英国化石能源占能源消费总量比重超过70%。其中，石油占比36%，相比上年下降2.2%。其次，天然气占能源消费总量的24.5%，相比上年上升1.3%。煤炭贡献10.6%，相比上年下降1.4%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为28.9%，相比上年增加2.3%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，欧盟27国&英国的碳排放总量为32.7亿吨。2020年疫情期间，欧盟27国&英国的碳排放降低至29.2亿吨，相较于疫情前水平下降3.6亿吨。其中，2020年3月至5月期间出现最大幅度的下降趋势。新冠疫情的猛烈冲击使得法国、德国、西班牙、意大利、荷兰在内的欧洲多国于2020年3月至5月期间施行不同程度的管控措施。居家办公、关闭学校和餐馆等防疫措施以致生产生活的正常运行受到影响，导致碳排放短期出现大幅度的下降趋势。其后，日度碳排放呈现回升态势，与疫情前水平较为一致。然而，2020年10月，新冠肺炎疫情在欧洲多个国家强势反弹，严峻的疫情形势促使欧洲多国再次推行“居家令”措施^[16]，碳排放相较于2019年同期水平的差距再次扩大。

在后疫情时代，欧盟27国&英国依旧承受着新冠疫情的长期冲击。相较于2020年，2021年碳排放有所提升，碳排放总量为31.8亿吨，但相比于2019年仍下降了0.9亿吨。具体而言，2021年全年大多数时期均高于2020年同期水平。除少部分时间段外，2021年日度碳排放水平与疫情前水平持平，表明欧盟27国&英国整体的生产生活有所恢复。2022年欧盟27国&英国的碳排放量相比于2021年增加了0.8亿吨，整体水平与2021年保持持平。具体而言，2022年全年大多数时期欧盟27国&英国的碳排放量低于历史范围（2019年，2021年的碳排放量），但是6月、7月略高于历史范围。

欧盟27国和英国每日二氧化碳排放量

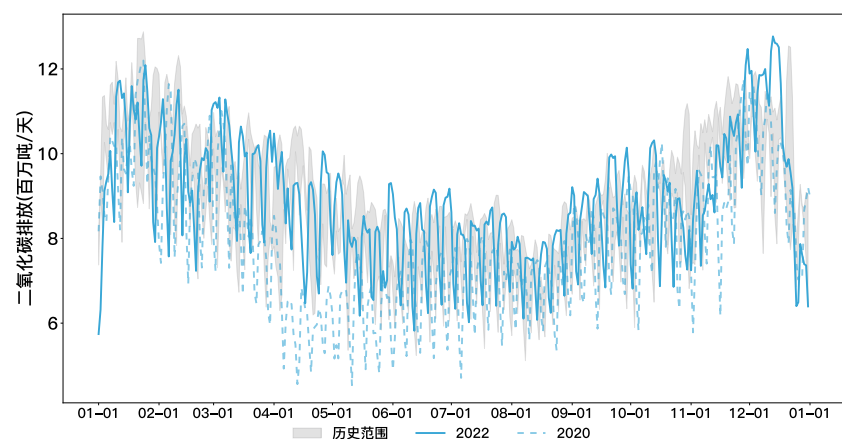


图3-7 2019年1月1日至2022年12月31日欧盟27国及英国二氧化碳排放日度

分部门碳排放贡献

2020年，欧盟27国&英国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少10.9%（3.6亿吨）。其中，国际航空部门与电力部门受到新冠疫情及封锁政策影响最大，碳排放相比上年分别减少1.1亿吨和1.3亿吨。其次是工业部门与地面运输部门，碳排放相比上年均减少0.5亿吨。居民消费部门与国内航空部门碳排放相比上年分别减少0.1亿吨和0.08亿吨，相对总体碳减排而言贡献程度较小。

2021年，欧盟27国&英国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加9.0%（2.6亿吨），相比2019年减少2.9%（1.0亿吨）。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加0.8吨，相比2019年仍减少0.4亿吨。地面运输部门相比2020年增加0.6亿吨，相比2019年增加了0.1亿吨。其次为工业部门与居民消费部门，碳排放相比2020年均减少0.5亿吨，工业部门相比2019年疫情前水平持平，居民消费部门相比2019年增加0.1亿吨。国际航空部门碳排放相比2020年增长0.2亿吨，相比2019年仍减少0.1亿吨。国内航空部门对总体碳排放增长的贡献不明显，相比于2020年仅增加0.03亿吨，相比于2019年减少0.05亿吨。

2022年，欧盟27国&英国各社会经济部门总体碳排放相比2021增加2.4%（0.8亿吨），相比2020年增加11.6%（3.4亿吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加0.6亿吨，相比2020年增加了0.8亿吨。其次是居民消费部门，相比于2021年下降了0.5亿吨。电力部门碳排放相比2021年增加了0.4亿吨，相比于2020年增加了1.3亿吨。地面运输部门的碳排放量与2021年相差不大，相比于2020年增加了0.5亿吨。国内航空部门和工业部门对总体碳排放量的贡献较小，相比于2021年分别增加了0.03亿吨和0.2亿吨。

欧盟27国&英国各部门二氧化碳排放变化

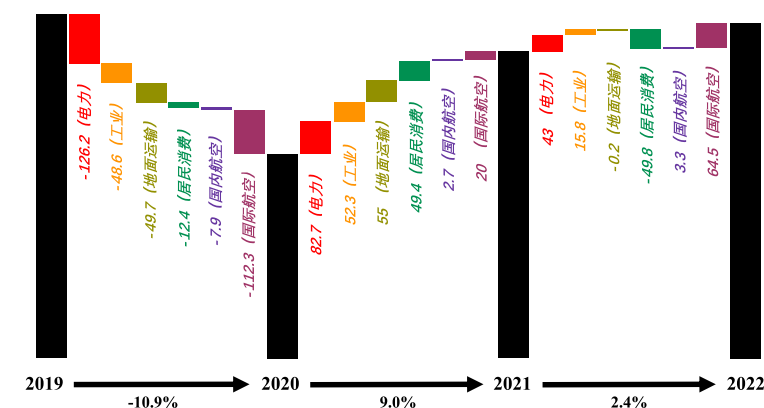


图3-8 2019-2022年 欧盟27国及英国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

据2020年欧盟27国&英国日均碳排放地图可知，日均碳排放量高值主要出现在欧洲中部与西部国家，呈现出中部高四周低的空间分布特征，且北部显著低于南部。具体而言，以德国、英国与意大利为代表的经济体工业生产规模均远高于欧洲其他国家，因此日均碳排放相对较高。以希腊为代表的东南部国家由于经济体量较小，日均碳排放相对较小。北欧国家的产业结构以第三产业为主，且人口数量较少，因此人类活动贡献的碳排放最小。

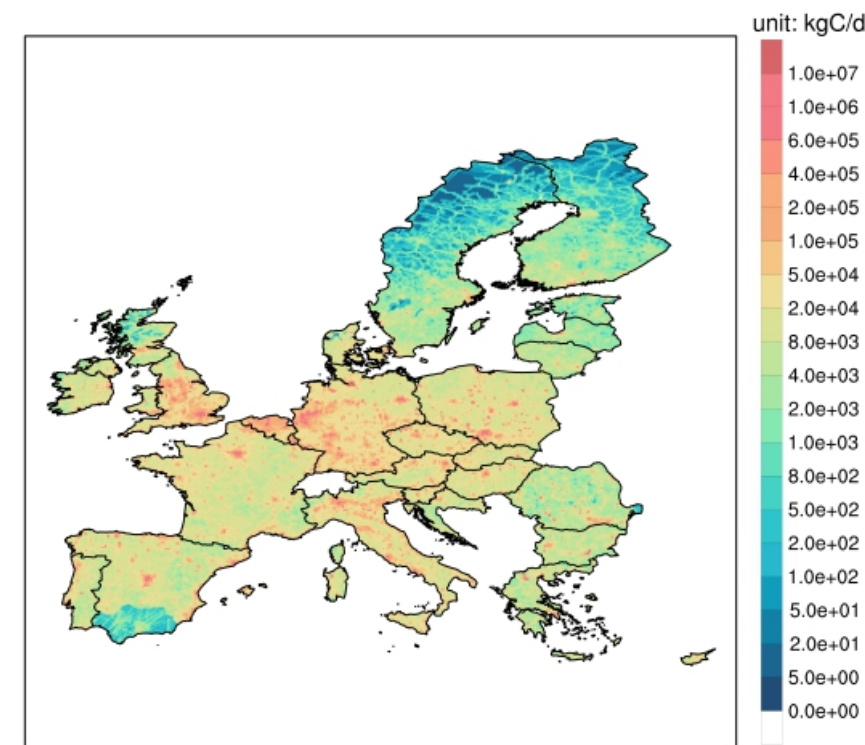


图3-9 2020年欧盟27国&英国日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台	https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home
		Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://ods.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home



国家概况

英国领土面积约为242495平方公里，是欧洲第二大经济体。据世界银行数据可知，在过去的十年中，英国人口增长率保持波动下降趋势，年均增长率为0.7%。截止2020年，英国人口数达到0.7亿。英国的经济发展基本保持平稳趋势，GDP年均增长率为0.2%。2020年，英国国内生产总值为2.7万亿美元，同比下降4.4%。

英国的产业结构以第三产业为主。2020年，英国第三产业占GDP总额的80.6%，第二产业和第三产业分别产比18.7%和0.6%（世界银行数据，2020）。在国际贸易方面，2020年，英国的出口贸易集中在运输设备、食品和燃料，出口目的地以美国、德国与爱尔兰为主。进口贸易集中在运输设备、食品和办公及通信设备，进口来源地主要为德国、中国与美国（OEC，2020）^[17]。

在全球气候变化的大背景下，英国是世界上较早开始关注和探索低碳的国家之一，在实践中形成了比较系统和完善的气候变化应对政策。现已出台一系列有关减缓气候变化的政策：比如已正式通过《气候变化法案》^[18]，该法案使英国成为世界第一个针对减少温室气体排放、适应气候变化问题，拥有法律约束力的国家。此外，英国还颁布气候变化税、工业排放指令的调整，以及“生态设计指令”的新产品政策等^[19]。

一次能源消费结构

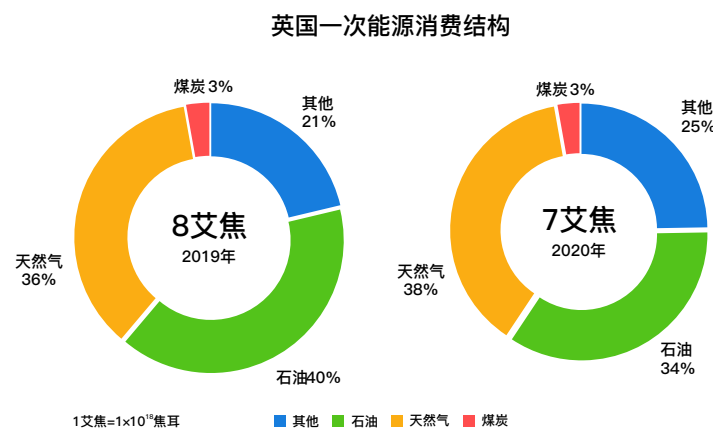


图3-10 英国一次能源消费结构

英国能源消费结构以天然气、石油为主，煤炭占比较小。2020年英国能源消费总量相较2019年下降10.4%，主要原因为石油消费量相较2019年下降5.4%。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，英国化石能源占能源消费总量比重超过70%。其中，天然气占比37.9%，相较上年上升1.9%。其次是石油，占能源消费总量的34.6%。煤炭仅贡献2.8%，相比上年下降0.2%。核能、水能及其他可再生能源占比为24.7%，相比上年增加3.7%。

近实时碳排放特征与趋势

受新冠疫情的持续冲击，英国碳排放下降趋势明显。碳排放总量从2019年的3.8亿吨减少至2020年的3.3亿吨，降幅为12.5%，位列全球第二。总体而言，2020年，英国日度碳排放在全年绝大部分时期均低于2019年同期水平。碳排放的短期下降与封锁政策密切相关。在3月底至7月初，英国碳排放经历了最大程度的降幅。2020年3月23日，英国政府出台紧急状态抗疫措施，“居家令”禁止民众非必要外出，关闭学校和大部分商铺^[20]。2020年4月16日，英国政府再次表示将“居家令”施行期限至少延长三周，直至6月底逐步取消。2020年10月，来势汹汹的第二波疫情导致英国新冠病例增势迅猛，英国首相鲍里斯·约翰逊于10月31日公开声明进行第二次全国封锁^[21]。

2021年，英国碳排放总量为3.6亿吨，相比2020年有所回升，但相较于2019年同期水平仍下降0.2亿吨。具体地，2021年英国日度碳排放在全年绝大多数时期均高于2020年同期水平，且在大多数时期与2019年同期水平持平。后疫情时代，疫情的多次反弹促使英国政府数次施行短期防疫政策，不同行业从业者均收到短期居家隔离要求，生产活动停滞导致英国日度碳排放波动较大。

2022年，英国碳排放总量相较2021年碳排放总量略有增加，上涨了0.14亿吨，相比于2020年增加了0.41亿吨。具体地，在1月份的日排放量低于历史范围。在5月份、6月份2022年的排放量超过了历史范围，其他大多数时期均在历史范围内波动。

英国每日二氧化碳排放量

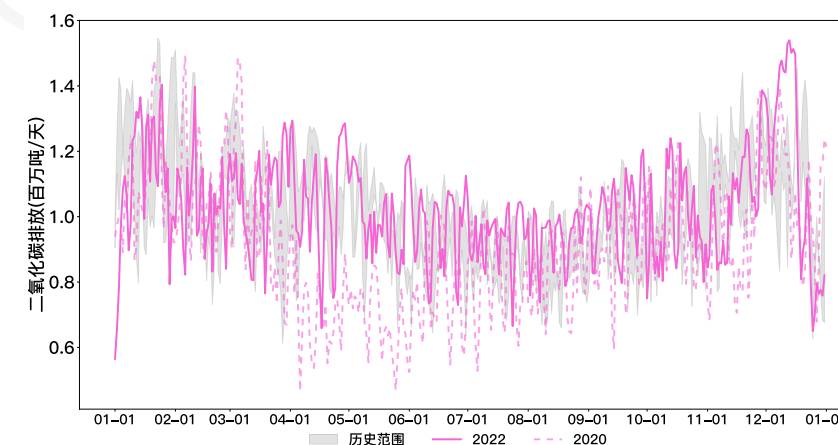


图3-11 2019年1月1日至2022年12月31日英国二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，英国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少12.5%（0.5亿吨）。其中，国际航空部门碳排放受到新冠疫情及封锁政策影响最大，相比上年减少0.2亿吨。其次是电力部门与地面运输部门，碳排放相比上年分别均0.1亿吨。工业部门碳排放相比上年基本持平。居民消费部门与国内航空部门碳排放相比上年仅分别减少0.02亿吨和0.01亿吨，相对总体碳减排而言贡献程度不明显。

2021年，英国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加8.3%（0.3亿吨），相比2019年减少5.2%（0.20亿吨）。其中，地面运输部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加0.1亿吨，恢复至2019年疫情前水平。其次是电力部门相比2020年增加0.08亿吨，但相比2019年减少0.05亿吨。工业部门相比2020年增加0.06亿吨，相比2019年减少0.06亿吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放相比2020年分别增长0.02亿吨和0.01亿吨，均恢复至2019年疫情前水平。值得注意的是，国际航空部门碳排放保持下降态势，相比2020年减少0.01亿吨，相比2019年减少0.2亿吨。

2022年，英国各社会经济部门总体碳排放相比2021年增加3.7%（0.14亿吨），相比2020年增加12.3%（0.41亿吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放量贡献最大，相比于2021年增加0.16亿吨，相比于2020年增加0.15亿吨。其次是居民消费部门相比于2021年碳排放量减少了0.05亿吨，相比于2020年减少了0.02亿吨。地面运输部门碳排放量相比于2021年增加了0.04亿吨，相比于2020年增加了0.1亿吨。工业合电力部门相比于2021年均增加了0.01亿吨。国内航空部门对总体的碳排放量贡献最小。

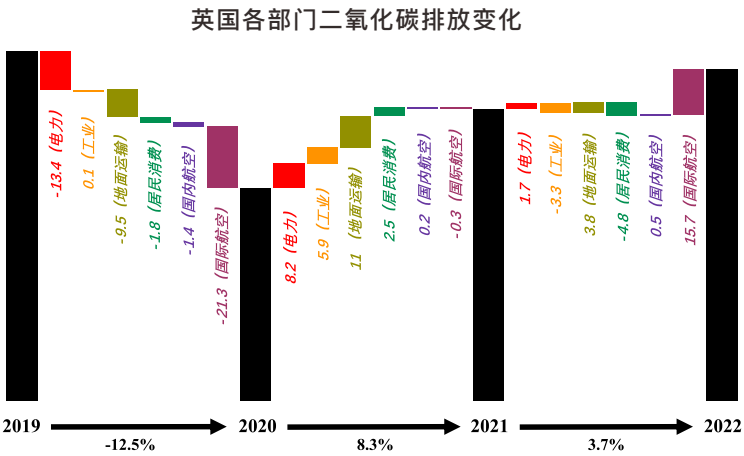


图3-12 2019-2022年 英国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，英国日均碳排放地图显示出较大的区域性差异，呈现出明显的南高北低的空间分布特征。具体而言，日均碳排放高值主要集中于以伦敦为代表的特大城市，以及以伯明翰与曼彻斯特为代表的传统工业城市。由于英国中部与南方地区的工业体量与人口规模高于北方地区，与人类活动密切相关的日均碳排放因而远高于北方地区。

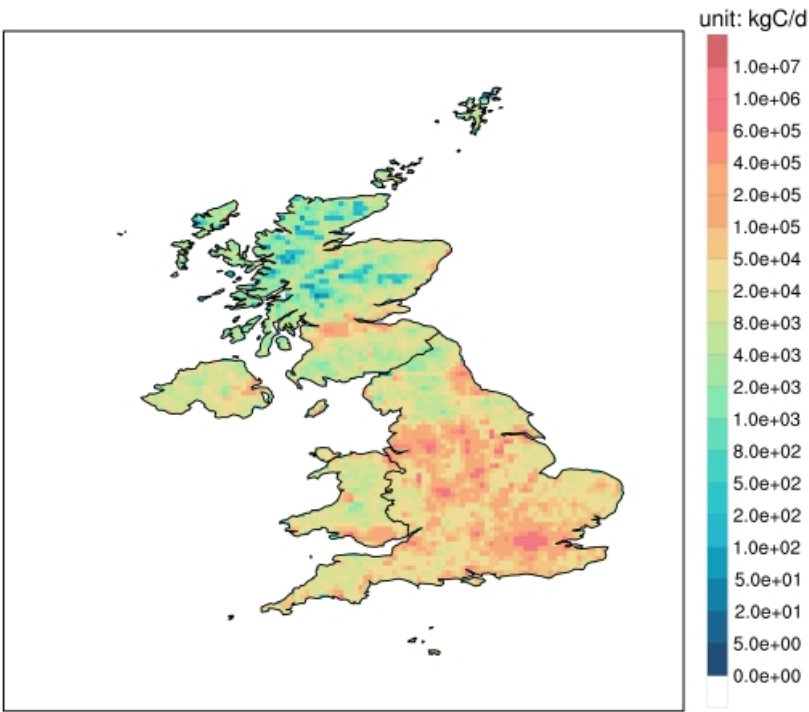


图3-13 2020年英国日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台	https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home
		Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim地面气温(2米气温)再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org/cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home

德国

Germany

国家概况

德国领土面积约为357581平方公里，是欧洲第一大经济体。据世界银行数据可知，在过去的十年中，德国人口增长率呈现上下波动趋势，年均增长率为0.4%。截止2020年，德国人口数达到0.8亿。德国的经济发展基本保持平稳趋势，GDP年均增长率为0.3%。2020年，德国国内生产总值为3.9万亿美元，同比下降1.1%。

德国的产业结构以第三产业为主。2020年，德国第三产业占GDP总额的69.9%，第二产业贡献29.2%，第一产业占比0.8%（世界银行，2020[22]）。在国际贸易方面，2020年，德国的出口贸易集中在运输设备、制药和食品，出口目的地以美国、中国与法国为主。进口贸易集中在运输设备、办公及通信设备和食品，进口来源地主要为中国、荷兰与美国（WTO STAT, 2020; UN COMTRADE, 2021）^[23]。

德国实施的减缓气候变化新政策和措施在欧盟国家中居于前列，这些措施重点包括：运输（例如电动车辆的补贴获得重型车辆的高速公路通行费^[24]）；建筑和供暖系统的能源消耗和提高能效（例如压缩新建筑的最小能量要求^[25]）。此外，为落实提高能源效率的财政激励措施，德国还出台了几项新的经济措施：软贷款、招投标等激励方案^[26]。

一次能源消费结构

德国一次能源消费结构

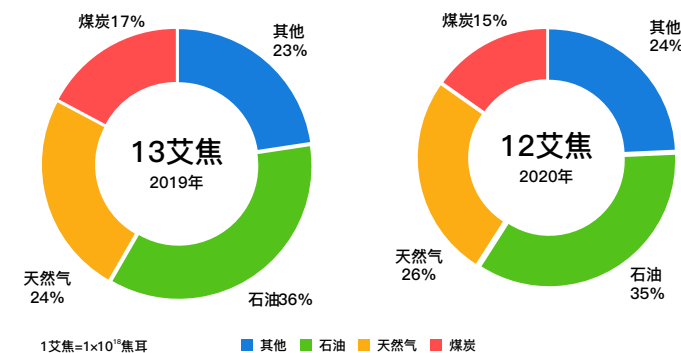


图3-14 一次能源消费结构

德国能源消费结构以化石燃料（尤其是石油、天然气）为主。2020年德国能源消费总量相较于2019年下降6.9%，主要由煤炭与石油消费量的下降所引起的。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，德国化石能源占能源消费总量比重超过70%。其中，石油占比35%，相较于上年下降1%。其次，天然气占能源消费总量的26%，相较于上年上升2%。煤炭贡献15%，相比上年下降2%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为24%，相比上年增加1%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年–2021年，德国碳排放呈现先减后增的“V”字型变化趋势。2019年，德国碳排放总量为6.9亿吨。在2020年，新冠疫情及封锁政策对经济活动造成的负面影响导致碳排放减少至6.2亿吨，相较于疫情前水平下降0.7亿吨。2020年3月23日，德国总理默克尔正式颁布“禁足令”，要求在全德范围内保持社交距离并关闭以餐饮业为代表的非必要服务性产业，该法令于5月初逐步解除。短期封锁政策的影响可由下图体现，德国碳排放从3月至5月经历了最大降幅，这表明居家隔离限制了正常的生产生活，进而导致碳排放大幅下降。2020年10月，第二波疫情肆虐德国。自2020年10月28日起，德国再次施行为期至少一周的“禁足令”。其后，根据新冠疫情形势，德国间歇性地施行居家隔离政策，造成碳排放产生较大波动。在2021年，德国日度碳排放相较于2020年同期水平有所回升，相较于2019年同期水平差距大幅缩减。总体而言，2021年德国碳排放总量为6.7亿吨，相较于疫情前水平共计下降0.1亿吨。2022年德国碳排放总量相比于2021年有所下降，但是下降幅度较小，下降0.03亿吨。相比于2020年的碳排放总量有所回升，上升了0.5亿吨。具体地，2022年每日碳排放量大部分在历史范围内波动，6月份的碳排放量超过了历史范围。

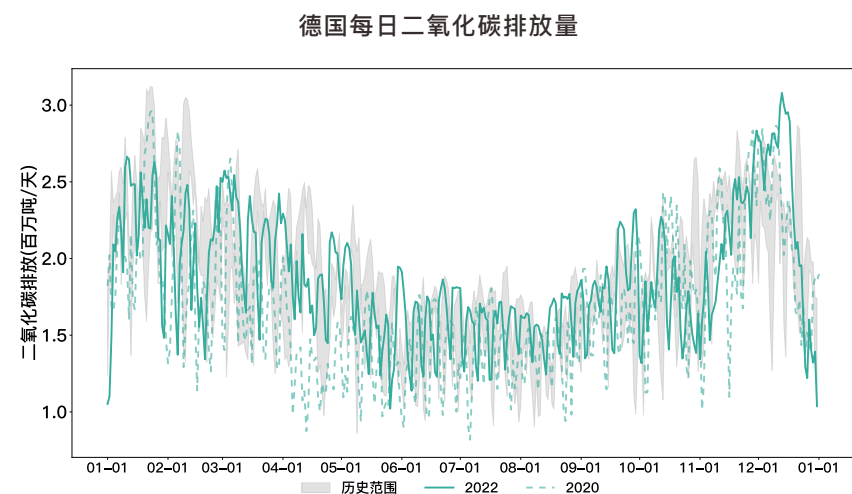


图3-15 2019年1月1日至2022年12月31日德国二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，德国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少10.5%（0.7亿吨）。其中，电力部门碳排放相比上年减少0.4亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是国际航空部门与工业部门，碳排放相比上年分别减少0.2亿吨和0.1亿吨。居民消费部门碳排放相比上年减少0.04亿吨。地面运输部门与国内航空部门碳排放相比上年均减少0.01亿吨，相对总体碳减排而言贡献程度并不明显。

2021年，德国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加10.0%（0.6亿吨），相比2019年减少1.5%（0.1亿吨）。其中，电力部门和居民消费部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年分别增加0.3亿吨和0.2亿吨，相比2019年分别减少0.1亿吨和增加0.16亿吨。其次是工业部门，相比2020年增加0.05亿吨，相比2019年仍减少0.05亿吨。地面运输部门和国内航空部门碳排放相比2020年分别增长0.01亿吨和减少0.01亿吨，地面运输部门恢复至2019年疫情前水平，国内航空部门相对于2019年下降了0.02亿吨。国际航空部门碳排放相比2020年增加0.03亿吨，相比2019年仍减少0.17亿吨。

2022年，德国各社会经济部门总体碳排放相比上年降低了0.4%，相比2020年增加9.6%。其中，电力部门和居民消费部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年分别增加了0.1亿吨、减少了0.2亿吨。相比2020年分别增加0.5亿吨和增加0.16亿吨。其次是国际航空部门，相比2021年增加0.06亿吨，相比2020年增加0.1亿吨。工业部门相比于2021年碳排放量下降了0.03亿吨，相比于2020年增加了0.01亿吨。地面运输部门碳排放量相比于2021年降低了0.02亿吨，相比于2020年下降了0.01亿吨。国内航空部门对总体碳排放量贡献最小。

德国各部门二氧化碳排放变化

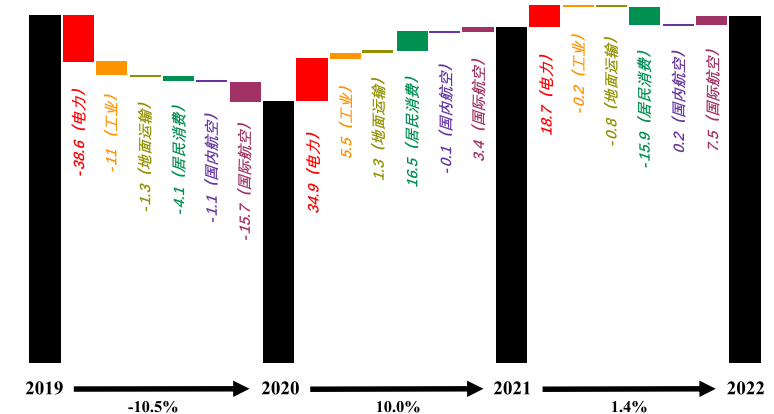


图3-16 2019-2022年德国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，据德国日均碳排放地图可知，德国的区域性差异相对较小，但仍旧呈现出较为明显的中心城市聚集特征。例如，以科隆、柏林、慕尼黑为代表的大城市有着较高的日均碳排放，而其他农村地区日均碳排放则相对较小。值得一提的是，被称为“德国工业的心脏”的鲁尔区有着最高的日均碳排放。由于莱茵-鲁尔都市区地处西欧的十字路口，经济发展条件优越，工业区、住宅区与稠密的交通网络相互交织，从而导致该地区的碳排放高于其他都市区。

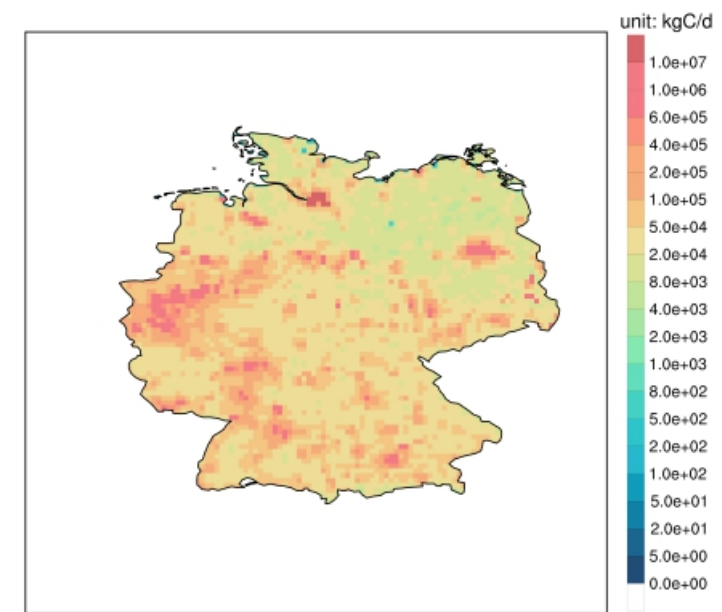


图3-17 2020年德国日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台	https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home
		Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温(2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home



国家概况

法国领土面积约为551500平方公里，是欧洲第三大经济体。据世界银行数据可知，在过去的十年中，法国人口增长率呈现波动下降趋势，年均增长率为0.34%。截止2020年，法国人口数达到0.67亿。法国的经济发展基本保持平稳趋势，GDP年增长率上下浮动，年均增长率为-0.93%。2020年，法国国内生产总值为2.63万亿美元，同比下降3.61%。

法国的产业结构以第三产业为主。2020年，法国第三产业占GDP总额的79.8%，第二产业贡献18.4%，第一产业占比1.8%（世界银行，2020^[27]）。在国际贸易方面，2020年，法国出口贸易集中在运输设备、食品和制药，出口目的地主要为运输德国、美国与意大利。进口贸易集中在运输设备、食品和燃料，进口来源地主要为德国、比利时与荷兰（WTO STAT, 2020; UN COMTRADE, 2021）^[28]。

法国是全球应对气候变化问题的积极支持和推动者，是最早推动和减排温室气体的国家之一。1995年2月法国政府就已制定“减缓气候变化第一个国家计划”，1997年11月又颁布“减缓气候变化第二个国家计划”。2015年第21届联合国气候变化大会（Conference of the Parties21,COP21^[29]）在巴黎召开。COP21历史性地促使196个缔约方（195个国家和欧盟）达成共识，采取果断行动以降低温室气体排放。法国为全球减排和应对全球气候变化做出了较大贡献和努力。



一次能源消费结构

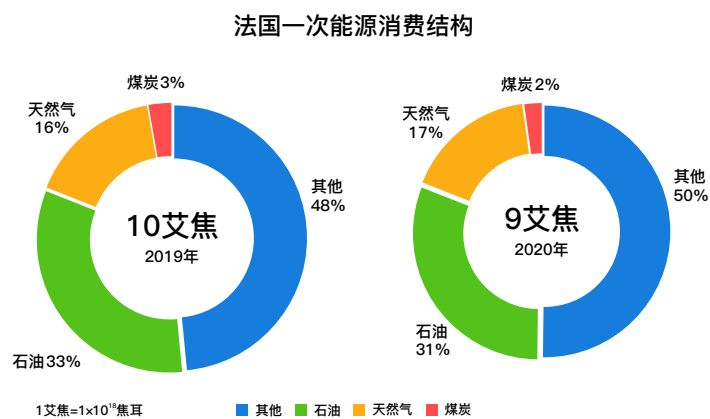


图3-18 法国一次能源消费结构

法国能源消费结构中，化石能源与其他能源占比基本持平。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，法国化石能源占能源消费总量的50%。2020年法国能源消费总量相较2019年下降10%，主要原因是化石能源消费量（尤其是石油）的下降贡献该降幅。其中，石油占比31%，相较上年下降2%。其次，天然气占能源消费总量的17%，相较上年上升1%。煤炭贡献2%，相比上年下降1%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为50%，相比上年增加2%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，法国碳排放总量为3.1亿吨。2020年新冠疫情期间，法国的生产制造与经济活动遭受了巨大打击。碳排放总量降低至2.7亿吨，相较于疫情前水平减少0.4亿吨，降幅位列全球第三。2020年3月17日-2020年5月11日，法国政府施行长达两个月的封锁政策。碳排在封锁期间出现大幅下降趋势，而在封锁结束后出现一定反弹现象。2020年10月，新冠疫情强势反弹，法国政府二度推行“居家令”，碳排放降幅再次增大。在后疫情时代，法国碳排放趋势相较于2020年略有回升，然而相比于疫情前同期水平依旧下降了0.08亿吨。2022年法国总碳排放量相比于2021年增加了0.06亿吨，相比于2020年增加了0.4亿吨。具体来看，2022年法国的每日碳排放量均在历史范围内波动，其中，4月份、5月份、6月份的每日碳排放量比2020年同期高。可能是后疫情时代经济复苏导致的结果。

法国每日二氧化碳排放量

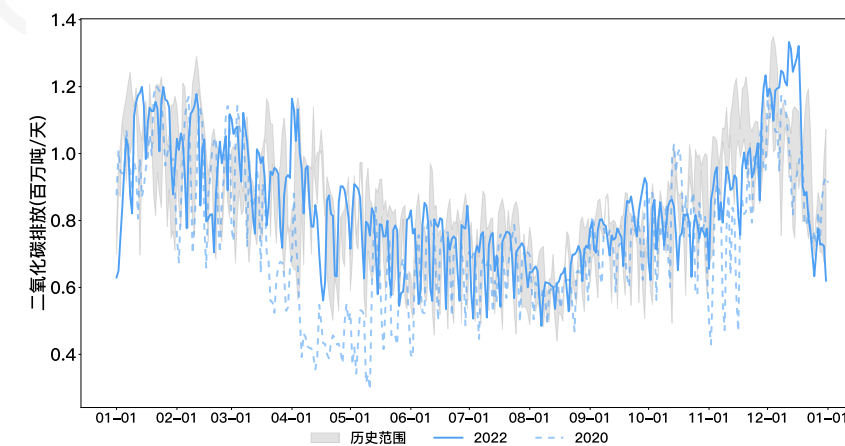


图3-19 2019年1月1日至2022年12月31日法国二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，法国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少12.0%（2.7亿吨）。其中，地面运输部门和国际航空碳排放相比上年分别减少0.12亿吨和0.11亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是工业部门，碳排放相比上年减少0.07亿吨。居民消费部门和电力部门碳排放相比上年分别减少0.04亿吨和0.03亿吨。国内航空部门碳排放相比上年仅减少0.01亿吨，相对总体碳减排而言贡献程度并不明显。

2021年，法国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加10.6%（3.01亿吨），相比2019年减少2.7%（0.08亿吨）。其中，地面运输部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加0.13亿吨，相比2019年增加0.01亿吨。其次是居民消费部门和工业部门，碳排放相比2020年分别增加0.07亿吨和0.03亿吨，相比2019年增加0.09亿吨和减少0.06亿吨。相比2020年，国际航空部门和国内航空部门碳排放分别增长0.03亿吨和0.01亿吨，对总体碳排放增加的贡献并不明显，但相比2019年航空部门共计仍减少0.09亿吨。电力部门碳排放相比2020年增加0.02亿吨，相比2019年减少0.01亿吨。

2022年，法国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加了2.1%，相比2020年增加12.9%。其中，国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加了0.06亿吨，相比2020年分别增加0.09亿吨。其次是电力部门，相比2021年增加0.06亿吨，相比2020年增加0.08亿吨。工业部门相比于2021年均减少了0.01亿吨。地面运输部门和国内航空对总体碳排放量的贡献很小。

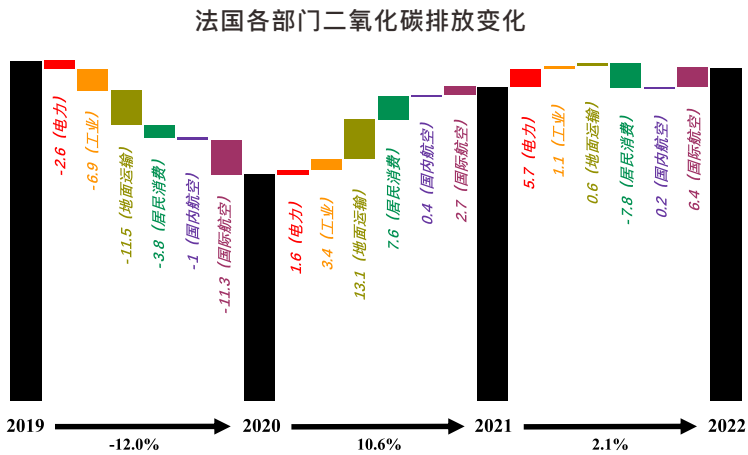


图3-20 2019-2022年 法国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，法国日均碳排放地图显示出的区域间异质性相对较小，除巴黎外，其他地区日均碳排放空间分布较为平均。作为法国的首都，巴黎大区有着最稠密的人口分布以及最高的经济发展水平。据统计，巴黎大区的人口约占全国人口的20%，而国内生产总值（GDP）约占全国GDP的30%，是法国最大的经济与文化中心。因此，经济活动与工业活动的活跃促使该地区日均碳排放远高于其他地区。

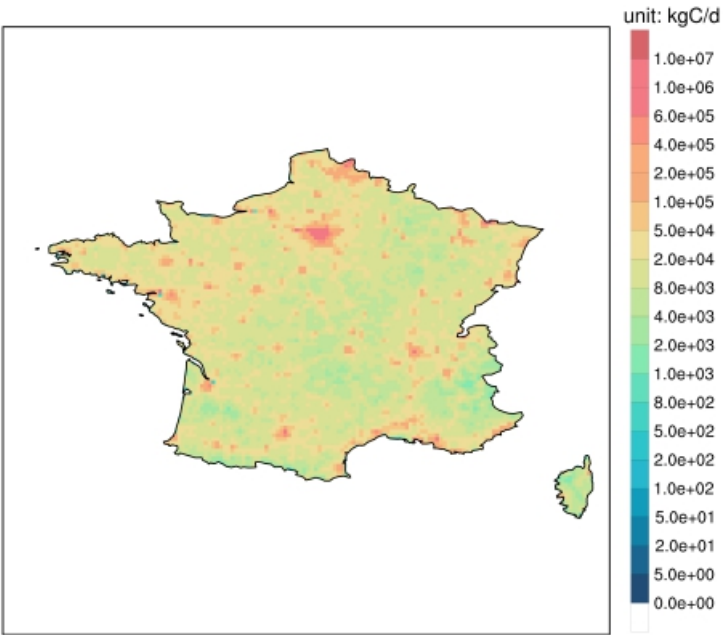


图3-21 2020年法国日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台	https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home
		Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim地面气温(2米气温)再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org/cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home

意大利

Italy

国家概况

意大利领土面积约为302068平方公里，是欧洲第四大经济体。据世界银行数据可知，在过去的十年中，意大利人口增长率上下浮动，年均增长率为0.03%。截止2020年，意大利人口数达到0.60亿。在经济发展方面，意大利呈现波动下降趋势，GDP年均增长率为-2.14%。2020年，意大利国内生产总值为1.89万亿美元，同比下降5.91%。

意大利的产业结构以第三产业为主。2020年，意大利第三产业占GDP总额的74.0%，第二产业和第一产业分别占比23.8%和2.2%（世界银行，2020^[30]）。在国际贸易方面，2020年，意大利出口贸易集中在食品、运输设备和制药，出口目的地主要为德国、法国与美国。进口贸易集中在运输设备、食品和燃料，进口来源地主要为德国、法国与中国（OEC,2020）^[31]。

意大利的能源减排计划是在欧盟气候能源计划总体框架的基础上进行的，涵盖出台鼓励改善建筑节能效率的政策、实施建筑光伏计划、热太阳能利用等政策与措施^[32]。在应对气候变化方面涉及适时修改税收政策，加强废弃物的立法管理，推行新型城市交通变化，发展碳捕获和存储技术等方面^[33]。

一次能源消费结构

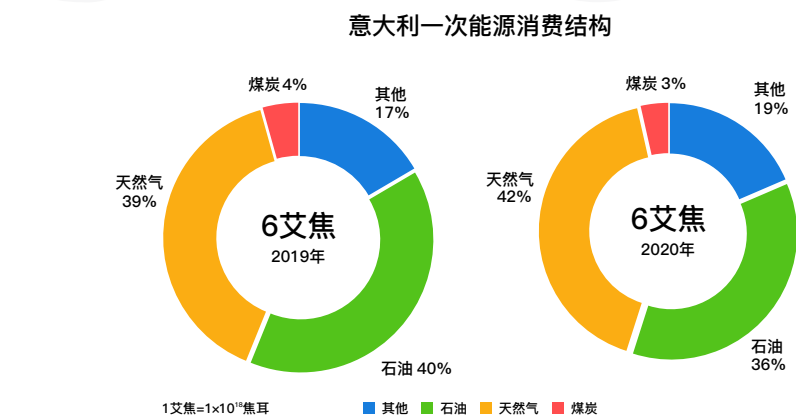


图3-22 意大利一次能源消费结构

意大利能源消费结构以化石能源（尤其是天然气、石油）为主。2020年意大利能源消费总量相较于2019年下降8.4%，主要原因是化石能源尤其是石油消费量的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，意大利化石能源占能源消费总量比重超过80%。其中，天然气占比42%，比上年增长2%。紧随其后的是石油，占能源消费总量的36%，比上年增长4%。煤炭贡献3.5%，比上年增长0.5%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为18.5%，比上年增长2.5%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年-2021年，意大利碳排放呈现出明显的下降趋势。2019年，意大利碳排放总量为3.3亿吨。在2020年，意大利碳排放减少至3.0亿吨，相较于疫情前水平下降0.3亿吨。作为欧洲最早遭受疫情冲击的国家之一，意大利总理朱塞佩·孔戴于2020年3月9日率先宣布实施全国隔离政策，通过限制非必要的人口流动以应对该国日益严重的 COVID-19 大流行事件。由图可知，2020年3月至5月下旬，意大利的碳排放经历了长期下降趋势，并在封锁禁令结束后减势稍缓。时至2021年底，意大利政府仍在实行间歇性的封锁政策。但由于后续封锁力度相对较小，短期碳排放并未作出强烈反应。2021年意大利碳排放总量为3.2亿吨，相较于疫情前水平共计下降0.08亿吨。需要注意的是，在后疫情时代，意大利碳排放降幅比其他欧洲国家更大。虽然2021年以来意大利已逐步复工复产，但作为经济支柱型产业的旅游业（约占GDP的13%）仍因旅行限制而陷入持续低迷状态。来自酒店、餐饮、旅行社、航空公司等领域的经济活动难以恢复到疫情前水平，进而导致意大利受新冠疫情影响的程度远超其他欧洲国家。2022年意大利碳排放总量相比于2021年增加了0.01亿吨，相比于2020年增加了0.04亿吨。具体地，2022年1月份-7月份的日排放量水平平均高于2020年同期，这可能是意大利的经济复苏所导致的。

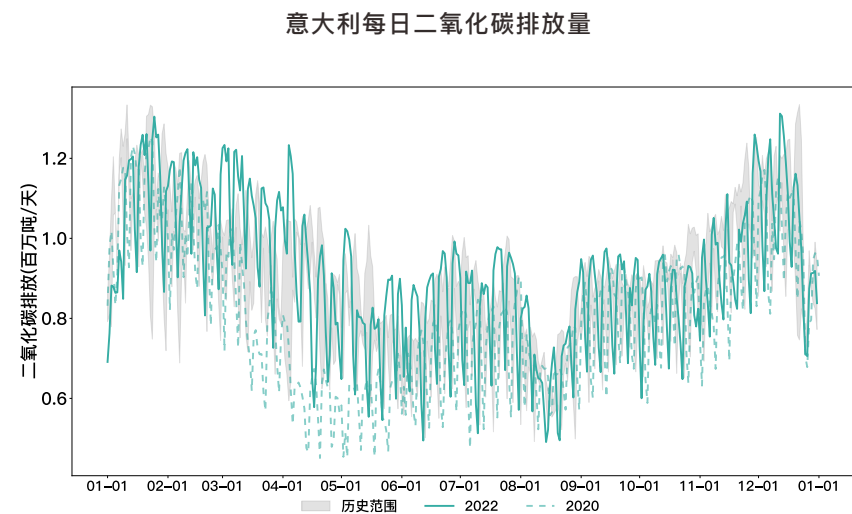


图3-23 2019年1月1日至2022年12月31日意大利二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，意大利各社会经济部门总体碳排放相比上年减少10.4%（0.34亿吨）。其中，国际航空部门和地面运输部门碳排放相比上年分别减少0.10亿吨和0.09亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是工业部门与电力部门，碳排放相比上年分别减少0.06亿吨和0.07亿吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放相比上年均减少0.01亿吨，相对总体碳减排而言贡献程度并不明显。

2021年，意大利各社会经济部门总体碳排放相比上年增加8.2%（3.21亿吨），相比2019年减少3.0%（1.0亿吨）。其中，地面运输部门和工业部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年分别增加0.09亿吨和0.06亿吨。其次是居民消费部门，碳排放相比2020年增加0.04亿吨，相比2019年降低0.03亿吨。相比2020年，国际航空部门和国内航空部门碳排放分别仅增长0.02亿吨和0.01亿吨，对总体碳排放增加的贡献并不明显，但相比2019年航空部门共计仍减0.09亿吨。电力部门碳排放相比2020年增加0.04亿吨。

2022年，意大利各社会经济部门总体碳排放相比上年增加了3.6%，相比2020年增加12.2%。其中，电力部门和国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年分别增加了0.1亿吨、0.05亿吨，相比2020年分别增加0.4亿吨和增加0.07亿吨。工业部门和国内航空部门相比于2021年均增加了0.001亿吨。地面运输部门对总体碳排放量的贡献最小。

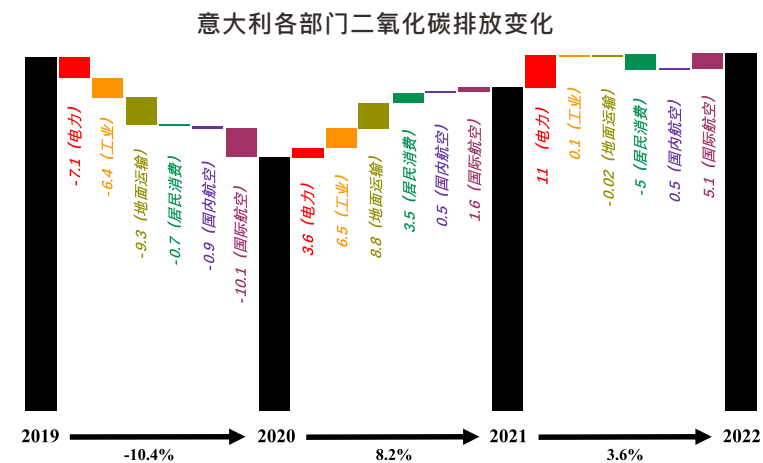


图3-24 2019-2022年意大利二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

据日均碳排放地图可知，2020年意大利的碳排放呈现出较为明显的北高南低的空间分布特征，并且多向人口稠密的大都市区所聚集。其中，北部不仅有以米兰、都灵和热那亚为代表的经济中心与工业三角洲，还有以威尼斯等为代表的著名旅游城市。这些经济、文化、工业与旅游中心吸引着各地人口朝之汇集，进而导致人为碳排放远高于其他地区。此外，以罗马与那不勒斯为代表的沿海城市由于交通便利、经济发达，同样属于人口聚集区，因此日均碳排放相对较高。与之相对，西西里岛和撒丁岛的人口密度较低，且交通网络并不发达，因此日均碳排放远低于其他地区。

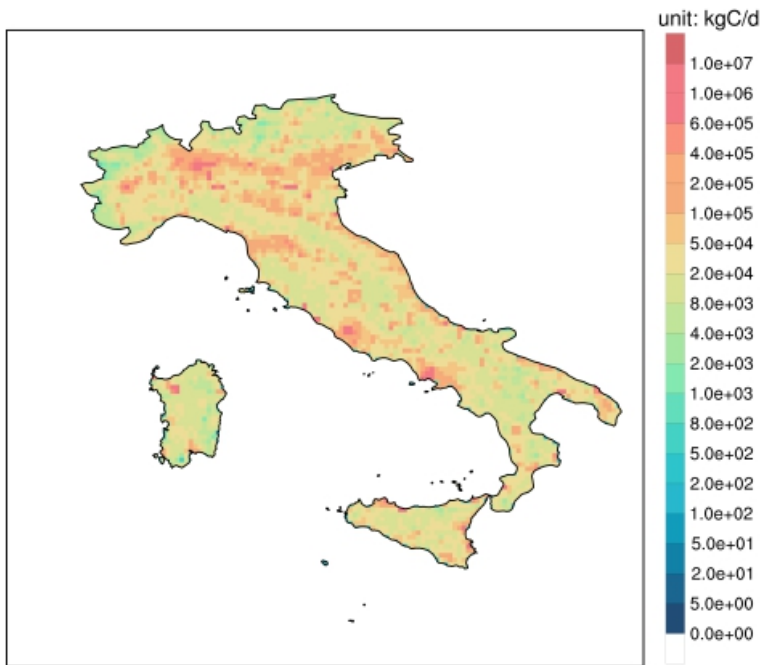


图3-25 2020年意大利日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台	https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home
		Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://ods.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局	https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局	https://ec.europa.eu/eurostat/home



国家概况

西班牙领土面积约为506008平方公里，是欧洲第六大经济体。据世界银行数据可知，在过去的十年中，西班牙人口增长率上下浮动，年均增长率为0.14%。截止2020年，西班牙人口数达到0.47亿。西班牙的经济发展呈现波动下降趋势，GDP年增长率上下浮动，年均增长率为-1.58%。2020年，西班牙国内生产总值为1.28万亿美元，同比下降8.01%^[34]。

西班牙的产业结构以第三产业为主。2020年，西班牙第三产业占GDP总额的74.2%，第二产业贡献22.3%，第一产业占比3.4%（世界银行，2020）。在国际贸易方面，2020年，西班牙出口贸易集中在运输设备、食品和制药，出口目的地主要为法国、德国与意大利。进口贸易集中在运输设备、食品和燃料，进口来源地主要为德国、法国与中国（WTO STAT,2020;UN COMTRADE，2021）^[35]。

西班牙在气候变化和能源转型方面出台了相应的政策，目的是为了促进西班牙达到大幅度减少温室气体排放，开启经济全面转型，实现2050年实现碳中和的目标，同时也为《巴黎协议》所制定的目标做出贡献。2020年5月18日，西班牙政府制定并提交了有关气候变化与能源转型法案草案：《2021-2030年国家总和能源与气候计划》（National Integrated Energy and Climate Plan 2021-2030），该法案草案中提出了到2050年实现碳中和的气候目标和以下几方面的政策措施：经济脱碳与可再生能源、能源效率、能源安全、能源市场、研究、创新与竞争力等^[36]。

一次能源消费结构

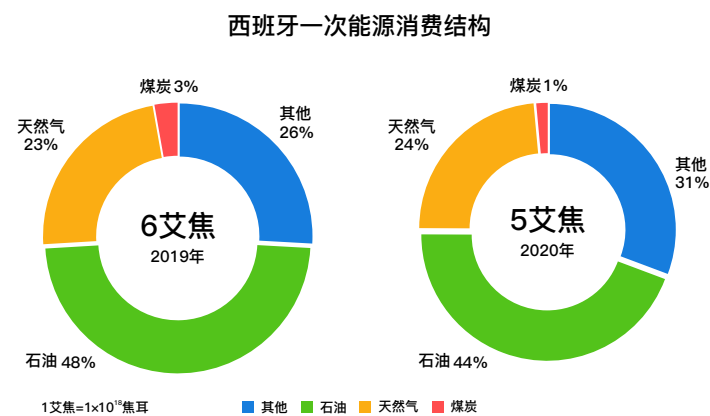


图3-26 西班牙一次能源消费结构

西班牙能源消费结构以化石能源（尤其是石油）为主。2020年西班牙能源消费总量相较2019年下降10.7%，主要原因是化石能源尤其是石油消费量的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，西班牙化石能源占比达69%。其中，石油占比44%，相比上年下降4%。其次是天然气，占能源消费总量的23%，与上年基本持平。煤炭贡献2%，相比上年下降1%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为31%，相比上年增加5%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，西班牙的碳排放总量为2.7亿吨。2020年新冠疫情期间，西班牙碳排放下降0.5亿吨，降幅为18%。即便在后疫情时代，西班牙碳排放的降幅依旧远超其他欧洲国家。2021年西班牙碳排放总量为2.4亿吨，相比于2019年下降0.3亿吨。作为新冠肺炎大流行影响最早和最严重的国家之一，西班牙紧随意大利之后，于2020年3月14日出台了“居家令”，限制非必要外出及非必要业务。该封锁政策于2020年6月下旬得以解除，其后又因2020年10月的第二波疫情再次被采用。类似于意大利，旅游业为西班牙的GDP贡献了14.3%。因此，在新冠疫情肆虐的背景下，更低的经济抗御力导致西班牙难以弥补旅游业的毁灭性打击。2022年西班牙碳排放总量与2021年相比增加了0.18亿吨，相比于2020年增加了0.4亿吨，相比于2019年降低了0.08亿吨。这说明对于西班牙来说，碳排放总量还没达到疫情前的水平。具体地，在2022年上半年，西班牙的日排放量波动幅度较大，有的超过了碳排放量的历史范围。

西班牙每日二氧化碳排放量

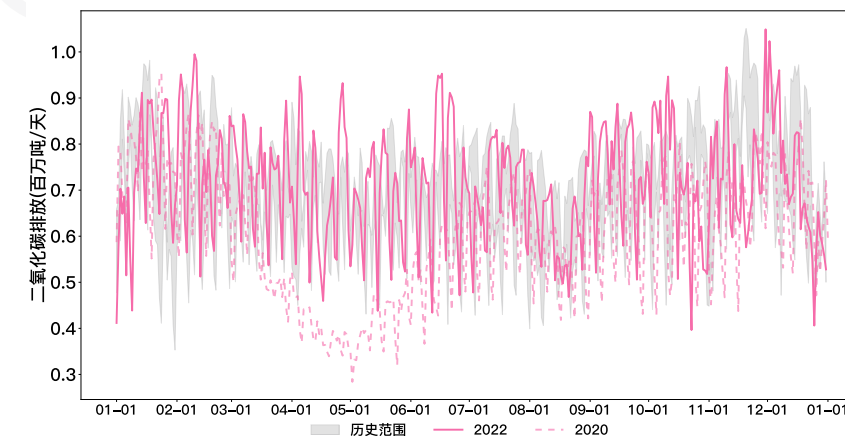


图3-27 2019年1月1日至2022年12月31日西班牙二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，西班牙各社会经济部门总体碳排放相比上年减少18.0%（0.48亿吨）。其中，国际航空部门碳排放相比上年减少0.16亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是电力部门，碳排放相比上年减少0.14亿吨。紧随其后的为地面运输部门、工业部门及国内航空部门，碳排放相比上年分别减少0.09亿吨、0.06亿吨和0.03亿吨。居民消费部门碳排放相比上年减少0.004亿吨，对总体碳减排的贡献程度最小。

2021年，西班牙各社会经济部门总体碳排放相比上年增加10.0%（0.22亿吨），相比2019年减少9.8%（0.26亿吨）。其中，地面运输部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加0.12亿吨，相比2019年增加0.03亿吨。其次是工业部门，碳排放相比2020年增加0.05亿吨，相比2019年降低0.02亿吨。国内航空部门和国际航空部门碳排放相比2020年分别增长0.01亿吨和0.04亿吨，相比2019年分别下降0.01亿吨和0.12亿吨。居民消费部门相比2020年增加0.009亿吨，对总体碳减排的贡献程度最小。值得注意的是，电力部门碳排放呈现持续下降趋势，相比2020年分别减少0.006亿吨，相比2019年降低0.14亿吨。

2022年，西班牙各社会经济部门总体碳排放相比上年增加了7.4%，相比2020年增加18%。其中，电力部门和国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年分别增加了0.1亿吨、0.09亿吨，相比2020年均增加0.1亿吨。其次是地面运输部门，相比2021年减少0.04亿吨，相比2020年增加0.08亿吨。国内航空部门相比于2021年增加了0.02亿吨，相比于2020年增加了0.03亿吨。居民消费部门和工业部门相比于2021年分别减少0.02亿吨、增加0.01亿吨，相比于2020年分别减少0.01亿吨、增加0.06亿吨。

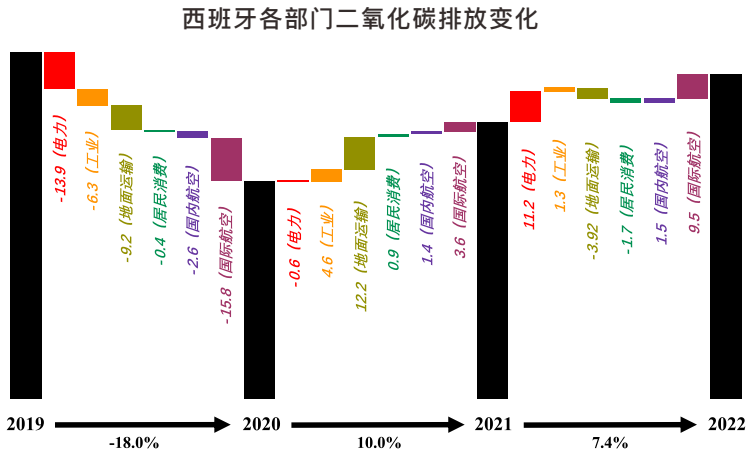


图3-28 2019-2022年 西班牙二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，西班牙日均碳排放地图呈现出明显的北高南低的趋势，并且沿海地区日均碳排放大多高于内陆地区。例如，作为西班牙第二大城市与第一大工业中心，以巴塞罗那为代表的沿海经济带日均碳排放普遍较高。此外，马德里作为西班牙首都，拥有最多的人口与最大的面积，是西班牙的政治、金融与交通中心，同时也是第二大工业城市。活跃的经济与工业活动带来了更多的能源消费，进而导致马德里成为日均碳排放最高的都市区。与之相对，西班牙南部地区的经济发展相对滞后，工业与交通等领域的能源消费需求较少，因此日均碳排放远低于其他地区。

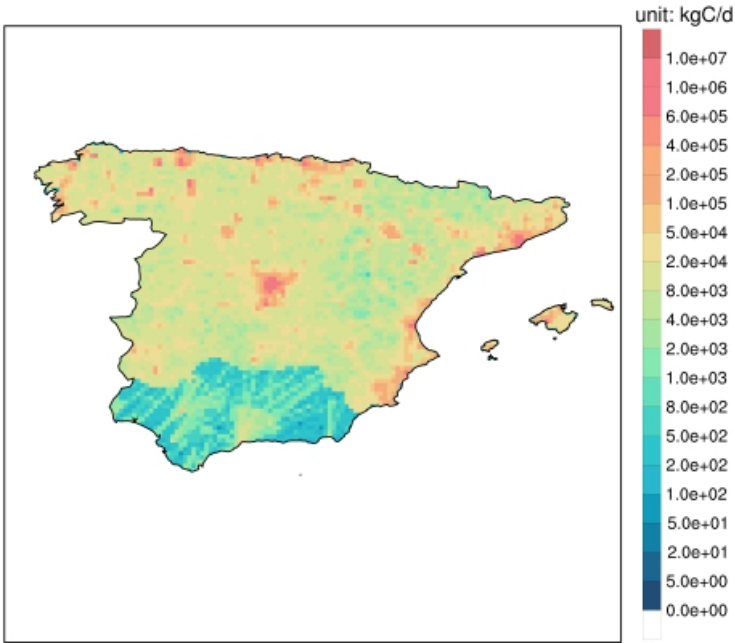


图3-29 2020年西班牙日均碳排放地图

数据来源

数据类型	来源	网站
电力部门	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	ENTSO-E平台 https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show
工业生产	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局 https://ec.europa.eu/eurostat/home
	Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站 https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2 https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24 https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013 https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温) 再分析数据集	ERA5 https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司 https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行 https://data.worldbank.org/cn/indicator/
	GDP	美国经济分析局 https://www.bea.gov/
	国际贸易	世界贸易组织 https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库 https://comtrade.un.org/
		欧盟统计局 https://ec.europa.eu/eurostat/home

欧盟 其他国家

The rest of the European Union

奥地利

Austria

近实时碳排放特征与趋势

2022年，奥地利的碳排放总量为71.50百万吨，相比2021年增加了2.85百万吨，增幅为4.15%；相比2020年增加了5.9百万吨，增幅为9.0%。奥地利2022年总碳排放略高于疫情前水平，高出0.5百万吨。

2020年新冠疫情期间，奥地利碳排放明显下降，减少至65.6百万吨，相较于2019年下降7.6%。这是由于为防控新冠疫情，奥地利于2020年3月16日首次实施全面“封锁”措施，4月14日起逐步解封，但生产仍旧滞后于疫情前同期水平。因第二波疫情暴发，奥地利同年11月3日再次实施封锁措施，这就导致了奥地利2020年全年的碳排放大幅下降。2021年，奥地利的碳排放总量为68.6百万吨，相比于2020年增加了4.7%，相比于2019年减少3.3%。在2021年3-6月，奥地利碳排放基本恢复到疫情前水平，这主要是由于从3月5日起，奥地利大部分地方的防疫管制措施都被取消，民众无需任何证明就可以出入餐馆、酒店和各种文化体育活动场所^[37]，生产得到快速恢复。但在7-10月，碳排放出现大幅变化，峰值出现在7月和9月，主要是因为疫情的反复导致生产不稳定。2021年底相较于疫情前，碳排放有小幅上升。2022年奥地利每日碳排放量与历史范围接近。

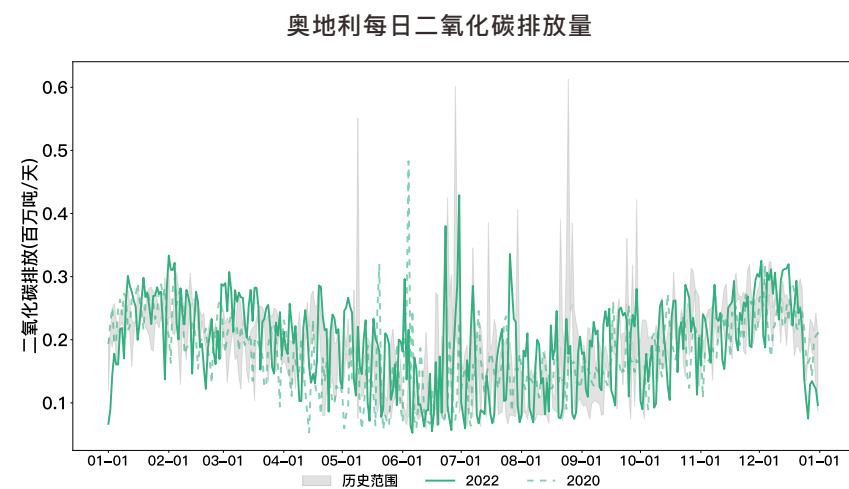


图3-30 2019年1月1日至2022年12月31日奥地利每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2019年-2021年，奥地利碳排放呈现出先下降后上升的趋势。2020年，奥地利各社会经济部门总体碳排放相比上年减少7.6%（5.4百万吨）。其中，国际航空部门与电力部门受到新冠疫情及封锁政策影响最大，碳排放相比上年分别减少了2.4百万吨和1.5百万吨。其后依次为工业部门、地面运输部门和居民消费部门，其碳排放相比于上年分别减少了1.2百万吨、0.3百万吨和0.1百万吨。国内航空部门碳排放相比于上年减少了0.02百万吨，对碳减排的贡献程度相对较小。

2021年，奥地利各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了4.7%（3.1百万吨），相比于2019年减少了3.3%（2.4百万吨）。其中，工业部门对碳排放增加的贡献最大，其相比于2020年增加了2.0百万吨，相比于2019年增加了0.7百万吨。其次是居民消费部门，碳排放相比于2020年增加了0.7百万吨，相比于2019年增加了0.8百万吨。国际航空部门碳排放相比于2020年增加了0.3百万吨，相比于2019年减少了2.2百万吨。地面运输部门、电力部门和国内航空部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年分别减少了0.3百万吨、0.3百万吨和0.001百万吨，相比于2019年分别减少了0.5百万吨、1.2百万吨和0.02百万吨。

2022年，奥地利各社会经济部门总体碳排放相比上一年增加了2.85百万吨（增幅为4.2%），相比于2020年增加了5.9百万吨（增幅为9.0%），相比于2019年增加了0.5百万吨（增幅为0.7%）。其中，工业部门碳排放相比于2021年增加了1.3百万吨，相比于2020年增加了3.3百万吨，相比于2019年增加了2.0百万吨，是碳排放增加最多的部门，也是疫情以来碳排放反弹总体增长最多的部门。其次是电力部门，其碳排放相比于2021年增加了1.65百万吨，相比于2020年增加了2.0百万吨，相比于2019年增加了0.4百万吨，是2021年以来碳排放增长幅度最大的部门。国际航空部门碳排放虽然有所反弹，但总体减少幅度最大；相比于2021年增加了1.1百万吨，相比于2020年增加了1.4百万吨，但相比于2019年仍减少了1.1百万吨。地面运输部门碳排放相比于2021年减少了0.3百万吨，相比于2020年减少了0.5百万吨，相比于2019年增加了0.8百万吨。

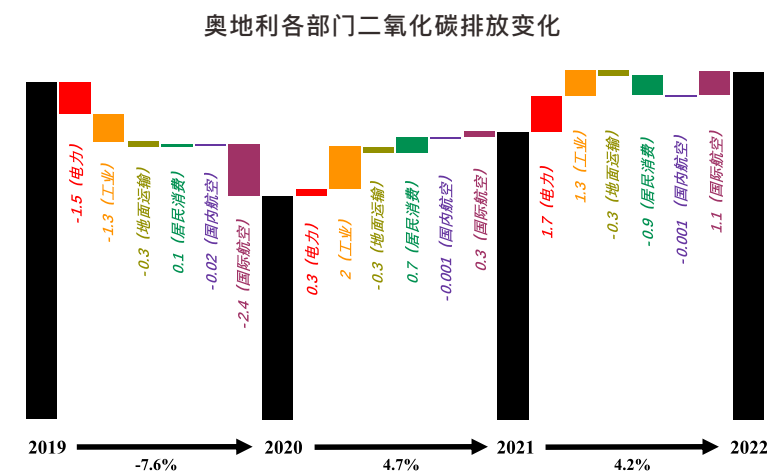


图3-31 2019-2022年 奥地利二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

爱尔兰

Ireland

近实时碳排放特征与趋势

2019年，爱尔兰的碳排放总量为39.1百万吨。受新冠疫情的影响，2020年的碳排放总量下降至36.3百万吨，社会活动的取消使得2020年爱尔兰的碳排放总量相比于2019年下降了7.2%。2021年，爱尔兰的碳排放总量为39.6百万吨，相比于2020年增加了9.2%，相比于2019年增加了1.3%。2022年，爱尔兰的碳排放总量为43.0百万吨，相比于2021年增加了8.6%，相比于2020年增加了18.6%，相比于2019年增加了10.0%。2020年3月12日，爱尔兰看守政府总理瓦拉德卡表示，为应对新冠疫情的蔓延，爱尔兰将关闭中小学、大学和儿童保育中心至3月29日。并且建议所有100人以上的室内聚会和5000人以上的室外集会都应该取消，在可能的情况下，应该在家工作。由于2020年圣诞节前后限制取消，社会活动增多，2020年底，碳排放总量有上升趋势。卫生信息和质量管理局（HIQA）发布的2020年1月至2021年11月期间有关新冠疫情的分析指出，可能影响新冠疫情在爱尔兰发展的几个因素包括相对年轻的人口和低人口密度，以及欧洲最严格的限制和最高的疫苗接种率^[38]。总体而言，相比于其他欧洲国家，爱尔兰的碳排放量受新冠疫情影响较小，但2022年碳排放反弹增长较明显，每日碳排放量普遍高于历史范围。

爱尔兰每日二氧化碳排放量

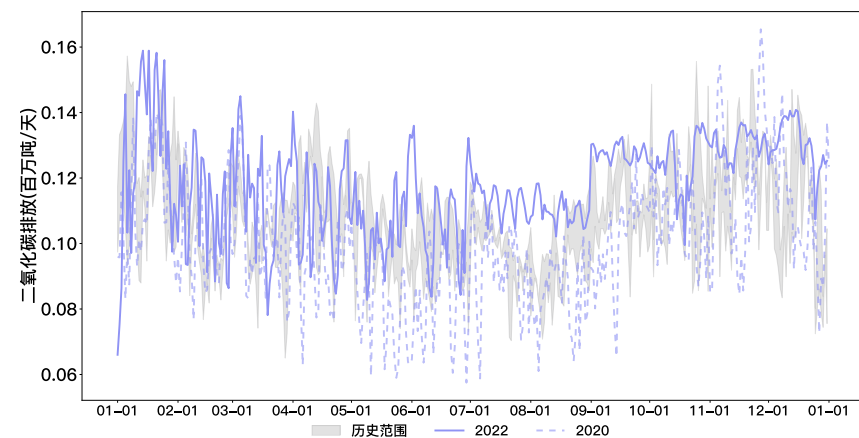


图3-32 2019年1月1日至2022年12月31日爱尔兰每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，爱尔兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了7.2%（2.8百万吨）。其中，国际航空部门碳排放相比于上年减少了2.5百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是电力部门和地面运输部门，碳排放相比于上年分别减少了0.7百万吨和0.5百万吨。而工业部门、居民消费部门和国内航空部门的碳排放相比2019年反而有所增加，分别增加了0.8百万吨、0.04百万吨和0.06百万吨。

2021年，爱尔兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了9.2%（3.3百万吨），相比于2019年增加了1.3%（0.5百万吨）。其中，工业部门碳排放相比于2020年增加了1.4百万吨（增幅18.9%），相比于2019年增加了2.2百万吨（增幅34.1%），对总体碳排放增加的贡献最大。其次是电力部门，其碳排放相比于2020年增加了1.2百万吨（增幅14.3%），相比于2019年增加了0.5百万吨（增幅5.6%）。地面运输部门碳排放相比于2020年增加了0.7百万吨，相比于2019年增加了0.2百万吨。国际航空部门碳排放相比于2020年增加了0.2百万吨，相比于2019年减少了2.3百万吨，处于逐步恢复的阶段。国内航空部门碳排放增加不明显，相比于2019年增加了0.06万吨。居民消费部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年和2019年均分别减少了0.1百万吨。

2022年，爱尔兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了8.6%（3.4百万吨），相比于2020年增加了18.6%（6.7百万吨），相比于2019年增加了10.0%（3.9百万吨）。其中，国际航空部门碳排放相比于2021年增加了2.0百万吨，相比于2020年增加了2.2百万吨，相比于2019年减少了0.3百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是电力部门，其碳排放相比于2021年增加了0.85百万吨，相比于2020年增加了2.0百万吨，相比于2019年增加了1.4百万吨。工业部门碳排放相比于2021年增加了0.4百万吨，相比于2020年增加了1.8百万吨，相比于2019年增加了2.7百万吨，为疫情以来碳排放总体增幅最大的部门，增幅为40.7%。地面运输部门碳排放相比于2021年增加了0.3百万吨，相比于2020年增加了1.0百万吨，相比于2019年增加了0.5百万吨。居民消费部门和国内航空部分碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2021年分别减少了0.2百万吨和0.06万吨，相比于2020年分别减少了0.3百万吨和0.06万吨，相比于2019年分别减少了0.3百万吨和增加了7.4吨。

爱尔兰各部门二氧化碳排放变化

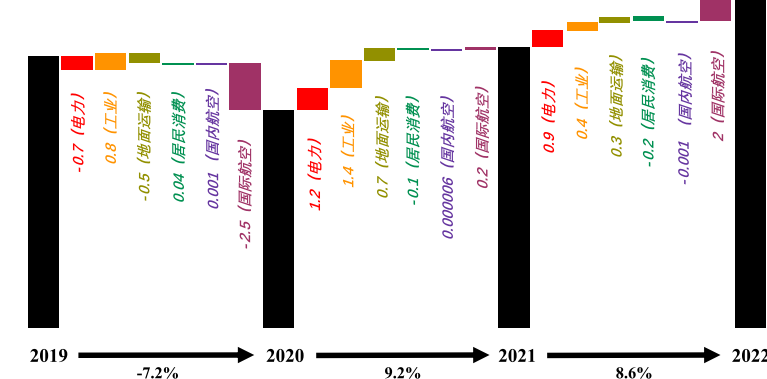


图3-33 2019-2022年爱尔兰二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

爱沙尼亚

Estonia

近实时碳排放特征与趋势

2019年，爱沙尼亚的碳排放总量为14.8百万吨。2020年，受新冠疫情和封锁政策的影响，其碳排放总量下降至10.5百万吨，相比于2019年下降了29.1%。2021年爱沙尼亚总碳排放量为13.9百万吨，相比于2020年增加了32.8%，相比于2019年减少了5.8%。2022年，爱沙尼亚的碳排放总量达到14.7百万吨，相比于2021年增加了6.0%，相比于2020年增加了40.8%，与2019年相比持平，仅下降了0.1%。

碳排放的短期下降与封锁政策密切相关。爱沙尼亚在首例病例后2周内作出反应，宣布于2020年3月12日进入紧急状态，关闭学校和边境，并禁止一切娱乐和集会活动。该封锁政策原定持续到2020年5月1日，但随后延长至2020年5月17日。封锁期间的碳排放量有所下降，达到近三年最低水平。虽然紧急状态于5月18日结束，但对于室内容量和娱乐运营的限制仍然存在，直至7月初才完全解除活动限制^[39]。受此影响，日碳排放量出现回暖状态。由于同年冬季疫情再度爆发，爱沙尼亚的第二次封锁于2021年3月11日至2021年5月25日生效。封锁初期的日碳排放量急剧下降，但后期开始逐步上升。

彻底解封后，爱沙尼亚的日碳排放量回归至疫情前水平，基本吻合历史范围，并呈现不断上升的趋势。

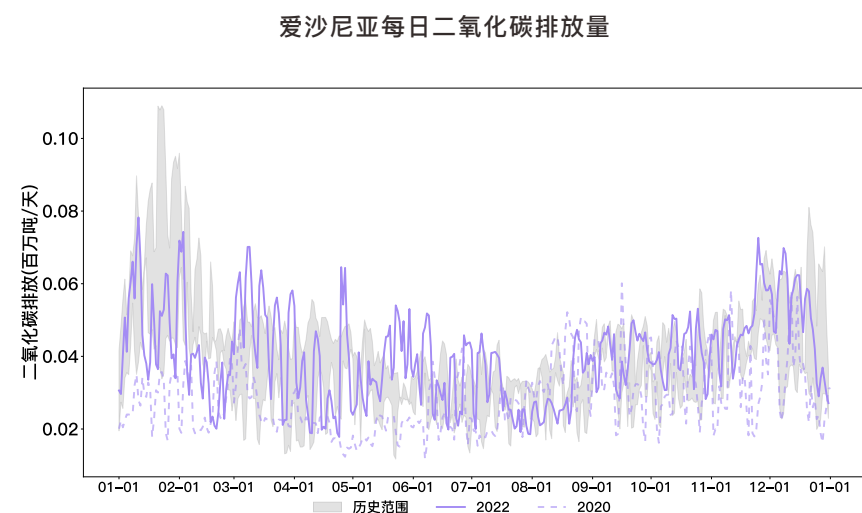


图3-34 2019年1月1日至2022年12月31日爱沙尼亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，爱沙尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2019年减少了29.1%（4.3百万吨）。其中，电力部门碳排放相比上年减少4.1百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是国际航空部门，碳排放相比上年减少0.2百万吨。居民消费部门和工业部门的碳排放相比上年分别减少0.05百万吨、0.03百万吨。国内航空部门碳排放相比上年仅减少0.002百万吨，相对总体碳减排而言贡献程度并不明显。值得注意的是，地面运输部门是唯一的正增长部门，碳排放相比上年增加0.1百万吨。

2021年，爱沙尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2020年增加32.8%（3.4百万吨），相较于2019年同期水平减少了0.9百万吨，降幅为5.8%。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加3.2百万吨，相比2019年减少0.9百万吨。其次是居民消费部门，碳排放相比2020年增加0.1百万吨，相比2019年增加0.06百万吨。工业部门和国际航空部门相比2020年分别增加0.07百万吨和0.09百万吨，相比2019年分别增加0.04百万吨和减少0.1百万吨。国内航空部门碳排放相比上年同期增长0.001百万吨，相比2019年增加0.003百万吨，对总体碳排放增加的贡献并不明显。值得注意的是，地面运输部门是唯一的负增长部门，碳排放相比上年下降0.04百万吨，相比2019年增加0.06百万吨。

2022年，爱沙尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2021年减少6.0%（0.8百万吨），相较于2020年同期水平增加了4.3百万吨，增幅为40.8%，相较于2019年同期水平减少了2万吨，降幅为0.14%。其中，电力部门对总体碳排放减少的贡献最大，相比2021年减少0.8百万吨，相比2020年增加4.0百万吨，相比2019年减少7万吨。其他部门相比电力部门贡献较小。居民消费部门的碳排放相比2021年减少3万吨，2020年增加8万吨，相比2019年增加3万吨。工业部门和地面运输部门碳排放相比2021年分别减少3万吨和1万吨，相比2020年分别增加4万吨和减少5万吨，相比2019年分别增加0.9万吨和5万吨。国内航空部门对总体碳排放增加的贡献最小，但是变化幅度很大，相比2021年，2020年，2019年增幅分别为0.6%，37%，和171%。值得注意的是，国际航空部门是唯一的正增长部门，碳排放相比上年增加0.09百万吨，相比2020年增加0.2吨，相比2019年减少0.04万吨。

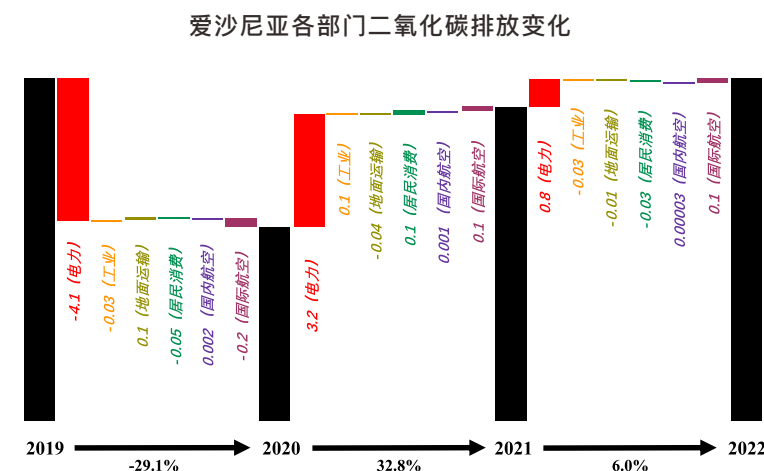


图3-35 2019-2022年爱沙尼亚二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

保加利亚

Bulgaria

近实时碳排放特征与趋势

2020年,保加利亚总碳排放量为35.6百万吨,相较于2019年同期水平减少了5.2百万吨,降幅为12.8%。2021年,总碳排放量为40.9百万吨,相较于2020年同期水平增加了5.4百万吨,增幅为15.0%。相较于2019年同期水平增加了0.1百万吨,增幅为0.3%。2022年,总碳排放量为46.2百万吨,相较于2021年同期水平增加了6.1百万吨,增幅为15.0%。相较于2020年同期水平增加了11.5百万吨,增幅为32.3%。相较于2019年同期水平增加了6.3百万吨,增幅为15.3%。

保加利亚在2020年3月13日一日新增16个新冠病例之后,议会一致投票宣布国家进入为期1个月的紧急状态。但反常的是,该国每日二氧化碳排放量在3月紧急状态期间不降反增。而当保加利亚政府在4月1日要求延长国家紧急状态1个月后,该国碳排放量才出现了大幅降低,而直到5月初,保加利亚政府逐渐放松政策,取消了在公共场所强制佩戴口罩的规定,该国碳排放量才出现回暖状态,但截至到2021年3月碳排放量才逐渐恢复到疫情前水平。在2020-2021年期间,保加利亚政府总共进行了3次封城,分别在2020年11月,12月及2021年3月,如图可以看出,封城期间国家碳排放量还是会小幅下降。从2022年开始,保加利亚日碳排放量已经恢复到疫情前水平,并在一月中旬开始有高于历史排放量的范畴,这种现象在3月及6-7月尤为明显。总体而言,2020年期间,疫情对于保加利亚国家的碳排放量的影响很大。

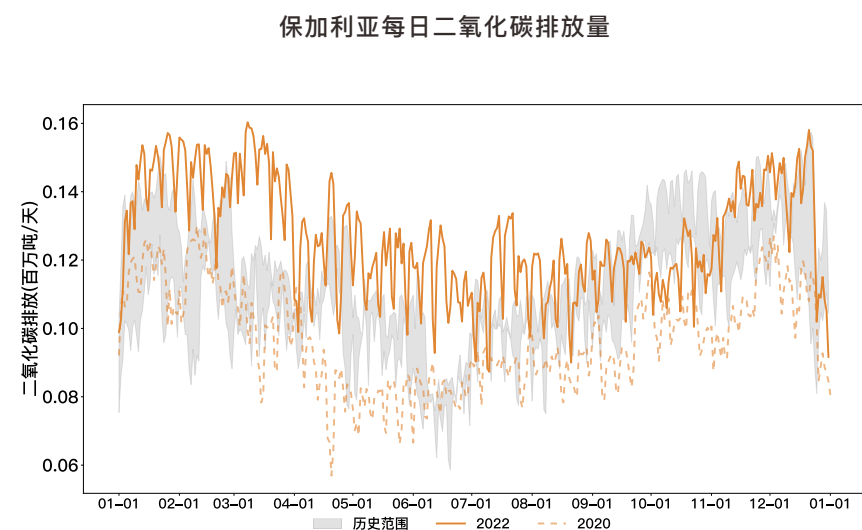


图3-36 2019年1月1日至2022年12月31日保加利亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年,保加利亚各社会经济部门总体碳排放相比2019年降幅为12.8% (5.2百万吨)。其中,电力部门贡献最大,碳排放相比2019年减少4.2百万吨,其他剩余部门如工业、居民消费、地面运输、国内航空及国际航空共减少1.0百万吨。

2021年,保加利亚逐渐从疫情中恢复过来,各社会经济部门总体碳排放相比2020年增幅为15.0% (5.3百万吨)。其中,依旧是电力部门贡献最大,碳排放相比2020年增加5.1百万吨,其他剩余部门一共增加0.2百万吨。总体碳排放相比2019年增幅为0.3% (0.1百万吨),基本恢复到疫情前水平。其中,电力部门贡献为其余部门总和还多0.1百万吨,碳排放相比2019年增加0.9百万吨。

2022年,保加利亚全面从疫情中恢复过来,各社会经济部门总体碳排放相比2021年增幅为13.0% (5.3百万吨)。其中,电力部门贡献最大,碳排放相比2021年增加4.6百万吨,其他剩余部门共增加0.7百万吨。相比2020年增幅为30.0% (10.8百万吨),其中电力部门贡献了9.7百万吨,而其它部门一共贡献1.1百万吨。相比2019年总体碳排放增幅为13.4% (5.4百万吨),其中仍然是电力部门贡献最大,共5.5百万吨,而其他部门贡献总和为负。可以看出从19年开始,保加利亚的总体碳排放增减主要由电力部门的排放变化驱动。

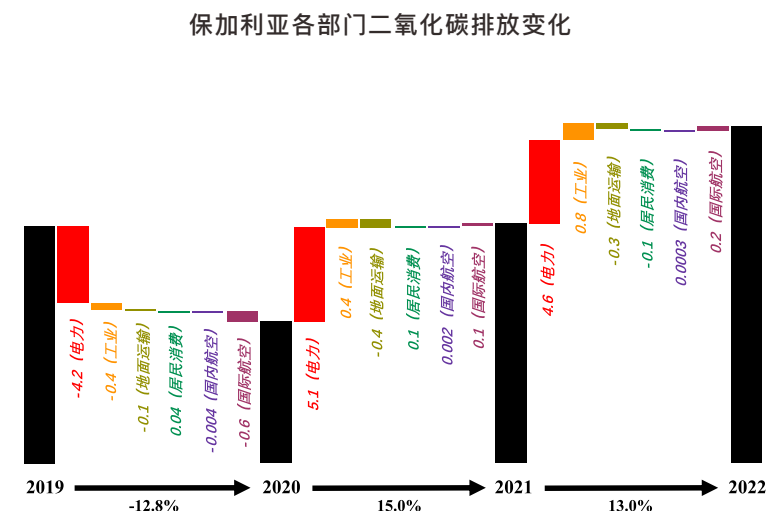


图3-37 2019-2022年保加利亚二氧化碳排放总量(黑色柱子)与各部门排放变化情况(彩色柱子)

比利时

Belgium

近实时碳排放特征与趋势

2019年，比利时总碳排放量为99.6百万吨。2020年，比利时总碳排放量为95.1百万吨，相较于2019年同期水平减少了4.5百万吨，降幅为4.5%。2021年，比利时总碳排放量为100.6百万吨，相较于2019年同期水平增加了1.0百万吨，增幅为1.0%。2022年，比利时总碳排放量为100百万吨，相较于2019年下降了0.6%，相较于2020年上升了5.3%，相较于2021年下降了0.5%。

其中，2020年3月到4月中旬期间，比利时碳排放量经历了最大程度的降幅，由于新冠疫情的影响以及防控的需要，比利时经由全国安全委员会特别会议决定于2020年3月18日12时起国家进入紧急状态，结束时间暂定为4月5日，但实际直至5月4日才逐步解禁，由于正常生产生活的运行受到影响，所以碳排在短期内大幅下降。由于4月底至五月初防疫措施的逐渐放宽，经济活动也在逐渐恢复，所以5月至1月碳排放呈现回暖并较为稳定的状态。而随着秋季欧洲新冠疫情的反弹，比利时于2020年11月2日启动二次封锁^[40]，持续至少一个半月，在此期间碳排放量呈现较大幅度下降，虽然11月至12月碳排放较2019年同期水平差距较大，但呈迅速回升的趋势。2021年上半年比利时碳排放量呈现较大波动，但总体而言大于2020年的碳排放量。而在2021下半年，碳排放量在部分月份低于2020年，其原因可能在于比利时2021下半年防疫措施的收紧。2022年，比利时碳排放水平逐步回升至疫情前水平，

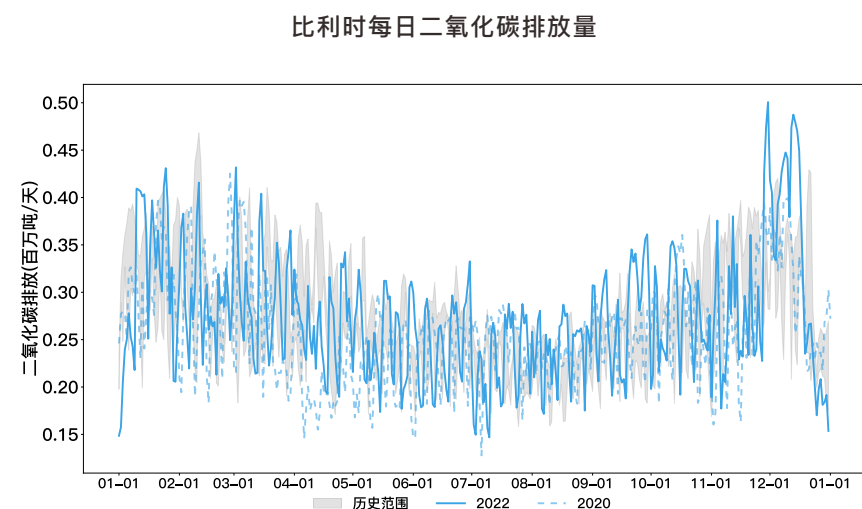


图3-38 2019年1月1日至2022年12月31日比利时每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，比利时各社会经济部门总体碳排放相比上年减少4.5%（4.5百万吨）。其中，国际航空部门碳排放受到新冠疫情及相应的封锁措施的影响最大，相比上年减少了2.2百万吨。其次是居民消费部门和工业部门，同样受到疫情的较大影响，碳排放相比上年分别减少了1.1百万吨和1.0百万吨。地面运输部门相比上年减少了0.4百万吨，而电力部门碳排放相比2019年反而增加了0.2百万吨。国内航空部门碳排放相比上年仅减少0.003百万吨，相对总体碳排放减少贡献不明显。

2021年，比利时各社会经济部门总体碳排放相比上年增加5.8%（5.5百万吨），相比2019年增加1.0%（1.0百万吨）。其中工业部门对总体碳排放增加的影响最大，相比2020年增加4.5百万吨，相比2019年增加3.6百万吨。其次是居民消费部门和地面运输部门，其碳排放量相比2020年分别增加2.2百万吨和1.3百万吨，相比2019年分别增加1.2百万吨和0.9百万吨。国际航空部门碳排放相比于2020年增加了1.0百万吨，但相比于2019年仍减少了1.3百万吨，处于逐步恢复的阶段。电力部门碳排放变化趋势与其他部门相反，相比2020年减少了3.6百万吨，相比于2019年减少了3.3百万吨。国内航空部门碳排放变化依然不明显，相比2020年仅上升0.05万吨，相比2019年减少0.003百万吨。

2022年，比利时各社会经济部门总体碳排放相比上年减少0.5%（0.5百万吨），相比2020年增加5.3%（5.0百万吨），相比2019年增加0.56%（0.6百万吨）。其中，工业部门反弹增长最为显著，相比2021年，2020年，和2019年分别增加0.1百万吨，4.6百万吨和3.7百万吨。电力部门碳排放总体减少，虽然2022年电力部门碳排放相比2021年增加了4.3%，但相比2020年减少了16.0%，总体相对于疫情以前2019年减少14.8%。国内航空部门碳排放相比2021年减少0.002百万吨，相比2020年减少0.002百万吨，相比2019年增加0.001百万吨，对碳排放变化贡献不明显，但与该行业同期相比变化幅度大。

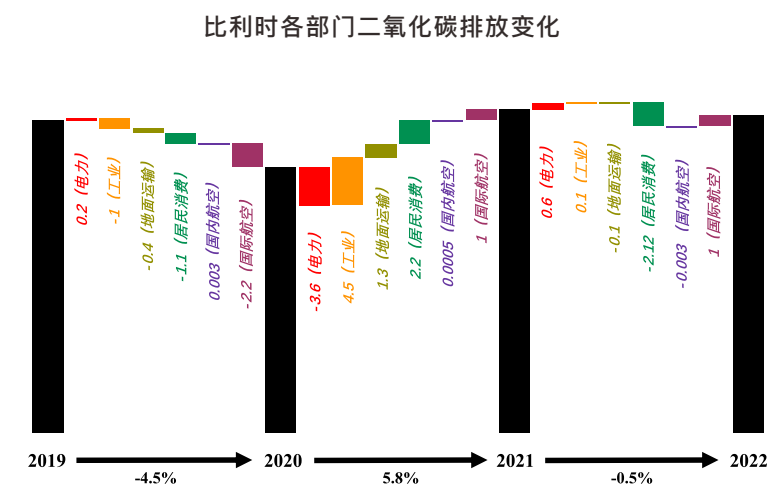


图3-39 2019-2022年比利时二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

近实时碳排放特征与趋势

2020年,波兰总碳排放量为293.4百万吨,相较于2019年同期水平减少了12.2百万吨,降幅为4.0%。2021年,总碳排放量为328.4百万吨,相较于2020年同期水平增加了35.0百万吨,增幅为11.9%;相较于2019年同期水平增加了22.8百万吨,增幅为7.5%。2022年,总碳排放量为324.2百万吨,相较于2021年同期水平减少了4.3百万吨,降幅为1.3%。相较于2020年同期水平增加了30.7百万吨,增幅为10.5%。相较于2019年同期水平增加了18.5百万吨,增幅为6.1%。

2020年3月4日,波兰宣布了首例实验室确诊新冠病例。2020年3月10日,世界卫生组织宣布新冠疫情在波兰的本地开始传播,因此从2020年3月10日起,波兰逐渐收紧封锁限制,从一开始的封闭学校,办公室,到聚会禁止超过2人以上。这种情况一直到持续到5月才逐渐放松,如图也可以看出,从2020年3月下旬开始,波兰的每日碳排放量逐渐下滑,一直到4月中旬才开始回暖。原因可能是4月初波兰政府宣布,文化机构和商店将由4月19日解封,而教育机构和国际交通也将由4月26日解封,并且,波兰政府还宣布5月份开始边境再次开放^[41]。另一方面,波兰政府在4月1日时宣布启动一项对企业的公共援助计划,叫做“反盾牌危机”,该计划从各个方面来援助因为疫情而影响的经济,这也对总碳排放量的回暖起到了一定作用。如图也可以看出从2020年5月份开始,波兰总碳排放量逐渐回暖,与2019年下半年持平。总体来说,疫情对于波兰国家总碳排放量的影响较低,其中只有2020年3月中旬至4月中旬期间碳排放量有一波骤降,其余时间于2019年基本持平,2021年期间,总碳排放量相较于2019年反而有所增加。2022年2月份和11月份有低于历史范围的情况,其他月份波兰每日碳排放量已经完全恢复到新冠疫情之前。

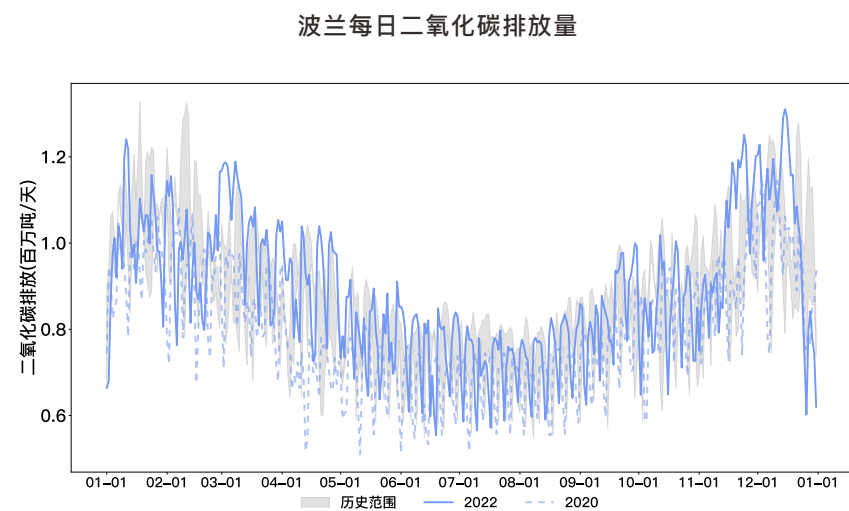


图3-40 2019年1月1日至2022年12月31日波兰每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年,波兰各社会经济部门总体碳排放相比2019年降幅为4.0% (12.2百万吨), 小幅收到疫情波动的影响。其中, 电力部门贡献最大, 碳排放相比2019年减少9.3百万吨, 其他剩余部门共减少2.9百万吨。

2021年,波兰逐渐从疫情中恢复过来, 各社会经济部门总体碳排放相比2020年增幅为11.9% (35.0百万吨)。其中, 电力部门贡献最大, 电力部门相关碳排放相比2020年增加19.9百万吨, 比其他部门增加量总和多4.8百万吨。2021年相比2019年增幅虽然小于相比于2020年的增幅, 但仍有7.5% (22.8百万吨), 其中, 电力部门贡献最大, 电力部门相关碳排放相比2019年增加10.7百万吨, 居民消费部门次之, 增加7.7百万吨, 工业部门增加了6.2百万吨, 而其余剩余部门则减少了1.7百万吨。可以看出波兰2021年, 电力, 居民消费及工业部门已经从疫情中恢复过来。

2022年,波兰各社会经济部门总体碳排放相比2021年有小幅下降的趋势, 降幅为1.3% (4.3百万吨)。其中, 电力部门减少的最多, 相比2021年减少6.2百万吨, 其他剩余部门之和增加1.9百万吨。而相比2020年增幅为10.5% (13.8百万吨)。其中, 工业部门贡献最大, 碳排放相比2020年增加11.9百万吨, 电力部门增加13.8百万吨。其余剩余部门则贡献较小, 共增加5百万吨。总体碳排放相比2019年增幅为6.1% (18.5百万吨)。其中, 工业部门贡献最大, 碳排放相比2019年增加11.5百万吨, 其他剩余部门共增加7百万吨 (主要为电力和居民消费部门)。可以看出2022年波兰总体碳排放已经恢复并高出疫情前水平。

波兰各部门二氧化碳排放变化

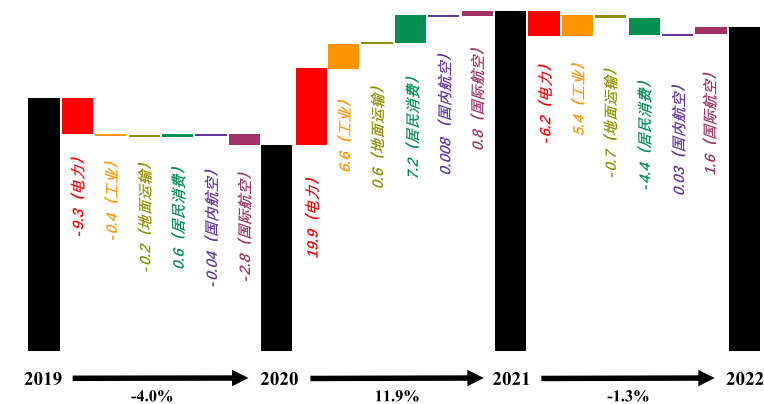


图3-41 2019-2022年波兰二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

近实时碳排放特征与趋势

2019年，丹麦的碳排放总量为33.6 百万吨。2020年，丹麦碳排放总量减少至30.5百万吨，相较于2019年下降9.5%。2020年3月，丹麦开始实施新冠防疫限制措施，这是丹麦2020年碳排放下降的主要原因。随着疫苗接种持续推进，丹麦逐步放宽防疫限制。2021上半年推出“健康通行证”随着疫苗接种持续推进，丹麦逐步放宽防疫限制^[42]。9月后，丹麦成为继英国、新加坡之后，又一个“全面解封”的国家，成为欧盟首个“恢复正常”的国家。因此，2021年丹麦的碳排放总量为34.7百万吨，上涨4.3百万吨。2022年，丹麦的碳排放总量为35.6百万吨，相比于2021年同期水平增加了2.4%，相比于2020年增加了16.8%，相比于2019年增加了5.8%。

丹麦每日二氧化碳排放量

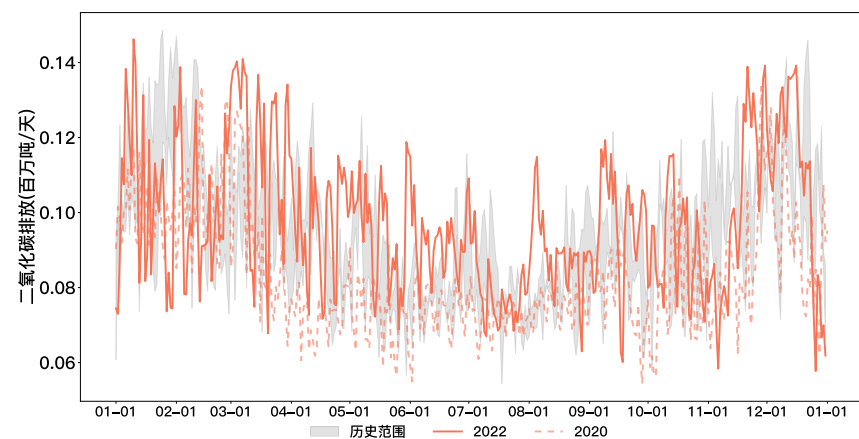


图3-42 2019年1月1日至2022年12月31日丹麦每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2019年–2021年，丹麦碳排放呈现出先下降后上升的趋势。2020年，丹麦各社会经济部门总体碳排放相比上年减少9.5%（3.2百万吨）。其中，国际航空部门与电力部门受到新冠疫情及封锁政策影响最大，碳排放相比上年分别减少2.4百万吨和0.6百万吨。其后依次为工业部门、居民消费部门和国内航空部门，碳排放相比于上年分别减少0.2百万吨、0.06百万吨、0.03百万吨。地面运输部门碳排放相比于2019年反而增加0.1百万吨。

2021年，丹麦各社会经济部门总体碳排放相比上年增加14.0%（4.3百万吨），相比2019年增加3.3%（1.1百万吨）。其中，电力部门对碳排放增长的贡献最大，其碳排放相比于2020年增加了3.2百万吨，相比于2019年增加了2.2百万吨。其次是工业部门，其碳排放相比于2020年增加了0.5百万吨，相比于2019年增加了0.3百万吨。居民消费部门碳排放相比于2020年增加了0.2百万吨，相比于2019年增加了0.1百万吨。国际航空部门和国内航空部门碳排放处于逐步恢复的阶段，其相比于2020年分别增加了0.4百万吨和0.008百万吨，相比于2019年分别减少了2.1百万吨和0.02百万吨。地面运输部门变化趋势与其他部门相反，其碳排放相比于2020年减少了0.05百万吨，相比于2019年增加了0.08百万吨。

2022年，丹麦各社会经济部门总体碳排放相比上年增加2.4%（0.8百万吨），相比2020年增加16.8%（5.1百万吨），相比2019年增加5.8%（1.9百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放的增加贡献最大，相比2021年增加1.35百万吨，相比2020年增加1.7百万吨，相比2019年减少0.7百万吨。其次是工业部门，相比2021年增加1.0百万吨，相比2020年增加1.6百万吨，相比2019年增加1.3百万吨。国内航空部门和地面运输部门碳排放量相比2021年分别增加0.01百万吨和0.04百万吨，相比2020年增加0.02百万吨和减少0.1百万吨，相比2019年减少0.01百万吨和增加0.04百万吨，对碳排放变化贡献不明显。电力部门和居民消费部门碳排放变化和总体变化趋势相反，相比于2021年分别减少1.4百万吨和0.1百万吨，相比2020年增加1.9百万吨和0.1百万吨，相比2019年增加1.3百万吨和0.7万吨。

丹麦各部门二氧化碳排放变化

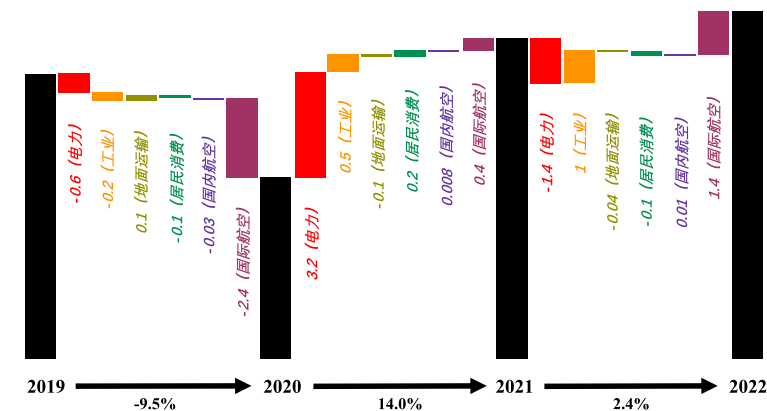


图3-43 2019–2022年丹麦二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

近实时碳排放特征与趋势

2019年，芬兰的碳排放总量为43.6百万吨。2020年，受新冠疫情和封锁政策的影响，其碳排放总量下降至36.7百万吨，相比于2019年下降了15.8%。2020年底，碳排放量有所回升，2021年芬兰碳排放总量为39.6百万吨，相比于2020年增加了8.0%，相比于2019年减少了9.1%。2022年芬兰碳排放总量为38.7百万吨，相比于2021年减少了2.3%，相比于2020年增加了5.5%，相比于2019年减少了11.1%。芬兰在疫情时期采取了整个欧洲大陆最积极的封锁措施。芬兰总理桑娜·马林于2020年3月16日宣布国家进入紧急状态，为防止疫情扩散，关闭边境，政府决定自3月18日起关闭全国的学校，改为远程学习，并在全国家范围内禁止10人以上的集会，这导致了2020年3月碳排放量的大幅下降。2021年3月1日，芬兰宣布进入紧急状态以应对疫情恶化^[43]，这同样导致了2021年3月碳排放量的大幅下降。由于积极的封锁措施，相比于其他欧洲国家，芬兰的碳排放量受新冠疫情影响较大。2022年芬兰的碳排放低于历史范围。

芬兰每日二氧化碳排放量

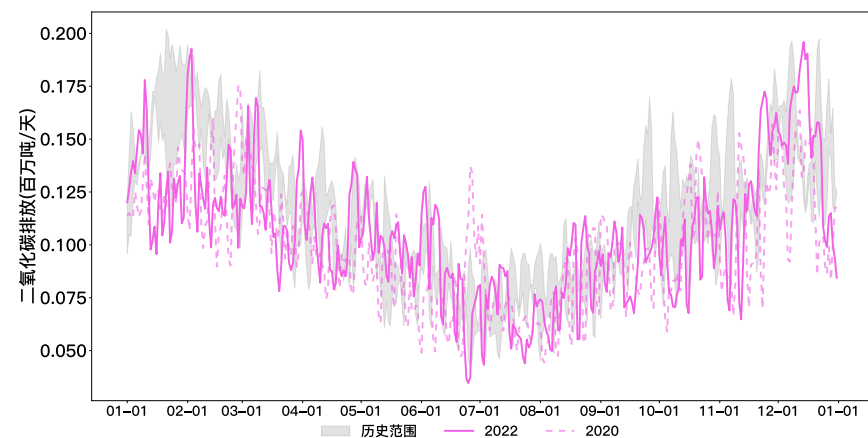


图3-44 2019年1月1日至2022年12月31日芬兰每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，芬兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了15.8%（6.9百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于上年减少了3.9百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是国际航空部门，碳排放相比于上年减少了2.0百万吨。居民消费部门和工业部门碳排放相比于上年分别减少了0.3百万吨。地面运输部门和国内航空部门碳排放相比于上年分别减少了0.2百万吨和0.1百万吨。居民消费部门、工业部门、地面运输部门和国内航空部门相对总体碳减排而言贡献程度较小。

2021年，芬兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了8.0%（2.9百万吨），相比于2019年减少了9.1%（4.0百万吨）。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比于2020年增加了1.8百万吨，相比于2019年减少了2.1百万吨。其次是居民消费部门、工业部门和地面运输部门，其碳排放相比于2020年分别增加了0.5百万吨、0.4百万吨和0.2百万吨，相比于2019年分别增加了0.2百万吨、0.05百万吨和0.05百万吨。国内航空部门碳排放增加不明显，其相比于2020年仅增加了0.002百万吨，相比于2019年减小了0.1百万吨，对总体碳排放增加的贡献较小。国际航空部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年减少了0.003百万吨，相比于2019年减少了2.0百万吨。

2022年，芬兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了2.3%（0.9百万吨），相比于2020年减少了5.5%（2.0百万吨），相比于2019年减少了11.1%（4.9百万吨）。其中，电力部门对总体碳排放减少的贡献最大，相比于2021年减少了1.5百万吨，相比于2020年增加了0.3百万吨，相比于2019年减少了3.6百万吨。其次是地面运输部门和居民消费部门，其碳排放相比于2021年分别减少了0.6百万吨和0.2百万吨，相比于2020年分别减少了0.4百万吨和增加了0.4百万吨，相比于2019年分别减少了0.6百万吨和增加了7万吨。国内航空部门和国际航空部分碳排放其相比于2021年分别增加了0.05百万吨和1.0百万吨，相比于2020年分别增加了0.05百万吨和1.0百万吨，相比于2019年分别减少了0.07百万吨和1.0百万吨。

芬兰各部门二氧化碳排放变化

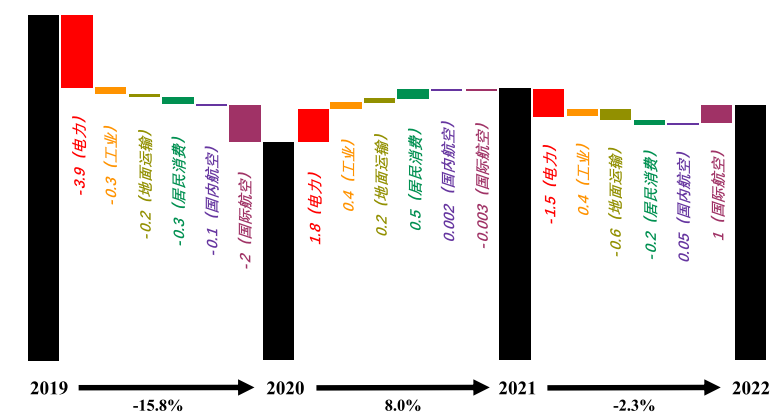


图3-45 2019-2022年芬兰二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

近实时碳排放特征与趋势

2019年，荷兰的碳排放总量为155.3百万吨。受新冠疫情的影响，2020年的碳排放总量下降为139.3百万吨，相比于2019年降低了10.3%。2021年的碳排放总量为151.4百万吨，相比于2020年增加了8.7%，相比于2019年下降了2.5%。2022年的碳排放总量为150.1百万吨，相比于2021年减少了0.8%，相比于2020年增加了7.8%，相比于2019年下降了3.4%。由于对抗疫情采取的封锁措施，2020年1月-7月，碳排放量呈现大幅下降。2020年7月1日，荷兰政府宣布放宽对餐馆和公众集会的封锁措施，只要求人们保持1.5米的距离，因此，2020年7月碳排放量出现上升趋势。2020年9月，荷兰新冠疫情持续加剧，荷兰再次进入为期四周的“局部封城”时期。2020年12月，荷兰政府宣布了一系列比现行“轻封锁”更加严厉的“硬封锁”措施，其中包括关闭全国范围所有中小学校^[44]，这也是导致20年12月碳排放量骤降的主要原因。由于疫情的缓和，2021年荷兰碳排放较2020年有所增长，但仍然低于疫情前的水平。

荷兰每日二氧化碳排放量

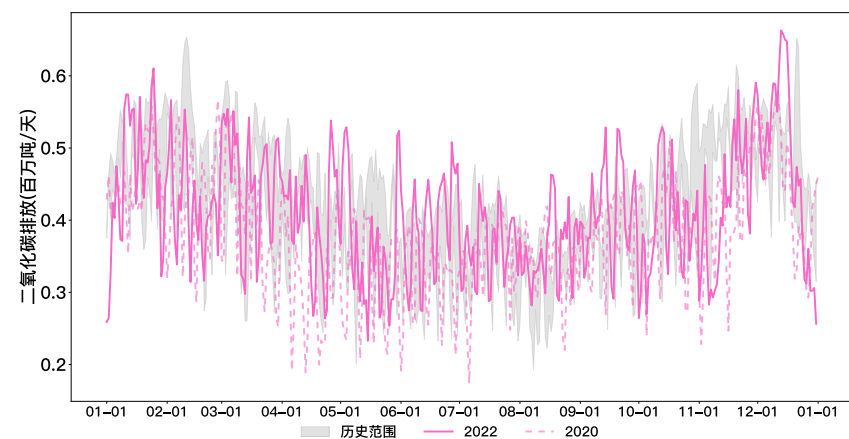


图3-46 2019年1月1日至2022年12月31日荷兰每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，荷兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了10.3%（16.0百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于上年减少了6.9百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是国际航空部门，碳排放相比于上年减少了4.8百万吨。地面运输部门、工业部门和居民消费部门的碳排放相比于上年分别减少了2.1百万吨、1.2百万吨和1.0百万吨。国内航空部门碳排放相比于上年仅减少了0.4万吨，对总体碳减排的贡献不明显。

2021年，荷兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了8.7%（12.1百万吨），相比于2019年减少了2.5%（3.9百万吨）。其中，工业部门碳排放相比于2020年增加了2.9百万吨，相比于2019年增加了1.6百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是居民消费部门和地面运输部门，碳排放相比于2020年分别增加了2.4百万吨和2.3百万吨，相比于2019年分别增加了1.4百万吨和0.2百万吨。国际航空部门碳排放处于逐步恢复的阶段，其相比于2020年增加了1.1百万吨，相比于2019年减少了3.7百万吨。电力部门和国内航空部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年分别增加了3.4百万吨和减少了0.003百万吨，相比于2019年分别减少了3.5百万吨和增加了0.004百万吨。

2022年，荷兰各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了0.8%（1.3百万吨），相比于2020年增加了7.8%（10.8百万吨），相比于2019年减少了3.4%（5.2百万吨）。其中，工业部门碳排放相比于2021年增加了2.1百万吨，相比于2020年增加了5.0百万吨，相比于2019年增加了3.7百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是国际航空部门和地面运输部门，碳排放相比于2021年分别增加了2.2百万吨和1.7百万吨，相比于2020年分别增加了3.3百万吨和3.9百万吨，相比于2019年分别增加了1.5百万吨和减少了1.0百万吨。电力部门和居民消费部门碳排放相比于2021年分别减少了4.8百万吨和2.4百万吨，相比于2020年分别减少了1.4百万吨和增加了0.02百万吨，相比于2019年分别减少了8.3百万吨和1.0百万吨。国内航空部门碳排放相比于2021年减少了0.003百万吨，相比于2020年减少了0.004百万吨，相比于2019年减少了0.1 $\times 10^{-3}$ 万吨。

荷兰各部门二氧化碳排放变化

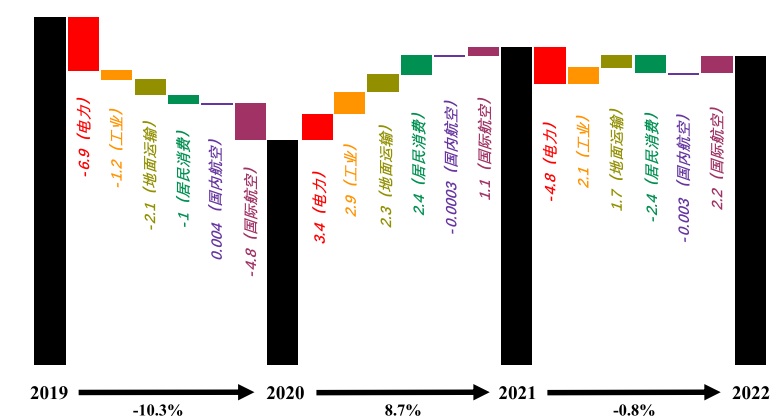


图3-47 2019-2022年荷兰各二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

捷克共和国

Greece

近实时碳排放特征与趋势

2022年捷克共和国总碳排放量为101.0百万吨，相比2021年增加3.3百万吨，增幅为3.4%；相比2020年增加了9.0百万吨，增幅为9.8%。与疫情前相比，捷克共和国2022年总碳排放量略低与2019年水平，降低了0.2百万吨，降幅为0.2%。受新冠疫情影响，2020年3月12日，捷克政府宣布国际进入为期30天的紧急状态，并采取相应管控措施，该状态延续至5月17日^[45]。受此影响，由经济活动导致的二氧化碳排放在此期间下降明显，日碳排放下降高达约40%。同年八月中旬至十月初，受第二波疫情高峰的影响，日碳排放再次显著下降。捷克政府于10月5日再次宣布为期30天的全国紧急状态并采取措施控制人群聚集，但由于此次管控政策多集中于人群聚集，因此此后社会经济活动引起的碳排放没有长时间显著下降。2022年全年碳排放量相比2020年有明显上升，2022年上半年，捷克共和国每日碳排放量与历史方位持平，从下半年起，每日碳排放量位于历史范围高位或略高于历史范围。随着新冠确诊数量的下降、疫苗接种率的上升和政府管制政策的松绑，全国社会经济活动引起的碳排放在此期间较前两年均有增加。

捷克共和国每日二氧化碳排放量

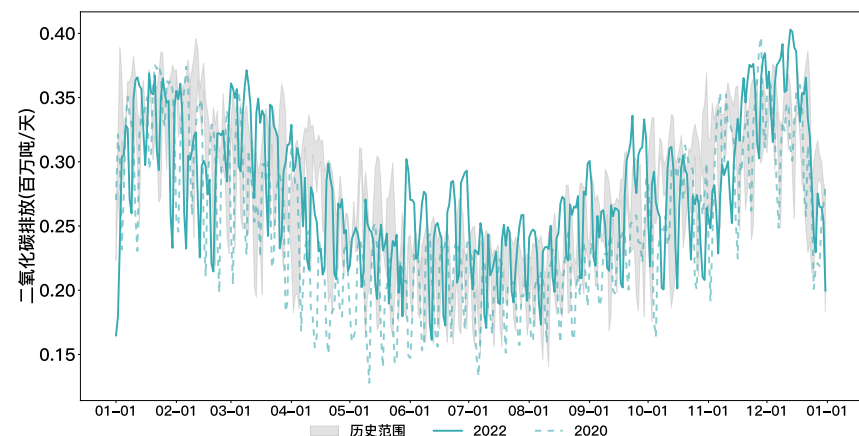


图3-48 2019年1月1日至2022年12月31日捷克每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，捷克共和国各社会经济部门总体碳排放相比2019年增加了9.1%（约9.2百万吨）。其中，电力部门对碳减排的贡献最大，相比2019年减少了6.5百万吨。其次为国际航空部门和工业部门，分别减少1.4百万吨和1.3百万吨。地面运输部门碳排放相比于2019年减少了0.2百万吨。值得注意的是，居民消费部门的碳排放有所增加，相比2019年增加了0.2百万吨。由于国内航空产业规模较小，国内航空部门碳排放总体变化不明显。

2021年后疫情时代，捷克共和国各社会经济部门总体碳排放相比于2020年增加了6.%（5.7百万吨），相比于2019年减少了3.5%（3.5百万吨）。其中电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，其碳排放相比于2020年增加了2.9百万吨，相比于2019年减少了3.6百万吨。其次是居民消费部门，其碳排放相比于2020年增加了1.3百万吨，相比于2019年增加了1.5百万吨。国内航空部门碳排放相比于2020年增加了0.002百万吨，相比于2019年增加了0.006百万吨。工业部门、国际航空部门、地面运输部门碳排放均处于逐步恢复的阶段，其相比于2020年分别增加了1.2百万吨、0.2百万吨和0.07百万吨，相比于2019年分别减少了0.05百万吨、1.2百万吨和0.1百万吨。

2022年，捷克共和国各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了3.4%（3.3百万吨），相比于2020年增加了9.8%（9.0百万吨），相比于2019年减少了0.2%（0.2百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于2021年增加了3.2百万吨，相比于2020年增加了6.1百万吨，相比于2019年减少了0.4百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是国际航空部门、工业部门和地面运输部门，碳排放相比于2021年分别增加了0.5百万吨、0.4百万吨和0.4百万吨，相比于2020年分别增加了0.7百万吨、1.7百万吨和0.5百万吨，相比于2019年分别减少了0.7百万吨、增加了0.4百万吨和增加了0.2百万吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放相比于2021年分别减少了1.2百万吨和0.008百万吨，相比于2020年分别增加了0.05百万吨和减少了0.006百万吨，相比于2019年分别增加了0.3百万吨和减少了0.002百万吨。

捷克共和国各部门二氧化碳排放变化

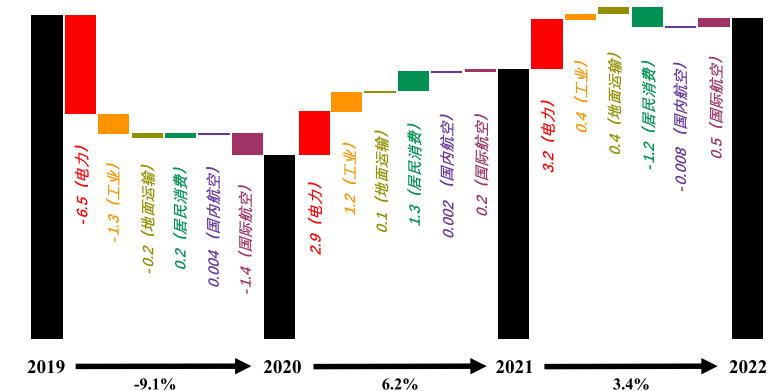


图3-49 2019-2022年捷克二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

克罗地亚

Croatia

近实时碳排放特征与趋势

2019年，克罗地亚的碳排放总量为18.1百万吨。2020年，受新冠疫情的影响，其碳排放总量下降至17.3百万吨，相比于2019年减少了4.2%。2021年，克罗地亚的碳排放总量为18.3百万吨，相比于2020年增加了5.6%，相比于2019年增加了1.2%。2022年，克罗地亚的碳排放总量为18.8百万吨，相比于2021年增加了2.9%，相比于2020年增加了8.7%，相比于2019年增加了4.2%。2020年2月24日，克罗地亚《晚报》报道^[46]，针对新冠肺炎疫情在意大利暴发的情况，克罗地亚政府将采取各项防控措施，做好充分准备。2020年3月19日，克罗地亚宣布关闭边境，关闭所有非必要营业的商店，禁止所有公共集会，并限制社会交往，要求员工尽可能居家办公。2020年3月22日，克罗地亚发生5.5级地震^[47]。防控政策和地震的双重影响导致了2020年3月底碳排放量的大幅下降。2020年6月底，疫情出现反弹，这导致了2020年7月碳排放量的大幅降低。2020年11月26日，克罗地亚政府颁布了新冠疫情最新防控措施，咖啡馆、餐馆停止营业，教堂、学校、商店以及文化和娱乐场所在遵守特殊规定的情况下开放^[48]。这同样导致了2020年12月碳排放量的大幅下降^[47]。由于疫情的好转，克罗地亚开始实施温和型防疫措施，这使得2021年克罗地亚的碳排放总量有所增长，并回到了疫情前水平。

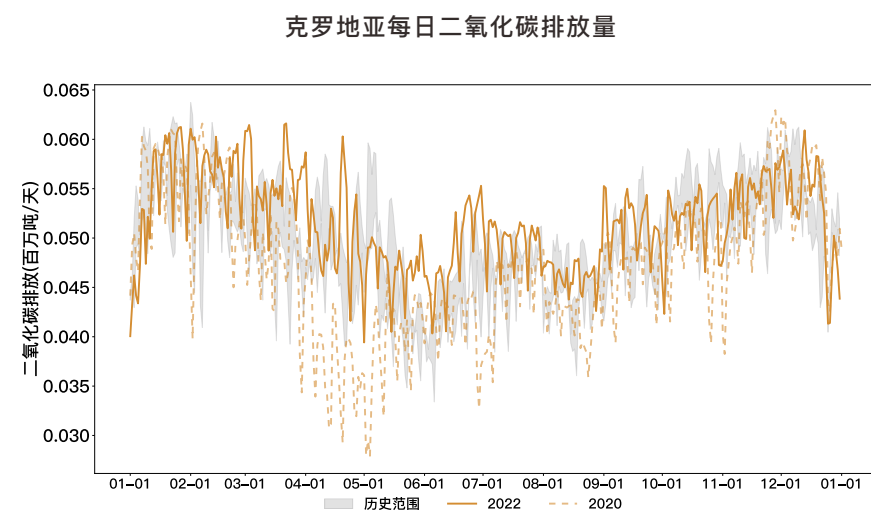


图3-50 2019年1月1日至2022年12月31日克罗地亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，克罗地亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了4.2%（0.8百万吨）。其中，国际航空部门碳排放相比于上年减少了0.7百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是地面运输部门和工业部门，碳排放相比于上年分别减少了0.3百万吨和0.2百万吨。国内航空部门碳排放相比于上年仅减少了0.01百万吨，对总体碳减排的贡献不明显。而电力部门和居民消费部门的碳排放相比上年反而有所增加，分别增加了0.4百万吨和0.04百万吨。

2021年，克罗地亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了5.6%（1.0百万吨），相比于2019年增加了1.2%（0.2百万吨）。其中，地面运输部门碳排放相比于2020年增加了0.4百万吨，相比于2019年增加了0.03百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是工业部门和居民消费部门，碳排放相比于2020年分别增加了0.3百万吨和0.2百万吨，相比于2019年分别增加了0.1百万吨和0.2百万吨。国际航空部门碳排放处于逐步恢复的阶段，其相比于2020年增加了0.3百万吨，相比于2019年下降了0.5百万吨。电力部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年减少了0.2百万吨，相比于2019年增加了0.3百万吨。

2022年，克罗地亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了2.9%（0.5百万吨），相比于2020年增加了8.7%（1.5百万吨），相比于2019年增加了4.2%（0.8百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于2021年增加了0.3百万吨，相比于2020年增加了0.2百万吨，相比于2019年增加了0.6百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是工业部门和国际航空部门，碳排放相比于2021年分别增加了0.1百万吨和0.3百万吨，相比于2020年分别增加了0.4百万吨和0.6百万吨，相比于2019年分别增加了0.2百万吨和减少了0.1百万吨。居民消费部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2021年减少了0.2百万吨，相比于2020年减少了0.002百万吨，相比于2019年增加了0.04万吨。地面运输部门碳排放有所起伏但总体变化趋势不大，其相比于2021年下降了0.002百万吨，相比于2020年增加了0.4百万吨，相比于2019年增加了0.03百万吨。

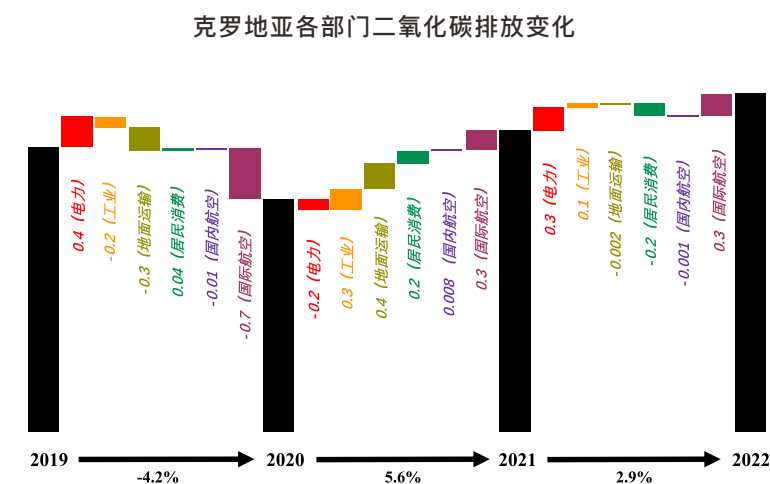


图3-51 2019-2022年克罗地亚二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

拉脱维亚

Latvia

近实时碳排放特征与趋势

2019年，拉脱维亚的碳排放总量为8.5百万吨。受新冠疫情期间封锁政策的影响，2020年的碳排放总量下降至7.5百万吨，相比于2019年降低了11.6%。2021年的碳排放总量为8.1百万吨，相比于2020年增加了7.1%，相比于2019年下降了5.3%。2022年的碳排放总量为7.8百万吨，相比于2021年下降了3.0%，相比于2020年下降了3.8%，相比于2019年下降了8.2%。2020年3月2日，拉脱维亚首现确诊病例。2020年3月12日，拉脱维亚总理卡林斯宣布该国进入紧急状态以应对新冠肺炎疫情^[49]，这导致碳排放量在2020年3月出现了首次大幅下降。2020年7月10日，拉脱维亚政府决定严格新冠疫情管控措施，以应对出现的疫情反弹趋势^[50]。2020年11月9日，拉脱维亚开始实行疫情暴发以来的第二次紧急状态，并决定延长紧急状态至次年1月11日，以防止在即将到来的圣诞节和新年期间新冠疫情恶化，这导致2020年12月碳排放量再次出现大幅下降。2021年4月，拉脱维亚设立首批大型新冠疫苗接种中心^[51]，疫苗接种能力大幅提升，同年6月，拉脱维亚政府开始放宽防疫限制措施，文化娱乐、餐饮美容等行业将有条件对公众开放。这使得拉脱维亚2021年的碳排放总量开始增加。

拉脱维亚每日二氧化碳排放量

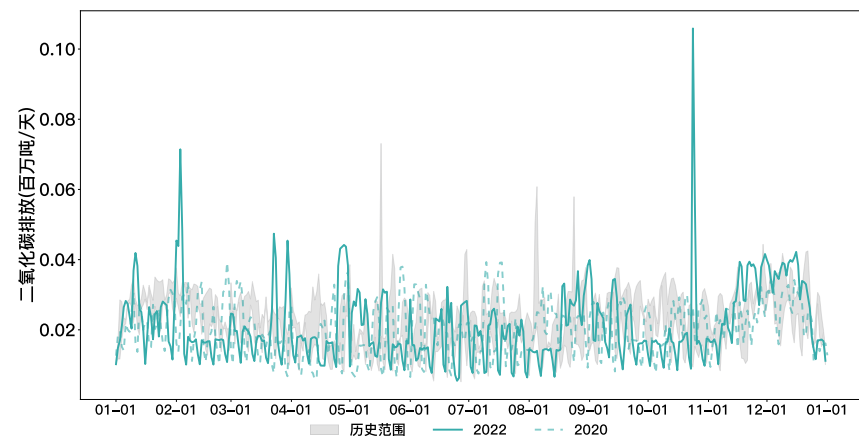


图3-52 2019年1月1日至2022年12月31日拉脱维亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，拉脱维亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了11.6%（1.0百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于上年减少了0.7百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是国际航空部门，碳排放相比于上年减少了0.5百万吨。居民消费部门和工业部门的碳排放相比于上年分别减少了0.05百万吨和0.01百万吨。国内航空部门碳排放相比于上年仅减少了0.0005万吨，对总体碳减排的贡献不明显。地面运输部门碳排放相比于上年反而有所增加，增加了0.3百万吨。

2021年，拉脱维亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年增加了7.1%（0.5百万吨），相比于2019年减少了5.3%（0.5百万吨）。其中，居民消费部门碳排放相比于2020年增加了0.2百万吨，相比于2019年增加了0.1百万吨，对总体碳排放增加的贡献最大。其次是工业部门，碳排放相比于2020年增加了0.1百万吨，相比于2019年增加了0.1百万吨。国际航空部门和电力部门碳排放均处于逐渐恢复的阶段，其相比于2020年分别增加了0.1百万吨和0.09百万吨，相比于2019年分别减少了0.4百万吨和0.6百万吨。地面运输部门碳排放相比于2020年增加了0.06百万吨，相比于2019年增加了0.3百万吨。国内航空部门碳排放相比于2020年仅增加了0.09万吨，相比于2019年增加了0.04万吨，对总体碳排放增加的贡献不明显。

2022年，拉脱维亚各社会经济部门总体碳排放相比于上年减少了3.0%（0.2百万吨），相比于2020年减少了3.8%（0.3百万吨），相比于2019年减少了8.2%（0.7百万吨）。其中，电力部门碳排放相比于2021年减少了0.5百万吨，相比于2020年减少了0.4百万吨，相比于2019年减少了1.1百万吨，对总体碳排放减少的贡献最大。地面运输部门碳排放量处于恢复阶段，碳排放相比于2021年增加了0.1百万吨，相比于2020年增加了0.1百万吨，相比于2019年增加了0.4百万吨。其次是国际航空部门和居民消费部门，其相比于2021年分别增加了0.2百万吨和减少了0.04百万吨，其相比于2020年分别增加了0.3百万吨和0.1百万吨，相比于2019年分别减少了0.2百万吨和增加了0.07百万吨。工业部门碳排放相比于2021年增加了0.1百万吨，相比于2020年增加了0.2百万吨，相比于2019年增加了0.2百万吨，处于平稳上升阶段。

拉脱维亚各部门二氧化碳排放变化

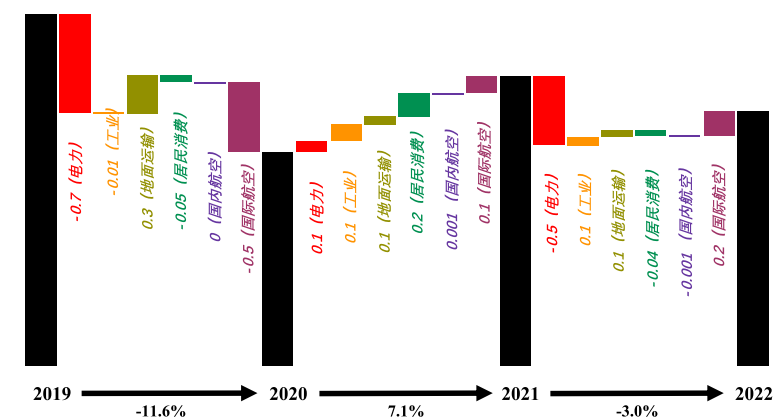


图3-53 2019-2022年拉脱维亚二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

立陶宛

Lithuania

近实时碳排放特征与趋势

2020年,立陶宛总碳排放量为12.8百万吨,相较于2019年增加了0.3百万吨,增幅为2.1%。2021年,总碳排放量为14.1百万吨,相较于2020年增加了1.1百万吨,增幅为8.7%。相较于2019年同期水平增加了1.4百万吨,增幅为11.1%。2022年,总碳排放量为14.5百万吨,相较于2021年增加了0.4百万吨,增幅为2.8%。相较于2020年增加了1.5百万吨,增幅为11.7%。相较于2019年增加了1.8百万吨,增幅为14.1%。在2020年3月,立陶宛政府宣布从3月16日到3月30日施行封禁措施,在封锁期间,立陶宛碳排放出现了2020年最大降幅。然而,虽然在此之后立陶宛疫情逐渐加重并多次延长封禁时间,但是碳排放量并未再次发生明显变化。从2020年3月30日第一次封禁解除之后,立陶宛的碳排放量逐渐回到疫情前水平。总体来看,尽管疫情在2020年3月造成了碳排放量大幅下滑,全年总排放的变化不大。立陶宛2020年碳排放总量相较于2019年非但没有降低,反而上升了2.1%。到达2022年开始,立陶宛的每日碳排放量与新冠疫情前持平(历史范围),而且其中3-6月份超过疫情前水平。

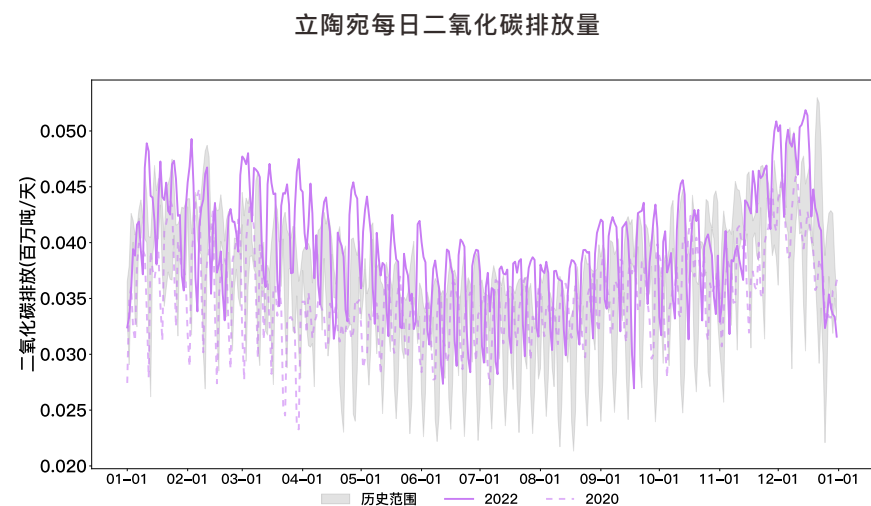


图3-54 2019年1月1日至2022年12月31日立陶宛每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年,相较于其他欧洲国家,疫情对于立陶宛的影响非常小,立陶宛各社会经济部门总体碳排放相比2019年增幅为2.1%(0.3百万吨),其中,地面运输部门碳排放相比2019年增加0.9百万吨,其他剩余部门共增加0.6百万吨。

2021年,立陶宛各社会经济部门总体碳排放相比2020年增幅为8.7%(1.1百万吨)。其中,工业部门增加0.7百万吨,其他剩余部门共增加0.5百万吨。总体碳排放相比2019年增幅为11.1%(1.4百万吨)。其中,地面运输部门贡献最大,碳排放相比2019年增加0.9百万吨,其他剩余部门共增加0.5百万吨。

2022年,立陶宛各社会经济部门总体碳排放相比2021年增幅为2.8%(0.4百万吨)。其中,工业部门增加0.3百万吨,而其他剩余部门的贡献微乎其微,一共增加0.1百万吨。而总体碳排放相比2020年增幅为11.7%(1.5百万吨),相较于2019年增幅为14.1%(1.8百万吨),其中,工业部门贡献基本与其余部门的总和持平。

立陶宛各部门二氧化碳排放变化

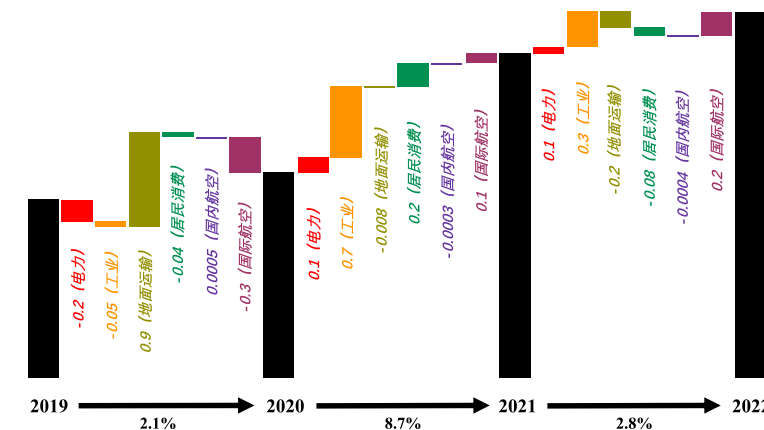


图3-55 2019-2022年立陶宛二氧化碳排放总量(黑色柱子)与各部门排放变化情况(彩色柱子)

卢森堡

Luxembourg

近实时碳排放特征与趋势

2019年，卢森堡碳排放总量为11.2百万吨。2020年，卢森堡碳排放下降至10.4百万吨，相较于疫情前水平下降7.0%。2021年卢森堡总碳排放为11.1百万吨，相比于2020年增加了6.5%，相比于2019年减少了0.9%。2022年，卢森堡碳排放总量为10.9百万吨，相比于2021年下降了1.2%，相比于2020年增加了5.2%，相比于2019年下降了2.1%。卢森堡于2020年2月29日发现首例新冠病例后的三周内采取了严格的措施，宣布于3月13日至31日关闭学校，并限制多人活动。该封锁措施持续一个月，并于4月完全解除限制。在封锁期间，卢森堡碳排放于3月上旬至4月中旬出现了最大降幅。在第一次封锁政策结束后，卢森堡碳排放略有回升。受疫情高峰的再度影响，卢森堡政府于2020年11月实施宵禁及部分封锁，该措施持续到2021年1月10日。在第二次封锁期间，日碳排放量未受到明显影响，保持正常增减规律。卢森堡政府在2021年实施了更有针对性的刺激措施以支持经济发展。因此，在后疫情时代，卢森堡日碳排放均未受到任何影响，并逐步回升至疫情前水平。

卢森堡每日二氧化碳排放量

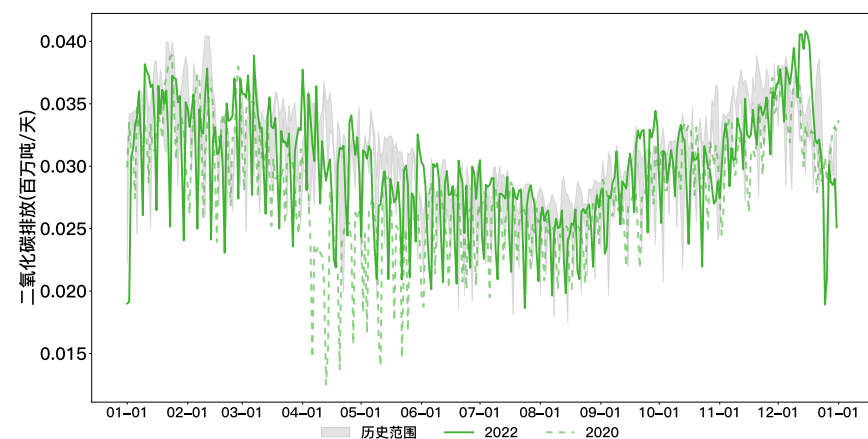


图3-56 2019年1月1日至2022年12月31日卢森堡每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，卢森堡各社会经济部门总体碳排放相比2019年下降了7.0%（0.8百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳减排的贡献最大，其碳排放相比2019年减少0.3百万吨。其次是工业部门和地面运输部门，碳排放相比2019年均减少0.2百万吨。居民消费部门和电力部门碳排放相比上年分别减少0.1百万吨和0.06百万吨。国内航空部门相对总体碳减排而言贡献最小，较2019年仅减少0.11 $\times 10^{-6}$ 百万吨。

2021年，卢森堡各社会经济部门总体碳排放相比上年增加了6.5%（0.7百万吨），相比2019年减少了0.9%（0.1百万吨）。其中，居民消费部门和国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，其碳排放相比2020年均增加了0.2百万吨，相比2019年分别增加0.1百万吨和减少0.05百万吨。工业部门碳排放相比2020年增加0.1百万吨，相比2019年减少0.04百万吨。地面运输部门碳排放相比2020年增加0.06百万吨，相比2019年减少0.1百万吨。电力部门碳排放相比2020年增加0.04百万吨，相比2019年减少0.02百万吨。国内航空部门对总体碳排放增加的贡献最小，相比2020年和2019年均增加0.81 $\times 10^{-4}$ 百万吨。

2022年，卢森堡各社会经济部门总体碳排放相比上年减少了1.2%（0.1百万吨），相比2020年增加了5.2%（0.5百万吨），相比2019年减少了2.1%（0.2百万吨）。其中，居民消费部门对总体碳排放减少的贡献最大，其碳排放相比2021年减少0.2百万吨，相比2020年减少0.005百万吨，相比2019年减少0.1百万吨。其次是地面运输部门。其碳排放相比2021年、2020年和2019年分别减少了0.04百万吨，0.01百万吨和0.2百万吨。工业部门碳排放相比2021年减少0.02百万吨，相比2020年和2019年分别增加0.09百万吨和减少0.06百万吨。国际航空部门作为正增加部门，碳排放相比2021年、2020年和2019年分别增加0.1百万吨、0.4百万吨和0.1百万吨。电力部门碳排放相比2021年和2020年分别增加0.02百万吨和0.06百万吨，相比2019年减少0.001百万吨。国内航空部门对总体碳排放减少的贡献最小，相比2021年增加了0.31 $\times 10^{-4}$ 百万吨，相比2020年和2019年均增加0.41 $\times 10^{-4}$ 百万吨。

卢森堡各部门二氧化碳排放变化

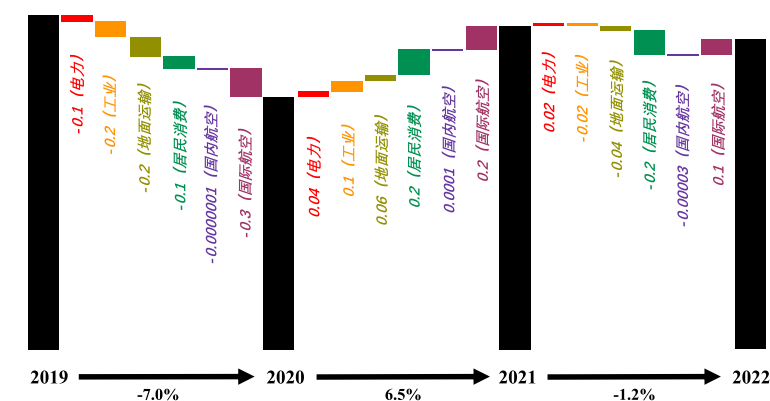


图3-57 2019-2022年卢森堡二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

罗马尼亚

Romania

近实时碳排放特征与趋势

2020年,罗马尼亚总碳排放量为64.7百万吨,相较于2019年同期水平减少了9.1百万吨,降幅为12.4%。2021年,总碳排放量为70.9百万吨,相较于2020年同期水平增加了6.2百万吨,增幅为9.5%。相较于2019年同期水平减少了3.0百万吨,降幅为4.0%。2022年,总碳排放量为70.3百万吨,相较于2021年同期水平减少了0.6百万吨,降幅为0.8%。相较于2020年同期水平增加了5.6百万吨,增幅为8.6%。相较于2019年同期水平减少了3.6百万吨,降幅为4.8%。

2020年2月26日,罗马尼亚发现首例新冠病毒确诊病例。该患者于3周前自意大利返回罗马尼亚。3月8号,罗马尼亚政府发布相关措施,禁止公开集会并关闭学校和边境。3月16日,罗马尼亚政府宣布进入紧急状态,这波疫情管控明显影响了罗马尼亚国家的每日碳排放量,如图可以看出罗马尼亚每日碳排放量从2020年3月初开始出现一波明显的下滑,直到4月中旬才开始逐渐恢复。其后疫情虽有反复,但总体对碳排放量影响不大,并在2020年8月份左右逐渐恢复到疫情前水平。总体来说,罗马尼亚的2020年总碳排放量降幅约10%且主要源于罗马尼亚进行的第一波疫情管控。而2020年8月左右开始乃至2021年全年,罗马尼亚碳排放量逐渐恢复到疫情前水平,主要原因是全国经济受到大幅影响之后,罗马尼亚政府不愿再以任何方式影响经济,以至于在第四波疫情爆发时,国家医疗水平瘫痪的情况下,罗马尼亚政府还是没有采取任何封禁措施^[52]。而如图可以看出,2022年开始,罗马尼亚每日二氧化碳排放量回归到历史水平,逐渐摆脱了疫情的影响。

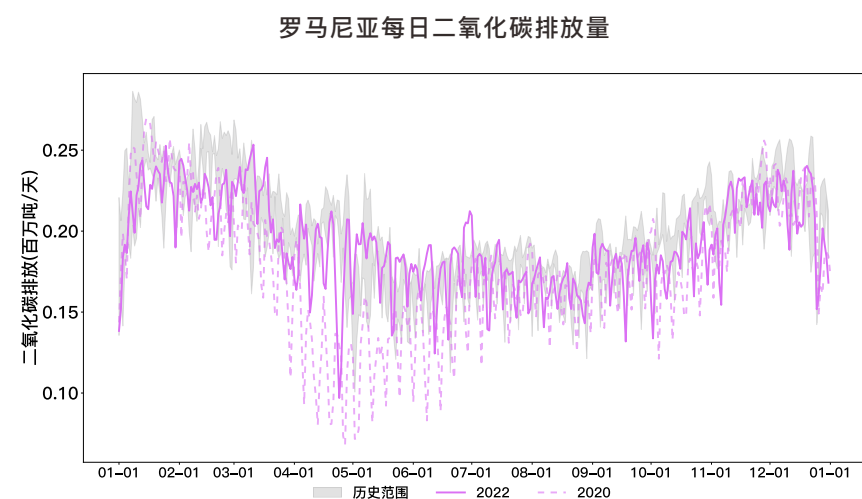


图3-58 2019年1月1日至2022年12月31日罗马尼亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年,罗马尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2019年降幅为12.4% (9.1百万吨)。其中,电力部门贡献和其余部门总和持平,碳排放相比2019年共减少4.6百万吨。

2021年,罗马尼亚逐渐从疫情中恢复过来,各社会经济部门总体碳排放相比2020年增幅为9.5% (6.2百万吨)。其中,电力部门增加2.1百万吨,而其他部门如地面运输,工业及居民消费分别增加了1.3, 1.2及1.1百万吨,国内国际航空则共增加了0.4百万吨。但是总体碳排放相比2019年还是有差距,降幅为4.0% (3.0百万吨)。其中,电力部门减少2.5百万吨,其他剩余部门共减少0.5百万吨。

2022年,罗马尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2021年有小幅差距,降幅仅为0.8% (0.6百万吨)。其中,居民消费部门贡献降幅最大,碳排放相比2021年减少0.7百万吨,其他剩余部门反而一共增加了0.1百万吨。总体碳排放相比2020年增幅为8.6% (5.6百万吨)。其中,电力部门增加1.5百万吨,其他剩余部门共增加4.1百万吨。总体碳排放相比2019年降幅为4.8% (3.6百万吨)。其中,电力部门贡献最大,碳排放相比2019年减少3.1百万吨,其他剩余部门共减少0.5百万吨。总体而言,罗马尼亚2022年逐渐向疫情前水平回复,但距离疫情前水平还是有小幅差距。

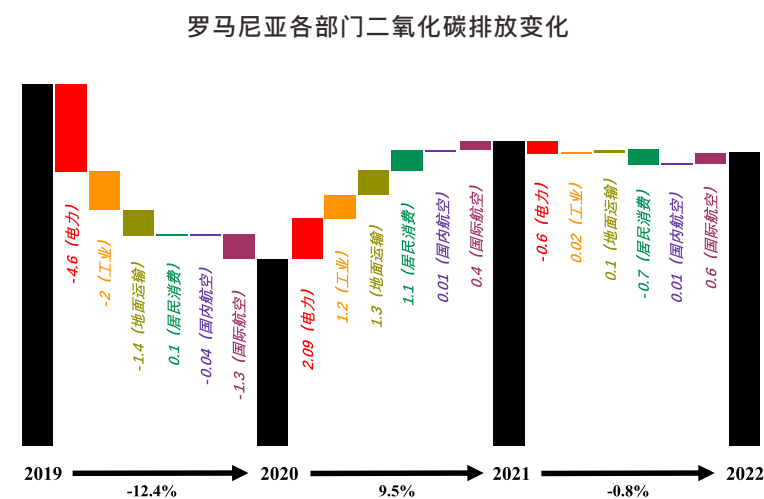


图3-59 2019-2022年罗马尼亚二氧化碳排放总量(黑色柱子)与各部门排放变化情况(彩色柱子)

马耳他

Malta

近实时碳排放特征与趋势

马耳他近年的日碳排放量曲线呈现相对吻合的规律性变化。

2019年，马耳他总碳排放量为1.9百万吨。受新冠疫情的影响，2020年马耳他总碳排放量为1.3百万吨，相较于2019年同期水平减少了32.5%。2021年马耳他总碳排放量为1.5百万吨，相较于2020年同期水平增加了14.6%，相较于2019年同期水平减少了22.6%。2022年，马耳他总碳排放量为1.8百万吨，相较于2021年增加了16.6%，相较于2020年增加了33.6%，相较于2019年减少了9.8%。马耳他于2020年3月7日报告首例新冠病例的早些时候就采取了干预措施，并于2020年3月11日宣布旅行禁令和强制隔离政策，逐步关闭学校和其他非必要零售。马耳他日碳排在2020年3月至2020年5月期间呈现大幅度下降。该防控措施于4月25日进一步放松，日碳排放也从5月开始逐步回升，但2020年整体的日碳排放量远低于历史范围。2021年，马耳他日碳排放较2020年有所增长但仍低于疫情前水平。2022年，马耳他日碳排放已逐步恢复至疫情前的历史范围内。

马耳他每日二氧化碳排放量

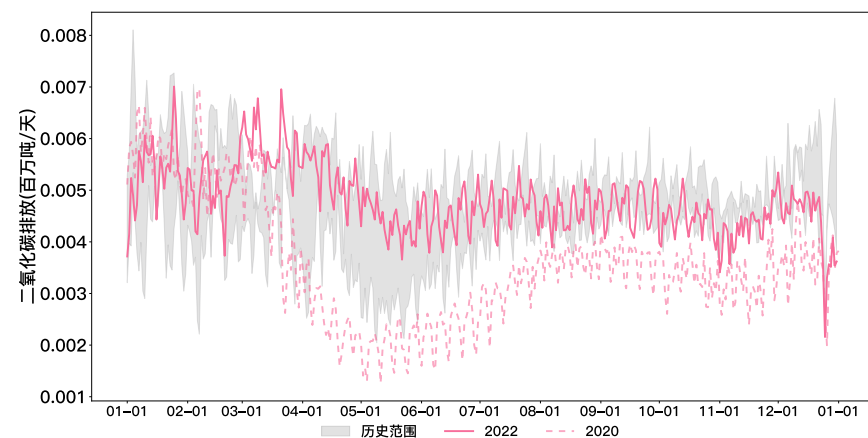


图3-60 2019年1月1日至2022年12月31日马耳他每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，马耳他各社会经济部门总体碳排放相比2019年减少32.5%（0.6百万吨）。其中，国际航空部门碳排放相比上年减少0.5百万吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是电力部门和居民消费部门，碳排放相比2019年分别减少0.07百万吨和0.05百万吨。地面运输部门碳排放相比上年减少0.02百万吨。工业部门碳排放相比上年仅减少0.2×10⁻³百万吨，对总体碳减排贡献程度并不明显。值得注意的是，国内航空部门是唯一的正增长部门，碳排放相比上年同期增加0.4×10⁻⁵百万吨。

2021年，马耳他各社会经济部门总体碳排放相比上年增加14.6%（0.2百万吨），相比2019年减少22.6%（0.4百万吨）。其中，国航航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加0.1百万吨，相比2019年减少0.4百万吨。其次是电力部门，碳排放相比2020年增加0.05百万吨，相比2019年减少0.02百万吨。地面运输部门和居民消费部门相比2020年分别增加0.02百万吨和0.01百万吨，相比2019年分别增加0.002百万吨和减少0.04百万吨。国内航空部门碳排放相比2020年和2019年均仅增加0.7×10⁻⁴百万吨，对总体碳排放增加的贡献并不明显。值得注意的是，工业部门是唯一的负增长部门，碳排放相比2020年和2019年分别减少0.1×10⁻³百万吨和0.3×10⁻³百万吨。

2022年，马耳他各社会经济部门总体碳排放相比2021年增幅为16.6%（0.2百万吨），相比2020年增幅为33.6%（0.4百万吨），相比2019年降幅为9.8%（0.2百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加0.2百万吨，相比2020年增加0.3百万吨，相比2019年减少0.2百万吨。其次是居民消费部门和电力部门，相比2021年分别增加0.02百万吨，相比2020年分别增加0.03百万吨和0.07百万吨，相比2019年分别减少0.02百万吨和0.001百万吨。工业部门碳排放相比2021年、2020年和2019年分别增加了0.1万吨、0.610⁻³百万吨和0.4×10⁻³百万吨，对总体碳排放增加的贡献并不明显。地面运输部门碳排放相比2021减少100吨，相比2020年增加0.02百万吨，相比2019年增加0.002百万吨。国内航空部门呈现负增长，碳排放相比2021年下降0.1×10⁻³百万吨，相比2020年和2019年均下降0.7×10⁻⁴百万吨。

马耳他各部门二氧化碳排放变化

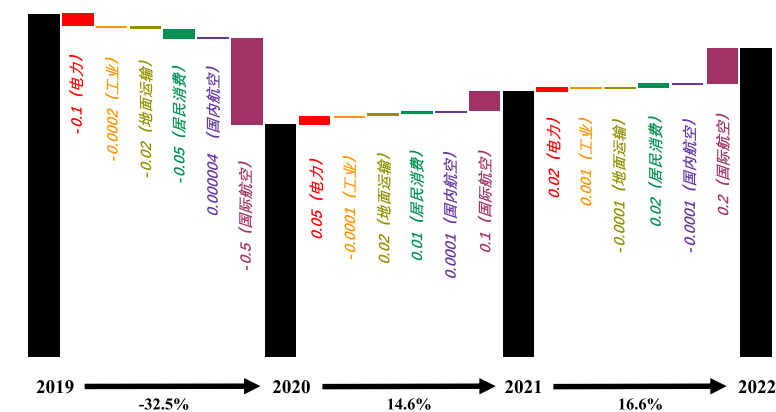


图3-61 2019-2022年马耳他二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

葡萄牙

Portuguese

近实时碳排放特征与趋势

2019年，葡萄牙总碳排放量为51.7百万吨。2020年，葡萄牙总碳排放量为41.8百万吨，相较于2019年同期水平减少了10.0百万吨，降幅为19.3%。2021年，葡萄牙总碳排放量为42.1百万吨，相较于2019年同期水平减少了9.7百万吨，降幅为18.7%；相较于2020年同期水平增加了0.3百万吨，增幅为0.7%。2022年，葡萄牙总碳排放量为46.4百万吨，相较于2019年下降了10.3%，相较于2020年上升了11.2%，相较于2021年上升了10.4%。

2020年3月18日，为应对新冠肺炎疫情，葡萄牙总统宣布全国进入紧急状态，直至5月份才逐步解封，封锁政策对生产活动的影响使得这一阶段的碳排放量出现大幅下降。2020年3月-5月，葡萄牙碳排放量与2019年同期水平产生较大差距，2020年5月3日碳排放量相较于2019年5月3日降幅高达82.4%，但之后呈现逐步恢复的趋势。2021年初，由于新冠疫情的反弹，1月15日，葡萄牙重启防疫封锁措施，碳排放量再一次大幅下降，甚至远低于2020年同期水平。在后疫情时代，葡萄牙碳排放量有所回升，但总体和2020年同期水平相当，略低于2019年同期水平。2022年，葡萄牙日均碳排放逐步向疫情前水平回升，但仍低于2019年同期水平。

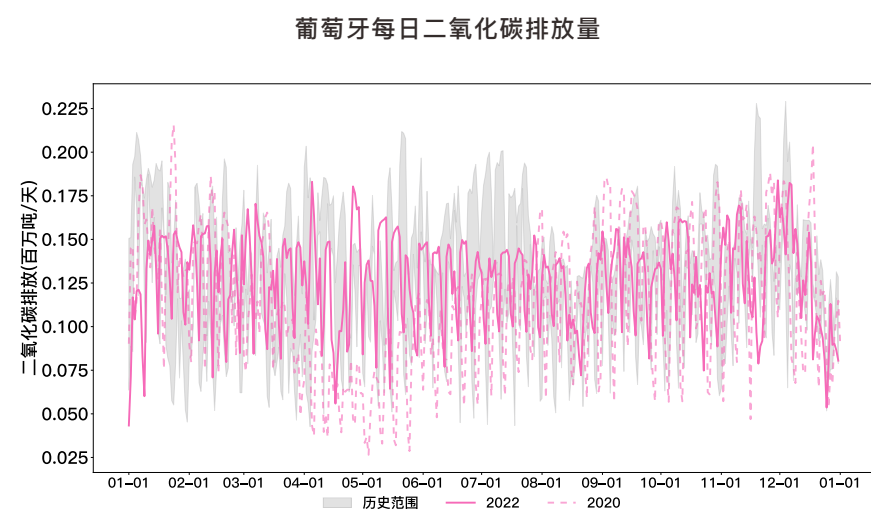


图3-62 2019年1月1日至2022年12月31日葡萄牙每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，葡萄牙各社会经济部门总体碳排放相比上年减少19.3%（10.0百万吨）。其中，国际航空部门碳排放受到新冠疫情及相应的封锁措施的影响最大，相比上年减少了3.9百万吨。其次是电力部门和地面运输部门，其碳排放量相比2019年分别减少了2.4百万吨和2.2百万吨。工业部门相比上年减少1.0百万吨。居民消费部门和国内航空部门相比上年均减少0.2百万吨，相对于总体碳减排贡献程度并不明显。

2021年，葡萄牙各社会经济部门总体碳排放相比上年增加0.7%（0.3百万吨），相比2019年减少18.7%（9.7百万吨）。其中地面运输部门和国际航空部门对总体碳排放增加的贡献最大，碳排放相比2020年分别增加1.0百万吨和0.9百万吨，相比2019年分别减少1.2百万吨和3.0百万吨。其次是工业部门，其碳排放相比2020年增加了0.5百万吨，相比于2019年减少了0.5百万吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放相比于2020年均增加了0.1百万吨，相比于2019年分别减少0.1百万吨和0.09百万吨。值得注意的是，电力部门碳排放仍保持下降趋势，相比于2020年减少了2.3百万吨，相比于2019年减少了4.7百万吨。

2022年，葡萄牙各社会经济部门总体碳排放相比上年增加10.4%（4.4百万吨），相比2020年增加11.2%（4.7百万吨），相比2019年减少10.3%（5.3百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放的增加贡献最大，相比2021年增加2.8百万吨，相比2020年增加3.7百万吨，相比2019年减少0.3百万吨。其次是地面运输部门，其碳排放量相比2021年增加1.3百万吨，相比2020年增加2.3百万吨，相比2019年减少0.1百万吨。国内航空部门和工业部门碳排放相比2021年分别增加0.1百万吨和0.1百万吨，相比2020年增加0.2百万吨和0.6百万吨，相比2019年增加0.04百万吨和减少0.4百万吨。电力部门碳排放量相比2021年增加0.3百万吨，相比2020年减少2.1百万吨，相比2019年减少4.4百万吨。居民消费部门和总体变化趋势相反，相比于2021年减少0.32百万吨，相比2020年减少0.32百万吨，相比2019年减少0.4百万吨。

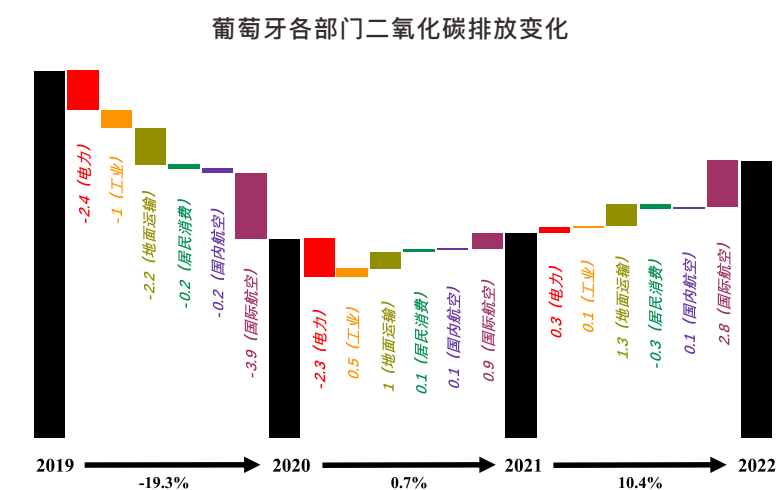


图3-63 2019-2022年葡萄牙二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

近实时碳排放特征与趋势

2019年，瑞典总碳排放量为42.8百万吨。2020年，瑞典总碳排放量为38.9百万吨，相较于2019年同期水平减少了3.9百万吨，降幅为9.2%。2021年，瑞典总碳排放量为40.9百万吨，相较于2019年同期水平减少了1.9百万吨，降幅为4.5%；相较于2020年同期水平增加了2.0百万吨，增幅为5.1%。2022年，瑞典总碳排放量为42.1百万吨，相较于2019年下降了1.7%，相较于2020年上升了8.3%，相较于2021年上升了3.0%。

2020年，在面对新冠疫情时，不同于其他国家，瑞典选择了不隔离、不封城、不检测的策略，没有实施任何封锁措施或是严格的社会隔离政策^[53, 54]，但其碳排放量仍然在3月–5月呈现大幅度下降趋势，且与2019年同期水平产生较大差距，最大降幅约为35.3%。5月以后，随着欧洲大部分国家防疫措施的放宽，瑞典的碳排放量尽管有波动，但总体呈现上升趋势。2020年底，随着新冠疫情的再次反弹，瑞典于12月开始引入较为严格的限制措施，同时也有圣诞节的影响因素，碳排放量再次呈现较大幅度的下降。2021年上半年瑞典碳排放量有较大波动，但总体上维持在同一个水平上，且4月到7月明显高于2020年同期水平。从2021年7月15日起，瑞典按照计划进一步取消多项新冠疫情限制措施^[55]，但7月–8月碳排放量依然有较大幅度下降，但随即回升且高于2020年同期水平，波动趋势和往年同期水平相似。2022年瑞典日均碳排放量相较前两年同期水平继续提升，逐步接近疫情前水平，且波动趋势基本和历史波动相吻合。

瑞典每日二氧化碳排放量

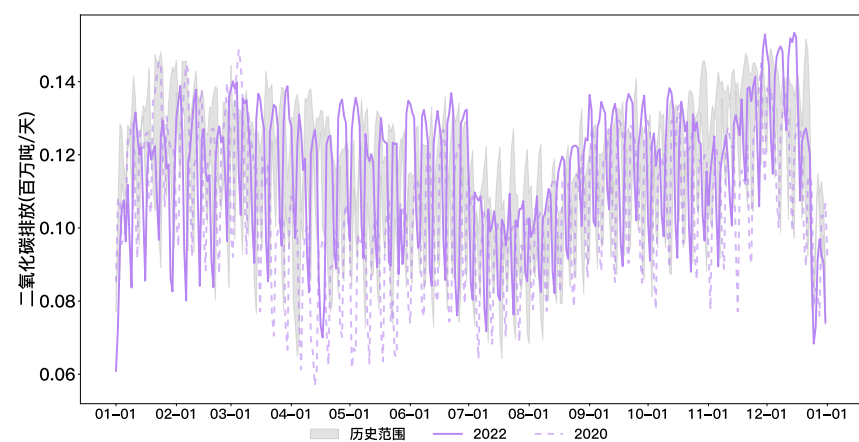


图3-64 2019年1月1日至2022年12月31日瑞典每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，瑞典各社会经济部门总体碳排放相比上年减少9.2%（3.9百万吨）。其中，国际航空部门碳排放相比上年减少2.5百万吨，对总体碳减排贡献最大，主要是受到新冠疫情和相应封锁政影响。其次是电力部门，其碳排放相比于2019年减少了0.9百万吨。工业部门和国内航空部门碳排放相比于去分别减少0.5百万吨和0.3百万吨。居民消费部门碳排放相比上年减少0.1百万吨，对总体碳排放减少贡献较小。值得注意的是，地面运输部门碳排放变化趋势与其他部门相反，相比于上年增加了0.4百万吨。

2021年，瑞典各社会经济部门总体碳排放相比2020年增加了5.1%（2.0百万吨），相比2019年减少4.5%（1.9百万吨）。其中，工业部门对碳排放增加贡献最大，其碳排放相比2020年增加0.9百万吨，相比2019年增加了0.4百万吨，碳排放量逐渐恢复。其次是电力部门，其碳排放相比2020年增加0.6百万吨，相比2019年减少了0.3百万吨。居民消费部门和国际航空部门碳排放相比于2020年均增加0.2百万吨，但居民消费部门相比于2019年增加0.07百万吨，国际航空部门碳排放相比于2019年仍呈下降趋势，减少了2.3百万吨。地面运输部门和国内航空部门相对总体碳排放增加的贡献不明显，相对于2020年分别增加0.07百万吨和0.04百万吨，地面运输部门碳排放相对于2019年仍呈上升趋势，增加了0.5百万吨，而国内航空部门碳排放相对于2019年减少0.3百万吨。

2022年，瑞典各社会经济部门总体碳排放相比上年增加3.0%（1.2百万吨），相比2020年增加8.3%（3.2百万吨），相比2019年减少1.7%（0.7百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放的增加贡献最大，相比2021年增加1.2百万吨，相比2020年增加1.5百万吨，相比2019年减少1.0百万吨。其次是电力部门、工业部门和国内航空部门，其碳排放量相比2021年分别增加0.3百万吨、0.3百万吨和0.1百万吨，相比2020年增加0.9百万吨、1.1百万吨和0.2百万吨，相比2019年减少0.01百万吨、增加0.6百万吨和减少0.2百万吨。地面运输部门和居民消费部门碳排放变化和总体变化趋势相反，分别相比于2021年减少0.7百万吨和0.1百万吨，相比2020年减少0.6百万吨和增加0.1百万吨，相比2019年减少0.2百万吨和0.01百万吨。

瑞典各部门二氧化碳排放变化

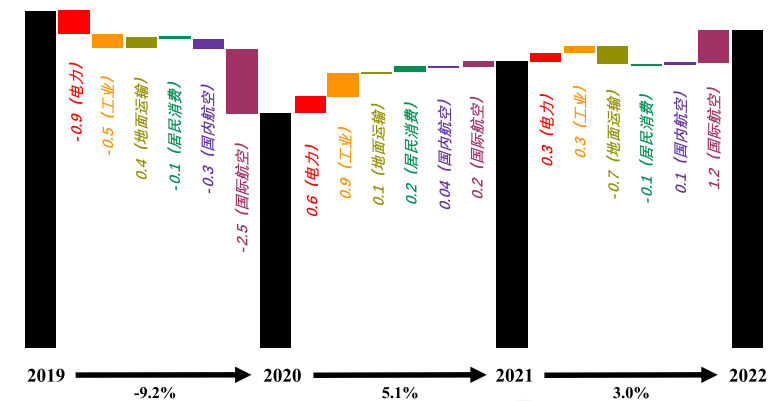


图3-65 2019–2022年瑞典二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

塞浦路斯

Cyprus

近实时碳排放特征与趋势

2022年，塞浦路斯总碳排放量为8.6百万吨，相比2021年相增加了0.5百万吨，增幅为6.8%；相比2020年增加了1.1百万吨，增幅为15.3%。与2019年相比，塞浦路斯2022年总碳排放量比2019年降低了0.5百万吨，降幅为5.0%。

2020年3月中旬起，塞浦路斯开始发表一系列声明和指令应对新冠疫情^[56]，并于同年4月4日起实行禁止飞行的法令。塞浦路斯碳排放自三月中旬起骤降，四月份降低至约疫情前一半的水平。此后，塞浦路斯碳排放依然维持在较低水平。2020年下半年，塞浦路斯逐步放宽限制措施，日均碳排放有所回升但仍远低于2019年同期水平。由于服务业为塞浦路斯的支柱产业，其中旅游业对全国GDP的贡献超过五分之一，塞浦路斯经济受人口流动和限制政策影响较大。2021年，塞浦路斯日碳排放较2020年有所增长但整体仍低于疫情前水平。随着入境政策放宽限制，2021年下半年塞浦路斯碳排放有所反弹，接近2019年水平，年底甚至超过疫情前碳排放水平。2022年3月塞浦路斯每日碳排放量远高于历史范围，6月至9月碳排放虽略高于2020年水平，但低于历史范围。

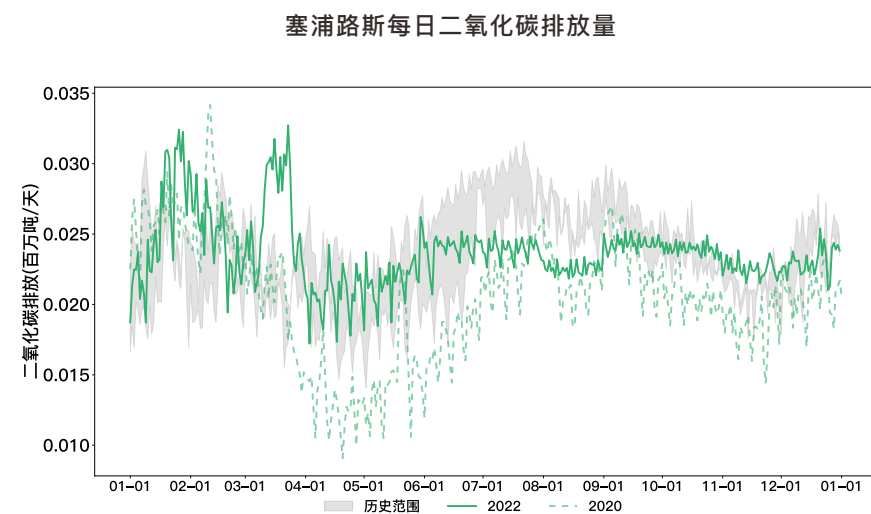


图3-66 2019年1月1日至2022年12月31日塞浦路斯每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，塞浦路斯各社会经济总部门总碳排放相比2019年降低17.6%（1.6百万吨）。其中国际航空部门碳排放降低1.1百万吨，约占总碳排放降低的67.5%。其次为电力部门，其碳排放量降低0.3百万吨。工业部门，地面运输部门，居民消费和国内航空碳排放量依次降低0.1百万吨，0.1百万吨，0.4万吨，和0.07万吨。

2021年，塞浦路斯各社会经济总部门总碳排放相比2020年增加了7.9%（0.6百万吨），相比于2019年减少了11.1%（1.0百万吨）。其中国际航空部门碳排放增长最大，其相比于2020年增加了为0.4百万吨，相比于2019年减少了0.7百万吨。其次工业部门和地面运输部门，其碳排放相比于2020年各增长0.1百万吨，相比于2019年分别增加了0.004百万吨和0.01百万吨。电力部门相比其他国家回升较低，其碳排放相比于2020年仅增加了0.03百万吨，相比于2019年减少了0.2百万吨。居民消费部门碳排放相比于2020年和2019年均有所减少，分别减少了0.04百万吨和0.05百万吨。

2022年，塞浦路斯各社会经济部门总体碳排放相比上年增加6.8%（0.5百万吨），相比2020年增加15.3%（1.1百万吨），相比2019年减少5.0%（0.5百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放的增加贡献最大，相比2021年增加0.5百万吨，相比2020年增加0.8百万吨，相比2019年减少0.2百万吨。其次是居民消费部门和工业部门，其碳排放量相比2021年分别增加0.1百万吨和0.02百万吨，相比2020年增加0.04百万吨和0.1百万吨，相比2019年增加0.04百万吨和0.01百万吨。地面运输部门、电力部门和国内航空部门碳排放变化和总体变化趋势相反，分别相比于2021年减少0.1万吨、0.02百万吨和0.002万吨，相比2020年增加0.1百万吨、0.007百万吨和0.03万吨，相比2019年增加0.01百万吨、减少0.3百万吨和0.04万吨。

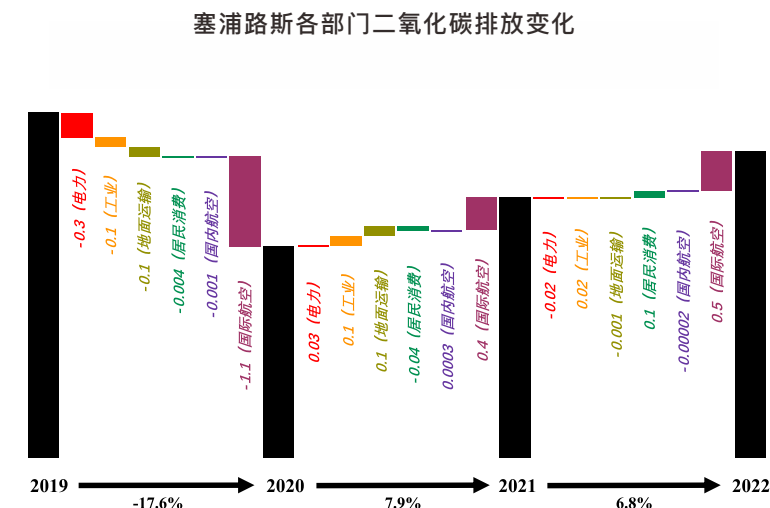


图3-67 2019-2022年塞浦路斯二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

斯洛伐克

Slovak

近实时碳排放特征与趋势

2019年，斯洛伐克总碳排放量为32.0百万吨。2020年，斯洛伐克总碳排放量为29.8百万吨，相较于2019年同期水平减少了2.2百万吨，降幅为7%。2021年，斯洛伐克总碳排放量为31.8百万吨，相较于2019年同期水平减少了0.1百万吨，降幅为0.3%；相较于2020年同期水平增加量2.1百万吨，增幅为7.2%。2022年，斯洛伐克总碳排放量为29.8百万吨，相较于2019年下降了6.9%，相较于2020年增加了0.1%，相较于2021年下降了6.6%。

2020年3月–5月，斯洛伐克碳排放量呈现较大幅度的下降趋势，由于受到新冠肺炎的影响，斯洛伐克于3月16日宣布进入紧急状态^[57]，经济生产活动受到较大的影响，在5月随着抗疫措施的放宽，碳排放量也在逐渐回暖。2020下半年，斯洛伐克碳排放量虽然有一些波动，但总体而言呈上升趋势。因为新冠疫情的反弹，斯洛伐克政府决定从2020年12月19日至2021年1月10日再次实施封锁措施^[58]，这一期间，碳排放量也有所下降。2021年总体而言，斯洛伐克碳排放量高于2020年同期水平，但出现了较为剧烈的起伏。后疫情时代，其碳排放量逐渐恢复至2019年同期水平。2022年斯洛伐克日均碳排在7–8月低于2020年同期水平。斯洛伐克从2019年12月开始实施国家能源和气候计划（NECP），所以2022年碳排放的下降也体现了斯洛伐克气候行动带来的效果。

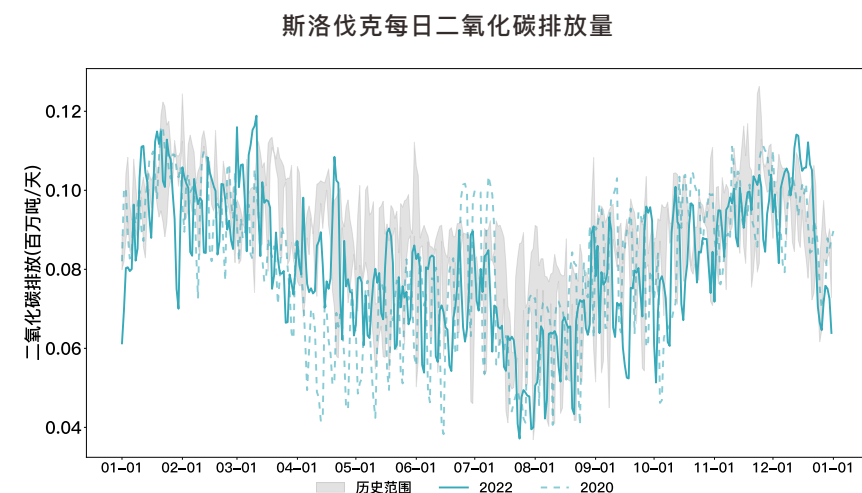


图3-68 2019年1月1日至2022年12月31日斯洛伐克每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，斯洛伐克各社会经济部门总体碳排放相比上年减少7%（2.2百万吨）。其中工业部门碳排放相比上年减少1.6百万吨，对总体碳减排贡献最大。其次是电力部门，其碳排放相比上年减少0.8百万吨。国际航空部门碳排放相比上年减少0.2百万吨。而地面运输部门、居民消费部门和国内航空部门碳排放变化趋势和总体碳排放变化趋势相反，相比2019年分别增加0.2百万吨、0.1百万吨和0.06万吨。

2021年，斯洛伐克各社会经济部门总体碳排放相比2020年增加7.2%（2.1百万吨），相比2019年减少0.4%（0.1百万吨）。其中，仍然是工业部门对总体碳排放增加贡献最大，其碳排放相比2020年增加1.3百万吨，相比于2019年减少了0.3百万吨。其次是电力部门和居民消费部门，其碳排放相比于2020年分别增加0.6百万吨和0.4百万吨，但电力部门相比于2019年减少0.2百万吨碳排放，居民消费部门相比于2019年增加0.5百万吨。国际航空部门碳排放相比于2020年增加0.03百万吨，相比于2019年仍为下降趋势，减少0.2百万吨。国内航空部门相比上年仅增加0.07万吨，相比2019年增加0.001百万吨，相对总体碳减排而言贡献程度不明显。而地面运输部门碳排放和总体碳排放变化趋势相反，相比于2020年减少了0.3百万吨，相比于2019年减少了0.03百万吨。

2022年，斯洛伐克各社会经济部门总体碳排放相比上年减少6.6%（2.1百万吨），相比2020年增加了0.1%（0.04百万吨），相比2019年减少6.9%（2.2百万吨）。其中，电力部门对总体碳排放的减少贡献最大，相比2021年减少1.2百万吨，相比2020年减少0.6百万吨，相比2019年减少1.4百万吨。其次是居民消费部门和地面运输部门，其碳排放量相比2021年均减少0.4百万吨，相比2020年减少0.002百万吨和0.7百万吨，相比2019年增加0.1百万吨和减少0.4百万吨。工业部门和国内航空部门碳排放相比2021年分别减少0.1百万吨和0.001百万吨，相比2020年增加1.1百万吨和减少0.09万吨，相比2019年减少0.4百万吨和0.03万吨。国际航空部门碳排放变化和总体变化趋势相反，相比于2021年增加0.1百万吨，相比2020年增加0.1百万吨，相比2019年减少0.07百万吨。

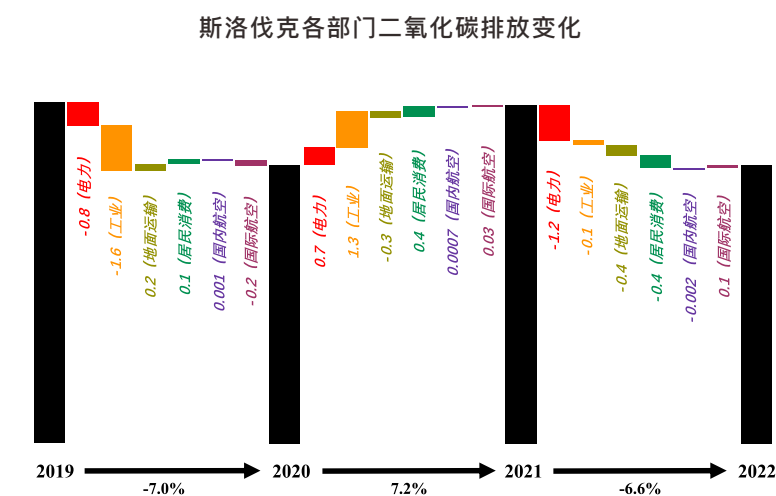


图3-69 2019–2022年斯洛伐克二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

斯洛文尼亚

Slovenia

近实时碳排放特征与趋势

2020年,斯洛文尼亚总碳排放量为13.2百万吨,相较于2019年同期水平减少了0.6百万吨,降幅为4.3%。2021年,总碳排放量为13.4百万吨,相较于2020年同期水平增加了0.3百万吨,增幅为2.2%。相较于2019年同期水平减少了0.3百万吨,降幅为2.2%。2022年,总碳排放量为12.4百万吨,相较于2021年同期水平减少了1.0百万吨,降幅为7.7%。相较于2020年同期水平减少了0.7百万吨,降幅为5.7%。相较于2019年同期水平减少了1.3百万吨,降幅为9.7%。

2020年3月4日,斯洛文尼亚出现首例新冠肺炎病例。并在此之后,斯洛文尼亚政府宣布进行疫情管控。疫情管控措施对碳排放量造成了影响,如图可以看出在2020年3月到4月下旬期间,斯洛文尼亚的总碳排放量出现大幅降低,一直持续到5月初碳排放量才开始逐渐回升,并在2020年5月中旬恢复到疫情前水平。在2020年5月15日,斯洛文尼亚宣布成为第一个结束其境内疫情的国家。但是好景不长,政府忽视了专家发出的第二波疫情警告,在2020年7月开始,病例再度大幅增加,虽然此次政府并没有封禁措施,但全国碳排放量还是受到了影响。在2020年8月中旬开始,斯洛文尼亚碳排放量再次大幅下滑,并在9月中旬之后再次恢复到疫情前水平。2021年4月1日,斯洛文尼亚政府宣布再次封禁,为期30天,但是随着疫情加重,斯洛文尼亚在2021年5月17日宣布延期解封1个月。这次封禁措施使得斯洛文尼亚的总碳排放量再次大幅下降,其后,随着疫情的反复,得斯洛文尼亚国家的总碳排放量也随之波动,直到2021年11月初才逐渐恢复到疫情前水平^[59]。

总体而言,疫情对于斯洛文尼亚国家的碳排放量影响很大,这体现在了两次碳排放量大幅下降,2020年相较于2019年降幅位4.1%,2021年相较于2019年降幅为1.7%。而如图可见,截止到2022年8月31日,斯洛文尼亚逐渐摆脱疫情影响,每日碳排放量趋于疫情前的水平。

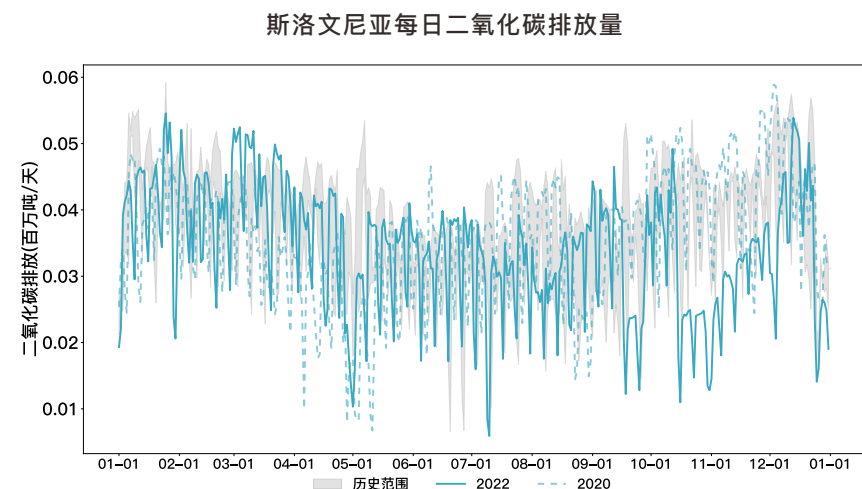


图3-70 2019年1月1日至2022年12月31日斯洛文尼亚每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年,斯洛文尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2019年降幅为4.3% (0.6百万吨)。其中,地面运输部门贡献相当于其余部门总和,都减少了0.3百万吨。

2021年,斯洛文尼亚各社会经济部门总体碳排放相比2020年增幅不大,为2.2% (0.3百万吨)。其中,电力部门减少0.4百万吨,而其他部门反而增加了0.7百万吨。总体碳排放相比2019年降幅为2.2% (0.3百万吨)。其中,电力部门贡献最大,碳排放相比2019年减少0.5百万吨,其他部门共减少0.08百万吨。

在2021年的短暂反弹之后,2022年疫情对于斯洛文尼亚的影响仍然非常明显。各社会经济部门总体碳排放并未恢复到疫情前水平。2022年总排放相比2021年降幅为2.9% (0.4百万吨),相比2020年降幅为0.7% (0.1百万吨),而相比2019年则有很大差距,降幅为5.0% (0.7百万吨)。

2022年,斯洛文尼亚各社会经济部门总体碳排放相比上年减少7.7% (1.0百万吨),相比2020年减少5.7% (0.7百万吨),相比2019年减少9.7% (1.3百万吨)。其中,电力部门对总体碳排放的减少贡献最大,相比2021年减少0.7百万吨,相比2020年减少1.2百万吨,相比2019年减少1.6百万吨。其次是地面运输部门,相比2021年减少0.3百万吨,相比2020年增加0.02百万吨,相比2019年减少0.3百万吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放量相比2021年分别减少0.2百万吨和0.04万吨,相比2020年减少0.03百万吨和0.04万吨,相比2019年增加0.009百万吨和减少0.02万吨。工业部门和国际航空部门碳排放变化和总体变化趋势相反,分别相比于2021年增加0.1百万吨和01百万吨,相比2020年增加0.4百万吨和0.1百万吨,相比2019年增加0.2百万吨和减少0.06百万吨。

斯洛文尼亚各部门二氧化碳排放变化

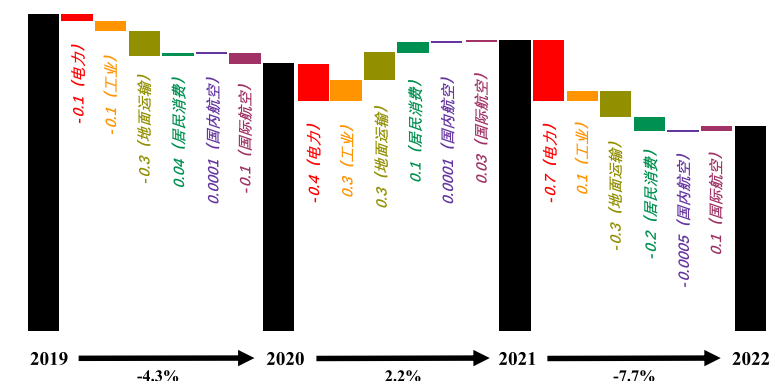


图3-71 2019-2022年斯洛文尼亚二氧化碳排放总量(黑色柱子)与各部门排放变化情况(彩色柱子)

近实时碳排放特征与趋势

2022年，希腊总碳排放量为64.8百万吨，相比于2021年增加了1.4百万吨，增幅为2.2%；相比2020年增加了7.5百万吨，增幅为13.2%。与疫情前相比，希腊2022年总碳排放比2019年减少了2.9百万吨，降幅为4.3%。

2021年，希腊总碳排放量为65.6百万吨，相比于2020年同期水平增加了6.7百万吨，增幅为11.4%，但较2019年水平略有降低，降幅为3.1%。由于希腊约20%的GDP来自旅游业，约五分之一的劳动人服务于旅游业，希腊在2020年2月初便受到各国出入境政策影响出现经济活动水平。加之希腊政府实施控制政策较早，经济活动降低引起的碳排放减少在2月初期便以显现。受疫情的持续影响，希腊2020年碳排放相比2019年均有所降低。

2021年3月起，随着各国出入境政策的松绑，希腊经济水平相比2020疫情期间有所恢复，比如，2021年第二季度GDP相比2020年同期增长了约15%，2021年第三季度和第四季度GDP约和2019年同期持平。同年4月，希腊政府逐步取消入境人员限制并开放旅游业，经济活动有所增长，碳排放逐步增加，2021年下半年碳排放水平略高于2019年同期水平。2022年，希腊每日碳排放量与历史范围持平，但3月，7月和8月碳排放量均略高于历史范围。

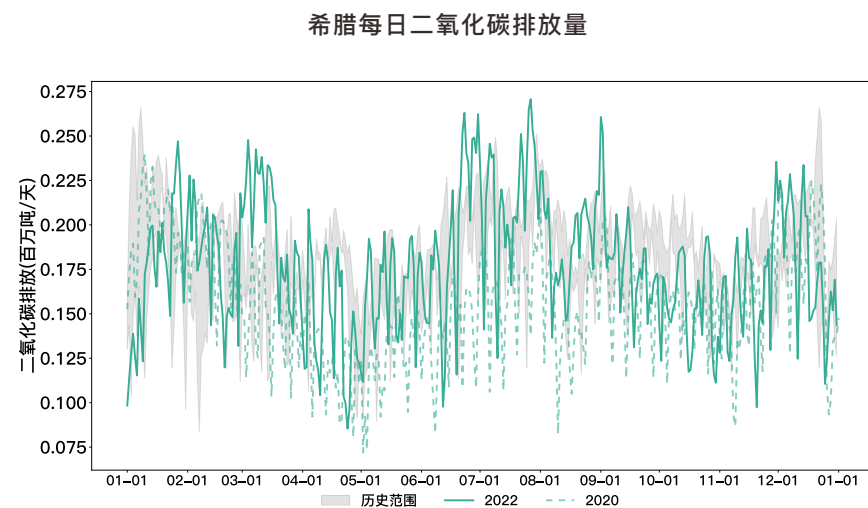


图3-72 2019年1月1日至2022年8月31日希腊每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2020年，希腊各社会经济总部门总体碳排放相比2019年下降了15.5%（10.5百万吨）。其中国际航空部门受新冠疫情冲击较大，碳排放减少3.8百万吨，占总下降的42.7%。其次是电力部门和地面运输部门，碳排放分别减少2.7百万吨和2.1百万吨。工业部门和国内航空部门相比2019年分别减少0.2百万吨和0.1百万吨。居民消费部门相比2019年增加约0.09百万吨。

2021年后新冠疫情时期碳排放较2020年同期增加10.7%（6.1百万吨），相比于2019年同期减少了6.4%（4.3百万吨）。增长主要来源于电力部门和国际航空部门，其碳排放相比于2020年分别增加了2.2百万吨和2.0百万吨，相比于2019年分别减少了0.5百万吨和1.8百万吨。其次来源于工业部门和地面运输部门，其碳排放相比于2020年分别增加了1.3百万吨和1.0百万吨，相比于2019年分别增加了1.1百万吨和减少了1.1百万吨。居民消费部门的碳排放持续小幅增长，相比于2020年增加了0.08百万吨，相比于2019年增加了0.2百万吨。

2022年，希腊各社会经济部门总体碳排放相比上年增加2.3%（1.4百万吨），相比2020年增加13.2%（7.6百万吨），相比2019年减少4.3%（2.9百万吨）。其中，国际航空部门对总体碳排放的增加贡献最大，相比2021年增加2.1百万吨，相比2020年增加4.1百万吨，相比2019年增加0.3百万吨。其次是工业部门和地面运输部门，其碳排放量相比2021年分别增加0.7百万吨和0.3百万吨，相比2020年增加1.9百万吨和1.4百万吨，相比2019年增加1.8百万吨和减少0.7百万吨。居民消费部门和国内航空部门碳排放量相比2021年分别增加0.1百万吨和0.05百万吨，相比2020年增加0.2百万吨和0.1百万吨，相比2019年增加0.2百万吨和减少0.006百万吨。电力部门碳排放变化和总体变化趋势相反，相比于2021年减少1.8百万吨，相比2020年减少0.2百万吨，相比2019年减少4.5百万吨。

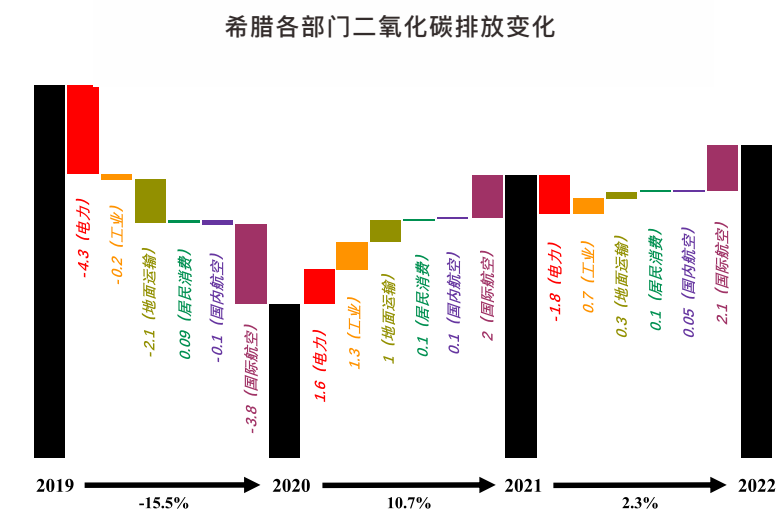


图3-73 2019-2022年希腊二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

匈牙利

Hungary

近实时碳排放特征与趋势

2022年，匈牙利的碳排放总量为46.1百万吨，相比2021年减少了0.67百万吨，降幅为1.4%；相比2020年增加了0.45百万吨，增幅为1.0%。与疫情前相比，匈牙利2022年碳排放总量比2019年减少1.1百万吨，降幅为2.3%。2020年3月4日，匈牙利首次报告新冠肺炎确诊病例，11日宣布全国进入紧急状态。2020年3月-5月碳排放下降最快，相较于2019年同期下降35.2%。疫情下生产受限，导致2020年碳排放明显下降。2021年，匈牙利的碳排放总量为46.7百万吨，回升接近至疫情前水平，其相比于2020年增加了2.4%，相比于2019年减少了0.1%。2021年，由于新冠疫情形势依然未见好转，匈牙利政府决定延长现有的防疫措施至4月8日，自4月起碳排放开始回升，基本恢复至2019年同期排放水平。

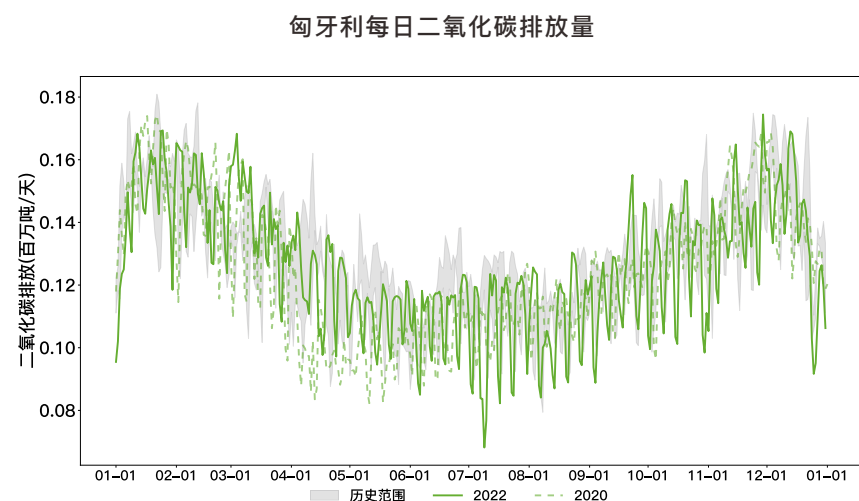


图3-74 2019年1月1日至2022年12月31日匈牙利每日二氧化碳排放量

分部门碳排放贡献

2019年-2021年，匈牙利碳排放呈现出先下降后上升的趋势。2020年，匈牙利各社会经济部门总体碳排放相比2019年同期水平减少3.3%（1.5百万吨）。其中，国际航空部门受到新冠疫情及封锁政策影响最大，碳排放相比上年减少1.0百万吨。其后依次为工业部门、地面运输部门和电力部门，其碳排放相比上年分别减少了0.5百万吨、0.2百万吨和0.1百万吨。国内航空部门贡献程度相对较小，其碳排放相比于2019年仅减少了0.02万吨。居民消费部门碳排放相比于2019年反而有所增加，其增加了0.28百万吨。

2021年，匈牙利各社会经济部门总体碳排放相比上年增加2.4%（1.1百万吨），相比2019年减少了0.9%（0.4百万吨）。其中，工业部门和居民消费部门对总体碳排放增加的贡献最大，其碳排放相比2020年分别增加0.8百万吨和0.6百万吨，相比于2019年分别增加了0.3百万吨和0.8百万吨。国内航空部门碳排放相比于2020年增加了0.09万吨，相比于2019年增加了0.001百万吨。地面运输部门和国际航空碳排放均处于逐步恢复的阶段，其相比于2020年分别增加了0.1百万吨和0.09百万吨，相比于2019年分别减少了0.1百万吨和0.9百万吨。电力部门碳排放变化趋势与其他部门相反，其相比于2020年减少了0.1百万吨，相比于2019年增加了0.03百万吨。

2022年，匈牙利各社会经济部门总体碳排放相比上年减少1.4%（0.7百万吨），相比2020年增加1.0%（0.4百万吨），相比2019年减少2.3%（1.1百万吨）。其中，电力部门对总体碳排放的减少贡献最大，相比2021年减少0.8百万吨，相比2020年减少1.2百万吨，相比2019年减少1.3百万吨。其次是居民消费部门和地面运输部门，其碳排放量相比2021年分别减少0.6百万吨和0.4百万吨，相比2020年减少0.03百万吨和0.3百万吨，相比2019年增加0.2百万吨和减少0.5百万吨。国内航空部门碳排放量相比2021年减少0.09万吨，相比2020年增加0.002万吨，相比2019年增加0.02万吨。国际航空和工业部门碳排放变化和总体变化趋势相反，分别相比于2021年增加0.6百万吨和0.5百万吨，相比2020年增加0.7百万吨和1.3百万吨，相比2019年减少0.3百万吨和增加0.8百万吨。

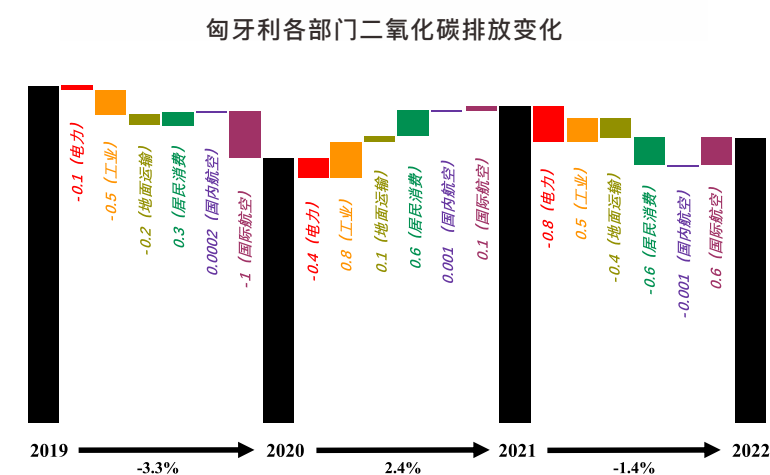


图3-75 2019-2022年匈牙利二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）



国家概况

日本领土面积约为3779301平方公里，国内生产总值位列世界第三。据世界银行数据可知，在过去的十年中，日本人口呈现负增长，人口总数保持平稳下降趋势，年均增长率为-0.17%。截止2020年，日本人口数达到1.3亿^[60]。自上世纪90年代泡沫经济以来，日本经济发展持续低迷，GDP年均增长率为-2.5%。2020年，日本国内生产总值为5.0万亿美元，同比下降3.4%^[61]。

日本的产业结构以第三产业为主，2020年，日本第三产业占GDP总额的87.2%，第一、二产业占比仅为12.8%。在国际贸易方面，2020年，日本出口贸易集中在运输设备、办公及通信设备和钢铁，出口目的地主要为中国、美国与韩国。进口贸易集中在燃料、办公及通信设备和食品，进口来源地主要为中国、美国与澳大利亚（OEC,2020）^[62]。

1997年12月《联合国气候变化框架公约》第三次缔约方大会在日本京都召开，会议通过了《京都议定书》^[63]。《京都议定书》是人类历史上首次以法规的形式限制温室气体排放，是设定了强制减排目标的第一份国际协议。在2007年6月德国召开的八国集团峰会上日本首相提出了在2050年实现全球温室气体排放量减半的目标^[64]。

一次能源消费结构

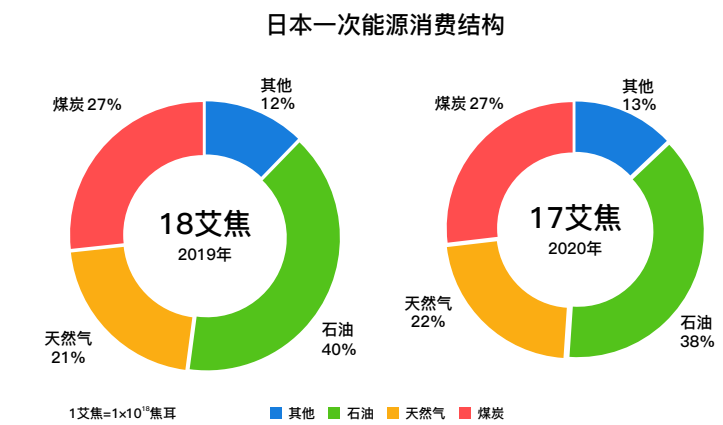


图3-76 日本一次能源消费结构

日本能源消费结构以化石能源（尤其是石油）为主。2020年日本能源消费总量相较2019年下降7.6%，主要原因在于化石能源消费量呈现不同幅度的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》[7]可知，2020年，日本化石能源占能源消费总量比重超过80%。其中，石油占比38%，相比上年下降2%。其次，煤炭占能源消费总量的27%，与上年保持持平。天然气贡献22%，相比上年增加1%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为13%，相比上年增加1%。

近实时碳排放特征与趋势

新冠疫情期间，日本碳排放从2019年的11.1亿吨下降为2020年的10.5亿吨，降幅为5.4%。2021年日本总碳排放量为10.5亿吨，相较于2019年同期水平减少0.6亿吨，降幅为5.6%。碳排放的下降趋势与新冠疫情及封锁政策密切联系。2020年4月8日,日本政府第一次宣布进入紧急状态。2020年4月16日，日本政府在全国范围内开始施行封锁政策。由于疫情形势不容乐观，原定于5月初解除的封锁政策在个别地区延续至5月底。其后，出于疫情的反复，日本政府分别在2021年1月、4月及7月实行长达两个月的“居家令”。相较于其他国家，日本的封锁政策并不严格，从而为疫情的反扑创造了条件。因此，日本成为后疫情时代仍遭受新冠疫情影响较大的国家之一。2022年，日本碳排放总量相比于2021年增加0.3亿吨，相比于2020年增加0.3亿吨，相比于2019年降低0.4亿吨。具体地，日本2022年日二氧化碳排放量均在历史范围内波动。

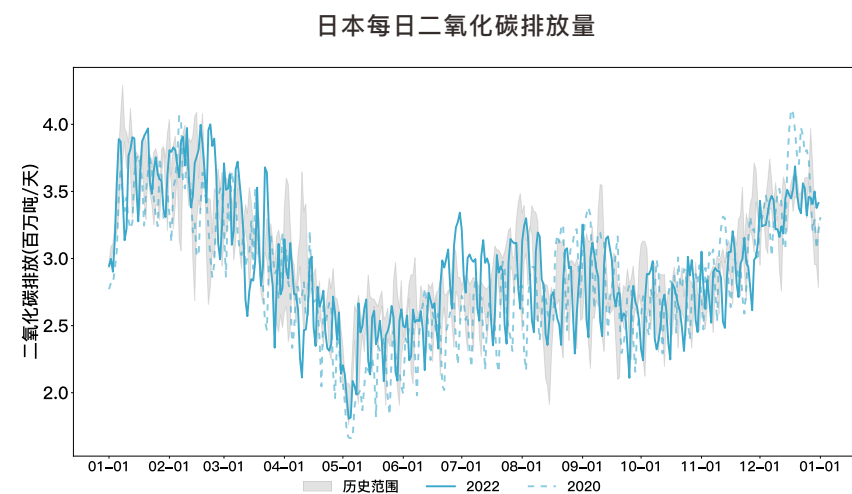


图3-77 2019年1月1日至2022年12月31日日本二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，日本各社会经济部门总体碳排放相比上年减少5.4%（0.6亿吨）。其中，工业部门碳排放相比上年减少0.3亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是地面运输部门、国际航空部门及电力部门，碳排放相比上年分别减少0.1亿吨、0.1亿吨和0.08亿吨。国内航空部门碳排放相比上年减少0.03亿吨，对总体碳减排的贡献程度并不明显。值得注意的是，居民消费部门是唯一的正增长部门，碳排放相比上年增加0.001亿吨。

2021年，日本各社会经济部门总体碳排放相比上年减少0.2%（0.02亿吨），相比2019年减少5.6%（0.6亿吨）。其中，电力部门对总体碳减排的贡献程度最大，相比2020年减少0.2亿吨，相比2019年降低0.3亿吨。其次是居民消费部门，碳排放相比2020年减少0.01亿吨。国际航空部门碳排放相比2020年减少0.004亿吨，相比2019年降低0.1亿吨。不同于总体碳减排趋势，工业部门、地面运输部门和国内航空部门碳排放实现了正增长，相比2020年分别增加0.1亿吨、0.05亿吨和0.001亿吨，相比2019年分别降低了0.1亿吨、0.06亿吨和0.03亿吨。

2022年，日本各社会经济部门总体碳排放相比上年增加了2.6%，相比2020年增加2.4%。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加了0.1亿吨，相比2020年减少0.06亿吨。其次是地面运输部门，相比2021年增加0.07亿吨，相比2020年增加0.1亿吨。居民消费部门相比于2021年增加了0.04亿吨，相比于2020年增加了0.03亿吨。国内航空部门相比于2021年和2020年均增加0.03亿吨。国际航空相比于2021年和2020年均增加0.01亿吨。工业部门对总体碳排放量贡献最少，相比于2021年增加0.002亿吨，相比于2020年增加0.1亿吨。

日本各部门二氧化碳排放变化

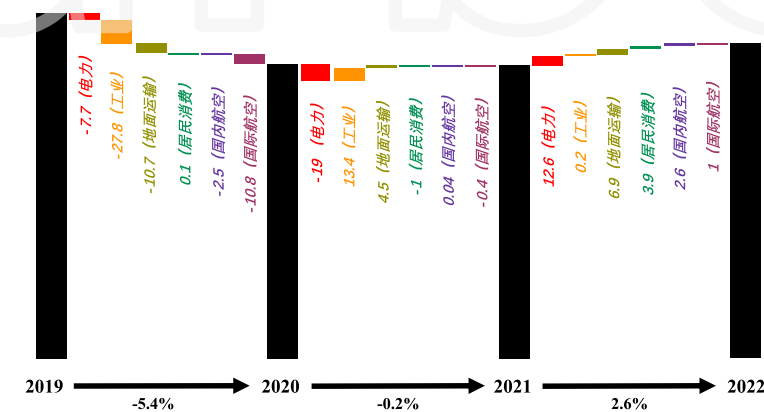


图3-78 2019-2022年日本二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

日本的日均碳排放空间分布较为平均，除北部北海道稍低外，其余地区呈现沿海稍高，内陆稍低的分布特征，整体分布与人口密度分布及主要工业活动分布类似。日本的主要工业活动区分布在太平洋沿岸和濑户内海的狭长地带，此外，北部北海道西南区域也分布有中小工业区。这些地区同时属于人口聚集区，呈现出比其他区域稍高的日均碳排放。日本日均碳排放最低的区域在北部北海道非工业地区。

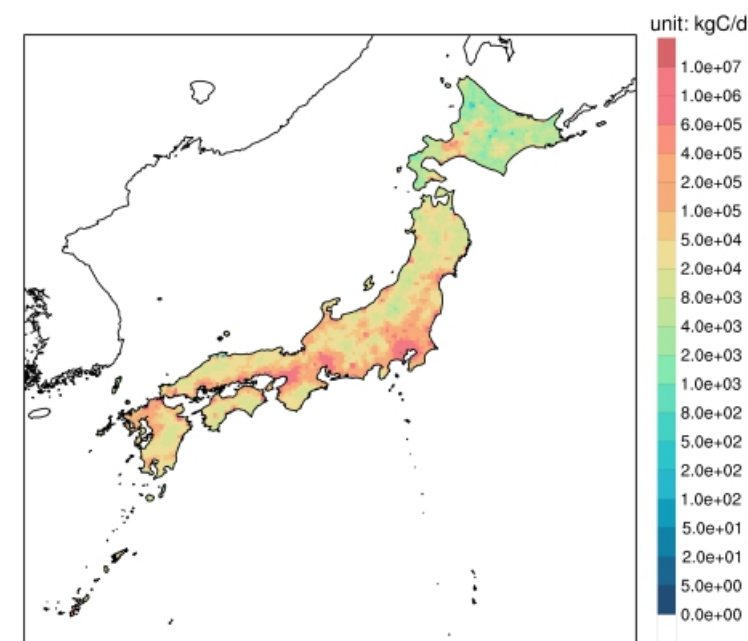


图3-79 2020年日本日均碳排放空间

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能发电	输电运营商跨 区域协调组织（OCCTO）	https://www.occto.or.jp/en/
工业生产	工业生产指数（IPI）	日本经济贸易工业部	https://www.meti.go.jp
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、 EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温(2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放 与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济 数据	国土面积	联合国经济 和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP		
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易 统计数据库	https://comtrade.un.org/



国家概况

俄罗斯是世界上国土面积最大的国家，领土面积约为17098246平方公里。据世界银行数据可知，在过去的十年中，俄罗斯人口增长率保持波动下降趋势，年均增长率为0.09%，近年人口总数呈现下降趋势。截止2020年，俄罗斯人口数达到1.4亿。作为欧洲第五大经济体，俄罗斯的经济发展呈现波动下降趋势，GDP年均增长率为-3.5%。2020年，俄罗斯国内生产总值为1.5万亿美元，同比下降12.1%。^[65]

俄罗斯的产业结构以第三产业为主。2020年，俄罗斯第三产业占GDP总额的62.6%，第二产业贡献33.3%，第一产业占比4.1%（世界银行，2020^[66]）。在国际贸易方面，2020年，俄罗斯出口贸易集中在燃料、食品和钢铁，出口目的地主要为中国、荷兰与德国。进口贸易集中在食品、办公及通信设备和运输设备，进口来源地主要为中国、德国与白俄罗斯（WTO STAT, 2020; UN COMTRADE, 2021）^[67]。

2004年11月，俄罗斯总统普京签署了《关于批准联合国有关气候变化的京都议定书》的联邦法律，并承诺削减6种温室气体排放^[68]。2009年12月，俄罗斯正式批准了《俄罗斯联邦气候策略》，表明俄罗斯将发展高效能源和绿色技术，以达到减少温室气体排放的目标。提高能效方面俄罗斯分别在2003年和2009年公布了《2020年前俄罗斯能源发展战略》和《2030年前俄罗斯能源发展战略》。《2030俄能源战略》实行新的激励措施，降低单位生产能耗，减少能源开发与利用对环境的影响^[69]。



一次能源消费结构

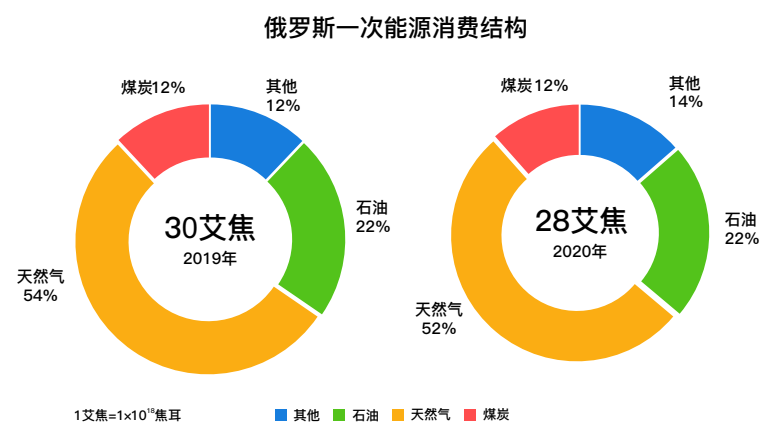


图3-80 俄罗斯一次能源消费结构

俄罗斯能源消费结构以化石能源（尤其是天然气）为主。2020年俄罗斯能源消费总量相较于2019年下降5.4%，主要原因是化石能源尤其是天然气消费量的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》可知，2020年，俄罗斯化石燃料占能源消费总量比重超过80%。其中，天然气占比52%，相比上年下降2%。其次，石油占能源消费总量的23%，相比上年增加1%。煤炭贡献12%，与上年保持持平。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为14%，相比上年增加2%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年–2021年，俄罗斯碳排放呈现出先降后升的“V”字形变化趋势。2019年，俄罗斯碳排放总量为15.6亿吨。在2020年，俄罗斯碳排放上升至16.7亿吨，相较于疫情前水平增加1.2亿吨。2020年3月30日，俄罗斯政府在包括莫斯科在内的绝大多数联邦主体施行封锁政策。该禁令经过多次延期最终于5月底予以解除。与之相对应，2020年3月下旬至5月下旬，俄罗斯的碳排放相较于其他月份降幅明显。值得注意的是，不同于其他国家解除封锁后短期反弹现象，俄罗斯的碳排放从2020年1月至11月保持了长期下降态势。2020年12月至今，俄罗斯出口贸易量大幅增加。贸易规模扩张导致产出增加，因此俄罗斯碳排放相较于2019年同期水平大幅上升。2021年俄罗斯碳排放总量为19.1亿吨，相较于疫情前水平共计增加3.5亿吨。2022年俄罗斯碳排放总量相比于2021年下降了0.4亿吨。但是2022年1月份–8月份每日二氧化碳排放量均高于2020年同期的排放量，并且在碳排放历史范围内波动。

俄罗斯每日二氧化碳排放量

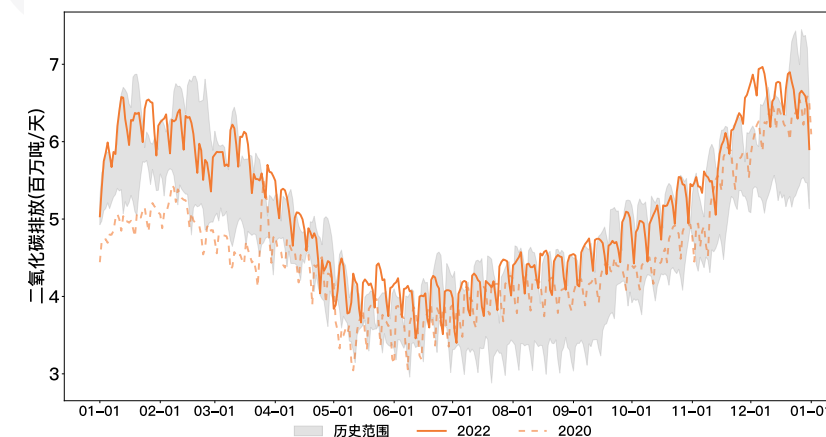


图3-81 2019年1月1日至2022年12月31日俄罗斯二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，俄罗斯各社会经济部门总体碳排放相比上年增加7.5%（1.2亿吨）。其中，电力部门碳排放相比上年增加1.4亿吨，对总体碳增量的贡献最大。其次是工业部门，碳排放相比上年增加0.04亿吨。国际航空部门与居民消费部门碳排放相比上年分别减少0.08亿吨和0.07亿吨。地面运输部门碳排放相比上年减少0.1亿吨。国内航空部门碳排放量相比上年减少0.02亿吨，对总体碳减排的贡献程度相对较小。

2021年，俄罗斯各社会经济部门总体碳排放相比上年增加14.0%（2.4亿吨），相比2019年增加22.5%（3.5亿吨）。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加1.9亿吨，相比2019年增加3.3亿吨。其次是居民消费部门和工业部门，碳排放相比2020年均增加0.2亿吨，相比2019年均分别增加0.1亿吨和0.2亿吨。地面运输部门碳排放相比2020年0.09亿吨。国内航空部门和国际航空部门碳排放对总体碳排放增长的贡献相对较小，相比2020年分别增长0.05亿吨和0.02亿吨，相比2019年分别增加0.03亿吨和减少0.06亿吨。

2022年，俄罗斯各社会经济部门总体碳排放相比上年减少2.0%，相比2020年增加11.8%。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年减少0.2亿吨，相比2020年增加1.7亿吨。其次是居民消费部门和地面运输部门，碳排放相比2021年均减少0.05亿吨，相比2020年分别增加0.1亿吨、0.04亿吨。工业部门和国际航空部门碳排放对总体碳排放增长的贡献相对较小，相比2021年分别减少0.03亿吨和0.02亿吨，相比2020年分别增加0.1亿吨和减少0.01亿吨。国内航空部门碳排放对于总体碳排放贡献最小，相比于2021年减少了0.01亿吨，相比于2020年增加了0.04亿吨。

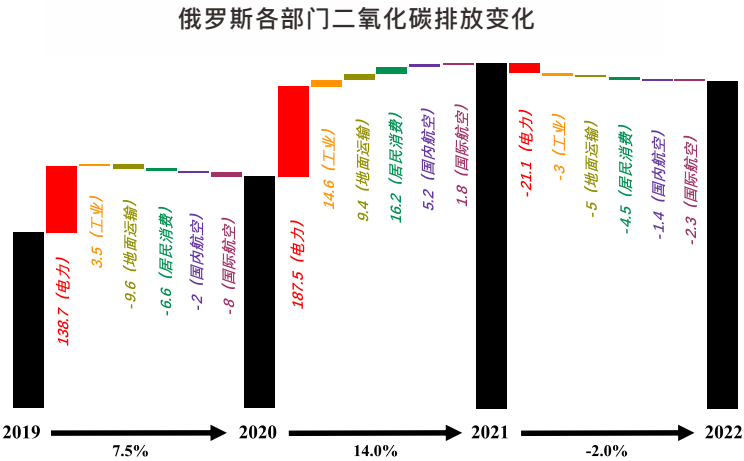


图3-82 2019-2022年 俄罗斯二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

从空间分布来看，幅员辽阔的俄罗斯的日均碳排放整体较低。广袤的北部西伯利亚地区几乎没有产生人类活动相关的碳排放。位于欧洲境内的俄罗斯主要城市及周边地区相对其他地区产生了较高的日均碳排放。俄罗斯的工业区主要包括位于西部的西北工业区，中央工业区，乌拉尔工业区，及西伯利亚地区的新西伯利亚工业区（俄罗斯西伯利亚地区南部）。工业区的日均碳排放显著高于非工业区。其中，位于西部的三大工业区整体呈现比西伯利亚工业区更高的日均碳排放。

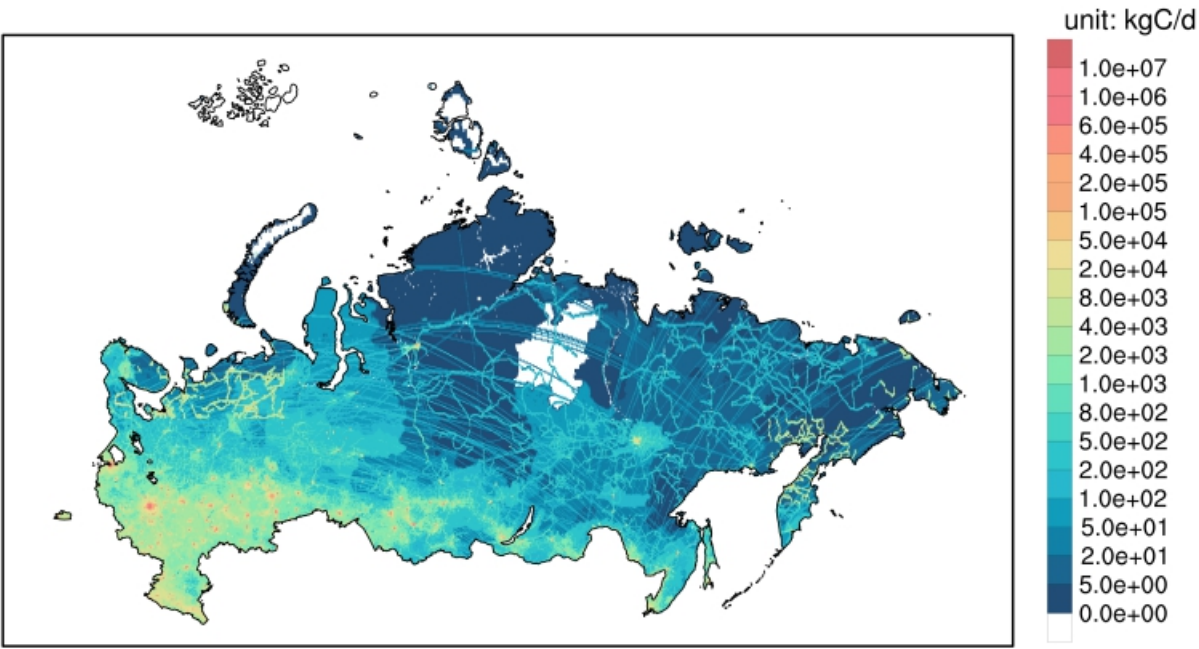


图3-83 2020年俄罗斯日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	总发电量	俄罗斯统一电力系统	http://www.so-ups.ru/index.php
工业生产	工业生产指数 (IPI)	俄罗斯联邦国家统计局	https://eng.gks.ru
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim地面气温(2米气温)再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/

中国

China

国家概况

中国是亚洲面积第二大的国家，领土面积约为9596961平方公里。在过去的十年中，中国人口保持低速增长趋势，年均增长率为0.5%。截止2020年，中国的人口数达到14.1亿，是全球人口最多的国家（国家统计局，2020^[70]）。在过去的40多年，中国始终是世界上增长最快的经济体之一，国内生产总值年均增长率超过9%，大约使8亿人摆脱了贫困并显著提升了整体生活水平（新华网，2021^[71]）。2020年，中国国内生产总值为101.6万亿元人民币（约合14.7万亿美元），首次突破了100万亿元大关。

近十年来，经济结构转型使得中国的产业结构逐渐从以第二产业（如工业、建筑业）为主的发展模式转变为以第三产业（如服务业、金融业）推动经济发展的新模式（国家发改委，2021^[72]）。2020年，中国第三产业占GDP总额的54.5%，第二产业和第一产业分别占比37.8%和7.7%（国家统计局，2020^[73]）。作为国家经济的重要组成部分之一，中国对外贸易借助全球化浪潮在21世纪取得飞速发展。2020年，中国的出口贸易以自动数据处理设备及其零部件、纺织纱线、织物及制品和集成电路为主，出口目的地主要为美国、中国香港与日本等。进口商品主要为集成电路、原油、铁矿砂及其精矿等，进口来源地为中国台湾、日本、韩国与美国等。

2020年，中国进一步向世界展示了坚定的气候治理决心，承诺二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，并努力争取2060年前实现碳中和。在2020年12月12日的气候雄心峰会上，中国国家主席习近平总书记再次表示，到2030年，中国单位国内生产总值（GDP）二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右^[74]。

一次能源消费结构

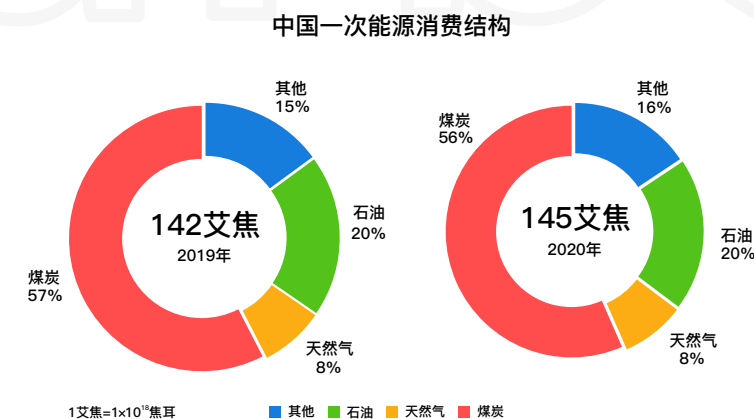


图3-84 中国一次能源消费结构

中国能源消费结构以化石能源（尤其是煤炭）为主。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，中国化石能源占能源消费总量比重超过80%。其中，煤炭占比56.6%，相比上年下降1%。紧随其后的是石油，占能源消费总量的19.6%，相比上年基本持平。天然气贡献了8.1%，相比上年上升0.3%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为15.7%，相比上年增加0.7%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，中国碳排放总量位列世界首位。由于农历春节与新冠疫情封锁政策影响，2020年2月至4月中国碳排放出现史无前例的大幅下降趋势。在新冠疫情得到有效控制之后，经济活动与生产活动得以复苏。自2020年4月起，中国碳排放有所提升，并迅速恢复到疫情前水平。

在2021年后疫情时代，世界其他国家和地区仍然承受着新冠疫情减工减产的影响，中国出口贸易因此得以扩张，从而造成了更多的碳排放。除2021年1月底至2月初受农历春节影响之外，2021年其他时间段碳排放均出现了大幅提升。

2022年中国碳排放总量相比于2021年减少1.72亿吨，相比于2020年增长4.6亿吨，相比于2019年增长5.6亿吨。具体地，在2022年1月-4月期间，日碳排放量均高于2020年，且在历史范围内波动。

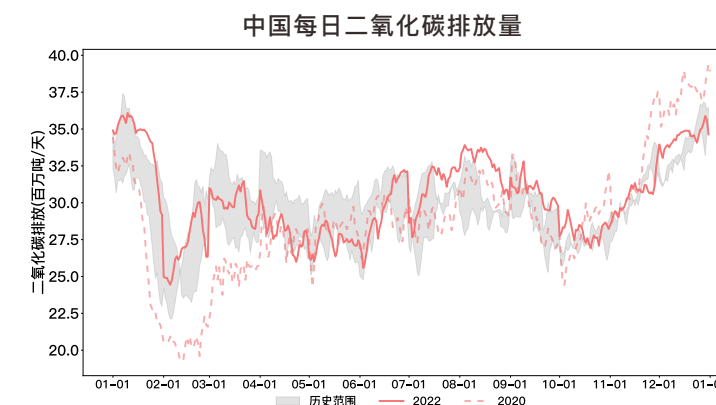


图3-85 2019年1月1日至2022年12月31日中国二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，中国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加1.3%（根据国家统计局统计公报数据推算¹，国家统计局，2021）。其中，地面运输部门受到新冠疫情及封锁政策的冲击最大，碳排放相比上年减少1.2亿吨。其次是国际航空与国内航空部门，相比上年分别减少0.2亿吨和0.1亿吨。居民消费部门碳排放相比上年仅增加0.04亿吨，变化幅度最小。值得注意的是，由于其他国家及地区经济活动受疫情打击较大，从而推动中国国际贸易进一步扩张。疫情期间，中国工业部门碳排放实现大幅度的增长，相比上年增加1.6亿吨。工业部门碳排放的大幅增长促使电力部门同样呈现增长态势，相比上年增加0.9亿吨。

2021年后疫情时代，中国各社会经济部门总体碳排放相比上年增加4.0%（根据国家统计局统计公报数据推算²，国家统计局，2021），相比2019年增加5.4%³，(国家统计局 2020，2021)。由于经济活动的复苏，产出的增加导致了能源消耗大幅提升，进而导致各部门碳排放相比上年均有不同程度的增长。其中，电力部门碳排放贡献最大，相比2020年增加4.3亿吨，相比2019年增加5.1亿吨。紧随其后的是工业部门，相比2019年增加2.7亿吨。与之相对，地面运输部门碳排放相比于2019年仍减少0.2亿吨。居民消费部门碳排放相比2019年减少0.06亿吨。国内航空部门相比2019年降低了0.05亿吨。国际航空部门呈持续下降态势，相比2019年减少0.2亿吨。

2022年，中国各社会经济部门总体碳排放相比上年减少1.5%，相比2020年增加4%。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加了0.6亿吨，相比2020年增加4.9亿吨。其次是工业部门，相比2021年降低2.0亿吨，相比2020年降低0.8亿吨。地面运输部门相比于2021年降低了0.3亿吨，相比于2021年增加了0.7亿吨。国内航空部门和居民消费部门相比于2021年分别减少0.2亿吨、增加0.2亿吨，相比于2020年分别减少0.2亿吨、增加0.08亿吨。国际航空对总体碳排放量贡献最少，相比于2021年减少0.02亿吨，相比2020年减少0.03亿吨。

中国各部门二氧化碳排放变化

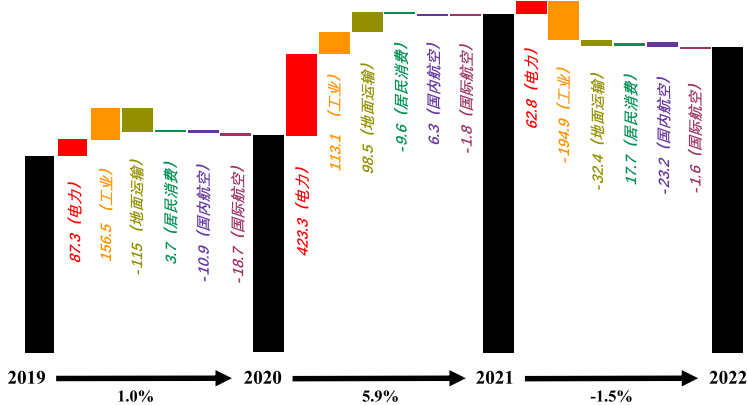


图3-86 2019-2022年 中国二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

2020年，中国日均碳排放地图显示出较大的区域性差异，总体呈现东高西低的空间分布，证明区域碳排放量与区域经济发展具有一定关联。具体而言，华东、北方和华南地区是日均碳排放最高的三个区域。受限于经济发展水平，西北地区的工业化与城市化进程远远落后于其他地区，因此日均碳排放量最小。

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	6家电力公司的热能生产/日耗煤量	国家统计局	https://data.stats.gov.cn/
		万得信息	https://www.wind.com.cn/
工业生产	钢铁工业、水泥工业、化学工业、其他工业	世界钢铁协会网站	https://www.worldsteel.org/
		国家统计局	http://www.stats.gov.cn/english/

¹根据国家统计局发布的《中华人民共和国2020年国民经济和社会发展统计公报》，经初步核算，2020年全年国内生产总值比上年增长2.3%，全国万元国内生产总值二氧化碳排放下降1.0%。故推算得到2020年全国碳排放比上年增长1.3%。

²根据国家统计局发布的《中华人民共和国2021年国民经济和社会发展统计公报》，经初步核算，2021年全年国内生产总值比上年增长8.1%，全国万元国内生产总值二氧化碳排放下降3.8%。故推算得到2020年全国碳排放比上年增长4.0%。

³根据注释1和注释2的推算结果，推算2021年相比2019年增长5.4%。

数据类型		来源	网站
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	国家统计局	https://data.stats.gov.cn/
	GDP	国家统计局	https://data.stats.gov.cn/
	国际贸易	国家统计局	https://data.stats.gov.cn/



国家概况

印度领土面积约为3287263平方公里，目前是世界人口第二大国。据世界银行数据可知，在过去的十年中，印度人口增长率保持平稳下降趋势，年均增长率为1.1%。截止2020年，印度人口数达到13.8亿。印度的经济发展呈现波动上升趋势，GDP年均增长率为4.1%。2020年，印度国内生产总值为2.6万亿美元，同比下降8.6%^[75]。

印度的产业结构以第三产业为主。2020年，印度第三产业占GDP总额的54.2%，第二产业贡献了25.6%，第一产业占比20.2%（世界银行，2020^[76]）。在国际贸易方面，2020年，印度出口贸易集中在食品、燃料和运输设备，出口目的地主要为美国、中国与阿联酋。进口贸易集中在燃料、办公及通信设备和食品，进口来源地主要为中国、美国与阿联酋（OEC,2020）^[77]。

印度先后出台《印度环境法》、《气候变化国家行动计划》等应对气候变化的法案和法规^[78]。2007年印度制定《气候变化国家行动计划》推动应对气候变化措施的落实，并确保经济发展的促进措施给气候变化带来的正面影响。该计划涉及太阳能有效利用、可持续的人居环境、水资源、可持续的喜马拉雅生态系统、绿色印度、可持续的农业以及有关气候变化的战略知识，反映了印度政府希望就气候变化问题采取更积极措施的姿态^[79]。



一次能源消费结构

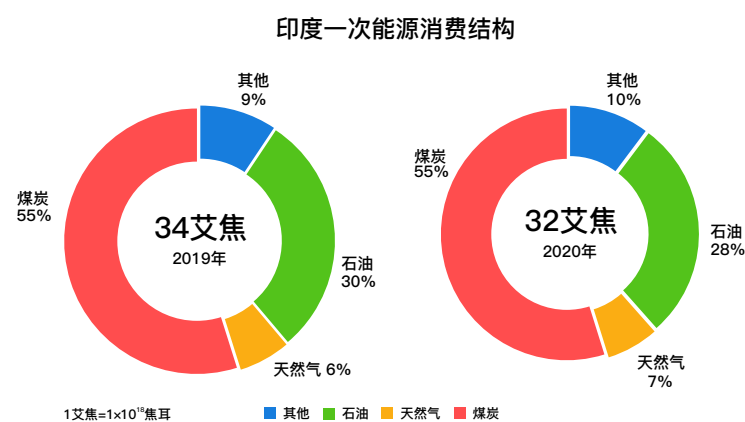


图3-87 印度一次能源消费结构

印度能源消费结构以化石能源（尤其是煤炭）为主。2020年印度能源消费总量相较2019年下降5.6%，其中石油、煤炭消费以及其他能源消费下降贡献了该跌幅。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，印度化石能源占能源消费总量的90%。其中，煤炭占比55%，与上年持平。其次，石油占能源消费总量的28%，相比上年下降1%。天然气贡献7%，相比上年增加1%。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为10%，与上年保持持平。

近实时碳排放特征与趋势

2019年，印度碳排放为24.7亿吨。2020年，印度碳排放大幅下降至22.7亿吨，相较于疫情前水平下降2.1亿吨。由图可知，印度碳排放降幅最大的月份为3月下旬至5月底。印度在2020年3月25日–2020年5月31日施行第一次封锁政策，生产生活的停滞导致碳排放出现明显下降趋势。在封锁政策结束之后，印度碳排放略有回升，但2020年整体仍呈巨幅下降趋势。步入后疫情时代，大多数国家面临着减工减产的困境，因此，在国际贸易中扮演着重要角色的印度出口贸易量得以增加。贸易扩张导致印度碳排放大多数时期相较于2019年同期水平均有增长。2021年3月，第二波疫情席卷印度。出于疫情防控目的，印度政府于2021年4月20日至7月初施行封锁政策，碳排放再次出现短期的剧烈下降趋势。总体而言，在后疫情时代，贸易扩张促使印度碳排放回升至疫情前水平。2021年印度总碳排放为24.9亿吨，相比于2019年增加了0.2亿吨。2022年印度总碳排放量相比于2021年增加了1.8亿吨，相比于2020年增加了4.0亿吨。整体上看，2022年全年的日排放量均高于2020年同期和历史范围。

印度每日二氧化碳排放量

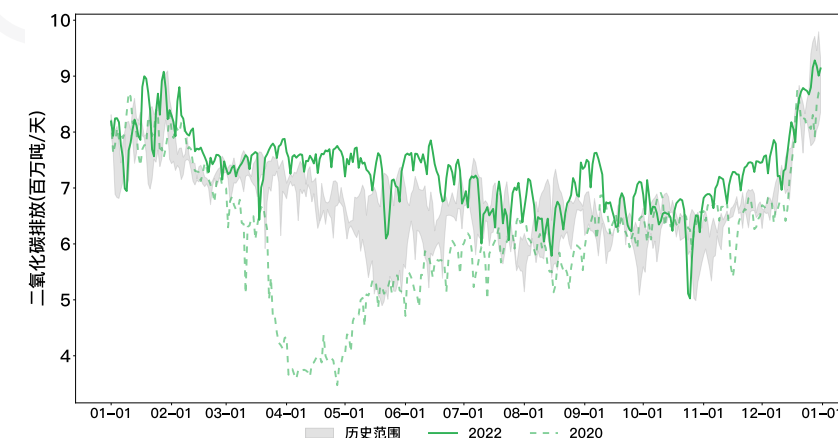


图3-88 2019年1月1日至2022年12月31日印度二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，印度各社会经济部门总体碳排放相比上年减少8.3%（2.1亿吨）。其中，工业部门和电力部门碳排放相比上年分别减少1.0亿吨和0.6亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是地面运输部门，碳排放相比上年减少0.4亿吨。国际航空部门与国内航空部门碳排放相比上年分别减少0.06亿吨和0.03亿吨。居民消费部门碳排放相比上年减少0.02亿吨，对总体碳减排的贡献程度最小。

2021年，印度各社会经济部门总体碳排放相比上年增加9.8%（2.2亿吨），相比2019年增加0.7%（0.2亿吨）。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2020年增加1.4亿吨，相比2019年增加0.8亿吨。其次是工业部门，碳排放相比2020年增加0.9亿吨，相比2019年减少0.07亿吨。地面运输部门碳排放相比2020年增加0.1亿吨，相比2019年降低0.3亿吨。国际航空部门和国内航空部门碳排放相比2020年均增长0.01亿吨，相比2019年分别降低0.02亿吨和0.06亿吨。值得注意的是，居民消费部门碳排放呈现持续下降趋势，相比2020年减少0.2亿吨，相比2019年0.2亿吨。

2022年，印度各社会经济部门总体碳排放相比上年增加7.1%，相比2020年增加17.6%。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2021年增加1.1亿吨，相比2020年增加2.5亿吨。其次是工业部门，碳排放相比2021年增加0.3亿吨，相比2020年增加1.2亿吨。地面运输部门碳排放相比2021年增加0.2亿吨，相比2020年增加0.3亿吨。居民消费部门碳排放相比2021年增加0.07亿吨，相比2020年减少0.1亿吨。国际航空部门和国内航空部门碳排放对于总体碳排放贡献最小，相比2021年分别增长0.04亿吨、0.01亿吨，相比2020年分别增加0.05亿吨和0.03亿吨。¹

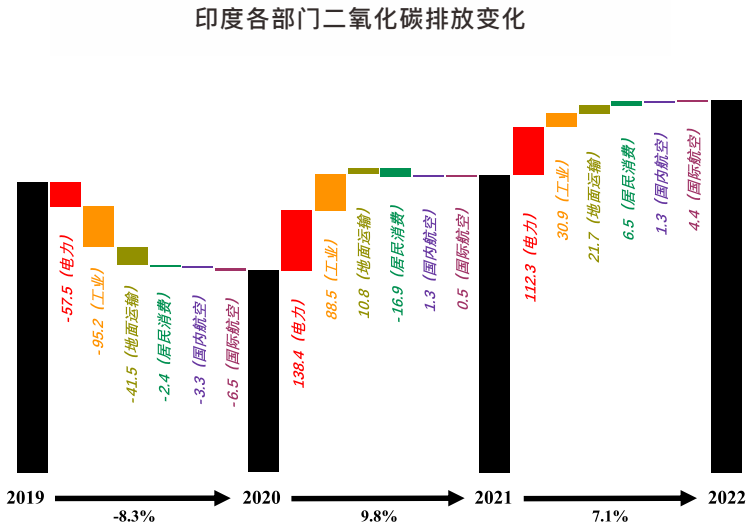


图3-89 2019-2022年 印度二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

印度的日均碳排放空间分布整体较为平均，与印度的工业分布及人口分布有所差异。印度的人口分布呈现北部及南部西南沿海地区稍高，中部地区稍低的现象，然而印度的日均碳排放空间上几乎没有南北差异。除北部靠近喜马拉雅山脉地区稍低外，整体日均碳排放分布平均，城市地区略高于周边非城市区域。

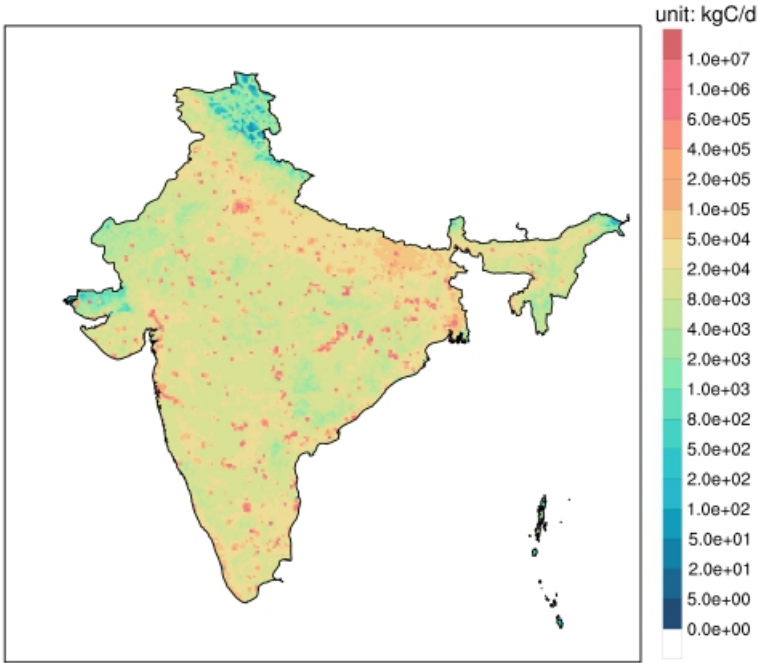


图3-90 2020年印度日均碳排放地图

数据来源

数据类型	来源	网站
电力部门	热能生产(包括煤, 褐煤, 天然气和汽柴油生产)	电力系统运营有限公司
		https://posoco.in/reports/daily-reports/
工业生产	工业生产指数 (IPI)	印度统计和计划执行部
		http://www.mospi.nic.in
	Trading Economics	https://tradingeconomics.com
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom网站
		https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2
		https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24
		https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013
		https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim地面气温(2米气温)再分析数据集	ERA5
		https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database
		https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司
		https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行
		https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	世界银行
		https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	国际贸易	世界贸易组织
		https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库
		https://comtrade.un.org/

巴西

Brazil

国家概况

巴西领土面积约为8515767平方公里，是金砖国家（BRICS）成员之一。据世界银行数据可知，在过去的十年中，巴西人口增长率保持平稳下降趋势，年均增长率为0.8%。截止2020年，巴西人口数达到2.1亿。作为新兴经济体的代表国家之一，巴西的经济发展呈现波动下降趋势，GDP年均增长率为-6.4%。2020年，巴西国内生产总值为1.4万亿美元，同比下降23.1%^[80]。

巴西的产业结构主要依赖于第三产业。2020年，巴西第三产业占GDP总额的72.7%，第二产业贡献20.5%，第一产业占比6.8%（世界银行，2020^[81]）。在国际贸易方面，2020年，巴西出口贸易集中在食品、燃料和运输设备，出口目的地主要为中国、美国与阿根廷。进口贸易集中在运输设备、燃料和办公及通信设备，进口来源地主要为中国、美国与德国（OEC, 2020）^[82]。

1992年《联合国气候变化框架公约》在巴西里约热内卢的联合国地球首脑会议上通过。这是世界上第一个为全面控制二氧化碳等温室气体排放，以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来不利影响的国际公约，也是国际社会在应对全球气候变化问题上进行国际合作的一个基本框架^[83]。此后，巴西于2007年和2009年分别出台了《2030年国家能源规划》和《应对气候变化国家方案》。《2030年国家能源规划》明确表明：到2030年巴西非化石能源占全国能源生产总量的比重将提高至49.6%，占能源消费总量的比重将提高至49.4%。《应对气候变化国家方案》则明确表明巴西的温室气体减排目标，并且在相应的法令和国家信息通报中明确了各部门的行动和相应的减排量^[84, 85]。

一次能源消费结构

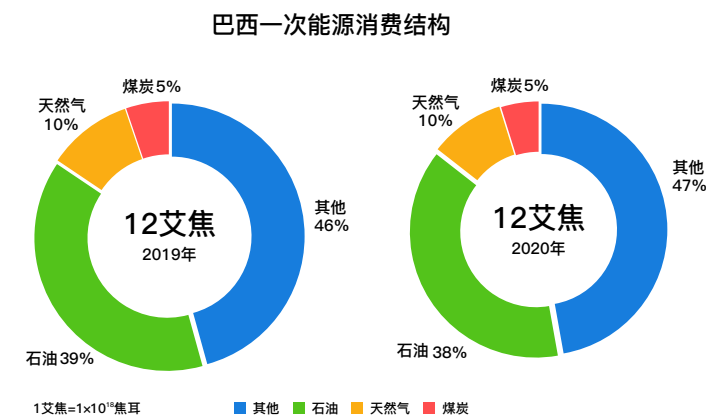


图3-91 巴西一次能源消费结构

巴西能源消费结构以化石能源（尤其是石油）为主。2020年巴西能源消费总量相较2019年下降3.2%，主要因为化石能源尤其是石油消费量的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》[7]可知，2020年，巴西化石能源占能源消费总量比重超过50%。其中，石油占比38%，相比上年下降1%。其次，天然气与煤炭分别占能源消费总量的10%与5%，比例与上年保持持平。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为47%，相比上年增加1%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年-2021年，巴西碳排放经历了“V”字型变化趋势，且变化幅度比其他国家更为剧烈。2020年，碳排放总量由上年的4.4亿吨减少为3.9亿吨，相比于疫情前水平减少0.5亿吨，降幅为11101.4%。2021年巴西碳排放总量为4.7亿吨，相较于疫情前水平共计增加0.3亿吨，增幅为6.37.63%。不同于其他国家，巴西政府奉行“温和的”防疫政策。由于新冠肺炎感染率始终居高不下，国民的正常生产生活受到长期冲击。因此，在2020年2月-2020年9月这段期间，巴西碳排放维持着持续下降的趋势。然而，2020年10月起第二波疫情强势反弹，许多国家再次施行“居家令”，国内生产活动的停摆促使这些国家更多依赖于国际贸易满足国内消费需求。以此为契机，巴西贸易规模得以扩张，导致后疫情时代碳排放相较于2019年同期水平大幅上升。2022年巴西碳排放总量相比于2021年下降0.6亿吨，相比于2020年上升0.1亿吨。具体地，2022年4月至9月巴西的每日排放量高于2020年同期，10月至12月远低于2020年同期，但是全年仍然低于历史范围。

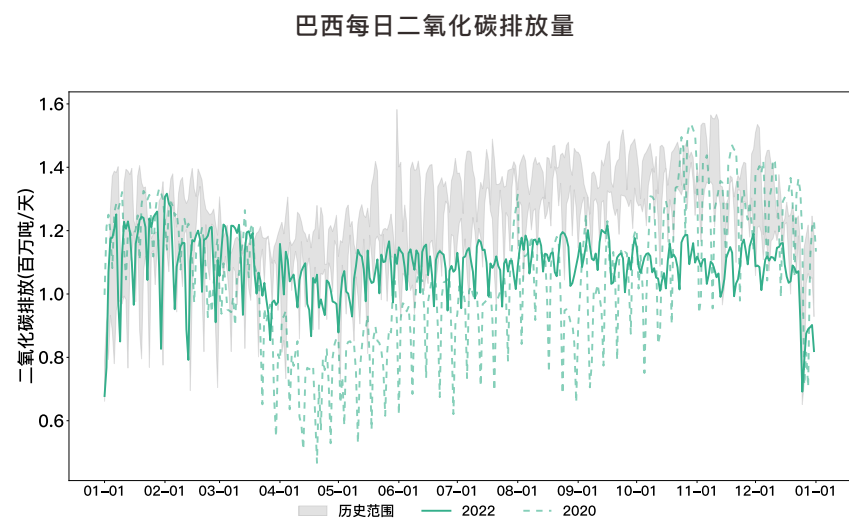


图3-92 2019年1月1日至2022年12月31日巴西二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，巴西各社会经济部门总体碳排放相比上年减少11.4%（0.5亿吨）。其中，地面运输部门碳排放相比上年减少0.3亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是电力部门和工业部门，碳排放相比上年分别减少0.09亿吨和0.06亿吨。国际航空部门与国内航空部门碳排放相比上年均减少0.04亿吨。居民消费部门对总体碳减排的贡献程度最小。

2021年，巴西各社会经济部门总体碳排放相比上年增加19.9%（0.8亿吨），相比2019年增加6.3%（0.3亿吨）。其中，电力部门对总体碳排放增加的贡献最大，相比2019年及2020年分别增加0.4亿吨和0.5亿吨。其次是地面运输部门和工业部门，碳排放相比2020年分别增加0.2亿吨和0.05亿吨，相比2019年分别降低0.09亿吨和0.01亿吨。国内航空部门碳排放相比2020年增加0.03亿吨，相比2019年降低0.01亿吨。居民消费部门和国际航空部门碳排放对总体碳排放增长的贡献相对较小。居民消费部门碳排放相较上两年未发生变化，恢复至疫情前水平。国际航空部门相比2020年增长0.002亿吨，相比2019年降低0.04亿吨。

2022年，巴西各社会经济部门碳排放总量相比上年减少了13.9%（0.6亿吨），相比2020年增加0.1亿吨。其中，电力部门对总体碳排放减少的贡献最大，相比2021年减少0.7亿吨，相比于2020年减少0.2亿吨。其次是工业部门，碳排放相比2021年减少0.003亿吨，相比2020年增长0.05亿吨。地面运输部门碳排放相比2021年增加0.07亿吨，相比于2020年增长0.2亿吨。国内航空部门碳排放相比2021年增加0.02亿吨，相比2020年增加0.05亿吨。国际航空部门相比2021年和2020年均增加0.02亿吨。

巴西各部门二氧化碳排放变化

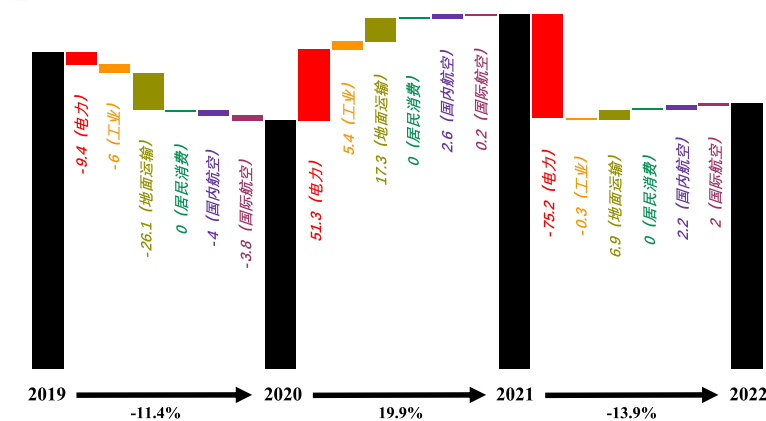


图3-93 2019-2022年 巴西二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

巴西的日均碳排放地图显示，巴西境内碳排放呈现明显的南高北低的空间分布特征，与巴西的人口分布特征类似。巴西人口聚集区在境内东南地区，该地区人口密度高，城市密集，与人类活动密切相关的日均排放较高。巴西西北部主要为亚马逊雨林区域，日均碳排放很低。值得注意的是，亚马逊雨林中零星分布的人口聚集区仍然呈现出与东北部持平的碳排放水平。

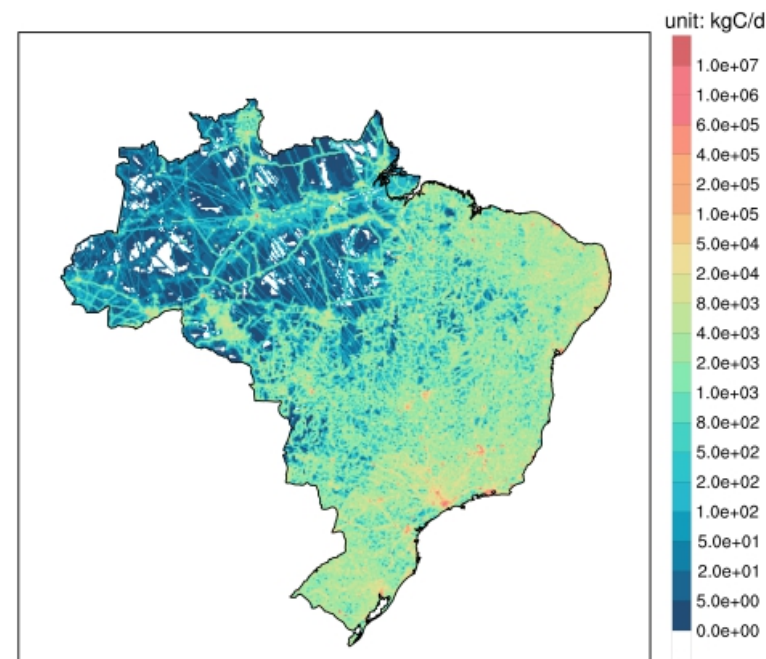


图3-94 2020年巴西日均碳排放地图

数据来源

数据类型		来源	网站
电力部门	热能生产	国家电力系统的运营商	http://www.ons.org.br/Paginas/
工业生产	工业生产指数 (IPI)	巴西国家地理与统计局	https://www.ibge.gov.br/en/institutional/the-ibge.htm
地面运输	每小时拥堵水平数据	TomTom 网站	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
	年度道路交通排放量	EDGARv4. 3. 2	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
航空运输	提供实时航班飞行状况	Flightradar24	https://www.flightradar24.com
船舶运输	国际航运排放	IMO38、ICCT39、EDGAR v5. 013	https://www.imo.org/ https://theicct.org/ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
居民消费	全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温) 再分析数据集	ERA5	https://cds.climate.copernicus.eu
	获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database	https://edgar.jrc.ec.europa.eu/
社会经济数据	国土面积	联合国经济和社会事务部统计司	https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/
	人口	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	GDP	世界银行	https://data.worldbank.org.cn/indicator/
	国际贸易	世界贸易组织	https://stats.wto.org/
		联合国商品贸易统计数据库	https://comtrade.un.org/



世界其他国家和地区
The rest of the world

区域概况

世界其他国家和地区由中国、美国、欧洲27国及英国、日本、巴西、俄罗斯及印度七个区域34个国家之外的国家和地区组成。据世界银行[86] 数据可知，在过去的十年中，世界其他国家和地区人口保持增长趋势，年均增长率为0.3%。截止2020年，世界其他国家和地区人口数达到36.2亿。2020年在经济发展方面，世界其他国家和地区有下降趋势，年均增长率为-5.01%。2020年，世界其他国家和地区国内生产总值为19.5万亿美元。

截至2016年6月29日，全球共有178个缔约方签署了《巴黎气候变化协定》，绝大部分国家都做出承诺：降低温室气体排放，签署国同意把全球平均温度升幅控制在工业革命前水平以上低于2摄氏度之内，并努力将气温升幅限制在工业化前水平以上1.5摄氏度之内。

一次能源消费结构

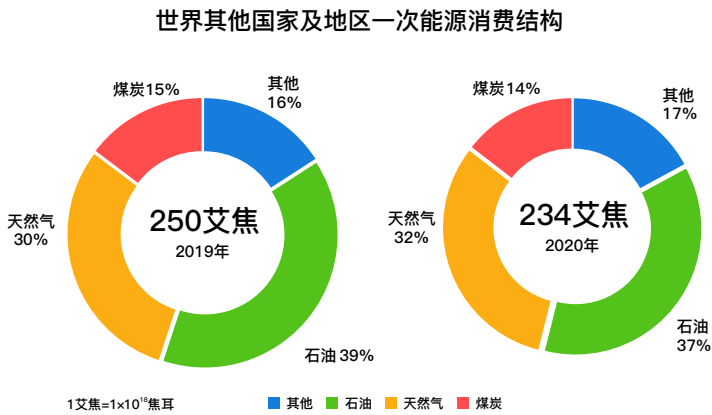


图3-95 世界其他国家和地区一次能源消费结构

世界其他国家和地区能源消费结构以化石能源（尤其是石油、天然气）为主。2020年其他国家能源消费总量相较2019年下降6.4%，主要原因为化石燃料尤其是石油消费量的下降。据《BP世界能源统计年鉴2021》^[7]可知，2020年，其他国家化石能源占能源消费总量比重超过80%。其中，石油占比37%，相比上年下降2%。其次，天然气占能源消费总量的31%，相比上年增加1%。煤炭贡献15%，比例与上年保持持平。此外，核能、水能及其他可再生能源占比为17%，相比上年增加1%。

近实时碳排放特征与趋势

2019年–2021年，世界其他国家和地区碳排放经历了持续的下降趋势，但下降幅度有所减缓。2019年，世界其他国家和地区碳排放总量为101.6亿吨。2020年，碳排放总量下降至92.4亿吨，相比于2019年减少9.2亿吨，降幅为9.1%。2021年碳排放总量为96.8亿吨，相比于2019年同期水平减少4.9亿吨，降幅为4.8%。新冠疫情对世界其他国家和地区造成了深远且长期的影响。2020年疫情时期，世界其他国家和地区并非受新冠影响最大的区域。然而，由于世界其他国家和地区大多不具备强大的经济实力及公共卫生条件，因此，相比于其他主要经济体更难从新冠疫情中彻底恢复过来。

2022年世界其他国家和地区碳排放逐渐恢复到历史范围内，相比于2021年增加了3.7亿吨，相比于2020年增加了8.1亿吨。

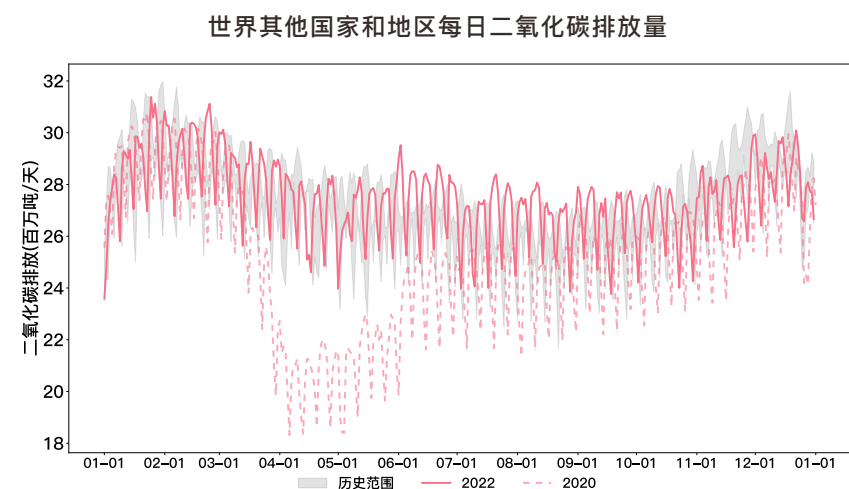


图3-96 2019年1月1日至2022年12月31日世界其他国家及地区二氧化碳排放日度变化情况

分部门碳排放贡献

2020年，世界其他国家和地区各社会经济部门总体碳排放相比上年减少9.1%（9.2亿吨）。其中，地面运输部门碳排放相比上年减少3.0亿吨，对总体碳减排的贡献最大。其次是电力部门，碳排放相比上年减少2.4亿吨。工业部门和国际航空部门碳排放相比上年分别减少1.8亿吨和1.6亿吨。国内航空部门和居民消费部门碳排放相比上年分别减少0.3亿吨和0.2亿吨，对总体碳减排的贡献程度相对较小。

2021年，世界其他国家和地区各社会经济部门总体碳排放相比上年增加4.7%（4.4亿吨），相比2019年减少4.8%（4.9亿吨）。其中，工业部门对总体碳排放增长的贡献最大，相较于2020年增加2.5亿吨，相较于2019年增加0.6亿吨。其次是地面运输部门，相比2020年增加2.1亿吨，相比2019年降低0.9亿吨。国内航空部门部门和居民消费部门，碳排放相比2020年分别增加0.08亿吨和0.2亿吨。国际航空部门碳排放相比2020年增加0.2亿吨，相比2019年下降1.4亿吨。值得注意的是，不同于总体碳排放增长的趋势，电力部门碳排放维持下降趋势，相比2020年分别减少0.6亿吨，相比2019年分别降低3.0亿吨。

2022年，世界其他国家和地区各社会经济部门总体碳排放相比上年增加3.8%（3.7亿吨），相比2020年增加8.7%（8.1亿吨）。其中，工业部门对总体碳排放增长的贡献最大，相比2021年增加2.2亿吨，相比2020年增加4.6亿吨。其次是地面运输部门和国际航空部门，碳排放相比2021年分别增加2.0亿吨和0.7亿吨，相比2020年分别增加4.1亿吨和0.8亿吨。国内航空部门碳排放相比2021年增加0.2亿吨，相比2020年增加0.3亿吨。电力部门碳排放呈现下降趋势，相比2021年减少1.3亿吨，相比2020年减少1.8亿吨。居民消费碳排放相比2021年减少0.02亿吨，相比2020年增加0.1亿吨。

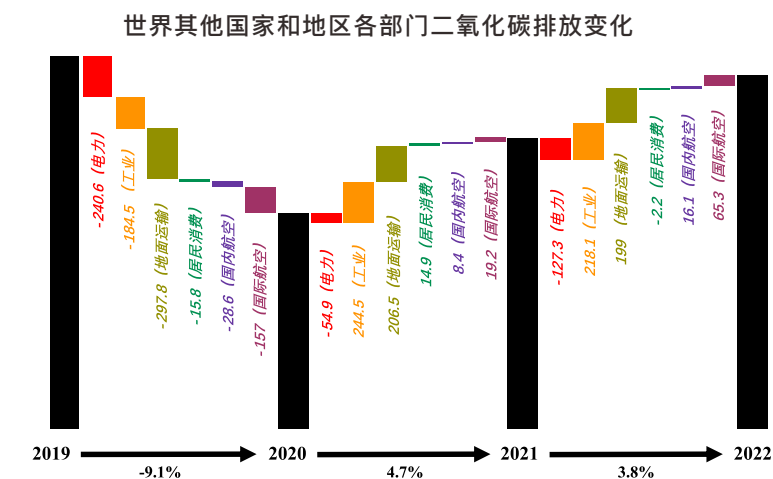


图3-97 2019–2022年世界其他国家及地区二氧化碳排放总量（黑色柱子）与各部门排放变化情况（彩色柱子）

日均碳排放空间分布特征

世界其他国家和地区日均碳排放地图呈现较大的区域性差异。具体而言，日均碳排放高值集中于较发达地区（如东亚韩国地区，东南亚主要城市地区，墨西哥，加拿大南部城市聚集区，和中东主要城市地区等）。非洲北部、非洲中部呈现明显的碳排放“低谷”，与人类活动密切相关的日均碳排放显著低于世界其他地区。整体上，世界其他国家和地区日均碳排放呈现较大的区域间不平衡现象，量级差异可高达 10^5 以上。

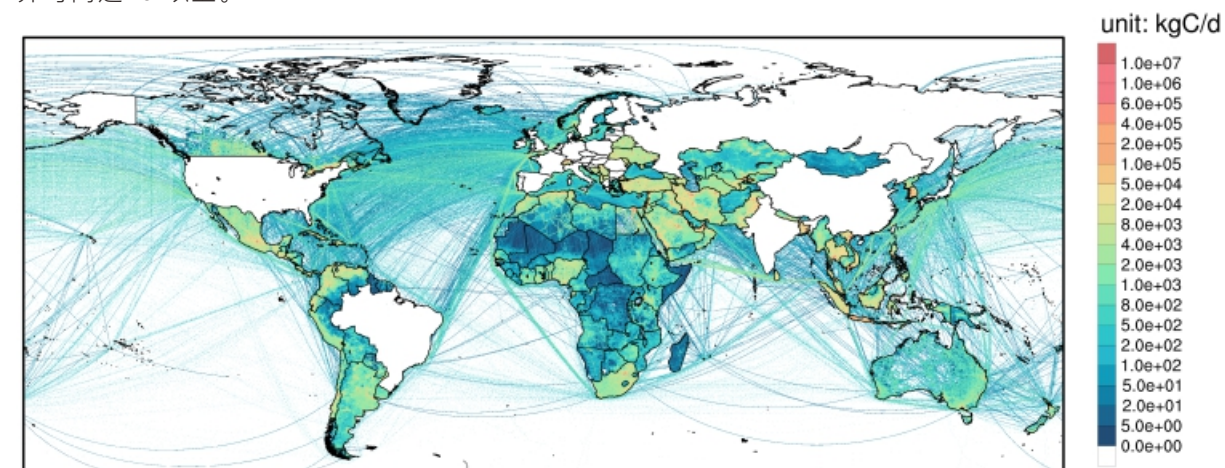


图3-98 2020年

第四章

数据应用与展望

Carbon
Monitor



数据应用与展望

全球实时碳数据（CarbonMonitor）反映全球排在新冠疫情影响下的快速下降与迅速反弹

于2020年初开始的新冠疫情对全球经济社会活动造成了巨大而深远的影响。新冠疫情期间，各国依次做出对疫情不同的响应措施，由人类活动造成的碳排放也产生了巨大变化。在疫情早期以碳排放下降为主，而在疫情平稳期和恢复期以碳排放反弹为主。本报告对全球实时碳排放数据库（CarbonMonitor^[87]）的详实解读完善了新冠疫情影响下的碳排放变化分析思路，由定性分析转变为定量分析，对深度理解新冠疫情这一大规模突发事件对全球碳排放的影响提供量化依据。

新冠疫情影响对各国及地区、各部门影响不尽相同。具体而言，在第一波疫情期间，各国实行相对强有力的限制活动措施，因此碳排放下降幅度较大。且由于全球近实时碳数据的高时间分辨率，碳排放下降与疫情确诊人数、经济、社会活动限制措施在时间上的相关性清晰可见。以图4-1为例，欧盟27国及英国在第一波疫情期间碳排放大幅下降（日均降幅10.5%）^[88]。但在第二波疫情期间，尽管确诊人数有所上升，碳排放下降幅度却有所降低。而当聚焦于最近的Omicron疫情时，由于欧洲各国限制措施的减少甚至消除，已经出现了确诊人数和碳排放同时上升的情况。



图4-1 全球实时碳数据展示欧洲27国与英国天尺度碳排放变量

图4-1 全球实时碳数据展示欧洲27国与英国天尺度碳排放变量（灰色线，以2019年为基准）与新冠病人新增确诊人数（绿色线）的对比。其中蓝色阴影展示第一波疫情，黄色阴影展示第二波疫情，紫色阴影展示第三波疫情，绿色阴影展示第四波疫情，橙色阴影展示Omicron疫情。红色线显示第一针疫苗开始接种时间。

本报告展示的全球实时碳数据（CarbonMonitor）对分析各国家及地区碳排放变化与新冠疫情新增确诊人数（代表疫情不同阶段）的关系提供了有力的数据支持（更多示例见图4-2）。由图可见，欧盟27国及英国，俄罗斯，巴西，中国和印度在新冠疫情早期（第一波疫情期间）碳排放下降相对于新冠疫情后期（第二三波疫情期间）幅度更大，恢复时间更长（其中中国的碳排放下降也受到春节的巨大影响）。而美国与日本在早期的碳排放下降尽管也十分明显，但是第二波甚至第四波疫情期间也显示了碳排放的大幅下降。

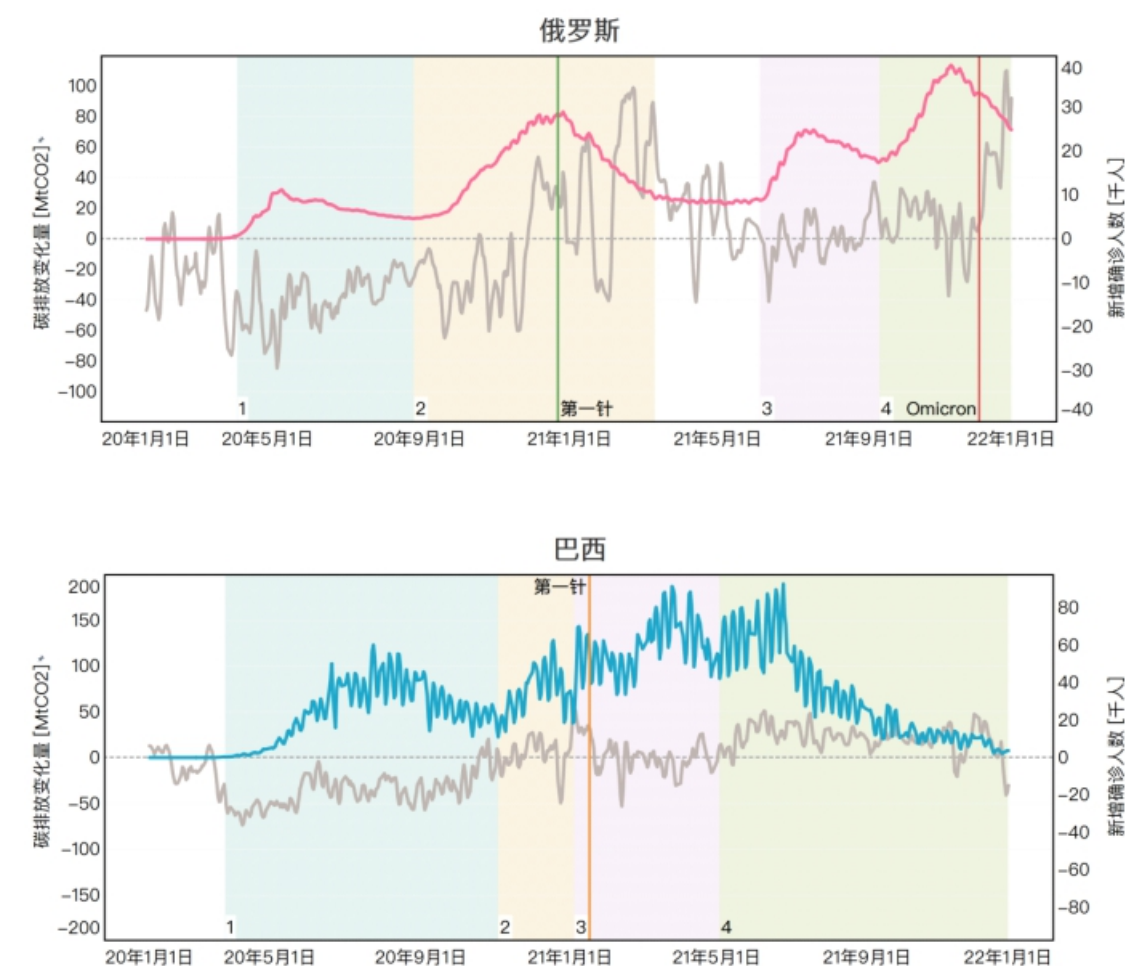


图4-2 全球实时碳数据展示俄罗斯、巴西天尺度碳排放变量

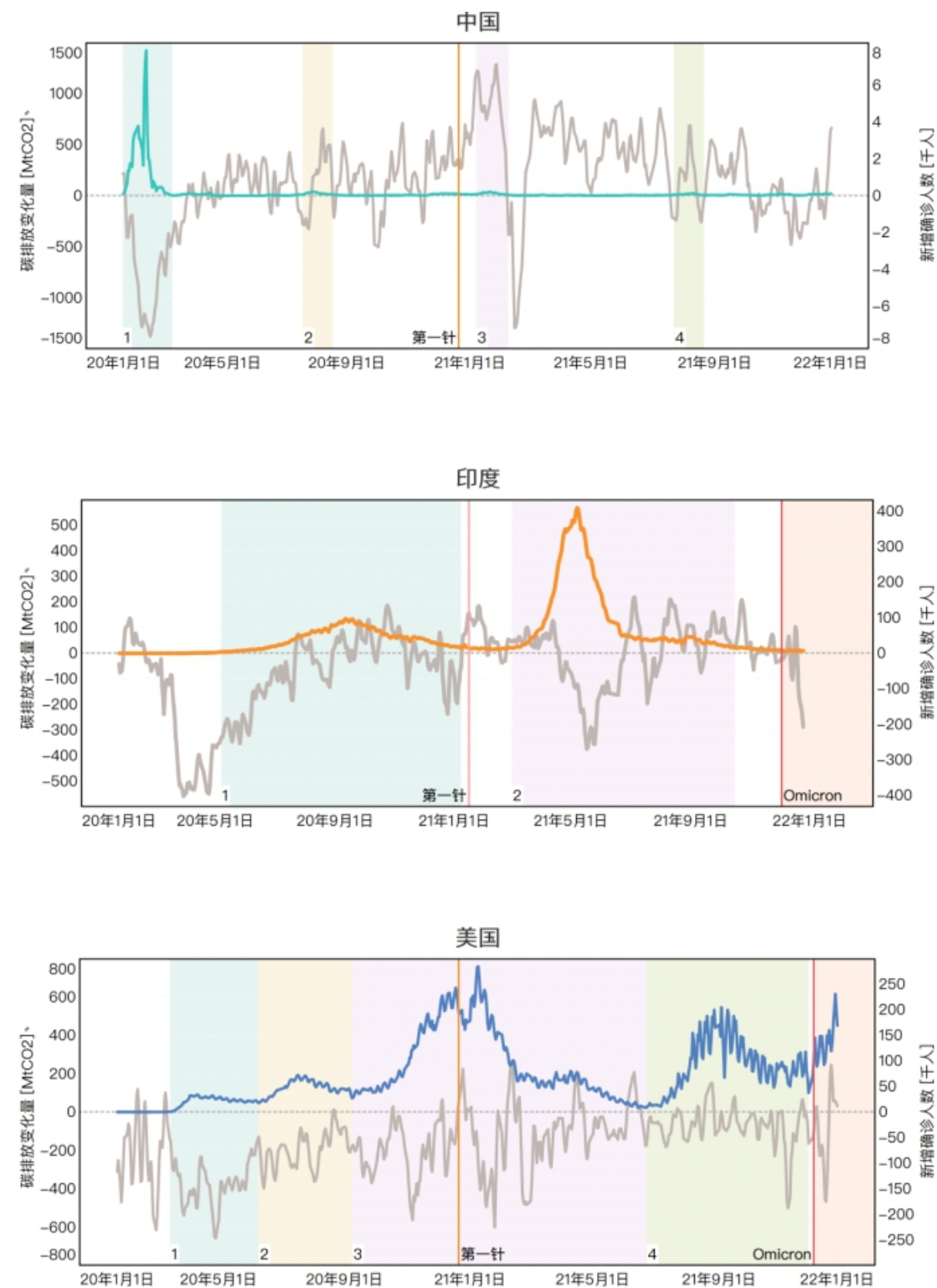


图4-3 全球实时碳数据展示中国、印度、美国天尺度碳排放变量



图4-4 全球实时碳数据展示日本天尺度碳排放变量

总体而言，全球实时碳数据（CarbonMonitor）在分析全球各国因新冠疫情所造成的碳排放下降与反弹过程，评估各个国家地区各个行业排放现状和减排潜力等方面发挥了巨大优势^[89, 90]。



附录

附录1. 二氧化碳排放核算

本报告中，Carbon Monitor团队结合多维数据同化及多种观测手段，构建了近实时碳排放核算理论和方法模型，方法和应用相关的主要论文参考：

1. 全球碳排放的实时监测反映新冠疫情的影响(Nature Communications)
<https://www.nature.com/articles/s41467-020-18922-7>
 2. Carbon Monitor的方法介绍(Scientific Data) <https://www.nature.com/articles/s41597-020-00708-7.pdf>
 3. Carbon Monitor与卫星观测的耦合(Geophysical Research Letters)
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2020GL090244>
 4. Carbon Monitor 结合 NASA 的 OCO2 卫星反映全球碳排放变化(Science Advances)
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abf9415>
 5. Carbon Monitor结合卫星数据反映中国碳排放的快速恢复(Science Advances)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7821878/pdf/abd4998.pdf>
 6. 基于Carbon Monitor数据的全球碳排放趋势研究(Nature Climate Change)
<https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/>
<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01001-0>
 7. 基于Carbon Monitor的全球首个近实时碳地图(The Innovation)
[https://www.cell.com/the-innovation/pdf/S2666-6758\(21\)00107-7.pdf](https://www.cell.com/the-innovation/pdf/S2666-6758(21)00107-7.pdf)
 8. 欧洲居民消费的碳排放变化及分析(Earth's Future)
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/23284277>
 9. 全球 2021 年的排放变化及分析(Nature Reviews Earth & Environment)
<https://www.nature.com/articles/s43017-022-00285-w>
 - 10.UNFCCC 排放清单与大气反演的 CO₂、CH₄、N₂O 的数据对比(Earth System Science Data)
<https://essd.copernicus.org/articles/14/1639/2022/>
- 正在评审中的论文参考：
11. 基于Carbon Monitor的新冠疫情引起的交通碳排放变化
<https://arxiv.org/abs/2101.06450>
 - 12.美国各州的碳排放变化及分析
<https://eartharxiv.org/repository/view/2233/>
 - 13.全球 2020 年的排放变化及分析
<https://arxiv.org/pdf/2103.02526.pdf>

- 14.全球 2020–2021的能源结构变化和排放动态<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01332-6>
- 15.全球新能源在疫情期间的反弹
<https://arxiv.org/abs/2111.02222>

基于近实时碳排放核算理论和方法模型，Carbon Monitor团队建设并运维多个近实时碳排放数据库，参考：

- 全球实时碳数据 <https://carbonmonitor.org>
全球实时碳数据中文网站<https://www.carbonmonitor.org.cn>
美国各州实时碳数据 <https://us.carbonmonitor.org>
欧洲各国实时碳数据 <https://eu.carbonmonitor.org>
中国各省实时碳数据 <https://cn.carbonmonitor.org>
全球主要城市实时碳数据 <https://cities.carbonmonitor.org>

全球实时碳数据Carbon Monitor项目，实现了对世界主要国家每日CO₂排放数据的跟踪、监测与统计，为气候变化大会及相关科学报告提供了有力的数据基础。主要国际组织对 Carbon Monitor 的数据引用参考：

- 1.UNEP Emission Gap Report:
<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>
<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2021>
- 2.GCP(全球碳计划)Global Carbon Budget:
<https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/>
- 3.WMO United in Science Report:
https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science
- 4.IPCC AR6 Report:
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
中国各省实时碳数据 <https://cn.carbonmonitor.org>
全球主要城市实时碳数据 <https://cities.carbonmonitor.org>

附录2. 数据来源

关键排放部门包括电力部门（占总排放量的 39%）、工业生产（28%）、地面运输（19%）、航空运输（3%）、船舶运输（2%）和居民消费（10%）。

电 力 部 门			
国家/地区	部门	时间分辨率	数据来源
中国	6家电力公司的热能生产/日耗煤量	每月/每日	国家统计局 (https://data.stats.gov.cn/) 万得信息(https://www.wind.com.cn/)
印度	热能生产(包括煤, 褐煤, 天然气和汽柴油生产)	每日	电力系统运营有限公司 (https://posoco.in/reports/daily-reports/)
美国	热能生产(包括煤, 石油和天然气生产)	每小时	(https://www.eia.gov/beta/electricity/gridmonitor/)
欧盟 & 英国	热能生产(包括褐煤, 煤成气, 硬煤, 石油, 页岩油和泥煤生产)	每小时	ENTSO-E平台 (https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show)
俄罗斯	总发电量	每小时	俄罗斯统一电力系统 (http://www.so-ups.ru/index.php)
日本	热能发电	每小时	输电运营商跨区域协调组织 (OCCTO) (https://www.occto.or.jp/en/)
巴西	热能生产	每小时	(http://www.ons.org.br/Paginas/)

工 业 生 产			
国家/地区	部门	数据	数据来源
中国	钢铁工业	粗钢产量	世界钢铁协会网站 (https://www.worldsteel.org/)
	水泥工业	水泥和熟料生产	国家统计局 (http://www.stats.gov.cn/english/)
	化学工业	硫酸、苛性钠、纯碱、乙烯、化肥、化学农药、初级塑料、合成橡胶	国家统计局 (http://www.stats.gov.cn/english/)

工 业 生 产			
国家/地区	部门	数据	数据来源
中国	其他工业	铁矿石、磷矿、盐、饲料、精制食用植物油、鲜肉和冷冻肉、乳制品、白酒、软饮料、葡萄酒、啤酒、烟草、纱线、布料、丝绸和梭织织物、机制纸和纸板、普通玻璃、十种有色金属、精炼铜、铅、锌、电解铝、工业锅炉、金属冶炼设备、水泥设备	国家统计局 (http://www.stats.gov.cn/english/)
印度	/	工业生产指数 (IPI)	印度统计和计划执行部 (http://www.mospi.nic.in) Trading Economics (https://tradingeconomics.com)
美国	/	工业生产指数 (IPI)	(https://www.federalreserve.gov)
欧盟 & 英国	/	工业生产指数 (IPI)	欧盟统计局 (https://ec.europa.eu/eurostat/home) Trading Economics (https://tradingeconomics.com)
俄罗斯	/	工业生产指数 (IPI)	俄罗斯联邦国家统计局 (https://eng.gks.ru)
日本	/	工业生产指数 (IPI)	日本经济贸易工业部 (https://www.meti.go.jp)
巴西	/	工业生产指数 (IPI)	巴西国家地理与统计局 (https://www.ibge.gov.br/en/institutional/the-ibge.htm)

地面运输	数据来源
每小时拥堵水平数据	TomTom网站 (https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/)
年度道路交通排放量	EDGARv4.3.2 (https://edgar.jrc.ec.europa.eu/)

航空运输	数据来源
提供实时航班飞行状况（包括航班的飞行轨迹、出发地、目的地、航班号、高度和空速等）	Flightradar24 (https://www.flightradar24.com)

航运排放	数据来源
国际航运排放（2007 - 2012）	https://www.imo.org/
国际航运排放（2013 - 2015）	https://theicct.org/
国际航运排放（2016 - 2018）	https://edgar.jrc.ec.europa.eu

居民消费	数据来源
全球ERA-Interim 地面气温 (2米气温)再分析数据集	ERA5 (https://cds.climate.copernicus.eu)
获取烹饪排放与供暖排放量	EDGAR database

Carbon

参考文献

[1] European Commission.(2021).EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research.https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2021.

[2] CEADs.(2021).Carbon Emission Accounts&Datasets–For emerging economies.<https://ceads.net/>.

[3] World Bank.(2020).World Development Indicators---US(Population).<https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=US>.

[4] U.S. Department of Commerce.(2020).Value added by Industry as a Percentage of Gross Domestic Product.<https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=150&step=2&isuri=1&categories=gdpind>.

[5] Shouse KC.(2021).U.S. Climate Change Policy.White House.

[6] JR. JRB.(2021).Executive Order on Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad.THE WHITE HOUSE.Washington.

[7] BP.BP Statistical Review of World Energy 2021.London,July,2021.

[8] 华夏能源网.(2020).拜登与特朗普能源政策比较：凭借新能源的低碳外交vs依靠传统能源的能源独立.<https://hxny.com/nd-50560-0-17.html>.

[9] World bank (2020).World Development Indicators---EU(Population).<https://data.worldbank.org.cn/indicator/SP.POP.TOTL?locations=EU>.

[10] World bank (2020).World Development Indicators--- United Kingdom(Population).<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=GB>.

[11] World bank.(2020).World Development Indicators---EU(GDP).<https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EU>.

[12] World bank.(2020).（2020）World Development Indicators---United Kingdom(GDP).<https://data.worldbank.org.cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=GB>.

[13] United Nations.(2021).The Paris Agreement.

[14] European Commission.(2021).2030 Climate Target Plan.

[15] European Commission.(2021).The Global Climate Change Alliance Plus (GCCA+).

[16] 人民资讯.(2021).综述：欧洲多国新冠疫情显著反弹.<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1714123743281686401&wfr=spider&for=pc>.

[17] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).EU Exports, Imports, and Trade Partners.

[18] U.K.(2008).Climate Change Act 2008.

[19] U.K.(2021).The Ecodesign for Energy–Related Products and Energy Information Regulations 2021.

[20] 新浪财经.(2020).英国新冠肺炎病例日增近千 政府禁止民众不必要外出.<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1662012134319518616&wfr=spider&for=pc>.

[21] 每日经济新闻.(2020).英国首相确认：第二波新冠疫情来袭！卫生大臣：不排除二次“封城”.<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1678309358973852209&wfr=spider&for=pc>.

[22] World Bank (2020).World Development Indicators---Germany(GDP).<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=DE>.

[23] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Germany (DEU) Exports, Imports, and Trade Partners.

[24] trans.info.(2021).Scania presents new generation of hybrid HGVs. <https://trans.info/en/dover-chaos-hgv-283692>.



[26] Ministry of Planning and International Cooperation.(2022).Jordan, Germany sign 50–million–euro loan agreement to build public schools

[27] World Bank.(2022).World Development Indicators---
France(GDP).https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=FR.

[28] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).France (FRA) Exports, Imports, and Trade Partners.

[29] UNFCCC.(2015).Conference of the Parties 21.

[30] World Bank.(2020).World Development Indicators---
Italy(GDP).https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IT.

[31] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Italy (ITA) Exports, Imports, and Trade Partners

[32] Tilli F.(2021).BIPV Policy Report in Italy.INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.

[33] Practical Law.(2021).Environmental Law and Practice in Italy: Overview.

[34] World bank.(2020).World Development Indicators---
Spain(GDP).https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=ES.

[35] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Spain (ESP) Exports, Imports, and Trade Partners.

[36] La Moncloa.(2019).Government presents Strategic Energy and Climate Framework.

[37] SchengenVisaInfo.com.(2021).Austria Lifts All Domestic COVID–19 Restrictions on March 5.
https://www.schengenvisa.info.com/news/austria-lifts-all-domestic-covid-19-restrictions-on-march-5/.

[38] 腾讯网.(2022).爱尔兰成欧洲疫情防控最好国家. https://xw.qq.com/amhtml/20220422A026U200.

[39] ERR.(2020).Government extends emergency situation. https://news.err.ee/1082079/government–
extends–emergency–situation.

[40] crisis24.(2020).Belgium: Authorities announce new nationwide lockdown from November 2 /update 28.
https://crisis24.garda.com/alerts/2020/10/belgium-authorities-announce-new-nationwide-lockdown–
from-november-2–update-28.

[41] Ministerstwo Edukacji I Nauki.(2020).Zawieszenie zaję dydaktyczno–wychowawczych w przedszkolach,
szkołach i placówkach o wiatowych. https://www.gov.pl/web/edukacja-i-nauka/zawieszenie-zajec-w–
szkolach.

[42] David OIagnier THM. The Covid–19 pandemic in Denmark: Big lessons from a small country [J]. Cytokine &
Growth Factor Reviews, 2020, 53(10–2.

[43] 新华社.(2020).欧洲多国升级防疫措施 严控边境遏制疫情蔓延.
https://baijiahao.baidu.com/s?id=1661406216434188242&wfr=spider&for=pc.

[44] 国际在线.(2020).荷兰首相宣布实施“硬封锁”所有中小学校将改网上授课.
https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686095882053369104&wfr=spider&for=pc.

[45] GOVERNMENT OF THE CZECH REPUBLIC.(2020).Measures adopted by the Czech Government against
the coronavirus.

[46] 中国新闻网.(2020).克罗地亚新增新冠肺炎患者2例 累计确诊5例. https://www.chinanews.com.cn/gj/2020/02–
28/9108092.shtml.

[47] 驻克罗地亚共和国大使馆经济商务处 (2021).克罗地亚2020年遭受两次强地震直接损失超过205亿美元.
http://hr.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202104/20210403055776.shtml.

[48] 新华社.(2021). (国际疫情) 克罗地亚累计新冠死亡病例超1万例.
https://baijiahao.baidu.com/s?id=1716682441232210759&wfr=spider&for=pc.

[49] 新华网.(2020).拉脱维亚总理宣布国家将进入紧急状态应对疫情. http://www.xinhuanet.com/photo/2020–
03/13/c_1125706042.htm.

[53] CNBC.(2020).No lockdown here: Sweden defends its more relaxed coronavirus strategy.
https://www.cnbc.com/2020/03/30/sweden-coronavirus-approach-is-very-different-from-the-rest-of–
europe.html.

[54] Pashakhanlou AH. Sweden’s coronavirus strategy: The Public Health Agency and the sites of controversy
[J]. Wiley Public Health Emergency Collection, 2021,

[55] Ministry of Enterprise and Innovation.(2021).Modified restrictions as of 15 July.
https://www.government.se/articles/2021/07/modified-restrictions-as-of-15-july/.

[56] REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF HEALTH, PRESS AND INFORMATION OFFICE.(2020).Important
Announcements.

[57] Crisis24.(2020).Slovakia: State of emergency declared due to COVID–19 on March 15 /update 3.
https://crisis24.garda.com/alerts/2020/03/slovakia-state-of-emergency-declared-due-to-covid-19-on–
march-15–update-3.

[58] Crisis24.(2020).Slovakia: Authorities to tighten COVID–19 measures nationwide from Dec. 19 /update 21.
https://crisis24.garda.com/alerts/2020/12/slovakia-authorities-to-tighten-covid-19-measures–
nationwide-from-dec-19–update-21.

[59] Ljubljana – MMC RTV SLO, STA, Radio Slovenija.(2020).Potrjenih 34 primerov okužbe, zadnja dva odkrita
v Mariboru. https://www.rtvlo.si/zdravje/novi-koronavirus/potrjenih-34-primerov-okuzbe-zadnja-dva–
odkrita-v-mariboru/516691.

[60] World bank.(2020). World Development Indicators---
Japan(Population).https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=JP.

[61] World bank.(2020). World Development Indicators---
Japan(GDP).https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=JP.

[62] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Japan (JPN) Exports, Imports, and Trade
Partners.

[63] 1997 npmD.(1997).REPORT OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES ON ITS THIRD SESSION.UNITED
NATIONS.KYOTO 31.

[64] Ministry of Foreign Affairs of Japan.(2007).Press Conference by Prime Minister Shinzo Abe Following his
visit to Germany for the G8 Summit Meeting in Heiligendamm.
https://www.mofa.go.jp/policy/economy/summit/2007/press.html.

[65] World Bank.(2020).World Development Indicators---
Russia(Population).https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=RU.

[66] World Bank.(2020).World Development Indicators---
Russia(GDP).https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=RU.

[67] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Russia Exports, Imports, and Trade Partners.

[68] UNFCCC.(2004).UN Secretary–General Kofi Annan Receives Russia’s Kyoto Protocol Ratification.

[69] М.Мишустин.(2020).ПРАВИТЕЛЬНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Р А С П О Р Я Ж Е Н И Е от 9 июня
2020 г. № 1523–р Председатель Правительства Российской Федерации.МОСКВА.

[70] 国家统计局.(2020).总人口.

[71] 新华网.(2021).习近平： 在全国脱贫攻坚总结表彰大会上的讲话.
http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2021-02/25/c_1127140240.htm.

[72] 国家信息中心.(2021).“十四五”时期我国产业结构变动特征及趋势展望.

[73] 国家统计局.(2021).国家统计局关于2020年国内生产总值最终核实的公告.

[74] 国资委.(2021).到2030年， 中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005 年下降多少以上， 非化石能源占一次能
源消费比重将达到多少左右？ .



[75] World Bank.(2020).World Development Indicators---
India(Population).<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=IN>.

[76] World Bank.(2020).World Development Indicators---
India(GDP).<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=IN>.

[77] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).India (IND) Exports, Imports, and Trade Partners.

[78] Practical Law.(2021).Environmental Law and Practice in India: Overview.

[79] Ministry of Environment, Forest and Climate Change.(2008).Impact of Climate Change and National Action Plan on Climate Change.

[80] World Bank.(2020).World Development Indicators---
Brazil(Population).<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BR>.

[81] World Bank.(2020).World Development Indicators---
Brazil(GDP).<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BR>.

[82] OEC – The Observatory of Economic Complexity.(2020).Brazil (BRA) Exports, Imports, and Trade Partners.

[83] United Nations.(1992).United Nations Conference on Environment and Development.

[84] Climate Change Laws of the World.(2007).National Energy Plans 2030 and 2050 (PNE).

[85] Climate Change Laws of the World.(2008).National Plan on Climate Change (from Decree no 6.263).

[86] World Bank.(2020).World Development Indicators.<https://data.worldbank.org.cn/indicator/>.

[87] CarbonMonitor.(2021).全球实时数据.<https://www.carbonmonitor.org.cn/>.

[88] CSSE.(2022).CSSEGISandData.<https://github.com/CSSEGISandData/>.

[89] Liu Z, Ciaiss P, Deng Z, et al. Carbon Monitor, a near–real–time daily dataset of global CO2 emission from fossil fuel and cement production [J]. Sci Data, 2020, 7(1): 392.

[90] Liu Z, Ciaiss P, Deng Z, et al. Near–real–time monitoring of global CO2 emissions reveals the effects of the COVID–19 pandemic [J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 5172.

