



看见数据背后的逻辑与局限

——不同机构中国碳排放数据比较

Behind the Data -
A Comparative Analysis of China's Carbon Emission Data
from Different Organizations

工作论文 Working Paper

2023年7月
July 2023

致谢

本工作论文的主要内容得到了能源基金会的资金支持。衷心感谢能源基金会的傅莎和杨卓翔，在研究过程中给予的支持和指导。

诚挚感谢国家发展和改革委员会能源所胡秀莲研究员、田智宇副研究员两位专家对本报告内容完善提出的建议和意见。

特别感谢 iGDP 同事胡敏、姚喆、汪燕辉和陈美安提供的宝贵支持与建议，包林洁提供的报告版面设计。

报告作者

李鑫迪 绿色创新发展研究院 分析师 邮箱: lixindi@igdp.cn

杨 鹏 绿色创新发展研究院 研究总监 邮箱: yangli@igdp.cn

免责声明

本报告内容和观点仅代表作者的个人理解和观点，旨在加强相关领域的讨论交流，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。本报告内容采用数据和信息均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏，敬请谅解并指正。

引用建议

李鑫迪、杨鹏. 看见数据背后的逻辑与局限——不同机构中国碳排放数据比较分析. 2023. 工作论文. 北京: 绿色创新发展研究院.

目录

摘要	1
已有研究回顾	2
碳排放数据库选择	4
中国碳排放数据基准	8
中国碳排放数据比较	13
国内外数据库碳排放核算方法比较	17
结论与建议	24
参考文献	25

摘要

为支持“双碳”战略实施，应对国际、国内各界对我国碳达峰工作进展的关注，碳排放数据的可靠性、连续性、真实性以及碳排放核算方法的科学性、可比较性备受关注。目前，我国二氧化碳（CO₂）排放数据的官方来源主要是国家排放清单¹，及其他能源相关政府统计公报等。此外，为满足不同需求，国内外诸多研究机构或政府智库的数据库中也涵盖了我国碳排放数据。鉴于采用的核算范围、核算方法和排放因子等的不同，各机构公布的中国碳排放数据之间存在较大差异性，因此对比研究这些数据存在哪些差异以及造成差异的原因很有必要。

本报告基于已有研究，选择 10 家国内外研究机构最新公布的中国碳排放数据库，分析对比其方法学及数据结果。这 10 家机构直接或间接地采用了中国官方公布或者提交的能源数据对碳排放进行计算，发布的数据具有一定的时效性、连贯性和一致性，可用于支持中国碳排放现状跟踪、评估、预测以及国际比较。与已有研究相比，本报告同样聚焦于能源相关 CO₂ 排放，并做出如下研究突破：

- 1) 对比研究依据为截止到 2023 年第一季度各机构发布的最新方法学与排放数据；
- 2) 研究范围着重增加了国内研究机构近年推出的碳排放数据库；
- 3) 比较维度强化了能源活动水平数据在数据库间的引用关系，以及能源数据核算方法的差异性分析。

此外，研究根据我国官方数据估算出 2013-2021 年度序列基准碳排放数据²（以下简称“基准数据”），并以此作为基准，衡量各机构碳排放数据库与中国官方尺度的差距。

研究发现，国内外提供的中国碳排放核算都是直接或间接来自中国能源统计数据，目前没有一家机构的排放核算边界与中国官方完全一致。碳排放总量数据方面，中国碳核算数据库（CEADs）团队的参考法、全球碳预算（Global Carbon Budget, GCB）两

¹ 指《国家信息通报》中的清单数据。作为 UNFCCC 缔约方非附件一国家，中国会每四年提交一次国家信息通报，每两年提交一次更新报告。到目前为止，中国已陆续提交三次国家信息通报，以及二次两年更新报告，公布了 1994 年、2005 年、2010 年，2012 年和 2014 年五个年份的中国国家温室气体排放清单。

² 根据公布的单位国内生产总值 CO₂ 排放下降率计算出 2013-2021 年连续碳排放数据，并结合信息通报正式公布的 2005、2010、2012 和 2014 年的 4 个年度碳排放量数据，这些数据可作为判断国内外数据库高估还是低估的标准，简称基准数据。

家机构核算数据和中国官方发布的个别年份数据较为接近，相对适合作为官方断点数据的参考与补充。在能源相关 CO₂ 排放方面，除了国际能源署（International Energy Agency, IEA）数据明显偏高，其它研究机构公布的数据都比较接近，研究者可根据需要选择参考来源。在能源统计方面，比较 2005~2021 年数据显示，BP 与 IEA 采用的能源消费数据与中国能源平衡表数据非常接近。在工业过程排放比较方面，美国橡树岭国家实验室 CO₂ 信息分析中心（Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC）的估算显著高于其他研究机构，甚至高于中国官方对于非金属矿物制品业（水泥、石灰、建筑材料、玻璃、陶瓷等）的个别年份的整体估算；CEADs 和 GCB 只估算水泥生产过程排放，不包括玻璃、陶瓷等，两者估算趋势比较接近，但是 CEADs 整体低于 GCB 的估算。对标中国官方公布及直接估算“基准数据”，可以看出国际研究机构的碳排放数据普遍偏高。以 2014 年为例，各国际机构比我国公布的温室气体排放清单中能源相关 CO₂ 排放偏高 1.3%~19.3%，其中最接近中国官方数据的是 IEA，差距最大的是美国能源信息管理局（EIA）。碳排放数据存在差异的原因主要源于核算边界、排放因子、核算方法，以及能源数据来源、部门划分、燃料分类和热值（折标系数）等。

研究建议，中国碳排放数据长时间序列的分析和研究目前主要依赖于国内外研究机构提供的数据，官方的能源统计与碳排放核算还需要进一步提高信息公开程度，以便公众和研究机构更好地了解中国的碳排放情况。CEADs 使用参考法估算以及 GCB 估算的总 CO₂ 排放量与中国提交的温室气体排放清单断点年份数据较为接近，比较适合作为长时间序列分析的参考；EDGAR 的统计口径覆盖最广，但可能存在排放高于中国实际排放的情况，可以作为工业过程 CO₂ 排放的参考；除 BP 外其他机构均提供按照能源或者部门划分的排放，其中 IEA 与 CEADs 提供按照部门和能源品种分别统计的排放，比较适合用于部门排放参考。

已有研究回顾

有关中国碳排放数据系统性比较研究可追溯到 10 年前。朱松丽（2013）^[1]对当时中国官方发布的 1994、2004 和 2005 年碳排放数据进行了比较，并将 8 家国外相关研究机构和数据库发布的 2005-2011 年能源燃烧和水泥生产过程 CO₂ 排放的数据与作者计算的数据进行了比较，聚焦排放范围、方法和基础数据来源等方面。研究认为对

国外研究机构数据的引用需要谨慎，国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 和世界资源研究所的 CAIT (Climate Analysis Indicators Tool) 数据库相对可以作为可靠参考资料。中国官方公布 CO₂ 排放数据需要提高频率，加强与国际相关机构的能源统计合作，并定期发布有关煤炭热值的官方统计数据，增加能源生产环节煤炭和油气开采过程中的 CO₂ 逃逸排放以及油气开采过程中的火炬燃烧排放等。

聚焦于碳核算研究方法的异同，李青青等 (2018) [2] 选取了 IEA、全球大气研究排放数据库 (Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)、美国橡树岭国家实验室 CO₂ 信息分析中心 (Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC) 和美国能源信息管理局 (U.S. Energy Information Administration, EIA) 四个国外研究机构。从数据范围、覆盖部门、核算方法学、计算公式、燃料类别、活动水平数据来源、国际燃料舱、非能源利用、碳排放因子和氧化率系数来源等方面进行比较分析。研究提出，IEA 和 EDGAR 有关燃料分类和方法学阐述比较详细，数据相对更为准确。建议中国应在对标国际分类基础上，定期发布相应的官方统计数据。

为了识别中国碳排放核算工作存在的主要问题及挑战，李继锋等 (2020) [3] 比较了 EDGAR v 4.2 和 CDICA 两家国际机构提供的中国 1970-2017 年的碳排放数据，并将中国官方公布的 1994、2005、2010、2012、2014 年五个年度数据与中国碳核算数据库 (CEADs) 团队研究[4]、英国石油公司 (British Petroleum, BP)、EIA、IEA、CDICA、EDGAR4.2 提供的数据进行比较，发现国际机构数据库对中国排放量的估算普遍偏高，差距最高达 7%。研究认为中国碳排放核算受制于现有能源统计数据，导致碳核算存在较大不确定性，并且历史数据缺失严重。

以上比较研究对如何科学性使用国际研究机构提供的中国碳排放数据、完善中国碳排放核算体系提供了有力支持。随着全球应对气候变化治理体系不断强化，碳排放核算国际规则日益完善，政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 根据最新的科学依据不断修订国家温室气体清单的编制方法。2019 年，IPCC 通过《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 修订版》，国外研究机构据此陆续更新碳排放统计核算方法学。因此，有必要在已有研究基础上，更新国内外碳排放数据库比较工作，为提高中国碳排放数据的权威性和一致性，提供更多研究支持。



碳排放数据库选择

报告聚焦 10 家国内外研究机构的数据库提供的有关中国碳排放数据(见下表 1)。这些国内外研究机构提供的数据具有时效性、连贯性,比较适合用于追踪、评估中国碳减排现状和进展。其中,国外数据库有 8 家,分别是:国际能源署(International Energy Agency, IEA)、英国石油公司(British Petroleum, BP)、美国能源信息管理局(U.S. Energy Information Administration, EIA)、美国橡树岭国家实验室 CO₂ 信息分析中心(Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC)、全球大气研究排放数据库(Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)、全球碳预算(Global Carbon Budget, GCB),以及引用以上数据库的世界资源研究所(World Resources Institute, WRI)的 Climate Watch 平台、世界银行(World Bank, WB)数据库。国内数据库包括由清华大学团队发布的中国碳核算数据库(CEADs)和中国多尺度排放清单模型(MEIC)等。

这些数据库在覆盖国家(地区)、时间跨度上各具特色。国际数据库聚焦于全球,覆盖国家(地区)范围少则 70 多个国家(地区),多则达到 224 个国家(地区)。在时间跨度上,有关中国碳排放数据最早可以追溯到 1899 年(CDIAC)。国内数据库主要聚焦于中国及省份,也会关注部分发达国家和新兴经济体。



数据库简介

- **国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 能源和碳排放统计**覆盖 203 个国家以及 42 个地区集合,提供 OECD 国家和地区 1960-2020 年、非 OECD 国家 1971-2020 年的数据。统计数据通常在统计年份的一至两年后发布。
- **英国石油公司 (British Petroleum, BP) 的统计**覆盖了 79 个国家或地区,提供 1965-2021 年的能源消费和 CO₂ 排放数据,在《2022 年世界能源统计年鉴》中提供了 1990-2021 年的甲烷加工业过程排放之和,以及天然气燃除 (Natural gas flaring) 的排放。2023 年 3 月, BP 宣布将停止发布

有 70 年历史的《世界能源统计年鉴》并将其移交至能源研究所(The Energy Institute, EI) 。

- **美国能源信息管理局 (U.S. Energy Information Administration, EIA)** 提供自 1980 年起 211 个国家, 以及国家联盟和地区的能源和 CO₂ 排放数据, 一般于两年后发布被统计年份的数据。
- **美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息分析中心 (Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC)** 提供自 1751 年起, 全球 224 个国家的 CO₂ 排放数据, 但 CDIAC 从 2015 年后已停止数据更新。
- **全球大气研究排放数据库 (Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)** 是欧盟委员会联合研究中心 (JRC) 与荷兰环境评估署 (PBL) 的联合开发项目, 提供全球 226 个国家从 1970 年起的温室气体排放数据, 计算了精细到月份的分部门排放数据并映射为 0.1° × 0.1° 网格数据。
- **全球碳预算 (Global Carbon Budget, GCB)** 是全球碳计划 (Global Carbon Project, GCP) 下关注 CO₂ 排放的项目, 自 2005 年起发布每年化石能源燃烧、水泥生产以及土地变化和使用相关 CO₂ 排放的数据。
- **世界资源研究所 (World Resources Institute, WRI) 的 Climate Watch 平台** 前身是 CAIT (Climate Analysis Indicators Tool), 提供 185 个国家 (包括欧盟) 1990-2019 年的温室气体排放数据。CAIT 整合了多家机构和数据库的化石燃料燃烧排放、工业过程排放、土地利用和林业数据。其中化石燃料燃烧排放的 CO₂ 数据来自 IEA。
- **世界银行 (World Bank, WB) 数据库** 的 CO₂ 排放数据引用自 WRI 的 Climate Watch。
- **中国碳核算数据库 (China Emission Accounts and Datasets, CEADs)** 发布 1997-2019 年中国国家及 30 个省份, 以及日本、白俄罗斯、哈萨克斯坦、俄罗斯、吉尔吉斯斯坦、新兴经济体的排放数据。
- **中国多尺度排放清单模型 (Multi-resolution Emission Inventory for China, MEIC)** 由清华大学开发和维护, 提供中国大陆地区 1990 年起 10 种大气污染物和温室气体的分省排放量和网格化排放数据, 2008 年以来中国各省分部门的排放数据, 包括电力、工业、民用、交通和农业等五个部门的 CO₂ 排放数据。



数据库对比

温室气体覆盖范围：以上全部数据库均覆盖 CO₂ 排放，部分数据库还提供非 CO₂ 温室气体（简称“非二气体”）排放的数据。其中 EDGAR 提供 CO₂，甲烷，氧化亚氮和含氟气体的排放；IEA 统计并免费提供各国能源相关温室气体排放总量（包括 CO₂、甲烷和氧化亚氮），并单独报告能源行业的甲烷排放；GCB 归属的全球碳计划项目下另有全球甲烷预算（Global Methane Budget）和全球氧化亚氮预算（Global Nitrous Oxide Budget）提供甲烷和氧化亚氮排放统计，分别更新到 2017 年和 2019 年；BP 在 2022 年世界能源统计中提供了包含甲烷和工业过程排放温室气体排放总量，以及天然气燃除的甲烷排放；WRI 提供甲烷、氧化亚氮和含氟气体的排放，其中土地利用与变化以及农业的非二气体排放来自联合国粮食及农业组织（The Statistic Division of the United Nations Food and Agriculture Organization, FAO），能源相关非二气体排放来自 IEA。

排放源行业覆盖范围：全部数据库均覆盖能源相关 CO₂ 排放。除了 IEA 和 EIA 外，其他数据库均包含工业过程排放，但大多数数据库仅包含水泥生产过程排放，EDGAR 提供较为全面的工业行业过程排放，包括水泥生产、石灰生产、化学工业和金属工业过程等（具体口径比较请见表 4）。

数据公布频率：EDGAR 提供月度排放数据，其他数据库仅提供年度排放数据。

排放数据颗粒度：国际和国外数据库报告国家及地区层面排放数据，国内的 CEADs 和 MEIC 除全国总排放外还提供省级层面数据。IEA、EIA、CDIAC、GCB、CEADs 提供分能源品种产生的 CO₂ 排放数据。IEA、EDGAR、Climate Watch、WB、CEADs 和 MEIC 提供分部门的 CO₂ 排放数据。

表 1 国内外主要 CO₂ 排放数据库基本情况比较

机构或数据库	覆盖国家或地区	时间跨度	公布频率	分能源品种	分部门数据
IEA	203 个国家及 42 个地区	1960-2020 (OECD 国家) 1971-2020 (非 OECD 国家)	年	√	√
EIA	211 个国家或地区	1980-2021	年	√	×
EDGAR	全球 0.1° x 0.1° 网格化数据	1970-2021	月	×	√
CDIAC	224 个国家或地区	1751-2014	年	√	×
GCB	全球 220 个国家或地区	1907-2021, 2022(预测)	年	√	×
BP	70 多个国家或地区	1965-2021	年	×	×
Climate Watch	194 个国家以及欧盟	1990-2019	年	×	√
WB	194 个国家以及欧盟	1990-2019	年	×	√
CEADs	中国国家及 30 个省份, 部分市县; 日本、白俄罗斯、哈萨克斯坦、俄罗斯、吉尔吉斯斯坦等	1997-2019	年	√	√
MEIC	中国国家及省份	1990-2021	年	×	√



各数据库与中国官方统计数据的关系

国内外提供的中国碳排放核算都是直接或间接来自中国能源统计数据。IEA、BP 和 EIA 基于中国的统计资料进行能源活动数据和碳排放的核算，EDGAR 基于 IEA 的能源数据计算碳排放量。CDIAC 数据库依据联合国能源统计 (UNSD, United Nation Statistical) 提供能源数据进行碳排放的核算。GCB 以及 WRI 的 Climate Watch 等数据库又在上述排放数据库基础上进行了整合，数据库间引用关系如下图 1 所示。具体统计口径与方法学、数据来源区别将在下面章节详细分析。

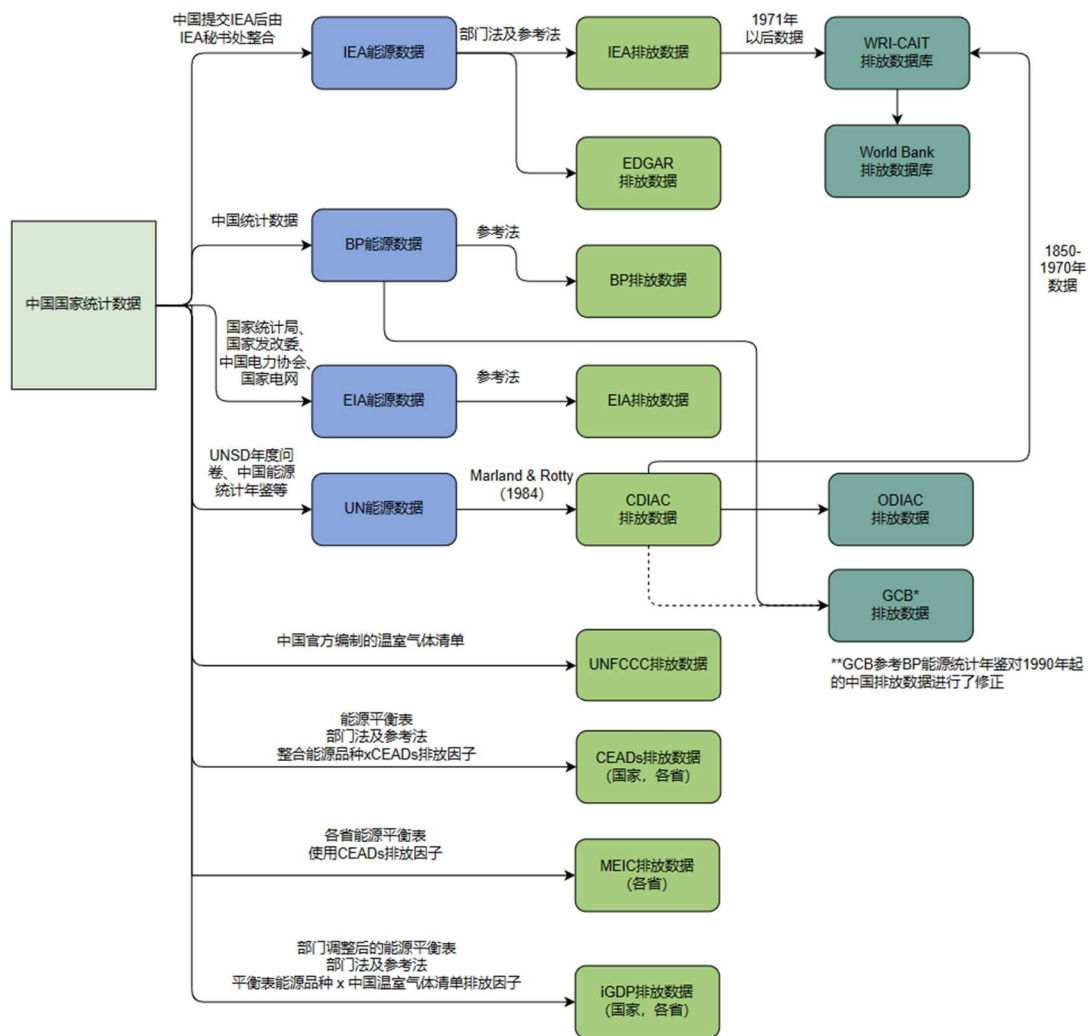


图 1 主要能源与能源相关碳排放数据库数据来源与关系

注：蓝色代表能源数据库；浅绿色代表原始碳排放数据库；深绿色代表二次整合的碳排放数据库；EDGAR 使用 BP 的能源数据进行 2020 和 2021 年的排放核算^[5]。

中国碳排放数据基准

中国目前还没有建立公布年度能源活动相关 CO₂ 排放绝对量的官方信息机制。研究者获得权威发布的 CO₂ 排放数据主要通过两个来源。一是国家排放清单数据，作为联合国气候变化框架公约非附件一缔约方，中国在提交的国家信息通报及两年更新报告中提供了断点年份（1994、2005、2010、2012、2014 年）能源活动相关 CO₂ 排放总量。二是单位国内生产总值（GDP）CO₂ 排放下降率，其作为中国“十二五”以来经济社

会发展的约束性考核指标以及国际承诺应对气候变化目标，中国会定期公布基于不同基准年（1990，2005，2010，2015）的累积下降率以及同比上一年的年下降率数据。基于 GDP 变化率和单位 GDP CO_2 下降率可以大致估算 CO_2 排放量。

国家排放清单数据

作为 UNFCCC 缔约方非附件一国家，中国会每四年提交一次国家信息通报，每两年提交一次更新报告。到目前为止，中国已经陆续提交三次国家信息通报，以及二次两年更新报告，公布了 1994 年、2005 年、2010 年，2012 年和 2014 年五个年份的中国国家温室气体排放清单。基于已经提交的国际文件，可以获得断点年份的能源相关 CO_2 排放绝对量数据（见下表）。

表 2 国家公布（提交）的排放清单数据³

指标	单位	1994	2005	2005 ^①	2010	2012	2014
CO ₂ 排放总量（不包含土地利用变化和林业）	亿吨 CO ₂ 当量	30.73	59.76	63.81	87.07	98.93	102.75
能源活动相关 CO ₂ 排放 ^①	亿吨 CO ₂ 当量	27.96	54.04	56.65	76.24	86.88	89.25
占全部 CO ₂ 排放比例 ^②	%	90.95%	90.04%	88.80%	87.60%	87.80%	86.90%
单位 GDP 能源相关 CO ₂ 排放 ^④	吨/万元，2005 年不变价	-	2.88	3.02	2.38	2.30	2.04
文件日期		2004.12	2012.11	2018.12	2018.12	2016.12	2018.12

尽管中国国家温室气体清单编制是遵循 IPCC 清单编制指南，但随着 IPCC 清单编制指南的不断调整和完善，排放源分类、计算范围和计算方法等均会发生变化。此外，中国温室气体排放清单中燃料活动 CO_2 排放核算是采用部门法，不同年份编制的清单数据会因中国化石燃料消费量、燃料热值、单位热值的含碳率、碳氧化率的不断修正而

³ 表格数据来源：《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》、《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》、《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》、《中华人民共和国气候变化第一次两年更新报告》、《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》；注：①全部来源于化石燃料燃烧排放；②不含 LULUCF；③此列中数据来源 2018 年三次国家信息公报的 2005 年回算数据；④单位 GDP 能源相关 CO_2 排放为推算数据，GDP 来源于国家统计局。

存在差异。例如，中国 2018 年发布的《第三次国家信息通报》也对 2005 年数据进行了更新。

中国最新公布的 2005 年回算数据、2010 年和 2014 年数据采用同样的计算方法和范围，具有一致性和可比性，而 1994 年、2012 年数据不具有可比性。正是由于这一原因，2010-2012 两年间 CO₂ 增加了 10.44 亿吨，而 2012-2014 两年间 CO₂ 只增加 2.37 亿吨。

国家公布单位 GDP 碳排放强度下降率

单位国内生产总值 (GDP) CO₂ 排放下降率 (简称: 单位 GDP 碳排放) 是指每生产一单位 GDP 所产生 CO₂ 排放量与基期相比的降低比例^[6]，是评价一个国家经济社会能源转型和低碳发展的重要指标。单位 GDP CO₂ 排放下降率是中国控制温室气体排放国际承诺的重要指标之一，也是中国“十二五”及“十三五”规划期的一个重要约束性指标。2009 年中国向国际社会公开承诺，到 2020 年单位国内生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 40%-45%。随后，单位 GDP CO₂ 排放量作为一个重要约束性指标纳入了《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。2021 年 10 月《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中提出到 2025 年，单位 GDP CO₂ 排放比 2020 年下降 18% 的目标。同月中国向 UNFCCC 提交《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》，提出到 2030 年单位 GDP CO₂ 排放比 2005 年下降 65% 以上。

单位国内生产总值 CO₂ 排放下降率指标完成情况也纳入了中国地方 (行业) 经济社会发展综合评价体系和干部政绩考核体系中。统计部门以及应对气候主管部门会不定期公布一些年份指标的完成情况 (如下表所示)。从目前收集到公布数据情况来看，由于满足不同时期和对象的考核需要，中国发布的单位 GDP CO₂ 下降率类型包括分别以 2010 年和 2015 年为基年的“十二五”、“十三五”的五年累计下降率，以 1990 年、2005 年为基年的累计下降率，以及同比上一年的年下降率。从不同渠道收集和整理的公开数据来看，有些年份数据缺失，如 2011 年和 2012 年未能找到数据。此外，来源于不同资料的同一指标数据存在不一致，这可能是由于数据发布时间不一致，引用数据来源不同，以及 GDP、能源消耗数据等指标修订导致的^[7]。

表 3 历年全国万元国内生产总值能源相关 CO₂ 排放公布情况一览表 (%)

基准年 1990 累积下降率											
2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	来源
46%											第二次国家信息通报 ⁸⁾
基准年 2005 累积下降率											
2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	来源
	20%										第三次国家信息通报 ⁹⁾
	19.1%										中国应对气候变化的政策与行动 2011 年度报告 ¹⁰⁾
		28.56%									中国应对气候变化的政策与行动 2014 年度报告 ¹¹⁾
			33.8%								强化应对气候变化行动—中国国家自主贡献 ¹²⁾
				38.6%							气候变化第一次两年更新报告 ¹³⁾
					40.7%						中国气候变化第三次国家信息通报及第二次两年更新报告核心内容解读 ¹⁴⁾
						46%					中国应对气候变化的政策与行动 2018 年度报告 ¹⁵⁾
							45.8%				中国空气质量改善报告 (2013-2018 年) ¹⁶⁾
								47.9%			中国应对气候变化的政策与行动 2020 年度报告 ¹⁷⁾
									48.4%		中国应对气候变化的政策与行动 ¹⁸⁾
										50.3%	新华社报道 ¹⁹⁾
										50.8%	生态环境部 ²⁰⁾
基准年 2010 累积下降率											
	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	来源
		10.68%									中央人民政府网报道 ²¹⁾
			15.8%								中国应对气候变化的政策与行动 2015 年度报告 ²²⁾
				20%							十三五国民经济和社会发展纲要 ²³⁾ 以及中国应对气候变化的政策与行动 2016 年度报告 ²⁴⁾
				21.7%							气候变化第一次两年更新报告 ¹³⁾
				21.8%							新华网报道 ²⁵⁾
				22%							第三次国家信息通报 ⁹⁾
基准年 2015 累积下降率											
				2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	来源
						11.4%					中期评估报告：“十三五”规划纲要主要目标指标进展总体符合预期 ²⁶⁾
								17.9%			中国应对气候变化的政策与行动 2020 年度报告 ¹⁷⁾
									18.8%		中国应对气候变化的政策与行动 ¹⁸⁾
同比上一年下降率											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	来源
		4.3%									中国应对气候变化的政策与行动 2014 年度报告 ¹¹⁾
			6.1%								中国应对气候变化的政策与行动 2015 年度报告 ²²⁾
					6.6%						中国应对气候变化的政策与行动 2017 年度报告 ²⁷⁾
					6.1%						气候变化第二次两年更新报告 ²⁸⁾
						5.1%					2017 年国民经济和社会发展统计公报 ²⁹⁾
							4.0%				2018 年国民经济和社会发展统计公报 ³⁰⁾
								4.1%			中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报 ³¹⁾
									3.9%		中国应对气候变化的政策与行动 2020 年度报告 ¹⁷⁾
										3.8%	新华社报道 ¹⁹⁾



基于单位 GDP 碳排放强度下计算碳排放量

根据收集到的单位 GDP CO₂ 排放下降率以及国家统计局的地区生产总值指数，在国家温室气体排放清单公布的断点年份能源相关 CO₂ 排放基础上，可以采用以下公式大致估算出中间年份的排放，以 2005 年为例：

$$Ems_X = (1 - CarbonIntensityReduction\%) * Ems_{2005} * (1 + GDPGrowth\%)$$

其中， Ems_{2005} 和 Ems_X 分别为 2005 年和年份 X 的 CO₂ 排放， $GDPGrowth\%$ 为相对于 2005 年， X 年的 GDP 累计增长率， $CarbonIntensityReduction\%$ 为相对于 2005 年， X 年单位 GDP CO₂ 排放累计下降率。

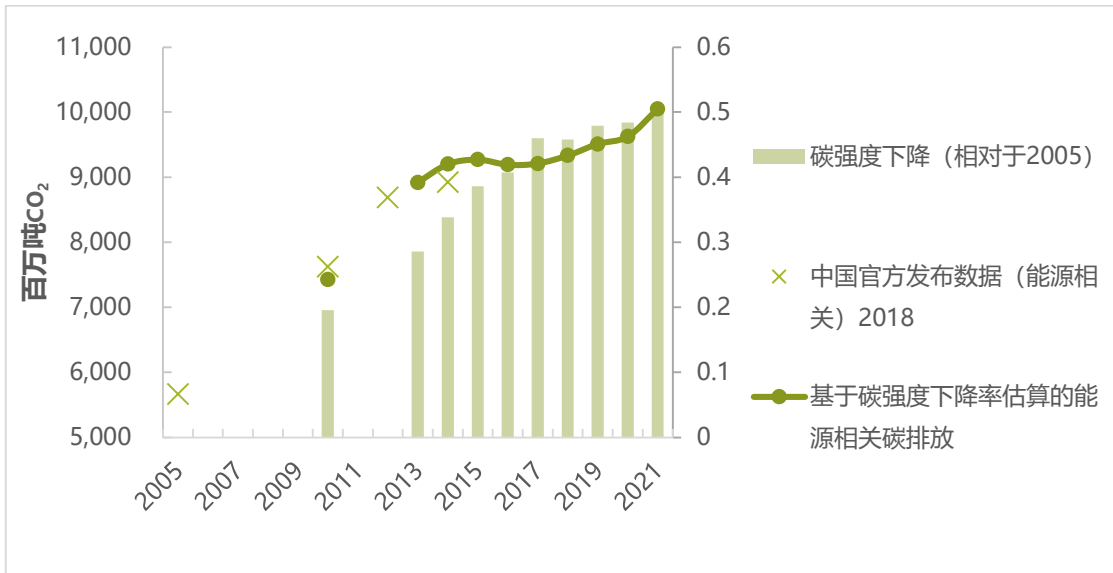


图 2 基于碳强度下降率估算的能源相关 CO₂ 排放⁴

基于以上公式和中国官方公布的最新 2005 年能源相关排放 (63.81 亿吨 CO₂)，可以计算出中国 2013-2021 年 9 年 CO₂ 排放数据从 2013 年的 89.2 亿吨上升到 2021 年的 100.52 亿吨，年均增长约 1.59% (如图 4 所示)。基于单位 GDP CO₂ 排放下降率计算中国 CO₂ 排放量不同年份会有不一致性，这是由于本报告只能采用官方当年公布资料中的单位 GDP CO₂ 排放下降率数据。GDP、能源数据指标本身会持续修订和更新，国家没有根据来源数据变化公布更新的历史年份单位 GDP CO₂ 排放下降率

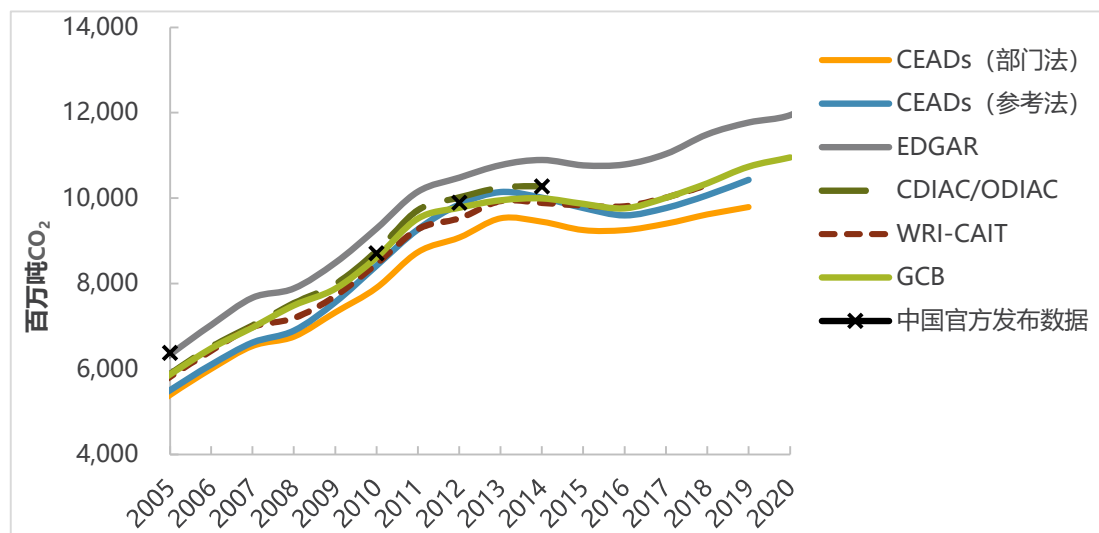
⁴ 2018 年到 2021 年的能源相关碳排放采用温室气体排放清单 2005 年回算数据，由于 2018 年前数据可能采用 2016 年公布的 2005 年排放数据，因此 2013 年到 2017 年采用同比 GDP 碳强度下降率；2015 年的同比 GDP 碳强度下降率由 2015 和 2016 年相对于 2005 年的下降率间接得出。

数据，这就导致不同年份估算采用的数据源不同，而存在不一致性。对比国家信息通报提供的 2014 年化石燃料燃烧的 CO₂ 排放为 87.56 亿吨，我们基于单位 GDP CO₂ 排放下降率计算的 2014 年 CO₂ 排放为 89.25 亿吨，两者相差约 1.7 亿吨，误差在 2% 以下。因此，这种方法只是提供我们了解中国近年碳排放趋势的一个视角，不能成为中国计算权威碳排放数据的方式。

中国碳排放数据比较

在国内外碳排放数据库中，EDGAR、CDIAC、WRI、GCB、CEADs 覆盖了化石能源燃烧相关排放以及工业生产过程排放，其中 CDIAC、GCB 和 CEADs 仅核算水泥生产的过程排放，不考虑其他工业过程排放。由于工业生产过程排放对于总排放量影响较大，按中国官方数据计算占比约为 15%，笔者分别比较了各机构发布的中国 CO₂ 排放总量，以及能源相关 CO₂ 排放。

CO₂ 排放总量



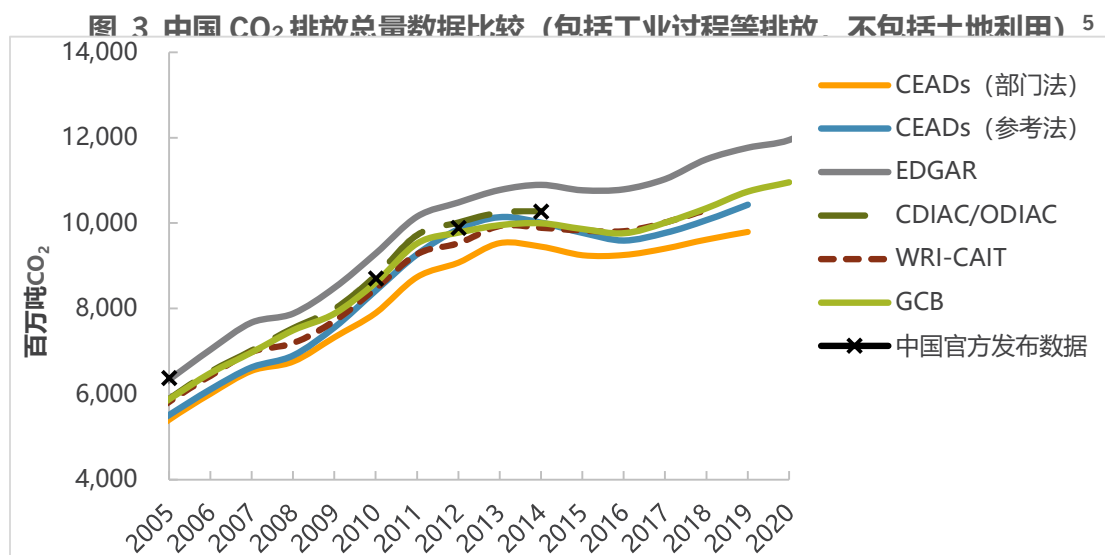


图 3 比较了 EDGAR, CEADs, GCB, CDIAC 和 WRI 的 Climate Watch 发布的中国 2005-2021 年 CO₂ 排放情况, 以及中国提交 UNFCCC 的官方数据。EDGAR 和 GCB 核算的 2021 年 CO₂ 排放总量分别为 124.66 亿吨和 114.72 亿吨, 其他机构尚未公布 2021 年数据。若对标中国官方公布的 2010、2012 和 2014 年 3 个年度数据, CEADs 参考法、Climate Watch、GCB、CDIAC/ODIAC 发布的 2010、2012 和 2014 年数据与官方数据较为接近, CEADs 部门法和 EDGAR 数据差距较大。以 2014 年为例, EDGAR 比中国官方的 102.75 亿吨高了 6.23 亿吨, CEADs 部门法低约 10 亿吨。EDGAR 包含了最为全面的工业过程排放等原因^[32], 其估算的排放量始终高于其他机构。

能源相关 CO₂ 排放

能源相关 CO₂ 排放是中国 2030 年前碳减排的重点。图 4 比较了中国官方和国内外 6 家机构发布的能源相关 CO₂ 排放, 笔者基于中国官方发布的单位 GDP 碳强度下降率进行估算的中间年份的排放量, 以及基于国家能源平衡表估算的能源相关的 CO₂ 排放。IEA、EIA、GCB、EDGAR、BP、CEADs 和 CDIAC 七家机构发布了中国能源相关 CO₂ 数据。总体而言, 国际研究机构提供碳排放数据与中国温室气体排放清单公布的碳排放相比普遍偏高, 2014 年各国际机构与中国温室气体排放清单差距范围在 1.3%—19.3%之间, 其中最接近的是 IEA, 差距最大的是 EIA。

⁵ 由于 World Bank 的数据直接援引自 WRI 的 CAIT 数据库, 其数据并没有被包含在比较图中。中国官方发布的数据中 2005, 2010, 2012, 2014 之外年份数据来自课题组基于单位 GDP 碳强度下降率和 GDP 的估算。

目前仅有 EIA、EDGAR、BP 和 GCB 四家机构发布了 2021 年能源相关碳排放数据，其中 BP 估算的排放为 105.23 亿吨，GCB 为 106.15 亿吨，EDGAR 为 105.17 亿吨，彼此差距均小于 1%；EIA 的估算为 114.2 亿吨，明显高于其他机构，比 BP 的估算值高出近 8.5%。笔者基于国家能源平衡表，使用参考法和部门法估算的中国 2021 年碳排放分别为 106.81 亿吨和 101.37 亿吨，基于单位 GDP 碳强度下降率推算的碳排放量约为 100.52 亿吨。可见 2021 年的碳排放范围大概在 100.52 亿吨至 114.2 亿吨之间，差距范围高达 13.6%。

EIA 估算的中国碳排放远高于其他机构的主要原因包括 EIA 采用的数据来源不同、热值不同、以及采用了美国的排放因子的缘故，其他国外机构采用来自《IPCC 2006 指南》的默认排放因子。CEADs 核算的排放数据总体低于其他机构数据，主要是由于使用了基于实测获得的中国煤炭排放因子，并且这些排放因子低于 IPCC 缺省值^[4]。由于煤炭在中国能源消费中占比很大，在相关的统计资料中没有煤炭分品种的消费量，而不同煤炭品种的热值及碳氧化率等存在差异性，导致排放因子的不同，这对于最终计算的中国碳排放量是有一定影响的。

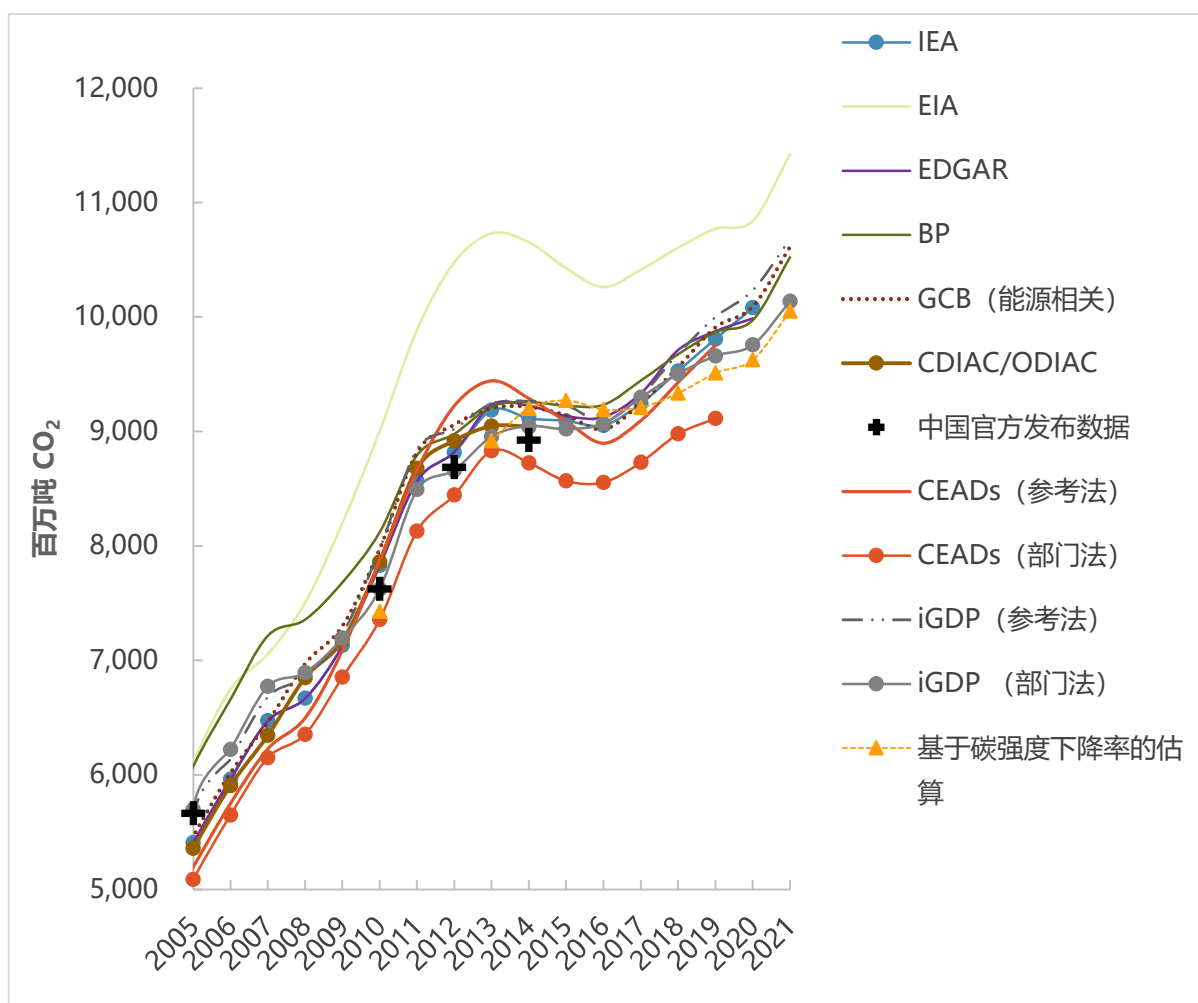


图 4 能源相关 CO₂ 排放数据比较 (百万吨 CO₂)

工业过程碳排放

多数机构仅对工业过程排放中的水泥排放进行了核算，而没有考虑其他行业。中国官方发布的 2014 年排放数据表明，在 13.30 亿吨工业过程排放的 CO₂ 中，非金属矿物制品业排放占 68.8%，化学工业排放占 10.7%，金属冶炼排放占 20.5%。因此，这也是导致核算范围更大的 EDGAR 和中国官方发布的 CO₂ 排放高于其他机构的原因之一。此外，笔者注意到不同机构核算的水泥生产过程排放也存在较大差异，CDIAC 的估算显著高于其他来源，甚至高于官方对于非金属矿物制品业的估算，可比性相对较低。CEADs 和 GCB 的趋势接近，但 CEADs 估算的水泥生产过程排放低于 GCB 的估算，2000 年到 2019 年期间平均偏低 18% (如图 5 所示)。

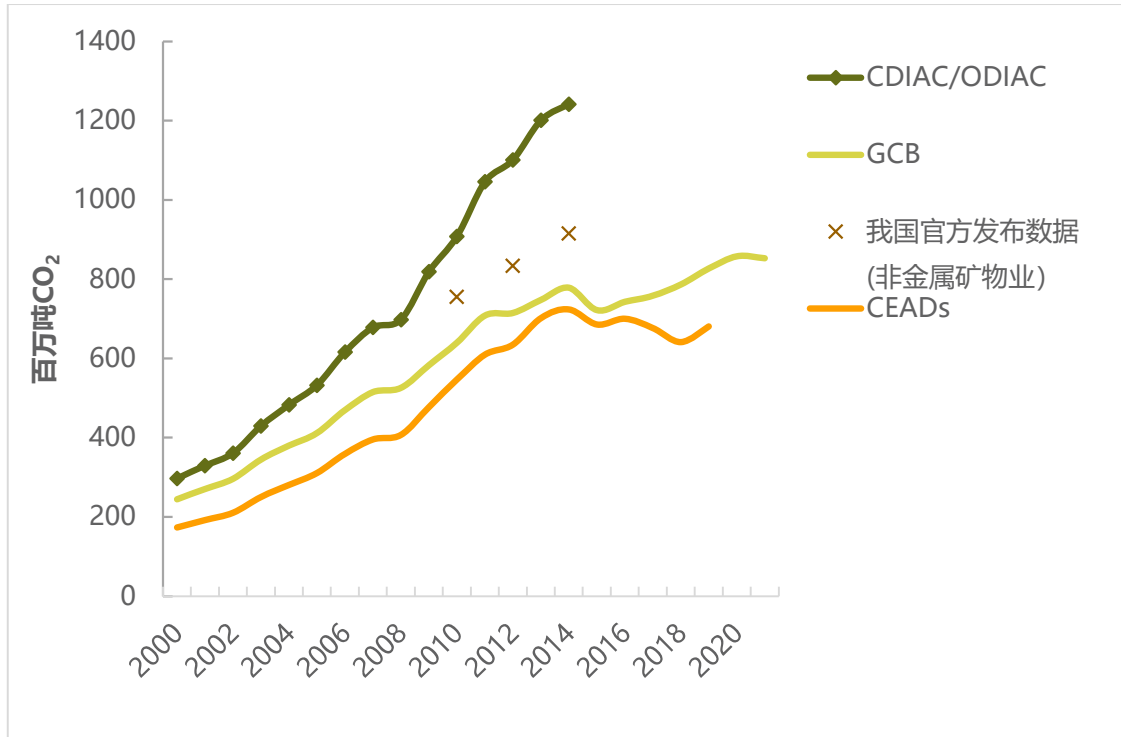


图 5 不同机构对水泥生产过程排放的估算（中国官方数据为非金属矿物制品业过程排放）



国内外数据库碳排放核算方法比较

国内外研究机构提供的碳排放数据存在差异的原因主要源于核算边界的差异，针对能源相关 CO₂ 排放，区别主要为排放因子、核算方法和能源数据（如下图 6 所示）。其中，能源数据是导致碳排放差异的重要因素之一，能源数据来源、部门划分、燃料分类和热值（折标系数）等不同均会导致能源数据的差异，进而导致碳排放数据的不同。

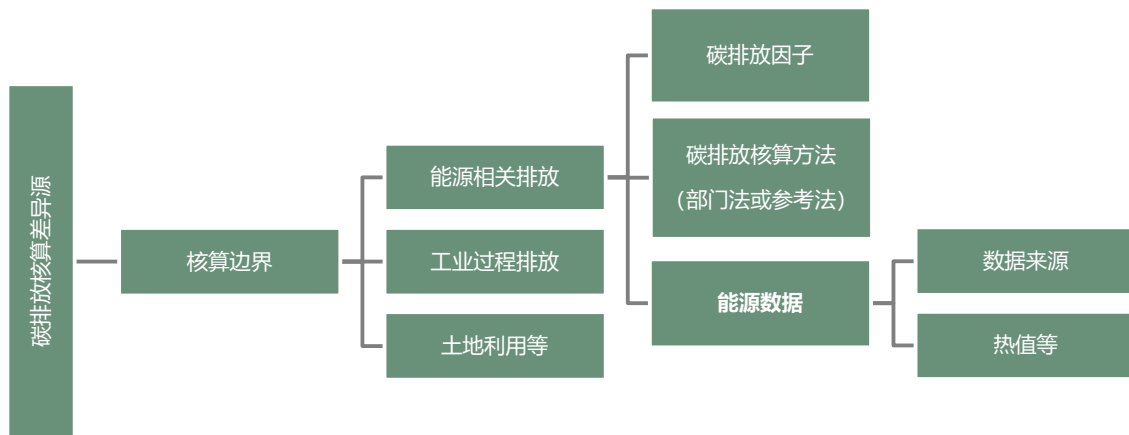


图 6 国内外研究机构提供碳排放数据差异源

核算边界

人类活动产生的 CO₂ 排放按照来源分为化石能源燃烧排放、非能源利用的排放（或用作原料、材料的排放）、化石能源开采时的火炬燃烧及放空、工业生产过程排放、废弃物管理和土地利用变化的排放等。在统计边界一致的基础上比较数据时，得到的分析结果才更具参考价值。

表 4 比较了主要国内外机构碳排放核算或公布数据的统计边界，可以看出，不同机构及数据库在核算 CO₂ 排放时采用的统计边界存在差异。例如，EDGAR 碳排放核算边界最广，基本覆盖了所有 CO₂ 排放源；IEA 主要提供化石燃料相关碳排放；EIA 包括的范围最小，仅包括煤油气的燃烧排放，但也考虑了非能源利用的油基燃料的排放；BP 世界能源统计年鉴包含并单独报告天然气开采时火炬燃烧产生的 CO₂ 排放，BP 按照 IEA 能源平衡表提供的非燃烧利用的化石燃料所占比例，来扣除化石燃料消费中非燃料利用部分（如石化行业的石油制品和天然气消费，以及用于道路建设的沥青）。BP、GCB、EIA 与 IEA 都不考虑生物燃料的碳排放。此外，不同研究机构对于国际燃料仓的处理方式也不同，国际数据库基本都包括或单独报告国际燃料仓的排放，CEADs 数据库不包括这部分的排放。由于 MEIC 数据库的方法学说明过于简单，没有包含在比较中。

在同一核算对象下口径也可能存在不同区别，例如在工业过程排放的核算中，CEADs、GCB 和 CDIAC 都只包括水泥生产的排放，但 EDGAR 包含水泥生产、石灰生

产、化学工业和金属工业的过程排放，这也是导致 CEADs 与 EDGAR 排放差距较大的原因之一^[32]。

表 4 国内外主要数据库的中国 CO₂ 排放统计边界比较^[1,33]

机构或数据库	化石燃料燃烧	化石能源开采火炬燃烧及放空	国际燃料舱	非能源利用	工业生产过程	生物质燃烧	废弃物管理	土地利用变化和林业
中国提交 UNFCCC 的国家温室气体清单 ^[28]	√	×	× 以信息形式单独报告	√ 计入其他	√ 包括水泥和钢铁生产以及化工行业	× 以信息形式单独报告	√	√ 单独报告
BP	√	√ 单独报告	×	×	√ 单独报告	×	×	×
CDIAC	√	√	√	√	√ 包括水泥生产	×	×	√ 单独报告
CEADs	√	×	×	×	√ 包括水泥生产	×	×	×
Climate Watch ^[34]	√	√	√	× ⁶	√ 包括水泥生产	×	×	√ 单独报告
EDGAR	√	√	×	√	√ 包括水泥生产、石灰生产、化学工业和金属工业过程等	√	√	√
EIA	√	×	√	√	×	×	×	×
GCB	√	√	×	-	√ 包括水泥生产	×	×	√ 单独报告

⁶ 尽管 CAIT 的方法学文档中说明其包含了非能源利用的排放，但是由于其化石燃料燃烧排放来源于 IEA，而 IEA 在其最新文档中说明已根据《IPCC2006 指南》创除了非能源利用，此处以 IEA 的信息为准。

机构或数据库	化石燃料燃烧	化石能源开采火炬燃烧及放空	国际燃料舱	非能源利用	工业生产过程	生物质燃烧	废弃物管理	土地利用变化和林业
IEA	√	√ 单独报告	√	×	× ⁷	×	×	×

核算方法

根据《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》，能源燃烧相关碳排放分为部门法和参考法。参考法是一个自上而下的方法，基于各国提供的可供能源消费量数据计算化石能源燃烧相关的碳排放。部门法是自下而上的方法，按照经济部门分类，计算分部门、分燃料品种的 CO₂ 排放。

部门法包括三个层级。层级 1 方法基于分燃料种类及平均排放因子计算；层级 2 方法的排放因子采用特定国家排放因子；层级 3 方法采用更详细的测量数据以及设施级数据。参考法对数据要求相对较低，是比较容易用来计算 CO₂ 排放的方法^[36]。中国提交 UNFCCC 的国家温室气体清单采用层级 2 部门法进行估算，并用参考法进行校核。国内外研究机构方法不同，IEA 和 CEADs 采用了部门法和参考法；EDGAR 和 MEIC 采用部门法，EIA、CDIAC、BP 采用参考法或相似方法（见下表 5）。

表 5 国内外研究机构 CO₂ 排放核算方法与排放因子

机构或数据库	核算方法	排放因子
中国提交 UNFCCC 的国家温室气体清单	采用《IPCC1996 指南》部门法（层级 2）进行估算，并用参考法进行校核，参考《IPCC2006 指南》	中国特定排放因子或参考《IPCC2006 指南》
IEA	《IPCC2006 指南》部门法（层级 1）和参考法	《IPCC2006 指南》的默认排放因子
EIA	参考法 ^[35]	《美国温室气体排放文献（2006）》中基于当地燃料实测值计算的排放因子
EDGAR	《IPCC2006 指南》部门法（层级 1） ^[32]	《IPCC2006 指南》的默认排放因子
CDIAC	Marlan and Rotty 方法，类似于参考法 ^[35]	CDIAC 采用自有的排放因子

⁷ 但包含 IPPU（工业过程和产品使用）类别下燃料燃烧排放，包括钢铁行业焦炭、焦炉煤气、高炉煤气和其他回收气体的排放，有色金属生产中焦炭消费产生的排放。

BP	参考法	《IPCC2006 指南》的默认排放因子
CEADs	IPCC 部门法 (层级 2) 和参考法	CEADs 实测的排放因子
MEIC	部门法	CEADs 实测的排放因子

排放因子

排放因子定义为表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数^[37]，在本报告中，排放因子指单位能量的燃料燃烧所产生的 CO₂ 的排放。排放因子的大小由每种燃料含碳量、碳氧化率、燃料质量和技术发展水平决定^[38]，在燃料完全燃烧情况下碳氧化率近乎为 1，所以影响燃料燃烧排放的主要因素是燃料的含碳量。《IPCC2006 指南》中提供了各种油、煤、气、废弃物和生物质的含碳量缺省值以及上下限，单位为 kg/GJ，在此基础上，《IPCC2006 指南》按照氧化率为 1 的假设计算了各能源的有效 CO₂ 排放因子缺省值和上下限，排放因子单位为 kg/TJ，但《IPCC2006 指南》也推荐在更高层级的计算中应该考虑实际的碳氧化率。

IEA、EGDAR 和 BP 采用《IPCC2006 指南》的默认排放因子；EIA 采用《美国温室气体排放文献（2006）》中基于当地燃料实测值计算的排放因子^[2,39]；CDIAC 采用自有的排放因子；CEADs 针对中国的煤样进行了单位质量的碳含量的测定，并对各燃料的氧化率进行了估算^[4]，CEADs 和 MEIC 均采用 CEADs 团队计算的排放因子。

中国提交 UNFCCC 的国家温室气体清单中的能源相关排放中，能源工业、制造业和建筑业、交通运输、其他行业均采用中国特定排放因子，非金属矿物制品生产、化工生产、金属制品生产下不同子行业采用中国特定排放因子^[14]或参考《IPCC2006 指南》缺省排放因子。中国特定排放因子煤炭热值和含碳量的测定精度到分部门和分煤种，对电站锅炉和工业锅炉的碳氧化率均通过抽样实测法获得^[8]。

燃料热值

燃料热值也称燃料发热量，是单位质量（固体或液体）或单位体积（指气体）的燃料完全燃烧，燃烧产物冷却到燃烧前的温度（一般为环境温度）时所释放出来的热量。燃料热值是评价燃料质量的主要指标，是确定将某种燃料折算为标准煤当量值的基础。燃料热值分为高位热值和低位热值两种。高位热值与低位热值的区别在于，燃料燃烧产物中的水呈液态还是气态，水呈液态是高位值，水呈气态是低位值。在能源利用中一般都以燃料的低位发热量作为计算基础，各国的选择不同，日本、北美各国均习惯用高位热值，中国、俄罗斯等前苏联国家、德国和经合组织国家是按低位热值换算的，有的国家两种热值都采用。煤和石油的高低热值相差约 5%，天然气和煤气为 10%左右。^[40]

表 6 不同数据库采用热值情况^[33,41,4]

燃料	IEA ⁸	EIA	BP	UN	CEADs/MEIC
油	NCV	GCV	NCV	NCV	NCV
天然气	NCV	GCV	GCV	GCV	NCV
煤	NCV	GCV	GCV	NCV	NCV

《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的缺省排放因子采用低位热值^[40]。不同数据库对不同能源品种采用的热值不尽相同。IEA 均采用低位热值，EIA 均采用高位热值，BP 和 UN 根据燃料品种不同采用不同的热值（如表 6 所示），CEADs 采用针对中国煤样测量的低位热值。此外，现有研究发现中国煤样热值平均低于 IPCC 的缺省值和国际平均水平^[4]，这有可能是导致 EIA 等数据库能源消费和排放估算高于中国官方和其他数据库的主要原因之一。

中国能源平衡表中的各种燃料均使用低位热值。基于实物量和标准量平衡表可核算不同燃料届时的低位热值。每年出版发行的《中国能源统计年鉴》中给出了各种能源折算标准煤参考系数。

⁸ IEA 的煤基燃料和油基燃料中的原油、液化天然气选用了 IEA 的中国特有的热值系数，其余燃料为统一缺省值。

数据来源

能源数据是核算碳排放的重要基础，不同数据来源也会造成能源数据及后续排放核算的差距。

中国每年定期出版《中国能源统计年鉴》提供能源生产和消费相关统计数据。IEA、BP、EIA 和联合国统计司有关中国的能源数据，主要来自于中国政府提交或官方发布的统计数据，他们也会通过访谈调查或收集的文献资料中获得相关数据。其他国际数据库的能源数据来源基本都是基于这四个机构提供的能源数据。根据中国与 IEA 的协议，国家统计局每年向 IEA 秘书处提供中国能源生产和消费数据，IEA 在此基础上进行处理并定期出版中国能源统计和能源平衡表。IEA 提供的能源数据被许多研究机构广泛使用。EIA 数据库中的中国能源数据主要来自国家统计局、国家发展与改革委员会[8]等提供的公开统计数据，以及中国电力企业联合会、国家电网、相关行业协会等。联合国统计司发布的中国统计数据主要来源于中国统计年鉴等公开出版的相关年鉴，以及年度能源统计调查问卷等。

如上所述，国际研究机构提供的能源数据是在中国官方能源统计数据基础上，按照各自统计口径和方法以及相关调研结果进行了处理，因此提供的能源数据存在差异。如下表所示，IEA、EIA、BP 和联合国统计司提供的中国 2005-2021 年能源消费数据无论从趋势变化还是绝对量上都存在差异。BP 统计的中国历年的一次能源消费总量和使用发电煤耗法计算的中国能源平衡表非常接近，两者采用同一来源，且均使用发电煤耗法进行一次电力的折算。UN 的能源供给总量略低于其他机构的统计数据，但趋势与使用热电当量法统计的中国能源平衡表非常接近，数据差异较小。值得注意的是，EIA 统计的能源消费总量明显高于其他机构的统计，主要由于 EIA 采用发电煤耗法进行一次电力的折标，折标后的能源消费会大于使用电热当量法的计算，其次 EIA 能源数据来源不仅来自中国能源统计年鉴，还来自行业协会，也是导致数据差异的可能原因之一。

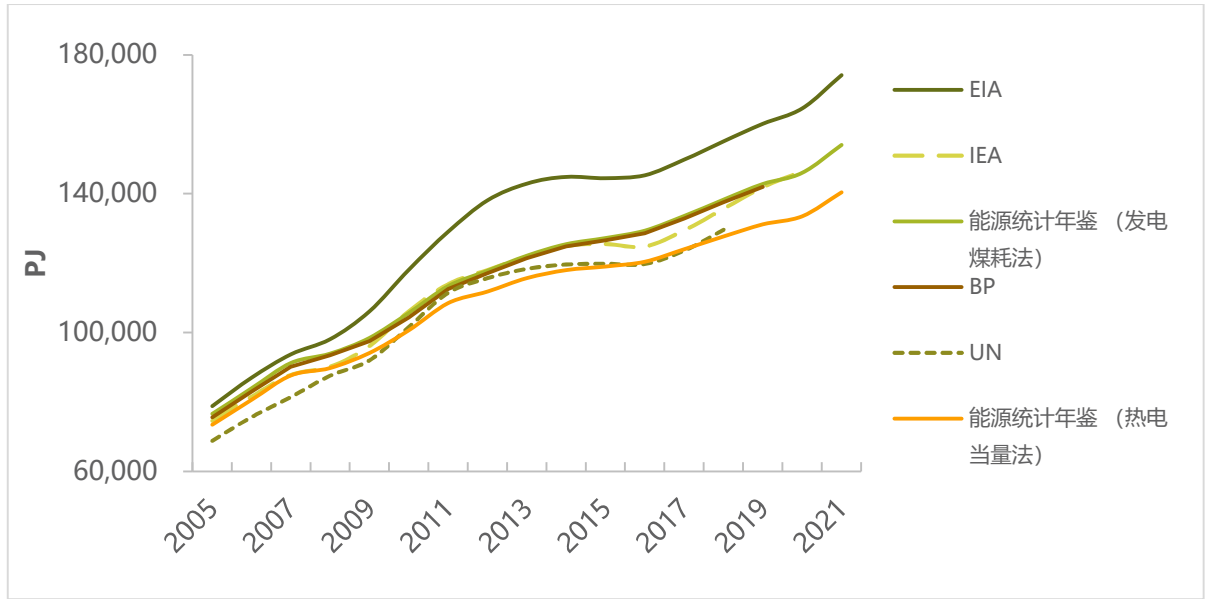


图 7 不同机构统计的中国能源消费总量⁹

结论与建议

中国碳排放数据长时间序列的分析和研究目前主要依赖于国内外研究机构提供的数据。报告比较发现，目前尚没有和中国温室气体排放清单口径以及核算方法完全对应的数据源，其核算的排放量不一定能反映中国碳排放的真实情况。中国官方的能源统计与碳排放核算还需要进一步提高信息公开程度，以便公众和研究机构更好地了解中国的碳排放情况。

对数据使用者来说，CEADs 使用参考法估算以及 GCB 估算的总 CO₂ 排放量与中国提交的温室气体排放清单断点年份数据较为接近，比较适合作为长时间序列分析的参考；EDGAR 的统计口径覆盖最广，但由于采用《IPCC2006 指南》中的默认排放因子，可能存在排放高于中国实际排放的情况，可以作为工业过程 CO₂ 排放的参考；从数据的颗粒度来说，除 BP 外其他机构均提供按照能源或者部门划分的排放，其中 IEA 与 CEADs 提供按照部门和能源品种分别统计的排放，比较适合用于部门排放参考。

⁹ 注：由于数据的公开可得性原因，IEA 和 UN 的数据为能源供给总量（Total Energy Supply），中国能源统计年鉴为分别用发电煤耗法和热电当量法计算的能源消费总量，EIA 的数据为能源消费总量，BP 的数据为一次能源消费总量。

参考文献

- [1] 朱松丽. 中国二氧化碳排放数据比较分析[J/OL]. 2013, 9(Issue (4)): 266-274. DOI:10.3969/j.issn.1673-1719.2013.04.005.
- [2] 李青青苏颖. 国际典型碳数据库对中国碳排放核算的对比分析[J/OL]. 气候变化研究进展, 2018, 14(3): 275. DOI:10.12006/j.issn.1673-1719.2017.083.
- [3] 李继峰, 郭焦锋, 高世楫, 顾阿伦. 国家碳排放核算工作的现状、问题及挑战[J]. 发展研究, 2020(6): 9-14.
- [4] LIU, Z., GUAN, D., WEI, W. ET AL. Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China[J/OL]. Nature, 524. <https://doi.org/10.1038/nature14677>.
- [5] CRIPPA, M., GUIZZARDI, D., BANJA, M., SOLAZZO, E., MUNTEAN, M., SCHAAF, E., PAGANI, F., MONFORTI-FERRARIO, F., OLIVIER, J., QUADRELLI, R., RISQUEZ MARTIN, A., TAGHAVI-MOHARAMLI, P., GRASSI, G., ROSSI, S., JACOME FELIX OOM, D., BRANCO, A., SAN-MIGUEL-AYANZ, J. AND VIGNATI, E. CO2 emissions of all world countries - JRC/IEA/PBL 2022 Report[R/OL]. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022.
- [6] 国家发改委. “十四五”规划《纲要》主要指标之 15[EB/OL]. (2021-12-25). https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzslgh/gjzgh/202112/t20211225_1309662.html.
- [7] 国家统计局. 数据发布与更新 [EB/OL]. (2023-05-22). http://www.stats.gov.cn/hd/cjwtd/202302/t20230207_1902282.html.
- [8] 中国国家发展和改革委员会. 第二次国家信息通报 [R/OL]. <http://www.ccchina.org.cn/archiver/ccchinacn/UpFile/Files/Default/20130218142020138656.pdf>. P17.
- [9] 中国政府. 中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报 [R/OL]. (2018). <https://tnc.ccchina.org.cn/archiver/NCCCcn/UpFile/Files/Htmleditor/202007/20200723152332694.pdf>.
- [10] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2011 年度报告[R/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2011-11/22/content_2618563.htm.
- [11] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2014 年度报告[R/OL]. (2014). <http://www.ncsc.org.cn/yjcg/cbw/201411/W020180920484677126512.pdf>.
- [12] 中国政府. 强化应对气候变化行动—中国国家自主贡献[R]. 2015.
- [13] 中国政府. 中华人民共和国气候变化第一次两年更新报告[R/OL]. 2016: 38. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtz/201904/P020190419522735276116.pdf>.
- [14] 生态环境部. 中国气候变化第三次国家信息通报及第二次两年更新报告核心内容解读 [R/OL]. [2019-07-01]. http://qhs.mee.gov.cn/kzwsqtpf/201907/t20190701_708248.shtml.
- [15] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2018 年度报告[R/OL]. (2018). <http://qhs.mee.gov.cn/zcfg/201811/P020181129539211385741.pdf>.

- [16] 生态环境部. 中国空气质量改善报告 (2013-2018 年) [R/OL]. (2019-06-06). http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/201906/t20190606_705778.html.
- [17] 环境部. 中国应对气候变化的政策与行动 2020 年度报告 [R/OL]. http://www.mee.gov.cn/ywgz/xdqhbh/syqhbh/202107/t20210713_846491.shtml.
- [18] 国务院. 中国应对气候变化的政策与行动 [R/OL]. (2021-10). http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/27/content_5646697.htm.
- [19] 新华社. 去年全国单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降约五成[EB/OL]. [2023-05-22]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-06/15/content_5695841.htm.
- [20] 生态环境部. 生态环境部部长黄润秋出席第七届气候行动部长级会议[N/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/yvg-LmsAkUXTtessrlmomp>.
- [21] 中央人民政府网. “十二五”前三年我国累计节能约 3.5 亿吨标准煤[N/OL]. 2014. http://www.gov.cn/xinwen/2014-04/21/content_2663816.htm.
- [22] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2015 年度报告[R/OL]. (2015). <http://www.ncsc.org.cn/yjcg/cbw/201511/W020180920484677686176.pdf>.
- [23] 国家发展和改革委员会. 十三五国民经济和社会发展纲要 [R/OL]. (2016). <http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201603/P020160318576353824805.pdf>.
- [24] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2016 年度报告[R/OL]. (2016). <http://www.ncsc.org.cn/yjcg/cbw/201611/W020180920484681815728.pdf>.
- [25] 新华网. 国家发改委: 2020 年控制温室气体排放目标有望超额完成[N/OL]. 2017-11-02. http://www.xinhuanet.com//politics/2017-11/02/c_1121893682.htm.
- [26] 中央人民政府网. 中期评估报告: “十三五”规划纲要主要目标指标进展总体符合预期[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-12/24/content_5351784.htm. 2018-12-24.
- [27] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2017 年度报告[R/OL]. (2017). <http://www.ncsc.org.cn/yjcg/cbw/201802/P020180920511053508049.pdf>.
- [28] 中国政府. 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告[R/OL]. 2018: 38. <http://big5.mee.gov.cn/gate/big5/www.mee.gov.cn/ywgz/xdqhbh/wsqtz/201907/P020190701765971866571.pdf>.
- [29] 国家统计局. 2017 年国民经济和社会发展统计公报 [R/OL]. (2018-02-28). http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201802/t20180228_1585631.html.
- [30] 国家统计局. 2018 年国民经济和社会发展统计公报 [R/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201902/t20190228_1651265.html.
- [31] 2019 年国民经济和社会发展统计公报 [R/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202002/t20200228_1728913.html.
- [32] JANSSENS-MAENHOUT G, CRIPPA M, GUIZZARDI D, 等. EDGAR v4.3.2 Global Atlas of the three major greenhouse gas emissions for the period 1970–2012[J/OL]. *Earth System Science Data*, 2019, 11(3): 959-1002. DOI:10.5194/essd-11-959-2019.
- [33] J. MACKNICK. Energy and CO₂ emission data uncertainties[J/OL]. *Environmental Science*, 2011[2023-04-09]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-and-CO2-emission-data-uncertainties-Macknick/97e6b586cdb6ea17f5a9ce65cf6b78a8655b8be6>. DOI:10.4155/cmt.11.10.

- [34] WORLD RESOURCES INSTITUTE. CAIT Country Greenhouse Gas Emissions: Sources & Methods[Z]. 2015.
- [35] ZHU SONG-LI. Comparison and Analysis of CO₂ Emissions Data for China[J/OL]. ADVANCES IN CLIMATE CHANGE RESEARCH, 2014, 5(1): 17-27. DOI:10.3724/SP.J.1248.2014.017.
- [36] ICAT, NCSC. 《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》比较及差距分析 [R/OL]. (2021). <https://climateactiontransparency.org/wp-content/uploads/2021/09/Deliverable-5.-Compare-the-new-guidelines-with-current-ones-1996-guidelines-GPG-guidelines-etc..pdf>.
- [37] 温室气体排放核算与报告要求 第 12 部分: 纺织服装企业: GB/T 32151.12-2018[S]. 2019.
- [38] IPCC. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 [R/OL]. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/pdf/2_Volume2/V2_6_Ch6_Reference_Approach.pdf.
- [39] ANDRES ROBERT JOSEPH, BODEN THOMAS A. A synthesis of carbon dioxide emissions from fossil-fuel combustion[J]. Biogeosciences, 2012, 9(5): 1845-1871.
- [40] THE NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES PROGRAMME, EGGLESTON H.S., BUENDIA L., MIWA K., NGARA T., AND TANABE K. (EDS). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[Z/OL]. IGES, Japan[2022-01-05]. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_6_Ch6_Reference_Approach.pdf.
- [41] ANDREW R. A comparison of estimates of global carbon dioxide emissions from fossil carbon sources[J/OL]. Earth Syst. Sci. Data(12): 1437-1465. DOI:10.5194/essd-12-1437-2020.



绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress, 缩写 iGDP) 是专注绿色低碳发展的战略咨询平台, 于 2014 年成立于北京, 旨在成为具领先专业素养和独立影响力的国际化智库。研究院根植我国地方绿色低碳实践, 面向全球应对气候变化进程, 为决策者、投资者和社区提供具有国际视野和前瞻思考的解决方案和公益性知识产品。