

# 中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排 成效数据集（2005–2016）

崔盼盼<sup>1</sup>, 张丽君<sup>1</sup>, 秦耀辰<sup>1,2\*</sup>

1. 河南大学地理与环境学院, 黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 开封 475004;

2. 河南大学黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明省部共建协同创新中心, 开封 475004

**摘要:** 基于中国 30 个省市（西藏、港澳台数据暂缺）的能源消费和经济发展数据计算中国碳排放强度及各省的碳排放强度、产值份额, 采用矫正系数衡量各省的碳减排有效性, 根据各省能源消费碳排放强度及产值份额构建自上而下的全国能源消费碳排放强度恒等式, 运用 LMDI-I（Logarithmic Mean Divisia Index）分解方法获取各省、各省能源消费碳排放强度及产值份额对全国能源消费碳排放强度下降的贡献率, 并按照“碳减排有效性-碳排放强度贡献-省份综合贡献-减排有效性与省份综合贡献关系”的逻辑进行分析。结果显示: 中国能源消费碳排放强度整体具有下降特征, 与 2005 年能源消费碳排放强度相比, 2016 年下降了 45%; 超过一半的省份为碳减排有效区且数量呈增加趋势, 而减排未达标的省份多数为经济欠发达地区, 各省份间的碳减排路径存在显著差异; 多数省份能源消费碳排放强度的贡献率呈上升趋势, 省份差异逐渐缩小; 省份碳减排综合贡献的进位赶超势头强劲, 绝大多数省份对全国能源消费碳排放强度的下降作出了贡献; 碳减排成效良好省份数量最多, 中等区多散布于东部沿海地区及少数内陆地区, 欠佳区在西部地区空间格局保持相对稳定。该数据集包括: (1) 中国能源消费碳排放强度; (2) 分省份碳减排矫正系数; (3) 中国能源消费碳排放强度下降量分解因素贡献率; (4) 省份能源消费碳减排有效性和贡献位序。该数据集存储为.xlsx 格式, 1 个数据文件, 数据量为 18.8 KB。

**关键词:** 省域; 能源消费; 碳排放强度; 碳减排成效

**DOI:** <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.07>

**CSTR:** <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.07>

**数据可用性声明:**

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.07.03.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.07.03.V1>.

收稿日期: 2022-08-25; 修订日期: 2022-10-26; 出版日期: 2022-12-24

基金项目: 国家自然科学基金 (42171295, 42071294, 42101206); 河南省项目 (2019SJGLX043, 222300420030, 222300420132) GLX043)

\*通讯作者: 秦耀辰, 河南大学环境与规划学院, [qinye@henu.edu.cn](mailto:qinye@henu.edu.cn)

数据引用方式: [1] 崔盼盼, 张丽君, 秦耀辰. 中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集 (2005–2016)[J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(4): 566–572. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.07>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.07>.

[2] 崔盼盼, 张丽君, 秦耀辰. 中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集 (2005–2016)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.07.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.07.03.V1>.

1 前言

促进全国碳排放强度下降是各区域协同减排的重要目标，目前研究主要集中于碳减排责任的区域分摊<sup>[1–3]</sup>及区域自身碳排放强度的下降<sup>[4–6]</sup>，二者从不同角度为区域低碳发展提供了参考，但目前已处于第一减排目标完成和第二个减排目标实施阶段，各省份在促进全国碳减排过程中的减排成效评价应成为需要进行研究的重点问题。

碳减排成效可从多个角度进行考察，常见的相关研究包括减排效率<sup>[7–9]</sup>、减排状态<sup>[10]</sup>、减排收益<sup>[11]</sup>、减排潜力<sup>[12,13]</sup>等，但这些研究对回答“中国碳排放强度下降过程中减排单元的贡献”这一问题涉及的较少。因此对中国能源消费碳排放强度下降过程中各省份的减排成效进行评价能为未来碳减排工作的开展与省份减排政策的制定提供科学支撑。

2 数据集元数据简介

《中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集（2005–2016）》<sup>[14]</sup>的名称、作者、地理区域、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集（2005–2016）》数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集（2005–2016）
数据集短名	ProvCReducEffectChina_2005-2016
作者信息	崔盼盼，河南大学地理与环境学院，cuipan3353@163.com 张丽君，河南大学地理与环境学院，zlj7happy@163.com 秦耀辰，河南大学地理与环境学院/黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室，河南大学黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明省部共建协同创新中心，qinyc@henu.edu.cn
地理区域	中国 30 个省份（西藏、香港、澳门和台湾除外）
数据年代	2005–2016
数据格式	.xlsx
数据量	18.8 KB
数据集组成	包括 4 个表格：① 2005–2016 年中国能源消费碳排放强度及其变化；② 200–2010 年、2010–2016 年中国能源消费分省碳减排矫正系数；③ 2005–2010 年、2010–2016 年中国能源消费碳排放强度下降量分解因素贡献率；④ 2005–2010 年、2010–2016 年中国各省碳减排有效性和综合贡献位序
基金项目	国家自然科学基金（42171295, 42071294, 42101206）；河南省项目（2019SJGLX043, 222300420030, 222300420132）
出版与共享	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
服务平台	
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[15]</sup>
政策和论文	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS
检索系统	

### 3 数据研发方法

#### 3.1 算法原理

选取相关能源类型并测算碳排放,将30个省的能源消费碳排放量和经济产值分别相加得出中国能源消费碳排放量和产值,将两个变量作商得出对应的碳排放强度;采用矫正系数方法测度各省份碳排放强度下降的幅度是否高于全国下降幅度,反映碳减排有效性状况;在构建碳排放强度恒等式的基础上,采用LMDI-I方法将全国能源消费碳排放强度变化分解为各省份、各省份产值份额和碳排放强度贡献;进一步采用叠加分析和位序关系分析方法测量减排有效性和贡献性的关系并划分减排成效类型。

#### 3.2 技术路线

##### 3.2.1 碳排放系数方法

选取的能源种类包括煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气,CO<sub>2</sub>排放系数参考联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC《国家温室气体排放清单指南》<sup>[16]</sup>。

$$C_i = \sum_{j=1}^8 E_{ij} \times \beta_j \quad (1)$$

式中, $C_i$ 为*i*省份的CO<sub>2</sub>排放量(万tCO<sub>2</sub>); $E_{ij}$ 为*i*省份第*j*种能源的消耗量, $\beta_j$ 为*j*种能源的CO<sub>2</sub>排放系数。*i*、*j*分别为1至30和1至8;能源消费碳排放强度为CO<sub>2</sub>与GDP的商(tCO<sub>2</sub>/万元),并采用地区生产总值指数将GDP换算成以2005年为基期的可比价地区生产总值。

##### 3.2.2 矫正系数

参考相关文献<sup>[17,18]</sup>,假设中国能源消费碳排放强度减排目标与2020年中国碳强度目标一致,通过构建能够衡量省份能源消费碳排放强度下降幅度是否高于全国平均水平的矫正系数指标来定量考核与评价各省份能源消费碳强度削减的有效性。

##### 3.2.3 LMDI-I 分解方法

构建中国能源消费碳排放强度与各省份能源消费碳排放强度、产值份额的恒等式,根据Ang的研究对分解模型进行选取<sup>[19]</sup>,确定LMDI-I中的数量加法模型进行研究。具体步骤参考崔盼盼等(2020)<sup>[18]</sup>。

### 4 数据结果与验证

#### 4.1 数据集组成

数据集存储为.xlsx格式,1个数据文件,数据量为18.8KB。数据主要包括中国能源消费碳排放强度,分省份碳减排矫正系数、中国能源消费碳排放强度变化量的分解效应,主要为省份碳排放强度、产值份额以及二者之和对中国能源消费碳排放强度贡献率,中国各省份综合贡献及减排有效性位序。

#### 4.2 数据结果

(1) 2005–2016年中国和各省份能源消费碳排放强度数据。图1报告了中国能源消费碳排放强度及其逐年下降幅度数据。

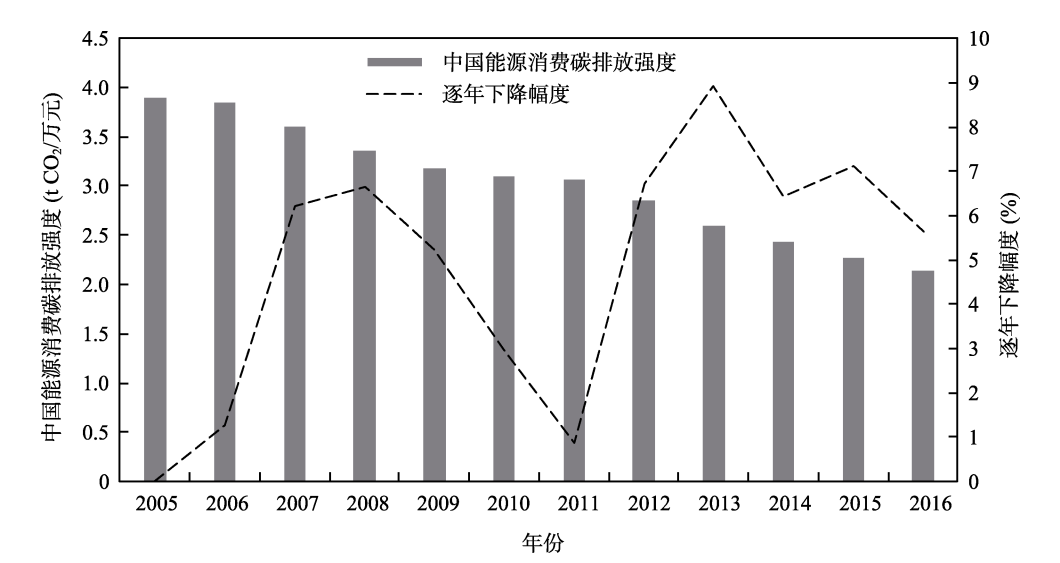


图 1 2005–2016 年中国能源消费碳排放强度变化图

- (2) 2005–2016 年分省份碳减排矫正系数数据。表 2 报告了 2005–2010 年和 2010–2016 年中国 30 省份的矫正系数。
- (3) 2005–2016 年中国能源消费碳排放强度变化的贡献因素。表 3 报告了 2005–2010 年和 2010–2016 年各省份碳排放强度、产值份额及二者之和对中国碳排放强度变化的贡献率。

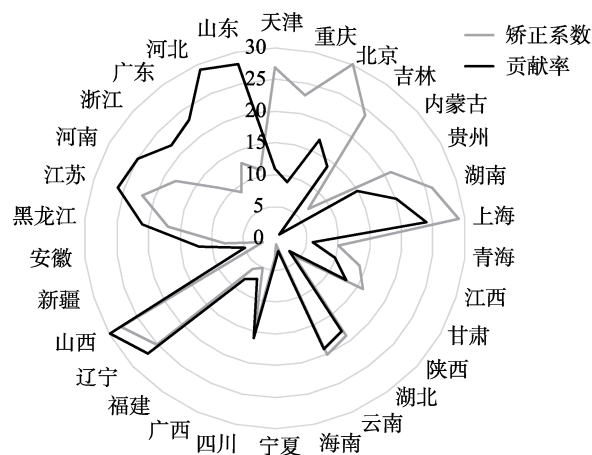
表 2 2005–2016 年中国能源消费省份碳减排矫正系数统计表

省份	2005–2010 年	2010–2016 年	省份	2005–2010 年	2010–2016 年
北京	1.61	1.53	河南	1.07	1.31
天津	1.45	1.54	湖北	1.07	1.47
河北	0.93	1.05	湖南	1.43	1.25
山西	1.49	0.78	广东	0.76	1.05
内蒙古	0.67	0.79	广西	0.46	0.75
辽宁	1.38	0.88	海南	–3.75	0.68
吉林	1.37	1.33	重庆	1.31	1.58
黑龙江	1.07	1.01	四川	1.02	1.42
上海	1.51	1.13	贵州	1.10	1.16
江苏	1.25	0.79	云南	1.09	1.76
浙江	0.88	1.15	陕西	0.21	0.65
安徽	0.71	1.01	甘肃	1.06	1.12
福建	0.49	1.20	青海	0.84	0.45
江西	0.99	0.93	宁夏	0.13	0.26
山东	0.86	0.72	新疆	–0.45	–0.14

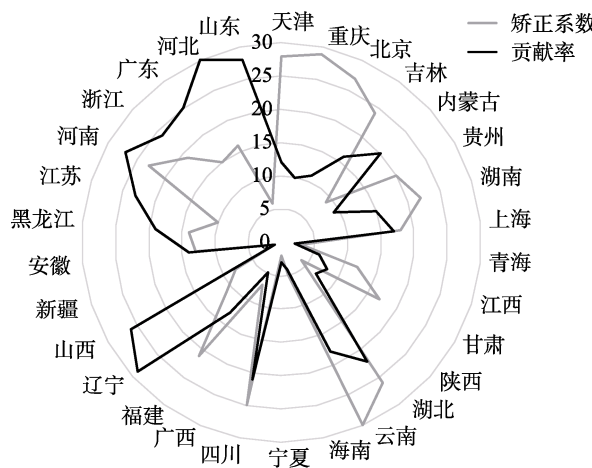
表 3 2005–2016 年中国能源消费碳排放强度下降量分解因素贡献率统计表（%）

省份	2005–2010 年			2010–2016 年		
	碳排放强度 贡献	产值份额 贡献	综合贡献	碳排放强度 贡献	产值份额 贡献	综合贡献
山西	11.05	2.42	13.47	4.63	1.62	6.25
辽宁	9.24	–1.16	8.08	5.01	2.73	7.74
江苏	8.22	–0.59	7.63	4.90	–0.17	4.73
上海	4.48	0.99	5.47	2.68	0.60	3.28
山东	8.29	–0.09	8.21	7.23	0.05	7.28
湖南	4.25	–0.52	3.73	3.45	–0.35	3.10
北京	2.51	0.45	2.96	1.85	0.27	2.12
黑龙江	3.50	0.65	4.15	3.09	0.54	3.63
吉林	3.35	–0.83	2.51	3.07	0.06	3.13
青海	0.31	–0.01	0.30	0.18	–0.08	0.10
江西	1.57	–0.04	1.53	1.53	–0.27	1.26
甘肃	1.77	0.59	2.36	1.82	–0.22	1.60
宁夏	0.13	0.07	0.20	0.32	–0.10	0.22
天津	2.59	–0.99	1.60	2.79	–0.64	2.15
贵州	2.44	0.18	2.62	2.70	–1.00	1.69
新疆	–0.88	1.09	0.21	–0.37	–0.52	–0.89
重庆	1.97	–0.53	1.44	2.48	–0.67	1.81
广西	0.63	–0.25	0.38	1.21	–0.12	1.09
河北	7.08	1.99	9.07	7.71	1.00	8.71
浙江	3.46	0.89	4.35	4.42	0.59	5.01
安徽	1.91	–0.19	1.73	3.02	–0.58	2.44
海南	–0.82	–0.02	–0.84	0.33	0.00	0.33
河南	6.12	0.15	6.27	7.39	–0.21	7.18
内蒙古	3.14	–4.18	–1.04	4.44	–0.38	4.06
四川	3.22	–0.41	2.80	4.66	–0.50	4.15
湖北	3.58	–0.55	3.03	5.03	–0.53	4.50
云南	2.55	0.57	3.12	4.04	–0.44	3.60
广东	3.89	0.62	4.51	5.47	0.61	6.09
陕西	0.54	–0.96	–0.43	2.13	–0.70	1.44
福建	0.88	–0.30	0.58	2.59	–0.37	2.22

（4）2005–2016 年中国各省份碳减排有效性和综合贡献位序。图 2 报告了 2005–2010 年和 2010–2016 年中国各省份碳减排有效性和综合贡献的位序，两变量位序值与水平值呈正向关系，即变量的水平越高位序值越高。



(a) 2005–2010年中国省份综合贡献及减排有效性位序



(b) 2010–2016年中国省份综合贡献及减排有效性位序

图 2 2005–2016 年中国省份综合贡献及减排有效性位序图

5 讨论和总结

本研究从碳减排有效性和贡献性两方面出发对中国能源消费碳排放强度下降过程中的省份碳减排成效进行分析，反映各省份的减排努力与减排贡献。减排有效性和减排贡献既有差异又相互联系，二者在位序上存在错位现象，但总体上具有正向关系，说明省份综合贡献对减排有效性的发挥存在一定的依赖性，未来可进一步对二者的关系进行理论与实证剖析，为省份碳减排成效类型划分奠定基础。

作者分工：崔盼盼对数据集的开发做了总体设计；崔盼盼采集和处理了能源消费及经济产值数据；张丽君、秦耀辰设计了模型和算法；崔盼盼做了数据验证；崔盼盼撰写了数据论文等。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

## 参考文献

- [1] 王文举, 陈真玲. 中国省级区域初始碳配额分配方案研究: 基于责任与目标、公平与效率的视角[J]. 管理世界, 2019, 35(3): 81–98.
- [2] Zhou, P., Wang, M. Carbon dioxide emissions allocation: A review [J]. *Ecological Economics*, 2016, 125: 47–59.
- [3] 钱浩祺, 吴力波, 任飞州. 从“鞭打快牛”到效率驱动: 中国区域间碳排放权分配机制研究[J]. 经济研究, 2019, (3): 86–102.
- [4] Feng, D., Yu, B. L., Hadachin, T., *et al.* Drivers of carbon emission intensity change in China [J]. *Resources, Conservation & Recycling*, 2018, 129: 187–201.
- [5] Junna, Y., Bin, S., Yu, L. Multiplicative structural decomposition and attribution analysis of carbon emission intensity in China, 2002–2012 [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 198: 195–207.
- [6] Chen, C., Zhao, T., Yuan, R., *et al.* A spatial-temporal decomposition analysis of China's carbon intensity from the economic perspective [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 215: 557–569.
- [7] 潘家华, 张丽峰. 我国碳生产率区域差异性研究[J]. 中国工业经济, 2011 (5): 47–57.
- [8] Mielnik, O., Goldemberg, J. The Evolution of the “Carbonization Index” in developing countries [J]. *Energy Policy*, 1999, 27 (5): 307–308.
- [9] 马大来, 陈仲常, 王玲. 中国省际碳排放效率的空间计量[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(1): 67–77.
- [10] Wang, W. W., Li, M., Zhang, M. Study on the changes of the decoupling indicator between energy-related CO<sub>2</sub>, emission and GDP in China [J]. *Energy*, 2017, 128: 11–18.
- [11] 杨子晖, 陈里璇, 罗彤. 边际减排成本与区域差异性研究[J]. 管理科学学报, 2019, 22(2): 1–21.
- [12] 王凯, 余芳芳, 胡奕等. 中国旅游业碳减排潜力的空间关联网络结构及其影响因素[J]. 地理科学, 2022, 42(6): 1034–1043.
- [13] 王凯, 余芳芳, 周晓冰等. 中国旅游业碳减排潜力时空演化及其影响因素[J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38(03): 112–119.
- [14] 崔盼盼, 张丽君, 秦耀辰. 中国能源消费碳排放强度下降过程中的省际减排成效数据集(2005–2016) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022.<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.07.03.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2022.07.03.V1>.
- [15] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [16] IPCC/OECD. 2006 IPCC guidelines for national green-house gas inventories [OL]. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf). 2019-08-02.
- [17] Diakoulaki, D., Mandaraka, M. Decomposition analysis for assessing the progress in decoupling industrial growth from CO<sub>2</sub> emissions in the EU manufacturing sector [J]. *Energy Economics*, 2007, 29(4): 636–664.
- [18] 崔盼盼, 赵媛, 郝丽莎等. 中国能源行业碳排放强度下降过程中的省际减排成效评价[J]. 地理研究, 2020, 39(8): 1864–1878.
- [19] Ang, B. W. LMDI decomposition approach: a guide for implementation [J]. *Energy Policy*, 2015, 86: 233–238.