

# 植被吸收二氧化碳能力定量评估

侯壮壮

重庆三峡学院重庆市三峡库区水环境演变与污染防治重点实验室

DOI:10.12238/eep.v7i11.2320

**[摘要]** 二氧化碳是造成温室气体急剧增加的主要原因,给人类系统和生态环境带来了严重威胁。现有的研究大多集中在二氧化碳估算及植被固碳量估算等方面,关于定量分析植被吸收二氧化碳的研究相对较少。因此,本文基于碳估算模型和植被固碳量模型构建了碳吸收指数模型,用以估算2000–2020年中国碳吸收分布特征。其结果表明:2000–2020年,中国碳吸收整体呈吸收状态,南北之间差异明显,后续应加强统筹,完善体制机制,使其发展具有平衡性。本文这些结果将会对中国实现碳达峰,碳中和提供合理的参考。

**[关键词]** 夜间灯光数据; 碳排放估算; 植被固碳量; 碳吸收指数模型

中图分类号: TK421+.5 文献标识码: A

## Quantitative assessment of the carbon dioxide absorption capacity of vegetation

Zhuangzhuang Hou

Key Laboratory of Water Environment Evolution and Pollution Prevention in Chongqing Three Gorges Reservoir Area,  
Chongqing Three Gorges University

**[Abstract]** Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is the main cause of the dramatic increase in greenhouse gases, posing a serious threat to human systems and ecosystems. Most of the existing studies focus on carbon dioxide estimation and vegetation carbon sequestration estimation, and there are relatively few studies on quantitative analysis of carbon dioxide uptake by vegetation. Therefore, this paper constructed a carbon sequestration index model based on the carbon estimation model and the vegetation carbon sequestration model to estimate the distribution characteristics of carbon sequestration in China from 2000 to 2020. The results show that China's carbon sequestration in 2000–2020 is in a state of absorption, with obvious differences between the north and the south, and that coordination should be strengthened and the institutional mechanism should be improved in order to make its development balanced. The results of this paper will provide a reasonable reference for China to achieve carbon peak and carbon neutrality.

**[Key words]** Nighttime lighting data; Carbon emission estimation; Vegetation carbon sequestration; Carbon sequestration index modeling

## 引言

随着城镇化快速发展,全球变暖对人类健康和生态安全构成了严重威胁。据国际能源署报道,中国在2007年已经成为世界第一大碳排放国家<sup>[1-2]</sup>。在COP15联合国气候变化大会上,中国承诺在2020年碳排放强度比2005年下降40%–50%,这使中国面临更大的挑战。为应对这一问题,中国提出了2030年实现碳达峰,2060年实现碳中和发展目标<sup>[3]</sup>。根据相关研究,60%的温室效应是由二氧化碳过多排放所引起的,而化石燃料燃烧和土地利用变化是导致二氧化碳增多的主要原因<sup>[4]</sup>。分析二氧化碳空间分布、植被碳储量是制定政策和产业结构优化的技术支撑,因此,迫切的需要一种可以反映植被固碳量和能源碳排放量之间相互

抵消的关系模型,为实现碳中和提供科学的依据。

为反映植被固碳量与能源碳排放之间相互抵消的关系,本文提出碳吸收指数(CAI),用于估算中国2000–2020年植被吸收二氧化碳的变化趋势。该模型主要创新如下:首先,结合现有夜间灯光数据和面板数据,构建了碳排放模型,估算了中国2000–2020年的能源碳排放量;之后,利用构建的碳排放模型和植被固碳模型构建了碳吸收指数模型。分析其二氧化碳与植被固碳抵消的时空变化。本研究为中国实现碳达峰和碳中和提供合理的参考。

## 1 研究区域和数据来源

### 1.1 研究区域

中国地处亚洲东部,太平洋西岸,属于温带季风气候,据中国气象局2022年公布,国内平均气温为10.51℃,年均降水量为606.1毫米。地势呈西高东低,西部高山广布,以山地、高原和盆地为主;东部平坦低缓,以丘陵和平原为主。随着社会经济活动的逐渐集中和城市规模的扩大,中国呈现出东西部发展不平衡的高碳排放格局。中国东西部的不平衡排放格局,很适合对其进行研究。

### 1.2 数据来源

详细数据来源如表1所示,本文涉及的数据预处理均使用ArcGIS10.8进行处理。

表1 数据来源

数据名称	数据描述	年	来源
DMSPL_OLS	每年第四版无云稳定夜间灯光数据,空间分辨率1公里	2000-2013	NOAA/NGDC ( <a href="https://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmspl/downloadV4composites.html">https://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmspl/downloadV4composites.html</a> )
NPP_VIIRS	每月夜间灯光数据,空间分辨率15弧秒	2012-2020	NOAA/NGDC ( <a href="https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/index.html">https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/index.html</a> )
LUC	每年1公里空间分辨率	2000-2020	<a href="https://www.resdc.cn/DOI/DOI.aspx?DOIID=54">https://www.resdc.cn/DOI/DOI.aspx?DOIID=54</a>
NPP	每年500米空间分辨率	2000-2020	<a href="https://lpdaac.usgs.gov/">https://lpdaac.usgs.gov/</a>
气象数据	每月1公里空间分辨率	2000-2020	<a href="https://data.tpdc.ac.cn/z/h-hans/data/71ab4677-b66c-4fd1-a004-b2a541c4d5bf">https://data.tpdc.ac.cn/z/h-hans/data/71ab4677-b66c-4fd1-a004-b2a541c4d5bf</a>
降水量数据	每月1公里空间分辨率	2000-2020	<a href="https://data.tpdc.ac.cn/z/h-hans/data/faae7605-a0f2-4d18-b28f-5cee413766a2">https://data.tpdc.ac.cn/z/h-hans/data/faae7605-a0f2-4d18-b28f-5cee413766a2</a>
其他辅助数据	每年的能源消费数据,行政边界数据	2000-2020	中国能源统计年鉴, <a href="https://www.webmap.cn/commres.do?method=result100W">https://www.webmap.cn/commres.do?method=result100W</a>

## 2 方法

### 2.1 能源碳排放计算

本研究参照IPCC所提供的标准方法对中国34个省进行二氧化碳排放量计算,并作为基础数据源。其具体公式为:

$$CO_2 = \frac{44}{12} \sum_{i=1}^9 K_i E_i \quad (1.1)$$

### 2.2 构建碳排放模型

利用公式计算统计二氧化碳排放量。之后,利用ArcGIS10.8中的表格区分统计功能计算各年份夜间灯光总量,将所得的二氧化碳排放量与夜间灯光总量进行线性拟合,发现夜间灯光与二氧化碳排放量呈显著相关。为了使本研究所构建的碳排放模型精度更准确,本研究参考现有的方法并将其改良后进行建模,

具体步骤为:

中国的土地利用数据包含耕地,林地,草地,水域,建设用地和未利用地,而能够排放碳的主要包含建设用地和耕地,因此,本研究将建设用地设置为城镇二氧化碳排放量( $U_{CO_2}$ ),耕地设置为农村二氧化碳排放量( $R_{CO_2}$ )。公式如下

$$T_{CO_2} = U_{CO_2} + R_{CO_2} \quad (1.2)$$

### 2.3 构建VCS模型

本研究中的固碳量为固定二氧化碳物质量,在生态系统中,各类植被通过光合作用来吸收空气中的二氧化碳物质量(Xu et al. 2018)。化学式如下:



以光合作用方程为基础,即生成1kg干物质可以固定1.63kg的二氧化碳。结合NPP数据和光合作用方程,本研究构建了植被固碳模型(VCS)。公式为:

$$VCSn_i = 1.63 \times NPPn_i \quad (1.4)$$

### 2.4 构建碳吸收模型

为量化植被固碳与能源碳排放二者之间的关系,本文构建了碳吸收指数模型(CAI),以此来反映该区域植被与二氧化碳的关系。当CAI远>0时,则表明该区域植被固碳量远超过该区域二氧化碳排放量,反之,当CAI趋近于但不等于0时,则二氧化碳排放量远超过植被固碳量,当CAI=0时,则此区域为净排放区。公式如下:

$$CAI = \frac{VCS}{T_{CO_2}} \quad (1.5)$$

其中,CAI表示碳吸收指数,VCS表示植被固碳量, $T_{CO_2}$ 表示二氧化碳总量。

## 3 结果和讨论

### 3.1 碳吸收时空分布特征

利用公式(1.5)得到碳吸收时空分布特征图(见图1)。从像元尺度进行分析碳吸收的变化规律,依据标准差方法将其划分为四个等级:净排放区,低吸收区,中吸收区,高吸收区。其结果表明:中国2000-2020年总体呈碳吸收状态,其空间维度看:中国净排放区主要集中在西部和西北部地区,部分净排放区集中在各个省份的省会城市,省会地区经济产业发展迅速,土地利用类型转移频繁,使更多的二氧化碳排放,而高吸收区主要分布在热带,亚热带的生态系统良好的中国南部地区。

### 3.2 CAI与植被NEP之间的关系

通过对中国CAI时空特征进行分析,可以得到中国植被吸收二氧化碳在不断减弱,传统意义上的植被吸收二氧化碳可能并不能实现碳中和。通过对中国西北地区和东南部地区对比分析,得到植被NEP与自然条件密不可分,而VCS与植被NEP息息相关,因此提高碳储量的方法需要人类在自然条件中提出更多的方案。如在自然条件良好的地区,加强生态环境治理,防止城市过度扩张,是有效提高VCS水平的关键;而在自然条件较差的地区,如中国的西北地区,常年受干旱,水土流失和水资源短缺等自然

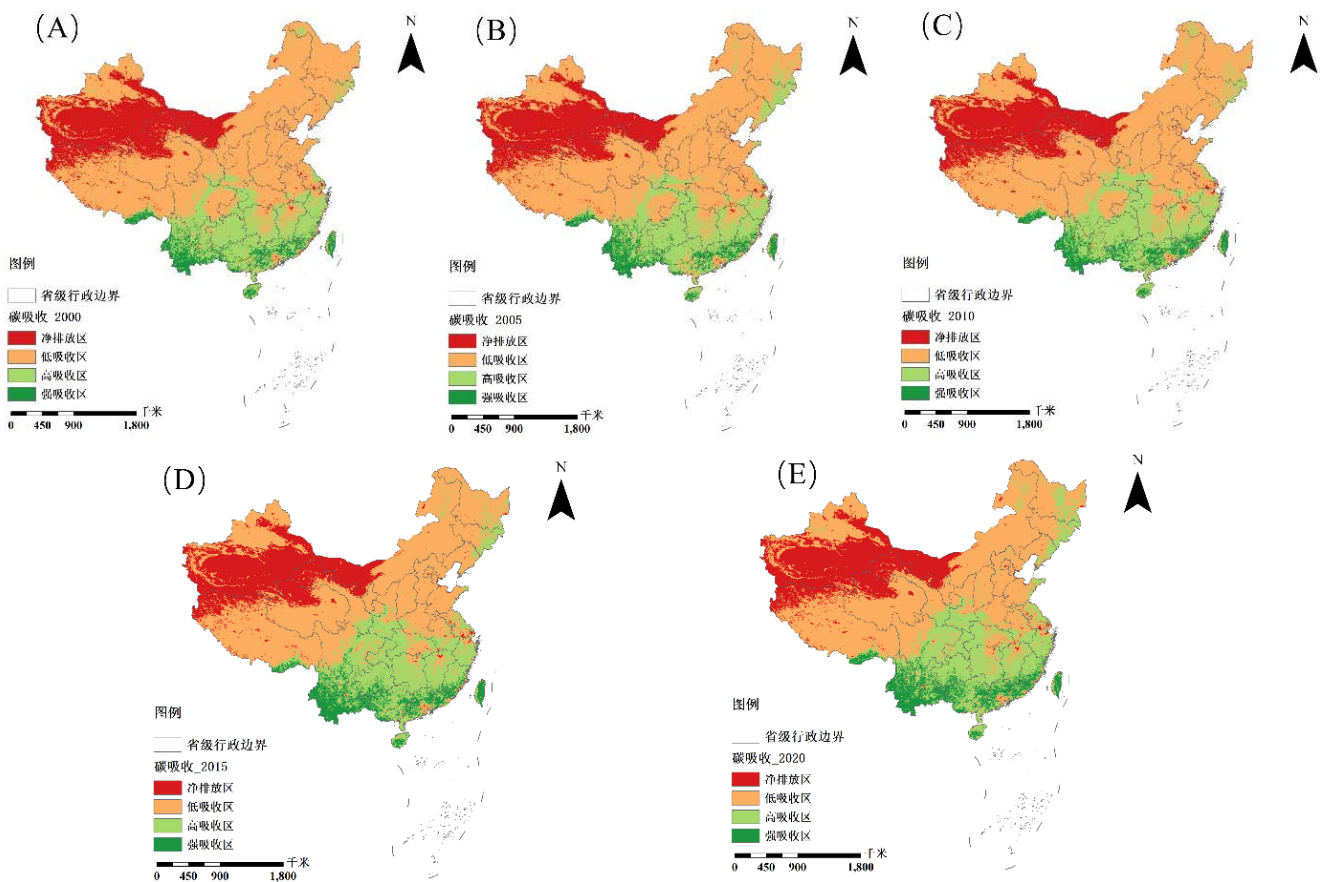


图1 中国碳吸收时空特征分布图(A,B,C,D,E表示2000-2020年)

因素的影响,加强构建生态安全格局,识别生态廊道和生态夹点可以有效增强植被覆盖度。随着生态环境问题的改善,该地区的CAI将会持续上升,但波动性明显,应持续进行生态环境建设,改善当地环境问题是稳定该区CAI的有效方法。

4 结论

本文以能源碳排放估算数据和NPP估算植被固碳数据为基础数据源,对中国区域构建碳吸收指数模型,详细的研究中国植被吸收二氧化碳的空间分布变化特征。其结论如下:(1)中国南部地区碳吸收逐步改善,政策制定成效显著。中国2000-2020年碳吸收整体呈吸收状态,2020年高吸收区的面积是2000年的0.415倍,植被吸收二氧化碳能力显著提高。(2)中国近20年碳吸收呈减弱趋势,如果仅依靠植被固碳实现碳中和其压力显著。碳吸收年际变化整体呈减少趋势,仅陕甘宁地区,新疆北部和北京地区局部呈吸收增加趋势。

[项目基金]

2024年重庆三峡学院研究生科研创新项目“构建以地理探测器模型的生态安全格局识别与优化研究”(YJSKY24016)。

[参考文献]

[1]Zhang Y J. The impact of financial development on carbon emissions: Anempirical analysis in China[J]. Energy Policy,2011,39(4):2197-2203.  
 [2]刘占成,王安建,于汶加,等.中国区域碳排放研究[J].地球学报,2010,31(5):727-732.  
 [3]佟震.基于低碳经济的东北三省碳排放区域格局研究.东北师范大学硕士论文,2010.  
 [4]赵荣钦,黄贤金,钟太洋.中国不同产业空间的碳排放强度与碳足迹分析[J].地理学报,2010,65(9):1048-1056.

作者简介:

侯壮壮(1998--),男,汉族,山西朔州人,硕士,研究方向:生态环境遥感。