

## 遂宁市农业碳排放特征及影响因素分析

欧蓝蔓, 焦翠翠\*

四川轻化工大学经济学院 四川自贡

**【摘要】目的** 通过研究遂宁市农业碳排放特征及影响因素为能够真正实现低碳农业提供科学参考。**方法** 本研究选取四川省遂宁市作为研究对象, 基于排放系数法的碳排放模型测算了 2010-2021 年遂宁市农业生产的六类碳源的农业碳排放量, 并结合迪氏对数指标分解法 (Logarithmic Miviean Divisia Index, LMDI) 对遂宁市农业碳排放的影响因素进行分解。**结果** 遂宁市农业碳排放量总体上呈缓慢下降的趋势, 其中化肥和翻耕是主要贡献者; 农业经济发展水平是引起遂宁市农业碳排放增加的主要驱动因素, 而农业生产效率则是制约碳排放增加的关键因素。**结论** 遂宁市应从提高农用物资利用效率、引进科学农业技术及转变农业经济发展方式等方面促进低碳化农业发展。

**【关键词】** 农业碳排放; 遂宁市; LMDI 模型

**【基金项目】** 四川轻化工大学研究生创新基金资助项目 (编号 Y2023153): 遂宁市农业碳排放特征及影响因素分析

**【收稿日期】** 2023 年 8 月 10 日 **【出刊日期】** 2023 年 9 月 8 日 **【DOI】** 10.12208/j.aes.20230011

### Analysis on the characteristics and influencing factors of agricultural carbon emission in Suining

Lanman Ou, Cuicui Jiao \*

School of Economics, Sichuan University of Light Industry and Chemical Technology, Zigong, Sichuan

**【Abstract】Objective** By studying the characteristics and influencing factors of agricultural carbon emissions in Suining, it can truly provide a scientific reference for the realization of low-carbon agriculture. **Methods** In this study, Suining, Sichuan Province, was selected as the research object. Based on the carbon emission model of the emission coefficient method, the agricultural carbon emissions of the six types of carbon sources of agricultural production in Suining from 2010 to 2021 were calculated, and the Logarithmic Miviean Divisia Index (LMDI) was used to decompose the influencing factors of agricultural carbon emissions in Suining. **Results** The agricultural carbon emissions in Suining showed a slow downward trend, among which chemical fertilizer and plowing were the main contributors. The level of agricultural economic development is the main driving factor for the increase of agricultural carbon emissions in Suining, and agricultural production efficiency is the key factor restricting the increase of carbon emissions. **Conclusions** Suining should promote the development of low-carbon agriculture from the aspects of improving the utilization efficiency of agricultural materials, introducing scientific agricultural technology and changing the mode of agricultural economic development.

**【Keywords】** Agricultural carbon emissions; Suining; LMDI model

#### 1 引言

在过去 50 年里, 随着人类活动的加剧, 形成了以全球变暖为主要特征的气候变化, 预测到本世纪

末, 地球表面的温度将平均上升 1.1°C-6.4°C, 减少温室气体的排放已成为当今世界上绝大多数国家的共识, 实现低碳化也成为世界各国稳定社会经济可

\*通讯作者: 焦翠翠 (1987-) 女, 汉族, 山西长治, 副教授, 研究方向: 农村区域发展、生态经济以及生态遥感。

持续发展的共同诉求。农业生产活动中产生的碳排放量约占全球温室气体排放总量的 14.9%<sup>[1]</sup>, 在全球变暖中所起到的推动作用不容忽视。中国是一个以农业为主的国家, 农业生产活动中所产生的碳排放量约占世界农业碳排放总量的 13.6%, 是世界上最大的碳排放国。我国在 2020 年 9 月明确提出碳达峰和碳中和目标<sup>[2]</sup>, “双碳”目标的提出, 顺应了全球绿色低碳可持续发展的潮流, 也充分体现了中国负责任的大国担当。遂宁市作为四川省农作物主产区之一, 良好的气候条件及地理环境使其成为著名的传统农业大市, 然而传统粗放型的农业发展方式使其成为一个高碳排放农业大市, 对农村生态环境造成了很大的压力。如何在减少碳排放的同时保持经济增长, 对于可持续农业发展非常重要。

农业碳排放问题已成为众多学者的关注焦点, 并取得了丰富的研究成果。关于对农业碳排放测算方法方面, 主要归纳为排放因子法(即排放系数法)、模型模拟法和实地测量法等, 其中, 排放因子法是最常用的方法<sup>[3]</sup>。在农业碳排放的影响因素方面, 主要采用人口、技术和财富影响模型<sup>[4]</sup> (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology, STIRPAT)、地理加权回归模型<sup>[5]</sup> (Geographically weighted regression, GWR)、Kaya 公式<sup>[6]</sup>、LMDI (Logarithmic Miviean Divisia Index, LMDI) 模型等<sup>[7]</sup>。已有研究表明, 地区经济发展水平是促使碳排放增长的关键性因素<sup>[8]</sup>, 但是在大部分情况下, 地区农业生产结构、地区农业生产效率以及地区的农业劳动力规模对碳排放的影响并不明显<sup>[9]</sup>。在关于农业碳排放的研究尺度方面, 现有研究主要是集中在国家<sup>[10]</sup>、省级<sup>[11]</sup>以及国家重要流域等<sup>[12]</sup>研究尺度来展开研究, 因此, 现有研究也大都较为宏观, 缺乏具有针对性的科学建议。

上述关于农业碳排放的研究相对丰富, 为后续的研究提供了相应的参考资料和研究思路。但现有研究尺度较为宏观, 较少考虑农业碳排放地区差异问题, 构建市域视角有利于精确分析市级层面农业碳排放存在的问题, 以便进行精准施策。遂宁市作为四川省的重要粮食生产基地, “川中粮仓”, 其优越的地理位置与气候条件, 使农业发展具备良好的基础条件, 但传统粗放型的高碳农业发展模式导致农业发展面临难题, 要实现碳减排, 就应着重于

减少农业的碳排放。本研究借鉴相关的研究成果, 对 2010-2021 年间遂宁市的农业碳排放量进行测算, 并基于 LMDI 模型对遂宁市农业碳排放的影响因素进行分解研究, 对遂宁市乃至四川省农业经济与生态环境的协调发展提供科学支撑作用。

## 2 研究区域概况

遂宁市位于四川盆地中部, 介于东经 105°03'26"-106°59'49", 北纬 30°10'50"-31°10'50"之间, 东西宽 90.3 km, 南北长 108.9 km, 总面积 5322.25 km<sup>2</sup>, 与重庆市、成都市呈等距三角。该市属四川盆地低山丘陵地区, 丘陵覆盖面积约占遂宁总面积的 70%, 海拔高度在 300-600 m 之间。遂宁市属于亚热带湿润季风气候, 全市各区县年平均气温 17.4-17.8℃, 年降水量 1129.1-1489.6 mm。

遂宁市主要农作物有水稻、玉米、红薯、马铃薯、大豆等, 经济作物有油菜、花生和棉花。2022 年统计年报显示, 遂宁市粮食作物播种面积 2799.3 km<sup>2</sup>, 增长 2.4%; 经济作物播种面积 1321.3 km<sup>2</sup>, 增长 2.3%。全年粮食产量 144.6 万 t, 比上年下降 1.5%, 其中, 水稻产量 44.2 万 t, 下降 2.3%, 实现农林牧渔业总产值 367.16 亿元, 比上年增长 4.6%。

## 3 研究方法与数据来源

### 3.1 农业碳排放测量算方法

本研究选取化肥、柴油、农药、农膜、翻耕及农业灌溉作为农业碳源排放指标, 参照了李波<sup>[9]</sup>和贺亚亚<sup>[13]</sup>等学者所建立的关于农业碳排放的计算公式, 并结合其他相关研究, 建立农业碳排放系数, 以此来测算遂宁市农业碳排放量, 相关表达式如下:

$$C = \sum C_i = \sum F_i \cdot D_i \quad (1)$$

式(1)中,  $C$ 表示农业的总碳排放量;  $C_i$ 表示第  $i$ 种碳源的碳排放量;  $F_i$ 表示第  $i$ 种碳源的量;  $D_i$ 表示第  $i$ 种碳源的碳排放系数(见表1)。

### 3.2 农业碳排放影响因素分解方法

本研究以遂宁市作为研究对象, 采用国际上较为成熟的 LMDI 因素分解模型, 通过该模型可以对影响碳排放量的相关因素展开研究和分解分析, 在测算出该市农业碳排放量的同时, 根据遂宁市农业生产的现状, 把对农业碳排放产生影响的因素划分为: 农业生产效率, 农业结构, 农业经济发展水平, 农业劳动力规模四大类, 具体农业碳排放的分解公式如下:

$$S = \frac{S}{AE} \times \frac{AE}{TY} \times \frac{TY}{R} \times R = OI \times PI \times KI \times R \quad (2)$$

农业生产效率:  $OI = \frac{S}{AE}$ ; 农业结构:  $PI = \frac{AE}{TY}$ ; 农业经济发展水平:  $KI = \frac{TY}{R}$ ; 劳动力规模:  $R$ 。式中,  $S$ 表示遂宁市农业碳排放量;  $AE$ 表示遂宁市种植业总产值;  $TY$ 表示遂宁市农林牧渔业总产值;  $R$ 表示农业劳动力规模。

本研究通过 LMDI 方法, 将对基准年 0 到目标年  $t$  遂宁市农业碳排放量的变化分解为四个因素, 并将四个因素对遂宁市总碳排放量的影响进行分析:

$$\Delta Z_{tot} = Z^T - Z^0 = \Delta Z_{int} + \Delta Z_{str} + \Delta Z_{act} + \Delta Z_{pop} \quad (3)$$

式(3)中,  $\Delta Z_{tot}$ 为 0-t 年  $CO_2$  排放的变化;  $Z^T$ 为  $t$  年  $CO_2$  排放量;  $Z^0$ 为 0 年  $CO_2$  排放量;  $\Delta Z_{int}$ 为 0-t 年农业生产效率变化对  $CO_2$  排放的影响;  $\Delta Z_{str}$ 为 0-t 年农业结构变化对  $CO_2$  排放的影响;  $\Delta Z_{act}$ 为 0-t 年农业经济发展水平变化对  $CO_2$  排放的影响;  $\Delta Z_{pop}$ 为 0-t 年农业劳动力规模变化对  $CO_2$  排放的影响。同时, LMDI 模型参考了学者 Ang<sup>[14]</sup>的分解方法, 以此来分解四大因素的贡献值, 将公式 (3) 右边的各项表示为:

$$\Delta Z_{int} = \sum_i \frac{z_i^T - z_i^0}{\ln z_i^T - \ln z_i^0} \ln \left( \frac{OI^T}{OI^0} \right) \quad (4)$$

$$\Delta Z_{str} = \sum_i \frac{z_i^T - z_i^0}{\ln z_i^T - \ln z_i^0} \ln \left( \frac{PI^T}{PI^0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta Z_{act} = \sum_i \frac{z_i^T - z_i^0}{\ln z_i^T - \ln z_i^0} \ln \left( \frac{KI^T}{KI^0} \right) \quad (6)$$

$$\Delta Z_{pop} = \sum_i \frac{z_i^T - z_i^0}{\ln z_i^T - \ln z_i^0} \ln \left( \frac{R^T}{R^0} \right) \quad (7)$$

### 3.3 数据来源

本研究选取 2010-2021 年间的相关数据对遂宁市的农业碳排放进行统计研究。其中, 化肥、农药、柴油、农膜、种植业总产值、农林牧渔总产值和农业劳动力规模数据均来自《遂宁市统计年鉴》, 以各年的实际情况为准。翻耕和农业灌溉数据则来自《四川统计年鉴》, 其中翻耕数据用当年农作物的实际播种面积来代替, 农业灌溉数据用有效灌溉面积来表示。

## 4 结果分析

### 4.1 遂宁市农业碳排放变化分析

农业碳排放公式 (1) 和表 1 所示的碳排放系数结合计算得到了, 2010-2021 年遂宁市农业碳排放量

(表 2)。研究结果发现, 遂宁市 2010 年的农业碳排放量为 309.58 kt, 到 2021 年降低为 264.91 kt, 具有较为明显的下降趋势。其中, 化肥的碳排放量呈现出稳步下降的趋势, 从 2010 年的 128.66 kt 下降到 2021 年的 106.11 kt, 碳排放量的下降幅度较大。柴油、农膜、农药在 2010-2021 年的时间段中, 其碳排放量有所下降, 但下降幅度不明显, 呈缓慢下降的趋势。而翻耕的碳排放量在 2018 年形成分水岭, 前期的碳排放量缓慢下降, 后期碳排放量则表现出较为明显的反弹上升趋势。在 2010-2021 年间遂宁市农业碳排放量总体上呈现出不断下降的趋势 (图 1), 但其下降速度表现出三个不同的阶段特征。2010-2015 年为缓慢下降时期, 因为此时间段的六类碳源的碳排放量也是缓慢下降的趋势。2015-2019 年为农业碳排放量的快速下降阶段, 因为在这段时期内遂宁市在农业生产中减少了对化肥的使用, 由 2015 年的 300.17 kt 减少到 2019 年的 266.78 kt。2019-2021 年则为第三个阶段, 这一阶段的农业碳排放量基本保持不变, 波动较小。

### 4.2 影响因素分析

在测算出六种主要农用生产资料的碳排放量的基础上, 利用 LMDI 分解模型中的分解公式, 分析 2010-2021 年间遂宁市农业碳排放的主要影响因素, 即农业生产效率, 农业结构, 农业经济发展水平, 农业劳动力规模等, 对遂宁市农业碳排放的贡献率 (见表 3)。

四大因素在 2013-2014 年和 2019-2020 年这两个时间段对遂宁市农业碳排放的总贡献量为正值以外, 其余时间段的农业碳排放的总贡献量均为负值, 这就表明, 在整个研究期内, 遂宁市农业的碳排放量整体上呈现出递减的趋势 (图 2)。通过四大因素对碳排放量的贡献水平来看, 遂宁市农业碳排放量增加的最关键因素是农业经济发展水平, 在研究期间内, 累计对农业的碳排放贡献值达到了 229.92 kt, 平均每年增加 19.16 kt。除了农业经济发展水平之外, 农业结构也是增加遂宁市碳排放的一个重要因素, 在研究期内对农业碳排放的贡献值为 14.75 kt。

在抑制遂宁市农业碳排放量增加方面, 农业生产效率是一个十分显著的影响因素, 而劳动力规模因素在抑制碳排放量增加方面的作用则不如农业生

产效率因素。四大因素对碳排放的总体贡献水平效率因素>农业结构因素>劳动力规模因素>农业生产分析结果, 按照大小排序依次为: 农业经济发展 水平因素>农业结构因素>劳动力规模因素>农业生产效率因素。

表 1 农业碳排放源及碳排放系数

碳源	碳排放系数	参考来源
化肥	0.8956 kg · kg <sup>-1</sup>	美国橡树岭国家实验室
柴油	0.5927 kg · kg <sup>-1</sup>	IPCC 联合国气候变化政府间专家委员会
农药	4.9341 kg · kg <sup>-1</sup>	美国橡树岭国家实验室
农膜	5.18 kg · kg <sup>-1</sup>	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
翻耕	312.6 kg · hm <sup>-2</sup>	中国农业大学生物与技术学院
农业灌溉	20.476 kg · hm <sup>2</sup>	李波等 <sup>[9]</sup>

表 2 2010-2021 年遂宁市农业碳排放量 (kt)

年份	化肥	柴油	农药	农膜	翻耕	农业灌溉	合计
2010	128.66	13.48	14.75	17.52	132.70	2.47	309.58
2011	128.61	12.97	13.87	16.49	133.29	2.49	307.72
2012	128.55	12.48	10.96	17.30	133.39	2.35	305.02
2013	130.52	12.20	10.71	16.89	127.48	2.38	300.19
2014	130.25	11.34	10.41	16.93	129.05	2.41	300.39
2015	130.13	10.94	10.19	17.01	129.47	2.43	300.17
2016	125.03	10.23	9.65	16.62	129.89	2.60	294.02
2017	121.68	9.64	9.34	15.75	121.20	2.63	280.23
2018	119.22	9.57	9.11	15.36	120.98	2.67	276.90
2019	111.37	9.28	7.05	14.91	121.45	2.71	266.78
2020	109.71	9.19	6.79	14.74	123.61	2.75	266.79
2021	106.11	9.15	6.64	14.42	125.85	2.75	264.91

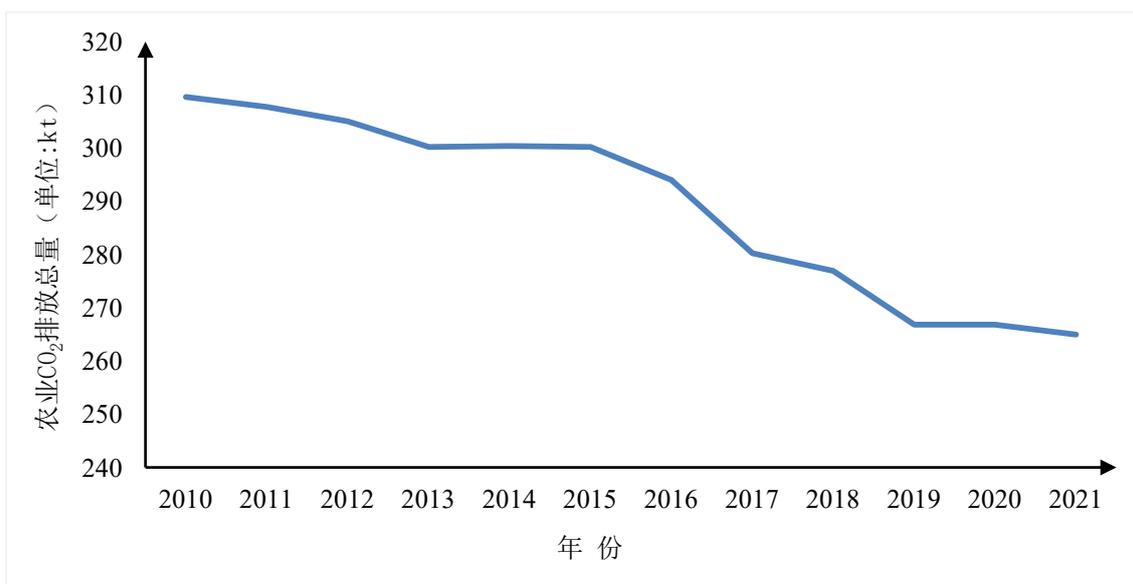


图 1 2010-2021 年遂宁市农业碳排放总量

表 3 四大因素对碳排放量的贡献量 (kt)

年份	农业生产效率	农业结构	农业经济	农业劳动力规模
2010-2011	-38.13886129	-49.66631231	78.88279185	7.06281963
2011-2012	-32.24730601	71.98270243	-34.15717144	-8.28533431
2012-2013	-9.47649786	-17.02574319	23.44386578	-1.76962087
2013-2014	-14.11771042	-1.51193829	23.22500928	-7.39346723
2014-2015	-21.86093568	-0.65187979	23.11872155	-0.82595556
2015-2016	-20.37113897	-5.88998431	23.74036641	-3.63055884
2016-2017	-72.60255198	50.00200089	8.54312380	0.27082225
2017-2018	22.95495196	-36.67665062	15.31691805	-4.92256401
2018-2019	-45.08850778	16.46025167	7.14075382	11.35822498
2019-2020	-12.47808178	-29.70403222	55.88750782	-13.68650162
2020-2021	-22.27765043	17.43475401	4.77686010	-1.82074290

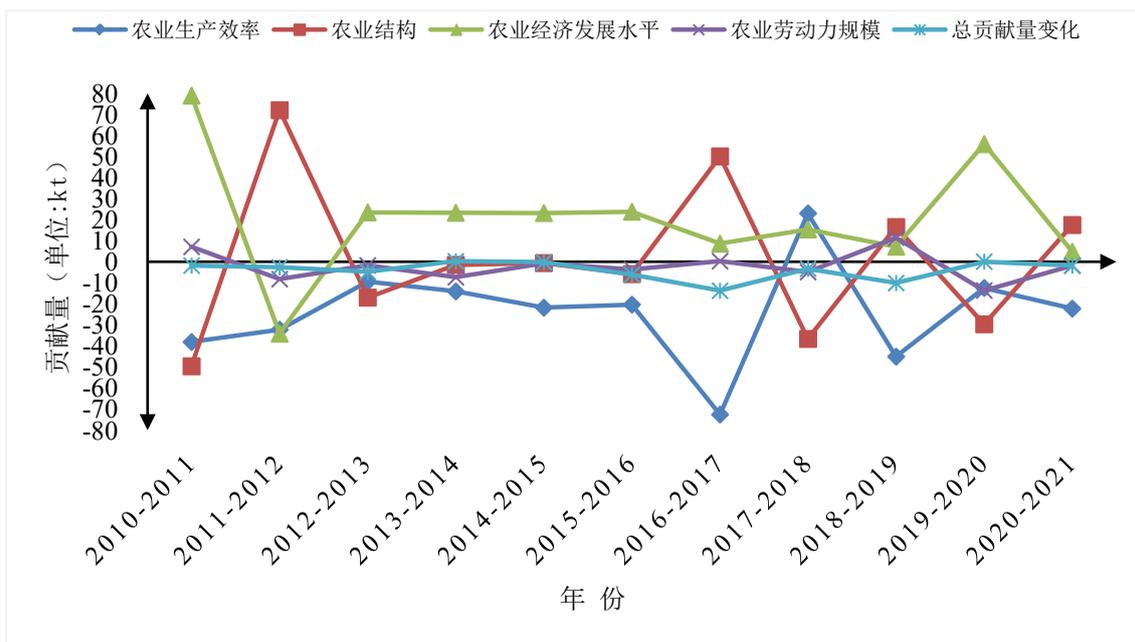


图 2 遂宁市农业碳排放因素分解结果

5 结论

(1) 2010-2021 年遂宁市农业碳排放量总体上呈现出缓慢下降的趋势, 在 12 年的研究期间内, 其农业碳排放的下降速度呈现不同的阶段性。2015-2019 年这段时期, 因为遂宁市减少了对化肥的使用, 所以农业碳排放量在此段时期快速下降。在六大碳源中, 化肥和翻耕是增加农业碳排放的主要来源, 在研究期间内虽都呈下降的趋势, 但翻耕的

碳排放量下降幅度不明显。

(2) 遂宁市的碳排放增加以农业经济发展为主导, 而农业生产效率是其最大的限制因素。遂宁市应提高农业生产中各种农用物资的利用效率, 市政府应积极引进先进科学的农业技术, 如精准使用生物肥料和生物农药等, 使其降低农业碳排放, 提高生产效率。与此同时, 要真正实现农业经济发展方式的转变, 应该抛弃传统的、高碳排放的、粗放的

发展模式。积极的转向生态循环农业发展模式,绿色农业模式和智能化农业发展,从而进一步推动农业生产的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 自茂,朱丽霞,王会珍,等.赣南等原中央苏区特色产业协同创新机制与对策研究—以赣南地区为主[J].赣南师范大学学报,2017,38(5):86-90.
- [2] 胡文娟.中国长期低碳发展战略与转型路径研究成果发布[J].可持续发展经济导刊,2020,19(10):12.
- [3] 计志英,赖小锋,贾利军.家庭部门生活能源消费碳排放:测度与驱动因素研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(05):64-72.
- [4] 黎孔清,马豆豆,李义猛.基于 STIRPAT 模型的南京市农业碳排放驱动因素分析及趋势预测.科技管理研究,2018,38(8):238-245.
- [5] 李慧,李玮,姚西龙.基于 GWR 模型的农业碳排放影响因素时空分异研究.科技管理研究,2019,39(18):238-245.
- [6] 张勇,黄淑玲,高杨.“十一五”期间淮北市农业碳排放趋势及影响因素研究[J].河北北方学院学,2013,29(5):42-46.
- [7] 刘杨,刘鸿斌.山东省农业碳排放特征、影响因素及达峰分析.中国生态农业学报(中英文),2022,30(4):558-569.
- [8] 田云,尹涨昊.中国农业碳排放再测算:基本现状、动态演进及空间溢出效应.中国农村经济,2022(3):104-127.
- [9] 李波,张俊飏,李海鹏.中国农业碳排放时空特征及影响因素分解.中国人口·资源与环境,2011,21(8):80-86.
- [10] 何艳秋,戴小文.中国农业碳排放驱动因素的时空特征研究[J].资源科学,2016,38(9):1780-1790.
- [11] 卢奕亨,田云,周丽丽.四川省农业碳排放时空演变特征及其影响因素研究[J/OL].中国农业资源与区划:1-14[2023-07-24].<http://gffiy28995338bdc041dahxn555xnvxunc6ocw.fffb.suse.cwkeji.cn:999/kcms/detail/11.3513.s.20230116.1840.008.html>.
- [12] 张喜花,陈秉谱,窦学诚等.西北地区农业碳排放效率及影响因素研究[J].科技与经济,2023,36(02):11-15.
- [13] 贺亚亚,田云,张俊飏.湖北省农业碳排放时空比较及驱动因素分析[J].华中农业大学学报:社会科学版,2013(5):79-85.
- [14] Ang B W.Decomposition analysis for policy making in energy: which is the preferred method?[J].Energy Policy, 2004,32(9):1131-1139.

**版权声明:** ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**