

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.06.009

基于 LMDI 模型的湖南省土地利用碳排放 影响因素研究

马肖迪, 谭晓波

(湖南工业大学 城市与环境学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 依据土地利用碳排放测算方法, 对湖南省 2003—2016 年土地利用碳排放进行了科学地计算, 分析了土地利用的碳排放效应, 并且通过 LMDI 因素分解法探讨了影响土地利用碳排放的因素。研究结果表明: 2003—2016 年, 湖南省土地利用碳排放呈现逐年递增的演变趋势, 净碳排放量从 2 579.24 万 t 增加到 7 303.76 万 t; 经济规模效应、人口规模效应和能源碳排放强度效应均是正效应因素, 其中经济规模效应为首要贡献因素; 能源强度效应和土地规模效应为负效应因素, 整体来看抑制土地利用碳排放增加的作用小于促进的强度。

关键词: 土地利用碳排放; LMDI 分解法; 影响因素; 湖南省

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2019)06-0060-07

引文格式: 马肖迪, 谭晓波. 基于 LMDI 模型的湖南省土地利用碳排放影响因素研究 [J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(6): 60-66.

Study on Influencing Factors on Land-Use Carbon Emissions in Hunan Province Based on LMDI Model

MA Xiaodi, TAN Xiaobo

(College of Urban and Environmental Sciences, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: A scientific calculation has been made of the land-use carbon emissions in Hunan Province from 2003 to 2016 based on its calculation method, followed by an analysis of the carbon emission effects brought about by the land-use, with the influencing factors on land-use carbon emissions under discussion by adopting LMDI factor decomposition method. The results show that, from 2003 to 2016, the land-use carbon emissions in Hunan Province show an increasing trend year by year, with the net carbon emissions increasing from 25.792 4 million tons to 73.037 6 million tons. Positive effect factors include economic scale effect, population size effect and energy carbon emission intensity effect, among which the economic scale effect is the primary contributing factor, while energy intensity effect and land scale effect are negative effect factors. Overall, the effect of restraining the increase of land-use carbon emissions is less than the intensity of promotion.

Keywords: land-use carbon emissions; LMDI decomposition method; influencing factor; Hunan Province

收稿日期: 2018-11-28

基金项目: 教育部人文社会科学规划基金资助项目 (17YJCZH258), 湖南省社会科学基金资助项目 (17JD25), 湖南省社会科学评审委课题基金资助项目 (XSP17YBZZ032), 湖南省教育厅科研基金资助重点项目 (17059)

作者简介: 马肖迪 (1994-), 女, 河南周口人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为资源开发与区域可持续发展, E-mail: 1057027393@qq.com

通信作者: 谭晓波 (1986-), 男, 湖南攸县人, 湖南工业大学副教授, 博士, 主要从事资源开发与区域可持续发展方面的教学与研究, E-mail: bo98624@163.com

1 研究背景

近年来, 人类活动对大气 CO₂ 的增加以及对全球气候的影响已成为全世界共同关注的话题, 实际上 CO₂ 的大幅增加主要是由人类生产、生活过程中所消耗的能源间接造成的。城市发展和经济社会建设等人类活动造成的能源消费又与土地利用有着较强的关联性, 因此能源消耗最终落实在不同的土地利用方式上^[1]。湖南省作为中部地区发展较快的省份之一, 长期的粗放式经济增长方式使得土地资源条件受到了威胁, 经济发展与自然资源环境的矛盾日趋尖锐, 在经济新常态背景下, 走低碳经济发展道路、控制和减少温室气体排放已成为我省经济社会发展的必然选择。已有研究^[2-3]证明, 碳排放强度与土地利用及覆盖变化表现出较高的关联度。但土地利用变化导致温室气体排放的不确定因素较多, 因此, 除了解土地利用碳排放效应外, 还需对不同土地利用变化方式导致的碳排放进行研究, 对碳排放变动的驱动因素及其与经济增长间的内在关系深入分析, 这对区域“资源-经济-环境”三者间的协调发展具有重要意义。

目前, 国内外相关机构和学者对土地利用碳排放研究, 主要集中在不同土地利用类型的碳排放效应及时空格局分析^[4]、演变及影响因素分析^[5]、安全评价及预测分析^[6]。在碳排放影响因素研究方面, 目前较多采用因素分解法和计量经济方法。如朱勤等^[7]、曹洪刚^[8]等采用计量经济方法对碳排放影响因素进行了研究; 冯宗宪等^[9]采用因素分解法, 基于 IO-SDA (input output-structural decomposition analysis) 模型, 分产业、分时间段研究了湖南省碳排放的影响因素; 张永强等^[10]、孙建卫等^[11]、李艳梅等^[12]等基于 Laspeyres 分解法, 分析了碳排放增长的驱动因素; 左可贵等^[13]运用“精确”的 Laspeyres 分解法对工业减排的影响因素进行了动态研究。此外, 更多学者采用对数均值迪氏指数分解法 (logarithmic mean divisia index, LMDI) 对碳排放影响因素进行了分解分析, 如王圣等^[14]、刘红光等^[15]、刘清春等^[16]、蒋金荷^[17]分别采用 LMDI 对江苏省人均碳排放影响因素、工业燃烧能源导致碳排放的影响因素、中国制造业碳排放影响因素及不同时间长度的中国能源消费碳排放的驱动因素进行了分解分析。

以上研究对土地利用碳排放影响因素的研究与分析提供了重要的基础, 但也存在不足之处, 如对不同土地利用类型的选择对碳排放量有很大的影响, 在现有研究中, 对影响土地利用碳排放的因素缺乏定量研究, 且 LMDI 在影响土地利用碳排放的因素研究

中也相对缺乏。因此, 本文试图针对现有研究的不足, 从土地利用角度出发, 根据湖南省 2003—2016 年土地利用碳排放情况, 对土地利用碳排放效应进行分析, 并探讨土地利用碳排放的影响因素, 以为湖南省进行低碳土地规划以及“两型社会”建设提供一定的理论参考依据。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

湖南省土地利用数据主要源自 2004—2017 年的《中国统计年鉴》和《湖南省统计年鉴》, 农业数据主要来源于 2004—2017 年的《中国农业统计资料》, 能源消费数据来源于 2004—2017 年《中国能源统计年鉴》和《湖南省统计年鉴》。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用碳排放测算方法

以湖南省实际的土地利用状况为基准, 结合各类型土地利用碳排放的测算方法, 最终将建设用地、耕地和园地做为碳源, 林地、草地、水域和未利用地做为碳汇^[18]。由于篇幅所限, 建设用地碳排放量的测算公式参考文献 [19], 草地、林地、园地、水域和未利用地的碳排放测算公式参考文献 [20], 耕地碳排放测算公式参考文献 [21]。根据联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 碳排放计算指南 (2006 年) 中的规定, 不同能源的折标准煤系数和碳排放系数见表 1。

表 1 不同能源的折标准煤系数和碳排放系数
Table 1 Coefficients of coal and carbon emissions for different energy sources

能源种类	折标准煤系数	碳排放系数/(kg·kgce ⁻¹)
原煤	0.714 3 kgce/kg	0.755 9
焦炭	0.971 4 kgce/kg	0.855 0
原油	1.428 6 kgce/kg	0.585 7
汽油	1.471 4 kgce/kg	0.553 8
煤油	1.471 4 kgce/kg	0.571 4
柴油	1.457 1 kgce/kg	0.592 1
燃料油	1.428 6 kgce/kg	0.618 5
其他石油制品	1.228 0 kgce/kg	0.585 7
天然气	1.330 0 kgce/m ³	0.448 3
焦炉煤气	0.571 4 kgce/m ³	0.354 8
液化石油气	1.714 3 kgce/kg	0.504 2
电力	0.122 9 kgce/(kW·h)	0.720 0

2.2.2 影响因素分解模型

LMDI 是国外学者 ANG 在对工业部门碳排放进行因素分解研究时首次提出^[18]。大量实证研究证明, 该方法在适用范围、结果表示以及采用便利性方面都较为完善, 在一定程度上保障了结果的准确性, 因

此, 本文选用 LMDI 探讨湖南省土地利用碳排放变化的影响因素。在借鉴已有研究成果的基础上, 基于 LMDI 分析框架, 综合考虑与土地利用碳排放密切相关的影响因子, 克服变量不足或者变量与目标关联性不强的缺点, 将能源碳排放强度、能源强度、经济规模、土地规模、人口规模作为湖南省土地利用碳排放的影响因素, 建立土地利用碳排放影响因素分解模型, 公式如下:

$$LC = \sum \left(\frac{LC}{T} \times \frac{T}{GDP} \times \frac{GDP}{J} \times \frac{J}{P} \times P \right) \quad (1)$$

式中: LC 为土地利用碳排放总量, 万 t; T 为能源消费总量, 万 tce; GDP 为地区生产总值, 万元; J 为区域土地面积, 万 hm^2 ; P 为区域人口总数, 万人。

具体而言, 确定的影响因素如下: 能源碳排放强度 $e=LC/T$, 即单位能源消耗的碳排放量; 能源强度因素 $t=T/GDP$, 即单位 GDP 能源的消费量; 经济规模因素 $q=GDP/J$, 即单位土地产值; 土地规模因素 $j=J/P$, 即人均土地面积; 人口规模因素 $p=P$, 即研究区内人口总数。由此, 公式 (1) 可表达为

$$LC = \sum (e \times t \times q \times j \times p), \quad (2)$$

即湖南省土地利用碳排放的影响因素可以被分解为 5 个因素: 能源碳排放强度 e 、能源强度 t 、经济规模因素 q 、土地规模因素 j 、人口规模因素 p 。

根据不带残差的 LMDI 分解法及公式 (1) (2), 设基期土地利用碳排放总量为 LC^0 , 第 t 期的土地利用碳排放总量为 LC^t , 用 ΔLC 表示第 t 期相对于基期的碳排放变化总效应。

$$\Delta LC = LC^t - LC^0 = \Delta LC_e + \Delta LC_t + \Delta LC_q + \Delta LC_j + \Delta LC_p, \quad (3)$$

式中: ΔLC_e 、 ΔLC_t 、 ΔLC_q 、 ΔLC_j 、 ΔLC_p 分别代表能源碳排放强度效应、能源强度效应、经济规模效应、土地规模效应、人口规模效应。

各因素的分解结果如下:

$$\begin{cases} \Delta LC_e = \sum Y \ln \frac{e^t}{e^0}, \\ \Delta LC_t = \sum Y \ln \frac{t^t}{t^0}, \\ \Delta LC_q = \sum Y \ln \frac{q^t}{q^0}, \\ \Delta LC_j = \sum Y \ln \frac{j^t}{j^0}, \\ \Delta LC_p = \sum Y \ln \frac{p^t}{p^0}, \end{cases} \quad (4)$$

式中 $Y = (LC^t - LC^0) / (\ln LC^t - \ln LC^0)$ 。

各影响因素贡献率的表达式为

$$Z_{e/t/q/j/p} = (\Delta LC_{e/t/q/j/p} / \Delta LC_{\text{tot}}) \times 100\% \quad (5)$$

式中, $Z_{e/t/q/j/p}$ 分别表示能源碳排放强度、能源强度、经济规模、土地规模和人口规模因素的贡献率; ΔLC_{tot} 为 ΔLC_e 、 ΔLC_t 、 ΔLC_q 、 ΔLC_j 、 ΔLC_p 的总和。

3 结果与分析

3.1 湖南省土地利用碳排放效应分析

根据湖南省 2003—2016 年土地利用数据、各项能源消费数据以及土地利用碳排放测算公式, 得出的土地利用碳排放量结果见表 2。

表 2 2000—2016 年湖南省各土地利用类型的碳排放 / 碳吸收

Table 2 Carbon emissions/carbon absorption of land use types in Hunan Province from 2000 to 2016

万 t

年份	碳源			碳汇				净碳排放量
	建设用地	耕地	园地	林地	草地	水域	未利用地	
2003	3 087.14	103.59	10.55	-616.65	-0.22	-4.21	-0.97	2 579.24
2004	3 545.73	106.35	10.47	-754.39	-0.22	-4.21	-0.96	2 902.77
2005	5 168.51	107.69	10.46	-754.39	-0.22	-4.21	-0.96	4 526.89
2006	5 483.69	108.25	10.35	-754.39	-0.22	-4.23	-0.95	4 842.50
2007	5 899.50	109.69	10.33	-767.07	-0.22	-4.23	-0.95	5 247.05
2008	5 671.57	110.51	10.29	-766.68	-0.22	-4.32	-0.95	5 020.20
2009	5 815.47	112.22	10.29	-794.83	-0.22	-4.32	-0.95	5 137.67
2010	5 961.15	113.23	14.36	-794.83	-0.22	-4.32	-0.95	5 288.43
2011	6 511.47	115.20	14.29	-794.83	-0.22	-4.32	-0.95	5 840.65
2012	7 086.58	115.09	14.22	-663.05	-0.22	-4.32	-0.95	6 547.36
2013	6 630.18	116.33	14.11	-788.06	-0.03	-3.31	-0.69	5 968.53
2014	6 696.81	125.15	14.04	-787.24	-0.03	-3.32	-0.69	6 044.73
2015	7 302.15	125.24	13.95	-806.79	-0.03	-3.32	-0.68	6 630.52
2016	7 975.07	125.73	13.79	-806.79	-0.03	-3.32	-0.68	7 303.76

分析表 2 中数据可知, 湖南省土地利用净碳排放量、碳吸收和碳排放量大体均呈递增的态势。净

碳排放量从 2003 年的 2 579.24 万 t 增加到 2016 年的 7 303.76 万 t, 其中碳排放总量增加 4 724.52 万 t, 年

均增长率约为8.34%;碳吸收年均增长率为2.06%,碳排放年均增长率为7.42%。可见,碳排放年均增长率是碳吸收年均增长率的3.6倍,这表明湖南省土地利用碳吸收量增加速度远低于碳排放量增加速度。

碳源方面,2003—2016年,耕地的碳排在研究期内保持平稳增长,碳排放量由2003年的103.59万t增长至2016年的125.73万t,共增长22.14万t,年均增长1.70万t;园地的碳排放量基本保持稳定,从10.55万t增加到13.79万t,统计年间的变化仅3.24万t;建设用地占碳源的主导地位,其碳排放量占14a间碳源排放总量的96.43%~98.28%,从3 087.14万t增加到7 975.07万t,年均增加349.14万t,年均增长率达7.57%。因此,建设用地碳排放与净碳排放总量具有趋同的变化趋势,并显著影响着湖南省土地利

用碳排放总量。

碳汇方面,2003—2016年,林地的碳汇量占总碳汇的99.13%~99.50%,碳汇量从616.65万t增加到806.79万t,共增加190.14万t,年均增长率为2.09%,水域、草地、未利用地的碳汇效应依次降低,研究期内其碳吸收量处于基本稳定状态,变化不明显。

3.2 湖南省土地利用碳排放影响因素分析

3.2.1 影响因素总体分析

依据LMDI,基于公式(1)~(4),分别计算出统计年间的能源碳排放效应、能源强度效应、经济规模效应、土地规模效应及人口规模效应,结果如表3所示,进而分析各个因素对湖南省土地利用碳排放的影响作用。

表3 湖南省土地利用碳排放影响因素分解结果

年份	能源碳排放效应	能源强度效应	经济规模效应	土地规模效应	人口规模效应	综合效应
2003—2004	-22.71	-177.27	523.51	-14.30	14.30	323.53
2004—2005	300.98	752.06	571.08	-18.72	18.72	1 624.12
2005—2006	49.45	-451.58	717.75	-24.98	24.98	315.61
2006—2007	10.12	-640.03	1 034.46	-27.93	27.93	404.55
2007—2008	-12.07	-1 252.65	1 037.87	-29.70	29.70	-226.85
2008—2009	-28.60	-475.63	621.70	-40.64	40.64	117.46
2009—2010	5.26	-925.33	1 070.83	-141.10	141.10	150.77
2010—2011	15.12	-597.77	1 134.87	-36.01	36.01	552.21
2011—2012	160.09	-189.40	736.01	-38.27	38.27	706.71
2012—2013	-239.77	-999.41	660.36	28.45	-28.45	-578.83
2013—2014	31.99	-520.44	564.64	-46.05	46.05	76.20
2014—2015	37.40	128.58	419.80	-34.84	34.84	585.79
2015—2016	74.98	-12.27	610.54	-73.43	73.43	673.25
累积效应	382.25	-5 361.14	9 703.41	-497.54	497.54	4 724.53

由表3可知,影响2003—2016年间湖南省土地利用碳排放量的主要因素是经济规模效应,该效应使碳排放量累计增加了9 703.41万t;人口规模效应和能源碳排放效应也是促进碳排放增加的因素,其中人口规模效应导致土地利用碳排放增加497.54万t,能源碳排放效应贡献了382.25万t碳排放。此外,抑制土地利用碳排放增加的因素是能源强度效应和土地规模效应,这两者都是负效应,在一定程度上对土地利用碳排放的减少起积极作用,其中能源强度效应引起碳排放减少5 361.14万t,土地规模效应使土地利用碳排放的减少值为497.54万t。由于抑制土地利用碳排放增加的作用小于促进土地利用碳排放增加的作用,因此,湖南省2003—2016年间共引起土地利用碳排放累积增加量为4 724.53万t。

3.2.2 影响因素具体分析

为了考察各影响因素对土地利用碳排放短期影响的阶段性特征,根据因素分解结果得到湖南省土地

利用碳排放影响因素年度变化趋势(见图1),并计算出2003—2016年各效应对土地利用碳排放的累积贡献率(见图2)。

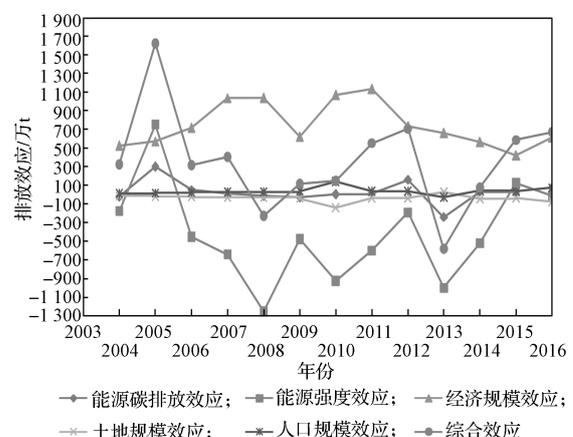


图1 湖南省土地利用碳排放年度增量分解

Fig. 1 Annual incremental decomposition of land use carbon emissions in Hunan Province

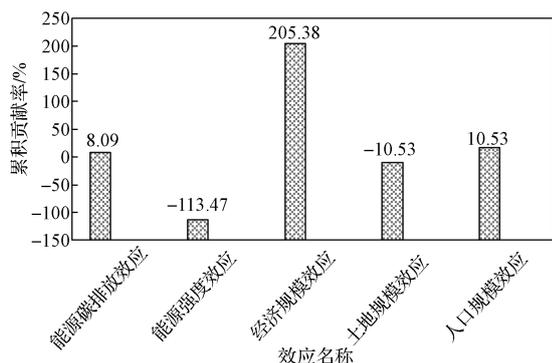


图2 各效应对土地利用碳排放的累积贡献率

Fig. 2 Cumulative contribution rate of each effect on land use carbon emissions

1) 能源碳排放强度影响因素

由图1可以得知,2003—2016年,能源碳排放强度效应对湖南省土地利用碳排放变化的影响浮动性较小。2003—2016年间,能源碳排放效应对湖南省土地利用碳排放的正、负效应并存,这表明能源碳排放强度对土地利用碳排放的影响具有不确定性。由图2可知,研究期内,能源碳排放强度对土地利用碳排放增加的累积贡献率为8.09%,在研究期内不同能源单位碳排放强度对碳排放的累积增量为382.25万t。出现这一结果的主要原因,是研究期内湖南省主要是以煤炭为主要能源,而煤炭折算碳排放系数最大,煤炭的大量消耗必然造成土地利用碳排放总量的大幅度增加。

2) 能源强度影响因素

由图2可知,研究期内,能源强度效应对碳排放的累积贡献率为-113.47%,表明提高能源利用效率可以有效地减少碳排放量。由图1知,能源强度效应对碳排放的影响,初始时为负向效应(-177.27万t)在2005年达到正效应值(752.06万t),其后为负向效应,且效应大小有波动;至2015年又转变到正效应值(128.58万t),最后又递减到2016年的-12.27万t。这一结果表明,在经济发展过程中,发展能源新技术对碳排放的减小可起到一定的促进作用。

3) 经济规模影响因素

经济规模效应是湖南省土地利用碳排放增长的首要贡献因素,由图1和2可知,其贡献值在研究期内大多持续扩大且一直保持正值,累积贡献率高达205.38%。这一结果表明,经济规模效应对土地利用碳排放造成的影响较大,因此应采用针对性的手段保证经济的健康发展,同时使土地利用达到可持续利用的状态。

4) 土地规模影响因素

由图1和2可知,土地规模效应对碳排放整体呈

负效应,但在2013年出现了微弱的正效应,其值为28.45万t,累积贡献率为-10.53%。2003—2016年间,湖南省人均土地面积呈现逐年递减的趋势,由2003年的0.32 hm²/人到2016年0.29 hm²/人,人均用地面积的增减意味着相应土地规模承载的产业能源消耗量的增减,因此人均用地面积逐年减少促使土地利用碳排放减少。

5) 人口规模影响因素

由图1和2可知,人口规模的持续扩大对土地利用碳排放总量的增加具有正效应。2003—2016年,湖南省人口规模的增加对土地利用碳排放的累积贡献率为10.53%,累计增加497.54万t碳排放,说明人口规模增加也是造成土地利用碳排放增加的因素之一。主要原因在于,人口数量上升导致人类生产生活活动过程中能源消耗增长,最终体现在土地承载的能源消费带来的碳排放量增加上,从而使生态环境遭到破坏,人类生存环境受到威胁。

3.2.3 各效应年度贡献率分析

为了深入分析各分解因素对湖南省土地利用碳排放的贡献程度及变化趋势,基于式(5)得到2003—2016年各效应对湖南省土地利用碳排放的年度贡献率,如图3所示。

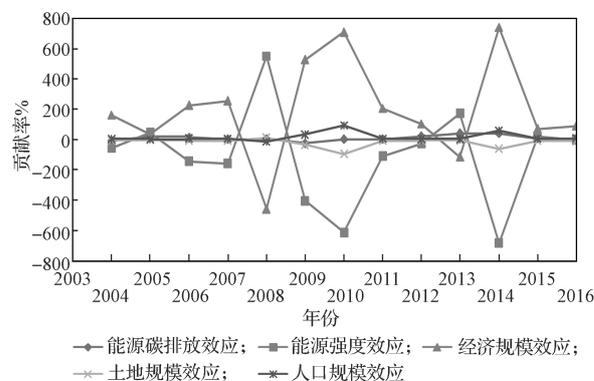


图3 各效应对土地利用碳排放的年度贡献率

Fig. 3 Annual contribution rate of each effect on land use carbon emissions

由图3可知:作为正效应的首要贡献因素,经济规模效应对土地利用碳排放的贡献率较大,经济规模对碳排放的作用呈强—弱—强—弱—强—弱—强—弱的发展态势。能源强度效应对土地利用碳排放的贡献率经历了由弱变强、由强变弱,再由弱变强、由强变弱的发展阶段。而同样作为负效应因素的土地规模贡献率变化基本保持稳定,说明土地规模对土地利用碳排放的抑制能力有限。能源碳排放强度、人口规模和土地规模对土地利用碳排放增加和减少的贡献率,基本稳定在-24.35%到93.59%之间。

综合来看,虽然能源强度抑制土地利用碳排放增

加的趋势不断加强,但仍然无法抵消经济产出和人口增长强劲的促进作用,说明湖南省仅仅依靠开发能源新技术和提高能源利用效率实现碳减排比较困难,应加快转变经济增长模式,调整能源消费结构,同时对土地进行合理规划,对人口规模进行合理调控,采取多种措施共同实现低碳经济发展。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文通过测算湖南省 2003—2016 年间的土地利用碳排放量,进而对土地利用碳排放的影响因素进行了分析。其分析结果符合湖南省的实际情况,能够基本反映出影响湖南省土地利用碳排放的具体因子,说明 LMDI 模型是分析土地利用碳排放影响因素的有效方法之一,主要研究结论如下:

1) 2003—2016 年,湖南省土地利用碳排放量受碳源和碳汇的综合影响,整体上呈逐年递增的演变趋势,碳排放量增速大于碳吸收量增速,净碳排放量从 2003 年的 2 579.24 万 t 增加到 2016 年的 7 303.76 万 t, 14 a 间增长 4 724.52 万 t, 年均增长率为 8.34%。

2) 2003—2016 年,湖南省土地利用碳排放各影响因素中,经济规模效应是促进土地利用碳排放增加的首要因素,使碳排放量累计增加 9 703.41 万 t, 人口规模效应和能源碳排放效应促进碳排放量分别增加 497.54 万 t 和 382.25 万 t。能源强度效应和土地规模效应为负效应因素,它们分别使碳排放量减少 5 361.14 万 t 和 497.54 万 t。总体来看,抑制土地利用碳排放量增加的作用小于促进土地利用碳排放量增加的强度,因此,2003—2016 年共引起土地利用碳排放量累积增加 4 724.53 万 t。

4.2 讨论

值得说明的是,本研究采用 LMDI 模型,通过定量的方法对 2003—2016 年的湖南省土地利用碳排放影响因素进行了时序分析,但忽视了土地利用碳排放是一个循环过程,传统的全局模型往往会掩盖各区域的空间差异,并且忽视了空间位置对碳排放各影响因素的重要性,因此在一定程度上土地利用碳排放的影响因素的研究方法有待进一步改善,未来可从该方面开展深入研究。

参考文献:

- [1] 赵荣钦,刘英,郝仕龙,等. 低碳土地利用模式研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 190-194.
ZHAO Rongqin, LIU Ying, HAO Shilong, et al. Research on the Low-Carbon Land Use Pattern[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(5): 190-194.
- [2] SHIMADA K, TANAKA Y, GOMI K, et al. Developing a Long-Term Local Society Design Methodology Towards a Low-Carbon Economy: An Application to Shiga Prefecture in Japan[J]. Energy Policy, 2007, 35(9): 4688-4703.
- [3] SHAFER C S, LEE B K, TURNER S. A Tale of Three Greenway Trails: User Perceptions Related to Quality of Life[J]. Landscape and Urban Planning, 2000, 49(3/4): 163-178.
- [4] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2010.
LAI Li. Carbon Emission Effect of Land Use in China[D]. Nanjing: Nanjing University, 2010.
- [5] 张勇,张乐勤,汪应宏,等. 安徽省池州市土地利用碳排放演变及其影响因素[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(2): 216-223.
ZHANG Yong, ZHANG Leqin, WANG Yinghong, et al. Research on the Carbon Emission Evolution of Land Use and Its Influential Factors of Chizhou City in Anhui Province[J]. Journal of China Agricultural University, 2014, 19(2): 216-223.
- [6] 何岩岩,南灵,麻小婷. 陕西省土地利用碳排放安全评价及预测研究[J]. 福建农业学报, 2017, 32(9): 1034-1042.
HE Yanyan, NAN Ling, MA Xiaoting. Evaluation and Prediction of Carbon Emissions on Land Uses in Shaanxi[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2017, 32(9): 1034-1042.
- [7] 朱勤,彭希哲,陆志明,等. 人口与消费对碳排放影响的分析模型与实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(2): 98-102.
ZHU Qin, PENG Xizhe, LU Zhiming, et al. Analysis Model and Empirical Study of Impacts from Population and Consumption on Carbon Emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(2): 98-102.
- [8] 曹洪刚,陈凯,佟昕. 中国省域碳排放的空间溢出与影响因素研究: 基于空间面板数据模型[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2015, 17(6): 573-578, 586.
CAO Honggang, CHEN Kai, TONG Xin. Study on the Spatial Spillover and Influencing Factors of China's Provincial Carbon Emission: Based on the Spatial Panel Data Model[J]. Journal of Northeastern University (Social Science), 2015, 17(6): 573-578, 586.
- [9] 冯宗宪,王安静. 陕西省碳排放因素分解与碳峰值预测研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2016, 37(8): 112-119.

- FENG Zongxian, WANG Anjing. Study on Carbon Emission Factor Decomposition and Carbon Peak Prediction in Shaanxi Province[J]. Journal of Southwest University for Nationalities(Humanities and Social Sciences Edition), 2016, 37(8): 112-119.
- [10] 张永强, 张捷. 广东省经济增长与碳排放之间的脱钩关系: 基于Laspeyres分解法的实证研究[J]. 生态经济, 2017, 33(6): 46-52.
ZHANG Yongqiang, ZHANG Jie. Decoupling Between Economic Growth and Carbon Emissions in Guangdong Province: An Empirical Study Based on Laspeyres Decomposition Method[J]. Ecological Economy, 2017, 33(6): 46-52.
- [11] 孙建卫, 赵荣钦, 黄贤金, 等. 1995—2005年中国碳排放核算及其因素分解研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1284-1295.
SUN Jianwei, ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin, et al. Research on Carbon Emission Estimation and Factor Decomposition of China from 1995 to 2005[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(8): 1284-1295.
- [12] 李艳梅, 张雷, 程晓凌. 中国碳排放变化的因素分解与减排途径分析[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 218-222.
LI Yanmei, ZHANG Lei, CHENG Xiaoling. A Decomposition Model and Reduction Approaches for Carbon Dioxide Emissions in China[J]. Resources Science, 2010, 32(2): 218-222.
- [13] 左可贵, 包玉泽, 李崇光, 等. 工业碳减排绩效及其影响因素动态分解[J]. 自然资源学报, 2014, 29(9): 1576-1588.
ZUO Kegui, BAO Yuze, LI Chongguang, et al. Industrial Carbon Emission Reduction Performance and Dynamic Decomposition of Its Influencing Factors[J]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(9): 1576-1588.
- [14] 王圣, 王慧敏, 陈辉, 等. 基于Divisia分解法的江苏沿海地区碳排放影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(10): 1243-1247.
WANG Sheng, WANG Huimin, CHEN Hui, et al. Study on Influence Factors of Carbon Emissions in Jiangsu Province Coastal Areas Based on Divisia Decomposition Method[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(10): 1243-1247.
- [15] 刘红光, 刘卫东. 中国工业燃烧能源导致碳排放的因素分解[J]. 地理科学进展, 2009, 28(2): 285-292.
LIU Hongguang, LIU Weidong. Decomposition of Energy-Induced CO₂ Emissions in Industry of China[J]. Progress in Geography, 2009, 28(2): 285-292.
- [16] 刘清春, 孔令群, 安泽扬. 中国制造业能源相关的碳排放因素分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(增刊2): 14-18.
LIU Qingchun, KONG Lingqun, AN Zeyang. Decomposition Analysis of Energy-Related Carbon Emissions from China Manufacturing[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(S2): 14-18.
- [17] 蒋金荷. 中国碳排放量测算及影响因素分析[J]. 资源科学, 2011, 33(4): 597-604.
JIANG Jinhe. An Evaluation and Decomposition Analysis of Carbon Emissions in China[J]. Resources Science, 2011, 33(4): 597-604.
- [18] 李玉玲, 李世平, 祁静静. 陕西省土地利用碳排放影响因素及脱钩效应分析[J]. 水土保持研究, 2018, 25(1): 384.
LI Yuling, LI Shiping, QI Jingjing. Influencing Factors on Carbon Emissions of Land Uses and Analysis of Their Decoupling Effects in Shaanxi Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(1): 384.
- [19] 彭文甫, 樊淑云, 潘荟交, 等. 区域土地利用变化的碳排放效应及时空格局研究[J]. 生态经济, 2013, 29(9): 28-33.
PENG Wenfu, FAN Shuyun, PAN Huijiao, et al. Effects of Region Land Use Change on Carbon Emission and Its Spatial and Temporal Patterns, in Sichuan Province[J]. Ecological Economy, 2013, 29(9): 28-33.
- [20] 李颖, 黄贤金, 甄峰. 江苏省区域不同土地利用方式的碳排放效应分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊2): 102-107.
LI Ying, HUANG Xianjin, ZHEN Feng. Effects of Land Use Patterns on Carbon Emission in Jiangsu Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(S2): 102-107.
- [21] 赵荣钦, 刘英, 丁明磊, 等. 河南省农田生态系统碳源/汇研究[J]. 河南农业科学, 2010, 39(7): 40-44.
ZHAO Rongqin, LIU Ying, DING Minglei, et al. Research on Carbon Source and Sink of Farmland Ecosystem in Henan Province[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2010, 39(7): 40-44.

(责任编辑: 廖友媛)