2000—2018年长三角中心区土地利用

碳排放强度的时空特征

秦岩,於冉,於忠祥,陆盼盼,李兰兰,桂政,宋中俊

(安徽农业大学经济管理学院,安徽 合肥 230036)

【摘 要】通过获取 5 期土地利用遥感监测数据,利用 GIS 技术,采用土地利用转移矩阵、空间趋势分析、点密 度及热点分析等方法,研究 2000—2018 年长三角地区中心区的土地利用转移的碳排放强度及其空间特征。结果表 明:(1)2000-2018 年长三角土地利用转移空间上,北部及沿海地区变化以建设用地转入为主,西南部以林地、草地 转入为主,耕地转入量集中在西北地区,且原地保持率逐渐变低;(2)19 年间长三角中心区土地利用变化过程中, 碳排放强度具有明显的差异性。耕地具有较高的碳排放强度,林地具有较强的碳吸收强度。(3)2000-2018 年长三角 中心区土地利用碳排放强度分布方向具有集聚向内陆转移,空间发展"东一西"方向扩张强度大于"南—北"的特 征;空间分布具有"南高北低性""南部分散性"两个时空特征。总体来看,碳汇与碳源用地的结构调整,是实现 碳平衡及碳峰值的有效手段;城市发展水平与碳排放强度的集中度有一定的相关性。因此,经济较为发达的城市应 保持较高的土地集约节约利用,以降低碳排放强度集中度;受辐射较为明显的地区,应控制新增碳源用地,挖掘潜 在碳汇用地,实现区域内的碳平衡;生态资源良好、碳汇用地规模较大的地区,应优化土地利用结构布局,在保证 碳汇功能的基础上实现高质量发展。

【关键词】土地利用碳排放强度;空间格局;长江三角洲

【中图分类号】F127.41 【文献标志码】A 【文章编号】1000-2340(2021)01-0000-00

碳排放已成为引起社会、经济、生态问题的重要因素¹¹,所以,如何减少和有效控制二氧化碳排放已经成为世界各国制定环 境政策问题的重要导向。《哥本哈根协定》《京都议定书》《巴黎协定》等一系列国际气候治理文件中,反复强调了低碳排放 的发展战略对可持续发展得重要性。中国在积极参与全球气候治理的过程中,逐步确立了"习近平生态文明思想",2019年12 月,中共中央、国务院印发了《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》中,要求形成绿色低碳的生产生活方式,探索经济发展 和生态环境保护相辅相成、相得益彰的新路子。因此,在长三角区域一体化进程中,既要实现土地集约节约利用,又要保证区 域内低碳绿色发展,是当前亟待解决的,要问题。

目前,国内外诸多摩者从不同角度对相关领域进行了研究,其基础为土地利用变化会积累大量的碳排放^[2],研究重点多集中 宇土地利用碳排放强度时空变化^[3-9]、影响因素^[10-20]及效率^[21-25]等。张梅等^[7]将全国分为六大区域,利用 RS.GIS 技术测算各土地 利用类型碳排放变化的时空变化,认为土地类型转变过程中表现碳源和碳汇两种情况,并具有明显空间差异。孙赫等部利用空 间自相关方法,探讨了全国省级尺度土地利用碳排放强度的空间关联特征,发现碳排放强度高值集聚区向沿海集中,低值集聚 区向内陆迁移。但是,当前学者主要针对于较大范围的土地利用碳排放强度空间分布及差异影响,忽略了省内差异及城市群功 能格局对土地利用变化中碳排放强度变化的影响。研究碳排放强度的时空特征变化,对于全面把握土地利用转移中碳排放强度 变化趋势、区域内城市间土地利用调整具有一定的意义。因此,本研究通过获取 5 期土地利用遥感监测数据,利用 GIS 技术, 采用土地利用转移矩阵、空间趋势分析、点密度及热点分析等方法,研究 2000—2018 年长三角地区中心区的土地利用转移的碳 排放强度及其空间特征,为土地丰富利用碳排放强度研究及区域功能分区提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

长三角中心区地区作为长三角一体化发展中具有辐射带动作用的高质量发展区域,包含上海市、江苏省(南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州、镇江、盐城、泰州)、浙江省(杭州、宁波、温州、湖州、嘉兴、绍兴、金华、舟山、台州)及安徽省(合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城)等 27 个城市,面积为 225000km²。其位于长江的下游地区,东部濒临黄海与东海,是长江入海之前形成的冲积平原;气候类型主要属于亚热带季风气候,季风显著,全年雨热同期;直至 2018 年底,土地利用结构中,建设用地、耕地、林地、草地、水域、未利用地分别占 12.36%、46.25%、30.2%、3.28%、7.82%、0.09%。

1.2 研究方法

1.2.1 土地利用类型转移矩阵

土地利用类型转移矩阵主要通过建立二维矩阵的形式,能够清晰地反映各土地利用类型转移情况。其公式为:

$$sij = \begin{cases} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \cdots & s_{nn} \end{cases}$$
(1)

式中: S_{ij}为土地面积, n为土地利用的类型数, i、j分别为研究期初与研究期末的土地利用类型序号。

1.2.2 土地利用变化碳排放强度核算

各土地利用类型的碳排放强度(单位面积碳排放)能反映土地利用碳排放情况及相关关系^[26]。计算公式如下:

$$C_{p} = \frac{\sum C_{ii}}{\sum S_{i}}$$
(2)

式中: C_e为土地利用碳排放强度(t•hm⁻²); C_{ij}为各土地利用变化碳排放量(t); S_i为相应的土地利用变化面积(hm²) 式(2)中,土地利用变化碳排放量C_{ij}测算公式如下:

$$C_{ii} = \sum_{i=1}^{6} A_i \times \alpha_i$$
 (3)

式中: C_{ii}为土地利用变化碳排放量; A_i为第 i 种土地利用类型面积, a_i为第 i 种土地利用类型的碳排放系数, 如表 1 所示(注: 负值表示碳吸收系数)。

表1用地类型碳排放系数						
	碳排放系数/ (t•hm ⁻²)	参考来源				
Land type	Carbon emission factor	Reference source				
	4 505	李颖等 ^[27]				
耕地 Cropland	4. 595	苏雅丽等[28]				
林地 Woodland	-6.440	方精云等[29]				
草地 Grassland	-0. 021	方精云等[29]				
水域 water area	-0. 253	段晓南等[30]				
未利用地 Unused land	-0.005	赖力等[31]				

具有碳排放功能的土地利用类型建设用地^[13]。碳排放一般是通过其利用过程中的各项能源消耗的碳排放系数(表 2)来间接 估算,其公式为:

$$E_{ci} = \sum ec_i = \sum En_i \sigma_i \varphi_i \qquad (4)$$

式中: E_{ci} 为建设用地碳排放总量; ec_i 为各种能源消耗产生的碳排放量; En_i 为各种能源消耗量; σ_i 为各种能源消耗量转换为标准煤的系数, ϕ_i 为各种能源的碳排放系数,如表 2 所示。

	表 2 碳排放转换系数表								
磁源	折算标准煤系数	碳排放系数	参考来源						
Carbon source	Converted standard coal	Carbon omission factor	Reference source						
carbon source	coefficient		Reference source						
原煤 Raw coal	0.714kgce•kg ¹	0. $7559t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
焦炭 Cock	0.9714kgce•kg ¹	0.8550 $t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
天然气 Natural gas	1. 4714 kgce•kg ¹	0. $4483 t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
汽油 Gasoline	1. 4714 kgce•kg ¹	0. $5538t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
煤油 Kerosene	1.4714kgce, kg ¹	0.5714t•	IPCC 国家温室气体清单指南						
柴油 Diesel	1.4714kgce, kg ¹	0. $5921 t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
燃料油 Fuel oil	1.4714kgce, kg ¹	0. $6185t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
热力 Heating power	0.0341kgce•10 ⁶ J	0. $7330t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						
电力 Electricity	0.1229kgce•kW•h	0. $7330t \cdot t^{-1}$	IPCC 国家温室气体清单指南						

标准差椭圆是用于探查样本数据的分布方式和发展的空间统计方法,通过对长三角中心区 2000-2018 年土地利用碳排放强 度变化的地类图斑进行分析,能够反映研究区内土地利用转变过程中碳排放强度变化发展方向的转变和分布趋势空间特征。计 算公式为:

$$SDEx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$SDEy = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$
 (5)

式中: SDE_x和 SDE_y就是计算出来的椭圆的方差,即得到的长短半轴; $x_i n y_i$ 是每个要素的空间位置坐标; $x n y_{\bar{y}}$ 是算数平均中心。

(2) 点密度分析及热点分析

点密度分析及热点分析能够揭示点要素在空间上的分布特征和变化趋势。点密度分析是根据点要素数据计算整个区域数据的聚集情况。热点分析是对数据集中的每一个要素计算 Getis=OrdG*i 统计,由此表现高值或低值要素在空间上发生聚类的位置 [32]。

Getis-Ord G*i 局部统计的计算公式为:

$$G_{i}^{*} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{i,j} x_{j} - \bar{X} \sum_{i=1}^{n} w_{i,j}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^{n} w_{i,j}^{2} - (\sum_{j=1}^{n} w_{i,j})^{2}}{n-1}}}$$
(6)

式中:x_i是要素 j 的属性值; w_{i,j}是要素 i 和 j 之间的空间权重; n 为要素总数。并且

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_{j}}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} x_{j}^{2}}{n} - (\bar{X})^{2}}$$
(7)

式中: G*i值实际上就是统计学意义上的 Z 得分。对于具有显著统计学意义的正 Z 得分越高,高值(热点)的聚类就越紧密; 负 Z 得分越低,低值(冷点)的聚类就越紧密。

1.3 数据来源与处理

本研究所采用的行政边界及 2000 年、2005 年, 2010 年. 2015 年及 2018 年 5 期土地利用数据来源于中国科学院资源环境数据 云平台(http: //www.resdc.cn/Default.aspx),栅格数据精度为 lkm。依据《土地利用现状分类》(GB/T21010—2017)及研 究区实际情况,利用 ArcGIS10.2 重分类工具将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 个大类,并 利用矢量数据进行裁剪处理获得研究区数据。

各地市 2000—2018 年能源消耗数据来源于《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》及各地 市统计年鉴,并根据 2020 年各地市行政区划情况(如安徽省在 2011、2016 年行政区划调整,巢湖市管辖的庐江县、居巢区划 归合肥市管辖,无为县划归芜湖市管辖,含山县、和县划归马鞍山市管辖,安庆的根阳县划给铜陵市),将相关数据进行调整, 以避免土地利用碳排放强度变化中的时序性及空间差异性。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化分析

通过 GIS10.2 中空间叠加及土地利用转移矩阵,得到长 X 角中心区土地利用变化结果,如表 3、图 1 所示,其中,由于篇幅 所限,表 3、图 1 直接列出 2000—2018 年计算结果及图例。

					2000			
土地利用类型 草		草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转入
Land	use type	Grassland	Cropland	Construction	Woodland	W aters	Unused land	Transfer in
				land				
	草地	210620 79	199400 15	10007 07	010007 40	49745 40	020 60	405990 70
	Grassland	319030.78	123409.15	19997.07	212207.42	48745.40	930.60	405289.70
	耕地	199797 46	Q106620 0Q	1764149 90	024006 22	105000 50	4997 E4	2221645 10
	Cropland	122101.40	0190030.90	1704143, 20	934000.32	403000.30	4027.04	3231043.18
2018	建设用地	0620 80	567579 53	612880 14	62250 02	01676 05	063 62	722002 03
	Construction lan	9020.80 Id	501512.55	012005.14	02209.92	91070,05	903.02	132092.93
	林地	212545 67	860546 11	160054_07	5265447 04	66066 17	2212 10	1212/25 21
	Woodland	210040.07	003540, 11	100304,07	5205447.04	00000.17	5515, 10	1010420, 21

表 3 长三角 2000-2018 年	F土地利用转移情况
---------------------	-----------

水域 W aters	30641.04	298681.69	105383.89	62346.80	1064255.76	3577.15	500630. 57
未利用地 Unused land	231.00	643.38	321.51	1504.12	129.65	578.37	2829.65
转出 Transfer out	376825.97	1859852.86	2050799.82	1272324.58	612497.91	13612.09	-

如表 3 所示,2000—2018 年长三角地区各土地利用类型均发生了转移,转移用地类型总面积为 6185913.24hm²,占研究区域总 面积的 27.49%。建设用地转出面积最多,为 2050799.82hm²,其中,1764143.28hm²转为耕地,占比 86.02%。耕地是转入最多的土 地类型,转入 3231645.18 hm²,建设用地转入 1313425.21 hm²,面积有所减少。草地、林地、水域等用地类型转入转出量相当, 表现为转出量大于转入量。



如图 1 所示,长三角土地利用转移空间具有以下特征:(1)长三角北部及沿海地区土地利用类型变化以建设用地转入为主, 西南部以林地对地转入为主,耕地转入量主要集中在合肥市、芜湖市、马鞍山市;(2)长三角全地利用类型的原地保持率逐渐 变低,土地利用结构转移由耕地、建设用地为主转向林地、草地为主。长三角土地转移由单一为主转移变为多种土地类型同时 发生转移,且具有碳汇功能的土地类型逐渐呈现向南部转移的状态。

2.2 土地利用碳强度分析

2.2.1 土地利用碳排放核算通过对各年份建设用地、耕地的碳排放量和林地、草地、水域和未利用地等地类的碳吸收量进行 估算,汇总 2000-2018 年长三角土地利用净碳排放量(表 4)。

				· ••==>13==•C	1 4/ 14/ 0/ 4/ 1/ 2/	王 // / / / /			
		碳源				碳汇			
	Carbon source					海北出社主星			
年份	耕地 Cropland	建设用地 Constructio land	碳排放总量 Total n carbon emissions	赴 林地 Woodland	草地 Grassland	水域 d W aters	未利用地 Unused land	碳吸收总量 Total carbon absorption	冲厥排瓜里 Net carbon emissions

表4长三角土地利	用碳排放量核算结果
----------	-----------

2000	5262.4298	17439. 5931	22702.0229 4251.4193	1.5343	40.0356	0.0017	4292.9909	18409.0318
2005	5090.0372	28525.3839	33615. 4211 4240. 9540	1.5240	41.1428	0.0018	4283.6226	<i>29</i> 331. 7985
2010	4978.0127	38439.1645	43417.1772 4234.1979	1.5254	-41.3533	0.0026	4277.0792	39140.0981
2015	4897.1567	44113.7722	49010. 9289 4256. 1645	1.5622	41.4109	0.0030	4299.1406	44711.7884
2018	4646.0031	47411. 4754	52057.47854262.1358	1.5191	43.4814	0.0101	4307.1464	47750.3321

从碳排放/碳吸收构成分析,碳排放方面,建设用地上人类活动造成的碳排放是最主要碳源,占总碳源的 76.82%-90.01%, 并呈现增长态势;碳吸收方面,林地对碳吸收的贡献率最大,占总碳汇的 99.00%以上,林地具有重要的碳汇能力,而长三角地 区林地占总面积的 30.29%,使其碳吸收作用非常明显;草地、水域、未利用地碳吸收量较小,三者总和占比仅为 23.52%。

从碳排放/碳吸收变化分析,2000—2018年,长三角地区土地利用碳排放量呈增长态势,由18409.03万t增长至47750.33万t,年增长率为8.85%。其中,建设用地碳排放迅速增长,从2000年的17439.59万t增长至2018年的47411.48万t,但增长速度具有"先快速,后放缓"的特点,从2000—2010年的12.04%降低至2010—2018年的2.92%,耕地碳排放量呈现缓速下降的趋势,由2000年的5262.43万t下降至2018年的4646.00万t,年下降率为0.65%。碳吸收总量在19年间呈缓慢上升态势,仅增加14.16万t。其中,林地碳吸收量变化最为明显,草地、水域、未利用地基本保持不变。

2.2.2 土地利用变化碳排放强度分析通过 Arc-GIS10.2 叠加分析,得到长三角地区 2000—2018 年各土地利用类型碳排放强度测算结果,如表 5 所示。

		2000					
土地利	用类型	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地
Land u	se type	Grassland	Cropland	Construction	Woodland	Waters	Unused land
_				land			
	草地	0	-1 62	-0.02	6 49	0.92	-0.02
	Grassland	0	-4.02	-0.03	6.42	0.23	-0.02
	耕地	1 62	0	4. 58	11.04	4.85	4.60
	Cropland	4.02					
	建设用地	0.04	-4.58	0	6.46	0.27	0.02
2018	Construction land	0.01					
	林地	-6 42	-11.04	-6.45	0	-6.19	-6.44
	Woodland	0.12					
	水域	-0.23	-1.85	-0.27	6.19	0	-0.25
	W aters	0.20	1.00	0.21			
	未利用地	0.02	-4 60	-0.02	6.44	0.25	0
	Unused land	0.02	T. UU	0.02			~

表 5 长三角土地利用碳排放强度转移情况

碳源用地中,耕地转变为其他用地类型均表现为碳汇,其中,以向林地转变的数值最大,为−11.04t•hm²,其原因为,土地 利用类型由碳源转向碳汇,其固碳能力显著增强,使其变化过程中碳排放强度数值变化明显。建设用地出现耕地转变表现为碳源 外,向其他用地类型转变表现为碳汇。其原因为,长三角地区建设用地碳排放密度低于耕地碳排放密度,导致转变过程中,耕 地呈现碳排放强度增加的态势。 碳汇用地中,草地向林地、水域转变全部表现为碳汇外,向其他土地类型的转变表现为碳源,其中转变碳汇过程中向林地 转变的数值最大,为-6.42t•hm²;转变碳源过程中向耕地转化数值最大,为 4.62t•hm²。林地向其他用地类型转变均表现为碳排 放,其中,以向耕地转变的数值最大,为 11.04t • hm²,这说明,2000—2018年间,长三角地区耕地具有较强的碳源能力,林地 具有较强的碳汇能力。水域、未利用地向其他用地类型转变的过程中,以转向林地的碳汇功能最为明显,其原因为,林地相较 于水域、未利用地,具有更强的碳汇能力。

2.3 碳排放强度变化空间特征

2.3.1 空间方向特征

通过 ArcGIS10.2 空间分析工具,利用标准差椭圆法定量分析4个时间阶段土地利用过程中碳排放强度空间数据进行计算, 刻画不同时期碳排放强度在空间分布方向上的离散程度差异,进一步揭示长三角中心区土地利用碳排放强度分布方向上的时空 演变规律,参数结果如表6所示,地图可视化结果如图2所示。



秦岩,等=2000-2018年长三角中心区土地利用碳排放强度的时空特征

J0

以 2000—2005 年为基准, 2005—2010 年标准差椭圆中心向西旋转约 1.7°, 椭圆总体范围减小,长轴减小,短轴增加。表明东部土地利用过程中碳排放强度增加显著。因 2010 年以前,国家社会经济政策调整过程中,长江三角洲地区城市功能逐渐趋同,而以上海市、南京市为主的发展较快地区建设用地扩张速度远高于其他地区,致使大量碳汇用地被占用,故而表现为标准素椭圆向西北旋转,"东一西"方向扩张强度大于"南一北"方向。

2010—2015 年间,标准差椭圆中心向东偏南转移约 5.46°,椭圆总体范围继续减小,长轴增加,短轴减小,表明土地利用 碳排放强度变化在"东一西"方向缩减强度大于"南一北"方向,且主趋势方向上分布的离散程度在减小。在 2010 年后,国家 相继发布《长江三角洲地区区域规划》《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》等一系列指导文件,明确 长三角地区的战略定位,导致建设重心集中在建设潜力较大的沿海地区,表现为碳排放强度呈现空间分散状态。

2015—2018 年间,标准差椭圆中心向西北转移,椭圆范围呈现扩大态势,长轴减小,短轴增加,离散程度逐步扩大。其原因为,2016 年,《长江三角洲城市群发展规划》中首次将安徽 8 市列入长三角地区战略规划,使得合肥都市圈迅速发展,建设用地扩张逐渐增加。而在 2014—2016 年,中国承诺并屡次强调在 2030 年 C02 排放总量的峰值的承诺,并因"退田还湖""退耕还林"等政策影响,南部地区碳汇用地大量增加,碳排放强度远低于北部,导致土地利用碳排放强度变化呈现"东一西"方向扩张强度大于"南一北"方向的状态。

2.3.2 空间分布特征

通过 ArcGIS10.2 测算 2000-2018 年长三角土地利用碳排放强度变化图斑点密度分析,结果如图 3 所示。长三角地区土地利 用碳排放强度变化具有较强的地域差异性,其空间变化具有以下两个特点:



(1)南高北低性。整体来看,以上海市与嘉兴市为中线,将长三角地区分成南北两部分,可以发现,以宁波市、台州市、池州市为主.的南部地市土地利用碳排放强度变化集中性普遍高于北部地市,其原因为,长三角地区南部土地利用变化主要集中在

林地,并具有较为集中的特点,其较强碳汇能力在土地利用碳排放强度变化中呈现一定的优势。以南京市、常州市、泰州市、 宿州市为主的沿江、沿湖地市具有较低的集中性,其原因为,水域用地具有较强的稳定性,其变化程度较低,致使其点密度低 于其他土地利用变化碳排放强度。

(2)南部分散性。西部以池州市、铜陵市、宣城市为主,东部以宁波市、绍兴市、台州市、温州市为主,可以发现,长三角 南部地市土地利用变化碳排放强度具有较强的离散性。其原因为,相较于长三角地区北部地市,南部自然地貌以山地、丘陵为 主,致使其建设用地扩张呈现分散态势,在土地利用变化过程中,进一步影响林地、草地等碳汇用地的分布,使其点密度呈现 分散状态。



通过 ArcGIS10.2 计算 2000—2018 年长哲角土地利用碳排放强度变化图斑热点分析,结果如图 4 所示。绍兴市是变化的最大热点区,除此之外,池州市、铜陵市、杭州市、金华市、台州市及温州市的部分地区也都是土地利用碳排放强度变化的特点地区;而盐城市、泰州市、常州市及舟山市、温州市的部分地区为全地利用碳排放强度变化的冷点区域。热点区域土地利用碳排放强度变化的图斑较为分散,而冷点地区变化的图斑相对集中。

将以上两种分析方法的结果相互比较,可以发现,2000—2018年长三角地区土地利用碳排放强度变化主要集中在长三角南部 地市,特别以宁波市土地利用碳排放强度变化最为强烈,变化的图斑不仅具有较强的集中性,而且具有较大的面积;而长三角 南部地市土地利用碳排放强度变化较为分散,且具有较小的面积;长三角北部沿海地市土地利用碳排放强度相对较为连续,并 具有集中性。

3 结论与讨论

(1)2000-2018 年长三角土地利用转移空间上,北部及沿海地区变化以建设用地转入为主,西南部以林地、草地转入为主, 耕地转入量集中在西北地区;且原地保持率逐渐变低,呈现由由单一为主转移变为多种土地类型同时发生转移,且具有碳汇功 能的土地类型逐渐呈现向南部转移的状态。

(2)19年间长三角中心区土地利用变化过程中,碳排放强度具有明显的差异性。其中,耕地具有较高的碳排放强度,林地具 有较强的碳吸收强度。土地城镇化逐渐放缓,实现建设用地面积由无序增加转向质量提升,导致能源消耗利用率提高;以及"退 耕还林""生态红线"等政策的影响,土地利用结构发生较大变化,致使耕地转化为碳汇用地的数量增加,是影响碳排放强度 变化的主要原因。

(3)2000-2018*帙三角中心区土地利用碳排放强度分布方向真有集聚向内陆转移,空间发展"东一西"方向扩张强度大于"南 一北"的特征;空间分布具有"南高北低性""南部分散性"两个时空特征。碳汇用地与碳源用的集中情况、用地类型的碳排 放强度水平是影响政现时空特征的主要因素。

本研究对 19)年长三角中心区的土地利用碳排放强度的时空变化特征进行判断,根据土地利用转移时空分布情况,可以发现 净碳排放量仍处于增长态势,但其增长速度有所放缓;碳排放强度在趋势'专向内陆转移,且范围逐渐扩大,所以,土地利用对 碳排放变化具有明显的作用,碳汇与碳源用地的结构调整,是实现碳平衡及碳峰值的有效手段。依据点密度及热点分析情况, 能够发现城市发展水平与碳排放强度的集中度有一定的相关性,经济发展较为集中的城市点密度较低,热点分析中呈现冷点情 况,基于土地利用视角,集约节约利用水平是影响其变化的关键。因此以上海市、南京市、杭州市为主的经济较为发达的城市, 应保持较高的土地集约节约利用,以降低碳排放强度集中度;以合肥市、绍兴市、嘉兴市等受辐射较为明显的地区,应控制新 增碳源用地,挖掘潜在碳汇用地,实现区域内的碳平衡;以安庆市、池州市、宣城市为主的生态资源良好、碳汇用地规模较大 的地区,应优化土地利用结构布局,在保证碳汇功能的基础上实现高质量发展。

参考文献:

[1]CHUAI X. HUANG X, WANG W, et al. Land use, total carbon emissions change and low carbon land management in Coastal Jiangsu, China[J].Journal of Cleaner Production , 2015, 103: 77-86.

[2]於冉,黄贤金. 碳排放峰值控制下的建设用地扩展规模研究[J]. 中国人口•资源与环境, 2019, 29(7):66-72.

[3]马海良,丁元卿,庞庆华.武汉市湖泊水域利用转变及其碳排放影响[J].长江流域资源与环境,2020,29(2): 369-375.

[4]阿依吐尔逊•沙木西,艾力西尔•亚力坤,刘晓曼,等.乌鲁木齐土地利用碳排放强度时空演变研究[J].中国农业资源与 区划,2020,41(2):139-146.

[5] 郁凤明,梁文涓,牛明芬,等. 辽宁中部城镇密集区土地利用变化的碳排放及低碳调控对策[J]. 应用生态学报, 2016, 27 (2): 577-584.

[6]周嘉,杨琳,董美娜,等.基于土地利用的哈尔滨市 2004—2012 年碳排放强度变化分析[J].地理科学,2015,35(3): 322-327.

[7]张梅,赖力,黄贤金,等.中国区域土地利用类型转变的碳排放强度研究[J].资源科学,2013,35(4):792-799.

[8] 孙赫,梁红梅,常学礼,等.中国土地利用碳排放及其空间关联[J].经济地理,2015,35(3):154-162.

[9]LI J, HUANG X, YANG H, et al. Convergence of carbon intensity in the Yangtze River Delta, China [J]. Habitat

international, 2017, 60: 58-68.

[10] 黄鑫, 邢秀为, 程文仕. 土地利用碳排放与 GDP 含金量的脱钩关系及驱动因素[J]. 地域研究与开发, 2020, 39(3): 156-161.

[11]吴伟伟. 支农财政、技术进步偏向的农田利用碳排放效应研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33 (3): 77-84.

[12]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):382-390.

[13] 王刚, 张华兵, 薛菲, 等. 成都市县域土地利用碳收支与经济发展关系研究[J]. 自然资源学报, 2017, 32(7): 1170-1182.

[14] 王桃, 张永强, 田媛, 等. 我国粮食主产区农业碳排放影响因素及空间溢出性[J]. 南方农业学报, 2016, 50(7): 1632-1639.

[15] 杜杰, 王林林, 谢军红, 等. 耕作措施对黄土高原地区农田土壤碳排放影响的 Meta 分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(3): 45-53.

[16]ZHANG W, LI K, ZHOU D, et al. Decomposition of intensity of energy-related CO₂ emission in Chinese provinces using the LMDI method[J]. Energy Policy, 2016, 9 (2) 369-381.

[17] CHENG Z, LI L, LIU J. Industrial structure, technical progress and carbon intensity in China's provinces[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2018, 81(2): 2935-2946.

[18]DONG F,YU B, HADACHIN T, et al. Drivers of carbon emission intensity change in China [J]. Resources Conservation and Recycling, 2018, 129:187-201.

[19] HUANG F, ZHOU D, WANG Q, et al. Decomposition and attribution analysis of the transport sector's carbon dioxide intensity change in China [J]. Transportation Research Part A-Policy And Practice, 2019,119: 343-358.

[20]SONG J, FENG Q, WANG X, et al. Spatial Association and Effect Evaluation of CO_2 Emission in the Chengdu-Chongqing Urban Agglomeration: Quantitative Evidence from Social Network Analysis [J]. Sustainability, 2018, 11(1): 1-19.

[21]杨国清,朱文锐,文雅,等.20年来广东省土地利用碳排放强度与效率空间分异研究[J].生态环境学报,2019,28(2): 332-340.

[22]钟伟,丁永波,金凤花.城市交通低碳发展策略的系统动力学分析:基于土地利用视角[J].工业技术经济,2016,35(6): 134-139.

[23]余光英,员开奇.湖南省土地利用碳排放动态效率研究:基于 Malmquist 指数模型[J].环境科学与技术,2015,38(2): 189-194.

[24]WANG H, ANG B. W, SU B. A Multi-region Structural Decomposition Analysis of Global CO2 Emission Intensity[J]. Ecological Economics , 2017, 142:163-176.

[25] SU B , ANG B. W. Multiplicative decomposition of aggregate carbon intensity change using input-output analysis[J]. Applied Energy, 2015, 154: 13-20.

[26]赵荣钦, 黄贤金. 基于能源消费的江苏省土地利用碳排放与碳足迹[J]. 地理研究, 2010, 29(9):1639-1649.

[27]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(S2):102-107.

[28]苏雅丽, 张艳芳. 陕西省土地利用变化的碳排放效益研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 152-156.

[29]方精云,郭兆迪,朴世龙,等.1981-2000年中国陆地植被碳汇的估算[J].中国科学(D辑:地球科学),2007(6):804-812.

[30]段晓男,王效科,逮非,等.中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J].生态学报,2008(2):463-469.

[31] 赖力,黄贤金,刘伟良,等.基于投入产出技术的区域生态足迹调整分析:以 2002 年江苏省经济为例[J].生态学报,2006(4):1285-1292.

[32]李一琼, 白俊武. 近 20 年苏州土地利用动态变化时空特征分析[J]. 测绘科学, 2018, 43 (6): 58-64.