

引用格式: 吴蒙, 王琳琳, 程进. 长三角城市群国土空间碳汇冲突测度及空间格局特征分析[J]. 资源科学, 2022, 44(10): 2048–2059. [Wu M, Wang L L, Cheng J. Territorial carbon sink conflict measurement and its spatial pattern in the Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. Resources Science, 2022, 44(10): 2048–2059.] DOI: 10.18402/resci.2022.10.08

长三角城市群国土空间碳汇冲突测度及空间格局特征分析

吴蒙, 王琳琳, 程进

(上海社会科学院生态与可持续发展研究所, 上海 200020)

摘要: 国土空间是支撑“双碳”目标实现的核心载体和资源, 以城市群为抓手, 强化国土空间碳汇冲突管理是跨区域协同推进“双碳”目标顺利实现的重要途径。本文通过分析国土空间碳汇冲突形成机理, 构建空间碳汇冲突综合测度指数, 以长三角城市群307个县为测度对象, 开展实证测度研究并分析其空间格局特征。研究表明: ①区域空间碳汇冲突结构整体趋于失衡, 稳定可控、基本可控、濒临失控、基本失控和严重失控等级的评价单元数占比分别为15.64%、25.41%、23.45%、26.71%和8.79%; ②空间冲突加剧了区域碳汇空间配置失衡, 可控等级区域碳汇总量占比达到81.71%, 而失控等级区域碳源总量占比达到71.48%; ③长三角城市群空间碳汇冲突呈显著空间集聚特征, 冷点集中分布于江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区, 热点主要为上海、南京、苏州、无锡、杭州等城市范围内的县级单元; ④处于失控等级的城市集中分布在由环杭州湾向安徽省北部辐射延伸的带状区域内, 距离此带状区域两侧越远, 冲突指数越低, 其中, 上海、南京、苏州、无锡4个城市处于严重失控状态, 宿州、宿迁、淮安3个城市处于基本失控状态, 处于濒临失控状态的城市有15个。最后, 提出长三角城市群国土空间碳汇冲突协同管理相关对策建议。

关键词: 长三角城市群; 空间冲突; 碳汇; 空间格局; 生态风险评价; 国土空间

DOI: 10.18402/resci.2022.10.08

1 引言

改革开放以来, 中国城镇化快速发展取得巨大成就, 2020年城镇化率已突破60%, 2030年将达到70%, 2050年将达到80%左右^[1]。进入城镇化发展中后期, 城市群成为支撑中国经济增长的主阵地^[2], 而其国土空间持续开发利用面临的“三生空间”冲突也将愈加激烈, 生态风险防御与社会经济可持续发展将面临更加严峻的挑战^[3–5]。国土空间作为陆地生态系统碳源与碳汇的重要载体^[6,7], 在国家“双碳”战略目标下, 迫切需要以城市群为抓手, 强化国土空间碳汇管理, 跨区域协同推进“双碳”目标顺利实现。面对上述严峻挑战和现实需求, 将空间冲突与碳汇效应相结合, 研究如何测度国土空间冲突对

碳汇效应的影响, 对城镇化进程中的景观碳汇风险预警调控与国土空间低碳开发利用, 无疑具有重要意义。

空间冲突是在地理学领域的区域剥夺、土地利用冲突、空间竞争等理论上形成的人地关系研究新范式, 从概念内涵上来看, 空间冲突是源于空间资源的有限性、用途多宜性和功能外溢性, 引致不同目标导向的空间开发利用在空间资源分配方面的竞争与博弈, 表现为不同层次上空间关系的矛盾、不和谐与不协调^[8–10]。国外学者主要是从土地利用冲突视角(landuse conflicts)开展空间冲突研究, 大致涵盖了土地利用冲突来源分析^[11]、类型划分与识别^[12]、冲突演变特征及冲突管理^[13]等几个主要方

收稿日期: 2022-07-19; 修订日期: 2022-09-30

基金项目: 国家社会科学基金青年项目(19CGL072); 上海市哲学社会科学规划青年课题(2018EGL019)。

作者简介: 吴蒙, 男, 安徽合肥人, 博士, 助理研究员, 研究方向为环境规划与管理、城市生态空间治理。E-mail: wumeng@sass.org.cn

2022年10月

面。值得注意的是,在空间生态冲突方面,国外学者多关注不同土地利用类型对相同自然资源或生态系统服务的竞争^[14,15];而在冲突测度方法上,国外学者多采用价值相容性分析^[16],通过分析土地空间的价值与用途的相容性,对潜在的空间冲突进行测度和评价。从国内研究来看,周国华等^[8]根据空间资源开发利用获取经济效益、实现社会效益和保护生态环境3个主要目标,分析这3种利益或空间资源利用目标之间的矛盾,将空间冲突划分为空间经济冲突、空间社会冲突、空间生态冲突。不同空间资源利用方式产生的经济效益不同,当利益相关者对空间资源利用方向、开发强度等存在经济利益矛盾时,便会产生空间经济冲突;空间开发利用过程中产生的区域剥夺、资源失配等,将直接或间接加剧社会阶层和区域发展的两极分化,威胁社会稳定,由此形成空间社会冲突;空间资源的开发利用往往伴随着短期社会经济效益与长期生态环境效益的权衡,在城镇化快速发展过程中,以牺牲生态环境为代价的空间开发利用活动必然导致空间生态系统服务功能的不稳定或衰退,进而产生空间生态冲突。虽然,空间经济冲突、空间社会冲突和空间生态冲突的概念内涵各有侧重,但三者都统一于空间冲突这一核心议题。随着近年来中国国土空间生态修复、国土空间规划“双评价”制度的持续深入推进,越来越多的学者开始从空间生态冲突的视角开展诸如国土空间优化配置^[17,18]、“三生空间”冲突^[3,19]、区域生态空间冲突^[20,21]等方面的研究,并取得显著研究进展。

从空间生态冲突测度评价方法方面来看,已有相关研究多选择利用生态风险评价模型与土地利用景观指数来构建综合测度指数,以区域生态风险高低来表征空间冲突大小,揭示区域空间冲突等级结构与时空格局特征。从空间冲突影响结果来看,主要表现为空间资源竞争引发空间功能支撑的变化^[22],例如空间生态冲突对各类生态系统服务协同与权衡、供需平衡的影响^[10]。目前,既有研究仍缺乏将空间冲突与具体的自然资源要素或生态环境效应相结合,例如与水资源、能源、各类生态系统服务变化的结合,这也导致相关研究结论难以为区域空间冲突预警调控提供直接抓手。国家“双碳”战略

目标下,不同碳排放效应的空间类型在空间资源分配方面的矛盾与冲突,将直接影响区域生态系统碳汇功能与格局的稳定,进而影响区域“双碳”目标实现进程。因此,非常有必要参考已有关于空间开发利用碳排放效应的丰硕研究^[23-26],将空间冲突与生态系统碳汇服务相结合,研究国土空间开发利用过程中碳汇效益的空间冲突。

长三角城市群是中国城镇化进程中空间开发利用规模最大、强度最高、最为活跃的城市群之一,国土空间开发利用面临的“双碳”压力与景观碳汇风险异常严峻,需要发挥城市群生态环境共保联治的合力,跨区域协同加强国土空间碳汇监管与保护。因此,本文以长三角城市群为研究对象,通过分析国土空间碳汇冲突的形成机理,利用景观生态风险评价模型构建空间碳汇冲突综合测度指数,以长三角城市群“三省一市”范围内的307个县为具体测度单元,开展国土空间碳汇冲突测度及不同尺度上的空间格局特征研究,在此基础上,初步探讨城市群国土空间碳汇冲突协同管理相关对策建议。

2 理论基础与研究方法

2.1 国土空间碳汇冲突形成机理

国土空间具有资源有限性、用途多宜性和空间溢出性等基本属性特征,因此,在土地开发利用过程中客观上存在社会、经济、生态等多方面的空间冲突^[8]。空间碳汇冲突属于空间生态冲突范畴。在人地关系作用过程中,一定区域范围内的国土空间资源总量有限,客观上引致不同空间用途对有限空间资源的竞争,如建设用地对林地、水域、草地等具有碳汇效应的生态空间的挤占,直接影响区域碳汇空间规模、结构与布局的稳定,进而干扰区域生态系统碳汇服务的供需平衡及自然碳循环过程^[25-27],是形成空间碳汇冲突的外部客观因素;国土空间用途多宜性决定了空间资源开发利用需兼顾“三生空间”发展的多样化需求,城镇发展空间、产业发展空间与生态保护空间在土地资源开发利用目标与价值观方面的冲突,决定了空间开发利用伴随着生态系统服务价值与社会经济价值的博弈,是形成空间碳汇冲突的根本驱动因素;此外,空间的环境、经济、信息、公共设施等溢出效应会影响邻域空间的功能定位,从而加剧碳源空间与碳汇空间配置冲

突^[8,10],是空间碳汇冲突形成与发展的重要驱动因素。因此,本文参考有关“土地利用冲突”^[9]、“空间冲突”^[8]的概念界定,认为空间碳汇冲突本质上缘于空间资源的有限性、用途多宜性和空间溢出性等基本属性特征,引致人地关系作用过程中碳源空间与碳汇空间在空间资源分配方面的矛盾,外化表现为空间碳汇格局的紊乱与生态系统碳汇功能的衰退,进而加剧与碳排放相关的景观生态风险。

“双碳”目标下的国土空间开发利用,应注重考虑不同用途的空间选择对空间碳汇冲突的影响,避免因空间无序开发引致空间碳汇格局失衡与空间碳汇功能衰退,进而演化为空间碳汇冲突的“失控”,威胁区域景观生态安全,例如气候生产能力衰退、城市热岛效应加剧、极端天气频发等^[27]。因此,本文基于空间冲突对碳汇效应的影响机理分析(图1),以景观碳汇风险大小表征空间碳汇冲突水平,为避免在景观生态风险评价过程中只是单纯进行景观格局指数的计算和堆砌,更加充分地反映景观碳汇功能与格局的变化;在风险源表达方面,创新地将与碳平衡最优空间配置的偏离程度作为景观外部压力的衡量标准;在风险受体表达方面,考虑距离主要道路、河流、城镇建成区越近的空间资源越容易转化为建设用地与农业用地等碳源空间;在

风险效应表达方面,选取反映碳汇景观规模、结构、布局变化的具有代表性的景观指数。一方面,尝试在评价指标选取时尽可能融入碳要素,以提高测度结果的针对性;另一方面,探索对以往单纯利用景观指数进行空间冲突测度实施方法改进。

2.2 研究区域与数据来源

本文研究区域包括长三角城市群上海、江苏、浙江和安徽“三省一市”全域范围,国土空间总面积35.8万km²,下辖41个地市和307个县级行政单元,与《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》划定的规划范围一致。根据全国第七次人口普查数据,长三角城市群常住人口为2.35亿,GDP为23.72万亿元,是中国经济最活跃、人口最为密集、城镇化发展水平最高的地区之一。区域生态环境本底优良,土地利用/土地覆被类型南北差异较大,北部多为平原农田水网,南部多为绵延山地。长三角地区城镇化发展引发的“三生空间”激烈冲突,威胁着区域生态安全与生态系统服务功能。“双碳”目标下,如何优化提升城市群国土空间碳汇潜力,面临严峻挑战。

研究数据包括2020年江苏省、浙江省和上海市土地利用遥感监测数据,来源于GlobeLand 30的地表覆盖数据,空间分辨率为30 m×30 m,数据精度评价由中国科学院空天信息创新研究院牵头完成,数据的总体精度为85.72%,Kappa系数0.82;区域高速公路、主要河流、各级行政中心位置、行政边界等地理空间数据来源于OSM(OpenStreetMap)和国家自然资源部标准地图服务系统。前期结合长三角城市群土地利用/土地覆被特征,对土地利用数据进行重分类,划分成耕地、林地、草地、水域、建设用地、其他用地六大类。2020年长三角城市群土地利用数据如图2所示。

2.3 国土空间碳汇冲突测度指数

基于“风险源—风险受体—风险效应”景观生态风险评价模型,以景观外部压力与暴露性之和减去景观稳定性的差值,表征景观碳汇风险大小^[28,29],构建国土空间碳汇冲突综合测度指数。其中,景观外部压力用空间碳源与碳汇的差值来计算,差值越大表明与碳收支平衡的最优空间格局偏离程度越大,表征风险源;考虑平原河网地区城镇空间沿河布局的发育特征,以及高速道路、区域行政中心的

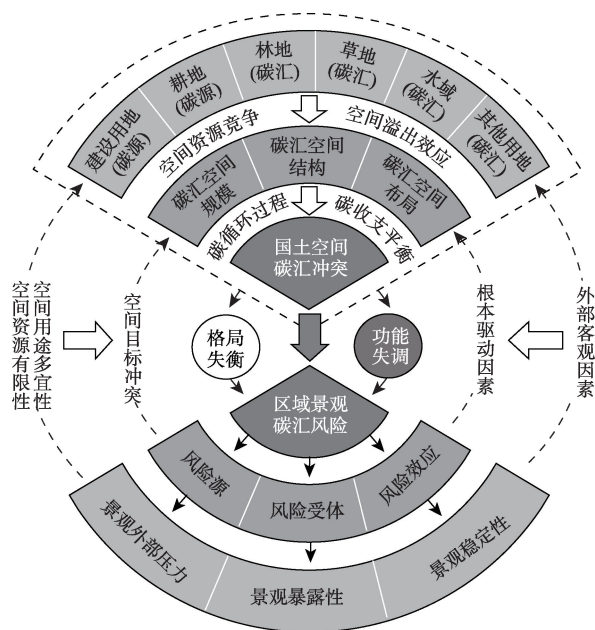


图1 国土空间碳汇冲突分析框架示意图

Figure 1 Territorial carbon sink conflict mechanism

2022年10月

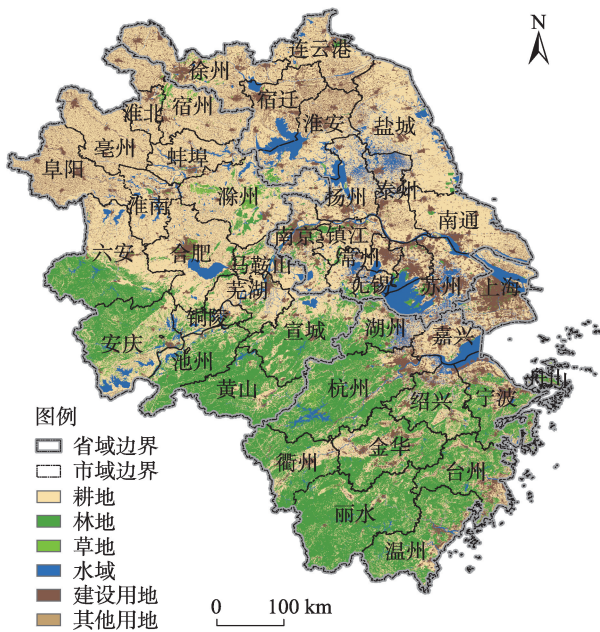


图2 研究区域范围及2020年土地利用格局示意图

Figure 2 The study area and its land use pattern, 2020

空间溢出效应,暴露性计算以碳汇景观到区域高速公路、主要河流、各级行政中心等连接镶嵌体外部的廊道与跳板的距离来衡量,距离越近则暴露性越高^[10],表征风险受体;景观稳定性考虑碳汇景观规模、结构、布局3个方面因素,选取衡量碳汇景观内部稳定性和邻域稳定性的景观指数综合计算得出,表征风险效应。本文以县级行政单元为测度评价单元,通过计算各评价单元的景观碳汇风险值得到其空间碳汇冲突指数,再利用空间自相关分析方法,揭示其空间格局特征,并对城市尺度空间碳汇冲突分布格局进行分析,为“双碳”目标下长三角城市群国土空间碳汇管理提供参考。

基于上述分析,区域国土空间碳汇冲突测度指数计算公示表达如下:

$$LCC = LP + LE - LS \quad (1)$$

式中: LCC 为评价单元国土空间碳汇冲突指数; LP 、 LE 、 LS 分别表征景观外部压力、暴露性及稳定性。考虑不同类型评价指标的可比性、可度量性以及指标原始数据的集中度差异, LP 、 LE 、 LS 各评价维度相关指标及 LCC 最终计算结果均通过标准化处理至0~1范围。

2.3.1 景观外部压力(LP)

广泛对比参考已有关于长三角地区、太湖流

域、安徽省及周边省市土地利用碳排放的相关研究^[30-34],综合确定长三角城市群范围内耕地、林地、草地、水域和其他用地的碳排放系数分别为0.4596, -0.6125, -0.0210, -0.0248和-0.0005 t/hm²;按照国家自然资源部公布的系数值^[35],将建设用地的碳排放系数定为65.30 t/hm²,由此计算国土空间碳源与碳汇的差值来反映碳汇景观外部压力。计算公式如下:

$$LP = \sum_{i=1}^6 S_i \cdot \mu_i \quad (2)$$

式中: S_i 为斑块类型 i 的面积,其中斑块类型 $i=1, 2, \dots, 6$ 依次表示耕地、林地、草地、水域、建设用地和其他用地; μ_i 为斑块类型 i 的碳排放系数。

2.3.2 景观暴露性(LE)

长三角城市群地区城镇空间发展沿主要道路交通和主干河流分布的格局特征异常显著,并且上海、杭州、南京、合肥、常州、苏州等核心城市空间对周边空间具有重要的溢出效应,从而影响领域空间功能定位,通常距以上各类空间的距离越近,土地利用/土地覆被变化愈加活跃,碳汇景观暴露性也越高^[10,29]。为此,以碳汇景观所在各评价单元到以上4类空间距离的加权计算来间接表征景观暴露性。具体计算公式如下:

$$LE = \sum_{t=1}^n (d_j \cdot D_{ij} + d_k \cdot D_{ik} + d_u \cdot D_{iu} + d_p \cdot D_{ip}) \quad (3)$$

式中: D_{ij} 、 D_{ik} 、 D_{iu} 和 D_{ip} 分别为 t 评价单元($t=1, 2, \dots, 307$)到区域高速公路、五级以上河流、市级和省级行政中心的距离; d_j 、 d_k 、 d_u 和 d_p 分别为到4类空间的距离权重,初步分析比较各类空间溢出效应大小,运用层次分析法在Yaahp软件中计算得到权重系数分别为0.15, 0.20和0.30和0.35。

2.3.3 景观稳定性(LS)

景观指数是测度碳汇景观格局与碳汇功能变化的最简单且应用最广泛的定量指标,国内外学者针对景观格局变化与生态系统碳汇服务功能的相关性已经开展了大量研究,例如,邱陈澜等^[39]研究表明林地与草地年碳汇量与景观百分比($PLAND$)有显著正相关性,草地年碳汇量与其斑块密度(PD)呈负相关;韩艳莉^[40]以青海湖流域为例,研究发现斑块密度(PD)与表征碳汇效应的生态系统净初级生产

力呈负相关; Vaccari 等^[41]以佛罗伦萨市为例, 研究发现城市绿地景观破碎度与区域碳排放总量呈高度正相关, 而与景观碳汇呈显著负相关; Lv 等^[42]以哈尔滨市为例, 研究发现土壤碳密度与平均斑块大小和景观形状指数呈负相关, 但与最大斑块指数呈正相关性。参考上述研究, 本文选取斑块所占景观面积比例(*PLAND*)、斑块密度(*PD*)和平均邻近指数(*MPI*)综合计算空间冲突对碳汇景观格局和功能稳定性的影响。具体计算如公式如下:

$$LS = PLAND + PD + MPI \quad (4)$$

虽然综合考虑农业生产全过程耕地综合表现为碳源, 但耕地本身也发挥着重要的碳汇作用, 其他用地面积极少基本忽略不计, 因此, 此处景观指数计算的碳汇景观主要包括耕地、林地、草地、水域4类。

2.4 国土空间碳汇冲突等级划分

利用 ArcGIS 空间分析技术与 Fragstats 4.2 景观指数计算工具, 计算长三角城市群 307 个县级单元的景观外部压力、暴露性、稳定性和国土空间碳汇冲突指数, 进一步划分空间碳汇冲突等级。在冲突等级划分方面, 瑞典乌普萨拉大学和平与冲突研究中心提出冲突的生命周期模型(倒 U 型曲线模型), 认为冲突随着冲突级别的不断发展呈现抛物线形变化, 冲突的整个进程可以分为稳定和平、不稳定和平、公开冲突、危机和战争 5 个层次; 周国华等^[8,38]借鉴该模型建立了空间冲突等级划分方法并给出等级划分标准, 将空间冲突可控性划分为稳定可控、基本可控、基本失控和严重失控 4 个等级。本文利用 ArcGIS 软件中自然间断点法(*natural breaks* (*jenks*))进行空间碳汇冲突等级划分, 以确保不同

冲突等级类型的组间方差最大而组内方差最小。按照冲突可控性大小划分 5 个等级, 即稳定可控[0.0, 0.3]、基本可控(0.3, 0.5]、濒临失控(0.5, 0.6]、基本失控(0.6, 0.7]、严重失控(0.7, 1.0], 并在 ArcGIS 中绘出各维度评价指标与最终碳汇空间冲突指数空间格局。

2.5 国土空间碳汇冲突空间自相关分析

根据地理学第一定律, 景观特征或者变量在邻近空间范围内的变化具有空间依赖性, 空间上越是邻近的景观变化或特征越相似^[36,37], 即表现为空间自相关性。为此, 本文利用全局 Moran' *I* 指数和局部 Moran' *I* 指数探究国土空间碳汇冲突的空间自相关性, 并在 ArcGIS 10.7 中自带的空间分析模块中完成计算, 并绘制出全局 Moran' *I* 和局部 Moran' *I* 图, 以进一步直观展示长三角城市群国土空间碳汇冲突的整体分布格局和局部热点与冷点分布情况。

3 结果与分析

3.1 县域尺度冲突等级划分与结构

从县域尺度冲突等级结构来看(表 1), 稳定可控、基本可控、濒临失控、基本失控和严重失控等级评价单元数占比分别为 15.64%、25.41%、23.45%、26.71%和 8.79%, 区域国土空间碳汇冲突结构整体趋于失衡。值得关注的是, 处于冲突潜伏阶段的濒临失控等级评价单元数占比高达 23.45%, “双碳”目标下, 长三角城市群需重点加强对此类区域的规划管控。此外, 研究表明, 不同冲突等级区域空间碳源效应与碳汇效应差异较大。可控等级区域年碳汇总量约 490.42 万 t, 占城市群碳汇总量的 81.71%; 失控等级区域年碳源量约 22858.74 万 t, 占城市群碳源总量 71.48%。受测算方法局限, 本文粗略估算出

表 1 2020 年国土空间碳汇冲突指数测算结果

Table 1 Territorial carbon sink conflict measurement results, 2020

冲突等级	评价单元数/个	评价单元数占比/%	冲突指数平均值	冲突指数标准差	碳源数量/(万 t/年)	碳源占比/%	碳汇数量/(万 t/年)	碳汇占比/%
稳定可控[0.0, 0.3]	48	15.64	0.24	±0.064	2399.25	7.50	302.93	50.47
基本可控(0.3, 0.5]	78	25.41	0.37	±0.031	6723.81	21.02	187.49	31.24
濒临失控(0.5, 0.6]	72	23.45	0.46	±0.027	8409.94	26.30	67.35	11.22
基本失控(0.6, 0.7]	82	26.71	0.57	±0.037	10358.85	32.39	37.96	6.32
严重失控(0.7, 0.1]	27	8.79	0.72	±0.067	4089.95	12.79	4.50	0.75
汇总	307	100.00			31981.80	100.00	600.23	100.00

2022年10月

稳定可控、基本可控、濒临失控、基本失控和严重失控5个冲突等级碳源与碳汇比值分别为7.92、35.86、124.87、272.89和908.88,表明空间冲突引致区域碳源空间与碳汇空间配置严重失衡。

3.2 县域尺度空间碳汇冲突分布格局

图3a-3c分别描述了景观风险源、景观暴露性和景观稳定性的空间分布格局,图3d描述了空间碳汇冲突指数的空间分布格局。图3d显示出,可控等级评价单元集中分布于江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区,失控等级区域主要分布

于长江沿岸、环杭州湾地区、江苏省北部和安徽省北部。空间碳汇冲突的异质性受碳汇景观外部压力、暴露性、稳定性等因素综合影响。例如,长江沿岸与杭州湾地区冲突指数较高,缘于空间外部降碳增汇压力大、暴露性较强而景观稳定性较弱。一方面,不同规模等级城镇密集分布,随着长三角一体化深入发展与新型城镇化持续扩张,加剧了区域碳源空间与碳汇空间配置失衡;另一方面,区域城镇化进程中土地利用与土地覆被剧烈变化,“三生空间”对土地资源的竞争引致生态空间规模不断缩

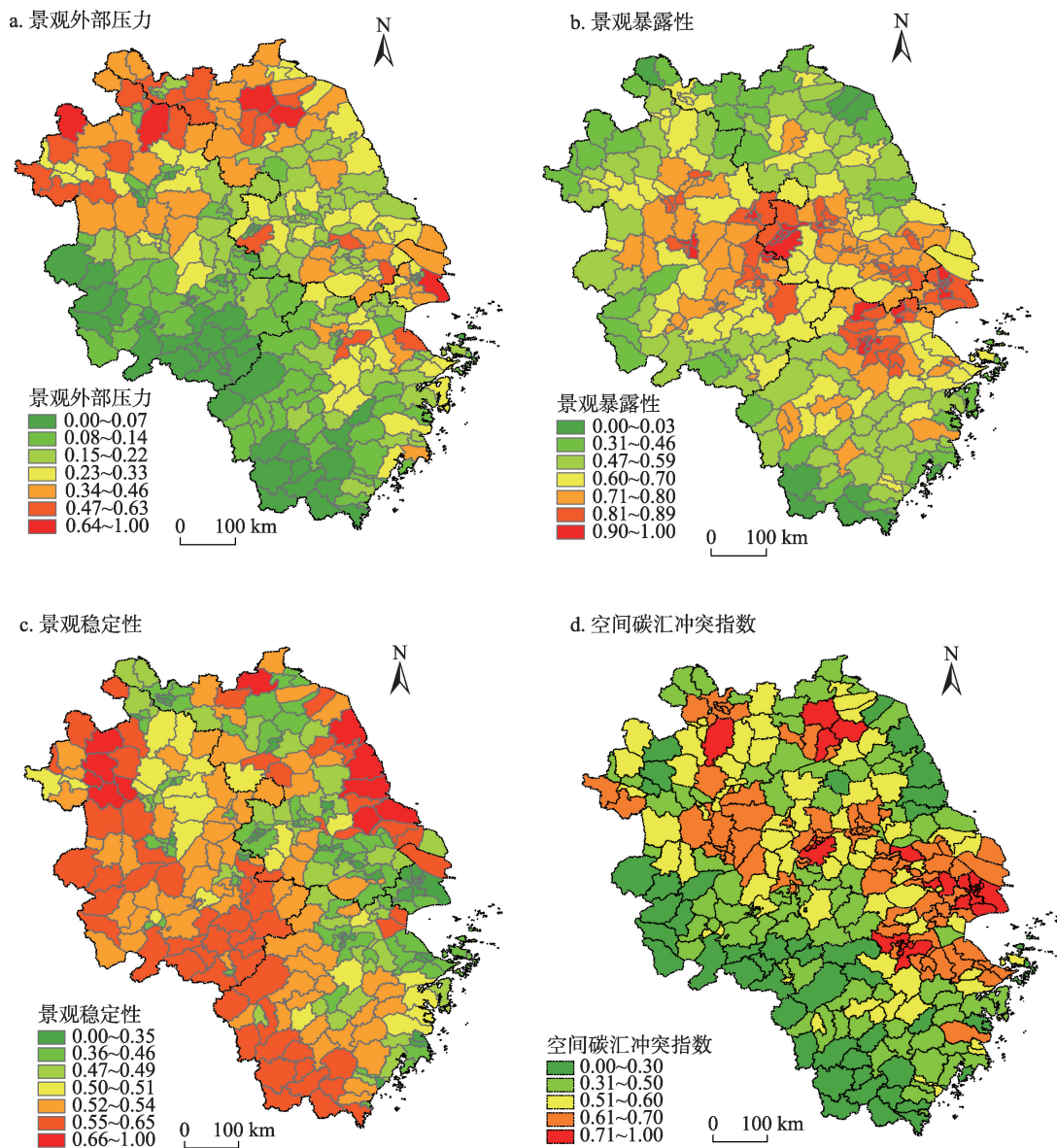


图3 空间碳汇冲突各评价要素及冲突指数分布格局示意图

Figure 3 Spatial pattern of territorial carbon sink conflict elements and results

减、结构破碎化、连续性降低,造成区域碳汇景观稳定性显著偏低;江苏省北部和安徽省北部地区冲突指数也相对较高,主要受空间外部降碳增汇压力大、景观稳定性较弱两方面因素影响;江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区的冲突指数相对较低,主要由于地理区位条件和自然资源禀赋原因,区域城镇化扩张受到约束,因此碳汇景观外部压力较小、景观暴露性低,生态系统结构与功能相对稳定,是长三角城市群地区重要生态屏障。基于以上分析,“双碳”目标下,长三角城市群应聚焦不同区域空间碳汇冲突特征与关键影响因素,从控制空间碳排放强度、严格“三区三线”边界划定、加强生态空间保护与修复等方面采取针对性的管控措施,以促进区域国土空间低碳可持续开发利用。

3.3 县域尺度冲突指数空间自相关性

利用 ArcGIS 中 Spatial Statistics Tools 计算得到空间碳汇冲突指数的全局 Moran' I 值为 0.6942,说明长三角城市群国土空间碳汇冲突具有较高的正相关性和空间集聚性。由图 4a 可知,具有显著空间相关性的评价单元中,低-低集聚评价单元共 54 个,主要位于皖南—浙西—浙南山区。高-高集聚评价单元共 47 个,主要为上海、杭州、苏州、无锡、南京、

合肥等城市下辖的县级单元。低-低集聚和高-高集聚均代表正相关,由此说明长三角城市群地区空间碳汇冲突呈现较高的正相关联系。只有个别评价单元处于低-高集聚和高-低集聚状态,与周边地区的空间冲突类型表现出相异性。

从图 4b 可以看出,冲突冷点集中于江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区,这些地区自然资源禀赋优良,山区林地覆盖率高,沿海湿地滩涂资源丰富,冷点之间存在显著的空间关联性,多数处于 1% 和 5% 显著性水平,共同发挥着重要的生态碳汇基底作用。冲突热点区域主要为上海、南京、苏州、无锡、杭州等城市范围内的县级单元,江苏省北部也有零星分布,其中环杭州湾冲突热点区域在空间上连接成片,多数处于 5% 显著性水平,表明空间碳汇冲突不仅受区域自然地理条件影响,还具有一定的空间溢出效应。

上述分析表明,国土空间碳汇冲突治理需要基于邻域空间的关联性考虑,实行跨区域协同治理与保护,对长三角城市群而言,未来应进一步以城市群为抓手强化国土空间碳汇冲突协同监测预警,并对江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区等发挥重要生态碳汇基底的区域统筹实施生态空间保护。

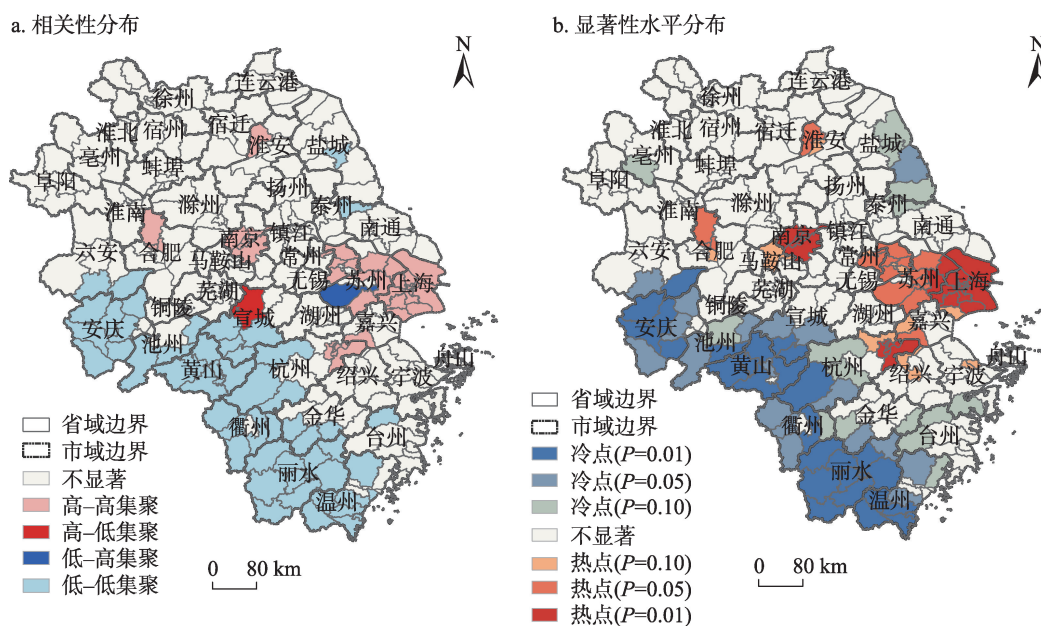


图 4 空间碳汇冲突指数相关性及其显著性水平分布格局示意图

Figure 4 Spatial correlation and significance level of territorial carbon sink conflict

2022年10月

3.4 城市尺度空间碳汇冲突分布格局

基于长三角城市群县域尺度空间碳汇冲突测算结果,通过面积加权计算出41个市级单元的空间碳汇冲突指数,将计算结果利用极差标准化处理至0~1范围,并在ArcGIS中绘制其空间格局如图5所示。

图5显示,处于失控状态的城市主要分布在由环杭州湾向安徽省北部辐射延伸的带状区域,带状区域两侧城市均处于可控状态,并且距离此带状区域两侧越远,冲突指数值越低。①上海市、南京市、苏州市、无锡市4个经济发达城市的空间碳汇冲突指数最高,处于严重失控状态;②安徽省北部宿州市和江苏省北部宿迁市、淮安市3个城市处于基本失控状态;③浙江省和安徽省西南部、江苏省沿海城市多数处于可控状态,其中温州、丽水、衢州、黄山、池州、安庆、六安、盐城8个城市处于稳定可控状态,杭州、金华、宣城、芜湖、连云港等11个城市处于基本可控状态;④其余15个城市(图中黄色区域)处于濒临失控状态,随着中国新型城镇化战略持续推进,濒临失控状态的城市亟需强化空间碳汇冲突治理,避免进一步向失控状态演变。此外,结合前文3.3章节分析可知,区域空间碳汇冲突具有显著的正

相关性,类似上海、苏州、无锡、南京、宿州、宿迁、淮安等处于失控状态的城市,单独依靠自身努力实现城市碳中和,城市发展将面临多方面减排压力,例如上海、南京、苏州等城市土地资源紧缺,宿迁、宿州、淮安等城市面临低碳发展投融资、管理技术与人才等方面的约束。因此,一方面,未来需要完善长三角城市群生态环境共保联治机制,探索建立城市群国土空间开发利用碳汇动态监管机制,协同提升区域景观碳汇风险监测预警能力;另一方面,需要以空间碳汇冲突格局分析为基础,从全域尺度兼顾发展、民生与公平,确保“双碳”目标在不同城市之间合理分解落实,并探索建立国土空间碳汇交易平台与区域间横向碳补偿机制,统筹推进城市群“双碳”目标顺利实现。

4 结论、政策建议与研究展望

4.1 结论

国土空间是支撑“双碳”目标实现的核心载体和资源,开展空间碳汇冲突测度研究,对城市群地区新型城镇化进程中的景观碳汇风险预警调控与国土空间低碳开发利用,具有重要意义。本文构建的空间碳汇冲突综合测度方法,在景观生态风险评价过程中,除了选取能反映碳汇景观规模、结构与布局变化的代表性景观指数,创新性地将与碳平衡最优空间配置的偏离程度作为景观外部压力的衡量标准,并结合区域城镇空间分布格局特征及不同空间类型的溢出效应,引入距主要道路、河流、核心城市的欧氏距离来表征碳汇景观暴露性,避免了在测度评价过程中单纯进行景观格局指数计算和堆砌,能够较为充分地反映空间冲突对碳汇景观格局和功能的影响,也有利于对以往单纯利用景观指数进行空间冲突测度方法进行改进与探索。本文主要研究结论如下:

(1)长三角城市群国土空间碳汇冲突结构整体趋于失衡,稳定可控、基本可控、濒临失控、基本失控和严重失控等级评价单元数占比分别为15.64%、25.41%、23.45%、26.71%和8.79%,初步测算上述5个冲突等级碳源与碳汇比值分别为7.92、35.86、124.87、272.89和908.88,表明空间冲突引致区域碳源空间与碳汇空间配置严重失衡。

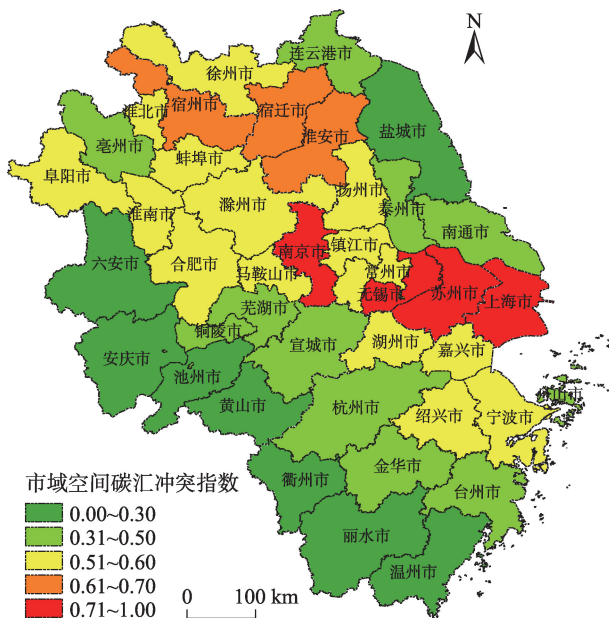


图5 城市尺度国土空间碳汇冲突格局示意图

Figure 5 Spatial pattern of territorial carbon sink conflict at the city scale

(2)长三角城市群国土空间碳汇冲突具有显著的空间集聚性特征,冷点集中分布于江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区,发挥着重要的生态碳汇基底作用。环杭州湾冲突热点区域在空间上连接成片,并伴随着长三角区域一体化发展向周边空间不断扩散。未来长三角城市群国土空间碳汇冲突治理应基于邻域空间关联性考虑,实施跨区域空间碳汇冲突协同监测预警与重要生态碳汇基底的统筹保护。

(3)长三角城市群41个市级单元当中,失控状态的城市主要分布在由环杭州湾向安徽省北部辐射延伸的带状区域,距离此带状区域两侧越远空间碳汇冲突指数值越低,其中,上海市、南京市、苏州市、无锡市4个经济发达城市处于严重失控状态,宿州市、宿迁市、淮安市3个城市处于基本失控状态,其他处于濒临失控状态的城市有15个。未来在新型城镇化持续发展进程中,亟需强化濒临失控状态城市的空间碳汇冲突治理,避免向失控状态演变。

4.2 政策建议

长三角城市群国土空间碳汇冲突治理关乎新型城镇化高质量发展,也事关区域“双碳”目标的顺利实现。从国土空间规划管理视角,本文提出以下几方面政策建议:

(1)将空间碳汇冲突分析纳入国土空间“双评价”规程。当前资源环境承载力评价与国土空间开发适宜性评价,更加注重自然资源用途管制、生态环境目标的实现以及保障国土空间合理开发利用,尚未直接体现“双碳”目标导向,仍缺乏相关规则与标准^[6]。将空间碳汇冲突分析作为国土空间开发适宜性评价的重要依据之一,通过碳汇生态空间规模、结构与布局引导,或者不同土地利用类型的空间选择转换,形成全面融入碳要素的“双评价”制度,实现基于国土空间低碳开发利用多层次协同的碳达峰目标。

(2)探索建立城市群尺度上的国土空间碳汇协同监管机制。①依托《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》发挥生态环境共保联治,“三省一市”共同建立城市群国土空间碳汇冲突动态监管平台,实施联合监测与监测数据共享。一方面,为公平、合理进行城市间“双碳”目标分解落实提供定量参考

依据;另一方面,协同提升区域景观碳汇风险预警调控能力。②探索建立跨行政区重要碳汇生态空间协同保护机制,重点加强江苏省沿海、皖西大别山区和皖南—浙西—浙南山区碳汇生态基底的保护,着力恢复并提升长江生态廊道、淮河生态廊道、京杭大运河沿线河湖湿地的生态碳汇功能。③针对不同冲突等级区域采取针对性的空间碳汇管理措施,例如,针对上海市、南京市、苏州市和无锡市4个处于严重失控状态的城市,应着重控制城镇空间碳排放强度,强化碳汇生态空间修复。针对处于基本失控和濒临失控状态的城市,一方面,需要严格新型城镇化发展过程中的“三区三线”管控,限制城镇空间无序蔓延;另一方面,需要依托核心城市低碳发展投融资平台,公园城市、海绵城市、绿色基础设施建设等方面的人才、资金与技术优势,实现低碳共建共赢共享。④依托城市群国土空间碳汇动态监管,建立完善区域碳汇交易平台与区域间横向碳补偿机制,并依托长三角生态绿色一体化发展示范区建设,探索相关体制机制创新。

4.3 研究展望

城市群地区国土空间开发利用强度大,土地利用类型相互转化异常活跃,由此引发的国土空间碳汇冲突异常复杂且具有空间尺度效应。本文受空间数据运算能力与空间数据精度等因素局限,仅从县域尺度上开展了初步研究,未来需要进一步从跨学科、多维度、系统性视角,加强对不同尺度上空间碳汇冲突形成机理与驱动机制的研究,为“双碳”目标下的国土空间开发利用提供更加科学的参考依据。另外,不同用地类型的碳源与碳汇效应差异性较大,即使同一用地类型也因管理方式不同而存在差异,因此,未来需要以更加精细的空间数据与碳排放实验监测数据为支撑进行测算,以提高研究结果的准确性。

参考文献(References):

- [1] 王凯,林辰辉,吴乘月.中国城镇化率60%后的趋势与规划选择[J].城市规划,2020,44(12):9-17. [Wang K, Lin C H, Wu C Y. Trends and planning choices after China's urbanization rate reaching above 60%][J]. City Planning Review, 2020, 44(12): 9-17.]

2022年10月

- [2] 方创琳. 改革开放40年来中国城镇化与城市群取得的重要进展与展望[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 1-9. [Fang C L. Important progress and prospects of China's urbanization and urban agglomeration in the past 40 years of Reform and Opening-Up[J]. Economic Geography, 2018, 38(9): 1-9.]
- [3] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 等. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J]. 资源科学, 2017, 39(10): 1823-1833. [Liao L H, Dai W Y, Chen J, et al. Spatial conflict between ecological-production-living spaces on Pingtan Island during rapid urbanization[J]. Resources Science, 2017, 39(10): 1823-1833.]
- [4] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391. [Huang J C, Lin H X, Qi X X. A literature review on optimization of spatial development pattern based on ecological-production-living space[J]. Progress in Geography, 2017, 36(3): 378-391.]
- [5] Zhou D, Lin Z, Lim S H. Spatial characteristics and risk factor identification for land use spatial conflicts in a rapid urbanization region in China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2019, 191(11): 1-22.
- [6] 黄贤金, 张安录, 赵荣钦, 等. 碳达峰、碳中和与国土空间规划实现机制[J]. 现代城市研究, 2022, (1): 1-5. [Huang X J, Zhang A L, Zhao R Q, et al. Carbon emission peak, carbon neutrality and territorial spatial planning implementation mechanism[J]. Modern Urban Research, 2022, (1): 1-5.]
- [7] Keenan T F, Williams C A. The terrestrial carbon sink[J]. Annual Review of Environment and Resources, 2018, 43(1): 219-243.
- [8] 周国华, 彭佳捷. 空间冲突的演变特征及影响效应: 以长株潭城市群为例[J]. 地理科学进展, 2012, 31(6): 717-723. [Zhou G H, Peng J J. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. Progress in Geography, 2012, 31(6): 717-723.]
- [9] 冉娜, 金晓斌, 范业婷, 等. 基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究: 以常州市金坛区为例[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 284-298. [Ran N, Jin X B, Fan Y T, et al. Three Lines' delineation based on land use conflict identification and coordination in Jintan District, Changzhou[J]. Resources Science, 2018, 40(2): 284-298.]
- [10] 吴蒙, 周冯琦, 程进. 基于生态系统服务的快速城市化地区空间冲突测度及时空演变特征[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(5): 12-20. [Wu M, Zhou F Q, Cheng J. Spatial conflict measurement in rapid urbanization areas from the perspective of ecosystem services[J]. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(5): 12-20.]
- [11] Andrew J S. Potential application of mediation to land use conflicts in small-scale mining[J]. Journal of Cleaner Production, 2003, 11(2): 117-130.
- [12] Groot R D. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 75(3): 175-186.
- [13] Adam Y O, Pretzsch J, Darr D, et al. Land use conflicts in central Sudan: Perception and local coping mechanisms[J]. Land Use Policy, 2015, 42: 1-6.
- [14] Brown G, Kangas K, Juutinen A, et al. Identifying environmental and natural resource management conflict potential using participatory mapping[J]. Society & Natural Resources, 2017, 30(5): 1458-1475.
- [15] Kangas K, Brown G, Kivinen M, et al. Land use synergies and conflicts identification in the framework of compatibility analyses and spatial assessment of ecological, socio-cultural and economic values[J]. Journal of Environmental Management, 2022, DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115174.
- [16] Brown G, Reed P. Social landscape metrics: Measures for understanding place values from public participation geographic information systems (PPGIS)[J]. Landscape Research, 2012, 37(1): 73-90.
- [17] 王丹阳, 陈逸, 黄贤金, 等. 基于空间冲突的区域国土空间优化研究: 以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(4): 832-839. [Wang D Y, Chen Y, Huang X J, et al. Spatial optimization of regional territory based on spatial conflict: A case study of Jiangsu Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(4): 832-839.]
- [18] 孙爱博, 张绍良, 公云龙, 等. 国土空间用途的权衡决策方法研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 13-21. [Sun A B, Zhang S L, Gong Y L, et al. Research on trade-off decision method of territorial spatial use[J]. China Land Science, 2019, 33(10): 13-21.]
- [19] 赵旭, 汤峰, 张蓬涛, 等. 基于CLUE-S模型的县域生产-生活-生态空间冲突动态模拟及特征分析[J]. 生态学报, 2019, 39(16): 5897-5908. [Zhao X, Tang F, Zhang P T, et al. Dynamic simulation and characteristic analysis of county production-living-ecological spatial conflicts based on CLUE-S model[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(16): 5897-5908.]
- [20] 苏伟忠, 马丽雅, 陈爽, 等. 城市生态空间冲突分析与系统优化方法[J]. 自然资源学报, 2020, 35(3): 601-613. [Su W Z, Ma L Y, Chen S, et al. Conflict analysis and system optimization of urban ecological space[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(3): 601-613.]
- [21] 张磊, 马超前, 王艳霞, 等. 适宜性与冲突双重约束下生态空间管制分区研究: 以天津市宝坻区为例[J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38(2): 96-102. [Zhang L, Ma C Q, Wang Y X, et al. Research on ecological space regulation zoning under the dual constraints of space conflict and suitability: A case study of Baodi District, Tianjin[J]. Geography and Geo-Information Science, 2022, 38(2): 96-102.]
- [22] 冯长春, 赵燕菁, 王富海, 等. 面向碳中和的规划响应[J]. 城市规划, 2022, 46(2): 25-31. [Feng C C, Zhao Y J, Wang H F, et al.

- Planning response to carbon neutrality[J]. City Planning Review, 2022, 46(2): 25–31.]
- [23] Xu Q, Yang R, Dong Y X, et al. The influence of rapid urbanization and land use changes on terrestrial carbon sources/sinks in Guangzhou, China[J]. Ecological Indicators, 2016, 70: 304–316.
- [24] 赵荣钦, 黄贤金, 刘英, 等. 区域系统碳循环的土地调控机理及政策框架研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 51–56. [Zhao R Q, Huang X J, Liu Y, et al. Mechanism and policy framework for land regulation of carbon cycle of regional system[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(5): 51–56.]
- [25] 秦岩, 於冉, 於忠祥, 等. 2000–2018年长三角中心区土地利用碳排放强度的时空特征[J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(1): 132–140. [Qin Y, Yu R, Yu Z X, et al. Spatial and temporal characteristics of land use carbon emission intensity in the central area of Yangtze River Delta from 2000 to 2018[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2021, 55(1): 132–140.]
- [26] 魏燕茹, 陈松林. 福建省土地利用碳排放空间关联性与碳平衡分区[J]. 生态学报, 2021, 41(14): 5814–5824. [Wei Y R, Chen S L. Spatial correlation and carbon balance zoning of land use carbon emissions in Fujian Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(14): 5814–5824.]
- [27] Yue C, Ciais P, Houghton R A, et al. Contribution of land use to the interannual variability of the land carbon cycle[J]. Nature Communications, 2020, 11(1): 1–11.
- [28] 彭建, 党威雄, 刘焱序, 等. 景观生态风险评价研究进展与展望[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 664–677. [Peng J, Dang W X, Liu Y X, et al. Review on landscape ecological risk assessment[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(4): 664–677.]
- [29] 李景刚, 何春阳, 李晓兵. 快速城市化地区自然/半自然景观空间生态风险评价研究: 以北京为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1): 33–47. [Li J G, He C Y, Li X B. Landscape ecological risk assessment of natural/semi-natural landscapes in fast urbanization regions: A case study in Beijing, China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(1): 33–47.]
- [30] 袁凯华, 梅昀, 陈银蓉, 等. 中国建设用地集约利用与碳排放效率的时空演变与影响机制[J]. 资源科学, 2017, 39(10): 1882–1895. [Yuan K H, Mei Y, Chen Y R, et al. Temporal and spatial evolution and influencing mechanism of construction land intensive utilization on carbon emissions efficiency in China[J]. Resources Science, 2017, 39(10): 1882–1895.]
- [31] 张杰, 陈海, 刘迪, 等. 基于县域尺度土地利用碳排放的时空分异及影响因素研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2022, 52(1): 21–31. [Zhang J, Chen H, Liu D, et al. The spatial and temporal variation and influencing factors of land use carbon emissions at county scale[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2022, 52(1): 21–31.]
- [32] 易丹, 欧名豪, 郭杰, 等. 土地利用碳排放及低碳优化研究进展与趋势展望[J]. 资源科学, 2022, 44(8): 1545–1559. [Yi D, Ou M H, Guo J, et al. Progress and prospect of research on land use carbon emissions and low-carbon optimization[J]. Resources Science, 2022, 44(8): 1545–1559.]
- [33] 杨静媛, 张明, 多玲花, 等. 江西省土地利用碳排放空间格局及碳平衡分区[J]. 环境科学研究, 2022, 35(10): 2312–2321. [Yang J Y, Zhang M, Duo L H, et al. Spatial pattern of land use carbon emissions and carbon balance zoning in Jiangxi Province[J]. Research of Environmental Sciences, 2022, 35(10): 2312–2321.]
- [34] 李彦旻, 沈育生, 王世航. 基于土地利用变化的安徽省陆地碳排放时空特征及效应[J]. 水土保持学报, 2022, 36(1): 182–188. [Li Y M, Shen Y S, Wang S H. Spatial-temporal characteristics and effects of terrestrial carbon emissions based on land use change in Anhui Province[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022, 36(1): 182–188.]
- [35] 中华人民共和国国土资源部. 低碳排放: 土地利用调控新课题[N/OL]. (2009–12–25)[2021–06–17]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201810/t20181030_2249226.html. [The Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Low Carbon Emissions: A New Topic of Land Use Regulation[N/OL]. (2009–12–25) [2021–06–17]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201810/t20181030_2249226.html.]
- [36] 林晋大, 多玲花, 邹自力. 城市扩张背景下景观破碎化动态演变及空间自相关分析: 以南昌市为例[J]. 水土保持研究, 2022, 29(4): 362–369. [Lin J D, Duo L H, Zou Z L. Dynamic evolution and spatial autocorrelation analysis of landscape fragmentation under the background of urban expansion: A case study of Nanchang City [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(4): 362–369.]
- [37] 陈铸, 傅伟聪, 黄钰麟, 等. 福州市土地利用景观格局变化及驱动力研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(1): 99–107. [Chen Z, Fu W C, Huang Y L. On landuse landscape pattern change and driving forces in Fuzhou[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2020, 45(1): 99–107.]
- [38] 彭佳捷, 周国华, 唐承丽, 等. 基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度: 以长株潭城市群为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1507–1519. [Peng J J, Zhou G H, Tang C L, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security: A case study of Changsha Zhuzhou Xiangtan urban agglomeration[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(9): 1507–1519.]
- [39] 邱陈澜, 王彩侠, 章瑞, 等. 京津冀城市群生态空间固碳服务功能及其与景观格局的关系特征研究[J/OL]. 生态学报, (2022–07–27) [2022–10–07]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.q.20220726.1502.012.html>. [Qiu C L, Wang C X, Zhang R, et al. Characteristics of ecological space carbon sequestration service func-

2022年10月

- tion and its relationship with landscape pattern in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J/OL]. *Acta Ecologica Sinica*, (2022- 07- 27) [2022- 10- 07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.q.20220726.1502.012.html>.]
- [40] 韩艳莉. 气候与景观格局变化对青海湖流域生态系统服务的影响[D]. 西宁: 青海师范大学, 2021. [Han Y L. Effects of Climate and Landscape Pattern Changes on Ecosystem Services in Qinghai Lake Basin[D]. Xining: Qinghai Normal University, 2021.]
- [41] Vaccari F P, Gioli B, Toscano P, et al. Carbon dioxide balance assessment of the city of Florence (Italy), and implications for urban planning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 120: 138-146.
- [42] Lv H, Wang W, He X, et al. Association of urban forest landscape characteristics with biomass and soil carbon stocks in Harbin City, Northeastern China[J]. *PeerJ*, 2018, DOI: 10.7717/peerj.5825.

Territorial carbon sink conflict measurement and its spatial pattern in the Yangtze River Delta urban agglomeration

WU Meng, WANG Linlin, CHENG Jin

(Institute of Ecology and Sustainable Development, Shanghai Academy of Social Sciences, Shanghai 200020, China)

Abstract: Territorial space is the core carrier and resource to support the realization of the dual carbon goals. Strengthening the management of territorial carbon sink conflicts at the urban agglomeration scale is an important way to coordinately realize the goals. By analyzing the impact mechanism of spatial conflicts on the carbon sink effect, a comprehensive measurement index was constructed. Taking the 307 counties in the Yangtze River Delta urban agglomeration as the object, this empirical research showed that: (1) The overall structure of territorial carbon sink conflicts has been out of balance, and the number of evaluation units under the consistently controllable, basically controllable, on the verge of out of control, basically out of control, and seriously out of control stage accounted for 15.64%, 25.41%, 23.45%, 26.71%, and 8.79%; (2) The territorial carbon sink conflicts exacerbated the imbalance of regional carbon budgets. The carbon sinks in the controllable-stage regions reached 81.71%, while the carbon sources in the uncontrolled-stage regions reached 71.48%; (3) Territorial spatial carbon sink conflicts have a significant positive correlation and spatial agglomeration. The cold spots are concentrated in the coastal areas of Jiangsu Province, Dabie Mountains in Western Anhui and Southern Anhui-Southwestern Zhejiang Provinces, while the hot spots are mainly counties in Shanghai, Nanjing, Suzhou, Wuxi, and Hangzhou. (4) At the city scale, cities at the out-of-control stage are concentrated in a belt along the Hangzhou Bay to the northern part of Anhui Province. The farther away from the belt, the lower the conflict values. Shanghai, Nanjing, Suzhou, and Wuxi are seriously out of control, Suqian, Suzhou of Anhui Province, and Huai'an are basically out of control, 15 cities are on the verge of out of control. Finally, relevant countermeasures and recommendations are put forward to improve the coordinated management of urban agglomeration territorial carbon sink conflicts.

Key words: Yangtze River Delta urban agglomeration; spatial conflicts; carbon sink; spatial pattern; ecological risk assessment; territorial space