

2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放 时空分异规律及影响因素分析

吾买尔艾力·艾买提卡力¹ 阿巴拜克热·艾买提卡力² 范昕¹ 李江风¹¹

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 湖北 武汉 430074;

2. 天津师范大学 政治与行政学院, 天津 300387)

【摘要】: 基于 ODIA 公布的 2000—2018 年全球碳排放数据, 从时间和空间两个维度对环鄱阳湖生态城市群碳排放演变规律进行探索, 并开展了碳排放影响因素分析。结果表明: 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放经历了“先增后减”但整体呈现增长的变化趋势, 其中 2015 年为重要拐点; 从不同功能分区来看, 七大分区碳排放占比相对稳定, 增长区主要集中在南昌大都市区、新宜萍城镇群和信江河谷城市群; 且 2005—2018 年间, 环鄱阳湖生态城市群大部分地区碳排放强度均呈现明显下降。此外, 研究发现, 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放的空间分布上出现明显的局部自相关, 环鄱阳湖生态城市群碳排放整体由 2000 年的无明显中心点逐渐向“一主+三副”的中心空间分布格局转换。人口增长对环鄱阳湖生态城市群碳排放变化影响显著, 且人口规模、收入水平和产业结构对区域碳排放分布呈现明显的交互增强作用。

【关键词】: 碳排放 环鄱阳湖生态城市群 时空分异规律 影响因素

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)06-051-07

自 18 世纪工业革命以来, 二氧化碳等温室气体引发的气候变暖、环境污染等问题逐渐显现, 严重制约社会、经济、生态三者的协调且可持续发展, 甚至直接威胁人类生存^[1]。20 世纪 80 年代以来, 国际社会高度关注全球气候变暖问题。1988 年, 联合国环境规划署和世界气象组织成立政府间气候变化专门委员会, 其主要任务是对气候变化及其影响、管理与可能对策的评估^[2]。1992 年, 150 多个国家及欧洲经济共同体签署联合国气候变化框架公约 (UNFCCC), 旨在通过制定差别化的碳减排义务与任务, 推动各国尤其是碳排放大国做好减排措施^[3-4]。1997 年和 2007 年分别达成的《京都议定书》和《哥本哈根协定书》在发达国家实行强制减排和发展中国家采取自主减缓行动方面迈出了新的步伐^[5]。可见, 全球气候变暖问题已然成为世界各国面对经济增长与环境保护调整的重要挑战。改革开放 40 多年以来, 中国国民经济高速增长, 已成为世界第二大经济体。但同时不容忽视的是, 中国连续 17 年稳居全球能源消费量和能源消费增长的榜首。2017 年中国占全球能源消费量的 23.20% 和全球能源消费增长的 33.60%^[6]。与此同时, 长期以来的高能耗粗放型发展模式也引发了资源耗竭、能源利用效率低下等问题, 而这都将制约着中国社会经济转型升级以及可持续发展。

目前国内外学术界针对碳排放的研究主要集中在碳排放核算体系、特征分析、分异格局刻画、驱动机制等主题上^[7-17]。值得一提的是, 受数据来源限制, 当前碳排放研究主要聚焦在国家、省域、市域等中宏观尺度上, 而在县域尺度的研究相对较少,

作者简介: 吾买尔艾力·艾买提卡力, 博士研究生, 研究方向为土地利用变化与区域生态环境。E-mail: 541736226@qq.com
李江风, 博士, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为土地利用规划、国土资源调查评价及地质公园规划。E-mail: jfli0524@163.com

这在一定程度上阻碍了精细化减排工作的开展^[10-12]。此外,当前中国碳排放研究主要集中在珠三角、长三角等经济发达区,对于中、西部碳排放的研究相对较少^[18]。另外,也有大量研究通过定性和定量方式探究碳排放时空演变的背后机制。一般而言,人口规模、社会经济发展水平、产业结构、能源结构等被广泛认为是影响区域碳排放的重要因素^[14-19]。与此同时,STIRPAT、Kaya、地理加权回归等大量模型被用于揭示不同要素对碳排放的作用^[19]。其中,地理探测器是基于空间分异性,揭示其背后驱动因子的一种新空间分析模型^[20-21]。这一模型不仅可以定量分析不同因子对因变量的作用大小,还能分析多因子之间的交互作用,被广泛用于健康风险、空气污染等领域。随着长江经济带建设、中部崛起等战略的不断推进,以鄱阳湖为中心的环鄱阳湖生态城市群也进入了快速发展阶段。社会经济发展和人口增长的需求在加大对能源等资源消耗的同时,也对区域环境造成了不可逆的影响^[19,22]。综上,本文将基于统计、探索性空间数据分析等方法,从时间和空间两个维度深入探究环鄱阳湖生态城市群碳排放演变规律,并基于地理探测器模型,测度影响区域碳排放的风险因子及其交互作用,以为区域碳减排提供理论参考和实践借鉴。

1 研究区概况与数据处理

1.1 研究区概况

环鄱阳湖生态城市群是国务院批复的《长江中游城市群发展规划》中江西省实施规划的重点城市群,主要包括南昌、九江、景德镇、上饶、鹰潭、宜春等地级市全部行政辖区以及抚州市辖区、东乡县、金溪县、崇仁县,吉安的新干县、峡江县,总面积为9.23万平方千米。2018年,环鄱阳湖生态城市群常住人口3232.75万人,地区生产总值14883.10亿元,其中二产产值为71611.20亿元。2018年,江西省地区生产总值21984.80亿元,全省常住人口4647.60万人。此外,根据其功能定位,环鄱阳湖生态城市群可进一步分为新宜萍城镇群、南昌大都市、信江河谷城镇群、九江都市区、景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩区、幕阜山—九岭山风景游憩地和其他(南昌大都市联动区)。依据《环鄱阳湖生态城市群规划(2015—2030)》,环鄱阳湖生态城市群将成为联动“一带一路”的内陆开放高地、长江经济带绿色产业聚集区、国家绿色城镇化先行示范区、具有国际影响力的山水文化旅游区。

1.2 数据来源与处理

本研究中碳排放数据主要来源于ODIAC公布的2000—2018年全球碳排放栅格数据(http://db.cger.nies.go.jp/dataset/ODIAC/data_policy.html)。该数据被广泛用于碳排放规律探寻、碳排放模拟与预测等各项研究中,其模拟精度高达80%以上^[23-25]。上述数据是一个全球高空间分辨率网格排放数据产品,其数据源主要基于化石燃料数据,并结合区域发电厂数据和卫星观测的夜晚灯光进行分配与修正。此外,值得一提的是,由于该平台公布的主要是月数据,因而我们所统计的年数据主要是由各个月的数据合计所得。本研究中所采用的社会经济数据主要来源于2006—2019年的《中国县域统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《江西统计年鉴》及各市、县(区)统计公报。

2 研究方法

2.1 空间插值技术

目前为止,反距离插值(IDM)、克里金(Kriging)、样条函数插值(SPLINE)等多种方法被广泛应用于健康预测、房价分布格局等领域中。其中,克里金法是依据协方差函数对随机过程/随机场进行空间建模和插值的回归算法。在特定的随机过程中,克里金法能够给出最优线性无偏估计(best linear unbiased prediction, BLUP),因此在地统计学中也被称为空间最优无偏估计器(spatial BLUP)^[26]。鉴于上述方法能更好地揭示区域碳排放空间分布的格局特征,因此,本文主要采用这种方法对2000—2018年环鄱阳湖生态城市群63个县(区)进行插值。与此同时,考虑到数据的可对比性,将不同年份的插值结果进行统一化处理,均分成十类。

2.2 全局自相关和局部自相关

根据地理学第一定理(tobler' s first law of Geography)，空间中的事物或现象在空间分布上总是存在某种关联的。为分析环鄱阳湖生态城市群碳排放的空间集聚规律和特征，现引入全局空间自相关(Moran' sI)和局部自相关(LISA-local indicators of spatial association)进行系统探索^[27-28]。

其中，全局空间自相关主要用来反映空间关联程度的总体特征，可度量环鄱阳湖生态城市群碳排放在整个布局上的空间依赖和差异程度。具体而言，全局 Moran' sI 指数的表达式为^[28]：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

式中：n 为县(区)总数； y_i 和 y_j 分别为空间单元 i 和 j 的碳排放量； $\bar{y}$ 为所有地区碳排放量的平均值； W_{ij} 为空间权重矩阵，基于 Rook 邻接关系获得。I 表示全局 Moran' sI 指数，取值范围为[-1, 1]，其值为正且越接近 1 时，表示碳排放呈正相关且空间分布上差异越小，也即碳排放较高(较低)的县(区)在空间上集聚；其值等于 0 时，则表示碳排放呈随机分布(不相关)；若其值为负且接近-1，则表示该地区与周围地区碳排放具有显著的空间差异。

局部 Moran' sI 指数是全局 Moran' sI 指数的一种分解形式，可具体度量某地区与周围地区的空间关联模式及其空间差异程度，计算公式为^[28]：

$$I_i = Z_i \sum_j W_{ij} Z_j \quad (2)$$

式中： Z_i 和 Z_j 为空间单元 i 和 j 的标准化碳排放； W_{ij} 为空间权重矩阵。具体而言，研究单元可被识别为如下类型：HH(高一高)、HL(高一低)、LH(低一高)、LL(低一低)和不显著。其中，HH(LL)表示相邻的县(区)间具有空间正相关关系，即碳排放较高(或低)的县(区)具有空间集聚效应；HL(LH)表示相邻的县(区)间具有空间负相关关系，即碳排放较高(低)的县(区)被碳排放较低(高)的县(区)所包围。

2.3 地理探测器

地理探测器主要由风险、因子、生态和交互探测组成，其核心假设是如果某个自变量对某个因变量有较为明显的影响，那么自变量与因变量在空间分布上应该存在相似性^[21, 29]。风险探测具体表达为^[29]：

$$q = 1 - \frac{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2}{N \sigma^2} \quad (3)$$

式中： $i=1, 2, \dots, L$ 为因素 A 的分类；N 为研究区全部样本数，在本研究中指的是环鄱阳湖生态城市群的 63 个县(区)； σ_i^2 为指标的方差；q 为某指标的空间异质性。一般而言，q 值越大，表示空间分异性越强，反之则空间分布的随机性越强。当 q=0 时，表示研究对象不存在空间异质性；当 q=1 时，表示完美的空间异质性。

此外,为进一步了解不同风险因子在影响碳排放空间分布上是否具有交互作用,现采取地理探测器中的交互探测功能。具体而言,其主要包括五种关系:若 $q(A \cap B)$ 小于 $q(A)$ 和 $q(B)$,则说明两个因子非线性减弱;若 $q(A \cap B)$ 介于 $q(A)$ 和 $q(B)$ 之间,则说明单因子非线性减弱;若 $q(A \cap B)$ 大于 $q(A)$ 和 $q(B)$,则说明双因子增强;若 $q(A \cap B)$ 等于 $q(A)$ 和 $q(B)$ 之和,则说明两个因子相互独立;若 $q(A \cap B)$ 大于 $q(A)$ 和 $q(B)$ 之和,则说明两个因子非线性增强。

从区域碳排放内外驱动机制而言,学者们选择人口规模、经济发展水平、产业结构、能源结构、节能技术等多要素展开了大量探讨^[22]。其中,人口规模、经济发展水平、产业结构这三个要素往往会对区域碳排放产生较为明显的影响。人口规模与经济发展水平的增长将会进一步加大消费需求,但同时随着人口规模与经济发展水平的增长,其能源消耗的公共成本也会降低。不同产业对能源消耗的需求存在明显差异,一般而言,工业行业对能源消耗的需求将会大于旅游业等。综上,本文主要探讨人口规模、经济发展水平(收入水平)与产业结构这三个要素对区域碳排放的影响。

3 结果分析

3.1 碳排放时序变化规律

2000—2018年,环鄱阳湖生态城市群碳排放整体呈现增长趋势,由2000年的1065.13万吨增长至2018年的3593.60万吨,增长率为337.39%(图1)。此外,值得关注的是,2000—2018年,环鄱阳湖生态城市群碳排放增长率呈现明显的下降趋势。其中,2000—2005年环鄱阳湖生态城市群碳排放增长迅速,增长率为104.65%。其主要原因是,随着工业化、城镇化进程的全面推进,工业等高能耗、高排放行业发展迅速,致使2000—2005年间环鄱阳湖生态城市群碳排放增长迅猛。而随着2006年中国实施单位GDP能耗公报制度,其分省能耗指标分解、各级政府与企业所签订的节能目标责任书等一系列政策,极大程度改变了“高耗低值”的产业发展态势,进而降低了碳排放增长速率。与此同时,国际金融危机的爆发,致使国内工业、商业等行业也呈现严重受阻,这在一定程度上也降低了能源消耗。2010—2015年和2015—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放增长率分别为16.27%和-1.04%,较前一阶段(2005—2010年)出现了一定幅度的降低。究其原因,随着经济新常态、生态文明建设等发展理念的不断提出,加之2013年逐渐推行的“十二五”能源规划以及早期节能减排政策的持续作用影响,环鄱阳湖生态城市群经济逐渐朝着低碳经济转型,这在很大程度上减缓了碳排放增长速率。此外,尽管2000—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放增长速率出现明显下降趋势,但其碳排放增长趋势并未完全改变。

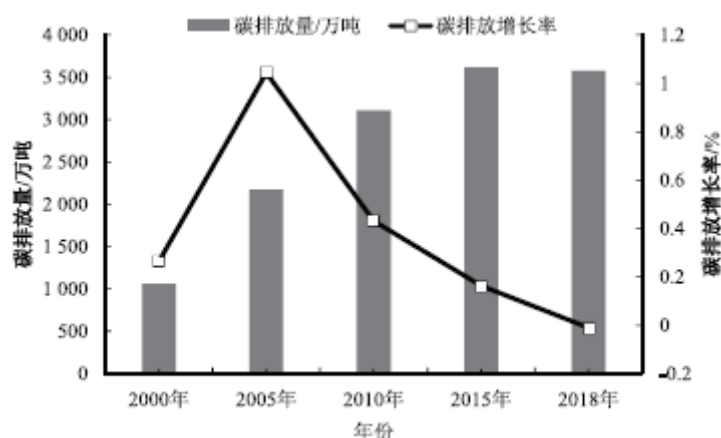


图1 2000—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放量及其增长率变化

为更清晰地揭示环鄱阳湖生态城市群碳排放时序演变规律,现对其不同功能分区(具体包括南昌大都市区、九江都市区、信江河谷城市群等)进行统计分析,如图2所示。从时序而言,南昌大都市区、新宜萍城市群、其他(南昌大都市联动区)、九江都

市区、景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩地和幕阜山—久岭山风景游憩地等六个区域都经历了较为明显的“快速增长—降速增长—相对稳定”的变化周期。其中，南昌大都市区、新宜萍城市群、信江河谷城市群、九江都市区四个区域变化趋势较为一致，即快速增长期主要出现在 2000—2010 年，降速增长期则主要出现于 2010—2015 年，而相对稳定期则主要出现于 2015—2018 年。与上述四个片区不同的是，景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩地和幕阜山—久岭山风景游憩地碳排放快速增长期为 2000—2005 年，降速增长期在 2005—2015 年，相对稳定期则主要集中于 2015—2018 年。其他(南昌大都市联动区)碳排放则在 2000—2015 年处于低速增长期，而 2015—2018 年也出现了相对稳定。可见，2015 年后，环鄱阳湖生态城市群七大片区碳排放都进入了相对稳定的状态，这也体现了系列减排及经济调整政策在不同片区均取得了较为明显的效果。

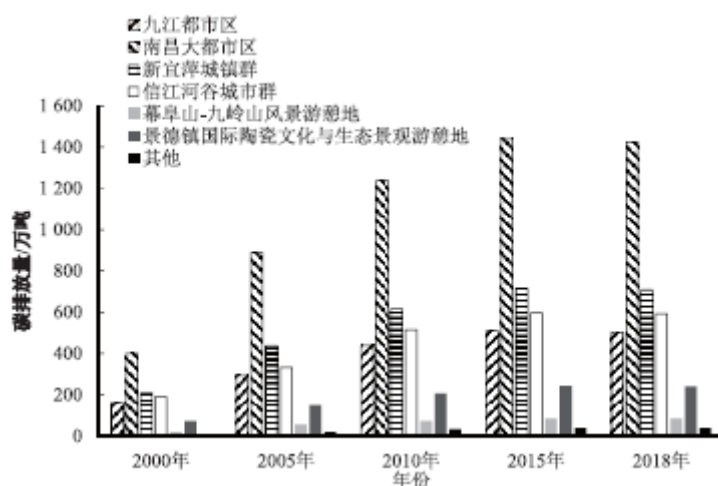


图 2 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群七大功能区碳排放变化

2000—2018 年，景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩地、九江都市区、新宜萍城市群和信江河谷城市群碳排放占比均出现了小幅度下降，下降率分别为 0.21%，-1.08%，-0.03 和 -1.27%。但整体而言，不同区域碳排放占比仍处于较为稳定的状态，碳排放占比为：南昌大都市区>新宜萍城市群>信江河谷城市群>九江都市区>景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩地>幕阜山—久岭山风景游憩地>其他(南昌大都市联动区)。这充分说明环鄱阳湖生态城市群不同片区碳排放处于相对稳定的状态。从碳排放增长情况而言，18 年间环鄱阳湖生态城市群碳排放共计增长 2528.47 吨，其中，南昌大都市区、新宜萍城市群、信江河谷城市群碳排放增长较为明显，碳排放增长分别为 1023.43 吨、497.61 吨和 403.07 吨。其主要原因是，南昌大都市区、新宜萍城市群等区域经济发展基础较好，由于中部崛起等战略实施使得这些区域的经济得到了较快的发展，导致其碳排放增长迅速。

3.2 空间分异规律

利用克里金插值法对环鄱阳湖生态城市群碳排放进行空间分析，得到 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放空间分布图(图 3)。由图 3 可知，环鄱阳湖生态城市群碳排放整体由 2000 年的无明显中心点逐渐向“一主+三副”的中心空间分布格局转换。具体而言，2005 年，环鄱阳湖生态城市群碳排放主要出现 1 个中心点，即丰城市；2010 年，环鄱阳湖生态城市群出现“一主+三副”的空间分布格局，其中“一主”为丰城市，“三副”为渝水区、余干县、月湖区—贵溪市。而在 2015 年和 2018 年，“一主+三副”的格局更加明显，具体体现在中心点范围扩大。一般而言，在经济发展初期，碳排放与经济发展水平有着较为直接的关系，即区域经济发展水平的提升往往伴随着区域碳排放量的增加。就此而言，这也充分证明，伴随着经济水平的提高，环鄱阳湖生态城市群经济发展空间格局也发生了较为剧烈的变化。对比《环鄱阳湖生态城市群规划(2015—2030)》中的“一核、一脊、两翼、两区”格局，我们可以发现，所识别的碳排放“一主+三副”中心点分布于“一脊”和“两翼”中。但在“一脊”中的重要节点——九江市，虽出现了些许高于周围区域的态势，但整体而言，这个“中心点”尚未完全凸显。

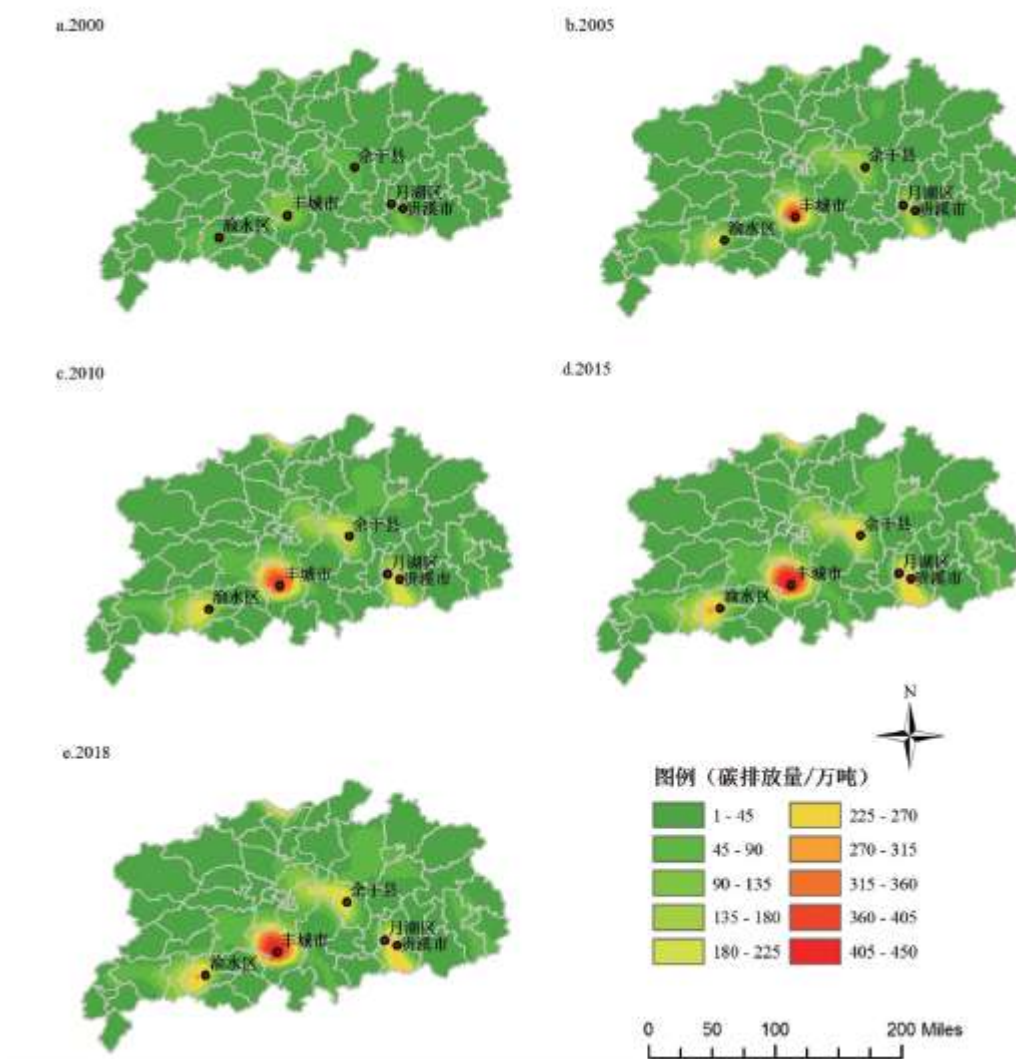


图 3 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放空间插值

通过计算 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群县级别碳排放的 Moran' sI 指数及 P 值和 Z 值,发现 Moran' sI 指数均小于 0,但 P 值和 Z 值却并未通过检验(表 1)。可见,从县域这一尺度而言,环鄱阳湖生态城市群碳排放在 2000—2018 年并未呈现较为明显的正相关或负相关。

为进一步揭示 2000—2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放空间聚集特征,现基于 Geoda 软件进行局部空间自相关分析(表 2)。研究结果表明,2000—2018 年,环鄱阳湖生态城市群空间上呈现较为明显且稳定的局部自相关特征。2000 年,高高值区仅有 1 个,分布于南昌县;低低值区 2 个,主要分布于修水县和靖安县;高低值区 5 个,主要分布于樟树市、新干县、进贤县、万年县和浔阳区;并未出现低高值区。与 2000 年不同的是,2005 年环鄱阳湖生态城市群局部自相关格局出现如下变化:①高低值区主要分布于高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县和浔阳区;②高高值区拓展至南昌县和新建区;③低低值区转移至武宁县和瑞昌县;④低高值区则出现在贵溪县。2010 年、2015 年、2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放局部空间自相关格局较为稳定,无明显变动。与 2005 年相比,2010 年、2015 年、2018 年三个时期,区域局部空间自相关格局主要变动集中在:①贵溪县地区退出高低型;②低低值区转移至修水县和莲花县。

同时,为更好地了解区域碳排放状况,现对 2005 年、2010 年、2015 年和 2018 年环鄱阳湖生态城市群碳排放强度(单位为

万吨/万元)进行空间分析,结果如图4所示。整体而言,2005—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放强度高值区主要集中在余干县、丰城县、月湖区、贵溪市等地区;此外,2005—2018年,环鄱阳湖生态城市群大部分地区碳排放强度出现一定程度的下降,尤其是环鄱阳湖生态城市群西部和中部地区。这充分证明,2005—2018年环鄱阳湖生态城市群碳系列减排政策较为有效。

表1 2000—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放 Moran' sI 指数

指数	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2018 年
Moran' sI 指数	-0.101	-0.085	-0.099	-0.099	-0.098
P 值	0.113	0.181	0.128	0.132	0.132
Z 值	-1.09	-0.874	-1.060	-1.050	-1.046

表2 2000—2018年环鄱阳湖生态城市群碳排放局部自相关结果

类型	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2018 年
高高值区	南昌县	南昌县、新建区	南昌县、新建区	南昌县、新建区	南昌县、新建区
高低值区	樟树市、新干县、进贤县、万年县、浔阳区	高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县、浔阳区	高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县、浔阳区	高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县、浔阳区	高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县、浔阳区
低低值区	修水县、靖安县	武宁县、瑞昌县	修水县、莲花县	修水县、莲花县	修水县、莲花县
低高值区	无	贵溪县	无	无	无

3.3 碳排放影响因素分析

衡量不同因素对环鄱阳湖生态城市群碳排放分布的影响可通过因子探测来实现,其中 q 值越大,说明该风险因子对碳排放的影响程度越大。本研究中,主要考虑人口规模、收入水平、产业结构这三个因素。此外,鉴于 2000 年环鄱阳湖生态城市群县级别影响因素相关数据获取较难,因此本次影响因素主要考虑了 2005 年、2010 年、2015 年和 2018 年,见表 3。

人口规模对环鄱阳湖生态城市群碳排放影响最大,且这一影响呈现明显增长趋势,q 值从 2005 年的 0.0981 增长至 2018 年的 0.1650。环鄱阳湖生态城市群碳排放还会受到收入水平的影响。从时序而言,2005—2015 年收入水平对环鄱阳湖生态城市群碳排放虽然呈促进作用,但这一作用呈现明显的削弱趋势;而在 2018 年这一作用则呈现明显的增强趋势,q 值由 2015 年的 0.0265 增长至 2018 年的 0.0613。此外,环鄱阳湖生态城市群碳排放还会受到产业结构的影响,在 2005—2018 年间,产业结构影响因子的 q 值由 2005 年的 0.0559 降低至 2018 年的 0.0411。

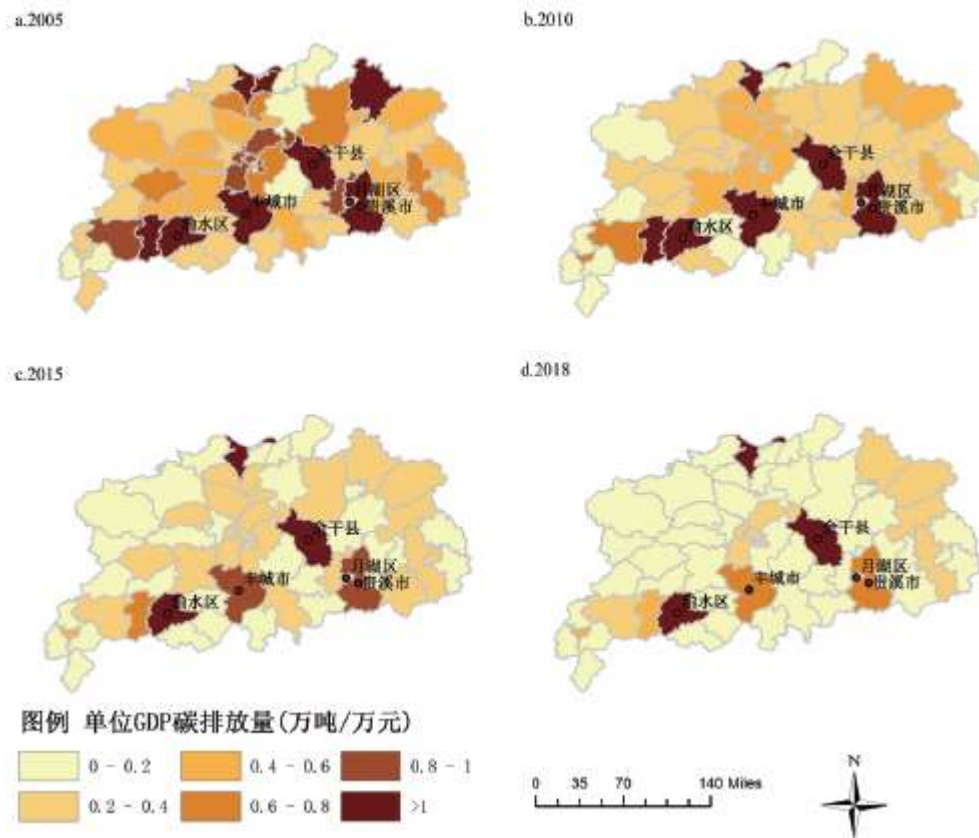


图 4 2005—2018 年环鄱阳湖生态城市群单位 GDP 碳排放量空间分布图

探测不同影响因子在影响区域碳排放的空间分布方面是否具有交互作用，可借助地理探测器的交互式探测器模块。本文评估两两驱动因子组合会增加或减少对因变量的解释力。如若两个风险因子的交互作用均大于任意一个单个驱动因素，表明区域碳排放并不是由单一因子起作用，而是受到不同因子的交互作用。结合因子探测器和交互式探测器的结果(表 4~表 7)，可以看到 2005—2018 年，收入水平、产业结构和人口规模之间呈现较为明显的非线性增长，即任意两个风险因子的交互作用都大于两个风险因子作用之和。其中，2005 年，人口规模与产业结构的交互因子驱动值最高，为 0.4627；2010 年，人口规模与收入水平的交互因子驱动值最高，为 0.3705；2015 年，人口规模与收入水平的交互因子驱动值最高，为 0.3664；2018 年，人口规模与产业结构的交互因子驱动值最高，为 0.4730。

表 3 2005—2018 年因子探测器结果

年份	收入水平	产业结构	人口规模
2005	0.0789	0.0559	0.0981
2010	0.0339	0.0570	0.1160
2015	0.0265	0.0437	0.1579
2018	0.0613	0.0411	0.1650

表 4 2005 年风险因子交互探测结果

驱动因子	收入水平	产业结构	人口规模
收入水平	0.0789		
产业结构	0.1678	0.0559	
人口规模	0.4191	0.4627	0.0981

表 5 2010 年风险因子交互探测结果

驱动因子	收入水平	产业结构	人口规模
收入水平	0.0339		
产业结构	0.3401	0.0570	
人口规模	0.3705	0.3262	0.1160

表 6 2015 年风险因子交互探测结果

驱动因子	收入水平	产业结构	人口规模
收入水平	0.0265		
产业结构	0.2688	0.0437	
人口规模	0.3664	0.3107	0.1579

表 7 2018 年风险因子交互探测结果

驱动因子	收入水平	产业结构	人口规模
收入水平	0.0613		
产业结构	0.4411	0.0411	
人口规模	0.4384	0.4730	0.1650

4 结论与启示

本文以环鄱阳湖生态城市群为重要研究对象，以 2000—2018 年为研究时间点，开展了城市群、功能区、县(区)尺度碳排放

演变特征及其影响因素研究, 所得结论为:

(1)2000—2018 年, 环鄱阳湖生态城市群碳排放经历了“先增后减”但整体呈现增长的变化趋势, 增长率为 337.39%, 其中, 重要的转折点是 2015 年。2000—2018 年, 环鄱阳湖碳排放增长率呈现明显的下降趋势。从不同功能区碳排放变化情况来看, 南昌大都市区、新宜萍城市群等六个区域都经历了较为明显的“快速增长—降速增长—相对稳定”的变化周期; 其他(南昌大都市联动区)碳排放则经历了“低速增长—相对稳定”的变化周期, 其转折点为 2015 年。

(2)2000—2018 年, 环鄱阳湖生态城市群碳排放整体由无明显中心点逐渐向“一主+三副”的中心空间分布格局转换, 其中, “一主”为丰城市, “三副”为渝水区、余干县、月湖区—贵溪市。而“一主+三副”的中心空间分布格局也与当前环鄱阳湖生态城市群“一脊两翼”相符。从全局自相关和局部自相关空间分布格局来看, 环鄱阳湖生态城市群碳排放并未呈现较为明显的全局自相关, 但却呈现较为明显的局部自相关关系。2010—2018 年, 环鄱阳湖生态城市群局部自相关格局稳定, 即高高值区主要聚集在南昌区和新建区, 高低值区主要聚集在高安市、樟树市、新干县、崇仁县、进贤县、浔阳区, 低低值区主要聚集在修水县、莲花县。此外, 研究发现, 2005—2018 年环鄱阳湖生态城市群中部和西部地区碳排放强度出现较为明显的下降。

(3)利用地理探测器定量探测人口规模、收入水平和产业结构(二产占比)对环鄱阳湖生态城市群碳排放的影响。其中, 人口增长是影响区域碳排放增加的主要因素, 且这一作用呈现一定的增强趋势。收入水平和二产占比的增加也是区域碳排放增加的重要原因, 而收入水平对碳排放的作用在 2005—2018 年呈现明显的削弱作用, 尤其是 2005—2015 年。同时, 人口规模、收入水平和产业结构这三要素对影响区域碳排放的空间分布呈现明显的相互增强作用。

基于本文的研究结果, 我们提出环鄱阳湖生态城市群需在兼顾经济发展与生态保护协调的基础上, 制定差别化减排政策及目标。环鄱阳湖生态城市群在发展定位、发展阶段等方面存在明显差异, 在碳减排政策制定时需更具有针对性。对于南昌大都市区、新宜萍城市群等经济发展基础较好且碳排放规模较大的地区, 应更加关注高能耗行业的淘汰与向低能耗的转换。具体而言, 可制定并完善工业、建筑等重点行业的碳排放标准, 实施项目碳评估政策。同时, 引入高碳行业淘汰与退出制度, 建立对高碳行业低碳化的改造制度。对于景德镇国际陶瓷文化与生态景观游憩地等以旅游业等三产发展为主的区域, 未来应注重在完善基础设施建设的基础上, 加强绿色消费类政策引导。同时, 值得一提的是, 在环鄱阳湖生态城市群发展的过程中, 仍需进一步加大“山水林田湖草生命共同体”建设工程, 以增强区域生态系统服务功能。

参考文献:

- [1]王少剑, 高爽, 黄永源, 等. 基于超效率 SBM 模型的中国城市碳排放绩效时空演变格局及预测[J]. 地理学报, 2020(6): 1316-1330.
- [2]韩沅刚, 董会忠, 刘梁华. 山东省城市工业碳排放效率时空演变及驱动因素研究[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2020(5): 11-16.
- [3]张忠杰, 李真真, 李宪慧. 金融发展、城镇化对人均能源消费碳排放的影响[J]. 统计与决策, 2020(8): 106-110.
- [4]任晓松, 刘宇佳, 赵国浩. 经济集聚对碳排放强度的影响及传导机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2020(4): 95-106.
- [5]张苗, 陈银蓉. 经济增长、人口变化与土地利用净碳通量关系研究——中美两国 45 年历史数据的实证分析[J]. 生态经济, 2020(6): 34-38, 67.
- [6]BP. BP 世界能源统计年鉴(2018 年)[R]. 北京: BP 中国新闻办公室, 2018.

-
- [7]王瑛, 何艳芬. 中国省域二氧化碳排放的时空格局及影响因素[J]. 世界地理研究, 2020(3): 512-522.
- [8]Acheampong A O, Adams S, Boateng E. Do globalization and renewable energy contribute to carbon emissions mitigation in Sub-Saharan Africa?[J]. Science of the Total Environment, 2019, 677: 436-466.
- [9]王鑫静, 程钰. 城镇化对碳排放效率的影响机制研究——基于全球 118 个国家面板数据的实证分析[J]. 世界地理研究, 2020(3): 503-511.
- [10]周彦楠, 杨宇, 程博, 等. 基于脱钩指数和 LMDI 的中国经济增长与碳排放耦合关系的区域差异[J]. 中国科学院大学学报, 2020(3): 295-307.
- [11]郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(12): 4-9.
- [12]杜立民. 我国二氧化碳排放的影响因素: 基于省级面板数据的研究[J]. 南方经济, 2010(11): 20-33.
- [13]林伯强, 刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放: 影响因素和减排策略[J]. 经济研究, 2010(8): 66-78.
- [14]许广月, 宋德勇. 中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据[J]. 中国工业经济, 2010(5): 37-47.
- [15]Quan C G, Cheng X J, Yu S S, et al. Analysis on the influencing factors of carbon emissions in China's logistics industry based on LMDI method[J]. Science of Total Environment, 2020, 734: 138473.
- [16]Sun W, Huang C C. How does urbanization affect carbon emissions efficiency? Evidence from China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 272: 122828.
- [17]张雷. 经济发展对碳排放的影响[J]. 地理学报, 2003(4): 629-637.
- [18]翟石艳, 王铮. 基于 ARDL 模型长三角碳排放、能源消费和经济增长关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2013(1): 95-103.
- [19]Yue P, Rong P J. Spatial patterns and driving factors of urban residential embedded carbon emissions: An empirical study in Kaifeng, China[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 11(2): 58-75.
- [20]王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017(1): 116-134.
- [21]王正雄, 蒋勇军, 张远喆, 等. 基于 GIS 与地理探测器的岩溶槽谷石漠化空间分布及驱动因素分析[J]. 地理学报, 2017(5): 1025-1039.
- [22]孙丽文, 任相伟. 京津冀区域碳排放协同治理及影响因素分析[J]. 山东财经大学学报, 2020(2): 5-14.
- [23]Kobashi T, Yoshida T, Yamagata Y, et al. On the potential of "Photovoltaics+Electric vehicles" for deep decarbonization of Kyoto's power systems: Techno-economic-social considerations[J]. Applied Energy, 2020, 275: 115419.

[24]McElwee P,Calvin K,Campbell D,et al.The impact of interventions in the global land and agri-food sectors on Nature’ S Contributions to People and the UN Sustainable Development Goals[J].Global Change Biology,2020,26: 4691-4721.

[25]Oda T,Oda T,Maksyutov S,et al. The open-source data inventory for anthropogenic CO₂, version 2016 (ODIAC2016): A global monthly fossil fuel CO₂ gridded emissions data product for tracer transport simulations and surface flux inversions[J].Earth System Science Data,2018,10:87-107.

[26]张苏. 土壤重金属的空间插值方法比较分析——以阳谷县为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2020(4): 148-150, 153.

[27]刘洋, 余建新, 向冬蕾. 基于局部空间自相关的思茅区耕地利用保护综合分区[J]. 水土保持研究, 2020(1): 184-188, 196.

[28]叶云, 赵小娟, 胡月明, 等. 珠三角耕地质量局部空间自相关分析[J]. 江苏农业科学, 2019(6): 197-203.

[29]郭春颖, 施润和, 周云云, 等. 基于遥感与地理探测器的长江三角洲空气污染风险因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2017(11): 1806-1814.