

引用格式:张梅,黄贤金,揣小伟,等.胡焕庸线两侧城镇建设用地变化及其碳排放差异[J].资源科学,2019,41(7):1262-1273.  
[Zhang M, Huang X J, Chuai X W, et al. Urban construction lands and their carbon emission differences east and west of the Hu Huanyong Line[J]. Resources Science, 2019, 41(7): 1262-1273.] DOI: 10.18402/resci.2019.07.07

# 胡焕庸线两侧城镇建设用地变化 及其碳排放差异

张梅<sup>1,2</sup>,黄贤金<sup>1,2</sup>,揣小伟<sup>1</sup>,朱振宇<sup>2</sup>,汪煜<sup>2</sup>

(1. 南京大学地理与海洋科学学院,南京210023;

2. 南京大学金陵学院城市与土木工程学院,南京210089)

**摘要:**城镇建设用地在利用和扩张过程中承载和拉动着大量的碳排放。揭示胡焕庸线东西两侧城镇建设用地的碳排放差异,并探讨其驱动因素,能为东西部的协调发展、碳减排工作和新型城镇化提供重要参考。本文借助夜间灯光遥感数据和GIS技术,提出了边界阈值法,对胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地进行了提取和分析,并结合相关文献中的碳排放估算方法对其所承载的碳排放进行估算和分析,在此基础上,对其关联性进行了剖析,并结合相关社会经济数据对研究结果进行深入讨论。研究表明:①边界阈值法提取结果的检验结果较好,优于经验阈值法和邻域分析法。②胡焕庸线存在被打破的可能性,2000—2013年东、西两侧城镇建设用地的面积比从95:5变为92:8,差异缩小。③西部地区的快速发展是以高碳排放为代价的,2000—2013年东、西两侧年碳排放量比值从93:7变为90:10,差异缩小。④东、西两侧的城镇建设用地每增加1 km<sup>2</sup>时,年均碳排放量分别增长1.79万t和2.58万t。因此,国家在继续重视碳排放量较大的东部地区的同时,也应重视西部地区加剧的高碳排放问题。可通过引导城镇建设用地的集约式扩张、优化产业结构和提倡绿色低碳的生活方式等手段促使西部地区走上集约低碳的新型城镇化道路。

**关键词:**胡焕庸线;城镇建设用地;碳排放;时空差异;边界阈值法;夜间灯光遥感数据

DOI: 10.18402/resci.2019.07.07

## 1 引言

城镇建设用地是碳排放活动最集中的区域,其利用与扩张过程承载和拉动着大量的碳排放<sup>[1]</sup>。首先,城镇建设用地承载着大量的能源消费,并在能源消费活动中产生大量的碳排放<sup>[2,3]</sup>;其次,城镇建设用地还承载着大量的工业过程,其中水泥生产、石灰生产和玻璃生产等工业过程均是重要的温室气体来源<sup>[4,5]</sup>;再次,城镇建设用地还承载着大量的废弃物,包括工业废弃物和城市生活废弃物,其焚烧和填埋等处理活动也会产生大量的碳排放<sup>[6]</sup>。除此之外,由于城镇建设用地承载着主要人为源碳排放,

城镇建设用地的扩张使得物质和能源消费随之增加,势必拉动地表人为源碳排放的增长<sup>[7]</sup>。自改革开放以来,尤其是自2000年以来,中国城镇化进入快速发展阶段,且相关研究表明在未来十多年内中国人口城镇化率仍将持续增高<sup>[8,9]</sup>。伴随着城镇化的快速发展,中国城镇建设用地也呈迅速扩张状态,使得中国未来的碳减排工作面临着巨大的压力和困难<sup>[10]</sup>。

胡焕庸线作为人地关系的重要地理大发现之一,是中国重要的综合生态环境界线,其稳定格局是由一系列的自然因素和经济社会因素决定的<sup>[11,12]</sup>。

收稿日期:2018-12-26;修订日期:2019-03-01

**基金项目:**国家自然科学基金青年项目(41801201);江苏高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养对象项目(2017);江苏省高等学校自然科学研究面上项目(17KJB420001)。

**作者简介:**张梅,女,江苏东台人,博士,副教授,主要研究方向为土地利用碳排放。E-mail: zmmay@126.com

**通讯作者:**黄贤金,男,江苏扬中人,博士,教授,主要研究方向为资源环境承载力和土地利用碳排放。E-mail: hxj369@nju.edu.cn

2019年7月

2014年11月27日,李克强总理着重提出如何“打破胡焕庸线”问题,充分体现了国家对胡焕庸线东西部均衡发展问题的重视。揭示胡焕庸线东西两侧城镇建设用地变化及碳排放的不同特征,能为国家促进东西部城镇协调发展以及从宏观尺度制定具有针对性的碳减排政策措施提供基础数据和重要参考。然而,大多数针对胡焕庸线的研究均使用社会经济统计数据对胡焕庸线两侧的人口变化和城镇化等方面进行分析,例如,李佳洺等<sup>[13]</sup>对胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化进行了研究;王开泳等<sup>[14]</sup>研究了新型城镇化对胡焕庸线两侧人口空间分布格局的影响;Hu等<sup>[15]</sup>在县级尺度上对胡焕庸线东侧城镇化发展和变化的时空格局进行了研究;Chen等<sup>[16]</sup>对胡焕庸线两侧的人口分布与人口城镇化格局进行了研究。关于胡焕庸线两侧城镇建设用地变化的研究较为缺乏,仅有侯静惟等<sup>[17]</sup>从空间上对胡焕庸线两侧过渡带城镇扩张的时空特征进行了研究。目前,城镇建设用地相关研究多集中在东部沿海城市群区域,以城镇建设用地变化研究为主,而关于城镇建设用地碳排放的研究则相对较少<sup>[18-20]</sup>。城镇建设用地扩张研究受数据类型影响较大。社会经济统计数据使用方便但难以实现空间定位<sup>[21]</sup>;传统的遥感影像数据在提供较高空间分辨率的同时,也使其时间连续性受到限制<sup>[22]</sup>;基于夜间灯光遥感数据能够逐年大范围地从空间上研究城镇建设用地的扩张动态<sup>[23]</sup>,但其提取方法仍有待改进<sup>[24]</sup>。

因此,本文提出一种新的城镇建设用地提取方法,即边界阈值法,借助夜间灯光遥感数据和GIS技术,对2000—2013年中国的城镇建设用地进行提取,并对其所承载的碳排放进行估算;在此基础上,以胡焕庸线为分割线,计算和分析胡焕庸线东西两侧城镇建设用地变化及碳排放的时空差异,并对城镇建设用地变化和碳排放之间的关联性进行剖析;最后,结合胡焕庸线东西两侧的社会经济数据对研究结果进行深入讨论,为中国的东西部协调发展、碳减排工作和新型城镇化提供参考。

## 2 研究方法和数据来源

### 2.1 城镇建设用地提取方法——边界阈值法

夜间灯光遥感影像在城镇建设用地边缘有着明显“光”和“暗”的转变,而栅格数据分析方法中的

邻域分析方法能很好地捕捉这一转变,凸显出影像数值的突变分界<sup>[25]</sup>。然而由于夜间灯光数据溢出效应等因素的存在,如果单纯使用邻域分析法,则有可能因为仅考虑夜间灯光值的相对差异而忽视夜间灯光值的绝对高低,造成城镇建设用地的面积被高估。另一方面,经典的阈值法则忽略了城镇的自然边界,而仅从灯光强度的高低来界定城镇边界<sup>[26]</sup>。因此,本文针对现有方法的不足之处,提出一种新的城镇建设用地提取方法,即边界阈值法。该方法既考虑了城镇的自然边界,也考虑了夜间灯光值的高低变化,其核心思想是综合使用夜间灯光的突变分界和阈值分割来提取城镇建设用地,其主要技术流程如图1。首先,对经过预处理的夜间灯光遥感影像进行邻域分析,形成分界带图层和非分界带图层;接着,通过变化阈值逼近分界带,提取被分界带包围的城镇建设用地;然后,通过高分异像元提取分界带内的城镇建设用地,并剔除噪声像元;最后,将分界带内外的城镇建设用地提取结果进行镶嵌,得到完整的城镇建设用地提取结果。考虑到各省区县的城镇化发展水平不同,动态阈值的选取结果可能差异较大,本文首先将2000—2013年经过预处理的夜间灯光遥感影像按省级区域进行切割,再对每个切割对象分别应用边界阈值法进行城镇建设用地的提取,最后将省级层面的提取结果按年进行镶嵌得到共14年的中国城镇建设用地数据。

### 2.2 城镇建设用地检验和分析指标

形状重合度指标反映检验形状和标准形状的重合程度,而形状相似度指标反映检验形状和标准形状的相似程度,其具体计算公式分别如下<sup>[24]</sup>:

$$SA = (A_E \cap A_S) / (A_E \cup A_S) \quad (1)$$

$$SI = (P_E / A_E) / (P_S / A_S) \quad (2)$$

式中:SA为形状重合度指标;SI为形状相似度指标; $A_E$ 为检验形状的面积; $A_S$ 为标准形状的面积; $P_E$ 为检验形状的周长; $P_S$ 为标准形状的周长。

城镇建设用地扩张强度指数是指某一地区在某一时期内城镇建设用地扩张面积占其土地总面积的百分比,值越大表示扩张越快,用于比较不同时期城镇建设用地扩张的快慢,其计算公式为<sup>[27]</sup>:

$$UII = \frac{U_n - U_m}{U} \times \frac{1}{T} \times 100 \quad (3)$$

式中:UII为城镇建设用地扩张强度指数;U为研究

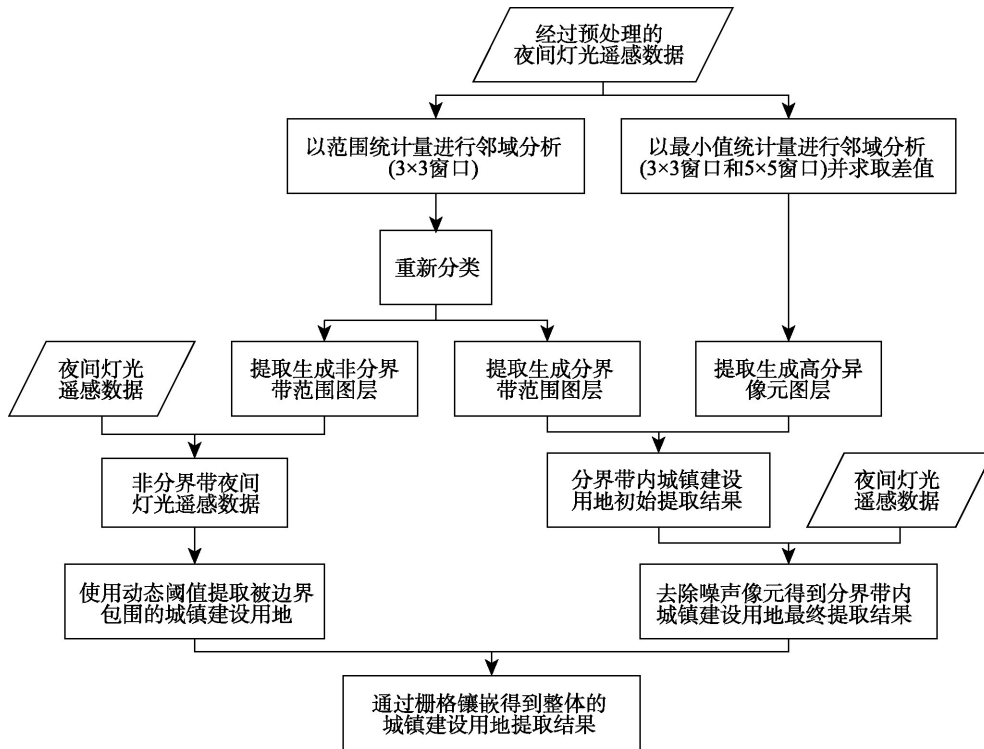


图1 城镇建设用地提取技术流程图

Figure 1 Technical framework for the extraction of urban construction land

区土地总面积;  $U_m$  为初期城镇建设用地面积;  $U_n$  为末期城镇建设用地面积;  $T$  为研究时期的间隔时长,  $T = n - m$ 。

城镇建设用地扩张动态度反映城镇建设用地扩张的相对动态变化率,其计算公式为<sup>[28]</sup>:

$$K = \frac{U_n - U_m}{U_m} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $K$  为研究期内的城镇建设用地扩张动态度;其余变量同式(3)。

### 2.3 城镇建设用地碳排放估算方法

本文主要从能源消费碳排放、工业生产过程碳排放和废弃物碳排放3个方面对城镇建设用地上承载的碳排放进行估算。

#### 2.3.1 能源消费碳排放估算方法

结合《中国能源统计年鉴》<sup>[29]</sup>统计的能源种类,确定能源消费碳排放的测算对象,并参照联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)提供的方法<sup>[30]</sup>进行估算,具体的计算公式为:

$$C_{\text{energy}} = \sum_{i=1}^n (E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i) \quad (5)$$

式中:  $C_{\text{energy}}$  为能源消费碳排放量;  $n$  表示能源种类数

量;  $E_i$  表示第  $i$  种能源消耗的实物量;  $NCV_i$  表示第  $i$  种能源的平均低位发热量;  $CEF_i$  为第  $i$  种能源的单位热值当量的碳排放因子;  $COF_i$  为第  $i$  种能源的碳氧化因子,其缺省值为1。各类参数的数值来源于《综合能耗计算通则》(GB/T2589-2008)和《2006年IPCC国家温室气体清单编制指南》<sup>[31]</sup>。考虑到热力和电力的碳排放会随燃料构成和技术条件发生较大变化,因此不同年份的热力和电力碳排放因子参照周五七的研究成果<sup>[32]</sup>分别进行测算。

#### 2.3.2 工业生产过程碳排放估算方法

由于工业生产过程的碳排放测算非常复杂,难以进行全盘估算,综合考虑到数据的可获取性和碳排放估算方法的可用性等因素,本文主要估算合成氨、水泥、玻璃、钢铁和铝等碳排放量较大工业产品生产过程的碳排放。由于相关行业的工艺数据难以收集,本文主要参照揣小伟<sup>[31]</sup>和文继群<sup>[33]</sup>的研究成果估算工业生产过程碳排放,具体的计算公式为:

$$C_{\text{industry}} = \sum_{i=1}^m (Q_i \times F_i) \quad (6)$$

式中:  $C_{\text{industry}}$  为工业生产过程碳排放量;  $m$  表示工业



2019年7月

产品种类数; $Q_i$ 表示第*i*种工业产品的产量; $F_i$ 表示第*i*种工业产品生产过程的碳排放因子。

### 2.3.3 废弃物碳排放估算方法

按照废弃物产生碳排放途径的不同,分废水碳排放、垃圾焚烧碳排放和垃圾填埋碳排放3个方面分别进行估算,先计算其温室气体排放量,再折算为碳排放量。根据相关文献<sup>[30,31,34]</sup>的研究成果,3个方面的碳排放计算公式分别如下:

$$C_{\text{water}} = Q_{\text{COD}} \times V_{\text{COD}} \times 12/16 \quad (7)$$

式中: $C_{\text{water}}$ 为废水碳排放量; $Q_{\text{COD}}$ 为废水化学需氧量(COD)的重量; $V_{\text{COD}}$ 为最大甲烷产生能力(缺省值为0.25)。

$$C_{\text{waste-burn}} = Q_{\text{waste-burn}} \times V_{\text{waste}} \times P_{\text{waste}} \times 12/44 \quad (8)$$

式中: $C_{\text{waste-burn}}$ 为垃圾焚烧产生的碳排放量; $Q_{\text{waste-burn}}$ 为垃圾焚烧量; $V_{\text{waste}}$ 为垃圾含碳比例(50%); $P_{\text{waste}}$ 为垃圾中矿物碳的比例(40%)。

$$C_{\text{waste-bury}} = Q_{\text{waste-bury}} \times 0.167 \times (1 - 71.5\%) \times 12/16 \quad (9)$$

式中: $C_{\text{waste-bury}}$ 为垃圾填埋产生的碳排放量; $Q_{\text{waste-bury}}$ 为垃圾填埋量;0.167为垃圾填埋的甲烷排放因子;71.5%为垃圾含水率。

### 2.4 数据来源

本文使用的夜间灯光遥感数据系从美国国家海洋和大气管理局下属的国家地球物理数据中心(NGDC)网站(<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>)下载获得,为第四版DMSP/OLS夜间灯光时间序列数据。由于原始数据存在多源性等问题,本文参照Liu等<sup>[35]</sup>的方法对其进行了交互校正、年内融合和年间校正等一系列预处理工作。能源消费数据来源于2001—2014年的《中国

能源统计年鉴》<sup>[29]</sup>,并已对照能源平衡表剔除农业、林业、牧业、渔业和乡村生活消费等非城镇建设用地部分的能源消费。由于缺少西藏自治区和港澳台地区的能源消费数据,本文的研究范围不包含西藏自治区和港澳台地区。工业产品产量数据来源于2001—2012年的《中国工业经济统计年鉴》和2013—2014年的《中国工业统计年鉴》<sup>[36,37]</sup>。废弃物数据和其他经济社会数据来源于2001—2014年的《中国统计年鉴》<sup>[38]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 城镇建设用地提取结果检验

借助ArcGIS10.2,使用边界阈值法提取得到2000—2013年中国的城镇建设用地图层。为了检验该提取结果的准确性,本文以中国科学院资源环境科学数据中心提供的土地利用遥感监测数据(后文简称“中科院数据”)为标准形状,结合经验阈值法<sup>[39]</sup>和邻域分析法<sup>[25]</sup>的提取结果,按照公式(1)和公式(2),在省级层面上计算了3种城镇建设用地提取方法的形状重合度和形状相似度指标,并进行了空间和时间双重尺度的比较,得出本文使用边界阈值法提取的结果与中科院数据匹配度较好,形状重合度比其他方法平均高0.23,形状相似度也比经验阈值法的结果更优。考虑到篇幅因素,本文仅对随机选择的15个对象的形状重合度和形状相似度进行了制图,如图2所示。

从图2中可以看出,边界阈值法提取结果的形状重合度平均值为0.53,明显高于其他方法提取结果的形状重合度,尤其高于邻域分析法提取结果的形状重合度(平均值仅为0.22)。另一方面,边界阈

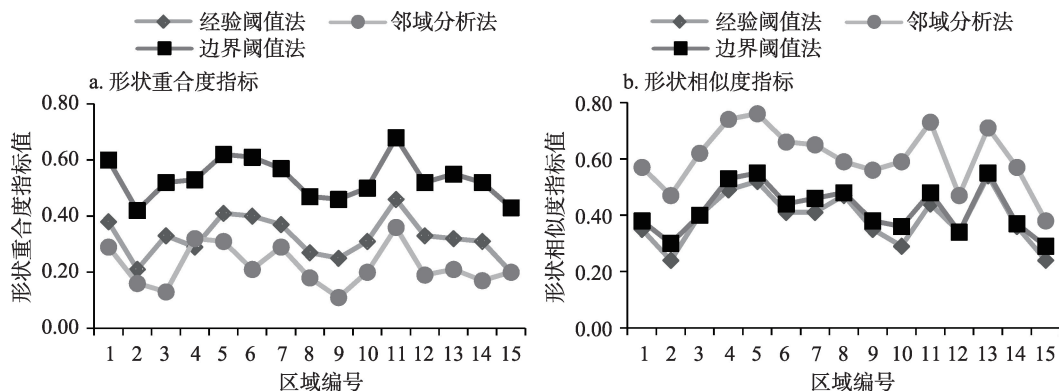


图2 边界阈值法与其它城镇建设用地提取方法的比较

Figure 2 Comparison between the boundary-threshold method and other urban construction land extraction methods

值法提取结果的形状相似度除2个对象与经验阈值法的数值相等外,其余对象的指标也均高于经验阈值法。同时,虽然邻域分析法提取结果的形状相似度普遍高于边界阈值法提取结果的形状相似度,但考虑到其形状重合度指标较低,单纯的形状相似并不占明显优势。因此,总体看来,边界阈值法提取结果的检验结果较好。

### 3.2 胡焕庸线两侧城镇建设用地扩张分析

因为逐年制图效果不明显,本文以3或4年为间隔,对2000—2013年胡焕庸线两侧城镇建设用地的扩张变化情况进行了制图,如图3所示。其中,所有细节部分均按相同的比例进行放大。

从图3中可以看出,中国的城镇建设用地集中分布在胡焕庸线东侧,特别是东部沿海地区。进一步的数据分析表明,2000年胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积分别为31165 km<sup>2</sup>和1638 km<sup>2</sup>;至2013年,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积分别扩张了3.16倍和5.44倍。可见,虽然胡焕庸线东西两侧城镇建设用地面积差异巨大,但2000—2013年胡焕庸线西侧的城镇建设用地扩张速度明显快于东侧,体现出国家在促进西部发展方面取得了有

效进展。胡焕庸线东侧的城镇建设用地面积占比呈减小趋势,而西侧的城镇建设用地面积占比则呈增加趋势。2000—2003年,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积之比为95:5;2004—2007年,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积之比为94:6;2008—2011年,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积之比为93:7;2012—2013年,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地面积之比为92:8。因此,胡焕庸线东西两侧城镇建设用地的面积差异呈持续缩小趋势。

为了更细致地反映胡焕庸线两侧城镇建设用地的扩张变化,本文分别按照公式(3)和公式(4)对2000—2013年胡焕庸线两侧城镇建设用地分阶段的扩张强度和整体的扩张动态度进行了计算,得出:以2003年、2006年和2009年为断点,4个阶段胡焕庸线东侧城镇建设用地的扩张强度分别为0.278、0.175、0.093和0.163;胡焕庸线西侧城镇建设用地扩张强度分别为0.014、0.012、0.009和0.015。2000—2013年,胡焕庸线东西两侧城镇建设用地的扩张动态度分别为24.3%和41.8%。可见,胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地扩张均存在非常明显的

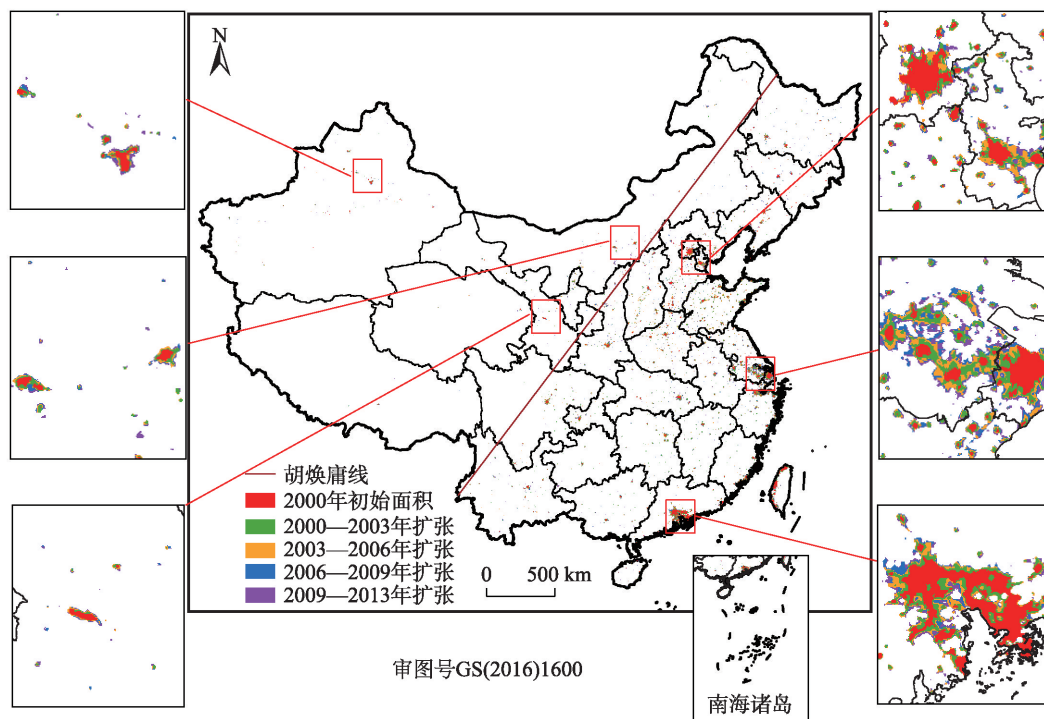


图3 2000—2013年中国城镇建设用地扩张变化情况

Figure 3 Expansion of urban construction land in China, 2000-2013

2019年7月

阶段性变化,胡焕庸线东侧的城镇建设用地扩张强度明显高于西侧,但整体来说,胡焕庸线西侧的扩张动态度高于胡焕庸线东侧。

从区域尺度上来看,胡焕庸线东侧的京津冀、长三角和珠三角三大城市群所在区域城镇建设用地扩张活动最为强烈,4个阶段三大城市群区域的城镇建设用地扩张面积之和分别占全国的37.4%、40.0%、43.2%和37.9%,其中城镇建设用地扩张活动最剧烈的为长三角城市群区域。而胡焕庸线西侧城镇建设用地扩张活动相对强烈的区域为内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区和甘肃省,4个阶段这3个省区的城镇建设用地扩张面积之和分别占全国的4.8%、6.6%、9.6%和9.2%。值得指出的是,全国省级区域中城镇建设用地扩张速度最快的为宁夏回族自治区、江西省和内蒙古自治区,其中宁夏回族自治区和内蒙古自治区均主要分布在胡焕庸线西侧。

### 3.3 胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放分析

为了分析胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放的不同特点,本文首先按照公式(5)–(9)估算了2000—2013年中国各省级区域城镇建设用地所承载的碳排放。然后,以城镇建设用地数据图层为掩膜,提取得到城镇建设用地范围内的夜间灯光数据。考虑到夜间灯光数值的强弱能较好地体现碳排放强度的空间分布<sup>[25,40]</sup>,本文借助夜间灯光数值对城镇建设用地碳排放数据进行空间拟合,得到城镇建设用地碳排放强度空间分布数据;再以胡焕庸线为分割线,对其进行切割,并计算胡焕庸线两侧城镇建设用地的年碳排放量和比例,如表1所示。

从表1中可以看出,2000—2013年胡焕庸线东

西两侧的城镇建设用地碳排放均呈现明显的逐年增长趋势。从数值上来看,胡焕庸线东侧2013年的年碳排放量比2000年增长了17.61亿t,而胡焕庸线西侧同期仅增长了2.28亿t;而从增长幅度看,西侧则快于东侧,胡焕庸线东侧2013年的碳排放量为2000年的3.04倍,而胡焕庸线西侧则为4.56倍。从城镇建设用地碳排放占比来看,东侧的占比呈减小趋势,而西侧的占比呈增大趋势。自2000年至2013年,胡焕庸线东西两侧城镇建设用地碳排放的差异从93:7缩小到了90:10,表明两侧的碳排放差异呈缩小趋势。

另一方面,对城镇建设用地碳排放强度空间分布数据进行分析得出:胡焕庸线东侧城镇建设用地碳排放强度的最高值较为集中地分布在长三角城市群、珠三角城市群和京津冀城市群附近;从总体来看,城镇建设用地碳排放强度最高的省级区域为上海市、天津市、北京市、广东省和山东省。2000年,东侧碳排放强度的分布区间为0.29~13.02 kg/(m<sup>2</sup>·a);而2013年,其碳排放强度的分布区间为2.85~37.82 kg/(m<sup>2</sup>·a)。胡焕庸线西侧城镇建设用地碳排放强度的最高值主要分布在靠近胡焕庸线的区域,包括宁夏回族自治区、内蒙古自治区和陕西省的部分区域。2000年,西侧碳排放强度的分布区间为0.23~3.68 kg/(m<sup>2</sup>·a);而2013年,其碳排放强度的分布区间为0.66~20.52 kg/(m<sup>2</sup>·a)。无论是胡焕庸线东侧还是西侧,城镇建设用地碳排放强度数值均持续向高数值区间移动,体现了碳排放强度不断增高的趋势。

为了进一步剖析胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放的时空分布特点,本文以3或4年为间隔分

表1 2000—2013年胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放数值及所占比例

Table 1 Carbon emissions and proportions of urban construction land east and west of the Hu Huanyong Line, 2000-2013

年份	碳排放/亿t		占比/%		年份	碳排放/亿t		占比/%	
	东侧	西侧	东侧	西侧		东侧	西侧	东侧	西侧
2000	8.62	0.64	93	7	2007	19.12	1.63	92	8
2001	9.20	0.66	93	7	2008	19.65	1.80	92	8
2002	10.04	0.71	93	7	2009	21.21	1.96	92	8
2003	11.65	0.98	92	8	2010	22.83	2.11	92	8
2004	13.49	1.22	92	8	2011	24.65	2.47	91	9
2005	15.51	1.33	92	8	2012	25.15	2.64	90	10
2006	17.32	1.53	92	8	2013	26.23	2.92	90	10



阶段绘制了胡焕庸线两侧各区域城镇建设用地年均碳排放的空间分布图,如图4所示。

从图4中可以看出,胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放数值差异明显,且存在明显的时空变化。2000—2003年,胡焕庸线西侧的城镇建设用地年均碳排放为0.75亿t,所有区域的碳排放量均较小;而胡焕庸线东侧的城镇建设用地年均碳排放为9.88亿t,其中河北省、山东省和广东省等7个省市的碳排放量均超过了0.50亿t。2004—2006年,胡焕庸线西侧的城镇建设用地年均碳排放为1.36亿t,所有区域的碳排放量均小于0.50亿t;而胡焕庸线东侧的城镇建设用地年均碳排放为15.44亿t,其中山东省、河北省、江苏省和广东省这4个省的碳排放量均超过了1亿t。2007—2009年,胡焕庸线西侧的城镇建设用地年均碳排放为1.80亿t,其中内蒙古自治区西

部区域的碳排放量超过了0.50亿t;而胡焕庸线东侧的城镇建设用地年均碳排放为19.99亿t,其中山东省的年碳排放量超过了2亿t,而河北省和江苏省的年均碳排放量也超过了1.5亿t。2010—2013年,胡焕庸线西侧的城镇建设用地年均碳排放为2.54亿t,其中内蒙古自治区西部区域和新疆维吾尔自治区的碳排放量超过了0.50亿t;而胡焕庸线东侧的城镇建设用地年均碳排放为24.72亿t,其中山东省、河北省和江苏省的年均碳排放量超过了2亿t,而广东省和辽宁省的年均碳排放量也超过了1.5亿t。虽然胡焕庸线东侧的城镇建设用地碳排放增量较高,但胡焕庸线西侧城镇建设用地碳排放在所有阶段的增幅均明显高于东侧。同时,胡焕庸线东侧城镇建设用地碳排放从第一阶段到第四阶段持续放缓,而胡焕庸线西侧的碳排放从第一阶段到第三阶段增幅

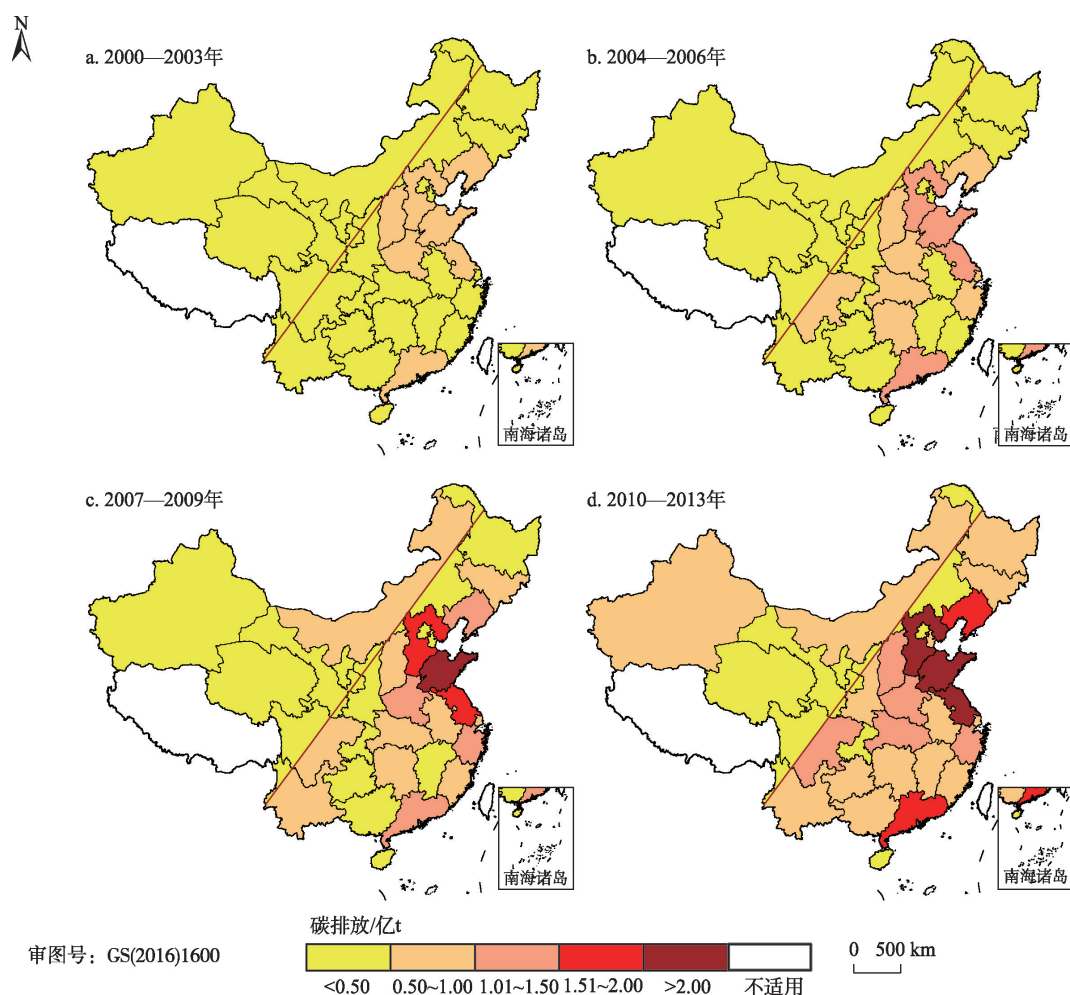


图4 2000—2013年四个阶段胡焕庸线两侧城镇建设用地年均碳排放空间分布图

Figure 4 Spatial distributions of annual carbon emissions of urban construction land east and west of the Hu Huanyong Line at four stages

2019年7月

呈下降趋势,但在第四阶段增幅有所回升。除此之外,胡焕庸线东侧城镇建设用地碳排放的区域间差异更为突出。

### 3.4 胡焕庸线两侧城镇建设用地变化和碳排放的关联性分析

为了直观地反映胡焕庸线两侧城镇建设用地面积变化和碳排放之间的关联性,本文对两者之间的关系进行了制图,如图5所示。

从图5中可以看出,胡焕庸线东西两侧城镇建设用地的碳排放量均与其面积之间呈现出非常明显的正相关关系,但两者的变化趋势不同。随着城镇建设用地的扩张,胡焕庸线东侧的城镇建设用地碳排放呈现先快速增加后放缓,而胡焕庸线西侧的碳排放则呈现持续快速增长趋势。按平均水平分析,胡焕庸线东侧的城镇建设用地每增加1 km<sup>2</sup>,年碳排放量增长1.79万t;而胡焕庸线西侧的城镇建设用地每增长1 km<sup>2</sup>,年碳排放量增长2.58万t。可见,由于经济发展水平和技术水平的提高,胡焕庸线东侧单位面积城镇建设用地扩张伴随的碳排放量明显小于胡焕庸线西侧;且该数值在胡焕庸线西侧呈增长趋势,而在胡焕庸线东侧则呈减小趋势。因此,国家在鼓励西部发展的同时,也应重视其城镇化进程中所伴随的碳排放,引导西部地区走上低碳发展的新型城镇化道路。

## 4 讨论

### 4.1 胡焕庸线两侧人口城镇化与土地城镇化状况比较

为了更全面地凸显胡焕庸线两侧城镇化的综合变化,本文对胡焕庸线两侧2000—2013年人口城镇化和土地城镇化的情况分别进行了计算和分

析。考虑到人口分布和夜间灯光强度关系密切,本文采用与碳排放数据类似的方法将人口数值分割成胡焕庸线东侧和西侧,具体数值如表2所示。

从表2中可以看出,胡焕庸线东西两侧人口城镇化和土地城镇化水平均呈现持续增长趋势,而无论是东侧还是西侧,土地城镇化的速度均明显快于人口城镇化的速度。胡焕庸线两侧的人口城镇化水平基本呈稳步增长趋势。而东西两侧的土地城镇化水平虽然增长迅速,但其增长比率则基本呈放缓趋势,体现了中国城镇建设用地扩张从粗放型向集约型的转变。胡焕庸线东侧的土地城镇化速率已逐渐与人口城镇化速率接近,相对而言,胡焕庸线西侧在研究阶段后期的土地城镇化速率总体上仍明显高于人口城镇化速率,可能需要更加重视引导西部城镇建设用地扩张向集约型转变。

### 4.2 胡焕庸线两侧人均碳排放分析

为了从人口角度进一步剖析胡焕庸线两侧城镇建设用地碳排放的差异,本文对胡焕庸线东西两侧城镇建设用地的人均碳排放进行了计算和分析(表2)。从表2中可以看出,2000—2013年胡焕庸线东侧的人均碳排放增长相对缓慢,且在2012年和2013年呈现回落趋势;而胡焕庸线西侧的人均碳排放则从2000年起就明显高于东侧,且呈现飞速增长趋势,与东侧的差距从2000年的0.45 t扩大至2013年的3.04 t。这表明从人均水平来看,胡焕庸线东侧的城镇化发展模式可能较为绿色低碳,且近年来向着更有利于生态环境的方向发展。对于胡焕庸线西侧而言,通过降低高能耗产业比重和倡导绿色健康的低碳消费生活方式等手段,可引导西部地区走向绿色低碳的新型城镇化道路。

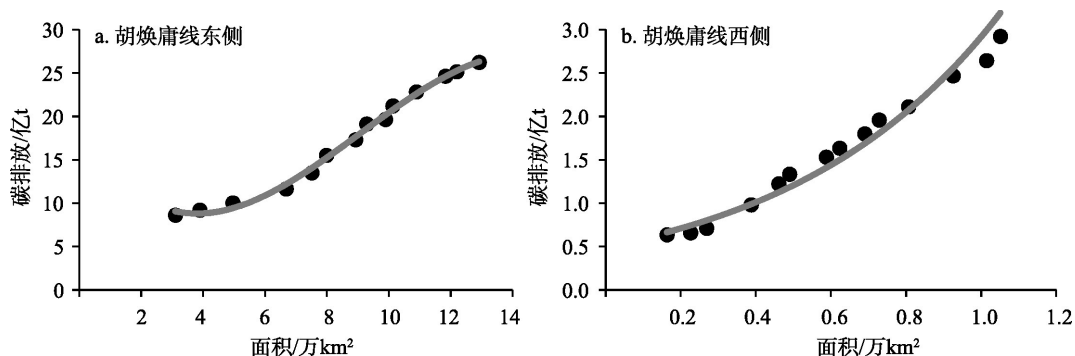


图5 胡焕庸线东西两侧城镇建设用地变化与碳排放的关系图

Figure 5 Relationship between urban construction land changes and carbon emissions east and west of the Hu Huanyong Line



表2 2000—2013年胡焕庸线两侧社会经济数据比较

Table 2 Comparisons of social and economic data on both sides of the Hu Huanyong Line, 2000-2013

指标		2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
人口城镇化率/ %	东	36.78	37.92	39.21	38.39	39.69	43.71	44.97	46.05	46.55	48.15	50.69	52.20	53.65	54.75
	西	32.82	33.47	34.36	35.51	36.73	37.67	38.81	39.78	40.96	41.30	43.59	44.82	46.01	47.02
土地城镇化率/ %	东	7.25	9.09	11.58	15.60	17.54	18.64	20.84	21.68	23.09	23.64	25.42	27.62	28.47	30.16
	西	0.31	0.42	0.50	0.72	0.86	0.92	1.10	1.16	1.29	1.36	1.51	1.73	1.90	1.96
人均碳排放/t	东	2.00	2.06	2.17	2.50	2.73	2.99	3.23	3.45	3.58	3.68	3.72	3.88	3.87	3.82
	西	2.45	2.47	2.56	3.27	3.79	4.18	4.60	4.76	5.12	5.46	5.58	6.30	6.58	6.86
地区生产总值/ 万亿元	东	9.29	10.36	11.50	13.26	15.94	18.94	22.09	26.52	31.49	34.52	41.27	49.16	54.29	59.74
	西	0.43	0.50	0.56	0.67	0.82	0.98	1.20	1.46	1.84	2.01	2.44	2.98	3.36	3.69
人均GDP/万元	东	0.79	0.87	0.96	1.11	1.32	1.58	1.83	2.18	2.57	2.80	3.32	3.93	4.32	4.73
	西	0.54	0.62	0.69	0.80	0.97	1.15	1.38	1.67	2.06	2.24	2.73	3.32	3.70	4.05
第二产业比重/ %	东	47.33	46.90	47.29	49.21	50.65	49.22	50.17	50.24	50.97	49.27	50.31	50.50	49.45	48.61
	西	42.11	42.19	42.70	44.61	47.62	44.84	47.89	49.29	51.48	48.90	51.04	52.16	51.11	49.98

#### 4.3 胡焕庸线两侧经济发展和产业结构状况分析

为了进一步探索胡焕庸线两侧碳排放差异的驱动因素,本文对胡焕庸线两侧的经济发展和产业结构状况数据进行了采集,并按照与碳排放数据和人口数据类似的方法分割成胡焕庸线东侧和西侧,最后计算得到的胡焕庸线两侧地区生产总值、人均GDP和第二产业比重数据如表2所示。从表2中可以看出,虽然胡焕庸线东侧的地区生产总值远高于胡焕庸线西侧,但两者间比值的差距呈缩小趋势,说明胡焕庸线西侧的经济规模正在快速增长之中。经济快速发展和快速城镇化的双重作用可能是胡焕庸线西侧碳排放量快速增长的重要原因。胡焕庸线两侧的人均GDP数值和地区生产总值同样呈快速增长趋势,而东西两侧的数据对比也体现出胡焕庸线东侧发达地区的生产方式相对而言可能较为集约高效。胡焕庸线东侧的第二产业比重总体变化不太明显,而胡焕庸线西侧的第二产业比重相对而言增长较为明显。第二产业比重的增高也有可能是胡焕庸线西侧碳排放量快速增长的主要原因之一。

## 5 结论与展望

本文提出了一种新的城镇建设用地提取方法,即边界阈值法,对胡焕庸线东西两侧的城镇建设用地进行了提取和分析,并对其所承载的碳排放分别进行了估算和分析,在此基础上,对胡焕庸线两侧城镇建设用地扩张和碳排放之间的关联性进行了

剖析,并结合胡焕庸线两侧的相关社会经济数据对研究结果进行了深入讨论,主要得出以下结论:

(1)边界阈值法的提取结果在形状重合度和形状相似度两方面均取得了较好的检验结果,总体上,其检验结果优于经验阈值法和邻域分析法。

(2)从本文的研究结果来看,胡焕庸线存在被打破的可能性。虽然胡焕庸线东西两侧城镇建设用地面积差异巨大,但胡焕庸线西侧的城镇建设用地扩张速度明显快于东侧,2000—2013年东西两侧城镇建设用地的面积比从95:5缩小为92:8。可见,国家在实现西部大开发、促进东西部均衡发展上取得了有效的进展。

(3)2000—2013年,胡焕庸线东侧的城镇建设用地年碳排放量从8.62亿t增加到26.23亿t,而胡焕庸线西侧的城镇建设用地年碳排放量从0.64亿t增加到2.92亿t。虽然胡焕庸线东侧的碳排放量较大,但西侧的增长幅度明显高于东侧,两者之间年碳排放量比值从93:7缩小为90:10。按平均水平分析,胡焕庸线东侧的城镇建设用地每增加1 km<sup>2</sup>,年碳排放量增长1.79万t;而胡焕庸线西侧的城镇建设用地每增长1 km<sup>2</sup>,年碳排放量增长2.58万t。进一步的数据分析表明,经济和城镇化的快速发展、第二产业比重的增加以及高碳生活方式,可能是胡焕庸线西侧碳排放量快速增长的重要原因。

本文的研究数据表明,国家在碳排放控制工作中,除要继续重视碳排放量较大的东部地区外,也不能忽略西部地区的碳排放问题。在今后西部地

2019年7月

区的开发过程中,可考虑通过以下方式引导其走上集约低碳的新型城镇化道路:①进一步加强引导西部城镇建设用地扩张从粗放型向集约型转变;②优化西部地区产业结构,降低高能耗工业比重,鼓励高科技产业和第三产业的发展;③通过宣传,提高西部城镇居民的低碳环保意识,鼓励居民多使用公共交通工具、进行垃圾分类和保护城市生态环境。

由于数据等方面的限制,本文的研究仍存在一些不足之处,比如:由于夜间灯光数据自身存在的一些局限性,可能会使得城镇建设用地提取结果的精度受到一定的影响;西电东输工程等可能导致隐含碳的发生,从而可能使得东部地区的部分能源消费碳排放被转嫁到西部地区,导致西部地区碳排放的估算值高于其实际产生值,而由于缺少相关数据,本文无法对此进行深入探究;由于缺少能源消费数据,本文未对西藏自治区和港澳台地区进行研究。在今后的研究中,可以针对这些不足进行完善。此外,还可从更多角度进一步研究胡焕庸线东西两侧的差异性,并对其影响因素进行剖析,为国家实现东西部均衡发展 and 新型城镇化提供参考。

## 参考文献(References):

- [1] Li J B, Huang X J, Kwan M P, et al. The effect of urbanization on carbon dioxide emissions efficiency in the Yangtze River Delta, China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 188: 38–48.
- [2] He Z X, Xu S C, Shen W X, et al. Impact of urbanization on energy related CO<sub>2</sub> emission at different development levels: Regional difference in China based on panel estimation[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 140: 1719–1730.
- [3] 刘清春, 张莹莹, 肖燕, 等. 济南市主城区私家车日常出行碳排放特征及影响因素[J]. *资源科学*, 2018, 40(2): 262–272. [Liu Q C, Zhang Y Y, Xiao Y, et al. Characteristics and determinants of carbon emissions from daily private cars travel in central area of Jinan[J]. *Resources Science*, 2018, 40(2): 262–272.]
- [4] Yang D, Feng L. Examining the effects of urbanization and industrialization on carbon dioxide emission: Evidence from China's provincial regions[J]. *Energy*, 2017, 125: 533–542.
- [5] 李宇, 王喆, 王菲, 等. 城市碳排放的评估方法: 影响要素和过程研究[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(9): 1637–1648. [Li Y, Wang Z, Wang F, et al. A review of assessment methods, influencing factors and process on urban carbon emissions[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(9): 1637–1648.]
- [6] Xian C F, Ouyang Z Y, Lu F, et al. Quantitative evaluation of reactive nitrogen emissions with urbanization: A case study in Beijing megacity, China[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, 23(17): 17689–17701.
- [7] 张丽君, 秦耀辰, 张金萍, 等. 城市碳基能源代谢分析框架及核算体系[J]. *地理学报*, 2013, 68(8): 1048–1058. [Zhang L J, Qin Y C, Zhang J P, et al. An analytical framework and indicator system of urban carbon-based energy metabolism[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1048–1058.]
- [8] Wang W, Zhang X L, Wu Y Z, et al. Development priority zoning in China and its impact on urban growth management strategy[J]. *Cities*, 2017, 62: 1–9.
- [9] Zhu X Q, Gao W J, Zhou N, et al. The inhabited environment, infrastructure development and advanced urbanization in China's Yangtze River Delta Region[J]. *Environmental Research Letters*, 2016, doi: 10. 1088/1748-9326/11/12/124020.
- [10] Zhang M, Huang X J, Chuai X W, et al. Impact of land use type conversion on carbon storage in terrestrial ecosystem of China: A spatial-temporal perspective[J]. *Scientific Reports*, 2015, doi: 10. 1038/srep10233.
- [11] 张锦宗, 梁进社, 朱瑜馨, 等. 土地资源和GDP对中国人口分布的影响机理分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(7): 1006–1013. [Zhang J Z, Liang J S, Zhu Y X, et al. Land and GDP's function on population distribution in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(7): 1006–1013.]
- [12] 陈明星, 李扬, 龚颖华, 等. 胡焕庸线两侧的人口分布与城镇化格局趋势: 尝试回答李克强总理之问[J]. *地理学报*, 2016, 71(2): 179–193. [Chen M X, Li Y, Gong Y H, et al. The population distribution and trend of urbanization pattern on two sides of Hu Huanyong Population Line: A tentative response to Premier Li Keqiang[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(2): 179–193.]
- [13] 李佳洺, 陆大道, 徐成东, 等. 胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 148–160. [Li J M, Lu D D, Xu C D, et al. Spatial heterogeneity and its changes of population on the two sides of Hu Line[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 148–160.]
- [14] 王开泳, 邓羽. 新型城镇化能否突破“胡焕庸线”: 兼论“胡焕庸线”的地理学内涵[J]. *地理研究*, 2016, 35(5): 825–835. [Wang K Y, Deng Y. Can new urbanization break through the Hu Huanyong Line? Further discussion on the geographical connotations of the Hu Huanyong Line[J]. *Geographical Research*, 2016, 35(5): 825–835.]
- [15] Hu Z C, Wang Y L, Liu Y S, et al. Spatio-temporal patterns of urban-rural development and transformation in east of the “Hu Huanyong Line”, China[J]. *International Journal of Geo-Information*, 2016, doi: 10. 3390/ijgi5030024.
- [16] Chen M X, Gong Y H, Li Y, et al. Population distribution and urbanization on both sides of the Hu Huanyong Line: Answering the Premier's question[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2016, 26(11): 1593–1610.
- [17] 侯静惟, 施润和, 潘冠杰, 等. 胡焕庸线两侧过渡带的城镇扩张时空特征分析研究[J]. *影像技术*, 2016, 28(2): 48–52. [Hou J W,

- Shi R H, Pan G J, et al. Spatial and temporal analysis of urban extent based on the transition band of Heihe-Tengchong Line[J]. *Image Technology*, 2016, 28(2): 48-52.]
- [18] Feng L, Du P J, Zhu L J, et al. Investigating sprawl along china's urban fringe from a spatio-temporal perspective[J]. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 2016, 9: 233-250.
- [19] Han J, Meng X, Zhou X, et al. A long-term analysis of urbanization process, landscape change, and carbon sources and sinks: A case study in China's Yangtze River Delta region[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141: 1040-1050.
- [20] Tian L, Ge B Q, Li Y F. Impacts of state-led and bottom-up urbanization on land use change in the peri-urban areas of Shanghai: Planned growth or uncontrolled sprawl?[J]. *Cities*, 2017, 60: 476-486.
- [21] Jiang G H, Ma W Q, Wang D Q, et al. Identifying the internal structure evolution of urban built-up land sprawl (UBLS) from a composite structure perspective: A case study of the Beijing metropolitan area, China[J]. *Land Use Policy*, 2017, 62: 258-267.
- [22] Yildiz S, Doker M F. Monitoring urban growth by using segmentation-classification of multispectral Landsat images in Izmit, Turkey[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2016, doi: 10.1007/s10661-016-5392-2.
- [23] Tripathy B R, Tiwari V, Pandey V, et al. Estimation of urban population dynamics using DMSP-OLS night-time lights time series sensors data[J]. *IEEE Sensors Journal*, 2017, 17(4): 1013-1020.
- [24] 张梅. 中国城镇建设用地扩张及其碳效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2018. [Zhang M. Study on the Expansion of Urban Construction Land and Its Carbon Effects in China[D]. Nanjing: Nanjing University, 2018.]
- [25] 苏泳娴. 基于DMSP/OLS夜间灯光数据的中国能源消费碳排放研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2015. [Su Y X. Study on the Carbon Emissions from Energy Consumption in China Using DMSP/OLS Night Light Imageries[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2015.]
- [26] 舒松, 余柏菡, 吴健平, 等. 基于夜间灯光数据的城市建成区提取方法评价与应用[J]. *遥感技术与应用*, 2011, 26(2): 169-176. [Shu S, Yu B L, Wu J P, et al. Methods for deriving urban built-up area using night-light data: Assessment and application[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2011, 26(2): 169-176.]
- [27] 凌赛广, 焦伟利, 龙腾飞, 等. 2000-2014年武汉市城市扩展时空特征分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(7): 1034-1042. [Ling S G, Jiao W L, Long T F, et al. Analysis of spatial and temporal characteristics of urban expansion about Wuhan City in the year of 2000-2014[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(7): 1034-1042.]
- [28] 樊勇, 朱曦, 张圣笛, 等. 基于多源遥感数据的淮河流域城镇扩张研究[J]. *农业机械学报*, 2016, 47(11): 252-261. [Fan Y, Zhu X, Zhang S D, et al. Urban expansion of Huaihe River Basin based on multi-source remote sensing data[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016, 47(11): 252-261.]
- [29] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2014. [Energy Statistics Department of the National Bureau of Statistics of China. *China Energy Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2001-2014.]
- [30] 赖力, 黄贤金. 中国土地利用的碳排放效应研究[M]. 南京: 南京大学出版社, 2011. [Lai L, Huang X J. *Carbon Emission Effect of Land Use in China*[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2011.]
- [31] 揣小伟. 沿海地区土地利用变化的碳效应及土地调控研究: 以江苏沿海为例[D]. 南京: 南京大学, 2013. [Chuai X W. *Carbon Effect Caused by Land Use Changes and Its Land Use Control in Coastal Regions: The Case Study of Coastal Region in Jiangsu Province*[D]. Nanjing: Nanjing University, 2013.]
- [32] 周五七. 中国工业能源碳排放面板数据估算: 1998-2010年[J]. *西部论坛*, 2012, 22(3): 68-77. [Zhou W Q. Panel data estimation of China's industrial energy carbon emissions during 1998-2010 [J]. *West Forum*, 2012, 22(3): 68-77.]
- [33] 文继群. 基于碳氧平衡的土地利用多情景模拟研究: 以江苏省苏州市为例[D]. 南京: 南京大学, 2012. [Wen J Q. *Simulation of Land Use Scenarios Based on Carbon and Oxygen Balance: A Case Study of Suzhou City, Jiangsu Province*[D]. Nanjing: Nanjing University, 2012.]
- [34] 赵荣钦. 城市生态系统碳循环及土地调控机制研究: 以南京市为例[D]. 南京: 南京大学, 2011. [Zhao R Q. *Carbon Cycle of Urban Eco-Economic System and Its Regulation through Land Use Control: A Case Study of Nanjing City*[D]. Nanjing: Nanjing University, 2011.]
- [35] Liu Z F, He C Y, Zhang Q F, et al. Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 106 (1): 62-72.
- [36] 国家统计局工业统计司. 中国工业经济统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2012. [Industrial Statistics Department of the National Bureau of Statistics of China. *China Industry Economy Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2001-2012.]
- [37] 国家统计局工业统计司. 中国工业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013-2014. [Industrial Statistics Department of the National Bureau of Statistics of China. *China Industry Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2013-2014.]
- [38] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2014. [National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2001-2014.]
- [39] Milesi C, Elvidge C D, Nemani R R, et al. Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the south-eastern United States[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86 (3): 401-410.
- [40] Wang Y, Li G D. Mapping urban CO<sub>2</sub> emissions using DMSP/OLS "city lights" satellite data in China[J]. *Environment and Planning A*, 2017, 49(2): 248-251.



# Urban construction lands and their carbon emission differences east and west of the Hu Huanyong Line

ZHANG Mei<sup>1,2</sup>, HUANG Xianjin<sup>1,2</sup>, CHUAI Xiaowei<sup>1</sup>, ZHU Zhenyu<sup>2</sup>, WANG Yu<sup>2</sup>

(1. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

2. School of Urban and Civil Engineering Sciences, Jinling College of Nanjing University, Nanjing 210089, China)

**Abstract:** The utilization and expansion of urban construction lands produce a large amount of carbon emissions. Revealing the differences of carbon emissions of urban construction lands on the east and west of the Hu Huanyong Line and finding the driving factors can provide important references for the coordinated development of East and West China, carbon emission reduction, and new urbanization. However, there is a lack of comparative research on the changes of urban construction land and carbon emissions in these two regions. With the help of night light remote sensing data and GIS technology, a new method of extracting urban construction land was proposed, and the urban construction lands east and west of the Hu Huanyong Line were extracted and analyzed. The carbon emissions from the urban construction lands were estimated and analyzed through applying the carbon emission estimation methods of relevant literature. Based on these results, the correlations between urban construction lands and carbon emissions were analyzed. Combining with socioeconomic data, the results were discussed in depth. This work indicates that: (1) The results of the boundary-threshold method were better than that of the empirical threshold method and the neighborhood analysis method. (2) The Hu Huanyong Line has the possibility to be broken. From 2000 to 2013, the ratio of the areas of urban construction lands between the east and the west lowered from 95:5 to 92:8. (3) The rapid development of the western regions is at the cost of high carbon emissions. The ratio of annual carbon emissions between the east and the west lowered from 93:7 to 90:10. (4) According to the average level, when the urban construction land in the east and west increased by 1 km<sup>2</sup>, annual carbon emissions of urban construction land increased by 17.94 thousand tons and 25.75 thousand tons, respectively. While continuing to pay attention to the eastern regions with a large amount of carbon emissions, China should also pay attention to the exacerbating problem of high carbon emissions in the western regions. Methods such as promoting intensive use of urban construction land, optimizing industrial structure, and advocating a green and low-carbon lifestyle can be taken to help the western regions to embark on a new road of intensive and low-carbon urbanization.

**Key words:** Hu Huanyong Line; urban construction land; carbon emission; spatiotemporal difference; boundary-threshold method; night light remote sensing data