

基于土地利用结构变化的芜湖市碳排放 及其影响因素研究

郑欣, 程久苗, 郑硕

(安徽师范大学, 安徽 芜湖 241000)

摘要:碳排放与土地利用密切相关,土地利用可以造成直接碳排放和间接碳排放。为了分析土地利用结构变化的碳排放效应,该文计算得出芜湖市 2000—2010 年主要土地利用方式的碳排放总量,并利用回归函数进行 STIRPAT 模型拟合,进一步研究了影响碳排放量的主要因素,最后提出低碳的土地利用对策。结果表明:(1) 2000—2010 年期间,芜湖市碳排放量呈现快速增长的趋势,年均增长率达到 15.17%。其中,建设用地和林地分别为主要的碳源和碳汇。(2) 碳排放量与人口、经济增长关系的相关性显著,其中人口对碳排放的解释作用最大,人口每增加 1%,碳排放量相应的增加 8.726%。

关键词:土地利用结构;碳排放;STIRPAT 模型;芜湖市

中图分类号:X22;F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)03-0259-04

Research on Carbon Emissions and Influence Factors in Wuhu City Based on the Change of Land Use Structure

ZHENG Xin, CHENG Jiu-miao, ZHENG Shuo

(Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China)

Abstract: Land use is closely related to carbon emissions, which can cause direct and indirect carbon emissions. In order to analyze the effects of land use structure on carbon emission, in this study, we calculated the overall carbon emissions of Wuhu City from 2000 to 2010, which was influenced by different land use patterns. Furthermore, liner regression function was used for STIRPAT model fitting based on calculated results, and the influence factors of carbon emissions were further discussed. Finally, some suggestions were put forward to reduce carbon emissions in land use. The results indicated that: (1) the total carbon emissions increased gradually with an average growth rate of 15.17% per annum over the years 2000—2010. The construction land and forest land were the main carbon sources and sink, respectively; (2) the model fitting for the carbon emissions versus population and economic growth was remarkably related. The population was the major cause of carbon emissions, the carbon emissions would correspondingly increase by 8.726% with every 1% of population growth.

Key words: land use structure; carbon emission; STIRPAT model; Wuhu City

低碳经济是近年来为应对气候变化而提出的一种全新的经济发展模式,受到了各国学术界和政府的普遍关注^[1]。低碳研究主要集中于低碳经济发展模式^[2]、低碳产业布局^[3]、低碳城市模式^[4]。随着研究的深入,人们逐渐认识到,土地利用变化是造成全球变化的重要原因^[5],各种非持续土地利用活动(砍伐森林、开垦草地、改造沼泽)导致了大量温室气体排

放^[6]。据世界资源组织的碳排放计算器和碳循环研究学者的估算:1850—1998 年间的全球碳排放中,土地利用变化引起的碳排放是分类活动影响碳排放总量的 1/3;而 1950—2005 年中国土地利用变化累计碳排放为 10.6 Pg,占中国全部人为碳源排放量的 30%。因此,研究土地利用变化对低碳经济具有重要意义。土地利用变化可以造成直接和间接的碳排

收稿日期:2011-11-09

修回日期:2011-12-05

资助项目:中部地区城市带发展土地保障与监管技术系统开发与示范(201111010)

作者简介:郑欣(1985—),女,安徽省淮南市人,硕士研究生,研究方向:土地利用规划与管理。E-mail:zhengxin0721@126.com

通信作者:程久苗(1964—),男,安徽省安庆市人,教授,硕士生导师,主要研究方向为:土地利用规划与管理。E-mail:jmcheng@mail.edu.cn

放^[7],其中直接碳排放主要是指由土地利用/覆被类型转变而导致的生态系统类型更替造成的碳排放,以及土地经营管理方式转变或生态系统碳汇所驱动的碳排放;间接碳排放主要是各土地利用类型上所承载的全部人为碳排放。《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》研究中认为:间接碳排放占总碳排放的 80%左右。目前,国内外学者对土地利用与碳排放的研究主要集中于直接碳排放^[5,8]。本文以芜湖市为例,通过对土地利用间接碳排放的测算,分析土地利用结构与碳排放的关系,提出低碳的土地利用对策,以期政府部门节能减排工作提供参考。

1 研究区概况

芜湖市位于安徽省东南部,长江下游南岸,自古为“长江局埠、皖之中坚”,素有“皖南门户”之称,地理位置优越。芜湖市属亚热带湿润季风气候,温度适宜,光照充足,雨量充沛,四季分明,河网稠密,水系完整。现辖三县(芜湖县、繁昌县、南陵县)、四区(镜湖区、弋江区、鸠江区、三山区)。2010 年土地总面积 336 255.42 hm²,人口 229.50 万人。

2010 年,市域地区生产总值 1 108.6 亿元,总量位居安徽省第二位,增幅居第一位。三产结构为 4.4:65.2:30.4,城市居民人均年可支配收入 18 600 元,农民人均年纯收入 7 410 元。2010 年,芜湖市土地总面积 336 255.42 hm²,农用地 246 691.08 hm²。其中耕地 126 862.42 hm²,林地 72 248.45 hm²。建设用地 66 788.81 hm²,其中城镇村及工矿用地 57 279.36 hm²,

交通水利设施用地 9 509.45 hm²。其他土地面积 22 775.53 hm²。作为皖江城市带承接产业转移示范区的核心城市,芜湖市正处于经济快速发展的重要时期,工业化、城市化进程加速。因此分析该地区不同土地利用方式的碳排放具有一定的典型意义。

2 碳排放计算

2.1 研究方法

本文主要研究由人类活动引起的碳排放,受实验数据的限制,主要讨论耕地碳排放、建设用地碳排放以及林地和草地为主的碳吸收。耕地利用的碳排放考虑农业生产的 CH₄ 排放和 CO₂ 的吸收,其差值即为耕地的碳排放系数。建设用地的碳排放通过其利用过程中能源消耗的碳排放系数间接估算,包括生产和生活的碳排放量,各种能源碳排放系数参照 IPCC2006^[9] 缺省值。由于 IPCC 给定值单位为 (t/TJ),因此首先要将能源消耗量折算成标准煤,具体转换系数为 1.0 万 t 标准煤等于 2.93×10¹¹ J^[10],转换后各种能源的碳排放系数见表 1。林地和草地的碳吸收系数使用谢鸿宇^[11] 的计算结果。碳排放估算公式本文参照李颖^[12] 的研究结果:

$$E = \sum e_i = \sum A_i \cdot C_i \quad (1)$$

式中: E ——碳排放总量; e_i ——研究区第 i 种土地利用类型产生的碳排放量; A_i ——第 i 种土地利用类型对应的土地面积; C_i ——第 i 种土地利用类型的碳排放(吸收)系数。根据有关经验数据,总结各土地利用方式的碳排放系数表(负值为碳吸收系数)。

表 1 各类碳源(汇)碳排放(吸收)系数

碳源	碳排放系数/ (t·t ⁻¹)	碳源	碳排放系数/ (t·t ⁻¹)	碳汇	碳排放系数/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
原煤	0.7559	燃料油	0.6185	林地碳汇	-3.8095
洗精煤	0.7559	其他石油制品	0.5857	农作物碳汇	0.0422
焦炭	0.8550	液化石油气	0.5042	草地碳汇	-0.9483
其他焦化产品	0.6449	天然气	0.448		
原油	0.5857	焦炉煤气	0.3548		
汽油	0.5538	炼厂干气	0.4602		
煤油	0.5714	其他煤气	0.3548		
柴油	0.5921				

2.2 数据来源

土地利用数据采用 2000—2010 年芜湖市土地利用变更调查数据,能源消耗数据参照 2001—2011 年《芜湖市统计年鉴》。

2.3 结果分析

2.3.1 碳排放总量 从表 2 可以看出,芜湖市 2000—2010 年,碳排放总量呈现快速增长的趋势,

2010 年碳排放总量是 2000 年的 4.10 倍,碳排放总量年均增长率达到 15.17%,其中建设用地碳排放量年均增长率为 13.74%。尤其是 2009 年和 2010 年两年间,在芜湖市加快发展的背景下,城市化加速,碳排放的增速加快。仅 2009 年全市碳排放总量增加了 103.92 万 t,是 2000 年全年碳排放量的 77.68%。

表 2 2000—2010 年芜湖市主要土地利用方式的碳排放量 10^4 t

年份	耕地	林地	草地	建设用地	总碳排放量
2000	0.6339	-24.5687	-0.0184	157.7400	133.7830
2001	0.6339	-24.5410	-0.0184	175.8000	151.8755
2002	0.6267	-25.0734	-0.0189	198.5000	174.0385
2003	0.6018	-27.5212	-0.0189	243.1300	216.1968
2004	0.5981	-27.6788	-0.0189	317.7500	253.8562
2005	0.5976	-27.6378	-0.0189	322.8600	295.4263
2006	0.5966	-27.5523	-0.0189	340.7600	313.7866
2007	0.5968	-27.5704	-0.0189	409.0400	382.0555
2008	0.5951	-27.5561	-0.0189	422.0100	395.0230
2009	0.5387	-27.9166	-0.0189	526.3400	498.9415
2010	0.5354	-27.5230	-0.0189	571.4800	549.0485

2.3.2 碳源/碳汇 作为碳源的建设用地面积在不断增加,由此产生的碳排放量年均增速达到 13.74%。“十五”期间,建设用地面积年均增长 1.94%,碳排放量年均增加 16.41%;“十一五”期间,年均增长 9.20%,建设用地碳排放量年均增加 13.80%。“十一五”期间,建设用地相比“十五”期间增速加快,但碳排放量增速减慢,主要是由于政府将可持续发展列为“十一五”期间的发展目标,能源利用效率提升,碳排放量增速减缓。耕地碳排放量少量下降,主要是由于耕地面积的减少造成的。

从表 1 可以看出,碳排放总量与建设用地碳排放量基本吻合,而林地和草地的碳汇作用并不明显。相比碳源排放量的增加速度,碳汇能力递增速率平缓,基本维持在同一水平。林地作为主要的碳汇,2000—2003 年林地碳汇能力略有增加,2003 年后基本维持在相同水平。草地碳汇量基本保持不变。因此,仅仅依靠保持碳汇能力远不能抵消快速增长的建设用地碳排放的影响。

2.3.3 地均碳排放强度/地均建设用地碳排放强度

目前碳排放强度研究基本上是从单位 GDP 角度出发,区域单位面积碳排放量的研究较少^[13]。本文是基于土地利用方式的碳排放研究,参照前人的研究经验,引入地均碳排放强度这一概念。从图 1 可以看出,地均碳排放强度平稳增长,2010 年地均碳排放强度为 2.06 t/hm^2 ,较 2000 年增加了 1.54 t/hm^2 。地均建设用地碳排放强度呈现波动上升的趋势,利用 Excel 对其进行拟合,拟合结果见图 1。2000—2010 年是芜湖市经济快速发展的时期,地均碳排放强度、地均建设用地碳排放强度与经济发展水平呈正相关。

2.3.4 碳排放强度 单位 GDP 碳排放量反映了一个地区经济发展对碳排放的贡献程度,可以反映碳排放强度^[13],其值越大则能耗越大,碳排放效益越差。

从图 2 可以看出,随着人均 GDP 增长,碳排放强度呈现先增加后减少的趋势。2000—2003 年,单位 GDP 碳排放强度逐年上升,2003 年达到最大值 0.0756 t/万元 。2003 年以后,单位 GDP 碳排放强度出现浮动,但总体上呈下降趋势。2010 年碳排放强度为 0.0495 t/万元 ,与 2003 年相比降低了 52.73%。利用 Excel 对单位 GDP 碳排放强度与人均 GDP 进行方程拟合,如图 2 所示。曲线呈倒 U 型,在 $(1.2786, 0.0759)$ 处出现拐点。从计算结果可以看出,芜湖市 11 a 间碳排放强度走势良好,利用效率在逐年提高。

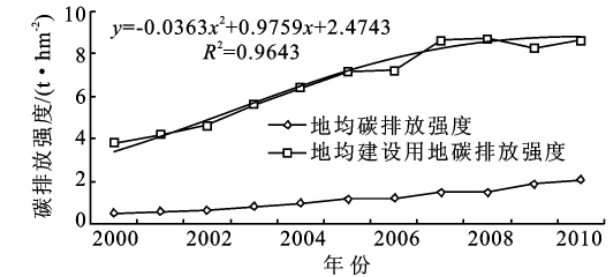


图 1 芜湖市 2000—2010 年地均碳排放强度

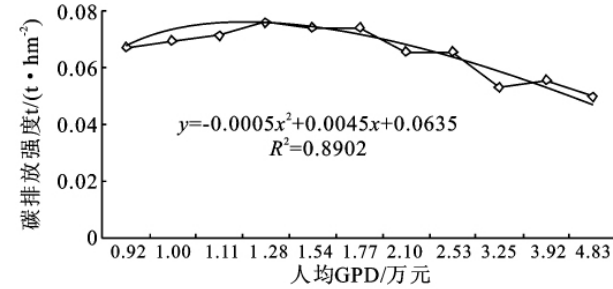


图 2 2000—2010 年芜湖市碳排放强度与人均 GDP 关系曲线

3 碳排放影响因素研究

3.1 STIRPAT 模型

York^[14]等将 IPAT 方程转变成一种随机模型,即 STIRPAT (stochastic impacts by regression on population, affluence, and technology) 模型,通过对技术项的分解,实现了对各种类型人文驱动因素与环境影响之间的分析。该模型形式如下:

$$I = \alpha P^\beta A^\gamma T^\delta e \tag{2}$$

式中: I ——环境影响; P ——人口; A ——富裕程度; T ——技术; α ——模型系数; β, γ, δ —— P, A 和 T 的人文驱动的指数; e ——残差项。由于目前对技术缺乏统一的测量指标,实际应用中一般将之归于残差项,而不是单独估算。同时,由于式(2)是一个多自变量的非线性模型,为测试驱动因素对环境的影响,通常将式(2)转化为对数形式^[7]:

$$\ln I = \alpha + \beta \ln P + \gamma \ln A + \delta \ln T + \ln e \tag{3}$$

以 $\ln I$ 作为因变量, $\ln P, \ln A, \ln T$ 作为自变量,

$\ln a$ 作为常数项, $\ln e$ 作为误差项, 对经过处理的模型进行多元线性拟合^[15]。在计算中一般将技术和残差项合并, 用来表示除人口、富裕程度以外的其他因素。应用到具体问题的研究中, 可根据需要增加其他因素, 分析其对环境的影响^[7]。

3.2 模型构建

本文采用 STIRPAT 模型, 将碳排放量作为环境影响的表征, 将人口、人均 GDP 作为驱动因素。计算公式同式(3), 其中 I 为碳排放量; P 为人口; A 为人均 GDP; T 归为残差项; α 为常数项; β, γ 为碳排放对人口、人均 GDP 的弹性系数。

3.3 结果分析

利用 SPSS 13.0 软件的 liner 回归分析对模型进行拟合, 具体拟合结果如表 3 所示。从表 3 可知, 自变量的 t 检验结果说明因变量和自变量之间的线性相关关系显著, 回归方程有意义。其中, 方差分析的 F 值为 301.020、 P 值为 0.000, 均能说明回归方程通过了显著性检验。

从回归分析结果中可知, 人口对碳排放的解释作用最大, 人口每增加 1%, 则碳排放量相应的增加 8.726%。 R^2 值为 0.993, 说明人口和人均 GDP 指标能解释芜湖市能源利用碳排放影响的 99.3%, 而且系数都在 0.05 水平上显著。

表 3 回归分析拟合结果

变量	回归系数	标准误差	t 值	P 值
$\ln a$	-1843.736	466.861	-3.949	0.004
$\ln P$	8.726	2.122	4.112	0.003
$\ln A$	0.008	0.001	11.122	0.000

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 从碳排放总量上看, 芜湖市不同土地利用方式碳排放量从 2000 年的 133.78 万 t 上升到 2010 年的 549.04 万 t, 呈现较快的增长趋势。人口增加和城市化进程的加快是其主要的驱动因素。

(2) 建设用地和林地为主要的碳源和碳汇。11 a 间, 建设用地碳排放总量年均增长率达到 14.02%。林地的面积缓慢增长, 其碳吸收总量年均增长率约为 1.18%。这反映出芜湖市在发展经济的同时没有忽视碳汇能力的保护。但是, 仅仅依靠增加林地和草地面积从而增强碳汇能力远不能达到低碳利用的效果, 建设用地中的能源消耗仍然是主要的碳源。

(3) 2000—2010 年, 地均建设用地碳排放强度呈现缓慢增长的趋势, 但地均建设用地碳排放强度则呈现波动上升的态势。两者与经济发展水平呈正相关。

工业化、城市化的快速发展所产生的建设用地扩张, 在促进 GDP 增长的同时, 也给环境带来了巨大的压力, 碳减排压力艰巨, 任重道远。

(4) 单位 GDP 碳排放强度从 2003 年开始逐年下降, 说明芜湖市节能减排已经取得一定成效, 但是减排压力仍然存在。

(5) STIRPAT 分析中得出碳排放总量与人口、人均 GDP 呈现显著的线性回归关系, 且人口对碳排放总量的解释作用最大。

4.2 建议

《皖江城市带承接产业转移示范区规划》的批复, 给芜湖市带来了巨大的发展机遇。在经济快速发展的同时, 必然会增加能源消耗, 从而增加碳的排放量。因此必须要构建低碳排放的土地利用体系, 从根本上做到碳的节能减排。

(1) 减少碳源。建设用地作为主要的碳源, 是控制碳排放、实现碳减排的重点。发展规模适度的建设用地, 避免低水平重复建设, 坚持规划引导, 避免土地浪费。促进土地节约集约利用, 盘活存量土地, 降低城镇土地闲置率。同时减少单位面积的能源投入, 提高投入效率, 从根本上降低碳排放。

(2) 增加碳汇。在确保一定质量的耕地面积前提下, 将围湖造田、毁林造田等新增耕地适当退林还水, 或者进行耕地休耕以增加森林覆盖率和林业碳汇, 用以补偿高碳土地利用方式的碳排放。发展生态用地, 改善农耕方式增加土壤碳汇。结合区域自然环境特点, 对土地进行综合整理和治理, 在提高作物产量的同时最大程度发挥土地的生态功能。

(3) 改良能源利用结构。进一步调整能源结构, 减少单位建设用地碳排放强度。加大清洁能源的使用如天然气、核能、风能、太阳能、水能等等, 减少高碳能源如煤炭和石油的使用量。培育生物燃料, 降低化石能源的比重。

(4) 合理布局。在进行土地利用规划和城市规划时, 应尽量做到合理化布局。以节地、节能和优化布局为理念的紧凑型城市更适应经济高速发展下的低碳土地利用模式。

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.
- [2] Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

(下转第 268 页)

城市化发展的较为重要的影响因素。固定资产投资作为反映城镇建设水平的一项重要指标,与直接影响城市化量的指标相比,其与城市化率的相关性固然稍弱,但通过逐项逐步回归发现,其与城市化水平密切相关,相当程度地反应了四平地区城市化发展已由追求量的增长向强调质的提高转变。乡镇企业经济的发展和吸纳就业能力,对于四平地区城市化推进所起的作用虽偏小,但其作为农村城镇化发展的动力因素已开始发挥作用,并随着人口城市化的推进日益明显。

(3)农业产值与就业比重和工业就业比重为四平市城市发展的微动力因素,但其发展不可忽视。在回归分析中,第一产业产值与就业比重和工业就业比未进入模型,但以农业为本的四平地区第一产业产值变化对城市化发展的影响程度微弱,但其对城市化发展具有一定的支撑作用,而第二产业对解决人口就业的作用较大,因此它们对城市化的贡献率不可忽视。

3 结论

四平市城市化发展现状表现为:近 15 a 来四平市人口城市化水平呈波动形式发展,经历稳步上升后略微降低,但总体值偏低;工业化率一直呈现上升趋势,已呈现超过人口城市化发展水平的势头;而综合城市化水平较其他处于均衡上升,但发展速度较缓。

城市化动力机制是一个复杂的动力系统,不同时期,不同发展阶段,影响城市化发展动力因素是不同

的。经数学模型定量分析,四平市城市化发展近 13 a 来,第三产业的快速发展所引起的三产结构变化、地区经济发展水平的提高及社会发展的进一步改善,成为推动四平地区城市化发展的主动力因素;三产就业结构、工业化率、人口城市化水平、城镇建设、经济外向度和乡镇企业发展为其发展的次动力因素;近十三年来,农业产值与就业比重和工业就业比重为四平市城市发展的微动力因素,但其发展不可忽视。

该结论对四平市城市化发展具有重要的现实意义,并为作者下一步研究四平市城市化发展与区域经济如何协调的问题具有较好的指导意义。

参考文献:

- [1] 霍利斯·钱纳里,莫尔塞斯·赛尔昆.发展的格局 1950—1970[M]. 李小青,译. 北京:中国财政经济出版社,1989:22-33.
- [2] 张冬霞. 城市化动力及其机制研究:以广州市为例[D]. 广州:暨南大学,2006.
- [3] 阎小培. 中国乡村—城市转型与协调发展[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [4] 陈扬乐. 中国农村城市化动力机制探讨:兼论中西部加速农村城市化的战略选择[J]. 城市问题,2000(3):2-5.
- [5] 饶会林,陈福军. 城市经营浅谈[J]. 城市问题,2002,2(1):2-6.
- [6] 刘耀彬,李仁东. 转型时期中国城市化水平变动及动力分析[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(1):8-12.
- [7] Schipper L, Murtishaw S, Khrushch M, et al. Carbone missions from manufacturing energy use in 13 IEA countries: long-term trends through 1995[J]. Energy Policy, 2001,29(9):667-688.
- [8] 姚章杰,张凤娥,李晓西,等. 基于低碳的上海松江新城北部片区空间发展潜力评价[J]. 复旦学报:自然科学版,2010,49(3):349-354.
- [9] 摆万奇,赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述[J]. 自然资源学报,1997,12(2):169-175.
- [10] 杨庆媛. 土地利用变化与碳循环[J]. 中国土地科学,2010,24(10):7-12.
- [11] 杜官印. 建设用地对碳排放的影响关系研究[J]. 中国土地科学,2010,24(10):32-36.
- [12] 葛全胜,戴君虎,何凡能,等. 过去 300 年中国土地利用、土地覆被变化与碳循环研究[J]. 中国科学 D 辑:地球科学,2008,38(2):197-210.
- [13] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory,2006.
- [14] 赵敏,张卫国,俞立中. 上海市能源消费碳排放分析[J]. 环境科学研究,2009,22(8):984-989.
- [15] 谢鸿宇,陈贤生,林凯荣,等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J]. 生态学报,2008,28(4):1729-1735.
- [16] 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(2):102-107.
- [17] 张秀梅,李升峰,黄贤金,等. 江苏省 1996 年至 2007 年碳排放效应及时空格局分析[J]. 资源科学,2010,32(4):768-775.
- [18] York R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and IMPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts[J]. Ecological Economics,2003,46(3):351-365.
- [19] 郭运功,汪冬冬,林逢春. 上海市能源利用碳排放足迹研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(2):103-108.