

陈怡君,刘小波,于晓凤,等. 基于库兹涅茨曲线的建设用地扩张与碳排放相关性研究——以重庆市城市发展新城区为例[J]. 江苏农业科学, 2017,45(9):248-252.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.067

基于库兹涅茨曲线的建设用地扩张 与碳排放相关性研究 ——以重庆市城市发展新城区为例

陈怡君¹, 刘小波², 于晓凤¹, 周宝同¹

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 内江师范学院, 四川内江 641000)

摘要:通过收集和处理 1998—2013 年重庆市城市发展新城区的土地利用变更数据和能源消耗数据,进行重庆市城市发展新城区 16 年间建设用地扩张与碳排放相关性研究,构建不同建设用地类型与碳排放强度之间的库兹涅茨曲线关系模型。结果表明:(1)重庆市城市发展新城区建设用地总量逐年上升,城市用地和建制镇用地比例呈增长趋势,其他建设用地和农村居民点用地比例呈下降趋势;碳排放总量及碳排放强度呈波动增长趋势,近年来碳排放强度增长速度快于建设用地扩张速度。(2)重庆市城市发展新城区建设用地扩张与碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系,曲线拐点位于建设用地总量比例为 2.78% 的临界处;城市用地和碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系,拐点位于 0.474% 的临界处;建制镇用地和碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系,拐点位于 0.646% 的临界处;农村居民点用地、其他建设用地与碳排放强度之间不存在明显的曲线关系。

关键词:重庆市城市发展新城区;建设用地扩张;碳排放;库兹涅茨曲线;相关性

中图分类号: F301.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0248-05

20 世纪 50 年代,Kuznets 用倒 U 形曲线描述经济增长与

收入分配间的关系,提出库兹涅茨假说^[1]。1995 年 Grossman 等在探讨环境污染物与经济增长间的关系时,引入环境库兹涅茨曲线(EKC)^[2]。Wagner 认为人均收入和人均二氧化碳排放量呈同步增长关系,不存在转折点^[3]。胡宗义等认为 EKC 的形状受研究样本的影响,工业化程度很高的国家呈倒 U 形曲线,有可能发展为 N 形曲线,不发达国家存在正向线性关系^[4]。曹光辉等发现不同经济发展阶段、不同环境状况的地区,EKC 并不一定会存在^[5]。目前对碳排放的研究主要

收稿日期:2016-07-12

基金项目:重庆市软科学研究计划(编号:CSTC2012CX-RKXB00040)。

作者简介:陈怡君(1992—),女,四川成都人,硕士研究生,主要从事土地利用与规划研究。E-mail:940717903@qq.com。

通信作者:周宝同,博士,副教授,主要从事土地规划与可持续利用研究。E-mail:zbt1217@aliyun.com。

3 结论与讨论

(1)以对水中重金属 Cu^{2+} 的最大吸附量为衡量标准,制备棉秆基活性炭用于吸附 Cu^{2+} 的最优制备条件为热解温度 400 °C、热解时间 150 min、剂料质量比 1.0:1,该条件下棉秆基活性炭对 Cu^{2+} 的最大吸附值为 8.439 mg/g。(2)活化剂的种类、热解温度、热解时间、剂料质量比对所制备的棉秆基活性炭的吸附性有重要影响,其中活化剂的种类是影响活性炭对某一特定吸附质吸附性能的主要因素。不同活化剂所制得的棉秆基活性炭的元素种类和微观结构有一定的差异。(3)在以 NaOH 为活化剂、热解温度 400 °C、热解时间 150 min、剂料质量比 1.0:1 的条件下制得的棉秆基活性炭氧、氢元素含量相对较高,同时含有丰富的含氧官能团,对废水中的重金属 Cu^{2+} 离子有很好的去除效果。

参考文献:

[1]王心芳,魏复盛,齐文启. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[2]陈丽萍,司秀荣,李凌云. 磷酸活化活性炭对 Cu^{2+} 的吸附特征研究[J]. 生态环境学报,2011,20(2):353-356.

[3]Fan X D,Zhang X K. Adsorption properties of activated carbon from sewage sludge to alkaline-black[J]. Materials Letters,2008,62(10):1704-1706.

[4]毕于运,高春雨,王亚静,等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报,2009,25(12):211-217.

[5]刘飞,周岭. 农林剩余物综合利用的研究现状[J]. 农机化研究,2015,37(2):230-236.

[6]Lagergren S. About the theory of so-called adsorption of soluble substance[J]. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, 2008,24(4):1-39.

[7]Carlos M C. Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials[J]. Carbon,2004,42(1):83-94.

[8]谭增强,邱建荣,向军,等. 氧化改性竹炭脱除单质汞的特性与机理分析[J]. 中国环境科学,2011,31(10):1625-1631.

[9]Small C C, Hashisho Z, Ulrich A C. Preparation and characterization of activated carbon from oil sands coke[J]. Fuel,2012,92(1):69-76.

[10]焦其帅,胡永琪,陈瑞珍,等. KOH 活化法制备棉花秸秆活性炭的研究[J]. 林产化学与工业,2012,32(1):89-92.

是对碳排放测算基准和碳足迹的研究。由于分析区域的差异性,数据收集、处理手段、分析重点的不同,库兹涅茨曲线会呈现不同形状。许广月等在环境库兹涅茨曲线理论的基础上,运用面板单位根和协整检验方法,研究了中国碳排放环境库兹涅茨曲线的存在性,研究结果认为中国的东、中部地区存在人均碳排放环境库兹涅茨曲线,但是西部地区尚缺乏实证性研究^[6]。目前关于大都市碳排放的相关研究较多,主要集中在碳排放测算基准和碳足迹研究。重庆市城市发展新区的定位与整个重庆市未来经济社会发展密切相关,系统研究城市发展新区建设用地扩张与碳排放之间的密切关系,可为实现低碳经济下重庆市城市发展新区从“高碳”到“低碳”时代的跨越提供参考。

1 研究区域概况

城市发展新区作为都市功能核心区和拓展区的有效辐射区域,是重庆大都市区的重要组成部分。城市发展新区共 12 个区县和 2 个开发区,包括涪陵区、长寿区、江津区、合川区、永川区、南川区、大足区、綦江区、铜梁县、潼南县、荣昌县、璧山县和万盛经济技术开发区、双桥经济技术开发区,是全市未来工业化和城镇化的主战场。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

本研究中土地变更调查数据来源于重庆市土地利用变更调查数据(1998—2013 年),能源消费数据和社会经济数据来源于重庆市统计年鉴(1998—2013 年)。

2007 年全国试行新的土地分类,数据处理过程中对新旧地类体系中的相关地类进行了归并,建设用地细分为城市用地、建制镇用地、农村居民点用地、其他建设用地 4 类,其他建设用地包括独立工矿、交通水利、风景名胜设施和特殊用地等土地利用类型。此外,1998—2013 年城市发展新区区内的行政区划经多次调整和组合,在实际统计数据中发现存在缺失数据或数据错误的情况,为减小误差采取了 2 端取平均值代替缺失数据或错误数据,并对细小区域进行了适当的调整。

2.2 研究方法

根据 2006 年《IPCC 国家温室气体清单指南》^[7]和相关研究成果^[8-13],城市发展新区碳排放核算按照能源活动、农业、林业及新区土地利用变化 4 个部分进行核算。能源消耗产生碳源效应,农业温室气体总排放量占全国排放量的 17% 左右,在碳问题上具有碳源和碳汇双重效应^[14-15]。碳汇主要是林地、草地、水域、未利用地。林地碳汇功能最强,主要表现在直接固碳、能源的替代作用上^[16]。根据相关研究并结合城市发展新区实际情况,碳排放系数为正值具有碳源效应,碳排放系数为负值则具有碳汇效应^[10,17-18]。耕地、煤炭、石油、天然气为碳源,林地、草地、水域、未利用地为碳汇,具体系数参见表 1。

碳排放测算公式:

$$E = \sum A_i \cdot \delta_i。$$
 (1)

式中: E 为碳排放量; A_i 为第 i 种土地利用方式所对应的土地面积; δ_i 为第 i 种土地所对应的碳排放系数。

建设用地碳排放测算公式:

表 1 碳源(汇)排放(吸收)系数

名称	类型	数值
耕地排放系数	碳源	0.421 0 t/hm ²
林地排放系数	碳汇	-0.058 1 t/hm ²
草地排放系数	碳汇	-0.002 1 t/hm ²
水域排放系数	碳汇	-0.025 3 t/hm ²
未利用地排放系数	碳汇	-0.000 5 t/hm ²
煤炭排放系数	碳源	0.732 9 tC/t
石油排放系数	碳源	0.557 4 tC/t
天然气排放系数	碳源	0.002 1 tC/t

$$P = \sum Q_i \cdot \theta_i。$$
 (2)

式中: P 为建设用地碳排放量; Q_i 为第 i 种能源的消耗量; θ_i 为第 i 种能源的碳排放系数。

碳排放强度指数测算公式:

$$T = C/S。$$
 (3)

式中: T 为碳排放强度指数; C 为研究区域的碳总排放量,其中 $C = E + P$; S 为研究区域的建设用地总面积。

库兹涅茨曲线模型:

$$T = \alpha + \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \beta_3 L^3 + \varepsilon。$$
 (4)

式中:利用城市发展新区 1998—2013 年数据并参照 EKC 模型原理以及相关研究^[19-20],建立一次、二次、三次的库兹涅茨曲线模型。(4) 式中:碳排放强度为 T ,待定参数为 α 、 β_1 、 β_2 、 β_3 ,建设用地面积占土地总面积的比例为 L ,随机误差干扰项为 ε 。反映建设用地及其构成与碳排放强度之间可能存在表 2 中的 3 种曲线关系,即线性、U 形(或倒 U 形)、N 形(或倒 N 形)曲线关系^[21]。

表 2 建设用地比例与碳排放强度之间的 3 种曲线关系

类型	β_1	β_2	β_3	曲线关系
1	>0	=0	=0	正相关线性
	<0	=0	=0	负相关线性
2	>0	<0	=0	倒 U 形
	<0	>0	=0	U 形
3	<0	>0	<0	倒 N 形
	>0	<0	>0	N 形

3 城市发展新区建设用地扩张特征与碳排放特征分析

3.1 城市发展新区建设用地扩张特征分析

城市发展新区作为城镇化改革的主战场,随着“地票交易”的实行,增加了建设用地的指标,使建设用地指标在整个重庆市内异地交换和买卖成为可能。2013 年城市发展新区建设用地总量 2 572.95 km²,与 1998 年相比绝对增长量为 557.8 km²。建设用地总量迅速增长,表现在城市、建制镇、其他建设用地不断增加,农村居民点用地不断减少。2013 年城市用地面积 203.79 km²,与 1998 年相比绝对增长量为 186.67 km²;建制镇用地面积 336.39 km²,与 1998 年相比绝对增长量为 278.13 km²;农村居民点用地面积 1 514.91 km²,与 1998 年相比绝对增长量为 36.49 km²,所占比例下降至 58.88%;其他建设用地面积 517.85 km²,绝对增长量为 56.52 km²。这种变化符合快速城镇化地区建设用地的扩张模式,即农村居民点逐步转化为城镇及工矿、交用地,并融

入城镇的主体区域,城镇、工矿、交通等用地快速扩张。

3.2 城市发展新区碳排放量特征分析

由以上公式,得到城市发展新区 16 年的碳排放强度。由图 1 可以看出,城市发展新区的碳排放总量和碳排放强度整体呈增长趋势,碳排放总量绝对增长量为 1.36×10^7 t,碳排放强度绝对增长量为 46.76 t/hm²。2001 年出现拐点,碳排放总量为 6.21×10^6 t,碳排放强度为 29.83 t/hm²。2001 年之前由于毁林开荒,林地面积大幅度减少,林地作为主要碳汇的功能减弱。2001 年以后,随着国家植树造林、退耕还林政策的推广,林地面积逐渐增加,碳汇效应逐渐加强。但城市化进程加快,建设用地扩大,能源需求量与日俱增,导致碳排放量急剧增长。在实行“地票”过程中耕地占补平衡带来耕地面积增加,碳源作用加强。但林地面积增加所产生的碳吸收效应难以抵消建设用地面积和能源消耗增加带来的碳排放效应。

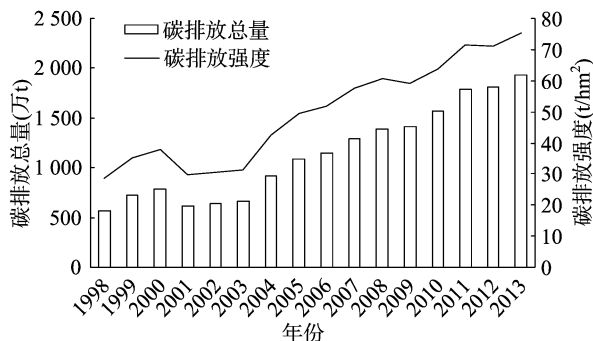


图1 重庆市城市发展新区 1998—2013 年年碳排放总量与碳排放强度变化趋势

由图 2 可以看出,1998—2010 年,碳排放强度的增加明显快于建设用地扩张速度;2010—2013 年,建设用地扩张速度较碳排放强度的增长速度慢。说明城市发展新区在 2010 年之前土地利用效率处于较低水平,经济增长依托于能源的粗放式利用。随着科技提升、经济增长方式转变,积极实行节能减排政策,提高了能源利用效率,使碳排放总量和强度的增长速度减缓。

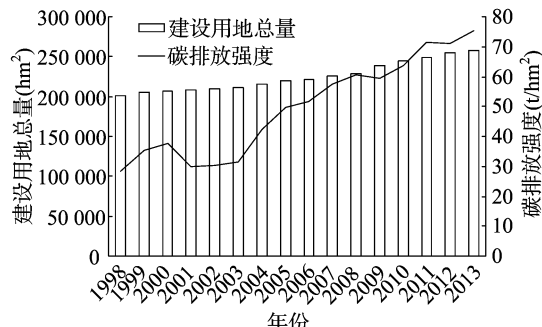


图2 重庆市城市发展新区 1998—2013 年碳排放强度与建设用地变化趋势

4 城市发展新区建设用地扩张与碳排放强度的相关性

根据计算的建设用地扩张数据,图 1、图 2 数据,将建设用地面积占土地总面积比例,4 类二级用地占建设用地比例分别与碳排放强度进行相关性检验,得到建设用地总量比例

及 4 类二级用地比例与碳排放强度的拟合图,拟合结果及曲线图分别见表 3、图 3。

4.1 城市发展新区建设用地总量与碳排放强度的相关性

表 3 中的拟合结果说明,城市发展新区建设用地总量与碳排放强度之间存在明显的二次曲线关系,拟合效果较好,各回归系数均通过 0.1 水平上的显著性检验,回归模型:

$$T = -88.479L^2 + 491.1L - 604.94$$

$$r^2 = 0.9377$$

图 3 模型显示,城市发展新区建设用地扩张与碳排放强度间呈倒 U 形曲线关系,拐点位于 2.78% 的临界处。当建设用地总量比例低于 2.78% 时,其扩张会导致碳排放强度增加,当高于 2.78% 的临界水平时,碳排放强度出现下降趋势。当前还未达到拐点位置,说明 20 世纪 90 年代开始,在城镇化初期阶段,土地和能源低效、粗放的经济增长方式使碳排放强度随建设用地扩张而不断增强。随着城市发展新区发展过程中打造装备制造业、机械加工业、轻纺食品业、“城郊休闲旅游”集群,该区的能源结构和土地利用方式将逐步走向集约化。随着土地资源集约节约利用政策的有效实施、产业技术更新、产业结构调整、生态环境的改善,建设用地扩张和碳排放的关系会进入质变阶段。

4.2 城市发展新区二级地类与碳排放强度之间的相关性

根据表 3 的数据,对各二级用地所占比例与碳排放强度进行相关性研究,得出以下结果(图 4)。

图 4-a 显示,城市用地比例与碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系,拐点位于 0.474% 的临界处。当城市用地比例小于 0.474% 时,其扩张会导致碳排放强度增加,当大于 0.474% 时,碳排放强度会出现下降趋势。目前城市发展新区城市用地已逐渐进入一个集约利用及精明增长阶段。

建制镇用地比例与碳排放强度之间的关系呈倒 U 形曲线,拐点位于 0.646% 临界处。当建制镇用地比例低于 0.646% 时,扩张导致碳排放强度加大,当高于 0.646% 临界水平时,碳排放强度会逐步减小。图 4-b 中,建制镇面积地不断扩大对碳排放产生正向的推动作用减弱,碳排放效应逐渐呈现出下降趋势。

农村居民点用地比例与碳排放强度之间无明显的曲线关系,各点随机分布。农村居民点作为一类较特殊的土地利用类型,和城镇、交通、工矿用地等相比较而言,基本上承载了生活的功能,所产生的碳排放量较小,并不作为主要碳源进行考虑。

其他建设用地比例与碳排放强度之间也无明显的曲线关系,点位分布无序且分散。由于其他建设用地是集生产、生活、交通为一体的各类用地综合的特殊土地利用类型,应作为碳源进行考虑,其扩张对碳排放强度的加强有正向推动作用。

综上所述,城市、建制镇用地比例与碳排放强度之间均存在倒 U 形曲线关系,随着科技的提升,对土地和能源的集约利用,它们用地面积的扩张导致对碳排放强度增强的正向作用逐渐减弱,碳排放效应逐步呈现下降趋势;农村居民点、其他建设用地比例与碳排放强度之间无明显的曲线关系。目前而言,农村居民点用地逐步减少,碳排放效应逐步减弱;其他建设用地对碳排放强度仍然具有较强的推动作用,随着对土

表 3 重庆市城市发展新区建设用地区库兹涅茨曲线拟合结果

项目	曲线	β_0	β_1	β_2	β_3	r^2_{adj}	F
建设用地总量	一次	19.239 ** (-139.536)	5.594 ** (-108.332)			0.918 **	155.739 **
	二次	604.836 ** (16.381)	32.734 ** (20.256)	-0.393 ** (13.906)		0.938 **	97.828 **
	三次	450.948 ** (0.011)	19.239 ** (0.061)	0.000 (0.000)	-0.004 ** (0.013)	0.938 **	97.828 **
城市用地	一次	29.904 ** (4.513)	15.092 ** (2.257)			0.838 **	72.214 **
	二次	21.577 ** (1.304)	31.627 ** (3.210)	-5.050 ** (6.831)		0.874 **	45.225 **
	三次	15.979 ** (0.027)	49.714 ** (0.199)	-19.488 ** (0.326)	3.085 ** (0.057)	0.884 **	30.609 **
建制镇用地	一次	23.097 ** (1.533)	10.789 ** (8.621)			0.885 **	108.081 **
	二次	6.53 ** (5.521)	25.824 ** (4.782)	-2.568 ** (8.617)		0.933 **	90.333 **
	三次	-11.332 ** (0.008)	50.323 ** (0.064)	-12.092 ** (0.131)	1.086 ** (0.377)	0.945 **	68.633 **
农村居民点用地	一次	-187.468 (12.311)	10.511 (16.794)			0.131	2.109
	二次	-1.138 (24.309)	988.544 (8.492)	-21.353 (13.594)		0.326	3.150
	三次	-7.651 (0.067)	499.782 (0.000)	0.000 (0.072)	-0.311 (0.066)	0.329	3.187
其他建设用地	一次	-15.707 (-3.245)	8.747 (1.183)			0.123	1.955
	二次	129.788 (13.572)	31.228 (6.373)	2.724 (16.881)		0.134	1.007
	三次	79.355 (0.830)	-10.829 (0.696)	0.000 (0.000)	0.120 (0.749)	0.133	0.999

注:括号内为 t 值;“**”表示在 0.1 水平上差异显著。

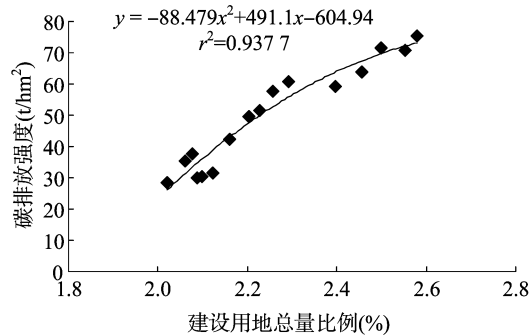


图 3 建设用地总量比例与碳排放强度库兹涅茨曲线拟合图

地利用的集约程度加大,其他建设用地所承载的工业生产和经济增长所带来的碳排放强度有望进入逐渐下降阶段。2 个二级地类组成的城市发展新区建设用地总量与碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系,但不同建设用地地类所占比例不同,且不同地类与碳排放强度之间的相互作用不同,其库兹涅茨拐点尚未到来。

5 结论与讨论

5.1 结论

通过对建设用地扩张与碳排放强度之间的相关性研究,

可以得出以下 2 个方面的结论。

(1) 重庆市城市发展新区建设用地扩张与碳排放强度之间呈倒 U 形曲线关系。城市发展新区建设用地扩张对碳排放强度还起到正向推动作用,随着建设用地面积比例增加至 2.78% 临界处时,碳排放强度会逐渐下降。当前,由于建设用地所承载的能源消耗巨大,产生的碳排放量远高于农作物生长产生的碳排放量,是最主要的碳源。而随着城镇化的推进,建设用地总量不断增加的同时导致林地、草地等面积减少,碳汇作用减弱,所以当前建设用地扩张所带来的仍是正向的推动作用。随着节能技术的发展,能源利用效率的提高,将会逐渐达到临界水平,碳排放效应将逐步减弱。(2) 城市用地、建制镇用地与碳排放强度呈倒 U 形曲线关系,已经达到拐点位置,其面积的增加带来碳排放效应逐步减弱;农村居民点用地不是主要碳源,但随着其利用类型逐步转化为城市、建制镇用地,将会对碳排放强度有潜在推动作用;其他建设用地与碳排放强度之间整体上是正向推动作用,但随着资源利用集约化,碳排放效应有望减弱。因此,城市发展新区在经济发展转型和构建低碳社会的任务要求下,不能消极等待碳排放库兹涅茨曲线拐点的到来,必须对土地利用政策调控作出积

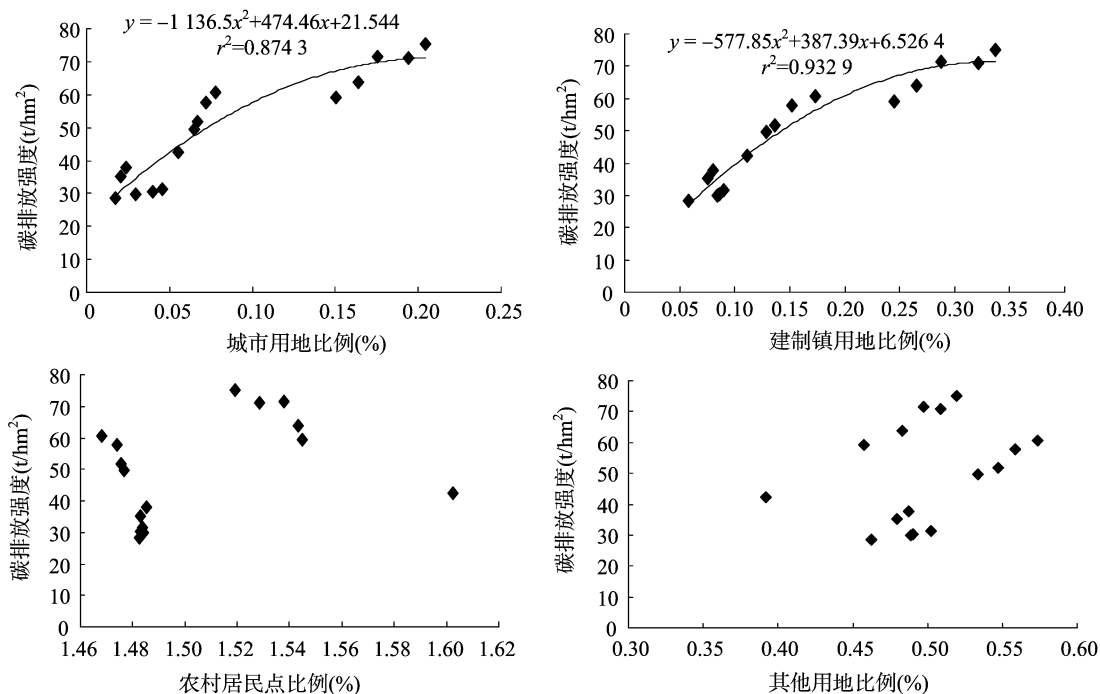


图4 二级建设用地比例与碳排放强度库兹涅茨曲线拟合图

极的响应,实现土地利用、经济、生态之间的协调发展。

5.2 讨论

在基于库兹涅茨曲线对重庆市城市发展新区建设用地扩张与碳排放间的相关性研究中,重点在于探讨建设用地格局演变与碳排放之间的相互关系,从而为土地利用规划和资源环境政策制定提供全新的视角和思路。但是由于文章只选取了1998—2013年间的数据进行建设用地扩张碳排放效应的库兹涅茨曲线研究,未对土地利用类型结构差异性和空间布局差异性所造成的碳排放效应进行差别对比;因此,有必要再收集更长时间段的土地利用变更数据和能源消耗数据,以探讨建设用地扩张的碳排放效应,为气候变化背景下的土地利用规划提供参考。

参考文献:

- [1] Kuznets S. Economic growth and income equality [J]. American Economic Review, 1955, 45(1): 1–28.
- [2] Grossman G, Krueger A. Economic growth and the environment [J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353–337.
- [3] Wagner M. The carbon Kuznets curve cloudy picture emitted by bad econometrics [J]. Resource and Energy Economics, 2008, 30(3): 388–408.
- [4] 胡宗义, 刘亦文, 唐李伟. 低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究[J]. 统计研究, 2013, 30(2): 73–79.
- [5] 曹光辉, 汪 锋, 张宗益, 等. 我国经济增长与环境污染关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(1): 25–29.
- [6] 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]. 国民经济, 2010(5): 37–47.
- [7] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [R]. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan, 2006.

- [8] Cai Z C, Kang G D, Tsuruta H, et al. Estimate of CH₄ emissions from year-round flooded rice field during rice growing season in China [J]. Pedosphere, 2005, 15(1): 66–71.
- [9] 何 勇. 中国气候、陆地生态系统碳循环研究[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [10] 方精云, 过兆迪, 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, 37(6): 804–812.
- [11] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995—2004 [J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(6): 158–161.
- [12] 张秀梅, 李升峰, 黄贤金, 等. 江苏省 1996—2007 年碳排放效应及时空格局分析[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 768–775.
- [13] 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(增刊2): 102–107.
- [14] 陈源泉, 高旺盛. 中国粮食主产区农田生态服务价值总体评价[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(1): 33–39.
- [15] 张大东, 张社梅, 黄 伟. 浙江省农业系统碳源、碳汇现状评估分析[J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(5): 12–19.
- [16] 刘 凯, 江世浩, 朱文珏. 广东省森林碳汇量估算及其空间效应分析[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(3): 120–126.
- [17] 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.
- [18] 顾凯平, 张 坤, 张丽霞. 森林碳汇计量方法的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(5): 105–109.
- [19] 桂小丹, 李慧明. 环境库兹涅茨曲线实证研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(3): 5–8.
- [20] 陈 勇, 冯永忠, 杨改河. 农业非点源污染源的环境库兹涅茨曲线实证研究——基于陕西省农业投入和废弃物排放的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(3): 191–198.
- [21] 吴玉鸣. 广西生态足迹与能源消费的库兹涅茨曲线分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(11): 30–35.