

周宝同,邵俊明,刘小波,等.重庆市不同功能区建设用地碳排放的库兹涅茨曲线特征分析[J].中国岩溶,2016,35(6):619-628.  
DOI:10.11932/karst20160603

## 重庆市不同功能区建设用地碳排放 的库兹涅茨曲线特征分析

周宝同<sup>1</sup>,邵俊明<sup>2</sup>,刘小波<sup>3</sup>,于晓凤<sup>1</sup>,刘颖<sup>1</sup>

(1. 西南大学地理科学学院,重庆 400715; 2. 重庆市国土资源和房屋勘测规划院,重庆 400020; 3. 内江师范学院,四川 内江 641300)

**摘 要:**文章对重庆市五大功能区 1998—2013 年的土地利用变更数据调查和能源消耗数据进行分析,运用库兹涅茨曲线模型研究了重庆市五大功能区 16 年间建设用地扩张与碳排放效应之间的内在关系。结果表明:(1)重庆市建设用地扩张与碳排放强度之间的回归模型关系呈倒 U 型库兹涅茨曲线关系,且拐点即将到来;(2)都市功能核心区、都市功能拓展区建设用地与碳排放强度之间的关系呈倒 U 型库兹涅茨曲线关系;(3)城市发展新区建设用地与碳排放强度之间的关系呈一次线性关系,显示出区域产业结构调整 and 土地利用集约水平的初级特征;(4)渝东北生态涵养区建设用地与碳排放强度之间呈正 U 型二次曲线关系,土地集约利用水平亟待提高。

**关键词:**建设用地扩张;碳排放;库兹涅茨曲线;重庆五大功能区;喀斯特地貌

**中图分类号:**X502;P931.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-4810(2016)06-0619-10

### 0 引 言

20 世纪 50 年代,库兹涅茨首次提出库兹涅茨假说,即利用倒 U 型曲线来描述经济增长与收入分配之间的关系<sup>[1]</sup>。此后,学者将其应用到自然科学领域,例如我国许多学者在资源环境领域,针对碳排放与能源消费、土地利用、产业结构及经济发展之间的倒 U 型曲线关系展开了广泛研究<sup>[2-6]</sup>。许广月等<sup>[7]</sup>运用面板单位根、协整检验方法和面板误差修正模型方法,以环境库兹涅茨曲线为理论基础,研究了中国碳排放环境库兹涅茨曲线的存在性,研究结果表明人均碳排放环境库兹涅茨曲线存在于中国的东、中部地区,而西部地区不存在。陈劲锋等<sup>[8]</sup>从驱动力角度研究碳排放演变的内在因素,得出在技术进步驱动下,二氧化碳排放遵循碳排放强度倒 U 型曲线、人均碳

排放量倒 U 型曲线和碳排放总量倒 U 型曲线三个曲线规律。张梅等<sup>[9]</sup>借助 ArcGIS 空间分析功能,运用全国土壤类型图、植被类型图及土地利用遥感影像,按六大区域研究了中国的碳排放强度,得出不同的区域碳排放强度差异较大,林地具有碳汇的作用。在碳排放与喀斯特方面,黄奇波等<sup>[10]</sup>借助溶蚀试片来认识某些地区喀斯特碳汇特征,讨论其机理;曾思博等<sup>[11]</sup>撰文论述了土地利用与覆被变化对喀斯特作用碳汇影响研究的进展,展望了土地利用对喀斯特作用碳汇的调控作用;覃小群等<sup>[12]</sup>通过区域调查和取样分析,探讨了土地覆盖格局对地下河喀斯特碳汇的影响及原因。

目前关于城市碳排放的相关研究较多,主要是集中在碳排放的测算基准和碳足迹研究方面。重庆市五大功能区的定位与全市未来经济社会发展密切相关,系统研究五大功能区建设用地扩张与碳排放之间

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAJ23B05);重庆市软科学研究计划项目“城乡统筹发展背景下重庆市农村集体建设用地流转模式和收益分配研究”(cstc2012cx-rkxB00040)

第一作者简介:周宝同(1964—),男,博士,副教授,硕士生导师,主要从事土地利用与土壤环境研究、国土管理和规划研究。E-mail: 379485639@qq.com。

收稿日期:2016-01-29

的关系,将为重庆实现合理高效的差别化土地资源配  
置,成功实现产业结构调整和社会健康可持续发展  
发展,构建低碳城市提供科学依据。

### 1 研究区概况

重庆市位于长江上游,四川盆地的东南部,地理  
坐标为 105°11'~110°11'E,28°10'~32°13'N。2013  
年 9 月,重庆市第四届委员会第三次全体会议上审议  
通过将重庆的“一圈两翼”进一步细分为五大功能区:  
(1)都市功能核心区包括主城 9 区内环以内的区域,  
面积 294 km<sup>2</sup>; (2)都市功能拓展区包括除主城 9 区  
都市功能核心区外的区域,面积 5 179 km<sup>2</sup>; (3)城市  
发展新区包括涪陵区、长寿区、江津区、合川区、永川  
区、南川区、大足区、潼南县、荣昌县、璧山县及万盛、  
双桥经开区,面积 2.32 万 km<sup>2</sup>; (4)渝东北生态涵养  
发展区包括万州区、梁平县、城口县、丰都县、垫江县、

忠县、开县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县等 11 区  
县,面积 3.39 万 km<sup>2</sup>; (5)渝东南生态保护区包括黔  
江区、石柱县、秀山县、酉阳县、武隆县、彭水县等 6 区  
县(自治县),面积 1.98 万 km<sup>2</sup>(图 1)。都市功能核  
心区、都市功能拓展区和城市发展新区位于“一圈”范  
围内的一小时通勤距离。渝东北生态涵养发展区和  
渝东南生态保护区位于两翼的渝东北和渝东南区域。  
2013 年,都市功能核心区实现地区生产总值  
2 507.81 亿元,常住人口约 360 万,都市功能拓展区  
为 3 025.12 亿元,常住人口约 450 万,城市发展新区  
为 4 230.23 亿元,常住人口约 1 070 万,渝东北生态  
涵养区为 2 183.79 亿元,常住人口约 810 万,渝东南  
生态保护区为 709.74 亿元,常住人口约 270 万。  
五大功能区的划分是建立在对全市资源禀赋和资源  
环境、土地承载力评价基础之上的,充分遵循了主体  
功能区原理,体现了现实的区域经济发展水平、产业  
技术集聚现状、土地利用条件和生态脆弱性差异。

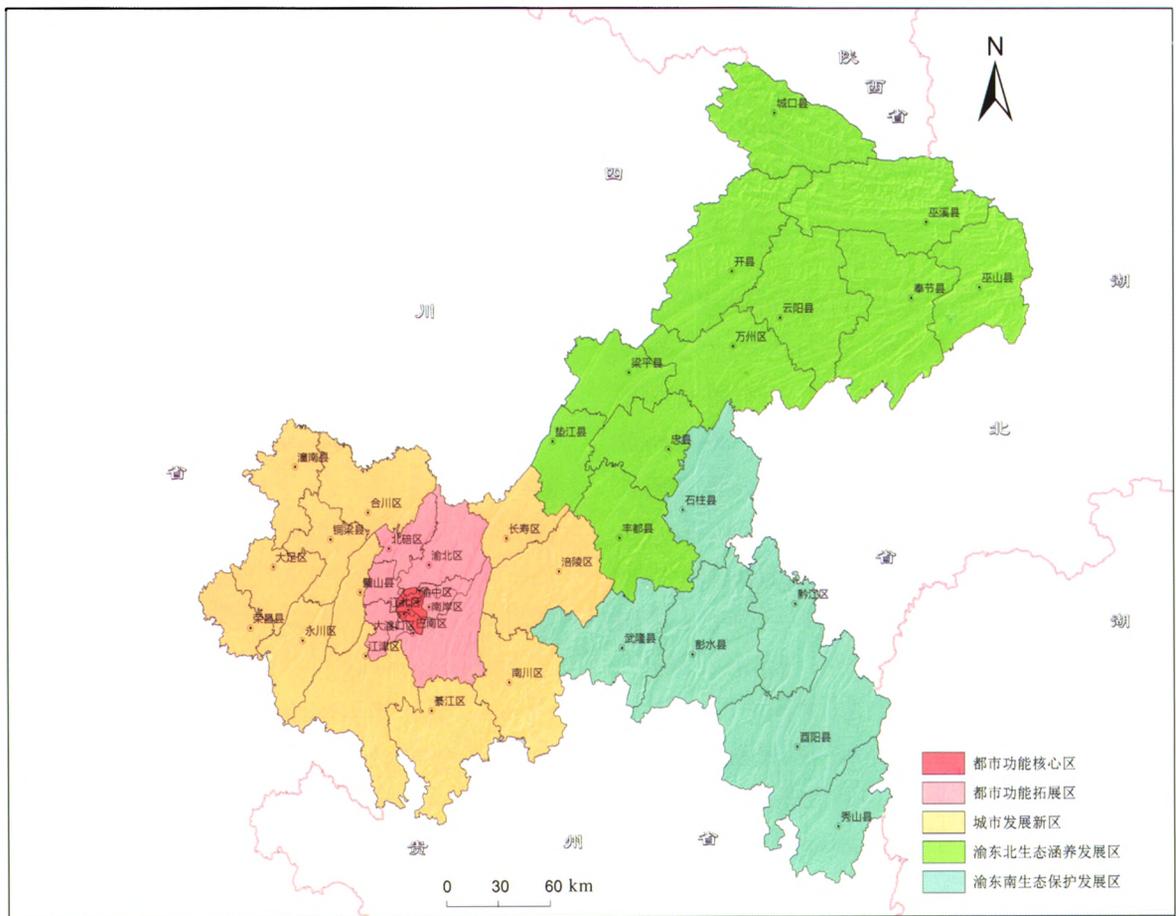


图 1 重庆市五大功能区分布图

Fig. 1 Distribution of the five metro-functional areas in Chongqing

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源和处理

本研究采用的基础数据主要有:土地变更调查数据、能源消费数据、社会经济数据、喀斯特地貌分布图(通过对中国国家地理网重庆喀斯特地貌原始图片配准矢量化得到)。文中有关土地基础数据来源于重庆市土地利用变更调查数据(1998—2013年);社会经济数据和能源消费数据主要来源于重庆市统计年鉴(1998—2013年)。

2007年全国已试行新的土地分类,此次在数据处理过程中对新地类体系中的相关地类进行了归并,将建设用地分为城市用地、建制镇用地、农村居民点、其他建设用地4类,其中其他建设用地包括独立工矿用地、交通水利用地、风景名胜设施用地和特殊用地等土地利用类型。此外,1998—2013年重庆市五大功能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不准备的情况,为减小误差采取了两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调整。

### 2.2 分析方法

本研究探讨的是人为原因产生的碳排放,主要计算公式如下:

$$T = \frac{C}{S} = \frac{E + P}{S} = \frac{\sum A_i \cdot \delta_i + \sum Q_i \cdot \theta_i}{S} \quad (1)$$

式中, $T$ 为碳排放强度指数, $C$ 为研究区域的碳总排放量; $E$ 为非建设用地碳排放量, $P$ 为建设用地碳排放量; $A_i$ 为第 $i$ 种土地利用方式所对应的土地面积, $\delta_i$ 为第 $i$ 种土地所对应的碳排放系数, $Q_i$ 为第 $i$ 种能源的消耗量, $\theta_i$ 为第 $i$ 种能源的碳排放系数; $S$ 为研究区域的建设用地总面积。

建设用地的增长意味着其所承载的各类生产建设活动的增加,这主要是因为承载各类社会和经济活动的最主要用地是建设用地,继而导致碳排放量的相应增加。因此可以用单位面积建设用地扩张所引致的碳排放量来衡量一定区域内建设用地对碳排放效应的贡献率,即用碳排放强度指数来描述其变化过程。

根据相关研究<sup>[10-12]</sup>并结合重庆市实际情况得出公式(1)、(2)中的碳排放系数,具体系数参见表1及相关研究成果<sup>[13-15]</sup>:

库兹涅茨曲线模型:

$$T = \alpha + B_1 S + B_2 S^2 + B_3 S^3 + \epsilon \quad (2)$$

表1 碳汇碳源变化系数

Table 1 Coefficients of carbon sink and carbon source absorption

名称	数值	单位
耕地排放系数	0.421	t/hm <sup>2</sup>
林地排放系数	-0.058	t/hm <sup>2</sup>
草地排放系数	-0.002	t/hm <sup>2</sup>
未利用地排放系数	-0.001	t/hm <sup>2</sup>
水域排放系数	-0.025	t/hm <sup>2</sup>
煤炭排放系数	0.733	tC/t
石油排放系数	0.557	tC/t
天然气排放系数	0.002	tC/t

利用重庆市1998—2013年数据并参照标准的环境库兹涅茨曲线(EKC)模型原理以及相关研究<sup>[16-19]</sup>,分别建立一次项、二次项和三次项的库兹涅茨曲线模型。公式(2)中碳排放强度为 $T$ ,待定参数为 $\alpha$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ ,建设用地面积占土地总面积的比例为 $S$ ,随机误差干扰项为 $\epsilon$ 。根据吴玉鸣等<sup>[20]</sup>的研究,因待定参数的取值不同,会存在线性、U型(或倒U)和N型(或倒N型)三种曲线关系。

## 3 结果与分析

### 3.1 建设用地变化特征

由图2可知,从1998年到2013年重庆市五大功能区建设用地面积占总面积比例呈逐年上升趋势。建设用地扩张特征的主要原因在于重庆市作为我国西部地区的唯一直辖市,既是国家实行西部大开发的重点地区,也是国家统筹城乡综合配套改革的试验区,从国家层面,其经济社会发展享受较高的政策扶持;作为西部地区的经济发展高地,重庆市充分利用国家的各项优惠扶持政策,积极探索科学发展模式,促进经济持续健康发展,2006年“两江新区”正式挂牌和2008年“地票交易”政策实行,建设用地指标大量增加,使得建设用地指标在整个重庆市内的交换和买卖成为可能,建设用地使用更加灵活,重庆市建设用地以年均1.06万hm<sup>2</sup>的增速快速发展,建设用地总面积从1998年的47.16万hm<sup>2</sup>增加到2013年的64.04万hm<sup>2</sup>,比例从1998年的5.73%增加到2013年的7.78%。

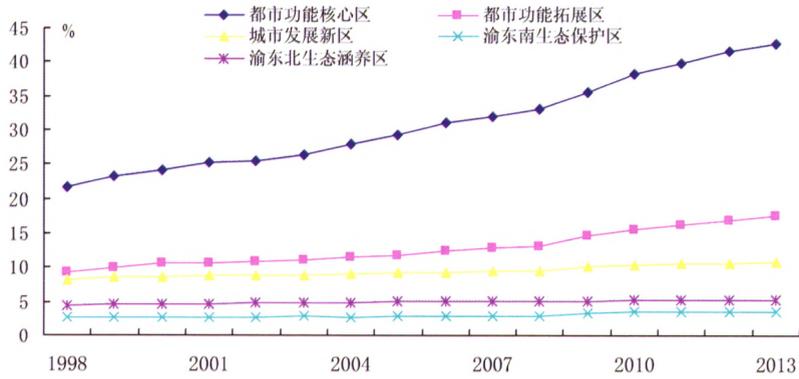


图 2 重庆市五大功能区 1998—2013 年建设用地面积占研究区面积比例变化 (%)

注:以上数据根据 1998—2013 年重庆市变更调查数据统计而来。

Fig. 2 Percentage of construction land area change tendency in the five metro-functional areas from 1998 to 2013, Chongqing

### 3.2 重庆市区域碳排放强度结果

由公式(1)、(2),计算重庆市五大功能区 1998—2013 年的土地利用变更数据和能源消耗数据,得到重庆市五大功能区 1998—2013 年碳排放强度。从图 3 可以看出,1998—2013 年重庆市碳排放量强度无论是从整体上看,还是按功能分区来看,都是持续增加的。重庆市 1998—2013 年碳排放强度绝对增长量为 60.50 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 3.78 t/hm<sup>2</sup>;都市功能核心区 1998—2013 年碳排放强度绝对增长量为 145.13 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 9.07 t/hm<sup>2</sup>;都市功能拓展区 1998—2013 年碳排放强度绝对增长量为 85.71 t/

hm<sup>2</sup>,年均增长量为 5.36 t/hm<sup>2</sup>;城市发展新区碳排放强度绝对增长量为 48.35 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 3.02 t/hm<sup>2</sup>;渝东南生态保护区碳排放强度绝对增长量为 32.03 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 2.00 t/hm<sup>2</sup>;渝东北生态涵养区碳排放强度绝对增长量为 37.46 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 2.34 t/hm<sup>2</sup>。都市功能核心区绝对增长量最大,且碳排放强度一直处于首位,主要是核心区经济发达,建设用地面积比例较大,而渝东北和渝东南建设用地比例较小,且经济发展速度较缓,碳排放强度较小。

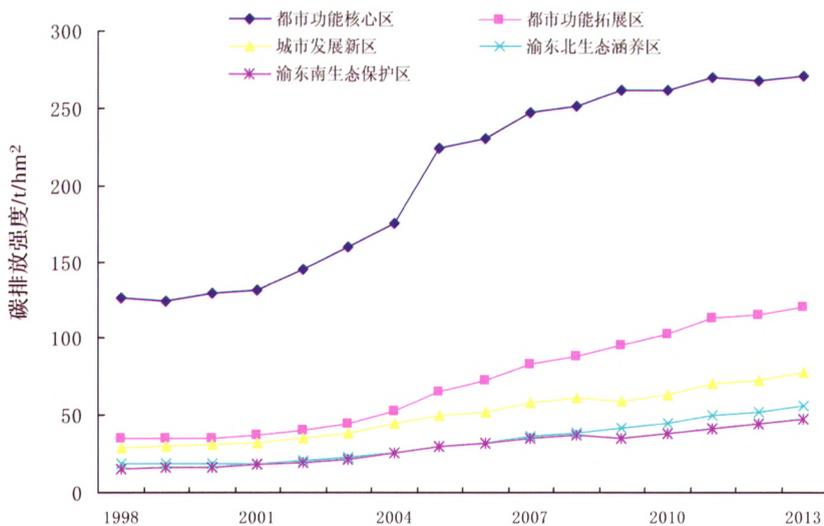


图 3 重庆市五大功能区 1998—2013 年碳排放量强度趋势

Fig. 3 Carbon emission intensity change tendency in the five metro-functional areas from 1998 to 2013, Chongqing

### 3.3 重庆市建设用地与库兹涅茨曲线拟合分析

根据图 2 和图 3 中的数据,将建设用地面积占土地总面积的比例与碳排放强度进行回归分析与检验,

得到建设用地总量比例与碳排放强度库兹涅茨曲线拟合图(图 4)。

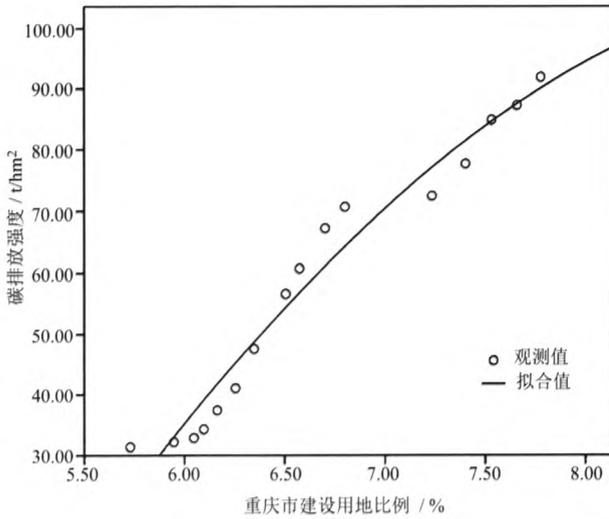


图 4 建设用地总量比例与碳排放强度库兹涅茨曲线拟合图  
Fig. 4 Kuznets curve fitting of total construction land percentage and carbon emission intensity

由表 2 可知,重庆市建设用地总面积与碳排放强度之间存在明显的二次曲线关系,而图 4 中二次曲线

的拟合效果较好,各回归系数均通过 5% 的显著性水平检验,回归模型为:

$$T = -410.60 + 107.85S - 5.59S^2$$

$$(-2.59)(2.29)(-1.62)$$

$$adjR^2 = 0.96, F = 157.94$$

模型显示重庆市的建设用地与碳排放强度指数之间呈现倒 U 型的库兹涅茨曲线关系,且曲线的拐点位于建设用地总量占土地总面积比例 9.10% 的临界处,当该比例低于 9.10% 时,建设用地扩张导致的碳排放强度相应增加,而高于 9.10% 的临界水平时,碳排放强度会出现下降趋势。20 世纪 90 年代以来,碳排放强度随着建设用地的扩张而不断增强,这是由于城市化发展和工业化初期以粗放型发展模式为主,建设用地所承载的能源利用效率低下,而近些年来,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 and 生态环境的改善,建设用地扩张和碳排放的关系会进入一个质变阶段。

表 2 重庆市建设用地库兹涅茨曲线拟合结果

Table 2 Kuznets curve fitting results of construction land in Chongqing

曲线	$\alpha$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$adjR^2$	$F$
一次	-154.79 * (-12.14)	31.87 * (16.76)			0.95 *	280.94 *
二次	-410.60 * (-2.57)	107.85 * (2.29)	-5.59 * (-1.62)		0.96 *	157.94 *
三次	-330.05 * (-3.08)	70.99 * (2.98)	0.00 (0.00)	-0.28 (-1.65)	0.96 *	158.97 *

注:括号内为 t 值; \* 表示在 5% 水平上显著。

### 3.4 五大功能区建设用地与库兹涅茨曲线拟合分析

根据重庆市五大功能区 1998—2013 年建设用地和计算出的碳排放强度数据,分别对五大功能区的建设用地比例与碳排放强度进行曲线分析,得到结果如图 5 中的 A、B、C、D、E;对重庆市喀斯特地貌原始图进行配准并矢量化,与五大功能区叠加得到重庆市五大功能区喀斯特地貌分布图(图 6)。

#### (1) 都市功能核心区

由图 5A 可知,都市功能核心区的建设用地总量与碳排放强度指数之间存在显著的二次曲线关系,回归模型为:

$$T = -499.47 + 37.21S - 0.45S^2$$

$$(-4.83)(5.63)(-4.40)$$

$$adjR^2 = 0.95, F = 114.36$$

根据图 6 重庆市五大功能区喀斯特地貌分布图和表 3,可知都市功能核心区具有喀斯特地形面积小、以喀斯特槽谷为主的特点。

都市功能核心区回归模型呈典型的倒 U 型,都市功能核心区碳排放强度绝对增长量为 145.13 t/hm<sup>2</sup>,年均增长量为 9.07 t/hm<sup>2</sup>。都市功能核心区碳排放强度拐点位于 41.34%,表明当前城市土地利用及扩张模式已经进入一个集约利用和精明增长的阶段。峰值的出现,表明该功能区的建设用地新增潜力较小,建设用地以挖潜为主,土地开始集约利用,从而导致建设用地扩张速度变缓,区内一批高碳排放企业被迁出,及服务业产值比重的增加,最终使得碳排放量增加的速度放缓。该区域强调中央商务区和重大

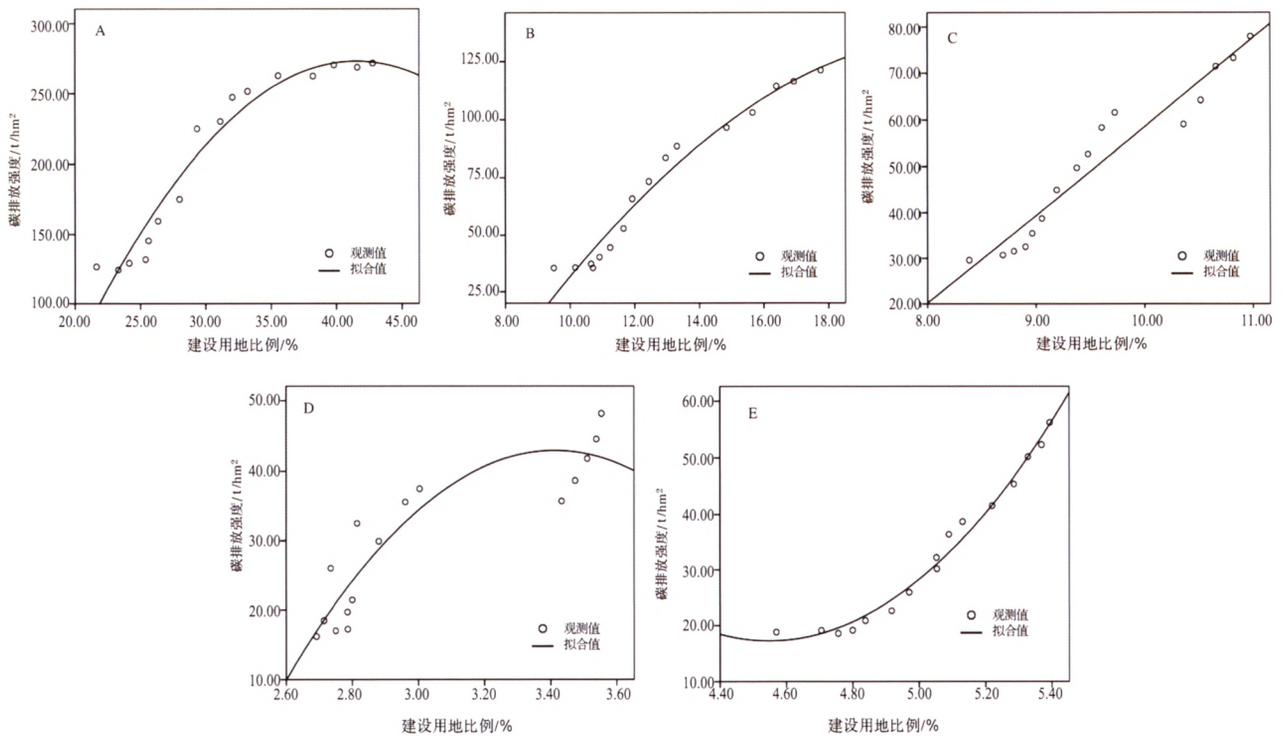


图5 建设用地与碳排放强度的库兹涅茨曲线拟合图

Fig. 5 Kuznets curve fitting of construction land and carbon emission intensity

注：A、B、C、D、E分别为都市功能核心区、都市功能拓展区、城市发展新区、渝东南生态保护区、渝东北生态涵养区与碳排放强度的建设用地球兹涅茨曲线拟合图。

商务集聚区的建设、结构调整和功能优化,工业总产值比重将持续下降,服务业增加值比重将大幅度提高。喀斯特地形区比例仅占 0.08%,且为槽谷地形,适宜建设用地发展,因此,目前的土地利用特征与区域主体功能发挥是吻合的。

(2)都市功能拓展区

由图 5B 可知,都市功能拓展区的建设用地总量与碳排放强度指数之间存在显著的二次曲线关系,回归模型为:

$$T = -209.41 + 31.12S - 0.70S^2$$

$$(-3.78)(3.72)(-2.29)$$

$$adjR^2 = 0.97, F = 181.51$$

都市功能拓展区建设用地与碳排放强度之间的关系呈倒 U 型曲线,随着建设用地面积的扩张,碳排放强度的增长速度逐渐下降,且库兹涅茨曲线拐点位于建设用地总量占总面积比例的 22.23% 临界处,当该比例低于 22.23% 时,建设用地扩张会导致碳排放强度相应增加,而超过 22.23% 时,碳排放强度会出现下降趋势。该功能区经济发展基础较好,功能结构主要以商业和住宅

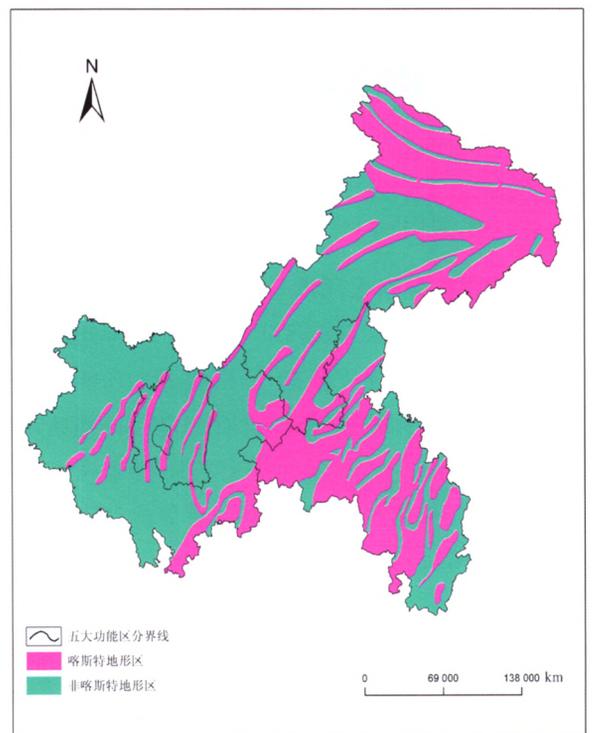


图6 重庆市五大功能区喀斯特地貌分布图

Fig. 6 Distribution of karst landform in the five metro-functional areas, Chongqing

表 3 重庆市五大功能区非喀斯特地形区与喀斯特地形区分布特征表

Table 3 Distribution features of non karst landform and karst landform in the five metro-functional areas,Chongqing

功能区	非喀斯特地形区/hm <sup>2</sup>	喀斯特地形区/hm <sup>2</sup>	非喀斯特地形区 占全市面积比/%	喀斯特地形区 占全市面积比/%
都市功能核心区	23 303.83	6 441.26	0.28	0.08
都市功能拓展区	403 718.35	113 495.49	4.90	1.38
城市发展新区	1 887 275.83	433 181.93	22.90	5.26
渝东北生态涵养发展区	1 669 124.90	1 722 172.70	20.26	20.90
渝东南生态保护发展区	862 418.40	1 118 902.22	10.47	13.58
总计	4 845 841.31	3 394 193.59	58.81	41.19

功能为主。作为全市科教中心、物流中心、综合枢纽和对外开放的重要门户、先进制造业集聚区,该区建设用地总量与碳排放强度的库兹涅茨曲线的拐点还未到来,都市功能拓展区土地利用程度还未步入高度集约利用的时期,产业提升和土地资源合理配置还有待加强。该区喀斯特地形区比例为 1.38%,且以槽谷地形为主,适宜建设用地发展,未来建设用地发展空间较大。

(3)城市发展新区

由图 5C 可知,城市发展新区的建设用地总量与碳排放强度指数之间存在一次线性关系,回归模型为:

$$T = -133.08 + 19.16S$$

$$(-9.96) \quad (13.80)$$

$$adjR^2 = 0.93, F = 190.42$$

由于城市发展新区处于大都市扩张边缘,区域经济发展中心密集,产业结构调整速度快,城镇化和工业化进程迅猛,承接了主城区和沿海城市的高能耗二产门类,工业园区数量激增,因而还处于在碳排放强度随着建设用地增加且递增的同步阶段,土地利用仍处于粗放利用阶段,节能减排和土地资源合理配置政策亟待实施。综合喀斯特地形分布特征,该区域土地利用需要适度开发,提高单位 GDP 建设用地效率。

(4)渝东南生态保护区

由图 5D 可知,渝东南生态保护区的一次、二次和三次拟合结果的  $adjR^2$  分别为 0.77、0.83 和 0.83,三次曲线的三次项系数为 0,因此二次曲线拟合结果较好,但二次曲线二次项系数和一次曲线的一次项系数没能通过 10% 的显著性验证,因此渝东南生态保护区的拟合结果误差较大。图 5 中 D 图的拟合也可看出拟合结果并不理想。根据图 6 和表 3,可以得出渝东南生态保护区喀斯特地形面积较大,喀斯特槽

谷、丘陵、台地、峡谷和中山均有分布,以喀斯特中山为主。

该区域是国家重点生态功能区与重要生物多样性保护区、武陵山绿色经济发展高地、重庆重要的生态屏障区,因而要把生态文明建设放在突出地位,经济发展要以生态保护和修复为基础,其产业基础差,建设用地基数小,所占比例也小,碳排放总量和强度水平都较低;出于土地利用主体功能定位考虑,综合喀斯特地形分布特征,该区域土地开发需谨慎,且因石漠化问题突出,土地应重保护轻开发,要对建设用地增长进行最大限制。

(5)渝东北生态涵养区

由图 5E 可知,渝东北生态涵养区的建设用地总量与碳排放强度指数之间存在二次曲线关系,回归模型为:

$$T = 1 138 - 492.897S + 54.181S^2$$

$$(6.10)(-6.60)(7.28)$$

$$adjR^2 = 0.99, F = 437.18$$

根据图 6 和表 3,可以得出渝东北生态涵养发展区喀斯特地形面积最大,分布有喀斯特低山、台地、中山和峡谷,以喀斯特中山为主。

渝东北生态涵养区建设用地与碳排放强度之间的二次曲线为 U 型,表明随着建设用地面积的扩张,碳排放强度的增长速度也呈现出递增态势,且目前阶段没有下降的迹象,渝东北生态涵养区建设用地面积与碳排放之间不是经典的库兹涅茨曲线关系,目前土地利用还处于粗放低效利用状态。该区域定位于国家重点生态功能区和农产品主产区,长江流域重要生态屏障和长江上游特色经济走廊,生态用地面积广大。在土地利用上,应限制建设用地扩张趋势,推进

产业技术更新,尽快降低碳排放总量和强度。

### 3.5 五大功能区特征分析及其低碳对策

都市功能核心区是整个重庆市的核心区,以第三产业为主,建设用地增量逐渐放缓,但优化土地利用结构,提高建设用地的节约集约利用水平仍是土地管理的重点。该区需强调产业结构调整和功能优化,稳步提高服务业增加值比重,提高能源技术水平,加大清洁能源的使用和推广,使能源消费结构趋向多元化,并精细化城市管理,保护生态环境。

都市功能拓展区是大都市功能区的重要组成部分,是都市功能核心区的生态屏障区,该区的工业发展迅速,单位建设用地效率较高,但随着“退二进三”产业结构的调整,要有计划有幅度下调具有高碳排放工业总产值的比重,发展先进制造业,实现经济体量快速增长。同时,也要保护好与都市核心功能区和城市发展新区之间过渡带的生态环境,通过城市和土地利用等规划来对各类建设用地进行合理布局,增加城市绿化用地面积,推广清洁能源。

城市发展新区是整个重庆市未来工业化城镇化的主要发展区域,是集聚新增产业和人口的重要区

域,是全市重要的制造业基地。目前,本区在重庆市碳排放量最高,建议在保证经济快速发展的前提下,合理有序扩张建设用地和配置土地资源,提高土地利用效率,减少碳排放,增加碳汇作用,推动节能减排工作的开展。

渝东南生态保护区经济发展相对落后,既是国家重点生态功能区与重要生物多样性保护区,又是生态民俗文化旅游带和扶贫开发示范区。因此,在加快经济社会发展的同时,也要保护生态环境,突出保护生态的首要任务,建设生产空间集约高效,引导人口相对聚集和超载人口有序梯度转移,加强农田生态系统管理,有效增加碳汇作用。

渝东北生态涵养区为国家重点生态功能区和农产品主产区,长江流域的生态屏障和长江上游特色经济走廊,也是长江三峡国际黄金旅游带和特色资源加工基地。该区的经济体量小,土地利用还处于粗放低效的利用状态,最大特色是库区资源,因而经济的发展、建设用地的扩张要以保护库区水源为主要目标,突出库区的生态文明建设,着力涵养保护好三峡库区的自然环境(表 4)。

表 4 重庆市五大功能区特征表

Table 4 Characteristics of the five metro-functional areas, Chongqing

功能区	类型	影响机制	功能定位	低碳对策
都市功能核心区	倒 U 型	新增建设用地减少,土地利用效率提高,产值增长以服务业增加为主	大都市区最核心的区域	强调结构调整和功能优化
都市功能拓展区	倒 U 型	工业产值增加较快,单位建设用地效率提高	大都市功能区的重要组成部分	发展先进制造业,实现经济体量快速增长
城市发展新区	一次线性	城镇化和工业化进程迅猛	都市功能核心区和拓展区的有效辐射区域	合理配置土地资源,推动节能减排工作
渝东南生态保护区	散点	经济发展滞后,建设用地扩张与经济发展不协调	国家重点生态功能区与重要生物多样性保护区	保护生态环境,引导人口有序聚集和转移
渝东北生态涵养区	U 型	经济体量较小,土地利用还处于粗放低效利用状态	国家重点生态功能区和农产品主产区	突出生态文明建设,着力保护好库区环境

## 4 结论与讨论

重庆市建设用地总量与碳排放强度指数呈倒 U 型库兹涅茨曲线关系;五大功能区中都市功能核心区、都市功能拓展区建设用地总量与碳排放强度呈倒 U 型库兹涅茨曲线关系,城市发展新区建设用地总量与碳排放强度呈一次线性关系,渝东北生态涵养区

建设用地总量与碳排放强度呈正 U 型二次曲线,而渝东南生态保护区曲线拟合不显著,呈现出散点状态。重庆市 1998—2013 年都市功能核心区碳排放强度最大,其次为都市功能拓展区和城市发展新区。

重庆市建设用地总量与碳排放强度的库兹涅茨曲线刚出现拐点的迹象,表明 20 世纪 90 年代以来,碳排放强度仍随着建设用地扩张而不断增强,但这一

增长趋势即将得到有效控制;都市功能核心区碳排放强度拐点位于41.34%,目前城市土地利用和扩张模式已经进入一个集约利用及精明增长的阶段;都市功能拓展区拐点将出现在建设用地总量总面积比例为22.23%的临界处,拐点还未到来,土地利用程度还未步入高度集约利用的时期,但发展模式平稳,前景可控;城市发展新区建设用地总量与碳排放强度呈一次线性关系,城市发展新区还处在碳排放强度随着建设用地增加而递增的阶段,土地利用方式有待改善;渝东南生态保护区库兹涅茨曲线拐点位于建设用地总量占总面积比例的3.41%的临界处,拐点已经到来,渝东南生态保护区和渝东北生态涵养区建设用地面积与碳排放之间的库兹涅茨曲线特征不理想,目前土地利用还处于粗放低效利用状态。此外,重庆喀斯特区属典型的生态环境脆弱区,宜耕地资源不足,土地退化严重,承受自然灾害能力低,使喀斯特地区的社会经济发展和生态环境的协调性差,可持续发展能力弱<sup>[21]</sup>。因此,在喀斯特地貌分布面积较大,地貌类型分布较多,石漠化问题比较严重的渝东北和渝东南功能区,应该重保护轻开发,加大对这两个功能区对建设用地扩张的限制,实现加快经济社会发展与保护生态环境并重,建设生产空间集约高效、环境负荷小的绿色环保产业。

总体上看,重庆市建设用地面积的扩张对碳排放强度增长起到了正向推动作用,主要是由于建设用地承载了绝大多数的能源消耗,远远高于耕地利用过程中农作物生长产生的碳排放量。从各个功能分区来看,能够拟合库兹涅茨曲线的功能区只有两个,而张润森等<sup>[22]</sup>研究了无锡市1996—2008年13年间建设用地扩张及碳排放特征,发现建设用地总量与碳排放强度之间呈倒U型曲线关系,而二级地类中的城市用地与碳排放强度之间不存在倒U型曲线关系,这与本文研究结果类似,共同原因是不同建设用地结构会导致不同碳排放效应并形成不同的曲线特征。总之,快速城市化的西南地区经济高地重庆市,正面临着经济发展转型和构建资源节约型及环境友好型社会的双重迫切要求,其应对土地利用政策调控做出积极响应。

## 参考文献

[1] Kuznets S. Economic growth and income equality[J]. American

Economic Review, 1955, 45(1): 1-28.

- [2] Masaaki Kijima, Katsumasa Nishide, Atsuyuki Ohyama. Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey [J]. Journal of Economic Dynamics & Control, 2010, 34(7): 1187-1201.
- [3] Jie He, Patrick Richard. Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> in Canada[J]. Ecological Economics, 2010, 69(5): 1083-1093.
- [4] Iwata H, Okada K, Samreth S. Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub>, in France: The role of nuclear energy[J]. Energy Policy, 2009, 38(8): 4057-4063.
- [5] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J]. 管理世界, 2009, (4): 27-36.
- [6] 刘扬, 陈劲锋. 基于IPAT方程的典型发达国家经济增长与碳排放关系研究[J]. 生态经济, 2009, (11): 28-30.
- [7] 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.
- [8] 陈劲锋, 刘扬, 邹秀萍, 等. 二氧化碳排放演变驱动力的理论与实证研究[J]. 科学管理研究, 2010, 28(1): 43-48.
- [9] 张梅, 赖力, 黄贤金, 等. 中国区域土地利用类型转变的碳排放强度研究[J]. 资源科学, 2013, 35(4): 792-799.
- [10] 黄奇波, 覃小群, 刘朋雨, 等. 北方不同植被下土壤岩石试片的溶蚀速率及碳汇分析: 以山西汾阳地区为例[J]. 中国岩溶, 2013, 32(3): 258-265.
- [11] 曾思博, 蒋勇军. 土地利用对岩溶作用碳汇的影响研究综述[J]. 中国岩溶, 2016, 35(2): 153-163.
- [12] 覃小群, 蒙荣国, 莫日生. 土地覆盖对岩溶地下河碳汇的影响: 以广西打狗河流域为例[J]. 中国岩溶, 2011, 30(4): 372-378.
- [13] 方精云, 郭兆迪, 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.
- [14] 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, 2012, 25(1): 152-156.
- [15] 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.
- [16] Cai Zucong, Kang Guoding, Tsuruta H, et al. Estimate of CH<sub>4</sub> emissions from year-round flooded rice field during rice growing season in China [J]. Pedosphere, 2005, 15(1): 66-71.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报, 2000, 20(50): 773-740.
- [20] 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.
- [21] 官冬杰, 苏维词. 基于GIS重庆岩溶地区生态环境脆弱度评价[J]. 中国岩溶, 2006, 25(3): 211-218.
- [22] 张润森, 濮励杰, 文继群, 等. 建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线假说及验证[J]. 自然资源学报, 2012(5): 723-733.

## Characteristics of Kuznets curve to the relationship between construction land expansion and carbon emission intensity in different functional areas of Chongqing

ZHOU Baotong<sup>1</sup>, SHAO Junming<sup>2</sup>, LIU Xiaobo<sup>3</sup>, YU Xiaofeng<sup>1</sup>, LIU Ying<sup>1</sup>

(1. School of Geography, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Instituted of Surveying and Planning for Land Resources and Housing, Chongqing 400020, China;

3. Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641300, China )

**Abstract** Chongqing is situated in the upper stream of Yangtze River and lies in the southeast of Sichuan Basin, southwest of China. In September 2013, Chongqing has been divided into five metro-functional areas in the third plenum of the fourth Committee, which is closely related to the economic development of Chongqing. Studying the relationship between construction land expansion and carbon emission can provide some scientific evidences for the optimization of land resources allocation, industrial restructuring and sustainable development. It analysed the relationship between construction land expansion and carbon emission from 1998 to 2013 by using Kuznets curve fitting technology. Results show that, (1) In Chongqing, the Kuznets curve of the construction land expansion and carbon emission intensity generally presents an inverted U-shape relation, which shows that current Chongqing is quite close to the flex point in terms of urban economic development; (2) The Kuznets curve in core area of urban function and developing area of urban function shows an inverted U-shape relation; (3) The Kuznets curve in the newly developed district shows single linear relationship, which implies the primary features of regional industrial structure adjustment and the intensity level of land utilization; (4) The Kuznets curve in biological conservation area of the northeast Chongqing shows a U-shape quadratic curve indicating the relationship between construction land expansion and carbon emission intensity and the intensity level of land utilization remains to be improved.

**Key words** construction land expansion, carbon emission, Kuznets curve, the five metro-functional areas of Chongqing, karst landform

(编辑 黄晨晖)