

基于能源消费的重庆市土地利用碳排放效应分析^①

吴仕海¹, 张安明¹, 曹伟²,
李映晖³, 李灿², 黄九松², 严超¹

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. 昆明市云光中学, 昆明 650000

摘要: 基于能源消费视角, 通过构建土地利用碳排放核算模型, 从土地利用碳排放核算、碳足迹和碳排放强度 3 个方面, 对重庆市 1997—2010 年的土地利用碳排放效应进行时空变化分析. 结果表明: (1) 重庆市土地利用碳排放总量呈增加趋势, 由 1997 年的 $3\,796.12 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到 2010 年的 $9\,435.21 \times 10^4 \text{ t}$; 独立工矿用地地均碳排放强度最大; 单位 GDP 碳排放强度呈现下降趋势, 节能减排实施效果明显; 碳足迹呈增加趋势, 生产性土地面积不足以补偿土地碳足迹; (2) 土地利用碳排放和碳足迹的多少顺序在空间上呈现出: “一圈”, “渝东北”, “渝东南”的空间分布状态.

关键词: 能源消费; 土地利用; 碳排放; 碳足迹; 重庆市

中图分类号: F301.24; X144

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2015)1-0065-08

全球气候变暖已成为人类社会经济可持续发展面临的主要挑战, 以化石燃料为主的传统能源消费所产生的碳排放是造成全球气候变暖的主要人为原因. 《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》研究认为: 我国能源燃烧产生的碳排放约占碳排放总量的 80% 左右, 能源消耗成为当前中国最重要的碳排放来源. 能源消费产生的碳排放成为目前国内外学术界关注的焦点^[1-3]. 经济建设、产业布局、城市扩展和能源消费等都与土地利用密切相关, 并最终都要落到不同的土地利用方式上^[4]. 采取切实可行的有利于碳减排的土地利用方式是发展低碳经济的重要前提. 目前对于土地利用碳排放效应的研究主要集中在全国和省级区域尺度^[5-6], 所采用的研究方法主要是直接碳排放系数法^[6-7], 而基于能源消费的土地利用碳排放研究较少, 仅赵荣钦^[8]等基于能源消费对江苏省的土地利用碳排放进行了研究. 为此, 本文基于能源消费视角, 通过构建不同能源消费项目和不同用地类型的对应关系, 对重庆市不同土地利用碳排放效应进行分析, 以为进一步探讨区域土地利用变化与碳排放的相互作用机制, 区域社会经济低碳发展的土地利用提供参考和借鉴.

1 研究区概况

重庆市位于 $28^{\circ}10' - 32^{\circ}13' \text{N}$, $105^{\circ}11' - 110^{\circ}11' \text{E}$ 之间, 东邻湖北、湖南, 南靠贵州, 西接四川, 北连陕西. 全市幅员面积 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$, 地处青藏高原与长江中下游平原的过渡地带, 地势由南、北向长江河谷逐渐降低. 区域内地貌类型多样, 以山地、丘陵为主, 山地主要分布在渝东南和渝东北, 丘陵主要分布在渝西和中部地区, 平地主要分布在长江、嘉陵江沿岸.

① 收稿日期: 2013-05-20

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAJ22B06).

作者简介: 吴仕海(1987-), 男, 云南曲靖人, 硕士研究生, 主要从事土地利用与国土规划研究.

通信作者: 张安明, 副教授, 硕士研究生导师.

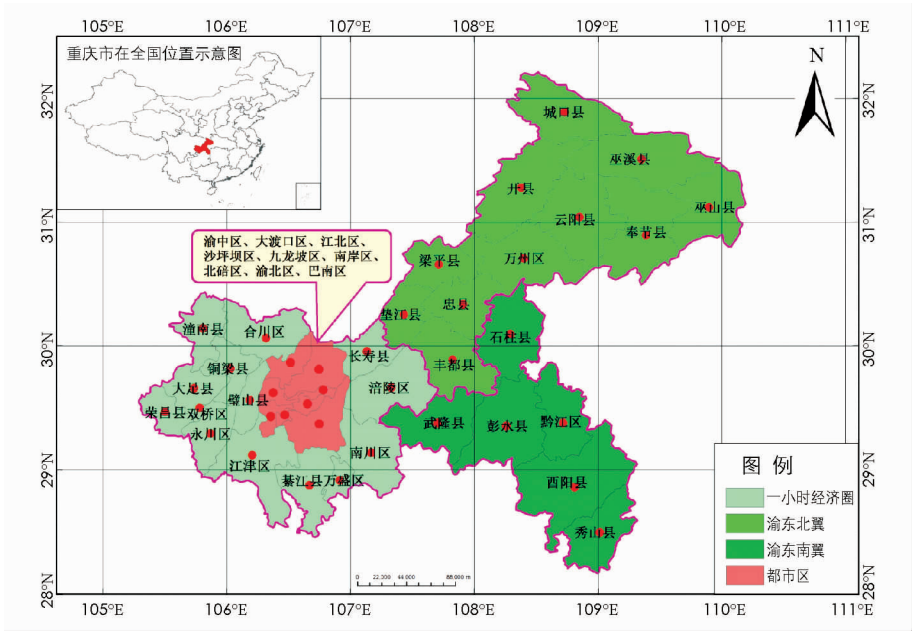


图 1 重庆市辖区示意图

2010 年末全市辖 40 个区(县)(如图 1 所示),总人口 3 303.45 万人,城镇化率达到 53%。2010 年全市国内生产总值实现 7 925.58 亿元,比上年增长 17.61%,三次产业结构比为 8.65 : 55 : 36.35。重庆市作为我国最年轻的直辖市、长江上游地区经济中心,其经济的快速发展将导致大量的农用地转为建设用地;作为大城市带大农村的典型区域和国家城乡综合配套改革实验区,重庆的发展受到社会各界的广泛关注。因此,对该区域的土地利用碳排放效应进行分析具有一定的典型性意义。

2 研究思路及方法与数据来源

2.1 研究思路与方法

为了能够更好的分析重庆市土地利用碳排放效应,本文基于能源消费视角,采用地理学的时空变化分析思路,从土地利用碳排放核算、碳足迹分析以及碳排放强度 3 个方面来综合分析重庆市的土地利用碳排放效应。其具体的研究思路如下。

1) 构建土地利用碳排放核算模型

首先,借鉴李璞、赵荣钦^[9-10]等研究,建立不同能源消费项目和不同用地类型的对应关系(表 1)。

表 1 不同土地利用类型与碳排放项目的对应关系

土地利用类型		能源消费项目
城乡建设用地	城镇用地	建筑业
		批发、零售业和住宿、餐饮业
	农村居民点用地	城镇生活消费
		农村生活消费
农用地及交通水利用地	独立工矿用地	工业
	交通运输用地	交通运输、仓储和邮政业
其他建设用地	农用地及水利设施用地	农林牧渔水利业
	特殊用地	其他行业

其次,采用 IPCC 推荐的能源消费核算方法^[11]进行核算。

碳排放的计算公式(1):

$$C = C_a + C_b + C_d$$

(1)

式中: C 为能源消费产生的碳排放总量, C_a 为化石能源消费产生的碳排放; C_b 为电能消费产生的碳排放,即电力、热力二次能源消耗产生的碳排放; C_d 为农村生物质能消费产生的碳排放。

$$C_a = \sum_{i=1}^{17} E_i \times NCV_i \times CF_i \times \frac{1}{1\,000} \times \frac{12}{44} + DF_i \times \frac{1}{1\,000} \times \frac{12}{16} \quad (2)$$

式中: C_a 为化石能源消费碳排放量(10^4 t), E_i 为第 i 中能源终端消费量(10^4 t 或 10^8 m³), 为 i 种能源净发热值(低位), CF_i 为 i 种能源的缺省 CO₂ 排放因子, DF_i 为第 i 种能源的缺省 CH₄ 排放因子. $1/1\,000$ 为单位转换系数, $12/44$ 、 $12/16$ 分别为 CO₂ 和 CH₄ 的含碳量转化系数, 其中 $CF_i = A_i \times B$, A_i 为缺省碳含量, B 为能源燃烧氧化率. CF_i 、 DF_i 、 NCV_i 采用 IPCC 的给定值.

电力、热力等二次能源消费本身并不直接产生碳排放, 其产生的碳排放主要来自其生产过程中对化石能源的消耗^[12-13], 根据重庆市历年的能源平衡表中能源加工投入产出情况, 可以看出电力绝大部分来自火力发电, 热力也主要由燃煤产生, 因此, 电力、热力等二次能源消费产生的碳排放按照煤炭的碳排放系数进行折算. 其计算公式(3):

$$C_b = \sum (M_i \times G_i + M_j \times N_j) \times F_b \quad (3)$$

式中: C_b 为电力、热力等二次能源消费产生的碳排放量(10^4 t), M_i 为电力二次能源消费量, G_i 为供电标准煤耗(即提供 1 kWh 电能平均耗用的标准煤量); M_j 为热力二次能源消费量, N_j 为热力折标准煤系数, G_i 、 N_j 来自于中国能源统计年鉴, F_b 为煤炭的碳排放系数, 煤炭的碳排放系数根据相关学者的研究, 取参考文献^[8] 中的均值.

农村生物质能消费产生的碳排放主要包括薪柴、沼气和秸秆 3 种. 其计算公式(4):

$$C_d = \sum_{i=1}^3 P_{di} \times Q_d \quad (4)$$

式中: C_d 为农村生物质能消费产生的碳排放总量(10^4 t), P_{di} 为 i 第种农村生物质能消费量(按标准煤计, tec), Q_d 为煤炭的碳排放系数.

2) 碳足迹分析

为了能够更好的反映人类利用土地进行生产活动对环境造成的影响和压力程度. 本文基于赵荣钦、黄贤金等^[8,10,14-15] 学者的研究思路, 引入碳足迹分析方法, 来分析土地利用碳排放对环境所产生的压力.

碳足迹, 即消纳碳排放所需的生产性土地(植被) 面积. 林地和草地是陆地生态系统的主要碳汇, 本研究将考虑林地和草地两种植被类型的碳吸收率. 由于本研究考虑了农村生物质能的碳排放, 为此, 在碳足迹的计算中将考虑农作物的碳吸收.

NEP(Net Ecosystem Production) 反映了植被的固碳能力, 即 1 hm² 的植被 1 年吸收的碳排放量. 本文将采用 NEP 指标来反映不同植被的碳吸收量, 并计算出消纳碳排放所需的生产性土地面积, 即碳排放产生的碳足迹. 其计算公式(5):

$$CF = C_{\#} \times \left(\frac{Q_a}{NEP_a} + \frac{Q_b}{NEP_b} + \frac{Q_c}{NEP_c} \right) \quad (5)$$

式中: CF 为能源消费碳足迹(hm²), $C_{\#}$ 为能源消费碳排放总量, Q_a , Q_b , Q_c 分别代表林地, 草地碳吸收在总量中的比重, NEP_a , NEP_b , NEP_c 分别代表林地、草地和农田的 NEP. 其中林地和草地的 NEP 参考谢鸿宇^[16] 等的研究结果, 对于农田 NEP 计算, 参考赵荣钦、赖力^[4-5] 等的研究方法, 其计算公式(6):

$$NEP_c = E_c/L = \sum_i E_d/L \quad (6)$$

式中: E_c 为农作物生育期吸收的碳总量, L 为耕地面积, E_d 为某种农作物全育期对碳的吸收量; $E_d = C_d \times R_d = C_d S_d / K$, C_d 为农作物的碳吸收率, R_d 为农作物生物产量, S_d 为农作物经济产量, K 为经济系数, i 为农作物种类. 中国主要农作物的经济系数和碳吸收率参考李克让、赵荣钦^[17-18] 等的研究文献. 本研究最终采用 1997—2010 年重庆市农作物单位面积碳吸收的均值作为农田生态系统的 NEP 值(表 2).

2.2 数据来源

本文采用的数据主要有: 重庆市土地利用变更调查数据(1997—2010), 由重庆市国土资源和房屋管理局提供; 重庆市能源消耗数据(1997—2010), 来自中国能源统计年鉴(1997—2010); 部分数据来自重庆市统计年鉴(1997—2010).

表 2 主要植被碳吸收系数表

	森林	草地	农田
NEP/(t·hm ⁻²)	3.809 6	0.948 2	5.042 5
消纳 1 t 碳的用地/(hm ² ·t ⁻¹)	0.262 5	1.054 6	0.198 3
平均碳吸收总量/t	12 251 603.54	199 574.56	12 082 883.49
吸收碳的比例	0.499 4	0.008 1	0.492 5
吸收 1 t 碳的用地/hm ²	0.131 1	0.008 6	0.097 7

3 结果与分析

3.1 土地利用碳排放时间变化特征

从图 2 看出,重庆市碳排放总量从 1997 年的 $3\,796.12\times10^4\text{t}$ 增加到 2010 年的 $9\,435.21\times10^4\text{t}$, 年平均增加 $402.79\times10^4\text{t}$, 年平均增长率为 6.72%。不同土地利用类型的碳排放中,以独立工矿用地的碳排放增加幅度最大,由 1997 年的 $2\,669.22\times10^4\text{t}$ 增加到 2010 年的 $6\,055.88\times10^4\text{t}$, 增加了 $3\,386.36\times10^4\text{t}$; 农村居民点用地碳排放呈先增加后下降的趋势;城镇用地、农用地及交通水利用地的碳排放变化平稳;交通用地和特殊用地的碳排放增长较快。

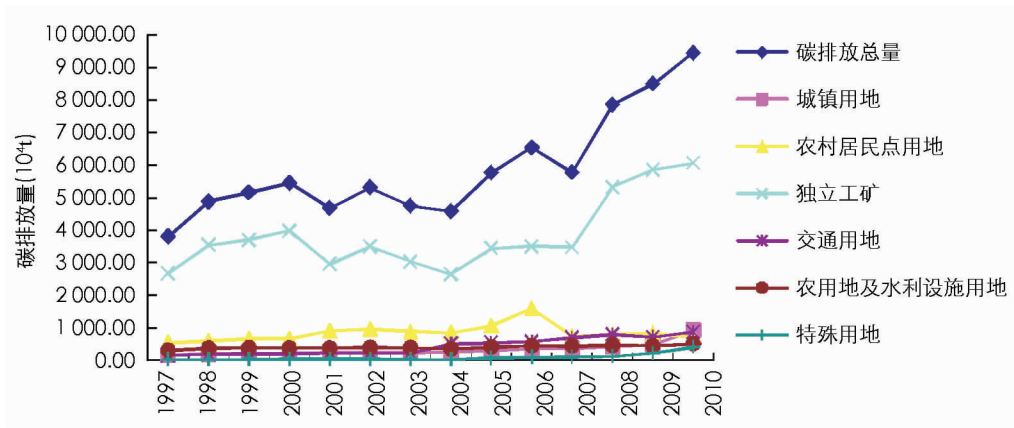


图 2 1997—2010 年重庆市土地利用碳排放

从地均碳排放强度来看(表 3),独立工矿用地的地均碳排放强度最大,年平均地均碳排放强度为 $1\,397.97\text{ t/hm}^2$,农用地及水利用地的地均碳排放强度最小,年平均地均碳排放强度为 0.56 t/hm^2 ,其他各个地类的地均碳排放强度大小顺序为:特殊用地,交通用地,城镇用地,农村居民点用地。

表 3 1997—2010 年重庆市地均碳排放强度表 /t·hm⁻²

年份	城镇用地	农村居民点用地	独立工矿用地	交通用地	农用地及水利设施用地	特殊用地
1997	46.23	14.49	863.11	46.48	0.42	19.30
1998	58.85	16.06	1092.46	56.55	0.52	32.21
1999	53.46	18.02	1150.30	56.21	0.53	34.25
2000	51.23	17.81	1211.85	58.86	0.52	39.35
2001	50.68	24.69	889.81	58.58	0.52	41.87
2002	49.01	26.08	1033.08	57.28	0.55	42.74
2003	44.87	24.20	830.39	56.02	0.54	31.49
2004	40.11	23.26	675.26	121.68	0.49	31.12
2005	45.87	29.07	834.75	119.97	0.57	92.92
2006	50.18	44.35	852.65	120.51	0.62	128.76
2007	48.08	20.33	797.09	144.03	0.62	139.56
2008	51.70	21.77	1160.34	161.90	0.65	171.95
2009	37.13	22.61	4169.31	160.03	0.60	452.93
2010	65.93	19.67	4011.23	179.05	0.69	851.14

从图 3 看出，1997—2010 年重庆市单位 GDP 碳排放强度总体呈现出不断下降的趋势，期间出现波动状态，单位 GDP 碳排放强度从 1997 年的 2.51t/万元下降到 2010 年的 1.19t/万元，下降了 1.32 t/万元。这充分表明了重庆市节能减排工作实施效果明显。

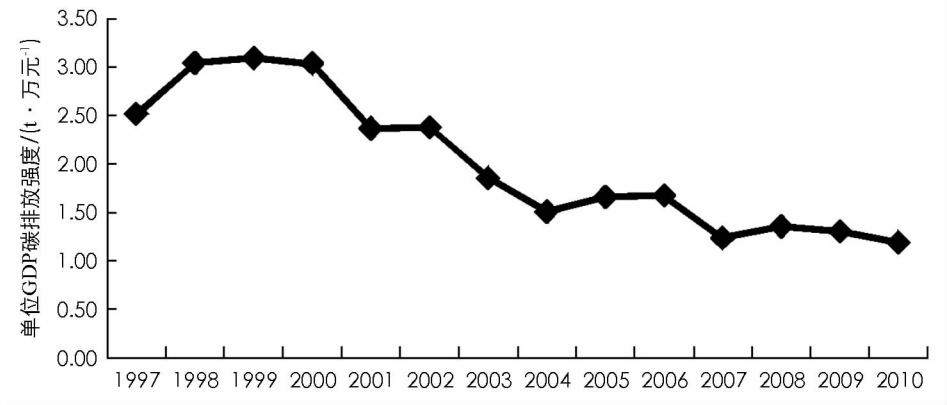


图 3 1997—2010 年重庆市单位 GDP 碳排放强度变化

表 4 则显示，重庆市土地的碳足迹总量呈现出不断增加的趋势，由 1997 年的 $900.93 \times 10^4 \text{hm}^2$ 增加到 2010 年的 $2\,239.25 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，增加了 $1\,338.32 \times 10^4 \text{hm}^2$ ；但其中生产性土地面积只增加了 $52.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，碳足迹的增加速度远远大于生产性土地面积的增加速度。生态赤字呈现出逐渐扩大的趋势，由 1997 年的 $325.57 \times 10^4 \text{hm}^2$ 增加到 2010 年的 $\times 10^4 \text{hm}^2$ ，增加了 $1\,286.00 \times 10^4 \text{hm}^2$ ；单位面积碳足迹从 1997 年的 $1.21 \text{hm}^2/\text{hm}^2$ 增加到 2010 年的 $2.90 \text{hm}^2/\text{hm}^2$ ，增加了 $1.68 \text{hm}^2/\text{hm}^2$ (表 4)。这表明重庆市的生产性土地面积不足以补偿土地碳足迹，主要是因为重庆市的能源消费碳排放总量超过了生产性土地面积的碳吸收总量。

表 4 1997—2010 年重庆市土地利用碳足迹分析

年份	碳足迹总量 /(10 ⁴ hm ²)	生产性土地面 /(10 ⁴ hm ²)	生态赤字 /(10 ⁴ hm ²)	单位面积碳足迹 / (hm ² · hm ⁻²)
1997	900.93	575.36	325.57	1.21
1998	1157.47	574.91	582.56	1.56
1999	1222.18	573.75	648.43	1.64
2000	1290.59	573.54	717.05	1.73
2001	1110.60	573.54	537.06	1.49
2002	1259.40	573.85	685.55	1.69
2003	1125.89	577.62	548.27	1.50
2004	1086.06	577.67	508.39	1.45
2005	1366.67	577.37	789.30	1.82
2006	1548.48	577.09	971.40	2.06
2007	1368.73	576.98	791.75	1.82
2008	1862.58	576.42	1286.16	2.48
2009	2013.68	627.56	1386.12	2.60
2010	2239.25	627.69	1611.57	2.90

3.2 土地利用碳排放空间变化特征

1) 碳排放空间分布特征

重庆市三大区域的碳排放在空间上呈现出不同的特征，碳排放总量以“一圈”为主。1997 年“一圈”的碳排放量为 $2\,557.72 \times 10^4 \text{t}$ ，占重庆市碳排放总量的 67.38%， “渝东南”的碳排放量为 $449.86 \times 10^4 \text{t}$ ，占碳排放总量的 11.85%， “渝东北”的碳排放总量为 $788.53 \times 10^4 \text{t}$ ，占碳排放总量的 20.77%(图 4)。

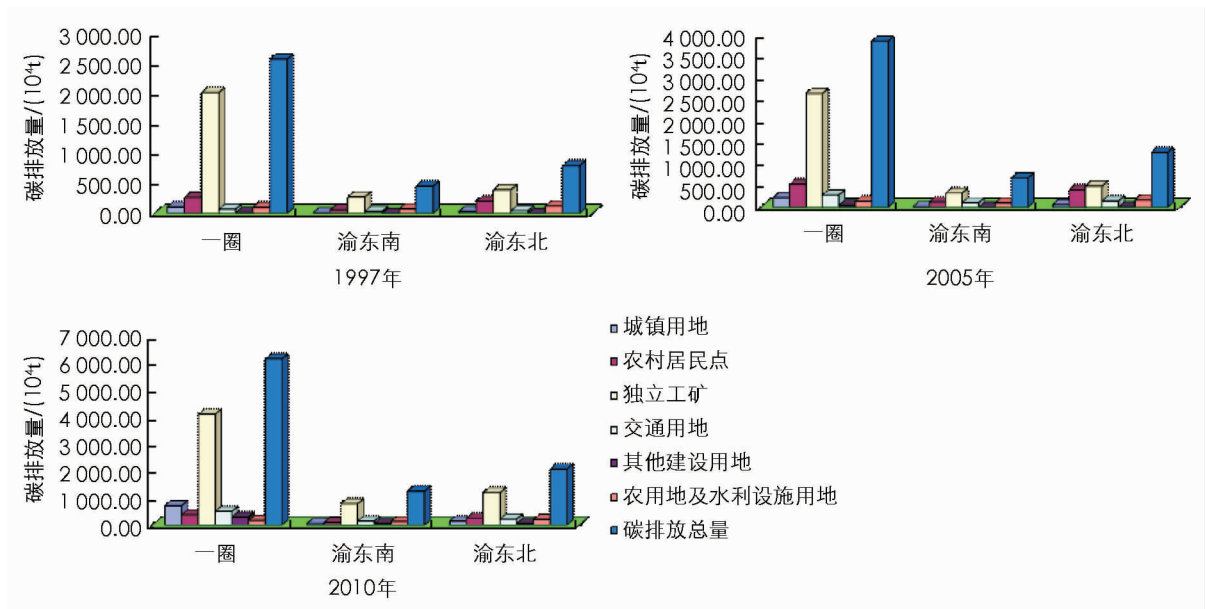


图 4 重庆市土地利用碳排放空间差异图

2005 年“一圈”的碳排放量为 $3\,826.82\times10^4\text{t}$, 占重庆市碳排放总量的 66.45%, 比 1997 年下降了 0.93 个百分点, “渝东南”的碳排放量为 $672.57\times10^4\text{t}$, 占碳排放总量的 11.68%, 比 1997 年下降了 0.07 个百分点, “渝东北”的碳排放总量为 $1\,259.15\times10^4\text{t}$, 占碳排放总量的 21.87%, 比 1997 年增加了 1.1 个百分点.

2010 年“一圈”的碳排放量为 $6\,125.66\times10^4\text{t}$, 占重庆市碳排放总量的 64.91%, 比 2005 年下降了 2.47 个百分点, “渝东南”的碳排放量为 $1\,245.29\times10^4\text{t}$, 占碳排放总量的 13.20%, 比 2005 年增加了 1.52 个百分点, “渝东北”的碳排放总量为 $2\,065.26\times10^4\text{t}$, 占碳排放总量的 21.89%, 比 2005 年增加了 0.02 个百分点.

总的来看, 重庆市土地利用碳排放在空间上以“一圈”为主, “渝东北”次之, “渝东南”碳排放最小, 这与三大区域的社会经济发展对能源消耗相一致. 但是“一圈”的碳排放呈现出不断下降的趋势, “渝东北”的碳排放不断增加, “渝东南”的碳排放呈现波动状态, 但总体上是增加的, 这表明“两翼”社会经济的快速发展对能源消耗量的需求在不断增长.

2) 碳足迹特征

从表 5 可以看出, 重庆市土地利用碳足迹在不同区域空间呈现出不同的特征, 碳足迹总量以“一圈”所占比重大, 其次为“渝东北”, “渝东南”所占比最小, 这与三大区域的碳排放特征相一致. 从生态赤字来看, 呈现出的差异大小顺序是“一圈”, “渝东北”和“渝东南”, 1997 年“渝东南”和“渝东北”区域的生态赤字均为负, 这表明这些区域的碳排放能够完全被区域范围内的生产性土地面积所吸收, 而且还有生态盈余; 2005 年三大区域均没有生态盈余, 渝东南的生态赤字最小, 仅为 0.96hm^2 ; 2010 年三大区域的生态赤字增长较快, 这表明此时区域范围内的生产性土地面积不足以补偿区域范围内的碳足迹, 区域范围内的能源消费碳排放大于生产性碳排放.

表 5 重庆市土地利用碳足迹空间分析结果

行政区	1997 年			2005 年			2010 年		
	碳足迹 总量	生产性 土地面积	生态 赤字	碳足迹 总量	生产性 土地面积	生态 赤字	碳足迹 总量	生产性 土地面积	生态 赤字
一圈	607.02	173.22	433.81	908.22	182.98	725.23	1 453.56	195.36	1 258.20
渝东南	106.76	156.57	-49.81	159.62	158.67	0.96	295.54	168.55	126.99
渝东北	187.14	233.48	-46.34	298.83	235.76	63.07	490.15	263.78	226.37

4 结论与讨论

通过以上分析, 得出以下结论:

1) 土地利用碳排放总量呈现出不断增加的趋势,由1997年的 $3\,796.12 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到2010年的 $9\,435.21 \times 10^4 \text{ t}$;各土地利用类型中农村居民点用地碳排放呈现出减少趋势,其他各地类碳排放呈现出增加趋势。

2) 各土地利用类型地均碳排放强度顺序大小为:独立工矿用地,特殊用地,交通过地,城镇用地,农村居民点用地,农用地及交通水利用地。因此,应通过优化土地利用结构,增加生产性土地面积,抑制建设用地过快增长,提高建设用地节约集约利用水平,最终通过土地利用结构优化来引导区域社会经济的低碳发展。

3) 单位GDP碳排放强度出现下降趋势,由1997年的 2.51 t/万元 下降到2010年的 1.19 t/万元 ,下降了 1.32 t/万元 ,表明重庆市节能减排工作的实施效果明显。

4) 重庆市的碳足迹总量呈现出增加趋势,碳足迹的增加速度远远大于生产性土地面积的增加速度,重庆市的生产性土地面积不足以补偿土地碳足迹。

5) 土地利用碳排放和碳足迹在空间上大小顺序呈现出“一圈”,“渝东北”,“渝东南”的空间分布状态。但是“一圈”的土地利用碳排放呈现出下降趋势,“两翼”的土地利用碳排放呈现出增加趋势。由于各区域在全市社会经济发展中地位和作用的不同,因此,需要结合各区域实际情况来进行碳减排措施调控。“一圈”需要重点控制建设用地规模的扩张,同时不断提高建设用地的节约集约利用水平;“渝东南”和“渝东北”需大力开展植树造林、封山育林,陡坡耕地退耕还林,结合地方实际发展生态农业,加快推进农村土地整治措施,提高农村建设用地节约集约利用水平。同时,可以结合实际情况,借鉴国际经验,尝试建立区域碳汇生态补偿机制,促进区域协调发展。

研究展望:(1)由于数据资料分类统计的差异性,不同土地利用类型与能源消费项目之间的对应关系存在一定程度的误差;(2)本研究主要是基于能源消费视角来分析重庆市的土地利用碳排放效应,对于重庆市土地利用碳排放效应的综合分析有待深入,同时对于构建重庆市的土地利用碳排放清单研究,在今后的研究中有待深入;(3)建设用地作为碳排放的主要承载用地,对于微观尺度的建设用地碳排放研究,如工业园区用地、交通过地等,在今后的研究中有待做进一步的探讨,以期重庆市区域社会经济的低碳发展做出贡献。

参考文献:

- [1] SOYTASA U, SARI R, EWING B T. Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States [J]. Ecological Economics, 2007, 62(3-4): 482-489.
- [2] 齐玉春,董云社.中国能源领域温室气体排放现状及减排对策研究[J].地理科学,2004,24(5):528-534.
- [3] 刘慧,成升魁,张雷.人类经济活动影响碳排放的国际研究动态[J].地理科学进展,2002,21(5):420-429.
- [4] 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(5):190-194.
- [5] 赖力.中国土地利用的碳排放效应研究[D].南京:南京大学,2010.
- [6] 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(S2):102-107.
- [7] 肖红艳,袁兴中,李波,等.土地利用变化碳排放效应研究——以重庆市为例[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2012,29(1):38-41.
- [8] 赵荣钦,黄贤金.基于能源消费的江苏省土地利用碳排放与碳足迹[J].地理研究,2010,29(9):1639-1649.
- [9] 李璞.低碳情景下建设用地结构优化研究——以江苏省为例[D].南京:南京大学,2009.
- [10] 赵荣钦,黄贤金,钟太洋.中国不同产业空间的碳排放强度与碳足迹分析[J].地理学报,2010,65(9):1048-1057.
- [11] IPCC/OECD. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [R]//Eggleston H S, Buendia L, Miwa K, et al. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programmer, Japan, IGES, 2006.
- [12] 刘竹,耿涌,薛冰,等.城市能源消费碳排放核算方法[J].资源科学,2011,33(7):1325-1330.
- [13] 朱勤,彭希哲,陆志明,等.中国能源消费碳排放变化的因素分解及实证分析[J].资源科学,2009,31(12):2072-2079.
- [14] 阎晓,涂建军,武京涛.重庆市经济发展与碳足迹的相关分析[J].西南师范大学学报:自然科学版,2012,37(6):167-172.

[15] 周 陶, 高 明, 谢德体, 等. 重庆市农田系统碳源/汇特征及碳足迹分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(1): 96—101.

[16] 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.

[17] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 250.

[18] 赵荣钦, 秦明周. 中国沿海地区农田生态系统部分碳源/汇时空差异 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 1—6.

On Carbon Emission Effects of Land Use Change Based on Energy Consumption of Chongqing City

WU Shi-hai¹, ZHANG An-ming¹, CAO Wei², LI Ying-hui³,
LI Can², HUANG Jiu-song², YAN Chao¹

1. School of Geography Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Chongqing Institute of Land Survey and Planning, Chongqing 400020, China;
3. Cloud Light Middle School of Kunming City, Kunming 650000, China

Abstract: Based on the perspective of energy consumption, carbon emission of land use model had been built in this the article and the space and time changes of carbon emission effects of land use analyzed from1997 to 2010 in Chongqing, from the estimated carbon emission of land use, carbon footprint and carbon emission intensity. The conclusions can be drawn as follows: 1) Total carbon emission of land use of Chongqing city has increased from $3\,796.12\times10^4\text{t}$ (1997) to $9\,435.21\times10^4\text{t}$ (2010); Carbon intensity per unit area of independent industrial land is the most types of land use; Carbon intensity per unit of GDP are decreasing, energy-saving and emission reduction have obvious effects; Carbon footprint is increasing; the area of productive land cannot adequately compensate carbon footprint. 2) The spatial distribution of the carbon emission of land use and carbon footprint presented: “one hour economic circle” greater than “north east wing of Chongqing” greater than “south east wing of Chongqing”.

Key words: Energy Consumption; land use; carbon emission; carbon footprint; Chongqing

责任编辑 陈绍兰