

重庆市土地利用碳排放效应时空格局分异

文枫, 鲁春阳

(河南城建学院, 河南 平顶山 467036)

摘要:运用文献分析法、归纳总结法、统计分析法测算了重庆市 12 a 来不同土地利用类型的碳排放,分析了变化特征并对其时空差异类型进行了划分。结果表明:(1) 重庆市碳汇大于碳源,碳排放总量表现为碳吸收,1997—2008 年碳吸收能力在波动中呈下降趋势,到 2008 年重庆市总碳吸收量为 14 570.85 万 t;(2) 各类用地中,林地为主要的碳汇,建设用地为主要的碳源,建设用地碳排放增长幅度最快,年增长率为 9.89%,应控制碳排放的快速增长;(3) 地均建设用地碳排放和单位产值碳排放强度较高,碳排放强度与经济发展水平呈正相关关系;(4) 土地利用碳排放效应受多种因素限制,能源消耗是碳排放主体;(5) 40 个区县的土地利用碳排放效应在空间分布上存在较大差异,应实施差别化的碳减排调控策略,引导城市低碳发展。

关键词:土地利用; 碳排放; 时空差异; 重庆市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0257-06

Effects of Land Use on Carbon Emission and Their Spatiotemporal Difference in Chongqing

WEN Feng, LU Chunyang

(Henan University of Urban Construction, Pingdingshan, Henan 467001, China)

Abstract: The purpose of this paper is to calculate the carbon emission of land use from 1997 to 2008 in Chongqing City, and analyze the characteristic of effect of land use on carbon emission, and divide the spatiotemporal difference types. The employed methods are documentation, inductive analysis and statistical analysis. The results indicate that: (1) carbon sink was greater than carbon source, the characteristic of carbon emission expressed as carbon absorption. the carbon absorption capacity took on the downward trend from 1997 to 2008, the total carbon uptake was -14 570.85 million tons in 2008 in Chongqing City, the government should control the rapid growth of carbon emission; (2) in the different types of land use, woodland is the main carbon sink and construction land is the main carbon source, the carbon emission of construction land grows fastest and increases by 9.89%; (3) the carbon emission per unit area of construction land and carbon emission per unit output value are higher, the emission intensity is found to be positively correlated with the level of economic development; (4) effects of land use on carbon emission are depended on many factors, energy consumption is the main source of carbon emission; (5) effects of land use on carbon emission of the forty counties are quite different, in order to achieve low-carbon-target-oriented city, different strategies should be used for carbon emission reduction.

Keywords: land use; carbon emission; spatiotemporal difference; Chongqing City

土地利用变化通过改变土地利用方式和土地利用结构,直接或间接影响陆地生态系统碳循环,改变人为能源消费、经济活动和农业生产格局,并进一步影响区域碳循环格局^[4-5]。

近年来,学者们对碳排放研究主要集中在以下五个方面:(1) 碳排放因素分解实证^[6-7]; (2) 基于能源消费、投入产出、个体消费行为等碳排放测算、碳结构、碳足迹和碳效率评价等^[8-13]; (3) 碳排放与经济增长、产

收稿日期:2015-07-10

修回日期:2015-08-10

资助项目:国家自然科学基金(41361042);河南省政府决策咨询课题(2015B258);河南省科技厅项目(152400410475);河南省教育厅人文社会科学基金项目(2015-GH-026、2016-GH-164);河南省社科联课题(SKJL-2015-3206)

第一作者:文枫(1980—),男,河南光山人,硕士,讲师,研究方向:土地利用与国土规划。E-mail:wenfengnihao@163.com

通信作者:鲁春阳(1979—),女,河南平顶山人,博士,副教授,主要从事土地资源管理、区域规划及区域经济研究。E-mail:luchunyang1223@163.com

业结构、能源消耗、社会发展的关系^[14-16]；(4) 基于特定生态系统的碳储量与土地利用^[17-18]；(5) 区域性碳排放及影响因素^[19-20]。其中土地利用碳排放效应受到普遍关注，特别是区域性土地利用变化与碳排放定量关系及相互作用机制的研究成果较多。土地利用碳排放的相关研究，国际主要是在土地利用变化的碳排放效应^[21-22]、土地利用、能源消费与碳排放的关系^[23]、城市空间的碳通量模拟^[24]、城市化进程的碳动态^[25-27]、等方面的研究；在国内南京大学较早开展了土地利用碳排放研究，集中在区域不同尺度碳排放核算及驱动机制研究、土地利用及其变化的碳排放效应及优化调控研究^[28]，有学者对江苏省不同土地利用方式碳排放进行了有益的探索^[29-30]，但现有研究还局限在对特定区域的实证层面，由于我国地域广大，不同区域的异质性明显。因此，有必要对不同类型区域的土地利用碳排放进行研究，为丰富我国土地利用碳排放理论体系提供更多素材。本文以重庆市为研究案例，在分析重庆市碳排放动态变化基础上，对主要土地利用类型的碳排放量及排放强度进行测算，探究不同土地利用方式碳排放空间差异及其变化特征，为深入开展区域土地利用碳排放研究提供参考，以期为区域土地利用方式转变和发展低碳经济提供决策参考。

1 研究方法 & 数据来源

1.1 区域概况

重庆市位于东经 105°11′—110°11′，北纬 28°10′—32°13′，地处较为发达的东部地区和资源丰富的西部地区的结合部，重庆市一个集大城市、大农村、大山区、大库区和民族地区为一体的特殊直辖市，经济发展梯度大，城乡二元结构典型，肩负着在西部地区率先实现全面建设小康社会的历史发展的重任。同时，重庆地处三峡库区腹地是长江流域生态环境安全的重要屏障。在经济社会快速发展和资源环境瓶颈制约的矛盾凸显期，如何通过调控土地利用碳排放来建设“两型社会”、发展“低碳经济”，实现区域“包容性增长”成为重庆发展道路上面临的又一挑战。

1.2 研究方法

碳排放主要是温室气体 CO₂ 的排放，其排放源包括自然源和人为源，自然源主要是来自陆地生态系统和海洋释放，人为源是由人类活动引起的 CO₂ 排放，主要包括能源燃烧、碳逃逸排放、工业生产排放、农业排放、生活排放、废弃物排放等多种途径。在土地利用变化过程中，陆地生态系统（主要是植被和土壤）碳库贮量积累的过程是碳汇，贮量减少的过程是

碳源。基于土地利用变化的碳排放，同时包含陆地生态系统碳库贮量积累和减少的过程，既存在碳汇也存在碳源。目前，国内学者研究耕地利用主要表现为碳源，以耕地化肥施用、农业机械生产使用、灌溉过程、粮食消耗、秸秆燃烧等为主要排放途径，且碳排放的增长速度远超过碳吸收^[29-31]；因在作物种类、气候、土壤性质和种植制度等多种因素的影响，耕地碳排放而有较大差异，颀鹏等^[32]研究表明河西绿洲农田利用表现为碳汇。本文主要讨论耕地和建设用地的碳排放，以及林地和草地为主的碳吸收。耕地利用主要是农业生产（包括农业机械耗能、土壤及作物呼吸、化肥农药生产等）碳排放和农作物碳吸收，其差值为耕地碳净排放系数；建设用地承载人类生产、生活功能，其碳排放主要是通过能源消耗的碳排放系数间接估算；林地和草地的碳吸收系数根据已有学者研究成果进行测算^[23]。

碳总排放估算公式为：

$$E = \sum e_i = \sum T_i \cdot \delta_i \quad (1)$$

式中： E 为碳总排放量； e_i 为第 i 种土地利用方式产生的碳排放量； T_i 为第 i 种土地利用方式对应的土地面积； δ_i 为第 i 种土地利用方式的碳排放（吸收）系数。

建设用地碳排放估算公式为：

$$E_c = \sum E_{ci} = \sum H_i \cdot \delta H_i \quad (2)$$

式中： E_c 为建设用地碳排放； E_{ci} 为第 i 种能源消费产生的碳排放； H_i 为 i 种能源消耗折算消耗标准煤量； δH_i 为第 i 种能源消耗碳排放转换系数。

表 1 各类碳源（汇）碳排放（吸收）系数参考值

名称	参考值	单位
煤炭消耗碳排放转换系数	0.7172	t C/t
石油消耗碳排放转换系数	0.5572	t C/t
天然气消耗碳排放转换系数	0.4202	t C/t
农作物碳排放系数	0.0422	kg C/(m ² ·a)
森林碳吸收系数	-5.7700	kg C/(m ² ·a)
灌草丛碳吸收系数	-2.8861	kg C/(m ² ·a)
草地碳吸收系数	-0.0021	kg C/(m ² ·a)

煤炭、石油、天然气消耗碳排放系数参照赵荣钦等^[4]研究成果（取不同学者的化石能源碳排放系数均值）；农作物参照张秀梅等^[30]成果；森林、灌草丛、草地碳吸收系数根据方精云等^[33]陆地植被碳汇推算得到（表 1）。

1.3 数据来源与处理

土地利用数据采用 1997—2008 年重庆市土地变更调查数据（考虑到 2009 年以后土地变更调查数据是在第二次全国土地调查数据的基础上更新的，在土地分类上与 2008 年以前有差异，为了实现数据的可

比性,本文据此对1997—2008年重庆市土地碳排放进行估算,以期对区域碳排放调控提供参考)。能源消耗和社会经济数据采用1997—2009年《重庆统计年鉴》。在土地利用变更调查数据中统计提取耕地、有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、苗圃、牧草地、建设用地,根据方精云对森林(基于郁闭度30%)和灌草丛(介于森林和草丛植被的中间类型)的定义,将有林地和灌木林地合并为森林,疏林地、未成林造林地和苗圃合并为灌草丛,最终林地的碳吸收量为森林和灌草丛的碳吸收量。2008年重庆市各区县能源消耗数据,根据各区县一、二、三产业产值占重庆市GDP比值进行推算。

表2 1997—2008年重庆市土地利用碳排放测算结果

10⁴ t/hm²

年份	耕地	林地	草地	建设用地	碳源	碳汇	碳源/碳汇	总碳排放	地均碳排放	地均建设用地碳排放
1997	107.24	-16513.98	-0.50	1192.48	1299.72	-16514.48	0.08	-15214.76	-18.49	24.21
1998	107.07	-16503.70	-0.50	1224.09	1331.15	-16504.20	0.08	-15173.04	-18.44	24.64
1999	106.75	-16496.90	-0.50	1311.51	1418.26	-16497.40	0.09	-15079.14	-18.33	25.92
2000	106.47	-16508.40	-0.50	1333.84	1440.30	-16508.90	0.09	-15068.60	-18.32	26.08
2001	106.31	-16530.98	-0.50	1391.07	1497.38	-16531.48	0.09	-15034.10	-18.27	27.03
2002	104.06	-16709.05	-0.50	1455.54	1559.59	-16709.55	0.09	-15149.96	-18.42	28.02
2003	99.07	-17257.20	-0.50	1565.30	1664.37	-17257.70	0.10	-15593.34	-18.95	28.99
2004	96.53	-17456.69	-0.50	1819.32	1915.85	-17457.19	0.11	-15541.34	-18.89	32.55
2005	95.49	-17531.59	-0.50	2270.12	2365.61	-17532.09	0.13	-15166.48	-18.44	39.89
2006	94.61	-17606.34	-0.50	2446.65	2541.26	-17606.84	0.14	-15065.58	-18.31	42.36
2007	94.49	-17611.47	-0.50	2774.15	2868.64	-17611.97	0.16	-14743.33	-17.92	47.36
2008	94.36	-17599.38	-0.50	2934.67	3029.02	-17599.87	0.17	-14570.85	-17.71	49.47

通过计算可知,重庆市总碳排放表现为碳吸收(表2)。1997—2008年碳吸收能力在波动中呈下降趋势,表现为下降—上升—下降的倒“U”型变化特点。受直辖效应影响,1997—2000年碳吸收逐年下降;2000—2003年随着退耕还林政策的实施,碳吸收出现大幅度提高;2003年以来,在西部大开发和重庆市直辖双重效应作用下,在人口和经济增长的拉动下,产业结构和土地利用结构发生很大变化,碳吸收能力一直呈快速下降趋势。近12a来重庆市碳源碳汇比逐年增大,2008年该比值为0.17为1997年的2.19倍。1997—2008年该比值年增长率为9.89%,且自2003年以来,后段增长率(13.08%)明显大于前段年增长率(3.22%)。主要原因在于作为碳源的建设用地的碳排放量快速增加,年均增长11.09%;而作为碳汇的林地和草地的碳吸收量增长缓慢,增长率仅为0.55%,增长幅度明显慢于碳排放量增长速度。2003年之后碳源碳汇比值出现显著增长,源于经济总量快速增长、城市化水平迅速提高以及城市规模拓

2 结果与分析

2.1 重庆市1997—2008年碳排放测算结果与分析

区域土地利用碳排放反映土地利用类型和土地利用强度改变导致的碳排放数量的变化。本文以碳源、碳汇、碳源/碳汇、地均碳排放强度、地均建设用地碳排放强度、碳排放总量等指标对重庆市土地利用碳排放进行测算,分析各类土地利用碳排放变化态势、增减情况及碳排放强度动态变化情况。利用上述测算方法和数据资料测算重庆市1997—2008年土地利用碳排放相应指标值,其中耕地、建设用地是碳源,林地、草地是碳汇,结果见表2。

展、外延扩张。同时重庆市通过实施“退而进三”、“土地置换”、“腾笼换鸟”等产业结构调整政策以及能源政策调整和管制等政策,碳汇一直呈缓慢增长态势,说明重庆在发展经济的同时注重资源环境的保护。

区域碳排放强度以单位面积碳排放量反映,考虑到目前碳排放主要来自建设用地,本文主要分析地均碳排放量和地均建设用地碳排放量两个指标。地均碳排放强度基本未发生变化,而地均建设用地碳排放强度自1996年以来始终呈快速增长趋势,2008年达49.47 t/hm²,是1996年的2.04倍,年均增长率为8.70%。根据重庆市土地利用总体规划(2006—2020年),到2020年建设用地总量达到70.44 hm²净增13.54 hm²,建设用地碳排放量将进一步增加,碳减排面临巨大压力,低碳土地利用体系迎来新的挑战。

2.2 重庆市主要土地利用类型碳排放

12年间,重庆市建设用地碳排放和林地碳吸收量都呈逐年上升趋势,增长率为12.17%,大大高于林地碳吸收量年增长率0.55%,因此碳吸收总量表

现为下降趋势。一方面,随着城市规模的扩大,其承载的产业和人口规模也随之大幅度增长,且重庆市产业仍以工业为主,能源利用率相对不高,因此产生的能源消耗、工业生产以及废弃物处理等的碳排放量巨大。另一方面,重庆市是典型的组团式结构,导致了组团之间人流和物流更多地依赖于交通工具,导致交通部门的碳排放量显著增长。从 2003 年开始,由于土地非农化加快,加之工业化、城市化的快速发展,每年上涨幅度较前几年增大。到 2008 年重庆市建设用地碳排放达 2 934.67 万 t,占碳源总量的 96.88%,耕地仅占 3.12%;林地碳吸收量 17 599.38 万 t,接近碳汇总量,碳汇远远大于碳源,碳吸收总量为 14 570.85 万 t。草地碳吸收量和耕地碳排放量保持稳定(图 1)。重庆市的草地碳吸收量和耕地碳排放量变化不大,这与重庆市自然地貌、经济发展以及退耕还林政策绩效和森林重庆建设有密切关系,重庆市地形以中低山为主,林地占总土地面积 40.00%,森林覆盖率高;同时重庆在西部大开发和统筹城乡发展背景下,具有长江上游经济中心、成渝经济区等区位优势,迎来经济快速发展的机遇,建设用地增长与需求加快,导致重庆市土地利用碳排放效应表征为建设用地碳排放和林地碳吸收效应相互作用。

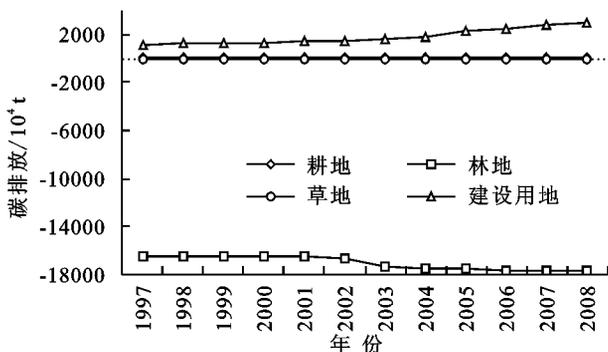


图 1 重庆市 1997—2008 年主要土地利用方式碳排放

2.3 重庆市土地利用碳排放空间分异特征

2.3.1 2008 年重庆市各区县土地利用碳排放测算结果与分析

根据 2008 年重庆市 40 区县主要土地利用类型面积、经济、能源消耗等相关数据资料,测算其碳排放量并从不同指标角度对重庆市碳排放空间格局差异进行分析,测算结果见表 3。从表 3 可以得出,2008 年重庆市总碳吸收量为 -14 570.85 万 t,其中碳源 3 029.02 万 t,碳汇 -17 599.87 万 t,碳汇是碳源的 5.81 倍。其中林地为主要的碳汇,占碳汇总量的 99.99%;建设用地为主要的碳源,占碳源总量的 96.88%,地均建设用地碳排放强度达 49.47 t/hm²。

2.3.2 2008 年重庆市各区县土地利用碳排放空间分异特征

按照 2008 年重庆各区县碳排放量及不同

指标碳排放强度大小,将各区县分为不同级别,并用 ArcGIS 9.3 进行空间表达(图 2)。

(1) 碳排放总量。从碳排放总量来看,碳排放区主要集中在“一小时经济圈”,“渝东南”、“渝东北”和“渝西地区”大部分区县为碳吸收区。其中以渝中区为中心的大部分主城区是碳排放超过 100 万 t 的 IV 级区,位于主城都市发达经济圈南部大渡口区 and 北部渝北区以及“渝西经济走廊”双桥区、荣昌县为碳排放较小的 III 级区。少数民族自治区的“渝东南”和海拔较高的“渝东北”受自然地理环境和经济发展水平的影响,为碳吸收较高 I 级区;“渝东北”的垫江县、丰都县、忠县、梁平县、万州区、云阳县和“渝西地区”、主城区以外的“一小时经济圈”的大部分地区为碳吸收较低 II 级区。

(2) 碳源/碳汇比值。从碳源/碳汇比值来看,比值较大 III 级区为除巴南区、渝北区以外的主城区,林地资源缺乏,经济发展水平和城镇化较高。长江以北“一小时经济圈”内除 III 级区外的潼南县、铜梁县、合川区等 9 地区属于比值介于 0.5~2 之间 II 级区,所属区县占整个区县总数的 25%。其余属于碳源碳汇比值较小 I 级区,分布在“一小时经济圈”南部、北部和整个“渝东南”、“渝东北”地区,所占整个区县总数比例较高为 57.5%。

(3) 地均建设用地碳排放强度。2008 年重庆市地均建设用地碳排放强度为 49.47 t/hm²,从图 2 可以看出,主城都市发达经济圈的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区和渝西的双桥区,地均建设用地碳排放强度大大超过平均水平,处于大于 100 t/hm² IV 级区。位于“一小时经济圈”东南部和东北部的北碚区、渝北区、巴南区、涪陵区、南川区处于重庆平均水平以上 50~100 t/hm² 的 III 级区;处在平均水平附近的中值区(II 级区)主要分布在“一小时经济圈”,低值区(≤25 t/hm²)主要分布在“渝东北”。总体上,地均建设用地碳排放强度“一小时经济圈”>“渝东南”>“渝东北”,其中“一小时经济圈”最高为 156.77 t/hm²,为重庆市平均水平的 1.55 倍,“渝东南”5.61 倍,“渝东北”6.60 倍。

(4) 单位产值碳排放强度。从单位产值碳排放强度来看(图 2),主城都市发达经济圈最高,平均值为 0.41 t/万元,其中渝中区最高为 0.56 t/万元。总体上,单位产值碳排放强度“一小时经济圈”>“渝东北”>“渝东南”,且“渝东南”所有区县均低于 -10 t/万元,这与少数民族地区经济发展水平落后和较好保护自然生态有很大关系。

表 3 2008 年重庆市 40 区县土地利用碳排放测算结果

行政单位	林地/万 t	建设用地/万 t	碳源/万 t	碳汇/万 t	碳源/碳汇	总碳排放量/万 t	地均建设用地碳排放/(t·hm ⁻²)	单位产值碳排放/(t/万元)
重庆市	-17599.38	2934.67	3029.02	-17599.87	0.17	-14570.85	49.47	-2.78
渝中区	0.00	182.80	182.80	0.00	—	182.80	1048.44	0.56
大渡口区	-9.10	79.81	79.90	-9.10	8.78	70.80	215.17	0.50
江北区	-17.71	122.80	123.00	-17.71	6.95	105.29	168.28	0.48
沙坪坝区	-36.85	151.96	152.50	-36.85	4.14	115.65	122.73	0.43
九龙坡区	-28.80	241.69	242.27	-28.80	8.41	213.47	174.54	0.49
南岸区	-24.97	126.53	126.73	-24.97	5.08	101.77	145.47	0.45
北碚区	-106.33	87.34	88.43	-106.33	0.83	-17.90	83.34	-0.11
渝北区	-156.02	169.12	171.07	-156.02	1.10	15.05	66.56	0.05
巴南区	-273.42	98.38	101.49	-273.42	0.37	-171.94	55.37	-0.98
万盛区	-148.07	18.14	18.81	-148.07	0.13	-129.26	46.56	-3.99
双桥区	-0.04	16.81	16.81	-0.04	429.11	16.77	934.53	0.56
綦江县	-384.19	70.16	73.59	-384.19	0.19	-310.60	46.97	-2.48
潼南县	-64.68	48.36	51.49	-64.68	0.80	-13.19	29.23	-0.15
铜梁县	-104.43	62.20	64.81	-104.43	0.62	-39.62	34.42	-0.36
大足县	-92.39	57.09	60.22	-92.39	0.65	-32.18	30.92	-0.32
荣昌县	-43.58	61.66	64.04	-43.58	1.47	20.46	42.65	0.19
璧山县	-87.05	63.60	65.29	-87.05	0.75	-21.76	48.75	-0.19
江津市	-489.12	122.86	127.18	-489.12	0.26	-361.93	40.46	-1.65
合川市	-163.40	114.02	118.68	-163.40	0.73	-44.72	42.13	-0.22
永川市	-118.03	107.63	110.36	-118.03	0.94	-7.67	45.25	-0.04
南川市	-760.09	56.31	58.76	-760.10	0.08	-701.34	51.27	-6.98
涪陵区	-543.40	142.04	147.05	-543.40	0.27	-396.35	96.04	-1.56
长寿区	-132.59	80.59	83.00	-132.59	0.63	-49.59	36.59	-0.34
黔江区	-747.34	33.89	35.97	-747.34	0.05	-711.37	36.13	-11.76
武隆县	-1017.58	27.91	30.77	-1017.58	0.03	-986.81	46.09	-19.81
石柱县	-1039.28	24.63	26.75	-1039.35	0.03	-1012.59	30.63	-23.04
秀山县	-740.75	28.04	30.22	-740.75	0.04	-710.53	22.08	-14.20
酉阳县	-1526.76	18.45	22.93	-1526.82	0.02	-1503.88	13.19	-45.69
彭水县	-1095.02	28.05	31.25	-1095.02	0.03	-1063.77	19.64	-21.26
万州区	-514.51	143.49	147.28	-514.56	0.29	-367.27	41.18	-1.43
梁平县	-291.24	42.26	45.55	-291.24	0.16	-245.69	21.75	-3.26
城口县	-785.72	10.95	11.94	-785.88	0.02	-773.93	30.79	-39.61
丰都县	-729.69	32.20	35.55	-729.69	0.05	-694.14	26.78	-12.08
垫江县	-102.79	45.70	49.07	-102.79	0.48	-53.72	28.49	-0.66
忠县	-259.83	43.60	47.09	-259.83	0.18	-212.74	24.30	-2.73
开县	-768.14	62.02	65.68	-768.17	0.09	-702.48	23.67	-6.35
云阳县	-661.84	37.25	39.91	-661.84	0.06	-621.94	18.49	-9.36
奉节县	-1176.43	42.21	45.16	-1176.48	0.04	-1131.32	20.68	-15.02
巫山县	-973.74	18.89	20.66	-973.75	0.02	-953.09	9.64	-28.27
巫溪县	-1384.46	13.20	14.96	-1384.53	0.01	-1369.57	15.36	-58.14

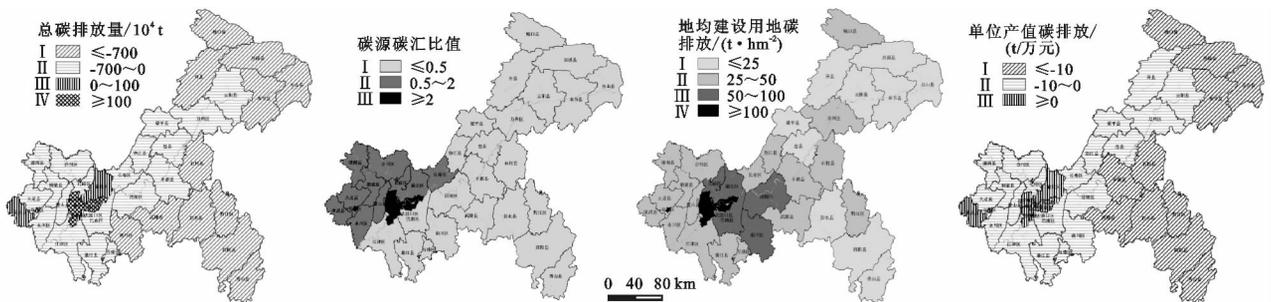


图 2 2008 年重庆市碳排、碳源/碳汇、地均建设用地、单位产值碳排放强度空间分异

3 讨论与结论

3.1 讨论

文中不同土地利用类型碳排放与现行土地分类系统并非完全对应,土地利用碳排放测算结果存在一定的误差,但并不影响区域土地利用碳排放的总体规律。根据《IPCC 国家温室气体清单指南》,工业生产过程和废弃物也是碳排放核算中重要部分。由于受资料收集的影响,文中没有考虑工业生产过程和废弃物的碳排放。研究不同部门的土地利用碳排放效应,特别是开展建设用地碳排放效应研究对城市系统碳循环与碳管理等方面具有十分重要的意义。同时,积极探索低碳发展背景下的土地利用方式转变,有利于为我国节能减排、提高能源利用效率,发展绿色能源战略和绿色经济找到更加合理的途径。

3.2 结论

(1) 重庆市碳汇大于碳源,碳排放总量表现为碳吸收,1997—2008 年碳吸收能力在波动中呈下降趋势。到 2008 年重庆市总碳吸收量为 14 570.85 万 t,12 a 间年均下降率为 0.35%;而碳源碳汇比逐年增大,2008 年为 1997 年的 2.19 倍,该比值年增长率为 9.89%。重庆市碳排放量在未来一段时期内仍呈上升态势,要控制碳排放的快速增长。

(2) 各类用地中,林地为主要的碳汇,建设用地为主要的碳源。建设用地碳排放增长幅度快于林地碳吸收增长速度,近 12 a 来重庆市碳源碳汇比逐年增大,年增长率为 9.89%。因此,重庆市要转变土地利用模式,开展低碳化土地利用调控,优化土地利用格局。

(3) 地均建设用地碳排放和单位产值碳排放强度较高。地均建设用地碳排放强度自 1996 年以来始终呈快速增长趋势,2008 年达 49.47 t/hm²,年均增长率为 8.70%,说明碳排放强度与经济发展水平呈正相关关系。

(4) 土地利用碳排放效应受多种因素限制,能源消耗是碳排放主体。应科学编制低碳目标导向的土地利用规划,发放低碳经济,提增加土地生态系统碳蓄积能力,减小能源消耗碳排放。

(5) 碳排放总量、碳源碳汇比值、地均建设用地碳排放强度和单位产值碳排放强度,40 区县在空间分布上存在较大差异。碳排放区主要集中在“一小时经济圈”,“渝东南”、“渝东北”和“渝西地区”大部分区县为碳吸收区。地均建设用地碳排放强度“一小时经济圈”>“渝东南”>“渝东北”,单位产值碳排放强度“一小时经济圈”>“渝东北”>“渝东南”,可见重庆市碳排放强度的空间分异显著,应实施差别化的碳减排调控策略,引导城市低碳发展。

参考文献:

- [1] 韩骥,周翔,象伟宁.土地利用碳排放效应及其低碳管理研究进展[J].生态学报,2016,36(4):1152-1161.
- [2] 孙赫,梁红梅,常学礼,等.中国土地利用碳排放及其空间观念[J].经济地理,2015,35(3):154-162.
- [3] 周嘉,杨琳,董美娜,等.基于土地利用的哈尔滨市 2004—2012 年碳排放强度变化分析[J].地理科学,2015,35(3):322-327.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 邹秀萍,陈劭锋,宁森,等.中国省级区域碳排放影响因素的实证分析[J].生态经济,2009(3):34-37.
- [8] 刘红光,刘卫东,唐志鹏.中国产业能源消费碳排放结构及其减排敏感性分析[J].地理科学进展,2010,29(6):670-676.
- [9] 陈红敏.包含工业生产过程碳排放的产业部门隐含碳研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(3):25-30.
- [10] 杨选梅,葛幼松,曾红鹰.基于个体消费行为的家庭碳排放研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(5):35-40.
- [11] Casler S D, Rose A. Carbon dioxide emissions in the U. S economy: A structural decomposition analysis [J]. Environmental and Resource Economics, 1998,11(3/4):349-363.
- [12] 赵荣钦,黄贤金,钟大洋.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.
- [13] 王佳丽,黄贤金,郑泽庆.区域规划土地利用结构的相对效率评价[J].农业工程学报,2010,26(7):302-306.
- [14] 谭丹,黄贤金.我国东、中、西部地区经济发展与碳排放的关联分析与比较[J].中国人口·资源与环境,2008,18(3):54-57.
- [15] 谭丹,黄贤金.我国工业行业的产业升级与碳排放关系分析[J].四川环境,2008,27(2):74-78.
- [16] 牛叔文,丁永霞,李怡欣,等.能源消耗、经济增长和碳排放之间的关联分析:基于亚太八国面板数据的实证研究[J].中国软科学,2010,(5):12-19,80.
- [17] 吴建国.土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响[J].应用生态学报,2004,15(4):593-599.
- [18] 闫玉春,唐海萍,常瑞英,等.长期开垦与放牧对内蒙古典型草原地下碳截存的影响[J].环境科学,2008,29(5):1388-1394.
- [19] 赵欣,龙如银.江苏省碳排放现状及因素分解实证分析[J].中国人口·资源与环境,2010,20(7):25-30.
- [20] 汤洁,毛子龙,王晨野,等.基于碳平衡的区域土地利用结构优化:以吉林省通榆县为例[J].资源科学,2009,31(1):130-135.

Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- 等离子含量水平的高低密切相关。主成分分析结果表明,地下水矿化度,电导率,pH 值, Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- 以及 Na^+ 可作为研究区地下水水质状况的特征因子。焉耆盆地地下水系统正在受到较强烈人类活动的影响。对于焉耆盆地而言,由于地处生态环境特别脆弱的干旱荒漠区,区域发展规划必须把生态环境保护放在重要位置。要实现经济、社会和环境可持续发展的目标,就必须保护水资源。提高水资源利用率,加强地下水资源、湖泊与湿地保护是保护绿洲稳定性与绿洲生态安全,实现可持续发展的重要举措^[8]。

参考文献:

- [1] 黄一帆,刘俊民,姜鹏,等.基于 Modflow 的泾惠渠地下水动态及预测研究[J].水土保持研究,2014,21(2):273-278.
- [2] 晓利,卢玲.黑河中游张掖绿洲地下水时空变异性分析[J].中国沙漠,2009,29(4):777-784.
- [3] Hamid Y, Mamattursun E, Mihrigul M, et al. Variations in groundwater levels and salinity in Ili River Irrigation Area, Xinjiang, north-west China: A geostatistical approach[J]. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2011, 18(1): 56-65.
- [4] 郝兴明,陈亚宁,李卫红,等.塔里木河中下游荒漠河岸林植被对地下水埋深变化的响应[J].地理学报,2008, 63(11):1123-1129.
- [5] 张俊,赵振宏,马洪云,等.于物种生存域的干旱半干旱区地下水与植被关系研究[J].水土保持研究,2014, 21(5):240-243.
- [6] 麦麦提吐尔逊·艾则孜,海米提·依米提,艾尼瓦尔·买买提.天山西部伊犁河灌区地下水地球化学特征[J].地球化学,2011,40(2):179-187.
- [7] 麦麦提吐尔逊·艾则孜,海米提·依米提,艾尼瓦尔·买买提,等.天山西部伊犁河流域土壤盐分特征[J].环境科学研究,2010,23(6):774-781.
- [8] 麦麦提吐尔逊·艾则孜,海米提·依米提,祖皮艳木·买买提,等.焉耆盆地土地利用变化对生态服务价值的影响[J].水土保持研究,2012,19(6):137-141.
- [9] Zulpiya M, Hamid Y, Ruozi A, et al. Source identification and hazardous risk delineation of heavy metal contamination in Yanqi Basin, northwest China[J]. Science of the Total Environment, 2014, 493(15):1098-1111.
- [10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [11] 黄锡荃.水文学[M].北京:高等教育出版社,1985.
- [12] 王水献,王云智,董新光,等.开孔河流域浅层地下水矿化度时空变异及特征分析[J].水土保持研究,2007, 14(2):293-296.
- [13] 宋长春,邓伟.吉林西部地下水特征及其与土壤盐渍化的关系[J].地理科学,2000,20(3):246-250.
- [14] 马兴旺,朱靖蓉,李保国.绿洲土地利用对地下水矿化度时空变化影响的定量评估[J].自然资源学报,2009, 24(3):466-475.
- [15] 赵枫.新疆阿其克苏河沿岸地下水水质与主要离子关系研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(11):161-164.
- [21] Houghton R A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850—1990[J]. Tellus series B-Chemical and Physical Meteorology, 1999, 51, (2):298-313.
- [22] Houghton R A, Hackler J L. Sources and sinks of carbon from land-use change in China [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2003, 17(2):1034-1047.
- [23] Ali G, Nitivattananon V. Exercising multidisciplinary approach to assess interrelationship between energy use, carbon emission and land use change in a metropolitan city of Pakistan[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(1):775-786.
- [24] 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.
- [25] Cai Z C, Kang G D, Tsuruta H, et al. Estimate of CH_4 emission from year-round flooded rice field during rice growing season in China[J]. Pedosphere, 2005, 15(1):66-71.
- [26] Churkina G. Modeling the carbon cycle of urban systems [J]. Ecological Modelling, 2008, 216(2):107-113.
- [27] Fisher, Vanden K, Jefferson G H, et al. What is driving China's decline in energy intensity[J]. Resource and Energy Economics, 2004, 26(1):77-97.
- [28] 赵荣钦,陈志刚,黄贤金,等.南京大学土地利用碳排放研究进展[J].地理科学,2012,32(12):1473-1480.
- [29] 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,2010,24(S2):102-107.
- [30] 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.
- [31] 鲁丰先,张艳,秦耀辰,等.中国省级区域碳源汇空间格局研究[J].地理科学进展,2013, 32(12):1751-1759.
- [32] 颀鹏,蔺海明,黄高宝,等.河西绿洲农田生态系统碳源/汇的时空差异研究[J].草业科学,2009, 18(4):224-229.
- [33] 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),2007, 37(6):804-812.

(上接第 262 页)