

四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究

石洪昕^{1,3}, 穆兴民^{1,2}, 张应龙¹, 吕明权¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中共广元市委办公室, 四川 广元 628017)

摘要: 利用土地利用变化及能源消耗资料, 采用直接碳排放系数法, 对四川省广元市近 20 a 的不同土地利用类型的碳排放效应进行了估算。结果表明, 在土地利用变化的影响下, 该区域碳排放量明显增加, 从 1990 年的 2.11×10^7 t 增长到 2010 年的 3.98×10^7 t, 增长幅度为 88.9%; 建设用地是主要的碳源, 碳排放量从 1990 年的 2.73×10^7 t 迅速增长到 2010 年的 4.91×10^7 t, 其碳排放量占总碳排放量的 99% 以上, 平均年增长速度为 1.09×10^6 t; 林地作为最大的碳汇, 20 a 间有所增长, 但水域、草地、未利用地碳汇效益不明显; 从碳排放的空间格局来看, 市中心区利州区的碳排放量最大, 年平均碳排放量 1.60×10^7 t。依据相关研究结果, 提出了减少广元市碳排放量的相关建议。

关键词: 土地利用; 碳源; 碳汇; 广元市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)03-0101-06

中图分类号: F121.3, X24

Effects of Different Land Use Patterns on Carbon Emission in Guanyuan City of Sichuan Province

SHI Hong-xin^{1,3}, MU Xing-min^{1,2}, ZHANG Ying-long¹, LÜ Ming-quan¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. The CPC Committee Office of Guanyuan City, Guanyuan, Sichuan 628017, China)

Abstract: The effects of land use on carbon emission in Guanyuan City are analyzed. Coefficients of carbon emission of land use were firstly summarized. According to the data of land use, energy consumption and carbon emission coefficients, carbon emission related to land use from 1990 to 2010 were then evaluated. Results are as follows: (1) carbon emission amount increased rapidly from 21 100 thousand tons in 1990 to 39 800 thousand tons in 2010; (2) construction land was a major carbon emission source, whose carbon emission increased from 27 300 thousand tons in 1990 to 49 100 thousand tons in 2010, accounting for about 99% of overall carbon emission; (3) woodland is a major carbon sink, absorbing much carbon from 1990 to 2010, while grassland, water and unused land do not possess carbon sink ability; (4) in terms of the spatial carbon emission pattern, Lizhou district, the center district of Guangyang City, had the biggest carbon emission amount as compared with other places, reaching 16 000 thousand tons per year. Based on relevant research results, some suggestions are presented for reducing carbon emission in Guanyuan City.

Keywords: land use change; carbon emission; carbon sink; Guanyuan City

人类活动导致的温室气体排放增加, 从而引起气候变暖已经成为不争的事实。在过去 250 a 间, 大气 CO₂ 浓度增加 (31±4)%, 其中主要是人类活动排放所致, 土地利用与覆被变化是其主要方面^[1]; 过去 150 a, 化石燃料燃烧和水泥生产等活动以 CO₂ 形式

共向大气释放 (270±30) Pg C; 同时期, 土地利用变化向大气释放 (136±50)~156 Pg C, 占人类总排放量 1/3 以上^[2-3]。总体来看, 导致气候变暖的人为因素有两方面: 一方面是化石燃料燃烧及水泥生产等能源和工业过程直接向大气排放的温室气体; 另一方面

收稿日期: 2012-03-05

修回日期: 2012-04-03

资助项目: 中国科学院重点部署项目“黄土高原及周边沙地近代生态环境的演变与可持续性”(KZZD-EW-04-03)

作者简介: 石洪昕(1985—), 男(汉族), 四川省剑阁县人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用与可持续发展。E-mail: shihongxin99@163.com。

通信作者: 穆兴民(1961—), 男(汉族), 陕西省华阴市人, 研究员, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为水土保持、生态水文、环境效应评价及农业生态。E-mail: xmmu@ms.iswc.ac.cn。

是土地利用变化影响温室气体排放和吸收的分布和大小。因此,对土地利用与碳排放关系的研究对于减排和缓解气候变化具有重要的意义,该主题已成为相关领域学术研究的热点。葛全胜等^[4]研究了中国过去 300 a 土地利用、土地覆被变化与碳循环的关系。还有学者^[5-7]分别对河南、陕西和江苏省的土地利用碳排放效应进行了研究。余德贵等^[8]以碳排放为目标函数对区域的土地利用结构进行优化。作为当前国际讨论和研究的热点问题,针对前人的研究基础,在当前低碳经济的背景下,本文以四川省广元市为研究区域,从土地利用变化引起碳排放变化的视角分析广元市近 20 a 碳排的放演变趋势,获得不同土地利用类型下的碳排放背景值,为从调控土地利用类型来减少碳排放提供理论支撑,期望能对区域土地可持续利用提供参考。

1 研究区概况

广元市位于四川省北部,毗邻陕西、甘肃两省,介于北纬 $31^{\circ}31'$ — $32^{\circ}56'$,东经 $104^{\circ}36'$ — $106^{\circ}45'$ 。研究区处于米仓山、龙门山以及四川盆地的盆北低山 3 大地貌交汇地带,整个地势北高南低,形成北部中山区,中部河谷平坝区,南部低山区的特殊地理环境。该区属亚热带湿润季风气候,四季分明。年降雨量 800~1 000 mm,日照数 1 300~1 400 h,年平均气温 17°C 左右,无霜期 256 d,水资源丰富,境内有嘉陵江、白龙江、东河、清江河等大小河流 80 余条,水资源总量 $6.90 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。广元市为 1985 年所建地级市,辖苍溪县、旺苍县、剑阁县、青川县、利州区、元坝区、朝天区,共 233 个乡镇(街道),幅员面积 $1.63 \times 10^4 \text{ km}^2$,总人口 3.14×10^6 人。

2 资料与方法

2.1 资料来源

本文主要采用的广元市 1990—2010 年土地利用变化数据来自于广元市国土资源局,1990—2010 年广元市能源消耗数据来源于广元市统计局和《四川省统计年鉴》。长期以来,由于历史原因,我国土地资源分类的标准并不统一,国土、建设、农业、交通、水利、林业、科研等相关部门,分别建立了不同的土地调查和统计分类体系,分类的内涵、体系、口径都有所不同,因此土地分类标准并不统一。加之,本研究的时间跨度较大,土地利用数据的分类标准不一致,因此,本文主要参考中国科学院土地资源分类系统,兼顾其他分类标准,将不同年份的土地利用数据进行了重新分类,统一口径,这样更有利于提高研究结果的准确

性。重新分类之后共有 6 种土地利用类型,分别是耕地、林地(含园地)、草地、建设用地(包括居民点和工矿用地、交通运输用地和水利设施用地)、水域以及未利用地。

2.2 不同土地利用类型的碳排放估算方法

从碳排放的分类来看,土地利用的碳排放包括直接碳排放和间接碳排放两个方面。直接碳排放又可以进一步划分为土地利用类型转变的碳排放和土地利用类型保持的碳排放:前者主要是指土地利用/覆被类型转变导致生态系统类型更替造成的碳排放,如采伐森林、围湖造田、建设用地扩张等;后者是指土地经营管理方式转变或生态系统碳汇所驱动的碳排放,包括农田耕作、草场退化、养分投入以及种植制度的改变等等。

土地利用的间接碳排放主要指的是各土地利用类型上所承载的全部人为源碳排放,包括聚居区的取暖、交通用地的尾气、工矿用地的工艺排放等等,是不同用地类型上的人为碳排放的空间强度和分布效果。本研究着重测算由人类活动所引起的主要土地利用类型的碳排放量和碳吸收量,以此求得不同土地利用类型碳的净排放量。排放为正值,吸收为负值。

对于耕地、林地、草地、水域、未利用地等 5 种类型土地的碳排放量估算,采用直接碳排放系数法,其估算公式是:

$$E = \sum e_i = \sum S_i \times \delta_i$$

式中: E ——碳排放总量; e_i ——各种土地利用类型产生的碳排放量; S_i ——各种土地利用类型对应的土地面积; δ_i ——各种土地利用类型的单位面积碳排放系数,排放为正,吸收为负; $i=1,2,3,4,5$,分别代表 5 种不同土地利用类型。最后计算两方面的数值和,以此来分析土地利用的碳排放效应。

各土地利用类型碳排放系数的确定根据有关方面的研究来确定。

(1) 耕地碳排放系数的确定。由于农田生态系统既有碳的输入也有碳的输出,所以对耕地的碳排放主要从两方面来考虑,一方面考虑农业生产过程中 CO_2 、 CH_4 等温室气体的排放系数,另一方面考虑作物生育期间对 CO_2 的吸收系数,两者的差值得到耕地碳的净排放系数。Cai Zucong^[9-10]的研究表明,农作物的碳排放系数为 $0.0504 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,何勇等^[11]研究表明,农作物碳吸收的系数为 $0.0007 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,由此可得出耕地的净碳排放系数为 $0.0497 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(2) 林地和草地碳排放系数的确定。根据有关调查和统计,广元市园地主要为多年生乔木果园,因此,

在碳汇量的计算过程当中,将园地归入林地,得出相应的年碳汇量^[12]。肖红艳等^[13]的研究结果显示,中国常绿阔叶林的植被碳汇效率较小,为 $0.0260 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,落叶阔叶林最大,为 $0.0780 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,中国森林的加权平均值为 $-0.0581 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。考虑到广元地区的植被和气候类型,采用这一平均碳汇系数具有一定的合理性。同时,草地的碳排放系数也取自该研究结果,排放系数为 $-0.0021 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(3) 水域碳排放系数的确定。科学家对我国湿地的研究表明,在积水条件下,湿地是 CO_2 的汇,而当湿地被排干围垦后,土壤中有机物分解速率大于积累速率,湿地则变为 CO_2 的源。赖力^[14]对中国2005年土地利用类型碳排放核算参数的研究表明,中国水域的平均碳汇系数为 $0.0257 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。段晓男等^[15]对中国湿地生态系统固碳的现状和潜力进行的研究表明,中国五大湖区的碳汇系数平均值为 $0.0248 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。因此,本研究采用上述两者的平均值进行估算,水域的碳排放系数取值为 $-0.0253 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(4) 未利用地碳排放系数的确定。研究区域内未利用地主要为一些荒山地埂、沙地、裸岩石砾地、裸土地、荒草地等难以利用的土地类型,这类土地的碳排放和吸收都比较弱。根据有关研究^[14],未利用地

一般作为具有微弱碳吸收能力的碳源,其碳排放系数为 $-0.0005 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(5) 建设用地碳排放系数的确定。建设用地的碳排放一般通过建设用地过程中的能源消耗的碳排放系数来间接估算,包括生产生活中总的碳排放量^[16]。卢娜^[17-18]的研究结果表明,我国建设用地的碳排放强度为 $40.73 \text{ t}/\text{hm}^2$,远远大于农用地的 $0.03 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。肖红艳等^[19]的研究表明,重庆市的建设用地的碳排放强度为 $2.490 \sim 5.040 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,平均排放强度为 $3.765 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;赖力^[14]的研究结果表明,2005年四川省建设用地的碳排放系数为 $3.607 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

建设用地的碳排放间接估算方法主要是通过生活生产中能源消耗产生的,主要指石油、天然气和煤炭3大类能源燃料,计算时将其消费量换算成标准煤的量。本研究参考徐国泉等^[20]提出并改进了的碳排放量分解模型中的计算方法,得出建设用地碳排放的估算公式为:

$$E_C = \sum e_{ci} = \sum E_{mi} \times \theta_i \times f_i$$

式中: E_C ——建设用地碳的排放量; E_{mi} ——各种化石能源的消耗量; θ_i ——各种化石能源转换为标准煤的系数; f_i ——各种化石能源的碳排放系数; e_{ci} ——各种化石能源消耗量(详见表1)。

表1 不同类型能源的二氧化碳排放系数

能源种类	标准煤换算系数	碳排放系数	能源种类	标准煤换算系数	碳排放系数
原煤	0.7143 kg/kg	0.7559	燃料油	1.4286 kg/kg	0.6185
洗精煤	0.9000 kg/kg	0.7559	焦炭	0.9714 kg/kg	0.8550
液化石油气	1.7143 kg/kg	0.5042	气田天然气	1.2143 kg/m ³	0.4483
原油	1.4286 kg/kg	0.5857	油田天然气	1.3300 kg/m ³	0.4483
汽油	1.4714 kg/kg	0.5538	焦炉煤气	0.5714 kg/m ³	0.3548
煤油	1.4714 kg/kg	0.5714	炼厂干气	1.5714 kg/kg	0.4602
柴油	1.4571 kg/kg	0.5921	其他煤气	—	0.3548

注:数据来源为《中国能源统计年鉴》及IPCC碳排放计算指南(2006);“—”表示无固定换算系数,视具体情况而定,可参考《中国能源统计年鉴》。

3 结果分析

3.1 广元市土地利用类型的变化状况

根据获取的不同时期土地利用数据,整理得出1990—2010年广元市不同土地利用类型面积变化情况(图1)。20 a间广元市耕地面积的变化不大,基本维持在 $3.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的水平;林地面积一直在增加,从1990年的 $6.80 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 增长到2010年 $1.07 \times 10^7 \text{ hm}^2$,涨幅达57%。这当中有两个时期变

化显著:1990—1995年大面积草地转为林地;2005—2010年,在退耕还林政策的影响下,林地面积增长幅度有所加大;建设用地的面积持续增长但增幅不大,从1990年的 $6.10 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增长到2010年的 $8.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$,整个地区的建设发展水平较为平稳;水域面积持续减小,从1990年的 $9.90 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 减小到2010年的 $4.10 \times 10^4 \text{ hm}^2$;20 a间,未利用地的变化波动比较大,近年来有逐渐减小的趋势,2010年的面积为 $8.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$;1990—1995年,很大一部分草

地转为了林地,自此之后草地的面积比较稳定,1995—2005 年基本维持在 $1.00 \times 10^4 \sim 1.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$,但近些年来草地面积减少迅速,至 2010 年草地面积仅有 $5\,000 \text{ hm}^2$ 。

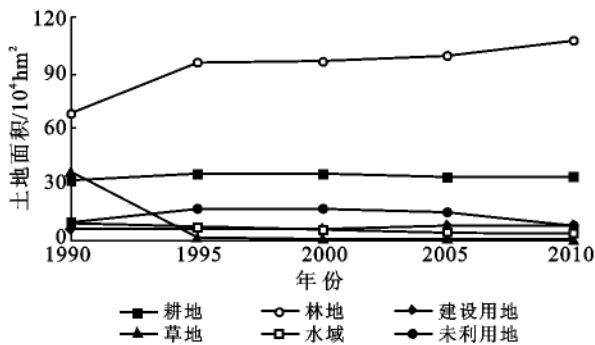


图 1 1990—2010 年广元市不同土地利用类型面积变化

3.2 广元市不同土地利用类型的碳排放量计算

通过计算,得出广元市不同土地利用类型 1990—2010 年碳排放量及碳源、碳汇的变化过程(表 2,图 2)。分析表明,1990—2010 年广元市碳排放总量年代

表 2 1990—2010 年广元市主要土地利用类型的碳排放量估算

年份	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地	总碳排放量	碳源/碳汇
1990	159 616	-5 933 989	-115 186	27 322 607	-377 317	-7 683	21 048 048	4.27
1995	176 803	-8 326 633	-4 946	33 480 520	-261 041	-12 850	25 051 853	3.91
2000	178 585	-8 409 697	-3 438	36 640 340	-218 276	-12 929	28 174 585	4.26
2005	168 884	-8 640 327	-3 491	46 084 016	-186 212	-11 747	37 411 123	5.23
2010	172 397	-9 363 598	-1 507	49 110 497	-153 972	-6 020	39 757 797	5.17

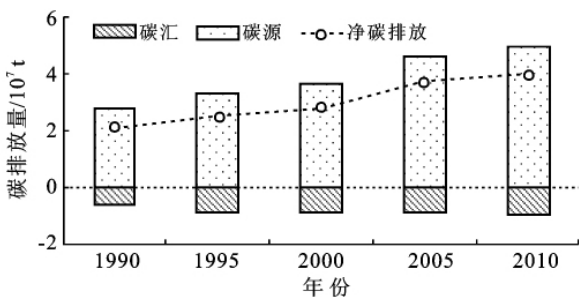


图 2 广元市 1990—2010 年碳排放量变化

在两大碳源中,以建设用地的碳排放为主,其碳排放占碳源排放的 99% 以上。建设用地的碳排放与广元市总的碳排放具有趋同的变化趋势,更加说明了建设用地作为主要碳源在区域减排中的重要地位。1990—2000 年建设用地的年碳排放量基本维持在 $3.20 \times 10^7 \text{ t}$;2000—2005 年,建设用地的碳排放量持续上升,从 2000 年的 $3.66 \times 10^7 \text{ t}$ 增长到 2005 年的 $4.61 \times 10^7 \text{ t}$ 。这一阶段城市化建设的水平提高幅度

变化明显,先后经历了 3 个阶段的变化。

(1) 第一阶段。1990—2000 年处于碳排放缓慢增长阶段,同时这一时期的碳排放处于近 20 a 来的低水平阶段,10 a 间的年平均碳排放总量为 $2.50 \times 10^7 \text{ t}$ 。

(2) 第二阶段。2000—2005 年处于碳排放快速增长阶段,碳排放量从 2000 年的 $2.80 \times 10^7 \text{ t}$ 增长到 2005 年的 $3.70 \times 10^7 \text{ t}$,增长幅度为 32.8%。

(3) 第 3 阶段。经历了 2000 年以来碳排放的迅速增长之后,从 2005 年开始碳排放增长速度趋于缓和,2005—2010 年间,广元市碳排放量较高,大于 1990—2000 年阶段。该阶段的年平均碳排放水平维持在 $3.90 \times 10^7 \text{ t}$,是第一阶段的 1.56 倍。这个阶段的城市建设和经济水平明显高于第一个阶段,碳排放增长速度减慢而基本维持在一个相对稳定的水平,主要受有关政策的影响。

另外,资源利用的效率在现代科技的推动下得到了提高。所以,虽然一方面经济发展速度并没有减缓,但整个区域的碳排放量并没有显著增加,且能控制在一个相对稳定的水平。

较大,其根源在于以城镇化建设和工业发展为主导的经济增长方式,消耗大量的资源而使得 CO_2 的排放呈现出较快的增长趋势。2005—2010 年,这 5 a 间,由于资源的利用效率得到了提高,使得建设用地的年均碳排放水平基本维持在 $4.80 \times 10^7 \text{ t}$,较 1990—2000 年间增长了 46.6%。

林地为主要碳汇。1990—2010 年广元市林地面积持续增加,因此林地的碳汇效应有所增加,但增长幅度并不是很大。1990 年,林地的碳汇只有 $5.93 \times 10^6 \text{ t}$,到 1995 年达到了 $8.33 \times 10^6 \text{ t}$ 。1995—2005 年,林地碳汇保持着持续小幅度的增长,这 10 a 的年平均碳汇为 $8.50 \times 10^6 \text{ t}$ 。2010 年林地的碳汇量达到了 20 a 来的最大值 $9.40 \times 10^6 \text{ t}$ 。但是,由于建设用地的碳排放强度大,林地的碳汇效应所能抵消的碳排放较小。

从各土地利用类型的碳排放量和总碳排放量的比较可以看出,碳排放的总量与建设用地的碳排放量

非常接近,更加说明了建设用地作为碳源的主导地位。而林地、草地、水域以及未利用地的碳汇作用并不是很明显。相比碳源排放量的增加速度,林地的碳汇能力增长的幅度并不大,基本维持在一个固定的水平。而草地、水域以及未利用地的碳汇量很小,与耕地的碳排放量持平或者略高。1990—2010年,碳源与碳汇的比例基本维持在3.5~4.5之间,碳源碳汇比高,不利于区域的低碳发展和减排。由此可见,仅仅依靠保持4大类土地的碳汇能力远远不能够抵消快速增长的建设用地碳排放量。未来区域减排的重点应该在保持或增加现有的林地的同时,主要以降低建设用地的碳排放为主。

3.3 广元市土地利用碳排放强度空间分析

从广元市不同地区来看,全市各县(区)的碳排放量亦有所不同,由于土地利用结构的差异性,特别是经济建设发展的差异性,广元市各地区碳排放强度的差异明显。

根据区域内碳排放量的大小和特点,将年碳排放强度分为4级:微度排放($\leq 1.00 \times 10^6$ t),轻度排放($1.00 \times 10^6 \sim 5.00 \times 10^6$ t),中度排放($5.00 \times 10^6 \sim 1.00 \times 10^7$ t),强度排放($\geq 1.00 \times 10^7$ t)。从不同时期的碳排放强度空间分布来看(表3),广元市中心区利州区的碳排放强度最为突出,从1990年开始一直持续增长,到了2010年达到20a来的最大值 2.03×10^7 t,20a平均碳排放强度达到 1.60×10^7 t。该地区经济

较为发达,城市化水平比其他县(区)高,建设用地所占的面积比例大,各种资源消耗也大,因此该地区为广元市第一大碳排放源。相比较而言,青川县则是广元地区碳排放量最小的县区,平均年碳排放量只有 1.30×10^5 t。该地区森林面积所占的比例大,1990年最低为65.69%,2010年达到最大值82.14%,且人口稀少,建设用地少,经济欠发达,资源消耗一般也较少,所以碳排放的强度很小。而剑阁县、苍溪县、旺苍县3个地区的碳排放量则一直处于中等水平,3个地区的年平均碳排放量分别为 3.00×10^6 , 4.70×10^6 , 4.40×10^6 t,且相对稳定,这主要跟这些地区的发展水平,土地利用结构相对稳定有关。

元坝区和朝天区的碳排放变异性比较大,1990—2010年间,这两个地区的碳排放变异系数分别为58.32%和37.66%,位居广元市4县3区的前3位。特别是从2005年开始,这两个地区的碳排放量增长迅速,到2010年,元坝区的年碳排放量达到了 2.00×10^6 t,差不多是1990年(3.50×10^5 t)的6倍。朝天区的年碳排放量也从1990年的 6.30×10^5 t增长到了2010年的 1.49×10^6 t,增长了136.5%。元坝区和朝天区作为除市中心区的另外两个辖区,这两个区与利州区连成一片,受其辐射影响最大。近些年来这两个区经济发展速度较快,人口数量不断增多,建设用地面积增大,林地面积有所减少,致使近些年其碳排放量迅速增加。

表3 1990—2010年四川省广元市各县(区)总碳排放量

10^4 t

县(区)名	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	平均值	变异系数/%
苍溪县	326	364	419	596	655	472.0	30.82
剑阁县	158	209	291	408	441	301.4	40.66
元坝区	35	86	86	137	204	109.6	58.32
旺苍县	394	416	437	458	480	437.0	7.74
利州区	1 147	1 340	1 496	2 010	2 026	1 603.8	24.81
朝天区	63	82	68	98	149	92.0	37.66
青川县	-18	8	19	34	22	13.0	151.13

4 结论

(1) 随着广元地区经济的发展和城市化的加快,区域碳排放量明显增加。从1990年的 2.10×10^7 t增长到2010年的 3.98×10^7 t,增长幅度为88.88%。根据区域碳排放量的增长变化趋势,未来几年广元市的年碳排放量大概在 4.00×10^7 t左右的水平。

(2) 建设用地作为主要碳源,它的碳排放量占总碳排放量的99%以上。建设用地碳的排放量从1990年的 2.73×10^7 t迅速增长到2010年的 4.91×10^7 t,平均年增长速度为 1.09×10^6 t。未来该地区的主要碳

源还将以建设用地为主,碳排放量在有关政策的良性引导下,将维持在 $4.50 \times 10^7 \sim 5.00 \times 10^7$ t的水平。

(3) 林地作为最大的碳汇,20a间有所增长,1990年的碳汇量最小,为 5.90×10^6 t,2010年碳汇量达到最大值 9.40×10^6 t,增长了57.84%。由于建设用地的碳排放量远大于林地的碳吸收量,所以林地的碳汇效应并不明显。

(4) 水域、草地、未利用地3者的碳吸收总和基本能抵消耕地的碳排放量,这4种土地利用类型的碳排放量(或碳吸收量)较小,对整个区域的碳排放效应影响也不大。

(5) 从碳排放的空间格局来看,利州区的碳排放量最大,年平均碳排放量为 1.60×10^7 t。青川县的碳排放量最小,年碳排放量仅仅只有 1.30×10^5 t,甚至有些时候更多地表现为广元市的碳汇地区。其次,剑阁县、苍溪县和旺苍县 3 个地区的碳排放强度处于广元地区的中等水平,且比较稳定,年碳排放量在 $3.00 \times 10^6 \sim 5.00 \times 10^6$ t 的水平。而朝天区和元坝区由于受城市中心区域利州区的辐射和影响,随着经济建设的发展,这两个区域的碳排放量增长迅速,变异较大。到 2010 年,朝天区和元坝区的碳排放量分别达到了 1.49×10^6 t 和 2.04×10^6 t,相比 1990 年的 6.30×10^5 t 和 3.50×10^5 t,增长幅度各自达到了 136.5% 和 482.8%。

5 对策与建议

(1) 目前国内有关土地利用碳排放效应的研究较多,主要是对不同土地利用类型进行分类测算,碳排放系数多采用国家层面大尺度的经验数据,而更精确符合广元市土地类型和植被特征的碳排放系数仍需进一步研究。本文仅从数量上分析了 1990—2010 年广元市不同土地利用类型的碳排放效应,但由于碳循环具有全球效应而且缺乏明显的空间范围界定,关于本研究区域以外的森林、土壤、水域等与区域的碳排放和碳吸收的相互影响缺乏深入研究。

(2) 应从“低碳重建”、“低碳发展”等思路出发引导区域低碳可持续型土地利用,规范各类土地利用的方向和效率,缓解经济发展对生态用地的压力。应进一步完善土地利用宏观管理体系,建立生态补偿和经济激励机制,鼓励用地单位或个人有利于碳减排的土地利用行为,加强土地利用低排和可持续发展观念的宣传。根据广元市各县区的特点和优势,进行功能分区,科学配置土地资源,促进广元市整体经济的可持续发展。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Land-use, Land-use Change and Forestry[M]// Watson R T, Noble I R, Bolin B, et al. A Special Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis[M]// Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [3] Houghton R A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850—1990[J]. *Tellus B*, 1999, 51(2): 298-313.
- [4] 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.
- [5] 刘英,赵荣钦,焦士兴. 河南省土地利用碳源/汇及其变化分析[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(5): 154-157.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 余德贵,吴群. 基于碳排放约束的土地利用结构优化模型研究及其应用[J]. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(8): 911-917.
- [9] Cai Zucong, Kang Guoding, Tsuruta H, et al. Estimate of CH₄ emission from year-round flooded rice field during rice growing season in China[J]. *Pedosphere*, 2005, 15(1): 66-71.
- [10] Cai Zucong, Tsuruta H, Gao Ming, et al. Option for mitigating methane emission from a permanently flooded rice field[J]. *Global Change Biology*, 2003, 9(1): 37-45.
- [11] 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.
- [12] 杨立,郝晋珉,艾东,等. 基于区域碳平衡的土地利用结构调整:以河北省曲周县为例[J]. *资源科学*, 2011, 33(12): 2293-2301.
- [13] 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): 38-42.
- [14] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京:南京大学, 2010.
- [15] 段晓男,王效科,逯非,等. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 463-469.
- [16] 严婧,黄贤金,李颖,等. 土地利用规划的碳排放评价和预测与调控:以安徽省滁州市南谯区为例[J]. *国土资源科技管理*, 2010, 27(1): 19-24.
- [17] 卢娜. 土地利用变化碳排放效应研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- [18] 曲福田,卢娜,冯淑怡. 土地利用变化对碳排放的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(10): 76-83.
- [19] 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): 38-42.
- [20] 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.