

烟台市土地利用变化碳排放效应分析

马江涛, 王涛*, 范擎宇, 李鹏, 何福红 (鲁东大学资源与环境工程学院, 山东烟台 264025)

摘要 基于2005—2014年烟台市土地利用变化和能源消耗等资料, 统计分析了2005—2014年烟台市土地利用变化与碳排放量间的定量关系。结果表明, 2005—2014年, 烟台市排碳量不断增加, 可以分为4个阶段: 平稳增长期(2005—2008年)、波动期(2008—2012年)、快速增长期(2012—2013年)、波动期(2013—2014年); 不同地类固碳与排碳角色不同, 其中, 建设用地是最主要的碳源, 林地、草地、园地、水域等地类固碳慢, 排碳比固碳要快得多。

关键词 土地利用变化; 碳排放; 烟台市

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)12-0043-05

Analysis of Carbon Emission Effect of Land Use Change in Yantai City

MA Jiang-tao, WANG Tao*, FAN qing-yu et al (School of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong 264025)

Abstract Based on the data of land use change and energy consumption in Yantai during 2005-2014, quantitative analysis of the relationship between land use change and carbon emissions in Yantai during 2005-2014 was conducted. The results showed that carbon emissions ever-increasing of Yantai from 2005 to 2014. The process can be divided into four stages: steady growth period (2005-2008), fluctuation period (2008-2012), rapid growth period (2012-2013), fluctuation period (2013-2014). Different land use types play different role in carbon cycle, in which, construction land was the main carbon source, forest land, grassland, garden, water and other carbon sequestration slow, carbon emissions are much faster than carbon sequestration.

Key words Land use change; Carbon emission; Yantai

伴随工业化、城市化进程的全球气候变暖已成为人类面临的首要环境问题。研究表明, 温室效应增强是全球气候变暖的根本原因。学界研究发现, 工业革命以来, 全球大气中二氧化碳含量增加了25%以上。人类在改变土地利用方式的过程中对全球碳排放影响巨大^[1]。1996年, 政府间气候变化委员会在《温室气体清单指南》中, 根据碳循环中的角色, 将土地利用变化划分为3种。2003年杨景成根据我国情况, 细化为4种类型: 建设用地与非建设用地的相互转化, 耕地与林地、草地之间的转化, 外来物种入侵及植被变化等带来的土地覆被变化, 以及旱地与湿地的相互转化。2006年版《IPCC国家温室气体清单指南》认定了6种土地类型: 林地、湿地、草地、耕地、居民点及其他土地, 并将其划分为2种土地转换类型: 维持现貌的地类和已经转变的地类。这一标准得到了学界的普遍认可^[2]。笔者基于Landsat TM、OLI多光谱数据, 采用计算机监督分类获得烟台市2005—2014年10个时段地类数据, 并根据碳排放计算模型, 求出烟台市各时段各地类排碳量, 基于该解析总体趋向, 对烟台市地类转变碳排放效应进行研究, 厘定出烟台市净排碳主控因素。

1 材料与与方法

1.1 研究区概况 烟台市地处山东半岛东北部, 全市土地共13 851.5 km², 人口653.41万(据2014年统计), 海岸线909 km, 濒临渤海、黄海, 共63个岛屿。烟台是山东半岛蓝色经济区重点区域, 属于国家首批滨海开放城市、环渤海经济圈内重要的连接处、“一带一路”国家着重发展的港口

城市^[3]。

烟台由于地处沿海, 冬季空气较为温润。烟台位于低山丘陵区, 受鲁中丘陵的制约, 河流均为山溪河流, 大致呈放射状流入渤海和黄海。雨季河水暴涨, 流量骤增; 早期河水急降, 流量迅减。农业发展时间早, 土壤类型众多, 适合农业、林业、畜牧业等副业的发展。烟台市现有森林均为封山造林和建国后人工造林, 气候差异明显, 植被资料丰富, 为该市多种经营及商品生产的发展提供了丰富的物质基础。

1.2 数据来源及数据处理

1.2.1 数据来源。

1.2.1.1 遥感数据。 美国陆地卫星Landsat TM和Landsat 8 OLI 10个时期多光谱影像, 成像时间为2005—2014年每年8月份数据, 轨道号分别为11934、12034、12035及12134, 数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>), Landsat TM多光谱影像空间分辨率为30 m × 30 m, Landsat 8 OLI多光谱影像的空间分辨率为15 m × 15 m, 云层覆盖率均低于5%。

1.2.1.2 能源统计数据。 来源于2005—2014年《烟台市统计年鉴》。

1.2.2 数据处理。

1.2.2.1 遥感数据处理。 采用ArcGIS对Landsat TM和Landsat 8 OLI遥感影像进行拼接, 并进行大气校正和几何校正预处理, 得到光谱失真较小、几何精度较高的遥感图像。参照全国土地利用分类标准, 结合碳排放研究的需要, 根据不同土地利用的影像光谱特征建立各土地利用类型的解译标志, 使用电脑程序监督分类和人工目视解译一起对遥感图像进行解译^[4], 把地类分成耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域、其他土地7类(表1), 得到了2005—2014年烟台市10个时相的地类图。在此基础上结合实地调查分别对烟台

基金项目 国家自然科学基金项目(41471223); 山东省自然科学基金项目(ZR2014JL026); 烟台市科技计划项目(2015ZH091)。
作者简介 马江涛(1990—), 男, 山东平度人, 硕士研究生, 研究方向: 区域水土资源利用与调控。*通讯作者, 讲师, 硕士, 从事土壤侵蚀与3S技术应用研究。
收稿日期 2017-04-07

市 2005、2014 年 2 个时相土地利用分类结果的精度进行检验,分类精度 Kappa 系数分别是 0.85 和 0.81,反映出的地类区分精度基本符合后续研究需要。

表 1 研究区土地利用类型分类

Table 1 Classification of land use types in study area

序号 No.	名称 Name	描述 Characterization
1	耕地	水田、旱地、水浇地
2	园地	果园、茶园、其他园地
3	林地	有林地、灌木林、其他林地
4	草地	天然牧草地、人工牧草地、其他草地
5	水域	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、沿海滩涂、内陆滩涂、沟渠、水工建筑用地、冰川及永久积雪
6	建设用地	城市、建制镇、村庄、采矿用地、风景名胜及特殊用地、铁路用地、公路用地、街巷用地、农村道路、机场用地、港口码头用地、管道运输用地
7	其他土地	空闲地、设施农用地、田坎、盐碱地、沼泽地、沙地、裸地

1.2.2.2 能源数据处理。能源统计数据主要来源于 2005—

表 3 能源消耗换算标准煤统计

Table 3 Energy consumption conversion standard coal statistics

年份 Year	煤炭 Coal	焦炭 Coke	天然气 Natural gas	原油 Crude oil	汽油 Gasoline	煤油 Kerosene	柴油 Diesel oil	燃料油 Fuel oil	液化石油气 Liquefied petroleum gas
2005	10 769 302.97	228 716.13	36 429.00	41 809.41	86 697.83	5 497.15	156 033.55	16 481.76	26 700.22
2006	12 610 480.80	375 279.99	89 188.03	2 397.19	89 305.15	6 619.83	164 308.42	21 379.00	33 384.28
2007	13 476 621.06	300 261.66	360 691.79	2 956.49	102 702.88	9 222.74	177 157.47	17 527.28	34 607.91
2008	14 049 888.27	285 224.03	264 336.47	3 712.72	167 871.29	6 427.08	214 161.22	17 546.61	42 072.49
2009	140 01 746.59	304 453.95	310 507.07	3 676.50	134 536.11	4 114.03	237 622.43	16 333.61	25 779.28
2010	14 383 268.86	290 843.40	367 359.87	624.84	144 767.44	2 964.64	255 933.71	14 520.92	12 654.81
2011	14 735 234.85	212 285.87	429 449.34	5.71	121 918.73	2 009.93	240 644.44	17 903.22	5 737.76
2012	14 040 946.77	404 672.14	442 622.67	201.10	89 831.00	3 549.75	208 160.43	4 652.91	12 797.11
2013	17 418 791.87	442 991.43	490 735.06	231.43	85 581.04	4 396.54	187 447.17	2 860.06	8 586.93
2014	17 120 933.76	402 014.27	502 258.77	78.97	78 849.80	1 929.27	187 727.59	3 063.08	2 084.95

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化分析。土地利用动态模型解析各地类动态变化可以更好地表现出范围内各地类的转变速度与激烈度^[5-6],其计算公式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, K 为该时间范围内某地类的年变化率; U_a 、 U_b 为该时间范围(a 、 b)某个地类数量; T 为研究时段长。

1.3.2 土地利用碳排放估算和碳排放系数确定。直接排碳与间接排碳是各地类排碳的 2 种形式^[7]。直接碳排放分原有地类排碳和变化地类排碳;间接碳排放是人类在使用土地过程中的排碳^[8]。结果证实,建设用地和耕地排碳是碳源;林地、草地、园地、水域和其他土地固碳是碳汇。

1.3.2.1 土地利用直接碳排放量估算模型。建设用地利用排碳估算根据人在建设用地上所使用能源(标煤量)导致

2014 年《烟台市统计年鉴》,将其中的能源数据分类整理筛选,选取生产生活中常用的煤炭、焦炭、煤油、天然气、汽油、原油、柴油、燃料油、液化石油气共 9 类常用能源,把这 9 类数据都转换成标准煤(表 2、3)。

表 2 能源换算标准煤系数

Table 2 Standard coal coefficient table of energy conversion

序号 No.	能源种类 Energy types	标准煤系数 Standard coal coefficient//kg 标煤/kg
1	煤炭	0.714 3
2	焦炭	0.971 4
3	煤油	1.471 4
4	天然气	12.143 0*
5	汽油	1.471 4
6	原油	1.428 6
7	柴油	1.457 1
8	燃料油	1.428 6
9	液化石油气	1.714 3

注:*表示该数据的单位为 t/m^3

Note:* indicates the unit of data is t/m^3

的碳排放量进行测算的^[9],其计算公式为

$$E_p = \sum n_i = \sum M_i \times Q_i \quad (2)$$

式中, E_p 为能源碳排放总量; n_i 为第 i 种能源的碳排放总量; M_i 为第 i 种能源的质量; Q_i 为第 i 种能源的碳排放系数。

1.3.2.2 土地利用间接碳排放量估算模型。耕地、林地、草地、园地、水域和其他用地类型的间接碳排放量计算公式为^[10-17]

$$E_x = \sum e_i = \sum S_i \times Q_i \quad (3)$$

式中, E_x 为碳排放总量; e_i 是第 i 种地类排碳量; S_i 为第 i 种土地利用类型面积; Q_i 是第 i 种地类排碳系数。

2 结果与分析

2.1 土地利用动态变化 土地利用类型动态是相应时间内研究区各类土地的交互转移、产生数量和结构的变化,其更加注重整个过程产生的动态变化,而不是注重产生的结果,用来反映区域地类转变激烈度^[18]。

由表 4 可知,2005—2014 年烟台市土地类型中建设用地

和其他土地的面积有所增加,增加面积分别为 26 668.59、2 019.67 hm^2 ;耕地、园地、林地、草地、水域均呈减少趋势,减少面积分别为 4 291.45、9 828.35、2 894.13、6 720.31、4 954.02 hm^2 。其中草地减少的幅度最大,为 -9.72%,建设用地的增幅最大,为 1.42%。同时这也反映在土地利用动态度上,耕地、园地、林地、草地和水域的动态度是负数,分别为 -0.093 4%、-0.398 3%、-0.128 0%、-0.972 3%、-0.515 0%。建设用地和其他土地为正值,分别为 1.420 7%和 0.184 2%。其中,草地的动态度减幅最大,但这并不单纯地意味着其减幅大于园地,而是由于土地利用类型基数本身存在较大差异。耕地和林地的绝对量较多,但其减幅相对于较大的基数来说很小,因此表现出较小的动态度。综合求得,2005—2014 年土地利用的年变化率为 -0.502 1%,可见烟台市土地转换程度不是很强烈。从图 1、2 可以直观地看出 2005—2014 年烟台市的土地利用变化情况。

2.2 土地利用转移矩阵 由表 5、图 3 可知,2005—2014 年烟台各类型土地之间是相互转化的。其中,耕地和园地大范围转变为其他土地类型是烟台市土地利用变化的重要特征。10 年间,耕地的转化面积为 11 504.33 hm^2 ,绝大部分转化为建设用地,占耕地转化面积的 88.21%,剩下的按转化面积排序依次是其他土地、园地、林地、水域和草地,转移面积依次是 1 303.05、332.43、229.51、181.92、和 0.02 hm^2 ,转变为草地面积最少;园地共转出 10 392.74 hm^2 ,绝大部分成为建设用地,占园地总转变的 87.08%,剩下的园地按转移面积排序依次是耕地、其他土地、水域、林地,转移面积分别为 606.13、

533.77、131.33 和 71.23 hm^2 ,几乎没有园地转化为草地。

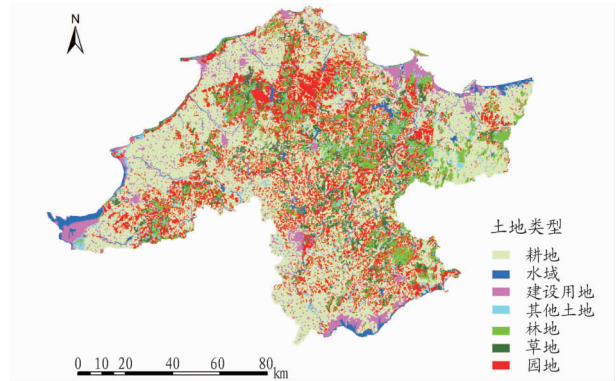


图 1 2005 年烟台市土地利用分类

Fig.1 Land use classification of Yantai City in 2005

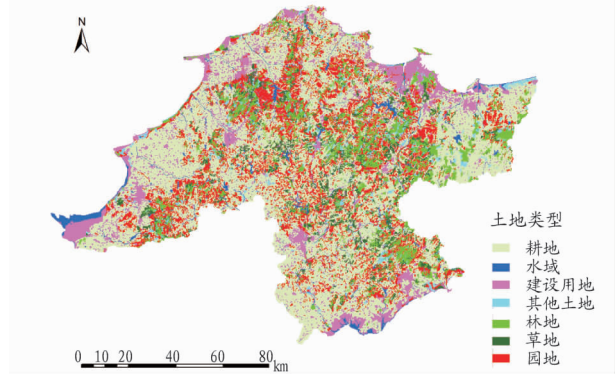


图 2 2014 年烟台市土地利用分类

Fig.2 Land use classification of Yantai City in 2014

表 4 2005—2014 年烟台市土地利用动态度

Table 4 Dynamic degree of land use of Yantai City in 2005 - 2014

土地利用类型 Land use types	土地利用变化 Land use change			土地利用动态度 Land use dynamic degree // %
	2005 年面积 Area in 2005 // hm^2	2014 年面积 Area in 2014 // hm^2	变化幅度 Variation range // %	
耕地 Cultivated land	449 574.45	445 283.00	-0.93	-0.093 4
园地 Garden plot	246 773.44	246 945.09	-3.98	-0.398 3
林地 Woodland	226 099.84	223 205.71	-1.28	-0.128 0
草地 Grassland	69 121.07	62 400.76	-9.72	-0.972 3
建设用地 Land used for building	187 721.17	214 389.76	1.42	1.420 7
水域 Waters	96 194.02	91 240.01	-5.15	-0.515 0
其他土地 Other land	109 665.59	111 685.26	1.84	0.184 2

除了耕地和园地转化为其他土地类型外,其余各土地类型之间的相互转化也是比较明显。这反映出烟台土地类型的转化不局限于农用转化为非农用,非农用相互之间也存在变化。

除了园地和耕地外,其余土地类型相互之间的转化有很大倾向性,林地的转移土地大部分转化为建设用地,也有一部分转化为耕地和其他土地;草地转化为耕地、建设用地居多,少部分变成其他土地;建设用地转化为耕地居多,少部分变成园地;水域转化为建设用地和其他土地居多,少部分变成耕地;其他土地的转移土地大都变成建设用地及耕地。

综合来看,在 2005—2014 年土地类型转变中,园地、草地、耕地、林地和水域转移为其他土地类型居多,面积不断缩小,园地面积缩小的最多,草地、林地和水域几乎都是以转出为主;建设用地、其他土地面积连续增加,特别是建设用地增势较强。

2.3 土地利用碳排放量及其变化 根据土地利用直接碳排放模型,即式(2)求出 2005—2014 年烟台市建设用地排碳量;根据土地利用间接碳排放模型,即式(3)求出 2005—2014 年烟台市耕地、林地、园地、草地、水域和其他土地排碳量。

表5 2005—2014年烟台市土地利用类型转移矩阵

Table 5 The transfer matrix of land use types in Yantai City during 2005–2014

hm²

2005年	2014年								转出面积 Roll out area
	耕地 Cultivated land	园地 Garden plot	林地 Woodland	草地 Grassland	建设用地 Land used for building	水域 Waters	其他土地 Other land	总计 Total	
耕地 Cultivated land	438 070.13	332.43	229.51	0.02	9 457.40	181.92	1 303.05	449 574.45	11 504.33
园地 Garden plot	606.13	246 380.70	71.23	0	9 050.28	131.33	533.77	246 773.44	10 392.74
林地 Woodland	451.35	9.09	222 699.52	73.89	2 361.58	52.02	452.38	226 099.84	3 400.32
草地 Grassland	3 897.21	14.87	32.92	62 263.22	2 321.23	76.66	514.95	69 121.07	6 857.84
建设用地 Land used for building	912.48	201.71	31.05	25.53	186 460.88	10.03	79.49	187 721.17	1 892.42
水域 Waters	236.64	0.83	101.69	33.58	3 115.19	90 775.91	1 930.18	96 194.02	5 418.11
其他土地 Other land	1 109.07	5.46	39.79	4.50	1 623.20	12.12	106 871.44	109 665.59	2 794.15
总计 Total	445 283.00	246 945.09	223 205.71	62 400.76	214 389.76	91 240.01	111 685.26	1 385 149.58	42 259.89
转入 Transfer	7 212.87	564.39	506.19	137.54	28 561.00	464.09	4 813.82	42 259.89	
变化 Change	-4 291.45	-9 828.35	-2 894.13	-6 720.31	26 668.59	-4 954.02	2 019.67		

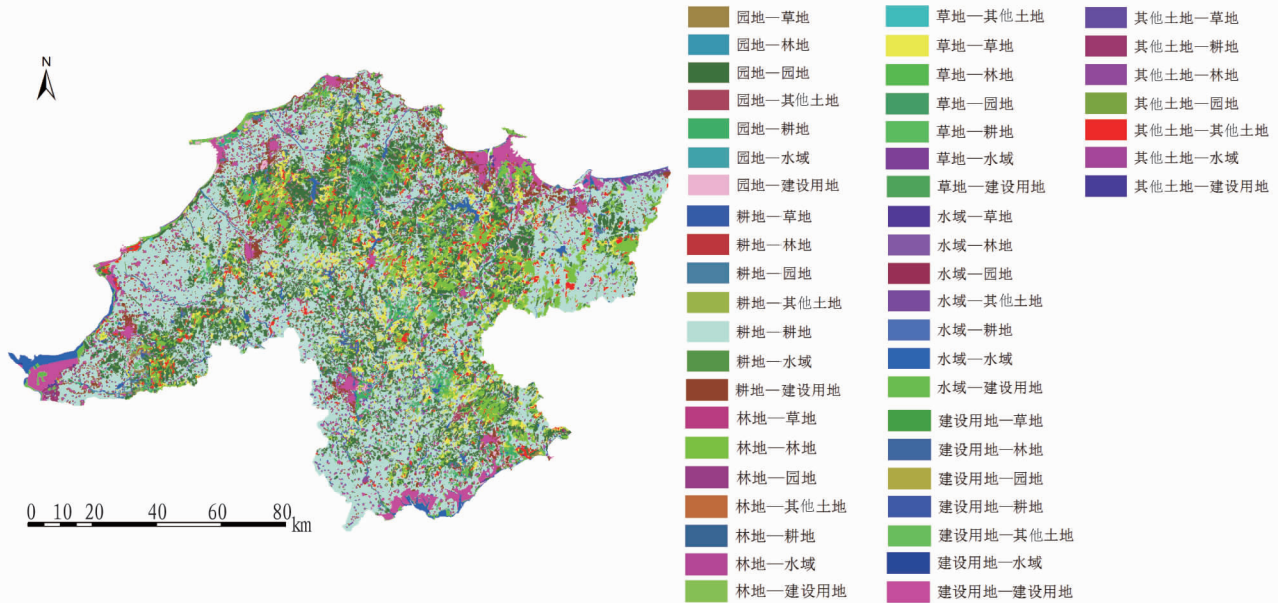


图3 2005—2014年烟台市土地利用类型转移

Fig. 3 Transfer of land use types in Yantai City during 2005–2014

由表6可知,2005—2014年烟台市的耕地和建设用地表现为排碳,其中建设用地排碳量在2013年前逐渐增加,2014年建设用地的碳排放量相比2013年总共减少了26.45万t,

因此建设用地碳排放总趋势大致呈先增加后减少;耕地的碳排放量则逐渐减少。由于耕地的排碳能力很小,因此烟台市碳排放总量改变趋向和建设用地的基本相同,总体变化趋势

表6 2005—2014年烟台市土地利用碳排放量

Table 6 Carbon emissions from land use in Yantai City during 2005–2014

万t

年份 Year	碳源 Carbon source			碳汇 Carbon sink						碳排放总量 Total carbon emissions
	耕地 Cultivated land	建设用地 Land used for building	合计 Total	林地 Woodland	园地 Garden plot	草地 Grassland	水域 Waters	其他土地 Other land	合计 Total	
2005	16.72	855.08	871.80	-120.18	-9.00	-1.32	-0.05	-4.50	-135.05	736.76
2006	16.73	1 008.62	1 025.35	-119.70	-8.99	-1.30	-0.05	-4.49	-134.53	890.82
2007	16.72	1 081.13	1 097.85	-119.08	-8.97	-1.28	-0.05	-4.48	-133.86	963.99
2008	16.73	1 124.87	1 141.60	-118.56	-8.97	-1.26	-0.05	-4.47	-133.31	1 008.31
2009	16.73	1 123.52	1 140.25	-118.53	-8.97	-1.26	-0.05	-4.47	-133.28	1 006.98
2010	16.69	1 154.33	1 171.02	-115.60	-8.84	-1.23	-0.05	-4.45	-130.17	1 040.86
2011	16.64	1 174.37	1 191.01	-114.92	-8.82	-1.21	-0.04	-4.54	-129.53	1 061.48
2012	16.62	1 135.44	1 152.06	-114.42	-8.81	-1.20	-0.04	-4.54	-129.01	1 023.06
2013	16.62	1 394.59	1 411.21	-113.89	-8.79	-1.18	-0.04	-4.54	-128.44	1 282.76
2014	16.59	1 368.14	1 384.73	-113.38	-8.78	-1.17	-0.04	-4.56	-127.93	1 256.80

先增加后减少。园地、林地、草地、水域和其他土地作为碳汇,其中园地、草地、林地的碳吸收能力逐渐减弱,固碳量逐渐减少,而其他土地固碳量呈先减少后增加的趋势,水域由于碳吸收能力有限,因此固碳量总体变化不大,但总体来看烟台市碳汇的固碳量不断减少。烟台市碳排放总量的变化趋势与建设用地的碳排放量变化趋势相差不大,大致都是先增加后减少,就碳排放总量来说数值相差不大。

2.4 土地利用变化碳排放效应 分析表6和图4可知,2005—2014年烟台市总排放量总体呈增长态势,从2005年的736.76万t增长到2014年的1256.80万t,增加了520.04万t,增幅达到70.58%。从变化趋势来看,烟台市净碳排可分为4个阶段:第1阶段是2005—2008年,净排碳量缓慢增加,为平稳增加期,这4年期间碳排放总量达到271.55万t,增幅为36.86%;第2阶段是2008—2012年,这5年内总碳排放量总体变化幅度不大,是平稳波动期;第3阶段为2012—2013年,1年内净排碳量增加速度很快,净排碳量2013年比2012年增加了259.7万t,增幅达25.37%,是快速增长期;第4阶段是2013—2014年,为平稳波动期,这2年内总碳排放量总体变化幅度不大,是平稳波动期。

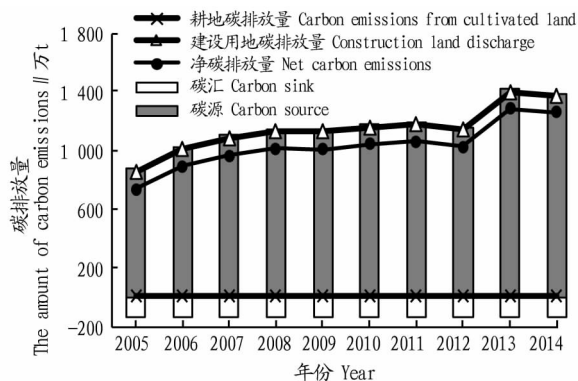


图4 2005—2014年烟台市土地利用碳排放变化情况

Fig.4 Changes of land use carbon emissions in Yantai during 2005-2014

分析不同种类土地碳排放量可知,烟台市起固碳作用的主要是林地、草地、园地、水域和其他土地,固碳量最大为林地。2005—2014年烟台市土地碳吸收量总体呈缓慢减少趋势,期间减少7.12万t,增幅为5.27%。烟台市这10年间固碳量减少的主要原因是林地、草地、园地和水域面积不断减少。固碳量方面,林地、园地、草地、水域面积分别减少6.80万、0.22万、0.15万、0.01万t,减幅分别为6.66%、2.44%、11.36%和20.00%。其他土地类型固碳量增加了0.06万t,主要由于其面积增加,增幅是1.33%。

烟台市建设用地、耕地表现为排碳,即碳源,其中建设用地排碳方式主要是煤、石油、天然气等能源的消耗使用,因此建设用地排碳最多。城市的发展必然带动不同类型能源消耗量的变化和结构上的变化,随着烟台市近10年来城市发展速度的加快,烟台市建设用地的碳排放呈不断增加趋势,10年内增加513.06万t,增幅达60.00%。建设用地排碳趋向和烟台市净碳排趋向差不多,可分为4个阶段:第1阶段

是2005—2008年,净排碳量缓慢增加,为平稳增加期,这4年期间碳排放总量达到269.80万t,增幅为30.95%;第2阶段是2008—2012年,这5年内总碳排放量总体变化幅度不大,是平稳波动期;第3阶段为2012—2013年,1年内净排碳量增加速度很快,碳排放量2013年比2012年增加了259.15万t,增幅达22.49%,是快速增长期;第4阶段是2013—2014年,为平稳波动期,这2年内总碳排放量总体变化幅度不大,是平稳波动期。

图4表明烟台市净排碳量与建设用地的排碳量在时间上大同小异,表明烟台市净排碳量和建设用地面积变化总体一致。基于SPSS软件,对10年间的建设用地数量和净排碳量进行关联性分析,两者相关系数为0.9,呈显著正相关,表明各土地类型碳效应中,建设用地是主要碳源。

综上,占烟台市净排碳量比例最大的是建设用地,这由烟台市建设用地的排碳量和烟台市净排碳量相差不大得出。其他土地由于面积、固碳速度等个方面的限制,固碳量较少,作用不显著。建设用地在烟台排碳方面起主要作用。因此,只靠园地、林地、草地、水域和其他土地碳吸收能力是不够的,因为这些土地碳吸能力比建设用地排碳能力要弱得多,所以减少能源的消耗或者使用低碳能源是减少烟台市碳排放的主要措施,并且要维持甚至增加园地、林地、草地、水域和其他土地的面积,保持其碳汇作用。

3 结论

(1)2005—2014年烟台市土地类型中建设用地和其他土地的面积有所增加,增加面积分别为26668.59、2019.67 hm^2 ;耕地、园地、林地、草地、水域都呈减少趋势,减少面积分别为4291.45、9828.35、2894.13、6720.31、4954.02 hm^2 。其中,草地减少幅度最大,为-9.72%,建设用地增幅最大,为1.42%。

(2)2005—2014年土地类型转化中,园地、草地、水域、林地和耕地转变为另外土地类型居多,面积不断减小,这阶段内园地面积减少最多,草地、林地和水域几乎都是以转出为主;建设用地、其他土地面积在不断增大,尤其是建设用地增势较猛。

(3)2005—2014年烟台市的碳汇固碳量不断减少,净碳排放量呈现先增加后减少的趋势,与建设用地排碳量变化趋势大致相同,且排碳量总体相差不大。

(4)相关分析表明,2005—2014年烟台市建设用地碳排放量和该时段烟台市净碳排放呈显著正相关,表明建设用地在碳排放的土地类型中起主导作用。

参考文献

- [1] 张万明. 江西及鄱阳湖生态经济区碳源与碳汇区域均衡分析[D]. 广州:中山大学,2010.
- [2] 杨景成,韩兴国,黄建辉,等. 土地利用变化对陆地生态系统碳贮量的影响[J]. 应用生态学报,2003,18(8):1385-1390.
- [3] 石菲. 大数据开启智慧烟台[J]. 中国信息化,2016(10):24-25.
- [4] 胡子付. 彩色图像的颜色归并与边界勾绘的计算机化研究:卫星图像目视解译半自动化问题[D]. 南京:南京师范大学,2006.
- [5] 鲁春阳,文枫,杨庆媛. 重庆市南岸区土地利用动态变化分析[J]. 国土与自然资源研究,2007(1):43-44.

土壤碳表现为碳流失的趋势,植被碳突出表现在气候变化对

生态系统碳汇的响应方面。

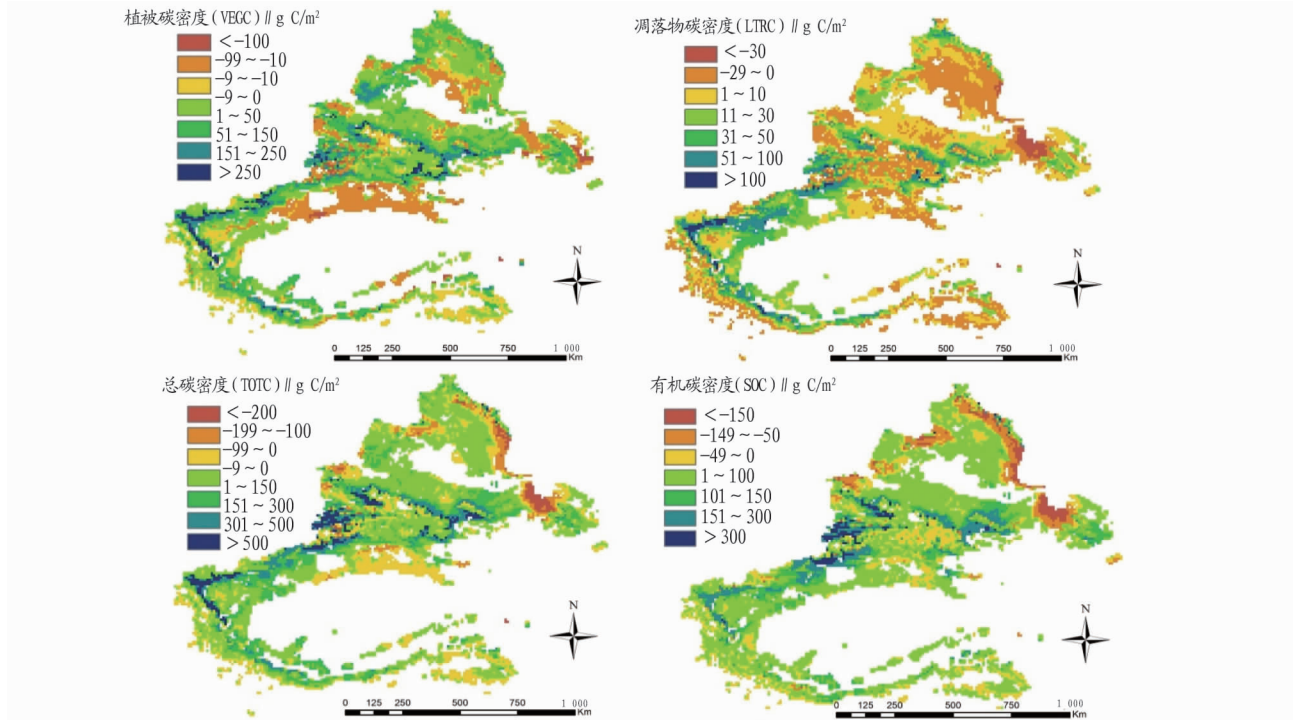


图 2 1980—2014 年新疆地区生态系统碳库空间变化

Fig. 2 Changes of ecosystem carbon pool in Xinjiang during 1980–2014

3 讨论

植被净初级生产力 (NPP) 是植被光合作用有机物质的净收益,是植被自身生理生态特性与外界各种气候环境因子相互作用的结果,决定了地球上所有组成成分和自然生态的生命功能。NPP 是碳循环的重要环节,是植被光合作用和呼吸作用的外在表征,是 CO_2 浓度等大气成分变化的驱动者,而大气成分的改变则进一步改变了地球上的相关物质成分,研究 NPP 动态变化特征,对于了解干旱区尤其是新疆干旱区植被特殊的生理生态过程及界定植物群落在自然环境条件下的生产生存能力具有重要意义。碳循环作为一切有机(能量)物质的基础,处于生物地球化学循环研究的核心并与全球变化密切相连。陆地生态系统(包括土壤)在全球地化循环中不但拥有最大的绝对碳通量和仅次于海洋的最大碳储量,而且对人类活动及其带来的大气、气候变化非常敏感。新疆干旱区生态系统覆盖了全国约 1/6 的陆地面积,除了土地利用变化外,干旱区生态系统的碳循环对全球气候变暖、

降水格局(强度和周期)变化以及大气成分变化也非常敏感。

参考文献

- [1] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261–273.
- [2] 刘昱, 陈敏鹏, 陈吉宁. 农田生态系统碳循环模型研究进展和展望[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 1–9.
- [3] 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰, 等. 中国气候与环境演变评估: 中国气候与环境变化及未来趋势[M]//秦大河, 陈宜瑜, 李学勇. 中国气候与环境演变. 北京: 科学出版社, 2005: 4–9.
- [4] 毛嘉富, 王斌, 戴永久, 等. 一个动态植被模型在欧洲森林碳循环模拟中的适应性评估研究[J]. 大气科学, 2008, 32(6): 1379–1391.
- [5] 于贵瑞, 张雷明, 孙晓敏, 等. 亚洲区域陆地生态系统碳通量观测研究进展[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2004, 34(S2): 15–29.
- [6] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis: Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [7] 颜安. 新疆土壤有机碳/无机碳空间分布特征及储量估算[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [8] 陈发虎, 黄伟, 靳立亚, 等. 全球变暖背景下中亚干旱区降水变化特征及其空间差异[J]. 中国科学(地球科学), 2011, 41(11): 1647–1657.
- [9] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中华人民共和国植被图(1:100万)[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [10] 武文一. 山西省晋城市土地利用时空变化研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
- [11] 宋洪磊. 铜陵县土地利用碳排放效应及空间格局分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(12): 299–302.
- [12] 王婧. 低碳型土地利用规划研究: 以浙川县为例[D]. 郑州: 河南大学, 2013.
- [13] 吴颖. 长沙市土地利用碳排放研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2016.
- [14] 余雪振. 武汉市土地利用变化碳排放效应研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [15] 王秋贤, 王登杰, 颜晓妹, 等. 基于脱钩理论的烟台市碳排放效应分析[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 313–318.
- [16] 孟磊, 蔡祖聪, 丁维新. 长期施肥对土壤碳储量和作物固定碳的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 769–774.
- [17] 黄彦. 低碳经济时代下的森林碳汇问题研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 260–268.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 陈露. 黄土高原塬区多年生栽培草地表层土壤碳库组成及其特征[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
- [21] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2010.
- [22] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省近 20 年土地利用变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(6): 61–65.

(上接第 47 页)