

# 黑龙江省土地利用变化的碳排放效应研究

胡国霞<sup>1</sup>, 雷国平<sup>1,2</sup>, 周浩<sup>1</sup>, 路昌<sup>2</sup>, 赵宇辉<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北大学 土地管理研究所, 沈阳 110004)

**摘要:**土地利用结构的改变是影响碳排放量变化的重要因素。为探究黑龙江省土地利用变化下的碳排放效应问题,本文以土地利用变更数据、能源统计数据 and 土地利用/覆盖数据为基础,分析土地利用变化情况,核算碳排放/吸收量及其强度并进行区际差异分析。结果表明:黑龙江省 2004—2012 年用地类型中以耕地面积增长最快,其动态度为 3.73%,园地大量减少;期间碳排放量逐年递增,年均增长量为 6 020.85 万 t;建设用地是影响碳排放的最主要因素,应重点从建设用地上着手控制碳排放;黑龙江省碳排放区际差异明显,碳排放大部分集中于南部的齐齐哈尔市、大庆市、绥化市、哈尔滨市 4 个地级市,2010 年四者碳排放量占到全省的 58.17%;全省碳排放强度呈下降趋势,但年均生产总值持续增长,当前碳排放量增加不会因为碳排放强度的下降而有所减缓,倘若今后不采取有效的节能减排措施,在未来很长时间内黑龙江省净排放量将会居高不下。研究结果可为相关政策的制定提供基础依据。

**关键词:**土地利用; 碳排放; 区际效应; 黑龙江省

**中图分类号:** F301.24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2015)06-0287-06

## Effects of Different Land Use Patterns on Carbon Emission in Heilongjiang Province

HU Guoxia<sup>1</sup>, LEI Guoping<sup>1,2</sup>, ZHOU Hao<sup>1</sup>, LU Chang<sup>2</sup>, ZHAO Yuhui<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. Institute of Land Management, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

**Abstract:** The changes of land use are an important factor affecting the total carbon emissions. In order to study the effect of land use type on the carbon emissions, In this paper, based on the land change data of Heilongjiang Province from 2004 to 2012, energy statistics data and LUCC, we used the quantitative method to analyze the carbon emission in different land use types, as well as introduced the land use emission marginal change to analyze the factor which may influence the carbon emission and then put forward the corresponding strategies. The results show that: the area of cultivated land increased fastest, and its land use dynamic degree was 3.73%, the quickest decrease area was the garden plot; from 2004 to 2012, total carbon emissions increased in Heilongjiang Province year by year, the average annual growth rate was  $6.0285 \times 10^7$  t; the construction land and cultivated land were the main carbon emission sources, cultivated land and forestland were the main carbon sequestration; carbon emissions in Heilongjiang Province were regional differences significantly, carbon emissions mostly concentrated in the south of Qiqihaer, Daqing, Suihua, Harbin City, in 2010 the carbon emissions accounted for 58.17%. The carbon emission intensity presented the downward trend, but Heilongjiang Province's GDP increased at an average annual rate of decline, and was significantly greater than that of carbon emission intensity, thus decrease of the carbon emissions intensity was not enough to reduce carbon emissions. If the effective energy saving measures were not taken in for a long time in the future, net carbon emissions of Heilongjiang Province would remain high. The results can provide basis for the formulation of relevant policies.

**Keywords:** land use; carbon emissions; interregional effect; Heilongjiang Province

全球气候变暖已成为人类社会经济可持续发展面临的重要挑战,传统的化石燃料能源消费和土地利用结构变化产生的碳排放是其主要因素,2011 年,大气中

CO<sub>2</sub> 浓度达到 391 mg/kg,与工业化前的 1750 年相比高出 40%。从 1750—2011 年,化石燃料使用以及水泥行业共排放了 3 650 亿 t 碳,同时,由于森林减少以及

其他土地用途改变导致的碳排放量为 1 800 亿 t 碳<sup>[1]</sup> (1 t 碳折合 3.67 tCO<sub>2</sub>)。据估算近半个世纪来我国土地利用结构变化导致的累计碳排放量为 10.6 Pg C, 占全部人为源碳排放量的 30% 以上<sup>[2-3]</sup>。我国土地利用机理复杂、空间特征多样和不确定性因素多的变化特点对陆地生态系统的碳排放/吸收影响很大, 因此, 如何在低碳经济背景下进行土地利用与管理显得尤为重要。基于低碳排放要求进行土地的配置已成为学者们研究的热点问题, 如游和远、吴次芳对土地利用碳排放效率进行了研究<sup>[4]</sup>; Lai 认为科学合理的土地利用管理方式可以重新固定大约 60%~70% 已损耗的碳, 土地利用对减缓碳排放量的增加可以作出一定的贡献<sup>[5]</sup>; 苏雅丽和张艳芳对陕西省土地利用变化的碳排放效益做了深入研究<sup>[6]</sup>; 李颖等研究了江苏省的土地利用方式与碳排放效应<sup>[7]</sup>。对区域范围内土地利用结构变化与碳排放的耦合关系研究对控制碳排放具有重要意义和实用价值。

黑龙江省是我国重要商品粮基地, 近年来碳排放量的持续增加导致的气候变暖、降水异常等现象对粮食安全造成了严重影响。研究以黑龙江省为研究对象, 依据土地利用变更数据及能源统计数据, 结合土地利用/覆被数据, 分析其土地利用变化情况, 并以此为基础进行碳排放效应分析, 为开展黑龙江省碳排放效应研究和相关政策的制定提供依据。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

黑龙江省位于我国东北高寒地带, 介于北纬 43°26′—53°33′, 东经 121°11′—135°05′, 是全国纬度最高的省区, 其地形复杂, 东北部以乌苏里江为界, 与俄罗斯相望, 西部与内蒙古自治区毗邻, 南部与吉林省接壤; 丘陵山地海拔在 300~1 780 m 左右, 约占全省总面积的 80%, 平原海拔在 50~250 m 左右, 约占全省面积的 30%; 地势西北部、北部和东南部高, 东北部、西南部低, 主要由山地、台地、平原和水面构成; 全省土地总面积 47.3 万 km<sup>2</sup>, 占全国土地总面积的 4.9%, 居全国各省区的第 5 位, 其中农用地面积 3 778.47 万 hm<sup>2</sup>, 占全省土地面积 83.5%, 建设用地面积 147.35 万 hm<sup>2</sup>, 未利用地面积 600.63 万 hm<sup>2</sup>。至 2012 年末总人口 3 834 万人。

黑龙江省作为我国重要的老工业生产基地和粮食主产区, 其经济发展一直对资源、能源高度依赖, 经济发展主要凭借能源工业推动, 对煤炭和石油的依赖程度远高于我国其他省份。2012 年石化、能源和食品主导产业实现产值 10 429.8 亿元, 实现增加值 4 108.8 亿元, 比上年增长 9.1%, 其中, 石化工业增长 9.3%, 能源工业增长 6.6%。目前, 黑龙江省第二

产业占据主体地位, GDP 增长中重工业增长比重最大, 第三产业年产值增加额度远低于全国平均水平。全省下辖 13 个地级市, 工业化、城市化水平相对较高, 土地生态系统受到人类活动影响较大, 因此土地结构变化对碳排放影响也较为显著, 分析该区域碳排放效应具有一定的现实意义<sup>[8]</sup>。

### 1.2 数据来源

研究涉及到的基础数据主要包括文本资料数据和图件数据, 文本资料数据包括收集到的黑龙江省土地利用变更台账数据(2004—2012)、《黑龙江省统计年鉴》(2005—2013), 图件数据为栅格形式的黑龙江省土地利用/覆盖图件(2010), 碳排放系数来自于 IPCC《国家温室气体排放清单指南》(2006), 能源消耗数据来自相关统计年鉴中的原煤、焦炭、汽油等消费数据, 为获得 2010 年的各地级市土地断面数据, 研究根据提取出各地级市行政界限图对土地利用/覆被栅格图件进行裁剪, 并分地市进行栅格地类面积统计, 考虑到变更数据与土地利用/覆盖图件存在分类偏差, 研究基于变更数据进行栅格数据的归并处理, 文本资料均经汇总整理以备用。

## 2 研究方法

### 2.1 碳排放核算

研究主要对耕地、林地、牧草地、园地和建设用地五种主要土地利用类型进行研究。其中探讨的碳排放是指净碳排放, 对于具有碳源与碳汇功能的不同土地利用类型, 为求得最终的净碳排放量, 设定碳排放为正值, 碳吸收为负值。

需要说明的是: (1) 本文涉及的土地利用类型是对碳排放影响重要的土地利用方式。(2) 由于黑龙江省是我国重要的粮食生产基地, 2010 年、2011 年粮食总产连续突破 0.5 亿 t, 因此本文在计算耕地的碳吸收时, 分别计算主要粮食产物的碳吸收; (3) 未利用土地主要包括荒草地、沙地和裸地, 碳吸收能力相对微弱, 因此研究没有考虑未利用土地碳吸收。

2.1.1 建设用地碳排放 本文采用间接估算法对建设用地碳排放量进行估算, 利用生产生活中各种化石能源消耗量、各种化石能源转换为标准煤的转换系数及其相应的碳排放系数进行间接估算<sup>[9-12]</sup>, 计算公式如下:

$$E_C = \sum e_{ci} = \sum E_{mi} \times \theta_i \times f_i \quad (1)$$

式中:  $E_C$ ——建设用地的总碳排放量;  $e_{ci}$ ——各种化石能源碳排放量;  $E_{mi}$ ——生产生活中各种化石能源的消耗量;  $\theta_i$ ——各种化石能源转换为标准煤的转换系数;  $f_i$ ——各种化石能源的碳排放系数; 其中标准煤转换系数来自于《中国能源统计年鉴》, 碳排放系数来自于 IPCC《国家温室气体排放清单指南》(2006), 见表 1。

表 1 各类能源的标准煤转换系数和碳排放系数

| 能源类型 | 标准煤转换系数      | 碳排放系数  | 能源类型  | 标准煤转换系数                | 碳排放系数  |
|------|--------------|--------|-------|------------------------|--------|
| 原煤   | 0.7143 kg/kg | 0.7559 | 煤油    | 1.4714 kg/kg           | 0.5714 |
| 焦炭   | 0.9714 kg/kg | 0.855  | 柴油    | 1.4571 kg/kg           | 0.5921 |
| 汽油   | 1.4714 kg/kg | 0.5538 | 燃料油   | 1.4286 kg/kg           | 0.6185 |
| 原油   | 1.4286 kg/kg | 0.5857 | 天然气   | 1.33 kg/m <sup>3</sup> | 0.4483 |
| 洗精煤  | 0.9000 kg/kg | 0.7559 | 焦炉煤气  | 0.5714 kg/kg           | 0.3548 |
| 炼厂干气 | 1.5714 kg/kg | 0.4602 | 液化石油气 | 1.7143 kg/kg           | 0.504  |

2.1.2 农用地碳排放 农用地碳排放的计算采用间接估算法,主要分为农业化肥施用、农业机械使用和灌溉过程带来的碳排放<sup>[13]</sup>,计算公式如下:

$$E_a = E_f + E_m + E_i \tag{2}$$

式中: $E_a$ ——农用地碳排放量; $E_f, E_m, E_i$ ——农田化肥生产、农业机械使用和灌溉过程带来的碳排放。以上各项碳排放过程计算公式和相关碳排放系数参见相关学者研究成果<sup>[14-17]</sup>。

2.2 碳吸收核算

2.2.1 耕地碳吸收 耕地碳吸收的计算采用间接估算法,依据农作物产量数据、经济系数和碳吸收率,主要估算农作物光合作用过程中合成的碳。在计算过程中,选取的主要农作物为水稻、玉米、大豆、薯类、高粱、小麦、谷子、其他粮食作物、油料、甜菜和烟草,计算公式如下:

$$C_d = C_f \times D_w = C_f \times Y_w / H_i \tag{3}$$

式中: $C_d$ ——耕地碳吸收量; $C_f$ ——农作物碳吸收率; $Y_w$ ——经济产量; $D_w$ ——生物产量; $H_i$ ——第*i*种作物的经济系数,其中农作物经济系数和碳吸收率<sup>[18-20]</sup>见表 2。

表 2 主要农作物经济系数(H)和碳吸收率(C<sub>f</sub>)

| 农作物 | H    | C <sub>f</sub> | 农作物    | H    | C <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|--------|------|----------------|
| 水稻  | 0.45 | 0.4144         | 谷子     | 0.40 | 0.4500         |
| 玉米  | 0.40 | 0.4709         | 其他粮食作物 | 0.40 | 0.4500         |
| 大豆  | 0.34 | 0.4500         | 油料     | 0.25 | 0.4500         |
| 薯类  | 0.70 | 0.4226         | 甜菜     | 0.70 | 0.4072         |
| 高粱  | 0.35 | 0.4500         | 烟草     | 0.55 | 0.4500         |
| 小麦  | 0.40 | 0.4853         |        |      |                |

2.2.2 林地、牧草地和园地的碳吸收 林地、牧草地和园地的碳吸收计算采用直接碳排放系数法,计算公式如下:

$$C_i = S_i \times V_i \tag{4}$$

式中: $C_i$ ——第*i*种土地类型碳吸收,其中, $i=1,2,3,4$ 分别为林地、牧草地、园地; $S_i$ ——第*i*种土地类型面积; $V_i$ ——第*i*种土地类型的碳吸收率,其中林地吸收率为-3.809 6 t/hm<sup>2</sup>,草地碳吸收率参考方精云等研究的系数为-0.021 t/hm<sup>2</sup>,园地的碳吸收率为-0.398 kg/(m<sup>2</sup>·a)<sup>[21-23]</sup>。

2.3 土地利用碳排放边际变动情况

土地利用碳排放的边际变动是土地利用面积变

化引起的碳排放变动情况,表示碳排放量随土地利用面积变化的敏感程度<sup>[24-25]</sup>,其计算公式如下:

$$MC = \partial_{TC} / \partial_S \tag{5}$$

式中:MC——土地利用碳排放边际变动量; $\partial_{TC}$ ——土地利用类型的碳排放变化量; $\partial_S$ ——土地利用类型的面积变化量。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

为量化分析黑龙江省土地利用变化情况,研究引入土地利用动态度模型,即  $K = (U_b - U_a) / U_a \times 100\%$ ,式中: $K$ 代表单一土地利用动态度; $U_a$ 和  $U_b$ 为研究时段初、末的面积; $T$ 为研究时段长度。结果表明(表 3),2004—2012 年,黑龙江省耕地和建设用地的土地利用动态度为正值,林地、牧草地和园地均为负值,其中,耕地在 9 a 间土地利用动态度为 3.75%,面积变化最为明显,其变化率达到 33.73%,黑龙江省作为全国重要的商品粮基地,近十几年来,区域垦荒、占湿等活动导致耕地面积持续增加。园地面积相对较低,2004 年仅 6.02 万 hm<sup>2</sup>,但其土地利用动态变化度仅次于耕地,为-2.81%,9 a 间其面积减少了 1.52 万 hm<sup>2</sup>,面积变化率为-25.25%,园地多分布于城市周边地带,城市化进程不断加快,对园地的建设占用现象非常严重,导致园地面积急剧下降。牧草地和林地 9 a 间土地利用动态度分别为-0.84%和-0.52%,面积变化率分别为-7.59%和-4.71%,均呈现面积缓慢下降的趋势,研究期间内的“退耕还牧”和“退耕还林”政策实施有效减缓了牧草地和林地面积的下降。建设用地面积 9 a 间缓慢增加,年均增长量为 0.2 万 hm<sup>2</sup>,在以上五种土地利用类型中其土地利用动态度值最低,仅为 0.2%。黑龙江省地处中国东北边陲地区,粮食生产是其支柱性产业,经济相对落后,城市化进程远落后中东部较为发达的省份,建设用地面积增长较为缓慢。

3.2 碳排放效应分析

3.2.1 碳排放量分析 选取 2004—2012 年黑龙江省土地利用变更数据和能源统计数据,进行数值标准化处理,对黑龙江省碳排放/吸收情况进行估算,结果如表 4 所示。

表 3 2004—2012 年黑龙江省土地利用类型动态变化

| 变化情况                                    | 耕地     | 林地      | 牧草地    | 园地     | 建设用地 |
|---|--------|---------|--------|--------|------|
| 9 a 变化量/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> | 401.60 | −114.82 | −16.87 | −1.52  | 2.62 |
| 9 a 变化率/%                               | 33.73  | 4.71    | −7.59  | −25.25 | 1.77 |
| 9 a 土地利用动态度/%                           | 3.75   | −0.52   | −0.84  | −2.81  | 0.20 |

表 4 黑龙江省 2004—2012 年主要土地利用类型碳排放/吸收情况

| 年份   | 碳源        |        |           | 碳汇       |          |       |       |           | 净碳排放     |
|------|-----------|--------|-----------|----------|----------|-------|-------|-----------|----------|
|      | 建设用地      | 农用地    | 总碳排放      | 耕地       | 林地       | 草地    | 园地    | 总碳吸收      |          |
| 2004 | 49034.20  | 205.84 | 49240.04  | −3654.79 | −9294.36 | −4.67 | −2.40 | −12956.22 | 36283.82 |
| 2005 | 63484.78  | 208.34 | 63693.12  | −4249.83 | −9295.58 | −4.71 | −2.40 | −13552.52 | 50140.60 |
| 2006 | 65595.93  | 235.53 | 65831.46  | −3985.48 | −9293.75 | −4.76 | −2.40 | −13286.39 | 52545.07 |
| 2007 | 73916.62  | 240.80 | 74157.42  | −3882.57 | −9295.04 | −4.66 | −2.40 | −13184.67 | 60972.75 |
| 2008 | 84859.60  | 265.51 | 85125.11  | −4991.93 | −9294.85 | −4.67 | −2.39 | −14293.84 | 70831.27 |
| 2009 | 89341.85  | 292.36 | 89634.21  | −5025.49 | −8859.99 | −4.35 | −1.79 | −13891.62 | 75742.59 |
| 2010 | 93398.66  | 319.87 | 93718.53  | −5417.19 | −8859.22 | −4.34 | −1.79 | −15282.54 | 79435.99 |
| 2011 | 104490.96 | 344.86 | 104835.82 | −4473.74 | −8857.70 | −4.33 | −1.79 | −13337.56 | 91498.26 |
| 2012 | 102015.43 | 370.46 | 102385.89 | −3051.35 | −8856.94 | −4.32 | −1.79 | −11914.40 | 90471.49 |

由表 4 可知,2004 年建设用地和农用地总碳排放量达 49 240.04 万 t,其中,建设用地为 49 034.20 万 t,农用地仅 205.84 万 t,可见,尽管黑龙江省作为我国重要的商品粮基地,其碳排放绝大部分仍然来自建设用地,工业化进程的不断加快促使对化石能源的需求不断加强,进而导致碳排放量急剧增加,至 2011 年,建设用地碳排放量已经达到 104 490.96 万 t,年均增长率 16.16%,2012 年,碳排放开始出现下降拐点,这与政府的节能减排措施的推进刚好吻合。9 a 间尽管农业化肥施用、农业机械使用和灌溉过程带来的农用地碳排放量持续增长,年均增长率达到 10.00%,但由于其绝对量相对很小,对总碳排放影响不大。

具体而言,当地以水稻、玉米和大豆三种农作物为主,90 年代中期以来政府推行的“旱改水”农业结构调整使得水田面积大量增加,但近些年气候异常和其他作物种植面积比例的变化导致耕地碳吸收呈现不规则波动。2004—2008 年,林地碳吸收量基本保持不变,但于 2009—2012 年出现小幅度下降;草地面积相对较小,近些年来政府对草场保护较好,面积下降缓慢,其碳吸收缓慢下降,从 2004 年的 4.67 万 t 下降到 2012 年的 4.32 万 t,9 a 间下降幅度仅为 7.49%;园地在四种碳汇用地类型中面积最小,其碳吸收量也最小,变化幅度有限,从 2004 年的 2.40 万 t 下降到 2012 年的 1.79 万 t。碳汇主要包括耕地和林地,草地和园地由于面积的缘故对总碳吸收影响很小,期间最大值为 2010 年 15 282.54 万 t,最小值为 2012 年的 11 914.40 万 t,9 a 间最大变化幅度为 22.04%。

2004—2012 年黑龙江省的净碳排放量整体呈现上涨趋势,其中,2011—2012 年出现轻微下降,由 2011 年的 104 835.82 万 t 下降到 102 385.89 万 t,总碳排放量和净碳排放量变化趋势保持一致。9 a

间,碳源所造成的总碳排放量远大于碳汇造成的总碳吸收量,总碳排放绝大部分来自于建设用地,由于化石能源的使用导致建设用地碳排放量非常大,倘若今后不采取有效的节能减排、引进新能源等措施,在未来很长时间内碳排放量将会居高不下。

3.2.2 碳排放/碳吸收影响能力分析 利用边际变动可以在一定程度上反映土地利用结构变化对碳排放量的影响,依据公式 5 计算得到黑龙江省 2004—2012 年碳排放/吸收的边际变动量,结果如表 5 所示。

表 5 2004—2012 年黑龙江省各用地类型

| 土地利用类型  | 碳排放/吸收边际变化量 |       |      |       |          |
|---------|-------------|-------|------|-------|----------|
|         | 耕地          | 园地    | 林地   | 草地    | 建设用地     |
| 碳排放边际变动 | 1.913       | 0.401 | 3.81 | 0.021 | 2872.755 |

建设用地由于其高劳动要素的集聚性,其单位面积的碳排放量远大于其他用地类型。从表 5 可以看出,建设用地边际碳排放量远大于其他用地类型的边际碳排放量,达 2 872.755 万 t,其碳排放量受用地面积变化影响最敏感,碳排放能力在所有用地类型中最强,建设用地作为黑龙江省最主要的碳源,尽管面积比例相对较小,但由于其碳排放边际变动量非常大,总碳排放量大部分仍来自于建设用地。林地和耕地的边际碳吸收量相对较小,分别为 3.81 万 t 和 1.913 万 t,作为黑龙江省最主要的两种用地类型,大部分的碳吸收来自于它们。园地和草地的边际碳排放量分别为 0.401,0.021,它们用地面积比例很小,碳吸收能力非常有限。建设用地作为该地区碳排放影响的最主要因素,其他用地类型影响有限,今后应重点从建设用地上着手控制碳排放。

3.2.3 碳排放强度分析 现如今,大多数学者都是从单位 GDP 的角度来研究碳排放强度的,从单位土地面积研究碳排放强度并不多见。研究引入地均碳

排放强度和地均建设用地碳排放强度的概念,并以黑龙江省主要土地利用方式的相关参数来研究碳排放。地均碳排放强度为单位土地面积的碳排放量。从图 1 中可以看出:地均碳排放强度呈波动增长的趋势,2012 年的地均碳排放强度为 21.15 t/hm<sup>2</sup>,同 2004 年 9.05 t/hm<sup>2</sup> 相比增加了 12.1 t/hm<sup>2</sup>,通过 Excel 软件对其进行曲线拟合,可以看出为一元对数方程,表现出缓慢增长的趋势。

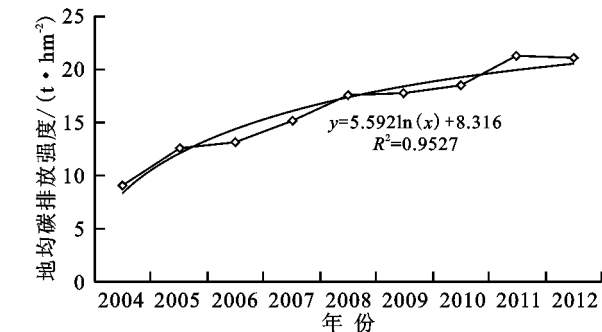
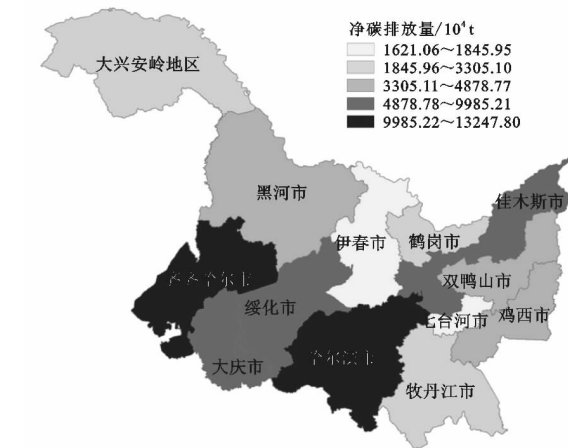


图 1 2004—2012 年黑龙江省地均碳排放强度变化情况

地均建设用地碳排放强度为单位面积建设用地的碳排放量,从图 2 可看出地均建设用地碳排放强度呈波动上升,2012 年碳排放强度为 599.63 t/hm<sup>2</sup>,同 2004 年 244.73 t/hm<sup>2</sup> 相比增加了 354.9 t/hm<sup>2</sup>,曲线拟合结果较好, $R^2=0.943\ 3$ 。2004—2012 年是黑龙江省经济快速发展尤其是工业经济加速发展的时期,地均碳排放强度、地均建设用地碳排放强度与工业经济发展水平呈正相关关系。

3.3 碳排放区际效应分析

黑龙江省各地级市土地利用结构不同,特别是经济发展水平存在差异,碳排放强度也各不相同。利用 2010 年黑龙江省土地利用/覆盖数据提取各地市建设



4 结论

研究基于黑龙江省土地利用变更数据、能源统计数据 and 土地利用/覆盖数据,分析 2004—2012 年土地

用地、耕地、林地、草地等用地并进行面积统计,进而得到 13 个地级市净碳排放总量和单位面积的碳排放强度,并利用自然断点法进行碳排放分级(图 3)。

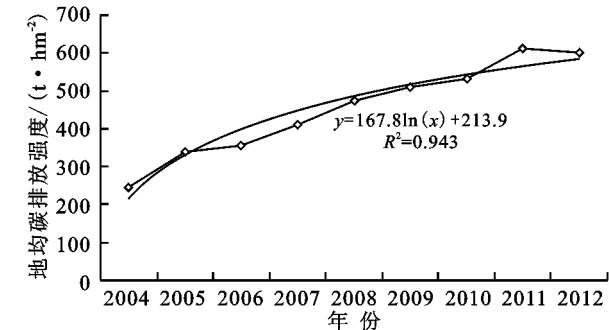


图 2 2004—2012 年黑龙江省地均建设用地碳排放强度变化情况

结果表明,2010 年黑龙江省碳排放区际差异非常明显。从碳排放总量来看,作为全省经济中心的哈尔滨市和工业走廊齐齐哈尔市,该地区经济发达,能源消耗量大,二者建设用地面积依次为 18.4 万,17.9 万 hm<sup>2</sup>,在全省处于前列,所以碳排放量大。以石油产业为主的大庆市面积 211.1 万 hm<sup>2</sup>,建设用地面积为 12.7 万 hm<sup>2</sup>,建设用地密度相对较高,其碳排放强度为 47.3 t/hm<sup>2</sup>,为 13 个地级市中碳排放强度最高的市。由下图看出,黑龙江省碳排放主要集中于南部的齐齐哈尔市、大庆市、绥化市、哈尔滨市四个地级市,四者碳排放量占到全省的 58.17%。伊春市、大兴安岭地区、牡丹江市域内林地面积相对较高,尤其是伊春市,其林地面积为 282.16 万 hm<sup>2</sup>,而建设用地面积仅约 3.54 万 hm<sup>2</sup>,其碳排放量为 1 621 万 t,单位面积碳排放强度仅为 4.19 t/hm<sup>2</sup>,在 13 个地级市中排放强度最低。由此可见,土地利用结构中尤其是建设用地比例高低直接影响着碳排放强度的大小。

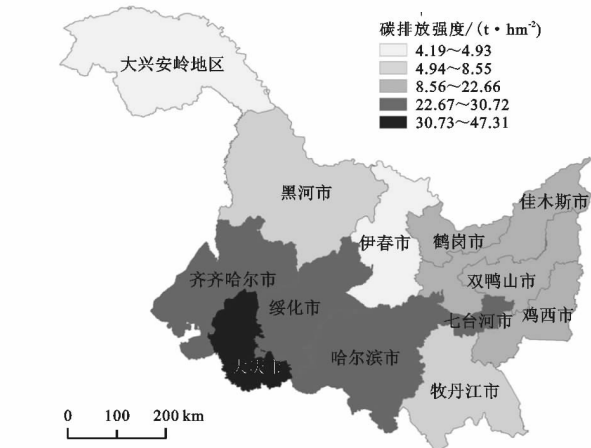


图 3 黑龙江省 2010 年净碳排放量和碳排放强度变化

利用变化情况,核算区域土地利用结构变化下的碳排放/吸收量,并以 13 个地级市为单元分析碳排放区际分布差异,研究结果如下:

(1) 2004—2012 年黑龙江省仅耕地和建设用地

的土地利用动态度为正值,林地、牧草地和园地均为负值,其中耕地在土地利用动态度绝对值最大,为3.75%;9 a 间区域碳排放绝大部分来自于建设用地,尽管农用地碳排放持续增长,但其绝对量相对很小,对碳排放影响不大;耕地碳吸收呈现不规则波动;碳汇主要是耕地和林地,草地和园地由于面积原因对碳吸收影响很小;净碳排放量整体呈现上涨趋势,总碳排放量和净碳排放量变化趋势保持一致,其中碳排放量绝大部分来自于建设用地;地均碳排放强度、地均建设用地碳排放强度与工业经济发展水平呈正相关关系,今后控制碳排放量应重点从建设用地上着手。

(3) 黑龙江省碳排放区际差异非常明显,碳排放大部分集中于南部的齐齐哈尔市、大庆市、绥化市、哈尔滨市四个地级市,2010年四者碳排放量占到全省的58.17%,伊春市、大兴安岭地区、牡丹江市碳排放总量和碳排放强度较低,其中伊春市碳排放强度在13个地级市中最低,仅为4.19 t/hm<sup>2</sup>。土地利用结构中尤其是建设用地比例高低直接影响着碳排放强度的大小。

黑龙江省作为我国重要的商品粮基地,尽管耕地面积相对比例较高,但由于建设用地的碳排放强度远大于其他地类,其仍然是影响本地区碳排放最主要的土地利用类型,在碳吸收上,林地的贡献最大,黑龙江省林地资源丰富,林地面积占全省土地面积的51.2%,但由于城市化进程的不断加快导致林地不断下降,在碳排放的控制上政府需加大对林地的保护力度,提高建设用地的集约利用率,避免城市的盲目扩张。建设用地的碳排放主要以化石能源的消耗为主要途径,今后应从优化能源消费结构,大力开发并应用风电、水电、太阳能和清洁煤等低碳能源,逐步减少传统化石能源的消耗方面着手<sup>[23]</sup>,并加强耗能结构设备的研发力度,提高设备的能源利用效率,减缓碳排放的增长。

#### 参考文献:

- [1] 温文. IPCC 公布第五次气候变化评估报告: 超过 95% 系人为原因[J]. 自然杂志, 2013, 35(5): 325-328.
- [2] Watson R T, Noble I R, Bolin B, et al. Land use, land-use change and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2000.
- [3] 石洪听, 穆兴民, 张应龙, 等. 四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 101-106.
- [4] 游和远, 吴次芳. 土地利用的碳排放效率及其低碳优化: 基于能源消耗的视角[J]. 自然资源学报, 2010, 25(11): 1875-1886.
- [5] Lal R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland[J]. Environmental pollution, 2002, 116(3): 353-362.
- [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(2): 102-107.
- [8] 孙丽娜, 宋戈, 薛睿, 等. 黑龙江省土地利用动态变化及结构效率分析[J]. 水土保持通报, 2012, 32(4): 255-260.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 刘立平. 河南省农业碳排放时空特征及影响因素研究[J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 179-183, 189.
- [12] 俞超, 张丽琴, 唐殿明. 基于清单算法的湖北省土地利用碳排放效应和趋势分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 168-172.
- [13] 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.
- [14] 田云, 张俊飏. 农业碳排放国内外研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(3): 203-207.
- [15] 田云, 李波, 张俊飏. 我国农地利用碳排放的阶段特征及因素分解研究[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2011, 11(1): 59-63.
- [16] 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.
- [17] West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2002, 91(1): 217-232.
- [18] 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, 2002.
- [19] 赵荣钦, 刘英, 丁明磊, 等. 河南省农田生态系统碳源/汇研究[J]. 河南农业科学, 2010(7): 40-44.
- [20] 余婷婷, 韩春兰, 徐广成. 辽宁省土地利用的碳源碳汇分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(2): 118-122.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2010.
- [24] 徐理. 潜江市土地利用碳排放效应及低碳优化研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.
- [25] 赵荣钦, 黄贤金, 高珊, 等. 江苏省碳排放清单测算及减排潜力分析[J]. 地域研究与开发, 2013(2): 109-115.