

# 铜陵县土地利用碳排放效应及空间格局分析

宋洪磊 (安徽师范大学, 安徽芜湖 241000)

**摘要** 根据土地利用变更数据及能源消费资料,采用直接碳排放系数法,对铜陵县2000~2013年土地利用碳排放效应进行了估算,并结合TM影像,采用地统计分析,对铜陵县土地利用碳排放风险时空格局进行了分析。结果表明:①碳排放量总体上呈现增加的趋势。从2000年4.08万t增长到2013年的223.09万t,增加了219.01万t。②建设用地是主要的碳源,林地是主要的碳汇,13年间建设用地的碳排放量增长了219.17万t,对碳排放总量的贡献率高达92.26%;林地的碳吸收量维持在1.20万~1.24万t,对碳汇作用的贡献率达到60.52%。③在时空格局分布上,2000~2010年铜陵县土地利用碳排放风险指数在不断变大;碳排放风险指数与土地利用类型的空间分布有极大的相关性,从城镇向外推进的过程中呈现出由高到低的变化趋势。

**关键词** 碳排放;碳排放风险;空间格局;铜陵县

**中图分类号** S-9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)12-299-04

## Effect of Carbon Emission of Land Use and the Spatial Pattern in Tongling County

SONG Hong-lei (Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000)

**Abstract** Using the data of land use change and energy consumption information and adopting direct carbon emission coefficient method, the land use effects of carbon emissions of Tongling County during 2000-2013 were estimated. Combined with TM images, using geostatistics analysis, the temporal and spatial patterns of carbon emission risks of land use of Tongling County were analyzed. The results showed that land use carbon emissions of Tongling County in the mass presented the trend of growing. The number of carbon emissions was creeping up from 40 800 tons of 2000 to 2 230 900 tons of 2013, and it has increased 2 190 100 tons. Construction land is the main carbon source and forest land is the main carbon sequestration, and in 13 years, carbon emissions of construction land has increased 2 191 700 tons, and the contribution rate to carbon emissions was 92.26%; carbon absorption of forest land maintained at between 1.20 million-1.24 million tons, and the contribution rate to carbon sequestration was up to 60.52%. On the spatio-temporal distribution pattern, index of carbon emission risk of land use of Tongling County during 2000-2010 became larger and larger; index of carbon emission risk and spatial distribution of land use types were greatly related, and it showed a trend that it is from high to low in the process of promoting outward from the town.

**Key words** Carbon emission; The carbon emission risk; Spatial pattern; Tongling County

自20世纪中期以来,全球气候变化的问题日益受到国际社会的关注。现有的气候变化预测结果表明,至21世纪末,全球气候系统还将持续变暖,全球平均地表温度将可能上升1.1~6.4℃,全球平均海平面可能提高0.18~0.59m<sup>[1]</sup>。气候变化不仅会导致全球平均气温升高、海平面上升等问题,还会影响全球水热循环格局,进而造成气象灾害频发,使人类的生产和生活面临极大的威胁和挑战。土地利用变化是影响温室气体排放的重要原因。最初我国学者<sup>[2-6]</sup>主要研究在大尺度范围内林地、草地和湿地生态系统的碳储量,并明确林地、草地和湿地在碳循环中起着重要的碳汇作用。近年相关研究<sup>[7-10]</sup>主要集中在土地利用变化对碳循环的影响及碳排放效应时空格局分析方面。经济发展和人口增长导致建设用地大幅扩张,而引起的大量碳排放是影响土地利用碳排放变化的主要因素。目前,建设用地碳排放量多以能源消耗的视角进行估算,结合其他土地类型的碳排放量,以行政区划为单元,研究土地利用碳排放时空特征,这种方式可以直观地从总体上揭示出区域内土地利用碳排放量的高低变化,却无法更为详细地揭示碳排放量与土地利用类型的关系以及空间变化特征。该文拟从土地利用直接和间接碳排放2个方面建立土地利用碳排放量估算模型,在对安徽省铜陵县2000~2013年土地利用碳排放效应估算的基础上,借助和参照生态风险指数的概念,提出碳排放风险指数的概念,并将研究区划为1km×1km的单元网格,运用Arc-

GIS9.3中的地统计分析,将铜陵县土地利用碳排放风险进行空间可视化表达,分析土地利用碳排放空间分布特征,以期作为区域土地可持续利用提供参考。

## 1 研究区概况

铜陵县位于安徽省南部,长江下游南岸,地理坐标为30°33'36"~31°19'48" N,117°26'16"~118°26'24" E,东邻繁昌、南陵,南接青阳、贵池,西北隔江与枞阳、无为相望。全县土地总面积为84 533.48 hm<sup>2</sup>,东西宽28.50 km,南北长31.10 km。下辖4乡4镇,分别是东联乡、西联乡、胥坝乡、老洲乡、五松镇、顺安镇、钟鸣镇和天门镇。县域地势大体上为南高北低,由南向北依次分为低山区、丘陵区、洲圩区。地处北亚热带季风区,在季风气候的影响下,区域性气候显著。县境内河流属长江水系,长江由西南往北再东折,西南以青通河与池州市分界,东北隔黄浒河与芜湖市为邻。县内矿产资源储量丰富,矿种齐全。2013年末全县总人口290 182人,其中非农业人口数为54 184人,占全县总人口的18.67%。

## 2 资料与方法

**2.1 资料来源** 铜陵县2000~2013年土地利用变更数据来自于铜陵市国土资源局,2000~2013年铜陵县能源消费数据来源于铜陵市统计局和《铜陵市统计年鉴》,2000、2005和2010年3期铜陵县TM影像下载于USGS。按照《土地利用现状分类》(全国农业区划委员会,1984)和《全国土地分类(过渡期间使用)》对2000~2013年土地利用变更数据进行整理归纳,将铜陵县土地类型划分为7种,分别是耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域和其他土地。

**作者简介** 宋洪磊(1988-),男,安徽涡阳人,硕士研究生,研究方向:土地利用变化。

**收稿日期** 2015-03-18

## 2.2 研究方法

**2.2.1 土地利用类型碳排放估算方法。**土地利用碳排放包括土地利用直接碳排放和间接碳排放。土地利用直接碳排放又可以细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;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<sup>[11]</sup>。土地利用的间接碳排放主要指的是各类土地利用类型上所承载的全部人为源碳排放<sup>[12]</sup>。

对耕地、园地、林地、牧草地、水域和其他用地等6种土地利用类型将采用直接碳排放系数法计算,其估算公式为:

$$E_i = S_i \times \zeta_i$$

式中: $E_i$ 为第*i*种土地利用的碳排放量; $S_i$ 为第*i*种土地利用面积; $\zeta_i$ 为第*i*种土地利用类型的单位面积上的碳排放系数,排放为正,吸收为负;*i*为1、2、3、4、5、6,分别表示6种不同的土地利用类型。通过阅读相关文献,总结整理前人相关研究成果<sup>[13-18]</sup>,确定了该研究不同土地利用类型的碳排放系数(表1)。

土地利用的间接碳排放主要表现为建设用地上所有人为作用造成的碳排放,一般是通过各种能源的消耗量、转标准煤系数及其碳排放系数来间接计算。该文参考徐国泉

等<sup>[19]</sup>人提出的碳排放量分解模型计算方法,建立建设用地的碳排放量的估算公式:

$$E_\eta = \sum e_i = \sum E_i \times \mu_i \times \varepsilon_i$$

式中: $E_\eta$ 为建设用地的碳排放量, $e_i$ 为第*i*种能源对应的碳排放量, $E_i$ 为第*i*种能源的消耗量, $\mu_i$ 为第*i*种能源转标准煤系数, $\varepsilon_i$ 为第*i*种能源的碳排放系数。

表1 不同土地利用类型的碳排放系数

土地利用类型	碳排放系数//t/(hm <sup>2</sup> ·a)
耕地	0.372
园地	-0.398
林地	-0.487
牧草地	-0.191
水域	-0.410
其他用地	-0.005

注:正号表示碳排放,负号表示碳吸收。下同。

**2.2.2 监督分类。**监督分类是遥感影像分类方式之一,是利用已知地物的信息对未知地物进行分类的方法<sup>[20]</sup>。最大似然法是监督分类中最常用的分类方法。该文将在ENVI4.7软件下,采用最大似然法,对铜陵县2000、2005和2010年3期TM影像进行解译,解译结果见图1。

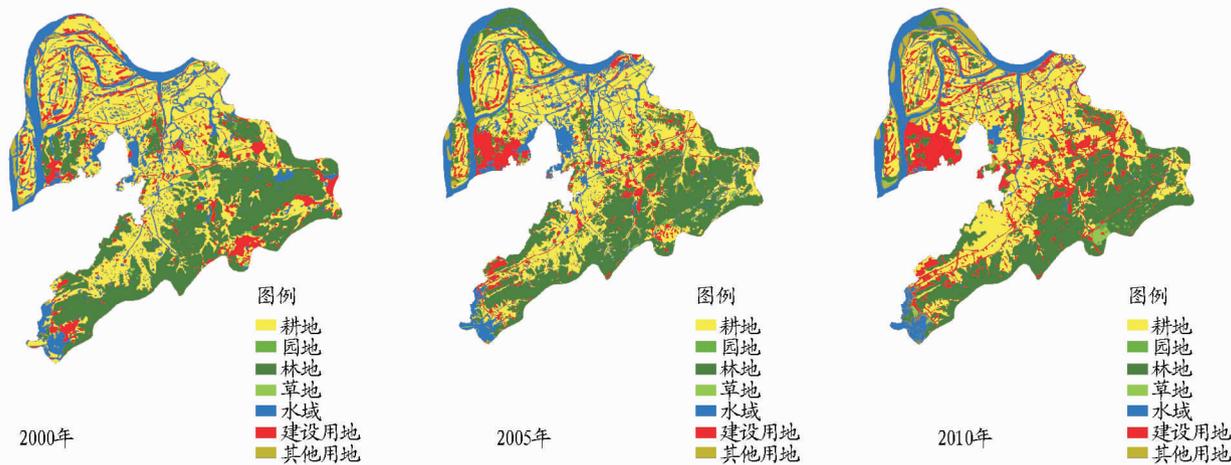


图1 铜陵县3期土地利用解译数据

**2.2.3 碳排放风险指数。**为建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验联系,利用各类型的面积比重,构造各土地利用类型的生态风险指数<sup>[21]</sup>。该文参考生态风险指数的构造方法,提出土地利用类型碳排放风险指数的概念,用于表征1个样地内综合碳排放风险的相对大小,并建立计算土地利用类型碳排放风险指数的公式:

$$C_{Ri} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i P_i}{S}$$

式中: $C_{Ri}$ 为样地碳排放风险指数, $S_i$ 为样地内第*i*种土地利用面积, $S$ 为样地总面积, $P_i$ 为第*i*种土地利用类型的碳排放系数。

## 3 结果与分析

**3.1 土地利用碳排放效应分析** 通过计算,得到铜陵县不

同土地利用类型的碳排放量及碳源、碳汇的变化过程(表2和图2)。

从表2可知,铜陵县土地利用碳排放量总体上呈现上升趋势,从2000年4.08万t增长到2013年的223.09万t,增加了219.01万t,增幅达到近54倍。

建设用地是主要的碳源,其碳排放量从2000年3.04万t增加到2013年的222.21万t,增长了219.17万t,对碳排放总量的贡献率高达92.26%,而耕地对于碳排放总量的贡献率仅为7.74%。林地、水域、园地、草地和其他用地是碳汇,其中林地和水域是主要的碳汇,从2000~2013年这13年间,林地的碳吸收量维持在1.20万~1.24万t,水域的碳吸收量维持在0.71万~0.74万t,林地是最主要的碳汇,对碳吸收总量的平均贡献率达到60.52%,其次是水域,对碳吸收总量

表 2 2000 ~ 2013 年铜陵县不同土地利用类型碳排放量

万 t

年份	耕地 碳排放量	园地 碳排放量	林地 碳排放量	草地 碳排放量	水域 碳排放量	其他土地 碳排放量	建设用地 碳排放量	净排放量	总排放量	总吸收量
2000	1.05	-0.01	-1.20	-0.02	-0.74	-0.000 4	3.04	2.12	4.08	-1.97
2001	1.03	-0.01	-1.20	-0.02	-0.73	-0.000 4	3.93	2.99	4.96	-1.97
2002	1.03	-0.01	-1.20	-0.02	-0.73	-0.000 4	4.79	3.85	5.81	-1.97
2003	1.03	-0.01	-1.21	-0.02	-0.73	-0.000 4	6.10	5.16	7.13	-1.97
2004	1.01	-0.01	-1.22	-0.02	-0.73	-0.000 3	7.87	6.90	8.87	-1.97
2005	0.99	-0.01	-1.22	-0.02	-0.72	-0.000 3	10.56	9.58	11.55	-1.97
2006	0.98	-0.01	-1.23	-0.02	-0.72	-0.000 3	22.46	21.46	23.44	-1.98
2007	0.96	-0.01	-1.23	-0.02	-0.72	-0.000 3	38.15	37.13	39.11	-1.97
2008	0.95	-0.01	-1.23	-0.02	-0.72	-0.000 3	72.23	71.20	73.18	-1.98
2009	0.91	-0.01	-1.24	-0.02	-0.71	-0.000 3	146.59	145.51	147.49	-1.98
2010	0.90	-0.01	-1.24	-0.02	-0.71	-0.000 3	267.53	266.45	268.43	-1.98
2011	0.89	-0.01	-1.23	-0.02	-0.71	-0.000 3	302.69	301.61	303.58	-1.98
2012	0.89	-0.01	-1.23	-0.02	-0.71	-0.000 3	291.18	290.10	292.07	-1.97
2013	0.88	-0.01	-1.23	-0.02	-0.71	-0.000 3	222.21	221.13	223.09	-1.96

的平均贡献率达到 36.56%，而园地、牧草地和其他用地 3 者对碳吸收总量的平均贡献率仅为 2.92%，远低于林地和水域的碳汇能力。

从图 2 中可知，2000 ~ 2013 年铜陵县土地利用碳排放量年变化显著，先后经历了 3 个阶段：①第 1 阶段为 2000 ~ 2007 年，此阶段铜陵县土地利用碳排放总量缓慢增长，同时这一阶段碳排放处于 13 年间的低水平阶段，这 7 年间的年平均碳排放量为 13.12 万 t。②第 2 阶段为 2007 ~ 2011 年，

这一时期铜陵县土地利用碳排放总量处于快速发展的状态，碳排放量从 2007 年的 39.13 万 t 增长到 2011 年的 303.58 万 t，增长近 7 倍，同时碳排放总量在 2011 年达到历史最高。③第 3 阶段为 2011 ~ 2013 年，这一时段内铜陵县土地利用碳排放总量开始逐年下降，由 2011 年的 303.58 万 t 下降到 2013 年的 223.09 万 t，减少了 80.49 万 t。从总体上看，2000 ~ 2013 年间碳净排放量和碳排放总量的变化趋势基本是吻合的，均是先增后减。

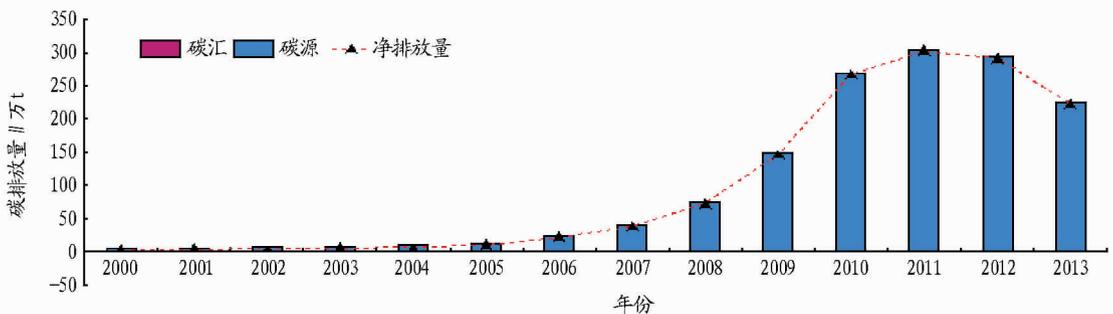


图 2 2000 ~ 2013 年铜陵县土地利用碳排放量变化情况

**3.2 土地利用碳排放风险空间格局分析** 在碳排放风险系统采样的基础上，利用 ArcGIS9.3 软件中的地统计分析模块，采用普通克里格差值法进行整个研究区表面模拟预测，同时检查模型的合理性，从而得到研究区碳排放风险分布图（图 3），以直观地描述铜陵县土地利用碳排放风险空间分布状况。

由图 3 可知，2000 年铜陵县土地利用碳排放风险指数为  $[-0.487 0, 2.780 0]$ ，与 2005 年和 2010 年相比，2000 年碳排放风险指数总体最低，说明 2000 年铜陵县土地利用碳排放风险程度最小，但这是在低水平发展的背景下形成的，并不是一种合理的发展模式。2005 年铜陵县土地利用碳排放风险指数为  $[-0.487 0, 7.810 0]$ ，最高的风险指数比最低的高 8.297 0，碳排放风险指数为 4.721 1 ~ 7.810 0 的区域主要分布在铜陵县县城所在地，其用地类型为城镇用地；碳排放风险指数为  $-0.487 0 \sim 0.138 2$  的区域主要分布在远离城镇及

工矿的地方，用地类型多为水域和林地，这些地区起到重要的碳汇作用；碳排放风险指数为 0.138 2 ~ 5.358 6 的区域主要在城镇及工矿用地和水域及林地之间的过渡地带。由于经济的发展和能源消耗的增加，相比 2005 年，2010 年铜陵县建设用地的碳排放强度已明显增加，导致土地利用碳排放风险指数整体提高，2010 年铜陵县土地利用碳排放风险指数范围为  $[-1.366 1, 171.556 0]$ ，碳排放风险为负的区域缩小，相反碳排放风险为正的区域的不断扩大。总之，从时序上看，2000 ~ 2010 年铜陵县土地利用碳排放风险指数在不断加大；从空间分布上看，铜陵县土地利用碳排放风险指数从城镇向外推进的过程中呈现出由高到低的变化趋势，碳排放风险指数较大的区域主要是沿着城镇及工矿用地分布，碳排放风险指数较小的区域主要是沿着远离城镇及工矿用水域和林地分布，这种分布格局说明城镇及工矿用地在增加区域碳排放风险的过程起到重要贡献。

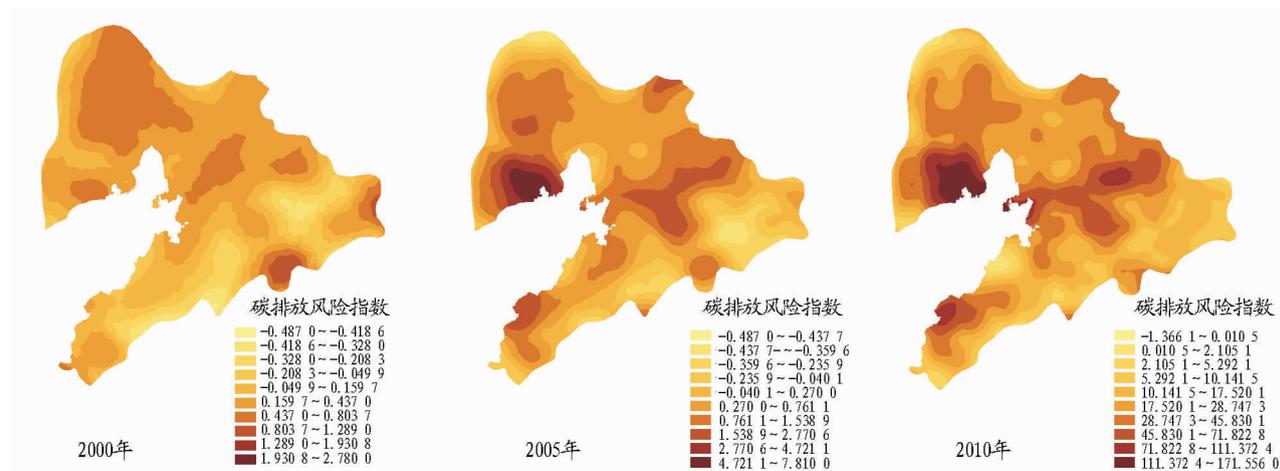


图3 铜陵县土地利用碳排放风险指数时空格局分布

#### 4 结论

(1) 铜陵县在2000~2013年里土地利用碳排放量大体上显现出增长的趋势,从2000年4.08万t增长到2013年的223.09万t,增加了219.01万t,增幅达到近54倍。

(2) 耕地和建设用地位表现为碳源作用,铜陵县耕地的碳排放量随着耕地面积的减少在不断降低,但对土地利用碳排放量的影响很小,而建设用地碳排放量和净排放量变化的趋势几乎吻合。因此,相比于耕地,建设用地碳排放量对铜陵县土地利用碳排放量的贡献起着决定性的作用。

(3) 林地、水域、园地、草地和其他用地是碳汇,其中林地和水域是主要的碳汇,从2000~2013年这13年间,林地的碳吸收量维持在1.20万~1.24万t,水域的碳吸收量维持在0.71万~0.74万t,林地是最主要的碳汇,对碳吸收总量的平均贡献率达到60.52%,其次是水域,对碳吸收总量的平均贡献率达到36.56%。

(4) 从时间上看,2000~2010年铜陵县土地利用碳排放风险指数在不断变大,这主要是由于经济发展带动能源消耗量的增加所致;从空间分布上看,铜陵县土地利用碳排放风险指数与土地利用类型的空间分布有极大的相关性,从城镇向外推进的过程中呈现出由高到低的变化趋势,碳排放风险指数较大的区域主要是沿着城镇及工矿用地分布,碳排放风险指数较小的区域主要是沿着远离城镇及工矿用的水域和林地分布,这种分布格局说明城镇及工矿用地在增加区域碳排放风险的过程中具有重要的贡献作用。

#### 参考文献

[1] 牛文元,王毅. 2009年中国可持续发展战略报告—探索中国特色的低碳道路[M]. 北京:科学出版社,2009.

[2] 周玉荣,于振良,赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J]. 植物生态学报,2000(5):518-522.

[3] 方精云,陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J]. 植物学报,2001(9):967-973.

[4] 刘子刚,张坤民. 湿地生态系统碳储存功能及其价值研究[J]. 环境保护,2002(9):31-33.

[5] 周涛,史培军,王绍强. 气候变化及人类活动对中国土壤有机碳储量的影响[J]. 地理学报,2003(5):727-734.

[6] 刘纪远,王绍强,陈镜明,等. 1990~2000年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化[J]. 地理学报,2004(4):483-496.

[7] 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(5):154-157.

[8] 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(10):76-83.

[9] 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(S2):102-107.

[10] 彭文甫,樊淑云,潘荟交,等. 区域土地利用变化的碳排放效应及时空格局研究[J]. 生态经济,2013(9):28-33.

[11] 李红霞. 基于粒子群算法的低碳土地利用结构优化配置研究[D]. 武汉:武汉大学,2011.

[12] 董祥继. 低碳概念下的国土规划[J]. 城市发展研究,2010(7):1-5.

[13] CAI Z C, KANG G D, TSURUTA H, et al. Estimate of CH<sub>4</sub> emissions from year-round flooded rice field during rice growing season in China [J]. Pedosphere, 2005, 15(1):66-71.

[14] 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,2007,37(6):804-812.

[15] 管东生. 广州市森林生态系统的特征及其对碳氧平衡作用的研究[M]//中国地理学会自然地理专业委员会. 全球变化区域影响研究. 北京:人民教育出版社,2000.

[16] 赖力. 中国土地利用碳排放效益研究[D]. 南京:南京大学,2010.

[17] 石洪昕. 四川省广元市土地利用变化的碳排放效应研究[D]. 西安:西北农林科技大学,2012.

[18] 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(2):463-469.

[19] 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(6):158-161.

[20] 韦玉春. 遥感数字图像处理教程[M]. 北京:科学出版社,2007.

[21] 臧淑英,梁欣,张思冲. 基于GIS的大庆市土地利用生态风险分析[J]. 自然灾害学报,2005(4):141-145.