

# 2000—2010 年皖江城市带土地利用/覆被变化对 区域净初级生产力的影响

袁 甲<sup>1,2</sup>, 沈 非<sup>1,2</sup>, 王甜甜<sup>1,2</sup>, 罗小瑞<sup>1,2</sup>

(1. 安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241003; 2. 安徽自然灾害过程与防控研究省级实验室, 安徽 芜湖 241003)

**摘 要:**基于 2000 年、2005 年、2010 年 3 期 Landsat TM/ETM 遥感影像解译数据,定量分析了近 11 年来皖江城市带土地利用时空变化;利用 MODIS/NDVI 数据及气象数据,基于改进的 CASA 模型估算了同期植被 NPP,分析、评估了地类转换对研究区植被 NPP 的影响程度。结果表明:2000—2010 年,研究区的土地利用格局变化显著,主要表现为耕地、草地、未利用土地面积不断减少,建设用地、水域面积持续增加,林地面积先减后增;土地利用类型转换以耕地的显著减少和建设用地的快速增加为主要特点;近 11 年来,研究区植被 NPP 整体上呈增加趋势,且呈现出南高北低的空间分布格局;各用地类型的 NPP 均值都在增加,林地 NPP 增幅最大;长江以北地区植被 NPP 呈逐渐增加趋势,沿江和长江以南地区的植被 NPP 变化趋势反之;耕地转为建设用地造成的 NPP 损失量最大。

**关键词:**土地利用/覆被变化;净初级生产力;CASA 模型;皖江城市带

中图分类号:F301.2; TP79; Q948

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)05-0245-06

## Impact of Land Use/Cover Change on Regional Net Primary Productivity in Wanjiang City Belt During the Period from 2000 to 2010

YUAN Jia<sup>1,2</sup>, SHEN Fei<sup>1,2</sup>, WANG Tiantian<sup>1,2</sup>, LUO Xiaorui<sup>1,2</sup>

(1. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241003, China;

2. Anhui Key Laboratory of Natural Disaster Process and Prevention, Wuhu, Anhui 241003, China)

**Abstract:**Based on three periods of Landsat TM/ETM remote sensing image interpretation data in 2000, 2005 and 2010, the temporal and spatial variation of land use of Wanjiang City belt in recent 11 years were quantitatively analyzed. In addition, using the MODIS/NDVI data and meteorological data, the NPP of the study area were estimated by using the improved CASA model, then the effect of the land class conversion on NPP were analyzed and evaluated in the research area. The results show that the land use pattern of the study area changed significantly from 2000 to 2010, it shows that the areas of farmland, grassland and unused land reduced, construction land and water area increased, forestland area increased after reduction; the main characteristic of land use type conversion was significantly reduce of the farmland and rapidly increase of construction land; in the past 11 years, the NPP of the study area showed an increasing trend, the spatial distribution pattern of high level in north and low level in south; the mean NPP of each land use type was increased, and forestland increased most rapidly; the vegetation NPP in the north of the Yangtze River region showed a trend of gradual increase, while along and south of the Yangtze River regions share the different changing trend; NPP loss resulting from the conversion of farmland to construction land was the largest.

**Keywords:**land use/cover change; net primary productivity; CASA model; Wanjiang City belt

土地利用/覆被变化(Land Use/Cover Change 简称 LUCC)是自然过程和人类社会共同作用的结果<sup>[1]</sup>,

它通过改变植被覆盖度对陆地生态系统的分布和结构产生重要影响<sup>[2]</sup>,进而改变着生态系统各部分的物

收稿日期:2015-10-21

修回日期:2015-11-04

资助项目:安徽师范大学研究生科研创新项目(2014ysk091);安徽师范大学科研培育资助项目(2013XMPY12);安徽高校省级学科(地理学)重大建设资助项目

第一作者:袁甲(1987—),男,安徽阜阳人,硕士研究生,研究方向为资源遥感与土地利用。E-mail:fyjmm2008@126.com

通信作者:沈非(1975—),男,安徽明光人,副教授,硕士生导师,主要从事资源环境与地理信息系统应用研究。E-mail:523022@qq.com

质生产方式<sup>[3-4]</sup>。植被净初级生产力(Net Primary Productivity, 简称 NPP)指绿色植物在单位时间和单位面积上所积累的有机干物质总量<sup>[5]</sup>, 它不仅是研究生态系统服务功能的物质基础, 而且是评价生态系统健康状况的重要指标<sup>[6]</sup>, 主要受气候变化、土地利用等因子的影响<sup>[5-7]</sup>。土地利用/覆被变化会造成地表植被及土壤理化性质的改变, 致使不同土地类型的植被 NPP 呈现出显著差异<sup>[8]</sup>。

近年来, 基于遥感数据和数学模型研究 LUCC 对植被 NPP 的影响机制, 已成为区域 LUCC 环境效应研究的重要组成部分<sup>[9-12]</sup>。Imhoff 等<sup>[13]</sup>运用 CASA 模型, 分析了 1994—1995 年美国城市土地转换对植被 NPP 的影响, 发现由城市化引起的城市土地转换每年造成 0.04 Pg 的碳损失; Milesi 等<sup>[14]</sup>基于 DMSP/OLS 数据及土地利用数据, 研究了美国东南部 1992—2000 年土地利用变化对植被 NPP 的影响, 结果表明由城市扩展引起的土地利用变化导致年 NPP 减少 0.4%; 许吉仁等<sup>[15]</sup>基于 Landsat TM 数据及 CASA 模型等研究了 1987—2011 年皇甫川流域温带草原系统土地覆被变化及其对植被 NPP 的影响, 认为各用地类型间的相互转换是不同时期 NPP 增加的主要原因; 韩艳飞等<sup>[16]</sup>探究了 1980—2010 年关天经济区土地利用变化对植被 NPP 的影响, 得出土地开发降低了植被 NPP 的结论; 徐昔保等<sup>[17]</sup>分析了太湖流域 2000—2007 年 LUCC 对植被 NPP 的影响, 表明城市化进程的加快是导致研究区植被 NPP 减少的主导因素。国内已有研究主要集中于东西部典型的经济区及典型流域, 对迅速崛起的中部城市群、城市带地区缺乏关注。

皖江城市带位于长江下游安徽段, 作为首个国家级承接产业转移示范区, 近年来, 快速的工业化和城市化进程导致其土地利用结构与功能发生了剧烈变化, 使区域覆被状况发生了显著改变, 对生态系统服务功能的时空变化产生了深远的影响。但当前有关皖江城市带不同土地利用方式转换对植被 NPP 的影响研究鲜有报道。本研究基于 2000 年、2005 年、2010 年 3 期土地利用/覆被变化数据, 分析近 11 年来研究区土地利用的时空变化规律; 同时, 基于 MODIS/NDVI 数据和地面气候数据, 利用改进的 CASA 模型估算同期 NPP, 分析与评估该区域地类转换对植被 NPP 的影响程度, 以期深入了解皖江城市带生态系统状况提供科学依据, 也可为区域土地利用规划、生态环境保护提供参考信息。

## 1 材料与研究方法

### 1.1 数据来源及处理

2000 年、2005 年和 2010 年的 MODIS NDVI 数

据和 Landsat TM/ETM 数据均来源于美国地质调查局 USGS/EROS(<http://Glovis.usgs.gov/>)。NDVI 数据的产品类型为 MOD13 Q1, 时间分辨率为 16 d, 空间分辨率为 250 m; Landsat TM/ETM 数据的空间分辨率为 30 m, 所选影像的云层覆盖度均小于 10%, 数据质量好, 可满足研究要求。数据处理流程如下: 利用 MRT (Modis Reprojection Tools) 工具将 NDVI 数据由 HDF 格式转换为 TIFF 格式, 投影方式由等面积正弦曲线投影(Sinusoidal Projection)转换为 UTM 投影, 基准面为 WGS-84, 并完成图像的拼接。采用最大合成法(maximum value composite, MVC)生成 NDVI 月值图像。

在对 Landsat TM/ETM 遥感影像进行波段组合、投影变换、辐射校正、几何校正、色彩增强、拼接、裁剪等预处理的基础上, 参照中科院分类系统, 并结合数据源及研究区土地资源的特点, 拟将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 种。根据外业调查建立的不同土地利用/覆被类型的遥感解译标志, 辅以研究区地形图、植被图、由国家科技基础条件平台建设项目: 地球系统科学数据共享平台(<http://www.geodata.cn/>)提供的 2000 年和 2005 年安徽省 1:10 万土地利用图及社会经济发展数据等建立训练区, 在 ENVI 5.0 中采用神经网络法对影像进行监督分类。参照 Google Earth 高分辨率影像及调研数据对分类后的数据进行人机交互判读, 修订解译结果, 并建立拓扑关系, 最终生成 3 期分类精度均在 85% 以上的土地利用/覆被变化专题图(附图 8)。

气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>), 包括 2000 年、2005 年和 2010 年研究区及周边地区的 38 个气象站点和 16 个辐射站点的月平均温度(℃)、月降水量(mm)、月太阳总辐射量(MJ/m<sup>2</sup>)和经纬度坐标数据等, 采用反距离权重(Inverse Distance Weighted, IDW)法将气象数据插值成栅格分布数据。为保证空间精度的一致性, 将上述所有栅格数据的空间分辨率重采样为 250 m, 投影统一定义为 UTM 投影, 基准面为 WGS-84。

### 1.2 NPP 估算模型

本研究采用朱文泉等<sup>[18]</sup>改进的 CASA 光能利用率模型, 估算 2000—2010 年皖江城市带植被 NPP。该模型具有参数易得、区域尺度易转换、估算精度较高等优点, 模型中植被 NPP 可由植被吸收的光合有效辐射(APAR)和实际光能利用率( $\epsilon$ )两个因子表示。其估算公式为:

$$NPP(x, t) = APAR(x, t) \cdot \epsilon(x, t) \quad (1)$$

$$APAR(x, t) = 0.5 SOL(x, t) \cdot FPAR(x, t) \quad (2)$$

$$\epsilon(x, t) = T_{e1}(x, t) \cdot T_{e2}(x, t) \cdot W_{\epsilon}(x, t) \cdot \epsilon_{\max} \quad (3)$$

式中:APAR( $x,t$ )为像元  $x$  在  $t$  月吸收的光合有效辐射[MJ/(m<sup>2</sup>·月)]; $\epsilon(x,t)$ 为像元  $x$  在  $t$  月的实际光能利用率(g C/MJ);SOL( $x,t$ )表示像元  $x$  在  $t$  月的太阳总辐射量[MJ/(m<sup>2</sup>·月)];常数 0.5 表示植被所能利用的太阳有效辐射(波长 0.4~0.7  $\mu\text{m}$ )占太阳总辐射的比例;FPAR( $x,t$ )为植被层对入射光合有效辐射的吸收比例; $T_{e1}(x,t)$ 和  $T_{e2}(x,t)$ 为温度对光能转化率的影响; $W_e(x,t)$ 为水分对光能转化率的影响; $\epsilon_{\text{max}}$ 为理想条件下植被的最大光能利用率;CASA 模型的具体原理及估算流程见文献[18—20]。

## 2 结果与分析

### 2.1 皖江城市带土地利用现状及动态变化

运用 ArcGIS 软件对 3 期土地利用/覆被变化数据

进行统计,得到皖江城市带 2000 年、2005 年和 2010 年土地利用/覆被变化情况(表 1)。由附图 8 和表 1 可知,耕地、林地 of 研究时段内皖江城市带的主要土地利用类型,2000 年、2005 年和 2010 年耕地面积分别占研究区总面积的 55.76%,54.18%,52.18%,主要分布在长江沿岸、巢湖以北地区及长江与巢湖的中间地带;林地面积分别占研究区总土地面积的 29.56%,29.55%,29.61%,主要分布在皖南山区和皖西大别山区;河流与湖泊组成的水域广泛分布在整个皖江城市带,分别占全区面积的 8.16%,8.90%,9.06%;建设用地主要分布于山间盆地、交通线和河流沿岸及平原地区,分别占全区总面积的 3.73%,4.77%和 6.65%;草地与林地的空间分布范围大致相同;未利用土地面积最小,主要包括裸岩和裸土。

表 1 2000—2010 年皖江城市带土地利用变化

年份	统计指标	耕地	林地	水域	建设用地	草地	未利用土地
2000	面积/km <sup>2</sup>	42295.80	22421.30	6192.13	2828.95	2035.22	75.58
	比例/%	55.76	29.56	8.16	3.73	2.68	0.10
2005	面积/km <sup>2</sup>	41092.96	22416.46	6748.45	3619.60	1918.28	53.14
	比例/%	54.18	29.55	8.90	4.77	2.53	0.07
2010	面积/km <sup>2</sup>	39578.59	22456.66	6868.21	5046.49	1869.68	29.26
	比例/%	52.18	29.61	9.06	6.65	2.47	0.04
2000—2005	面积/km <sup>2</sup>	−1202.84	−4.84	556.32	790.65	−116.94	−22.44
	年变化率/%	−0.57	−0.004	1.80	5.59	−1.15	−5.94
2005—2010	面积/km <sup>2</sup>	−1514.37	40.20	119.76	1426.89	−48.60	−23.88
	年变化率/%	−0.74	0.04	0.35	7.88	−0.51	−8.99
2000—2010	面积/km <sup>2</sup>	−2717.21	35.36	676.08	2217.54	−165.54	−46.32
	年变化率/%	−0.64	0.02	1.09	7.84	−0.81	−6.13

注:负值表示各统计指标减小,反之则为增加。

2000—2010 年,研究区土地利用格局变化显著,主要表现为耕地、草地、未利用土地面积不断减少,建设用地、水域面积持续增加,林地面积先减后增(表 1)。这与吴见等<sup>[21]</sup>基于光谱角分类技术所得的 2000—2010 年安徽省土地利用变化趋势基本相同。近 11 年来,耕地面积的下降幅度最大,下降了 3.58%;同期,建设用地呈显著上升趋势,所占比例增加了 2.92%;其他用地类型相对变化不大,林地和草地所占比例保持在 29.5%和 2.4%以上。

为进一步分析研究区各土地利用类型间的时空演变过程和机制,将各期土地利用/覆被变化矢量数据叠加,得到 2000—2010 年研究区土地利用变化转移矩阵(表 2)。由表 2 可以看出,2000—2010 年研究区建设用地面积迅速增加,净转入 2 217.54 km<sup>2</sup>,主要来源于对耕地、林地及水域的占用,2000—2005 年有 831.92 km<sup>2</sup> 的耕地和 37.91 km<sup>2</sup> 的林地转化为建

设用地,占 2000 年耕地和林地总量的 1.97%和 0.17%;2005—2010 年耕地和水域向建设用地的转移面积分别为 1 527.22,21.42 km<sup>2</sup>,建设用地扩张速度大幅提高。林地面积整体上呈增加趋势,面积净增加 35.36 km<sup>2</sup>,2000—2005 年林地净转出 4.84 km<sup>2</sup>,主要转为耕地和建设用地;2005—2010 年林地净转入 40.20 km<sup>2</sup>,主要源于耕地和草地的持续转入。研究期间,草地面积不断减少,净转出 165.54 km<sup>2</sup>,其中有 136.73 km<sup>2</sup> 的草地转化为水域,占草地转出总面积的 82.60%。水域面积不断增加,净转入 676.08 km<sup>2</sup>,主要来自对耕地和草地的占用。未利用土地持续减少,净转出 46.32 km<sup>2</sup>,主要转出为水域和耕地。2000—2010 年,皖江城市带土地利用转换主要发生在耕地与建设用地、耕地与水域、耕地与林地、草地与水域之间,以建设用地、林地、水域转入和草地、耕地、未利用土地转出为主要特点。

表 22000—2010 年皖江城市带土地利用变化转移矩阵

km<sup>2</sup>

时间	项目	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用土地
2000—2005 年	草地	1848.30	31.42	1.41	0.70	100.61	0.01
	耕地	4.93	40939.03	831.92	76.63	790.34	1.32
	建设用地	0.04	86.40	2502.95	1.78	6.06	0.00
	林地	0.31	44.63	37.91	22403.52	4.55	0.34
	水域	11.74	329.09	11.69	3.56	5691.25	0.45
	未利用土地	0.18	10.76	2.00	0.23	11.39	49.54
	转入总计	17.20	502.30	884.93	82.90	912.95	2.12
	转出总计	134.14	1705.14	94.28	87.74	356.53	24.56
	净转出	116.94	1202.84	—790.65	4.84	—556.32	22.44
2005—2010 年	草地	1805.35	12.10	0.98	10.92	36.12	0.00
	耕地	8.28	39139.08	1527.22	115.36	647.28	3.20
	建设用地	0.05	130.51	3246.80	3.02	7.43	0.08
	林地	0.95	72.65	16.51	22389.78	6.55	0.02
	水域	2.00	561.95	21.42	7.07	6006.64	4.16
	未利用土地	0.24	9.76	1.85	0.51	18.98	20.31
	转入总计	11.52	786.97	1567.98	136.88	716.36	7.46
	转出总计	60.12	2301.34	141.09	96.68	596.60	31.34
	净转出	48.60	1514.37	—1426.89	—40.20	—119.76	23.88

注：负值表示增加，反之表示减少。

2.2 皖江城市带 NPP 时空变化

基于改进的 CASA 模型模拟皖江城市带 2000 年、2005 年和 2010 年 3 个不同时相的植被 NPP，得到研究区各时期的植被 NPP 空间分布图谱(附图 9)。2000—2010 年，研究区植被 NPP 整体上呈增加趋势，年 NPP 均值由 287.33 g C/(m<sup>2</sup>·a)增加至 321.86 g C/(m<sup>2</sup>·a)；年 NPP 总量从 35.99 Tg C 增加到 41.69 Tg C，增加了 5.7 Tg C，占 2000 年的 15.84%，年均增加约 1.44%。研究时段内，皖江城市带植被 NPP 整体上呈现南高北低的空间分布格局，长江以南地区植被 NPP 较大，以北地区较小。2000 年和 2005 年，研究区在植被 NPP 均值最大值

均出现在长江以南的池州市，分别为 374,451.65 g C/(m<sup>2</sup>·a)；最小值均为长江以北的合肥市，分别为 214.58,297.86 g C/(m<sup>2</sup>·a)；2010 年，研究区 NPP 最大值出现在滁州市，为 383.82 g C/(m<sup>2</sup>·a)，最小值为马鞍山市的 207.79 g C/(m<sup>2</sup>·a)。不同时期各土地利用类型的植被 NPP 差异显著(表 3)。从表 3 可以看出，3 个时期内，皖江城市带植被 NPP 均值最大和最小的用地类型均是林地和水域，且各用地类型的植被 NPP 均值都在增加，其中林地 NPP 增加量最大，为 59.10 g C/(m<sup>2</sup>·a)；其次为草地，增加 48.79 g C/(m<sup>2</sup>·a)，未利用土地 NPP 增加量最小，为 14.36 g C/(m<sup>2</sup>·a)。

表 3各土地利用类型年 NPP 均值

g C/(m<sup>2</sup>·a)

土地利用 类型	2000 年		2005 年		2010 年	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
草地	362.13	536.31	449.68	611.53	410.92	664.81
耕地	321.78	544.47	374.39	626.55	354.67	669.84
建设用地	226.55	481.04	231.08	619.53	255.26	614.47
林地	378.74	566.1	459.02	635.3	437.84	698.86
水域	197.93	520.69	225.63	618.63	221.26	670.14
未利用土地	236.82	498.07	277	551.61	251.18	594.05
皖江城市带	287.33	524.45	357.14	610.53	321.86	652.03

为了更直观地展示近 10 年来植被 NPP 的时空演变轨迹，分别用后一时像的植被 NPP 分布图减去前一时像的分布图，并统计各行政区的植被 NPP 平均值(表 4)，由表 4 可知，2000—2005 年，研究区各级

行政区的植被 NPP 都在增加。2005—2010 年,除合肥市、滁州市、金安区和舒城县外,其他各市的植被 NPP 都在减少。2000—2010 年,除芜湖市、池州市、马鞍山市外,皖江城市带内所有市的植被 NPP 均呈增加趋势,其中滁州市增加的最多,为 143.63 g C/(m<sup>2</sup>·a),其次为合肥市,增加最少的是宣城市,为 8.56 g C/(m<sup>2</sup>·a)。从总体上看,研究时段内长江以北地区的植被 NPP 呈逐渐增加的趋势,沿江地区和长江以南地区的植被 NPP 呈逐渐减小的趋势,尤其是南部丘陵山地区的植被 NPP 减少的较快。

表 4 各级行政区 NPP 变化量 g C/(m <sup>2</sup> ·a)			
城市	2000—2005 年	2005—2010 年	2000—2010 年
合肥	83.28	52.83	136.10
安庆	72.18	−50.37	21.81
宣城	76.89	−68.33	8.56
芜湖	107.32	−122.01	−14.70
池州	77.65	−110.38	−32.73
马鞍山	115.59	−168.71	−53.12
滁州	102.57	41.06	143.63
巢湖	118.63	−89.82	28.81
铜陵	85.28	−70.81	14.47
金、舒	86.38	6.06	92.44

注:负值表示各统计指标减小,反之则为增加,下表同。

2.3 土地利用/覆被变化对植被 NPP 的影响

利用各土地利用类型间的转移变化量乘以单位

表 5 皖江城市带土地利用/覆被变化导致的 NPP 变化							t/a
时间段	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
2000—2005	耕地	—	10516.70	630.55	−75991.19	−75455.14	−59.11
	林地	−194.14	—	21.99	−681.34	−5597.79	−34.59
	草地	385.21	67.82	—	−13733.27	−184.78	−0.85
	水域	58071.22	929.48	2955.55	—	387.52	35.58
	建设用地	12773.38	413.80	8.93	−5.58	—	—
	未利用土地	1480.25	51.11	47.31	−127.45	−11.48	—
2005—2010	耕地	—	7319.59	302.47	−99117.99	−181937.72	−394.27
	林地	−7581.03	—	−45.70	−1557.33	−3364.08	−4.16
	草地	−1149.62	−129.29	—	−8250.53	−190.53	—
	水域	72514.03	1500.32	370.58	—	634.67	106.29
	建设用地	16129.73	624.42	8.99	−72.96	—	−1.61
	未利用土地	758.06	82.03	32.14	−1057.95	−40.22	—

3 结 论

(1) 2000—2010 年,皖江城市带的土地利用类型以耕地、林地为主;研究区的土地利用格局变化显著,主要表现为耕地、草地、未利用土地面积不断减少,建设用地、水域面积持续增加,林地面积先减后增。近 11 年来,耕地面积的下降幅度最大,下降了

面积 NPP 变化量,得到土地利用变化引起的植被 NPP 变化量矩阵(表 5)。由表 5 可知,2000—2005 年,耕地转为建设用地及水域导致的植被 NPP 减少量最大,共导致约 151 446.33 t/a 的 NPP 流失;林地转为建设用地及耕地造成的植被 NPP 减少量较大,减少了 5 791.93 t/a。耕地转为林地、草地致使植被 NPP 净增加 1 149.25 t/a。水域转为其他用地类型时,植被 NPP 均增加,其转为耕地及草地时,NPP 增加量较大,增加了 61 026.77 t/a。建设用地转为耕地和林地,使植被 NPP 增加了 13 187.18 t/a;未利用土地转出较少。2005—2010 年,耕地转为建设用地及水域仍是导致植被 NPP 减少的主要原因,且 NPP 损失量持续增强,NPP 损失量约是 2000—2005 年的 1.86 倍,说明随着皖江城市带城市化进程的加剧,NPP 损失量增多。林地、草地转为其他用地类型,植被 NPP 均降低;水域转为其他用地类型,植被 NPP 均增加;耕地转变为林地、草地,植被 NPP 升高;未利用土地转为水域,植被 NPP 损失量较大。2000—2010 年,耕地转建设用地造成的植被 NPP 损失明显大于其他转化方式带来的植被 NPP 损失,是造成皖江城市带植被 NPP 变化的主要原因,2005—2010 年其造成的植被 NPP 损失量约为 2000—2005 年的 2.4 倍。耕地转为水域、林地转为耕地、林地转为建设用地、草地转耕地带来的植被 NPP 损失相对较大。

3.58%;建设用地面积呈显著上升趋势,所占比例增加了 2.92%;其他用地类型相对变化不大。研究时段内,皖江城市带土地利用类型转换主要发生耕地与建设用地、耕地与水域、耕地与林地、草地与水域之间,以建设用地、林地、水域转入和草地、耕地、未利用土地转出为主要特点。

(2) 研究时段内,研究区植被 NPP 整体上呈增

加趋势,年植被 NPP 均值由  $287.33 \text{ g C}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  增加至  $321.86 \text{ g C}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ;年植被 NPP 总量从  $35.99 \text{ Tg C}$  增加到  $41.69 \text{ Tg C}$ 。植被 NPP 整体上呈现南高北低的空间分布格局,长江以南地区植被 NPP 较大,以北地区较小。各用地类型的植被 NPP 均值都在增加,其中林地 NPP 增加量最大,草地次之,未利用土地 NPP 增加量最小。从总体上看,研究期间长江以北地区的植被 NPP 呈逐渐增加的趋势,沿江地区和长江以南地区的植被 NPP 呈逐渐减小的趋势,其中南部丘陵山地区的植被 NPP 减少的较快。

(3) 近 11 年来,耕地转为建设用地造成的植被 NPP 损失最大,是造成皖江城市带植被 NPP 变化的主要原因;且随着研究区城市化进程的加剧,耕地转建设用地造成植被 NPP 损失持续增强,2005—2010 年其造成的损失量约为 2000—2005 年的 2.4 倍。耕地转为水域、林地转为耕地、林地转为建设用地、草地转耕地带来的 NPP 损失相对较大。水域转为其他地类时植被 NPP 均增加,耕地转为林地、耕地转为草地 NPP 增加。

#### 参考文献:

- [1] Turner B L I, Skole D L, Sanderson S, et al. Land-use and land-cover change, science/research plan[J]. Global Change Report, 1995,43(1995):669-679.
- [2] Scott N A, Tate K R, Ford-robertson J, et al. Soil carbon storage in plantation forests and pastures: land-use change implications[J]. Tellus Series B: Chemical & Physical Meteorology, 1999,51(2):326-335.
- [3] 陈广生,田汉勤. 土地利用/覆盖变化对陆地生态系统碳循环的影响[J]. 植物生态学报,2007,31(2):189-204.
- [4] 刘纪远,邵全琴,延晓冬,等. 土地利用变化对全球气候影响的研究进展与方法初探[J]. 地球科学进展,2001,26(10):1015-1022.
- [5] Field C B, Behrenfeld M J, Randerson J T, et al. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components[J]. Science, 1998,281(5374):237-240.
- [6] Kong D J, Zhang Y P, Guo S H, et al. Effects of different irrigation amounts on water consumption and water use efficiency of greenhouse cucumber[J]. Agricultural Science & Technology, 2010,11(9/10):217-220.
- [7] Liu J, Chen J M, Cihlar J, et al. A process-based boreal ecosystem productivity simulator using remote sensing inputs[J]. Remote Sensing of Environment, 1997,62(2):158-175.
- [8] 戴靓,彭慧,吴绍华,等. 苏南地区净第一性生产力对土地利用变化的响应[J]. 土壤,2013,45(3):565-571.
- [9] 高志强,刘纪远,曹明奎,等. 土地利用和气候变化对区域净初级生产力的影响[J]. 地理学报,2004,59(4):581-591.
- [10] 张合兵,郝成元,张小虎. 潞安矿区净初级生产力和土地覆被变化及成因[J]. 水土保持通报,2013,33(1):221-224.
- [11] 王原,黄玫,王祥荣. 气候和土地利用变化对上海市农田生态系统净初级生产力的影响[J]. 环境科学学报,2010,30(3):641-648.
- [12] 王宗明,国志兴,宋开山,等. 2000—2005 年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报,2009,24(1):136-146.
- [13] Imhoff M L, Bounoua L, DeFries R, et al. The consequences of urban land transformation on net primary productivity in the United States[J]. Remote Sensing of Environment, 2004,89(4):434-443.
- [14] Milesi C, Elvidge C D, Nemani R R, et al. Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States[J]. Remote Sensing of Environment, 2003,86(3):401-410.
- [15] 许吉仁,董霁红,杨宏兵. 近 25 年来中国典型温带草原系统土地覆被变化及 NPP 响应:以皇甫川流域为例[J]. 国土资源遥感,2015,27(2):118-125.
- [16] 韩艳飞,柯长青,李晶. 近 30 年关天经济区植被净初级生产力对土地利用变化的动态响应[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(6):68-74.
- [17] 徐昔保,杨桂山,李恒鹏. 太湖流域土地利用变化对净初级生产力的影响[J]. 资源科学,2011,33(10):1940-1947.
- [18] 朱文泉,潘耀忠,张锦水. 中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J]. 植物生态学报,2007,31(3):413-424.
- [19] 周广胜,张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报,1995,19(3):193-200.
- [20] 周光胜,张时新. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报,1996,20(1):11-19.
- [21] 吴见,侯功兰,刘民士,等. 安徽省土地利用十年动态变化遥感监测[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2014,38(2):147-150.