

江西省兴国县森林碳储量动态变化特征

李 佳^{1,2,3}, 邵全琴^{1*}, 刘纪远¹

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;
3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要:根据第 6 次森林清查小班数据,运用 BEF 方法和平均生物量方法对 2003 年江西省兴国县森林植被生物量和碳储量进行估算。采用空间替代时间的办法,构建了兴国县主要森林类型碳密度拟合方程,在此基础上,估算了 1985—2003 年的森林植被碳储量,分析了时空动态变化特征。结果表明:(1) 2003 年森林林分面积 $22.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$,总生物量 5.97 Tg,植被碳储量 4.13 TgC,平均碳密度 $18.25 \text{ Mg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。不同森林类型生物量和植被碳储量大小依次为马尾松林>杉木林>经济林>硬阔林>湿地松>毛竹林>混交林>软阔林,不同龄组生物量和植被碳储量大小依次为中龄林>幼龄林>近熟林>成熟林>过熟林,天然林的生物量和植被碳储量分别是人工林的 4.3 倍和 3.9 倍。(2) 森林植被 1985、1990、2003 年碳储量分别为 1.65、2.97、4.13 TgC,总体增长趋势明显。1985—2003 年森林植被碳储量逐年增加,年均固碳 0.14 TgC。森林植被碳储量在兴国县东部和北部地区高,中西部低。(3) 从植被碳储量时空动态变化可以看出,20 世纪 80 年代中后期开始实施的飞播造林和人工造林工程,使得 2003 年森林植被固碳能力达到较高水平并相对稳定,当林分面积到达稳定后,通过合理的森林经营管理措施将可继续保持较高的固碳能力。

关键词:江西兴国县;小班数据;碳储量;时空特征

中图分类号:S757.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)02-0163-06

Characteristics of Spatio-temporal Dynamic Changes of the Carbon Storage of Forest Vegetation in Xingguo County

LI Jia^{1,2,3}, SHAO Quan-qin^{1*}, LIU Ji-yuan¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumchi, Xinjiang 830011, China;
3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the sixth forest inventory data in Xingguo County, Jiangxi Province, the paper estimated forest vegetation biomass and carbon storage in 2003. The relationships between carbon density and ages of the main forest types were also established by using Logistic equation. We estimate the carbon storage of forest vegetation in Xingguo County from 1985 to 2003, and analysis characteristics of its spatio-temporal dynamic change. The results show that: (1) In 2003, the forest area was $22.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$, the biomass was 5.97 Tg and carbon storage was 4.13 TgC, average carbon density was $18.25 \text{ Mg} \cdot \text{hm}^{-2}$. According to the forest type, the order from high to low of forest biomass and carbon storage were *Pinus massoniana*, *Cunninghamia lanceolata* forest, Economic forest, Hardwood forest, *Pinus elliottii* forest, *Pubescens* forest, Mixed forest, Softwood forest. According to age groups of forests, the order from large

收稿日期:2011-01-19 修回日期:2011-03-03

基金项目:国家自然科学基金项目(40971281);国家 973 计划项目(2009CB421100、2010CB950900);国家科技支撑计划项目(2006BAC08B00)。

作者简介:李佳,男,博士,研究方向:生态模型机械。

*通讯作者:邵全琴,女,研究员,博士生导师,从事 GIS 和生态信息研究。E-mail:Shaoqq@lreis.ac.cn

to small of forest biomass and carbon storage were Middle-aged forest, Young Forest, Near-mature Forest, Mature Forest, Over-mature forest. According to forest original, the natural forest biomass and carbon storage were 4.3 and 3.9 times as artificial forest. (2)The forest carbon storage in 1985, 1990, 2003 were 1.65, 2.97, 4.13 TgC respectively. The growth trend was obviously. The carbon storage was rising year by year from 1985 to 2003. The annual carbon sequestration is about 0.14 TgC from 1985 to 2003. The carbon storage in eastern and northern Xingguo County were higher than that in the middle and western. (3) From characters of the spatio-temporal dynamic change of carbon storage in Xingguo County, we can see that carbon storage capacity reached an higher level and remained stable in 2003. The air sowing and artificial afforestation in the middle and late 1980s is responsible for it. In the future, when the compartment area reach stable, The potentiality of carbon storage of forest can be improved by reasonable forest operating managements.

Key words:Xingguo County in Jiangxi Province; compartment data; carbon storage; spatio-temporal characteristics

森林生态系统具有较高的生产力, 每年固定的碳约占整个陆地生态系统的 2/3, 因此, 森林生态系统在调节全球碳平衡、减缓大气中 CO₂ 等温室气体浓度上升以及改善全球气候等方面具有不可替代的作用^[1]。我国是世界上造林保存面积和年造林面积最多的国家, 准确估算我国人工林每年的碳蓄积量, 不仅对我国应对《京都议定书》第二承诺期谈判和 CDM 碳交易具有重要的现实意义, 而且可以减少全球或区域碳平衡估算中的不确定性, 对研究全球变化碳循环具有重要的理论意义。

在全球变暖、大气 CO₂ 含量不断升高的背景下, 有大量关于森林碳循环和碳储量的研究, 其中既有大区域尺度^[2-6], 也有小区域尺度^[7]。近年来, 不少学者对江西省森林生物量和碳储量进行了研究。王兵^[8]等利用第六次森林清查江西省汇总数据, 结合实测样方数据, 运用材积源生物量法^[9]估算了 2003 年江西省地级市主要森林类型碳储量和碳密度, 但是没有空间分布结果。刘琪琛^[10]等利用江西兴国县 2 期 Landsat TM 图像和土地利用数据, 建立了第 4 波段与实测森林生物量的关系, 对兴国县森林植被初级生产力进行估算。马泽清^[11]等利用 1988、1995、1999 年的 3 期林相图对江西井冈山自然保护区的森林植被生物量和碳储量进行了研究。邵全琴^[12]等利用基于年轮信息的 TGTRing 模型研究了江西省千烟洲人工林植被生物量和碳储量时空动态变化。

1982 年, 全县林地面积约 10.87 万 hm², 森林覆盖率仅 33.8%^[13]。20 世纪 80 年代中后期, 开展的人工造林和飞播造林工程, 使得 2003 年森林覆盖率达 72.2%^[14], 成为江西省森林覆盖率较高地区。利用森林小班数据估算 1985—2003 年兴国县森林植被碳储量, 不仅能够分析该地区植被碳储量时空

特点和变化规律, 还能为大范围、大规模的遥感估算生物量和碳储量提供可靠验证。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

兴国县位于江西省中南部, 地处 26°03′~26°42′N、115°01′~115°51′E, 面积 3 214.46 km², 东西长 84 km, 南北宽 71.5 km, 地貌以低山、丘陵为主, 局部有中山、高山。系亚热带季风湿润气候, 气候温和, 雨量充沛, 光照充足, 四季分明, 无霜期长。年平均气温为 18.8℃, 年平均降雨量为 1 515.6 mm, 年平均无霜期 284 d。

1.2 数据

森林资源小班图(以下简称小班数据)是基于森林二类资源清查数据与森林小班区划图综合而形成的。收集了 204 幅 1:1 万森林小班图, 以及 2003 年的二类调查小班数据库。利用 ArcGIS 软件对 1:1 万小班区划地形图进行了配准、投影转换及矢量化, 并与小班调查数据关联, 建立 GIS 数据库, 并生成 100 m 栅格数据进行统计分析。兴国县二类调查小班数据库的属性共涉及 65 个调查因子, 包括样地号、横坐标、纵坐标、地类、海拔、地貌、坡向、坡度、坡位、土壤名称、土层厚度、优势树种、起源、平均年龄、龄组、平均胸径、平均树高、郁闭度、立木蓄积、调查员等信息; 范围包括 30 个乡镇场、21 个村工区。其中, 人工林包括 259 个固定小班和 28 399 个细班。

1.3 方法

1.3.1 2003 年兴国县森林植被碳储量和碳密度计算方法

1.3.1.1 森林植被生物量计算 基于 2003 年森林小班数据的兴国县植被生物量计算, 分为主要树种(马尾松(*Pinus massoniana*))、杉木(*Cunninghamia*

lanceolata)、湿地松(*Pinus elliottii*)、硬阔、软阔、混交林等)生物量计算和其他树种(毛竹林(*Phyllostachys edulis*)、经济林、灌木林等)生物量计算二

类。主要树种生物量估算参照方精云^[15]的 BEF 方法,而其他树种生物量的计算采用平均生物量方法^[8-9]。

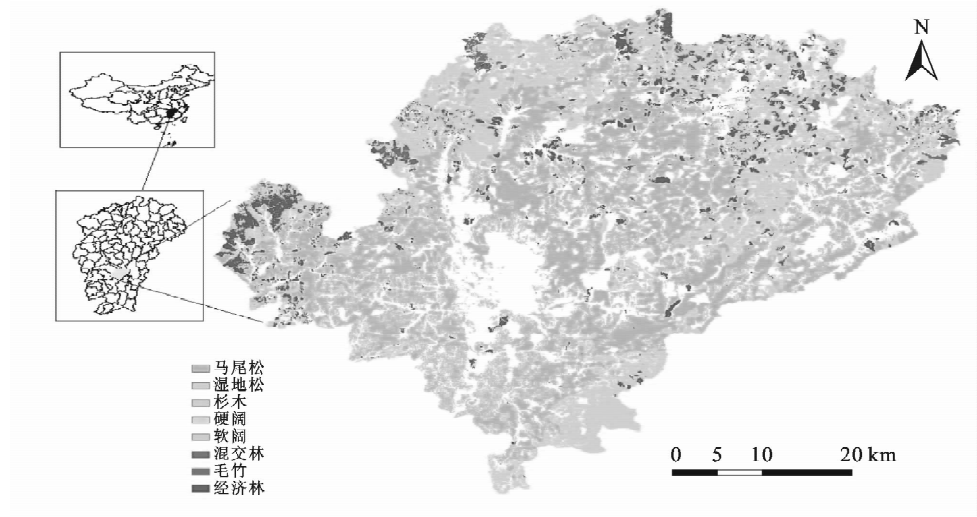


图 1 江西兴国县森林植被类型

Fig. 1 Forest types in Xingguo County of Jiangxi Province

主要树种生物量用以下公式计算:

$$B_3 = B_1 + B_2 \tag{1}$$
$$B_1 = a + Vb \tag{2}$$
$$B_2 = B_1 / (T/R) \tag{3}$$
$$B = B_3 \times S \tag{4}$$

式中: B 是主要树种生物量(t), B_3 是主要树种单位面积生物量($t \cdot hm^{-2}$), S 是面积(hm^2); B_2 是单位面积地下生物量($t \cdot hm^{-2}$), B_1 是单位面积地上生物量($t \cdot hm^{-2}$), T/R 是地上地下生物量比^[14]; a 和 b 是 BEF 因子^[18], V 是单位面积活立木蓄积($m^3 \cdot hm^{-2}$)。

其他树种生物量的计算采用平均生物量法^[8]:

$$B = P \times S \tag{5}$$

式中: B 是生物量(t), P 是平均生物量参数^[9] ($t \cdot hm^{-2}$), S 是面积(hm^2)。

1.3.1.2 森林植被碳储量计算 森林植被碳储量由乔木层碳储量、林下植被碳储量和枯枝落叶层碳储量组成,分别用以下公式计算:

$$C_1 = B \times Q \tag{6}$$
$$C_2 = Dunder \times S \tag{7}$$
$$C_3 = Dlitter \times S \tag{8}$$

式中: C_1 乔木层碳储量(MgC), C_2 林下植被碳储量(MgC), C_3 枯枝落叶碳储量(MgC), B 乔木层树种生物量(t), Q 含碳率, S 为面积(hm^2), $Dunder$ 林下植被碳密度($MgC \cdot hm^{-2}$), $Dlitter$ 枯枝落叶层碳密度($MgC \cdot hm^{-2}$)。

1.3.1.3 森林植被碳密度计算 根据算出的碳储量

和各小班的面积,可以得到每个森林小班的碳密度。从而可以得到不同植被类型的碳密度,并用 ArcGIS 软件制作了碳密度分布图,便于进行空间分析。

1.3.2 1985—2003 年兴国县植被碳储量动态估算方法 为了掌握森林植被碳储量的时空动态变化,根据小班数据估算的 2003 年兴国县森林植被碳密度空间分布图,采用以空间替代时间的方法,利用 Logistic 方程拟合不同森林类型小班的碳密度与林龄的曲线,得到兴国县主要森林植被类型对应小班的碳密度与林龄的回归方程(图 2)。然后,利用回归方程并结合小班数据的轮伐信息,推算了 1985—2003 年的兴国县植被碳储量。

2 结果与分析

2.1 2003 年兴国县森林植被生物量和碳储量特征分析

江西省兴国县森林林分面积 $22.65 \times 10^4 hm^2$, 总生物量 5.97 Tg, 总碳储量 4.13 TgC, 平均碳密度 $18.25 Mg \cdot hm^{-2}$ 。不同森林类型生物量和碳储量大小依次为(表 1): 马尾松林 > 杉木林 > 经济林 > 硬阔林 > 湿地松 > 毛竹林 > 混交林 > 软阔林, 其中马尾松林和杉木林碳储量最大, 分别占了植被总碳储量的 43.9% 和 39.1%, 主要由于这 2 种树种的分布范围广、面积大。不同龄组生物量和碳储量大小依次为: 中龄林 > 幼龄林 > 近熟林 > 成熟林 > 过熟林(表 2), 其中幼龄林和中龄林占整个植被总碳储量分别为 34.8% 和 44.9%。根据林分起源分类

(表 3),天然林的生物量和碳储量分别是人工林的 4.3 倍和 3.9 倍,这反映天然林的封育和天然次生林的抚育更新的碳汇潜力是巨大的。

由于幼龄林的碳密度均低于平均碳密度(表 2),而且兴国县幼龄林的面积最大,所以降低了森林碳密度的平均值。

2.2 1985—2003 年兴国县植被碳储量时空特征分析

兴国县植被碳储量 1985—2003 年呈逐年上升趋势(图 3),年均固碳 0.146 TgC · a⁻¹。其中:1985

—1990 年间快速固碳时期,由 1.65 TgC 增加到 2.97 TgC,年均固碳 0.26 TgC,这是因为该时期兴国县实施飞播造林工程,林分面积由 1985 年的 12.31×10⁴hm² 增加到 1990 年的 21.71×10⁴hm² 所导致;1991—2000 年间固碳速度减缓,年均增长量 0.11 TgC · a⁻¹,这是进入 20 世纪 90 年代后,林分面积增加较为缓慢;2000—2003 年间固碳能力保持稳定,年固碳 0.03 TgC · a⁻¹,这是因为林分面积只增加 0.94×10⁴hm²。

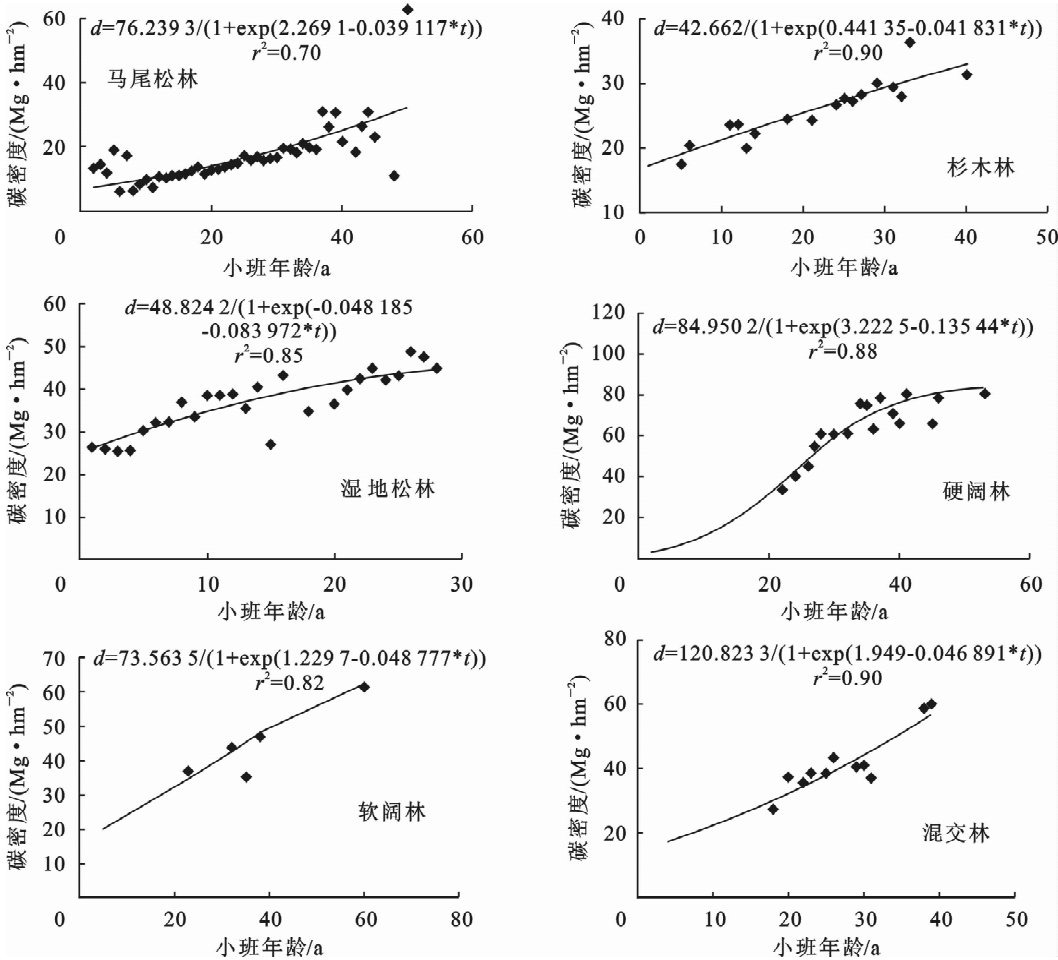


图 2 兴国县主要森林类型碳密度与林龄的关系曲线

Fig.2 Carbon density curve of main forest types in Xingguo

表 1 2003 年兴国县不同森林类型生物量、碳储量和碳密度

Table 1 Biomass,carbon storage and carbon density of different forest types in Xingguo County in 2003

森林类型	面积 /hm ²	生物量 /Tg	碳储量 /TgC	碳密度 /(Mg · hm ⁻²)
马尾松	1 381.05	2.18	1.81	13.28
杉木	39.28	0.26	0.15	36.89
湿地松	668.86	2.74	1.62	24.65
硬阔	46.87	0.39	0.23	59.96
软阔	1.69	0.01	0.01	44.23
混交林	7.03	0.06	0.03	44.94
毛竹	15.04	0.09	0.05	30.52
灌木和经济林	105.26	0.25	0.24	22.60

表 2 2003 年兴国森林不同龄组生物量、碳储量和碳密度

Table 2 Biomass,carbon storage and carbon density of different forest age groups in Xingguo County in 2003

龄组	面积 /hm ²	生物量 /Tg	碳储量 /TgC	碳密度 /(Mg · hm ⁻²)
幼龄林	1 003.12	1.85	1.44	14.34
中龄林	935.22	2.85	1.86	20.27
近熟林	235.58	0.91	0.59	25.05
成熟林	90.97	0.36	0.25	28.80
过熟林	0.20	0.001	0.001	41.28

表 3 2003 年兴国县不同林分起源生物量、碳储量和碳密度

Table 3 Biomass,carbon storage,carbon density in different forest originals of Xingguo County in 2003				
林分起源	面积 /hm ²	生物量 /Tg	碳储量 /TgC	碳密度 /(Mg · hm ⁻²)
天然林	1 726. 05	4. 84	3. 29	19. 31
人工林	539. 04	1. 12	0. 84	15. 61

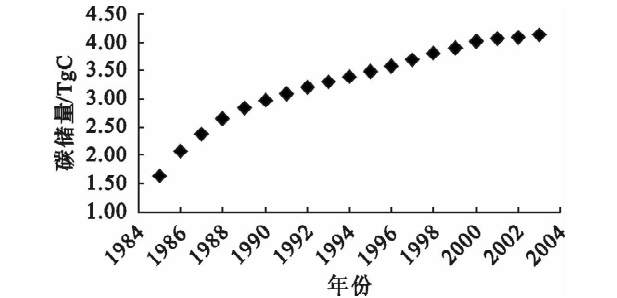


图 3 1985—2003 年兴国县植被碳储量变化
Fig. 3 Forest carbon storages in Xingguo County from 1985 to 2003

从植被碳储量和碳密度的空间分布特征来看,1985 年兴国县植被碳储量东北部最高,中部最低,并且由中部向四周逐渐增加(图 4~图 6)。由于 20 世纪 80 年代中后期实施了大量飞播造林工程,1990 年该县植被碳储量是 1985 年的 1.8 倍(图 5),其中,中西部地区由于林地面积的大量增加而造成了植被碳储量的增加。然而由于增加了大量的幼龄林,导致 1990 年的平均碳密度与 1985 年相当,分别为 13.66 Mg · hm⁻²和 13.40 Mg · hm⁻²。2003 年兴国植被碳密度为 18.25 Mg · hm⁻²,明显高于 1990 年和 1985 年,并且北部区域碳密度高达 40 Mg · hm⁻²以上(图 6)。

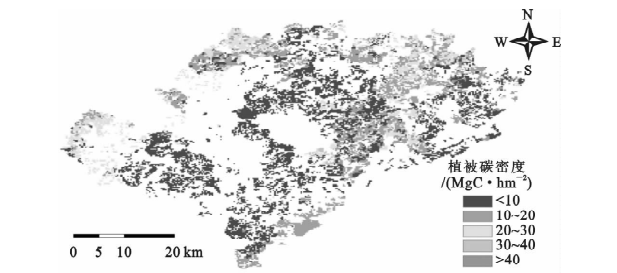


图 4 1985 年兴国县森林植被碳密度
Fig. 4 Forest carbon density of Xingguo County in 1985

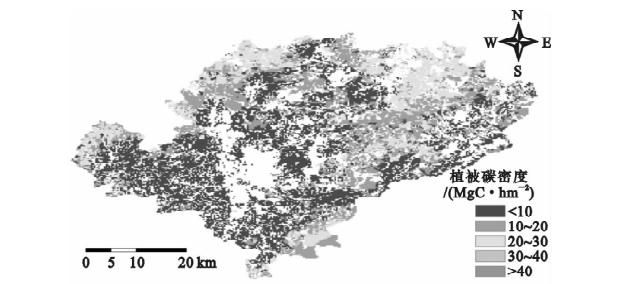


图 5 1990 年兴国县森林植被碳密度
Fig. 5 Forest carbon density of Xingguo County in 1990

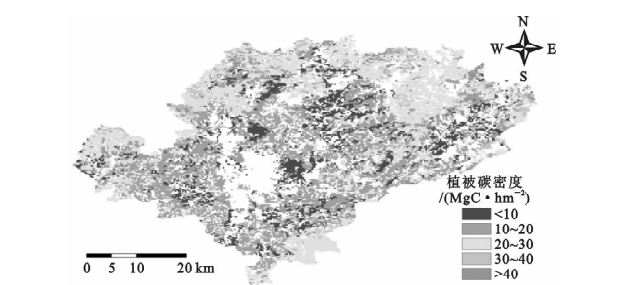


图 6 2003 年兴国县森林植被碳密度
Fig. 6 Forest carbon density of Xingguo County in 2003

可见,飞播造林和人工造林工程使得兴国 1985—2003 年林分面积大幅增加,固碳能力明显增加。

3 讨论

从表 6 可以看出,江西省的森林植被碳密度低于全国,而 2003 年兴国县森林植被碳密度低于江西省,这可能是由于 2003 年兴国县幼龄林面积较大的原因。表 7 反映了兴国县不同森林类型的碳密度与江西省^[7]不同森林植被类型碳密度的差别,由于兴国县主要树种马尾松和杉木以幼龄林为主,碳密度较低,所以兴国县森林植被固碳潜力还有很大的增长空间。

表 6 不同区域的森林植被碳密度结果比较
Table 6 Forest carbon density in different regions

区域	森林植被碳密度/(Mg · hm ⁻²)	文献 [8,15-18]
兴国县	18.25	李佳,等 2012
江西	25.00	王兵,等 2007
中国	36.00~42.00	王效科,等 2001
中国	38.56	徐新良,等 2007
中国	41.00	赵敏,等 2004
中国	44.91	方精云,等 2001

表 7 不同森林类型平均碳密度结果比较
Table 7 Carbon densities of different forest types

森林类型	江西碳密度 /(Mg · hm ⁻²)	兴国县碳密度 /(Mg · hm ⁻²)
马尾松	19.15	13.28
湿地松	34.40	36.89
杉木	29.24	24.65
硬阔	50.57	59.96
软阔	27.47	44.23
混交林	36.9	44.94
毛竹	35.26	30.52
经济林	21.65	22.60

森林资源小班图是建立在大量的实地调查的基础上的区域性数据。相对于站点碳通量观测数据和样地尺度的实地调查数据估算森林碳储量,利用小班图数据估算森林碳储量具有空间范围的优势,而相对于以遥感数据为基础的碳储量估算或模型模拟,它则具有计算结果相对精确的特点。此外,森林

小班 GIS 数据库是数字化的空间数据,能够反映空间分布特征。本研究根据一期森林小班数据,利用年龄与碳密度具有回归关系的特点,拟合不同森林类型碳密度与年龄的关系曲线,分析了兴国县森林碳储量的时间动态变化特征。同样由于小班数据的存在,制作了兴国植被碳密度分布图,也为碳储量和密度提供了一定程度的空间描述。此外,利用小班空间数据估算了兴国县的森林植被碳储量,消减了其森林植被碳储量估算不确定性。但由于本文没有考虑土壤碳库,因此没有估算出森林生态系统的碳储量,需进一步开展研究。

4 结论

2003 年江西省兴国县森林林分面积 $22.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$,总生物量 5.97 Tg ,总碳储量 4.13 TgC ,平均碳密度 $18.25 \text{ Mg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。天然林的生物量和碳储量分别是人工林的 4.3 倍和 3.9 倍。兴国县森林植被 1985、1990、2003 年碳储量分别为 1.65、2.97、4.13 TgC ,总体增长趋势明显。1985—2003 年,年均固碳 0.146 TgC 。兴国县森林植被碳密度碳储量东部和北部地区高。

兴国县主要森林类型的碳密度与林龄的关系方程分别是:软阔 $D = 73.5635 / (1 + \exp(1.2297 - 0.048777 * t))$, $r^2 = 0.82$;混交林 $D = 120.8233 / (1 + \exp(1.949 - 0.046891 * t))$, $r^2 = 0.90$;硬阔 $D = 84.9502 / (1 + \exp(3.2225 - 0.13544 * t))$, $r^2 = 0.88$;湿地松 $D = 48.8242 / (1 + \exp(-0.048185 - 0.083972 * t))$, $r^2 = 0.85$;杉木 $D = 42.662 / (1 + \exp(0.44135 - 0.041831 * t))$, $r^2 = 0.90$;马尾松 $D = 76.2393 / (1 + \exp(2.2691 - 0.039117 * t))$, $r^2 = 0.70$ 。

从兴国植被时空动态变化特点,可以看出,20 世纪 80 年代中后期开始实施的飞播造林和人工造林工程,使得 2003 年左右森林植被固碳能力达到较高水平并相对稳定,当林分面积到达稳定后,通过合理的森林经营管理措施将可继续保持较高的固碳能力。

致谢:江西省山江湖开发治理委员会办公室樊哲文研究员和方豫研究员帮助收集了兴国县森林小班图,森林小班图的数字化由中国科学院地理科学与资源研究所白露,以及首都师范大学王海洋、乌文治、奚茜、陈平、侯捷、李晓盟、陈浩等同学完成,在文章的写作过程中,中国科学院地理科学与资源研究所王军邦助理研究员提出了宝贵建议,在此一并表示衷心的感谢!

[1] HOUGHTON R A. Balancing the global carbon budget[J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2007, 35: 313-347.

[2] 史军、刘纪远、高志强,等. 造林对陆地碳汇的研究进展[J]. 地理科学进展,2004,23(2):58-67.
SHI J, LIU J Y,GAO Z Q,*et al.* Research advances of the influence of afforestation on terrestrial carbon sink[J]. Progress in Geography,2004,23(2):58-67. (in Chinese)

[3] MURILLO. Temporal variations in the carbon budget of forest ecosystems in Spain[J]. Ecol. , 1997,7(3):461-469.

[4] CHAVE J, CONDIT R, LAO S,*et al.* Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. [J]. Ecol. ,2003,91(2):240-252.

[5] BROWN S L, SCHRODE P, KERN J S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA[J]. For. Ecol. Manage,1999,123(1):81-90.

[6] HOLLINGER D Y, MACLAREN J P, BEETS P N,*et al.* Carbon sequestration by New Zealand's plantation forests[J]. N. Z. J. For. Sci. , 1993,23(2):194-208.

[7] LIU J X, PENG C H, APPS M J,*et al.* Historic carbon budget of Ontario's forest ecosystems [J]. For. Ecol. Manage, 2002b,169:103-114.

[8] 王兵、魏文俊. 江西省森林碳储量与碳密度研究[J]. 江西科学, 2007,25(6):681-687.
WANG B, WEI W J. Carbon storage and density of forests in Jiangxi Province[J]. Jiangxi Science, 2007,25(6):681-687. (in Chinese)

[9] 方精云、刘国华、徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产力 [J]. 生态学报, 1996,16(5):498-508.
FANG J Y, LIU G H, XU S L. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. Acta Ecologica Sinica,1996, 16 (5):498-508. (in Chinese)

[10] LIU Q J,WANG H Q. Monitoring of ecological restoration by satellite remote sensing[J]. Jiangxi Science,2003,21(3):147-150.

[11] 马泽清,刘琪琛,王秀茹,等. 井冈山自然保护区森林资源变化分析[J]. 江西林业科技,2007(1):1-7.
MA Z Q,LIU Q J,WANG X R,*et al.* Forest resource change dynamic analysis assisted by using GIS in Jinggang Mountain Natural Reserve[J]. Jiangxi Forestry Science and Technology. 2007(1):1-7. (in Chinese)

[12] 邵全琴,杨海军,刘纪远,等. 基于树木年轮信息的江西千烟洲人工林碳蓄积分析[J]. 地理学报,2009,64(1):69-83.
SHAO Q Q, YANG H J, LIU J Y, *et al.* Dynamic analysis on carbon accumulation of a plantation in Qianyanzhou based on tree ring data[J]. Acta Geographica Sinica, 2009,64(1): 69-83. (in Chinese)

[13] 李北方. 山地开发对大陆生态环境影响问题探讨[J]. 学会, 2001(7):20-22.

[14] 程先富,史学正,于东升,等. 兴国县森林土壤有机碳库及其与环境因子的关系[J]. 地理研究,2004,23(2):211-217.
CHENG X F, SHI X Z, YU D S,*et al.* Organic carbon pool of forest soil and its relationship to environment factors in Xingguo County of Jiangxi Province[J]. 2004,23(2):211-217. (in Chinese)