

# Evaluation of Main Forest Types Carbon Sequestration and Oxygen Release Services in Suichang County

Luyun Hu<sup>1</sup>, Guosheng Wen<sup>2,3\*</sup>, Yafeng Zhou<sup>4</sup>, Lita Yi<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Bureau of Forestry of Huaxi County in Guizhou Province, Guiyang Guizhou

<sup>2</sup>Nurturing Station for State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an Zhejiang

<sup>3</sup>School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an Zhejiang

<sup>4</sup>Bureau of Forestry of Suichang County in Zhejiang Province, Suichang County Zhejiang

Email: 65202795@qq.com, \*wgs@zafu.edu.cn

Received: Jul. 27<sup>th</sup>, 2019; accepted: Aug. 13<sup>th</sup>, 2019; published: Aug. 20<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

According to the evaluation criteria of forest ecosystem service function in China, the carbon sequestration and oxygen release functions of six main forest types (pine forest, Chinese fir forest, broad-leaved forest, mixed coniferous and broad-leaved forest, *Phyllostachys edulis* and shrub forest) in Suichang County were studied. Based on the data from 80 permanent sample plots, we estimated the biomass, then calculated forest net productivity and the value of carbon sequestration and oxygen release. The results showed that: 1) The annual total value of carbon sequestration and oxygen release of the main forest types was 3236.13 million yuan. In unit area scale, the annual value of carbon sequestration and oxygen release was 16,383.95 yuan per hectare. 2) The broadleaf forest had the highest annual value of carbon sequestration and oxygen release while the pine had the lowest, which were respectively 905.16 million yuan and 16.73 million yuan. In unit area scale, the scrub growth forest had the highest annual value of carbon sequestration and oxygen release while the pine had the lowest, which were 19,526.14 yuan per hectare and 10,202.54 yuan per hectare, respectively. 3) The annual value of carbon sequestration and oxygen release service increased by 2220.32 yuan per hectare than five years ago. Since carbon sequestration and oxygen release service are important for forest ecosystem services, the search holds that the broadleaf and scrub growth forests have significant influence in studying the general assessment of forest ecosystem services in Suichang County. Consequently, the research suggests the projects of increasing the broadleaf forest proportion and speeding up transforming from the coniferous forest into the broadleaf forest should be conducted to produce more forest ecological benefits.

## Keywords

Forest Types, Forest Biomass, Carbon Fixation, Oxygen Release, Value Assessment

---

\*通讯作者。

# 遂昌县主要森林类型固碳释氧功能及其价值评估

胡露云<sup>1</sup>, 温国胜<sup>2,3\*</sup>, 周亚峰<sup>4</sup>, 伊力塔<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>贵州省贵阳市花溪区林业绿化局, 贵州 贵阳

<sup>2</sup>浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安

<sup>3</sup>浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江 临安

<sup>4</sup>浙江省遂昌县林业局, 浙江 遂昌

Email: 65202795@qq.com, wgs@zafu.edu.cn

收稿日期: 2019年7月27日; 录用日期: 2019年8月13日; 发布日期: 2019年8月20日

## 摘要

按照中国森林生态系统服务功能评估规范, 对遂昌县6种主要森林类型(松林、杉木林、阔叶林、针阔混交林、毛竹林*Phyllostachys edulis*和灌木林)的固碳释氧功能进行研究。其中, 根据遂昌县80个固定小班监测数据推算出各森林类型生物量, 从而计算得到林分净生产力, 并估算其价值。结果表明: 1) 遂昌县主要森林生态系统年固碳释氧经济价值为323,612.68万元·a<sup>-1</sup>, 单位面积年固碳释氧价值为16,383.95元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。2) 从森林类型来看, 年固碳释氧价值量最大为阔叶林(90,515.73万元·a<sup>-1</sup>), 最小的为松林(16,732.23万元·a<sup>-1</sup>), 年单位面积固碳释氧价值最大为灌木林(19,526.14元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>), 最小的为松林(10,202.54元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)。3) 五年间, 遂昌县主要森林类型单位面积固碳释氧价值增加2220.32元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> (约16%)。由于固碳释氧功能在森林生态系统服务功能中的重要性, 且本研究得到阔叶林与灌木林在遂昌县森林生态系统固碳释氧功能中有重要影响。因此, 在遂昌县的生态林业建设决策中, 建议增加阔叶林的比例, 加快“针改阔工程”步伐, 以产生更大的森林生态效益。

## 关键词

森林类型, 生物量, 固碳, 释氧, 价值评估

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

森林生态系统是陆地生态系统的主体, 也是陆地生态系统中最大的碳储库, 发挥着固持二氧化碳、释放氧气的重要生态服务功能, 其有机碳储量占整个陆地植被碳储量的76%~98%, 年碳固定量约占整个陆地生物碳固定量的2/3 [1] [2] [3] [4]。森林碳汇与工业直接减排相比, 虽是间接减排, 但它投资少, 代价低, 综合效益大, 经济可行性和现实操作性强[5]。因此, 森林固碳释氧在改善局部地区空气质量, 调节大气碳氧平衡显得尤为重要。植物固碳释氧的研究始于20世纪60~70年代, 近十几年才被人们所重视, 而我国对植物固碳释氧的研究起步较晚, 进入20世纪90年代后, 植物固碳放氧的研究才有了发展, 逐

渐取得一定的研究成果[6]。近年来,学者对森林类型固碳释氧服务功能的研究主要着眼于省级以上尺度[2][5][7],县级尺度鲜见报道[8][9]。此外,遂昌县地处钱塘江、瓯江之源头,森林覆盖率达86.2%,是浙江省的林业大县,也是国家级生态示范区,而浙江省森林生态固碳释氧服务价值占全国森林生态固碳释氧服务价值量的2.46%,且浙江省森林生态服务功能总价值分布中固碳释氧功能占12.63%[10]。因此,本研究通过对遂昌县典型森林类型抽样调查,与现有森林调查资料分析相结合,利用实测森林生物量与《中国森林生态服务功能评估》的技术方法,估算各森林类型固碳量与释氧量,进而得到遂昌县主要森林类型的固碳释氧效益,可为相关地区林业生态经济建设的科学决策和自然资源的合理利用提供理论依据,也具有重要统计意义。

## 2. 研究区概况

### 2.1. 研究区基本情况

遂昌县位于浙江省西南部,地处钱塘江、瓯江之源头。东倚武义、松阳县,西接江山市,西北与衢州市区接壤,北和龙游、金华市区毗连,南邻龙泉市和福建浦城县。介于东经118°41'~119°30'北纬28°13'~18°49'之间。海拔在153~1724.2 m之间,全县山地面积大于丘陵、低山、平原面积的总和,素有“九山半水半分田”之称,是个典型的山地县。气候属中亚热带季风类型,冬冷夏热,四季分明,雨量充沛,空气湿润,山地垂直气候差异明显。多年平均气温为16.8℃,多年平均降水量1510 mm,相对湿度80%左右,土壤以红壤与黄壤为主。全县土地总面积25.44万hm<sup>2</sup>,森林面积21.94万hm<sup>2</sup>,覆盖率86.2%。

### 2.2. 群落特征

如表1,在遂昌县主要森林类型有松林(占7.79%);杉木林(占26.31%)、阔叶林(占31.41%)、针阔混交林(占20.80%)、竹林(占8.49%)和灌木林(占5.21%),阔叶林所占比例最大。松林优势种为马尾松(*Pinus massoniana*)、黄杉(*Pseudotsuga sinensis*),混生有雪松(*Cedrus deodara*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等树种;杉木林以杉木为主,混生有杨树(*Populus sp.*)、榆树(*Ulmus pumila*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)等树种;阔叶林中优势树种为青冈(*Cyclobalanopsis glauca*),混生有苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、石楠(*Photinia serrulata*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)等树种;针阔混交林主要以马尾松、江南油杉(*Keteleeria cyclolepis*)为优势种,混生有榉树(*Zelkova serrata*)、蓝果树(*Nyssa sinensis*)、杨树、木荷(*Schima superba*)、檫木(*Sassafras tzumu*)等树种;竹林以毛竹(*Phyllostachys pubescens*)为主,同时有极少量马尾松、杉木等树种混生;灌木林主要是山茶(*Camellia japonica*)、黄杨(*Buxus sinica*)、杜鹃(*Rhododendron sp.*)、海桐(*Pittosporum tobira*)等。

Table 1. Main forest types of Suichang County

表1. 遂昌县主要森林类型统计

森林类型	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
松林	16,400.07	7.79
杉木林	55,421.87	26.31
阔叶林	66,148.07	31.41
针阔混交林	43,793.67	20.79
毛竹林	17,880.67	8.49
灌木林	10,970.87	5.21
合计	210,615.20	100.00

### 3. 研究方法

#### 3.1. 样地设置与调查

对遂昌县主要的 6 种不同森林类型(松林、杉木林、阔叶林、针阔混交林、毛竹林、灌木林)研究其固碳释氧功能大小, 从而反映出不同森林类型固碳释氧的经济效益。本研究部分基础数据来源于遂昌县林业局调查与监测数据及相关资料数据[10] [11] [12], 在此基础上利用对遂昌县二类资源清查数据公益林小班(2667 个)为抽样总体, 按抽取比例 3%抽取 80 个监测小班进行调查。在对所抽取的固定监测小班全面调查的基础上, 同时选取典型地段设置面积为 20 m × 20 m 固定样地(每种类型 12~14 个样地), 对样地内乔木层树木采用随机抽样调查测定生物量, 分为地下及地上两部分, 地下部分是指树根系的生物量(WR); 地上部分主要包括树干生物量(WS)、树冠生物量[包括枝(WB)、叶(WL)], 测定胸径、树高等指标; 在每块样地对角线上均匀设置 3 个 2 m × 2 m 的灌木固定小样方。

#### 3.2. 生物量与净生产力测定

将样品一分为二, 分别称重作记, 然后将第一块样品进行烘干, 将第二块样品进行浸泡, 这样做能保证样品绝干重量和浸泡体积不产生系统偏差。用绝干材质量/生材(或饱和水)体积比作为基本密度, 再以基本密度乘以木材体积得到树干生物量。在树木上选择具有平均枝基径与平均枝长的枝条, 测其枝、叶重用于推算整株树枝、叶的重量。测定一株或几株树木的根, 取样带回烘干, 计算含水率, 推算单位面积的生物量以推算单位面积的重量。树种的净生产力与林分生物量、林分状况以及林龄有关[13]。本文利用生物量来推算林分生产力。林分净生产力(NPP)估算采用回归模型  $NPP = B/(cA + dB)$ , B 为生物量, A 为林龄, c、d 为参数[14] [15]。

#### 3.3. 固碳释氧价值估算

本研究以《中国森林生态服务功能评估》[10]中最新国家标准方法与相关数据为依据对遂昌县主要森林类型森林生态系统固碳释氧生态服务功能进行价值量的估算。本研究只考虑森林植被固碳, 土壤固碳方面不予考虑。

##### 3.3.1. 固碳价值

森林植被年固碳价值:  $U_{\text{碳}} = 1.63AC_{\text{碳}}R_{\text{碳}}B_{\text{年}}$

上式中:  $U_{\text{碳}}$ 为林分年固碳价值( $\text{元}\cdot\text{a}^{-1}$ );  $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ );  $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格( $\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$ );  $R_{\text{碳}}$ 为  $\text{CO}_2$  中碳的含量, 为 27.27%; A 为林分面积( $\text{hm}^2$ ); 根据权威部门公布的社会公共数据[10],  $C_{\text{碳}}$ 为 1200  $\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$ 。

##### 3.3.2. 释氧价值

年释氧价值:  $U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}}AB_{\text{年}}$

上式中:  $U_{\text{氧}}$ 为林分年释氧价值( $\text{元}\cdot\text{a}^{-1}$ );  $C_{\text{氧}}$ 为氧气价格( $\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$ ); 其余同上式; 根据权威部门公布的社会公共数据[10],  $C_{\text{氧}}$ 为 1000  $\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$ 。

### 4. 结果与分析

#### 4.1. 遂昌县主要森林类型林龄、生物量与净生产力

一个树种的净生产力与林分生物量、林分状况以及林龄有关[13]。且森林生物量是森林生态系统最基本的数量特征和森林固碳能力的重要标志, 也是评估森林碳收支的重要参数[16] [17]。因此, 通过收集森

林龄结构资料、估算生物量是估算其固碳释氧价值的前提。

遂昌县森林各龄级所占森林面积比例(表 2)可看出, 该地中幼龄面积占据 60%以上, 表明其林龄结构趋向年轻型, 有较为持续时间长且较高的生产力, 其固碳释氧价值也会随之增加。

**Table 2.** The average age of main forest types in each age level

**表 2.** 主要森林类型各龄级平均年龄

森林类型	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林
松林	10	25	35	50	65
杉木林	5	12.5	20	25	30
阔叶林	2.5	7.5	15	20	25
针阔混交林	5	10	15	22.5	27.5
毛竹林	1	2	3	4	-
灌木林	2	4	6	8	-
* /%	38.41	30.54	15.27	13.44	2.34

注: 毛竹林龄按竹度计; 1 度为 1 年生, 2 度为 2~3 年生, 3 度为 4~5 年生, 以此类推; \*项为各龄级面积比例。

由表 3 可知: 遂昌县 6 种主要森林类型中, 生物量最大的是松林(40.75 t·hm<sup>-2</sup>), 占总生物量的 26.72%, 其他从大到小依次为针阔混交林、杉木林、阔叶林、毛竹林、灌木林。在垂直结构层面上, 乔木层生物量最大(31.03\* t·hm<sup>-2</sup>)。乔木层中, 生物量最大为松林(40.32 t·hm<sup>-2</sup>), 且松林树干、冠、根的生物量均高于其他森林类型; 灌木层中, 生物量最大的为针阔混交林(0.69 t·hm<sup>-2</sup>); 草本层中, 生物量最大的为灌木林和松林(0.04 t·hm<sup>-2</sup>)。在树干、冠、根层面上, 生物量最大的为树干(15.90\* t·hm<sup>-2</sup>), 依次为树根、树冠。不同森林类型乔木层、灌木层和草本层相应的生物量占该森林类型总生物量的比例各异, 乔木层所占比例最大的森林类型为毛竹林(99.46%), 灌木层所占比例最大的森林类型为灌木林(31.58%), 草本层所占比例最大的森林类型同为灌木林(2.11%)。此外, 结合表 2 更能说明, 遂昌县森林生物量现处于较低水平, 其日后发展潜力较大。

**Table 3.** Main types of forest biomass distribution

**表 3.** 主要森林类型生物量分配

森林类型	乔木层			小计/(t·hm <sup>-2</sup> )	灌木层/(t·hm <sup>-2</sup> )	草本层/(t·hm <sup>-2</sup> )	总计/(t·hm <sup>-2</sup> )
	干	冠	根				
松林	22.06 (54.13)	6.59 (16.17)	11.67 (28.64)	40.32 (98.94)	0.39 (0.96)	0.04 (0.10)	40.75 (100)
杉木林	14.12 (48.31)	5.09 (17.41)	9.40 (32.16)	28.61 (97.88)	0.60 (2.05)	0.02 (0.07)	29.23 (100)
阔叶林	12.55 (44.25)	5.41 (19.08)	9.8 (34.56)	27.76 (97.88)	0.58 (2.05)	0.02 (0.07)	28.36 (100)
针阔混交林	14.96 (46.88)	5.92 (18.55)	10.32 (32.34)	31.20 (97.77)	0.69 (2.16)	0.02 (0.06)	31.91 (100)
毛竹林	11.99 (58.92)	3.35 (16.46)	4.90 (24.08)	20.24 (99.46)	0.09 (0.44)	0.02 (0.10)	20.35 (100)
灌木林	0.48 (25.26)	0.32 (16.84)	0.46 (24.21)	1.26 (66.32)	0.60 (31.58)	0.04 (2.11)	1.90 (100)
合计	15.90*	5.43*	9.70*	31.03*	0.57*	0.03*	31.63*

注: 括号内的数据为占该森林类型总量的百分数, \*为生物量加权平均值。

建立回归方程可知林分净生产力(表 4), 最大的为灌木林(11.33 t·hm<sup>-2</sup>), 依次为针阔混交林(10.71 t·hm<sup>-2</sup>)、毛竹林(10.25 t·hm<sup>-2</sup>)、阔叶林(7.94 t·hm<sup>-2</sup>)、杉木林(8.64 t·hm<sup>-2</sup>)和松林(5.92 t·hm<sup>-2</sup>)。

**Table 4.** Net productivity of main forest types/(t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)

**表 4.** 各森林类型净生产力/(t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)

松林	杉木林	阔叶林	针阔混交林	毛竹林	灌木林
5.92	8.64	7.94	10.71	10.25	11.33

#### 4.2. 遂昌县主要森林类型固碳释氧价值

由遂昌县主要森林类型固定监测小班监测数据估算其固碳释氧总价值为 323,612.68 万元·a<sup>-1</sup>, 其中固碳价值 100,159.72 万元·a<sup>-1</sup>, 释氧价值 223,452.95 万元·a<sup>-1</sup>。不同森林类型由于各自净生产力各异, 相应固碳价值与释氧价值不同, 年固碳释氧价值最大的是阔叶林, 其年固碳价值 28,015.07 万元·a<sup>-1</sup>, 年释氧价值 62,500.66 万元·a<sup>-1</sup>, 依次为杉木林 > 针阔混交林 > 毛竹林 > 灌木林 > 松林。由此表明, 遂昌县固碳释氧价值贡献最大的森林类型为阔叶林, 松林最小。而由于不同森林类型面积差异较大, 要确定各森林类型固碳释氧能力大小, 则需用单位面积价值量表示, 遂昌县单位面积固碳释氧价值最大的为灌木林(19,526.14 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>), 其次为针阔混交林(18,457.63 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)、毛竹林(17,664.86 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)、杉木林(14,890.19 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)、阔叶林(13,683.81 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)、松林(10,202.54 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>), 这与不同森林类型各自净生产力的顺序是一致的, 也进一步说明森林净生产力直接影响其固碳释氧价值。此外, 还估算出遂昌县年单位面积固碳释氧价值的均值为 16,383.95 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>, 为该地估算固碳释氧能力提供参考依据(表 5)。

**Table 5.** The value of carbon fixation and oxygen release in main forest types

**表 5.** 遂昌县主要森林类型固碳释氧价值

森林类型	面积/hm <sup>2</sup>	固碳价值 (万元·a <sup>-1</sup> )	释氧价值 (万元·a <sup>-1</sup> )	单位面积价值 (元·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	固碳释氧价值 (万元·a <sup>-1</sup> )
松林	16400.07	5178.71	11553.52	10202.54	16732.23
杉木林	55421.87	25541.65	56982.55	14890.19	82524.19
阔叶林	66148.07	28015.07	62500.66	13683.81	90515.73
针阔混交林	43793.67	25018.13	55814.59	18457.63	80832.72
毛竹林	17880.67	9776.01	21809.94	17664.86	31585.95
灌木林	10970.87	6630.17	14791.69	19526.14	21421.86
合计	210615.20	100159.72	223452.95	16383.95*	323612.68

注: \*为加权平均值。

#### 4.3. 遂昌县主要森林类型单位面积固碳释氧价值五年前后对比

为了不受面积变化的影响, 将五年前资料数据处理得到单位面积固碳释氧价值, 与研究数据作比(图 1, 图 2)。可知, 遂昌县主要森林类型单位面积固碳价值和释氧价值变化趋势与其净生产力大小相一致, 五年间不同森林类型单位面积固碳价值和释氧价值均有不同幅度的增加, 这也进一步证实遂昌县森林中由于中幼龄龄级所占比例较大, 在生长过程中, 其固碳释氧的能力均处于上升阶段, 未来仍有上升潜力。此外, 遂昌县主要森林类型单位面积固碳价值与单位面积释氧价值变化较为平稳, 同相应森林类型单位固碳释氧总价值变化趋势相一致, 这与当地森林经营与管理方式有较大关系。

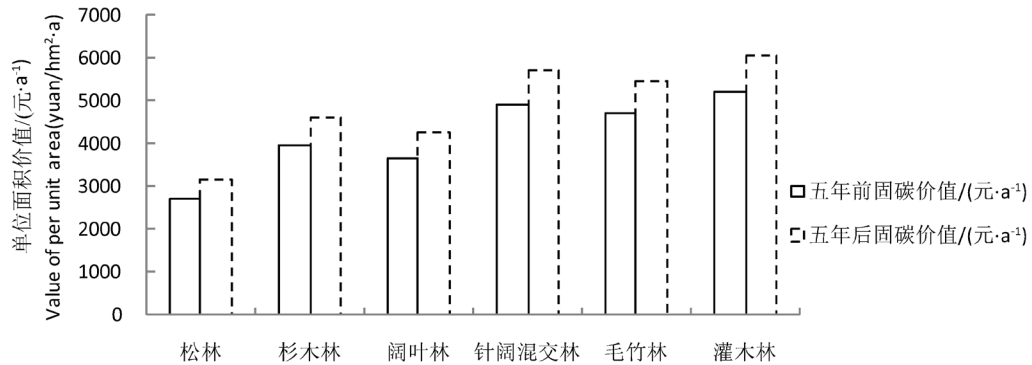


Figure 1. Comparison of carbon fixation unit acreage between five years

图 1. 单位固碳价值前后五年比较

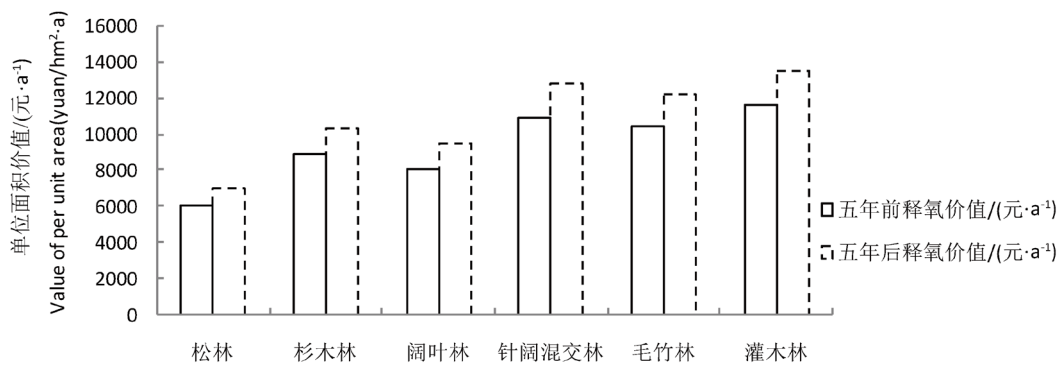


Figure 2. Comparison of oxygen release unit acreage between five years

图 2. 单位释氧价值前后五年比较

### 5. 结论与讨论

1) 研究表明, 浙江省遂昌县 2010 年森林生态系统年固碳释氧价值为 323,612.68 万元·a<sup>-1</sup> (年固碳价值 100,159.72 万元·a<sup>-1</sup>, 年释氧价值 223,452.95 万元·a<sup>-1</sup>), 年释氧价值是固碳价值的 2.23 倍, 单位面积固碳释氧价值 1.64 万元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>, 高于该方面全国水平与浙江省水平, 而遂昌县林分净生产力 NPP 高于浙江省水平低于全国水平(表 6), 这些是由于不同区域气候条件尤其是水热条件差异, 以及不同森林类型的树种组成、林木密度、林龄等方面的原因, 导致森林类型在生物量、净生产力上表现出一定程度的差别, 从而导致单位面积固碳释氧价值量的差异。同时说明遂昌县森林生态系统在维持该地区乃至全国生态平衡, 促进经济发展的作用都是显著的, 也进一步证实森林不仅为社会提供有形的物质产品, 也向社会提供良好的生态服务。

Table 6. Comparison of the value of forest ecosystem services in different regions

表 6. 不同区域森林生态服务价值对比

评估区域	评估面积/(万 hm <sup>2</sup> )	森林覆盖率/(%)	净生产力 NPP/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	固碳释氧价值/(亿元·a <sup>-1</sup> )	单位面积固碳释氧价值/(万元·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
全国	30378.19	20.36	9.53	15593.55	0.51
浙江省	616.06	60.52	4.54	383.52	0.62
遂昌县	21.06	86.20	9.13	32.36	1.64

注: 全国与浙江省数据来源于文献参考[10] [13]。

2) 遂昌县五年间森林植被净生产力的变化范围为  $164.28 \sim 187.78 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ , 净生产力的变化趋势与遂昌县森林面积的变化有很好的相关性( $R^2 = 0.645$ ), 这与当地森林经营与管理方式有较大关系。五年间, 遂昌县主要森林类型单位面积固碳释氧价值增加  $0.22 \text{ 万元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 涨幅约 16%, 由于该地森林群落林龄大多处于中幼龄, 今后其固碳释氧价值仍有较大增加潜力。

3) 研究表明, 阔叶林与灌木林在遂昌县森林生态系统固碳释氧功能中有重要影响, 为今后该地生态林业建设决策与评价该地区及相关地区森林生态系统固碳释氧服务功能以及森林资源的经营管理提供参考依据。由于森林生态系统的复杂性以及估算其生物量与净生产力的方法存在不足等原因, 对森林生态系统固碳释氧价值量的估算会有一定程度的差异, 今后应更加注重完善这部分的研究。

## 基金项目

国家自然科学基金(31270497, 30240033)。

## 参考文献

- [1] Gu, W.B. (1998) Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken in Tokoyoto-protocol. Wissenschaftlicher Beirat Bundestregierung Globale Umweltveränderungen.
- [2] 马长欣, 刘建军, 康博文, 等. 1999-2003 年陕西省森林生态系统固碳释氧服务功能价值评估[J]. 生态学报, 2010, 30(6): 1412-1422.
- [3] Kramer, P.J. (1981) Carbon Dioxide Concentration, Photosynthesis, and Dry Matter Production. *Bioscience*, **31**, 29-33. <https://doi.org/10.2307/1308175>
- [4] Waring, R.H. and Schlesinger, W.H. (1985) Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press Inc., Orlando, 313-335.
- [5] 李良厚, 范定臣, 王晶, 等. 河南省森林固碳释氧效益年迹变化研究[J]. 应用研究, 2012, 26(1): 59-62.
- [6] 张一弓, 张荟荟, 付爱良, 等. 植物固碳释氧研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(18): 9688-9689.
- [7] 涂洁, 刘琪璟. 亚热带红壤丘陵区湿地松人工林固碳释氧效益研究[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 30-35.
- [8] 钱逸凡, 伊力塔, 钭培民, 等. 浙江缙云公益林生物量及固碳释氧效益[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 257-264.
- [9] 陈清, 洪国斌, 傅松玲, 等. 绩溪县森林生态系统服务功能价值评估[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(4): 514-518.
- [10] 《中国森林生态服务功能评估》项目组. 中国森林生态服务功能评估[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [11] 浙江省林业厅. 浙江省重点公益林建设与效益年报[R]. 杭州: 浙江省林业厅, 2007.
- [12] 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, 43(9): 967-973.
- [13] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.
- [14] 王斌, 刘某承, 张彪. 基于森林资源清查资料的森林植被净生产量及其动态变化研究[J]. 林业资源管理, 2009, 2(1): 35-43.
- [15] 王玉辉, 周广胜, 蒋延玲, 等. 基于森林资源清查资料的落叶松林生物量和净生产量估算模式[J]. 植物生态学报, 2011, 25(4): 420-425.
- [16] 林生明, 徐土根, 周国模. 杉木人工林生物量的研究[J]. 浙江林学院学报, 1991, 8(3): 288-294.
- [17] Brown, S., Sathaye, J., Canell, M., et al. (1996) Mitigation of Carbon Emission to Atmosphere by Forest Management. *The Commonwealth Forestry Review*, **75**, 80-91.



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；  
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-7967，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ije@hanspub.org](mailto:ije@hanspub.org)