

文章编号:1000-5641(2012)04-0120-11

宁波市镇海区生态公益林生态系统服务价值评估

沈沉沉¹, 尹俊光¹, 张净¹, 黄焰城¹, 达良俊^{1,2}

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062;

2. 华东师范大学 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062)

摘要: 通过在宁波市镇海区的4条生态公益林带设置9个样点,对林带内外的微生物含量、温湿度、负氧离子个数和噪音值进行实地测定,并采集植物叶片样本,分析滞尘量和硫、氯、氟含量。基于以上数据,采用影子工程法和替代费用法等方法对宁波市镇海区生态公益林生态系统服务价值进行评估。结果显示,2008年镇海区生态公益林生态系统服务总价值为16 527.61万元;各项功能的价值量依次为净化大气环境>涵养水源>调节温度>固碳释氧>保护生物多样性>活立木蓄积>固定土壤,并提出了两个影响城市生态公益林生态服务价值评估的因素,分别为:评估对象的植物配置情况、评估体系与方法的选择。

关键词: 生态公益林; 森林生态系统; 生态系统服务价值; 评估

中图分类号: S718.55 **文献标识码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-5641.2012.04.015

Evaluation of ecological forest ecosystem services in Zhenhai District, Ningbo

SHEN Chen-chen¹, YIN Jun-guang¹, ZHANG Jing¹, HUANG Yan-cheng¹, DA Liang-jun^{1,2}

(1. Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Shanghai Key Lab for Urban Ecological Processes and Eco-Restoration, East China Normal University Shanghai 200062, China)

Abstract: The concentrations of microbe content, negative-ion and the temperatures, humidities, noises were monitored in 9 sample points in Zhenhai ecological forest belts, combined with the quantitative analysis of pollutants contents and dust accumulation abilities in the leaf samples. Based on these data and by applying the methods of substitution of the expenses, and shadow project, the ecological services of forest ecosystem in Zhenhai District were evaluated. The results showed that in 2008, the total value of ecological forest ecosystem services in Zhenhai District was 1.6528×10^8 yuan. The sequence of the service function values was as follows: atmosphere environmental purification>water storage>temperature regulation>C fixation and O₂ release>biodiversity conservation>provision of forest products>soil conservation soil conservation. Two factors which influence the evaluation of the ecological forest ecosystem services were proposed, including the characteristics of plant communities and the selection of assessment indexes and methods.

Key words: ecological forest; forest ecosystem; ecosystem services value; evaluation

收稿日期:2011-03

基金项目:华东师范大学“211”三期重点学科建设项目;高等学校博士学科点专项科研基金(20050269015)

第一作者:沈沉沉,女,硕士研究生,研究方向为城市生态学. E-mail: shenchenchen211@hotmail.com.

通讯作者:达良俊,男,教授,研究方向为城市生态学和植被生态学. E-mail: ljda@des.ecnu.edu.cn.

0 引 言

森林生态系统服务功能是指森林生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[1].它不仅为人类提供了食品、医药及其它生产生活原料,还创造与维持了地球生命支持系统,形成了人类生存所必需的环境条件^[2,3].客观、科学地评估森林生态系统服务功能及其价值十分重要,已成为当前生态学与生态经济学研究的前沿课题^[4].1978年,日本林业厅对1972年全国7种森林类型的生态效益进行了经济价值评估^[5].1996年,美国林业署基于GIS技术开发了CITYgreen城市森林生态效益评估模型^[6],并采用此软件完成了200多个城市的生态分析^[7],分析报告为当地居民及政府提供了重要的城市规划建议及决策依据.1997年,Costanza等开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算,为生态系统服务价值的深入研究奠定了基础^[8].我国许多学者在借鉴国外理论与方法的基础上,从不同角度开展了生态系统服务及其价值评估的研究,相关评估工作有了较大进展^[9-11],但评估方法及指标体系的差异性,使得评估结果无可比性;评估参数赋值的机械套用,使得不同地域的评估参数赋值相同,生态系统服务功能评估的可信度受到质疑^[12].

本文以小尺度的宁波市镇海区生态公益林为研究对象,依据中华人民共和国林业行业标准《中国森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)^[3](以下简称《评估规范》),结合实测生态效益数据及实验室分析对镇海区生态公益林的生态系统服务价值进行评估,以准确体现该生态公益林所发挥的生态系统服务功能,为生态公益林后续建设和功能提升提供科学依据,有利于进行将生态价值引入绿色国民经济核算体系的尝试.

1 研究区概况

镇海区位于宁波市东,面临东海.地理位置为东经 $120^{\circ}55'$ ~ $122^{\circ}16'$,北纬 $28^{\circ}51'$ ~ $30^{\circ}33'$.属于亚热带季风气候,四季分明,气候温和湿润,雨量充沛.地表土质为灰褐黄色粉质黏土.全区土壤分低山丘陵、滨海平原和水网平原3种地带性土群.区域面积 $23\,600\text{ hm}^2$,户籍人口22.4万人^[13].2008年,镇海区年平均气温 $16.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,月平均最高气温 $27.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7月),月平均最低气温 $5.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1月);年平均相对湿度79%;日照时数 $1\,944.3\text{ h}$;年降水量为 $1\,370\text{ mm}$;主导风向SSW,次主导风向NNE、NNW、NE,夏季主导风向ESE,冬季主导风向NW.

镇海是宁波3个片区之一,镇海产业带是宁波的重要产业带,拥有镇海炼化厂和镇海发电厂等一批大中型工业企业,它们在带动地方社会经济发展的同时,也对城市环境产生了不利影响^[14].镇海政府为了改善空气质量,减少来自于化工区的污染气体对人们居住环境的影响,针对宁波化工区,由近及远建成了海天、镇骆和雄镇3条生态林带以及垂直于这3条林带的清风生态林带^[15].林带包括多种树种,采用乔灌混交的种植模式.对林带的踏查结果显示,每条林带的群落外貌较一致,故采用均匀布点的方法设置样点,并确定3条平行林带与垂直林带的交汇处有样点分布.林带及样点分布状况如图1所示.

宁波化工区位于镇海东部(靠海),平行于该化工区,由近及远分布有3条林带:海天生态林带(以下简称A)紧靠工业区;镇骆生态林带(以下简称B)距离工业区约 $2\sim 2.5\text{ km}$;雄镇生态林带(以下简称C)距离工业区约 $4.5\sim 5.5\text{ km}$.清风生态林带(以下简称D)垂直于上述3条林带.林带基本状况详见表1.

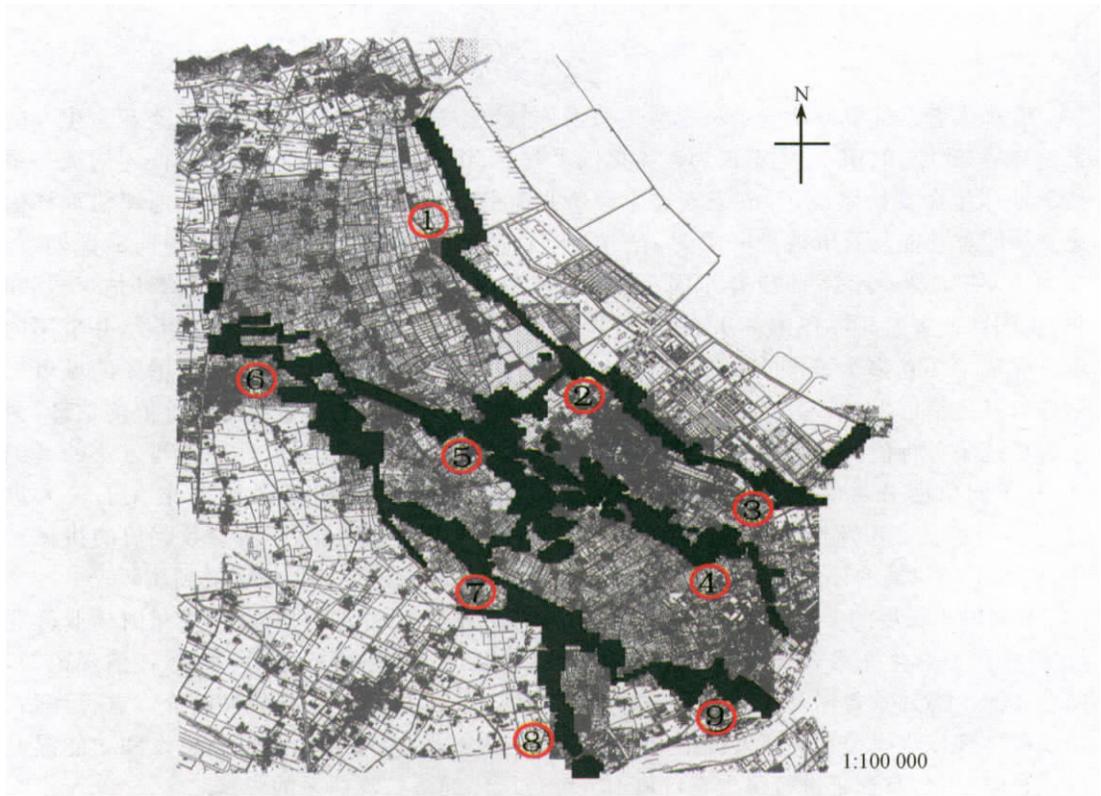


图 1 林带及样点分布图

Fig. 1 Distribution graph of the forest belts and the sample points

表 1 镇海区生态林带基本信息

Tab. 1 Information of ecological forest belts in Zhenhai District

林带名称	林带面积/hm ²	林分密度/(株·hm ⁻²)	功能定位	主要树种	设置样点号
林带 A	193	1 969	防污、防风	香樟、女贞、杜英、桂花、珊瑚树和木槿	1、2、3
林带 B	175	1 886	防污、美化	香樟、女贞和杜英	4、5、6
林带 C	341	1 584	观光休闲、绿化美化	香樟、杜英、池杉、杨树、桂花和珊瑚树	6、7、9
林带 D	134	2 388	生态、休闲、防护	女贞、杜英和桂花	2、5、7、8

对林带内主要树种抽样调查 80 棵样木,记录其结构特征(见表 2)。

表 2 主要树种的结构特征

Tab. 2 Structural characteristics of main species

物种名称	平均高度/m	平均胸径/cm	生活型
香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)	4.0±0.9	11.5±3.5	常绿阔叶乔木
女贞(<i>Ligustrum lucidum</i>)	4.5±0.7	10.3±0.8	常绿阔叶乔木
桂花(<i>Osmanthus fragrans</i>)	1.8±0.2	2.3±0.4	常绿阔叶灌木
杜英(<i>Elaeocarpus balansae</i>)	3.5±0.8	8.3±2.6	常绿阔叶乔木
珊瑚树(<i>Viburnum odoratissimum</i>)	2.8±0.4	3.3±0.5	常绿阔叶灌木
杨树(<i>populus</i> spp)	12.5±0.7	14.0±0.5	落叶阔叶乔木
木槿(<i>Hibiscus syriacus</i>)	2.0±0.2	1.8±0.1	落叶阔叶灌木
池杉(<i>Taxodium ascendens</i>)	8.8±0.7	12.3±1.8	落叶针叶乔木

2 研究方法

依据《评估规范》中指标和计算方法,结合镇海区生态公益林的实地调研情况及建设根本目的,选取了活立木蓄积、涵养水源、固定土壤、固碳释氧、调节温度、净化大气环境和生物多样性保护7项主要功能类别及12项评估指标,并参考国家森林生态系统长期、连续定位观测研究基础数据和相关研究成果资料,结合野外实地测定以及实验室样品分析方法,对镇海生态公益林的生态系统服务价值进行评估。

2.1 活立木蓄积

采用市场价值法评估,具体计算公式如下^[16]:

$$U_{\text{活立木}} = AB_{\text{年}} T(C_{\text{材}} - V). \quad (1)$$

式中, $U_{\text{活立木}}$ 为林带年活立木蓄积价值(元·a⁻¹); A 为林带面积(hm²); $B_{\text{年}}$ 为林带年净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹); T 为出材率; $C_{\text{材}}$ 为木材销售价格(元·m⁻³); V 为生产木材成本(元·m⁻³).

2.2 涵养水源

水源涵养功能主要指森林生态系统对大气降水的调节作用^[17].

根据水库工程的蓄水成本(影子工程法)进行价值评估^[18],具体计算公式如下:

$$U_{\text{调}} = \theta PAC_{\text{库}}. \quad (2)$$

式中, $U_{\text{调}}$ 为林带年调节水量价值(元·a⁻¹); $C_{\text{库}}$ 为水库建设单位库容投资(元·m⁻³); A 为林带面积(hm²); P 为林外年降水量(mm·a⁻¹); θ 为森林截流系数.

2.3 固定土壤

森林中林冠层和枯枝落叶层的存在,使降水被层层截留,削弱了降水侵蚀力^[11].根据蓄水成本,采用减少淤积泥沙的方法(影子工程法)进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{固土}} = AC_{\pm}(X_2 - X_1)/\rho. \quad (3)$$

式中, $U_{\text{固土}}$ 为林带年固土价值(元·a⁻¹); A 为林带面积(hm²); C_{\pm} 为挖取和运输单位体积土方所需费用(元·m⁻³); X_1 为林地土壤侵蚀模数(t·hm⁻²·a⁻¹); X_2 为无林地土壤侵蚀模数(t·hm⁻²·a⁻¹); ρ 为林地土壤容重(t·m⁻³).

2.4 固碳释氧

植物通过光合作用固定大气中的CO₂同时释放O₂,对维持大气中的碳氧平衡,减缓温室效应,以及提供人类生存的最基本条件有着不可替代的作用^[11].

2.4.1 固碳

由植物光合作用方程式可推算出植物体每积累1g干物质,可以固定1.63gCO₂,释放1.19gO₂,采用影子价格法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{碳}} = AC_{\text{碳}}(1.63R_{\text{碳}}B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}}). \quad (4)$$

式中, $U_{\text{碳}}$ 为林带年固碳价值(元·a⁻¹); A 为林带面积(hm²); $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格(元·m⁻³); $R_{\text{碳}}$ 为CO₂中碳的含量为27.27%; $B_{\text{年}}$ 为林带年净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹); $F_{\text{土壤碳}}$ 为单位面积林带土壤年固碳量(t·hm⁻²·a⁻¹).

2.4.2 释放氧气

采用影子价格法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}}AB_{\text{年}}. \quad (5)$$

式中, $U_{\text{氧}}$ 为林带年释氧价值(元·a⁻¹); $C_{\text{氧}}$ 为工业制氧价格(元·m⁻³); A 为林带面积

(hm^2); $B_{\text{年}}$ 为林带净生产力($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$).

2.5 调节温度

植物能有效吸收太阳能,减少地面长波辐射强度,有效降低气温.本研究野外测定与采样分别于2007年10月(秋季)、12月(冬季)、2008年3月(春季)和2008年6月(夏季)进行(下同).于各样点林内和林外10 m处采用日本产ITC-201A空气离子浓度监测仪(工作温度 $5\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作湿度 $<85\%$)测定温度.计算达到林带的降温效果所需要空调运行的耗电能(替代花费法)用于调节温度价值的评估^[19].具体计算公式如下:

$$U_{\text{温}} = W_{\text{温}} C_{\text{电}}. \quad (6)$$

式中, $U_{\text{温}}$ 为林带年调节温度价值($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $W_{\text{温}}$ 为林带年降温效果折合耗电能($\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}$); $C_{\text{电}}$ 为浙江省平均电价($\text{元} \cdot \text{kWh}^{-1}$).

2.6 净化大气环境

森林生态系统具有吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物(如二氧化硫、氟化物和粉尘等)等功能,还能降低噪音、提供负离子和降低空气含菌量.

2.6.1 降解污染物

于各样点采集常见树种冠层叶片,封存带回实验室,115 $^{\circ}\text{C}$ 杀青15 min后,65 $^{\circ}\text{C}$ 恒温下干燥48 h,达恒重后称量干重,并粉碎、过筛,放入自封袋中保存.鉴于镇海区空气排放的污染物主要是二氧化硫、硫化氢、氯化氢和氟化氢等气体^[20],因此对样品的硫、氯、氟含量进行测定.采用电磁耦合发射光谱仪进行硫含量测定,采用离子选择电极法进行氯、氟含量测定.采用替代花费法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{污染物}} = K_{\text{污染物}} Q_{\text{污染物}} A. \quad (7)$$

式中, $U_{\text{污染物}}$ 为林带年降解污染物价值($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $K_{\text{污染物}}$ 为污染物治理费用($\text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$); $Q_{\text{污染物}}$ 为单位面积林带年吸收污染物量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); A 为林带面积(hm^2).

2.6.2 阻滞降尘

粉尘是大气污染的重要指标之一,树木对烟灰、粉尘有明显的阻挡、过滤和吸附作用^[21].

于各样点采集主要树种冠层叶片,装入纸袋中带回,途中尽量避免振动,用清洗前后叶片的质量差来计算滞尘量.采用替代花费法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}} Q_{\text{滞尘}} A. \quad (8)$$

式中, $U_{\text{滞尘}}$ 为林带年降解污染物价值($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $K_{\text{滞尘}}$ 为降尘清理费用($\text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$); $Q_{\text{滞尘}}$ 为单位面积林带年滞尘量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); A 为林带面积(hm^2).

2.6.3 提供负离子

空气负离子被誉为“空气维生素和生长素”,具有降尘、抑菌功能,在净化空气、人体保健、防病治病等方面效果显著.森林是产生负离子的主要源地,空气中有较高的负离子浓度,人进去以后,感到空气新鲜^[22].

于各个样点林内和林外10 m处采用日本产ITC-201A空气离子浓度监测仪(工作温度 $5\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作湿度 $<85\%$)测定负离子浓度.采用替代花费法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{负离子}} = W_{\text{负离子}} C_{\text{电}}. \quad (9)$$

式中, $U_{\text{负离子}}$ 为林带年提供负离子价值($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $W_{\text{负离子}}$ 为林带年提供负离子效果折合耗电能($\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}$); $C_{\text{电}}$ 为浙江省平均电价($\text{元} \cdot \text{kWh}^{-1}$).

2.6.4 降低空气含菌量

空气中微生物对人类健康有着重大危害,是空气的污染物之一.森林杀灭空气中病菌的作用表现在两个方面:一是由于树木能减少灰尘,因而也就减少了附着在灰尘上的细菌;二是有些树木能分泌挥发性物质,具有杀菌或抑菌的能力.

采用平皿自然沉降法采集各样点微生物,包括细菌、真菌和放线菌三大类群.于人体呼吸线高度(距地面约1.5 m处)采样,对于每个菌种分别放置3个相应种类的培养皿,作为平行样;在空气中暴露15 min后立即盖好,带回实验室.带回的样本置于恒温培养箱中经28℃连续培养,细菌、真菌和放线菌分别于48 h、5 d和7 d后计数各皿中菌落数(CFU).采用紫外杀菌灯杀菌以达到同样的效果所需要消耗的电能(替代花费法)用于林带降低空气含菌量价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{菌}} = W_{\text{菌}} C_{\text{电}}. \quad (10)$$

式中, $U_{\text{菌}}$ 为林带年降低空气含菌量价值(元·a⁻¹); $W_{\text{菌}}$ 为林带年杀菌抑菌效果折合耗电能(kWh·a⁻¹); $C_{\text{电}}$ 为浙江省平均电价(元·kWh⁻¹).

2.6.5 降低噪音

森林具有降低噪声的功能,声波传至树冠后能被浓密的枝叶不定向反射或吸收.

选取临近道路、交通噪声明显的样点,使用嘉兴产HS6288B型噪声频谱分析仪分别同时测量林缘外和林带内30 m处的昼间10 min连续等效A声级噪声强度.采用影子工程法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{噪音}} = K_{\text{噪音}} A_{\text{噪音}}. \quad (11)$$

式中, $U_{\text{噪音}}$ 为林带年降低噪音价值(元·a⁻¹); $K_{\text{噪音}}$ 为降低噪音费用(元·km⁻¹); $A_{\text{噪音}}$ 为林带面积折合为噪音墙的公里数(km).

2.7 生物多样性保护

生物多样性对于生态系统结构的完整与功能的健全有着重要的意义,是人类社会生存和可持续发展的基础.采用机会成本法进行价值评估,具体计算公式如下:

$$U_{\text{生物}} = S_{\text{生}} A. \quad (12)$$

式中, $U_{\text{生物}}$ 为林带年物种保育价值(元·a⁻¹); $S_{\text{生}}$ 为单位面积年物种损失的机会成本(元·hm⁻²·a⁻¹); A 为林带面积(hm²).

3 结果与分析

3.1 活立木蓄积价值

查阅镇海区林业统计年报提供的数据,2008年,镇海生态公益林较2007年增加的蓄积量为4 387.94 m³,年生长量10.91%.又浙江省木材售价为520元·m⁻³,成本为175元·m⁻³.木材出材率为0.55^[16].根据式(1)计算得出,镇海生态公益林年活立木蓄积价值为83.26万元·a⁻¹.

3.2 涵养水源价值

关于森林蓄水能力,通过以往的试验资料,认为茂密的植被1年中截流的水流为年降水量的25%~30%,此文中的截流系数取25%^[18];据《评估规范》中水库建设单位库容造价为6.110 7元·t⁻¹;年降水量为1 370 mm^[11].根据式(2)计算得出,镇海生态公益林年涵养水源价值为1 764.33万元·a⁻¹.

3.3 固定土壤价值

阔叶林林地侵蚀模数为 $0.3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 针叶林林地侵蚀模数为 $1.3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 灌木林林地侵蚀模数为 $2.0 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 无林地侵蚀模数为 $35 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ [16]. 据《评估规范》, 挖取单位面积土方费用为 $12.6 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$; 土壤容重为 $1.10 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$. 根据式(3)计算得出, 镇海生态公益林年固定土壤价值为 $32.93 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$.

3.4 固碳释氧价值

因未获得镇海区土壤有机碳数据, 笔者评估时未核算土壤固碳价值. 阔叶林年净生产力为 $5.07 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 针叶林年净生产力为 $0.58 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 灌木林年净生产力为 $0.25 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ [16]. 据《评估规范》, 采用瑞典碳税率 $150 \text{ 美元} \cdot \text{t}^{-1}$ 折合的固碳价格为 $1200 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$; 制造氧气价格为 $1000 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$. 根据式(4)、(5)计算得出, 镇海生态公益林年固碳释氧价值为 $477.79 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$, 其中年固碳价值为 $147.88 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$, 年释氧价值为 $329.91 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$.

3.5 调节温度价值

4条林带降温测定结果如表3所示, 4条林带均有明显的降温效果, 并且夏季降温作用最显著.

表3 各林带温度调节效益

	秋季降温	冬季降温	春季降温	夏季降温
林带 A	0.84	-0.67	0.97	0.56
林带 B	0.53	0.44	-0.60	0.95
林带 C	0.24	-1.36	1.70	0.17
林带 D	-0.02	-3.00	0.05	0.77

城市生态公益林在夏季的降温作用可直接减少城市空调的使用[19]. 用夏季空调降温所耗电能价格替代林带降低温度的价值. 一般面积为 14.4 m^2 的民用住宅, 平均每降温 $1 \text{ }^\circ\text{C}$, 每日需用电 1 kWh 左右. 考虑到实际情况即以夏季 90 d 需要使用空调降温计算. 浙江省2008年各类用电平均价格为 $0.553 \text{ 元} \cdot \text{kWh}^{-1}$. 据公式(6)计算得镇海生态公益林带仅考虑夏季降温作用的年调节温度价值为 $1518.74 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$.

3.6 净化大气环境价值

3.6.1 降解污染物和阻滞降尘价值

利用冠层分析仪测定叶面积指数(LAI)和比叶重(SLW), 万分之一天平称量叶片干重. 综合实验室分析测得的叶片污染物含量和滞尘量, 得出单位面积林带吸收污染物量及滞尘量(见表4).

表4 各林带污染物降解能力及滞尘能力

	降解污染物			滞尘/ $(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$
	硫化物/ $(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	氯化物/ $(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	氟化物/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	
林带 A	0.015	0.038	1.373	21.071
林带 B	0.026	0.069	2.202	44.821
林带 C	0.020	0.065	2.298	23.485
林带 D	0.020	0.054	2.042	32.919

据《评估规范》,二氧化硫的治理费用为 $1\,200\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$,氯化物的治理费用为 $60\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$ [23],氟化物的治理费用为 $690\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$,降尘清理费用为 $150\text{元}\cdot\text{t}^{-1}$. 根据公式(7)、(8)计算得镇海生态公益林年降解污染物的价值为 $2.42\text{万元}\cdot\text{a}^{-1}$,年阻滞降尘的价值为 $364.95\text{万元}\cdot\text{a}^{-1}$.

3.6.2 提供负离子

各样点四季空气负离子浓度水平测定结果如表5所示.

表5 各林带空气负离子浓度水平

	千个 $\cdot\text{cm}^{-3}$				平均
	秋季	冬季	春季	夏季	
林带 A	0.66	0.12	0.39	0.71	0.47
林带 B	0.31	0.47	0.56	0.67	0.50
林带 C	0.57	0.26	0.14	0.97	0.49
林带 D	0.52	0.25	0.53	0.86	0.54

参考机电式水法空气负离子发生器(有效面积为 25m^2)耗电约为 $0.74\text{kWh}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右. 由于所有测量均于晴天进行,并且所见负离子浓度测量基本都是晴天测量的结果,对于雨天的状况不作考虑,因此去除本地每年148 d的雨天,以平均每天有效时间12 h估算,则各林带每天及全年217 d消耗电能,浙江省2008年各类用电平均价格为 $0.553\text{元}\cdot\text{kWh}^{-1}$. 根据公式(9)计算得镇海生态公益林年提供负离子价值为 $11\,332.20\text{万元}\cdot\text{a}^{-1}$.

3.6.3 降低空气含菌量

通过在各样点实地测定及实验室培养计数CFU,结果如表6所示,各林带各季节林外微生物含量均高于林内微生物含量,该林带发挥了较好的杀菌抑菌效益.

表6 各林带空气微生物含量

	CFU $\cdot\text{m}^{-3}$								平均	
	秋季		冬季		春季		夏季			
	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内
林带 A	7 564	4 479	8 557	1 567	2 877	2 109	5 516	4 765	6 129	3 230
林带 B	4 185	4 325	2 691	1 651	5 461	1 861	7 182	5 836	4 880	3 418
林带 C	6 751	2 580	5 062	3 186	3 938	2 837	9 995	6 553	6 437	3 789
林带 D	7 086	3 788	9 021	3 128	5 815	3 595	7 925	7 614	7 462	4 531

参考紫外杀菌灯管的使用方法,以 $1\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的有效功率,每天灭菌工作2 h估算,则可以推算出各林带每天及全年365 d消耗的电能,浙江省2008年各类用电平均价格为 $0.553\text{元}\cdot\text{kWh}^{-1}$. 据公式(10)得镇海生态公益林年降低空气含菌量价值为 $340.31\text{万元}\cdot\text{a}^{-1}$.

3.6.4 降低噪音

9个样点中,有3个临近道路,交通噪声明显,而其他样点附近噪声污染并不显著. 该3个样点噪声测定衰减值见表7,该林带发挥了降噪效益.

由于噪声源主要是道路,因此以建设公路隔音墙作为影子工程进行估算. 在沿道路两侧建设4 m高的隔音墙,隔音墙的造价按 $100\text{元}\cdot\text{m}^{-2}$ 的价格进行估算;且由于选取的9个样点中,只有3个样点附近为办公、居住区且又明显道路噪声源,因此,需要修建的隔音墙长度取林带长度的1/3. 据公式(11)得各林带降噪作用的价值为 $3\,378.21\text{万元}$,再以1990年以来人民银行一年期存款平均利率5.35%作为贴现率,镇海生态公益林年降低噪音价值为

189.18 万元 · a⁻¹.

表 7 各样点降低噪音(连续等效声级)效果

Tab. 7 Effects of noise reduction (continuous noise level) at sample points

		春季	夏季	秋季	冬季	平均
测定点一	林缘	65.1	59.8	64.0	62.9	63.0
	林内	58.6	56.9	58.1	58.6	58.1
	减少量	6.5	2.9	5.9	4.3	4.9
测定点二	林缘	63.9	59.0	61.1	60.6	61.2
	林内	58.8	54.2	55.3	56.5	56.2
	减少量	5.1	4.8	5.8	4.1	5.0
测定点三	林缘	67.6	67.5	53.2	62.3	62.7
	林内	58.4	54.1	49.4	52.4	53.6
	减少量	9.2	13.4	3.8	9.9	9.1

3.7 生物多样性保护价值

根据《评估规范》中, $1 \leq \text{Shannon-Wiener 指数} < 2$ 时, S_{\pm} 为 5 000 元 · hm⁻² · a⁻¹. 据公式(12)计算得镇海生态公益林年物种保育的价值为 421.50 万元 · a⁻¹.

3.8 镇海区生态公益林生态系统服务总价值

镇海区生态公益林生态系统服务总价值为 16 527.61 万元 · a⁻¹, 单位面积价值为 19.61 万元 · hm⁻² · a⁻¹. 王祖华等对于浙江省淳安县森林生态系统服务价值的研究结果, 单位面积价值为 6.64 万元 · hm⁻² · a⁻¹[16]. 说明镇海区生态公益林的生态系统服务价值是较高的.

各项生态系统服务价值如表 8 所示. 其中生态系统服务功能价值按功能类型排序为净化大气环境 > 涵养水源 > 调节温度 > 固碳释氧 > 保护生物多样性 > 活立木蓄积 > 固定土壤. 以净化大气环境服务价值占总服务价值的比例最大, 为 74.0%, 这恰恰与镇海区生态公益林的建设目的相符合, 说明该生态公益林较好地发挥了生态效益. 涵养水源和调节温度服务价值分别占总价值的 10.7% 和 9.2%, 固碳释氧、物种保育、活立木蓄积和固定土壤价值所占比例均不足 5%, 分别为 2.9%、2.6%、0.5% 和 0.2%.

表 8 镇海区生态公益林生态系统服务价值

Tab. 8 Values of forest ecosystem services in Zhenhai District

主要服务功能类别	评估指标	总价值/(万元 · a ⁻¹)
活立木蓄积	活立木蓄积	83.26
涵养水源	涵养水源	1 764.33
固定土壤	固定土壤	32.93
固碳释氧	固碳	147.88
	释放氧气	329.91
调节温度	调节温度	1 518.74
净化大气环境	降解污染物	2.42
	阻滞降尘	364.95
	提供负离子	11 332.20
	降低空气含菌量	340.31
生物多样性保护	降低噪音	189.18
	物种保育	421.50

4 讨 论

宁波市镇海区 843 hm² 的生态公益林带,占区域面积比例 3.57%,其发挥的生态系统服务总价值为 16 527.61 万元·a⁻¹,相当于镇海区当年 GDP 的 1.1%。镇海区生态公益林的生态服务价值(涵养水源、固碳释氧、净化大气和物种保育等)远大于其直接经济服务价值(活立木蓄积),且这种价值对人类的贡献是其直接经济服务价值所无法替代的。对于小尺度城市生态公益林生态系统服务价值评估的研究,主要受以下两方面因素影响。

4.1 评价对象的植物配置状况

在生态公益林的建设中,植被类型、造林模式与群落结构特征的不同,均直接影响到公益林生态效益的发挥,从而影响生态系统服务价值评估结果。多层次、乔灌结合、错落有致的植物群落能提高群落自身的稳定性,同时发挥更大的生态效益^[24]。生态公益林的建设可以应用生态型绿化的方法,建造“近自然”植物群落,在有限的土地上获取最大的生态效应,改善城市气候,净化空气,维持良好的生活环境^[25]。

4.2 价值评估体系与方法的选择

4.2.1 价值评估指标的确定

出于镇海生态公益林的特殊性,本研究未选取土壤保肥价值这一常用评估指标。因为,土壤保肥价值是基于森林的保肥作用改善了土壤肥力,从而为该地区的农户节省了肥料的替代花费法进行核算的,而镇海生态公益林的建设方式是以政府名义向当地农户购买耕种土地进行林地的改建,因此,本研究未选取该项价值作为评估指标。

此外,本研究增加了两项服务功能评价指标,即调节温度服务功能评价指标和降低空气含菌量服务功能评价指标。国内的研究中对于这两方面的生态价值评估较少,本文尝试对这两项功能采用实地采样的方法进行测量,并且采用影子工程法的评价方法进行评估,分别用夏季空调降温耗能和紫外灭菌灯工作耗能的折合价值来评价这两项服务功能,为今后评价森林调节温度服务功能和降低空气含菌量服务功能提供了参考依据。

4.2.2 价值评估方法的选择

镇海生态公益林中,在离化工区距离越近的林带中叶片的污染物含量越高,说明镇海生态公益林发挥了较好的降解污染物效果。然而,通过核算,降解污染物这方面的价值核算结果相对于其产生的效益是偏低的,也远小于其他生态系统服务价值。本文所采用排污费的替代花费法作为评估方法,几乎是国内唯一使用的方法。以往的评估过程,由于其评估尺度较大,机械地套用统一的吸收能力数据,使得该方法并未准确客观地体现生态公益林的服务功能,其缺陷得以被掩盖。因为森林生态系统降解吸收大气污染物的生态功能,不仅包含对空气中污染物的降解,而且包含对低浓度空气污染物的吸收过程;而排污费用则只考虑了处理污染物这部分的效益,未考虑污染物收集部分的效益核算。今后评价过程中,可以尝试以工业排污装置的运行费用,作为污染物降解费用的替代评估方法。

[参 考 文 献]

- [1] DAILY G C. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [2] 欧阳志云,王如松,赵景柱,等. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报,1999,10(5): 635-

- 640.
- [3] 王兵,杨锋伟,郭浩,等. LY/T 1721—2008 森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis [M]. Washington D C: Island Press, 2005.
- [5] 王兵,鲁绍伟,尤文忠,等. 辽宁省森林生态系统服务价值评估[J]. 应用生态学报,2010,21(7):1792-1798.
- [6] 占珊,闫文德,田大伦. 基于 CITYgreen 的城市森林生态效益评估的应用[J]. 中南林业科技大学学报, 2008,28(2): 137-143.
- [7] AMERICAN FORESTS. Urban ecosystem analysis: San Diego, California; calculating the value of nature [R]. USA: American Forests, 2003.
- [8] COSTANZA R, D' ARGE R, DEGRROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [9] 余新晓,鲁绍伟,靳芳,等. 中国森林生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报,2005,25(8):2096-2102.
- [10] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-491.
- [11] 靳芳,鲁绍伟,余新晓,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 应用生态学报, 2005,16(8): 1531-1536.
- [12] 李文华,张彪,谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望[J]. 自然资源学报,2009,24(1):1-10.
- [13] 浙江省宁波市镇海区人民政府网. 镇海自然环境概况[EB/OL]. (2008-10-12)[2011-01-30] <http://www.zh.gov.cn/zjzh/zhgg/zrhj/>.
- [14] 浙江省宁波市镇海区人民政府网. 镇海产业经济概况[EB/OL]. (2008-10-12)[2011-01-30] <http://www.zh.gov.cn/zjzh/zhgg/jjtz/>.
- [15] 黄焰城,章君果,沈沉沉,等. 宁波镇海区生态隔离林带净化大气的生态效益[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2009(2):1-10.
- [16] 王祖华,蔡良良,关庆伟,等. 淳安县森林生态系统服务价值评估[J]. 浙江林学院学报,2010,27(5):757-761.
- [17] 王兵,鲁绍伟. 中国经济林生态系统服务价值评估[J]. 应用生态学报,2009,20(2):417-425.
- [18] 胡艳琳,戚仁海,由文辉,等. 城市森林生态系统生态服务功能的评价[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2005, 29(3):111-114.
- [19] 李庆兰,任珺,徐江坤,等. 兰州市城市植被生态系统服务功能价值研究[J]. 环境科学与管理,2008,33(1):26-29.
- [20] 黄焰城. 宁波市镇海区城市生态公益林生态服务价值研究[D]. 上海:华东师范大学,2009.
- [21] 殷杉,蔡静萍,陈丽萍,等. 交通绿化带植物配置对空气颗粒物的净化效益[J]. 生态学报, 2007,27(11): 4590-4595.
- [22] 石强,钟林生,吴楚材. 森林环境中空气负离子浓度分级标准[J]. 中国环境科学, 2002,22(4): 320-323.
- [23] 吕郁彪. 广西公益林生态效益价值评价[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2005,29(4):61-64.
- [24] 丁向阳. 南阳市城市森林主要职务的生态效益[J]. 中南林业科技大学学报, 2007,27(4):142-146.
- [25] 达良俊,杨永川,陈鸣. 生态型绿化法在上海“近自然”群落建设中的应用[J]. 中国园林,2004(3):38-40.