

第三届全国期刊奖提名奖
第二届全国期刊奖百种重点期刊
第三届中国科协优秀期刊二等奖
中国科学院优秀科技期刊一等奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

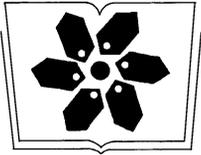
(Shengtai Xuebao)
(Ecology in China)

第 27 卷 第 6 期
Vol.27 No.6

2007



中国生态学会 主办
科学出版社 出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 27 卷 第 6 期 2007 年 6 月 (月刊)

中国科学院科学出版基金资助出版

目 次

迁徙停歇期鸫鹛类在崇明东滩潮间带的食物分布	朱 晶, 敬 凯, 干晓静, 等 (2149)
栖木在越冬红隼 (<i>Falco tinnunculus</i>) 的觅食地与捕食方式选择中的作用	熊李虎, 陆健健, 童春富, 等 (2160)
贵州波多洞和甲良洞内部分环境因子与动物群落结构的相关性	黎道洪 (2167)
蚜虫 (<i>Aphis medicaginis</i> Koch) 危害胁迫对不同苜蓿品种体内丙二醛含量及防御性酶活性的影响	黄 伟, 贾志宽, 韩清芳 (2177)
FACE 系统处理三年后淹水条件下土壤 CH ₄ 和 CO ₂ 排放变化	刘 娟, 韩 勇, 蔡祖聪, 等 (2184)
植物篱对紫色土区坡耕地水土流失及土壤肥力的影响	林超文, 涂仕华, 黄晶晶, 等 (2191)
三江平原小叶章湿地生态系统硫的生物地球化学循环	李新华, 刘景双, 孙志高, 等 (2199)
三种红树植物对盐胁迫的生理适应	廖 岩, 陈桂珠 (2208)
俄罗斯大果沙棘 (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.) 种子萌发特性	杨立学 (2215)
立地条件差异对天然东北红豆杉 (<i>Taxus cuspidata</i>) 种间竞争的影响	周志强, 刘 彤, 李云灵 (2223)
海南鹦歌岭轮叶三棱栎 (<i>Trigonobalanus verticillata</i>) 群落特征与保护对策	林家怡, 吴世捷, 庄雪影, 等 (2230)
峨眉山不同山峪和海拔高度鱼腥草 (<i>Houttuynia cordata</i> Thunb.) 居群挥发油成分的变化	刘 雷, 吴 卫, 郑有良, 等 (2239)
朝鲜淫羊藿 (<i>Epimedium koreanum</i> Nakai) 不同生境种群生物量与更新潜力	杨利民, 韩 梅, 吴劲松, 等 (2251)
气候条件对海滨锦葵 (<i>Kosteletzkya virginica</i>) 延迟自花传粉的影响	阮成江, 金 华 (2259)
温室茄子 (<i>Solanum melongena</i> L.) 光合数学模型与光合生化模型模拟分析	高志奎, 高荣孚, 何俊萍, 等 (2265)
不同苜蓿 (<i>Medicago sativa</i> L.) 品种光合速率对光和 CO ₂ 浓度的响应特征	董志新, 韩清芳, 贾志宽, 等 (2272)
黄土高原北部草地的恢复与重建对土壤有机碳的影响	李裕元, 邵明安, 郑纪勇, 等 (2279)
青藏高原东部高寒草甸群落生物量和补偿能力对施肥与刈割的响应	马 涛, 武高林, 何彦龙, 等 (2288)
荒漠草原牧草生物量的遥感估算及空间分布	张 杰, 张 强, 何金梅, 等 (2294)
砷对烤烟 (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) 碳代谢的影响	常思敏, 马新明, 王保安, 等 (2302)
湖南烟区烤烟 (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) 硼含量与土壤有效硼含量的关系	许自成, 王 林, 肖汉乾, 等 (2309)
SO ₂ 水合物诱发蚕豆 (<i>Vicia faba</i>) 根尖细胞染色体畸变效应	仪慧兰, 姜 林 (2318)
云南松 (<i>Pinus yunnanensis</i>) 林外生菌根真菌的时空分布	于富强, 肖月芹, 刘培贵 (2325)
基于生态通道模型的北部湾渔业管理策略的评价	陈作志, 邱永松, 贾晓平 (2334)
东、黄海水团动态与夏季休渔效果间的关系	丁峰元, 程家骅 (2342)
城市湖泊退化过程中水生生态系统服务功能价值演变评估——以肇庆仙女湖为例	张修峰, 刘正文, 谢贻发, 等 (2349)
基于 CCA 的典型调水水库浮游植物群落动态特征分析	李秋华, 韩博平 (2355)
红树植物人工湿地对生活污水的净化效果	靖元孝, 李晓菊, 杨丹菁, 等 (2365)

厦门海湾型城市发展累积生态效应动态评价 王向华,朱晓东,李杨帆,等 (2375)

重庆市直辖以来生态足迹的动态测度与分析 杨永奎,王定勇 (2382)

“生态位”元胞自动机在土地可持续规划模型中的应用 刘小平,黎夏,彭晓鹃 (2391)

MTCLIM 模型日平均温度调和系数获得算法的改进 杨振林,石培礼,闫巍,等 (2403)

不同生境破坏速度下的物种灭绝机制 刘会玉,林振山,温腾,等 (2410)

基于 SVR 和 CAR 的多维时间序列分析及其在生态学中的应用 张永生,袁哲明,熊洁仪,等 (2419)

黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 的种群繁殖参数及其地理分异特征 杨再学,郑元利,金星 (2425)

大鸨 (*Otis tarda*) 两个亚种的遗传多样性与系统分化 刘铸,田秀华,白素英 (2435)

镜湖萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*) 种群遗传多样性的季节变化 项贤领,席贻龙,胡好远 (2443)

三种麦蚜在温度梯度中活动行为的临界高温 马罡,马春森 (2449)

山丘区土壤环境因子对钉螺 (*Oncomelania* Snail) 分布的影响 张旭东,漆良华,黄玲玲,等 (2460)

基于荧光标记的怒江流域桔小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 的迁移扩散 陈鹏,叶辉,母其爱 (2468)

云南桔小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 季节性分布区 4 个地理种群遗传结构 施伟,叶辉 (2477)

粘虫 (*Mythimna separata* Walker) 选择产卵场所的意义及颜色在定位中的作用 尹姣,薛银根,乔红波,等 (2483)

不同寄主植物的烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 内共生菌传毒相关 GroEL 蛋白的一致性 谭周进,谢丙炎,杨宇红,等 (2490)

品种、种子大小和施肥对冬小麦生物学特性的影响 吉春容,李世清,李生秀 (2498)

施 N 对不同水稻品种 N 肥利用率及根际硝化作用和硝化微生物的影响 李奕林,张亚丽,张耀鸿,等 (2507)

红壤表土团聚体粒径对坡面侵蚀过程的影响 郭伟,史志华,陈利顶,等 (2516)

农牧交错带不同耕作方式土壤水分动态变化特征 马月存,秦红灵,高旺盛,等 (2523)

专论与综述

禾草内生真菌生物碱的研究进展 高嘉卉,南志标 (2531)

植物锥形繁殖体结构及其适应 青秀玲,白永飞,韩兴国 (2547)

植物次生代谢及其与环境的关系 阎秀峰,王洋,李一蒙 (2554)

天敌昆虫利用信息化学物质寻找寄主或猎物的研究进展 魏建荣,杨忠岐,杜家纬 (2563)

青藏高原高山植物的形态和解剖结构及其对环境的适应性研究进展 何涛,吴学明,贾敬芬 (2574)

芥子油苷在植物-生物环境关系中的作用 陈亚州,阎秀峰 (2584)

海草生物量和初级生产力研究进展 许战洲,黄良民,黄小平,等 (2594)

城市生态系统的动力学演化模型研究进展 郁亚娟,郭怀成,刘永,等 (2603)

生物耐铜的分子机理及铜污染环境的生物联合修复 李杰,贺纪正,马延和,等 (2615)

人工湿地处理农业径流的研究进展 卢少勇,张彭义,余刚,等 (2627)

沉积物中微生物资源的研究方法及其进展 屈建航,李宝珍,袁红莉 (2636)

土壤有机碳稳定机制研究进展 刘满强,胡锋,陈小云 (2642)

认识生态复杂性 弘扬可持续生态科学 王如松 (2651)

学术信息与动态

《北京生态宣言》——生态:认识世界、改善环境、美化生活的强力工具 (封二)

《生态学报》投稿须知 2655

《中国学术期刊文摘》中文版和英文版 2007 年征订启事 2656

《科技导报》(半月刊) 2656

《Acta Ecologica Sinica》英文版出版启事 2657

《生态学报》2007 年征订启事 2657

CONTENTS

Food supply in intertidal area for shorebirds during stopover at Chongming Dongtan , China ZHU Jing , JING Kai , GAN Xiao-Jing , *et al* (2149)

Foraging area and hunting technique selection of Common Kestrel (*Falco tinnunculus*) in winter : the role of perch sites XIONG Li-Hu , LU Jian-Jian , TONG Chun-Fu , *et al* (2160)

The correlation between the environmental factors and animal community structure in Boduo cave and Jialiang cave of Guizhou Province LI Dao-Hong (2167)

Effects of herbivore stress by *Aphis medicaginis* Koch on the contents of MDA and activities of protective enzymes in different alfalfa varieties HUANG Wei , JIA Zhi-Kuan , HAN Qing-Fang (2177)

Changes of CH₄ and CO₂ emissions from soils under flooded condition after exposed to FACE (free-air CO₂ enrichment) for three years LIU Juan , HAN Yong , CAI Zu-Cong , *et al* (2184)

The effects of plant hedgerows on soil erosion and soil fertility on sloping farmland in the purple soil area LIN Chao-Wen , TU Shi-Hua , HUANG Jing-Jing , *et al* (2191)

The Biogeochemical cycle of sulfur in *Calamagrostis angustifolia* wetland ecosystem in the sanjiang Plain LI Xin-Hua , LIU Jing-Shuang , SUN Zhi-Gao *et al* (2199)

Research on physiological adaptability of three mangrove species to salt stress LIAO Yan , CHEN Gui-Zhu (2208)

Seed germination characteristics of a introduced fine variety of *Hippophae rhamnoides* L. from Russia YANG Li-Xue (2215)

The influences of site factors on the interspecific competition between Japanese yew (*Taxus cuspidata*) and other tree species ZHOU Zhi-Qiang , LIU Tong , LI Yun-Ling (2223)

Community characteristics and conservation of *Trigonobalanus verticillata* (Fagaceae) on Yinggeling , Hainan Island LIN Jia-Yi , NG Chai-Chit , ZHUANG Xue-Ying , *et al* (2230)

Variations on the chemical components of the volatile oil of *Houttuynia cordata* Thunb. populations from different valleys and altitudes of Mt. Emei LIU Lei , WU Wei , ZHENG You-Liang , *et al* (2239)

Population biomass and renewal potential of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats , Linjiang , Northeast China YANG Li-Min , HAN Mei , WU Jin-Song *et al* (2251)

Effects of climate conditions on delayed self-pollination in *Kosteletzkya virginica* RUAN Cheng-Jiang , JIN Hua (2259)

Analysis of photosynthetic simulation by a biochemical model or mathematical model in greenhouse eggplant GAO Zhi-Kui , GAO Rong-Fu , HE Jun-Ping *et al* (2265)

Photosynthesis rate in response to light intensity and CO₂ concentration in different alfalfa varieties DONG Zhi-Xin , HAN Qing-Fang , JIA Zhi-Kua , *et al* (2272)

Impact of grassland recovery and reconstruction on soil organic carbon in the northern Loess Plateau LI Yu-Yuan , SHAO Ming-An , ZHENG Ji-Yong , *et al* (2279)

The effect of simulated mowing of the fertilizing level on community production and compensatory responses on the Qinghai-Tibetan MA Tao , WU Gao-Lin , HE Yan-Long *et al* (2288)

Estimation and analysis of grass biomass in desert by remote sensing ZHANG Jie , ZHANG Qiang , HE Jin-Mei , *et al* (2294)

Effects of arsenic on carbon metabolism in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) CHANG Si-Min , MA Xin-Ming , WANG Bao-An , *et al* (2302)

Relationships between the boron content in flue-cured tobacco leaves and the soil available boron contents in Hunan tobacco-growing area XU Zi-Cheng , WANG Lin , XIAO Han-Qian , *et al* (2309)

Chromosomal aberrations induced by sulfur dioxide hydrates in *Vicia faba* root tips YI Hui-Lan , JIANG Lin (2318)

Spatiotemporal distribution of ectomycorrhizal fungi in *Pinus yunnanensis* forests YU Fu-Qiang , XIAO Yue-Qin , LIU Pei-Gui (2325)

An evaluation of the fisheries management strategies in Beibu Gulf : using Ecopath with Ecosim CHEN Zuo-Zhi , QIU Yong-Song , JIA Xiao-Ping (2334)

Relationships between the dynamics of water masses and the effects of the summer fishing moratorium in the East China and Yellow Sea DING Feng-Yuan , CHENG Jia-Hua (2342)

Evaluation on the changes of ecosystem service of urban lakes during the degradation process : a case study of Xiannü Lake in Zhaoqing , Guangdong Province ZHANG Xiu-Feng , LIU Zheng-Wen , XIE Yi-Fa , *et al* (2349)

Structure and dynamics of phytoplankton community based CCA analysis in a pumped storage reservoir LI Qiu-Hua , HAN Bo-Ping (2355)

Purifying effect of mangrove constructed wetlands on domestic sewage JING Yuan-Xiao , LI Xiao-Ju , YANG Dan-Jing , *et al* (2365)

- Dynamic assessment of the cumulative ecological effects from Xiamen Bay city development WANG Xiang-Hua , ZHU Xiao-Dong , LI Yang-Fan *et al* (2375)
- Dynamic calculation and analysis of ecological footprint of Chongqing after establishing municipality status YANG Yong-Kui , WANG Ding-Yong (2382)
- Niche-based cellular automata for sustainable land use planning LIU Xiao-Ping , LI Xia , PENG Xiao-Juan (2391)
- Improvement of algorithm for TEMCF in evaluation of daily mean temperature in mountainous districts YANG Zhen-Lin , SHI Pei-Li , YAN Wei *et al* (2403)
- The mechanism of species extinction under habitat destruction at different rates LIU Hui-Yu , LIN Zhen-Shan , WEN Teng , *et al* (2410)
- Multidimensional time series analysis based on support vector regression and controlled autoregressive and its application in ecology ZHANG Yong-Sheng , YUAN Zhe-Ming , XIONG Jie-Yi , *et al* (2419)
- Species reproductive parameters and the comparison of geography variation in *Apodemus agrarius* YANG Zai-Xue , ZHENG Yuan-Li , JIN Xing (2425)
- The genetic diversity and phylogenetic differentiation analysis on two subspecies of *Otis tarda* LIU Zhu , TIAN Xiu-Hua , BAI Su-Ying (2435)
- Seasonal changes in the genetic diversity of *Brachionus calyciflorus* population in Lake Jinghu XIANG Xian-Ling , XI Yi-Long , HU Hao-Yuan (2443)
- Upper critical temperatures for behaviors of three species of cereal aphids in leaf temperature gradients MA Gang , MA Chun-Sen (2449)
- Influences of soil environmental factors on *Oncomelania* Snail distribution in the hilly and mountainous areas ZHANG Xu-Dong , QI Liang-Hua , HUANG Ling-Ling *et al* (2460)
- Migration and dispersal of the Oriental fruit fly , *Bactrocera dorsalis* in regions of Nujiang River based on fluorescence mark CHEN Peng , YE Hui , MU Qi-Ai (2468)
- Genetic structure in four geographic populations of the oriental fruit fly , *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae) located in the seasonal occurrence zone in Yunnan Province SHI Wei , YE Hui (2477)
- The significance of oviposition site selection and effect of color in orientation by oriental armyworm , *Mythimna separata* Walker YIN Jiao , XUE Yin-Gen , QIAO Hong-Bo , *et al* (2483)
- Similarity of GroEL sequences from endosymbionts of *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae) in different host plants TAN Zhou-Jin , XIE Bing-Yan , YANG Yu-Hong , *et al* (2490)
- Effect of variety , seed size and fertilizer on biological characteristics of winter wheat JI Chun-Rong , LI Shi-Qing , LI Sheng-Xiu (2498)
- Effect of N application on fertilizer-N use efficiencies , nitrification and nitrifying microorganisms in rhizosphere soil growing with different lowland rice cultivars LI Yi-Lin , ZHANG Ya-Li , ZHANG Yao-Hong , *et al* (2507)
- Effects of topsoil aggregate size on runoff and erosion at hillslope in red soils GUO Wei , SHI Zhi-Hua , CHEN Li-Ding , *et al* (2516)
- Dynamics of soil water content under different tillage in agriculture-pasture transition zone MA Yue-Cun , QIN Hong-Ling , GAO Wang-Sheng , *et al* (2523)
- Review and Monograph**
- A review of bioprotective alkaloids of grass-fungal endophyte symbioses GAO Jia-Hui , NAN Zhi-Biao (2531)
- A review on morphology and adaptative significance of trypanophorous diaspore QING Xiu-Ling , BAI Yong-Fei , HAN Xing-Guo (2547)
- Plant secondary metabolism and its response to environment YAN Xiu-Feng , WANG Yang , LI Yi-Meng (2554)
- Semiochemicals used by natural enemies as host seeking signal WEI Jian-Rong , YANG Zhong-Qi , DU Jia-Wei (2563)
- Research advances in morphology and anatomy of alpine plants growing in the Qinghai-Tibet Plateau and their adaptations to environments HE Tao , WU Xue-Ming , JIA Jing-Fen (2574)
- The role of glucosinolates in plant-biotic environment interactions CHEN Ya-Zhou , YAN Xiu-Feng (2584)
- Review of seagrass biomass and primary production research XU Zhan-Zhou , HUANG Liang-Min , HUANG Xiao-Ping , *et al* (2594)
- On the progress in urban ecosystem dynamic modeling YU Ya-Juan , GUO Huai-Cheng , LIU Yong , *et al* (2603)
- Molecular mechanisms of copper tolerance and co-bioremediation of copper contaminated environment LI Jie , HE Ji-Zheng , MA Yan-He , *et al* (2615)
- Research progress of constructed wetland treating agricultural runoff LU Shao-Yong , ZHANG Peng-Yi , YU Gang *et al* (2627)
- Methodology in studies of microbial resource in sediment QU Jian-Hang , LI Bao-Zhen , YUAN Hong-Li (2636)
- A review on mechanisms of soil organic carbon stabilization LIU Man-Qiang , HU Feng , CHEN Xiao-Yun (2642)
- Understanding Eco-complexity and Promoting Ecology of Sustainability — Beijing Ecosummit 2007 Review WANG Ru-Song (2651)

城市湖泊退化过程中水生态系统服务功能价值演变评估 ——以肇庆仙女湖为例

张修峰 ,刘正文 ,谢贻发 ,陈光荣

(暨南大学水生生物研究所 ,广州 510632)

摘要 运用市场价值法、碳税法、造林成本法和工业制氧影子价格法、影子工程法以及价格替代等方法 ,以肇庆仙女湖为例 ,对城市湖泊水生态系统自然资产价值部分的演变进行了评估。结果得出 ,仙女湖水生态系统退化过程中 ,导致水生态系统有些服务功能的大幅度降低 ,如大气调节功能价值由 1999 年的 460124 元降低到 2004 年的 8 元、水质净化功能价值由 1999 年的 11480 元降到 2004 年的 904 元等 ,但并非各项生态系统服务功能价值都降低 ,有些项目的生态系统服务功能可保持不变 ,如水资源调节功能价值 ,甚至升高 ,如物质生产价值由 1999 年的 152400 元增加到 2004 年的 241200 元。该研究给退化生态系统的修复带来很大启示 ,即在退化生态系统的修复过程中要针对性的就退化生态系统的结构和功能进行修复 ,提高生态系统的总体服务功能价值 ,而并非退化生态系统的各项服务均需提高 ,有些项目的生态系统服务价值可以保持不变 ,甚至降低。

关键词 城市湖泊 ,水生态系统 ,生态系统服务 ,价值评估

文章编号 :1000-0933 (2007)06-2349-06 中图分类号 :Q143 ,X171.5 文献标识码 :A

Evaluation on the changes of ecosystem service of urban lakes during the degradation process : a case study of Xiannü Lake in Zhaoqing , Guangdong Province

ZHANG Xiu-Feng , LIU Zheng-Wen , XIE Yi-Fa , CHEN Guang-Rong

Institute of Hydrobiology , Jinan University , Guangzhou 510632 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (6) 2349 ~ 2354.

Abstract : With the further study of ecosystem , people begin to pay more attention to the services provided by ecosystems that have been ignored for many years and begin to use measurable methods to express the values of ecosystem service , so the evaluation of ecosystem service is taken into account and is becoming an advanced ecological issue in recent years ; at the same time , as more and more ecosystems degrade , studies on ecosystem succession is becoming another hot pot and when ecosystems degrade , the ecosystem service changes too , but little previous research has been carried out about the change of ecosystem service value.

Based on the literatures , ecosystem services are classified into two categories : value of natural resources and the value of humanities. The value of natural resources included matter value (including food , material , etc.) , ecosystem process value (including water purification , atmosphere regulation , etc.) and habitats value. The value of natural resources could be evaluated directly or indirectly , but up to now there are not recognized methods to evaluate the value of humanities

基金项目 :国家 863 资助项目 (2002AA60101) ;广东省科技计划资助项目 (2006B36703003)

收稿日期 :2006-06-15 ;修订日期 :2006-12-15

作者简介 :张修峰 (1977 ~) ,安徽人 ,博士 ,主要从事湖泊、湿地生态研究。E-mail :wetlandxfz@163.com

Foundation item :The project was financially supported by National 863 Program Foundation (No. 2002AA60101) and Science and Technology Programs of Guangdong Province (2006B36703003)

Received date 2006-06-15 ; **Accepted date** 2006-12-15

Biography ZHANG Xiu-Feng , Ph. D. , mainly engaged in wetland ecology environment science. E-mail : wetlandxfz@163.com

(scientific research, education and tour, *et al*) because it is influenced by so many factors. In present paper, the natural resource value of the urban lake ecosystem services, Xiannv Lake as a case, during the degrading process was evaluated and some methods, such as, the market value approach, reforestation cost approach, shadow project method, surrogate market method, carbon tax approach, *et al*, were employed. Results showed that some ecosystem service values decreased quickly with the degradation of Xiannv Lake ecosystem, such as gas regulation (460,124 Yuan in 1999 and 8 Yuan in 2004) and environmental purification values (11480 Yuan in 1999 to 904 Yuan in 2004). Not all functions decreased with ecosystem degradation. Some functions such as water resources regulation remained unchanged because lake volume was unaltered. Yet other functions increased, for example, fish production increased from 152400 Yuan in 1999 to 241200 Yuan in 2004. The study has a significance for restoration of a degraded ecosystem. As a degraded lake is restored, ecosystem functions or services such as CO₂ fixation, O₂ release, and environmental purification services would increase significantly, but other functions may remain unchanged or decrease. The methods applied in this paper are convenient and widely used, but further improvement in the criteria and principles of evaluation, particularly for lake ecosystem services, is required.

Key Words : urban lake ; aquatic ecosystem ; ecosystem service ; valuation

生态系统服务功能已成为国际生态学研究的热點^[1-4]。近年来,对生态系统服务功能的研究取得了较大的进展。其中以 Daily 主编的《Nature's Service Societal Dependence on Natural Ecosystem》一书^[5]和美国生态学家 Costanza 等人在《Nature》上发表的《The value of the world's ecosystem services and natural capital》一文最为引人注目^[6]。另外,对各种类型的生态系统的生态服务功能价值也进行了大量研究^[7-10],为人们认识生态系统的服务功能价值以及生态系统的修复和重建起到了积极作用,但到目前为止对湖泊生态系统的生态服务功能价值研究较少^[11],而针对湖泊生态系统服务功能价值演变的研究尚未见报道;另外,由于生态系统具有多种功能和价值,包括自然资产价值与人文价值^[12],其中自然资产价值又分为物质价值(指生态系统为人类提供的产品,包括食品、原材料等的价值)、过程价值(指生态系统过程所产生的功能价值,包括水质净化、大气调节、水资源调节等价值)和栖息地价值(即生物多样性价值);人文价值包括科研、教育、旅游等,而生态系统服务的人文价值,受多种因素的影响,较难客观评估,而对一些生态系统的部分功能和服务价值没有相关研究成果^[4]。仙女湖已由草型湖泊演变成目前的藻型湖泊,为此,本文拟就仙女湖近年来水生态系统退化过程中的生态服务功能价值的自然资产价值部分的演变进行评估,为客观认识仙女湖生态服务价值变化以及湖泊生态系统的恢复与重建提供理论依据,具有重要意义。

1 研究区域与方法

1.1 区域概况

仙女湖位于广东省肇庆市北郊七星岩风景区内,为星湖 5 个浅水湖泊之一,面积 $1.42 \times 10^8 \text{ m}^2$,平均水深 2.2m,年平均降水量 1729mm,雨季为 4~9 月份,降水量达 1418mm,占全年的 82%,年入湖径流量为 $15.06 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。水源补给主要是北岭山汇集的降雨和湖面降雨,属人工调节水位的封闭型湖泊。湖内的污染物主要来源于周围人类活动的生活污水和工业污水。

1.2 评估方法

(1) 市场价值法 是指对有市场价格的生态系统产品和服务进行估价的一种方法,这里主要用于对生态系统物质产品进行评价。

产品价值 VP 计算:
$$VP = \sum P_i Price_i$$

式中 P_i 为各种生态产品的产量; $Price_i$ 为各种生态产品的单位价格^[12]。

(2) 碳税法、造林成本法和工业制氧影子价格法 根据国际和我国对 CO₂ 排放收费标准将生态指标换算成经济指标,得出固定 CO₂ 的经济价值和释放 O₂ 的经济价值。

(3) 影子工程法 是指以人工建造一个工程来替代生态功能或原来被破坏的生态功能的费用,水分调节功能价值等于总水分调节量和单位蓄水量的库容成本之积。

(4) 价格替代法 主要用于研究生物栖息地功能的价值评价;

2 结果与分析

2.1 大气调节功能价值

根据光合作用反应方程式推算每形成 1g 干物质需要 1.62g CO₂, 释放 1.2g O₂。目前国际上通用的碳税率通常为瑞典的碳税率 150 美元/t, 对于我国来说是偏高的, 所以这里采用中国造林成本 250 元人民币/t 和国际碳税标准的平均值 770 元/t, 即 0.77 元/kg 作为碳税标准; 植被释放 O₂ 的价值, 按照中国目前工业氧的现价 0.4 元/kg 进行; 并根据仙女湖主要植被现存量^[13]以及鲜样平均含水率 84%, 得出仙女湖水生态系统的此项服务价值变化 (表 1)。

表 1 大气调节功能价值
Table 1 Value of atmosphere regulation

年份 Year	现存量 (鲜重) Existing biomass (wet weight) (kg)	固定 CO ₂ (元) CO ₂ fixation (Yuan)	释放 O ₂ (元) O ₂ release (Yuan)	合计 (元) Total (Yuan)	大气调节功能价值 Value of gas regulation	
					占前一年% % to the former year	占 1999 年比例% % to 1999
1999	1664800	332267	127857	460124	-	1
2000	966310	192860	74213	267073	58.0	58.0
2001	500550	99902	38442	138344	51.8	30.1
2002	140580	28058	10797	38855	28.1	8.4
2003	12010	2397	922	3319	8.5	0.7
2004	30	6	2	8	0.2	0.0

由表 1 可以看出, 近年来, 仙女湖的大气调节功能价值迅速下降, 特别是 2000 年以后下降幅度更大, 到 2004 年此项服务功能基本丧失。这主要是由于仙女湖水生植被被迅速减少的原因造成的, 如 1999 年仙女湖水生植被现存生物量 (干重) 为 266368 kg, 而到 2004 年水生植被现存生物量 (干重) 仅为 4.8kg, 因此, 水生态系统中水生植被的退化将极大的影响到此项生态系统服务功能的发挥。

2.2 物质生产功能价值

提供生态系统产品的功能用直接市场价值法进行评价。仙女湖水生态系统提供的物质产品主要是鱼类^[13], 包括鲢鳙鱼、罗非鱼、鲤鱼、草鱼、鲮鱼等, 并参照当地鲫鱼价格作为渔业价格, 12 元/kg 进行。仙女湖鱼产品的产量及其功能价值见表 2。可以看出, 自 1999 年以来, 仙女湖水生态系统提供的物质生产功能价值稳步提高, 其中 2004 年是 1999 年的 1.58 倍。可见, 在仙女湖水生态系统的退化过程中, 其物质生产功能价值反而加强。

表 2 物质生产功能价值
Table 2 Value of material production

年份 Year	鲢鳙鱼 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> & <i>Aristichthys nobilis</i> (kg)	罗非鱼 <i>Tilapia mossambica Peters</i> (kg)	鲤鱼 <i>Cyprinus carpio</i> (kg)	鲮鱼 <i>Cirrhina molitorella</i> (kg)	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> (kg)	合计 Total (kg)	价值 (元) Value (Yuan)
1999	2500	2200	3500	800	3700	12700	152400
2000	3200	3100	3200	500	3500	13500	162000
2001	6000	5300	1200	600	2800	15900	190800
2002	7900	7000	1500	800	1200	18400	220800
2003	8300	8900	1200	500	700	19600	235200
2004	8800	10000	500	300	500	20100	241200

2.3 水资源调节功能价值

调节水分功能和水库的作用非常相似。所以利用影子工程法进行计算,根据库容和水库蓄水成本 0.67 元/m³ 计算这项功能的价值^[13]。由于近年来,仙女湖的蓄水功能基本上没有发生变化,因此其此项功能价值也基本保持不变,见表 3。

2.4 水质净化功能价值

净化功能主要是通过生物净化来实现的,过剩的营养物质和部分污染物质在水生生物体内累积、富集、转化为生物自身组织从而从湖泊水体中去除。其水质净化功能价值包括鱼类和水生植物去除营养盐之和。单位污染物净化价值以总氮 1.5 元/kg,总磷 2.5 元/kg 计。仙女湖几种主要水生植被总氮、总磷的平均含量作为去除总氮、总磷的数量,见表 4。

表 3 水资源调节功能价值

Table 3 Value of water regulation

年份 Year	库容 Volume (m ³)	水资源调节价值 (元) Value of water regulation (Yuan)
1999	312400000	209308000
2000	312400000	209308000
2001	312400000	209308000
2002	312400000	209308000
2003	312400000	209308000
2004	312400000	209308000

表 4 几种常见水生植物的氮、磷含量

Table 4 Nitrogen and phosphorus content in some aquatic vegetation

植被种类 Vegetation type	总氮 (%) Total nitrogen	总磷 (%) Total phosphorus
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	2.013	0.221
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	2.342	0.309
鹿齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	2.373	0.481
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	2.209	0.234
微齿眼子菜 <i>Potamogeton maackianus</i>	2.506	0.293
金鱼藻 <i>Ceratophyllum oryzetorum</i>	2.526	0.222
狐尾藻 <i>Myriophyllum</i>	1.866	0.209
平均 Average	2.262	0.281

根据仙女湖主要植被现存生物量干重和水生植被氮、磷的平均含量求得水生植物去除营养盐的净化价值,鱼类含水率平均为 77%,鱼类(干重)氮的含量 11.44%,磷的含量 0.98%^[14],据此可得出因鱼类捕捞而去除氮、磷的净化价值,见表 5。

表 5 水质净化功能价值

Table 5 Value of water purification

年份 Year	水生植被 Hydrophyte		鱼类 Fish		合计 (元) Total (Yuan)
	净化总氮价值 (元) Value of purification of TN (Yuan)	净化总磷价值 (元) Value of purification of TP (Yuan)	去除总氮价值 (元) Value of purification of TN (Yuan)	去除总磷价值 (元) Value of purification of TP (Yuan)	
1999	9038	1871	499	72	11480
2000	5246	1086	531	76	6939
2001	2717	563	625	90	3995
2002	763	158	724	104	1749
2003	65	13	771	110	959
2004	—	—	791	113	904

— 表示很少,近乎为零 the value is very little, almost zero

由表 5 可以看出,近年来,由于水生植被的大幅减少,仙女湖水生态系统中水生植被的水质净化功能价值也呈迅速下降趋势,近年来,由于鱼类产量的不断提高,通过鱼类捕捞,除去的总氮、总磷价值也不断升高,但对于仙女湖水生态系统总体的净化价值却不断降低。到 2004 年,水质净化价值仅相当于 1999 年的 7.9%。

2.5 生物栖息地功能价值

各种水体与湿地是最重要的野生生物的栖息地或避难所。肇庆星湖湖面候鸟种类较多,其中国家一级保护鸟类有:丹顶鹤、东方白鹳,国家二级保护鸟类有:白枕鹤、蓑羽鹤、火烈鸟、瘤鹳、白面鹭、苍鹭、灰冠鹤、鸳鸯、绿头鸭、夜鹭、绿翅小水鸭、尖羽树鸭、鸬鹚、南美鹭、牛背鹭、纵纹腹小号鸟等。栖息地功能是指生态系统为野生动物提供栖息、繁衍、迁徙、越冬场所的功能。然而由于缺少对肇庆星湖水生态系统栖息地功能的系统

研究,因此,采用美国生态学家 Costanza^[6]的研究成果,即这一服务功能的年生态效益是 439 美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$) (以 100 美元兑换人民币 827.7 元)。因此,仙女湖生物栖息地功能价值评价 = $142\text{hm}^2 \times 439 \text{ 美元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}) \times 827.7 \text{ 元}/100 \text{ 美元} = 515972 \text{ 元}/\text{a}$ 。

3 讨论

仙女湖 10a 前水草茂盛,水清见底,但近年来,水体透明度降低,水质逐步恶化,水生植被退化严重,趋于衰竭,仙女湖已由草型湖泊退化成藻型湖泊。通过上述对仙女湖水生态系统退化过程中的生态服务功能价值的自然资产价值部分的变化可以看出,仙女湖水生态系统退化过程中,其固定 CO_2 、释放 O_2 等大气调节功能以及去除总氮、总磷等水质净化价值大幅度降低,但其水资源调节价值却保持不变;另外,其物质生产价值反而提高。因此,水生态系统退化,导致水生态系统服务功能的降低,指的是水生态系统的部分服务项目的功能价值降低,而并非生态系统各项生态系统服务功能价值都降低,有些项目的生态系统服务可能会保持不变,甚至升高。因为生态系统具有多种功能和价值,然而不同的生态系统其各项功能价值存在很大差异^[15,16]。如水资源调节是湖泊生态系统的最主要功能,占总服务价值的 89%^[6];水质净化是湿地的主要生态服务功能之一^[17,18],典型的河口盐沼和红树林湿地,其环境净化价值约占该类型湿地生态服务价值的 67%^[6];池塘、农田生态系统的主要服务功能是物质生产等。该研究给退化生态系统的修复带来很大启示,即在退化生态系统的修复过程中要针对性的进行修复,提高生态系统的服务功能价值,而并非生态系统的各项服务价值均需提高,有些项目的服务价值可以不变,甚至降低。

研究中发现仙女湖水生态系统服务功能价值演变评估中,由于水生植被的退化,导致其固定 CO_2 、释放 O_2 等大气调节功能以及去除总氮、总磷等水质净化价值等价值的迅速降低,虽然这些服务功能价值与湖泊的主要服务功能价值即水资源调节价之相比,所占比重并不大,但是湖泊水生态系统退化,水生植被的消失和水环境的恶化,必定会影响水生态系统其它各项服务功能的发挥,包括生物栖息地的功能价值,最终导致整个生态系统服务功能价值下降,即较小价值所对应的服务决定了整个水生态系统的稳定性,这无疑是值得关注的问题^[19]。因为大型水生植被是草型湖泊生态系统中的主要初级生产者,在湖泊中具有重要的调控作用,对湖泊水生态系统的结构和功能具有决定性的影响。其中挺水植物能给许多其它生物提供生境,包括鸟类,增加生态系统的稳定性和多样性,根系发达,能够通过根系将氧气从上部输送至根部,在根区附近形成好氧—兼氧—厌氧的环境,改善沉积物氧化还原条件,促进有机物质的分解和硝化细菌的生长,使得氧化还原反应在这一区域得以顺利进行,从而达到去除水中氮、磷及其他污染物的目的;生长过程中能够直接从水体和底泥中吸收氮、磷等营养盐;另外,挺水植物能够固定沉积物,减少沉积物再悬浮,减少氮、磷等营养盐的释放,增加水体的净化能力等;同挺水植物类似,浮水植物除了可以增加水生态系统的自净能力,控制浮游植物的生长,能有效的吸收并富集水体中的氮、磷等营养盐,为具有净化作用的附着生物提供栖息场所,同时也可以给其他生物提供栖息、繁殖的场所和条件等,影响着生态系统物质循环过程和速度。而沉水植物不仅对湖泊湿地氮、磷等营养盐有较高的净化率,还可以固定沉积物,吸收底泥中的氮、磷营养盐,稳定沉积物,为具有净化作用的附着生物包括螺类,提供栖息场所,同时也可以给浮游动物提供栖息、繁殖的场所从而增强生态系统对浮游植物的控制和系统的自净能力。另外,水生植被在生长期具有从水中和底质中吸收和富集营养盐的能力,它们与藻类争夺养分、阳光等资源,抑制藻类的蔓延。因此,在“草型湖泊”转变成“藻型湖泊”过程中,大型水生植被的消失会带来一系列的生态问题^[20]。

本次对仙女湖水生态系统服务功能的价值演变进行的测算,做了一些探索性工作,反映的仅是自然资本的最低价值,是一种初步的科学估算,对仙女湖水生态系统以及城市湖泊水生态系统的服务功能研究,在指标的选取、定量化评价等方面还有待进一步深入、完善。

References :

- [1] Serafy S. Pricing the Invaluable :The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Ecological Economics* ,1998 25 (1) 25 —27.
- [2] Daily GC ,Soderquist T ,Aniyar S *et al.* The value of nature and the nature of value. *Science* ,2000 289 395 —396.

- [3] Westman W. How much are nature's services worth? *Science*, 1997, 197: 960—964.
- [4] Xie G D, Lu C X, Cheng S K. Progress in evaluating the global ecosystem services. *Resource Science* 2001, 23 (6): 5—9.
- [5] Daily G C. *Nature services: societal dependence on natural ecosystem*. Washington D C: Island Press, 1977.
- [6] Costanza R, d'Arge R, de Groot R *et al.* The value of the world's ecosystem and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253—26.
- [7] Ou Y Z Y, Zhao T Q, Wang X K, *et al.* Ecosystem services analyses and valuation of China terrestrial surface water system. *Acta Ecologica Sinica* 2004, 24 (10): 2091—2099.
- [8] Cui L J. Evaluation on functions of Poyang Lake ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23 (4): 47—51.
- [9] Zhao T Q, Ou Y Z Y, Wang X K, *et al.* Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China. *Journal of Natural Resources* 2003, 18 (4): 443—452.
- [10] Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Valuation of ecosystem services and natural capital. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (11): 1918—1926.
- [11] Pan W B, Tang T, Deng H B *et al.* Lake ecosystem services and their ecological valuation — a case study of Bao an Lake in Hubei Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13 (10): 1315—1318.
- [12] Wang W, Lu J J. Ecosystem services and their value of Sanyang Wetland. *Acta Ecologica Sinica* 2005, 25 (3): 404—407.
- [13] Chen X N, Guo Y J. Succession of aquatic vegetation in lake Xiannv of lake Xinghu, Zhaoqing city, Guangdong province. *Journal of Lake Science*. 2005, 17 (4): 334—339.
- [14] You W H. Studies on the nutrients cycle of Dianshan Lake. *China Environmental Science*, 1997, 17 (4): 293—296.
- [15] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem Services in Urban Areas. *Ecological Economics*, 1999, 29 (2): 293—301.
- [16] Ehrenfeld J G. Evaluating wetlands within an urban context. *Ecological Engineering*, 2000, 15 (3-4): 253—265.
- [17] Zhang T H, Chen L D, Pu B D B *et al.* Evaluation of Lahu Wetland ecosystem services in Lhasa, Tibe. *Acta Ecologica Sinica* 2005, 25 (12): 3176—3180.
- [18] Xin K, Xiao D N. Wetland Ecosystem Service Valuation: A Case Researches on Pan jin Area. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (8): 1345—1349.
- [19] Cai Q H, Tang T, Deng H B. Discussion on freshwater ecosystem service and its evaluation index system. *Chinese Journal of applied ecology*, 2003, 14 (1): 135—138.
- [20] Brouwer E, Bobbink R. Restoration of aquatic macrophyte vegetation on acidified and eutrophied softwater lakes and overview. *Aquatic Botany*, 2002, 73: 405—431.

参考文献:

- [4] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展. *资源科学* 2001, 23 (6): 5—9.
- [7] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价. *生态学报* 2004, 24 (10): 2091—2099.
- [8] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. *生态学杂志* 2004, 23 (4): 47—51.
- [9] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评估. *自然资源学报* 2003, 18 (4): 443—452.
- [10] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估. *生态学报* 2001, 21 (11): 1918—1926.
- [11] 潘文斌, 唐涛, 邓红兵, 等. 湖泊生态系统服务功能评估初探——以湖北保安湖为例. *应用生态学报* 2002, 13 (10): 1315—1318.
- [12] 王伟, 陆健健. 三垌湿地生态系统服务功能及其价值. *生态学报* 2005, 25 (3): 404—407.
- [13] 陈学年, 郭玉娟. 广东肇庆星庐仙女湖区水生植被的演变. *湖泊科学* 2005, 17 (4): 334—339.
- [14] 由文辉. 淀山湖水生态系统的物质循环. *中国环境科学* 1997, 17 (4): 293—296.
- [17] 张天华, 陈利顶, 普布丹巴, 等. 西藏拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值估算. *生态学报* 2005, 25 (12): 3176—3180.
- [18] 辛琨, 肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务功能价值估算. *生态学报* 2002, 22 (8): 1345—1349.
- [19] 蔡庆华, 唐涛, 邓红兵. 淡水生态系统服务及其评价指标体系的探讨. *应用生态学报*, 2003, 14 (1): 135—138.

2005 年度总被引频次较高的 20 种期刊 (1652 种期刊)*

(源于 2006 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation
1	科学通报	5828	11	电力系统自动化	3345
2	中国电机工程学报	5731	12	中国实用护理杂志	3323
3	应用生态学报	5270	13	中华外科杂志	3222
4	生态学报	5233	14	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3134
5	物理学报	5090	15	分析化学	3085
6	中华护理杂志	4411	16	中华医院感染学杂志	3045
7	高等学校化学学报	4063	17	中国现代医学杂志	2994
8	中国临床康复	3929	18	中华放射学杂志	2975
9	中华医学杂志	3792	19	中华儿科杂志	2909
10	中草药	3696	20	中国农业科学	2835

★ 《生态学报》2005 年在扩刊版的 6009 种期刊排序中影响因子 **1.982** 位居生物学科第 **1** ;总被引频次 **6367** 次位居生物学科第 **1** 2002、2003、2004、2005、2006 年连续 5 届入围中国百种杰出学术期刊

本期责任编辑 **Responsible Editors** 尹玲 YIN Ling 孔红梅 KONG Hong-Mei 刘天星 LIU Tian-Xing

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(月刊 1981 年 3 月创刊)

第 27 卷 第 6 期 (2007 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Monthly Started in 1981)

Vol. 27 No. 6 2007

编辑 《生态学报》编辑部
地址 北京海淀区双清路 18 号
邮政编码 100085
电话 : (010) 62941099
www. ecologica. cn
Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
Shengtaixuebao@ sina. com

主编 冯宗炜
主管 中国科学技术协会
主办 中国生态学会
地址 北京海淀区双清路 18 号
邮政编码 100085

出版 科学出版社
地址 北京东黄城根北街 16 号
邮政编码 100717

印刷 北京北林印刷厂
发行 科学出版社
地址 东黄城根北街 16 号
邮政编码 100717
电话 : (010) 64034563
E-mail journal@ cspg. net

订购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址 北京 399 信箱
邮政编码 100044

广告经营 京海工商广字第 8083 号 (1-1)
许可证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add 18 Shuangqing Street Haidian Beijing 100085 China
Tel : (010) 62941099
www. ecologica. cn
Shengtaixuebao@ mail. rcees. ac. cn
Shengtaixuebao@ sina. com

Editor-in-chief FENG Zong-Wei

Sponsored by Ecological Society of China
Add 18 Shuangqing Street Haidian Beijing 100085 China

Published by Science Press
Add 16 Donghuangchenggen North Street ,
Beijing 100717 ,China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House ,
Beijing 100083 ,China

Distributed by Science Press
Add 16 Donghuangchenggen North
Street ,Beijing 100717 ,China
Tel : (010) 64034563
E-mail journal@ cspg. net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add P. O. Box 399 Beijing 100044 ,China

