

上海地区池塘养殖生态服务价值的时空差异分析*

杨正勇 唐克勇 杨怀宇 范晓赞

(上海海洋大学经济管理学院 中国水产养殖经济研究中心 上海 201306)

摘要 池塘养殖在中国渔业生产体系中占有重要的位置,它具有食物供给、空气(气温)调节、文化休憩服务等多重生态服务价值,同时也会对环境造成一定的负面影响,即存在环境成本。为进一步厘清池塘养殖生态服务价值的变化规律,本文基于前期研究成果,在构建池塘养殖生态服务价值评估体系的基础上,采用市场价值法(MVM)、旅行成本法(TCM)、条件价值评估法(CVM)、影子工程法(SEM)等方法对上海嘉定、青浦、奉贤地区的池塘养殖生态服务价值进行了系统评估,并分析了池塘养殖生态服务价值的时空分布差异,对因地制宜促进池塘养殖产业的发展提出了建议。结果表明:1)2011年,嘉定、青浦、奉贤3区的池塘养殖生态服务价值分别为0.8228亿元、8.4628亿元和15.5884亿元,相当于各区池塘养殖产业经济价值的2.69倍、1.94倍和2.17倍,约合94.08万元·hm⁻²、20.00万元·hm⁻²和32.73万元·hm⁻²,池塘养殖生态服务价值巨大且时空分布差异明显;2)嘉定、青浦、奉贤未实现的池塘养殖生态服务价值是各区池塘养殖食物供给净价值的5.46倍、1.23倍、0.46倍,具有巨大的潜在生态经济效益;3)受养殖经济效率时间变化的影响,2010—2011年研究区常规鱼类养殖规模大幅减少,青虾、南美白对虾逐渐成为主要的养殖品种;4)池塘养殖生态服务价值时间分布集中且波动明显,大部分服务价值集中于第3季度,其中文化休憩服务价值主要集中于4—9月,空气调节价值主要集中于7—12月,而气温调控价值集中于5—9月;5)养殖规模对生态服务价值的时空分布具有重要影响,池塘养殖生态服务价值整体服从规模效应,但不同类型的生态服务价值的时间分布规律并不统一。养殖经营者应积极调整池塘养殖经营战略,大力发展休闲渔业,提高池塘生态服务价值的实现化程度,政府需要制定并执行必要的生态补偿政策。

关键词 上海地区 池塘养殖 生态服务价值 时空差异 产业调整 经济效益

中图分类号: F326.4; F307; S9-9; X22 **文献标识码**: A **文章编号**: 1671-3990(2013)02-0217-10

Spatial-temporal variations in eco-service values of pond aquaculture in Shanghai

YANG Zheng-Yong, TANG Ke-Yong, YANG Huai-Yu, FAN Xiao-Yun

(College of Economics and Management, Shanghai Ocean University; Aquaculture Economic Research Center of China, Shanghai 201306, China)

Abstract Pond aquaculture was a critical fishery production system in China. At present, eco-service value research focused on the positive aspects while negative service values (e.g., environmental cost) were neglected. Pond aquaculture performed multiple functions, including aquatic product supply, air conditioning and temperature adjustment, culture recreation services, etc. At the same time, this system can also bring forth environmental costs. For further clarification of changes in eco-service values and to realize sustainable development of pond aquaculture, this paper established a comprehensive eco-service value evaluation system. On this basis, eco-service values and their the spatial-temporal variations in pond aquaculture eco-service values in Shanghai (including Jiading, Qingpu and Fengxian Districts) were estimated by Market Valuation Method (MVM), Travel Cost Method (TCM), Contingent Valuation Method (CVM) and Shadow Engineering Method (SEM). The main results of the paper were summarized as follows: 1) The total values of pond aquaculture eco-service in Jiading, Qingpu and Fengxian Districts were approximately 8.228×10^7 Yuan·a⁻¹, 8.4628×10^8 Yuan·a⁻¹ and 1.55884×10^9 Yuan·a⁻¹, respectively. This respectively amounted to 9.408×10^5

* 国家自然科学基金项目(70973075)和上海市教育委员会科研创新项目(09ZZ169)资助

杨正勇(1969—),男,教授,博士生导师,主要从事渔业经济、自然资源和环境经济等研究。E-mail: zyyang@shou.edu.cn

收稿日期: 2012-07-23 接受日期: 2012-09-20

Yuan·hm⁻²·a⁻¹, 2.000×10⁵ yuan·hm⁻²·a⁻¹ and 3.273×10⁵ yuan·hm⁻²·a⁻¹; which were 2.69, 1.94 and 2.17 times of pond aquaculture economic values in 2011. This showed that significant differences existed among the spatial-temporal variations in pond aquaculture. 2) Pond aquaculture eco-service values were high, but this huge potential values were not optimally exploited. Unrealized eco-service values were respectively about 5.46, 1.23 and 0.46 times of net food supply values in the Jiading, Qingpu and Fengxian Districts. 3) Driven by temporal variations in economic efficiency, pond aquaculture varieties were adjusted from 2010 to 2011. Conventional fish aquaculture reduced significantly while freshwater shrimp and *Penaeus vannamei* became the main aquaculture species in the studied districts. 4) There was significant difference and fluctuation in temporal variations in eco-service values due to different spatial distributions among eco-services. Recreation culture service value was highest from April to September, air conditioning value highest from July to December and temperature adjustment value highest from May to September. 5) Pond scales had significant impact on spatial-temporal variations in eco-service values. Pond aquaculture eco-service value was subjected to scale economy. Spatial-temporal distributions of different types of eco-service values were dissimilar and no clear general mechanism was noted. It was necessary to adjust and optimize management strategies of pond aquaculture based on the eco-service value distributions and to develop recreational fisheries to improve eco-service values. It is important for government to develop and implement necessary ecological compensation policy to achieve environmental equity and sustainable development.

Key words Shanghai, Pond aquaculture, Eco-service value, Spatial-temporal variation, Industrial adjustment, Economic efficiency (Received Jul. 23, 2012; accepted Sep. 20, 2012)

池塘养殖(本文指淡水池塘养殖)在中国渔业生产体系中占有重要的位置。据中国渔业统计年鉴(2011)资料^[1]显示, 2010 年中国池塘养殖面积约为 2.38×10⁶ hm², 约占淡水养殖总面积的 42.71%; 池塘养殖产量为 1 647.72 万 t, 分别占同期全国淡水养殖总产量和全国水产品总产量的 70.22%和 30.67%。作为生态农业的组成部分, 池塘养殖不仅能够提供丰富的渔产品供给, 促进农村经济发展和缓解就业压力, 还具有气温调节、空气质量调节、文化休憩服务等多重生态服务功能(eco-service)和价值, 同时也容易对农(渔)业生产、食品安全、生态环境等产生负面影响, 带来相应的环境成本^[2-3]。

生态服务价值(ecol-service value)的研究在近年来取得了长足的发展。在 Costanza 等^[4]、Daily 等^[5]将生态系统服务价值划分为 17 大类的基础上, David^[6]、Dale 和 Polasky^[7]、Burkhard 等^[8]对生态系统食物供给价值、调控价值、文化休憩价值等进行了深入研究, 细化了生态系统服务价值的研究范畴。2002 年联合国千年生态系统评估项目从不同尺度评估了生态系统服务功能变化对人类福利的影响, Holmes 等^[9]、Swift 等^[10]、Yue 等^[11]对生态系统服务功能价值的多维度探讨, 成为该领域的新兴研究热点。国内方面, 20 世纪 90 年代末期, 随着国外理论的引入, 中国关于生态系统服务价值的研究得以迅速发展, 欧阳志云等^[12]、肖玉等^[13]、李文华等^[14]在林地、草地、农业生态系统服务研究等方面都取得了丰富的成果, 推动了生态系统服务价值研究在国内的快速传播和发展。张宏锋等^[15]指出, 生态系统服务功能的形成依赖于一定的空间和时间尺度上的生态系统结构与过程, 只有在特定的时空尺度上

才能表现其显著的主导作用和效果。在此基础上, 张彩霞等^[16]、顾芴等^[17]、张明阳等^[18]、郭玲霞等^[19]评估了不同省、市生态足迹的时空维度变化情况, 显示了生态服务价值在空间、时间维度方面存在比较显著的差异性。池塘养殖作为一种半独立半封闭、人工干涉明显的农业生产方式, 其生态服务价值的实现依赖于人类的管理活动和时空条件的变化, 不同的时间、空间变化会影响池塘养殖生态服务价值的强度。长期以来, 水产(池塘)养殖生态服务价值的研究比较缺乏, 仅有少量的学者对其展开过初步的研究^[20-22], 且目前的研究多以静态的价值分析为主, 未有效区分潜在的与实际表达的生态服务价值, 关于池塘养殖生态服务价值时空变化的研究更少见报道。基于这种观察, 笔者通过构建池塘生态服务价值评估体系, 并结合前期的研究结果, 进一步探讨了时间维度对池塘养殖生态服务价值的影响。这一研究将有助于厘清池塘养殖生态服务价值不同时间的变化趋势, 全面揭示池塘养殖业对社会发展的贡献, 因地制宜地调整养殖经营策略, 促进生态与水产养殖经济的和谐、可持续发展, 同时也可为其他类型生态系统服务价值的评估提供参考。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

本研究区域主要为上海市嘉定区、青浦区及奉贤区。3 区分别位于上海市的北、西、南方向, 行政面积共 1 836.39 km²。根据上海水产办公室统计资料显示, 2011 年 3 区淡水池塘养殖总面积、总产量分别为 7 471.73 hm² 和 48 419 t, 分别占上海同期总水平的 35.52%和 31.00%, 是上海淡水渔产品的主要来源

地。调查发现，研究区以常规鱼类(青草鲢鳙鱼、鲫鱼、鲤鱼)、南美白对虾(白对虾)和青虾为主要养殖品种，因此本研究以常规鱼、白对虾、青虾这 3 种池塘养殖类型为主要研究对象。

1.2 池塘养殖生态系统服务价值界定

参考欧阳志云等^[23]、赵军等^[24]对河流、草地生态系统服务价值及前期的研究成果，本文所述的池塘养殖生态服务功能和价值主要包括食物供给、空气调节、气温调节、文化休憩服务和环境成本，在估算池塘空气调节价值过程中，暂未考虑池塘内部生态碳氧循环的影响，同时限于资金和技术原因，暂未考虑池塘养殖生物多样性的服务价值。

1.3 研究数据来源和评估方法

研究数据主要来源于课题组对研究区样本池塘的长期定点实测、问卷调研，以及通过政府部门获取的统计数据等资料等。数据采集方法以定量观测和实证调研为主。在研究区域共选择 27 个池塘作为长期定点跟踪样本点，2011 年每月进行跟踪观测，采集样本池塘的气温、叶绿素 a 含量等数据。同时，采用随机抽样法对池塘养殖的文化休憩服务价值、环境成本等展开实证问卷调研，调研对象包括渔

民、市民、政府、企业等，基本涵盖了池塘养殖生态服务价值的利益相关方。

目前，生态环境服务价值的研究方法主要有市场价值法(Market Valuation Method, MVM)、旅行成本法(Travel Cost Method, TCM)、条件价值评估法(Contingent Valuation Method, CVM)、机会成本法(Opportunity Cost Approach, OCP)、影子工程法(Shadow Engineering Method, SEM)等。李晟等^[2,25]、杨怀宇等^[22,26]采用上述方法对上海青浦地区的池塘养殖生态服务价值进行了实证研究，结果表明，这些方法在池塘养殖生态服务价值评估方面的应用是有效的。据此，本研究将基本沿用这些评估方法和模型(表 1)，并做适当调整，在此不再赘述。同时，对不同类型的生态服务价值分析采用了不同的时间尺度，其中：受养殖生产周期影响，池塘养殖食物供给净价值、环境成本研究以年度为时间尺度；而根据上海相关部门统计信息采集规律，池塘养殖文化休憩服务价值的时间维度研究主要以季度为准；气温调节价值及空气调节价值则采用了以月份为单位的小时间尺度，以更加准确地反映气象变化对这些类型服务价值变化的影响。

表 1 池塘养殖生态服务价值分类及评估方法
Table 1 Pond aquaculture ecological service value classification and appraisal methods

服务价值类型 Eco-service classification	评估方法 Appraisal method	原理及模型 Principle and model
食物供给净价值 Net food supply value	市场价值法 Market Valuation Method	以池塘养殖提供的渔产品为估算标准，其价值通过市场直接交易得以实现： $TV_g = \sum m_n \times p_n - C$ 式中， TV_g 为食物供给的市场价值(元)， m_n 为某产品的产量(kg)， p_n 为该产品的价格(元·kg ⁻¹)， C 为养殖总投入成本。
空气调节价值 Air condition value	影子工程法(造林法和碳税法) ^[22,26] Shadow Engineering Method ^[22,26]	通过置换池塘光合作用固碳释氧价值和工业制氧、造林成本，估算空气质量调节价值： $V_{O_2} = 0.5(C_p + C_{f-O_2}) \times M_O$ $V_{CO_2} = 0.5(C_i + C_{f-CO_2}) \times M_C$ 式中， V_{O_2} 为池塘释氧经济价值(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)， C_p 为工业 O ₂ 价格(0.4 元·kg ⁻¹)， C_{f-O_2} 为释氧造林成本(0.352 9 元·kg ⁻¹)， M_O 为单位水域释氧量(kg)， V_{CO_2} 为固碳经济价值(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)， C_i 为碳交易价格(0.123 元·kg ⁻¹)， C_{f-O_2} 为固碳造林成本(0.260 9 元·kg ⁻¹)， M_C 为固定 CO ₂ 的量。
气温调节价值 Temperature adjustment value	影子工程法 ^[26] Shadow Engineering Method	通过计算池塘水体吸收的蒸发热，用相应的能源价格来估算： $V_k = P_A \times \frac{Q_w \times L \times S}{F}$ 式中： V_k 为池塘气温调节的总价值(元)； Q_w 为单位面积池塘的蒸发量(kg·hm ⁻²)； S 为池塘面积(hm ²)； L 为水蒸汽的汽化热，即单位质量水蒸发需要吸收的热量(2 260 kJ·kg ⁻¹)； F 为标准煤释放热量 (29 270 kJ·kg ⁻¹)； P_A 为单位质量煤的价格，以 2010 年中国煤炭交易平均价格 746 元·t ⁻¹ 为准。
文化休憩价值 Culture recreation value	旅行成本法 ^[2] 和条件价值评估法 ^[3,25] Travel Cost Method and Contingent Valuation Method	$V_i = V_t + V_c + W_i$ 式中， V_i 为旅行总成本， V_t 为旅行剩余价值， V_c 为旅行花费， W_i 为旅行时间成本。文化服务价值 CVM 法同环境成本 CVM 法一致。
环境成本 Environment cost	条件价值评估法 ^[3,25] Contingent Valuation Method	$E_{WTP} = \frac{\ln(1 + e^\alpha)}{\beta}$ $V_h = E_{WTP} \times P$ 式中， α 为回归常数项， β 为支付意愿数额的回归系数， E_{WTP} 为 WTP 的数学期望(平均值)， V_h 为各研究区的池塘养殖环境成本， P 为各研究区人口数。

2 结果与分析

通过对上海青浦、嘉定、奉贤 3 区池塘养殖区的跟踪观测(2010—2011 年), 根据相关评估方法、模型, 采用 Stata 10.0 软件系统估算了上述研究区的池塘养殖生态服务价值, 并据此对上海地区池塘养殖生态服务价值分布的时间差异及影响因素进行了分析。

2.1 池塘养殖品种、面积对食物供给净价值的影响

表 2 为各研究区池塘养殖的食物供给净价值, 分析表明各研究区的池塘养殖品种存在差异。嘉定、青浦以常规鱼类为主要养殖品种, 奉贤则以白对虾养殖为主。各区不同养殖品种的食物供给净价值存在明显差异, 且年度波动幅度较大(表 3)。2010—2011 年, 3 区常规鱼养殖的食物供给净价值占食物供给总净价值的比重都大幅降低, 其中嘉定由 54% 减少至 17%, 降幅达 37%; 青浦、奉贤的降幅均为 22%。青虾养殖的食物供给净价值占食物供给总净价值的比重则同比出现较快增长, 嘉定、青浦、奉

贤 3 区 2010—2011 年分别增长 27%、17%和 41%; 而白对虾的供给净价值变化则产生了分化, 嘉定、青浦分别增长 10%和 5%, 奉贤则降低 19%。从各区池塘养殖食物供给净价值额来看, 2010—2011 年嘉定常规鱼、青虾、白对虾养殖的平均供给净价值为 123 347.78 元·hm⁻²·a⁻¹、136 452.68 元·hm⁻²·a⁻¹ 和 141 605.70 元·hm⁻²·a⁻¹。同样, 青浦、奉贤常规鱼养殖的平均供给净价值分别为 136 433.70 元·hm⁻²·a⁻¹ 和 198 905.40 元·hm⁻²·a⁻¹, 白对虾养殖的平均供给净价值分别为 57 983.33 元·hm⁻²·a⁻¹ 和 231 888.53 元·hm⁻²·a⁻¹, 青虾养殖的平均供给净价值分别为 164 742.83 元·hm⁻²·a⁻¹ 和 248 595.38 元·hm⁻²·a⁻¹。即嘉定的白对虾养殖, 青浦、奉贤的青虾养殖带来的食物供给净价值在同区内最高, 直接反映为各区养殖品种和养殖面积的调整, 也与各区不同养殖品种的食物供给净价值构成表的变化趋势保持一致。

2011 年, 嘉定、青浦、奉贤 3 区的池塘养殖面积和池塘养殖食物供给净价值与 2010 年同期相比分别

表 2 上海地区池塘养殖食物供给净价值表
Table 2 Net food supply value of pond aquaculture in Shanghai area

地区 District	养殖品种 Aquaculture variety	年份 Year	养殖面积 Pond area (hm ²)	利润率 Cost-profit ratio (%)	平均收入 Average income (Yuan·hm ⁻² ·a ⁻¹)	平均成本 Average cost (Yuan·hm ⁻² ·a ⁻¹)	平均食物供给净价值 Average net food supply value (Yuan·hm ⁻² ·a ⁻¹)	食物供给总净价值 Total net food supply value (Yuan·a ⁻¹)
嘉定 Jiading	常规鱼 Conventional fish	2010	269.53	197.48	365 322.75	206 859.15	158 463.60	4 271 094.11
		2011	258.07	79.82	212 234.10	123 977.10	88 231.95	2 277 019.34
	白对虾 <i>Penaeus vannamei</i>	2010	24.50	83.80	201 135.00	115 387.05	85 747.80	2 100 821.10
		2011	15.13	172.39	306 705.90	109 377.30	197 463.60	2 987 624.27
	青虾 Freshwater shrimp	2010	21.30	38.82	166 195.65	115 056.30	51 136.35	1 089 204.26
		2011	7.13	120.71	359 848.05	138 079.05	221 769.00	1 581 212.97
	合计 Total	2010	315.33	106.70	244 217.80	145 767.50	98 499.25	4 590 019.47
		2011	280.33	124.31	292 929.35	123 811.15	169 154.85	2 733 856.57
青浦 Qingpu	常规鱼 Conventional fish	2010	1 309.67	291.18	249 618.15	65 216.70	184 401.60	241 505 244.00
		2011	1 928.13	55.23	246 095.70	157 629.90	88 465.80	170 573 563.00
	白对虾 <i>P. vannamei</i>	2010	1 104.00	108.71	115 842.90	62 153.55	53 689.50	59 273 208.00
		2011	863.47	83.10	139 234.50	76 957.35	62 277.15	5 377 450.71
	青虾 Freshwater shrimp	2010	529.13	150.98	233 122.05	85 282.35	147 843.75	7 822 863.44
		2011	427.67	230.94	283 142.85	101 500.95	181 641.90	7 768 291.37
	合计 Total	2010	2 942.80	183.62	199 527.70	70 884.20	128 644.95	379 007 014.90
		2011	3 219.27	123.09	222 824.35	112 029.40	110 794.95	302 030 805.00
奉贤 Fengxian	常规鱼 Conventional fish	2010	136.40	127.24	442 810.05	178 753.65	264 056.55	3 601 713.42
		2011	284.33	110.31	253 786.95	120 086.70	133 754.25	38 030 345.90
	白对虾 <i>P. vannamei</i>	2010	3 269.00	150.25	426 084.75	144 575.25	281 509.50	92 025 455.50
		2011	2 964.73	157.46	306 309.45	124 042.05	182 267.55	54 037 473.50
	青虾 Freshwater shrimp	2010	776.67	166.81	163 729.65	68 368.80	95 360.70	7 406 394.87
		2011	723.07	277.90	547 075.65	145 245.75	401 830.05	29 055 154.30
	合计 Total	2010	4 182.07	148.10	344 208.15	130 565.90	213 642.25	103 033 564.00
		2011	3 972.13	181.89	369 047.35	129 791.50	239 283.95	86 895 573.70

表 3 2010—2011 年上海地区池塘养殖食物供给净价值构成
Table 3 Structure of net food supply value of pond aquaculture in Shanghai area in 2010 and 2011

地区 District	养殖品种 Aquaculture variety	占总食物供给净价值比重 Proportion to total net food supply value (%)	
		2010 年 Year 2010	2011 年 Year 2011
嘉定 Jiading	常规鱼 Conventional fish	54	17
	白对虾 <i>P. vannamei</i>	29	39
青浦 Qingpu	青虾 Freshwater shrimp	17	44
	常规鱼 Conventional fish	48	26
奉贤 Fengxian	白对虾 <i>P. vannamei</i>	14	19
	青虾 Freshwater shrimp	38	55
奉贤 Fengxian	常规鱼 Conventional fish	41	19
	白对虾 <i>P. vannamei</i>	44	25
	青虾 Freshwater shrimp	15	56

增加-11.1%和-40.44%、9.4%和-20.31%、-5.02%和-15.66%。3 区池塘养殖总面积微增 0.42%，但经济效益却大幅降低 15.07%，暂不考虑宏观经济等因素的影响外，说明池塘养殖业正由粗放养殖向精细化生产方向转变。调查发现，白对虾养殖周期短，风险高，产量高，效益高，技术含量也较高；青虾养殖周期短，风险适中，产量低，效益较高；常规鱼养殖周期长，风险低，效益较低。3 区池塘养殖品种、养殖面积的调整大致呈现由以常规鱼养殖向青虾、南美白对虾养殖为主转变的趋势，反映了养殖经营者理性人的经济本质和风险偏好的经营策略。

2.2 池塘养殖空气调节价值的时间特征

通过对嘉定、青浦、奉贤池塘养殖空气调节价值的方差分析，其 F 检验 ($F=0.14, P=0.87$) 显示 3 区池塘养殖空气调节价值的波动较大(图 1)，即 3 区池塘养殖空气调节价值具有明显的时间差异。本研究估算了 3 地区各自样本点池塘的取水河流(分别简称嘉定河、青浦河、奉贤河)的空气调节价值(评估方法同)，为便于凸显池塘养殖与普通河流水域的调控价值差异，各区河流水域的空气调节价值均为月平均值，分别为 $279.62 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{月}^{-1}$ 、 $176.33 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{月}^{-1}$ 和 $220.19 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{月}^{-1}$ 。

池塘养殖空气调节价值的核心是池塘水生、浮游植物的光合作用，叶绿素 a 的含量直接影响池塘水体光合作用功能的强弱，从而影响养殖空气调节价值的大小。而池塘水体叶绿素 a 的含量受到池塘养殖周期的影响。一般而言，池塘养殖 2—4 月份处于清塘、投苗阶段，这一阶段池塘养殖活动强度较少，池塘水体初级生产力较弱；5—11 月为池塘养殖的主要生产阶段，这一时段的投饵、喂养、施肥等管理活动增多，池塘内部生态链趋于活跃，水生植物、浮游植物等生长快速，加之气温较高，增加了池塘养殖水体的光合作用功能；12—1 月主要为池塘养

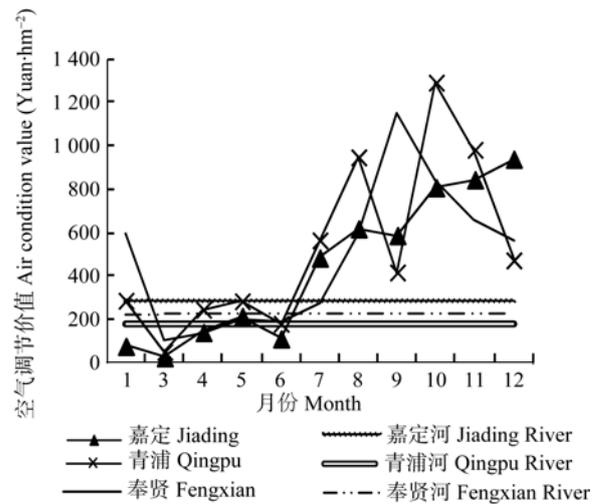


图 1 2011 年嘉定、青浦、奉贤池塘养殖空气调节价值的时间变化

Fig. 1 Temporal variation of air condition value of pond aquaculture in Jiading, Qingpu, and Fengxian of Shanghai in 2011

殖的起捕、销售阶段，养殖投入大幅减少，池塘内部活动趋于稳定(甚至消失)，相应的空气调节价值也随之降低。图 1 所示的 3 个地区池塘养殖空气调节价值的月度变化趋势，基本和池塘养殖周期保持一致。从图中易见，3 区池塘养殖空气调节价值在 1—6 月变动幅度不大，基本和各区河流水域处于相同水平，说明 1—6 月池塘养殖空气调节价值并不明显；7—12 月，各区池塘养殖空气调节价值波动明显，并且远远高于 1—6 月同地区间的池塘空气调节价值，即池塘养殖空气调节价值主要集中于 7—12 月期间。

2.3 池塘养殖气温调节价值的时间分布

由于上海本身靠海，故本文所述的气温调节价值主要是指池塘区域性的局地小气候调节价值，该价值的大小直接反映为人们对气温调节福利舒适度的满意程度。生理学家的研究表明， $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 是人类生活最适宜的外部环境。当气温高于该温度时，通过池塘水体蒸发吸热降温可使人们感觉舒适，福利增

加, 此时表现为正向的服务价值; 相反, 当气温低于该温度时, 水体蒸发吸热加剧气温的下降, 福利减少, 即池塘提供的是负价值^[22,25]。因此, 本文所计算的区域小气候调节价值是正负向价值的代数和(图 2), 嘉定、青浦、奉贤池塘养殖气温调节月平均价值(简称为嘉定平、青浦平、奉贤平)分别为 3 290.79 元·hm⁻²·月⁻¹、212.26 元·hm⁻²·月⁻¹和 2 454.68 元·hm⁻²·月⁻¹。

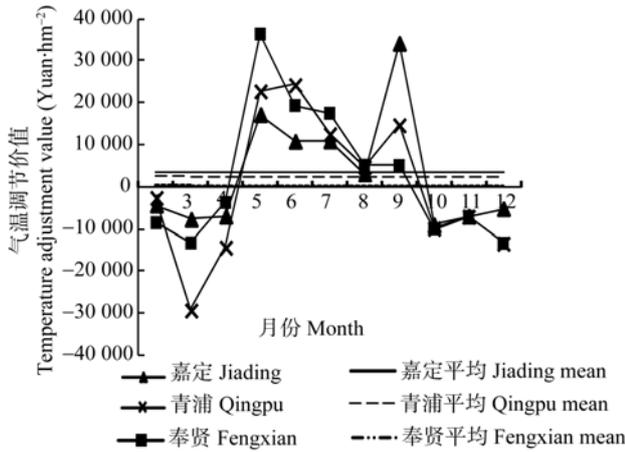


图 2 2011 年嘉定、青浦、奉贤池塘养殖气温调节价值时间变化

Fig. 2 Temporal variation of temperature adjustment value of pond aquaculture in Jiading, Qingpu, and Fengxian in 2011

3 区池塘养殖气温正向调节价值均集中于 5—9 月, 其余月份的调节价值均为负数。池塘养殖气温调节价值主要受到两方面因素的影响: (1)大气温、水温、风速、空气湿度、气压等气候环境。上海属亚热带海洋性季风气候, 四季分明, 春天温暖, 夏天炎热, 秋天凉爽, 冬天阴冷, 降雨主要集中于冬夏季节。根据样本点的长期实测数据, 嘉定、青浦、奉贤各区的池塘养殖蒸发量的月度峰值之比(高峰值/低谷值)分别达到 2.82、3.33 和 3.1, 显示各区池塘养殖月度间的气温调节功能及价值差异较大。图 2 显示, 3 区池塘养殖气温调节价值的分布大致呈现“双峰双底”形状, 高峰出现在 5 月和 9 月, 6—8 月梅雨季节期间相对平稳; 低谷出现在 3 月及 12 月左右, 基本符合上海地区的气候变化规律。(2)河流、湖泊

等水域的影响。池塘以外的其他水域同样具有气温调节价值, 并影响池塘气温调节价值的大小和表现强度, 在整体水域限定的情况下, 二者可能存在一定的负相关关系, 即河流、湖泊等水域气温调节价值越大, 则池塘养殖调节价值越小; 反之亦然。如上海最大的淡水湖泊——淀山湖在青浦的水域面积占到该湖总面积的 75.3%, 湖泊的存在可能一定程度上削弱了青浦池塘养殖的气温调节功能及其价值。

2.4 池塘养殖文化休憩价值的时间和空间变化分析

池塘养殖文化休憩价值由休憩价值和文化价值构成。本文采用 TCM 法估算池塘养殖文化休憩价值, 以 CVM 法评估文化价值(表 4)。分季度(1—3 月第 1 季度, 4—6 月第 2 季度, 7—9 月第 3 季度, 10—12 月第 4 季度)对研究区池塘养殖文化服务价值进行 TCM、CVM 问卷的实证调研, 分别估算出两种服务的价值量, 进而得到池塘养殖文化服务价值(两种服务价值的代数和)。

2.4.1 池塘休憩价值时间分布分析

在 TCM 法中, 以旅行费用、旅行剩余价值、旅行时间成本为主要指标, 对各区、各季度的池塘文化休憩价值进行了实证研究(表 5)。旅行费用是消费者在池塘娱乐休闲时直接发生的费用(包括车费、餐饮费、交通费等), 也是池塘养殖文化休憩价值中唯一直接实现的价值。嘉定、青浦、奉贤各区池塘养殖休憩价值的旅行费用主要集中于第 2、3 季度(4—9 月), 两季度实现的价值分别占到全年实现价值的 81.77%、73.51%和 84.37%, 这对适时调整池塘养殖经营策略提供了现实依据。考察旅行时间成本, 3 区池塘休憩价值的旅行时间成本变化趋势基本和旅行费用变化趋势保持一致, 即时间成本的高峰值集中于第 2、3 季度, 表明这段时间的旅行者放弃了较高的机会收入, 间接反映了选择池塘休憩旅游的人群属于较高经济收入的群体。同时, 3 区池塘休憩的旅行剩余价值基本处于高位震荡, 季节变化不明显(奉贤除外), 显示旅游者较高的休闲福利效应, 也预示池塘文化休闲产业可能具有良好的发展前景。

总体而言, 嘉定、青浦、奉贤旅游者人均池塘休憩价值的季节变化不明显(3 区池塘人均休憩价值

表 4 上海地区池塘养殖文化休憩价值及环境成本统计表
Table 4 Recreation value and environment cost of pond aquaculture in Shanghai area

项目 Item	嘉定 Jiading	青浦 Qingpu	奉贤 Fengxian
休憩价值(TCM) Recreation value	407 898.76	63 312.50	1 707.39
文化价值(CVM) Culture value	WTA	40 615.01	86 447.15
	WTP	-556 209.42	-40 377.41
文化休憩价值(TCM+WTA) Culture recreation value	837 024.27	103 927.51	88 154.54

Yuan·hm⁻²·a⁻¹

表 5 2011 年嘉定、青浦、奉贤池塘养殖休憩价值(TCM)表
Table 5 Recreation value of pond aquaculture (TCM) in Jiading, Qingpu, and Fengxian Districts in 2011

项目 Item	时间 Time	嘉定 Jiading	青浦 Qingpu	奉贤 Fengxian
旅行费用 Travel cost (Yuan-person ⁻¹)	第 1 季度 The first quarter	275.75	429.16	322.93
	第 2 季度 The second quarter	1 389.97	1 371.11	2 077.20
	第 3 季度 The third quarter	1 840.19	1 051.54	2 081.17
	第 4 季度 The fourth quarter	444.55	443.97	447.45
旅行剩余价值 Travel surplus value (Yuan-person ⁻¹)	第 1 季度 The first quarter	1 967.72	2 488.18	4 032.26
	第 2 季度 The second quarter	946.07	1 382.70	1 234.72
	第 3 季度 The third quarter	1 198.18	2 150.08	441.81
	第 4 季度 The fourth quarter	1 787.03	1 444.67	2 192.50
旅行时间成本 Travel time cost (Yuan-person ⁻¹)	第 1 季度 The first quarter	123.13	183.14	158.67
	第 2 季度 The second quarter	1 479.99	10 68.63	2 578.53
	第 3 季度 The third quarter	1 976.60	785.94	2 645.36
	第 4 季度 The fourth quarter	315.95	326.63	320.59
池塘旅游成本 Aquaculture pond recreation value (Yuan-person ⁻¹)	第 1 季度 The first quarter	2 366.60	3 100.48	4 513.86
	第 2 季度 The second quarter	3 816.03	3 822.44	5 890.45
	第 3 季度 The third quarter	5 014.98	3 987.56	5 168.34
	第 4 季度 The fourth quarter	2 547.53	2 215.27	2 960.54
	合计(年) Total (Year)	13 745.14	13 125.75	18 533.19
旅游人次 Tourism people number (2011)	第 1 季度 The first quarter	3 732	7 459	179
	第 2 季度 The second quarter	6 852	13 692	330
	第 3 季度 The third quarter	12 824	25 627	617
	第 4 季度 The fourth quarter	5 911	11 812	284
	2010 年总人次 Total number in 2010	10 190	31 220	1 380
	2011 年总人次 Total number in 2011	29 318	58 590	1 410
养殖面积 Pond area (hm ²)	年平均 Annual average	280.33	3 219.27	3 971.13

比率为 1 : 0.95 : 1.35)。但旅游人次、池塘养殖面积对 3 区单位面积池塘养殖文化休憩价值产生重要的影响。以奉贤为例, 其旅游者人均休憩价值为 3 区最高; 但 2011 年该区池塘旅游人次为 1 410, 仅相当于嘉定、青浦的 4.81%和 2.41%, 而奉贤的池塘养殖面积则是嘉定、青浦的 14.17 倍和 1.23 倍。由此估算的奉贤单位养殖面积(hm²)文化休憩价值仅相当于嘉定、青浦地区的 0.42%和 2.7%, 表明 3 区池塘休憩价值的巨大空间分布差异, 也说明旅游人次与休憩价值存在正相关, 池塘养殖面积与休憩价值存在负相关关系, 深刻反映了嘉定、青浦、奉贤 3 区池塘养殖经营理念和经济区位条件的差异性。

2.4.2 池塘文化价值空间分布分析

池塘养殖文化价值主要表现为渔业历史教育、民风民俗传承、生态环境保护等内容, 属于典型的非市场价值范畴, 本文采用了学界普遍认同的 CVM 法来评估该类价值。它是通过问卷设计和实地调研, 调查受访者对于文化服务质量恶化时的受偿意愿(willingness to accept, WTA), 以及当服务质量改善的支付意愿(willingness to pay, WTP), 推导出文化

服务质量状况变化时消费者的等效用点, 对 WTA 和 WTP 进行计量经济分析, 估算出池塘养殖文化服务的经济价值。如表 4 所示, 3 区池塘文化服务价值的 WTP 均为负数, 其经济学意义表示受访者支付相关费用的强烈抵触意愿; 而 WTA 均为正数, 则说明受访者乐意接受一定的经济补偿。遵循刘亚萍等^[27]及前期的研究结果^[3], 并结合调研实际, 本文采用 WTA 作为文化服务价值研究的评价指标。

嘉定、青浦、奉贤的池塘养殖季度文化服务人均 WTA 受偿金额为 46.99 元·人⁻¹、70.78 元·人⁻¹和 165.98 元·人⁻¹, 而考虑池塘养殖面积、人口因素的影响, 则 3 区池塘养殖单位面积的年度文化服务价值分别为 429 125.51 元·hm⁻²、40 615.01 元·hm⁻²和 86 447.15 元·hm⁻², 表明嘉定、青浦、奉贤的池塘养殖文化服务价值存在明显的分布差异。

2.5 池塘养殖面积对环境成本的影响

课题组在调研中发现, 几乎所有的受访者都表示只要把环境搞好, 不仅不需要任何补偿, 反而愿意出资支持环保。根据实际情况, 笔者选择了 WTP 作为池塘养殖环境成本的评价指标。结果(表 6)显示,

表 6 上海地区池塘养殖环境成本统计表
Table 6 Environmental costs of pond aquaculture in Shanghai area

项目 Item	嘉定 Jiading	青浦 Qingpu	奉贤 Fengxian
E_{WTP} (Yuan·hm ⁻² ·a ⁻¹)	54.92	179.74	246.49
常住户籍人口数 Population	640 000	521 794	461 851
总支付意愿额 Total WTP (Yuan·a ⁻¹)	35 148 800.00	93 787 253.56	113 841 653.00
池塘面积 Pond area (hm ²)	280.33	3 972.13	3 219.27
环境成本 Environment cost (Yuan·hm ⁻² ·a ⁻¹)	125 383.65	23 611.33	35 362.57

嘉定、青浦、奉贤环境成本的支付意愿分别为 54.92 元·人⁻¹·a⁻¹、179.74 元·人⁻¹·a⁻¹ 和 246.49 元·人⁻¹·a⁻¹，支付意愿的高低反映了各区受访者支持池塘养殖环保的意愿强度。事实上，3 区人均池塘文化服务 WTA 受偿金额顺序和环境成本 WTP 支付金额的排序是一致的，说明 3 区个体居民之间的环保意识变动不大，基本呈现嘉定<青浦<奉贤的排序。而对比单位养殖面积的养殖环境成本，上述排序则几乎颠倒，通过回归分析，3 区养殖面积、常住户籍人口数对池塘环境成本的影响因子分别达到 0.9 和 0.99，说明养殖面积、人口数对池塘环境成本的巨大影响。

2.6 池塘养殖生态服务(净)价值分析

通过对嘉定、青浦、奉贤 3 区的池塘养殖生态服务价值的分类别评估和分析，得到 3 区 2011 年池塘养殖生态服务净价值表(表 7)。表 7 表明，文化休憩价值、食物供给净价值和环境成本是构成池塘养殖生态服务价值的主体，显示了渔产品生产、休闲渔业可能是池塘养殖产业的主要组成部分和经营方向，同时也说明目前池塘养殖产生了较大的环境成本。这对如何有效引导养殖渔民从社会整体的角度出发思考成本效益问题，合理发展养殖产业，实现外部行为的经济内在化，在保证其收入持续稳定增长的同时实现产业经济与环境的协调发展提出了新的研究命题。

嘉定、青浦、奉贤池塘养殖(单位面积)的空调调节价值、气温调节价值、文化休憩价值、环境成本之和为各区池塘养殖食物供给净价值的 5.46 倍、1.23 倍和 0.46 倍；而各区池塘养殖生态服务总价值则分别为当年各区池塘养殖产业经济价值的 2.69 倍、1.94 倍和 2.17 倍，显示池塘养殖生态服务具有巨大生态效益和潜在生态经济效益[食物供给净价值和部分文化休憩价值(旅行费用)是实现的价值，其余生态价值都是潜在的、未实现的]以及明显的空间差异性。然而长期以来，水产养殖政策首先考虑的是水产品的经济效益，其他生态系统服务价值和环境成本则因为“外部性”或者未有效区分潜在的与实际表达的生态服务价值而被忽略。在池塘养殖资源的限制下，各区应根据不同类型的生态服务价值在本区的分布特点，结合自身发展条件，因地制

宜地调整、优化池塘养殖产业结构和经营理念，推动池塘养殖经济增长方式由规模经济向精细化经营转变，促进池塘养殖生态服务净价值的提高和实际经济效益的转化。

3 结论及建议

本文采用多种方法对上海嘉定、青浦、奉贤 3 区的池塘养殖生态服务价值及时间分布差异展开了实证研究。所采用的评估方法均通过了模型本身的数理检验和经济意义验证，表明这些方法的运用是有效、合理的。研究结果表明：(1)2011 年，嘉定、青浦、奉贤 3 区的池塘养殖生态服务价值巨大，分别达到 0.822 8 亿元、8.462 8 亿元和 15.588 4 亿元，是各区当年池塘养殖产业经济价值的 2.69 倍、1.94 倍和 2.17 倍，3 区池塘养殖生态服务价值整体服从于规模效应；而剔除环境成本的影响，嘉定、青浦、奉贤单位面积(hm²)的池塘养殖生态服务净价值分别为 94.08 万元、20.00 万元和 32.73 万元，说明池塘养殖生态服务价值巨大且存在明显的空间分布差异性。(2)2010—2011 年，嘉定、青浦、奉贤 3 区的池塘养殖规模微增 0.42%，但经济效益却大幅降低 15.07%，养殖经营者根据养殖经济效率的时间变化调整池塘养殖结构，常规鱼类养殖规模大幅减少，青虾、白对虾逐渐成为主要的池塘养殖品种。(3)池塘养殖空气调节价值主要集中于 7—12 月，气温调节价值集中于 5—9 月，池塘管理活动、气候变化、河流水域等对池塘空气调节及气温调控价值的大小和分布产生重要的影响。(4)嘉定、青浦、奉贤的池塘养殖文化休憩价值主要集中于第 2、3 季度(4—9 月)，旅游人次与休憩价值存在正相关，养殖面积与休憩价值存在负相关关系，3 区池塘养殖文化服务休憩价值存在明显的时间(季节)和空间分布差异。(5)嘉定、青浦、奉贤池塘养殖环境成本支付意愿分别为 54.92 Yuan·人⁻¹·a⁻¹、179.74 Yuan·人⁻¹·a⁻¹ 和 246.49 Yuan·人⁻¹·a⁻¹，池塘养殖面积、户籍人口数影响明显。(6)嘉定、青浦、奉贤未实现的生态服务价值为实现的生态服务价值的 5.46 倍、1.23 倍和 0.46 倍，说明池塘养殖生态服务具有巨大的潜在生态经济效益。

表 7 嘉定、青浦、奉贤 2011 年生态养殖生态服务(净)价值表

Table 7 Average summary (net) of pond aquaculture eco-services value in Jiading, Qingpu, and Fengxian Districts of Shanghai in 2011 Yuan·hm⁻²·a⁻¹

类别 Item	嘉定 Jiading	青浦 Qingpu	奉贤 Fengxian
食物供给价值(1) Food supply value (1)	184 401.6	110 794.95	239 283.95
空气调节价值(2) Air condition value (2)	5 302.56	6 264	5 779.68
气温调节价值(3) Temperature adjustment value (3)	39 489.48	2 547.12	29 456.16
文化休憩价值(4) Culture recreation value (4)	837 024.28	103 927.51	88 154.54
环境成本(5) Environment cost (5)	125 383.65	23 611.33	35 362.57
生态服务净价值 Net eco-service value	940 834.27	199 922.25	327 311.76
(2)+(3)+(4)+(5)/(1)	5.46	1.23	0.66
生态服务总价值 Total eco-service value (Yuan·a ⁻¹)	82 280 820.27	846 276 972.3	1 558 837 664

随着上海城乡经济一体化的发展, 郊区池塘养殖资源将进一步受到挤压和限制。在养殖资源受限的情况下, 如何促进池塘养殖业的可持续发展, 将是一个紧迫而现实的重要问题。目前, 上海池塘养殖业处于由粗放生产向精细化养殖转变的初级阶段, 转型力度不强, 易受经济波动的干扰, 迫切需要政府提供必要的支持措施, 如减免税费、支持渔业保险、养殖技术培训等。池塘养殖具有巨大的生态服务价值, 为了保护池塘经营者的生产和环保积极性, 促进池塘养殖生态服务净价值的提高和实际经济效益的转化, 一方面各级政府、企业等市场主体需要共同参与推进池塘养殖业的适时调整, 如嘉定、青浦应适当提高池塘养殖的生产经济效益, 大力创建和发展文化休闲品牌, 努力促进池塘养殖文化服务价值的实际经济效益转变; 奉贤则需要大力开发池塘休闲业, 平衡池塘养殖生产与服务产业的协调发展, 减轻池塘养殖环境压力。另一方面, 政府需要制定和实施必要的生态补偿政策。在上海建立生态补偿机制的过程中, 相关部门应当充分考虑池塘养殖生态服务价值的大小和时间、空间分布差异, 结合不同区域社会经济和生态环境的实际情况, 厘清池塘养殖生态环境产权, 综合考虑区域间的生态补偿问题。

参考文献

- [1] 农业部渔业局. 2010 年全国渔业统计情况综述[M]. 2011 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2010: 2-3, 23-31
Fisheries Bureau of Ministry of Agriculture. Review of national fisheries statistics in 2010[M]. 2011 China fisheries statistical yearbook. Beijing: China Agriculture Press, 2010: 2-3, 23-31
- [2] 李晟, 郭宗香, 杨怀宇, 等. 养殖池塘生态系统文化服务价值的评估[J]. 应用生态学报, 2009, 20(12): 3075-3083
Li S, Guo Z X, Yang H Y, et al. Evaluation of cultural service value of aquaculture pond ecosystem: A case study in a water conservation area of Shanghai[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(12): 3075-3083
- [3] 唐克勇, 杨正勇, 杨怀宇, 等. 上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究[J]. 生态学报, 2011, 32(7): 1158-1168
Tang K Y, Yang Z Y, Yang H Y, et al. Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: An empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 32(7): 1158-1168
- [4] Costanza R, D'arce R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260
- [5] Daily G C, Reicher J S, Myers J P. Nature's services: Societal dependence on Natural ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997, 1: 412
- [6] David R S. A note on the valuation of ecosystem services in production[J]. Resources for the Future, 2001, 4: 1-16
- [7] Dale V H, Polasky S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services[J]. Ecological Economics, 2007, 64(2): 286-296
- [8] Burkhard B, Kroll F, Müller F, et al. Windhorst landscapes capacities to provide ecosystem services a concept for land-cover based assessments[J]. Landscape Online, 2009, 15: 1-22
- [9] Holmes T P, Bergstrom J C, Huszar E, et al. Contingent valuation, net marginal benefits, and the scale of riparian ecosystem restoration[J]. Ecological Economics, 2004, 49(1): 19-30
- [10] Swift M J, Izac A M N, van Noordwijk M. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions?[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004, 104(1): 113-134
- [11] Yue T X, Liu J Y, Li Z Q, et al. Considerable effects of diversity indices and spatial scales on conclusions relating to ecological diversity[J]. Ecological Modelling, 2005, 188(2/4): 418-431
- [12] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应该生态学报, 1999, 10(5): 635-640
Ou-Yang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem services and their economic evaluation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(5): 635-640
- [13] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 等. 稻田气体调节功能形成机制及其累积过程[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3283-3287

- Xiao Y, Xie G D, LU C X, et al. Forming mechanisms and accumulating processes of gas regulation by rice paddy ecosystems[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3283–3287
- [14] 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): 2–8
- Li W H, Zhang B, Xie G D. Review and prospect of ecosystem service studies[J]. *Journal of Natural Science*, 2009, 24(1): 2–8
- [15] 张宏锋, 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务功能的时空尺度特[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1432–1437
- Zhang H F, Ouyang Z Y, Zheng H. Spatial scale characteristics of ecosystem services[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(9): 1432–1437
- [16] 张彩霞, 谢高地, 杨勤科, 等. 人类活动对生态系统服务价值的影响——以纸坊沟流域为例[J]. *资源科学*, 2008, 30(12): 1910–1915
- Zhang C X, Xie G D, Yang Q K, et al. Influence of human activities on the value of ecosystem services: Case study of Zhifangou Watershed [J]. *Resources Science*, 2008, 30(12): 1910–1915
- [17] 顾蓼, 周生路, 张红富, 等. 南京市生态系统服务价值时间变化及区域差异分析[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(3): 497–502
- Gu X, Zhou S L, Zhang H F, et al. Temporal variation and regional differences of ecosystem service value of Nanjing City[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(3): 497–502
- [18] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 喀斯特生态系统服务价值时空分异及其与环境因子的关系[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(1): 189–197
- Zhang M Y, Wang K L, Liu H Y, et al. Spatio-temporal variation of karst ecosystem service value and its correlation with ambient environmental factors[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(1): 189–197
- [19] 郭玲霞, 黄朝禧. “两型社会”城市生态足迹时间维变化及驱动研究——以武汉市为例[J]. *农业现代化研究*, 2011, 32(2): 217–221
- Guo L X, Huang C X. Ecological footprint time series and analysis on driving forces in “Two-Oriented Society” city—Taking Wuhan as an example[J]. *Research Of Agricultural Modernization*, 2011, 32(2): 217–221
- [20] Linthurst R A, Seneca E D. The effects of standing water and drainage potential on the *Spartina alterniflora*-substrate complex in a North Carolina salt marsh[J]. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1980, 11(1): 41–52
- [21] 王春晓, 杨怀宇, 杨正勇. 淡水养殖系统环境损害成本的条件价值评估——以淀山湖水源保护区为例[J]. *中国渔业经济*, 2010, 28(2): 92–98
- Wang C X, Yang H Y, Yang Z Y. Contingent valuation of the environmental damage costs of freshwater aquaculture ecosystem—A case study in Dianshan Lake water conservative area[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2010, 28(2): 92–98
- [22] 杨怀宇, 李晟, 杨正勇. 池塘养殖生态系统服务价值评估——以上海市青浦区常规鱼类养殖为例[J]. *资源科学*, 2011, 33(3): 575–581
- Yang H Y, Li S, Yang Z Y. Evaluation of ecosystem service value of pond aquaculture—A case study of conventional fish culture in Qingpu District of Shanghai[J]. *Resources Science*, 2011, 33(3): 575–581
- [23] 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[J]. *生态学报*, 2004, 24(10): 2092–2099
- Ou-Yang Z Y, Zhao T Q, Wang X K, et al. Ecosystem services analyses and valuation of China terrestrial surface water system[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2092–2099
- [24] 赵军, 韦莉, 陈姗. 石羊河流域上游生态系统服务价值的变化研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(1): 37–40
- Zhao J, Wei L, Chen S. Study of change in the ecosystem service value of the upper reach of Shiyang River Basin [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(1): 37–40
- [25] 李晟, 郭宗香, 杨怀宇, 等. 养殖池塘小气候调节生态服务价值的实证研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(4): 432–437
- Li S, Guo Z X, Yang H Y, et al. Study on the ecosystem service value of micro-climate regulation service of pond aquaculture system[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(4): 432–437
- [26] 杨怀宇, 王春晓, 郭宗香, 等. 池塘养殖生态系统空气调节生态服务价值的实证研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(5): 432–438
- Yang H Y, Wang C X, Guo Z X, et al. Study on the value of gas regulation service of pond aquaculture ecosystem[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(5): 432–438
- [27] 刘亚萍, 刘罡, 陈训, 等. 运用 WTP 值与 WTA 值对游憩资源非使用价值的货币估价——以黄果树风景区为例进行实证分析[J]. *资源科学*, 2008, 30(3): 432–437
- Liu Y P, Li G, Chen X, et al. Monetary valuation of the non-use value of recreational resources in Huangguoshu scenical resort based on WTP and WTA methods[J]. *Resources Science*, 2008, 30(3): 432–437