

长江口生态系统服务功能的价值评估^{*}

张林静¹, 钟太洋², 张秀英¹, 江洪^{1,3}

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所 南京 210023; 2. 南京大学国土资源与旅游学系 南京 210023;

3. 浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室/浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室 杭州 311300)

摘 要: 文章运用市场价值、影子工程、碳税等方法, 并考虑环境污染等因素对长江口生态系统的服务价值进行了评估。结果表明, 2005年长江口生态系统的潜在服务价值为84.69亿元, 平均单位面积的服务价值为105万元/km²。资源功能、环境功能和人文功能分别占总服务功能的44.87%、15.06%和40.07%。考虑赤潮, 温室气体排放等因素, 生态系统服务价值降低2.09亿元, 实际生态系统服务价值为82.60亿元。因此在开发和利用过程中, 应合理地利用这一资源, 促进经济的可持续发展。

关键词: 潜在服务价值; 实际服务价值; 长江口

生态系统服务是指生态系统及其生态过程所形成并维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用, 以及对人类生存及提高生活质量有贡献的产品和功能, 包括气体调节、气候调节、水分调节、水分供给、养分循环和食物生产等17个方面^[1-2]。生态系统服务功能评价是联合国千年生态系统评估(MA)的主要内容之一, 在全球生态系统管理和可持续发展生态学中处于十分重要的地位, 也是认识生态系统与人类相互作用的基础^[3]。自美国生态学家 Costanza 等^[4]将全球生态系统服务功能进行定量评价以来, 这17项功能已成为人们进行生态服务评价的标准和参照, 为许多学者所接受^[5-7]。

近年来, 生态学家和经济学家在评价和分析生态系统服务功能价值方面做出了大量的研究工作, 分析了海洋^[8-10]、森林^[11-12]、陆地^[3,6]、湿地^[13-18]等生态系统的服务功能价值, 大大推进了海洋生态系统评估的理论、方法和实际应用, 但是对整个河口的研究的较少。河口位于河流与海洋交汇区, 也是大气圈、生物圈、岩石圈和水圈的物质和能量集散地, 其物质和能量的转换远比其他地域迅速, 是具有重大资源潜力和环境效益的生态系统^[19]。同时这些研究着重探讨生态系统提供的潜在服务价值,

没有考虑污染等因素引起的服务价值降低。实际上, 由于人类过度开发或不合理开发引起的近海环境污染问题越来越严重, 已经引起生态系统提供的某些服务退化并引起连锁反应。实际服务价值对海洋生态系统的管理和规划具有更直接的指导意义^[20]。

长江口是我国一个世界级的特大型河口, 是我国五大重点开发海域之一, 人类活动强度大, 同时该区域资源丰富, 具有多种服务功能, 因此对其生态系统服务功能及其价值的研究具有重要意义^[3,16]。本研究将以长江口为例, 定量评估研究区域提供的潜在生态服务价值和实际生态服务价值。

1 数据和方法

1.1 研究区域和数据

长江口海区为30°52'N—31°42'N之间的区域, 122°30'E以西近岸部分, 北接古黄河冲击滩、南滨杭州湾、东临东海, 离河口约60 km (122°30'E以西), 水深约20 m。上海长江口包括两部分, 即湿地部分以及除此之外的水域部分。研究区域内的长江口湿地是我国一块重要的滨海湿地, 主要包括崇明、

* 基金项目: 海洋公益性项目 (20103182131359424); 杭州师范大学开放基金 (PDKF2012YG03)。

长兴、横沙、南汇东滩、九段沙湿地，总面积约为 $2\,150\text{ km}^2$ ^[14]，此外研究区域的海域面积为 $5\,840.97\text{ km}^2$ ^[21]。本研究中所用的数据来自统计年鉴和已发表论文中的数据^[21-25]。

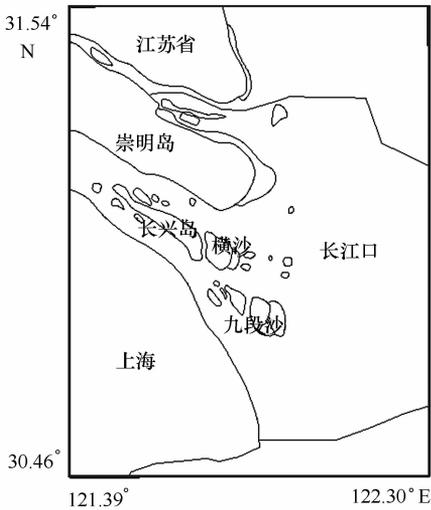


图1 长江口研究区域

1.2 长江口生态系统服务功能

参考 Costanza 等^[4]对湿地生态系统服务功能的研究结合实际情况，长江口生态系统提供的生态系统服务功能主要有：资源功能：成陆造地、物质生产（包括水产和原材料生产）等；环境功能：大气调节、蓄水、净化水体、提供栖息地等；人文功能：教学科研和旅游等。

2 长江口生态系统价值评估

根据长江口生态系统提供的主要服务功能，以2005年作为评估基准年（如果不能则采用折现的办法将其折算到2005年），用货币化的形式量化生态系统服务功能价值，主要采用市场价值法、成果参照法、替代工程法等核算价值。

2.1 资源功能

2.1.1 成陆造地功能

长江口是我国特大型淤泥质河口，长江每年从其上游带来的 4.86 亿 t 泥沙，其中 50% 左右沉积在长江口^[14]。通过市场调查了解上海市土地使用权转让价格，取2005年上海市土地使用权转让价格平均值 60 万元/hm^2 来进行估算，并选择长江口年自然造地的平均值 $2\,250\text{ hm}^2$ 作为2005年该地区的造地面积^[21]，则2005年该

区域的成陆造地价值为 13.5 亿元/a 。

2.1.2 物质生产功能

(1) 海洋捕捞。长江口沿岸地区的海洋捕捞产量达到 14.96 万 t ，其中鱼类的产量 $101\,093\text{ t}$ 、甲壳类的产量 $15\,885\text{ t}$ 、头足类 $25\,525\text{ t}$ 以及其他海产品 $7\,064\text{ t}$ ^[25]。这里认为海水捕捞产量占海水产品产量比重，与海水捕捞产值占海水产品产值的比重相同。2005年上海市水产品产量约为 35.35 万 t ，而总产值约为 51.64 亿元 ^[25]，因此推算出2005年长江口提供的近海捕捞的价值为 21.84 亿元 。

(2) 海水养殖。长江口渔场是我国著名的渔场之一，盛产多种鱼虾。2005年上海市海水养殖面积为 84 hm^2 ，海水养殖产量 740 t ，其中虾 711 t ，蟹 29 t ^[25]。长江口湿地还种植海三棱藨草和芦苇，采用养殖面积和单位产量计算其具体产值，长江口大于 3 m 高程的芦苇面积为 1.1 万 hm^2 ，芦苇的单位面积产量平均为 1.53 kg/m^2 ，海三棱藨草的单位面积产量平均为 0.55 kg/m^2 ，种植面积为 1.3 万 hm^2 ^[14]。

鱼类、虾类的价格和成本参考张朝晖等在桑沟湾2003年的调查数据^[22]，乘以2004年和2005年的价格指数（ 0.9877 和 1.0311 ）折现到2005年。蟹类价格采用青蟹的平均价格^[26]，成本找不到具体数据，通过和虾的价格类比计算。芦苇价格取一般芦苇的平均价格。因海三棱藨草主要作为饲料，价格根据农业部的调查统计，按照2005年家禽饲料的平均价格进行计算^[21]。据此，长江口生态系统的物质生产价值为 7.70 亿元 。

(3) 海洋天然产物。海洋天然产物^[27]主要表现在3个方面：药业、酶和化妆品。对于这项服务目前没有直接观测数据，采用全球的平均数据进行估算^[28-29]。2005年海洋每平方千米提供的用药服务价值为 $1\,299.48\text{ 元}$ ^[20]，则长江口生态系统提供的用药服务价值为 759 万元 ；用于提供化妆品生产的服务价值为 518.95 元/km^2 ，则长江口生态系统提供的化妆品服务价值为 303 万元 。由于为酶生产提供的化学成分主要来自深海，而长江口的海域比较浅，在本研究中这部分忽略不计。

表 1 长江口 2005 年物质生产功能价值

分类	项目	产量 /t	价格 / (元 · kg ⁻¹)	成本 / (元 · kg ⁻¹)	服务价值 (×10 ³)
海水养殖	虾类	711 ^a	25.46 ^c	16.19 ^b	6 590.97
	蟹类	29 ^a	75 ^d	47.69	791.99
其他	芦苇	168 300 ^b	0.41 ^b	—	69 003
	海三棱藨草	71 500 ^b	2.5 ^b	—	178 750
总计					255 135.96

注: a 数据来自《中国渔业统计年鉴 2005》; b 数据通过种植面积和单位面积计算得到; c 价格和成本参考张朝晖在 2003 年桑沟湾的调查数据, 经过折现到 2005 年; d 价格参考: http://www.gov.cn/banshi/2006-02/09/content_183348.htm.

综合计算, 长江口提供天然产物的服务价值为 0.106 亿元。

2.2 环境功能

2.2.1 大气组分调节功能

气体组分调节功能价值为植物固定二氧化碳价值与释放氧气价值的总和。

(1) 固定二氧化碳价值。长江口固定二氧化碳的价值主要包括植物固定二氧化碳和水体中浮游植物固定二氧化碳的价值。2005 年长江口水域叶绿素平均含量为 2.01 mg/m³[23], Ryther 等[30]通过多年研究, 并根据文献数据得

到光饱和的情况下每克叶绿素 a 每小时可以固定 3.7 g 碳, 估算 2005 年长江口水域初级生产力为 65.15 g/(m² · a)。

依照光合作用反应方程式每形成 1 g 干物质, 需要 1.62 g 二氧化碳释放 1.19 g 氧气。根据单位面积植物年碳素的净增长量和碳税率以及植物面积总数, 三者乘积计算植物固定碳价值。

长江口海域固定的二氧化碳数量及其气候调节服务价值列表于表 2。综合上述因素, 长江口气候调节服务为 2.62 亿元。

表 2 长江口生态系统固定二氧化碳导致的气候调节服务的价值

项目	初级生产力 / (g · m ⁻² · a ⁻¹) (以碳计)	产量 /t	固定的碳量 /t	服务价值 /元
浮游藻类	65.15		380 539.19	129 459 432.4
芦苇		168 300	272 646	92 754 169.2
海三棱藨草		71 500	115 830	39 405 366
总计				261 618 967.6

(2) 排放甲烷和氧化亚氮引起的服务价值损失。由于没有实测资料, 采用长江口 2006 年观测的海一气交换通量计算长江口生态系统排放甲烷和氧化亚氮[24]。并根据甲烷的温室效应

是二氧化碳温室效应的 21 倍和氧化亚氮的温室效应是二氧化碳的 310 倍, 计算长江口生态系统甲烷和氧化亚氮调节气候的损失价值量 (表 3)。

表 3 长江口生态系统排放甲烷和氧化亚氮导致的气候调节服务损失价值

温室气体	排放率 / (μmol · m ⁻² · d ⁻¹)		排放量 /t		二氧化碳排放当量		价值损失 /万元	
	LM86	W92	LM86	W92	LM86	W92	LM86	W92
甲烷	19.67	38.36	670.97	1 308.51	14 090.34	27 478.67	479.35	934.82
氧化亚氮	13.17	25.69	1 235.42	2 409.88	382 981.67	747 061.40	13 029.03	25 415.02
总计							13 508.38	26 349.84

综合长江口生态系统的二氧化碳固定作用减弱的温室效应以及排放甲烷和氧化亚氮扩大温室效应产生的价值,长江口在气候调节方面的价值为-187万~1.26亿元。由于近岸的富营养化等原因,导致长江口生态系统的气候调节服务价值远远低于其潜在生态服务价值。

(3) 氧气释放价值。将浮游植物的年初

级生产力转化为氧气的生产量,并根据我国的造林成本 352.93 元·t⁻¹ 氧气(1990年不变价格)和工业制氧成本 400 元·t⁻¹ 氧气的平均值计算。植物则根据其产量和面积等数据,参考光合作用反应方程式,从而得出长江口的植物氧气的空气质量调节服务价值为 2.26 亿元(表 4)。

表 4 长江口空气质量调节服务价值

项目	年初级生产力/(g·m ⁻² ·a ⁻¹) (以碳计)	产量/t	产生的氧气/t	服务价值 /元
浮游植物	65.15		279 531.87	111 812 748
芦苇		168 300	200 277	80 110 800
海三棱藨草		71 500	85 085	34 034 000
合计				225 957 548

2.2.2 水分调节功能

长江口区域湿地部分巨大的渗透能力和蓄水能力主要是由分布在湿地部分的芦苇和海三棱藨草提供的。本研究中采用影子工程法进行估算,长江口有 1.1 万 hm² 芦苇湿地和 1.3 万 hm² 海三棱藨草湿地,挺水植物一般蓄水深度为 1 m^[31],建设 1 m³ 库容需投入成本为 0.67 元^[14],从而得出研究区域 2005 年水分调节价值为 1.6 亿元/a。

2.2.3 水质净化(废物处理价值)

长江口内水质净化调节服务主要来源于对进入长江口地区的各种污染物质的消除分解能力,以达到处理废弃物与保持水质清洁的目的。本研究仅考虑对氮和磷的生物净化调节服务。采用污水处理过程中对于氮和磷的处理费用来计算水质净化的服务价值,按照污水处理成本,氮为 1.5 元/kg,磷为 2.5 元/kg^[20],其结果如表 5 所示。

表 5 长江口的水质净化调节服务价值

项目	初级生产力或产量 /t	移除的总氮数量 /t	移除的总磷数量 /t	服务价值 /元
浮游植物	380 539.19	67 005.49	9 286.92	123 725 535
虾	711	19.57		29 355
合计				123 754 890

湿地亦具有减少环境污染的作用,过剩的营养物质和部分污染物质在生物体内积累,富集,转化为生物自身物质,再通过收获湿地生物的方式从湿地中去除。在长江河口则通过收割优势种植物芦苇和海三棱藨草的方式来实现。运用生产成本法来估算长江河口湿地生态系统

去除污水中营养盐的价值。运用专家评估法来估算去除重金属的价值。

湿地能阻止向邻近水域迁移氮 2 000 t/(km²·a)^[32],则长江口湿地除氮量为 430 万/(t·a),去除的营养盐价值为 1.33 亿元/a。此外,根据专家评估法,以湿地去除重金属的环

境效益价值占总环境效益价值的 40% 来估算去除重金属的价值^[33], 湿地去除重金属的价值为 0.887 亿元/a, 湿地水质净化的总价值约为 2.22 亿元/a。综上长江口水质净化的总价值为 3.45 亿元/a。

2.2.4 生物栖息地价值

长江口湿地植物种类丰富, 动物种类繁多。本研究采用替代法对生物栖息地价值进行评估, 通过栖息地保护投资以及制造投放人工渔礁成本来反应价值。上海对自然保护区的投资已达到 1.5 万元/km²^[21], 长江口自然保护区面积约为 716.48 km², 生态价值系数为 8.3, 则保护投资价值为 0.89 亿元。此外, 长江口到 2005 年南北堤逐步形成的长 147 km、面积约 75 km² 的人工鱼礁价值为 1.93 亿元/a。

2.3 人文功能

2.3.1 旅游价值

长江河口湿地的旅游功能近年来得到了一定的开发。长江口湿地部分的旅游价值采用旅行费用法估算。

崇明湿地的旅游价值用 2005 年崇明县旅游收入估算^[34], 其价值为 1.7 亿/a, 对于长兴岛和横沙岛湿地的旅游价值通过游客人数、旅行费用等进行估算得出长兴岛和横沙岛湿地的旅游价值为 2.61 亿元/a。2005 年长江口湿地部分的旅游价值为 4.31 亿元/a。

长江口水域部分的旅游价值根据 Costanza 等^[4]估算的河口的美学价值 381 美元/hm² 计算, 将人民币与美元汇率定为 6.1, 那么这部分价值为 18.03 亿元/a。

2.3.2 科研文化价值

科研文化价值可以通过间接统计在该区域进行的科学研究项目以及经费投入来衡量。本研究根据湿地和浅海文化的科研价值对长江口海域湿地部分和水域部分的科研文化价值分别进行估算。湿地部分采取我国单位面积湿地生态系统的平均科研价值 382 元/hm²^[16] 和 Costanza 等对全球湿地生态系统科研教育功能价值 861 美元/hm² 的平均值 3 678.05 元/hm² 作为计算科研价值的参数, 浅海部分直接采用 Cost-

anza 的全球价值基准作为参数。从而得出湿地部分和水域部分该服务的价值分别为 7.91 亿元/a 和 3.6 亿元/a。因此, 该区域此项服务的价值为 11.51 亿元/a。

2.4 赤潮造成的服务价值损失

赤潮是在特定环境条件下产生的, 相关因素很多, 但其中一个极其重要的因素是海洋污染。由于大量含有各种含氮有机物的废污水排入海水中, 促使海水富营养化, 这是赤潮藻类能够大量繁殖的重要物质基础。根据《2005 年上海市海洋环境质量公报》^[35], 长江口海域共发生 3 次赤潮, 赤潮经济损失达到 960 万元, 这部分价值已经在物质生产服务中涵盖。

3 讨论

对长江口生态系统服务价值进行评估和计算, 如不考虑环境污染等影响, 长江口生态系统 2005 年的总服务价值为 84.69 亿元。若考虑环境污染因素等的影响造成的服务质量或数量的降低, 长江口生态系统 2005 年的总服务价值为 82.60 亿元, 生态服务价值降低 2.09 亿元。实际中只考虑了甲烷和氧化亚氮排放量的增加及引起的赤潮而造成的服务质量和数量的降低, 并没有考虑其他因素如环境污染对鱼类等海产品养殖的影响。

长江口湿地的物质生产功能最高, 为 24.5 亿元, 占总生态价值的 28.93%。其次是旅游价值的 22.34 亿元和成陆造地的 13.5 亿元, 分别占总功能的 26.37%, 和 15.94%。目前环境污染只影响生态系统的物质生产功能和调节功能, 对旅游价值和科研文化价值还没有造成影响。然而随着污染程度的增加, 环境日趋恶化, 对文化传播和旅游游乐等方面势必产生影响。

2005 年长江口生态系统服务价值约为 84.69 亿元, 单位面积服务价值约为 0.010 6 亿元/km²/a, 大于全国生态生态系统单位面积服务价值 0.005 4 亿元/(km² · a), 这是由于河口生态系统的相对丰富性和多样性, 其中物质生产功能价值最大, 旅游价值次之, 水分调节价值最小。各项服务的贡献如表 6 所示。

表6 长江口2005年生态系统服务价值

功能类型		潜在功能价值			实际功能价值		
		潜在价值 /万元	比例 /%	单位面积价值 /(万元/km ²)	实际价值 /万元	比例 /%	单位面积价值 /(万元/km ²)
资源功能	成陆造地功能	135 000	15.94	16.89	135 000	16.34	16.89
	物质生产功能	244 989	28.93	30.66	244 989	29.66	30.66
环境功能	大气组分调节功能	48 758	5.76	6.10	28 829	3.49	3.61
	水分调节功能	16 080	1.90	2.01	16 080	1.95	2.01
	水质净化功能	34 500	4.07	4.32	34 500	4.17	4.32
	生物栖息地功能	28 200	3.33	3.53	28 200	3.41	3.53
文化功能	旅游功能	223 358	26.37	27.95	223 358	27.04	27.95
	科研文化功能	115 035	13.58	14.40	115 035	13.92	14.40
赤潮		960	0.11	0.12			
总计		846 880	100	105.98	825 991	100	103.37

4 结论

长江口生态系统2005年的潜在服务价值为84.69亿元,因环境污染因素等的影响造成的服务质量或数量的降低的价值为2.09亿元。单位面积服务价值约为0.0106亿元/km²,大于全国生态系统单位面积服务价值0.0054亿元/km²。以上价值估算中可能存在一些误差,可能是因为统计数据的资料缺失引起的,也有可能是价值估算的观点造成的,因此对于长江口生态系统的评价还有待完善。且尽管长江口生态服务功能价值量巨大,但我们在开发和利用过程中仍应遵循生态学规律,合理地利用这一资源,促进经济的可持续发展。

参考文献

- [1] 陆健健,何文珊,童春富,等. 湿地生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 薛达元. 生物多样性经济价值评估:长白山自然保护区案例研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997.
- [3] 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价[J]. 自然资源学报,2003,18(4).
- [4] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [5] 陈仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报,2000,45(1): 17-22.
- [6] 欧阳志云,王效科. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(005): 607-613.
- [7] 谢高地,张钰铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报,2001,16(1): 47-53.
- [8] 石洪华,郑伟,陈尚,等. 海洋生态系统服务功能及其价值评估研究[J]. 生态经济,2007(3): 139-142.
- [9] 石洪华,郑伟,丁德文,等. 典型海洋生态系统服务功能及价值评估:以桑沟湾为例[J]. 海洋环境科学,2008,27(2): 101-104.
- [10] 吴姗姗,刘容子,齐连明,等. 渤海海域生态系统服务功能价值评估[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(2): 65-69.
- [11] 董洋洋,朱春燕,高畅,等. 禹州市森林生态系统服务功能价值评估研究[J]. 中国农学通报,2011,27(32): 186-191.
- [12] 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.
- [13] 马翠欣,袁峻峰,董凤丽. 上海市九段沙湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 上海师范大学学报:自然科学版,2004,33(2): 98-101.
- [14] 吴玲玲,陆健健,童春富,等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(5): 411-416.
- [15] 辛琨,肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务功能

- 价值估算[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1345—1349.
- [16] 许妍, 俊峰, 黄佳聪. 太湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(006): 646—652.
- [17] 叶小华, 李铁松, 夏训峰, 等. 升金湖湿地生态系统服务价值评估[J]. 三峡环境与生态, 2009, 2(004): 1—4.
- [18] 庄大昌. 洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 经济地理, 2004, 24(3): 391—394.
- [19] WILLIAMS S C, SIMPSON H J, OLSEN C R, et al. Sources of heavy metals in sediments of the Hudson River estuary [J]. Marine Chemistry, 1978, 6(3): 195—213.
- [20] 张秀英, 钟大洋, 黄贤金, 等. 海州湾生态系统服务价值评估[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 640—649.
- [21] 杨红, 刘广平. 长江口生态系统服务功能价值评估[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(6): 624—628.
- [22] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 等. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2540—2547.
- [23] 周伟华, 袁翔城, 霍文毅, 等. 长江口邻域叶绿素 a 和初级生产力的分布[J]. 海洋学报, 2004, 26(3): 143—150.
- [24] 张峰, 张桂玲. 黄海及长江口海域溶存氧化亚氮和甲烷的分布及海-气交换通量研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [25] 中国国家统计局. 中国渔业统计年鉴(2005)[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [26] 农业部. 2005 年水产品市场价格走势分析[EB/OL]. (2006—02—09): http://www.gov.cn/banshi/2006-02/09/content_183348.htm
- [27] ERWIN P M, LÓPEZ-LEGENTIL S, SCHUH-MANN P W. The pharmaceutical value of marine biodiversity for anti-cancer drug discovery[J]. Ecological Economics, 2010, 70(2): 445—451.
- [28] CHEN S, ZHANG Z H, MA Y, et al. Program for service evaluation of marine ecosystems in China waters[J]. Advances in Earth Science, 2006, 21(11): 1127—1133.
- [29] HUA Z, XU K, LI W, et al. An Assessment of Offshore Marine Ecosystem Value and Services in Liaoning Province[J]. Resources Science, 2010, 1: 026.
- [30] RYTHER J H, YENTSCH C S. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data[J]. Limnology and oceanography, 1957, 2(3): 281—286.
- [31] 顾夏声, 胡洪营, 文湘华. 水处理生物学(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [32] 倪绍祥. 土地利用类型与土地评价概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [33] 韩维栋, 高秀梅, 卢昌义, 等. 中国红树林生态系统生态价值评估[J]. 生态科学, 2000, 19(1): 40—46.
- [34] 张利钧. 崇明年鉴(2006)[Z]. 崇明: 崇明年鉴编辑部, 2006.
- [35] 国家海洋局. 2005 年上海市海洋环境质量公报[EB/OL]. (2008—01—10)[2013—12—16]. http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyhjzlgb/yh-sshyhjzlgb/2005nshs/201212/t20121212_22706.html