

文章编号:1001-4179(2013)20-0080-05

上海水生态系统服务功能价值评估及其动态变化

严春军

(上海市浦东新区河道管理署,上海 201304)

摘要:为正确评估上海市水生态系统的服务功能,参考联合国千年生态系统评估框架,利用上海市的水文水质数据、统计资料和土地利用数据,采用市场价值法、机会成本法和替代工程法等对上海市生态系统服务功能进行了价值评价。研究表明:2000~2010年水生态系统总价值变化,呈持续上升的趋势,从具体指标来看,2000年和2005年气候调节功能价值最大,其次是航运功能;2010年航运功能最高,其次是气候调节;3个年份功能最少的都是固碳功能;从变化情况来看,生活用水、产业用水、水质净化、输沙造陆等价值持续上升;其他功能如地表水调蓄、气候调节等指标出现了波动,但整体呈现上升趋势。上海市水生态系统服务功能价值巨大,给人类提供了巨大的福利,是上海市城市可持续发展的重要生态支撑系统,需要得到良好的保护。

关键词:生态系统服务;市场价值法;机会成本法;替代工程法;水生态系统;上海市

中图分类号: X171 **文献标志码:** A

水生态系统服务功能指人类活动直接或间接从水生态系统中获取的利益,其中包括水生态系统提供的各种水产品、原材料和为人类生存所提供的其他各种直接或间接的服务^[1]。对水生态系统服务功能大小及其价值的定量评估,有助于全面认识水生态系统的价值,为区域水生态系统的健康发展和科学管理提供科学依据^[2]。

根据联合国千年生态系统评估中对于生态系统服务功能的分类方法,生态系统服务功能类型可划分为提供产品功能、调节功能、文化服务功能和支持功能。提供产品功能指生态系统为人类生产或生活直接提供的各种产品,如原材料、木材和药品等;调节功能是指对于人类生存环境具有调节作用的功能,如气候调节、水文调节等;文化服务功能指生态系统提供的非物质的,但能通过精神感受、知识获取、休憩娱乐和美学体验等感知的各种服务;支持功能是对人类各种活动具有支持作用的生态系统服务,其影响是间接的或需要较长时间才能产生的,如营养物质循环、固碳释氧等。水生态系统作为一种特殊的生态资源,其生态系统服

务是人类文明和社会经济可持续发展的重要基础^[3]。

上海市辖区内河网水系众多,其生态系统服务功能的正常发挥与否不仅影响到上海市社会经济的快速发展和居民的生活水平,也直接影响到其自身和邻近生态系统的稳定性。因此,该研究对上海水生态系统服务功能进行评价,不仅有利于保护上海市水生态系统结构与功能的完整性,促使水生态系统更好地为地方社会经济发展服务,而且能够促进水生态系统服务功能的研究,进而为区域水环境管理提供参考。

1 研究区概况

上海市位于我国大陆海岸线中部,长江三角洲前缘,东濒东海,南邻杭州湾,西接江苏、浙江两省,北界长江入海口,总面积 6 340. 5 km²。上海市拥有中国最大的外贸港口、最大的工业基地,是我国的经济、金融、贸易和航运中心。上海地区属于北亚热带季风性气候,四季分明,日照充分,雨量充沛,气候温和湿润,春秋较短,冬夏较长,全年 60% 左右的雨量集中在 5~9 月的汛期,汛期有春雨、梅雨、秋雨 3 个雨期。

收稿日期:2013-09-07

作者简介:严春军,男,工程师,主要从事水务工程建设管理及水资源保护有关工作。E-mail:nyjlg88@126.com

2 研究方法

2.1 分类体系

根据水生态系统的结构特征、生态过程和效用,参考国内外水生生态系统服务功能的分类方法,该研究将水生态系统的服务功能划分为提供产品功能、调节功能、支持功能、文化功能四大类。其中,提供产品功能也称为直接服务功能,是可以在市场上进行交换的,其价值通常被称为直接使用价值,包括供水、水产品、航运、旅游、基因产品提供等;支持、调节功能和文化功能也称为间接服务功能,在市场上是不能直接交换的,其价值通常被称为间接使用价值,包括水源涵养、调蓄洪水、控制侵蚀、输沙、固碳释氧、气候调节、营养元素循环、栖息地保护、文化教育科研等功能。

2.2 提供产品功能

2.2.1 生活用水

水生态系统提供的居民生活用水是可以进行交换的产品,评估其生态服务价值时可采用市场价值法,把居民生活用水量作为考量指标,利用现行水价,衡量居民生活用水的价值,计算公式为

$$V_{p1} = P_{p1} \cdot Q_{p1}$$

式中, V_{p1} 为居民生活用水价值; P_{p1} 为居民生活用水水价; Q_{p1} 为居民生活用水量。

2.2.2 产业用水

产业用水功能价值,计算公式为

$$\sum_{i=1}^3 V_{pi} = \sum_{i=1}^3 P_{pi} \cdot Q_{pi}$$

式中, V_{pi} 为第 i 产业用水价值; P_{pi} 为第 i 产业用水水价; Q_{pi} 为第 i 产业用水量。

2.2.3 渔业产品

水生态系统提供的渔业产品价值计算公式为

$$V_{p3} = P_{p3} \cdot Q_{p3}$$

式中, V_{p3} 为渔业产品价值; P_{p3} 为渔业产品单价; Q_{p3} 为渔业产量。

2.2.4 航运功能

水路运输具有陆路运输不可替代的优点,不占用耕地面积,不会大量破坏生态系统,不用花大量成本用于搭桥铺路等,充分利用河川的自然特点发展水运,成本较低,运输量大,对建立和完善现代综合运输体系具有重要作用^[3]。

由上海市统计年鉴资料可获得上海市的水路旅客周转量和水路货运周转量(不包括沿海和远洋),采用市场价值法计算航运功能价值。

2.3 调节功能

2.3.1 地表水资源调蓄

地表水资源调蓄功能价值的计算可使用影子价格法,计算公式为

$$V_{r1} = P_{r1} \cdot Q_{r1}$$

式中, V_{r1} 为地表水资源调蓄价值; P_{r1} 为单位调蓄价格; Q_{r1} 为地表水资源总量。

2.3.2 地下水资源调蓄

地下水资源调蓄功能价值的计算也可使用影子价格法,计算公式为

$$V_{r2-1} = P_{r2-1} \cdot Q_{r2-1}$$

式中, V_{r2-1} 为地下水资源调蓄价值; P_{r2-1} 为单位调蓄价格; Q_{r2-1} 为地下水资源总量。

2.3.3 水质净化

水质净化功能总价值计算可使用替代工程法,计算公式为

$$V_{r3} = P_{r3} \cdot Q_{r3}$$

式中, V_{r3} 为水质净化总费用; P_{r3} 为 COD 单位处理成本; Q_{r3} 为 COD 水体纳污能力。

2.3.4 气候调节

水面蒸发气候调节价值即在水生态系统遭受破坏后人工建设工程来代替水生态系统调节气温,增加大气湿度的价值,可采用替代工程法进行计算,计算公式为

$$V_{r4} = Q_{r4-h} P_{r4} / \alpha + \beta Q_{r4-w} P_{r4}$$

式中, V_{r4} 为水生态系统调节气候价值; α 为空调能效比; β 为 1 m^3 水蒸发耗电量; P_{r4} 为电价; Q_{r4-h} 为水面蒸发所吸收的热量; Q_{r4-w} 为水面蒸发的水量。

2.3.5 洪水调蓄

洪水调蓄功能价值计算可使用替代工程法,计算公式为

$$V_{r5} = P_{r5} \cdot Q_{r5}$$

式中, V_{r5} 为洪水调蓄价值; P_{r5} 为单位水库库容造价; Q_{r5} 为洪水调蓄能力。

2.4 支持功能

2.4.1 固碳

用碳税法或造林成本法来评价水生态系统固碳价值,计算公式为

$$V_{s1} = P_{s1} \cdot Q_{s1}$$

式中, V_{s1} 为水生态系统固碳总价值; P_{s1} 为 CO_2 造林成本价或碳税; Q_{s1} 为水生态系统植物年固碳的量。

2.4.2 输沙造陆

河流是沟通陆地生态系统和海洋生态系统的重要通道,对海陆生态系统间的物质、能量和信息交换具有重要作用^[4]。泥沙输运是河流最重要的水文现象之一,按输沙方式可分为推移质和悬移质,河流输沙主要以悬移质的方式进行,输沙功能价值计算公式为^[3]

$$W_s = S \cdot V \cdot L$$

式中, W_s 为河流输沙价值; S 为河流悬移质含量; V 为过境水量; L 为人工清理河道成本费用。

河水从上游携带来的泥沙流到河口、三角洲、海口等处,由于流速的减慢常常会沉积下来,形成沙洲,发育成滩涂^[4]。河流泥沙沉积形成的土地价值可根据上海市土地单位面积年收益估算,计算公式为

$$W_m = P_d \cdot M / (W \cdot T_b)$$

式中, W_m 为造陆价值; M 为造陆泥沙量; W 为土壤平均容重; T_b 为土壤表土平均厚度; P_d 为土地单位面积收益。

3 结果与分析

3.1 产品提供功能

(1) 生活用水。根据上海市历年水资源统计公报,2000,2005 年和 2010 年居民生活用水量分别为 6.82 亿,8.12 亿 m^3 和 12.79 亿 m^3 ,以上海市居民平均水价 2.8 元/ m^3 计算,2000,2005 年和 2010 年生活用水供给功能的价值分别为 19.1 亿,22.7 亿元和 35.8 亿元。

(2) 产业用水。根据上海市历年水资源统计公报,2000,2005 年和 2010 年各产业用水量分别为 101.58 亿,106.46 亿 m^3 和 113.5 亿 m^3 ,以上海市产业用水平均价 2.15 元/ m^3 计算,2000,2005 年和 2010 年生活用水供给功能的价值分别为 218.40 亿,228.89 亿元和 244.03 亿元。

(3) 渔业产品。根据上海市历年统计年鉴,2000,2005 年和 2010 年淡水产品产量分别为 16.64 万,20.32 万 t 和 16.82 万 t,其产值分别为 95.9 亿,96.9 亿元和 95.0 亿元。

(4) 航运功能。根据上海市历年统计年鉴,2000,2005 年和 2010 年水路旅客周转量分别为 6.77 亿,4.52 亿人·km 和 3.69 亿人·km;水路货运周转量分别为 6 430 亿,11 986 亿 t·km 和 15 818 亿 t·km。按客运和货运价格 0.24 元/(人·km) 和 0.06 元/(t·km) 计算^[5],上海市 2000,2005 年和 2010 年航运功能总价值分别为 387.42 亿,720.24 亿元和 949.97 亿元。

3.2 调节功能

(1) 地表水调蓄。采用当年地表水资源总量作为地表水资源调蓄量,根据上海市历年水资源统计公报,2000,2005 年和 2010 年上海市地表径流量分别为 30.74 亿,25.71 亿 m^3 和 30.87 亿 m^3 ,以修建单位水库库容的成本 6.11 元/ m^3 计算,上海市 2000,2005 年和 2010 年地表水调蓄功能的价值分别为 187.82 亿,157.09 亿元和 188.62 亿元。

(2) 水质净化。考虑到农业面源污染的数据难以获取,本研究仅考虑水生态系统对工业废水和生活污水的净化价值。根据上海市历年水资源统计公报,2000,2005 年和 2010 年污水排放总量分别为 19.83 亿,21.73 亿 m^3 和 23.13 亿 m^3 ,取污水处理评价费用为 1.15 元/t 计算^[5],上海市 2000,2005 年和 2010 年水质净化功能的价值分别为 22.80 亿,24.99 亿元和 26.60 亿元。

(3) 气候调节。水生态系统的气候调节功能主要指水生态系统与大气之间进行热量和水分交换、调节气温和增加空气湿度。上海市多年平均水面蒸发量为 871 mm,2000,2005 年和 2010 年水面面积分别为 586.7,551.56 km^2 和 605.32 km^2 ,对应的每年水面蒸发量分别为 5.1 亿,4.8 亿 m^3 和 5.3 亿 m^3 ,提高了空气湿度。取水温 100℃,1 标准大气压下的汽化热 2 260 kJ/kg,则 2000,2005 年和 2010 年上海市水生态系统水面蒸发吸收的总热量分别为 11.55×10^{14} , 10.85×10^{14} kJ 和 11.91×10^{14} kJ。

水面蒸发降低气温的价值按照减少空调的制冷消耗进行计算,空调的能效比取 3.0,得出 3 个时间段空调制冷的耗电量;水面蒸发增加大气湿度的价值采用减少的加湿器使用消耗进行计算,以市场上较常见家用加湿器功率 32 W 来计算,将 1 m^3 水转化为蒸汽耗电量约为 125 kW·h。根据上述 3 个时间段各自水面蒸发的水量,得出相同效益下加湿器的耗电量。将上述两类耗电量相加,乘以目前上海市电价,则上海市 2000,2005 年和 2010 年水生态系统气候调节功能的总价值分别为 834.1 亿,784.14 亿元和 860.57 亿元。

(4) 洪水调蓄。洪水调蓄功能包括河道调蓄量、防洪库容及湿地调蓄量。保守取值平均调蓄深度 1 m,上海市 2000,2005 年和 2010 年调蓄洪水的量分别为 5.87 亿,5.52 亿 m^3 和 6.05 亿 m^3 ,以修建单位库容水库的成本 6.11 元/ m^3 计算,上海市 2000,2005 年和 2010 年洪水调蓄功能的价值分别为 35.85 亿,33.7 亿元和 36.99 亿元。

3.3 支持功能

(1) 固碳。水体中浮游植物通过光合作用与呼吸

作用,与大气交换二氧化碳和氧气,维持大气中二氧化碳和氧气的平衡。以水体浮游植物初级生产力平均值 $0.79 \text{ g} \cdot \text{C}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 计,2000,2005 年和 2010 年固碳量分别为 16.92 万,15.90 万 t 和 17.45 万 t,按造林成本法固碳平均成本 260.90 元/t 计算,3 个时间段固碳的价值分别为 0.44 亿,0.41 亿元和 0.46 亿元。

(2) 输沙造陆。河流从上游携带来的泥沙在河口、三角洲等区域由于流速降低而沉积下来,逐渐发育成为滩涂。上海市 2000,2005 年和 2010 年太湖流域和长江水系过境水量分别为 9 386 亿,9 451 亿 m^3 和 10 588 亿 m^3 ,以河流悬移质平均含量 47.09 mg/L,河道清理费用为 4.7 元/t,平均表土厚度 0.5 m,土壤平均容重 $1.28 \text{ t}/\text{m}^3$,上海市土地单位面积收益 266 元/ m^2 计算,3 个时段输沙造陆功能的价值分别为 185.79 亿,187.07 亿元和 209.57 亿元。

3.4 总服务功能构成

上海市水生态系统在 3 个时间段的服务功能构成如图 1 所示。

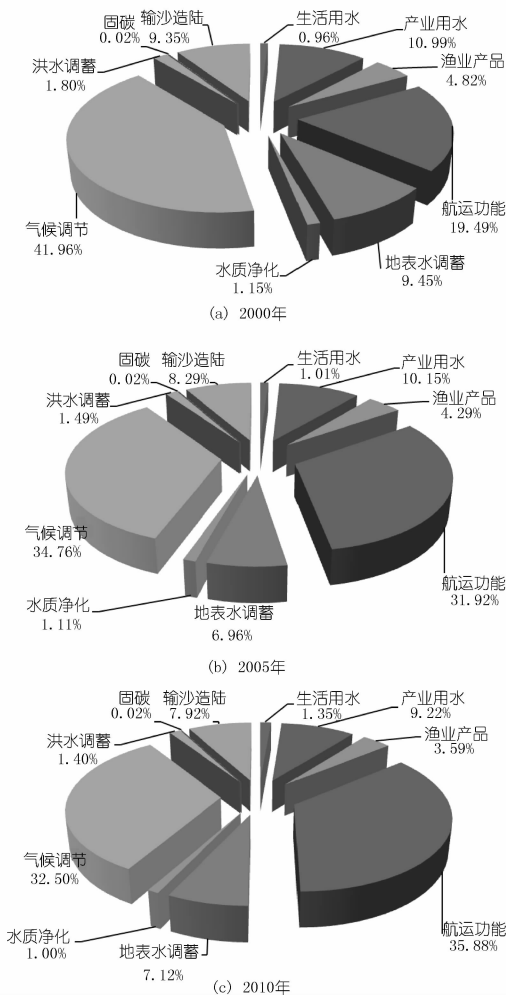


图 1 上海市水生态系统服务功能构成

由图 1 可看出,2000 年和 2005 年气候调节功能

的占比最多,其次是航运功能;2010 年是航运功能最高,其次是气候调节;3 个时间段功能最少的都是固碳功能,仅为 0.02% 左右。

从水生态系统的总价值变化来看,2000 ~ 2010 年呈现出了持续上升的趋势,如图 2 所示,生态服务功能的总价值由 2000 年的 1 987.62 亿元上升到 2010 年的 2 647.61 亿元。具体来看,产品提供功能和支持功能均是持续上升趋势;调节功能从 2000 ~ 2005 年稍有下降,到 2010 年整体表现为上升趋势。

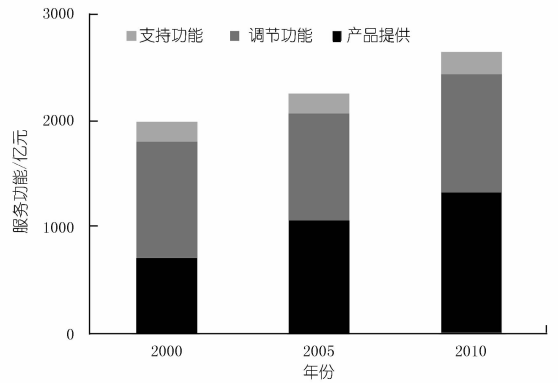


图 2 上海市水生态系统服务功能变化趋势

4 结论与讨论

该研究参考联合国千年生态系统评估框架,结合上海市水生态系统实际情况,提出了水生态系统服务功能各项直接和间接指标,并对各指标功能的产生、量化模型进行了详细介绍,最后采用市场价值法、机会成本法和影子工程法等方法,对各指标进行了货币化分析,得出了上海市水生态系统服务功能的价值。同时,由于部分数据难以获取,个别指标未能进行计算,如休闲娱乐和生物多样性保护等,本研究得出的上海市水生态系统服务功能的价值是一个保守值。

从评估的结果来看,2010 年水生态系统服务功能价值最大的是航运功能,其次是气候调节、产业用水、输沙造陆和地表水调蓄等。从 2000 ~ 2010 的变化情况来看,生活用水、产业用水、水质净化、输沙造陆等功能指标持续上升;其他指标如地表水调蓄、气候调节等出现了波动,但整体呈现上升趋势。这些指标的波动变化与上海市地表水资源总量的年际变化有很大关系。

水生态系统在保障区域社会经济可持续发展过程中具有关键的支撑作用。从本研究结果可以看出,上海市各年水生态系统服务功能价值巨大,给人类提供了巨大的福利,是上海市城市可持续发展的重要生态支撑系统。因此,应重点保护和修复受损水生态系统,维持和保育水生态系统服务功能的正常发挥。

该研究还具有一定的局限性,计算方法和参数的选择对于研究的结果有较大的影响,尤其是计算间接服务功能。尽管水生态系统首要的功能是供水,但从供水功能的价值来看,受水价参数的约束,其价值并不是最大。从计算结果来看,水生态系统的各类服务功能中价值最大的是航运功能,这是由上海市所处特殊位置及港口码头重要功能决定的。因此,对于上海市这一特殊区域水资源这一特殊生态系统类型,其功能的重要性和服务功能价值的大小应区分来看。

参考文献:

- [1] 周林飞,席芝橙,谭艳芳.基于生态环境需水的大凌河生态系统服务功能价值评估[J].生态环境学报,2011,20(11):1659-1664.
- [2] 李友辉,董增川,孔琼菊.江西省水资源生态系统服务功能价值评价[J].江西农业学报,2007,19(1):95-98.
- [3] 王斌,张彪,王建锋,等.太湖流域水生态系统服务及其空间差异[J].水土保持通报,2011,31(2):215-221.
- [4] 张进标.广东河流生态系统服务价值评估[D].广州:华南师范大学,2007.
- [5] 王斌,杨艳刚,张彪,等.常州市水生态系统服务功能分析及其价值评价[J].湖南农业科学,2010,(23):72-76.

(编辑:常汉生)

Evaluation of aquatic ecosystem service values and its dynamic change in Shanghai

YAN Chunjun

(Pudong River Management Office, Shanghai 201304, China)

Abstract: In order to correctly evaluate the service function of aquatic ecosystem of Shanghai City, by referring the United Nations Millennium Ecosystem Assessment Framework and utilizing hydrological and water quality data, statistic data, land utilization data, the values of aquatic ecosystem services of Shanghai City were evaluated by market value method, opportunity cost method and substitute cost method. The research results show that: ① in the view of total value of aquatic ecosystem, from 2000 to 2010, the total value increased successively, in which, climate regulation function was biggest in 2000 and 2005, and the next is navigation function; in 2010, the navigation function was the biggest, and the climate regulation came next; carbon fixation was smallest in the above 3 years; ② in the view of variation condition, the values of living water use, industry water use, water purification, sediment transport and land formation etc., went upward successively, the other function values such as surface water regulation, climate regulation increased generally but with fluctuation. The service function values of aquatic ecosystem of Shanghai City is giant, providing giant welfare to human, and is the important support system for the sustainable development, so the aquatic ecosystem should be protected well.

Key words: ecosystem service; market value method; opportunity cost method; substitute cost method; aquatic ecosystem; Shanghai City

· 简 讯 ·

长江委召开信息化顶层设计工作推进会

2013年10月16日上午,长江水利委员会召开了信息化顶层设计工作推进会。委副主任魏山忠出席会议并讲话,委信息办主任、副总工金兴平主持会议,委有关部门和单位的领导和主要参与人员参加了会议。

魏山忠肯定了前一阶段信息化顶层设计工作取得的成绩,并对推进下一阶段工作作出了明确指示。他要求各部门和单位认真学习刘雅鸣主任在长江委信息化工作领导小组2013年第一次(扩大)会议上的讲话,领会精神,进一步提高认识,切实参

与到长江委信息化工作中。魏山忠指出,信息化顶层设计应注重需求牵引和与业务工作的深度融合,各部门和单位要高度重视、积极参与,要做好本部门和需求分析工作,共同把顶层设计工作完成好。

长江委网络与信息中心作为项目牵头单位汇报了顶层设计工作总体进展情况,与会代表分别汇报了本部门或单位参与顶层设计工作的情况,并分析了工作中存在的问题。

(长江)