

河流生态系统服务功能经济价值评价

肖建红, 施国庆, 毛春梅, 邢贞相

(河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要:在对河流生态系统服务功能分类的基础上, 结合基础数据资料的可收集性, 以 2002 年为评价基准年份, 对我国河流生态系统部分服务功能的价值进行了初步评价。结果表明: 我国河流生态系统 9 项服务功能的总价值为 9965.86 亿元/a, 相当于 2002 年我国国内生产总值的 9.51%; 各项服务功能价值量从高到低的排序为调蓄洪水、蓄积水分、内陆航运、供水、水产品生产、水力发电、净化环境、河流输沙、休闲文化。

关键词: 河流生态系统; 生态系统服务功能; 经济价值; 经济评价

中图分类号: TV82 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2008)01-0009-03

河流生态系统是在河流内生物群落和河流环境相互作用的统一体^[1], 包括河源、河源至大海之间的河道、河岸地区、河道、河岸和洪泛区中有关的地下水、湿地、河口以及其他依赖于淡水流入的近岸环境^[2], 是由陆地河岸生态系统、水生生态系统、湿地及沼泽生态系统等一系列子系统组合而成的复合系统^[3]。

河流生态系统服务功能是指河流生态系统与河流生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[4], 包括对人类生存和生活质量有贡献的河流生态系统产品和河流生态系统功能^[5]。近年来, 许多学者从不同角度对河流生态系统服务功能进行了研究^[6-8], 但是, 研究成果较多地集中在美学和娱乐功能的评价上, 方法主要为旅行费用法和意愿调查法^[9-10]。1997 年, Constanza 等^[11]对全球生态系统服务功能的价值进行了评价, 该成果是目前影响较大的对生态系统服务功能的研究成果^[12]。目前对河流生态系统服务功能价值进行较全面评估的研究成果较少。本文在借鉴国内外相关研究成果的基础上, 运用自然资源经济价值评价方法, 结合基础数据资料的可收集性, 对河流生态系统部分服务功能的经济价值进行了定量评价, 以期在这方面的研究提供参考。

1 河流生态系统服务功能分类

关于生态系统服务功能的分类问题, 至今还没有全面、系统、科学的分类理论^[13]。为了对生态系

统服务功能价值进行评价, Constanza^[11]和 Daily^[4]等都曾提出过不同的分类, 其所包含的内容基本相同。根据河流生态系统提供服务的类型和效用, 笔者将河流生态系统服务功能划分为河流生态系统产品和河流生态系统服务两方面, 包括 15 项功能(图 1)。河流生态系统产品的经济价值可通过直接市场法进行核算, 河流生态系统服务的经济价值则需通过替代市场法或模拟市场法进行核算。

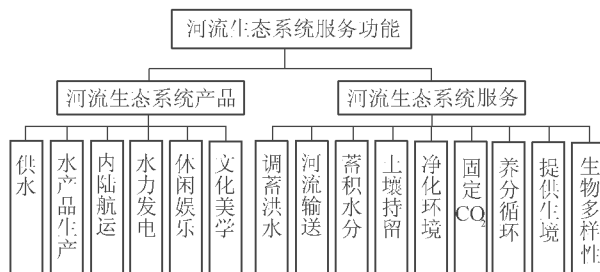


图 1 河流生态系统服务功能分类

根据目前研究的实际情况和基础数据资料的可收集性, 笔者仅对河流生态系统产品中的供水、水产品生产、内陆航运、水力发电功能、休闲文化功能和河流生态系统服务中的调蓄洪水、河流输沙、蓄积水分、净化环境功能共 9 项功能进行了评价。

2 数据资料来源和评价方法

2.1 供水功能

根据《2003 中国统计年鉴》^[14]中的数据, 2002

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30400275); 国家“863”计划资助项目(2003AA601080-1, 2002AA2Z4251-09)

作者简介: 肖建红(1979-), 男, 内蒙古通辽人, 博士, 主要从事生态水利工程和资源经济研究。

年全国总供水量为 5 497.28 亿 m³, 其中地表水供水 4 404.36 亿 m³, 占总供水量的 80.12%, 由河流生态系统提供。供水中有 32% 用于生活和工业用水, 68% 用于农业生产及其他用水。

运用市场价值法计算供水功能的经济价值, 计算公式如下:

$$V_w = u_w u_w^1 Q_w P_w^1 + u_w u_w^2 Q_w P_w^2 \quad (1)$$

式中: V_w 为供水功能的经济价值; Q_w 为全国总供水量; u_w 为地表水供给占总供水量的比率; u_w^1 为生活和工业用水占全国总供水量的比率; u_w^2 为农业生产及其他用水占全国总供水量的比率; P_w^1 为生活和工业用水的市场价格, 本文取 $P_w^1 = 1.00$ 元/m³^[13]; P_w^2 为农业生产及其他用水的市场价格, 本文取 $P_w^2 = 0.03$ 元/m³^[13]。

2.2 水产品生产功能

根据《2003 中国统计年鉴》^[14] 中的数据, 2002 年全国淡水产品产量为 1 918.20 万 t, 其中人工养殖的淡水产品产量为 1 693 万 t, 天然生产的淡水产品总产量为 225.20 万 t。

运用市场价值法计算水产品生产的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_c = Q_c P_c \quad (2)$$

式中: V_c 为水产品生产的经济价值; Q_c 为全国淡水产品的产量; P_c 为淡水产品的市场价格, 本文取 $P_c = 7 000$ 元/t^[15]。

2.3 内陆航运功能

根据《2002 年公路水路交通行业发展统计公报》^[16] 和《2003 中国统计年鉴》^[14] 中的数据, 2002 年全国内陆航运货物周转量为 27 511 亿 t·km, 旅客周转量为 81.8 亿人·km。

运用市场价值法计算内陆航运的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_n = Q_n^1 P_n^1 + Q_n^2 P_n^2 \quad (3)$$

式中: V_n 为全国内陆航运的经济价值; Q_n^1 为全国内陆航运的货物周转量; Q_n^2 为全国内陆航运的旅客周转量; P_n^1 为货物水运的单位价值, 本文取 $P_n^1 = 0.06$ 元/(t·km)^[13]; P_n^2 为旅客水运的单位价值, 本文取 $P_n^2 = 0.24$ 元/(人·km)^[15]。

2.4 水力发电功能

根据《2003 中国电力年鉴》^[17] 中的数据, 2002 年全国水力发电量为 2 745.65 亿 kW·h。

运用市场价值法计算水力发电的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_e = Q_e P_e \quad (4)$$

式中: V_e 为全国水力发电的经济价值; Q_e 为全国水力发电量; P_e 为水电的市场价格, 本文取 $P_e = 0.43$ 元/(kW·h)^[13]。

2.5 休闲文化功能

根据《2003 年水利统计公报》^[18] 中的数据(2002 年没有相关数据, 故用 2003 年的数据), 2003 年全国水利已建水利风景区 822 个, 旅游收入 5.60 亿元。

运用市场价值法计算休闲文化的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_l = I_l \quad (5)$$

式中: V_l 为休闲文化功能的经济价值; I_l 为全国水利已建水利风景区旅游直接获得的收入。

2.6 调蓄洪水功能

根据《2002 年水利统计公报》^[19] 中的数据, 2002 年全国已累计建成各类水库 8.5 万座, 水库总库容 5 594 亿 m³, 已建成江河堤防 27.4 万 km, 保护人口 5.0 亿人, 保护耕地 0.43 亿 hm²。

运用机会成本法计算调蓄洪水的经济价值, 利用其保护耕地而避免产生的综合农业损失来进行计算, 具体计算公式如下:

$$V_f = S_f P_f \quad (6)$$

式中: V_f 为调蓄洪水的经济价值; S_f 为保护耕地避免受损的面积; P_f 为单位平均综合农业受灾损失值, 本文取 $P_f = 5 532.90$ 元/hm²^[20]。

2.7 河流输沙功能

根据《2003 年中国河流泥沙公报》^[21] 中的数据, 计算了我国主要河流多年输沙量的平均值, 如表 1 所示。

表 1 中国河流多年平均输沙量

流域	水文站	多年平均输沙量/亿 t
长江	大通	4.33
黄河	利津	8.39
淮河	蚌埠	0.10
珠江*	高要等	0.80
松花江	哈尔滨	0.07
辽河	六间房	0.06
钱塘江	兰溪	0.02
闽江	竹岐	0.06
海河**	时厘里等	0.21

注: * 珠江的输沙量是西江的高要水文站、北江的石角水文站和东江的博罗水文站数据之和; ** 海河的输沙量是桑干河的时厘里水文站、洋河的响水堡水文站、永定河的雁翎水文站、潮河的下会水文站和白河的张家坟水文站数据之和。

运用机会成本法计算河流输沙功能的经济价值, 用输送的泥沙造地收益计算, 具体计算公式如下:

$$V_s = P_s [(Q_s / q_s) / d_s] \quad (7)$$

式中: V_s 为河流输沙的经济价值; Q_s 为河流平均每

年输送的泥沙量; P_s 为全国土地的单位产值, 根据《中国统计年鉴》^[14] 中的数据, 用全国农业总产值除以全国耕地总面积, 计算结果为 $11482.31 \text{ 元}/\text{hm}^2$; q_s 为土壤密度, 本文取 $q_s = 1.28 \text{ t}/\text{m}^3$ ^[21]; d_s 为土壤表土平均厚度, 本文取 $d_s = 0.5 \text{ m}$ ^[22]。

2.8 蓄积水分功能

河流生态系统具有贮存和保持水向集水区、水库、含水岩层等供水的功能。该项功能的年单位价值为 $17522.41 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ^[11], 我国河流生态系统水面(湖库)的面积为 982.60 万 hm^2 ^[19]。

运用价值转移法计算蓄积水分功能的经济价值, 计算公式如下:

$$V_{rs} = P_{rs}S_{rs} \quad (8)$$

式中: V_{rs} 为蓄积水分功能的经济价值; P_{rs} 为文献[11]中蓄积水分功能的年单位价值; S_{rs} 为我国河流生态系统水面的面积。

2.9 净化环境功能

用水力发电代替燃煤的火力发电, 可以减少 CO_2 和 SO_2 等有害气体的排放。河流生态系统净化环境功能评价, 可以用减少 CO_2 和 SO_2 的成本计算, 按照发 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电需要 0.33 kg 煤, 1 t 标准煤燃烧排放 2 t CO_2 和 0.02 t SO_2 计算^[23], 则 2002 年全国水力发电可减少 0.50 亿 t C (1.82 亿 t CO_2) 和 0.018 亿 t SO_2 的排放。

运用影子工程法(造林成本法)计算水力发电减少有害气体 CO_2 排放的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_{cd} = Q_{cd}P_{cd} \quad (9)$$

式中: V_{cd} 为由水力发电代替火力发电而减少有害气体 CO_2 排放的经济价值; Q_{cd} 为由水力发电代替火力发电而减少 C 的排放量; P_{cd} 为造林成本, 我国的造林成本为每吨 C 260.90 元 ^[24]。

运用恢复费用法计算水力发电减少有害气体 SO_2 排放的经济价值, 具体计算公式如下:

$$V_{sd} = Q_{sd}P_{sd} \quad (10)$$

式中: V_{sd} 为由水力发电代替火力发电而减少有害气体 SO_2 排放的经济价值; Q_{sd} 为由水力发电代替火力发电而减少有害气体 SO_2 的排放量; P_{sd} 为治理 SO_2 的单位价值, 本文取 $P_{sd} = 600.00 \text{ 元}/\text{t}$ ^[25]。

3 评价结果与讨论

2002 年, 我国河流生态系统 9 项服务功能的总经济价值为 9965.86 亿元 , 相当于 2002 年我国国内生产总值的 9.51% 。河流生态系统服务功能经济价值评价结果见表 2, 其中调蓄洪水功能的经济价

值最大, 占总经济价值的 23.87% ; 休闲文化功能的经济价值最小, 只占总经济价值的 0.06% 。各项服务功能价值量由高到低排序为调蓄洪水、蓄积水分、内陆航运、供水、水产品生产、水力发电、净化环境、河流输沙、休闲文化。

表 2 河流生态系统服务功能经济价值评价结果

服务功能类型	价值量/ (亿元·a ⁻¹)	服务功能类型	价值量/ (亿元·a ⁻¹)
供水(生活、工业)	1409.40	休闲文化	5.60
供水(农业生产)	89.85	调蓄洪水	2379.15
水产品生产	1342.74	河流输沙	25.20
内陆航运(货)	1650.66	蓄积水分	1721.75
内陆航运(客)	19.63	净化环境(减少 C 排放)	130.45
水力发电	1180.63	净化环境(减少 SO ₂ 排放)	10.80

参考文献:

- [1] 栾建国, 陈文祥. 河流生态系统的典型特征和服务功能[J]. 人民长江, 2004, 35(9): 41-43.
- [2] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 河流生态系统服务功能及水坝对其影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 969-973.
- [3] 鲁春霞, 谢高地, 成升魁. 河流生态系统的休闲娱乐功能及其价值评估[J]. 资源科学, 2001, 23(5): 77-81.
- [4] DAILY G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington D. C.: Island Press, 1997.
- [5] CARINS J. Protecting the delivery of ecosystem services[J]. Ecosystem Health, 1997, 3(3): 185-194.
- [6] AMIGUES J P, BOULATOFF C, DESIGUES B et al. The benefits and costs of riparian analysis habitat preservation: A willingness to accept/Willingness to pay using contingent valuation approach[J]. Ecological Economics, 2002, 43: 17-31.
- [7] 周祖光. 海南岛水生态系统服务功能价值评价[J]. 水利经济, 2005, 23(5): 11-13.
- [8] LOOMIS J, KENT P, STRANGE L et al. Measuring the economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J]. Ecological Economics, 2000, 33: 103-117.
- [9] WARD F A, ROACH B A, HENDERSON J E. The economic value of water in recreation: evidences from the California drought[J]. Water Resources Research, 1996, 32(4): 1075-1081.
- [10] WILSON M A, CARPENTER S R. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States: 1971~1997[J]. Ecological Applications, 1999, 9(3): 772-783.
- [11] COSTANZA R, d'ARGE R, RUDOLF de Groot et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [12] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [13] 于书霞, 尚金城, 郭怀成. 生态系统服务功能及其价值核算[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(5): 42-44.

(下转第 25 页)

表3 最优方案下各个分项工程施工工期情况

分项工程	计划 施工期 /月	优化 施工期 /月	节省 工期 /月	占比例 /%
主坝工程	60	56.4	3.6	6.00
副坝工程及副坝穿坝建筑物	36	35.8	0.2	0.56
49孔浅孔闸加固改造工程	36	34.7	1.3	3.61
姜唐湖进洪闸工程	21	19.8	1.2	5.71
新建12孔深孔闸工程	17	16.1	0.9	5.29
新建500t级船闸工程	19	17.9	1.1	5.79
城西湖船闸改建工程	9	8.4	0.6	6.67
上下游引河工程	34	28.1	5.9	17.35
主体工程合计	232	217.2	14.8	6.4

4 结 语

遗传算法是一种模拟生物进化的自适应随机搜索方法, 由于它对问题本身的限制较少, 对问题目标函数和约束条件既不要求可微也不要求连续, 仅要求该问题是可计算的; 同时, 它的搜索始终遍及整个解空间, 能找到近乎全局最优解, 因而在网络计划优

化方面具有广泛的应用价值。将其应用于资源有限条件下的水利工程施工进度控制优化问题分析中具有一定的优越性。

参考文献:

- [1] 白思俊. 资源有限的网络计划与启发式优化方法及其评价与选择: 启发式优化方法综述[J]. 中国管理科学, 1993, 2(2): 30-38.
- [2] 郑月锋, 黄德才, 刘端阳. 遗传算法在求解时间表问题中的应用研究[J]. 浙江工业大学学报, 2006, 34(4): 162-165.
- [3] 徐哲. 时间和费用不确定的网络计划资源均衡优化[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(10): 2500-2503.
- [4] 林志荣, 朱宏道. 网络计划中的资源均衡优化的研究[J]. 中国管理科学, 2000, 8(3): 39-43.
- [5] 陆绍凯, 武振业. 固定资源约束下的网络计划进度优化方法研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27(4): 88-92.
- [6] 汪安南. 淮河中游防洪的基础及支撑: 临淮岗洪水控制工程[J]. 治淮, 2000(9): 3-4.

(收稿日期: 2007-06-26 编辑: 徐广生)

(上接第4页)

参考文献:

- [1] 闵庆文, 成生魁. 全球化背景下的中国水资源安全与对策[J]. 资源科学, 2002(4): 49-55.
- [2] 王浩, 秦大庸, 王建华, 等. 西北内陆干旱区水资源承载能力研究[J]. 自然资源学报, 2004(2): 151-159.
- [3] 高明, 刘淑荣, 李亚民. 论我国水权制度的调适与创新[J]. 水利经济, 2006, 24(2): 7-11.
- [4] 矫勇, 张国梁. 向现代化迈进的中国水利[M]. 北京: 中国

水利水电出版社, 2004.

- [5] 孙才志, 杨俊, 王会. 面向小康社会的水资源安全保障体系研究[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2007, 7(1): 52-57.
- [6] 吴季松. 水资源及其管理的研究与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [7] 姜文来. 中国21世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001(1): 66-71.
- [8] 吴季松. 中国可以不缺水[M]. 北京: 北京出版社, 2005.

(收稿日期: 2007-08-28 编辑: 张志琴)

(上接第11页)

- [14] 中华人民共和国国家统计局. 2003 中国统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [15] 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): 443-452.
- [16] 中华人民共和国交通部综合规划司. 2002 年公路水路交通行业发展统计公报[EB/OL]. [2003-05-07]. <http://www.moc.gov.cn>.
- [17] 中国电力年鉴编委会. 2003 中国电力年鉴[Z]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [18] 中华人民共和国水利部. 2003 年水利统计公报[EB/OL]. [2004-08-26]. <http://www.cws.net.cn/>.
- [19] 中华人民共和国水利部. 2002 年水利统计公报[EB/OL]. [2003-06-08]. <http://www.cws.net.cn/>.

- [20] 张淙皎, 张世宝, 冯田华. 桃林口水库工程经济后评价防洪效益计算[J]. 中国农村水利水电, 2002, (8): 6-7.
- [21] 中华人民共和国水利部. 2003 年中国河流泥沙公报[EB/OL]. [2005-03-25]. <http://www.hydroinfo.gov.cn/>.
- [22] 李金昌, 姜文来, 靳乐山, 等. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.
- [23] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 水坝对河流生态系统服务功能影响评价[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 526-537.
- [24] 吴玲玲, 陆健健, 童春富. 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.
- [25] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 三峡工程对河流生态系统服务功能影响预评价[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 424-431.

(收稿日期: 2007-10-09 编辑: 张志琴)

Affecting factors of water resources security and its evolving tendency/SUN Cai-zhi, et al (Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development of Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: The affecting factors of water resources security were discussed from 10 aspects. The status in quo of water resources security in China was analyzed, and its evolving tendency in the future was predicted. The results show that: the side-effect of "water abundance" problem will gradually decrease; the "water shortage" problem will be still serious in the future; the "water dirtiness" problem will be more serious for a long period; the "water feculence" problem will have been greatly improved before 2050; the "water ecology unbalance" problem will have been significantly improved up to 2050.

Key words: water resources security; affecting factor; evolving tendency

Evaluation of establishment of water-saving society of Jiangsu Province/YANG Wei, et al (Business School of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: According to requirements of "The evaluation index system for establishment of water-saving society (trial version)" issued by the Ministry of Water resources of P. R. China and the actual situation of Jiangsu Province, a water-saving index system of "resources, society, economy and ecology" was set up. The establishment of water-saving society of Jiangsu Province during the 10th Five-year Planning was evaluated by use of the comprehensive analysis.

Key words: water-saving society; index system; AHP; evaluation; Jiangsu Province

Evaluation of economic value of river ecosystem service functions in China/XIAO Jian-hong, et al (State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the classification of river ecosystem service functions and the collectable data, the economic value of part of the river ecosystem service function in China was preliminarily evaluated by taking the year of 2002 as the base year. The results show that the total economic value of 9 items of river ecosystem service functions is 9965.86×10^8 Yuan RMB per year, equivalent to 9.51% of China's GDP in 2002. The various service functions have the following high-to-low sequence by the economic value: flood control, water resources storage, inland navigation, water supply, aquatic product, hydropower, environmental purification, soil and sand transport, recreation and culture.

Key words: river ecosystem; river ecosystem service function; economic value; evaluation

Expression modes of water right of water supply for Pingshan Water Supply Project/ZHANG Zhi-gang, et al

(Pingshan Water Supply Co., Ltd. of Huludao City, Huludao 125000, China)

Abstract: The expression modes of water right of water supply of Pingshan Water Supply Project were studied. It is shown that the property right, allocation right and management right of water supply should belong to the investors of Pingshan Water Supply Co., Ltd., and the users should have the utilization right of water supply after they have paid water charge according to the requirements.

Key words: Pingshan Water Supply Project; property right of water supply; allocation right; management right

Water price system of Beijing and its corresponding problems/SHEN Bi-feng (Beijing Municipal Institute of Hydraulic Engineering Planning, Design & Research, Beijing 100044, China)

Abstract: In order to establish a more rational water price system of Beijing, the existing problems of water resources fee, engineering cost and government supervision, etc. were discussed based on the field investigation. The following suggestions were put forward: the implementation of differential prices of water resources, the accounting of enterprise cost, the improvement of government supervision and the enhancement of researches on collecting water resources fee, etc.

Key words: water price; water price system; water resources fee; price supervision; Beijing

Experience of construction of village-to-village water supply project in Linshu County/WANG Xing-dian, et al (Linshu County Water Conservancy Bureau of Shandong Province, Linshu 276700, China)

Abstract: With the rapid development of the society and economy and the successive improvement of the people's standards of living, the safe water supply has directly related to the people's quality of life and health. According to the requirements of "The 11th Five-year Planning of water resources development in Shandong Province", Linshu County government has raised investment and vigorously developed the village-to-village drinking water system. The water supply project was accomplished one year ahead of the original time. Therefore, the people's safe drinking water has been ensured.

Key words: Linshu County; water supply project; experience

Evolution of management system of inter-basin water transfer projects and its inspiration—On management system of South-to-North Water Transfer Project/YANG Yun-yan, et al (Information School of Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430074, China)

Abstract: Practices of the management system of inter-basin water transfer projects at home and broad were