

# Assessment on the Function and Value of River Ecosystem Services of Shennongjia Forest Region

Jifa Miao, Jing Ye, Wenna Zhang, Tao Chen

Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan  
Email: [446316915@qq.com](mailto:446316915@qq.com)

Received: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2014; revised: Jul. 4<sup>th</sup>, 2014; accepted: Jul. 12<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Quantitative evaluation of the river ecosystem services function can provide a reference for river management and the rational use of water resources and comparison basis. Based on the natural conditions and the available data of the rivers in Shennongjia Forest Region, the paper makes a classification of the river ecosystem services function. The results showed that the total value of the river ecosystem services function was 4,083,660,500 Yuan in 2013. The values of various services functions from high to low were in such order as hydro-power, water storage, flood regulation, providing wildlife habitat, leisure entertainment, water supply, aquatic production, environment purification.

## Keywords

Shennongjia Forest Region, River Ecosystem, Services Function, Value Evaluation

---

# 神农架林区河流生态系统服务功能经济价值评估

苗纪法, 叶晶, 张雯娜, 陈涛

湖北大学资源环境学院, 武汉  
Email: [446316915@qq.com](mailto:446316915@qq.com)

收稿日期：2014年6月2日；修回日期：2014年7月4日；录用日期：2014年7月12日

## 摘要

对河流生态系统服务功能的价值评估，可以为河流的合理利用和管理提供参考和比较依据。文章根据河流的自然条件和数据的可获得性对神农架林区区域河流生态系统服务功能进行分类，研究表明，2013年神农架林区河流生态系统服务功能总价值408366.05万元，各项服务功能价值由大到小排序为水电开发 > 蓄集水分 > 调蓄洪水 > 提供生境 > 休闲娱乐 > 供水 > 水产品生产 > 净化环境。

## 关键词

神农架林区，河流生态系统，服务功能，价值评估

## 1. 引言

河流生态系统是由河流内的生物群落和河流环境相互作用形成的统一体[1]。河流生态系统服务功能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，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[2]。近年来国内外众多生态学家、经济学家共同努力，从区域生态系统服务功能的价值、流域生态系统服务功能、单项生态系统服务功能、物种种群及生物多样性的保护价、修复生态系统服务功能等方面不断探索生态系统服务功能价值的评估方法。但是目前，对湿地生态系统服务功能价值较多[3] [4]，对河流生态系统的服务功能价值评估较少，而且国内对生态系统服务功能价值评估的理论评估方法多效仿西方国家，缺乏这方面基础理论的研究，另外生态系统服务功能价值评估没有统一的研究方法，对于其紧密相关的生态补偿参考价值有限。神农架林区河流生态系统服务功能和开发直接影响到沿岸居民的生产、生活，因此对神农架河流生态系统服务功能进行评估有利于保护河流生态系统结构与功能的完整、科学合理地评估人类活动对河流生态系统的影响[5]，使神农架河流更好地为当地经济发展和区域生态环境保护服务。本文根据国内外学者相关研究成果结合神农架基础资料的可获得性，对神农架河流生态系统部分服务功能的经济价值进行定量评估，希望为开展河流生态系统服务功能价值评估研究和今后的神农架河流生态补偿提供参。

## 2. 河流概况和数据来源

### 2.1. 神农架河流概况

神农架林区境内河流都属于长江中游水系，但根据其直接注入河段，习惯上一般分为长江水系和汉江水系[6]。汉水支流南河、堵河发源于山脉北坡，长江支流香溪河、沿渡河(神农溪)发源于山脉南坡。全区有大小溪流 317 条，其中 50~1000 km<sup>2</sup> 的河流 14 条，1000 km<sup>2</sup> 以上的河流 1 条[7]。南河水系共有大小溪流 112 条，其中支流 55 条，季节性溪流 57 条，流域总长度 819.618 km，流域面积 1385.62 km<sup>2</sup>；堵河水系共有大小溪流 62 条，其中有支流 29 条，季节性溪流 33 条，流域总长度 474.393 km，流域面积 826.86 km<sup>2</sup>；香溪河水系共有大小溪流 95 条，其中有支流 43 条，季节性溪流 52 条，流域总长度 316.554 km，流域面积 889.08 km<sup>2</sup>；沿渡河水系是长江在湖北省内第一级支流，共有大小溪流 48 条，其中有支流 20 条，季节性溪流 28 条，流域总长度 115.333 km，流域面积 216.05 km<sup>2</sup>[6]。

### 2.2. 数据来源

根据神农架林区近 5 年统计年鉴和相关地方部门的“十二五”规划以及中国价格信息网、中国水网

和国家统计局的调查统计资料,收集神农架林区四大水系流域水供给、水力发电、水产品生产、旅游等各类统计数据,对研究河段 2013 年的河流服务功能经济价值进行评估。

### 3. 河流生态系统服务功能分类

1966 年 King[8]第一次提到生态系统服务这一概念,到 20 世纪 70 年代,生态系统服务功能开始成为一个科学术语及生态学与生态经济学研究的分支。1991 年国际科学联合会环境问题科学委员会(SCOPE)召开生物多样性间接经济价值定量研究会议,此后关于生物多样性与生态系统服务功能经济价值评估方法的研究和探索才逐渐多了起来[9]-[12]。

为了对生态系统服务价值进行评价, Costanza 等人综合国际上研究生态系统服务功能价值的各种方法,将生物圈分为 16 个生态系统类型,并将生态系统服务功能分为 17 种,最先对全球生态系统服务价值进行估算,这是目前对生态系统服务功能价值评估最有影响的研究结果[13]。国内很多学者在此基础上结合水生态系统提供服务的特点对水生态系统的功能与效益进行了分析与评估[14]-[18],文章借鉴国内外水生态系统服务功能的分类方法,将河流生态系统服务功能划分直接使用价值和间接使用价值两大类,具体包括供水、水力发电、水产品生产、内陆航运、休闲娱乐、文化美学、调蓄洪水、蓄集水分、土壤保持、河流输沙、净化环境、碳固定、养分循环、提供生境、生物多样性等功能[2]。

### 4. 神农架林区河流生态系统服务功能价值评估

根据神农架林区的水质保护要求、地理环境和水资源利用现状和资料的可获得性等原因,文章仅对供水、水力发电、水产品生产、休闲娱乐、调蓄洪水、蓄集水分、净化环境、提供生境等 8 项服务功能进行评估。

1) 供水功能。神农架林区四大水系是全区唯一的淡水供给源,为全区提供生活用水、生产用水以及社会公共用水等。四大水系河流水供给功能的评估可以利用市场价值法,其计算公式为:

$$V_1 = \sum Q_i + P_i$$

式中,  $V_1$  为水供给功能价值,  $Q_i$  为第  $i$  种用途的水量,  $P_i$  为第  $i$  种用途水的市场价格。根神农架林区统计数据,全区各类水利工程总供水量 3328 万吨,其中居民生活用水 284 万吨,生产用水 2909 万吨,城镇公共生态环境用水 35 万吨。根据神农架林区现行水价,水供给功能价值为 3201.35 万元。

2) 水力发电功能。神农架林区河流的落差较大,形成了丰富的势能,水力发电是该能量的有效转换形式。发电价值用市场价值法计算,计算公式为:

$$V_2 = Q_0 \times P_0$$

式中,  $V_2$  为水力发电价值,  $Q_0$  为电站的年发电量,  $P_0$  为单位电的市场价格。根据统计数据(如表 1 所示),神农架林区可开发水能蕴藏量为 450,000 kw,年发电量最大可为 394,200 万度,单位电的价格按居民用电电价 0.55 元/度计算,由此可得,林区四大水系水力发电功能价值为 216,810 万元。

3) 水产品生产功能。林区水产养殖规模较小,根据神农架林区统计数据显示,2012 年林区水产养殖业总产值  $V_3$  为 153 万元。

4) 休闲娱乐功能。休闲娱乐价值采用费用支出法,费用支出是指游客旅行总费用的实际支出,包括交通、食宿和门票等服务费用,还有旅行时间花费和其它附属费用,计算公式如下:

$$V_4 = C + S + T + O \quad [19]$$

式中,  $V_4$  为旅游价值;  $C$  为旅行费用支出;  $S$  为消费者剩余;  $T$  为旅游时间价值;  $O$  为其他费用。

香溪源是神农架林区以河流为主导开发的景区,根据相关文献香溪源年门票收入 750 万元,根据当

**Table 1.** The value of hydro-power for each river  
**表 1.** 各水系水电开发功能价值

流域名称	可开发水能蕴藏量(kW)	功能价值(万元)
南河流域	188,000	90578.4
香溪河流域	110,000	52,998
堵河流域	57,000	27462.6
沿渡河流域	95,000	45,771
合计	450,000	216810

地旅游局的统计结果, 旅游及其带动的相关产业产生的价值是门票价值的 5.5 倍(包括旅馆、饭店、交通运输等)[16], 可得旅游价值为 4125 万元。

5) 调蓄洪水功能。调蓄洪水功能包括两个方面: 一方面, 指河流湿地具有巨大的渗透能力和蓄水能力。由于湿地植物吸收、渗透降水, 致使降水进入江河的时间滞后, 从而减少了洪水径流量, 达到削减洪峰的目的。另一方面, 在河流上兴建的水库也起到调节洪水、减少灾害的作用。

$$V_5 = S_f \times P_f + P_0$$

式中,  $V_5$  为调蓄洪水功能的价值;  $S_f$  为保护的耕地总面积;  $P_f$  为耕地的效益;  $P_0$  为其他效益, 这里以防汛费用代替。

根据《神农架林区 2012 年国民经济和社会发展统计公报》, 神农架林区水系流域范围内播种面积 6081 公顷, 每公顷产值 5.2 万元, 人口 7.95 万人, 人均防汛费按 25 元/人计算。

6) 蓄集水分功能。河流除了提供用水以外, 还是一个天然的容器, 起到蓄集水资源、调节和补充周围湿地径流和地下水的的作用, 这种功能减少了水库等贮水工程和引水工程的建设。贮水功能价值利用代替花费法进行计算, 根据河段潜在的贮水水量, 假设水库等工程获得同样水量时所花费的费用作为贮水功能价值。计算公式为:

$$V_6 = Q_b \cdot P_b$$

其中,  $V_6$  为贮水价值,  $Q_b$  为河段潜在的贮水量,  $P_b$  为这种潜在水量的获得成本(单位蓄水量的库容成本)。根据河流的特点, 对供水功能的利用只是其服务功能的一部分, 因此, 应在保证其他功能正常的

情况下进行评估。由国际大坝组织的生态用水不低于水资源总量的 30% 的理论可知, 贮水量为多年平均河流年径流量的 70% [20]。神农架林区年均径流量为 21.27 亿  $m^3$ , 取其 70%, 则贮水量为 14.89 亿  $m^3$ 。单位贮水价值取每建设一单位库容需投入的成本 0.67 元 [21]。根据国家统计局的统计数据计算可知 [20], 2013 年比 1999 年居民消费价格总水平上涨 35.4%, 由此推算, 取单位蓄水量的库容成本 0.91 元, 神农架流域贮水功能价值为 135040.69 万元(见表 2)。

7) 提供生境功能价值。各种水体与湿地是地球上最重要的野生生物的栖息地或避难所。提供生境功能的价值公式为:

$$V_7 = M_b \cdot S_b$$

式中,  $V_7$  为提供生境功能价值,  $M_b$  为单位面积土地的效益价值,  $S_b$  为提供生境的面积。根据国内外专家的研究成果, 河流提供生境服务功能价值系数难以确定, 规划中采用沼泽所提供生境的价值系数, 沼泽或泛滥平原提供栖息地或避难所这一服务功能的年生态效益为 439 美元/ $hm^2$  [5] [13], 折合人民币 3648.09 元/ $hm^2$ , (以 100 美元兑换人民币 831 元计算), 根据国家统计局的统计数据计算可知, 2013 年比 1997 年居民消费价格总水平上涨 32.4%, 提供生境的年生态效益为 5155.72 元/ $hm^2$ , 神农架林区四大水系流域面积为 3317.61 平方公里, 可得出提供生境服务价值为 17104.67 万元, 各水系计算结果如表 3 所示。

8) 净化环境功能。河流生态系统能够通过稀释、吸附、过滤、扩散、氧化还原等一系列物理和生物化学反应来净化由径流带入河流的污染物，起到净化水质的作用。净化功能的价值公式为：

$$V_8 = Q_w \cdot P_w$$

式中， $V_8$  为净化功能价值， $Q_w$  表示净化能力下降而减少的污水处理量， $P_w$  为污水处理厂处理单位成本的价格。根据林区环保局统计年报，2012 年林区流域工业废水排放量 200.6 万 t，废水排放达标率为 90%，生活废水排放量为 227 万 t，排放达标率为 40%。污水处理费标准为：工业污水处理费 0.8 元/m<sup>3</sup>，居民生活污水处理费 0.7 元/m<sup>3</sup>，据此可计算林区流域水质净化功能价值为 111.39 万元。

## 5. 结论

研究表明，2013 年神农架林区四大水系河流生态系统服务价值约为 408366.05 万元，相当于神农架林区全区生产总值的 242.91%。在对神农架林区水系河流生态系统服务价值的初步评估中，水力水电开发功能的经济价值最大为 216810 万元，占总经济价值的 53.09%，净化环境功能经济价值最小为 111.39 万元，占总经济价值的 0.027%。各项生态系统服务功能价值由高到低排序为水力电开发功能 > 蓄集水分功能 > 调蓄洪水功能 > 提供生境功能价值 > 休闲娱乐功能 > 供水功能 > 水产品生产功能 > 净化环境功能(见表 4)，这说明神农架河流生态系统在蓄集水分、减少和防御洪涝灾害、保护社会和促进经济发展等方面具有极其重要的作用。

另外，由于数据的不可获得性及方法不成熟等原因，这里对于气候调节、碳固定、河流输沙等功能未作评估，导致评估结果可能偏小，在应用本研究的结果时应予以考虑。对河流生态系统服务功能进行评估的最终目的，是预测河流生态系统发生某种改变时，它为人类提供的各种服务功能将会发生怎样的变化，从而为河流的开发和利用政策的制定提供科学依据[22]。近年来，受水电站建设、流域土地开发等因素影响，神农架河流自然状况发生了很大改变。因此应尽快完善相关的河流生态系统服务功能评价方法，开展不同人类干扰下功能变化的研究，更好的对神农架林区河流生态系统服务功能的评估，为河流

**Table 2.** The value of water storage for each river

**表 2.** 各水系蓄集水分功能价值

流域名称	水资源量(亿 m <sup>3</sup> )	功能价值(万元)
南河水系	6.05	38410.73
堵河水系	5	31744.40
香溪河、沿渡河水系	10.22	64885.56
合计	21.27	135040.69

**Table 3.** The value of providing wildlife habitat for each river

**表 3.** 各水系提供生境功能价值

流域名称	流域面积(km <sup>2</sup> )	功能价值(万元)
南河水系	1385.62	7143.87
堵河水系	826.86	4263.06
香溪河水系	889.08	4583.85
沿渡河水系	216.05	1113.89
合计	3317.61	17104.67



**Table 4.** The function and value of river ecosystem services of Shennongjia Forest Region  
**表 4.** 神农架河流生态系统服务功能类型划分及价值

生态系统服务价值	价值(万元)
供水功能	$V_1 = 3201.35$
水力电开发功能	$V_2 = 216810$
水产品生产功能	$V_3 = 153$
休闲娱乐功能	$V_4 = 4125$
调蓄洪水功能	$V_5 = 31819.95$
蓄集水分功能	$V_6 = 135040.69$
提供生境功能价值	$V_7 = 17104.67$
净化环境功能	$V_8 = 111.39$
合计	408366.05

的开发利用及其管理提供参考和依据，为实现河流可持续利用提供科学保证。

## 基金项目

本研究由国家科技惠民计划项目(S2013GMD100042)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 栾建国, 陈文祥 (2004) 河流生态系统的典型特征和服务功能. *人民长江*, **9**, 41-43.
- [2] 肖建红, 施国庆, 毛春梅等 (2008) 河流生态系统服务功能经济价值评价. *水利经济*, **1**, 9-11, 25.
- [3] Luan, J.G. and Chen, W.X. (2004) Typical characteristics and service function of river ecological system. *Yangtze River*, **9**, 41-43.
- [4] Brismar, A. (2002) River systems as providers of goods and services: A basis for comparing desired and undesired effects of large dam projects. *Environmental Management*, **5**, 598-609.
- [5] 接玉梅, 葛颜翔, 李颖 (2012) 大汶河河流生态系统服务功能价值评估. *农业科技管理*, **2**, 4-7.
- [6] 神农架林区水利电力局 (2005) 湖北省神农架林区水系(河流)水库基本情况简介.
- [7] 湖北省十堰市水文水资源勘测局 (2001) 神农架林区水文特征. *水文*, **1**, 55-56.
- [8] King, R.T. (1966) Wildlife and man. *NY Conservationist*, **20**, 8-11.
- [9] Ehrlich, P.R. and Ehrlich, A.H. (1992) The value of biodiversity. *AMBIO*, **3**, 219-226.
- [10] Pearce, D.M. and Moran, D. (1994) The economic value of biodiversity. IUCN, Cambridge.
- [11] Gren, I.M., Groth, K.H. and Sylvén, M. (1955) Economic value of dunube floodplains. *Journal of Environmental Management*, **45**, 333-345.
- [12] Hueting, R., Reijnders, L., de Boer, B., Lambooy, J. and Jansen, H. (1998) The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics*, **25**, 31-35.
- [13] Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., *et al.* (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**, 253-260.
- [14] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 魏彦昌 (2003) 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. *自然资源学报*, **4**, 443-452.
- [15] 蔡庆华, 唐涛, 邓红兵 (2003) 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*, **1**, 135-138.
- [16] 王欢, 韩霜, 邓红兵, 肖寒, 吴钢 (2006) 香溪河河流生态系统服务功能评价. *生态学报*, **9**, 2971-2978.

- [17] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 苗鸿 (2004) 水生态服务功能分析及其间接价值评价. *生态学报*, **10**, 2091-2099.
- [18] 陈吉斌, 刘胜祥, 黄家文, 廖奇志, 柳七一 (2008) 金沙江攀枝花河段生态系统服务功能价值计算. *亚热带水土保持*, **2**, 5-7.
- [19] Xue, D.Y., Bao, H.S. and Li, W.H. (1999) A valuation study on the indirect values of forest ecosystem in Changbai-shan Mountain Biosphere Reserve of China. *China Environmental Science*, **19**, 247-252.
- [20] 国家统计局 (2014) 统计公报. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/>
- [21] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿 (1999) 中国陆地生态系统生态服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, **5**, 608-613.
- [22] 王伟, 陆健健 (2005) 三垌湿地生态系统服务功能及其价值. *生态学报*, **3**, 404-407.