

汪金福,戴志健,王怀清,等. 2019. 鄱阳湖流域生态系统服务价值评估[J]. 气象与减灾研究,42(1):59-63.

Wang Jinfu, Dai Zhijian, Wang Huaiqing, et al. 2019. Evaluation of ecosystem service value in Poyang Lake basin[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research,42(1):59-63.

## 鄱阳湖流域生态系统服务价值评估

汪金福<sup>1</sup>, 戴志健<sup>2</sup>, 王怀清<sup>2</sup>, 夏玲君<sup>2</sup>

1. 湖北省气象局, 湖北 武汉 430074

2. 江西省生态气象中心, 江西 南昌 330096

**摘要:** 为定量评估鄱阳湖及五河(赣江、抚河、信江、饶河、修河)流域生态系统服务价值,以及为江西省生态文明建设提供决策参考,文中收集整理了 2015 年流域水资源、农作物及水产品产量、污染物排放量、水土流失等数据,运用市场价格法、替代成本法等对江西省鄱阳湖及五河流域年度流域物质生产、水资源供给、水环境承载力、蓄水功能和水土保持五大功能价值进行定量评估。结果表明:鄱阳湖及五河流域 2015 年流域生态系统服务功能总经济价值为  $4.53 \times 10^{11}$  元,各生态服务功能价值的比例最高的是流域物质生产,为 54%,这反映了江西省是一个拥有丰富农业资源的农业大省。江西省流域生态系统服务功能价值的水资源供给、水环境承载力、蓄水、水土保持等其他功能价值方面有很大的发展空间,随着经济社会的不断发展,其服务功能价值将得到更大的体现。

**关键词:** 生态系统,服务价值,鄱阳湖流域,评估

**中图分类号:** P463.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9033(2019)01-0059-05

**doi:** 10.12013/qxyjzj2019-009

## Evaluation of Ecosystem Service Value in Poyang Lake Basin

Wang Jinfu<sup>1</sup>, Dai Zhijian<sup>2</sup>, Wang Huaiqing<sup>2</sup>, Xia Lingjun<sup>2</sup>

1. Hubei Meteorological Bureau, Wuhan 430074, China

2. Ecological Meteorological Center of Jiangxi Province, Nanchang 330096, China

**Abstract:** To quantitatively evaluate the value of ecosystem services in Poyang Lake and Wuhe River Basin and provide decision-making reference for the construction of ecological civilization in Jiangxi province, the data of water resources, crop and aquatic product output, pollutant emissions, and soil erosion in 2015 was collected, and then the five function values of Poyang Lake and Wuhe River in Jiangxi province were calculated using the market price method and alternative cost method. The results showed that the total economic value of ecosystem service functions of Poyang Lake and Wuhe River Basin in 2015 was 453 billion yuan, and the function value of material production occupied the highest proportion accounting for 54%, which reflected Jiangxi was a large agricultural province with abundant agricultural resources. Moreover, it also showed that there was great development potential of water supply, water environmental capacity, water storage, soil and water conservation, and other functional values of ecosystem service. With the socioeconomic development, the ecosystem will present higher function values.

**Key words:** ecosystem; service value; Poyang Lake basin; evaluation

### 0 引言

2016 年 8 月,中共中央办公厅、国务院办公厅

印发了《关于设立统一规范的国家生态文明试验区的意见》,将江西列为三大国家生态文明试验区之一。2016 年 12 月,江西省气象局印发《江西省生态

收稿日期: 2018-07-17; 修订日期: 2019-01-29.

基金项目: 2017 年江西省气象局重点项目(编号:20161BBG70095); 2018 年度中国气象局气象软科学研究项目“气象与生态文明建设融合发展深化研究”(编号:指令项目[02]).

作者简介: 汪金福,高级工程师,主要从事生态气象及气候变化等研究, E-mail: 353628846@qq.com.

文明先行示范区建设气象保障行动方案(2016—2020年)》,正式启动生态文明气象保障工作。为早日见成效、有进展,江西省气象局依托自身技术优势开展了重点生态领域功能与价值评估,对江西省良好生态环境的功能和价值进行科学评估,通过其动态变化得出定性及定量的结论,形成江西省生态环境状况定量、科学的评价体系,使决策者、社会公众认识到生态环境的真正价值和脆弱性,更加理解“生态红线”的概念,在工作、生活中保持对自然的敬畏,形成建设生态文明的社会共识,从而保障生态文明先行示范区建设各项措施得到充分落实。

流域生态是指人类在江河流域生态系统与生态过程所形成及所维持的自然环境条件与效用,以流域为基本研究单元。它不仅给人类提供生存必需的食物、医药及工农业生产的原料,而且维持了人类赖以生存和发展的生命支持系统,是区域社会经济可持续发展的支撑和保障。从20世纪70年代至今,国内外很多专家对不同区域的流域生态系统服务价值功能进行了评价与分析,取得了许多研究成果。龚毅帆等(2015)运用市场价格法、影子工程法等对湖北汉江流域7项生态服务价值进行了综合评价,呼吁汉江流域沿岸政府加强对汉江的科学研究,增强公民对汉江的保护意识。樊旭等(2015)运用生态学及经济学方法,对高邮湖的9项生态服务功能进行了综合评价,表明高邮湖湖泊生态系统在排涝及水产养殖方面发挥了重要作用。曹生奎等(2013)对青海湖湖泊生态系统服务功能进行了价值评估,表明青海湖水体生态系统的气候调节功能价值最大,指出要对青海湖水生态系统服务功能进行重新认识和定位,以实现青海湖水体的持续利用。周文昌等(2016)从6个方面对洪湖湿地生态功能价值进行了分析,表明洪湖湿地属性主要是生物多样性和社会文化重要性,并指出需进一步加强对洪湖湿地的研究,为湿地保护与恢复提供数据支撑。崔丽娟和赵欣胜(2004)利用Odum创立的生态经济系统能值分析理论定量分析了鄱阳湖湿地生态系统内的物流和能流,分四步计算了鄱阳湖湿地在长江流域的重要生态功能价值。Wilson和Carpenter(1999)对美国1971—1997年的地表淡水生态系统服务功能价值评估研究进行了总结回顾,指出定量评估水生态系统经济价值主要有漫游成本法、价格分析法和条件估价法。

近年来,由于气候变化和人类活动加剧,鄱阳湖及五河(赣江、抚河、信江、饶河、修河)流域出现以下

几类主要的水环境问题:水资源总量波动加剧、生物资源破坏严重、气候干旱、植被覆盖率降低、水生态污染严重、生态环境脆弱、土壤河岸带风蚀沙化、水土流失严重以及河流自身自净能力不断衰退等。面临这样的环境压力,必须准确评估鄱阳湖和五河流域生态系统的服务价值,对鄱阳湖和五河流域开展针对性的保护和整治,切实保障江西生态文明建设的稳步推进。国内对湖泊流域生态系统服务功能的价值研究还处在初级阶段,各地经济水平与社会需求都存在差异,湖泊流域生态系统又存在特殊的复杂性,因此在评价指标上要选取可量化和可操作的经济价值指标。文中收集整理2015年流域水资源、农作物及水产品产量、污染物排放量、水土流失等数据,运用市场价格法、替代成本法等对江西省鄱阳湖及五河流域年度流域物质生产、水资源供给、水环境承载力、蓄水功能和水土保持五大功能价值进行定量评估,以期对鄱阳湖及五河流域的生态发展和管理决策提供科学依据。

## 1 研究区域概况

江西省水网稠密,降水充沛,地形南高北低,有利于水源汇聚,但各河流水流量季节变化较大,对航运、灌溉、养殖等影响较大。江西省地表径流东部大于西部、山区大于平原。全省共有大小河流2400多条,总长度达 $1.84 \times 10^4$  km,除边缘部分分属珠江、湘江流域及直接注入长江外,其余均分别发源于省境山地,汇聚成赣江、抚河、信江、饶河、修河五大河系,最后注入鄱阳湖,经湖口县汇入长江,构成以鄱阳湖为中心的向心水系,其流域面积达 $1.62 \times 10^5$  km<sup>2</sup>。鄱阳湖是中国第一大淡水湖,连同其外围一系列大小湖泊,形成天然水产资源宝库,并对航运、灌溉、养殖和调节长江水位及湖区气候均起重要作用。

江西省河川径流主要靠降水补给,季节性变化很大,具有夏季丰水、冬季枯水、春秋过渡的特点。流域径流量年内波动较大:1—3月径流量占全年的14%—17%,4—6月占53%—60%,7—9月占18%—22%,10—12月占6%—10%。最大径流量一般出现在5月或6月,各河流最大月径流量占全年径流量的22%左右;最小径流量一般出现在12月或1月,各河流最小月径流量占全年径流量的3%以下。由于径流量的年内分配主要集中在4—6月,易造成洪涝灾害;而7—9月,降水稀少,气温偏高,工农业用水正值高峰,江河却处于少水期。各河

流经流量最大年是最小年的4—5倍,年径流量变化的表现还存在连续干旱和连续洪水的情况。

鄱阳湖水系涉及的范围南北长约620 km,东西宽约490 km,流域面积约为 $1.62 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,其中 $1.57 \times 10^5 \text{ km}^2$ 位于江西省境内,占流域面积的96.6%,占江西省国土面积的94%,其余5482  $\text{km}^2$ 分属福建、浙江、安徽、湖南、广东等省份,占流域面积的3.3%。

## 2 资料与方法

根据生态服务功能价值的原理,依据不同流域生态系统特征及国内外对流域生态服务功能分类的方法,可将流域生态服务功能分为使用价值和非使用价值。使用价值主要包括物质生产、供水等直接使用价值和水质净化、水土保持等间接使用价值;非使用价值是指人类暂时无法利用的价值,文中不进行分析。

文中讨论的流域生态系统服务功能主要分为物质生产、调节功能、文化功能和生命支持功能四大种类,在四大种类的基础上,选取鄱阳湖和五河(赣江、抚河、信江、饶河、修河)流域为主要研究对象,结合江西省流域生态系统与社会经济发展的特点,通过查找《江西省统计年鉴(2016)》(江西省统计局,2016)、《江西省水土保持公报(2015)》(江西省水利厅,2015)、《江西省水资源公报(2015)》(江西省水利厅,2015),针对流域物质生产、水资源供给、水环境承载力、蓄水功能和水土保持等五大主要功能,利用市场价格法、替代成本法等开展定量价值评估。

## 3 结果与分析

### 3.1 物质生产

市场价格法是指对有市场价格的生态系统产品和服务进行估算的一种方法,流域的物质生产功能可以利用市场价格法定量估算。物质生产功能价值计算式(张秀峰等,2007)为

$$V_1 = Y \cdot P_1 \quad (1)$$

其中, $V_1$ 为物质生产价值; $Y$ 为江西省鄱阳湖流域水产品总量,包括农产品、鱼类、虾类等; $P_1$ 为江西省各类水产品平均价格。

运用市场价格法,依据江西省统计局统计数据及江西省物价局公布的物价数据(江西省统计局,2016),估算得到2015年流域内水产品总量的总价值为 $2.47 \times 10^{11}$ 元。

### 3.2 水资源供给

水资源供给的计算式(樊旭等,2015)为

$$W = (P - V) \cdot S - T_{\text{上游}} + T_{\text{下游}} \quad (2)$$

其中, $W$ 为流域总供水量; $P$ 为流域年面降水量; $V$ 为流域年面蒸发量; $S$ 为流域的计算面积。

根据《江西省水资源公报(2015)》(江西省水利厅,2015),2015年外省流入江西省境内的水量为 $7.34 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,从江西省流出至邻近省份的水量(不包括湖口流入长江的水量)为 $8.37 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。表1给出了2015年江西省五大河流域降水量与径流量。根据表1中数据,利用式(2)计算得到江西省流域总供水量约为 $1.66 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

根据不同行业水费的征收标准及不同行业用水比重(表2),计算得到归一化之后的水费约为1.13元/ $\text{m}^3$ ,因此估算得到流域总供水量的供水价值约为 $1.88 \times 10^{11}$ 元。

表1 2015年江西省五大河流域降水量与径流量

Table 1 Precipitation and runoff for the five major river basins of Jiangxi province in 2015

流域名称	计算面积/ $\text{km}^2$	降水量/ $\text{mm}$	径流量/ $(10^9 \text{ m}^3)$	输沙量/ $(10^4 \text{ t})$
赣江	79 666	1964	827.99	182.0
抚河	15 788	2375	225.45	147.0
信江	14 516	2372	238.51	106.0
饶河	12 044	2511	198.04	310.1
修河	14 539	1983	164.54	

注:修河未设置断面监测输沙量,因此无数据。

表2 2015年江西省各行业用水比例及水费征收标准

Table 2 Water consumption ratio and water charge collection standards for various industries in Jiangxi province in 2015

行业	用水总量/ $(10^9 \text{ m}^3)$	比重/%	水费征收标准/ $(\text{元} \cdot \text{m}^{-3})$
农林渔牧	154.13	62.7	0
工业	61.62	25.1	3.17
居民生活	21.85	8.8	2.38
城镇公用	6.08	2.5	0.08
生态用水	2.13	0.9	0.12

### 3.3 水环境承载力

依据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)(国家环境保护总局,2002)对地表水水质最低要求,如果流域内水质优于最低要求,则价值为正,如果等于或者低于最低要求,则价值为零甚至为负。表3为2015年江西省五大河流域Ⅰ—Ⅲ类水质断面比例。分析可知,2015年全省地表水水质良好,水质较往年略有改善。通过查阅江西省环境状况公报(2015)(江西省环境保护厅,2015)可知,全省废水排

放量为  $2.23 \times 10^9$  t, 化学需氧量为  $7.16 \times 10^5$  t, 氮氮排放量为  $8.46 \times 10^4$  t, 采用替代成本法, 利用污染防治成本的方法等效计算水质净化功能价值, 根据单位污染物净化价值以化学需氧量 2.5 元/kg、总氮 1.5 元/kg(中华人民共和国水利部, 2014), 计算得到流域的水质净化价值约为  $1.92 \times 10^9$  元。

表3 2015年江西省五大河流域I—III类水质断面比例  
Table 3 Proportion of water quality sections of Grade I—III in the five major river basins of Jiangxi province in 2015

流域名称	断面比例/%	水质等级
赣江	86.8	良好
抚河	86.7	良好
信江	84.0	良好
饶河	90.0	优
修河	82.4	良好

### 3.4 蓄水功能

鄱阳湖及五大河流域内有 29 座大型水库、251 座中型水库。2015 年末蓄水总量为  $1.32 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 比年初增加  $2.35 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。以下采用市场价格法, 估算流域内蓄水功能价值。

蓄水量价值  $V_2$  的计算式(江波等, 2011)为

$$V_2 = Q \cdot P_2 \quad (3)$$

其中,  $Q$  为蓄水总量,  $P_2$  为根据不同行业水费标准归一化之后的水价值。通过计算得到流域的蓄水量价值约为  $1.49 \times 10^{10}$  元。

### 3.5 水土保持

利用替代成本法, 将水土流失治理成本的方法等效代替计算水土保持功能价值, 估算流域的水土保持价值  $V_3$ , 其计算式为

$$V_3 = (Q_{\text{平均}} - Q_{\text{当年}}) \cdot P_{\text{成本}} \quad (4)$$

其中,  $Q_{\text{平均}}$  为流域内多年平均输沙量;  $Q_{\text{当年}}$  为流域内所需计算年份的年均输沙量;  $P_{\text{成本}}$  为治理水土流失的累计投资及减少土壤流失量的单位治沙成本。

通过查阅《江西省水土保持公报(2015)》(江西省水利厅, 2015), 2015 年流域内多年平均输沙量  $Q_{\text{平均}}$  为  $1.46 \times 10^7$  t, 流域内当年的平均输沙量  $Q_{\text{当年}}$  为  $7.36 \times 10^6$  t, 江西省对治理水土流失的累计投资及减少土壤流失量的单位治沙成本约为 170 元/t。根据式(4), 计算得到五大河流域的水土保持价值约为  $1.22 \times 10^9$  元。

### 3.6 流域生态系统总的服务价值评估

表 4 为五大服务价值功能数额及所占比重。分析可知, 江西省流域生态系统服务的总价值约为  $4.53 \times 10^{11}$  元, 流域生态系统服务的价值主要集中在

在物质生产和水资源供给方面, 两者相加占总价值的约 96%。

表4 五大服务价值功能数额及所占比重  
Table 4 The five service function values and their proportion

服务价值功能名称	服务价值功能数额/元	比重/%
物质生产	$2.47 \times 10^{11}$	54.5
水资源供给	$1.88 \times 10^{11}$	41.5
水环境承载力	$1.92 \times 10^9$	0.4
蓄水	$1.49 \times 10^{10}$	3.3
水土保持	$1.22 \times 10^9$	0.3

## 4 结论与讨论

文中收集整理了 2015 年流域水资源、农作物及水产品产量、污染物排放量、水土流失等数据, 运用市场价格法、替代成本法等对江西省鄱阳湖及五河(赣江、抚河、信江、饶河、修河)流域年度物质生产、水资源供给、水环境承载力、蓄水功能和水土保持五大功能价值进行了定量评估, 得出了初步结果。鄱阳湖及五河流域生态系统服务价值主要体现在基本的物质生产和供水方面, 且供给单价偏低, 特别是水资源承载力、蓄水、水土保持方面的价值偏低, 这反映了区域生态环境良好和经济发展水平相对弱后的现实。

目前, 国内外普遍缺乏针对生态系统服务功能价值计量的要素观测, 多为研究者通过相关物理量进行估算, 时空分辨率较低。有些服务缺乏计量手段, 量化指标难以确定, 比如物种多样性维持、科研文化教育、景观愉悦性等服务。水利、环保等部门的官方数据公开不及时, 很难获取长时间序列数据, 且鄱阳湖流域存在巨大的季节性差异, 每年枯水期到来时, 鄱阳湖流域会逐渐演化为湿地生态系统, 甚至在水量减少至干涸时, 退化为陆地生态系统。在未来的工作中, 应开展有针对性的观测, 积累资料, 多运用物理模型进行长时间序列的演算; 还应针对鄱阳湖流域易变的生态系统进行分季甚至分月的动态监测, 这样才能更好地对流域生态系统功能价值进行评价。

随着区域经济社会的发展, 人类对于流域资源的需求将迅猛增加, 流域资源的稀缺性程度将迅速提升, 流域生态系统服务功能价值必将大幅提高。为了保障江西省社会经济的可持续发展, 必须以鄱阳湖及五大河流域生态系统服务功能价值为参考, 采取并制定有利于流域保护的政策措施, 加强对鄱阳湖流域的保护。以“一湖清水”为建设目标, 规范

对鄱阳湖流域水资源的开发与利用,提高水资源利用率,防止流域的生态与水质污染,保护流域生态系统的服务供给不减少,并采取积极措施改善流域生态系统健康状况,提高整个流域生态系统的服务功能价值。

## 参考文献 (References)

- 曹生奎,杨明,陈晔峰,等. 2018. 基于 CIMISS 的省级气象业务系统的应用设计[J]. 计算机应用与软件, 35(4):117-121. Chen Q, Yang M, Chen Y F, et al. 2018. Application design of provincial meteorological service system based on CIMISS [J]. Computer Appl Software, 35(4):117-121.(in Chinese)
- 崔丽娟,赵欣胜. 2004. 鄱阳湖湿地生态能值分析研究[J]. 生态学报,24(7):1480-1485. Cui L J, Zhao X S. 2004. Analysis of ecological energy in Poyang lake[J]. J Eco,24(7):1480-1485. (in Chinese)
- 樊旭,孟灵芳,刘翠,等. 2015. 高邮湖生态服务功能价值评估[J]. 水利经济,33(1):14-17. Fan X, Meng L F, Liu C, et al. 2015. The evaluation of ecological service function of Gaoyou Lake[J]. J Econ Water Resour, 33(1):14-17.(in Chinese)
- 龚毅帆,周致远,孙小舟,等. 2015. 湖北省汉江流域生态服务功能价值评估[J]. 湖北农业科学, 54(24):6231-6234. Gong Y F, Zhou Z Y, Sun X Z, et al. 2015. Evaluation of ecological service function of Hanjiang river basin in Hubei province[J]. Hubei Agricultural Science, 54(24):6231-6234.(in Chinese)
- 国家环境保护总局. 2002. 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) [S]. [2002-04-26]. <https://wenku.baidu.com/view/75be834282c4bb4cf7ec4afe04a1b0717fd5b3d3.html>.
- 江波,欧阳志云,苗鸿,等. 2011. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报,31(8):2236-2244. Jiang B, OuYang Z Y, Miao H, et al. 2011. Evaluation of service Value of Wetland Ecosystem in Haihe River Basin[J]. J Eco, 31(8):2236-2244.
- 江西省环境保护厅. 2015. 江西省环境统计年报(2015)[EB/OL]. [2016-09-29]. <http://www.jxepb.gov.cn/hjzx/sjzx/hjzknb/index.htm>.
- 江西省环境保护厅. 2015. 江西省环境状况公报(2015)[EB/OL]. [2016-6-3]. <http://www.jxepb.gov.cn/ZWGGK/JCC/HJZLXX/GDWSRQ/index.htm>.
- 江西省水利厅. 2015. 江西省水土保持公报(2015)[EB/OL]. [2017-11-01]. <http://www.jxsl.gov.cn/zwgk/tjsj/index.html>.
- 江西省水利厅. 2015. 江西省水资源公报(2015)[EB/OL]. [2017-11-01]. <http://www.jxsl.gov.cn/slgb/szygb/index.html>.
- 江西省统计局. 2016. 江西省统计年鉴(2016)[M]. 北京:中国统计出版社. Jiangxi Statistical Bureau. 2016. Statistical yearbook of Jiangxi province(2016)[M]. Beijing: China Statistical Publishing House.
- Wilson M A, Carpenter S R. 1999. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States, 1971 - 1997[J]. Eco Appl, 1999, 9(3):772-783.
- 张秀峰,刘正文,谢贻发,等. 2007. 城市湖泊退化过程中水生态系统服务功能价值演变评估:以肇庆仙女湖为例[J]. 生态学报, 27(6):2349-2354. Zhang X F, Liu Z W, Xie Y f. 2007. Assessment of the evolution of water ecosystem services in the degradation of Urban Lakes: A case study of Xiannv Lake in Zhaoqing[J]. J Eco, 27(6):349-2354.
- 中华人民共和国水利部. 2014. 2014年中国水资源公报[EB/OL]. [2014-12-31]. [http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/201612/t20161222\\_776054.html](http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/201612/t20161222_776054.html).
- 周文昌,史玉虎,庞宏东,等. 2016. 洪湖湿地生态系统服务价值研究概述[J]. 湖北林业科技, 4(2):43-48. Zhou W C, Shi Y H, Pang H D. 2016. Study on the service value of Honghu Wetland ecosystem[J]. Hubei Forestry Science and Technology, 4(2):43-48.(in Chinese)