

DOI: 10.5846/stxb201806021234

游旭,何东进,肖燚,王莉雁,宋昌素,欧阳志云.县域生态保护成效评估方法——以峨山县为例.生态学报,2019,39(9): - .

You X, He D J, Xiao Y, Wang L Y, Song C S, Ouyang Z Y. Assessment of ecological protection effectiveness in a county area: using Eshan County as an example. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(9): - .

县域生态保护成效评估方法 ——以峨山县为例

游 旭^{1,2}, 何东进³, 肖 燚², 王莉雁², 宋昌素², 欧阳志云^{2,*}

1 福建农林大学生命科学学院, 福州 350002

2 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

3 福建农林大学金山学院, 福州 350002

摘要: 县域是我国基本的行政单元, 建立县域生态保护成效评估方法是完善我国生态文明制度建设重要任务。生态系统生产总值(GEP)是指一定区域在一定时期内生态系统为人类福祉提供的最终产品与服务及其价值总和, 开展县域 GEP 核算可以客观反映县域的生态系统状况和生态保护的成效。以省级生态文明县——峨山彝族自治县为例, 研究了县域 GEP 的核算指标体系和核算方法, 开展了峨山县 GEP 核算, 分析了峨山县 GEP 构成及其变化趋势。结果表明: (1) 峨山县生态系统产品与服务可以分为产品提供、调节服务和文化服务 3 大类 15 项; (2) 2015 年, 峨山县 GEP 为 158.42 亿元, 气候调节功能和水源涵养功能是最主要的服务功能, 二者总和占当年 GEP 的 62.02%; (3) 2000 年以来, 峨山县 GEP 明显提高, 剔除价格因素后, 共增加了 25.04%, 其中产品提供和文化服务功能价值提升明显, 分别增加了 236.25% 和 3004.06%。调节服务价值稳中有升, 增加了 1.30%。研究表明, 现有的生态环境监测数据和经济社会统计数据基本上可以支撑县域 GEP 的核算, 同时县域 GEP 的变化能够体现出生态系统的保护成效, 并为完善政府绩效考核制度提供依据。

关键词: 生态系统生产总值; 核算; 县域; 生态服务功能

Assessment of ecological protection effectiveness in a county area: using Eshan County as an example

YOU Xu^{1,2}, HE Dongjin³, XIAO Yi², WANG Liyan², Song Changsu², OUYANG Zhiyun^{2,*}

1 Life Sciences College of Fujian Agricultural & Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

3 Jinshan College of Fujian Agricultural & Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: The county is the essential administrative unit of our country, and it is an important task in the improvement of the ecological civilization system of our country to establish an effectiveness evaluation method of ecological protection in the county area. Gross ecosystem product (GEP) is defined as total values of ecosystem products and services for human welfare and sustainable development. The county-scale GEP accounting can objectively reflect the county's ecological system status and the effectiveness of ecological protection. Using the provincial ecological civilized county, Eshan County, as an example, we built an accounting index system and method for the county's GEP, increased Eshan County's GEP accounting, and analyzed the county GEP's constitution and trend. The results showed that: (1) ecosystem products and services in Eshan County could be divided into 3 categories, provisioning services, regulating services, and cultural services

基金项目: 国家重点研发计划资助(2016YFC0503402)

收稿日期: 2018-06-02; **网络出版日期:** 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

and 15 sub-categories. (2) In 2015, The GEP of Eshan County was 15.842 billion yuan. Climate regulation and water retention are the main ecosystem services, the sum of which accounted for 62.02% of the GEP of the year. (3) Since 2000, Eshan County's GEP significantly increased. Eliminating the price factor, the GEP increased by 25.04%. Specifically, the value of the product delivery service and cultural service increased significantly by 236.25% and 3004.06%, respectively. The value of regulating services rose steadily, increasing by 1.30%. The present study showed that the existing environmental monitoring data, and economic and social statistics can basically support the accounting of a county's GEP. Furthermore, the changes in a county GEP could reflect the effect of ecosystem protection, and provide the basis for improving the performance appraisal system.

Key Words: Gross Ecosystem Produce (GEP); accounting; county; ecosystem service

县域是中国基本行政区域单元^[1]。2016 年底,全国共 2851 个县级行政区划单位(其中市辖区 954 个、县级市 360 个、县 1366 个、自治县 117 个、旗 49 个、自治旗 3 个、特区 1 个、林区 1 个)^[2],面积占国土总面积的 90%以上,人口占全国总人口的近 80%^[1-2]。生态文明建设是十八大与十九大报告中的重点议题,县域生态文明建设又是全国生态文明建设的微观主体和关键环节^[3]。十八届三中全会中指出,对限制开发区域和生态脆弱的国家扶贫开发工作重点县取消生产总值考核,目前,全国超过 700 多个县市将可能取消 GDP 的考核^[4]。根据生态文明建设部署,需要建立面向生态保护成效的考核指标与方法。

县域生态保护成效评估起源于 20 世纪 90 年代,此时的研究大多聚焦于环境质量的评价,如汤洁等以吉林省乾安县为例^[5],使用四种评价因子对当地的农业生态地质环境质量进行评价。而政府绩效考核处于探索阶段,生态保护成效评估尚未形成体系。自 21 世纪以来,县域生态保护成效评估逐渐从以环境评价为重心的转型为以生态保护为重心的,自然生态状况评估研究逐渐增加,生态系统服务的功能量和经济价值评估开始成为生态保护成效的评价主体,生态系统产品、水源涵养、气候调节和生物多样性保护等服务功能成为了评价的主要指标^[6]。生态保护成效评估开始考虑资源环境现状和生态系统对人类福祉的贡献。而评估生态保护成效的指标方法较多,例如国民经济核算体系(SNA)和绿色 GDP 等^[7],但这些均没有形成新的考核指标体系核心,就自然资源、资源消耗、和生态效益等方面的探讨不足,县域生态保护成效的评估仍需完善^[8]。

生态系统生产总值(GEP)是指一定区域在一定时期内生态系统为人类福祉提供的最终产品与服务及其价值总和^[9],GEP 核算提出以来,得到广泛关注。欧阳志云等核算了贵州省 GEP 总值,2010 年贵州省 GEP 包括产品服务价值、调节服务价值、文化服务价值 3 大类 17 项指标,共 20013.46 亿元;白马卓嘎等以甘孜藏族自治州为例,核算出甘孜州 2010 年 GEP 为 7545.59 亿元^[10];王莉雁等以国家重点生态功能区县阿尔山市为例,针对产品提供、调解服务、文化服务 3 大类 11 项服务功能核算出阿尔山市 2014 年 GEP 为 539.88 亿元^[11];深圳盐田探索了城市 GEP 的核算与示范^[12]。GEP 核算研究了生态系统产品、服务功能与人类福祉、经济社会发展的关系,很好的体现了区域生态保护成效。同时不同尺度的 GEP 核算可以提高其可行性和可操作性,县域作为一个小尺度的区域,一方面会受到大尺度区域的约束^[13],另一方面,小尺度之间的联合作用又反过来影响大尺度的生态过程^[14]。县域 GEP 核算不仅仅可以了解区域生态系统状况和保护成效,还能够起到统筹作用,具体地对县域的生态保护提供科学规划,同时县域尺度开展 GEP 核算的工作较少,亟待开展县域 GEP 核算研究。

本文拟在课题组研究成果的基础上^[9],进一步探究县域 GEP 核算的指标与方法,以云南省峨山彝族自治县(峨山县)为例,研究县域 GEP 的特征与变化趋势,分析生态系统的各项服务功能量与经济价值的变化原因,探讨基于 GEP 核算,评估县域生态保护成效的方法与机制,将生态保护效益纳入经济发展考核体系,为县域生态文明建设提供科学基础。

1 研究方法

1.1 研究区域

峨山县位于云南省中部,面积 1972 km^2 ^[15],地理坐标 $101^{\circ}52'—102^{\circ}37'E$ 、 $24^{\circ}01'—24^{\circ}32'N$ 。峨山县属中亚热带半湿润凉冬高原季风气候区,年平均气温为 15.9°C ,多年平均降水量为 77.15 mm ,平均日照时数为 2286.9 h 。峨山县地处哀牢山脉以东,滇东高原以西,属高原地貌形态,地势东北高、西南低,平均海拔 1691 m 。土壤以红壤土、紫色土、赤红土和水稻土为主。从图 1 中可以看出,峨山县有森林、灌丛、草地、湿地(湖泊、河流)、农田等生态系统类型,其中森林生态系统面积最大,其次是草地和灌丛生态系统,3 种生态系统类型的面积占峨山县总面积的 90.65% 。峨山县的生态区位十分重要,具有重要的生物多样性保护、水源涵养功能,是我国重要生态功能区与国家生态安全屏障。

峨山县是一个以彝族为主体的少数民族自治县,2015 年,全县常住人口为 154957 人,其中彝族人口占常住人口的 53.61% 。同时,全县全年完成现价生产总值(GDP) 622805 万元^[16],峨山县经济总量在玉溪市所有县市末端,属于欠发达地区。

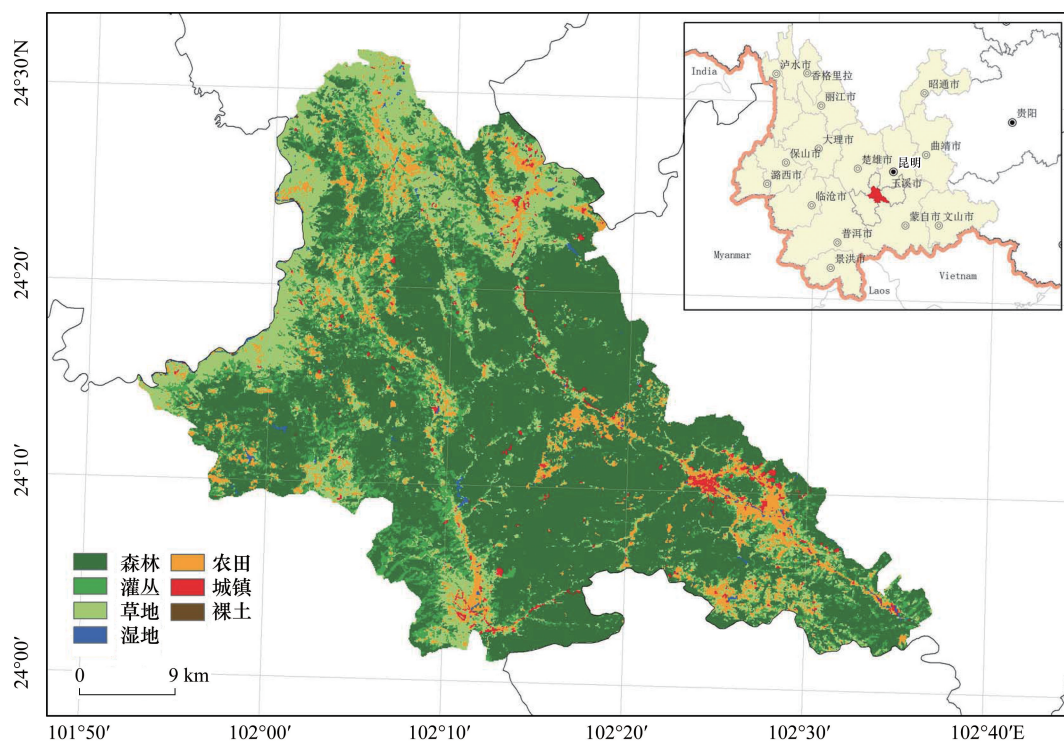


图 1 峨山县生态系统类型与分布图

Fig.1 Spatial distribution of ecosystems in the Eshan County

1.2 核算指标体系及方法

生态系统生产总值(GEP)包括生态系统产品、生态调节服务与生态文化服务价值^[11]。根据峨山县生态系统产品与服务特征,建立了峨山县 GEP 核算指标体系,包括产品提供价值、调节服务价值、文化服务价值 3 大类 15 项功能指标,见表 1。

1.3 生态系统产品提供服务价值评估方法

峨山县生态系统产品提供是指峨山县生态系统为人类提供的最终产品。本文核算的生态系统产品有峨山县的农业产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品和生态能源。这些产品是人类赖以生存的基础。

(1) 农林牧渔业产品价值:峨山县农业产品包括粮、油料、茶糖类、药材、烟草、蔬菜、瓜类、水果等;林业产

品包括木材、板栗、核桃、竹笋等;牧业产品包括除渔业养殖以外的一切动物饲养带来的相关产品,如肉类、蛋类等;渔业产品主要包括水产养殖等。

(2)生态能源价值:峨山县生态能源价值主要以水能发电为主,峨山境内主要有红河、珠江两大水系,水能资源较为丰富。

$$V_{\text{provisioning}} = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad (1)$$

式中, $V_{\text{provisioning}}$ 为生态系统产品提供价值; E_i 为第 i 类生态系统产品产量; P_i 为第 i 类生态系统产品的价格。

1.4 生态系统调节服务价值评估方法

峨山县生态系统调节服务功能包括水源涵养、土壤保持、洪水调蓄、大气净化、水质净化、固碳释氧、气候调节和病虫害控制 8 项服务功能,每项服务功能都有相适应的功能量和价值量的核算方法,结合国家和当地物价标准^[17-18],各项服务功能的价值之和即是调节服务的总经济价值。

(1)水源涵养价值:本研究通过水量平衡方程(The Water Balance Equation)^[19]计算峨山县生态系统的水源涵养量。以水库建造成本为依据进行生态系统水源涵养的价值评价。

$$Q_w = \sum_{i=1}^j (P_i - R_i - ET_i) \cdot A_i \div 1000 \quad (2)$$

$$V_w = Q_w \times (C_b \times C_o) \quad (3)$$

式中, Q_w 为水源涵养量(m^3/a); i 为研究区第 i 类生态系统类型; j 为生态系统类型数; P_i 为降雨量(mm); R_i 为暴雨径流量(mm); ET_i 为蒸散发量(mm); A_i 为 i 类生态系统的面积(m^2); V_w 为蓄水保水的价值(元/a)^[20]; C_b 为水库单位库容的工程造价(元/ m^3); C_o 为水库单位库容的年运营成本(元 $\text{m}^{-3} \text{a}^{-1}$)。

(2)土壤保持价值:本研究的土壤保持的评价指标是采用土壤保持量来体现^[21-22],土壤保持功能价值量则通过减少泥沙淤积和减少面源污染两个方面进行评价。

$$V_s = \lambda \cdot \frac{A_s}{\rho} \cdot C \quad (4)$$

$$V_d = \sum_{i=1}^3 A_s \times C_i \times P_i \quad (5)$$

式中, V_s 为减少泥沙淤积价值(元/a); λ 为泥沙淤积系数; A_s 为土壤保持量(t/a); ρ 为土壤容重(t/m^3); C 为水库清淤工程费用(元/ m^3)^[19]; V_d 为减少面源污染价值(元/a); i 为面源污染物类型; C_i 、 P_i 为土壤中氮、磷的纯含量(%); P_i 为氮和磷的环境工程降解成本(元/t)^[23]。

(3)洪水调蓄价值:本研究选取可调蓄水量(湖泊)^[24]、防洪库容(水库)和植被(森林、灌丛和草地)调蓄能力表征湿地生态系统的洪水调蓄能力^[25-26],即湿地调节洪水的潜在能力。

$$C_l = e^{6.636} \times A^{0.678} \quad (6)$$

$$C_r = C_l \times 0.35 \quad (7)$$

$$C_v = \sum_{i=1}^j (P_{ri} - R_{ri}) \times A_i \quad (8)$$

表 1 县域生态系统生产总值核算指标体系

Table 1 Evaluation index system of County's Gross ecosystem product (GEP)

服务功能 Services	指标 Indexes	评估方法 Methods
产品提供服务 Provisioning services	农业产品	市场价值法
	林业产品	
	畜牧业产品	
	渔业产品	
	生态能源	
调节服务 Regulating services	其他	影子工程法 替代成本法 恢复成本法 替代成本法 替代成本法 造林成本法 制氧成本法 替代成本法 防治费用法
	水源涵养	
	土壤保持	
	洪水调蓄	
	大气净化	
	水质净化	
	固碳释氧	
	气候调节	
文化功能 Cultural services	病虫害控制	旅行费用法
	自然景观	

$$V_f = \sum_{i=1}^j C_i \times C \quad (9)$$

式中, C_i 为湿地(湖泊、水库)或植被(森林、灌丛和草地)洪水调蓄能力(万 m^3/a); A 为峨山县的湖泊总面积(km^2); C_i 为水库总库容(亿 m^3); i 为研究区第 i 类生态系统类型; j 为研究区生态系统类型数(森林、灌丛和草地); P_{ri} 为暴雨降雨量(mm); R_{ri} 为暴雨径流量(mm); A_i 为 i 类生态系统的面积; V_f 为减轻洪水威胁价值(万元/a); C 为水库单位库容的工程造价(元/ m^3)。

(4) 空气净化价值:本研究选用生态系统吸收二氧化硫、氮氧化物和阻滞吸收粉尘作为峨山县空气净化指标。

$$Q_a = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ij} \times C_j \quad (10)$$

式中, Q_a 为生态系统空气净化价值(元/a); i 为生态系统类型,无量纲; j 为大气污染物类别,无量纲; Q_{ij} 为第 i 类(森林、灌丛、草地)生态系统第 j 种大气污染物的净化量(t/a)^[27-29]; C_j 为第 j 类大气污染物的单位治理成本(元/t)^[23]。

(5) 水质净化价值:本研究选用生态系统吸收 COD、总氮和总磷作为峨山县水质净化功能的指标。

$$Q_w = \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i \quad (11)$$

式中, Q_w 为生态系统水质净化价值(元/a); i 为污染物类别,无量纲; Q_i 为第 i 类水质污染物的净化量(t/a)^[30-31]; C_i 为第 i 类水质污染物的单位治理成本(元/t)。

(6) 固碳释氧价值:本研究选用各土地利用类型生态系统的固碳速率和生物量评估生态系统的固碳量和释氧量。

$$V_c = \text{NEP} \times \text{CM} \quad (13)$$

$$V_o = Q_o \times C \quad (14)$$

式中, V_c 为生态系统固碳价值(元/a); V_o 为生态系统释氧价值(元/a)^[32]; NEP 为生态系统固碳总量(t/a); CM 为造林成本(元/t); Q_o 为生态系统氧气释放量(t/a); C 为制氧成本(元/t)。

(7) 气候调节价值:本研究选用生态系统蒸散发过程消耗的能量作为生态系统气候调节功能的评价指标。

$$Q_p = \sum_i^3 \text{GPP} \times S_i \times d \times 10^6 / (3600 \times R) \quad (15)$$

$$Q_w = E_w \times q \times 10^3 / 3600 + E_w \times \gamma \quad (16)$$

$$V_c = \sum_{i=1}^n Q_i \times p \quad (17)$$

式中, Q_i 为第 i 类生态系统降温增湿消耗的能量(kwh/a); i 为研究区不同生态系统类型(森林、灌丛、草地)^[33]; GPP 为不同生态系统类型单位面积蒸腾消耗热量($\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); S_i 为第 i 种生态系统类型面积(km^2); R 为空调能效比; d 为空调开放天数; E_w 为水面蒸发量(m^3); q 为挥发潜热,即蒸发 1 g 水所需要的热量(J/g); γ 为加湿器将 1 m^3 水转化为蒸汽的耗电量(kwh); V_c 为生态系统气候调节的价值(元/a); i 为生态系统类型,无量纲; p 为电价(元/ kwh)。

(8) 病虫害控制价值:本研究采用依靠生态系统的病虫害控制达到自愈的面积作为生态系统病虫害控制功能量,峨山县病虫害主要发生在林地。

$$V_p = FS \times (\gamma_1 - \gamma_2) \times FP \quad (18)$$

式中, V_p 为病虫害控制价值(元/a); FS 为天然林面积(km^2); γ_1 为人工林病虫害发生率(%), γ_2 为天然林病虫害发生率(%); FP 为单位面积森林病虫害防治费用(元 $\text{km}^{-2} \text{a}^{-1}$)。

1.5 生态系统文化服务价值评估方法

生态系统的文化服务指生态系统的美学景观以及其民族文化对人们的精神感受、知识获取、休憩娱乐等方面的非物质惠益,本研究选用峨山县自然景观年旅游总人次作为文化服务功能的功能量指标,运用旅行费用法核算生态系统文化服务价值。旅行费用法是通过调查问卷的方式反映消费者对旅游景点的支付意愿。

1.6 数据来源

本研究采用的生态系统分类数据和生态系统调节服务数据来自全国生态环境十年变化遥感调查评估项目数据库^[34],以及全国生态环境五年变化(2010—2015年)遥感调查与评估项目。生态系统产品数据、旅游收入和病虫害控制数据主要来源于峨山县统计局、农业局、林业局、水务局、旅游局等部门的统计数据。

2 结果与分析

2.1 峨山县生态系统产品价值及变化

2015年,峨山县生态系统产品主要有农产品、林业产品、畜牧业产品(表2)等6项产品。

表2 峨山县生态系统产品提供功能价值量变化

Table 2 Changes in value of Eshan County Provisioning services (2000—2015)

核算项目 Items	产品 Products	功能量 Functional volume		价值量 Value/ $\times 10^8$ Yuan		变化量 $\Delta/10^8$ 元	变化率 %
		2000	2015	2000	2015		
农业产品 Agricultural Products	粮食 (10^4 t)	5.10	6.97	0.54	1.85	1.08	141.53
	油料 (10^4 t)	0.61	0.61	0.11	0.33	0.17	112.94
	烟草 (10^4 t)	1.01	1.05	0.87	2.89	1.66	134.50
	蔬菜 (10^4 t)	2.19	11.77	0.11	2.22	2.07	1334.16
	其他 (10^4 t)	3.64	0.55	0.33	0.60	0.13	27.39
	合计 (10^4 t)	12.54	20.95	1.96	7.88	5.11	184.14
林业产品 Forestry products	林木培育 (10^4 hm ²)	—	—	0.17	0.71	0.47	200.31
	木材采运 (10^4 m ³)	0.92	2.59				
	林产品合计 (10^4 t)	0.07	0.18				
畜牧业产品 Husbandry products	大牲畜肉 (10^4 t)	0.17	0.37	0.15	1.14	0.93	445.60
	猪肉 (10^4 t)	0.65	2.05	0.59	3.51	2.67	319.60
	家禽 (10^4 t)	0.13	0.45	0.17	1.11	0.88	373.28
	其他 (10^4 t)	0.02	0.36	0.00	0.02	0.02	1637.20
	合计 (10^4 t)	0.97	3.23	0.90	5.78	4.50	351.11
渔业产品 Fishery Products	水产品 (10^4 t)	0.05	0.09	0.06	0.12	0.04	41.78
生态能源 Bio-energy	水能发电量 (10^4 kwh)	—	1398.30	0.00	0.06	0.06	—
其他 Others	花卉	—	—	0.00	0.17	0.17	—
	总计			3.09	14.72	9.97	236.25

(1)农产品:2015年,峨山县粮食产量6.97万t,烟草1.05万t,蔬菜11.77万t。价值分别为1.85亿元、2.89亿元和2.22亿元,农产品总产值为7.88亿元。比2000年的1.96亿元增长了184.14%(不变价,下同)^[35-36]。其中蔬菜价值增长最大,增幅为1334.16%。

(2)林产品:2015年,峨山县木材产量2.59万m³,林产品总产值为0.71亿元。比2000年的0.17亿元增长了200.31%。

(3)畜牧业产品:2015年,峨山县猪肉2.05万t,大牲畜肉0.37万t,家禽0.45万t。价值分别为3.51亿元、1.14亿元和1.11亿元,畜牧业产品总产值为5.78亿元。比2000年的0.9亿元增长了351.11%。其中其他(禽蛋和兔肉)价值增长最大,增幅为1637.2%。

(4)渔业产品:2015年,峨山县水产品0.09万t,渔业产品总产值为0.12亿元。比2000年的0.06亿元增

长了 41.78%。

(5)生态能源:峨山县水电站从 2009 年投入建成使用,2015 年水力发电量为 1398.3 万 kwh,产生 0.063 亿元的经济价值。

2.2 峨山县调节服务价值及变化

2015 年,峨山县生态系统调节服务功能总价值为 123.23 亿元(表 3),主要有气候调节、水源涵养、土壤保持、固碳释氧和洪水调蓄五项服务功能,价值分别为 58 亿元、40.25 亿元、14.75 亿元、5.18 亿元和 4.63 亿元,共占峨山县调节服务功能总价值的 99.66%。

2000 年至 2015 年,峨山县生态系统调节服务价值从 103.02 亿元增加到 123.23 亿元,分别占当年峨山县 GDP 总值的 95.52%和 77.64%,由于产品提供和文化服务功能价值的快速增加,导致调节服务功能占比有所降低。15 年间,峨山县生态系统调节服务价值增加了 1.58 亿元,增幅为 1.30%,多数调节服务价值稳中有升,固碳释氧和病虫害控制价值明显降低,见图 2。

表 3 2000—2015 年峨山县调节服务价值量的变化

Table 3 Changes in value of Eshan County Regulation services (2000—2015)

核算项目 Items	产品 Products	功能量 Functional volume		价值量 Value/ $\times 10^6$ Yuan		变化量 $\Delta/10^8$ 元	变化率 %
		2000	2015	2000	2015		
水源涵养 Water retention	水源涵养量(亿 m^3)	4.33	4.97	2475.36	4025.46	520.13	14.84
土壤保持 Soil retention	土壤保持量(亿 m^3)	0.22	0.22	271.21	385.37	0.80	0.21
	减少面源污染-氮(万 t)	42.35	42.44	370.54	742.63	1.55	0.21
	减少面源污染-磷(万 t)	12.36	12.39	346.10	346.83	0.72	0.21
洪水调蓄 Flood mitigation	湖泊调蓄量(万 m^3)	81.79	37.45	4.68	3.03	-3.59	-54.21
	水库调蓄量(亿 m^3)	0.24	0.26	135.59	214.07	22.06	11.49
	林灌草调蓄量(亿 m^3)	0.34	0.30	195.13	245.59	-30.73	-11.12
空气净化 Air quality maintenance	净化二氧化硫(万 t)	2.80	2.79	17.66	35.21	-0.12	-0.35
	净化氮氧化物(万 t)	0.11	0.11	0.69	1.37	-0.004	-0.32
	净化工业粉尘(t)	708.02	705.37	0.11	0.11	-0.0004	-0.37
水质净化 Water purification	净化 COD(万 t)	0.10	0.11	0.69	1.48	0.10	6.88
	净化总氮(t)	76.62	81.89	0.07	0.14	0.01	6.88
	净化总磷(t)	76.62	81.89	0.21	0.23	0.01	6.88
固碳释氧 Carbon sequestration-oxygen release	固碳(万 t)	85.84	56.43	233.48	217.82	-113.51	-34.26
	释氧(万 t)	62.43	41.04	387.05	300.41	-156.55	-34.26
气候调节 Climate regulation	植被蒸腾降温增湿(亿 kwh)	107.64	107.32	5704.85	5688.17	-16.68	-0.29
	水面蒸发降温增湿(亿 kwh)	1.97	2.10	104.35	111.52	7.18	6.88
病虫害控制 Biological control	病虫害控制(万 hm^2)	24.81/15	1.15/15	54.31	3.57	-73.41	-95.36
合计 Total				10302.08	12323.00	157.96	1.30

(1)水源涵养价值:15 年间,峨山县的水源涵养总量分别为 4.33 亿 m^3 和 4.97 亿 m^3 ,功能量增加了 0.64 亿 m^3 。以当年水库的单位库容造价作为价值基准,计算得出 2000 年和 2015 年峨山县水源涵养功能价值分别为 24.75 亿元 40.25 亿元。价值量增幅较大,为 14.84%,今后应继续保持对水源涵养地的保护和改良。

(2)土壤保持价值:土壤保持价值分为减少泥沙淤积和减少面源污染两个方面进行评价,15 年间,峨山县土壤保持总量稳中有升,从 2000 年 1.144 亿 t 增加到 2015 年的 1.146 亿 t。因生态系统土壤保持减少的泥沙淤积量从 0.2151 亿 m^3 增加到 0.2155 亿 m^3 ,减少氮面源污染量从 42.35 万 t 增加到 42.44 万 t,减少磷面源污染量从 12.36 万 t 增加到 12.39 万 t。土壤保持功能总价值由 2000 年的 9.88 亿元变化到 2015 年 14.75 亿元,增幅为 0.21%。稳定的土壤保持功能对于峨山县土壤侵蚀的控制和保护非常重要。

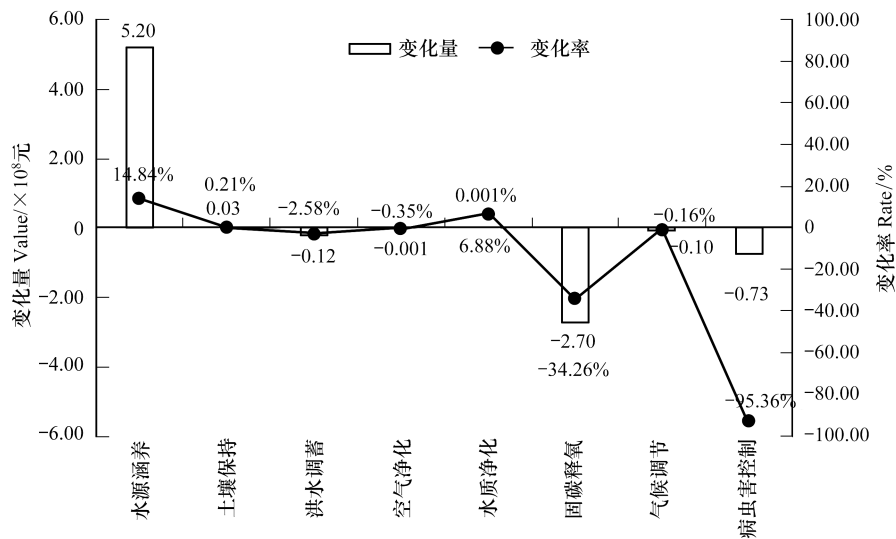


图2 2000—2015年峨山县调节服务价值量的变化

Fig.2 Changes in value of Eshan County Regulation services (2000—2015)

(3)洪水调蓄价值:峨山县洪水调蓄功能包括湖泊调蓄、水库调蓄和林灌草(森林、灌丛和草地)调蓄3个方面,15年间,峨山县洪水调蓄能力略有降低,减幅为2.58%。

其中,湖泊调蓄洪水能力从2000年的81.79万 m^3 降低到2015年的37.45万 m^3 ,湖泊调蓄价值降低了54.21%。峨山县水库的总库容分别从0.6773亿 m^3 增加到0.7551亿 m^3 ,水库调蓄量增加了0.027亿 m^3 ,水库调蓄价值增加了11.49%。峨山县林灌草调蓄能力从2000年0.3411亿 m^3 减少到2015年0.3031亿 m^3 ,林灌草调蓄价值降低了11.12%,洪水调蓄能力为峨山县减免洪灾做出了一定的贡献。

(4)空气净化价值:2015年峨山县二氧化硫净化总量为2.79万t,氮氧化物净化总量为0.11万t,工业粉尘净化总量为0.07万t。15年间,二氧化硫、氮氧化物和工业粉尘的净化量分别减少了98.36、3.48t和2.65t。空气净化总价值略有降低,减幅为0.35%。空气净化功能对于空气质量的改善非常重要,直接影响人们的生活质量。

(5)水质净化价值:2015年峨山县净化COD 1056.38t,净化总氮81.89t,净化总磷81.89t。15年间,净化COD、净化总氮和净化总磷的量分别增加了67.98、5.27t和5.27t,峨山县水质净化总价值从97.34万元增加到185.15万元,增幅为6.88%。

(6)固碳释氧价值:固碳释氧分为固碳和释氧两个方面进行评估,2015年峨山县生态系统固碳(CO_2)总量56.43万t,释氧(O_2)总量41.04万t。15年间,生态系统固碳(CO_2)和释氧(O_2)总量分别降低29.41万t和21.39万t。固碳释氧总价值从2000年的6.21亿元变化到2015年的5.18亿元,减幅为34.26%。

(7)气候调节价值:峨山县气候调节功能包括植被蒸腾降温增湿和水面蒸发降温增湿两个方面。2015年植被(森林、灌丛和草地)蒸腾降温增湿消耗的能量为107.32亿kwh,水面蒸发降温增湿消耗的能量为2.10亿kwh。其中森林降温增湿消耗的能量为87.79亿kwh,占生态系统蒸腾耗能总能量的81.80%,是峨山县气候调节中主要的调节类型。15年间,峨山县植被蒸腾降温增湿消耗的能量降低了0.3148亿kwh,水面蒸发降温增湿消耗的能量增加了0.1354亿kwh,气候调节价值从58.09亿元变化到58.00亿元,降幅为0.16%。

(8)病虫害控制价值:2015年峨山县病虫害控制面积为766.67 hm^2 ,15年间峨山县病虫害控制面积的减少了1.6万 hm^2 ,病虫害控制价值降低了95.36%,人工林的面积快速增加和天然林面积减少造成的病虫害控制的快速降低。

2.3 峨山县文化服务价值及变化

2015年,峨山县全年接待游客总数为106.61万人。通过旅行费用法,得出峨山县文化服务的总经济价值

为 20.47 亿元。15 年间,文化服务功能价值增长了 3004.06%,增加幅度巨大,文化服务功能为人类提供美学价值、灵感、教育价值等非物质惠益的价值,其承载的价值对社会具有重大的意义,文化功能价值的巨大增幅为峨山县居民的生活质量的提高带来了显著的效益。

2.4 峨山县生态系统生产总值及变化

2000—2015 年,峨山县生态系统生产总值分别为 106.77 亿元和 158.42 亿元(表 4),增幅为 25.04%。其中产品提供价值、调节服务价值和文化服务价值呈不同程度的增强,分别增长 236.25%、1.30%和 3004.06%。人均 GEP 从 72748.28 元增加到 93959.38 元,人均 GDP 从 5116.1 元增加到 36939.8 元,人均 GEP 和人均 GDP 的比值从 14.22 降低到 2.54。

15 年间,峨山县生态系统生产总值各项服务功能占比发生了一些变化,自 2000 年以来,峨山县的气候调节功能分别占当年总价值的 54.41%和 36.61%,水源涵养调节功能分别占当年总价值的 23.18%和 25.41%,这两类服务功能占总价值的 77.59%和 62.02%。对于峨山县生态系统服务功能来说,核心功能依然是气候调节和水源涵养。随着时间的推移,产品提供和文化服务功能的比重也在逐渐提高中。产品提供的增长主要和峨山县生产力的发展有关,生产力的提高使得其各产品产量进而提高。而文化服务功能更是从 2000 年的 0.62%的占比增加到 2015 年的 12.92%,这和峨山县积极响应云南省旅游发展息息相关,实行旅游发展与建设自然保护区、建设生态文明示范区、生态恢复相结合的机制^[37],在保护生态的同时亦发展了旅游业,为当地居民收入的提高做出了贡献。

然而,峨山县的部分服务功能处于明显的下降趋势。其中,固碳释氧服务功能降低了 34.26%,一方面原因是森林和灌丛面积下降导致的,虽然草地面积增加,但新增草地净初级生产力较原土地利用类型有所降低,同时森林是陆地生态系统中最重要碳库,储存了 80%以上陆地地上碳储量^[38],因此总体呈降低趋势。另一方面原因是由于人工林面积和自然森林面积的比值的增加,相比于自然森林,人工林的结构单一,树龄相对较小,固碳和释氧能力同比降低。未来应继续实行退耕还林、造林再造林和森林保护等措施来提高峨山县固碳释氧的水平。此外病虫害控制服务功能降低了 95.36%,其主要原因是因为人工林面积的不断增多和天然林面积遭到超负荷的砍伐,而峨山县处于我国边陲地区,生物入侵等人为传播也是造成病虫害控制功能降低的原因之一,未来可以以天然林的稳定系统来指导现有林的改造和营建,将现代化的监测系统与地面的定位监测网相结合,减少化学农药的使用,尽量采用生物防治,提高峨山县病虫害控制能力^[39-40]。

表 4 2000—2015 年峨山县生态系统生产总值变化

Table 4 Changes of Eshan County gross ecological product (GEP) from 2000 to 2015

功能类型 Ecosystem service	指标 Indices	2000		2015		2000—2015(不变价)	
		价值量 Value/ $\times 10^8$ 元	比例 Proportion/%	价值量 Value/ $\times 10^8$ 元	比例 Proportion/%	变化量 Proportion	变化率 Rate/%
产品提供 Provisioning services	产品提供	3.09	2.89	14.72	9.29	10.34	236.25
调节功能 Regulating services	水源涵养	24.75	23.18	40.25	25.41	5.20	14.84
	土壤保持	9.88	9.25	14.75	9.31	0.03	0.21
	洪水调蓄	3.35	3.14	4.63	2.92	-0.12	-2.58
	空气净化	0.18	0.17	0.37	0.23	0.00	-0.35
	水质净化	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	6.88
	固碳释氧	6.21	5.81	5.18	3.27	-2.70	-34.26
	气候调节	58.09	54.41	58.00	36.61	-0.10	-0.16
	病虫害控制	0.54	0.51	0.04	0.02	-0.73	-95.36
文化服务 Cultural services	自然景观	0.66	0.62	20.47	12.92	19.81	3004.06
总价值 Total		106.77	100.00	158.42	100.00	31.73	25.04

3 讨论

本研究主要探讨了县域生态保护成效评估方法,以峨山县为例,采用 GEP 为核算方法,探究其方法、指标和意义。核算了峨山县 2000 年和 2015 年的生态系统生产总值,2015 年峨山县的生态系统生产总值为 158.42 亿元,是当年峨山县 GDP 的 2.54 倍。其中:(1)15 年间 GEP/GDP 的比值从 14.22 降低到 2.54。GEP 增长了 25.04%,而 GDP 增长了 485.14%,GDP 增长速度远超 GEP 增长速度。但 GEP 产品提供功能贡献了 GDP 增加量中的 20.02%,说明在 GEP 提高的前提下,一定程度上能够带动区域经济的发展。(2)15 年间峨山县调节功能各项价值基本稳定,其中固碳释氧和病虫害控制价值有所降低,主要是由于天然森林面积的减少、人工林面积增加导致的,未来通过继续实施退耕还林、森林保护和现有林的改造和营建等措施提高这两项服务功能价值。总体来说,调节功能价值稳中有升,生态系统表现出改善的趋势。(3)15 年间峨山县文化功能服务价值大幅提高,增长了 30 倍。为人们带来了文化、娱乐等服务的同时,还大幅增加了峨山县的旅游收入,为峨山县的经济和社会都提供了推动作用。

总体来说,GEP 核算可以增加政府绩效考核的合理性和科学性,增加政府信服度。不同年份之间更能体现生态环境的变化状况,从人们的需求出发,为保护人类福祉做出贡献,因此,县域生态系统生产总值核算能够体现生态系统服务功能对县域经济社会发展的支撑作用。本研究表明,峨山县重视生态系统产品提供与文化服务,忽视生态系统调节服务。今后峨山县在经济发展的同时,还要进一步加强生态系统保护,控制自然森林的丧失和人工林的扩张,增强生态系统调节服务功能。

县域生态系统生产总值可以清楚的反映出一个区域的生态系统服务量的大小和自身状态的情况。且现阶段的人民幸福感已经不拘泥于经济收入这一因素,生态环境是新增的重要因素之一。分析生态系统生产总值,并结合当地政府部门职能,不单能造福于人民,还能为政府的生态系统保护成效考核机制提供一定的基础。此外还可以判断地区生态保护的成效,划定不同的生态功能区,使地区的生态系统发挥其最好的功能服务,促成县域重点生态功能区的建设。同时,县域指标的当地化还可以更好的体现出一个地区的社会和生态系统的特色,为了解一个地区和发展提供了一定的科学依据。

目前,县域生态保护成效评估方法需要纠正单纯以经济增长速度评定政绩的偏向,因此,改变和摆脱以 GDP 为核心的考核是目的,研究推进考核指标体系和评估机制的方向性调整是核心需求。而本研究使用的方法体系则能够很好的反映这一需求,涵盖了环境保护、生态资源和社会福利等评价指标体系,且其所需数据较易获得,大多数数据只需从区县一级各部门进行调取获得,可操作性较强,依照科学的知识背景和实际案例,增加了该方法的信服力,可以尝试向全国区县进行推广和试行。

此外,与前人相比,本研究的 GEP 核算更加突出以人为本的理念,计算生态系统为人类福祉所提供的贡献,突出人类所能享受到的生态系统服务,而不是生态系统所提供的功能量最大值,在许多方法的细节上进行了完善。以人为本的理念从核算意义以及经济学的角度来看均更加合理。根据不同类型生态系统将 GEP 分成 3 大类 16 项功能(峨山县不含防风固沙功能),16 项功能是指标规范化的映照,根据不同研究地的实情,功能上的删减和指标上的具体化则是当地化的体现。例如在峨山县的产品提供中的烤烟和其他(花卉)均是当地特色产业。

未来应先继续完善和规范研究方法和指标体系,以便为县域生态保护成效评估提供科学依据。并应多选取一些研究区域,深入进行区域间的对比和联动的研究,进一步了解到不同区域的生态系统生产总值的差异性和同一性,这有利于生态功能区的划分以及相似生态功能区之间的相互沟通和学习。从而继续提高区域生态系统生产总值,使生态系统达到一种健康稳定的状态,更好的为人类福祉做出贡献。

参考文献(References):

- [1] 刘朝瑞. 县域生态经济发展研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [2] 民政部. 2016 年社会服务发展统计公报. (2017-08-03)[2018-06-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-08/03/content_5215805.htm.

- [3] 赵庆忠. 生态文明看聊城. 北京: 中国社会科学出版社, 2012: 68-70.
- [4] 中国新闻网. 贵州取消 10 个国家级扶贫县 GDP 考核指标. (2014-10-23) [2018-06-01]. <http://www.chinanews.com/sh/2014/10-23/6711188.shtml>.
- [5] 汤洁, 林年丰, 卞建民. 农业生态地质环境质量综合评价——以吉林省乾安县为例. 世界地质, 1999, (2): 89-94.
- [6] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展. 生态学报, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [7] European Commission, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations, World Bank. System of environmental-economic accounting 2012: experimental ecosystem accounting. [2018-06-01]. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/eea_white_cover.pdf.
- [8] 欧阳志云, 靳乐山. 面向生态补偿的生态系统生产总值(GEP)和生态资产核算. 北京: 科学出版社, 2017: 12-13.
- [9] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 徐卫华, 郑华, 张琰, 肖燚. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [10] 白玛卓嘎, 肖燚, 欧阳志云, 王莉雁. 甘孜藏族自治州生态系统生产总值核算研究. 生态学报, 2017, 37(19): 6302-6312.
- [11] 王莉雁, 肖燚, 欧阳志云, 韦勤, 博文静, 张健, 任苓. 国家级重点生态功能区生态系统生产总值核算研究——以阿尔山市为例. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(3): 146-154.
- [12] 盐田区政府. 盐田区城市 GEP‘双核算, 双运行, 双提升’机制政策解读. (2016-05-25) [2018-06-01]. <http://www.yantian.gov.cn/cn/zjyt/zcjd/ytcsgp/>.
- [13] Limburg K E, O'Neill R V, Costanza R, Farber S. Complex systems and valuation. Ecological Economics, 2002, 41(3): 409-420.
- [14] Kong L Q, Zheng H, Xiao Y, Ouyang Z Y, Li C, Zhang J J, Huang B B. Mapping ecosystem service bundles to detect distinct types of multifunctionality within the diverse landscape of the Yangtze River Basin, China. Sustainability, 2018, 10(3): 857.
- [15] 云南省峨山彝族自治县志编纂委员会. 峨山彝族自治县志. 北京: 中华书局, 2001.
- [16] 峨山彝族自治县志史志编纂办公室. 峨山年鉴 2016. 芒市: 德宏民族出版社, 2016.
- [17] 《中国物价年鉴》编辑部. 中国物价年鉴 2001-2002. 北京: 中国物价年鉴编辑部, 2002.
- [18] 《中国物价年鉴》编辑部. 中国物价年鉴 2016. 北京: 中国物价年鉴编辑部, 2016.
- [19] 侯元兆, 王琦. 中国森林资源核算研究. 世界林业研究, 1995, (3): 51-56.
- [20] 国家林业局. LY/T 1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [21] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 王效科, 韩艺师. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估. 生态学报, 2000, 20(4): 552-558.
- [22] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 肖寒, 王效科. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1395-1402.
- [23] 国务院. 排污费征收标准管理办法(国家发展计划委员会、财政部、环保总局、经贸委令第 31 号 2003-07-01). 北京: 国务院, 2003.
- [24] 饶恩明, 肖燚, 欧阳志云. 中国湖库洪水调蓄功能评价. 自然资源学报, 2014, 29(8): 1356-1366.
- [25] 龚诗涵, 肖洋, 方瑜, 郑华, 肖燚, 欧阳志云. 中国森林生态系统地表径流调节特征. 生态学报, 2016, 36(22): 7472-7478.
- [26] 龚诗涵, 肖洋, 郑华, 肖燚, 欧阳志云. 中国生态系统水源涵养空间特征及其影响因素. 生态学报, 2017, 37(7): 2455-2462.
- [27] 韩素芸, 田大伦, 闫文德, 梁小翠, 王光军, 朱凡. 湖南省主要森林类型生态服务功能价值评价. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(6): 6-13.
- [28] 马新辉, 孙根年, 任志远. 西安市植被净化大气物质量的测定及其价值评价. 干旱区资源与环境, 2002, 16(4): 83-86.
- [29] 赵勇, 李树人, 阎志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法. 华中农业大学学报, 2002, 21(6): 582-586.
- [30] 何介南, 康文星. 洞庭湖湿地对污染物的净化功能与价值. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(2): 24-28, 34-34.
- [31] 贾军梅, 罗维, 杜婷婷, 李中和, 吕永龙. 近十年太湖生态系统服务功能价值变化评估. 生态学报, 2015, 35(7): 2255-2264.
- [32] 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. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [33] 张彪, 高吉喜, 谢高地, 王艳萍. 北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估. 生态学报, 2012, 32(24): 7698-7705.
- [34] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. Science, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [35] 许宪春. 中国现行工农业不变价增加值的计算方法及其改革. 管理世界, 2001, (3): 61-66.
- [36] 刘厚甫. 换算不变价格的两种方法比较. 统计, 1985, (6): 26-28.
- [37] 裴会平, 罗明义. 论云南旅游与生态建设的融合发展. 生态经济, 2014, 30(7): 119-121.
- [38] 刘魏魏, 王效科, 逯非, 欧阳志云. 全球森林生态系统碳储量、固碳能力估算及其区域特征. 应用生态学报, 2015, 26(9): 2881-2890.
- [39] 叶建仁. 中国森林病虫害防治现状与展望. 南京林业大学学报, 2000, 24(6): 1-5.
- [40] 赵良平, 叶建仁, 曹国江, 王晓华, 吴黎明, 刘建智, 吴松玲. 森林健康理论与病虫害可持续控制——对美国林业考察的思考. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(1): 5-9.