

渝东南生态保护区生态服务价值对生态建设的响应

——以武隆区为例^{*1}

成六三 粟俊江 杨晓菊

(重庆工程职业技术学院, 重庆 402260)

【摘要】: 提升区域人民享受生态系统服务功能是当前生态文明建设中的核心内容。以渝东南生态保护区的武隆区为例, 依据生态建设过程中的基础数据资料, 采用生态经济学方法并参考中国陆地单位面积生态系统服务价值等参数, 对研究区的生态措施所取得生态系统服务价值进行了估算与评价。研究表明: 2000—2012年武隆区的生态建设处于发展期, 但生态措施的以乔木林、疏林地和耕地占据优势, 灌木地、园地、草地、水域发展对其多样性影响较弱; 生态措施的生态系统服务价值从2000年的28.25亿元上涨到2012年的28.79亿元, 涨幅为2.55%, 但其单项生态系统服务价值结构增长速率以文化娱乐、水土保持、原材料和气候调节增长较快, 而仅有食物供应出现1.31%的负增长; 生态措施的生态服务价值的人均水平远低于人均GDP生产总值水平。这对于区域社会经济发展的定位以及设计与规划都有理论与实践的指导意义。

【关键词】: 土地利用; 水土保持; GDP; 协调发展

【中图分类号】: X171.1 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1671-4407(2017)07-181-04

陡坡地的生物措施建设^[1], 如坡地林草地^[2]、梯田果园^[3]等, 农业措施的耕作性与种植性^[4]等, 以及沟谷治理工程措施如山坪塘^[5]等都能够有效地控制区域水土流失和促进经济社会可持续发展。这些建设效果的好坏对于维持区域生态系统服务功能发挥具有决定性的作用^[6]。因此, 许多研究者^[7-8]已经开始从生态措施中产生的环境要素物理量分析转向生态系统服务功能价值分析, 这一研究方向已成为生态学和经济学的前沿和热点之一。

当前由于各类生态系统服务功能价值估算直接受到某些生态环境要素的物理量指标获取难度大等方面限制影响^[9], 致使很多研究者^[10]基于土地利用类型和单位面积的生态系统服务价值量对其区域的生态系统服务功能进行估算和研究, 取得较好效果。然而, 专门从土地利用类型中整理生态措施类型, 且运用生态经济评价其对区域生态系统服务价值的影响并不多见。而武隆区是渝东南重要的生态保护区, 评价其多年的生态措施在研究区提升生态系统服务功能和促进经济社会耦合协调发展中作用, 对于研究区发展定位设计与规划有重要的理论与实践指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

¹ **基金项目**: 2015年重庆市教育委员会人文社会科学一般规划研究项目“退耕还林工程对县域社会经济影响研究——以武隆县为例”(15SKG261)

第一作者简介: 成六三(1977—), 男, 陕西蒲城人, 博士, 副教授, 研究方向为环境保护与修复。E-mail: ssl1cc2002@163.com

武隆区地处重庆市东南边缘，乌江下游且穿越县区域而过，地理坐标为东经 107° 13' ~ 108° 05'，北纬 29° 02' ~ 29° 40'，面积 2 882.67 km²。截至 2015 年总人口 412 727 人（农村人口 35 万多），地貌处于中国南方喀斯特高原丘陵山区，沟壑纵横，2005 年研究区水土流失率达到 56.7%。年均土壤侵蚀量为 15 589 万吨，属于三峡库区水土保持重点防治县之一。年平均气温 17.9℃，年平均降水量 1 246.6 mm，常年相对湿度为 78%；主要的土壤类型为紫色土、黄壤土、黄棕壤土、水稻土等，13 属 51 种；植被以人工林和天然次生林为主。2013 年武隆区被重庆市定位为渝东南生态保护发展区之一，生态位突出。2001—2014 年已完成各类生态工程建设 72 033.33 hm²，对控制水土流失和县域经济发展起到了积极作用。2015 年生态旅游的产值占到了 GDP 生产总值的 50% 左右。

1.2 数据来源及分析方法

本研究数据来源于武隆区县林业局林业资源调查统计资料（2002—2012 年）、1998—2015 年武隆区县社会经济统计年鉴、水利局、国土局部门发展规划资料等。

1.2.1 研究思路

首先以土地利用类型作为生态措施的处理，乔木林地、疏林地、灌木林地、草地为水土保持工程的生物措施；园地和耕地为水土保持工程的种植性和耕作性措施；水域仅指水土保持工程的山坪塘。其次，运用中国陆地生态系统服务功能价值单价来分析生态措施的生态系统服务功能价值。最后，对其生态经济发展进行了分析研究。

1.2.2 研究方法

（1）土地利用指数。引进多样性指数（H）^[11]、土地利用动态度（K）以及土地利用综合指数（L）^[12] 等指标，来描述武隆县区生态建设措施的变化情况，其表达式分别为：

$$H = - \sum P_k \ln(P_k) \quad (1)$$

式中：P_k 为生态建设措施 k 所占面积土地比例；k 为生态建设措施类型。土地利用多样性值在 0 ~ 1 之间，当该区域的土地利用类型分布不均时，即该区域只是分布了某一种土地利用类型，或个别土地利用类型占据优势时，多样性趋近于 0；土地利用类型分布均匀时（多样性），多样性趋近于 1。

单一生态建设措施实施的动态度是指某研究区一定时间范围内某种生态建设措施实施的数量变化情况，其表达式为：

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} 100\% \quad (2)$$

式中：K 为研究时段内某一生态建设措施实施的动态度；U_a 为研究初期某一生态建设措施实施的面积；U_b 为研究初期某一生态建设措施实施的面积；T 为研究时段长度。

生态建设进展综合指数（L）是指某研究区生态建设类型现状，其计算公式为：

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (3)$$

式中：L 为研究区生态建设进展综合指数， A_i 为研究区第 i 级生态建设措施分级指数所对应的土地利用类型的分级指数（表 1）， C_i 为研究区内第 i 类生态建设措施类型所占土地面积的百分比（i 为乔木林、疏林、灌木林、耕地、园地、草地、水域（山平塘））。生态建设速度变化模型为：

$$R = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L_b - L_a}{L} \quad (4)$$

式中：R 为生态建设速度的变化率； ΔL 为生态建设进展的变化量； L_a 、 L_b 分别为研究初期和研究末期的区域生态建设进展综合指数。如果 $\Delta L > 0$ 或 $R > 0$ ，则该区生态建设处于发展阶段；如果 $\Delta L < 0$ 或 $R < 0$ ，则该区生态建设处于滞后期；如果 $\Delta L=0$ 或 $R=0$ ，则该区生态建设处于徘徊期。

表1 土地利用分级指数

分级指数	分级类型	各分级所含土地利用类型
1	未利用土地级	未利用地或难利用地
2	林、草、水用地级	林地、草地、水域
3	农业用地级	耕地、园地、人工草地
4	城镇聚落用地级	城镇、居民点、交通用地

(2) 生态系统服务价值评价方法。为了更好地对生态建设产生的生态系统服务价值的评价，重新把生态建设措施分为 5 类系统，即森林生态系统（乔木林、疏林地和灌木林）、农田生态系统（耕地）、园地生态系统（园地）、水域生态系统（水域）和草地生态系统（草地），同时参考前人研究成果的中国不同陆地生态系统单位面积各项生态服务价值表（表 2）^[13] 以及 Costanza 等^[14] 的生态服务价值 ESV 计算公式，来估算研究区生态建设的生态系统服务价值。

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \quad (5)$$

式 (5) 中：ESV 代表生态服务价值； A_k 代表 k 类土地利用类型的面积； VC_k 为第 k 类土地利用类型的生态服务系数（元· hm^{-2} · a^{-1} ）。

表2 中国不同类型生态系统单位面积各项生态服务价值表
单位：元·hm⁻²

	林地	草地	园地	水域	农田
气体调节	1 902.5	707.9	1 265.5	—	442.4
气候调节	1 592.8	796.4	1 170.3	407	787.5
水分调节	1 769.7	707.9	41.5	18 033.2	530.9
水土保持	796.8	102.9	796.8	—	—
土壤形成	2 588.2	1 725.5	1 291.9	8.8	1 291.9
废物循环	1 159.2	1 159.2	722.1	16 086.6	1 451.2
生物控制	1 924.6	964.5	16.6	2 203.3	628.2
食物供应	177	265.5	356.9	88.5	884.9
原材料	1 172.4	44.2	1 145.4	8.8	88.5
文化娱乐	584	35.4	547.8	3 840.2	8.8
单位面积 总价值	13 667.2	6 509.4	7 354.8	40 676.4	6 114.3

(3) 生态-经济协调度^[15]。生态-经济协调度是指研究期内人均生态系统服务价值的变化率 (ES_{pr}) 与人均 GDP 生产总值 q 变化率 (q_{pr}) 之比:

$$EEH = \frac{ES_{pr}}{q_{pr}} \quad (6)$$

$$ES_{pr} = \frac{ES_{pj} - ES_{pi}}{ES_{pi}} \quad (7)$$

$$q_{pr} = \frac{q_{pj} - q_{pi}}{q_{pi}} \quad (8)$$

公式 (6) ~ (8) 中: EEH 为生态-经济协调度; ES_{pi} 、 ES_{pj} 分别为研究区某时期始、末年份的人均生态系统服务功能价值 (元/人); q_{pi} 、 q_{pj} 为研究区某时期前后人均 GDP 生产总值 (元/人)。如果 $EEH \geq 1$ 表明研究期内区域生态建设速率的增长不低于经济增长速度; $0 < EEH < 1$ 表示研究期内区域生态建设速率的增长低于经济增长速度; $EEH = 1$ 表示研究期内区域生态-经济发展为协调状态; $-1 \leq EEH < 0$ 表示研究期内生态建设服务价值为负, 社会经济对生态环境产生了负面影响, 区域生态经济发展不协调。

2 结果与分析

2.1 生态建设措施在土地利用中的基本特征

2.1.1 多样性

从图 1 对比分析,从面积变化数量看,生态措施面积的基数最大的为乔木林和灌木林,但 2000—2012 年,其乔木林地的增长率为 72%,灌木林地的减少率为 74%;疏林地、园地、水域增幅较大,其分别增加了 2.46、4.94 和 1.97 倍,草地面积增加了 0.5 倍,而耕地面积减少了 6.5%。从土地多样性指数分析,2000—2012 年乔木林、灌木林和耕地多样性指数有所减少,灌木林地、园地和草地多样性指数有所增加,水域多样性指数几乎没变化。这表明研究区的生态工程建设如退耕还林工程、封山育林等的大规模实施有关。生态措施在土地利用中乔木林地、灌木林和耕地占据优势,灌木林地、园地和草地趋于均匀化,水域由于基数较低,在土地利用中难以突出多样性。

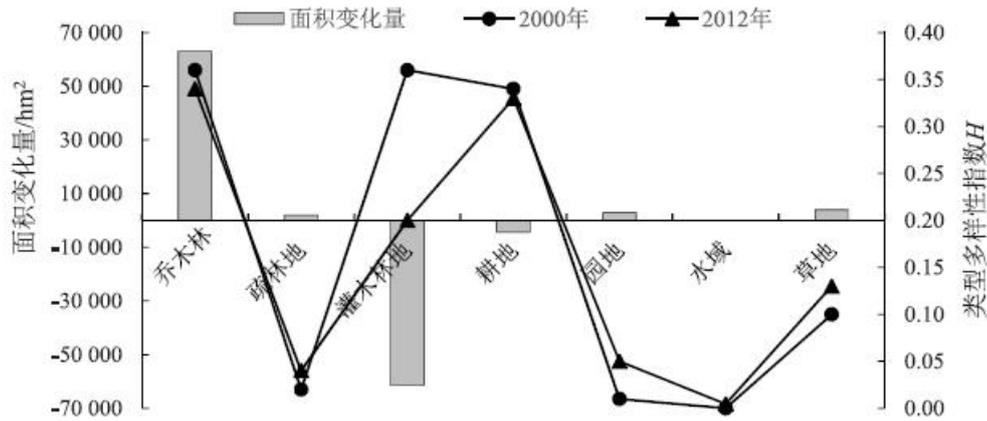


图1 研究区生态措施在土地利用中面积变化量及多样性

2.1.2 动态度

由图 2 分析,生态措施中乔木林、疏林地、园地、水域和草地在土地利用中动态度分别为 5.98%、20.48%、41.18%、16.39% 和 4.19%,而灌木林地和耕地的动态度分别为-6.14% 和-0.54%。这表明研究区 2000—2012 年疏林地、园地和水域动态度增加较快,乔木林和草地动态度也有一定增加幅度,而灌木林和耕地动态度略有一定幅度的减少。这主要由于灌木林地大部分被转化为疏林地,因退耕还林工程对乔木林补贴高于其他,近 50% 的 25° 坡耕地转化为林地。退耕中园地中经济林果园面积也有一定程度的增加。另据实际调查,退耕还林工程和封山育林等促进森林涵养水源的功能,使之水域生态措施有 16.39%增加幅度。

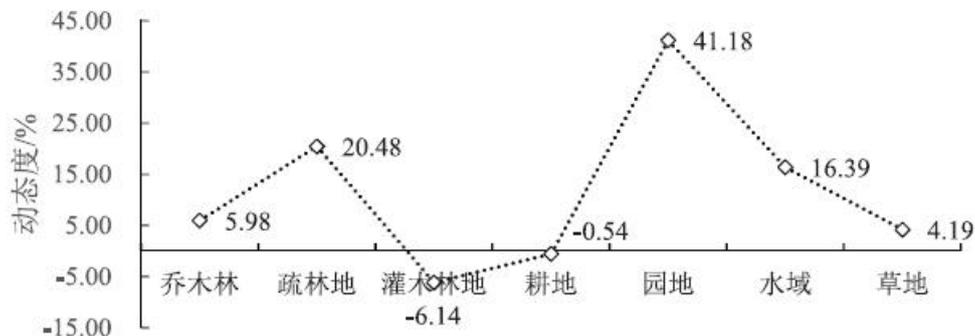


图2 研究区生态措施在土地利用中的动态度

2.1.3 建设速率

由图 3 对比分析可知，2000 年—2012 年研究区的乔木林、疏林地、园地、水域和草地的生态建设进展的变化量 ΔL 都大于 0，生态建设速度的变化率 R 都大于 0，表明研究区在这个时期发展期，其中园地、疏林地和水域速度较快；而灌木林和耕地的生态建设进展的变化量 ΔL 都小于 0，生态建设速度的变化率 R 都小于 0，表明研究区在这个时期滞后期，其中灌木林比耕地较为明显。这些变化都归于退耕还林工程等生态工程的实施。

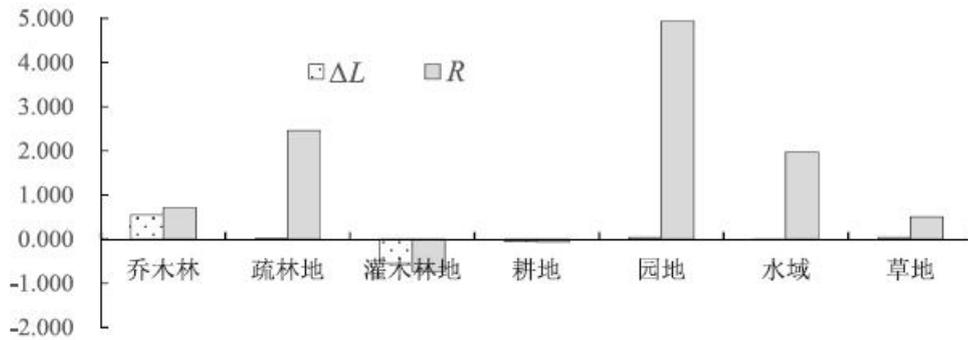


图3 研究区生态建设速率变化

2.2 生态建设措施的 ESV 变化

2.2.1 研究区生态措施的生态服务价值变化

依据参考文献的生态系统服务单价和 2000 年与 2012 年的各生态系统土地面积，分别估算了研究区 2000 年和 2012 年生态措施的生态服务价值如表 3 所示。即 2000 年和 2012 年研究区生态措施生态系统服务总价值分别为 28.25 亿元、28.97 亿元，总体上略有增加。从生态服务价值的构成来分析，2000 年和 2012 年森林生态系统服务占整个生态措施生态系统的价值分别为 83.18% 和 82.77%，是生态系统服务的主体功能，但比例略有下降。主要原因是草地、园地和水域生态系统服务价值有所增加；而农田生态服务价值也略有下降，其主要原因是坡耕地被转化为林地和草地，水田是其主要农田生态系统服务的主要形式，因此，未有较大的下降。

表3 研究区生态措施的生态服务价值 (ESV) 变化

生态系统类型	2000 年 / 亿元	比例 / %	2012 年 / 亿元	比例 / %	变化
森林	23.50	83.18	23.98	82.77	↓
草地	0.50	1.78	0.76	2.61	↑
园地	0.04	0.15	0.25	0.86	↑
水域	0.02	0.09	0.07	0.25	↑
农田	4.18	14.81	3.92	13.51	↓
汇总	28.25	100.00	28.97	100.00	—

2012 年比 2000 年草地、园地和水域生态系统服务价值占生态措施的生态系统服务总价值比例分别增加了 2.11%、0.71% 和 0.23%。表明研究区生态系统服务正向多样化方向发展，但提高的作用有限，在保持森林生态系统服务主体下，还具有一定的提升空间。

2.2.2 生态系统单项的生态服务价值变化

从生态系统单项的生态服务价值（表4）来分析，2000—2012年，在整个单项的生态系统服务价值中，只有食物供应方面下降了1.31%，而其他的生态系统服务价值方面都有不同程度的增加，其中文化娱乐、水土保持、原材料和气体调节生态服务提升较为突出。这表明研究区的生态建设取得了较为有效的成果，特别是退耕还林工程、封山育林等。

表4 生态系统单项的生态服务价值（ESV）变化

单项 生态服务类型	2000年			2012年			变化		
	ESV/ 亿元	%	排序	ESV/ 亿元	%	排序	Δ ESV/ 亿元	%	排序
气体调节	3.64	12.87	3	3.75	12.93	3	0.11	3.05	4
气候调节	3.35	11.84	5	3.43	11.84	5	0.09	2.57	5
水分调节	3.47	12.29	4	3.56	12.29	4	0.09	2.57	6
水土保持	1.38	4.89	8	1.44	4.96	8	0.05	3.95	2
土壤形成	5.47	19.38	1	5.61	19.37	1	0.14	2.52	7
废物循环	3.09	10.94	6	3.15	10.87	6	0.06	1.99	9
生物控制	3.82	13.50	2	3.90	13.45	2	0.08	2.12	8
食物供应	0.93	3.30	10	0.92	3.18	10	-0.01	-1.31	10
原材料	2.09	7.38	7	2.16	7.45	7	0.07	3.43	3
文化娱乐	1.02	3.60	9	1.06	3.66	9	0.04	4.08	1
汇总	28.25	100.00	—	28.97	100.00	—	0.72	2.55	—

2.3 生态-经济协调发展分析

由表5分析，2000—2012年，研究区GDP生产总值增加了844 226万元，增长率为603.87%，人均GDP生产总值增长率为574.23%。而生态系统服务价值增长率为2.55%，但人均生态系统服务价值下降了1.77%。生态-经济协调度（EEH）近似等于0。这表明生态建设的速率远低于GDP生产总值增长速率，甚至出现了负增长状态。这说明研究区人民享受生态系统服务价值滞后于经济收入的提高，这说明研究区的生态建设有很大潜力。

表5 EEH计算要素表

类型	2000年	2012年	变化量	ES_{pr}/q_{pr}
ES_{pr}	7 139.71	7 013.59	-126.12	-0.02
q_{pr}	3 532.83	23 819.25	20 286.42	57 422.51
EEH	0			

3 结论与讨论

综合分析以上研究结果可以发现，研究区生态措施建设主要是森林植被类型占据主要优势，园地和水域虽有较大增长速度，但其基数较小，主要为生态措施的辅助作用。区域生态建设发展速度已明显滞后于经济发展速度。

研究区生态建设定位目标是全面提升森林、湿地和河流等的生态系统服务功能，促进经济社会的发展模式转变，建设生态经济和社会协调发展县域城市^[16]。最近10年研究区森林植被覆盖度提高了10%左右，山坪塘建设、茶园、桑园以及经济林建设等在生态旅游、控制水土流失、高山特色果品等方面起到了重要的积极意义^[17]。但研究区的石漠化、乌江流域（涪陵—武隆

县区)两岸25°坡耕地仍有大面积裸露^[18],对景观和水土流失治理产生较大影响。所以,总的来说,研究区依然面临较大的生态建设压力。

参考文献:

- [1]景可,郑粉莉.黄土高原植被建设的经验教训与前景分析[J].水土保持研究,2004(4):25-27.
- [2]李龙,郝明德,肖庆红,等.不同盖度羊草地对水土流失的影响[J].水土保持通报,2016(2):22-27.
- [3]曾金华,钟炳林,陈宏荣.南方水土流失区幼龄果园覆盖——秋大豆春种效益研究初析[J].水土保持研究,2005(2):197-198.
- [4]罗方青.人工湿地在重庆梅花山山坪塘生态修复中的运用[J].南方农业,2015(16):13-16.
- [5]王全九,杨婷,刘艳丽,等.土壤养分随地表径流流失机理与控制措施研究进展[J].农业机械学报,2016(6):67-82.
- [6]高渐飞,熊康宁.喀斯特石漠化生态系统服务价值对生态治理的响应——以贵州花江峡谷石漠化治理示范区为例[J].中国农业生态学报,2015(6):775-784.
- [7]赵海凤.四川省森林生态系统服务价值计量与分析[D].北京:北京林业大学,2014.
- [8]王兵.生态连清理论在森林生态系统服务功能评估中的实践[J].中国水土保持学报,2016(1):1-11.
- [9]党宏媛.区域生态系统服务功能形成机理及评价研究[D].石家庄:河北师范大学,2013.
- [10]谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015(8):1243-1254.
- [11]傅博杰,陈利顶,马克明,等.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2001.
- [12]刘纪元,布和敖斯尔.中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J].第四纪研究,2000(3):229-239.
- [13]石焱,王如松,黄锦楼,等.中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析[J].科学通报,2012(9):720-731.
- [14]Costanza R, d' Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [15]孙慧兰,李卫红,陈亚鹏,等.新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J].生态学报,2010(4):887-894.
- [16]秦远好,刘德秀,秦翰,等.基于镇域视角的连片特困区旅游扶贫与生态保护耦合态势比较研究——以重庆武隆县仙女山镇和石柱县黄水镇为例[J].西南大学学报(自然科学版),2016(10):79-89.

[17]蔡玲丽, 马文斌, 文传浩. 基于县域生态足迹的乌江流域可持续发展能力研究——以重庆武隆县为例[J]. 生态经济, 2010 (1) : 158-165.

[18]崔桂华. 乌江流域(重庆)土地石漠化演变研究——以涪陵—武隆段为例[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2010.