

# 贵州省生态系统服务价值对土地整治的响应研究<sup>\*1</sup>

肖玖军<sup>1</sup>, 谢元贵<sup>2</sup>, 谢刚<sup>1▲</sup>, 董艳艳<sup>1</sup>, 刘弢<sup>3</sup>, 杨禹<sup>3</sup>

(1 贵州省山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001 ; 2 贵州科学院, 贵州 贵阳 550001 ;  
3 贵州省土地整治中心, 贵州 贵阳 550001)

**【摘要】**目的: 对喀斯特地区不同类型不同区域土地整治所引起的生态系统服务价值变化规律进行研究。方法: 采用谢高地生态系统服务价值当量法测算典型案例在实施土地整治前后生态系统服务价值及其变化, 分析生态系统服务价值对土地整治类型和区域的响应规律。结果: (1) 生态系统服务价值对 4 类土地整治项目的响应差异较为显著, 农村建设用地整理较高, 其次为农用地整理与土地复垦, 宜耕后备土地资源开发最低。(2) 各类土地整治对生态系统服务价值影响存在地区差异。(3) 单位建设规模生态系统服务价值和投资生态系统服务价值系数 2 个指标在地区和类型间存在差异, 农用地整理和土地复垦的 2 个指标地区差异不显著, 而宜耕后备土地资源开发和农村建设用地整理的 2 个指标地区差异显著。结论: 生态系统服务价值法在土地整治生态效益评价中具有广阔的应用前景。

**【关键词】** 生态系统服务价值, 土地整治, 响应, 喀斯特

**【中图分类号】** F301.2 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1003-6563(2019)06-0078-06

## 引言

土地是人类主要经济社会活动的空间载体, 同时也是生态系统的载体。生态系统服务是生态系统与生态过程所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用<sup>[1]</sup>, 通过生态系统结构、过程和功能得到的生命支持产品和服务<sup>[2]</sup>, 土地利用对维持生态系统服务功能起着决定性作用<sup>[4]</sup>。土地利用方式的改变及相应覆盖格局的变化一方面导致生态系统结构的变化, 另一方面影响生物多样性和生态系统生产力, 进而影响土地资源的承载功能和生态系统的服务功能<sup>[3]</sup>。土地整治项目实施造成项目区的土地利用结构发生变化, 从而对项目区的生活环境和生产条件产生影响<sup>[5]</sup>。因此, 通过分析土地整治引起的土地利用转型过程, 并测度相应的生态系统服务价值变化具有重要意义。

土地整治项目生态效益如何以及其在综合效益中如何定位是目前国家、社会、研究学者以及大众群体所关心的热点, 同时也是当前迫切需要解决的问题<sup>[6]</sup>。目前, 国内学者主要应用格序结构法、物元模型评价法, 层次分析法、多级模糊综合评价法以及统计预测等方法, 分析土地整治项目效益情况<sup>[7-11]</sup>。Costanza 等<sup>[12]</sup>的研究, 使生态系统服务价值估算的原理及方法从科学意义上得以明确, 采用生态学和经济学相结合的方法对生态系统价值进行量化。谢高地等<sup>[13]</sup>针对 Costanza 对耕地的生态系统服务价值的过低估算和对湿地、水域等的过高估计存在的不足, 在参考其可靠的部分成果和对我国 200 位生态学者进行问卷调查的基

<sup>1</sup>收稿日期: 2019-05-09; 修回日期: 2019-05-09

**基金项目:** 贵州省国土资源厅 2014 年财政专项资金项目; 贵州科学院土地资源可持续利用创新人才团队项目; 贵州科学院基金(黔科院 J 合字(2017)19 号); 贵州科学院院长基金(黔科院 J 字(2017)4 号、黔科院 J 字(2017)5 号、黔科院 J 字(2017)6 号)。

**作者简介:** 肖玖军(1983-), 男, 四川营山人, 高级工程师, 主要研究方向为土地资源。

**▲通讯作者:** 谢刚, 高级工程师, 主要从事土地资源与水土保持研究。

础上，制定出我国生态系统服务价值当量因子和生态系统服务价值系数。对于土地整治区域，生态系统服务价值对土地利用剧烈变化响应的相关报道较少。因此，本文揭示了喀斯特地区“十二五”期间土地整治的不同类型对生态系统服务价值及其区域差异的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

#### 1.1.1 典型案例选取

从市（州）出发，以县为单位，遵循代表性原则，从贵州省“十二五”期间已实施的各类土地整治项目中选取典型案例，共选择典型案例 157 例，其中农用地整理 32 例，土地复垦 33 例，宜耕后备土地资源开发 43 例，农村建设用地整理 49 例，案例分布详见表 1。

表 1 不同市（州）各类土地整治项目案例数量统计表

类型	安顺市	毕节市	贵阳市	六盘水市	黔东南州	黔南州	黔西南州	铜仁市	遵义市	合计
农用地整理	4	4	3	3	3	4	4	3	4	32
土地复垦	3	5	4	3	2	5	3	5	3	33
宜耕后备土地资源开发	4	3	3	4	4	11	7	5	2	43
农村建设用地整理	3	4	2	3	13	3	2	9	10	49
合计	14	16	12	13	22	23	16	22	19	157

#### 1.1.2 基础数据来源

案例中所涉及的数据来源于土地整理项目、高标准农田建设项目、土地开发项目等典型案例的可行性研究报告、项目建议书、项目竣工验收等资料，城乡建设用地增减挂钩典型案例的实施规划、实施设计、竣工验收等资料，土地复垦项目典型案例的复垦方案、复绿方案、竣工验收等资料。

### 1.2 研究方法

依据生态系统服务价值系数法，进行土地整治的生态系统服务价值计算。具体的计算过程如下。

#### 1.2.1 土地生态类型分类

本文采用谢高地<sup>[14]</sup>等人的生态系统分类标准，

将土地生态类型分为 6 类一级生态系统和 14 类二级生态系统，具体为农田（旱地、水田）、森林（针叶、针阔混交、阔叶、灌木）、草地（草原、灌草丛、草甸）、湿地（湿地）、荒漠（荒漠、裸地）、水系（水系、冰川积雪）。

典型案例的土地分类采用 2007 版土地利用现状分类<sup>[15]</sup>，其与土地生态系统分类存在差异，要进行分类转换，具体土地利用分类与土地生态类型的对应转换关系如下：

- 1) 项目区中耕地、设施农用地归并为耕地。
- 2) 项目区中林地、园地对应于林地。
- 3) 项目区中田坎、牧草地和荒草地归并为草地。
- 4) 项目区内的坑塘和沟渠列入湿地。
- 5) 项目区内的建设用地、裸岩、沙地、农村道路列入裸地。
- 6) 项目区中的河流、湖泊、水库水面划为水域。因水域建筑用地较少，且为水域用地服务，故也将其列入水域。

#### 1.2.2 单位面积生态系统服务价值的确定

谢高地<sup>[14]</sup>制定了适合我国的土地生态系统单位面积生态系统服务价值表，之后又有学者在谢高地的研究成果之上，综合土地生态类型分类价值的基础上对单位面积生态系统服务价值进行了完善，本文参照完善后的单位面积的生态系统服务价值进行生态效益测算。谢高地<sup>[16]</sup>等人对 1 个生态系统服务价值当量因子的经济价值量进行了进一步细化和测算（详见表 2），2010 年我国 1 个生态系统服务价值当量因子的经济价值量 3406.5 元/hm<sup>2</sup>。

表 2 单位面积生态系统服务价值当量

生态系统分类		供给服务			调节服务				支持服务		文化服务	
一级分类	二级分类	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
农田	旱地	0.85	0.40	0.02	0.67	0.36	0.10	0.27	1.03	0.12	0.13	0.06
	水田	1.36	0.09	-2.63	1.11	0.57	0.17	2.72	0.01	0.19	0.21	0.09
森林	针叶	0.22	0.52	0.27	1.70	5.07	1.49	3.34	2.06	0.16	1.88	0.82
	针阔混交	0.31	0.71	0.37	2.35	7.03	1.99	3.51	2.86	0.22	2.60	1.14
	阔叶	0.29	0.66	0.34	2.17	6.50	1.93	4.74	2.65	0.20	2.41	1.06
	灌木	0.19	0.43	0.22	1.41	4.23	1.28	3.35	1.72	0.13	1.57	0.69
草地	草原	0.10	0.14	0.08	0.51	1.34	0.44	0.98	0.62	0.05	0.56	0.25
	灌草丛	0.38	0.56	0.31	1.97	5.21	1.72	3.82	2.40	0.18	2.18	0.96
	草甸	0.22	0.33	0.18	1.14	3.02	1.00	2.21	1.39	0.11	1.27	0.56

湿地	湿地	0.51	0.50	2.59	1.90	3.60	3.60	24.23	2.31	0.18	7.87	4.73
荒漠	荒漳	0.01	0.03	0.02	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	裸地	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01
水域	水系	0.80	8.29	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.91	0.07	2.55	1.89
	冰川积雪	0.00	2.16	2.16	0.15	0.34	0.16	7.13	0.00	0.00	0.01	0.09

### 1.2.3 土地整治项目区生态系统服务价值计算

根据确定出的项目区土地分类面积及生态系统单位面积生态系统服务价值来计算土地整治前后的生态系统服务价值，即：

$$ESV_{\text{整治前}} = \sum_{j=1}^9 \sum_{i=1}^6 L_{ij} \cdot K_{ij} \quad (1)$$

$$ESV_{\text{整治后}} = \sum_{j=1}^9 \sum_{i=1}^6 L'_{ij} \cdot K_{ij} \quad (2)$$

土地整治对土地利用类型  $i$  的生态系统服务价值的影响为：

$$ESV_{i\text{土整}} = ESV_{i\text{整治前}} - ESV_{i\text{整治后}} \quad (3)$$

则土地整治对生态系统服务价值影响量为：

$$ESV_{\text{土整}} = ESV_{\text{整治前}} - ESV_{\text{整治后}} \quad (4)$$

## 2 结果与分析

采用生态系统服务价值当量法，测算出各典型案例生态系统服务价值，不同土地整治项目的生态系统服务价值差异较大，为了使各区域、各类土地整治项目生态系统服务价值具有可比性，这里笔者引入单位建设规模生态系统服务价值和投资生态系统服务价值系数指标，具体计算方法为各土地整治项目生态系统服务价值与建设规模或投资规模之商，投资规模与建设规模数据均直接从典型案例资料中提取。

### 2.1 单位建设规模生态系统服务价值变化分类区域比较

农用地整理:农用地整理后，六盘水市单位建设规模产生的生态系统服务价值变化量相对较高，为 0.0512 万元/公顷，其次为贵阳市 0.0478 万元/公顷，安顺市 0.0325 万元/公顷，毕节市、遵义市、黔南州、黔东南州、黔西南州、铜仁市生态系统服务价值变化量为负值，分别为-0.1155 万元/公顷、-0.0744 万元公顷、-0.0163 万元公顷、-0.0084 万元公顷、-0.0068 万公顷、-0.0062 万公顷。

土地复垦：通过土地复垦，黔南州单位建设规模产生的生态系统服务价值变化量最高为 0.4886 万元/公顷，其次为黔东南州 0.3924 万元/公顷，毕节市 0.1573 万元/公顷，安顺市 0.0184 万元/公顷，六盘水市、贵阳市、黔西南州、遵义市和铜仁市均没有产生正效益，其值分别为：-0.6823 万元/公顷、-0.2852 万元/公顷、-0.0536 万元/公顷、-0.0291 万元/公顷、-0.0123 万元/公顷。

宜耕后备土地资源开发：宜耕后备土地资源开发产生的生态系统服务价值变化量为负值，黔东南州单位建设规模产生的生态系统服务价值变化量为-0.0483 万元/公顷，遵义市-0.6234 万元/公顷，安顺市-0.9314 万元/公顷，黔西南州-0.9385 万元/公顷，贵阳市-1.0258 万元/公顷，黔南州-1.1155 万元/公顷，六盘水市-1.1943 万元/公顷，毕节市为-1.2647 万元/公顷，铜仁市-1.3481 万元/公顷。

农村建设用地整理：通过对农村建设用地进行整理，贵阳市单位建设规模产生的生态系统服务价值变化量最高，为 2.5844 万元/公顷，其次为黔南州 1.6808 万元/公顷，黔西南州 1.6222 万元/公顷，铜仁市 1.4260 万元/公顷，黔东南州为 1.4068 万元/公顷，六盘水市 1.3766 万元/公顷，安顺市和毕节市生态系统服务价值变化量较低，为 1.2688 万元/公顷和 1.2626 万元/公顷。

表 3 不同区域各类土地整治单位建设规模生态系统服务价值变化量统计表单位：万元/公顷

类型	安顺市	毕节市	贵阳市	六盘水市	黔东南州	黔南州	黔西南州	铜仁市	遵义市
农用地整理	0.0325	-0.1155	0.0478	0.0512	-0.0084	-0.0163	-0.0068	-0.0062	-0.0744
土地复垦	0.0184	0.1573	-0.2852	-0.6823	0.3924	0.4886	-0.0536	-0.0123	-0.0291
宜耕后备土地资源开发	-0.9314	-1.2647	-1.0258	-1.1943	-0.0483	-1.1155	-0.9385	-1.3481	-0.6234
农村建设用地整理	1.2688	1.2626	2.5844	1.3766	1.4068	1.6808	1.6222	1.4260	1.3067

## 2.2 投资生态系统服务价值系数变化分类区域比较

农用地整理：通过对农用地的整理，贵阳市单位投资产生的生态系统服务价值变化量最高为 0.0185，其次为六盘水市 0.0158，安顺市 0.0061，毕节市-0.0271，遵义市-0.0199，黔东南州-0.0031，黔南州-0.0057，黔西南州-0.0031，铜仁市为-0.0022。

土地复垦：通过土地复垦，黔东南州单位投资产生的生态系统服务价值变化量高于其他区域，为 0.0508，黔南州位居第二，其值为 0.0394，毕节市 0.0174，其他区域均为负值，安顺市-0.0041，遵义市-0.0120，黔西南州-0.0127，铜仁市-0.0292，贵阳市-0.0309、六盘水市-0.0961。

宜耕后备土地资源开发：宜耕后备土地资源开发产生的生态系统服务价值变化量为负值，黔东南州单位投资产生的生态系统服务价值变化量为-0.0614，其次为遵义市-0.0760，贵阳市-0.0890，黔南州-0.1643，铜仁市-0.1791，黔西南州-0.2120，安顺市-0.2177，六盘水市-0.2521，毕节市-0.2673。

农村建设用地整理：农村建设用地整理后，六盘水市、贵阳市和黔南州三个区域单位投资产生的生态系统服务价值变化量相对于其他区域较高，其值分别为 0.0658、0.0657 和 0.0637，毕节市 0.0483，黔东南州 0.0358，铜仁市 0.0185，遵义市 0.0125，安顺市 0.0069，黔西南州最低为 0.0039。

表 4 不同区域各类土地整治投资生态系统服务价值系数变化量统计表

类型	安顺市	毕节市	贵阳市	六盘水市	黔东南州	黔南州	黔西南州	铜仁市	遵义市
农用地整理	0.0061	-0.0271	0.0185	0.0158	-0.0031	-0.0057	-0.0031	-0.0022	-0.0199
土地复垦	-0.0041	0.0174	-0.0309	-0.0961	0.0508	0.0394	-0.0127	-0.0292	-0.0120
宜耕后备土地资源开发	-0.2177	-0.2673	-0.0890	-0.2521	-0.0614	-0.1643	-0.2120	-0.1791	-0.0760
农村建设用地整理	0.0069	0.0483	0.0657	0.0658	0.0358	0.0637	0.0039	0.0185	0.0125

### 2.3 不同土地整治类型生态系统服务价值指标分析

单位建设规模生态系统服务价值：农村建设用地整理单位建设规模产生的生态系统服务价值最高，为 1.4415 万元/公顷，其次为土地复垦 0.0173 万元/公顷，农用地整理-0.0146 万元/公顷，宜耕后备土地资源开发-0.9859 万元/公顷。

投资生态系统服务价值系数：各土地整治类型中，农村建设用地整理单位投资产生的生态系统服务价值最高，为 0.0306，农用地整理-0.0035，土地复垦-0.0078，宜耕后备土地资源开发-0.1752。

表 5 单位建设规模和投资生态系统服务价值系数统计表

土地整治类型	单位建设规模生态系统服务价值(万元/公顷)	投资生态系统服务价值系数
农用地整理	-0.0146±0.1044	-0.0035±0.0294
土地复垦	0.0173±0.7422	-0.0078±0.0965
宜耕后备土地资源开发	-0.9859±0.5812	-0.1752±0.134
农村建设用地整理	1.4415±0.5034	0.0306±0.0557

通过进行成对样本 T 检验，农用地整理和土地复垦的 2 个指标间的显著性水平 p 分别为 0.414、0.827，均大于 0.05，差异不显著，宜耕后备土地资源开发和农村建设用地整理的 2 个指标间显著性水平 p 均为 0.000，差异较显著。

表 6 成对样本检验

	配对差值				t	自由 度	显著性(双 尾)	
	平均值	标准差	标准误差平均 值	差值 95%置信区间				
				下限				上限
配对 1 Index 1_ZL-Index2_ZL	-0.0111	0.0760	0.0134	-0.0385	0.0163	-0.828	31	0.414
配对 2 Index1_FK-Index2_FK	0.0252	0.6546	0.1140	-0.2069	0.2573	0.221	32	0.827
配对 3 Index1_KF-Index2_KF	-0.8107	0.5221	0.0796	-0.9714	-0.6500	-10.182	42	0.000
配对 4 Index1_NJ-Index2_NJ	1.4109	0.4640	0.0663	1.2776	1.5442	21.287	48	0.000

注：1. Index1 为单位建设规模生态系统服务价值，Index2 为投资生态系统服务价值系数。

2. ZL 为农用地整理，FK 为土地复垦，KF 为宜耕后备土地资源开发，NJ 为农村建设用地整理。

## 3 结论

本文从生态系统服务价值出发，用贵州省“十二五”期间实施的土地整治项目典型案例作研究对象，研究了喀斯特地区生

态系统服务价值对土地整治在类型和区域上的响应规律，得到了以下研究结论。

1) 生态系统服务价值对 4 种类型土地整治项目的响应差异较为显著，单位建设规模生态系统服务价值表现为：农村建设用地整理>土地复垦>0>农用地整理>宜耕后备土地资源开发，投资生态系统服务价值系数表现为：农村建设用地整理>0>农用地整理>土地复垦>宜耕后备土地资源开发。2 个指标的各类土地整治项目对生态系统服务价值的影响大小排序总体相似。农村建设用地整理的 2 个指标均为正响应，主要是因为农村建设用地整理是将农村建设用地复垦成耕地、园地、林地等农用地，生态系统的供给服务、调节服务、支持服务和文化服务等各项服务价值均增加。农用地整理的 2 个指标均为负响应，主要是因为农用地整理新建和改扩建田间道路、削减田土坎和整治零星草地为耕地，分别将具有较好生态服务功能的耕地、林地、草地等地类转变为生态服务功能较差的裸地，将草地转变为耕地。而宜耕后备土地资源开发引起生态系统服务价值减少的现象则更为突出，这和其新增耕地的整治目的直接相关。

2) 在土地整治对生态系统服务价值影响的地区差异上，北部地区的农用地整理好于南部地区的农用地整理，南部和东部地区的土地复垦好于中部和西部地区，东部和北部地区的宜耕后备土地资源开发好于西部和南部地区，中部和南部地区的农村建设用地整理好于西部和北部地区。

3) 利用单位建设规模生态系统服务价值和投资生态系统服务价值系数 2 个指标来对比分析土地整治对生态系统服务价值的地区影响和类型影响时所表现出的响应规律存在差异，农用地整理和土地复垦的 2 个指标地区差异不显著，而宜耕后备土地资源开发和农村建设用地整理的 2 个指标地区差异较显著，这主要与各类土地整治项目的投资有关，农用地整理与土地复垦的投资强度区域差异不显著，而宜耕后备土地资源开发和农村建设用地整理的投资强度区域差异较为显著，这又和整治对象、整治区自然条件和经济水平等有关。在应用于考虑投资与收益相关问题时建议使用投资生态系统服务价值系数，其他情况则建议使用单位建设规模生态系统服务价值。

4) 利用谢高地生态系统服务价值当量法测算各类土地整治对生态系统服务价值，其核心是地类的变化而引起生态系统服务价值变化，但忽略了土地整治工程措施实施引起地类内部变化而带来生态系统服务价值变化的情况，如农用地整理提升了耕地质量和改善了耕地生态条件等，今后的研究可以从该方面深入，以完善该方法在小尺度研究区的适用性。

#### 参考文献【REFERENCES】

- [1] J DAILY C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems [J]. Pacific Conservation Biology, 1997, 6(2) :220-221.
- [2] 陈姝, 居为民, 李显凤. 常熟市土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5) : 93-97.
- [3] 刘永强, 廖柳文, 龙花楼, 等. 土地利用转型的生态系统服务价值效应分析——以湖南省为例[J]. 地理研究, 2015, 34(4) : 691-700.
- [4] 蒋卫国, 李雪, 蒋韬, 等. 基于模型集成的北京湿地价值评价系统设计与实现[J]. 地理研究, 2012, 31 (2) :377-387.
- [5] 胡廷兰, 杨志峰. 农用地整理的生态效益评价方法[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5) :275-280.
- [6] 何如海, 聂雷, 何方. 生态涵养型土地整治综合效益评价——以安徽省池州市贵池区项目为例[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(4) :232-237.

- 
- [7]赵微.基于格序结构的土地整理效益评价[J].农业工程学报,2010,26(S2):338-343.
- [8]罗文斌,吴次芳,吴一洲.基于物元模型的土地整理项目绩效评价方法与案例研究[J].长江流域资源与环境,2011,20(11):1321.
- [9]黄辉玲,吴次芳,张守忠.黑龙江省土地整治规划效益分析与评价[J].农业工程学报,2012,28(6):240-246.
- [10]薛思学,张克新,黄辉玲,等.土地整治项目绩效评价研究——以黑龙江省为例[J].国土与自然资源研究,2012(1):28-30.
- [11]吴莹,金晓斌,周寅康.基于多级模糊综合评价的土地整理项目后效益评价指标体系构建及应用[J].中国农学通报,2007,23(9):509-513.
- [12]COSTANZA R, D'ARGE R, DE G R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630):253-260.
- [13]谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [14]谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学根,2008,23(5):911-919.
- [15]国土资源部.土地利用现状分类:GB/T 21010—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [16]谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(9):1740-1746.