

# 退耕还林前后甘肃正宁县生态系统 服务价值的时空变化特征

申建秀<sup>1,2</sup>, 王秀红<sup>1</sup>, 刘羽<sup>1,2</sup>, 张伟<sup>3,4</sup>, 姚丽娜<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 杭州师范大学  
理学院/遥感与地球科学研究院, 杭州 311121; 4. 浙江省城市湿地与区域变化研究重点实验室, 杭州 311121)

**摘要:**运用 GIS 和遥感技术,研究位于西北黄土沟壑区的甘肃省正宁县在退耕还林工程实施前后的土地利用变化情况,并利用 Costanza 提出的生态系统服务价值(ESV)评估思路和区域质心迁移模型,分析了 1995—2010 年正宁县土地利用变化及其生态系统服务价值的时空响应。结果表明:(1)在退耕还林前后,林地面积变化表现为先减后增,耕地和水域面积一直在减少,同时建设用地保持不断增长。(2)正宁县在实施退耕还林工程前后,总生态服务价值先减少(−6.512%)后增加(29.369%),有林地 ESV 在退耕后的大幅度增加是退耕还林的明显效果。正宁县所提供的生态服务功能以生物多样性保护、土壤形成与保护等为主。各功能生态服务价值在退耕后的显著增加,这是区域土地利用可持续性增强的体现。(3)正宁县生态服务价值质心的迁移在退耕后表现出“东进南下”的趋势,东、中、西部单位面积 ESV 增长不均衡。正宁县应重视调整及优化西部、中部地区的土地利用结构,进而发挥区域生态服务的最大综合效益。

**关键词:**土地利用变化;生态服务价值;质心转移;退耕还林;甘肃正宁县

中图分类号:F301.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0059-06

## Spatio-temporal Changes of Ecosystem Service Value in Zhengning County, Gansu Province before and after the ‘Grain-for-Green’ Policy

SHEN Jian-xiu<sup>1,2</sup>, WANG Xiu-hong<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>1,2</sup>, ZHANG Wei<sup>3,4</sup>, YAO Li-na<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate University of Chinese Academy Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Remote Sensing and Earth Sciences, College of Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China; 4. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Urban Wetlands and Regional Change, Hangzhou 311121, China)

**Abstract:** With remote sensing and geographic information system techniques for data acquisition and processing, this paper choosed Zhengning County, which was located in the loess gully area of northwest China as a case study, and examined the Spatio-temporal changes in ecosystem service value before and after the ‘Grain-for-Green’ Policy based on the framework of ecosystem service value evaluation proposed by Costanza and gravity center movement model. The results showed that: (1) the total area of forest decreased from 1995 to 2000, but it increased from 2000 to 2010. Cropland and water body area were keeping decreased, meanwhile, construction land was keeping increas during the study period; (2) the total value of ecosystem services for the study area decreased by 6.512% from 1995 to 2000 and then increased by 29.369% from 2000 to 2010. The increase of forest ESV was considerable after the ‘Grain-for-Green’ Policy. Main ecosystem service functions in Zhengning County include biodiversity protection and soil formation. The appreciable increase of ESV for each ecosystem service function after the ‘Grain-for-Green’ Policy was a clear reflection of regional sustainable land use; (3) the total ESV gravity centers of Zhengning County had a spatial trace direction to southeast from 1995 to 2010. This result indicated that the spatial distribution of ESV per unit area for the study area was not even. In order to promote and balance the distribution of function of ecosystem service in

收稿日期:2012-03-06

修回日期:2012-04-14

资助项目:国家自然科学基金项目“生态退耕对土地类型结构的影响及环境效应研究”(40971282)

作者简介:申建秀(1988—),女,河北阜平人,硕士生,从事土地利用研究。E-mail:shenjianxiu11@mails.gucas.ac.cn

通信作者:王秀红(1964—),男,山西人,博士,副研究员,从事土地资源和自然地理研究。E-mail:wangxh@igsnr.ac.cn

Zhengning County, this paper suggested that policy-makers should pay greater attention to adjusting and optimizing land use structures in west and middle part of this study area.

**Key words:** land use change; ecosystem service value; gravity center movement; ‘Grain-for-Green’ Policy; Zhengning County of Gansu Province

土地利用/土地覆被变化是人与自然关系最为密切的环节,可以引起许多自然现象和生态过程的变化,在全球环境变化中具有重要的作用,对生态系统服务功能起着决定性的作用<sup>[1]</sup>。分析和评价土地利用变化所诱发的生态与环境问题既是国际可持续发展研究的热点之一,也是当前土地管理科学、环境科学及生态科学的交叉前沿领域<sup>[2]</sup>。生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能,直接或间接得到的生命支持产品和服务<sup>[3]</sup>,其价值化已被广泛运用在理解和探讨人类的可持续发展研究中<sup>[4]</sup>。我国的西北退耕还林区多为生态环境脆弱的区域,自 1999 年开始实施退耕还林工程以来,土地利用变化剧烈。深入研究该区域土地利用变化引起的生态系统服务功能价值的变化,有助于提高我们对退耕还林政策实施效果的认识,进而为宏观政策的完善和微观土地利用行为的选择提供科学依据。现有对退耕还林区生态系统的研究多从农作物生产稳定性<sup>[5]</sup>、生态格局安全<sup>[6]</sup>、人口密度变化<sup>[7-8]</sup>等方面入手进行研究,而对退耕还林工程实施前后区域生态服务价值时空变化研究不足。本文以甘肃省正宁县为例,对其退耕还林工程实施前后(1995—2010 年)土地利用变化引起的生态服务价值的时间变化和空间变化进行分析,以期为我国西北地区退耕还林政策的完善和区域土地资源的可持续利用提供有益的参考。

## 1 研究区概况

甘肃省正宁县位于甘肃省东南端,地处我国黄土高原沟壑区,总面积 1 319.5 km<sup>2</sup>,介于东经 107°56′20″—108°38′08″、北纬 35°14′40″—35°36′18″。地势东北高,西南低,平均海拔 1 460 m,地形东宽西窄,略呈三角形,东西长 63.5 km,支党河和四郎河流经县域中西部。正宁县属温带大陆性半湿润气候,全县年平均降水量 598.9 mm,年平均日照时数 2 682.3 h。全县有大小不等沟壑 1 200 多条,约占总面积的 82%,主要集中在东北部及子午岭一带,这些沟壑侵蚀十分严重。为了进一步分析正宁县 ESV 空间分异特点,本文结合正宁县地形特点和土地利用状况,以行政乡界为依据,将东部子午岭一带沟壑严重的月明乡、西坡乡、五顷塬回族乡和三嘉乡划分为东部地区;将农村居民点分布广泛的永正乡、山河镇、永和镇、湫

头乡以及罗川乡东部划分为中部地区;将地处平坦区的周家乡、宫河镇、榆林子镇以及罗川乡西部划分为西部地区。

## 2 数据来源

研究区 1995 年、2000 年两期土地利用图来自中国科学院资源与环境数据库中 1:10 万土地利用数据;2010 年 Landsat TM 影像来自美国地质调查局(USGS)网站。在 ENVI 和 ArcGIS 软件平台的支持下,将 2010 年遥感影像与已有的 1995 年和 2000 年土地利用类型图进行坐标匹配,实现县界与图像套合。并参考 1995 年、2000 年土地利用分类方案,结合正宁县的实际情况,将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、工矿及居民点用地(建设用地)、未利用地 6 种一级地类以及相应的 16 种二级地类。根据土地利用调查规程的遥感解译最小图上面积规定,通过专家目视人工解译成图、建库,得到研究区 2010 年土地利用现状;研究区 1995 年、2000 年、2010 年粮食单产量的统计资料来源于甘肃农村年鉴(1996—2009);全国 2000 年净初级净生产力(Net Primary Productivity, NPP)数据来自于中国科学院资源环境科学数据中心。

## 3 研究方法

### 3.1 研究区生态系统服务功能价值的核算

区域生态服务价值是定量表征区域生态系统服务功能的重要指标<sup>[9]</sup>。本文以 Costanza 等的研究成果为基础<sup>[3]</sup>,根据相关专家对我国陆地生态系统服务价值的实际计算结果<sup>[10]</sup>,计算研究区各土地覆被类型单位面积的生态价值。由于中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表是以全国平均水平状况下的农田每年自然粮食产量的经济价值为基准的,直接用于研究区 3 期生态服务价值的计算并不合理,因此本研究在谢高地等<sup>[11]</sup>的研究成果基础上进行了进一步的空间、时间和地类的校正,使之更适合研究区域不同年份相应地类的实际情况。

(1) 生态系统服务价值核算方法。计算区域生态系统服务价值的公式如下<sup>[12-13]</sup>:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k$$

式中:ESV——生态系统服务价值; $A_k$ ——研究区第

$k$  种土地利用类型的分布面积;  $VC_k$ ——生态服务功能价值指数,即经过时空和地类校正后的单位面积的生态系统服务价值。

(2) 生态系统服务价值参数。第一是空间校正。根据师庆三等的研究成果,NPP 与生态系统服务价值之间具有良好的线性关系<sup>[14]</sup>,因此,本文以空间校正是以全国 2000 年 NPP 为基础,在 ArcGIS 支持下,在配准后的全国数据基础上进行裁切获得研究区数据,进而进行全国和研究区生态系统平均生物量的计算;第二是时间校正。因粮食产出量与生态系统各要素关系密切,具有生态服务价值代表性,所以本文通过 1995—2000 年、1995—2005 年、2000—2010 年 3 个时间段粮食单产均值的比值来确定各期生态系统单位面积生态服务价值的校正系数;第三是地类校正。由于研究区是我国西北黄土沟壑区退耕还林的代表区域,林地、草地的二级地类对生态系统生态服务价值的影响较大,本文适当调整了相关文献中的计算参数。其中,有林地、灌木林地、其他林地的调整系数依据唐秀美等<sup>[15]</sup>经过专家问卷调查法得到的林地生态系统服务价值系数调整表进行校正;高覆盖率草地、中覆盖率草地、低覆盖率草地的调整是在把高覆盖率草地系数设为 1 的基础上,根据相应草地的地类覆盖率系数<sup>[16]</sup>比值得到。

3.2 生态服务价值质心计算

由于地理事物分布的分散性,无法以它们的实际位置计算其重心,通常将研究区划分为若干小区,以各小区代表点坐标作为该小区的位置。本文中根据研究区土地利用划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 个区,利用 ArcGIS 中 Spatial Analyst Tool 模块的 Zonal Geometry as Table 命令分别计算出 3 期各地类的景观几何中心坐标和研究区的几何中心,根据地理事物重心的计算公式<sup>[17-18]</sup>计算研究区 ESV 重心:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij} X_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}}; \bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij} Y_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}}$$

式中:  $\bar{X}_i, \bar{Y}_i$ ——第  $i$  年研究区 ESV 重心的位置;  $X_{ij}, Y_{ij}$ ——第  $i$  年第  $j$  类小区的几何中心位置;  $P_{ij}$ ——在  $i$  年第  $j$  类小区的生态服务价值;  $n$ ——小区数目。当某一空间现象的空间均值显著区别于区

域几何中心,则表示这一空间现象分布不均衡,或称“中心偏离”。偏离方向指示了空间现象的“高密度”部位,偏离的距离则指示了均衡程度<sup>[19-20]</sup>。

3.3 敏感性分析

参照相关研究成果<sup>[2]</sup>,应用经济学中常用的弹性系数概念来计算价值系数的敏感性指数 (coefficient of sensitivity, CS),以确定生态系统服务价值随时间的变化情况对价值系数变化的依赖程度。如果  $CS > 1$ ,表明 ESV 相对于 VC 是富有弹性的;如果  $CS < 1$ ,ESV 则被认为是缺乏弹性的,比值越大,表明生态服务功能价值指数的准确性越关键。计算公式为:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right|$$

式中:ESV——估算的总生态系统服务价值;VC——生态价值系数; $i, j$ ——初始总价值和生态价值系数调整以后的总价值; $k$ ——各土地利用类型。

4 结果与分析

4.1 土地利用变化分析

由正宁县退耕还林前后 15 a 的土地利用结构变化情况来看(表 1),耕地、林地、草地为研究区的主要地类,其中耕地占总面积比重最大,说明正宁县是以种植业为主导发展的。耕地和水域面积一直在减小,且 2000—2010 年减小的幅度明显大于 1995—2000 年的减小幅度。其中,耕地在退耕前表现为轻微减少趋势,由 46.5%减少到 45.5%,在退耕后耕地面积又大幅度降低到 2010 年的 41.3%,前后共减少了 7 072.9 hm<sup>2</sup>。在退耕还林工程实施前的 1995 年到 2000 年,面积减小的地类为有林地、灌木林地、水域和耕地,灌木林地减小速度最大,为-3.46%。同时,面积增加的地类为其他林地、草地、建设用地。因黄土沟壑区草地主要来源于未成林的林地和退化后的耕地、水域,建设用地的增加占用的是平原耕地,说明这期间研究区的生态环境受到了一定程度的干扰。退耕还林工程实施后的 2000 年到 2010 年,有林地以 9.16%的年均速度大幅度增加,表明退耕还林效果明显。建设用地比例较小,但一直保持一定的增长速度。

表 1 正宁县土地利用面积变化和年变化率

%

项目	年份	有林地	灌木林地	其他林地	高覆盖率草地	中覆盖率草地	低覆盖率草地	水域	耕地	建设用地
面积所占比例	1995	11.92	16.64	5.26	2.02	15.30	0.42	0.44	46.49	1.50
	2000	11.71	13.76	6.31	2.84	17.21	0.50	0.44	45.45	1.78
	2010	22.44	11.13	6.87	2.07	13.44	0.51	0.42	41.29	1.83
年均变化率	1995—2000	-0.36	-3.46	3.99	8.08	2.50	3.96	-0.19	-0.45	3.66
	2000—2010	9.16	-1.91	0.90	-2.73	-2.19	0.15	-0.46	-0.92	0.30
	1995—2010	5.88	-2.21	2.05	0.14	-0.81	1.44	-0.37	-0.75	1.46

综上,从整个研究期来看,退耕还林工程的实施和人口增长、人们生活生产条件的不断改善促使当地耕地和水域面积不断减少,建设用地不断增加,同时林地面积的变化表现为先减后增。

4.2 生态系统服务价值的时序变化分析

(1) 各地类生态系统服务价值的变化。在退耕还林工程实施前的 1995—2000 年间,林地、耕地、水域、的生态服务价值明显减少,其中灌木林地变化最为显著,5 a 间减少了 19.97%,且在研究区内的 ESV 价值比例下降了 4.07%。耕地面积的减少导致了耕地生态服务价值的减小,减小幅度为 5.39%,但其在比重上有所增加,归因于毁林造田过程中林地生态服务价值比重的减小。正宁县 ESV 总价值由 1995 年

的 15.523 亿元/a 减小到 2000 年的 14.512 亿元/a,共减少了 6.512%,说明在退耕还林工程实施前,正宁县的土地利用变化不利于整体生态服务价值的提高。退耕还林工程实施后的 2000—2010 年间,有林地 ESV 增加明显,价值幅度上增加了 117.98%,比重上增加了 17.23%。生态条件的改善保证了耕地和水域 ESV 的增加。由于耕地和水域面积的不断减少,以及林地 ESV 的显著增加,二者在正宁县总 ESV 中的比重也有所下降。从整个研究期来看,正宁县总生态服务价值先减少(−6.512%)后增加(29.369%),15 a 间的增加幅度为 20.94%,说明正宁县在实施退耕还林工程以后,土地利用变化向着可持续性增强的方向发展。

表 2 1995 年、2000 年、2010 年正宁县各地类生态服务价值变化

地类	1995 年		2000 年		2010 年		变化率/%		
	ESV/ (亿元·a <sup>−1</sup> )	价值比 例/%	ESV/ (亿元·a <sup>−1</sup> )	价值比 例/%	ESV/ (亿元·a <sup>−1</sup> )	价值比 例/%	1995—2000	2000—2010	1995—2010
有林地	3.840	24.738	3.650	25.150	7.956	42.376	−4.958	117.981	107.174
灌木林地	4.389	28.274	3.513	24.204	3.233	17.222	−19.971	−7.949	−26.333
其他林地	0.883	5.688	1.025	7.064	1.271	6.769	16.098	23.972	43.928
高覆盖率草地	0.216	1.391	0.293	2.021	0.243	1.293	35.872	−17.228	12.464
中覆盖率草地	1.143	7.362	1.244	8.572	1.106	5.889	8.857	−11.121	−3.249
低覆盖率草地	0.018	0.116	0.021	0.143	0.024	0.128	15.933	15.448	33.842
水域	0.299	1.928	0.287	1.977	0.311	1.658	−4.161	8.504	3.989
耕地	4.735	30.502	4.480	30.869	4.631	24.664	−5.389	3.365	−2.206
建设用地	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
总计	15.523	100.000	14.512	100.000	18.774	100.000	−6.512	29.369	20.944

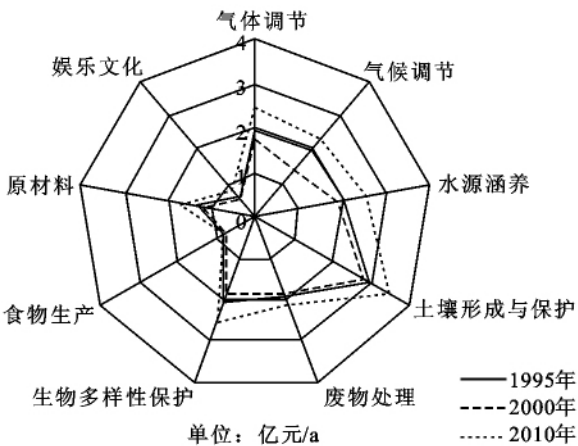


图 1 1995 年、2000 年、2010 年正宁县各单项生态服务价值构成情况

(2) 单项生态系统服务价值(ESV<sub>j</sub>)的变化。在退耕还林工程实施前的 1995—2000 年间,所有单项生态服务价值均不同程度的减少,主要由林地面积的减少和耕地退化所致。退耕还林工程实施后的 2000—2010 年间,除食物生产功能外,所有单项功能价值均明显增加,比重最大的是土壤形成与保护功能

价值,为 18.67%;幅度最大的是娱乐文化功能价值,为 48.35%(图 1)。在正宁县 3 期单项生态服务价值中,土壤形成与保护功能和生物多样性功能比重最大,变化幅度剧烈;娱乐文化功能比重最小但变化幅度很大;食物生产功能价值比重小且随土地利用变化而变化的幅度也小。说明地处黄土沟壑区的正宁县在进行土地利用时已经把生态价值放在重要位置。

4.3 生态系统服务价值的空间分异

由 2010 年正宁县单位面积生态系统服务价值空间分异图(图 2)可以看出:正宁县东部沟壑严重地区生态服务主要由林地和耕地提供。相对于中部地区和西部地区,其有林地和灌木林地的比较优势最为突出,这说明该区今后应以生态保护为主,发展成为正宁县的生态涵养区。中部地区与西南部地区的情况比较相似,主要表现为耕地的生态服务优势较大。因中部地区人口密度相对大,又有支党河、四郎河过境,应加强中部地区的农田水利基础设施建设,保证农业县的粮食安全。西部地区地势相对平坦,水源充足,但因正宁县西南地区耕地被开垦因而无法充分利用,

林地又无法被有效保护的现象很多,致使各项生态服务价值均偏低,所以,应注重对该区域内土地利用结构的优化配置,加大退耕还林工程的实施力度,从而发挥西南部最大综合效益。

正宁县西、东、中部地区不同的土地利用空间组合造成了 3 个地区不同的功能分异,也使得不同地区单位面积的生态服务价值差异明显。退耕还林前后的 3 个年期,正宁县单位面积的 ESV 按区排序均为东部地区>中部地区>西部地区(表 3),因为研究区东北山地沟壑区的地类受人为干扰程度要小于西南相对平坦地区,东部地区有林地、灌木林地若能得到有效保护,就能够充分发挥其生态服务功能。中部地区人口相对集中,对地类的干扰程度较大,单位面积

ESV 低于受人类干扰程度小的东部地区,通过确保该地区耕地的充分利用和合理开发,才能充分发挥该地区的生态服务功能。西部地区土地利用结构没有得到科学配置,削减了其单位面积的生态服务价值。

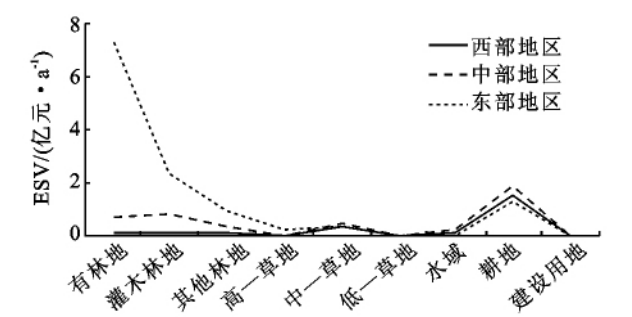


图 2 2010 年正宁县生态系统服务价值的空间分异

表 3 正宁县西、中、东部地区单位面积 ESV 变化

地区	单位面积 ESV/(元·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )			变化率/%		
	1995 年	2000 年	2010 年	1995—2000 年	2000—2010 年	1995—2010 年
西部地区	7541.08	7297.17	8467.45	−3.23	16.04	12.28
中部地区	8533.91	8238.33	10533.67	−3.46	27.86	23.43
东部地区	14935.88	13705.64	18192.99	−8.24	32.74	21.81

4.4 生态系统服务价值的质心变化

由正宁县退耕还林前后生态服务价值质心转移跟踪方位示意图(图 3)可知,正宁县生态服务价值质心在整个研究期内先向西南方向迁移,后又向东南方向迁移。1995—2000 年向西南方向迁移了 323.78 m,2000 年至 2010 年向东南方向偏移了 486.50 m,1995—2000 年向东南偏移了 272.45 m,整体表现出“东进南下”的趋势。

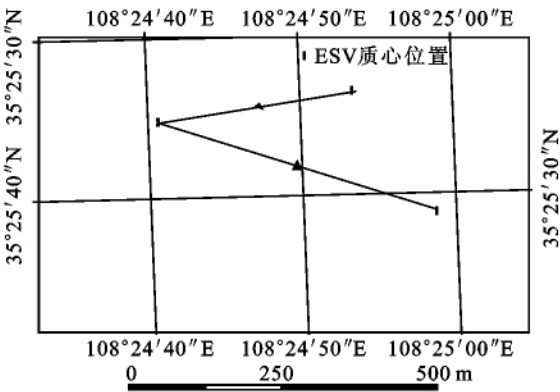


图 3 退耕还林前后正宁县生态服务价值质心转移跟踪方位示意图

研究区的生态服务价值质心与其几何中心并不匹配,这表明研究区的生态服务价值在空间分布上不均衡,可以通过正宁县西南部、中、东部地区的 3 a 期单位面积 ESV 变化来体现(表 3)。

追踪正宁县 ESV 质心的迁移,在退耕还林工程实施前,因不合理的土地利用,使得正宁县各区单位面积生态服务价值均下降,东部地区减小 8.24%,明

显大于西部地区和中部地区的净减小幅度,使得正宁县的 ESV 质心向西南方向移动,是一种不可持续的迁移。退耕还林工程实施后,各区单位面积生态服务价值增加明显,东部响应最大,净增加 32.74%,西部净增加 16.04%,因各区单位面积 ESV 增加幅度上的不平衡,使得质心在退耕还林工程实施后向增加幅度大的东南方向迁移,土地利用配置并没有达到最优。

4.5 敏感性指数分析

根据 CS 计算公式,本文将各地类土地利用类型的价值指数分别调整 50%,计算出研究区 1995,2000,2010 年 3 期各地类的敏感性指数,来衡量总生态系统服务价值的变化。结果表明,ESV 对 VC 的敏感性指数均小于 1,最高值是 2010 年期的水域 0.088。这表明在 2010 年,当水域的 VC 增加 1%时,相应的 ESV 增加 0.008%。敏感性分析的结果表明,研究区内 ESV 对 VC 缺乏弹性,基于谢高地<sup>[11]</sup>价值系数校正的生态系统服务功能价值核算结果在本区域内是可信的。

5 结 论

(1) 在退耕还林工程实施前的 1995—2000 年,面积减少的地类为有林地、灌木林地、水域和耕地,面积增加的地类为其他林地、草地、建设用地。退耕还林工程实施后,有林地面积大幅度增加,是退耕还林的明显成效。

(2) 正宁县在实施退耕还林工程前后,总生态服

务价值表现为先减少(−6.512%)后增加(29.369%)。表现在地类上为:退耕前各地类 ESV 比重大小排序为耕地>灌木林地>有林地>中覆盖率草地>其他林地>高覆盖率草地>水域>低覆盖率草地>建设用地,退耕后各地类 ESV 比重大小排序为有林地>耕地>灌木林地>其他林地>中覆盖率草地>水域>低覆盖率草地>建设用地,有林地在地类和幅度上的显著提高是退耕还林工程的体现。由于地处黄土沟壑区,正宁县所提供的生态服务功能以生物多样性保护、土壤形成与保护、气体调节、水源涵养为主,食物生产和娱乐文化功能比重最小。

(3) 追踪正宁县生态服务价值质心的迁移,在退耕还林工程实施前的 1995—2000 年向西南方向偏移,退耕工程实施后的 2000—2010 年向东南方向偏移,县域单位面积的 ESV 明显增加。正宁县应在保持已有的退耕还林成果基础上,进一步加强中部地区农业基础设施的建设,控制建设用地扩张,优化种植结构,扩大中部地区耕地的生态服务价值。此外,应重视西南部边际耕地的退耕和防护林工程的建设,优化土地利用结构,发挥西南部最大的综合效益。

(4) 敏感性分析的结果表明,研究区内的生态系统服务价值(ESV)对于生态价值系数(VC)的敏感性指数均小于 1,说明基于谢高地价值系数校正后的生态系统服务功能价值核算结果在本区域内具有较高的可信度。

#### 参考文献:

- [1] Semwal R L, Nautiyal S, Sen K K, et al. Patterns and ecological implications of agricultural land-use changes: a case study from central Himalaya, India[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2004, 102(1): 81-92.
- [2] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas[J]. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 333-346.
- [3] 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(6630): 253-260.
- [4] Bingham G, Bishop R, Brody M, et al. Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making[J]. *Ecological Economics*, 1995, 14(2): 73-90.
- [5] 张应龙, 谢永生, 李晓, 等. 黄土沟壑区主要粮食作物生产稳定性及成本效益分析[J]. *水土保持通报*, 2010, 30(4): 201-204.
- [6] 付艳玲, 张晓萍, 陈凤娟, 等. 黄土区退耕背景下土地利用/覆被格局现状调查研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(6): 81-86.
- [7] 王海鸿, 马琼, 付士波, 等. 西北干旱半干旱区耕地面积变化与人口—经济发展的相关关系研究: 以甘肃省为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(1): 74-79.
- [8] Shoshany M, Goldshleger N. Land-use and population density changes in Israel—1950 to 1990: analysis of regional and local trends[J]. *Land Use Policy*, 2002, 19(2): 123-133.
- [9] 冉圣宏, 李秀彬, 吕昌河. 土地覆被及生态服务价值变化的多时间尺度模拟: 以四川省渔子溪流域为例[J]. *地理学报*, 2006, 61(10): 1113-1120.
- [10] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. *科学通报*, 2000, 45(1): 17-22.
- [11] 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.
- [12] 张伟, 张宏业, 王秀红, 等. 伊犁新垦区土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. *资源科学*, 2009, 31(12): 2042-2046.
- [13] 宋宏利, 张晓楠, 伦更永. 冀南土地利用变化对区域生态服务价值的影响分析[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(1): 236-238.
- [14] 师庆三, 王智, 吴友均, 等. 新疆生态系统服务价值测算与 NPP 的相关性分析[J]. *干旱区地理*, 2010, 33(3): 427-432.
- [15] 唐秀美. 北京市土地利用生态分类与格局变化研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2011.
- [16] 中华人民共和国国土资源部. 第二次全国土地调查技术规程(中华人民共和国土地管理行业标准[S]. TD/T1014—2007). 北京: 2007.
- [17] 徐映雪, 任志远, 张文梅. 基于 GIS 的陕西省耕地与人口空间变化分析[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(3): 216-221.
- [18] 许月卿, 李双成. 我国人口与社会经济重心的动态演变[J]. *人文地理*, 2005(1): 117-120.
- [19] 李秀彬. 地区发展均衡性的可视化测度[J]. *地理科学*, 1999, 19(3): 254-257.
- [20] He Y, Chen Y, Tang H, et al. Exploring spatial change and gravity center movement for ecosystem services value using a spatially explicit ecosystem services value index and gravity model[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, 175(1): 563-571.