

# 焉耆盆地土地利用变化对生态服务价值的影响

麦麦提吐尔逊·艾则孜<sup>1,2</sup>, 海米提·依米提<sup>2</sup>, 祖皮艳木·买买提<sup>3</sup>, 李建涛<sup>3</sup>

(1. 新疆大学 理论经济学博士后流动站, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**基于 1990 年、2000 年和 2011 年卫星遥感资料,采用中国陆地生态系统的的服务价值测算方法,分析了新疆焉耆盆地土地利用变化对生态系统服务价值与结构的影响。结果表明:(1) 焉耆盆地在 1990—2011 年间土地利用变化很明显;(2) 焉耆盆地生态服务价值从 1990 年的 821 400.0 万元增加到 2011 年的 867 300.0 万元,生态服务价值增加了 5.59%,达 45 900.0 万元,每年净增加生态服务价值达 30.23 元/hm<sup>2</sup>。生态系统服务总价值的增加主要来自水域、湿地总面积的增加,草地生态服务价值变动最大,其变化率高达 14.94%;(3) 研究区各生态服务功能对区域总生态服务价值贡献率由高到低依次为:废物处理、水源涵养、气候调节、娱乐休闲、生物多样性保护、土壤形成、食物生产、气体调节和原材料;(4) 敏感性分析结果表明,焉耆盆地生态服务价值对生态服务功能指数是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

**关键词:**土地利用变化;生态服务价值;生态服务功能;焉耆盆地

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0137-05

## Effects of Land Use Change on Ecosystem Service Value in Yanqi Basin

Mamattursun · Eziz<sup>1,2</sup>, Hamid · Yimit<sup>2</sup>, Zulpiya · Mamat<sup>3</sup>, LI Jian-tao<sup>3</sup>

(1. Postdoctoral Station for Theoretical Economics, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;  
2. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;  
3. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** The effects of land use change on ecosystem service value and functions in Yanqi Basin, Xinjiang Ughur Autonomous Region were analyzed using remote sensing data in 1990, 2000 and 2011, and the evaluation method of terrestrial ecosystem services value of China. The results indicated that: (1) intensive land use change has happened in Yanqi Basin within 1990—2011; (2) the total ecosystem services value increased from 8 214.0 million Yuan in 1990 to 8 673.0 million Yuan in 2011, it increased 5.59%, about 459.0 million Yuan. The yearly net increase of ecosystem service value was about 30.23 Yuan per hectare. The increase of total ecosystem services value was resulted from the increase of total area of water bodies and wetland. The changes of the ecosystem services value provided by grassland were the highest, it changed about 14.94%; (3) the overall rank order for each ecosystem functions based on their contributions to the total ecosystem services value of the area was as follows (from high to low): waste treatment, water supply, climate regulation, recreation and culture, biodiversity protection, soil formation, food production, gas regulation, and raw material; (4) results of sensitivity analysis showed that the ecosystem services value estimated in Yanqi Basin was relatively inelastic with respect to the value coefficients, and the results of the study was reliable.

**Key words:** land use change; ecosystem services value; ecosystem service functions; Yanqi Basin

生态服务价值(ecosystem services value)研究是当今生态系统可持续性研究的热点之一。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>[1-2]</sup>。2005 年 4 月联

收稿日期:2012-05-11

修回日期:2012-06-16

资助项目:国家自然科学基金重点项目新疆联合基金项目(U1138302);国家自然科学基金项目(41201032,40971020)

作者简介:麦麦提吐尔逊·艾则孜(1981—),男(维吾尔族),新疆喀什人,博士,博士后,主要从事干旱区水资源与生态环境演变研究。

E-mail:mamat430@yahoo.com.cn

通信作者:海米提·依米提(1960—),男(维吾尔族),新疆喀什人,教授,博士,主要从事水资源与环境研究。E-mail:oasiseco@yahoo.com.cn

联合国发布的《千年生态系统评估报告》指出,全球自然资源提供的 2/3 以上的各类服务呈下降趋势,科学家必须找到合理的途径和科学的方法来计量经济发展的环境成本<sup>[3]</sup>。土地利用变化是全球环境变化的重要部分和主要影响因素,它反映了人类与自然相互作用与影响中最直接、最密切的关系<sup>[4]</sup>。区域土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究,将自然生态系统对人类的服务与经济评价结合起来,能更好地解决自然资源的保护和合理配置问题,最终实现生态—经济—社会系统可持续性发展。因此,生态系统服务及其经济估值成为当前生态经济的研究热点之一<sup>[5]</sup>。我国对生态系统服务功能价值的研究很多<sup>[6-8]</sup>,但是对于干旱区内陆盆地生态服务价值方面的研究较少<sup>[9]</sup>。干旱区内陆盆地主要生态环境问题的本质是生态系统服务功能受到破坏与退化的后果<sup>[10]</sup>。目前,对于干旱区内陆盆地生态系统服务价值在土地利用方面的应用研究较多关注土地利用变化对生态系统服务总价值的影响,对土地利用变化对内陆盆地生态系统服务总价值结构变化影响的研究较少。为此,本研究基于 RS 和 GIS 技术,以新疆焉耆盆地为目标,研究 1990—2011 年间的土地利用变化及其引起的生态系统服务价值动态变化,以期总结出干旱区内陆盆地土地利用变化对生态服务价值影响的一般规律,为研究区土地资源可持续开发利用和生态环境保护提供借鉴。

## 1 研究区概况

焉耆盆地地处 85°50′—87°50′E, 41°40′—42°20′N, 总面积为 723 100 hm<sup>2</sup>。位于新疆巴音郭楞蒙古自治州境内,为南天山山脉之间的中生代断陷盆地,是一个典型的绿洲—荒漠交错地区。焉耆盆地地势西高东低、北高南低,总体表现为四周向盆地倾斜的地貌形态,海拔高程 1 050~2 000 m,最低处为我国最大的内陆淡水湖—博斯腾湖。焉耆盆地属暖温带大陆性干旱气候,热量与光照丰富,多年平均气温 8.6℃,年降水量 50~80 mm,年蒸发能力 2 000~2 450 mm<sup>[11]</sup>。行政区划上包括巴音郭楞蒙古自治州的焉耆、和静、和硕与博湖 4 县的平原部分。

焉耆盆地土壤类型多为棕漠土、草甸土、沼泽土、灌耕土、潮土、盐土、风化土等。天然植被以红柳 (*Tamarix ramosissima*)、骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*)、罗布麻 (*Apocynum venetum*)、甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*) 和麻黄 (*Ephedra przewalskii* Stapf) 为主的荒漠植被以及芦苇 (*Phragmites communis*)。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据获取

本研究以焉耆盆地 1990 年、2000 年与 2011 年同一时期 Landsat 影像基本信息源。首先,利用焉耆盆地 1:10 000 地形图对 2011 年的遥感图像进行几何校正,然后以 2011 年的图像为基准,校正 1990 年和 2000 年的图像,使该 3 景影像具有相同的地图投影方式, RMS 校正误差均在 1 个像元以内。根据研究区的特点,将研究区土地利用类型划分为水域(包括湖泊、水库、河流、渠道、滩地)、湿地(经常积水或渍水,生长湿生植物的土地)、草地、耕地(旱地农田)、城镇用地(城镇聚落、村落聚落)与未利用地(荒漠、沙地、盐碱地、裸岩)。在 ArcGIS 支持下按照土地利用分类系统建立解译标志,通过监督分类和目视解译相结合的方法,获取了研究区 1990 年、2000 年和 2011 年土地利用变化图与相关数据。基于野外调查采样点的数据与研究区的地形图和土壤图,利用 ENVI 软件对遥感影像分类结果进行精度检验后得出 3 个年份的总精确度和 Kappa 指数等均大于 0.84,其分类结果符合精度要求<sup>[12]</sup>。

### 2.2 生态系统服务价值评估

国内外众多学者已重视并开展了不同尺度以及单个生态系统和生态系统单项服务的价值评估研究。如 Costanza 等<sup>[13]</sup>的研究成果使生态系统服务价值评估的原理与方法从科学意义上得以明确。谢高地等<sup>[14]</sup>根据中国的实际情况,参考 Costanza 等的研究成果,得到了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值。本研究采用谢高地等的研究成果,结合新疆塔里木盆地的实际情况<sup>[15-16]</sup>,对焉耆盆地陆地生态系统服务价值进行评估,其公式为:

$$ESV_k = \sum_f A_k \times VC_{kf} \quad (1)$$

$$ESV_f = \sum_k A_k \times VC_{kf} \quad (2)$$

$$ESV = \sum_k \sum_f A_k \times VC_{kf} \quad (3)$$

式中:  $ESV_k$ ,  $ESV_f$ ,  $ESV$ —— $k$  种土地利用类型的生态系统服务价值,  $f$  种生态服务功能价值与区域总生态服务价值;  $A_k$ —— $k$  种土地利用类型的分布面积 (hm<sup>2</sup>);  $VC_{kf}$ —— $k$  种土地利用类型、 $f$  种生态服务功能的生态服务功能价值指数 [元/(hm<sup>2</sup>·a)]<sup>[2,17]</sup>。研究区生态系统服务的价值如表 1 所示。

### 2.3 敏感性分析方法

借用敏感性指数 (Coefficient of Sensitivity, CS) 以确定生态服务价值随时间变化对价值指数变化的

依赖程度<sup>[18]</sup>,以此来检验中国陆地生态系统单位面积生态服务价值系数是否适合本研究区。将各类土地利用类型的价值指数分别调整 50%,来衡量总生态系统服务价值的变化。如果  $CS>1$ ,表明生态服务价值相对于  $CS$  是富有弹性的;如果  $CS<1$ ,生态服务价值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。敏感性指数计

算公式如下:

$$CS=\frac{(ESV_j-ESV_i)/ESV_i}{(VC_{jk}-VC_{ik})/VC_{ik}} \tag{4}$$

式中:ESV——总生态服务价值量;VC——价值系数; $i$ 和 $j$ ——初始的生态系统服务价值和生态服务功能价值指数调整后的价值; $k$ ——土地利用类型; $CS$ ——敏感度<sup>[18]</sup>。

表 1 焉耆盆地生态系统单位面积生态服务价值 元/(hm<sup>2</sup>·a)

土地利用类型	水域	湿地	草地	耕地	未利用地
气体调价	0.0	1592.7	707.9	442.4	0.0
气候调价	407.0	15130.9	796.4	787.5	0.0
水源涵养	18033.2	13715.2	707.9	530.9	26.5
土壤形成	8.8	1513.1	1725.5	1291.9	17.7
废物处理	16086.6	16086.6	1159.2	1451.2	8.8
生物多样性保护	2203.3	2212.2	964.5	628.2	300.8
食物生产	88.5	265.5	265.5	884.9	8.8
原材料	8.8	61.9	44.2	88.5	0.0
娱乐休闲	3840.2	4910.9	35.4	8.8	8.8
合计	40676.4	55489.0	6406.5	6114.3	371.4

3 结果与分析

3.1 土地利用变化过程分析

对比 1990 年、2000 年与 2011 年三期影像解译数据(表 2)可以看出,1990—2011 年间,焉耆盆地土地利用变化明显,城镇用地增加了 7 080 hm<sup>2</sup>,年变化率最大,为 4.93%;水域面积增加了 3 487 hm<sup>2</sup>,年变化率最小,为 0.16%,主要是因为水域总面积在土地利用中所占的比重较大(占 15%左右),是研究区内比较稳定的土地利用类型;湿地面积增加了 4 934 hm<sup>2</sup>,年变化率达 0.50%;草地面积减少了 10 415 hm<sup>2</sup>,年

变化率达 2.25%;未利用地面积减少了 14 590 hm<sup>2</sup>,年变化率为 0.32%,由于未利用地在研究区土地利用中所占的比重最大(约占 50%),也属于比较稳定的土地利用类型。1990—2000 年间土地利用变化的趋势为水域、湿地、耕地与城镇用地面积增大,草地与未利用地面积减少。2000—2011 年间土地利用变化的趋势为耕地与未利用地面积增大,其它土地利用类型面积减少。总的来说,1990—2011 年间土地利用变化的趋势为水域、湿地、耕地与城镇用地面积增大,草地与未利用地面积减少,未利用地面积变化的绝对量最大,水域面积变化的绝对量最小。

表 2 焉耆盆地 1991—2008 年间土地利用变化

土地利 用类型	1990 年		2000 年		2011 年		1990—2000	2000—2011	1990—2011
	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	面积/hm <sup>2</sup>	面积/hm <sup>2</sup>
水域	105279	14.56	120579	16.68	108766	15.04	15300	—11813	3487
湿地	46579	6.44	56297	7.79	51513	7.12	9718	—4784	4934
草地	22058	3.05	13682	1.89	11643	1.61	—8376	—2039	—10415
耕地	174862	24.18	184884	25.57	194366	26.88	10022	9482	19504
城镇用地	6833	0.95	11878	1.64	13913	1.92	5045	2035	7080
未利用地	367489	50.82	335780	46.44	342899	47.42	—31709	7119	—24590
合计	723100	100	723100	100	723100	100	0	0	0

3.2 生态服务价值的动态变化

运用公式(2)—(4)计算焉耆盆地生态服务价值与功能(表 3—4)。由表 3 可知,焉耆盆地生态服务价值从 1990 年的 821 400.0 万元增加到了 2011 年的 867 300.0 万元,增加了 5.59%,达 45 900.0 万元,每年净增加生态服务价值达 30.23 元/hm<sup>2</sup>。1990—2000 年间,焉耆盆地草地生态服务价值变动最大,变化率为 37.93%,耕地生态服务价值变动最小,变化率为 5.72%。2000—2011 年间,草地生态服务价值

变动最大,变化率为 14.94%,未利用地生态服务价值变动最小,变化率为 2.17%。总体来说,1990—2011 年间,草地生态服务价值变动最大,其变化率高达 47.21%,水域生态服务价值的变化最小,变化率为 3.31%。研究区内湿地与水域合计生态服务价值占研究区总生态服务价值的 80%以上,表明湿地与水域在研究区生态服务中处于重要的地位。研究区生态系统服务价值的增加主要是由湿地与水域面积的增加而引起的。

由于湿地与水域生态服务功能价值指数也远大于其它土地利用类型,其面积的增加导致生态系统服务总价值增加。其中湿地面积净增加 4 934 hm<sup>2</sup>,生态服务价值净增加 27 380.0 万元,对研究区生态服务价值增加的影响最大;水域面积净增加 3 487 hm<sup>2</sup>,生态服务价值净增加 14 180.0 万元,对生态服务总价值的增加的贡献也较大。

表 4 中各生态服务功能估算价值(ESV<sub>f</sub>)对研究

区总生态服务价值的贡献率进行了排序,并获得了各生态服务功能对总生态服务价值贡献的变化状况。可以看出,各生态服务功能对区域总生态服务价值贡献率由高到低依次为:废物处理、水源涵养、气候调节、娱乐休闲、生物多样性保护、土壤形成、食物生产、气体调节和原材料。废物处理与水源涵养为研究区内生态服务价值结构中所占比例最大的两种生态服务功能类型。

表 3 焉耆盆地 1990 年、2000 年与 2011 年生态服务价值

项目	年份	水域	湿地	草地	耕地	未利用地	合计
ESV/10 <sup>6</sup> 元	1990	4282.4	2584.6	141.3	1069.2	136.5	8214.0
	2000	4904.7	3123.9	87.7	1130.4	124.7	9371.4
	2011	4424.2	2858.4	74.6	1188.4	127.4	8673.0
ESV/10 <sup>6</sup> 元	1990—2000	622.3	539.3	—53.6	61.2	—11.8	1157.4
百分比/%		14.53	20.9	—37.9	5.7	—8.7	14.1
ESV/10 <sup>6</sup> 元	2000—2011	—480.5	—265.5	—13.1	58.0	2.7	—698.4
百分比/%		—9.8	—8.5	—14.9	5.1	2.2	—7.5
ESV/10 <sup>6</sup> 元	1990—2011	141.8	273.8	—66.7	119.2	—9.1	459.0
百分比/%		3.3	10.6	—47.2	11.2	—6.7	5.6

表 4 焉耆盆地 1990 年、2000 年与 2011 年生态服务功能

生态服务 功能	1990 年			2000 年			2011 年			综合 等级
	ESV <sub>f</sub> /	百分比/	等级	ESV <sub>f</sub> /	百分比/	等级	ESV <sub>f</sub> /	百分比/	等级	
	(10 <sup>6</sup> 元 · a <sup>-1</sup> )	%		(10 <sup>6</sup> 元 · a <sup>-1</sup> )	%		(10 <sup>6</sup> 元 · a <sup>-1</sup> )	%		
气体调节	167.2	2.0	8	181.1	1.9	8	176.3	2.0	8	8
气候调节	902.9	11.0	3	1057.4	11.3	3	986.0	11.4	3	3
水源涵养	2655.5	32.3	2	3063.3	32.7	2	2788.4	32.1	2	2
土壤形成	341.9	4.2	6	354.6	3.8	6	356.2	4.1	6	6
废物处理	2725.4	33.2	1	3132.5	33.5	1	2876.9	33.2	1	1
生物多样性保护	576.7	7.0	5	620.6	6.6	5	590.1	6.8	5	5
食物生产	185.5	2.3	7	195.8	2.1	7	201.4	2.3	7	7
原材料	20.3	0.2	9	21.5	0.2	9	21.9	0.3	9	9
娱乐休闲	638.6	7.8	4	744.6	7.9	4	675.8	7.8	4	4
合计	8214.0	100	—	9371.4	100	—	8673.0	100	—	—

3.3 敏感性分析

利用公式(5),把生态系统价值系数分别上下调

整 50%,计算了研究区 1990 年、2000 年与 2011 年的生态系统服务价值敏感性指数(表 5)。

表 5 不同土地利用类型生态服务价值敏感性指数变化

价值系数	1990 年		2000 年		2011 年	
	百分比/%	CS	百分比/%	CS	百分比/%	CS
水域 VC±50%	26.07	0.52	26.17	0.52	25.51	0.51
湿地 VC±50%	15.73	0.31	16.17	0.33	16.48	0.33
草地 VC±50%	0.86	0.02	0.47	0.01	0.43	0.01
耕地 VC±50%	6.51	0.13	6.03	0.12	6.85	0.14
未利用地 VC±50%	0.83	0.02	0.67	0.01	0.73	0.01

结果表明,1990—2011 年间,湿地和耕地敏感性指数呈增长趋势,水域、草地和未利用地敏感性指数呈减少趋势,表明湿地和耕地的生态系统价值系数变化会对研究区生态系统服务总价值产生放大作用,水域、草地和未利用地生态系统价值系数变化对研究区生态系统服务总价值产生了缩小作用。草地与未利用地的敏感性指数很小,均小于 0.02,表明草地与未

利用地生态系统价值系数变化对研究区生态系统服务总价值的变化影响不大。耕地敏感性指数呈现先减少后增长趋势,表明高密草的生态系统价值系数变化在 1990—2000 年间对生态系统服务总价值产生缩小作用,而在 2000—2011 年间对生态系统服务总价值产生放大作用。水域的敏感性指数最大,均大于 0.51,这是因为水域在研究区内的分布面积与生态服

务价值较大。草地与未利用地敏感性指数的调整对区域生态服务价值估算的影响很小,即草地与未利用地的敏感性指数分别上下调整 50% 时,估算的生态服务价值变化率均小于 1%。总体来说,不同年份不同土地利用类型生态系统服务价值对生态服务功能价值指数的敏感性指数的变动小,而且均小于 1,表明研究区内生态系统服务价值对生态服务功能价值指数是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

## 4 结论

(1) 焉耆盆地 1990—2011 年间土地利用变化的趋势为水域、湿地、耕地与城镇用地面积增大,草地与未利用地面积减少,未利用地面积变化的绝对量最大,水域面积变化的绝对量最小。

(2) 焉耆盆地在 1990 年、2000 年与 2011 年生态系统服务价值分别为 821 400.0, 937 140.0, 867 300.0 万元,生态服务价值增加了 5.59%,达 45 900.0 万元,每年净增加生态服务价值达 30.23 元/hm<sup>2</sup>。研究区内湿地与水域合计生态服务价值占研究区总生态服务价值的 80% 以上。草地生态服务价值变动最大,变化率为 14.94%,未利用地生态服务价值变动最小,变化率为 2.17%。研究区生态系统服务总价值的增加主要是由湿地、水域总面积增加与生态服务功能价值指数大于其它土地利用类型而导致的。

(3) 研究区各生态服务功能对区域总生态服务价值贡献率由高到低依次为:废物处理、水源涵养、气候调节、娱乐休闲、生物多样性保护、土壤形成、食物生产、气体调节和原材料。研究区内生态系统服务价值对生态服务功能价值指数是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

焉耆盆地土地利用变化使生态系统服务功能发生改变,生态系统服务价值受到影响。对于焉耆盆地而言,由于地处生态环境特别脆弱的干旱荒漠区,区域发展规划必须把生态环境保护放在重要位置。要实现经济、社会和环境可持续发展的目标,就必须维持生态系统服务功能的完整性和稳定性。此外,人口作为社会经济活动的主体,对土地利用变化起着推动作用,土地利用的环境效益应受到重视,以改善和恢复生态环境为目的的土地利用变化主要受到政策、技术手段、投入等因素的影响<sup>[19]</sup>。因此,提高土地利用水平,加强湖泊与湿地保护是保护绿洲稳定性与绿洲生态安全,实现可持续发展的重要举措。

### 参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 25(1): 253-259.
- [2] 谢余初, 巩杰, 赵彩霞, 等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应: 以甘肃省金塔县为例[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2): 165-170.
- [3] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 347-356.
- [4] 姚成胜, 朱鹤健, 吕晞. 土地利用变化的社会经济驱动因子对福建生态系统服务价值的影响[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(2): 225-233.
- [5] William R G, Dana H, Lynne K, et al. Valuing ecosystem and economic services across land-use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas, USA[J]. *Ecological Economics*, 2011, 70(2): 1715-1725.
- [6] 田刚, 蔡博峰. 北京地区人工景观生态服务价值估算[J]. *环境科学*, 2004, 25(5): 5-9.
- [7] 李进鹏, 王飞, 穆兴民, 等. 延河流域土地利用变化对其生态服务价值的影响[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(3): 110-114.
- [8] 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.
- [9] Mamattursun E, Hamid Y, Anwar M, et al. Oasis land-use change and its effects on the oasis eco-environment in Keriya Oasis, China[J]. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2010, 17(3): 244-252.
- [10] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. *地球科学进展*, 2009, 24(6): 571-576.
- [11] 石瑞花, 李霞, 董新光, 等. 焉耆盆地天然植被与地下水关系研究[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(12): 2096-2103.
- [12] 布仁仓, 常禹, 胡远满, 等. 基于 Kappa 系数的景观变化测度: 以辽宁省中部城市群为例[J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 778-784.
- [13] 王娟, 崔保山, 卢远, 等. 生态系统服务价值在土地利用规划中的应用[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(1): 160-180.
- [14] 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): 189-195.
- [15] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 塔里木盆地北缘绿洲土地利用与生态系统服务价值的时空变化研究: 以渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(5): 933-941.
- [16] 黄湘, 陈亚宁, 马建新. 西北干旱区典型流域生态系统服务价值变化[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(8): 1364-1375.
- [17] 陈颖, 石培基, 潘竟虎, 等. 高原生态城土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究: 以甘肃省民乐县为例[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2): 154-159.
- [18] 岳书平, 张树文, 闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. *地理学报*, 2007, 62(8): 879-886.
- [19] 贾科利, 张俊华. 宁夏中部干旱带土地利用变化及驱动力分析[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(6): 62-66.