

# 黑河中游土地生态价值及生态风险动态研究<sup>①</sup>

## ——以甘肃省民乐县为例

宫继萍, 石培基\*, 杨雪梅

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:** 生态系统服务的价值评估是可持续发展评估研究的关键内容和焦点。甘肃省民乐县位于黑河中游, 水资源贫乏, 土地利用/覆被变化剧烈且具有独特的区域特征。为此基于 GIS 软件, 参考 Costanza 生态系统服务价值计算方法和中国陆地生态系统单位面积服务价值表, 研究了民乐县 1996—2009 年土地利用、生态服务价值及土地生态风险指数变化。研究表明: ①耕地、林地、草地是研究区土地利用变化的重点。总趋势为耕地、草地和未利用地的面积减少, 林地和建筑用地的面积显著增加。这一变化直接影响到生态服务价值的变化。②近 13 年来, 生态系统服务价值减少了 12.01%。2009 年民乐县提供的生态服务仍然以土壤形成与保护为主, 其次是生物多样性保护、废物处理、气体调节、水源涵养和气候调节, 而原材料、食物生产和娱乐文化功能比较弱。③各项生态系统服务价值对生态价值系数的敏感性指数均小于 1, 说明研究区内的生态系统服务价值缺乏弹性, 研究结果可信。④生态服务价值与生态风险的研究结果相互印证。

**关键词:** 土地利用变化; 生态系统服务价值; 生态风险; 民乐县

**中图分类号:** X24

“生态系统服务”的概念由 Ehrlich<sup>[1]</sup>在 1983 年提出, 是指生态系统与生态过程形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件和效用<sup>[2-3]</sup>, 它是衡量一个区域能否实现可持续发展的核心指标。生态系统服务不仅包括生态系统为人类所提供的食物、医药及其他工农业生产原料, 更重要的是还包括支撑与维持地球的生命支持系统, 维持生命物质的生物地化循环与水文循环, 维持生物物种与遗传多样性, 净化环境, 维持大气化学的平衡与稳定<sup>[4]</sup>。土地利用/覆盖变化 (LUCC) 通过改变生态系统的结构和功能, 进而影响生态系统的服务价值<sup>[5]</sup>。研究 LUCC 变化背景下的区域生态系统服务价值的变化, 对于维持生态系统服务功能具有重要意义<sup>[6]</sup>。

近十年来, 国内外对土地系统中生态服务价值的估算开展了大量的研究, 并取得了令人瞩目的成果, 如 Costanza 等人<sup>[7]</sup>对全球生态系统服务价值进行分类与评估, 提出了全球各种土地利用类型生态服务价值的算法; 欧阳志云等<sup>[4]</sup>对生态系统服务进行论述, 评估了中国陆地生态系统的 6 种服务功能; 谢高地等

<sup>[8]</sup>针对我国具体国情, 建立了中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值, 同时计算出各土地利用类型单位面积上不同功能的生态系统服务价值的总和。近年来, 随着全球气候变暖、生物多样性锐减和土地荒漠化等全球性生态环境问题的加剧, 将直接影响生态系统所提供服务的种类和强度。因此, 研究土地利用变化情况下的生态系统服务价值的变化具有重要意义<sup>[9-10]</sup>。本文在研究黑河中游甘肃省民乐县土地利用变化的基础上, 评价土地利用变化引起的生态系统服务价值, 并以土地生态风险指数变化对研究结果进行验证, 以期为该区土地资源可持续利用和生态环境保护决策提供参考。

### 1 研究区概况

民乐县地处祁连山北麓, 河西走廊中段, 张掖市东南部, 黑河中游, 地处 37°56′~38°48′N、100°22′~101°13′E 之间。地势南高北低, 地形分山地和倾斜高原两大类, 海拔 1 589~5 027 m。年平均气温 2.8℃, 年均降水量 351 mm, 年蒸发量 1 638 mm, 无霜期 140

①基金项目: 国家自然科学基金项目 (40971078) 资助。

\* 通讯作者 (shipj@nwnu.edu.cn)

作者简介: 宫继萍 (1986—), 女, 江苏南京人, 硕士研究生, 主要研究方向为城市与区域发展研究。E-mail: gongjiping78@126.com

天，属温带大陆性荒漠草原气候。2009年全县辖1个社管委、6镇、4乡，总人口24.24万人，其中非农业人口3.52万，城镇人口6.1万，城镇化水平约为25.17%。

## 2 研究方法和数据处理

### 2.1 研究方法

2.1.1 生态服务价值核算 生态系统服务价值当量因子指生态系统潜在产生的生态服务的相对贡献大小，是1 hm<sup>2</sup>农田每年自然粮食产量的经济价值。生

态系统服务价值系数具有区域差异性，通过将平均自然粮食产量的经济价值区域化，就可以应用于全国的各个局部区域。1996—2009年民乐县年均粮食产量为5 480.97 kg/hm<sup>2</sup>（数据来源于1996—2009年的民乐县统计年鉴），2009年全国粮食的平均收购价格为1.79元/kg，算出民乐县1个当量因子的生态系统服务价值为1 401.56元。利用单位面积生态系统服务价值当量表<sup>[8]</sup>可算出研究区所有土地类型对应于Costanza等<sup>[7]</sup>所划分生态系统类型的生态价值系数（表1）。

表1 民乐县各土地利用/覆被类型所对应的生态系统类型及其生态价值系数（元/hm<sup>2</sup>）

Table 1 Ecosystem types and their ecological value coefficients of the land use/cover types in Minle County

生态系统功能	耕地	园地	林地	草地	水体	荒漠
气体调节	700.78	3 013.35	4 905.46	1 121.25	0.00	0.00
气候调节	1 247.39	2 522.81	3 784.21	1 261.40	644.72	0.00
水源涵养	840.94	2 803.12	4 484.99	1 121.25	28 563.79	42.05
土壤形成与保护	2 046.28	4 099.56	5 466.08	2 733.04	14.02	28.03
废物处理	2 298.56	1 836.04	1 836.04	1 836.04	25 480.36	14.02
生物多样性保护	995.11	3 048.39	4 569.09	1 527.70	3 489.88	476.53
食物生产	1 401.56	280.31	140.16	420.47	140.16	14.02
原材料	140.16	1 857.07	3 644.06	70.08	14.02	0.00
娱乐文化	14.02	925.03	1 794.00	56.06	6 082.77	14.02
合计	9 684.78	20 385.69	30 624.09	10 147.29	64 429.71	588.66

区域生态系统服务价值的具体计算公式为<sup>[11]</sup>：

$$ESV = \sum_{k=1}^5 A_k \times VC_k \quad (1)$$

$$ESV_f = \sum_{k=1}^5 A_k \times VC_{fk} \quad (2)$$

式中， $ESV$ 为研究区生态系统服务总价值； $VC_k$ 为单位面积上土地利用类型 $k$ 的生态系统服务价值； $A_k$ 为研究区内第 $k$ 种土地利用类型的面积。 $ESV_f$ 为生态系统第 $f$ 项服务功能价值； $VC_{fk}$ 为研究区第 $k$ 种土地利用类型的第 $f$ 项服务功能价值系数。

2.1.2 敏感性分析方法 生态环境敏感度是指区域生态系统在人类活动的影响下发生变化（退化或改善）的潜在可能性及其程度。为了验证生态系统类型对于各土地覆盖类型的代表性和生态系统价值系数的准确性，借用敏感性指数（coefficient of sensitivity,  $CS$ ）以确定生态系统服务价值（ $ESV$ ）随时间变化对生态系统价值系数（ $VC$ ）变化的依赖程度<sup>[12-13]</sup>。 $CS$ 的含义是指 $VC$ 变动引起的 $ESV$ 的变化情况。如果 $CS > 1$ ，说明 $ESV$ 对 $VC$ 是富有弹性的，即1%的自变量变动将引起应变量大于1%的变动，这种情况准确度差，可

信度较低；如果 $CS < 1$ ，则说明 $ESV$ 对 $VC$ 是缺乏弹性的，1%的自变量变动将引起应变量小于1%的变动，即是可信的。通过分别调整50%的 $VC$ 来计算 $CS$ ，从而来说明 $ESV$ 对 $VC$ 的敏感程度。 $CS$ 的计算公式如下：

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (3)$$

式中， $ESV$ 为估算的总生态系统服务价值， $VC$ 为单项服务功能价值系数， $i$ 和 $j$ 分别为初始总价值和生态价值系数调整以后的总价值， $k$ 为各土地利用类型。

2.1.3 土地生态风险指数 生态风险（ecological risk,  $ER$ ），是指生态系统及其组分所承受的风险，指在一定区域内，具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的作用，这些作用的结果可能导致生态系统结构和功能的损伤，从而危及生态系统的安全和健康。为建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验联系，利用各类型的面积比重，构造各土地利用类型的生态风险指数（ $ERI$ ）<sup>[12]</sup>，用于描述综合土地生态风险的相对大小，计算模型如下：

$$ERI = \sum_{i=1}^n \frac{A_i W_i}{A} \quad (4)$$

式中,  $A_i$  为  $i$  种土地利用类型面积;  $W_i$  为第  $i$  种土地利用类型所反映的生态风险强度参数,  $A$  为总面积。

## 2.2 数据来源和处理

本研究的土地覆被数据来源于民乐县 2009 年 1:10 万土地利用现状图以及 1996—2009 年土地利用数据变更表。参照全国土地利用分类方法, 利用 ArcGIS 软件按耕地、园地、林地、草地、水域、建设用地以及未利用地等 7 个地类进行图斑分类提取归类, 从而得到民乐县 2009 年土地利用格局图 (图 1)。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用变化分析

由表 2 可知, 民乐县 1996—2009 年间, 土地利用空间格局变化明显, 总体趋势是耕地、草地和未利用地面积减少, 园地、林地、建设用地面积增加, 水域面积基本不变。耕地、林地、草地是研究区土地利用变化的重点。它们的变化主导着研究区的土地利用格局变化, 对本区域的生态系统服务价值变化起着关键作用。

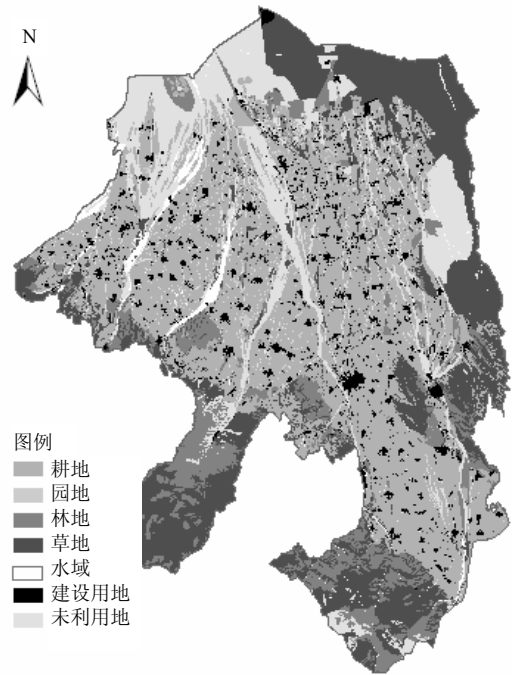


图 1 民乐县 2009 年土地利用格局图

Fig.1 Land use map of Minle County in 2009

表 2 民乐县土地总体利用结构变化表 ( $\text{hm}^2$ )

Table 2 Changes of land use pattern in Minle County

土地利用类型	1996 年	2003 年	2009 年	1996—2003 年增减	2003—2009 年增减	1996—2009 年增减
耕地	76 874.18	66 721.98	67 253.08	-10 152.20	531.10	-9 621.10
园地	2 457.53	2 547.69	2 547.56	90.16	-0.13	90.03
林地	43 151.12	57 329.95	57 329.67	14 178.83	-0.28	14 178.55
草地	111 171.52	106 843.54	106 347.29	-4 327.98	-496.25	-4 824.23
水域	307.26	307.26	307.26	0.00	0.00	0.00
建设用地	11 542.49	11 698.14	11 888.74	155.65	190.60	346.25
未利用地	46 100.73	46 156.27	45 931.23	55.55	-225.04	-169.49

1996—2003 年, 研究区耕地、草地面积大幅减少, 其中耕地的减少幅度最大, 这是由于期间民乐县从 2002 年开始施行退耕还林工程, 2002 和 2003 年退耕还林面积占 2002—2009 年退耕还林面积的 87% 左右 (数据来源于民乐县 2009 年退耕验收报告)。园地、林地、建设用地和未利用地面积增加, 林地的净增幅度最大; 由于水域面积在总土地面积中所占比例较小, 其面积变化不明显。2003—2009 年, 耕地从 1996—2003 年的减少趋势变为增加趋势, 而园地、林地、未利用地则从之前的增加趋势变为减少趋势, 其他土地类型的变化趋势保持不变。13 年来, 林地大幅增加, 净增 14 178.55  $\text{hm}^2$ , 年均增长率为 2.21%; 耕地和草

地的面积长期以来比重都偏高, 减少量也最多, 分别减少 9 621.10、4 824.23  $\text{hm}^2$ ; 园地面积净增 90.03  $\text{hm}^2$ , 年增长率为 0.28%; 水域面积几乎没有变化; 建设用地面积增量主要来自于居民点工矿, 占建设用地面积增量的 65.46%。民乐县土地利用/覆被变化将极大地影响生态系统服务价值的动态变化, 尤其是耕地、林地等生态价值系数较高的土地类型。

### 3.2 生态系统服务价值变化分析

3.2.1 各地类生态系统服务价值的变化 研究期内生态系统服务总价值量变化存在明显的时段差异 (表 3): ①1996—2003 年快速增加阶段: 研究期间耕地和草地的生态系统服务价值分别下降 9 832.18、

4 391.73 万元，园地、林地和未利用地分别增加 183.8、43 421.36、3.27 万元。由于该时段民乐县实施退耕还林工程成效显著，导致耕地大量转化成林地，耕地面积的减少引起生态系统服务价值的下降，但由于林地面积的增加而得到补偿，并使研究区的生态系统服务价值总量反而大幅上升，7 年内增加了 29 384.52 万元。

②2003—2009 年缓慢下降阶段：该时段生态系统服务价值总量减少了 3.57 万元，平均每年减少 0.6 万元。期间耕地的生态系统服务价值增加 514.36 万元，因为

该段时间民乐县加大了对土地的整治，6 年间共增加耕地面积 903.00  $\text{hm}^2$ ，其中土地整理共增加耕地 129.00  $\text{hm}^2$ ，土地开发增加耕地 562.40  $\text{hm}^2$ ，土地复垦增加耕地 200.00  $\text{hm}^2$ ，其他增加耕地 140.70  $\text{hm}^2$ （数据来源于民乐县土地开发整理规划（2001—2010 年））。但园地、林地、草地和未利用地的生态系统服务价值有所减少，分别减少 0.27、0.86、503.56 和 13.25 万元。由价值系数的差异造成了土地利用变化产生的生态系统服务价值相互抵消严重导致 *ESV* 的总体变化不是很大。

表3 民乐县 1996—2009 年的生态系统服务价值（万元）

Table 3 Ecosystem service values of Minle Country from 1996 to 2009

地类	1996 年	2003 年	2009 年	1996—2003 年		2003—2009 年		1996—2009 年	
	<i>ESV</i>	<i>ESV</i>	<i>ESV</i>	$\Delta$ <i>ESV</i>	变化率(%)	$\Delta$ <i>ESV</i>	变化率(%)	$\Delta$ <i>ESV</i>	变化率(%)
耕地	74451	64619	65133	-9832.18	-13.21	514.36	0.80	-9317.82	-12.52
园地	5010	5194	5193	183.80	3.67	-0.27	-0.01	183.53	3.66
林地	132146	175568	175567	43421.36	32.86	-0.86	0.00	43420.50	32.86
草地	112809	108417	107914	-4391.73	-3.89	-503.56	-0.46	-4895.28	-4.34
水域	1980	1980	1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
未利用地	2714	2717	2704	3.27	0.12	-13.25	-0.49	-9.98	-0.37
总计	329110	358494	358491	29384.52	8.93	-3.57	0.00	29380.94	8.93

2009 年与 1996 年相比较，耕地的生态系统服务价值共减少了 9 317.82 万元。2009 年耕地生态系统服务价值占总服务价值的 18.17%，在各种土地利用类型中排名第三；园地的生态系统服务价值增幅不大，净增 183.53 万元，年均增长率仅为 0.28%。2009 年园地生态系统服务价值占总服务价值的 1.45%，在各种土地利用类型中排名第四；林地的生态系统服务价值增幅较大，净增 43 420.50 万元。2009 年林地生态系统服务价值占总服务价值的 48.97%，在各种土地利用类型中排名第一；草地的生态系统服务价值呈现逐年减少的趋势，且减少率缓慢下降，变化率从前 7 年的 3.89% 减少至后 6 年的 0.46%，13 年来生态服务价值减少 4 895.28 万元。2009 年草地所产生的价值量占总量的 30.1%，在各种土地利用类型中排名第二；水域的生态服务价值几乎没有变化，2009 年水域所产生的价值量为 1 980 万元，占总量的 0.55%，在各种土地利用类型中排名第六；未利用地的生态服务价值变化呈现波动减少的趋势，研究期间共减少 9.98 万元。2009 年未利用地所产生的价值量为 2 704 万元，占总量的 0.75%，在各种土地利用类型中排名第五。建设用地因其生态系统服务价值系数为 0，其面积变化不对生态系统服务价值变化产生直接影响。

由上述分析可知，林地和草地是构成研究区生态系统服务价值体系的基础，说明了研究区生态系统结构比较简单，从而使得其服务价值体系也较简单。虽然耕地在研究区生态系统服务价值体系中所占的比例不大，但对于处在干旱区的民乐县来说，维持其生态系统的服务对整个研究区至关重要。

3.2.2 单项生态服务价值变化(*ESV<sub>j</sub>*) 表 4 显示，在 1996—2009 年间废物处理和食物生产的生态系统服务价值呈下降趋势，年下降率分别为 0.08% 和 0.67%。其余气体调节 (1.05%)、气候调节 (0.65%)、水源涵养 (0.91%)、土壤形成与保护 (0.47%)、生物多样性保护 (0.78%)、原材料 (1.9%) 和娱乐文化功能 (1.92%) 等各项生态系统服务功能均有明显上升，这主要是由于研究期间民乐县主要的土地利用类型中，大量耕地和草地转为林地，未利用地和次生盐碱地所占比重逐渐减小，相对而言，居民点及工矿和交通用地增幅较小，生态环境得到有效的保护。因此，在民乐县的日后发展中，应加大对宜农荒地等未利用土地的开发利用，充分考虑生态系统、生态过程的完整性，合理规划、科学布局，在保证社会经济持续、健康、快速发展的同时，进一步加强生态环境的保护。

表 4 1996—2009 年各项服务功能产生的服务价值 (万元)

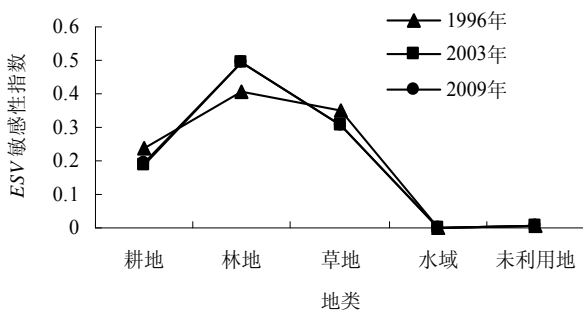
Table 4 Changes of Ecosystem service values from 1996 to 2009

项目	1996 年	2003 年	2009 年	1996—2003 年		2003—2009 年		1996—2009 年	
	ESV	ESV	ESV	$\Delta$ ESV	变化率 (%)	$\Delta$ ESV	变化率 (%)	$\Delta$ ESV	变化率 (%)
气体调节	39 760	45 546	45 528	5 785.82	14.55	-18.60	-0.04	5 767.21	14.50
气候调节	40 582	44 158	44 161	3 576.01	8.81	3.51	0.01	3 579.52	8.82
水源涵养	40 043	45 089	45 077	5 045.69	12.60	-12.09	-0.03	5 033.60	12.57
土壤形成与保护	70 838	75 365	75 337	4 527.11	6.39	-27.79	-0.04	4 499.32	6.35
废物处理	47 303	46 795	46 825	-508.25	-1.07	30.57	0.07	-477.68	-1.01
生物多样性保护	47 403	52 240	52 206	4 837.12	10.20	-33.85	-0.06	4 803.27	10.13
食物生产	16 191	14 788	14 841	-1 403.54	-8.67	53.25	0.36	-1 350.29	-8.34
原材料	18 038	23 049	23 053	5 010.97	27.78	3.84	0.02	5 014.81	27.80
娱乐文化	8 951	11 465	11 462	2 513.60	28.08	-2.42	-0.02	2 511.19	28.05
总计	329 110	358 494	358 491	29 384.52	8.93	-3.57	0.00	29 380.94	8.93

3.2.3 生态服务价值构成分析 由表 4 可知, 2009 年民乐县提供的生态服务仍然以维护土壤形成与保护为主, 其次是生物多样性保护、废物处理、气体调节、水源涵养和气候调节, 而原材料、食物生产和娱乐文化功能比较弱。其中土壤形成与保护服务功能在总价值中所占比例最大, 占 21% 左右。可见, 土壤形成与保护功能为遏止黑河流域土壤沙化和荒漠化起到了重要作用。由于价值量大的是以非实物形式出现的生态系统功能和过程表现出来的服务, 而价值量小的则是以实物形式出现的生态产品表现出来的服务, 从而说明在整个生态系统服务的价值中, 生态系统功能和过程的价值要远大于直接提供给人类生态产品的价值。

### 3.3 敏感性分析

由图 2 显示, 1996、2003、2009 年的 *ESV* 对 *VC* 的敏感性指数都小于 1, 按从高到低排列, 依次为林地、草地、耕地、未利用地、水域, 其敏感性指数介于 0.5 ~ 0.001 8 之间。这表明研究区内生态系统服务价值对生态服务价值指数缺乏弹性, 研究结果可信。

图 2 *ESV* 敏感性指数变化曲线Fig. 2 Changes of sensitivity coefficients of *ESV*

### 3.4 土地生态风险指数动态

参考臧淑英等<sup>[14]</sup>和岳书平等<sup>[15]</sup>的研究成果, 耕地、园地、林地、草地、交通用地、水域、居民、工矿用地、未利用地的土地生态风险强度参数分别取: 0.140 5、0.370 5、0.027 8、0.046 3、0.367 6、0.057、0.249 7、0.109 9。其中, 园地的土地生态风险强度参数取自林地和草地的平均数。依据文中模型得出该区 1996—2009 年土地利用生态风险指数。

从测算结果可知, 民乐县在研究期内 1996—2001 年间生态风险指数略有升高, 2001—2003 年迅速下降, 之后趋于稳定, 全县生态安全整体态势好转, 与生态服务价值变化的研究结果相互印证。

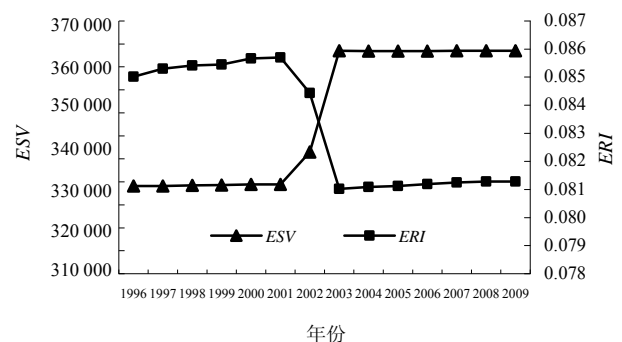
图 3 民乐县 1996—2009 年生态系统服务价值 (*ESV*) 和土地生态风险指数 (*ERI*) 变化趋势 (万元)

Fig. 3 Ecosystem service value and ecological risk index during 1996—2009 in Minle County

## 4 结论

(1) 1996—2009 年间民乐县林地大幅增加, 建设用地及园地增幅较小, 水域面积几乎没有变化, 未

利用地呈减少趋势, 耕地和草地减少的面积远大于补充面积, 这在今后的开发中应引起足够重视。

(2) 1996—2009 年间生态系统服务价值大体上可以分为“快速增长、缓慢下降”两个阶段。林地生态服务价值在各种土地利用类型中排名第一。2009 年民乐县提供的生态服务仍然以维护土壤形成与保护为主, 其次是生物多样性保护、废物处理、气体调节、水源涵养和气候调节, 而原材料、食物生产和娱乐文化功能比较弱。因此, 应加大治理力度, 减少人为破坏, 提高土地生产能力和生态环境服务功能, 建立适合黑河流域可持续发展的土地利用模式。

(3) 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的生态系统服务功能价值核算结果在本区域内有较高的可信度。

(4) 土地生态风险指数在 1996—2001 年间略有升高, 2001—2003 年迅速下降, 之后趋于稳定, 这一结论印证了生态价值的测算结果, 说明本区这一时期环境状况好转结论可信。

#### 参考文献:

- [1] Ehrlich PH. Extinction, substitution, and ecosystem services. *Bioscience*, 1983, 33: 248-254
- [2] Daily GC. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem*. Washington DC: Island Press, 1997
- [3] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展. *世界科技研究与发展*, 2000, 22(5): 45-50
- [4] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 636-638
- [5] 白晓飞, 陈焕伟. 土地利用的生态服务价值——以北京市平谷区为例. *北京农学院学报*, 2003, 18(2): 109-111
- [6] 吴后建, 王学雷, 宁龙梅, 芦云峰. 土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以武汉市为例. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(2): 185-190
- [7] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-195
- [9] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. *地理学报*, 1996, 51(6): 553-557
- [10] 熊惠波, 周燕芳, 江源, 耿侃. 扎鲁特旗土地利用变化中的生态损益估算. *干旱区研究*, 2003, 20(2): 98-103
- [11] 徐超平, 夏斌. 资源型城市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响. *生态环境学报*, 2010, 19(12): 2887-2891
- [12] 王雪梅, 柴仲平, 塔西甫拉提·特依拜, 龚爱瑾, 胡江玲. 渭干河—库车河三角洲绿洲生态系统服务功能及敏感性分析. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(3): 202-206, 218
- [13] 叶延琼, 章家恩. 广州市土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究. *生态科学*, 2008, 27(2): 119-123
- [14] 臧淑英, 梁欣, 张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析. *自然灾害学报*, 2005, 14(4): 141-145
- [15] 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. *地理学报*, 2007, 62(8): 879-886

## Changes of Land Ecosystem Value and Ecological Risk in Middle Reaches of Heihe River

——A Case Study in Minle County of Gansu Province

GONG Ji-ping, SHI Pei-ji, YANG Xue-mei

*(College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)*

**Abstract:** The valuation of ecosystem services has become one of the key elements and the focuses of sustainable development. Minle County of Gansu Province located in the middle reaches of Heihe River, water shortage and land use / cover change have dramatic and unique regional characteristics. Based on GIS, according to the method of calculating the value of ecosystem services by Costanza and the Chinese terrestrial ecosystem service value per unit area tables, the land use change, ecosystem service value and ecological risk index in the study area during 1996–2009 were analyzed. The results showed that: 1) Land use pattern had changed dramatically from 1996 to 2009. Farmland, woodland and grassland land change were the focus of the study area. The general tendency was that the areas of farmland, grassland and unused land decreased, while the area of the woodland and the construction land significantly increased. This change had a direct impact on the eco-changes in service value. 2) The ecosystem service value across the study area reduced by 12.01% over the past 13 years. The ecosystem service value which provided by Minle in 2009 was still kept on maintaining soil formation and protection as major pattern, biodiversity protection, waste treatment, gas regulation, water supply and climate regulation were relatively weak. 3) The sensitivity analysis showed that the ecosystem service value (*ESV*) lacked of flexibility, indicating that the results of ecosystem service value evaluation were reliable. 4) Research results from study on ecosystem service value and ecological risk index proved it credible that the environment here was improved from 1996 to 2009.

**Key words:** Land use change, Ecosystem service value, Ecological risk, Minle Country