

# 生态系统服务价值变化在生态经济协调发展评价中的应用\*

吴建寨 李波\*\* 张新时

(北京师范大学资源学院地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

**摘要** 以区域土地利用/覆被数据为基础,分析了天山北坡生态系统服务价值的时空变化特征,并通过构建生态经济协调度(EEH)指数评价了区域生态经济发展水平及区域差异性。结果表明:天山北坡生态系统服务价值从1989年的319.93亿元增加到2000年的321.26亿元,增幅0.42%;区域整体生态经济发展处于低协调水平,东部地区协调度高于中、西部,其中8个市县的EEH值为正,生态经济发展处于协调水平,7个市县的EEH值为负,处于不协调水平。研究区生态经济发展已处于协调水平的边缘,须加强生态环境保护力度,促进生态经济协调发展,以最终实现区域的可持续发展。

**关键词** 生态系统服务 生态经济 协调发展 天山北坡

文章编号 1001-9332(2007)11-2554-05 中图分类号 F062.2 文献标识码 A

**Ecosystem service value and its application in evaluation of eco-economic harmonious development.** WU Jian-zhai, LI Bo, ZHANG Xin-shi (State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2007, 18(11): 2554-2558.

**Abstract:** Based on the data of land use/cover and by using eco-economic harmony index (EEH), this paper studied the spatiotemporal characteristics of ecosystem service value on the northern slope of Tianshan Mountains, and evaluated the harmony degree of eco-economic development in the region. The results showed that the total ecosystem service value on the northern slope of Tianshan Mountains was increased from  $319.93 \times 10^8$  yuan in 1989 to  $321.26 \times 10^8$  yuan in 2000, with a net increment of 0.42%. The regional eco-economic development was overall at a low harmony level, being higher in eastern part than in middle and western parts, among which, eight counties had a positive value of EEH and their eco-economic development was harmonious, while seven counties had a negative value of EEH and their eco-economic development was inharmonious. The eco-economic development in the region was at the margin of harmony, and thus, more attention should be paid to strengthen the protection of eco-environment and promote the harmonious development of eco-economy to have a sustainable development.

**Key words:** ecosystem services; eco-economy; harmonious development; northern slope of Tianshan Mountains.

## 1 引言

当今世界正在谋求一种社会经济系统和自然生态系统相协调、稳定的发展<sup>[13]</sup>,而对区域尺度生态经济协调发展的定量评价,可为这一目标的实现提供相关的理论依据。生态经济协调发展问题是目前

生态经济学研究的热点和焦点之一,而定量评价方法的确定又是该问题的关键。当前,许多学者在定量研究方法上进行了大量的探索,主要有物质流分析(MFA)<sup>[3]</sup>、能值分析<sup>[1]</sup>、指标体系评价<sup>[7,17]</sup>和生态足迹评价<sup>[10]</sup>等,相关研究方法各具特色,取得了大量的研究成果。由于生态经济协调发展问题的综合性与复杂性,仍有待探寻新的途径来深化对该问题的研究<sup>[2]</sup>。

生态系统提供的服务功能是实现可持续发展的基础<sup>[15]</sup>,可作为表征区域可持续发展水平的一项综

\* 国家自然科学基金重点项目(40435014)和教育部人文社会科学资助项目(05JD790117)。

\*\* 通讯作者。E-mail: libo@ires.cn

2006-11-02 收稿, 2007-07-24 接受。

合指标<sup>[8]</sup>。生态系统服务价值的变化与社会经济发展密切相关,是区域生态环境变化结果的综合化与量化。因此,可以基于 LUCC 等数据,通过分析一定时段内生态系统服务价值变化与社会经济发展的关系,来衡量区域经济发展与生态环境的协调水平。以后的研究趋向,而目前类似的研究尚不多见。为此,本文以新疆天山北坡经济带为研究对象,在分析生态系统服务价值时空变化的基础上,通过构建生态经济协调度(EEH)指数,分析区域生态经济发展的协调水平及其空间差异性,旨在探讨区域生态经济协调发展评价的新方法,并为区域生态重建与可持续发展提供理论依据和实践参考。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

研究区为天山北坡,包括乌鲁木齐市、克拉玛依市、石河子市、昌吉市、米泉市、阜康市、呼图壁县、玛纳斯县、沙湾县、乌苏市、奎屯市、奇台县、吉木萨尔县、木垒县、精河县(图1)。该区作为欧亚大陆桥东部的关键地段,是新疆政治、经济与文化的中心,也是西部大开发的重点地区<sup>[16]</sup>。2000年地区人口524.32万,占全疆的29.27%,国内生产总值(GDP)达636.59亿元,占全疆的45.24%<sup>[9]</sup>。

天山北坡地处亚欧大陆腹地,天山北麓的中段,是一个大幅度、多层次而有规律的典型“山盆系统(MODS)”<sup>[16]</sup>。区域内海拔200~5000m,垂直地带性明显<sup>[12]</sup>。年均气温由平原地区的6℃~8℃过渡到山区

的不到2℃,降水由南往北递减,低山带的年降水量500mm左右,平原区约200mm,沙漠区约100mm。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 生态系统服务价值的估算** 本文根据天山北坡的实际情况,在对研究区土地利用/覆被数据进行分类的基础上,根据需要将研究区重新分为12类生态系统,并确定其价值系数(表1),进行生态系统服务价值的估算。引入社会发展系数<sup>[6]</sup>对生态服务价值评价结果进行修正,并应用经济学中常用的弹性系数<sup>[4]</sup>对生态系统价值系数进行敏感性分析。具体方法和过程见相关研究<sup>[11]</sup>。

本研究中所用的土地利用/覆被数据源为1989和2000年2期Landsat TM数字遥感影像,解译后生成1:10万coverage类型文件。

**2.2.2 生态经济协调度(EEH)** EEH指研究期内单位面积生态系统服务价值的变化率( $ES_{pr}$ )与单位面积GDP变化率( $GDP_{pr}$ )之比。

$$EEH = \frac{ES_{pr}}{GDP_{pr}} \quad (1)$$

$$ES_{pr} = \frac{ES_{p_j} - ES_{p_i}}{ES_{p_i}} \quad (2)$$

$$GDP_{pr} = \frac{GDP_{p_j} - GDP_{p_i}}{GDP_{p_i}} \quad (3)$$

式中: $ES_{p_i}$ 、 $ES_{p_j}$ 分别为研究区某时期始、末年份的单位面积生态系统服务价值( $\text{yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$ ), $GDP_{p_i}$ 、 $GDP_{p_j}$ 为研究区某时期始、末年份的单位面积GDP( $10^4 \text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。

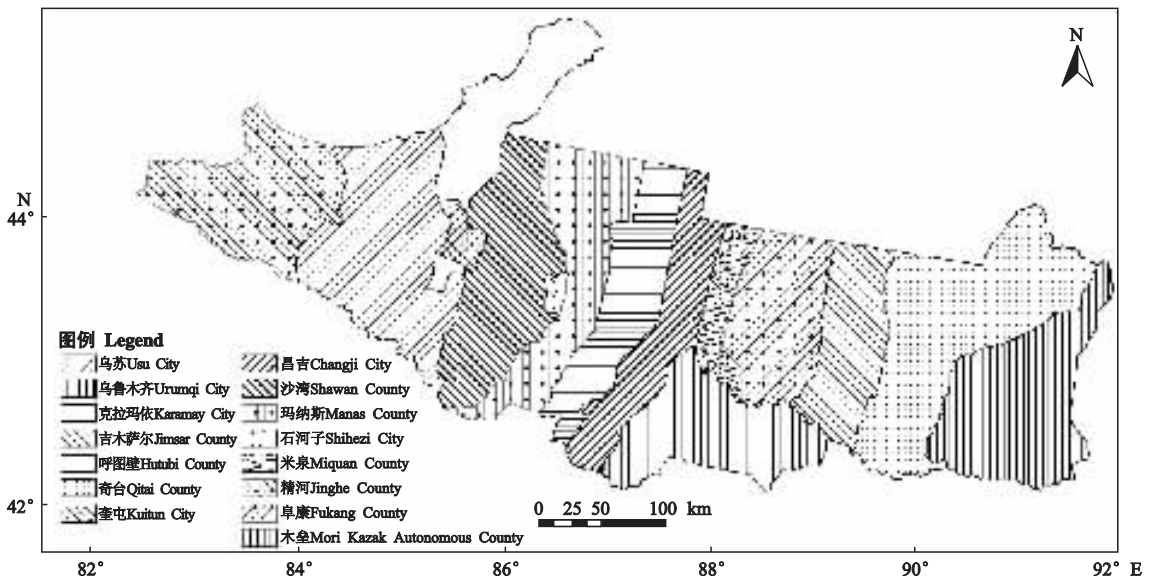


图1 天山北坡行政区划图

Fig. 1 Administrative divisions in northern slope of the Tianshan Mountains.

表 1 生态系统类型及其价值系数

Tab. 1 Economic system categories and corresponding ecological value coefficients

| 土地利用/覆被<br>Land use/cover | 相应的生态系统类型<br>Corresponding ecosystem | 生态价值系数<br>Ecological value<br>coefficients<br>( yuan · hm <sup>-2</sup> · a <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|--------------------------------------|---|
| 耕地 Crop land              | 农田 Farm land                         | 7527.63   |
| 林地 Forest area            | 有林地 Wood land                        | 31352.00  |
|                           | 其他 Else                              | 16254.00  |
| 草地 Grass land             | 高覆盖度草地 High-covered grass land       | 10253.26  |
|                           | 中覆盖度草地 Middle-covered grass land     | 7887.13   |
|                           | 低覆盖度草地 Lower-covered grass land      | 5520.99   |
| 水域 Water area             | 永久性冰川雪地 Permanent glacier & snows    | 1271.00   |
|                           | 其他 Else                              | 50078.90  |
| 城乡工矿居民用地 Built-up area    | 建设用地 Construction land               | 6190.00   |
| 未利用土地 Unused land         | 沼泽 Marshes                           | 68315.15  |
|                           | 戈壁、裸岩石砾地 Gobi & Uncovered Rock       | 1385.00   |
|                           | 其他 Else                              | 457.54  |
|                           | 荒漠 Desert                            |   |

### 3 结果与分析

#### 3.1 生态系统服务功能的变化特征

天山北坡生态系统服务价值由 1989 年的 319.93 亿元增加到 2000 年的 321.26 亿元, 增长率 0.42%。研究期内生态系统服务价值没有降低并不意味着区域生态环境得到了良好的维护与保育, 因为仅由未利用地变为生态系统服务价值高的其他地类而导致的区域生态系统服务价值增加值就达到了 7.05 亿元, 是全区生态系统服务价值增加量的 5 倍多, 即主要由向“荒漠进军”行为造成的生态系统服务价值的增加, 弥补了其余区域生态系统服务价值的损失。实际上, 人们对于其余土地利用类型的干涉行为已造成了生态环境的退化, 尤其在人类活动比较集中的山前倾斜平原圈, 这种行为与“山地-绿洲-绿洲/荒漠过渡带-荒漠系统”的生态-生产范式理论<sup>[16]</sup>相违背, 产生的新系统稳定性较差, 可能导致将来区域生态环境的退化。

生态系统服务价值增长的区域有乌苏市、昌吉市、奇台县、吉木萨尔县、木垒县、米泉市、阜康市、呼图壁县。价值增量最大的是乌苏市, 价值指数高的有林地、湿地(沼泽)面积分别净增 6 400 和 2 000 hm<sup>2</sup>, 最终区域整体生态系统服务价值增加 9 741.57 万元; 价值增幅最大的是奇台县, 达 3.04%, 主要是由于耕地与未利用土地面积减少, 且这 2 类土地总转出面积的 85% 以上转化为具有较高价值指数的林地、草地和水域。

生态系统服务价值降低的区域有石河子市、玛纳斯县、精河县、沙湾县、奎屯市、乌鲁木齐市和克拉玛依市。价值量下降最多的是玛纳斯县, 1989—2000 年间林地、草地面积大量减少, 导致该区域整体生态系统服务价值下降了 8 567.74 万元, 下降幅度为

3.56%。石河子市的生态系统服务价值量下降幅度最大, 达 15.15%, 该区域整体生态系统服务价值下降 2 056.44 万元。主要原因在于价值指数较高的林地、草地、水域、湿地面积的减少, 而低价值指数的荒漠、盐碱地以及城乡、居民、工矿用地等面积的增加。

为验证各生态系统类型价值指数的合理性, 对价值系数进行敏感性分析。对生态系统服务价值所占比例较大的农田、有林地、疏林地、高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、城乡工矿用地的价值指数分别上、下调整 50% 后, 计算出各自的指数弹性系数 (CS)。计算结果为 CS 值均小于 1, 最大值为 0.18, 最小值为 0.001。说明本研究所采用的价值指数无论在绝对值还是相对值上都具有合理性, 用其计算相应区域生态系统服务价值的变化情况是合适的。

#### 3.2 生态经济协调发展评价

**3.2.1 经济发展状况** 1989—2000 年间, 全区 GDP 增加了 214.59 亿元, 增长率 185.14%。研究期内, GDP 增长率超过全区平均水平的地区从高到低依次为克拉玛依市、玛纳斯县、沙湾县、呼图壁县、木垒县、米泉县。除木垒县外, 均为北坡中部市县。增长率最高的为克拉玛依市 (515%) 增加值为 60.25 亿元。GDP 增长率较低的市县由低到高依次为奎屯市、奇台县、石河子市、精河县、吉木萨尔县、乌鲁木齐市、乌苏市、昌吉市、阜康市。奎屯市经济增长最为缓慢, 11 年的经济增加仅 2.5 亿元, 增长率 77.78%。

**3.2.2 生态经济协调发展分析** 环境是社会经济发展规模和速度的刚性约束。生态环境容量是有极限的, 超越环境容量就属于不可持续发展<sup>[14]</sup>, 而区域环境容量正是区域生态系统所提供生物资源与生态服务功能的客观量度<sup>[8]</sup>。因此, 生态系统服务功能对区域可持续发展是一个具有约束性的重要因子。经济高速发展, 对区域环境容量的要求会更高, 必须

要有对应的生态系统服务来适应,使得区域生态经济处于协调发展状态。

新疆正处在开发建设的初级发展阶段,目前环境负荷率较低<sup>[5,18]</sup>,环境容量潜力很大。一定时期内,其生态经济的协调发展并不一定要求生态系统服务价值的增加速度等于或高于经济的发展速度。但两者发展速度的不协调,无疑会使区域社会发展面临潜在的生态危机。

$EEH \geq 1$  表示研究期内生态系统服务价值的增长不低于经济增长速度。此时区域现实情景会有 2 种:一是生态环境与经济发展协调性非常好,区域生态经济发展为高度协调水平;二是如果区域在研究期的初始段内,经济发展已经严重破坏了生态环境,为提高区域生态系统对经济和社会系统的现实支撑能力,不得不进行生态保育、提高生态系统的服务功能,此时,经济发展显著地受制于生态环境的约束。

$0 \leq EEH < 1$  表示研究期内生态系统服务价值的增长低于经济增长速度,但生态系统服务价值在增加,经济发展没有造成生态环境的恶化,但存在潜在的危机。 $EEH$  值越小表示生态经济协调水平越低。为进一步体现生态经济发展的区域差异,对  $EEH$  值大小所代表的情景再划分为 2 类: $0.5 \leq EEH < 1$  时,为中度协调; $0 \leq EEH < 0.5$  时,为低度协调。

$-1 \leq EEH < 0$  表示研究期内生态系统服务价值的增加为负,社会经济发展已经对生态环境产生负面影响,区域生态经济发展水平为不协调,经济发展与生态环境保护发生冲突。此情景下,同样划分为 2 类: $-0.5 \leq EEH < 0$  时,为低度冲突; $-1 \leq EEH < -0.5$  时,为中度冲突。

$EEH < -1$  表示研究期内生态系统服务价值显著降低,生态环境发生恶化,经济发展与生态环境保护高度冲突,生态经济发展为不协调,区域发展为不

可持续。

据此,研究区各市县生态经济协调度分为 4 个水平(表 2)。从表 2 可以看出,天山北坡  $EEH$  的总体变化趋势为东部高、西部低,最东部的奇台、木垒两地的生态经济发展协调水平最高,而生态经济冲突区除乌鲁木齐外,皆分布于中西部。研究区的  $EEH$  值在  $-0.537 \sim 0.945$  之间,生态经济发展皆分布在中度协调、低度协调、低度冲突、中度冲突 4 个水平上。研究区平均  $EEH$  值为 0.018,属低度协调水平。接近 0 的  $EEH$  值表明其生态经济发展总体上已处于低度协调水平的边缘,接近不协调状态。说明区域的人力、物力过多地投入到经济发展中,而生态环境保护问题没有得到足够重视,区域生态经济发展存在变为不协调水平的可能。以后的发展战略必须把生态环境维护与保育提到更加重要的位置,否则会对区域可持续发展造成阻碍。

生态经济发展处在协调水平的市县有 8 个。其中,中度协调水平的区域有奇台县、木垒县。奇台县  $EEH$  值(0.945)为全区最高。低度协调水平区域有乌苏市、吉木萨尔县、昌吉县、阜康市、呼图壁县、米泉市。中度协调水平区具有较高的生态系统服务价值增长率,说明在研究期内较好地处理了经济发展与环境保护的矛盾;低度协调水平区在发展经济的同时,一定程度地注重了对生态环境的保护,但其生态系统服务价值的增长速度明显低于经济增长的速度。长此以往,区域的生态环境压力将与年俱增,存在  $EEH$  降为负值、生态经济发展变为不协调水平的危险,须加大生态环境保护力度。

生态经济发展处于不协调水平的市县有 7 个。其中,低度冲突区域有克拉玛依市、乌鲁木齐市、奎屯市、沙湾县、石河子市、玛纳斯县,中度冲突区域为精河县。区内生态系统服务价值减少,与社会经济发展相伴随的是生态环境的不良变化,长此以往,必然

表 2 生态经济协调度

Tab. 2 Eco-economy harmony degree

| 区域<br>District                  | 生态经济<br>协调度指数<br>(EEH) | 生态经济协调水平<br>Eco-economic<br>harmony level | 区域<br>District         | 生态经济<br>协调度指数<br>(EEH) | 生态经济协调水平<br>Eco-economic<br>harmony level |
|---------------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|---|
| 奇台 Qitai County                 | 0.945                  | 中度协调 Moderate harmony                     | 克拉玛依 Karamay City      | -0.002                 | 低度冲突 Low conflict                         |
| 木垒 Mori Kazak Autonomous county | 0.614                  | 中度协调 Moderate harmony                     | 乌鲁木齐 Urumqi City       | -0.003                 | 低度冲突 Low conflict                         |
| 乌苏 Usu City                     | 0.387                  | 低度协调 Low harmony                          | 奎屯 Kuitun City         | -0.019                 | 低度冲突 Low conflict                         |
| 吉木萨尔 Jimsar County              | 0.334                  | 低度协调 Low harmony                          | 沙湾 Shawan County       | -0.059                 | 低度冲突 Low Conflict                         |
| 昌吉 Changji City                 | 0.141                  | 低度协调 Low harmony                          | 石河子 Shihezi City       | -0.089                 | 低度冲突 Low conflict                         |
| 阜康 Fukang County                | 0.075                  | 低度协调 Low harmony                          | 玛纳斯 Manas County       | -0.220                 | 低度冲突 Low conflict                         |
| 呼图壁 Hutubi County               | 0.068                  | 低度协调 Low harmony                          | 精河 Jinghe County       | -0.537                 | 中度冲突 Moderate conflict                    |
| 米泉 Miqan County                 | 0.044                  | 低度协调 Low harmony                          | 整个研究区 Total study area | 0.018                  | 低度协调 Low harmony                          |

会阻碍区域的可持续发展,应引起高度重视,尤其是生态经济中度冲突区.精河县 EEH 值( -0.537)最低,在研究期内该地经济发展与生态环境保护间的问题较突出,处在中度冲突的水平,应引起当地政府的高度关注.从区域生态环境的差别来看,EEH 值最低的精河、玛纳斯县和石河子市都属于生态环境相对较差的区域<sup>[18]</sup>.

玛纳斯流域是天山北麓中段最大的灌溉绿洲,也是新疆解放后开垦的最大的新绿洲.该流域所包括的沙湾县、石河子市和玛纳斯县的 EEH 值普遍较低,分别为 -0.220、-0.089、-0.059.说明在研究期内相对天山北坡其他区域来说,该流域的人类社会活动对自然界的干扰剧烈,生态环境所受影响尤为显著,而对生态环境保护的投入又不够.

#### 4 结 论

1989—2000年,天山北坡生态系统服务价值增加了1.33亿元,增幅0.42%.生态系统服务价值没有降低并不意味着区域生态环境得到了良好的维护与保育.整个区域 EEH 为 0.018,生态经济发展总体上已处于协调水平的边缘,东部地区协调度高于中、西部.区域将来的发展必须重视对生态环境的保育,尤其是已处于非协调水平的7市县,解决好生态环境保护与经济矛盾的矛盾是实现其可持续发展必须重点思考的问题.

本文评估了研究区生态系统服务价值的动态变化,并将其无量纲化处理后的结果应用到了生态经济协调评价中,探讨了研究区的可持续发展问题,较之于传统的静态评估方法更具有科学性与实践意义.但在 EEH 的评价单元划分和估算方法方面尚有待深入研究.

#### 参考文献

[1] Dang X-H(党小虎), Liu G-B(刘国彬), Li X-L(李小利), et al. 2006. Analysis on small watershed eco-economic system in Loess Hilly Area: A case studies in Litaiping small watershed of Longde County. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**(10): 3516-3525 (in Chinese)

[2] Gao Q(高群). 2003. Overview on ecological-economic integration model research. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **18**(3): 375-384 (in Chinese)

[3] Huang H-P(黄和平), Bi J(毕军), Li X-M(李祥妹), et al. 2006. Material flow analysis (MFA) of an eco-economic system: A case study of Wujin District, Changzhou. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**(8): 2578-2586 (in Chinese)

[4] Kreuter UP, Harris HG, Matlock MD, et al. 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio

area, Texas. *Ecological Economics*, **39**(3): 333-346

[5] Li H-T(李海涛), Liao Y-C(廖迎春), Yan M-C(严茂超), et al. 2003. Emery on evaluation and assessment of sustainability the eco-economic system of Xinjiang. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), **58**(5): 765-772 (in Chinese)

[6] Li J-C(李金昌). 1999. The Discussion of Ecological Value. Chongqing: Chongqing University Press (in Chinese)

[7] Shao B(邵波), Chen X-P(陈兴鹏). 2005. Research on the actuality of the coordinated development of economy and ecological environment in northwest China. *Arid Land Geography* (干旱区地理), **28**(1): 136-141 (in Chinese)

[8] Shi P-J(史培军), Zhang S-Y(张淑英), Pan Y-Z(潘耀忠), et al. 2005. Ecosystem capital and regional sustainable development. *Journal of Beijing Normal University* (Social Sciences) (北京师范大学学报·社会科学版), (2): 131-137 (in Chinese)

[9] Statistic Bureau of Xinjiang Autonomous Region (新疆自治区统计局). 2001. The Statistics Yearbook in Xinjiang (2001). Beijing: China Statistics Press (in Chinese)

[10] Wang S-H(王书华), Zhang Y-F(张义丰), Mao H-Y(毛汉英). 2004. Analysis of the coordination of ecological economy in urban-suburb district based on ecological footprint model. *Progress in Geography* (地理科学进展), **23**(1): 96-104 (in Chinese)

[11] Wu J-Z(吴建寨), Li B(李波), Zhang X-S(张新时), et al. 2007. Studies on the change of land use/cover and ecosystem service values in the north of Tianshan Mountains. *Arid Land Geography* (干旱区地理), **30**(5): 728-735 (in Chinese)

[12] Xinjiang Comprehensive Survey Team of Chinese Academy of Sciences (中国科学院新疆综合考察队). 1978. Landforms of Xinjiang. Beijing: Science Press (in Chinese)

[13] Xu Z-M(徐中民), Zhang Z-Q(张志强), Cheng G-D(程国栋). 2000. Review of ecological economics. *Advance in Earth Sciences* (地球科学进展), **15**(6): 688-694 (in Chinese)

[14] Yu C-X(余春祥). 2004. Analysis of the environmental capacity and the bearing capacity of resources in sustainable development. *China Soft Science* (中国软科学), (2): 130-133 (in Chinese)

[15] Yu X-X(余新晓), Lu S-W(鲁绍伟), Jin F(靳芳), et al. 2005. The assessment of the forest ecosystem services evaluation in China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **25**(8): 2096-2102 (in Chinese)

[16] Zhang X-S(张新时). 2001. Ecological restoration and sustainable agricultural paradigm of Mountain-Oasis-Ecotone-Desert system in the north of the Tianshan Mountains. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **43**(2): 1294-1299 (in Chinese)

[17] Zhao M-H(赵明华). 2006. Evaluation on the coordination of economy and environment with scarce water resources in Shandong Peninsula. *China Population, Resources and Environment* (中国人口资源与环境), **16**(3): 119-123 (in Chinese)

[18] Zhou H-R(周华荣), Pan B-R(潘伯荣), Hairet · Turson(海热提·涂尔逊). 2001. A synthetic evaluation on the present situation of the ecological environment in Xinjiang. *Arid Land Geography* (干旱区地理), **24**(1): 23-29 (in Chinese)

作者简介 吴建寨,男,1979年生,博士研究生.主要从事生态系统管理和土地利用格局优化方面的研究. E-mail: wujzh@ires.cn

责任编辑 杨弘

