

新疆艾比湖生态脆弱区 生态服务价值对土地利用变化的响应

马倩^{1,2}, 孙虎¹, 咎梅²

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要: 以干旱区生态脆弱区新疆艾比湖区域为研究对象,运用 GIS 手段和生态经济学的方法,采用 Costanza 生态系统服务价值计算公式,并参照谢高地等人的中国陆地生态系统服务单位面积价值,探讨了艾比湖区域 1990—2007 年土地利用和生态系统服务价值的变化特征。结果表明:1990—2007 年间,艾比湖区域土地利用处于发展阶段,土地利用程度呈增大趋势;1990,2001 和 2007 年艾比湖区域生态服务价值分别为 53.63,63.01 和 56.96 亿元,呈波动性变化;研究区生态系统的服务性功能远大于生产性功能。2001—2007 年间研究区生态系统服务价值下降速度较快,作为艾比湖湿地自然保护区的核心部分,生态系统服务价值具有退化的趋势,需要加强管理,控制人类活动的影响强度。

关键词: 土地利用;生态服务价值;敏感性指数;艾比湖

中图分类号: F321.1; X826

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2011)04-0112-05

生态系统服务功能是指生态系统形成和所维持的人类赖以生存和发展的环境条件与效用,包括生态系统为人类所提供的生态系统产品和生态服务功能^[1]。生态系统服务价值研究已经成为当代生态系统可持续发展研究的热点之一。在人类活动对环境影响加强的背景下,LUCC 已成为自然和人类活动影响的反映^[2],土地利用作为人类最基本的生产实践活动,目前已经扩张到生态脆弱及敏感的区域,对生态服务功能产生着决定性的影响^[3]。艾比湖处在阿拉山口大风通道下,生态系统具有很强的脆弱性与敏感性。近 40 a 来,由于人口和耕地面积快速增长、粗放的农牧业生产方式、资源的不合理开发利用,使流域内土地利用变化显著,引起荒漠化加剧、植被破坏、湖面萎缩、风沙灾害严重等一系列生态问题。本研究选取对人类活动反映最为敏感的干旱区湖泊边缘区域为研究对象,旨在通过定量探讨该区域土地利用与生态服务价值的变化情况,为艾比湖综合治理和生态保护提供科学依据,进而为干旱区湖泊脆弱区域生态系统可持续发展提供科技支撑。

1 研究区概况

艾比湖流域位于准噶尔盆地西南,包括博州精河县、博乐市、温泉县、阿拉山口地区和乌苏、奎屯、克拉玛依、独山子、托里县南部及兵团农五师、农七师 20 个团

场,流域总面积 5.06 万 km²。艾比湖流域气候干燥,降水稀少,年均气温 8.3℃,年均降水量 90.9 mm,年均蒸发量 3 400 mm。西部阿拉山口是全国著名的风口,全年 8 级以上大风达 165 d,最大风速 55 m/s,多集中在 4—6 月^[4]。本研究区为含艾比湖沿岸的博乐、精河两个绿洲,地处艾比湖流域的中部,位于 44°22′~45°07′N,82°07′~83°55′E,总面积约为 1.09 万 km²(图 1)。该区夏季降水稀少,冬季寒冷干燥,年均温 6℃~8℃,为典型的中温带干旱大陆性气候,为生态环境脆弱、敏感区域。

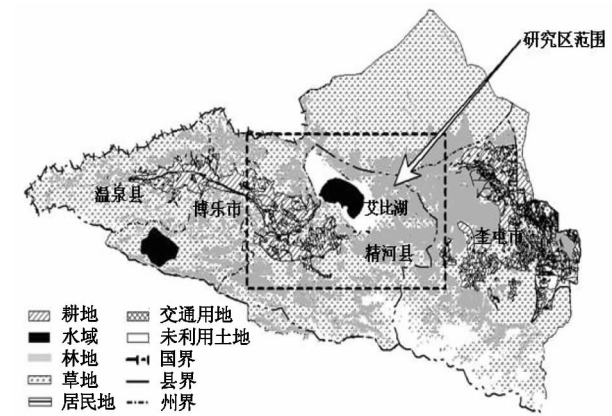


图 1 研究区范围
Fig.1 The range of study area

2 数据来源及研究方法

2.1 生态系统服务价值评价方法

Costanza 等人在全球尺度上对生态系统服务价值进行了评估^[5]。谢高地等人^[6]参照 Costanza 等人的研究成果,在对我国 200 位生态学者进行问卷调查的基础上,提出了我国生态系统生态服务价值当量因子表。参照

收稿日期: 2010-11-26; 修回日期: 2011-05-09
基金项目: 新疆高校科研计划项目(xjedu2009s64); 新疆师范大学优秀青年教师科研启动基金项目(XJNU0735)
作者简介: 马倩(1979-),女,新疆沙湾县人,讲师,博士研究生,主要从事干旱区景观生态研究,(E-mail)mq1979@yahoo.cn。

其他相关研究成果^[7-10],采用 Costanza 生态系统服务价值的计算公式,对艾比湖区域的生态系统服务价值的变化情况进行了分析,计算公式为

$$E_{SV} = \sum A_k \times V_{Ck} \text{。} \tag{1}$$

表1 中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值

Tab.1 Chinese ecosystem services value per unit area of different ecosystem types

元/(hm²·a)
yuan/(hm²·a)

服务类型	生态服务价值					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
气体调节	442.4	3 097.0	707.9	407.0	—	—
气候调节	787.5	2 389.1	796.4	407.0	—	—
扰动调节	344.0	413.0	275.1	—	—	—
水源涵养	530.9	2 831.5	707.9	18 033.2	260.3	26.5
土壤形成与保护	1 291.9	3 450.9	1 725.5	8.8	—	17.7
废物处理	1 451.2	1 159.2	1 159.2	16 086.6	86.8	8.8
生物多样性保护	628.2	2 884.6	964.5	2 203.3	—	300.8
营养物质循环	884.9	165.0	265.5	407.0	—	—
生物控制	198.2	33.0	104.6	—	—	—
食物供应	884.9	88.5	265.5	88.5	82.6	8.8
原材料	88.5	2 300.6	44.2	8.8	—	—
娱乐文化	8.8	1 132.6	35.4	3 840.2	82.6	8.8
合计	7 541.4	19 945.0	7051.7	41 490.4	512.3	371.4

采用经济学中的弹性系数概念来计算生态服务价值的敏感性指数(C_s)^[11-14],将研究区各土地利用类型的价值指数分别调整 50% ,来计算总生态系统服务价值的变化,其计算公式为

$$C_s = (E_{SVj} - E_{SVi})/E_{SVi} \Big/ (V_{Cj} - V_{Ci})/V_{Cj} \text{。} \tag{2}$$

式中: C_s 代表敏感性指数; E_{SV} 表示总生态服务价值; V_{Ci} 代表研究初期生态系统服务价值系数; V_{Cj} 代表调整后的生态系统服务价值系数。如果 $C_s > 1$,表明 E_{SV} 相对于 V_C 是富有弹性的;如果 $C_s < 1$, E_{SV} 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。

2.2 土地利用数据来源及分析方法

研究区土地利用数据采用 1990,2001 年 Land sat-TM 和 2007 年中巴资源卫星标准假彩色合成影像数据为基本信息源,运用 ERDAS IMAGINE 及 Arc GIS 进行解译得到,并结合实地考察验证及相关资料查证,对研究区土地利用/覆被数据进行再处理。本研究采用土地利用一级分类系统,将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地六类进行计算分析。

引进单一土地利用动态度指数($R_{单}$)及土地利用综合指数(L)^[15-17] 指标,来描述研究区土地利用变化情况,表达式为

$$R_{单} = (U_2 - U_1)/U_1 \times (1/T) \times 100\% \text{。} \tag{3}$$

式中: U_1 , U_2 分别为研究期初期和末期某一类型土地利用类型的面积; T 为研究期时段长。 L 表达式为

$$L = 100 \times \sum A_i \times C_i \text{。} \tag{4}$$

式中: L 为研究区土地利用程度综合指数; A_i 为研究区第

式中: E_{SV} 为生态系统服务价值(元), A_k 指研究区第 k 种土地利用类型的分布面积(hm^2), V_{Ck} 为生态服务功能价值指数,即单位面积生态系统服务价值(元/($hm^2 \cdot a$))。中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值见表 1。

i 级土地利用程度分级指数; C_i 为研究区内第 i 级土地利用程度的土地类型所占总土地面积的百分比。土地利用程度变化模型为

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 100 \times [\sum A_i (C_{i2} - C_{i1})] \text{。} \tag{5}$$

$$R = \sum A_i (C_{i2} - C_{i1}) / \sum (A_i \times C_{i1}) \text{。} \tag{6}$$

式中: ΔL 为土地利用程度的变化量; R 为土地利用程度变化率; L_1 , L_2 分别为研究初期和研究末期区域土地利用强度综合指数; A_i 为研究区第 i 级土地利用程度分级指数(表 2)。 C_{i1} 和 C_{i2} 分别为研究区内研究初期和研究末期第 i 级土地利用程度下某一土地利用类型所占的面积百分比。若 $\Delta L > 0$ 或 $R > 0$ 则表明研究区土地利用状况处于发展阶段;若 $\Delta L < 0$ 或 $R < 0$,则表明研究区土地利用状况处于衰退期;若 $\Delta L = 0$ 或 $R = 0$,则表明研究区土地利用状况处于稳定期^[18]。

表2 土地利用程度分级赋值

Tab.2 The assign of land use degree

类型分级	各分级所代表的土地利用类型	分级指数
未利用地级	未利用地或难利用地	1
林、草、水用地级	林地、草地、水域	2
农业用地级	耕地、原地、人工草地	3
建设地级	城镇、居民点用地、交通、工矿用地	4

3 结果与分析

3.1 艾比湖区域土地利用变化

从艾比湖区域土地利用总体情况来看,未利用地 1990,2001 和 2007 年所占比例分别为 65.92% ,57.27%

和 56.60% ,是主要的土地利用类型,集中分布在艾比湖水面周围。其次为耕地和草地,1990,2001 和 2007 年二者占研究区总面积的 25.44% ,32.85% 和 34.42% ,建设用地的面积最小,但近年来有扩大的趋势。

从图 2 可得,1990—2001 年间,艾比湖区域耕地、林

地、草地、水域和建设用地面积均增加,耕地和草地面积增加量分别为 449.99 km² 和 359.52 km² ,未利用地的减少量为 945.63 km² 。2001—2007 年间,除了耕地和建设用地,草地、林地、水域和未利用地面积均减少。土地面积变化率最大的是建设用地,其次为耕地。

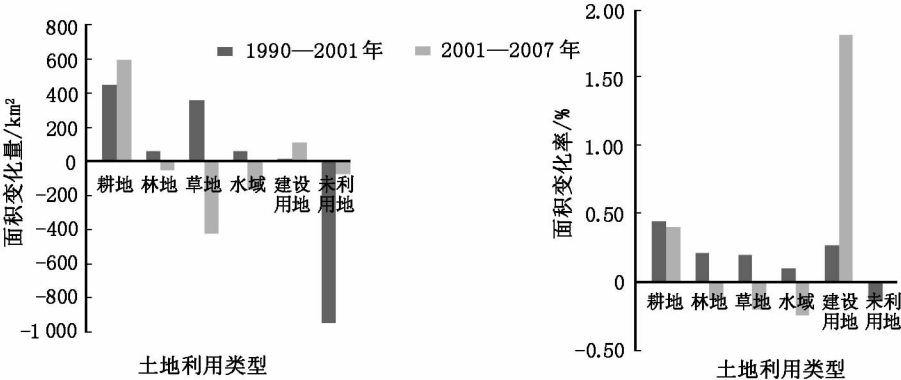


图 2 艾比湖区域 1990—2007 年土地利用面积变化量及变化率

Fig. 2 The land use area change and area change rate of Ebinur Lake area between 1990 and 2007

1990—2001 和 2001—2007 年,艾比湖区域土地利用变化的速度有所提高(图 3)。1990—2001 年,在研究区土地利用类型中,耕地的动态度最高;2001—2007 年间,建设用地的动态度最高。从土地利用程度变化综合指数来看,艾比湖区域土地利用程度呈增大趋势,土地利用综合指数均介于 1~2 之间,反映艾比湖区域整体土地利用程度较低,处于粗放型土地利用模式, $\Delta L > 0$ 且 $R > 0$,说明研究区土地利用类型处于发展阶段,土地利用强度逐渐增大。

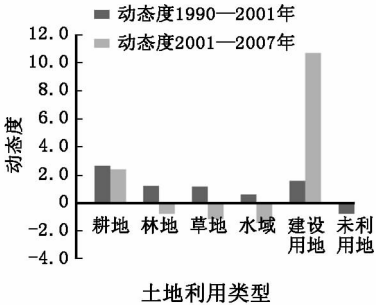


图 3 艾比湖区域 1990—2007 年土地利用动态度

Fig.3 The dynamic degree

of Ebinur Lake area between 1990 and 2007

3.2 艾比湖区域生态服务价值变化

根据艾比湖区域 1990,2001 和 2007 年各土地利用类型面积及生态服务价值指数计算得到研究区 3 期生态系统服务价值。分析表 3 可知,1990,2001 和 2007 年艾比湖区域生态服务价值分别为 53.63,63.01 和 56.96 亿元,总体呈上升趋势。水域在生态系统服务价值中的贡献最大,分别为 46.50% ,43.63% 和 36.62% ,其次为耕地、草地和林地,研究区生态服务价值构成的主体部分为水域、耕地、草地和林地。1990—2007 年间,耕地的面积增加了 1 042.79 km² ,生态服务价值增加了 7.86 亿

元;林地面积增加 14.75 km² ,生态服务价值增加了 0.29 亿元;建设用地生态服务价值增加比例最小;水域、草地、林地及未利用地生态服务价值均减少,分别减少 4.08,0.43,0.29 及 0.38 亿元。1990—2007 年间,水域面积减少量仅为 98.32 km² ,但其生态系统服务功能减少量较大,由于其本身所产生的单位生态服务价值量较大,虽然水域面积仅占研究区总面积的 5.50% ~ 6.06% ,但其生态服务价值却占到了 36.62% ~ 46.50% 。耕地生态服务价值的增加对研究区生态服务价值的增加起到了决定性的作用。

表 3 艾比湖区域 1990—2007 年生态服务价值变化

Tab.3 Variations of ecosystem service values in Ebinur Lake area from 1990 to 2007

土地利用类型	1990 年		2001 年		2007 年	
	$E_{SV}/$ 亿元	价值比例/%	$E_{SV}/$ 亿元	价值比例/%	$E_{SV}/$ 亿元	价值比例/%
耕地	7.57	14.12	10.97	17.41	15.44	27.10
林地	5.90	11.00	7.14	11.33	6.19	10.87
草地	12.52	23.35	15.06	23.90	12.09	21.23
水域	24.94	46.50	27.49	43.63	20.86	36.62
建设用地	0.02	0.04	0.03	0.05	0.08	0.15
未利用地	2.68	4.99	2.32	3.69	2.30	4.03

3.3 生态系统单项生态服务价值变化

由表 4 可知,1990—2007 年间,艾比湖区域各单项生态服务价值中水源涵养、废物处理和娱乐文化其他各类功能价值均增加。其中,土壤形成与保护、食物供应、营养物质循环和气候调节增加的幅度较大。水源涵养服务价值比例最大,分别为 25.49% ,28.76% 和 21.86% ,但比例有所下降,其次为废物处理功能。单项生态功能服务价值位于前 4 位的是水源涵养、废物处理、生物多样性保护和土壤形成与保护,四者的贡献率之和分别为

73.59% ,84.66% 和 69.38% ,呈下降趋势。艾比湖区域生态系统的服务性功能远大于生产性功能,但 2001—2007 年间,随人类活动影响的加强,生产性功能增加的幅度较大。

表 4 1990,2001 和 2007 年艾比湖区域单项生态服务价值变化
Tab.4 Change of all kinds of ecosystem service values in Ebinur Lake area in 1990, 2001 and 2007

服务类型	1990 年			2001 年			2007 年		
	E_{SV} / 亿元	比例 /%	排序	E_{SV} / 亿元	比例 /%	排序	E_{SV} / 亿元	比例 /%	排序
气体调节	2.86	5.34	6	3.53	6.59	6	3.29	5.77	6
气候调节	3.16	5.89	5	3.97	7.40	5	3.92	6.89	5
扰动调节	0.96	1.78	10	1.24	2.30	10	1.30	2.29	10
水源涵养	13.67	25.49	1	15.43	28.76	2	12.45	21.86	2
土壤形成与保护	5.52	10.28	4	6.92	12.89	4	6.79	11.92	4
废物处理	13.59	25.35	2	15.72	29.31	1	13.47	23.65	1
生物多样性保护	6.69	12.47	3	7.35	13.70	3	6.80	11.94	3
营养物质循环	1.65	3.08	8	2.18	4.07	8	2.52	4.43	7
生物控制	0.39	0.74	12	0.52	0.98	12	0.60	1.05	12
食物供应	1.51	2.81	9	2.00	3.74	9	2.41	4.23	9
原材料	0.85	1.59	11	1.05	1.96	11	0.98	1.71	11
娱乐文化	2.78	5.19	7	3.10	5.78	7	2.43	4.26	8

3.4 敏感度分析

将耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地的生态服务功能指数分别上下调整 50% ,通过敏感性计算公式,可以得到研究区 1990,2001 和 2007 年生态服务功能价值的敏感性指数(图 4)。由图 4 可知,不同土地利用类型之间,生态服务功能价值对生态服务指数的敏感性变动较大,但同一土地利用类型不同年份的敏感性指数变化较小,均小于 1。建设用地和未利用地的生态服务价值敏感性指数较高,介于 0.20 ~ 0.35 之间,而耕地、林地、草地和水域的生态服务价值敏感性指数都较小,介于 0 ~ 0.05 之间。这表明研究区内 E_{SV} 对生态系统服务功能指数是缺乏弹性的,研究结果可信。

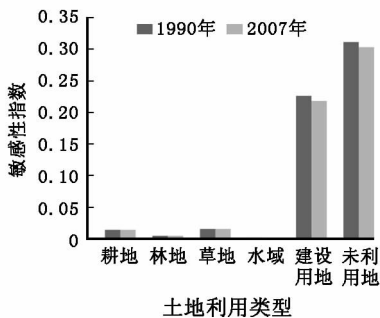


图 4 1990,2001 和 2007 年艾比湖区域土地利用类型生态服务价值敏感性指数

Fig.4 Sensitive coefficients of ecosystem service values of each land use type in Ebinur Lake area in 1990,2001 and 2007

4 结论

(1)未利用地是艾比湖区域主要的土地利用类型,为湖泊面积减小之后大面积裸露的干涸湖底。其次为耕地和草地,建设用地的面积最小。1990—2007 年,耕

地面积的增加量最大,未利用地的减少量最大。土地面积变化率最大的是耕地,其次为建设用地,水域面积减少量较小。艾比湖区域土地利用程度较低,处于粗放型土地利用模式,1990—2007 年间,耕地和建设用地面积增加幅度和速度都较大,说明人类活动对研究区影响较大,土地利用处于发展阶段,近 17a 来土地利用强度逐渐增大。

(2)研究区生态服务价值构成的主体部分为水域、耕地和草地,占整个系统的 80% 以上。17a 间,艾比湖区域生态系统服务价值呈现波动下降的趋势。应该注意的是,水域所占的面积是最小的,但水域所贡献的生态系统服务价值却达到 35% 以上,水域面积的变化对研究区生态系统服务价值产生决定性的作用。2001—2007 年间,艾比湖水域面积减小幅度较大,原因为耕地面积增加较大,农业用水量随面积的增大速度较快,加上降雨和径流减少,湖泊面积萎缩严重^[19]。

(3)1990—2007 年艾比湖区域生态系统单项服务价值中,水源涵养、废物处理、生物多样性保护和土壤形成与保护为主要的服务功能,四者的贡献率之和分别为 73.59% ,84.66% 和 69.38% ,1990—2001 年间,表现为增加,这主要是因为耕地和林地面积的增加所造成的;2001—2007 年间,表现为减少,且减少幅度较大,主要因为水域、林地和草地面积的减少引起的。原材料和生物控制的贡献率最小,贡献率不足 4%。艾比湖区域生态系统的服务性功能远大于生产性功能,但生产性功能有增加的趋势。

(4)敏感性分析结果表明,不同土地利用类型之间,生态服务功能价值对生态服务指数的敏感性变动较大,但同一土地利用类型不同年份的敏感性指数变化较小,均小于 1。这表明研究区内 E_{SV} 对生态系统服务功能指

数是缺乏弹性的,研究结果可信。

(5)艾比湖湖周区域属生态环境脆弱区域,对外界影响反应敏感,尤其是 2001—2007 年间,人类活动与自然因素的影响已使该区域土地利用格局发生了较大的变化,同时,土地利用格局的变化也影响湖区生态环境的变化,进而降低了艾比湖湿地生态服务功能。

参考文献:

[1] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997.

[2] Turner B L II, Skole D, Sanderson S, et al. Land-use and Land-cover Change in Science/Research Plan[IGBP ReportNo.35 and HDP Report No. 7][R]. Stockholm and Geneva,1995.

[3] 黄青,孙洪波,王让会,等. 干旱区典型山地—绿洲—荒漠系统中绿洲土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响[J]. 中国沙漠,2007,27(1):76-81.

[4] 农五师史志编纂委员会. 农五师志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2005:105-109.

[5] Constanza R D, Arge R, Rudolf de Groot, et al. The Value of the World's Ecosystem Service and Natural Capital[J]. Nature, 1997,387:253-260.

[6] 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.

[7] 冉圣宏,吕昌河,贾克敬,等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. 环境科学,2006,27(10):2139-2144.

[8] 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):17-19.

[9] 王成,魏朝富,绍景安,等. 区域生态服务价值对土地利用变化的响应——以重庆市沙坪坝区为例[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1485-1489.

[10] 陈忠升,陈亚宁,李卫红,等. 基于生态服务价值的伊犁河谷土地利用变化环境影响评价[J]. 中国沙漠,2010,30(4):870-878.

[11] 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):879-889.

[12] Kreuter U P,Harris H G,Matlock M D,et al. Change in Ecosystem Service Values in the San Antonio Area[J]. Texas Ecological Economics,2001,39(3):333-346.

[13] 王宗明,张柏,张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报,2004,19(1):55-61.

[14] 吴后建,王学雷,宁龙梅,等. 土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以武汉市为例[J]. 长江流域资源与环境,2006,15(2):185-190.

[15] 刘纪远. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究[J]. 第四纪研究,2000,20(3):229-239.

[16] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.

[17] 庄大方,刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报,1997,12(2):105-111.

[18] 孙慧兰,李卫红,陈亚鹏,等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报,2010,30(4):887-894.

[19] 周驰,何隆华,杨娜. 人类活动和气候变化对艾比湖湖泊面积的影响[J]. 海洋地质与第四纪地质,2010,30(2):122-126.

Response of Ecological Services Value to Land Use Change in the Ebinur Lake Region, Xinjiang

Ma Qian^{1,2}, Sun Hu¹, Zan Mei²

(1. College of Tourism and Environment Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. College of Geography Sciences and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: By the GIS and ecological economy theory, based on the Costanza method and the Chinese land ecosystem services unit area value proposed by Xie Gaodi, and combined with the sensitivity coefficient analysis, this paper analyzed the variation features of land use change and ecological services value in the Ebinur Lake region during 1990—2007. Results show that the land use in the Ebinur Lake region was at its developing stage from 1990 to 2007, especially between 2001 and 2007. The magnitude of land use exhibited an increasing trend, and meanwhile the ecological services value was 53.63×10^8 , 63.01×10^8 and 56.96×10^8 Yuan in 1990, 2001 and 2007, showed a volatility rises trend. Water area, farmland and grass land contributed to the overall increasing eco-services change dominantly. As the core part of Ebinur Lake wetland nature reserve, the ecological environment in the Ebinur Lake region has been on the verge of degradation. The ecological environmental protection should be further enhanced and human activities must be controlled effectively.

Key words: land use; ecological services value; sensitive coefficients; Ebinur Lake