

# 土地利用变化对喀纳斯自然保护区生态系统服务价值的影响

李 偲<sup>a,b</sup>, 韩桂红<sup>b</sup>, 海米提·依米提<sup>b</sup>, 李晓东<sup>a,b</sup>  
(新疆大学 a. 旅游学院; b. 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** 应用喀纳斯自然保护区 1980、2005 年两个时期的 LandsatTM 影像解译数据,采用 Costanza 生态系统服务价值计算公式,参照中国单位面积生态服务价值系统,确定了喀纳斯自然保护区生态系统单位面积生态服务价值系数,分析了保护区土地利用变化对其生态系统服务价值的影响。结果表明,保护区林地面积在减少,草地、水域、建设用地面积有所增加;研究期内生态系统服务价值从 26.79 亿元减少到 26.02 亿元,天然有林地和高覆盖度草地的减少是生态服务价值降低的主要原因;保持土壤、维持生物多样性、气候调节等各单项功能服务价值均呈现不同程度的减少,说明保护区生态环境不断趋向恶化。

**关 键 词:** 土地利用;生态系统服务价值;喀纳斯自然保护区  
**中图分类号:** F301.24      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1003-2363(2011)03-0123-05

## 0 引言

20 世纪 90 年代以来,土地利用/覆盖变化、生态系统服务价值的定量研究已经成为国际组织和世界各国的研究热点。受自然与人文社会经济的影响,土地利用/覆盖和土壤质量不断地发生变化,进而影响着生态环境质量和生态系统服务功能的发挥。因此,研究土地利用/覆盖背景下区域生态系统服务价值变化具有重要意义。国内学者应用遥感和地理信息系统技术,采用生态系统服务价值核算方法,从不同尺度对不同土地利用背景下的区域生态服务价值进行了测评,并以其价值量差异来衡量区域土地利用变化的生态效应<sup>[1-5]</sup>,但对于旱半干旱地区具有自然保护区背景下的生态地区的土地利用变化对生态系统服务价值影响的研究较为鲜见。

喀纳斯自然保护区隶属新疆维吾尔自治区阿勒泰地区布尔津县禾木哈纳斯蒙古民族乡,北邻俄罗斯,东连蒙古国,西北部与哈萨克斯坦毗连,地理坐标为 86°45'E ~ 88°11'E, 48°23'N ~ 49°11'N,面积为 2 201.62 km<sup>2</sup>。保护区大陆性气候特征明显,一年中春秋相连,夏季不明显,年平均气温约为 -1℃,年均降水量 1 180.7 mm。保护区内水资源丰富,河湖水网密布,现代冰川发育完全,是我国唯一的北冰洋水系分布区。喀纳斯自然保护区被国内外众多著名专家称为当今世界绝无仅有的寒温带植物基因库,共有植物 83 科 298 属 798 种,珍稀野生脊椎动物 27 目 55 科 160 种。保护区景观组合奇

异,生态系统独特,集高山雪峰、冰川、冻土、河流、湖泊、森林、草原、湿地等各种自然景观于一地,堪称世界级的自然生态旅游资源博物馆。作为中国蒙古族图瓦人唯一的聚居区,保护区具有重要的经济价值、生态环境价值、科学研究价值和自然保护价值,具有申报“世界人与生物圈保护区”的丰富资源基础和申报世界自然遗产的潜力。但是,20 世纪 90 年代中后期保护区历经了环境资源型和资源经济型的旅游开发,对生态系统造成了一定程度的破坏,保护区面临着诸多环境压力问题。

## 1 研究方法

### 1.1 土地利用数据来源

研究采用的主要数据为 1980 年 7 月和 2005 年 7 月喀纳斯自然保护区的 Landsat TM 影像,空间分辨率为 30 m。在解译过程中,以研究区 1 : 100 000 地形图为参考,根据研究需要,结合保护区土地利用实际方式,将土地利用类型划分为林地、草地、水域、农村用地、冰川和永久积雪(以下简称冰雪地)、裸岩石砾地、其他共 7 类,其中林地分为天然有林地、灌木林地和疏林地,草地包含高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地(图 1)。

### 1.2 土地利用变化分析方法

单一土地利用类型动态度( $K$ )指某区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化状况<sup>[6]</sup>。若取年为研究时段, $K$ 值表示某种土地利用类型年变化率,其计算公式

$$K = (U_b - U_a) / (U_a \times T) \times 100\%$$

式中: $K$ 为研究区某一种土地利用动态度; $U_a$ 、 $U_b$ 为研究期初、期末某一种土地利用类型的数量; $T$ 为研究时期段长,设定为年。

收稿日期: 2010-09-28; 修回日期: 2011-03-07  
基金项目: 国家自然科学基金项目(49961022)  
作者简介: 李偲(1977-),女,安徽灵璧县人,副教授,博士研究生,主要从事生态旅游研究, (E-mail) flyuglybird@sohu.com。

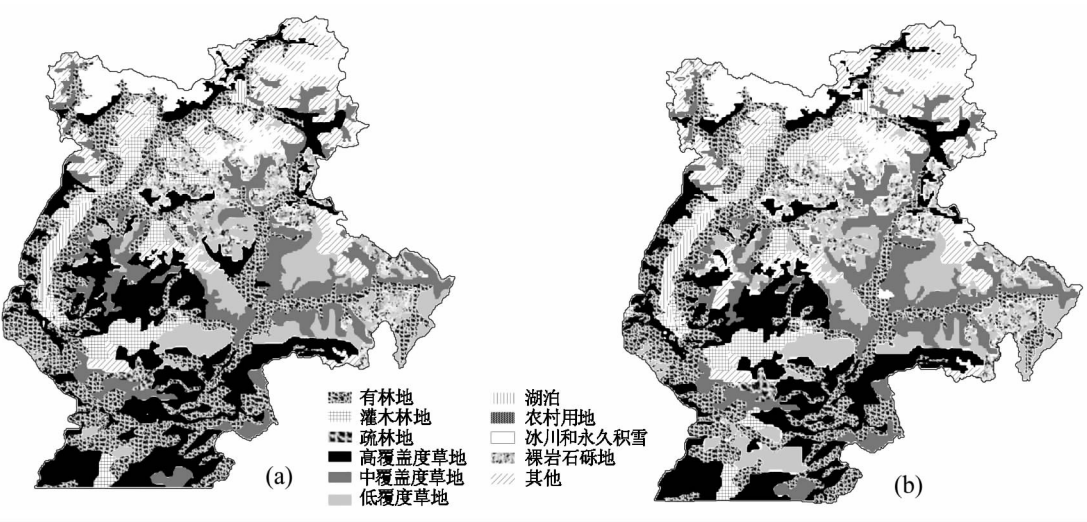


图 1 喀纳斯自然保护区土地利用/覆被遥感分类图:(a)1980 年;(b)2005 年

Fig. 1 The classification of the land use and land cover of Kanas Natural Reserve: (a) the year of 1980; (b) the year of 2005

1.3 生态系统服务价值评价方法

1.3.1 生态系统单位面积生态服务价值。谢高地<sup>[7-8]</sup>等以 Costanza<sup>[9]</sup>开展的全球范围内的生态系统服务价值的估算研究为参考,结合中国的实际情况,通过对生态专家的问卷调查,制定了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量,为采用土地利用/覆盖数据评估区域生态系统服务价值创造了条件,并被认为具有可行性<sup>[10]</sup>。然而,简单地采用土地利用/覆盖数据进行生态服务价值评价,忽略了质量因素对生态系统功能价值的影响,生态系统的服务价值与生物量有关<sup>[9]</sup>。为此,根

据相关研究<sup>[11-12]</sup>,本研究修正了林地、草地生态系统的服务功能价值系数,确定了喀纳斯自然保护区生态系统单位面积生态服务价值(表 1)。其中,天然有林地和高覆盖度草地按 1.0 和 1.0 系数进行修正,疏林地和中覆盖度草地按 0.5 和 0.7 系数进行修正,灌木林地和低覆盖度草地按 0.2 和 0.4 系数进行修正。由于保护区内农村用地多为当地图瓦居民住宅,将其对应为建设用地。根据 Costanza 等学者的估算方法,居民用地、工矿用地及交通用地生态系统服务功能价值为 0,故不考虑建设用地的生态服务价值。

表 1 喀纳斯自然保护区生态系统单位面积生态服务价值  
Tab.1 The ecological service function value per unit area of ecosystem in Kanas Natural Reserve

生态系统 服务功能	林地			草地			水域	荒漠
	天然有林地	灌木林地	疏林地	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	湖泊	冰雪地、裸岩石砾地、其他
食物生产	148.203	74.102	29.641	193.113	135.179	77.245	238.023	8.982
原材料	1 338.318	669.159	267.664	161.676	113.173	64.670	157.185	17.964
气体调节	1940.112	970.056	388.022	673.650	471.555	269.460	229.041	26.946
气候调节	1827.837	913.919	365.568	700.596	490.417	280.238	925.146	58.383
水文调节	1836.819	918.410	367.364	682.632	477.842	273.053	8 429.607	31.437
废物处理	772.452	386.226	154.490	592.812	414.968	237.125	6 669.135	116.766
保持土壤	1 805.382	902.691	361.076	1 005.984	704.189	402.394	184.131	76.347
维持生物多样性	2 025.441	1012.721	405.088	839.817	587.872	335.927	1 540.413	179.640
提供美学景观	934.128	467.064	186.826	390.717	273.502	156.287	1994.004	107.784
合计	12 628.692	6 314.346	2 525.738	5 240.997	3 668.698	2 096.399	20 366.685	624.249

1.3.2 生态系统服务价值的确定。生态系统服务价值的计算公式

$$ESV = \sum_{k=1}^4 VC_k \times A_k。$$

式中:  $ESV$  为生态系统服务价值(元);  $k$  为土地利用类型;  $VC_k$  为  $k$  种土地的单位面积生态系统服务价值(元

/ $hm^2$ );  $A_k$  为  $k$  种土地利用类型的面积( $hm^2$ )。

1.4 敏感度指数分析

相关研究<sup>[13-14]</sup>借用敏感性指数( $CS$ )以确定  $ESV$  随时间变化对  $VC$  变化的依赖程度。若  $CS > 1$ ,表明  $ESV$  对  $VC$  是敏感的,富有弹性;若  $CS < 1$ ,说明  $ESV$  对  $VC$  是不敏感的,缺乏弹性。许多学者将  $VC$  上下调整 50% 计算

CS,本研究参照该方法来说明 *ESV*对 *VC*的敏感程度,计算公式为

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

式中: *CS* 为敏感性指数;*i,j* 分别为初始价值和生态价值系数调整后的价值。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化

从喀纳斯自然保护区土地利用总体情况来看,草地所占面积最大,其次是林地,二者占到 75% 左右,是保护

区主要的土地利用类型。1980—2005 年间,保护区林地面积减少了 2 547 hm<sup>2</sup>,草地、水域、建设用地面积分别增加了 652. 100,138. 920,24. 177 hm<sup>2</sup>。其中高覆盖度草地减少的面积最多,为 10 603 hm<sup>2</sup>;低覆盖度草地增加最多,为 6 323 hm<sup>2</sup>。由于保护区自 1998 年以来旅游开发改变了土地利用/覆盖结构,为此 *T* 值取 8。从土地利用动态度来看,疏林地的增加速度最快,次为低覆盖度草地,动态度分别为 3. 005% 和 1. 787%;高覆盖度草地减少速度最快,达 1. 223%,农村用地减少次之,其动态度为 1. 209%,裸岩石砾地变化幅度不明显(表 2)。

表 2 喀纳斯自然保护区土地利用类型面积及其变化

土地利用类型	1980 年		2005 年		1980—2005 年	
	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%	变化面积/万 hm <sup>2</sup>	变化率/%
天然有林地	11. 388 1	23. 956	10. 780 5	22. 677	-0. 607 6	-0. 667
灌木林	2. 672 8	5. 622	2. 984 9	6. 279	0. 312 1	1. 460
疏林地	0. 169 6	0. 357	0. 210 4	0. 443	0. 040 8	3. 005
高覆盖度草地	10. 835 5	22. 793	9. 775 2	20. 563	-1. 060 3	-1. 223
中覆盖度草地	6. 305 1	13. 263	6. 798 3	14. 301	0. 493 2	0. 978
低覆盖度草地	4. 423 3	9. 305	5. 055 5	10. 635	0. 632 3	1. 787
湖泊	0. 544 4	1. 145	0. 558 3	1. 174	0. 013 9	0. 319
冰雪地	2. 633 4	5. 539	2. 570 2	5. 407	-0. 063 1	-0. 300
农村用地	0. 024 5	0. 053	0. 022 6	0. 047	-0. 002 4	-1. 209
裸岩石砾地	3. 491 7	7. 345	3. 510 3	7. 384	0. 018 6	0. 067
其他	5. 049 7	10. 622	5. 272 3	11. 091	0. 222 5	0. 551
合计	47. 538 5	100	47. 538 5	100	0	-

### 2.2 土地利用的生态服务价值变化

2.2.1 价值总量变化分析。1980—2005 年的 25 年间,喀纳斯自然保护区生态系统服务价值呈减少趋势,从 1980 年的 26. 795 亿元减少至 2005 年的 26. 022 亿元,减少幅度为 2. 846%。天然有林地和高覆盖度草地是生态系统服务价值的主要贡献者,在两个时期的总贡献率

分别为 74. 747%,71. 860%。从各种土地类型的生态服务价值来看,天然有林地、高覆盖度草地生态服务价值减少最多,分别减少了 0. 767 和 0. 556 亿元,变化率为 5. 335% 和 9. 785%;灌木林地生态服务价值增加最多,增加了 0. 197 亿元,变化率为 11. 678%;疏林地在研究期内的服务价值变化率最大,为 24. 038%(表 3)。

表 3 喀纳斯自然保护区各景观类型生态系统服务价值及其变化

景观类型	1980 年		2005 年		1980—2005 年	
	生态服务价值/万元	比例/%	生态服务价值/万元	比例/%	服务价值变化量/万元	变化率/%
天然有林地	143 816. 807	53. 587	136 143. 614	52. 212	-7 673. 193	-5. 335
灌木林	16 876. 984	6. 289	18 847. 944	7. 228	1 970. 960	11. 678
疏林地	428. 441	0. 160	531. 431	0. 204	102. 990	24. 038
高覆盖度草地	56 788. 823	21. 160	51 231. 846	19. 648	-5 556. 977	-9. 785
中覆盖度草地	23 131. 250	8. 619	24 940. 836	9. 565	1 809. 585	7. 823
低覆盖度草地	9 272. 938	3. 455	10 598. 428	4. 065	1 325. 490	14. 294
湖泊	11 087. 318	4. 131	11 370. 252	4. 361	282. 934	2. 552
冰雪地	1 643. 879	0. 613	1 604. 470	0. 615	-39. 409	-2. 397
裸岩石砾地	2 179. 603	0. 812	2 191. 283	0. 840	11. 680	0. 536
其他	3 152. 283	1. 175	3 291. 203	1. 262	138. 920	4. 407
合计	267 949. 885	100	260 219. 875	100	-7 730. 009	-

尽管灌木林地、中低覆盖度草地、水域等的面积增加使生态服务价值增加了 5 539. 569 万元,但由于天然有林地、高覆盖度草地面积减少所损失的生态服务价值在抵消了上述土地面积增多所增加的生态价值外,还使生态服务价值净减少了 7 730. 009 万元。这说明天然有林地、高覆盖度草地等生态价值系数较高的土地面积的损失,并转化为生态价值较低的地类,已经迫使保护区生态服务价值呈现下降的状态。上述数据表明,保护区生态环境是不断趋向退化的,这与保护区内旅游开发的毁林、毁草建设,超载过牧等人类活动息息相关,导致林地和草地生态系统的结构和功能受到不同程度地影响。

2.2.2 生态系统单项服务功能价值变化。1980—2005 年间,喀纳斯自然保护区生态系统各单项服务功能价值

均呈不同程度地减少。其中,保持土壤、生物多样性维持、气体调节和气候调节功能价值减幅明显,均高于 1 100 万元。评价的 9 项服务功能价值差别较小,维持生物多样性、保持土壤、水文调节、气体调节和气候调节功能价值较高,上述 5 项功能在 2 个时期的总贡献率为 73. 418%, 73. 384%。食物生产功能价值最低,仅为 2%, 原材料生产功能价值也不高,为 7. 4%, 说明保护区生态系统的服务性功能远远大于生产性功能(表 4)。由于生物多样性维持、保持土壤、水文调节、气体调节等功能主要由林地、草地和水域生态系统提供,在研究的 25 年间,林地、草地、水域生态系统受到不同程度的影响后,必然导致其生态系统的生态服务价值量的变化。

表 4 喀纳斯自然保护区生态系统单项服务功能价值

Tab.4 Values for single ecosystem service in Kanas Natural Reserve

服务功能	1980 年		2005 年		1980—2005 年	
	生态服务价值/万元	比例/%	生态服务价值/万元	比例/%	服务价值变化量/万元	变化率/%
食物生产	5 402. 216	2. 016	5 250. 966	2. 018	-151. 250	-0. 828
原材料生产	20 067. 193	7. 489	19 393. 574	7. 453	-673. 619	-2. 784
气体调节	36 577. 151	13. 651	35 397. 815	13. 603	-1 179. 336	-2. 909
气候调节	36 337. 330	13. 561	35 211. 508	13. 531	-1 125. 822	-2. 782
水文调节	39 930. 108	14. 902	38 907. 984	14. 952	-1 022. 124	-2. 277
废物处理	24 853. 131	9. 275	24 343. 850	9. 355	-509. 282	-1. 607
保持土壤	41 046. 139	15. 319	39 782. 240	15. 288	-1 263. 900	-2. 799
维持生物多样性	42 910. 998	16. 015	41 661. 762	16. 010	-1 249. 236	-2. 645
提供美学景观	20 825. 617	7. 772	20 270. 176	7. 790	-555. 441	-2. 129
合计	267 949. 885	100	260 219. 875	100	-7 730. 009	-

2.3 敏感性分析

根据图 2, *ESV* 对 *VC* 的敏感性指数均小于 1, 由高到低依次为林地、草地、水域和荒漠, 最高值为 0. 536 ~ 0. 522, 这说明当喀纳斯自然保护区生态系统的 *VC* 每增加 1% 时, *ESV* 仅增加 0. 536% ~ 0. 522%。表明研究区内 *ESV* 对 *VC* 是缺乏弹性的, 研究结果可信度较高, 从侧面也反映了本研究所采用的修正后的价值系数是合理的, 计算区域生态系统服务功能价值的变化是合适的。

3 结论与讨论

(1) 林地、草地是喀纳斯自然保护区的主要土地利用类型。1980—2005 年, 保护区林地面积减少了 2 546. 840  $\text{hm}^2$ , 草地、水域、建设用地、荒漠地面积分别增加了 652. 100, 138. 920, 24. 177, 1 780. 300  $\text{hm}^2$ , 其中高覆盖度草地减少的面积最多, 为 10 603  $\text{hm}^2$ , 低覆盖度草地增加最多, 为 6 323  $\text{hm}^2$ ; 从土地利用动态度来看, 疏林地的增加速度最快, 达 3. 005%, 高覆盖度草地减少速度最快, 为 1. 223%。

(2) 采用喀纳斯自然保护区两个时期的土地利用/覆盖变化数据, 结合修正的生态服务价值系数, 估算了 1985—2005 年间保护区土地利用变化所引起的生态系统服务价值的变化。林地、草地的生态服务价值是生态系统服务的主体部分, 占保护区的 92% 以上。25 年间, 生态服务价值有所下降, 由 1980 年的 26. 795 亿元减少至 2005 年的 26. 022 亿元, 减少了 0. 773 亿元, 说明其生态环境是不断趋向退化的。

(3) 1985—2005 年喀纳斯自然保护区生态系统单项服务功能价值均呈现不同程度地减少, 保持土壤降幅最大, 为 1 263. 900 万元, 变化率为 2. 799%。维持生物多

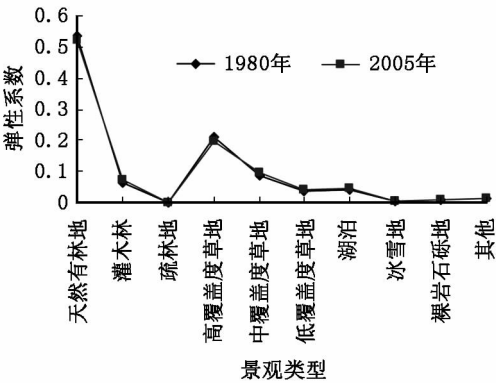


图 2 生态服务价值敏感性指数变化

Fig.2 The change of coefficient of sensitivity to ecosystem services value

样性、保持土壤、水文调节、气体调节和气候调节功能价值贡献率较高,在73%以上。食物生产和原材料生产功能价值较小,不到10%,说明保护区生态系统的服务性功能远远大于生产性功能。

(4)受生态系统服务价值评估指标体系、评估方法限制,处理遥感数据过程中存在一定的误差,对典型生态系统生物量的修正过于主观。基于土地利用/覆盖变化,研究其对喀纳斯自然保护区生态系统服务价值的影响,仅是一个初步探讨。科学修订生态系统生物量与生态价值间的关系,明确生态服务价值与土地利用/覆盖变化的空间因素以及环境因素将是笔者的后续工作。

参考文献:

[1] 陈勇,曾向阳. 基于LUCC的区域生态系统服务价值评估研究——以湖北省大冶市为例[J]. 湖北农业科学, 2009,48(7):1780-1783.

[2] 田春,李世平. 西部地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以宝鸡市为例[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版),2010,23(3):340-346.

[3] 社会石,南颖,朱卫红. 图们江流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2010,40(3):671-680.

[4] 刘少博,徐立,王小凡,等. 土地利用变化对长沙市生态系统服务价值影响[J]. 湖南大学学报,2010,37(4):72-78.

[5] 万利,陈佑启,谭靖,等. 土地利用变化对区域生态系统

服务价值的影响——以北京市为例[J]. 地域研究与开发,2009,28(4):94-99.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-913.

[9] Costanza R, Arge R D. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature,1997,387:253-260.

[10] 潘耀忠,史培军,朱文泉,等. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量[J]. 中国科学 D 辑:地球科学,2004,41(4):375-384.

[11] 卢远. 吉林西部土地利用/土地覆盖变化及其生态效应[D]. 长春:吉林大学,2005:143-144.

[12] 吴建寨,李波,张新时,等. 天山北坡土地利用/覆被及生态系统服务功能变化[J]. 干旱区地理,2007,30(5):729-734.

[13] 曹生奎,曹广超,樊启顺. 陕西省榆林地区生态服务价值变化研究[J]. 国土与自然资源研究,2005(1):34-38.

[14] 张少伟,朱青,古杰. 区域生态系统服务价值对土地利用变化的响应——以秦皇岛市为例[J]. 山西师范大学学报(自然科学版),2010,24(3):110-119.

Effects of Land Use Change on the Service Value of Ecosystem in Kanas Natual Reserve

Li Cai<sup>a,b</sup>, Han Guihong<sup>b</sup>, Hymit · Yimit<sup>b</sup>, Li Xiaodong<sup>a,b</sup>

(a. College of Tourism; b. College of Resource & Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Use Landsat TM image interpretation data in 1980 and 2005, based on the Costanza method and modified the Chinese land ecosystem services unit area value proposed by XieGaodi, the service value coefficient of unit research area of ecosystem was confirmed. By the model of land use dynamic degree and the coefficient of sensibility, this paper analyzed the responses of ecosystem services value to change of land use. The results showed that the forest decreased, woodland, water area land increased slightly; the total ecosystem service value had decreased  $0.773 \times 108$  Yuan from  $26.79 \times 108$  Yuan of 1980 to  $26.02 \times 108$  yuan of 2005. The reduction of natural forest and the dramatic cover-high woodland were mainly responsible for the decrease of the ecosystem services value; the value of soil conservation, biodiversity protection, gas and climate regulation etal. had decreased in different level. The ecological environment of Kanas Natural Reserve was degraded constantly, it should take measures to protect the ecological environment and develop resources reasonably.

**Key words:** land use; ecosystem service value; Kanas Natural Reserve