

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

徐超平^{1,3}, 夏斌^{1,2}

1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中山大学海洋学院, 广东 广州 510275; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要: 东营市是新兴的石油资源城市, 土地利用/覆被变化剧烈且具有独特的区域特征。探讨该地区的土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响有着重要的现实意义。为此, 基于 RS 和 GIS 技术, 利用 Costanza 提出的生态系统服务价值评估方法, 研究了东营市 1986—2008 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。研究结果表明: (1)耕地是东营市主要的土地利用类型, 面积有所减少; 未利用地和次生盐碱地所占比重较大, 居民点及工矿用地大幅增加, 油田生产建设和生态环境保护矛盾非常突出。(2)生态系统服务价值减少了 6.68%。2008 年东营市提供的生态服务仍然以维护原材料、气体调节、食物生产、气候等为主, 而废物处理、水源涵养、生物多样性保护、土壤形成与保护和娱乐文化功能是比较弱的。今后应维护生物多样性保护和水源涵养功能, 防止土壤盐渍化, 提升区域生态系统服务功能;(3)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, 研究结果是可信的。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 资源型城市; 山东东营市

中图分类号: X24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5906(2010)12-2887-05

资源型城市是在开发利用能源、矿产资源基础上兴起的, 以消费一定数量的自然资源赖以生存发展起来的特殊城市类型, 具有强烈的资源指向性。资源型城市是土地利用/土地覆盖变化强烈的地区, 在发展过程中普遍存在着“三废”污染严重、大量占用和破坏土地、土地复垦率低、地质灾害及隐患严重、水资源破坏等生态环境问题非常突出, 严重制约着城市的转型和可持续发展。深入研究资源型城市土地利用变化对生态系统服务功能的影响, 进而有效地调控其土地利用方式, 是当前科学研究上一项极有意义的课题^[1-6]。为此, 基于 RS 和 GIS 技术, 利用 Costanza^[7]提出的生态系统服务价值评估方法, 研究东营市 1986—2008 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, 以期探索出资源型城市土地利用对生态服务价值的影响的一般规律, 以期为资源型城市土地可持续利用和生态环境保护提供一定的借鉴作用。

1 研究区域

东营市位于山东省北部黄河三角洲地区, 是新兴的石油工业城市。黄河流经全市 138 km, 海岸线长达 350 km, 土地总面积 7923 km², 地理位置为北纬 36°55′—38°10′, 东经 118°07′—119°10′, 属暖温带半湿润大陆性季风气候区, 全年平均气温 11.7—12.6 °C, 年均降雨量 530~630 mm, 70%集中在夏季, 降水年内分配极其不均, 土壤主要为潮土和盐土, 发育了广阔的河口新生湿地和滨海湿地, 常有旱、涝、风、雹、黄河凌汛、风暴潮、咸水入侵以

及土壤侵蚀等自然灾害, 是自然灾害的多发区, 生态环境脆弱。黄河三角洲是中国重要的石油和商品粮生产基地, 胜利油田在区域经济中起着支柱作用。2009 年年末户籍人口 184.59×10⁴ 人, 实现地区生产总值(GDP)2076.61×10⁸ 元, 人均生产总值 103246 元。然而, 随着经济社会的发展和资源开发的不断深入, 尤其是油田矿井及其相关产业在土地利用过程中, 使得区域生态环境的自净能力、抵抗能力和恢复能力逐渐减弱, 土壤盐碱化、地下水水位下降、黄河断流、生物多样性变化等生态环境问题日益突出, 该地区土地生态服务价值正遭到严重的威胁。

2 研究方法

2.1 研究方法

2.1.1 生态服务价值核算

计算区域生态系统服务价值的具体计算公式为^[7]:

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

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

(1)、(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}

基金项目: 广东省自然科学基金(9151063101000046); 广东省软科学项目(2008A070300001)

作者简介: 徐超平(1972 年生), 男, 工程师, 博士生, 主要从事区域资源环境学研究。E-mail: sdxcp@sina.com

收稿日期: 2010-10-28

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^[9]。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:

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

(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。

2.2 数据来源

1986 年和 1996 年的两期 1:100 000 数字化土地利用数据来源于中国科学院资源与环境数据中心。研究中 2008 年采用 Landsat 系列遥感数据 TM 影像。首先在 Erdas 环境下, 对影像进行预处理, 以经过几何精纠正后, 与 1986、1996 年的影像进行精确

的几何匹配; 其次, 运用 GPS, 到实地进行考察建立遥感解译标志。三是以 ArcGIS 为支撑, 按耕地、林地、草地、水域、建设用地(城乡、工矿、居民用地)以及未利用地等六个一级地类对 2008 年的遥感影像进行了人工目视解译, 2008 年的影像的解译是将 1996 年影像的解译结果与 2008 年的影像叠加, 提取并修改变化图斑, 从而得到土地利用/覆盖图(图 1)。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

由表 1, 1986—2008 年间, 东营市土地利用空间格局发生了巨大变化。居民工矿用地大幅增加, 数量净增 56 678.4 hm^2 , 年均变化率为 8.11%, 这是由于具有的独特性石油资源型城市城镇建设和重点建设项目等用地的增加的结果; 草地和林地的面积逐渐减少且比重偏小, 22 年间分别减少 17 214.6、5 942.8 hm^2 ; 耕地、未利用地比重长期以来都比较高, 耕地在 22 年间持续减少, 累计减少 37 626.1 hm^2 , 呈现出 1986—1996 年减少的速率快于 1996—2008 年的减少的速率, 变化逐渐趋于缓和, 这与国家出台严格的耕地制度, 大力开发利用荒草地在一定程度上延缓了耕地总面积的过快下降有关。1986—2008 年间, 水域面积变化波动较少, 22 年间共减少 1 133.7 hm^2 , 呈现出先期增加近期减少的趋势。

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

由表 2 显示, 东营市 1986—2008 年生态系统服务总价值是先增加后减少的, 但由于后 12 年的变化率远大于前 10 年, 所以 22 年来生态服务价值呈负增长。1986 年东营市的生态服务价值量为 $747 185 \times 10^4$ 元, 1996 年为 $770 154 \times 10^4$ 元, 2008 年

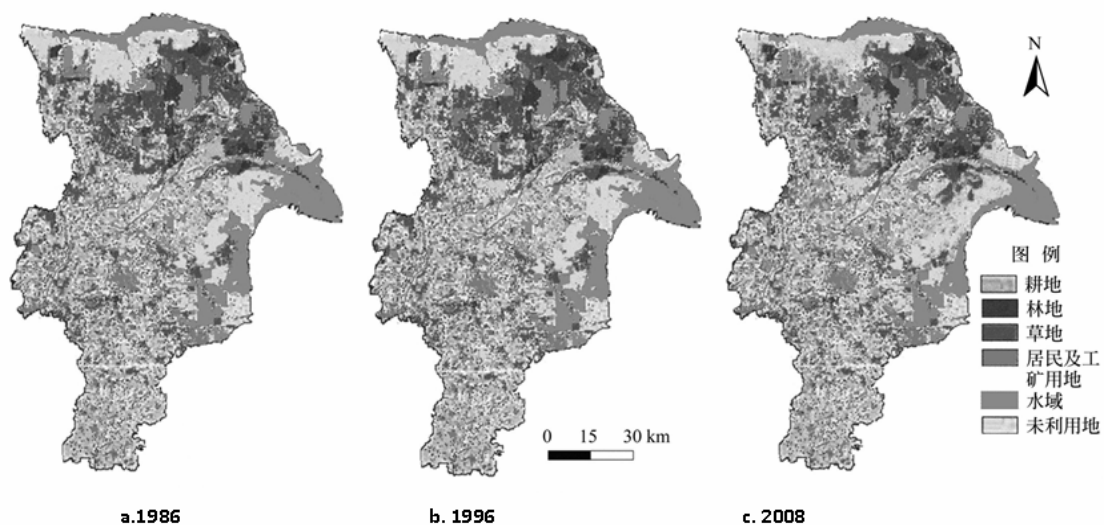


图 1 东营市 1986、1996 和 2008 年土地利用格局图

Fig.1 Land use map of Dongying city in 1986, 1996 and 2008

表1 东营市土地总体利用结构变化表
Table 1 The total land of Dongying is utilized structural analysis

类型	1986年面积/hm ²	1996年面积/hm ²	2008年面积/hm ²	1986—1996年 面积增减/hm ²	1996—2008年 面积增减/hm ²	1986—2008年 面积增减/hm ²
耕地	336 126.6	314 149.2	298 500.5	-21 977.5	-15 648.6	-37 626.1
林地	30 210.7	29 671.53	24 267.9	-539.2	-5 403.63	-5 942.8
草地	73 492.8	75 195.26	56 278.19	1 702.46	-18 917.1	-17 214.6
水域	105 263.2	114 299.4	104 129.5	9 036.18	-10 169.9	-1 133.7
建设用地	31 783.3	54 232.05	88 461.7	22 448.75	34 229.65	56 678.4
未利用地	215 449.1	204 753	220 662.2	-10 696.1	15 909.24	5 213.1

表2 东营市1986到2008年的生态系统服务价值
Table 2 Ecosystem service value of Dongying from 1986 to 2008

地类	1986年ESV (以10 ⁴ 计)/元	1996年ESV (以10 ⁴ 计)/元	2008年ESV (以10 ⁴ 计)/元	1986—1996年		1996—2008年		1986—2008年	
				△ESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%	△ESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%	△ESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%
耕地	205 518	192 080	182 512	-13 438	-6.54%	-9 568	-4.98%	-23 006	-11.19%
林地	58 409	57 367	46 920	-1 042	-1.78%	-10 447	-18.21%	-11 490	-19.67%
草地	4 708.3	48 174	36 055	1 091	2.32%	-12 119	-25.16%	-11 029	-23.42%
水域	428 173	464 929	423 561	36 756	8.58%	-41 367	-8.90%	-4 612	-1.08%
未利用地	8 002	7 605	8 195	-397	-4.96%	591	7.77%	194	2.42%
总计	747 185	770 154	697 243	22 969	3.07%	-72 911	-9.47%	-49 942	-6.68%

为 $697\,243 \times 10^4$ 元,。1986—1996 年间区内生态系统服务总价值量增加了 $22\,969 \times 10^4$ 元, 相对于 1986 年的总价值量而言, 增加了 3.07%; 1996—2008 年间区内生态系统服务总价值量减少 $72\,911 \times 10^4$ 元, 相对于 1996 年的总价值量而言, 减少了 9.47%; 1986—2008 年间区内生态系统服务总价值量增加 $49\,942 \times 10^4$ 元, 相对于 1986 年的总价值量而言, 减少了 6.68%。造成研究区生态系统服务总价值量最后减少的主要原因是东营市在 1996—2008 年单位面积生态系统服务价值较高的林地和草地面积的减少。

耕地的生态系统服务价值一直减少。1986—2008 年变化率为 -11.2%, 生态价值共减少了 $23\,006 \times 10^4$ 元, 2008 年耕地生态服务价值占总服务价值的 26.18%, 在各种土地利用类型中排名第二。

林地的生态系统服务价值逐渐减少, 尤其在后 10 年减少速度较快, 减少量达到 $10\,447 \times 10^4$ 元, 2008 年林地生态服务价值占总服务价值的 6.73%, 在各种土地利用类型中排名第三。

草地的生态服务价值呈现先增加后快速减少的趋势, 且减少率迅速增加, 变化率从前 10 年的 2.32% 减少至后 12 年的 25.16%, 22 年来生态服务价值减少 $11\,029 \times 10^4$ 元, 2008 年草地所产生的价值量仅占总量的 5.17%, 在各种土地利用类型中排名第四。

水域的生态服务价值变化呈现先增加后减少的趋势。22 年减少了 $4\,612 \times 10^4$ 元, 总变化率为 1.08%, 2008 年水域所产生的价值量为 $423\,561 \times 10^4$

元, 占总量的 60.75%, 在各种土地利用类型中排名第一。

未利用地的生态服务价值变化呈现先减少后增加的趋势。生态服务价值共增加 $1\,946 \times 10^4$ 元。

3.2.2 单项生态服务价值变化 (ESV_i)

由表3显示, 在1986—2008年间各单项生态系统服务价值均有所下降, 平均下降6.68%。其中, 水源涵养、废物处理和娱乐文化功能下降较缓和, 分别为 -3.12%、-4.33%、-2.69%; 其余原材料 (-17.18%)、气体调节 (-16.05%)、土壤形成与保护 (-14.74%)、气候调节 (-13.23%)、食物生产 (-11.62%)、生物多样性保护 (-8.76%) 等各项生态系统服务功能均有所明显下降, 变化率均在 -8.5% 以上。这主要是由于研究期间东营市主要的土地利用类型中, 耕地面积持续减少, 未利用地和次生盐碱地所占比重较大, 居民点及工矿用地大幅增加, 油田生产建设和生态环境保护矛盾突出, 油田及其相关产业的发展成为生态服务价值持续下降的主要原因, 从而使湿地生态系统功能减退、草地退化、土地盐碱化等生态环境问题日益严重。因此, 应调整用地结构, 在对宜农荒地等未利用土地的开发利用过程中, 必须充分考虑生态系统、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, 切实加强生态环境的保护。

3.2.3 生态服务价值构成分析

由图2显示, 2008年东营市提供的生态服务仍然以维护原材料、气体调节、食物生产、气候等为

表3 1986到2008年各项服务功能产生的服务价值
Table 3 Values of ecosystem services from 1986 to 2008

项目	1986年ESV (以10 ⁴ 计)/元	1996年ESV (以10 ⁴ 计)/元	2008年ESV (以10 ⁴ 计)/元	1986—1996年		1996—2008年		1986—2008年	
				ΔESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%	ΔESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%	ΔESV(以 10 ⁴ 计)/元	变化率/%
气体调节	29 429	28 410	24 705	-1 019	-3.46%	-3 705	-13.04%	-4 724	-16.05%
气候调节	43 825	42 469	38 025	-1 356	-3.09%	-4 444	-10.46%	-5 800	-13.23%
水源涵养	221 996	237 064	215 066	15 068	6.79%	-22 000	-9.28%	-6 930	-3.12%
土壤形成与保护	67 005	64 262	57 131	-2 743	-4.09%	-7 131	-11.10%	-9 874	-14.74%
废物处理	230 322	241 795	220 358	11 472	4.98%	-21 400	-8.87%	-9 964	-4.33%
生物多样性保护	66 592	66 889	60 761	297	0.45%	-6 129	-9.16%	-5 831	-8.76%
食物生产	33 084	31 250	29 239	-1 834	-5.54%	-2 011	-6.43%	-3 845	-11.62%
原材料	10 342	10 039	8 565	-303	-2.93%	-1 474	-14.68%	-1 777	-17.18%
娱乐文化	44 590	47 977	43 392	3 386	7.59%	-4 584	-9.56%	-1 198	-2.69%
总计	747 185	770 154	697 243	22 969	3.07%	-72 900	-9.47%	-49 942	-6.68%

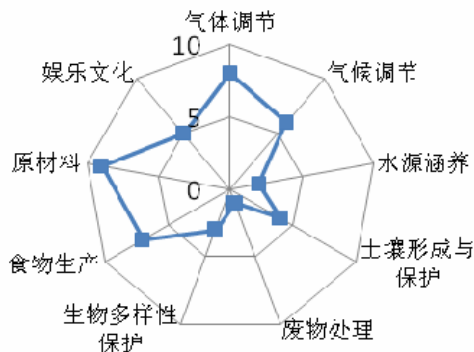


图2 2008年东营市生态系统服务价值构成

Fig.2 Structure of ecosystem service value in Dongying in 2008

主。而该区的废物处理、水源涵养、生物多样性保护、土壤形成与保护和娱乐文化功能是比较弱的。主要是由于人口的大规模聚集，城镇建设用地的激增，剧增的油井、高密度的井网等油田及其相关产业集中开发建设、不断开荒垦殖和放牧等，导致城市周边的绿地生态环境遭到破坏，当地的主要河流、水系、植被、土壤生态环境遭受严重污染，河流有的已失去水体功能，地下水超量开采，咸水南侵，植被退化、枯萎以致死亡，土地盐碱化和次生盐碱化日趋严重。因此，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功能，将生态系统改良与建设纳入生产领域，实现“生态建设产业化，产业发展生态化”，以保护生态环境健康发展，提高生态环境的服务能力，进而建立适合黄河三角洲可持续发展的土地利用模式。

3.2.4 敏感性分析

由图3显示，1986、1996、2008年的ESV对VC的敏感性指数都小于1，按从高到低排列，依次为水域、耕地、林地、草地、未利用地，其敏感性指数介于0.61~0.001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是缺乏弹性的，研

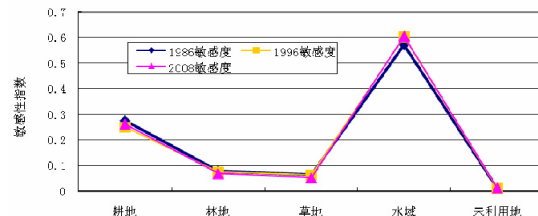


图3 ESV敏感性指数变化曲线

Fig.3 Change of Coefficients of Sensitivity

究结果是可信的。

4 结论

(1)对东营市1986—2008年间土地利用变化情况的分析表明，东营市在建设用地及居民点用地大幅增加，这是由于具有的独特性石油资源型城市城镇建设和重点建设项目等用地的增加的结果；草地和林地的面积逐渐减少且比重偏小，耕地、未利用地比重长期以来都比较高，耕地持续减少，维持生态稳定的草地、水域面积变化呈现出先期增加近期减少的趋势，这在今后的开发中应引起足够重视。

(2)对东营市生态系统服务价值的分析表明，在1986—2008年间各单项生态系统服务价值均有所下降，平均下降6.68%。2008年东营市提供的生态服务仍然以维护原材料、气体调节、食物生产、气候等为主，而废物处理、水源涵养、生物多样性保护、土壤形成与保护和娱乐文化功能是比较弱的。因此，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，建立适合黄河三角洲可持续发展的土地利用模式。

(3)敏感性分析的结果表明，研究区内的生态系统服务价值(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。

参考文献:

- [1] 马礼, 郭×104翠, 李敏. 沽源县生态系统服务价值变化研究[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2010, 31(3): 53-58.
MA Li, GUO Wancui, LI Min. The study on the change of ecosystem service value in Guyuan county[J]. Journal of capital, normal university: natural science edition, 2010, 31(3): 53-58.
- [2] 王雪梅, 柴仲平, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 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[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(3): 202-206.
WANG XUEMEI, TASHPOLAT·Tiyip, CHAI Zhongping, et al. Analysis of the ecosystem service function value and sensitivity in the delta oasis of the Weigan and Kuqa Rivers[J]. Agricultural research in the arid area, 2010, 28(3): 202-206.
- [3] 韦仕川, 吴次芳, 杨杨, 等. 基于RS和GIS的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研: 以东营市为例[J]. 水土保持学报. 2008, 22(1): 185-189.
WEI SHICHUAN, WU Cifang, YANG Yang, et al. Land use change and ecological security in Yellow River Delta based on RS and GIS technology—A case study of Dongying city[J]. Journal of soil and water conservation, 2008, 22(1): 185-189.
- [4] 叶廷琼, 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[J]. 生态科学, 2008, 27(2): 119-123.
YE YANQIONG, ZHANG Jiagong. Impact of land-use changes on the ecosystem service value in Guangzhou city[J]. Ecological science, 2008, 27(2):119-123.
- [5] 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.
YUE SHUPING, ZHANG Shuwen, YAN Yechao. Impacts of land use change on ecosystem services value in the northeast china transect (NECT)[J]. Acta geographica sinica, 2007, 62(8): 879-886.
- [6] 臧淑英, 黄樨, 郑树峰. 资源型城市土地利用变化的景观过程响应: 以黑龙江省大庆市为例[J]. 生态学报. 2005, 25(7): 1699-1706.
ZANG SHUYING, HUANG Xi, ZHENG Shufeng. Landscape processing response analysis on landuse development trend of natural resources based city: a case study in Daqing city[J]. Acta ecologica sinica, 2005, 25(7): 1699-1706.
- [7] Costanza. R.D. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997(387): 253-260.
- [8] 王中根, 夏军, 刘昌明, 等. 分布式水文模型的参数率定及敏感性分析探讨[J]. 自然资源学报, 2007, 22(4): 649-655.
WANG ZHONGGEN, XIA Jun, LIU Changming, et al. Comments on sensitivity analysis and calibration of distributed hydrological model[J]. Journal of natural resources, 2007, 22(4):649-655.

Land use changes and its influences on ecosystem service value of resources-based city

XU Chaoping^{1,3}, XIA Bin^{1,2}

1. Guangzhou Institute of Geochemistry; CAS; Guangzhou 510640, China; 2. Sun Yat-sen University; School of ocean; Guangzhou 510275, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; China.

Abstract: Being the key nature asset that human owns, ecosystem service is the basic condition for human's existence and development. The changes of land use and land cover play the determining role of maintaining ecosystem service function. The research of the land use /land cover changes and their ecological effects in asset-based city drew great attention. Based on RS and GIS, the framework of ecosystem service value evaluation proposed by Costanza, and the unit value-based method for ecosystem service assessment proposed by Xie, this paper studied on the dynamic change situation of service value on ecosystem and the changes of land use from 1986 to 2008. The result shows that: (1) Land use structure had changed dramatically from 1986 to 2008. Cultivated land was dominating land use pattern which decreased. Unexploited land alkali or sandy lands take up the great of proportion. Construction land had increased greatly. Contradiction exists between oil production and ecological environment protection. (2) the ecosystem service value across the study area has been reduced by 6.68% at the same period. The ecosystem service value which provided by Dongying in 2008 is still keep on maintaining raw material supplying service, gas regulating service, food production supplying service, climate regulating service as major pattern. But waste treatment supplying service, source of water self-restraint supplying service, biodiversity conservation regulating service, soil forming and conservation regulating service and entertainment culture supplying service are as not strong as the major pattern. It was suggested that protection of biodiversity and water conservation functions should be placed much more emphasis, preventing the area from a series of eco-environmental problems, like grassland deterioration and desertification, shrinking of lakes and wetlands, soil erosion and salinization caused by irrational development modes. (3)The sensitivity analysis showed that the ecosystem service value (ESV) lacks of flexibility, indicating that the results of ecosystem service value evaluation are reliable.

Key words: land use change; ecosystem service value; asset-based city; Dongying