沧州渤海新区土地利用总体规划实施的生态效应评估

张军辉[1]，岳永兵[2]，彭云伟[3]，王振雄[1]，郭文贺[1]

(1.河北省地矿局第四水文工程地质大队，河北 沧州 061000；
2.中国国土资源经济研究院，北京 101149；3.河北省制图院，河北 石家庄 050031)

摘　要：[目的] 定量分析土地利用总体规划实施过程对生态环境的影响，预防或减轻规划实施过程中产生的不良环境影响. [方法] 以河北省沧州市渤海新区为研究区，以土地利用规划数据和 2009—2013 年土地利用现状数据为基础，采用生态系统服务价值评估方法、敏感性指数、灰色预测模型，分析研究区 2009—2013 年土地利用及其生态系统服务价值的变化，预测 2015 和 2020 年生态系统服务价值，并与规划目标进行比较。[结果] (1) 2009—2013 年，研究区建设用地增加量已经超过规划期建设用地的增加总量，生态系统服务价值减少了 1.11×10^7 元，说明规划实施过程中过于重视经济效益，而忽视了生态效益；(2) 预测结果显示，到 2020 年生态系统服务价值减少 7.08×10^7 元，规划实施过程中，研究区生态系统服务功能在逐渐减弱。[结论] 当地政府应高度重视规划实施过程中生态环境退化的问题，并采取积极有效的措施，促进经济建设与生态环境保护协调发展。

关键词：生态系统服务价值；敏感性；土地利用总体规划；沧州渤海新区

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2016)01-0287-05　　**中图分类号**：F301.24

文献参数：张军辉，岳永兵，彭云伟，等. 沧州渤海新区土地利用总体规划实施的生态效应评估[J]. 水土保持通报，2016，36(1)：287-291. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.051

Evaluation on Ecological Effects of Implementation of Comprehensive Land Use Planning in Bohai New Area in Cangzhou City

ZHANG Junhui[1], YUE Yongbing[2], PENG Yunwei[3], WANG Zhenxiong[1], GUO Wenhe[1]

(1. *The Fourth Hydrogeology and Engineering Geology Team of Hebei Geological and Mineral Resource Bureau, Cangzhou, Hebei* 061000, *China*; 2. *Chinese Academy of Land and Resource Economics, Beijing* 101149, *China*; 3. *Hebei Provincial Institute of Cartography, Shijiazhuang, Hebei* 050031, *China*)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to evaluate the impacts of the comprehensive land use planning on the ecological environment in order to prevent and alleviate the adverse environmental impacts during the project implementation processes. [Methods] The Bohai new area in Cangzhou City of Hebei Provine was selected as the study area. Based on the land use planning data and the existed land use data from 2009 to 2013, the ecosystem service value assessment method was used, and the sensitivity index and grey prediction models were employed. The changes in land use and ecosystem service value were analyzed from 2009 to 2013 in the study area. The value of ecosystem service in the year of 2015 and 2020 was predicted, and compared with the planning data. [Results] (1) From 2009 to 2013, the area of the construction land has greatly exceeded the total area of the planned construction land, and the ecosystem service value decreased by 1.11×10^7 yuan. This indicated that economic benefits were overemphasized, whereas the ecological benefits were neglected during the project implementation processes. (2) The prediction results showed that the ecosystem service values were expected to be reduced by 7.08×10^7 in 2020 and the ecosystem service function in the study area were expected to be weakened. [Conclusion] The local government should pay more attention on the eco-environment degeneration issues during the project implementation processes, and take positive and effective measures to improve the relationship between economic development and eco-environment protection.

Keywords: **ecosystem services value; sensitivity; general land use planning; Bohai new area in Cangzhou City**

收稿日期：2015-08-09　　**修回日期**：2015-10-20

第一作者：张军辉(1983—)，男(汉族)，河北省成安县人，硕士，工程师，主要从事土地规划、调查与评价研究。E-mail：zhangjunhui0711@163.com。

土地利用总体规划是在一定地域范围内,根据国家社会经济可持续发展的要求和自然经济条件,对土地资源开发、利用、整治、保护所做的总体部署和安排[1]。土地利用总体规划作为土地利用管理工作的"龙头",其核心内容是确定或调整土地利用结构和用地布局[2]。土地利用总体规划的实施必将使土地利用类型在数量上和空间布局上发生变化,从而对土地生态系统服务的能力和强度产生影响。《规划环境影响评价条例》的颁布和实施,使得土地利用规划环境影响评价进一步成为研究热点[3],而定量分析土地利用总体规划实施过程对生态环境的影响更值得人们关注。

生态系统服务价值是指由自然生态系统的生境、物种、生物学状态和生态过程所产生的物质及其所维持的良好生态环境对人类提供的服务功能,即人类从生态系统中获得的效益[4-5]。生态系统服务功能价值理论阐明了生态系统的各种服务功能及其价值的量化方法[6],被广泛地应用于土地利用总体规划的环境影响评价中,通过计算土地生态系统服务价值并分析其变化趋势,来定量分析土地利用总体规划对生态环境的影响,例如唐弢[7]、周嘉[8]、陈颖[9]等所做的基于生态系统服务价值的土地利用规划环境影响评价研究,实现了土地利用总体规划环境影响评价的定性分析与定量评价相结合。目前,生态系统服务价值在土地利用规划环境影响评价中的应用研究多集中于通过分析规划实施前后对生态服务价值的影响,来评价土地利用规划的合理性,对于土地利用规划实施过程引起的生态系统服务价值变化的研究尚不多见。

在前人研究成果的基础上,本文以沧州渤海新区为研究区,拟对该地区新一轮土地利用总体规划实施引起的生态系统服务价值变化进行分析,预测规划期末生态系统服务价值,并与规划生态系统服务价值进行对比分析。通过对规划实施过程进行跟踪监测,了解规划实施对生态环境的影响状况,以期及早地预防或减轻规划实施过程中产生的不良环境影响,对于优化土地利用结构和布局,实现土地资源的可持续利用具有重要的现实意义。

1 研究区概况

沧州渤海新区地处环渤海中心地带,位于河北省沧州市东部,地处黑龙港流域下游的河海淤积平原,地势较平坦,在历史上系退海之地,东北侧为黄海故道入海口,属淤积型滨海平原,地势由西南向东北倾斜,海拔一般3~3.5 m,最高点7.7 m,最低点2.9 m,范围介于北纬38°15′—38°35′,东经117°17′—117°55′,土地总面积673.86 km^2。属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,春秋多风沙,夏季潮湿多雨,冬季寒冷干燥,年均降水量600 mm,无霜期206 d,年平均气温12.1 ℃,主导风向冬季为西北风,夏季为西南风。下辖黄骅港区、中捷产业园区、南大港产业园区。其中,中捷产业园区和南大港产业园区南北相邻。西至沧州市中心60 km,与辽东半岛和山东半岛隔海相望,北距天津市100 km,距北京230 km,距省会石家庄300 km。有黄骅港连接海上交通,东距韩国仁川港1 187.79 km,日本九州港1 666.80 km,是港口腹地对接国际市场的重要通道,是环渤海经济圈中极具活力的地区和经济交往的前沿。

2 研究方法与数据来源及预处理

2.1 研究方法

2.1.1 *生态系统服务价值评估* 采用Costanza[10]的生态系统服务价值计算方法,参考谢高地等[11]学者制定的中国不同省份农田生态系统当量因子表,对中国生态系统服务价值进行了区域修正(沧州渤海新区参照河北省的修正系数1.02)。针对沧州渤海新区的实际情况对自然粮食产量的经济价值进行修正:以沧州渤海新区近三年平均粮食产量5 392.94 kg/hm^{2}为基准单产,平均粮食价格2.37元/kg为粮食单价进行计算,参考肖玉等[12]关于在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的1/7的方法,得出沧州渤海新区农田自然粮食产量的经济价值为1 825.89元/hm^2。

计算生态系统服务价值时,做以下处理,以保持土地利用分类的一致性:耕地、林地、牧草地、水域、未利用地分别对应农田、森林、草地、水体、荒漠,园地取林地和草地的平均值,建设用地和其他农用地参照Costanza的研究成果,赋值为零。由此计算出沧州渤海新区不同生态系统单位面积生态服务价值(表1)。根据表1对沧州渤海新区生态系统服务价值进行评估,计算公式为:

$$ESV=\sum_{i=1}^{6}VC_i\times A_i \quad (i=1,2,\cdots,6) \qquad (1)$$

式中:ESV——区域生态系统服务总价值(元);VC_i——i种土地利用类型生态服务功能的单价(元/hm^2);A_i——i种土地类型的面积(hm^2)。下同。

2.1.2 *敏感性分析方法* 为了分析生态系统服务价值对生态价值系数的敏感程度,引入敏感性系数(CS)[13]。当CS>1时,表明生态系统服务价值对生

态价值系数是缺乏弹性的,当 CS<1 时,表明生态系统服务价值对生态价值系数是富有弹性的,其计算公式如下:

$$CS=\left|\frac{(ESV_q-ESV_p)/ESV_p}{(VC_{qi}-VC_{pi})/VC_{pi}}\right| \quad (2)$$

式中:p,q——生态价值系数调整前后的价值。

表 1　沧州渤海新区不同生态系统单位面积生态系统服务价值　　元/hm²

服务功能	面积生态系统服务价值					
	耕 地	园 地	林 地	牧草地	水域	未利用地
气体调节	912.95	3 848.69	6 265.31	1 432.07	0.00	0.00
气候调节	1 625.04	3 222.16	4 833.24	1 611.08	823.44	0.00
水源涵养	1 095.53	3 580.18	5 728.28	1 432.07	36 482.00	53.70
土壤形成与保护	2 665.80	5 236.01	6 981.34	3 490.67	17.90	35.80
废物处理	2 994.46	2 345.02	2 345.02	2 345.02	32 543.80	17.90
生物多样性保护	1 296.38	3 893.44	5 835.69	1 951.20	4 457.32	608.63
食物生产	1 825.89	358.02	179.01	537.03	179.01	17.90
原材料	182.59	2 371.87	4 654.23	89.50	17.90	0.00
娱乐文化	18.26	1 181.46	2 291.31	71.60	7 768.98	17.90
合 计	12 616.90	26 036.83	39 113.43	12 960.24	82 290.36	751.84

2.1.3　灰色预测模型 GM(1,1)　鉴于灰色预测模型所需数据量少、预测准确、精度高、检验方便等特点,本文采用灰色模型 GM(1,1)[14]对研究区 2015 年和 2020 年各类土地利用面积进行预测,进而对 2015 和 2020 年的生态系统服务价值进行分析。灰色 GM(1,1)模型的标准型公式为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt}+ax^{(1)}=u \quad (3)$$

$$x^{(1)}=\left[x^{(0)}(1)-\frac{u}{a}\right]e^{-at}+\frac{u}{a} \quad (4)$$

式中:a,u——待确定的参数;t——时间。

本文采用后验差检验方法检验 GM(1,1)模型的精度和可靠性。后验差比值 C 和小误差频率 P 分别定义如下:

$$C=\frac{S_1}{S_2},\ P=\{\,|\delta_k-\bar{\delta}|<0.674\,5S\} \quad (5)$$

式中:S_1——预测数据标准差;S_2——原始数据标准差;δ_k——预测数据误差;$\bar{\delta}$——预测误差的平均值;C——预测值与实际值之差的离散程度,越小越好。

2.2　数据来源及预处理

本研究采用的土地面积数据来源于沧州渤海新区 1∶10 000 土地利用现状数据(2009—2013 年)(表 2)以及《沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)》数据(表 3),社会经济数据来源于 2011—2013 年沧州市统计年鉴。按照土地利用现状分类与土地利用规划分类的对应关系,将土地利用现状数据重新归并为:耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地、建设用地、水域和未利用地这 8 种土地利用类型。

表 2　2009－2013 年沧州渤海新区土地利用现状数据　　hm²

土地利用类型	各类土地面积					2009—2013 年土地利用面积变化
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	
耕 地	15 851.51	16 004.83	16 142.47	16 149.20	16 143.10	291.59
园 地	344.06	344.13	344.09	341.79	341.79	−2.27
林 地	121.53	121.60	121.37	120.30	120.30	−1.23
牧草地	19.60	19.60	19.60	19.60	19.38	−0.22
其他农用地	6 709.86	6 435.72	6 302.85	6 297.05	6 311.62	−398.24
建设用地	21 286.29	21 571.45	22 020.86	22 250.20	22 412.64	1 126.35
水 域	11 005.22	10 984.79	11 019.10	10 930.44	10 834.17	−171.05
未利用地	12 047.77	11 903.72	11 415.50	11 277.26	11 202.84	−844.93

3　结果与分析

3.1　2009－2013 年土地利用及其生态系统服务价值变化分析

3.1.1　2009—2013 年土地利用变化分析　从表 2 和表 3 可以看出:本轮规划实施至 2013 年,耕地和建设用地面积分别增加 291.59,1 126.35 hm²,园地、林地、牧草地、其他农用地、水域和未利用地面积分别减少 2.27,1.23,0.22,398.24,171.05,844.93 hm²,与规划相比,林地、牧草地和水域非但没有增加,反而呈

现减少的趋势，而建设用地的增加量已经超过整个规划期的建设用地增加总量(1 086.84 hm^2)。

以上结果表明生态环境建设并没有得到有关部门的足够重视，社会经济的高速发展使得沧州渤海新区的建设用地出现过快增长的趋势，《沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)》并没有得到很好的实施。

3.1.2 2009—2013 年生态系统服务价值变化分析

根据公式(1)计算研究区 2009—2013 年生态系统服务价值，结果见表 4。

表 3 沧州渤海新区土地利用规划数据 hm^2

土地利用类型	各类土地面积			2009—2020 年土地利用面积变化
	2009 年	2015 年	2020 年	
耕 地	15 851.51	14 945.88	14 719.47	−1 132.04
园 地	344.06	159.95	113.92	−230.14
林 地	121.53	2 008.64	2 480.42	2 358.89
牧草地	19.60	920.85	1 146.16	1 126.56
其他农用地	6 709.86	6 358.93	6 271.20	−438.66
建设用地	21 286.29	22 155.76	22 373.13	1 086.84
水 域	11 005.22	11 463.52	11 578.09	572.87
未利用地	12 047.77	9 372.31	8 703.45	−3 344.32

表 4 2009−2013 年沧州渤海新区生态系统服务价值变化

土地类型	生态系统服务价值/10^4 元					2009—2013 年生态系统服务价值变化	变化率/%
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年		
耕 地	19 999.69	20 193.13	20 366.79	20 375.28	20 367.59	367.90	1.84
园 地	895.82	896.01	895.90	889.91	889.91	−5.91	−0.66
林 地	475.36	475.62	474.72	470.53	470.53	−4.81	−1.01
牧草地	25.40	25.40	25.40	25.40	25.12	−0.29	−1.12
水 域	90 562.35	90 394.23	90 676.57	89 946.98	89 154.77	−1 407.58	−1.55
未利用地	905.80	894.97	858.26	847.87	842.27	−63.53	−7.01
合 计	112 864.41	112 879.35	113 297.64	112 555.98	111 750.19	−1 114.21	−0.99

从表 4 可以看出：规划实施至 2013 年，沧州渤海新区的生态系统服务总价值减少 1.11×10^7 元，其中，除耕地的生态价值增加 3.68×10^6 元外，其他土地类型的生态价值均有所减少，水域减少最多，达 1.41×10^7 元，变化率最大的为耕地 1.84%，最小的为园地−0.66%，生态系统服务总价值整体呈现减少的趋势，说明沧州渤海新区的生态系统服务功能在逐渐减弱，主要是由于生态系统服务价值较高的水域面积大量减少所造成的。从生态系统服务价值的变化趋势来看，沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)执行的并不好，没有将生态环境建设作为一项重要工作来抓。

3.2 敏感性分析

根据公式 2，将各土地类型的生态价值系数分别上下调整 50%，计算敏感性指数，结果见表 5。

从表 5 可以看出，ESV 对 VC 的敏感性指数均小于 1，且水域＞耕地＞园地＞未利用地＞林地＞牧草地。水域的敏感性指数为 0.797 8～0.802 4，表明水域的生态价值系数增加 1%时，总价值将增加 0.797 8%～0.802 4%。说明研究区 ESV 对 VC 缺乏弹性，生态系统服务价值估算结果可信。

表 5 生态系统服务价值敏感性指数变化

土地类型	敏感性指数				
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
耕 地	0.177 2	0.178 9	0.179 8	0.181 0	0.182 3
园 地	0.007 9	0.007 9	0.007 9	0.007 9	0.008 0
林 地	0.004 2	0.004 2	0.004 2	0.004 2	0.004 2
牧草地	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2
水 域	0.802 4	0.800 8	0.800 3	0.799 1	0.797 8
未利用地	0.008 0	0.007 9	0.007 6	0.007 5	0.007 5

3.3 2015−2020 年土地利用面积及其生态系统服务价值预测

以沧州渤海新区 2009—2013 年土地利用现状数据为基础，建立研究区各土地利用类型的 GM(1,1)灰色预测模型，预测 2015 年和 2020 年各土地利用类型的面积(用 Excel 编制 GM(1,1)模型动态电子表格进行测算)[15]，进而计算其生态系统服务价值(表 6)。

表 6　2015 年、2020 年生态系统服务价值预测值及其变化情况

土地类型	生态系统服务价值/10^4 元			精度检验		2009—2020 年变化量/10^4 元	变化率/%
	2009 年	2015 年	2020 年	P	C		
耕地	19 999.69	23 334.96	23 278.18	1.00	0.03	3 278.49	16.39
园 地	895.82	830.58	812.35	1.00	0.02	−83.47	−9.32
林 地	475.35	418.51	402.87	1.00	0.03	−72.48	−15.25
牧草地	25.40	24.62	24.62	1.00	0.01	−0.78	−3.06
水 域	90 562.35	83 195.55	80 973.71	1.00	0.02	−9 588.64	−10.59
未利用地	905.80	379.60	291.86	1.00	0.18	−613.93	−67.78
合 计	112 864.41	108 183.82	105 783.60	—	—	−7 080.81	−6.27

由表 6 可知:2015 年和 2020 年沧州渤海新区的生态系统服务价值分别为 1.08×10^9 和 1.06×10^9 元,2020 与 2009 年相比,生态系统服务价值下降了 7.08×10^7 元,降幅为 6.27%,其中,耕地生态系统服务价值增加 3.28×10^7 元元,变化率为 16.39%,水域生态系统服务价值减少最多,减少量达 9.59×10^7 元,变化率为−10.59%,其次为未利用地,减少量为 6.14×10^6 元,变化率为−67.78%,园地、林地、牧草地的减少量分别为 8.34×10^5,7.25×10^5 元和 $7.78/\times10^8$ 元,变化率分别为−9.32%,−15.25%和−3.06%。

依据灰色 GM(1,1)模型的预测精度等级评定标准[14,16],对预测模型进行精度评定,当 $P\geqslant0.95$ 且 $C<0.35$时,模型精度高(一级);当 $P\leqslant0.75$ 且 $C>0.65$时,模型精度不合格(4 级)。由表 6 可知,预测模型的后验差比值 $P_i=1>0.95$,$C_i\leqslant0.18<0.35$,模型预测精度高,预测结果可信。

3.4　生态系统服务价值实际变化与规划目标比较分析

由表 3 数据计算研究区各土地利用类型的规划生态系统服务价值,将 2009—2020 年各土地利用类型生态系统服务价值实际变化值与规划目标进行比较,可以看出:规划确定的林地、牧草地和水域的生态系统服务价值的变化趋势为“增加”,耕地、园地和未利用地的生态系统服务价值的变化趋势为“减少”;而实际变化中耕地的生态系统服务价值为“增加”,其他均为“减少”。耕地、林地、牧草地和水域的生态系统服务价值实际变化趋势与规划均不相符。从各土地类型生态系统服务价值的变化趋势看,沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)实施状况并不好。

将 2015 和 2020 年研究区实际生态系统服务总价值与规划目标进行比较(表 7),可以看出:2020 年研究区实际生态系统服务价值比 2020 年规划值减少了 2.02×10^8 元,比 2009 年生态系统服务价值减少了 7.08×10^7 元;2015 年研究区实际生态系统服务价值比 2015 年规划值减少了 1.52×10^8 元,比 2009 年生态系统服务价值减少了 4.68×10^7 元。规划生态系统服务总价值增加,而实际生态系统服务总价值减少,说明沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)的实施非但没有取得良好的生态效应,反而加剧了生态环境恶化。

表 7　研究区实际生态系统服务价值与规划目标比较

项 目	生态系统服务价值/10^4 元				
	2009 年	2015 年	2020 年	2015—2009 年	2020—2009 年
实际值	112 864.41	108 183.82	105 783.60	−4 680.58	−7 080.81
规划值	112 864.41	123 361.81	125 986.12	10 497.40	13 121.71

4　结 论

通过分析沧州渤海新区 2009—2013 年土地利用及其生态系统服务价值变化,预测规划期内生态系统服务价值实际变化情况,并与规划目标进行比较,从生态系统服务价值的角度,对沧州渤海新区土地利用总体规划(2010—2020 年)实施过程的生态效应进行了定量评价。结果表明:规划实施过程中过于重视经济发展而忽视了环境保护,沧州渤海新区经济的高速发展是以牺牲环境为代价的,造成了“经济增长”与“环境建设”协调发展的矛盾。这应当引起当地政府的高度重视,加强土地利用总体规划的规范管理,维护规划的严肃性和纲性,建立土地利用总体规划实施环境效应的动态监测机制,对其环境效应进行实时监控,采取节约集约利用土地,严格控制建设用地规模,优化农业用地内部结构,加强生态公益林建设和湿地保护等一系列有效措施及时调整土地利用结构,提高生态系统服务功能,协调好经济发展与生态环境保护的关系,促进区域可持续发展。

(下转第 297 页)

[21] 刘志刚,马钦彦.华北落叶松人工林生物量及生产力的研究[J].北京林业大学学报 1992,5(4) ;76-79.
[22] 刘兴良,郝晓东,杨冬生,等.卧龙巴郎山川滇高山栎灌丛地上生物量及其模型[J].生态学杂志,2006,25(5):487-491.
[23] 冯耀宗.物种多样性与人工生态系统稳定性探讨[J].应用生态学报,2003,14(6):853-857.
[24] 黄建辉.物种多样性与生态系统功能:影响机制及有关假说[J].生物多样性,2001,9(1):1-7.
[25] 龙成昌,陈训.花江峡谷地区顶坛花椒生长状况与土壤条件相关分析[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2003,21(3):102-104.
[26] 纪永福,李强民,张锦春,等.民勤不同立地条件下人工梭梭林生长状况研究[J].甘肃林业科技,2010,35(3):1-6.
[27] 方乐金,曹健康.立地条件对 9 a 生毛竹实生林主要生长指标的影响[J].世界竹藤通讯,2009,7(3):22-25.
[28] 龙成昌,陈训.花江峡谷地区顶坛花椒生长状况与土壤条件相关分析[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2003,21(3):102-104.
[29] 王娟,陈云明,曹扬,等.子午岭辽东栎林不同组分碳含量与碳储量[J].生态学杂志,2012,31(12):3058-3063.
[30] 张颖,吴丽莉,苏帆,等.我国森林碳汇核算的计量模型研究[J].北京林业大学学报,2010,32(2):194-200.
[31] 詹鹏,欧国腾,陈介南.罗甸县麻疯树能源林的碳汇功能[J].经济林研究,2013,31(3):147-149.
[32] 张晓珊,任朝辉.贵州喀斯特峡谷退耕还林示范区生态经济效益监测与评价初探[J].贵州林业科技,2006(4):42-46.
[33] 胡会峰,王志恒,刘国华,等.中国主要灌丛植被碳储量[J].植物生态学报,2006,30(4) 539-544.
[34] Woodwell G M, Whittaker R H, Reiners W A, et al, DelwicheCC, Botkin DB(1978). The biota and the world carbon budget[J]. Science, 1998(199):1441-1446.
[35] 陈遐林,马钦彦,康峰峰,等.山西太岳山典型灌木林生物量及生产力研究[J].林业科学研究,2002,15(3):304-309.

(上接第 291 页)

[参 考 文 献]

[1] 吴次芳,潘文灿.国土规划的理论与方法[M].北京:科学出版社,2003.
[2] 晏晓红.土地利用总体规划实施评价[D].武汉:武汉大学,2005.
[3] 刘转花,林爱文,陈娜.基于生态系统服务价值的天门土地利用总体规划环境影响评价研究[J].国土与自然资源研究,2014(2):13-16.
[4] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等.中国草地生态系统服务功能间接值评价[J].生态学报,2004,24(6):1101-1110.
[5] 戴星翼,俞厚未,董梅.生态服务的价值实现[M].北京:科学出版社,2005.
[6] 吴克宁,赵珂,赵举水,等.基于生态系统服务功能价值理论的土地利用规划环境影响评价:以安阳市为例[J].中国土地科学,2008(02):23-28.
[7] 唐弢,朱坦,徐鹤,等.基于生态系统服务功能价值评估的土地利用总体规划环境影响评价研究[J].中国人口·资源与环境,2007,17(3):45-49.
[8] 周嘉,高丹,常琳娜.生态系统服务功能评估在土地利用总体规划环境影响评价中的应用:以黑龙江省大庆市为例[J].经济地理,2011,31(6):1014-1018.
[9] 陈颖,石培基,赵峥,等.基于生态服务价值核算的土地利用总体规划生态效益评价:以甘肃省民乐县为例[J].土壤通报.2013,44(3):532-536.
[10] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997(387):253-260.
[11] 谢高地,肖玉,甄霖,等.我国粮食生产的生态服务价值研究[J].中国生态农业学报,2005,13(3):10-13.
[12] 肖玉,谢高地,安凯.莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J].应用生态学报,2003,14(5):676-680.
[13] 郭荣中,杨敏华.长株潭地区生态系统服务价值分析及趋势预测[J].农业工程学报,2014,30(5):238-246.
[14] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.
[15] 严明,廖铁军.基于 Excel 的灰色预测模型在土地利用规划中的应用[J].安徽农业科学,2007,35(12):3627-3628.
[16] 傅立.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学技术出版社,1992.