

# 基于生态系统服务价值的固原市 市辖区土地利用规划环境影响评价<sup>\*</sup>

王亚娟<sup>1,2</sup>, 刘小鹏<sup>1</sup>, 赵大磊<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学 草业科学研究所, 银川 750021)

**摘 要:** 以生态服务价值理论为指导, 从生态系统服务总价值、土地利用变化动态度和生态价值敏感度等方面评价固原市市辖区土地利用规划(2006–2020 年)对区域生态环境的影响。结果表明, 虽然耕地、园地和林地 in 规划期内生态系统服务价值都呈增长趋势, 但区域生态系统服务总价值却减少 2 131 万元, 土地利用规划对生态环境产生了负面影响。固原市市辖区是宁夏南部山区唯一的重点开发区, 城市化和工业化进程将得到进一步加快, 建设用地的增长成为必然。在规划地制定过程中, 要坚持因地制宜、统筹兼顾, 集中布局建设用地, 推进节约集约用地。

**关键词:** 土地利用规划; 环境影响评价; 生态系统服务价值; 固原市市辖区

中图分类号: F301.24; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0222-05

## Environment Impact Assessment of Guyuan Municipal Districts Land Use Program Based on Ecosystem Services Value

WANG Ya-juan<sup>1,2</sup>, LIU Xiao-peng<sup>1</sup>, ZHAO Da-lei<sup>1</sup>

(1. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Patraculture Science Institute, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** With the guidance of the Ecosystem Services Value theory, the article assesses the impact of regional ecological environment of Guyuan municipal districts land use program(2006–2020) from the aspect of Ecological Services total Value, dynamic degree of land use change, sensitivity of ecological value etc. The research results show that although the Ecological Services Value of farmland, garden plot and woodland will increase in the planning period, the Ecosystem Services total Value will decrease by 2 131 million yuan, the land use program bring negative impact on ecological environment. Guyuan municipal districts is the only key development zone in the south of Ningxia, the process of urbanization and industrialization will be further accelerated, the growth of construction land become a necessity. During the process of making plan, we should take all factors into account, focus on the layout of land for construction, promote conservation and intensive land use according to local conditions.

**Key words:** land use program; environment impact assessment; Ecosystem Services Value; Guyuan municipal districts

土地利用规划环境影响评价已成为战略环境影响评价(SEA)的重要内容之一, 但由于研究对象的复杂化和多样化, 还没有形成一个成熟的、实用的、统一的、有效的土地利用规划环境影响评价工作程序和方法体系<sup>[1-3]</sup>。土地利用规划地实施, 将会对不

同规划年(近期目标年、中期目标年、规划目标年)的农用地、建设用地和其他用地结构产生不同影响, 而引起各种生态系统类型、面积以及空间分布的变化, 直接导致各地类生态系统服务价值的变化。目前, 生态系统服务价值方法成为生态学研究不同

\* 收稿日期: 2009-11-12

基金项目: 宁夏“十二五”规划前期重大问题研究项目(09NXFGY005)

作者简介: 王亚娟(1978–), 女, 陕西咸阳人, 讲师, 博士研究生, 从事环境规划与环境影响评价方面的教学和研究工作。E-mail: wangyj@nxu.edu.cn

空尺度土地利用/覆盖变化(LUCC)、区域可持续发展、环境保护等较成熟的方法,其研究结论和成果为环境决策和管理服务提供了科学依据。运用生态系统服务价值方法,结合研究区各地类生态系统的单位面积服务功能价值和不同规划年各地类的面积变化,分析和评价新一轮土地利用规划实施前后生态系统服务功能价值的变化,预测规划实施可能产生的生态环境影响,无疑具有可行性和可操作性。

在宁夏主体功能区规划中,固原市市辖区成为宁夏南部山区唯一的重点开发区,新一轮土地利用规划正是在此背景下开展的。固原市市辖区虽然是重点开发区,但同时是宁南山区水土流失严重区和生态环境脆弱区。新一轮土地利用总体规划的实施,必将影响农用地(耕地、园地、林地和牧草地)、建设用地(城镇及工矿用地、交通用地和水利设施用地)和未利用土地等土地利用格局,进一步影响上述各地类和整个区域生态系统服务功能。

1 研究区概况

固原市市辖区位于宁夏南部山区清水河上游的六盘山东北麓,位于东经 105°58′-106°33′,北纬 35°44′-36°31′,现辖 6 个镇、5 个乡,总面积 2 748.33 km<sup>2</sup>,是传统的农业种植区。市辖区海拔 2 884~1 513 m,地势南高北低,西南为六盘山山地,东北为黄土丘陵区,中部为清水河河谷平原,气候属暖温带半干旱气候区,降雨量少,蒸发强烈,多年平均降水量不足 400 mm,年蒸发量为 1 361 mm。冬季漫长寒冷,春季气温多变,夏季短暂凉爽,秋季降温迅速。

固原市市辖区是宁夏南部山区唯一的重点开发

区,是宁南山区政治、经济、文化中心及交通枢纽。经预测,到 2020 年固原市市辖区城镇化水平将达到 56.75%,地区生产总值年均增长 7.18%。该区域也是重要的生态治理和水土保持区。固原市市辖区区域内土石质山区分布比较广泛,降雨比较集中,加之人为活动对生态环境的影响,全区水土侵蚀模数高达 54 t/(hm<sup>2</sup>·a),水土流失较严重。

2 研究方法

2.1 数据来源

研究区基本数据来源于固原市市辖区统计年鉴(2001-2008 年)、1997-2010 年固原市市辖区土地利用总体规划及实施评价、2006-2020 年固原市市辖区土地利用总体规划大纲等。

土地利用规划通过影响土地利用结构与布局而影响生态系统服务功能。参照有关研究成果<sup>[3]</sup>,将固原市市辖区生态系统划分为农用地(耕地、园地、林地和牧草地)、建设用地(城镇及工矿用地、交通用地和水利设施用地)和未利用土地生态系统。根据固原市市辖区 2006-2020 年土地利用规划初步方案中各种土地利用类型的面积及其变化,得到相应的各种土地利用生态系统的面积及其变化(表 1)。

2.2 生态系统服务价值评价方法

2.2.1 生态系统服务价值系数及服务价值 参照 Costanza R<sup>[4]</sup>、谢高地<sup>[5-6]</sup>等学者对生态系统服务功能的研究成果,将固原市市辖区的生态系统服务功能分为气体调节、气候调节、水源涵养、侵蚀控制、废物处理、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料、娱乐休闲等 10 项。

表 1 固原市市辖区土地利用生态系统面积及其变化

年份	指标	农用地				建设用地			未利用土地
		耕地	园地	林地	牧草地	城镇及工矿用地	交通用地	水利设施用地	
2005	面积/hm <sup>2</sup>	103645.2	514.8	34927.3	73566.6	10409.6	1037.9	1223.7	39867.7
	比率/%	37.71	0.19	12.71	26.77	3.79	0.38	0.45	14.51
2010	面积/hm <sup>2</sup>	103772.6	704.4	36098.7	70944.9	11601.2	990.7	1279.3	39921.3
	比率/%	37.76	0.26	13.13	25.81	4.22	0.36	0.47	14.53
2015	面积/hm <sup>2</sup>	104263	796.9	37108.3	69394.1	11799.9	938.5	1332.8	39779.8
	比率/%	37.94	0.29	13.5	25.25	4.29	0.34	0.48	14.47
2020	面积/hm <sup>2</sup>	103965.2	883.6	37965.8	67954.6	12791.7	967.9	1493.5	15253.1
	比率/%	37.83	0.32	13.81	24.73	4.65	0.36	0.54	5.56
面积变化量/hm <sup>2</sup>		320	368.8	3038.5	-5612	2382.1	-70	269.8	-24614.6
比率变化量/%		0.12	0.13	1.1	-2.04	0.86	-0.02	0.09	-8.95

表 2 为固原市市辖区各种土地利用生态系统的单位面积服务功能价值的估算结果。其中,耕地、林地和牧草地的各项生态系统服务功能价值采用谢高

地等确定的生态服务价值系数。园地是介于林地与耕地之间的一种用地类型,其生态服务价值系数取二者的平均值<sup>[6]</sup>。由于固原市市辖区地处宁南山区,其

未利用土地中大部分是山区、丘陵荒草地,据谢高地等研究成果,按丘陵草原和山地草原生态服务价值系数的平均值代替该区的未利用土地的生态服务价值系数<sup>[6]</sup>,而其中的各服务功能系数采用 Delpli 法取得。由于目前还没有更准确更科学的方法来评价建

设用地生态服务价值,很多学者把它赋值为 0。本文采用 Delpli 法对建设用地的生态价值进行赋值。固原市市辖区新增建设用地占用的主要是农用地,改变了下垫面性质,对整个土地生态系统整体服务价值起着抵消作用,故其生态服务价值系数为负数。

表 2 各土地利用类型生态服务价值系数元/ hm<sup>2</sup>

土地利用类型	耕地	园地	林地	牧草地	城镇及工 矿用地	交通用地	水利设 施用地	未利用 土地
生态系统类型	农田	农田森林	森林	草地		城市		草地
气体调节	442.4	1769.7	3097.0	707.9		—		160.15
气候调节	787.5	1588.3	2389.1	796.4		—		181.11
水源涵养	530.9	1681.2	2831.5	707.9		— 3480		360.60
侵蚀控制	—	796.8	796.8	102.9		1480		—
废物处理	1451.2	1305.2	1159.2	1159.2		— 2174.1		135.69
土壤形成与保护	1291.9	2371.4	3450.9	1725.5		—		462.34
生物多样性保护	628.2	1756.4	2884.6	964.5		—		411.23
食物生产	884.9	486.7	88.5	265.5		—		—
原材料	88.5	1194.6	2300.6	44.2		—		22.10
娱乐休闲	8.8	570.7	1132.6	35.4		214		—
合计	6114.3	13521.0	20130.8	6509.4		— 3960.1		1733.20

注:“—”表示该值忽略不计。

生态系统服务价值的计算公式<sup>[7-13]</sup>为

$$V = \sum A_k \times C_{v,k} \tag{1}$$

式中:  $V$ ——研究区生态系统总服务价值(元);  
 $A_k$ ——研究区第  $k$  种土地利用类型面积(  $\text{hm}^2$  );  
 $C_{v,k}$ ——研究区第  $k$  种土地利用类型的生态服务价值系数。

2.2.2 土地利用变化指标(动态度) 土地利用类型年变化率( $K$ )指的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型数量的年变化情况<sup>[11]</sup>。采用单一土地利用类型( $K$ )来显示固原市市辖区各地类用地的变化状况,其计算公式<sup>[9-11]</sup>为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \tag{2}$$

式中:  $U_a$ ,  $U_b$ ——研究初期和末期的某种土地利用类型面积( $\text{hm}^2$ );  $T$ ——时段长,当  $T$  单位设定为年时,  $K$  值就是某种土地利用类型年变化率。

2.2.3 生态价值敏感性指数(敏感度) 引入敏感性指数( $C_s$ )<sup>[11]</sup>,用以表示某种土地利用类型的生态价值系数变化后所引起的总生态系统服务价值的变化。若  $C_s > 1$ ,表明生态系统服务价值富于弹性;若  $C_s < 1$ ,表明生态系统服务价值缺乏弹性。其计算公式<sup>[8-13]</sup>为

$$C_s = \left| \frac{(V_j - V_i)/V_i}{(C_{v,jk} - C_{v,ik})/C_{v,ik}} \right| \tag{3}$$

式中:  $V$ ——估算的生态系统总服务价值( $10^6$  元);

$C_v$ ——生态服务价值系数;  $i, j$ ——调整前和调整后的状况;  $k$ ——各土地利用类型。

3 结果与分析

3.1 生态服务价值的变化及分析

根据生态系统服务价值的计算公式(1)和 2005—2020 年各土地利用类型的面积,计算得出各土地利用类型生态系统服务总价值(表 3)。从理论上说,生态系统价值系数随着生态系统的演化和人类的需求发生变化,但是短时期内这些变化很难监测,故计算过程中生态系统价值变化未做调整。

从表 3 可以看出,固原市市辖区 2005—2020 年生态系统服务总价值是先增长后下降。2005—2015 年,由于牧草地面积的减少以及建设用地的增加使其产生的生态服务价值分别减少 2 716 万元和 554 万元,但耕地、园地和林地的增加所产生的价值分别增长了 376 万元、381 万元和 4 391 万元,故 2015 年生态服务总价值比 2005 年增长了 1 863 万元。2015—2020 年虽然耕地、园地以及林地的面积都略有增加,但未利用土地的大面积减少使其产生的生态服务价值减少 4 251 万元,另外牧草地面积的减少和建设面积的增加也使其产生的生态服务价值分别减少 937 万元和 468 万元,因此 2020 年的生态服务总价值较 2015 年减少了 3 994 万元。综合来看,2005—2020 年期间,生态服务总价值共减少了 2 131 万元。

表 3 各土地利用类型生态系统服务总价值及价值构成

年份	服务价值	耕地	园地	林地	牧草地	建设用地	未利用土地	合计
2005 年	服务价值/10 <sup>6</sup> 元	633.72	6.96	703.11	478.87	- 50.18	69.10	1841.58
	所占比例/ %	34.41	0.38	38.18	26.00	- 2.72	3.75	100
2010 年	服务价值/10 <sup>6</sup> 元	633.49	9.53	726.70	461.81	- 54.93	69.20	1845.80
	所占比例/ %	34.32	0.52	39.37	25.02	- 2.98	3.75	100
2015 年	服务价值/10 <sup>6</sup> 元	637.48	10.77	747.02	451.71	- 55.72	68.95	1860.21
	所占比例/ %	34.27	0.58	40.16	24.28	- 3.00	3.71	100
2020 年	服务价值/10 <sup>6</sup> 元	635.66	11.95	764.28	442.34	- 60.40	26.44	1820.27
	所占比例/ %	34.92	0.66	41.99	24.30	- 3.32	1.45	100

由表 3 可以看出,各种土地利用类型中林地对生态服务总价值的贡献最大,在 2020 年占到总价值的 41.99%,即使在 2005 年最少,也占到总价值的 38.18%,其次是耕地,在整个规划年间均占到 34% 以上,第三是牧草地,在规划年间分别约占 24%~26%,其重要性不容忽视。建设用地对生态服务总价值造成负面影响,在 2020 年负面影响最大,其贡献率为- 3.32%。园地由于面积很少,对生态服务总价值的贡献率不明显。未利用土地由于面积较少,在生态服务总价值中所占比例较小,在 2005-2015 年变化不明显,但在 2020 年减少幅度较大,导致生态服务总价值减少。

3.2 土地利用的变化及分析

根据公式(2)和 2005-2020 年各土地利用类型

的面积,计算出土地利用类型的变化率(表 4)。2005-2020 年固原市市辖区林地和建设用地面积增幅较大,分别由 2005 年的 34 927 hm<sup>2</sup> 和 12 871 hm<sup>2</sup> 增加到 2020 年的 37966 hm<sup>2</sup> 和 15 253 hm<sup>2</sup>。由于 2005 年林地面积的基数较大,因此其变化率较低,为 8.7%,动态度为 0.6%。而建设用地的变化率为 20.4%,动态度为 1.4%。2005-2020 年,园地的增长面积比较小,仅为 369 hm<sup>2</sup>,但由于 2005 年园地面积的基数较小,故其变化率和动态度较大,分别为 71.6% 和 4.8% 未利用土地减幅较大,由 2005 年的 39 868 hm<sup>2</sup> 急剧减少为 2020 年的 15 253 hm<sup>2</sup>,变化率为- 61.7%,动态度为 4.1%。另外,牧草地呈逐年减少趋势,动态度比较小,仅为- 0.6%。

表 4 土地利用变化率

土地利用类型	变化率/ %				年变化率/ %			
	2005	2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005
	- 2020 年	- 2010 年	- 2015 年	- 2020 年	- 2010 年	- 2015 年	- 2020 年	- 2020 年
耕地	0.1229	0.4726	0.2860	0.3087	0.0246	0.0945	- 0.0570	0.0206
园地	36.8298	13.1317	10.8797	71.6395	7.3660	2.6260	2.1760	4.7760
林地	3.3538	2.7968	2.3108	8.6995	0.6708	0.5594	0.4620	0.5800
牧草地	- 3.5640	- 2.1860	- 2.0740	- 7.6280	- 0.7130	- 0.4370	- 0.4150	- 0.5086
建设用地	9.4703	1.4418	8.3994	20.3761	1.8940	0.2884	1.6799	1.3580
未利用土地	0.1344	- 0.3540	- 61.6560	- 61.7410	0.0269	- 0.0710	- 12.3310	- 4.1160
合计	0.0454	0.0377	- 9.0945	- 9.9130	0.0091	- 0.0076	- 1.8189	- 0.6013

3.3 生态系统敏感度分析

为计算方便,本文将耕地、园地、林地、牧草地、建设用地和未利用土地的生态价值系数分别上下调整了 50%,根据公式(3)和调整后的生态价值系数对研究区 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年总服务价值进行了估算,估算结果及敏感性指数如表 5 所示。表 5 的结果显示,各土地利用类型的敏感性指数 Cs 都< 1,这说明研究区域内生态服务价值对生态价值系数 Vc 缺乏弹性,敏感性指数由高到低分别为林地、耕地、牧草地、未利用土地、建设用地和园地。其中,园地的敏感性指数最小值为 0.003 8,即当园地生态价值系数增加 1% 时,生态系统服务价

值增加 0.38%;林地的敏感性指数最高值为 0.42,林地的生态价值系数增加 1% 时,生态系统的总服务价值增加 42%。因此,在加强城市建设的同时应注意保护林地。

4 结 论

(1) 本文运用生态系统服务价值方法,计算对比分析评价固原市市辖区新一轮土地利用规划实施前后生态系统服务功能价值的变化,预测规划实施可能产生的生态环境影响。研究结果表明,固原市市辖区新一轮土地利用规划导致在规划期内生态系统服务总价值减少 2 131 万元。

表 5 价值系数调整后总服务价值的变化和价值系数的敏感指数

土地利用类型 价值系数 $C_v$	2005 年		2010 年		2015 年		2020 年	
	总服务价 值/ $10^6$ 元	敏感 指数	总服务价 值/ $10^6$ 元	敏感 指数	总服务价 值/ $10^6$ 元	敏感 指数	总服务价 值/ $10^6$ 元	敏感 指数
耕地 $C_{v+} 50\%$	2158.44	0.340	2164.06	0.34	2178.97	0.34	2138.12	0.35
耕地 $C_{v-} 50\%$	1524.72		1529.56		1541.48		1502.45	
园地 $C_{v+} 50\%$	1845.06	0.0038	1850.56	0.0052	1865.60	0.0058	1826.24	0.0066
园地 $C_{v-} 50\%$	1838.10		1841.03		1854.83		1814.29	
林地 $C_{v+} 50\%$	2193.14	0.380	2209.14	0.39	2233.72	0.41	2202.41	0.42
林地 $C_{v-} 50\%$	1490.03		1482.45		1486.70		1438.13	
牧草地 $C_{v+} 50\%$	2081.02	0.260	2076.80	0.25	2086.07	0.24	2041.45	0.24
牧草地 $C_{v-} 50\%$	1602.15		1614.89		1634.36		1599.10	
建设用地 $C_{v+} 50\%$	1816.49	0.030	1818.33	0.03	1832.34	0.03	1790.06	0.03
建设用地 $C_{v-} 50\%$	1816.49		1873.26		1888.07		1850.47	
未利用土地 $C_{v+} 50\%$	1876.13	0.040	1880.39	0.04	1894.68	0.04	1833.49	0.01
未利用土地 $C_{v-} 50\%$	1807.03		1811.19		1825.73		1807.05	

(2) 在固原市市辖区各类型生态系统中, 林地所产生的生态服务价值最多, 在总生态服务价值中占的比例也最大, 其次是耕地。2005– 2020 年间, 林地产生的生态服务价值从 70 311.4 万元增加到 76 428.2 万元, 并且其占总价值的比例也从 38.18% 增加到 41.99%。耕地产生的生态服务价值略小于林地, 整体增幅不大。未利用土地大面积减少导致其产生的生态服务价值减少 4 276 万元, 另外牧草地面积的减少和建设用地面积的增加都使其产生的生态服务价值减少。

(3) 作为宁南山区唯一的重点开发区, 固原市市辖区未来一个时期的城镇化和工业化进程必将得到快速发展。为了克服由于土地利用类型的变化引起的生态系统服务总价值的减少, 建议在土地利用总体规划修编中, 在稳定基本农田面积的同时, 要因地制宜, 集中布局建设用地, 加强节约集约用地, 尽可能使其生态系统服务价值的减少量降低到最小。

参考文献:

[1] 王娟, 崔保山, 卢远. 基于生态系统服务价值核算的土地利用规划战略环境评价[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 549–554.

[2] 许旭, 李晓兵, 符娜, 等. 生态系统服务价值核算在土地利用规划战略环境评价上的应用: 以北京市为例[J]. 资源科学, 2008, 30(9): 1382–1388.

[3] 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, 22(2): 23–28.

[4] Costanza R. The value of the world's ecosystem service and natural capital[J]. Nature, 1997, 386: 253–259.

[5] 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.

[6] 谢高地, 张亿锂, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47–53.

[7] 王玉梅, 常学礼, 丁俊新, 等. 基于 RS/GIS 的呼和浩特市生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(8): 9–13.

[8] 熊鹰, 谢更新, 曾光明, 等. 喀斯特区土地利用变化对生态系统服务价值的影响: 以广西环江县为例[J]. 中国环境科学, 2008, 28(3): 210–214.

[9] 张凤太, 苏维词, 赵卫权. 基于土地利用/覆被变化的重庆城市生态系统服务价值研究[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(3): 21–25.

[10] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 延安市城郊区土地利用动态与生态效应变化[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 130–133.

[11] 曹堪宏, 梁红梅, 刘会平, 等. 宁波市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(3): 481–485.

[12] 李文楷, 李天宏, 钱征寒. 深圳市土地利用变化对生态服务功能的影响[J]. 自然资源学报, 2008, 23(3): 440–446.

[13] 喻建华, 高中贵, 张露, 等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 213–217.