

# 秦岭北麓城市新兴开发区生态系统服务价值变化

赵丹<sup>1,2</sup>, 马俊杰<sup>1</sup>, 刘哲<sup>3</sup>, 吕继强<sup>2</sup>

(1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127;

2. 西安浐灞生态区管理委员会, 陕西 西安 710024; 3. 西安市环境科学保护研究院, 陕西 西安 710161)

**摘要:** [目的] 选取秦岭北麓典型城市区域陕西省西安市浐灞生态区为研究对象, 从景观格局变化、生态服务价值两方面分析城市新区建设及可持续性, 以为城市生态建设提供决策参考。[方法] 以遥感数据为基础, 对研究区土地利用类型和景观格局进行定量分析, 研究城市新区尺度下的景观生态系统和生态服务价值变化特征。[结果] (1) 2004—2014 年, 浐灞生态区城乡转换特征明显, 农业景观比重显著降低, 建设用地景观增幅达 88.2%, 生态景观增幅高达 201.5% 以上, 区域“生态含量”明显提高。(2) 生态服务价值以农田、绿地和水体景观变化较为明显, 其中农田生态服务价值损失近 65%, 到 2014 年全区 85% 以上的生态服务价值来自于绿地和水体景观。[结论] 浐灞生态区 10 a 间生态用地动态变化强烈且持续, 城市生态服务价值增加明显, 反映该区在保障城市化建设的同时, 有效且显著提高了环境质量, 其生态建设政策有利于区域生态系统的建设和发展。

**关键词:** 城市生态系统; 土地利用; 生态价值; 西安市浐灞生态区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)05-0279-05

中图分类号: X24

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.052

## Change of Ecosystem Service Value in New Development Area of North Qinling Mountains

ZHAO Dan<sup>1,2</sup>, MA Junjie<sup>1</sup>, LIU Zhe<sup>3</sup>, LÜ Jiqiang<sup>2</sup>

(1. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi

710127, China; 2. The Administration Committee of Xi'an Chan-Ba National Ecological District,

Xi'an, Shaanxi 710024, China; 3. Xi'an Environment Science Institute, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

**Abstract:** [Objective] Selecting Chan-Ba ecological district(CBE) of Xi'an City, Shaanxi Province as a typical urban area in the north of Qinling Mountains, the study aims to provide support for the regional urban development and ecological construction based on the analysis of the sustainability of new area development from two aspects, i. e. landscape pattern and the value of ecosystem services. [Methods] Using on the remote sensing data, the study quantitatively analyzed land use and landscape change, and detected changes in landscape-scale ecosystem and in values of ecosystem services in newly developing urban areas. [Results] (1) In period from 2004 to 2014, the conversion of rural area to urban area is obvious, the proportion of agricultural land reduced significantly while construction land increased by 88.2%, and ecological landscape by more than 201.5%, meaning the significant increase of region's "ecological content". (2) The significant changes occurred in the ecological service value in farmland, vegetated land and wet land, and nearly 65% of farmland ecosystem services value were lost. In 2014, more than 85% of the region's ecological functions and services were from the vegetated land and water. [Conclusion] The changes of ecological land was dynamic in past decade in CBE, and the value of ecological service in urban area increased significantly, showing a great improvement of the environment during the urbanization. This means that the policy of ecological construction is good for the construction and development of regional ecosystems.

**Keywords:** urban ecological system; land use; ecological service value; Chan-Ba ecological district of Xi'an City

收稿日期: 2014-08-01

修回日期: 2014-09-04

资助项目: 国家自然科学基金项目“干旱区生态城镇规划与地方资源利用研究与示范”(2013BAJ03B02)

第一作者: 赵丹(1979—), 女(汉族), 陕西省汉中市人, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向为城市生态系统、城市生态管理研究。E-mail: 1516231294@qq.com。

城市生态系统是人类对自然环境的适应、加工、改造而建设起来的特殊的人工生态系统。通过对城市景观或土地利用进行有目的的规划、布局和调整,改变城市景观格局,改变城市的物质与能量流动,进而影响城市生态过程,改变生态系统的服务价值。分析城市生态系统变化,是评价和实施城市生态规划与建设的重要理论基础,对解决城市问题,实现城市生态系统可持续发展具有重要意义。目前对于城市生态系统建设及其服务价值变化的研究多集中在评价及规划等宏观方面,对于生态恢复、重建等变化的研究较少,且研究区域多集中于自然区域和城市尺度<sup>[1]</sup>,对城市新兴开发区建设过程中的土地利用和生态服务价值变化研究较少。

本文选取秦岭北麓城市的新兴开发区西安市浐灞生态区为研究对象,结合区域环境治理与生态环境建设实际情况,从景观生态学角度探讨浐灞生态区的城市生态恢复建设及其价值变化,分析城市新区尺度下的景观生态系统变化特征,区域生态建设模式,以期为北方半干旱地区城市建设及新型城镇化建设提供参考。

## 1 研究区概况

浐灞生态区位于陕西省西安市主城区的东部,该区域北纬 34°12′30″—34°26′00″,东经 108°57′10″—109°5′20″,东西长 10 km,南北长 25 km,总面积 100.98 km<sup>2</sup>。属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季冷暖干湿分明。年平均气温 13.3℃,年平均降水量 570.5 mm,且主要集中在 7—10 月,降水量占全年降水量的 60%以上,雨热同季,气候温和。区内有 2 条河流,名为浐河和灞河,这 2 条河年径流变化大,径流量的 55%左右集中在 7—10 月。

浐灞生态区成立于 2004 年,成立之初,区内面临着严峻的河流污染、建筑垃圾围城、挖沙严重等环境问题,作为城中河的浐河年接纳西安市东部污水量近  $5.00 \times 10^8$  t,占西安市污水排放总量的 1/6,浐河年径流量的 1/5。自 2004 年开始,浐灞生态区开展河流治理工作,实施一系列的环境治理和生态重建工程,建成了大面积的连片湿地及城市绿地,形成西安市东部新的城市生态景观。

由于是新型的城市开发区,浐灞生态区在经济方面摒弃了以往工业园式的发展观念,以循环经济、低碳经济等理念统领区域产业发展,调整原有工业产业结构,淘汰或搬迁原有建材、冶金等工业企业,通过重大项目的引进重点发展现代服务业及生态产

业,如欧亚经济论坛、世界园艺博览会、西安领事馆区、陕西金融中心等重大项目的启动,对生态区发展金融、旅游、商贸、会展、文化教育等产业搭建了理想的平台,并在产业上与西安市其它区域形成错位发展,进而推动西安外向型经济快速发展,逐步迈向国际化。截止 2013 年底,浐灞生态区人口规模达 27.8 万人,累计引进招商项目 104 家,总投资达到 1 500 亿元。由于生态建设与产业发展的相得益彰,浐灞生态区于 2011 年被国家环保部授予“国家生态区”和“国家生态文明试点区域”的称号,于 2013 年被国家住建部授予“全国绿色生态示范城区”的荣誉。浐灞的生态体系建设在秦岭北麓城市地区具有一定的典型性和代表性。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源与处理

2.1.1 景观分类 根据浐灞生态区总体规划及建设现状,结合研究区景观规划特征以及不同景观类型的经济、文化和生态功能,将浐灞景观类型分为 3 大类 8 小分类。为反映城市建设过程特征,方便统计,将未明显利用的景观纳入在建景观,污水处理厂等大型市政设施划分为工业景观<sup>[2-3]</sup>。

2.1.2 数据来源与处理 以 2004、2009 和 2014 年 SPOT 遥感数字影像(2.5 m)为主,同时参考 GoogleEarth 影像及浐灞生态区总体规划图,区域自然概况,社会经济概况等数据。利用 GIS 9.3, ERDAS 9.2 平台人一机互动解译方法进行影像解译<sup>[4-5]</sup>。

### 2.2 研究方法

2.2.1 景观格局分析 为反映生态区建设背景下浐灞区域景观格局变化特征,参考景观指数评价相关研究,选取斑块数,景观破碎度,多样性指数、景观均匀度、景观优势度等 5 项指标,从类型水平和景观水平分析景观要素特征及其异质性。引入土地动态度的概念来分析区域景观动态变化<sup>[6-7]</sup>,定量描述区域景观建设的速度。单一景观动态度指研究区某景观类型在一定时间范围内的数量变化,其公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K——研究时段内某一景观类型动态度;  $U_a$ 、 $U_b$ ——研究期初、期末某景观类型的数量; T——研究时段(a)。25%~61%属于急剧变化型,15%~25%属于快速变化型,5%~15%属于慢速变化型,0%~5%属于极缓慢变化型<sup>[8]</sup>。

2.2.2 生态服务价值分析 利用 Costanza 等<sup>[9]</sup>提

出的估算公式,计算泸灞生态区生态系统服务功能的经济价值(ESV)。

$$ESV=\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^nA_j\cdot E_{ij}\tag{2}$$

式中: $A_j$ —— $j$ 类生态系统的面积; $E_{ij}$ —— $j$ 生态系统*i*种服务功能的当量因子。

由于生态价值是一个发展的、动态的概念,随着经济水平和生活水平的提高而增加,为反映实际支付的意义,引入能够表征人们支付意愿的社会阶段发展系数<sup>[10]</sup>,对结果进行修正,使其更加符合实际,具体计算如下:

$$l=\frac{L}{1+e^{-(1/E_n-3)}}\tag{3}$$

式中: $l$ ——与现实支付意愿有关的社会发展阶段系数; $L$ ——该阶段的支付意愿,取值为1; $E_n$ ——区域恩格尔系数,这里取当年西安市城市恩格尔系数与农村恩格尔系数的平均值。下同。

修正后的区域生态系统服务价值  $ESV'$  评估模型为<sup>[11-13]</sup>:

$$ESV'=ESV\times l=(\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^nA_j\cdot E_{ij})\cdot\frac{1}{1+e^{-(1/E_n-3)}}\tag{4}$$

3 结果与讨论

3.1 景观格局变化

(1) 生态用地数量变化。2004—2014 年,泸灞生态区城乡转换特征明显。8 类景观均出现“7 增 1 减”的变化特征。其中“7 增”指居住景观、工业景观、道路景观、商业文化景观、绿地景观、水体景观、在建景观增加;“一减”指农田景观减少。总体来看,建设用地景观由 2 949.15 hm<sup>2</sup> 增长到 5 550.4 hm<sup>2</sup>,净增加 2 601.25 hm<sup>2</sup>,增幅达 88.2%,占泸灞生态区景观总面积的比例由 29.2%上升到 54.96%;生态景观由 903.85 hm<sup>2</sup> 增长到 2 725.2 hm<sup>2</sup>,净增加 1 821.35 hm<sup>2</sup>,增幅高达 201.5%倍以上,明显高于建设用地增长量;生态景观占区域总面积比例由 8.95%上升到 26.99%,区域“生态含量”明显提高。农业景观比重显著降低,由建设前的 62%降低至建设后的 18.05%,基底景观的绝对优势逐渐丧失。

(2) 景观动态度变化。以表 1 数据为基础,利用公式(1),计算得到泸灞生态区 2004—2014 年单一景观类型动态度(如表 2 所示)。

表 1 2004—2014 年泸灞生态区景观类型数量与结构

景观类型		2004 年		2009 年		2014 年	
		面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
建设用地	居住景观	1 513.83	14.99	1 857.25	18.39	2 288.76	22.66
	工业景观	360.50	3.57	822.91	8.15	946.39	9.37
	道路景观	211.19	2.09	782.45	7.75	1 075.30	10.65
	商业文化景观	68.01	0.67	236.78	2.34	367.25	3.64
	在建景观	795.62	7.88	829.39	8.21	872.7	8.64
生态景观	绿地景观	546.08	5.41	1 265.46	12.53	1 769.5	17.52
	水体景观	357.77	3.54	790.97	7.83	955.7	9.47
农业景观	农田景观	6 245.90	61.85	3 513.69	34.79	1 823.10	18.05
合 计		10 098.90	100.00	10 098.90	100.00	10 098.90	100.00

表 2 泸灞生态区 2003—2011 年单一景观动态度 %

景观类型		2004—2009 年		2009—2014 年		2004—2014 年	
		Ⅱ级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅰ级
建设景观	居住景观	4.54	10.71	4.65	4.50	5.12	8.82
	工业景观	25.65	—	3.00	—	16.25	—
	道路景观	54.10	—	7.49	—	40.92	—
	商业文化景观	49.63	—	11.02	—	44.00	—
	在建景观	0.85	—	1.00	—	0.97	—
生态景观	绿地景观	26.35	25.50	8.00	6.50	22.40	20.15
	水体景观	24.22	—	4.17	—	16.71	—
农业景观	农田景观	—8.75	—8.75	—9.60	—9.60	—0.08	—7.08

2004—2009 年,道路景观、商业文化景观、工业景观、绿地景观和水体景观变化率超过或接近 25.00%,

处于急剧增长状态,特别是道路景观,单一动态度达到 54.1%;在建景观和居住景观增长缓慢。区域总

体生态景观变化率较高,该阶段系泸灞生态区成立后的第 1 个 5 a,建设重点在于污染治理和生态重建,因此城市建设主要以基础设施和生态景观建设为主,在此阶段形成了较大面积的连片绿地和水面,区域生态建设骨架基本构成。2009—2014 年,农田景观减少幅度降低,建设景观变化接近生态景观,表明该区城市化进程加快,但该区域在进行区域开发时仍坚持生

态发展思路,确保发展区域经济和建设的同时,仍坚持增加生态用地建设。

### 3.2 生态服务价值变化

对泸灞生态区不同景观类型生态服务价值系数的赋值如表 3 所示。利用表 1 中的数据,运用公式(3)计算得到 2004—2014 年泸灞生态区生态服务价值(表 4),其变化趋势见图 1。

表 3 泸灞生态区各景观类型单位面积生态服务价值系数

服务功能	单位面积生态服务价值系数/(元·hm <sup>-2</sup> )				
	农田景观	绿地景观	建筑景观	水体景观	在建景观
气体调节	792.44	2 765.62	1 695.82	1 426.39	0.00
气候调节	1 410.54	2 424.87	1 711.67	13 915.25	0.00
水源涵养	950.93	2 599.20	1 648.28	28 432.75	47.55
土壤形成与保护	2 313.92	4 172.20	3 399.57	1 363.00	31.70
废物处理	2 599.20	2 076.19	2 076.19	28 813.12	15.85
生物多样性保护	1 125.26	2 931.24	2 071.44	3 954.28	538.86
食物生产	1 584.88	364.52	443.77	316.98	15.85
原材料	158.49	1 493.75	483.39	63.40	0.00
娱乐文化	15.85	751.23	259.92	7 837.23	15.85

注:建筑景观指居住景观、工业景观、商业文化景观 3 类建设用地的绿地生态服务价值系数。

表 4 泸灞生态区景观生态服务价值

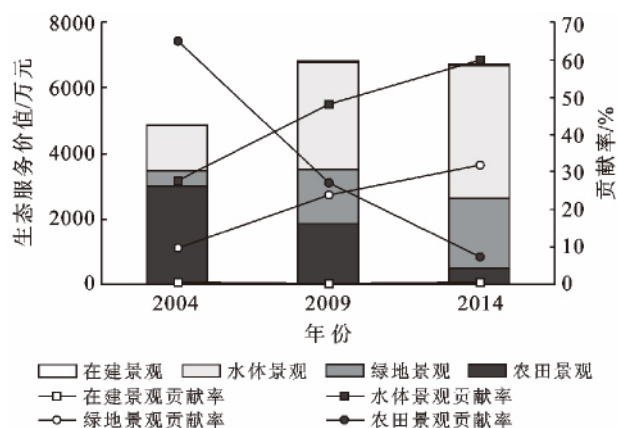
10<sup>4</sup> 元

年份	服务功能	气体调节	气候调节	水源涵养	土壤形成与保护	废物处理	生物多样性保护	食物生产	原材料	娱乐文化	合计
2004 年	农田景观	242.53	431.69	291.03	708.17	795.48	344.39	485.05	48.51	4.85	3 351.70
	绿地景观	127.68	119.07	121.73	219.26	121.28	144.01	23.80	55.27	28.33	960.44
	水体景观	25.00	243.95	498.45	23.89	505.12	69.32	5.56	1.11	137.39	1 509.79
	在建景观	0.00	0.00	1.85	1.23	0.62	21.01	0.62	0.00	0.62	25.95
	合 计	395.21	794.71	913.06	952.56	1 422.49	578.72	515.03	104.89	171.19	5 847.87
2009 年	农田景观	147.66	262.83	177.19	431.16	484.31	209.67	295.31	29.53	2.95	2 040.61
	绿地景观	285.24	263.31	271.28	479.79	261.37	318.44	50.55	128.62	65.68	2 124.29
	水体景观	59.79	583.34	1 191.94	57.14	1 207.89	165.77	13.29	2.66	328.55	3 610.37
	在建景观	0.00	0.00	2.09	1.39	0.69	23.69	0.69	0.00	0.69	29.25
	合 计	492.69	1 109.49	1 642.50	969.48	1 954.26	717.57	359.84	160.81	397.87	7 804.52
2014 年	农田景观	83.79	149.15	100.55	244.67	274.84	118.99	167.59	16.76	1.68	1 158.01
	绿地景观	421.29	387.68	400.37	704.03	381.63	468.83	73.45	192.33	98.10	3 127.70
	水体景观	79.07	771.33	1 576.05	75.55	1 597.13	219.19	17.57	3.51	434.42	4 773.81
	在建景观	0.00	0.00	2.41	1.61	0.80	27.28	0.80	0.00	0.80	33.69
	合 计	584.15	1 308.16	2 079.37	1 025.86	2 254.40	834.28	259.41	212.60	534.99	9 093.21

由表 4 和图 1 可以看出:自 2004—2014 年,泸灞生态区的生态服务价值增加了 2 263.38 万元。变化比较明显的是农田、绿地和水体景观,其中农田的生态服务价值损失近 65%,说明生态区建设占用的农用地,对农田景观产生较大的负效应。而绿地和水体景观生态服务价值呈大幅上升趋势,2014 年全区 85%以上的生态功能服务来自生态景观,即水体景观(贡献为 52.5%)和绿地景观(贡献为 34.4%)。值得

注意的是,食物生产一直处于损失状态,说明泸灞生态区建设大量占用农田,导致其部分生态功能损失,但其他类型景观的建设有效弥补了除粮食生产这一特殊功能以外的其它功能损失,且呈高补偿现象。说明泸灞的生态规划、建设较为合理,区域景观格局演变能够在保障城市化建设的同时,有效且显著提高了泸灞生态环境质量,特别是废物处理、气候调节以及水源涵养等方面产生了大量的生态效益,说明泸灞现

行的生态建设政策有利于区域生态系统的建设和发展。



注:由于在建景观所占比例非常小,所以在图上几乎不能看出(最顶端部分)。

图1 灞灞生态区生态服务价值变化

## 4 结论

(1) 2004—2014年灞灞生态区城乡转换特征明显,建设用地景观增幅达88.2%,占灞灞生态区总面积的比例由29.2%上升到54.96%;而生态景观增幅高达201.5%以上,生态用地比例由8.95%上升到26.99%,区域“生态含量”明显提高。

(2) 从动态来看,灞灞生态区土地利用动态变化剧烈,尤其以2004—2009年变化较为强烈,变化过程体现了城镇化过程中土地利用变化较为普遍的特点,即建设用地持续增加,农业用地减少,不同于其他地区的是,灞灞生态区生态用地的动态变化最为强烈,且该变化趋势一直持续,表明该区域在城市化进程中非常重视生态建设,可持续发展水平较高。

(3) 2004—2009年,灞灞生态区主要以“大水大绿”及城市基础设施建设发展思路为主,致力于改善过去严重的环境污染和生态恶化,重点发展水体、绿地建设景观,生态服务价值增加1956.65万元。2009—2014年,灞灞生态区调整建设思路,生态建设与经济发展并重,利用2011年西安世界园艺博览会、雁鸣湖生态湿地景观、灞灞国家湿地公园、八水润西安等大的生态项目带动区域发展,同时在城市建设中要求建设项目附属绿地率达到40%以上,出台各项生态管理办法和鼓励政策,该阶段附属绿地的生态效益增加明显;在这5a里,灞灞生态区减缓生态建设

速度,变为发展经济为主,但区域生态系统服务价值增量仍达到1288.72万元,说明灞灞生态区的生态发展模式有益于当地的生态系统发展。但该区域的生态建设仅在土地利用模式和景观方面,下一步应从新能源利用、垃圾分类、再生水利用等多方面入手,开展城市生态系统的多维度构建。

(4) 本文研究了灞灞生态区自成立以来的生态系统服务价值的动态变化,并结合灞灞生态区的生态建设政策进行分析,验证了灞灞生态区的生态政策,较之于传统的进行生态价值核算更具有科学性与实践意义,但在区域生态系统各因子的量化核算方面尚有待深入研究。

## [参考文献]

- [1] 苏伟忠,杨桂山,甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联[J]. 地理学报,2007,62(12):1309-1317.
- [2] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 孙华,林辉,熊育久,等. Spot5 影像统计分析及最佳组合波段选择[J]. 遥感信息,2006(4):57-60.
- [4] 张增祥等. 中国土地覆盖遥感监测[M]. 北京:星球地图出版社,2010.
- [5] 马宗文,许学工. 土地变化的生态效应研究方法[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(2):80-86.
- [6] 郭怀成,都小尚,刘永,等. 基于景观格局分析的区域规划环评方法[J]. 地理研究,2011,30(9):1713-1724.
- [7] 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.
- [8] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20世纪90年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [9] 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.
- [10] 苏飞,张平宇. 基于生态系统服务价值变化的环境与经济协调发展评价:以大庆市为例[J]. 地理科学进展,2009,28(3):471-477.
- [11] 刘志强,潘相文,金剑,等. 海伦市资源演化格局与土地利用变化及其生态效应分析[J]. 中国生态农业学报,2011,19(1):211-216.
- [12] 肖寒,欧阳志云,赵景柱. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探:以海南岛尖峰岭热带森林为例[J]. 应用生态学报,2000,11(4):481-484.
- [13] 赵翠薇,王世杰. 生态补偿效益,标准:国际经验及对我国的启示[J]. 地理研究,2010(4):597-606.