

# 陕西黄土台塬区土地生态风险时空差异性评价

马彩虹

(陕西理工学院 历史文化与旅游学院, 陕西 汉中 723001)

**摘 要:**基于 RS 和 GIS 支持,采用土地转移流和土地生态风险强度指数,对陕西黄土台塬区的土地利用变化动态及其结构性风险进行了评价。结果表明:(1) 1990—2010 年陕西各台塬区的建设用地均有所增长,耕地除宝鸡台塬区和西安台塬区增长外,其他台塬区均减少,生态用地则刚性减少。(2) 研究时段内土地利用的生态风险指数表现出“高一低一高”的发展过程,1995 年是一个拐点。(3) 市域尺度上,宝鸡台塬区和西安台塬区土地利用的结构性风险自 1995 年以来有较大幅度的攀升,2005 年后临近“高等”生态风险。(4) 县域尺度上,除了白水縣和永寿县生态风险降低外,其他区县均有所增大,各区县生态风险的差异性也进一步扩大。1990 年、2000 年、2010 年土地结构风险的变异系数分别为 10.43%,10.57%,10.79%。

**关键词:**土地利用;土地转移流;土地生态风险;陕西黄土台塬区

中图分类号:X826

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0216-05

## Assessment on Spatiotemporal Ecological Risk in Loess Highland Region of Shaanxi Province

MA Cai-hong

(School of History and Tourism, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

**Abstract:** Based on RS and GIS, this paper used the index of land transfer flow and land ecological risk to analyze the land use change dynamic and to assess land structure ecological risk during 1990—2010. The results are as the follows. The built-up land enlarged in each loess highland region at city scale, the cultivated land reduced except in loess highland region of Baoji and loess highland region of Xi'an. Land use ecological risk index presented the pattern of 'high—low—high' during the study period, and the year of 1995 was the turning point. At city scale, loess highland region of Baoji and loess highland region of Xi'an enlarged very much since 1995, the value was up to 'high' ecological risk grade since 2005. At county scale, the ecological risk grew except Baishui County and Yongshou County, and the difference among the counties enlarged during 1990—2010. The variation coefficients of land structure risk were 10.43%, 10.57% and 10.79% at 1990, 2000 and 2010, respectively.

**Key words:** land use; land use change flow; land ecological risk; loess highland region of Shaanxi

土地生态风险问题作为国家生态安全的重要组成部分,已成为经济社会进一步发展的制约因素<sup>[1]</sup>。土地生态风险主要来源于质量风险、结构风险和承载力风险三方面<sup>[2]</sup>,其中,土地利用类型的比例和空间配置是各种生态过程在不同尺度上作用的结果,是土地生态系统自身安全性的风向标<sup>[3-4]</sup>。土地生态风险评价(Ecological Risk Assessment,简称 ERA)是土地资源可持续利用必须要了解与控制的重要指标。

加强土地生态风险评价对于科学把握区域土地利用动态变化,为土地进行整治与管理以及提高土地资源开发利用效益具有重要的指导意义<sup>[5]</sup>。尽管土地生态风险评价仅仅是近三十年来逐渐兴起的领域,却是一个快速发展的研究领域。然而,目前国内没有统一的生态风险评价指标体系。由于不同区域、不同时段土地生态风险类型的不同、风险强度的差异,对于生态风险评价指标的选择,需要根据研究区域的具体情

收稿日期:2013-12-04

修回日期:2013-12-30

资助项目:国家社科基金项目“中国丝绸之路经济带生态文明建设评价与路径研究”(14XKS019)

作者简介:马彩虹(1974—),女,宁夏西吉县人,博士,副教授,主要从事资源环境评价及 GIS/RS 应用、生态经济与区域可持续发展研究。  
E-mail:mchayani@aliyun.com

况确定。陕西黄土台塬区是西北黄土台塬区的主体,该区域既承受本区内人口与社会经济发展对其高强度开发的要求,又潜在承接生态脆弱区和河谷盆地经济高密度转移而来的压力,潜在一定的生态风险。本研究从对土地利用转移流的分析入手,分析研究区土地利用变化动态特征,并选取土地利用结构风险指标探究区域土地利用变化的生态风险效应,以期为区域土地生态友好型土地利用与管理提供基本依据。

1 方法与数据

1.1 研究区概况

陕西黄土台塬区位于 34°08′—35°52′N,106°20′—110°36′E,呈带状展布于渭河谷地南北两侧,总面积 1 263 773 hm<sup>2</sup>。按行政隶属关系分为宝鸡台塬区、咸阳台塬区、西安台塬区、铜川台塬区和渭南台塬区<sup>[6]</sup>。2010 年总人口 1 011. 63 万人,人口密度 845. 84 人/km<sup>2</sup>,其中非农人口 250. 87 万人,占 24. 8%;GDP 为 182. 711 亿元,其中,第一产业占 12. 52%,第二产业占 50. 46%,第三产业占 37. 01%。耕地是构成陕西黄土台塬区景观的基质类型;建设用地中,城镇用地团块状分布,农村居民点散布于陕西黄土台塬区;林地和草地主要沿黄土台塬上沟壑地带展布,稀疏河流和水库散布于耕地基质<sup>[6]</sup>。草地和林地主要分布于秦岭北麓二级台塬区和渭北三级台塬区。黄土台塬区耕地利用类型面积最大,充分体现了台塬区粮食主产区土地利用类型的独特性;草地、林地、水域等生态用地的比例太低,潜在生态风险。2010 年,耕地面积 98. 43 万 hm<sup>2</sup>,占 77. 89%;生态用地 17. 33 万 hm<sup>2</sup>,占 13. 72%;建设用地 10. 59 万 hm<sup>2</sup>,占 8. 38%。

表 1 不同土地利用类型的生态风险权重

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
生态风险权重	0. 222170	0. 043960	0. 073213	0. 394845	0. 092030	0. 173782

表 2 生态风险指数的等级划分标准

等级	Ⅰ		Ⅱ			Ⅲ	
ERI	0. 043960~0. 144213		0. 144214~0. 294592			0. 294593~0. 394845	
含义	低		中			高	
等级	Ia	Ib	Ⅱ a	Ⅱ b	Ⅱ c	Ⅲ a	Ⅲ b
ERI	0. 043960~	0. 094087~	0. 144214~	0. 194340~	0. 244467~	0. 294593~	0. 344720~
	0. 094086	0. 144213	0. 194339	0. 244466	0. 294592	0. 344719	0. 394845
含义	很低	较低	稍低	中等	稍高	较高	很高

1.3 数据来源与处理

以 1990 年、2000 年、2010 年陆地资源卫星 Landsat 遥感图像作为主要信息数据源,利用 ERDAS 9. 2 进

1.2 研究方法

1. 2. 1 土地转移流 传统的土地利用变化测度指标,多采用土地利用动态度<sup>[6-9]</sup>。该指标对于认识土地利用动态变化具有重要价值,但是缺乏对土地利用变化方向性特征的考虑。为了反映土地利用变化具有方向性和数量大小两种属性,引入动态物质变化中“流”的概念,把土地利用变化中由一种土地利用类型转为另外一种土地利用类型的情况定义为“土地利用转移流”<sup>[10]</sup>(以下简称“土地转移流”),用来表达土地利用变化的过程、方向性及其转移量的大小。对任何土地利用类型而言,由该类型转为其它类型的变化量称为“土地转出流”,由其它类型转为该类型的变化量称为“土地转入流”。转入流和转出流的合计为该土地类型在特定时间段的“土地转移流”,本质上是该土地利用类型中所有参与土地利用变化的总量。转入流与转出流之差为土地净转移量。当其值为正时,表示净流入;反之,当其值为负时,表示净流出。公式如下:

$$L_f=L_{out}+L_{in}$$
(1)

$$L_{nf}=L_{in}-L_{out}$$
(2)

式中:  $L_f$ ——土地转移流;  $L_{out}$ ——土地转出流;  $L_{in}$ ——土地转入流;  $L_{nf}$ ——土地转移流净值。

1. 2. 2 生态风险强度 生态风险强度即是对土地利用空间结构中所蕴含的生态风险的度量。本研究中采用的土地利用结构生态风险模型如下:

$$ERI=\sum_{i=1}^n\frac{A_iW_i}{A}$$
(3)

式中:ERI——土地生态风险强度;  $A_i$ —— $i$  种土地利用类型面积;  $A$ ——总面积;  $W_i$ ——第  $i$  种土地利用类型所反映的生态风险强度权重,取值见表 1<sup>[11]</sup>,生态风险指数的等级划分标准见表 2。

行遥感影像校正、最佳波段组合、投影转换、图像增强处理<sup>[8]</sup>;利用 ArcGIS 9. 3 进行分类后处理以及栅格转矢量、投影设置与变换、叠加分析、邻斑同码融合,

完成土地利用图和土地利用变化图可视化处理。采用计算机随机采样的方式,在影像上随即采样 300 个点左右,并根据野外采样的 GPS 采样点信息,对台塬区的影像进行精度评价。总体分类精度达到 81.56%, Kappa 系数达到 0.786 1,解译精度符合研究的需要。

## 2 土地利用变化动态分析

### 2.1 土地利用数量变化分析

由图 1 看出,1990—2010 年,陕西黄土台塬区耕地、草地、林地、水域依次减少 20 866.61,11 065.22,1 186.44,748.96 hm<sup>2</sup>,分别占 1985 年各自面积的 2.08%,7.18%,4.60%,11.64%;建设用地增加 33 902.8 hm<sup>2</sup>,占 1985 年的 47.11%。但各市域台塬

区土地利用变化差异较大。其中,宝鸡台塬区建设用地增长 4 336.2 hm<sup>2</sup>,耕地增长 1 779.6 hm<sup>2</sup>,生态用地降低 5 063.1 hm<sup>2</sup>;西安台塬区耕地增长 2 662.9 hm<sup>2</sup>,建设用地增长 1 952.7 hm<sup>2</sup>,生态用地减少 4 824.2 hm<sup>2</sup>;建设用地增加 9 047.1 hm<sup>2</sup>,咸阳台塬区耕地减少 8 747.7 hm<sup>2</sup>,生态用地减少 1 637.0 hm<sup>2</sup>;渭南台塬区耕地减少 7 972.0 hm<sup>2</sup>,建设用地增加 9 722.1 hm<sup>2</sup>,生态用地减少 2 156.3 hm<sup>2</sup>;铜川台塬区建设用地增加 830.7 hm<sup>2</sup>,耕地减少 572.9 hm<sup>2</sup>,生态用地减少 1 019.4 hm<sup>2</sup>。总体特征表现为所有台塬区均表现为建设用地的刚性增长,耕地除宝鸡台塬区和西安台塬区增长外,其他台塬区均减少;生态用地刚性减少。

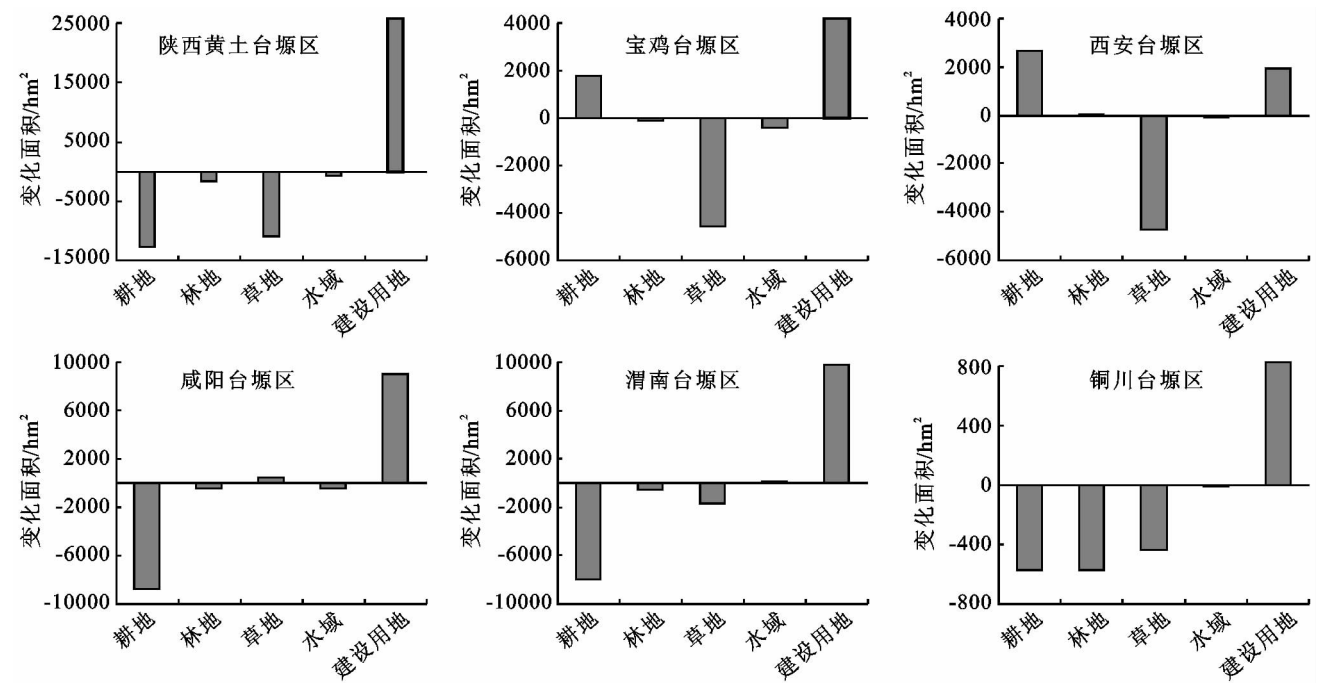


图 1 1990—2010 年陕西各台塬区土地利用数量变化

### 2.2 土地利用转移流时空差异分析

陕西黄台塬区土地利用以耕地、草地、建设用地之间的转移起主导作用(图 2)。其中,宝鸡台塬区和西安台塬区的主要转移流为耕地转建设用地流和草地转耕地流,这两种用地流占绝对优势,其中,草地转耕地流量更大。铜川台塬区耕地转建设用地流最大,其次是草地转建设用地流,耕地转林地用地流也较大。耕地的补给则主要通过草地转耕地的途径实现。咸阳台塬区和渭南台塬区的土地利用转移流特征相似,耕地转建设用地流的量突出,而耕地的补给流均很小。总之,宝鸡台塬区和西安台塬区耕地数量处于补给有余的情况,而其他台塬区均表现出耕地的净损失。

## 3 土地利用结构性风险评价

### 3.1 台塬区尺度土地生态风险变化

1990—2010 年,土地利用的生态风险指数在数值上表现高一低一高的发展过程(图 3)。1990 年,生态风险强度指数为 0.210 546,1995 年降低为 0.208 922,之后基本线性增高,到 2010 年增高到 0.215 710。1995—2010 年增长率为 32.5‰,年均增长率为 2‰。整体而言,黄土台塬区土地利用的结构性风险等级属于中等水平,自 1995 年以后,土地利用的结构风险为增加态势。

### 3.2 市域台塬尺度土地生态风险变化

不同市域的台塬生态风险强度差异较大,变化趋势也不相同(图 4)。1990 年,土地利用结构生态风险

强度指数由高到低依次为咸阳台塬区>宝鸡台塬区>渭南台塬区>西安台塬区>铜川台塬区;2010 年,土地利用结构生态风险强度指数由高到低依次为宝鸡台塬区>咸阳台塬区>西安台塬区>渭南台塬区>铜川台塬区。1990—2010 年,各台塬区的生态风险强度指数均有所增大,其中,咸阳台塬区和渭南台塬区的变化比较平稳,宝鸡台塬区、西安台塬区与铜川台塬区在 1990—1995 年生态风险强度指数明显降

低,2005—2010 年,宝鸡台塬区土地利用结构生态风险强度指数显著增大,铜川台塬区则比较稳定。总体而言,宝鸡台塬区和西安台塬区土地利用的结构性风险自 1995 年以来有较大幅度的攀升,尤其宝鸡台塬区的土地结构性风险值已与 2005 年以后跃升为陕西各台塬区的最大值,为 0.240 2,临近“高等”生态风险区。这主要与建设用地的大幅增加以及生态功能性用地林地、草地、水域等的减少有关。

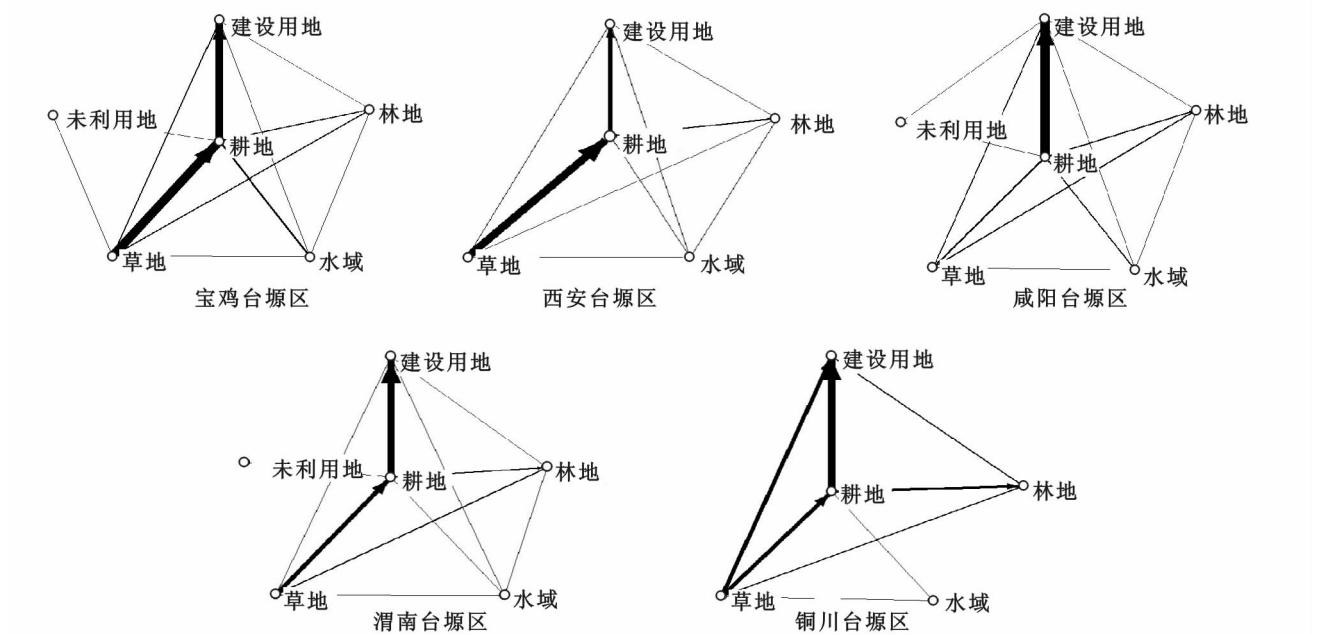


图 2 1990—2010 年台塬区土地转移流

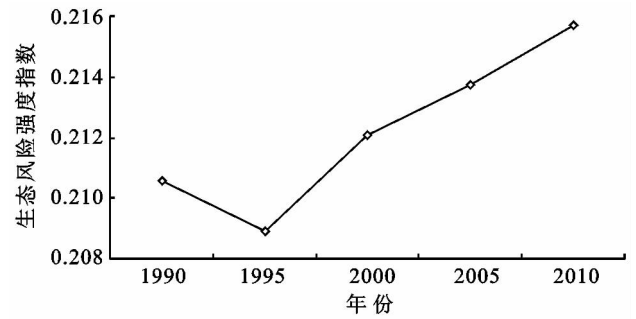


图 3 土地利用生态风险强度指数变化

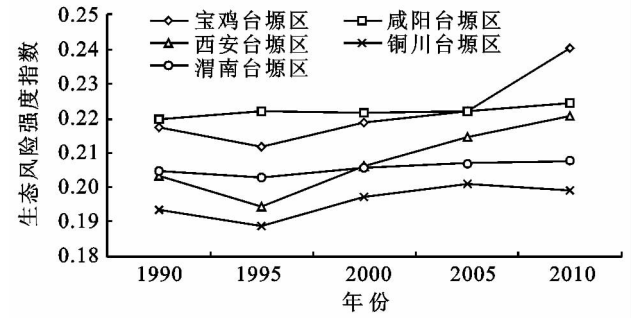


图 4 市域台塬区土地利用生态风险强度指数变化

3.3 县域台塬尺度土地生态风险变化

1990 年、2010 年、2010 年黄土台塬区各区县土地利用生态风险强度指数空间差异明显,由大到小排

序居于前列的有金台区、凤翔县、泾阳县、兴平市、秦都区、长安区、富平县、武功县等,白水县、永寿县、韩城市、临渭区和周至县较小(图 5)。按土地利用结构生态风险等级可以划分为 4 个等级,其中,土地利用结构生态风险较低的是韩城市、白水县、王益区、耀州区、永寿县、渭滨区、陈仓区、周至县、蓝田县、临渭区、华县;土地利用生态风险较低的有合阳县、澄城县、大荔县、乾县;金台区土地利用结构生态风险最高;其他区县较高。

从生态强度指数的变化方向分析,1990—2000 年,除了蓝田县、蒲城县、白水县、雁塔区、临渭区、渭滨区 6 个区县生态风险降低外,其他区县生态风险表现为增大;2000—2010 年,白水县、乾县、合阳县、杨凌区、永寿县、王益区 6 个区县生态风险强度降低,其他区县表现为生态强度指数增大;1990—2010 年,生态风险降低的区县仅为白水县和永寿县 2 个区县,其他区县均表现为增大,其中增大程度最高前 6 个区县由大到小依次为蓝田县、金台区、秦都区、渭城区、长安区、陈仓区、兴平市。从极差角度分析,1990 年生态风险强度指数最高的金台区(0.243 983),是最低的周至县(0.160 231)的 1.52 倍,2000 年和 2010 年

最高值仍然为金台区,但最低值转为渭滨区,分别达到 1.55 倍和 1.56 倍,可见,生态风险强度指数的极差略有增大。从变异系数角度分析,1990 年、2000 年、2010

年分别为 10.43%,10.57%,10.79%,表明黄土台塬区各县县间的生态风险强度指数在逐渐扩大。

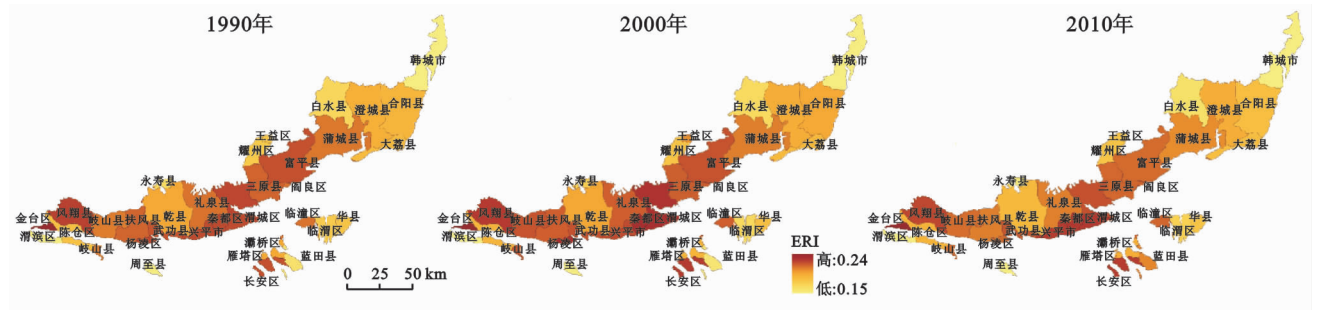


图 5 区县土地利用生态风险强度指数

4 结论

(1) 陕西黄土台塬区土地利用以耕地、草地、建设用地之间的转移起主导作用。1990—2010 年,陕西各台塬区的建设用地刚性增长;耕地除了宝鸡台塬区和西安台塬区增长外,其他台塬区均减少;生态用地刚性减少。

(2) 研究时段内土地利用的生态风险指数在数值上表现出高一低一高的发展过程,1995 年是由高一低态势向低一高态势转变的拐点。

(3) 市域尺度上,宝鸡台塬区和西安台塬区土地利用的结构性风险自 1995 年以来有较大幅度的攀升,尤其宝鸡台塬区的土地结构性风险值已与 2005 年以后跃升为陕西各台塬区的最大值,临近“高等”生态风险区。

(4) 县域尺度上,1990—2010 年除了白水縣和永寿县 2 个区县生态风险降低外,其他区县均表现为增大。从变异系数角度分析,1990 年、2000 年、2010 年分别为 10.43%,10.57%,10.79%,表明黄土台塬区各县县间的生态风险强度指数在逐渐扩大。

陕西黄土台塬区土地生态风险日益增大,一方面与生态用地比例的降低有关,另一方面与单位面积生态用地生态服务功能降低有关。因此,确保研究区生态安全的重要途径之一是要提高生态功能性用地的比例,途径之二则是要加强生态用地的利用和管理。遥感数据资料显示,陕西黄土高塬台塬区林地生态服务功能尚可,但草地以天然草地、荒草地比例偏大,生态服务功能偏低,而水域和湿地因面积比例过小,所

承担的生态服务功能就更小了。针对研究区的实际情况,改善草地的生态服务功能,进一步增加林地和水域及湿地的面积比例是提高生态用地服务功能的重要措施。

参考文献:

[1] 曲格平. 关注生态安全之二:影响中国生态安全的若干问题[J]. 环境保护,2002(7):3-6.

[2] 刘勇,邢育刚,李晋昌. 土地生态风险评价的理论基础及模型构建[J]. 中国土地科学,2012,26(6):20-25.

[3] 傅伯杰,陈利顶,王军,等. 土地利用结构与生态过程[J]. 第四纪研究,2003,23(3):247-255.

[4] 于兴修,杨桂山,王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学,2004(5):627-633.

[5] 刘引鸽,傅志军. 区域经济发展的土地利用及生态安全管理[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(11):39-43.

[6] 吕明权,王延平,王继军. 吴起县土地利用变化及其生态服务价值研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):144-153.

[7] 吴明发,欧名豪,廖荣浩. 经济发达地区土地利用变化及其驱动力分析以广东省为例[J]. 水土保持研究,2012,19(1):179-183.

[8] 李娜,董立国,刘长宁,等. 黄土丘陵区土地利用格局与生态系统服务价值分析:以中庄流域为例[J]. 水土保持研究,2013,20(1):144-148.

[9] 郭斌,任志远. 城市土地利用变化与生态安全动态测评[J]. 城市规划,2010,34(2):25-29.

[10] 马彩虹,任志远,李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. 地理学报,2013,68(2):257-267.

[11] 臧淑英,梁欣,张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析[J]. 自然灾害学报,2005,14(4):141-145.