

纸坊沟小流域 3 种景观功能类型的动态变化研究

范红霞^{a,b}, 张文辉^a, 李惠茹^{a,c}, 林 洋^{a,c}

(西北农林科技大学 a 西部环境与教育部重点实验室, b 林学院, c 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**统计分析纸坊沟流域 3 种景观功能类型的动态变化过程,为流域治理效果评价和进一步的景观格局优化提供依据。**【方法】**以纸坊沟流域 1982,1990,2005 和 2009 年的景观斑块图为基础,应用 GIS 技术对其进行数字化,运用景观生态学原理建立纸坊沟流域景观分类系统,对流域景观进行分类并统计各类型景观指数,分析流域景观功能类型在不同治理时期的动态变化。**【结果】**(1)利用建立的景观分类系统,可将纸坊沟流域景观划分为生态防护型、经济生产型和生活服务型 3 种功能类型;根据人类活动对景观的影响,又可将其划分为人类主导景观和自然景观。(2)各个治理时期,生态防护型景观斑块的数量、面积及周长均最大,是流域的主导景观;生态防护型景观形状最复杂,表明其受到的人类干扰最小;生活服务型景观的斑块密度和边缘密度最大,其景观破碎化程度高;人类主导景观的数量、面积占流域景观的半数以上。(3)不同治理时期生态防护型景观斑块面积持续增加,经济生产型景观面积相对减少,各景观功能类型的景观形状指数和分维数增加;自然景观与人类主导景观斑块数量与面积比例随时间推移而减小。**【结论】**国家各项政策措施使人类对脆弱生态系统的干扰减弱,生态系统得以休养生息,其内因演替逐渐得以增强。

[关键词] 纸坊沟流域;景观功能类型;景观动态;景观指数

[中图分类号] P901;Q149;S154.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)02-0209-08

Dynamic research on 3 landscape function types of Zhifanggou watershed

FAN Hong-xia^{a,b}, ZHANG Wen-hui^a, LI Hui-ru^{a,c}, LIN Yang^{a,c}

(a Key Laboratory of Environment and Ecology of Education Ministry in West China, b College of Forestry,
c College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The dynamic process of 3 landscape function types of Zhifanggou watershed was statistically analyzed to provide a basis for further optimization of the landscape pattern and evaluation of the watershed management effect. **【Method】** Based on drawing Zhifanggou watershed landscape patches map in field and geographical information technology, the landscape function type of Zhifanggou watershed, located in loess hilly-gully region, were researched. After digitizing the landscape patches map indoor, the landscape classification system was established on the basis of landscape ecology principle, then the correlative landscape indices were calculated to analyze the dynamic changes of landscape function types. **【Result】** (1) According to the classification system, the landscape of watershed could be divided into three major types as ecological-protection, economic-production and living-service type. According to the effect of human activities on landscape, the landscape was divided into human directed landscape and natural landscape. (2) In each treatment periods, the eco-protection landscape type is the dominant landscape of water-

* [收稿日期] 2010-06-15

[基金项目] 中国科学院西部行动计划项目“黄土高原水土保持与可持续生态建设试验示范研究”(KZCX2-XB2-05); 国家“十一五”科技支撑项目“植被优化配置与可持续建设技术”(2006BAD09803)

[作者简介] 范红霞(1986—), 女, 甘肃镇原人, 在读硕士, 主要从事景观生态学、生物多样性保护与利用研究。
E-mail: fengyunjiandi@163.com

[通信作者] 张文辉(1955—), 男, 陕西岐山人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物生态学与植物保护生物学研究。
E-mail: zwhckh@163.com

shed, of which the quantity, area and edge length are the largest. At the same time, the shape of eco-protection landscape is the most complicated, which indicates this type is disturbed by the human activities to the smallest extent. The patch density and edge density of living-service landscape are the largest. Furthermore, the landscape fragmentation degree of this type is also high, the number and area of human-directed landscape are more than half of this watershed landscape. (3) At different management stages, the area of eco-protection landscape patches is continuously increasing, while the area of eco-production is relatively decreasing. Meanwhile, the landscape shape index and fractal dimension of 3 landscape function type all increase. With the passage of time, the area ratio of natural landscape and human-directed landscape decrease while the proportion of these two landscape types has the same tendency. 【Conclusion】 The human interference of fragile ecosystem has been abating due to the national policies and measures, which renders ecosystem to rehabilitation, and the intensity of endogenous succession of artificial vegetation increases.

Key words: Zhifanggou watershed; landscape function type; landscape dynamic; landscape index

小流域是构成黄土高原地形地貌的基本地理单元,对流域景观格局的研究,是揭示流域生态状况、空间变异性特征以及与生态过程相关的区域资源环境问题的一种有效手段。通过对不同尺度流域植被景观斑块及功能类型的合理配置,实现景观格局的优化,可以保障流域健康持续地发展。纸坊沟流域是小流域综合治理的典型^[1],其流域景观格局趋于合理,植被生态系统治理比较理想,对黄土丘陵沟壑区的生态环境建设起到了良好的示范作用。

目前,国内对黄土高原丘陵沟壑区景观空间格局、土地利用结构等已有较多研究。温仲明等^[2]根据土地利用系列图得到 1938—2000 年 9 个时期的土地利用数据,采用二级分类系统,研究了纸坊沟流域 60 年来土地利用格局的变化,结果表明,该流域土地利用格局变化与人类活动密切相关,并已由一个利用类型转化为多个利用类型共同支配的土地利用格局;王晓燕等^[3]以 1958, 1978 和 1998 年 3 个时期的土地利用现状图为基础分析图件,将景观类型划分为 8 类,对纸坊沟流域 40 年来景观多样性动态的变化进行了分析,结果显示,纸坊沟流域景观格局趋于破碎、高度异质,景观多样性和均匀度增加,生态系统结构、功能具有较强的稳定性。上述研究均是以遥感影像解译为数据来源,但由于目前遥感图像解译技术尚不成熟,导致图像解译精度不高,会出现“同谱异物,同物异谱”现象,漏分、错分的情况也比较多见^[4],这些固有的缺陷,使得遥感解译分类无法满足小流域小尺度景观要素划分的要求。许晓波等^[5]在 1982, 1990, 2005 年 3 期现地勾绘纸坊沟流域景观类型图的基础上,将景观要素划分为 3 级,对流域不同治理时期的景观类型进行了对比,并对景观多样性、景观破碎化进行了动态分析,但是其对景

观功能类型的分析较少,因而难以建立景观功能类型构成与生态系统安全、稳定之间的关系。

本研究在现地勾绘纸坊沟流域 2009 年植被景观斑块图(以 1 : 10 000 地形图为底图)的基础上,对其进行了数字化处理,建立了景观斑块类型数据库,按照生态功能划分景观功能类型,并结合已数字化的 1982, 1990 和 2005 年的景观斑块数据资料,对纸坊沟流域景观功能类型进行动态分析,以期为该流域治理效果的评价和景观格局的进一步优化提供依据,并为相似类型区域或小流域的综合治理提供参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区概况

纸坊沟流域(北纬 36°51'30", 东经 109°19'30")地处陕北黄土丘陵沟壑区,属于黄土高原丘陵沟壑区第Ⅱ副区,是延河支流杏子河下游的一级支流,海拔 1 100~1 400 m,汇水面积为 8.275 km²。该地属暖温带半干旱季风气候区,年均气温 8.8℃,年均降水量 505.3 mm,降雨量年内分布严重不均,60%~80%的降雨量集中在 7—9 月份,且多为暴雨。平均年蒸发量 1 800~2 200 mm,为降水量的 3~5 倍,一般为 4~5 倍。

本区为森林草原区,土壤以黄土母质上发育来的黄绵土(钙质干润锥形土)为主。植被类型主要为旱生的天然灌木及草本群落,如狼牙刺(*Sophora vicii folia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、杠柳(*Periploca sepium*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、芨芨蒿(*Artemisia giraldii*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)等;人工群落有刺槐(*Robinia pseud-oacacia*)、旱柳(*Salix matsudana*)、柠条(*Caragana*

korshinskii)等^[6-8]。

1.2 研究方法

1.2.1 景观斑块图的现地勾绘 于 2009-08 对整个流域进行踏查,以熟悉地形、地貌和地面标志物,并熟悉不同景观类型斑块的识别特征。野外勾绘以纸坊沟流域 1 : 10 000 地形图为底图,采用对坡勾绘的方法,即分 2 个小组,一个小组绘图,另一组在对面山坡上确认斑块类型,由沟口开始,沿流域向沟掌逐地块勾绘,确认地形、地物、斑块边界,并记录斑块的植被特征,最后对勾绘的斑块边界及类型进行核查修订,完成 2009 年景观板块图。

1.2.2 景观斑块图的数字化 利用数字化仪将纸坊沟流域 2009 年景观斑块类型图输入计算机,运用 ArcGIS 软件对其进行配准并数字化,建立纸坊沟流域景观斑块类型数据库,该数据库包含各类型斑块的数量、面积、周长、空间位置等信息。

本研究采用的 1982,1990,2005 年的景观斑块类型图,均以 1 : 7 500 地形图为底图,用 1.2.1 中的方法勾绘而成,并同样用 Arcgis 软件对其进行数字化,虽然比例尺与 2009 年的不同,但作为景观功能类型分析,其精确度已经够用,具有可比性。

1.2.3 纸坊沟流域景观类型分类系统的建立 根据流域的景观特点,综合植被、土地利用和地形特征,确定了以景观功能、土地利用类型及群落优势种为主要依据的景观类型分类体系,据此将纸坊沟流域景观类型划分为 3 级^[5,9-11],其中 3 种景观功能类型为第 1 级,以土地利用类型划分第 2 级,最后以群落建群种或优势种划分第 3 级。具体划分如下:

(1)生态防护型景观,主要指发挥生态防护效益的景观斑块。第 2 级划分包括森林、灌丛、草地;第 3 级可进一步细分为刺槐林、旱柳林、白榆林、油松林、柠条灌丛、沙棘灌丛、白羊草群丛、茭蒿+铁杆蒿群丛等类型。

(2)经济生产型景观,即发挥经济生产功能的景观斑块。第 2 级划分为农田、果园、生产用地;第 3 级进一步细分为经济作物、油料作物、果园、采石场、油井等。

(3)生活服务型景观,指提供生活服务功能的景观斑块。第 2 级划分为居民点、河流、水库;第 3 级与第 2 级相同。

1.2.4 景观指数的计算 将景观斑块图 Grid 文件导入 Fragstats3.3 景观格局软件,选用反映景观功能类型基本结构信息的指数进行统计分析,对流域景观指数进行计算,研究流域景观功能类型的特征

及其变化^[12-18]。从类型水平上选取描述景观面积构成的指数有斑块数(NP)、景观类型面积(TA)、景观类型百分比(PLAND)、斑块平均大小(MPS)、斑块面积中值(A-MD)、斑块面积范围(A-RA)、斑块面积变异系数(A-CV)、最大斑块指数(LPI)、景观类型周长(TE);反映景观形状特征的指数有景观形状指数(LSI)和分维数(FRAC);反映景观异质性的 2 个基本指数为斑块密度(PD)和边缘密度(ED)。

2 结果与分析

2.1 景观功能类型面积构成的动态分析

纸坊沟流域 1982,1990,2005 和 2009 年的景观功能类型面积构成分析结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,纸坊沟流域在 1982,1990,2005 和 2009 年 4 个不同治理时期的景观斑块总数(NP)分别为 229,291,192,317,可见景观斑块的数量呈现增加趋势。其中生态防护型景观的斑块数量远高于其他 2 类景观功能类型,不同治理时期生态防护型景观斑块的数量比例分别为 69.00%,71.48%,80.73%和 81.07%,均占有很大比例。总体而言,不同治理时期生态防护型景观斑块数量增加明显,经济生产型景观斑块数量减少,生活服务型景观斑块变化甚微。

表 1 流域景观功能类型的面积特征(TA)显示,纸坊沟流域生态防护型景观面积总体随治理时期推移而呈增加趋势,但 2009 年较 2005 年稍有减少;经济生产型景观面积随着治理时间的推移相对减少,而 2009 年较 2005 年稍有增加;而生活服务型景观面积相对稳定,这与流域内新增加的采石场、油井等生产用地有密切关系。横向来看,各个治理时期均以生态防护型景观面积最大,经济生产型景观面积次之,生活服务型景观面积最小;4 个不同治理时期,3 种功能类型景观面积比例分别为 1 : 0.049 : 0.023,1 : 0.302 : 0.019,1 : 0.183 : 0.018 和 1 : 0.202 : 0.018,可见生态防护型景观始终是流域的主导景观。

斑块平均大小(MPS)用来描述景观粒级,在一定程度上可以揭示景观被边界分割的程度,是景观破碎化程度的直接反映。从表 1 可以看出,纸坊沟流域经济生产型景观功能类型的平均面积最大,生态防护型景观次之,生活服务型景观最小。从纵向分析,各个功能类型景观的斑块平均面积均有减小趋势,说明随治理年限的推移,影响各景观功能类型的外界因素逐渐趋于稳定。

表 1 纸坊沟流域不同治理时期景观功能类型面积构成的比较

Table 1 comparison of area component of function type of landscape Zhifanggou watersheds at different conservation stages

景观功能类型 Function type	年份 Year	NP	TA/ km ²	PLAND/%	MPS/ km ²	A-MD/ km ²	A-RA/ km ²	A-CV/%	LPI/%	TE/ km
生态防护型 Eco-protection type	1982	158	5.468	0.661	0.035	0.241	0.481	0.066	8.883	195.288
	1990	208	6.261	0.757	0.030	0.206	0.432	0.076	6.916	211.885
	2005	155	6.895	0.833	0.044	0.156	0.311	0.061	4.540	205.443
	2009	257	6.783	0.820	0.026	0.420	0.841	0.067	12.399	244.250
经济生产型 Pro-economics type	1982	61	2.680	0.324	0.044	0.232	0.164	0.318	17.425	80.671
	1990	72	1.892	0.229	0.026	0.210	0.419	0.243	22.252	62.370
	2005	24	1.259	0.152	0.052	0.259	0.517	0.304	21.461	61.904
	2009	50	1.367	0.165	0.027	0.037	0.075	0.412	25.486	59.102
生活服务型 Living-service type	1982	10	0.127	0.015	0.013	0.180	0.359	0.103	28.470	8.082
	1990	11	0.122	0.015	0.011	0.015	0.029	0.133	28.689	7.730
	2005	13	0.121	0.015	0.009	0.121	0.242	0.147	20.496	7.958
	2009	10	0.125	0.015	0.013	0.017	0.034	0.182	18.813	7.825

注:NP 为斑块数;TA 为景观类型面积;PLAND 为景观类型百分比;MPS 为斑块平均大小;A-MD 为斑块面积中值;A-RA 为斑块面积范围;A-CV 为斑块面积变异系数;LPI 为最大斑块占景观面积比例;TE 为景观类型周长。

Note:NP is patches number,TA total area,PLAND percentage of landscape;MPS is mean patch size,A-MD patch area median,A-RA patch area range;A-CV is patch area coefficient of variation,LPI largest patch index,TE total edge.

景观斑块面积的变异系数(A-CV)可以反映景观斑块规模的变异程度。由表 1 可知,纸坊沟流域景观功能斑块中,以经济生产型景观类型斑块面积的变异系数最大,生活服务型景观次之,生态防护型景观最小,说明在人为干扰条件下,景观要素的变异程度较大;而该系数随时间推移变化不明显,说明人类对流域的治理强度已稳定在一定水平。

最大斑块指数(最大斑块占景观面积的比例,LPI)显示最大斑块对景观的影响程度,是确定景观的优势类型、衡量景观优势度的一个简单指标^[19]。由表 1 可知,在各个治理时期,纸坊沟流域生活服务型景观斑块的 最大斑块指数明显高于其他 2 种景观功能类型,表明生活服务型景观的优势度较高,斑块间面积分布不均匀。生态防护型和经济生产型景观的最大斑块指数随着流域治理时期的推移而有所增加,说明这两类景观功能类型的空间面积呈连片趋势;生活服务型景观的最大斑块指数随治理时期的推移而呈下降趋势,表明其连片面积缩小并被分割,在景观中的优势有所减小^[20]。

表 1 显示,流域各功能类型景观斑块的周长(TE)以生态防护型景观最大,经济生产型景观次之,生活服务型景观最小,此规律与面积特征的规律一致,且各功能类型间差异明显。按照治理时间顺序可知,生态防护型景观斑块周长增加,经济生产型景观减小,生活服务型景观相对稳定。

2.2 景观功能类型的形状动态分析

景观形状指数(LSI)反映了景观斑块或景观类型的复杂程度,其值越小,表明景观类型形状越简

单,反之形状越复杂;分维数(FRAC)是度量景观复杂程度的一个指标,其值为 1~2,分维数越接近 1,表明斑块形状越有规律,斑块的几何形状越趋于简单,说明斑块受人为干扰的程度越大,因为人为干扰所形成的斑块一般几何形状较为规则。因此,这 2 个景观指数的大小与景观类型受到的人类干预程度成反比关系^[14,20-23]。纸坊沟流域 1982,1990,2005,2009 年 4 个治理时期各功能类型景观形状指数(LSI)及分维数(FRAC)的变化如图 1 所示。

图 1 显示,纸坊沟流域生活服务型景观的形状指数最小,其形状比较规则,表明该景观功能类型受人类活动干扰的程度较大;1982 和 1990 年 2 个治理时期生态防护型景观的形状指数较为接近,这是因为治理初期生态防护型景观经历了被破坏到人工栽植的过程,人类的干预活动对这 2 个时期景观功能类型的影响程度近似,随着治理时间的推移,生态防护型景观的形状指数增大,表明植被恢复进入了自我更新阶段,人为干扰减小;经济生产型景观在不同治理时期的变化幅度不大,表明其不同治理时期受到的人为干扰程度较为接近。

由图 1 可以看出,纸坊沟流域生态防护型景观的分维数大于其他 2 种景观功能类型,表明生态防护型景观的形状最为复杂,受到的人类干扰最小,而经济生产型景观与生活服务型景观受到的人类干扰活动较为强烈;随着治理时间的递增,生态防治型景观功能类型的分维数有明显的递增趋势,而生活服务型景观与经济生产型景观增势甚微,说明人类活动对前者的影响呈减小趋势,而对后两者的干预较

大,这与景观形状指数的变化规律基本一致。

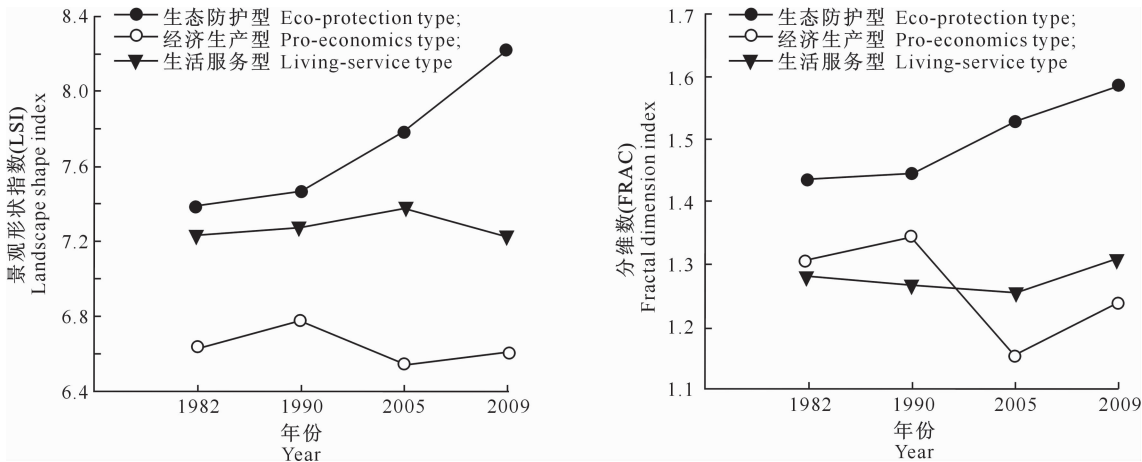


图 1 纸坊沟流域不同治理时期各景观功能类型形状指数和分维数的比较

Fig. 1 Comparison of shape index and fractal dimension index of different conservation stage landscape function type of Zhifanggou watersheds

2.3 景观功能类型异质性的动态分析

斑块密度(PD)反映了单位面积上的斑块数量,可以揭示景观基质被斑块分割的程度,能更直接地反映景观类型的破碎化程度和景观异质性。斑块密度愈大,景观的破碎程度愈大,景观异质性愈高^[24]。从图 2 可以看出,纸坊沟流域生活服务型景观的斑

块密度最大,表明单位面积上的斑块数最多,该功能类型景观的破碎化程度最高,其景观异质性也较高。不同治理时期,生活服务型景观的斑块密度呈先增后减趋势,而其他 2 种景观功能类型则呈增加趋势,表明这 2 类功能类型景观的破碎化程度增大,异质性增高。

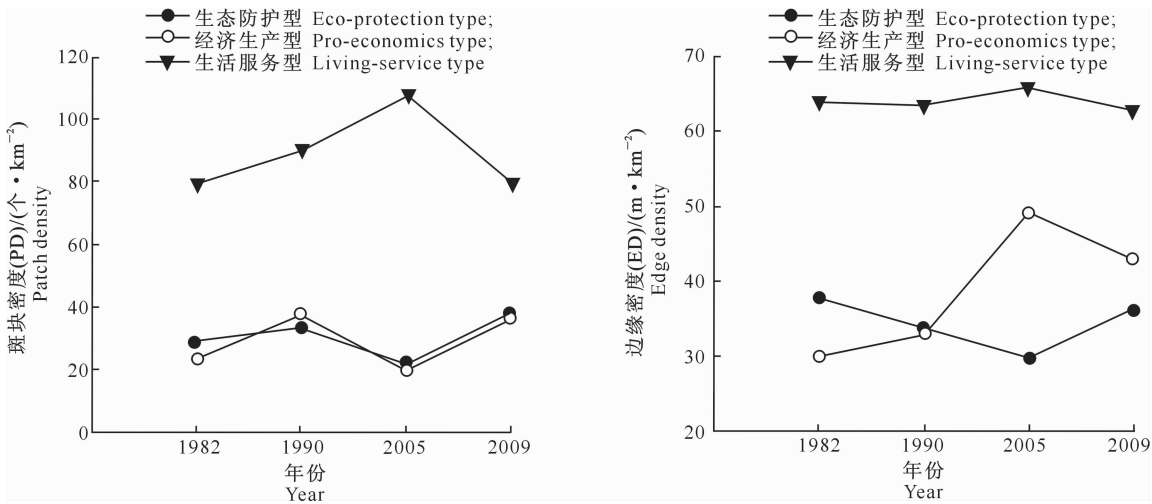


图 2 纸坊沟流域不同治理时期各景观功能类型斑块密度和边缘密度的比较

Fig. 2 Comparison of patch density and edge density of landscape at different conservation stages function type of Zhifanggou watershed

边缘密度(ED)是景观类型周长与类型面积的比例,是景观类型单位面积所拥有的边缘长度的度量。ED 即单位面积上的周长值愈大,表明景观类型被边界割裂的程度愈高;反之表明景观类型保存完好,连通性高^[25]。图 2 显示,纸坊沟流域生活服务型景观类型的边缘密度远高于其他 2 个景观功能类型,说明在人为活动干扰强烈的情况下,该流域生

活服务型景观的破碎化程度较高,这与斑块密度的分析结果基本一致。从时间梯度看,生活服务型景观的边缘密度略有减小,生态防护型景观先减后增,经济生产型景观则呈先增后减趋势。

2.4 自然景观与人类主导景观构成的动态分析

自然景观是指基本维持自然状态、人类干扰较少、自然发育的景观。在纸坊沟流域中,自然景观由

生态防护型景观类型中的天然植被部分及生活服务型景观类型中的河流要素构成;人类主导景观由生态防护型景观类型中的人工植被及经济生产型和生活服务型景观类型中的居民点、水库等要素组成^[11,26]。经过长期人为活动的干扰,纸坊沟流域内的自然景观被侵占、切割,形成目前自然景观与人类主导景观相间分布的格局。从表 2 可以看出,纸坊沟流域的人类主导景观斑块数量、面积与周长均大于自然景观;1982,1990,2005 和 2009 年自然景观与人类主导景观斑块数量之比依次为 1 : 1.663, 1 : 1.676, 1 : 1.313 和 1 : 1.805,面积之比依次为

1 : 1.124, 1 : 1.448, 1 : 1.000 和 1 : 1.576,可见人类的治理活动对该流域景观的影响较为明显,人类主导景观涵盖了 3 种景观功能类型。由表 2 还可知,人类主导景观除 1982 年外,其他 3 个时期均以生态防护型景观即人工植被的斑块数、面积、周长为最大,这与流域自 1984 年后确立的稳定治理政策密切相关,人工植被面积和斑块数量急剧增大,代替了大面积的经济生产型景观,对流域的景观功能类型构成产生了影响。之后,其他治理时期人工植被也有增加趋势,说明此期人类对流域的治理活动,是流域景观格局及功能类型结构变化的主导因素。

表 2 不同治理时期纸坊沟流域自然景观和人类主导景观构成的比较

Table 2 Comparison of natural landscape and human directed landscape of Zhifanggou watershed at different conservation stage

类型 Type	年份/年 Year	景观功能类型 Landscape function type	NP	$P_{NP}/\%$	TA/km ²	$P_{TA}/\%$	TE/km ²	$P_{TE}/\%$
自然 景观 Natural type	1982		80	34.93	3.793	45.84	130.790	46.05
	1990		105	36.08	3.311	40.01	115.414	40.93
	2005		82	42.71	3.937	47.58	126.103	45.81
	2009		91	28.71	3.212	38.48	111.694	37.49
人类主 导景观 Human Directed type	1982	生态防护型 Eco-protection type	80	34.93	1.715	20.73	67.462	23.75
		经济生产型 Pro-economics type	61	26.64	2.681	32.40	80.671	28.40
		生活服务型 Living-service type	8	3.49	0.089	1.08	5.118	1.80
		合计 Total	149	65.07	4.485	54.20	153.251	53.95
	1990	生态防护型 Eco-protection type	105	36.08	2.986	36.08	99.133	35.16
		经济生产型 Pro-economics type	60	20.62	1.586	19.17	52.160	18.50
		生活服务型 Living-service type	21	7.22	0.392	4.74	15.278	5.42
		合计 Total	186	63.92	4.964	59.99	166.571	59.07
	2005	生态防护型 Eco-protection type	75	39.06	2.991	36.15	81.938	29.76
		经济生产型 Pro-economics type	24	12.50	1.259	15.21	61.904	22.49
		生活服务型 Living-service type	11	5.73	0.088	1.06	5.360	1.95
		合计 Total	110	57.29	4.338	52.42	149.202	54.20
	2009	生态防护型 Eco-protection type	169	53.31	3.640	47.55	144.001	48.34
		经济生产型 Pro-economics type	50	15.77	1.367	16.52	39.102	13.12
		生活服务型 Living-service type	7	2.21	0.056	0.68	3.125	1.05
		合计 Total	226	71.29	5.063	64.75	186.228	62.51

注: P_{NP} 指每一时期不同景观类型斑块数与该时期景观斑块总数的比值; P_{TA} 指每一时期不同景观类型面积与该时期景观斑块总面积的比值; P_{TE} 指每一时期不同景观类型周长与该时期景观斑块总周长的比值。

Note: P_{NP} refers to the ratio of the patches number of each landscape type to total number of landscape patches in each period; P_{TA} refers to the ratio of the area of each landscape types to total area of landscape patches in each period; P_{TE} refers to the ratio of the perimeter of each landscape types to total perimeter of landscape patches in each period.

3 结论与讨论

纸坊沟小流域作为黄土高原丘陵沟壑区流域治理的典型样板,经过近 30 年的连续治理,流域景观功能类型构成比例趋于稳定、合理,功能类型组分多样,景观整体破碎,异质性高。同时,流域的景观格局及生态稳定与人类活动的干预密切相关。

按照景观发挥的不同生态功能,可将纸坊沟流域划分为生态防护型、经济生产型和生活服务型 3 个景观功能类型。本研究结果显示,在纸坊沟流域,

生态防护型景观是流域的主导景观,斑块数量、面积、周长最大,景观形状指数和分维数也大于其他 2 类景观功能类型,提示该流域受到的人类干扰程度最小;生活服务型景观的斑块密度和边缘密度均大于其他 2 种景观功能类型,说明该功能类型的景观破碎化程度大,景观异质性高。人类主导景观中生态防护型景观即人工植被占据最大比例,人类治理流域活动的强弱和方式,对景观功能类型的构成具有较为明显的影响。1982,1990,2005 和 2009 年 4 个不同治理时期的动态研究表明,人类对生态防护

型景观的干扰程度逐渐减弱,植物群落的内源演替对该功能类型景观斑块的物质循环、能量流动和信息周转的影响有所增强,这与政府政策的干预密切相关;经济生产型景观仍然依赖于人类活动的维持;生活服务型景观的面积、形状等相对保持在稳定水平。

王晓燕等^[3]研究发现,纸坊沟流域人工治理前后景观格局的基质由旱地转化为林草地。本研究选取的研究时期均在治理之后,因此以生态防护型景观为基质的景观格局表明,流域治理后生态防护型景观占主导地位。许晓波等^[5]认为,经过 3 次连续的治理,目前纸坊沟流域的景观格局已趋于合理,植被建设取得良好成效,若政府政策不改变,则流域不同景观功能类型的面积比例、破碎化程度在未来短期内不会发生较大变化;2005—2009 年,流域内明显的变化是新型经济生产型景观如采石场的出现,该景观类型所占面积比例尽管很小,但应该注意的是,随着开采范围的扩大,仍会对周围景观产生间接影响,如道路侵占、植被破坏等。

流域生态稳定性提高的关键,是实现生态系统能量流动和物质循环的和谐与平衡。本研究的结果认为,纸坊沟流域景观基质为生态防护型景观类型,虽然该景观基质有利于区域的生态安全,但仍需对人工群落中不能自我更新的植物群落进行调整,选用适应当地环境条件的乡土树种,保证每个子生态系统能够发挥良好的水土保持效益,从而保障流域的健康安全发展。本研究仅限于面积、形状、景观异质性、景观破碎化程度等景观指数水平的分析,还需要对生态稳定安全与景观异质性之间的关系进行更深入的探讨。在今后的景观功能研究中,应结合植被发挥的生态效益、不同生态系统空间位置与生态系统稳定性的关系、农业生态经济的安全状况等,进一步探索更为科学的流域景观格局优化模式。

[参考文献]

- [1] 卢宗凡,谢永生,王继军. 陕北生态环境建设特点与典型模式分析 [J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 51-53.
Lu Z F, Xie Y S, Wang J J. Analyses on characteristics and typical modes of ecological and environmental construction in North Shaanxi [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(4): 51-53. (in Chinese)
- [2] 温仲明,焦峰,张晓萍,等. 黄土丘陵区纸坊沟流域 60 年来土地利用变化研究 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 125-128.
Wen Z M, Jiao F, Zhang X P, et al. Changes in land use patterns in small catchment in past 60 years in Loess Hilly Region on Loess Plateau [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(5): 125-128. (in Chinese)
- [3] 王晓燕,徐志高,杨明义,等. 黄土高原小流域景观多样性动态分析 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 273-277.
Wang X Y, Xu Z G, Yang M Y, et al. Analysis of the landscape diversity dynamics of small watershed in the Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(2): 273-277. (in Chinese)
- [4] 秦其明. 遥感图像自动解译面临的问题与解决的途径 [J]. 测绘科学, 2000, 25(2): 21-24.
Qin Q M. The problem and approach in the auto-interpretation of remote sensing imagery [J]. Science Surveying and Mapping, 2000, 25(2): 21-24. (in Chinese)
- [5] 许晓波,张婷,张文辉. 纸坊沟流域近 25 年景观斑块功能类型及动态 [J]. 林业科学, 2009, 45(8): 154-160.
Xu X B, Zhang T, Zhang W H. Function types and dynamic of landscape patches along Zhifanggou watershed in last 25 Years [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(8): 154-160. (in Chinese)
- [6] 王国梁,刘国彬,刘芳. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被特点与生态交错带效应 [J]. 西北植物学报, 2002, 22(5): 1102-1108.
Wang G L, Liu G B, Liu F. The vegetative characteristics and ecotone effect of Zhifanggou watershed in Loess Hilly Region [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2002, 22(5): 1102-1108. (in Chinese)
- [7] 许红梅,贾海坤,黄永梅. 黄土高原丘陵沟壑区小流域植被净第一性生产力模型 [J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1064-1074.
Xu H M, Jia H K, Huang Y M. A simulation model of net primary production at watershed scale in hilly area of Loess Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(5): 1064-1074. (in Chinese)
- [8] 程积民,万惠娥. 中国黄土高原植被建设与水土保持 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
Cheng J M, Wan H E. Vegetation construction and water conservation on Loess Plateau in China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002. (in Chinese)
- [9] 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
Song Y C. Vegetation ecology [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001. (in Chinese)
- [10] 郭晋平. 森林景观生态研究 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
Guo J P. Forest landscape ecological research [M]. Beijing: Peking University Press, 2001. (in Chinese)
- [11] 林洋,张文辉. 黄土丘陵沟壑区燕沟流域的景观构成及功能类型 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(1): 145-153.
Lin Y, Zhang W H. The landscape composition and function types of Yangou watershed in the Loess Plateau area [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2010, 38(1): 145-153. (in Chinese)
- [12] 邬建国,李百炼,伍业刚. 缀块性和缀块动态: I. 概念与机制 [J]. 生态学杂志, 1992, 11(4): 41-45.
Wu J G, Li B L, Wu Y G. Patchiness and patch dynamics: I. Concepts and mechanisms [J]. Acta Ecologica Sinica, 1992, 11

(4);41-45. (in Chinese)

[13] 肖红生,周 庆,陈北光,等. 车八岭国家级自然保护区森林景观的斑块特征 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003,31(4):135-138.
Xiao H S,Zhou Q,Chen B G,et al. Patch properties of forest landscape of National Chebaling Nature Reserve [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2003,31(4):135-138. (in Chinese)

[14] 贾宝全,慈龙俊. 绿洲景观生态学研究 [M]. 北京:科学出版社,2003.
Jia B Q,Ci L J. Oasis landscape ecological study [M]. Beijing: Science Press,2003. (in Chinese)

[15] 余新晓,牛健植,关文彬,等. 景观生态学 [M]. 北京:高等教育出版社,2006.
Yu X X,Niu J Z,Guan W B. Landscape ecology [M]. Beijing: Higher Education Press,2006. (in Chinese)

[16] 邹建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级 [M]. 2 版. 北京:北京教育出版社,2007.
Wu J G. Landscape Ecology: Pattern, process, scale and grade [M]. 2nd Edition. Beijing: Higher Education Press,2007. (in Chinese)

[17] 张希彪,周天林. 人类活动对黄土高原子午岭森林景观格局的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35 (10):115-121.
Zhang X B,Zhou T L. Impacts of human activities on landscape patterns in the Ziwuling Mountains of the Loess Plateau [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2007,35(10): 115-121. (in Chinese)

[18] O Neil R V,Krummel J R,Gardner R H,et al. Indices of landscape structure [J]. Landscape Ecology,1988,1(3):153-162.

[19] 胡淑萍,孙庆艳,余新晓. 京郊小流域森林景观格局变化分析 [J]. 水土保持通报,2009,29(5):180-183.
Hu S P,Sun Q Y,Yu X X. Changes of forest landscape pattern in small watershed of Beijing suburb [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2009,29(5):180-183. (in Chinese)

[20] 李传哲,于福亮,刘 佳. 分水后黑河干流中游地区景观动态变化及驱动力 [J]. 生态学报,2009,29 (11):5832-5842.
Li C Z,Yu F L,Liu J,et al. Dynamic change of landscape and its driving forces in midstream of Heihe mainstream basin after water redistribution [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29 (11):5832-5842. (in Chinese)

[21] 傅伯杰. 景观多样性分析及其制图研究 [J]. 生态学报,1995, 15(4):345-350.
Fu B J. Landscape diversity analysis and mapping [J]. Acta Ecologica Sinica,1995,15(4):345-350. (in Chinese)

[22] 王宪礼,肖笃宁,布仁仓,等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析 [J]. 生态学报,1997,17(3):317-323.
Wang X L,Xiao D N,Bu R C,et al. Analysis on landscape patterns of Liaohe delta wetland [J]. Acta Ecologica Sinica, 1997,17(3):317-323. (in Chinese)

[23] 刘学录,董旺远,林慧龙. 景观要素的形状指数与形状特征的关系 [J]. 甘肃科学学报,2000,12(3):17-20.
Liu X L,Dong W Y,Lin H L,et al. The relations between the shape index of the landscape elements and their shape features [J]. Journal of Gansu Sciences,2000,12(3):17-20. (in Chinese)

[24] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响:以山东省东营市为例 [J]. 生态学报,1996,16(4):337-344.
Chen L D,Fu B J. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta: A case study of Dongying region [J]. Acta Ecologica Sinica,1996,16(4):337-344. (in Chinese)

[25] 马克明,傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价 [J]. 植物生态学报,2000,24(3):320-326.
Ma K M,Fu B J. Landscape pattern and fragmentation in Donglingshan Mountain region [J]. Acta Phytocologica Sinica,2000,24(3):320-326. (in Chinese)

[26] 王礼先. 流域管理学 [M]. 北京:中国林业出版社,1999.
Wang L X. Valley management [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1999. (in Chinese)