

水土保持措施驱动村域土地利用景观格局变化

——以米脂县高西沟村为例

涂雯¹, 吴静雯², 马理辉^{3,4}, 冯喆¹

(1.西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学风景园林艺术学院, 陕西 杨凌 712100;
3.西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4.中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以陕北地区典型乡村——榆林市米脂县高西沟村为例, 探究其在水土保持措施下土地利用景观格局变化及驱动因素, 对黄土丘陵区水土保持、景观格局优化、美丽乡村建设和生态可持续发展具有指导意义。基于高西沟 1986 年、2004 年、2022 年遥感影像, 借助 ArcGIS、ERDAS 和 FRAGSTATS 等软件, 运用动态度、转移矩阵、景观格局指数对土地利用变化进行分析, 并对其驱动因素展开探讨。结果表明: (1) 林地和草地是高西沟的主导地类, 约占区域总面积的 80%, 耕地、未利用地呈减少趋势, 水域和建设用地无较大变化; 土地利用综合动态度逐渐降低, 土地利用变化趋于平稳。 (2) 研究区林地转入面积最为显著, 主要由耕地转入, 林地整体增加 112 hm²; 而耕地主要由草地转入, 未利用地则向草地转出。 (3) 林地是高西沟土地利用景观格局中的最大优势斑块, 且破碎程度最高, 研究区各景观类型斑块形成较为稳定的连接, 景观连通性较好; 整体景观格局演变分散, 各景观类型的面积差距越来越大, 优势景观明显, 整体破碎程度高。 (4) 高西沟土地利用变化受水土保持、产业结构和相关政策影响。水土保持是高西沟耕地减少、未利用地开发和林草大面积增加的主要驱动因素, 产业结构调整和国家政策与财力资助是高西沟土地利用景观格局优化的辅助影响因素。

关键词: 土地利用; 景观格局; 驱动因素; 水土保持; 黄土丘陵区

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2023)03-0147-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.03.020

Soil and Water Conservation Measures Drive the Change of

Land Use Landscape Pattern in the Village

—A Case Study of Gaoxigou Village in Mizhi County

TU Wen¹, WU Jingwen², MA Lihui^{3,4}, FENG Zhe¹

(1.College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2.College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100;
3.Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 4.Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking Gaoxigou Village, Mizhi County, Yulin City, a typical village in northern Shaanxi Province, as an example, the changes of land use landscape pattern and its driving factors under soil and water conservation measures were explored, and it had guiding significance for soil and water conservation, landscape pattern optimization, beautiful countryside construction and ecological sustainable development in the loess hilly region. Based on the remote sensing images of Gaoxigou in 1986, 2004 and 2022, with the help of ArcGIS, ERDAS and FRAGSTATS software, the land use change was analyzed by using the dynamic degree, transfer matrix and landscape pattern index, and the driving factors were discussed. The results showed that: (1) Forestland and grassland were the dominant land types, accounting for about 80% of the total area of Gaoxigou. Arable land and unused land showed a decreasing trend, while water area and construction land had no significant change. The comprehensive dynamic degree of land use gradually decreased and the change of land use tended

收稿日期: 2022-12-15

资助项目: 国家重点研发计划项目 (2021YFD1900700)

第一作者: 涂雯 (1996—), 女, 硕士研究生, 主要从事乡村治理与发展研究。E-mail: tw20200127@nwfau.edu.cn

通信作者: 马理辉 (1979—), 男, 副研究员, 博士, 主要从事水土资源高效利用研究。E-mail: gjzmlh@126.com

to be stable. (2) The change area of forestland in the study area was the most significant, mainly change from arable land, and the overall increase area of forestland was 112 hm². The arable land was mainly changed from grassland, while the unused land changed to grassland. (3) Forestland was the most dominant patch in Gaoxigou land use landscape pattern, with the highest degree of fragmentation, and the patches of various landscape types in the study area formed a relatively stable connection with good landscape connectivity. The overall landscape pattern evolved dispersedly, and the area gap of each landscape type was becoming larger and larger. The dominant landscape was obvious, and the overall fragmentation degree was high. (4) Land use change in Gaoxigou was affected by soil and water conservation, industrial structure and related policies. Soil and water conservation was the main driving factor for the reduction of cultivated land, the development of unused land and the increasing of forest and grass area in Gaoxigou. The adjustment of industrial structure and national policy and financial support were the auxiliary influencing factors for the optimization of land use landscape pattern in Gaoxigou.

Keywords: land use; landscape pattern; driving factors; water and soil conservation; loess hilly region

土地利用变化是人类活动对自然环境影响最为直接的表现形式,它与地表物质循环、生物多样性和自然资源可持续发展有着紧密联系^[1-2]。随着社会经济环境的改变,社会需求与生产科技水平随之提高,旧有的土地利用现状逐步转化^[3-4]。对土地利用现状的分析即是对土地利用的结构、布局、程度、效果及存在问题进行的相关分析^[5]。土地利用变化将人类对自然环境的作用过程形象地加以体现^[6],景观格局变化作为土地利用变化在景观生态学上的表达,使得区域景观格局研究成为揭示研究区土地利用变化、空间变异特征和生态现状的有效方式^[7]。

目前,景观格局分析方法主要包括景观格局指数和空间统计分析 2 种^[8-12]。景观格局指数是反映景观结构和空间配置特征的量化指标,即对景观特征进行定量研究。空间统计分析一方面是对不同类型的景观格局时空变化和驱动因素进行研究;另一方面,景观格局时空动态变化对周边生态环境的影响及风险评估。许多学者^[13-17]已围绕区域土地利用景观格局展开大量研究,运用转移矩阵、土地利用变化模型、土地利用动态度及重心转移等研究土地利用景观格局的动态变化和驱动因素,关于驱动因素绝大部分学者^[18-22]主要采用主成分分析法对气候、水文、经济、政策等展开研究,运用相关数据采用定性分析的还较少。对于研究区域小、资料数据有限的情况下,定性分析法更加符合实际需求。

土地利用景观格局及驱动因素大多以沿海沿江或东部平原区等发达区域为研究区^[23-25],黄土丘陵区景观研究较少,以村为研究范围则更是鲜有报道。高西沟村是 1 个 4 km²的绿色奇迹,坚持人与自然和谐共处、生态与经济协调发展的理念,在因山因地因水制宜的思路下,将山、水、林、田、路综合治理,实施林、草、粮、果、畜多业多种经营,把一个地表破碎、土地贫

瘠的生态恶劣村变成地沃村富、山清水秀的小康村。其独创性的成功经验和水土保持治理方法对黄土丘陵沟壑区的更多乡村来说,发挥极大的借鉴意义,探究高西沟多年景观格局动态变化及驱动因素也为土地资源合理利用提供宝贵的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省榆林市米脂县银州街道,总面积 4 km²,属半干旱大陆性季风气候,年平均降水量 451.6 mm,年平均气温 8.5 ℃,昼夜温差大,无霜期 162 天。该村地处米脂县城东北 20 km 处,由 40 座山、21 条沟组成,属典型的黄土丘陵沟壑区。常绿树种 100 多种,生态林 153.33 hm²,苹果园 66.67 hm²,郁郁葱葱的林木,碧波荡漾的水库,秀丽的层层梯田,优雅的生态环境,使其成为陕北黄土高原丘陵沟壑区生态环境治理的一面旗帜。早在二十世纪五六十年代高西沟就开始坡改梯田,修建水库,退耕还林,1978 年已初步形成“三三制”(即 1/3 林地、1/3 草地、1/3 农田)治理模式,随着退耕还林政策实施,2004 年高西沟 1/2 土地已为林地,2007 年被国家表彰为“全国绿色小康村”。

1.2 数据来源与处理

由于 20 世纪 80 年代的早期遥感影像分辨率受限,只能获取到 30 m,故本研究所使用的数据源为 1986 年、2004 年 2 期空间分辨率为 30 m 的 Landsat TM 遥感影像图和 2022 年分辨率为 0.5 m 的无人机影像图。

利用 ENVI5.3 对 3 期遥感数据依次进行辐射定标、大气校正等预处理,结合榆林市米脂县自然资源和规划局提供的高西沟村边界矢量数据对区域进行裁剪,对该区每个地类样本随机挑选不少于 50 个样

本数,采用最大似然法进行解译分类,将其划分为耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地 6 种景观类型。为使分类结果准确度尽可能达到最高,根据实地调研勘查和高西沟村水保生态展馆中的记载数据对分类结果进行查验和纠正,并利用 ERDAS-IMAGINE9.2 进一步优化处理,最终得到 1986 年、2004

年、2022 年土地利用分布(图 1)。结合取点验证,对 3 期分类结果进行精度核验,其精度分别为 88.37%,89.86%,89.36%,Kappa 系数分别为 0.859 1,0.875 1,0.868 4,满足研究所需要求。

本研究相关的社会经济数据均来自高西沟村水保生态展览馆档案资料记载。

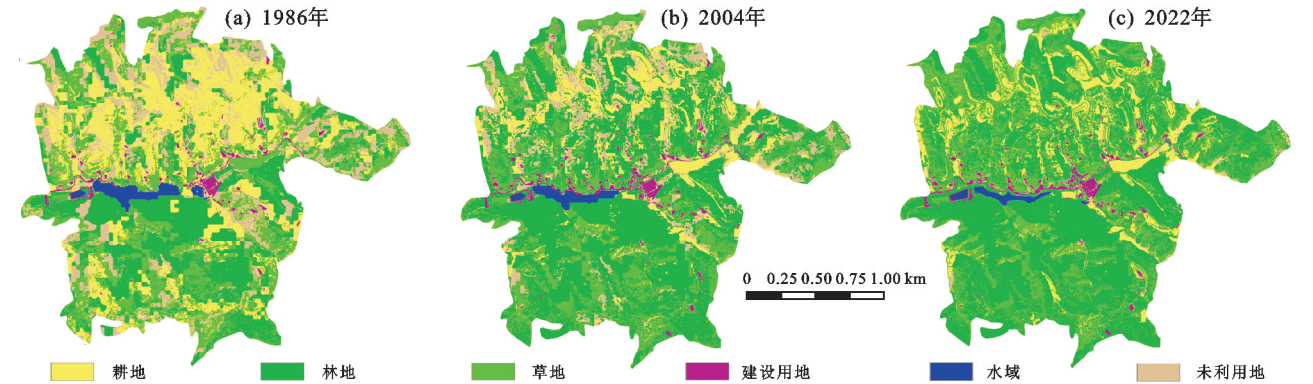


图 1 1986—2004 年土地利用分布

1.3 研究方法

1.3.1 转移矩阵 土地利用转移矩阵是某一时期某区域的土地利用类型所存在静态数据与其他各地类之间相互转化的动态数据^[26]。形式源于系统分析中对于系统表现状态与不同状态转移之间的定量描述,综合而具体地反映出该变化所具有的结构特征与不同土地利用类型间的方向转移^[27],该计算公式参考相关文献^[28-29]。

1.3.2 土地利用动态度 土地利用动态度定量描述研究区各土地利用类型在一定时间内的变化速度。其中,单一动态度是表示同一种土地利用类型在某时间段内数量上的动态变化;综合动态度是反映区域内整体土地利用的变化情况。土地利用动态度(K)计算公式为:

$$K=\frac{U_a-U_b}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$
 (1)

式中: U_a 、 U_b 分别为研究初期和研究末期某一土地利用类型的面积(hm^2); T 为研究时长(年)。

$$LU=\frac{\sum_{i=1}^n\Delta LU_{i-j}}{2\times\sum_{i=1}^nLU_i}\times\frac{1}{T}\times100\%$$
 (2)

式中: LU 为土地利用综合动态度; LU_i 为研究初期第*i*类土地利用类型的面积(hm^2); ΔLU_{i-j} 为研究期间第*i*类土地利用类型的面积转化为*j*类土地利用类型面积的绝对值; T 为研究时长(年)。

1.3.3 景观格局指数 为更加全面地反映该区域景观格局特征,考虑到研究区的实际特点和需要,选取斑块密度(PD)、最大斑块面积指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、聚散度指数($CONTAG$)、散布与并列指数(IJI)、香农多样性指数($SHDI$)、香农均匀度指数($SHEI$)、景观分离度指数($DIVISION$)、聚合度指数(AI)共 9 个指标,在 Fragstats 4.2 软件中计算斑块类型水平和整体景观水平上的景观指数。

2 结果与分析

2.1 土地利用时空变化分析

经过对研究区的 3 期遥感影像(图 1)解译后,结合公式(1)和公式(2)统计分析,得到本研究区域 1986 年、2004 年、2022 年的土地利用面积和动态变化度(表 1)。

表 1 高西沟 1986—2022 年土地利用面积变化

土地类型	1986 年		2004 年		2022 年		1986—2004 年	2004—2022 年
	面积/ hm^2	占比/%	面积/ hm^2	占比/%	面积/ hm^2	占比/%	变化率/%	变化率/%
耕地	102.41	25.53	46.63	11.62	60.01	14.96	−119.62	22.30
林地	97.68	24.35	191.85	47.82	212.02	52.85	49.09	9.51
草地	116.43	29.02	97.55	24.32	108.55	27.06	−19.35	10.13
建设用地	6.18	1.54	8.16	2.03	11.19	2.79	24.26	27.08
水域	6.76	1.68	4.89	1.22	3.21	0.80	−38.24	−52.34
未利用土地	71.73	17.88	52.11	12.99	6.21	1.55	−37.65	−739.13

从空间分布来看,1986—2022 年高西沟村土地利用类型始终以林地、耕地和草地为主导,其次是未利用地,最后是建筑用地和水域。1986 年耕地、林地和草地的面积比分别达 25.53%,24.35%,29.02%,

超过总面积的 3/4。到 2004 年,由于高西沟对水土保持和生态修复的重视,加大对林草的种植,再加上退耕还林政策的实施,使得大量耕地转化为林地。1986—2004 年耕地变化率为-119.62%,林地变化率为 49.09%,耕地几乎减少 1/2,林地面积增加超过 1 倍。2004 年以后,高西沟未利用地变化最为显著,变化率为-739.13%,是原来土地面积的 1/7 倍,其他土地利用类型的面积变化不大,较为稳定。

从单一动态度(表 2)来看,2 个时段内,林地属于整体上变化速率最快的土地类型,主要与高西沟长久的水土保持治理密切相关。1986—2004 年,耕地动态度为-3.03%,林地动态度为 5.36%,说明高西沟的退耕还林举措得到良好实施。该地水域主要为 1 个小型水库,20 世纪 50 年代修建,至今库容已为 48 万 m³,多年来没有其他水域来源,故高西沟水域基本无较大变化。1986—2022 年,未利用地在 2 个时期均处于减少趋势,且变化越来越剧烈,到 2022 年末利用地仅占总面积 1.55%。由此可知,高西沟的生态治理效果已达到较佳状态。

高西沟村土地利用综合动态度为 0.65%,由 1986—2004 年的 0.79% 减少到 2004—2022 年 0.70%,整体表现为减少趋势,说明土地利用变化已逐渐趋于平稳。

表 2 1986—2022 年单一土地利用动态度

土地类型	1986—2004 年		2004—2022 年	
	变化	单一土地利用	变化	单一土地利用
	面积/hm ²	动态度/%	面积/hm ²	动态度/%
耕地	-55.78	-3.03	13.38	1.59
林地	94.17	5.36	20.17	0.58
草地	-18.88	-0.90	11.00	0.63
建设用地	1.98	1.78	3.03	2.06
水域	-1.87	-1.54	-1.68	-1.91
未利用地	-19.62	-1.52	-45.90	-4.89

2.2 转移矩阵分析

区域土地利用动态变化不仅体现在不同土地利用类型在数量特征上的变化,而且更为重要的是不同土地利用类型之间所具有的相互转换。本文通过土地利用矩阵(表 3~表 5)对高西沟村土地利用变化趋势进行分析,不同时期土地利用变化见图 2。

由表 3 可知,1986—2004 年林地和建设用地的面积增加,耕地、草地、水域和未利用地面积减少。耕地向林地转移 73.94 hm²,林地没有转出面积;草地向耕地和建设用地分别转移 18.08,1.22 hm²,未利用地向林地转移 19.52 hm²;耕地转入面积为 18.16 hm²,远小于转出面积,林地转入面积为 94.18 hm²,是土地利用中面积变化最大的地类,建设用地和水域基本无变化。

表 3 1986—2004 年土地利用转移矩阵

单位:hm²

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用土地	1986 年合计	转出
耕地	28.47	73.94	0	0	0	0	102.41	73.94
林地	0	97.68	0	0	0	0	97.68	0
草地	18.08	0	97.14	1.22	0	0	116.43	19.29
建设用地	0	0	0	6.19	0	0	6.19	0
水域	0.08	0.72	0.42	0.65	4.89	0	6.76	1.87
未利用土地	0	19.52	0	0.11	0	52.11	71.73	19.63
2004 年合计	46.63	191.86	97.55	8.16	4.89	52.11	401.20	—
转入	18.16	94.18	0.42	1.98	0	0	—	114.73

2004 年—2022 年耕地、林地、草地和建设用地面积均增加,水域和未利用地面积减少(表 4)。耕地转出面积合计为 9.05 hm²,其中,主要向林地转移 8.82 hm²,而林地转出面积合计为 19.70 hm²,主要向耕地转移 18.37 hm²,草地向耕地、林地、建设用地转

出面积分别为1.43,21.16,1.53 hm²;未利用地转出面积合计为 45.98 hm²,是土地面积转移中变化最大的地类,主要向耕地、林地、草地和建设用地转出面积分别为2.36,8.32,34.41,0.87 hm²,水域面积基本无变化。

表 4 2004—2022 年土地利用转移矩阵

单位:hm²

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用土地	2004 年合计	转出
耕地	37.58	8.82	0.10	0.09	0	0.03	46.63	9.05
林地	18.37	172.13	0.26	0.73	0.31	0.03	191.83	19.70
草地	1.43	21.16	73.42	1.53	0	0	97.55	24.12
建设用地	0.13	0.08	0	7.94	0	0	8.16	0.22
水域	0.07	1.28	0.61	0.02	2.89	0.02	4.89	1.99
未利用土地	2.36	8.32	34.41	0.87	0.01	6.13	52.10	45.98
2022 年合计	59.95	211.80	108.81	11.18	3.22	6.21	401.20	—
转入	22.38	39.67	35.38	3.24	0.32	0.08	—	101.06

从整体来看,1986—2022 年林地和建设用地面积增加,耕地、草地、水域和未利用地面积减少(表 5)。耕地转入面积小于转出面积,主要向林地转出 67.63 hm²;林地转入面积远大于转出面积,耕地、草地、未利用地向林地转入的面积分别为 67.63,24.28,

26.14 hm²,且林地为整个土地利用动态变化中转移面积最大的地类;草地转入面积小于转出面积,其中主要向耕地和林地分别转出 16.25,24.28 hm²;未利用地几乎只有转出,主要向林地和草地分别转出 26.14,34.44 hm²,建设用地和水域总体上无较大变化。

表 5 1986—2022 年土地利用转移矩阵

单位:hm²

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用土地	1986 年合计	转出
耕地	34.38	67.63	0.20	0.16	0	0.03	102.40	68.02
林地	4.95	91.79	0.11	0.51	0.30	0.01	97.67	5.88
草地	16.25	24.28	73.14	2.74	0	0.01	116.42	43.28
建设用地	0.10	0.06	0	6.02	0	0	6.19	0.17
水域	0.34	1.89	0.92	0.68	2.91	0.02	6.76	3.85
未利用土地	3.93	26.14	34.44	1.08	0.01	6.13	71.73	65.60
2022 年合计	59.95	211.80	108.81	11.18	3.22	6.21	401.20	—
转入	25.58	120.01	35.67	5.16	0.30	0.08	—	186.80

2.3 景观格局指数分析

2.3.1 景观类型指数分析 高西沟景观格局指数在景观类型水平的变化见图 2。斑块密度(PD)反映景观的破碎化程度,由图 2a 可知,2022 年林地的斑块密度均大于其他 2 年的耕地、草地、建设用地斑块密度,2022 年各地类的斑块密度在整个变化时期内都处于最大,未利用地斑块密度呈减小趋势,说明整个研究时段,耕地、林地、草地、建设用地越来越分散,其中林地的景观破碎程度最高,未利用地持续减少。最大斑块面积指数(LPI)可以用来确定景观中的优势类型。由图 2b 可知,在 3 个时期中,林地的最大斑块

面积指数远高于其他地类,1986—2022 年,林地的总面积呈上升趋势,且 2022 年达到最大,说明林地属于优势景观,在 6 种景观类型中居主导地位,耕地次之;建设用地、水域和未利用地的最大斑块面积指数值均较小,说明它们对于整体景观的影响程度较低。景观形状指数(LSI)是景观形状与分布的体现,由图 2c 可知,耕地、林地、草地的景观形状指数较为接近,总体上表现为上升趋势,且 3 种地类的变化差异不大,说明其景观形状和分布越来越复杂;且除未利用地外,2022 年景观形状指数在各地类中均处于最大,草地斑块类型最复杂,形状最不规则。

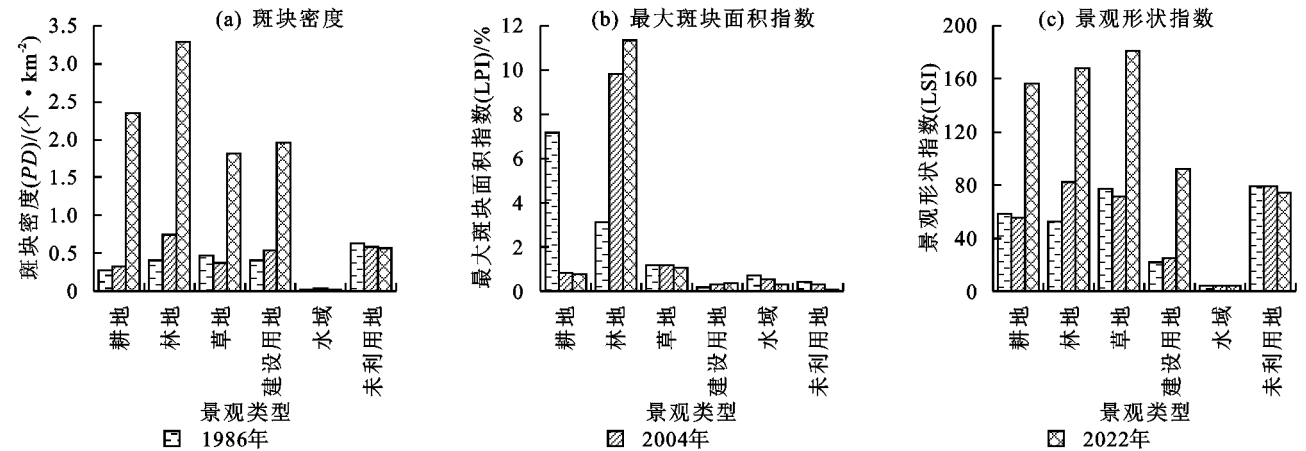


图 2 1986—2022 年高西沟斑块类型水平变化

2.3.2 景观水平指数分析 高西沟景观格局指数在景观水平上的变化见表 6。1986—2022 年蔓延度指数(CONTIG)先增加后减小,虽然 2004—2022 年期间该值略微减小,但减小幅度并不大,说明研究区各景观类型的分布相对集中,各景观类型斑块已形成较为稳定的连接,景观中小型斑块数量减少,景观连通性较好;散布与并列指数(IJI)持续不断降低,且降低幅度较为偏大,反映该地各类型斑块集中度逐渐降

低;香浓多样性指数(SHDI)由 1986 年的 1.45 降低到 2022 年的 1.30,表明景观中的优势类型越来越显著;香浓均匀度指数(SHEI)也呈减小趋势,表征研究区整体景观格局演变越来越分散,各景观类型的面积差距越来越大,某一景观在逐步向着大斑块发展;景观分离度指数(DIVISION)的不断增加和聚合度指数(AI)的不断减小,同时反映出整体景观破碎程度逐渐变大。

表 6 1986—2022 年高西沟景观水平指数

年份	蔓延度指数 (CONTIG)	散布与并列 指数(IJI)	香浓多样性 指数(SHDI)	香浓均匀度 指数(SHEI)	景观分离度 指数(DIVISION)	聚合度指数 (AI)
1986	58.27	65.74	1.45	0.75	0.76	96.57
2004	60.14	58.77	1.38	0.71	0.75	96.33
2022	59.36	51.08	1.30	0.67	0.91	91.87

2.4 驱动因素分析

土地利用景观格局变化受多种因素影响,在较大时空尺度上,气候、土壤、水文等自然驱动因子起着主导作用,与人类相关的水土保持、社会经济、产业结构、政策等方面因素在较小时空尺度上作用明显。高西沟村占地面积 4 km²,由于典型的地貌特征和水土保持措施使得该区域的土地利用景观格局发生较大变化。因此,本文结合高西沟多年变化发展趋势从水土保持、产业结构和政策等 3 个方面对高西沟土地利用时空变化驱动因素展开分析。

2.4.1 水土保持因素 水土保持是提高山区生产的生命线,也是土地整治和景观规划的根本所在。做好水土保持工作是生产、生活、生态协调发展的重要前提。高西沟村坐落在无定河东岸金鸡河流域内一条小沟里,二十世纪五六十年代,这里常年干旱少雨,水土流失严重,每次雨后都有大量泥沙注入无定河,流向黄河。为改变窘迫穷困的山居环境,高西沟村广大群众在党的领导下,自力更生、发奋图强,在经过无数次尝试和经验总结后,逐步摸索出一套切实可行的水土保持方法。从最初单纯地在沟里打坝、拦泥拦水,试图将山上的水阻截在沟道,但治理未能成功;到后来加强治坡,修坡式梯田、打埝窝,虽然对拦泥增产有一定作用,但一亩增产仅几斤或十多斤,也不能满足群众要求。在意识到主要径流现象在坡面,坡式梯田不是治本的方法后,村民们探索出新的路子,于是有了修水平梯田、打坝淤地、坡沟兼治、治坡为主的治理方法。仅用几年时间,高西沟村先后修建坡式梯田 40.67 hm²,水平梯田 17.33 hm²,小块水田 1.13 hm²,打淤地坝 5 座,埝窝 81 个,淤地面积 3.53 hm²。在全面规划后,生产大队依据不同的土壤优劣、地形地质等不同条件,在具体治理中,对荒坡荒山以生物措施为主,农田沟壑以工程措施为主,将生物措施与工程措施结合,围绕农林牧全面发展,进行淤坝地、修梯田、造林、种草、改良土壤、发展水利等一系列综合治理措施。随着梯田面积的扩大,要求产量增加,肥料不足的问题突显出来,而增加肥料需多养畜,发展畜牧业则必须从种草抓起。从根本上控制水土流失,必须植树造林种草,于是,一些低产远坡地用来退耕还林种草,陆续植树面积 70 hm²,种草面积 19.07 hm²,到 60 年代初治理面积已达到 151.07 hm²,40%以上

的地区水土流失得以控制,到 1978 年,基本形成耕地、林地、草地各占 1/3 的经营模式(“三三制”)。经过 30 多年的调整变化,高西沟村的农田面积从 1953 年的 36.4%减少到 33.5%,再减到 1986 年的 25.6%;而平均亩产量从 1953 年的 36.2 kg 提高到 1973 年的 135 kg,再到 1986 年的 226 kg。农田面积减少,产量大幅度提高,让高西沟人坚定不移地肯定秉持生态价值理念向前发展的正确性。1986—2004 年间坚持走生态优先道路,不断调整种植比例,继续退耕还林,林地面积由 1986 年的 97.6 hm² 扩张到 2004 年的 191.86 hm²,平均亩产量提高 0.5 倍,表明这一治理发展模式是可行且成功的。得益于梯田建设和林草措施的实施,高西沟从过去每年经无定河流入黄河约 4 万 m³ 泥沙,到如今泥不出沟、水不下山,显著地促进高西沟耕地和未利用地向林地和草地的转化。为高西沟村的可持续发展,考虑到土壤水分的供给能力及人与自然的和谐共生,2004—2022 年间,林草比例只有略微调整,无较大变化。

2.4.2 产业结构因素 调整产业结构,开创新型模式,是生态环境建设和经济水平提高的必然选择,是土地利用和价值提升的核心所在。高西沟村民们深知依靠绿色产业难以致富,所以,在全面实行土地“三三制”后,经过反复调查研究,创造了耕地、草地、林地分别为“一二三”的新模式。在“一二三”新结构中,耕地是高西沟人民生产和生活的基础与保障,2004 年高西沟的 46.67 hm² 耕地已实现稳产高产,表明多年来耕地面积的大量退耕不但未给农民生存带来威胁,反而进一步为其他用地的转化提供有力的调整空间。羊草业是产业结构调整的重点,1986 年全村仅有 600 多只羊,到 2004 年增加到 1 300 只,建立的白绒羊基地使快速发展的畜牧业变成增加农民收入的支柱产业,畜牧业收入从 1986 年的 46.1 万元增长到 2004 年的 71.8 万元,增加 10 倍有余。此外,村民们还饲养上百头牛,把秦川牛作为后续产业;高西沟畜牧业的崛起与壮大带动整个村域的经济发展,也成为高西沟草地面积在多年间都始终保持在 24%~29% 占比的重要原因。林地作为高西沟的生态建设主体,发挥着不可替代的作用。其中,生态林以油松和侧柏为主,经济林以苹果地为主,2004 年高西沟村已有苹果树、梨树、枣树等近 40 hm²,全村人均纯收

入达到3 000元,是全县人均纯收入的2倍。如今高西沟翻倍的林地面积,近百种的树种,大规模的苹果园地,使得村民们依靠果树产业逐渐致富,为高西沟林地面积扩张并成为主力的主导地位作出充分证明。除无污染的粮食、农副、果林外,2006年后依据《高西沟农业生态发展规划》陆续建立的农业生态园、苹果示范园、小杂粮生产区等,变成高西沟独树一帜的靓丽风景线。现在村里时常有游客前来参观和调研,高西沟生态旅游区将是未来高西沟走出山村希望产业。由此可见,产业结构调整快速推动高西沟的经济发展,对土地利用变化带来极大影响。

2.4.3 政策因素 政策在一定程度上制约着人们对土地的利用活动,对土地利用动态变化和区域经济建设起着不可忽视的作用。多年来,高西沟人民在村党支部领导下,认真实施《十年水土保持发展规划》^[30],使农、林、牧业得到全面发展。高西沟坚持“因地制宜、合理用地、宜粮则粮、宜牧则牧”的原则,实现土地利用从农业经济型向生态经济型转化。为响应退耕还林政策,1999年村上实施退耕还林(草)工程,高西沟林草面积又一次扩张,到如今林草占比已达到5/6,成为名副其实的绿色村庄。2018年,政府承办高西沟农业生态旅游开发项目,投资2 580万,修建停车场、游览通道、观光亭、星级厕所等配套设施,使得高西沟旅游发展向前跨越一大步。高西沟水土保持的成功治理和提早40年的退耕还林举措,让高西沟经验受到党和政府的高度重视,在整个土地利用调整过程中,政策所带来的号召力和贡献力价值是不可衡量的。

3 讨论

在高西沟村民长期的艰苦奋斗和自我革新下,高西沟村通过淤坝地、修梯田、造林种草、建设果园等一系列水土保持措施,将坡地改为梯田,不断开垦未利用土地,始终坚持退耕还林,使未利用土地面积从1986年的71.73 hm²减少到2022年的6.21 hm²,林地面积从1986年的97.68 hm²增加到2022年的212.02 hm²,植被覆盖率大幅提高。多年来,高西沟村耕地面积不断减少,粮食产量稳固提升,不仅解决高西沟村民的温饱问题,还大大提高土地利用效率。林地面积多年间持续增加,其果园面积的壮大和林木面积的扩张,在改善高西沟人生活水平的同时对促进高西沟的经济发展也起到关键性作用。整个时期,高西沟主要为耕地、草地和未利用地向林地转入,从而林地逐渐成为面积最大的地类,成为高西沟的主导地类。得益于高西沟水土保持措施的实施和完善,在土地利用经过“一二三”规划模式的调整后,从景观水平指数看出,林地作为高西沟的优势景观表现得更为突出,且斑块面积达到80%,为高西沟水土保持及环境

治理工作累积深厚的资本条件。

高西沟土地利用景观格局变化在水土保持措施的驱动下,生产从低产向高产转变,生活从温饱向小康转变,生态从破碎向稳定转变。在高西沟几十年的土地利用景观格局变化中,林草始终发挥主导优势,引领高西沟走上生态文明之路,为高西沟协调及可持续发展带来深远的影响。绿水青山就是金山银山,绿色足则发展底气足,绿色足则生态恢复足。高西沟生态经济的高质量发展,是水土保持工程推进的必然结果,也是高西沟产业调整和政策促进的必然选择。因此,将黄土高原区具有典型示范作用的高西沟村作为研究对象,对其他水土保持措施尚未完善及乡村振兴还有待加强的村落提供有力的宝贵经验和借鉴价值。高西沟硕果累累的大地和漫山遍野的苍绿,用实践证明它就是黄土丘陵区可持续、可推广、可复制的绿色乡村,对引领美丽乡村建设和绿色生态发展具有重要指导意义。

4 结论

(1)1986—2022年,林地和草地是高西沟主要的土地利用类型,整体占比为53%~80%;耕地占地面积从25%下降到15%,总体呈减少趋势;未利用地得到合理的规划利用,如今仅存1%左右;建设用地和水域多年无明显差异,基本处于不变状态。整个研究时期,从单一土地利用动态度看,林地的变化幅度最大,为5.63%;从土地利用综合动态度看,其数值呈减小趋势,说明土地利用变化逐渐趋于平稳。

(2)土地利用类型间的相互转化主要表现在耕地和草地、耕地与林地、林地和未利用地、草地和未利用地四者之间的相互转换;1986—2004年,耕地转出面积最为显著,主要向林地转出73.94 hm²;2004—2022年,未利用地转出面积最为显著,主要向草地转出34.41 hm²。从整体来看,研究区林地转入面积最为显著,主要由耕地转入,林地整体增加112 hm²;而耕地主要由草地转入,未利用地向草地转出。

(3)林地是高西沟土地利用景观格局中的最大优势斑块且破碎程度最高,标志着其在景观类型中居于主导地位;耕地的斑块密度和最大斑块面积指数低于林地,但比起水域、建设用地和未利用地,它显然属于优势景观。研究区的各景观类型斑块形成较为稳定的连接,景观连通性较好;整体景观格局演变分散,各景观类型的面积差距越来越大,优势景观明显,整体破碎程度高。

(4)在水土保持措施的驱动下,高西沟土地利用发生显著变化,主要受水土保持、产业结构和相关政策的影响。水土保持是高西沟耕地减少、未利用地开发、林地和草地大面积增加的主要影响因素,从根本

上推进高西沟生态环境治理;产业结构调整和国家政策与财力资助是高西沟土地利用景观格局优化的辅助影响因素,成为高西沟高质量发展和可持续发展的重要推动力。

参考文献:

- [1] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs[J].*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110: 3665-3672.
- [2] Alfred A, Geophrey K A, Jonathan A Q B, et al. Water balance responses to land-use/land-cover changes in the Pra River Basin of Ghana, 1986—2025[J].*Catena*, 2019, 182: 104129-104141.
- [3] Desta H, Fetene A. Land-use and land-cover change in Lake Ziway watershed of the Ethiopian Central Rift Valley Region and its environmental impacts[J].*Land Use Policy*, 2020, 96(4): e104682.
- [4] Ghosh S. A city growth and land-use/land-cover change: A case study of Bhopal, India[J].*Modeling Earth Systems and Environment*, 2019, 5(4): 1569-1578.
- [5] 卢德彬, 禹真, 毛婉柳, 等. 基于 GIS 和分形理论的山区土地利用空间结构研究[J].*水土保持研究*, 2016, 23(2): 220-223, 228.
- [6] Sarparast M, Ownegh M, Sepehr A. Investigation the driving forces of land-use change in northeastern Iran: Causes and effects[J].*Remote Sensing Applications Society and Environment*, 2020, 19: e100348.
- [7] Li J H, Zhou K C, Dong H M, et al. Cultivated land change, driving forces and its impact on landscape pattern changes in the Dongting lake basin[J].*International Journal Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(21): e7988.
- [8] 贾艳艳, 唐晓岚, 唐芳林, 等. 1995—2015 年长江中下游流域景观格局时空演变[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*, 2020, 44(3): 185-194.
- [9] 朱自娟, 左丽君, 张增祥, 等. 1987—2015 年京津冀西北水源涵养区生态格局时空变化[J].*草业科学*, 2020, 37(7): 1325-1336.
- [10] 夏成琪, 毋语菲. 盐城海岸带土地利用与景观空间格局动态变化分析[J].*西南林业大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(1): 140-149.
- [11] 俞飞, 李智勇. 天目山林区景观格局时空变化及驱动因素分析[J].*浙江农林大学学报*, 2020, 37(3): 439-446.
- [12] 褚琳, 张欣然, 王天巍, 等. 基于 CA-Markov 和 InVEST 模型的城市景观格局与生境质量时空演变及预测[J].*应用生态学报*, 2018, 29(12): 4106-4118.
- [13] 周书贵, 邵全琴, 曹巍. 近 20 年黄土高原土地利用/覆被变化特征分析[J].*地球信息科学学报*, 2016, 18(2): 190-199.
- [14] 马晴, 李丁, 廖杰, 等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J].*经济地理*, 2014, 34(1): 148-155.
- [15] 钱佳洋, 秦富仓, 王迪海, 等. 1998—2018 年永寿县景观格局变化及驱动力分析[J].*西北林学院学报*, 2020, 35(6): 279-286.
- [16] Agaton M, Setiawan Y, Effendi H. Land use/land cover change detection in an urban watershed: A case study of upper citarum watershed, west java province, indonesia[J].*Procedia Environmental Sciences*, 2016, 33: 654-660.
- [17] 李宗怡, 葛欣怡. 南京市土地利用变化及其驱动力分析[J].*中国林业经济*, 2020(5): 14-18.
- [18] 张云彬, 王云, 陈静媛, 等. 土地利用转型影响下大别山区景观格局演变及驱动力研究: 以安徽省六安市金寨县为例[J].*华中农业大学学报(自然科学版)*, 2022, 41(3): 56-68.
- [19] 赵秋雨, 江鹏, 朱志强, 等. 1975—2020 年环巢湖湿地景观格局演变及驱动分析[J].*长江科学院院报*, 2022, 39(5): 45-53, 62.
- [20] 李晓华, 封建民, 文琦. 陕西省土地利用与景观格局变化特征及驱动力分析[J].*国土资源科技管理*, 2021, 38(1): 107-117.
- [21] 杨钦, 胡鹏, 王建华, 等. 1980—2018 年扎龙湿地及乌裕尔河流域景观格局演变及其响应[J].*水生态学杂志*, 2020, 41(5): 77-88.
- [22] 杨苗, 龚家国, 赵勇, 等. 白洋淀区域景观格局动态变化及趋势分析[J].*生态学报*, 2020, 40(20): 7165-7174.
- [23] 陈铸, 傅伟聪, 黄钰麟, 等. 福州市土地利用景观格局变化及驱动力研究[J].*西南师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 45(1): 99-107.
- [24] 彭加加, 徐丽萍, 曹翠. 1991—2017 年叶尔羌河流域冰川景观格局时空演变分析[J].*生态学报*, 2022, 42(20): 8265-8275.
- [25] 赵新正, 梁家宁. 黄河流域中心城市空间扩张对景观格局的影响: 以西安市为例[J].*西北大学学报(自然科学版)*, 2022, 52(3): 391-401.
- [26] 胡波, 唐红, 李广, 等. 定西市土地利用变化及驱动力分析[J].*草原与草坪*, 2021, 41(6): 119-126.
- [27] 索安宁, 洪军, 林勇, 等. 黄土高原景观格局与水土流失关系研究[J].*应用生态学报*, 2005, 16(9): 1719-1723.
- [28] 魏静, 刘丽丽, 王红云, 等. 1990—2020 年太行山区土地利用景观格局时空变化[J].*中国生态农业学报(中英文)*, 2022, 30(7): 1123-1133.
- [29] 董亚坤, 郭羽鑫, 吴碧兰, 等. 洱海流域上游 2005—2019 年土地利用时空动态特征分析[J].*科学技术与工程*, 2021, 21(36): 15340-15347.
- [30] 中共米脂县委组织部, 聚焦高西沟[M]. 1 版. 西安: 西安市建明工贸有限责任公司, 2014: 77.