

中国丹霞赤水世界自然遗产景观格局 时空演变及驱动因素分析

陈奕彤, 熊康宁, 肖时珍, 肖 华

(贵州师范大学 喀斯特研究院/国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵阳 550001)

摘 要: 为了研究中国丹霞赤水世界自然遗产的景观格局, 利用 GIS、ENVI 和景观格局分析软件 FRAGSTATS, 分析了遗产地及缓冲区 2001 年、2010 年、2016 年 3 个关键时期的景观格局及其演变规律, 揭示了中国丹霞赤水世界自然遗产不同发展阶段景观格局变化特征, 进一步探讨了景观格局变化的影响因素。研究结果表明: (1) 研究区自 2001 年以来, 各类景观均处于动态变迁过程, 林地景观为研究区的优势景观, 一直占研究区整体面积的 80% 以上, 16 年间, 林地、灌丛、建筑用地、裸地和水体的面积净增加, 耕地面积净减少; (2) 景观动态变化度在 2001—2010 年较大, 林地景观面积比例增加了 6.98%, 耕地面积比例减少了 8.4%, 面积减少了近一半, 有 44% 的耕地面积和 64.35% 灌丛面积转入林地景观, 景观格局破碎化程度大幅下降; (3) 2010—2016 年景观动态变化度相对较小, 林地面积比例下降了 1.22%, 耕地面积比例增加了 1%, 建筑面积持续增加; 建设用地转出率最高, 其次是裸地, 景观类型的丰富度有所上升, 景观格局破碎化程度稍有加深; (4) 除了生态系统的自然演化外, 退耕还林政策、城镇一体化建设、高速交通建设是研究区景观格局变化的主要驱动因素, 旅游增长和开发对研究区的景观格局影响相对较小。

关键词: 景观格局; 时空变化; 驱动因素; 赤水丹霞; 世界自然遗产

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)06-0314-08

Spatiotemporal Change of Landscape Pattern and Driving Factor in Chishui Danxia Property of China Danxia World Natural Heritage

CHEN Yitong, XIONG Kangning, XIAO Shizhen, XIAO Hua

(School of Karst Science, Guizhou Normal University/State

Engineering Technology Institute for Karst Desertification Control, Guiyang 550001, China)

Abstract: In order to study the landscape pattern of Chishui Danxia Property of China Danxia World Natural Heritage, using GIS, ENVI and landscape pattern analysis software FRAGSTATS, we analyzed landscape pattern and its evolution law of the heritage sites and the buffer zone in the three key period of 2001, 2010 and 2016, revealed the characteristics of landscape pattern in the different development stages of Chishui Danxia Property of China Danxia World Natural Heritage, further discussed the influence factors of landscape pattern change. The results show that: (1) Since 2001, all kinds of landscape of the research area have been in the process of dynamic change, and forestland landscape is the dominant landscape of research area, which has occupied more than 80% of the research area, in the 16 years, the area of forestland, shrub and grass land, construction land, bare land and water body present the net increase, and the cultivated land area present the net decrease; (2) The landscape dynamic change degree in the 2001—2010 was larger, and the forestland landscape area ratio had increased by 6.98%, the cultivated land area ratio had decreased by 8.4% and the area had reduced by nearly a half, and 44% of the cultivated land area and 64.35% of the shrub and grass land area had been transferred to the forestland. The degree of landscape fragmentation had fallen

收稿日期: 2017-12-16

修回日期: 2018-01-16

资助项目: 贵州省研究生教育创新计划项目(黔教研合 GZS 字[2016]04 号); 国家世界遗产保护发展项目(20121121); 国家重点研发计划项目子课题(2016YFC0502606-01); 国家工程技术研究中心组建项目(2012FU125X13); 贵州省国内一流学科建设项目(黔教科研发[2017]85 号)

第一作者: 陈奕彤(1985—), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为世界遗产保护与管理。E-mail: chenytongtt@163.com

通信作者: 熊康宁(1958—), 男, 重庆忠县人, 教授, 博士生导师, 主要从事喀斯特地貌与洞穴、资源与环境、石漠化生态治理、世界遗产申报与保护研究。E-mail: xiongkn@163.com

sharply; (3) During 2010—2016, the landscape dynamic change degree was relatively small, and that the area ratio of forestland had decreased by 1.22%, the cultivated land area ratio had increased by 1%, and the construction area continued to increase; the transfer rate of construction land was highest, followed by bare land; the richness degree of landscape type had increased, the degree of landscape fragmentation had slightly risen; (4) In addition to the natural evolution of the ecological system, the policy of returning farmland to forest, urban construction, highway traffic construction are the main driving factors on landscape pattern change of research area, and tourism growth and development have relatively little impact on the landscape pattern.

Keywords: landscape pattern; spatiotemporal change; driving factor; Chishui of China Danxia; World Natural Heritage;

景观格局的变化分析是景观生态学和地理学领域的热点问题和难点问题^[1-2],对人类、自然的可持续发展具有重要的意义^[3]。景观格局是指大小和形状不一的景观要素在空间上的分布和组合,它能揭示地区空间信息,具有重要的生态学意义^[4-5]。通过景观格局的分析,可以了解各景观要素的变化情况和破碎化程度,揭示景观演替的机制和规律,分析景观的变化趋势,为实现资源的可持续利用提供参考^[6]。景观格局与过程的定量化和机理相互作用研究,可深化认识和预测地理环境的变化,合理布局经济活动、开发利用和保护自然资源、减轻和避免自然灾害,实现人与环境协调发展的目标^[7]。世界遗产具有突出的普遍价值,是人类共同的财富和资源^[8]。客观地评价和分析世界遗产的景观格局变化不仅可以揭示其景观演变的特征与机制,而且对于揭示人类活动和景观变化的关系,预测景观的变化趋势、实现景观的可持续利用具有现实意义^[9-10]。我国已有学者对泰山、九寨沟、武夷山、武陵源、庐山等世界遗产的景观格局演变及其影响因素进行了研究^[11-18]。

赤水丹霞是中国丹霞世界系列自然遗产地之一,是青年早期丹霞地貌的典型代表,是我国重要的风景名胜、自然保护区和旅游圣地,具有突出的美学景观价值和地质地貌价值,以及生物生态、科学研究以及教育教学等价值^[19]。很多学者分别从地质地貌、美学价值、生物多样性、生态旅游、遗产价值与保护等多方面多角度对中国丹霞赤水世界自然遗产进行了研究^[19-23],但还没有关于景观格局时空变化方面的研究。随着城镇一体化的快速发展和旅游活动的增长,中国丹霞赤水世界自然遗产的保护管理和发也面临着越来越多的挑战。研究和实践表明,3S技术有助于掌握大尺度范围内景观类型的动态变化^[24-26]。该研究利用遥感和GIS技术,从景观格局的演变分析入手,分析赤水遗产地及缓冲区的景观要素特征和景观格局演变特征,揭示其不同发展阶段景观格局变

化特征和变化过程,探讨景观格局变化的驱动因素,以期为中国丹霞赤水世界自然遗产的资源合理规划与利用、遗产保护管理以及可持续发展提供相应的参考和建议。

1 研究区概况

赤水丹霞是中国丹霞系列世界自然遗产的重要组成部分,在2010年8月第34届世界遗产大会上与福建泰宁、湖南崀山、广东丹霞山、江西龙虎山和浙江江郎山一并成功列入世界遗产名录。中国丹霞赤水世界自然遗产位于中国贵州省西北部的赤水市与习水县境内,包括西区和东区两个核心片区,主要包括赤水国家级风景名胜区十丈洞瀑布景区、丙安楠竹竹海景区、赤水桫欏国家级自然保护区、赤水竹海国家森林公园和习水中亚热带常绿阔叶林国家级自然保护区的一部分,西片区与赤水国家级风景名胜区范围大致吻合,西区中心点坐标为28°22′11″N,105°47′39″E,东区中心点坐标为28°25′19″N,106°02′33″E。该研究的研究区域包括遗产地(核心区)和缓冲区。赤水遗产地面积27 364 hm²,缓冲区面积44 814 hm²,共72 178 hm²。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

研究采用2001年、2010年、2016年3个时期的landsat TM/TM/OLI遥感影像,分辨率均为30 m(表1),数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理数据空间云平台,以ENVI 5.1对遥感进行几何校正、大气校正、裁剪等预处理。参考《土地利用现状分类》(GB/T21010—2007)标准,综合考虑研究区实际土地利用覆盖情况,将赤水遗产地及缓冲区的土地覆盖类型(景观类型)分为林地、耕地、灌丛、水体、建筑用地和裸地6大类。因支持向量机分类法具有分类精度高,分类图斑完整等优点,且分类精度要比最

大似然分类精度高一些^[27],所以本文采用监督分类中的支持向量机分类器对三期遥感影像进行土地利用类型(景观类型)分类,以 Majority/minority Analysis 消除小斑块,然后利用 ArcGIS 10.1 进行分类后处理,将 Google 地图,野外调查数据等与分类结果进行比较,对错分的类型进行人工修改,最后得到研究

区的三期的土地利用类型图,分类图总体分类精度均大于 85%。利用 FRAGSTATS 3.3 景观格局指数计算软件和 Excel 数据处理软件进行景观格局指数计算。运用 ArcGIS 中 Data Management Tools 和 Analysis Tools 工具下的模块以及 Excel 数据处理软件,计算景观面积转移矩阵。

表 1 遥感影像原始数据

年份	日期(月-日)	卫星名称	数据类型	传感器	天空状况	空间分辨率/m	波段数
2001	6-15	Landsat 5	L45 TM	TM	无云	30	7
2010	8-11	Landsat 5	L45 TM	TM	无云	30	7
2016	7-26	Landsat 8	OLI_TIRS	OLI_TIRS	无云	30	8

2.2 景观格局指数

景观指数浓缩了景观格局信息,能反映景观格局的结构组成和空间分布特征,是量化研究景观格局的基本方法^[4]。根据研究区特点,选择景观面积、斑

块所占景观面积比例、斑块数量、斑块密度、边缘密度、景观形状指数、分离度指数、蔓延度指数和香农多样性指标(景观多样性指数)等指标来研究遗产地及缓冲区景观格局的变化情况(表 2)。

表 2 所选主要景观指标及其含义

景观指标	英文简称	指标单位	指标含义
景观面积	CA	hm ²	表征景观组成面积情况
斑块所占景观面积比例	PLAND	%	表征每类斑块的优势度
斑块数量	NP	个	表征某一斑块类型的数量,其数值的大小与景观破碎度有正向相关的关系
斑块密度	PD	个/100 hm ²	表示斑块破碎化程度
边缘密度	ED	m/hm ²	分为景观边缘密度及斑块边缘密度,可分析得出不同斑块间物质及能量的交互能力强弱,可相互干扰能力强弱
景观形状指数	LSI		表征斑块形状的复杂程度
分离度指数	SPLIT		表征景观破碎化程度
蔓延度指数	CONTAG	%	表征景观聚集度或延展态势
香农多样性指标(景观多样性指数)	SHDI		表征景观异质性

3 结果与分析

本文将赤水遗产地及缓冲区的景观类型分为 6 大类,具体为:(1) 林地,包括针叶林、阔叶林、竹林;(2) 耕地,包括旱田、水田;(3) 灌丛,包括灌丛、草地;(4) 水体,包括较大的河流、湖泊、水库;(5) 建筑用地,包括居名点、厂房建设、基础设施建设、高速公路建设;(6) 裸地,包括裸土、裸岩等。

3.1 景观类型斑块结构特征及其动态

3.1.1 景观类型斑块基本特征变化 2001 年开始赤水市实施退耕还林工程,2010 年赤水丹霞列入世界遗产名录,2016 年赤水市旅游人次首次突破千万大关,16 年来,研究区景观类型斑块特征及其特征变化见表 3、图 1。

从斑块结合度指数(COHESION)来看,林地景观的结合度一直都是最高的,即连通性是最好的,所以林地是研究区的优势景观类型,面积比例一直占研究区整体面积的 80%以上,其次是耕地景观和灌丛景观,这 3 类景观面积比例在 3 个时期均位于前 3 位,依

次都是林地>耕地>灌丛。这 16 年来,林地景观面积先是大幅度增加,后是小幅度减少,2001 年林地景观面积为 57 702 hm²,面积比例是 79.94%,2010 年上涨到 86.92%,增加了 6.98%;2016 年小幅较少到 85.70%,较 2010 年相比,下降了 1.22%。而耕地景观面积先是大幅减少,而后是小幅增加,耕地景观面积比例从 2001 年 16.84%下降到 2010 年的 8.44%,减少了 8.4%,2016 年小幅增加,面积比例为 9.40%,增加了 1%。灌丛景观面积一直增加,2001 年面积比例为 2.02%,后依次增加到 2.22%和 3.11%。建筑用地面积持续增加,裸地面积先增加后减少。植被覆盖率通常是指森林面积占土地总面积之比,森林面积还包括灌木林面积、耕地林网树占地面积以及四旁树木的覆盖面积。因此林地景观、耕地景观和灌丛景观的面积和占研究区的面积比例也就是研究区的植被覆盖率,由此可见,研究区的植被覆盖率一直都在 98%左右,非植被覆盖率在 2%左右,即水体、裸地和建筑用地的面积和一直都只占研究区整体面积的 2%左右。由于研究区植被覆盖率高,遥感影像分辨率不是很高,因此遥感解

译时只提取了研究区内赤水河和枫溪河两条较大河流的水体面积以及其水库等水体面积。16 年间,水体面积变化浮动不是很大,水域面积的变化受降水量的影响,与降水量变化具有相关性^[17]。

表 3 中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区景观类型斑块特征及格局指数

年份	景观类型	CA	PLAND	NP	PD	LPI	ED	COHESION	AI
2001	林地	57702	79.94	209	0.2896	43.5886	20.647	99.7036	93.356
2010	林地	62739	86.92	124	0.1718	45.7890	16.4268	99.7496	95.0353
2016	林地	61855	85.70	140	0.1940	45.4099	19.6458	99.7431	94.0453
2001	耕地	12152	16.84	638	0.8839	8.9626	20.5014	97.5631	69.356
2010	耕地	6091	8.44	595	0.8243	3.8921	13.2626	94.8786	60.8981
2016	耕地	6786	9.40	823	1.1402	3.6291	17.1469	94.3347	54.0986
2001	灌丛	1455	2.02	418	0.5791	0.0693	5.0123	62.2879	37.1691
2010	灌丛	1601	2.22	317	0.4392	0.3231	4.2956	80.3578	51.2015
2016	灌丛	2242	3.11	654	0.9061	0.1123	7.8531	64.3289	36.1814
2001	水体	418	0.58	65	0.0901	0.0791	1.5196	73.4608	35.9748
2010	水体	500	0.69	112	0.1552	0.1428	1.7541	78.3396	37.3822
2016	水体	483	0.67	95	0.1316	0.0777	1.8111	68.2733	33.731
2001	裸地	288	0.40	165	0.2286	0.0153	1.2881	34.857	19.5572
2010	裸地	909	1.26	493	0.6830	0.0236	4.1237	38.1243	18.1559
2016	裸地	367	0.51	215	0.2979	0.0153	1.6641	32.8088	18.8489
2001	建筑用地	163	0.23	95	0.1316	0.0111	0.7418	31.6052	18.3333
2010	建筑用地	338	0.47	246	0.3408	0.0311	1.6653	20.7491	10.9546
2016	建筑用地	445	0.62	323	0.4475	0.0791	1.7459	56.3933	30.5785

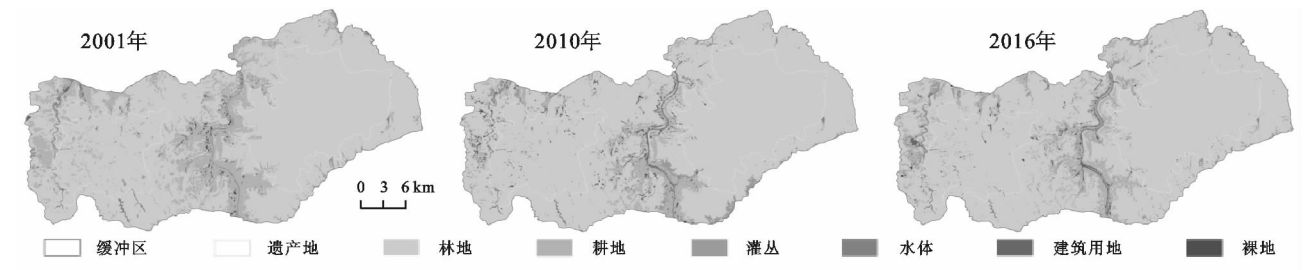


图 1 2001 年、2010 年、2016 年中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区产景观类型分类

3.1.2 景观类型斑块结构变化 斑块数量表征某一斑块类型的数量,其数值的大小与景观破碎度有正向相关的关系。斑块密度表征斑块的破碎程程度,斑块密度越大,景观类型越破碎^[18]。如表 3 所示,2001 年,斑块数量位于前三位的是耕地(638 块),灌丛(418 块)和林地(209 块),2010 年,斑块数量位于前三位的变为耕地(595 块),裸地(493 块)和灌丛(317 块),2016 年,前三位的分别是耕地(823 块),灌丛(654 块)和裸地(215 块)。2001—2010 年,林地、耕地和灌丛的斑块数量都在减少,斑块密度降低,说明这 3 种景观类型斑块破碎化程度都在降低,而水体、裸地和建筑用地的斑块数量和斑块密度都不同程度增加,该 3 种景观类型斑块的破碎化程度有所增加。然而,2010—2016 年,林地、耕地、灌丛和建筑用地的斑块数量都在增加,斑块密度增加,而水体、裸地的斑块数量在减少,说明该期间,林地、耕地、灌丛和建筑

用地景观类型斑块破碎化程度在增加,而水体、裸地景观类型斑块破碎化程度在降低。

3.2 景观总体格局特征及其动态

3.2.1 景观总体异质性变化 由表 4 可知,近 16 年来,研究区总体斑块数量(NTP)不断增加,2001—2010 年增加 297 块,2010—2016 年增加了 220 块,16 a 间总共增加了 517 块,增长率依次为 18.7%和 11.7%。蔓延度指数(CONTAG)先上升后下降,2001—2010 年,同类型板块分布越来越集中,破碎化程度降低,但 2010—2016 年,蔓延度指数有少许下降,即同类景观斑块分布越来越分散,破碎化程度有所加剧,但 2016 年蔓延度指数(73.208 2) 仍高于 2001 年(71.297 6),破碎化程度仍优于 2001 年。景观边缘密度(ED)先降低后上升,且增加后 2016 年的景观边缘密度(24.933 4) 略高于 2001 年的(24.855 1)。香浓多样性(SHDI)取决于景观类型的丰富度和各斑块类型在面积上分布的均

匀程度^[4],16 年间,研究区内景观的景观形状指数(LSI),分离度指数(SPLIT)和香农多样性指数都是先降低后增加的趋势。研究区的景观多样性指数先降低后增加,2010 年景观多样性指数低于 2001 年,表明景观类型丰富度有所下降,但在申遗成功后,景观多样性指数有所上升,2016 年的多样性指数(0.554 5)高于 2010 年(0.529 9),说明景观类型的丰富度有所上升。分离度指数同多样性指数一样,也是先降低后上升,2016 年分离度指数(2.753 5)较 2010 年分离度指数(2.664 3)稍有增加,景观破碎化程度稍有增强。

表 4 中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区景观总体格局指数

年份	NTP	CONTAG	ED	LSI	SPLIT	SHDI
2001	1590	71.2976	24.8551	18.3922	3.0794	0.6236
2010	1887	75.1099	20.7641	15.6571	2.6643	0.5299
2016	2107	73.2082	24.9334	18.4777	2.7535	0.5545

3.2.2 景观类型动态演化 通过对 2001—2010 年、2010—2016 年的各景观类型转移矩阵的计算分析,发现中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区的各景观类型均处于动态变迁过程(表 5—6)。2001—2010 年,林地景观绝大部分没有改变,只有 2.5%转入其他景观类型,林地景观状态保存完好。耕地景观变化较大,有 44%的耕地景观面积转入林地景观,另有 5.16%的面积转入裸

地,这很大程度上是受退耕还林政策的影响而转化。灌丛景观变化也较大,有 64.35%的面积转入林地,10.08%的面积转入耕地,原始面积保留只有 23.26%,研究区林地景观进一步扩大。水体景观有 24.16%的面积转入林地景观,不过这个变化有可能是植被景观变得繁茂遮挡了水体产生的变化。裸地转出率最高,只有 13.14%为原始用地类型,有 51.31%的面积转入了耕地,裸地利用率得到很大的提升,而建设用地也仅仅有 14.16%为原始用地类型,有 34.30%和 29.5%的面积分别转向了灌丛和耕地。

2010—2016 年,林地景观仍然保存完好,原始保留面积为 94.56%,变化量为 5.44%,但变化量与 2001—2010 年的变化量比较有所增加,耕地有 62.92%的面积得到有效保留,有 26%的面积转入林地,有 2%和 2.6%面积分别转入裸地和建设用地,这主要是由于位于缓冲区的赤水市两河口乡进行城乡一体化建设玫瑰小镇,以及沿缓冲区的赤水河建设蓉遵高速公路而引起的变化。灌丛有 40.6%的面积转入林地,19.5%转入耕地,原始有效保留面积为 37.37%,只有 2.53%的面积转入了其他景观类型。水体景观变化量不大,但裸地和建设用地转移变化较大,转出率最高,裸地有 53.26%和 20.02%的面积分别转入耕地和林地,建筑用地有 48.23%和 28.10%的面积转入耕地和灌丛。

表 5 2001—2010 年各景观类型转移矩阵 %

土地利用		2010 年						
类型		林地	耕地	灌丛	水体	裸地	建设用地	总计
2001 年	林地	97.46	1.06	0.98	0.08	0.34	0.09	100
	耕地	44.35	41.91	4.85	1.82	5.16	1.91	100
	灌丛	64.35	10.08	23.26	0.23	1.11	0.96	100
	水体	24.17	11.11	3.10	55.36	5.31	0.96	100
	裸地	17.09	51.32	13.77	0.09	13.15	4.59	100
	建设用地	16.48	29.52	34.30	0.07	5.48	14.15	100

表 6 2010—2016 年各景观类型转移矩阵 %

土地利用		2016 年						
类型		林地	耕地	灌丛	水体	裸地	建筑用地	总计
2010 年	林地	94.56	3.10	1.78	0.12	0.21	0.22	100
	耕地	26.0	62.92	5.57	0.81	2.00	2.70	100
	灌丛	40.60	19.50	37.37	0.27	1.16	1.10	100
	水体	16.99	9.83	1.50	63.06	0.83	7.78	100
	裸地	20.02	53.26	9.08	3.73	6.27	7.64	100
	建筑用地	7.71	48.23	28.10	1.01	10.23	4.73	100

3.3 景观类型在坡度等级上的分异特征

坡度是影响景观格局分布的地形因素的主要因素之一,从 1:50 000 DEM 图上获取研究区坡度数据,坡度类型划分为 5 个等级,具体为平坡(0°~5°)、缓坡(5°~

15°)、斜坡(15°~25°)、陡坡(25°~35°)、急坡(35°以上),从表 7 中可以看出,研究区平坡地形最少,仅占研究区整体面积的 3.82%,缓坡、陡坡和急坡地形面积相差不大,均占研究区面积的 20%多,斜坡地形最多,占研究区面

积的 31.22%。将研究区 3 期景观类型分类图与坡度等级图进行叠加分析,获得不同时期不同坡度等级上景观类型分布特征数据。由于林地、耕地和灌丛是研究区的主要景观类型,面积与水体、裸地和建筑用地的面积相差巨大,因此,为了方便显示分开统计。从图 2 中可以看出,林地主要分布于缓坡及以上,斜坡上最多,在平坡分布最少,2001—2010 年,各个坡度上的林地面积均有增加,2010—2016 年,缓坡和斜坡上的林地面积有轻微的减少。耕地主要分布于缓坡和斜坡,水体主要分布在平坡和缓坡,裸地和建筑用地主要分布于缓坡和斜坡,

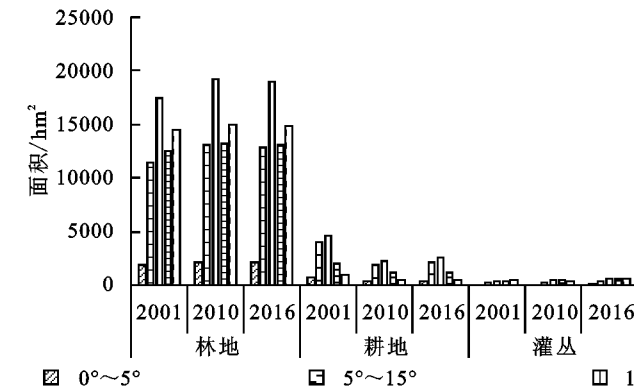


图 2 景观类型在坡度等级上的分布

3.4 景观格局演变驱动因素分析

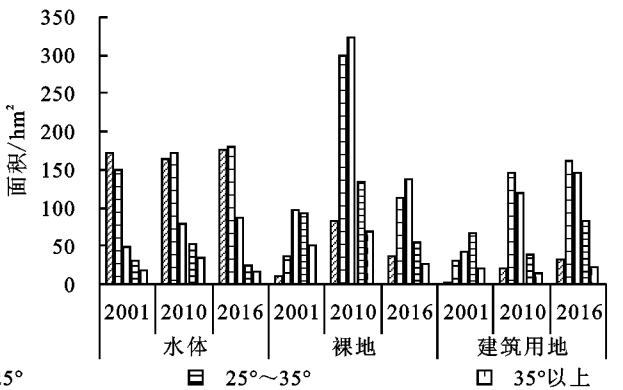
国内研究通常将驱动因子分为两大类:自然因子和人文因子,自然因子包括气候、土壤环境变化、地形与地貌类型、水文变化等因子,人文因子包括人口变化、技术进步、政治经济体制变革、文化观念改变等^[28]。自然因子对景观格局的驱动作用主要在大时间跨度上体现,而人类活动在短期内就会导致景观格局的明显改变^[29-30]。驱动因子对景观格局变化的驱动,不是简单的一对一关系,而是存在一对多、多对一以及多对多等形式^[31]。中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区的景观格局变化是自然、人文因素相互作用的结果,主要有以下几个方面的影响。

(1) 自然因素的制约。研究区面积大,植被覆盖率高,具有最完整、最具代表性的中亚热带丹霞森林生态系统,海拔最高处约为 1 730 m,最低处 240 m,平均海拔 579 m,盛行亚热带山地季风气候,年平均气温为 18.1℃,年降水量为 800~1 700 mm,主要集中在 4—10 月,约占全年的 80%以上,研究区属长江水系,赤水河为境内最大的河流,是长江的一级支流。研究区气候湿润,降水充沛,发育了茂密的森林,核心区内大部分为人烟稀少和人迹罕至地区,自然生态迄今仍保持着原始状态。研究区地势陡峭,平坡地形面积比例仅为 3.82%,在一定程度上制约着景观格局的变化。十几年内,研究区的地形、地貌、气

并且在 2001—2016 年,建筑用地在缓坡和斜坡上的分布持续增加,说明研究区的人类活动主要分布于缓坡和斜坡并且在不断增加。

表 7 中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区坡度分类

坡度等级	坡度/(°)	面积/hm ²	比例/%
平坡	0~5	2760	3.82
缓坡	5~15	15820	21.92
斜坡	15~25	22531	31.22
陡坡	25~35	15033	20.83
急坡	35 以上	16034	22.21



候等自然驱动因素基本都没有变化,对其景观格局演变存在制约作用。

(2) 退耕还林政策和城镇化与高速交通建设的影响。人为驱动因素方面,自 2001 年以来,赤水市以国家实施退耕还林政策和“黔北万吨林纸一体化项目”工程建设为契机,大力实施一系列退耕还林还竹工程^[32]。因此,2001—2010 年,研究区耕地景观大量减少,面积减少了 49.87%,即耕地景观减少了近一半。2012 年赤水市在中国丹霞赤水世界自然遗产缓冲区两河口乡规划建设玫瑰小镇城镇一体化项目,导致该片区建设用地面积明显增加。由于全国交通路网的发展需求和赤水市经济发展的需求,蓉遵高速公路(遵赤高速公路)于 2010 年开建,2014 年建成通车,途径中国丹霞赤水世界自然遗产两片核心区之间的缓冲区,依傍赤水河而建,该高速公路的建设导致缓冲区内建设用地面积的明显增加,同时建设后环境修复,导致灌丛面积增加。2010—2016 年,研究区建筑面积增加了 34.16%,主要是发生在缓冲区。

(3) 经济发展和旅游发展的影响。赤水是中国西部最大的竹业循环经济基地之一,是全国最大的金钗石斛产业基地、贵州省特色农产品加工基地,经济一直呈增长趋势,年人均 GDP 从 2001 年的 3 663 元,增长到 2016 年的 35 229 元,增长了近 10 倍(图 3)。研究区主要是鼓励发展没有环境污染的旅游产

品加工工业和石斛种植业,适当发展生态和文旅,对环境影响较小。随着赤水丹霞申遗成功后,知名度不断提高,很多游客慕名前往,景区开发建设的力度也不断加大,景区的游客接待量、旅游收入逐年稳步攀升,旅游人次也一直呈增长趋势,在 2010 年登录世界遗产名录之前,增长趋势较为缓慢,而在登录世界遗产名录之后,旅游人次呈指数型增长(图 4),2001 年,旅游人次只有 21 万人次,而 2016 年旅游人次增长到了 1 200 万人次,增长了近 60 倍,2010—2016 年,旅游人次年平均增长率为 36.98%。研究区一直遵循赤水遗产保护管理和规划的指导,很多基础设施的建设是在原有的基础上进行升级改造,比如道路主要是改造原有县乡公路,提高道路等级。停车场主要也是设置在各旅游服务中心、村、点等地方,大部分是在原址的基础上进行扩建和修缮,而少量新建的停车场地也特别注意了场址的选择。因此,由于较好的规划和保护管理,经济发展、旅游增长和开发建设未对研究区的景观格局造成明显的影响。

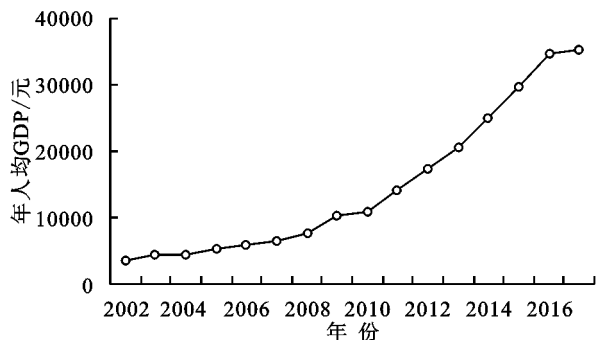


图 3 赤水市年人均 GDP

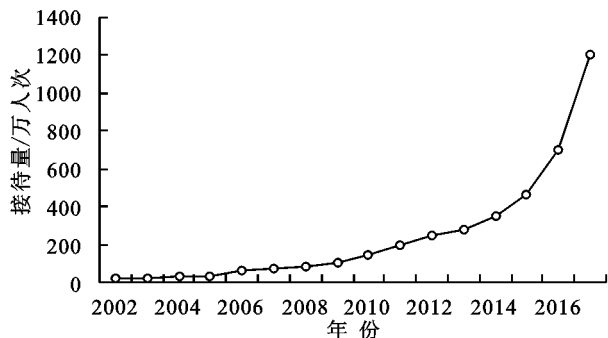


图 4 赤水市游客接待量

(4) 保护管理制度的制约。中国丹霞赤水世界自然遗产在申遗时就根据土地的不同属性,提出有针对性的保护管理措施,将研究区划分为 5 个保护等级,分别为特级保护区、一级保护区、二级保护、三级保护区和缓冲区,对每个一个等级的保护区域做了明确的保护管理要求,申报成功后,还根据实际情况制定了相应的《中国丹霞赤水世界自然遗产保护条例》,并明确了法律和行政责任以及追究制度。缓冲区内

实行的是协调性保护,为了更好地展示中国丹霞赤水世界自然遗产,缓冲区内可开展一定的建设项目、旅游项目、交通项目等,但所有建设项目应与遗产地有较好的协调过渡性,不得安排有污染的工矿企业,不能破坏景观环境和生态系统。在一系列保护管理措施的管理下,2010—2016 年,赤水丹霞遗产核心区保护较为完整,景观格局变化微弱,缓冲区有一定的变化,研究区整体景观格局的动态变化度较小,景观格局进一步趋于稳定。

因此,从人为驱动因素来看,退耕还林政策、城镇一体化的建设以及高速交通建设对中国丹霞赤水世界自然遗产的景观格局变化有很大的推动作用,而旅游增长对景观格局变化的影响相对较小,遗产保护管理制度和措施有效地保护了中国丹霞赤水世界自然遗产的完整性和遗产核心价值。

4 结论与讨论

(1) 自 2001 年以来,林地景观一直为中国丹霞赤水世界自然遗产地及缓冲区的优势景观类型,面积比例一直在 80% 以上,其次是耕地景观和灌丛景观;按照植被景观和非植被景观分类,遗产地及缓冲区的植被景观面积比例(林地、耕地、灌丛)一直在 98% 左右,而非植被景观面积比例(水体、建筑用地、裸地)只有 2% 左右;

(2) 中国丹霞赤水世界自然遗产的各类景观均处于动态变迁过程,景观动态变化度在 2001—2010 年较大,在 2010—2016 年较小,变化主要发生在缓冲区;2001—2016 年,研究区林地面积大量增加,灌丛面积明显增加,建筑面积持续增加,水体面积变化不大,耕地大量减少,裸地面积减少,优势景观类型地位上升,土地利用率增加;

(3) 近 16 年来,赤水丹霞遗产地及缓冲区的景观分离度指数先降低后轻微增加,景观破碎化程度稍有加深;景观多样性指数先降低后增加,2010 年景观多样性指数低于 2001 年,表明景观类型丰富度有所下降,但在申遗后,景观多样性指数有所上升,景观异质性即景观类型的丰富度有所上升;

(4) 从景观变化的驱动因子来看,驱动因子除了研究区生态系统的自然演化外,主要是受退耕还林政策、城镇一体化建设、高速交通建设等人文因素干扰所致,且退耕还林政策影响程度最大;旅游增长和开发对遗产地及缓冲区景观格局影响相对较小。

总体来看,赤水丹霞在列入世界遗产名录之前,退耕还林政策对赤水丹霞的景观格局的变化影响较大,林地面积大量增加,景观破碎化程度显著下降,在

列入世界遗产名录之后,由于经济增长、城镇一体化建设,高速交通建设等因素影响,研究区整体景观格局破碎化程度稍有加深。研究区的景观格局变化主要发生在缓冲区,核心区域保护较完整,但也应注重对缓冲区的自然环境和景观的保护,控制大型建筑项目的开发和建设。有效的保护和管理是世界遗产可持续发展的首要任务,不仅要注重旅游发展对世界自然遗产的影响,也要注重经济发展、城镇一体化、交通建设等对世界自然遗产的负面影响。政策因素对研究区的景观格局变化影响最大,因此,在今后的遗产保护管理工作中,应进一步加深保护管理政策的研究,以促进世界自然遗产的可持续发展。

参考文献:

- [1] Robert Wood, John Handley. Landscape dynamics and the management of change[J]. Landscape Research, 2001, 26(1): 45-54.
- [2] 彭建,党威雄,刘焱序,等. 景观生态风险评价研究进展与展望[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 664-677.
- [3] 葛方龙,李伟峰,陈求稳. 景观格局演变及其生态效应研究进展[J]. 生态环境, 2008, 17(6): 2511-2519.
- [4] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264-270.
- [6] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 路瑶. 珠峰自然保护区景观格局演化及其驱动因子研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2008.
- [8] 孙克勤. 中国的世界遗产保护与可持续发展研究[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2008, 8(3): 36-40.
- [9] Musacchio L, Ozdenrol E, Bryant M, et al. Changing landscapes, changing disciplines: Seeking to understand interdisciplinarity in landscape ecological change research[J]. Landscape & Urban Planning, 2015, 73(4): 326-338.
- [10] 刘晓君,李占斌,李鹏,等. 基于土地利用/覆被变化的流域景观格局与水沙响应关系研究[J]. 生态学报, 2016, 36(18): 1-10.
- [11] 郭砾,余世孝. 泰山风景区景观格局时空变化的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 641-646.
- [12] 郭砾,夏北成,余世孝,等. 人为干扰对泰山景观格局时空变化的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 235-239.
- [13] 阳柏苏,郑华,尹刚强,等. 张家界森林公园景观格局变化分析[J]. 林业科学, 2006, 42(7): 11-15.
- [14] 胡海胜,魏美才,唐继刚,等. 庐山风景名胜区景观格局动态及其模拟[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4696-4706.
- [15] 梁艳艳,周年兴,谢慧玮,等. 庐山森林景观格局变化的长期动态模拟[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7807-7818.
- [16] 周年兴,黄震方,林振山. 武陵源世界自然遗产旅游地景观格局变化[J]. 地理研究, 2008, 27(4): 734-744.
- [17] 邓贵平,覃建雄,颜磊. 旅游发展对九寨沟自然保护区景观格局变化的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(5): 579-584.
- [18] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观空间格局研究[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 174-179.
- [19] 熊康宁,肖时珍,陈许,等. 世界遗产与赤水丹霞景观[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [20] 杜芳娟,熊康宁,先青平. 赤水—习水丹霞景观美学价值与对比分析[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2008, 26(1): 26-29.
- [21] 胡耀. 浅谈贵州赤水丹霞的物种多样性[J]. 才智, 2013, 13(14): 304.
- [22] 杨丽. 贵州赤水丹霞生态旅游开发初探[J]. 旅游纵览, 2016, 6(2): 160-161.
- [23] 马肖静. 谈贵州赤水丹霞地貌世界遗产的价值与保护[J]. 旅游纵览, 2013, 3(3): 112-113.
- [24] 姜鑫,安裕伦. 3S技术在贵州喀斯特地区农业景观格局分析的应用: 以普安县为例[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2009, 27(3): 36-39.
- [25] 李瑞,杨晓晖,张克斌,等. 基于RS和GIS的青海香日德绿洲景观格局特征分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 129-131.
- [26] 么欣欣,韩春兰,刘洪彬,等. 基于RS与GIS的沈阳市土地利用及景观格局变化[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 158-162.
- [27] 朱星磊,安裕伦,黄祖宏,等. 喀斯特地区遥感影像解译新算法: 支持向量机算法[J]. 中国岩溶, 2011, 30(2): 222-226.
- [28] 吴健生,王政,张理卿,等. 景观格局变化驱动力研究进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1739-1746.
- [29] 程乾,吴秀菊. 杭州西溪国家湿地公园1993年以来景观演变及其驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1677-1682.
- [30] 刘明,王克林. 洞庭湖流域中上游地区景观格局变化及其驱动力[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1317-1324.
- [31] Hersperger A M, Bürgi M. Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study[J]. Land Use Policy, 2009, 26(3): 640-648.
- [32] 笪志祥. 赤水退耕还林中梁山慈竹生态效益的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2007.