

土地利用及景观格局动态变化分析

——以甘肃省党河流域为例

赵方圆, 杨宇翔, 张华堂, 赵万奎, 李珍存, 王琼芳

(甘肃省生态环境监测监督管理局 甘肃省林业调查规划院, 兰州 730020)

摘要:为了分析甘肃省党河流域 2012—2018 年土地利用类型变化及建设规划趋势,通过判读遥感影像得到了党河流域 6 年内土地利用类型分布。从土地利用类型时间、空间以及景观格局动态变化 3 个角度分析了以上趋势。结果表明:(1) 从时间变化角度,6 年间林地总占比减少量最大,为 0.47% (82.13 km²),建设用地总占比增加量最大,为 0.20% (35.10 km²)。林地下属分类中的宜林地减少量最大,为 12.55% (86.36 km²)。宜林地的大幅减少是林地面积减少的主要贡献源。(2) 从空间变化角度,未利用土地 6 年间的转入量最大,为 107.76 km²,转入面积中林地为主要贡献源,转入总面积 88.72 km²,林地转出量最大的时间段为 2012—2014 年的 72.68 km²,后续 2016—2018 年未利用土地转出为林地 50.45 km²。建设用地面积持续增加,贡献量最大的为未利用土地,转入量 13.15 km²。2012—2018 年土地利用类型呈现林地退化转变为未利用土地,生态建设加强后未利用土地回转为林地和向建设用地转变的大趋势。(3) 从景观格局动态变化角度,6 年间各地类的景观破碎度总体上呈现上升趋势,建设用地景观破碎度最大,建设用地景观形状指数较大且呈现快速上升趋势,说明人类活动较多的建设用地区域破碎度高且形状更复杂。上述研究结果对摸清并保护恢复党河流域生态环境、合理开发利用土地资源和实施土地保护利用政策具有十分重要的意义。

关键词:党河流域;景观格局;土地利用;时间与空间变化

中图分类号:F301.2, P901

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)03-0235-07

Analysis on Dynamic Change of Land Use and Landscape Pattern

— A Case Study of Danghe River Basin in Gansu Province

ZHAO Fangyuan, YANG Yuxiang, ZHANG Huatang, ZHAO Wankui, LI Zhencun, WANG Qiongfang

(Gansu Provincial Ecological Environment Monitoring and Supervision Administration,

Gansu Provincial Forestry Investigation and Planning Institute, Lanzhou 730020, China)

Abstract: In order to analyze the change of land use types and the trend of construction planning in the Danghe River Basin in Gansu Province from 2012 to 2018, the distribution of land use types in the Danghe River basin in 6 years was obtained by interpreting remote sensing images. The above trends were analyzed from the three perspectives of land use type time, space and landscape pattern dynamic change. The results showed that: (1) from the perspective of time change, the total decrease of forestland was the largest, accounting for 0.47% (82.13 km²), and the total increase of construction land was the largest, accounting for 0.20% (35.10 km²); the largest reduction of suitable forest land was 12.55% (86.36 km²); the large reduction of suitable forestland is the main contribution source of forestland area reduction; (2) from the perspective of spatial change, the amount of unused land transferred in 6 years was the largest, reaching to the area of 107.76 km²; the transferred area of middle woodland was the main contribution source, and the transferred area is 88.72 km²; the maximum amount of the transferred forest land was 72.68 km² during the period from 2012 to 2014, and the unused land transferred to forest land from 2016 to 2018 was 50.45 km²; the area of construction land continue to increase, with the largest contribution being the transfer amount of unused land of 13.15 km²; from 2012 to 2018, land use types showed a general trend of forest land degradation turning into unused land, and unused land returning to forest land and turning to construction land after

收稿日期:2020-11-24

修回日期:2020-12-14

资助项目:甘肃省林业和草原局 2019 年林业科技创新项目“党河流域(甘肃)湿地生态系统评价”。

第一作者:赵方圆(1991—),女,江苏徐州人,硕士,主要从事林业资源调查规划、林业信息化等研究。E-mail:770883039@qq.com

通信作者:杨宇翔(1963—),男,甘肃秦安人,高级工程师,主要从事林业生态研究管理工作。E-mail:lshyux@163.com

ecological construction was strengthened; (3) from the perspective of dynamic changes of landscape pattern, the landscape fragmentation of each region in the past 6 years generally presented the increasing trend, with the largest landscape fragmentation of construction land and a large and rapidly increasing landscape shape index of construction land, indicating that the regional fragmentation of construction land with more human activities was high and its shape was more complex. The above research results are of great significance to understand and protect the ecological environment of Danghe River Basin, rationally develop and utilize land resources and implement policies of land protection and utilization.

Keywords: Danghe River Basin; landscape pattern; land use; change in time and space

党河流域地处我国西北内陆肃北县和敦煌市境内。该区域土地类型复杂、水土流失、盐碱化等问题突出,生态环境脆弱,该区域的生态变化与社会持续发展关系密切^[1]。在西部开发等大政策背景下,该区域人类活动日益显著,包括 20 世纪 80 年代起的“两西移民”、“九旬峡库区移民”、“疏勒河农业开发移民”等^[2]。在大规模的土地开发及人类活动下,土地类型趋于丰富但分布渐趋不合理,包括林地面积减少、耕地面积减少等因素是制约生态持续健康稳定发展的“卡脖子”问题^[3]。因此,从 2010 年开始国家相继出台了一系列可持续发展政策,包括国务院批准实施的《敦煌水资源合理利用与生态保护综合规划(2011—2020)》、2014 年国家发改委印发的《甘肃省加快转型发展建设国家生态安全屏障综合试验区总体方案》、敦煌市颁布实施的《敦煌市国家级生态文明建设示范区规划》以及 2015 年颁布的《甘肃省生态保护与建设规划(2014—2020 年)》等。上述各项政策的核心思想在于合理规划、改善该地区的生态要素时空格局,从科学发展角度论证该地区生态要素以及土地类型分配。对该地区的相关研究是保障“丝绸之路经济带”建设、构建国家生态安全屏障的有力支撑。党河流域作为上述政策实施的重点地区,其地理位置与环境特征典型、土地类型丰富但分布不均,对该地区开展相关研究是分析上述政策落实性以及下一步规划发展的基础。

土地利用类型的变化是生态要素时空格局分析中的重要一环。目前,土地利用类型的时间、空间变化及景观格局动态变化分析是其中较为关注的三点^[4]。如夏成琪^[5]中通过土地利用类型的时间变化特征分析了盐城海岸带土地利用变化,耕地面积在 15 a 间持续增加,说明了该地区对粮食生产重视程度的提高。张萌^[6]、徐晓然^[7]、杨尊尊^[8]等通过采用转移矩阵对土地利用的空间变化进行了分析,得到了土地类型中转入与转出土地面积的大小以及种类。在景观格局分析中,采用景观破碎度、景观多样性指数等参数对景观的多样性以及复杂程度进行了分析^[9-11],由此得到

各类土地类型的相应属性。通过上述三点分析,可以有效地对一个区域的土地利用以及景观变化进行定量判断以及对政策落实结果进行趋势分析。然而,目前针对该地区的土地利用类型及景观格局动态变化分析多是从宏观角度分析,并不全面,且缺少定量数据上的比对分析。针对此,本文对 2012—2018 年党河流域不同土地类型测量数据进行时间、空间以及景观格局变化分析,研究结果旨在为该地区管理部门制定合理的土地利用保护对策提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

党河流域地属疏勒河水系,发源于祁连山山系,流经肃北县盐池湾、党城湾及敦煌,流程 288 km,地处我国干旱半干旱区,冬季寒冷、夏季炎热、气候干燥,日照时间长,昼夜温差大。本研究党河流域(甘肃省范围内)总面积 17 381.33 km²,地理坐标 93°58′—97°3′E,38°25′—40°26′N,参照全国《土地利用现状分类》(GB/T21010—2017)标准,该地区土地类型主要为林地、耕地、牧草地、水域、未利用地、建设用地,由于该地区所处海拔位置、山脉分布以及政策导向等特点,未利用土地占比超 50%,建设用地占比小于 1%(主要集中在该区域东北部),牧草地主要集中在该区域中部,耕地主要集中在该区域东北部。党河流域主要区域城镇化率约 70%,2019 年第一、第二、第三产业产值分别为 9.94 亿元、18.72 亿元、53.12 亿元(旅游服务业为主),三次产业结构为 12.16 : 22.89 : 64.95。该地区土地类型丰富但分布不均、干旱缺水、植被稀疏、风沙危害和水土流失严重,生态环境脆弱等问题突出。

1.2 数据来源

本研究使用的原始数据为党河流域 2012 年、2014 年、2016 年、2018 年林地更新矢量数据。将 2012 年、2014 年、2016 年、2018 年四期数据进行投影坐标系同一化处理,遥感影像采用的是高分一号及二号卫星拍摄的结果,分辨率在 2~2.5 m 且影像图制

作符合《森林资源调查卫星遥感影像图制作技术规程》。各县市区林业调查人员在外业调查前均已建立完整的判读标志,后期省级和国家林业管理部门均进行了抽样质量检查,确保了判读精度。在各县区数据的基础上,项目组将肃北和敦煌数据合并处理,统一坐标系后,在 ArcGIS 10.2 软件的支持下,结合 GPS 验证点,又进行实地验证、校对、修正,解译精度达到 90%,满足后续分析需要。

2 研究方法

为了分析党河流域土地利用类型变化情况,参考文献^[11-16]中的分析方法,结合本文研究问题,从土地利用类型时间、空间变化特征、景观格局动态变化 3 个角度进行后续分析。

2.1 土地利用类型时间变化分析参数选择

为了分析各土地利用类型在时间上的变化特征,参考相关文献^[11-13],采用单一土地类型净变化参数 N_c 、单一土地类型总变化参数 T_c 、综合土地类型净变化参数 S_a 、综合土地类型总变化参数 S_s 进行后续分析。Huang 等^[13]指出该 4 个参数可以在一定程度上充分反映不同土地利用类型的时间变化特征。

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

$$T_c = \frac{\Delta U_{in} + \Delta U_{out}}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

$$S_a = \frac{\sum_{i=1}^n (|U_{b-i} - U_{a-i}|)}{2 \sum_{i=1}^n U_{a-i}} \times 100\% \quad (3)$$

$$S_s = \frac{\sum_{i=1}^n (|\Delta U_{in-i} + \Delta U_{out-i}|)}{2 \sum_{i=1}^n U_{a-i}} \times 100\% \quad (4)$$

其中,单一土地类型净变化参数 N_c 表征某土地利用类型在一定时期内转入与转出面积之差,可以定量描述在一定时间范围内研究区域某种土地利用类型的变化速度; U_a 、 U_b 分别为某土地利用类型在研究初期和末期的面积; T 为研究时长,如式(1)所示;单一土地类型总变化参数 T_c 某一时期内某种土地利用类型转化面积之和来反映该土地类型与其他土地类型间的转换程度; ΔU_{in} 为研究期内其他土地利用类型转变为某一土地类型的面积之和; ΔU_{out} 为研究期内某一土地利用类型转变为其他类型的面积和,如式(2)所示;综合土地类型综合净变化 S_a 和总变化 S_s 用于反映土地利用类型的整体变化速度和转换程度; U_{a-i} 、 U_{b-i} 分别为第 i 种土地利用类型在研究初期和末期的面积; ΔU_{in-i} 为其他类型向第 i 种类型转变的

面积之和; ΔU_{out-i} 为由第 i 种土地利用类型向其他类型转变的面积之和; n 为土地类型数,分别如式(3)、(4)所示。

2.2 土地利用类型空间变化分析参数选择

考虑到各种土地类型存在互相转化关系,为了分析 2012—2018 土地类型的空间转化,基于文献^[14-16]提及的面积转移矩阵方法进行土地利用类型空间变化分析,其基本表达式如式(5)所示。

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: S_{ij} 为研究初期和末期土地利用状态; n 为土地类型数。向量为各种土地利用的面积,反映不同景观结构与其来源构成^[16]。

2.3 景观格局动态变化分析参数选择

为了分析景观格局动态变化特征,选择景观破碎度 C_i 、景观形状指数 LSI 进行后续分析。其中,各参数计算式如式(6)、(7)所示,景观破碎度为斑块个数与面积的比值,景观破碎度表征景观被分割的破碎程度;景观形状指数 LSI 用以表征斑块的离散化程度,斑块的离散化程度随 LSI 值的增加而增大,小的 LSI 值说明形状简单。

$$C_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (6)$$

$$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}} \quad (7)$$

式中: N_i 为第 i 类景观类型的斑块数; A_i 为第 i 类景观类型的总面积; A 为景观总面积; E 为边界总长度。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型时间变化分析

党河流域 2012—2018 年林地、耕地、牧草地、水域、未利用地、建设用地变化见图 1。各类土地面积占比大小分别为未利用地、牧草地、水域、林地、耕地以及建设用地,平均占比分别为 52.66%,24.32%,11.36%,9.38%,1.84%,0.44%。未利用土地占比最高,建设用地占比最少。这种土地类型的分配与当地的气候特征有着直接的关系。

从各类土地利用类型总占比变化情况来看(表 1),2012—2018 年中,林地总占比减少量最大,为 0.47% (82.13 km²),建设用地总占比增加量最大,为 0.20% (35.10 km²)。牧草地总占比减少量 0.02% (0.63 km²),耕地、水域、未利用地均有所增加,增加量分别为 0.12% (20.62 km²),0.01% (2.16 km²),0.16% (27.61 km²)。

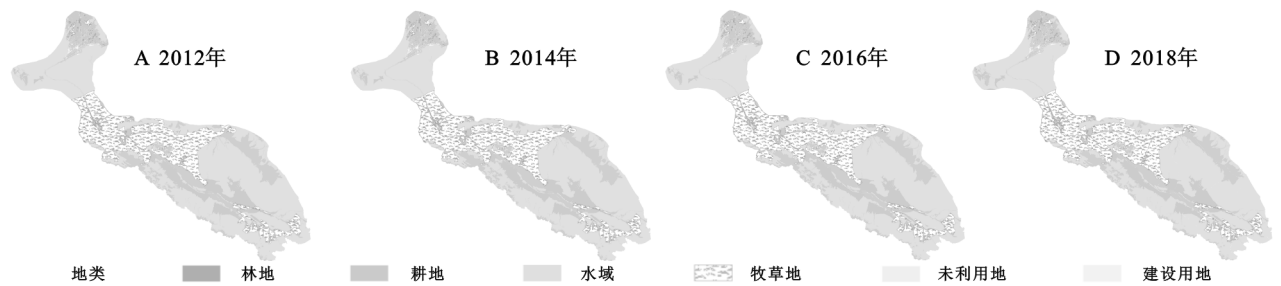


图 1 党河流域土地利用特征变化

从各类土地在 6 a 间的环比变化来看:(1)林地面积 2012—2014 减少了 5.61%,2014—2016 年减少了 0.32%,2016—2018 年增加了 1.15%。2012—2018 年林地面积共减少了 4.83%。在林地的下属分类中(表 2),6 a 间灌木林地和宜林地面积均占据主导地位,相对于林地总面积的平均占比分别为 54.26%与 38.03%,此类林地面积较广与当地的气候特征有直接关系。6 a 间灌木林地和宜林地分别减少了 1.46%(13.17 km²)以及 12.55%(86.36 km²)。宜林地的大幅减少是林地面积减少的主要贡献源。林地其他下属分类中,6 a 间有林地、疏林地、未成林地、苗圃地、无立木林地占林地总面积比值较小,平均占比分别为 3.00%,0.00%,3.42%,0.02%,1.26%。林

业辅助用地面积减少量明显,2012—2018 年减少了 90.91%。(2)耕地面积 2012—2014 年增加了 5.37%,2014—2016 年减少了 1.11%,2016—2018 年增加了 2.41%。2012—2018 年耕地面积增加了 6.71%。(3)牧草地 6 a 间减少了 0.08%,水域减少 0.11%。(4)未利用地面积 2012—2014 年增加了 0.82%,2014—2016 年增加了 0.01%,2016—2018 年减少了 0.52%。2012—2018 年的 6 a 间增加了 0.30%。(5)建设用地面积 2012—2014 年增加了 18.19%,2014—2016 年增加了 5.2%,2016—2018 年增加了 26.92%。2012—2018 年的 6 a 间增加了 57.80%。综合以上来看,6 a 间,林地减少量最大,导致林地减少的关键因素是宜林地的大幅减少。建设用地增加量最大,增幅最快。

表 1 党河流域 2012—2018 年不同土地类型面积变化

土地类型	2012 年		2014 年		2016 年		2018 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
林地	1699.77	9.78	1604.35	9.23	1599.25	9.21	1617.65	9.31
耕地	307.20	1.77	323.69	1.86	320.11	1.84	327.82	1.89
牧草地	4226.20	24.33	4222.80	24.31	4228.20	24.30	4222.8	24.31
水域	1975.10	11.37	1971.80	11.35	1970.40	11.34	1977.3	11.38
未利用地	9104.60	52.40	9179.20	52.83	9180.10	52.84	9132.2	52.56
建设用地	60.71	0.35	71.76	0.41	75.49	0.43	95.81	0.55

表 2 林地下属分类不同土地类型面积变化

土地类型	下属分类	2012 年		2014 年		2016 年		2018 年	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
林地	有林地	49.95	0.29	46.82	0.27	50.29	0.29	48.86	0.28
	疏林地	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
	灌木林地	901.62	5.19	869.88	5.01	878.33	5.06	888.45	5.11
	未成林地	59.44	0.34	58.88	0.34	53.14	0.31	51.51	0.30
	苗圃地	0.26	0.00	0.32	0.00	0.32	0.00	0.30	0.00
	无立木林地	0.00	0.00	28.7	0.17	26.82	0.15	26.74	0.15
	宜林地	688.08	3.96	599.67	3.45	590.27	3.40	601.72	3.46
	林业辅助用地	0.39	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00

为了进一步分析各土地类型变化特性,通过式(1)一(4)中的单一土地类型净变化、总变化以及综合土地类型净变化以及总变化进行后续分析。从综合土地类型净变化与总变化程度来看(图 3),2012—2014 年这一时间段的变化程度最为剧烈,净变化率和总变化率分别为 0.98%和 0.59%;变化程度最小的

是 2014—2016 年,二者分别为 0.15%和 0.06%。从单一土地类型净变化与总变化程度来看,2016—2018 年建设用地增长速度最快,净变化与总变化分别为 5.38%与 7.84%。除建设用地外,林地在 2012—2014 年的净变化最快,为-1.12%,耕地 2012—2014 年总变化最快,为 2.62%。

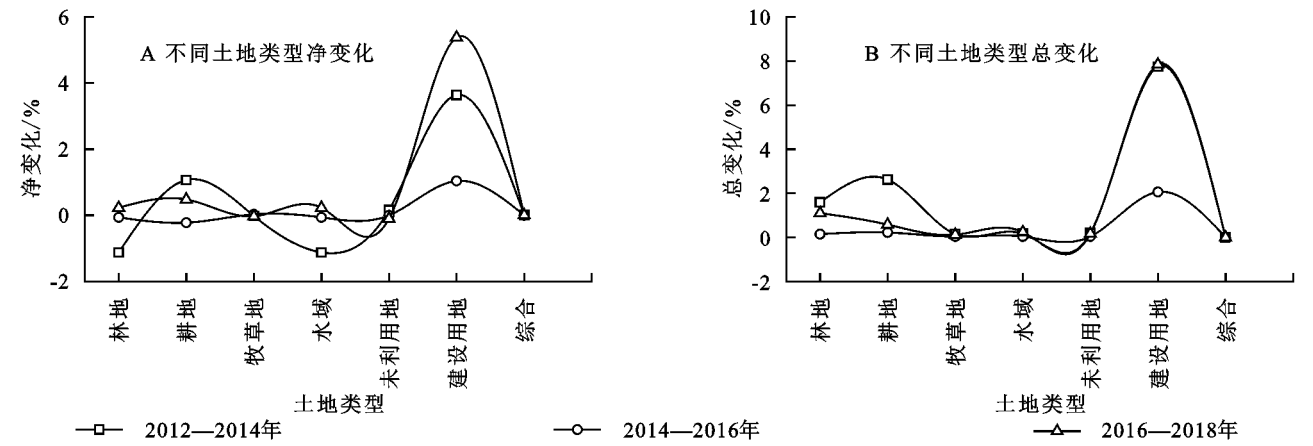


图 3 不同土地类型变化情况

3.2 土地利用类型空间变化分析

土地利用类型转移矩阵可以反映不同土地利用类型间的相互转移情况,便于分析土地利用类型的变化过程。基于式 5,得到了表 3 的党河流域 2012—2018 年期间土地利用类型转移矩阵,具体各类土地转入、转出以及增加情况见图 4。

表 3 2012—2018 年土地类型转移矩阵

土地类型	研究时间段	林地/ km ²	耕地/ km ²	牧草地/ km ²	水域/ km ²	未利用地/ km ²	建设用地/ km ²
林地	2012—2014	1584.35	24.78	8.20	2.65	72.68	7.11
	2014—2016	1595.71	0.00	0.00	0.00	8.54	0.09
	2016—2018	1564.40	8.26	8.09	8.34	7.50	2.64
耕地	2012—2014	7.64	295.36	0.82	0.00	0.78	2.61
	2014—2016	3.43	320.11	0.00	0.00	0.00	0.16
	2016—2018	0.61	319.36	0.01	0.01	0.02	0.10
牧草地	2012—2014	5.70	2.06	4209.09	3.83	2.12	3.37
	2014—2016	0.00	0.00	4220.85	0.31	0.00	1.61
	2016—2018	1.34	0.01	4212.79	2.04	4.94	7.05
水域	2012—2014	0.63	0.58	2.42	1964.80	3.63	3.04
	2014—2016	0.00	0.00	1.74	1968.97	0.03	1.02
	2016—2018	0.61	0.01	0.32	1962.15	1.46	5.83
未利用地	2012—2014	5.35	0.79	0.95	0.47	9095.85	1.15
	2014—2016	0.03	0.00	4.71	0.57	9171.19	2.67
	2016—2018	50.45	0.02	0.27	3.31	9116.71	9.33
建设用地	2012—2014	0.68	0.13	1.31	0.01	4.11	54.48
	2014—2016	0.07	0.00	0.88	0.54	0.34	69.93
	2016—2018	0.23	0.17	1.29	1.34	1.62	70.86

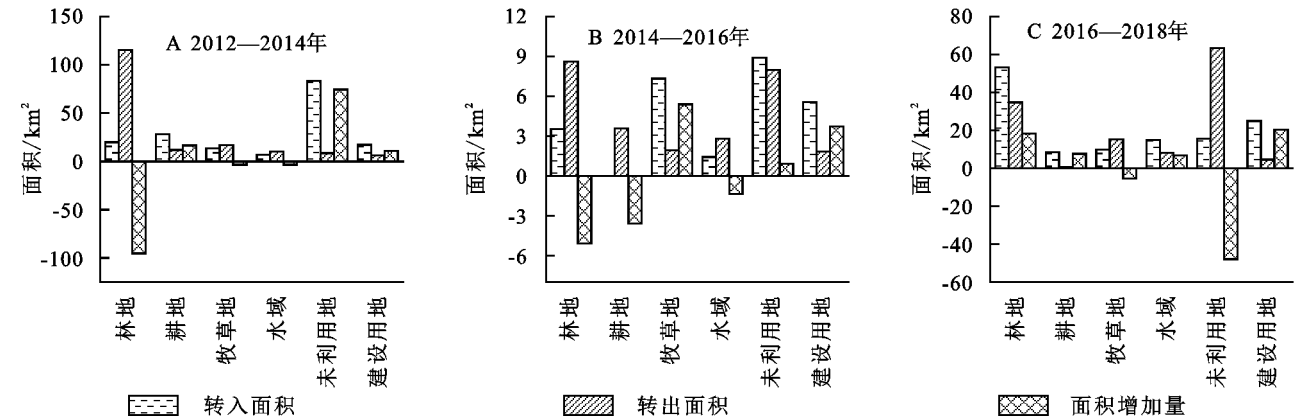
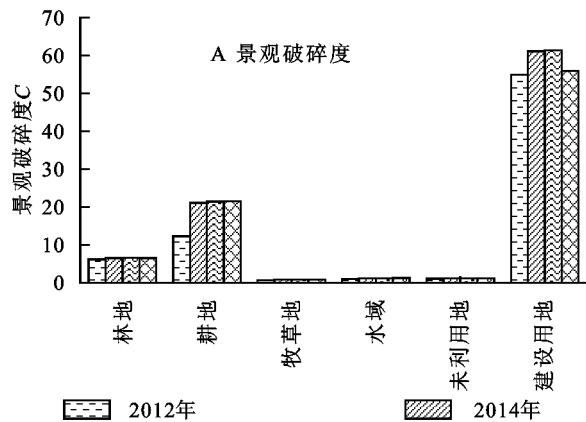


图 4 不同土地类型面积转移情况

从不同土地类型面积变化量来看,林地 6 a 间面积减少量最大,为 82.13 km^2 。建设用地转入面积始终大于转出面积,其土地面积持续增加。从转入转出角度来看,未利用土地 6 a 间的转入量最大,为 107.76 km^2 ,转入面积中林地为主要贡献源,转入总面积 88.72 km^2 ,林地砍伐后成为了未利用土地。其中,林地转出量最大的时间段为 2012—2014 年的 72.68 km^2 ,后续 2016—2018 年未利用土地转出为林地 50.45 km^2 。转入为建设用地最多的土地类型为未利用土地,6 a 间总转入面积 13.15 km^2 ,在一定程度上说明加快了未利用土地向建设用地的开发利用转变以及开始重视林地保护。

从总体上来看,2012—2018 年土地利用类型呈现林地退化转变为未利用土地,生态建设加强后未利用土地回转为林地和向建设用地转变的大趋势。这在一定程度上反映了研究区在沙漠治理、天然林保护、国家公益林保护建设等林业生态工程建设上的效果良好。



3.3 景观格局动态变化分析

为了分析在上述土地类型变化过程中对应的景观动态变化趋势,从景观破碎度 C_i 、景观形状指数 LSI 等角度研究了党河流域 6 a 内变化情况并分析变化原因。从景观破碎度来看(图 5),建设用地破碎程度高,景观连续性差,人为干扰程度大。6 a 间的平均景观破碎度从大到小分别为建设用地(58.33)、耕地(19.05)、林地(6.42)、水域(1.13)、未利用地(1.11)、牧草地(0.77)。2012—2016 年各地类景观破碎度均呈增长趋势,2016—2018 年林地和建设用地减少,其他地类继续增长。

从景观形状指数来看,景观形状指数表征景观形状的异质性,景观形状指数越大,斑块越离散。6 a 间,未利用地与建设用地的景观形状指数均呈现上升趋势。各土地类型的平均景观形状指数由大到小分别为林地(125.31)、建设用地(119.69)、未利用地(114.17)、耕地(109.68)、牧草地(66.49)以及水域(66.03)。

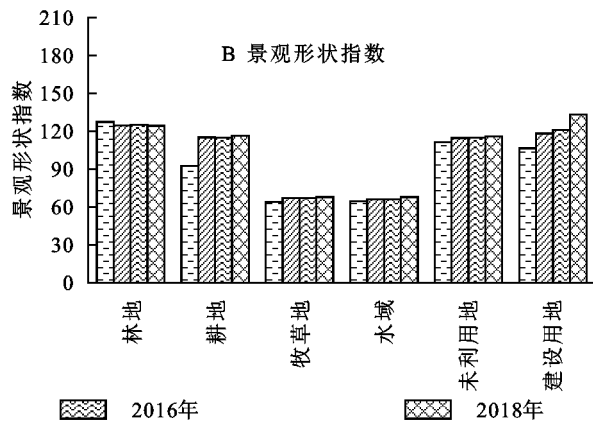


图5 不同年份景观格局变化情况

4 讨论与结论

4.1 讨论

党河流域作为《甘肃省生态保护与建设规划(2014—2020 年)》、《甘肃省加快转型发展建设国家生态安全屏障综合试验区总体方案》等可持续发展政策下的重点区域,对其土地利用类型的变化特征的分析关系到上述政策落实性以及下一步的规划发展。针对现有研究对该地区的土地利用类型分析主要从宏观角度并不全面,且缺少定量数据上的比对,基于此,本文给出了定量数据的对比分析,得到了关键性的结论:生态建设加强后呈现未利用土地向林地和建设用地转变的大趋势。但本文仍存在后续需要继续深入研究的问题,包括在更长年份中(增大样本容量)该地区土地利用类型变化以及土地利用类型的转变与经济发展、人均收入等方面的关系。

4.2 结论

(1) 从土地利用类型时间变化角度,2012—2018 年,林地总占比减少量最大,为 0.47% (82.13 km^2),建设用地总占比增加量最大,为 0.20% (35.10 km^2)。6 a 间林地下属分类中的宜林地减少量最大,为 12.55% (86.36 km^2)。宜林地的大幅减少是林地面积减少的主要贡献源。

(2) 从空间变化角度,未利用土地 6 a 间的转入量最大,为 107.76 km^2 ,转入面积中林地为主要贡献源,转入总面积 88.72 km^2 ,林地转出量最大的时间段为 2012—2014 年的 72.68 km^2 ,后续 2016—2018 年未利用土地转出为林地 50.45 km^2 。建设用地面积持续增加,贡献量最大的为未利用土地的转入量 13.15 km^2 。2012—2018 年土地利用类型呈现林地退化转变为未利用土地,生态建设加强后未利用土地回转为林地和向建设用地转变的大趋势。这在一定

程度上反映了研究区在沙漠治理、天然林保护、国家公益林保护建设等林业生态工程建设上的改善。

(3) 从景观格局动态变化角度,6 a 间各地类的景观破碎度总体上呈现上升趋势,建设用地景观破碎度最大,建设用地景观形状指数较大且呈现快速上升趋势,说明人类活动较多的建设用地区域破碎度高且形状更复杂。

参考文献:

[1] 丁宏伟,赵成,黄晓辉.疏勒河流域的生态环境与沙漠化[J].干旱区研究,2001,18(2):5-10.

[2] 雷文娟.疏勒河流域水资源优化配置研究[D].兰州:兰州大学,2011.

[3] 齐敬辉.疏勒河流域绿洲生态演变研究[D].兰州:兰州大学,2017.

[4] 邓红兵,邱莎,郑曦晔,等.景感评价方法研究[J].生态学报,2020,40(22):1-6.

[5] 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,2021,41(1):1-10.

[6] 张萌,王让会.南京市江北地区景观格局演变及驱动力分析[J].水土保持研究,2015,22(5):229-233.

[7] 徐晓然,谢跟踪,邱彭华.1964—2015 年海南省八门湾红树林湿地及其周边土地景观动态分析[J].生态学报,2018,38(20):7458-7468.

[8] 杨尊尊,段渊古,高天,等.1999—2017 年西咸新区景观格局变化及驱动力研究[J].西部林业科学,2020,49(1):

103-110.

[9] 朱立祥,雒占福,王启雯,等.环境约束下的甘肃省城市土地利用效率时空差异及其演进特征[J].水土保持研究,2020,27(4):368-375.

[10] 于媛,李明玉,韩旭龙,等.边境地区景观格局演变及生态系统服务价值响应:以延边朝鲜族自治州为例[J].水土保持研究,2021,28(1):1-8.

[11] 孔福星,王亚娟,刘小鹏,等.生态移民安置区景观格局的尺度效应分析:以红寺堡区为例[J].水土保持研究,2018,25(3):339-345.

[12] 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.

[13] Huang L, Bai J, Yan D, et al. Changes of wetland landscape patterns in Dadu River catchment from 1985 to 2000, China[J]. China Frontiers of Earth Science, 2012,6(3):237-249.

[14] Lin W, Cen J, Xu D, et al. Wetland landscape pattern changes over a period of rapid development (1985—2015)in the ZhouShan Islands of Zhejiang province, China[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2018,213(1):148-159.

[15] 史芳宁,刘世梁,安毅,等.城市化背景下景观破碎化及连接度动态变化研究:以昆明市为例[J].生态学报,2020,40(10):3303-3314.

[16] 李赛博,徐丽萍,方曼曼,等.玛河流域耕地景观细碎化与利用效率的关联性探析[J].水土保持研究,2017,24(1):311-316.



(上接第 234 页)

[12] 廖李红,戴文远,陈娟,等.平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J].资源科学,2017,39(10):1823-1833.

[13] 赵旭,汤峰,张蓬涛,等.基于 CLUE-S 模型的县域生产—生活—生态空间冲突动态模拟及特征分析[J].生态学报,2019,39(16):5897-5908.

[14] 陈喜东,石培基,王川,等.不同情景下河谷型城市建设用地扩张的景观生态格局响应:以兰州市为例[J].生态学杂志,2018,37(11):3381-3389.

[15] 张磊,陈晓琴,董晓翠,等.三生互斥视角下工业用地空间布局优化:以天津市为例[J].地理与地理信息科学,2019,35(3):112-119.

[16] 赵越,罗志军,李雅婷,等.赣江上游流域景观生态风险的时空分异—从生产—生活—生态空间的视角[J].生态学报,2019,39(13):4676-4686.

[17] 秦方.河南新郑市“三生”用地转型及其生态服务价值响应[J].人民长江,2020,51(2):58-63.

[18] 周文霞,石培基,王永男,等.河谷型城市生态系统服务价值效应:以兰州为例[J].干旱区研究,2017,34(1):

232-241.

[19] 王成,唐宁.重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J].地理研究,2018,37(6):1100-1114.

[20] 张军涛,翟婧彤.中国“三生空间”耦合协调度测度[J].城市问题,2019(11):38-44.

[21] 罗君,石培基,张学斌.黄河上游兰西城市群人口时空特征多维透视[J].资源科学,2020,42(3):474-485.

[22] 李晓文,方创琳,黄金川,等.西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应:以甘肃河西地区为例[J].第四纪研究,2003,23(3):280-290.

[23] 崔佳,臧淑英.哈大齐工业走廊土地利用变化的生态环境效应[J].地理研究,2013,32(5):848-856.

[24] 汪建珍,卢李朋,赵锐锋,等.基于土地转移流的干旱区河谷城市土地系统稳定性评价:以兰州市近郊四区为例[J].经济地理,2014,34(4):153-158.

[25] 潘翔,石培基,吴娜.基于生态系统服务均衡性视角的生态风险评估及管控优先区识别:以兰州市为例[J].环境科学学报,2020,40(2):724-733.