

DOI: 10.5846/stxb202202210408

雷越, 张学斌, 罗君, 李意霞, 王梓洋, 姚礼堂, 李雪红. 基于不同样带的干旱区城市景观格局时空演变特征——以张掖市为例. 生态学报, 2023, 43(5): 2034-2048.

Lei Y, Zhang X B, Luo J, Li Y X, Wang Z Y, Yao L T, Li X H. Spatio-temporal evolution of urban landscape pattern in arid areas based on different zones: A case study of Zhangye City. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(5): 2034-2048.

基于不同样带的干旱区城市景观格局时空演变特征 ——以张掖市为例

雷 越¹, 张学斌^{1,2,3,*}, 罗 君⁴, 李意霞¹, 王梓洋¹, 姚礼堂¹, 李雪红¹

1 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070

2 甘肃省绿洲资源环境与可持续发展重点实验室, 兰州 730070

3 甘肃省土地利用与综合整治工程研究中心, 兰州 730070

4 甘肃农业大学资源与环境学院, 兰州 730070

摘要: 景观格局的变化影响着区域生态安全及可持续发展, 研究干旱区城市景观格局时空变化特征, 对于干旱区景观格局优化具有一定的指导意义。基于 1987、1995、2000、2006、2011 和 2016 年 6 期土地利用数据, 利用景观格局指数计算方法, 研究张掖市景观格局的时空演变特征。结果表明: (1) 2016 年张掖市景观类型主要为未利用地, 最大斑块指数和斑块聚集度最高, 草地和耕地次之, 草地的斑块个数和密度最大。(2) 张掖市景观格局呈现明显的地域分异特征, 圈层梯度带上揭示了绿洲-荒漠用地变化, 研究期内第 1 梯度带内破碎度先上升后下降, 城市在 2006—2016 年扩张较快, 其余梯度带破碎度逐年升高; 空间演变上, 居住地在圈层上的变化呈“L”型, 未利用地呈“N”型, 张掖市从中心城区到外围区域依次为绿洲城市区、绿洲农业区和自然景观区。(3) 水平样带揭示了山地-绿洲-荒漠的用地变化, 将张掖市分为 4 类区域, 分别为绿洲城市区、绿洲农业区、荒漠区、山区; 西北-东南样带上景观破碎度年变化不规律, 在空间上经过居民点波动变化; 东北-西南样带研究期内景观水平指数经过居民点波动变化, 其余范围内年变化较稳定, 中心城区景观异质性较强。(4) 人类围绕河流进行各种生产生活活动, 将河流样带分为上中下三段, 样带上段和下段景观指数年变化基本保持稳定, 以未利用地为主, 上段存在部分林地、草地; 中段景观指数在空间上波动变化, 景观类型以未利用地和耕地为主。

关键词: 景观格局; 时空演变; 样带分析; 圈层梯度带; 张掖市

Spatio-temporal evolution of urban landscape pattern in arid areas based on different zones: A case study of Zhangye City

LEI Yue¹, ZHANG Xuebin^{1,2,3,*}, LUO Jun⁴, LI Yixia¹, WANG Ziyang¹, YAO Litang¹, LI Xuehong¹

1 College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

2 Key Laboratory of Resource Environment and Sustainable Development of Oasis, Gansu Province, Lanzhou 730070, China

3 Gansu Engineering Research Center of Land Utilization and Comprehension Consolidation, Lanzhou 730070, China

4 College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: The change of landscape pattern affects the regional ecological security and sustainable development. The study on the spatio-temporal change characteristics of urban landscape pattern has a certain guiding significance to the optimization of landscape pattern in arid areas. Based on the land use data of 1987, 1995, 2000, 2006, 2011 and 2016, the temporal and spatial evolution characteristics of landscape pattern in Zhangye City were studied by using landscape pattern index

基金项目: 国家自然科学基金项目(42101276); 甘肃省科技计划项目(20JR5RA529); 国家自然科学基金项目(41661035)

收稿日期: 2022-02-21; **网络出版日期:** 2022-07-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangxb428@163.com

calculation method. The results showed that: (1) The unused land was the main landscape type in Zhangye City in 2016, and the maximum patch index and patch aggregation degree were the highest, followed by grassland and cultivated land, and the grassland patch number and density were the largest. (2) The landscape pattern of Zhangye City showed obviously regional differentiation characteristics, and the gradient zone of circle layer revealed the change of oasis-desert land. The fragmentation degree in the first gradient zone increased firstly and then decreased during the study period, and the Zhangye City expanded rapidly from 2006 to 2016, while the fragmentation degree in the rest gradient zones increased year by year. In terms of spatial evolution, the change of residential area on the circle layer is “L” shape, and the unused land is “N” shape. From the central area to the periphery area, Zhangye City was divided into oasis urban area, oasis agricultural area and natural landscape area successively. (3) The horizontal transect revealed the land use change of mountain, oasis and desert, and Zhangye City was divided into four regions: oasis urban area, oasis agricultural area, desert area and mountain area. The annual change of landscape fragmentation degree in northwest – southeast transect is irregular, and fluctuated through residential area in space. The landscape level index from the northeast to southwest transect fluctuated through residential areas during the study period, and the annual change was relatively stable in the remaining areas. The landscape heterogeneity of the central urban area was strong. (4) The river transect was divided into upper, middle and lower sections by human activities. The landscape index of the transect and the lower section remained stable, and the unused land was the main part, while the upper section had some woodland and grassland. The landscape index in the middle section fluctuated in space, and the landscape types were mainly unused land and cultivated land.

Key Words: landscape pattern; spatio-temporal evolution; transect analysis; circle layer gradient zone; Zhangye City

景观格局是指由一系列大小、形状各不相同的景观要素以不同的方式在空间上排列而成的空间格局,包括景观组成单元的数目、类型及空间分布与配置,对区域生态系统的功能有着重要的影响^[1-2],可以直观反映土地利用结构变化^[3],可通过景观格局指数定量化表示^[4]。

国外有关景观格局研究始于 20 世纪 50 年代,以欧美国家为代表,重点关注景观格局时空演变特征与动力机制、景观多样性与景观格局的关系、景观格局与城市动态的联系、景观格局的预测以及景观格局转变对生态系统建设效果等方面^[5-10],主要方法包括 logistic 回归模型、土地变化模型等^[5,11]。自 1989 年在沈阳召开第一次景观生态学会议以来,国内关于景观格局的研究开始步入正轨,相关研究集中在以下几点:一是景观格局演变及模拟研究,采用土地利用状态转移模拟、元胞自动机-马尔科夫模型(CA-Markov 模型)等对内蒙古大兴安岭林草交错带、深圳等区域进行研究,探讨景观动态变化及模拟预测^[12-13];二是景观格局的尺度效应,采用层次分析法、建立缓冲区等对武汉、洪湖等区域的景观格局空间尺度效应及其响应特征进行研究^[14-15];三是景观格局的驱动因素,构建驱动因子库,利用地理探测器等对新安江流域、新疆塔里木河干流区等区域景观格局演化特征及驱动因素进行研究^[16-17];四是景观格局的优化研究,借助最小累积阻力模型,构建多层次生态网络,对新疆南部、宁江流域等区域进行研究^[18-19];五是景观格局与生态风险相结合,采用景观生态风险指数模型等对海口市海岸带、武汉等区域景观生态风险进行评价^[20,21]。样带梯度分析能够更好表达景观格局空间上的分布规律,国内诸多学者利用梯度圈、样带^[22-25]对景观格局进行分析,探讨景观格局梯度分异。目前干旱区相关研究也取得了一定的研究成果,宋奇等^[26]、王敏等^[27]分别通过累积距平法和构建景观生态风险模型对干旱区的景观格局时空变化和生态风险进行分析。综上,国内外学者虽然取得了丰硕的研究成果,但当前研究主要集中在流域^[17]、城市^[23]、森林^[28]、湿地^[29]、农牧交错区^[30]等区域单元,对干旱区的景观格局演变及特征揭示较少,选取样带较为单一,本文选取多条样带,以张掖市为案例,揭示其景观格局特征,对于干旱区景观生态保护、景观格局优化具有重要意义,也为类似区域国土空间格局优化提供理论依据。

近年来,人类活动对环境的扰动程度和对土地的开发利用强度迅速增强,改变了区域景观格局,影响到生态系统的组分和结构^[22,31],进而影响其功能完整性,同时在一定程度上影响了城市的可持续发展。绿洲城市

地处干旱区,生态环境较为脆弱,研究绿洲城市的景观格局时空演变特征对指导城市的规划建设、实现绿洲城市与自然景观的和谐发展有重要意义。张掖市作为干旱区典型的绿洲城市,受地形地貌、自然气候和人为活动等方面的影响,景观格局的空间差异化配置特征明显,研究其景观格局的整体特征和分异规律,有利于认清生态景观演替和机制,进而预测其未来变化趋势,对绿洲城市的景观生态规划有重要的指导意义。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

张掖市位于甘肃省西部,河西走廊中段,东屏焉支山,与金昌市、武威市为邻,西沿走廊地带与酒泉市、嘉峪关市相望,南依祁连山,北靠合黎山、龙首山(图1)。地形开阔平坦,黑河自祁连山发源,贯穿全境,形成了特有的山地-绿洲-荒漠景观。属温带大陆性气候,昼夜温差大,干旱少雨且降水分布不均。国土总面积 3.86 万 km²,占甘肃省总面积的 9.06%,下辖 6 个县区。2020 年全国第七次人口普查数据显示,全市常住人口 113.10 万人,其中城镇人口 58.01 万人,城镇化率达到 51.29%^[32]。

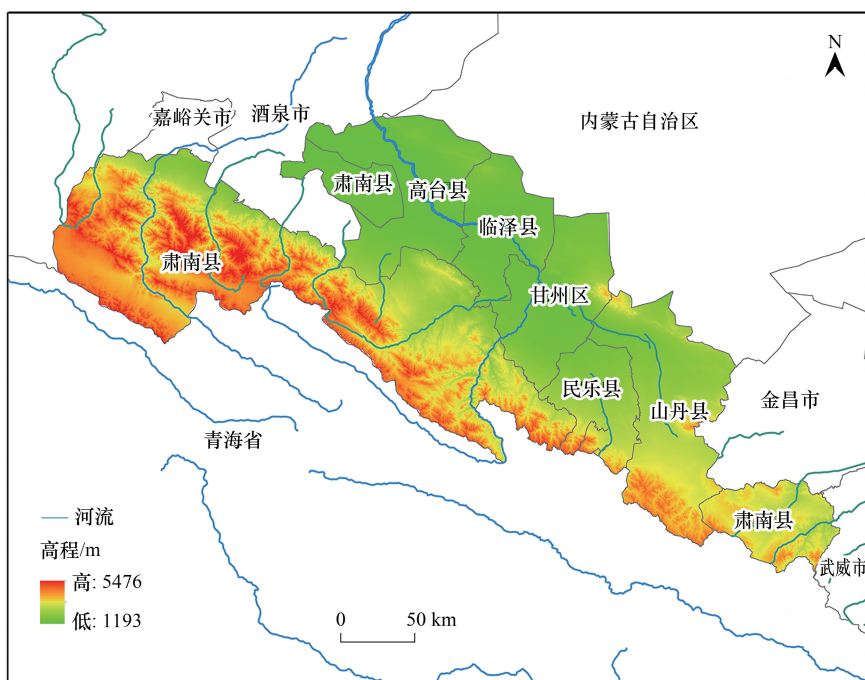


图1 研究区概况

Fig.1 Overview of the study area

1.2 数据来源与处理

张掖市 1987、1995、2000、2006、2011 和 2016 年 6 期土地利用数据来源于地理空间数据云平台 Landsat 遥感影像,分辨率 30m,数据采集于 6 月至 8 月植被覆盖较好时段,云量均小于 5%。通过 ENVI 软件对遥感影像进行几何校正、大气校正等预处理,参考环境遥感监测数据与第二次全国土地利用调查成果,进行影像监督分类,解译精度为 85.72%。土地利用类型的划分主要参照 2017 年全国《土地利用现状分类》(GB/T21010—2017)和全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系的分类方法,结合研究区实际情况,将张掖市景观类型划分为林地、湿地、草地、耕地、居住地、工业用地、未利用地和其它建设用地八类。统计数据来源于《张掖市第七次全国人口普查公报》和《2006 年张掖市统计年鉴》《2016 年张掖市统计年鉴》。

2 研究方法

2.1 梯度带和样带的生成

综合考虑研究区内的地形地貌、城市和经济对景观格局的影响,将此作为样带划分依据。设置圈层梯度带可以有效分析绿洲城市景观格局的圈层梯度变化规律,以张掖中心城区为中心,以 3km 为间隔向外依次建立圈层梯度带,共生成 20 个环状梯度圈。根据区域不同地形地貌特征,结合河西走廊设置平行于走廊的西北-东南样带;在充分顾及地形地貌的基础上,结合张掖市山地-绿洲-荒漠景观特征,经过城市中心设置垂直于走廊的东北-西南样带,并将样带延伸至研究区完整区界,最大程度地涵盖所划分的土地利用类型。为反映内陆河流域的景观分异特征及其对于干旱区的影响,研究河流对人类活动的影响,沿黑河干流设置一条不规则样带(河流样带)(图 2)。其中西北-东南样带的长度为 215km,东北-西南样带的长度为 120km,河流样带的长度为 215km,宽度均为 5km。建立 5km×5km 的正方形窗口,并将其土地利用数据转化为 30m×30m 的栅格数据^[22,24],使用 Fragstats 4.2 软件,计算各个窗口的景观格局指数,从起始点进行距离标注(西北-东南样带起始点为西北方向,东北-西南样带起始点为西南方向,河流样带起始点为祁连山脉,三条样带均经过中心城区),更好地量化分析不同样带的景观格局指数的变化。

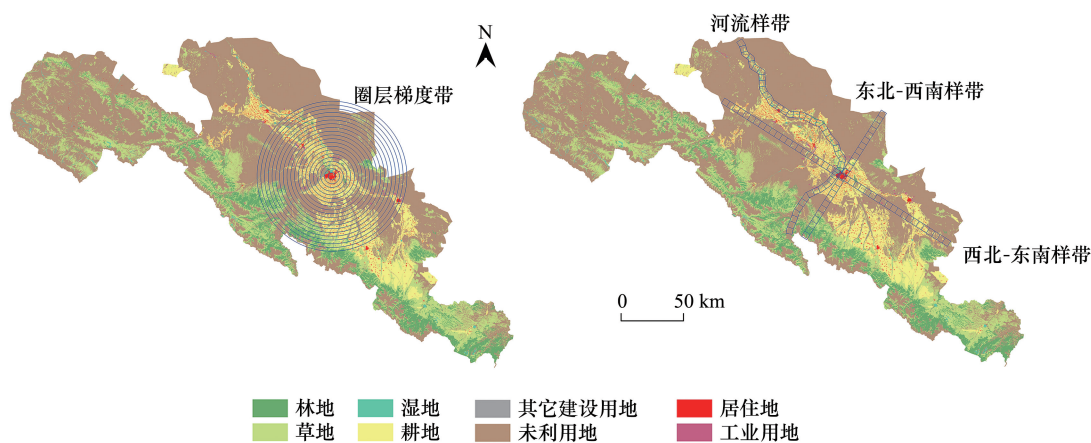


图 2 研究区圈层梯度带和样带设置

Fig.2 Setting of gradient zone and transect in the study area

2.2 景观格局指数的选取

斑块边缘地带结构复杂,往往拥有较高的物种丰富度,种群密度变化较大,为避免在梯度圈设置过程中因面积不同对边缘效应的影响,全面反映景观格局特征,结合边缘效应理论和张掖市用地情况,参考相关研究^[12,16,33,34],从斑块面积指标、密度大小及差异指标、边缘指标和多样性指标四个维度选取如下指标:类型水平上选取斑块面积百分比(PLAND)、斑块密度(PD)、斑块个数(NP)、聚集度指数(AI),景观水平上选取最大斑块指数(LPI)、边缘密度(ED)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)(表 1)。

3 结果分析

3.1 区域类型水平景观格局特征

2011—2016 年土地利用变化最为剧烈,更具代表性,本文选取 2016 年的土地利用进行分析。张掖市景观类型中,未利用地占比最大,接近 60%,为优势景观类型;草地次之,其次为耕地,均超过 10%;湿地、居住地、工业用地和其它建设用地的面积占比均较小,总和占比小于 3%。草地的斑块个数最多,未利用地次之,两者斑块数量均超过了 10000 个;工业用地和其它建设用地最少,均不足 1000 个。斑块密度最大的是草地,为 0.41 个/100hm²,说明其破碎度较高;工业用地的斑块密度最小,不足 0.01 个/100hm²。未利用地的最大斑

块指数达到了 35.43%,其斑块优势度较高;草地次之,湿地、工业用地和其它建设用地最小,均不足 0.1%。未利用地的聚集度指数最大,达到了 97.73%;其次是耕地,其它建设用地最小。总体而言,未利用地为研究区的优势景观类型,最大斑块指数和斑块聚集度最高,导致景观类型单一,生态系统不稳定;草地的斑块个数和密度最大,说明其平均斑块面积很小,破碎化程度大,生物多样性功能弱,对生态系统功能影响较大(表 2)。

表 1 景观格局指数生态学意义
Table 1 Ecological significance of landscape pattern index

景观格局指数 Landscape pattern index		生态学意义 Ecological significance
类型水平 Class metrics	斑块面积百分比 (PLAND)	反映各种斑块类型占景观总面积的百分比,比例大则表明该类型为优势景观类型 ^[33] 。
	斑块密度 (PD)	每平方千米的斑块数,反映了景观总体斑块的破碎程度以及在空间上的异质性,值越大破碎度越大 ^[35] 。
	斑块个数 (NP)	景观中斑块的总数,对景观异质性和破碎度的简单描述,值越大破碎度越大 ^[36] 。
	聚集度指数 (AI)	表示景观的聚集程度,值越大斑块聚集越紧密 ^[25] 。
景观水平 Landscape metrics	最大斑块指数 (LPI)	景观中最大斑块的面积除以总面积(转化成百分比形式),对斑块优势度的测量,其值的变化可以反映人类活动的方向和强弱 ^[37] 。
	边缘密度 (ED)	所有斑块所有边缘的长度之和除以总景观面积,反映景观的破碎化程度,值越大表明被分割的程度越高,反之被分割的程度越低 ^[33] 。
	香农多样性指数 (SHDI)	反映景观的多样性和异质性,该数值越高,说明景观多样性越丰富 ^[35] 。
	香农均匀度指数 (SHEI)	表征不同景观类型分布的均匀程度,SHEI=1 表明有最大多样性 ^[35] 。

表 2 2016 年区域类型水平景观格局特征
Table 2 Characteristics of regional type horizontal landscape pattern in 2016

景观类型 Types	斑块面积百分比 PLAND/%	斑块个数 NP/个	斑块密度 PD/(个/100hm ²)	最大斑块指数 LPI/%	聚集度指数 AI/%
耕地 Arable land	12.0957	2122	0.055	2.2374	96.6059
林地 Woodland	9.3457	8829	0.2288	1.1017	92.7234
草地 The grass	17.2863	15849	0.4108	2.8424	91.7151
湿地 Wetland	0.7005	1532	0.0397	0.0238	84.9339
其它建设用地 Other construction land	0.1827	596	0.0154	0.0337	68.938
居住地 To live	1.0314	5713	0.1481	0.1165	84.4554
工业用地 Industrial land	0.1761	332	0.0086	0.0084	91.6113
未利用地 Unused	59.1816	11472	0.2973	35.4291	97.7298

3.2 景观水平的梯度分异特征

3.2.1 圈层梯度带分异特征

研究期内,从景观水平上各指数变化可看出,LPI 指数在第 1 梯度带内先下降后上升,2006 年达到最低,在第 2—20 梯度内稳定下降,而 ED、SHDI 和 SHEI 指数基本与 LPI 指数变化相反。究其原因,第 1 梯度带居住地持续扩张,但在前期扩张不规则,内部结构复杂,导致斑块优势度下降,破碎度上升,后期人为扰动频繁且扰动区域不断扩大,土地利用不断受到影响,引起斑块优势度上升;其余梯度绿洲区域,居民点和耕地在绿洲边缘扩张,导致破碎度增加。

从空间上看,LPI 总体呈“L”型变化,说明景观内优势景观类型的主导性逐步降低,原有优势景观组分转移为另一种景观,第 1—3 梯度带内相对较高,且第 1 梯度带内出现峰值;第 4—20 梯度带内,变化趋于平缓,在第 4—7 梯度带内,主要景观类型为耕地,第 7—20 梯度带内,主要景观类型转变为未利用地。ED、SHDI 和 SHEI 均呈“M”型变化,第 1 梯度带内景观破碎度较低,优势度较高,主要是因为最大斑块为居住地且集中连

片分布;在第 2—11 梯度带内逐步减小,景观优势度减小,且在第 2 梯度带内,ED 达到峰值,说明所有斑块边缘长度之和最长,景观被分割的程度最高;在第 12—17 梯度带内逐渐增高,表明景观异质性逐渐增强,破碎化程度高;第 17 梯度带后 SHDI 和 SHEI 指数逐步减小,景观破碎度减小,且在第 17 梯度带内两个指数出现峰值,说明其景观多样性最为丰富,景观优势度最小(图 3)。

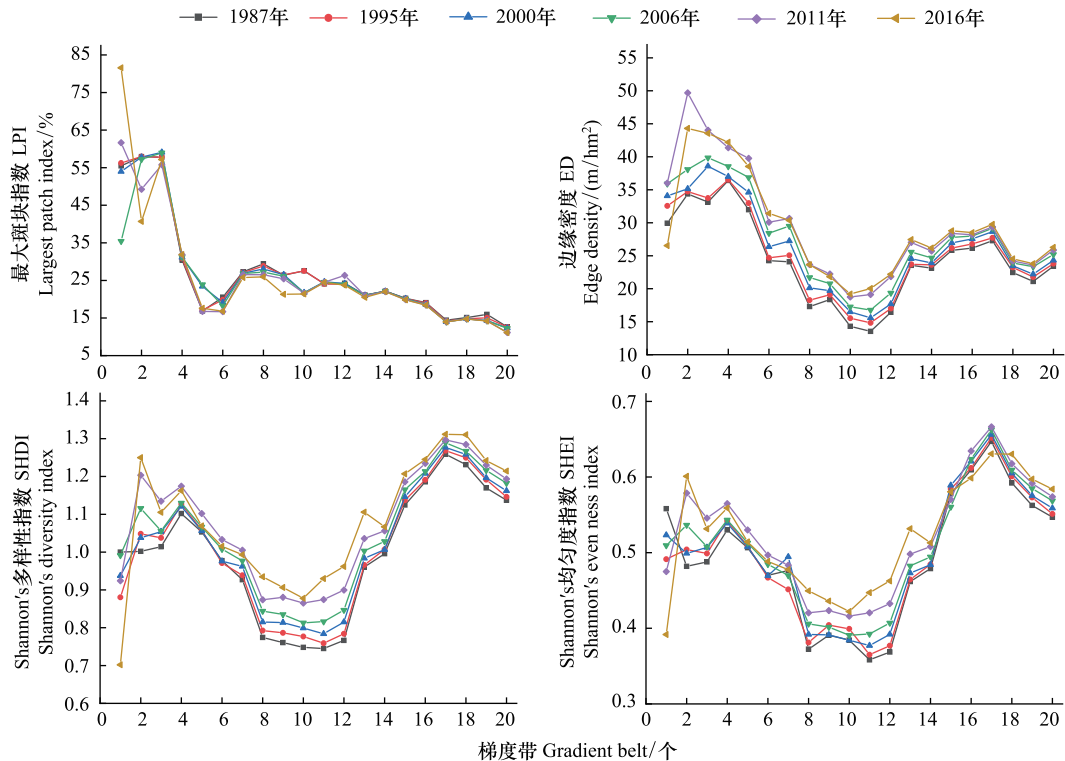


图 3 1987—2016 年圈层梯度带上景观水平景观格局指数变化图

Fig.3 Index changes of landscape horizontal landscape pattern along the circle layer gradient zone from 1987 to 2016

3.2.2 水平样带分异特征

研究期内,西北-东南样带在第 25—75km 和第 145—175km 年变化较稳定,其余范围内波动变化,说明此样带上景观破碎度变化不规律。空间上,景观格局指数的波峰和波谷交替出现。30—75km 和 145—175km 内各个指数变化较稳定,且 LPI 为峰值,ED、SHDI 和 SHEI 为谷值,说明此范围内景观破碎度最小,优势景观突出,存在大面积连片的未利用地,主要原因是荒漠和山地区域人为活动干扰较少,使该区域在研究期内景观生态基质变化相对较小;其余范围内景观指数波动较大,肃南县和高台县交界处用地、中心城区及山丹县北部区域用地 LPI 峰值谷值交替出现,人为活动复杂,居住地和耕地等景观迅速扩张,挤占了未利用地、草地和林地等生态空间,其景观破碎化程度也在交替变化。

研究期内,东北-西南样带景观水平指数在 45—80km 内波动变化,2011—2016 年 60—65km 区域内 LPI 上升较快,其余范围内变化较小。空间上各指数在样带上波动较大,25—35km,40—55km 和 75—120km 内 LPI 值较为稳定且较高,用地类型皆为未利用地,用地斑块集中连片存在;10—25km 内 ED 值最高,所有斑块边缘长度之和最大,景观破碎度最大,此范围内以草地和未利用地为主;在 60—75km 范围内为中心城区,城市扩张导致居住地及耕地占比增加,SHDI 值较高,此范围内斑块数目多,景观异质性较强且类型丰富;从 SHEI 的波动变化图可以看出在山地区域内 SHEI 值最高且逐渐接近 1,可见此阶段的景观呈逐渐均匀分布的状态,有最大多样性(图 4)。

3.2.3 河流样带分异特征

黑河作为全国第二大内陆河,可以提供大量水资源,影响流域的生态环境。研究期内景观水平指数在河

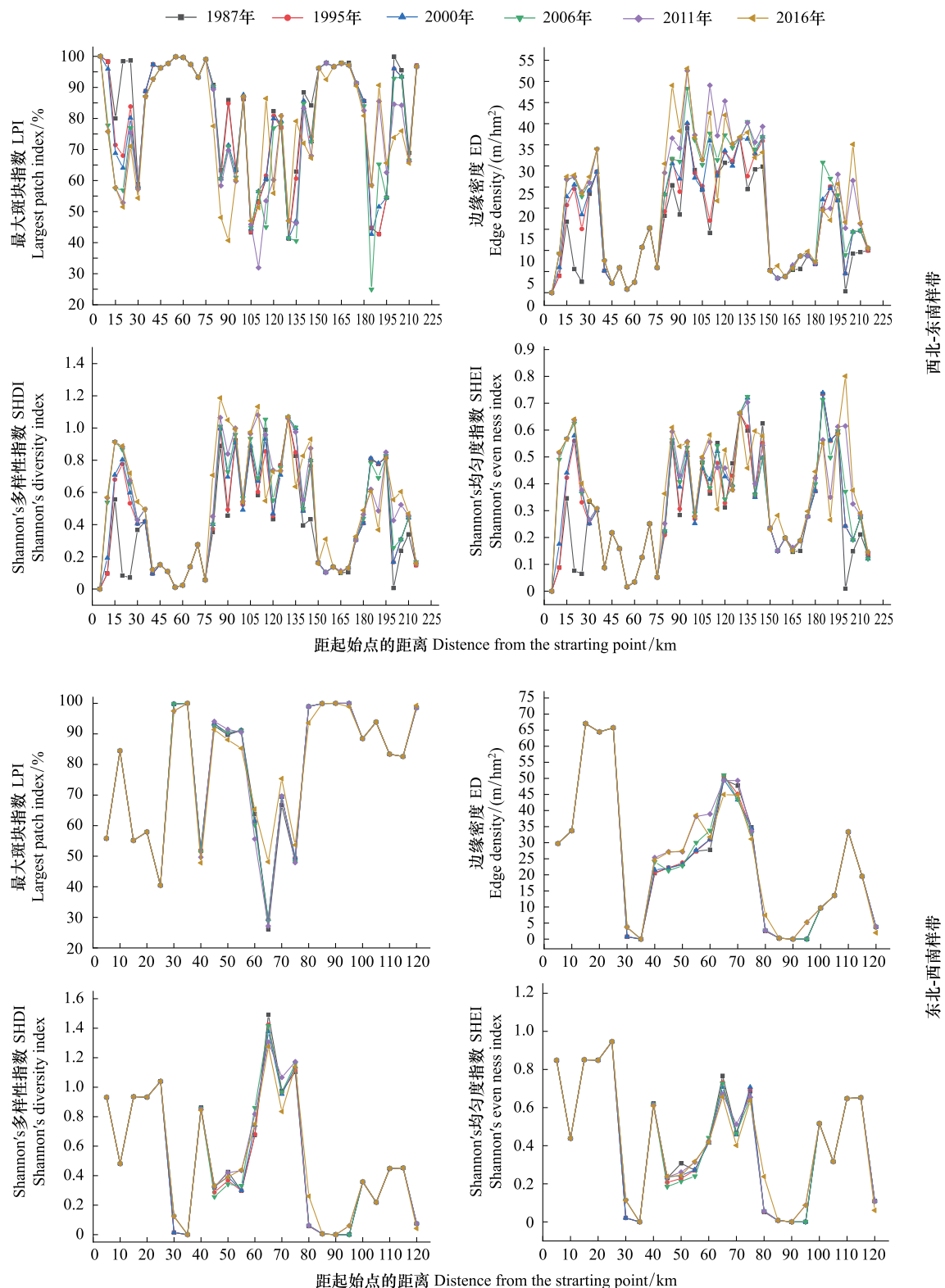


图4 1987—2016年西北-东南/东北-西南样带上景观水平景观格局指数变化图

Fig.4 Index changes of landscape horizontal landscape pattern along the northwest-southeast/Northeast-southwest transect from 1987 to 2016

流样带的0—40km和195—215km区域内年变化基本保持稳定,其余范围内LPI下降,ED、SHDI和SHEI上升,说明样带中部斑块优势度下降,斑块被分割的程度和破碎度逐年增高,景观多样性上升,人类活动对其影

响较大。空间上,景观水平上指数波动变化,0—25km 和 30—40km 区域内 LPI 值较高,以未利用地为主,景观均质性较高;40—210km 区域内 ED、SHDI 和 SHEI 较高,其景观类型以未利用地和耕地为主,景观破碎度较大,可见此阶段的景观类型分布较均匀,景观优势度较低(图 5)。

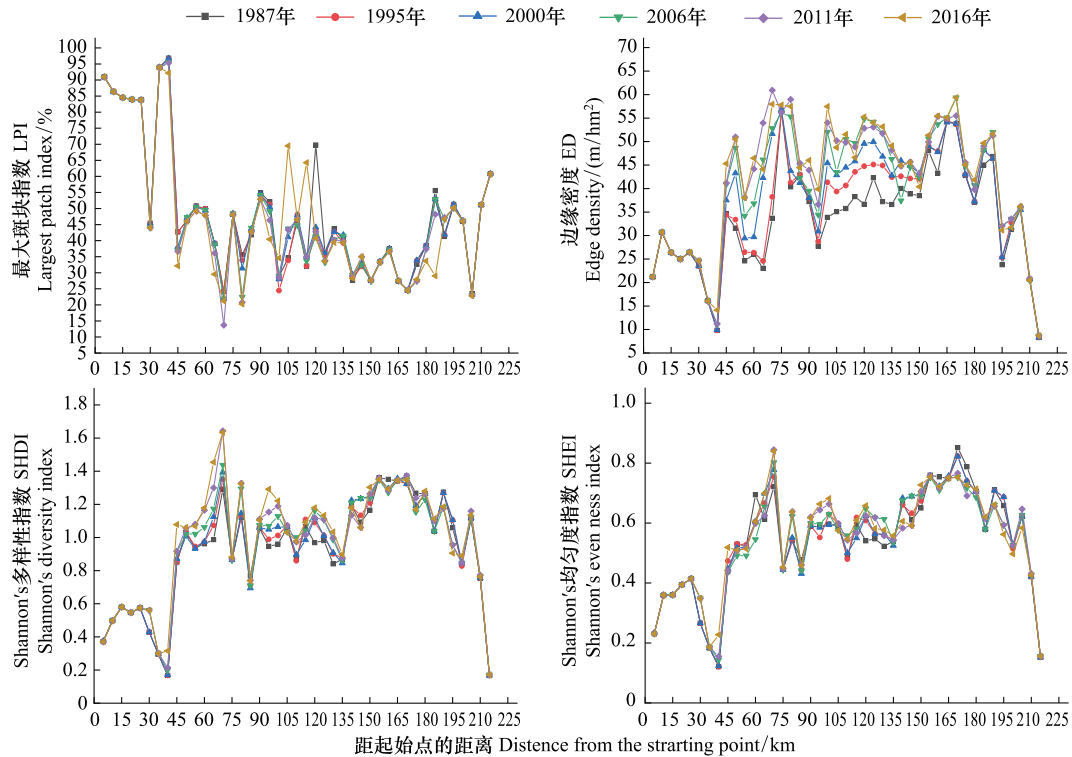


图 5 1987—2016 年河流样带景观水平景观格局指数变化图

Fig.5 Index changes of horizontal landscape pattern in river transect from 1987 to 2016

3.3 类型水平的梯度分异特征

3.3.1 圈层梯度带分异特征

各圈层梯度带中,类型水平上指数呈现不同的变化特征。研究期内从 PLAND 来看,1—3 梯度带耕地的 PLAND 逐年减小,且在 2006—2016 年下降较快,4—20 梯度带耕地 PLAND 逐年增大。究其原因,上世纪 90 年代在以农业为主导地位的发展模式下,张掖市城镇化进程较为缓慢,城镇扩张占用耕地面积较少;21 世纪初随着西北大开发战略实施,张掖市的城镇化进程加快;2013 年“一带一路”的提出,加速了张掖市经济和城镇发展,因此中心城区扩张导致周边耕地面积减少。湿地和居住地 PLAND 在第 1—3 梯度带增大后保持稳定,居住地 PLAND 在 2006—2016 年上升较快,主要是因为张掖滨河新区的建设,使耕地和未利用地等用地转换为居住地,期间张掖国家湿地公园的建设导致湿地面积占比提高。未利用地的 PLAND 则逐年减小,说明生态修复初见成效,生态环境得到改善,人类生存环境得到优化。2011—2016 年,工业用地 PLAND 在第 4—20 梯度带增长较快,说明张掖市工业化程度在增强,部分耕地、未利用地等用地转变为工业用地。从 NP 指数可以看出,研究期内草地和林地的 NP 值基本保持稳定,未利用地的 NP 值从第 5—20 梯度带逐年上升,其余五类用地的 NP 值逐年增多,说明其用地破碎度逐年上升。耕地的 PD 值逐年增加,且在 2000—2016 年增长较快,草地的 PD 在第 1—3 梯度带上升后保持稳定。其主要原因是城市从 2006 年开始大面积扩张,城镇化率从 2006 年的 31.09% 上升到 2016 年的 44.67%,而城镇人口的增加需要建设用地的扩张来满足,因此侵占了耕地、草地等用地,使得其破碎度增大。从 AI 指数可以看出,湿地和居住地的 AI 指数逐年升高,说明其聚集度逐年升高;耕地的 AI 指数逐年下降,其中第 1—3 梯度带变化幅度较大,耕地在此区域内没有集中连片存

在;草地、未利用地和林地的 AI 指数均在一定圈层内变化后保持稳定;其它建设用地和工业用地的 AI 指数在研究期内变化较为复杂。

从各景观组分的 PLAND 可以看出,居住地在圈层上的空间变化呈“L”型,耕地先增加后减少在第 9 梯度带后基本保持稳定,经过一些居民点时,出现波动,未利用地在空间上呈“N”型变化。第 1—3 梯度带随着到张掖市中心城区距离的增加,居住地的 PLAND 迅速下降;第 2—7 梯度带,耕地成为各个梯度带的优势景观组分,国家湿地公园使得湿地在第 2 梯度带内面积占比最大;第 8 梯度带之后,未利用地成为各个梯度带的优势景观组分,在第 12 梯度带后未利用地 PLAND 减小后增多,此阶段耕地增加后减少,说明此区域内有较大居民点的存在。可明显看出从绿洲城市中心向外,主要景观组分依次是居住地、耕地和未利用地。从 NP 变化可以看出,第 1 梯度带,耕地的 NP 较多,第 2—11 梯度带,居住地的 NP 较多,说明居住地破碎度较高且零散分布;从第 12—20 梯度带,草地的 NP 占主导地位。从 PD 变化可以看出,从张掖市中心城区向外延伸,居住地和湿地 PD 值先上升后下降,耕地逐渐下降,未利用地呈“M”型变化;张掖市中心城区耕地和居住地的 PD 值较大,主要原因是复杂多样的土地开发活动导致这一区域破碎化程度严重。从 AI 指数可看出,第 1—2 梯度带居住地和湿地 AI 值最高,3—6 梯度带耕地最高,第 15 梯度带工业用地 AI 值最高,其余梯度带未利用地最高,说明未利用地聚集度相对较高(图 6)。

根据景观格局指数圈层梯度带的分析,可以将张掖市分为 3 类区域:(1)绿洲城市区:包括 1—3 梯度带,是人为活动影响最为强烈的区域;第 1 梯度带居住地和耕地为优势景观,第 2—3 梯度带,居住地 PD 增大,但 PLAND 减小,说明到城市边缘区,居住地零散分布,单个斑块面积较小但数量较多,可见景观异质性和破碎化程度在增大。(2)绿洲农业区:包括 4—7 梯度带,耕地成为主要的人工景观,AI 值均在 95%以上,说明耕地斑块连接最紧密且集中连片存在。(3)自然景观区:包括 8—20 梯度带,未利用地成为优势景观,在此阶段人为活动的影响较小,用地变化较为稳定。

3.3.2 水平样带分异特征

研究期内,西北-东南样带和东北-西南样带分别在 110—120km 和 55—65km 内居住地的 PLAND 最高且逐年上升,耕地的 PLAND 逐年下降,说明张掖市中心城区人为活动较为密集。两条样带均以 2006 年为转折点,1987—2006 年,各类型用地的变化幅度较小,2006—2016 年,中心城区附近的居住地和耕地变化幅度较大,城市发展侵占耕地。2011—2016 年,西北-东南样带上草地 PLAND 在 130—145km 区域内降低,部分草地退化为未利用地,说明生态修复过程中仍有部分地区生态环境遭到破坏,需进一步加强生态修复力度。

随着距中心城区距离的变化,各样带类型水平上景观格局指数呈现不同幅度的波动特征。从 PLAND 变化可以看出,居住地的 PLAND 迅速下降,耕地先增加后减少。西北-东南样带经过肃南县和高台县交界处、山丹县北部区域居民点,因此居住地 PLAND 在样带上表现为消失后经过一段距离再次出现,且中心城区居住地 PLAND 较大,其原因是中心城区居住人口较多且经济等各方面发展速度更快,城市占地面积较大;未利用地在耕地两侧达到峰值,人类活动对其影响较小;草地的 PLAND 在 135—145km 区域内最高。东北-西南样带中居住地和耕地皆只在样带中部出现,此区域位于张掖市中心城区。未利用地的 PLAND 在呈波动式变化,在 0—20km 和 40—75km 较低,其它区域较高,其主要原因为 0—20km 为祁连山脉,主要用地为草地和林地,40—75km 为绿洲区,居住地和耕地为主要景观类型。草地的 PLAND 呈波动式变化,局部区域草地消失(图 7)。

水平样带上优势景观面积百分比变化较为剧烈,西北-东南样带的用地类型主要呈现出未利用地和耕地交替出现,且耕地逐年增多,从 2006 年开始优势景观增加了居住地。根据优势景观面积百分比的变化可将西北-东南样带分为 3 类区域:(1)绿洲城市区:110—115km,用地以居住地为主;(2)绿洲农业区:90—110km 和 115—135km,主要用地为耕地;(3)荒漠区:0—90km 和 135—215km,主要用地为未利用地,包含少量耕地(耕地集中在居民点附近)。东北-西南样带可以明显看出从山地到绿洲再到荒漠的用地变化,用地类型主要呈现出林地-草地-未利用地-耕地-居住地-耕地-未利用地的变化,因此可将东北-西南样带分为 4 类区域:(1)山地

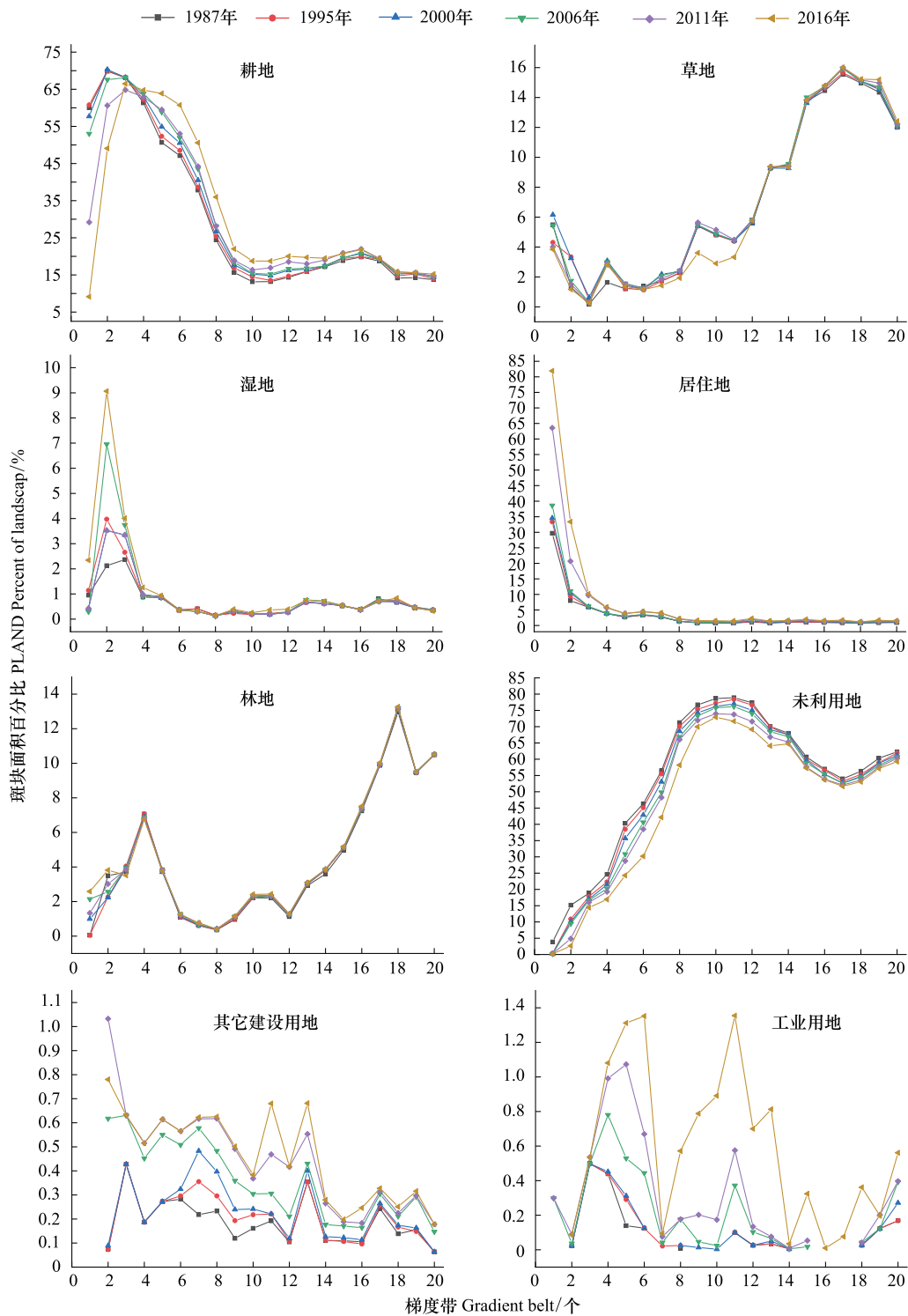


图6 1987—2016年圈层梯度带上类型水平景观格局指数变化图

Fig.6 Index changes of type horizontal landscape pattern along the circle layer gradient zone from 1987 to 2016

区:0—20km,以林地和草地为主,位于祁连山;(2)荒漠区:20—40km 和 75—120km,优势景观类型为未利用地;(3)绿洲农业区:40—55km 和 65—75km,以耕地为主;(4)绿洲城市区:55—65km,优势景观类型为居住地(图8)。

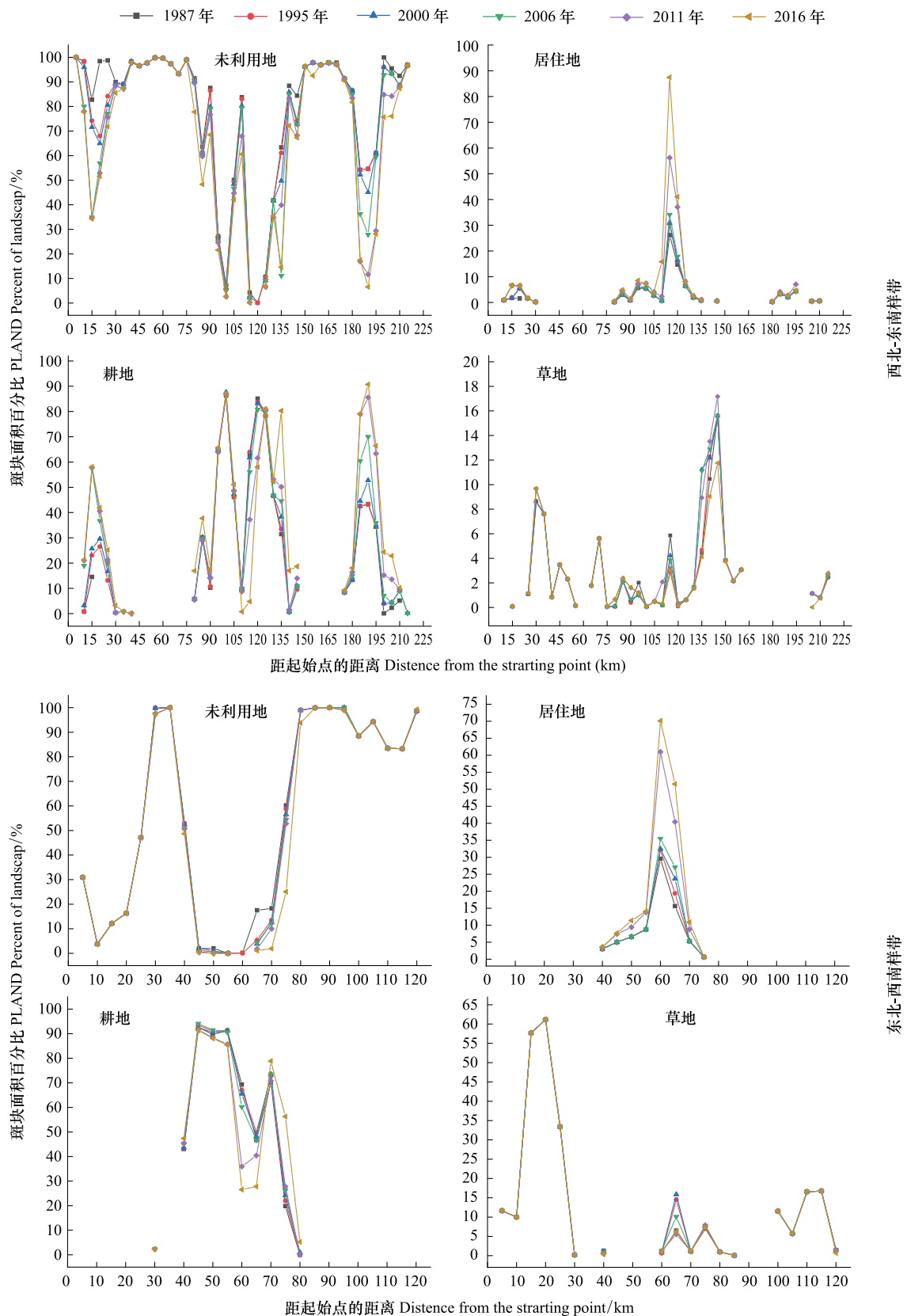


图 7 1987—2016 年西北-东南/东北-西南样带上类型水平景观格局指数变化图

Fig.7 Index changes of horizontal landscape pattern along the northwest-southeast/Northeast-southwest transect from 1987 to 2016



图 8 1987—2016 年西北-东南/东北-西南样带上优势景观分布图

Fig.8 Distribution map of dominant landscapes along the northwest-southeast/Northeast-southwest transect from 1987 to 2016

3.3.3 河流样带分异特征

研究期内居住地逐年增多,且从 2011—2016 年在 60—70km 内居住地 PLAND 增长幅度较大,说明中心城区城市扩张速度较快;耕地的 PLAND 年变化幅度较小;未利用地在靠近样带上段和下段保持稳定,其余范围内逐年下降,主要是因为居住地和耕地的扩张侵占了未利用地;湿地基本保持稳定,但在 65—70km 内增加较快并在 2016 年达到峰值,主要原因是张掖国家湿地公园的建设所致;其他用地类型基本保持稳定。

在空间上,将样带分为上中下三段,0—40km 为上段,40—210km 为中段,210—215km 为下段。居住地和耕地主要集中在样带中段,该区域地势平坦、水资源丰富,为绿洲核心区;耕地 PLAND 在 65—70km 骤减,此区域位于中心城区,居住地和湿地的面积占比增加;175—180km 湿地 PLAND 较高,主要是因为此区域位于高台国家城市湿地公园。样带上段接近祁连山区域,草地、林地和未利用地增多,在此区域可进行分区治理,以涵养水源和保护生物多样性。样带下段以未利用地为主,可作为防沙治沙重点区域(图 9)。

4 讨论

张掖市属干旱区典型的绿洲城市,景观格局特征突出,景观格局演变规律明显。因此本文利用类型水平和景观水平的景观格局指数进行定量评价,通过建立辐射梯度圈、水平样带、河流样带,较为全面的研究其景观格局梯度分异特征及其演变规律,以期为类似区域相关研究提供经验。

与相关研究不同的是,本文选取了 1 个梯度圈、3 条样带,全面分析了近 30 年来的景观梯度变化。同时

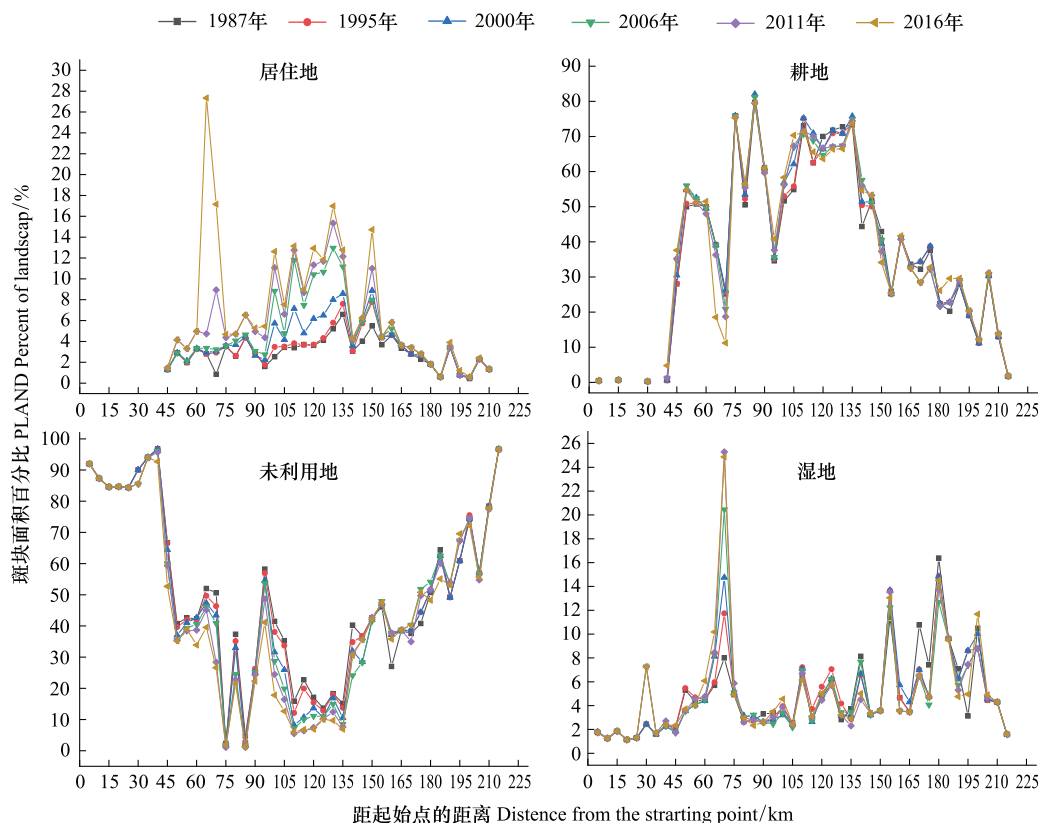


图9 1987—2016年河流样带上类型水平景观格局指数变化图

Fig.9 Index changes of horizontal landscape pattern of river transect from 1987 to 2016

本研究将用地类型分为8大类,单独将居住地和工业用地提取出来,能够更好地体现城市扩张及其它用地变化。通过研究结果发现,张掖市近年来城市不断扩张使耕地等景观类型转为居住地,景观破碎度逐年升高,未利用地面积占比逐年减少,在人为因素和自然因素双重干扰下,未利用地转换为人类可利用土地或林地、草地等生态用地,说明人类对土地的利用程度在加深或生态修复有了一定成效,但仍有部分草地等用地退化为未利用地,说明生态环境在部分区域有所退化。水资源是农作物生长和人类活动的基础条件,因此生态修复和环境保护仍然是地处干旱区的张掖市未来发展的挑战。政策制定者需要结合当前的国土开发与保护相关要求,以耕地保护和生态保护为基本底线,制定相应的发展政策。

本文仅分析了张掖市景观格局时空演变特征,下一步的研究重点应加强驱动因素的探究,并评估生态风险,优化景观格局,有针对性的提出绿洲城市可持续发展的对策建议。

5 结论

本文通过建立圈层梯度带和3条样带,研究1987—2016年张掖市景观格局时空演变和梯度分异特征。主要研究结论如下:

(1) 2016年张掖市景观格局以未利用地为主,面积占比接近60%,草地和耕地次之;未利用地最大斑块指数和斑块聚集度最高,草地的斑块个数和密度最大,草地和林地主要分布在祁连山。

(2) 张掖市景观格局呈现明显的地域分异特征,圈层梯度带上,研究期内第1梯度带内破碎度先上升后下降,城市由于持续的人口增长和政策变化在2006—2016年扩张较快,其余梯度带破碎度逐年升高;空间演变上,居住地在圈层上的变化呈“L”型,未利用地呈“N”型,揭示了绿洲-荒漠用地变化,张掖市从中心城区到外围区域依次为绿洲城市区、绿洲农业区和自然景观区,绿洲城市区和绿洲农业区人类活动影响较大,破碎度

高,自然景观区人为干扰少,用地变化较为稳定。

(3)西北-东南样带上将张掖市分为3类区域,分别为绿洲城市区、绿洲农业区、荒漠区,样带上景观破碎度年变化不规律,在空间上经过居民点波动变化;东北-西南样带揭示了山地-绿洲-荒漠的用地变化,将张掖市分为4类区域,分别为绿洲城市区、绿洲农业区、荒漠区和山地区,研究期内样带景观水平指数经过居民点波动变化,其余范围内年变化较稳定,中心城区景观异质性较强,景观类型较为丰富。

(4)河流样带反映河流对人类活动的影响,将河流样带分为上中下三段,样带上段和下段景观指数年变化基本保持稳定,景观类型较单一,以未利用地为主,且上段靠近山地,有林地、草地分布;中段景观/类型水平指数在空间上波动变化,景观类型以未利用地和耕地为主,居住地占比逐年增大,且在2016年达到峰值。

参考文献(References):

- [1] 宁启蒙, 欧阳海燕, 汤放华, 曾志伟. 土地利用变化影响下洞庭湖地区景观格局的时空演变. 经济地理, 2020, 40(9): 196-203.
- [2] 王计平, 陈利顶, 汪亚峰. 黄土高原地区景观格局演变研究综述. 地理科学进展, 2010, 29(5): 535-542.
- [3] 刘世梁, 安南南, 尹艺洁, 成方妍, 董世魁. 广西滨海区域景观格局分析及土地利用变化预测. 生态学报, 2017, 37(18): 5915-5923.
- [4] 朱珍香, 高肖飞, 彭凤, 陈辉煌, 唐立娜, 杨军. 厦门后溪水质与流域景观特征沿城乡梯度的变化分析. 生态学报, 2019, 39(6): 2021-2033.
- [5] Japelaghi M, Gholamalifard M, Shayesteh K. Spatio-temporal analysis and prediction of landscape patterns and change processes in the Central Zagros region, Iran. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2019, 15: 100244.
- [6] Shehab Z N, Jamil N R, Aris A Z, Shafie N S. Spatial variation impact of landscape patterns and land use on water quality across an urbanized watershed in Bentong, Malaysia. Ecological Indicators, 2021, 122: 107254.
- [7] Rafaai N H, Abdullah S A, Reza M I H. Identifying factors and predicting the future land-use change of protected area in the agricultural landscape of Malaysian peninsula for conservation planning. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2020, 18: 100298.
- [8] Remm K. Correlations between forest stand diversity and landscape pattern in Otepää Nature Park, Estonia. Journal for Nature Conservation, 2005, 13(2/3): 137-145.
- [9] Getu K, Bhat H G. Analysis of spatio-temporal dynamics of urban sprawl and growth pattern using geospatial technologies and landscape metrics in Bahir Dar, Northwest Ethiopia. Land Use Policy, 2021, 109: 105676.
- [10] Yohannes H, Soromessa T, Argaw M, Dewan A. Impact of landscape pattern changes on hydrological ecosystem services in the Beressa watershed of the Blue Nile Basin in Ethiopia. Science of the Total Environment, 2021, 793: 148559.
- [11] Baus P, Kováč U, Paudišová E, Kohutková I, Komorník J. Identification of interconnections between landscape pattern and urban dynamics—Case study Bratislava, Slovakia. Ecological Indicators, 2014, 42: 104-111.
- [12] 冒许鹏, 刁娇娇, 范佳辉, 吕莹莹, 徐网谷, 王智, 李明诗. 内蒙古大兴安岭林草交错带景观动态分析. 生态学报, 2021, 41(21): 8623-8634.
- [13] 齐笑, 陈诚, 何梦男, 张劲. 深圳市土地利用景观格局演变分析与情景模拟. 地理空间信息, 2018, 16(12): 88-91.
- [14] 王璐, 袁艳斌, 董恒, 黄解军, 黄鹏, 张城芳. 土地利用景观格局空间尺度效应研究——以武汉市为例. 世界地理研究, 2020, 29(1): 96-103.
- [15] 李昆, 谢玉静, 孙伟, 王祥荣, 李兆华, 王玲. 农业主产区湖泊水质对湖滨带多尺度景观格局的空间响应. 应用生态学报, 2020, 31(6): 2057-2066.
- [16] 张潇, 张晓瑶, 陆林, 李冬花. 旅游干扰下流域多尺度景观格局演化特征及驱动因素——以新安江流域为例. 生态学报, 2021, 41(9): 3415-3428.
- [17] 赵锐锋, 陈亚宁, 李卫红, 张丽华, 吴世新, 黄青. 塔里木河干流区土地覆被变化与景观格局分析. 地理学报, 2009, 64(1): 95-106.
- [18] 史娜娜, 韩煜, 王琦, 汉瑞英, 高晓奇, 赵志平, 刘高慧, 肖能文. 新疆南部地区风沙扩散风险评价及景观格局优化. 地理学报, 2021, 76(1): 73-86.
- [19] 李青圃, 张正栋, 万露文, 杨传训, 张杰, 叶晨, 陈裕婵. 基于景观生态风险评价的宁江流域景观格局优化. 地理学报, 2019, 74(7): 1420-1437.
- [20] 陈心怡, 谢跟踪, 张金萍. 海口市海岸带近30年土地利用变化的景观生态风险评价. 生态学报, 2021, 41(3): 975-986.
- [21] 侯蕊, 李红波, 高艳丽. 基于景观格局的武汉市江夏区土地利用生态风险评价. 水土保持研究, 2021, 28(1): 323-330.
- [22] 李明珍, 李阳兵, 冉彩虹. 土地利用转型背景下的乡村景观格局演变响应——基于草堂流域的样带分析. 自然资源学报, 2020, 35(9): 2283-2298.

- [23] 崔王平, 李阳兵, 李潇然. 重庆市主城区景观格局演变的样带响应与驱动机制差异. 自然资源学报, 2017, 32(4): 553-567.
- [24] 邬紫荆, 李枝坚, 曾辉. 惠州市景观格局空间分异特征的梯度分析. 生态学杂志, 2021, 40(2): 490-500.
- [25] 秦艳丽, 时鹏, 何文虹, 霍春平, 李鹏, 李占斌, 杨殊桐, 冯朝红. 西安市城市化对景观格局及生态系统服务价值的影响. 生态学报, 2020, 40(22): 8239-8250.
- [26] 宋奇, 史舟, 冯春晖, 马自强, 纪文君, 彭杰, 高琪, 蒋学玮. 基于 1990—2019 年多时相影像的干旱区绿洲景观格局分析. 干旱区研究, 2022, 39(2): 594-604.
- [27] 王敏, 胡守庚, 张绪冰, 张学斌, 吴思. 干旱区绿洲城镇景观生态风险时空变化分析——以张掖绿洲乡镇为例. 生态学报, 2022(14): 1-13. (2022-03-23). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.Q.20220322.1134.004.html>.
- [28] 廖芳均, 赵东升. 南岭国家级自然保护区森林景观格局变化与动态模拟. 地理科学, 2014, 34(9): 1099-1107.
- [29] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 胡远满. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. 生态学报, 1997, 17(3): 317-323.
- [30] 黄越, 程静, 王鹏. 中国北方农牧交错区生态脆弱性时空演变格局与驱动因素——以盐池县为例. 干旱区地理, 2021, 44(4): 1175-1185.
- [31] 陈影, 哈凯, 贺文龙, 王志涛, 冯菲, 门明新, 丁庆龙. 冀西北间山盆地景观格局变化及优化研究——以河北省怀来县为例. 自然资源学报, 2016, 31(4): 556-569.
- [32] 张掖市统计局, 张掖市第七次全国人口普查领导小组办公室. 张掖市第七次全国人口普查公报. (2021-06-01). http://www.zhangye.gov.cn/tjj/ztl/tjsj/202106/t20210601_650270.html.
- [33] 吴健生, 易腾云, 王晗. 2000—2030 年深港景观格局演变时空分异与趋势对比分析. 生态学报, 2021, 41(22): 8718-8731.
- [34] 华琳, 黄志霖, 马良, 黄嘉元, 周高峪. 三峡库区低山丘陵区多尺度景观的指数响应及适宜粒度. 生态学报, 2022(11): 1-15. (2022-02-09). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.Q.20220209.1508.002.html>.
- [35] 王权, 唐芳, 李阳兵, 黄娟, 白雪飘. 岩溶地区景观格局演变及其生态安全的时空分异——以贵州省东北部槽谷为例. 生态学报, 2021, 41(18): 7273-7291.
- [36] 韩亚辉, 孙文彬, 付盈, 杨艺. 1986—2018 年典型矿业城市大同市建设用地景观格局. 应用生态学报, 2021, 32(5): 1614-1622.
- [37] 杨强强, 徐光来, 杨先成, 李爱娟, 陈晨. 青弋江流域土地利用/景观格局对水质的影响. 生态学报, 2020, 40(24): 9048-9058.