

干旱区景观格局空间过程变化的廊道效应

——以塔里木河中下游河流廊道区域为例

周华荣^{①②} 肖笃宁^{①②} 周可法^①

(^①中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; ^②中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

E-mail: zhouhr@ms.xjb.ac.cn)

摘要 采用缓冲带分析方法, 河道两侧每距河道 5 km 划分一个垂直于河道的缓冲带(宽度 10 km), 计算每个缓冲带的景观格局指数, 从景观水平和斑块水平上分析主要景观格局指数, 以揭示河流廊道的辐射效应和特点. 研究结果表明, 研究区总体辐射宽度为 30 km 缓冲带, 由于 FGI 区位于两河流域, 其辐射宽度可达到 50~70 km 缓冲带, 但中间有一个生态裂谷带. 林地、湿地景观一般都集中分布于沿河两岸 10 km 缓冲带, 而且距河越近, 斑块密度越大, 最大斑块指数也越大. 在该区域的生态环境建设中, 必须充分考虑其河流廊道的生态效应幅度, 科学合理地进行规划和设计.

关键词 干旱区 河流廊道 廊道效应 塔里木河中下游

干旱区河流廊道在形成绿洲、连接绿洲中起着重要作用. 河流廊道与渠道廊道、公路廊道、防护林廊道, 往往并行于荒漠之中, 构成景观廊道体系, 维系着绿洲的形成与发展, 连接着干旱区的绿洲网络体系.

河流廊道是指由河流影响的、相互联系的由陆地和水单元构成的河岸景观, 即水生生境、泛滥平原和河岸带. 在把河流廊道作为一个整体研究时, 景观生态学具有很大的潜力, 能够将河流廊道的结构、功能和动态有机地结合起来^[1]. 河流系统是景观中特别重要的廊道. 面对日益强烈的人类利用, 保持其生态完整性, 是景观设计者和土地使用者的机遇和挑战^[2].

Tabacchi 等^[3]的研究认为, 半干旱区河流比其他地区的河流更易受地域景观格局的影响. 半干旱区河流表现出沿其河道物种丰富度的不规则格局. 常年地表水是半干旱区控制河岸群落结构的主要因子.

河流生态学中心理论忽视了河岸带以外的地区, 而河流河道与河岸景观组成的河流景观廊道系统, 为人们认识河流时空变化提供了新的角度. 河岸高地的结构及其变化过程, 比先前所认识的河流中群落结构和生态系统过程规律, 起着更重要的作用. GIS 和图像处理技术及空间统计成全了景观组分(纵、横、垂向)的数量评价, 这些景观要素在影响河流的不同时空尺度上相互作用^[4].

Cairns^[5]提出了水生系统的生态整体性的概念, 这对河流廊道的研究具有指导意义. 对大河流域系统的生态完整性的关注, 使我们从景观的观点重新

思考所有的问题. 没有生物完整性就没有生态完整性. 因而, 高度地方性的生物完整性方法, 不可能用作景观和系统尺度的生态完整性的有效而科学准确的推断. 在感兴趣的组织水平, 如更大的时空尺度, 进行监测是必要的. 旨在减小或明显降低对自然系统负面影响的人类社会活动, 是保护生态完整性的最简单的方法. 这并不意味着要用这种方法完全代替更多传统的生态方法, 而是同时使用这两类方法. 对于河流流域的整体性研究, 就显得颇为重要. 任何割裂的研究和景观管理, 都会导致错误, 如黄河的断流, 塔里木河的断流等等.

国内对河流的研究成果颇多, 但大多都从水文学和水资源学的角度进行研究, 近来从流域生态学角度的研究已经开始. 河流景观廊道的研究, 在渤海三角洲湿地景观生态学研究中有涉及, 提出了廊道系统和廊道效应区的概念, 并对水体廊道/渠道污染物净化功能进行了实验研究^[6]. 干旱区河流廊道的生态景观效应研究, 是研究整个河流廊道区域的景观生态特征、结构、功能的基础. 在区域生态环境建设中, 必须充分考虑其河流廊道的生态效应幅度, 科学合理地进行规划和设计. 对于塔里木河研究^[7]来说, 这会使其更加综合和深入.

1 研究区概况

本研究区域的具体范围为: 以尉犁县哈拉水库-若羌县台特玛湖段的传统绿色走廊为主体, 宽度以山麓和面积沙丘为界. 北纬 38°47'52"~41°38'30",

东经 $85^{\circ}33'38'' \sim 88^{\circ}40'30''$, 长度 413 km, 宽度 87 km, 总面积 34526 km^2 . 这是一个处于塔里木河流域尺度的、具有关键和重要生态功能的景观生态综合体和河流廊道景观区域(图 1). 包括塔里木河下游冲积平原及三角洲平原, 以及部分孔雀河冲积平原和车尔臣河冲积平原, 南部为塔克拉玛干沙漠及库鲁克沙漠. 分布有戈壁、河流地貌和风沙地貌. 气候属暖温带荒漠干旱气候, 其主要特点是四季分明, 降水稀少, 空气极度干燥; 春季多大风和风沙天气, 常伴有沙尘暴

和浮尘. 地带性土壤为棕漠土, 非地带性土壤区的盐土面积较大, 局部分布有草甸土和风沙土. 河流廊道核心地带由于农业开发, 现基本为绿洲农业区, 分布着灌耕土壤, 以潮土为主. 地带性植被以荒漠植被为主, 另有河岸胡杨林、低地草甸和灌丛类型分布. 动物区系组成单一, 野生动物资源相对贫乏, 种类及数量均较少. 野生双峰驼(*Camelus bactrianus*)为国家一级保护动物, 白尾地鸦(*Podoces biddulphi*)列入“世界濒危鸟种”(1994)、“全球狭布鸟种”(1998)和



图 1 塔里木河中下游河流廊道区域位置图

《亚洲鸟类红皮书》(2001)。

塔里木河中下游河流廊道区域划分为三大景观生态功能类型区: (1)尉犁-卡拉水库段塔里木河-孔雀河中游城镇-绿洲农业景观生态功能区(FG1); (2)卡拉水库-大西海子水库塔里木河下游上中段农垦绿洲景观生态功能区(FG2); (3)西海子水库-台特玛湖-若羌塔里木河下游下段-车尔臣河下游生态重建和恢复景观生态功能区(FG3)^[8]。

2 研究方法

廊道效应是指距河流主河道不同距离处总体景观特征和各景观类型的变化规律, 可以反映出河流生态功能的辐射作用范围。根据塔里木河中下游区域范围和选用影像数据的特点, 我们采用缓冲带分析方法, 距河道两侧各 5 km(共计 10 km)划分一个缓冲带, 具体为: 10, 20, 30, 40, 50 km 和 >50 km 的缓冲带(图 2)。对于每个缓冲带, 计算景观格局指数, 通过对主要格局指数的分析, 从景观水平和斑块水平上, 寻求河流廊道的辐射效应和特点。由于研究范围内河流分布和景观生态差异较大, 我们以不同景观生态功能区进行计算和分析, 以此反映廊道区域廊道生态功能效应空间变化过程。景观格局指数的变化程度用不同距离缓冲带的变化率来表示。

研究区遥感信息以 2000 年 Landsat 5 TM 假彩色合成影像作为本底, 在 ERDAS 软件中解译出农田景观、林地景观、草地景观、湿地景观及人居景观和荒漠景观等各种景观类型的空间分布图。依据国家《生态环境遥感调查分类规范》, 结合塔里木河流域景观生态实际, 本文将塔里木河流域中下游典型区域景观生态系统划分为 6 个一级类别(农田、草地、林地、湿地、人居与荒漠景观)和 21 个二级类别, 然后将以上解译图层在 ARC GIS 软件中进行空间分析计算, 并在 FRAGSTATS 3.2 软件中进行景观格局指数的计算。

根据缓冲带分析的需要和景观格局指数的表征意义, 景观水平上格局指数的计算包括: PD, LPI, ED, LSI, AREA_MN, GYRATE_MN, GYRATE_MN, FRAC_MN, CONTAG, IJI, PRD, SHDI 和 AI, 斑块/类型水平上的格局指数的计算与分析包括: CA, NP, LPI, TE, AREA_MN, FRAC_MN, IJI 和 AI, 这些指数在景观格局分析中广为应用^[9,10]。

3 研究结果与分析

通过对塔里木河中下游地区景观水平不同距离

缓冲带(图 2)景观格局指数的变化率的计算(表 1), 分析干旱区河流廊道效应的变化特征和规律, 主要在景观和景观类型(斑块)两个水平上进行。

3.1 景观水平景观格局指数的变化分析

斑块密度和边缘密度可以反映出距河不同距离的缓冲带景观破碎化的变化。分析表明, 3 个区的斑块密度均随距河道距离的加大而降低, 10 km 缓冲带斑块密度最大, 10 与 20 km 缓冲带之间变化率最大, 在 20 km 缓冲带以后变化缓慢。不同距离的变化率均以 FG2 区最大, 说明 20 km 廊道带破碎度较大, 之后变小。斑块密度在不同距离均为 $FG2 > FG1 > FG3$, 只是在前两个缓冲带差别明显, 其后差别变小或几乎相近。边缘密度的变化趋势与此相似, 仅变化率略小而已。

最大斑块指数呈逐渐增大的趋势, 距河越近斑块越小, 各区的最大斑块面积的最高比率均出现在 50 km 缓冲带。FG1 和 FG2 区 20 km 缓冲带变化率最大, 分别为 71.24% 和 75.37%; 其后 FG1 区变化不大, 而 FG2 区在 40 km 缓冲带又有较大变化; FG3 区总体变化不大, 最大变化率出现在 >50 km 缓冲带, 达到 35.31%。说明 FG1 和 FG2 区河流廊道辐射作用明显, 10 km 缓冲带斑块面积较小, 其后最大斑块在区域所占的面积比例增大; FG3 区由于河流断流, 河流辐射作用不明显, 最大斑块比率各缓冲带变化不大。

随河流主河道越远, 各景观区斑块的平均面积越大, 变化率都在 10~20 km 缓冲带最大。旋转半径指数在各区基本呈上升趋势, FG1 和 FG2 区变化率在 10~20 km 缓冲带较大, 其后数值也较为接近; FG3 区各缓冲带之间变化率基本保持一致。

由近河道缓冲带向两侧延伸, 各区比邻指数(IJI)的变化均较为平稳, FG1 和 FG2 区数值也较为接近, FG3 区各缓冲带均比前两区要低。蔓延度指数略呈上升趋势, 变化率不大, FG3 区 10~20 km 缓冲带稍大, 也仅为 10.32%。斑块丰密度 PRD 和多样性指数 SHDI 基本呈下降趋势, 斑块丰密度变化率相对较大, 各区最大值也在 10~20 km 缓冲带之间, 达到 45%~47%; 多样性指数变化率总体最小, 尤其在 FG1 区最小, 意味着塔里木河和孔雀河的共同影响; FG2 区下降较为明显, 距河越远多样性越低; FG3 区各缓冲带变化平稳, 说明河流的断流使得景观多样性在横向水平也趋于一致。聚合指数 AI 各区均略呈上升趋势, 变化率都较小, 说明研究区斑块聚集特征的一致性。

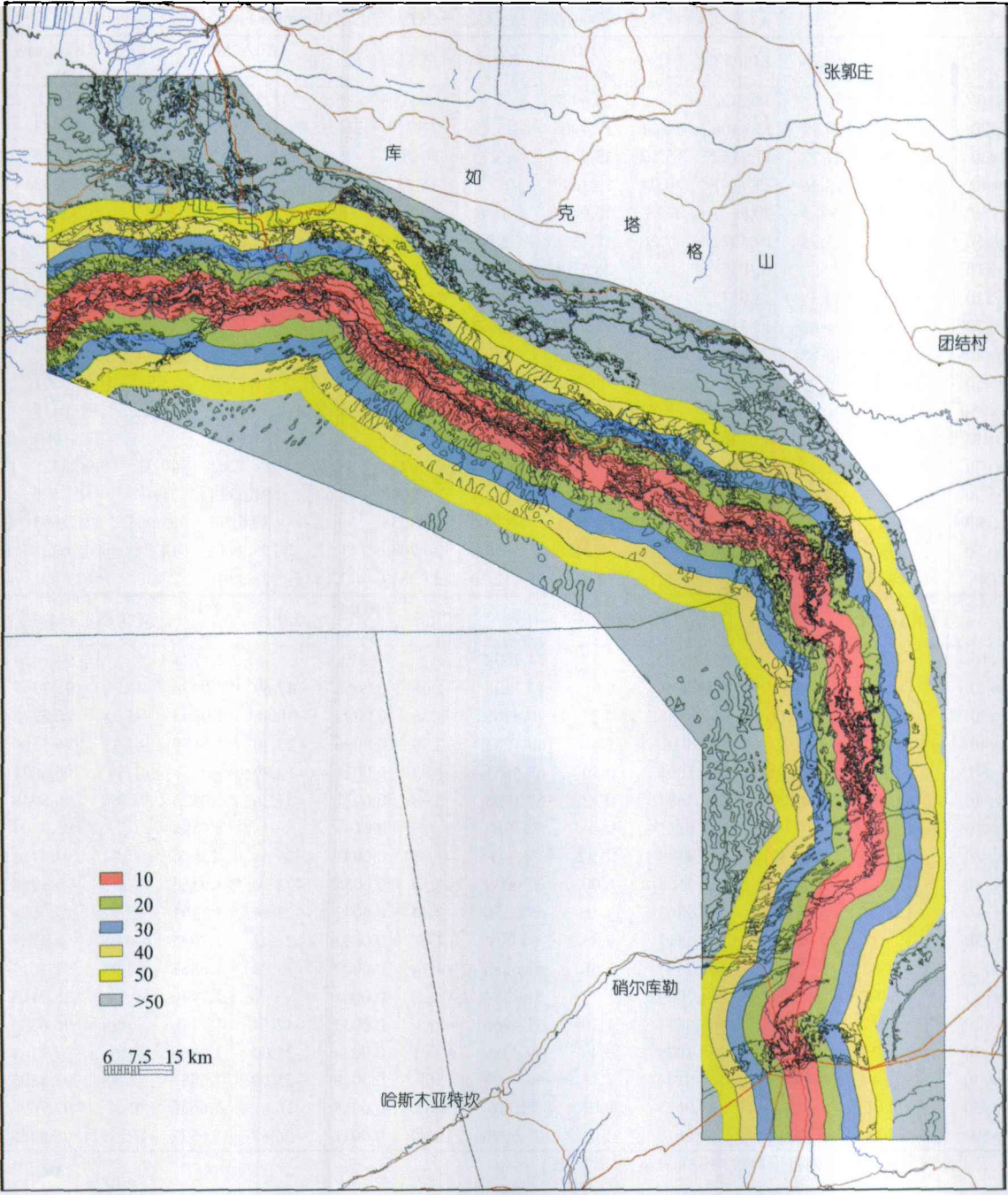


图 2 塔里木河中下游河流廊道缓冲带分析图

3.2 各景观类型水平景观格局指数的廊道效应分析

在景观水平的分析，只能反映总体的斑块分布趋势和综合平均的形状及聚集度特征，只有通过各类型/斑块景观指数的分析，才能较为清楚地了解各景观类型随廊道的分布特征。我们选取较为敏感和具代表意义的斑块景观格局指数进行分析。具体计算数据，鉴于篇幅未列出。

(1) 林地景观廊道效应分析。随着缓冲带的加宽，各类林地景观的面积指数 CA 均呈上升趋势，但 FG3 区有林地和灌木林地的变化率较小。由此可以看出距河越近，林地景观面积越大；各区 20 km 缓冲带以后变化率变小，说明缓冲带距塔里木河越远，林地面积越小，主要林地还是分布于 20 km 缓冲带以内，在 FG1 区有林地在 40~50 km 缓冲带变化率增加，这与

表1 景观水平景观格局指数随河道距离的变化率(%)

		PD(个 /100 hm ²)	变化率	LPI(%)	变化率	ED (m/hm ²)	变化率	LSI	变化率	AREA_MN (hm ²)	变化率	GYRATE_MN (m)	变化率
FG1	yy10 ^{a)}	0.4431		9.2506		20.6922		21.2459		225.6736		496.6518	
	yy20	0.2926	-33.97	15.8406	71.24	17.4904	-15.47	23.779	11.92	341.7801	51.45	572.5649	15.28
	yy30	0.2305	-21.22	17.9162	13.10	15.0887	-13.73	24.4517	2.83	433.7942	26.92	593.6123	3.68
	yy40	0.1997	-13.36	19.7141	10.04	14.1547	-6.19	25.964	6.18	500.6397	15.41	632.4042	6.53
	yy50	0.1928	-3.46	20.9531	6.28	13.9477	-1.46	28.0319	7.96	518.7036	3.61	628.026	-0.69
	yy>50	0.1659	-13.95	19.4322	-7.26	12.7374	-8.68	33.1834	18.38	602.6022	16.17	644.1562	2.57
FG2	yyx10	0.5967		7.9588		26.5708		23.8631		167.5831		478.2087	
	yyx20	0.362	-39.33	13.9577	75.37	21.7633	-18.09	26.6901	11.85	276.2205	64.83	583.1727	21.95
	yyx30	0.275	-24.03	17.3178	24.07	18.5797	-14.63	27.5786	3.33	363.6659	31.66	608.2031	4.29
	yyx40	0.2248	-18.25	28.0186	61.79	16.1969	-12.82	27.6035	0.09	444.9039	22.34	638.6557	5.01
	yyx50	0.189	-15.93	28.8	2.79	14.202	-12.32	27.0247	-2.10	529.2222	18.95	644.6301	0.94
	yyx>50	0.1321	-30.11	26.2529	-8.84	11.7131	-17.52	28.8838	6.88	757.0769	43.05	737.0411	14.34
FG3	xxyl0	0.3678		16.5359		16.0661		23.9267		271.9104		372.4904	
	xxyl20	0.2621	-28.74	17.8613	8.02	13.5147	-15.88	26.6276	11.29	381.5263	40.31	406.3225	9.08
	xxyl30	0.1993	-23.96	16.2236	-9.17	11.3603	-15.94	26.8092	0.68	501.6398	31.48	440.2626	8.35
	xxyl40	0.1582	-20.62	19.9716	23.10	9.7811	-13.90	26.3038	-1.89	632.0236	25.99	472.3695	7.29
	xxyl50	0.1378	-12.90	21.5144	7.72	9.0458	-7.52	26.7039	1.52	725.7971	14.84	509.6236	7.88
	>50	0.1082	-21.48	29.111	35.31	7.9336	-12.30	27.2819	2.16	923.9341	27.30	563.4991	10.57
		FRAC_MN	变化率	CONTAG (%)	变化率	IJI(%)	变化率	PRD(个 /100 hm ²)	变化率	SHDI (比特)	变化率	AI(%)	变化率
FG1	yy10	1.0792		56.3612		74.3608		0.013		2.1724		94.9054	
	yy20	1.0837	0.42	59.525	5.61	73.1298	-1.66	0.0068	-47.69	2.0338	-6.38	95.7349	0.87
	yy30	1.083	-0.06	62.0388	4.22	70.8166	-3.16	0.0047	-30.88	1.9243	-5.38	96.3278	0.62
	yy40	1.0862	0.30	62.916	1.41	69.1238	-2.39	0.0036	-23.40	1.8879	-1.89	96.5506	0.23
	yy50	1.0834	-0.26	63.1691	0.40	67.8651	-1.82	0.0031	-13.89	1.9177	1.58	96.6021	0.05
	yy>50	1.0844	0.09	63.3687	0.32	67.1995	-0.98	0.0021	-32.26	2.0325	5.99	96.8948	0.30
FG2	yyx10	1.0838		51.6113		75.409		0.0149		2.2598		93.4104	
	yyx20	1.0871	0.30	56.9389	10.32	71.449	-5.25	0.0081	-45.64	2.085	-7.74	94.6114	1.29
	yyx30	1.0842	-0.27	60.3568	6.00	69.6039	-2.58	0.0055	-32.10	1.9356	-7.17	95.3968	0.83
	yyx40	1.0834	-0.07	62.9863	4.36	67.9356	-2.40	0.0042	-23.64	1.8201	-5.97	95.9804	0.61
	yyx50	1.0837	0.03	65.4517	3.91	66.804	-1.67	0.0033	-21.43	1.7095	-6.08	96.4737	0.51
	yyx>50	1.0883	0.42	67.7801	3.56	63.6383	-4.74	0.0022	-33.33	1.6881	-1.25	97.1017	0.65
FG3	xxyl0	1.0797		64.7089		51.2754		0.0061		1.7476		95.9165	
	xxyl20	1.0827	0.28	65.8094	1.70	51.4465	0.33	0.0032	-47.54	1.7148	-1.88	96.6233	0.74
	xxyl30	1.0825	-0.02	68.1078	3.49	49.4339	-3.91	0.0024	-25.00	1.6866	-1.64	97.1764	0.57
	xxyl40	1.0834	0.08	68.9141	1.18	50.7622	2.69	0.0018	-25.00	1.6583	-1.68	97.5803	0.42
	xxyl50	1.0812	-0.20	68.9625	0.07	52.116	2.67	0.0015	-16.67	1.6636	0.32	97.7698	0.19
	>50	1.081	-0.02	69.6618	1.01	51.6996	-0.80	0.0011	-26.67	1.6372	-1.59	98.0465	0.28

a) yy 表示距河道中心线两侧范围内缓冲带的宽度/距离

孔雀河流域的灌溉影响有关。斑块数量 NP 随缓冲带的加宽, 总体呈上升趋势, FG1 区有林地 10~30 km 缓冲带变化率不大, 在 40~50 km 缓冲带变化率增加, 也与孔雀河影响有关; FG2 和 FG3 区就没有这种变化率的剧增, 变化比较平稳, 说明主要受塔里木河干流影响为大。边缘指数与面积指数的变化基本一致。

FG1 区有林地景观平均面积变化趋于平缓, >50 km 缓冲带平均面积指数下降明显, 说明斑块破碎化较为严重; 而在 FG2 区有林地景观平均面积指数在 20 km 缓冲带增加明显, 其后变化不大, FG3 区各缓

冲带平均面积趋于一致。分维度指数 FRAC_MN, 比邻指数 IJI 和聚合指数 AI 变化均趋于平缓。

其他林地在 FG1 区出现于 40~50 km 缓冲带, 说明该区塔里木河流域人为干扰相对较小, 孔雀河流域开发活动较为剧烈。分析表明, 两河之间存在一个生态裂谷带, 在距塔里木河 30~40 km 的缓冲带林地面积小, 斑块少。将其横向连接, 构建两河流域河流廊道, 将会以足够宽的河流廊道达到区域生态景观功能的稳定和整合。

(2) 草地景观廊道效应分析。从草地景观面积指

数变化看, 各区各类景观总体随缓冲带距离加大, 呈增加趋势. 说明草地面积随缓冲带面积增大而增大, 其分布相对较为均匀. FG1 区在 40~50 km 缓冲带变化率增大, 反映出孔雀河的影响, 但从草地类型看, 低覆盖度草地在该处面积增大较快, 反映出人类活动的影响加大. FG2 区中覆盖度草地面积随缓冲带加宽变化不大, 说明其集中于塔里木河两岸, 一般在 10~20 km 缓冲区内.

从最大斑块指数看, FG1 区高、中、低草斑块呈现不同的变化规律, 高草最大斑块出现在 30~40 km 缓冲带内, 中草出现在 20~30 km 缓冲带, 低草最大出现在 >50 km 缓冲带, 其次在 10 km 缓冲带; FG2 区高草出现在 10 km 缓冲带, 中草出现在 10 和 50 km 缓冲带, 低草出现在 30 km 缓冲带; FG3 区高、中、低草均出现在 20 km 缓冲带. 边缘指数 TE 和平均面积指数 AREA_MN 除 FG2 区变化平稳外, 其他区均随缓冲带扩大指数值增加, 尤其是 TE 值变化更为明显. 分维度指数、比邻指数和聚合指数中, 对草地景观来说, AI 指数变化相对较为显著, 随缓冲带加宽, AI 值呈增加趋势.

(3) 湿地景观廊道效应分析. 湿地景观是廊道的主体, 虽然面积比例较小, 但起着支撑廊道区域整体景观功能性作用. 由于塔里木河中下游区域河流长期断流的影响, 在 FG3 区除沼泽外, 其他湿地类型面积、斑块数量均为最小. 从面积指数变化看, FG1 区随缓冲带加宽, 河渠面积增加不多, 在 >50 km 有所增加, 说明河渠集中于塔里木河干流, 孔雀河对其也有影响; 湖泊在 40~50 km 缓冲带增加, 说明湖泊在距塔里木河道中心两侧各 20 km 处为集中分布区; 沼泽面积较大, 沿缓冲带均有分布, 40 km 缓冲带以后面积增加不多. FG2 区河渠集中于 10 km 缓冲带, >50 km 缓冲区面积有所增加, 说明在廊道边缘河渠景观有所出现, 可能与该区农业开发有关; 湖泊面积很小, 且集中于 20 km 缓冲带; 水库面积很大, 分布于 10 km 缓冲带, 即距河约 5 km 范围内; 沼泽集中于 20~30 km 缓冲带. FG2 区湖泊面积指数在 50 km 缓冲带有所增加, 缓冲带越宽(即距河道越远), 沼泽面积指数增加越多, 可能与车尔臣河影响有关.

河渠各景观区的斑块指数均变化不大, 说明大多数斑块还是集中于干流附近, 即 10 km 缓冲带内; 湖泊在 FG1 区 40~50 km 缓冲带有所增加, 说明其斑块也是集中在此处; 沼泽 FG1 区变化率较大处在

20~30 km 缓冲带, 说明在距河 15 km 范围内为沼泽集中分布区; FG2 沼泽斑块较少, 而且随缓冲带加宽变化不大, 在 30~40 km 缓冲带稍有变化, 说明其集中于 5~15 km 的范围内; FG3 区最大值出现在 40 km 缓冲带, 前后值都较小, 且变化率较大, 说明距河 15~20 km 处沼泽斑块集中. 从最大斑块指数看, 除 FG3 区沼泽最大斑块在 50 km 缓冲带开始出现外, 各景观区各类景观都出现在 10 km 缓冲带. 从边缘指数看, 各景观区各类湿地景观大多随缓冲带变化平稳, 仅 FG1 区湖泊、沼泽和 FG3 区沼泽呈明显上升趋势, 说明这些区湖泊、沼泽距干流较远处也有分布, 且破碎度较大, 而其他区域的其他景观类型均在距河较近处分布, 从而构成河流廊道的骨干.

各景观区不同缓冲带各景观类型的平均面积变化也不大, 仅 FG1 区水库、坑塘平均面积指数最大值出现在 20 km 缓冲带, 并且而后有所下降, FG2 区 20 km 缓冲带之后其值下降, 说明该景观在 FG1 区出现在距河 10 km 范围内, FG2 区仅在 5 km 范围内出现; 沼泽在 FG3 区 >50 km 缓冲带值最大, 且变化率最大, 说明在廊道区域的边缘沼泽斑块平均面积最大, 这可能与塔里木河和车尔臣河尾间湖有关. 分维度、比邻指数和聚合指数也表现出较强的一致性.

(4) 荒漠景观廊道效应分析. 沙地、盐碱地是河流廊道区域荒漠景观的代表, 戈壁、裸土地和裸岩砾地面积比例和斑块数都较小. 我们主要分析沙地和盐碱地的廊道变化效应. 分析结果表明, 除盐碱地最大斑块指数 LPI 变化平稳外, 其他指数 CA, NP 和 TE 均随缓冲带加宽数值增加. 从这些数值的变化及其变化率看, 沙地的分布都远离塔里木河干流主河道, 但从 NP 分析, 各区斑块数均变化不明显, 但其面积指数变化是很大的, 说明在距河较近处分布有一定数量的小斑块沙地, 而距河较远处则分布有较大斑块的沙地景观, 从最大斑块指数 LPI 随缓冲带的变化可以证明这一点. 边缘指数的变化与面积指数强烈地一致. 平均面积指数各景观区盐碱地远小于沙地, 沙地和盐碱地平均面积均为距河越远越大, 但盐碱地变化率不是很大. 分维度指数各景观区各斑块类型变化不明显. 比邻指数 IJI 和聚合指数 AI 可以看出一些变化, 两者有负相关关系. 以 AI 为例, 沙地和盐碱地均随缓冲带加宽呈上升趋势, 说明沙地与盐碱地斑块随距河距离的增加而呈现出聚集分布的特点.

(5) 农田景观廊道效应分析. 人居与农田景观在

塔里木河中下游河流廊道区域以农村景观和水浇地景观为主,城镇景观只在FG1和FG3区各分布一个斑块,其面积比例也很小,在FG1区分布于远离塔里木河的孔雀河流域,而FG3区分布于有公路所连通的廊道中心(属若羌河流域)。由面积指数、斑块指数和边缘指数可知,农村景观在FG1区集中于廊道的北部边缘,而FG2分布于30 km缓冲带以内,FG3区分布于10 km缓冲带以内。平均面积指数随缓冲带几乎没有变化。

水浇地景观在FG1区也主要分布于廊道的北部边缘,40 km缓冲带面积指数变化均不大,50和>50 km缓冲带面积指数骤然增大,斑块指数NP和边缘指数TE亦然。从面积指数、斑块指数和边缘指数变化分析,FG2区农田主要分布于30 km缓冲带内,最大景观指数LPI最大值在20 km缓冲带;FG3区农田与斑块主要分布于10 km缓冲带内。平均分维度指数FRAC_MN变化不明显。从IJI和AI分析可以看出,FG1区农村景观在廊道北部边缘呈聚集分布,水浇地景观亦然,其他区各类景观变化不大。

4 结论与讨论

(i) 研究区总体辐射宽度为30 km缓冲带,以胡杨林、红柳灌丛和芦苇低地草甸的分布为限,大面积沙地出现,即为辐射范围结束。通过近30年来塔里木河下游来水量的变化是其景观变化的主要驱动力。地下水位的变化引起土壤水分和盐分的变化,土壤类型的正向和逆向演替由此进行,同时演绎着植被的变化,即区域景观最直接的功能(生物量)和视觉体现。人类活动是近代时期塔里木河中下游河流廊道区域景观快速变化的起搏器。从不同功能区人口、耕地面积的变化分析,可以看出研究区塔里木河中游段人口增加带来的垦荒,对研究区内景观格局的变化有一定影响;但上中游的人口和经济发展带来的下游来水量减少,制约着中下游的人口增长和耕地面积的扩大¹⁾,也是研究区河流廊道辐射范围受到限制的主要原因。

(ii) 研究区中的FG1区辐射范围缓冲带可以达到50~70 km,但中间有一个生态裂谷带。其宽度范围较大,决定于其位于两河流域,冲积平原面积相对广阔,绿洲农业(包括人工林建设)发展也会使辐射范围有所扩大;城市的发展相对明显且较为集中,使得

原始植被减少,城镇河工矿道路用地增加,是生态裂谷带产生的原因之一。

(iii) 林地、湿地景观一般都沿河岸分布,集中于10 km缓冲带,而且距河越近,斑块密度越大,最大斑块指数也越大。人居和农田景观也呈沿河岸分布规律,而荒漠景观、草地景观分布范围相对较宽。

(iv) 不同面积/宽度缓冲带的景观格局指数变化,可以反映出各景观区河流景观廊道的辐射宽度,即廊道效应的强弱,以及各景观指数对反映不同景观类型廊道效应的敏感度。从分析的8个指数中,面积指数、斑块指数、最大景观指数和平均面积指数能较好地反映各景观类型的廊道效应。

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:40271011)资助项目。

参 考 文 献

- 1 Ward J V, Maland F, Tockner K. Landscape ecology integrates pattern and process in river corridors, Issues in Landscape Ecology. Internaional Association for Landscape Ecology Fifth World Congress, Snowmass Village, Colorado, USA, 1999. 97—102
- 2 Dramstad W E, Olson J D, Forman R T T. Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning, Graduate School of Design, Harvard University, Island Press. American Society of Landscape Architects, 1996. 35
- 3 Tabacchi E. Landscape structure and diversity in riparian plant communities: a longitudinal comparative study, regulated rivers. Research & Management, 1996, 12(4-5): 367—390
- 4 Johnson L B, Gage S H. Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems. Freshwater Biology, 1997, 37(1): 113—132
- 5 Cairns Jr J. Ecological integrity of aquatic systems, regulated rivers. Research & Management, 1995, 11(3-4): 313—323
- 6 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍, 等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究. 北京: 科学出版社, 2001
- 7 宋郁东, 樊自立, 雷志栋, 等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000
- 8 周华荣, 肖笃宁. 塔里木河中下游河流廊道景观生态功能分区研究. 干旱区研究, 2006, 23(1): 16—20
- 9 McGarigal K, McComb W C. Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range. Ecological Monographs, 1995, 65(3): 235—260
- 10 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容. 生态学报, 2002, 22(7): 1135—1142

(2005-07-20 收稿, 2006-01-19 收修改稿)

1) 中国新疆塔里木河中下游河流廊道的景观生态学研究. 中国科学院沈阳应用生态所博士论文, 2004, 156