

塔里木河中下游地区湿地景观格局变化

赵锐锋^{1,2}, 周华荣^{1,*}, 肖笃宁³, 钱亦兵¹, 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. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要:在 RS 和 GIS 技术的支持下, 结合塔里木河中下游的区域特点, 确定了塔里木河中下游湿地景观分类系统。通过采用景观多样性指数、优势度、景观破碎化指数、分布质心和平均斑块形状指数等景观的空间格局指数, 较系统地分析了 1980~2000 年塔里木河中下游湿地景观空间格局变化。结果表明: 塔里木河中下游湿地的分布面积呈显著下降趋势。1980~1990 年湿地面积减少, 斑块数量和密度增加。1990~2000 年湿地面积有所增加, 斑块数量和密度持续增加; 随着人类干扰强度增加, 景观多样性增加, 优势度降低, 湿地的破碎化程度越来越大; 湿地景观要素中, 河渠湿地、水库坑塘湿地面积有所增加, 而湖泊、滩地、沼泽面积均在不断减少, 其中沼泽湿地面积减少幅度最大。

关键词:湿地; 景观格局变化; 塔里木河中下游; 景观指数

文章编号: 1000-0933(2006)10-3470-09 中图分类号: P343, P344, Q149 文献标识码: A

Changes of wetland landscape pattern in the middle and lower reaches of the Tarim River

ZHAO Rui-Feng^{1,2}, ZHOU Hua-Rong^{1,*}, XIAO Du-Ning³, QIAN Yi-Bing¹, ZHOU Ke-Fa¹ (1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3470~3478.

Abstract: Spatial pattern of landscape mainly refers to the distribution of patches that are different in sizes and shapes in space owing to the interaction of various ecological activities. The study on spatial pattern of landscape can provide significant information for rational management to the environmental resources and has been one of the important research fields in landscape ecology as a whole. This article, based on the diversity index, dominance index and fragmentation index of the landscape, distribution centroid and average patch-shaped index, presents the dynamic changes of the wetland spatial pattern in the middle and lower reaches of the Tarim River during the last 2 decades. Our study focused on the section of the middle and lower reaches in the Tarim River between the Taklimakan and the Kuruks deserts (38°47'52"~41°38'30"N, 85°33'38"~88°40'30"E). The length of the section is 413 km, the width 87 km and the area $3.45 \times 10^4 \text{ km}^2$. Satellite images, Landsat TM/EM in 1980, 1990 and 2000 were respectively used to analyze the dynamic change of the wetland spatial pattern in the study area. Since the images were approximately captured in the same seasons, the change detection error introduced by mere seasonal difference was minimized. Following an interactive interpretation procedure, the distribution map of the wetland in 1980, 1990 and 2000 were obtained, which were geometrically registered to a common map projection. The data were obtained by software Arcgis 9.0, PCI 9.0, Fragstats 3.0 and Excel 2003. The results show that from 1980 to 1990 the total area of the wetlands was reduced by 45.7%; the

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40271011);中国科学院新疆生态与地理研究所绿洲学者“博士人才培养计划”资助项目(20052109)

收稿日期:2005-08-04; **修订日期:**2006-02-20

作者简介:赵锐锋(1976~),男,甘肃省漳县人,博士生,主要从事景观生态学研究。E-mail: zhaoruifeng@126.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhouhr@ms.xjb.ac.cn

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 4027011); PhD training planning project of the oasis scholar, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences (No. 20052109)

Received date: 2005-08-04; **Accepted date:** 2006-02-20

Biography: ZHAO Rui-Feng, Ph.D. candidate, mainly engaged in landscape ecology. E-mail: zhaoruifeng@126.com

number of the patches increased from 49 to 151; and the density of the patches increased fourfold. During 1990 and 2000 the total area of the wetlands was slightly increased; the numbers of the patches increased from 151 to 511; and the density of the patches was doubled. The results also indicate that due to the disturbance of human activities, landscape diversity index increased while landscape dominance index decreased, and landscape fragmentation index increased gradually. In 1980, 1990 and 2000, the above-mentioned indices were respectively 0.6340, 0.7523 and 0.0018; 0.9247, 0.6667 and 0.0103; 1.0545, 0.5549 and 0.0321. Among the wetland types, the areas of the river channel, reservoir and pond wetlands increased, while the areas of the lake, bottomland and marsh wetlands reduced constantly. The decrease of the areas for the marsh wetlands was most marked. In short, under the impact of the natural factors and human activities, the areas of the wetlands and the average areas of the patches in the middle and lower reaches of the Tarim River reduced as a whole, but the fragmentation increased. Comparison with in 1999, the area of the wetlands in 2000 increased. At the beginning of 21th century, the ecological water conveyance to the Tarim River led to the increase of the wetland area.

Key words: wetland; changes of landscape pattern; the middle and lower reaches of the Tarim River

本文湿地采用 Ramsar 公约的定义,即“湿地系指不问其为天然或人工,长久或暂时之沼泽地、泥炭地或水域地带、带有或静止或流动或为淡水、半咸水或咸水体者,包括低潮时水深不超过 6m 的水域。”湿地作为一种特殊的生态系统,是由水陆相互作用而形成的自然综合体^[1]。在干旱、半干旱地区,由于水资源的短缺,湿地生态系统的服务功能尤为重要,它不但为鸟类和鱼类提供栖息地和食物、固定土壤有机质等^[2],还能够调节区域气候、蓄水防洪、降解陆源污染物等^[3]。近年来国内外已经有很多关于湿地景观格局变化的研究^[4~6],但是对于干旱区河流湿地的研究涉及较少。塔里木河中游及下游绿色走廊及其变化的研究,已取得不少研究成果^[7,8],但是就河流廊道范围内,专门对湿地景观进行的研究,尚未见报道。本文借助 RS 和 GIS 技术,分析了该区 1980~2000 年湿地景观格局的变化及其原因进行了探讨,试图揭示 20 世纪 80 年代以来该地区湿地景观格局与自然生态过程和社会经济活动之间的关系,从而为该地区湿地资源的保护及塔里木河下游绿色廊道的恢复和重建提供理论依据。

1 研究地区的选择

塔里木河中下游段系指从轮台县的英巴扎至塔里木河尾间台特玛湖,全长 826 km。该区域属暖温带大陆荒漠气候,气候极端干旱,年降水 20~40 mm,蒸发量 2965 mm;光照丰富,年日照时数为 3000h;年平均温度高于 10℃,最低气温 -20℃,最高气温 39℃;无霜期平均 184d,最长达 212d。该地区土壤为盐化草甸土、胡杨林土、盐土、风沙土和沼泽土等,该地区在植被区划中属于暖温带稀疏灌木、半灌木荒漠区,由于受塔里木河的影响,水分条件丰富了一些非地带性的植被类型。该地区的主要建群种有胡杨 (*Populus euphratica*)、铃铛刺 (*Halimodendron halodendron*)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)、黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum*)、盐穗木 (*Halostachys caspica*)、花花柴 (*Karelinia caspica*)、疏叶骆驼刺 (*Alhagi spaesifolia*)、罗布麻 (*Apocynum venetum*)、芦苇 (*Phragmites communis*) 和柽柳属 (*Tamarix* spp) 植物等。湿地分布呈明显的不连续性,而且面积相对不大,具有独特的湿地过程和景观生态格局,并且与荒漠基质有着密切的生态过程联系^[9]。

本研究选择尉犁县哈拉水库至若羌县台特玛湖段的绿色走廊为主体,宽度以山麓和面积沙丘为界的河流廊道景观区域,包括了中游中下段,以及与台特玛湖相联系的若羌河和车尔臣河的部分区域。地理位置为 38°47'52"~41°38'30"N,85°33'38"~88°40'30"E,长度 413 km,宽度 87 km,总面积 $3.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

2 研究方法

2.1 数据源与数据处理平台

本研究采用的数据源为新疆尉犁县和若羌县 1:10 万地形图和土地利用现状图,1980、1990 和 2000 年 Landsat5/7 卫星 TM/EIM 数字图像,地面分辨率为 30m,时相为 5 月下旬~9 月中旬,以及野外调查获取的塔里木河中下游湿地和自然地理基础资料。数据处理平台主要包括 PCI 9.0 和 Arcgis9.0。

2.2 研究方法

在 PCI 9.0 平台下,分别对 1980、1990 和 2000 年 Landsat5/7 卫星 TM/RTM 数字图像,结合外业调查和原有专题图对比分析进行遥感判读、解译和编制工作,在 Arcgis9.0 平台下,通过野外验证对解译数据进行修改和编辑分别制成 3 个时期湿地分布图(图 1),然后利用 Arcgis9.0 的空间分析功能,对不同时期的湿地数据进行计算和分析,获得相应的空间信息,最后利用 Fragstats3.0 和 Excel2003 软件计算景观格局指数,对塔里木河中下游湿地近 20a 来的变化情况进行分析。

2.3 湿地景观分类及解译标志

为了更准确了解不同湿地景观类型的演化,在借鉴国内外湿地分类研究成果^[10~12]的基础上,根据塔里木河中下游湿地的特点,综合流域水文地貌特征和人类管理力度,参照国家“生态环境遥感调查分类规范”,本研究采用两级分类系统,一级分为农田景观、林地景观、草地景观、湿地景观、人居景观和荒漠景观,共 6 类,二级分类共有 21 个类型,其中湿地有 5 种类型,包括河渠湿地、湖泊湿地、水库坑塘湿地、河滩湿地、沼泽湿地。

2.4 湿地格局变化表征模型

景观空间格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置,是景观异质性的表现^[13],而景观指数能够高度浓缩景观格局信息,反映组成和空间配置某些方面的特征^[14]。本文选取景观镶嵌体特征指标和单一景观要素特征指标 2 个层次上计算出不同的景观格局指数。其中,景观镶嵌体特征指标主要包括多样性指数、均匀度指数和破碎度指数等;单一景观要素特征指标主要包括斑块面积、斑块平均面积、斑块数目、斑块密度、斑块形状指数和斑块类型质心分布坐标等。各个指标的计算方法及其生态涵义参见文献^[4,5,14]。

3 湿地景观格局动态分析

3.1 湿地景观的镶嵌体特征分析

塔里木河中下游各类景观要素中,荒漠景观面积比例较大,占研究区面积的 60% 以上,对区域景观格局动态起着主导作用,而林草地、农田、湿地、人居景观所占比例较小。由此可以认为研究区的景观基质为荒漠,林草地、农田、湿地、人居等景观类型是区域景观的主要镶嵌体。湿地景观面积在研究时段内呈减小的趋势,在区域景观变化过程中,湿地面积大部分转化为草地景观,其次为荒漠景观,有极少一部分转化为林地和农田景观。

由表 1 看出,湿地景观面积所占比例较少,1980、1990、2000 年湿地所占景观比例分别为 3.12%、1.69%、1.84%。研究区相关时段内,湿地的分布面积和斑块平均面积总体上呈减少趋势。1980~1990 年,湿地面积减小了 45.74%,斑块的平均面积由 1980 年的 $0.22 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 减小到 1990 年的 $0.039 \times 10^4 \text{ hm}^2$,而斑块数量则呈现出增加的趋势,1980~1990 年,斑块数量增加了 102 块,斑块密度增加了 4.2 倍。1990~2000 年,湿地面积又有所回升,但幅度不大,从 1990~2000 年湿地面积增加了 8.59%,斑块数目和斑块密度继续呈现增加的趋势,期间分别增加到 511 块和 0.008 块/hm^2 ,而斑块的平均面积持续减小,由 1999 年的 387.34 hm^2 减小到 2000 年的 $0.012 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

表 1 不同时期塔里木河中下游湿地景观动态

Table 1 Changes of landscape of the wetlands in the middle and lower reaches of the Tarim River in different years

景观类型 Landscape type	年份 Year	斑块数目(块) Patch number	面积(10^4 hm^2) Area	景观比率(%) Percentage of landscape	斑块平均面积(10^4 hm^2) Mean patch area
湿地景观 Wetland	1980	49	10.78	3.12	0.220
	1990	151	5.85	1.69	0.039
	2000	511	6.35	1.84	0.012

3.1.1 湿地景观空间结构分析 1980、1990、2000 年湿地景观多样性指数分别为 0.6340、0.9427、1.0545,与景观最大可能的多样性指数相差较大(在给定丰富度的条件下,景观最大可能的多样性指数为 1.6094),说明在所确定的塔里木河中下游湿地景观类型体系的情况下,各类湿地景观类型所占比例有一定的差异,多样性比较低(图 2a)。3 个时期的景观多样性指数增大说明各类景观类型所占比例差异减小,景观多样性增大。从优

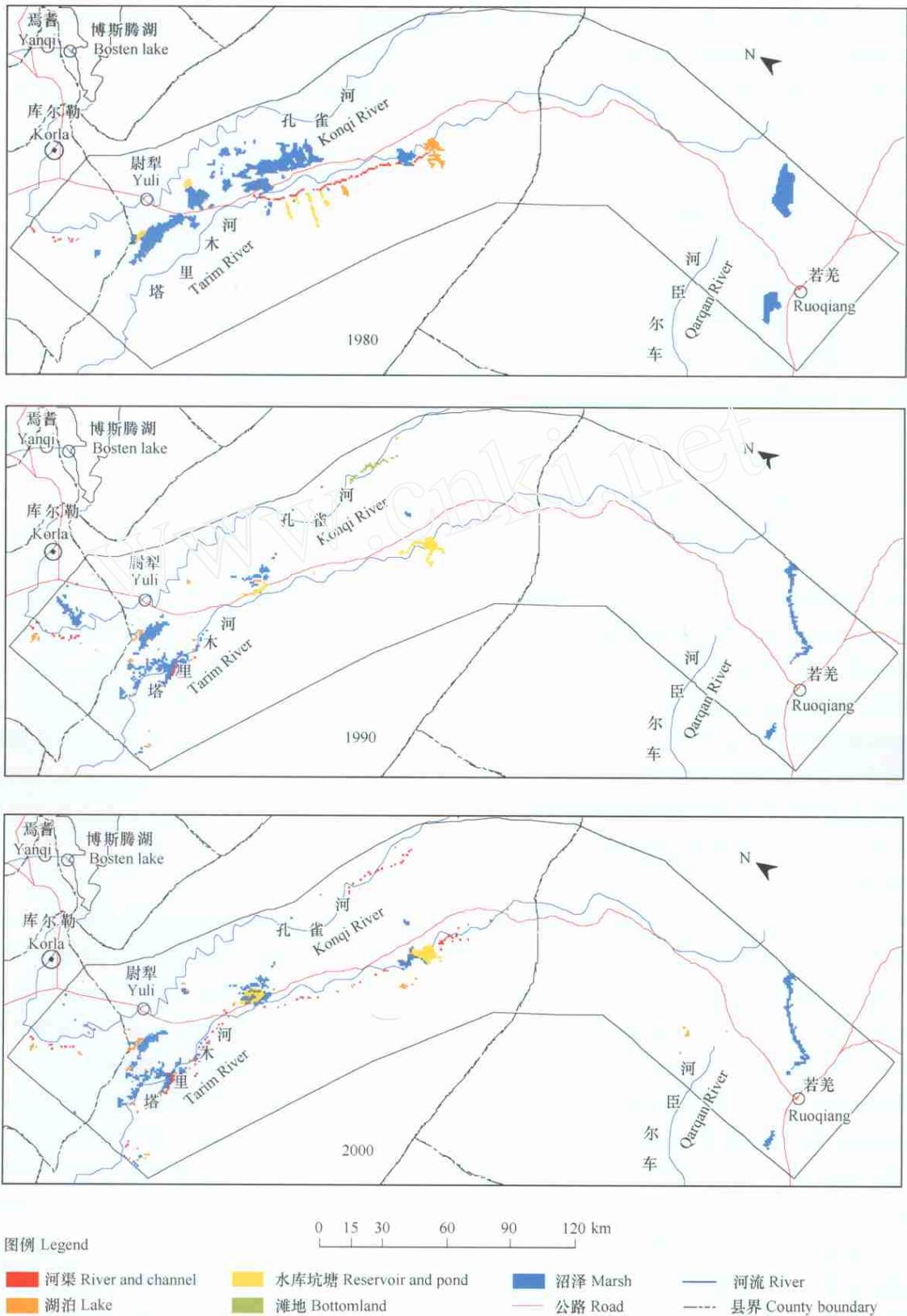


图 1 不同时期塔里木河中下游湿地分布

Fig. 1 The distribution of the wetlands in the middle and lower reaches of the Tarim River in different years

势度指数的意义来看,优势度指数越高,其类型和比例差异越大,区域景观为某一种或几种类型所控制^[4]。1980、1990、2000年塔里木河中下游湿地的优势度指数分别为0.7523、0.6667、0.5549,优势度指数较高,说明塔里木河中下游湿地有占优势的景观类型,其中沼泽地面积所占比例较大,在整个湿地区域占支配地位,与其他各湿地类型所占比例相差很大。1980~2000年湿地景观的优势度指数降低,说明塔里木河中下游湿地各景观类型间所占比例的差异减小,景观结构趋于均匀。

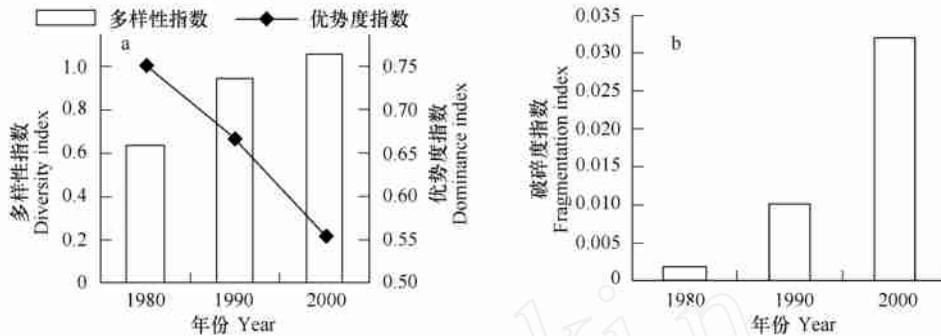


图2 不同时期塔里木河中下游湿地景观多样性指数、优势度指数(a)和景观破碎度指数(b)

Fig. 2 The diversity indices, dominance indices (a) and fragmentation indices (b) of the wetland landscapes in different years

3.1.2 湿地景观破碎化分析 1980、1990、2000年的破碎度指数分别为0.0018、0.0103、0.0321(图2b),说明塔里木河中下游湿地景观破碎化程度较低,景观整体比较完整。3个时段破碎度指数增加,反映了塔里木河中下游湿地的景观破碎化程度在加大。湿地景观当中各个湿地类型的破碎度指数也较低。在同一时期,湖泊和水库坑塘湿地的破碎度指数较低,这是因为湖泊和水库坑塘相对集中,景观相对完整和规则。随着农业发展和绿洲面积的不断扩大,需要修建大量的人工渠道以满足灌溉的需要,造成原有的自然河道被分散成许多人工河渠,致使河渠廊道的平均面积减小,数量增多,呈现出较高的破碎化程度。在不同时段,除水库坑塘湿地破碎度指数呈先增加后减小的趋势外,其他景观类型均呈现出破碎度指数增大的趋势。说明在自然因素和人类活动的影响下除水库坑塘湿地外,其他各类湿地的景观破碎化程度逐年增大。

3.2 湿地景观斑块动态分析

一个地区景观格局的变化可以通过斑块的变化来表现^[5]。1980~2000年,塔里木河中下游河流廊道各类湿地面积发生较大的变化,各种斑块的面积、数量和斑块密度都有不同程度的增减(表2)。从斑块的面积变化来看,1980~2000年,河渠廊道和水库坑塘斑块面积增大,而湖泊、滩地和沼泽斑块面积不断减小,其中沼泽斑块面积减小幅度最大。从斑块的平均面积来看,水库坑塘的平均斑块面积在增大,而其他湿地类型的平均斑块面积都大幅度的减小,其中湖泊的平均斑块面积减小最为突出。各类型湿地斑块面积的变化与塔里木河下游来水量的减少以及人类活动有密切的关系。湿地景观斑块数量变化除水库坑塘斑块数量先增加后减小外,其他湿地类型的斑块数量均呈不同程度的增加,整个地区湿地景观斑块总数从1980年49块增加到2000年的504块,增加10.13倍,其中河渠廊道数目增加最大,增长了44.63倍。斑块密度的变化趋势与斑块数量的变化趋势一致。

干旱区湿地稳定性较差,特别是塔里木河中下游,生态系统呈不完整性,湿地随来水量的变化而剧烈变化。根据哈拉水文站资料可知,20世纪50年代以来,干流区上游引水过多,下游来水量急剧下降(图3)。下游来水量的减少造成湖泊、滩地和沼泽湿地的水源得不到补给,在强烈蒸发的条件下,使得湖泊、滩地和沼泽等湿地水位降低,引起湿地萎缩,只有零星分布在地势低洼且积水较多的地方,从而使原来大面积的湿地被分割成许多较小的斑块,这是湖泊、滩地和沼泽湿地斑块面积和斑块平均面积减小,而斑块数量增加的主要原因。

表 2 不同时期塔里木河中下游各类湿地景观动态

Table 2 Changes of the wetland landscapes in the middle and lower reaches of the Tarim River in different years

湿地类型 Wetland type	年份 Year	面积 (10 ⁴ hm ²) Area	占比例 (%) Percentage	平均面积 (10 ⁴ hm ²) Mean patch area	数目 (块) Patch number	斑块密度 (块/hm ²) Patch density	斑块形状指数 Shape index
河渠湿地 River and channel	1980	0.50	4.68	0.063	8	0.0002	3.4232
	1990	0.23	3.99	0.016	15	0.0004	2.9631
	2000	0.76	12.00	0.002	365	0.0106	1.8125
湖泊湿地 Lake	1980	0.61	6.14	0.331	2	0.0001	2.6148
	1990	0.43	7.40	0.008	54	0.0016	1.6719
	2000	0.45	7.05	0.008	56	0.0016	1.6802
水库坑塘湿地 Reservoir and pond	1980	0.64	5.91	0.106	6	0.0002	2.0546
	1990	0.81	13.82	0.054	15	0.0004	1.6747
	2000	1.04	16.38	0.149	7	0.0002	1.9161
沼泽湿地 Marsh	1980	8.98	83.28	0.272	33	0.001	1.5836
	1990	4.19	71.62	0.063	66	0.0019	2.1406
	2000	4.06	63.97	0.053	76	0.0022	2.1585
滩地 Bottomland	1990	0.19	18.5675	0.186	1	0	5.3179
	2000	0.04	3.83	0.005	7	0.0002	1.7714

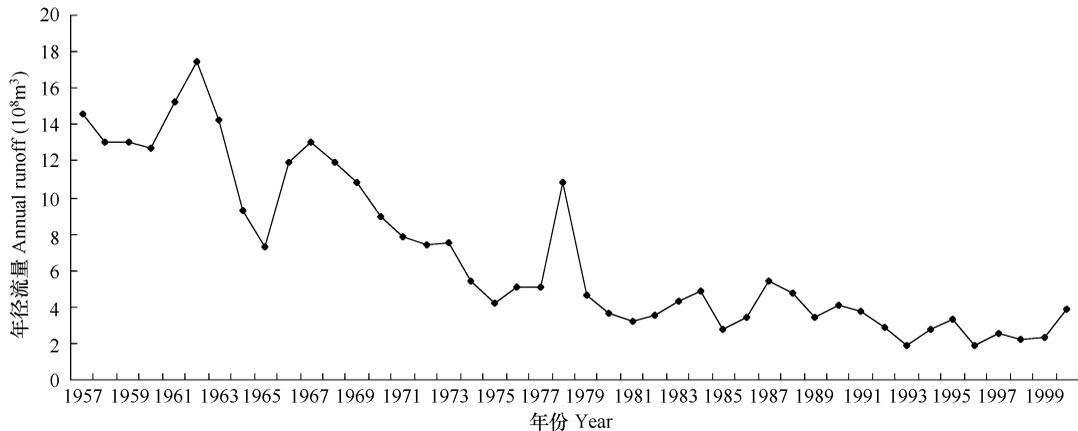


图 3 塔里木河中下游恰拉段年径流量变化

Fig. 3 The change of annual runoff in the middle and lower reaches of the Tarim River

另一方面,人为因素的影响也是该地区湿地面积变化的重要因子。在 20 世纪 80 年代,在水资源开发规模较小的情况下,河渠数量不多,从自然河道引水能够满足灌溉要求,但随着农业发展,人工绿洲面积的扩大,单纯依靠从自然河道引水已不能满足需要,就必须修建更多的人工河渠和水库对径流进行调节,以保证农业生产的正常进行,因此原有河道被分散成许多人工河渠,使得河渠廊道数量急剧增大,由 1980 年的 8 条增加到 2000 年的 365 条,大量的人工河渠造成沼泽和滩地的大量分割,是其斑块数量增加的重要原因。水库的修建,使原有小水库和坑塘连接起来,且越来越集中连片,从而使其斑块类型的面积和平均面积增加,斑块数量减小,斑块更加集中,景观结构趋向于稳定。同时人工水库的修建阻止了河水泛洪时的面流,因而造成沼泽和滩地等湿地区域的地下水埋深降低,致使湿地水源补充不足,导致湿地萎缩分割。

3.3 单一景观要素的变化

单一景观要素格局是由各种大小不一、形状参差的斑块有机地结合起来而形成,其格局反映了景观要素

的自身特征、景观本底的空间变化、景观要素间的相互关系,以及各种生态因子对格局的影响。本文分别从河渠、湖泊、沼泽以及水库坑塘的变化来分析湿地各景观类型的空间格局变化。

3.3.1 河渠湿地景观格局动态 由表 2 可以看出,塔里木河中下游河渠湿地面积在总体上呈先减小后增加的趋势,廊道数量和密度持续增加,斑块的平均面积和平均斑块形状指数呈持续减小的趋势。由此可见,塔里木河中下游河渠湿地的破碎化程度呈上升趋势,景观趋于分散,斑块形状逐渐趋于规则且与正方形相差变小。结合 Arcgis 软件和质心计算公式,计算出 3 个时期河渠湿地的分布质心坐标分别为(40.91°N、86.80°E)、(41.25°N、85.97°E)、(40.97°N、86.78°E)(图 4a)。整体上从 1980~2000 年河渠湿地向西北即上游方向偏移了 6.97km。

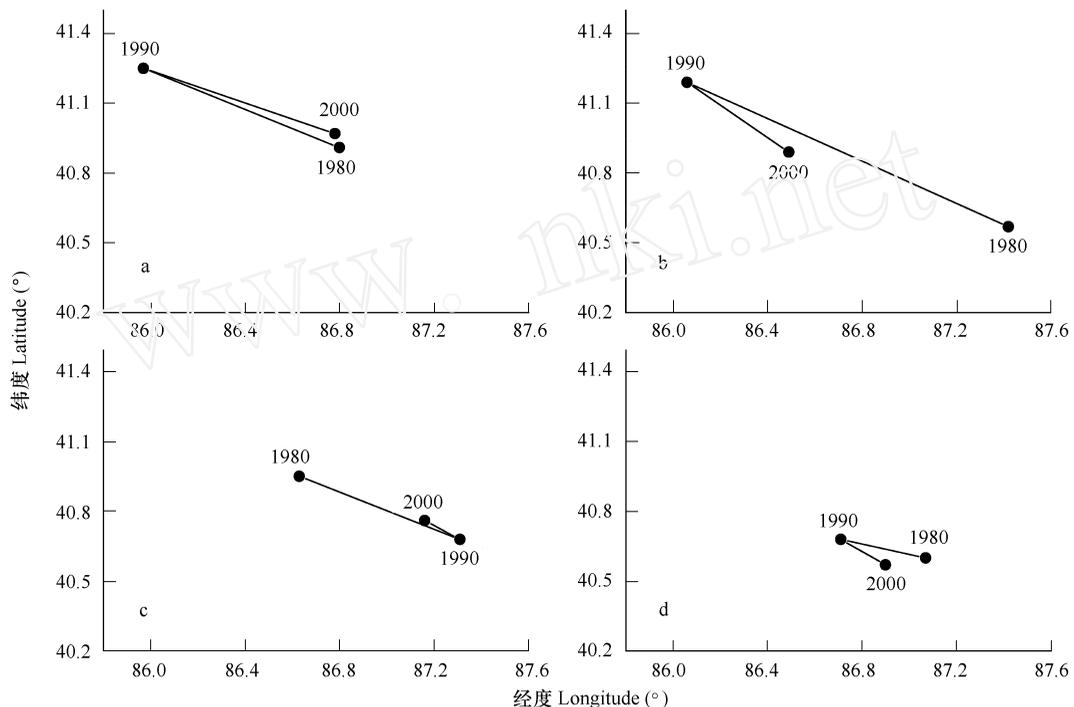


图 4 塔里木河中下游各类湿地空间位置动态(1980~2000 年)

Fig. 4 The changes of the special locations of the wetlands in the middle and lower reaches of the Tarim River (1980~2000)

3.3.2 湖泊湿地景观格局动态 1980、1990、2000 年塔里木河中下游湖泊湿地面积与河渠湿地相一致,在总体上呈先减小后增加的趋势,而斑块数量和斑块密度呈持续增加的趋势,斑块平均面积呈持续减小的趋势。由此可见,塔里木河中下游湖泊湿地的破碎化程度也呈增加的趋势,景观趋于分散。1980~1990 年塔里木河中下游湖泊湿地的平均斑块形状指数呈减小的趋势,且逐渐趋近于 1,说明斑块形状逐渐趋于规则且与正方形相差变小。1990~2000 年随着湖泊湿地面积的增加,平均斑块形状指数又略有增加,斑块形状趋于复杂,但程度较低(表 2)。3 个时期湖泊湿地的分布质心坐标分别为(40.57°N、87.42°E)、(41.19°N、86.06°E)、(40.89°N、86.49°E)(图 4b)。整体上从 1980~2000 年湖泊湿地向西北方向即上游方向偏移了 85.34km。

3.3.3 水库坑、塘湿地景观格局动态 1980、1990、2000 年塔里木河中下游水库坑塘湿地面积呈持续增加的趋势,斑块数量和斑块密度呈先增加后减小的趋势,而斑块的平均面积和平均斑块形状指数呈先增加后减小的趋势(表 2)。由此可见,塔里木河中下游水库坑塘湿地的破碎化程度呈先增加后减小的趋势,斑块的形状变化复杂,说明人类活动对水库坑塘湿地的干扰程度较大。3 个时期水库坑塘湿地的分布质心坐标分别为(40.95°N、86.63°E)、(40.68°N、87.31°E)、(40.76°N、87.16°E)(图 4c)。整体上从 1980~2000 年水库坑塘湿地向东南方向即下游方向偏移了 48.93km。

3.3.4 沼泽湿地景观格局动态 1980、1990、2000 年塔里木河中下游沼泽湿地面积和斑块的平均面积呈持续减小的趋势,而斑块数量、斑块密度和平均斑块形状指数呈持续增加的趋势,且 1980~1990 年沼泽的变化尤为明显(表 2)。由此可见,塔里木河中下游沼泽湿地的破碎化程度呈持续增加的趋势,同时斑块形状逐渐趋于复杂且与正方形相差变大。3 个时期沼泽湿地的分布质心坐标分别为(40.60 N、87.07 E)、(40.68 N、86.71 E)、(40.57 N、86.90 E)(图 4d)。整体上从 1980~2000 年沼泽湿地向西北方向即上游方向偏移了 14.56k m。

河渠湿地质心向上游方向移动说明河渠湿地在人类活动的影响下逐渐向上游方向扩展。湖泊和沼泽湿地斑块质心向上游移动,中下游来水量减小以及人工河渠和水库的修建,致使下游湖泊和沼泽湿地逐渐萎缩和分割,斑块的相对位置向上游方向移动。水库坑塘斑块质心向下游移动说明水库坑塘湿地在人类活动的影响下逐渐向下游方向扩展。

4 结论

塔里木河中下游地区是西北干旱区典型河流湿地的分布区域,也是人类活动干扰较强烈的区域,20 世纪 50 年代以来,由于人类的垦殖、耕种和对水资源的不合理利用,改变了塔里木河中下游湿地的原有景观面貌和分布格局。应用景观空间格局的定量指标研究塔里木河中下游湿地景观格局变化的结论如下:

(1) 1980~1990 年塔里木河中下游湿地的分布面积呈显著下降趋势。期间湿地面积减少了 45.74%,斑块数量增加了 3.08 倍,斑块密度增加了 5.2 倍。1990~2000 年湿地面积又有所增加,且斑块数目和斑块密度呈现持续增加的趋势。

(2) 塔里木河中下游湿地空间结构以大斑块为主体,基本呈聚集型分散状分布。湿地景观构成主要为沼泽、河渠、湖泊、滩地和水库坑塘景观,其中以沼泽景观比例最大,在整个湿地区域景观当中占支配地位。

(3) 单一景观要素分析中,1980~2000 年河渠景观和水库坑塘景观的面积呈增加的趋势,其余景观类型均呈减小的趋势。水库坑塘景观的分布质心在 3 个时段中呈现先向下游后向上游移动的趋势,而其他湿地景观类型的分布质心均呈现先向上游移动,后向下游移动的趋势。从斑块的形状来看,沼泽斑块的形状趋于复杂,而其他湿地类型的斑块呈现出逐渐趋于规则的趋势。

(4) 随着人类活动干扰强度的加重,景观多样性增加,优势度降低,破碎度增加。沼泽景观所占比例逐渐降低,河渠景观和水库坑塘景观所占比例逐渐增加,表明人类对湿地景观的管理程度的加强。

(5) 塔里木河中下游湿地的多样性呈增加的趋势,说明各景观类型所占比例的差异减小,景观趋于均匀。随着面积的减小和斑块数量的增加,湿地景观的破碎化程度越来越大。

(6) 在自然因素和人类活动的影响下,塔里木河下游来水量减少致使湿地水源得不到补给,导致塔里木河中下游湿地面积和斑块平均面积在总体上呈减小的趋势,破碎化程度加大。2000 年湿地面积比 1990 年有所增加,是由于 20 世纪 90 年代末和本世纪初国家对塔里木河进行生态输水,使得湿地面积又有所回升。

References:

- [1] Liu H Y, Lu X G, Zhang S K. Progress on the study of process of wetland landscape changes and cumulative environmental effects. *Progress In Geography*, 2003, 22(1): 60~70.
- [2] Chambers R M, Meyerson L A, Saltonstall K. Expansion of *Phragmites australis* intertidal wetland of North America. *Aquatic Botany*, 1999, 64: 261~273.
- [3] Liu H Y, Lu X G, Liu Z Q, et al. Study on wetland resources and regional sustainable development in Liaohe Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(6): 545~551.
- [4] Wang A H, Zhang S Q, Zhang B. A study on the change of spatial pattern of wetland in the Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 237~243.
- [5] Ding S Y, Liang G F. Landscape pattern change of regional river in Henan Province in the wetland along the Yellow last two decades. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 653~661.
- [6] Laura R Musacchio. Landscape ecological Harming process for wetland, waterfowl, and farmland conservation. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 56: 12~17.
- [7] Chen Y N, Li W H, Chen Y P, et al. Response of *Tamarix* spp and *Phragmites communis* to Ecological Water Conveyance in the Lower Reaches of the Tarim River, Xinjiang. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(5): 595~601.

- [8] Xu Y Q, Xu M. Landscape ecological quality evaluation of the typical region in the lower reaches of Tarim River. *Arid Land Geography*, 2004, 27(2) :193 ~ 198.
- [9] Zhou H R. Prospect on multifunctional landscapes of marshes in arid areas. *Arid Land Geography*, 2005, 28(1) :16 ~ 20.
- [10] Cowardin L M, *et al.* Classification of wetland and deepwater habitats of United states, U. S. Fish and wildlife Service pub. FWS/OBS-79/31, Washington, D. C. 1979, 103.
- [11] Liu H T. Definition and classification of wetlands. *Chinese Journal of Ecology*, 1995, 14(4) :73 ~ 77.
- [12] Tang X P, Huang G L. Study on classification system for wetland types in China. *Forest Research*, 2003, 16(5) :531 ~ 539.
- [13] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* Theory and Application of Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2001.
- [14] Wu J G. Landscape Ecology: Patten, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000.

参考文献:

- [1] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 湿地景观变化过程与累计环境效应研究进展. *地理科学进展*, 2003, 22(1) :60 ~ 70.
- [3] 刘红玉, 吕宪国, 刘振乾, 等. 辽河三角洲湿地资源与区域持续发展. *地理科学*, 2000, 20(6) :545 ~ 551.
- [4] 汪爱华, 张树清, 张柏. 三江平原沼泽湿地景观空间格局变化. *生态学报*, 2003, 23(2) :237 ~ 243.
- [5] 丁圣彦, 梁国付. 近 20 年来河南沿黄湿地景观格局演化. *地理学报*, 2004, 59(5) :653 ~ 661.
- [7] 陈亚宁, 李卫红, 陈亚鹏, 等. 新疆塔里木河下游怪柳、芦苇对生态输水的响应. *冰川冻土*, 2004, 26(5) :595 ~ 601.
- [8] 许英勤, 徐曼. 塔里木河下游垦区绿洲景观格局变化分析. *干旱区地理*, 2004, 27(2) :193 ~ 198.
- [9] 周华荣. 干旱区湿地多功能景观研究的意义与前景分析. *干旱区地理*, 2005, 28(1) :16 ~ 20.
- [11] 刘厚田. 湿地的定义和类型划分. *生态学杂志*, 1995, 14(4) :73 ~ 77.
- [12] 唐小平, 黄桂林. 中国湿地分类系统的研究. *林业科学研究*, 2003, 16(5) :531 ~ 539.
- [13] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001.
- [14] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 99 ~ 119.