

RS 及 GIS 支持下的塔里木河下游应急输水前后景观格局动态变化分析

黄青 王让会 吴世新

(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)

摘要: 本文首先对塔里木河下游七次应急输水所产生的环境效应进行了初步分析, 然后在RS、GIS及景观格局分析软件的支持下, 对塔河下游2000年的Landsat TM影像及2005年的CBERS遥感影像进行了处理, 分析了输水前后景观格局动态变化特征。景观格局变化的总体情况是: 林地、水域、耕地和建筑用地景观面积增加, 增加幅度最大的是林地, 5年间增加了23.03%。水域景观变化仅次于林地, 增加了16.04%。草地, 沙地及戈壁盐碱地的面积在减少, 其中草地和耕地对林地增加的贡献较大, 达到了6.46%和4.79%。2005年的多样性指数、均匀度指数、分维数及总破碎度增加, 而优势度指数降低。结果显示七次应急输水对塔河下游生态环境及景观格局变化产生了较大影响, 而RS及GIS是宏观景观格局动态变化分析的重要手段。

关键词: RS; GIS; 生态输水; 景观格局; 塔里木河下游

0 引言

景观格局分析是研究景观结构组成特征及其空间配置关系。格局分析的目的是从看似无序的景观斑块镶嵌中, 发现潜在的有意义的规律性, 确定产生和控制空间格局的因子和机制^[1-3]。景观格局是研究景观功能和生态过程的基础, 一直是景观生态学家所关注的焦点^[4-6]。在干旱绿洲区, 生态系统的景观空间格局及其功能随水土资源开发程度而变化, 不受区域水土资源开发影响的绿洲生态系统几乎不存在。从2000年5月至今, 博斯腾湖已先后七次向塔里木河下游应急生态输水, 输水工程对下游生态系统的生态格局、生态过程产生了较大影响。许多学者就生态输水后塔里木河下游地下水埋深变化、地下水水盐动态变化、两岸天然植被的变化以及沙漠化逆转等方面做了大量研究^[7-11]。但从宏观的角度上探讨景观格局动态变化的研究还较少。本文在RS、GIS及景观格局分析软件的支持下, 分析了输水的生态环境效应及输水前后景观格局时空动态变化, 可为干旱区内陆河流域水资源有限的条件下, 如何调整人类活动, 从而合理调控景观及水文过程提供依据。

1 应急输水的生态环境效应

塔里木河是中国最大的内陆河, 其干流卡拉至台特玛湖下游河段, 主河道长约428km, 由于河道两侧原来植被良好, 故称为“绿色走廊”。多年来, 由于源流汇入干流量明显减少, 干流不合理开发, 上、中游用水量急剧增加, 进入干流下游的水量由20世纪60年代的12.4亿 m^3 减少到20世纪90年代的2.7亿 m^3 , 致使干流下游大西海子以下358km河道长期断流, 塔里木河尾间台特玛湖自1972年后长期干涸达30年之久^[8]。干流下游地下水位持续下降, 胡杨及怪柳灌木成片死亡, 大片土地被流沙覆盖, 具有战略意义的绿色走廊濒临毁灭。

2000年5月开始至今, 博斯腾湖已先后七次向塔里木河下游应急输水, 断流30多年的下游“绿色走廊”开始恢复。七次输水工程对下游生态环境的恢复起到了巨大的作用。通过

七次应急输水,恢复了大西海子水库以下全程 357.56km(加上老塔河为 501.40km)的河道水流,五次将水输送到台特玛湖,形成了一定的湖面,结束了河湖干涸 30 多年的历史。

对历次输水产生的环境效应已取得了一些研究成果^[7-11]。第一次输水使塔河下游大西海子水库以下 100 余 km 河道周边地域地下水位有所回升,单侧地下水影响宽度 400—500m,整个影响范围达 80-100km²,对缓解下游植被的衰败速度起到了一定的作用。第二次输水的水头到达大西海子水库以下 215.6km,河道过水后其周边地下水位最高回升 4.5m 以上,单侧方向地下水受影响最大宽度超过 500m,整个影响面积超过 200 km²。第三次输水的水头到达塔里木河尾间—台特玛湖,并形成 10 余 km² 的湖面,使断流 30 年的塔里木河下游河道恢复了通水,输水河道一侧 500-800m 范围内地下水平均回升 3m,最高回升 5m,河道两侧大约 600-800km² 范围内的胡杨受益。第四次输水后,在台特玛湖形成 28.4km² 水面,下游沿河地下水位有明显回升,地下水位最高抬升 5-7m,影响范围达 800km²,使下游生态环境劣变的情况得到了扼制。第五次应急输水首次打通了老塔里木河河道,实现了其文阔尔河和老塔里木河双河道输水,全年共向大西海子水库以下输水 6.23 亿 m³,加上车尔臣河水的汇入,在台特玛湖区最大形成了约 200 余 km² 的湖面,创近百年来历史记录,下游沿河水质明显改善,矿化度呈现下降趋势,地下水位有明显回升,河道两侧约 800km² 的胡杨等植被生存条件大为改善。第六次应急输水后从大西海子水库至台特玛湖沿河附近的水位埋深均小于 4m,其分布范围已从输水前的 5km² 增加到 20km²,4-6m 和 6-8 m 埋深的分布范围,也由输水前的 129km² 和 183km² 分别增加到 261km² 和 330km²。第七次输水后英苏断面的老塔里木河水面宽度已达 15m,河道两岸地下水位进一步回升,原本贫瘠的荒漠现已长满了茂密的红柳和植被。在离河 300m 范围,地下水埋深 < 5m 区域,两岸荒漠植被的种类有了明显的增加,且胡杨、柽柳等乔灌木植被重新恢复了开花结实的生殖能力,并存在沿河横向范围的开花时间梯度,表明植被生态系统已重新趋于活跃。

2 输水的景观格局变化分析

2.1 数据来源及预处理

研究所用资料为 2000 年 Landsat TM 影像和 2005 年 CBERS 影像,塔里木河下游 1:100000 地形图及其矢量化数据,研究区统计资料及野外考察资料和实地景观照片。根据 1:100000 地形图,结合地面实地考察,利用遥感图像处理软件 ERDAS 及 ARC/INFO 软件,对两期遥感影像进行图像预处理,完成大气辐射校正、几何精校正及边界裁定、配准处理、图像增强等处理工作,应用计算机分类和人工分类相结合的方法来分析遥感图像,并用 ARCVIEW 软件对所获取的矢量图进行统计归类分析。

2.2 景观类型的划分

根据研究区的特点,并参照有关学者在干旱区绿洲研究中的土地利用分类系统,将塔里木河下游分成 7 种主要景观类型。这 7 种类型分别为:1、耕地景观,主要是旱地农田;2、林地景观,包括河岸林、灌木林、疏林地及各类园地;3、草地景观,包括覆盖度大于 5% 的各类天然草地、改良草地和割草地;4、水域景观,包括河渠、湖泊、水库、坑塘、沼泽、滩地等;5、建筑用地景观,指城乡居民点及其以外的工矿企业用地、共用设施用地及交通用地等;6、沙地景观,指地表以沙为主,植被覆盖度小于 5% 的土地;7、戈壁、裸土、裸岩石砾景观,主要包括戈壁、盐碱地、裸土地、裸岩石砾地等,研究范围共计 4095.66km²。

2.3 景观格局指标及计算方法

景观空间格局可通过文字、图表及景观格局指数进行描述,而通过景观格局指数描述景观空间格局具有使数据获得一定统计性质和比较、分析不同尺度上的格局等优点。通过计算一

些景观格局指数，不但可以比较不同景观之间结构特征上的差异，而且也可以用来定量地描述和监测景观空间结构随时间的变化。

2.4 计算结果与分析

2.4.1 景观类型面积变化分析

借助地面实地调查资料，解译遥感影像，提取、分析研究区2000年到2005年景观类型变化情况。见图1及表1、表2。

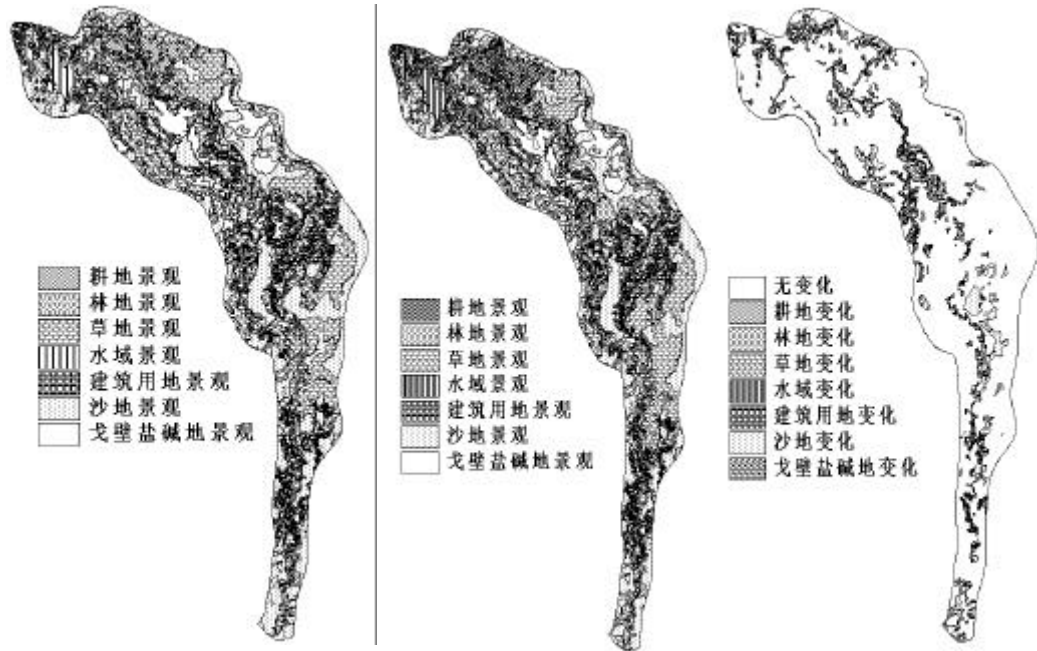


图1 塔里木河下游生态输水前后景观格局变化

表1 塔里木河下游 2000-2005 年景观类型面积变化

景观类型	2000 年			2005 年			2000-2005 年变化率
	斑块 数(n)	面积 (km ²)	比例 (%)	斑块 数(n)	面积 (km ²)	比例 (%)	
耕地景观	21	140.97	3.44	30	158.85	3.88	12.68
林地景观	565	430.77	10.52	609	529.96	12.94	23.03
草地景观	79	1699.41	41.49	156	1647.28	40.22	-3.07
水域景观	19	120.29	2.94	33	139.58	3.41	16.04
建筑用地景观	35	11.18	0.27	35	12.47	0.30	11.54
沙地景观	123	1234.34	30.14	135	1199.77	29.29	-2.8
戈壁盐碱地景观	181	458.70	11.20	201	407.76	9.96	-11.11

变化率 = $(A_{2005} - A_{2000}) / A_{2000} \times 100\%$ ，式中 A 为景观类型面积，下标代表年份，负号表示面积减少

表2 塔里木河下游 2000-2005 年各景观类型转移矩阵 (%)

类型	1	2	3	4	5	6	7	合计
1	93.16	4.79	0.80	0.09	0.67	0.49	0.00	100.00
2	0.00	96.90	1.70	1.38	0.00	0.01	0.00	100.00
3	1.02	6.46	86.47	0.74	0.01	4.53	0.78	100.00

4	0.33	2.30	4.99	92.31	0.00	0.07	0.00	100.00
5	0.06	0.05	0.02	0.13	99.75	0.00	0.00	100.00
6	0.06	0.40	9.24	0.38	0.00	89.68	0.23	100.00
7	0.27	0.69	10.87	0.05	0.00	2.96	85.15	100.00

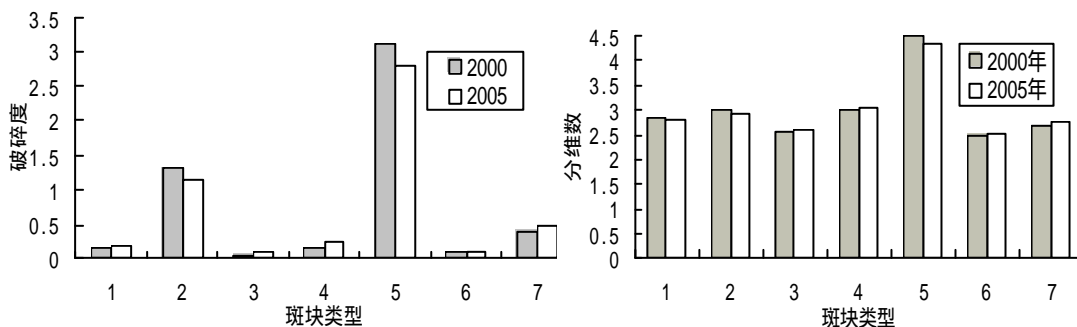
从图 1 和表 1、表 2 可以看出输水前后塔里木河下游各景观类型面积的变化情况。输水前草地，特别是低覆盖度的草地分布面积最广，占到了土地总面积的 41.49%。其次是沙地和戈壁盐碱地，分别占到了土地总面积的 30.14%和 11.20%。林地和耕地的面积分别占到了 10.52%和 3.44%。包括居民点在内的建筑用地面积最少，只占到了总面积的 0.27%，水域面积占了 2.94%。到 2005 年，变化最明显的是林地，所占的百分比由 10.52%增加到 12.94%，超过了戈壁盐碱地的 9.96%，增加幅度在所有景观类型中是最大的，达到了 23.03%，草地、耕地及部分水域对林地的增加贡献较大。水域景观变化仅次于林地，由占总体景观的 2.94%增加到 3.41%，增加幅度高达 16.04%。耕地增加也比较明显，有 140.97km²增加到了 158.85km²，增加了 12.68%，反映了开荒、经济发展及人口增加的趋势。2005 年占总面积最大的仍是草地，但比例有所下降，由 1699.41km²减少到了 1647.28km²，减少了 3.07%，其中 6.46%和 4.53%分别转化成了林地和沙地，有水影响的地方，低覆盖度草地向高覆盖度、中覆盖度草地转化及草地向林地转化明显，但缺水的地方，草地的沙化亦存在。沙地景观面积从 1234.34km²减少到 1199.77km²，减少了 2.8%，在所有景观变化中是最小的，其中 9.24%转化成了林地，特别是疏林地。从表 2 可以看出，建筑用地转化率最小，99.75%未发生变化，其次是林地和耕地，分别有 96.9%和 93.16%未发生变化，转化率最大的是戈壁盐碱地，有 14.85%变成了其它景观，草地虽然有 86.47%没有变成其它类型的景观，但是草地景观内部高、中、地草地变化还是比较明显的。由于自然驱动因子常在较大的时空尺度上作用于景观格局变化，人为作用下的生态输水对景观格局变化起主要作用。

2.4.2 景观指数变化分析

计算了整个景观的多样性指数、优势度指数、均匀度指数、分维数、总破碎度及各景观类型的破碎度和分维数，结果见表 3。

表 3 塔里木河下游 2000-2005 年景观格局指数变化

年份	多样性 (H)	优势度 (D)	均匀度 (E)	分维数 (F)	总破碎度 (FN)
2000	1.44	0.50	0.74	2.52	0.25
2005	1.59	0.35	0.82	2.54	0.29



2005 年的多样性指数、均匀度指数和分维数大于 2000 年，表明景观的异质性程度提高，说明生态输水后景观类型所占比例差异在减少，林地面积和水域面积的增加一定程度上反映了区域景观的变化趋势。2005 年的优势度指数降低，表明基质的成分减少，说明一个或少数几个景观类型支配景观的能力在降低。水域和居民点、建筑用地增加，可见人为作用下的生态输水作用非常明显。景观的总体破碎度虽然增加，但是林地的破碎度却由 2000 年的 1.31 减少到 2005 年的 1.14，变化幅度仅次于建筑用地，特别是下游的中游部分，大片的灌木林

地和疏林地已由原来的孤立分割状态连成片。水域的破碎度增加,输水形成的坑塘和沼泽面积明显增加。多数斑块的分维数变化都不大,水域的分维数由 2.98 变化到 3.07,建筑用地景观的分维数由 4.48 减少到 4.34,表明水域和建筑用地的形状变化幅度大于其余景观类型。

3 结论与讨论

(1) 连续五年的七次应急输水对塔河下游的生态恢复作用显著。除了从各个监测断面的地下水埋深、土壤水分变化及植被生长发育等方面进行输水的生态环境效应研究以外,遥感作为一种多时相,快捷、及时的数据获取方式在宏观的景观动态变化分析中发挥了重要的作用,是分析景观格局变化的重要工具;(2) 从图像解译和分类的结果来看,生态输水对下游景观格局变化影响较大。2000年到2005年景观格局变化的总体情况是:林地、水域、耕地和建筑用地面积增加,增加幅度最大的是林地,5年间增加了23.03%。草地,沙地及戈壁盐碱地的面积在减少,从转移矩阵可以看出,草地和耕地对林地增加的贡献较大。另外一个明显的现象是有水影响的地方,低覆盖度草地向高覆盖度、中覆盖度草地转化及草地向林地转化明显,但缺水的地方,草地的沙化亦存在,下游的中游部分,大片的灌木林地和疏林地已由原来的孤立分割状态连成片。2005年的多样性指数、均匀度指数、分维数及总破碎度增加,而优势度指数降低。景观格局指数变化亦表明,景观的异质性程度提高,景观类型所占比例差异在减少,同时基质的成分减少说明一个或少数几个景观类型支配景观的能力在降低;(3) 虽然输水的生态环境效应明显,但同时应该认识到,只靠输水来恢复塔河下游生态并不是长久之计,恢复下游绿色走廊最根本途径是科学管理水资源,实施有效节水措施。

参考文献

- [1] 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,2000,11-13.
- [2] Farina A. Principles and methods in landscape ecology[M].Landon: Chapman and Hall.1998.
- [3] Zhang S Q,Zhang J Y,Fang La, et al. Vector analysis theory on landscape pattern (VATLP) [J]. Ecological Modelling, 2006,193:492-502.
- [4] Jerry A G. The role of landscape pattern analysis in understanding concepts of land cover change[J]. Journal of Geographical Sciences,2004, 14(1):3-17.
- [5] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of Landscape pattern[J]. Landscape Ecology. 1988,1:153-162.
- [6] Li X Z, He H S, Bu R C, et al. The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns[J]. Pattern Recognition, 2005,38:2626-2638.
- [7] 徐海量,陈亚宁,雷加强.塔里木河下游生态输水对沙漠化逆转的影响[J].中国沙漠,2004, 24(2):173-176 .
- [8] <http://www.tahe.gov.cn/index.asp>.
- [9] 丛振涛,周海鹰,雷志栋,等.塔里木河下游输水过程的分析与模拟[J].水科学进展, 2003, 14(3): 276-279.
- [10] 杨鹏年,董新光,吾买尔江.塔里木河下游第五次应急输水后地下水恢复量的计算[J].自然资源学报, 2005,20(1):1-6.
- [11] 陈永金,陈亚宁,李卫红,等.塔里木河下游地下水化学特征对生态输水的响应[J].地理学报, 2005,60(2):309-318