

三门峡水库回水变动区土地利用/土地覆被变化及其景观格局分析

李景玉^{1,2}, 杨胜天³, 徐宗学^{4*}, 李发鹏⁴

(1. 国土资源部土地利用重点实验室, 北京 100035; 2. 中国土地勘测规划院总工办, 北京 100035; 3. 北京师范大学地理与遥感科学学院, 北京 100875; 4. 北京师范大学水科学研究院, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要: 该文针对三门峡水库回水变动区水位变动情况, 借助 RS、GIS 技术对潼关以下库区 1987~2002 年间典型年的汛期和非汛期土地利用/土地覆被变化情况进行了分析; 并基于景观生态学理论和方法, 对研究区生态系统景观格局随水位变动的变化情况进行了分析。其结果表明: 研究区内河流与耕地面积在汛期和非汛期均呈减小趋势, 而裸地的面积却逐渐增大, 林地面积不论是在汛期还是在非汛期, 其波动都不大。季节性淹水区内各生态系统除砾石滩地面积略有增加外, 其他类型的面积均有所减少, 受水位变动的影响较大; 台地和阶地区内耕地面积有所减少, 但草地和裸地面积有大幅度的增加, 表明在水位变动的影响下草地分布的高程有所升高; 其他生态系统类型受水位变动的影响不大。景观格局分析表明: 研究区景观多样性、景观均匀度均呈下降趋势, 生态系统正朝单一性、不均匀化的方向发展; 景观破碎度略有增加; 相对优势度也有一定的增加, 研究区受阶地上各生态系统类型的支配程度正在增强。

关键词: 土地利用/土地覆被变化; 景观格局; 水位变动; 三门峡水库; 回水变动区

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)3-0061-08

李景玉, 杨胜天, 徐宗学, 等. 三门峡水库回水变动区土地利用/土地覆被变化及其景观格局分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 61-68.

Li Jingyu, Yang Shengtian, Xu Zongxue, et al. Change of land use/land cover and landscape pattern in the backwater variation area of the Sanmenxia reservoir[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 61-68. (in Chinese with English abstract)

0 引言

土地是水利工程设施的载体, 水利工程一旦建成, 就与土地组成了不可分割的整体, 从而提高了土地的集约化水平。黄河三门峡水利枢纽是新中国成立以后黄河干流上修建的第一座综合利用的大型水利工程。工程建成后, 由于泥沙淤积, 水库先后进行了两次改建, 自 1973 年 12 月改为目前“蓄清排浑”的运行方式^[1]。在三门峡水库改为“蓄清排浑”运用的 30 多年中, 区域生态环境状况、土地利用/土地覆被以及河流水文情势等都发生了一系列的变化, 在库区建立了新的生态平衡。目前, 三门峡库区已经成为河南、山西两省沿黄地区重要的水源地, 同时对库区及库周土壤环境、生物多样性等起着至关重要的作用^[2]。如果盲目改变三门峡水库的运

用方式, 将会对现有生态平衡带来较大影响, 可能会造成新的危害。因此, 深入分析三门峡库区的水位变动对库区生态环境和社会经济的影响非常重要。

本文在外业查勘、调查研究的基础上, 充分利用现有资料, 采用卫星遥感等先进的技术手段和方法, 对水库不同蓄水位代表性年份汛期与非汛期的土地利用/土地覆被变化和生态系统分布状况进行了深入研究, 从景观格局角度分析了不同运行水位下各土地利用类型的变化, 预测了水库不同运用方案对生态环境可能产生的影响。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

三门峡位于中纬度内陆地区, 属暖温带大陆性季风气候, 春季干燥降水少, 夏季炎热降水猛, 旱涝不均变化多, 秋季阴雨气温凉, 常有霜冻与寒潮, 冬季干冷雨雪稀, 晴日较多。三门峡市气象台多年年平均气温为 13.8℃。多年平均日照时数为 2293 h。多年平均年降水量为 573.5 mm, 降水量年际变化很大, 年内分布不均, 7~9 月的降水量最为集中, 一般约占全年降水量的 48%。三门峡水库所处的黄土高原东南部, 黄土塬和黄土丘陵分布广、面积大, 土壤保水能力低, 易旱, 因而干

收稿日期: 2006-04-21 修订日期: 2006-08-04

基金项目: 北京师范大学“京师学者”特聘教授启动经费

作者简介: 李景玉(1962-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为土地利用与规划, 水土资源合理配置, 农用地分等定级估价等。北京 国土资源部土地利用重点实验室, 100035。Email: lijingyu@mail.cslpi.org.cn

*通讯作者: 徐宗学(1962-), 男, 北京师范大学水科学研究院“京师学者”特聘教授, 博士生导师, 主要从事水文水资源方面的研究。北京 北京师范大学水科学研究院, 100875。Email: zxxu@bnu.edu.cn

旱缺水成为长期困扰着周围地区农业生产和城镇居民生活用水的问题。三门峡水库蓄水形成的水位,是库周围工农业的生命线^[3]。三门峡库区潼关以下到大坝涉及河南省三门峡两区两县(湖滨区、西站区、陕县、灵宝)、山西省两县(平陆、芮城),经过四十余年的水库运用,已初步形成依托水库的工农业生产格局和生态环境链^[4]。

目前,三门峡水库按“蓄清排浑”运行方式,在汛期按 305 m 控制运行,库区恢复自然的河道状态,非汛期防凌最高水位 324 m,回水长度近 100 km。在 30 多年间三门峡坝址至潼关区域的生态环境、土地利用/土地覆被及河流水文情势等都发生了较明显的变化^[5-6],非

汛期水位也有一定的变动(见表 1)。本文即在详细分析三门峡坝址至潼关区域内汛期与非汛期土地利用/土地覆被变化的基础上,结合相关景观格局指标,着重分析水库不同运用方式下非汛期水位变动对回水变动区土地利用/土地覆被、生态系统变化的影响。

表 1 三门峡库区非汛期平均水位变化

Table 1 Changes of average water level in the Sanmenxia reservoir during non-flood season m

	1987年	1994年	1995年	2002年
水库汛期控制水位	305	305	305	305
潼关以下非汛期平均水位	322.10	321.34	320.15	319.04

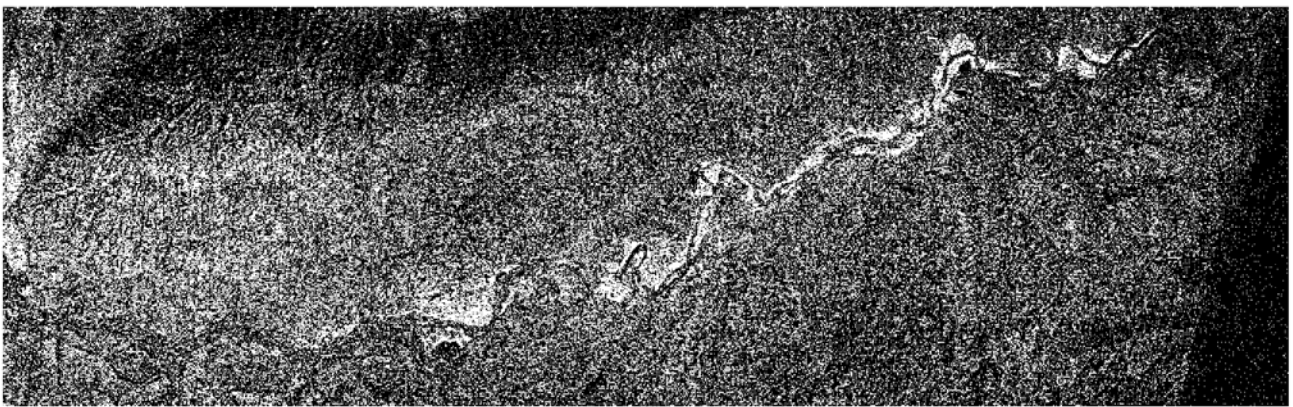


图 1 黄河潼关以下三门峡库区图(2002年8月31日 TM 遥感影像, RGB: 743)

Fig. 1 Sanmenxia reservoir area map at downstream of Tongguan in the Yellow River (Landsat TM remote sensing image in August 31, 2002, RGB: 743)

1.2 研究方法

本文所采用的遥感影像对比研究区域为三门峡大坝以下几百米至潼关以上区域,东西直线距离约 185 km,南北宽 20~30 km;南起秦岭,北至小北干流(图 1)。本文选取 1987 年 4 月 8 日、8 月 30 日,1994 年 4 月 27 日、8 月 1 日,1995 年 4 月 30 日、9 月 21 日的 Landsat 5 TM 影像(轨道号 126/36)和 2002 年 5 月 11 日、8 月 31 日的 Landsat 7 TM 影像(轨道号 126/36),分汛期和非汛期两个时段对三门峡库区土地利用/土地覆被状况进行判读解译,编绘了不同时段汛期、非汛期的土地利用图;在土地利用图的基础上,通过掩膜、波段运算和镶嵌等操作,得到研究区生态系统图;从景观生态学角度,分析研究区相关景观格局指标的变动情况。

2 土地利用/土地覆被变化分析

根据三门峡库区土地利用及遥感影像数据,将研究区划分为 10 种土地利用类型:河流、城镇、耕地、草地、灌丛草地、裸地、湖泊坑塘、林地、砂质滩地、砾石滩地;生态系统类型划分为 7 个大类、17 个小类:河流、城镇、

坑塘、林地、季节性淹水区(耕地、砂质草地、土质草地、砾石滩地、砂质滩地和裸地)、阶地(耕地、草地、裸地和砂质滩地)和台地(耕地、草地和裸地)。利用 Arc Info/ArcView GIS 地理信息系统软件得到三门峡库区各土地利用类型和生态系统类型的变化情况(如图 2、表 2、表 3)。

由表 2 和图 2 可以看出,研究区的土地利用类型主要有耕地、林地、灌丛草地、裸地、河流、城镇等。1987 年~2002 年,汛期与非汛期的河流面积都逐渐减小,1987 年 7、8 月份河流面积为 102.9 km²,到了 2002 年减小为 74.9 km²,占评价区域总面积的比例由 3.02% 减小至 2.20%,4、5 月份也有同样的趋势,河流面积占评价区域面积的比例由 7.24% 减至 4.19%。耕地面积亦逐渐减小,在汛期,面积由 1987 年的 1653.6 km² 减小至 2002 年的 981.6 km²,减小了将近一半,占评价区域总面积的比例由 1987 年的 48.54% 减小至 2002 年的 28.81%;在非汛期,也呈现出相同的变化趋势,面积由 1987 年的 1588.9 km² 减小至 2002 年的 879.9 km²。裸地的面积逐渐增大,4 年的裸地面积在汛期分别为

345.4、418.6、576.8、749.7 km², 占评价区总面积的比例分别为 10.14%、11.64%、18.18%、22.00%; 非汛期也呈增大的趋势, 面积由 1987 年的 370.9 km² 增大到

2002 年的 590.9 km²。1987 年~ 2002 年, 林地面积不论是汛期还是非汛期, 其波动都不大, 汛期占总面积的比例基本维持在 17.40% 左右, 而在非汛期约占 20.10%。

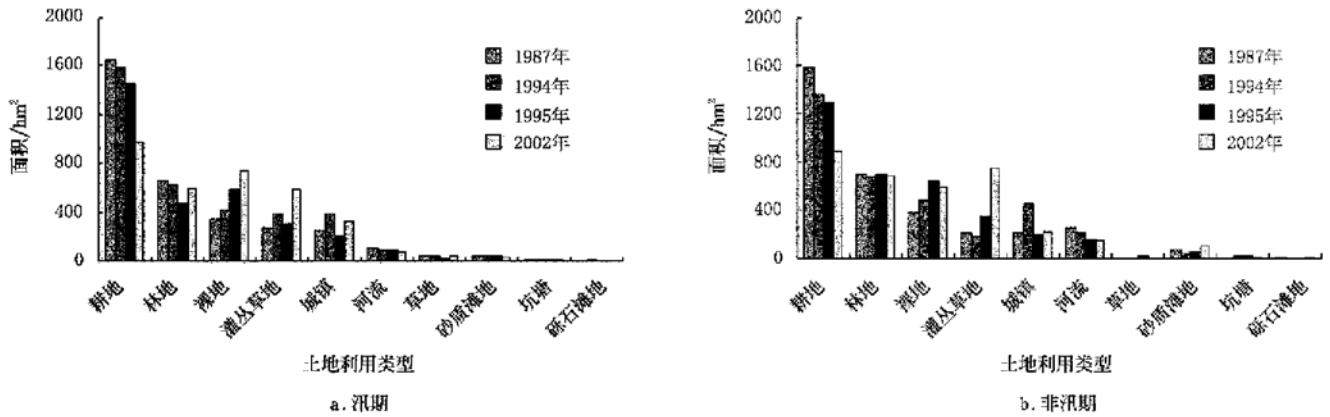


图 2 三门峡库区各土地利用类型面积

Fig. 2 Area of land use types in the Sanmenxia reservoir

表 2 三门峡库区土地利用/土地覆被变化

Table 2 Changes of land use in the Sanmenxia reservoir

												%
	年份	耕地	林地	裸地	灌丛草地	城镇	河流	草地	砂质滩地	坑塘	砾石滩地	
汛期	1987	48.54	19.57	10.14	7.90	7.45	3.02	1.51	1.44	0.35	0.08	
	1994	44.28	17.36	11.64	10.53	10.57	2.60	1.23	1.21	0.32	0.25	
	1995	45.72	14.76	18.18	9.48	6.51	2.76	0.73	1.61	0.20	0.06	
	2002	28.81	17.40	22.00	17.23	9.54	2.20	1.37	1.13	0.22	0.10	
非汛期	1987	46.64	20.26	10.89	6.05	6.22	7.24	0.07	2.09	0.15	0.39	
	1994	40.12	19.83	14.02	5.18	13.00	6.05	0.00	0.96	0.81	0.04	
	1995	37.88	20.38	18.89	9.99	5.84	4.34	0.72	1.28	0.61	0.08	
	2002	25.83	20.03	17.34	22.12	6.60	4.19	0.06	3.20	0.41	0.23	

表 3 三门峡库区生态系统结构及其变化

Table 3 Eco-system structure and changes in the Sanmenxia reservoir

生态系统类型	1987 年		1994 年		1995 年		2002 年		1987~ 2002 年 面积变化 /km ²	
	面积 /km ²	占研究区总 面积比例/%	面积 /km ²	占研究区总 面积比例/%	面积 /km ²	占研究区总 面积比例/%	面积 /km ²	占研究区总 面积比例/%		
河流	89.92	2.64	92.85	2.58	77.06	2.26	70.16	2.06	- 0.58	
城镇	227.21	6.67	446.05	12.37	239.69	7.04	231.60	6.80	0.13	
坑塘	10.15	0.30	220.19	6.11	14.23	0.42	9.35	0.27	- 0.03	
林地	690.18	20.26	674.74	18.72	693.58	20.36	676.74	19.86	- 0.40	
季节性 淹水	耕地	26.00	0.76	29.18	0.81	7.45	0.22	4.36	0.13	- 0.63
	砂质草地	43.28	1.27	14.36	0.40	17.24	0.51	15.72	0.46	- 0.81
	土质草地	46.69	1.37	36.8	1.02	19.37	0.57	37.86	1.11	- 0.26
	砾石滩地	0.88	0.03	5.93	0.16	0.30	0.01	1.83	0.05	0.02
	砂质滩地	26.54	0.78	28.41	0.79	22.95	0.67	17.20	0.50	- 0.28
	裸地	6.27	0.18	3.3	0.09	5.56	0.16	1.46	0.04	- 0.14
阶地	耕地	425.90	12.5	430.47	11.94	392.06	11.51	379.65	11.14	- 1.36
	草地	45.45	1.33	60.39	1.68	131.95	3.87	173.57	5.09	3.76
	裸地	47.93	1.41	50.61	1.40	77.49	2.27	108.19	3.18	1.77
	砂质滩地	67.74	1.99	19.1	0.53	40.81	1.20	49.30	1.45	- 0.54
台地	耕地	1159.77	34.04	933.34	25.89	881.31	25.87	490.88	14.41	- 19.63
	草地	164.93	4.84	115.85	3.21	231.67	6.80	579.97	17.02	12.18
	裸地	328.18	9.63	443.38	12.3	554.31	16.27	559.12	16.41	6.78

根据表3可知,1987~2002年间,季节性淹水区内的各生态系统类型中,仅有砾石滩地略有增加趋势,从1987年的0.88 km²增加至2002年的1.83 km²,耕地、砂质草地、土质草地、砂质滩地和裸地的面积均有不同程度的减少,减少面积占评价区总面积的比例分别为-0.63%、-0.81%、-0.26%、-0.28%和-0.14%。这表明季节性淹水区受水位变动的影 响较大,特别是淹水区内的砂质草地和耕地受到的影响最大,进而影响到研究区内农牧业的发展。台地上耕地面积大幅度减少,由1987年的1159.77 km²减少至2002年的490.88 km²,而草地、裸地面积有较大的增加,增加面积占评价区总面积的比例分别为12.18%、6.78%,草地面积增加的幅度大于裸地。阶地上耕地和砂质滩地面积出现了减少,减少面积占评价区总面积的比例分别为-1.36%和-0.54%,但草地和裸地面积都有所增加,增加面积占评价区总面积的比例分别为3.76%和1.77%。

河流的面积呈减小的趋势,4年的面积分别为89.92、82.85、77.06、70.16 km²,减少面积占区域总面积的比例为-0.58%。耕地方面,季节性淹水耕地、阶地耕地和台地耕地面积均有所减少,在1987~2002年间减少面积占评价区域总面积的比例分别为-0.63%、-1.36%和-19.63%,表明耕地受库水位变动的影 响较大。草地方面,季节性淹水内的草地有大幅度的减少,台地和阶地区内的草地出现了较大幅度的增加,表明受该区水位变动的影 响草地分布的高程有所升高。其他生态系统类型的变化不是很明显,即随水位的变动它们受

到的影响不是很大。

3 土地利用景观格局变化分析

景观格局是指不同大小和形状的景观斑块在空间上的排列状况,是景观异质性的重要表现,反映各种生态过程在不同尺度上的作用结果^[7,8]。土地利用景观格局及其变化是自然与人为因素相互作用所产生的一定区域生态环境体系的综合反映,既是各种干扰因素相互作用的结果,又影响着该区域的生态过程和边缘效应^[9]。区域土地景观格局的研究,是揭示该区域土地利用/土地覆被以及生态状况和空间变异特征的有效手段^[10]。遥感技术能快速获取周期性土地利用数据,结合GIS部分功能,可以有效地模拟土地利用景观格局的空间变化,且模拟结果比较可信^[11]。

3.1 景观格局指标的选取

对于景观格局及其变化,一般从两方面进行分析:一是各类型斑块在景观中的数量分配,即景观的结构及其变化,包括各类型斑块的个数、面积以及由它们所构成的景观整体数量特征如多样性、优势度等;二是构成景观的各类型斑块的空间形态和分布特征,即景观的空间格局及其变化,一般采用分维数、分离度等指标进行度量^[10]。在实际工作中,往往同时采用多种指数来描述景观格局的数量和空间特征^[12-14]。本文根据研究区特点和研究需要,筛选了部分较为成熟、应用较为广泛的景观格局度量指标^[9,15,16],其公式及其生态意义见表4。

表4 主要景观格局指数计算公式及其生态学意义

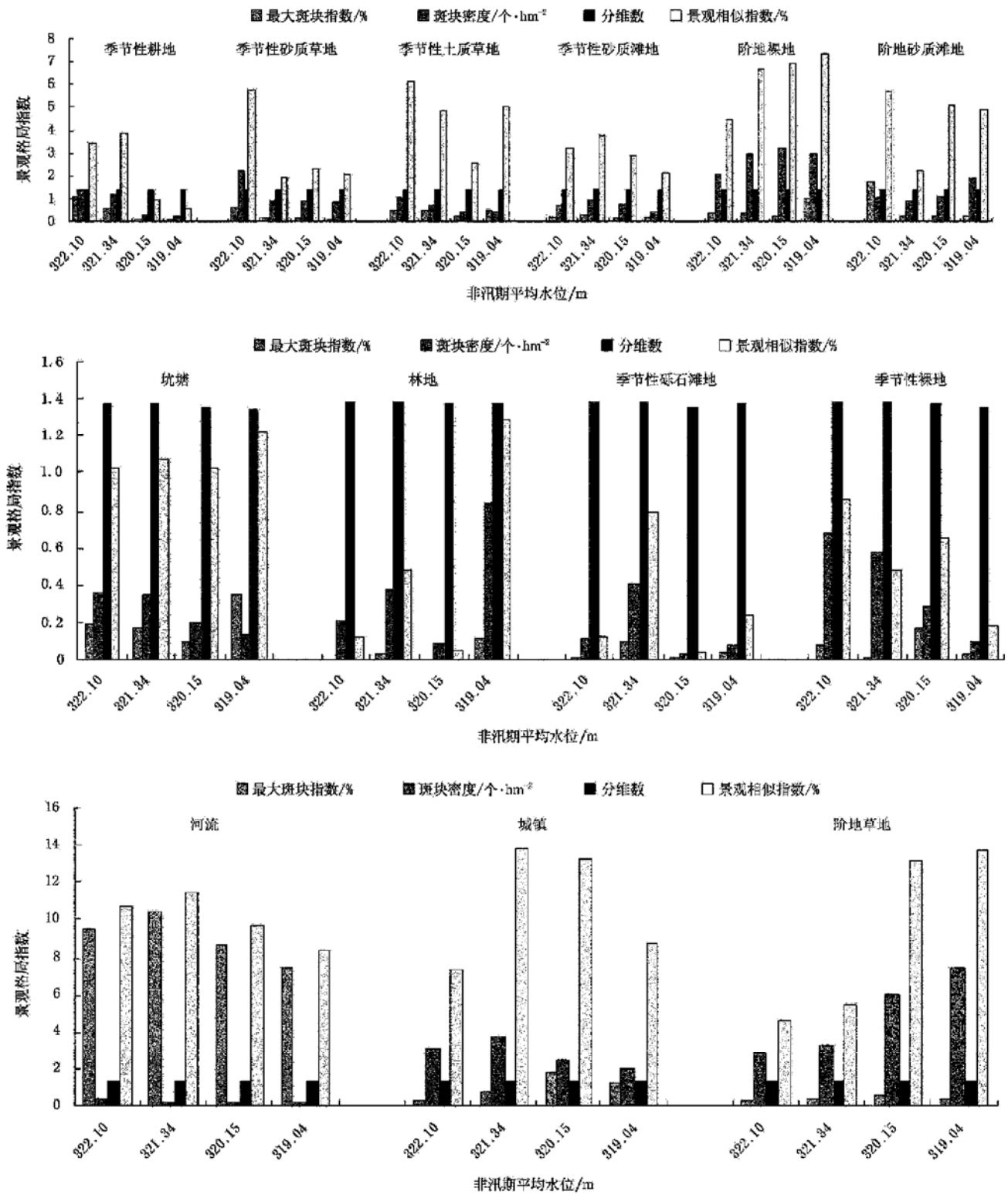
Table 4 Landscape pattern indices and their ecological meaning

景观指数	计算公式	解释说明
最大斑块指数	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A}$	LPI——显示最大斑块对整个类型或者景观的影响程度,%,范围:0 < LPI ≤ 100; A——总面积; a _{ij} ——i景观j斑块的面积; n——斑块个数
景观相似指数	$LSIM = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A}$	LSIM——度量单一类型与景观整体的相似性程度,%,范围:0 < LSIM ≤ 100
分维数	$FRAC T = 2 \ln P_{ij} / \ln a_{ij}$	FRAC T——对斑块边缘复杂性的度量,与人类的干扰活动密切相关,范围:1 ≤ FRAC T ≤ 2; P _{ij} ——斑块周长
斑块密度	$PD = n_i / A$	PD——描述景观破碎度的指标,个/hm ² ,范围:PD > 0; n _i ——斑块数量
Shannon多样性指数	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$	SHDI——反映景观类型功能的多少和各景观类型所占比例的变化,范围:SHDI ≥ 0; P _i ——生态系统类型i在景观中的面积比例
Shannon均匀度	$SHEI = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) / \ln m$	SHEI——描述景观中各组分的分配均匀程度,范围:0 ≤ SHEI ≤ 1; m——斑块个数
优势度指数	$RD = 100 - \left[- \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) / \ln(T) \right] \times 100$	RD——景观多样性对最大多样性之间的偏差,%; T——景观中生态系统的类型总数
破碎度指数	$F = \sum_{i=1}^m (n_i / A)$	F——描述景观的破碎化,值越大则景观越为破碎化,与自然保护紧密相关

3.2 结果分析

本文选取生态系统图中台地以下部分, 借助 GIS

技术以及景观格局分析软件 Fragstats3.3 对各景观格局指标进行计算, 结果如图 3 所示。



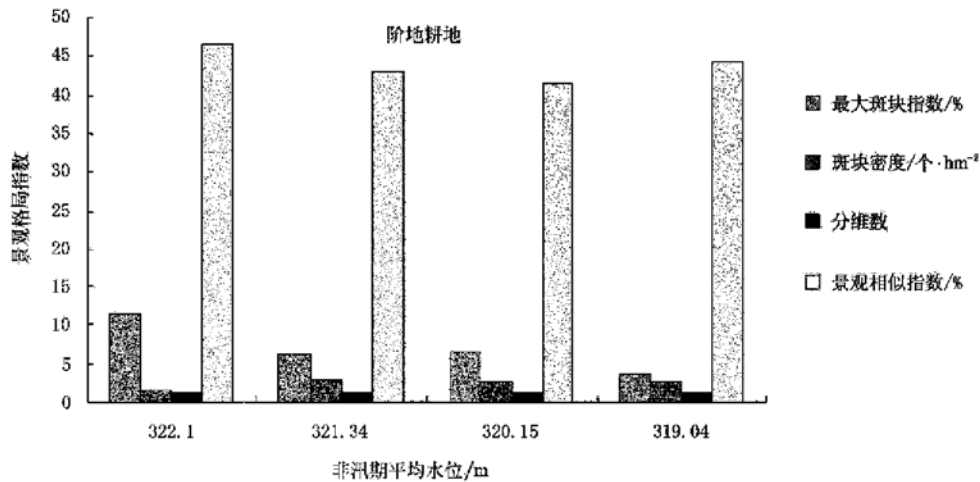


图3 研究区土地利用景观格局指数变化

Fig. 3 Changes of land use landscape pattern indices in study area

土地利用景观格局分析表明:随着非汛期水位的变化,河流各指标发生的变化较大,其最大斑块指数均呈现减少趋势,由1987年的9.6%变为2002年的7.5%,分维数略有减少,这主要是由非汛期水位下降造成的,同时也体现了河道边缘的几何形状趋于简单化;由于受人为活动的影响较大,城镇各景观指标没有呈现明显的变化趋势;坑塘的各景观指标值变化较大,景观相似指数由1987年的1.0%上升为2002年的1.2%,而斑块密度和分维数呈现下降趋势,分别由0.36个/hm²下降为0.14个/hm²、1.37%下降为1.35%,这可能与非汛期水位下降造成的地下水位降低而使部分河流区域转变为坑塘有关;林地生态系统各景观指标起落较大,没有明显的规律,说明林地受水位变化的影响不大,主要是与其自身的生长特性有关。

季节性淹水区所包括的6种生态系统类型中,季节性淹水耕地随着水位降低,景观变化较为明显,其景观相似指数、最大斑块指数和斑块密度都呈现下降趋势,景观相似指数由1987年的3.46%减少为2002年的0.58%,最大斑块指数由1987年的1.12%减少为2002年的0.11%,斑块面积由1987年的1.38个/hm²减少为2002年的0.28个/hm²;季节性淹水砂质草地的各个景观指标的变化大体上与季节性淹水耕地相同,其景观相似指数、最大斑块指数和斑块密度都呈现下降趋势;季节性淹水土质草地的景观指标随非汛期水位的变化不明显,只有斑块密度有一定的下降;季节性淹水砾石滩地各景观指标的变化波动性较大,基本不受非汛期水位变化的影响;而季节性淹水砂质滩地的主要景观指标呈现下降趋势,斑块密度由1987年的0.75个/hm²减少为2002年的0.42个/hm²,景观相似指数由1987年

的3.21%减少为2002年的2.13%;季节性淹水裸地的各景观指标亦基本上呈下降趋势,虽然景观相似指数和分维数在变化过程中出现一些波动,但总体上呈现下降趋势。

非汛期水位的降低,导致地下水位下降,对阶地上各生态系统产生了一定的影响。如图3所示,阶地耕地、草地和裸地的斑块密度有所增加,而分维数有所减少,均由1987年的1.38分别变为2002年的1.36、1.37、1.36,表明其边缘曲线化特征减弱;阶地草地和阶地裸地的景观相似指数呈现相似的变化趋势;阶地砂质滩地位于阶地的边缘,面积较小,且斑块分布较分散,景观变化趋势不明显。阶地上各生态系统景观的变化主要是由于非汛期水位下降,而汛期水位变动较小,非汛期/汛期水位落差减少,致使季节性淹水区的面积减少,从而阶地上大部分生态系统的面积有所增加,景观发生变化。

表5 非汛期平均水位与景观多样性结构

Table 5 Average water level in non-flood season and landscape diversity structure

年份	非汛期平均水位/m	Shannon多样性指数	Shannon均匀度指数	破碎度指数	相对优势度指数
1987	322.10	1.90	0.72	17.91	28.03
1994	321.34	1.92	0.73	19.41	27.37
1995	320.15	1.88	0.71	18.86	28.93
2002	319.04	1.87	0.71	20.27	29.02

从表5可知,随着非汛期水位的降低,三门峡库区的Shannon景观多样性指数呈现下降趋势,表明该研究区的生态系统正朝单一性方向发展;Shannon景观均匀度指数降低,景观均匀度呈现微弱的下降趋势,表明该研究区的生态系统正朝不均匀化的方向发展;破碎度指数略有增加,表明大面积的自然生境有所破坏,对当

地物种的生存会有一些影响;相对优势度也有一定的增加,相对优势度指数增加,可能是由于汛期/非汛期水位落差的减少,导致季节性淹水区域的面积不断减少,相应地使阶地上各生态系统类型的面积增加,从而研究区受阶地上各生态系统类型的支配程度增强。

4 结 论

通过对潼关以下三门峡库区各土地利用类型面积、斑块密度、最大斑块指数、形状指数及多样性指数、均匀度指数等景观格局指标的计算,可以看出潼关以下三门峡库区在1987年~2002年16年间,随着非汛期水位的降低和汛期/非汛期水位落差的减少,土地利用景观格局略有改变,各生态系统类型的斑块面积有不同程度的增减,斑块形状有不同程度的变化,概括得出以下几点结论:

1) 大部分土地利用类型的分维数都有所减少,河道的分维数变化最大,体现了河道边缘的几何形状趋于简单化;

2) 随着非汛期水位的下降,研究区的土地覆盖正朝单一性和不均匀化的方向发展;大面积的自然生境有所破坏;季节性淹水区域的面积不断减少,而阶地上各生态系统类型的面积增加,从而使研究区受阶地上各生态系统类型的支配程度增强。

以上通过对三门峡水库回水变动区土地利用及其景观格局的分析表明,水位的急速降低会对三门峡水库回水变动区的生态环境带来一定的不利影响,从而影响三门峡库区生态系统的健康状况。因此,为了三门峡库区自然和社会的可持续发展,应适当调整其水位,但目前不宜对三门峡库区的运行水位在短时间内做出较大的改变。

5 讨 论

本文从三门峡水库回水变动区水位变化出发,定量分析了水位变动对土地利用/土地覆被变化及景观格局变化的影响。由于三门峡库区地处人口相对稠密和工农业相对集中的地区,对库区、上中下游及河口的生态环境、经济社会发展所产生的有利和不利影响的因素多种多样,十分复杂。因此,为了保证三门峡库区生态环境的

健康发展,土地资源合理有序的开发利用,统筹考虑包括人文、社会经济在内的各种因素对土地利用/土地覆被变化及其景观格局的变化,是非常有必要的。

[参 考 文 献]

- [1] 黄河三门峡水利枢纽志编撰委员会编. 三门峡水利枢纽志[M]. 北京:中国大百科全书出版社, 1993.
- [2] 郭乔羽, 杨志峰. 三门峡水利枢纽工程生态影响后评价[J]. 环境科学学报, 2005, 25(5): 580- 585.
- [3] 刘红宾. 新时期三门峡水库的地位和功能[J]. 人民黄河, 2003, 25(12): 1- 2.
- [4] 季 利. 小浪底水库投运后三门峡水库运用方式的初步研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [5] 袁 峥. 三门峡水库蓄清排浑运行以来汛期运行水位对潼关高程的影响[J]. 水利与建筑工程学报, 2005, 3(3): 58- 60.
- [6] 程龙渊, 张松林, 马新明, 等. 三门峡水库蓄清排浑运用以来库区冲淤演变初步分析[J]. 泥沙研究, 2004, (4): 4- 14.
- [7] Petts G. Impounded Rivers. Perspectives of management [M]. Chichester: Wiley, 1984.
- [8] 张希彪. 泾河中上游流域土地利用格局变化与驱动因子分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 137- 152.
- [9] 许 慧, 王家骥. 景观生态学的理论与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 129- 209.
- [10] 李月臣, 宫 鹏, 陈 晋, 等. 中国北方13省土地利用景观格局变化分析(1989- 1999)[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 143- 146.
- [11] 杨国清, 吴志峰, 祝国瑞. 广州地区土地利用景观格局变化研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 218- 221.
- [12] 索安宁, 王兮之, 洪 军, 等. 基于遥感的泾河流域植被覆盖格局分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 191- 194.
- [13] 叶延琼, 陈国阶. GIS支持下的岷江上游流域景观格局分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 112- 115.
- [14] 郭笃发. 近代黄河三角洲段渤海海岸线缓冲带土地利用时空特征分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 53- 57.
- [15] 肖风劲, 欧阳华. 生态系统健康及其评价指标和方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 203- 209.
- [16] 张俊斌. 景观与水文变迁之生态指标及典型相关性研究[J]. 资源科学, 2006, 28(3): 151- 157.

Change of land use/land cover and landscape pattern in the backwater variation area of the Sanmenxia reservoir

Li Jingyu^{1,2}, Yang Shengtian³, Xu Zongxue^{4*}, Li Fapeng⁴

(1. Key Laboratory of Land Use, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China;

2. Office of Chief Engineer, China Institute of Land Surveying and Planning, Beijing 100035, China;

3. School of Geography and Remote Sensing, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

4. Key Laboratory for Water and Sediment Sciences, Ministry of Education, College of Water Sciences,

Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The variation of water level in the Sanmenxia reservoir has considerable influence on the local eco-environment, land use and streamflow regime. With the combination of remote sensing(RS) and geographic information system(GIS) techniques, the variation of land use/land cover at downstream of Tongguan in the Sanmenxia reservoir in both flood and non-flood seasons in typical years during 1987~ 2002 were analyzed. On the basis of landscape ecology theory, variation of landscape pattern with the change of water level was analyzed. Results show that area of both river and farmland decreases in both flood and non-flood seasons, but the area of bare land increases. The forest land area shows little variation in both flood and non-flood seasons. All the eco-system area in seasonal inundation area decreases except the area of gravel bottomland, which is significantly influenced by the variation of water level. Farmland area in terrace land decreases, but the area of both grassland and bare land increases considerably, which shows the ascending trend in the height of grassland distribution. The results of landscape pattern analysis show that landscape diversity and landscape equality exhibits declining trend and the ecosystem may become more singleness and heterogeneous. Landscape fragmentation shows increasing trend, relative dominance slightly increases, control strength shows increasing trend by ecosystems in terrace land.

Key words: land use/land cover change; landscape pattern; water level variation; Sanmenxia reservoir; backwater variation area