

# 天生桥一级水库蓄水前后库周土地覆盖变化研究

郑玲芳, 郝芳华, 杨胜天

(北京师范大学环境学院, 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875)

**摘要:** 采用天生桥一级水电站水库库周 1987 年和 2002 年两景 TM 遥感影像, 进行建库前后土地覆盖变化分析, 绘制出相应的土地利用图。通过 FRAGSTATS 方法, 对 7 个有代表性的景观空间结构与异质性的定量指标进行计算, 研究了该区域景观生态结构与景观格局变化。研究结果表明, 天生桥一级水电站的建设对周围的土地覆盖影响不大, 建库前分布最广的灌丛面积从 1987 年的 33% 减少至 2002 年的 20%, 而草地由 1987 年的 3% 增至 2002 年的 39%, 成为建库后覆盖面积最广的土地利用类型。但在 1987~2002 年的 15 年间, 景观空间格局呈破碎化, 多样化发展, 说明水电站的建设对景观格局产生了一定影响。

**关键词:** 天生桥一级水电站水库; 土地覆盖; 土地利用; 景观格局

中图分类号: X176 TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)02-0080-03

## RS-based Analysis of Land Cover Change in the Region Surrounding Tianshengqiao No. 1 Hydropower Reservoir Before and After Its Construction

ZHENG Ling-fang HAO Fang-hua YANG Sheng-tian

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control

School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875 China)

**Abstract** According to 1987 and 2002 TM images of the surrounding region of Tianshengqiao No. 1 hydropower reservoir in upper reaches of the Hongshuihe River, land cover change between before and after its construction was analyzed and two land use maps were made respectively. FRAGSTATS calculation method was used to analyze seven representative quantitative indices of the landscape spatial structure and heterogeneity. Result showed that land cover in the region surrounding Tianshengqiao No. 1 hydropower was moderately influenced by the construction. The shrub cover decreased from 33% to 20%, and grasslands increased from 3% to 39% over the study period. The change in land cover from shrub-dominated to grass-dominated implies certain degree of land degradation, which needs to be monitored. The analysis of landscape spatial structure and landscape heterogeneity showed that in the past 15 years landscape spatial pattern in the region has tended to become fragmented and diversified, which indicated that the construction of the hydropower may have had other important effects on landscape pattern.

**Key words** Tianshengqiao No. 1 hydropower reservoir; land cover; land use; landscape pattern

天生桥一级水电站位于云南、贵州、广西三省(区)交界处, 是红水河水电梯级开发的第一级。电站距昆明直线距离为 250 km, 距贵阳 240 km, 距南宁 440 km, 坝址左岸为贵州安龙县, 右岸为广西隆林县。1991 年 4 月开工到 2000 年底工程全部竣工的 10 年里, 工程建设对库周的土地覆盖产生了一定影响。

传统的土地利用调查大多通过野外实地踏勘, 不仅费时费力, 精度还难以保证, 而遥感技术的不断发展, 使土地覆盖、土地利用的研究更高效、更精确。目前, 已有很多学者运用遥感技术进行土地利用调查和土地覆被动态监测, F. F.

Sabins JR<sup>[1]</sup>指出了遥感技术对解译土地利用的适宜性; 曾志远<sup>[2]</sup>利用 TM、MSS 和 SPOT 图象解译出了三峡地区的 1:50 000 的土地利用图; 卢金发、崔书红等<sup>[3]</sup>借助航卫片对金衢盆地与土地退化有关的土地利用类型进行了研究; 李道峰、郝芳华等<sup>[4]</sup>选取黄河小浪底水库库周两期 TM 影像进行土地覆被变化分析, 绘制出蓄水前后的土地利用图, 并研究了空间景观结构。

本文旨在通过对陆地卫星遥感影像的解译, 分析天生桥一级水电站的建设对土地覆盖的影响, 从而为生态环境保护提供科学依据。

① 收稿日期: 2004-05-18

作者简介: 郑玲芳(1980-), 女, 浙江宁波人, 硕士, 主要从事水资源与水环境和遥感、GIS 应用研究。

1 研究区概况

研究区域以天生桥一级水电站为中心,北至贵州省兴义市,南至广西隆林县,南北直线距离约 42 km,西至云南省师宗县,东至贵州省安龙县,东西向直线距离约 66 km,总面积为 2 520 km<sup>2</sup>。本区域属于亚热带季风气候,温暖湿润,多年

平均气温 20.3℃,多年平均降水量 1 200~ 1 400 mm;地势西北高,东南低,为低山宽谷地貌;土壤以砂页岩发育的红壤、黄红壤和黄壤为主,植被类型以针叶林、灌木丛和草坡居多。区域内水土流失较为严重,土壤侵蚀模数在 2 000~ 3 000 t/(km<sup>2</sup>·a)之间。



图 1 天生桥一级水电站水库蓄水前土地利用类型图 (1987年)

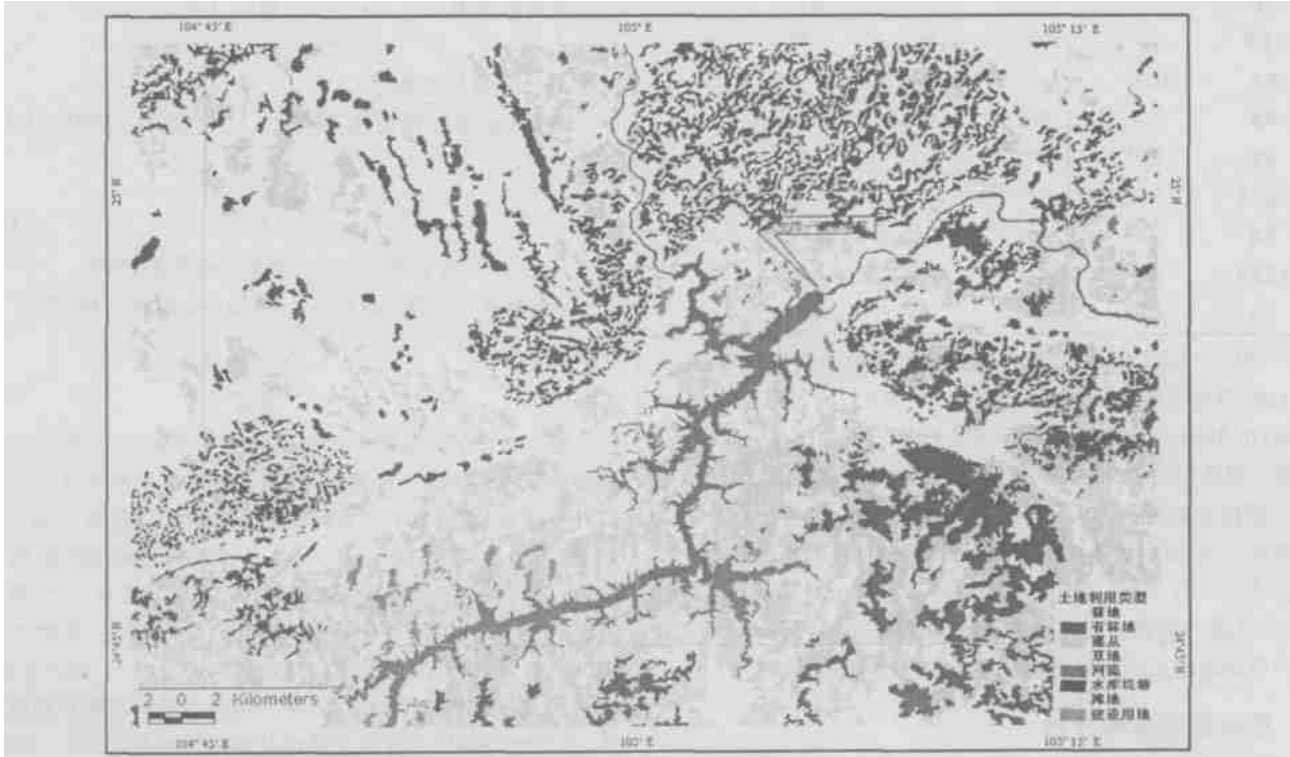


图 2 天生桥一级水电站水库蓄水后土地利用类型图 (2002年)

2 数据的采集与处理

本文采用 1987年 3月 21日的 1景 Landsat- 5TM 影像,来说明天生桥一级水库蓄水前库周的景观状况,采用 2002年 4月 7日的 1景 Landsat- 7TM 影像,来说明天生桥一级水库蓄水后库周景观的状况。TM 数字栅格影像的空间分辨率为 30 m× 30 m。

两期遥感影像通过图像拉伸,假彩色合成,几何校正,去噪处理后,用遥感图像处理软件 ENVI对上述两期 TM 影像数据进行监督分类后,再用 Arc/Info ArcView GIS等地理信息系统软件及图像处理软件 Photoshop 绘制出水库蓄水前后土地利用类型图(图 1图 2),将土地利用类型分为旱地、有林地、灌丛、草地、河渠、水库坑塘、滩地和建设用地共 8类。

3 土地利用类型的变化

从图 1和图 2可以看出天生桥一级水电站水库库周土地利用类型多为林地和耕地,人类活动范围不大,建筑用地零散。两期 TM 影像的解译结果如表 1所示。

由表 1可以看出,灌丛是 1987年天生桥一级水电站水库库周占地面积最大,分布最广的土地利用类型,占总评价面积的 33.47%,而草地是 2002年天生桥一级水电站水库库周占地面积最大,分布最广的土地利用类型,占总评价面积的 38.58%。

表 1 天生桥一级水电站水库库周蓄水前后土地利用类型统计

土地利用类型	面积 /km <sup>2</sup>		面积比例 /%		变化
	1987- 03- 21	2002- 04- 07	1987- 03- 21	2002- 04- 07	
旱地	450.3	458.1	17.87	18.18	0.31
有林地	381.0	423.6	15.12	16.81	1.69
灌丛	843.4	496.3	33.47	19.69	- 13.78
草地	776.8	972.2	30.83	38.58	7.75
河渠	21.4	83.9	0.85	3.33	2.48
水库坑塘	0.2	0.5	0.01	0.02	0.01
滩地	32.8	64.3	1.30	2.55	1.25
建设用地	13.9	21.1	0.55	0.84	0.29
总计	2520	2520	100	100	/

1987~ 2002年,库周变化最大的土地利用类型为灌丛,由 1987年的 843.4 km<sup>2</sup>减少至 2002年的 496.3 km<sup>2</sup>;其次是草地,由 1987年的 776.8 km<sup>2</sup>增至 2002年的 972.2 km<sup>2</sup>;天生桥一级水电站的建设,加快了库周建设用地的增加,但是由于工程所在地属边远山区和少数民族聚居地,故建设用地增加幅度不大;以梯田为主的旱地面积略有增加;有林地面积由 1987年的 381.0 km<sup>2</sup>增至 2002年的 423.6 km<sup>2</sup>;随着水库的蓄水,水库坑塘面积明显增加,滩地面积也增加,而由于天生桥一级水电站水库为河道型水库,河渠面积也明显增加。

4 空间景观结构分析

由天生桥一级水电站水库库周土地利用类型图分析得出,该区域景观类型是由耕地、林地、草地、水域和建设用地

组成,其景观环境质量现状由自然环境、各种生物同人类社会之间复杂的相互作用有关。

采用 ArcView GIS的 FRAGSTATS<sup>[5]</sup>方法,通过以下 7个指标来分析建设前后研究区域的景观空间结构特征与空间异质性演变规律。

4.1 景观格局分析

平均斑块面积 *MPS* 用来表征斑块破碎程度,反映景观异质性特征。单位: hm<sup>2</sup>; 范围: *MPS* > 0

$$MPS=\frac{\sum_{j=1}^nT_{ij}}{n_i}$$

(1)

式中: *T<sub>ij</sub>*—— 斑块面积, *n<sub>i</sub>*—— 斑块数量,以下同。

分维数 *FRACT* 表征斑块边缘复杂性,反映人类活动的干扰程度。单位: 无; 范围: 1≤ *FRACT* ≤ 2

$$FRACT=\frac{2\ln p_{ij}}{\ln T_{ij}}$$

(2)

式中: *p<sub>ij</sub>*—— 斑块周长,以下同。

斑块数量 *NP* 单位: 个; 范围: *NP* ≥ 1

$$NP=n_i$$

(3)

斑块密度 *PD* 单位: 个 / hm<sup>2</sup>; 范围: *PD* ≥ 0

$$PD=\frac{n_i}{A}$$

(4)

式中: *A*—— 表示总面积。

4.2 景观异质性分析

景观多样性指数,包括斑块多度 (*PR*)、Shannon 多样性指数 (*SHDI*)、均匀度 (*SHEI*)等,其中斑块多度 *PR* 为景观斑块类型总数,Shannon多样性指数表征所研究区域景观的多样性,Shannon均匀度:

斑块多度 *PR* 单位: 无; 范围: *PR* ≥ 1

$$PR=m$$

(5)

式中: *m*—— 斑块总数量。

Shannon 多样性指数 *SHDI* 单位: 无; 范围: *SHDI* ≥ 0

$$SHDI=-\sum_{i=1}^m(P_i\cdot\ln P_i)$$

(6)

式中: *P<sub>i</sub>*—— 生态系统类型 *i*在景观中的面积比例。

Shannon均匀度 *SHEI* 单位: 无; 范围: *SHEI* ≥ 1

$$SHEI=\frac{-\sum_{i=1}^mP_i\cdot\ln P_i}{\ln m}$$

(7)

表 2列出了天生桥一级水电站水库库周 1987年与 2002年的景观格局指标的计算结果,表 3给出了景观异质性指标的计算结果。结合表 1中所列出的景观面积以及表 2表 3的数据,可以看出: 1987~ 2002年,占评价面积绝大多数的有林地、灌丛的平均斑块面积都有所增加,而分维数、斑块数量及斑块密度均减小,说明有林地和灌丛的连通性、完整性呈上升趋势,而建设用地的平均斑块面积明显减小,而分维数、斑块数量及斑块密度均增加,说明建设用地的破碎化程度较高,而草地、河渠、滩地等景观也呈破碎化发展。1987~ 2002年,Shannon多样性指数和 Shannon均匀度都略有增加,说

(下转第 85页)

于污染物的扩散; 光照主要影响的是海洋微生物对有机物的降解, 因海水微表层 (80 $\mu$ m) 的 BOD 含量高于次表层 (20 cm), 微表层对有机物有富集作用<sup>[3]</sup>。光照强时, 海水表面温度上升, 有利于好氧菌等分解水中有机物, 进而净化海水。如果藻类含量大的海域, 光照强时, 水中溶解氧消耗快, 不利于海水水质的提高。

从表格数据看, 茂名近海养殖海水的 DO 基本维持在 5 mg/L 以上, 受天气影响不大; 风浪对 COD 稀释作用并不很大, 可能是近海海水浅, 风浪将底物带上水面。BOD除了由扩散减少一部分外, 主要靠生物降解, 此时光照强对 BOD减少起主要作用。由以上可知, 海洋气象对养殖海水有积极的影响。

## 4 结 论

通过以上分析得出以下结论:

参考文献:

[1] 赵章元. 中国近海域环境分区管理方法探讨 [J] 环境科学研究, 1999 12(6): 50– 53  
[2] 杨建设, 牛显春, 等. 茂名近海岸水环境污染评价与对策 [J] 水土保持研究, 2003 10(2): 38– 40  
[3] 彭云辉, 王鼎鼎, 等. 大亚湾海区微表层、次表层 BOD 和 COD 的研究 [J] 海洋湖沼通报, 2000 13(4): 13– 19  
[4] 赵章元. 中国近海域环境分区管理方法探讨 [J] 环境科学研究, 1999 12(6): 50– 53

(上接第 82页)

明库周景观正朝多样化、均匀化发展, 说明天生桥一级水电站的建设对库周景观有一定影响。

表 2 天生桥一级水电站水库库周景观结构分析

土地利用类型	平均斑 块面积 /lm <sup>2</sup>		分维数		斑块数 量		斑块密度 /(个· lm <sup>-2</sup> )	
	1987年	2002年	1987年	2002年	1987年	2002年	1987年	2002年
旱地	59.18	143.16(↑)	1.32	1.32	761.0	321.0(↓)	0.30	0.13(↓)
有林地	25.13	37.09(↑)	1.34	1.32(↓)	1516.0	1142.0(↓)	0.60	0.45(↓)
灌丛	61.20	89.74(↑)	1.35	1.34(↓)	1378.0	553.0(↓)	0.55	0.22(↓)
草地	124.09	108.62(↓)	1.32	1.34(↑)	626.0	106.0(↓)	0.25	0.36(↑)
河渠	1070.78	1048.63(↓)	1.34	1.41(↑)	2.0	8.0(↑)	0.01	0.01
水库坑塘	12.11	15.09(↑)	1.29	1.34(↑)	2.0	3.0(↑)	0.01	0.01
滩地	42.20	26.26(↓)	1.45	1.37(↓)	78.0	245.0(↑)	0.03	0.10(↑)
建设用地	66.06	16.28(↓)	1.29	1.33(↑)	21.0	130.0(↑)	0.01	0.05(↑)

表 3 天生桥一级水电站水库库周景观异质性分析

异质性指标	建库前 (1987年)	建库后 (2002年)
斑块多度	8.00	8.00
Shannon多样性指数	1.45	1.55
Shannon均匀度	0.70	0.74

## 5 结论与建议

本文就天生桥一级水电站水库建设对库周土地覆盖变

(1) 茂名近海海水平均水质指标 COD 为 199 mg/L, BOD 为 101 mg/L, DO 为 5.74 mg/L, 基本上为一类水体; 养殖水平均水质指标 COD 为 328 mg/L, BOD 为 175 mg/L, DO 为 5.38 mg/L, 属二类水体。

(2) 从近年的近海海水分析可知: COD、BOD<sub>5</sub> 指标数值上有逐年上升的趋势, 应引起注意。

(3) 风浪与光照对 COD、BOD<sub>5</sub> 的降解有一定的影响, 对污染物的稀释和净化有利。

虽然茂名近海海水水质状况良好, 但随着经济的发展, 陆源排污的日益剧增和养殖规模没有有效的控制而不断扩大, 在茂名建立无公害海洋养殖区前景令人担忧。建议加强组织管理, 控制漫排, 对近岸海域环境分区管理<sup>[4]</sup>, 逐步实行入海污染物的总量控制; 加强对海水养殖业的宏观调控, 全面规划, 合理布局, 发展生态养殖。

化的影响进行了研究, 研究结果表明:

(1) 1987~ 2002 年天生桥一级水电站水库蓄水前后, 库周土地覆盖变化表现为: 耕地面积略有增加, 有林地面积增加而灌丛面积大量减少, 草地面积明显增加, 河渠、水库坑塘和滩地的面积都有不同程度的增加, 建设用地的面积略有增加。由此看出, 1987 年和 2002 年相比, 天生桥一级水电站的建设对库周土地覆盖的影响不是很大。但林地中灌丛面积大量减少而草地面积明显增加, 说明生态系统的级别有所降低。

(2) 1987~ 2002 年, 天生桥一级水电站水库库周景观呈破碎化趋势, 其中建设用地的破碎化程度较高, 而占评价面积多数的有林地和灌丛的连通性、完整性呈上升趋势; 总体而言, 建库后库周景观向多样化、均匀化发展, 说明水电站的建设对周围景观格局有一定影响。尽管天生桥一级水电站建设对周围区域土地覆盖和景观结构产生的影响并不很显著, 如何在预期发挥水电站的经济、社会效益的同时, 保持景观的连通性、完整性, 也是值得关注的问题。这就需要当地环境、土地主管部门和水电站三方一起努力, 开展土地资源的合理利用和动态监测。

天生桥一级水电站建设之初, 没有预测建设可能对土地覆盖产生的影响, 虽然本研究结果表明影响不大, 但考虑到水电站所处山区地广人稀, 所以人类活动影响小。但对于处于人口稠密地区的水电站的建设, 则有必要在项目开始即展开建设对周围区域土地覆盖的影响研究, 并合理规划, 在建过程中进行监测, 并制定相关缓减措施。

参考文献:

[1] Sabins F.F. J.R. Remote Sensing [M] San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1978 353– 359  
[2] 曾志远. 席承藩先生与长江三峡地区土地资源的遥感研究所 [A] 见: 中国科学院南京土壤研究所. 席承藩与我国土壤地理 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 1994 159– 162  
[3] 卢金发, 崔书红, 林利. 金衢盆地土地退化遥感研究 [J] 环境遥感, 1996 11(3): 177– 184  
[4] 李道峰, 郝芳华, 刘昌明. 黄河小浪底水库蓄水前后库周土地覆被变化研究 [J] 水土保持研究, 2003 10(2): 5– 8  
[5] FRAGSTATS: M cGarigal K, Marks B J. Spatial analysis program for quantifying landscape structure [Z] Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis Oregon, 1994 62