

基于遥感影像数据的建设项目区域土地覆被变化分析

郝芳华,王伟波,程红光,成必新

(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:利用遥感影像数据分析区域土地覆被变化,目前在开发建设项目环境影响调查中已得到广泛应用。选取水电站工程(天生桥一级水电站工程)和天然气开发工程(孝新合气田开发工程)两类建设项目作为分析对象,利用 TM 遥感影像进行项目区域土地覆被变化分析。通过 FRA GSTATS 方法,对 6 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,研究建设项目周边区域景观结构与景观格局变化。研究结果表明,两类项目周边区域土地覆盖类型均发生较大变化,景观格局呈破碎化,多样化发展。水电站项目建设通过水库蓄水和工程占地直接影响库周土地覆被变化,天然气开发项目通过带动经济发展,对区域土地覆被变化主要是间接影响。

关键词:建设项目;遥感分析;土地覆盖;土地利用;景观格局

中图分类号:F301.24;TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0043-03

A Land Cover Changes Analysis in the Areas of Development Project by Landsat Data

HAO Fang-hua, WANG Wei-bo, CHENG Hong-guang, CHENG Bi-xin

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control,
School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Land cover changes analysis by RS data has been widely used to study the environmental impact of the development project at present. Two kinds of construction project-hydropower reservoir project (Tianshengqiao No. 1 hydropower reservoir) and natural gas field exploitation project (Xiaoxinhe natural gas field) were discussed, and the land cover changes in the project areas were analyzed through interpretation of the Landsat-TM data. FRA GSTATS was applied in landscape structure analysis, and six representative quantitative indices of the landscape spatial structure and heterogeneity were analyzed. The results showed that land cover in the areas of the two projects both had great changes, and landscape spatial pattern had tended to become fragmented and diversified. Furthermore, there were different characteristics in the land cover changes comparing two projects. Hydropower reservoir had direct influence on land cover changes for great impoundment and occupation of land. However, natural gas field exploitation accelerated the development of other economic activities in surrounding region, which brought about land cover changes indirectly.

Key words: development project; RS-based analysis; land cover; land use; landscape pattern

1 前 言

随着遥感(RS)和地理信息系统(GIS)等技术的发展,传统实地勘察的土地利用调查已逐渐被遥感技术所取代。很多学者运用 RS 结合 GIS 进行土地利用调查和土地覆盖监测, F. F. Sabins JR^[1]指出了遥感技术对解译土地利用的适宜性;曾志远^[2]利用 TM、MSS 和 SPOT 图象解译出了三峡地区的 1:50000 的土地利用图;卢金发、崔书红等^[3]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;Jerry 等^[4]以美国堪萨斯州为例,运用 RS 和 GIS 技术,以及流行的 FRA GSTATS 软件包,进行景观格局指数计算,并对其景观结构进行分析。卢玲^[5~6]等以 TM 影像图为数据源,使用 GIS 技术和 FRASTATS 软件包,分析了黑河流域近 20 年间景观结构的变化。李道峰、郝芳华等^[7]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,分析开发建设工程对土地覆盖变化的影响,从而为保护项目周边区域生态环境提供科学依据。

2 研究区概况

水电站项目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 251 995 hm²。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/(km²·a)之间。

天然气开发项目研究区域以德阳市与锦竹市交界的孝泉

* 收稿日期:2006-04-23

基金项目:国家自然科学基金项目(40471127)

作者简介:郝芳华(1963-),江苏连云港人,教授,博士生导师,主要从事环境评价、规划与管理方面的研究;王伟波(1979-),男,吉林辽源人,硕士研究生,主要从事环境评价、规划与管理方面的研究。

镇为中心,北至锦竹市齐天镇,南至德阳市八角井镇,南北直线距离约 31 km;西至什邡市灵杰镇,东至罗江县蟠龙镇,东西直线距离约 42 km,总面积为 132 342 hm²。该区域属亚热带季风性气候区,四季分明,多年平均气温 15.2℃,多年平均相对湿度 82%,多年平均降雨量 964.2 mm;地势西北高,东南低,主要为平原,东部有少量微丘地貌;土壤以灰色冲积水稻土为主;植被以农田植被和四旁植被为主,生物多样性程度低,自然植被受人为经济活动破坏严重;气田区域基本为平坦地形,水土流失不严重,属轻度和微度土壤侵蚀等级。

3 研究方法

3.1 数据的采集与处理

采用 1987 年 3 月和 2002 年 4 月的 Landsat - 5 TM 影像,说明天生桥一级水库蓄水前后库周的土地覆盖状况;采用 1988 年 5 月和 2000 年 11 月的 Landsat - 5 TM 影像,说明四川孝新合气田开发前后周围土地覆盖状况。TM 数字栅格影像的空间分辨率均为 30 m ×30 m。

遥感影像通过假彩色合成、几何校正和去噪处理后,用遥感图像处理软件 ENVI 对上述两期的 TM 影像进行监督分类,结合使用 ArcInfo、Arcview 等 GIS 软件,绘制出项目建设前后的土地利用类型图。根据项目所占区域尺度^[8],将天生桥一级水电站周围土地利用类型分为耕地、林地、灌丛、草地、河渠、水库坑塘、滩地和建设用地共 8 类;将孝新合气田周围土地利用类型分为耕地、林地、水域、滩地、建设用地和未利用土地共 6 类。

3.2 景观结构分析方法

采用 ArcView GIS 的 FRAGSTATS^[9]方法,通过以下 6 个指标来分析开发项目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。

(1) 景观格局指数

景观格局特征指数选用了斑块数量 NP 、最大斑块指数 LPI 和平均斑块面积 MPS 。

斑块数量 NP 。表示景观中斑块的总数。单位:个;范围: $NP > 1$ 。

$$NP = n_i \tag{1}$$

式中: n_i ——斑块类型 i 的斑块数量,以下同。

最大斑块指数 LPI 。表示最大斑块对整个类型或景观的影响程度。单位:%;范围: $0 < LPI < 100$ 。

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100) \tag{2}$$

式中: a_{ij} ——斑块面积(m^2), A ——总面积(m^2),以下同。

平均斑块面积 MPS 。描述景观粒度,在一定意义上揭示景观破碎化程度。单位: hm^2 ;范围: $MPS > 0$ 。

$$MPS = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n_i} (10000) \tag{3}$$

(2) 景观异质性指数。景观异质性指数选取了斑块多度 PR 、Shannon 多样性指数 $SHDI$ 和 Shannon 均匀度 $SHEI$ 。

斑块多度 PR 。表示景观中斑块类型丰富程度。范围: $PR > 1$ 。

$$PR = m \tag{4}$$

式中: m ——景观中不同斑块类型总数。

Shannon 多样性指数 $SHDI$ 。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: $SHDI > 0$ 。

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i) \tag{5}$$

式中: P_i ——斑块类型 i 在景观中的面积比例。

Shannon 均匀度。描述景观中各组分的分配均匀程度,其值越大,表明景观各组分分配越均匀。单位:无;范围: $0 < SHEI < 1$ 。

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)}{\ln m} \tag{6}$$

4 数据分析结果

4.1 土地利用类型变化

通过遥感影像初步判读,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。孝新合气田周围土地利用类型主要为耕地,人类活动范围较大,建设用地分布较均匀,影像解译结果见表 1 和表 2。

表 1 天生桥一级水电站水库蓄水前后库周土地利用类型统计

土地利用类型	面积 / hm^2		面积比例 / %		
	1987 - 03	2002 - 04	1987 - 03	2002 - 04	变化
耕地	45034	45812	17.87	18.18	0.31
林地	38096	42357	15.12	16.81	1.69
灌丛	84340	49625	33.47	19.69	- 13.78
草地	77680	97218	30.83	38.58	7.75
河渠	2142	8389	0.85	3.33	2.48
水库坑塘	24	45	0.01	0.02	0.01
滩地	3292	6433	1.3	2.55	1.25
建设用地	1387	2116	0.55	0.84	0.29
总计	251995	251995	100	100	/

表 2 孝新合气田开发前后周围土地利用类型统计

土地利用类型	面积 / hm^2		面积比例 / %		
	1988 - 05	2000 - 11	1988 - 05	2000 - 11	变化
耕地	103838	97107	78.46	73.38	- 5.08
林地	4997	4920	3.78	3.72	- 0.06
水域	2001	3750	1.51	2.83	1.32
滩地	3936	2013	2.97	1.52	- 1.45
建设用地	16668	23563	12.59	17.8	5.21
未利用地	901	989	0.68	0.75	0.07
总计	132342	132342	100	100	/

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,占总面积的 38.58%。1987~2002 年,库周变化最大的土地利用类型为灌丛,由 1987 年的 84 340 hm^2 减少至 2002 年的 49 625 hm^2 ;其次是草地,由 1987 年的 77 680 hm^2 增至 2002 年的 97 218 hm^2 ;天生桥一级水电站的建设,使库周建设用地增加,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;林地面积由 1987 年的 38 096 hm^2 增至 2002 年的 42 357 hm^2 ;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。

由表 2 可以看出,耕地始终是孝新合气田周围区域分布最广的土地类型,其中 1988 年占总面积的 78.46%,2000 年占总面积的 73.38%。从 1988~2000 年期间,气田周围变化最大的土地利用类型为建设用地,由 1988 年的 16 668 hm^2 增加到 2000 年的 23 563 hm^2 ;其次是耕地,由 1988 年的 103 838 hm^2 减少到 2000 年的 97 107 hm^2 ;可见,气田开发推动了当地社会经济的发展,使大量耕地转为建设用地。林

地面积变化不大,1988 年为 4 997 hm²,2000 年为 4 920 hm²;气田所处地区气候降雨量季节变化较大,春季(3~5)月降雨量为 136.7~163.2 mm,秋季(9~11)月 195.6~253.7 mm。多年平均 5 月份的降水要小于 11 月份的降水,故 2000 年 11 月河渠面积增加,滩涂面积有所下降。

4.2 景观结构变化

景观结构由景观要素的数量、类型和形状所决定,空间景观多样性指标描述了景观中嵌块的复杂性,嵌块体类型的齐全程度或多样性状况^[10]。表 3 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 4 列出了孝新合气田周围 1988 年与 2000 年的景观格局指标的计算结果,表 5 给出了两类建设项目周边区域景观异质性指标的计算结果。

表 3 天生桥一级水电站水库周围景观格局指数

土地利用类型	斑块数量 <i>N P</i>		最大斑块指数 <i>L P I</i>		平均斑块面积 <i>M P S</i> /hm ²	
	1987 年	2002 年	1987 年	2002 年	1987 年	2002 年
耕 地	761	320	1.63	2.62	59.18	143.16
林 地	1516	1142	0.87	1.86	25.13	37.09
灌 丛	1378	553	3.07	2.04	61.20	89.74
草 地	626	895	7.97	14.36	124.09	108.62
河 渠	2	8	0.84	3.1	1071.00	1048.63
水库坑塘	2	3	0.01	0.01	12.00	15.00
滩 地	78	245	0.26	0.23	42.21	26.26
建设用地	21	130	0.11	0.03	66.05	16.28

表 4 孝新合气田周围景观格局指数

土地利用类型	斑块数量 <i>N P</i>		最大斑块指数 <i>L P I</i>		平均斑块面积 <i>M P S</i> /hm ²	
	1988 年	2002 年	1988 年	2002 年	1988 年	2002 年
耕 地	662	1865	21.42	6.72	156.85	52.07
林 地	863	1059	0.14	0.07	5.79	4.65
水 域	532	839	0.11	0.14	3.76	4.47
滩 地	217	228	0.71	0.27	18.14	8.83
建设用地	4367	4126	2.16	2.34	3.82	5.71
未利用地	190	154	0.03	0.05	4.74	6.42

结合表 1 中所列出的各景观类型面积以及表 3、表 5 的数据,可以看出:天生桥一级水电站水库周围区域内,林地和灌丛的平均斑块面积都有所增加,而斑块数量均减小,说明林地和灌丛的连通性、完整性呈上升趋势,而草地和建设用地的平均斑块面积明显减小,而斑块数量增加,说明草地和建设用地的破碎化程度较高,而河渠和滩地等景观也呈破碎化发展。1987~2002 年,Shannon 多样性指数和 Shannon 均

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[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] Jerry A 职 G,Edward A M , Kevin P P. Landscape structure analysis of Kansas at three scales[J]. Landscape and Urban Planning,2000,52(1):45 - 61.

[5] 卢玲,李新,程国栋,等. 黑河流域景观结构分析[J]. 生态学报,2001,21(8):1217 - 1224.

[6] 卢玲,程国栋,李新. 黑河流域中游地区景观变化研究[J]. 应用生态学报,2001,12(1):68 - 74.

[7] 李道峰,郝芳华,刘昌明,等. 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.

[8] 高峻,宋永昌. 基于遥感和 GIS 的城乡交错带景观演变研究[J]. 生态学报,2003,23(4):805 - 813.

[9] FRA GSTATS: Mc Garigal K ,Marks B J. Spatial analysis program for quantifying landscape structure[Z]. Forest Science Department , Oregon State University. Corvallis Oregon , 1994. 62.

[10] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1991.

匀度都有所增加,说明水库周围景观格局变化呈现多样化、均匀化的趋势。

表 5 两类开发项目周围景观异质性指数

异质性指标	天生桥一级水电站			孝新合气田		
	建库前 (1987 年)	建库后 (2002 年)	变化率 / %	开发前 (1988 年)	开发后 (2000 年)	变化率 / %
斑块多度	8	8	/	6	6	/
Shannon 多样性指数	1.45	1.55	6.9	0.75	0.86	14.7
Shannon 均匀度	0.7	0.74	5.7	0.42	0.48	14.3

结合表 2 中所列出的各景观类型面积以及表 4、表 5 的数据,可以看出:孝新合气田周围区域内,耕地和林地的平均斑块面积明显减小,而斑块数量明显增加,说明耕地和林地的破碎化程度较高,受人类活动干扰强烈,水域和滩地也呈破碎化发展,建设用地的平均斑块面积增加,而斑块数量减小,由此说明,建设用地的连通性、完整性呈上升趋势。1988~2000 年,Shannon 多样性指数和 Shannon 均匀度指数都显著增加,说明气田周围景观格局正朝多样化、均匀化发展。

5 结 论

本文分别对天生桥一级水电站和孝新合气田开发建设对周围区域土地覆盖变化和景观结构变化的影响进行了研究,结果表明:

(1)水电站项目对周围区域土地覆被的主要影响是灌丛面积大量减少,草地面积明显增加,说明生态系统的级别有所降低;天然气开发项目对周围区域土地覆被的主要影响是耕地面积明显减少,建设用地面积明显增加,林地面积略有减少,说明气田的开发促使了耕地和林地向建设用地和其它土地利用类型转化。

(2)两类开发建设项目均使周围区域景观向多样化、均匀化发展。水电站项目周围林地和灌丛的连通性、完整性呈上升趋势,草地和建设用地的破碎化程度较高;天然气开发项目周围建设用地的连通性、完整性呈上升趋势,耕地和林地的破碎化程度较高。

(3)两类开发建设项目对区域土地覆被和景观结构的影响方式也有所不同。水电站项目所处山区地广人稀,人类活动影响小,水库蓄水及其它工程建设占地面积较大且分布集中,因此,水电站的建设直接影响周围土地覆被变化和景观结构变化;天然气开发项目所处地区人口密集,人类活动频繁,天然气井站占地面积不大,且散布在开发区域中,气田的开发带动区域经济的发展,加剧了人类经济活动,进而造成土地覆被的变化,因此,天然气开发对区域土地覆被变化和景观结构变化主要是间接影响。