

黄河小浪底水库蓄水前后库周土地覆被变化研究

李道峰, 郝芳华, 刘昌明, 郭乔羽

(北京师范大学环境科学研究所, 水环境模拟国家重点实验室, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

摘 要: 选取黄河小浪底水库库周 1993 年和 2000 年 TM 遥感影像进行土地覆被变化分析, 绘制出蓄水前后的土地利用现状图, 计算出土地覆被变化的转移矩阵和景观结构的控制指标, 分别从土地利用类型、空间景观结构特征及土地变化过程等方面进行了研究。研究结果表明: 小浪底水库的施工和蓄水对库周的土地利用变化和空间景观结构的改变没有太大影响; 由于林地向耕地和其它土地覆被类型转变, 使得 1993~2000 年的模地类型由有林地向耕地转化。

关键词: 小浪底库周; 土地覆被; 转移矩阵; 景观结构

中图分类号: P342.3; F301

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)02-0005-04

Study on Land Cover Change of Surrounding Districts of Xiaolangdi Reservoir in Yellow River Between Before and After of Constructing Reservoir

L I Dao-feng, HAO Fang-hua, L I Chang-ming, GUO Qiao-yu

(Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Key Laboratory for Water and Sediment Sciences of Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: The authors used 1993 and 2000 TM images for surrounding districts of Xiaolangdi Reservoir to analyze land cover change. After making the land use change map from before to after of constructing reservoir, control indices of transfer matrix and landscape structure of land cover change were computed. Some researches were done on land use categories, characteristics of spatial landscape structure and process of land use change. The results show that construct and sluice of Xiaolangdi Reservoir do not have big effect on land use change of surrounding districts and change of spatial landscape structure, and that from 1993 to 2000 the matrix type transformed from woodland to crop field.

Key words: surrounding districts of Xiaolangdi Reservoir; land cover; transfer matrix; landscape structure

黄河小浪底水利枢纽工程, 位于河南省洛阳市以北, 黄河中游最后一段峡谷的出口处, 上距三门峡水利枢纽 130 km, 下距郑州花园口 128 km, 是黄河干流在三门峡以下惟一能够取得较大库容的控制性工程, 具有防洪、防凌、减淤、发电、灌溉等综合效益。在从 1991 年 9 月开始筹建到 2001 年 12 月全部竣工的 11 年中, 大规模的建设工程和环境移民改变了库周的土地覆被, 本文旨在分析大型水利工程对土地覆被变化的影响, 从而为保护库区生态环境建设提供科学依据。

1 研究区概况

研究区范围以小浪底水库为中心, 北至阳城县, 南至洛阳市, 南北直线距离约 70 km; 西至夏县, 东至孟县, 东西直

线距离约 102.66 km, 总面积为 7 039 km²。气候属于温带大陆性季风气候, 热量丰富, 雨量较少; 地貌以侵蚀山地和黄土残塬台地为主; 土壤大部分为棕壤, 植被类型以阔叶林、针叶林、灌丛居多。区域内水土流失较为严重, 侵蚀模数在 2 000~3 000 t/(km²·a) 之间。

2 数据的搜集和处理

本文采用 1993 年 4 月和 5 月的 2 景 LANDSAT 5 的 TM 影像来说明小浪底水库蓄水前的景观状况, 采用 2000 年 4 月和 5 月的 2 景 LANDSAT 7 的 TM 影像来说明小浪底水库蓄水后的景观状况。TM 数字栅格影像的空间分辨率为 30 m × 30 m。两期遥感影像经过几何校正、图形拼接、去噪处理后, 应用地理信息系统软件 Arc/Info 和遥感图像处理

收稿日期: 2003-02-25

基金项目: 国家重点基础发展规划项目“黄河流域水资源演化与可再生性维持机理”, 编号 G1999043601 (973) 资助。

作者简介: 李道峰 (1975-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 北京师范大学环境科学研究所博士研究生, 从事水资源水环境和遥感 GIS 应用研究。

理软件 ENV I, 以 1:25 万地形图为地形控制单元, 结合其它参考图件, 编制出小浪底水库蓄水前后的土地覆被类型图 (图 1, 图 2), 将土地利用类型分为耕地、有林地、疏林地、草地、河渠、滩地、水库坑塘、农村居民点、城镇用地和其它建设用地共 10 类。

分析小浪底水库库周土地覆被类型统计结果, 可以得出小浪底库周景观主要由农业生态系统、林地生态系统、水库河流生态系统和草地生态系统组成, 因此人类活动对该区域的土地覆被变化的影响较大。



图 1 1993 年小浪底水库库周土地覆被类型图

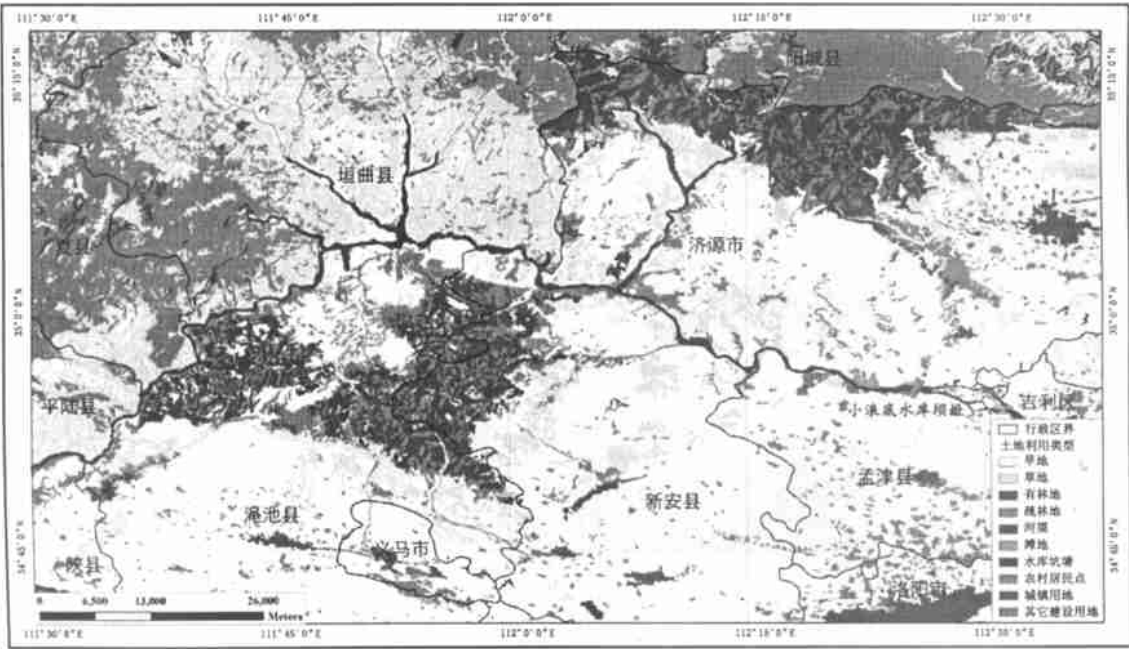


图 2 2000 年小浪底水库库周土地覆被类型图

3 土地覆被变化的转移矩阵分析

根据地图代数原理, 对任意两期土地利用类型图 $A_{i \times j}^k$ 和 $A_{i \times j}^{k+1}$ 采用公式 (1) 进行叠加运算^[1]。由于小浪底水库库周土地利用类型较多, 本文对公式 (1) 进行修改, 得到公式 (2), 以此对 1993 年和 2000 年土地覆被图进行比较分析。以小浪底水库库周 1993 年土地覆被图作为基准图层, 2000 年土地覆被图作为目标图层, 在地理信息系统软件 Arc/Info 环境中, 采用公式 (2) 进行叠加运算, 求得土地覆被变化图。

$$C_{i \times j} = A_{i \times j}^k \times 10 + A_{i \times j}^{k+1} \quad (1)$$

(土地利用类型 < 10)

$$C_{i \times j} = A_{i \times j}^k \times 100 + A_{i \times j}^{k+1} \quad (2)$$

式中: $C_{i \times j}$ 表示由 k 时期到 $k+1$ 时期的土地覆被变化图, 它

表达了土地覆被变化的类型及其空间分布, 由此可以求得土地覆被类型相互转换的数量关系和转移矩阵。

土地覆被类型转移矩阵中的各项因子可由下列公式求得^[4]:

$$B_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{i=1}^{10} A_{ij} \quad (3)$$

$$C_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{i=1}^{10} A_{ij} \quad (4)$$

$$T = \left(\sum_{i=1}^{10} A_{ij} - \sum_{i=1}^{10} A_{ij} \right) \times 100 / \sum_{j=1}^{10} A_{ij} \quad (5)$$

式中: B_{ij} ——1993 年第 i 类土地覆被类型转换为 2000 年第 j 类土地覆被类型的比例(%) ; C_{ij} ——2000 年第 j 类土地覆被类型由 1993 年第 i 类转换而来的比例(%) ; T ——2000 年各类型土地覆被相对于 1993 年变化的程度。

表 1 小浪底水库库周 1993~ 2000 年土地覆被转移矩阵

km²

2000 年	耕地	有林地	疏林地	草地	河渠	水库坑塘	滩地	农村居民点	城镇用地	其它建设用地	合计占有率(%)
耕地	2745.85	18.98	91.57	332.25	5.65	21.00	2.69	87.53	11.20	14.39	3331.10
B	82.43	0.57	2.75	9.97	0.17	0.63	0.08	2.63	0.34	0.43	47.32
C	76.80	3.08	6.56	32.42	13.06	36.46	24.91	44.57	13.21	41.51	
有林地	261.81	368.51	805.59	240.85	0.45	2.32	0.41	2.80	0.07	1.29	1684.10
B	15.55	21.88	47.83	14.30	0.03	0.14	0.02	0.17		0.08	23.92
C	7.32	59.76	57.74	23.50	1.03	4.03	3.80	1.43	0.09	3.73	
疏林地	45.67	180.47	349.42	70.74	0.34	0.44	0.25	1.25	0.03	0.25	648.87
B	7.04	27.81	53.85	10.90	0.05	0.07	0.04	0.19		0.04	9.22
C	1.28	29.27	25.04	6.90	0.79	0.77	2.35	0.63	0.03	0.73	
草地	353.97	45.83	141.16	365.85	1.78	5.92	0.65	12.88	2.08	3.82	933.95
B	37.90	4.91	15.11	39.17	0.19	0.63	0.07	1.38	0.22	0.41	13.27
C	9.90	7.43	10.12	35.70	4.13	10.28	6.06	6.56	2.45	11.02	
河渠	22.66	2.79	4.79	4.85	31.73	14.77	0.59	1.56		0.64	84.37
B	26.86	3.31	5.67	5.75	37.61	17.50	0.70	1.85		0.75	1.20
C	0.63	0.45	0.34	0.47	73.39	25.64	5.45	0.79		1.84	
水库坑塘	20.20	0.04	0.49	0.71	2.34	11.07	0.34	0.23		1.94	37.35
B	54.07	0.11	1.30	1.89	6.27	29.64	0.91	0.62		5.19	0.53
C	0.56	0.01	0.03	0.07	5.41	19.22	3.14	0.12		5.59	
滩地	2.64		0.05	0.17	0.77	1.11	4.80	0.22		0.01	9.76
B	27.07		0.46	1.71	7.86	11.35	49.15	2.30		0.10	0.14
C	0.07			0.02	1.77	1.92	44.47	0.11		0.03	
农村居民点	103.83	0.03	1.68	8.86	0.06	0.70	0.87	82.14	2.57	8.78	209.53
B	49.55	0.02	0.80	4.23	0.03	0.34	0.42	39.20	1.23	4.19	2.98
C	2.90	0.01	0.12	0.86	0.14	1.22	8.07	41.83	3.03	25.34	
城镇用地	16.04		0.42		0.12	0.26	0.09	6.70	68.46		92.10
B	17.42		0.46		0.13	0.28	0.10	7.28	74.33		1.31
C	0.45		0.03		0.28	0.45	0.87	3.41	80.73		
其它建设用地	2.72		0.10	0.55			0.10	1.05	0.39	3.54	8.45
B	32.18		1.14	6.56			1.14	12.42	4.65	41.91	0.12
C	0.08		0.01	0.05			0.89	0.53	0.46	10.22	
合计	3575.39	616.65	1395.26	1024.8	43.24	57.60	10.79	196.37	84.80	34.67	100
占有率/%	50.79	8.76	19.82	14.56	0.61	0.82	0.15	2.79	1.20	0.49	7039.6
变化量	244.29	- 1067.4	746.39	90.89	- 41.14	- 0.49	1.03	- 13.16	- 7.30	26.21	
变化率/%	7.33	- 63.38	115.03	9.73	- 48.75	54.20	10.54	- 6.28	- 7.92	310.04	

注: 表 1 中的行表示为 1993 年第 i 种土地类型转换为 2000 年各种土地类型的面积, 列表示为 1993 年的其它土地覆被类型转换为 2000 年第 j 类土地覆被类型的面积, 即为原始土地覆被变化转移矩阵 A_{ij} 。行合计为 1993 年到 2000 年 i 土地覆被类型发生转换的面积及占该时段土地覆被变化总面积的比例(%) , 列合计为转换为第 j 类土地覆被类型的面积及占该时段土地覆被变化总面积的比例(%)。

由表 1 可以得出, 耕地组成的农业生态系统中以旱地种植为主, 是小浪底库周占地面积大、分布广的土地覆被类型, 属面状分布。1993 年耕地面积 3 334.92 km², 占库周面积的 47.31%; 而 2000 年耕地面积增加到 3 519.60 km², 占库周面积的 49.93%。在小浪底库周变化最大的土地覆被类型为

林地, 其中有林地减少得最多, 转化为其它类型的面积为 1 067.45 km², 其变化率为 63.38%, 这表明在工程施工过程中有林地退化较快。随着小浪底水库的蓄水, 河渠面积明显减少, 发生变化的面积为 48.75 km², 其大部分向滩地和水库类型转化。此外, 该水利工程施工进展加快了建设用地的

增长,大多由库周的农村居民地和耕地转化而来,其转化面积分别为 11.20 km² 和 8.78 km²。

从 1993~2000 年发生土地覆被变化的面积为 3 008.22 km²,占库周总面积的 42.73%,其中只有林地发生了较大的变化,转化为疏林地、草地和耕地,其它土地覆被类型变化不大。随着小浪底水库库周人口数量增加,人类活动强度加大,使得区域内的耕地面积明显增加,而有林地面积减少,覆盖度较低的疏林地面积增加。同时小浪底水库的建设使河渠面积减少而水库坑塘面积增大。

4 空间景观结构分析

由小浪底水库库周土地覆被类型图分析得出,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决定。在景观的三个组分,即拼块、廊道和模地中,模地是景观的背景区域,是一种主要的生态组成部分,在很大程度上决定着生态体系的性质,对生态体系的动态起着主导作用。判定模地有三个标准,即相对面积要大,连通程度

高,具有动态控制功能^[2,3]。

目前人们对景观模地的判定多采用传统生态学中计算植被重要性的方法,以此来判定某一拼块在景观生态体系中的优势。优势度值(D_o)由三种参数计算而来,即密度(R_d)、频率(R_f)和景观比例(L_p),这三个参数的综合能较好地反映某一拼块占有区域的相对面积、数量、分布的均匀程度和连通性。

优势度计算的数学表达式如下:

$$\text{密度 } R_d = \frac{\text{拼块 } i \text{ 的数目}}{\text{拼块总数}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{频率 } R_f = \frac{\text{拼块 } i \text{ 的样方}}{\text{总样方数}} \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{景观比例 } L_p = \frac{\text{拼块 } i \text{ 的面积}}{\text{区域总面积}} \times 100\% \quad (8)$$

样方以 1 km × 1 km 为单元,以景观全覆盖取样,并用 Merrington Maxine“t-分布点百分比表”进行检验。优势度的计算公式和结果如下:

$$\text{优势度 } D_o = \frac{(R_d + R_f)/2 + L_p}{2} \times 100\% \quad (9)$$

表 2 1993 年与 2000 年小浪底水库库周各拼块优势度对比

土地利用类型			密度/%		频率/%		景观比例/%		优势度/%	
一级类型	编码	二级类型	1993	2000	1993	2000	1993	2000	1993	2000
耕地	1	合计	15.48	32.23	88.62	92.19	47.31	49.93	49.68	56.07
	12	旱地	15.48	32.23	88.62	92.19	47.31	49.93	49.68	56.07
	2	合计	44.75	22.93	90.18	76.79	33.16	28.77	50.31	39.31
林地	21	有林地	20.92	4.34	62.05	25.45	23.93	8.73	32.93	11.81
	22	疏林地	23.83	18.59	35.27	68.97	9.22	20.03	19.39	31.91
草地	3	合计	37.24	18.23	85.71	76.34	13.27	14.61	37.37	30.95
	3	草地	37.24	18.23	85.71	76.34	13.27	14.61	37.37	30.95
	4	合计	1.31	3.74	23.66	26.34	1.87	2.09	7.18	8.56
水域	41	河渠	0.43	0.80	20.09	10.04	1.20	1.07	5.73	3.25
	42	水库坑塘	0.20	2.11	7.37	17.41	0.53	0.86	2.16	5.31
	43	滩地	0.68	0.84	4.69	6.47	0.14	0.15	1.41	1.90
	5	合计	1.22	22.88	33.26	34.82	4.40	4.61	10.82	16.73
建设用地	51	农村居民点	1.13	21.17	31.25	25.67	2.97	2.89	9.58	13.15
	52	城镇用地	0.02	0.25	4.02	3.35	1.31	1.23	1.67	1.52
	53	其它建设用地	0.07	1.45	3.13	10.27	0.12	0.49	0.86	3.18
总计			100	100			100	100		

由表 2 可知,1993 年小浪底库周各拼块的优势度(D_o)中以林地值最高,达 50.31%,景观密度 R_d 值为 44.75%,出现的频率 R_f 值达 90.18%,景观比例 L_p 值为 33.16%。说明林地符合模地的判定标准,是本区域内对景观动态具有控制作用的生态体系组分。耕地的优势度值居第二位,达 49.68%,林地和草地是区域中最具有生产能力和动态调控能力的部分,两者在该区域中占有一定优势,说明区域景观生态具有一定的生产和修复能力。

1993 年和 2000 年小浪底库周各拼块的优势度对比如图 3 所示。2000 年小浪底库周各拼块中以耕地的优势度值最高,上升到 56.07%,耕地面积扩大较少,耕地拼块的相对比例显著增加,分布也更为均匀,这是使耕地优势度值增加的主要原因。林地的优势度值下降到第二位,为 39.31%,由于小面积林地拼块的减少,使林地分布更为集中,在林地所

占面积比例变化不大的情况下,优势度值明显下降。草地的优势度仍然为第三位,下降为 30.95%,与林地相类似,小面积草地拼块的减少是其优势度下降的主要原因。建设用地的优势度值仍为第四位,上升为 16.73%,建设用地拼块面积仅有小幅上升,但拼块数量的比例显著增加是其优势度值上升的原因。小浪底水库库周景观模地由 1993 年的林地变为 2000 年的耕地,这在一定程度上说明,小浪底水库库周受人类活动影响的烙印加重,其中小浪底水利枢纽工程建设、移民安置对周围区域人类经济活动有一定的带动作用,促使自然景观组分减少,而人为景观组分(耕地和建筑用地)增加,小浪底水库蓄水后库周景观中水域优势度值增加,特别是水库坑塘的优势度值从 2.16% 上升到 5.31%。

(下转第 46 页)

费用比、净效益、单位措施面积净效益和单位投资效益。

表 4 治理效果计算表

项 目	2001 年	2010 年
效益费用比	1.49	5.43
净效益/万元	300.3	746.3
单位措施面积净效益/(元·hm ⁻²)	267.12	663.85
单位投资净效益/(元/元)	0.673	1.67

根据治理效果计算结果,2001 年项目区水土保持综合治理效益费用比为 1.49,单位措施面积净效益 267.12 元/hm²,单位投资净效益 0.673 元/元,治理效益滞后于投资;2010 年项目区水土保持综合治理效益费用比为 5.43,单位措施面积净效益 663.85 元/hm²,单位投资净效益 1.67 元/元,项目投资开始产生经济效益。

4.2 问题与讨论

项目实施的目的,主要是通过治理水土流失,改善生态环境,为群众脱贫致富打好基础,提高生产生活条件。因此,在该项目评价时,优先考虑单位措施面积净效益的实际效果,且随着综合治理效益的持续发挥,单位措施面积的净效益越高,将为项目区提供的经济效益也会越大。

治理效果计算分析结果同时表明,水土保持治理投资与投资方向有很大关联。治理后的主要效益(包括生态、社会和

经济)来自于林草措施,林草措施的投资比例将直接影响其投资效益,从而说明生物措施不仅是控制水土流失,改善生态环境的根本措施,而且也是提高经济效益的关键措施,必须给予高度重视,通过加大科技投入,提高林草成活率、保存率,在不忽视工程措施的基础上,发挥水土保持综合治理更大的效益。

4.3 项目综合评价

(1)开展重点小流域综合治理,以基本农田为重点,以沟道坝系工程为骨干,以水保造林为纽带,结合退耕还林(草)建设,进行坡面和沟道的综合治理,力争抓好“沟道防护、基本农田、集水节灌、山地林草、田间道路”等五项建设,通过改善生态环境,形成水土保持综合防护体系,通过提高群众生活质量,实现农村经济可持续发展。

(2)加强管理、讲求实效、重视科技,是符合社会主义市场经济规律,推动水保事业持续健康发展的有效途径。同时健全和完善水土保持法制体系和执法体系,依法开展水土保持防治工作,不断探索符合水土保持生态建设要求的防治措施,是黄河流域乃至全省水保事业迈上新台阶的必由之路。

(3)国家投入力度进一步加大、地方各级党政的高度重视和社会力量的积极参与,是青海省黄河水土保持生态工程重点小流域综合治理项目取得效果的坚强后盾。

(上接第 8 页)

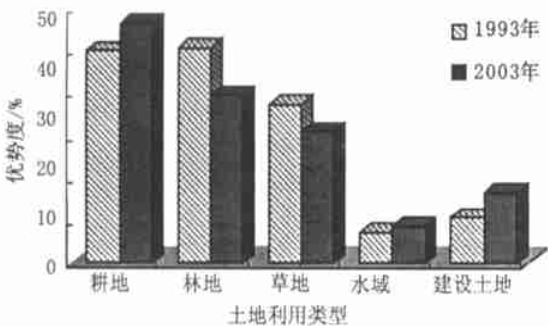


图 3 水库库周各拼块优势度对比图

5 结 论

本文就黄河小浪底水库建设对其库周土地覆被变化的影响和景观生态格局的改变进行了研究,其研究结果表明:

(1)在 1993~ 2000 年小浪底水库蓄水前后间,其库周土

地利用覆被变化表现出耕地面积有所增加,林地中的有林地面积减少而疏林地面积增加,草地的面积增加,建筑用地中农村居民点和城镇用地面积略有减少,而其它建设用地的面积增加,水域中河渠面积有所减少,滩地面积有微量增加,而水库坑塘的面积则明显增加。这说明水库的建设正改变着库周土地利用类型,大规模的建设施工和环境移民安置使得大面积的有林地向疏林地和其它土地覆被类型转化。

(2)小浪底水库建设改变了库周景观生态格局模地的类型,1993 年库周模地类型是以自然生态系统为主的林地,景观拼块优势度值的顺序为:林地、耕地、草地、建筑用地和水域;而 2000 年库周模地类型就变为以农业生态类型为主的耕地,景观拼块优势度值的顺序为:耕地、林地、草地、建筑用地和水域。林地和草地优势度的下降,耕地和建筑用地优势度的升高,在一定程度上说明小浪底水库库周受人类活动影响的烙印加重,其中包括小浪底水利枢纽工程的建设对周围区域人类经济活动的带动作用。

参考文献:

[1] 史培军,陈晋,潘耀忠.深圳市土地利用变化机制分析[J].地理学报,2000,55(2): 151- 160
[2] 邬建国.景观生态学-格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000.25,99- 109,190- 204
[3] 徐化成.景观生态学[M].北京:中国林业出版社,1996.32- 34
[4] 史培军,宫鹏,等.土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M].北京:科学出版社,2000.106- 123
[5] 毛可标,刘凤得,苏玉扬,等.遥感图像在土地利用更新中的应用研究[J].测绘科学,2000,25(2): 41- 47.
[6] 周成虎,骆建成,等.遥感影像地学理解与分析[M].北京:科学出版社,1999.75- 78