

文章编号: 1008-2786-(2008)4-481-09

澜沧江漫湾水电站库区土地利用格局 的时空动态特征

周庆, 欧晓昆*, 张志明, 杨明玉

(云南大学生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091)

摘要: 在 RS 与 GIS 的支持下, 分析了漫湾水电站库区 1991 年、2001 年和 2004 年 3 个时段土地利用类型的总体结构变化、空间转移情况、单一土地利用类型以及区域综合土地利用的空间动态特征。结果表明, 1991~2004 年的 13 a 间, 漫湾库区耕地、灌草丛和林地均占有明显的优势, 三者始终占流域总面积的 88% 以上; 除耕地和建筑用地面积持续增加外, 林地和未利用地的变化趋势均是先减少后增加; 灌草丛则是先增加后减少; 水体面积自大坝建成后变化不大。在 2 个时段内主要的转移方向是林地-耕地和灌草丛、灌草丛-耕地和林地以及耕地-林地和灌草丛。单一土地利用类型空间动态指数 R_{it} 1991~2001 年间水体的动态度最大, 其次是耕地和建设用地; 而 2001~2004 年间未利用地和建筑用地的空间动态度最大, 其次是耕地、灌草丛和林地, 最小的是水体。而区域所有土地利用类型变化的综合空间动态度 R_{it} 及其变化的整体趋势和状态指数 P_{it} 表明, 2001~2004 年间总的空间转移量比前一时段有所增加; 1991~2001 年 P_{it} 值是介于 0.25~0.5 间, 即土地利用处于准平衡状态, 说明期间区域整体变化趋势和状态相对平稳; 2001~2004 年的 P_{it} 值介于 0~0.25 间, 即土地利用处于平衡状态。虽然 R_{it} 值在 2001~2004 年间要比前一段时间的大, 但是这种空间转移使得区域土地利用处于平衡状态。

关键词: 漫湾水电站; 土地利用; 格局; 动态度

中图分类号: TP79

文献标识码: A

土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化的重要组成部分和主要原因之一, 其不仅带来地表景观结构的巨大变化, 而且影响景观的物质循环和能量流动, 对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻。如今 LUCC 研究已经成为地理学综合研究和全球变化研究的热点和国际性前沿课题^[1,2]。土地利用格局是人类与自然界长期相互作用的结果, 一切自然营力及人类活动都将引起土地利用/土地覆被的变化^[3]。研究土地利用格局变化是 LUCC 研究的基础^[4], 只有充分了解土地利用景观时空动态特征, 才能进一步开展驱动力与机制研究, 并对其变化所引起的生态环境效应进行正确的评价和预测土地利用变化的发展趋势^[5,6]。

澜沧江-湄公河发源于中国青海省唐古拉山, 于西双版纳出境, 经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨、越南 5 国入南中国海, 干流总长 4 880 km, 流域面积 $81 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是世界著名的十大江河之一^[7]。近年来, 随着人口的增加和经济的发展, 流域内土壤侵蚀、水土流失、生物多样性下降等环境问题凸显出来, 对整个流域的可持续发展形成威胁。特别是流域内水电开发对土地利用/土地覆盖的影响是最为敏感的人类社会活动之一, 由此而带来的连锁反应是: 森林面积的减少和耕地面积的不断增加, 其变化是生态环境变化的基础。据初步估计仅中国境内澜沧江中下游河段的 8 个大坝梯级范围^[8], 淹没林地 $1.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占淹没面积的 21.4%^[9]。开展流域中下游土

收稿日期 (Received date): 2007-12-13; 改回日期 (Accepted): 2008-05-13.

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究发展计划 (973 项目) (2003CB415102)。[Supported by the National Key Project for Basic Research on Ecosystem Change in Longitudinal Range-Gorge Region and Transboundary Ecosystem Security of Southwest China (2003CB415102).]

作者简介 (Biography): 周庆 (1982-), 男 (汉族), 四川人, 硕士研究生。主要从事植被生态与景观生态研究。[Zhou Qing (1982-), male, the Han nationality. Mostly field Vegetation and Landscape ecology] E-mail: zhiqing_009@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 欧晓昆 (Ou Xiaokun), E-mail: xkou@ynu.edu.cn Tel: 0871-5165581

地利用格局时空变化的研究,对于加强流域土地资源的保护,制止不合理的开发利用,改善生态环境,促进澜沧江流域整体综合开发利用意义重大。

对典型区域案例研究不仅将人类所面临的现实生态环境问题与基础研究结合起来,也是参与全球环境变化研究的具体途径^[10]。漫湾水电站是梯级开发澜沧江水能资源的第一级大型水电站,自1993-06第一台机组投产发电以来,漫湾电站已建成10多年,期间土地利用格局发生了显著地变化。甘淑等(2002)^[11]对漫湾库区周边地表覆盖类型作过分类统计。本文基于1991年、2001年和2004年的三期TM影像,在GIS的支持下,分析漫湾电站库区土地利用格局的时空变化,为进一步研究该流域土地利用/土地覆盖的变化机制及驱动因子提供了基础。

1 研究区概况

本文所指漫湾水电站库区范围与王忠泽等(2000)^[12]所定义的库区范围大致相同,也是指电站水库所涉及的澜沧江河段两岸分水岭以内的区域,包括南涧和景东县境内无量山山脊线以西以南,云县和凤庆县境内澜沧江与坝址下游山脊线以北地区,上游到小湾电站附近(图1), $24^{\circ}25' \sim 24^{\circ}40'N$,

$100^{\circ}05' \sim 100^{\circ}25'E$,面积 809 km^2 。电站坝址位于澜沧江中游,云南省云县与景东县交界处的漫湾镇上游附近;水库大坝长418 m,高132 m,正常蓄水位994.0 m,总库容 $10.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,水库面积 23.6 km^2 ,干流回水约70 km,总装机容量 $150 \times 10^4 \text{ kW}$ 。至1996年底,电站建设淹没耕地414.97 hm^2 ,其中水田241.9 hm^2 ,经济林69.6 hm^2 ,林地567.2 hm^2 ,荒山荒地765.54 hm^2 ^[12]。

库区地貌属横断山系南部帚状山脉峡谷中山区,库岸峰高谷深,岸坡陡峻,大部处在深切切割峡谷区,为河道型水库,东面有无量山及哀牢山,最高海拔在无量山(3291 m),西岸有黑龙潭山及大丙山(2860 m)。气候类型属亚热带低纬度山地气候,干湿分明;年温差小,日温差大,日照充足,辐射强烈,立体气候明显。库区各地年平均温度在 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$,冷暖之差异主要因地势起伏所造成。各地历年降水量在900~1700 mm间,库区降雨日数平均在120~175 d之间^[12]。

自水库蓄水后,水动力条件发生明显变化,原自然河流生态系统为河道型水库生态系统所替代,使库区的生境特点有所改变,如水深加大,流速减小,水温提高;泥沙大量淤积;水质发生明显变化等。

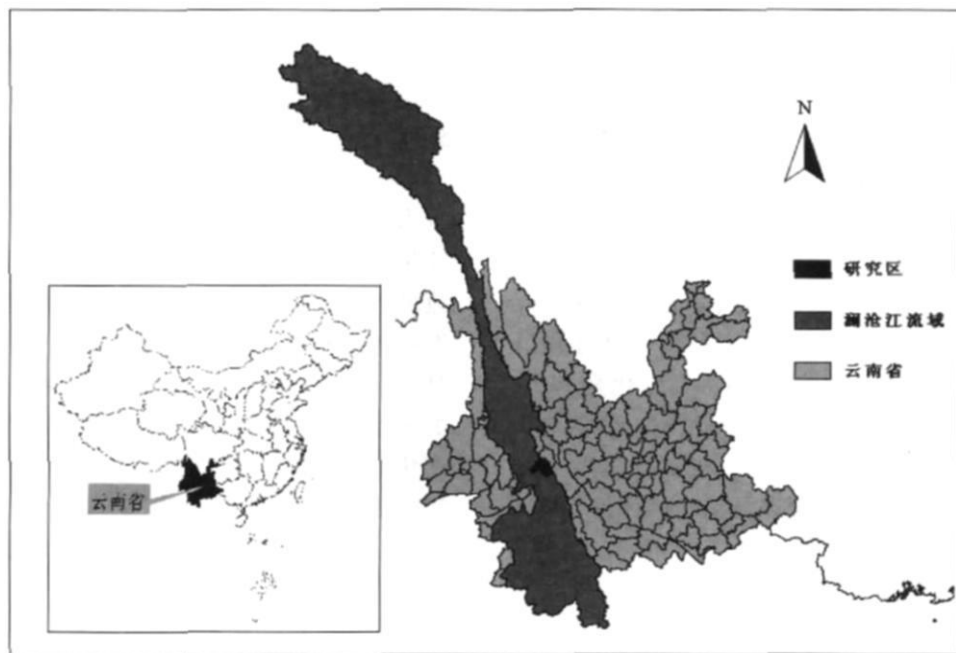


图1 研究区位置图

Fig 1 Location of the study area

2 研究方法

研究区土地利用 覆被数据主要源于 1991, 2001, 2004年 3个时期, 分别反映水电站建设不同时期的土地利用 /土地覆被空间数据。利用 Idrisi 软件, 对该 3时段的 LANDSAT TM 影像 (像元大小 30 m × 30 m) 进行几何校正和去霾处理; 再结合野外实地调查所得的 500多个 GPS 点作为地表特征参照, 用最大似然分类器进行监督分类。解译过程中, 采用 TM 3 4 5波段合成图像。土地利用类型根据中国《土地利用现状调查技术规程》的分类系统, 并结合研究区地类情况, 将土地利用类型分为水域、林地、建筑用地 (城乡居民用地)、未利用地、耕地和灌草丛共 6个类型。最终得到的解译结果如图 2所示。通过精度检验分析, 其 3期影像解译结果的精度值为 96.66%、94.68%、89.4%; Kappa指数分别是: 95.56%、93.18%、85.03%; 对于本文应用来讲, 符合要求。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型的总体结构变化

表 1显示了漫湾库区 3个时期各类土地利用类型的面积和构成比例及其变化情况, 图 3显示的变化情况更为直观。库区内 3个时期的土地利用类型均以林地和灌草丛为主, 二者占库区面积的 66% 以上; 其次为耕地, 分别占 3个时期库区总面积的 12.8%、21.07%和 24.03%, 而水体、建筑用地和未利用地所占的比例较小。

由表 1可以看出, 从 1991年至 2004年来的 13 a间 6个土地利用类型的面积均发生了变化。1991

年到 2001年间, 面积净变化量以林地和耕地为最大; 其次为未利用地、灌草丛和水体; 未利用地变化面积相对较少。其中林地和未利用地的面积都有所减少, 林地面积减少了 7 852.3 hm², 占 1991年林地面积的 22.21%; 其次是未利用地, 减少了 3 041.44 hm²。在增加的地类中, 耕地增加的面积最大, 增加了 6 690.8 hm², 占 1991年耕地面积的 94.59%; 但是增加比例最大的是水体 (250.51%), 增加面积 1 384.56 hm²; 建筑用地和灌草丛增加的比例较小, 都只有 9%左右。2001年到 2004年, 土地利用类型的转换与前一时期的变化大体上呈相反的趋势, 只有耕地和建筑用地面积一直呈现增加趋势, 增加了 2 388.58 hm²和 1 379.7 hm², 分别占 2001年耕地和建筑用地面积的 14.01%和 65.66%; 林地和未利用地面积在 2001~ 2004年期间都有所增加, 其中林地增加面积最大达 2 763.52 hm², 未利用地增加了 703.78 hm², 但变化比例却最大 (50.31%)。在减少的地类中灌草丛减少的面积达 7 062.23 hm², 占 2001年灌草丛面积的 22.83%; 水体变化的量和比例都较小, 这主要是因为库容相对稳定所至。

3.2 土地利用变化的空间转移

漫湾库区土地利用空间转移变化比较明显, 表 2表 3为 1991~ 2001年和 2001~ 2004年土地类型的面积转移矩阵。通过土地利用类型面积的转移矩阵可以得出各种土地利用类型在不同时期的转化方向及其转移的数量。

从表 2表 3可以看出: 漫湾库区土地利用类型转移变化十分显著, 其中变化较大的是耕地转化为林地和灌草丛, 灌草丛转化为林地和耕地以及林地转化为耕地和灌草丛。从各个时段土地利用类型的转化程度来看, 1991~ 2001年土地利用类型之间的转换比较频繁, 转移程度较强; 其中林地转化为耕地

表 1 不同年份土地利用类型的面积和比例变化情况 (hm², %)
Table 1 Area and percentage changes of land use in different years (hm², %)

时间	1991		2001		2004		前两时段面	变化	后两时段面	变化
类别	面积	比例	面积	比例	面积	比例	积净变化量	比例	积净变化量	比例
水体	552.69	0.68	1 937.25	2.42	1 763.82	2.18	+ 1 384.56	+ 250.51	- 173.43	- 8.95
林地	35 347.32	43.68	27 495.02	33.98	30 258.54	37.4	- 7 852.3	- 22.21	+ 2 763.52	+ 10.05
建筑用地	1 913.4	2.36	2 094.12	2.59	3 473.82	4.29	+ 180.72	+ 9.44	+ 1 379.7	+ 65.66
未利用地	4 440.24	5.49	1 398.8	1.73	2 102.58	2.6	- 3 041.44	- 68.5	+ 703.78	+ 50.31
耕地	10 358.73	12.8	17 049.53	21.07	19 438.11	24.03	+ 6 690.8	+ 64.59	+ 2 388.58	+ 14.01
灌草丛	28 303.47	34.98	30 932.93	38.23	23 870.7	29.5	+ 2 629.46	+ 9.29	- 7 062.23	- 22.83

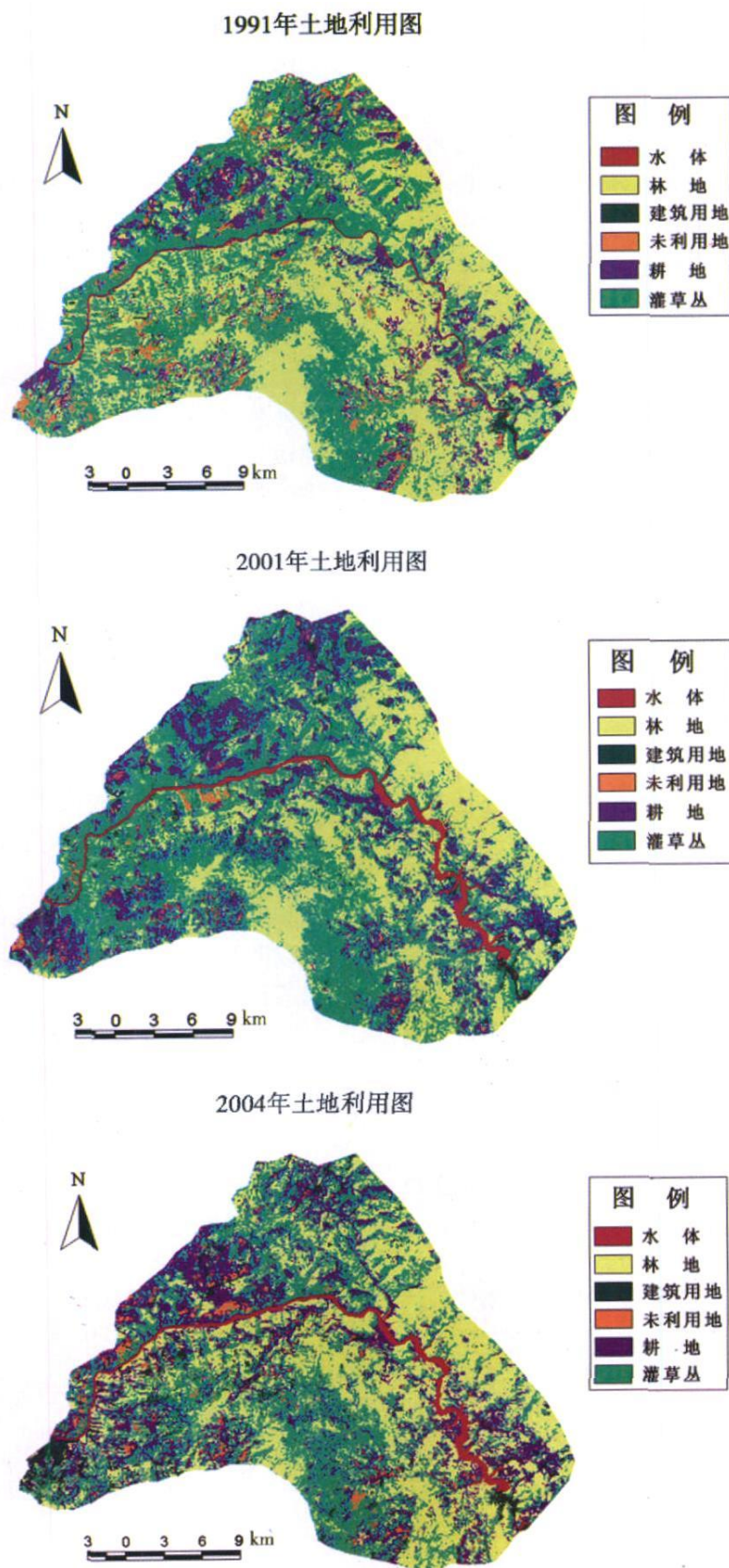


图 2 研究区位置不同时期土地利用图

Fig 2 Land-use and land cover types of the area of Manwan reservoir in different years

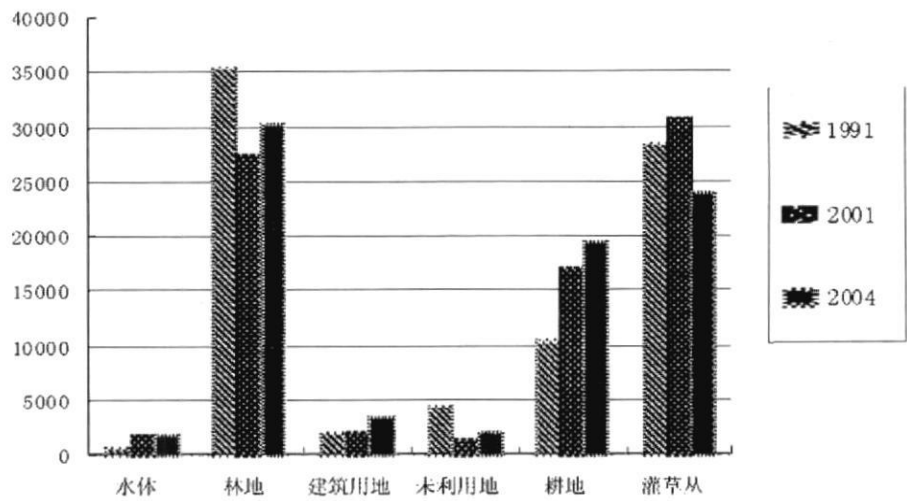


图 3 1991、2001和 2004年漫湾库区土地利用变化 (hm²)
Fig 3 The land use change in 1991, 2001 and 2004(hm²)

和灌草丛的面积分别达 4 046 58 hm²和 10 084 23 hm²,相当于 1991年耕地和灌草丛面积的 39.06%和 35.63%,这是减少的林地转移变化的主要方向;耕地转化为林地和灌草丛的面积分别是 970 56 hm²和 3 387.33 hm²;灌草丛转化为林地和耕地的面积分别是 6 132 15 hm²和 5 747.13 hm²;说明期间耕地面积的增加主要源于林地和灌草丛向耕地的转移。其他类型转化的面积较少,但是 2001年的水体面积的增加主要源于除水体外其他 5类土地利用类型转换向水体的转化,其中林地、耕地、灌草丛和建筑用地向水体转移的面积就达 1 485 18 hm²,这主要是因为大坝蓄水所造成的。而 2001~2004年间土地类型间转化也主要是林地、耕地和灌草丛三者之间的相互转化,其中灌草丛转化为林地和耕地的面积较大,分别是 7 453 17 hm²和 8 617.53 hm²;耕地转化为林地和灌草丛的面积分别是 2 955 06

hm²和 4 489 11 hm²;而林地转化为耕地和灌草丛的面积是 1 995 21 hm²和 6 116 85 hm²。其他地类转移面积不大,但是林地、耕地和灌草丛向建筑用地转移的两项比 1991~2001期间的量要大的多,三者转移的总面积达到 2 796.21 hm²,可以看出这期间建筑用地的增加主要是源于这三者向建筑用地的转化,其原因是由于上游小湾电站和移民新村的建设占用了大量的耕地、林地和灌草丛。

另外,表 2 3显示,1991~2001和 2001~2004年间出现建筑用地转变为林地、耕地和灌草丛等,其中一个主要原因是 1990年代和 2002年漫湾电站和小湾电站的建设、库区移民就地后靠安置和后期移民,使得大量居民用地废弃。据云南省支援漫湾电站建设办公室的统计资料,整个漫湾水库移民工程占地约 700 hm²,兴修渠道 140 km,修建机耕路 130 km;小湾水电站水库淹没处理设计可行性研究补充

表 2 1991~2001年土地利用类型转移面积矩阵 (hm²)
Table 2 The transfer area matrix of land-use type between 1991~2001(hm²)

1991	2001					
	水体	林地	建筑用地	未利用地	耕地	灌草丛
水体	394.11	0.81	14.94	13.05	32.94	97.29
林地	519.03	19 818.9	633.33	303.57	4 046.58	10 084.23
建筑用地	119.43	246.6	302.76	21.96	559.26	669.51
未利用地	61.56	446.85	132.66	329.04	1 593.45	1 885.68
耕地	446.94	970.56	303.94	176.58	5 126.85	3 387.33
灌草丛	399.78	6 132.15	722.7	437.49	5 747.13	14 954.22

表 3 2001~2004年土地利用类型转移面积矩阵 (hm²)
Table 3 The transfer area matrix of land-use type between 2001~2004(hm²)

2001	2004					
	水体	林地	建筑用地	未利用地	耕地	灌草丛
水体	1 353.69	265.77	36.09	0.63	266.64	13.68
林地	30.42	18 923.94	312.21	163.8	1 995.21	6 116.85
建筑用地	22.5	498.42	558.36	56.97	667.53	418.41
未利用地	9.72	217.98	90	160.2	404.73	353.52
耕地	153.09	2 955.06	1 221.03	839.34	7 539.57	4 489.11
灌草丛	192.42	7 453.17	1 262.97	891	8 617.53	12 571.11

审查,核定的拆迁各类房屋 220 4 hm²;规划迁建非建制镇 1 个,街场 5 个;复建三、四级公路 141.86 km;这些都是为了补偿库区移民失去的家园。可见水电站的建设是山区建筑用地变动的一个重要原因。另外一个原因是库区居民点零星分散、面积小和树荫的形成以及处理阴影方面的技术问题所造成的。技术上的问题在所难免,所造成的误差在影像图精度值的允许范围内;因此对本文的分析影响不大。

3.3 土地利用变化空间动态度

表 1~表 5 仅反映了土地利用变化幅度和空间转移趋势,并没有反映出该类土地类型的空间变化程度。一种土地利用类型的空间变化程度可以用空间变化度 R_{ss} 来表示^[13]

$$R_{ss} = \frac{(\Delta U_{in} + \Delta U_{out})}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 ΔU_{in} 为研究时段 T 内其他类型转变为该类型的面积之和, ΔU_{out} 为某一类型转变为其他类型的面积之和, U_a 为研究初期某一土地利用类型的面积。

根据表 2 表 3 所得到的土地利用面积转移矩阵,进一步计算出土地利用变化空间动态度(表 4)。从表 4 中可以看出 1991~2001 年间水体变化空间动态度最大,其次是建筑用地和耕地,说明在该期间这三类土地利用类型输入与输出转化频繁;这主要是因为水电站的建设,使库区水域面积增大,耕地的大量淹没和移民的安置,致使当地居民不断毁林开垦耕地。在这期间空间动态度最小的是林地、灌草丛和未利用地。相反,在 2001~2004 年间,未利用地和建筑用地的空间动态度最大,分别是 0.72 和 0.73 建筑用地的空间动态度大主要是由于期间小湾电站的建设,使耕地面积增加和其他地类转化为建筑用地的面积增大所致;而未利用地相对稳定性差,致使未利用地频繁地转移为其他地类。其次是

耕地、灌草丛和林地,最小的是水体。由于 2001 年到 2004 年只有 3 a 的间隔,其 T 值相对于 1991~2001 年的 T 值要小得多,所以 2001~2004 年间的 R_{ss} 值相对 1991~2001 年的 R_{ss} 值要大,但是从总的结果能说明 1991~2001 年和 2001~2004 年间建筑用地、耕地和未利用地的空间转移频繁;而林地和灌草丛整体上相对稳定。

表 4 漫湾库区 1991~2001 和 2001~2004 年土地利用各地类空间动态度 (%)

Table 4 Spatial dynamics of land use change during 1991~2001 and 2001~2004 in Manwan(%)

土地利用类型 land use type	时间段 Time section	
	1991~2001	2001~2004
水体 Water body	0.309	0.171
林地 Forest	0.066	0.243
建筑用地 Construction land	0.179	0.73
未利用地 Unused land	0.114	0.72
耕地 Cultivated land	0.167	0.422
灌草丛 Shrub	0.104	0.321

而综合土地利用 覆被动态度则表征整个区域土地利用 覆被变化的速度^[14],用 R_t 来表示

$$R_t = \frac{\sum_{i=1}^n |U_{bi} - U_{ai}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
$$= \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} - \Delta U_{out-i}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 U_{ai} , U_{bi} 分别为研究初期和末期类型 i 的面积; ΔU_{out-i} 为研究时段 T 内类型 i 转变为其他类型的面积之和; ΔU_{in-i} 为其他类型转变为第 i 种类型的面积之和; T 为研究时段; n 为土地利用 覆被类型数。当 T 设定为年时, R_t 研究时段内所有类型面

积变化的年综合变化率, 但是该指数没有考虑空间变化。

根据公式分别计算出 1991~2001 年和 2001~2004 年的 R_t 值: 1.3%、3% 和 1.5%。所得的结果表明, 1991~2004 年间的年变化率达到整体面积的 1.5%, 2001~2004 年间的年变化率比 1991~2001 年间的年变化率要快 2 倍多。

R_{ts} 、 R_t 及土地利用类型面积转移矩阵没有显示出区域所有土地利用类型变化的综合空间动态及变化的趋势和状态。为了反映区域所有土地利用类型变化的综合空间动态度及其变化的整体趋势和状态可以分别用 R_{ts} 和 P_t 两个指数来表达^[15], 其表达式分别为

$$R_{ts} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_{in-i} + \Delta U_{out-i})}{2\sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
$$= \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_{out-i}}{\sum_{i=1}^n \Delta U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
$$P_t = \frac{R_t}{R_{ts}} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} - \Delta U_{out-i}|}{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} + \Delta U_{out-i}|}$$
$$= \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_{in-i}}{\sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
$$0 \leq \frac{R_t}{R_{ts}} \leq 1 \text{ 即 } 0 \leq P_t \leq 1$$

式中的 R_s 表示区域所有类型变化的综合空间动态度, ΔU_{in-i} 为研究时段 T 内其它类型转变为类型 i 的面积之和, ΔU_{out-i} 为类型 i 转变为其它类型的面积之和; $\sum_{i=1}^n U_{ai}$ 为研究初期各类土地利用面积之和。 P_t 为区域土地利用整体变化趋势和状态指数, 当 P_t 越接近 0 表明区域内所有的土地利用类型的双向转移频繁, 且呈现均衡转移的态势; 当越接近于 1, 说明每种土地利用类型的转移方向主要为单向的极端不平衡转移, 或者是该类型转移为其它类型, 或者是其它类型转移为该类型。为了更好地表达和理解 LUCC 的趋势和状态, 一般可对土地利用变化的整体趋势和状态指数进行分级: 当 $0 \leq P_t \leq 0.25$ 时, 定义为土地利用处于平衡状态; 当 $0.25 < P_t \leq 0.5$ 时, 定义土地利用处于准平衡状态; 当 $0.5 < P_t \leq 0.75$ 时, 定义土地利用处于不平衡状态; 当 $0.75 < P_t \leq 1$ 时, 定义土地利用处于极端不平衡状态^[16]。

通过计算分析得到表 5 所示的 R_{ts} 和 P_t 的值, 从中可以看出 2001~2004 年间总的空间转移量比前一时段有所增加, 这与前面计算的 R_{ts} 值的变化情况一致; 但是从土地利用空间变化状态指数可知在

1991~2001 间, $0.25 < P_t = 0.271 \leq 0.5$ 土地利用处于准平衡状态; 2001~2004 年, $P_t = 0.181$ 介于 $0 \sim 0.25$ 间, 说明漫湾库区土地利用变化处于平衡状态; 但期间 P_t 更接近于 0 表明区域内所有的土地利用类型逐渐向双向平衡转移。虽然 R_{ts} 值在 2001~2004 年间要比前段时间的大, 但是这种空间转移使得区域土地利用更趋平衡。

表 5 土地分阶段区域土地利用变化空间动态度及其状态指数 (%)

Table 5 Spatial dynamics of land use change and its state index during 1991~2001 and 2001~2004

指标 index	1991~2001	2001~2004
R_{ts} (%)	4.97	16.49
P_t	0.271	0.181

4 结论

通过对 1991 年、2001 年和 2004 年 3 个时期土地利用变化特点及其动态特征的分析可以得出如下结论:

1. 自水电站建成以来的 13 a 内漫湾库区土地利用结构变化不大, 对 13 a 内 3 个不同时期的土地利用的分析表明, 林地和灌草丛均占有明显的优势, 二者始终占流域总面积的 66% 以上; 其次是耕地, 分别占 3 个时期库区总面积的 12.8%、21.07% 和 24.03%; 其他 3 种类型的土地面积所占的比例较少。
2. 除耕地和建筑用地面积一直呈现增加趋势, 林地和未利用地的变化趋势均是先减少后增加; 灌草丛则是先增加后减少, 而水体自大坝建成后面积变化不大。耕地面积变化较大, 从 1991 年的 $10\,358\,73\text{hm}^2$ 增加到 2004 年的 $19\,438\,11\text{hm}^2$, 增加了接近 $10\,000\text{hm}^2$, 这主要是由于水库移民大部分就地后靠安置, 加大了水库周边地区的人口密度; 在人均土地资源减少的情况下, 必然出现毁林开荒情况。这也是 1991~2001 年间林地减少和灌草丛增加的直接原因, 而 2001~2004 年间由于一些政策的趋使, 使得林地面积有所增加。
3. 从 1991 年到 2004 年这 13 a 间不同土地利用类型的相互转化较复杂, 但是主要发生在林地、耕地和灌草丛这三种类型之间, 最显著的变化过程有林地-耕地和灌草丛, 耕地-林地和灌草丛, 以及灌草丛-耕地和林地, 面积均较大。但值得注意的是

1991~2001年间耕地—建筑用地、灌草丛—建筑用地和林地—建筑用地以及建筑用地到耕地、灌草丛的转移面积较大,频率较高,这主要是由于1990年代和2002年漫湾电站和小湾电站的建设、库区移民就地后靠安置和后期移民,使得大量居民用地废弃所造成。可见水电站的建设是库区建筑用地变动的一个重要原因。

4. 对单一土地利用类型的空间动态度分析表明1991~2001年间水域的动态度最大,主要是水电站的建设使库区水域面积增加所致;其次是耕地和建设用地,这与前面土地利用类型面积和比例转移矩阵的分析结论相一致。而2001~2004年间未利用地和建筑用地的空间动态度最大,其次是耕地、灌草丛和林地,最小的是水体。而从区域整体动态度以及变化趋势和状态的分析可以看出,2001~2004年间总的空间转移量比前一时段有所增加;1991~2001年 P_t 值是介于0.25~0.5间,即土地利用处于准平衡状态,说明期间区域整体变化趋势和状态相对平稳;2001~2004年的 P_t 值是介于0~0.25间,即土地利用处于平衡状态。虽然 R_{ts} 值在2001~2004年间要比前段时间的大,但是这种空间转移使得区域土地利用处于平衡状态。

参考文献 (References)

- [1] Liu Jiuyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang *et al.* A primary study on spatial pattern of land use change in China during 1995–2000 [J]. *Science in China (Series D)*, 2002, 32(2): 1031~1040 [刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析 [J]. 中国科学 (D 辑), 2002, 32(2): 1031~1040]
- [2] Vanacker V, Govers G, Barros S *et al.* The effect of short-term socio-economic and demographic change on land use dynamics and its corresponding geomorphic response with relation to water erosion in a tropical mountainous catchment [J]. *Ecuador. Lands Ecol.*, 2003, 18(1): 1~15
- [3] Ni Shaoxiang, Tan Shaohua Progress of recent land use/land cover changes in China [A]. In: *Land Cover Change and Its Environmental Effects* [C]. Beijing: Xingyuan Map Press, 2002, 7~15 [倪绍祥, 谭少华. 近年来我国土地利用/覆被变化研究的进展 [A]. 见: 土地覆被变化及其环境效应 [C]. 北京: 星球地图出版社, 2002, 7~15]
- [4] Velkhanp A, Lambin EF. Predicting land use change [J]. *Agriculture Ecos Environ.*, 2001, 85(1): 1~6
- [5] Wang Xilan, Bao Yuhai Study on the methods of land use dynamic change research [J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(1): 81~87 [王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~87]
- [6] Zhao Shuang, Fang Jingyun, Tang Zhinao Spatial-temporal patterns of land use and land cover changes in Honghu Lake, Hubei Province, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(5): 721~725 [赵淑清, 方精云, 唐志尧, 等. 洪湖湖区土地利用/土地覆盖时空格局研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 721~725]
- [7] Gan Shu. Lancangjiang Watershed Land Cover Remote Sensing Monitor and Environment Resources Studying [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2001. [甘淑. 澜沧江流域土地覆盖遥感监测与环境资源研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001.]
- [8] Chou Guoxin, Zeng Guangquan, He Bin, *et al.* Research of Yunnan Lancang River Basin Environmental Planning [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1996, 56~57 [仇国新, 曾广权, 贺彬, 等. 云南省澜沧江流域环境规划研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996, 56~57]
- [9] Yang Yongde Water resources development and utilization in the basin of Lancang River [J]. *Water Resource and Power*, 1997, 15(1): 53~58 [杨永德. 浅谈澜沧江流域水能水资源的开发与利用 [J]. 水电能源科学, 1997, 15(1): 53~58]
- [10] Ding Jianli, Pan Xiaoling, Zhu Qijiang *et al.* Vegetation actuality and its recovery in the outer space of extremly arid area oasis taking Qira County for example [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(1): 1~4 [丁建丽, 潘晓玲, 朱启疆, 等. 极端干旱区绿洲外缘地带植被现状及其恢复可行性研究——以策勒县为例 [J]. 生态学报, 2004, 23(1): 1~4]
- [11] Gan Shu, Yuan Xiping, He Daming Study on application of Remote Sensing Monitoring vegetation cover around the Manwan Hydropower Station [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(3): 60~63 [甘淑, 袁希平, 何大明. 遥感技术在漫湾库区周边植被覆盖宏观监测中的应用研究 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 60~63]
- [12] Wang Zhongze, Zhang Xiangning, Jin Zhenzhou *et al.* The ecological environment and biological resources of Manwan Hydropower Station along Lancang River in Yunnan, China [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2000, 6~10 [王忠泽, 张向明, 金振洲, 等. 云南澜沧江漫湾水电站库区生态环境与生物资源 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000, 6~10]
- [13] Luo Geping, Zhou Chenhu, Chen Xi Process of land use/land cover change in the oasis of arid region [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(1): 63~72 [罗格平, 周成虎, 陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程 [J]. 地理学报, 2003, 58(1): 63~72]
- [14] Zhu Huiyi, Li Xubin Temporal and spatial analysis of land use in the Bohai searin [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3): 253~259 [朱会义, 李秀彬. 环渤海地区土地利用的时空分析 [J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253~259]
- [15] Yu Xingxiu, Gao Huazhong Study on land use/land cover change in urban and its edges—A case study of Linyi City [J]. *Areal Research and Development*, 2003, 22(2): 47~51 [于兴修, 高华中. 城市及其边缘地带土地利用/覆被变化研究——以临沂市为例 [J]. 地域研究与开发, 2003, 22(2): 47~51]
- [16] Chen Wenbo, Cui Lijuan, Zhao Xiaofan Temporal-spatial characteristics of land use in Xinjian County, Jiangxi Province [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(5): 873~877 [陈文波, 崔丽娟, 赵小汎. 江西新建县土地利用时空动态特征分析 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(5): 873~877]

Spatial-Temporal Land Use Pattern Changes in Manwan Hydropower Station Reservoir of Lancang River, Yunnan, China

ZHOU Q ing, OU X iaokun, ZHANG Zh in ing, YANG M ingy u

(Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract With the support of RS and GIS, this paper studied the spatial-temporal change characteristics of land use in Manwan hydropower station reservoir, Yunnan Province, during 1991, 2001 and 2004. The results shown that the land use structure changed little during 1991~2004. In three periods, forest, shrub and cultivated land are main types of land use, which occupied over 88% of total area. During 13 years between 1991 and 2004, the area of cultivated land and construction land had been increased. Results also shown that the area of forest and unused land decreased between 1991 and 2001, while increased between 2001 and 2004, and the area of water body and shrub increased at first stage and then decreased. During these periods, inter-transitions between different types of land use were very complex, mainly occurring among forest, cultivated land and shrub. Among single land use types, the dynamic index (R_{ss}) of water body was the biggest change between 1991 and 2001; and during 2001 and 2004 the two max R_{ss} were unused land ($R_{ss} = 0.72$) and construction land ($R_{ss} = 0.73$). However, in the two periods, the dynamic index (R_{ts}) of whole land-use was 4.97% and 16.49%, and the trends and state index of whole land-use change (P_t) was 0.271 during 1991~2001 and 0.181 in the period of 2001~2004, that means land use was in quasi-balanced state during 1991~2001 and in balanced state in the period of 2001~2004.

Key words Manwan hydropower station, land use, pattern, dynamic index