

三峡水库坝区生态屏障区近25年土地利用变化评价

田培^{1,2}, 龚雨薇^{1,2}, 朱占亮^{1,2}, 刘目兴^{1,2}, 吴宜进^{1,2}, 曹隽隽^{1,2}, 任斐鹏^{3,4}

(1.地理过程分析与模拟湖北省重点实验室,武汉 430079;2.华中师范大学城市与环境科学学院,武汉 430079;

3.长江科学院水土保持研究所,武汉 430010;4.水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心,长江科学院,武汉 430010)

摘要: 通过研究三峡水库坝区生态屏障区近25年来的土地利用变化,揭示其时空变化规律及驱动机制,为坝区生态屏障区土地资源的合理开发利用及生态系统管理提供科学依据。运用RS和GIS技术对1993年、2006年和2018年3期Landsat遥感影像进行处理,得到土地利用类型分布图;综合运用土地利用变化量、变化幅度和转移矩阵等定量指标,对三峡水库坝区生态屏障区1993—2018年间的土地利用变化进行分析。结果表明:1993年以来,三峡水库坝区生态屏障区土地利用结构变化明显,表现为林地、园地和水域的增加,耕地的大幅减少,其中水域面积增加幅度高达183.0%,而耕地面积减少幅度达68.9%;土地利用转移特征结果显示,水域、园地的增加都主要由耕地、林地转化而来,林地、建筑用地的增加主要由耕地转化而来,而未利用地向各方面用地类型转化;三峡水库坝区生态屏障区1993—2006年水域变化程度远大于2006—2018年,其他类型变化幅度相近。总体而言,三峡工程的建设、城镇化发展、农林产业结构调整 and 生态保护是三峡水库坝区生态屏障区土地利用变化的主要原因。

关键词: 三峡坝区;生态屏障区;土地利用变化;遥感影像;驱动因素

中图分类号: F301.24; X321

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2020)02-0078-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2020.02.012

Evaluation of Land Use Change in the Ecological Barrier Zone of the Dam Area of the Three Gorges Reservoir in Recent 25 Years

TIAN Pei^{1,2}, GONG Yuwei^{1,2}, ZHU Zhanliang^{1,2}, LIU Muxing^{1,2},

WU Yijin^{1,2}, CAO Junjun^{1,2}, REN Feipeng^{3,4}

(1.Key Laboratory for Geographical Process Analysis and Simulation, Hubei Province, Wuhan 430079;

2.College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079; 3.Department of Soil and Water Conservation, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010; 4.Research Center on Mountain Torrent and Geologic Disaster Prevention Ministry of Water Resources, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010)

Abstract: By studying the land use change in the ecological barrier area of the Three Gorges Reservoir dam area in the past 25 years, the temporal and spatial variation characteristics and driving mechanisms were revealed, which could provide a scientific basis for the rational development and utilization of land resources and local ecosystem management. The Landsat remote sensing images of 1993, 2006 and 2018 were processed using RS and GIS techniques to obtain the distribution map of land use types. Combining the spatial analysis tools of geographic information system and the analysis method of transfer characteristics, this study analyzed the land use change in the ecological barrier zone of the Three Gorges Reservoir dam area from 1993 to 2018. The results showed that since 1993, the land use structure of the ecological barrier zone in the dam area of the Three Gorges Reservoir has changed significantly, showing an increase in forest land, garden plot and water area, and a significant reduction in cultivated land. The increase in water area was as high as 183.0%, while the reduction in cultivated land area was 68.9%. The transfer characteristics of land use indicated that the increase of both water area and garden plot were mainly from cultivated land and forest land. The increase of forest land and construction land were mainly from the conversion of cultivated land,

收稿日期:2019-08-13

资助项目:国家自然科学基金项目(41907061,41301201,41771261);中央高校基本科研业务费项目(CCNU18XJ048,CCNU18QN003);长江科学院水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心开放研究基金项目(CKWV2019761/KY)

第一作者:田培(1988—),男,湖北大悟人,博士,讲师,主要从事土壤侵蚀与水土保持、水文水资源基础理论研究。E-mail:tianpei@mail.ccnu.edu.cn

通信作者:任斐鹏(1982—),男,山西晋城人,理学博士,高工,主要从事景观生态学、环境地理学基础理论研究。E-mail:feipengren2006@mail.bnu.edu.cn

and unutilized land was transformed into different types of land use. The water area in the ecological barrier zone of the Three Gorges Reservoir dam area from 1993 to 2006 was much larger than that in 2006—2018, while the other types of land use change were similar. In general, the construction of the Three Gorges Project, the development of urbanization, the structural adjustment of agriculture and forestry industry and ecological protection were the main reasons for the land use changes in the ecological barrier zone of the Three Gorges Reservoir dam area.

Keywords: dam area of the Three Gorges Reservoir; ecological barrier zone; land use change; remote sensing; driven factors

土地利用与土地覆被是地球表层系统最突出的景观标志^[1],在可持续发展及全球环境变化中占有重要地位^[2]。三峡工程是世界上最大的水利枢纽工程,是开发和治理长江的关键性骨干工程,具有防洪、发电、航运等巨大综合效益^[3]。三峡坝区位于湖北省宜昌市三斗坪,其地形结构复杂、人地矛盾突出,水土流失和生境破碎化等生态问题形势严峻,土地的利用模式变化各异,生态环境的和谐发展易受到人为因素的干扰^[4]。因此,厘清三峡坝区的土地利用变化,探究其演变规律,提出相应对策,对于生态保护及人地和谐发展有重大现实意义。同时,遥感技术的兴起,Landsat 系列卫星遥感数据存在易获取、高精度的特性,为大范围、长时间的土地利用变化研究提供了技术支撑。

当前,国内外对于土地利用的研究主要包括土地利用时空变化特征^[5-9]、土地利用变化的影响因素及各类模型的拟合分析^[10-14]等方面,通过宏观角度及建模等方法,定性或定量研究土地利用变化及其驱动力等方面;同时,三峡库区的研究成果较为丰富,尤其在遥感作为新技术出现后^[15],但大多选取经济发达、人地矛盾突出的区域进行较短时间跨度的研究^[16],多集中在三峡水库重庆段^[6,8]、湖北段^[3]等分块进行研究,对于三峡水库坝区部分研究较少,并且立足于土地利用变化方面的研究尚不充分^[11]。因此,本文运用 RS 和 GIS 技术,通过 Landsat 系列影像数据,选取相对脆弱的三峡水库坝区的夷陵生态屏障区作为研究区,以三峡工程全线建成年份 2006 年为节点,为保证数据的时间跨度合理性及时效性,选取三峡大坝开工前(1993 年)、全线建成时期(2006 年)、当前时期(2018 年)的 3 个典型年份的遥感影像数据,分析其土地利用变化规律,探究该区域土地利用变化的范围、程度并探讨其驱动因素,为当地政府科学规划土地利用、制定相关法律法规提供科学依据,并为坝区土地资源的合理开发利用、土地承载力的提高和生态环境修复提供理论参考。

1 研究区概况与数据预处理

1.1 研究区概况

本文研究区域为三峡水库坝区的夷陵生态屏障

区,主要包括位于夷陵区的 3 个乡镇(太平溪、乐天溪和三斗坪),总面积约为 205.53 km²,该区域降水集中且多暴雨,同时地质环境复杂,加上人类活动强烈等原因,区域内地质灾害类型多、分布广、频率高^[17]。该区域属亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛,多年平均降水量 1 101.0 mm,且多集中于夏季,雨热同期,全年积温较高,无霜期较长,年平均气温 16.7 ℃;相对高差达 1 862 m,最高海拔 1 920 m,最低海拔 58 m,地貌类型以山地、丘陵、河谷为主;植被以亚热带常绿阔叶林为主^[18]。夷陵区位于鄂西北山区向江汉平原的过渡地带、长江中上游结合部的西陵峡两岸,横跨长江南北。全区东靠当阳、远安,西邻兴山、秭归,南临长阳、枝江,北接保康,有“三峡门户”之称;位于我国第二阶梯东缘,上锁巴夔,下引荆襄,亦有“川鄂咽喉”之称^[19],其范围分布在东经 110°51′8″—111°39′30″,北纬 30°32′33″—31°28′30″。根据这一界线划分,利用 ArcGIS 10.2 工具,采用 2018 年 Landsat8 OLI 影像数据,运用假彩色合成方法,制作研究区遥感影像图(图 1)。

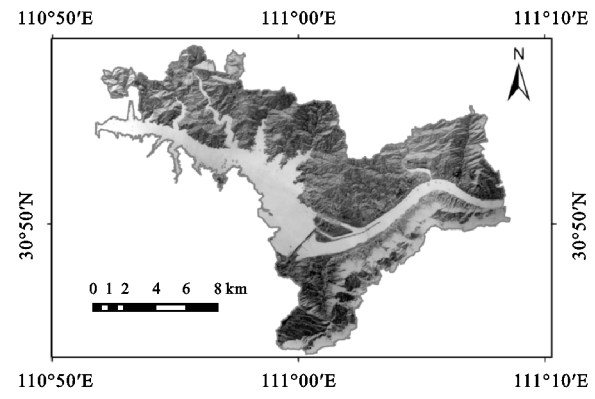


图 1 三峡水库坝区生态屏障区范围遥感影像

1.2 数据来源与预处理

研究所需遥感影像数据免费下载于美国 USGS 遥感信息网站(U.S. Geological Survey,USGS),具体收集了 1993 年 Landsat4—5 TM、2006 年 Landsat4—5 TM 和 2018 年 Landsat8 OLI 3 期同季相(12 月)多光谱遥感影像数据,影像条带号为 125,行编号为 39,含云量均小于 20%,空间分辨率为 30 m。针对所下载原始影像,运用 Envi 5.2 工具进行波段合成,选用假彩色合成法进行

目视解译,其中 1993 年和 2006 年的 Landsat4—5TM 影像为 4,3,2 波段合成,2018 年的 Landsat8 OLI 影像为 5,4,3 波段合成。同时,运用 Envi 5.2 工具进行了几何校正和去云处理,以减少几何变形和云层覆盖等对土地分类的影响。

研究所需的遥感影像解译土地利用现状地面调查点数据主要通过野外现场调查的方式获取。在遥感影像分类前期,于 2018 年 5 月,对研究区进行了实地调查,采用 GPS 现场定位与调查记录的方式,共记录土地利用样点 352 个;在分类后期,结合分类精度评价,于 2018 年 9 月又开展了一次实地验证调查,采集土地利用样点 252 个;总计采集土地利用地面调查点 604 个。1993 年和 2006 年的土地利用分类精度验证主要基于 Google Earth 高精度历史影像进行判定。

此外,根据研究需要,还收集了研究区 1:10 万地形图、夷陵区土地利用规划资料和夷陵区的统计年鉴等相关资料。

2 研究方法

2.1 土地利用分类

运用 Envi 5.2 遥感影像处理软件,采用目视解译的方法,考虑地物的空间分布、光谱以及纹理的特征等因素,对研究区域的 3 期遥感影像进行解译。基于 352 个土地利用现状地面调查点数据,采用最大似然法进行监督分类^[21],获得研究区 3 个时期的土地利用数据。最后运用 ArcGIS 10.2 工具成图,得出三峡水库坝区这 3 期的土地利用类型分布图。

研究中的土地利用分类体系采用 GB/T 21010—2017《土地利用现状分类》分类系统^[20],并根据三峡库区的土地利用特点、研究目标和遥感解译的特点等,对该分类体系进行了适当的调整。本文采用的是一级分类,土地利用类型主要包括耕地、园地、林地、草地、水域及水利设施用地、建设用地和其他土地 7 个大类。

为了对研究中的土地利用分类精度进行评估,针对 1993 年、2006 年和 2018 年 3 期分类结果,采用每期随机选取 600 个样本点,进行分类精度的评价。Kappa 指数总体上分别为 0.89(1993 年)、0.88(2006 年)、0.90(2018 年),超过最低允许判别精度 Kappa 指数 ≥ 0.70 的要求^[21]。判别过程中,1993 年和 2006 年的分类结果主要通过历史资料进行判定,2018 年分类结果主要通过现场调查数据进行判定。

2.2 土地利用变化指标

本文所运用的土地利用变化指标为变化量和变化幅度。土地利用变化量指某种土地利用类型面积

变化的数量大小^[22];变化幅度指土地利用变化的剧烈程度。通过计算这 2 个指标,对研究区土地利用变化的数量和程度进行定量分析,并对坝区 1993 年、2006 年和 2018 年的土地利用情况进行对比分析。

具体的指标计算公式为:

$$\Delta U = U_b - U_a \tag{1}$$

$$K = [(U_b - U_a) / U_a] \times (1/T) \times 100\% \tag{2}$$

式中: U_a 、 U_b 分别表示研究期初与研究期末某种土地利用类型的数量; ΔU 表示土地利用类型面积变化量; T 表示研究时段时长,当 T 值为 1 时, K 为研究时段内某种土地利用类型的变化幅度,当 T 设定为年时, K 为研究时段内某种土地利用类型的年变化率。

2.3 土地利用转移矩阵

转移矩阵是进行土地利用类型间相互转化的数量及方向特征定量研究的主要方法,能够具体反映某一段时间内土地利用变化的结构特征和各类型之间的转移方向^[22]。

转移矩阵的数学形式可以表现为:

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \tag{3}$$

式中: S_{ij} 表示土地面积(km^2); n 表示土地利用类型的数量; i 表示研究期初的土地利用类型; j 表示研究期末的土地利用类型; S_{ij} 表示研究期内第 i 类土地转化为第 j 类土地的面积。

本文使用 Envi 5.2 工具计算出 1993—2018 年、1993—2006 年和 2006—2018 年的土地转移矩阵,并分析总时段内以及分时段内主要发生的土地利用类型转化及转移数量和方向。

3 结果与分析

3.1 土地利用分类

通过最大似然法分类结果以及精度验证结果,1993 年、2006 年和 2018 年 3 个年份 Kappa 指数总体上均高于 0.80,超过最低允许判别精度^[22],结果可靠,可满足研究需要。根据夷陵生态屏障区 1993 年、2006 年和 2018 年 3 期影像的解译结果(图 2)显示,可以看出该区的主要土地利用类型是林地、耕地、园地、建筑用地和水域。

林地、耕地、园地、建筑用地和水域这 5 种土地利用类型的面积之和分别占这 3 个时段的该区土地总面积的 96.23%、96.71%和 96.26%,且在时间上总体变化不大;草地和未利用地所占面积比例总计不足 5%。然而 3 个时段的林地面积比例却依次为 32.55%、36.56%和 38.57%,所占比例上升幅度明显。草地面积所占比例依次为 1.23%、2.11%和 3.47%,所占比例上升明显。园地

和建筑用地面积的比例也有所上升。与此同时,耕地和未利用地的比例明显下降。由于三峡大坝的修建, 2006 年和 2018 年的水域面积相比 1993 年有所增加, 分别从 9.85% 增加到 18.76%, 20.74% (表 1)。

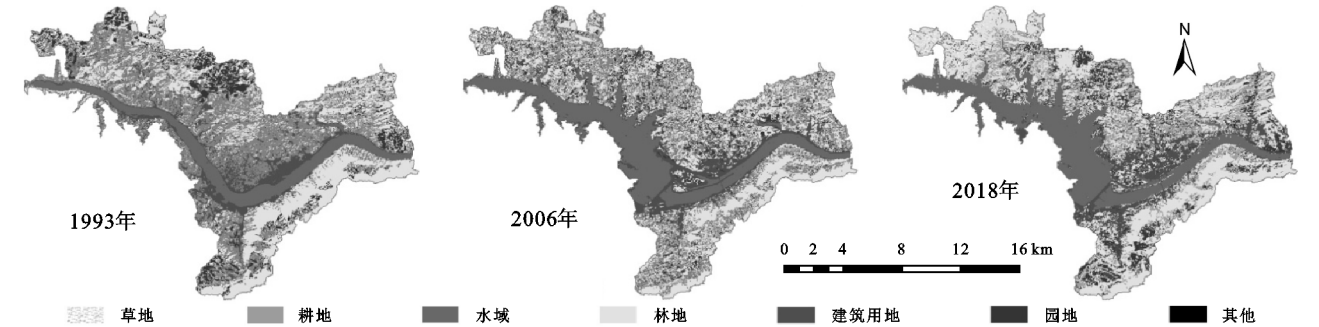


图 2 1993 年、2006 年和 2018 年三峡水库坝区生态屏障区土地利用类型分布

表 1 三峡水库坝区 1993—2018 年土地利用结构及其变化趋势

土地利用 类型	1993 年		2006 年		2018 年		1993—2018 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
耕地	73.9440	36.05	38.9367	18.90	23.0355	11.21	−50.9085	−68.85
林地	66.7503	32.55	75.3201	36.56	79.2774	38.57	12.5271	18.77
园地	11.7171	5.71	18.1080	8.79	21.0429	10.24	9.3258	79.60
建筑用地	24.7491	12.07	28.2267	13.70	31.8627	15.50	7.1136	28.74
水域	20.1951	9.85	38.6397	18.76	42.6312	20.74	22.4361	111.10
草地	2.5200	1.23	4.3497	2.11	7.1325	3.47	4.6125	183.04
未利用地	5.2128	2.54	2.4300	1.18	0.5517	0.27	−4.6611	−89.42
总计	205.0884	100.00	206.0109	100.00	205.5339	100.00		

3.2 土地利用变化

从图 3 可以看出,夷陵区生态屏障区的土地利用变化主要特征为:(1)从变化量上看,1993—2018 年间的 2 个时段内,水域、林地和园地这 3 种用地类型的面积增加明显,而耕地这一用地面积的减少量较大;(2)从变化幅度上看,耕地、水域、草地、园地和其他 5 个类型的变化最为剧烈,1993—2018 年时段的变化幅度分别高达 −68.85%,111.10%,183.04%,79.60%和 −89.42%;其中

1993—2006 年这一时间段内水域的变化最为突出,变化幅度达 91.33%;林地也有明显的变化幅度,为 18.77%;(3)分时段对比分析可以看出,耕地、草地和建筑用地在 2 个时段内变化的幅度相近,随着时间推移呈现出较为稳定的变化;林地和园地则表现为 1993—2006 年这一时段内的变化幅度明显大于 2006—2018 年间的变化;而水域的变化主要集中在 1993—2006 年这一时段。

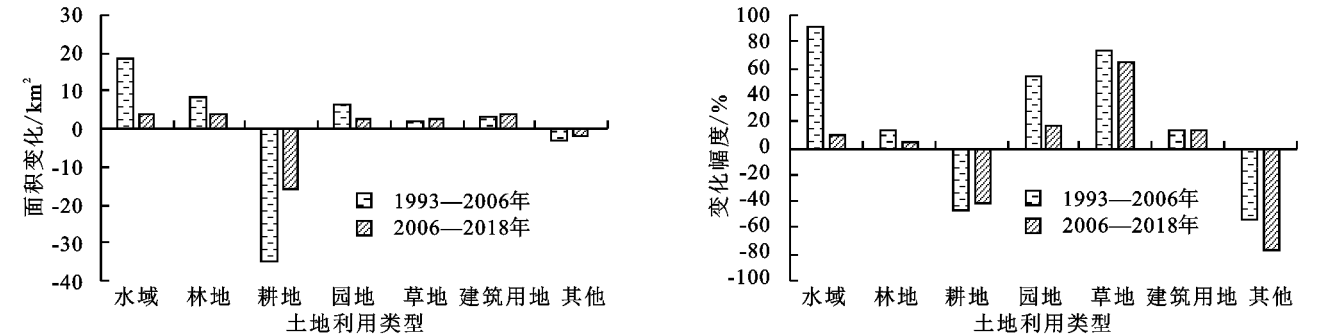


图 3 1993—2018 年三峡水库坝区各土地类型变化量和变化幅度

3.3 土地利用转移特征

从 1993—2018 年间夷陵区生态屏障区土地利用转移矩阵(表 2)可以看出,减少的耕地主要转化为林地、建筑用地、水域以及园地;建筑用地的增加主要源于耕地和林地的转化,其中耕地转化的数量较大;增加的水域主要源于建筑用地、耕地及林地的转化;林地和园地的增加主要源于耕地的转化,少部分来自未利用地,并且林地与园地之间存在相互转化;未利用

地向各方面用地类型转化。此外,其他用地类型也发生了不同程度转化。
从 1993—2006 年和 2006—2018 年间夷陵区生态屏障区土地利用转移矩阵(表 3、表 4)可以看出,上述用地类型(除水域外)之间的转化在这 2 个时间段内相对稳定,而水域的转化则表现为 1993—2006 年这一时段内耕地、林地和建筑用地向其转化的面积远大于 2006—2018 年这一时段。耕地在 2006—2018

年这一时段内向林地、园地和建筑用地转化面积比
1993—2006 年间的转化面积小,其耕地保有量仍在
不断减小。

林地、园地和建筑用地等土地利用类型在这 2 个
时段变化幅度相近,同时,其面积的保有量保持稳定
并有所增长。

表 2 1993—2018 年三峡水库坝区土地利用转移矩阵

土地利用 类型	耕地/ km ²	林地/ km ²	园地/ km ²	建筑 用地/km ²	水域/ km ²	草地/ km ²	未利 用地/km ²	2018 年 比例/%
耕地/km ²	14.2254	4.7133	1.1394	0.6831	0	0.5625	1.7109	11.21
林地/km ²	21.0213	47.4183	3.1320	3.8232	0.5211	0.9027	2.2878	38.58
园地/km ²	8.7489	3.9843	6.0102	1.4328	0.0306	0.5751	0.2610	10.24
建筑用地/km ²	14.0040	5.7348	1.0170	9.3357	1.0539	0.1827	0.5202	15.50
水域/km ²	11.4435	3.8043	0.0396	8.4996	18.5841	0	0.0009	20.74
草地/km ²	4.2066	0.9675	0.3717	0.8991	0.0054	0.2610	0.4203	3.47
未利用地/km ²	0.2934	0.1278	0.0072	0.0756	0	0.0360	0.0117	0.27
1993 年比例/%	36.05	32.55	5.71	12.07	9.85	1.23	2.54	

表 3 1993—2006 年三峡水库坝区土地利用转移矩阵

土地利用 类型	耕地/ km ²	林地/ km ²	园地/ km ²	建筑 用地/km ²	水域/ km ²	草地/ km ²	未利 用地/km ²	2006 年 比例/%
耕地/km ²	26.3043	3.9231	2.4120	1.8162	0.0252	0.6138	3.8286	18.90
林地/km ²	16.9092	49.6971	2.6091	3.9168	0.0459	1.0908	0.7578	36.56
园地/km ²	7.6293	2.9043	5.5278	1.4553	0.0063	0.4941	0.0765	8.79
建筑用地/km ²	11.7540	4.3056	0.6480	9.6507	1.5678	0.1089	0.0720	13.70
水域/km ²	9.0342	2.8485	0.0261	7.6995	18.5499	0	0	18.76
草地/km ²	2.0736	1.2591	0.3537	0.1989	0	0.1944	0.2691	2.11
未利用地/km ²	0.2385	1.8126	0.1404	0.0117	0	0.0180	0.2088	1.18
1993 年比例/%	36.05	32.55	5.71	12.07	9.85	1.23	2.54	

表 4 2006—2018 年三峡水库坝区土地利用转移矩阵

土地利用 类型	耕地/ km ²	林地/ km ²	园地/ km ²	建筑 用地/km ²	水域/ km ²	草地/ km ²	未利 用地/km ²	2018 年 比例/%
耕地/km ²	16.5033	3.1401	1.3725	0.7497	0	0.9270	0.3429	11.21
林地/km ²	10.2033	53.0064	6.9390	5.3631	0.2052	1.7163	1.8441	38.58
园地/km ²	4.7097	6.8661	6.5619	2.367	0.0018	0.5328	0.0036	10.24
建筑用地/km ²	5.4891	8.4834	2.2185	14.0931	0.7956	0.5787	0.2043	15.50
水域/km ²	0.1512	0.8226	0.1098	4.1571	37.3851	0.0045	0	20.74
草地/km ²	1.7577	2.6487	0.8154	1.3239	0	0.5517	0.0351	3.47
未利用地/km ²	0.1206	0.2232	0.0882	0.0810	0	0.0387	0	0.27
2006 年比例/%	18.90	36.56	8.79	13.70	18.76	2.11	2.54	

4 讨论

4.1 土地利用变化特征

1993—2018 年间三峡水库坝区的土地利用变化的总体特征为,水域、园地和草地增加幅度大,但增加量较大的依次为水域、林地、园地和建筑用地;耕地、未利用地减小幅度大,其中耕地减少量尤为突出。转移特征结果分析显示,水域的增加主要由耕地、林地和建筑用地转化而来;林地和建筑用地的增加主要由耕地转化而来,园地的增加主要由耕地和林地转化而来,未利用地转化为林地、耕地和建筑用地等。不同时

间段内三峡水库坝区的土地利用的变化特征(变化量与变化幅度)与变化原因由于所处时间段的不同而具有差异性。例如,1993—2006 年内水域的增加比 2006—2018 年内的增加要剧烈得多,因为三峡大坝在 2006 年 5 月 20 日已全线建成,并且此时水位已经达到 156 m。

4.2 土地利用变化驱动因素分析

土地利用变化是区域范围内各种因素综合作用的结果^[23]。目前,普遍认为导致土地利用变化的因素主要分为自然环境与社会经济 2 大类。其中自然环境因子包括气候、土壤、地形地貌、植被和自然资源

等因子对土地利用变化产生影响;社会经济因子包括人口、经济、政策、土地利用技术等的影响^[24]。本文通过查阅文献资料及研究所得出的土地利用变化结果以及特点,主要从社会经济、自然因子 2 大方面进行分析。三峡水库坝区生态屏障区由于地域的特殊性,其近 25 年来土地利用变化的主要原因是三峡工程的建设和为应对生态环境变化而实行的政策。同时,人口及社会经济发展、自然环境的变化、基础设施建设也对三峡水库坝区生态屏障区土地利用格局的变化产生了重要的影响,主要表现为:

(1)三峡水库的修建导致水域面积增加,耕地、林地以及园地减少。三峡工程竣工后,坝顶高程 185 m 的大坝横江耸立,截断江水,大坝以上河床水位提高(图 4),形成长达千里的条形水库^[25]。库区蓄水淹没的陆域面积中,主要包含耕地、园地、林地和建筑用地这 4 类,水域面积增多。三峡工程的建设占用陆域面积,导致林地及耕地减少,转化为基础设施用地即建筑用地。虽然三峡工程建设占用了夷陵区的林地 800 hm²,但由于该区退耕还林等项目的实施,该区林地近 25 年来整体还是呈增加的趋势。

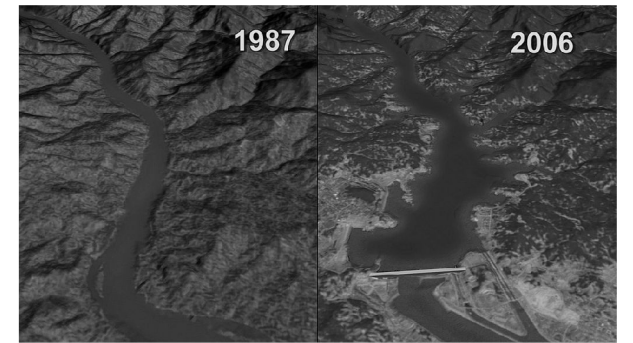


图 4 三峡大坝建成前后长江三斗坪段水域变化

(2)三峡水库修建造成的移民安置使建筑用地面积增大、耕地减少。三峡库区蓄水淹没大量农村、城镇居民点还有若干工厂企业,根据安置规划,这些地方易址迁建,征用耕地、园地和林地等,开发建设新镇或者新的生产生活用地^[26]。移民后人们的生活产业结构发生了变化(表 5),移民后农业人口减少,从事第二和第三产业的人口数目增多,促进了城镇的快速发展。农业人口的减少以及城镇化导致耕地面积减少,建筑用地增加。

(3)退耕还林还草、封山育林的政策导致耕地面积减少、林地面积增加。三峡水库坝区生态环境脆弱,水土流失严重。为修复该区生态环境,降低修建水库对当地生态环境带来的不利影响,恢复森林植被,综合治理水土流失,并带动库区的经济发展。国家在该地区采取退耕还林还草、封山育林和建设库区多功能生态防护林等政策^[27],通过这些项目的实施,

坝区林地和园地的面积显著增加,其中林地增加更多;表现为耕地面积和山坡裸地即未利用地面积的减少,其中耕地面积的减少为主。并且三峡库区的生态环境质量得到了显著的提高,库区泥沙淤积显著减少,土地的水土涵养功能明显提高,水土流失面积以及土地侵蚀规模大幅度下降,滑坡、泥石流等自然灾害发生的频率降低。

表 5 三峡工程坝区夷陵区移民后期生产安置情况

项目	单位:人					
	初次安置			生产安置		
	合计	后靠	出乡镇	合计	后靠	出乡镇
合计	9850	5682	4168	9850	5682	4168
农业安置	530	527	3	537	534	3
兴办企业	3388	1094	2294	237	79	158
带资进厂	2303	636	1667	984	173	811
自谋职业	1559	1536	23	6022	3007	3015
单位安置	—	—	—	—	—	—
养老保险	1690	1536	154	1690	1536	154
储蓄保险	270	256	14	270	256	14
其他	110	97	13	110	97	13

注:—表示无数据。

(4)农林产业结构调整、特色产业发展导致园地面积极增加、耕地面积减少。当地以退耕还林工程建设为契机,结合本区实际情况,科学调整农村产业结构,实施“东果西药”战略^[27],在中部及东部丘陵地区种植以柑桔为主的高效经济林,在三峡库区种植优质茶叶等生态经济兼用林,在中、西部大力发展核桃和银杏、杜仲、山茱萸等木本药材^[28]。夷陵区是以柑橘、茶叶为特色主导产业的“橘都茶乡”,现处“长江上中游优势柑橘产业带”和“长江上中游特色和出口绿茶重点区”,该区紧紧围绕“柑橘、茶叶”转型升级,农业发展不断扩大,从数量型到质量效益型、安全环保型转变,被评为“国家现代农业示范区”,园地的面积也随之扩大^[29]。

(5)社会经济发展、基础设施建设导致建筑用地增加、耕地面积减少。夷陵区近 25 年来经济迅猛发展(表 6),2017 年 12 月 14 日,获评中国工业百强区。2018 年 10 月 22 日,入选 2018 年全国农村一、二、三产业融合发展先导区创建名单。夷陵区被评为第一批国家农业可持续发展试验示范区和第二批国家全域旅游示范区。城镇经济发展水平不断提高,经济规模不断扩大,产业发展兴盛,这其中离不开工业用地、农村城镇居民用地以及交通设施等基础设施建设用地的增加,并且伴随着对耕地的占用,导致耕地面积减少。

综上所述,三峡水库的修建是导致近 25 年间研究区水域面积增加的主要原因,其伴随的移民安置、易址迁建导致建筑用地占用耕地、林地和园地;同时,城镇化的进一步发展,致使建设用地扩张并占用耕

地、开发未利用地;退耕还林、封山育林等生态政策的实施,导致耕地和未利用地转变为林地;农林产业结构的调整以及特色产业即柑橘和茶叶的发展,使得园地面积逐渐增加。故导致三峡水库坝区生态屏障区的土地利用状况在近 25 年发生变化的驱动机制为社会经济和自然环境的共同作用。其中社会经济因子表现为三峡水库的修建、农林产业结构的调整和以及城镇化的发展;自然环境因子表现为生态屏障区脆弱的生态环境促使退耕还林、库区多功能生态防护林体系建设等生态政策的实施。

表 6 夷陵区不同时段经济概况

夷陵区总面积/km ²	年份	人口/人	GDP/亿元
3423.9	1993	571839	10.8691
	2006	517483	74.7000
	2018	522323	573.3900

4.3 误差讨论

本文所采用的 Landsat TM/ETM 和 OLI 传感器的影像均为空间分辨率为 30 m 的标准假彩色图像,这一类型的遥感影像对不同地物类型的敏感程度不同,从而解译的精度也会存在一定的差异^[21]。本文采用人工目视判读的方法对遥感影像进行解译,有时还存在同谱异物的情况。例如耕地、林地和园地在标准假彩色遥感影像上色调均为红色,区分难度较大,还需结合形状、大小和纹理等要素进行区分,故其解译精度没有水体和建筑用地等类型的高。混合像元的数量较多以及三峡库区地形复杂、水汽丰富的特点也对遥感解译的精度造成了一定的影响。故分类结果可能存在一定误差。

5 结论与建议

5.1 结论

(1)1993—2018 年间三峡水库坝区的土地利用发生了明显的变化,25 年间总体特征表现为水域、林地、园地和建筑用地增加明显,耕地显著减少。坝区城镇化过程显著的同时植被覆盖率显著提高,在社会经济发展的同时发展生态文明。

(2)土地利用变化带来的影响:第一,植被面积的增加使得生态环境质量得到很大的改善,水土流失治理成效显著;第二,农林产业结构的调整优化了当地农村产业结构与不合理的土地利用结构,提高了土地利用效率;第三,建筑用地的扩大推动了当地经济的发展;第四水域面积的扩大和加深,提高了三峡航道的航行安全和水上运输能力,对库区气温也起到了一定调节作用。

(3)三峡水库坝区土地利用变化的驱动力因素主要包括三峡工程建设、城镇化发展、农林产业结构调整和保护等方面,但不同时段的变化特征和主导

因素会有不同。如 1993—2006 年水域面积的剧烈增加主要由三峡工程的建设主导,而 2006—2018 年内的土地利用变化则更多地由农林产业结构调整、生态保护战略主导,导致林地、园地等利用方式的增加,同时城镇化发展,人口的迁移等因素也造成一些区域地建筑用地增长。

5.2 建议

根据三峡水库坝区的土地利用变化所表现出的特点,结合该区域的生态环境状况与社会经济发展需要,本文尝试提出针对区域性发展的建议为:

(1)针对耕地大量减少的现象,应控制坝区经济建设对耕地的占用,缓解人口对土地压力过大的问题;其次,合理布局,生态屏障区的经济建设应围绕交通干线进行;同时,建设高效耕地,最大效益地进行生产,注重科技的应用。

(2)针对林地和园地,近 25 年三峡水库坝区的植被覆盖率显著上升,坝区生态环境质量得到很大改善,并且积极地消减了修建水库对当地环境带来的不利影响。因此,应规划封禁治理区,对现有林地实施封禁保护,提高植被覆盖率,改造荒草地、灌木林地和其他林地,提高森林覆盖率;其次保护现有基础设施条件较好的园地,对现有稀疏的和基础设施较差的园林进行补植改造和基础设施配套建设,以提高产品品质和生产效率,建设高效园地;同时降低环境污染,保护库区水环境。

(3)针对草地和未利用土地,对适宜造林的草地和未利用地,进行造林改造;对不宜种植的草地,尊重其自然立地条件,通过封禁保护措施,防止破坏;对于目前难以利用的其他用地,保留现状,待条件成熟后再利用。

参考文献:

[1] 汪权方,李家永,陈百明.基于地表覆盖物光谱特征的土地覆被分类系统:以鄱阳湖流域为例[J].地理学报, 2006,61(4):359-368.

[2] 李秀彬.全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6): 553-558.

[3] 程学军,谭德宝.三峡库区湖北片土地利用动态变化研究[J].长江科学院院报,2004,21(3):32-35.

[4] 王文杰.基于遥感的宏观生态监控技术研究[M].北京:中国环境科学出版社,2006.

[5] 幸瑞桑,周启刚,李辉,等.基于地形梯度的三峡库区万州区土地利用时空变化分析[J].水土保持研究,2019,26 (2):297-304.

[6] 陈丹,周启刚,何昌华,等.重庆山地都市区 1985—2010 年土地利用变化地形特征分异研究[J].水土保持研究, 2013,20(5):210-215.

[7] Liu W C, Liu J Y, Kuang W H, et al. Examining the influence of the implementation of Major Function-oriented Zones on built-up area expansion in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(6): 643-660.

[8] 周启刚, 陈丹. 重庆山地都市区土地利用地形特征分异研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 86-91.

[9] 吴见, 王帅帅, 谭靖. 基于安徽省土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(2): 239-248.

[10] Fu P, Weng Q H. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2016, 175(4): 205-214.

[11] 佟光臣, 林杰, 陈杭, 等. 1986—2013 年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 240-245.

[12] Marwa W A, Paul E G, Jeffrey A H, et al. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA[J]. Applied Geography, 2015, 63: 101-112.

[13] Alvaro S, Germán B, Marina H, et al. Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review[J]. Global and Planetary Change, 2015, 5(5): 103-119.

[14] Dong J W, Kuang W H, Liu J Y. Continuous land cover change monitoring in the remote sensing big data era[J]. Science China Earth Sciences, 2017, 60(12): 2223-2224.

[15] 袁益琴, 何国金, 江威, 等. 遥感视频卫星应用展望[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(3): 1-8.

[16] 任文伟. 土地利用/覆盖变化(LUCC)与水环境效应研究[J]. 世界科学, 2007(2): 31-32.

[17] 尹发能, 卢明珠. 湖北省夷陵区新农村建设调查与分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3689-3692.

[18] 蔡道明, 李柏, 张平仓, 等. 基于 GIS 的三峡库区湖北段土壤侵蚀潜在危险度评价[J]. 水利水电技术, 2017, 48(9): 223-228.

[19] 祁翠翠. 三峡旅游背景下晓峰旅游市场开发研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2009.

[20] 高云飞, 李智广, 刘晓燕. 黄河流域水土流失遥感监测中土地利用现状分类体系构建[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 111-115.

[21] 李华, 吴翰, 薛梅, 等. 土地督察易混地物最大似然分类改进[J]. 遥感信息, 2018, 33(6): 132-138.

[22] 任斐鹏, 江源, 熊兴, 等. 东江流域近 20 年土地利用变化的时空差异特征分析[J]. 资源科学, 2011, 33(1): 143-152.

[23] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学, 2001, 23(3): 39-41.

[24] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.

[25] 马尚云. 三峡工程库区百万移民的现状与未来[J]. 社会学研究, 1996(4): 25-34.

[26] 宜昌市夷陵地区地方编纂委员会著. 宜昌县志 1979—2001[M]. 北京: 方志出版社, 2011.

[27] 张洪江, 高中琪, 解明曙, 等. 三峡库区多功能防护林体系构成与布局的思考[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(4): 479-486.

[28] 万永明. 宜昌市夷陵区退耕还林工程实施情况总结[J]. 现代农业科技, 2015(14): 185-186.

[29] 陈世林, 孙浩燕, 朱迎春. 2009—2018 年宜昌市夷陵区农业发展成效探讨[J]. 现代农业科技, 2018(21): 263.

(上接第 77 页)

[24] Vermang J, Norton L D, Huang C H, et al. Characterization of soil surface roughness effects on runoff and soil erosion rates under simulated rainfall[J]. Soil Science Society of America Journal, 2015, 79(3): 903-916.

[25] 张会茹, 郑粉莉. 不同降雨强度下地面坡度对红壤坡面土壤侵蚀过程的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 40-43.

[26] 张祖莲, 洪斌, 黄英, 等. 降雨作用下红土型坡面径流特征与土壤侵蚀的关系研究[J]. 山地学报, 2017, 35(4): 535-542.

[27] 柳晓娜, 樊登星, 余新晓, 等. 大粗糙单元对坡面流动力学特性的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(4): 43-50.

[28] 蒋利斌, 张会兰, 杨坪坪, 等. 降雨和坡面流共同作用下的坡面薄层水流动力学特性[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(8): 77-86.

[29] 李建明, 王一峰, 张长伟, 等. 三种土壤质地工程堆积体坡面流速及产沙特征[J]. 长江科学院院报, 2019, 1-9.

[30] 张琪琳, 王占礼, 张庆玮, 等. 雨强及坡度对黄土区草地坡面水流流速的影响[J]. 人民黄河, 2018, 40(4): 96-99.

[31] 戎玉博, 王森, 白玉洁, 等. 含砾石锥状工程堆积体侵蚀水动力学特性和细沟形态特征[J]. 水土保持学报, 2018, 32(2): 134-141.

[32] 薛海, 孔纯胜, 熊秋晓, 等. 坡面沟蚀及其分形特性试验研究[J]. 人民黄河, 2008, 30(12): 90-92.

[33] 芮孝芳, 蒋成煜, 张金存. 流域水文模型的发展[J]. 水文, 2006, 26(3): 22-26.