

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2019.205>



洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖变化

余姝辰^{1,2}, 李长安^{3*}, 余德清⁴, 贺秋华^{1,4}, 罗伟奇⁴, 向菲菲³

1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074
2. 国土资源评价与利用湖南省重点实验室, 湖南长沙 410007
3. 中国地质大学地理与信息工程学院, 湖北武汉 430078
4. 湖南省自然资源事务中心, 湖南长沙 410007

摘要: 为了解 20 世纪 70 年代以来洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖变化, 基于 1978 年以来的多源中分辨率遥感影像, 对洲滩地表覆盖情况进行了监测, 利用决策树分类方法解译, 结合地理国情普查数据验证了解译精度。结果表明: 近 40 年来, 杨树和芦苇地是 1978 年以来变化最大的地表覆盖, 二者呈此消彼长的增减状态, 2007—2015 年分布面积基本相当, 2015 年至今杨树面积大幅度减少, 芦苇面积维持稳中有增的趋势。2002 年以前, 洞庭湖洲滩总体呈扩张趋势, 2002 年之后, 洲滩面积趋于稳定。目前, 芦苇和湖草占洞庭湖洲滩总面积的 2/3。洞庭湖自然保护区内欧美黑杨主要分布于南洞庭湖自然保护区, 芦苇主要分布于东洞庭湖和南洞庭湖自然保护区。洞庭湖区湖泊洲滩的人工利用程度在 2015 年后大幅减小, 但仍有 48.57%, 亟待进一步控制。

关键词: 洲滩; 地表覆盖变化; 遥感技术; 洞庭湖; 水文地质。

中图分类号: P237

文章编号: 1000-2383(2020)06-1918-10

收稿日期: 2019-07-09

Land Cover Change on Beach of Dongting Lake's Beach

Yu Shuchen^{1,2}, Li Chang'an^{3*}, Yu Deqing⁴, He Qiuhua^{1,4}, Luo Weiqi⁴, Xiang Feifei³

1. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Utilization in Hunan Province, Changsha 410007, China
3. School of Geography and Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430078, China
4. Natural Resources Affairs Center of Hunan Province, Changsha 410007, China

Abstract: In order to understand the land cover change of beach in the Dongting Lake since the 1970s, it has been systematically monitored based on various remote sensing images since 1978 in this study. Results show that poplar and reed land have experienced the largest changes of land cover in the past 40 years, showing a complementary relationship with one increased with decrease of the other. After 2007, the distribution area of poplar and reed land has been basically same. Till 2015, the distribution area of poplar land has been substantially reduced, and the distribution area of the reed land has been steadily increased. Before 2002, the beach area of Dongting Lake has been increased, after that, the area tends to be stable. Reed land and lake grass are two most covered categories in the Dongting Lake, which is 2/3 of the total beach area. In Dongting Lake Nature Reserve area, populus nigra is widely distributed in the Nature Protection Zone of South Dongting Lake, reed is widely distributed in the Nature Protection Zone of East and South Dongting Lake. Since 2015, the artificial usage of the beach in the Dongting Lake is decreased to

基金项目: 国家自然科学基金(Nos.41871019, 41672355); 原湖南省国土资源厅“洞庭湖生态经济区地理国情监测”项目(Nos.HNPCA2014-1, NGQJC2015-01, GJGQJC2016-04, HNGQJC2017-13, HNJCH-2018-13, HNZRZYJC-2019-02); “洞庭湖区生态环境变化遥感研究”(No.2018-10)。

作者简介: 余姝辰(1990—), 女, 工程师, 博士, 主要从事资源环境遥感技术应用。ORCID:0000-0002-4240-6186. E-mail:22581400@qq.com

* **通讯作者:** 李长安, E-mail:chanli@cug.edu.cn

引用格式: 余姝辰, 李长安, 余德清, 等, 2020. 洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖变化. 地球科学, 45(6):1918-1927.

48.57%, but further control measures are urgently needed.

Key words: beach; land cover change; remote sensing technology; Dongting Lake; hydrogeology.

0 引言

地表覆盖是地球表面各种物质类型及其自然属性与特征的综合体,其变化是全球环境变化研究的一个重要方面(Schneider *et al.*, 2009;陈军等, 2011;贾慧聪等, 2014),对区域水循环、环境质量、生物多样性及陆地生态系统的生产力和适应能力具有重大的影响(李秀彬, 1996)。“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”和“全球环境变化人文计划(HDP)”于1995年将《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》列为核心项目.我国于2010年将“全球地表覆盖遥感制图”列入国家高技术研究发展计划(“863”计划),形成了包含耕地、森林、草地、灌木地、湿地、水体等十多个地表覆盖类型的GlobeLand30数据集,并向全球发布应用.2013年我国启动第一次地理国情普查,将地表覆盖作为最主要的普查内容.研究地表覆盖变化,开展生态监测研究,是科学管理、合理规划和修复保护生态环境的有效途径和内在需求(秦养民等, 2018),对掌握地表自然、生态以及人类活动基本情况,优化国土空间开发格局和各类资源配置,推进生态环境保护具有重要意义.

洞庭湖是重要的国际湿地保护区域,保护区面积3 076 km²,占长江中下游七省市湿地类型自然保护区总面积的三分之二(贺佳等, 2018),具有调节江河径流、净化水质、维护生物多样性和改善生态环境等多种生态服务功能(湖南省国土委员会办公室, 1985).三峡工程因发电与蓄洪对下泄流量的控制和调节,使得洞庭湖与长江的江湖关系发生了重大调整(李景保等, 2005),表现为湖水位逐年降低,洲滩出露时间增长,导致地表覆盖发生变化,进而影响到洞庭湖湿地的植被组成和群落演替(谢永宏和陈心胜, 2008).由此,洞庭湖湿地地表覆盖变化成为近10年来的研究热点.石军南等(2010)以1989—2008年3期遥感影像为数据源,将洞庭湖湿地分为湖泊、河流、库塘、草滩地、泥沙滩地、芦苇地、水田、林地滩地等8种湿地景观类型,研究了它们的时空变化特征和原因;杨利等(2013)根据1987—2008年6期遥感影像,利用景观格局指数及转移矩阵模型等方法,分析了三峡工程建坝前后洞

庭湖区水体、泥沙滩地、苔草滩地、芦苇滩地、防护林滩地、耕地、建设用地等湿地破碎化程度的变化;林国俊等(2015)基于1986—2011年遥感影像,开展洞庭湖区土地覆被对长江水位变化的响应分析,认为洞庭湖区水域、泥滩、草洲面积与城陵矶水位之间具有显著的相关关系;谭志强等(2017)利用2000—2014年遥感影像,通过决策树分类及高斯回归方法,定量评估了洞庭湖湿地植被、泥滩和水体3种景观格局的演变特征.这些研究,提高了洞庭湖区地表覆盖研究程度,但在针对应用需求而进行的地表覆盖分类、具有可比性的卫星影像选择等方面亟待深入.

洞庭湖具有“水落露滩,水涨成湖”的特点(余德清等, 2016),其湖泊洲滩即湖水消落区,全部位于洞庭湖自然保护区的核心区和缓冲区.欧美黑杨与芦苇是洞庭湖湖泊洲滩最主要的地表覆盖类型,也是湖区纸业经济发展的重要原材料.但杨树等外来物种的大量种植,又使洞庭湖湿地面积减少,生态遭受破坏,降低湿地涵养和净化水源等功效,并影响珍稀水鸟的迁徙、栖息和繁衍.并且,作为主要工业污染源的造纸企业给湖区环境保护和生态修复带来了严重影响.为此,湖南省人民政府印发《洞庭湖生态环境专项整治三年行动计划(2018—2020年)》和《洞庭湖区造纸企业引导退出实施方案》,要求“到2020年,完成自然保护区杨树全部清退及树种调整”,并引起了“芦苇弃割”状况.无论是“黑杨清退”还是“芦苇弃割”,都明显地改变了洞庭湖湖泊洲滩的地表覆盖类型,给湖区带来了生态环境风险.本文基于1978年以来多源中分辨率遥感影像,分析研究近40年来洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖类型、杨树与芦苇面积以及洲滩的人工利用程度等变化情况,旨在为洞庭湖区生态环境风险防范和保护修复提供决策依据.

1 研究区数据与方法

1.1 研究区概况

洞庭湖位于长江中游荆江段南部,吞吐荆江藕池、松滋、太平“三口”来水,承接湘、资、沅、澧“四水”和汨罗江、新墙河等区间尾间来水,从城陵矶流

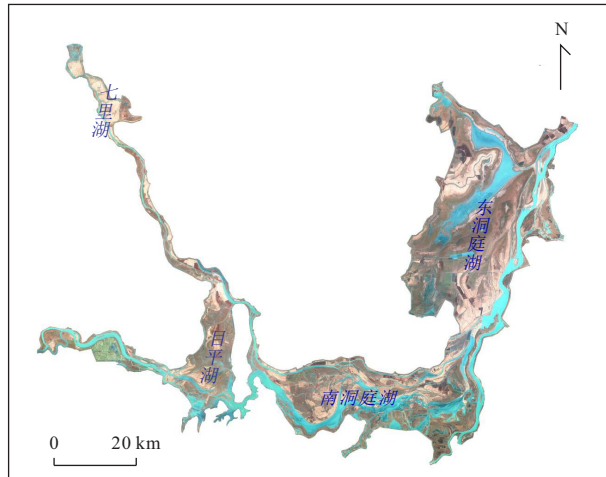


图1 洞庭湖区范围

Fig.1 The overview map of the Dongting Lake

出,分洪沉沙调蓄功能显著.区内年均气温 16.15°C ,年均降水量 $1\ 250\sim 1\ 450\text{ mm}$,无霜期 $258\sim 275\text{ d}$,具有阳光充足,日照较长,雨量充沛,春夏冷暖气流交替频繁,夏秋晴热少雨,秋寒偏旱等特点.洞庭湖区的土壤几乎全部为冲积湖积母质,湖泊洲滩为潮土、沼泽土和沼泽化草甸土,土壤肥力好.洞庭湖区的气候和土壤特征,有利于苔草、芦苇、林木等地表覆盖物生长.

洞庭湖是我国第二大淡水湖,由东洞庭湖、南洞庭湖、目平湖和七里湖等主湖泊组成,其面积为 $2\ 680.29\text{ km}^2$ (余德清等,2016).洞庭湖的周边除极少量的自然岸线外,基本由永久性的防洪大堤所围限,其内部由湖槽和洲滩组成.本文的研究区域主要是洞庭湖内部的洲滩(图1).

1.2 遥感影像选择

在洪水期,洞庭湖的洲滩大部分没于水下,接受泥沙沉积,得到发育和扩展;在平水期,洲滩部分

裸露地表并和水面交错分布;在枯水期,洲滩基本出露,面积最大,地表覆盖物最全.因此,本文选择枯水期水位相近情况下的遥感影像,以洞庭湖区停止围湖造田后洞庭湖的范围基本被大堤围限且湖泊洲滩基本没受人工干预的1978年为时间起点,开展近40年来洲滩地表覆盖变化监测.

研究中共利用了9期遥感影像,包括Landsat MSS/TM/ETM数据、CBERS-1数据和环境减灾卫星(HJ-1)数据,它们的获取时间全部在12月或1月,对应的城陵矶水位极其接近,基本为 20 m 左右.空间分辨率上,除1970年代受信息源限制只能选择分辨率相对较低(79 m)的MSS数据外,其他时相的空间分辨率均为 30 m (表1).这些遥感影像具有较高的可比性.

图像处理中,利用分辨率为 1 m 的2004年正射航摄影像作为平面控制, $1:50\ 000\text{ DEM}$ 作为高程控制进行正射纠正.波段组合原则按仿真彩色,仅利用多光谱数据,不考虑ETM的全色波段.图像处理时,将MSS/CBERS-1数据重采样至与TM/ETM数据相同的 30 m ,以统一影像精度.

1.3 方法

1.3.1 遥感解译标志《土地利用现状分类》(GB/T21010~2007)体系中,洞庭湖的湖泊洲滩对应于“内陆滩涂”地类,地表覆盖类型包括杨(柳)树林地、芦苇地、芦杂草地、湖草地、白泥洲、耕作利用地、房屋建筑地、鱼池、沟渠以及坑塘等10类,其分布具有较为明显的分带性特征,一般来说从低处(近水面)到高处(近堤坝)依次分布白泥洲、湖草地、芦杂草地、芦苇地、杨柳树林地(图2),而耕作利用地、房屋建筑地、鱼池、沟渠以及坑塘则无序混杂于上述类型中.

表1 遥感数据源

Table 1 Remote sensing data source

序号	数据源	获取时间(年-月-日)	空间分辨率(m)	城陵矶水位(m)	波段组合(R/G/B)
1	MSS	1978-12-17	79	20.45	3(R)/4(G)/1(B)
2	TM	1987-12-06	30	19.93	5(R)/4(G)/3(B)
3	TM	1998-12-20	30	20.66	5(R)/4(G)/3(B)
4	ETM	1999-12-15	30	21.78	5(R)/4(G)/3(B)
5	ETM	2002-01-05	30	20.56	5(R)/4(G)/3(B)
6	CBERS-1	2007-12-23	19.5	20.42	3(R)/4(G)/2(B)
7	ETM	2015-01-14	30	20.41	7(R)/5(G)/4(B)
8	ETM	2016-12-20	30	20.66	7(R)/5(G)/4(B)
9	HJ-1	2018-12-30	30	20.96	3(R)/4(G)/2(B)



图 2 洲滩地表覆盖类型分带示意图

Fig.2 The zonation of land cover type in beach

洲滩的遥感解译标志比较典型,容易判别.一般来说,洲滩有明显的几何形状、面积较大.色调随土壤、湿度、植被种类及生长季节不同而变化,湿度大的色调较暗,干燥的较浅;生长着的植被较暗,成熟的较浅.洲滩中各类地表覆盖的遥感影像标志如表 2,图 2 中的数字分别与表 2 中的覆盖类型相对应.

1.3.2 影像解译方法 洞庭湖区各类地物之间“同物异谱”和“异物同谱”的现象较为严重.同一地物由于地理位置和环境影响的不同,在影像上可能呈现不同的表现形式,如水体由于深浅不同而呈现不同的颜色.遥感影像上表现形式相同的也未必是同一地物,如泥沙滩地和建设用地的光谱特征就极为相

似.传统的监督分类和非监督分类方法,利用不同波段的光谱亮度值进行单像元自动分类,难以解决遥感影像中“同物异谱”和“异物同谱”的问题.决策树分类方法具有结构清晰、易于理解、实现简单、运行快、精度高的优势.当遥感影像空间分布比较复杂或者多源遥感数据具有不同的统计分布和尺度时,应用决策树可以有效地处理大量高维数据和非线性关系并且提高分类精度,能够获得较好的分类结果(那晓东等,2008;巴桑等,2011).为此,而本文利用决策树分类方法(decision tree classification)提取洲滩地表覆盖信息.充分分析洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖类型和周边各用地类型的光谱特征、内部结构和空间关系,依据不同覆盖类型在光谱亮度值和多波段阈值上的差异,以归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、缨帽变换(K-T 变换)后的绿度值、改进的归一化水体指数(normalized difference water index, NDWI)、归一化建筑指数(normalized difference building index, NDBI)、坡度值以及单波段亮度值为判断依据,建立洞庭湖遥感影像决策树分类模型(图 3).

图 3 中:① $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$;

② $MNDWI = (GREEN - MIR) / (GREEN + MIR)$;

③ $NDBI = (MIR - NIR) / (MIR + NIR)$.

上述公式中,*NIR*为近红外波段的反射值,对应 TM/ETM+ 遥感影像的第 4 波段;*RED*为红光波段的反射值,对应 TM/ETM+ 遥感影像的第 3 波段,*GREEN*为绿光波段的反射值,对应 TM/

表 2 各类地表覆盖类型遥感影像标志

Table 2 The signs of land cover type

代码	类型	遥感影像标志
1151	杨(柳)树林地	深绿色,块状,影纹较粗呈斑状、颗粒状,人工栽种的杨树行列较规则,边界轮廓明显,一般紧邻堤坝而远离湖泊水域,大部位于常水位以上.
1152	芦苇地	呈绿色(生长期)、白色(收割后)、黑色(火烧),块状或条带状的规则形态,多网格状道路、沟渠等人工活动痕迹,多生于低湿地或浅水中.
1153	芦杂草地	呈浅绿色或草黄色(冬季),块状或条带状分布,影纹较杨树细,细斑或点状,人工痕迹较少.
1154	湖草地	呈亮绿色或草黄色(冬季),蠕虫状或破布状的不规则形态,影纹较光滑细密,一般人工干预痕迹较少.
1155	白泥洲	呈暗红色、白色、浅红色等,块状或条带状分布,影纹光滑,一般靠近湖泊或河道的水面分布.
1156	耕作利用地	呈绿色、白色、褐色等杂色,块状或条带状规则形态,影纹粗糙,有道路、沟渠等分布.
1157	房屋建筑地	呈暗红色、白色,一般分布于堤坝边沿,呈带状或块状分布,形状规则,斑状或斑块状影纹.
1158	鱼池	呈蓝色或黑色,块状或带状分布,一般由堤坝或土坎分割呈规则长方形块状.
1159	沟渠	分布于洲滩中的条带状水体.
1032	坑塘	分布于洲滩上的斑状、块状的形状不规则的水体.

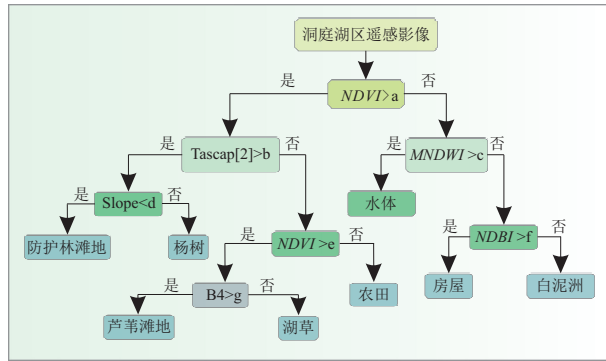


图3 洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖类型决策树分类模型
Fig.3 Decision tree classification model to classify surface coverage in Dongting Lake

ETM+遥感影像的第2波段, MIR 为中红外波段的反射值, 对应 TM/ETM+遥感影像的第5波段。

在得到各期次影像决策树分类结果图的基础上, 采用人机交互方式, 修订计算机自动分类结果, 对水体进一步补判分割为鱼池、沟渠和坑塘, 提高湿地景观类型分类精度。

2 结果分析

2.1 遥感解译精度验证

以各期次影像为数据, 对研究区的遥感影像进行解译, 通过空间运算归并碎点图斑后统计各地表覆盖类型的面积。笔者以具备高可信度的经过实地调查并通过省级自然资源部门验收合格的2014年底地理国情普查数据为基准(真实参考), 采用混淆矩阵(confusion matrix)和Kappa系数, 评价总体分类精度(Overall Accuracy), 认为中等分辨率遥感影像地类解译受地形地貌的影响较大, 除此之外地物光谱特征、土地覆被复杂度也影响地类解译分类精

度。解译结果存在一定的误差, 但基本能反映情况, 总体分类精度为87.36%。

2.2 遥感监测结果

各期次洲滩地表覆盖类型解译结果见图4。可见湖区洲滩覆盖以杨(柳)树林地和芦苇地为主, 二者呈此消彼长的增减状态, 2007—2015年分布面积基本相当, 2018年后杨树面积大幅度减少。

2.3 湖泊洲滩地表覆盖面积变化

1978—2018年枯水期相近水位下洞庭湖湖泊洲滩地表覆盖变化监测结果如表3。

从表3可以看出:

(1)近40年来洞庭湖的洲滩总体呈扩张状况, 但主要发生在2002年之前。1978年12月17日城陵矶水位20.45 m, 与2007年12月23日城陵矶水位20.42 m极其接近, 但洲滩面积由1 836.53 km²扩大到2 070.25 km², 增加了233.72 km²。1987年12月6日城陵矶水位19.93 m, 低于自此之后的其他监测期次的水位。理论上, 洲滩面积与水位呈消长关系, 水位越高洲滩面积越小。但监测结果显示刚好相反, 这种水位提高而洲滩面积非但没有减小反而增加的情况, 说明了洞庭湖的洲滩扩张。2002年之后, 洞庭湖的洲滩面积趋于稳定。

(2)洞庭湖区湖泊洲滩的地表覆盖物主要是杨树、芦苇、灌木林、湖草和白泥洲等5种类型, 它们的总面积占对应时段洲滩总面积的95%左右, 且近40年来面积变化相对明显, 具有此消彼长、交互演替的特点(图5)。洲滩内耕作用地在80年代末期出现, 零星房屋建筑地在90年代中期才出现, 鱼池养殖在三峡水库运行之后才得到迅速发展, 沟渠和坑塘面积在各监测时段基本稳定。白泥洲的面积变化是人类对湖泊洲滩开发利用的重要指标。40年来, 由于大量栽种杨树或种植芦苇, 白泥洲面积逐年减小,

表3 洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖面积(km²)

Table 3 The land cover of beach in Dongting Lake

监测时间	杨树	芦苇	芦杂草	湖草	白泥洲	耕地	房屋	鱼池	沟渠	坑塘	洲滩面积
1978-12	28.26	1 092.00	29.07	96.30	510.60			15.63		64.96	1 836.53
1987-12	1 203.31	329.70	0.31	7.57	284.20	4.07		0.66	18.55	76.74	1 925.15
1998-12	602.05	993.70	11.06	73.01	196.00	1.41	0.76	13.01	39.68	51.05	1 981.77
1999-12	1 253.82	415.40	10.90	115.10	165.30		1.09	6.45	41.40	30.86	2 040.39
2002-01	1 061.66	633.20	41.80	40.11	165.70	0.88	2.04	3.33	51.31	88.12	2 088.15
2007-12	883.64	904.00	47.04	29.10	124.00	1.34	1.03	31.76	30.47	17.96	2 070.25
2015-01	885.93	788.10	54.41	99.64	160.33	4.42	1.49	26.56	29.38	34.15	2 084.44
2016-12	340.45	680.39	174.41	581.24	172.44	3.63	1.52	37.21	29.81	37.26	2 058.36
2018-12	152.92	715.06	220.21	637.66	184.85	2.99	1.65	41.36	30.46	40.17	2 027.33

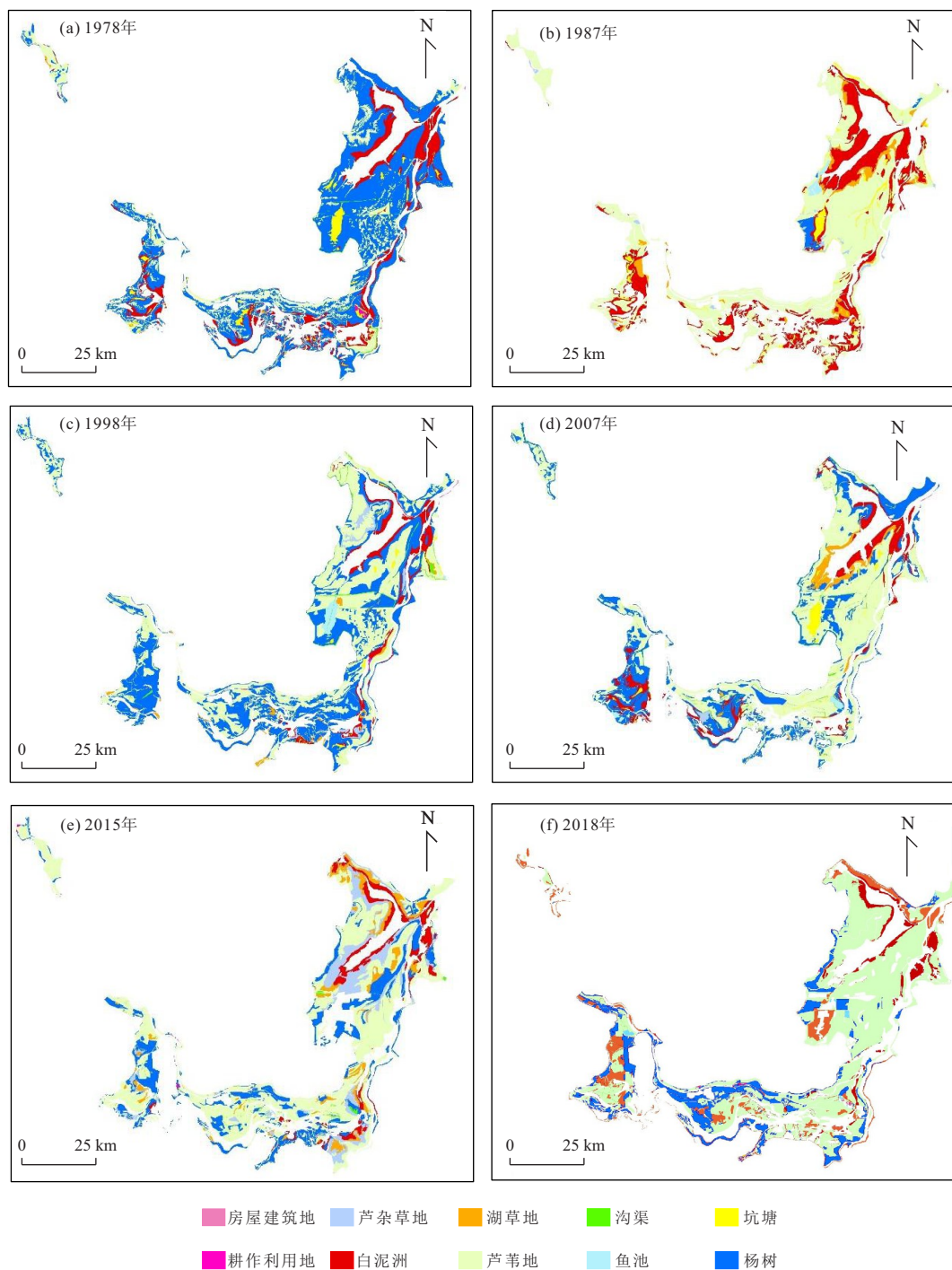


图4 洞庭湖地表覆盖分类图

Fig.4 Land cover map of Dongting Lake

由 1978 年 12 月的 510.60 km² 减少到 2018 年 12 月 184.45 km², 减少了 326.15 km².

(3) 杨树和芦苇是洞庭湖洲滩的特征性地表覆盖物. 20 世纪 70 年代末期(1978 年), 芦苇地遍布洞庭湖洲滩, 占洲滩总面积的 59.46%, 杨树分布面积很小; 20 世纪 80 年代末(1987 年)与 20 世纪 90 年代末(1999 年), 由于大量栽种杨树, 杨树面积激增, 芦

苇面积剧减, 芦苇覆盖面积减少了 69.80% 和 61.96%; 2007—2015 年芦苇与杨树的分布面积基本相当. 近年来, 杨树面积急剧减少, 由 2015 年 1 月的 785.93 km² 下降到 2018 年 12 月的 152.9 km², 减幅达 633.01 km², 年均减少 158.25 km². 伴随而来的地表覆盖变化是湖草和灌木林面积迅速增加, 二者面积由 2015 年 1 月的 344.05 km² 扩大到 2018 年 12 月的

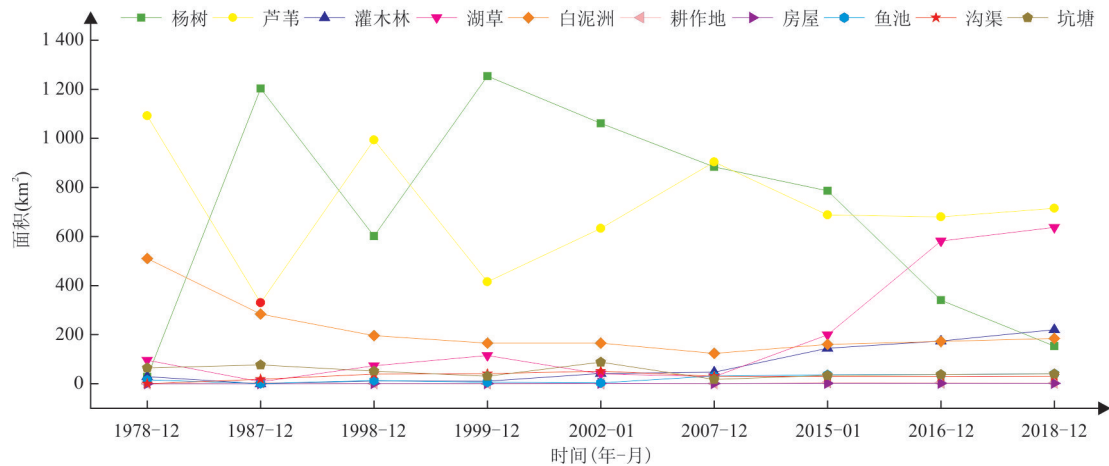


图5 1978—2018年洞庭湖洲滩地表覆盖各类型面积变化

Fig.5 The variation of land covers in Dongting Lake from 1978 to 2018

857.87 km², 净增 513.82 km². 芦苇面积维持稳中有增的态势, 从 2015 年 1 月的 688.103 km² 增加到 2018 年 12 月的 715.06 km². 目前, 洞庭湖洲滩地表覆盖物以芦苇、湖草为最, 二者占洲滩总面积的 2/3.

2.4 自然保护区杨树与芦苇面积变化

洞庭湖区设有东洞庭湖、南洞庭湖、目平湖和横岭湖 4 个自然保护区, 各保护区内包括核心区、缓冲区和实验区.

2015 年 1 月至 2018 年 12 月各自然保护区的核心区、缓冲区、实验区杨树和芦苇面积变化情况如表 4.

(1) 2018 年底, 洞庭湖区各自然保护区有欧美黑杨 118.51 km², 主要分布于南洞庭湖自然保护区, 面积为 86.05 km², 占欧美黑杨总面积的 72.61%; 有芦苇 585.53 km², 主要分布于东洞庭湖和南洞庭湖自然保护区, 面积分别为 213.60 km² 和 253.46 km², 占芦苇总面积的 82.84%. 各自然保护区内, 实验区尚覆盖有欧美黑杨 82.48 km², 芦苇 232.41 km²; 缓冲区内有欧美黑杨 36.03 km², 芦苇 185.85 km²; 核心区无欧美黑杨覆盖, 但有芦苇 167.27 km².

(2) 2015 年 1 月至 2018 年 12 月, 洞庭湖自然保护区欧美黑杨面积呈连续减少趋势, 由 498.65 km² 减小到 118.51 km², 减少了 380.14 km². 其中, 2015 年 1 月至 2016 年 12 月的 2 年, 欧美黑杨面积由 498.65 km² 减小到 299.52 km², 年均减少 99.57 km²; 2016 年 12 月至 2018 年 12 月, 欧美黑杨面积由 299.52 km² 减小到 118.51 km², 年均减少 90.51 km². 可见, 4 年来自然保护区内的黑杨清退持续稳步推进, 效果明显.

(3) 不同的自然保护区欧美黑杨面积减小程度不同. 南洞庭湖、目平湖、横岭湖自然保护区内的欧

表 4 洞庭湖自然保护区欧美黑杨与芦苇覆盖面积(km²)

Table 4 The land covers of populus nigra and reed in Dongting Lake

监测区域	欧美黑杨			芦苇			
	2015-01	2016-12	2018-12	2015-01	2016-12	2018-12	
东洞庭湖	核心区	0.27	0.23	0	24.02	24.34	24.37
	缓冲区	0.86	1.69	4.31	55.96	59.21	59.86
	实验区	7.08	7.92	5.27	129.68	129.79	129.37
南洞庭湖	核心区	30.30	17.14	0	69.64	69.66	82.55
	缓冲区	80.43	45.70	23.81	80.40	80.53	94.31
	实验区	178.53	102.49	62.23	74.81	74.49	76.60
横岭湖	核心区	9.62	7.20	0	33.63	33.63	36.11
	缓冲区	44.27	25.68	0.24	19.86	19.89	21.17
	实验区	24.60	12.41	5.45	21.11	21.72	24.04
目平湖	核心区	50.53	35.20	0	29.11	23.28	24.24
	缓冲区	39.84	25.33	7.67	9.82	10.90	10.50
	实验区	32.32	18.53	9.53	1.81	1.85	2.41
合计	498.65	299.52	118.51	549.85	549.29	585.53	

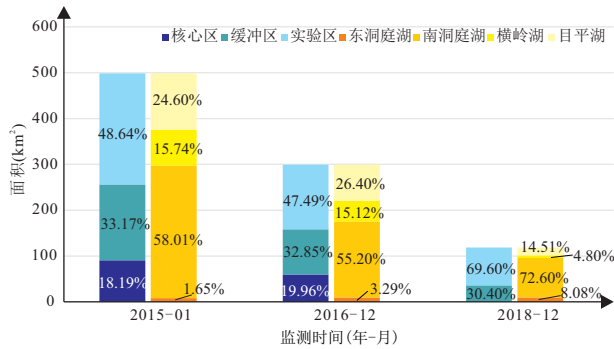


图 6 2015—2018 年自然保护区(东洞庭湖、南洞庭湖、横岭湖、目平湖和核心区、缓冲区、实验区)欧美黑杨面积变化

Fig.6 The land cover of populus nigra in Dongting Lake Natural Reserves (4 lakes and 3 areas) during 2015 to 2018

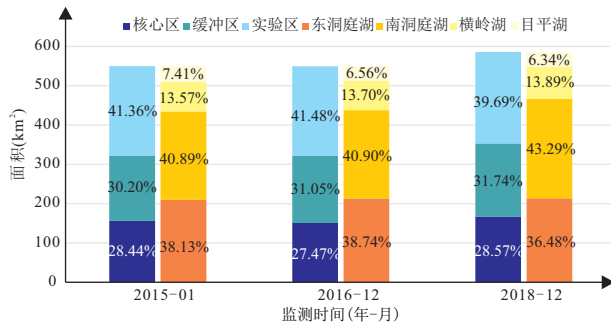


图 7 2015—2018 年自然保护区(东洞庭湖、南洞庭湖、横岭湖、目平湖和核心区、缓冲区、实验区)芦苇面积变化

Fig.7 The land covers of reed in Dongting Lake Natural Reserves (4 lakes and 3 areas) during 2015 to 2018

美黑杨面积分别减少了 203.21 km²、105.48 km² 和 72.80 km², 但东洞庭湖自然保护区内的欧美黑杨面积却略有增加(图 6)。从自然保护区的内部区域看, 核心区内原有的 90.72 km² 欧美黑杨已全部清退; 缓冲区内欧美黑杨面积由 165.41 km² 减少至 36.03 km², 减幅为 129.08 km²; 实验区内欧美黑杨面积由 242.53 km² 减少至 82.48 km², 减幅为 160.05 km² (图 6)。说明核心区内欧美黑杨清退最彻底, 实验区内欧美黑杨清退面积最大。

(4) 2015 年 1 月至 2018 年 12 月, 洞庭湖区芦苇面积处于平衡中略有增加状态, 总面积由 549.85 km² 扩大到 585.53 km², 增加了 35.68 km² (图 7)。芦苇面积的增加发生在 2017—2018 年, 原因是随着欧美黑杨的清退而发生的此消彼长。

2.5 洲滩的人工利用和自然覆盖面积变化

按人工利用和自然覆盖地两类划分, 杨树与芦

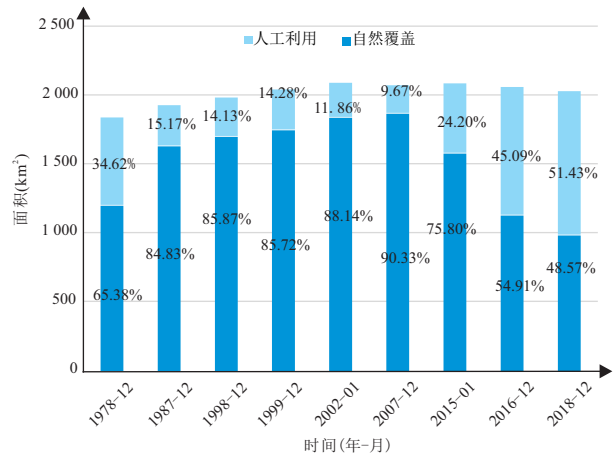


图 8 洞庭湖区湖泊洲滩自然和人工利用面积变化

Fig.8 The variation of natural and artificial area about beach in Dongting Lake

苇属人工栽种, 耕作利用地与鱼池为人工种植和养殖利用, 沟渠与坑塘大多是人工种植时灌溉所用, 这些地表覆盖地类属人工利用洲滩; 白泥洲、芦杂草地和湖草地等人工干预很少, 属于天然覆盖洲滩。

洞庭湖区湖泊洲滩自然和人工利用面积变化如图 8 所示。由图可知, 洞庭湖区湖泊洲滩的人工利用程度较高且呈增加趋势, 其在 20 世纪 70 年代末占洲滩总面积的 65.38%, 至 20 世纪 80 年代末期增加至 84.83%, 其后至 2015 年基本一直维持在 75%~91% 的利用程度。2015 年 1 月之后, 随着欧美黑杨的大量清退, 湖草地与灌木林地迅速增加, 使得人工利用程度大幅度减小, 但仍然达到 48.57%。洞庭湖区的湖泊洲滩是重要的自然保护区, 应严格控制人工开发利用。

3 讨论

(1) 地表覆盖与生态环境是互为条件并相互作用的, 对当下的洞庭湖区而言, 其变化更是衡量并评价洞庭湖生态环境专项整治实施效果的重要指标。20 世纪 70 年代末期(1978 年), 洞庭湖湖泊洲滩仅有杨树 28.26 km²。为了促进农民增收, 20 世纪 80 年代初期, 欧美黑杨以其“生长快、用途广、适应性强、投资回收期短、利润可观”的优势被广泛引进洞庭湖区, 种植面积迅速扩展。1998 年, 长江流域发生特大洪涝灾害, 尽管杨树喜水, 但淹没时间过长, 导致大量死亡; 大面积的杨树降低了湖水流速, 使湖州泥沙淤积速度加快, 洪水期时, 易造成阻碍行洪, 导致洪水蔓延造成人员伤亡, 因此 1998 年洪灾期间

对杨树进行了人为清退,致使杨树面积大幅度减少.1999年,洞庭湖的枯水期变长,源于盛极一时的“林纸一体化”模式,洞庭湖区内杨树种植再次达到高峰期.然而,杨树的种植导致生态环境不断恶化、生物多样性不断降低.杨树的入侵,通过群落优势的代替,一方面将防浪林树种旱柳变成材种,降低了防浪林功能,另一方面更替了原始种群,打破了生态系统的平衡,改变了土壤的理化性质,加速了土壤水分的散失,使野生生物的原生环境发生改变,抑制野生物种的正常生长和栖息.针对欧美黑杨带来的生态环境问题,杨树的栽种受到了严格控制,2007—2015年,杨树的面积趋于稳定.为加快改善洞庭湖生态环境,2015年,洞庭湖区开展生态环境专项整治行动,对欧美黑杨进行全面清退,这一政策性引导致使近年来杨树面积呈断崖式递减,湖草、灌木等自然地地表覆盖物迅速增加,说明洞庭湖区的黑杨清退稳步推进并取得明显成效.

监测数据显示,目前洞庭湖自然保护区内只剩有欧美黑杨 118.51 km²,按前几年的清退步伐,“到2020年完成自然保护区杨树全部清退及树种调整”这一目标不难实现.但是,由于欧美黑杨生命力极强,在洞庭湖温暖潮湿的气候条件下,已经清退的欧美黑杨残留的树根与散落的树枝容易重新发芽,迅速生长.2018年12月获取的遥感影像便显示,在南洞庭湖永胜垸东侧洲滩,清退后的杨树残根又重新冒出枝叶.清退后的欧美黑杨自然反弹,亟待再次清退,如若不然,清退的杨树又将绿树成荫.

(2)2018年底,洞庭湖区的湖泊洲滩尚有芦苇 715.06 km²,加上河道与洪道内的芦苇,其面积应在 1 000 km²左右.2018年3月,洞庭湖区实施造纸企业引导退出后,由于芦苇失去其经济价值而不能规模化利用,必然形成“芦苇弃割”局面.芦苇是洞庭湖区自然生态环境的重要组成部分,“芦苇弃割”将很大程度地恢复洞庭湖区的原生态,但同时也潜在着一定的生态环境风险:

一是生态污染风险.芦苇的根系对水体的磷氮具有很强的吸附、降解作用,但“芦苇弃割”后腐烂产生的有机污染物(COD)、吸收的磷氮又会重新回到水体形成污染积累,并使水体的藻类增殖,提高水体富营养化和水华发生概率.

二是生态平衡风险.“芦苇弃割”后改变了原有人工管理的生长方式,在冬季倒伏覆盖土壤,来春光照不足而变得矮小,年复一年后逐步退化、萎缩甚至消

亡.芦苇湿地是微生物繁殖和鱼类、鸟类的重要隐蔽栖息场所,对维持生物多样性发挥着重要的作用.芦苇的逐渐消亡,将使原有的生态平衡遭受风险考验.

4 结论

(1)洞庭湖区湖泊洲滩地表覆盖包括 10 种类型,杨树、芦苇、灌木林、湖草和白泥洲是主要地表覆盖物,占洲滩总面积的 95% 左右,且近 40 年来面积变化相对明显,具有相互演替特点.

(2)杨树和芦苇是洞庭湖洲滩的特征性地表覆盖物,2015 年之前,占据了洲滩总面积的 80% 以上.2015 年实施政策性“黑杨清退”,杨树面积呈断崖式递减,伴随而来的是湖草和灌木林面积迅速增加.目前,洞庭湖洲滩地表覆盖物以芦苇、湖草为最,二者占洲滩总面积的 2/3.

(3)洞庭湖湖泊洲滩人工利用程度高,洲土人工利用率多年保持在 80%~90%.作为权衡人类开发利用程度的重要地物白泥洲,40 年来由 510.60 km²减少到 184.45 km²,减少了 326.15 km².2015 年实施洞庭湖生态环境专项整治后,人工利用程度得到大幅减小,但仍有 48.57%,亟待进一步控制.

(4)洞庭湖区造纸企业引导退出引起的“芦苇弃割”,在很大程度上恢复洞庭湖区原生态的同时,也潜在着生态污染、生态平衡等生态环境风险,应加强芦苇监测、管控与生态利用研究.

References

- Ba, S., Liu, Z.H., Zhang, Z.J., et al., 2011. Decision Tree and Its Application in Remote Sensing Image Classification. *Plateau and Mountain Meteorology Research*, 31(2): 31—34(in Chinese with English abstract).
- Chen, J., Chen, J., Gong, P., et al., 2011. Higher Resolution Global Land Cover Mapping. *Geomatics World*, 18(2): 12—14(in Chinese with English abstract).
- He, J., Xu, Y.P., Xu, D.B., et al., 2018. A Review after General Secretary Xi Jinping Visiting the Yangtze River Economic Area in Hunan. *Xinxiang Review*, (13):12—16 (in Chinese).
- Jia, H.C., Pan, D.H., Zhang, W.C., 2014. Study on Land Use/Cover Change Impact on Wetlands of Dongting Lake Area for nearly 30 Years. *China Population, Resources and Environment*, 24(Suppl. 3): 126—128(in Chinese with English abstract).
- Li, J.B., Wang, K.L., Qin, J.X., et al., 2005. The Evolution of Annual Runoff and Sediment in the Dongting Lake and

- Their Driving Forces. *Acta Geographica Sinica*, 60(3): 503—510(in Chinese with English abstract).
- Li, X. B., 1996. A Review of the International Researches on Land Use/Land Cover Change. *Acta Geographica Sinica*, 51(6):553—558(in Chinese with English abstract).
- Lin, G. J., Li, Z. J., Lei, M. J., et al., 2015. Response of Land Cover in Dongting Lake to Water Level Change of Yangtze River. *Yangtze River*, 46(19): 114—118(in Chinese with English abstract).
- Na, X. D., Zhang, S. Q., Kong, B., et al., 2008. The Extraction of Freshwater Marsh Wetland Information Based on Decision Tree Algorithm: A Case Study in the Northeast of the Sanjiang Plain. *Remote Sensing Technology and Application*, 23(4): 365—372(in Chinese with English abstract).
- Provincial Land Commission Office in Hunan, 1985. Comprehensive Investigation Report on Utilization and Development of Dongting Lake Area. Provincial Land Commission Office in Hunan, Changsha, 18—20(in Chinese).
- Qin, Y. M., Gong, J., Gu, Y. S., et al., 2018. Ecological Monitoring and Environmental Significance of Testate Amoebae in Subalpine Pearllands in West Hubei Province, China. *Earth Science*, 43(11): 4036—4045(in Chinese with English abstract).
- Schneider, J., Grosse, G., Wagner, D., 2009. Land Cover Classification of Tundra Environments in the Arctic Lena Delta Based on Landsat 7 ETM+ Data and Its Application for Upscaling of Methane Emissions. *Remote Sensing of Environment*, 113(2): 380—391. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.013>
- Shi, J. N., Xu, Y. X., Liu, Q. H., 2010. An Analysis on the Variation of Landscape Pattern of Dongting Lake Wetland Reserve. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 30(6): 18—26(in Chinese with English abstract).
- Tan, Z. Q., Xu, X. L., Li, Y. L., et al., 2017. Wetland Landscape Pattern Evolution of Large Yangtze-Connected Lakes in the Middle Reaches of Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 26(10): 1619—1624(in Chinese with English abstract).
- Xie, Y. H., Chen, X. S., 2008. Effects of Three-Gorge Project on Succession of Wetland Vegetation in Dongting Lake. *Research of Agricultural Modernization*, 29(6): 684—687 (in Chinese with English abstract).
- Yang, L., Xie, B. G., Qin, J. X., et al., 2013. Changes in Dongting Lake Wetland Landscape Pattern Related to Pre- and Post- Construction of the Three Gorges Dam. *Journal of Natural Resources*, 28(12): 2068—2080(in Chinese with English abstract).
- Yu, D. Q., Yu, S. C., He, Q. H., et al., 2016. Monitoring of Dongting Lake Atrophy in the Past 100 Years by Combining Historical Map and Remote Sensing Technology. *Remote Sensing for Land & Resources*, 28(3): 116—122 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 巴桑, 刘志红, 张正健, 等, 2011. 决策树在遥感影像分类中的应用. *高原山地气象研究*, 31(2): 31—34.
- 陈军, 陈晋, 宫鹏, 等, 2011. 全球地表覆盖高分辨率遥感制图. *地理信息世界*, 18(2): 12—14.
- 贺佳, 徐亚平, 徐典波, 等, 2018. 万里长江水云阔习近平总书记在湘考察长江经济带发展回访记. *新湘评论*, (13): 12—16.
- 湖南省国土委员会办公室, 1985. 湖南洞庭湖区整治开发综合考察研究报告. 长沙: 湖南省国土委员会办公室, 18—20.
- 贾慧聪, 潘东华, 张万昌, 2014. 洞庭湖区近30年土地利用/覆盖变化对湿地的影响分析. *中国人口·资源与环境*, 24(增刊3): 126—128.
- 李景保, 王克林, 秦建新, 等, 2005. 洞庭湖年径流泥沙的演变特征及其动因. *地理学报*, 60(3): 503—510.
- 李秀彬, 1996. 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. *地理学报*, 51(6): 553—558.
- 林国俊, 李志军, 雷明军, 等, 2015. 洞庭湖区土地覆被对长江水位变化的响应分析. *人民长江*, 46(19): 114—118.
- 那晓东, 张树清, 孔博, 等, 2008. 基于决策树方法的淡水沼泽湿地信息提取——以三江平原东北部为例. *遥感技术与应用*, 23(4): 365—372.
- 秦养民, 巩静, 顾延生, 等, 2018. 鄂西亚高山泥炭地壳变形虫生态监测及对水位的指示意义. *地球科学*, 43(11): 4036—4045.
- 石军南, 徐永新, 刘清华, 2010. 洞庭湖湿地保护区景观格局变化及原因分析. *中南林业科技大学学报*, 30(6): 18—26.
- 谭志强, 许秀丽, 李云良, 2017. 长江中游大型通江湖泊湿地景观格局演变特征. *长江流域资源与环境*, 26(10): 1619—1624.
- 谢永宏, 陈心胜, 2008. 三峡工程对洞庭湖湿地植被演替的影响. *农业现代化研究*, 29(6): 684—687.
- 杨利, 谢炳辉, 秦建新, 等, 2013. 三峡建坝前后洞庭湖区湿地景观格局变化. *自然资源学报*, 28(12): 2068—2080.
- 余德清, 余姝辰, 贺秋华, 等, 2016. 联合历史地图与遥感技术的洞庭湖百年萎缩监测. *国土资源遥感*, 28(3): 116—122.