

文章编号: 1007-3071(2007)02-0047-07

赣江三角洲形成及其演变遥感研究

雷天赐¹, 彭轩明¹, 陈立德¹, 祝民强²

(1. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 2. 东华理工学院江西省数字国土重点实验室, 江西 抚州 344000)

摘要: 以鄱阳湖区 2 个时相的 MSS、TM 遥感影像和 1:5 万地形图作为数据源, 在具有最大信息量背景下, 依据地物光谱、形态等影像特征对赣江河道变迁及三角洲成因进行了解译, 发现河道的变迁主要表现为河流的改道和袭夺; 采用人机交互式手段, 利用多时相影像数据对赣江三角洲 1976~1991 年来演变进行了遥感动态监测, 统计出 15 年间三角洲前缘新淤积面积为 37.6 km², 整体淤积速度约 2.5 km²/a, 且各部位淤积程度不一, 并以中支淤积速度最快。

关键词: 赣江三角洲, 遥感动态监测, 鄱阳湖

中图分类号: P631.9

文献标识码: A

通过对河流及三角洲演变的监测研究可以预测其未来发展趋势, 但常规监测方法却很难做到宏观、持久、全面、及时, 而遥感技术则具备快速、廉价、客观和跨时段等优点。本文将赣江三角洲为研究对象, 借助遥感手段对其演变过程和入湖河道变迁情况进行动态监测研究。

1 研究区概况及遥感数据源

1.1 研究区基本概况

鄱阳湖是我国最大淡水湖, 也是典型的过水湖泊, 它容纳赣、抚、信、修、饶五河来水, 调蓄后经湖口注入长江; 其中赣江是最大支流, 自进入南昌市后不断发生分叉而形成网状河。首先在裘家洲头分为东、西两大河, 东大河经扬子洲在蛟溪头又分为赣江南支和中支, 西大河在芦洲头分为赣江主支和北支, 北支从芦洲头分流至下堡闵家再分二支: 官港河和沙汊河; 原来的赣江单河道分成多个河道, 或直或弯, 相互连通, 最后四支汇入鄱阳湖。由于河湖的长期作用, 淤淀形成了赣江三角洲, 其平面呈扇形展布, 在空间分布上, 可划分为三角洲平

原亚相、三角洲前缘亚相和湖相三个亚相^[1]; 顶点位于南昌市八一大桥附近, 前缘呈不规则弧形向鄱阳湖湖盆延伸, 弧的两个端点分别位于吴城镇和三江口。三角洲地形平坦, 自顶点向前缘呈缓倾斜, 总面积约 1 600 km² (图 1)。

1.2 数据源及其预处理

本次研究的遥感数据来自美国陆地资源卫星 Landsat - 2, 5 时相选择上充分考虑了成像时的水文条件和成像日期近似、时间跨度大且均为最低水位等因素, 否则变化检测结果不具可比性。因此, 选择了 1976 年 10 月 6 日和 1991 年 10 月 15 日两景 MSS、TM 数据 (如表 1) 轨道号 p121r040。

表 1 所选影像参数及当日径流情况

Table 1 The images parameter and condition of shot - range radial flow in one day

卫星成像时间	径流	数据类型	波段数	空间分辨率
1976-10-6	枯季	MSS	4	80m
1991-10-15	枯季	TM	7	30m

图像预处理首先进行几何校正, 利用 ERDAS 校正模块, 以该区 1:5 万地形图作参照, 通过选取同名地物点对 1991 年影像进行校正, 几何校正模式选用二次多项式, 投影方式 UTM, 坐标系 WGS84, 重采样采用双线性内插法, 然后, 采用同样

收稿日期: 2007-01-10

基金项目: 中国地质调查局长江上游宜昌 - 江津段环境工程地质调查 (D200602)。

作者简介: 雷天赐 (1977-), 男, 硕士, 从事遥感技术应用工作。

万方数据

的校正参数,以校正后的1991年影像为基础,对1976年影像数据和历史资料按像元间点点对应进行配准,精度控制在 $RMS < 0.3$ 个象元。最后,进行了大气校正、最佳波段组合测试、图像增强等多项预处理。

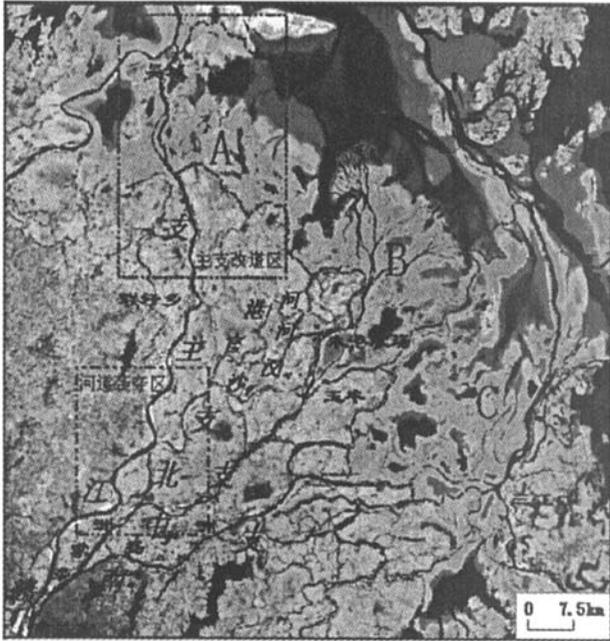


图1 赣江三角洲平面遥感图(TM543)

Fig. 1 Remote sensing image (TM 543) of Ganjiang Delta

2 三角洲形成与赣江河道变迁的关系

现代赣江主流沿九岭地块东部边缘呈弧状延伸至吴城镇,注入鄱阳北湖后进入长江。根据遥感图像判读,赣江河道演变特征主要表现为河流改道及袭夺(图2),其结果导致了三角洲的形成及后期的演变。为了研究方便,以水下分流间湖湾切割特征为依据,将三角洲前缘水上部分划分为A、B、C三大朵体(图1),其分别位于变化较大的赣江主支、中支和南支入湖处,各朵体的形态及发育规模反映了不同时期赣江河道的位置、水量大小及所含泥沙量,亦反映了赣江河道的兴衰及历史变迁。

朵体A是由赣江两次改道入湖携带的泥沙淤积而成,后因赣江主支再次发生迁移到达现今位置,河水携带的大量泥沙直接进入鄱阳北湖,先前的河道水量逐渐减小而日益萎缩,朵体的发育速度也因泥沙供给量不足而日趋缓慢;又由于NW部地壳的相对持续抬高,后来赣江北支和中支相继分离

和不断壮大,其携带的大量泥沙在朵体B内以河口沙坝形式沉积下来,湖水对河口沙坝反复淘选和搬运使得部分细粒被搬运到朵体A前端形成薄层新鲜席状沙。朵体A总面积 201.5 km^2 ,是三个朵体中发育最早的,目前建设速度较慢。

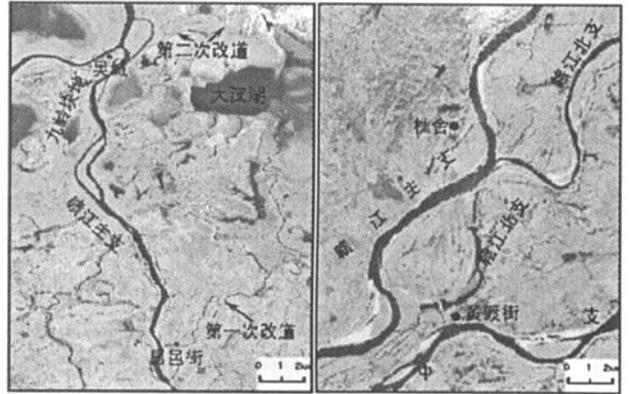


图2 赣江支流改道与袭夺图(TM543)

Fig. 2 Map showing the Ganjiang River diversion and capture

(左 赣江主支改道图,右 赣江北支被西支袭夺图)

朵体B面积 250.9 km^2 ,形似一个倒垂的葫芦,其形成、发展受北支和中支两条河流控制,明显经历了两个历史发展阶段。早期阶段,赣江北支首先从主支上分离出来,河水携带大量泥沙进入湖区,在河湖的相互作用下开始了朵体B的建设,其发展主要由北支控制;晚期阶段:由于赣江中支与主支的分离、赣江主支袭夺北支等因素的出现,北支水量开始减小,并逐渐失去了对朵体B发展的支配。随着赣江中支的不断发展壮大,水量也越来越丰富,河水携带的泥沙大量堆积,逐渐成为控制朵体B的主导力量,将其向前推进得较远,使之成为目前建设最快的朵体。

朵体C面积为 347.9 km^2 ,其形成相对较晚。根据古河道遥感解译,历史时期朵体C为赣江南支和信江二河淤积控制,而现在赣江南支、抚河和信江交汇于三江口并由此入湖。根据目前朵体C分布范围及淤积状况推测,在较早一段时期内淤积较快,近期淤积作用虽仍占主导,但不如朵体B明显,其沉积方式主要为水下河道分支或决口,分支或决口河道彼此交错连接如同网状,泛滥沉积作用明显。

3 赣江三角洲演变遥感动态监测

三角洲的发展演变,在平面上主要表现为湖岸

线是淤进还是退蚀,遥感变化检测主要是通过判断湖岸线的淤蚀方向来明确三角洲发展的动态变化^[2]。因此,湖岸线的提取是比较关键的步骤。在遥感影像上,由于水体质地均一,其在各波段的光谱特征稳定而且明显,相对其它地物来说提取难度要小得多。首先选择提取水体,通过水体的边缘线来确定水陆分界线,即湖岸线,然后分别对提取出的水体在平面上进行定量变化检测,湖面扩大代表湖岸线是退蚀的,三角洲在萎缩;相反则说明湖岸线是淤进的,三角洲在扩张。

3.1 水体的提取

地表各物体由于其结构、组成以及物理化学性质的差异,从而导致不同的地物对电磁波的反射存在着差异,以及其热辐射也不完全相同^[3]。水体几乎全部吸收了近红外和中红外波段内的全部入射能量,所以水体在近红外和中红外波段的反射能量很少,而植物、土壤、沙体及岩石等在这两个波段内

的吸收能量较小,有较高的反射特性,使得水体在这两个波段上与植物、土壤、沙体及岩石有明显的光谱差别^[4]。根据目视解译结果,在遥感影像上选择本区几种典型地物进行采样,并对样本进行训化,测定光谱反射值,且从中抽取一些典型而有代表型的数据列于表中(表 2、表 3),生成相应的波谱曲线图(图 3、图 4)。

从图表可知,研究区内的六种典型地物在各波段都具有不同的反射特征,通过分析及反复的试验研究后,发现水体具有独特的谱间关系特征(图 5、图 6):TM 影像中,即波段 2 加波段 3 大于波段 4 加波段 5;MSS 影像中,即波段 1 加波段 2 大于波段 3 加波段 4。根据水体这一与众不同的波谱特征,分别设定条件函数:TM1 + TM2 > TM3 + TM4 (MSS)和 TM2 + TM3 > TM4 + TM5(TM),通过建模分别对 1976、1991 年两景影像中三角洲前缘内三朵体中残留水体进行了提取(图 7)。利用提取

表 2 1976 年 10 月 6 日遥感影像部分典型地物采样点的波谱反射值

Table 2 The spectrum reflective value of part typical ground objects on remote sensing image in October 6, 1976.

地物名称	样本数	TM1				TM2				TM3				TM4			
		最小值	最大值	平均值	标准差												
水体	61511	20	39	27.739	3.173	17	53	30.484	6.359	8	41	17.655	6.804	1	18	4.971	2.968
沙地	3458	24	50	36.016	4.449	30	80	50.927	9.970	35	84	55.224	8.478	26	64	42.665	6.305
裸露洼地	3086	17	28	21.465	1.581	16	33	21.497	2.300	26	60	37.920	3.683	18	53	32.539	4.325
草洲植被	5325	17	29	21.567	1.344	16	37	21.296	2.479	33	61	46.643	4.416	20	64	43.113	5.946
林地	2939	15	27	19.089	1.977	13	36	18.987	2.753	22	54	39.157	5.664	16	55	36.751	6.728
裸露丘陵 区	8475	17	33	24.400	1.971	18	49	29.615	4.399	14	54	41.318	4.244	8	46	34.154	3.840

表 3 1991 年 10 月 15 日遥感影像部分典型地物采样点的波谱反射值

Table 3 The spectrum reflective value of part typical ground objects on remote sensing image in October 15, 1991.

地物名称	样本数	TM2				TM3				TM4				TM5			
		最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差
水体	182781	31	46	40.623	1.950	29	54	42.892	3.216	19	40	23.226	2.612	6	30	10.600	0.977
沙地	10148	36	61	48.035	4.182	39	80	58.554	7.163	43	84	62.263	5.877	60	171	109.635	15.060
裸露洼地	7978	35	44	38.782	1.209	36	52	43.595	1.707	39	62	48.90	93.144	45	97	73.237	6.377
草洲植被	13347	29	37	32.627	0.978	26	37	28.900	1.029	43	96	72.404	8.982	32	74	62.600	3.762
林地	2174	27	35	31.072	1.443	25	36	29.332	1.712	34	74	53.753	7.457	21	83	46.788	10.707
裸露丘陵 区	14475	33	45	38.128	1.793	33	56	43.065	3.243	30	69	54.263	4.058	18	109	74.170	10.638

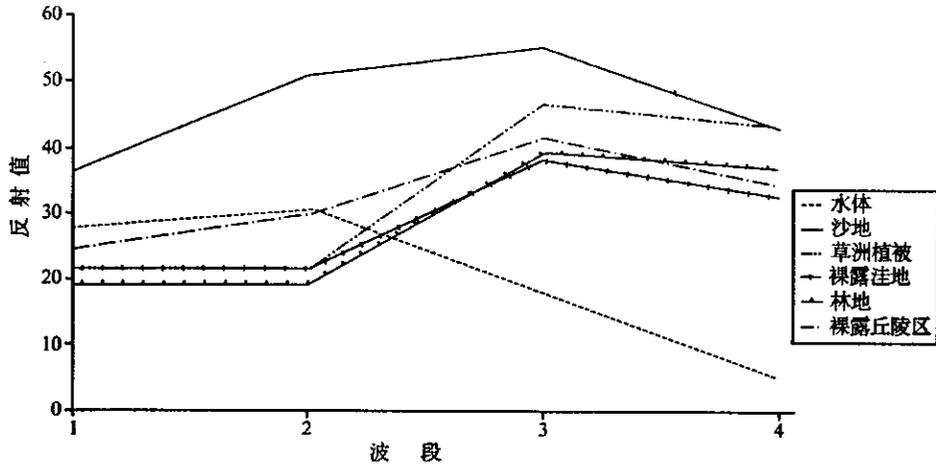


图3 几种典型地物波谱曲线图(1976年10月6日)

Fig.3 The curve diagram of several typical ground objects(October 6 ,1976.)

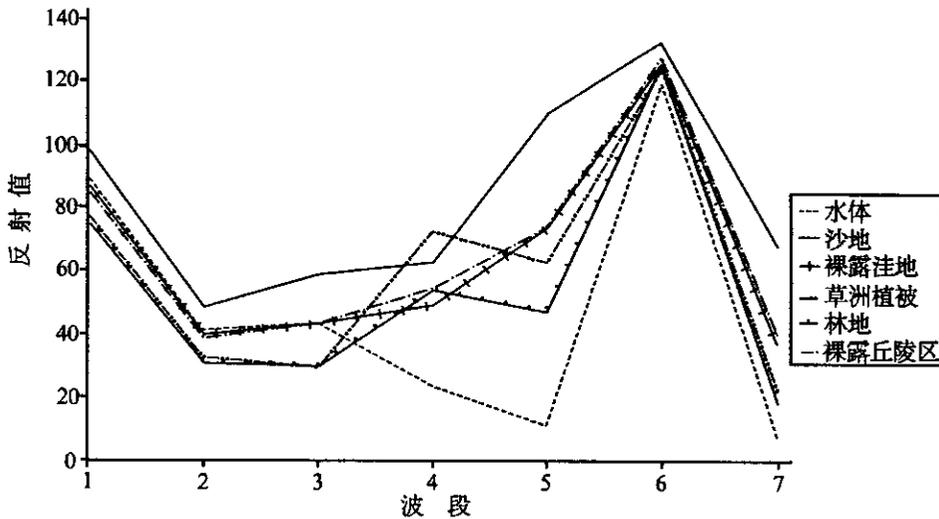


图4 几种典型地物波谱曲线图(1991年10月15日)

Fig.4 The curve diagram of several typical ground objects(October 15 ,1991.)

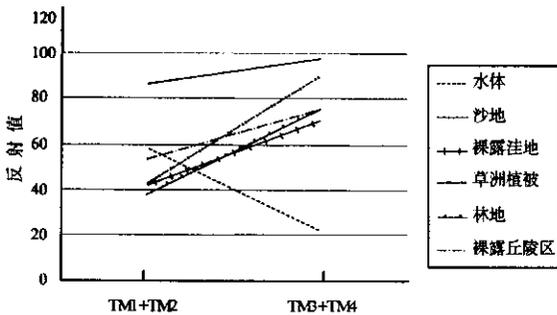


图5 改进后的波谱图(1976年10月6日)

Fig.5 The modified spectrum diagram(October 6 ,1976.)

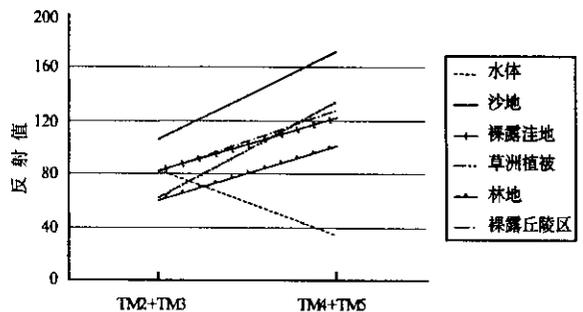


图6 改进后的波谱图(1991年10月15日)

Fig.6 The modified spectrum diagram(October 15 ,1991.)

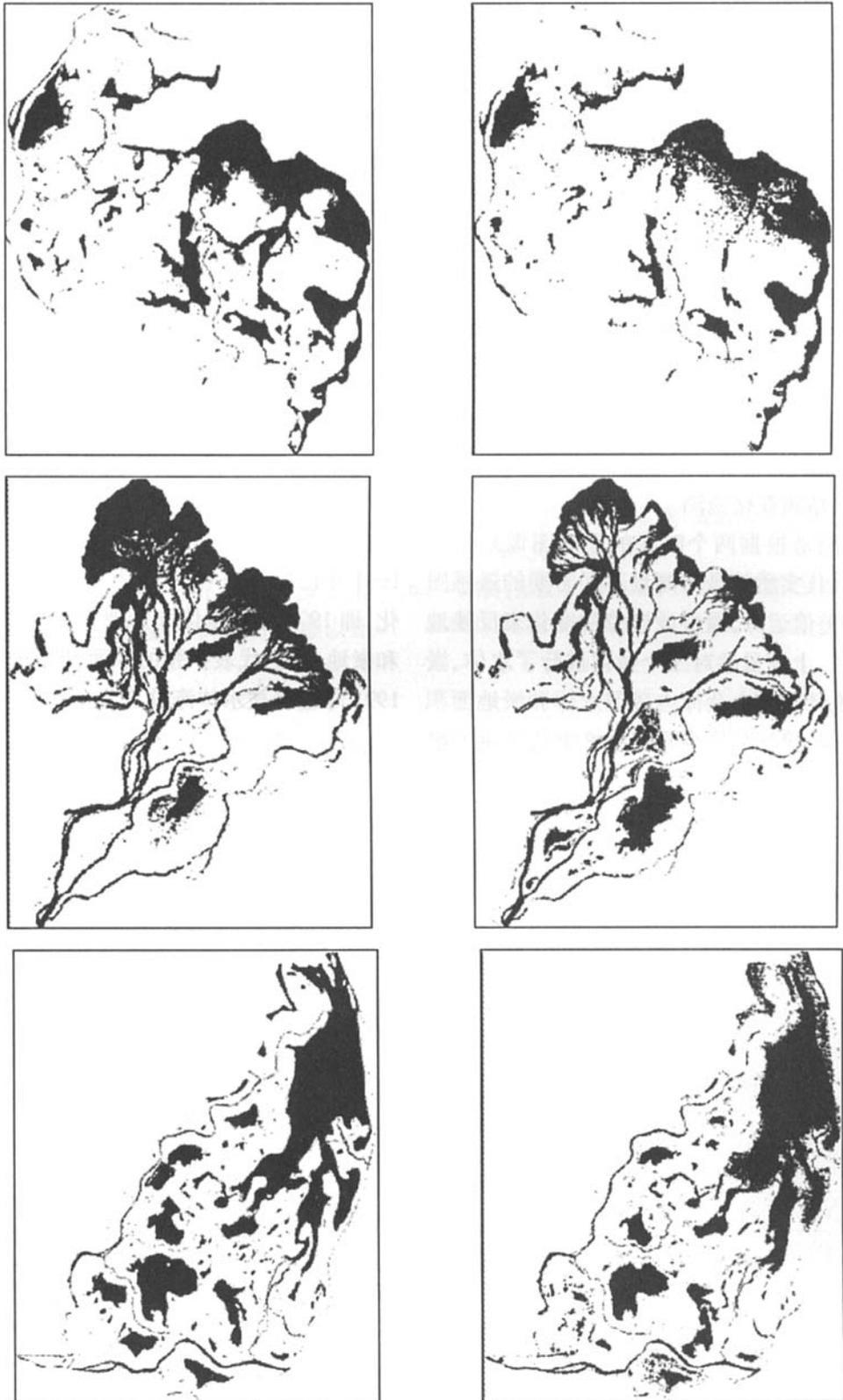


图 7 各朵体内水体多时相遥感对应图(左 :1976 年 MSS ;右 :1991 年 TM)
(上 :朵体 A ;中 :朵体 B ;下 :朵体 C。黑色代表水体)

Fig. 7 The corresponding chart of the water in each part on multi - phase remote sensing image (Left :MSS ,1976 ;Right : TM ,1991) (Up :Lobe A ;Middle :Lobe B ;Down :Lobe C. The water is black)

表4 各朵体内1976~1991年残留湖与淤地面积统计表
Table 4 The area statistic table of the remaining lake and land in each part 1976~1991

	朵体 A(km ²)		朵体 B(km ²)		朵体 C(km ²)	
	残留湖	淤地	残留湖	淤地	残留湖	淤地
1976年	55.9	145.6	99.6	151.3	116.0	231.9
1991年	49.0	152.5	79.2	171.7	105.7	242.2
1976~1991年淤地 增加面积 km ²	-6.9	6.9	-20.4	20.4	-10.3	10.3
	6.9		20.4		10.3	

出的水体对各朵体分别进行掩膜处理,然后利用统计模块对处理后朵体内残留湖、淤地进行了面积统计,其结果见表4:

4.2 赣江三角洲变化检测

变化检测是根据两个时期的遥感图像来计算其光谱差异,其实质就是对两景不同时期的遥感图像进行波谱差值运算,通过波谱值的变化来反映地物的变化^[5]。上述虽然对三个朵体进行了水体、淤地提取,并统计出每个朵体内残留水体和淤地面积以及增减情况,但就朵体内具体什么部位发生了淤

积、什么地方被侵蚀没能反映出来,也无法判断三角洲淤进或退蚀方向。因此,为了让冲淤情况更加直观,准确预测未来三角洲发展趋势,以不同时相提取出的水体为对象进行变化检测处理(图8)。图中黑色代表新淤积的泥沙,即1976年为水体而1991年已变为淤地;灰色代表地物前后没有发生变化,即1976年的水体和淤地1991年仍对应为水体和淤地;白色代表扩张的水面,即1976年为淤地而1991年已经被水体淹没了。

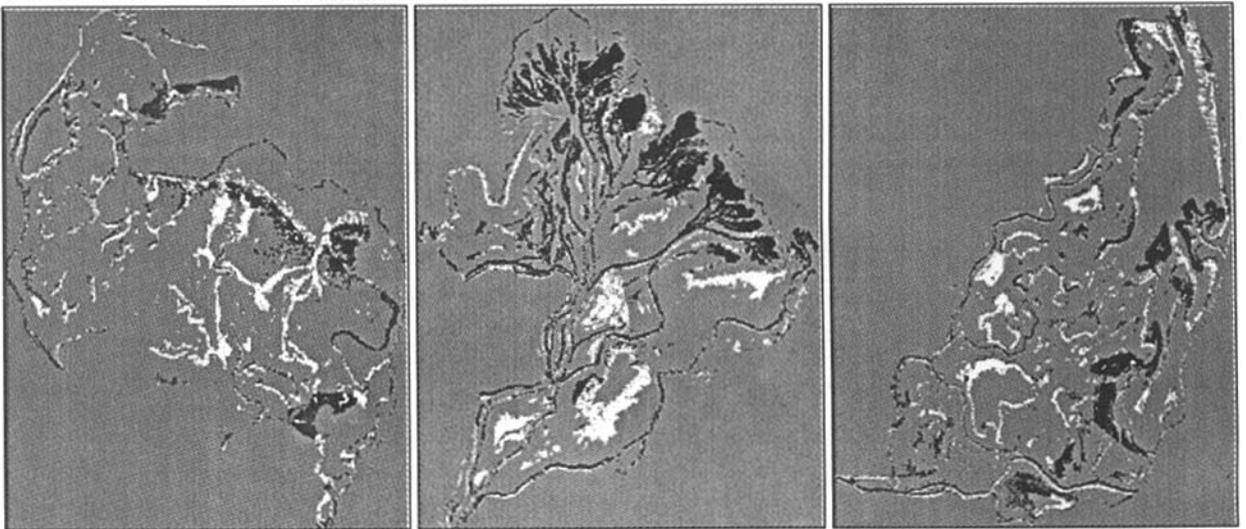


图8 1976~1991年各朵体变化检测图(左:朵体A;中:朵体B;右:朵体C)

Fig. 8 The change detection of each part 1976~1991(Up :Lobe A ;Middle :Lobe B ;Low :Lobe C)

5 结论

根据朵体内残留水体与淤地的提取、面积统计及变化检测结果分析,每个朵体内均有冲有淤,但基本上都是淤地为主。由于淤地面积在增大,说明
万方数据

1976~1991的15年间,三角洲前缘向前推进了,但从每个朵体增加的淤地面积来看,其淤进速率又各不一样,其中尤以朵体B推进最快、朵体C次之、朵体A推进最慢,说明目前三角洲前缘的淤积主要集中在中支。同时,泥沙淤积存在一个显著的特点,即

淤积主要发生在水下分流河道两侧、河口位置处。根据统计结果计算, 朵体 A 在 15 年间共新增淤地面积 6.9 km^2 , 向湖区推进速度为 $0.46 \text{ km}^2/\text{a}$; 朵体 B 在 15 年间共新增淤地面积 20.4 km^2 , 向湖区推进速度为 $1.36 \text{ km}^2/\text{a}$; 朵体 C 在 15 年间共新增淤地面积 10.3 km^2 , 向湖区推进速度为 $0.69 \text{ km}^2/\text{a}$, 由此可以推测三角洲的发展趋势将仍以中支为龙头, 北支和南支为两翼扇状继续向湖区推进。另外, 三角洲前缘在 15 年间共淤积面积为 37.6 km^2 , 整体淤积速度约 $2.5 \text{ km}^2/\text{a}$, 按鄱阳湖枯水期面积不到 1000 km^2 、赣江泥沙淤积量约占五河的三分之二换算^[6], 则整个鄱阳湖平均淤积速率约 $3.76 \text{ km}^2/\text{a}$, 若不考虑湖盆的抬升或下降等其它因素, 照此速度下去, 推测 260 年左右鄱阳湖将会被泥沙淤平。

由于遥感具有可追溯历史痕迹和动态对比的功能, 因此在调查河道变迁、三角洲演变以及了解河道或尾间治理效果等方面, 具有其它方法难以比

拟的优越性。但是, 利用遥感手段对三角洲冲淤的研究还只停留在二维平面变化上, 没有反映出三角洲冲淤变化的三维特征, 这还有待今后继续探索。

参考文献

- [1] 叶崇开, 张怀真, 王秀玉. 鄱阳湖近期沉积速率的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1991 (3): 272—277
- [2] 常 军, 刘高焕, 刘庆生, 黄河三角洲海岸线遥感动态监测 [J]. 地球信息科学, 2004 (1): 94—98
- [3] 周成虎, 骆剑成, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2001
- [4] 杜云艳, 周成虎. 水体的遥感信息自动提取. [J]. 遥感学报, 1998, 2(4): 264—269
- [5] 党安荣, 王晓荣, 陈晓峰, 等. 遥感图像处理方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003
- [6] 尹宗贤, 张俊才. 鄱阳湖水文特征 [II] [J]. 海洋与湖沼, 1987, 18(2): 208—214

Remote Sensing Research of Development and Evolution in Ganjiang Delta

LEI Tian - ci¹, PENG Xuan - ming¹, CHEN Li - de¹, ZHU Min - qiang²

(1. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China; 2. The Digital Land Key lab of Jiangxi Province of The East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, Jiangxi, China)

Abstract: Regarding 2-phase Remote sensing images of MSS and TM and 1:50000 relief map in Poyang Lake as data sources, the Ganjiang transition and delta evolution are interpreted in maximal information assembly based on the spectral signature and morphological character; Its was considered that river's transition mainly manifested its diversion and capturing stream. By the means of human-computer interaction, making use of the remote sensing image from 1976 to 1991, the dynamic monitoring of evolution in Ganjiang Delta was carried out, the increased area in delta front was 37.6 km^2 and it is pushed forward at the speed of $2.5 \text{ km}^2/\text{a}$. Each part is pushed forward at different rate and the mud filling chiefly focuses on the Ganjiang's middle branch in delta front.

Key words: Ganjiang Delta; remote sensing dynamic monitoring; Poyang Lake