

应用遥感技术研究江汉湖群的近代变迁*

邹 尚 辉

(华中师范大学, 武昌)

提要 本文利用陆地卫星 MSS 图象目视判读及多时相复合等方法,分析了历史时期江汉湖群(简称古湖)的分布及作出现存湖泊近期演变趋势的预测,并对遥感分析结果作了多学科的对比验证。古湖的图象判读依据有三:(1)古湖大多为成象时的单季稻田,其上的灌水与湖相沉积物的综合光谱具有独特的图象特征;(2)先锋植物菰及芦苇群丛是湖泊向沼泽转化的重要标志;(3)堤垸的影像是古湖被分割、支解的见证。研究结果表明,江汉湖群个数、面积已锐减,现存湖也正向沼泽方向演化。

围湖造田及自然的淤浅,使湖泊由水而陆的沧桑之变及向沼泽转化的趋势,都在卫星遥感图象上留下了清晰的记录(见图版 I:1),使我们现今有可能在一定程度上重建湖泊变迁的历史进程并预测其发展趋势。国内外的研究^[1,4-7]均已表明,遥感分析赋予湖泊研究以新的方法。本文以遥感分析方法为基本手段,结合其他资料的分析及准同步的野外实况调查,对江汉湖群的近代变迁及其演变趋势作了初步分析论证。

一、目视解译陆地卫星 MSS 假彩色合成图象,重现江汉古湖群

经过反复对比分析,从众多时相的图象中我们认为 1979 年 5 月 30 日 133-39(沙市幅)及 1979 年 6 月 16 日 132-39(武汉幅)能较好地识别六十年代以前的湖泊分布,其判读依据如下。

1. 古湖水田薄层灌水与湖相沉积物的综合光谱具有独特的图象特征

江汉湖群大都是底部浅平的碟形湖泊,沉积有粘重的、青灰色的湖相沉积物(青岗泥),今大部分已被围垦成农田。由于水高田低,渍涝严重,地下水位一般在 0.5m 左右,土壤通气状况很差,形成大面积生产潜力较低的水害型农田(或称低湖田)。因此,古湖所在之处成象时大都为单季稻田。在上述两个成象时间内,这些单季稻田已灌水,且稻秧未插或刚插,地表基本呈“白水田”状态。卫星传感器获取的是水底湖相沉积物和水体的综合光谱,与其它水体或作物的光谱有显著的区别:综合光谱不具备植物的特性,没有红外反射峰(6, 7 波段)和红色光(5 波段)吸收谷,但与典型的“水”特性又有区别如图 1 所示。在两个时相的图象上,都容易将单季稻田与别的覆盖类型区分开(见表 1)。例如,在 6 月 16 日 1:25 万标准假彩色合成(武汉幅)图象上,单季稻田呈独一无二的醒目的青色;在 5 月 30 日 1:20 万标准假彩色合成图象(沙市幅)上,单季稻田呈蓝色(由于成象时间及暗室

* 张晓阳、刘艳芳、余刚鹏、万小春、张敏诸同志参加了部分野外工作,刘艳芳、张晓阳同志参加了部分图象判读工作,谨此致谢。

收稿日期: 1985 年 8 月 2 日。

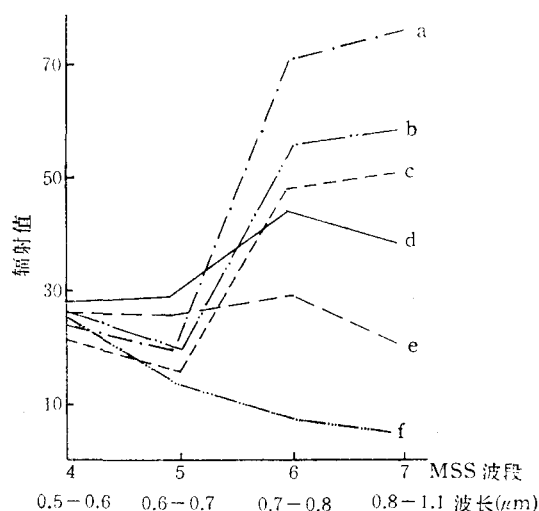


图 1 不同覆盖类型的光谱响应曲线

Fig. 1 The curve of spectral respond of varieties of cover

(据 1980 年 6 月 28 日 CCT 磁带)

a. 菰(湿地上); b. 芦苇; c. 双季稻田; d. 棉田; e. 单季稻田(常是古湖); f. 水体。

表 1 几种覆盖类型在 MSS 标准假彩色合成图象上的特征

影象特征 覆盖类型	成 象 时 间	
	1979 年 5 月 30 日	1979 年 6 月 16 日
	(沙市幅)	(武汉幅)
双季稻	暗红色,粗斑点状	红色
单季稻田	蓝色,纹型斑驳,有排灌渠道影象	青色,有排灌渠道的影象
菰	红色,粗绒毛结构	粉红色,绒毛状结构
芦苇	深红色,大面积分布纹型致密	红黄色(沙地上),红色(湖岸),绒毛状结构
棉田	极浅的蓝白色	白底微带蓝色
莲		玫瑰红色,纹型斑驳
河流	蓝色	蓝色
湖泊	蓝黑色或黑色	蓝色或黑色

作业条件的差异,与武汉幅颜色不同),与现存湖的蓝黑色或黑色也有明显的差异。

2. 先锋植物菰及芦苇群丛是判读湖泊向沼泽转化的重要标志

湖泊经围垦后,湖面缩小,水位下降,水草丛生而种类变少,群落稳定性变差,加速了向沼泽转化的进程。在湖泊变为沼泽乃至完全消亡成陆的过程中,出现的先锋植物通常是菰及芦苇,因此,它们是圈定古湖及现存湖浅水湖岸带的一个重要标志。菰与芦苇群丛在 5 月 30 日、6 月 16 日、7 月 6 日 MSS 图象上皆容易识别。此时正值植物物候变化迅速的季节,不同植物之间出现物候差异,因而也是光谱反射率差异较大的季节^[1,2,7]。菰及芦苇群丛的图象特征均没有江汉平原农田常具的堤、渠影象。诸如昔日的大沙湖、大同湖、武湖、白露湖、三湖、返湾湖、沉湖等处,均有较大面积的菰或芦苇分布,它清楚地展现

了历史时期这些湖泊的平面形态。

3. 堤垸的影象是古湖被分割、支解的见证

从钻孔资料^[3]及历史地图可以证明,江汉湖群原来是水势浩大的内陆湖,由于自然及人为的原因,日后才被分割、支解为当今破碎的面貌。自然的原因是河流的不断堆积、壅塞、改道,致使湖泊由大变小,化整为零,同时发育了密如蛛网的纵横河道;人为的原因就是筑堤建垸,阻水为陆,围湖造田,发展生产,遂成鱼鳞式、封闭式和洲滩式各种堤垸。因此,堤垸的发展过程也就是江汉湖群被分割、支解的过程。反过来,能重建昔日堤垸的分布,便能恢复过去湖泊的面貌。不过,由于兴修水利及平整土地,绝大部分堤垸现今已废,以常规地面调查方法重建堤垸结构是困难的。然而,堤垸的微地貌特征,却以不同的土地利用状况很逼真地展现在遥感图象上。典型的堤垸结构如图 2 所示。图象上这种三色条带结构即为昔日围垸之堤或排灌渠道(包括渠道两旁的堤),它以清晰的红或白条带状影象特征区别于被其环绕甚而封闭的大小斑块状的蓝色或青色背景。这些被围成的蓝色或青色斑块即为古湖被围垦的“垸田”。每当堤垸溃决,垸内又重新积水成湖。所以,在江汉平原,湖与垸乃一脉相承,垸是昔日湖,现存湖也可能曾经是垸。将我们用卫星图象判读出来的堤垸,与 1972 年湖北省测绘局出版的地形图相对比,两者分布有着惊人的相似之处,说明遥感图象的判读是可靠的。

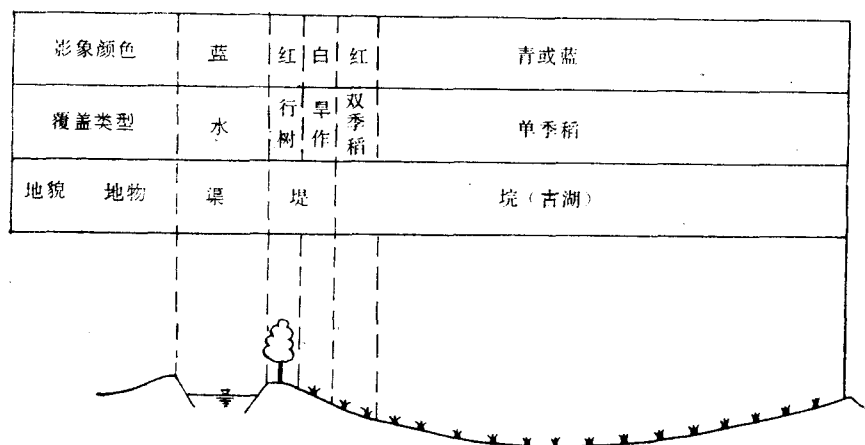


图 2 江汉平原的堤垸结构

Fig. 2 The embankments structure of Jianghan plain

二、用双时相数字图象复合方法研究湖泊的变迁

利用卫星遥感重复成象的特点,将同一地区的两个不同时期图象在图象处理系统上复合,则复合图象上便含有两个时期内目标变化状况的信息,据此可以监测和跟踪环境的动态变化。

我们应用 1978 年 10 月 17 日与 1975 年 5 月 6 日两个时期(沙市幅) MSS 数据作数字影象复合。前者的数据,由计算机直接从 CCT (MSS₇) 磁带上读出,并在荧光屏上以红色显示;后者数据利用 MSS₇ 负片经 HAMAMTSU 数字化仪数字化后再读出,以蓝色

表示。这样,复合图象上便含有这两个时期的地物信息。1975年5月水面影象的范围(包括成象时的现存湖与已成陆的古湖——灌水的单季稻田)较大,而1978年10月的水域(只包括当时的现存湖。古湖的稻田此时已无水,图象上也无“水”的特性)较小,两者面积之差以醒目的红黄色显示于复合图象上,与现存湖的鲜红色形成强烈的对比。图3为此复合图象的解译图。

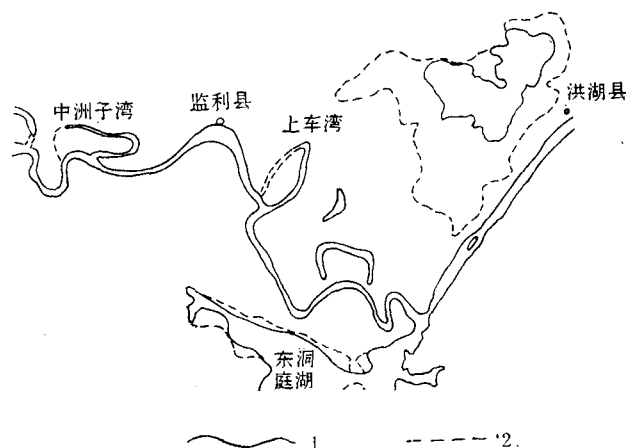


图3 双时相合成数字图象解译图

Fig. 3 The interpreted map of MSS digital image of double period composite
(原图未经几何处理)

1. — 1978年10月图象显示的水域; 2. ---- 1975年5月图象显示的水域。

复合图象(见图版I:2)中最引人注目的是洪湖的面积变化,其呈红黄色的区域——古湖,比现存湖几乎大一倍。这两个时期影象中洪湖水域的变化,揭示了主要由于围湖造田而使湖面日渐缩小的历史进程。正如解译图所揭示的,东洞庭湖也正面临着湖面日益缩小的劫难。

三、江汉湖群近期变化趋势的遥感预测

湖泊的消长,受地壳运动、泥沙淤积、气候变化等自然因素及围湖造田、兴建大型水利工程等人为因素的影响。江汉湖群从大湖支解为小湖,从湖多变为湖少的势态,明显地展示了其向沼泽转化的发展趋势。湖泊向沼泽转化的一般特征是湖泊底部淤高,湖水变浅,水草丛生。四湖地区大部分湖泊常年水深为0.5—0.8 m,适宜于水生植物的生长。这些水生植物年复一年地自生自灭,再加上自然的淤积,遂逐年淤高湖底,加速了湖泊向沼泽转化的进程。

在其它条件无甚大差异的前提下,决定江汉湖群近期向沼泽转化进程的强弱、快慢的主要因素是水生植物生长的多寡,多者快,少者慢。因此,遥感研究水生植被便成为判决其向沼泽转化进程的一种手段。

我们用解剖麻雀的办法,通过汤孙湖的水生植物状况来外推江汉湖群状况。

汤孙湖位于武汉市南部,分里湖、外湖两部分,中间有一人工堤相隔。里湖(东面),在

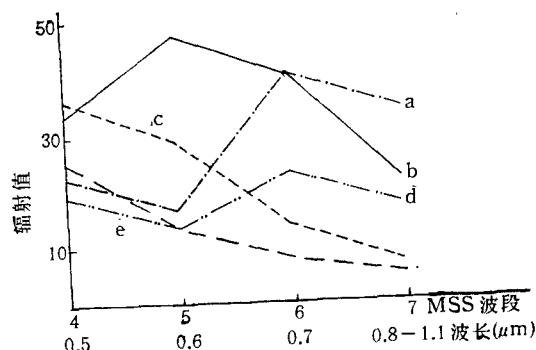


图 4 各种水体的光谱响应曲线

Fig. 4 The curves of spectral respond of varieties of water

(据 1980 年 6 月 28 日 MSS 磁带)

a. 水生植物较多的湖面(汤孙湖外湖); b. 浑浊的长江水; c. 表面无水生植物的养殖场(汤孙湖里湖); d. 有一定水生植物的湖表面(汤孙湖外湖); e. 表面无水生植物的湖面。

1979 年 6 月 16 日图象上呈浅蓝色。外湖(西面), 呈黑色并镶有微暗红色斑块。汤孙湖的东西两部分形成如此鲜明的色调对比, 不外乎是水深、水生植物、底质及水污染状况等因素造成的。从图 4 可知, 里湖水体的光谱响应曲线中, 4 波段(绿)及 5 波段(红)的反射率均较正常水体高。其原因, 前者可能是湖中浮游生物的高叶绿素浓度造成的; 后者则是由于含沙量较高所致(从长江水的波谱响应曲线中已得出含沙量大则红光区反射率高的结论)。外湖水体的光谱响应曲线则完全是另外一种类型, 其绿色光及红色光的反射率均较低而且具有明显的红外反射峰及红色光的吸收谷, 显然这是植物的光谱响应。由此可以推断, 外湖的水生植物较丰茂。后经野外实地调查证实, 这个分析结论与实际情况完全一致。里湖是个人工养殖场, 水质较肥, 浮游生物浓度较高, 且水生植物稀疏, 湖流及风浪容易掀动底泥, 故水体透明度较低, 对可见光部分的反射率较高, 因而图象上呈浅蓝色; 外湖的水草很丰茂, 几乎遍布湖面, 甚者处行船都有困难。其水体澄清, 透明度高, 故水体图象为黑色, 而水生植物本身则以呈暗红色的斑块镶嵌于这黑色的背景上。与此相似的情况出现在洪湖与梁子湖的对比上。据此, 可以得到江汉湖群图象水色、透明度及水生植物相互关系的一般规律(在排除其它因素干扰的前提下), 图象水色深(黑色)者表示: 水体透明度高→光合作用强→水生植物繁茂→抑制浮游生物的生长; 风浪湖流不易掀动底泥→水体透明度高。图象水色浅(蓝色)者表示: 水体透明度低→光合作用弱→水生植物稀疏→浮游生物较多; 风浪湖流易掀动底泥→水体透明度低。

值得注意的是, 受工业废水和生活污水污染的湖泊, 在图象上也呈深色。因此, 图象水色深—水生植物繁茂—向沼泽转化进程快这种相关关系, 在江汉平原污染严重的湖泊, 如武汉市附近的沙湖、东湖, 就难以成立, 判读时必须考虑这点。

为了充分揭示江汉湖群水生植物分布状况, 我们在 ARIES-II 系统上完成了多种数字图象处理工作。因为, 水生植物的信息微弱, 常被“水”的信息掩盖, 在图象上难以识别。我们在洪湖子区、长湖子区, 作了 K-L 变换、比值变换、反差增强、自动分类等多种图象处理, 提取出水生植物的信息, 大体弄清了水生植物分类及分布状况(见图版 I:3)。

通过以上的分析可以预示,象长湖、洪湖、汤孙湖外湖、武湖等湖泊向沼泽转化的进程会较快。而梁子湖、斧头湖、汤孙湖里湖、东湖等湖泊向沼泽转化进程则会较慢。

四、遥感分析结果的验证

我们收集了多种其它资料作全面,多学科的对比论证,并以准同步的时间作野外抽样验证。结果表明,遥感分析结果是准确可靠的。验证情况述后。

1. 航空象片镶嵌图(索引图)的判读

在 1966—1967 年成象的约 1:10 万航空象片镶嵌图上,现存湖及古湖皆有显示,且互有区别。现存湖的影象呈黑色,一般有清晰的水涯线;古湖影象呈暗灰色或灰黑色,很难找到清晰的水涯线,湖盆与陆地的图象色调是逐渐过渡的。我们用陆地卫星影象与镶嵌图象作抽样对比检验发现,几乎全部现存湖、古湖位置和范围皆互相吻合(见图 5)。

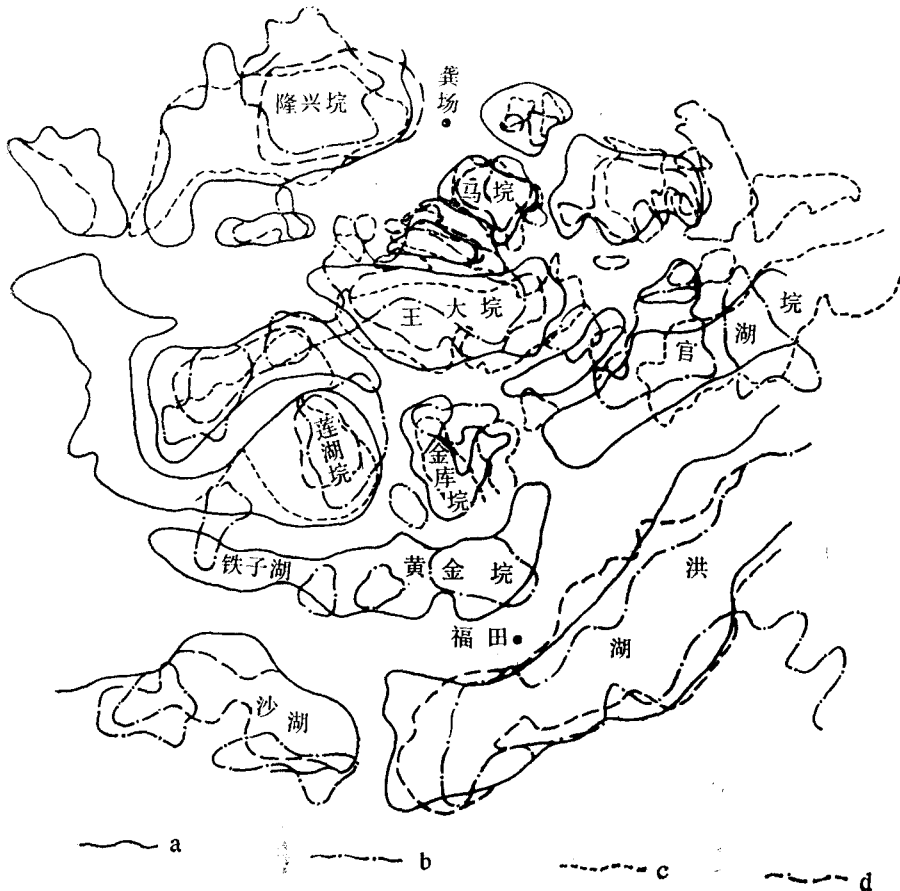


图 5 监利县附近古湖解译结果的验证

Fig. 5 The interpretation map of palaeolakes of MSS image in the Jianli county

(航片镶嵌图只验证本图的上部)

- a. 卫星象片解译的古湖; b. 土壤图相应位置上发现的湖相沉积物的母质土壤; c. 航空象片镶嵌图解译的古湖; d. 地形图(1955 年航摄资料)显示的古湖。

2. 荆州地区土壤图的分析

在荆州地区土壤普查办公室 1985 年编绘的 1:25 万土壤图上, 潜育型水稻土 (I_3) 及沼泽型水稻土 (I_4) 可代表湖相沉积物母质发育的土壤。这两种土属的分布范围即为古湖的所在, 在卫星影象上相应之处具有古湖的影象特性(见图 5)。

3. 三个时期地形图的分析

我们分析了 1965 年出版 (1955 年航摄) 的总参测绘局编制的 1:5 万地形图、1971 年总参测绘局编制的 1:20 万地形图及 1980 年湖北省测绘局编制的 1:25 万地形图。卫星图象判读与地形图分析结果对比表明, 两者的古湖分布大体一致。迄今, 卫星图象判读的古湖分布 (并不是形成) 的年代大致可以定为四十年代或五十年代, 因为, 编制 1965 年及 1971 年地形图所用的航空象片摄于 1955 年。

4. 多种图件的叠合

我们采用样方方法, 在多种图件上的监利县东北部, 圈定看来古湖较多的约 700 km² 的样方 (见图 5)。将前述几种资料上勾绘的古湖界线叠合于同一比例尺的底图上, 便可发现, 绝大部分垸 (也就是古湖) 的分布在 4 种图上基本吻合, 且其边界在 3 种图上是大体一致的, 证明通过遥感判读的古湖是可靠的。在样方内, 官湖垸、金库垸、铁子湖、黄金垸在地形图上无湖泊表示, 而在其它三种 (或两种) 图上均属湖泊特征。据此, 我们认定, 这四个垸肯定也是古湖, 最可靠的证据是在土壤图的相应位置上发现有湖相沉积物的母质土壤。至于地形图上无显示, 是因为航摄时, 这些底部极平缓的湖盆无积水, 故测图时表示为陆地, 而卫星象片及航片镶嵌图成象时, 湖盆上有积水, 故重现昔日湖泊的风貌。

5. 野外实况调查和抽样验证

野外工作分为两个阶段: 第一阶段旨在建立影象的野外判读标志; 第二阶段是就象片判读结果进行与成象时间准同步 (6 月上旬) 的野外抽样验证。验证结果表明, 室内遥感分析判读的判对率是高的。

五、结 论

1. 本研究结果表明, 从五十年代以来, 江汉湖群的面积、个数锐减, 现存湖泊也面临着向沼泽转化以至消亡的严重威胁。据分析, 五十年代中后期, 湖北省 0.5 km² 以上水面的湖泊有 609 个, 八十年代初仅剩 309 个, 湖泊数量下降了 49%¹⁾。象大沙湖、大同湖、白露湖、三湖、排湖、沉湖等湖泊, 今已荡然无存。有的仅在其“锅底”处还残存着局部荒湖蒿草丛或野莲丛。这表明江汉湖群正在向沼泽转化。

2. 应用遥感分析方法研究湖泊变迁具有很好的效能。常规地面调查难以发现且历史地图资料上无表示的古湖泊在遥感图象上却能清晰地显出。为了保证其分析结果的准确性, 应该用其它资料及野外工作对分析结果作进一步的验证。

3. 遥感数字图象处理技术在湖泊要素的信息提取、图象增强、自动分类及动态监测上功能良好, 速度快, 效率高, 宜于推广应用。

4. 选用最佳时相图象作研究, 才能做到事半功倍, 并保证成果质量。不同研究对象的最佳时相的选择是不一样的。

1) 湖北省环境保护研究所, 1984 年。围湖造田对环境影响的研究。

参 考 文 献

- [1] 邹尚辉, 1985. 植被资源调查中最佳时相遥感图象的选择研究. 植物学报 **27**(5): 525—531.
- [2] 张玉贵, 1981. 华北主要树种的光谱差异及其物候变化. 遥感文选. 科学出版社, 40—49 页.
- [3] 蔡述明、官子和, 1982. 跨江南北的古云梦泽说是不能成立的. 海洋与湖沼 **13**(2): 130—142.
- [4] Cracknell, A. P., Remote sensing in meteorology. Oceanography and Hydrology. Ellis Horwood Ltd., pp. 234—245.
- [5] Frank, L. S., W. K. Holmquist and T. F. Lawrence, 1979. Landsat analysis of lake quality. *Photogrammetr. Eng.* **45**(5): 623—633.
- [6] Long, K. S. and L. E. Link, 1977. Remote sensing of aquatic plants. Proceeding of the Eleventh International Symposium on Remote Sensing of Environment. Environmental Research Institute of Michigan **1**: 817—826.
- [7] Tanaka, S., 1977. Multi-seasonal data analysis and some extensions for environment monitoring. Proceedings of the Eleventh International Symposium on Remote Sensing. Environmental Research Institute of Michigan **1**: 545—561.

STUDY OF MODERN VICISSITUDES OF THE JIANGHAN LAKE GROUP BY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Zou Shanghui

(Central China Teacher's University, Wuchang)

ABSTRACT

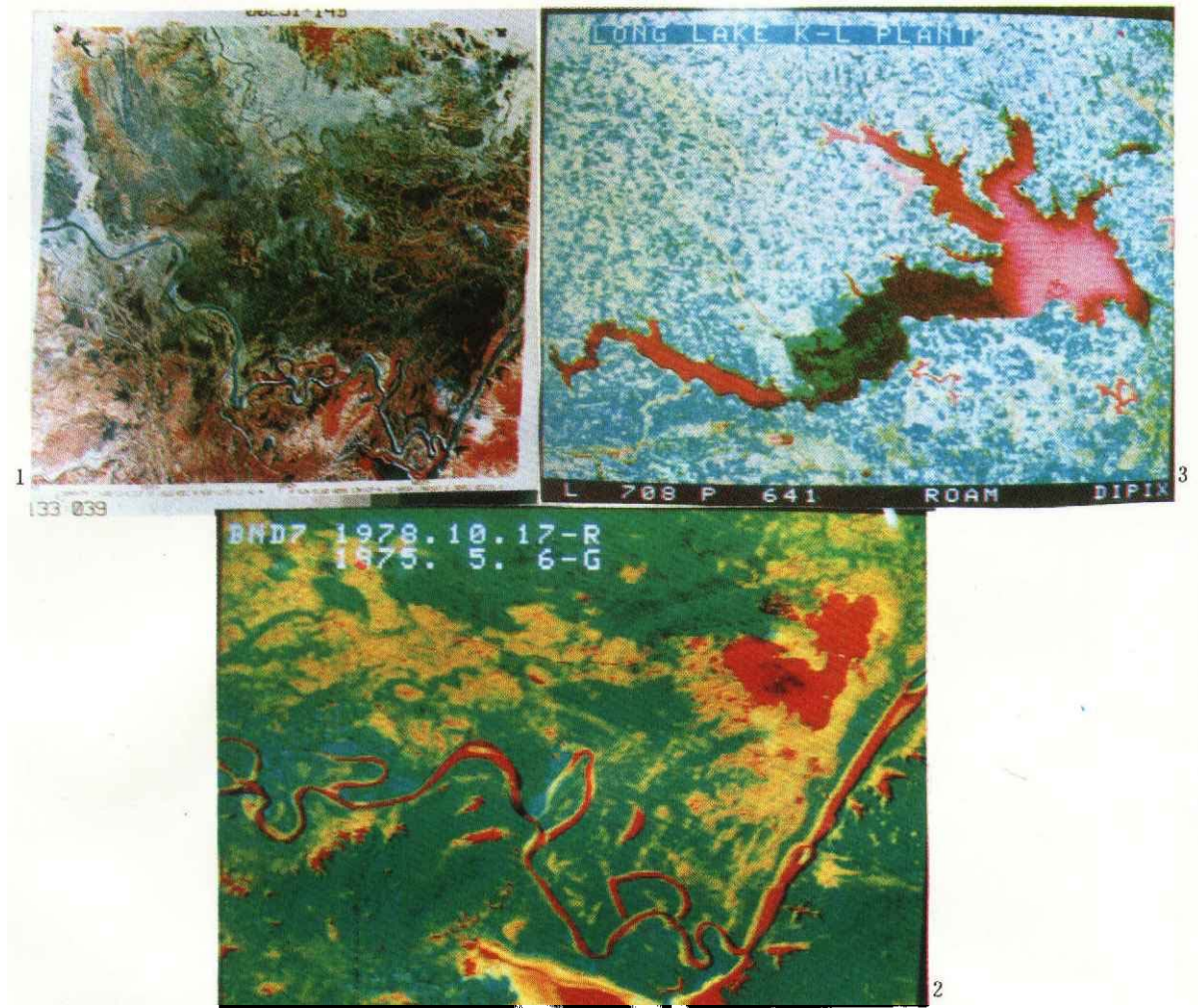
The historical process of vicissitudes of Jianghan lake group is recorded clearly in the remote sensing images. Therefore, the distribution of historical lakes (abbreviated paleolake, the same below) can be made to reappear to some degree and its future evolution tendency can be forecasted.

The foundations of the image interpretation of the paleolakes are: (1) The paleolakes have turned into single-cropping rice fields, whose integral spectrums of "water" and "soil" have specific spectral and image properties; (2) Vanguard plants wild rice and reed are the important signs of lake transformation into marsh; (3) Embankments encircling low lying paddy fields are the evidence of the splitting and dismembering of the Jianghan lake group.

Variation in amount or number of aquatic plants is the principal sign of lake transformation into marsh in Jianghan Plain. Other conditions being the same, the interrelationship of the deep water color (black)-lush aquatic plants-rapid transformation into marsh may be established, from which the tendency of lake evolution may be forecasted.

The field test and the contrast test of the soil map, the land use map, the photomontage and the topographic maps in different periods show that it is effective to apply the technique of remote sensing to the study of lake evolution.

The study shows that the total number and area of the Jianghan lake group have decreased greatly due to reclamation and cultivation, and the lakes remained are being transformed into marsh.



1. 为陆地卫星MSS图象所显示的江汉湖群；
2. MSS双时相复合图象，右上角洪湖，红色部分为1978年洪湖的水域，黄色部分为1975年显示的占洪湖范围；
3. 湖北长湖的K-L变换图象，原始图象经过K-L变换后，水生植物信息得以增强。图中清晰地显示了不同的水生植被类型。