

基于 MODIS 的鄱阳湖区水体 水灾遥感影像图制作

丁莉东^{1,2}, 余文华^{2,3}, 覃志豪^{1,4}, 吴 昊⁵

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093 ; 2. 南京工程高等职业学校, 南京 211135 ;
3. 河海大学法律系, 南京 210098 ; 4. 农业部资源遥感与数字农业重点实验室, 北京 100081 ; 5.
江苏省武进市国土资源局, 武进 213161)

摘要 : 提出了利用空间分辨率为 250 m 的 MODIS 影像第 1、2 波段数据制作水体遥感影像图、水体变化遥感影像图和水灾遥感影像图的方法。对鄱阳湖区的水灾遥感影像图制作实例表明, 该方法不仅具有快速、简便和易于操作等优点, 还能有效保留 MODIS 的空间分辨率, 较清晰地识别水体和洪水, 可用于水灾的遥感动态监测与制图。
关键词 : MODIS ; 鄱阳湖区 ; NDVI ; 水体提取 ; 水灾制图
中图分类号 : P 238.3 文献标识码 : A 文章编号 : 1001 - 070X(2007) 01 - 0082 - 04

0 引言

MODIS 是 Terra 和 Aqua 卫星上都装载的重要传感器, 是 EOS 计划中用于观测全球生物和物理过程的仪器。MODIS 的高回访周期、大范围覆盖性、低成本以及数据易于处理等优点使其适合自然灾害的遥感监测。Zhan 等曾利用多幅 MODIS 数据动态监测柬埔寨大水和湄公河洪水^[1]; 殷青军等选取晴空条件下的 MODIS 数据制作了水体专题图^[2]; Yulin Cai 等针对 MODIS 数据特征, 利用部分光谱分离法制作水体分布图^[3]; Low 等利用 Terra MODIS 遥感数据实时监测洪水和制图^[4]; 此外, 也有研究人员利用 MODIS 数据监测森林火点和制作着火点图^[5,6]。上述应用制作的遥感影像图采用了 MODIS 的多个波段, 而这些波段间的空间分辨率不一致, 给遥感影像图的制作带来诸多不便。因此, 进一步探讨利用 MODIS 数据制作遥感影像图的方法很有实际应用价值。

水灾是当今世界上的主要自然灾害之一。鄱阳湖区是江西省乃至中国主要商品粮、油、棉和鱼等生产基地, 也是长江流域乃至中国水灾频繁发生的一个地区, 该区经常发生的农业水灾恶化了区域生态环境, 给农业经济造成了巨大损失。用 MODIS 遥感数据对洪水进行实时动态监测和制图, 可为抗洪抢险提供宝贵的资料。

本文在现有水体提取方法的基础上, 提出利用 MODIS 的第 1、2 波段数据制作水体遥感影像图、水体动态变化遥感影像图和水灾遥感影像图的方法, 并以鄱阳湖区为例来验证该方法的可用性。

1 基于 MODIS 的水体水灾制图原理和方法

1.1 制图原理

卫星传感器主要通过接收和记录地球表面反射、发射的电磁波来获得地表各类地物的信息。由于地物对太阳光的吸收和反射程度不同以及地物结构、组成和物理、化学性质的差异, 导致了它们在卫星传感器上记录的电磁波谱信息也各不相同^[7]。MODIS 数据的波段 1 是红光区(0. 62 ~ 0. 67 μm), 波段 2 是近红外区(0. 841 ~ 0. 876 μm)。在波段 2 波长范围内, 植被的反射率明显高于水体的反射率; 而在波段 1 波长范围内, 水体的反射率高于植被的反射率。因此, 在可见光和近红外波段范围内, 水体与植被等其它地物的光谱反射率存在差异, 这是利用遥感数据进行水体提取和制图的基本原理。

1.2 制图方法

水体水灾遥感影像图制作的首要条件是提取出遥感影像中的水体。首先, 选择合适的通道合成方式, 生成多光谱彩色图像, 以对水体、植被、土壤等加以区分。根据不同地物在 MODIS 各波段的光

谱特性,通过不同波段 RGB 彩色合成效果的比对分析,得知分别赋予通道 7、2、1 为红、绿、蓝 3 种颜色进行 RGB 合成的图像显示效果最佳^[8]。但在对图像进行重采样的过程中,不同空间分辨率的图像一般很难做到完全匹配,这就会导致由不同分辨率波段合成的假彩色图像纹理错位和模糊不清。对此,张树誉等提出,在洪涝灾害快速响应制图中,采用 7、2、1 同分辨率波段进行 RGB 彩色合成,制作小比例尺图像^[9]。考虑到归一化植被指数(NDVI)长期作为土地各种地表地物(尤其是植被)类型特征的一个度量,并且其在遥感领域中的应用较为广泛,本文选择它作为进行水体提取和制图的一个参考因子。

在此基础上,本文提出下面的水体水灾遥感影像图制作思路:首先,在由 MODIS 的红光和近红外波段建立的归一化植被指数(NDVI)图上,提取水体并制作水体二值图;然后,将水体二值图和上述两个波段进行彩色合成制作水体遥感影像图;再将提取出来的不同时期水体二值图相加相减后,再和正常水位期的 NDVI 图以及水体二值图进行彩色合成;最后制作水体变化遥感影像图和水灾遥感影像图。

针对 MODIS 遥感数据的归一化植被指数计算公式为

$$NDVI = (CH_2 - CH_1) / (CH_2 + CH_1) \quad (1)$$

式中,CH₁和CH₂分别是MODIS第1、第2波段的像元亮度值。当NDVI<0时,表示地面覆盖为云、水、雪等;NDVI=0时,表示有岩石或裸土等,第1和第2波段的反射率近似相等;NDVI>0时,表示有植被覆盖,且NDVI值随植被覆盖度的增大而增大。由于归一化植被指数的图像直方图常表现为典型的双峰分布型,因此,可选用阈值来构建区分水体与植被、土壤和城镇等其它地物的判别条件^[10]。CH₁和CH₂通过MODIS自带的scale和offset参数以及式(2)进行计算。

$$DN(B,T,FS) = corrected_counts_scale_B (SI_{(B,T,FS)} - corrected_counts_offset_B) \quad (2)$$

式中,corrected_counts_scale_B和corrected_counts_offset_B的值在MODIS1B内部计算完成,储存在科学数据集(SDS_s)属性中^[11],SI_(B,T,FS)就是MODIS影像文件里存的整数。

1.3 制图过程

水体水灾遥感影像图的制作流程见图1。

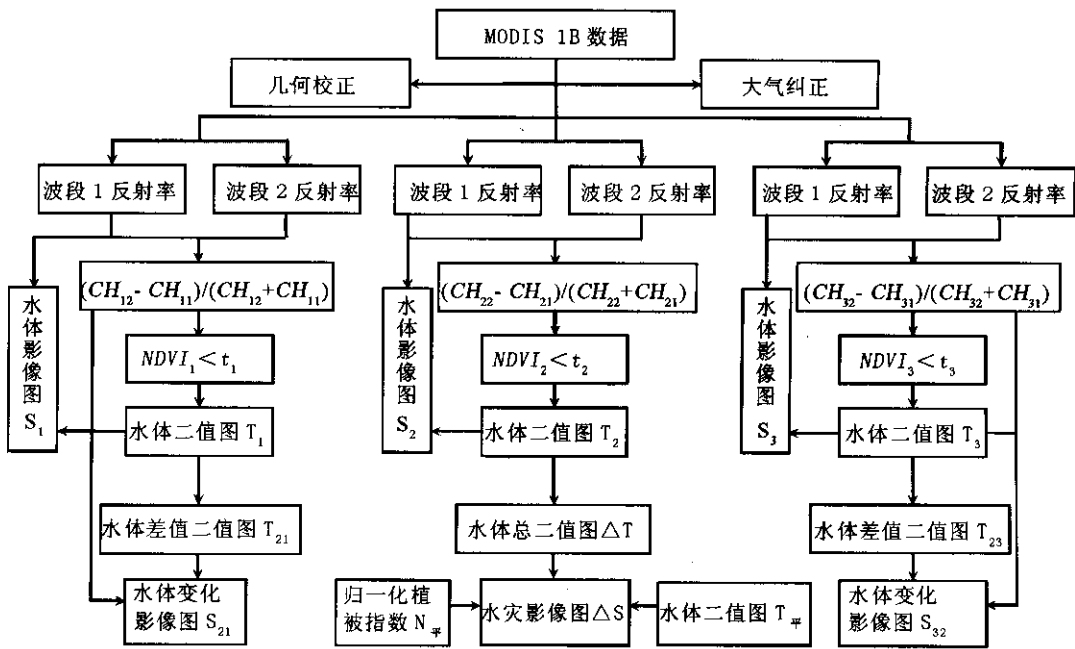


图1 基于MODIS数据的水灾影像制图流程

为提高制图效果和保持MODIS图像的空间分辨率,本文仅使用MODIS空间分辨率为250m的第1和第2波段。具体水体水灾遥感影像图的制作步骤如下:

(1)利用式(2)计算出洪水发生前、洪水发生时和洪水发生后的第1和第2波段的反射率CH₁₁和CH₁₂、CH₂₁和CH₂₂以及CH₃₁和CH₃₂;再根据式(1)分

别计算洪水发生前、发生时和发生后MODIS数据的归一化植被指数NDVI₁、NDVI₂和NDVI₃,并制作植被指数图N₁、N₂和N₃;在该图上利用阈值法,提取水体,制作洪水发生前、发生时和发生后的水体二值图T₁、T₂和T₃(在该图中,水体值常为0,非水体值则为1)。在每年的夏秋季,鄱阳湖区长有大量水生植物,陆地边缘的水体和植被相互影响,要根据不同洪

水状况确定提取不同时期的遥感图像上水体的阈值 (t_1 、 t_2 和 t_3)。

(2) 将 T_1 、 T_2 和 T_3 分别和其对应的 MODIS 空间分辨率为 250 m 的第 1、第 2 波段进行彩色合成, 制作洪水发生前、洪水发生时和洪水发生后的水体遥感影像图 S_1 、 S_2 和 S_3 。

(3) 将 T_2 减去 T_1 , 得到受洪水影响区域的水体二值图 T_{21} , 再将 T_{21} 和 T_2 以及 N_2 进行彩色合成, 制作洪水发生时的水体泛滥遥感影像图 S_{21} 。

(4) 将 T_2 减去 T_3 , 得到洪水退出区域的水体二值图 T_{23} , 再将 T_{23} 和 T_3 以及 N_3 进行彩色合成, 制作洪水退水时的水体退水遥感影像图 S_{32} 。

(5) 将洪水发生期内的所有水体二值图(含流程图中的 T_1 、 T_2 和 T_3) 相叠加, 得到所有受洪水影响区域的水体二值图 ΔT , 将 ΔT 再和正常水位期的 $T_{\text{平}}$ 以及归一化植被指数图 $N_{\text{平}}$ 进行彩色合成, 制作出洪水发生期内的水灾遥感影像图 ΔS 。

按上述步骤, 初步制作出水体遥感影像图、水体泛滥遥感影像图、水体退水遥感影像图和水灾遥感影像图, 再利用 MODIS 数据的 HDF 文件自带的经度和纬度数据, 选用 ENVI 软件对 MODIS 1B 直接进行几何纠正。这种几何纠正方法无需另选地面控制点, 能缩短校正时间, 精度也比选用地面控制点的方法更高。它的地面几何定位精度可达星下点 0.1 像元, 边缘 0.3 像元的精度。大气校正的方法参见文献 [12]。

2 鄱阳湖区实例分析

鄱阳湖地处江西省北部, 位于长江中下游南岸, 属于亚热带季风气候区。鄱阳湖南北长 173 km, 东西平均宽 16.9 km, 南部宽阔处为 50 ~ 70 km, 北部狭窄处仅为 5 ~ 15 km, 入江水道中最狭窄处的星子县以下的屏峰卡口, 宽度仅 3 km。鄱阳湖烟波浩渺, 通常水位湖面面积约为 3 500 多 km^2 , 洪水期间, 最大湖面达 3 960 km^2 , 蓄水量达 248.9 亿 m^3 。一般将鄱阳湖的水域、草洲、洲滩及岛屿所在地的行政区域称为鄱阳湖区。结合国内外研究^[13], 本文将 $E115^\circ 1' \sim 117^\circ 6'$, $N28^\circ 11' \sim 29^\circ 51'$ 之间的区域确定为鄱阳湖区。该区内的气候、水文、旱涝灾害、交通运输等诸多因素受鄱阳湖水体的影响较为直接, 具有自然条件、自然资源和社会经济条件的类似性。

本文所用 MODIS 数据的接收时间是洪水发生时的 2003 年 5 月到 9 月。选用的 MODIS 影像数据受云的影响较低, 且鄱阳湖区处于 MODIS 传感器星下点附近位置。按照上述制图步骤, 分别制作水体

遥感影像图、水体泛滥遥感影像图、水体退水遥感影像图和水灾遥感影像图, 见插页彩片 9 ~ 12。

由于上述水体水灾遥感影像图仅使用了 MODIS 的第 1 和第 2 波段, 这两个波段的空间分辨率都是 250 m, 在建立归一化植被指数图和水体水灾遥感影像图等过程中, 就不再需要对这两个波段进行插值或重采样, 因此, 就可以减少制图过程中的误差, 同时也能节省遥感图像处理所需的时间, 有助于水灾的快速响应。此外, 在上述水体水灾遥感影像图中, 陆地为绿色, 水体为蓝色, 洪水为橙黄色, 符合人们的看图习惯。

3 结论

MODIS 空间分辨率为 250 m 的数据用于制作水体影像图、水体变化影像图和水灾影像图等产品有独特的优势。由鄱阳湖区水体水灾影像图的制作实践, 可得出如下结论:

(1) 在 MODIS 可见光和近红外波段范围内, 水体与植被等地物的光谱反射率存在差异, 这是利用遥感数据提取水体的基本原理。充分利用 MODIS 同空间分辨率的第 1 和第 2 波段制作水体水灾遥感影像图, 可减少制图误差和节省制图时间。

(2) 本文制作的水体水灾遥感影像图符合人们的看图习惯, 保留了 MODIS 的空间分辨率, 便于清晰地识别水体。本文水灾遥感影像图制作方法快速、简便且易于操作, 可实时地对水灾实施遥感动态监测, 为当地政府及有关部门提供适时、准确而直观的水灾信息, 从而使防灾减灾决策有更加充分的科学依据。

(3) 本文试验选择的是受云影响较低和鄱阳湖区处于 MODIS 传感器星下点附近的遥感数据, 制作的遥感影像图整体效果较好。假设所选择的遥感影像受云影响较大或者鄱阳湖区偏移传感器星下点位置太远, 则需要采取其它措施进行 MODIS 数据的预处理后, 才能用于遥感影像图的制作。

参考文献

- [1] Zhan X, Sohlberg R A, Townshend J R G, et al. Detection of Land Cover Changes Using MODIS 250 m Data[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83(2): 336 ~ 350.
- [2] 殷青军, 杨英莲. 基于 EOS/MODIS 数据的青海湖遥感监测[J]. 湖泊科学, 2005, 17(4): 356 ~ 360.
- [3] Yulin Cai, Guoqing Sun, Baoqin Liu. Mapping of Water Body in Poyang Lake from Partial Spectral Unmixing of MODIS Data[A]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium [C]. 2005.
- [4] Low J, Liew SC, Kwok LK. Automated Near - realtime Flood De-

tection and Mapping Using Terra MODIS[A]. Proc. 25th Asian Conference on Remote Sensing[C]. Chiang Mai , Thailand 2004.

[5] 高懋芳,覃志豪,刘三超. MODIS 数据在火灾监测中的应用研究[J]. 国土资源遥感. 2005 , (2) 60 - 63.

[6] S A C L , Pereira J M C , Vasconcelos M J P , et al. Assessing the Feasibility of Sub - pixel Burned Area Mapping in Miombo Woodlands of Northern Mozambique Using MODIS Imagery[J]. International Journal of Remote Sensing , 2003 24(8) : 1783 - 1796.

[7] 刘玉洁 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京 : 科学出版社 2001.

[8] 张树誉 李登科 李星敏,等. MODIS 资料在 2003 渭河洪涝灾害动态监测中的应用[J]. 气象科学 2005 25(2) : 173 - 178.

[9] 张树誉 李登科 李星敏,等. EOS/MODIS 资料在渭河洪涝动态监测中的应用[J]. 成都信息工程学院学报 2004 ,19(4) : 564 - 568.

[10] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京 : 科学出版社 , 2003.

[11] 覃先林 易浩若. MODIS 数据在树种长势监测中的应用[J]. 遥感技术与应用 2003 ,18(3) : 123 - 128.

[12] 程 乾 黄敬峰 王人潮,等. MODIS 通道 1 和通道 2 大气订正的一种快速实用方法[J]. 浙江大学学报(理学版) 2004 ,31(5) : 560 - 564.

[13] 鄱阳湖研究编委会. 鄱阳湖研究[M]. 上海 : 科学技术出版社 , 1988.

THE MAPPING OF FLOOD REMOTE SENSING IMAGE
BASED ON MODIS IN POYANG LAKE REGION

DING Li - dong^{1 2} , YU Wen - hua^{2 3} , QIN Zhi - hao^{1 4} , WU Hao⁵

(1. International Institute for Earth System Sciences , Nanjing University , Nanjing 210093 , China ; 2. Nanjing Engineering Vocation School , Nanjing 211135 , China ; 3. Law Department of Hehai University , Nanjing 210098 , China ; 4. Key Laboratory of Resources Remote Sensing and Digital Agriculture , Ministry of Agriculture , Beijing 100081 , China ; 5. Wujin Municipal Administration of Land and Resources , Wujin 213161 , China)

Abstract : A new method is proposed in this paper for the mapping of the water image , the flood dynamic image and the flood hazard image using the 250m , 2 - band MODIS data. Its application in the Poyang lake area indicates that the method can preserve the image spatial resolution and help us to quickly recognize the water and flood. This method provides a rapid , simple and easy approach to the dynamic monitoring and mapping of flood hazard.

Key words : MODIS ; Poyang lake area ; NDVI ; Water extraction ; Flood image mapping

第一作者简介 : 丁莉东(1976 -) 男 , 硕士 , 讲师 , 主要从事资源环境遥感及农业自然灾害监测教学科研工作。

(责任编辑 : 李 瑜)

=====

(上接第 68 页)

THE APPLICATION OF OLD PANCHROMATIC
AIRPHOTO TO ARCHAEOLOGY

WAN Yu - qing , ZHOU Ri - ping

(Aerophotogrammetric and Remote Sensing Exploration Institute of China Coal , Xi ' an 710054 , China)

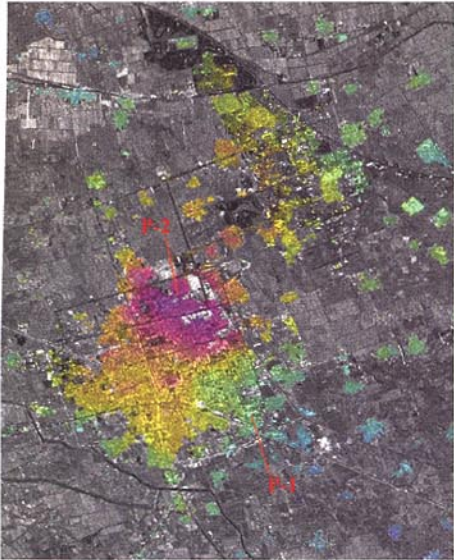
Abstract : During 2003 ~ 2005 , the authors completed two projects , namely , ' Synthetic Archaeological Studies with Remote Sensing and Geophysics Survey ' of China high - tech (863) program and ' Archaeological Studies to the Mausoleum of Zhou Dynasty ' by China History Museum. With old airphotos (1956) , the authors made some discoveries : ① On the east side of the Mausoleum of the Emperor Qinshihuang (259 - 210 BC) there were remarkable small surface morphology anomalies over the terra - cotta army and the zigzag - shaped pit. The anomalies and the pit were found and excavated in 1974 and 1976 ; ② There existed a tumulus group on Shengheyuan (plateau form) in Chang ' an County of Shanxi province and a rectangular relic of Qin cemetery wall (2300 years ago).

Key words : Old panchromatic airphoto ; Remote sensing in archaeology ; Micro - topographic abnormity ; Geomantic mecca

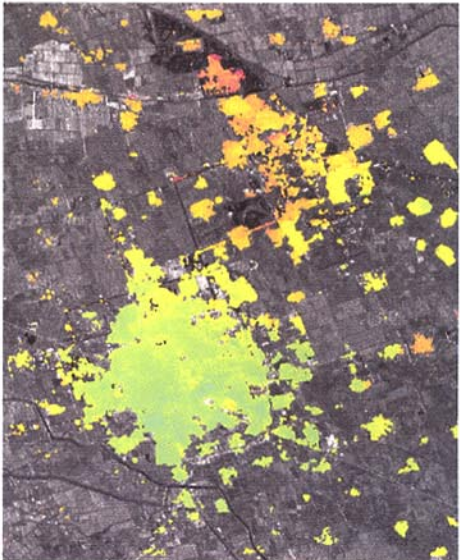
第一作者简介 : 万余庆(1963 -) 男 , 高级工程师 , 主要从事遥感应用研究工作 , 发表论文 50 余篇、出版专著 3 部。

万方数据

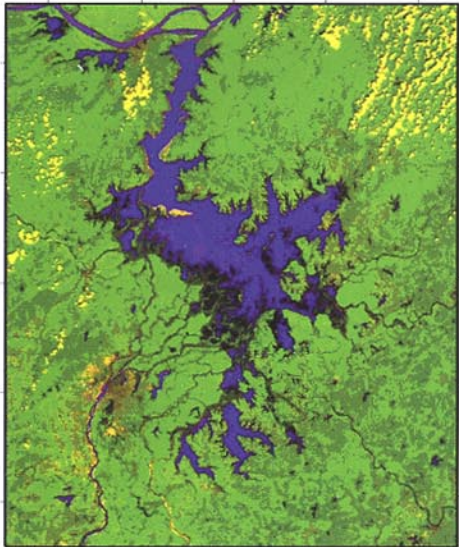
(责任编辑 : 肖继春)



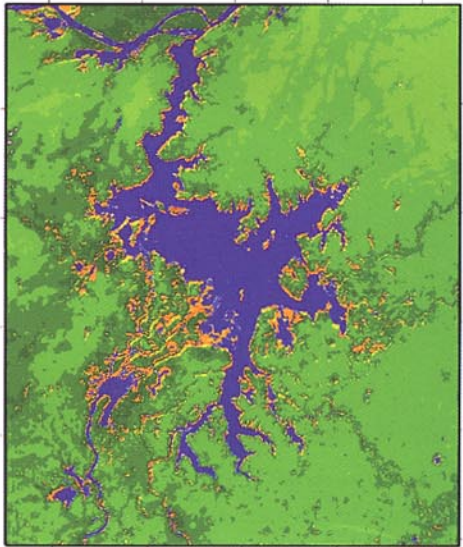
彩片7 线性沉降速率



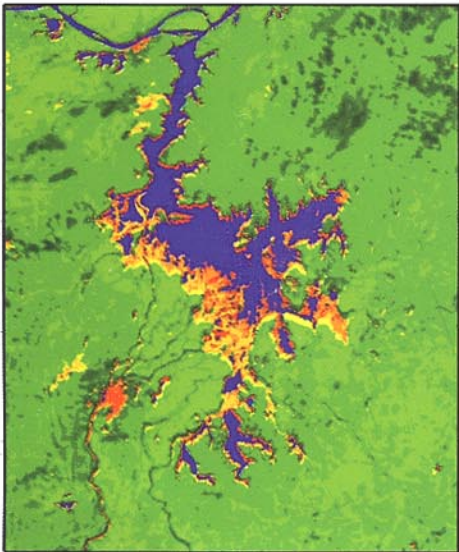
彩片8 线性模型方差



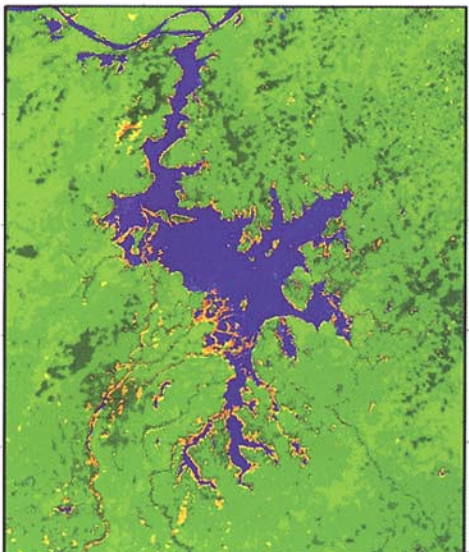
彩片9 8月24日水体影像图
(鄱阳湖区2003年8月24日水体分布)



彩片10 水体泛滥影像图
(■5月31日水体范围 ■7月16日较5月31日增加水体)



彩片11 水体退水影像图
(■8月27日较8月2日缩小水体)



彩片12 2003年水灾影像图
(■鄱阳湖区正常水体范围 ■2003年鄱阳湖水灾地区)