第4卷第2期
1992年6月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 4, No. 2
June, 1992

遥感技术在古丹阳湖演变研究中的应用①

戴锦芳 赵 锐

（中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008）

提要 运用适合于湖泊演变研究的遥感图像处理方法，从遥感图像的色调、结构、纹理入手，探讨了不同湖泊演变类型的遥感影像特征和差异性并结合多种历史图件与资料，阐述了古丹阳湖演变的规律，其结果对研究我国东部平原地区湖泊的形成及演变规律有积极意义。

关键词 湖泊演变 围湖垦殖 遥感图像处理

一、区域概况与遥感信息简介

古丹阳湖地处苏皖交界处的水阳江、青弋江下游河口三角洲地区，是古代长江下游的一个较大湖泊，在其形成初期，是长江之滨一烟波浩渺之巨浸，总面积约4130km²②。长期以来，由于上游携带大量泥沙入湖并不断淤积，水阳江、青弋江入湖三角洲逐渐形成并不断发展，原湖盆逐渐被淤浅，并分解成多个大小不等的湖泊。石臼湖、丹阳湖、固城湖、南漪湖就是诸多湖泊中的几个较大的湖泊。如今，虽然其大部分水域已由水变陆，但在该流域的遥感图像上，仍然可以辨析出原有湖泊的历史痕迹。运用多时相遥感图像，结合历史资料，研究古丹阳湖的形成及演变，对于研究我国东部平原地区的湖泊的形成及演变规律有着积极的意义。

遥感资料的选择是根据湖泊演变研究的需要而确定的。为了反映不同年代和不同季节的水体变化、土壤湿度和植被状况，同时考虑卫星地面接收站提供资料的可能性，选择1977年4月21日、1979年6月13日、1980年7月7日和1985年4月24日的遥感图像作为基本资料。另外，选择1:50000基本比例尺地形图、地方志中的古地图以及有关文字记载作为辅助资料。

对选择的4个不同时期的多时相遥感资料，针对湖泊演变研究的需要，进行了光学与计算机图像处理。结果表明，MSS4、5、7波段组合并配以蓝、绿、红色滤色片合成处理的图像较适合于湖泊动态演变研究。这种组合能较好地反映湖泊的水陆界限、河流水系的结构、湖滩地的发育状况、地下水的深浅、自然植被和人工植被的生长状况，以及湖泊围垦的现状。

---

① 本文得到的窦鸿身副研究员的帮助，特致谢意。

② 窦鸿身、汪宪柜．固城湖的历史演变．地理文集(7)，1983。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

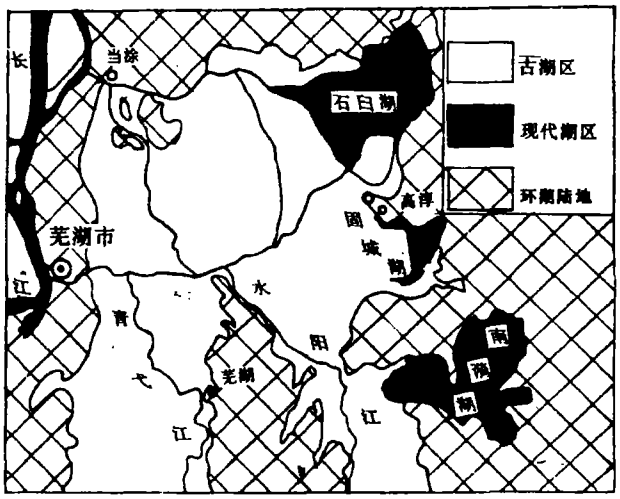

图1 古丹阳湖的范围

Fig. 1 The range of Panlaeo-Dan Yang Lake

TM 图像不仅分辨率高，而且波长范围宽。在湖泊演变研究中，除了进行类似于MSS4、5、7 波段的传统的假彩色合成(TM2、3、4)外，还进行了 TM3、4、5 波段的黄、品、青组合。这种组合接近于自然彩色，其中一个可见光波段用以表现研究区域的植被覆盖和植物叶绿素的吸收；一个近红外波段用来表现水体边缘和生物量测定；一个中红外波段用于测定植物土壤的含水量，以区分古湖区。

利用遥感磁带数据，在计算机图像处理系统上，可进行多种处理与变换，以得到解译湖区变化所需要的图像。如进行线性拉伸，可突出表现水系和圩堤等线性要素；将 TM2、3、4、5 不同波段的两个年份、不同季节的 CCT 磁带结合起来，进行主成份分析，从中挑选出几个能说明某些特征的主成份(例如 F_1、F_2、F_3、F_4)进行分类，能很方便地解译出湖泊围垦类型、湖区农作物、土壤湿度、城镇居民点以及堤坝等人工建筑物，正确地划分出不同时期古丹阳湖的围垦情况。

二、古丹阳湖演变的遥感图像分析

遥感图像客观地记录了地面物体的几何形态与光谱特性。在图像处理和确定解译标志的基础上，根据研究人员对区域情况的掌握程度，来确定物体的共性和个性、相关性和差异性。在古丹阳湖演变的遥感图像分析中，主要采用了直接解译法和动态对比分析法。

1. 运用直接解译法揭示古丹阳湖不同演变类型的影像差异

直接解译法就是直接在假彩色合成图像上进行目视解译，即根据遥感图像的色彩、纹理、结构以及地物之间的相互关系，来揭示古丹阳湖的演变类型。

(1)冲积、淤积三角洲平原与围湖垦殖区的不同图像特征

当青弋江、水阳江流至河口附近时，泥沙大量堆积，形成了堆积体。堆积体逐年加积，

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

脱水成陆,并向湖域推进,发育成三角洲平原。在 TM3、4、5 波段组合的图像上,三角洲呈蓝绿色调。其水系发育,呈放射状,农田的结构顺其自然水系而排列。由于耕作历史悠久,其土壤质地肥沃,农作物长势极好。植被覆盖密集的部分,图像呈深绿色调。

围湖垦殖区是人工将古丹阳湖围成陆地的区域。其农田虽几经苍桑,但在图像上其人为干预之痕迹仍依稀可见。其一,是以圩为单位的规则形围垦区。图像上可以看到,农田间的水系结构多为人工开凿而成的规则形水网,农田依水网而排列,亦呈矩形结构(见图 2a、2b)。其二,是以残存的零星湖荡为中心的环形围垦区。图像上可以看到,凡环形结构的中心部位都有一个残存的小湖荡,围绕小湖荡通常有一些小的环形水系分布,其外围有一大的环形河道与外界相连。环形围垦区在图像上还清晰地显示,一条条小的河沟,自边缘向湖荡中心延伸汇集,农田便沿着水系由边缘向湖心分布,多呈条带状结构(见图 2c)。这种图像结构表明,当年围垦是以湖荡为中心,由四周向中心展开的。上述两种人工围垦的农田的土质较三角洲平原要差,农田地势较低,地下水位高,图像呈深蓝绿色,间有淡红色。

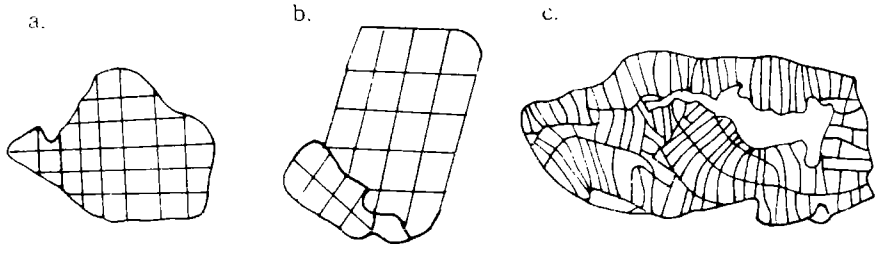

图 2　不同围垦类型的水系结构

a. 现代围垦水系之一　b. 现代围垦水系之二　c. 以残存湖荡为中心的环形水系

Fig. 2　The structure of stream system in the different reclamation type

(2)历史围垦与现代围垦农田的影像差异

早期的围湖垦殖距今已有数千年的历史,由于当时社会生产力和生产关系的限制,其农田的田块规模都比较小。这种类型的水系有的是以圩为单位的规则型,有的是绕残存的湖泊而排列的环状。由于这部分农田已有较长的耕作史,土壤有机质含量较高,作物长势亦好。在遥感图像上,植被覆盖率比现代围垦的农田高,色调深、密度大。

现代围垦的土地,由于是在一个特定的历史条件和社会经济条件下产生的,农田及其水系结构与古代围垦有较大的差异,农田田块普遍较大,特别是一些农场,不仅田块大,而且田块的结构都非常标准。如丹阳湖农场,其所有田块都是按南北方向排列的,人工沟渠纵横之间互相垂直,整齐规范。在遥感图像上,水系呈深蓝色网格状分布,农田亦呈规则状排列,不同的农作物长势差异显示为不同深浅的黄绿色和红色。

2. 用动态对比法分析古丹阳湖的演变与消亡

动态对比法包含不同年份、不同季节的遥感图像之间进行的对比分析,遥感图像与地图等其他非遥感资料之间的对比分析。

(1)古丹阳湖的淤积和分解时期

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

表1 不同演变类型遥感影像分析

Tab. 1 The image features analysis of different evolution types

类 型	色 调		水系结构	水系特点	植被覆盖率	网纹密度
	TM 3.4.5波段	MSS 4.5.7波段				
三角洲平原	蓝 绿 色	红 色	放 射 状	自然形态	很高	大
历史围垦(一)	深蓝绿色	暗 红 色	矩 形	以圩为单位与外界相连	高	较大
历史围垦(二)	深蓝绿色	深暗红色	环形结构	以残存湖荡为中心	高	较大
现代围垦	浅 绿 色	鲜 红 色	规则矩形	以圩为单位与外界相连	较低	小

湖泊因受地质、地貌、水文、气象等内外营力的作用，不断演变，从发生、发展直至消亡，是受自然规律所支配的。在气候湿润、雨量充沛的水阳江、青弋江流域，导致湖泊演变的重要因素是水量补给的变化和泥沙的淤积，同时也受着人类活动的强烈影响。水阳江、青弋江流域经古丹阳湖时流速减慢，随着河口三角洲的形成和发展，河流携带的大量泥沙在湖中沉积，湖盆逐年为大量泥沙所覆盖。原湖盆局部地形上的差异和沉积物分布不均匀，导致了古丹阳湖在历史进程中不断变浅，分解成大小不一的众多湖荡。丹阳湖、石臼湖、固城湖就是在古丹阳湖解体过程中产生的①。由于卫星遥感资料70年代才有，因此这一时期的变化情况主要是根据古文字资料，并参考了现代遥感图像解译而成的。凡冲积淤积较早的，图像色调较浅，且植被茂密；凡冲积淤积较晚的，图像上色调较深，植被较稀疏，地下水位较浅。

(2)历史围垦时期

3000多年前的春秋初期，古丹阳湖被泥沙淤积而分解，在自然和人为活动的双重因素作用下发生着剧烈的变化。一方面，河流上游继续携带泥沙入湖，使湖泊淤积；另一方面，人为的围垦加速了湖泊演变、消亡的进程。据有关县志记载，公元前514—476年，人类就在该湖区开展围湖垦殖活动，到宋朝时，围湖垦殖活动进入鼎盛时期。以固城湖为例，自公元前514年至公元1279年，共围湖156km²，仅宋就围湖105.1km²，占湖泊面积的50%。这一时期，古地图在解译过程中起了重要作用。有些地名是一种历史记载的反映，如相国圩、大官圩等。这些圩在遥感图像上都清晰可辨，其水系完整，自成体系，地块细密呈淡蓝绿色调，其间有星星点点的红色分布，则是分散的居民点。

(3)现代围垦时期

本时期主要是依靠不同年代的卫星图像的对比分析而进行研究的。

50年代以来，围湖垦殖活动使湖泊面积再一次缩小。从遥感图像上可以看到，1977年以前固城湖北部建立了跃进、永联、双塔三个圩，面积18500亩左右，而仅1977年到1979年的两年中就围湖41400亩。从60年代至80年代初，固城湖的被围垦面积达40.5km²，蓄水面积再一次缩减，据江苏省水利部门反映，该湖低水位时的蓄水容量已不能满足工农业用水高峰时的需要，有时不得不设法从石臼湖调水补充。在石臼湖的南岸和北岸共围湖10.7km²。丹阳湖的围垦规模更大，从60年代至70年代，围湖面积达143km²，昔日烟波浩渺之大湖已不复存在，仅留下了一弯18km²的水道。据有关资料记载，1916年固城、石臼、丹阳三湖的总面积为519.7km²，至1980年，已缩小为243.5km²。仅60年时间，湖面就缩

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

小了一半以上。

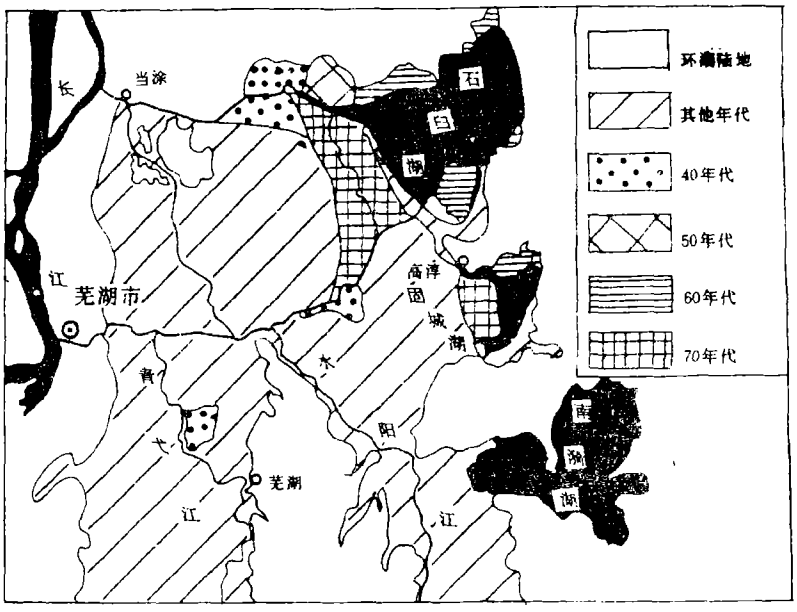

图 3　各个时期的围垦范围

Fig. 3　The reclamation range in different period

三、古丹阳湖演变的后效分析

古丹阳湖自形成以来，从淤积、分解直至消亡，经历了数千年的历史，而人类对湖泊的围垦加速了湖泊演变的进程。这种演变必然导致湖泊功能、生态系统等发生一系列的变化。

1. 湖泊面积不断缩小，调蓄功能下降

古丹阳湖上游来水面积 80%以上是山丘地带，每年汛期，上游来水大而猛，古丹阳湖起着一种缓冲、分洪、调控的作用，使周围农田免受洪涝之害。夏季，湖水又可用于灌溉，周围农田广为受益。随着湖泊的不断淤积和围垦，湖泊容量随之减少，汛期不能充分发挥其调洪的作用；而自成体系的圩区水系严重影响着水流的下泄，每到大水年份，许多圩区难免遭受洪涝之害。如 1991 年夏季出现的百年不遇的大水，湖区人民遭受了极大的损失。据南京日报载：仅高淳一县，受灾面积就达 40 多万亩，死亡 2 人，伤 10 人，倒塌房屋 1205 间，许多工厂被迫停产，直接经济损失达 1.5 亿元。

2. 湖泊生态环境日趋恶化

石臼湖、丹阳湖、固城湖原均为水生植物生长茂盛的湖泊，湖区气候温和湿润，滩地发育良好，适宜于水生植物的生长。大片芦苇、茭草生长茂密，其中还间杂生长着浮叶植物和大量沉水植物。丰茂的水生植物对湖泊风浪起到一定的抑制作用，即使遇到 6—7 级大风，渔民仍然可以在湖区捕捞。由于各个湖泊之间互相连通，并与长江相通，春夏季节，大量鱼

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

类从长江入湖产卵、觅食、栖息生长；秋季，野生的莲藕和茨实可以采摘食用，大群的野鸭栖息于湖滩，湖中渔业资源极为丰富，常见鱼种有60多种。随着湖泊的淤积和围垦，特别是丹阳湖的消亡，对湖泊生态环境影响很大，大片的芦苇和茭草滩地被围垦，芦苇、茭草产量剧减，渔业资源也因此遭受破坏，鱼产量急剧下降，品种日趋减少，湖区人民经济收入受到影响。湖中的水生植物是一种很好的肥源，湖区有几万亩农田需要依靠水生植物作其肥料，目前已不能满足需要。原用于手工艺编织的芦苇产量已供不应求，需要从外地调进[1]。

四、结 语

综上所述，泥沙淤积是古丹阳湖演变的主要原因，而人类大规模的围湖垦殖活动加速了它的演变和消亡。古丹阳湖的演变改变了湖区的生态环境，又直接影响着湖区人民的生活。

遥感信息具有宏观、动态、如实地记录地面实况的优点，运用多时相遥感信息复合进行湖泊演变研究，具有省时、省力、定位准确、超越时空界限等优点。

运用多种遥感图像处理方法，可以提取不同的湖泊环境特征，有利于湖泊演变研究，它无疑是湖泊生态环境监测的良好工具。

参 考 文 献

[1] 施成熙、汪宪柜、窦鸿身等。江苏省湖泊志。南京，江苏省科技出版社，1982。

AN APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNIQUES IN THE STUDY OF PALAEO-DANYANG LAKE EVOLUTION

Dai Jinfang Zhao Rui

(*Nanjing Institute of Geography & Limnology, Academia Sinica, Nanjing* 210008)

Abstract

Applying the method of remote sensing image process suitable for lake evolution study, with the structure, lamination, color cast of remote sensing images, the features and differen of remote sensing image between different types of the lake evolution were discussed.

Based on the lake environmental information from the technique of remote sensing, together with the manifold historical map and consequence of data, the origin and law of the lake evolution were analysed in this paper.

The resoult shows that this kind of researching method is suited to the lakes in East China.

Key Words lake evolution, reclamation works, remote sensing image processing

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne