

## 利用 TM 影像分析巢湖悬沙分布及其原因

李文达, 王心源, 周迎秋, 王化可, 李 祥

(1. 安徽师范大学环境科学学院; 2. 安徽师范大学安徽省遥感考古工作站, 安徽 芜湖 241000;

3. 中国科学技术大学地球与空间科学系, 合肥 230026)

**摘 要:** 悬浮泥沙是重要的水质参数之一, 其大小直接影响水体透明度、浑浊度、水色等光学性质及水生生态条件, 其含量及其动态变化对该区的水下地貌的发展及冲淤变化等具有非常重要的影响。以巢湖为例, 利用 TM 影像分析了巢湖泥沙的空间分布情况, 指出巢湖泥沙的来源主要是各入湖河流携带的泥沙, 其次是岸坡崩塌物形成的, 并结合流域环境背景分析其原因, 为巢湖的航道治理、湖区清淤提供了科学依据; 最后提出了巢湖水质保护的对策。

**关键词:** 悬沙; 巢湖; TM 影像

**中图分类号:** P343.3; TP79

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)02-0179-03

## Analysis of the Suspended Sediments Spatial Distribution and the Reason in Chaohu Lake by Use of TM Images

LI Wen-da, WANG Xin-yuan, ZHOU Ying-qiu, WANG Hua-ke, LI Xiang

(1. College of Environment Science, Anhui Normal University;

2. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China;

3. Dept. of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract:** The suspended sediments is one of the important water quality parameters, it influences the optics nature, for example, the water transparency, turbidity, water color, etc and the aquatic ecological conditions directly. The quantity of suspended sediments in water and the trends have very important influence to the development of the physiognomy and the deposition under water. TM images was used to analyse the spatial distribution of the suspended sediments of Chaohu, the sediments of Chaohu is mainly from the silts that the river carried which enter the lake. Secondly, the silts is produced from shore collapsing. Furthermore, the cause was discovered, which offered scientific basis for harnessing the channel and clearing the deposition; at last the scientific strategy to protect the water quality was proposed.

**Key words:** suspended sediment; Chaohu Lake; TM images

巢湖是我国五大淡水湖之一, 位于安徽省中部, 长江中下游左岸。湖区面积  $760 \text{ km}^2$ , 流域面积为  $13\,486 \text{ km}^2$ 。巢湖形态呈鸟巢状, 东西长  $54.5 \text{ km}$ , 南北平均宽  $15.1 \text{ km}$ , 平均水深  $2.4 \text{ m}$ , 总悬浮物含量较高, 透明度较低。33 条入湖河流纵横交错, 呈放射状汇入巢湖, 裕溪河为巢湖水入江的惟一通道。

### 1 湖泊水体悬浮固体图像波段分析

由于自然因素和人类活动造成水土流失、河流侵蚀等, 河流带走了大量泥沙入湖、入海, 是水中悬浮泥沙物质的主要来源。这些泥沙物质进入水体, 引起水体的光谱特性的变化。采用图象对水体水质进行研究, 首先应分析水体的散射和反射的特性及其与水中悬浮质含量的关系。水体反射率与水体浑浊度之间存在着密切的相关关系。许多研究者实测了两个峰值所在波段海面光谱反射率( $R_w$ )和表层含沙量( $S$ )的关系。其  $R_w$  和表层含沙量  $S$  关系具有下列: 前 3 个共同

点和后 3 个差异点:

(1) 随着  $S$  的增加而增加, 即  $dR_w/dS > 0$ 。

(2) 变化率  $dR_w/dS > 0$  不是常量, 而是随着  $S$  的增加而减小, 即  $d^2R_w/dS^2 < 0$ 。

(3)  $S = 0$  时,  $R_w$  为一大于 0 的常量。  $S$  较大时,  $R_w$  随  $S$  的增加迅速趋于一小于 1 的极值, 即和

$$\lim_{S \rightarrow 0} R_w(S) > 0 \text{ 和 } \lim_{S \rightarrow \infty} R_w(S) < 1$$

(4)  $S = 0$  时, 黄光波段光谱反射率  $R_{w1}$  和近红外波段光谱反射率  $R_{w2}$  与清水相同, 趋于一个接近 0 的常量, 此时  $R_{w1} = R_{w2}$ 。

(5)  $S < S_m$  时,  $dR_{w1}/dS > dR_{w2}/dS$ ; 当  $S < S_m$  时,  $dR_{w1}/dS < dR_{w2}/dS$ ,  $R_{w1} - S$ , 关系曲线和  $R_{w2} - S$  关系曲线有个对应于  $S_m$  的转折。

(6)  $S = S_t$  时,  $R_{w1} = R_{w2}$ ,  $R_{w1} = S$  关系曲线和  $R_{w2} = S$  关系曲线有 1 个对应于  $S_t$  的折点。

随着水中悬浮泥沙浓度的增加, 即水的浑浊度的增加,

收稿日期: 2005-05-31

基金项目: 安徽省自然科学基金项目(050450401); 安徽省教育厅自然科学重点项目(2004kj165zd); 中国科学技术大学博士后基金; 安徽省高校学科拔尖人才基金

作者简介: 李文达(1982-), 男, 安徽蚌埠人, 硕士研究生, 主要从事环境遥感研究。

水体在整个可见光谱段的反射亮度增加, 水体由暗变得越来越亮, 同时反射峰值波长向长方向移动, 即从蓝(B) 绿(G) 更长波段( $0.5 \mu\text{m}$  以上) 移动, 而且反射峰值本身形态变得更宽。

如何运用遥感获取水体光谱数据来提取出泥沙的专题信息, 国内外学者进行了长期的研究, 主要有线性关系式、对数关系式、多波段关系式、负指数关系式、Gordon 关系式等。据实验分析负指数模型优于其他模型。表明负指数关系式的精度明显优于其他模型。根据负指数关系式, 水体中的泥沙含量与反射率有如下关系:

$$Q_{s,w} = A + B \ln(D - L) \quad (1)$$

式中:  $Q_{s,w}$  —— 泥沙含量,  $L$  —— 光谱亮度信息,  $A$ 、 $B$ 、 $D$  —— 常数。在实际应用中光谱亮度信息  $L$  可以用遥感影像的灰度值  $G$  代替。式(1)表明了不同含沙量的水体在一定光谱范围内的反射特性。而对于一定含沙量的水体在不同波段的光谱特性李素菊等人对巢湖进行水质采样分析, 得出其关系如图 1 所示。

从图 1 可以看出不同采样点(即不同泥沙含量的水体)的反射率均集中在  $0.5 \sim 0.75 \mu\text{m}$  之间恰好对应 TM 影像

的第 2 波段( $0.52 \sim 0.66 \mu\text{m}$ ) 和第 3 波段( $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$ )。因此我们利用 TM 图像的第 2 波段和第 3 波段对巢湖水质作了遥感识别分析。

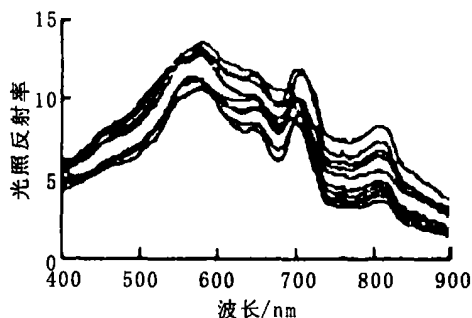


图 1 该图为 10 个采样点的光谱反射率

## 2 TM 影像分析及其流域环境背景分析

本文选用了 2000 年 2 月 29 日的 TM 图像。通过计算机图像处理系统和光学系统的处理及解译。

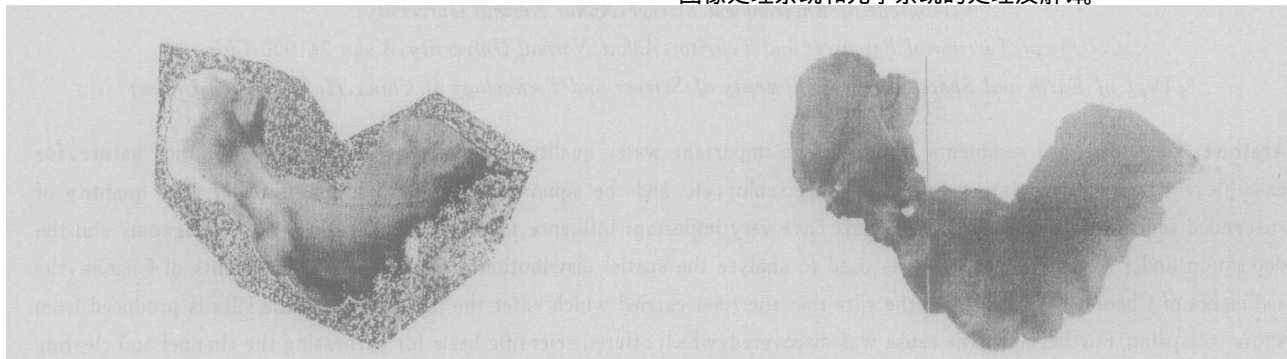


图 2 4, 3, 2 波段合成图象

对 TM 数据进行辐射校正和几何校正外, 着重进行微信息的提取与增强处理。本文选用了 4, 3, 2 波段合成和 2, 3 波段影像的灰度差异来研究巢湖水域泥沙的分布。本次处理的 TM 432 图象和 TM 23 图像色彩鲜艳、影像清晰、水体信息丰富。见图 2 和图 3。

对比两幅图, 综合分析影像的色调、形状, 大致可分为 3 个影象区(如图 4: 左、中、右三区)泥沙分布

区主要集中在左边区和右边区。左区在遥感影象上呈黑色, 为泥沙污染严重区, 悬沙含量很高水体最为浑浊, 我们把它划为巢湖的高浑浊区。从图 5 我们可以看出在此区还有一个“混水舌”, 其扩散范围约  $40 \sim 50 \text{ km}^2$ 。

巢湖泥沙的来源主要是各入湖河流携带的泥沙, 其次是岸坡崩塌物形成的。根据航片分析, 现代巢湖泥沙主要来自杭埠河、丰乐河、派河、白石山河、柘皋河等 6 条河。泥沙含量最大的是杭埠河, 占入湖总量的  $60\% \sim 70\%$ 。其泥沙来源主要是大别山区的水土流失及河周边的支流和岸周围的水土流失。杭埠河由上游向下游沿程河床质有如下特点: 距河口  $22 \text{ km}$  处为中沙质, 沿程床沙粒度变细且砂质纯净。较容易被侵蚀, 随雨水进入河流。在距河口  $10 \text{ m}$  处已多为流动性淤泥质和原状粉质黏土, 更容易被侵蚀进入河流。最终入湖泥沙多以悬移质为主。根据统计资料, 湖面常风向为 ENE, 王良华分析得出: 风向对该区水体含沙量影响关键在于常风向 NE~ ENE, 而杭埠河对应风距最长, 所以气候因素也对杭埠河产沙影响最大。森林覆盖率较低也是杭埠河输沙最多的原因之一。杭埠河灌区在修建水库时, 移民没有得到很好

图 3 2, 3 波段差值处理

的安置, 导致山区滥垦。如在舒城县森林覆盖率由建国初期  $60\%$  下降到  $27\%$ , 水土流失面积  $959 \text{ km}^2$ 。占山区面积的  $63.3\%$ , 土壤平均流失量  $2606.9 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。大量的水土流失使河床抬高。使杭埠河抬高  $1 \sim 4 \text{ m}$  加速耕地沙化。加大了向湖区的输沙量。水体泥沙是流域地形、岩性、土壤类型、气候条件、植被类型等多种因素作用的结果。若有足够的数据源, 根据流域的数字高程模型(DEM)可以计算出流域的坡度、坡向、坡长等地形参数。在根据地理信息系统的气候、土壤等数据可以计算出流域的产沙模型, 进而可判断出杭埠河的泥沙浓度受流域自然环境背景和人为因素影响的程度。在该影象区沿岸像齐头嘴、罗大郢、王郢、大魏家、丙子埠这里土壤质地是黄壤和灰壤, 都是严重崩塌区, 岸线崩塌在  $50 \sim 200 \text{ m}$ 。湖岸崩塌也造成了大量泥沙入湖。

右区在图象上可影象区呈黑色、暗灰色, 水体较为浑浊, 为巢湖的中浑浊区。由于资料的限制, 我们选取巢湖站历年实测径流与年输沙量资料绘相关图(见图 6)。从该图可知, 年输沙量与年径流量的关系虽不是单一关系, 但有一定正相关关系, 这是因为水流大小是泥沙输移的基本条件之一, 影响泥沙输移的因素很多。一方面取决于水流挟沙能力和流速的大小; 另一方面与暴雨有一定关系, 降水作为流域内产沙的原动力, 是影响一个流域内产沙的重要因素。影响较大的是降雨季节、降水强度、年降水量及降水位置, 特别是久旱后, 一遇大暴雨会使大量水土流失, 暴雨洪水产生的沙量也很大; 其次是下垫面人类活动的影响, 处在该区的李家洼、大王村等岸边黄壤下部、红沙岩, 岸线崩塌在  $10 \sim 50 \text{ m}$ ,

是轻微崩塌区域。

### 3 治理措施

#### 3.1 增加森林覆盖率控制巢湖流域水土流失

巢湖流域森林植被覆盖率仅为 15%, 低于全省平均水平 (25.6%)。水土流失面积达 959 km<sup>2</sup>, 占山区总面积的 63.3%。由于冬春高水位与水流不畅, 加上巢湖地理位置比较特殊, 环湖绝大部分地段是冲积地貌。区内岗丘起伏, 河流很多, 导致水土流失严重。平均每年入湖泥沙约 260 万 t, 大大加快了湖盆泥沙淤积速度。因此, 首先我们要增加植被。按照因地制宜, 因害设防的原则, 在山区以小流域为单元, 进行开发式的综合治理, 加快造林绿化和退耕还林的步伐。并按照植物顺向演替规律, 改针叶林为针阔叶混交林; 改单层林为乔、灌、草结合的复层林; 改低产低效林为优质高效林; 使其形成多层次结构、多功能效益的森林群落, 达到保持水土

美化环境的效果。其次我们要加快防浪护堤建设。在丰乐河—杭埠河下游及巢湖沿岸地带重点建设防浪林, 其作用除了保护巢湖沿岸堤坝外, 树林还能在生长过程中吸附和吸收分解部分氮、磷负荷, 能更好的控制巢湖水体环境。

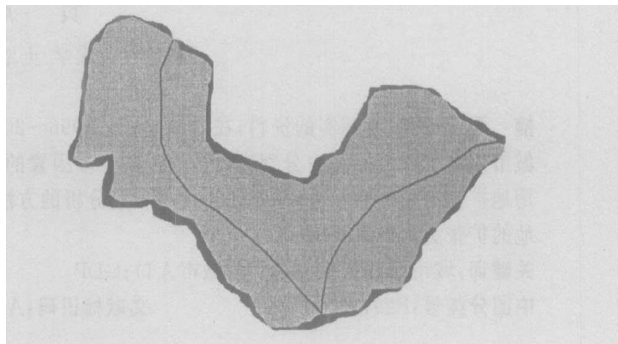


图4 巢湖水系图

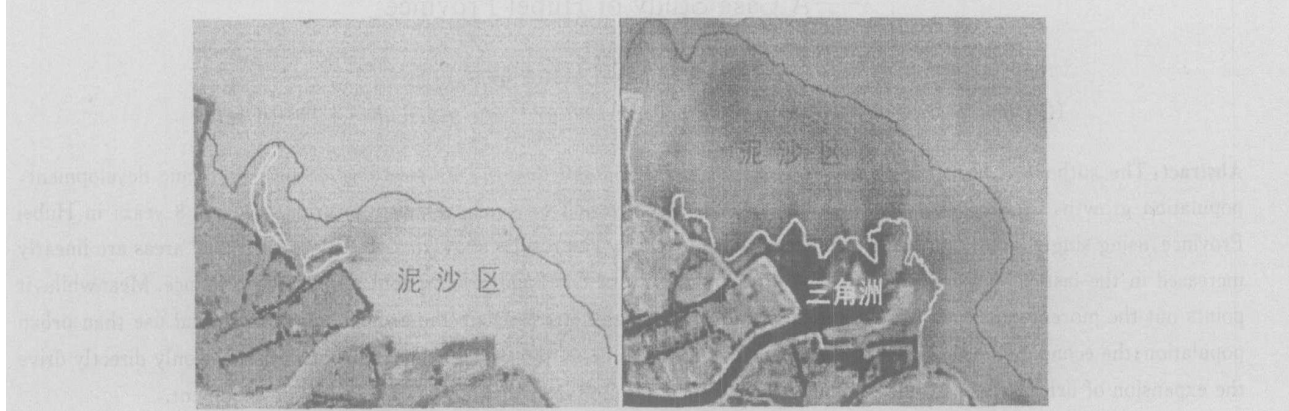


图5 杭埠河口泥沙分布图

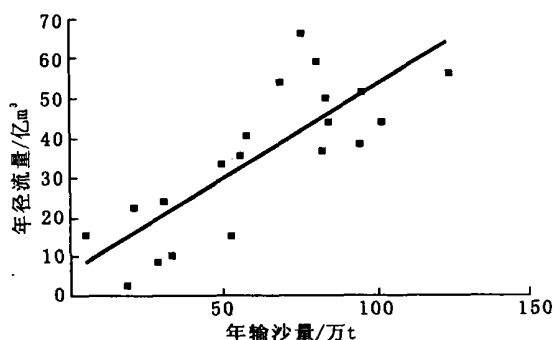


图6 巢湖闸站年输沙率与年径流相关图

#### 3.2 建立沿湖湿地保护区

建立湿地保护区, 使地表径流水进入巢湖之前得到过滤和降解。在湖区与沿岸地带之间开辟过度带, 大力发展水生

维管植物, 逐步增加高等植物面积。在沿湖 6.5~8.0 m 高程, 离湖岸 80~700 m 范围内, 混交种植浮水植物和沉水植物带; 在 8 m 高程, 水生植物与防浪林交界处 5~10 m 宽种植挺水植物。

#### 3.3 合理控制巢湖水位

由于巢湖闸的建立及湖床泥沙淤积抬升, 现在巢湖水位在提高。使湖滩淹没面积增加, 减少了湖滩出露的面积和机遇, 这不利于湖滩挺水植物与湿生植物的生长。根据调查分析, 建闸前 1~3 月多年平均水位为 7.1 m 时, 巢湖露滩面积约 60 km<sup>2</sup>, 建闸后 1~3 月多年平均水位为 7.81 m 时, 相应露滩面积为 24 km<sup>2</sup>, 露滩面积减少 36 km<sup>2</sup>, 占原有面积的 60%。这对水生植物有很大的影响。为了恢复巢湖生态环境, 我们应该科学的控制巢湖水位。

#### 参考文献:

- [1] 宋立荣, 王稳来, 陈武, 等. 钱塘江河口含沙量遥感模式探讨[J]. 浙江水利科技, 2003, (3): 1-3
- [2] 程承旗, 马廷, 王立明, 等. 利用 TM 影像分析潮河与密云水库入库口处泥沙的空间分布[J]. 地理科学, 2001, 21(5): 447-450
- [3] 李素菊, 王学军. 巢湖水体悬浮物含量与光谱反射率的关系[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 66-68
- [4] 杨则东, 徐小磊, 谷丰. 巢湖湖岸崩塌及淤积现状遥感分析[J]. 国土资源遥感, 1999, (4): 1-7
- [5] 王良华. 巢湖支流口门区湖滩段航道整治工程[J]. 水运工程, 1998, (1): 32-36
- [6] 刘宁, 沈家涛, 吕琴湘. 巢湖泥沙问题的初步探讨[J]. 科技论坛, 2003, (3): 34-35