

文章编号: 1007-4619 (2003) 03-0221-06

# 太湖流域典型中小湖群水资源利用及动态变化的遥感调查与分析

沈芳<sup>1,2</sup>, 匡定波<sup>1</sup>

(1. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083; 2. 太原师范学院, 山西 太原 030006)

**摘要:** 近年来太湖流域中小型湖群的网围水产养殖业带来了十分可观的经济效益, 洮、滬湖经遥感分析网围养殖面积占总湖水面积 75% 以上, 属超密度网围。超密度网围养殖的负面效应是湖水营养盐急剧增高, 水草资源大幅度减少, 从而破坏了湖泊的生态平衡, 恶化了湖水环境。采用 15 年以来的陆地卫星影像结合航空数据, 对研究区的水资源利用类型、空间分布及变化状况进行了分析解译和目标分类, 结合 GIS 技术, 对各类型进行了面积量算, 推算了网围养殖密度, 同时遥感分析了养殖水域环境和水草资源的变化, 并展开了野外实地调查验证。

**关键词:** 水资源利用类型; 网围养殖; 遥感分析; 太湖流域

**中图分类号:** TP79/X87 **文献标识码:** A

## 1 引言

地处长江下游的太湖流域, 大小湖泊星罗棋布。其中面积在 5km<sup>2</sup> 以上的湖泊 25 个, 面积小于 5km<sup>2</sup> 的湖泊 164 个<sup>[1]</sup>。该流域水资源丰富, 但人口密集, 人均耕地极少。近年来流域经济迅猛发展, 人类活动的影响显著加剧, 水资源利用程度也越来越高。超密度网围水产养殖已是这一流域中小型湖群水资源过度开发利用的一个特征, 从 1998 年的 TM 影像上可看出, 太湖流域洮、洮湖网围, 围栏以及湖周池塘养殖区范围很大, 约占总湖区 75% 以上, 湖区三分之二以上用于养殖业。据研究资料<sup>[2]</sup>, 洮湖网围养殖区饵料的散失和鱼类的排泄, 对水质的污染作用十分明显, 在网围区面积仅占全湖面积的 18.7% 时, 网围投饵入湖的氮、磷为年入湖氮、磷的 12.38% 和 29.85%, 网围区底泥释放磷量在全湖内源负荷中占 60.1%—67.8%。此外, 超密度网围对湖区的水草资源有严重的破坏, 由于水草起着净化水体的作用, 水草资源的破坏使湖泊失去自净能力, 从而加剧水质环境的恶化<sup>[3]</sup>。

湖泊网围养殖管理与控制, 在地面上有一定的局限性, 一是经济因素, 二是主观性, 网围面积和规

模不易全面把握, 还有可能存在漏报、虚报网围面积的现象。遥感监测手段以其不受时间、空间的限制, 客观的、长期稳定的观测特点对湖群水资源利用管理、水资源变化状况等问题的解决提供了强有力的工具。本文利用遥感技术对太湖流域具有代表性的洮滬湖群的水资源利用类型、空间分布和变化状况, 以及网围养殖规模进行了尝试性的研究。

## 2 研究区概况

本文选择太湖流域中小湖群洮湖、洮湖为主要调查研究对象, 选择这两个湖泊有一定的代表性。

(1) 洮湖位于江苏省常州市西南 13km 处, 太湖的西部, 面积约 146.5km<sup>2</sup>, 是太湖流域中第二大的湖泊, 渔业生产的重要基地。湖水依赖地表径流和湖面降水补给, 主要入湖河流有扁河、夏溪、湟里、北干和中干河, 上与洮湖相通; 湖水出太滬、殷村、烧香及北溪河东注太湖, 因此洮湖水质也会影响到太湖。20 世纪 60 年代以来, 由于沿江水利设施的兴建和湖泊滩地的大量围垦, 湖体萎缩<sup>[4]</sup>; 20 世纪 80 年代中期以来, 湖泊网围养殖业迅速发展, 湖泊富营养化程度也随之增高。

(2) 洮湖位于洮湖的西部, 跨江苏省金坛、溧阳两

收稿日期: 2002-01-28; 修订日期: 2002-06-10

基金项目: 本文得到了国家 863 计划卫星遥感水环境应用技术研究 (863-2-7-4-25) 项目的支持。

作者简介: 沈芳 (1964—), 女, 2000 年获成都理工大学工学博士学位。现在中国科学院上海技术物理研究所作博士后研究, 主要从事资源与环境遥感信息研究、地理信息系统应用。发表文章约 20 篇。

县市。原有面积 110.0 余平方公里,20 世纪 60—80 年代湖泊滩地被大量围垦,建圩 22 座,圩区面积 22.46km<sup>2</sup>,使湖泊面积急剧缩小,现湖水面积约为 89.0km<sup>2</sup>[4]。从 1997 年、1998 年陆地卫星资料看出,湖体养殖区猛增,全湖网围养殖面积约占湖区总面积 80%。

### 3 遥感分析水资源利用类型与空间分布

#### 3.1 研究方法

本文采用遥感影像目标分析解译、实地调查验证、遥感影像目标类型修正的研究方法划分研究区水资源利用类型,具体如下:

(1) 采用 1986—1998 年多时相 TM 卫星数据,选取对水体、陆地、滩地、围栏、围网、水生植被等地物标志反映较好的通道 TM2、3、4 进行处理分析,结合 1998 年 8 月溇湖 OMIS128 个通道的航空数据,并选取 8(中心波长 547.3nm)、15(中心波长 632.4nm)、23(中心波长 727.8nm)通道进行处理分析,对水资源利用类型初步划分。图版 I 图 1 为 15(红)、23(绿)、8(蓝)伪彩色合成图。

(2) 实地调查与验证分析解译、目标分类的初

步结果。选择水资源利用类型相对复杂,湖水面积较大的溇湖进行实地调查。调查之前,先在影像上拟定类别特征点和调查路线。调查采用 GPS 定位定点方式,从坊前镇湖管分站出发,乘小快艇从太溇运河入湖沿着从南向北的航道,向北从东至西到扁担河入湖附近,再从北向南至北干河入湖口,再向东返回。并收集研究区以往水资源利用的历史资料,验证遥感分类结果。

(3) 修正初步解译分类。根据溇湖调查结果,证实遥感影像上水资源利用类型的划分基本正确,对初步解译的部分鱼塘(主要在太溇运河入湖口以北局部沿线,以西局部地带)修正为网围区。结合 GIS 技术,量算不同水资源利用类型的面积,推算网围养殖密度。

#### 3.2 水资源利用类型的划分与空间分布

##### (1) 溇湖

根据以上研究方法,溇湖水资源类型划分及空间分布见图 2。1984 至 1998 年溇湖北部为 20 世纪 60—70 年代围垦的农田[4],面积 93.8km<sup>2</sup>,围湖鱼塘面积 31.7km<sup>2</sup>,湖周滩地面积 75km<sup>2</sup>。

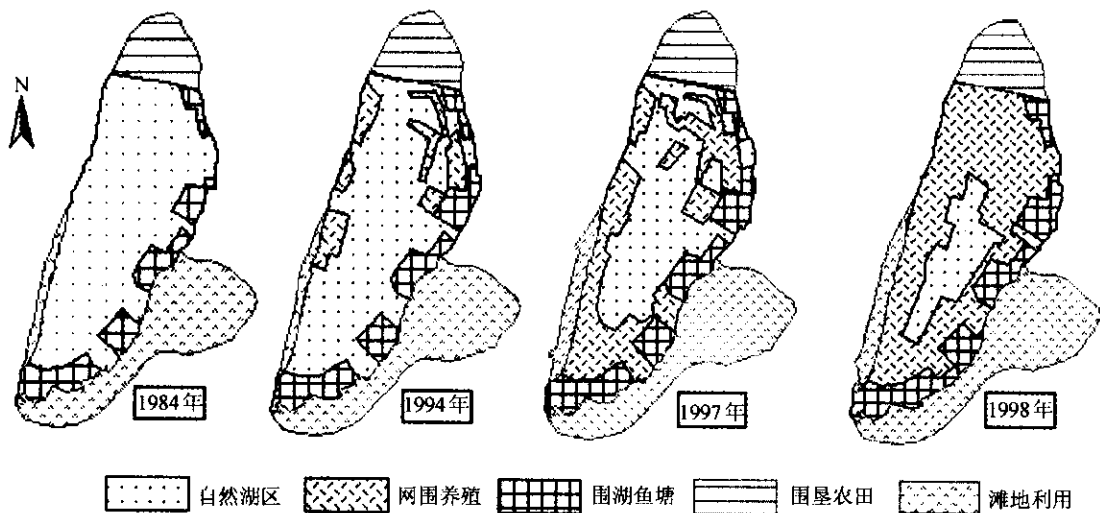


图 2 溇湖水资源利用类型

Fig.2 Water resources using types of Gehu Lake

1984 年未被人工利用的自然湖区面积为 146.3km<sup>2</sup>。

1994 年网围面积 23.18km<sup>2</sup>,未被人工利用的自然湖区面积为 121.2km<sup>2</sup>。

1997 年网围面积 64.13km<sup>2</sup>,未被人工利用的自然湖区面积为 82.36km<sup>2</sup>。

1998 年网围面积 113.2km<sup>2</sup>,未被人工利用的自

然湖区面积为 30.45km<sup>2</sup>。网围面积占全湖面积的 78.8%。

15 年来溇湖的围垦农田、围湖鱼塘、滩地利用面积变化不大,但湖周滩地利用方式有所改变,由 20 世纪 80 年代以滩地农田利用为主到 20 世纪 90 年代改变为以池塘养殖利用为主。研究区面积变化较大的是网围养殖区与未被人工利用的自然湖区,

变化状况见图3。

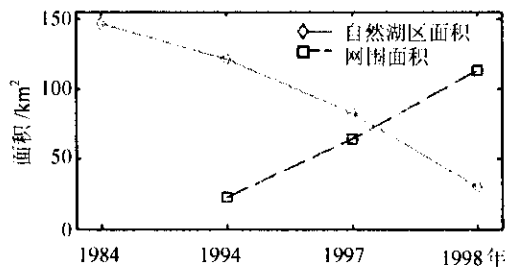


图3 涌湖网围面积变化状况

Fig.3 Change chart of purse net area in Gehu Lake

(2) 洮湖

洮湖水资源利用类型划分及空间分布见图4。

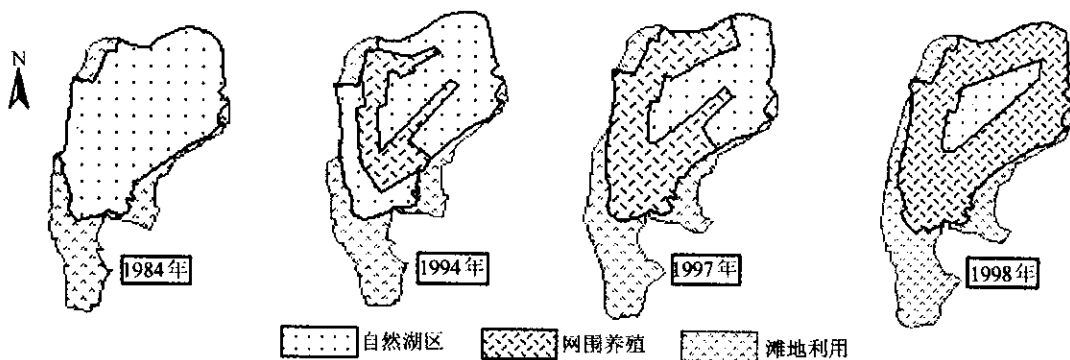


图4 洮湖水资源利用类型

Fig.4 Water resources using types of Taohu Lake

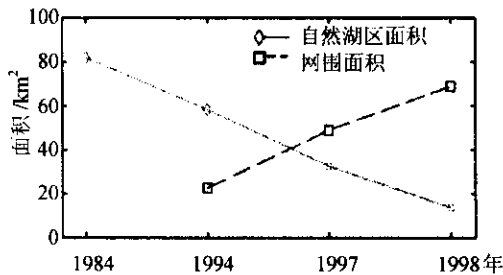


图5 洮湖网围面积变化状况

Fig.5 Change chart of purse net area in Taohu Lake

然湖区面积为 13.2km<sup>2</sup>。网围面积占湖水面积的 83.8%。

遥感影像上所反映的网围区、鱼塘区、自然湖区、滩地利用、围垦区的空间分布和面积大小,直观明了地再现了现实客观状况。其空间分布及面积量算经调查基本正确,经计算两个湖泊网围面积均占全湖面积的 75% 以上,远远超过合理网围面积应占全湖面积的 20% 左右<sup>[5]</sup>,均属于超密度网围养殖型

洮湖周围滩地面积 30.6km<sup>2</sup>,1984—1998 年 15 年来面积变化不大,滩地利用方式由 20 世纪 80 年代以滩地农田利用为主到 20 世纪 90 年代以池塘养殖利用为主;面积变化较大的是网围养殖区与未被人工利用的自然湖区,变化状况见图 5。

1984 年未被人工利用的自然湖区面积为 81.7km<sup>2</sup>。

1994 年网围面积 22.6km<sup>2</sup>,未被人工利用的自然湖区面积为 58.3km<sup>2</sup>。

1997 年网围面积 48.5km<sup>2</sup>,未被人工利用的自然湖区面积为 32.2km<sup>2</sup>。

1998 年网围面积 68.5km<sup>2</sup>,未被人工利用的自

湖泊。

超密度网围养殖可导致湖水质量的下降。有关部门曾对涌湖网围内外水质做过测定,通过对 3 个网内测点与 3 个相近的网外测点的水质指标进行比较得出:总氮、高锰酸盐指数网内比网外略有升高,而磷酸盐网内要比网外高出一倍。说明网围养殖的投饵以及鱼类的排泄对湖水中的营养物质的增加有一定的作用。

#### 4 研究区水资源环境遥感研究

对于浅水湖泊,水中悬浮物的多次散射对湖泊的反射能量起着相当重要的作用<sup>[6]</sup>。国内外许多学者对水体悬浮泥沙进行了实验室光谱测量及遥感定量研究,有代表性的如“七五”期间海洋局第一研究所和华东师范大学的黄河口和长江口悬浮泥沙反射率波谱特性测量和最佳波段的研究<sup>[7]</sup>,以及 1991 年 Novo 等悬浮泥沙水体的反射率特性的实验室光谱测量研究。结果均表明:在 400—900nm 可见光至近

红外波段,悬浮泥沙物浓度与光谱反射率之间有良好的相关关系;在 400—570nm 其反射率较低,从 570—650nm 以后的红至红外波段,反射率逐渐增大;中、低浓度含沙水体 ( $< 1000\text{mg/l}$ ) 多光谱遥感的最佳波段为 TM3 (0.63—0.69 $\mu\text{m}$ ),高浓度含沙水体 ( $> 1000\text{mg/l}$ ) 多光谱遥感的最佳波段为 TM4 (0.76—0.90 $\mu\text{m}$ )。水体悬浮泥沙遥感定量反演模式也有多种如线性关系式、对数关系式、Gordon 关系式等。湖泊浮游藻类的叶绿素浓度也会影响水体的光谱特性,随着其浓度的增加,蓝光和红光波段反射率下降,绿光波段反射率增高,尤其近红外波段反射率显著增高。中国科学院上海技术物理研究所近年来曾多次对太湖水环境进行了多平台多层次同步遥感监测,建立了湖水总悬浮物及叶绿素 a 浓度的遥感定量反演模型,并在太湖、滇池进行了应用示范<sup>[8,9]</sup>。

#### 4.1 养殖水域环境遥感

养殖水环境是养殖生物栖息繁衍的水域环境,其水质受自然因素、人为因素和生物因素的影响,尤其受人为和生物因素影响强烈。

湖泊养殖水体污染物质主要包括浮游藻类、悬浮泥沙物和有机或无机溶解物质等,用遥感监测污染物质有一定效果的是浮游藻类和悬浮泥沙物,有机或无机溶解物质的遥感监测在现有条件下存在一定困难。

湖泊水体悬浮泥沙物浓度大多属于低浓度 ( $< 300\text{mg/l}$ ),多光谱遥感的最佳波段是 TM3 波段。两湖研究区通过 TM3、4、2 假彩色合成与图像增强处理,可以获得悬浮物质的相对浓度与空间分布(图版 I 图 6、图 7)。

##### (1) 溇湖

从影像上分析,溇湖北部自扁担河入湖来水处颜色呈粉红色,即 TM3 通道辐射值较高,表明悬浮物含量相对较高;或根据太湖悬浮物浓度反演模型<sup>[8]</sup>,反演得到悬浮物的相对浓度(图版 I 图 8)。1984 年自扁担河入湖悬浮物浓度相对较大,至 1998 年入湖悬浮物相对减少。据地面监测<sup>[5]</sup>的溇湖水水质指标 TN、COD<sub>mn</sub> 的水平分布:湖西北部、西部的含量要比湖东部、东南部高,分析是由于湖水接纳的有机物与营养盐大部分来自西北部及西部的入湖河道。遥感解译的悬浮物浓度及空间分布状况与地面监测资料相符,此外遥感分析结果比地面少量监测点更能直观形象地反映空间分布特征。

##### (2) 洮湖

遥感影像分析,洮湖悬浮物主要是自西部新开河

入湖来水附近,悬浮物浓度分布及水质状况的空间分布(图版 I 图 9)与地面监测采样点的资料<sup>[10]</sup>十分吻合,证实了西部新开河入湖来水水质较差;中部水质稍好;东北部水质最好,并规划为特种水产养殖区。

有研究表明,两湖泊近年来水环境质量恶化,部分湖区出现富营养化,浮游藻类密度有所上升。对于湖水中浮游藻类富集,时有“水华”发生的情况下,多光谱遥感定量监测效果突出,这一技术在太湖、滇池等水体中得到应用<sup>[8]</sup>。但是,对于象洮、溇湖这样的浅水草型湖泊,水草相对来说为优势种,虽然网围养殖造成湖泊水草资源一定规模的破坏,浮游藻类有增加的趋势,但用多光谱遥感反演区分浮游藻类和水草有一定困难。解决办法:一是采用高光谱或超光谱通过光谱测量试验,进而反演区分。从水环境来讲,水草资源丰富,水质较好;浮游藻类富集,水质较差。因此,发展高光谱或超光谱遥感对水环境遥感监测具有广阔的前景。二是通过形态,如浮游藻类聚集易受湖流、风向的影响,常呈条带状延伸分布;而沉水植被水草根植于湖底,呈片状分布,不易受风向影响。三是通过调查湖水中优势种类以及空间分布状况,判断区分。

#### 4.2 水草资源遥感研究

湖泊水草是鱼类天然饵料和水生动物栖息的场所,湖水通过水草吸收消耗营养物质抑制浮游藻类的大量繁殖,使其水质得到净化。此外它的存在可以减少湖水中的悬浮物,增加水体的透明度,提高水体的含氧量,促进水体的生态平衡。超密度网围养殖可造成湖泊水草资源锐减,使湖泊失去净化水质的支柱。

洮、溇湖水生植物主要优势种类为沉水植被水草。本文对 1984—1998 年 TM 卫星影像进行 3,4,2 波段合成或 TM4 与 TM3 比值增强处理,可解译出沉水植被水草的空间分布状况。

##### (1) 溇湖

1984 年 8 月水生植物覆盖面积 74km<sup>2</sup>,覆盖率约 50.6%,主要分布于湖区中部、南部。

1987 年 7 月水生植物覆盖面积 76km<sup>2</sup>,覆盖率约 52%,主要分布于湖区中部、北部(图版 I 图 10)。

1994 年 5 月水生植物覆盖面积 32km<sup>2</sup>,覆盖率约 22%,部分水域被网围利用。

1998 年 8 月水生植物覆盖大幅减少,大部分水域被网围利用(图版 I 图 6)。

##### (2) 洮湖

1984 年 8 月水生植物覆盖面积 70.8km<sup>2</sup>,覆盖

率约86.7%,全湖分布(图版I图11)。

1987年7月水生植物覆盖面积61.1km<sup>2</sup>,覆盖率约75%以上,在西部新开河入湖水方向水生植物空间分布受到影响。

1998年8月水生植物覆盖大幅减少,只有湖区中部有少许,覆盖率约5%,大部分空间被网围利用(图版I图7)。

## 5 讨论与总结

利用遥感技术划分湖泊水资源利用类型,可以全面、客观、直观地再现湖泊水资源利用状况及历年的变化情况,避免了地面调查时“只见树木,不见森林”的片面性和局限性。此外,利用遥感监测手段,对湖泊水资源利用、水资源管理进行宏观全面监控,避免水资源过度开发,辅助管理部门监督水资源合理利用等方面具有实际意义。

(1) 本研究对太湖流域典型湖泊洮、滬湖近15年以来水资源利用与水环境动态变化进行了遥感监测分析研究及野外实地调查,划分了网围养殖、围湖鱼塘、滩地利用、围垦农田、未被人工利用的自然湖区水资源利用类型,并对各种类型进行了面积量算。由于养殖业所带来的巨大经济利益,使得近十年来湖泊网围养殖业发展迅速。

经分析1984—1998年15年来两湖泊水资源利用类型变化较快的是网围区、自然湖区的变化。20世纪80年代中期两湖均没有网围;1994年滬湖网围区仅占15%,洮湖网围区仅占27%;至1998年滬湖网围区占78.8%,洮湖网围区占83.8%;远远超过合理网围面积应占全湖面积的20%左右。

湖泊超密度网围养殖已经引起了政府部门的重视,但由于经济利益的缘故,上报政府主管部门的网围养殖面积的数字可能存在很大的主观性。本研究利用多光谱遥感技术在监测湖泊网围、围湖、围垦等动态变化方面进行了实践,客观地分析了湖泊网围密度的动态变化,从而可以掌握和抑制可能存在的漏报或虚报网围面积的现象。

(2) 洮、滬两湖泊超密度网围使湖区起到净化水质作用的水草资源大幅下降。

本研究分析了15年以来洮、滬两湖泊水草资源覆盖的动态变化。20世纪80年代滬湖水草覆盖率达50%以上,洮湖水草覆盖率达75%以上;20世纪90年初期发展网围养殖,网围区只能养鱼虾蟹等,水生植物无法生长,导致水草资源大幅下降,滬湖水草覆盖率下降至22%;1998年规模化网围养殖,滬

湖78%的水域被网围占用,只有在占总湖水面积20%左右的自然湖区内有水生植物,同样洮湖也只有湖区中部有少许,覆盖率只有5%。

湖体大部分空间被网围利用,极大地降低了湖泊作为饮水资源、水生动植物资源、旅游资源等多方面的综合价值。

(3) 有研究表明,两湖泊水环境质量恶化,部分湖区出现富营养化,造成水质下降的原因之一是超密度网围养殖。

多光谱遥感技术监测水环境指标较为有效的是总悬浮物浓度和叶绿素浓度。在湖泊处于富营养化水平时,通过遥感监测浮游藻类叶绿素a浓度可以间接反映湖水总氮、总磷指标水平。对于复杂水质和生态条件下的水环境,多光谱遥感监测由于其波段带宽的限制,反演有一定的困难。高光谱或超光谱遥感技术监测复杂水环境将是一个发展趋势。

**致谢** 本文研究中得到了中国科学院上海技术物理研究所尹球研究员,华东师范大学恽才兴教授,中国科学院南京地理与湖泊研究所胡伟平、黄文钰研究员的支持与帮助,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献 (References)

- [1] She Zhixiang. Water-soil Resources and Regional Development in Yangtse River Delta [M]. Hefei: China Science and Technology University Press, 1997. [余之祥. 长江三角洲水土资源与区域发展. 合肥:中国科学技术大学出版社,1997.]
- [2] Huang Wenyu, Shu Jinhua, Wu Yangen. Research of Nutrients Balance in Gehu Lake [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1996, 8(4): 330—336. [黄文钰,舒金华,吴延根. 滬湖氮磷平衡研究. 湖泊科学,1996,8(4):330—336.]
- [3] Zhang Guanhai. Purse Net for Breeding Fish in Lake Fishing Water Protection [J]. *Freshwater Fishery*, 2000, 30(7): 36—37. [张关海. 湖泊网围养殖渔水环境保护[J]. 淡水渔业,2000,30(7): 36—37.]
- [4] Wang Shumin, Dou Hongshen. Chinese Lake Catalog [M]. Beijing: Science Press, 1998. [王苏民,窦鸿身. 中国湖泊志. 北京:科学出版社,1998.]
- [5] Wujin Bureau of Environment Protection, Nanjing Institute of Environment Science. Design Report for Gehu Ecological Environment Protection [R]. 2000. [武进市环境保护局,南京环境科学研究所. 滬湖生态环境保护规划报告[R]. 2000.]
- [6] Yang Ping, Cai Qiming. Numerical Model of Light Transfer in Vertically Stratified Water Body——(II) The Computation of Irradiance in Water [A]. *Mem. Of Nanjing Inst. Of Geog. And Limnol., Acad. Sinica* [C]. 1992. [杨平,蔡启铭. 水体垂直分层的光照传输数值模式——(II)水中光照分布的计算[A]. 中国科

- 学院南京地理与湖泊研究所集刊[C]. 1992.]
- [7] Li Sihai. The Remote Sensing Mechanism and Applications of Ocean Color in Coastal Area [D]. The East China Normal University: Ph. D. Dissertation, 2001. [李四海. 近海海洋水色遥感机理及其应用[D]. 华东师范大学: 博士论文, 2001.]
- [8] Shanghai Institute of Technical Physics. Satellite Applied Technology for Remote Sensing of Water Environment [R]. 2001. [上海技术物理研究所. 卫星遥感水环境应用技术研究报告[R]. 2001.]
- [9] Liu Tangyou. Studies on Spectra of Algae in Fresh Water Lake and Their Applications in Remote Sensing [D]. Shanghai Institute of Technical Physics: Ph. D. Dissertation, 2002. [刘堂友. 淡水湖泊藻类光谱研究及其在遥感中的应用[D]. 上海技术物理研究所: 博士论文, 2002.]
- [10] Changzhou Institute of Environment Science, Nanjing Institute of Geography and Limnology. Design Report for Taohu Ecological Environment Protection [R], 2000. [常州环境科学研究所, 南京地理与湖泊研究所. 太湖生态环境保护规划报告[R]. 2000.]

## Remote Sensing Investigation and Analysis for Water Resources Utilization and Its Dynamic Change of Representing Mid-or Small Lake Groups in Taihu Drainage Area

SHEN Fang<sup>1,2</sup>, KUANG Ding-bo<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, 200083, China)

(<sup>2</sup> Taiyuan Normal College, Taiyuan, 030006, China)

**Abstract:** With Land satellite data of fifteen years combining aero data, this paper analyzed and studied 15 years' dynamic change of water resources using types and water quality by remote sensing technique and field investigation in Taohu and Gehu Lake of Taihu drainage area. The used water resources types were divided into purse net area for breeding fish, fish pool surrounded, bottomland used, inning farm and natural lake by remote sensing approach. The actual area of different using types and density of purse net in some period were calculated with GIS approach. For the purse net of breeding fish in lake bringing a lot of economical benefits in recent years, purse net area and natural lake area have been changed rapidly for about 15 years. There was no purse net area in 1980s. In 1994, the ratio of purse net area to total lake area is 15% in Gehu Lake, and 27% in Taohu Lake. However, the ratio rapidly increased up to 78.8% in Gehu Lake, and up to 83.8% in Taohu Lake in 1998. This ratio greatly exceeds that of logical purse net area to total lake area, which should be less than 20%. Multi-spectral remote sensor can inspect and survey the dynamic change of purse net density at any time, so that the results may avoid false area data that are caused for the personal sake.

Excessive density of purse net for breeding may cause aquatic plants decreasing greatly. This paper analyzed 15 year's occupied proportion change of the aquatic plants by remote sensing approach in Taohu and Gehu lakes. 1980s, the proportion of aquatic plants occupid area to total lake area is more than 50% in Gehu Lake, and is more than 75% in Taohu Lake. In the mid—1990s, a lot of aquatic plants were cut down. There are a few aquatic plants in Gehu natural lake area protected. In 1998, only about 5% proportion of aquatic plants occupid area existed in the middle of Taohu Lake. Most space of the lakes could be used as purse net for breeding fish. This case brought on that the utilized value of the lakes by way of drinking, tour and aquatic animals and plants resources declined greatly.

Furthermore, the content of nitrogen and phosphorus in the lakes was increased due to the effect of purse net of breeding fish. Pollution and eutrophication in the local lakes tend to be serious. It is effective that water environment indicators such as the concentrations of suspended substance and chlorophyll-a can be obtained by the use of multi-spectral remote sensing technology being applied to Taihu Lake and Dianchi Lake. However, the ability to inverse water environment under complex water quality or ecological conditions is limited with multi-spectral remote sensor owing to the wide wave band width. It could be a trend that hyper-spectral or super-spectral remote sensing technology is applied to complex water environment.

**Key words:** water resources using types; purse net of breeding aquatics; remote sensing analysis; Taihu lake area



图 1 1998 年太湖 OMIS 遥感影像图



图 6 太湖遥感假彩色合成影像图



图 8 太湖悬浮物分布遥感影像图



图 10 太湖水生植被覆盖遥感影像图



图 7 太湖遥感假彩色合成影像图  
万方数据

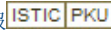


图 9 太湖悬浮物分布遥感影像图



图 11 太湖水生植被覆盖遥感影像图



作者: 沈芳, 匡定波  
作者单位: 沈芳(中国科学院, 上海技术物理研究所, 上海, 200083; 太原师范学院, 山西, 太原, 030006), 匡定波(中国科学院, 上海技术物理研究所, 上海, 200083)  
刊名: 遥感学报   
英文刊名: JOURNAL OF REMOTE SENSING  
年, 卷(期): 2003, 7(3)  
被引用次数: 8次

## 参考文献(10条)

1. 余之祥 [长江三角洲水土资源与区域发展](#) 1997
2. 黄文钰; 舒金华; 吴延根 [NFDD9湖氮磷平衡研究](#) 1996(04)
3. 张关海 [湖泊围网养殖渔水环境保护\[期刊论文\]-淡水渔业](#) 2000(07)
4. 王苏民; 窦鸿身 [中国湖泊志](#) 1998
5. 武进市环境保护局; 南京环境科学研究所 [湖生态环境保护规划报告](#) 2000
6. 杨平; 蔡启铭 [水体垂直分层的光照传输数值模式--\(II\)水中光照分布的计算](#) 1992
7. 李四海 [近海海洋水色遥感机理及其应用](#) 2001
8. 上海技术物理研究所 [卫星遥感水环境应用技术研究报告](#) 2001
9. 刘堂友 [淡水湖泊藻类光谱研究及其在遥感中的应用](#) 2002
10. 常州环境科学研究所; 南京地理与湖泊研究所 [太湖生态环境保护规划报告](#) 2000

## 本文读者也读过(9条)

1. 李新城, 冯晓天, 朱伟兴, 张炎, LI Xin-cheng, FENG Xiao-tian, ZHANG Yan, ZHU Wei-xing [基于形态特征的钢中析出相自动分类方法\[期刊论文\]-塑性工程学报2009, 16\(2\)](#)
2. 孙玉臣, 沈智慧 [遥感技术在地表水资源调查中的应用\[期刊论文\]-中国煤田地质2002, 14\(1\)](#)
3. 张玉书, 陈鹏狮, 冯锐, 张淑杰 [辽宁省地表水资源遥感调查方法简介\[期刊论文\]-气象科技2003, 31\(5\)](#)
4. 温庆可, 张增祥, 刘斌, 徐进勇, 乔竹萍, WEN Qing-ke, ZHANG Zeng-xiang, LIU Bin, XU Jin-yong, QIAO Zhu-ping [基于CBERS影像的速生林信息提取方法研究\[期刊论文\]-国土资源遥感2009\(4\)](#)
5. 姜玲, 黄家柱, Jiang Ling, Huang Jiazhu [退田还湖适宜性的评价——以太湖流域洮、溇湖地区为例\[期刊论文\]-南京师大学报\(自然科学版\) 2007, 30\(3\)](#)
6. 骆渊, 周成平, 丁明跃, 娄联堂, Luo Yuan, Zhou Chengping, Ding Mingyue, Lou Liantang [轮廓自动匹配方法研究\[期刊论文\]-战术导弹技术2007\(3\)](#)
7. 聂勇, 范建容, 贺秀斌, 杨阿强, 田兵伟, NIE Yong, FAN Jian-rong, HE Xiu-bin, YANG A-qiang, TIAN Bing-wei [水土流失遥感调查中植被信息提取与评价指标讨论\[期刊论文\]-水土保持通报2007, 27\(4\)](#)
8. 李博, 庞淑英, Li Bo, Pang Shu-ying [遥感技术在怒江水资源调查中的应用\[期刊论文\]-山西电子技术2009\(4\)](#)
9. 冯蜀青, 苏文将, 肖建设, 校瑞香, 时兴合 [2000年以来三江源地区水资源变化遥感调查研究\[期刊论文\]-青海科技2008, 15\(5\)](#)

## 引证文献(8条)

1. 姜玲, 黄家柱 [退田还湖适宜性的评价——以太湖流域洮、溇湖地区为例\[期刊论文\]-南京师大学报\(自然科学版\) 2007\(3\)](#)
2. 李俊杰, 何隆华, 戴锦芳, 李金莲 [基于遥感影像纹理信息的湖泊围网养殖区提取\[期刊论文\]-湖泊科学 2006\(4\)](#)
3. 王静, 高俊峰 [基于对应分析的湖泊围网养殖范围提取\[期刊论文\]-遥感学报 2008\(5\)](#)
4. 刘其根, 孔优, 陈立桥, 卜一凡, 严卫兵 [网围养殖对溇湖底栖动物群落组成及物种多样性的影响\[期刊论文\]-应用与环境生物学报 2005\(5\)](#)
5. 姜刘志, 王学雷, 厉恩华, 蔡晓斌, 邓帆 [生态恢复前后的洪湖水水质变化特征及驱动因素\[期刊论文\]-湿地科学 2012\(2\)](#)
6. 崔丽娟, 安娜·芭登博格, 张曼胤 [3S技术在中国湿地研究、调查与管理中的应用\[期刊论文\]-林业研究\(英文版\) 2005\(4\)](#)
7. 孟庆伟, 罗鹏, 余佳, 韩建恩, 吕荣平, 孟宪刚, 朱大岗, 邵兆刚 [遥感技术在湖泊环境研究中的应用\[期刊论文\]-地质力学学报 2006\(3\)](#)
8. 阮仁宗 [洪泽湖试验区湿地变化遥感研究\[学位论文\]博士 2005](#)



引用本文格式：[沈芳, 匡定波](#) 太湖流域典型中小湖群水资源利用及动态变化的遥感调查与分析[期刊论文]-[遥感学报](#) 2003(3)