

文章编号:1000-0615(2005)02-0173-05

长江三角洲主要水体水质污染的遥感研究

何隆华¹, 杨金根²

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008;

2. 第六物探大队, 江苏 南京 210016)

摘要:用遥感技术来进行水环境监测是近年来常用的手段之一。由于不同污染水体的绿度、温度和透明度差异反映了物理场的不同,因此,在遥感技术中用 NOAA/AVHRR 气象卫星测定绿度、温度和透明度三类数据可完整地识别不同水体的水质变化。采用气象卫星的复合比值合成图像和色调-饱和度-明度变换技术,有效地反映长江三角洲主要水体的水质污染情况,并且可同上海市航空遥感综合调查与研究资料和太湖的水质研究资料互相印证,其水质类型可以用数据予以确定和解释。本研究反映了长江三角洲全区主要水体水质的宏观分布,为水质污染的宏观监测提供了依据,表明气象卫星在以水质研究为主的环境遥感中的优越性。它具有覆盖面广、时相连续、费用低廉的优势,宜于对大区域内具一定面积的水体作连续性的宏观监控观察,这是单一的航空红外或彩红外遥感技术无法相比的。但是,它存在着分辨率低的缺点,必须指出,在处理过程中在上海市、苏锡常、苏北的南通、泰州、东台等河流纵横的地区,显示了众多与苏州河、蕴藻浜相同的 6 级水异常点区,反映这些地区存在着广泛分布的水污染问题,它们将影响这些地区的可持续性发展。由于受 NOAA 气象卫星分辨率低的限制,无法精确标出它们的确切位置。因此,在应用中对污染加剧化应予重点监控的部位可以按照需要开展适量的彩红外航空遥感、航天小卫星或资源卫星遥感,互相结合补充予以解决。

关键词:长江三角洲;水质;遥感

中图分类号:S937;X87

文献标识码:A

Remote sensing study of main waterbody pollution in Changjiang delta region

HE Long-hua¹, YANG Jin-gen²

(1. *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Nanjing 210008, China;*

2. *The Sixth Brigade of Geophysical Prospecting, Nanjing 210016, China*)

Abstract: With the rapid development of our economy, water pollution is becoming more and more of public concern. Remote sensing technology has proved to be a fast and economical method in monitoring the water environment. In general aero infrared photos or Landsat images or hyperspectral remote sensing or space micro-satellite data are used in monitoring urban and the suburbs environment, but these data are costly and hard to be found. To normal water, NOAA/AVHRR $ch2 - ch1 < 0$; but in eutrophication water $ch2 - ch1 > 0$. This band combination can be a discerning signal of normal water and abnormal water. Since different polluted water bodies show different hues, temperatures, and transparency, the three are indicators of water physical status and are integrated into one indivisible part. So the NOAA/AVHRR images are used to measure hue, temperature, and transparency, in order to discern the different pollution level of water bodies in the Changjiang delta region by remote sensing. Based on ratio composed images of NOAA/AVHRR and HLS transformed images, the Changjiang delta region main water body quality is studied in this paper. The result is verified by Taihu Lake water survey data and Shanghai aero-remote sensing investigation data, and the water quality types can be identified by digital values. Our research shows that the NOAA/AVHRR based method has the advantages of continuous monitoring and researching on large-scale water body pollution. This research also makes clear the large scale distribution of the Changjiang delta

收稿日期:2003-12-22

资助项目:中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX3-SW-427);江苏省自然科学基金项目(BK2002149);知识创新工程项目(INF105-SDB-1-22);知识创新工程项目(KZCX2-313-03-03)

作者简介:何隆华(1966-),男,江西赣州人,副研究员,博士,从事资源与环境研究。Tel:025-86882169, E-mail:lhhe@niglas.ac.cn

region main water body quality and provides evidence for macroscopically monitoring of water quality. The NOAA/AVHRR method has the merits of large scale, being continuous, and cheap in cost, it is suitable for use in regional monitoring of water quality continuously. This merit can not be replaced by the aero infrared photos, Landsat images, or hyperspectral remote sensing. But on the other hand, we must point out that it also has the disadvantage of low resolution. In this study, due to the low resolution, a lot of abnormality of data occurred in Shanghai, Suzhou, Wuxi, and Changzhou, but their precise locations are hard to be made out. In real environment monitoring application, the aero infrared photos, Landsat images, hyperspectral remote sensing, and low resolution images should be used together to obtain their best results.

Key words: Changjiang delta region; water quality; remote sensing

随着长江三角洲地区的经济高速发展,以水质污染为主的环境监测问题已成为一个不容忽视的问题,用遥感技术来研究环境变化是近年来常用的手段之一。在遥感影像研究中一般用彩红外航空像片识别水体中氮、磷、钾含量过高形成的富营养化和含镉废水,例如1981-1982年地矿部与上海市环保局为了研究黄浦江和苏州河的污染情况进行了航空彩红外摄影,1984年地矿部组织江、浙、沪两省一市5项综合调查时,又曾分别进行过彩红外摄影、自然彩色摄影及热红外扫描等工作,基本查明了沿黄浦江与苏州河的污染源分布点、类型及其扩散范围。1988-1990年再次应用了美国陆地资源卫星、气象卫星NOAA/AVHRR及SPOT资料,历时3年,研究上海城乡变化,探测城市环境等取得了较为理想的效果^[1]。

以往环境遥感研究中一般是利用彩红外航空像片和美国陆地资源卫星资料监测城市及郊区的环境质量和变化,但是这一方法在大范围水质变化的实时监测中,存在着信息数据不足和费用过大的限制,本文主要以NOAA14/AVHRR为基础资料来探索在长江三角洲的大面积区域内,以水质变化为主的实时监测的可行性,以拓宽NOAA14/AVHRR资料在环境遥感中的应用。

1 遥感数据与处理方法

1.1 遥感数据

选用1996年12月NOAA14/AVHRR太湖流域全区无云的数据,经几何纠正预处理,按ch2-ch1(红)、ch3(绿)、ch4+ch5(蓝)的方案合成得到一幅反映太湖流域整体景观的假彩色合成图像。由于假彩色合成图像不同解释目标在红、绿、蓝3个通道灰度比的相似性,必然出现异物同色的多解性,不能反映水体内的水质变化。

1.2 处理方法

在CIE色度图中用红、绿、蓝在三原色总量中的相对比例来表示物体的颜色,所以相对比例相

似的不同物体就具有相似的色调,例如在上述常规的假彩色合成图像中湖沼河道低平原沉积和林区山地两两之间都具有异物同色的多解性。但是它们的明度(强度)不同,通过红-绿-蓝数据空间变换成孟塞尔色度值图(色调-饱和度-明度三维空间),运用这种孟塞尔色度值量化,可以把色调相似,明度(强度)不同地物予以区分,因此也就可以对同类物体按其不同强度予以分级,并把繁杂的分类处理简化成人机对话操作。在地质遥感中利用色调-饱和度-明度变换可以很容易地将假彩色合成图像中不同类型的和丰度的色彩差别不大的褐铁矿体加以区分^[2],同样也可以把它用于水质分类研究中。运用这一技术把ch2-ch1(红)、ch3(绿)、ch4+ch5(蓝)合成图像的绿色水体部分作色调-饱和度-明度变换,即获得反映全区水质分布的图像(图1)。

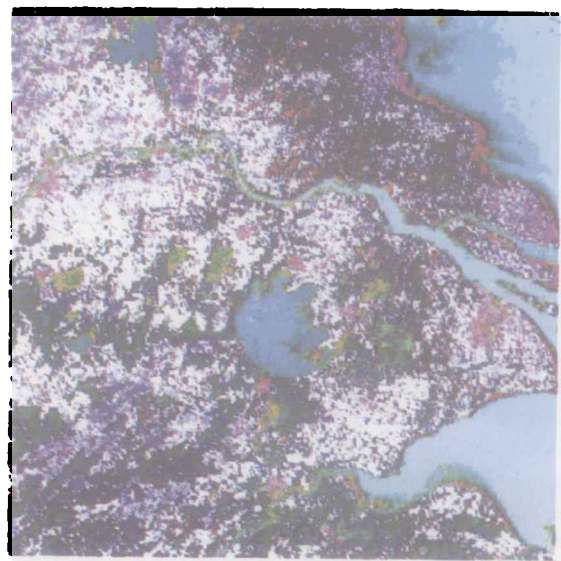


图1 长江三角洲NOAA变换图像
Fig.1 The transformed NOAA/AVHRR image of Changjiang delta region

1.3 解释标志

按照色调-饱和度-明度变换图像参阅本区有关水质研究资料,不同水质类别的解释如表1。

表 1 变换图像解释标志

Tab.1 Interpretation characteristics of transformed image

亮蓝灰色 bright blue grayness	黄海、杭州湾、长江中流正常水域 Yellow Sea, Hangzhou gulf, normal water of Changjiang middle water
浅灰蓝色 gray blue	长江南支近岸、黄海近海、长江北支轻微污染水域 south Changjiang near shore, Yellow Sea near shore, light-polluted in north Changjiang branch
蓝灰色 blue gray	太湖主体、长江口南岸局部中度污染水域 main Taihu, medium polluted in south Changjiang river mouth
浅绿-绿色 light green-green	太湖西北局部、长江口南岸局部、杭州湾南岸、溇湖、洮湖、石白湖、固城湖、南漪湖、阳澄湖、澄湖、淀山湖等重度污染水域 high polluted in Northwest Taihu, south Changjiang river mouth, south Hangzhou gulf, Gehu, Taohu, Shijiuhu, Guchenghu, Nanqihu, Yangchenghu, Chenghu, Dianshanhu
草绿、黄绿色 grass green, kelly	工业污水 industry waste water
黄色 yellow	河湖边滩沼泽污染区 near shore bog polluted

2 可靠性分析

2.1 与上海市水污染调查对比

据上海市航空遥感综合调查与研究资料,流经上海市区的黄浦江河段,水质已达 4~5 级,流经市区的主要支流如苏州河、蕴藻浜、虹口港、虬江、杨浦港、龙华港、桃浦河等,由于沿河工厂的污水排泄和大量生活污水的倾入,均已成为 6 级污水,在气象卫星遥感图象上与正常水体的蓝色调比较呈特殊的黄和暗绿色。自吴淞口向上沿黄浦江有十几个污染源,例如蕴藻浜污水(1)、高桥化工工业区化工和高温污水(2)、杨浦电厂高温水(3)、苏州河口污水(4)、浦东肠衣厂与利华造纸厂污水(5)、白莲泾日晖港灰黑水(6)、龙华港油膜水在图像上都有相应反映(7)(图 2)。又如据热红外扫描片和彩红外扫描片解释的黄浦江口污水稀释扩散范围在竹园江段污水横向扩散范围距岸 1 300 m,在此界线以外黄浦江水被完全稀释,呈长江背景水体特征^[3],这一情况在气象卫星图像上也有相似反映,自吴淞口向长江口的黄浦江污水由 5~6 级水逐渐稀释为 3~4 级水,竹园排污口沿长江口沿岸向下为宽 1 000 余米的 4~6 级水。与徐陆泾口至吴淞口的水质调研对比,气象卫星图像与之一致。按气象卫星图像反映,上海市的取水口若选择徐陆泾口之上可能更合适(图 2)。

2.2 与太湖水质分区对比

不同时期的太湖水质表明,水质总体趋势是 9 月以后直至翌年 3 月逐渐恶化,4 月以后随水量增加水质才逐渐好转。此次天研究采用的是 12 月份的图像,所以可以与枯水期的综合评价分布

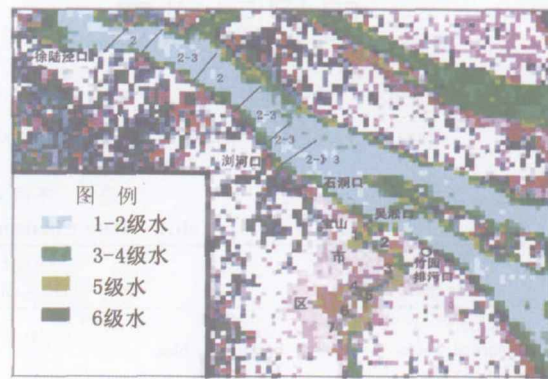


图 2 上海市黄浦江和长江水质 NOAA 卫星遥感图

Fig.2 The RS image of Shanghai Huangpu River and Changjiang River

图(1988年3月)对比,水质分布图(图3)反映,大部分湖面为 4 级水,马山周围至三山湖面,东太湖湖湾为 5 级水^[4],在气象卫星图像(图 4)上反映大部分湖面为蓝灰色的 4 级水,但是分布有一团团亮蓝灰色的 3 级水,在马山周围至三山湖面,东太湖湖湾为深绿色和黄色的 5 级水,两者基本一致,而卫星图像反映得更为细致。

3 机理分析

由上海市和太湖地区的资料对比,充分说明了气象卫星资料在区域水质研究中的有效性。从表 2 可以归纳以下规律:

(1) 正常水域—中度浑浊水域的红通道(ch2 - ch1)密度值为 0,蓝通道(ch4 + ch5)密度值为 54,随着浑浊程度增加透明度降低其绿通道(ch3)密度值从 170 向 130 变小,它反映了与无机和有机悬浮物有关的透明度变化,透明度降低,(ch3)

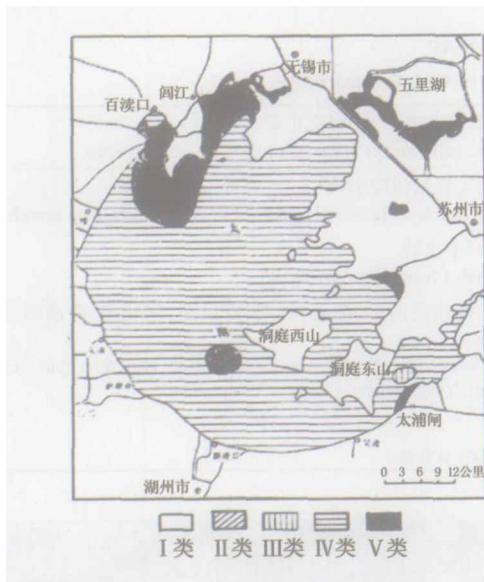


图3 太湖水质枯水期综合评价分布图

Fig.3 Taihu water quality in low water period

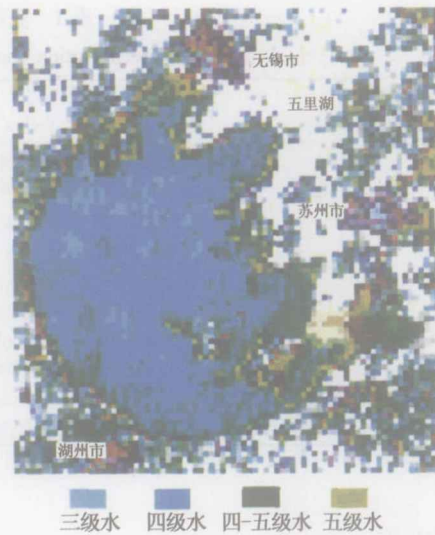


图4 太湖水质 NOAA 卫星遥感图

Fig.4 RS image of Taihu water quality

表2 不同水体的数据变化规律

Tab.2 Data Changing rule of different water bodies

水质类型 water type	色调 tone	红 red (ch2 - ch1)	绿 green (ch3)	蓝 blue (ch4 + ch5)	典型水域 typical region
正常水域 normal waters	亮蓝灰 bright gray blue	0	164 ~ 170	54	长江、黄海 Changjiang River, Yellow Sea
轻微浑浊 little turbidity	蓝灰色 blue gray	0	162	54	长江近岸、黄海近海 Changjiang River, Yellow Sea near shore
轻度浑浊 light turbidity	浅蓝灰夹蓝灰 cambridge blue and blue gray	0	155 ~ 157	54	长江北支 north branch Changjiang River
中度浑浊 medium turbidity	蓝灰 blue gray	0	130 ~ 152	54	太湖、长江沿岸局部 Taihu, near bank Changjiang River
轻度污染 light pollution	绿灰 green gray	38 ~ 53	138 ~ 152	54	太湖西北部、洮湖 northwest Lake Taihu, Yaohu
中度污染 medium pollution	浅绿 light green	59 ~ 71	138 ~ 152	54	太湖西北部、洮湖 northwest Lake Taihu, Lake Yaohu
严重污染 high pollution	绿 green	90 ~ 130	142 ~ 145	54	阳澄湖 Lake Yangchenghu
极度污染 extreme pollution	黄色 yellow	134 ~ 170	130 ~ 149	54	阳澄湖 Lake Yangchenghu
工业污染 industry pollution	灰黄暗绿色 gray yellow and dark green	39 ~ 71	77 ~ 130	38 ~ 49	上海市区黄浦江段 Huangpu River, Shanghai
工业热污染 industry heat pollution	灰黄暗绿色 gray yellow and dark green	39 ~ 71	77 ~ 130	64 ~ 138	上海市区黄浦江段 Huangpu River, Shanghai

密度值降低。如从苏北远海向沿岸(ch3)密度值从170变化;长江口主流向沿岸从166~130变化。

(2)绿通道(ch3) > 130, 蓝通道(ch4 + ch5) 54反映水域的富营养化变化, 富营养化变化程度愈高, 相应其红通道(ch2 - ch1)密度值增大, 绿通道(ch3)密度值降低。

(3)绿通道(ch3) < 130反映了以工业污水为

主引起的水质污染, 但是此类污染情况较为复杂, 例如上海市区的黄浦江段为典型的工业污水, 其红通道(ch2 - ch1)密度值为39~71, 而郊区的黄浦江段可能因富营养化的变化其红通道(ch2 - ch1)密度值小于或大于39~71。工业污水又可分为(一般)工业污染和工业热污染水, 前者蓝通道(ch4 + ch5)密度值 < 54, 一般为38~49, 后者一般为64~138。

4 结果与讨论

表 3 列出了长江三角洲地区主要水体水质类型遥感监测的主要结果。

本研究反映了长江三角洲全区主要水体水质的宏观分布,为水质污染的宏观监测提供了依据,表明气象卫星在以水质研究为主的环境遥感中的优越性。它具有覆盖面广、时相连续、费用低廉的优势,宜于对大区域内具有一定面积的水体作连续性的宏观监控观察,这是单一的航空红外或彩红外遥感技术无法相比的。但是,它存在着分辨率

低的缺点,必须指出,在处理过程中在上海市、苏锡常、苏北的南通、泰州、东台等河流纵横的地区,显示了众多与苏州河、蕴藻浜相同的 6 级水异常点区,反映这些地区存在着广泛分布的水污染问题,它们将影响这些地区的可持续性发展。由于受 NOAA 气象卫星分辨率低的限制,无法精确标出它们的确切位置。因此,在应用中对污染加剧应予重点监控的部位可以按照需要开展适量的彩红外航空遥感、航天小卫星或资源卫星遥感,互相结合补充予以解决。

表 3 长江三角洲主要水体遥感解译

Tab.3 Main water body interpretation by RS in Changjiang River delta

主要水体 main water body	变换后色调 tone in transformed	水质类型 water quality type
长江马鞍山-栖霞山段 Changjiang: Maanshan-Qixia	绿色、蓝灰色夹亮蓝灰色 green, blue gray, nip blight blue gray	3 级为主夹 2 级水 grade three, some grade two
长江栖霞山-圃山段 Changjiang: Qixia-Chuishan	绿色、蓝灰色和亮蓝灰色 green, blue gray and blight blue gray	3 级水和 2 级水 grade three and grade two
长江圃山-江阴段 Changjiang: Chuishan-Jiangyin	主流亮蓝灰两侧蓝绿灰夹黄色 main bright blue gray, side bluish green gray, nip yellow	主流 2 级水夹 1 级水 main grade two, some grade one
长江江阴-长江口南支 Changjiang: Jiangyin-south mouth branch	宽阔亮蓝灰色边缘蓝绿灰夹黄色 open bright blue gray, side bluish green gray, nip yellow	2 级水夹 1 级水 grade two, some grade one
长江口北支 Changjiang: north mouth branch	蓝灰浅蓝灰亮蓝灰色边缘夹黄色 blue gray, light blue gray, bright blue gray, and edge yellow	3 级水 grade three
杭州湾 Hangzhou gulf	亮蓝灰色 bright blue gray	1 级水和 2 级水 grade one and grade two
杭州湾南岸 Hangzhou gulf: south shore	黄绿-蓝灰色 olivine, blue gray	3、4 级水少量 5 级水 grade three, four, little grade five
黄浦江 Huangpu River	灰黄夹暗绿、蓝灰色 gray yellow nip dark green, blue gray	5、6 级水夹 4 级水 grade five, six, nip grade four
高邮湖 Lake Gaoyou	蓝绿灰色 bluish green gray	4 级水 grade four
太湖湖心 inner Lake Taihu	蓝灰夹浅蓝灰色 blue gray, nip light blue gray	4 级夹 3 级水 grade four nip grade three
涌湖 Lake Gehu	绿色为主边缘黄色 main green, edge yellow	5 级水 grade five
洮湖 Lake Yaohu	黄色为主夹绿色 main yellow, nip green	5 级夹 4 级水 grade five nip grade four
阳澄湖 Lake Yangchenghu	绿灰夹黄色 green gray, nip yellow	4 级夹 5 级水 grade four nip grade five
澄湖 Lake Chenghu	绿灰夹黄色 green gray, nip yellow	4 级夹 5 级水 grade four nip grade five
淀山湖 Lake Dianshanhu	绿灰夹黄色 green gray, nip yellow	4 级夹 5 级水 grade four nip grade five
石臼湖 Lake Shijihu	中心绿、绿灰, 外围黄色 middle green, green gray, edge yellow	边缘 5 级湖心 4 级水 edge grade five, middle grade four
固城湖 Lake Guchenghu	黄色为主局部绿、绿灰色 main yellow, part green or green gray	5 级夹 4 级水 grade five nip grade four
南漪湖 Lake Nanyihu	蓝灰夹浅蓝灰色 blue gray, nip light blue gray	4 级夹 3 级水 grade four nip grade three

参考文献:

- [1] 上海市航空遥感综合调查办公室. 上海市航空遥感综合调查与研究[R]. 上海: 上海航空遥感调查办, 1991. 1-170.
- [2] 孙晓明. 用激光遥感法普查矿床[J]. 国外遥感地质通讯, 1982, 8.
- [3] 李道季, 曹勇, 张经. 长江口尖叶原甲藻赤潮消亡期叶绿素连续观测[J]. 中国环境科学, 2002, 22: 400-403.
- [4] 孙顺才, 黄漪平. 太湖[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.