国土资源遥感
REMOTE SENSING FOR LAND & RESOURCES
1999年 第1期 No.1
1999

# 利用气象卫星资料分析长江口通海航道泥沙分布

赵长海　恽才兴　郑新江
何青　时伟荣　张鸣

摘　要　利用气象卫星的时间、空间上的优势，在总结长江河口河槽演变基本模式的基础上，结合卫星图像的分析，确定和研究长江口泥沙地区悬移质的输移路线和活动范围，探讨分析了长江口悬浮泥沙浓度分布动态，分析了滩槽泥沙交换对航道淤积的影响，为长江口深水航道整治方案的确定提供了科学依据。

关键词　气象卫星　泥沙分布
分类号　TP 79: TV 148.1

# APPLICATION OF METEOROLOGICAL SATALLITE DATA ON THE STUDY OF SILT DISTRIBUTION IN THE ROUTE OF THE CHANGJIANG RIVER MOUTH

①Zhao Changhai　②Yun Caixing　①Zheng Xinjiang
②He Qing　②Shi Weirong　①Zhang Ming

①(Satellite Meterology Center)　②(Coastal Research East China Normal University)

**Abstract**　This paper uses the methorological satellite data with its advantages of time and spatial resolution to determine the silt transport route and range over the Changjiang River Mouth based on model of river cource evolution. It gives a dynamic density distribution of the suspended silt over the Changjiang River Mouth. It also presents the influence of river course silt exchange to the route silt deposition, which can be taken as a scientific basis for fixing the route dredge program.

**Key words**　Methorological satellite　Silt distribution

## 0　引言

上海港地处我国沿海的中部，是长江流域的咽喉，长江三角洲的门户，历来在亚太地区具有举足轻重的作用。根据世界经济、贸易发展的趋势及上海浦东“龙头”建

设的要求，上海港要与国际航运市场接轨，成为东亚地区有影响的国际枢纽港，这就要求在上海附近建设一条能适应第三代、第四代集装箱船进出的深水航道和相应的泊位，其中治理长江口通海航道就是一项重要决策。

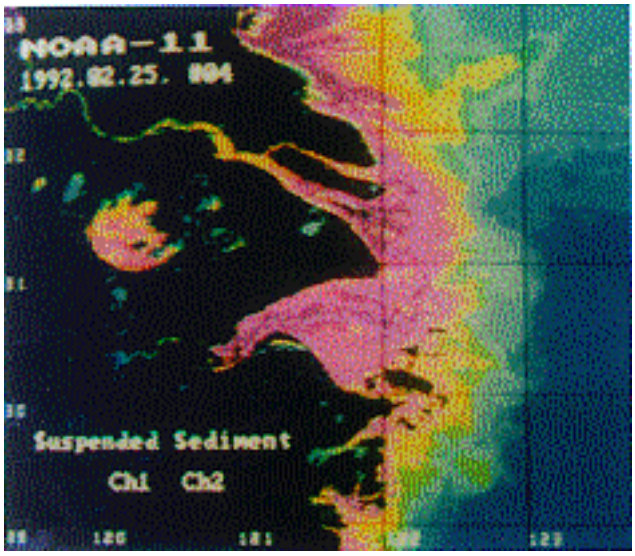
众所周知，长江口通海航道治理的难点主要是如何加深拦门沙地区的浅水河槽段，核心问题是查明河口泥沙运动分布规律。就长江口口门地区来说，它既是入海悬浮泥沙主要扩散沉降区，又是上游河床底沙推移的接纳区，在江海交汇，河水径流与潮流相互消长，咸淡水混合，风浪掀沙多种因素作用下，拦门沙地区的泥沙运动极其活跃，河床底沙与悬沙交换频繁，常规的现场观测方法难以捉摸其空间分布和动态变化规律。利用卫星遥感技术，海洋水色信息在遥感图像上有明显反映，其中表层悬浮泥沙可直接判别河口水流的流态及近岸混水区的活动范围。本文以多时次气象卫星图像为主要依据，结合地面观测数据，对长江河口区泥沙运动和分布规律进行了研究分析。

## 1　气象卫星资料的处理方法及分析

NOAA极轨气象卫星AVHRR数据的时间分辨率是同一个地区过境轨道为四个时次，覆盖宽度为2 700多km，其星下点分辨率为1.1×1.1 km，在高级甚高分辨率的扫描辐射仪(AVHRR)的五个通道中，一通道对叶绿素、泥沙、海冰、海雾效果反映明显，四通道对海温、海流、涡流效果明显。由于“ 清洁 ”海水与浑浊海水在黄橙光(0.577～0.622 μm)通道上反射率有较大的差别，即不同泥沙含量水体对黄橙光反射强度不同。一般而言，泥沙含量越高，反射黄橙光能力越强，因此气象卫星的光谱辐射饱合度和分辨率在泥沙研究上具有很大的优势。

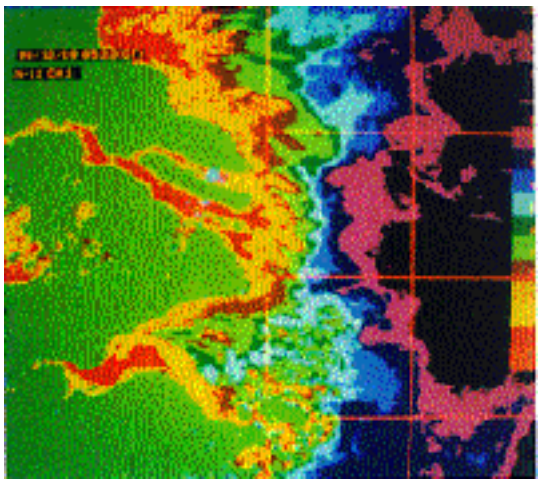
根据长江口泥沙的实测资料，我们挑选出和实测时间相近时相的实时或准实时气象卫星遥感数据资料，对这些资料进行了数据处理和图像处理。利用选出的数据投影出长江口地区图，采用直方图统计方法，确定出区域不同泥沙含量，定出门坎值，进行灰度值密度分割：一种是灰度等级分层，一种是假彩色统一赋色分层，将图像的泥沙信息提取出后，用12个色调等级，表示泥沙的分布及浓度：其中1～4级为低浓度含沙水体或清水体；5～8级代表中等浓度含沙水体；9～12为高浓度含沙水体，另外结合 红外通道图像的温度进行分析。下面对有代表性的7张不同时相的气象卫星遥感图像给予分析和说明：

(1)1992_02_25(农历正月二十二)可见光图像(见封二彩片1)。成像时间为长江口小汛期涨潮时，图像反映出浑水区外界在122 ° 30 ′ E附近，与北槽口门外15 m等深线位置相当，较高浓度含沙水体在122 ° E附近的河槽内活动。



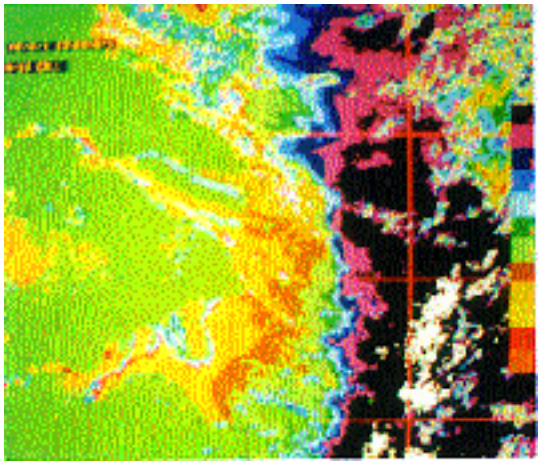

彩片1　19920225长江悬浮泥沙分布状况

(2)1990_12_10(农历十月二十四)可见光图像(见封二彩片2)。下午13：22成像，与彩片1的潮期相近(小汛涨潮1.5 h)，该时风情为偏西风3～4级，长江口径潮流相互作用非常明显，北槽下段有一股外海清水上朔。



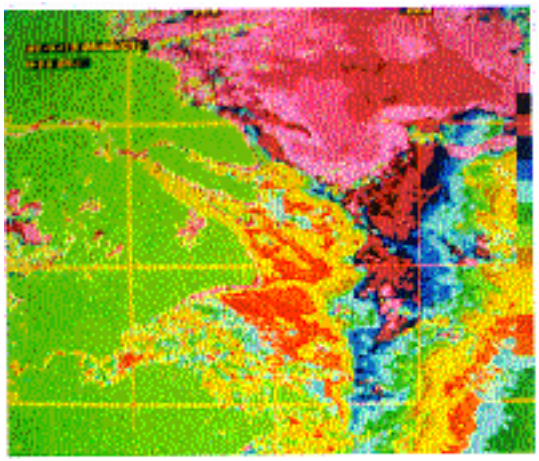
彩片2　19901210长江悬浮泥沙分布状况

(3)1988_08_01(农历六月十九)可见光图像(见封二彩片3)。上午7：30成像，该图像上反映出大汛落枯时的长江口泥沙分布状况。长江口浑水区的外界仍在122°30′E附近，高浑水区在南槽和九段沙一带。



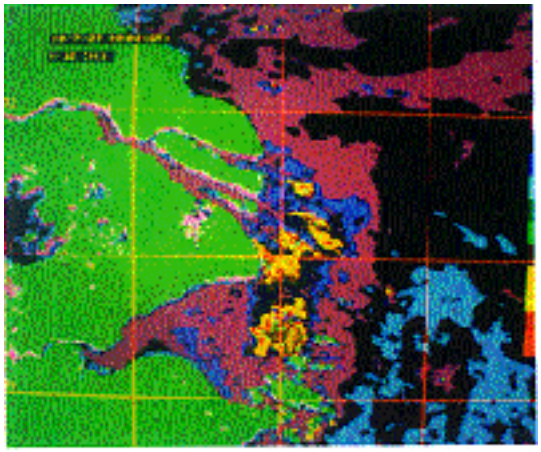
彩片3　19880801长江悬浮泥沙分布状况

(4)1988_08_13(农历七月初二)可见光图像(见封二彩片4)。上午8：00成像，成像时正值长江口大汛落平时刻，风向偏东，风力3～4级，该图像反映出洪水季节长江径流输沙状况，从图像中可明显看出北港、北槽和南槽浑水舌流态，南槽口门附近为长江河水径流输沙汇集区。



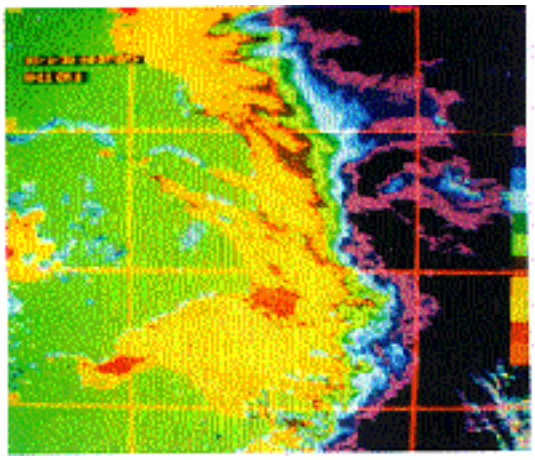
彩片4　19880813长江悬浮泥沙分布状况

(5)1990_07_23(农历六月初二)可见光图像(见封二彩片5)。下午3：55成像，成像时正值大汛初落时间，风向偏南，风力五级，长江口及杭州湾水体一片浑浊，风吹流将长江口浑水体向东北方向漂移，南汇咀边滩及九段沙下沙周围浑浊水体说明风浪掀沙对长江口航道淤积有明显的影响。



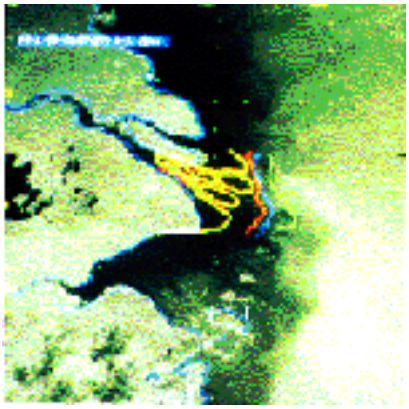
彩片5　19900723长江悬浮泥沙分布状况

(6)1993_01_30(农历正月初八)可见光图像(见封二彩片6)。成像时正处小汛落枯时刻，长江入海泥沙输移南偏，其南槽口门及杭州湾水体浑浊。



彩片6　19930130长江悬浮泥沙分布状况

(7)1993_01_30(农历正月初八)热红外图像(见封四彩片4)。从图像中可以发现，台湾暖流在冬季可以北上至长江口，暖水舌的端部位于佘山以东23.4 km，暖流峰的位置与海水20 m等深线(浅黄绿线)走向相吻合。由此可以推论，现代长江三角洲沉积部位南偏，北港及北槽口难以形成稳定的泥沙堆积区。看来与台湾暖流的抑制作用有相当关系。



彩片4　19930130长江口海域水体表层温度状况
（白色示暖水体；蓝色示低温水体。）

## 2　长江口悬浮泥沙运移基本规律

长江口拦门沙部位淤积泥沙的来源从根本上说均为长江河水径流输沙，由于长江口门地区水动力条件及地貌形态的复杂，遂使河水中泥沙运移方式、扩散形态及沉积部位发生分异，卫星遥感图像影像特征可以反映长江口悬浮泥沙运动的基本规律：

(1)长江入海年输沙总量为4.86亿t，其中5～10月输流量占87.2%，7、8两月洪峰频发期的输沙量占54%，泥沙输移方式主要通过入海汊道的主槽向海宣泄，扩散形态表现为浑水舌，从以往不同年代的气象卫星云图上可看出，浑水体在河槽中向海排泄，扩散形态表现为浑水舌，卫星云图上还显示出长江口浑水体在河槽地形约束和落潮动力轴运动惯量的影响下呈喷射流形态(图1)。长江口浑水喷射流宽度一般为5～8 km，喷射端部的位置与长江入海汊道流量分配有关，北港为长江入海径流的排泄主道，净流量占南北港总量的77.72%，浑水舌端部位置在122°00′E以东45 km处，达及海水20 m等深线附近；北槽除宣泄南港入海径流外，还承纳南槽相当部分的倒灌潮量，因此浑水舌端部位置在122°00′E以东39 km，约相当于海水10 m等深线部位；南槽为当时潮量倒灌的河槽，落潮浑水舌的位置在122°00′E以东21 km(3#浮)与7 m等深线吻合。由此可以说明，长江口航道拦门沙的洪淤、枯规律主要受长江河水径流输沙所控制。

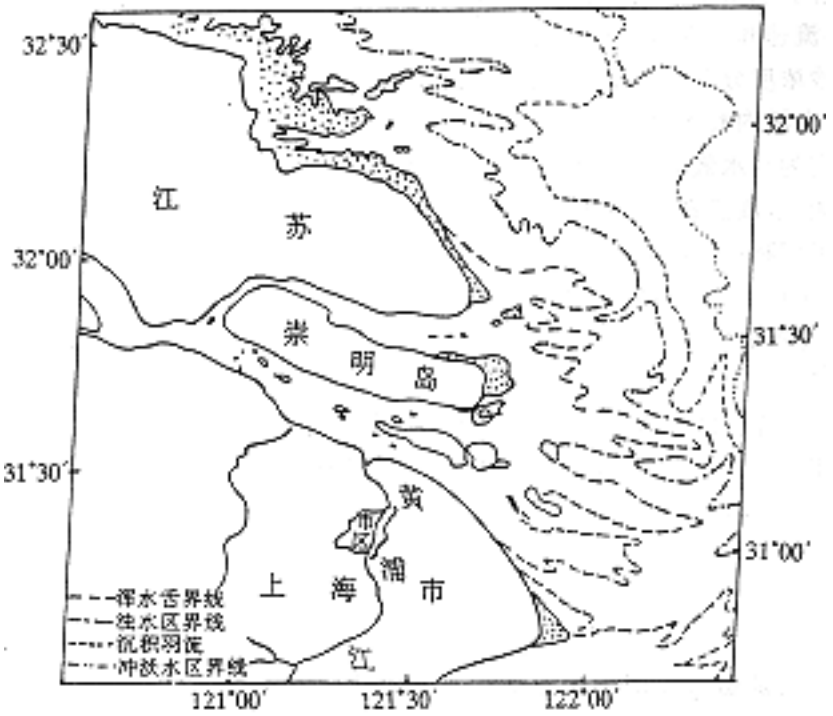



图1　长江浑水舌分布形态图

(2)从多张卫星图像显示的信息综合分析，长江口横沙岛以东拦门沙浅水水域(121°50′～122°15′E)大约3 120 km²范围内的水体经常处于浑浊状态，不少地区出现高浓度含沙量。为此，有关单位已对长江口最大浑浊带及航道中的浮泥问题进行了系统观测研究，这里不作评述和论证，但有两点可供研究部门和工程设计单位参考：一是成型河槽内的径流输沙垂线方向上平均含沙量达不到最大浑浊带的泥沙浓度，这里有一个物质供应问题，根据鸭绿江河口研究成果，河口最大浑浊带的泥沙浓度及分布范围与潮情密切相关，最大浑浊带的核心部位与海水高流速区相吻合，也就是说潮流对河床底部的剪切力所引起的紊动作用使泥沙再悬浮，长江口大潮海水含沙量高于海水潮水含沙量，涨潮含沙量大于落潮海水含沙量就是有力的佐证，而最大浑浊带和浮泥是一个问题的两个方面，在泥沙沙源供应充足的条件下，动态状况下表现为最大浑浊带形式，静态状况下就转变成为浮泥，其中有两处临界值需要考虑，即最大浑浊带和浮泥形成的临界流速和临界含沙量；二是长江口口门地区的高含沙海水区是纵横数十公里的一个面，海水含沙浓度分布与海水流速分布没有确切的对应关系，常常是在水深不足5 m的浅水地区流速低于主槽内海水流速，而水体中的悬浮泥沙含量却很大，特别是刮风天气状况下更为明显，我们称它为浅水效应，也就是说，长江口南边滩、九段沙，横沙东滩及崇明东滩位于南槽、北槽、北港两侧，水浅流暖，正常天气条件下为长江入海泥沙的贮存场，刮风天气条件下波浪掀沙作用明显，沉积物中的细颗粒泥沙悬浮随水漂移归槽，分选后的粗物质留于河床底部，这是长江口滩槽物质粒级组成反常的缘由所在。因此在考虑长江口航道整治工程方案时，滩槽泥沙交换是不可忽视的因素。

(3)长江口外水下三角洲水域为入海悬浮泥沙的扩散沉降区，浑水区的宽度北窄南宽，浓度梯度北陡南缓，浑水区外缘均存在明显的泥沙锋，浑水扩散方向偏向东南，主要沉积部位在南槽口门，究其原因是由于口外有高温、高盐的台湾暖流顶托，口内

入海径流在科氏力作用及北向强风吹拂下向偏南方向宣泄。

## 3　结论

(1)长江洪水是塑造口门地区汊道的主要动力。北槽成为长江入海主要汊道之一，与1949年及1954年两次洪水过程密切相关，其营造河床动力取决于河口地区水面纵横比降的变化，当洪峰过境时，河水径流增大，促使平均水位显著抬高，口门水面纵比降增大，以长江南港高桥站为例，洪水年汛期各月平均高潮位和平均低潮位比正常年份同期高出20 cm左右，最高潮位比正常年份高出40～90 cm。河口水面纵比降的增大，使入海径流有可能以射流束的形式向口外喷射，这一推论已由合成卫星图像上显示的浑水信息所证实。鉴于各汊道流量分配不均，水面纵比降的差异及潮波变形引起的相位差使河口水面出现横比降，这就是水流切滩形成通道及串沟的根本原因，1973年7月洪季北港与北槽之间的横比降使横沙东滩串沟5 m等深线贯通，北槽下段由淤积过程转为冲刷过程。三峡大坝建成以后，长江入海径流分配在年内各月有所调节，汛期洪峰相应削弱，河口地区大冲大淤的强度降低，这对北槽现有河势的维持比较有利。

(2)滩槽泥沙交换是拦门沙航道淤积的一个重要因素。根据多时相卫星图像及现场定位观测资料，长江每年输移入海的4.86亿t悬浮泥沙绝大部分沉积在口门拦门沙地区及水下三角洲部位，而口门附近的崇明东滩、横沙东滩、九段沙及长江口南边滩为巨大的贮沙场，在正常天气条件下，由于涨落潮海水流速远小于主槽流水，泥沙的沉降机率很大，如1964年8月2日至3日，通过底沙捕沙器截沙，24 h内滩面淤积厚度达2～3 cm，用沉降板观测，每次潮水可沉积0.5～1 cm厚的淤层，如遇大风天气，浅滩风浪掀沙可在近底形成30～50 cm厚的高浓度含沙浑浊层，大潮期间，浑浊层可扩展至离滩面1.0～1.5 cm高度，浑浊层的全潮积时含沙量高达30～100 kg/m$^3$。因此，拦门沙地区的潮间带浅滩又可作为航槽淤积的供沙地，1976年及1977年洪水季节小汛期长江口南槽铜沙地区在刮风天后，先后6次出现大规模的浮泥是有力的佐证。

(3)合理布置双导堤方案可起到增深拦门沙航道的效果。在长江口南北两侧横沙东滩及九段筑双导堤工程，主要是发挥堵汊、挡沙、导流、束水攻沙等多种功能。

第一作者简介：　赵长海　男　工程师，主要从事气象卫星业务工作(气象卫星的应用服务、研究、业务控制)。

作者单位：赵长海　恽才兴　郑新江　何青　时伟荣　张鸣(国家卫星气象中心，北京　100081　　华东师范大学，上海　200062)

参考文献

[1]　恽才兴等.利用卫星像片分析长江入海悬浮泥沙扩散问题.海洋与湖沼，1981，(12)

[2]　恽才兴.长江口潮滩冲淤和滩槽泥沙交换.泥沙研究，1983，(4)