

文章编号:1001-4179(2011)21-0015-04

# 长江“南京—南通”河段演变及碍航特性分析

杨芳丽, 陈 飞, 付中敏, 雷雪婷

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430010)

**摘要:**南京至南通河段作为长江口深水航道 12.5 m 水深向上延伸的重要组成部分, 航道条件极为重要。在已有研究成果的基础上, 收集“南京—南通”河段大量实测水文、地形资料, 系统分析了该河段河床演变和碍航特性, 并进行了演变趋势预测。根据预测成果, 结合该段航运发展需求和航道整治目标, 针对不同河段, 提出了航道整治方案初步设想, 为该段航道整治提供了参考。

**关键词:**河床演变; 碍航特性; 航道整治; 南京—南通河段

中图法分类号: TV85 文献标志码: A

## 1 基本情况

### 1.1 河道概况

南京至南通河段位于长江下游江苏省境内, 上起南京西坝, 下至南通天生港区, 全长约 224 km (河道形势见图 1), 以江阴为界分为上、下两段。江阴黄山节点以上河道(南京、镇扬河段、扬中河段)属于近河口段, 河床演变主要受径流控制, 河道相对窄深, 江面宽度在 1.1~3.0 km 之间(不含江心洲), 京杭大运河横贯南北, 在扬州、镇江附近与长江干流相交, 左岸三江营有淮河入江。受南岸宁镇山脉和江阴黄山的制约, 岸线稳定少变, 北岸属冲积平原, 易受水流淘刷而崩

塌。该段河道以分叉河型为主, 沿江有多处节点控制, 节点处江面宽度仅为 1.1~1.3 km, 水深流急, 节点间江心洲发育, 河道平面形态呈宽窄相间的藕节状分叉河型。江阴黄山节点以下(澄通河段)属于河口段, 江面宽阔, 水深变浅, 江面宽度在 1.4~10 km 之间, 总体上呈自上而下逐渐展宽。河床演变受径流和潮流的共同作用, 河道中沙体较多, 且出现大量发育未成熟的散乱沙群或潜洲, 水流切割沙体, 沙群分合多变, 水道兴衰交替、变化频繁。

### 1.2 航道概况

该河段包括 8 个水道(从上游至下游分别有南京河段的龙潭水道, 镇扬河段的仪征水道、和畅洲水道、

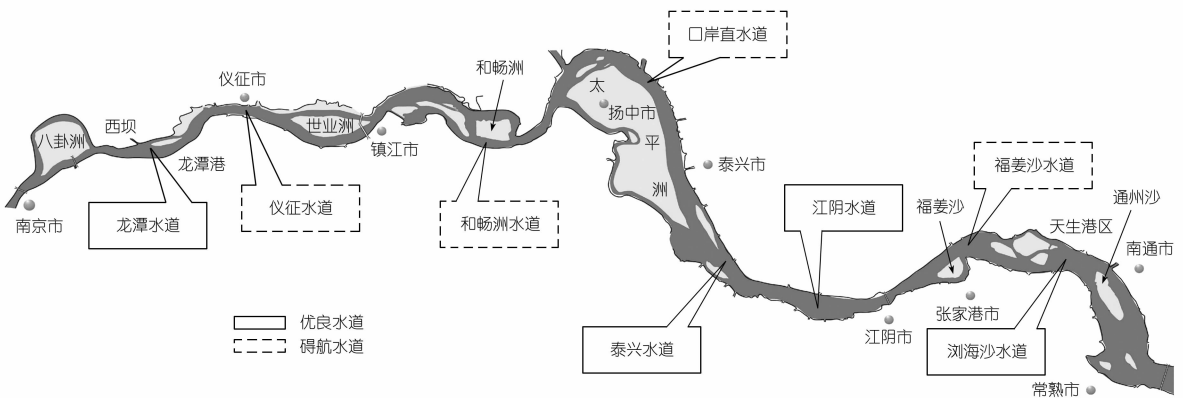


图 1 长江下游南京至南通河段河势示意

收稿日期:2011-07-18

作者简介:杨芳丽,女,工程师,博士,主要从事河流泥沙数值模拟研究。E-mail: yangfl81@163.com

焦山水道和丹徒直水道、扬中河段的口岸直水道、泰兴水道和江阴水道、澄通河段的福姜沙水道、浏海沙水道)。历史上,该河段内沙体几度分合或并岸,航道条件曾十分恶劣。近十多年来,由于受护岸、围垦造地、节点控制工程等多种因素作用,主流摆动幅度有所减小,多数水道航道条件有一定改善。目前,针对碍航问题较为突出的水道(口岸直水道和福姜沙水道)正在实施洲滩关键控制工程。

目前的通航标准为  $10.5\text{ m} \times 500\text{ m} \times 1\ 050\text{ m}$ (水深  $\times$  航宽  $\times$  弯曲半径),其中和畅洲右汉、福姜沙南水道航宽按  $200\text{ m}$  维护。根据《长江干线航道总体规划纲要》提出的规划目标,到 2020 年,南京至太仓段航道通航条件逐步改善,适应大型海船运输需要,可通航由  $2\ 000\text{ t}$  或  $5\ 000\text{ t}$  级驳船组成的  $2 \sim 4$  万  $\text{t}$  级船队和  $3 \sim 5$  万  $\text{t}$  级海船。南通至太仓段作为长江口深水航道  $12.5\text{ m}$  水深向上延伸的第一组成部分,目前正在进行深入的前期研究工作,南京至南通河段作为长江口深水航道  $12.5\text{ m}$  水深向上延伸工程的第二组成部分,前期研究工作也已启动。为了尽可能发挥长江口深水航道的效益,该河段建设标准与长江口三期工程一致,即满足  $5$  万  $\text{t}$  级集装箱船全潮、 $5$  万  $\text{t}$  级散货船和油船满载乘潮双向通航,兼顾  $10$  万  $\text{t}$  级及以上海轮减载乘潮通航的要求,初步实现《长江干线航道总体规划纲要》中 2020 年的目标。

很多水利工作者曾对南京至南通河段的演变及治理进行过分析<sup>[1-6]</sup>,但多是基于单河段的演变或从河道整治的角度来进行。本文在已有研究工作的基础上,通过对长江南京至南通河段长河段河床演变及碍航特性进行分析和归纳,对其演变趋势进行预测,并提出了航道治理方案初步设想。

## 2 近期演变及变化趋势

### 2.1 近期演变

#### 2.1.1 历史演变特点

20 世纪 90 年代以前,该河段总体河势表现为:弯道段岸线崩退,深泓大幅左摆,弯顶逐渐向下发展;汉道段随着上游深泓的摆动,上、下衔接段主流相应地进行调整,大部分弯曲分汉河段左汉发展,右汉相对萎缩,变化最为典型的为和畅洲主支汉易位的变化。

20 世纪 90 年代,该河段大部分岸线已先后得到守护,总体河势表现为:河床的横向变形受到限制,主流动力作用转为下切,河床向窄深方向变化。在该时期,长江连续发生 4 次较大洪水(主要有 1995、1996、1998 年和 1999 年,大通站最大流量分别为  $74\ 500$ 、

$75\ 000$ 、 $82\ 400$ 、 $82\ 900\text{ m}^3/\text{s}$ ,1998 年和 1999 年的  $7 \sim 9$  三个月月平均流量与同期多年平均流量相比大  $38\% \sim 77\%$ )。这样的水流条件进一步加快了汉道的发展,主要表现为汉道段主流取直,洲头易于冲刷后退,边滩与心滩(沙洲或水下暗沙)此消彼长,影响局部滩槽的稳定,航道条件恶化。

2000 年至今,长江来水相对较小,在河势控制工程的作用下,该河段总体河势趋于相对稳定,上下游河段相互演变关系减弱,河床通过自身的调整,大部分汉道段航道条件有所转好,河床演变主要表现为各汉道内河床及洲滩的局部调整。

总的来说,近期该河段大多数分汉河段河势基本稳定,少数汉道经历了主支汉易位的反复过程,在河势控制工程和节点的控制作用下,单一微弯河段河势较为稳定,上下游相互影响减弱,主要表现为各汉道局部深泓的摆动,进而引起洲滩的冲刷崩退和航槽的宽浅态势。

#### 2.1.2 分河段演变特点

(1) 龙潭水道为南京河段下段,自 1985 年兴隆洲堵汉后,转化为单一微弯河道,总体呈现凹岸冲刷、凸岸淤积的演变特点,在护岸工程的控制下,凹岸岸线崩退趋势得到控制,总体河势基本保持稳定。

(2) 镇扬河段世业洲汉道左汉发展、右汉缓慢萎缩;六圩弯道凹岸崩退逐步得到控制,征润洲边滩淤涨下延;和畅洲汉道经历了主支汉易位的过程,近年来右汉进流条件逐步恶化,仍处于缓慢衰退趋势;大港河段总体河势保持稳定。

(3) 扬中河段太平洲左右两汉保持较为稳定的分流格局;近年来落成洲右汉河道不断发展,嘶马弯道顶冲点下移;礁板沙平台部分冲失,挑流作用减弱;鳊鱼沙水域两槽交替发展,心滩变化较为剧烈,近年来左槽发展明显;天星洲左汉发展,禄安洲右汉分流比增加;江阴水道河势基本稳定。

(4) 澄通河段福姜沙河段江阴至福姜沙洲头段河势基本稳定;福南水道发展成鹅头型弯道,河势格局基本稳定,但深槽易发生中断;福姜沙左汉河势受福姜沙洲头至双涧沙沙头之间的过渡段深泓摆动影响和双涧沙冲淤而变化;福北水道河槽弯曲,深槽沿程急剧束窄,冲刷发展潜力较小。

### 2.2 上下游河段演变关系

南通至南京河段各分河段(南京河段、镇扬河段、扬中河段、澄通河段)除了遵循自身的演变规律外,还表现出一定的相互关联性,两河段之间节点的稳定与否,对下游河段进口河床的稳定起着重要作用,也是整

体下游河段河势稳定的重要条件。其相互关联性主要体现在以下几个方面。

(1) 南京河段龙潭水道三江口节点和镇扬河段世业洲分流区的变化,是引起镇扬河段世业洲左汉发展的原因。1992年后,三江口节点抛石守护后趋于稳定,陡山弯顶上提,上游龙潭水道变化对该段影响减弱。

(2) 由于五峰山节点挑流作用,扬中河段嘶马弯道凹岸崩退,顶冲点不断下移,随着弯道左汉内曲率的增加,落成洲右汉发展。近年随着嘶马弯道护岸整治和不断加固,上游变化对该段影响减弱。

(3) 江阴水道河势的稳定和炮台圩至鹅鼻咀的节点控制作用,为澄通河段提供了稳定的入流条件。

### 2.3 演变趋势预测

通过对该河段一维数学模型、各河段二维数学模型、重点水道河工模型研究演变趋势分析,有如下认识。

(1) 随着河势控制工程的逐渐加强,南通至南京河段总体河势将趋于稳定。

(2) 在人类工程建设强度逐渐加大的趋势下,该河段河道演变自然规律仍会有一定的体现,部分分汉河道主通航河道处在不利的地位。如和畅洲右汉(主航道)分流比严重不足,世业洲右汉和落成洲左汉分流比减少趋势尚未停止,将导致航道条件进一步向不利方向变化。

(3) 河道演变的基本规律没有改变,若河道进入不利变化周期,特别是遭遇特殊大洪水的情况下,可能出现滩体冲刷切割,水流分散,航槽淤积。

### 3 碍航特性分析

该河段 8 个水道中的龙潭水道、泰兴水道、江阴水道和浏海沙水道为单一微弯河段,而镇扬河段的仪征水道、和畅洲汉道(焦山水道、丹徒直水道)、扬中河段的口岸直水道和澄通河段的福姜沙水道为分汉段。河演分析表明,该河段分汉河段局部滩槽存在冲淤变化,在潮汐与径流共同作用下,碍航浅段主要位于分汉河段进口、汉道中部及下段等部位。

(1) 分汉河段汉道进口分流区河道展宽,主流摆动空间增大,分流点洪枯季不一致,水流分散,泥沙落淤,进口段两侧经常形成边滩,边滩发育到一定规模,冲刷下移,在江中形成心滩或浅点,出现碍航。

如世业洲汉道分流区、和畅洲汉道分流区、落成洲左汉进口段三益桥处、鳊鱼沙左右槽进口处、福姜沙汉道双涧沙分流区等分汉段河道放宽,水流分散,流速变小,泥沙易落淤。边滩淤涨,引起主流摆动。主流摆

动,又引起边滩相互消长。部分边滩易向江中淤长,特别是大洪水年边滩易被切滩成心滩。当边滩进入主航道内时,引起主航道水深不足,出现碍航。

(2) 水流动力轴线改变及河床泥沙可动性使河床滩槽处于不稳定状态,作为主航道的主导边界的沙洲或边滩易冲刷,在分汉段易出现“冲滩淤槽”,使航槽趋于宽浅,航道条件向不利方向发展。

如扬中河段鳊鱼沙水域河道顺直放宽,心滩位置不定,航道不稳定。大水年份,易“冲滩淤槽”,心滩入航道,造成航道淤浅。当心滩南北槽交替发展时,分汉段进口左右边滩彼消此长,影响航道及下游心滩发展。福姜沙水道双涧沙水域,局部水流为弯道环流,表层水流指向北侧的凹岸,底部水流指向双涧沙体,双涧沙体处于不稳定状态,影响两侧深槽的稳定,同时沙体上部滩面斜向 10 m 深槽贯通,中部 5 m 窄沟发育,沙体存在冲刷切割的可能,不利于周边深槽的稳定。

(3) 多年来,非主通航汉道段分流比呈增加趋势,非主通航汉道(世业洲左汉、和畅洲左汉、落成洲右汉)缓慢发展,通航汉道呈缓慢衰退的趋势,且水动力条件逐渐减弱,两汉分流比差异逐渐扩大,通航汉道易于淤积萎缩,航道条件恶化。

(4) 一般水文年,沙体相对高大完整,浅滩形态一般为正常浅滩,航道条件相对较好;遭一般大水年时,长江径流较大,水流动力增强,沙体头部易冲刷后退,航道条件变差;遭遇特大洪水年时,沙体易冲散,呈单一河槽,浅滩形态一般为散乱浅滩,航道条件较差。

### 4 航道治理方案初步设想

(1) 仪征水道。航道存在的问题包括:① 左汉分流比不断增加,致使左汉缓慢发展、右汉持续衰退;② 世业洲洲头及低滩冲刷降低、后退,右汉进口滩槽型态向宽浅化发展,12.5 m 航槽宽度不断减小,航道条件趋于恶化。

治理思路为:① 遏制左汉进一步发展,巩固右汉的主汉及主航道地位;② 守护世业洲洲头及右缘边滩免受冲刷,适当束窄右汉中上段河槽,塑造较好的滩槽形态,稳定并改善右汉的航道条件。

(2) 和畅洲汉道。航道存在的问题包括:① 航道弯曲、狭窄;② 船舶通航密度大,右汉不能适应航运发展的需求。

治理思路为:结合河势控制工程,并采取相应措施,适当增加右汉分流比,改善右汉航道条件;采取必要的疏浚措施,保持和畅洲右汉航道畅通<sup>[6-8]</sup>。

(3) 口岸直水道。主航道进口与出口存在上、下两处浅区:① 上浅区。为过渡放宽段浅区,12.5 m 上

下深槽左右分离,加上落成洲右汊近年分流比增大,过渡段出现不足 12.5 m 水深的浅包。② 下浅区。主航道经常易位,左槽进口及尾部、右槽进口及中部航道水深不够或航道宽度不足。

治理思路为:在洲滩守护工程(鳊鱼沙心滩头部守护、落成洲)的基础上,实施以改善航道条件、提高航道尺度为目标的整治工程。对于上段弯曲分汊段,通过缩窄落成洲左汊进口放宽段河槽宽度,并守护右汊,增强过渡段浅区水流动力;对于下段长顺直段,通过稳定并加高鳊鱼沙心滩,稳定航槽,改善航道条件。

(4) 福姜沙水道。各段存在的碍航问题包括:福南水道河道弯曲,航道窄浅,目前维护 200 m 航宽困难;福北水道在焦港和如皋中汊附近 12.5 m 深槽宽度不足 200 m;福中水道航道条件不稳定,有些年份枯水期江轮也难以正常通航。

在双涧沙守护工程的基础上,首先开展主航道选槽论证,在确定主航道通航汊道之后,开展以下几个方面的航道治理:① 若以整治福北水道为目标,需限制双涧沙漫滩流及福中水流,将水流归入福北深槽,增强水流动力,改善航道条件;② 若以整治福中为目标,需稳定福中水道进口入流条件,缩窄进口段低水河宽,有效增加进口段水深;③ 若以整治福南、福北水道为目标,需限制双涧沙漫滩流及福中水流,同时改善福南水道,增强水流动力,改善航道条件;④ 若以整治福北、福中水道为目标,需进行双涧沙整治工程、福北水道航道治理工程和福中水道航道治理工程,改善福北和福中航道条件。

## 5 结 论

该河段随着河势控制工程的逐渐加强,总体河势

将趋于稳定,但部分分汊河道主通航汊道仍处在不利的地位,若河道进入不利变化周期,特别是遭遇特殊大洪水的情况下,可能出现滩体冲刷切割,水流分散,航槽淤积。基于河道演变及碍航特性分析,对南京至南通河段下一步系统治理提出如下建议。

(1) 结合最新的原型观测资料,深入分析河道新的变化及演变趋势,并研究三峡工程蓄水运用对该河段河道演变的影响,为整治方案的提出提供技术支撑。

(2) 该河段整治须首先在遵循河道综合治理的基本原则前提下,兼顾两岸开发利用、防洪、环保和港口等方面的需求与限制,通过深入的研究,提出合理的工程初步方案,在此基础上采用多种研究手段进一步优化方案,确保航道整治效果。

### 参考文献:

- [1] 罗海超. 长江中下游分汊河道的演变特点及稳定性[J]. 水利学报, 1989, (6): 10 - 19.
- [2] 夏西禾, 余文畴. 长江中下游分汊河道稳定性与治理方略的探讨[J]. 人民长江, 1999, 30(9): 21 - 22.
- [3] 余文畴, 卢金友. 长江河道演变与治理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [4] 林木松, 卢金友, 张岱峰, 等. 长江镇扬河段和畅洲汊道演变和治理工程[J]. 长江科学院院报, 2006, 23(5): 10 - 13.
- [5] 张志坚, 杭建国. 对长江镇扬河段世业洲左汊加速发展的认识和思考[J]. 江苏水利, 2008, (2): 12 - 13.
- [6] 张幸农. 长江南京以下河段深水航道整治基本原则与思路[J]. 水利水电工程学报, 2009, (12): 128 - 133.
- [7] 刘娟, 舒行瑶, 韩向东, 等. 镇扬河段和畅洲汊道二期整治工程[J]. 水利水电快报, 2002, 23(24): 10 - 12.
- [8] 陈飞, 付中敏, 杨芳丽. 长江镇扬河段河势变化对航道条件的影响[J]. 水运工程, 2011, 454(6): 112 - 116.

(编辑: 李慧)

## Study on river evolution of Nanjing - Nantong section of Yangtze River and its navigation - obstructing characteristics

YANG Fangli, CHEN Fei, FU Zhongmin, LEI Xueting

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The Nanjing - Nantong section is an important part of the deepwater channel extending upward at a depth of 12.5 m of Yangtze River Estuary, so its navigation condition is crucial. Based on the previous research results, massive hydrological and topographical data measured in the Nanjing - Nantong section are collected and the recent evolution and navigation - obstructing characteristics of the river channel is analyzed; the evolution trend is predicted as well; the preliminary scheme of waterway regulation is put forward accordingly with consideration of the developing demand of navigation and its regulation goal.

**Key words:** river evolution; navigation - obstructing characteristics; waterway regulation; Nanjing - Nantong section