



# 长江口北支河段碍航特性及治理思路<sup>\*</sup>

林芬芬, 季 岚, 曹慧江, 袁文昊

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

**摘要:** 近年来随着一系列围围和护岸工程的实施, 长江口北支河道边界逐渐固定, 河床整体处于缓慢淤积状态, 但局部滩槽变化仍较大, 航道条件相对复杂。基于实测地形资料, 分析1997年以来北支河段的河床演变特征及碍航特性, 结合近期北支河段水深条件, 提出北支航道采取上中下河段“联动治理, 分级通航”的治理思路。崇启大桥上游河段水深多为3~5 m, 3 m深槽仅在崇头附近中断, 建议该段利用自然水深布置航道, 局部浅区开展疏浚。崇启大桥下游河道展宽明显, 河宽达5~10 km, 加之江心滩冲刷萎缩, 漫滩流增加, 不利于航槽水深的维持, 建议在主槽南侧采取必要的整治工程, 同时开展江心滩守护工程, 稳定航道边界, 维持航槽水深。

**关键词:** 河床演变; 碍航特性; 北支河段; 长江口

中图分类号: TV 147; U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)06-0177-06

## Characteristics of navigation-obstruction and regulation idea of the North Branch of the Yangtze Estuary

LIN Fen-fen, JI Lan, CAO Hui-jiang, YUAN Wen-hao

(CCCC Shanghai Waterway Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

**Abstract:** With the implementation of large-scale reclamation projects and bank-protection works in recent years, the boundary of North Branch of the Yangtze Estuary gradually maintains stable. In general, the North Branch slowly undergoes sedimentation, but the remarkable channel evolution still occurs in some local regions with its complex navigation conditions. Based on the topographic data, we analyze the characteristics of channel evolution and navigation-obstruction of the North Branch since 1997, and propose the regulation idea of “linkage regulation and hierarchical navigation” in the upper, middle, and lower reaches of the North Branch channel. The water-depth of the upper reach of Chongqi Bridge mostly ranges from 3 m to 5 m, with the groove deeper than 3 m only being interrupted near Chongtou. It is suggested to arrange the channel with natural depth in the upper reach, and dredge in some shallow areas. The lower reach of Chongqi Bridge is widened, with the water-width from 5 km to 10 km. Also, the floodplain flow increases because of the erosion and shrink of the central bar, and it is not conducive to the maintenance of channel depth. It is suggested that the regulation works should be taken on the south bank, and the protection project of the central bar is carried out to stabilize the channel boundary and maintain the channel depth.

**Keywords:** channel evolution; characteristic of navigation-obstruction; the North Branch; the Yangtze Estuary

北支河段是长江口一级分汊出海通道, 河段水流条件复杂, 泥沙来源丰富, 自形成以来洲滩淤涨、变迁频繁, 尚未形成稳定航路。20世纪

50年代以前, 北支河段基本处于自然冲淤状态<sup>[1]</sup>; 20世纪50年代以来, 受人类活动及自然条件变化影响, 北支径流量明显减小, 北支咸潮倒灌南支

收稿日期: 2020-12-09

\*基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0405400)

作者简介: 林芬芬(1993—), 女, 硕士, 助理工程师, 从事港口航道及河口治理规划与研究。

时有发生，进口段整体淤浅缩窄<sup>[2-5]</sup>。近年来随着一系列圈围和护岸工程的实施<sup>[6-8]</sup>，长江口北支河道边界趋于固定，河床整体处于缓慢淤积状态，但局部滩槽变化仍较大，航道条件相对复杂<sup>[9-10]</sup>。作为长江口航道“一主(主航道)两辅(南槽、北港航道)一支(北支航道)”的重要组成部分，须对北支河段的河床演变特征及碍航特性进行跟踪分析，为北支航道的开发和利用提供技术支撑及研究基础。

## 1 河段概况

北支河段上起崇头，下至连兴港，河段全长约 90 km。18 世纪中叶，长江主流改道南支，北支分流量减少，北支逐渐由主汊演变为支汊。20 世纪 50 年代以来，随着北支上段圈围工程的实施，进口段河宽缩窄，北支分流比进一步减小。2002 年以来，北支洪季落潮分流比在 2%~5% 变动，目前约为 5%；洪季落潮分沙比大于相应分流比，变化范围在 5%~15%，目前约为 12%，见图 1。

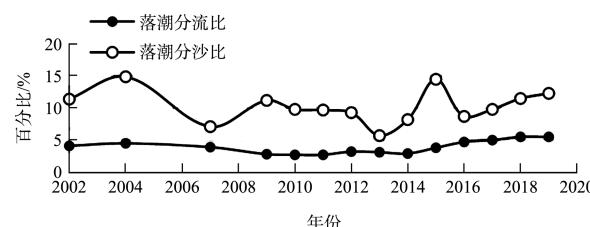


图 1 2002—2019 年北支洪季落潮分流比及分沙比

北支河段自上而下可分为 3 段，其中上段为崇头—灵甸港段，中段为灵甸港—崇启大桥段，下段为崇启大桥—连兴港段。北支上段河道弯曲，洲滩及暗沙分布散乱，其中灵甸港前沿存在心滩，呈分汊河型；中下段河道相对顺直，主流基本贴北岸下行。河道沿程上窄下宽，北支中上段受一系列圈围及护岸工程控制，沿程河宽变化相对较小，多为 2~3 km；但下段河道明显展宽，崇启大桥处河宽约 5 km，出口段连兴港处达 10 km，平面形态呈喇叭状。水深沿程上浅下深，上段深槽水深多在 3 m 左右，中段多为 3~5 m，下段多为 5~7 m，其中连兴港前沿存在 8 m 深槽。北支河段河势现状见图 2。

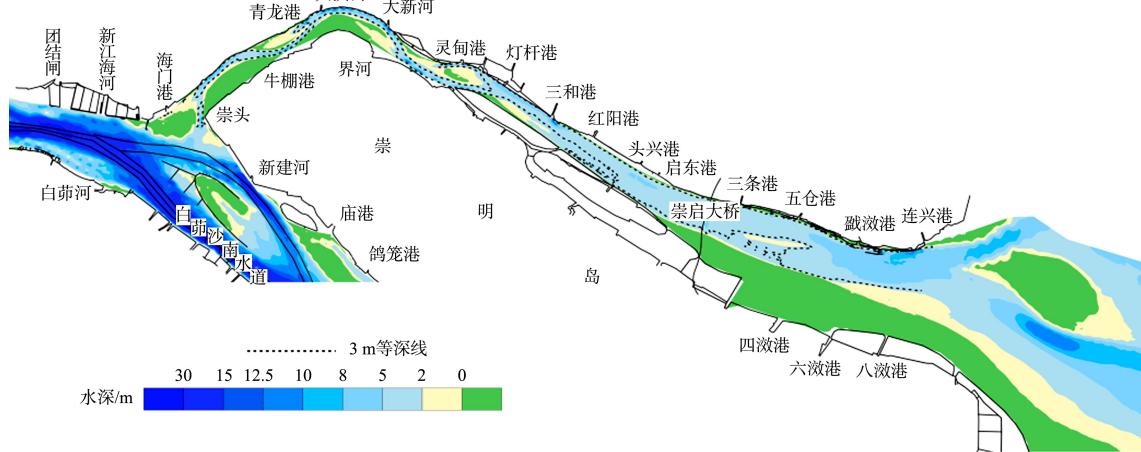


图 2 2019 年北支河段河势现状

## 2 北支航道通航水深需求分析

根据已有的综合整治规划及长江口航道发展规划，长江口航道总体布置格局为“一主(主航道)两辅(南槽、北港航道)一支(北支航道)”。从长江口航道实施情况来看，目前北支航道主要利用自然水深通航，局部维护。

北支航道近期主要服务于启东沿江临港产业，未来随着长三角一体化等国家战略的推进以及北支北岸下段沿江产业的发展，有望成为长江集装箱运输新出海口、南通通州湾港区干散货江海联运系统和集装箱、干散货江海直达系统的重要组成部分，将适时推动建设北支 3 000~1 万吨级

航道。

结合近期北支河段水深条件, 考虑到崇启大桥通航孔限制, 可分段提高北支航道通航标准至3 000~1万吨级。崇启大桥上游按3 000吨级江海直达船标准建设; 崇启大桥下游按最大1万吨级海轮标准建设, 分段通航3 000~1万吨级海轮。按乘潮通航保证率80%~90%计算可得, 崇启大桥上游所需航道水深约3 m; 崇启大桥下游3 000吨级海轮所需航道水深约4 m, 5 000吨级海轮航道水深5~6 m, 1万吨级海轮航道水深7~8 m。

### 3 河床演变特征及碍航特性

#### 3.1 河床演变特征及成因分析

##### 3.1.1 总体河势变化

1997年以来, 北支河段整体处于缓慢淤积状

态, 但局部滩槽变化仍较大, 0 m以深河槽容积减小约36%。分时段来看, 1997—2010年北支沿程冲淤相间, 即崇头—青龙港段冲刷, 冲刷主要发生在河道北侧, 见图3a); 青龙港—崇启大桥段普遍淤积, 其中灵甸港—三和港侧有所冲刷; 崇启大桥以下“北冲南淤”。近十年(2010—2019年)北支沿程冲淤分布调整为“上冲下淤”, 基本以崇启大桥为界, 大桥以上普遍冲刷, 大桥以下普遍淤积, 见图3b)。与1997—2010年相比, 崇头—青龙港段冲刷区域发生调整, 由北侧海门港—青龙港段调整为南侧崇头—牛棚港段。此外, 灵甸港前沿冲刷区域也有所调整, 1997—2010年灵甸港左汊稍有冲刷, 右汊普遍淤积; 近十年灵甸港右汊冲刷发展, 左汊小幅冲刷且局部有所淤浅, 目前右汊水深条件优于左汊。

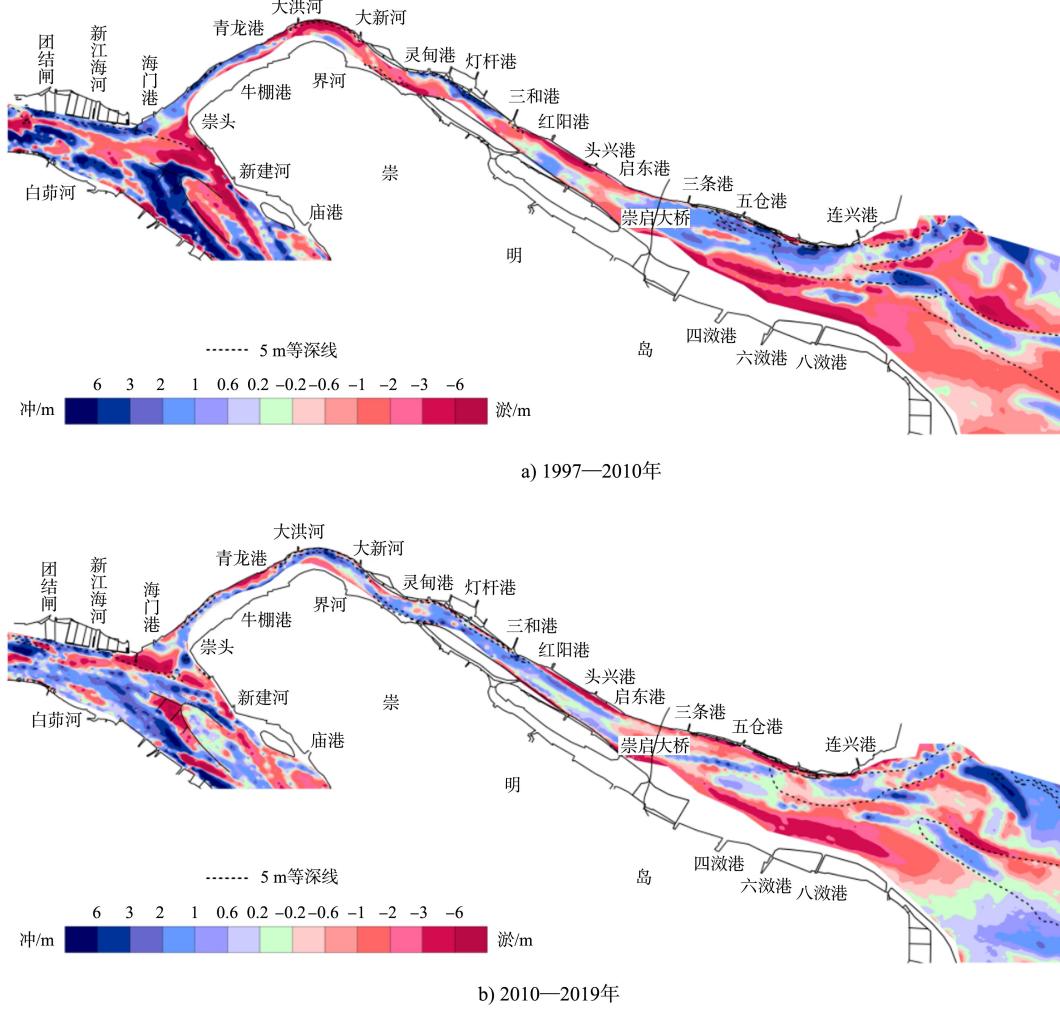


图3 北支河段冲淤变化

### 3.1.2 局部河势变化及成因分析

1) 北支上段(崇头—灵甸港)。从进口深泓变化来看, 2001 年以前, 主流基本由崇头侧进入北支; 2001—2007 年, 主流逐渐转移至海门港侧进入北支, 见图 4a); 2010 年以来, 进口主流再次摆回崇头侧, 见图 4b)。引起北支进口段局部河势变化的动力成因主要为: 20 世纪 70—90 年代海门港侧圩角沙发育, 主流逐渐南偏, 加之 1995 年圩角沙圈围工程实施后, 埤角沙完全并岸, 使 2001 年以前进口深泓偏靠崇头侧。此后, 白茆沙北水道顶冲点持续下移至崇头下游, 北支入流条件进一步恶化, 崇头侧河床淤浅, 主流逐渐北偏, 2001—2007 年深泓转移至海门港侧。2008 年以来, 随着新通海沙工程及白茆沙工程陆续实施, 徐六泾段主流南偏, 北支进口主流摆回崇头一侧; 加之受北支中下段滩涂工程的影响, 北支涨潮动力有所减弱, 南支涨潮流可上溯至北支上段, 见图 5a)。此外, 由于南、北支涨潮流存在相位差, 北支进口段泥沙受水流顶托易落淤, 逐渐发展成为舌状淤积体, 且该淤积体周围在涨、落潮阶段存在不同方向的绕流, 进一步增加了进口区域水流的复杂性, 见图 5 a)、b)。

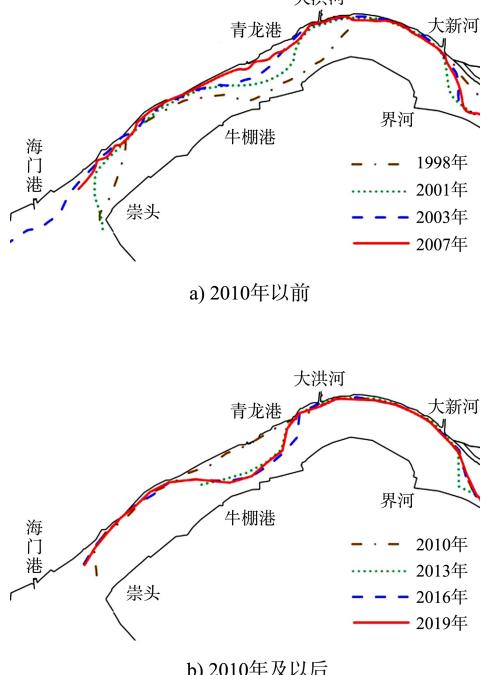


图 4 北支上段深泓线变化

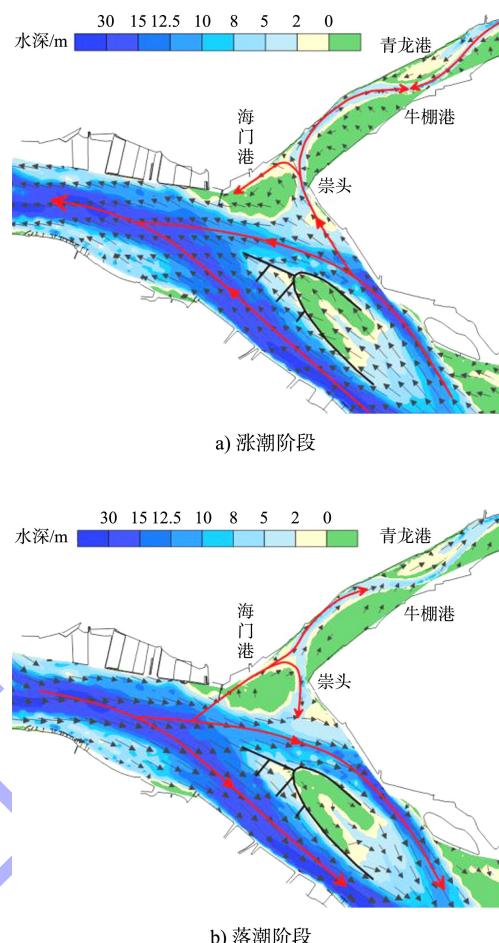


图 5 北支上段流场

青龙港段基本位于南、北支会潮区内, 水流动力较弱, 泥沙容易落淤, 深槽位置不稳定, 同时进口主流摆动对青龙港前沿主槽也有所影响。20 世纪 70—90 年代, 随着圩角沙淤长下延, 青龙港前沿水深变浅, 主流由崇头进入北支后顶冲日新河附近, 在弯道挑流作用下, 下游主流逐渐南偏至牛棚港附近, 北支上段流路弯曲。2003—2007 年, 主流由海门港进入北支后基本贴左岸下行, 冲刷青龙港前沿河槽, 流路趋于顺直。2010 年以来, 进口主流摆回崇头后, 青龙港前沿淤浅, 流路再次弯曲。

综上可见, 北支上段受入流条件影响较大, 崇头—青龙港段深槽摆动频繁。若进口主流偏崇头侧, 北支上段流路弯曲; 反之, 若进口主流偏海门港侧, 流路则相对比较顺直。

2) 北支中段(灵甸港—崇启大桥)。近十年,

灵甸港前沿右汊冲刷发展, 左汊涨潮槽由于近期北支涨潮动力减弱发展趋缓。灵甸港以下河段, 在 2001 年以前呈分汊形态; 2001 年以后随着兴隆沙、新村沙先后并岸, 边界条件趋于稳定, 河道呈顺直形态, 主流基本贴左岸下行。近期北支中段深槽总体冲刷增深, 水深条件相对较好。

3) 北支下段(崇启大桥—连兴港)。北支下段河床宽浅, 水流动力分散, 泥沙容易落淤。近十年来, 该河段总体淤积, 但局部区域如连兴港前沿深槽仍有所冲刷, 见图 3b)。此外, 崇启大桥附近存在条状冲刷带, 使得大桥下游 2 m 以浅心滩持续冲刷萎缩(图 6), 近十年该心滩规模减小一半左右, 其中江心滩长度由 9 km 缩短至 5 km, 面积由 506 万  $m^2$  减至 226 万  $m^2$ ; 同时江心滩整体有所南移, 移动距离约 600 m。该浅滩持续冲刷会导致漫滩流增加, 从而分散北侧深槽水流, 不利于深槽水深的维持。

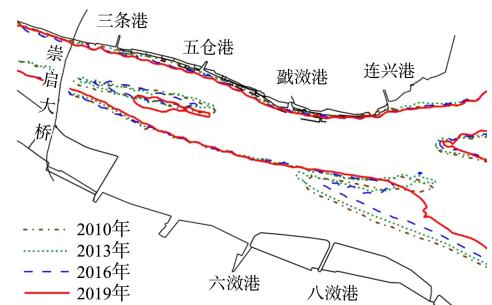


图 6 北支下段 2 m 线变化过程

### 3.2 眷航特性

#### 3.2.1 北支中上段

北支进口水流条件相对复杂(图 5), 受水流顶托易发生淤积, 目前进口 3 m 深槽断开, 中段距离约 700 m, 见图 7; 崇头—青龙港段主流摆动频繁, 滩槽格局多变; 灵甸港前沿存在心滩, 河道呈分汊河型, 近期左、右汊道均有冲刷, 右汊航槽动力仍不稳定。可见, 北支中上段碍航特性主要表现为: 进口 3 m 深槽中断, 崇头—青龙港段主流摆动频繁, 灵甸港前沿存在心滩, 航槽位置不稳定。

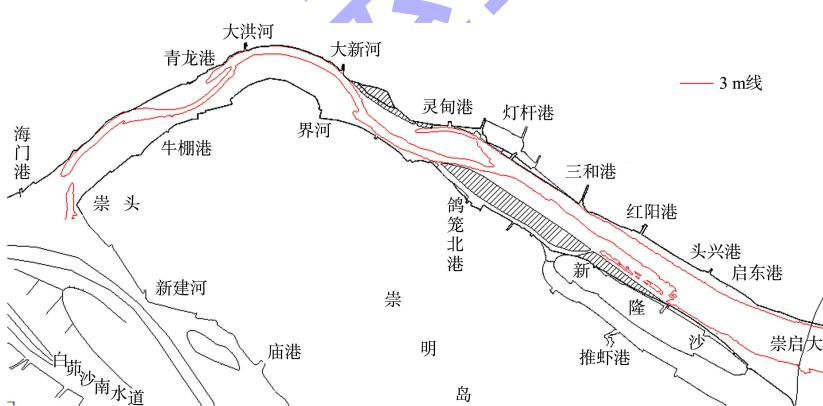


图 7 2019 年北支中上段 3 m 等深线分布现状

#### 3.2.2 北支下段

目前北支下段 5 m 深槽主要分布在五仓港下游 1.3 km 处, 崇启大桥—五仓港段水深仍不足 5 m; 截激港以下河段有 6 m 深槽发育, 至连兴港前沿局部水深可达 8 m, 但深槽宽度较窄且紧贴岸线; 崇启大桥下游 2 m 以浅心滩冲刷萎缩, 漫滩流增加, 使得北侧深槽水流分散, 不利于主槽水深维持, 见图 8。因此, 北支下段碍航特性主要表现为: 河道明显展宽, 水流分散, 且江心滩冲刷,

漫滩流增加, 航槽水深不稳定。

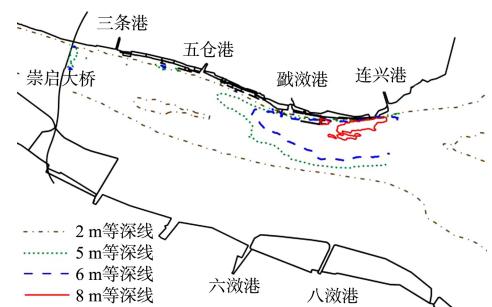


图 8 2019 年北支下段 2、5、6、8 m 等深线分布现状

## 4 治理思路

### 4.1 总体治理思路

以上分析表明, 北支河段治理的主要目标为: 改善北支进口水流条件, 稳定青龙港前沿深槽位置, 稳定北支下段航道边界。

结合近期北支河段水深条件, 建议北支航道采取上中下河段“联动治理, 分级通航”的治理思路。基于河段内已建的河势控制工程, 充分利用现有滩槽格局, 分段布置航道; 对碍航浅区进行疏浚, 改善水流条件, 确保深槽贯通; 对活动心滩进行整治, 并在河道宽浅位置建设导堤或顺坝, 稳定航槽, 维持航道水深。

### 4.2 分段治理思路

#### 4.2.1 北支中上段

北支上段河道弯曲, 洲滩及暗沙分布散乱, 其中灵甸港前沿呈分汊河型; 中段河道相对顺直, 主流基本贴北岸下行。北支中上段受一系列圈围及护岸工程控制, 沿程河宽变化相对较小, 多为2~3 km。北支上段深槽水深多在3 m左右, 中段多为3~5 m。北支上段受进口入流条件影响, 深槽摆动频繁, 近期主流位于崇头一侧, 流路相对蜿蜒, 且进口段3 m槽局部中断。北支中段3 m槽贯通, 水深条件相对较好。

北支进口水流条件较为复杂, 而北支上段深槽位置又与进口水流条件密切相关。考虑到目前缺乏可以有效调节该水域流态的整治措施, 因此建议北支中上段利用自然水深布置航道, 局部碍航浅区主要采取疏浚措施, 确保航槽畅通。但须持续关注进口舌状淤积体、崇头—青龙港段航槽以及灵甸港前沿心滩的变化情况, 因势利导, 适时开展如护滩或导流等相关措施稳定航路。

#### 4.2.2 北支下段

北支下段河道明显展宽, 出口连兴港处河宽达10 km, 水深多为5~7 m。该段河床宽浅, 水流分散, 加之江心滩冲刷缩小, 漫滩流增加, 不利于航槽水深的维持。

建议北支下段采取必要的整治工程, 如在主槽南侧建设导堤或顺坝等, 稳定航道边界, 维持

航槽水深; 同时对崇启大桥下游2 m以浅心滩进行守护, 进一步增强北侧深槽水流动力。局部浅区可辅以疏浚措施, 以满足航道通航水深的要求。

## 5 结语

1)近年来随着一系列圈围和护岸工程的实施, 长江口北支河道边界趋于固定, 河床整体处于缓慢淤积状态, 但局部滩槽变化仍较大。结合近期北支河段水深条件, 建议北支航道采取上中下河段“联动治理, 分级通航”的治理思路。

2)崇启大桥上游河段水深多为3~5 m, 3 m深槽仅在崇头附近中断; 大桥下游河段水深多为5~7 m, 河宽达5~10 km, 河道宽浅, 加之江心滩冲刷缩小, 漫滩流增加, 不利于主槽水深稳定。

3)崇启大桥上游河段建议利用自然水深布置航道, 局部浅区开展疏浚。但须持续关注北支进口舌状淤积体、崇头—青龙港段航槽以及灵甸港前沿心滩的变化情况, 因势利导, 适时开展相关措施稳定航路。

4)崇启大桥下游河段建议在主槽南侧采取必要的整治工程, 同时开展江心滩守护工程, 稳定航道边界, 局部浅区辅以疏浚措施, 从而满足航道所需水深。

## 参考文献:

- [1] 张军宏, 孟翊. 长江口北支的形成和变迁[J]. 人民长江, 2009, 40(7): 14-17.
- [2] 李伯昌. 1984年以来长江口北支演变分析[J]. 水利水运工程学报, 2006(3): 9-17.
- [3] 张志林, 阮伟, 刘桂平, 等. 长江口北支近期河势演变与航道资源开发研究[J]. 海洋工程, 2009, 27(2): 96-103.
- [4] 李伯昌, 余文畴, 郭忠良, 等. 长江口北支近期河床演变分析[J]. 人民长江, 2010, 41(14): 23-27.
- [5] 陈正兵, 陈前海, 侯卫国, 等. 长江口北支下段平面形态探讨[J]. 水利水电快报, 2017, 38(11): 64-68.
- [6] 张静怡, 黄志良, 胡震云. 围涂对长江口北支河势影响分析[J]. 海洋工程, 2007, 25(2): 72-77.