

长江口横沙深水港选址及可维护性探讨

楼 飞,季 岚,陈 中,王大伟

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司,上海 200120)

[摘要] 横沙东滩位于长江口拦门沙区域,该区域建设大型挖入式深水港的关键问题之一是港池及进港航道的可维护性。本文从自然水沙特性出发,对港池及其口门选址、港池及进港航道的可维护性等问题作探讨分析。分析结果认为:港池口门位置宜设置在横沙东滩东侧鸡骨礁及以南区域,开口方向宜偏SE向,口门及进港航道均需设置在10 m以深水域,由此港池及进港航道回淤量较小,港池进潮量较大,具有较好的可维护性。

[关键词] 长江口;横沙东滩;挖入式深水港;选址;可维护性

[中图分类号] U651 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)06-0108-05

1 前言

横沙东滩为长江口口门大型拦门沙浅滩,位于北槽12.5 m深水航道和北港10 m规划航道之间。该区域区位优势显著,可形成的土地及岸线资源丰富,通航条件便利,存在建设大型深水港区的可能。这正符合了上海国际航运中心建设的需要,因此横沙的开发广受关注。

根据上海现有的港口条件和国内外航运形势,横沙深水港需要达到20 m水深以满足集装箱船大型化发展的需要;需要通过“江海联运”构建物流集散中心;需要依托港口陆域,提升国际集装箱运输增值服务水平,实现全球性的资源配置枢纽功能。但长江口拦门沙特殊的水沙环境限制了横沙现有岸线条件的建港规模。利用横沙东侧直接面向外海的优势,采用挖入式方式,突破拦门沙制约,是横沙东滩深水港建设的有效方式。本文根据自然水沙特性,对港池及其口门位置作选址探讨,对港池及进港航道的可维护性作分析研究,为横沙东滩深水港建设的可行性作参考。

2 区域现状及规划

横沙东滩长45 km,宽4~11 km,滩涂面积约480 km²。西侧112 km²土地已规划实施促淤圈围工

程(见图1),目前实现促淤面积82 km²,成陆面积17 km²。东侧仍为水下浅滩区,滩涂高程在-5~1 m间,滩涂面积约370 km²。东侧直接面向外海,距离20 m深水区10~18 km。

横沙东滩南侧经北槽北导堤及丁坝作用,边界稳定;北侧,根据“长江口航道发展规划”^[1]将实施北港拦门沙段整治工程,初步的工程布置思路同样采取导堤加丁坝方案。届时横沙东滩将处于南北两大航道工程的掩护区内。

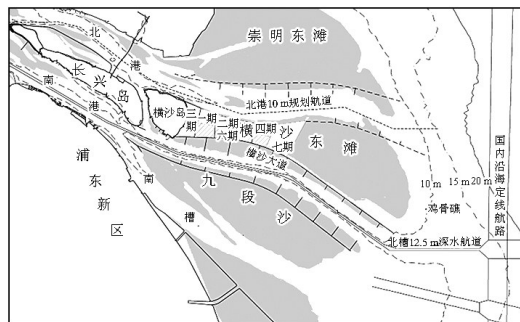


图1 横沙东滩位置及周边规划

Fig.1 The location of the Hengsha east shoal and relevant planning

3 区域自然特性

1)长江口口门“三沙四汉”滩槽位置稳定。工

[收稿日期] 2013-03-19

[作者简介] 楼 飞(1979—),女,浙江诸暨市人,高级工程师,主要从事港口航道工作;E-mail:loufei0211@yahoo.com.cn

程作用下,横沙东滩沙体受控。长江口口门自北向南依次分布有北支、北港、北槽、南槽四大入海通道,通道间依次发育有崇明东滩、横沙东滩、九段沙三大水下浅滩。自20世纪50年代北槽形成,横沙东滩成为独立沙体后,长江口门区域“三沙四汉”滩槽格局始终稳定。尤其是自1998年后,大型人工工程,如北槽深水航道整治工程、南北港分流口系列工程、白茆沙护滩工程等的相继实施,整个长江口河势得到有效控制。

横沙东滩在历史上曾是北港与北槽水沙的交换区,滩面窄沟发育,沙体受两侧水道河势影响明显。目前,在北槽深水航道整治工程和横沙东滩西侧促淤圈围工程作用下,横沙东滩已形成了基本稳定的沙体形态,如图2所示。今后随着北港整治工程的实施,整个横沙东滩南北边界均将受控。

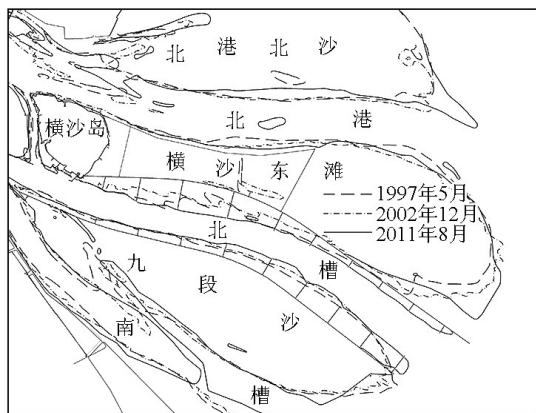


图2 横沙东滩5 m等深线变化图

Fig.2 Changes of the 5 m contour on Hengsha east shoal

2)横沙东滩位于长江口拦门沙区段,水沙环境复杂,口门内外差异较大。长江口为径潮流共同作用区,口内受河槽地形控制,涨落潮流呈往复性,至口外受外海潮波系统控制,潮流具旋转性。长江口拦门沙段基本处于口门10 m以浅水域^[2],该区域涨落潮流对峙、盐淡水混合、水体含沙量高。如北槽与北港水道,大潮平均含沙量在拦门沙段可达1~3 kg/m³,至口外10 m以深区降至0.5 kg/m³以下,至15 m以深区降至0.1 kg/m³以下。同时,拦门沙区段也是1.3%含盐度水体的主要变动区,该盐度下细颗粒泥沙易发生絮凝作用。而至口外10 m以深海域,水体含盐度迅速增加,高达2.5%以上,在这种高含盐区,水体密度大,悬沙不易落淤。

3)长江口入海水沙存在南偏输移特征,横沙东

滩东侧口门区10 m以浅分布有南北向的淤积带。受北半球科氏力作用和外海沿岸流作用,长江口入海水沙存在南偏输移特征。如图3所示,在横沙东滩东侧5~10 m水深区分布有泥沙淤积带,淤积幅度自北向南减弱;而口外在10~20 m水深区域,则呈冲刷状态为主。

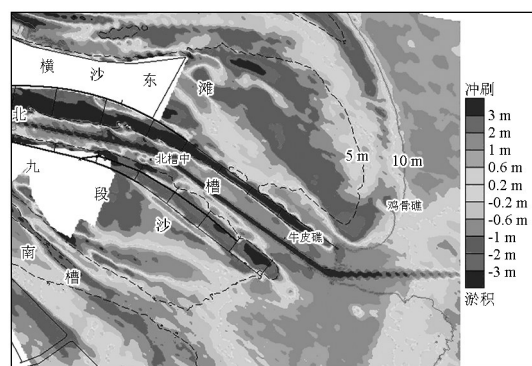


图3 长江口地形冲淤变化情况

Fig.3 Scouring and silting changes of Yangtze estuary

注:1997年5月—2010年8月

4 深水港选址分析

4.1 港区位置选择

长江口内横沙沿程岸线水深基本在5~10 m左右,仅横沙岛北沿约8.5 km长的区段水深相对较好,可达到12~16 m。但受拦门沙制约,横沙两侧航道水深分别为12.5 m和10 m(规划)。因此,在口内建设20 m深水港的岸线和通航条件不足。横沙东侧距离20 m深水区约10~18 km,若该区段采取适当的方式建港,可避开长江口拦门沙的作用,存在实现20 m深水港建设和维护的可能。故横沙深水港区位置可选择在横沙东侧区域。

4.2 港区布置方式

横沙东滩东侧直接面向外海,受长江口外海风浪作用明显,同时存在着南北向的水沙输移带,因此,横沙东侧建港可采用挖入式港池布置。一方面,采取挖入式建港,正确处理好港池口门的设置,可突破横沙东侧自身水沙条件的限制;另一方面,采取挖入式建港,可结合北槽和北港两大通航水道实现江海联运,构建长江口大型的物流集疏运中心,同时还可利用横沙东滩大片成陆陆域,完成转口货物的保税加工、转口贸易,实现增值服务。

4.3 港区口门位置选择

对于挖入式港池,关键是处理好港池口门的设

置,以实现港池和进港航道的可维护。具体设置要求如下。

1) 口门位置需避开拦门沙的作用范围。港区口门可设置在拦门沙的外缘,使进港航道直接从口外10 m以深区域进入港区掩护区内,避开拦门沙区域。

2) 口门位置需考虑长江入海水沙南偏输移特点。北港航道整治工程及横沙陆域形成后,北港入海水沙集中于北港口门外泄,届时受科氏力和口外沿岸流作用,横沙东侧南北向水流加剧,如图4所示,直至鸡骨礁以南,水流的旋转性才加强。受此影响,工程后北港入海泥沙将在横沙东侧,尤其是鸡骨礁以北区域将形成自北向南的输移带。

3) 港池口门需避开强风浪的作用。长江口地区波浪以风浪为主,作用较频繁,其中受台风影响的次数每年约2次,台风期间强风浪主要来自N~NNE向,而涨潮流主要自SE往NW向上溯。因此,港池口门方向宜呈SE向。

4) 港池口门设置需保证充足的进潮量,且口外航道与水流夹角不宜过大。拥有一定的进潮量是港

池水深和水体生态环境得以维持的基础。横沙东侧自北向南分别假设3个口门,如图5所示,口门宽均为2 km,应用潮流数学模型计算得3个口门的全潮进潮量分别为: $6.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $7.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $7.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。与此同时,北开口方案所能布置的航道区域虽离20 m水深最近,但与涨落潮流形成较大夹角,而开口在鸡骨礁及以南区域,则流向与航道走向较一致。

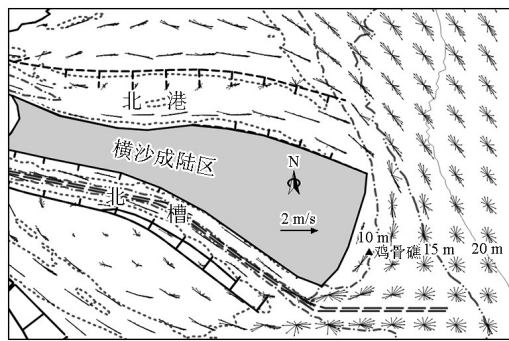


图4 横沙成陆后流场图

Fig.4 Flow field after the Hengsha land formation

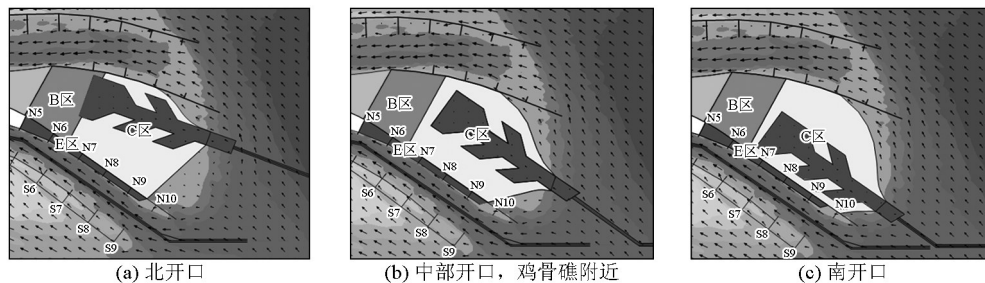


图5 不同口门设置方案的涨急流场图

Fig.5 The flow fields at flood tide of different projects

综上分析,横沙深水港口门宜设置在鸡骨礁附近或以南区域。

5 方案构想

对横沙深水港港池布局作初步设想,如图6所示。

东侧主港区:港池水深20 m。外海大型集装箱船、散货船可沿口外进港航道直抵深水港区内进行装卸;长江江轮、小型海轮则可在北槽侧码头作业,实现港口的境内、境外中转功能。

西北侧副港区:外海船舶由口外进入深水新港区后,沿人工河横穿横沙东滩进入该港区作业,长江江轮则可在北港侧码头区作业,运往长江流域的货物可在这一港区实现中转。

其中,横沙主港区口门偏向北槽侧,并设置防

波挡沙堤,开口呈SE向。其进港航道自20 m深水区可先利用北槽现深水航道口外段进入,船舶行驶17 km后,呈 $306^\circ \sim 126^\circ$ 再航行约5 km进入港池掩护区内。

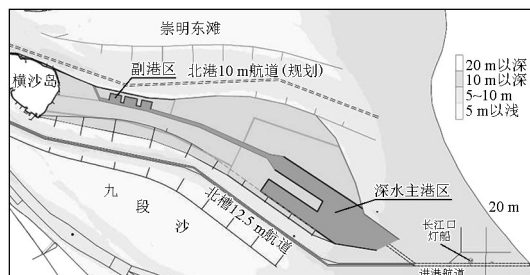


图6 横沙东滩深水港构想图

Fig.6 Illustrative concept for Hengsha deepwater port

6 港池及航道可维护性分析

6.1 进港航道的可维护性分析

6.1.1 原因分析

1) 口外进港航道区域潮流扩散能力强、水体含沙量低、含盐度高,悬沙不易落淤。2011年8月在北槽口门(拟设的进港航道A段)实测的涨落潮平均含沙量分布为 0.28 kg/m^3 、 0.18 kg/m^3 ,实测的涨落潮平均含盐度则分别为2.5%、2.47%。因此,进港航道处于高盐度、高密度、低含沙量和强扩散区域的环境下,航道不易淤积。

2) 口外进港航道基本处于波浪作用范围之外。根据长江口口门引水船站和佘山站资料,常况下波高基本在1~2 m,台风期间波高基本在3 m左右,仅在历史极端情况下最大波高达到5 m。在本进港航道区域,水下滩坡基本在0.12%左右,因此,按破碎波高与水深的比值 $(H_b/D_b)_{\max} \approx 0.60$ ^[3],即使在低潮位下,波浪可作用范围基本在8 m以浅水域,而本进港航道基本处于波浪作用深度之外。

3) 口外进港航道区域底质以淤泥质为主,该段浚深后航道的可维护性较强。长江口为淤泥质粉砂河口,但在北槽口外10 m以深区域底质以粘土、淤泥为主, D_{50} 基本在0.01 mm以下,如图7所示。由于淤泥质区域,近底层泥沙沉降速度慢,易以浮泥形式随水流输移,同时这类泥土的可挖性强、管道输送的适宜性很好,适合船舶疏浚,因此,航道开挖后可维护性较强。

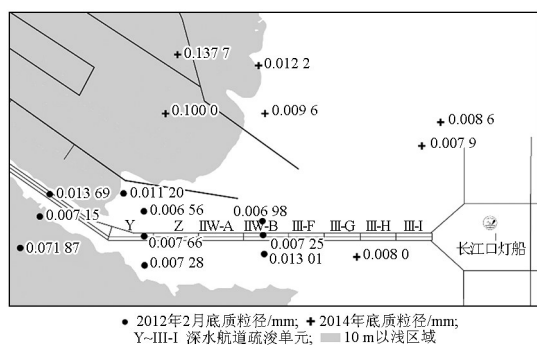


图7 工程区域底质分布图(单位:mm)

Fig.7 Grain-size of bed material distribution (unit:mm)

4) 对现北槽口外段航道维护情况作统计,如表1所示,结果表明:该区域进一步增深航道的可行性较大。2010年后北槽12.5 m航道全年的回淤量高达 $8 \times 10^7 \text{ m}^3$ 左右,但在口外段,航道水深基本维持在

13~14 m,近两年航道沿程平均刷深0.16 m/a,实际疏浚的平均强度均不足0.1 m/a,即使在最西侧含沙量相对较大的Y、Z单元的回淤强度也在0.2 m/a以内。本进港航道东侧17 km范围段沿用的是IIW-B以东段航道,该段目前基本处于冲刷增深状态。因此,今后在该段进一步增深航道,航道的可维护性将较好。

表1 北槽口外航道回淤情况统计

Table 1 Siltation in the last part of the deep waterway of North Passage

	单元特性(2012年3月)		年回淤强度/($\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$)	
	平均水深/m	滩槽高差/m	2010年4月—2011年3月	2011年4月—2012年3月
Y	13.9	3.4	0.20	-0.35
Z	14	3.3	0.17	-0.09
IIW-A	13.3	2.3	-0.12	-0.14
IIW-B	13.1	2.2	-0.60	-0.27
III-F	13.2	2.1	-0.45	-0.45
III-G	13.5	1.8	-0.38	-0.09
III-H	13.5	1.3	-0.34	0.16
III-I	13.5	0.7	0.01	0.04
平均	13.5	2.1	-0.16	-0.16

注:回淤量中“-”表示冲刷,“+”表示淤积

6.1.2 回淤估算

淤泥质浅滩水域中开挖进港航道,年淤积强度可采用刘家驹公式计算^[3]:

$$P = \frac{\omega S_1 t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{d_1}{d_2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (1)$$

式(1)中, ω 为粘性细颗粒泥沙絮凝沉速,取 0.0004 m/s ; S_1 为涨、落潮平均含沙量,根据实测资料分别取 0.18 kg/m^3 、 0.28 kg/m^3 ; d_1 、 d_2 分别代表浅滩平均水深和航道开挖后的水深; θ 为水流流向与航槽走向的夹角,根据工程后的数模结果给出; γ_0 为淤积泥沙干容重, kg/m^3 ; $\gamma_0 = 1750 D_{50}^{0.183}$,工程段底质 D_{50} 为 $9.6 \mu\text{m}$,对应的 γ_0 取 748 kg/m^3 。

计算结果如表2所示,口外航道的年回淤强度平均为0.25 m/a,自内向外淤强从0.57 m/a递减至0.11 m/a。

6.2 港池的可维护性分析

港池的可维护性集中体现在港池的回淤情况。本文利用港池回淤经验公式和通量平衡加以估算,即港池的落淤沙量与净进沙量相等。

6.2.1 落淤沙量估算

根据《海港水文规范》^[3],港池回淤计算公式如下:

表2 回淤强度估算表

Tab.2 Siltation intensity estimation		
分段	回淤强度/(m·a ⁻¹)	
航道	A	0.57
	B	0.22
	C	0.11
	平均	0.25

$$P = \frac{K_0 \omega S'_1 t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d'_1}{d'_2} \right)^3 \right] \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{A}{A_0} \right)^{1/3} \right] \quad (2)$$

式(2)中, K_0 为经验系数,取0.14~0.17; S'_1 为口门处的平均含沙量,涨潮时取0.183 kg/m³,落潮含沙量待定; d'_1 、 d'_2 分别代表港池口门平均水深和港池开挖后的水深,分别为10.8 m、20 m; A 、 A_0 分别为港内水下浅滩的水域面积和港内总水域面积。

6.2.2 净进沙量

对港池口门断面进行通量计算:

$$\text{涨潮进沙量} - \text{落潮泄沙量} = \text{净进沙量} \quad (3)$$

$$\text{进(泄)沙量} = \text{总进(泄)潮量} \times \text{涨(落)潮水体平均含沙量}$$

涨落潮潮量均由数模计算提供。

通过给定不同的落潮含沙量,分别用式(2)和式(3)两种计算方法计算,如图8所示。当落潮含沙量为0.065 kg/m³时,式(2)=式(3),故港池的年回淤强度为0.51 m/a。

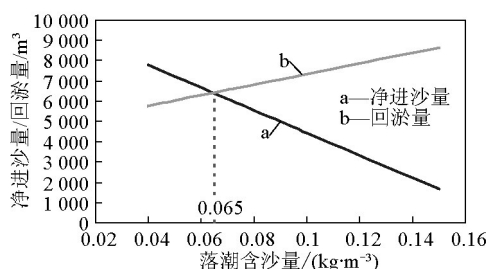


图8 港池回淤试算图

Fig.8 Siltation in the harbor basin estimation

7 结语

综上所述,在横沙东滩上建设大型挖入式深水港,港池口门位置宜设置在横沙东滩东侧鸡骨礁附近或以南区域,开口方向宜偏SE向,口门及进港航道需设置在10 m以深水域,由此港池及进港航道回淤量较小,港池进潮量较大,具有较好的可维护性。

参考文献

- [1] 交通运输部长江口航道管理局. 长江口航道发展规划[R]. 上海:长江口航道管理局, 2010.
- [2] 陈吉余. 长江口拦门沙形态特征与沉积结构[C]// 陈吉余, 沈焕庭, 恽才兴. 长江河口动力过程和地貌演变. 上海:上海科学技术出版社, 1988(12): 300-303.
- [3] 中华人民共和国交通部, 海港水文规范[S]. 北京:人民交通出版社, 1998.

Study on Hengsha deepwater port location and maintainability in Yangtze estuary

Lou Fei, Ji Lan, Chen Zhong, Wang Dawei

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

[Abstract] Hengsha east shoal is a large mouth bar in Yangtze estuary. The main problem of building large excavated-in deepwater harbor basin here is the maintainability of the basin and waterway. In this paper, on the basis of the characteristics of current and sediment, the basin and its entrance sites selection and the maintainability of the basin and waterway are discussed. The results show that the entrance of the basin should be set in the east side of Hengsha east shoal and on the south of Jigu reef, and towards southeast. The entrance and waterway should be built in the area where the depth is greater than 10 m. If do so, the tidal prism is large; the siltation is small, and the maintainability is good.

[Key words] Yangtze estuary; Hengsha east shoal; excavated-in deepwater harbor basin; site selection; maintainability