



离岸岛礁复杂水域条件下 大型散货码头岸线综合利用

李成才，靳如刚

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司，上海 200032)

摘要：针对离岸岛礁复杂水域条件下大型散货码头的水域平面布置，结合浙石化炼化一体化项目配套码头工程(一期干散货)前期研究和设计工作，分析了离岸岛礁岸线利用平面布置需考虑的关键因素。针对性开展水文测验及潮流泥沙数模研究工作，提出一线、二线码头统筹的 F 型布置的综合利用方案。项目运营以来，码头水域各项设计参数适应复杂水流条件，能够满足船舶通航及靠离泊要求，码头平面布置合理。

关键词：离岸岛礁；水域平面布置；岸线综合利用

中图分类号：U 65

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2021)05-0091-06

Comprehensive utilization of large bulk cargo terminals shoreline under complex water conditions in offshore islands and reefs area

LI Cheng-cai, JIN Ru-gang

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Aiming at the water area layout of large bulk cargo terminal under the complex water conditions in offshore islands and reefs area, based on the preliminary research and design work of the supporting terminal project of the Zhejiang petrochemical refining-chemical integration project (phase I dry bulk), we analyze the key factors that need to be considered in the layout of terminals in offshore islands and reefs area. We have carried out hydrological tests and research on tidal current and sediment mathematical models, and proposed a comprehensive utilization plan for the F-shaped layout of the first-line and second-line terminals. Since the operation of the project, the design parameters of the terminals' water areas can adapt to the complex current conditions, and can meet the requirements of navigating and berthing (un-berthing) of ships, thus the layout of the terminals is reasonable.

Keywords: offshore islands and reefs area; water area layout; comprehensive utilization of shoreline

经过几十年的建设开发，宁波舟山港货物吞吐量已经连续 10 a 位列世界第一，成为名副其实的全球第一大港。但宁波舟山地区建港条件好、适宜建设码头的岸线已基本开发完毕，尚未开发的岸线绝大部分位于舟山地区，自然条件较为复杂，对港口建设提出较大的挑战。岸线资源缺乏

与增长的港口建设需求已成为宁波舟山地区港口建设的主要矛盾^[1]。因此，对宁波舟山地区，尤其是舟山地区复杂岸线资源条件下的岸线资源最大化综合利用，已成为宁波舟山港未来建设发展的重要课题。需要综合考虑各项关键要素，科学合理确定水域平面布局^[2]。

收稿日期：2020-12-01

作者简介：李成才(1981—)，男，硕士，高级工程师，从事港口与航道工程的设计、咨询工作。

1 离岸岛礁地形水域平面布置需要考虑的重要因素

1.1 气象条件

气象条件对港口作业天数的影响是离岸岛礁地形岸线综合利用需要重点考虑的因素之一。舟山地区气象条件总体是适宜建设港口的,但也存在影响港口设计、施工和运营的因素。该区域每年7—9月容易受到热带气旋的影响,平均每年会影响3~4次,对作业要求较高的码头影响更大。另外,该区域每年冬春季的东北季风也会对水域勘察和施工船舶的水上作业造成比较大的影响。

1.2 复杂的潮流条件

复杂的潮流条件是影响港口安全运营的重要决定性因素。离岸岛礁地形潮流具有两个较为明显的特征:潮流动力强和流态紊乱。而对于设计和施工而言,最主要的是解决紊流的问题。必要时采取人工导流设施,起到归顺流态的目的,从而保证船舶靠离泊和在港作业的安全。在确定建港前后潮流变化情况时,通常采用水流资料实测和不同工况潮流试验研究的方法,综合确定推荐的潮流流速、流向。

码头前沿线方位角主要考虑与主流向尽量平顺,控制码头方位角与水流之间的夹角,减轻横流对系缆和靠离泊的不利影响。

1.3 泥沙冲淤

泥沙冲淤是影响结构安全和运营成本的重要因素。离岸岛礁地形码头位置通常选择在冲淤变化不大或者略有冲刷的位置。若选址位置存在较大数量的泥沙淤积,或者因季风和台风引起骤淤,会对船舶正常靠离泊带来隐患,也直接带来疏浚维护频次的增加和维护工程费用的提升。

1.4 波浪及泊稳条件

波浪及泊稳条件是合理确定港区平面布置、提升港区作业能力和保障施工、运营安全的一大关键问题。处在宁波舟山海域外缘的岛屿由于缺

少有效的掩护,易受偏北—东南向外海波浪的影响,且波高大、周期较长。而岛屿的背浪侧及岛间水道往往受部分掩护或良好掩护,波高较小。港区波浪掩护条件的优劣,决定了其自然状态下的波浪泊稳条件,并直接影响到码头的运营条件。波浪泊稳条件和港内可作业天数,很大程度上决定了港口的作业能力水平,是评估岸线利用价值的一项重要因素。宁波舟山港核心港区(受舟山群岛掩护的近岸水域),大型船舶的年可作业天数一般在320~330d,而在舟山北部港域(离岸岛礁区域),其年可作业天数降低至300~310d,部分规划岸线目前评估的可作业天数甚至少于290d。

1.5 浅覆盖层地质条件

浅覆盖层地质条件是离岸岛礁地形岸线码头前沿线布置和引桥轴线布置的一大难点。近年来,国家对于围填海从严管理,众多沿海及内河水运拟建港口由原先的重力式连片方案,调整为以高桩梁板式和高桩墩式为主的透空式用海方案。

离岸岛礁地形岸线往往覆盖层薄,深水贴岸。因此码头前沿线布置既要尽量避开需要进行桩基嵌岩的区域,也不能选在远超过设计水深的深水区而过度增加成本。

2 典型案例岛屿水域平面布置的针对性措施

2.1 建设背景

舟山大小鱼山岛石化基地工程位置见图1。分3期进行实施:近期为2016—2020年,积极推动炼油、乙烯、芳烃炼化一体化项目建设,实现炼油2000万t/a、芳烃520万t/a、乙烯140万t/a;中期为2021—2025年,积极推动第2套大型炼化一体化项目建设,同时发展芳烃及中下游精细化工项目,实现炼油4000万t/a、芳烃1040万t/a、乙烯280万t/a;远期为2026—2030年,形成世界级大型、综合、现代的石化产业基地。

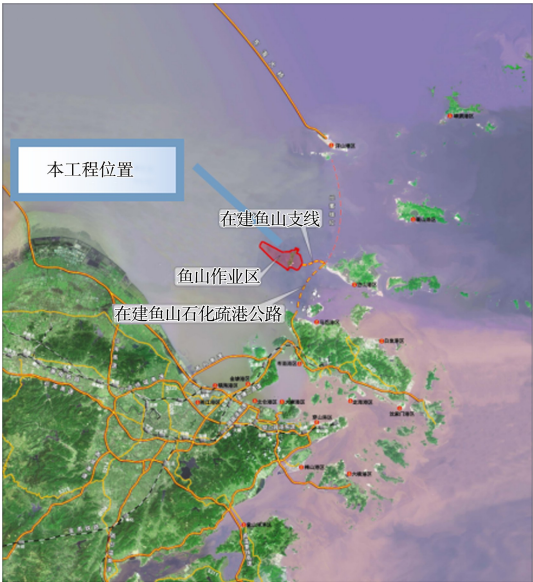


图 1 工程位置

由于受大、小鱼山岸线水深及进港航道条件限制(适宜建设 10 万吨级及以下泊位)，所需的原油系周边码头通过管道输送至后方石化基地，而成品油、化工品、煤炭及其他原材料则选在大、小鱼山本岛新建成品及辅料泊位进行装卸。

选取北段岸线建设自建热电厂及辅料进港及废料出港的码头。根据运输需求分析，总吞吐量为 790 万 t，其中煤炭 575 万 t、炉渣 135 万 t、飞灰 80 万 t，须配套建设 3 个 5 万吨级、1 个 1 万吨级及 1 个 3 000 吨级散货泊位。

2.2 水域平面布置影响因素的针对性措施

2.2.1 热带气旋

搜集最近 52 a 的热带气旋资料，筛选对港口设计、施工及运营方面比较敏感的参数。

根据分析统计，对宁波舟山海区有影响的热带气旋平均每年 3.1 个，最多年有 9 个。热带气旋影响的时间一般为 2~3 d，最长可达 9 d。热带气旋风向以 NNW~NNE 向和 ENE 向为多。近 50 a 来，影响本海域最严重的台风是 9 711 号台风，最大风速为 44 m/s，降水量为 112~302 mm，最大增水为 142 cm(定海)。

2.2.2 波浪

大、小鱼山地处舟山群岛中西部、杭州湾东

侧海域，自北至东依次有崎岖列岛、嵎泗列岛、衢山岛、岱山岛等岛礁作屏障，东南至南向有楦槌山、秀山、长白山、舟山本岛、金塘岛等掩护，削弱了外海大浪对工程区的直接影响。波浪条件相对较好。结合工程附近海域地形条件对波浪场进行模拟计算。外档卸船码头 50 a 一遇 $H_{1\%} = 6.67\text{ m}$ (N~NE)。

表 1 本工程 50 a 一遇设计波要素

码头	波向	水位	$H_{1\%}/\text{m}$	周期 T/s	波长 L/m
卸船码头 (外档)	N~NE	极端高水位	6.89	8.1	90.5
		设计高水位	6.67	8.1	89.1
		设计低水位	5.96	8.1	83.0
		极端低水位	5.69	8.1	81.3
装船码头 (内档)	N~NE	极端高水位	6.78	8.1	90.5
		设计高水位	6.58	8.1	89.1
		设计低水位	5.80	8.1	83.0
		极端低水位	5.49	8.1	81.3
出灰码头 (内档)	N~NE	极端高水位	6.39	8.1	80.4
		设计高水位	6.17	8.1	77.9
		设计低水位	5.29	8.1	67.1
		极端低水位	4.96	8.1	64.1

2.2.3 潮流

针对离岸岛礁地形最为复杂的潮流流态，于 2015 年 2 月和 2017 年 3 月就初始地形状态和西、北促淤堤基本形成两种工况进行了水文测验，分析了流速、流向特征，并给出最大可能垂线平均流速。同时，就鱼山作业区陆域围垦(一、二期大鱼山岛本体围垦)开展了潮流数模研究，重点研究围垦措施及码头建设完成后岛屿周边流态变化，为码头综合利用布置方案提供了有力支撑。

3 典型案例岛屿水域平面布置及综合利用方案

3.1 码头前沿线位置的确定

码头前沿线的位置主要考虑到自然水深及疏浚工程量、靠离泊方便及安全、与后方堆场及厂区的物流方便程序等因素。本工程水域水深较好，因此原则上尽可能利用现状水深条件，将 5 万吨级卸船码头布置在-14.0 m 等深线位置，将万吨级及以下炉渣和飞灰出运码头布置在-10.0 m 等深线位置。

3.2 码头方位角的确定

3.2.1 原始地形条件下的潮流流态环境

根据海洋二所 2015 年 2 月在大小鱼山周边海域开展的水文测验(共布置了 7 个潮流测站,其中 DY1~DY3 站位于大小鱼山的北侧海域), DY1~DY3 站垂线平均最大涨潮流速在 1.38~1.73 m/s,最大垂线平均落潮流速在 1.27~1.46 m/s; DY1、DY2 测站主流向大致为 120°~300°, DY3、DY5 测站主流向大致为 150°~330°。

3.2.2 鱼山西、北促淤堤基本形成条件下的潮流流态环境

在各码头前沿水域共布置 6 个潮流测站,其中 YSB1~YSB3 位于外档卸煤码头前沿水域,YSB4~YSB6 位于内档码头前沿水域。2017 年 2 月 27 日—3 月 8 日,在本工程水域开展了水文测验,鱼山西、北促淤堤基本形成后大、小潮期间实测垂线平均潮流矢量见图 2。

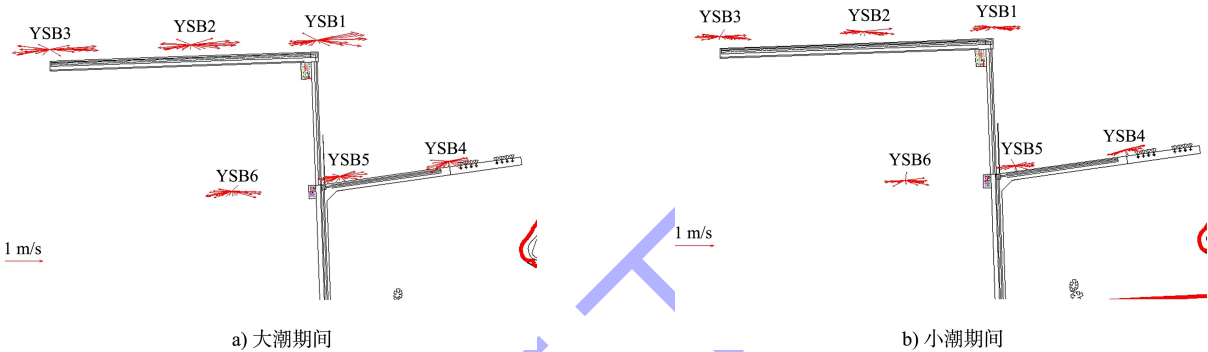


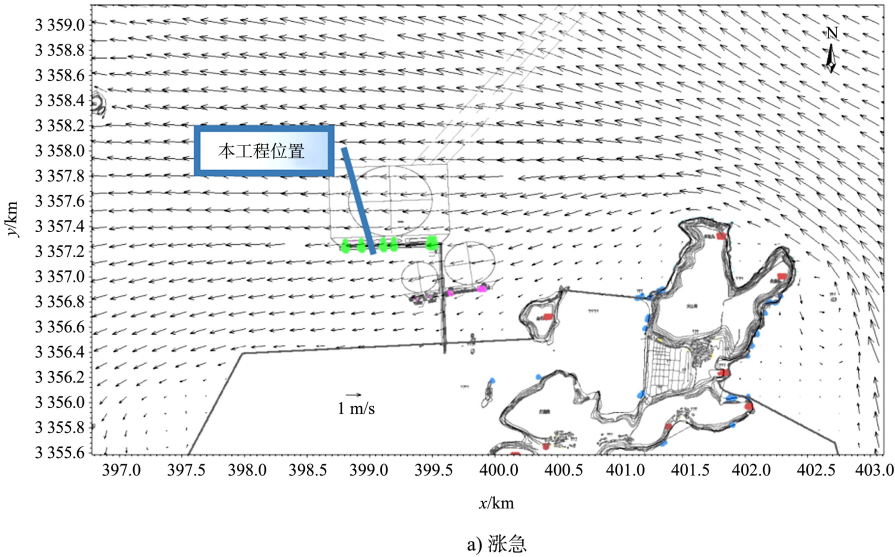
图 2 鱼山西、北促淤堤基本形成后实测垂线平均潮流矢量

3.2.3 大鱼山岛围垦(一、二期围垦)及码头基本形成后潮流流态

1) 流向变化。本工程北部岸线各码头中,外档卸船码头水域离围堤约 800 m,潮流基本与围堤平行,流路较平顺,整体上呈 E~W 走向;内档出

灰码头、焦渣码头水域离围堤约 400 m,涨、落潮主流受无名峙岛挑流呈偏 ENE~WSW 向。

近期围垦及码头实施后本工程水域涨、落急时刻流场见图 3。



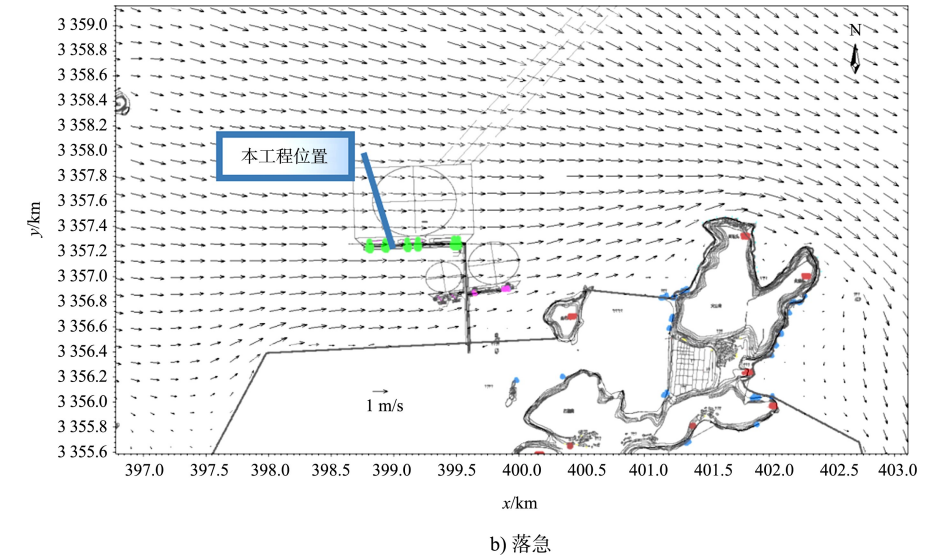


图 3 近期围垦及码头实施后本工程水域涨、落急时流场

2) 流速变化。总体呈增加趋势。涨潮流期间，小鱼山—横梁山(小鱼山西北侧)因流路摆动，涨潮流速增大 5 cm/s 左右；受挑流作用影响，北围堤西端拐角涨潮流明显增大，幅度基本在 30 cm/s 以内。落潮流期间，小鱼山—横梁山水域因流路南摆引起流速增大，增幅在 18 cm/s 以内。

近期围垦及码头实施后涨、落潮平均流速变化见图 4。

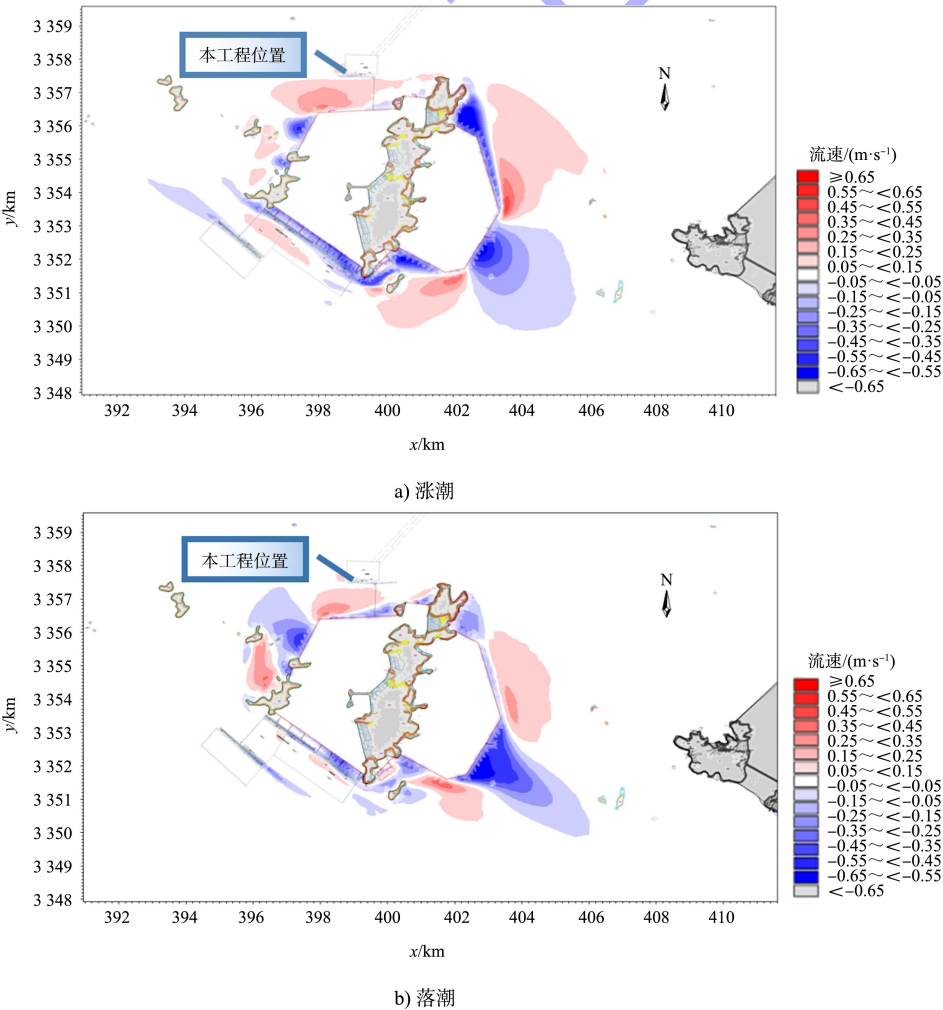


图 4 近期围垦及码头实施后涨、落潮平均流速变化

3.2.4 码头方位角的确定

综合原始地形、现状地形及近期围垦形成后的码头前沿潮流流态分析,5万吨级煤炭卸船码头水域潮流基本呈E~W走向,码头方位角确定为88°~268°;受无名峙、大鱼山北侧码头挑流,内档万吨级及以下出灰码头、炉渣码头水域潮流主流与外档水域相比有小幅逆时针偏转,这样与航道水域衔接也更为顺畅,码头方位角推荐82°~262°。

3.3 岸线综合利用布置方案

根据上述对建港条件的综合研究分析,本工程散货码头东侧以无名峙为界并留有一定的安全间距。自东向西根据水深条件按照一、二线码头统筹的F型布置的综合利用方案,一线利用现状水深布置3个5万吨级煤炭卸船泊位;二线利用现状水深布置1万吨级及3000吨级泊位。3000吨级泊位规模较小,宜布置在5万吨级一线泊位内侧港池,1万吨级泊位布置在3000吨级泊位的东延长线上。见图5。该布置方案既能确保1万吨级及以上泊位的保障率,又能在西侧内档预留中小泊位空间,待后续有建设需求时具备安全施工的操作空间。

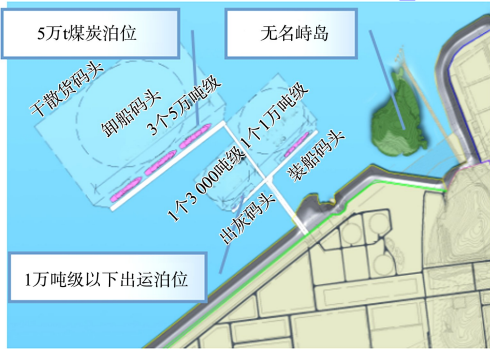


图5 岸线综合利用方案平面布置

4 结语

1)对于大型散货码头运输系统的布置,通常要考虑一、二线码头结合布置,既保证水工结构、疏浚量的投资控制,也要考虑到码头散货运输系统的经济合理性。因此在岸线利用布置上要综合考虑确定。

2)离岸岛礁地形水域平面布置需要特别重视原始地形流态、工程措施后流态及规划范围实施后的流态变化。优先选址在冲淤平衡或略有冲刷的位置,且尽量控制码头岸线与主流夹角,确保船舶靠离泊及系缆安全。

3)对复杂水域地形流态的研究可借助水文测验及数模试验研究等手段,能较准确模拟和预测运行时的潮流状态。但对于更为复杂的局部地区水下地形,仍需要通过潮流物模、系泊及靠离泊专项试验研究优化总体设计方案。

参考文献:

[1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 舟山地区建港关键技术研究[R].上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2019.

[2] 陈刚,李冰,孙士勇.外海岛礁地形大型泊位平面设计要点[J].水运工程,2013(10): 143-148.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第80页)

参考文献:

[1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 大小鱼山潮流数模及溢油扩散研究课题报告[R].上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2015.

[2] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程: JTS/T 231-2—2010 [S].北京: 人民交通出版社,2010.

[3] 张威.浙江近海海域潮波数值模拟[D].杭州: 浙江大学,2007.

[4] 寿玮玮.舟山群岛附近海域水动力特征及其对物质运输的影响分析[D].青岛: 中国海洋大学,2009.

[5] 丁琦.舟山群岛岛道海区潮流切变锋特性的二维数值研究[D].杭州: 浙江大学,2008.

(本文编辑 武亚庆)