



燕窝山陆岛交通码头工程水域平面布置

周跃, 金颀臻, 浦伟庆

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 某工程建设于岛礁地形, 水域波浪掩护条件差、潮流强劲、泥沙含量高, 对建设陆岛交通码头极为不利。如何掩护港池、归顺水流、减少淤积是该工程水域平面布置的重难点和关键技术问题。通过分析建港条件, 结合模型试验结果提出密排桩防波堤和码头水工建筑物相结合的设计方案。该工程在建设期间经受了台风、寒潮等考验, 挡浪效果明显, 解决了建设难题, 也为相似岸线的开发、利用提供了新的设计思路。

关键词: 岛礁地形; 密排桩; 挡浪; 减少淤积

中图分类号: U 656.1⁺36

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)03-0066-05

Planar water layout of Yanwoshan land-island transportation wharf project

ZHOU Yue, JIN Jie-zhen, PU Wei-qing

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

Abstract: A project is constructed on island reefs, with poor wave cover conditions, strong tidal currents, and high sediment content, which is extremely unfavorable for the construction of a land-island transportation wharf. Therefore, the key technical difficulty in the water layout of this project is to find ways to cover the harbor basin, adjust currents, and reduce sediment deposition. Through the analysis of harbor construction conditions and model simulations, we put forward a design scheme of combining the close pile breakwater with the hydraulic structure of the wharf. During the construction of the project, the project has withstood the tests of typhoons and cold waves with good wave blocking effects. In this way, the construction difficulty is solved, and new design ideas are provided for the development and utilization of similar shorelines.

Keywords: island reef terrain; close pile; wave blocking; deposition reduction

1 工程背景

浙江舟山群岛新区地处我国东南沿海和长江出海口南侧, 是长江三角洲江海联运和海上门户的通道。“沪甬甬通道”是新区未来综合交通网络的重要组成部分, 上海—洋山—岱山—舟山本岛(北向通道)是3条跨海陆路通道之一。是沟通舟山群岛新区与长三角经济圈的重要桥梁、国家沿海大通道的辅助通道、促进我国现代海洋产业发展的重要支撑、保障国防人员和物资等畅通运输的重要通道。

鉴于北向通道(陆路)尚未全线贯通, 舟山本岛及岱山与上海、嵊泗、衢山等地之间的对接仍须依靠传统的水运交通运输, 为适应宁波舟山港主通道通车后舟山北向车、客水陆运输转换枢纽节点北移岱山的水运交通新格局, 保障北向通道全线建成运营前的水运交通路径, 需在岱山岛北侧建设陆岛交通码头。

码头工程选址于岱山本岛北侧的燕窝山岛西侧, 通过引桥与馒头山相连, 到达陆域客运中心。该段岸线北向和西向海域开敞, 50 a一遇极端高水

收稿日期: 2021-06-02

作者简介: 周跃(1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程设计咨询工作。

位 $H_{1\%}$ 达 6.29 m。此外,工程所处水域受薰蓬山、东垦山等周边岛屿影响,存在潮流挑流、回流和泥沙大量落淤等现象,属于典型的外海开敞式岛礁地形^[1]。因此,本文围绕工程所处海域的波浪条件和水文泥沙条件,综合考虑客运船舶系靠泊要求、工程投资以及未来港池日常运营成本等关键技术经济问题,对工程水域平面布置的可行性进行了相关论证,并确定了工程的水域平面布置方案。工程整体效果见图1。



图1 工程鸟瞰图

2 建设条件

本工程所处海域三面临海,水域开阔,见图2。偏北向和偏东向外海大浪能直接传入对港池产生影响;偏西到偏北面向杭州湾,在大风条件下会形成一定风区浪影响。目前,工程周边无其他港口工程。



图2 工程位置

1)工程所处水域为外海开敞式,波况不佳,对建设陆岛交通码头不利。

本工程地处舟山群岛中部、岱山岛北侧水域,周边岛屿众多。偏北向分布有崎岖列岛,东北到东向依次有嵎泗列岛、衢山岛等岛屿作屏障,东到南向有岱山本岛、中街山列岛、秀山岛、长白岛、舟

山本岛、金塘岛等,对外海偏N—SE向外海大浪有一定的掩护作用。但由于偏N向崎岖列岛与衢山岛间、偏E向衢山岛与岱山岛间水域相对开阔,偏N向和偏E向外海大浪仍能直接传入而对岱山北侧产生影响,其中偏E向波浪可受燕窝山自身的掩护。同时,工程区偏W—NW向面向杭州湾,水域开阔,在大风条件下会形成一定风区浪影响。

根据2018年2月—2019年2月工程前沿20 m水深处设置的短期波浪观测站,整年观测期内的波浪特征如下:①工程点常浪向为N向,频率13.5%;次常浪向为NE向,频率11.6%。②工程点强浪向为NNW向,最大 $H_{1/10}$ 波高为2.6 m;次强浪向为NNE向,最大 $H_{1/10}$ 波高为2.5 m。③ $H_{1/10} > 0.6$ m的波浪占总体的30.3%,且主要集中于ENE—WNW波向(占总体的29.7%); $H_{1/10}$ 波高 > 1.0 m的频率占6.1%,集中于ENE—NW向。④平均波周期 T 主要集中于2~5 s,合计频率99%; $T > 5$ s的频率占0.2%,主要集中于偏E—NE向。测期平均波周期 T 最大值为6.0 s,对应波向为ENE向,对应 $H_{1/10}$ 波高0.2 m; $T < 5$ s对应的最大 $H_{1/10}$ 波高为2.5 m,波向WNW向,其次为1.8 m,波向NNW向^[2]。

本工程设计船型为3 000吨级车客渡船或1 000总吨级客船,码头前沿泊稳条件要求为各向入射波浪在2 a一遇设计高水位码头前沿波高 $H_{4\%}$ 不大于0.6 m。根据波况分析及测波结果,工程所在位置的港池需要建设防波堤以保证船舶停靠和安全营运。

2)工程所处水域外侧水深,建设实体防波堤难度大,投资高。

类似工程位置,若需要建设陆岛交通码头,须建设实体防波堤进行掩护,满足港池泊稳条件要求。本工程所需停泊水域宽度为28.8 m、回旋水域短轴直径为120 m,根据港池水域需要,若建设实体防波堤,为保证港池尺度和涨落潮通畅,须将防波堤建设于码头外150~200 m处。然而,本工程所在水域外侧水深急剧加深,距拟建位置

外侧约 150 m 处, 部分等深线已达 -20 m, 此处建设实体防波堤需大量石料, 每延米工程费用约为水深 -10 m 处的 3 倍。而且, 实体防波堤的建设将造成严重的港池淤积。

3) 工程所处水域潮流流态复杂。

根据工程布设的 6 个定点测站的实测资料, 工程区域除燕窝山东侧测站外, 总体涨、落潮流主流向为 W—E 向, 近岸区域受地形影响较明显。

大潮期垂线平均最大涨、落潮流速在 0.77 ~ 2.34 m/s, 其中外侧潮流动力整体强于内侧: 燕窝山—东垦山连线以外测站涨、落潮最大流速普遍大于 2 m/s, 连线以内测站最大流速不超过 1.1 m/s, 处在连线附近的测站涨潮最大流速 1.15 m/s、落潮最大流速 2.07 m/s。大潮期垂线平均最大涨、落潮流速对应流向, 除燕窝山东侧测站外, 涨潮流向在 $233^{\circ} \sim 271^{\circ}$ (WS—W)、落潮流向在 $60^{\circ} \sim 93^{\circ}$ (EN—E)^[3]。大、中、小潮垂线平均流矢见图 3。

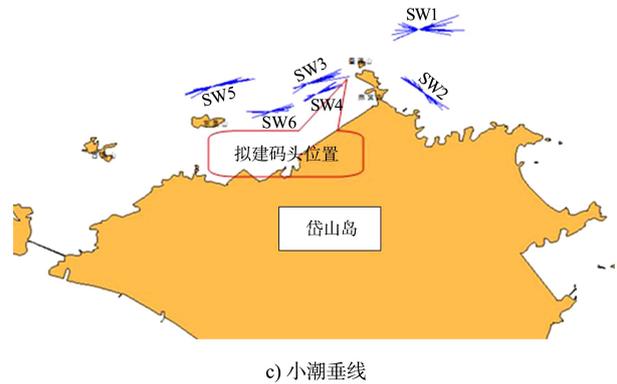


图 3 水文测验大、中、小潮垂线平均流矢

流速情况表明, 涨潮水流由东向西通过燕窝山北侧后, 受燕窝山西侧—东垦山之间凹湾地形影响, 潮流向湾内偏转, 湾内流速小于湾外深水区; 落潮水流基本沿相反方向, 由西向东通过东垦山北侧后, 向湾内偏转, 湾内流速小于湾外深水区, 但近燕窝山区域受其北侧矾头挑流作用, 流速也较大。

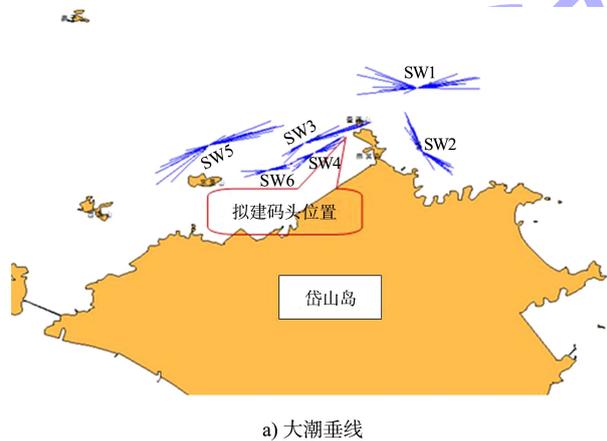
上述观测结果表明, 拟建码头处受岛礁地形影响, 流速大、矾头存在挑流现象, 为满足船舶安全通航、系靠泊和作业的要求, 有必要采用人工导流措施进行流态归顺, 改善港池水域的泊稳条件和进出港通航条件。

综上所述, 本工程的建设须采用创新平面布置和结构方案来解决港池波浪、水流、淤积等工程问题。

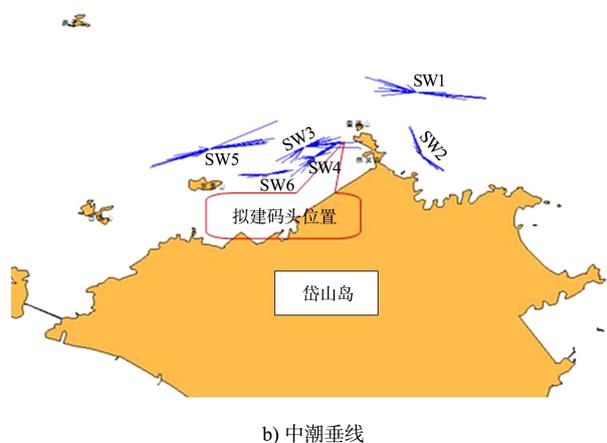
3 平面布置难点

1) 工程所处水域为典型的外海开敞式岛礁地形, 未来工程运营受波浪、潮流、泥沙影响较大, 不适合建设常规陆岛交通码头。因此, 如何减小港池作业波高, 归顺泊位前沿的流态, 创造港池泊稳条件, 提高客轮、车客渡船系靠泊和上下旅客安全, 并尽可能减少港池淤积是本工程水域平面布置成败的关键技术问题。

2) 工程所在水域受海底地形条件和潮流泥沙影响, 不适合通过建设实体防波堤为港池创造合理的避风条件。因此, 如何采用先进设计理念对



a) 大潮垂线



b) 中潮垂线

平面、结构方案进行优化调整从而为船舶系泊停靠提供条件是本工程水域平面布置成败的关键技术问题。

在工程设计过程中首先须解决港池作业波高这个核心问题,在船舶安全停泊作业的前提下,尽可能优化水流流态、减少港池淤积,从而提高陆岛交通码头经济效益。

4 平面布置论证

4.1 平面布置思路

工程所处水域流态复杂,水深变化剧烈,风浪、涌浪较大,基于前期观测、研究成果,在现状条件下,无论是否建设实体防波堤,都无法同时解决泊稳条件和港池淤积两大核心问题。因此,在水域平面布置上,须结合特殊结构形式才能为客轮和车客渡提供安全系泊的港池作业条件。根据以上设计原则,将工程水域平面布置设计思路归纳为:

1)将实体防波堤设计调整为透空式防波堤,并结合防波堤与码头结构,布置于同一平面位置。

2)将码头与防波堤平面布置于水深合适区域,减少波浪对码头与防波堤结构的作用力。

3)考虑码头与防波堤的布置形态和位置,阻挡波浪、归顺水流,以满足船舶安全系靠泊运营作业条件与港池有限淤积,并最大化体现工程设计方案的经济性。

4.2 平面布置方案

工程选址区域地形复杂,偏北向海域开阔、易受W—EW向波浪的影响,泊稳条件差,深槽水域潮流动力较强、涨落潮流不平顺,工程实施后泥沙有回淤、建港条件较差。

4.2.1 防波堤平面布置

防波堤前沿线位置和轴线方位角的确定应综合考虑水深条件、潮流条件、泥沙淤积条件、波浪掩护效果等因素。影响港内泊稳条件的主要因素为波浪的绕射和透射,波浪绕射主要可通过防波堤平面位置、轴线布置优化及长度增加得到改善,波浪透射主要通过密排桩和码头挡浪结构的

优化得到改善。

模型试验结果表明,在设计高水位及设计低水位与8级、7级风组合作用下,码头内侧 $H_{4\%}$ 波高大于0.6 m的设计要求,在增加底高程为-0.4 m的挡浪板后,7级风波浪作用下码头内侧 $H_{4\%}$ 波高满足小于0.6 m的设计要求。根据模型试验结果,本工程防波堤水域布置如下:1)通过不同长度防波堤的港内波浪对比分析,在不考虑波浪透射的情况下,满足全部4个泊位(长度400 m)在8级风波况下的 $H_{4\%} \leq 0.6$ m,同时考虑工程建设经济性,确定防波堤长度为650 m。2)防波堤轴线方位角总体同码头方位角,为 $N55^\circ \sim N235^\circ$,水深为-10~-8 m。根据波浪整体物理模型试验成果,东西两侧防波堤轴向从有利改善港内泊稳条件角度考虑进行合理布置。中间段防波堤长度440 m,防波堤结构与车、客渡码头平台、连接平台结构结合,采用密排桩结构,平台顶面高程6.0 m,防波堤密排桩顶高程0.65 m,轴线方位角为 $N55^\circ \sim N235^\circ$;东侧防波堤,长度90 m,采用密排桩结构,轴线曲线布置,平行于引桥中心线(曲率半径120 m),并作为引桥的部分结构桩,该段引桥顶面高程6.0 m,防波堤密排桩顶高程3.0 m;西侧防波堤长度120 m,采用密排桩+斜顶桩+高桩墩台结构,顶高程4.0 m,前沿设置反弧形挡墙,防浪墙顶高程5.0 m,其中东侧48 m段轴线方位角为 $N55^\circ \sim N235^\circ$ 。西侧72 m段轴线方位角向内偏转 5° ,为 $N50^\circ \sim N230^\circ$ 。工程水域平面布置见图4,工程典型断面见图5。

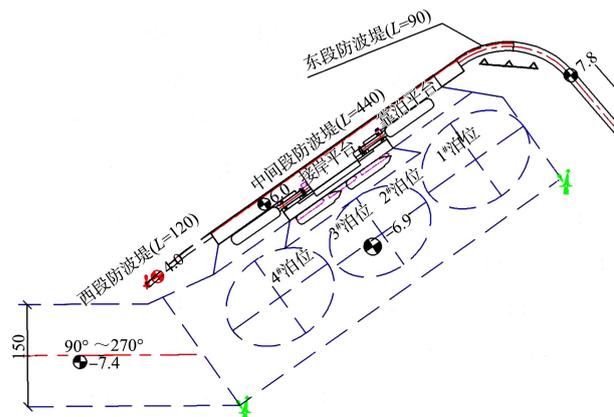


图4 工程平面布置(单位:m)

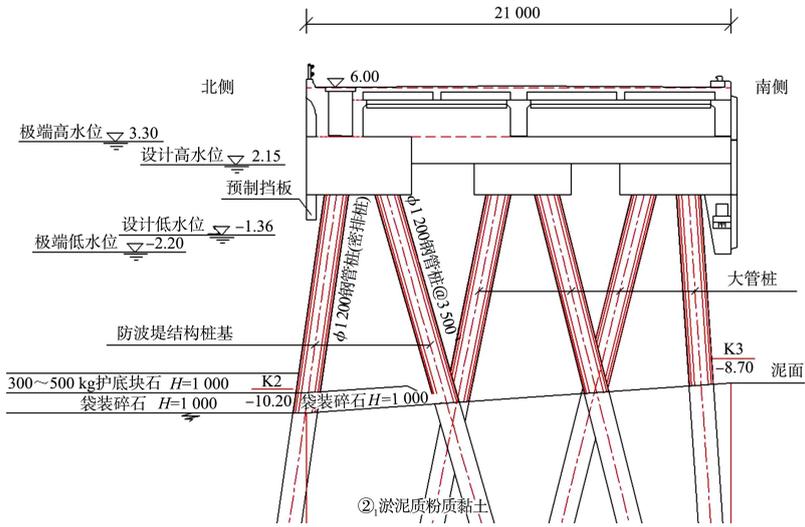
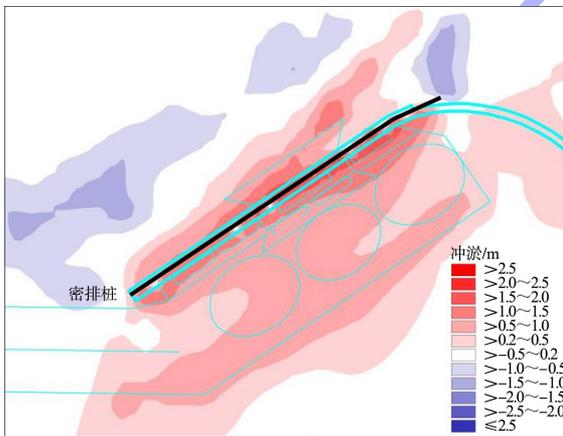


图5 工程典型断面 (高程: m; 尺寸: mm)

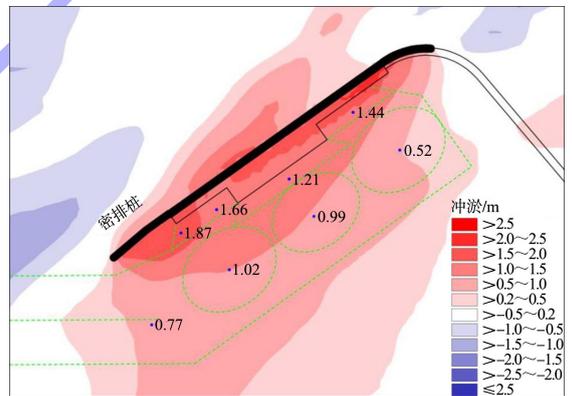
4.2.2 东、西两侧防波堤内收对港池淤积的影响

根据波浪整体物理模型试验, 结合以往工程经验, 为保证船舶安全停靠, 东侧防波堤内收与引桥结构结合, 西侧 72 m 防波堤方位角内偏转

5°。此设计方案将导致港池淤积量的增加, 为调整设计引起的淤积量增加, 对两个平面布置方案开展了数模分析^[4]。年冲淤分布见图 6。



a) 常规方案



b) 防波堤内收方案

图6 年冲淤分布

经计算, 常规方案港池年淤积量约为 10 万 m³, 防波堤内收方案港池年淤积量约为 12.6 万 m³。内收方案增加的淤积方量在建设方的承受范围之内, 为提高港池防风挡浪效果、创造良好避风条件、提高旅客出行舒适度, 故选择防波堤内收方案作为最终实施方案。

4.2.3 水域平面布置

根据本工程风、浪、流、泥沙、地形等自然特点, 码头水域总平面布置将车客渡泊位、客运泊位均布置于防波堤内侧, 分东、中、西 3 个区

域布置, 呈品字形。

防波堤内档东侧、西侧区域各布置 1 个 3 000 总吨级车客渡泊位, 其靠泊平台宽 21 m、高程 6.0 m。车客渡船通过钢吊桥与接岸平台连接。

东西两侧靠泊平台中间布置接岸设施平台, 长 185 m、宽 37 m(包括钢吊桥、吊桥架墩), 高程 6.0 m, 局部放坡, 钢吊桥搁置段高程 5.0 m。平台上布置 2 座吊桥架控制室及 1 座变电所。