



外海岛礁地形大型泊位平面设计要点

陈刚, 李冰, 孙士勇

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 对于外海岛礁地形水域下的大型泊位工程, 其水域平面设计要点包括平面形态、泊位前沿线位置、泊位长度、码头高程等。提出应重点研究复杂水动力条件, 以顺应流态、归顺流场、提高水域掩护条件为主要目的, 同时应综合考虑泊稳、靠离泊、工艺、船型组合、造价等因素, 运用多因素动态分析法来确定最优码头平面方案。

关键词: 外海岛礁地形; 大型泊位; 平面设计

中图分类号: U 652

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0143-06

Design essentials for plan of deep-water berth in sea island topography

CHEN Gang, LI Bing, SUN Shi-yong

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

Abstract: The general layout of the deep-water berth in sea island geography should consider some essentials, such as the berth form, the berth front-line position, berth length and wharf elevation. In order to improve the sea flow state and cover conditions, one important thing is the study of the complex hydrodynamic condition. We shall also consider other factors including the berthing stability, berthing & departing, technology, ship type combination, cost and so on. Based on the engineering projects, we suggest a reliable method, i.e. the multi-factor dynamic analysis method, to determine the most economical and reasonable general layout in sea island topography.

Key words: sea island topography; large berth; layout design

随着我国港口建设的发展, 近岸深水岸线已逐步减少, 加上船舶大型化的发展, 港口建设日益向深水、复杂自然条件的外海区域发展。港口的海域平面布局合理与否, 关系到船舶系泊安全和港区的健康有序营运。因此, 对于外海岛礁地形下的大型泊位平面布局, 须综合考虑各项关键要素, 合理确定水域平面布局。

结合大型工程实例, 对外海开敞式水域特别是岛礁地形条件下的大型泊位水域平面布局的设计要点及工序进行探讨。

1 外海岛礁地形自然条件特点

外海开敞式水域, 特别是华东沿海一带, 一般为淤泥质海岸或沙质海岸, 局部岛礁地形区也

有基岩海岸。总体上各海区自然条件各有差异, 但也存在一些共性特点。

1.1 地形、地貌

岸坡地势陡峭, 深水逼岸, 岸线曲折, 岬湾相间, 具有峡道型深水港湾的地质地貌和水动力特征。岸滩物质多为砾石、粗砂或淤泥。表层或基岩裸露, 或覆盖淤泥、粉细沙。基岩埋深变化大, 迎强风强浪一侧, 海蚀地貌相当发育。码头布局时应避开活动性断裂带、软弱夹层。

1.2 部分海区受台风、季风影响大

华东沿海一带位于典型的季风区, 冬夏季分别受寒潮及热带气旋影响显著。应分析其对码头作业的影响, 合理确定码头作业天数和持续不可作业天数。

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 陈刚(1973—), 男, 高级工程师, 从事港口航道工程规划、咨询、设计工作。

1.3 水动力条件

可建设口的外海岛礁地形,一般深水优越、海床稳定,且水动力条件强劲(也因此维持着较好的深水条件)。该类岸线有以下特点。

1) 多汉道、水深流急、流场复杂,潮流强度与潮汐和地形密切相关。

周边如分布有岛屿(礁),流场均较复杂,有潮流串沟分布。大、中、小潮的流向并不完全一致,沿码头前沿线方向的流向也并不完全顺直。潮流强度与潮汐密切相关,一般是大潮流速最大,中潮次之,最大流速一般出现在中层及以上;但有时受岛礁影响,底层流速也会较大。

2) 自然岸线不规整,存在挑流、回流。

潮流一般沿深槽而行,流向总体上与等深线或岸线基本一致。但受礁岛地形控制,近岸的流态大多随岛屿轮廓而变化,局部区域由于受岬角、礁盘影响,有回流、挑流。如:在浅湾地形内,湾内一般有回流(流路与外侧水域流路相反),矾头处有挑流。

3) 波浪条件。

某些海区受外侧岛屿掩护,波浪较小,掩护条件好。但某些海区则完全处于开敞式海域,波高大,周期长,需在码头选址、平面方案优化及水工结构设计中充分注意。此类海域,设计前期阶段宜进行波浪观测,分析波浪场分布和港内泊稳条件,不利情况下应考虑建设防波堤。

4) 泥沙。

某些高含沙量海域,泥沙与潮流、波浪运动相结合,对海岸带地形塑造起到了关键作用。此类海区,工程实施前后的泥沙淤积规律值得重点研究。

2 水域平面设计要点

外海岛礁地形下的码头平面设计,在遵循深水深用、统筹规划、分期实施等基本原则的前提下,尚需考虑如下设计要点:码头平面形态、前沿线位置、泊位长度、码头高程、工程投资、辅助工程措施(如导流堤、防波堤、炸礁等措施)、远景发展需求等。因此需研究的外部条件较多,除前已述及的自然条件(风、浪、流、

地质地貌、泥沙等)外,还应考虑冲淤、泊稳、船舶靠离泊操作要求、码头性质、船型组合、造价等因素,属于涉及多因素动态分析的系统性工程。应在全面统筹考虑下,抓住每个工程主要矛盾和关键点,通过多方案比选,佐以模型试验论证来确定最经济合理的水域布局方案。

1) 重视开敞式海域流态规律的研究,泊位布置应尽可能地顺应流态,复杂海域可考虑辅助工程措施来归顺流场。

开敞式海域的自然条件影响因素研究中,关键一项工作是水动力条件的研究,特别是流态规律研究,这与码头平面布置密切相关,原则上码头轴线方位角应尽可能地顺应流向。

对于流态较为归顺的水域,泊位宜尽可能按一直线布置。如宁波舟山港梅山保税港区集装箱码头工程,共建设5个7万~10万吨级集装箱泊位(其中5#泊位按可靠泊1.8万TEU船舶设计),码头总长1 770 m。由于流态与码头前沿线基本平顺,码头采取一直线统长布置。

对于流态复杂海区,应通过工程措施归顺流场。如拟建舟山大衢岛某30万吨级散货码头^[1],建设30万吨级卸船码头1座(水工结构按40万吨船舶设计)、10万吨级装船码头1座。工程点西临蛇移门水道,水深条件优越。周边分布有小盘山、大盘山、小鼠浪湖岛等岛礁,波浪掩护条件较好,但由于潮流汉道多,使得码头前沿局部区域流场较为紊乱。

对于类似大型离岸深水码头平面设计,因果分析和要因论证法不失为一种较好的方法,即:现场及外业调研(地勘、水文测验、测波等)→分析影响平面布局的主要因素→进行多方案比选→制定模型试验大纲→根据模型试验初步成果进行方案优化及反馈→模型试验二次论证→推荐方案初步定型→通航及靠离泊论证、系泊试验论证→推荐方案基本定型,这一完整的设计优化过程。把平面布局方案的初步产生、比选、优化三个阶段的全过程各环节和有关因素控制起来。

本工程从顺应流态的目标出发,结合导流堤(封堵堤)、炸礁等辅助工程措施,先后考虑3个

水域总平面方案:

方案1: 按基本一直线布置, 卸船码头与装船码头相衔接, 该方案的优点是工艺流程简洁, 引桥工程量小, 节约了南侧岸线(图1)。

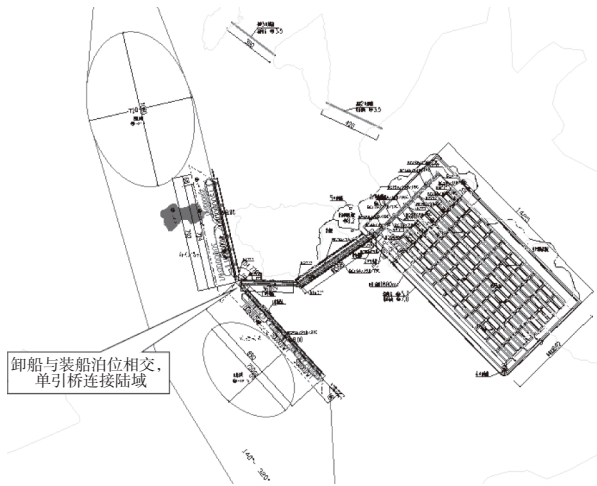


图1 大衢岛某散货码头平面方案1

方案2: 将卸船码头、装船码头分别布置在鼠浪湖岛的西北侧、西南侧, 基本避开了矾头处(N3断面处)的紊流区, 但引桥工程量大, 且两码头间的岸线有富裕(图2)。

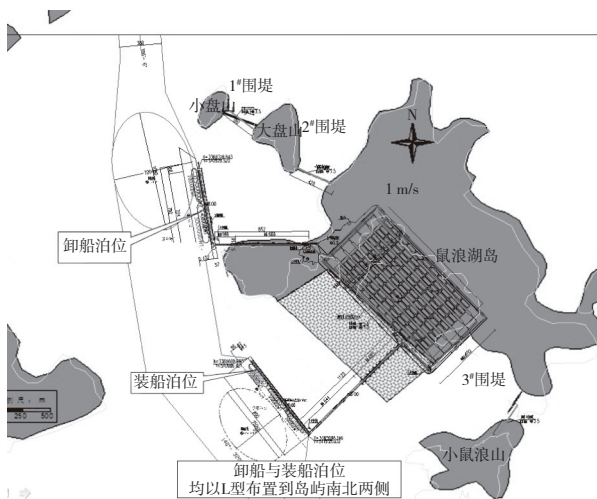


图2 大衢岛某散货码头平面方案2

方案3: 将卸船码头和装船码头适当拉开距离, 基本避开水文测验N3断面所揭示的回流区, 通过2座前引桥(Y型布置)及后方1座后引堤与陆域相衔接, 预留南段岸线作为远期发展岸线, 最大程度地节约了岸线(图3)。

根据水文测验N3断面揭示(处于蛇移门水

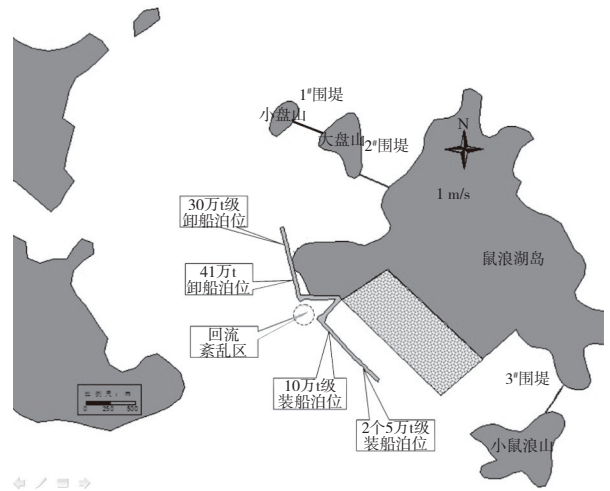


图3 大衢岛某散货码头方案3(推荐方案)

道中部), 该区流速较大, 受矾头影响有回流存在, 横流也大于其它海区, 总体上流场较为紊乱。天然条件下, 北侧拟建卸船码头主要受落潮流影响, 南侧拟建装船码头主要受涨潮流影响, 开流角较大。设计考虑了封堵堤(对周边岛礁间的三处潮流通道进行封堵, 减少潮流汊道, 归顺流态。)、码头前沿炸礁等辅助措施。通过数模论证, 方案3较为合理地避开了矾头处紊流, 结合封堵堤能较好地改善流态、提高系泊效果。大潮中层潮流矢量图见图4。

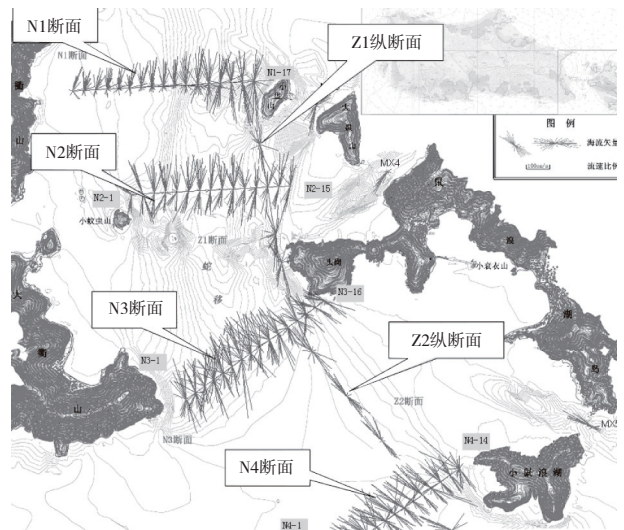


图4 大潮中层潮流矢量图

2) 重视开敞式海域尚波浪条件研究, 有条件时宜形成有掩护或半掩护水域, 提高泊稳条件和作业天数。

开敞式海域自然条件因素中，另一关键因素为波浪。如波浪较大时，原则上宜考虑建设防波堤，形成有掩护或半掩护水域，提高港区的泊稳条件和作业天数。

典型案例为已建福建泉州鸿山某电厂10万吨级煤炭码头（图5）。工程点直面台湾海峡，为开敞式海域。海区潮流动力较弱，大潮实测涨潮最大流速58 cm/s，垂线平均流速均为45~50 cm/s，落潮实测最大流速95 cm/s，垂线平均流速为81~87 cm/s。但波浪情况较为恶劣，海区全年以风浪、涌浪同时存在于海面情况最多。工程前沿未建防波堤时，50 a一遇NE-ENE向 $H_{1\%}$ 波高可达6.53 m，SE-SSE向达7.75 m，多年波浪平均周期为4.2 s，极端最大周期为9.6 s。综合考虑后，根据电厂码头的功能需求，设计考虑由引堤（实堤），防波堤（斜坡堤）形成港池水域，码头建在防波堤内侧，形成有掩护水域。工程实施后至今，营运情况良好。

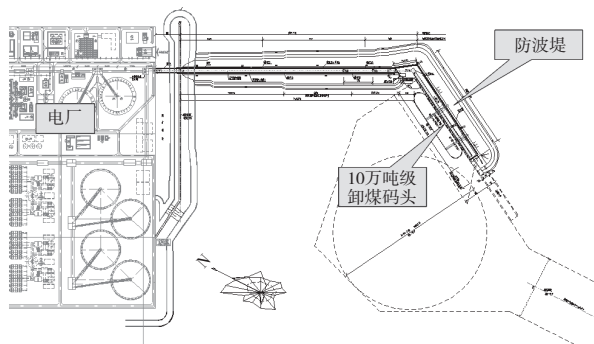


图5 鸿山某电厂10万吨级煤炭码头

3) 开敞式海域大型油品泊位最佳系泊方式及系泊效果将决定码头平面形态及泊位长度。

开敞式海域的风、浪、流等动力环境总体上较差，船舶的系缆力和船舶运动量较为复杂，合理的系缆方式和泊位长度，对油轮的安全系泊、作业至关重要。

油品泊位的码头长度除根据相关港工规范取值外，尚可通过OPTIMOOR等相关数学模型计算及物模论证，优化泊位长度、系缆方式及码头形态。近年来，不少文献及系泊实验指出，船舶作业和系泊安全的控制条件是横向作用力及横移运动量，即适宜的横缆长度、角度以及均匀的缆力分布，是良好系泊方式的首要前提，也决定了泊位形态（系缆墩布置形态）及泊位长度。建议大型油品泊位宜通过系泊试验论证、优化泊位长度及系缆方式、码头面高程等参数。典型案例为拟建舟山外钓某30万吨级油码头（图6、7）。

4) 认真研究拟建水域地质地貌特点，综合考虑码头前沿线布置、投资效费比、港口开发实施步骤等方面因素。

如拟建海南洋浦中石化某成品油库区码头工程，共建设成品油泊位10万吨级1个、5万吨级2个和1万吨级1个，并需预留远期泊位岸线。由于周边外海来浪较大，港区拟建北防波堤、西防波堤，形成港内有掩护水域，能较好地解决港内波浪和泊稳问题。但地质条件方面，水域主要以玄武岩为主（图8），部分区域覆盖层薄（砂、珊瑚

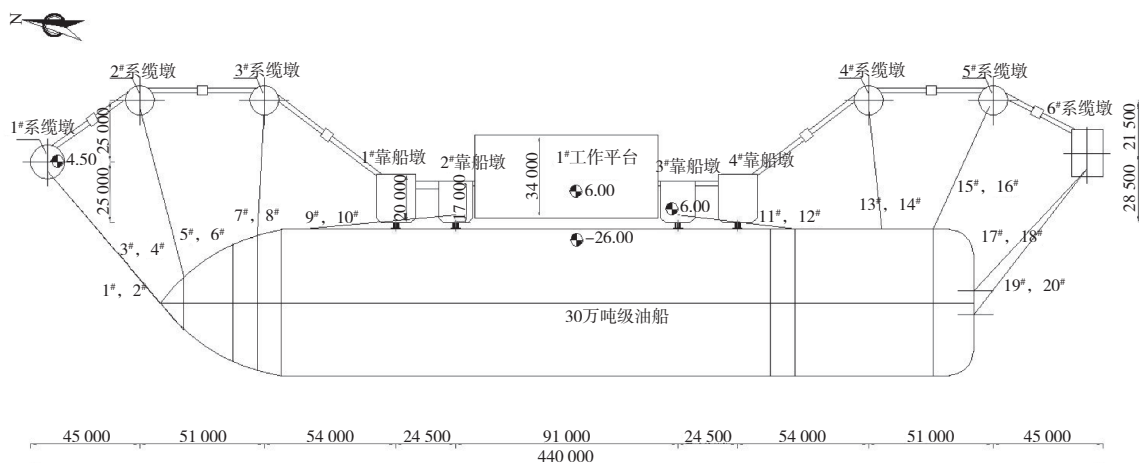


图6 墩式蝶形方案（原方案）

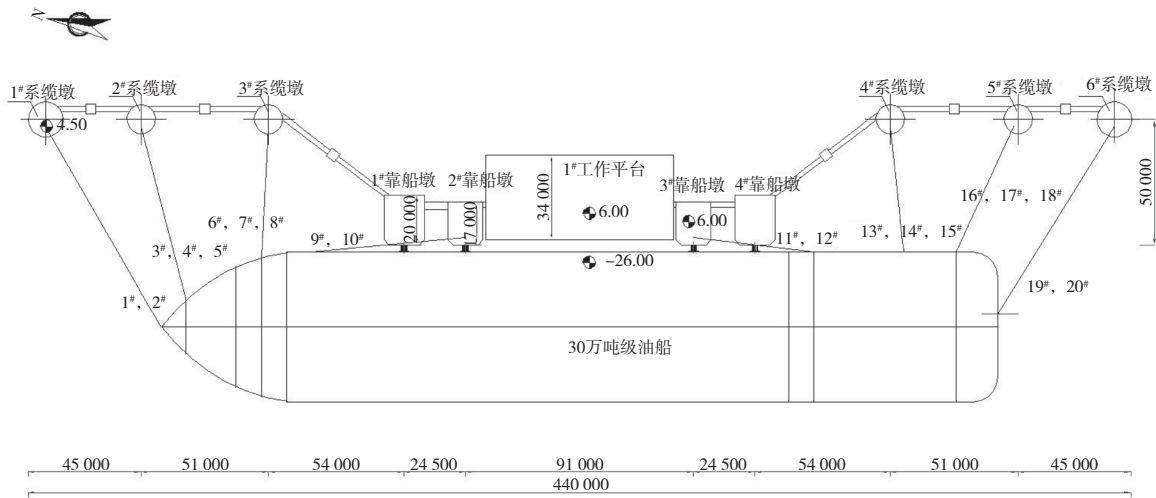


图7 墩式“一”字形方案 (优化方案)

等), 而靠近港池内的大部分区域基岩裸露(强风化或中风化玄武岩), 如考虑作为港池或停泊区, 则需炸礁, 会大幅增加工程投资及施工周期。因此本案例的平面设计关键是掌握水底岩面分布规律, 合理避开水深不足的礁盘区, 并预留好远期大型泊位所需岸线及水域, 最大程度地减少炸礁量, 缩短工期。

合”的泊位群形态。一期10万吨级泊位宜布置在护岸北侧岸线, 2个5万吨级泊位平行布置在护岸中段岸线, 位于10万吨级泊位以南。其与10万吨级码头之间应预留出145 m的岸线空档及前方相应水域空间, 作为远期大型油品泊位所需岸线(突堤式, 垂直护岸布置, 两侧可靠船), 较好地利用了宝贵岸线, 也最大程度地避开了港池西侧的礁盘分布区, 减少了炸礁工程量(图9)。



图8 岩面顶板高程等值线

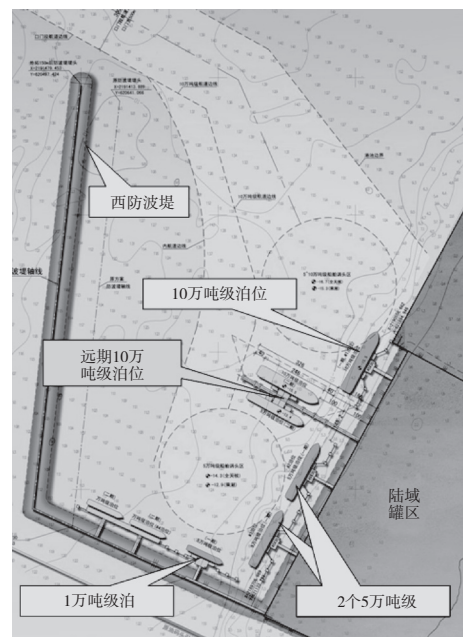


图9 优化后的水域布局

根据地质报告, 近期工程选择港池里侧近岸段区域, 该处岩面埋藏较深, 适宜建设大型泊位。码头设计采用了“一直线布置与突堤式相结

2.5 泊位长度及码头高程

1) 泊位长度。

外海开敞式水域的泊位长度计算, 可参照相

关规范计算。对于大型液体散货及干散货码头，其码头长度确定时，尚需考虑工艺布置需求、相邻船舶是否可交叉带缆等因素综合考虑后确定^[2]。

2) 码头高程。

开敞式水域一般类型的大型泊位码头面高程，可参照修订中的JTJ 211—2012《海港总平面设计规范》，按码头是否上水及受力计算高程。有条件可通过船舶系泊实验来进一步优化码头、系缆墩、靠船墩等顶高程及系缆方式。但对于一些特殊码头，尚有一些特殊需求：

①大型客轮或邮轮泊位，需考虑船舶补给舱口的作业需求，码头面高程宜“宁低忽高”。

目前，我国尚未颁布针对客运码头（含邮轮码头）的港工规范。对于邮轮码头高程，尚需考虑满足低水位时的邮轮自身补给舱口的装卸作业要求，使邮轮的各类补给舱口在码头面以上，以利叉车进出舱口，提高装卸效率。以丽星邮轮公司9万容积吨的天秤星级邮轮为例，其船舶补给舱口和垃圾出运舱口距离水面高度为3.3 m，因此其舱口底高程应略高于拟建码头面高程，确保邮轮的正常补给作业，在满足规范及安全的前提下，宜低忽高。

②大型LNG接收站泊位的工作平台顶高程。

大型LNG船舶的干舷高度较高，码头工作平台高程不宜太低。但对于一些强潮差海区，尚需对空载高水位、满载低水位等工况进行系缆情况校核，缆绳的水平及垂直角度均需规范允许范围内，防止“吊缆”等现象发生，确保船舶系泊安全。此外，某些LNG码头尚需具有向小型LNG船舶倒灌LNG外运功能，此时码头的工作平台也不宜过高，防止输料臂向下无法连接到小船受料口的情况发生，故LNG泊位工作平台高程应结合自然条件及实际需求综合考虑。

3 结论

1) 外海岛礁地形大型泊位平面布局，需研究的要点较多，可通过因果分析和要因论证法，针对不同类型码头的功能要求，分析并解决主要矛盾，结合模型试验进行优化，把平面方案的初步产生、比选、优化三阶段的全过程各环节和有关因素控制起来，形成一个完整的设计优化过程。

2) 高度重视外海岛礁区的气象、水动力、泥沙等自然条件的研究。水文测验应委托有资质和实力的科研单位承担，以求全面、客观地反映实际情况，为模型验证提供科学依据。有条件亦可补充物理模型试验研究，加强模型对比观测。

3) 外海岛礁区水动力条件较复杂，导致涨落潮流与码头前沿线有一定交角。设计应因势利导，宏观上应选择适宜建港的有价值岸段先行开发，微观上以归顺潮流为目标，通过工程措施（炸礁、导堤、堵堤等），结合模型试验论证来推荐最优方案。

4) 外海大型泊位设计，应高度重视通航论证及船舶系缆及靠离泊试验，为带缆方式、泊位长度及码头高程的优化提供试验依据；原则上设计单位应贯彻、落实上述报告及试验提出的各项措施。此外，建议港方在营运期仍应加强水文观测，为码头安全营运提供科学依据。

参考文献：

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 宁波-舟山港衢山港区鼠浪湖矿石中转码头工程初步设计文件[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2012.
- [2] 刘宇. 开敞式油品码头系泊安全及泊位长度优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.

(本文编辑 郭雪珍)