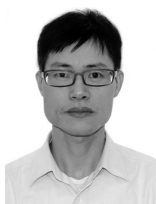


· 航道及通航建筑物 ·



长江口南槽航道治理一期工程 基建性疏浚特点分析

赵德招, 储华军

(交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003)

摘要: 作为“十三五”期全国重点水运工程项目, 长江口南槽航道治理一期工程于2020年6月建成并投入试运行。利用南槽6 m 航道基建性疏浚工程现场资料分析表明, 工程实施过程中南槽6 m 航道基建性疏浚取得预期效果, 主要呈现5个特点: 1) 疏浚施工方案合理可行, 基建期疏浚工程量与设计预期基本相当; 2) 新航槽尺度如期实现疏浚贯通, 沿程成槽效果有所差异; 3) 疏浚施工过程管控规范, 克服作业水域通航密度高等多项施工难点; 4) 疏浚土处置合规且部分用于整治建筑物袋装砂充填料, 弥补短时用砂不足; 5) 南槽5.5 m 临时航道及时疏通, 确保施工期船舶通航安全。同时展望南槽6 m 航道运行维护管理要点和后续进一步开发治理设想。

关键词: 长江口; 南槽6 m 航道; 基建性疏浚; 特点分析; 建设维护展望

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)06-0097-07

Analysis on characteristics of capital dredging for first phase of South Passage navigation channel regulation project in the Yangtze Estuary

ZHAO De-zhao, CHU Hua-jun

(Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, Ministry of Transport, Shanghai 200003, China)

Abstract: As a national key water transport engineering during the 13th Five Year Plan period, the first phase of the South Passage navigation channel regulation project in the Yangtze Estuary was completed and put into trial operation in June 2020. Based on the analysis of the field data of the capital dredging project of the South Passage 6 m navigation channel, the expected effect is achieved in the process of implementation, and the five main characteristics are as follows: 1) The dredging construction scheme is reasonable and feasible, and the amount of dredging engineering in the capital construction period is consistent with the design expectation. 2) The new navigation channel scale is dredged on schedule, and the grooving effect is different along the waterway. 3) The management and control of the dredging construction process are standardized, and the various construction difficulties including high navigation density in the operation water area are overcome. 4) The dredged material is disposed in compliance with the regulations, and part of the dredged material is used as the bagged sand filling materials of regulation buildings, which make up for the short-term shortage of engineering sand. 5) the 5.5m temporary navigation channel of the South Passage is dredged in time, which ensures the navigation safety of ships during the construction period. Meanwhile, the key points of operation and maintenance management of the South Passage 6 m navigation channel and the assumption of further development of the waterway are expected.

Keywords: the Yangtze Estuary; South Passage 6 m navigation channel; capital dredging; characteristic analysis; construction and maintenance prospect

收稿日期: 2020-08-26

作者简介: 赵德招(1982—), 男, 硕士, 副研究员, 从事港口航道工程技术管理及研究。

南槽航道作为长江口通海的重要辅助航道之一,自南北槽分流口的圆圆沙灯船到南槽口外灯船,是目前长江口 4 条入海通道中船舶流量最大的航道,主要通航实际吃水较浅的中小型船舶。近年来长江口 12.5 m 深水航道船舶流量和通航密度不断加大,使得诸多中小型船舶和大型空(减)载船舶需要分流至南槽航道通航,现状维护水深 5.5 m(当地理论最低潮面,下同)、航宽 250 m 的南槽人工航道航宽不足、水深不够的问题日益凸显,船舶通航安全隐患增多。为充分发挥长江黄金水道功能,改善长江口通航环境及航道条件,促进江海联运发展,2018 年 11 月国家发展和改革委员会批准同意建设长江口南槽航道治理一期工程。作为“十三五”期全国重点水运工程项目,本工程于 2018 年 12 月底正式开工建设,于 2020 年 6 月通过交工验收,全长 86 km、水深 6 m、航宽 600~1 000 m 的南槽航道全线贯通并投入试运行。本文结合长江口南槽航道治理一期工程基建期疏浚工程现场资料,分析南槽 6 m 航道基建性疏浚效果及特点,并初步展望南槽 6 m 航道后续运行维护管理要点和未来进一步开发治理理想。本文通过及时总结疏浚工程实践经验,以期有助于深化对南槽航道演变规律的认识,提升潮汐河

口航道建设和养护管理水平,为长江口航道体系建设、河口综合整治和航道疏浚土综合利用等提供技术参考。

1 工程概况

早在北槽成型并成为长江口主航道之前,南槽作为上海港通海航道已逾百年历史^[1]。20 世纪 80 年代长江口入海主航道改迁至北槽后,南槽主要利用自然水深通航。长江口南槽航道治理一期工程实施前,南槽人工维护水深 5.5 m、航宽 250 m 的航道,满足 5 000 吨级散货船满载乘潮双向通航和 2 万吨级散货船减载乘潮双向通航需要。本工程地处长江口第 3 级分汊的南槽水域(图 1),于 2018 年 12 月开工,主要实施江亚南沙护滩堤(长约 16 km)、航道疏浚(疏浚底高程-6 m,疏浚底宽 600 m,设计边坡 1:20)以及导助航设施和其他相关配套设施等建设内容,于 2020 年 6 月通过交工验收,实现了南槽航道长 86 km、水深 6 m、宽度 600 m(口内段)和 1 000 m(口外段)的全线贯通,并投入试运行,可满足 5 000 吨级船舶满载乘潮双向通航(同向多线),兼顾 1 万~2 万吨级船舶减载乘潮通航和大型空载船舶下行乘潮通航。

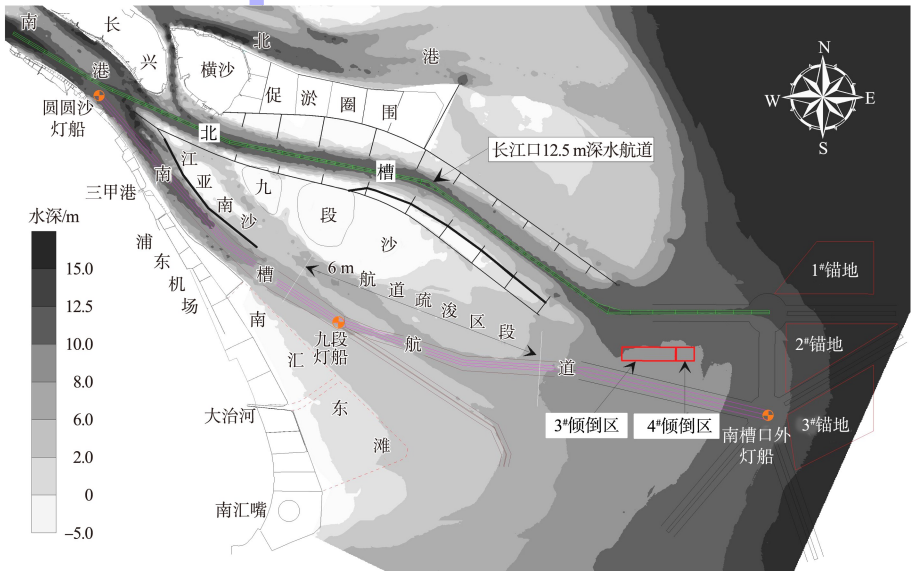


图 1 工程位置

南槽航道治理一期工程基建期疏浚工程包括航道基建性疏浚、工前多波束扫海与磁探以及清障打捞等施工内容, 于 2019 年 11 月 3 日开工建设, 2020 年 3 月 22 日完工, 实现南槽 6 m 航道贯通的预期目标。南槽航道基建性疏浚区段长达 28 km, 自上游至下游每 2 km 划分成 1 个疏浚单元, 共划分为 14 个疏浚单元, 按顺序依次编号为

S1~S14。根据工前测图水深资料, 实际需要投入基建性疏浚部位主要集中在 S2~S8 疏浚单元(约 14 km)。为了便于统计分析施工过程中航道水深变化和成槽规律, 将 S1~S14 每个疏浚单元再平均分为 2 个同等长度(约 1 km)的疏浚单元, 如 S1 疏浚单元细分为 S1-1 和 S1-2 两个疏浚单元, 其他疏浚单元以此类推, 疏浚单元分段见图 2。

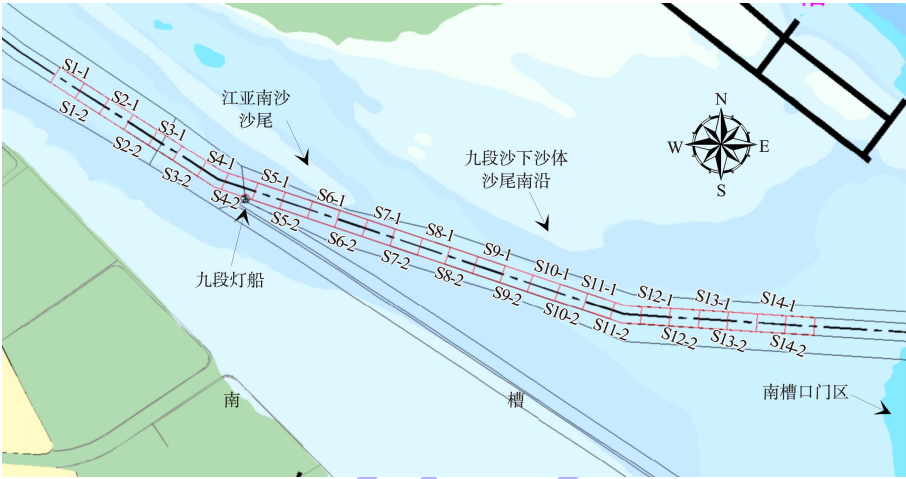


图 2 南槽 6 m 航道疏浚单元分段

2 基建性疏浚特点分析

1) 疏浚施工方案合理可行, 基建期疏浚工程量与设计预期基本相当。根据本工程可行性研究报告和初步设计文件等前期成果^[12-31], 南槽 6 m 航道基建性疏浚工程推荐采用 4~5 艘舱容 3 500~6 500 m³ 的中小型耙吸船进行挖运抛施工, 基建疏浚设计工程量 593 万 m³, 疏浚土抛至长江口 3[#]和 4[#]倾倒区, 基建施工计划工期约 6 个月, 南槽 6 m 航道基建期疏浚施工方案见表 1。可以看出, 按照

长江口南槽航道治理一期工程建设进度要求, 基建期疏浚施工历时近 5 个月, 较计划工期提前约 1 个月; 期间, 先后投入 6 艘耙吸船参与作业, 采用挖运抛施工工艺施工, 截至全航槽 6 m(水深)×600 m(航宽)断面尺度成型累计完成工程量 582 万 m³, 与设计预期基本相当。总体而言, 前期研究制定的疏浚施工方案合理可行, 基本满足现场施工实际需要, 及时确保 6 m 航槽的全线贯通。

表 1 南槽 6 m 航道基建期疏浚施工方案

类型	耙吸船投入	疏浚施工工艺	疏浚工程量/万 m ³	施工工期/月	疏浚土处置
设计预期	4~5 艘舱容 3 500~6 500 m ³ 中小型耙吸船	挖运抛工艺	593	6	全部外抛至长江口 3 [#] 和 4 [#] 倾倒区
实际完成情况	3 艘舱容 4 500 m ³ 耙吸船、 2 艘舱容 5 500 m ³ 耙吸船、 1 艘舱容 6 500 m ³ 耙吸船	挖运抛工艺	582	5	主要外抛至长江口 3 [#] 倾倒区, 约 10 万 m ³ 疏浚土用于整治建筑物袋装砂充填料
对比	船舶投入数量比计划多 1~2 艘	采用分段、分带开挖, 装舱溢流施工; 施工时采取严格定深挖泥, 控制挖槽平整度等措施	实际比设计预期少	实际比计划工期提前	解决整治建筑物施工短时用砂不足问题

2)新航槽尺度如期实现疏浚贯通,沿程成槽效果有所差异。本基建性疏浚工程实施前,南槽航道通过局部疏浚仅维持 5.5 m 通航水深。2019 年11 月起,按照工程建设进度要求,实际主要针对南槽“卡脖子”区段(S2~S7 疏浚单元)开展为期近 5 个月的基建性疏浚作业,航道水深从工程前的 5.5~5.8 m 增深至 6 m 以上,疏浚增深效果明显,结果见图 3。根据 2020 年 3 月 22 日第三方质量核验测图显示^[4],设计航道范围内 6 m

航道疏浚工程质量达到 JTS 257—2008《水运工程质量检验标准》的合格标准,人工航道设计底边线以内水域未存在浅于 6 m 的浅点,航道边坡的开挖范围和坡度均满足设计要求。相关海事部门也及时发布《关于长江口南槽航道调整的通告》(沪海航〔2020〕0115 号),公布南槽灯船至南北槽分流口圆圆沙灯船之间长 86.2 km、水深 6 m 的南槽航道实现了贯通,并于 2020 年 4 月 1 日起投入试运行。

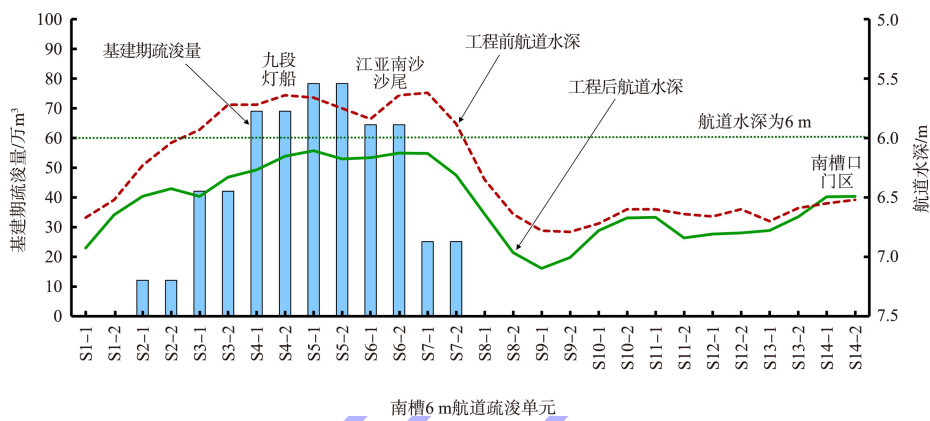


图 3 南槽 6 m 航道基建性疏浚量和航道水深的沿程分布

根据基建期航道疏浚量的沿程分布(图 3),南槽 6 m 航道基建性疏浚量主要分布在水深较浅的九段灯船和江亚南沙沙尾附近的 S4-1~S6-2 疏浚单元(长约 6 km),其疏浚量约占全槽疏浚总量的 73%,其每个疏浚单元的基建疏浚量普遍在 60 万 m³ 以上,明显大于其上、下游疏浚单元;S8-1 疏浚单元以下至南槽口外段的水深条件较好,大多在 6 m 以上,基本无需人工疏浚。结合成槽率(指某一航道疏浚单元在某一时段内测图方量与船方量的比值)的沿程变化看,基建期南槽 6 m 航道成槽率呈“大-小-大”纵向分布特征(图 4),其中位于江亚南沙沙尾附近的 S4~S6 疏浚单元成槽率仅约 0.5,相对其上、下游区段疏浚成槽难度略大;但从整体上看,各主要疏浚单元成槽率总体上都是正值,表明基建疏浚施工的成槽效果总体尚可,保持了航道整体易于成槽的良好局面,为新航槽尺度如期实现疏浚贯通奠定了基础。

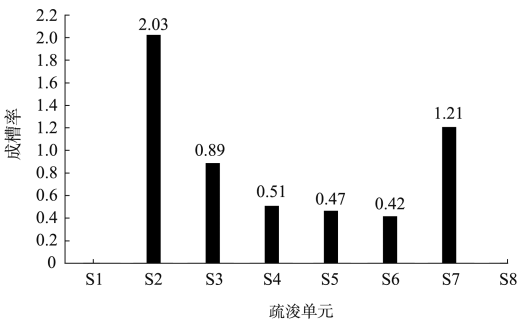


图 4 南槽 6 m 航道基建性疏浚成槽率沿程变化

3)疏浚施工过程管控规范,克服了作业水域通航密度高等多项施工难点。本工程所处的长江口南槽水域常年受风浪流影响,疏浚施工环境较为恶劣。疏浚施工期为 2019 年 11 月—2020 年 3 月,正处于长江口冬春季寒潮大风和迷雾天气多发期,一旦发生恶劣天气过程则会减少施工船舶的有效作业时间;同时,施工期也恰好是长江口区域的渔汛季节,渔网渔船数量增多在一定程度上干扰耙吸船航行、施工及抛泥作业。特别是南

槽航道主要供中小型船舶和空(减)载大型船舶候潮进出港,近年来日均进出南槽航道船舶可达 600~800 艘次,进出口船舶流量大、通航密度高,对耙吸船疏浚施工作业干扰较为明显,尤其在涨潮时段进口船舶流量和落潮时段出口船舶流量剧增时,会对耙吸船的施工及航行产生较大安全风险。另外,本疏浚施工区域内水深相对较浅,耙吸船须乘潮施工,施工作业时掉头困难,存在压耙搁浅风险;施工水域至口外 3# 倾倒区的距离长达 31~42 km,耙吸船平均抛泥运距较远,施工作业周期较长,一定程度上降低施工效率。

针对通航船舶流量大、施工水域水深不足、九段警戒区施工受限等各类不利因素,在基建期疏浚施工过程中,积极加强现场施工组织协调与过程管控,优化通航高峰期施工工艺(根据船舶流量动态调整耙吸船施工区段顺序、充分利用涨落潮水位信息合理安排耙吸船施工时机等),协同海事部门制定通航安全保障方案,要求施工船舶实时与当地海事部门交管中心保持通讯联系,及时掌握航行船舶动态,及早采取错峰避让措施,为按期实现南槽 6 m 航槽贯通提供了安全保障。

4)疏浚土处置符合规定且部分用于整治建筑物袋装砂充填料,弥补了短时用砂不足。在疏浚施工过程中,严格执行设计文件对疏浚土处置的相关要求,基建期产生的疏浚土由耙吸船重载航行至主管部门规定的南槽航道口外 3# 倾倒区进行抛卸。鉴于南槽航道治理一期工程整治建筑物施工用砂较为紧缺,南槽航道疏浚土的粒度特性(中值粒径 $d_{50} > 0.075\text{ mm}$ 的颗粒含量在 90% 以上, $d_{50} < 0.005\text{ mm}$ 的黏粒含量在 10% 以内)也满足整治建筑物袋装砂充填料的基本要求,及时开展南槽航道疏浚土用于整治建筑物筑堤材料的施工方案研究和现场试验(图 5),使疏浚土在转运过程中直接得到利用,既实现南槽航道部分疏浚土的资源化利用,又有效缓解工程短时用砂紧张局面。



a) 疏浚土转运至泥驳



b) 泥驳取土



c) 砂袋充填



d) 砂袋下放铺排

图 5 南槽航道疏浚土用于整治建筑物袋装砂充填料

5)南槽 5.5 m 临时航道及时疏通,确保了施工期船舶通航安全。前文述及,进出南槽航道的船舶流量较大,通航密度较高。如何在南槽不断航且通航密度高的情况下避免或降低施工船舶和航行船舶之间的安全风险,是疏浚施工安全监控的重点。为此,作为基建期疏浚施工的一部分,南槽 5.5 m 临时航道首先按南槽航道治理一期工程航道轴线进行开挖;临时航道尺度于 2019 年

11月27日达标验收后,原南槽 5.5 m 航道随即调整至 5.5 m 临时航道进行通航。在疏浚增深 6 m 新航槽的同时,做好南槽 5.5 m 临时航道通航尺度的维护工作,期间通航水深保证率达 100%。海事部门也结合南槽航道治理一期工程建设进展情况及时发布《南槽航道防搁浅指南》,确保过往船舶安全通行,保障南槽航道安全畅通。由于 5.5 m 临时航道的及时疏通和不断航,在基建疏浚施工期间南槽水域内未发生任何因航道出浅而影响船舶通航安全的现象。

3 航道建设维护展望

3.1 南槽 6 m 航道运行维护管理要点

南槽一期航道是长江口首次开挖的水深 6 m、航宽 600 m 的宽浅型人工航槽,航道稳定性及其回淤特征规律尚未清晰,经受流域大流量过程和河口台风浪等各种异常水文气象条件考验的水平也难以评估。下一步应重点做好试运行期航道水深和回淤定期监测工作,及时掌握航道河段水沙动力条件和河床冲淤变化动态,研究探索宽浅型航道的维护特点、规律和管理模式,有针对性地制定维护疏浚方案并不断积累实践经验,保证试运行期航道安全畅通和稳定。特别是前期的研究^[5]已初步掌握了南槽 5.5 m 航道回淤的季节性变化规律和江亚南沙沙尾淤积对南槽 5.5 m 航道维护的不利影响;且当前江亚南沙沙尾仍紧贴南槽 6 m 航道北侧底边线(图 1),其未来冲淤演变尚存在诸多不确定性。因此,在江亚南沙护滩堤建成后,有必要加强持续跟踪监测和关注江亚南沙沙尾和九段沙沙尾等局部浅滩冲淤变化及其对南槽 6 m 航道回淤和运行维护的影响。

3.2 南槽航道进一步开发治理设想

据海事部门统计^[6],南槽 6 m 航道试运行首月的日均船舶流量环比增加约 37.4%,南槽航道已初步呈现出船舶流量持续增加、通航密度持续上升、大吃水船舶占比增大的特点。据此预测,随着南槽一期 6 m 航道的常态化运行,通过南槽的船舶流量将进一步增加,船舶将趋向大型化发展并将引起通航主要船型由现状的 5 000 吨级发展

为 1 万~2 万吨级船舶的变化。南槽航道的进一步增深,将对未来一段时期适应南槽船舶大型化发展和分流北槽 12.5 m 深水航道吃水 7~8 m 船舶起到重要的支撑作用,有利于进一步优化长江口通航环境和完善长江口航道现代化体系。

根据 2010 年交通运输部批复的《长江口航道发展规划》^[7],南槽航道的规划目标水深为 8 m,可满足 1 万吨级船舶通航的需要。文献[8]针对南槽 8 m 水深治理目标初步提出南槽航道治理的主要思路和原则以及相应的工程技术方案,可为开展后续研究提供技术基础。当前长江口南槽航道治理一期工程已全面建成,为南槽航道进一步开发创造了良好条件。因此可在一期工程的基础上,推进实施长江口南槽航道治理二期工程。其基本设想为:拟通过在拦门沙河段修建整治建筑物(在航道北侧的九段沙南缘布设护滩堤及丁坝群;在航道南侧的南汇东滩沿线依托滩涂整治堤线布设丁坝群),进一步稳定九段沙南缘冲刷等局部不利河势,减少航道泥沙来源,改善最大浑浊带泥沙回淤动力条件,并辅以疏浚手段建设 8 m 水深航道。需要注意的是,由于工程紧邻九段沙湿地国家级自然保护区(2018 年被划入上海市生态保护红线),在长江大保护背景下宜统筹做好生态优先、绿色发展理念同航道治理建设全过程的有机融合,或可结合九段沙南缘护滩堤工程研究实施生态固滩、湿地修复等生态环保措施,同时在工程实施和运营阶段建立生态补偿长效机制,开展环境监测、生态放流等相关工程补偿措施。

4 结语

1)长江口南槽航道治理一期工程基建期疏浚工程于 2019 年 11 月开工,2020 年 3 月完工,历时近 5 个月。工程实施过程中南槽 6 m 航道基建性疏浚取得预期效果,主要呈现 5 个特点:①疏浚施工方案合理可行,基建期疏浚工程量与设计预期基本相当;②新航槽尺度如期实现疏浚贯通,沿程成槽效果有所差异;③疏浚施工过程管控规范,克服作业水域通航密度高等多项施工难点;④疏浚土处置符合规定且部分用于整治建筑物袋

装砂充填料, 弥补短时用砂不足; ⑤南槽 5.5 m 临时航道及时疏通, 确保施工期船舶通航安全。

2) 当前南槽 6 m 航道处于试运行维护阶段, 重点应做好试运行期航道水深和回淤定期监测工作, 及时掌握航道河段水沙动力条件和河床冲淤变化动态, 有针对性地研究制定维护疏浚方案并不断积累实践经验, 保证试运行期航道安全畅通和稳定。

3) 南槽航道的进一步增深, 将对未来一段时期适应南槽船舶大型化发展和分流北槽 12.5 m 深水航道吃水 7~8 m 船舶起到重要的支撑作用。下一步可在一期工程的基础上推进实施长江口南槽航道治理二期工程, 实现南槽 8 m 水深治理目标。鉴于工程紧邻上海市生态保护红线——九段沙湿地国家级自然保护区, 在长江大保护背景下宜统筹做好生态优先、绿色发展理念同航道治理建设全过程的有机融合, 严守生态保护红线, 真正做到航道建设和生态环境保护协调发展。

参考文献:

[1] 谢华亮, 戴志军, 左书华, 等. 1959—2013 年长江河口南

(本文编辑 王璁)

(上接第 82 页)

4) 采用水位和波高联合极值分布计算的波峰面高度明显比分别采用二者独立极值分布所计算的波峰面高度低。采用水位和波高联合极值分布计算码头顶高程对 EPC 承包商比较有利, 尤其是在波浪力为非主导可变作用时。

5) 联合极值分布相关计算中, 相关系数对计算结果有较大影响。进一步研究水位(增水)和波高的相关性对计算不同重现期波峰面的高度有积极意义。

参考文献:

[1] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.

[2] The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. Technical standards and commentaries for port and harbour facilities in Japan [M]. Tokyo: Daikousha Printing Co., Ltd., 2002.

槽动力地貌演变过程[J]. 海洋工程, 2015, 33(5): 51-59.

[2] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口南槽航道治理一期工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2018.

[3] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口南槽航道治理一期工程初步设计文件[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2018.

[4] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口南槽航道治理一期工程疏浚工程(基建期疏浚工程)设计工作总结[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2020.

[5] 郑文燕, 赵德招. 长江口南槽 5.5m 航道维护特点[J]. 水运工程, 2017(1): 82-86.

[6] 潘洁洋. 长江口南槽航道 4 月船舶流量环比增 37.4% [EB/OL]. (2020-05-09) [2020-08-14]. http://www.zgjtb.com/2020-05/09/content_242151.htm,

[7] 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: 交通运输部长江口航道管理局, 2010.

[8] 李文正. 长江口南槽航道治理方案展望[J]. 水运工程, 2017(6): 118-125.

[3] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

[4] WALLINGFORD H R. Piers, jetties and related structures exposed to waves: guidelines for hydraulic loadings [M]. London: Thomas Telford Publishing, 2004.

[5] United States Army Corps of Engineers. Design: Piers and wharves[S]. Vicksburg: UFC, 2005.

[6] U. S. Army Corps of Engineers. Coastal Engineering Manual [M]. Washington D C: Coastal Hydraulics Laboratory Publication, 2002.

[7] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口与航道水文规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.

[8] 董胜, 孔令双. 海洋工程环境概论[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2005.

[9] 陶山山. 多维最大熵模型及其在海岸和海洋工程中的应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.

(本文编辑 武亚庆)