



上海洋山深水港区的选址和规划

邵荣顺¹, 吴明阳²

(1. 上海市深水港工程建设指挥部, 上海 200122; 2. 交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘要: 通过对洋山深水港区选址和规划的回顾, 提出了洋山深水港区具有独特的区位优势、良好的自然条件、可观的经济效益和不错的社会效益; 根据北港区建成后的海床冲淤变化, 利用数值模拟技术、物理模型试验和船舶航行模拟技术综合分析得出, 洋山深水港区北港区规划方案采用半汉道方案为稳妥、合理的方案; 归纳了对洋山港总体规划的建议。

关键词: 港区; 选址; 规划; 建议

中图分类号: TU 612.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)S1-0040-08

Site selection and planning of Yangshan deepwater port

SHAO Rong-shun¹, WU Ming-yang²

(1. Project Construction Headquarters of Shanghai Deepwater Port, Shanghai 200122, China;

2. Tianjin Water Transport Research Institute of MOT, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the review of the site selection and planning of Yangshan deepwater port, we find out that Yangshan deepwater port has unique geographical advantages, good natural conditions and considerable economic benefit and good social benefits. According to the variation of the seabed deposition and erosion after completion of the north harbor district, through comprehensive analysis based on the numerical simulation, physical model test and navigation simulation technology, we conclude that the half-branch scheme is safe and reasonable for the north harbor district of Yangshan deepwater port. Suggestions on the overall planning of Yangshan port are also given.

Key words: harbor district; site selection; planning; proposal

洋山深水港区是我国在外海建设的最大港口工程, 它位于杭州湾外海崎岖列岛中, 距上海市南汇嘴27.5 km, 港址选在最靠近上海市的深水海域(图1)。

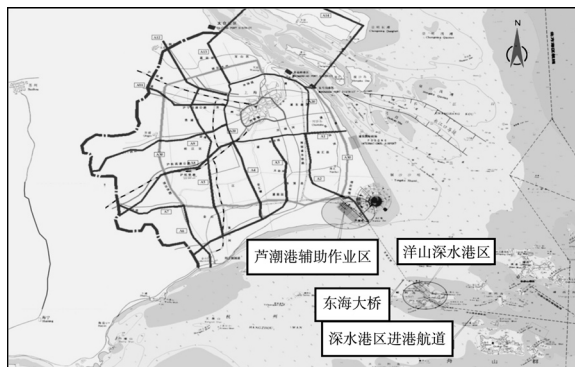


图1 上海国际航运中心洋山深水港区地理位置

洋山港从1996年4月起历经了6年选址规划, 于2002年6月开工建设, 经过6年的艰苦施工, 于2008年12月相继完成了洋山港1~3期工程, 建成了可以停靠8 000~12 500 TEU大型集装箱泊位16个、码头岸线5 600 m、年吞吐量930万TEU的世界级集装箱港区。目前洋山港从1~3期工程相继投产使用已有7~2年的实践来看: 港区水域平稳、水深维护良好、装卸作业正常; 每年港口作业天数达350 d以上, 可全天候地接卸第七、八代大型集装箱班轮。2010年洋山港集装箱吞吐量已达1 010万TEU。洋山港作为国际集装箱枢纽港的实力得到体现, 作为上海国际航运中心的核心地位得到确立。今天的洋山港正在按照国务院关于加强国际航运中心建设的总

收稿日期: 2011-01-14

作者简介: 邵荣顺(1942—), 男, 教授级高工, 主要从事港口工程规划和设计。

体目标不断前进。

12年来笔者有幸参与了洋山港的选址、规划和设计施工。结合洋山港建设过程和竣工后3年的使用情况, 主要通过对洋山港选址和规划的回顾, 归纳了对洋山港总体规划的建议, 为洋山港未来的发展提供科学依据。

1 洋山深水港区的选址

上海市作为国际贸易中心, 急需要具有15 m水深的深水港。洋山港的选址工作在交通运输部组织下, 从20世纪60年代就开始了。从黄浦江到长江口沿江的七丫口—罗泾—宝山—外高桥—横沙—崇明岛; 从临海杭州湾的金山嘴—乍浦—独山, 到1981年从19个港址中推荐七丫口—罗泾、外高桥和金山嘴方案, 但港址水深仅有10 m。进入20世纪90年代, 全球经济一体化使国际航运得到了迅速发展, 上海港集装箱历年增产率为28%以上, 为应对国际集装箱船大型化的趋势, 上海急需建设具有15 m水深的枢纽港, 否则上海港将在竞争中沦为专线港^[1-2]。

上海市位于长江口入海口, 处在淤泥质海岸, 天然水深较浅, 人工开挖泥沙回淤较大, 为了选择深水港, 从1996年开始打破老传统, 离开黄浦江、跳出长江口, 在杭州湾的外海另觅新港址—洋山深水港。洋山港距南汇嘴27.5 km, 通过新建32.8 km东海大桥和上海市相连; 洋山港另一端离国际航线104 km, 可通过68.2 km天然的进港航道通向外海。港区的水域由大、小洋山岛屿链围成的42 km²的洋山海域; 港区的陆域是由岛屿、滩地和人工吹填成面积45 km²的人工岛陆域。回顾当时选址和建成后的使用情况来看, 洋山港具有充沛的箱源腹地、15 m水深的港口和航道、便捷的集疏运系统和上海市国际大都市的依托, 由此可见, 洋山港具备了国际集装箱枢纽港的四大要素^[3]。

1.1 独特的区位优势

上海市位于太平洋西海岸的中心, 地处全球东西三大主航线的要冲; 它地处我国东部沿海和

长江流域两大经济带的交汇点, 居我国南北海岸线之中心, 是长江的出海口。有着富饶的长江三角洲、长江流域以及沿海经济带的依托。上述地区是我国经济增长最快的地区, 也是我国集装箱量生成量最大的地区。长江流域巨大的箱源市场, 早已成为世界各大船公司争夺的目标, 世界看好上海、船公司看好洋山港, 建设洋山港是国际市场的选择, 因此洋山港有着广阔的经济腹地和充沛的箱源市场^[4]。

1.2 海床稳定、地质构造稳定

洋山海域的海床为淤泥质海岸, 从1887年的海图到现今的水深资料对比来看, 深水区位置没有变, 仍保持在E 122°, N30°35' 处。百年来海床冲淤演变如下: 1) 1887—1937年的50年(前50年), 年淤积速率3.6 cm/a; 2) 1937—1987年的50年(后50年), 年淤积速率1.0 cm/a; 3) 1987—1997年的10年(近期10年), 年冲刷速率1.4 cm/a; 4) 1997—2004年的7年(最近7年), 年冲刷速率6.0 cm/a。

长期以来, 长江口、杭州湾的入海泥沙在强潮流作用下的扩散, 使海床呈微淤积状态, 1887—1987年年淤积速率为2.3 cm。近期来看, 由于长江口入海泥沙持续减少, 由原来4亿t减至2005年的不到2亿t; 加上沿岸围垦吸纳了大量过境泥沙, 近期(1987—2004年)年冲刷速率为3.2 cm/a, 引起海床微冲状态。从宏观的环境来看, 洋山港海域的冲淤变化不大, 海床基本上处于冲淤平衡的稳定状态, 为洋山港的水深维护提供了有利的宏观环境^[5]。

据国家地震局的研究, 该海域千年来没有地震破坏记录, 没有活动的断层, 也是一个地质构造稳定的海域。

1.3 掩护好、风浪小

洋山港水域受到大、小洋山岛屿的掩护, 外海波浪经岛屿折射和绕射进入港区, 波高减少2/3, 波周期衰减为3~4 s。水域的涨、落潮流是往复流, 为规划港区提供了水域平稳、水流平顺的良

好泊稳条件,确保了船舶靠离、停泊、航行的安全。根据洋山港投产后使用情况来看,实际每年作业天数在350 d以上。

1.4 潮汐通道发育、潮流强劲、泥沙不易落淤

大、小洋山岛屿链间有发育的长13 km,宽1~7 km的潮汐通道,具有水域宽阔、自然水深大的特点。岛屿内涨落潮流是往复流,在岛屿狭道效应下,潮流强劲、泥沙多为过境、落淤不大,为洋山港具备开辟15 m水深提供了优越条件^[6-7]。

1.5 对环境影响较小

洋山海域资源量在舟山渔场所占比重有限,对舟山渔场影响较小。港区布置时顺应潮流布置,模型试验结果表明,对周围环境和生态的影响较小。港区陆域形成以吹填为主,尽量少开山,减少对小洋山自然景观的破坏,因此,工程后对自然环境和生态环境影响较小。

1.6 施工有保障

本工程在外海岛屿施工,具有施工条件差、气象恶劣、风浪较大等特点。但是无论港区水工建筑物还是桥梁均属于航务工程部门的常规工程,施工技术上是成熟的。依靠长江口和外海马迹山矿石码头的施工经验,计划6 a时间是可以完成的。

1.7 经济效益可观

洋山港可充分依托上海港和15 m水深港区的优势,可以承担起大型集装箱船的远洋运输,并有充足箱源的保证和完善的采疏运系统的支撑,从而结束了上海港没有深水港的历史。洋山港建成后可以使远洋大型集装箱船直接停靠,不必再候潮经过长江口,缩短了航程,为班轮节约了时间,其经济效益十分可观。根据洋山港一期工程经济效益的测算结果:国民经济内部收益率为16.1%,高于12%的社会折现率,表明该项目对国民经济发展的贡献是明显的;财务内部收益率为7.25%,高于银行6.21%的贷款利率,投资回报期为11.7 a(前6 a建设期),表明港区工程财务效益具有一定抗风险的能力。

1.8 港口在营运上是可靠的

港口在营运上可借助上海港集装箱营运管理

系统,积极开展多式联运,推广江海直达运输。今天的洋山港拥有大型集装箱泊位16个,配备有60台装卸桥,港口陆域面积为8 km²,设计年吞吐量为930万TEU,并创造了单机效率123.16 TEU/h和单船船时量效率850.53 TEU/h两项装卸效率的世界纪录。目前洋山港可全天候接纳世界最大型集装箱船,有欧洲、美国、日本、韩国和东南亚多条航线,每月航班达359班次。从开港第1年的324万TEU发展到2010年的1 010万TEU,完成的集装箱吞吐量约占上海港的35%,洋山港区投产5年共完成了3 500万TEU的吞吐量。洋山港作为上海国际航运中心的核心地位得到确立,港口服务效率达到一流水平。

由此可见,洋山深水港区的选址是正确的,技术上可行、经济上合理、社会效益和环境效益良好。

2 洋山港的规划

2.1 规划目标

具有15 m水深的国际集装箱枢纽港,满足我国参与东北亚航运中心竞争的需要,适应上海和长江流域集装箱高速增长的需要;它是我国亚太地区的国际门户,是上海国际航运中心的核心港区;是我国沿海、长江流域集装箱运输的集散中心;是具有较强国际竞争力的世界级大港。

按此目标,洋山港应规划为具有15 m水深的港口和航道,可全天候接纳世界最大型集装箱船靠泊作业;具有20个左右集装箱专用泊位、相应的陆域堆场、现代化高效率的装卸设备、以及配套服务设施和便捷的集疏运系统;年吞吐量2 000万TEU以上,是国际一流水平的世界级大港。

2.2 地貌及水动力特征

2.2.1 地貌特征

洋山港处在大、小洋山南北两条岛屿链围成的喇叭口型海域中,海域面积为42 km²。其地貌特征为多岛屿、多汊道、强潮流、高含沙量;海床呈深槽和浅滩交错分布;水域宽度自西向东逐渐变

窄, 水深由西部8~10 m逐渐增大到东口窄口处水深可达85 m(图2)。

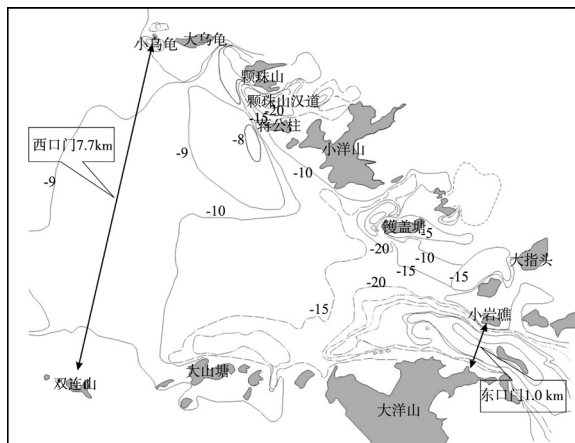


图2 1998年11月洋山港海域通道内水深(水深单位: m)

2.2.2 水文泥沙

洋山港海域属于非正规浅海半日潮, 平均潮差为2.77 m。涨落潮历时分别为5.8 h和6.6 h, 落潮历时大于涨潮。洋山海域属于强潮流海区, 通道内涨、落急流速可达2.41 m/s和2.65 m/s, 涨、落潮平均流速为0.75 m/s和0.82 m/s。潮流的流向受制于岛屿链走向的约束为WNW~ESE向, 潮流为往复流。

规划港区泥沙来源主要是潮流携带的海域泥沙, 长江口的泥沙扩散受到大、小洋山附近潮流阻止, 不会直接影响港区。海域的泥沙运动不同于长江口, 受到岛屿链的掩护, 波浪对海床冲淤作用较小, 潮流是主导动力因素。本海域的泥沙运动以悬沙为主, 是随着潮流涨落往复进行周期性搬运, 直接影响到海床的冲淤变化。由于喇叭口型海域的特殊地貌, 形成较明显的岛屿狭道效应, 使潮流强劲, 尽管含沙量较高, 泥沙落淤较少。

海域的含沙量与潮流大小有较好的相关关系, 大潮时流速较大, 含沙量最高, 中潮次之, 小潮含沙量最低, 大、中、小潮平均含沙量为 2.18 kg/m^3 , 1.92 kg/m^3 , 1.00 kg/m^3 。

海域含沙量冬春季节较高, 月平均含沙量为 0.96 kg/m^3 ; 夏秋季节含沙量较低, 月平均为 0.56 kg/m^3 。1—3月平均含沙量较高, 可达 1.24 kg/m^3 ,

8月份含沙量较低, 为 0.34 kg/m^3 (图3)。从海域含沙量平面分布看, 由北向南、由东向西逐渐增加的趋势, 北部水域含沙量较低, 为 0.76 kg/m^3 , 东部次之, 西部和南部相对较大, 为 1.50 kg/m^3 。

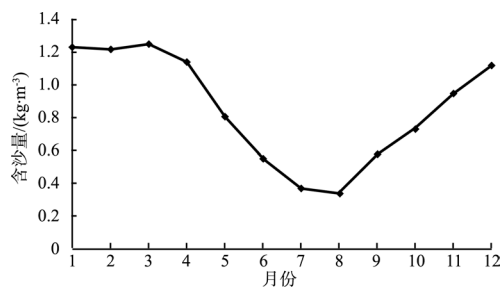


图3 洋山港海域月平均含沙量变化曲线(1998—2007年)

2.2.3 波浪

洋山海域的波浪有明显的季节性, 冬、春季为东北向浪, 夏、秋季节为东南向浪, 规划港区的常浪向为东北向, 强浪向为西南向。常年以风浪为主, 波周期一般在2.1~5.0 s, 超过5 s以上波周期很少出现; 由于受到大、小洋山岛屿的掩护, 外海的波浪从岛屿链汉道传入港区水域, 变成了折射和线射后的波浪, 它不再受风的直接作用, 波周期明显衰减。波周期在3~4 s, 和外海的长周期波的涌浪有本质的区别。根据观测资料, 波高<0.5 m的频率为81.5%; 波高>1.5 m的西北浪频率为1.1%, 南向浪频率为0.4%, 北向浪频率2.3%。说明了港区的风浪受到大、小洋山岛屿的掩护, 风浪不大。因此, 影响洋山海域冲淤变化主要是潮流作用^[8]。

2.3 规划方案

洋山港的总体布置规划从1996年开始, 为了达到规划目标, 针对洋山港多岛屿、多汉道、强潮流、高含沙量的特点, 结合规划中需要解决的两大技术难题(保证船舶靠离泊及航行安全, 减少港内泥沙回淤)作了多学科的专题研究和多种类的模型试验(潮流、泥沙、波浪、船舶航行模拟), 先后完成了大量的规划方案, 现将具有代表性的方案介绍如下。

2.3.1 人工岛方案

人工岛方案是规划初期(1996—1998年)所做的方案, 规划思路是通过在西部较宽的水域中设置 4.5 km^2 的人工岛, 增加潮动力, 减少泥沙

经过大量的模型试验, 确定西口宽度由原来的 7.7 km 缩至 5.0 km, 在大洋山一侧需建 5 km 的导流堤。此方案对原来地貌改变较少, 港区的码头岸线呈顺岸式与潮流方向一致布置, 并封堵了汉道、消除汉道带来的回流, 基本上达到了减少泥沙回淤和保证航行安全的要求, 是一个较好的规划方案^[11]。

2008年12月小洋山处的北港区已竣工投产, 但大洋山一侧至今尚未开始建设, 单通道规划方案中缩窄西口工程至今未能实现。为了确保小洋山北港区的水深维护, 减少泥沙回淤, 必须对单通道的规划进行补充修改。

2.3.3 半汉道方案

伴随着洋山港建设的进程, 海域的水文泥沙、海床的冲淤变化也随着不断地调整。在小洋山北港区的建设中封堵了3个汉道, 特别是2005年4月封堵镬盖塘—大指头大岩礁汉道后, 海域主流北偏, 北港区水深维护良好, 大洋山一侧发生了大范围的淤积, 颗珠山汉道进一步的发展, 整个海域出现了“南淤北冲”的格局。近期从2007—2010年北港区竣工后3 a, 冲淤变化幅度逐年减小, 洋山海域的冲淤步入了较稳定的调整期(图6)。

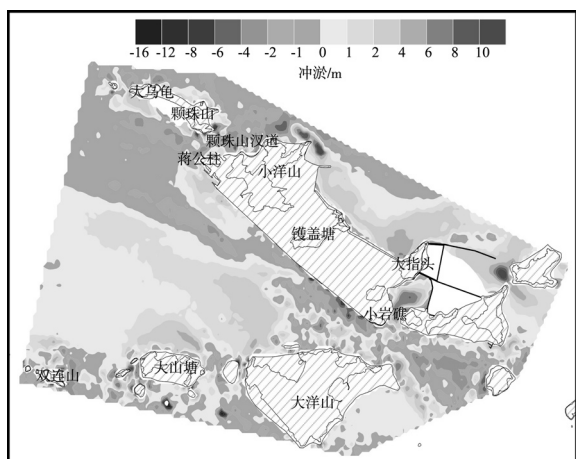


图6 2007年4月—2010年4月通道内冲淤变化

结合北港区建成后的海床冲淤变化特点, 考虑到面对着大洋山一侧仍处在自然状态下; 近期保留颗珠山汉道、远期保留大洋山双连山—大山塘汉道, 利用南、北汉道出水出沙的作用, 来代替原单

通道方案中缩窄西口的功能, 确保已建成北港区的水深维护, 形成了半汉道的规划方案。规划港区面积为 15 km², 码头岸线 16 km, 泊位 50 个, 年吞吐量为 3 000 万 TEU (图7)。

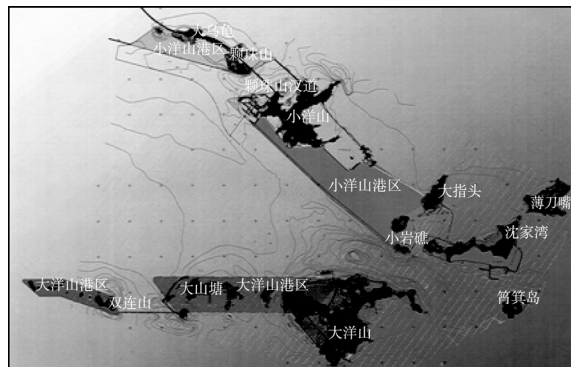


图7 洋山港规划方案3(半汉道方案)

大洋山一侧两个汉道的出水出沙在规划中不容忽视, 双连山—大山塘汉道进出潮量是大山塘—大洋山汉道的 2.8 倍。从模型试验结果表明, 封堵大山塘—大洋山汉道对主通道潮量影响不大; 再进一步封堵大山塘—双连山汉道, 导致主通道潮量明显减少, 对西部水深维护将产生不利的影响, 因此在大洋山一侧要保留大山塘—双连山汉道^[12]。

颗珠山汉道是以落潮为主的出水、出沙通道, 自2005年封堵其他汉道后, 涨落潮量有所增加, 占西部潮量的 14%~18%, 增加了通道西北部的潮动力; 吸纳通过西部的落潮流, 对西港区一直保持冲刷状态, 抑制了蒋公柱边滩的发展; 对 1~3 期工程维护水深起了至关重要的作用。同时也缓解东口门的雍水, 减轻了泄流负担。

如果颗珠山汉道进行封堵, 将会给洋山海域带来灾难性的风险。封堵后使颗珠山汉道外泄的动力消失, 至使通道西北部潮动力减弱, 形成了大范围淤积区, 增加 1~3 期工程港池的泥沙回淤, 将改变通道目前出现的“南淤北冲”的良好格局。根据天科院利用泥沙数学模型、物理模型试验进行的 3 a 后冲淤变化的预测, 封堵后通道西北部将出现大范围淤积区, 3 a 累计平均淤积厚度为 0.86 m, 在波浪和潮流作用下, 洋山港的水深将无法维护^[13]。

综上所述, 洋山深水港区北港区规划方案采用半汉道方案为稳妥、合理的方案。

3 结语

洋山港规划的成败关键在泥沙回淤。洋山海域地处外海, 不同于长江口, 它是一个范围大、多岛屿、多汉道、高含沙量、强潮流的喇叭口型海域。在岛屿的掩护下, 波浪对海床冲淤变化影响不大, 主要是潮流。泥沙回淤与潮流有着密切关系, 潮流的流向、强度又受制于港口平面形态, 从洋山港工程实例和12年海床冲淤变化分析来看, 通过科学、合理的港口总体规划布局, 可使潮流更加平顺, 减少港口的泥沙回淤, 确保港区正常的营运。鉴于大洋山一侧尚未开发建设, 仍处于自然状态, 洋山港总体布局规划尚未完成的条件下提出以下几点建议供今后规划参考。

1) 应保持目前洋山海域形成的“南淤北冲”的格局, 不要过多地影响已投产的北港区1~3期工程。

2) 洋山海域冲淤变化主要表现在西部, 以淤积为主; 为了增强西部的潮动力、减少泥沙回淤, 建议在今后规划中应保留北面的颗珠山汉道和南面的大山塘—双连山汉道, 发挥南北汉道的出水出沙功能。

3) 在强潮流、高含沙量的海域, 潮流的变化直接影响到海床的冲淤变化, 为了减少泥沙回淤, 建议规划港区的平面形态应该顺应潮流, 不要过多地改变潮流的流向和强度, 宜采用顺岸式布置, 不宜采用挖入式港池和突堤式布置。

4) 洋山港区规划较大, 每年维护港区水深有大量的疏浚土, 建议在规划港区时留有疏浚土利用的基地, 防止向外海抛泥, 影响海洋环境。

5) 为了完善洋山港的规划, 应该继续加强海域的水深、水文泥沙、波浪的观测工作, 以及港区规划的模型试验研究。

参考文献:

- [1] 上海市规划委员会. 上海国际航运中心集装箱枢纽港港址论证报告之一洋山深水港区建设必要性论证(主报告)[R]. 上海: 上海市规划委员会, 1999.
- [2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 上海国际航运中心洋山深水港区一期工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2002.
- [3] 上海707研究所. 从大型集装箱设计和发展趋势论证集装箱枢纽港的水深条件[R]. 上海: 上海707研究所, 2001.
- [4] 上海船舶运输科学研究所. 上海国际航运中心洋山深水港区总体布局规划方案船舶进出港及靠离泊航行安全模拟技术试验研究综合报告[R]. 上海: 上海船舶运输科学研究所, 2001.
- [5] 华东师范大学河口海岸科学研究所. 洋山港区及其毗邻海区冲淤动态和航道淤积研究[R]. 上海: 华东师范大学河口海岸科学研究所, 1996.
- [6] 南京水利科学研究院. 上海国际航运中心洋山深水港区总体规划平面布置优化试验综合报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2001.
- [7] 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室. 上海国际航运中心洋山深水港区水沙运动冲淤特征和堵汉工程影响分析[R]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [8] 大连理工大学海岸及近岸国家重点实验室. 上海国际航运中心洋山深水港区波浪数值计算及对工程影响研究[R]. 大连: 大连理工大学, 2007.
- [9] 上海东海海洋工程勘察设计院. 上海国际航运中心洋山深水港区封堵汉道潮动力变化分析报告[R]. 上海: 上海东海海洋工程勘察设计院, 2006.
- [10] 左书华, 蔡嘉熙, 杨华. 上海国际航运中心洋山深水港区海域近期地形冲淤演变分析[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2007.
- [11] 吴明阳, 冯玉林. 上海洋山港定床泥沙模型试验研究[J]. 海洋学报, 2003(3): 67-74.
- [12] 吴明阳, 刘国亭. 上海国际航运中心洋山深水港区总体规划建设方案泥沙物理模型试验研究[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2009.
- [13] 李蓓, 张征. 上海国际航运中心洋山深水港区西港区建设方案数值模拟技术研究[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2008.

(本文编辑 武亚庆)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评:

上海洋山港是我国重要的国际集装箱枢纽港, 是上海国际航运核心组成部分。洋山深水港区工程自然条件复杂、技术难度高, 体现了我国港口规划、设计和建设技术的前沿性, 是我国港口建设技术先进性的集中展示。

本文回顾了洋山深水港区的选址过程, 并从区位优势、自然条件、环境影响、施工、经济效益、营运可靠性等多方面, 详细地论述了洋山深水港区选址的合理性和正确性。文章重点从泥沙淤积演变的角度将洋山港区的规划过程娓娓道来, 并通过大量的模型试验及长期的现场观测, 提出“洋山深水港区北港区规划方案采用半汉道方案为稳妥、合理的方案”。最后, 笔者对洋山港区今后的规划提出了宝贵的建议。文章分析过程严谨, 数据翔实, 重点突出, 是一篇优秀的科技论文。

洋山深水港区是我国最大的外海港口工程, 本文是对洋山港区选址和规划经验的重要总结, 特别是对港口规划布局与潮流泥沙之间影响关系的研究、归纳, 为洋山港区未来的发展及类似港口选址及规划提供了重要的借鉴依据。

孔宪雷

2012年12月

评委简介:

孔宪雷, 博士, 应用研究员, 日照港集团有限公司副董事长、副总经理。山东省有突出贡献的中青年专家、日照市规划委员会委员。

主持了国家及省重点工程日照港二期工程、木材码头工程等项目的施工, 主持建设了世界先进、国内领先的30万吨级矿石码头、30万吨级原油码头等12项山东省重点工程。完成科技创新成果数十项, 获得省部级科技进步奖等奖励十余项, 有3项创新成果填补国内空白, 达到国际先进水平。发表专著一部、论文十余篇。

