

基于全耦合分析的大型邮轮坐墩安全设计

刘汶征, 张延昌, 叶飞, 陈刚

(上海外高桥造船有限公司, 上海 200137)

摘要: [目的]针对大型邮轮坞内坐墩时存在的坐墩质量大、坐墩时间长、艏部型线外飘大和艏部坞墩受力大等特点, 保证坐墩作业安全, 开展坞墩布置设计方法研究。[方法]提出一种基于有限元的船体-坞墩-坞底板-桩基全耦合坐墩分析方法, 梳理形成考虑全耦合安全分析的船舶坐墩布置设计流程及布墩精度要求, 设计出特定高度的门架式支撑工装传递特定质量载荷, 并在大型邮轮坞墩布置设计优化中应用。[结果]实际应用结果表明: 全耦合邮轮坐墩分析方法能实现对船舶坐墩系统多体相互作用的精准模拟; 通过门架式支撑工装能显著减小坞底板中间区域的变形。[结论]研究成果可供大型邮轮的坐墩安全性评估以及其他船型的坐墩方案评估与优化参考。

关键词: 大型邮轮; 坞墩布置; 有限元分析; 坞底板变形

中图分类号: U662.2 **文献标志码:** A **【DOI】** 10.13788/j.cnki.cbge.2025.09.01

Safety Design of Large Cruise Ship Docking Based on Full Coupling Analysis

LIU Wenzheng, ZHANG Yanchang, YE Fei, CHEN Gang

(Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Co., Ltd., Shanghai 200137, China)

Abstract: [Purpose] To guarantee the safety of large cruise ships during dry-docking, a systematic method for dock-block arrangement is proposed that addresses the characteristics of extremely heavy loads, long docking durations, significant flare of the bow hull form, and excessive stress on bow-supporting blocks. [Method] A whole-coupling finite element model is developed that integrates the hull, dock blocks, dock floor, and pile foundation. Based on this model, a design workflow is established in which global safety assessment is embedded, together with quantitative tolerances for block setting. A gantry-type support tooling of specific height is designed to transfer designated mass loads. The proposed methodology is applied to optimize the docking block arrangement for a large cruise ship. [Result] Results demonstrate that the fully coupled analysis method enables high-precision simulation of multi-body interactions within the docking system. The gantry support tooling significantly reduces deformation in the central area of the dock floor. [Conclusion] The research provides an accurate analytical approach for safety assessment of large cruise ship docking and offers valuable reference for evaluating and optimizing docking schemes for other vessel types.

Key words: large cruise ship; docking arrangement; finite element analysis; deformation of dock floor

0 引言

船舶坞内坐墩是船舶建造过程中的重要环节, 在平台上建造好船体总段之后, 通过龙门吊将其吊入船坞, 开始进行总段搭载与合拢, 同时开展船坞阶段的舾装工作。船舶在船坞内通过坞墩支撑坐落

于坞底板, 该状态称为坐墩状态。近年来船舶逐渐朝着大型化方向发展, 研究设计更科学、更准确的方法为坞墩的布置和坐墩状态安全性评估提供支撑。

当前已有很多学者对不同船型的坐墩分析方法和坞墩布置优化进行研究。PALI等^[1]采用追赶法直

收稿日期: 2024-11-26; 修回日期: 2025-02-06

作者简介: 刘汶征(1995—), 男, 工程师。研究方向: 船舶结构分析与优化设计。

接计算得到坞墩弹性支座的支反力。赵文斌等^[2]对超大型矿砂船在坞内坐墩时的坞墩布置方案进行了分析,总结了超大型矿砂船坞墩布置设计经验;周敏等^[3]针对集装箱船提出了有限元简化建模原则,并进行了建模分析对比,验证了简化模型的可行性和合理性;王亮等^[4]针对某7万载重吨半潜船,采用降低局部区域坞墩刚度的方法降低了局部区域船体结构的应力;王佳颖^[5]对液化天然气(Liquefied Natural Gas, LNG)船入坞时的底部船体结构进行了强度校核分析,总结了相关大型船舶的坞墩布置设计经验。目前国内暂无大型邮轮坐墩评估及优化设计方面的研究。

本文以国产首艘大型邮轮为研究对象,提出一种基于有限元的船体-坞墩-坞底板-桩基全耦合坐墩分析方法,并在大型邮轮实际坞墩布置设计优化中应用,总结大型邮轮坐墩计算方法和坞墩布置设计流程,为其他船型的坐墩方案评估与优化提供参考。

1 大型邮轮坐墩分析背景

我国首艘国产大型邮轮爱达·魔都号由上海外高桥造船有限公司建造,长323.6 m,宽37.2 m,最大高度72.2 m,可容纳乘客5 246人。大型邮轮作为载客型船舶,其设计和建造与普通载重型船舶有很大差别,其坐墩状态主要有以下特点:

1) 艏艉型线削瘦。作为载客型船舶,大型邮轮对快速性的要求较高,其艏部一般较为削瘦,艏部区域的平底范围很小(见图1),在艏部较长的一段区域内仅能在龙骨线位置布置单排坞墩,易导致坞墩受力过大;同时,艏部型线外飘较大,悬空区域的质量大部分由艏部最前方的几个坞墩承受,会导致艏部坞墩受力过大。

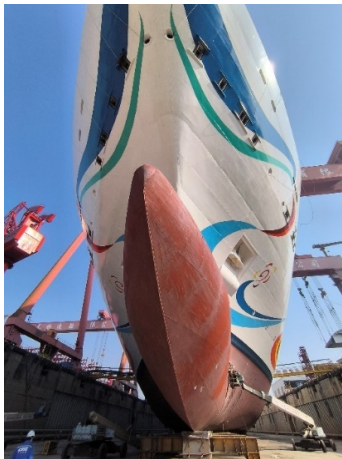


图1 首艘国产大型邮轮爱达·魔都号艏部外形

Fig. 1 Bow Shape of China's First Domestic Large Cruise Ship Adora Magic City

2) 坐墩质量较大。与普通载重型船舶不同,大

型邮轮的坐墩质量很大,载质量很小,爱达·魔都号在坐墩状态下的坐墩质量最大超过60 000 t(包含施工工装和临时设备等)。表1为爱达·魔都号与同坞建造的某中型集装箱船的坐墩质量和主尺度对比。由表1可知,大型邮轮的坞墩有效布置面积与中型集装箱船的几乎一致,但大型邮轮的坐墩质量约为中型集装箱船的3倍,因此坞墩的平均载荷较大,坞墩布置难度较高。

表1 爱达·魔都号与某中型集装箱船的坐墩质量和主尺度对比

Tab. 1 Comparison of Docking Mass and Main Dimensions Between Adora Magic City and a Medium-Sized Container Ship

船型	坐墩质量/t	总长/m	型宽/m
大型邮轮	约 60 000	323.6	37.2
中型集装箱船	约 20 000	270.0	42.0

3) 坐墩时间长。大型邮轮主要的建造工作为内装工程,大部分内装工作都需要在坞内坐墩状态下完成,其坞期约为普通散货船的20倍,坐墩时间相较普通载重型船舶长很多,超长的坞期会增加船体与坞墩蠕变风险,须精确评估长期载荷下的坞墩沉降和船体变形累积效应。

综合以上特点可知,对于大型邮轮而言,须采用更精细、准确的方法对其坐墩状态的安全性进行评估,为坞墩布置方案的设计与优化提供支撑,保证船舶顺利建造。

2 船舶坐墩安全性设计技术

2.1 船舶坐墩安全性设计流程

图2为船舶坐墩安全性设计流程,包括初始方案设计、有限元分析与评估、方案优化设计以及现场坞墩布置与精度测量。

1) 在初始坐墩方案设计阶段,根据坐墩质量和坞墩平均受力估算需要布置的坞墩数量,初步绘制坞墩布置图,将坞墩设置于横向主要构件与纵向主要构件的交叉点处,艏艉区域适当增加坞墩数量,船中区域适当减少坞墩数量,同时注意避开重要设备,海水门等区域也无法布置坞墩。

2) 确定坞墩布置初始方案之后,建立全船结构及坞墩系统的有限元模型,开展坐墩状态有限元分析,对坞墩、船底结构、坞底板和桩基等进行分析评估。若评估结果不满足相应的衡准,则需对初始设计方案进行优化迭代;若评估结果满足相应的衡准,则可确定最终的坞墩布置方案。

现场实际进行坞墩布置时,应采用全站仪等测量工具对坞墩布置的精度进行测量,若不满足工艺要求,应进行局部调整。

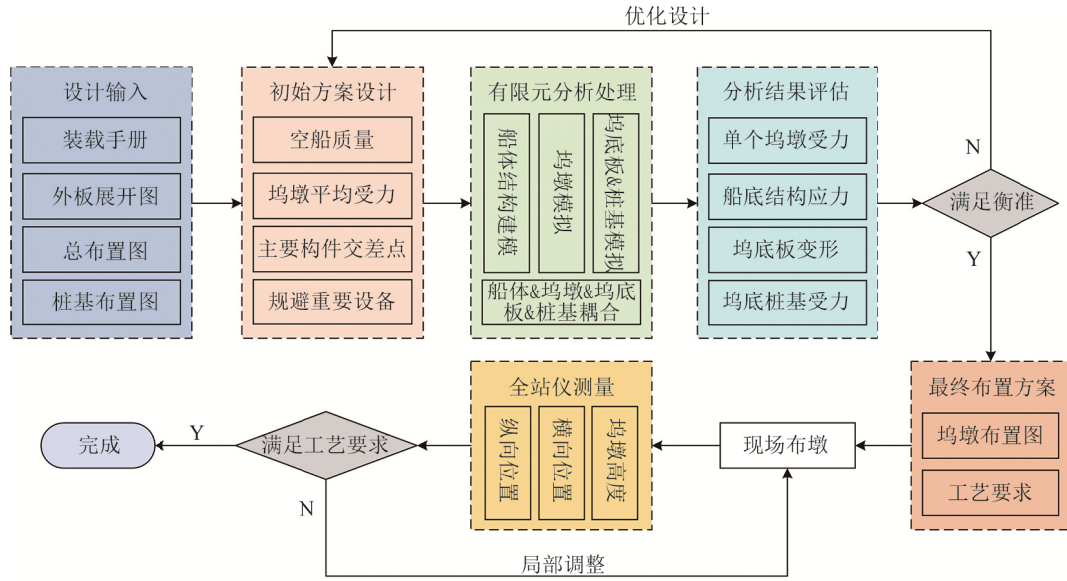


图2 船舶坐墩安全性设计流程

Fig. 2 Comprehensive Design Process for Ship Docking Safety

2.2 船舶坐墩安全性评估要点

传统的坐墩有限元分析评估的重点是坞墩受力和船底结构应力, 大型邮轮坐墩安全评估的重点主要包括以下3个方面:

1) 坞墩受力。所有船用坞墩的墩体上都会标注其许用载荷, 根据坞墩材质和尺寸的不同, 坞墩的许用载荷一般在2 000 kN~4 000 kN。在坞墩布置设计中, 通过有限元分析得到的各坞墩的受力均不应超过其许用载荷。

2) 船底结构。船舶坐墩时, 坞墩一般布置于船底横向主要构件与纵向主要构件的交叉点处, 以减少船底结构的变形和应力。但, 对于局部坞墩载荷较高的区域, 仍须对其船底结构的局部区域进行细化评估, 保证局部区域的结构应力不超过其材料在指定网格尺寸下的屈服衡准。

3) 坞底板变形与桩基受力。船坞的坞底板一般

由混凝土浇筑而成, 下方由桩基支撑, 在涉及船坞时, 坞底板变形和桩基受力均有其设计极限值, 对于大型邮轮等坐墩质量较大的船舶而言, 还需对坞底板和桩基进行分析评估。

3 大型邮轮坐墩耦合分析技术

在进行船舶坐墩安全性设计时, 须通过仿真分析对设计方案进行评估和优化。传统的坐墩有限元分析方法仅考虑船体结构与坞墩之间的相互作用, 为得到更准确的坐墩分析结果, 全面评估坐墩的安全性, 须考虑船体结构、坞墩、坞底板和桩基间的相互作用, 采用全耦合方式进行计算。

3.1 坞墩模拟

在大型邮轮的坞墩布置方案中, 共有3种坞墩形式, 见图3。

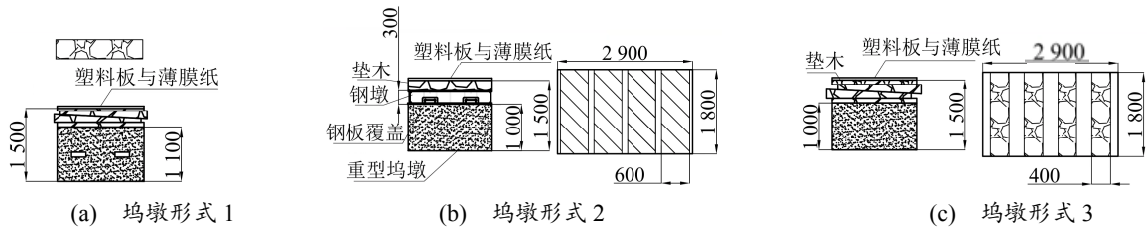


图3 3种形式坞墩 (单位: mm)

Fig. 3 Three Types of Docking Blocks (Unit: mm)

在有限元分析中, 坞墩采用弹簧单元模拟, 其刚度系数 K 的计算公式为

$$K = \frac{E}{h} bc \quad (1)$$

式中: E 为坞墩的材料弹性模量, MPa; b 为坞墩宽

度, mm; c 为坞墩长度, mm; h 为坞墩高度, mm。

对于2种及3种材料串联组成的坞墩, 其组合刚度系数计算公式为

$$K = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \quad (2)$$

$$K = \frac{K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 + K_2 K_3 + K_1 K_3} \quad (3)$$

式中： K_1 、 K_2 和 K_3 分别为3种材料坞墩的刚度，N/mm。

此外，对于艏艉区域的部分坞墩（见图4），因艏艉线型收缩，船体底部与坞墩实际接触面积小于坞墩的上表面积。由式（1）可知，此时坞墩实际刚度会小于全接触时的刚度。在对坞墩刚度进行计算时，应考虑船底与坞墩的实际接触宽度，对刚度系数进行折减，否则会对艏艉区域的坞墩支反力计算结果产生较大影响。王福花等^[6]在计算艏艉坞墩载荷时考虑了其实际受力面积，本文中的坞墩实际接触宽度 b 的计算公式为

$$b = \frac{1}{2}[(b_0 + 2h \tan 30^\circ) + b_0] \quad (4)$$

式中： b_0 为船底与坞墩的实际接触宽度。

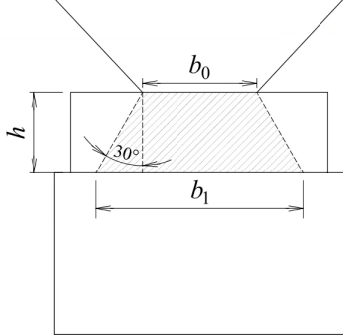


图4 艏艉区域船体与坞墩接触形式

Fig. 4 Contact Configuration Between Hull and Docking Blocks at Bow/Stern

3.2 坞底板及桩基模拟

船坞的坞底板一般由混凝土浇筑而成，下方通过桩基支撑，图5为坞底桩基布置图（局部），其中

每个方格为1个桩基。传统的船舶坐墩计算一般不考虑坞底板，即坞底板为完全刚性结构，在船舶坐墩状态下不发生变形。实际情况下船舶在坞内坐墩时，坞底板也会发生变形，从而影响坞墩支反力计算结果。同时，船舶在坞内坐墩时对坞底板的变形和桩基的受力也有要求。因此，在对大型邮轮进行坐墩计算时，有必要考虑坞底板对计算结果的影响^[7-9]。

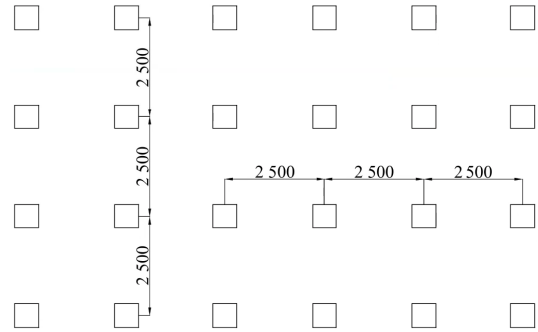


图5 坞底桩基布置形式（单位：mm）

Fig. 5 Arrangement of Dock Bottom Piles (Unit: mm)

在建立有限元模型时：坞底板采用板单元模拟，板厚为1 000 mm，泊松比为0.167，弹性模量为 3×10^4 MPa；桩基采用弹簧单元模拟，按桩基布置图建模，桩基刚度为 1.9×10^5 N/mm。

3.3 船体与坞墩系统耦合方式

大型邮轮坐墩耦合分析技术中的船体、坞墩、坞底板和桩基耦合方式见图6。坞墩弹簧单元的上节点与船体底部节点相连接，坞墩弹簧单元的下节点与坞底板板单元的上表面相连接；桩基弹簧单元的上节点与坞底板板单元的下表面相连接，桩基弹簧单元的下节点设置为刚性固定。

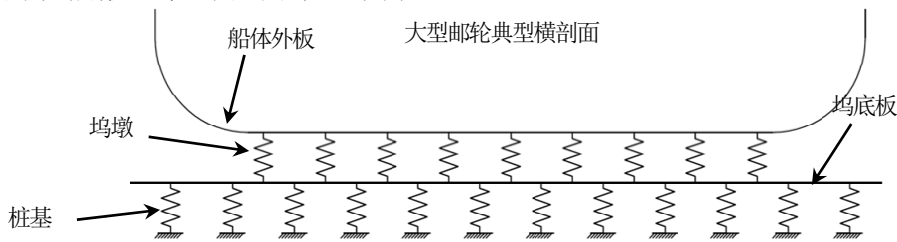


Fig. 6 Coupling Method of Hull-Docking Block System

在实际坐墩过程中，坞墩、坞底板和桩基主要承受来自船体的垂直载荷，其受力方向是单一的，即向下的压力。因此，在对坞墩、坞底板和桩基进行模拟时，采用的弹簧单元仅承受单向压力。

4 大型邮轮坐墩分析及优化设计

4.1 初始方案坐墩分析

根据初始坞墩布置方案，采用耦合分析方法开展安全性评估，有限元分析模型见图7。

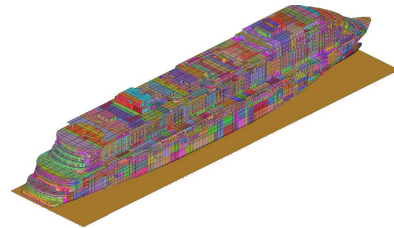


图7 大型邮轮坐墩耦合分析方法计算模型

Fig. 7 Finite Element Model for Coupled Analysis of Large Cruise Docking

根据桩基的设计极限载荷和刚度可得坞底板的变形衡准为8.62 mm。经计算, 艏部区域坞底板的最大变形为13.70 mm > 8.62 mm, 不满足坞底板与桩

基的设计衡准, 应对初始方案进行优化设计。图8为初始方案下的坞底板变形情况。

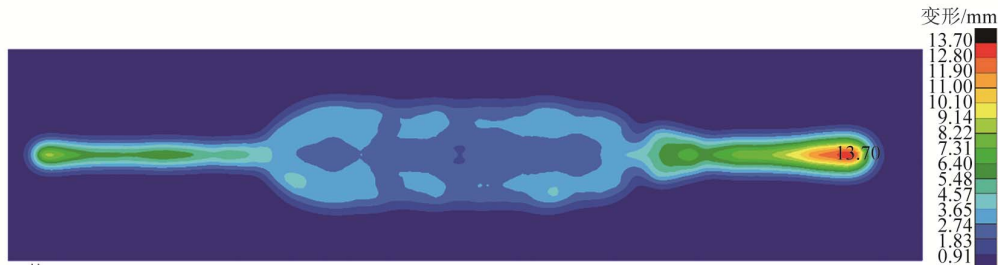


图8 初始方案下的坞底板变形云图

Fig. 8 Deformation Fringe of Dock Floor Under Initial Scheme

4.2 坐墩方案优化设计

根据初始方案的计算结果, 坞底板变形超过设计衡准值较多, 最大变形出现在船首区域。船首区域受型线限制, 只能在龙骨线位置布置单排坞墩, 导致龙骨线上坞底板和桩基受力过大, 造成局部变形过大。

为解决龙骨线处坞底板和桩基受力过大的问题, 设计一种门架式坐墩支撑工装, 见图9。该工装将原来集中于船中的载荷通过两侧的支腿分摊到两侧的桩基上, 以减小船中位置坞底板和桩基的受力。在艏部区域共设置12个门架式坐墩支撑工装, 单个门架的设计承载能力为3 500 kN。

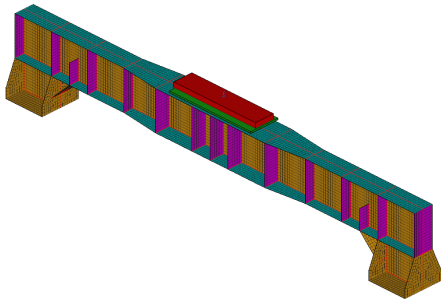


图9 门架式坐墩支撑工装

Fig. 9 Gantry Support Tool for Docking

在进行有限元分析时, 门架式支撑工装位置采用垂向载荷的方式模拟, 分别将3 500 kN载荷作用到船体和坞底板对应位置的节点上。采用该方法

进行仿真计算时, 为保证门架式坐墩支撑工装能充分承担3 500 kN设计载荷, 同时使实际情况与仿真计算更接近, 在实际设置门架时需对其进行反变形垫高, 具体高度可根据有限元计算结果得到。

采用全耦合分析方法对坐墩优化方案进行有限元计算, 结果见图10, 艏部区域坞底板最大变形为8.60 mm。虽然采用门架式坐墩支撑工装将部分载荷分摊到了两侧桩基上, 但受艏部结构形状、载荷分布的不均匀性以及船体底部与坞墩实际接触位置等因素影响, 坞底板变形在艏部区域仍相对集中。不过优化之后艏部区域坞底板的最大变形已由初始方案的13.70 mm减至8.60 mm, 满足坞底板变形衡准。

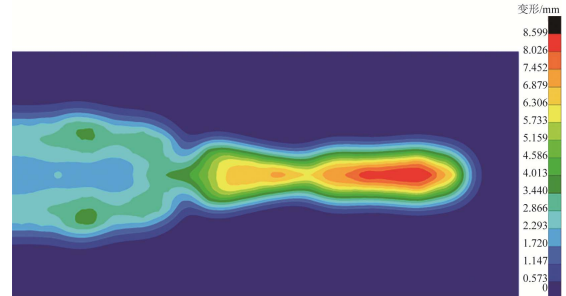


图10 优化方案坞底板变形云图

Fig. 10 Deformation Fringe of Dock Floor Under Optimized Scheme

艏部区域的坞墩受力分布见图11, 最大受力为2.577 4 MN, 满足坞墩受力设计衡准的要求。

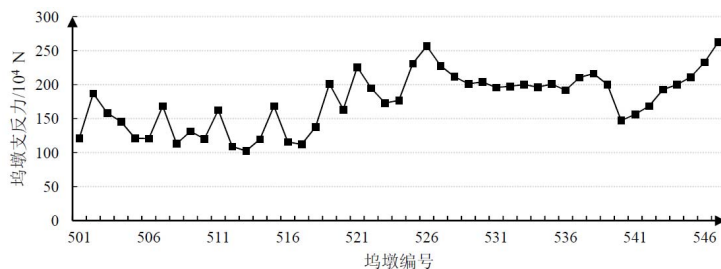


图11 优化方案下的艏部坞墩受力分布

Fig. 11 Load Distribution on Bow Docking Blocks in Optimized Scheme

针对350 t的坞墩载荷，对艏部区域典型结构进行细化分析，结果见图12。由图12可知，船底结构最大应力为295 MPa，满足AH36材料的屈服衡准的要求。

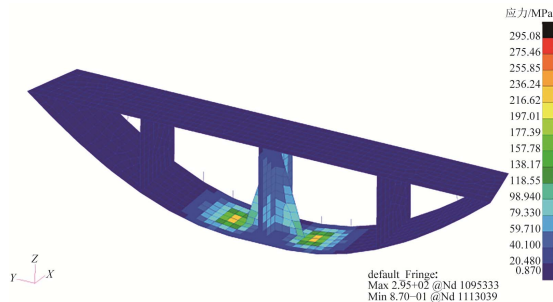


图 12 艏部区域局部应力云图
Fig. 12 Local Stress Cloud Map of Bow Area

5 大型邮轮坞墩现场布置

为使现场实际坐墩情况与计算分析结果更接近，保证大型邮轮坐墩的安全性，在实际布置坞墩过程中，需要对坞墩布置的精度进行控制，包括横向位置、纵向位置和坞墩的高度。坞墩布置完成之后，需要采用全站仪等仪器对坞墩布置精度进行检测。

5.1 横向和纵向布置位置精度要求

为保证坞墩对船体的载荷由船体强力构件承受，减小船体结构变形，在现场布置坞墩时，应保证布置位置的精度。在对大型邮轮进行坞墩布置时，坞墩的横向和纵向位置偏差应不超过50 mm。

5.2 坞墩高度要求

在大型邮轮坐墩分析采用的全耦合分析方法中，门架式支撑工装是采用垂向载荷的方式模拟的，为保证实际坐墩状态下门架式支撑工装充分承担3 500 kN的设计载荷，应根据有限元分析中的变形结果对门架式支撑工装进行反变形垫高处理，具体

可通过调整楔形木块或垫放钢板处理，见图13。



图 13 艏部区域坞墩与门架式支撑工装
Fig. 13 Docking Blocks and Gantry Support Tool at Bow

在计算门架式支撑工装高度时，应充分考虑船体结构、门架式支撑工装、木垫块和坞底板的弹性变形，计算方法如下：

- 1) 通过全船坐墩有限元分析计算得到门架式支撑工装位置船体垂向绝对位移 δ_1 和门架式支撑工装支腿位置的坞底板垂向位移 δ_2 。
- 2) 单独对门架式支撑工装施加3 500 kN的设计载荷，得到门架式支撑工装跨中位置的垂向位移 δ_3 。
- 3) 根据木垫块的厚度及其弹性模量计算得到木垫块在3 500 kN设计载荷下的压缩量 δ_4 。
- 4) 根据公式 $\delta=\delta_2+\delta_3+\delta_4-\delta_1$ 计算得到门架式支撑工装垫高高度 δ 。

在设计坞墩高度时，除了考虑船体和坞墩系统的弹性变形以外，还应考虑艏部区域外板板厚的变化和艏部线型的上翘，综合这3个方面的因素，最终得到各坞墩的设计高度值。艏部部分区域的坞墩及门架式支撑工装的高度设计值计算结果见表2，表2中： H 为坞墩平面的基准高度。在实际布置坞墩时，坞墩高度的精度要求为1 mm，“—”为数据未获取。

表 2 大型邮轮艏部坞墩高度设计值（单位：mm）

Tab. 2 Designed Heights of Bow Docking Blocks for Large Cruise (Unit: mm)

坞墩肋位	支撑类型	弹性变形影响	外板板厚影响	艏部线型影响	最终设计高度	坞墩肋位	支撑类型	弹性变形影响	外板板厚影响	艏部线型影响	最终设计高度
FR340	门架	12	—	—	$H+12$	FR355	门架	29	-6	—	$H+23$
FR341	水泥坞墩	—	—	—	H	FR358	水泥坞墩	—	-6	—	$H-6$
FR344	水泥坞墩	—	—	—	H	FR359	水泥坞墩	—	-6	—	$H-6$
FR345	门架	16	-3	—	$H+13$	FR362	门架	28	-6	—	$H+22$
FR348	水泥坞墩	—	-3	—	$H-3$	FR363	水泥坞墩	—	-6	—	$H-6$
FR349	水泥坞墩	—	-3	—	$H-3$	FR365	门架	27	-6	18	$H+39$
FR350	门架	26	-3	—	$H+23$	FR366	水泥坞墩	—	-9	31	$H+22$
FR351	水泥坞墩	—	-3	—	$H-3$	FR367	水泥坞墩	—	-9	49	$H+40$
FR352	水泥坞墩	—	-6	—	$H-6$	FR368	水泥坞墩	—	-9	73	$H+64$
FR354	水泥坞墩	—	-6	—	$H-6$	FR369	水泥坞墩	—	-9	104	$H+95$

5.3 大型邮轮坐墩实际变形监控

为验证本文所述耦合坐墩分析方法的准确性, 在大型邮轮落墩之后, 需要对其下沉量进行监控。图14为大型邮轮第一次试航之后进坞落墩的状态。采用全站仪测量得到的艏部甲板下沉量为34 mm, 采用全耦合坐墩分析方法计算得到的艏部甲板下沉量为33.4 mm, 仿真分析结果与实际测量结果的偏差为1.8%, 证明了耦合坐墩分析方法的计算精度较高, 能有效支撑坞墩布置方案设计。



图 14 大型邮轮落墩状态

Fig. 14 Docking State of Large Cruise

6 结论

本文针对大型邮轮坐墩问题, 以国产首艘大型邮轮爱达·魔都号为研究对象, 开展了大型邮轮坐墩计算方法、坐墩安全性设计流程、坐墩安全性优化和现场布墩要求等方面的研究, 提出了基于有限元的船体-坞墩-底板-桩基全耦合坐墩分析方法。该方法能综合考虑船体结构、坞墩、坞底板和桩基之间的相互作用, 为大型邮轮坐墩安全性评估提供更准确的分析手段, 同时为其他船型坐墩方案评估与优化提供参考。通过上述研究, 主要得到以下结论:

- 1) 采用该船体-坞墩-底板-桩基全耦合坐墩分析方法能实现对船舶坐墩系统多体相互作用精准模拟。
- 2) 对于大型邮轮等坐墩质量较大、对坐墩计算精度的要求较高的船舶而言, 应采用船体-坞墩-底板-桩基全耦合坐墩分析方法, 考虑坞底板和桩基的弹性变形, 分析坐墩系统状态; 对于对坐墩计算精度要求不高的船型而言, 只须考虑坞墩的弹性变形。
- 3) 对于坞底板受力集中于中线区域的坐墩情况, 可采用门架式支撑工装将部分载荷分摊到两侧桩基上, 以减小中线区域的受力。
- 4) 在对大型邮轮坐墩问题进行研究时, 应将精细化的仿真分析方法与高精度的坞墩布置和测量相结合, 以保证该型船坐墩的安全性。

参考文献:

- [1] PALI O M, BAYZOV Г B, VORONENOK Е Я. 船舶结构力学手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
PALI O M, BAYZOV Г B, VORONENOK Е Я. Handbook of Ship Structural Mechanics [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2002.
- [2] 赵文斌, 黄鑫慧, 严卫祥. 超大型矿砂船的坐墩安全性研究[J]. 船舶与海洋工程, 2022, 38(4): 1-4.
ZHAO W B, HUANG X H, YAN W X. A Study on VLOC Docking Safety[J]. Naval Architecture and Ocean Engineering, 2022, 38(4): 1-4.
- [3] 周敏, 徐义刚, 陈涛. 大型集装箱船坞墩反力简化算法分析[J]. 船海工程, 2017, 46(6): 17-22.
ZHOU M, XU Y G, CHEN T. On Simplified Algorithm of the Docking Block Reactive Force for Large Container Ships[J]. Ship & Ocean Engineering, 2017, 46(6): 17-22.
- [4] 王亮, 胡斌. 70 000 DWT 半潜船艏部坞墩布置方案的研究[J]. 广船科技, 2015, 35(4): 38-43.
WANG L, HU B. Research on the Layout Scheme of the Stern Pier of a 70 000 DWT Semi Submersible Ship[J]. GSI Shipbuilding Technology, 2015, 35(4): 38-43.
- [5] 王佳颖. LNG 船进坞坞墩布置设计研究[J]. 船舶工程, 2012, 34(增刊 2): 121-124.
WANG J Y. Research of LNG Carrier Docking Block Support Arrangement Design[J]. Ship Engineering, 2012, 34(Suppl. 2): 121-124.
- [6] 王福花, 朱云翔, 王维. 大型舰船坐坞强度衡准与计算方法[J]. 中国造船, 2008, 49(增刊 1): 83-90.
WANG F H, ZHU Y X, WANG W. Docking Strength Criteria and Calculation Method for Large Naval Ship[J]. Shipbuilding of China, 2008, 49(Suppl. 1): 83-90.
- [7] DNV GL. Rules for Classification and Construction Ship Technology[S]. 2015.
- [8] 王璐璐. 基于英标和欧标的干船坞底板设计[J]. 城市道桥与防洪, 2020(9): 108-110.
WANG L L. Baseplate Design of Dry Dock Based on British Standard & European Standard[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2020(9): 108-110.
- [9] 中华人民共和国交通运输部. 海港水文规范: JTS-145-2—2013[S]. 2013.
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Code of Hydrology for Sea Harbour: JTS-145-2-2013[S]. 2013.