



过驳锚地作业环境条件分析

杨彩燕, 谷文强

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 针对过驳锚地作业环境条件问题, 通过对国内外过驳锚地作业环境条件的调研分析, 对比国内外规范, 研究采用 Real-time 的数学模型试验, 分析风、浪、流作用下过驳锚船舶的走锚情况。试验将调研成果和国内外规范规定的过驳锚地作业环境条件作为输入参数, 得出过驳锚地作业环境条件标准, 相关研究方法和结论旨在为过驳锚地项目提供参考。

关键词: 过驳锚地; 单锚系泊; 双浮筒系泊; 环境条件

中图分类号: U653.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0055-04

Operating environmental conditions for lightering anchorage

YANG Caiyan, GU Wenqiang

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: Aiming at the issue of operating environmental conditions for lightering anchorage, this article conducts research and analysis on operating environmental conditions for lightering anchorage at home and abroad, compares domestic and foreign standards, and uses Real time mathematical model experiments to analyze the anchoring situation of lightering anchorage ships under the action of wind, waves, and currents. The experiment takes the research results and the operating environmental conditions of the lightering anchorage specified in domestic and foreign regulations as input parameters, and obtains the environmental conditions standards for the operation of the lightering anchorage. The relevant research methods and conclusions aim to provide reference for the lightering anchorage project.

Keywords: lightering anchorage; single anchor mooring; double buoy mooring; environmental condition

过驳作业泛指在船舶与船舶之间进行货物直接换装的作业。船舶通常可以采用单锚系泊或浮筒系泊的锚泊作业。在水-水换装的港口组织过驳作业可减少作业环节, 降低运输费用, 加快运送速度; 在锚地、浮筒进行过驳作业, 可有效缓解港口码头拥挤, 提高港口通过能力。船舶过驳作业往往发生在码头靠泊能力不足或者航道通过能力不足的情况下, 需将大型船舶的货物在水上过驳到小型船舶上, 通过使用小型船舶靠泊在码头上进行卸船作业。过驳锚地是供船舶进行水上过驳作业的水域。

过驳锚地的作业环境条件是影响水上过驳作

业安全的重要因素, 需要对其进行详细分析, 以确保过驳锚地的作业生产安全。

1 国内外规范要求

JTS/T 177—2021《海港锚地设计规范》^[1]未对过驳锚地作出相关规定, 除了避风锚地之外, 指出其他锚地的设计环境条件宜采用风速 7 级、有效波高 2.0 m、流速 1 m/s, 或风速 7 级、有效波高 1.5 m、流速 2 m/s。当流速或波高超过上述条件时, 应通过专题论证确定。

根据 GB/T 18819—2019《船对船石油过驳安全作业要求》^[2], 过驳作业应考虑水流、风、浪、潮

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 杨彩燕 (1981—), 女, 高级工程师, 研究方向为港口与航道工程。

汐等对作业船舶产生的相对位移变化或偏荡,以及对缆绳、锚链的综合影响,并确定安全作业的水文气象允许范围。在进行靠、离泊或在航过驳作业时,应确保船舶安全操纵以及安全航行的良好能见度。

对于使用固定过驳平台的过驳锚地,在港口管理中属于港口生产泊位,作业环境条件按照港口泊位的要求确定。

对于使用非固定平台的过驳锚地,通常根据装卸货种采用不同的形式。油轮过驳可以采用双浮筒系泊和单锚系泊;散货过驳通常采用2艘船靠泊,在移动过驳平台船的两侧进行作业或者采用自卸船直接靠泊在大型船舶上进行物料过驳(大船抛单锚系泊);LNG(液化天然气)船可以采用单锚系泊、多点系泊等方式进行过驳,国外有LNG船舶在外海过驳的案例,但我国还没有LNG海上过驳的案例,因此本文针对油轮和散货船过驳锚地进行分析。

对于过驳锚地子船靠离泊影响较大的环境因素是能见度,能见度对于船舶进港和操纵的影响取决于船舶尺度、导助航设施、通信系统和水上交通密度,根据 *Port Designer's Handbook*^[3],一般情况下,能见度达到500~1 000 m时,船舶能够进港并在港内操纵,但是对于油气码头,能见度小于1~2 km时,船舶不能进港作业。根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[4],当雾的能见度小于1 km时,船舶宜停止进出港和靠离泊作业。

国际船级社协会(IACS)规范 *Requirements Concerning Mooring, Anchoring and Towing*^[5]仅提出单船进行单锚系泊时的极限环境条件,具体包括:1) 无波浪影响时,风速不大于25 m/s,流速不大于2.5 m/s。2) 有波浪影响时,风速不大于11 m/s,流速不大于1.5 m/s,有效波高不大于2 m。

由于锚地水域通常较为开阔,与码头作业方式相比,锚地过驳作业受风、浪和水流的影响更大。根据西班牙规范 ROM 3.1-99 *Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports,*

Approach Channels and Harbour Basins^[6]和国际航运协会(PIANC)规范 *Harbour Approach Channels-Design Guidelines*^[7],对于船舶在锚地进行过驳作业时的极限环境条件取决于装卸设备的性能,并未给出定量要求。本文针对国内外过驳锚地实际使用案例以及相关试验结果进行分析,研究过驳锚地的作业环境条件。

2 过驳锚地作业环境条件实例

2.1 油轮过驳

对于大型油轮的海上过驳作业,通常由大型油轮通过抛锚,中型油轮靠泊到大型油轮上,使用缆绳系泊到大型油轮上,并用柔性软管连接到船舶输油管,实现货物过驳。除较小的辅助船外,不涉及其他船只。

从锚泊的角度来看,通常大型油轮使用单锚锚泊方式,并释放适应水深和预测环境荷载条件(包括停泊在旁边的较小油轮产生的附加环境荷载)的锚链长度,2艘船上的环境荷载均转移到超大型油轮的单锚上。

对于短暂停留、锚泊作业,船舶吃水在船舶停泊期间通常无显著变化。但是,对于过驳作业,2艘船的吃水在货物过驳过程中始终存在变化。船舶过驳期间大型油轮的吃水将减小,吃水变化主要导致:1) 当船舶吃水减少时,大型油轮上的水流荷载减少,相应地,当船舶吃水增加时,较小船舶上的水流荷载增加;2) 随船舶受风面积的增加和小型船舶的风荷载减少,大型油轮上的风荷载增加;3) 随吃水的变化,船上的波浪漂移力发生变化;4) 船舶的竖向波浪响应随吃水的变化而变化。

综上,在研究锚地过驳作业时,需考虑潜在的吃水、受风面积以及相应的环境荷载组合。IACS规范 *Requirements Concerning Mooring, Anchoring and Towing* 给出的船舶锚定设备的设计环境条件是基于1艘船的锚泊,并非基于锚地过驳作业。因此,设计满足最低IACS要求,但锚泊设备可能不足以适应在锚泊船舶旁边停泊的另一

艘船舶(相对较大的船舶)产生的附加荷载。这表明无论有波浪还是无波浪的环境标准,油轮到油轮过驳作业的环境极限值可能需要低于 IACS 规定的限值。

Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases^[8] 提供了关于散货液体过驳作业的一般指导原则,但未提供有关环境荷载准则的信息,主要包括:1) 当超大型油轮满载或几乎满载时,可以接受更高的极限环境值;2) 如果锚地存在长周期波,则需要特别注意;3) 应避免承受横向波浪。

英国斯卡帕湾过驳锚地采用风速 14 m/s、海浪或涌浪 2 m 的环境极限值,作为过驳作业的极限条件。如果平均风速超过 18 m/s,应考虑分离船舶。斯卡帕湾是世界上第二大天然港口,一直用于船对船散货液体过驳业务,基于长期运营经验,预计该极限值特别是极限波高通常与 IACS 规范一致,但未规定水流限值。由于斯卡帕湾的水流较弱,可忽略不计。

确保充足锚链长度对于过驳作业更为重要。超大型油轮可能需要使用所有的锚链节数,由于部分长度在索端和制链器之间无法获得全部长,通常最多 14 节。

宁波港北仑港区 9 号锚地可以作为原油过驳锚地进行过驳作业,采用单锚系泊方式,该原油过驳锚地的作业环境条件标准为:1) 夜间 2 船不得相靠,但可以过驳;2) 风速不大于 6 级风;3) 流速不大于 1.3 m/s(15 万吨级以上流速可不大于 1.5 m/s);4) 需要配备消防拖轮及溢油船。

2.2 散货船过驳

China Power Hub Generation Company Feasibility Study for Offshore Coal Handling Solution^[9] 提出了海上散货过驳作业的波高限值:1) H_s 不超过 1.5 m 的顺浪时,可实现 100% 的生产效率;2) H_s 约为 1.5~2.0 m 的顺浪时,过驳作业可继续,但效率将降低;3) H_s 为 2.0 m 及更高时,作业暂停(IACS 规范给出的极限波高为 2 m)。

由于系泊船舶之间的相对运动更为重要,

因此仅波高不一定可以作为极限环境标准,波浪周期也具有显著的作用。如对于相对长周期的波浪,较大的波高可能不会限制过驳作业,但将导致出现不可接受的系泊条件,尤其对于驳船。

尽管文献中要求更高的限制风速,但根据风、波浪和水流的相对方向和组合效应,取 13 m/s 的极限风速为合理限值。

3 数模试验

3.1 试验目的

确定过驳锚地使用的极限环境条件。

3.2 试验工具和原理

试验采用专为港口和船舶操纵而设计的船舶操纵模拟器,是一种可靠、灵活且具有成本效益的设计和评估工具,可以用于优化港口和海港布局,制定操作策略,安全培训操纵程序。

使用船舶操纵模拟器模拟大型近岸锚地和半掩护锚地,模拟器为引航员或海员提供船舶驶入港口或锚泊时的所有信息,如海岸线和港口结构。船舶操纵模型提供船舶位置。

船舶操纵数学模型控制船舶的运行情况,对局部风、波浪和水流作出反应,保证模拟船的位置、速度、航迹带和航向始终保持实际运行状态。

船舶操纵模型包含 6 个自由度的运动,特别是纵荡、横荡和艏摇(即直接影响水平运动的运动)。模型还可显示船舶下沉量和浅水运行状况,确保在相对浅水中的操纵情况,并显示锚泊性能。

进行实时仿真模拟的主要价值在于采取人为干预手段将发生走锚事故的风险降至最低。

3.3 试验工况

本试验模拟船舶锚定在半封闭海湾中,在天气条件恶化(包括不断增强的强风和较高波浪)的情况下,开始走锚的场景。

试验考虑满载好望角型散货船+5 万吨级散货船的过驳组合以及满载超大型油轮+5 万吨级油轮的过驳组合,采用的试验工况组合见表 1。

表1 实时仿真模拟试验工况

船型组合	锚地直径(2×R)/m	环境条件组合	试验结果
30万吨级散货船+5万吨级散货船	2×560	风速26 m/s, 风向235°N(SW), 流速1 m/s, 流向315°N(NW), 波高3.5 m, 波周期7.0 s, 波向135°N(SE)	船舶走锚
30万吨级散货船+5万吨级散货船	2×560	风速26 m/s, 风向315°N(NW), 流速1 m/s, 流向315°N(NW)	未走锚
30万吨级散货船+5万吨级散货船	2×560	风速13 m/s(可变), 流速1 m/s, 流向315°N(NW)	每45°刮风, 由于水流作用, 船舶未围绕船锚进行360°摆动
30万吨级散货船+5万吨级散货船	2×560	风速13 m/s, 风向45°N(NE), 流速1 m/s, 流向315°N(NW), 波高0~3 m, 波周期5.3 s, 波向135°N(SE)	波高超过1.5 m时船舶开始走锚
30万吨级散货船+5万吨级散货船	2×560	风速21 m/s, 风向45°N(NE), 流速1 m/s, 流向315°N(NW)	船舶走锚
30万吨级油轮+5万吨级油轮	2×568	风速26 m/s(可变), 风向135°N(SE), 流速1 m/s, 流向315°N(NW), 波高2 m, 波周期5.3 s	船舶走锚
30万吨级油轮+5万吨级油轮	2×568	风速26 m/s(可变), 风向135°N(SE), 流速1 m/s, 流向315°N(NW), 波高2 m, 波周期5.3 s	船舶走锚
30万吨级油轮+5万吨级油轮	2×568	风速26 m/s, 风向135°N(SE)(可变), 无水流, 波高3.5 m, 波周期7.0 s	船舶走锚
30万吨级油轮+5万吨级油轮	2×568	风速26 m/s, 风向135°N(SE)(可变), 无水流, 波高3.5 m, 波周期7.0 s	船舶走锚
30万吨级油轮+5万吨级油轮	2×568	风速26 m/s, 风向135°N(SE)(可变)	未走锚

注: 1) 环境条件方向可变指从0°~360°变换。2) 环境条件数值可变指变换数值直到船舶走锚, 以确定船舶走锚的极限值。

3.4 试验结果

1) 由于2艘船舶的环境荷载可转移至单锚, 因此与普通单船锚泊的锚地相比, 需要更多的锚地空间。

2) 锚地所需水深需按照母船满载考虑。波浪作用随时间变化, 满载母船最初可能受波浪影响最小。

3) 母船须采用超大抓力锚以避免走锚。

4) 当环境荷载增大时, 母船须使用2个锚同时锚泊。

5) 当锚链长度不小于锚地10倍水深时, 锚泊船舶的极限环境条件为风速不大于13 m/s(蒲福风级6级)、流速不大于1 m/s、有效波高不大于1.5 m, 其中任何环境条件超过极限值都可能造成过驳船舶走锚。

6) 在完全掩护的锚泊环境, 其极限条件可适当增加到风速26 m/s。

4 结论

1) 过驳锚地进行装卸作业的船舶分为母船

(较大的船)和子船, 相比于普通锚地单船锚泊, 由母船进行锚泊, 船锚需承受更大的船舶环境荷载, 因此母船应采用超大抓力锚, 抛锚长度不应小于锚地水深的10倍。

2) 根据数模试验, 当锚链长度不小于锚地10倍水深时, 锚泊船舶的极限环境条件为风速不大于13 m/s(蒲福风级6级)、流速不大于1 m/s、有效波高不大于1.5 m, 可作为过驳锚地作业环境参考标准。

3) 过驳锚地进行作业的母船和子船, 极限环境条件比船舶单独锚泊时更小, 由于不同区域的过驳锚地的掩护条件不同, 应因地制宜分析过驳锚地作业环境条件, 针对不同等级船舶开展模型试验, 确定过驳作业情况下的极限环境条件, 避免船舶走锚, 确保船舶过驳安全。

4) 各地过驳锚地作业环境条件要求以及针对假定的过驳锚地开展的模型试验得出的作业标准, 可以为过驳锚地设计提供参考和借鉴。

(下转第103页)