

海洋石油支持船特殊操纵性及其性能指标研究

中海油田服务股份有限公司 林文锦

内容提要:概述海洋石油支持船的功能特点和对海洋石油支持船的性能要求,并就环境载荷与船舶运动模式,对海洋石油支持船的动力配置要求与特殊操纵性进行分析,界定了构成特殊操纵性性能指标的定点定向、艏向复原、定点回旋、定向位移四项操纵性能指标的基本概念,并对这些性能指标及其应用分别进行探讨与论述。

关键词:海洋石油支持船 特殊操纵性 性能指标

Study on Special Maneuverability & Performance Index of Offshore Support Vessels

Abstract: This article summarizes the function features of offshore support vessels and introduces requirements for their performance. It analyzes the relationship between environment loads and motion modes of the vessel, power equipments on board and their special maneuverability. And it defines four basic concepts: heading and position holding capacity, heading recovery, rotation around a fixed-point, shifting with a fixed-heading, which are performance indexes of special maneuverability for offshore support vessels. Also, it makes further discussion on these indexes and their utilization respectively.

Key words: Offshore Support Vessel Special Maneuverability Performance Index

0 引言

海洋石油开采活动最早始于 1887 年,当时在近岸数米水深的海域钻探了世界上第一口海上探井,揭开了海洋石油勘探的序幕。海洋石油开采活动受制于高技术、高风险、高投资的特点,发展缓慢,至 20 世纪 40 年代,英国北海海域及墨西哥湾在浅海近岸开始油气生产;到了 60 年代初期半潜式平台出现,要求一些近海供应船同时具备有海上设施迁移提供拖曳锚作及就位支持的能力,并具备有特殊的船舶操纵性。海洋石油支持船也因此在国际上成为船舶领域新出现的一种船舶种类。国际海事组织及许多行业组织均习惯于将该类船舶归类于海洋石油支持船 (Offshore Support Vessels, 或 OSV) 类别。

进入 21 世纪以后,随着海洋石油开采活动向深水 and 超深水海域的不断拓进,海洋石油支持船无论在使用功能、技术性能,还是设计建造、操作要求等方面均有了新的变化和更高要求。我国国内的海洋石油支持船,目前已有高达 200 艘以上的相当规模,并有继续增长的态势。

本文将针对海洋石油支持船的功能特点,对特殊操纵性能的要求进行介绍,并就环境载荷与船舶运动模式,对海洋石油支持船的动力配置要求等方面进行分析与探讨。论述其具备的特殊操纵性特点,界定这些操纵性能指标的基本概念及其应用方法,以促进海洋石油支持船的管理、操作和相关应用的进一步规范。

1 海洋石油支持船的功能

海洋石油支持船:是指专门进行与海洋石油开采活动有关的供应、拖曳、锚作、守护、破冰、人员载运、提油支持、工程施工、遥控潜水器 (ROV) 支持和检测等作业支持的船舶。具有拖曳锚作供应功能的海洋石油支持船除参与设置、拆除水上、水下的海上设施以及铺

设、撤除、检修水上水下电缆或管道的施工作业支持外,还可用于为浮式产储装置 (FPSO) 提供提油作业支持,输送散装液体和固体钻采物资等。

海洋石油支持船以近海供应船的入级规范的技术要求为基础船型设计建造,并综合考虑附加功能所对应的有关规范的技术要求。一般按无限航区要求设计,具有双层底及边舱舱室结构,采用前倾式船艏、巡洋舰式船艉,将起居处所和驾驶台设在艏部,在后部区域提供了开敞式艉部甲板,装备有满足功能要求的甲板机械、索具和专用设备及相关系统,用于载运海上设施的专用物资与设备,或在拖曳、锚作、工程施工等作业支持活动时作为作业甲板使用。此外,在主甲板以下区域布置有分舱结构合理的许多液舱和/或密闭罐及其装载与输送系统,用于海上设施专用散装液体和固体物资的载运与输送,并用于调整控制船的载况和稳性。

船舶入级检验机构通常根据海洋石油支持船的船体结构、船舶设备配置和船舶具备的主要功能等授予该类船舶的船级附加标志。对于该类船舶的种类归属及其管理,目前在国内尚未有明确规范的界定,但我国主管机关、船级社以及相关机构正在研究探讨之中。

2 海洋石油支持船的性能要求

海洋石油支持船从事的海上作业支持活动,通常需要在远离陆地的各种不同的海洋环境条件下进行,不仅要具有靠离港内码头泊位的操纵性能,更要具有靠离海上设施或执行相应作业支持的操纵性能,以便在一定的环境载荷条件下实时对船的航迹与船位状态进行精确控制。

海洋石油支持船靠泊海上设施进行物资和人员转移,以及在拖曳锚作和其他相关作业支持时进行连接、解脱或传递短索或其它相关索具的操作;或在移动式海上设施就位、撤离或限位等作业活动期间,在海上设

施的相应方位和距离上控制海上设施状态,通常需要海洋石油支持船以非系泊方式保持船位与艏向的相对稳定,即需要以“定点定向”、“艏向复原”方式操纵控制船舶。此外,海洋石油支持船在接近和入泊海上设施期间,调整或重新设定艏向及船位、提油支持、工程施工、遥控潜水器支持、检测等作业支持时,通常需要海洋石油支持船原地改变艏向,或在保持艏向时向指定方向做位移运动,即需要以“定点回旋”、“定向位移”或“艏向复原”方式操纵控制船舶。

根据以上海洋石油支持船的作业支持活动特点对船舶操纵性能的要求,海洋石油支持船必须具备有以上特殊的操纵性能,以满足在一定的环境条件下为海洋石油开采活动提供所需的相应作业支持能力。

3 环境载荷与船舶运动模式

船舶在波浪的作用下,围绕着船舶重心之X、Y、Z轴作线性运动和回转运动。对海洋石油支持船的运动、船位保持及船体姿态控制有直接影响的因素是船在波浪中的横荡、纵荡和艏摇运动,以及风压和流压的叠加作用等。这些环境载荷相对于船舶重心形成横向、纵向分力及偏转力矩,使得船舶产生位置偏移或艏向偏转。

可见,海洋石油支持船首先要具备有克服位置偏移或艏向偏转所需的横向、纵向推力及回转力矩,才能具有所对应环境载荷下的“定点定向”操纵能力,以及相应的“艏向复原”、“定点回旋”和“定向位移”操纵能力。而该能力完全取决于海洋石油支持船具备的动力配置,容许的动力负载及环境载荷。

4 海洋石油支持船的动力配置

为使海洋石油支持船具有输出横向、纵向推力及产生回转力矩的能力,海洋石油支持船必须至少装备有满足其尺度和相应功能要求的、可分别在驾驶台直接操纵的主推进动力装置和舵装置(或舵桨型主推进装置)各两台,以及艏部侧向推力装置一台,使其在一定的环境载荷下具备相应的定点定向、艏向复原、定点回旋、定向位移的操纵能力。

相当部分的海洋石油支持船还具备有艏部侧向推力器和一个以上的艏部侧向推力器。除此外,少数具备动力定位系统(DP)的海洋石油支持船通常采用全回转型的主推进器和艏部侧向推力器。

对于装备有适当数量推力器并具有相当推力功率的海洋石油支持船,相对于某一特定的推力器及舵的配置,可根据所需的回转力矩及推力器利用率和/或容许动力负载的某一给定值,并通过人工操纵方式或自动操纵方式输出横向、纵向所需的分力和回转力矩,抵消或抑制船的横荡、纵荡和艏摇运动,以及由风压和流压的叠加影响,使得海洋石油支持船在横荡轴和纵荡轴上各种控制力的组合下进行操纵运动。

由于船舶的横荡轴和纵荡轴上的每一对力都可构成力的矢量,所以,在平面上由海洋石油支持船许可推力构成范围内的每一点都相应于某一特定的控制力组合。这一对力则取决于环境载荷所要求的回转力矩的大小,一旦所要求的回转力矩大小或环境载荷改变,就需要以相对应的特定的控制力组合控制船舶的运动状态。如果所要求的力矢量超过了推力许可范围的边界,那么推力许可范围的边界就是该船当时所具备的极限力矢量,由此形成的平面图形即为该船的推性能图。

绝大多数的海洋石油支持船的纵向、横向或全回转推进器或推力器通常采用变距桨(CPP)型式。用于海洋石油支持船的推进装置/推力器的类型主要有:

(1)艏轴传动式推进装置:可细分为带或不带导管式变距桨或定距桨,大多数海洋石油支持船的推进装置为带导管式变距桨。

(2)全回转推进装置/推力器:可细分为带或不带导管式变距桨或定距桨。

(3)槽式或伸缩式(侧向)推力器:可细分为定距桨或变距桨二种。

(4)外摆线直翼式推进器:由五个可变换角度的垂直翼围绕垂向轴以外摆线旋回方式运转的舵桨型推进装置,通过调整横向偏心量的方向和位置,不仅可输出推力,也可快速改变推力方向。

在舵设备方面,大多数海洋石油支持船通常装备有可分别操控的双舵系统。该系统的发展是源于船舶主令操纵系统(Joystick)和动力定位系统对舵设备单元及其控制应用的要求而产生的,许多海洋石油支持船通常采用带有子舵叶的增效型襟翼舵。可分别操控的双舵系统在手动操舵模式下,可根据推力装置的推力方向和大小不同,对左舵和右舵分别进行不同舵角及舵向的操控,以最适当的车舵配比充分发挥操纵设备性能,实现最佳操纵效果。

大部分的海洋石油支持船装备有主令操纵系统;部分多功能具有足够动力冗余的海洋石油支持船还具备有动力定位系统,以降低船长的的工作强度及最大限度避免可能的人为操纵错误。对于具备足够动力及合理电网配置的海洋石油支持船,可在常规航行及作业条件下,提供相应可靠的动力及技术冗余,并降低部分动力设备可能出现的突发性运行故障导致船舶失控的潜在风险。

由于海洋石油支持船在动力配置方面具备有操纵所需的相应的横向、纵向推力及回转力矩,因此,海洋石油支持船在一定的环境载荷下具备有对应的定点定向及相应的艏向复原、定点回旋、定向位移的特殊操纵性。

5 特殊操纵性能指标浅论

海洋石油支持船的操纵性指标可分为基本操纵性能指标和特殊操纵性能指标。

基本操纵性能指标与其他类型船舶一样,是指旋回(旋回性及初始回转性)、直航(偏转抑制性能和保向性)、后退及停船(停船性能)的性能指标。由于动力配置及驾驶台位置等特点,海洋石油支持船具有转向灵活与停船冲程小的优点,但要注意进车打舵操纵时的甩艉,以及停车淌航时的舵效变差与偏转等现象。

对于海洋石油支持船的特殊操纵性能指标,本文将对构成特殊操纵性的四项操纵性能指标分别界定其基本概念,并对相关应用进行探讨和论述。

5.1 定点定向操纵性能指标

定点定向性能指标:是指海洋石油支持船在任一方向上同时受风和恒定流的影响时,可在原地保持船位和艏向不变时在该方向上所许可的最大风速。该性能还与船的吃水及纵倾程度有关。

海洋石油支持船的定点定向操纵性能指标通常有以下方法表示:

以恒定流速分别为 0kn、0.5kn、1kn、1.5kn 和 2kn,在双主推进器、舵装置及侧向推力器的许可使用范围内,海洋石油支持船在任一方向恒定受流时,可保持船艏向和对地位置能力所对应的该方向上受风的最大风速,并以风速 0kn 至 50kn 或至 100kn 为半径范围在所有方向上进行作图标绘,以确定该船所具备的定点定向性能参数。

具备动力定位系统的海洋石油支持船通常备有不同流速下的定点定向性能标绘图,并可实时显示当时环境条件下的定点定向性能参数,有些则可实时显示推力性能图。但由于技术、成本等原因,目前不具备动力定位系统的海洋石油支持船多数还不备有本船的定点定向性能标绘图。定点定向性能标绘图对海洋石油支持船船长及时掌握各种不同环境载荷下本船的操纵能力,以及准确地进行作业风险评估,保障海上安全与有效作业极其重要。因此,建议海洋石油支持船尽可能备有本船的定点定向性能标绘图。

图 1 所示为某一船体附加标志为供应船的海洋石油支持船,在流速分别为 1kn、2kn 时的定点定向性能标绘图。该船总长度 70.0m、型宽 16.0m、满载吃水 5.8m,动力配置为主推进动力 2X1952kW、艏部侧向推力器 2X400kW、艉部侧向推力器 1X400kW,铲形舵 2 个,推力器全部为 CPP 型式。

图 1 中任一方向上所许可的最大风速可与该船在该方向上所能具有的最大动力矢量成对应关系,动力

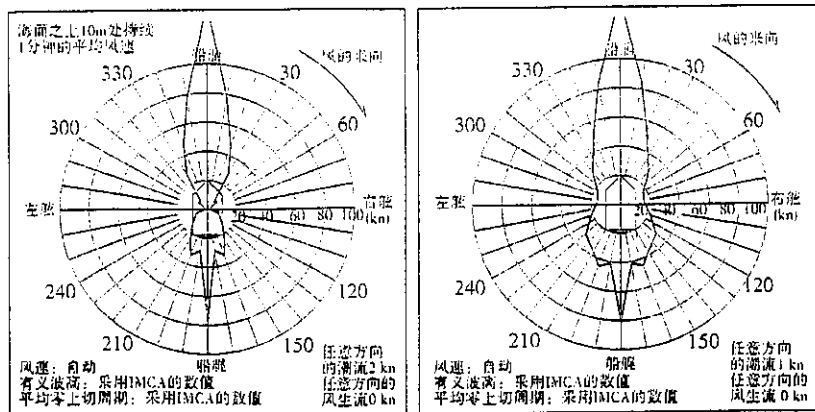


图 1 定点定向性能标绘图

矢量则由该船横荡轴和纵荡轴上对应的一对力构成。在各方向上许可的最大风速所对应的点构成的图形范围为该船可承受的环境载荷的界限范围,也对应表示了该船所具有的最大动力矢量在不同方向上能保持定点定向的界限范围。所以,在环境载荷的实况组合值处于界限范围的边界之内时,该船具备定点定向操纵能力,如超出界限范围的边界时,则将沿环境载荷的组合作用方向漂移,表明不具备定点定向操纵能力。

同样,对一些动力定位系统可实时显示推力性能图的海洋石油支持船,在推力性能图上推力许可范围的边界所对应的值即为该方向上许可环境载荷的极限组合值。即,在环境载荷的实况组合值处于推力许可范围的边界之内时,该船具备定点定向操纵能力。

5.2 艏向复原操纵性能指标

艏向复原性能指标:是指海洋石油支持船在设定艏向上同时受恒定流和相应风速的作用时,船艏可偏离设定艏向的最大许可角度,即在对应环境载荷下艏向可复原回到设定艏向的极限偏离范围。该性能还与船的吃水及纵倾程度有关。

海洋石油支持船如备有定点定向性能标绘图,艏向复原操纵性能参数可从图中查得。在相应流速参数的定点定向性能标绘图上,以拟定风速为半径作一正横前的半圆弧线,与该船所有方向上许可的最大风速所构成的图形边界形成左侧和右侧的两个交点,交点对应方向与设定艏向间的角度即为拟定风速条件下的艏向复原性能参数,即许可偏角。在某一恒定流速和拟定风速下,当船艏偏离设定艏向的角度小于许可偏角时,该船具备艏向复原能力;当船艏偏离设定艏向的角度大于许可偏角时,该船不具备艏向复原能力,并将继续偏离设定艏向导致船舶失控偏转。

从图 1 所示的某一海洋石油支持船的定点定向性能标绘图上,可查得该船的艏向复原操纵性能参数:在 1kn 流速下,如风速为 40kn,则船艏向左或向右的许可偏离角度约为不超过 26°;在 2kn 流速下,如风速为 40kn,则船艏向左或向右的许可偏离角度约为不超

过 21° 。

5.3 定点回旋操纵性能指标

定点回旋性能指标:是指海洋石油支持船在任一方向上同时受风力和恒定流的影响时,可在原地围绕着船的重心作对地回旋运动时所许可的最大风速。该性能还与船的吃水及纵倾程度有关。

海洋石油支持船如备有定点定向性能标绘图,定点回旋操纵性能参数可从图中查得。在相应流速参数的定点定向性能标绘图上,从中心作一圆与该船所有方向上许可的最大风速所构成的图形边界内切,切点处的圆半径所对应的风速即为该船的定点回旋操纵性能参数,即许可的最大风速。在某一恒定流速下,当实际风速低于该许可的最大风速时,该船具备定点回旋能力;当实际风速大于该许可的最大风速时,该船不具备定点回旋能力。

从图 1 所示的某一海洋石油支持船的定点定向性能标绘图上可查得该船的定点回旋操纵性能参数:在 1 kn 流速下,许可的最大风速约为不超过 15 kn;在 2 kn 流速下,许可的最大风速为不超过 2 kn。

此外,一些具备动力定位系统的海洋石油支持船在执行遥控潜水器支持、海上工程支持等任务时,需要将船的“回旋中心点”设置在偏离重心的某一特定位置处,如艏部或艉部,进行回旋操纵以改变设定艏向。为满足该要求,通常有超过一个的“回旋中心点”程序化于系统之中,并以“可替代回旋点”(APRs)方式供选择。但在该操纵模式下,将需要海洋石油支持船有比围绕重心回旋所需的更大的功率值以及更加合理分布的推力器用于操纵,这取决于拟选择的“回旋中心点”偏离船舶重心的距离;同时,该模式下的操纵能力分析,涉及到更为复杂的数学计算模型,需要针对不同位置的“回旋中心点”设置,计算回旋操纵中偏离重心距离所需不断修正及补偿的推力与转船力矩,结合本船推力性能,方可得出该操纵模式下许可的环境载荷。因此,该操纵模式一般只在动力定位系统的自动模式下,并根据设定的“回旋中心点”和系统给出的许可环境载荷下进行。该模式下的操纵性能参数,不在本文界定的定点回旋操纵性能指标的考虑范围。

5.4 定向位移操纵性能指标

定向位移性能指标:是指海洋石油支持船在任一方向上同时受风力和恒定流的影响时,保持船艏向不变,向该环境载荷作用方向进行位移操纵时在该方向上所许可的最大风速。该性能还与船的吃水及纵倾程度有关。

海洋石油支持船如备有定点定向性能标绘图,定向位移操纵性能参数可从图中查得。在相应流速参数的定点定向性能标绘图上,任一方向上许可的最大风

速即为该船在设定流速下的定向位移操纵性能参数。在某一恒定流速下,当实际风速低于该方向上许可的最大风速时,该船具备定向位移能力;当实际风速等于该方向上许可的最大风速时,该船处于临界的定点定向状态;当实际风速大于该方向上许可的最大风速时,则该船不具备该特定环境条件下的定向位移能力,将在环境载荷的作用下失控漂移。

从图 1 所示的某一海洋石油支持船的定点定向性能标绘图上可查得该船的定向位移操纵性能参数:在 1 kn 流速下,如向右 45° 方向定向位移,则许可的最大风速约为不超过 25 kn;在 2 kn 流速下,如向右 45° 方向定向位移,则许可的最大风速为不超过 6 kn。

通常将海洋石油支持船在相应流速下向正横方向作定向位移操纵时,正横方向上所许可的最大风速作为该船在该环境载荷条件下的极限定向位移性能参数。

根据上述对海洋石油支持船具备的特殊操纵性四项性能指标及其应用的探讨和论述,在具体的船舶操纵实践中,海洋石油支持船操纵人员可根据当时的环境和情况,综合利用本船所具备的旋回、直航、后退及停船的基本操纵能力;以及所具备的定点定向和相应的艏向复原、定点回旋、定向位移的特殊操纵能力。适时保持对航速(余速)、艏向(方位)和距离(横距)三要素的最佳操控以及船位状态的控制,使得海洋石油支持船在设定艏向和位置处保持艏向与船位,或以设定的航线,或以定点回旋、定向位移方式进行操纵运动。

6 结束语

海洋石油支持船作为近代新兴并不断发展的一种船舶种类,给船舶制造业、海洋石油业及航运业带来深远影响。对海洋石油支持船的功能特性和特殊操纵性及其性能指标的研究应用,是一个全新的课题。笔者希望通过本文的介绍与论述,使读者了解海洋石油支持船的发展、功能特性、动力配置、特殊操纵性及其性能指标与应用;也希望本文对促进我国规范该类船舶的种类归属及其管理、规范该类船舶的设计建造能有所帮助。本文提出的特殊操纵性性能指标概念及其应用方法,不仅可为海洋石油支持船船长及有类似动力配置的舰船操纵人员在操纵时掌握极限环境载荷的判断提供方法参考,也可为操纵模拟器相关应用研究等方面提供技术参考。

在此也建议专业人士、同行以及有关管理与技术机构对海洋石油支持船的管理、操作和相关应用进行深入研究,共同促进我国对海洋石油支持船的管理、操作和相关应用的进一步规范。

*作者:林文锦,中海油田服务股份有限公司 船舶事业部塘沽作业公司副经理 高级船长