

动力定位船舶的设计和建造

耿 焘

(海洋石油工程股份有限公司, 天津 300452)

摘 要

根据 IMO 关于动力定位船舶设计规范, 介绍了此类船舶设计和建造过程中的关键环节和控制要点, 包括 FMEA 分析。

关 键 词: 船舶; 动力定位; FMEA

1 引言

动力定位系统, 是自上个世纪六十年代开始, 国外海洋工程为了深水海域的开发而研制出来的自动控制船舶位置的系统。动力定位船舶 (以下简称 DP 船舶), 可以根据实时测得的海域环境条件, 通过控制船舶的推进器系统, 自动保持船舶的位置按照预先设定的轨迹运动。在国内海洋工程领域, 该定位系统越来越成为深水海洋工程船舶的标准配置。同时, 随着中国造船行业的迅猛发展, 越来越多的动力定位船舶在国内船厂建造。由于国内相关规范和技术的匮乏, 这些船舶的设计、建造和营运管理, 都存在很大的难度。从 IMO 以及 IACS 各个成员船级社的动力定位船舶规范制定的原则看, 关注定位的“准确”和作业的“安全”。从这两点出发, 本文从 DP 船舶机务管理者的角度, 论述在船舶设计建造阶段应关注的问题。

2 动力定位船舶的设计

2.1 设计船舶的参照环境条件

设计阶段确定船舶工作环境参数是首要的, 这种环境条件和普通船舶的条件是不同的, 它需要船东根据其使用工况提出明确的要求, 也需要调研有关海域的环境的统计资料。

海况环境统计资料的用途是和 DP 船舶设计的简化条件有关, 即将海流的影响简化为风的影响。在这方面, DNV 公开了它的统计资料。这个 DNV 标准海况是从基于气象船“M”在北海北部的气象收集统计得出的, 如表 1 所列。

2.2 船舶的运动性能分析

在动力定位船舶的总体设计阶段, 应特别关注船舶空船重量、浮态、稳性、耐波性性能的研究。因动力定位的原理, 就是利用推进器控制船舶六个自由度的运动。船舶运动特性的把握是十分关键的, 也对 DP 船舶能力的实现有着至关重要的影响。在总体设计阶段, 必要时需要作模型试验予以验证。

2.3 推进器配置方案

船舶的运动性能确定后, 就要据此来进行推进器装置的选择和计算。根据船舶的作业特点和工作环境的情况, 从设计一开始就应明确动力定位设计级别, 以确定推进器的备用和冗余配置方案。推进器的配套需根据船舶动力定位的级别以及船舶的水上和在水下的尺寸要素、排水量、重心、浮心以及其他几何中心的位置, 综合计算来确定推进器的数量、规格以及安装位置。

推进器的规格确定后, 就要确定动力配置方案。一艘动力定位系统船舶的动力方案, 无外乎以下两种:

- 全电推方案

即所有推进器(包括主推进器和侧推)均为电力推进,动力为发电机组。

因太多的动力定位船舶的主推进器,在动力定位工况下一般负荷不会大,电力推进的配置要方便全船动力在航行阶段和动力定位作业阶段的合理调配使用,相对来说减少了原动机的容量;同时电力推进可靠性高的特点,也有效减少了船员非常繁重的维护工作量,提高了船舶的可靠性。但电力推进器昂贵费用限制了它的推广和使用。

• 柴—电方案

这个方案是动力定位系统最早的方案,即中速柴油机驱动主推进器。侧推选择电力推进器方案,其电力来源于主机的轴流发电机。

完成了主要负荷及推进器动力装置配备这些设计工作,该船的 DP 能力分析也就具备条件了,这个分析一般以“Capability Plot”的方式反映,需要验证是否与设计环境工况条件一致。

表 1 北海北部气象统计

ERN · P (H_s)	H_s/m	$V_1/m \cdot s^{-1}$
2.5	0.66	1.40
5.0	0.79	2.19
10.0	1.0	3.30
20.0	1.35	4.95
30.0	1.7	6.21
40.0	1.9	7.48
50.0	2.3	8.47
60.0	2.6	10.01
70.0	3.0	11.39
80.0	3.5	13.11
90.0	4.2	15.53
95.0	4.9	17.60
97.5	5.3	19.32
98.0	5.6	19.90
98.5	5.8	20.59
99.0	6.1	21.51

根据从欧洲北海参考海域实际测量的环境数据,将有义波高(H_s)和 1 分钟平均风速度(V_1)之间的关系,作为 ERN · P (H_s) 常数的估算结果

2.4 PRS(位置参照系统)和 VRS(运动参照系统)的配置

这需要根据船舶的作业需求确定,DGPS、电罗经、风速风向仪一般是标准配置,之外再根据需要安装 HIPAP、TAUEWIRE winch、Fanbeam, ARTEMIS 系统目前很少推荐安装,是由于其与部分通讯导航设备的干扰,以及需安装相对尺寸比较大的发射站,容易受雨雪天气影响。不同作业工况中对 PRS 的要求是不一样的,如需要定点作业,tauewire 绞车是一个不错的选择,但如果海域的水深少于 30m 或超过 150m,tauewire 绞车的准确性就大为下降,这时 LASER Fanbeam 就是一个不错的选择。所以建议 DP 船舶尤其是从事多种作业的工程船舶,可适当增加 PRS 安装数量和种类,以增加适应性,一般来说这种 PRS 的费用相对整个船舶来说是非常小的。值得一提的时,这些设备的设计安装位置的选择是需要仔细斟酌的。比如风速风向仪的安装位置要避开自身船体结构的影响,几台要分开布置,以综合平衡其他因素如附近船舶、平台的影响。再如 Tauewire winch 和 VRS 要离船舶的运动中心几何距离尽量近,避免船舶摇摆颠簸的影响。

如动力定位船舶靠近平台作业,由于平台位于上风位置对风的遮挡,其船桅杆上安装的风速风向仪所测得的风力,是小于实际其船体受到的风力的。这就会造成控制系统的偏差。

如果船位置的移动使该风速风象仪恰巧移动到平台的柴油机排烟管位置,受到柴油机排气的影响,则其测得的风力又会大于船舶实际收到的风力。

2.5 电力系统的设计

输配电系统的设置要严格依照动力定位的规范来进行,需要电气专业和轮机专业的设计人员在总体专业的协调下进行。应仔细考虑单个设备故障对整船的影响,注意诸如配电盘的屏数选择、用电负荷的分离接电的注意事项。同时 PMS(负荷管理系统)的设计尤为关键,DP 船负荷的频繁又剧烈的变化对整船负荷管理和原动机的调速特性有很高的要求。

同时 DP 船一般来说对调载作业比较敏感,如配置调载计算机对日后的操作大有裨益。

一些特种船舶会有一些特别的布置。如潜水作业支持船(DSV),还需要一些方便快捷的信号系统如指示灯,以方便潜水指挥人员根据作业期间潜水员的状况、潜水准备状况,与 DP 操作人员联络以及对船舶的指挥。又如挖沟船需要一些特种的吊机等。

2.6 结果分析(Consequence Analysis)和故障模型和影响分析(Failure Mode & Effect Analysis)

以上设计初步完成后,建议由动力定位设备公司进行总体的审查。同时请第三方公司进行 FMEA 分析,以避免设计中的问题。

2.6.1 结果分析要点

对于 DPS-2 or DPS-3 的船舶,DP 控制系统要和结果分析仪组成一体来监测在主要环境条件下维持定位的相位推进器和完成计算来验证在单一故障发生的情况下,船舶还有没有足够的推进器在静态和暂态来维持定位。

典型的最差情况的故障为:

- 最关键的推进器的故障;
- 一个推进器组的故障(如果有的话);
- 一个配电箱汇流排故障。

2.6.2 FMEA 分析要点

FMEA 分析要涵盖整个 DP 系统,要足够详细覆盖所有系统的主要部件:

- 对所有系统主要部件以及起相互间联系的方框图描述;
- 所有重要的故障模型;
- 引起各种故障的可预见的原因;
- 各种故障对船舶定位的暂态影响;
- 发现各种故障的探测方法等等。

国外许多公司均可以 FMEA 分析,如 Global Maritime、GUSTO MSC 和 Cmar 公司。

2.7 船级社的图纸送审

根据前述,各船级社的 DP 规范均不同,在设计初期和中间阶段,和船级社有效沟通也是尤为关键的,要充分了解船级社对负荷控制、动力分配和螺旋桨布置配备的准确要求。

一般来说,以下资料各船级社均需要:

- 推进器设计;
- 推进器力的计算和可预知的极坐标图;
- 故障模型和影响分析(FMEA);
- DP 操作手册;
- 试验大纲。

3 设备配套购置

鉴于动力定位船舶对设备可靠性的要求十分高,作业风险很大。从设备的配套购置方面,应本着

关键设备“宁滥毋缺”、“宁贵勿次”的原则进行。

购置应 DP 设备购置在先,然后在发电机组、推进器、主配电盘、PRS 设备、PMS 系统等与 DP 系统有众多接口的设备的购置过程中,要与 DP 系统生产厂商进行有效沟通。

4 船厂建造阶段

4.1 对船厂的生产设计图纸审查

应严格控制:

- 重量重心的变化;
- 所有影响船舶几何中心、运动中心的船体尺寸的变化,如船体形线、舱容、上部结构各坐标轴的尺寸;
- 电缆尤其是信号电缆的铺设方案,避免动力设备和电缆对信号缆的电磁干扰。

4.2 质量控制

应注意:

- 船舶重量重心的控制;
- 设备安装位置尤其是推进器、螺旋桨、舵的安装精度;
- 调试方案的提前准备,有序实施,不能按普通货船的次序进行。比如部分 PRS 的安装调试是在坞内实现的,而船坞内固定状态对这些系统的安装是至关重要的。目前国外船东在国内建造的众多 DP 船在调试阶段出现极大的困难、甚至需要拖航至新加坡船厂进行调试,反映出国内船厂机电调试能力的薄弱,以及对 DP 系统经验匮乏的现状。
- 系泊试验和航行试验的方案。航行试验应根据 FMEA 的分析,作相应的验证试验。
- 震动的特别控制,尤其是 VRS 安装区域。

5 营运管理阶段

5.1 合格 DP 船操作人员和机电管理人员的培训

DP 系统涉及多专业、多作业工况,它的操作需要传统意义的驾驶、轮机、电气专业的知识融合,也需要船员对系统和作业要求的熟悉,熟练掌握 FMEA 的分析结果。

这种培训应是全方位的,不仅仅包括 DP 系统原理的培训、DP 系统操作的培训,还应包括专业设备的培训。

5.2 作业程序的标准化

作业之前,应提前分析作业风险以制定应急方案;作业前需要进行 DP 系统的完整测试。

5.3 船舶机务管理的严格和高效

DP 船舶对设备可靠性的高要求,对船公司机务管理的思路 and 水平提出了更高的要求,建议注意以下方面:

- 在可靠的前提下考虑经济性。如充分的备件储备,不稳定设备的及时更新;尽量贯彻专业化维修、生产厂维修的理念。
- 严格科学的维护保养管理。要求船东的机务管理人员和船员预先制定覆盖面全、科学的维护保养体系。并严格执行。同时维护不仅仅关注设备系统的“好”与“坏”,还要关注“准”与“不准”。

Design and Construction of Dynamic Positioning ship

GENG Tao

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

Abstract

Based on the Dynamic Positioning guideline of IMO, the design issue and construction issue of Dynamic Positioning ship are illuminated in this paper.

Key words: ship; Dynamic Positioning; FMEA

作者简介

耿 焘 男, 1976 年生, 工程师。主要从事海洋工程船舶和设备的机务管理工作。