



5000 吨  
起重铺管船电气设备原理  
与使用维护系列丛书

# 船舶动力定位 控制系统

(第五分册)

总 主 编 王华胜  
本 册 主 编 丁相强  
本 册 副 主 编 熊 睿



大连海事大学出版社  
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS



5000 吨  
起重铺管船  
与使用维护

# 船舶动力定位 控制系统

(第五分册)

总 主 编 王华胜  
本 册 主 编 丁相强  
本 册 副 主 编 熊 睿

大连海事大学出版社

DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

© 王华胜 2017

图书在版编目(CIP)数据

船舶动力定位控制系统 / 丁相强主编. —大连 :  
大连海事大学出版社, 2017.9  
(5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛  
书 / 王华胜总主编 ; 第五分册)  
ISBN 978-7-5632-3554-4

I. ①船… II. ①丁… III. ①船舶定位—动力定位—  
控制系统 IV. ①U675.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 239215 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017年9月第1版

2017年9月第1次印刷

幅面尺寸:210 mm × 297 mm

印张:30.75

字数:904千

印数:1~800册

出版人:徐华东

责任编辑:张宏声

责任校对:杨洋 张冰

封面设计:解瑶瑶

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3554-4

定价:78.00元

## 总前言

# 5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛书

## 编纂委员会成员

主任委员:王华胜

副主任委员:丁相强

委 员:徐永琦 高伟卫 魏福占 刘 道  
邓赛赛 熊 睿 王颢然 李天杰  
康存富 王秋天 韩朝珍 陈雪峰  
沈 培

## 总前言

随着科学技术发展的日新月异,人类对未知领域的探索范围逐渐加大,大量的深海油气田被发现,可燃冰等新能源被开采利用,这些能源的开采利用极大地促进了深海钻井平台、深海起重船、深海铺管船等一系列高技术深海作业装备的设计、开发及使用。诸如中高压船舶电站系统、大功率电力推进系统、船舶深海动力定位系统、船舶自动化系统、深海铺管作业系统、起重机波浪补偿系统等一系列支撑远洋深海作业的新技术被不断地完善升级并投入使用,对深海海洋工程的发展起到了至关重要的支撑作用。

纵观国内各大高校、研究所及海洋工程配套供应商等,上述设备及关键系统的具体技术细节、设计、生产等尚属空白,大量的关键系统、关键技术仍垄断在国外各大供应商手中。他们对国内的采购设置了重重壁垒,对设备使用中后续的备品、备件采购,故障检修及维护保养等响应不及时,影响了设备工作性能的高效使用和海洋工程领域人才的培养。

随着我国综合国力的增强及造船工业水平的提高,我国对深海工程装备的需求也逐渐加大,先后建造完成了“海洋石油 201”“蓝鲸 1 号”等一系列深海作业装备。为了在该领域积累技术发展经验、加强人才培养,2012 年交通运输部正式立项建造烟台 5000 吨起重铺管船。该船是一艘具有自航能力、无人机舱、DP-3 动力定位、十点锚泊定位、5000 吨全回转起重能力(配置波浪补偿系统)的全球无限航区的作业船舶,同时配置有 S 型双轨铺管系统,可用于对水下沉船、沉物的打捞作业,具有应对突发事件,进行大吨位水下整体打捞、快速清障的能力,可在海上进行大型组块、平台模块、导管架等海洋工程结构物的起重吊装,同时具备平台作业支持、潜水作业支持等多项功能。

该船技术先进,在国内同类型船舶中尚属第一,创造性地应用了业内最新技术、采购了大量的进口先进设备,大部分设备为国内首次使用。编者全程参与了该项目的设计及建造过程,对该项目的设计理念及设计思路等进行了深入研究,对深海海洋工程装备的技术要求等进行了深入了解。在船舶的建造过程中,通过分析研究相关进口设备、系统的文件资料,并与设备服务工程师就技术问题进行了交流,详细地了解了相关海洋工程装备的系统构成、工作原理、功能设置、操作使用、维护保养及常见故障检修等相关内容并编辑成册,为行业中的技术人员提供了一套内容全面、系统、实用的海洋工程装备系列丛书。

本系列丛书把背景工程的相关技术呈现给读者,为后续类似系统的设计、建造,相关系统设备的操作使用及维护保养,相关单位海洋工程设备的人才培养等提供了较为全面的技术理论支撑及经验支持,为国家深海海洋工程领域的技术发展及创新贡献了一份力量。

由于时间仓促,编者水平及资料有限,书中疏漏与错误在所难免,敬请读者批评、指正。

编者

2017.9

## 本册前言

随着世界经济的发展,能源和资源问题日益尖锐,海洋现在已成为国家间激烈争夺的领域。由于海洋环境复杂多变,如果没有先进的技术和设备来装备船舶,即使面对丰富的海洋资源,也只能一筹莫展。因此对于许多海上作业船舶来说,动力定位系统成为必不可少的支持系统。

本书共分八章。第一章为绪论,进行动力定位系统的简介;第二章介绍动力定位系统的功能和组成;第三章对本船使用的康士伯 K-Pos 系统硬件和原理进行介绍;第四章对本船使用的船舶动力定位的测量系统进行介绍;第五章介绍了 K-Pos DPM 使用界面和视图;第六章对 K-Pos 动力定位操作及功能进行了详细的介绍;第七章介绍了康士伯铺管控制;第八章介绍了船舶其他控制模式。

在本书中,烟台 5000 吨起重铺管船配置有 2 个主推,2 个侧推,4 个伸缩推;主推功率 5500 kW,可提供 97.4 t 的推力;侧推功率 1500 kW,可提供 26.5 t 的推力;伸缩推功率 3500 kW,可提供 67.8 t 的推力。DP 系统经过计算,将需要的推力传送给推力系统,推力系统进行最优化分配,将推力分配到各个推进器。位置参照系统,针对 5000 吨起重铺管船进行说明,包括:DPS232,DPS132,HIPAP351,TAUTWIRE MK15B,RADIUS1000D。

本书条理清晰,使用了大量的图例,内容翔实,通俗易懂,可作为本船工程技术人员使用书籍,也可作为船舶和海洋工程技术人员的参考书,同时也适于对动力定位技术感兴趣的其他专业人员和海洋工程专业的学生阅读参考。

本书由烟台 5000 吨项目部电气组编写。在编写过程中,得到了有关单位和个人的大力支持和帮助,在此表示诚挚的谢意。

限于编写人员的经历及水平,书中错漏之处在所难免,尤其是有些英文资料的翻译可能不准或者有误,敬请广大读者指正,不胜感激!

编者

2017.5

## 目 录

第一章 绪论 .....	1
第一节 动力定位系统的发展概况 .....	1
1.1.1 动力定位系统组成 .....	2
第二节 动力定位系统简介 .....	3
1.2.1 动力定位系统工作原理 .....	3
1.2.2 船舶动力定位的基本功能 .....	11
1.2.3 动力定位分级 .....	13
1.2.4 动力定位能力计算分析 .....	20
1.2.5 故障模式与影响分析(FMEA) .....	28
第二章 动力定位系统模式和组成 .....	31
第一节 动力定位模式 .....	31
2.1.1 康士伯 K-Pos 运行模式 .....	31
第二节 动力定位系统的基本组成 .....	47
2.2.1 计算机(动力定位控制系统) .....	47
2.2.2 驾驶控制台 .....	49
2.2.3 位置参考系统(PRS) .....	49
2.2.4 首向参考系统 .....	51
2.2.5 环境测量参考系统 .....	51
2.2.6 推进系统 .....	52
2.2.7 动力系统 .....	52
第三节 动力定位船舶的设计 .....	52
2.3.1 设计船舶的参照环境条件 .....	52
2.3.2 船舶的运动性能分析 .....	52
2.3.3 推进器配置方案 .....	52
2.3.4 位置参考系统(PRS)和运动参考系统(VRS)的配置 .....	53
2.3.5 电力系统的设计 .....	54
2.3.6 “结果分析”及故障模型和影响分析 .....	54
第四节 施工作业 .....	55
2.4.1 验船 .....	55
2.4.2 作业前准备和检查 .....	55
2.4.3 作业期间 .....	56
第三章 K-Pos DPM 系统硬件及原理 .....	57
第一节 系统硬件 .....	57
3.1.1 综述 .....	57
3.1.2 K-Pos 硬件模块 .....	63
3.1.3 K-Pos DPM 系统(DPM-11/12/21/22/31/32) .....	81
第二节 K-Pos DPM 系统原理 .....	89



3.2.1	康士伯 DPM 系统	89
3.2.2	基本的受力和运动	90
3.2.3	K-Pos DPM 系统原理	91
3.2.4	康士伯 DP 控制策略	99
3.2.5	康士伯 PM 控制策略	102
3.2.6	推进分配	102
3.2.7	停电预防	105
3.2.8	位置参考系统和传感器数据处理	105
<b>第四章 船舶动力定位的测量系统</b>		<b>106</b>
第一节 位置测量系统		106
4.1.1	高精度水下声呐定位系统	107
4.1.2	GPS/DGPS 系统	119
4.1.3	Taut Wire(张紧索) Mk 15B 位置参考系统	133
4.1.4	雷达位置参考系统(微波定位系统)	138
4.1.5	CyScan	142
第二节 传感器		143
4.2.1	首向传感器	143
4.2.2	风速风向仪	145
第三节 垂直运动参考系统(VRS)		148
4.3.1	运动参考单元 MRU2	148
4.3.2	运动参考单元 MRU5	150
<b>第五章 K-Pos DPM 使用界面和视图</b>		<b>152</b>
第一节 用户界面		152
5.1.1	操作站	152
5.1.2	操作面板	153
5.1.3	显示布局	155
5.1.4	显示视图	167
5.1.5	主菜单	169
第二节 视图显示		170
5.2.1	偏差视图(Deviation View)	170
5.2.2	柴油机视图(Diesels View)	172
5.2.3	总图(General View)	174
5.2.4	操纵杆视图(Joystick View)	175
5.2.5	轻质张紧索视图(LTW View)	178
5.2.6	数字视图	181
5.2.7	位置标绘视图(Posplot View)	183
5.2.8	电力视图	189
5.2.9	电力消耗视图(Power Consumption View)	191
5.2.10	参考系统视图(Refsys View)	192
5.2.11	参考系统状态指示(Refsys Status View)	197
5.2.12	旋转中心视图(Rotation Centers View)	198
5.2.13	传感器视图(Sensors View)	198
5.2.14	推进器视图(Thruster View)	202

5.2.15	趋势视图(Trends View)	212
<b>第六章 康士伯动力定位的操作及功能</b> 216		
第一节	系统启动/关闭及命令	216
6.1.1	系统启动/停止以及操作站(OS)的关闭/重启	216
6.1.2	登录配置对话框	217
6.1.3	命令发送(Command transfer)	218
6.1.4	命令控制对话框	219
6.1.5	一个控制器程序站组(PS)的连接	222
第二节	主要模式和操作流程	223
6.2.1	待机模式	223
6.2.2	操纵杆模式	224
6.2.3	自动定位模式	226
第三节	联合操纵杆(Joystick)	227
6.3.1	校准操纵杆	227
6.3.2	操纵杆设置	229
6.3.3	操纵杆机动航行下的旋转中心	231
第四节	传感器	233
6.4.1	陀螺罗经	233
6.4.2	罗经偏差	235
6.4.3	风力风向仪	236
6.4.4	垂直参考传感器(VRS)	238
6.4.5	速度传感器	239
6.4.6	回转速率传感器(ROT)	241
第五节	推进器	242
6.5.1	低速和保持位置操作	243
6.5.2	用于高速模式的推进器分配	247
6.5.3	推进器的使能	248
第六节	位置设定值的改变	259
6.6.1	位置改变期间停止船舶运动	259
6.6.2	在Posplot视图上标记一个新的位置设定值	260
6.6.3	位置R/B对话框(范围/电子方位线 range/bearing)	261
6.6.4	位置增量对话框(incremental)	261
6.6.5	位置对话框	261
6.6.6	速度设定值对话框	264
6.6.7	加速减速设定值对话框	265
第七节	首向设定值的改变	266
6.7.1	首向改变期间停止旋转	266
6.7.2	在Posplot视图上标记新的首向设定值	266
6.7.3	首向轮和它的相关按钮	267
6.7.4	首向对话框	268
6.7.5	在yaw轴上的加/减速系数	269
第八节	系统设定	270
6.8.1	操作类型	270

6.8.2	系统日期和时间	270
第九节	位置信息	281
6.9.1	位置信息的处理	281
6.9.2	位置表示对话框	282
6.9.3	详细基准对话框(Datum Details dialog box)	283
6.9.4	Local N/E 属性对话框	284
6.9.5	UTM 属性对话框	285
6.9.6	国家平面区域(State plane zone)	285
6.9.7	位置参考系统的使能方法	286
6.9.8	坐标系(Coordinate systems)	292
6.9.9	测试位置测量(Tests on position measurements)	292
6.9.10	位置参考系统的使能步骤	296
6.9.11	参考原点的改变	297
6.9.12	位置中途退出(Position dropout)	297
第十节	控制器处理站(PS)	298
6.10.1	控制器处理站的复位	298
6.10.2	冗余系统	299
第十一节	电力系统	301
6.11.1	电力监测	301
第十二节	系统状态监测	303
6.12.1	介绍	303
6.12.2	系统架构	303
6.12.3	IO 系统	305
6.12.4	监视功能	305
6.12.5	操作站浏览器(Station Explorer)	310
6.12.6	测量尺	326
6.12.7	多曲线趋势	326
6.12.8	趋势系统的使用	328
6.12.9	DP 处理站串行接口的属性(Properties-DpPs Serial port)	328
6.12.10	复位一个禁用的串行线(Resetting a disabled serial line)	331
第十三节	DP 在线结果分析	332
6.13.1	DP 在线结果分析	332
第十四节	系统状态信息	334
6.14.1	遥控诊断	334
6.14.2	打印系统状态数据	336
6.14.3	软件显示信息	336
第十五节	系统信息	338
6.15.1	系统诊断	338
第十六节	康士伯 K-Pos 备用系统操作	347
第七章	铺管控制	355
第一节	铺管概述	355
7.1.1	铺管要求	356
第二节	铺管操作	357

7.2.1 自动定位模式 .....	357
7.2.2 自动轨迹(低速)模式 .....	366
7.2.3 应急停止 .....	367
7.2.4 自动控制的旋转中心 .....	368
第三节 铺管用户界面 .....	369
7.3.1 选择铺管方式 .....	369
7.3.2 张力监视 .....	369
7.3.3 张力补偿 .....	374
7.3.4 拉管 .....	376
7.3.5 沿着推力控制 .....	377
第四节 S类扩展的铺管功能 .....	378
7.4.1 介绍 .....	378
7.4.2 扩展方案 .....	385
7.4.3 扩展的铺管功能描述 .....	387
第八章 船舶其他控制模式 .....	402
第一节 自动轨迹模式 .....	402
8.1.1 自动轨迹模式 .....	402
8.1.2 自动路径用户面板 .....	406
8.1.3 操舵设定 .....	429
8.1.4 使用自动轨迹模式 .....	436
第二节 目标跟踪模式 .....	448
8.2.1 跟踪单个移动目标 .....	449
8.2.2 跟踪多个移动目标 .....	450
8.2.3 进入跟踪目标模式 .....	451
第三节 自动导航模式 .....	454
附录一 专用术语缩略语(一) .....	474
附录二 专用术语缩略语(二) .....	476
参考文献 .....	478

# 第一章 | 绪论

## 动力定位系统定义

### (1) 动力定位船舶的定义

国际海事组织(IMO)对动力定位船舶(Dynamic positioning vessel)的定义如下:

动力定位船舶意味着,船舶或装置,可以自动保持自己的位置,也就是通过推进器施加的力,保持固定的位置,或沿着预先设定的移动轨迹移动。

### (2) 动力定位系统的定义

国际海事组织(IMO)对动力定位系统(Dynamic positioning system)(简称 DP 系统)的定义如下:

动力定位系统指,动力定位一艘船舶所必需的全部装置,包括:动力源系统、推进器系统和动力定位(DP)控制系统。

## 第一节 动力定位系统的发展概况

目前国际上主要的动力定位系统制造商有 Kongsberg 公司、Converteam 公司、Nautronix 公司等。

以康士伯为例,40 多年后的今天,Kongsberg 公司已经成为世界最大的动力定位系统制造厂商。康士伯动力定位系统主要分为以下两类:

早年采用 KV 技术的 Kongsberg500 原型系统,即 KS500。在 20 世纪 70 年代初,系统计算机是由 Forsvarets Forskning 和 KV 研制的,是基于晶体管逻辑技术的;几年后出现了基于单片机系统的单一插件计算机(SBC)新技术,分别开发了 SBC1000、SBC2000 和 SBC3000/SBC3003。

2004 年,康士伯产品有基于实时输入输出的动力定位控制器和 XP 工作站 SDP/SDPM/SPM (SDP11/12,21/22,31/32);基于实时输入输出的集成操纵系统 cJoy;基于实时输入输出的集成动力定位系统(一级设备)cPos;基于实时输入输出的推力和推进器控制系统 STC-400。

2006 年,康士伯产品有基于实时输入输出的动力定位控制器和 XP 工作站 K-Pos(DP11/12,21/22,31/32);基于实时输入输出的推力和推进器控制系统。

康士伯公司在 1500 个动力定位系统开发经验的基础上,研制出了 Kongsberg K-Pos 系统。其将动力定位系统的鲁棒性、灵活性、功能性与操作的简易性上升到了一个新的水平。Kongsberg K-Pos 包括了国际海事组织所规定的所有等级的动力定位系统,以满足不同的经济需求和操作需求。为位置参考系统等传感器提供了广泛的接口,使整个系统具有透明性和交互性。除了拥有种类繁多的标准模式和功能,Kongsberg K-Pos 还有一系列的定制功能来辅助某些特定的操作。该系统有一个开放的系统结构,因此具有良好的结合性。它能够实现船舶位置和航向的高精度保持。在操作中,系统可以容忍推进器和测量系统的瞬态误差。其自适应扩展卡尔曼滤波器可以估计船舶的航向、位置和速度,以及来自于海流和海浪的干扰。估计器使用船舶的精确数学模型。卡尔曼滤波技术使用模型预测和实时测量,为其提供了良好的滤波质量、鲁棒性和位置保持特性。

其 DP 控制系统自 1970 年的“Kongsberg System 500”型研发成功至今已有 40 多年的历史了,形成了相对优势的理论和研发团队。

目前该公司主要的 DP 系统如下:

SDP11 & 12	SBC400 I/O processor and std. NT workstation
SDP21 & 22	SBC400 I/O processor and std. NT workstation
SDP31 & 32	SBC400 I/O processor and std. NT workstation
SPM	SBC400 I/O processor and std. NT workstation
SJS01/SDP01	Joystick/Compact DP (replace Robertson products)

### 1.1.1 动力定位系统组成

一般的动力定位系统包括如下几个系统:

#### (1) 动力定位控制系统

测量系统:

测量系统是动力定位系统的重要组成部分,它所获得的数据主要依据动力定位系统的位置参考系统和传感器。位置参考系统主要采用 DGPS,水声位置参考系统主要选择超短基线或长基线声呐,微波位置参考系统可选择 Artemis MK4,张紧索位置参考系统可选择 LTW MK,激光位置参考系统可选择 Fanbeam MK4,雷达位置参考系统可选择 RADius 500X,此外还有罗经、风传感器、运动参考单元等。

控制系统:

20 世纪 60 年代出现了第一代动力定位产品,该产品采用经典控制理论来设计控制器,通常采用常规的 PID 控制规律,同时为了避免响应高频运动,采用滤波器剔除偏差信号中的高频成分。20 世纪 70 年代中叶,Balchen 等提出了一种以现代控制理论为基础的控制技术——最优控制和卡尔曼滤波理论相结合的动力定位控制方法,也就是应用比较广泛的第二代动力定位系统。近年出现的第三代动力定位系统采用了智能控制理论和方法,使动力定位控制进一步向智能化的方向发展。智能控制方法主要体现在鲁棒控制、模糊控制、非线性模型预测控制等方面。

康士伯展出了绿色动力定位系统,将非线性模型预测控制技术引入到动力定位系统中,使之即环保又能实现动力定位。

#### (2) 推进系统

用于动力定位船舶的推进系统除常规的主推进器和舵外,还有舵桨推进器、槽道推进器、全回转推进器、喷水推进器等。

#### (3) 动力系统

现代船舶自动化程度越来越高,达到 24 小时无人机舱要求的船舶基本都采用了船舶电站功率管理系统。船舶电站功率管理系统基本可分为基于主配电盘为平台和基于机舱监控系统为平台两种模式。以机舱监控系统为平台的典型代表是康士伯公司的功率管理系统。

## 第二节 动力定位系统简介

介绍

Kongsberg K-Pos 系统是用于船舶自动位置和航向控制的计算机化系统。

为了控制船舶的航向,DP 控制系统使用一个或多个陀螺仪的数据,而至少一个位置参考系统(例如 DGPS 或水声学)使得 DP 控制系统能够定位船舶。

航向和位置的设定点由操作员指定,然后由 DP 控制系统处理,以向船舶的推进器和主螺旋桨系统提供控制信号。DP 系统总是将最佳推力分配给正在使用的推进装置。

自动检测与期望的航向或位置的偏差,并由系统进行适当的调整。

DP 控制系统还提供手动操纵杆控制,可用于单独操纵杆控制或手动/自动控制。

DP 控制系统包括减少燃料消耗和温室气体的控制策略。

### 1.2.1 动力定位系统工作原理

(1)分析计算船舶受到的作用力

基本力和运动

一艘海运船舶受到风,波浪和当前的力量以及来自推进系统产生的力。船舶受力如图 1-2-1 所示。船舶对这些力的反应,即其位置,航向和速度的变化,由位置参考系统、陀螺罗经和垂直参考传感器测量。参考系统读数使用来自垂直参考传感器的读数校正滚动和俯仰。风速和风向由风传感器测量。

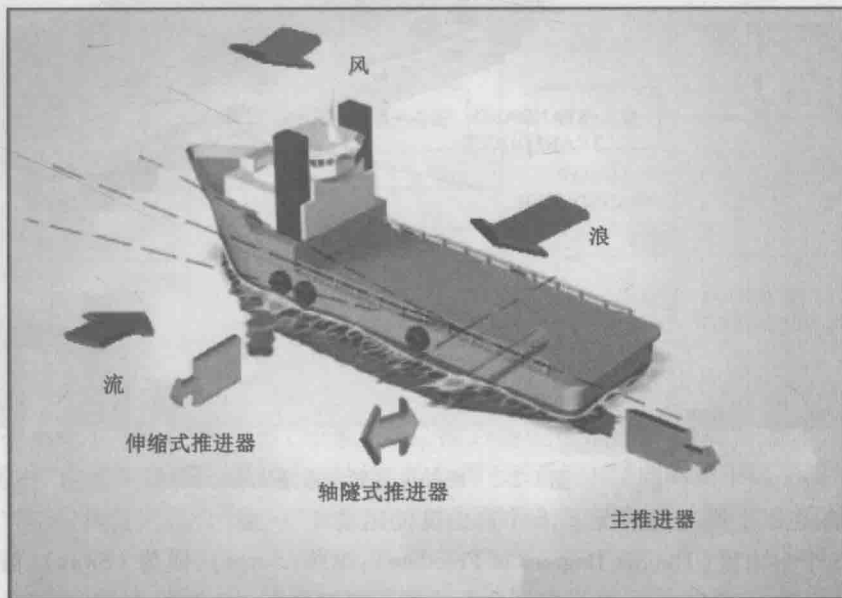


图 1-2-1 船舶受力图

K-Pos 控制系统计算推进器必须产生的力,以便在水平面上以三自由度——surge, sway 和 yaw——来控制船舶的运动。

包括:

风(wind):通过风速风向仪测量风的速度和方向,将测量数据送入 DP 系统中。

浪(waves):因波浪对船体施加的力很难测量,所以 DP 系统设计时不测量波浪,而将其和涌的影响共同考虑并计算。

涌(current):考虑到很难测量涌对船舶施加力的影响,所以 DP 设计原理中均不考虑测量涌,但在计算的数学模型中,预先进行考虑和计算。

其他作用力:如推进器作用力、铺管船受到所铺设的海底管线的张力等。一般计算时均在“涌”中一并考虑。

传感器和位置参考系统

位置参考系统:卫星系统;激光系统;雷达系统;电台系统;水声系统;张紧索。

姿势传感器:陀螺罗经;运动参考传感器(MRU)。

这些传感器和位置参考系统输入到定位系统中。位置参考系统的模型如图 1-2-2 所示。

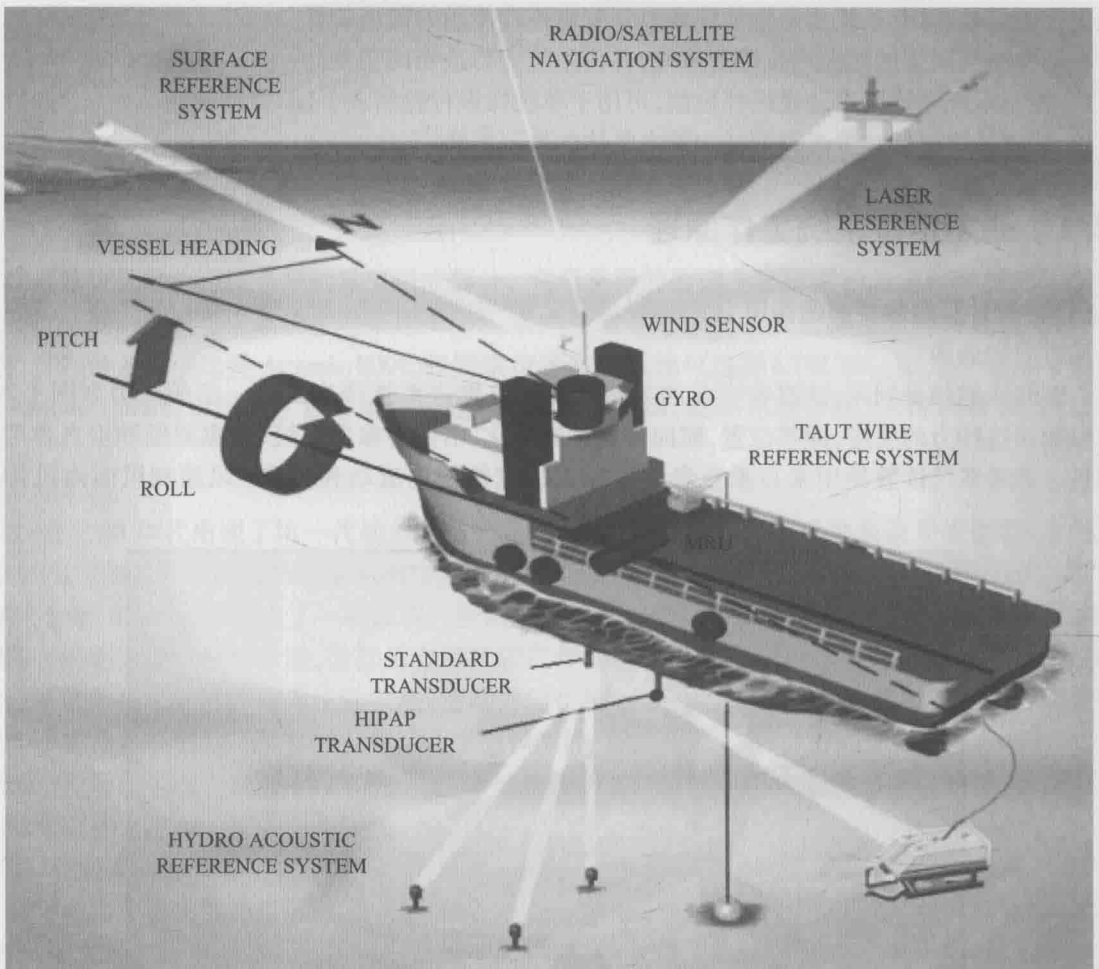


图 1-2-2 船舶位置参考系统

(2)考虑船舶在以上受力的情况下,6 个自由度的运动

运动模型:6 个自由度(The Six Degrees of Freedom):纵荡(Surge)、横荡(Sway)、首摇(Yaw)、纵摇(Pitch)、横摇(Roll)、垂荡(Heave),六个自由度的相关模型如图 1-2-3 所示。

(3)通过推进器,对外力进行补偿

通过综合控制全船的主推进器、侧推进器和舵等设备,控制船舶运动的 6 个自由度,补偿四类对船舶外力的影响。



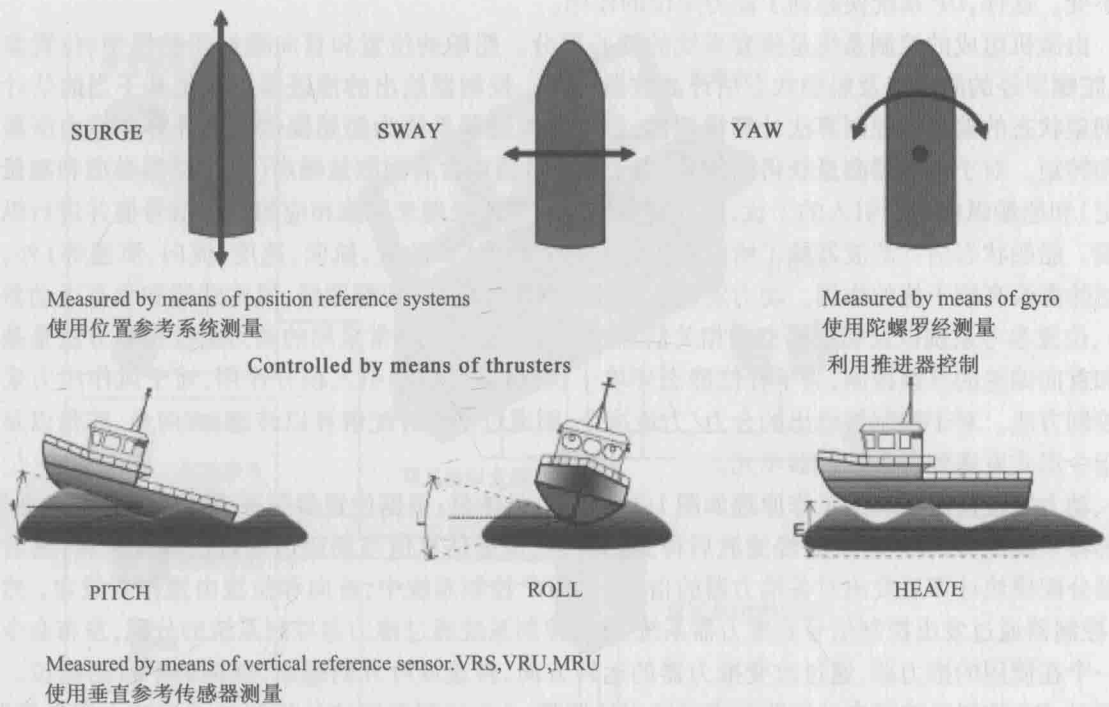


图 1-2-3 船舶 6 个自由度

(4) 动力定位系统工作原理简介

船舶定位系统是一系列船用系统的综合,通常主要由位置测量系统、控制系统、推力系统三个部分组成。该系统的控制流程如图 1-2-4 所示。

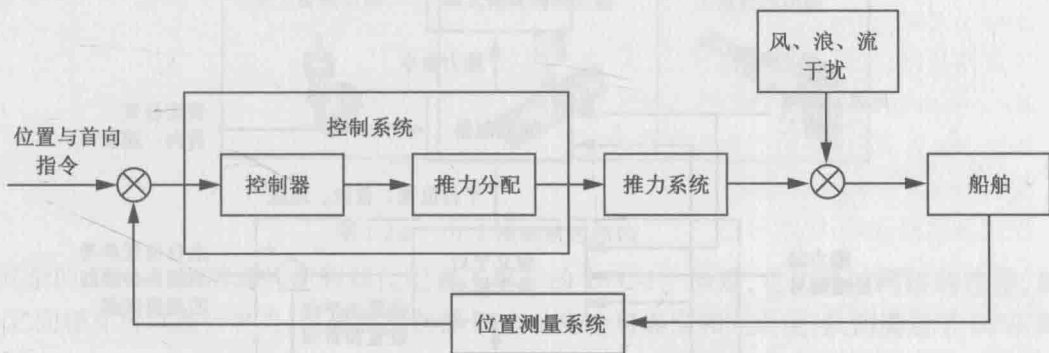


图 1-2-4 船舶动力定位系统流程图

在风平浪静的情况下,也就是船体不受风、浪、流的作用的时候,人们发出一个“船位和首向指令”通过“控制器(子系统)”操纵“推力器(子系统)”,推力器便推动船体运动。这时,船体的运动特性(船位、首向)通过“位置测量(子系统)”反馈给“控制器(子系统)”(此时由于风平浪静,6个自由度运动趋于平稳),当船位和首向符合“指令”要求时,“控制器”输出为零,推力器停止运行,船体便稳定在指令要求的位置上。

当海上风云突变,船体在风、浪、流的作用下开始 6 个自由度的摇荡运动,船位和首向开始偏离目标位置。与此同时,“风传感器”和“位置测量系统”都向“控制器”发出信号。“控制器”接收这些信号后,通过计算机系统计算,算出船体所受到风、浪、流的干扰力。然后,计算机系统又根据此干扰力和由“位置测量系统”所测得的船位、首向和摇荡状况,计算出保持船位所需要的作用力。并确定各个推力器的推力分配情况,由“控制器”按照推力分配的要求发出指令,控制各个推力器的工况,使推力系统发出的合力抵消风、浪、流的干扰力。使船舶在风云突变的大海上保持船位和首向在目标位置