

海洋工程装备 焊接技术应用

Application of
Marine Engineering Equipment
Welding Technology

丨 刘立君 杨祥林 崔元彪 © 编



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

海洋工程装备焊接 技术应用

刘立君 杨祥林 崔元彪 编

中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

内容简介

本书主要介绍海洋工程装备和平台焊接技术现状、海洋工程装备常用焊接工艺方法、水下焊接技术、水下切割技术、水下机器人焊接技术和船舶焊接技术,重点突出实用性和工程性。

本书可作为全国本科、高职高专院校海洋工程相关专业的教材,也可供从事海洋工程相关机械制造和材料加工行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋工程装备焊接技术应用 / 刘立君, 杨祥林, 崔元彪编. — 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5670-0983-7

I. ①海… II. ①刘…②杨…③崔… III. ①海洋工程—工程设备—水下焊接 IV. ①P755.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 218915 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
出 版 人 杨立敏
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 youyuanchun67@163.com
订购电话 0532-82032573(传真)
责任编辑 由元春 电 话 0532-85902495
印 制 日照报业印刷有限公司
版 次 2016 年 1 月第 1 版
印 次 2016 年 1 月第 1 次印刷
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 13.25
字 数 295 千
定 价 38.00 元

前 言

海洋工程是一个主要为海洋科学调查和海洋开发提供一切手段与装备的新兴工程门类,是一个高新技术产业,具有很强的综合性、配套性和知识密集性。海洋工程装备主要指海洋资源(特别是海洋油气资源)勘探、开采、加工、储运、管理、后勤服务等方面的大型工程装备和辅助装备,它是海洋经济发展的前提和基础,处于海洋产业价值链的核心环节,具有高技术、高投入、高产出、高附加值、高风险的特点,是先进制造、信息、新材料等高新技术的综合体,它的产业辐射能力强,大大带动了国民经济的发展。

海洋工程结构常年处在环境极其恶劣的海上,除受到结构的工作载荷外,还要受到风暴、潮汐、潮流引起的附加载荷以及海水腐蚀、砂流磨蚀、地震或寒冷地区冰流的侵袭。因此,海洋工程结构在设计制造以及焊接施工等方面都提出了严格的质量要求,但是海洋工程结构在运行及安装过程中难免会遭遇损坏,并且由于其主要工作部分在水下,检查和修补变得很困难,费用也高,一旦发生重大结构损伤或倾覆事故,将造成生命财产的严重损失。因此,要保证海洋工程设备的安全性,就必须考虑海洋工程结构的焊接质量问题,海洋工程焊接技术就变得格外重要。

目前,全国已有 30 多所海洋工程专业学校,一些沿海大学也正在开展海洋工程方面的专业建设,一些海洋工程项目也在不断立项和推进,解决海洋工程装备制造中焊接质量控制问题显得尤为突出,出版和该技术相关教材显得更加紧迫。针对市场技术要求,本书主要介绍海洋工程装备常用焊接工艺方法、水下焊接技术、水下切割技术、水下机器人焊接技术和船舶焊接技术。

本书编写人员及其分工如下:浙江大学宁波理工学院刘立君教授负责全书统稿并编写第 1 和 2 章;浙江大学宁波理工学院张钊工程师编写第 3 章;哈尔滨职业技术学院崔元彪博士编写第 4 和 5 章;浙江造船有限公司杨祥林高级工程师编写第 6 章。该书中部分成果来源于国家海洋局海洋可再生能源专项资金项目(NBME2011CL02)、浙江省自然科学基金项目(LY13E090007)、宁波自然基金资助项目(2014A610078)。同时对在编写过程中做出大量资料整理工作的研究生范凤平、齐萌、姜婷婷、于义涛以及参考文献的作者,在此一并致以深切的谢意。

由于编者水平有限,疏漏和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2015 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 海洋工程装备发展历程	(1)
1.1.1 全球海洋装备产业的发展概况	(4)
1.1.2 我国海洋工程装备制造业的现状	(10)
1.1.3 提高我国海洋工程装备制造业竞争力的对策	(11)
1.2 海洋工程平台发展现状	(12)
1.2.1 海洋工程平台发展概况	(12)
1.2.2 海洋工程平台分类	(13)
1.2.3 我国主要新建海洋工程平台	(18)
1.2.4 海洋工程平台发展趋势	(20)
1.3 海洋工程焊接技术研究现状	(21)
1.3.1 海洋工程用钢及焊接材料	(21)
1.3.2 海洋工程焊接技术的应用及现状	(23)
1.3.3 海洋工程焊接自动化新技术	(26)
第 2 章 海洋工程常用焊接工艺方法	(28)
2.1 水下焊接面临的主要问题	(28)
2.2 水下焊接的主要方法	(29)
2.2.1 湿法水下焊接	(29)
2.2.2 局部干法水下焊接	(29)
2.2.3 干法水下焊接	(29)
2.3 手工电弧焊	(30)
2.3.1 手工电弧焊原理及特点	(30)
2.3.2 电源种类	(31)
2.3.3 焊条类型	(31)
2.4 埋弧焊	(32)
2.4.1 埋弧焊原理	(32)
2.4.2 埋弧焊特点	(32)
2.4.3 埋弧焊设备	(33)

2.4.4	埋弧焊的工艺参数及影响	(34)
2.4.5	埋弧焊的缺陷及防止措施	(36)
2.4.6	埋弧焊焊接材料及其标准	(38)
2.5	激光焊接与切割	(39)
2.5.1	激光焊接的原理	(39)
2.5.2	激光的基本特征	(40)
2.5.3	激光焊的特点和应用	(40)
2.5.4	激光切割	(40)
2.6	药芯焊丝气体保护焊	(43)
2.6.1	工作原理	(43)
2.6.2	工艺特点	(43)
2.6.3	药芯焊丝气体保护焊的应用	(44)
2.6.4	药芯焊丝电弧焊的安全操作技术	(44)
2.7	水下手工电弧焊	(44)
2.7.1	水下湿法手工电弧焊焊接电源特性要求	(44)
2.7.2	焊接辅助设备	(47)
2.8	高压 TIG 焊接技术及其应用	(49)
2.9	水下高压 MIG 焊接	(51)
2.10	深水摩擦叠焊修复	(54)
2.11	海洋平台桩管预制对接自动焊接技术	(56)
2.11.1	海上桩管自动焊方法选择	(56)
2.11.2	海上桩管自动焊机硬件设计	(57)
2.11.3	海上桩管自动焊机控制系统	(58)
2.11.4	海上桩管自动焊机应用	(59)
第 3 章	水下焊接技术	(60)
3.1	水下焊接技术概述	(60)
3.1.1	水下焊接技术的必要性	(60)
3.1.2	水下焊接的发展历程	(61)
3.1.3	水下焊接方法特点及其分类	(61)
3.1.4	水下焊接焊条药皮配方的设计	(74)
3.1.5	水下焊接技术的研究趋势	(75)
3.2	水下焊接技术应用	(76)
3.2.1	304 不锈钢局部干法自动水下焊接试验	(76)
3.2.2	Q235 钢的药芯焊丝水下焊接	(79)
3.2.3	水下激光焊接	(83)

第 4 章 水下切割技术	(87)
4.1 水下切割技术概述	(87)
4.1.1 水下切割技术的分类	(87)
4.1.2 水下切割技术的特点	(93)
4.1.3 水下切割的应用范围	(96)
4.1.4 水下切割工艺参数	(97)
4.1.5 水下电弧-氧切割工艺	(106)
4.1.6 水下等离子弧切割工艺	(109)
4.2 水下切割技术应用	(113)
4.2.1 高压磨料水射流水下切割不锈钢	(113)
4.2.2 金刚石串珠绳锯水下切割海底输油钢管	(116)
4.2.3 实例分析	(121)
第 5 章 水下机器人焊接技术	(126)
5.1 水下机器人焊接的必要性	(126)
5.2 水下机器人焊接装备构成	(128)
5.2.1 水下运载工具	(128)
5.2.2 焊缝跟踪技术	(129)
5.2.3 自动检测技术	(135)
5.2.4 遥控焊接	(135)
5.2.5 自动定位	(136)
5.3 水下机器人焊接技术应用实例	(140)
5.3.1 局部干法水下焊接机器人系统	(140)
5.3.2 遥操作干式高压海底管道维修焊接机器人系统	(149)
5.3.3 水下焊接机器人系统在焊缝检查及修复中的应用	(152)
5.4 水下焊接机器人的发展方向	(153)
第 6 章 船舶焊接技术	(154)
6.1 船舶焊接制造的高效、节能与绿色化	(154)
6.1.1 船舶焊接技术现状	(154)
6.1.2 船舶焊接的高效与节能	(155)
6.1.3 船舶焊接绿色化与可持续发展	(159)
6.2 船舶焊接材料	(160)
6.2.1 船舶焊接材料的种类及特点	(160)
6.2.2 国内外焊接材料应用现状	(162)
6.2.3 船舶有色金属焊接材料的发展	(167)
6.3 船舶焊接方法与设备	(169)

6.3.1	常见的高效船舶焊接技术	(169)
6.3.2	新型高效船舶焊接技术	(175)
6.3.3	国内外船舶高效焊接工艺及装备	(177)
6.4	船舶焊接应用实例	(185)
6.4.1	船舶结构焊接工艺	(186)
6.4.2	船舶建造焊接实例	(192)
参考文献		(199)

第 1 章 绪论

1.1 海洋工程装备发展历程

随着世界能源危机的加剧和未来陆地油气储量的逐渐枯竭,人们把视线转移到海洋资源的开发利用上。海洋又被称为蓝色国土,占地球表面总面积的 70%,以其蕴藏的丰富的生物和矿物资源,日益成为世界经济的大舞台。人类的生存和发展也将越来越多地依赖于对海洋资源的开发和利用。但由于人类对于海洋资源的利用远不及对陆地资源的利用,因此一场认识海洋、开发海洋的蓝色革命正席卷全球。

据统计,全球海洋石油蕴藏量约为 1 000 多亿吨,占全球石油资源总量的 30%以上,其中,已探明的储量约为 380 亿吨。我国是一个海洋大国,综合评估我国海域有 350 亿~400 亿吨油气资源储量。但是我国的海洋油气事业发展相对滞后,尤其在深海油气勘探开发方面。而我国又是世界上人口最多、人均土地资源匮乏的国家,导致我国近年来原油的对外依存度逐年攀高。因此,加快我国海洋石油开发的需求愈发迫切,大力发展海洋石油勘探开发技术,并不断向海洋的深度和广度进军,对我国经济发展和能源安全具有非常重要的战略意义。

开发海洋能源,加强我国海洋工程建设是首要条件。从广义上讲,海洋工程是一个主要为海洋科学调查和海洋开发提供一切手段与装备的新兴工程门类,是一个高新技术产业,具有很强的综合性、配套性和知识密集性。海洋资源开发利用的工程设施和装备研究、开发和实现都属于海洋工程的范畴。海洋资源的开发利用大致分为五类:一是海水以及所含物资资源的提取;二是海洋生物资源的开发利用;三是海底金属、矿物、油气资源的勘探开发;四是海洋能源(波浪能、潮汐能、温差能等)开发;五是海洋空间的开发利用。从狭义上,对于油气资源开发来讲,海洋工程的范畴是为海洋资源开发提供满足使用要求的船舶与海洋结构物,目前主要是指开发利用海洋油气资源的先进海洋工程装备。

海洋工程装备主要指海洋资源(特别是海洋油气资源)勘探、开采、加工、储运、管理、后勤服务等方面的大型工程装备和辅助装备。它是海洋经济发展的前提和基础,处于海洋产业价值链的核心环节,具有高技术、高投入、高产出、高附加值、高风险的特点,是先进制造、信息、新材料等高新技术的综合体。它的产业辐射能力强,大大带动了国民经济的发展。

国际上通常将海洋工程装备分为三大类:海洋油气资源开发装备、其他海洋资源开

发装备、海洋浮体结构物。目前海洋工程装备的主体是海洋油气资源开发装备,它包括各类钻井平台、生产平台、浮式生产储油船、卸油船、起重船、铺管船、海底挖沟埋管船、潜水作业船等,如图 1-1 所示。

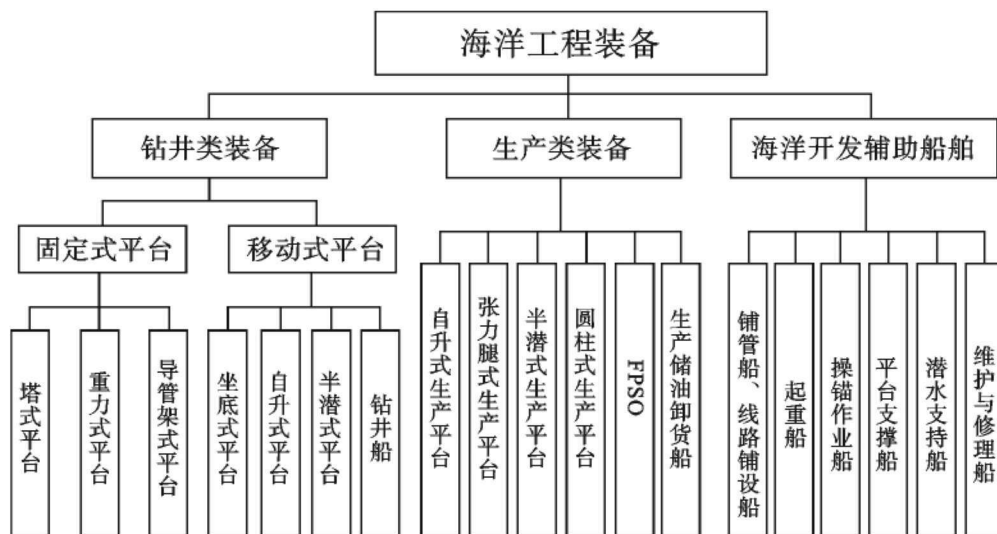


图 1-1 海洋工程装备分类

海洋工程装备技术研究的主要内涵就是针对海洋油气资源开发利用过程中所涉及的海上作业钻井平台(船)、配套工程船舶和其他结构物等进行海洋环境、水动力性能、结构力学、船型开发、船舶设计、造船技术、工程安装等有关基础科学研究和工程技术应用研究。技术研究重点是深水油气资源开发中的海洋工程装备关键技术和支撑技术研究。

(1) 国外海洋装备发展历程

人类早期的海洋石油勘探和开发是在近海岸的极浅海中开始的。1897 年在美国加州 Summer Land 海滩的潮汐地带上架设了一座 250 英尺(1 英尺=0.304 8 m)长的木架,把钻机放在上面打了世界上第一口海上钻井。以后的许多年,随着能源需求和科学技术的不断进步,浅水海区勘探和开采技术的不断成熟,浅水勘探和开采面积的不断缩小,世界各大石油公司纷纷把目光转向深海,人们的勘探步伐从浅海逐步走向深海,作业水深不断加深。由此推动了钻井装备的快速发展,适合深水钻井的钻井船、钻井平台以及相配套的技术和设施也应运而生。

随着科学技术的不断进步,海上钻井技术发展逐渐进入成熟期,海上钻井装置也迎来了建造的黄金周期。与此同时,海上可移动钻井装置的技术性能也得到了突飞猛进的提升,尤其是在钻井能力、工作水深以及可变载荷这三个方面的技术研究都有显著提高。

由于深水勘探开发的需要,其设计、建造、安装技术有了突飞猛进的发展,其工作水深、原油储存能力、天然气处理能力、抗风暴能力,以及总体性能都在向更强、更大的方面迈进。钻井技术、各种作业技术、平台定位技术、油气输送技术、海上工程安装、铺管、布

缆、检测、水下电视、潜水作业、通讯等技术研究都在发展进步,从而又促进了海洋石油勘探技术的快速发展。如无隔水管钻井技术、人工浮筒海床技术、海底泥浆举升钻井系统等,已通过试验,有些技术在实际工程中得到了应用。

20世纪80年代以后,海洋油气资源勘探开发发展迅速,沿海国家纷纷进入这个领域,建造了许多种类的钻井平台,主要形式有:固定式钻井平台、坐底式钻井平台、钻井驳船、自升式钻井平台、半潜式钻井平台以及具备自航和动力定位的钻井船。另外,海上开发设施还包括导管架平台、张力腿平台、Spar(单柱式平台)、FPSO(Floating Production Storage and Offloading 浮式生产储油船)。张力腿平台最大的工作水深已达1 425 m, Spar为1 710 m, FPSO为1 800 m,水下作业机器人(ROV)超过3 000 m,采用水下生产技术开发的气田最大水深为2 192 m。现在,钻井装置的发展趋势是向更深的海域,适于更恶劣的环境,设计更合理,适用更广泛,技术性能更强,更先进,更安全的方面发展。第6代的深海钻井船的工作水深将达到3 658 m,钻井深度可达到11 000 m,水下维修深度为2 000 m,深海铺管长度达到12 000 km。钻机绞车功率突破8 000 kW,钻深能力将突破12 000 m。

(2)我国海洋装备发展历程

经过几十年的发展与进步,我国的海洋工程装备制造业已经初具规模,其发展历程大致可划分为三个阶段。

1)起步阶段:20世纪60~90年代。

我国海洋工程起步相对较晚,20世纪60年代中期,我国才开始进行海洋油气开发,当时尚未开放,所有装备全靠自力更生。1966年,我国建造了第一座固定平台。随后,在1972年和1974年分别建立了第一座自升式钻井平台“渤海一号”和第一艘钻井浮船“勘探一号”,可在渤海湾30 m水深处钻井。进入80年代,又相继设计建造了“渤海五号”“渤海七号”“渤海九号”等自升式钻井平台和“胜利1号”“胜利2号”“胜利3号”等座底式钻井平台。1984年,我国自行设计建造的第一座半潜式钻井平台“勘探三号”交付使用,同年11月在东海海域成功打了“灵峰一井”。我国自行设计建造的第1艘FPSO是在1989年由船舶工业第708研究所设计、上海沪东造船厂建造的“渤海友谊”号,采用软刚臂系泊方式,工作水深23 m。90年代以后,受国际石油危机和国内外市场需求减少的影响,我国海工装备制造的发展步伐明显放缓,整体技术水平和国外水平也逐渐拉大。

2)发展时期:2000~2005年。

伴随着经济的快速发展,能源问题成为国内外关注的焦点,海洋工程装备需求快速增长,推动着我国海洋工程装备制造业的发展。有了早期的平台自主设计、制造的经验,我国逐渐在FPSO领域取得了很大的进展,建立了一批国际先进的海工产品。国内的FPSO生产、制造主要由中国重工旗下的大船重工集团和中国船舶旗下的外高桥造船厂完成,其中更以大连重工集团为多。在设计方面,中船集团708所完成了绝大多数国内建造FPSO的设计工作。截止到2004年,中国海洋石油总公司共有FPSO13艘,最小的是在渤中2821油田的“渤海友谊”号,载质量 5.2×10^4 t;最大的是在渤中2521油田的“海洋石油113”号,储油量 17×10^4 t。我国已成为世界上新建FPSO数量最多的国家。

3)多元化发展:2006 年至今。

近几年,我国的海洋工程装备制造业进入一个新的阶段。这不仅是由于国内企业可以自主建造新的、具有里程碑意义的产品,而且国内海洋工程制造企业格局发生了新的改变,一批新的海洋工程后起之秀在国内和国际舞台上崭露头角。在国内海洋工程装备竞争格局中,中远船务已经与中船重工同为主要生产企业,而且中集来福士、招商局重工、海油工程等也有了出色的业绩表现。在海洋工程辅助船方面,太平洋造船集团、中船集团和中船重工位列三甲;在设备改装方面,中远船务也和中船集团、中船重工齐头并进。我国海洋工程装备制造业的竞争格局已经出现群雄并起的苗头。

我们尽管在海上石油勘探开发方面积累了一定的经验,但是,在海上边际油田开发技术、深水油气田勘探开发技术、海洋工程施工技术及装备等方面依然面临着严峻的挑战。

1.1.1 全球海洋装备产业的发展概况

从技术层面和产品种类上,世界海洋工程装备制造业分成三个梯队:欧美为第一梯队,它坐拥价值链的顶端,主要进行海洋工程高端设备的开发、设计、工程总包及关键配套设备供货;韩国和新加坡为第二梯队,它们主要进行总装建造;而我国为第三梯队,主要进行制造低端产品。见表 1-1。

表 1-1 世界海洋工程装备制造业分布情况

梯队	欧美	新加坡、韩国	中国
特点及领域	技术实力雄厚,以高端海工产品为主。 海工装备总包:开发、设计制造、集成,平台安装及海底管线装配。 关键配套系统集成供货	技术实力仅次于欧美,主要承担海洋工程装备总装建设及改装	正在大力进入该领域,在中低端领域具有一定基础,主要承担平台总装建造和改装
主要产品	张力腿、立柱式、半潜式,大型综合性一体化模块及海底隧道。 钻井设备打包供应,动力、电气、控制等关键设备配套供货	新加坡:自升式、半潜式平台及 FPSO 改装。 韩国:钻井船、新建 FPSO	导管架、自升式、半潜式、FPSO 平台供应船、铺管船

(1)FPSO

FPSO 即浮式生产储卸油装置。FPSO 由锚系到海底的大型油轮型驳船构成。FPSO 通常与井口平台或海底采油系统组成一个完整的采油、原油处理、储油和卸油系统。其作业原理是:通过海底输油管线接受从其他海上设施的海底油井中收集采出的原油,并在船上应用油气处理设备进行处理、注水或注气,然后储存原油在货油舱内,最后通过尾卸载系统输往穿梭油船。FPSO 作为一种浮式生产系统,它集生产处理、储存外输及生活、动力供应于一体,具有高风险、高技术、高附加值、高投入、高回报的综合性海洋工程特点。同时,FPSO 建造周期短、装置投资省、迁移方便、可重复使用,能适应的水深条件

范围非常广泛,又具有风标效应,被广泛应用于环境条件比较恶劣的海域,尤其适用于海上油气储量有限、地层构造复杂或边远地区中小型边际油气田的开发。图 1-2 为 FPSO 作业场景。



图 1-2 FPSO 作业场景

FPSO 主要包括系泊系统、船体部分、油生产设备、尾卸载系统等几个部分。系泊系统:这种系统可以有一个或多个锚点,一根或多根立管,一只浮式或固定式浮筒,一座转塔或扼架,主要用于将 FPSO 系泊于作业油田。船体部分:这部分既可以按特定要求新建,也可以用油船或驳船改装。生产设备:主要是采油设备和储油设备,以及油、气、水分离设备等。尾卸载系统:包括卷缆绞车、软管绞车等,用于连接和固定穿梭油船,并将 FPSO 储存的原油卸入穿梭油船。

FPSO 系泊方式有单点系泊、多点系泊、动力定位系泊。单点系泊系统主要有浮筒式系泊系统、转塔式系泊系统及塔架式系泊系统。浮筒式单点系泊系统是将浮筒锚泊在海上,作为系泊点与具有风标效应的 FPSO 相连。转塔式单点系泊系统是一种可以集系泊、油气和电力输送为一体的系泊系统,包括外转塔及内转塔两种系泊方式。塔架式单点系泊系统是将固定塔结构固定在海床上,为 FPSO 提供一个锚点。多点系泊与单点系泊的区别在于,该系统系泊和传输系泊功能不是一个整体,而是各自独立。

FPSO 还可以与各种类型的钻井开采平台构成海上油田的浮式系统:①FPSO+固定式平台;②FPSO+海底采油树;③FPSO+张力腿平台;④FPSO+半潜式平台;⑤FPSO+Spar 平台。FPSO 能够适合世界各种海域,广泛受到人们的青睐。图 1-3 为 FPSO 和 TLP(Tension Leg Platform,张力腿平台)构成了海上油田的浮式生产系统。

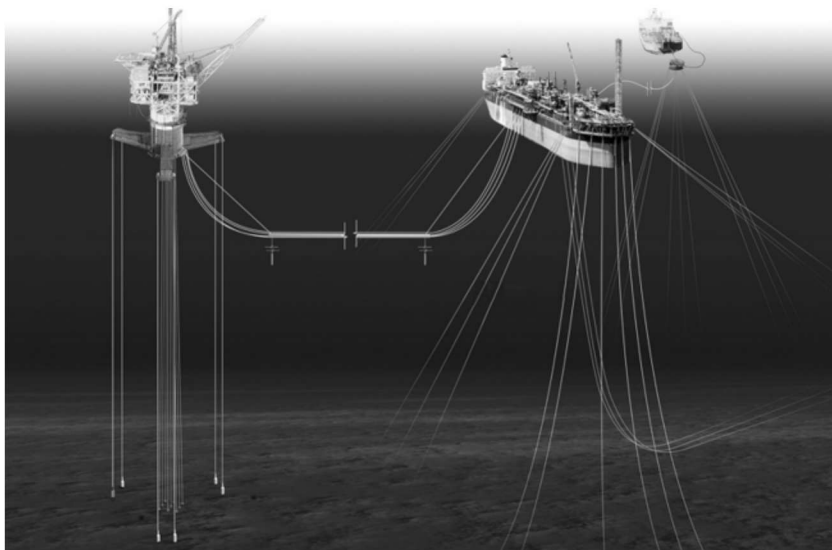


图 1-3 FPSO 和 TLP 构成海上油田的浮式生产系统

(2)海洋工程作业船

海洋工程作业船是指能独立从事海洋工程作业,为海洋油气勘探开发工程系统提供配套装备工程作业和技术支持服务的工程船舶。主要包括:海洋资源调查船、地球物理勘探船、天然气水合物综合调查船、海洋工程起重船、导管架下水驳、大型半潜运载船、深潜水作业支持船、海洋工程铺管/缆船、海底开沟埋管船、海洋工程综合勘察船、水下工程作业船、海洋工程综合检测船、海上油田运行维护支持船等。随着海洋油气勘探开发迅速发展,为海上工程提供配套装备工程作业和技术支持服务的工程船舶,得到了很大的发展,并逐渐趋向于多样化、复合化和智能化,成为海洋油气勘探开采工程中不可缺少的一个组成部分。特别是近几年来,海洋油气勘探开发从浅海逐步扩展到深海,满足深水作业要求的海洋工程作业船舶已成为当前急需开发研究的项目之一。海洋工程作业船舶品种较多,涉及范围较广,其不同船型品种特性、高新技术含量各不相同,船型个性化因素突出。

海洋资源调查船、地球物理勘探船、天然气水合物综合调查船是从事海底油气资源调查、天然气水合物调查、海洋地质调查、海上地球物理勘探、海洋工程地质取芯的工程作业船。海洋工程起重船是从事特大、超大型海洋工程结构物、导管架、生活模块、特种物件等起吊、工程安装的工程作业船。导管架下水驳、大型半潜运载船是从事特大、超大型海洋工程结构物、导管架、生活模块、特种物件等运输、下水、起吊、工程安装的工程作业船。海洋工程铺管/缆船、海底开沟埋管船是从事海洋石油、天然气输送管道的铺设、海底开沟埋管、保障管道安全的工程作业船舶。深潜水作业支持船、水下工程作业船是从事海洋工程的水下工程作业、饱和深潜水支持、大型结构物安装、脐带缆/电缆/软管铺设、FPSO 锚系处理的工程作业船舶。海洋工程综合勘察船、海洋工程综合检测船是从事模拟工程物探调查、海洋工程环境调查、工程地质钻孔、海底表层采样的工程作业

船舶。海上油田运行维护支持船是从事海上油气田生产设施与装备的大型维修、改造、搬迁、抢修等运行维护、维修保障作业支持的特种工程作业船舶。图 1-4 为抓斗船作业场景。



图 1-4 抓斗船作业场景

(3) 海洋工程辅助船舶

海洋工程辅助船舶是指为海洋油气勘探开采工程装备提供配套服务的辅助工程船舶,主要包括:三用工作船、平台供应船、油田守护船、海工远洋拖船、破冰工作船、油田消防船、浮油回收船、多功能营救船、油田交通船等。随着海洋油气勘探开发迅速发展,为海上工程装备提供配套服务的辅助工程船舶,同样得到了较大的发展,成为海洋油气勘探开采工程中不可缺少的一个组成部分。特别是近几年来,海洋油气勘探开发从浅海逐步扩展到深海,海洋工程辅助船舶同样要适应海洋工程的深水作业要求,已成为当前急需开发研究的项目之一。海洋工程辅助船舶船型品种也较多,涉及范围较广,其不同船型品种高新技术含量各不相同。图 1-5、图 1-6 分别为世界顶级深水三用工作船“海洋石油 681”和 6000HP 平台守护船。

海洋工程辅助船舶是在海洋油气勘探开采工程中,为海洋工程装备工程作业提供多种配套服务,船舶主要用于:拖曳海上石油平台、深水石油平台、大型起重船、大型下水驳船、FPSO、工程作业船舶和海洋结构物,是大型海洋工程装备、大型海洋工程结构物移动远洋拖航的主拖船;它们具有较强的抛起锚作业能力,能进行深水抛起锚作业,提供快速高效的抛起锚作业服务,能为海上石油和天然气勘探、开采工程作业运送和供应多种作业设备和器材、甲板物资、油水和材料。如甲板货供应(钻井物资和材料、钻井钢管、集装箱、平台生活用品)、液货供应(钻井淡水、钻井泥浆、钻井盐水、淡水、燃油)、散料供应(散装水泥、重晶石、土粉)等。它们具有一/二级对外消防灭火作业能力及一/二级动力定位能力;能进行海面浮油回收和海面消除油污作业;船舶能低速巡航于海上作业船舶、石油

平台附近,随时随地听候调遣,进行守护值班和营救作业,能搭载获救人员 100~200 人;能提供对外供电服务;能对储油轮及到达的提油轮进行拖带、顶推和捞取油管,协助油轮提油作业。破冰型海洋工程辅助船还能在寒冷结冰的恶劣环境条件下进行破冰作业和为海洋工程提供多种特种作业服务。

海上石油开发关系到国民经济发展的全局,我国海洋石油和天然气勘探、开采水平与国际水平相比仍有一定差距,发展我国海上石油和天然气勘探、开采事业,研发各类高新技术、高性能水平的海上石油和天然气勘探、开采工程所需的海洋工程辅助船舶,是发展和提高我国海上石油开采水平综合能力的一项关键性工作。



图 1-5 世界顶级深水三用工作船“海洋石油 681”



图 1-6 6000HP 平台守护船

(4) 动力定位系统

动力定位系统是一种闭式的循环控制系统,由传感器系统、控制器和推进器系统组成。其功能不需要借助锚泊系统等装置,通过传感器不断的自动校对船舶或者移动式平台的位置,检测出位置的偏移量,再根据外界扰动力的影响计算出所需的力和力矩,并对安装于船舶或平台上的各种推力器进行推力分配计算,发出指令,使各推力器产生相应推力,从而使船舶或者平台不断纠正偏移状态,定位于所要求的位置。

动力定位系统是海洋工程装备技术研究中的主要支撑技术研究之一。动力定位系统是进行深水海洋油气勘探开采,从事海底工程作业、水下打捞、海洋资源调查、海洋工程起重、海洋工程管缆铺设、深潜水作业支持、水下工程作业、海洋工程综合检测等海上作业不可或缺的手段。

我国对动力定位系统研究较晚,主要是进行了部分理论研究和部分实船应用。哈尔滨工程大学很早就开始研究船舶动力定位技术,进行了深潜救生艇六自由度动力定位系统的研制以及实船动力定位系统的加装应用研究,取得较好的效果。上海交通大学海洋工程国家重点实验室从 1998 年起,把动力定位系统研制列为实验室主要研究方向之一,进行了较多的动力定位理论研究和试验研究工作。完成了基于多种控制下的动力定位系统设计、仿真及实验室原理样机的实现;完成了基于波浪二阶力外干扰的新型动力定位系统数值仿真及模型试验;完成了基于风、浪外干扰的动力定位系统理论模拟和模型试验工作。

如图 1-7 所示,海洋中的船舶因不可避免地受到风、波浪与水流产生的力的影响,船舶在这些环境外力的干扰作用下,将产生六个自由度(纵荡、横荡、升沉、纵摇、横摇、艏

摇)运动;而对于定位船舶而言,需要控制的只是水平面内的三个运动,即纵荡(Surge)、横荡(Sway)和艏摇(Yaw)运动。

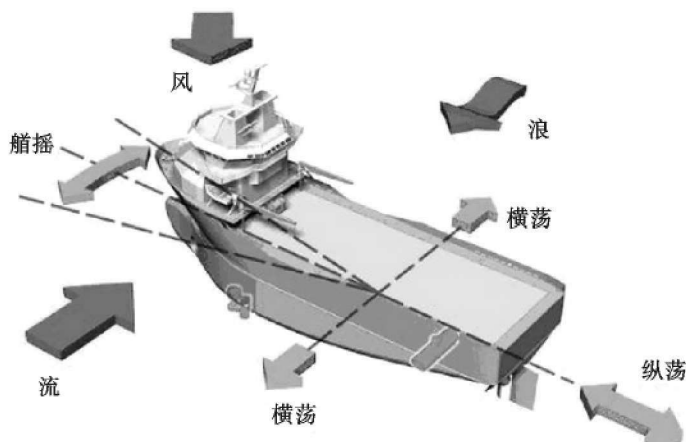


图 1-7 船舶在环境外力作用下产生六个自由度运动示意图

(5)深水锚系泊系统

众所周知,海洋环境十分恶劣,而随着水深的不断增加,这种环境的恶劣程度将更趋剧烈。深水一般是指水深在 500~1 500 m 之间的水域,1 500 m 以上为超深水。我国南海油气资源勘探开发的海域水深在 500~2 000 m,最大水深在 3 000 m 以上,平均水深在 1 200 m 以上。常规水深的海上定位,最普遍的是锚系泊系统,这种定位方式具有结构简单、可靠、经济性好等优点,广泛应用于工程船舶、半潜式钻井平台等。在深海油气勘探开发中,深水锚系泊系统是海洋工程装备技术研究中的主要支撑技术研究之一。深水及超深水锚系泊系统主要有柔性和刚性两种锚系泊形式,柔性锚系泊形式为悬链线系泊系统(SMS),刚性锚系泊形式为张紧式系泊系统(TMS)。

悬链线系泊系统即为传统展开式锚泊系统,定位的复位力是靠锚泊缆的重量产生,它与锚缆的淹没重量、水平锚泊载荷、锚泊线张力、导向孔处锚泊线的角度等因素有关。张紧式系泊系统定位的复位力量是靠锚泊缆的轴向弹性产生,即分别用锚泊线的垂向悬链线效应或锚泊线伸长的弹性效应引起的恢复力,使作用在浮体水平面内的外力传递到海床上,使平台或海洋结构物保持在允许的位移范围内,如图 1-8 所示。

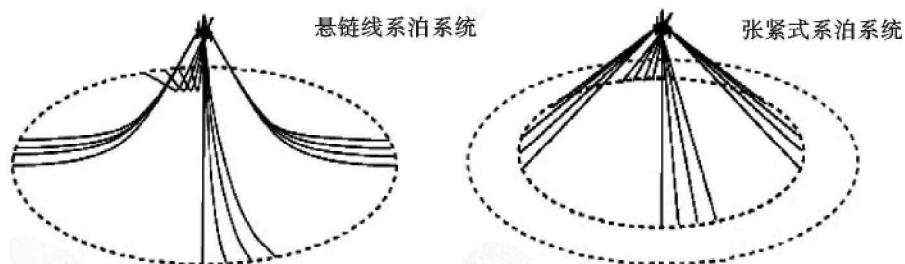


图 1-8 悬链线系泊系统和张紧式系泊系统