

## 装备起笔

## 做好经略海洋大文章

□ 李红涛

进入21世纪,以高新技术引领带动为主要特征的海洋战略性新兴产业发展迅速,已经成为海洋经济向质量效益型转变、实现高质量发展的关键一环和重要引擎。海洋作为全球资源的新基地,一场以开发海洋为标志的“蓝色革命”正在全球兴起,加快海洋资源开发利用已成为世界各国经济发展的战略方向。



超深水半潜式钻井平台“蓝鲸1号”。中集来福士供图

## 重视海工综合发展

海洋工程最早起源于美国的海上油气开采工程,经过多年的发展,深水半潜式钻井平台已经发展到第七代,张力腿平台已经发展到第二代,立柱式平台已经发展到第三代蜂巢型SPAR平台,钻井船已经发展到第六代。我国海上油气工程已经取得了显著性的发展成效,但是与欧美国家相比,尤其是深水技术,仍然存在一定差距。

海底矿产资源开发已上升为世界海洋强国的国家战略。国际海底资源勘查与开发技术总体发展上朝着多样化、精确化、高效率、宽范围、大深度的目标发展,已初步形成深海固体矿产资源的开发能力,同时需要考虑采矿的环境效应。

国外通过大量的海上试验,建立了较为完善的深海矿产资源开发技术方案,掌握了关键技术研发和核心装备研制能力。而我国深海采矿技术研发起步较晚,直到2014年底才由北车船舶推出了采

选一体矿船;2017年底福建马尾造船厂为加拿大鸚鵡螺矿业公司建造了国内第一条深海采矿船;2021年,我国首座大洋勘探船正式开工建设;同时相关采矿重载作业装备、矿石输送装备、水面支持装备等关键设备也陆续研制成功并进行海试,为商业化应用奠定了坚实基础。目前我国仍未完全掌握深海采矿关键技术,在深海采矿船的船型设计研发方面尚处于空白。由于深海环境条件恶劣,开采难度极大,且需要深入评估海底矿产资源开发对环境的影响。因此,目前深海矿产资源在世界范围内尚未形成商业化开采。

同时,人类对高品质海产品的需求刺激了海上渔业养殖设施技术的进步。世界渔业发达国家在深远海养殖设施研发应用方面进行了很多有益探索。挪威作为世界上海洋产业最完备的国家之一,其深远海养殖产业一直走在全球

前列,其中代表性的深远海养殖设施是半潜式大型网箱“OCEAN FARM 1”与大型养殖工船“JUSTE-IN ALBERT”。OCEAN FARM 1是世界首座超大型漂浮式深海钢结构网箱,网箱主体为圆形,直径和高度分别为110米和69米,系泊系统采用8根缆索锚泊固定,可抗12级台风;JUSTE-IN ALBERT船型网箱总长430米、宽59米、高65米,系泊系统采用外转塔单点系泊方式。我国的海上养殖设施技术最初也是从国外引进,经过近20年的发展,国内网箱技术已经呈现出百花齐放、百家争鸣之势,从坐底式、自升式到半潜式和漂浮式,已经建成近30座深远海养殖设施分布在黄海、东海及南海等远离岸线的海域。

此外,近些年海上旅游产业发展迅猛,带动了大型海上旅游、休闲综合体技术的发展。国外的海上旅游平台目前处于探索与设计

阶段,形式较为多样化。我国针对海上旅游平台的探索和研究工作逐渐起步。2017年,“海上牧歌”旅游平台成功投入运营,该平台包含住宿区、餐饮区和休闲区3个功能区域;2020年,海洋牧场综合体平台“耕海1号”在烟台运营,在海上渔业养殖的基础上,具备了垂钓、餐饮、休闲等旅游功能;国内很多沿海城市都将大型海上旅游综合体列入建设规划。目前国内外实际建造和投入使用的旅游平台的主尺度基本在百米以内,且功能相对单一,大型浮式旅游综合体的研究工作还处于概念设计阶段。对于海上旅游综合体设施,主要解决人员逃生、新颖结构的安全设计、大型浮体水动力及运动响应、浮体稳性、锚固系统强度与疲劳研究等关键技术,尤其是与养殖、海洋能发电、海底观光等功能的进一步融合,为该类大型综合体设计、建造和运维带来更大挑战。

## 提升能源高效利用

风电项目,预计近2年投产应用的浮式风电项目达10多个。

尽管我国海上风电起步较晚,但发展迅猛,2021年国内海上装机总容量达到26.4GW,已经跃居世界第一位。在全球绿色浪潮与“双碳”目标的双重驱动下,通过不断科技创新、技术引领,我国海上风电已经形成了完整的具有领先水平 and 全球竞争力的风电产业链与供应链。2021年,亚洲最大的江苏如东海上风电柔性直流换流站建成投运,中国首台漂浮式海上风电试验样机“三峡引领号”建成并网发电,后续还有重庆海装“扶摇号”、中海油首个“双百”深远海浮式风机相继开工建设,预计近几年国内还有多个浮式风电项目陆续上马。浮式

风电起源于欧洲,借鉴传统油气海洋工程技术,其基础类型包括4种。浮式风电装备除考虑传统浮体设计外,需要攻克刚柔多体耦合分析、结构时域疲劳分析、稳性计算、一体化设计、气动特性研究、锚固强度和疲劳优化、模型试验等关键技术,而且如何尽可能去降低建造运行成本,也是困扰浮式风机发展的重要原因。

同时,海上光伏发电具有发电量大、土地占用少、易与其他产业相结合等特点,已经成为海上清洁能源利用的研究热点。国外发达国家很早就开始水上光伏技术的研发工作,如日本、英国、挪威和美国等国家,相继进行了工程示范应用,但主要集中在湖泊、水库和岸边。近几

年欧洲开始致力于近海的漂浮式光伏技术开发研究,如比利时海工巨头DEME牵头在北海开发全球首个海上浮式光伏发电项目,并未着眼于和海上发电及海洋牧场产业相结合。我国水上光伏起步较晚但发展非常快,目前已经成为全球最大的水上漂浮光伏建设国家。但目前国内海上光伏建设刚刚起步,尚处于试验示范的“科研+工程”阶段。海上漂浮式光伏开发的技术难点有系泊设计、抗浪能力、抗风能力及柔性光伏组件的波浪冲击等,同样漂浮式光伏仍面临能否规模化、市场化(平价上网)以及适应海洋环境条件等困难,但可以预计的是,国内很快就能看到近海漂浮式光伏的示范和应用。

## 优化海洋空间开发布局

海洋空间资源是指与海洋开发利用有关的海上、海中和海底的区域空间的总称。海洋空间资源开发也是目前世界各国争夺的焦点,因此带动了相关开发装备技术的发展。海洋空间资源开发装备包括深海空间站、深潜器、大型浮式结构物及极地装备等。

20世纪90年代初,我国开始在深海空间站领域开展相关论证和关键技术研究,并提出了“三步走”的深海空间站建设计划。期间通过独立设计、自主集成建设的“蛟龙号”“勇士”“奋进”等载人潜水器,积累了大量深海应用技术,为深海空间站的建设做了充裕的高精尖技术储备,“龙宫一号”深海空间站的研制成功,标志着我国深海空间站建设迈上了一个新的台阶。深海空间站研制是一个高度复杂的系统工程,涉及结构力学、水动力学和材料科学等多个学科

领域,需要将不同学科领域的技术有效地融合,需要解决海底高压强、水下对接、能源供给以及人员安全保障等科学难题,还需进一步深入研究。

超大型浮式结构物(VLFS)对海洋空间开发利用性较好,可用于旅游观光、海上维权、海洋油气开发、渔业养殖或用作海上机场,已经引起了各国高度关注。日本很早就开始了VLFS研究,在超浮计划中将多个浮体连接,并建造了海上机场,进行了飞机起降试验;美国称之为移动式外海基地(MOB),对MOB的结构型式、如何实施海上快速拼装、如何系泊船坞等进行了大量研究。我国在20世纪90年代,国内相关研究所也开展了大型浮式结构物相关机理、设计技术及应用技术的研究。2012年起,在科技部大力支持下,国内相关单位组成“国家队”,致力于大

型浮式结构物关键技术研究,取得了卓有成效的应用技术成果,将为下一步该技术的工程化应用奠定理论和基础。超大型浮式结构物关键技术涉及极端波浪环境下的水弹性响应、非线性耦合运动、模块间连接方式以及连接器疲劳强度等科学难题,近些年由于仿真设计和试验手段的突飞猛进,超大型浮式结构物在我国海域出现将指日可待。

近年来,随着科技不断进步、全球气候变暖以及海冰加速融化,极地开发逐步成为世界强国关注的焦点。目前,许多国家和石油公司将北极油气资源的开发提上日程,着手开展相关装备的研发工作。目前,多数极地油气平台都处于研发设计阶段,距离实际投产应用仍有一定差距。

我国参与北极油气开发时间晚且规模较小,极地海洋工程装备

能力较弱,与美国、俄罗斯等极区国家相比仍有不小的差距。2016年我国“海洋石油720”物探船完成了北极圈海域两个区域的三维地震物探工作;我国深度参与了首个极地能源重大项目Yamal LNG项目,承担了项目大部分模块的建造工作;中集来福士海洋工程有限公司为挪威建造的极地半潜式钻井平台“维京龙”号,是我国建造的首座适合北极海域作业的深水半潜式钻井平台。极地开发装备的发展依赖于若干关键技术的突破与进步,包括耐低温新材料应用、极地海冰环境预报与管理、极地装备结构设计、钻井系统与工艺、环保与紧急救援体系、极地冰结构物相互作用实验室模拟技术等。预计到2035年,各国极地油气资源开发装备将在北极地区初步运行;到2050年,将迎来北极地区油气资源的大规模商业开发利用。

## 川船重工获两艘万吨级特种船舶建造订单

本报讯(全媒体记者 周佳玲)8月10日,中国船舶集团旗下重庆川东船舶重工有限责任公司联合中国船舶工业贸易有限公司、上海君正船务有限公司在重庆签订两艘11300载重吨不锈钢化学品船建造合同,这是川东船舶重工与上海君正船务时隔12年再度牵手合作。

该次签署项目船舶总长131.7米、型宽20.2米、型深10.5米,结构吃水7.7米,载重量11300吨,设计航速13.5节,入中国船级社(CCS),挂中国旗。货舱内表面为2205双相不锈钢,是适于全球航行的成品油/化学品船。该船满足Tier III排放要求,同时将获取绿色生态船舶环境保护附加标志G-EP(GPR),

是集技术领先、绿色环保的新一代高端不锈钢化学品船。

川东船舶重工是国内最早建造化学品船的船厂之一,已为全球主要化学品船船东建造过不同类型的中小型化学品船60多艘,从2004到2010年,川东船舶重工为上海君正船务先后建造交付了6艘3000吨级至9000吨级不锈钢化学品船,开启了西南地区建造万吨轮的先河。

川东船舶重工表示,将积极落实中国船舶集团发展战略,秉承“为好船东造好产品”的信念,全面落实现代造船理念,深化工艺工法革新,打造精品、续写合作经典,进一步提升“川东化学品船”品牌影响力。

## 大连中远海运重工交付62000吨多用途纸浆船

本报讯(通讯员 宝堯)8月10日,大连中远海运重工建造的62000吨多用途纸浆船N1041命名交付(见下图),该轮为大连中远海运重工交付的第十五艘系列62000吨多用途纸浆船。

“中远海运智慧”轮长201.8米、型宽32.26米、型深19.3米,入

中国船级社。船舶水密性好,货舱配有除湿系统,确保运输过程中对纸浆货物的严格要求。船舶主、辅机均配有SCR系统,满足NOx TIER III排放要求,获得智能船舶、绿色生态船舶等附加标志,具有适用性、经济性、可靠性、节能环保和智能等特点。



## 130米不锈钢化学品船开工

本报讯(全媒体记者 陈君)近日,由中国船级社武汉分社黄石办事处执行建造检验的130米不锈钢化学品首制船,在湖北江润造船有限公司举行开工仪式。

本次开工建造的130米不锈钢化学品首制船是目前长江载运量最大的化学品船,船长126米,主

机功率1810千瓦,载重量约7500吨,内河A级航区,采用不锈钢内胆及不锈钢货物管系,申请化学品液货船(2型、2G)/双壳油船(闪点≤60℃)、驾驶室遥控等附加标志,最大货物密度1200千克/立方米,最大压力0.022兆帕,最高货物温度50℃,入级中国船级社。

## 广船国际建造5万吨化学品成品油船交付

本报讯(全媒体记者 龙巍 张植凡 通讯员 陈文玲)8月9日,由中国船舶集团旗下广船国际为白鲸(WhiteWhale)公司建造的5万吨化学品/成品油船首制船(见下图)交付启航。该船为广船国际自主研发建造的新一代MR船型。

该船配备节能装置及SCR废气处理系统,可进一步降低油耗并满足最新生效的规则规范要求,满足EEDI(能效运营指标)第三阶段(phase III)要求,是节能环保高效的新一代“广船型”MR油船。

该船研发设计团队通过对广船国际各型MR油船设计方案和船东实际使用需求进行分析研

究,对船型设计进行了优化升级,通过制定全流程精细化质量管控措施,大力推行标准化设计,大幅降低了管子设计修效率。

在工艺工法方面,该船大量推广使用一体化吊码,既可以满足吊装、翻身要求,又可以作为船体零件,无需拆除,显著减少了吊码安装拆除数量,提高了分段制造效率。

在技术研发和工艺工法团队的努力下,新一代的标准MR船型设计赢得了船东船检的肯定,最终实现了设计“零收尾”试航,为该船在试航后仅用5天时间就达到了交船状态奠定了基础。

