

中国海洋重大科技基础设施建设成效及思考

尹希刚^{1,2}, 张立新², 邢国攀², 汪桐萱³, 刘保华²

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 山东青岛 266237; 3. 山东大学(青岛), 山东 青岛 266237)

摘要: 海洋重大科技基础设施是为在海洋科学技术前沿取得重大突破, 解决经济社会发展和国家安全中的战略性、基础性和前瞻性科技问题而建设的大型复杂科学研究系统。本文介绍了中国科学考察船、海底观测网、潜水器等海洋领域重大科技基础设施的建设情况, 对海洋重大科技基础设施建设成效和当前存在的问题进行了分析。当前海洋重大科技基础设施支撑能力明显提升, 综合效益日益显现, 但仍存在统筹谋划不足、国产化水平有待提升、开放共享机制不够健全和人才队伍建设有待加强等问题。基于上述问题, 提出要统筹谋划海洋重大科技基础设施建设, 建立健全开放共享机制, 同时还要加强专业人才队伍建设, 确保设施稳定高效运行。

关键词: 海洋重大科技基础设施; 海上综合试验场; 潜水器; 科学考察船队

中图分类号: G322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2022)12-0211-07

DOI: 10.11759/hyxx20220509001

党的十八大作出了“建设海洋强国”重大部署, 党的十九大要求“坚持陆海统筹, 加快建设海洋强国”, 为海洋科技发展指明了方向, 为推动中国海洋重大科技基础设施发展提供了根本遵循。近年来, 中国海洋重大科技基础设施规模持续增长, 技术水平明显提升, 支撑科技创新能力日益增强, 在海洋资源开发、海洋经济发展、海洋生态环境保护、国家海洋权益维护等方面发挥了不可替代的作用。《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)》中, 根据总体部署, 布局建设海洋科学综合考察船和海底科学观测网, 二者是目前仅有的两个海洋领域国家重大科技基础设施^[1]。

美国在2011年发布的《2030年海洋研究与社会需求的关键基础设施》报告确定了在2030年可能处于海洋科学前沿且需要解决的若干重大科学问题, 以及为解决这些问题需要规划建设国家海洋研究基础设施^[2]; 英国2009年发布的《大科学装置战略路线图》对海洋科研基础设施有很高的关注度, 重点支持发展8项大科学装置, 其中涉及海洋研究的大科学装置就有4项^[3], 而2020年发布的《国家海洋设施(NMF)技术路线图2020—2021》则对英国当前的海洋设施能力和海洋科学的未来以及新技术进行了展望^[4]。相较而言, 中国海洋重大科技基础设施在快速发展的同时, 仍存在科学目标前瞻性不足, 对

重大科学问题和国家重大需求的凝练不够、设施低水平重复建设等问题。面对新形势新任务, 中国必须加强顶层设计, 优化布局, 加快海洋重大科技基础设施建设, 形成较为完善的海洋重大科技基础设施体系, 建立健全海洋重大科技基础设施开放共享机制, 助力实现海洋领域高水平科技自立自强, 有力支撑海洋强国建设。

1 中国海洋重大科技基础设施现状

1.1 科学考察船

科学考察船是海洋研究基础设施的基本组成部分, 是海洋科学工作者亲临现场、应用仪器设备直接观测海洋、采集样品和研究海洋的基本载体。近几年来, 中国科考船数量增长迅速, 极大地提高了中国海洋事业的国际地位, 随着海洋资源开发、海洋经

收稿日期: 2022-05-09; 修回日期: 2022-06-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(42149101); 山东省海洋软科学研究课题项目(202204); 山东省渔业软科学研究课题项目(202202)

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 42149101; Marine Soft Science Research Project of Shandong Province, No. 202204; Fishery Soft Science Research Project of Shandong Province, No. 202202]

作者简介: 尹希刚(1976—), 男, 山东德州人, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋科技战略、海洋发展规划研究, E-mail: xgyin@qnlm.ac; 张立新(1989—), 通信作者, E-mail: lxzhang@qnlm.ac

济发展、海洋生态环境保护 and 海洋权益维护等需求的日益增长,中国不断加快科考船建设和装备升级的步伐,目前数量已近百艘,主要分布在自然资源部、教育部、农业农村部、中国科学院等所辖的科研院所、高校和行政管理机构。

自1957年中国第一艘专业海洋科考船“金星”号正式入列以来,“科学”“东方红”“向阳红”“实验”“海洋地质”等系列科考船相继问世,为中国海洋科学考察研究提供了强有力的保障,“十二五”期间中国确立了“海洋强国”战略目标,这为海洋科考船建设和发展带来新的历史机遇,“科学”号、“向阳红01”号、“嘉庚”号、“海洋地质九”号、“东方红3”号等国际一流科学考察船相继交付,在模块化设计、智能化程度、科考静音环境、船载仪器设备等方面达到国际先进水平,在海洋调查研究、资源勘探开发、海洋环境保护等方面发挥了重要作用。其中,“科学”号是唯一列入国家重大科技基础设施的海洋科学综合考察船^[5]。中国科学考察船数量持续增长,但由于数量庞大的科学考察船隶属于不同的单位和机构,存在缺乏整合、共享效率低等问题,难以形成有效合力。

近年来,中国科考船开始迈向船队化管理和运营的国际科考船管理模式,围绕国家重大战略需求,以科研任务为导向,采用非行政机制打破部门壁垒,推进科考资源高效共享。2009年,国家自然科学基金委启动“国家自然科学基金海洋科学考察船时费专款”,开始突破科考船部门所有制的限制,实行航次共享;2012年,国家海洋局依托辖属机构和部门,组建国家海洋调查船队,主要职能是推动海洋调查船开放与共享,高效支撑国家海洋调查任务;2016年,海洋试点国家实验室联合教育部、中国科学院、自然资源部、农业农村部等部委所属单位组建深远海科学考察船队,目前已汇聚37艘科考船,总排水量超10万t,配备以“蛟龙”“发现”等潜器为代表的科考装备1000余套,航迹遍布全球重点海域,形成以青岛为核心、辐射全国的科考船共享体系;此外,2017年底开始筹建的中国科学院大科学研究中心也组建了体系内的海洋科学考察船队。各船队的相继成立,进一步整合了国内科考船资源,最大限度地发挥国内现有科考船资源的潜能,通过规范化的管理与服务,极大提高了科考船运行、维护的效率。然而相较于国外先进科考船队,国内科考船队的

管理架构尚不完善,各拥船单位对船队决策参与度不够,共享航次执行力度有待加强。

1.2 海底观测网

海底观测网是观测海洋的新型平台,可实现由海底到海面的全天候、原位、长期、连续、实时、高分辨率和高精度观测,对海洋科学发展起到重要支撑作用。中国的海洋观测网从“十一五”期间开始规划,“十二五”期间进行建设,“十三五”期间大力发展,“十一五”期间,在科技部“863”计划的支持下,同济大学等高校承担了“海底长期观测网络试验节点关键技术”项目,研制完成的科学观测节点在美国蒙特里加速研究系统(MARS)系统开展了半年的海试;“十二五”期间,中国科学院南海海洋研究所、中国科学院声学研究所、中国科学院沈阳自动化研究所联合研制的“南海海底观测实验示范网”在海南三亚海域建设完成;“十二五”期间,在科技部“863”计划的支持下,2012年正式启动重大项目“海底观测网试验系统”,该项目由中国科学院声学研究所牵头,联合国内12家优势涉海研究机构共同承担,分别在中国南海和东海建设海底观测网试验系统^[6]。2017年,国家重大科技基础设施建设项目“国家海底科学观测网”获批建设,2018年12月批复可行性研究,2020年12月批复初步设计概算,2021年进入全面建设期,该项目由同济大学统筹协调,同济大学和中国科学院声学研究所共同作为法人单位,主要建设内容包括:东海海底观测子网、南海海底观测子网、监测与数据中心及配套工程,初步设计概算总投资约22亿元,工程建设期为五年,建成后,将是全球规模最大、总体水平国际一流、综合指标国际先进的海底观测设施,为中国海洋科学研究建立开放共享的重大科学平台,并服务于国家权益、海洋资源开发、海洋灾害预测等多方面的综合需求。

1.3 海上综合试验场

海上综合试验场主要是海军和涉海科研院所等机构检验海洋仪器设备选定的试验海区。目前,国内不同涉海单位结合自身特色及承担的科研任务,已建设具备水声、环境、装备等试验能力的十余个海上综合试验场,主要包括国家海洋综合试验场、海洋试点国家实验室海洋能海上综合试验场(威海)、青岛海上综合试验场、上海交通大学(日照)海洋装备智能

演进中心、中国船舶集团第七一六研究所青岛海上综合试验场、连云港舰船指控系统试验场、第七六〇研究所海上试验场、中国科学院声学研究所陵水试验场和浙江大学摘箬山岛海洋试验站等。其中,国家海洋综合试验场(威海)位于威海市褚岛北部海域,具备海洋仪器设备规范化测试能力,可支撑海洋动力学、物理海洋学、海洋建模仿真等科学研究,试验场现已纳入海洋试点国家实验室公共科研平台建设体系;中国科学院声学研究所陵水试验场具备对深远海海域的长期立体观测能力、特定海区环境信息获取、传输与发布、资源共享,功能定位在深远海试验;七六〇研究所海上试验场分为海上静态试验场、浅海动态试验场、深海动态试验场等三大主力试验场,可开展水下声学、电磁、尾流等各项相关科研试验;摘箬山岛海洋试验站坐落于浙江省舟山市的摘箬山岛,目前初步建成的项目有多能互补平台、海水淡化平台、海洋立体观测系统等。中国在海上试验场建设方面已经取得长足进展,仍存在建设规模小、服务领域窄、设备和功能比较单一、场址相对分散、共享程度低、缺乏业务化运行能力等问题。

1.4 大型试验水池

大型试验水池主要包括水洞、拖曳水池以及海况模拟设施等,其中水洞和拖曳水池可以实现水动力学方面的基本测试,以及缩比模型的模拟测试,海况模拟设施主要用于装备或模型应用相关测试。

水洞方面,中国起步较晚,当前已知国内最大的水洞是上海交通大学的空泡水洞(试验段截面尺寸为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$),最快的水洞是中国水利水电科学研究院水力学研究所建成的高速循环水洞(水流速度可达 35 m/s)。目前水洞设施无法提供所需的大尺寸高速流场,严重制约中国水动力学理论研究以及大尺度超高速装备领域相关技术的发展,亟需建设超高速水洞水动力实验平台。

拖曳水池方面,中国船舶集团第七〇八研究所、第七〇二研究所、哈尔滨工程大学、上海交通大学等几家单位建成不同功能特点的拖曳水池,但在长度以及拖曳速度方面与国际先进水池还有很大差距,无法满足持续性试验要求,亟须建立长度更长、拖曳速度更高、功能更全、控制精度及自动化程度更高的拖曳水池。

海况模拟设施方面,1991年,上海交通大学建成中国第一个海洋工程模拟试验水池,可模拟风、浪、

流等各种海洋环境;2005年,由国家发展改革委、上海市发展改革委、中国海洋石油集团有限公司和上海交通大学共同建设中国第一个海洋深水试验池,具备模拟 $4\,000\text{ m}$ 水深的深海工程试验能力,覆盖中国南海等大部分深海海域海况。国内的海况模拟设施主要建于室内,除了部分军用平台,大部分以模型为主要测试对象。但室内模拟的强度和真实性与真实海况相差较大,特别是高等级海况模拟。

1.5 潜水器

潜水器是海洋科学研究、海洋资源开发利用、海洋权益维护中必不可少的重要装备,属于中国海洋战略高技术领域^[7]。常用的潜水器有载人潜水器(HOV)和无人潜水器(UUV),无人潜水器又分为遥控潜水器(ROV)、自治潜水器(AUV)、自主遥控潜水器(ARV)和水下滑翔机(UG)等。随着海洋资源开发活动的蓬勃发展和海洋调查观测技术趋向立体化,潜水器作为向深海延伸的一种重要手段,日益受到重视。

“十五”以来,中国开始走深海装备自主化发展道路,持续推动深海潜水器谱系化研发。目前已成功研制并投入运行了以“蛟龙”号、“奋斗者”号等为代表的深海潜水器,为深海科学研究、资源勘探开发等提供了重要支撑。

1.5.1 载人潜水器(HOV)

载人潜水器(HOV)可搭载科学家到达海底,开展近距离观察、原位精准采样和精细化操作等科学活动,具有扰动小和噪声低等优势。目前中国已经投入使用的载人潜水器有“蛟龙”号、“深海勇士”号、“奋斗者”号,均由中国船舶集团第七〇二研究所牵头研制。“蛟龙”号载人潜水器是中国首台自主设计、自主集成研制的作业型深海载人潜水器,下潜最大深度 $7\,062\text{ m}$,可覆盖 99.8% 的世界海域,曾创造作业型深海载人潜水器世界纪录^[8]。“深海勇士”号载人潜水器是中国第二台深海载人潜水器,作业能力达 $4\,500\text{ m}$,基本覆盖中国主要海域和国际海域资源可开发深度,在“蛟龙”号研制与应用的基础上,进一步提升中国载人深潜核心技术及关键部件自主创新能力,降低运维成本,有力推动深海装备功能化、谱系化建设,带动载人舱、推进器、海水泵等方面海洋装备的国产化水平;“奋斗者”号全海深载人潜水器坐底深度 $10\,909\text{ m}$,刷新中国载人深潜的新纪录,其核心部件国产化率超过 96.5% ,具备全海深作业能力,采用安全稳定、动力强劲的能源系统,拥有在

控制系统、定位系统、载人球舱和浮力材料等方面达到世界先进水平。

表 1 中国现役载人潜水器

Tab. 1 Manned submersibles in service in China

名称	运营机构	深度/m	建成时间/年份
“蛟龙”号	中国大洋协会	7 000	2009
“深海勇士”号	中国科学院	4 500	2017
“奋斗者”号	中国科学院	11 000	2020

1.5.2 无人潜水器(UUV)

无人潜水器(UUV)是一种无人水下智能化平台,是一种主要以潜艇或水面舰船为支援平台、能长时间在水下自主远程航行的智能化装置,它可以携带多种传感器、专用设备或武器,执行特定的使命和任务,具有广泛而重要的军事应用价值。中国无人潜水器相关研究工作主要集中在哈尔滨工程大学、上海交通大学、天津大学、中国科学院沈阳自动化研究所、中国船舶集团第七〇二研究所等高等院校和科研机构。

遥控潜水器(ROV)方面,主要包括上海交通大学的 4 500 m 级“海马”号、3 500 m 级“海龙 II”号、6 000 m 级“海龙 III”号,中国科学院海洋研究所的 4 500 m 级“发现”号,中国科学院沈阳自动化研究所的 6 000 m 级“海星 6000”等,其中“海星 6000”是中国首台自主研发成功的 6 000 m 级遥控潜水器,工作深度达到 6 001 m,创造了中国 ROV 潜深的纪录,它的研发为中国深海打捞 ROV 研制和应用奠定了坚实的基础^[9]。

自治潜水器(AUV)方面,主要包括中国科学院沈阳自动化研究所的“探索 4500”“潜龙一号”“潜龙二号”,哈尔滨工程大学的“悟空号”等,其中,“悟空号”全海深 AUV 最大下潜深度达 10 896 m,成功创下 AUV 潜深世界纪录。

自主遥控潜水器(ARV)方面,主要包括中国科学院沈阳自动化研究所的“北极”“海斗号”“海斗一号”,上海交通大学的“思源号”,其中,“海斗一号”由中国科学院沈阳自动化研究所联合国内十余家优势单位共同研制,最大下潜深度达 10 908 m,海底连续作业时间超 10 h,达到国际先进水平,创造了中国潜水器万米海底最长工作时间的纪录,并实现了万米海底定点实时高清精细观测^[10]。

水下滑翔机(UG)方面,主要包括中国科学院沈阳自动化研究所的“海翼”系列、天津大学的“海

燕”系列等,海洋试点国家实验室海洋观测与探测联合实验室(天津大学部分)研发的万米级“海燕-X”水下滑翔机是目前国际上唯一能够进行万米深渊观测的水下滑翔机曾于 2020 年 7 月下潜至 10 619 m,刷新了水下滑翔机的潜深世界纪录,是目前国际上唯一能够进行万米深渊观测的水下滑翔机。它的成功研制开启了水下滑翔机的万米观测应用的新时代,实现了人类在万米深海观测从点到持续剖面的历史性跨越。

整体来说,中国无人潜水器的研究工作起步较晚,在使用效率、成果产出等方面与国际深海潜水器运行先进水平相比仍存在差距。

1.6 大洋钻探船

大洋钻探船综合集成深海高技术,能够在水深数千千米的海底实施钻探,是目前在海底深部取样的唯一手段。大洋钻探 50 余年来,共有 3 艘专用的深海钻探船,即美国的“格罗玛·挑战者号”“乔迪斯·决心号”和日本的“地球号”。中国正逐步加大海底科学钻探方面的投入。自然资源部天然气水合物钻采船项目 2019 年正式获批,由广州海洋地质调查局牵头,中国船舶集团负责设计建造,该船的首要任务为天然气水合物探采,中国尚缺少一艘以大洋科学钻探为主,具备大洋矿产资源勘探、油气资源试采等多种功能,总体装备和综合作业能力位于国际领先水平的大洋钻探船。

1.7 超级计算机

超级计算机可为海洋环境预报、海洋药物研发、海上航行安全、海洋工程装备研发、海洋生态环境监测保护等领域提供有力支撑。目前国内已建成并投入使用 7 大超级计算中心,包括“神威·蓝光”“神威·太湖之光”“天河系列”“天河”“天河二号”“鹏城云脑”和“新一代 CS”。其中海洋试点国家实验室的“新一代 CS”具有核心器件自主可控、计算节点高性能低功耗和架构高效并行等特点,系统峰值性能、运行效率和能效实现历史性突破,核心处理器、系统软件和硬件系统国产化水平全面提升,已建成面向应用的完整软硬件支撑体系,实现数百亿晶体管复杂设计,完成超大规模并行系统和超大规模并行软件构建。海洋试点国家实验室正全力打造国产海洋领域高性能计算应用生态圈,对快速占领全球海洋科研制高点,高效服务国家海洋战略等具有重要意义。

2 中国海洋重大科技基础设施建设成效

2.1 中国海洋重大科技基础设施支撑能力明显提升

中国海洋重大科技基础设施规模持续增长,支撑科技创新能力日益增强。经过几十年的发展,中国逐步突破海洋信息数据感知、获取、传输等多个方面的技术难点,初步构建空天地海一体化全域覆盖的海洋物联网技术体系,逐步形成从调查到观探测,再到模拟相互补充的海洋科学研究支撑能力。基础设施运营模式不断丰富,从单一设施运营,到初步探索基于资源共享的设施联盟(如科学考察船队等)。海洋调查方面,已初步形成近海、远海、远洋和全球级的综合调查船、专业调查船和特种调查船组成的较为完备海洋科考船体系,提升了中国海洋科考水平和海洋调查能力;海洋观探测方面,潜水器和海底观测网等海洋观探测基础设施的发展,实现了海洋观测内容和能力的提升,能够提供更多高质量的立体、连续、实时、长期的海洋数据,为开发深海资源、利用深海空间、发展深海产业提供科技支撑;海洋模拟方面,大型试验水池、海上试验场和新一代超级计算机的建设运行为中国船舶与海洋装备研发测试、海洋科学基础问题研究等提供强有力支撑。

2.2 中国海洋重大科技基础设施综合效益日益显现

海洋重大科技基础设施建设运行为海洋科学前沿探索和国家重大科技任务开展提供了重要支撑,助力海洋科技实现“从水面到水下、从浅海到深海、从近海到远海、从机械化到智能化、从海面短暂考察到内部长期观测”的革命性变化。依托设施解决了一批关乎国计民生和国家安全的重大科技问题,对于海洋资源开发、海洋经济发展、海洋生态环境保护、国家海洋权益维护等方面起到了积极推动作用。设施建设运行促进了科考船设计建造、潜水器谱系化、海洋传感器、水密插件、耐压材料、水声通信等关键核心技术攻关,带动了一批高新技术发展,为突破国产设备关键技术瓶颈,引领规范海洋高新技术行业发展,促进海洋设备国产化抢得先机,初步实现了从自主集成到自主研发的转变,推动了海洋多学科交叉融合,大幅提升了中国海洋基础设施的研发水平、制造能力和支撑能力,同时凝聚和培

养了一批海洋领域国内外顶尖科学家和研究团队,以及高水平工程技术和管理人才。此外,设施还在深化海洋领域国际合作交流、提升全民海洋科学素质、增强民族自信心等方面发挥了独特作用。

3 中国海洋重大科技基础设施建设存在问题

3.1 海洋重大科技基础设施统筹谋划存在不足

中国海洋重大科技基础设施支撑的科学目标前瞻性不足,对重大科学问题和国家重大需求的凝练不够,缺少国家层面顶层设计,中长期发展路线不明确,增加了海洋重大科技基础设施立项建设的难度,导致设施低水平重复建设等问题。同时,设施建成后缺少有组织的科学任务输入和稳定的运行经费投入,导致设施运行效率偏低,成果产出不够显著,对中国海洋科技创新没有充分发挥“压舱石”的作用。

3.2 海洋重大科技基础设施国产化水平有待提升

中国海洋重大科技基础设施建设飞速发展,突破了一批国产设备关键技术,在科考船建造、潜水器研发等方面,国产化水平明显提升,但受制于研究基础薄弱,中国海洋重大科技基础设施存在发展“瓶颈”,缺心少魂,高端原材料、关键零部件等方面相对落后。例如,科考船核心装备大多依靠进口,导致科考船航海能力很强,但科考能力发展受限;传感器是海洋探测装备的灵魂,虽然中国在海洋探测装备集成方面有了突破性进展,但在核心传感器方面严重依赖进口,由于国外厂商处于垄断地位,提高了中国海洋装备集成成本,造成国产海洋装备可靠性不足且价格没有明显优势,降低了国内用户购买及使用意愿,导致产业化进程举步维艰。

3.3 海洋重大科技基础设施开放共享机制不够健全

面向国家需求和重大科学问题,长期运行、高度开放、共享共用是重大科技基础设施最基本的属性。“九五”以来,中国已经布局和建设了包括科学考察船、载人潜水器等在内的大量海洋科研基础设施,但因分散在不同的高校、科研院所、企业等创新机构,其共享认识不足,仍存在本位主义,导致跨部委、跨单位、跨行业协调难度大,尚未形成有效做法。此外,

海洋科学数据管理分散,标准各异,融合低效,数据共享体制机制明显不足,导致共享不畅。

3.4 海洋重大科技基础设施人才队伍建设有待加强

海洋重大科技基础设施的人才队伍具有团队性和集中性的特点。设施的建设、研发和高效运行,不仅需要领军科学家的引导,更需要稳定、结构层次合理的专业技术队伍支持,其中既要有高素质的科学家、工程技术专家和工程管理专家,还要有大量的工程技术人员,但因为对该类人才的培养、晋升和考核体系不够完善,整体存在知识结构不均衡、专业种类单一、收入和认可度偏低、技能提升支持力度不足、上升通道狭窄、流动性大等问题,尚难满足中国海洋重大科技基础设施建设运行需要。

4 中国海洋重大科技基础设施建设有关建议

4.1 聚焦国家战略,加强设施建设统筹谋划

加强前瞻性规划布局,按照需求导向、科学引领的原则,聚焦国家海洋战略和重大任务,明确海洋科技基础设施的能力建设需求。重点面向深水、无人、智能等方向,加快推进一批重大科技基础设施建设。按照应用目的,在公共实验设施方面,布局蓝色生命探测与开发、深海海底科学钻探、海洋系统模拟装置等;在专用研究设施方面,布局水下超高速航行试验平台、冷泉生态系统、新一代海洋三维高分卫星等;在公益科技设施方面,布局海洋多学科立体实时观测系统、海洋大数据中心等。强化组织管理,尽快编制国家海洋重大科技基础设施路线图,为推动前沿科学技术发展和解决海洋经济社会发展中面临的重大科技问题提供有力支撑。同时,加强国家层面有组织的科学任务输入和稳定的运行经费支持,保障设施稳定高效运行。

4.2 坚持多措并举,提升设施国产化水平

针对海洋科技创新周期长、风险高、需求量小的特点,加大海洋高端原材料、关键零部件等研究投入,中央财政研发经费适当向基础研究倾斜,保证长期稳定支持;通过军民融合发展,构建海洋科技“军转民”机制,通过技术共享,缩短企业研发周期;研究制定针对海洋科技成果转化激励政策,降低企业投资风险,促进技术与市场之间的互动,带动

海洋高端装备产业发展,提升国产化水平。

4.3 发挥设施潜能,建立健全开放共享机制

设立国家层面专职机构,通过组建国家级科学考察船队,建立国家海洋大型设施共享系统,建设国家海洋大数据体系,构建灵活有效的共享管理机制,形成跨领域、跨部门的共享制度和公共服务体系,实现设施开放共享、高效利用、协同合作,最大限度地发挥已有基础设施以及各类资源的潜能。健全用户参与机制,形成科研院所、高等学校、企业等多方共建、共管和共享的局面。

4.4 强化产研结合,加快专业人才培养

建设具备创新精神、实践能力和能够参与国际竞争的高素质海洋专业技术人才队伍,制定灵活适用的、合理的人才培养政策,建立重大科技基础设施人才绩效考核及激励机制,切实提高工程技术人员待遇,明确岗位晋升渠道,设立技能提升项目,同时加大工程技术人员技能提升经费支持力度,吸引和稳定各类各层次的专业技术人才,调动其投入海洋重大科技基础设施建设和运行的积极性,确保各类设施稳定、高效发挥支撑作用。

参考文献:

- [1] 国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)[J]. 信息技术与信息化, 2013, 2: 7-13, 49. Medium and long-term planning for the construction of national major science and technology infrastructure (2012-2030)[J]. Information Technology & Informatization, 2013, 2: 7-13, 49.
- [2] National Research Council. Critical Infrastructure for Ocean Research and Societal Needs in 2030[EB/OL]. [2021-3]. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13081.
- [3] Research Councils UK: Large Facilities Roadmap 2010[EB/OL]. [2010-7]. [http://www.rcuk.ac.uk/documents/research/RCUK Large Facilities Roadmap2010.pdf](http://www.rcuk.ac.uk/documents/research/RCUK%20Large%20Facilities%20Roadmap2010.pdf).
- [4] National Oceanography Centre: National Marine Facilities (NMF) Technology Roadmap 2020-21[EB/OL]. [2021-8]. <https://noc.ac.uk/news/national-marine-facilities-technology-road-map-published>.
- [5] 姜秋富, 封婧, 尹宏, 等. “科学”号海洋科学综合考察船[J]. 现代物理知识, 2021, 33(1): 3-8. JIANG Qiufu, FENG Jing, YIN Hong, et al. “Science” Marine Science Comprehensive Research ship[J]. Modern Physics Magazine, 2021, 33(1): 3-8.
- [6] 李风华, 路艳国, 王海斌, 等. 海底观测网的研究进展与发展趋势[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 321-330.

- LI Fenghua, LU Yanguo, WANG Haibin, et al. Research progress and development trend of seafloor observation network[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(3): 321-330.
- [7] 曹俊, 胡震, 刘涛, 等. 深海潜水器装备体系现状及发展分析[J]. *中国造船*, 2020, 61(1): 204-218.
CAO Jun, HU Zhen, LIU Tao, et al. Analysis on the present situation and development of deep-sea submersible equipment system[J]. *Shipbuilding of China*, 2020, 561(1): 204-218.
- [8] 刘峰. 深海载人潜水器的现状与展望[J]. *工程研究-跨学科视野中的工程*, 2016, 8(2): 172-178.
LIU Feng. Present situation and prospect of deep-sea manned submersible[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2016, 8(2): 172-178.
- [9] 张奇峰, 孙斌, 李智刚. 6000 米级遥控潜水器“海星 6000”——中国科学院沈阳自动化研究所成果[J]. *科技成果管理与研究*, 2019, 4: 45.
ZHANG Qifeng, SUN Bin, LI Zhigang. 6000 m remote control submersible “starfish 6000” — achievements of Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences[J]. *Management and Research on Scientific & Technological Achievements*, 2019, 4: 45.
- [10] 戴天娇. 中国无人潜水器跨入深渊和极地科考新阶段[J]. *科学*, 2021, 73(6): 39.
DAI Tianjiao. China’s unmanned submersible has stepped into the abyss and a new stage of polar scientific research[J]. *Science*, 2021, 73(6): 39.

Effects of and thoughts on constructing major marine science and technology infrastructure in China

YIN Xi-gang^{1, 2}, ZHANG Li-xin², XING Guo-pan², WANG Tong-xuan³, LIU Bao-hua²

(1. Ocean University of China, College of Environmental Science and Engineering, Qingdao 266100, China; 2. Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China; 3. Shandong University (Qingdao), Qingdao 266237, China)

Received: May 9, 2022

Key words: major marine science and technology infrastructure; marine comprehensive test site; submersibles; scientific research fleet

Abstract: Major marine science and technology infrastructure is a large-scale, complex scientific research system built to make breakthroughs in marine science and technology and to solve strategic, basic, and forward-looking science and technology problems in economic and social development and national security. This paper introduces the construction of major marine science and technology infrastructure in China, such as scientific research ships, submarine observation networks, and submersibles, and analyzes the achievements and existing problems in constructing major marine science and technology infrastructure. Thus far, the supporting capacity of major marine science and technology infrastructure has been significantly improved, and the comprehensive benefits have become increasingly apparent, but some problems remain unsolved. For example, the overall planning is insufficient, the level of localization needs to be improved, the opening and sharing mechanism is not sound enough, and the construction of the talent team needs to be strengthened. Based on the above problems, it is proposed to plan the construction of major marine science and technology infrastructure, establish and improve the open sharing mechanism, and simultaneously strengthen the construction of professionals to ensure the stable and efficient operation of facilities.

(本文编辑: 谭雪静)