

加速海洋“新基建”建设,推动海洋产业高质量发展



王小谟
中国工程院院士
中国电子科技集团公司电子科学
研究院名誉院长
“科创中国”咨询委员会联席主席



陆军
中国工程院院士
中国电子科技集团公司首席科学家



彭伟
国家海洋技术中心副主任



宋令阳
北京大学电子学系副主任
博雅特聘教授

中国是海洋大国,拥有漫长的海岸线、广袤的管辖海域和丰富的海洋资源。习近平总书记指出,海洋是高质量发展战略要地。要加快海洋科技创新步伐,提高海洋资源开发能力,培育壮大海洋战略性新兴产业。海兴则民富国疆,建设海洋强国意义重大、使命在肩。2021年7月27日,第二十三届中国科协年会召开期间,“科创中国”咨询委员会联合中国海洋学会、国家海洋信息产业发展联盟,以“畅想未来海洋新基建,推动海洋产业高质量发展”为主题举办2021智慧海洋论坛,旨在加快推进新一代信息技术与海洋科技的深度融合、高质量发展,赋能海洋信息新基建,搭建“海洋科技高端学术与产业发展”合作平台。中国电子科技集团公司电子科学研究院名誉院长、中国工程院院士、“科创中

国”咨询委员会联席主席王小谟,中国电子科技集团公司首席科学家、中国工程院院士陆军,国家海洋技术中心副主任彭伟,北京大学电子学系副主任、博雅特聘教授宋令阳作报告,围绕智慧海洋产业发展体系建设、国家业务化海洋感知体系建设、面向智慧海洋的物联网系统围绕海洋网络信息体系表达观点。

用新一代信息技术研究海洋问题

王小谟:21世纪是海洋的世纪,海洋经济将成为全球支柱产业之一,同时海洋维权的战略地位也在不断上升。海洋强国战略要求我们关心海洋、认识海洋、经略海洋,这就需要海洋、信息化及其他

收稿日期:2021-07-27

引用格式:加速海洋“新基建”建设,推动海洋产业高质量发展[J]. 科技导报, 2021, 39(16): 76-80; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.16.015

相关领域,甚至包括科技专家、产业界和经济界等更大范围的专家,共同研究如何把海洋强国建设好,特别是海洋信息化问题。

当前,人们对海洋的认识还不够,对其蕴藏的丰富资源开发不足。一方面,海洋拥有丰富的资源,其中:海洋生物有2万多种,石油储藏量为240亿t,天然气储量为 14×10^4 亿 m^3 ,但当前海洋资源开发得还远远不够。特别需要利用信息化来提升海洋相关产业的开发能力,使其达到一个新的高潮。另一方面,从海洋维权来说,目前对海上水下的目标掌握得不够。实际上舰船数量并不多,全世界超过1000t的军用舰艇数目不到2600,其中航母11艘、潜艇280艘。2021年,全球船队船舶数量(100GT以上)约为10万艘,但对其仍然无法全面掌握。因此迫切需要用探测、信息化手段把全世界的各种舰船组织起来。

2021年智慧海洋论坛的举办,是跨界来研究海洋问题,主要围绕如何建设海洋强国,特别是智慧海洋的建设,用信息化技术、数字技术提升海洋产业水平和军事目标的探测能力。

智慧海洋产业发展体系需加快建设

陆军:当前,中国处于两大历史性战略转折交汇点之特殊时期:一方面,国家全球战略调整,强调加快建设海洋强国,主动开拓“一带一路”发展模式;另一方面,国家产业发展战略转型,大力提倡创新驱动发展,突出互联网+、大数据、人工智能。海洋网信建设服务于这两大历史性战略转折。

“十四五”规划指出“坚持陆海统筹、人海和谐、合作共赢,协同推进海洋生态保护、海洋经济发展和海洋权益维护,加快建设海洋强国。”人类对海洋的认识只有3%~5%,所以严格意义上来讲世界上还没有海洋强国。

21世纪,随着信息化、网络化、智能化发展,海洋从游牧民族跨到智能文明,网络化成为解决海洋问题的关键之一,智慧海洋“新基建”将成为海洋领域跨域发展的颠覆力量。我国提出了海洋强国战略目标,加之科技水平的不断提升,在这些有利

条件下,智慧海洋建设恰逢其时,个人认为我国是最有可能把智慧海洋建设好的。

自2015年底,我国开始布局、部署实施“智慧海洋”工程,海洋信息体系建设是关键。虽取得了一些突破,仍旧存在一些问题:(1)我国海洋信息体系建设能力不强,缺乏全局战略性顶层设计,海洋信息系统及资源分散,难以发挥正体优势;(2)海洋相关标准不一,共享机制不畅,“信息孤岛”现象依然严重;(3)海洋核心技术装备的自主研发能力不足,关键设备主要依赖进口,难以有效支撑海洋信息基础设施建设;(4)未形成产业体系,海洋信息领域产业普遍体量小,方向散,欠缺行业领头羊。

为了维护海洋权益,实现海洋的资源共享、活动协同、产业提升的目标,利用网络(信息网、物联网、能源网)、大数据与人工智能等先进技术,将海洋渔业、海洋矿业、海洋交通、海洋治理等领域的装备和活动进行体系性整合,构建自主安全可控的海洋云环境,打造海洋网信产业体系,智慧经略海洋。主要的建设思路为:以海洋大数据能力为核心,建设“三网一体”海洋“新基建”,加快推动海洋产业升级。包括“1”个总体任务、4个产业方向及6个技术领域(网络方向、声学方向、能源方向、有线方向、无人智能方向、总体方向)的建设任务。

目前在海南已经建立了试验区,一是采用一个科创服务平台做总体,二是可以试验,因为南海具备全世界最复杂的海况,包括浅海、深海等不同海况。希望在海南可以进行不同的科研试验,能够展示出智慧海洋初步的情况。

首先,基础设施方面打造了南海安全可靠的云环境,实际就是数据环境。一是将天基的所有信息聚集起来,二是收集雷达信息及水下的信息,这样形成海洋区域南海的态势情况。

其次,构建水下网络。通过水上网络将岸上的5G延伸到海里,天空地海一体化的电磁波可解决水上网络,但水下就需要骨干网,希望用光纤建立起水下的骨干网,还需要水下接入网。这样就可以以数据为中心,立足南海智慧海洋云中心,面向海洋牧场、海洋矿业、海洋运输业、海洋执法、海洋智

能试验服务等重点领域应用,打造全球领先的产业能力,形成 2035 年智慧海洋的“样本”。

未来将打造三大平台:一是技术创新平台,聚焦六大海洋技术领域,联合全国海洋领域顶尖优势资源,形成“小核心、大联合”的创新团队,为海洋产业发展提供长远可持续的技术支撑;二是产业孵化平台,以国家海洋信息联盟的名义,建立一个产品的孵化交流平台,促进研发成果产业化;三是人才培养平台,通过联合办学,输入稳定的硕士、博士研究生的资源,利用联合实验室的高水平的导师,培养出一大批海洋专业的人员。加快智慧海洋产业发展体系建设,有了科技平台、产业平台、人才平台这三大平台,未来才能真正形成内循环。

提升海洋观测和目标探测技术,构建全球海洋观测网体系

彭伟:智慧海洋的概念已经提出了较长一段时间,据个人的理解,我认为在认识海洋、经略海洋的基础上,结合第四次工业革命,应用在海洋领域,这是智慧海洋解决的主要问题。一切观测、认知海洋的过程,最终就是获取数据,只有数据才能了解海洋,所以智慧海洋的核心是数据。如何获取数据?海洋感知系统建设是基础,其中包括对海洋环境、海洋活动和海上装备的感知。国家“十三五”提出建设国家全球立体观测网,这是数据和感知的一项重点基础性工作。

为什么要建立全球海洋观测系统?目前来看人类面对全球气温升高、海水升温、冰原萎缩、冰川退化、北半球雪原减少、海平面上升、北极海冰锐减、极端事件和海洋酸化的挑战。

按照联合国教科文组织政府间海洋学委员会的部署,建立海洋观测网,目前包含 150 多个成员国,全球一共分 13 个区,每个区都有相关的国家作为主体建设单位,东北亚、东南亚是我国负责的 2 个重点区域。目前观测已经进入多平台多传感器集成的时代,国际合作的趋势大大加强。

按照联合国教科文组织政府间海洋学委员会发布的“海洋科学与可持续发展十年(2021—

2030)”实施计划,要建设一个清洁、健康、富饶的海洋,实现海洋的可预测、安全、透明和具有吸引力,我国积极制定了行动方案和行动机制。目前我国海洋业务化观测网存在以下问题:

一是海洋环境感知能力薄弱。(1) 近海精细化观测能力需要强化。海洋生态、化学及地形地貌等数据匮乏,岸基海洋雷达未覆盖全部岸段,浮标观测网密度不够,南海海域仍存在空白,无人机、无人艇、无人自航潜艇、水下滑翔机等机动观测手段应用较少。(2) 大洋观测能力几近空白,无法通过国际共享途径获得时效性强的海洋观测数据,制约我国海洋环境保障和海洋防灾及应对气候变化的需求。(3) 极区海洋观测尚未实现业务化。极区观测主要服务于科研活动,观测范围受到局限,不能满足极地资源保护和利用、极地考察活动和管理等对观测数据的要求。

二是海洋目标全时域态势感知能力弱。21 世纪海上丝绸之路沿线公共海域的目标感知和手段匮乏,存在“看不远”“辩不明”“测不精”等问题。(1) 尚未建立常态化的区域化海空目标立体感知网络系统;(2) 没有形成对空/海目标侦察监视监控和综合识别、水面目标船舶的航行监管、海工平台综合监控、海底资源安防水下目标监视和海底观测等体系化、全覆盖感知能力;(3) 目标应急机动监视能力弱,导致海空目标难以有效连续稳定跟踪和识别。

三是近海的常规调查仍然没有完全覆盖。(1) 我国近海海洋常规调查的范围未全部覆盖我国管辖海域,南海海域还有大范围调查空白区,调查频次和要素不能满足我们在海洋资源开发、海洋生态环境保护 and 海洋科学研究等方面的需求;(2) 海洋基本地理信息主要覆盖我国近海,西北太平洋、印度洋和南海等主要海域缺少高精度的电子海图信息;(3) 针对渔政监管、救助打捞、水下文物保护、能源开发勘探、渔业养殖、船舶废弃物排放、缉私监管、旅游活动、海水利用等海洋活动感知方面,综合感知手段少、数量不足,不能满足海洋活动实时、敏捷的监视监管需求。根据我国现阶段的需求和国力可承受的程度,提出布局合理、规模适当、相对完

整的全球海洋观测网体系,主要涉及自然资源管理、海洋经济可持续发展、海洋科学研究、21世纪海上丝绸之路建设、海洋观测技术创新、海洋生态文明建设等9个方面。业务感知系统的实现路径比较简单,建设一些平台,通过搭载相关的传感器,实现对海洋环境、海上目标和涉海活动的探测,从而实现全方位一体化的综合感知。

全球海洋观测网重点在环境感知,但目前对活动和目标感知的能力还相当薄弱,后续需要大力加强,包括感知对象、感知的主要区域、感知的主要手段。目前观测需求空前提高,尤其是智慧海洋的建设要达到相关的应用需求,除了要有良好的设计理念和整体的架构,同时要有相应的技术储备。我国的观测技术在很多方面与发达国家存在较大的差距,尤其是现在面临着非常复杂严峻的国际形势,会在一定层面上限制我国的海洋观测能力,应加大力度发展自主可控的突破“卡脖子”的海洋观测和目标探测技术。

无源、有源混合组网规划赋予智慧海洋物联网更大能力

宋令阳:海洋物联网是提升海洋利用效率的一个主要手段,其主要涉及民用和军用两大应用场景。回顾海洋物联网的发展历史,最早期主要依赖水文研究船进行,存在价格昂贵、海洋信息分辨率低等问题;1999年,麻省理工学院(MIT)提出物联网的概念,利用相互连接的传感器和软件,实现物理世界的信息采集、通信和处理;2012年,有学者提出水下物联网,通过网络连接水下智能设备(传感器、浮标、潜水器等);2018年,美国国防部提出海洋物联网,把海洋作为一个非常重要的战略性空间,计划部署大量低成本智能化海上浮标,对海洋区域持续态势感知。

海洋物联网可以实现海洋设备中重要设备的互联互通,并且实现海洋环境的实时管理,实现海洋环境及上面承载设备系统管理化的功能,这已经成为海洋新基建重要组成部分。海洋物联网的架构跟陆地的物联网非常相似,在应用侧包括面向

民用和军用的重要应用。相比于地面及空间,海洋环境较复杂,因为其既包含了地面和空间,还包含了各种各样的场景。近期采用的存储技术、边缘计算和机器学习技术,在海洋物联网方面都应该得到广泛的应用。

在网络侧方面,因为海洋里存在几种非常不同的通信形势,包括水下和海面通信网络以及卫星通信网络,由于传输介质不同,在不同的通信网络情况下采用的传输方法不同,水下通信可以采用声波、射频、激光通信网络,在海面的通信可以采用海面船-船、船岸通信网络或卫星通信,包括19~29GHz卫星通信频段覆盖。

如果海洋物联网不能进行有效的感知,后面的传输是无法进行的。在感知侧,传感器根据感知和传输方式分为有源(主动)和无源(被动)传感器。有源传感器由感知、传输、电源模块组成,消耗能量主动进行环境感知、信号调制与传输;无源传感器没有电源,由天线、敏感结构组成,无主动感知、调制过程,通过外界的电磁波信号刺激其频率实现接收,反射信号的幅度受环境影响,携带感知结果。海面及陆地大部分的传感器为有源传感器,它具有很多优势,包括有源感知,可以获得高精度的感知和长通信距离,对各种信息进行感知,长距离的数据传输。但由于海洋面积比较大,条件比较恶劣,因此有源传感器会产生高能耗、高成本、易损害、难维护的问题。

无源传感器实现了感知模块和通信模块的分离,其感知有敏感结构的特性,也就是对环境状态进行敏感测量,如果外面环境变化了,在频率上会形成一个非常陡峭的吸收,发送无线信号激发感知模块发射电磁波,接收机根据反射信号获取环境信息,在一定情况下能够克服有源传感器的问题。无源传感器具有一定的优势,不需要电池模块,只需要一个比较简单的电路结构,成本比较低,相对容易维护,较环保。

海洋面积辽阔,包括巨大海底空间,需大规模传感器部署进行信息收集,有源物联网传感器能耗大、制造和维护成本高,不适合大规模部署,因此智慧海洋物联网面临着成本与规模的巨大矛盾。无

源物联网有着成本低、无功耗、无需维护,可支持大范围海洋感知的优势,但又存在着海水中传输距离近,感知结果受海洋中噪声等影响大的劣势,因此无源物联网与有源物联网优势形成互补,发展有源和无源物联网均有重大的意义。

无源物联网非常重要,但是当前其发展存在两大挑战:一是传感器设计方面的挑战,包括反射效率不高、传感距离不足,设计影响同时传感和传输,需一体化设计;二是信号处理方面的挑战,包括海洋环境状态到反射信号间信号映射复杂,海洋环境反射信号和传感器信号耦合等。

课题组最近的研究主要集中在超材料和超结构方面。自然材料电磁波调控能力存在局限,自然材料的介电常数和导磁系数决定了其电磁波的调控能力(如反射、折射能力),自然材料有限的原子排列组合导致其介电常数和导磁系数的取值范围有限,最近发展的超材料和超结果可以解决这个问题,实现全方位的反射和折射。超材料的特殊介电系数、导磁系数来源于单元结构的共振效应,单元结构的共振特性对环境敏感,可用作传感器,相比普通无源传感器,具备更高敏感性、更远传输距离的优势。

超材料无源传感器由2部分组成:二维周期性排列的开口共振环单元结构(单元结构由金属电路、非导电介质、敏感材料组成),小于入射无线信号半波长的单元周期间隔。其工作原理包括感知原理和通信原理,电路对共振频率附近的电磁波产生了吸收峰,敏感材料使吸收峰的位置和形状受环境影响,超材料传感器反射信号携带感知结果,通过外界的接收器发射的电磁波,最后反推出来需要测量的信号,从而实现无源传感。

超材料无源传感器具有很多优势:一是感知精度优势,超材料传感器单元尺寸小于半波长,单位面积可集成更多敏感单元,对目标更敏感;二是传

播距离优势,单元间隔小于半波长,波束能力更集中,传播距离更远;从而突破了传统无源传感器面临的瓶颈问题。从1968年有人提出负介电常数和导磁系统概念,Pendry于1996和1999年分别制造出这种负介电常数、负导磁系数的超材料以来,超材料备受关注。2005年,有学者提出用超材料作为传感器的概念;2008年,使用超结构传感器来测量薄膜材料的厚度;2010年,用于测量建筑物里面所承受的压力;2018年,用于严酷的工业环境;但大部分尝试是将超材料传感器用于传感测量,通信方面的应用研究较少。如果实现了超材料传感器的感知和通信,能够将其应用在海洋中,支持大范围的海底环境的感知,就可以弥补海洋环境中一些有源物联网的不足:超材料传感器价格极低,无需维护,可大范围部署于海洋基础设施上;组成无源海洋物联网,支持大范围海底环境和海底设施结构健康感知。但未来将超材料物联网应用于海洋环境中面临一定挑战,包括:传感器缺乏一体化设计方法,难以同时提升感知和传输能力;传统信号处理算法难以应对复杂多变的海洋环境等。

超材料无源物联网和有源物联网优势互补,赋予智慧海洋物联网大范围感知、通信、处理能力。面向智慧海洋物联的混合组网规划面临的挑战有:(1) 在应用层方面,对大范围无源传感器数据和高精度有源传感器进行数据融合与深度挖掘;获取大范围、深层次海洋状态,实现智能海事预测和异常预警。(2) 在网络层方面,突破水下信号波束指向性发射接收能力瓶颈,提升传感距离和数据速率;突破水声通信、无限射频通信、水下光通信优势,形成全覆盖海洋传感网。(3) 在感知层方面,拓展超材料无源传感器可感知的海洋参数种类,进一步优化传感器精度和距离;进一步提升有源传感器感知精度和传输距离,突破有源传感器实际应用寿命。

(责任编辑 刘志远)