doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2019.01.014

无人时代的海洋测绘技术展望

周 立[1],张 阳[1],张 一[1],付丹丹[2],陈 晨[1],冷超莹[1],魏 征[1],王英男[1]
(1. 淮海工学院 测绘与海洋信息学院,江苏 连云港 222005; 2. 中国矿业大学 环测学院,江苏 徐州 221008)

摘 要:针对海洋测绘面临的问题,分析了无人时代技术特征和无人海洋平台发展。讨论了无人海洋测绘新理念与发展机遇,论述了无人海洋测绘技术体系,展望了无人海洋测绘技术新的应用领域,以及在海洋经济、海洋可持续发展中的应用前景。提出了制定我国无人海洋测绘技术发展战略规划等建议。

关键词:海洋测绘;海洋物联网;海洋牧场; 海洋保险;海洋区块链
中图分类号:P71 **文献标志码**:A **文章编号**:1003-2029(2019)01-0085-07

随着科技进步与智能需求的增长,无人技术正在迅速进入大众的视野中。从大疆的无人机、京东的无人仓库、百度的无人驾驶、阿里的无人超市到西门子的无人工厂,这些对人们日常生活与工作有着巨大影响的公司无一例外在“无人”技术上投入巨大,这在一定程度上预示着无人时代即将到来。

特别是民用小型无人机发展迅速,已广泛应用于遥感测绘、影视拍摄、农业植保、电力巡视、灾害观测、紧急救援、物流运输等民用领域。未来服务环节市场规模在 260~400 亿元[1]。互联网、人工智能、卫星导航等技术的迅速发展给汽车制造工业带来了革命性变革的机会,谷歌、苹果、亚马逊、百度、Uber、英特尔等耳熟能详的互联网公司都大力投入无人驾驶技术研发, 无人驾驶汽车成为当今和未来的热词[1-9]。无人船虽然不及无人机和无人车的火热程度,但是在行业应用领域,却已经是非常普遍。无人船具有自动化、高效率、安全可靠、可操控性强等优点,已被广泛应用于海洋环境调查领域[10-12],必将成为未来海洋测绘的智能平台。除此之外,从无人超市、无人餐厅到无人工厂、无人港口航运等各种形式如雨后春笋,层出不穷。在科技革命的潮流下,各行业和领域顺应技术发展趋势,大力发展无人技术是保持行业生机与活力的必然要求,无人时代即将到来。

海洋测绘是谋划、决策、规划和实施一切国家海洋战略的重要基础。无论是海洋权益维护、海洋经济发展还是海洋科学研究,都需要高精度、高可靠的海洋空间基础地理信息,即海洋测绘是海洋保护开发的眼睛。在海洋测绘现代化进程中,仍然面临诸多问题:首先现有的海洋船舶测绘平台作业成本高、效益低;数据采集自动化程度低、实时性差;数据不能自动化、智能化处理,工作效率低。诸如视觉图像、声学图像,对目标物的判别尚需人工判读,面对智慧化时代还任重道远。如需改变现状,必须在海洋测绘行业来一场颠覆式的革命,而无人化技术的潮流给海洋测绘带来了新的发展机遇。

1 无人海洋平台发展

1.1 无人时代技术特征

从无人机、无人车等先行行业来看,无人时代具有以下技术特征:云计算、物联网、大数据、移动互联网、人工智能。云计算是一种基于互联网的计算方式,通过这种方式,共享的软硬件资源和信息

收稿日期:2018-11-02
基金项目:国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项资助(2018YFC1405702);海岸带地理环境监测国家测绘地理信息局重点实验室开放基金资助项目 (BE2017125);江苏省海洋技术品牌专项(PPZY2015B116);江苏省高等教育教改研究立项课题资助项目(2017JSJG056)
作者简介:周立(1959-),男,硕士,教授,主要研究方向为海洋测绘、海洋观测物联网等。E-mail: 18352807750@163.com

可以按需求提供给计算机各终端和其他设备[3]。互联网上的云计算服务特征与自然界的云、水循环具有一定的相似之处,因此,云是一个相当贴切的比喻。云计算服务具有随需应变自主服务、随时随地可供任何网络设备访问以及多人共享资源等优点。通过云计算服务,可以将无人化中数据上传云计算器,实现资源的聚合管理与利用。

物联网是互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能行使独立功能的普通物体实现互联互通的网络。物联网将现实世界数字化,应用范围十分广泛,包括智能生态环境、物流运输、健康医疗等领域[4]。计算机不再需要借助人的帮助,就能获取物质世界中各种信息,能够跟踪监测和计量信息变化,智能决策达到减少浪费、损失的目的。

大数据指来自各种来源的大量非结构化或非结构化数据,具有数据量巨大、数据类型多样、流动速度快和价值密度低的特点。数据是社会最宝贵的资源,大数据分析在现代研究中越来越突出。随着技术进步,大数据的大小经常改变,截至 2012 年,单一数据集的大小从太字节(TB)至数十兆亿字节(PB)不等。大数据已在包括大科学、交通运输、社会数据分析、搜索引擎、金融数据、医疗数据社交网络、电子商务等等领域得到了应用[5]。

人工智能是指使计算机模拟人的思维过程和智能行为(如学习、推理、思考、规划等)的技术。目前人工智能在机器人、控制系统、仿真系统与经济政治决策系统中得到广泛应用[6]。是无人时代最重要的智能决策工具。

移动互联网是移动通信和互联网融合的产物,继承了移动随时随地随身和互联网分享、开放、互动的优势,即运营商提供无线接入,互联网企业提供各种成熟的应用。是无人时代最重要的信息交互工具。

总之,无人时代是以智能平台、物联互通、智慧大脑支撑高科技时代。

1.2 无人海洋平台发展

海洋测绘装备需要海洋平台支撑。提到海洋无人平台,人们首先想到的是无人船和无人水下机器人,除此之外,还包括波浪滑翔机、水下滑翔机、浮标、潜标等无人平台。这些平台是构建无人海洋测绘系统的基础。1953 年,美国研制了第一艘无人遥控水下机器人,并在西班牙海域成功地回收一枚氢弹,此举引起了世界各国的重视。至 1974 年,世界各国共研制了 20 艘无人遥控水下机器人。由于海洋油气资源开发,到 1981 年,无人遥控水下机器人数量达到 400 个之多。也是从这时候开始,中国开始研制水下机器人,并成功研制出“海人”1 号(HR-1)水下机器人。无人无缆水下机器人发展相对较慢,到 1988 年全球大概有 26 艘。到目前为止,水下机器人已经广泛应用于军事、水下工程、海洋测绘、搜救打捞、渔业养殖、环境监测、管道检测、休闲娱乐等领域[8,11-17]。在海洋测绘应用中,越来越多的无人无缆水下机器人(AUV)开始集成侧扫声呐进行测量,而无人有缆遥控水下机器人(ROV)一直以来都作为良好的传感器搭载平台服务于各个领域。

无人船的发展和许多技术一样,最开始应用于军事,在第二次世界大战后期,盟军诺曼底登陆采用无人船施放烟雾弹为世界所知。20 世纪 90 年代以后,随着信息技术和远程控制技术的发展,美国海军开始在无人船上增加海上监视等设备。自此,无人船上开始搭载传感器进行目标探测,世界各国也纷纷加入到无人船的研究当中[13]。如今,无人船在军事、海上巡逻、海洋测绘、环境监测、资源勘探、灾害预警等领域应用广泛。随着海洋测绘需求不断增加,出现了无人船协同组网进行海洋测量等新技术[14-19]。

其他无人平台都有各自特点,波浪滑翔机凭借其强续航能力,可以长时间采集海洋环境数据;水下滑翔机无需动力便可在海中长时间工作,由我国研制的“海翼 7000”滑翔机完成了 6 329 m 的水下无人滑翔机世界最深下潜纪录;浮标和潜标都是获取长周期海洋数据的重要调查手段[10]。

2 无人海洋测绘新理念

“无人海洋测绘”是依托云计算、物联网、人工智能和地理空间信息技术等,并与强大和先进的无线网络体系密切结合,在全海域范围内建立的一个以空间框架为支撑,自动化动态采集不同海域空间、时间、物质和能量的多种分辨率的有关海洋资源、生态环境、社会经济和自然灾害等海量大数据或信息。按地理坐标,从局部到整体,从区域到全球进行整合、融合及多维可视化描述,数据分析和知识挖掘。作为新的智能化海洋测绘技术,它提供了一种前所未有的测绘海洋的方式,用大数据、网络化的手段来处理整个海洋的自然和社会活动诸方面信息,它将为人类开发利用海洋保驾护航。

无人海洋测绘的技术体系涵盖了海洋空间大数据采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用等一系列技术方法,将“3S”技术与最新发展的云计算、物联网、大数据等技术构成一套完整的智能技术方法。无人海洋测绘需要构建新的技术体系,包括内业与外业、测量与制图,从数据源获取、数据处理到产品制作、信息应用形成了一个完整业务链路,所以,无人海洋测绘体系建设包括技术、装备、标准、产品和队伍等多个方面。

无人海洋测绘技术体系由数据采集技术和数据处理技术两大环节组成。数据采集技术主要包括遥感/激光测深、单/多波束测深和侧扫声呐测量等技术。数据处理技术主要包括实时数据处理和数据产品生产技术[20-24]。

无人海洋测绘装备体系由空基平台、岸基平台、水面平台和水下平台四大类型构成。空基平台主要有遥感卫星和无人机[25];岸基平台主要有CORS/验潮站;水面平台主要包括无人艇、波浪滑翔器和浮标;水下平台主要有有缆水下航行器和无缆水下航行器两类,有缆水下航行器可以是水下机器人 ROV、DT 拖曳平台等。无缆水下航行器可以是自主航行水下机器人(AUV)、水下滑翔机(UG)和水下直升机等[18]。

无人海洋测绘标准体系由装备检测、数据测量和产品生产三大类构成。对接保障无人海洋测绘全产业链达到行业应用标准。无人海洋测绘产品体系应该开发新一代海岸带 4D 产品、海底 4D 产品和海图产品。随着装备体系的更新换代,除专业海图产品外,应该充分发挥无人海洋测绘装备平台移动测量空间大、经济性强的优势,应用合成孔径图像声呐、3D 侧扫声呐和激光水下扫描等新技术,开发影像海图新产品。提供更加透明的海洋测绘成果,以满足人们不断增长的感知认识海洋的需求。

3　无人海洋测绘新领域

在互联网、云计算、物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术发展的推动下,信息不断的汇聚成“数字海洋”、“透明海洋”和“智慧海洋”,数据即将成为当今和未来海洋经济增长最快的资源之一。海洋测绘必然从当今数字化时代向信息化、智能化发展,以无人技术为特点的泛在测绘、网络测绘和协同测绘等全新业态发展,以满足人们日益增长的对海洋空间大数据的迫切需求。研究无人海洋测绘新模式和新的应用领域。

3.1　海洋泛在测绘

大数据、物联网、移动互联网等新一代信息技术的发展,更加强调人作为主体或客体与物、与环境的关系,这种关系是动态和实时的。泛在测绘时代,用户可以在任何地点和任何时间为认知环境与人关系而使用和构建的地图,可以随时随地创建和使用地图来解决空间问题[15]。无人海洋测绘突破了传统海洋测绘的范畴,亟待建立完备精确的海洋时空基准、海洋环境探测与地理信息服务的泛在智能感知网络。未来将以遥感卫星、海运船舶、海上航空器和海洋环境监测网等为泛在海洋测绘平台,结合北斗定位系统、声学连续运行参考站系统和惯性导航系统构建陆海空一体化的时空基准,逐步建立起资源、事件和目标的使用位置信息感知网络,实现近海到远海的全球海洋位置服务。

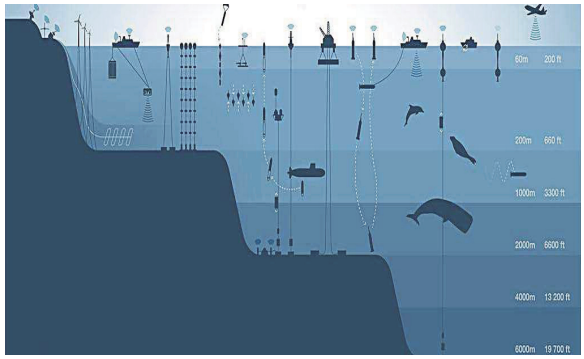

图 1　海洋泛在测绘示意图

Fig.1　Sketch of marine extensive mapping

3.2　海洋区块链空间服务

区块链是借由密码学串接并保护内容的串联交易记录,具有区块内容难以篡改的特性。这种串接的分布式账本能存放两方有效记录交易,并且可以永久查验[21]。当前海洋生态体系中,海洋渔业领域最早应用区块链,称之为“海洋链”、“大洋链”、“海源链”等。海洋链作为海洋渔业消费市场的跨域流通工具,为海上各类消费、海产品交易、渔业征信提供了可信稳定的流通介质,无人海洋测绘提供实时透明可视的海洋渔业生态场景,建立以养殖、娱乐、电商、交易清结算、生态价值补偿、金融服务为核心的行业创新服务体系。这种去中心化的全域透明海洋渔业交易模式,具有可靠性高、稳定性好、效率高、互联互通等优点,未来区块链空间服务将由海洋渔业领域走向全海洋生态服务体系。

图 2 海洋渔业区块链体系示意图

Fig.2 Sketch of marine fishery block chain system

3.3 海洋物联网位置服务

近几年，物联网技术发展迅速，越来越多的智能设备实现了万物互联，但这一技术此前局限于陆地。随着人类对海洋认知和环境感知需求的不断增加，多个海洋大国先后投入海洋信息技术研究。当前，国际上已经通过 Argo 计划投放大约 4 000 个浮标组成了全球实时海洋观测网，美国、欧洲、日本也相继构建了本国的海底观测网络，中国在 2017 年正式实施国家海底科学观测网建设，计划用 5 年时间在东海和南海分别建立海底观测系统[2]。而海洋物联网是通过数字实体将水下物体智能互联的全球范围网络，属于更高层次的海洋设备和信息的互联互通。融合通信技术、跟踪技术以及嵌入式传感器技术，能实时对水下环境进行感知、监测和反应，并将水下设备和陆地设备之间达成互联互通（如图 3）。未来，海洋物联网将在海洋科学数据采集、海洋资源开发、环境监测、灾害预报、军事等领域得到广泛应用[22]。

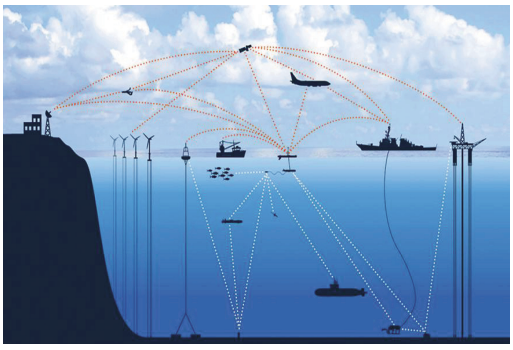

图 3 海洋物联网示意图

Fig.3 Sketch of marine Internet of Things

基于物联网的透明海洋需要海洋时–空地理信息支撑，无人海洋测绘技术必然是未来海洋物联网的信息基础设施：海洋时–空地理信息框架维护的关键技术[16]。

3.4 海洋牧场生物导航

海洋牧场是基于海洋生态学原理和现代海洋工程技术，充分利用自然生产力，在特定海域科学培育和管理渔业资源而形成的人工渔场。海洋牧场不同于陆地牧场，由于其处于水中不易观察地理环境变化，安全生产过程和权属、产量管理等更加需要海量时空地理信息决策支持[23]。因此，对于海洋牧场来说，智能化的无人测绘技术势在必行。海洋牧场无人测绘崭新的服务领域包括生物链观测、生物导航等方面，可为管理提供丰富的海洋牧场生物和环境信息。生物导航由引导渔群迁徙和寻路两部分组成，可通过生物机器人实现。生物机器人与海洋生物相同的感知和共生习性，利用生物机器人能够引导渔群迁徙到最佳的生殖环境；能够观测到海洋牧场任何人类不能到达的复杂环境，可实现“零距离”对海洋牧场全方位的观察测量。海洋牧场的生态环境复杂，生物多种多样，其生物链结构不易掌握，但无人装置测绘为其提供了可能性。利用无人海洋测绘技术可进行海洋牧场生物多样性、优势物种观测、海洋牧场健康程度观测和生物活动导航等。

3.5 海洋保险风险预测

海洋灾害等各类海洋风险带来的问题对海洋经济发展的影响不可避免，海水养殖和海洋工程都是高风险项目。在此背景下发展起来的海洋保险开始助力海洋经济发展。一方面，海洋经济具有风险性高、资金需求量大、投资周期长、门槛相对更高的独特性，使得我国的海洋保险仍然面临许多难题；另一方面，我国在海洋方面的现有法律体系建设并不能满足海洋保险产业的要求，海洋保险体系和制度的确立和完善时不可待[24]。在现有经验的总结基础上，海洋保险向精准化和信息化发展，并推动生态化和全球化经济，发挥政府在海洋经济发展中起的主导作用，转变自身的职能促进保险业的完善和发展，以法律手段支持海洋渔业保险的长期稳定发

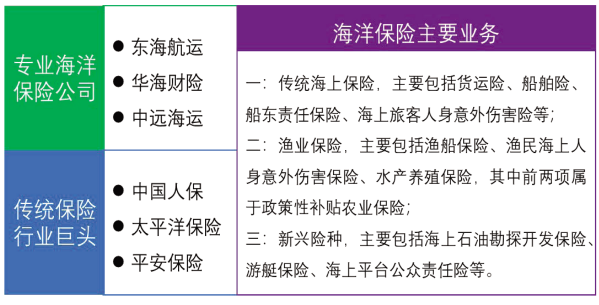

图 4 海洋保险主要业务

Fig.4 Major business scopes of maritime insurances

展。提高海洋科学技术,培养相关海洋测绘人才队伍,推动海洋保险不断改革,完善海洋经济的产业结构,促进海洋经济的发展。

无人海洋测绘技术为海洋灾害引起的财产损失保险等的科学定损、理赔提供必要的快速高效的先进灾情调查技术手段。通过综合利用无人海洋测绘和地理空间信息技术提供的灾情地理环境数据与空间分析决策支持,研究并实现科学、高效的灾害保险、财产损失定损理赔方式,建立海洋灾害预测模型,为科学合理动态评估年度保险费用提供决策支撑。

例如,在水灾养殖损失定损中,需根据每个养殖户围栏的进水高度进行合理的受灾评估,因此需要在水灾发生的高风险时段进行水深测量,并保障所测数据的精确性与有效性,为灾后合理定损、理赔管理提供可靠的数据支撑。这样的高风险、高效率、高成本的海洋测量工作期待无人海洋测绘技术。

4　结束语与建议

发展我国的无人海洋测绘技术是十分迫切的,它们是未来海洋开发保护和保障海洋权益重要的战略性、基础性技术。也是各国都十分重视和致力研究的领域,随着云计算、物联网、大数据、人工智能等新一代科学技术的发展,海洋测绘领域也将迎来无人化的技术革新潮流,并产生一系列无人海洋测绘新模式和新领域。目前,无人海洋测绘技术正处于飞速发展的关键阶段,为此提出如下建议:

(1) 制定中国的无人海洋测绘技术发展计划。根据国家物联网等智能无人关键核心技术发展战略规划, 制定我国无人海洋测绘技术的发展计划,充分发挥政府、科研院所和企业各自的优势与能力,有计划地加快该领域的发展,引领无人海洋测绘技术世界先进水平。

(2) 制定无人海洋测绘需要的专用微型智能化传感器与专用智能无人平台装备的研制规划。目前符合需求的传感器与专用智能无人平台很少,相当多的传感器靠国外进口,而进口这些专用传感器与专用设备因技术封锁困难重重。该项工作至关重要,直接影响无人海洋测绘技术的发展。

(3) 充分利用与发挥现有智能无人技术基础与技术成果,开展应用试验示范。避免低水平的重复,避免造成人力、物力的浪费。

参考文献:

[1] 李德毅,赵菲,刘萌,等.自动驾驶量产的难点分析及展望[J].武汉大学学报:信息科学版,2018,43(12):1-5.
LI Deyi, ZHAO Fei, LIU Meng, et al. Difficulty analysis and prospect of autonomous vehicle mass production [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2018, 43(12):1-5.

[2] 李红志,贾文娟,任炜,等.物理海洋传感器现状及未来发展趋势[J].海洋技术学报,2015,34(3):43-47.
LI Hong-zhi, JIA Wen-juan, REN Wei, et al. Ocean observation with physical oceanographic sensors: Status and development trend[J]. Journal of Ocean Technology, 2015,34(3):43-47.

[3] 王桂玲,韩燕波,张仲妹,等.基于云计算的流数据集成与服务[J].计算机学报,2017,40(01):107-125.
WANG Guiling, HAN Yanbo, ZHANG Zhongmei, et al. Cloud-based integration and service of streaming data [J]. Chinese Journal of Computers, 2017, 40(01):107-125.

[4] 钱志鸿,王义君.物联网技术与应用研究[J].电子学报,2012,40(05):1023-1029.
QIAN Zhihong, Wang Yijun. IoT technology and application[J]. Acta Electronica Sinica, 2012, 40(05):1023-1029.

[5] 程学旗,靳小龙,王元卓,等.大数据系统和分析技术综述[J].软件学报,2014,25(09):1889-1908.
CHENG X Q, JIN Xiaolong, WANG Yuanzhuo, et al. Survey on big data system and analytic technology[J]. Journal of Software, 2014,25(9):1240-1252.

[6] 乔晓楠,郗艳萍.人工智能与现代化经济体系建设[J].经济纵横,2018(06):81-91.
QIAO Xiaonan, XI Yanping. Artificial intelligence and the construction of a modernized economy [J]. Economic Review, 2018(06):81-91.

[7] 潘福全,张漩,张丽霞.无人驾驶汽车研究综述与发展展望[J]. 科技创新与应用,2017(2):27-29.
PAN Fuquan, ZHANG Xuan, ZHANG Lixia. Research and development prospects of autonomous vehicles [J]. Technology Innovation and Application, 2017(2):27-29.

[8] 张云海,汪东平.海洋环境移动平台观测技术发展趋势分析[J].海洋技术学报,2015,34(3):26-32.
ZHANG Yun-hai, WANG Dong-ping. Analysis on the development trend of ocean environment observation technologies based on marine mobile platforms[J]. Journal of Ocean Technology, 2015,34(3):26-32.

[9] 赵振平,路瑞敏,王锦程,等.智能无人飞行器技术发展与展望[J]. 战术导弹技术,2017(3):1-7.
ZHAO Zhenping, LU Ruimin, WANG Jincheng, et al. Development and prediction on intelligent unmanned aerial vehicle technology [J]. Tactical Missile Technology, 2017(3):1-7.

[10] 徐玉如,苏玉民,庞永杰.海洋空间智能无人运载器技术发展展望[J]. 中国舰船研究,2006,1(3):1-4.
XU Yuru, SU Yumin, PANG Yongjie. Expectation of the development in the technology on ocean space intelligent unmanned vehicles [J]. Chinese Journal of Ship Research, 2006,1(3):1-4.

[11] 封锡盛,李一平.海洋机器人 30 年[J].科学通报,2013,58(S2):2-7.
FENG Xisheng, LI Yiping. Thirty years evolution of SIA's unmanned marine vehicles[J]. Chinese Science Bulletin, 2013,58(S2):2-7.

[12] 张树凯,刘正江,张显库,等.无人船艇的发展及展望[J].世界海运,2015,38(09):29-36.
ZHANG Shukai, LIU Zhengjiang, ZHANG Xianku, et al. Development and prospect of unmanned boats [J]. World Shipping, 2015,38 (09):29-36.

[13] 曹娟,王雪松.国内外无人船发展现状及未来前景[J].中国船检,2018(05):94-97.
CAO Juan, WANG Xuesong. Development status and future prospects of unmanned ships at domestic and foreign [J]. China Ship Survey, 2018(05):94-97.

[14] 翟京生,陈洪云,马兰.国内外海洋测绘技术体系的比较与思考[J].测绘通报,2004(1):5-9.
ZHAI Jingsheng, CHEN Hongyun, MA Lan. Ocean surveying and mapping technological systems abroad and at home: comparison and consideration[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2004(1):5-9.

[15] 肖建华,彭清山,李海亭."测绘 4.0":互联网时代下的测绘地理信息[J].测绘通报,2015(07):1-4.
XIAO Jianhua, PENG Qingshan, LI Haiting. "Geomatics 4.0": surveying, mapping and geoinfomation in the Internet era[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015(07):1-4.

[16] 苏奋振,吴文周,平博,等.海洋地理信息系统研究进展[J].海洋通报,2014,33(04):361-370.
SU Fenzhen, WU Wenzhou, PING Bo, et al. Research progress of the marine geographic information system [J]. Marine Science Bulletin, 2014,33(04):361-370.

[17] 谭界雄,田金章,王秘学.水下机器人技术现状及在水利行业的应用前景[J].中国水利,2018(12):33-36.
TAN Jiexiong, TIAN Jinzhang, WANG Mixue. Future application of underwater robots in water sector and its technology status[J]. China Water Resources, 2018(12):33-36.

[18] 郦瑞奇. 水下直升机的水动力建模及控制算法设计[D].杭州:浙江大学,2016.
LI Ruiqi. Hydrodynamic modeling and control algorithm design for an underwater helicopter [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.

[19] 马天宇,杨松林,王涛涛,等.多 USV 协同系统研究现状与发展概述[J].舰船科学技术,2014,36(06):7-13.
MA Tianyu, YANG Songlin, WANG Taotao, et al. An outline of current status and development of the multiple USV cooperation system[J]. Ship Science and Technology, 2014,36(06):7-13.

[20] Mur-Artal R, Montiel J M M, Tardos J D. ORB-SLAM: a versatile and accurate monocular SLAM system [J]. IEEE Transactions on Robotics, 2015, 31(5): 1147-1163.

[21] 袁勇,王飞跃.区块链技术发展现状与展望[J].自动化学报,2016,42(04):481-494.
YUAN Yong, WANG Feiyue. Blockchain: The state of the art and future trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(04): 481-494.

[22] 郭忠文,姜思宁,刘超,等.海洋物联网云平台发展趋势与挑战[J].海洋信息,2018(01):24-30.
GUO Zhongwen, JIAN Sining, LIU Chao, et al. The cloud platform for marine Internet of Things trends and challenges [J]. Marine Information, 2018(01):24-30.

[23] 杨红生,杨心愿,林承刚,等.着力实现海洋牧场建设的理念、装备、技术、管理现代化[J].中国科学院院刊,2018,33(07):732-738.
YANG Hongsheng, YANG Xinyuan, LIN Chenggang, et al. Strive to realize modernization of concept, equipment, technology, and management of modern marince ranching development[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018,33(07):732-738.

[24] 李仁真,戴悦.海洋巨灾保险制度的模式比较与选择[J].边界与海洋研究,2018,3(05):84-97.
LI Renzhen, DAI Yue. Models comparison and selection of marine catastrophe insurance system [J]. Journal of Boundary and Ocean Studies, 2018,3(05):84-97.

[25] 滕惠忠,申家双,刘敏,等.海洋测绘航空摄影测量体系建设思考[J].海洋测绘,2015,35(04):12-15.
TENG Huizhong, SHEN Jiashuang, LIU Min, et al. Views on construction of aerophotogrammetric system for hydrographic surveying and charting[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2015,35(04):12-15.

Prospects for the Development of Marine Surveying and Mapping Technologies in the Unmanned Vehicle Era

ZHOU Li[1], ZHANG Yang[1], ZHANG Yi[1], FU Dan-dan[2], CHEN Chen[1], LENG Chao-ying[1], WEI Zheng[1], WANG Ying-nan[1]

1. *School of Geomatics and Marine Information, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang* 222005, *Jiangsu Province, China;*
2. *School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou* 221008, *Jiangsu Province, China*

Abstract: In view of the problems in the field of ocean surveying and mapping, this paper analyzes the technical characteristics of the unmanned vehicle era and the development of unmanned ocean platforms. The paper also discusses the new concept and development opportunities of unmanned ocean surveying and mapping, expounds the unmanned marine surveying and mapping technology system, and looks forward to the new application fields of unmanned ocean surveying and mapping technologies, as well as the application prospects in the marine economy and sustainable marine development. In addition, this paper puts forward some suggestions for the development of strategic planning for unmanned marine surveying and mapping technologies in China.

Key words: marine surveying and mapping; marine Internet of things; marine ranching; marine insurance; marine block chain