

# 城市智慧体与海洋智能开发应用

虞阳 张媛媛 程振兴

(华东师范大学中国现代城市研究中心、国际海洋与城市科学研究院, 上海 200062)

**摘要:** 建设以智能技术为依托的城市智慧体是城市发展与创新的重要趋向, 而海洋智能开发也日渐成为城市智慧体不可或缺的组成部分与系统延伸。智能技术为海洋开发注入预测与模拟等思维能力, 催化传统研究与开发方式跃升, 赋予应对更大范围与更复杂环境以及更多元主体参与的立体式海洋开发的复合能力。至少体现在三大应用领域: 一是“水上物联网”的网络扩展与智能航海基础奠定; 二是深远海探测中依托人工智能技术的无人探测器(深海机器人)逐步成为深远海国际竞争的主要力量; 三是“数字海洋”作为海洋信息与管理综合集成平台, 通过协作建设、功能融合与亲和服务等方式, 破解海洋信息孤岛、信息庞杂等难题, 提升大众海洋意识。

**关键词:** 城市智慧体; 海洋智能; 水上物联网; 深远海探测器; 数字海洋

**中图分类号:** F57

**文献标识码:** A

海洋开发是全球关注的共同焦点, 以海洋战略性资源为重点的第二次地理大发现更增进了海洋战略重要性的进一步提升。海洋科技不断向大科学、高技术体系方向发展, 人工智能作为核心技术之一, 成为助推诸多领域进一步跃升的重要支撑。如今, 海洋智能开发已取得新的进展, 技术思想内核逐步形成, 即构建拥有自组织与自适应能力的生命体, 并通过上海世博会进一步发展成熟。总体而言, 生命体思维将成为海洋智能开发的核心, 目前至少在以下三方面应用中体现:

## 1 应用一: “水上物联网”向海新延伸

物联网作为新信息时代的重要组成部分, 成为人工智能技术集成应用的重点领域。然而, 当前物联网仍存在性能不强、应用有限、安全隐患等诸多问题。作为物联网发展的新兴方向, “水上物联网”不仅快速成长, 更逐步从内河与近岸水域向海洋延伸, 对物联网整体发展具有重要的引领作用。

### 1.1 生命体思维: 物联网技术发展的新内核

“生命体思维”是上海世博的重要突破, 是对人—城市—地球关系的新理解, 三者之间是相互依存的平等生命, 应该和谐相处。正如本届世博会各国展馆所展示的, 城市不是死气沉沉的建筑堆砌物, 也不仅仅是通过管道和运输系统连接起来的有机体, 而是具备结构和灵魂的生命体, 城市生命体的构建需要物联网和人工智能技术等的有力支撑<sup>[1]</sup>, 而物联网正是

**收稿日期:** 2012-1-21

**基金项目:** 教育部人文社科重点研究基地重大项目(11JJDZH002); 教育部人文社会科学一般项目(11YJA810008)阶段性成果

**作者简介:** 虞阳(1986—), 男(汉族), 上海市人, 华东师范大学城市与区域经济系博士研究生, 研究方向: 城市发展与海洋产业、企业制度与民主管理。E-mail: ecnuyangyu@hotmail.com

张媛媛(1989—), 女(汉族), 山东潍坊人, 华东师范大学城市与区域经济系硕士研究生, 研究方向: 城市经济与城市交通。E-mail: yuanyuan1989119@126.com

程振兴(1987—), 男(汉族), 山东菏泽人, 华东师范大学城市与区域经济系硕士研究生, 研究方向: 区域经济与区域发展规划。E-mail: zhenxing1201@163.com

生命体思维最直接的体现之一。

相应地,生命体思维成为世博物联网应用的新的思想内核,智能化致力于使城市成为拥有自感知与自适应能力的“智慧体”。例如,世博应用的多种传感设备构建了城市生命体的基础神经网络,其中海底光缆监控传感器适应复杂海况条件,远程保障世博海缆安全。又如,汽车馆展示了更加人本化的智能交通,其中“车联网”技术使人、汽车、道路乃至整个交通系统互联互通,效率提升;“自动驾驶”技术使人们摆脱驾车能力束缚,使特殊群体出行也更加人性化<sup>[2]</sup>。

## 1.2 “水上物联网”框架构建与世博扩展

“水上物联网”在中国发展迅速,全球规模最大的“水上物联网”基础框架——中国船舶自动识别系统(AIS)网络已基本覆盖所有沿海水域和内河四级以上高等级航道,全部264座基站与AIS国家数据中心实现互联互通,通过船载设备和岸基网络系统,实现船船、船岸的相互识别与信息交换,进而提升航行效率,降低事故概率,综合效益估算达120亿元<sup>[3][4]</sup>。

不仅如此,国家工信部强调“十二五”期间将加强物联网在重点领域的深入应用和核心技术的重大突破,“建立高效的标准协调机制,积极推动自主技术标准的国际化,逐步完善物联网标准体系”<sup>[5]</sup>。而目前中国AIS系统作为全球第三个AIS岸基网络区域中心系统,已与丹麦、韩国等国家实现数据交换。国际航标协会已将中国AIS岸基网络核心技术纳入国际标准规范。“水上物联网”在物联网发展中的先行地位进一步奠立。上海世博会进一步助推“水上互联网”迈出向海洋扩展的实质性一步。将AIS系统与GPS系统、ECDIS(电子海图)等集成建立“船舶动态监管系统”,纳入“世博客运安全监管信息平台”,在世博水上安保中发挥至关重要的作用。

## 1.3 智慧航海: 迈向海洋世纪的重要趋势

21世纪是海洋的世纪,航海的重要性进一步突显。航运不仅承担了90%以上的全球贸易货运<sup>[6]</sup>,堪称世界经济的晴雨表,航海技术更成为维护国家海洋权益不可或缺的关键手段。尽管当前航海信息化设备已较为普及,但并不能满足海洋世纪更为密集的全球航海网络的需要。

因此,依托水上物联网、人工智能船等关键技术,推动航海业从传统航海向电子航海(E-NAV)再向智能航海(I-NAV)的跨越意义重大。与电子航海相比,智能航海主要具有以下优势:一是实现船舶、航标与岸基的互联互通,确保远洋高密航海安全;二是实现自主航行与避碰,减少人为事故;三是实现海上物标的主动分析和报警,提高船舶保安能力;四是实现极端恶劣环境下的机器人救援;五是实现船舶防污染的动态监测;等等<sup>[7]</sup>。近年来,智能航海已取得突破性进展,以中国为例,智能海上搜救系统、自动船舶避碰系统、数字港口、三维海图等技术的研制正有条不紊展开,“数字航标”已初具规模。

## 2 应用二: 深远海探测潜水器的新突破

海洋开发正不断从近浅海向深远海的战略性扩张,“综合大洋钻探”、“海底观测网”等深远海全球性计划纷纷展开。由于深海洋底的极端复杂环境对探测技术装备造成极大挑战,深远海探测潜水,尤其是无人探测器(即深海探测机器人)逐步成为深远海探测的主要依托。因此,满足特定探测机器人与探测环境需要的人工智能技术成为研究焦点之一。目前,深海探测机器人主要包括遥控机器人(ROV)和自治机器人(AUV)两类,人工智能技术从不同方面发挥核心支撑作用:

## 2.1 深远海遥控潜水器的智能支撑

ROV通过脐带缆获取能源、传输数据与接收操纵命令,具有作业时间长、操作便捷等优点,在资源勘探、海底电缆铺设与海洋科学研究等领域广泛应用。美、俄、日、英、法等世界主要海洋大国先后开发多种ROV,用于不同的任务和不同的工作深度,其中,日本“海沟”号(Kaiko)ROV拥有下潜10975米到达马里亚纳海沟底部的世界纪录(见表1)。

表1 世界主要海洋调查机构拥有的ROV及其基本配置情况

机构名称 (生产厂家)	ROV 名称 及型号	最大下潜深度 (m)	机械手	主要作业工具
日本 JAMSTEC (EMS)	Kaiko	11000	2 个七功能机械手,均为主从式	5 个摄像机,1 个照相机;海水温度盐分测定器等。
法国 Ifremer	Victor6000	6000	1 个主从式 7 功能机械手,1 个开关时五功能机械手。	3 个摄像机,5 个照相机;可移动采样箱,全钛取样管,岩心钻去器,海水取样器,动物群体采样器。
美国 WHOI	Jseon 2/Medes	6000	2 个七功能机械手: Schilling Orion, Krsft Predst or II.	9 个摄像机,3 个照相机;可选配多种作业工具包,升降式采样器等。
加拿大海洋科学 研究所 (ISE)	Alvin	4500	2 个七功能机械手。	1 个摄像机,一个照相机;深海沉淀物去芯取样机,深海海水取样器等。
美国 MBARI	Tiburón	4000	2 个力反馈型七功能 机 械 手 , SchillingConan,Kraft Raptor.	2 个摄像机;可根据任务搭载多种作业工具包,如锯钻工具及采样工具。
美国 MBARI	Tiburón	4000	2 个力反馈型七功能 机 械 手 , SchillingConan,Kraft Raptor.	2 个摄像机;可根据任务搭载多种作业工具包,如锯钻工具及采样工具。
日本 JAMSTEC (EMS)	Dolphin 3K	3300	1 个主从式七功能机 械手,1 个开关式五功 能机械手。	3 个摄像机,1 个照相机;海底地面温度计等。
日本 JAMSTEC (EMS)	Hyper-Dolp hin	3000	2 个七功能机械手,均 为主从式。	3 个摄像机;采样工具篮。
美国 MBARI (ISE)	Ventana	1850	2 个七功能机械 手:SchillingT-i tan3,ISEMagnun.	3 个摄像机,8 个照相机;锯钻工具等。

资料来源:参见注释<sup>[8]</sup>

尽管ROV以水面支持母船为主要依托,但仍需要人工智能技术在特殊环境给予支撑。例如,ROV水下导向系统受光照不足或水质混浊影响,很难依赖摄像机准确导向,尤其当工作空间存在障碍物时,极易发生碰撞。因此,依托模糊控制等人工智能方法,在三维空间规划ROV运行轨迹、回避障碍,取得良好效果<sup>[9]</sup>。

## 2.2 深远海自治潜水器的智能支撑

尽管ROV和HOV(载人潜水器)是目前海洋开发与研究的最主要工具,但ROV的脐带缆限制了活动范围和潜水深度。因此,深海自治机器人(AUV)展现出巨大潜力(见表2)。AUV可进入复杂结构中、无需依赖庞大水面支持,具有空间小、运维费用低等优势<sup>[10]</sup>,但目前AUV相关人工智能技术尚有待进一步完善。

表 2 近年来研制的部分 AUV

名称	重量/kg	深度/m	尺寸/m	航速/kn	续航力	研制单位
ALIVE	3500		长 4/宽 2.2/高 1.610		10h	法国 Cybernextix
AUTOSUB		1600	长 7.0/宽 0.90	3	500km/144h	英国SOC
BPAUV	220	270	长 3.05/直径 0.53	3		美国 Bluefin
CARIBOU	400	4500	长 2.6/直径 0.58	3~4	20h	美国 MIT
CETUS	150	4000	长 1.8/宽 0.8/高 0.5	1.5~2.5	20~40km	美国 MIT
HUGIN3000	1400	3000	长 5.35/直径 1.0	4	440km/60h	挪威 Kongsberg
HUGIN1000	600~800	600	长 3.85-5/直径 0.75	3~4	24h	挪威 Kongsberg
R2D4	1506~1603	4000	长 4.4/宽 1.08/高 0.81	3	60km	日本东京大学
REMUS	<35	100	长 1.32/直径 0.19	3~5	22h	美国 WHOI
SAUVIM	6500	6000	长 5.8/宽 2.1/高 1.8	3	5km	美国夏威夷大学
ANTHOS	200	3000	长 2.8/直径 0.58	1~3	22km/4h	美国 MIT

资料来源: 参见注释<sup>[11]</sup>

控制系统是AUV智能组件的核心, 目前大致有几十种针对不同特点AUV的智能软件体系<sup>[12][13]</sup>。软件体系大致可分为高层任务规划模块和低层控制模块, 其中, 前者根据探测需要产生导航与决策等指令; 后者根据传感器信息及导航/决策指令产生控制指令以驱动执行, 需要足够的鲁棒性以应对模型不确定性和海流等环境干扰<sup>[14]</sup>。高层任务规划模块和低层控制模块互为补充, 确保AUV安全运行。

### 3 应用三: “数字海洋”的智能新拓展

“数字海洋”是涵盖海洋多领域、多层次、多时相综合信息的虚拟海洋世界, 是国家海洋信息水平的集中展现。目前, 主要海洋国家纷纷投入巨大力量建设“数字海洋”系统。例如, 美国和加拿大的“海王星”计划、日本的ARANA计划等已初步完成, 非洲沿海25国也联合建立了非洲近海资源数据和网络信息平台。然而, 由于海洋信息具有动态性强、综合性广、数据量大等特点, 相关预测与预观存在诸多难题。因此, 将人工智能与遥感、信息等技术深度结合, 提升系统分析与模拟能力, 进而提升海洋开发利用的合理性与可持续性成为重要的发展趋势。

#### 3.1 跨区域协作化建设

由于海洋的整体性和复杂性, 使系统观测与研究更趋于跨区域、跨国界进行。20世纪80年代中期以来, 海洋科技逐步进入大联合、大协作、大区域的新阶段<sup>[15]</sup>, 一系列国际联合或国内区域性大型海洋实验与研究计划逐步展开(见表3)。

就中国而言, 由于长期缺少统一的海洋信息数据规范和标准, 不同地区、部门往往根据自身业务需要采用不同的数据格式, 存在“海洋信息孤岛”现象。一般来说, 发达国家近海调查周期在5年~10年左右, 而中国近海海洋基础数据资料已经接近或超过20年<sup>[16]</sup>。2003年, “中国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908专项”)实施, “数字海洋”信息基础框架作为重要子项目于2006年启动, 24个国家海洋局与省级节点协同推进与互联集成<sup>[17]</sup>, 并将上海作为示范区, 目前已初步实现近岸海域的透明化与节点信息共享。

表 3 部分具有重要影响的国际海洋联合研究计划

联合研究计划	时间	主要参与方
世界大洋环流实验 ( World Ocean Circulation Experiment, WOCE)	1990-2002	30 国联合完成
热带海洋与全球大气实验 ( Tropical Ocean and Global Atmosphere program, TOGA)	1992-1993	多国联合完成
全球联合海洋通量研究 (Joint Global Ocean Flux Study, JGOFS)	1993-2003	德国、挪威等多国联合完成
全球海洋观测系统 (Global Ocean Observing System, GOOS)	1991 年启动	国际政府间海洋委员会 (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC) 世界气象组织 (World Meteorological Organization, WMO) 等
Coast Watch 计划	1987 年启动	美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)
NEAR-GOOS 计划 (North East Asian Regional-Global Ocean Observing System)	1995 年启动	中国、日本、韩国、俄罗斯等亚太国家和地区合作建立

资料来源：研究整理

### 3.2 功能双重融合化发展

面对“信息孤岛”、管理分割等难题，不仅需要多方统筹协调，还需要不同功能板块、业务领域的实际融合，满足海洋管理与发展的综合需要。因此，人工智能技术在“数字海洋”功能扩展中发挥至关重要的提升作用，实现功能“横向”与“纵向”的双重融合。

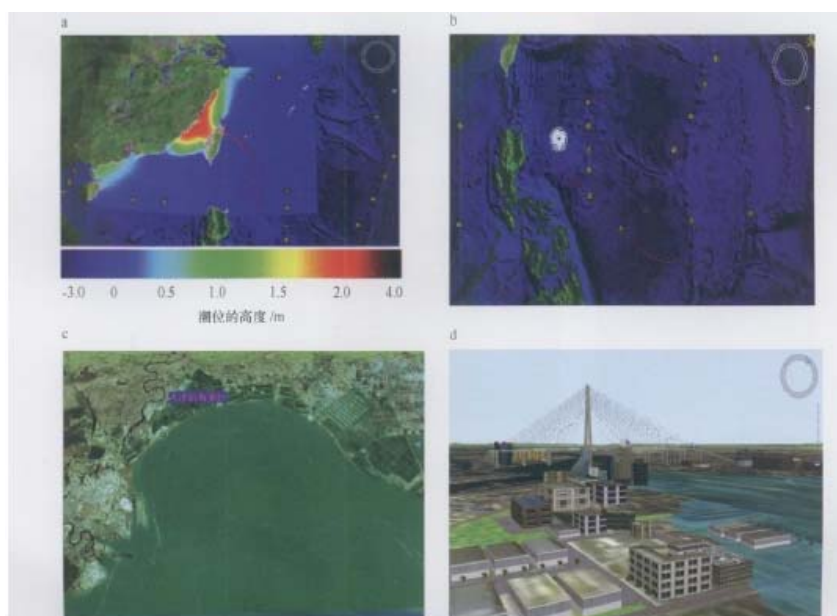


图 1 “数字海洋”海洋灾害过程模拟

- a 风暴潮数值预报数据可视化    b 台风灾害过程展示  
c 海平面上升过程模拟            d 海平面上升灾害分析

资料来源：参见注释<sup>[20]</sup>

“横向融合”，是建立综合系统平台，将海域管理、海洋环境管理、海洋执法监察、海

洋渔业管理、海岸带管理、电子政务建设等原本相互独立的功能模块集中, 便于海洋管理的统筹协调。例如, 目前中国数字综合管理信息系统已实现对上述部分功能的集成, 拥有海岛海岸带、海洋灾害、海洋环境、经济资源、海洋执法等多个子系统<sup>[18]</sup>, 实现综合查询与联动; 而“纵向融合”, 则是在横向融合基础上, 应用多源、多时相数据的提取、挖掘、同化、再分析及融合技术, 进行模拟、预报与预测。目前, 应用的主要领域包括海洋环境数值预报、海岸带灾害数值预报、海气相互作用过程预测和海陆相互作用过程预测等<sup>[19]</sup> (见图1)。

### 3.3 大众平台亲和化服务

人工智能技术在海洋发展中的应用往往针对专业部门需要, 高端复杂的特性使之与大众似乎存在天然屏障。然而, 由于国家海洋发展对全民海洋意识提升的迫切需要, 高端平台便捷化与亲和化的集成构建趋势正日益突显。

可视化是亲和表达的直接途径, 因此, 作为海洋信息综合服务的可视化平台, “数字海洋”原型系统的研发具有重大意义。目前, 大部分“数字海洋”原型系统以“数字地球”系统为基础 (见表4), 具备海底、水体、海面及海岛海岸带的数字化和海洋自然要素可视化、自然现象模拟等功能, 已有不少国家启动大规模的“数字海洋原型系统”研究计划, 多个针对公众需求的专门“数字海洋”原型系统也已陆续问世。

表 4 部分基于地球球体模型的“数字地球”系统

名称	国家	研发单位
Google Ocean	美国	Google 公司
World Wind	美国	NASA
Skyline Globe	美国	ESRI 公司
Visual Earth 3D	美国	微软 公司
LVE	瑞士	莱卡测量系统有限公司
Geo Globe	中国	武汉大学
数字地球原型系统	中国	中国科学院遥感应用研究所
EV Globe	中国	北京国遥新天地信息技术有限公司

资料来源: 参见注释<sup>[20]</sup>

例如, 美国Google 公司2009年在“谷歌地球”基础上推出海床浏览工具“谷歌海洋”, 目前是全球最通用的大众化海洋信息平台, 约涵盖全世界海洋资料的5%左右 (见图2)。又如, 中国首创的全球第一个四维度“数字海洋”原型系统拥有管理版与公众版两个版本。其中, 公众版拥有大尺度海洋基础地理数据、专题数据集成和海洋监测、预报信息的实时更新、公众信息查询和信息产品及科普知识发布等功能<sup>[21]</sup> (见图3), 而基于移动通讯设备的移动服务平台也已问世, 进一步便于普通民众对海洋更广泛的利用和保护。

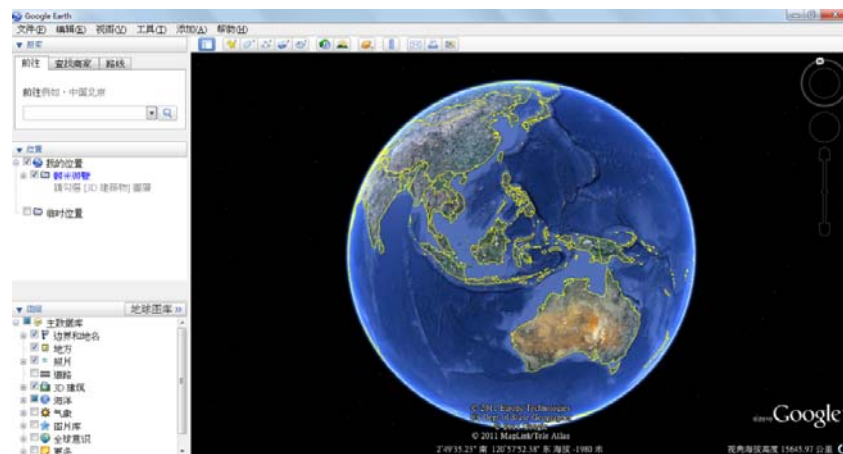


图 2 “谷歌海洋” (Google Ocean) 主界面



图3 中国“数字海洋”原型系统(iOcean)公众版主界面

### 参考文献

- [1] 林拓. 从上海世博会看世界城市发展的新趋向(未刊稿), 1-2.
- [2] 林拓, 沙莎. 绿色与智能: 上海世博会科技创新的两大主潮(未刊稿), 8-9.
- [3] 我国织就全球最大“水上物联网” [J]. 物流技术(装备版), 2011(6): 61.
- [4] 黄征宇. “水上物联网”驶向海洋[J]. 中国信息化, 2011(10).
- [5] 中国物联网产业发展亟须解决五大问题. 新华网, 2011(11).  
[http://news.xinhuanet.com/tech/2011-11/17/c\\_122293284.htm](http://news.xinhuanet.com/tech/2011-11/17/c_122293284.htm)
- [6] <http://news.im2m.com.cn/158/08500221712.shtml>.
- [7] 刘涛. 智能航海(I-NAV)初探(未刊稿), 3.
- [8] 晏勇等. 深海ROV及其作业系统综述[J]. 机器人, 2005(1): 83.
- [9] 赵晓光等. ROV模糊控制导航方法[J]. 信息与控制, 2002(02): 55-56.
- [10] 蒋新松, 封锡盛, 王棟堂. 水下机器人 [M]. 辽宁科学技术出版社, 2000. 11.
- [11] 冯正平. 国外自治水下机器人发展现状综述[J]. 鱼雷技术, 2005(03): 6.
- [12] K. P. Valavanis, D. Gračanin, M. Matijasevic, R. Kolluru and A. Demetriou. Control Architecture for Autonomous Underwater Vehicles[J]. IEEE Control Systems, Dec. 1997: 48~64.
- [13] T. W. Kim and J. Yuh. Development of a Real-time Control Architecture for a Semi-autonomous Underwater Vehicle for Intervention Missions[J]. Control Engineering Practice. 2004, 12: 1521~1530.
- [14] 冯正平. 国外自治水下机器人发展现状综述[J]. 鱼雷技术, 2005(03): 8.
- [15] 国家“十二五”海洋科学和技术发展规划纲要, 第一章第一节.
- [16] “908”专项渐次展开. 国家卫星海洋应用中心.  
[http://www.nsoas.gov.cn/gc/channel/detail.asp?Content\\_id=121](http://www.nsoas.gov.cn/gc/channel/detail.asp?Content_id=121)
- [17] 李四海等. 我国数字海洋建设进展与展望[J]. 海洋开发与管理, 2010(06): 43.
- [18] 李四海等. 我国数字海洋建设进展与展望[J]. 海洋开发与管理, 2010(06): 42.
- [19] 叶向东等. 构建“数字海洋”, 实施海陆统筹[J]. 太平洋学报, 2007(04): 85.
- [20] 张新等. 中国“数字海洋”原型系统构建和运行的基础研究[J]. 海洋学报, 2010(01): 158.
- [21] 中国数字海洋(公众版)主页 <http://www.iocean.net.cn/>.

## Development and Application of Urban and Ocean Intelligence

YU Yang ZHANG Yuanyuan CHENG Zhenxing

(Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062)

(International Ocean and Urban Science Institute, Shanghai 200062)

**Abstract:** artificial intelligence has become the important support for global ocean development, whose significance lies in injecting thinking abilities of forecast and simulation, urging the improvement of traditional research methods, giving composite capacity of ocean stereoscopic development in greater scope, more complex environment and more diversified main- bodies' involvement. At present, the ocean intelligence has gradually become important component of urban agent, and "organism thought" has been further deepened by Shanghai World Expo, which reflects in at least three major areas: first is the foundation for network extension and intelligent navigation of "the Internet of things on water"; second is during far-reaching exploration of the sea, unmanned probe (deep-sea robot) relied on artificial intelligence technology has gradually become a major force in international competition; third is that "digital ocean" as an ocean information and management comprehensive integration platform is applied to crack difficult problems of ocean information solitary island, information complication and enhance public ocean consciousness through cooperation construction, function integration and affinity services.

**Key words** :urban live; ocean intelligence; the Internet of things on water; far-reaching exploration probe; digital ocean