我国数字海洋建设进展与展望

李四海　姜晓轶　张　峰

“数字地球”概念提出以来，引起了世界各国的高度关注，顺应信息时代这一世界发展趋势，我国于 1999 年提出了“数字海洋”建设的设想和基本思路。2003 年 9 月，以“我国近海海洋综合调查与评价（908 专项）”启动为契机，着手开始我国数字海洋建设方案的编制工作，并从 2006 年开始，正式启动了数字海洋系统工程一期项目——“数字海洋信息基础框架构建”的建设工作。通过了解、跟踪和研究国内外数字海洋相关领域的进展，加深了对数字海洋概念的理解，在此基础上，结合我国海洋信息领域的实际情况和工程实践经验，详细论证并制定了我国数字海洋总体建设方案。数字海洋建设的内容主要包括：海洋信息获取与更新体系、数字海洋信息基础设施、海洋信息处理与管理体系、数字海洋应用和服务体系、“数字海洋”业务化运行保障体系建设等。

我国的数字海洋建设是一项涉及全国沿海省（自治区、直辖市）和国家海洋局系统各个单位的庞大系统工程。通过四年多建设，我国数字海洋信息基础框架建设已取得了一批重要成果：研究探索了数字海洋建设关键技术，为今后数字海洋的全面建设奠定了技术基础；搭建了初具规模的信息基础平台，为海洋信息的开发应用和服务提供了有力支撑；构建了基于地球球体模型的海洋信息集成与可视化系统，为海洋信息的综合集成和三维可视化分析提供了有力的工具；开发了综合管理信息系统，为海洋管理信息化工作提供了有力支持；正式发布了我国首个数字海洋公众信息服务系统——“iOcean（中国数字海洋公众版）”，引起强烈社会反响，为提高社会公众海洋意识做出了积极贡献；完成了“数字海洋移动平台”的研发，进一步为社会公众提供便利的移动信息服务；首次形成了覆盖全国沿海省市海洋厅（局）和国家海洋局系统各单位的专用网络，为有关的海洋业务化工作提供了统一的网络平台；数字海洋节点建设取得初步成效，正在开展的数字海洋整体系统总集成和业务化试运行的准备工作，将有力地促进各项海洋业

务工作的整合，建设成果将在海洋管理和信息化工作中发挥重要作用。

一、国外数字海洋发展现状

经过近十年的发展，国外一些发达国家在数字海洋相关领域，如海洋空间数据基础设施、海洋立体观测系统、海洋信息共享体系、数字海洋应用等方面，已经具备相当的规模和水平。

1. 海洋空间数据基础设施建设

“空间数据基础设施（SDI）”的概念是由美国、加拿大、英国等发达国家在20世纪90年代初最先提出的。SDI的建设开始是在国家范畴内建设和运作的，即NSDI。在美国、英国、加拿大、澳大利亚、日本等发达国家发展很快，我国在该领域的建设也取得了积极成果。“海洋空间数据基础设施”是SDI的重要内容，目前开展的国家、区域乃至全球SDI建设都十分注重海洋空间信息问题。由于海洋空间数据的特点，开展SDI建设的国家都对其进行专门研究。1998年，美国在SDI方面开展的16个框架示范项目中就有多个项目涉及海洋水文数据库、海洋管理、海洋多源数据融合等内容。

2. 海洋立体监测与数据获取

在海洋立体监测和空间数据获取方面，各国都在竞相发射系列海洋卫星和兼有海洋观测功能的多种资源与气象卫星，已经积累了海量的海洋卫星遥感数据。全球海洋观测系统（GOOS）已建立了海洋与气候、海洋生物资源、海洋健康状况、海岸带监测、海洋气象与业务化海洋学等5个GOOS发展领域，初步形成了由海洋卫星、各类浮标和沿海台站组成的全球业务化海洋学系统。

值得指出的是，欧美发达国家在海底观测方面也迈出了领先一步。美国和加拿大从2002年开始，联合开展“海王星”（Neptune）计划，在东北太平洋建立海底观测网，该信息传输网被形象地称为“信息水龙带”。该计划完成后将进行水层、海底、地壳的长期连续实时观测约25年。加拿大海王星网已于2009年7月3日正式启动，2009年12月18日，加拿大“海王星”海底观测有线局域网中使用了“瓦力”机器人等海底探测设备。在海底铺设局域网并使用“瓦力”这样时刻在线的探测设备为海洋研究、地震监测和海底油气勘探开辟了全新视野。以往为完成同样的任务，科学家们只能使用系缆浮标或者动用昂贵的探测船只，而且收集数据的时间也很有限。欧洲、日本等国家也制定了相应的海底观测计划。

3. 海洋数据处理

在海洋科技领域方面，美国、俄罗斯和日本等世界海洋强国十分重视海洋数据收集、处理、质量控制、数据融合、信息产品开发和可视化技术的研发。综观其发展状况和发展趋势，海洋观测监测和数据处理手段已向综合性立体方向发展，不仅在硬件技术上体现出其业已成熟，更主要是相配套的以软件为支撑的数据处理能力亦大幅度提高，并充分利用先进的IT技术和通信技术，增加海洋数据的预处理功能和存贮能力。

4. 海洋信息共享

在海洋信息共享方面，随着互联网的迅猛发展，建立在空间数据基础设施之上的空间信息共享变得越来越广泛，可以覆盖整个国家、地区乃至全球。信息共享的内容也越来越丰富，从元数据到卫星图像、航空照片、基础地理图和专题图等，几乎无所不含。

5 . 数字海洋研究与应用

在数字海洋研究方面，美国于2006年初开始进行大规模的“数字海洋原型系统”研究计划，其研究领域包括海岸带管理、防灾减灾、海洋渔业、海洋油气4个方面。

在数字海洋应用及产品方面，目前比较领先和有影响力的产品是Google公司推出的Google Earth。Google公司继2005年成功推出Google Earth之后，于2009年初推出了Google Ocean。Google Ocean是在Google Earth的基础上增加了海洋信息内容，主要包括：旅游景区、冲浪区、沉船地点、海底地形、水面模型、海岸线变迁对比等内容，可查询海洋环境、海洋生物、海洋调查、海洋科普等相关海洋领域的信息，为用户提供了虚拟的海洋世界。

二、我国数字海洋建设进展

从国外建设情况可以看出，发达国家非常重视数字海洋信息基础设施的建设，进而为数字海洋在各领域的深入应用奠定了坚实的数据基础。我国根据海洋工作的实际情况，本着统筹规划、分步实施的原则，首先启动了数字海洋信息基础框架构建工作，目的是为我国数字海洋建设奠定数据基础、技术基础和应用基础，为数字海洋的全面建设探索和积累经验。自实施以来，各项工作有序推进，项目进展顺利。信息基础平台、海洋综合管理信息系统、数字海洋原型系统、节点建设以及总集成工作已取得一批阶段性成果；实现了全部节点的网络

互联，并开展了节点建设成果的集成，实现了信息交换与共享；通过多次举办技术培训班，加强了与各节点的沟通和技术交流，有效推进了节点建设工作。

为了及时总结数字海洋建设经验，高效率、高质量地开展数字海洋工程建设，更深层次地研讨数字海洋技术与应用，已组织召开了两届中国数字海洋论坛，正式发布了 iOcean– 中国数字海洋公众版系统（www.iocean.net.cn），多位院士和相关领域高层次专家出席论坛，为我国的数字海洋建设出谋献策，共谋发展大计。目前，主要阶段性成果体现在以下几个方面：

1. 标准规范制定

数字海洋建设是一项跨地区、跨学科的大型工程，是在国家信息化建设的统一部署下，按照数字海洋总体规划，立足于数字海洋建设实践，条块结合、联合共建、信息资源共享的一项系统工程。在这一系统工程中，确保有效地开发与利用信息资源和信息技术，确保信息化基础设施建设的优质高效和信息网络的互联互通，确保各信息系统间的互操作和信息的安全可靠，是数字海洋建设所面临的关键问题。解决这些问题必须首先抓好标准的制定和应用工作。

在数字海洋建设之初，就着手研制了数据标准化处理、数据库建设、数据交换、产品制作与制图、信息系统建设等系列规程和规范，为数字海洋建设的规范化奠定了基础。其中，《908 专项调查要素分类代码和图式图例规程》《海洋环境基础数据库标准》《海洋综合管理专题数据库标准》等技术规程，已在专项工作中得到应用，并已列入行业标准转换计划。

2. 信息基础平台建设

① 基础数据库建设

已完成对相关历史调查资料的整合处理，并提取相关信息，经标准化处理纳入到数字海洋基础数据平台，为数字海洋提供丰富的历史资料数据源，并为产品制作提供数据。

对 908 专项获取的水体资料、海底资料、专题调查资料、遥感调查资料等进行了标准化处理和数据库建设工作；设计制定了海洋水文、气象、化学、生物、地质等数据的处理流程、质量控制规范，并开发了相应的质量控制软件，并在专项资料处理工作中得到了应用；利用海底地形调查资料制作了高分辨率的海底地形高程模型；收集处理了专项调查中的卫星遥感、航空遥感资料，并对已收集的资料进行了拼接、调色和切割处理，生成正射影像，生产了海岸带区域的数字地形数据。

上述基础数据经标准化处理后进入到基础数据库，形成数字海洋的框架性数据，是各类产品开发和应用的基础。

② 专题数据库建设

专题数据是应用服务方向明确，直接为专题应用服务的数据。主要包括：海洋经济专题库、海岛专题库、海域专题库、海洋环保专题库、海洋执法专题库等。

③ 海洋专题信息产品库建设

结合数字海洋原型系统及海洋综合管理系统应用需求，利用 908 专项资料和已有海洋环境基础资料，开发了中国近海潮汐潮流预报产品，水位、海流和风暴潮数值预报产品，海平面上升影响评价与适应信息产品，遥感监测基础信息产品，海洋环境要素数值再分析产品，三维温、盐、流数值预报信息产品，并实现了在数字海洋原型系统球体上的叠加显示与信息查询。

④ 数据仓库建设

数据仓库是数字海洋建设的基础。采用成熟的数据仓库技术和先进的互操作技术，统一处理海量、多源、异构的海洋信息，实现多级海量海洋数据的高效存储和管理，为原型系统和海洋综合管理系统及产品制作提供基础数据支撑。

数据仓库实体包括标准数据集、基础数据库、专题数据库、产品库 4 个组成部分。目前已经完成数据仓库实体创建、数据仓管管理系统、数据仓库服务系统的开发建设工作。

3. “数字海洋”原型系统研发

数字海洋原型系统是在对大量海洋基础数据和产品进行整合、融合与集成管理的基础上，形成的一个信息集成与展示基础平台，它集成了业务系统产生的专题数据、各种专题信息产品和部分海洋计算模式，并基于三维球体模型，利用三维可视化技术、动态仿真技术等，对这些信息进行空间分析和动态、直观的可视化表达，并可以实现多类信息的综合查询。

数字海洋原型系统分为管理版、公众版和手机移动平台 3 个版本。管理版主要面向“数字海洋”专网内的用户，公众版主要面向社会公众，移动服务平台主要面向管理人员和社会公众。

①“数字海洋”原型系统（管理版）

数字海洋原型系统（管理版）利用可视化、虚拟现实等技术，实现对各类海洋信息及海洋现象的动态表达和模拟，为海洋管理和科学研究提供一个基于三维地球球体模型的管理、研究和决策平台。

目前数字海洋原型系统（管理版）集成了基础信息以及海域管理、海岛海岸带、海洋灾害、海洋环境、经济资源、海洋执法、极地大洋等多个专题的信息内容，并集成了较为专业的数据分析模型和可视化功能模块。

② iOcean 中国数字海洋（公众版）

2009 年 6 月 12 日正式发布的“iOcean 中国数字海洋公众版”（www.iocean.net.cn）是基于数字海洋的最新研发成果和广泛收集的大量海洋科普资料，面向公众的信息发布系统，表现形式较为生动，内容较为丰富，通过新颖的形式和丰富的内容，宣传数字海洋建设成果，普及海洋知识。“iOcean 中国数字海洋公众版”包括海洋实事新闻、海洋调查观测、数字海底、海岛海岸带、海洋资源、探访极地大洋、海洋预报、海上军事、海洋科普、虚拟海洋馆等 10 个主题版块、35 个二级版块。发布以来，已实现安全稳定业务化运行，目前正在持续更新内容，不断完善功能服务。

③ iOcean@touch 移动服务平台

数字海洋移动服务平台（iOcean@touch）是基于手机的 PDA 信息发布系统，侧重信息发布的时效性和实用性，用户可以随身、随时、随地了解重大海洋事件和国内外海洋最新形势，查询各类海洋信息，起到信息助手的作用，成为信息“掌中宝”。通过在智能手机或掌上电脑上实现海洋相关信息的移动服务，使接收信息更方便、更快捷。目前，已开发了包括新闻时讯、海水浴场预报、沿海地区天气预报、沿海旅游、海水浴场、海洋法律法规、海浪预报、海冰预报、风暴潮、海洋科普等 10 个模块，具有完善的用户权限功能。

4. 海洋综合管理信息系统开发

为了充分发挥数字海洋信息基础平台的作用，结合海洋管理的实际应用需求，在用户需求调研基础上，设计开发了包括海域管理、海岛管理、环境保护、海洋经济、海洋执法、防灾减灾、海洋科技等多个子系统的海洋综合管理信息系统。依据用户需求和详细设计方案，目前已完成整合框架和系统基本功能的开发，系统具有操作简便、用户配置灵活、综合查询、二三维联动等功能特点。

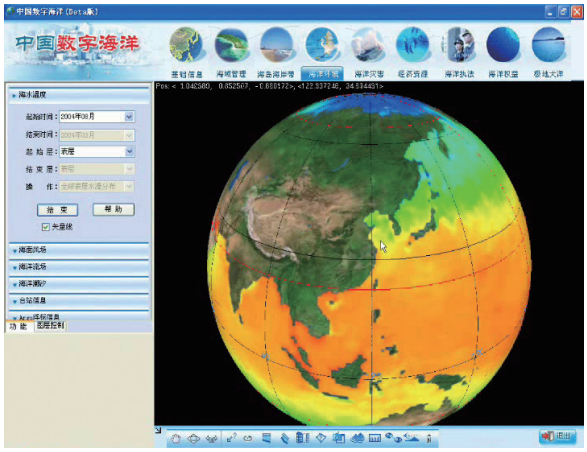

图 1 原型系统管理版界面

图 2 IOCEAN 界面

图 3 iOcean@touch 系统界面

5. 数字海洋主干网络和节点建设

数字海洋主干网络建设涉及国家海洋局系统节点及省级节点共计 24 个，目前已完成了全部节点的网络连通，各节点完成了软硬件环境建设、网络建设与运行、

数据整合处理与建库、产品制作、特色系统开发等工作，初步实现了节点间的信息共享。

6. 数字海洋系统总集成和运行控制中心建设

系统总集成是基于数据和服务总线，形成整体集成框架，通过单点登录、统一身份验证及统一界面管理，实现数据仓库、海洋综合管理系统、原型系统以及节点建设成果等的一体化集成。运控系统实现对国家级、省级节点设备的工作情况、数据流程、网络运行状态的实时或准实时监控，实现系统的一体化集中管理和控制。

目前，数字海洋国家主节点已完成国家数据主中心一期软硬件环境建设，主要配置了数据仓库服务器、存储局域网及磁盘阵列、原型系统数据库服务器、综合系统应用服务器、原型系统应用服务器等，初步形成了“数字海洋”信息基础框架开发与运行平台。

图 4　数字海洋运行控制中心

三、发展展望

综上所述，目前我国数字海洋建设取得了明显进展，但与国外发达国家相比，仍然存在相当大的差距，主要表现在：数据获取体系和能力建设仍明显不足，还不能有效保障数字海洋的信息来源；我国自主的数字海洋技术体系仍很不完善，亟须通过引进和吸收加强自主创新能力；数据处理和信息挖掘与应用能力薄弱，海洋数据分析和应用模型、海洋要素和海洋过程的多维动态可视化表达等，还不能很好地满足海洋科研、管理和决策的需要等。

数字海洋建设是一项长期的具有战略性和前瞻性的系统工程，数字海洋系统是海洋信息化的核心平台。在今后工作中，要在吸收和借鉴国内外相关领域工作经验的基础上，积极开展数字海洋发展战略规划研究，结合我国海洋工作实际，谋划具有我国特色的数字海洋建设之路，尽快缩短与国外的技术差距；研究建立海洋信息资源管理、服务机制，以数字海洋为基础，搭建起通畅的海洋信息交换共享服务渠道，实现数字海洋系统的业务化运行；全面实施数字海洋系统工程，将数字海洋作为一项战略性任务加快推进，保证其持续稳定发展；拓宽宣传渠道，扩大影响，逐步推广，使之在为海洋各项工作和社会公众提供信息服务方面发挥越来越重要的作用。