

# 我国数字海洋信息基础框架建设进展

张 峰，金继业，石绥祥

（国家海洋信息中心数字海洋重点实验室）

20 世纪 90 年代末提出“数字海洋”的概念以来，我国海洋科技工作者开展了大量的数字海洋技术理论研究工作。2003 年，随着国家“908”专项的启动，作为我国数字海洋一期建设工程，数字海洋信息基础框架建设全面展开，经过多年的不懈努力，取得了一系列重要的建设成果，初步搭建完成数字海洋信息基础框架，为我国数字海洋系统工程全面建设打下了坚实基础。

1998 年，前美国副总统戈尔首次提出了“数字地球”概念，数字地球是指以地理坐标（经纬网）为依据，将地球自然属性信息与社会属性信息数字化，并提供立体显示与多维分析的地球技术系统。数字海洋是数字地球的重要组成部分，它通过集成海量、多分辨率、多时相、多类型的海洋观测与监测等数据及其分析算法和数值模型，运用 3S（GPS，RS，GIS）技术、数据库技术、网络技术、科学视算、虚拟现实与仿真等技术手段构建一个虚拟的海洋系统。通俗地讲，数字海洋是利用现代信息技术，收集和处理海量的海洋数据，形成多样化的信息服务产品，把现实海洋世界数字化，装入计算机而形成的信息系统。数字海洋系统以数字化、可视化等方式，通过计算机实现对海洋现象和过程的虚拟表达，展现真实海洋世界的各种状况，再现海洋的过去、预现海洋的未来，从而促进和提高人类对海洋的客观认识，为海洋的可持续发展提供信息支撑服务。

数字海洋是一项庞大、复杂的信息化系统工程。建设数字海洋需要总体规划，有计划、有步骤地分阶段实施，需要先期开展标准规范的建设，强化信息资源的整合，搭建信息基础框架，在此基础上，全面推进数字海洋建设。为此，在 2003 年国务院批准并实施“我国近海海洋综合调查与评价”专项（908 专项）中，专门设立了“数字海洋信息基础框架构建”项目（908-03 项目）。我国数字海洋信息基础框架项目建设的目标定位为：制定完善海洋信息标准体系，按照统一标准处理整合“908”专项调查资料和历史海洋数据，搭建数字海洋基础信息平台，奠定数字海洋信息基础；开展关键技术研发，建设数字海洋原型系统，实现现实海洋的动态可视化表达，奠定数字海洋技术基础；开发数字海洋综合管理和公众服务系统，开展数字海洋特色服务系统的尝试应用，奠定数字海洋应用基础，从而为今后我国数字海洋的全面建设打牢基础。

## 1 国外数字海洋领域发展现状

经过十余年的发展，国外一些发达国家在数字海洋相关领域，如数字海洋基础设施建设、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。

### 1.1 数字海洋基础设施建设

数字海洋基础设施是数字海洋建设发展的基础，主要包括信息基础设施和空间数据基础设施。信息基础设施是指高速计算机通信网络基础设施，即信息高速公路。美国在 1993 年正式提出建设国家信息基础设施——信息高速公路。目前跨国界计算机信息高速公路的建立，不仅大大缩小了时间与空间的距离，而且改变了人类的思维、工作、生活方式。近年来，计算机网络通信技术是世界上发展最快的前沿技术之一。在交换技术、数字和数据通信技术发展基础上，计算机网络技术和信息通信技术关系进一步密切结合。网络通信技术的发展，为数字海洋建设创造了前所未有的信息传输和交换条件。

“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，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。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。

### 1.2 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。欧洲、日本等国家也制定了相应的海底观测计划。

### 1.3 海洋数据处理

在海洋信息处理与加工方面，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,更重要的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。

#### 1.4 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,各国政府、组织、科研机构甚至企业团体纷纷从战略利益和管理的角度出发制定了大量的信息共享标准、规范、管理办法等。在技术角度方面,近几年先后推出了 XML、GML 技术、网格计算技术、云计算技术等。这些技术不仅能够有效促进和实现海洋数据和信息资源的交换和共享,而且能够实现软硬件资源、服务资源的共享。海洋信息资源共享范围覆盖至整个国家、地区乃至全球。海洋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、海洋基础地理图和专题图等。

#### 1.5 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”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。

## 2 我国数字海洋信息基础框架建设内容

根据 908-03 项目建设的目标,中国数字海洋信息基础框架的建设围绕“一个平台,一个原型,一个系统”

3 项任务开展具体工作,即数字海洋信息基础平台、数字海洋原型系统和海洋综合管理与服务信息系统。其中,数字海洋信息基础平台是信息基础框架建设的数据核心和基础,主要建设内容包括标准规范、海洋数据中心、网络平台、海洋数据仓库、海洋信息更新交换体系等。

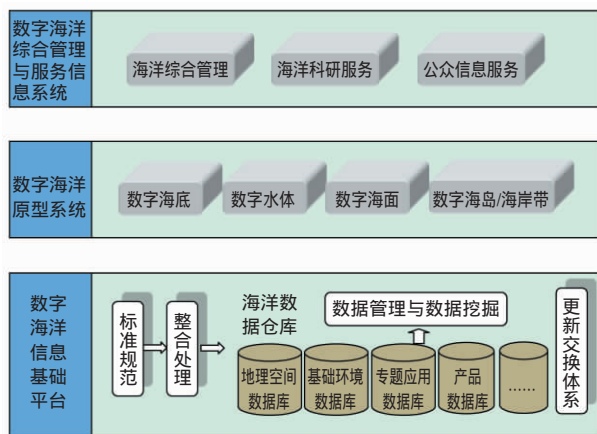


图 1 数字海洋信息基础框架总体结构

### 3 我国数字海洋信息基础框架建设进展

2003年9月,随着“908”专项的启动,开始编制数字海洋信息基础框架构建项目总体实施方案。2007年,数字海洋信息基础框架构建项目正式启动,在国家海洋局科技司和“908”专项办公室的统筹下,项目牵头实施单位国家海洋信息中心协同数字海洋各级节点建设单位,经过4年多的努力,建成了覆盖11个沿海省(市)和所有局属单位的数字海洋专线网络,并完成了数字海洋主中心和23个分中心的建设。依托“908”专项调查、历次海洋调查以及业务化海洋监测获取的数据资料,构建了标准统一的海洋基础信息平台,并在此基础上建立了数字海洋原型系统三维可视化平台,海洋综合管理信息系统和iOcean公众服务系统,实现了数字海洋系统集成与运行控制,数字海洋信息基础框架建设初见成效。

#### 3.1 数字海洋标准规范

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。

在项目初期,便开始着手制定数据标准化处理、数据库建设、数据交换、产品制作、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。在项目牵头单位、承担单位、集成单位共同努力下,研制了6项管理制度和13项标准规范。其中,《海洋信息元数据标准》已经转化为行标;《海洋专题图要素图式图例及符号》已进入国标转化最终评审程序;《海洋环境基础数据库标准》、《海洋综合管理专题数据库标准》进入行标转化最终评审程序。

#### 3.2 海洋信息基础平台

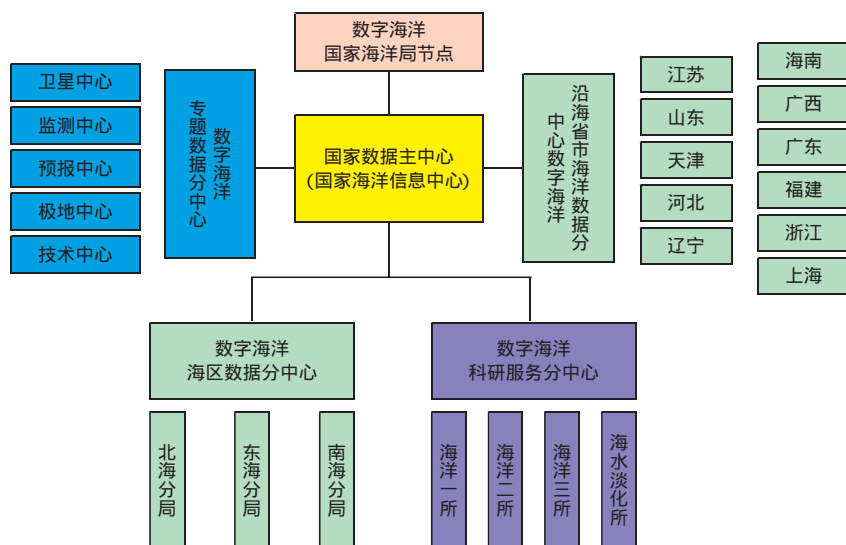
按照数字海洋相关标准规范要求,利用“908”专项调查资料、历史资料,海洋监测监视以及海洋管理等工作中获得的资料,建立起多学科、多专业的海洋数据仓库系统,建立海洋信息更新体系,实现海洋信息的整合改造、高度集成和动态更新,为数字海洋原型系统、海洋综合管理信息系统和公众服务系统等应用服务提供高效的数据和技术支撑;同时,建立了多级海洋数据中心,利用数字海洋专网,实现海洋信息的高效流通和有效共享,提高海洋信息的管理和利用效率。

##### 3.2.1 数字海洋数据中心节点建设

数据中心是数字海洋各级节点进行数据处理、存储与数据服务的核心管理平台。根据海洋业务中心、分局、研究所及各沿海省市实际业务工作特点,建设了各级海洋数据中心。包括国家海洋数据主中心、海区数据分中心、专题数



据分中心、科研服务分中心以及沿海省市数据分中心，共 24 个节点的海洋数据中心。



国家海洋数据主中心负责所有节点数据中心数据的汇集和分发服务；海区数据分中心、专题数据分中心、科研服务分中心以及沿海省市数据分中心负责本级节点特色数据的整合与管理，并与国家海洋数据主中心进行数据交换与共享。各级海洋数据中心配置大容量数据存储与交换设备及安全系统，调度、指挥、协调海洋信息的传输、存储，实现集中式与分布式相结合的国家级海洋数据仓库与省市数据库间、各级综合管理信息系统之间的信息交换，保证数据处理、管理、交换、产品制作、共享与服务，满足数字海洋系统运行需要。

### 3.2.2 数字海洋主干网建设

数字海洋主干网络依托国家网络公共基础设施，利用 SDH 数字电路专线建设。网络以国家海洋局为核心节点，覆盖 11 个沿海省(市)海洋管理部门和全部局属单位共 29 个主干节点，并建立了覆盖局属所有单位的远程视频会商系统。

数字海洋主干网作为数字海洋国家级高速公路既承担节点间数据传输、信息共享与交换任务，同时还支撑海洋监测数据传输、海岛管理数据传输、海洋应急指挥平台等业务的运行。

### 3.2.3 海洋数据仓库建设

海洋数据仓库系统是数字海洋信息基础平台的核心，通过数据仓库系统的建设和运行，实现海洋数据的统一高效管理，为数字海洋各级应用系统提供数据支撑。海洋数据仓库系统具备数据查询检索、统计分析、数据抽取、数据清洗、数据挖掘、目录服务等主要功能。包括基础数据库、专题数据库、整合数据库、数据集市、产品数据库、元数据库等几部分。

#### ①基础数据库

主要包括海洋环境基础数据。海洋环境基础数据库由海洋水文、海洋气象、

海洋物理、海洋化学、海洋生物、海洋地质、海底地形和海洋地球物理等 8 大类数据。其数据库模式与标准数据集文件格式基本对应，是数据集文件的关系化存储。

#### ②专题数据库

海洋专题数据库是在海洋基础数据库和产品数据库的基础上，通过综合分析、融合处理等多种技术手段，面向实际应用需求建立的若干专题数据库。主要包括基础地理遥感、海域管理、海岛管理、环境保护、海洋防灾减灾、海洋经济与规划、海洋执法监察、海洋权益、海洋科技管理等专题。海洋专题信息数据库是综合管理信息系统的主要数据基础。

#### ③整合数据库

基础数据库中按照调查手段组织的数据（如台站数据、BT 数据）按照主题（如温度、盐度、密度数据）重新组织，形成整合数据库。基础数据库数据通过 ETL 工具进行数据抽取、清洗、转换等处理后装载到整合数据库。

#### ④数据集市

数据集市是由数据分析人员自定义、自动增量维护、针对特定领域创建的数据物理存储的视图，是按要素整合的海量海洋数据的子集。基于数据集市可以更快更好地完成数据挖掘、OLAP 等数据分析工作。

#### ⑤产品数据库

结合数字海洋应用需求，按照统一的标准规范，整合处理 908 专项调查与评价资料、业务化海洋监测资料、历史调查资料、国际合作资料以及海洋经济、海洋管理活动产生的资料，开发了基础地理、海洋遥感、海底地形、岸线修测、水文气象、海洋防灾减灾、海洋经济统计等 9 大类专题信息产品，并将之纳入海洋数据仓库中，实现了对海洋产品数据的统一管理。

#### ⑥元数据

元数据是整个数据仓库体系中非常重要的一个部分。不论是数据集文件、基础数据库、整合数据库、专题数据库还是产品库都需要元数据对这些数据进行描述。

## 4 数字海洋原型系统

数字海洋原型系统（管理版）是我国数字海洋建设的重要内容和成果。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可视化展示基础平台。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、动态仿真等技术，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。目前，数字海洋原型系统管理版包括基础信息、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、海洋权益、极地大洋等 9 个专题模块。



图3 数字海洋原型系统主界面

#### 4.1 基础信息模块

实现了近海海域、重点海域、海岛、海岸带的高精度影像、矢量和地形的三维可视化表达与定位查询。从中国近海、重点海域、海底地形等不同角度进行海洋基础信息的全方位展示。基础信息模块还集成海洋水体、海岸景观、海底地形与海洋生物的海洋场景仿真功能，真实地再现现实世界的海洋景观，增强系统的真实性与吸引力。

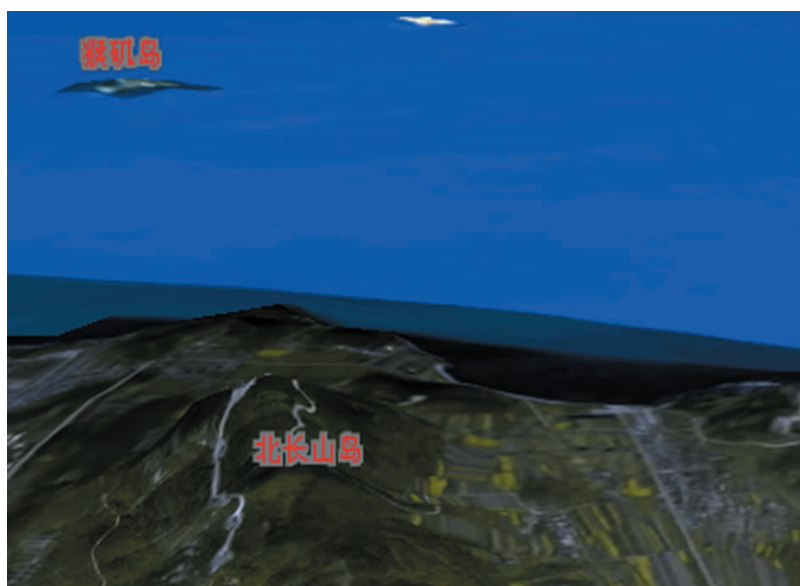


图4 北长山岛三维地形展示

#### 4.2 海域管理模块

从现状用海、历史用海、用海统计、功能区划几个方面查询与展示海域使用状况，实现对各类用海信息的查询、检索、定位以及统计分析功能。



图5 海域信息的显示与查询

#### 4.3 海岛专题模块

以历次海岛、海岸带调查数据为基础实现了海岛信息（如位置、面积、岸线长、人口等）多种条件的查询、检索、定位及海岛影像与地形的可视化显示功能。实现海岛地形与影像的三维展示。



图6 南长山岛地形叠加影像及海岛信息查询结果



#### 4.4 海洋环境模块

针对海洋环境专题，利用统计、再分析、预报等多种类型数据，以单点查询、过程曲线、颜色梯度填充、三维虚拟仿真等多种形式动态表达温、盐、密、声、流、浪、潮汐、中尺度涡等水文要素、气象要素和生物化学要素。图7为三维直角坐标系下西北太平洋海域水体的温度变化情况。

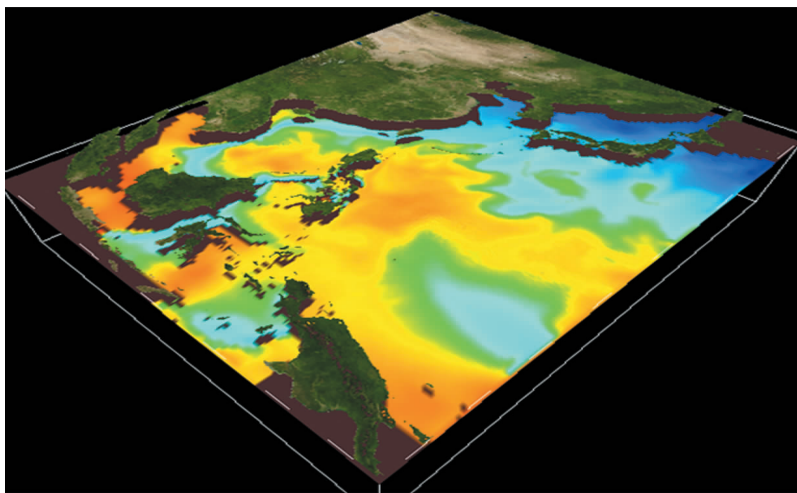


图7 海水温度可视化表达

#### 4.5 海洋灾害模块

以可视化和虚拟现实等手段模拟海洋灾害的发生过程，动态显示各种海洋灾害的历史分布状况、统计信息以及实时海洋灾害的发生和变化趋势。运用空间分析模型，结合高精度基础地理数据，分析各种灾害的可能影响范围，为海洋防灾减灾、海洋灾害预警、沿海城市资源经济开发利用提供辅助决策。



图8 台风路径动态再现

#### 4.6 海洋经济模块

针对海洋经济专题，实现了包括海洋经济统计信息、海洋资源信息、沿海人口基本情况、涉海企业名录等几大类别信息的查询统计分析以及专题图表的制作，为海洋资源开发利用、海洋经济宏观调控、海洋经济持续发展提供信息服务。

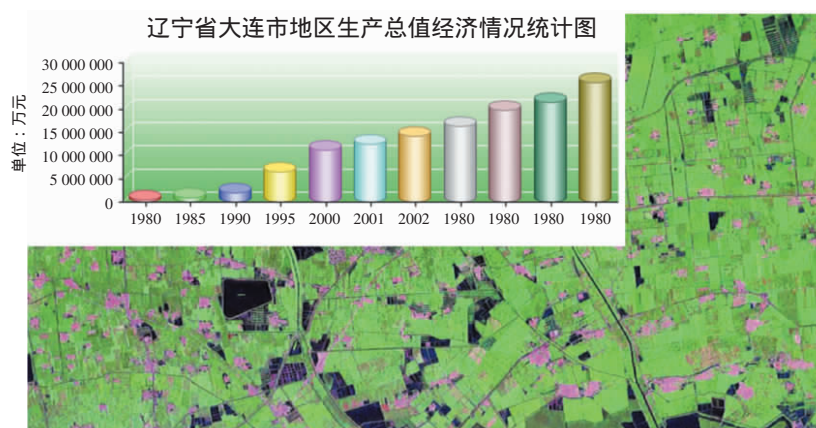


图9 历年地区生产总值经济情况统计图

#### 4.7 海洋执法模块

针对海洋执法专题，实现了包括执法机构、执法队伍、执法装备、执法基地、执法监察、执法案例、执法统计等信息查询功能，全面展示了我国海洋执法的综合实力。

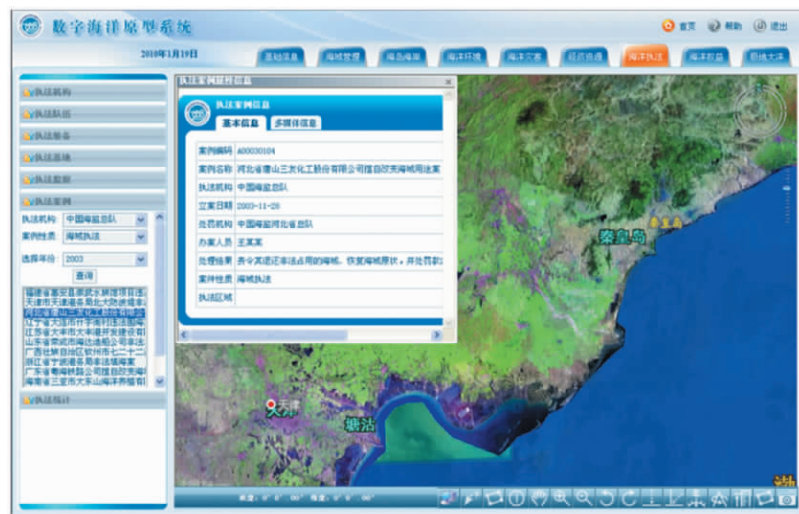


图10 海洋执法机构查询

#### 4.8 海洋权益模块

针对海洋权益信息，从政治形势、经济形势、军事形势、权益岛屿、权益案例等方面展示了我国及周边国家政治、经济、军事方面的权益信息，实现了权益岛屿地形、高精度影像浏览，概况信息和多媒体资料及相关属性信息的查询。



图 11 我国周边国家领海基线信息查询

#### 4.9 极地大洋模块

针对极地大洋专题，研发了极地考察站、航次设计、历史航迹、专题数据、极地科考等模块，实现了历次极地考察航迹信息、极地专题信息、极地考察站的展示、查询、三维景观模拟等功能。

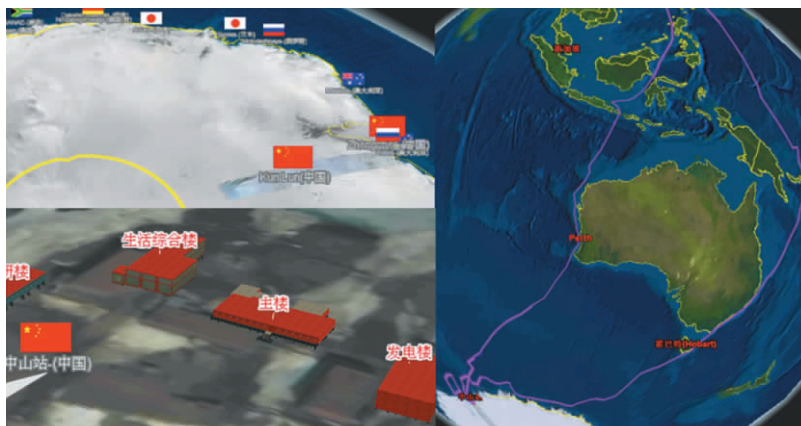


图 12 中国南极中山站实景模拟及我国雪龙号南极科考航迹路线图

## 5 海洋综合管理信息系统

面向海洋业务管理的实际需求，设计开发了海洋综合管理信息系统，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、海洋权益、海洋科技等 8 个子系统。

海洋综合管理信息系统在体系结构上由国家级和省市级系统构成。实现了统一设计、集中开发、分布部署。系统具有空间信息二三维一体化联动、图形图像数据浏览、专题信息综合查询、海洋业务办理等基本功能，并且具备基于 SOA 架构的海洋业务定制功能，能够快速搭建海洋业务，定制业务工作流程。

系统提供标准的数据传输接口和开放的集成接口，能够快速集成已有的业务系统。目前已在 17 个节点进行了系统部署，实现了 70 多个节点特色系统的集成。

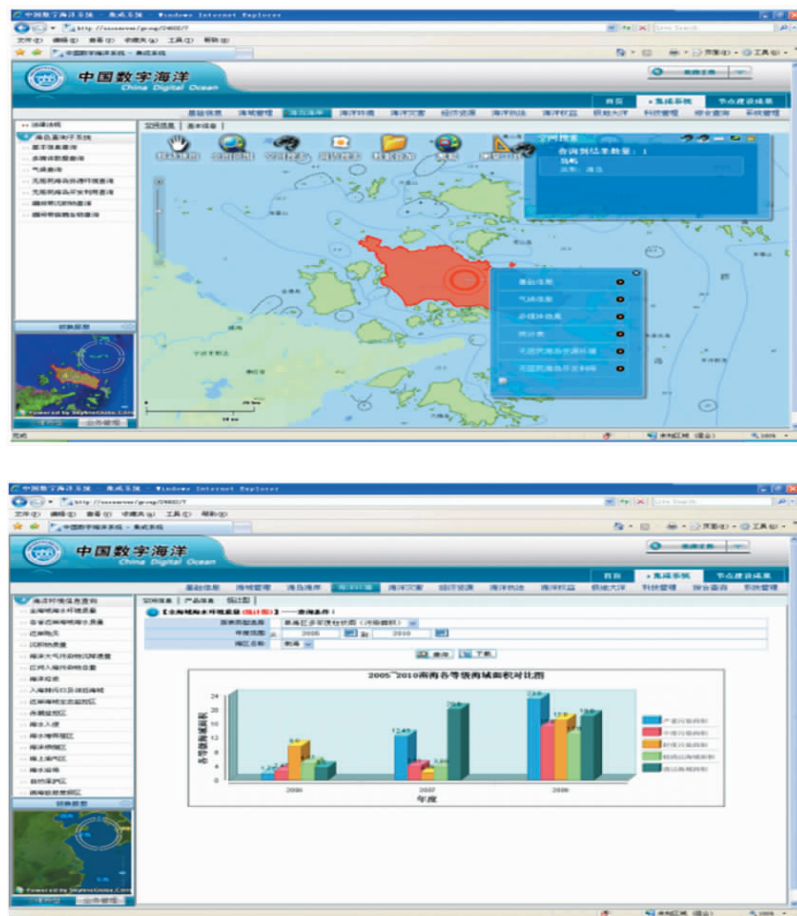


图 13 海洋综合管理信息系统界面



## 6 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)是基于数字海洋三维可视化平台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。“iOcean 中国数字海洋公众版”包括海洋时事新闻、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个主题板块、35个二级板块。系统信息内容丰富,表现形式生动,成为宣传数字海洋建设成果,普及海洋知识的重要窗口。



图 14 iOcean 中国数字海洋公众版主界面



图 15 虚拟海洋馆模块

## 7 数字海洋移动服务平台

基于 Mobile、iOS (iPhone) 和 Android 操作系统,开发完成了数字海洋移动服务平台 (iOcean@touch),实现了海洋信息的移动式服务。

移动服务平台包括新闻时讯、海洋环境质量公报、潮汐信息查询、海水浴场预报、沿海地区天气预报、海浪预报、风暴潮预报、海冰预报、海温预报、沿海旅游景点、海洋资源、海洋科普 (包括 9 个子模块)、海洋法律法规 (包括 4 个子模块)、基础地理 (包括 8 个子模块)、国际组织与机构 (包括 4 个子模块)、海洋经济动态查询、海岛、国外情报动态 (包括 20 个子模块),共计 18 个模块。



图 16 数字海洋移动服务平台

通过基于移动平台的数据采集、管理、分析、应用、更新、维护等数据资源组织管理体系,为海洋信息服务提供方便快捷的途径,为海洋工作者和社会公众增加了一条获取海洋知识、掌握海洋信息的有效途径。

## 8 数字海洋系统集成

基于数据服务总线和应用服务总线,开展数字海洋系统的用户集成、数据集成和应用集成。通过集成数字海洋信息基础框架构建项目中的各任务单元成果,实现了数字海洋原型系统 (管理版)、海洋综合管理信息系统、数字海洋数据仓库之间的有机集成。实现了 24 个节点间的系统集成,基于总线实现了节点间的数据交换共享和系统的一体化运行。

完成了数字海洋集成框架门户建设,实现了用户单点登录、统一身份认证和数字海洋建设成果的一站式访问。

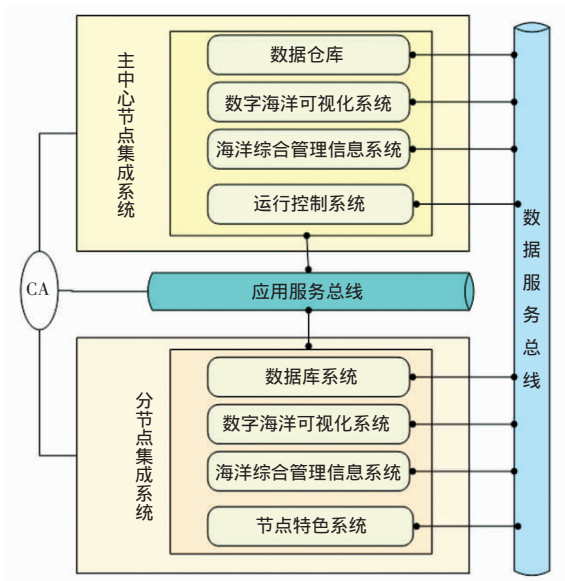


图 17 数字海洋系统集成总体架构

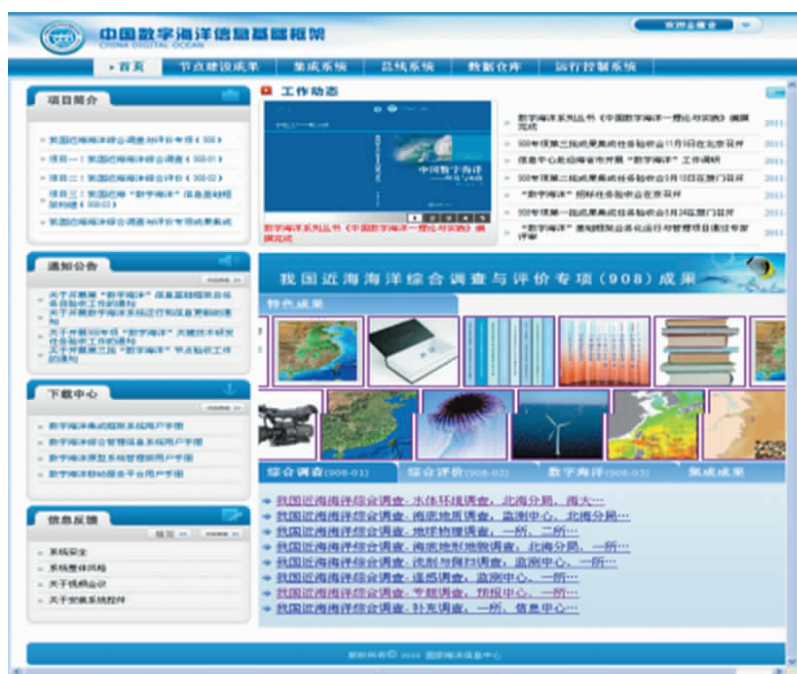


图 18 数字海洋集成框架门户

## 9 数字海洋运行控制中心

开发了数字海洋运行控制系统，建成了数字海洋运行控制中心。运控中心是数字海洋运行控制系统集中运行的场所，于 2008 年 11 月正式建成并投入运行，是集演示、控制运行、远程视频会议、应急响应等多项功能于一体的综合运控指挥中心，包括设备区、操作区、控制区 3 个功能区域。在这里通过数字海洋专线网络连接各个业务节点，通过对各级节点数据中心设备的工作情况、



图 19 数字海洋运行控制系统



图 20 数字海洋运行控制中心

数据流程、网络运行状态等进行实时或准实时监控，实现机房环境、计算机设备、系统故障报警，安全防护集中部署、统一管理，最终实现“数字海洋”系统的一体化集中管理和控制。

## 10 结 语

数字海洋信息基础框架建设迈出了我国“数字海洋”从科学概念到工程实体建设的重要一步，我国数字海洋信息基础框架建设取得了丰硕的成果。但是，我们也必须看到，就数字海洋建设和应用服务的整体水平来看，我国同国外发达国家相比仍存在较大的差距，主要体现在：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持续信息更新；我国自主的数字海洋技术体系仍不够完善，亟须通过引进和吸收加强自主创新能力；数字海洋应用体系和服务模式尚不完善，尚未形成从技术研究、产品研发、系统建设到产业化应用健全的社会化应用服务模式。

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，是当前乃至今后一段时期我国海洋信息化领域的重要工作。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，谋划具有中国特色的数字海洋建设之路；加强数字海洋关键技术研发力量投入，增强自主创新能力，尽快建立自主知识产权的数字海洋基础平台；建立健全海洋信息更新能力和机制保障，建立权威的海洋信息基础平台，搭建起通畅的海洋信息交换共享服务渠道；全面启动数字海洋系统工程，探索符合我国国情的海洋信息化建设与应用服务模式，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。