服务于海岸带环境与生态过程研究的 e-Coastal Science平台系统架构设计

侯西勇, 芦清水, 唐 诚, 刘 欣
(中国科学院烟台海岸带研究所, 烟台 264003)

摘要: 从海岸带环境与生态过程研究所面临的问题和需求角度出发, 探讨了“e-Coastal Science”科研协同平台研发的必要性、框架结构、技术路线与支撑技术。即选择海岸带水域环境监测与模拟、入海河流流域空间水文与生态模拟、资源与环境胁迫下的海岸带管理决策三个密切相关的科学问题作为“研究单元”及平台系统研发的切入点, 通过综合应用计算机科学和地球信息科学的基本理论与前沿技术, 设计包含 IT Infrastructure、GeoScience Platform和 Coastal Science Platform的三个“宏观层面”系统平台, 以及硬件平台、数据平台、模型模拟平台、协同与沟通平台和信息发布平台五个“技术单元”的系统框架, 整个系统以 Duckling1.2协同工作环境套件、ArcGIS 9.3地理信息系统为主要支撑技术, 并以专业模型工具研发及集成为技术特点。

关键词: e-Coastal Science; 计算机科学; 地球信息科学; 环境与生态; 海岸带

1 e-Science与 e-Coastal Science

e-Science的实质是“科学研究的信息化”, 是信息时代中科学研究环境和科学研究活动的典型体现。它不仅包括采用最新的信息技术 (如 Grid等)建设起新一代的信息基础设施, 更有在这种基础设施和相关支撑技术构成的平台上, 开发科学研究的应用, 以及科学家们在这样一个前所未有的环境中进行的科学研究活动。e-Science的实现将为科学家们提供一个信息化的科学研究环境, 改变他们从事科学研究活动的方法和手段, 甚至直接影响到一些学科的发展[1]。

e-Science的特点包括: 开放式的科学研究; 克服时空障碍的资源共享、资源最大限度地发挥效率; 协同式的科学研究[1]。但是, e-Science并非简单的信息技术“加”科研活动, 不只是超级计算和由此发展起来的各种计算科学、数值模拟方法, 不只是海量的数字化数据的获取、存储、处理和可视化的手段, 不只是通过网络实现远程操作、资源共享、合作研究的网格和协同工作环境, 也不只是各种信息化服务; 而是信息化技术、信息化装备、信息化系统和信息化环境 (包括人才与政策环境)与科研活动的交融与“化合”, 是信息技术渗透到科研活动中, 是在各种科研活动中系统地应用最先进的信息技术[2], 其根本目的是最大限度地缩小科学家与信息技术之间的距离, 从而提升科学研究的能力。e-Science是一种信息化的基础设施[3], 在国家层面, 较为重视网格等先进基础设施的研究与建设, 而作为科学研究工作实际承担者的科学家则更关心实用工具和方法, 特别是能在个人电脑上使用的工具[4]。e-Science适应并强化了科研过程的数字化、模型化, 以及科研组织和运作机制的网络化和协同化特征[5]。

海岸带是地球表层大气圈、水圈、岩石圈和生物圈交互作用, 并受到人类活动深刻影响的地带, 是“资源-环境-生态-人口-经济-社会”等高度复合和集中的复杂系统, 它处于陆海交接过渡地带, 但环境和生态过程既不同于大陆, 又不同于深海[6]。海岸带环境与生态过程及

收稿日期: 2008-12-25; **修回日期**: 2010-01-22
基金项目: 中国科学院“十一五”信息化专项项目 (INFO-115-D01-Z005); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (kzcx2-yw-224); 国家自然科学基金项目 (40801016)。
作者简介: 侯西勇 (1975-), 男, 博士, 主要从事土地利用/覆盖变化、海岸带信息集成、海岸带综合管理方面研究。E-mail: xyhou@yic.ac.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

其机制的特殊性、复杂性等决定了相关研究所面临的巨大挑战和困难。近年来，国际上主要是在海岸带陆 -海相互作用 (LOICZ)研究计划等的带动下，充分利用传感器技术、3S技术、互联网通信、高性能计算、数值模拟等技术，大大提高了海岸带科研信息化和协同研究的水平，并进而推动了海岸带综合研究的进展①②。我国也在不断加强海岸带相关领域的信息化研究，例如，原地质矿产部在国际合作项目的推动下开发了黄河三角洲海岸带综合管理地学信息系统（GEO-YRD-GIS)[7]；国家海洋信息中心建立了全国海岛海岸带三维可视化信息系统及“数字海洋”原型系统[1]；部分省区市基于 ArcGIS等建立的海域使用管理信息系统[8]；以中国科学院地理科学与资源研究所为代表，先后开展了中国海岸带环境遥感监测及信息系统技术集成及应用研究[9-10]、基于 WEB服务的海洋矢量场远程可视化研究[11]，并建立了基于 SOA的地球系统科学数据共享平台[12]等。这些工作都是信息技术应用于我国海岸带管理与科研的典型案例，具有里程碑式的意义。但是，与欧洲、北美等相比，我国的技术、方法、模式与信息化水平仍较落后，存在陆域和海域研究集成不足、科研数据与信息共享滞后、高分辨率时空耦合定量研究发展缓慢、长期动态研究比较薄弱、多学科交叉与协同研究滞后等问题。e-Science的实质是为科学研究的各个环节提供信息化的支撑，已经受到国内外学者的广泛关注；中国科学院为了推动我国 e-Science的发展而设立“十一五”信息化专项，开展多领域 e-Science应用示范研究，这为我国海岸带研究领域的信息化发展带来了新的契机，也提出了更高的要求。在这种背景下，本文提出“e-Coastal Science”的概念，强调了海岸带科学研究与信息化协同工作环境的有效集成与交融，同时，为突出重点，将“海岸带科学研究”聚焦为以多学科交叉集成、多时空尺度耦合为基本特点，并以海陆交汇带陆海相互作用为核心内容的海岸带环境与生态过程研究。基于这种认识，本文主要探讨海岸带信息化协同科研环境的框架结构、建设思路和技术路线等基本问题。

① http://www.loicz.org/

② http://www.nmdis.gov.cn/index.html

2　e-Coastal Science平台的框架设计

2.1　平台总体框架

设计由宏观层面、研究单元和技术单元组成的“e-Coastal Science”平台，如图 1。

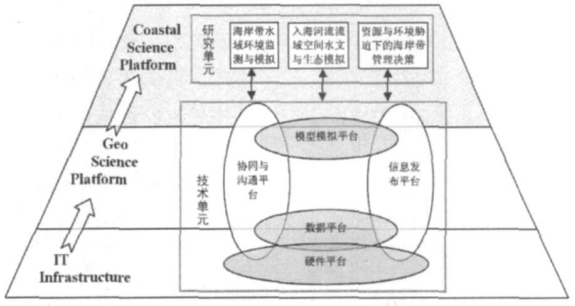

图 1　“e-Coastal Science”平台总体框架

Fig. 1　Framework for the e-Coastal Science Platform

2.2　宏观层面的集成设计

IT Infrastructure (互联网基础层)是以硬件技术、Internet和 Intranet技术等为主体的基础性通信、计算与管理平台，同时融入 WebGIS等技术，是“e-Coastal Science”平台的基础构造层。

GeoScience Platform (地球信息科学层)是在 IT Infrastructure的基础上，进一步应用地球信息科学的前沿理论与技术所建立的以设备共享、空间信息共享、专业模型工具共享等为主体功能的应用平台，强调海岸带环境与生态过程，以及相关研究领域的共性问题和通用的方法与技术，形成多领域、多学科、多方向研究的通用性、开放式和协同式科研平台。

Coastal Science Platform (海岸带科学研究层)是在前两个宏观层面的基础上，充分考虑海岸带环境与生态过程研究的特殊性与综合性而进一步开发和集成的开放式、协同式平台，直接面向专业的用户需求，并因具体研究方向或科学问题的不同而有不同的应用程序，即模型工具，因而是专业化模型工具的集成应用平台。

2.3　研究单元

研究单元最能体现 e-Science的用户需求导向性。海岸带科学研究的范畴极为广泛，即便仅是聚焦于“海岸带环境与生态过程”的领域，具体

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的研究内容也几乎是包罗万象，而且，“海岸带环境与生态过程”是一个复杂系统，具有多界面、多尺度、多层次、多过程、多学科、多视角等特征。因此，e-Coastal Science平台不可能面面俱到，必须强调研发的阶段性、示范性、针对性、代表性和可扩展性。基于这一认识，设计三个研究单元(表 1)：海岸带水域环境监测与模拟，是以海域为主体研究对象的部分；入海河流流域空间水文与生态模拟，是以陆地入海河流为主体研究对象的部分，该单元联系河口与近海，体现陆海相互作用方面的研究；资源与环境胁迫下的海岸带管理决策，是在前两个单元的基础上，对“海岸带综合管理决策与评价”的模拟研究。三个研究单元均强调 e-Science的实质，具体任务以数据集成、模型集成、协同研究和信息共享等为主；同时强调三个研究单元“以点带面”的作用，即，带动平台建设和技术研发，建成可扩展的 e-Coastal Science平台，满足研究单元或者专业模型工具的增加以及协同组织的扩展和协同研究内容的深化等。

表 1 e-Coastal Science平台的三个研究单元

Tab.1 Three research-unit of the e-Coastal Science platform

海岸带水域环境监测与模拟	入海河流流域空间水文与生态模拟	资源与环境胁迫下的海岸带管理决策
河口与近海水域水色遥感	流域地形与水文特征分析	海岸带环境现状与环境容量评价
海平面、海流、波浪与风场监测	流域土地利用/覆盖变化遥感监测	海岸带经济社会发展现状评价
海水盐度、DO等动态监测	流域水资源、水循环过程模拟	海岸带人口与经济社会发展分析
近海水环境污染事件模拟	流域土壤侵蚀与水质监测模拟	海岸带资源与环境胁迫度分析
近海赤潮监测与模拟	河口淡水与泥沙入海通量模拟	海岸带可持续发展的多目标决策
风暴潮灾害模拟	流域雨洪过程模拟与灾害评价	海岸带管理的综合评价与分析
……	……	……

2.4 技术单元

五个技术单元是“e-Coastal Science”平台的具体研发任务，具体如下：

(1) 硬件平台，是“e-Coastal Science”平台研发与实现的物理基础，主要包括数据采集与传输设备、计算机硬件系统、Internet系统硬件平台等。

(2) 数据平台，包括野外台站数据、车载或舰载观测数据、样品分析数据、遥感数据及其反演信息、模型分析数据、互联网数据等，共同构成海岸带环境与生态过程研究的基础数据库，但在平台建设初期应避繁就简，强调共性问题，例如：针对空间数据，主要依托 GIS技术建立数据集成与管理平台；针对非空间数据，构建关系型数据库管理平台。数据平台具备根据模式或应用程序需求进行数据转化和融合的功能，并具备动态元数据，追踪记录数据的转化和使用过程。

(3) 模型模拟平台，包括模型库、协同建模环境、模型集成与应用环境等，通过模型集成和应用，支持跨越空间和时间的协同科研。应突出共性问题和可操作性，例如，在 GeoScience Platform层面主要强调遥感影像处理、数据同化、尺度变换、空间分析等已经比较成熟的模型工具，而在 Coastal Science Platform层面，则主要强调三个研究单元的专业化模型工具。

(4) 协同与沟通平台，包括协同工作环境用户组织管理、数据资源管理与共享、专业模型集成与应用等功能，起到数据资源和模型资源之间以及系统平台与用户之间桥梁和纽带的作用，实现对各种资源的统一定位、调度、分配、管理和维护，直接面向于本地以及分布式的用户。

(5) 信息发布平台，是“e-Coastal Science”使用和结果展示的窗口界面，满足科研人员、科研团队甚至所有 Internet用户之间的数据共享与信息交流。

3 e-Coastal Science平台研发的技术路线

3.1 主要技术措施

由图 2，将在各种硬件设备、Internet、Intranet环境的基础上，基于 Duckling 1.2协同工作环境套件和 ArcGIS 9.3地理信息系统软件进行 e-Coastal Science平台的研发、示范和应用。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

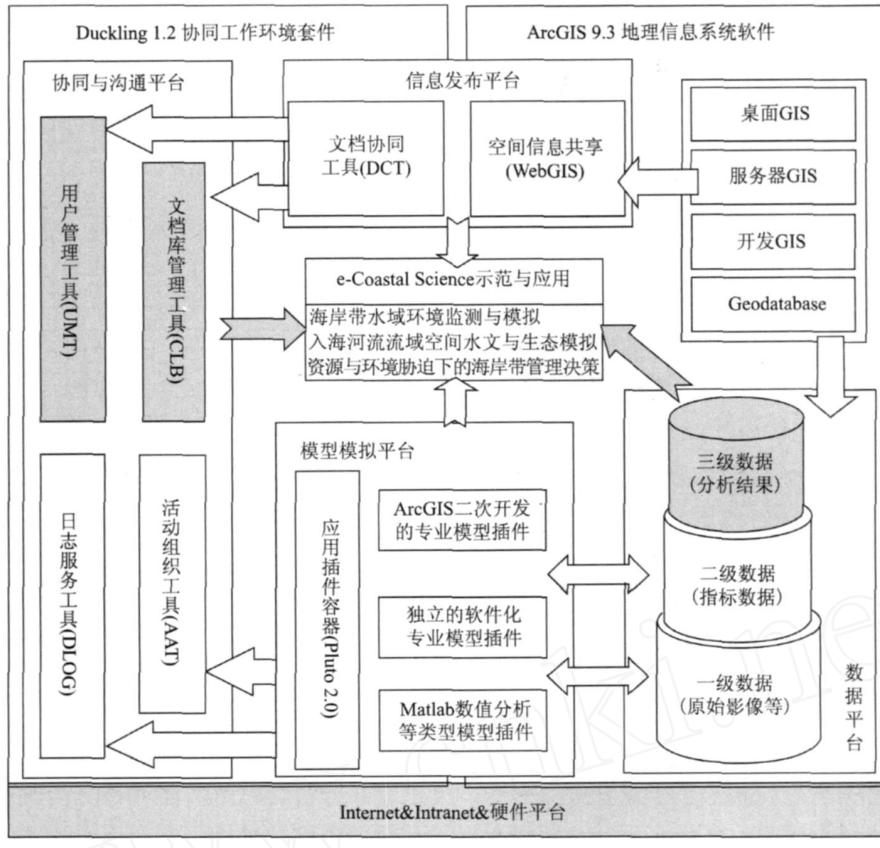

图 2　拟采取的研发技术路线

Fig. 2　Techniques adopted for developing the e-Coastal Science Platform

(1) 互联网 (广域网及局域网)及硬件平台构成系统研发和应用的基础和前提，目前，相关的技术已经比较成熟，因此，对现有较为成熟的技术进行一定的开发和集成即可满足需求。

(2) 应用 Duckling 1.2协同工作环境套件开发基本的协同与沟通平台，基本功能包括：虚拟组织管理、协同环境资源管理、协同科研活动组织、日志服务等。

(3) 基于 ArcGIS 9.3系统，结合遥感技术、GPS技术、数据库技术，构建科研数据的集成与管理平台，实现对以海量、异构、多源等特点的科研数据的分类、组织、应用与管理。

(4) 模型模拟平台。应综合应用 Duckling 1.2协同工作环境套件、ArcGIS 9.3系统，以及其他专业科研工具，例如，发挥 ArcGIS 9.3在空间数据分析方面的优势，通过二次开发得到若干专业化模型工具并集成到协同工作环境中，对独立的、开源的软件化专业模型以及 Matlab数值分析模型等进行集成，从而形成综合的模型模拟平台。

(5) 信息发布平台。空间数据可通过 Duckling 1.2的文件传递功能在科研协同组织内部进行共享和发布，也可以通过 ArcGIS系统开发的 Web-GIS平台面向 Internet用户进行更广泛的共享和发布；而非空间化的数据文件和文本文档信息也可以文档协同工具 (DCT)和 IE浏览器在两个层面得以共享和发布。

3.2　关键支撑技术

包括三方面的关键支撑技术：Duckling 1.2协同工作环境套件、ArcGIS 9.3地理信息系统软件以及专业模型工具。

(1) 支持 e-Science的协同工作环境套件 (Duckling)是专为科研团队提供的综合性的资源共享和协作平台，是由中国科学院计算机网络信息中心开发的，其核心工具集包括[①]：文档协同工具 (DCT)、用户管理工具 (UMT)、文档库管理工具 (CLB)、活动组织工具 (AAT)和日志服务工具

①中国科学院计算机网络信息中心协同工作环境研究中心. 协同工作环境套件 (Duckling) 用户手册、Duckling应用开发指南，2009。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(DLOG)。Duckling 1.2是当前的最新版本，支持多语言，并具备“应用插件定制开发框架”，可以这一框架所提供的应用插件开发机制方便、构建统一的科研协作平台，例如：与已有学科应用和科研流程整合，将其包装为学科应用插件；同时，还可以随时将新增的学科应用和科研流程进行包装，并整合到科研协作环境中。

(2) ArcGIS地理信息系统软件是当前全球最为流行的地理信息处理平台。ArcGIS是建立在工业标准上的完整的 GIS软件产品，其技术基础是组件对象模型 (COM)，包括 ArcMap、ArcCatalog、ArcToolBox、ArcScene、ArcGlobe等多个子系统。其体系庞大，但可伸缩性强，可灵活多样地满足结构定制和功能扩展，以及独立程序开发等类型的高级应用。使用 ArcObjects建成的 ArcGIS产品都为开发者提供了一个应用开发的容器[13]，包括桌面 GIS(ArcGIS Desktop)、引擎 GIS(ArcGIS Engine)以及服务器 GIS(ArcGIS Server) (图 3)。

(3) 专业模型工具。针对海岸带水域环境监测与模拟、入海河流流域空间水文与生态模拟和资源与环境胁迫下的海岸带管理决策三个研究单元，应分别筛选、集成、发展和应用前沿的专业化模型工具，如海洋环境动力学模型、入海河流分布式水文学模型、河口与近海水环境监测与模拟模型、海岸带土地利用变化模拟模型、海岸带综合管理多目标决策模型等，通过 Duckling1.2所提供的应用插件定制开发，可将这些模型进行集成，从而使其成为 e-Coastal Science协同科研环境的“上层建筑”，促进科学家与信息技术之间“零距离”与“零障碍”目标的实现，促进传统科研模式到协同科研模式的转变。在此，选取 2个典型的专业模型工具案例进行介绍：

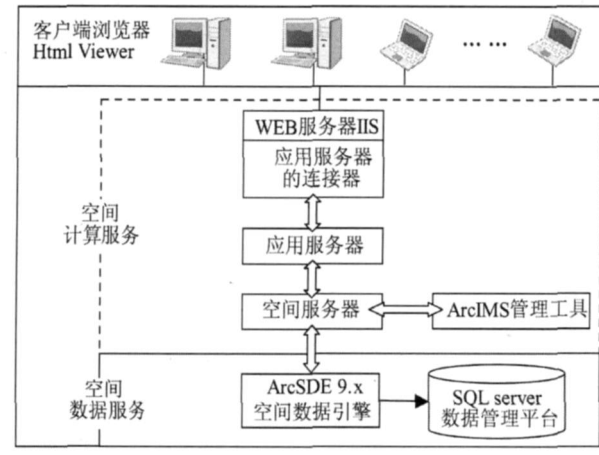

图 3 基于 ArcGIS平台的空间数据和空间计算服务

Fig. 3 Spatial data & spatial computing services based on the ArcGIS software

近海水环境污染模拟仿真，是隶属于海岸带水域环境监测与模拟研究单元的综合模型 (图 4)，其原理和框架如下：模型系统的输入变量主要包括随机事件描述、化学污染物输入、环境参数、模型设置、应急措施 5个方面，在模型 /模式中集成了水动力过程、应急过程、蒸发过程、吸附过程和降解过程 5个方面，其输出结果包括时空演化、生物效应与栖息地污染 3个方面。

海岸带管理的综合评价与分析，是隶属于资源与环境胁迫下的海岸带管理决策研究单元，往往是多学科知识与模型方法集成与融合的综合性

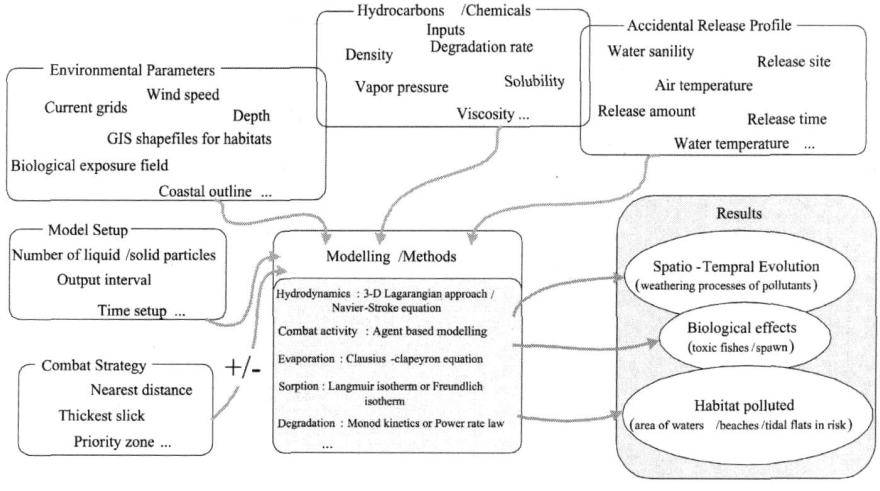

图 4 近海水环境污染事件模拟

Fig. 4 Simulation of inshore water pollution event

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

模型系统。在这方面，由荷兰 NFRAM bv和 RIKS bv共同研发的海岸带综合管理决策支持系统（$R_{AM}C_O$）[14-15]是一个良好的借鉴，其原理和框架如图5，包括3个子系统：基于 GIS的地理信息子系统，主要集成了基础设施、行政因素、环境因子和物理指标等类型的地理空间信息，用于综合评定土地利用变化的适宜性；宏观尺度子系统模型，主要对土地利用、水资源管理和经济系统进行了集成，用于分析宏观尺度区域土地资源的数量分配；像元尺度微观子系统模型，将宏观尺度资源分配信息和像元尺度适宜性信息进行集成，并通过模拟计算，将宏观尺度的资源数量分配落实到空间上，是整个模型系统的目标所在。

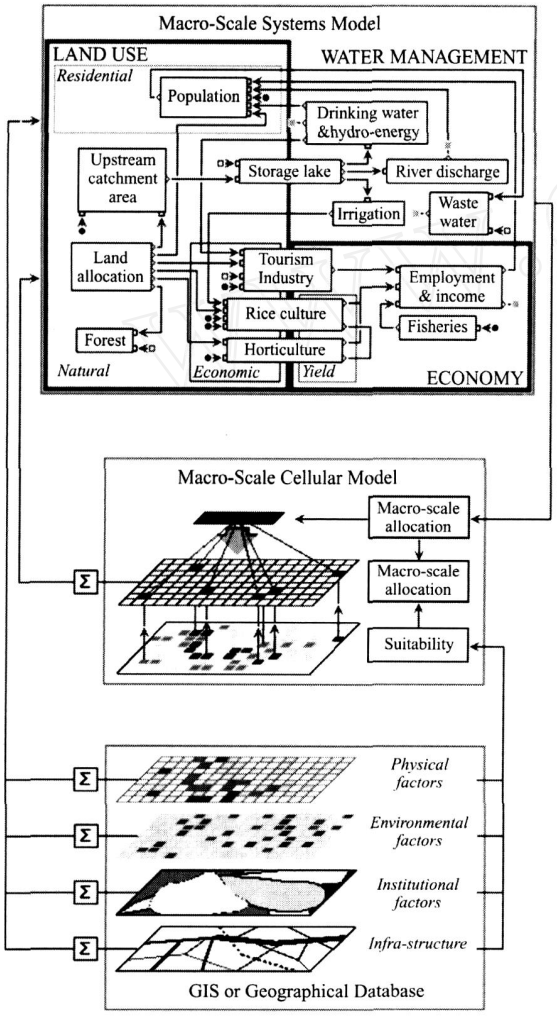

图5　$R_{AM}C_O$模型框架：海岸带管理的综合评价与分析模型示例

Fig. 5　$R_{AM}C_O$: an example of integrated assessment and analytic models for coastal zone management

4　结语

推进 e-Science发展，引领我国 e-Science应用，这是中国科学院“十一五”信息化工作的重要目标。在我国，海岸带环境与生态过程以及海岸带综合管理等方面的研究正处于由分散到集成、由部门到综合、多学科交叉融合，以及科研协同、逐步推进的过程中，本文提出“e-Coastal Science”的概念，并针对海岸带环境与生态过程研究的复杂性与综合性等特点，运用计算机科学和地球信息科学技术，设计 e-Coastal Science平台的总体框架和系统结构，包括3个宏观层面、3个研究单元和5个技术单元。在此基础上，详细探讨以 Duckling 1.2、ArcGIS 9.3为支撑技术和以专业模型工具研发及集成为特色的技术路线。通过研究，以推进对“e-Coastal Science”概念的理解和技术平台的建设，形成具有充分技术前瞻性和系统可扩展性的科研协同环境，并推进海岸带科学研究领域的“科研信息化”发展。

致谢：邢前国、唐家奎、毕晓丽、高猛、王勇、姜德娟、温小虎、李学荣、吴晓青、王刚、王秀娟、周迪等同事参加了相关的讨论，提供了非常宝贵的意见和建议，特此表示诚挚的谢意！同时，非常感谢项目合作单位中国科学院计算机网络信息中心的阎保平、南凯研究员及罗泽、杨德婷、陈娟等老师的全面技术支持。另还感谢中国科学院信息化工作领导小组办公室的大力支持，以及所提供的各种交流机会。

参考文献：

[1] 江绵恒. 科学研究的信息化：e-Science[EB]. 科研信息化技术与应用，2008(1)：8-13. http://www.cnic.ac.cn/info/detail.asp?infono=2541.

[2] 桂文庄. 什么是 e-Science[EB]. 科研信息化技术与应用，2008(1)：1-7. http://www.cnic.ac.cn/info/detail.asp?infono=2541.

[3] 姚松涛. E-Science环境下科学数据的整合与共享[J]. 现代情报，2009(5)：128-130.

[4] 李进华. e-Science环境下的科学工作流实现及其应用研究(I)——概念、架构与设计[J]. 情报科学，2009(9)：1394-1399.

[5] 张红丽，吴新年. e-Science环境下面向用户科研过程的知识服务研究[J]. 情报资料工作，2009(3)：80-84.

[6] 沈庆，陈徐均，关洪军. 海岸带地理环境学[M]. 北京：人民交通出版社，2008，1-4.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[7]张进德,何庆成,李善峰. 黄河三角洲海岸带综合管理地学信息系统(GEO - YRDGIS)[C]. //第四届 ARC/INFO暨 ERDAS中国用户大会,第四届 ARC/INFO暨 ERDAS中国用户大会论文集,北京:地震出版社,2000.

[8]张瑞林,肖桂荣,王国乾,等. 基于 ArcGIS Server的海域使用管理信息系统开发[J]. 地球信息科学,2007,9(4):80 - 84.

[9]杨晓梅,周成虎,杜云艳,等. 海岸带遥感综合技术与实例研究[M]. 北京:海洋出版社,2005.

[10]杜云艳,周成虎,苏奋振,等. 海岸带及近海科学数据集成与共享研究[M]. 北京:海洋出版社,2005.

[11]杨峰,杜云艳,苏奋振,等. 基于 WEB服务的海洋矢量场远程可视化研究[J]. 地球信息科学,2008,10(6):749 - 756.

[12]诸云强,冯敏,宋佳,等. 基于 SOA的地球系统科学数据共享平台结构设计与实现[J]. 地球信息科学学报,2009,11(1):1 - 9.

[13]刘仁义,刘南. ArcGIS开发宝典——从入门到精通[M]. 北京:科学出版社,2006,23 - 42.

[14]Uljee I, Engelen G and White R, Integral Assessment Module for Coastal Zone Management RaMCo 2.0 User Guide [C], Workdocument, Research Institute for Knowledge Systems, P. O. Box 463, 6200 AL Maastricht, The Netherlands, 1999.

[15]Nguyen T G, J L de Kok. Systematic Testing of an Integrated Systems Model for Coastal Zone Management Using Sensitivity and Uncertainty Analyses[J]. Environmental Modelling & Software, 2007(22): 1572 - 1587.

Framework of the e-Coastal Science Platform for the Coastal Zone Eco-environment Studies

HOU Xiyong, LU Qingshui, TANG Cheng, LIU Xin

(Yantai Institute of Coastal Zone Research, CAS, Yantai 264003, China)

Abstract: e-Science is about collaborations in areas of scientific research. It will change the way that scientific research is undertaken due to its fundamental goal of minimizing the distance between scientists and information technologies. At the national level, more emphasis are put on researches and constructions of grid and other advanced infrastructure, but scientists individually are more concerned with practical tools and methods that can be integrated on personal computers. The coastal zone is a very special area on the earth where the environmental and ecological processes are very different from that in inland or deep-sea, therefore the coastal zone researches have an especially strong demand for information technology. In past years, great progresses have been made by researchers at home and abroad with regard to information systems and coastal zone management systems. However, the emergence and the fast development of e-Science have not only provided a good opportunity but also pose a very serious challenge for us. It is necessary to develop the e-Science platform in order to meet the increasing needs of distributed and synergetic research activities for the coastal zone environment and ecosystem studies. Therefore, in this paper, the concept of 'e-Coastal Science' was put forward. And the principle, framework, technique route and essential techniques for the e-Coastal Science platform were talked about. In detail, a framework that consist three macro-layers, five technique-units and three research-units was designed for the e-Coastal Science platform. The three macro-layers were IT Infrastructure, GeoScience Platform and Coastal Science Platform respectively. The five technique-units were hardware platform, database platform, simulating platform, synergetic & communicating platform and data information release platform respectively. The three research-units were inshore sea area environment monitoring and simulation, hydrology and ecosystem simulation of coastal river basin, and the integrated coastal zone management respectively. To achieve the e-Coastal Science platform, a detailed and feasible technique roadmap was designed mainly based on Duckling 1.2, ArcGIS 9.3 and professional modeling tools.

Key words: e-Coastal Science; Computer Science; Geo-information Science; Environment and Ecology; coastal zone

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net