

高等教育“十三五”规划教材

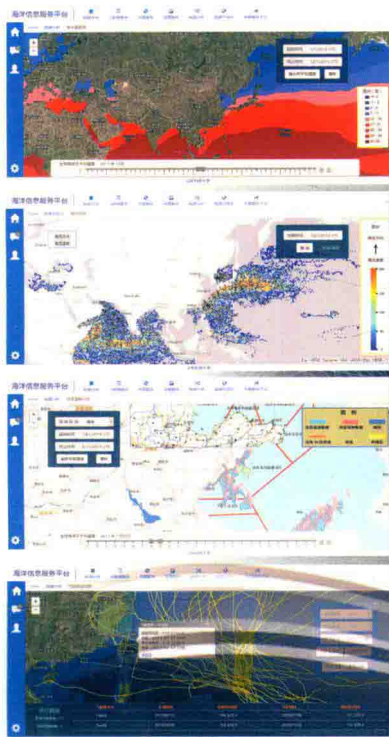


海洋地理信息系统

柳林 王怀洪 魏国忠 李万武 主编

上册

Haiyang Dili Xinxi Xitong



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

”规划教材

海洋地理信息系统

(上册)

柳 林 王怀洪 魏国忠 李万武 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本套书是作者在多年教学和科研实践中总结海洋地理信息系统的理论、方法、技术与应用的基础上编写完成的,全书共 10 章内容,分上下两册。

本书为海洋地理信息系统上册,共 5 章,主要介绍了海洋地理信息数据基础、海洋地理数据从获取到处理集成,从管理到发布共享等内容。第 1 章为绪论,主要介绍了海洋地理信息系统的概念、特点、发展现状、研究内容、功能、意义与应用领域,最后阐述了海洋地理信息系统的发展前景;第 2 章为海洋 GIS 数据,主要介绍了海洋地理空间及数据表达、海洋数据的类型和特点、海洋数据模型和数据结构、海洋数据质量和安全、海洋元数据等内容;第 3 章为海洋数据的获取,介绍了海洋数据的尺度和基准、海洋数据的获取手段和方法、海洋数据格式、海洋数据质量评定等内容;第 4 章为海洋 GIS 数据处理与集成,分别介绍了海洋数据处理方法、海洋数据编辑和变换、海洋数据重构和提取、海洋数据集成等技术内容;第 5 章为海洋数据管理与共享,分别介绍了海洋数据管理、海洋数据组织与存储、海洋数据索引与查询、海洋数据共享与发布等方法和技术。

海洋地理信息系统下册为 6~10 章,主要介绍了海洋地理信息系统的空间分析与建模方法,海洋信息可视化的理论与方法,并结合案例介绍了海洋地理信息的软件工程,最后给出作者研发的海洋地理信息教学资源平台。

本套书全面介绍了海洋地理信息系统所涉及的理论、方法、技术与应用,知识体系完整、逻辑严谨、内容丰富、实用性强。本书可供海洋测绘、地理信息科学、资源环境、遥感等相关学科和专业的教师、本科生、研究生及科研人员等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋地理信息系统. 上册 / 柳林等主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2018.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3912 - 9

I. ①海… II. ①柳… III. ①海洋地理学—地理信息系统 IV. ①P72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 037510 号

书 名 海洋地理信息系统(上册)

主 编 柳 林 王怀洪 魏国忠 李万武

责任编辑 潘俊成

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 474 千字

版次印次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 33.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

本书编写委员会

主 编：柳 林 王怀洪 魏国忠 李万武

副主编：郭 慧 张 省 韩 勇 李海鹰 阮 波

参编人员：吴孟泉 王春芝 刘丰德 王 星 赵玉梅

崔育倩 梁会议 程 鹏 宋传广 满苗苗

任 龙 刘 晓 颜 亮 酒心愿 邹 健

董水峰 王小鹏 刘沼辉 刁迎军 何 庆

李显坤 魏国芳 岳秀珍 高文建

前言

近年来,由于海洋资源开发、海洋环境保护、海洋信息管理等的需要,促使海洋地理信息系统迅速兴起;国家蓝色经济的发展策略更是加速了海洋地理信息系统的发展。海洋地理信息系统是融合了计算机技术、测绘技术、海洋地理、信息技术、数据库、图形图像处理、海图制图等技术,以海洋空间数据及其属性为基础,记录、模拟、预测海洋现象的演变过程和相互关系,集管理、分析、可视化功能于一体的面向海洋领域的地理信息系统。海洋地理信息系统是 GIS 在海洋领域的拓展和应用,是海洋科学的有机组成部分,是“数字地球”之“数字海洋”建设必不可少的组成。其将 GIS 的理论、方法和技术应用于海洋数据的管理、处理和分析中,采用空间思维来处理海洋学的相关问题,符合技术发展趋势,具有重要意义。

笔者从事海洋地理信息系统教学、科研、软件研发与工程应用多年,积累了较为丰富的海洋地理信息系统相关知识储备。2011 起主讲海洋测绘专业本科生的“海洋地理信息系统”课程,但苦于没有一本合适的教材。目前,海洋地理信息系统方面的书都属于专著,强调科研成果展现,缺乏整体海洋地理信息系统知识体系的全面介绍,不够通俗易懂,作为课程讲授的教材不甚适合。因此,编写一本海洋地理信息系统教材的想法由来已久。这次终于可以将海洋地理信息系统的理论体系和知识结构进行梳理,整理出完整的知识体系和清晰的逻辑结构,加上之前所研发的海洋地理信息系统应用案例,编撰成教材。此教材既包括 GIS 方面的基础理论知识,又包括海洋 GIS 的专业知识,可以作为没有 GIS 基础知识背景的学生学习“海洋地理信息系统”课程使用。对于海洋测绘、海洋信息管理、资源环境、海洋遥感等相关专业老师、学生与科研人员,无疑可以起到很好的参考及引导作用。

全书知识结构完整,包括了从海洋数据获取、处理到管理与共享,从海洋数据模型到数据结构,从海洋地理信息的空间分析到专业建模,从海图制图到海洋信息可视化等全部内容,不仅如此,还结合笔者研发的海洋软件系统案例介绍了海洋地理信息软件工程的相关内容,最后展示了海洋地理信息系统教学资源平台,作为海洋地理信息系统的教学资源网站,以辅助海洋地理信息系统教学工作。全书共 10 章,分为上下册。上册为 1~5 章,主要介绍了海洋地理信息数据基础、海洋地理数据从获取到处理集成,从管理到发布共享等内容。第 1 章为绪论,主要介绍了海洋 GIS 的概念、特点、发展现状、研究内容、功能、意义、应用领域与发展前景;第 2 章为海洋 GIS 数据,介绍了海洋数据的类型和特点、海洋数据模型和数据结构、海洋元数据等内容;第 3 章为海洋数据的获取,介绍了海洋数据的获取手段和方法、海洋数据格式、海洋数据质量评定等内容;第 4 章为海洋 GIS 数据处理与集成,介绍了海洋数据处理、编辑和变换、重构和提取、海洋数据集成等内容;第 5 章为海洋数据管理与共享,介绍了海洋数据组织管理、查询索引、共享与发布等方法和技术。下册为 6~10 章,主要介绍了海洋 GIS 的空间分析与建模方法,海洋信息可视化的理论与方法,海洋地理信息的软件工程,并展示了笔者研发的海洋地理信息教学资源平台。

本书可谓是作者多年海洋地理信息系统领域教学经验与科研工作的结晶。本书的编写得到山东省研究生导师指导能力提升项目、青岛经济技术开发区重点科技计划项目(2013—1—27)的资助,特此鸣谢!本书编写过程中参阅了部分文章和著作,以参考文献的形式列于文后,除此之外,还参阅了网络上的部分资源,一并致谢!

本书由山东科技大学柳林负责总体设计、定稿,并主笔第1章、第2章和第4章的编写;山东省煤田地质规划勘察研究院王怀洪、山东科技大学李万武、山东省国土测绘院魏国忠负责第3、5章的编写。山东科技大学郭慧、山东省国土测绘院张省、中国海洋大学韩勇、龙口市竞技体育学校李海鹰、辽宁猎鹰航空科技有限公司阮波参与了部分章节的编写。参与编写的还有鲁东大学吴孟泉、王春芝、赵玉梅、宋传广,青岛福瀛勘测技术有限公司刘丰德、天津大学王星、青岛大学崔育倩、平度市国土资源局梁会议、北京悦图遥感科技发展有限公司董永峰、泰华智慧产业集团股份有限公司王小鹏、清华大学任龙、龙口市教研室刁迎军、山东正元航空遥感技术有限公司何庆,济南市大地勘测基础检测中心魏国芳,青岛卓尔软件开发有限公司岳秀珍,莘县水务局高文建,以及山东科技大学的程鹏、满苗苗、刘晓、颜亮、酒心愿、邹健、刘沼辉、李显坤等。

尽管本书在编写的过程中反复斟酌,数易其稿,但由于知识更新速度及编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请批评指正。批评和建议请致信 liulin2009@126.com。也欢迎同行和高校学子致信,共同探讨海洋地理信息系统的相关问题。

柳林

2018年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 海洋地理信息系统概述	1
1.1.1 海洋 GIS 的概念	1
1.1.2 海洋 GIS 的特点	4
1.2 海洋 GIS 的发展状况	6
1.2.1 国外海洋 GIS 发展状况	6
1.2.2 国内海洋 GIS 发展状况	7
1.3 海洋 GIS 的研究内容	8
1.3.1 海洋时空数据模型	8
1.3.2 海洋数据集成处理	9
1.3.3 海洋特征提取与表达	10
1.3.4 海洋三维可视化方法	11
1.3.5 动态可视化与交互分析	13
1.3.6 海洋数据及服务标准	15
1.4 海洋 GIS 的功能和意义	17
1.4.1 海洋 GIS 的功能	17
1.4.2 海洋 GIS 的意义	21
1.5 海洋 GIS 的应用领域	22
1.5.1 海岸带开发和管理	22
1.5.2 海洋渔业管理	22
1.5.3 海洋环境监测、评价与预报	23
1.5.4 海洋地质	23
1.5.5 海洋油气	24
1.5.6 海洋综合管理	24
1.6 海洋 GIS 的发展前景	24
1.6.1 海洋 GIS 的发展方向	25
1.6.2 海洋 GIS 的应用前景	26
第 2 章 海洋 GIS 数据	28
2.1 海洋地理空间及其数据表达	28
2.1.1 海洋地理空间及特点	28

2.1.2	海洋地理空间的时空表达	30
2.1.3	海洋时空数据表达方法	32
2.2	海洋数据的类型和特点	32
2.2.1	海洋数据的类型	32
2.2.2	海洋数据的体系结构	34
2.2.3	海洋数据的特点	35
2.3	海洋数据模型	37
2.3.1	基于陆地 GIS 的传统时空数据模型	38
2.3.2	传统时空数据模型的优缺点	41
2.3.3	面向海洋环境的时空数据模型	41
2.3.4	面向对象的海洋时空数据模型	47
2.4	海洋数据结构	59
2.4.1	传统陆地 GIS 数据结构	59
2.4.2	海洋 GIS 数据结构	61
2.5	海洋数据质量与安全	69
2.5.1	海洋数据质量问题	69
2.5.2	数据质量控制	72
2.5.3	海洋数据质量控制	75
2.5.4	海洋环境监测数据质量控制	76
2.5.5	海洋数据安全	77
2.6	海洋数据元数据	79
2.6.1	海洋数据元数据的概念	79
2.6.2	海洋数据元数据的应用	82
2.6.3	海洋测绘元数据	83
2.6.4	海洋核心元数据	84
第 3 章	海洋数据的获取	85
3.1	海洋数据获取的尺度和基准	85
3.1.1	海洋数据获取的时空尺度	85
3.1.2	海洋数据测绘基准	87
3.2	海洋数据获取的手段与方法	91
3.2.1	海洋卫星遥感	92
3.2.2	海洋自动观测	97
3.2.3	海洋现场观测	100
3.2.4	ARGO 全球海洋观测网	102
3.3	海洋数据的来源与数据格式	105
3.3.1	海洋数据的来源	105
3.3.2	海洋数据的格式	110
3.3.3	海洋数据的异构性	114

3.4 海洋数据质量评定	119
3.4.1 海洋遥感数据质量评定	120
3.4.2 海洋实测数据质量评定	121
3.4.3 海洋数值产品质量评定	121
3.4.4 海图数据质量评定	121
3.4.5 海洋调查统计数据质量评定	122
3.4.6 文档数据质量评定	122
第4章 海洋GIS数据处理和集成	124
4.1 海洋数据处理方法	124
4.1.1 统计分析方法	124
4.1.2 图像处理方法	132
4.1.3 GIS数据处理方法	135
4.1.4 数学原理和方法	135
4.2 海洋数据编辑	138
4.2.1 数据编辑概述	138
4.2.2 几何编辑	138
4.2.3 拓扑编辑	141
4.3 海洋数据变换	143
4.3.1 坐标转换	143
4.3.2 几何变换	147
4.3.3 投影变换	149
4.3.4 尺度变换	152
4.4 海洋数据重构	156
4.4.1 海洋数据结构转换	157
4.4.2 海洋数据压缩	165
4.5 海洋数据提取	172
4.5.1 数据插值概述	172
4.5.2 空间插值方法	175
4.5.3 海洋特征提取	181
4.6 海洋数据融合与集成	182
4.6.1 海洋遥感数据融合	182
4.6.2 海洋多源信息融合	184
4.6.3 数据集成概述	185
4.6.4 基于本体的数据集成	193
第5章 海洋数据管理与共享	200
5.1 数据库与海洋数据管理	200
5.1.1 数据库概述	200

5.1.2	空间数据库	204
5.1.3	海洋数据库	209
5.2	海洋数据组织和存储	217
5.2.1	数据结构与数据组织	217
5.2.2	矢量数据组织和存储	222
5.2.3	栅格数据组织和存储	230
5.2.4	海洋数据组织和存储	239
5.3	海洋数据索引和查询	244
5.3.1	海洋数据索引	244
5.3.2	空间数据查询	256
5.4	海洋数据共享与发布	269
5.4.1	海洋数据共享	269
5.4.2	海洋数据发布	275
参考文献		279

第1章 绪 论

1.1 海洋地理信息系统概述

海洋是地球生命的发源地,对自然界和人类文明社会的进步有着巨大的影响,人类社会发展的历史进程一直与海洋息息相关。海洋约占地球表面积的 71%,拥有丰富的生物资源、矿产资源、动力资源等人类发展所需的重要资源,它是全球生命支持系统的一个基本组成部分和实现可持续发展的宝贵财富。随着社会快速发展,环境的恶劣破坏和陆地资源的加速消耗,出现了人口膨胀,能源、粮食和水等资源的危机问题,陆地不堪重负,人们将目光转向了海洋这个自然资源宝库,使得海洋上升为国际竞争和开发的重点领域,成为人类获取生存与发展的第二空间。

近十年来,由于航空航天遥感器、自动浮标以及多波束回声仪等海洋相关技术的发展,使得海洋数据量急剧增加。面对海量数据存储、管理、维护、访问、快速分析与显示制图挑战,地理信息系统作为对空间位置相关的数据进行采集、存储、管理、分析、显示和应用的支撑技术,日益显示出在海洋空间信息处理方面的重要性。面对海洋的时空动态特性对地理信息系统(Geographic Information System, GIS)提出的新挑战,海洋地理信息系统(Marine Geographic Information System, 以下称为海洋 GIS)应运而生。

海洋 GIS 是在海洋测绘、海洋水文、海洋气象、海洋生物、海洋地质等学科的研究成果的基础上建立起来的面向海洋的地理信息系统。它融合了计算机技术、信息技术、数据库、图形图像处理、海图制图等技术,以海洋空间数据及其属性为基础,记录事物之间的关系和演变过程,集显示和分析功能于一体。海洋中的各类信息比较大,时效性要求比较高,因此,应针对不同问题,建立所需的海洋数据库,通过系统集成技术,将各个子系统有机地结合成大系统,实现信息处理与图像处理相结合的分析和决策支持。可以说海洋 GIS 是海洋科学的有机组成部分,是“数字地球”之“数字海洋”建设必不可少的组成部分。所以海洋 GIS 将 GIS 的方法和技术应用于海洋数据的管理和处理中,采用空间思维来处理海洋学的相关问题,符合技术发展趋势,具有重要意义。

1.1.1 海洋 GIS 的概念

1.1.1.1 地理信息系统概念

地理信息系统(GIS),这一术语最早是 1963 年由 R. F. Tomlinson(图 1-1)提出的,是以土地利用作为发端。GIS 属于交叉学科,侧重点不同其概念也不同,很多学者从不同侧面给出 GIS 的定义。最简单的概念认为 GIS 是全方位分析和操作地理数据的数字系统。陈述彭先生认为:“GIS 是用于采集、存储、管理、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机

系统,是分析和处理海量地理数据的通用技术。”龚健雅院士认为:“地理信息系统是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它是以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关的数据的计算机空间信息系统。”汤国安教授认为:“它是一种特定的十分重要的空间信息系统,是在计算机硬、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。”美国学者 Maribeth Price 提出:“在实践术语中,GIS 是一套计算机工具,允许人们操作与地球特定位置紧密关联的数据,其功能与用途的复杂度远不止于制图,实际上是采用地图数据进行工作的一种数据库,是由硬件和软件构成的集合体。”美国学者 Kang-tsung Chang 简洁地定义了 GIS:“地理信息系统是用于采集、存储、查询、分析和显示地理空间数据的计算机系统。”吴信才先生认为:“地理信息系统是在计算机软、硬件支持下,以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的地理分布数据及与之相关的属性,并回答用户问题等为主要任务的技术系统。”华一新给出的概念:“地理信息系统是综合处理和分析地理空间数据的技术,是采集、存储、管理、分析和描述各种与地理分布有关的数据的信息系统。”吴秀芹给出的概念为:“地理信息系统是在计算机硬件、软件系统支持下,对研究现实世界(资源与环境)的现状和变迁的各类空间数据以及描述这些空间数据特性的属性进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。”马驰给出的概念为:“地理信息系统是在计算机软件、硬件技术的支持下,对整个或部分地球表层的地理分布数据进行采集、存储、管理、分析以及再现,以提供对规划、管理、决策和研究所需信息的空间信息系统。”

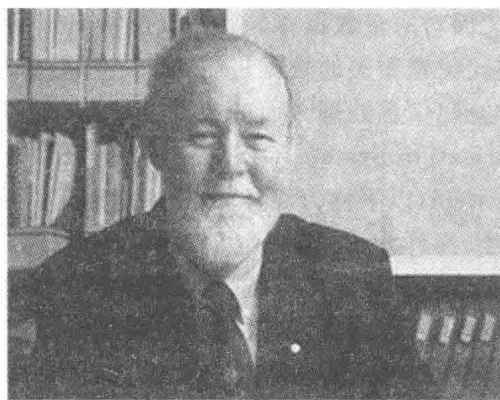


图 1-1 加拿大测量学家 R. F. Tomlinson

在此,从 GIS 应用角度给出较全面的概念:GIS 是以地理空间数据库为基础,在计算机软硬件的支持下,对与空间相关的数据进行采集、处理、存储、管理、操作、空间分析、显示和输出,并采用专业地理模型提供地理信息和知识,为复杂的规划、管理和决策服务而建立起来的计算机技术系统。

此外,对“GIS”中“S”的不同解析,地理信息系统也产生不同的析义,如下所示:

S→System GIS→Geographical Information System,地理信息系统

S→Science GIS→Geographical Information Science,地理信息科学

S→Service GIS→Geographical Information Service,地理信息服务

三种 GIS 的解析同时反映了 GIS 发展的不同阶段。GIS 最初是从地理信息系统开始,

即由应用需求而产生的专业应用系统;随着应用的深入急需 GIS 相关的理论作为应用支撑,于是专家学者们开始思考 GIS 的相关理论问题,地理信息科学应运而生,2013 年 GIS 本科专业也由地理信息系统正式更名为地理信息科学;随着信息化时代的到来,GIS 应由政府、科研机构等“官方”飞入“寻常百姓家”,GIS 逐渐转向以位置服务为代表的空间信息服务领域,于是 GIS 便成为地理信息服务。

德国《地理信息系统》杂志封面如图 1-2 所示,据此 GIS 为 Globe、Image、Satellite,可以解析为全球、影像分析与卫星。

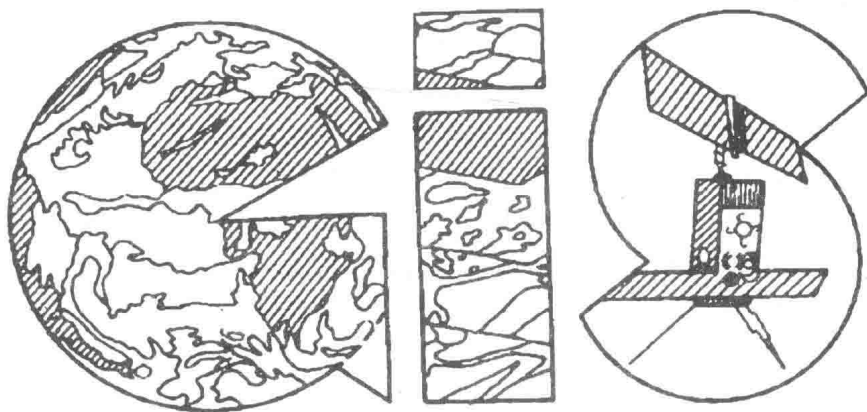


图 1-2 GIS 新释义

1.1.1.2 海洋 GIS 概念

海洋 GIS 是传统 GIS 向海洋应用领域的扩展,但由于海洋的动态性和时空过程性的特点,使其和一般的 GIS 应用领域不同,所以逐渐成为一门独立的科学。最初的海洋 GIS,是从海洋应用系统角度给出的,是对海洋观测数据和信息进行管理、处理及可视化的平台。从科学或学科的角度给出海洋 GIS 的概念:海洋 GIS 是为海洋工作者提供适合海洋学相关分析和研究的工具和平台,以处理海量数据,提取有价值的信息,并通过对海洋信息的分析、综合、归纳、演绎及科学抽象等方法,研究海洋系统的结构和功能,揭示并再认识海洋现象的各种规律的科学。

海洋 GIS 把海洋客观世界抽象为模型化的过程数据,用户可以按照应用的目的观测这个现实世界模型的各个方面,取得自然过程分析和预测的信息,用于管理和决策,这是海洋 GIS 的作用和意义。

不同学者从不同方面给出海洋 GIS 的概念,这些概念从某一方面反映了海洋 GIS 的特点,具有一定的意义。赵玉新认为:“海洋 GIS 是以海洋数据为研究对象,以 GIS 技术为主要支撑,能够集成、存储、管理、分析、显示和输出海洋信息,并为海洋研究和海洋应用提供决策服务的综合信息系统。”王芳等认为:“海洋 GIS 是以海底、水体、海表面、大气及海岸带人类活动为研究对象,通过开发利用地理信息系统的空间海洋数据处理、GIS 和制图系统集成、三维数据结构、海洋数据模拟和动态显示等功能,为各种来源的数据提供协调坐标、存储和集成信息等工具,其在海洋科学上的人机交互式使用可大大提高海洋数据的使用率和工作效率,并改善海洋数据的管理方式的集成系统。”南京大学蔡明理认为:“海洋 GIS 实际上

是一种以计算机为主体,对海洋数据与资料进行输入、存储、分类、查询、分析处理、运用模拟、输出的服务性与应用性相结合的信息系统。”中科院王红梅给出的概念:“海洋 GIS 是一个集成系统的概念,需要集成 GIS、数据库和结合实际应用的数字模型,对空间海洋信息进行输入、查询、分析、表达和管理等,给用户提供一个友好的人机交互环境,大大提高了工作效率。”

GIS 是海岸带资源和环境综合管理的强有力的技术手段,但它应用于海洋必须在数据结构、系统组成、软件功能等方面进行一系列改造,使之适应海洋的特点,经改造而适用于海洋的 GIS,被称为海洋 GIS。海洋 GIS 是在计算机硬件条件和软件系统的支持下,以海底、海面、水体、海岸带及大气的自然环境与人类活动为研究对象,对各种来源的空间数据进行处理、存储、集成、显示和管理,进而作为平台为用户提供综合制图、可视化表达、空间分析、模拟预测及决策辅助等服务。

在此给出海洋 GIS 较全面的概念:海洋 GIS 着重突出海洋的动态性和时空过程性,对海洋相关多源、异构、海量、动态时空数据进行采集、处理、存储、管理、操作、空间分析、动态显示、时空建模、再现与预测,以提供海洋地理数据、信息和知识等,为海洋管理、规划和决策提供服务的计算机系统,是为海洋工作者提供适合海洋学相关分析、研究、模型构建、算法实现等的空间思维方法、实现工具和平台。

1.1.2 海洋 GIS 的特点

1.1.2.1 GIS 的特点

① 具有空间性,能采集、管理、分析和输出多种地理空间信息。

② 由于 GIS 对空间地理数据管理的支持,可以基于地理对象的位置和形态特征,使用空间数据分析技术,从空间数据中提取和传输空间信息,最终可以完成人类难以完成的任务。

③ GIS 的重要特征是计算机系统的支持,可以精确、快速、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和过程分析。

在此总结出 GIS 作为对位置相关要素、相互关系和空间分布的分析系统,其特点如下:

(1) 空间位置特征

GIS 区别于其他管理信息系统(Management Information System, MIS)的主要特征是处理具有空间位置特征的数据,所以 GIS 具有空间位置特征,为地理要素、空间数据提供统一的空间定位框架,包括绝对定位框架和相对定位框架。这是采用空间思维方式处理空间问题的基础,是空间分析和空间决策的基础。

(2) 时间序列特征

时间和空间是密不可分的,GIS 不仅具有管理静态地理空间信息的特征,还具有管理动态位置信息的功能,所以其自身必须具有时间序列性。GIS 的时间序列性特征表现在对具有时间序列的地理数据的管理方法、分析模型,以及底层的动态数据模型、更高层次的地理信息动态展示等方面。

(3) 多维结构特征

GIS 正逐渐由传统二维 GIS 向三维和动态 GIS 转变,所以进行三维数据处理、三维场景展示等正成为 GIS 的新特征。GIS 的多维结构特征还表现在其可以处理和集成具有多维

结构特征的空间数据,例如对三维激光扫描数据的处理和基于此的三维建模,对实景影像的处理、全景图的制作、三维实景导航的实现等,对多维结构的属性数据的处理和建模等。

(4) 标准化特征

标准化是 GIS 的标配,是最基本的特征。从底层的数据模型、数据结构,到功能体系和系统架构等都应该标准化的。标准化是解决 GIS 的信息孤岛,实现 GIS 互操作的必经之路,也是为未来大数据时代 GIS 的共享和互联奠定基础。要彰显 GIS 的标准化特征,必须加强和推进 GIS 相关标准的完善和制定。

(5) 智能性特征

智能性特征是新时代对 GIS 的新要求。随着大数据技术的发展,基于大数据的数据探索性分析和数据挖掘技术的发展,信息系统的智能服务已经逐步并且必将取代传统信息服务。所以 GIS 不仅仅要基于原有的技术和空间分析方法提供传统的地理信息服务,更要将物联网、数据分析、云计算等先进技术融合进来,以便挖掘地理数据所隐藏的信息和知识,从而提供满足不同需求、提高用户体验度的灵性服务。

1.1.2.2 海洋 GIS 的特点

海洋 GIS 作为特定的 GIS 具有上述 GIS 的五大特点。除此之外,因为海洋 GIS 有描述和再现海洋现象的特点,所以海洋 GIS 还具有如下特点。

(1) 强大的多维数据处理能力

海洋数据是典型的多维数据,包括海底地形地貌、水体物理和化学性质、海洋生态环境、气—水结合面等研究对象,是三维甚至是四维的数据。尤其是处于海、陆、气交接带的海岸带,对人类的生存和发展意义非常重要,是环境异常敏感脆弱的复合生态系统带,也是海洋研究的热点区域。通过收集数据,对多维数据进行处理并将研究对象以立体、直观的形式表现出来,是海洋研究发展的必然趋势。所以,海洋 GIS 必须具有强大的多维数据处理能力才能更好地发挥其作用。

(2) 多源数据的同化和集成能力

沿海台站、海上浮标和调查船等实测数据,海洋渔业生产的实际记录数据,航天、航空观测的海洋遥感影像数据,采用单波速和多波速观测的海洋声呐数据等等,陆、天、海一体化观测网提供了大范围的、同步的、连续的实时海量海洋观测数据。这些海洋相关数据的观测方式不同、空间分辨率不等、时间粒度不同、格式和结构多变、来源多样、精度差异大,属于典型的多源数据。海洋 GIS 作为这些多源数据管理和分析的工具,必须具有超强的多源数据同化和集成能力。

(3) 时空过程再现的特征

传统的静态 GIS 是对地理空间“状态”的描述,时态 GIS 将时间维引入到 GIS 中,实现对动态现象的描述。海洋现象无时无刻不在发生变化,尤其是海洋的动力学特征,如潮汐、海流、海浪、海啸等,其特征不仅是动态的,而且和时空过程密切相关。已有的时态地理信息系统(Temporal Geographic Information System, TGIS)并不能很好地描述海洋的现象特征,所以海洋 GIS 必须具有海洋现象时空过程再现的特征,这需要在现有 TGIS 基础上研究新的海洋时空数据模型和海洋动态信息可视化方法等。

(4) 多功能性和模型化等特征

海洋现象的多样性和复杂性,要求海洋 GIS 具有比传统 GIS 更强的智能化程度和多功能

能性。要想将 GIS 空间分析方法及数据操作工具应用到海洋领域中,海洋现象的模型化是关键,只有通过海洋领域的专业模型才能实现海洋 GIS 的实用化。在进行海洋项目优化、海洋方案决策及管理效果预测等方面,也要应用分析、评价、预测、决策等多种海洋相关模型。

1.2 海洋 GIS 的发展状况

1.2.1 国外海洋 GIS 发展状况

海洋 GIS 的研究和应用,最早可以追溯到 20 世纪 60 年代初,以美国国家海洋测量局的航海图自动化制图发端。之后, GIS 技术、遥感技术、计算机技术等现代高新技术不断发展,为海洋 GIS 的继续发展提供了技术支持,人们越来越认识到建立合理的海洋数据体系、管理体系及综合分析体系的可行性、必要性和重要性。

1990 年,海洋学家和动态图形专家合作发表了第一篇海洋 GIS 论文,该文肯定了 GIS 在管理和显示海洋数据的重要意义,并富有远见地讨论了海洋数据的三维建模、可视化和定量分析。从此,海洋 GIS 研究进入了快速发展时期。美国、加拿大和欧洲的海洋学家和地理学家相继取得了一系列海洋 GIS 在各个领域应用的开拓性成果:1992 年,美国全球变化计划在美国国家基金的支持下,设立 RIDGE 调查计划(Ridge Interdisciplinary Global Experiments Program),利用多种仪器获取大量洋中脊地区的地质、物理、化学和生物过程数据,包括热液的喷射流和渗冒羽流的温度和化学成分;水下火山的微地貌;洋底地震的量级和深度;热液喷射口动物多样性等数据。在船上使用 GIS 实现数据的整理与存档,可以方便地访问和检索多种传感器所获数据,并对这些数据的叠加分析建立各要素之间关系。还可以利用 GIS 缓冲功能来设计航线,判断和划定声呐的探测范围,确定测点等。美国 Rhode Island 大学的海洋制图发展中心进行了 RIDGE 数据的制图。Hatcher 在此基础上首次提出并实现了比较系统和专业的海洋格网系统,并以 GRASS(Geographic Resources Analysis Support System)软件为支持,对 Narragansett Bay 的地质数据用海洋和海岸数据进行处理与制图,取得了良好的结果。受 RIDGE 计划资助,第一篇海洋 GIS 的博士论文也于 1994 年问世,其作者获得了自然地理和海洋地质联合博士学位。

在此阶段,各种处理海洋空间信息的分析软件纷纷面世,比如 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)的实时 TAO 浮标显示软件,EPIC(Executive-Process/Interactive Control)等。1993 年以 CO-ROM 发行了全球海洋影像和数据集。数据集与 Arc-View 一起发售,显示了 GIS 对海洋观测资料的空间显示与分析功能。ESRI 公司于 1991 年开始关注海洋 GIS 的应用。Universal System 有限公司则与加拿大水文服务署以及 New Brunswick 大学的海洋制图组合作,于 1992 年推出了 CARIS 海洋信息系统的前身 CARIS GIS 软件包及其配套的水文信息处理系统,系统可处理和可视化大量回声测深数据,并可制作高质量航海图。Intergraph 公司也于 1993 年以电子图信息系统 ECDIS 介入了航海制图市场。与此同时,各国纷纷利用 GIS 来处理、分析和规划各自海域,许多区域性管理组织和研究组织也开始采用 GIS 作为协同工作的平台。比如 SEAGIS 项目由挪威、德国、荷兰和英国组成,目的是给北海区的海岸带管理和规划提供一个收集、分析和分发数据的通用平

台。1997年,欧洲环境署为了对欧洲海域进行评价并提高评价的方法和工具,实施了EU-MARIS项目,建立了支持欧洲海域评估的地理信息系统原型,用于描述环境状况及其随时间的变化,以及其影响因子等等。

另外,研究论文从普通会议文集的发表到知名杂志的发表是海洋GIS研究的一个转折,许多高质量的海洋GIS论文、技术报告不断在各种会议文集上出现。Li和Sarena(1993)在Marine Geodesy杂志上发表论文阐述了GIS在陆地和海洋应用中的某些重要差别,并介绍了服务于夏威夷Big Island专属经济区开发和发展的集成系统;Mason等(1994)在I.J. GIS上发表论文,将遥感数据和海洋场实验调查数据结合起来解释中尺度(约20 km)海洋特征,并预测气候变化;Wright等(1995)发表了RIDGE的部分成果,利用GIS进行数据处理、分析和制图,由此讨论东太平洋洋中脊的地质解释;1995年由Marine geodesy杂志刊出海洋GIS研究专辑,该专辑为水深数据提出新的概念模型,用基于超图的数据结构来存储和管理水深数据,介绍了GIS用于海洋倾废和环境影响监测,提出海洋GIS与空间仿真集成的数据结构等;1996年FAO出版了《海洋渔业GIS》专著,回顾了GIS在海洋渔业中的应用,并指出了海洋渔业GIS需要突破的关键问题,如三维环境的操作、时空变化、模糊环境和统计制图等;1999年《海洋与海岸地理信息系统》专著出版,通过Internet对20多位作者所做的章节进行协调统稿,该书对海洋数据的表达、分析与可视化等方面进行了深入研究。

1.2.2 国内海洋GIS发展状况

20世纪90年代初,陈述彭院士就极力倡导海岸与海洋GIS的研究与开发,并提出了“以海岸线为基线的全球数据库”的构想。资源与环境信息系统国家重点实验室自80年代中期以来就开展GIS和遥感支持下的黄河三角洲的可持续发展研究;90年代中期,又开展了海岸带空间应用系统预研究。在“九五”期间,国家“863计划”在海洋领域的海洋监测主题中设立了“海洋渔业遥感信息服务系统技术和示范试验”专题,该专题下设三个课题“海洋渔业服务遥感信息处理技术”、“海洋渔业服务地理信息系统技术”、“海洋渔业资源评估与遥感信息服务集成技术”,并以东海渔区为研究示范区,选取了东海三种经济鱼类——带鱼、马面鲀、鲳鱼为示范研究鱼种,开发了具有自主知识产权可业务化运行的海洋渔业遥感、地理信息系统技术应用服务系统。其中,中国科学院地理所主持研究“海洋渔业服务地理信息系统技术”课题,该课题组开发了具有海洋渔业应用特色的桌面GIS系统,并进行了一系列的研究。由此,GIS的潜能已被海洋与海岸带领域所重视,人们开始将其作为平台工具构建信息服务系统,同时也发现传统地理信息理论方法与技术海洋与海岸带中应用存在先天不足,并展开了相关的关键技术研究。

随后,包括中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室、中国海洋大学、国家海洋信息中心在内的涉海科研机构投入大量的研究力量从事与海洋GIS相关的研究工作,撰写了《海洋渔业地理信息系统研究与应用》(邵全琴,2001)、《海洋地理信息系统——原理、技术与应用》(苏奋振等,2005)、《海岸带及近海科学数据集成与共享研究》(杜云艳等,2006)等一批学术著作,并在国内外发表了一系列的学术论文。同时在应用系统建设方面也取得了一些成果。2002年,苏奋振等研发了中国第一个具有自主知识产权的海洋地理信息系统软件MaXplorer(Marine GIS Explorer);2004年中国海洋大学陈戈等研发了海洋大气地理信息