

从水铊测深到海洋空间信息科学*

方兆宝^{1,2,3}, 林 琿¹, 吴立新², 石志坤³, 许益民³

(1. 香港中文大学中科院地球信息科学联合实验室, 香港;

2. 中国矿业大学测绘与土地科学系, 北京 100083;

3. 中国人民解放军 91561 部队, 广东 广州 510320)

摘 要: 简述了我国海洋测绘从测杆、水铊测深到海洋空间信息科学的发展历程, 提出了海洋地理信息系统、海洋空间信息科学、数字海洋的基本概念, 探讨和分析了海洋测绘、海洋空间信息科学与数字海洋、数字地球之间的相互关系, 指出了海洋测绘在数字化时代的重要地位与作用及其发展空间。

关键词: 海洋测绘; 海洋地理信息系统; 海洋空间信息科学; 数字海洋; 数字地球

中图分类号: P714 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) S1-0176-04

五十载犁海耕波, 跨世纪接力奋战, 共和国 300 万 km² 的万里海疆的调查测量工作已经胜利完成^[1]。我国海洋测绘经过近半个世纪来的发展, 已基本实现了全球化定位、自动化采集、数字化处理、一体化成图, 测量设备与世界同步, 测量规范与国际接轨, 测量成果达到世界先进水平, 2001 年 8 月, 第 21 届世界制图大会上, 国际海道测量组织主席安格利·萨诺先生盛赞中国海测事业取得的辉煌成就。他说: “我完全有理由相信, 中国海道测量能力已经和世界站在同一水平线上!”

然而, 美国为了进一步推进社会信息化, 抢占信息产业发展新的制高点和主动权, 前任副总统戈尔于 1998 年 1 月推出数字地球的概念和构想^[2], 亮出了美国这一近期全球信息战略的底牌。美国政府提出的“数字地球”构想引起全球各方关注, 并成为学术界热点话题。于是, 在中国, “数字北京”^[3]、“数字奥运”^[4]、“数字矿山”^[5]、“数字福建”^[6]、“数字黄河”^[7]、“数字海洋”^[8]等概念相继推出。“数字海洋”、“数字地球”概念的提出为海洋测绘事业发展提供了新的机遇和更高层次的发展前景。本文就海洋测绘的发展, 海洋地理信息系统、海洋空间信息科学、数字海洋的基本概念及其相互关系作一粗浅探讨。

1 海洋测绘发展简史

1.1 水铊、测杆测深时期

新中国成立之初, 我国海洋测绘领域几乎是一张白纸。由于没有精确海图, 新中国自行设计制造

的第一艘万吨远洋轮“跃进号”在首航日本时, 就因触礁而悲壮沉没。为了航行安全, 为了领海完整, 必须准确丈量蓝色国土。为此, 海测部队排除千难万险, 利用水铊、测杆等简易测量工具以及手摇计算机, 编制出了新中国第一期航海通告。

1.2 半自动化、模拟测深时代

20 世纪 50 年代中到 60 年代, 海测部队装备了仿德的测深 II、仿苏的测深 III 型电子管模拟记录测深仪, 定位手段主要采用后方交会法定位, 即六分仪测水平角, 三杆分度仪在测图板上展点定位。深度值在测深记录纸上量取, 潮汐数据靠人工验潮获得。依靠海测兵的智慧 and 汗水, 测量出了供解放沿海岛屿使用的准确海区资料。

70 年代, 开展了西沙领海测量, 主要靠天文定位及卫星多普勒接收机定位, 测深仪采用改造后的仿苏测深 III 型测深仪, 测深数据仍靠纸质模拟记录。国产海底地貌仪开始使用。

80 年代, 可编程袖珍计算器开始在海测部队使用, 国产 304 无线电双曲线定位仪在近海测量中大显身手。80 年代末, 从国外引进了一些先进定位仪, 例如, 在南海引进第一台 GPS 全球定位系统接收机——美国创宝 4000SSX, 实施远距离坐标差分定位, 而在东海引进阿戈无线电测距仪, 实施圆—圆定位, 解决了近海测量的高精度定位难题, 描绘了南沙第一张海图; 测清了我国沿海岛屿的数量和面积; 第二次精确测量了我国领海基点等, 填补一个又一个空白, 勾画着祖国海疆的美好蓝图。

* 收稿日期: 2003-05-24

作者简介: 方兆宝 (1962 年生), 男, 高级工程师, 博士研究生; E-mail: fzbdr@263.net

1.3 自动化、数字化的测绘时代

90年代至今,随着地球空间信息技术^[9]的成熟及其应用,海洋测绘经历了根本性的变化。海军测绘部队拥有了全球卫星定位系统、多波束测深系统、海底扫描测图及浅地层探测、海洋重力测量、海洋磁力测量、卫星遥感图像处理设备、自动验潮仪、自动制图工作站等一大批高精尖测量装备,攻克了数字海图关键技术,解决了现代海洋精密测量的多个技术难题,海洋测绘已进入全新的自动化、数字化、信息化的现代海洋测绘时代。

53年来,海测部队已完成290万km的测深里程,相当于环绕地球赤道70多周;测量岛屿6500余座,探测航行障碍物14000多个,测绘各种比例尺海图2300幅;先后有100余项海测科研成果获国家和军队科技进步奖,80多项成果填补国内空白^[1]。实践证明我国已具备海洋空间信息综合测绘能力,海洋测绘水平已跻身于世界先进行列。

2 海洋测绘、海洋地理信息系统、海洋空间信息科学、数字海洋及其相互关系

2.1 海洋测绘与海洋地理信息系统

海洋测绘主要包括在海洋范围中布设大地控制网和实施海上精确定位、海底地形测量、底质与障碍物探测、海洋工程测量、实用潮汐研究、海洋测量仪器设计、海洋地理信息系统建立与应用,以及数字海图生产与开发等^[10]。这些研究内容所涉及的学科主要有,大地测量、工程测量、航空摄影测量与遥感、制图学与地理信息系统、海洋物理、海洋地质、海洋工程、水声学、航海学、地球物理学、计算机科学与无线电通信等。海洋测绘的研究成果可以用于海洋资源开发和地球形状与地球动力学科学研究,更重要的是为海洋战场环境建设服务。海洋地理信息系统是在海洋测绘、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,记录事务之间的关系和演变过程,集现实和分析能力于一体。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 and 决策支持。利用可视化技术、虚拟现实技术,以及互联网技术,可建立海洋虚拟地理环境^[11],回放海洋的过去、展现现在和模拟未来,

可用于部队三军合成模拟海上演练。

2.2 海洋测绘与海洋空间信息科学

空间定位技术、航空和航天遥感、地理信息系统和互联网等现代信息技术的发展及其相互间的渗透,逐渐形成了以地球空间信息系统为核心的集成化技术系统。经过20世纪末二三十年的飞速发展,这些现代空间信息技术的综合发展及其应用的日益深入和广泛,促成了“地球空间信息科学(Geomatics)”的产生。

地球空间信息科学(Geo-Spatial Information Science,简称Geomatics)是以全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感(RS)等空间信息技术为主要内容,并以计算机技术和通讯技术为主要技术支撑,用于采集、量测、分析、存贮、管理、显示、传播和应用与地球和空间分布有关数据的一门综合和集成的信息科学和技术。地球空间信息科学是地球科学的一个前沿领域,以3S技术为代表,包括通讯技术、计算机技术的新兴学科,是地球信息科学的重要组成部分,是数字地球的基础。

海洋空间信息科学,是地球空间信息科学的一个组成部分,它所研究的对象是海洋空间。海洋测绘是海洋空间信息科学的一个重要分支。海洋空间信息科学建立在全球定位系统、海洋遥感、海洋工程、海洋气象、海洋地理信息系统、计算机制图与数字海图的基础上,是更高层次的海洋科学技术体系。同时它将广泛利用多媒体技术和虚拟现实技术,并将利用通讯网络与信息高速公路,采用分布式计算机和WebGIS技术,建立全国性和全球性海洋空间信息研究与海洋服务网络体系。

海洋空间信息科学不仅包含现代海洋测绘的所有内容,而且不局限于海洋测绘,体现了多学科的渗透与综合,特别强调计算机技术的应用。海洋空间信息科学不局限于海洋空间数据的采集,而是强调对海洋空间数据和信息采集处理、量测、分析、管理、存储、显示和发布的信息流全过程。这些特点标志着海洋测绘学科从单一学科走向多学科的综合;从利用船载测深系统进行局部海域数据的采集到利用机载激光测深、卫星多光谱遥感及合成孔径雷达测高等传感器实现对海洋表面、海水体、海底地形地貌及其环境的几何、物理、化学、地质等数据的采集;从单纯提供测量数据和资料到实时、准实时地提供随时空变化的海洋空间信息,将海洋空间数据和其他专业数据进行综合分析,其应用已扩展到与空间分布有关的诸多领域,如:海洋环境、海洋资源、海洋灾害、渔业、滨海城市发展等。尽

管海洋空间信息科学发展的空间很大,目前,海洋测绘仍然是研究海洋的基础。

2.3 海洋空间信息科学与数字海洋、数字地球

数字海洋,是实现数字地球战略的一个很重要的内容。美国前副总统戈尔(Al Gore)1998年1月发表了《数字地球——对21世纪人类星球的理解》的报告以后,引起世界各国的关注。中国政府和科技界已研究和制定相应的发展战略与措施,推进数字中国的发展。中国不仅发起召开国际数字地球会议,通过数字地球“北京宣言”,而且不少省区和城市提出建立数字省区与数字城市的规划,同时也提出了“数字海洋”的设想。海洋占全球面积的70%,海洋将是21世纪资源开发的主要竞争空间,海洋动力环境的变化(如厄尔尼诺现象)又是决定全球气候变化的主要控制“阀门”。所有这些工作的基础是海洋测绘,关键是在于如何有效地实施海洋空间数据采集、储存、分析、处理、发布、交流及应用,因此,数字地球向海洋测绘提出了新的挑战。

从全球来说,目前海洋的精细测绘基本上还是空白,多波束测深技术的发展加速了各国领海海底地形的测绘,但要将陆地坐标参考框架以相近的精度扩展到海洋仍存在困难;虽然沿海近海DGPS的定位精度可控制在亚米级,但远海GPS定位精度还低于5米;由于陆地高程基准不能用水准测量传递到海洋,在卫星测高技术的支持下用一个已经除掉潮汐影响的平均海面作为深度基准,精度可达米级。但广大的开阔深海的海底地形测绘不可能用船载测深仪完成,因为那样做,其测量效率实在太低。深水区用卫星测高结合重力数据(低阶或中阶重力场模型)反演海底地形,目前试验精度可达10~100 m。机载激光测深仪局限在沿海水深50 m以内浅水区,卫星多光谱遥感测深精度还没有达到实用要求。数字海洋建设,需要各海区具有不同尺度的高精度的实时的或准实时的海洋环境信息,这要求远海深海的海洋测绘技术(包括测绘精度和效率)要有新的突破。

综上所述,海洋空间信息科学为数字海洋战略的发展提供了理论、方法与技术支持。反过来数字海洋战略为海洋空间信息科学的发展提供了新的机遇,创造了更多的条件,并将对海洋空间信息科学的发展起重要促进作用。海洋空间信息科学与数字海洋战略的结合,必将推动海洋科学技术的发展,也必将促进信息社会的海洋经济发展与整个社会进步。

3 海洋测绘的发展空间

海洋测绘是数字海洋的基础,鉴于目前我国海洋测绘的现状,迎接数字海洋、数字地球的挑战,未来海洋测绘的发展应注重下面几个问题的研究。

(1) 将沿海各部门100多个验潮站统一组织GPS联测,精密确定各验潮站水位标尺零点的大地高,填补陆海相接地带重力测量空白。此举为统一陆海大地水准面,建立海洋高程基准,研究海平面变化至关重要^[12]。

(2) 尽快完成重建我国重力基本网,发展航空海洋重力测量系统,绘制高精度海洋重力异常分布图,加大力度支持对卫星测高数据的利用,为确定我国亚分米级或厘米级大地水准面作好数据储备,建立可在因特网上运行的新的重力数据库。

(3) 尽快研究我国海洋测量数据向社会开放的政策、法规和管理机制,着手建立国家级的海洋测量数据库(例如民用海图数据库、海洋重力场数据库)。

(4) 加快机载激光测深系统、卫星测高反演海底地形技术的研究,提高它们的测深精度,为远海测量作业克服技术难题。

(5) 积极探索免验潮DGPS三维海洋水深测量的理论和方法,进一步提高海洋测绘测量数据的归算精度^[13]。

(6) 充分发挥海军测绘保障中心的应有作用。

(7) 加强军民测绘部门间的有益的合作和交流(包括技术和测量成果)。

(8) 加快高科技人才培养。

(9) 积极开展能擅长测量海底地形的水下机器人研制。

参考文献:

- [1] 孙彦新,徐锋.犁波耕浪绘蓝图—海军海洋测绘部队纪事[N].人民日报,2002-12-23(6).
- [2] GORE A L. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st century <http://www.regis.berkeley.edu/rhome/whatsnew/gore-digearth.html>.
- [3] <http://www.digitalbeijing.gov.cn/searchcity/default.asp>.
- [4] <http://www.beijing-2008.org/new-olympic/olympic/2002-10-21/179.shtm>.
- [5] 吴立新.数字地球、数字中国与数字矿山[J].矿山测量,2000(3).
- [6] <http://www.szj.gov.cn/>
- [7] 马蔼乃.数字黄河与黄河信息化问题, <http://www.yrcc-design.com.cn/HotSubject/shzh/bg-07.htm>.
- [8] 刘宝银,张杰.海洋科学的前沿——“数字海洋”[J].地

- 球信息科学,2000,2(1).
- [9] 李德仁,李清泉.论地球空间信息科学的形成[J].地球科学进展,1998(4).
- [10] 梁开龙.海洋测绘与海战地理环境信息保障[J].测绘工程,2001,10(1):3.
- [11] 林珏,龚建华.论虚拟地理环境[J].测绘学报,2002,31(1).
- [12] 宁津生,晁定波.漫谈现代测绘学与数字地球.http://www.casm.ac.cn
- [13] 方兆宝.DGPS技术及其在海道测量中的应用研究[D].武汉:武汉测绘科技大学,1999.

From Sounding Lead to Marine-geomatics

FANG Zhao-bao^{1,2,3}, LIN Hui¹, WU Li-xin², SHI Zhi-kun³, XU Yi-min³

(1. Joint Laboratory for Geoinformation Science, Chinese University of Hong Kong, HongKong, China;

2. China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China;

3. The P. L. A 91561 Command, Guangzhou 510320, China)

Abstract: This paper presents the trajectory of hydrographic surveying and charting development from sounding lead to Marine-Geomatics in China. The paper also proposes the concepts and correlation of Marine-GIS, Marine-Geomatics and Digital Ocean, and shows the hydrographic surveying and charting plays an important role in the digital times.

Key words: hydrographic surveying and charting; Marine-GIS; Marine-Geomatics; digital ocean; digital earth