



2009-2010

*Report on Advances in
Science and Technology of Surveying & Mapping*

中国科学技术协会 主编
中国测绘学会 编著

测绘科学与技
术
学科发展报告

中国科学技术协会
中国测绘学会
编著

中国科学技术出版社





2009—2010

测绘科学与技术 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY OF SURVEYING & MAPPING

中国科学技术协会 主编

中国测绘学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2000—2010 测绘科学与技术学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国测绘学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2010.4
(中国科协学科发展研究系列报告)
ISBN 978-7-5046-5021-4

I. ①2… II. ①中… ②中… III. 测绘学—技术发展—研究报告—
中国—2009—2010 IV. ①P2—12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043196 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62173865 传真:010-62179148

<http://www.kjpbbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:7.75 字数:186 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:25.00 元

ISBN 978-7-5046-5021-4/P·139

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2009—2010 测绘科学与技术学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY OF SURVEYING & MAPPING

首席科学家 宁津生

顾问组成员 (按姓氏笔画排序)

王家耀 刘先林 李维森

李德仁 陈俊勇 高俊

专 家 组

组 长 宁津生 杨凯

成 员 (按姓氏笔画排序)

万幼川 王宴民 王家耀 过静珺 成毅

成英燕 刘良明 刘雁春 沈翔 张鹏

张永军 陈品祥 洪立波 秘金钟 高迎春

黄谟涛 程鹏飞 翟国君

学术秘书 易杰军

序

当今世界科技正处在一次新的革命性变革的前夜。人类迫切需要创新发展模式和发展途径,创新生产方式和生活方式,开发新的资源。这样的需求和矛盾,强烈呼唤着新的科学技术革命。而全球金融危机所带来的世界经济、产业格局的大变化,很可能会加快新科技革命的到来。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面。深入开展学科研究,总结学科发展规律,明晰学科发展方向,对促进学科的交叉融合并衍生新兴学科,继而提升原始创新能力、加速科技革命具有重要意义。

中国科协自 2006 年开始启动学科发展研究及发布活动,连续完成了每个年度的学科发展研究系列报告编辑出版及发布工作。2009 年,中国科协组织中国气象学会等 27 个全国学会分别对大气科学、古生物学、微生物学、生态学、岩石力学与岩石工程、系统科学与系统工程、青藏高原研究、晶体学、动力与电气工程、工程热物理、标准化科学技术、测绘科学与技术、烟草科学与技术、仿真科学与技术、颗粒学、惯性技术、风景园林、畜牧兽医科学、作物学、茶学、体育科学、公共卫生与预防医学、科学技术史、土地科学、智能科学与技术、密码学等 26 个学科的发展研究,最终完成学科发展研究系列报告和《学科发展报告综合卷(2009—2010)》。

学科发展研究系列报告(2009—2010)共 27 卷,约 800 万字,回顾总结了所涉及学科近年来所取得的科研成果和技术突破,反映了相关学科的产业发
展、学科建设和人才培养等,集中了相关学科领域专家学者的智慧,内容深入浅出,有较高的学术水准和前瞻性,有助于科技工作者、有关决策部门和社会公众了解、把握相关学科发展动态和趋势。

中华民族的伟大复兴需要科学技术的强力支撑。中国科协作为科技工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,应广泛集成学术资源,促进学科前沿和新学科的融合,推动多学科协调发展,广泛凝聚科技工作者智慧,为建设创新型国家做出新贡献。我由衷地希望中国科协及其所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究、学术史研究以及相应的发布活动,充分发挥中国科协和全国学会在增强自主创新能力中的独特作用,推动学科又好又快发展。

A stylized, cursive handwritten signature in black ink, likely belonging to Shi Meng, positioned above the date.

2010 年 3 月

前言

人类生活在地球上,其一切活动,包括像人口、环境、资源、灾害等人类面临的一些带有挑战性的全球性问题,无不与测绘信息有关。什么时间、什么地方,发生了什么事情,事发地点及其周围环境发生了什么变化,有什么关联,这些都是人们最为关心的问题。时间、空间、属性,这是地理空间信息(广义测绘信息)的三大要素,是人们在日常生活、工作及其他各种活动中时时刻刻都会涉及的问题。经济社会发展对测绘信息的需求也在迅速增长,测绘信息的服务方式和内容在国家信息化的大环境下也发生了深刻的变化,测绘信息化成为测绘事业发展的必然条件。正是在国家信息化建设的大背景下促使测绘信息化的发展,由此推动了测绘事业优化升级,充分发挥测绘在国家经济、国防建设和社会发展中的作用,继而催生了信息化测绘。信息化测绘最本质的内涵和特征,则是实现实时有效的地理空间信息综合服务,它是现代测绘经多学科交叉、融合后发展形成的。它能实现地理空间信息的快速获取和更新、智能化处理和一体化管理、规模化生产和网络化分发服务,并实现地理空间信息资源的融合、增值服务,使地理空间信息与技术产品社会化,为社会提供多尺度、多时相、多形式的服务。因此现阶段测绘科学技术学科的发展和趋势,主要是以 3S 技术为代表的现代测绘技术(或者说地球空间信息技术)作支撑,发展地理空间信息的快速获取、自动化处理、一体化管理和网络化服务,以此推进信息化测绘进程。信息化测绘体系建设是当前和今后一个时期我国测绘事业发展的战略任务,作为测绘科学技术学科来说,其发展既要瞄准当今国际学科发展前沿,更重要的还需适应我国信息化测绘体系建设的实际需求,要为信息化测绘体系建设提供现代测绘理论、技术和方法的支撑。

本研究报告是中国测绘学会根据中国科学技术协会自 2006 年始专项开展的“学科发展进展研究与发布活动”的精神和要求,负责编写的《2009—2010 测绘科学与技术学科发展报告》。本篇研究报告总体上分为两大部分:第一部分是综合报告,综合研究了信息化测绘体系建设问题,测绘科学技术的现代理论、技术和方法的主要内容及其发展状况,由课题组长宁津生院士牵头组织编写;第二部分是专题报告,由 5 个专题研究组成,分别论述了测绘学的 5 个分支学科在近两年的发展现状和趋势。各专题报告分别由中国测绘学会大地测量专业委员会主任程鹏飞研究员、摄影测量与遥感专业委员会主任万幼川教

授、地图学与地理信息工程专业委员会主任王家耀院士、工程测量分会主任洪立波研究员、海洋测绘专业委员会刘雁春教授与翟国君研究员等专家牵头组织编写。

“测绘科学与技术学科发展”研究项目于 2009 年 5 月经中国测绘学会召开专门编写工作会议落实,并于同年 11 月将研究报告初稿汇编后散发给约 70 名理事审查征求意见。在本项目研究中,得到我国测绘界有关高等院校、科研院所及企事业单位的专家们的热诚支持,在此一并表示衷心的感谢!

中国测绘学会

2010 年 1 月

目 录

序	韩启德
前言	中国测绘学会

综合报告

测绘科学与技术学科发展研究	(3)
一、引言	(3)
二、信息化测绘体系建设	(4)
三、测绘科学与技术的现代理论、技术和方法	(4)
四、结束语	(22)
参考文献	(22)

专题报告

大地测量与 GPS 专业进展	(27)
摄影测量与遥感专业进展	(42)
地图制图学与地理信息工程学科专业进展	(54)
工程测量专业进展	(79)
海洋测绘专业进展	(92)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Advances in Science and Technology of Surveying & Mapping	(107)
---	-------

Reports on Special Topics

Advances in Geodesy and GPS progress	(110)
Advances in Photogrammetry and Remote Sensing	(110)
Advances in Cartography and GIS	(111)
Advances in Engineering Surveying	(111)
Advances in Hydrography and Nautical Cartography	(112)

综合报告

测绘科学与技术学科发展研究

一、引言

20 世纪以电子计算机技术为核心,以网络技术为标志的现代信息科学技术的不断进步和迅速发展,拉开了人类进入信息时代的序幕,给整个世界带来了翻天覆地的变化。世界各国都把加速信息化进程视为新型发展战略,将不断提高信息资源的共享水准和利用水准确定为国家信息化发展的本质。这里应特别强调的是,对信息资源的组织、开发和利用是信息化的出发点和落脚点。当今,信息化已经成为人类社会经济发展的关键因素。这场由新技术革命引发的伟大变革正在对国家的政治、经济、文化、教育、科技和军事等各个领域产生难以估量的影响。现在,我国正处于国家信息化大潮之中,企图通过推进信息化,促进现代化,加速我国经济社会发展。正是国家信息化建设促进测绘信息化的发展,由此推动了测绘事业优化升级,充分发挥测绘在国家经济建设和社会发展中的作用,继而催生了信息化测绘。

当今世界,许多全球性问题,如人口、环境、资源、灾害等已成为人类面临的具有挑战性的突出问题。人口的增加,需要有相应的良好生存条件;环境污染,造成人类生存环境变化和生态破坏,需要实时生态环境监测、调查、评估和治理;资源耗失,造成资源紧缺,需要完整可靠的资源探测、合理开发和科学利用;灾害频发,造成人民生命财产损失,需要及时准确的灾害预报、应急指挥、抢险救灾和灾后重建。人类生活在地球上,其一切活动,包括上述这些问题,无不与测绘信息或者说地理空间信息有关。什么时间、什么地方、发生了什么事情,事发地点及其周围的环境发生什么变化,有什么关联,这些都是人们最为关心的问题。时间、空间、属性,这是地理空间信息(广义测绘信息)的三大要素,也是人们在日常生活、工作及其他各种活动中时时刻刻都会涉及的问题。经济社会发展对测绘信息的需求也在迅速增长,测绘信息服务的方式和内容在国家信息化的大环境下也发生了深刻的变化。测绘信息化成为测绘发展的必然条件。

面对这样的新形势和新要求,胡锦涛总书记适时作出了“加快遥感、地理信息系统、全球定位系统、网络通信技术的应用以及防灾减灾高技术成果转化和系统集成”和“加快信息化测绘体系建设”的重要指示,同时《国务院关于加强测绘工作的意见》和《全国基础测绘中长期规划纲要》也明确提出要加快信息化测绘体系建设的任务。信息化测绘最本质的内涵和特征就是实现实时有效的地理空间信息综合服务,它是现代测绘经多学科交叉、融合后发展形成的,它能实现地理空间信息的快速获取和更新、智能化处理和一体化管理、规模化生产和网络化分发服务,并实现地理空间信息资源的融合、增值服务,使地理空间信息(测绘信息)与技术产品社会化,为社会提供多尺度、多时相、多形式的服务。因此现阶段的测绘科学技术学科的发展现状和趋势,主要是以 3S 技术为代表的现代测绘技术(或地球空间信息技术)作为支撑,发展地理空间信息的快速获取、自动化处理、一体化管理和网络化服务,以此推进信息化测绘的建设进程。

二、信息化测绘体系建设

为了贯彻落实党中央、国务院指示精神,推进测绘信息化进程,全面提高测绘保障能力和服务水平,2008 年国家测绘局委托中国测绘学会组成课题组研究制定《信息化测绘体系建设纲要》。纲要提出信息化测绘体系是指地理空间信息获取、处理和服务等测绘业务流程信息化的具体体现,是测绘事业转型发展的重要标志。这个体系主要由现代化的测绘基准体系、基础地理信息资源体系、地理空间信息的实时化获取体系、地理空间信息的自动化处理体系和地理空间信息的网络化服务体系 5 部分组成。充分利用现代高新技术、加快建设信息化测绘体系,大力推进测绘信息化进程,是测绘事业适应国家信息化建设的紧迫任务和重要内容,也是实现测绘事业又好又快发展的基本要求和必要途径,对于提高测绘公共服务水平、促进地理信息产业发展,建设服务型测绘、开放型测绘、创新型测绘,切实提高测绘保障能力和服务水平,具有十分重要的意义。纲要对信息化测绘体系建设制订的目标是:到 2015 年,测绘科技进步取得突出成效,技术装备水平大幅提升,信息化测绘基础设施全面改善,测绘生产力水平显著提高。建成较为完善的全国统一、高精度、动态的现代化测绘基准体系,现势性好、品种丰富的基础地理信息资源体系,基于航天、航空、地面、海上多平台、多传感器的实时化地理空间信息获取体系,基于空间信息网格和集群处理技术的一体化、智能化、自动化地理空间信息处理体系,基于丰富地理信息产品和共享服务平台的网络化地理空间信息服务体系,测绘保障服务更好地满足全面建设小康社会和构建社会主义和谐社会的需要。

信息化测绘体系建设是当前和今后一个时期我国测绘事业发展的战略任务。对测绘科学技术学科而言,它的发展既要瞄准当今国际学科发展前沿,更要适应我国信息化测绘体系建设的实际需求,为信息化测绘体系建设提供现代测绘理论、技术和方法的支撑。所谓地球空间信息技术,包括了卫星导航定位技术、卫星重力探测技术、航空航天遥感技术、地理信息系统技术、现代通信技术、计算机网络技术和虚拟现实技术等。前四种技术真正属于现代测绘技术的范畴,后三种则是在建设信息化测绘体系时需要交叉和融合的相关学科。

三、测绘科学与技术的现代理论、技术和方法

(一) 卫星定位测量

1. 现代测绘基准建设

原子频标和现代大地测量观测技术(如 VLBI、LLR、SLR、GPS、DORIS)的发展使天文观测和空间大地测量的观测精度得到迅速提高。高精度的观测必须有高精度的理论模型所定义的基准与之相对应。作为经典力学基础的牛顿时空及引力理论已经越来越难以满足高精度观测的要求,爱因斯坦创立的广义相对论已经成为或者正在成为描述时空和物质运动的理论基础。

现代测绘基准(又称地理空间信息基准),是确定地球空间信息的几何形态和时空分布的基础,是反映真实世界空间位置的参考基准。现代测绘基准作为最重要的测绘基础设施,规定了大地测量的起算基准,包括定向和尺度标准及其实现方式,它由大地测量系统及其相应的参考框架所组成。其中,大地测量系统规定了大地测量的起算基准和尺度标准及其实现方式,而大地测量参考框架是大地测量系统的具体实现。大地测量参考系统包括坐标系统、高程系统深度基准和重力系统。与上述大地测量系统相对应,大地测量参考框架有坐标(参考)框架、高程(参考)框架和重力测量(参考)框架三种。

时间基准是科学研究和工程技术等方面的时间参考基准,它由时间系统和相应的时间框架所构成。时间系统规定了时间测量的参考标准,包括时刻的参考标准和时间间隔的尺度标准。时间系统也称为时间基准或者时间标准。频率基准规定了“秒长”的尺度,任何一种时间基准都必须建立在某个频率基准的基础上,因此,时间基准又称为时间频率基准。时间系统框架是在某一区域或全球范围内,通过守时、授时和时间频率测量技术,实现和维持统一的时间系统。

我国一直沿用分开独立建立的平面基准和高程基准。这是一种经典的、非地心的、区域的、静态的大地测量参考系统,其参考框架是国家天文大地网和国家精密水准网所组成的2+1维大地测量参考框架。这种参考框架已难以满足当今长距离跨地域、各种大型工程建设、现代军事以及地学领域研究等方面的高精度空间定位测量的需要。为此,我国近年来一直致力于现代测绘基准基础设施建设,取得了重要进展。经过两年的努力,基于现代理念和高新技术手段的新一代大地坐标系已进入实用性阶段。经国务院批准,我国自2008年7月1日起启用2000国家大地坐标系(简称CGCS2000,即China Geodetic Coordinate System 2000),参考框架是2000国家GPS大地控制网,并规定2000国家大地坐标系与现行国家大地坐标系的转换、衔接过渡期为8~10年。现有各类测绘成果,在过渡期内可沿用现行国家大地坐标系,2008年7月1日后新生产的各类测绘成果应采用2000国家大地坐标系。这说明我国的平面测绘基准,2000国家大地坐标系不仅有明确的定义,而且具有高精度的参考框架,现在正由参心坐标系向地心坐标系转化。

在现代测绘基准中的高程基准,除了建立新的一等精密水准网点作为高程参考框架外,还可利用厘米级精度水平的(似)大地水准面将GNSS测定的大地高转换成正(常)高,借助(似)大地水准面形成全球统一的高程基准,以此代替几何水准测量所建立的高程参考框架。这就要求确定厘米级精度(似)大地水准面的理论和方法不断改进和完善,用于实际计算的各种观测数据不断丰富。与高程基准相关的深度基准,则是规定一个固定的海水面作为深度的参考面,把不同时间测得的深度都化算到这一参考水面上。在我国沿岸海域采用理论最低潮位,内陆水域采用设计水位。深度基准同高程基准的联系通过验潮站水准联测来实现。

我国重力基准的参考框架仍采用2000国家重力基本网。但为了适应信息化测绘的需要,必须对此网进行改造,新增适量国家重力基准点,特别要重点考虑我国西部重力空白区的重力控制点的建设。

随着各种现代大地测量技术的相互融合,现代测绘基准的发展趋势是几何量和物理量能通过不同的模型有机地结合起来,而不是目前的分类描述,即利用全球大地测量参考

框架建立高精度几何平面基准,再利用全球大地水准面建立高精度物理高程基准。将来的研究方向则是在全球多种现代大地测量技术支撑下,如 GNSS、VLBI、SLR、DORIS、海洋验潮以及卫星重力等,将会实现真正意义上全国统一、高精度、地心、动态、几何—物理一体化的测绘基准。全国统一,指国家、陆海统一;高精度,指坐标框架的相对精度达到 10^{-8} 量级以上;地心,指大地测量参考系统定义为地心坐标系;动态,指测绘基准包含了时间概念,即点位是时间的函数,具有速度场;几何—物理,指借助现代大地测量技术相互融合,实现全国(全球)包含几何和物理意义的统一测绘基准。

5.12 汶川地震波及范围广,震级烈度高,地表破坏严重,测绘基础设施损毁程度极其严重。据统计,灾区损失一二等天文点 86 点, GPS A、B、C 级点 254 点,一至四等三角点 10379 点,一至四等水准点 10698 点,一至四等水准路线 64376km,基础测绘设施损失总计约 1.09 亿元。原有维护测绘基准的国家平面及高程系统、城市坐标系的控制点几乎损毁殆尽,因此由地面标石维持的基准完全不具备抗灾能力,也完全不能满足救灾及抢险和灾后重建的需求。而灾区又是地形复杂的山区,交通条件差,重建任务十分艰巨。如果采用常规测量手段,将需要投入大量时间、物力和人力,甚至无法进行恢复和重建,这将给抢险和灾后重建带来极大的困难。因此地震灾区测绘基准重建必须考虑测绘基准应具备一定的抗灾能力和快速恢复能力。这就要从测绘基准的技术支撑、实现方式、作业模式和服务领域着手,改变以标石维持测绘基准的传统方式。通过地面连续运行跟踪站,结合高精度区域似大地水准面数值模型,实现三维一体化作业,从而建立具有抗灾能力的天地一体化现代测绘基准体系。为确保灾区重建测绘保障有力、有序、有效的开展,国家测绘局编制了汶川地震灾后重建测绘保障工作实施方案,在 2008 年底,对灾区及周边地形形变进行分析,建立了灾区应急测绘基准体系,为灾情评估、灾后重建规划和建设提供及时、可靠的测绘服务。此基准包含了 24 个 GPS 连续运行基准站和精度为 $\pm 2.0\text{cm}$ 的似大地水准面,并且建立了覆盖灾区的平面和高程控制网。

2. 全球导航卫星系统(GNSS)的组建

当今世界上全球导航卫星系统除美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS 之外,还有现在正在建设中的欧洲的伽利略全球卫星导航系统(GALILEO)和中国的北斗二代(COMPASS)。近年来,后两者的建设取得了较大进展。

2008 年 4 月 23 日,欧洲议会通过了 GALILEO 的最终部署方案,标志着为期 6 年的伽利略计划基础设施建设阶段正式启动。按最终部署方案,“GALILEO 计划”将分两个阶段实施,即 2008~2013 年的建设阶段和 2013 年之后的正式运行阶段。欧盟将在建设阶段完成该计划的空间和地面基础设施建设,其中包括 30 颗卫星的发射。伽利略系统的首批 4 颗正式卫星计划在 2010 年上半年由俄罗斯的联盟火箭发射升空,剩余的 26 颗正式卫星将在之后陆续发射。2008 年 4 月 27 日,伽利略计划的第二颗在轨验证元素卫星 GIOVE-B 成功发射,标志着伽利略计划取得新的进展。GIOVE-B 卫星的轨高为 23200km,为一环形轨道,轨道倾角 56° 。发射 3 小时 35 分钟后,卫星入轨。卫星的两个太阳能电池帆板正确展开,随后完全进入使用状态。卫星目前在 Telespazio's 航天器运行中心(位于意大利的 Fucino)的控制下,已经开始在轨检测。这颗 GIOVE-B 卫星是继 GIOVE-A 之后继续验证未来伽利略卫星导航有效载荷的关键技术。与 GIOVE-A 类似,

GIOVE-B 卫星携带了两台小型铷原子钟,精确到每天 2ns,还有被动型氢原子微波激励器(PHM),精确到每天 1ns,这是此类设备首次进入太空,是地球轨道上运行的最稳定的钟。此外 GIOVE-B 还载有一个辐射监视有效载荷,能表征伽利略星座运行高度上的太空环境,还有一个激光回复反射器,用于高精度激光测距。信号发射单元经由 L 波段相控阵天线,将在 3 个独立的频率广播上提供典型的伽利略信号,旨在完整覆盖卫星之下可见的地球。作为 GALILEO 首颗验证卫星,GIOVE-A 已于 2005 年 12 月发射,目前接近运行寿命终点。因此 GIOVE-B 除了进行技术验证,还将接管 GIOVE-A 的任务,确保 GALILEO 频率。GIOVE-B 发射后,伽利略下一步计划是 2010 年前发射 4 颗运行卫星,验证伽利略太空设备与相关的地面段设备。一旦在轨验证阶段结束,将发射其余卫星,最终部署一套具有完全运行能力的由 30 颗卫星组成的星座。GIOVE-B 卫星的成功发射,标志着伽利略计划验证阶段将要结束。

中国北斗二代导航系统已开始组建,它是在我国北斗双星导航定位系统研发经验的基础上开展实施北斗二代导航计划。2007 年 2 月 3 日,中国在西昌卫星发射中心用长 3 号甲火箭将北斗卫星导航 4 号星发射升空,经过 60 多天的艰苦努力排除了卫星故障,卫星转入正常运行,这将进一步改善北斗卫星导航系统性能,为实施该系统相关试验奠定基础。2007 年 4 月 14 日 4 时 11 分,我国再次以长 3 号甲将一颗北斗中高轨(MEO)导航卫星送入太空,该卫星在轨高度为 21500km。2008 年前后,北斗导航卫星系统将可满足我国及周边地区的导航定位需要。2009 年 4 月 15 日,我国在西昌卫星发射中心又用长征 3 号丙运载火箭成功将第二颗北斗导航卫星送入太空。到 2010 年,则将逐步建成全球导航卫星系统,其星座计划预计由 5 颗地球同步卫星和 30 颗 MEO 卫星组成。根据我国在国际电信联盟申请的频率,系统空间信号占用 L 波段。中国北斗导航卫星系统的公开服务将免费提供定位、测速和授时服务,定位精度 10m,授时精度 50ns,测速精度 0.2m/s;授权服务则将提供更为安全可靠的定位、测速、授时和通信服务。

3. 卫星定位技术的研究热点

网络 RTK 和精密单点定位技术(PPP)仍是当前主要研究热点。尤其是利用网络 RTK 技术在较大区域内建立连续运行基准站网系统(CORS),以此全天候、全自动、实时地为用户提供不同精度定位导航信息。连续运行基准站网络系统是在一定范围内建立若干个连续运行的永久性基准站,通过网络互联,构成网络化的 GNSS 综合服务系统,不仅可以向各级测绘部门提供高精度、连续的空间基准,同时可为社会各行业——诸如城市建设、工程施工、交通管理、气象、地震、环境、抢险救灾等提供迅速、可靠、有效的定位、导航和时间(PNT)信息服务,满足基础测绘、交通运输管理、环保监测、滑坡监测、建筑物沉降变形监测、移动目标的监控、地理信息更新、国土资源调查、地质灾害预报、气象预报等领域对地理空间信息的需求。因此近年来我国一些部门、地区纷纷建设基准站网,尤其是我国的城市化进程正处于一个高速增长时期,城市规模不断扩大,要求城市的功能也更加完备,这不仅需要有良好的硬件设施,更需要科学的管理手段,连续运行基准站网络系统的建设则是实现这一目标的手段之一。

2006 年由中国地震局、总参测绘局、中国科学院、国家测绘局、中国气象局和教育部等六部委联合向国家发改委申请的“中国大陆环境构造监测网络”项目获准通过,该项目

将在全国建立 260 个 GNSS 连续运行基准站,这将形成全国最大的连续运行基准站网系统。目前基本建设工作已经开展,计划在 2008 年年底完成 260 个基准站和区域网建设。目前许多省市和部门同样在建设连续运行基准站。现在建立 GPS 连续运行基准站,主要研究其实现的技术方法,比较成熟的方法有:虚拟基准站技术(VRS)、主辅站技术(FKP)以及数据通信模式等,以科学、合理、优化的设计来满足用户获取定位和非定位信息的需求。

对于精密单点定位技术,主要研究非差相位精密单点定位的新思路及其实现方法,即利用 IGS 预报的 GPS 卫星精密星历或事后的精密星历作为已知坐标起算数据,同时利用某种方式得到的精密卫星钟差来代替用户 GPS 定位观测方程中的卫星钟差参数,用户可以利用单台双频双码 GPS 接收机的观测数据在数千万平方千米甚至全球范围内的任何位置,都可以 20~40cm 级精度进行实时动态定位。精密单点定位的关键问题是:①在定位过程中需要同时采用相位和伪距观测值;②卫星轨道精度需要达到几厘米水平;③卫星钟差改正精度需要达到亚纳秒量级;④需要考虑更精确的其他误差改正模型。另外,由于世界上出现了多种卫星导航定位系统,因此未来导航定位技术的发展则是多种卫星导航系统的组合导航技术和多传感器的融合导航技术。前者如组合 GPS/GLONASS/GALILEO/BD 的 GNSS,后者则是将 GNSS 同其他传感器,如惯性导航、天文导航、多普勒导航、地形匹配导航、影像导航等融合的导航系统。它们都是按某种最优融合准则进行最优组合,以此实现提高目标的跟踪精度,这是未来动态载体运动目标的主要导航方式。组合或融合导航定位系统的优点是,导航定位能力不受单一系统的控制,可提高动态载体导航定位的可用性;导航定位系统可获取更多的冗余导航信息,明显改善单一传感器观测信息的几何局限性,增加可用观测数据,提高定位精度;多传感器信息可以相互检核,及时识别个别传感器的异常信息,提高导航系统的自主完好性。

4. GPS/重力相结合的高程测量新方法

这种新方法是 GPS 出现之后逐渐发展到比较成熟的测定地面海拔高程(正高或正常高)的一种技术方法。众所周知,GPS 的出现,主要解决了测绘中平面位置的精确、快速、高效的测量问题。而在国家的经济建设和社会发展中往往需要海拔高程(即正常高或正高)。长期以来,海拔高程普遍采用几何水准测量方法来测定,这是一种劳动强度大、耗费大量人力、财力和时间的测量工作,其工作效率甚低。现在由于 GPS 所测定的是三维坐标,除平面坐标外,还可高精度地测出大地高,但它不是所需要的海拔高。如果能在同一点上同精度地获取高程异常(或大地水准面差距),那么就可以将大地高通过高程异常(或大地水准面差距)很容易转换成正常高或正高,即海拔高程。这种新方法同 GPS 解决平面位置测定一样,也能精确、快速、高效地进行高程测量。这里要研究的关键技术就是高精度、高分辨率(似)大地水准面数值模型的确定方法。由于这种方法可以替代费时、费力、费财的几何水准测量,因此要求(似)大地水准面数值模型达到同几何水准测量相当的厘米级精度水平,这就要在其确定理论和解算方法上不断改进和完善,用于实际解算的各种观测数据要不断丰富。例如目前我国出现的似大地水准面计算中,重力归算采用了严密的顾及地球曲率地形改正和均衡改正的球面积公式,格网重力异常采用了曲率连续张量样条算法进行内插和推估,确保了格网空间异常的推估和内插精度。重力似大地水