

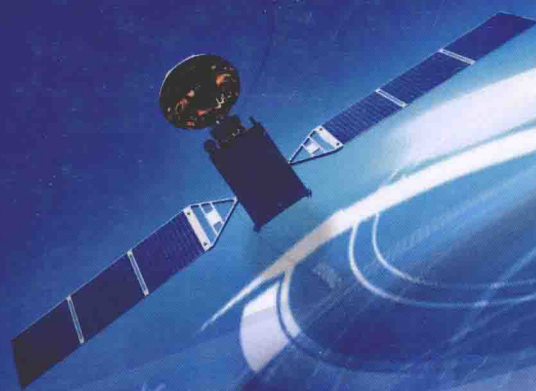
卫星导航定位与北斗系统应用

GNSS LBS and BeiDou System Applications

星参北斗 位联世界

2016

中国卫星导航定位协会 编



测绘出版社

卫星导航定位与北斗系统应用

GNSS LBS and BeiDou System Applications

——星参北斗 位联世界

(2016)

中国卫星导航定位协会 编

测绘出版社

· 北京 ·

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

卫星导航定位与北斗系统应用. 星参北斗 位联
世界:2016/中国卫星导航定位协会编. — 北京:测绘
出版社, 2016.9

I. ①卫… II. ①中… III. ①卫星导航—全球定位系统 IV. ①TN967.1②P228.4

责任编辑	巩 岩	封面设计	蔡柔嘉	责任校对	孙立新	责任印制	陈 超
出版发行	测绘出版社			电 话	010-83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010-68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010-68531363(编辑部)		
电子邮箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	210mm×297mm						
印 张	22			字 数	663 千字		
版 次	2016 年 9 月第 1 版			印 次	2016 年 9 月第 1 次印刷		
印 数	0001-1500			定 价	60.00 元		
书 号	ISBN 978-7-5030-3989-8						
本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。							

编委会名单

主 编：杨元喜

副主编：张荣久 李建成 冉承其 苗前军

曹 冲 姜德荣 倪庆华

编 委：范京生 张 力 韩丽华 张全德

马 东 李冬航 潘玉洁 王 博

郑 琪 张利明 梁雯霏 魏爱辉

许 忠 王 帅 李 冰 王 枏

王诚龙

序 言

卫星导航定位技术和应用经过二十多年的发展,已广泛应用于国民经济社会发展的诸多领域,构成了卫星导航产业。卫星导航产业知识技术密集、产业关联度高、成长潜力大,对经济社会全局和发展具有重大引领带动作用,已成为国家战略性新兴产业。随着移动互联网、云计算、大数据、物联网应用水平和规模的提升,各领域对卫星导航定位系统提供的时空信息的需求持续增加。特别是我国自主北斗卫星导航系统的应用,进一步促进了我国卫星导航定位核心技术的研发和创新应用,为产业发展提供了核心动力和国际竞争力。

近年来,中国卫星导航定位协会利用产业发展的黄金时期和国家推进北斗卫星导航系统应用的重大战略机遇,致力促进形成以北斗为核心的我国卫星导航与位置服务产业。为提高卫星导航与位置服务科技水平、促进相关科技成果转化、加强技术和应用的交流,中国卫星导航定位协会每年均面向有关科研院所和企事业单位的专家、学者和工程技术人员征集最新科研和应用成果论文。经专家评审后,择优编辑出版,为业内人士和相关专业高校师生提供新技术、新应用的专业参考资料。今年论文集收录了有关全球导航卫星系统的比较分析、高精度定位技术和应用、导航与位置服务应用,以及系统设备设计方面的论文。我们欣喜地看到,基于应用北斗的研究成果不断涌现,坚定了我们用好北斗的决心和信心。

年度论文集的出版正值第五届中国卫星导航与位置服务年会召开之际。在此,借用年会主题“星参北斗、位联世界”作为论文集书名的组成部分,旨在呼吁产业界立足北斗,让北斗走向世界,用我国自主的时空信息连接世界、服务全球。

最后,感谢所有论文作者和测绘出版社对本论文集出版的杰出贡献。欢迎广大读者批评指正。



2016年9月

目 录

我国卫星导航技术和产业的总体发展

北斗产业发展的深度研究剖析	曹 冲(3)
北斗卫星导航信号与激光测距协同应用的思考	刘基余(9)
北斗卫星导航系统与其他卫星导航系统的比较与分析	潘剑波,王红涛(14)
双系统组合在低截止高度角 ZTD 解算中的应用分析	张 宇,郝金明(18)
一种新的分区方法在解算 CORS 站数据中的应用	曹炳强,成英燕,党亚民,许长辉,王 虎,万 军(25)
北斗卫星导航系统与电子地图及其多目标应用	王让会,吴晓全,蒋烨林(29)
基于公交站群的定制公交出行需求热力图分析模型	杨敬锋,张南峰,杨 骥,李 勇,周捍东,杨 峰(33)
美军 NAVSSI 系统对我国航母及编队导航系统建设的启示及思考	郭 强(40)

CORS 系统建设和高精度定位应用

基于北斗的重庆市现代测绘基准数据综合服务平台研究与构建	刘邢巍,肖 勇,吴 寒,许超铃(47)
CORS 应用服务平台在现代测绘基准体系的应用	吴 寒,许超铃,刘邢巍(51)
GeoSNAP Base Control 之 GNSS 基线处理	柴军兵,乔永杰,易昌华,孙绍斌(55)
《基于北斗卫星导航系统的建筑安全监测技术导则》介绍	刘 浩(64)
贺州市北斗地基增强综合服务系统工程建设和应用成果	张晋升,李成钢,谭术升,何 冰(72)
基于 VS2010 和 QT 的 GPS 控制点信息管理平台	刘 凯,余代俊,刘威辉,许 可(79)
基于单点定位方法分析接收机数据质量	曾艳艳,陈品祥,朱照荣,张凤录(85)
基于 GNSS 约束下的川滇地区 8 级地震前后地块运动研究	岳彩亚,党亚民,杨 强,王 虎(88)
武汉白沙洲长江大桥健康监测实现	安 庆,江 博(96)
基于重庆 GNSS 综合服务平台的北斗增强系统在管线普查成果 质检中的应用探讨	夏定辉,杨 宁,田 强(102)
InSAR 技术在自然灾害生态环境监测方面的应用和进展	赵 谊,年 华,高 峰,刘长生(107)
黔中水利枢纽一期工程 GNSS 施工控制网测设	吴恒友(112)

导航与位置服务技术研究和行业应用成果

对称型路侧交通设施类 POI 的唯一性表达方法	李宏利(119)
GNSS 车载相对定位实验研究	王凯龙,郭 杭,田宝连,王海涛(125)
基于 UWB 的室内定位系统研究	何海平,郭 杭,王 阳(131)
基于 MIMU 的室内行人导航方法	徐江颖,熊 剑,郭 杭,衷卫声(136)
一种基于行车轨迹大数据的缺失道路发现方法	熊继林,郭育康,崔 亮(141)
北斗“云+端”模式的警用卫星定位信息服务平台设计及应用	刘 丹(147)
基于北斗的车辆智能监控系统车载终端的设计与实现	董 辉,王劲辉,汪志平(155)

基于民用级导航模块的亚米级定位接收机	陈伟,林钦坚,李成钢,宾显文(159)
面向农机导航与调度的区域冬小麦成熟期遥感预测方法研究	黄健熙,王霄(165)
基于生态环境保护的监测技术展望	杜鹏飞,李志一(172)
基于空间信息技术的航空安全预警系统	
——实时追踪全球客机	赵谊,马艳丽,高峰,马龙辰(177)
基于空间信息技术的航空安全预警系统	
——基于航线上火山灰光谱数据库的预警系统	赵谊,李永生,高峰,马龙辰(181)
北斗卫星导航系统国际海事监测服务中心建设初探	徐斌,窦芃(186)
土地利用结构对城市内涝发生的影响	
——以北京市城区和纽约市为例	郑文锋,银正彤,李晓璐,宋利红,毛锋(193)
广州市电子商务地理信息公共平台建设与应用	陈飞,何华贵,梁飞龙(197)
基于北斗导航卫星的全球搜救系统应用	王冬冬,王莉莉,刘丽(204)
九寨沟景区旅游高峰管理机制分析	冉建华,王焱(208)
北斗和遥感技术下特高压电网应用研究	毛锋,王海鹏,王力争(214)
基于北斗高分卫星数据的特高压输变电施工中水土保持遥感监测研究	吴凯,肖峰(219)
北斗遥感技术在特高压施工阶段地质灾害预警中的应用研究	吴健(224)
基于北斗的移动目标信息化管理系统设计与实现	杨胜斌,贾磊,贺振华(230)
基于增强实景的市民城管互动关键技术研究与应用	郭亮,杨卫军,何华贵,梁飞龙,黄明祥(235)
基于 STM32F103 的北斗考试钟设计与实现	卢韦明,孙璐,陈洪卿(239)

北斗卫星导航系统核心研究成果

北斗/地面伪卫星系统选星及机动布站方法研究	黄莹(245)
卫星导航系统中的 LDPC 译码器设计	巴晓辉,罗士栋,刘学勇,陈杰(250)
基于分布式结构的 BDS 矢量跟踪环路研究	丁继成,吴谋炎,罗治斌,赵琳(255)
基于载波相位差测量的欺骗干扰检测技术研究	范广伟,王振华,晁磊(261)
基于信号稀疏化的北斗监测站干扰检测技术研究	曾理,王红明,张政治,邓仕海(265)
基于自相关函数的降低北斗定位漂移算法研究	陈石平,何睿(275)
一种基于两步式 Kalman 滤波的自主定轨方法研究	王冬霞,辛洁,赵娜,谭红力,张之学(280)
基于 Prony 谱分析的导航信号 TMB 参数估计方法研究	刘亮(287)
北斗卫星导航系统 GEO 星上多径偏差试验分析	刘烜燊,李一超,李晓宇(293)
北斗 BOC 导航信号伪距多径误差特性分析	赵伟,赵金贤,薛峰(299)
混沌测控在北斗卫星导航系统中的应用研究	郑鹏宇(306)
一种基于天线阵列电磁特性的自适应波束形成算法	罗渝悦,潘锦(311)
一种深水应用的组合型导航通信天线	吕波,王冠君,胡朝斌,陈林(317)
基于导航典型测试场景的特征分析	王田,张书锋,彭明,陈强,夏天(321)
卫星导航接收机的多通道参数联合估算方法	王前,咸德勇(326)
北斗用户机双频定位性能提升技术分析	任晖,李腾,傅嘉政,薛峰(332)
基于 FPGA 与 MCU 的 DDS 多波形信号发生器的设计与实现	李绅(339)

1

我国卫星导航技术和 产业的总体发展

北斗产业发展的深度研究剖析

曹 冲^{1,2}

(1. 中国卫星导航定位协会, 北京 100048; 2. 中国电波传播研究所, 山东 青岛 266071)

摘 要:北斗产业处在转折性、划时代发展的重大时期,应该在全局、长远和深度的意涵层面加以研究剖析。本文从问题导向入手,通过长、中、短期产业发展的视角,由北斗导航、北斗时空、时空服务三个层次,阐述北斗时空的科学技术核心驱动力、产业经济基础支撑力和社会发展关联融合力,揭示时空理论和实践的伟大本质和能量,认识其信息大时代 DNA 主线作用,还是划时代的重要参照物和标志。基于北斗卫星导航系统及其延伸融合系统所提供的时空信息参量,抓住新时空理论和实践这样的牛鼻子,才能够掌控时代发展的主动权和话语权,才能够进入全球信息化发展的伟大历史征途,才能够真正体验空间的宽广深远和时间的厚重绵长,能够在科技和产业革命进程中,从跟踪、并行到并行、跨越发展,最终成为全球的科技与产业的强国,成为全世界服务为民的幸福发源地。

关键词:北斗卫星导航系统;产业发展

1 北斗卫星导航系统面临长、中、短期转折性叠加发展的机遇和挑战

“登高而招,臂非加长也,而见者远;顺风而呼,声非加疾也,而闻者彰”,如何看待当前的北斗产业发展,真所谓“仁者见仁,智者见智”。有人竟然惊呼产业到了“寒冰期”,事实又是怎样呢?究竟怎样才能拨开迷雾见晴天?实际上要从根本上、整体上、本质上看清北斗产业的真实底蕴,而非一叶障目、不见泰山。

1.1 北斗产业需要全面正确的评估评价

明确地说,北斗产业指的是中国卫星导航产业的整体,其理由有三:①2012年年底北斗卫星导航系统正式提供区域服务,我国开始进入以北斗卫星导航系统为核心主体推进中国卫星导航产业规模化、规范化、常态化发展的新阶段,独立自主信源系统的建成并且正常运营使我国牢牢掌握产业发展主动权,具备了将产业快速、健康、可持续地做大、做强的根本前提;②北斗卫星导航系统从一开始就是以建设全球系统、服务全人类为其终极目标,所以坚持开放和兼容的发展方针,在认真应用北斗卫星导航系统资源的同时,也要充分利用其他 GNSS 信号,推进自身和国际的产业发展,因此北斗产业把兼容互操作作为基本的建设和发展原则;③北斗卫星导航系统不仅要融合到 GNSS 中去,而且要与它们一起实现与多种多样技术系统和各种各样产业的融合,充分发挥其时空信息泛在性,体现其基础、关键和共性的技术特征,渗透到国家安全、国民经济和社会生活的所有方面,成为建设小康社会和和谐世界的强大工具。由此可见,全面正确地评估、评价北斗产业,必须坚持全面、长远、深层次发展的观点,同时要坚持具体事物具体分析、“实践是检验真理的唯一标准”的判断方法。

1.2 目前的所谓北斗产业“寒冰期”观点缺乏依据

如上所述,我国的北斗产业是指我国的卫星导航产业整体,是北斗卫星导航系统核心驱动和引领下的中国卫星导航产业。也就是说,我们现在所说的北斗产业是个广义的概念,并不是仅局限于北斗卫星导航系统本身,更不是停留在北斗卫星导航系统重大工程相关的示范工程层面上,而是通过自主建设的北斗卫星导航系统,作为核心驱动力,赢得主动权,引领我国卫星导航产业发展,赢得全球导航卫星产业的话语权,这是事情的真谛。同时,也要认识到,在全球导航卫星系统领域,我们是后来者,刚刚起步不久,与美、俄、欧等先进国家和地区相比,在系统技术和某些高端技术上还有很大差距,需要很长时间的追赶。我们

离北斗卫星导航系统建成还有一段时间,新的长征还只是开始,后面的路程更长更艰巨,需要脚踏实地、拼搏进取、不断革命。

目前,真正影响我们评估、评价北斗产业的因素很多,但是主要还是三个方面。一是前一阶段的过高、过热、脱离实际的北斗产业宣传和预期与现实情况的落差太大,因此某些人士表示“大失所望”。实际上像北斗这样的新兴产业发展过程,往往是充满血与火的考验与锤炼,要一大帮理想主义者和执著实践者为之奋斗,要有只争朝夕的精神,同时也不能不切实际、操之过急,必须有打持久战的思想准备。应该看到,当前的北斗产业发展,还只是个新长征的开端,北斗卫星导航系统还在建设之中,以后的路程更长、更艰巨、更伟大。二是我国把北斗卫星导航系统工程的某些思路与北斗产业直接对接,无意中将北斗卫星导航系统的巨大贡献和影响力“缩小”了,或者“低估”了,没有真正地反映产业实际。应该看到,北斗卫星导航系统的伟大作用与影响远远超出我国范围,已成为撬动全球 GNSS 产业的重大力量。差不多全世界与卫星导航有关的大公司、大企业,特别是与卫星导航芯片相关的公司,如高通、联发科、CSR(SiRF)、博通、Ublox 等,都把北斗卫星导航系统功能纳入其产品,所以目前在市场上销售的内置北斗功能的终端(包括智能手机)数量,远远超过我们的想象。而我们的目标是,在不断提高我国芯片技术水平和市场占有率的同时,充分利用国内外一切可以利用的科技与产业力量,在尽可能短的时间内,快速将北斗产业做大、做强。应该大力推进的是,北斗卫星导航系统融入 GNSS,融入世界卫星导航的大产业之中。三是世界经济发展不景气的大环境,在一定程度上也给北斗产业带来了影响,让其发展速度没有完全达到原先的预期。2015 年曾经计划的产业总产值目标,应该超过 2 000 亿元,实际上只达到 1 735 亿元。但是,中国卫星导航产业的发展速度,仍然比国际上的个位数要高,一直以两位数快速增长,而且在“十三五”期间肯定还能持续保持两位数增长,能够在 2020 年达到 4 000 亿元的总产值目标。

1.3 长、中、短转折性三期叠加发展的机遇和挑战

2016 年有人称为 GNSS 元年,这是因为随着伽利略宣布投入早期服务,将迎来全球四大系统均开始进入服务状态,可以真正称其为 GNSS 元年。“十三五”期间,也就是 3~5 年短期内,四大系统真正投入完全的服务,GNSS 互补而又竞争的发展阶段来到了,在很大程度上是产业领域的竞争,与国际先进水平相比,北斗产业还是处在追赶期。以 5~10 年的中期产业发展而言,届时业已升级的北斗时空产业,在与其他 GNSS 系统融合的基础上,进一步实现了天基地基、室内室外,以及光声电磁机械(惯性)的大融合,北斗产业将能够比肩国际先进水平,并且有相当多的方面必将实现超越,处在领先行列。以 10~30 年的远期来讲,中国时空服务体系将实现跨越发展,形成体系化的超越态势,中国服务将成为国家品牌,享誉全球。在长、中、短期三期叠加发展过程中,我们面临的不仅是科技创新的重重关卡和难题,而且在机制体制上更要进行不断的创新突破。

2 北斗产业体系及其产业链系统

2.1 北斗产业发展需要思维和方法论革命

北斗产业发展必须与北斗卫星导航系统建设运营同步,应该站在全球化历史性的高度上审视,需要大视野、大策划、大手笔,打全局牌、长远牌、深度牌。目前影响我们产业发展的主要问题可以简单归结为两句话:浮躁忽悠手太长,专家综合征膨胀。前一句话是说投机取巧者乘虚而入,想捞一把的不乏其人,甚至搞新的房地产泡沫或者借尸还魂。但是这些都经不住北斗卫星导航系统是历史性大工程和大产业的考验,已经或者很快地灰飞烟灭。还有一种毛病是北斗专家综合征,现在是创新时代,所以专家吃香,因此专家满天飞,实际上北斗需要的是千万个真正的专家,要在自己从事的专业本领域有作为、有建树的真正明白人。专家综合征是指能够守住自己“一亩三分地”的专家太少,而是“越界”耕人家专业土地、想“以其昏昏,使人昭昭”的专家太多,出馊主意或者瞎指挥的不乏其人,可惜人们往往又盲目地相信这些只有点业余水平的所谓专家,把产业给搞得乱象环生,恶性的价格竞争把产业拖进死胡同,不实的文宣和忽悠将许多人搞得晕头转向。实际上,最好的办法是实事求是,大家都坚持因地制宜、因时制宜、因情制宜的思想原则,坚

持“从我做起、从现在做起”的时空观,坚持“求实求精求真”的办事风格,就能够把北斗产业的事情办好。

2.2 北斗卫星导航系统在前进中创新

北斗卫星导航系统基本上还是遵循传统卫星导航系统的模式,由空间段、运控段、用户段这样的“老三段”组成。但是在实践中,已经逐步认识到环境段的重要性。同时又发现,“老三段”本质上是 GPS 最初军用系统的设计思路,从军民两用系统和与时俱进的观点来看,现代化的 GNSS 应该坚持系统融合、建用结合、兼容互用的原则。因此,新兴的卫星导航系统至少包括的组成部分有星系/星座系统、运控/营运系统、用户/服务系统、增强/环境系统。更应该指出的是,北斗卫星导航系统具有下一代卫星导航系统的特质,具有一定的通信能力,这种特征应该发扬光大,把导航与通信融合一体的卫星系统作为下一代导航系统的目标,在把时钟信号精度进一步提高的基础上,还可以把高精度的信号作为无源探测的反射源,作为遥感技术和对地观测技术进行综合利用。

2.3 北斗产业体系完善构成

近三年来,北斗产业发展至少实现了五个重大突破,包括智能手机、汽车前装、高精度应用、室内外融合和国际化市场。具有北斗功能的智能手机已经悄悄地大规模进入人们的日常生活,每年达数以亿计,国产的芯片和 IP 解决方案也堂而皇之地嵌入手机之中,开创了北斗消费应用的新时代;多少年来中国导航终端进入汽车前装市场的夙愿,在北斗卫星导航系统投入区域服务后的不长时期内,开始实现批量规模化应用的进程;高精度应用已经脱离了仅局限于大地测量的范畴羁绊,以驾驶员考试系统、农机自动驾驶系统、工程机械驾驶操作控制系统、车辆辅助驾驶系统、无人机飞行控制导航系统等一系列的系统化方式切入了深层次专业应用;室内外融合位置服务也逐步进入人们的视野,而且引领着多系统、多产业的融合发展之路;北斗应用已经进入我国周边数十个国家与地区,成为推进“一带一路”国家战略的重大技术支撑系统,随着北斗卫星导航系统的全球化,还将发挥更重要的大国和平崛起的标志性作用。

北斗卫星导航系统投入区域服务最值得提及的是,它迅速健全完善了我国的卫星导航产业发展体系,形成了包括以科技创新驱动、应用推广促进、生态条件保障三大模块构成的北斗产业发展体系。这样的产业发展体系是中国北斗产业能够充分集成整合多种多样的资源和能力,能够在 GNSS 国际合作与竞争中占据有利地位,赢得主动权和话语权,真正发挥后发优势,为实现赶超和跨越发展奠定基础。

2.4 北斗产业价值链的完善与提升

对于产业链的认识,严格地说,北斗业界还需要提高,需要完善和提升。产业链是产业经济学中的一个概念,其本质是用于描述一个具有某种内在联系的企业群结构,是一个相对宏观的概念,存在两维属性,即结构属性和价值属性。产业链中大量存在着上下游关系和相互价值的交换,上游环节向下游环节输送产品或服务,下游环节向上游环节反馈信息。在北斗产业的研究中,我们虽然早已把产业的应用与服务两个方面分别计量,但是许多人还是注重终端硬件,而不能自觉地将服务作为重头戏关注和重视,在产业链经营上有所缺失,而且服务的贡献在产业发展的未来一定会越来越重要,务必要十二万分地强化服务思维。在北斗产业链发展中,更大的失误是往往在产业链的结构属性上非常下工夫,但是却忽视了价值属性。在产业链中,价值的形成、增值的创造才是产业的本质问题,人们常常脱离实际的时空布局,不计成本地把芯片盲目地放到产业链的核心位置上,其实是进入了一个概念误区。作为一个产业链的上下游环节,哪个部分都不可或缺,客观市场需求的稀缺性决定产品与服务的价值,这是因时、因地、因情而变的。用自己一成不变的认识去处理市场的千变万化,北斗芯片从很高的台阶上,一下子重重摔到地下的实例是近年来北斗产业发展中值得认真总结的经验教训。

应该看到,作为新兴科技的北斗产业,在其产业的构成中,具有明显的特点,也是我们必须把握的。它覆盖现代服务、先进软件、高端制造、综合数据四大产业领域,是高科技产业中特别具有个性的一种产业,我们必须全方位、多层次地把握住这些特征,才能够从全局、长远和深度的层面,去谋划、经营、发展这一具有无限想象空间的未来产业。

2.5 标配化应该成为最重大的政策举措加以推进

推进北斗产业发展,当务之急是强化推进北斗产业的力度,而关键是要有国家级的大政方针,把这件事情放到足够高的高度上,尽快制定导航条例,形成法律条文,保障良好的产业发展生态环境。同时,要真正推进开放创新的政策举措,避免过度的行政干预,尤其是要彻底杜绝各类假公济私的“帮倒忙”行为,一定要由市场决定资源配置,通过技术创新、模式创新、机制体制创新,把北斗产业引向良性的坦途。当前,首当其冲的是按照《国家卫星导航产业中长期发展规划》的要求,全面推进北斗兼容的卫星导航功能的标配化政策。所谓的北斗标配化,正如《国家卫星导航产业中长期发展规划》中指明的那样,特别是在机动车辆、智能手机、重点基础设施和位置服务应用中,均应将北斗兼容机作为标配,确保安全高效地开展多种多样的导航与位置服务。以期在2020年北斗卫星导航系统服务之日到来之际,在我国所有与卫星导航应用与服务相关终端销售中,北斗兼容机的占有率将接近100%,北斗终端的年销售量超过5亿部,社会持有量超过15亿部,北斗产业的总产值突破4000亿元大关。

3 GNSS 从系统建设转变为应用服务为主的发展阶段

既然人们将2016年称为GNSS元年,这就意味着,GNSS从系统建设阶段开始转变为应用服务为主的发展阶段。GPS从1995年正式投入完全服务至今,已经30年有余,在全球应用也有一定规模,作为大家公认的全球导航卫星系统(GNSS),有其无可限量的优势和兼容互操作能力。实际上,所谓的GNSS应该包括以GPS/GLONASS/Galileo/BDS构成的四大全球系统,以及QZSS、IRNSS区域系统和一系列星基增强系统。组合起来的GNSS,不但卫星数量大幅度增加,可用性大大加强。同时,一系列新的卫星导航信号的采用,很大程度上实现了系统信号间的兼容互操作技术,以及新一代地面运控技术,大大提高了GNSS整体性的服务质量和精度、可用性、连续性、完好性的性能指标,大大增强了用户应用的可靠性和可信度。由于是多系统的存在,也进一步增强了广大用户的应用积极性和服务的多样化要求。

随着GNSS应用服务成为发展主流,各种各样的应用与服务技术创新、模式创新会像雨后春笋一样,蓬勃兴起,同时会大大促进与其他技术系统和产业系统的融合发展。在我们看来,毫无疑问,2016年GNSS元年不仅是新起点,更是GNSS及其产业发展的转折点和爆发点,其根本依据和着力点体现在三个方面。一是时空创新卓越,真正走向GNSS全球合作、实现兼容互操作的转折点,真正发挥GNSS完全不同于因特网的伟大作用的爆发点。因特网重要,但是仅仅是信息高速公路,信息时代是信息为王、数据为王、内容为王,GNSS提供的是信息的时空主体,时空又是智能信息服务的核心工具手段,所以GNSS提供的时空服务在信息时代具有不可替代的关键作用。二是泛在融合引领,GNSS作为时空信息核心力,引领泛在时空的技术、系统、产业和市场资源的全面融合集成,实现信息产业结构转型和升级换代,推进大众创新、万众产业和群众创造的伟大革命,将通信、导航、计算机进行一体化整合,实现天基地基、室内室外、时间空间、国计民生的一体化融合运作,用时空服务体系囊括互联网、物联网、云计算、大数据、智能城乡等,通过多种多样的全球和国家战略,服务全中国和全世界。三是分享服务跨越,在GNSS发展转折点和爆发点上,中国人怎样抓住大好机遇,走向世界前列,实现跨越发展?那就是要在时空服务上做好文章,致力于创造世界超一流的服务能力和产品,实现服务分享惠民。实现的唯一方法是,通过大众创新和大众创业,充分发挥群众的创造精神,让亿万群众的创造力高度焕发、翱翔起来,让每个人的智慧激荡迸发,众志成城,将群众创造历史的桂冠,还给时代,还给群众,还给历史,还给新人类文明。

4 北斗卫星导航系统优势在于中国有全球独一无二的大市场

4.1 北斗卫星导航系统建设为产业赢得发展主动权和国际话语权

北斗卫星导航系统是我国航天事业发展的重大里程碑,它是系统化地将航天技术产业从试验型向业

务型、从作坊型向批量型生产的根本性转变,而且成为目前真正能够与国家安全、国民经济、社会民生、大众服务全面结合的绝无仅有的航天产业;它也是我国今后若干年内真正面向全中国、全世界服务的高科技系统,是我国走向小康社会和大国和平崛起标志性工程,是推进“创新驱动发展,融合引领跨越,服务分享惠民”的国家重大战略部署,与中国两个百年强国梦息息相关;它还是贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的基本国策的组成部分,是我国战略性新兴产业中的智能信息产业领头羊和时空工具型基础关键共性技术,以及国家信息基础设施和战略威慑力量,具有不可或缺和不可替代的杰出作用。正因为有了北斗卫星导航系统,我们才能实现“自主可控”,才有了牢牢把握产业与市场发展主动权的机会和可能。

4.2 北斗产业发展巨大成绩需要全面认识

北斗卫星导航系统让中国人真正第一次走上了整体性高科技大系统世界级竞技舞台,为发展中国家赢得了科技话语权。同时,也深深地感到“高处不胜寒”,许多地方明显地看到了差距,进一步明确了前进的方向与目标。开拓国际视野,开放国际市场,向更快、更高、更远目标前进,把北斗的应用与服务推向全中国、全人类,这是中国卫星导航现时代的任务和使命,这也是北斗卫星导航系统的出发点和落脚点。

2012年年底,北斗卫星导航系统宣布正式开展区域服务,从2013年到2015年的三年间,我们取得的成绩与进步比以往近20年的累计还多。产值从810亿元增长到2015年的1735亿元,整整翻了一番。北斗芯片的使用量连升三个数量级,从第一年超过100万片(套),到第二年的千万套,到第三年的万万套,这是令人不可思议的事情。而这一切,都发生了,实现了,为什么?就是我们建设了自己的系统,有了主心骨,有了核心带动力,有没有自主的北斗卫星导航系统,情况大不一样,这就是结论。同样,由于这一原因,北斗卫星导航系统带动了产业的五大突破:汽车前装市场应用的根本突破,智能手机行业应用的重大突破,高精度应用市场创新性突破,位置服务应用的行业性突破,国际市场的广泛性突破。

4.3 我国在卫星导航领域的最大优势是巨大的市场

我国在卫星导航应用中的优势在于市场。我们有个大市场,尤其是大众消费市场,特别是在汽车应用和智能手机应用领域,具有全球最大的消费应用与服务市场。但是,要将这种市场潜在优势真正转变为实际优势,还是依靠北斗卫星导航系统及其良好的市场运作。从2013年开始,我国将卫星导航产业,一律改称为北斗产业,就是为了强调以北斗卫星导航系统为核心带动力的理念。因此,2013年,就成为过渡期,成为转型期。原先许多应用GPS设备的行业,开始转变为应用北斗/GPS兼容机,而国外的厂商也纷纷宣布,在其GNSS芯片或者模块中,包含有北斗功能,甚至像高通这样的智能手机芯片供应商,也明确宣布,在它们的手机定位解决方案中,包括有北斗接收功能。北斗卫星导航系统正式投入服务,真正发挥了它强大的影响力,这种市场化的影响力,是由北斗卫星导航系统而生,反过来又为北斗产业的发展开辟了康庄大道,是北斗系统产业化、市场化、全球化不可多得的无形资产,是实现北斗产业全球跨越发展的重要资源,也进一步增强了我们建设和运营北斗的自信心和进取心。这样的辐射影响力,目前还远没有真正被认识和利用发挥。

当前,我们在做北斗产业宣布和市场统计研究的时候,存在明显的局限性,局限于只统计国内的几家芯片厂商的出货量,没有真正地把市场的实际情况反映出来,没有把北斗卫星导航系统巨大的影响力和辐射力反映出来。因此,虽然业界在高喊北斗,但是老百姓无感、缺乏体验、未形成明显的效应、效益、效能,有的人智能手机中有北斗,但是没有用起来,有的人用了北斗还不知道用了。为此,必须采取必要的措施,重点是实施北斗的标配化先行、体系化推进、市场化运作等重大举措。同时,加强北斗的科普宣传,让人人知道北斗,关心北斗,了解北斗,应用北斗,口口相传,蔚然成风。

5 “十三五”是北斗产业发展的重大机遇期

“十三五”是北斗产业发展的重大机遇期:一是GNSS向应用服务转移的大趋势推进;二是我国北斗卫星导航系统的全球化进程促进;三是北斗产业已经具备体系化推进和市场化运作的基本条件。

所谓的北斗产业体系化推进,正如《中国北斗卫星导航系统》白皮书指出的那样,我们要在北斗产业发展中,贯通芯片元器件模块等基础产品、系统集成与终端,以及应用与运营服务产业链,将产业保障、推进和创新三大体系,有机地组合在一起,围绕“一带一路”“区域发展”“军民融合”“行业结构改造”等国家战略,实现体系化推进。在“十三五”的发展进程中,重要的是需要协调统一的战略规划、顶层设计、落实部署,要开放创新,建构公共服务平台和必要的备份、增强、互补型基础设施,促进资源和数据共享,要发挥行业、地方、区域多种多样的积极性,形成各种各样的契合实际应用与服务需要的解决方案,促进应用推广,快速、健康、可持续地将北斗产业做大、做强。

所谓的市场化运作就是要摆脱目前许多行业和企事业单位一味依赖国家“等、靠、要”的思想束缚,要坚持市场是资源配置的决定性要素的思想观念,以市场需求为导向,有效地利用好北斗卫星导航系统这样的关键基础共性技术系统设施,结合国家重大战略、国民经济和社会民生迫切需要解决的重大关切难题,充分发挥北斗卫星导航系统高端引领、核心带动、集群发展的产业优势,将北斗的应用与服务深入、广泛地渗透到国民经济所有领域和人民生产生活的各个角落,即物流运输出行、安全应急救援、关键基础设施、电子商务政务、智能城市社区、农林牧渔管护、大众消费应用、精准位置服务、测绘地理信息、移动健康关爱,以及社会精细化管理等。

6 中国服务的国家全球品牌从北斗开始

观斗转星移,看岁月更迭,智移云大物,定时空乾坤。当今世界,我们的北斗产业面临国内、国际、时代的三大转折发展,世事千头万绪,局面千变万化,我们要应对百废待兴、百事待举的纷繁现实,以及充满诱惑的未来。面对新科学技术革命降临的今天,我们一定要抓住北斗这样的高科技工程,发挥其高端引领作用,利用它能够提供时空信息这样的基础信息能力,作为拉动智能信息产业发展的牛鼻子,进而在“十三五”期间及其以后的相当长时间内,打造中国时空服务这样的北斗卫星导航系统升级跨越版。这样做,既有北斗卫星导航系统这样的坚实基础和发展动因,也有进一步深入广泛发展的中国时空信息服务体系支撑。后者实际上是个世纪工程,由于其应用了时空科技革命的成果,所以能够将现在流行的许许多多概念,进行有机的模块组合、系统整合和体系融合,正如《中国北斗卫星导航系统》白皮书中提到的那样。实际上,可以先将卫星导航、移动通信、泛在互联网概念组合。

更加重要的是,中国时空服务在某种程度上可以将当今各种各样泛滥的思潮、多种多样横流的概念、日新月异变种翻新的新名词,统统纳入中国时空服务体系框架之中,创造一部信息时代活生生的“封神榜”,让智能城市、物联网、大数据、云计算和虚拟现实等各路“神仙”,全部各得其所、各就其位、各尽所能,真正做到为大众创业、万众创新、群众创造打开一片新天地,让中国服务成为智能信息时代的主旋律,让更多的多元化、多样化、人性化、个性化、定制化的服务产品面世,服务大众消费,提倡“人人服务,服务人人”。这样,我国人多势众的优势、市场的优势、站位的优势、品牌的优势、体制的优势就能一下子显现出来,几乎可以与世界上最发达国家站在同一起跑线上。“中国服务”的创造在于创造一个伟大的国家品牌,一个具有全球影响力的品牌。将中国服务推向全世界、全人类,应该成为北斗卫星导航系统的目标 and 责任,也应该成为我们这一代中国人的伟大抱负。

参考文献:(略)

作者简介:曹冲,男,1940年生,中国电波传播研究所研究员,中国卫星导航定位协会首席专家。近些年来主要从事卫星导航应用技术及产业化推广工作。

北斗卫星导航信号与激光测距协同应用的思考

刘基余

(武汉大学测绘学院,湖北 武汉 430079)

摘要:基于笔者自 20 世纪 80 年代以来对 GPS 卫星导航定位/卫星激光测距技术的研究及其获奖成果,本文提出了下列北斗卫星导航信号与激光测距的协同应用建议:①多个 BDS 基准站的机载激光测深/BDS 定位测量方案;②用于海底定位的船载 DBDS/激光测距协同系统;③船载 BDS/双色激光测距系统;④机载北斗/激光测深快速跟踪潜艇位置报告系统。供研讨。

关键词:北斗卫星导航信号;海洋测绘;机载激光测深;海底定位;双色激光测距

《中国海洋 21 世纪议程》明确地提出了建设海洋强国的战略任务,主要是着力建设海洋经济区域、发展海洋产业、研究海洋科学技术问题、维护国家海洋权益和利益、强化海上力量建设等;而海洋测绘是建设海洋强国一项前期性和基础性的重大工程;点位测定是为海洋测绘提供基准数据的超前性工作,卫星导航定位则是精确测定点位的一种现代高新技术。

2012 年 12 月 27 日,我国宣布建成了区域覆盖的北斗卫星导航系统,并将它的英文名定为 BeiDou navigation satellite system,缩写为 BDS;它是中国自主建设、独立运行,与 GPS 等系统兼容的卫星导航系统。它免费地向中国及周边地区提供连续的导航定位和授时服务,即 BDS 能够在东经 $55^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 地区(即可覆盖西起伊朗、东达中途岛、南含新西兰、北至俄罗斯等地区),提供二维位置测量精度为 $\pm 10\text{ m}$ 、高程测量精度为 $\pm 10\text{ m}$ 、速度测量精度为 $\pm 0.2\text{ m/s}$ 的导航定位服务,并能够提供精密授时和双向短报文通信服务。双向数字报文通信每次约 120 个汉字、70 万次/1 小时,但是,它的双向短报文通信能力随着军民用用户不同而异,每次能够发送 40~120 个汉字的通信报文(军长民短报文)。在此基础上,将逐步发展到成为全球导航卫星系统。2015 年 3 月 30 日 21 时 52 分,我国在西昌卫星发射中心用长征三号丙运载火箭成功将首颗全球性覆盖星座的 M01 卫星发射升空,卫星顺利进入预定轨道;2016 年 6 月 12 日 23 时 30 分,又成功发射了全球性覆盖星座的地球静止轨道卫星。预计到 2020 年左右,将建成由 5 颗静地轨道卫星和 30 颗非静地轨道卫星组成的覆盖全球的 BDS,为全球用户提供更精准、更可靠的定位、导航和授时服务,并通过星间链路实现星—星组网、互联互通。因此,如何利用北斗卫星导航信号为海洋强国建设发挥重大作用,是一个业界同行们积极探索的重大问题。本文拟对此提出几种应用建议,供研讨。

1 北斗卫星导航信号能够为我国海洋测绘发挥重大作用

1990 年春天,国家测绘局、国家海洋局和国家地震局联合组建了中国南海 GPS 岛礁联测分队,首次用 3 台 WM-102 GPS 双频接收机,在南海 5 个岛礁 8 个点位和陆地 4 个大地测量控制点之间进行了 GPS 定位联测,建立了一个高精度的中国南海的陆海大地测量控制网,这是经典大地测量技术无法实现的海陆联测定位!同理,只要拥有高精度的 BDS 信号接收机,采用北斗卫星导航信号也能够在我国 300 万平方千米的广阔海域进行高精度的海陆联测定位。

浅水海域测绘,特别是海图与陆图的衔接测量,已成为海洋测绘了亟待解决的大难题。国内外的机载激光测深系统实用表明,它是浅水海域海底地形测绘的先进技术装备。21 世纪初,华中理工大学和中国科学院上海光学精密机械研究所等单位,先后研制成功了机载激光测深系统,并进行了机载飞行实验,获得了较好的实验结果,目前正在更新换代。这几种机载激光测深系统都采用了机载 GPS 测量来测定飞机的在航位置。例如,中国科学院上海光学精密机械研究的新机载激光测深系统 LADM-II,其机载 GPS

测量的水平定位精度是 5 m。如果采用笔者建议的多个 BDS 基准站的机载激光测深/BDS 定位测量方案(图 1),不仅能够大幅度提高水平定位精度,而且能够测定在航飞机的实时高度,并能够确保这种三维位置精度的高度可靠性。这是基于笔者率其研究生们用多个 GPS 基准站的机载 GPS 对地航空摄影测量的成功实验而做出的结论。

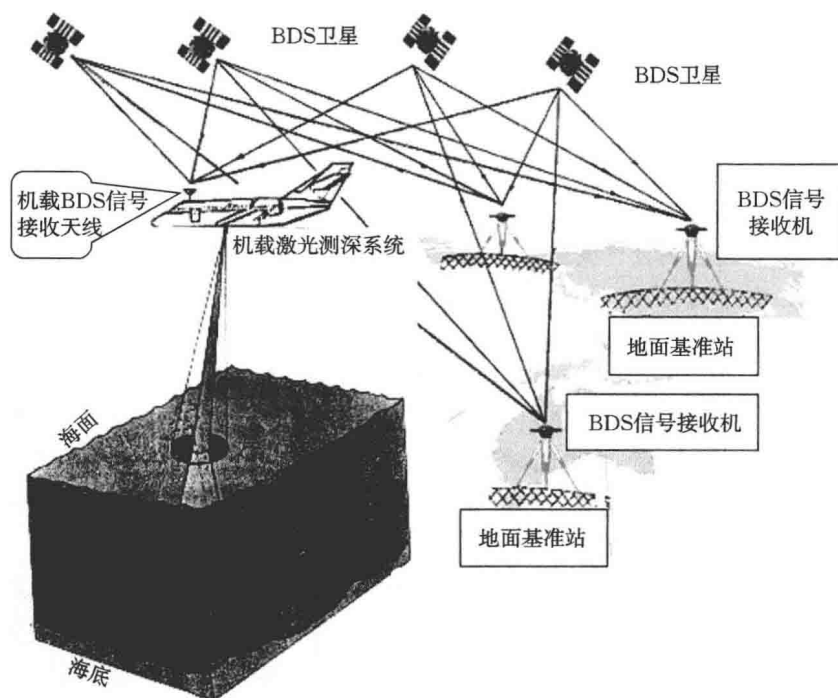


图 1 多个 BDS 基准站的机载激光测深/BDS 定位测量方案

自 1994 年 5 月开始,笔者率其研究生们与有关单位合作,先后利用里尔、双水獭和空中国王三种航摄飞机,在国内 8 个地区共 222 010 km² 的航摄测区,为航空摄影测量制图进行了 100 多架次飞行的机载 GPS 动态载波相位测量的生产实践应用,取得了大量的机载 GPS 动态载波相位测量的优质数据,并用研究成功的 DDKIN GPS 动态数据处理软件,精确地算得了所需的点位三维坐标。太原测区的计算结果表明,利用 100 个毫米级精度的地面控制点检核,二维位置精度达到了 ± 7.9 cm,高程精度为 ± 18.1 cm。这充分表明,只要选用适当的 GPS 观测量和测量模式,就能削弱选择可用性(SA)技术的人为精度损失和 GPS 测量误差影响,中国 GPS 用户也能够获得亚米级甚至更优精度的三维实时点位坐标。因此,GPS 动态载波相位测量技术已成功地用于(飞)机载惯性导航系统的校验测量研究多年(详见刘基余的《全球导航卫星系统及其应用》一书的 § 5.9 所论)。这为多个 BDS 基准站的机载激光测深/BDS 定位测量奠定了坚实的技术基础。

2 北斗卫星导航信号与激光测距的协同应用建议

基于笔者自 20 世纪 80 年代以来对 GPS 卫星导航定位/卫星激光测距技术的研究,提出下述北斗卫星导航信号与激光测距的协同应用建议。

2.1 用于海底定位的 DBDS/激光测距协同系统

海洋灾害监测的一种有效技术途径是:在海底地层上布测高精度而稳定可靠的大地测量控制网,通过较长时间(如 2~3 年)的重复观测成果,研究海底板块运动和海底地壳形变,以此探测灾害性的海况信息。GPS 技术的问世,为建立海底大地测量控制网提供了有效的技术新途径。现行 GPS 海底大地测量控制网的布测方法是:用 GPS 信号测量车载 GPS 信号接收天线的实时位置,通过同步测量海底声标和测量船之