

北斗卫星导航在国内智能交通等领域的应用分析

于 渊¹, 雷利军¹, 景泽涛², 王振华¹, 王文良³

(1. 中国航天科工信息技术研究院, 北京 100070;

2. 中国航天系统工程有限公司, 北京 100070;

3. 航天恒星科技有限公司卫星运营事业部, 北京 100191)

摘 要:从北斗导航相关技术发展的角度, 分析了北斗导航在国内智能交通领域的应用现状及趋势。介绍了北斗导航系统的发展、导航接收机的研究方向与关键技术及北斗导航产品的基本情况。阐述了智能交通领域对卫星导航技术的实际应用需求, 简要描述了北斗与GPS在技术、产品方面的差距。从技术、产品及市场发展角度总结了北斗导航系统的应用现状, 预测了发展趋势: 将逐渐进入智能手机应用; 将在有高精度导航需求的交通应用领域发挥作用; 授时及短报文需要扩大市场规模; 室内外无缝定位、与惯导融合定位等技术的发展将提供更丰富的交通出行体验。总之, 当前北斗导航可以满足基本的交通应用, 随着北斗导航技术及相关产品不断成熟, 在国内智能交通的应用将更加广泛。

关键词: 北斗导航系统; 智能交通; 导航接收机; GPS; 高精度定位; 室内定位

中图分类号: TN96, U495 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2014)01-0086-06

自20世纪90年代中期全球定位系统(Global Positioning System, GPS)进入中国并开始应用起, 国内的一些学者便开始关注并研究GPS技术, 而我国发展自主可控导航系统的想法也开始萌发。

进入21世纪, GPS逐渐在各个信息化领域占据了主导位置, 在测绘、交通、电力、通信、渔业等诸多领域得到广泛应用, 这与GPS产品技术成熟度高、价格低廉等因素是分不开的。与此同时, 我国的北斗卫星导航系统也经历了从北斗一代到北斗二代的发展过程^[1]。当前, 北斗产品从技术、性能、成本、市场接受程度等方面与GPS还存在一定差距, 但我们必须看到, 随着北斗导航系统正式提供区域导航服务, 北斗迎来了难得的发展机遇期, 与GPS的差距正逐渐缩小。从技术发展角度看, 一方面, 北斗产品将掌握并突破一些为GPS

所有并封锁的关键技术, 同GPS形成竞争态势; 另一方面, 与导航技术整体发展趋势相适应, 北斗也将在一些新兴热点研究领域迎头赶上^[2]。

北斗导航在国内智能交通领域的应用与北斗技术、产品的成熟度息息相关, 在国家大力推广北斗民用产业化的大背景下, 很多用户对现有北斗系统、技术和产品存在“不熟悉、存疑问、乱应用”的现象。本文从导航技术发展的角度, 针对北斗在国内智能交通领域的应用现状, 分析了其未来发展趋势, 力求阐明北斗应用于智能交通的思路和方向。

1 北斗导航简介

北斗卫星导航系统是我国正在实施的自主发展、独立运行的全球卫星导航系统, 由空间段、地面段和用户段三部分组成。其中, 空间段包括

收稿日期: 2014-01-06; 修回日期: 2014-01-21

基金项目: 智能交通国有资本金技术创新项目“新一代车载智能终端及综合应用系统开发”

作者简介: 于渊(1983-), 男, 工程师, 研究方向为卫星导航、智能交通导航应用。E-mail: yuyuan_its@163.com

雷利军(1977-), 男, 高级工程师, 主要从事北斗芯片研发管理及产业化应用工作。

5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星，目前在轨运行的共有 5 颗静止轨道卫星和 11 颗非静止轨道卫星，并于 2012 年底正式提供区域导航服务；地面段包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站；用户段包括北斗用户终端以及与其他卫星导航系统兼容的终端^[3]。

北斗导航的定位原理与美国的 GPS 类似，均采用被动接收信号定位，所涉及的关键技术和研究方向也类同^[4]。用户终端必须包含导航信号接收处理装置，学术上称为导航接收机。单个导航系统接收机的关键技术包括信号的捕获、跟踪、观测量提取、定位解算及完好性监测等。导航接收机的主要研究方向包括高灵敏度接收、高精度定位、高动态定位及抗干扰接收等。在这些研究方向上结合多频多星座兼容定位、差分定位、辅助定位 A-GNSS(Assisted Global Navigation Satellite System)、多传感器融合等技术，可进一步提高各自的导航性能。导航接收机的主要研究方向及所涉及的技术总结如表 1 所示：

表 1 导航接收机的研究方向及涉及技术^[5]

研究方向 关键技术				
	高灵敏	高精度	高动态	抗干扰
捕获	√	√	√	√
跟踪	√	√	√	√
观测量提取	√	√	√	√
定位解算	√	√	√	√
完好性监测	√	√	√	√
多频多星座兼容定位	√	√	√	√
差分定位	—	√	√	—
辅助定位	√	—	—	—
多传感器融合	√	—	√	√

实际应用中，导航接收机形式多种多样，如实现导航定位的板卡、导航定位芯片或模块、软件接收机。导航接收机接收并处理导航信号，计算出当前的位置、速度及时间等智能交通中需要的信息。

目前，北斗导航接收机的产品性能主要集中在

高灵敏接收与定位方向上，典型产品包括高灵敏导航定位芯片、模块，双模定位精度 3~15 m，可满足一般的导航需求^[6]。而在高精度导航定位方向，虽然当前已有厂家推出支持北斗的产品，但其性能还有待考察，预期精度可达毫米级，可满足测量与监测的需求^[7]。北斗差分增强系统仍处在原型系统验证阶段，预期可提供优于米级的定位增强服务^[8]。

北斗的短报文通信是北斗导航系统特有的功能，主要应用在没有公网信号的情况下，通过与卫星通信，实现短报文信息发送和定位的功能^[9]，主要用于应急通信或救援领域。

2 智能交通对导航技术的需求

卫星导航作为一种基础技术，是智能交通系统重要的信息感知手段，可感知位置、速度、时间及转向等信息。表 2 列出了智能交通中主要涉及的导航技术：

表 2 智能交通主要涉及的导航技术

应用领域	适用导航技术	定位精度
行人、车载、船载等普通精度导航	高灵敏、抗多径干扰	3~15 m
机载、区分车道等较高精度定位	高精度(RTD, RTK)	分米级、米级
桥隧等交通设施测量与自动监测等高精度测量级定位	高精度(RTK)	厘米级、毫米级

按定位精度不同，将导航在智能交通中的应用领域分为三类，即普通精度导航、较高精度导航定位、高精度测量级定位。

1) 普通精度导航。行人、车辆及船只等导航，对定位精度要求不高，使用环境一般是城市道路或开阔海域。在城市复杂的道路交通环境中，由于存在桥区、隧道、树木遮挡等情况，信号接收功率受到影响，需要采取高灵敏接收技术，同时需采取有效措施对抗多径干扰。

2) 较高精度导航定位。对于机载导航系统，

定位精度一般要求在米级, 此时普通精度导航由于电离层延迟等因素的影响已经不能提供米级定位, 需要借助差分定位技术, 如伪距差分 (Real Time Dynamic, RTD) 载波相位差分 (Real Time Kinematic, RTK), 消除基准站和移动站的共有误差影响, 达到高精度导航定位的目的。对于交通中一些涉及区分车道、停车收费等应用, 也需要分米或米级的定位精度。RTD 或 RTK 一般通过构建增强系统来实现, 如地基增强系统、星基增强系统。

3) 高精度测量级定位。在交通设施测量和自动监测应用方面, 需要厘米级或毫米级的定位精度, 如监测桥梁的形变、边坡位移等情况。

除了定位导航外, 在一些交通信息系统中需解决终端、后台系统、大型复杂系统间的时间同步问题时, 就需要卫星精确定时授时技术, 这也属于高精度研究方向。

当前, GPS 有一系列的技术、产品可满足上述应用需求, 而北斗卫星导航系统比 GPS 起步晚, 相关技术、产品还存在一定的差距: 在普通精度导航方面, 知名的 GPS 芯片或模块生产厂家包括 Broadcom、CSR、Ublox 等, 其产品在工艺、体积、功耗等方面均领先国内厂家的产品; 在高精度导航定位方面, 占据国内市场份额较大的产品主要来自国外知名厂商, 如 Trimble、莱卡、Topcon 等, 而国内产品主要还是基于 GPS 的, 采用的仍是国外的高精度定位芯片或解决方案, 在定位的精度、连续性、稳定性等方面还与国外一流水平存在差距。GPS 的地基或星基增强系统已非常成熟, 主要的星基定位增强系统包括 SBAS (Satellite Based Augmentation Systems) EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) 等, 而北斗的增强系统还处于实验验证阶段。总之, 目前北斗导航还不能满足交通应用的所有需求。但必须说明的是, 国外高精度产品及系统价格昂贵, 在需求强烈的较高精度导航定位领域还未形成规模化应

用, 随着国内北斗相关产品及增强系统的逐渐成熟, 相信在未来, 北斗导航在该领域将存在更多的机会。

3 北斗导航应用现状分析

北斗导航系统于 2012 年底正式运行, 以往国内的研究主要针对美国的 GPS, 而针对北斗相关技术的研究从 2006 年才逐渐增多。北斗导航技术及产品的发展决定了其在智能交通中的应用情况, 这里概括为以下几个方面:

1) 普通精度导航技术及产品逐渐成熟。

从研究机构的成果和当前北斗导航芯片或模块产品的情况来看, 目前, 我国已经在高灵敏度信号接收、失锁重定位及多径对抗等关键技术上取得了突破, 性能指标已与国外同类产品持平^[10]。国内导航芯片的性能包括: 捕获灵敏度一般可做到 $-135 \sim -147$ dBm, 跟踪灵敏度一般可达 $-155 \sim -159$ dBm, 失锁重定位时间一般 $0.5 \sim 3$ s, 定位精度一般 $3 \sim 10$ m。典型厂商包括西安华迅、芯星通、东方联星、东莞泰斗等。但出于工艺水平及成本上的考虑, 导航模块的体积和功耗较大, 我国只在车载和船载导航方面形成了规模应用, 而在手持导航终端方面还很难应用。2014 年, 国内导航芯片将跨入 40 nm 的工艺水平时代, 体积和功耗都将大大降低, 将有望满足手持终端设备的应用需求。

从车载或船载的应用看, 车载或船载导航终端可通过北斗导航模块获取时间位置信息, 再利用无线网络将相关信息回传至后台, 实现对车辆或船只的记录与监控。该模式可广泛应用在运营车辆监管、调度、路径规划与导航等行业领域。

从市场方面看, 2013 年, 国内北斗模块或芯片的出货量超过 100 万片, 在交通部、工信部、发改委等政府部门的推动下, 公交、出租、“两客一危”等车辆导航终端或行车记录仪均将更新北斗导航模块, 市场规模呈现扩张状态^[11]。

2) 高精度导航定位产品处于研发与试验系统

开发阶段。

从国内学术成果来看,我国在 RTD、RTK、广域或局域增强系统等关键技术研究上取得了突破,如北斗整周模糊度解算、多系统融合差分增强、精密定轨及精密星历算法等,但在实际应用上还处于工程验证和试验系统开发阶段^[12]。

2013年,国内传统从事卫星测量设备生产的公司,如中海达、上海华测和南方测绘等,均推出了支持北斗的产品,但主要还是以 GPS 为主,北斗的实际应用效果尚有待评估^[13]。在增强系统方面,始于 2012 年 11 月的北斗地基增强系统湖北示范项目是全国首个省级北斗地基增强网,其建设工作由湖北省测绘局牵头组织实施,湖北省气象局参与合作共建,以武汉大学相关院士团队为技术依托,于 2013 年 2 月建设完成并投入试运行(图 1)。2013 年 9 月,上海北斗地基增强网开通暨上海 CORS (Continuously Operating Reference Station) 网间互联正式启动。增强网开通后,将大幅度提高上海地区北斗卫星导航终端的定位精度、灵敏度和定位速度^[8]。

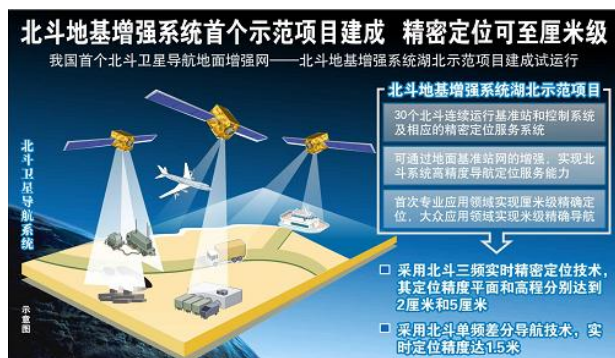


图 1 北斗地基增强系统湖北示范项目示意图

图片来源: <http://news.sina.com.cn/c/2013-03-23/065926617124.shtml>

尽管市场方面对于北斗高精度产品的需求非常强烈,特别是一些关系到安全的应用领域,如机载导航、桥隧或边坡监测、铁路轨道部件测量等,无奈由于北斗高精度产品的性能及成熟度问题,该领域的市场份额还主要由 GPS 高精度产品占据。同样,在公交车道区分、公交信号优先、

电子收费等方面也有高精度的导航需求,但目前主要应用的还是 GPS 产品^[14]。

3) 北斗授时与短报文产品有待市场开拓。

北斗授时方面,满足一般授时精度的产品技术门槛较低,多以北斗一代授时为主,主要是因为北斗一代授时技术进入较早,二代授时由于北斗模块的授时精度及稳定性等原因还未大规模应用。在技术和产品上,北斗授时已可以满足复杂交通信息系统的指标需求,但由于成本原因,虽然国家有关部委在交通、电力、通信等领域大力推广,市场仍不太容易接受^[15]。

北斗短报文通信是北斗导航系统的亮点,通过北斗卫星终端可向其他终端或运营中心发送 100 多个汉字的短报文,对于不具备公网条件的远洋船舶通信、定位及交通应急救援等应用具有重要意义。农业部“南沙渔船船位监控指挥管理系统”项目通过在南海、东海、黄渤海远海海域近 1 万艘左右渔船上安装北斗海洋渔业船载终端,实现对海南、广东、广西及港澳地区赴南沙作业的渔船和渔政船的监控指挥管理^[16]。目前,北斗短报文通信产品及系统均比较成熟,但由于终端需具备发送天线故而在体积上难以小型化,加之通信成本方面的原因,个人手持导航终端仍较少采用,市场规模有限。

4 北斗导航应用发展趋势分析

应该说,北斗卫星导航系统从诞生之初就面临 GPS 产品的激烈竞争,特别在 ICD (Interface Control Document) 文件发布后,国外 GPS 厂商对中国导航市场虎视眈眈,纷纷推出了支持北斗的产品。随着北斗相关技术及产品的日渐成熟,成本逐渐降低,依靠强大的国内市场需求及政府部门的支持,未来五到十年,北斗导航产业将迎来蓬勃发展的机遇期。

随着北斗导航技术的不断发展与进步,其在智能交通领域将发挥越来越重要的作用,本文总结为以下几个方面:

1) 北斗终端进一步向低功耗、小型化方向发展。随着北斗导航芯片或模块逐步采用 40 nm 工艺, 体积、功耗、成本进一步降低, 北斗将进入手机、PAD 等移动终端应用领域, 近来, 三星、华为就推出了支持 GPS、GLONASS、北斗三系统的智能手机。此外, 类似 A-GPS 的辅助定位技术, 北斗也必然会发展 A-BeiDou 技术^[17], 提高其定位速度, 改善终端用户的体验, 加速北斗在各类导航终端中的应用。

2) 扩大北斗高精度导航产品在智能交通中的应用。支持北斗的高精度 RTD、RTK 产品将逐渐成熟, 在交通设施自动监测中的应用也将随之扩大。除了测量、监测应用外, 随着各地北斗地基增强系统的建设, 公交车调度系统、露天停车管理、公交信号优先等应用领域, 也可能引入北斗高精度导航技术。值得关注的是, 北斗精密星历星钟产品及北斗星基增强系统也会带来米级或更高的定位精度, 在智能交通领域的应用也存在巨大的想象空间^[18]。

3) 新型导航技术将提供更丰富的出行体验。室内定位一直是国内外研究的热点领域, 可依靠 UWB (Ultra Wide-Band)、WiFi 及布设传感器等方式, 或者利用 NFC (Near-Field Communication) 技术实现。单纯的室内定位技术应用存在着局限性, 而室内外无缝定位似乎更有效, 日本近年来提出的 IMES (Indoor Messaging System) 系统^[19], 可在室内播发类似卫星信号, 从而实现室内外无缝定位。试想未来 5~10 年, 北斗“IMES”系统可能在地下停车管理与诱导、地铁站诱导、商场导购等领域发挥作用^[20]。另外, 北斗与惯性器件的融合定位将大大提高北斗导航的可用性, 可满足桥隧、城市 CBD、密林等区域的位置监控需求。

4) 北斗二代授时产品将逐渐替代一代授时产品, 在国家扶持下会得到更广泛地应用, 在有时间同步需求的各类交通信息系统中发挥作用^[21]。

5 结语

综上所述, 现有的北斗技术或产品还不能完全满足智能交通的需求, 但随着北斗导航技术的发展与进步, 随着产品可用性、可靠性的进一步提高以及成本的不断降低, 相信北斗导航在智能交通中的地位和作用将更加明显。如果说车载导航掀起北斗应用第一次高潮, 北斗高精度应用、北斗与其他导航技术的融合应用将会再次掀起北斗应用的高潮。

参考文献

- [1] 曾庆化, 刘建业, 彭文明, 等. 我国卫星导航系统相关技术发展分析[J]. 航天控制, 2006, 24(4): 91-96.
- [2] 曹冲. 发展北斗产业 这是时代的使命[C/OL]. 深圳: 应用北斗·鉴远·赢未来: 中国汽车信息服务产业创新发展论坛.(2014-01-06)[2013-07-26]. <http://info.carec.hc360.com/2013/07/291620399072.shtml>.
- [3] 北斗导航系统网站. 北斗导航系统简介[EB/OL]. (2014-01-06) [2010-01-15]. <http://www.beidou.gov.cn/2011/12/06/20111206e06b16a3bd8846459b969277a3317e5b.html>.
- [4] 魏秀起, 郑维广, 隋绍勇. 北斗导航定位接收机的原理及硬件实现[J]. 电子元器件应用. 2009 11(4): 37-43.
- [5] 于渊.GNSS 多系统互操作接收机关键技术研究 [D]. 北京: 北京航空航天大学, 2012: 11-24.
- [6] 北斗导航系统网站. 冉承其在北斗系统正式区域服务一周年新闻发布会上的发言[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-12-27]. <http://www.beidou.gov.cn/2013/12/27/201312276aab81a115ba4d03a9a7075d0c4075e1.html>.
- [7] 何海波. 国产高精度测量型用户机性能分析[C]. 武汉: 第四届中国卫星导航年会, 2013.
- [8] 施闯. 北斗地基增强系统关键技术与应用研究[C]. 武汉: 第四届中国卫星导航年会, 2013.
- [9] 人民网. 北斗系统最大的特色在于有源定位和短报文特色服务[EB/OL]. (2014-01-06) [2011-12-27]. <http://scitech.people.com.cn/GB/16729032.html>.
- [10] 科技日报. 灵敏度超 GPS 北斗导航芯片投产两年站稳市场[EB/OL]. (2014-01-06) [2010-09-21]. http://news.ifeng.com/mil/2/detail_2010_09/21/2599833_0.shtml.
- [11] 北斗导航系统网站. 北斗交通应用示范创造 2 亿多产值[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-12-27]. <http://www.beidou.gov.cn/2013/12/27/20131227ad38ce7236944ee8a6536781-654c104e.html>.

- [12] 中国产业调研网. 中国高精度卫星导航定位(GNSS)市场现状调研与发展前景分析报告[R].北京:中国产业调研网,2013.
- [13] 中海达. 北斗产品,就买中海达[N]. 中海达报,2013-04-03(A2).
- [14] 黄海晖. 北斗高精度产业发展之路探索[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-11-27]. <http://www.cpsits.com/bencandy/384/19864/>.
- [15] 徐一军,汪建华,胡昌军. 北斗授时应用现状与思考[EB/OL]. (2014-01-06)[2013-11-27]. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n15214847/n15218234/154-81689.html>.
- [16] 中国渔业政务网. 南沙渔船船位监控指挥管理系统项目建设通过竣工验收并正式投入使用[EB/OL]. (2014-01-06) [2009-05-06]. http://www.moa.gov.cn/sjzz/yzjzw/ycygyzj/ycycyg/200905/t20090506_2682939.htm.
- [17] 北斗导航系统网站. 北斗系统进入移动通信领域应用的新阶段[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-03-11]. <http://www.beidou.gov.cn/2013/03/11/20130311d2d5792b-2cca4748997a74cdf84a866a.html>.
- [18] 施闯,赵齐乐,李敏,等. 北斗卫星导航系统的精密定轨与定位研究[J]. 中国科学:地球科学,2012 42(6): 854-861.
- [19] Andrew Dempster. QZSS's Indoor Messaging System GNSS Friend or Foe? [EB/OL]. (2014-01-06) [2009-01]. <http://www.insidegnss.com/auto/janfeb09-dempster.pdf>.
- [20] 导航与位置服务科技专项总体专家组与地球观测与导航技术领域导航主题专家组. 导航与位置服务科技专项总体专家组与地球观测与导航技术领域导航主题专家组联合发布《室内外高精度定位导航白皮书》[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-09-29]. http://www.nrscc.gov.cn/nrscc/tzgg/201309/t20130929_32303.html.
- [21] 国务院办公厅. 国家卫星导航产业中长期发展规划[EB/OL]. (2014-01-06) [2013-09-26]. http://www.gov.cn/zwgg/2013-10/09/content_2502356.htm.

Brief Probe into the Status and Trend of Compass Navigation's Application in Domestic Intelligent Transportation Systems

Yu Yuan¹, Lei Lijun¹, Jing Zetao², Wang Zhenhua¹, Wang Wenliang³

(1. China Aerospace Science and Industry Academy of Information Technology, Beijing 100070, China;

2. China Aerospace System Engineering Co., Ltd, Beijing 100070, China;

3. Satellite Operation Department, Space Star Technology Co., Ltd, Beijing 100191, China)

Abstract: Based on the development of techniques related to Compass satellite navigation, the status and development trend of its application in the field of domestic ITS is analyzed. Then the Compass navigation system, the research and key techniques of GNSS receivers and Compass application products are introduced. The demand in the field of ITS is illustrated for the satellite navigation technology. The gaps in manufacture techniques and product properties between Compass and GPS are simply addressed. From the perspectives of technique, product and market development, the Compass application situation is summarized and its development direction is predicted as follows: Compass silicon has expanded its influences into smart phones; Compass will play an important role in transportation systems with high accuracy navigation demand; Compass time transfer and short message products need the expansion of market size; The application of such techniques like seamless positioning, INS integration will bring more colorful travel experiences. In conclusion, Compass navigation can meet the fundamental transportation application demand. With the maturity of technique and product related to compass, the Compass application in ITS will be more extensive.

Key words: Compass Navigation System; ITS; GNSS receiver; GPS; high accuracy positioning; indoor positioning