

从国际卫星导航系统发展谈加速中国 北斗卫星导航系统建设

朱筱虹 李喜来 杨元喜

(北京环球信息应用开发中心,北京 100094)

Considerations for Accelerating Compass Construction from the Viewpoint of International GNSS Development

ZHU Xiaohong, LI Xilai, YANG Yuanxi

摘要:全球卫星导航系统 GPS、Galileo、GLONASS 和 COMPASS/Beidou 发展迅猛。美国的 WAAS、欧洲的 EGNOS、俄罗斯的 SDCM 以及中国的广域增强系统建设都取得了重大的研究成果;日本的 QZSS 和 MSAS、印度的 IRNSS 和 GAGAN 的建设也取得了重大突破。通过对国外卫星导航系统的发展动态、关键技术和政策法规的跟踪与分析,运用比较、归纳的方法,提出中国北斗卫星导航系统所面临的问题及可能采取的对策,以期对中国的自主卫星导航系统建设有所借鉴。

关键词:全球卫星导航系统;北斗卫星导航系统;卫星导航政策;卫星导航标准;兼容互操作

一、引言

近几年来,全球卫星导航系统(GNSS)在国家安全、经济及社会发展中的作用越来越显著,世界各主要大国都竞相发展独立自主的卫星导航系统,几乎所有卫星导航系统都进入了高速发展阶段。美国的 GPS 是目前正在成功运行的全球卫星导航系统,俄罗斯的 GLONASS 系统正在恢复阶段,欧洲正在开发 Galileo 系统,中国正在开发北斗全球卫星导航系统。

2000年,我国首先建成北斗导航试验系统,使中国成为继美、俄之后的世界上第三个拥有自主卫星导航系统的国家。当前北斗卫星导航系统正处于第二阶段研制建设时期。2010年,北斗卫星导航系统共发射了5颗卫星(3颗 GEO 和 2颗 IGSO),成功实现了2颗北斗 GEO 卫星接替,完成了1个主控站、2个时间同步/注入站、17个监测站研制建设,与 GPS 和 Galileo 频率协调及兼容与互操作技术的交流进展顺利。目前美国 GPS 现代化改造工作正在稳步推进,俄罗斯 GLONASS 正在加紧实施“恢复”,欧洲 Galileo 系统在与美国 GPS 就 L1 和 L5 信号兼容上取得进展后,计划在2012年前投入运营。在广域与局域导航增强系统建设方面,美国的 WAAS、欧洲的 EGNOS、俄罗斯的 SDCM 以及中国的广域增强系统建设都取得了重大的研究成果,日本也加紧了 QZSS 和 MSAS 建设的步伐,印度 IRNSS 和 GAGAN

的建设也取得了重大突破。可以说,伴随着美国 GPS 在经济发展和国防建设中取得的辉煌成绩,国际卫星导航系统的建设都进入了高速发展阶段。

全球卫星导航系统建设是一项极其庞大、极其复杂的系统工程。建设中国的北斗系统应借鉴国外卫星导航系统建设的成功经验。国外卫星导航系统发展动态、关键技术攻关、标准规范制定与政策法规颁发以及系统的推广都对我国卫星导航系统的建设产生积极影响。国内专家先后论述了“北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战^[1]”,“卫星导航系统及产业现状和发展前景研究^[2]”,以及“北斗卫星导航系统及产业的发展与思考^[3-4]”,从不同角度各有侧重地指出了北斗卫星导航系统的发展前景与存在问题。

本文在分析、归纳国外卫星导航系统的现状与发展趋势、关键技术攻关、政策法规制定的基础上,试图提出中国卫星导航系统现在急需解决的问题及可能采取的对策,并提出6个方面的具体建议,希望为中国自主卫星导航系统建设提供参考意见。

二、中国卫星导航系统面临的问题和可能采取的对策

1. 为了稳步科学地建设北斗导航系统,需要加强顶层设计
导航系统建设是一个科学性、前瞻性、发展性

收稿日期:2009—

作者简介:朱筱虹(1975—),女,山东德州人,硕士,工程师,主要从事测绘导航信息服务与保障、出版编辑等工作。

很强的系统工程,美国、俄罗斯和欧盟在其卫星导航系统建设和发展过程中都制定了多项政策和发展计划,为系统的长远发展提供了科学指导。GPS的成功也受益于此,如2004年出台的《国家天基PNT政策》,就是从顶层对美国的天基导航进行整体规划和设计;依据美国法典制订的《联邦无线电导航计划2008》,则是在合并了《2005年联邦无线电导航计划》和《2001年联邦无线电导航系统(FRS)》的基础上,根据新的发展需要制订的。俄罗斯也将GLONASS的发展放到了国家战略的高度,如2009年2月,俄罗斯联邦委员会批准了《关于导航活动》的联邦法规,以及近年来先后批准执行的《GLONASS系统2002—2011年的发展计划》、《2007—2011年GLONASS发展计划》和《2006—2015年航天发展计划》等。美俄两国都是从国家层面对卫星导航进行规划设计,使导航系统的建设稳步科学发展,避免随意性或再次出现美国GPS地面控制段升级改造不配套而导致86种不同型号武器系统瘫痪的类似现象。

因此,中国在建设卫星导航系统时,应切实加强顶层设计,从战略上和全局上研究制定好建设规划和实施计划,做到先进性与实用性统一,科学性与创新性统一,建设速度与建设质量统一。通过组织重大项目和课题的联合攻关,使导航建设稳步、协调、持续发展。同时,根据内外部环境变化,处理好与国外其他导航系统兼容与互操作、系统自身建设与应用推广以及军用与民用的关系,适时调整总体规划,以保持顶层设计的科学性、前瞻性和先进性。

2. 为提高北斗卫星导航系统的技术水平,必须加大关键技术攻关力度

关键技术与设备的提前研发,对于搞好系统设计和缩短建设周期、降低风险具有非常重要的意义。美国在发展GPS系统之前,1974年前后就开始对GPS系统空间段所需卫星有效载荷的关键技术与设备进行充分的地面实验与在轨实验。曾发射2颗专用导航技术试验卫星,对星钟(铷钟、铯钟)及其生成导航信息的伪随机噪声(PRN)码发生器,以及星载计算机等进行技术验证。当GPS计划进入实施阶段时,这些关键技术已基本解决。欧洲在实施Galileo计划之前,欧空局也早已提前启动Galileo卫星所需关键技术与设备的研发工作,专门列出了13个亟待解决的关键或者重大问题。因此,当他们进入方案论证第二阶段时,相关的星钟、导航信号生成装置和卫星导航天线等关键设备已经开发或

取得突破性进展。如果仅靠依赖进口别国关键技术与设备,不可能建立独立自主的卫星导航系统。如印度建设的IRNSS系统,如果某些关键技术(如微型精确载荷研制)无法自主突破,导致未来的IRNSS将是一座不设防的“城市”,其军事领域的战略意义将大打折扣。

北斗系统起步较晚,面临的技术竞争更为激烈:卫星系统性能与稳定性需要提高;原子钟技术、接收机技术、信号调制与捕获技术等还有很大的发展空间;与北斗导航系统相关的坐标系统和时间系统还有改进的余地;北斗地面跟踪站相对偏少,几何结构不够合理等,数据服务中心(类似于IGS)几乎处于空白^[1]。因此,应统筹调动各方面力量,切实把人力、财力、物力科学地管理好、组织好,加强自主创新能力建设,对卫星导航系统兼容与互操作技术、卫星星座设计、卫星轨道理论与方法、导航信号体制与设计、频率资源的开发利用、抗干扰和反欺骗技术、星载原子钟技术和星钟温控技术等关键性技术提前进行研究。

3. 频率和轨道资源有限,应积极申报可用的频率和轨道资源

卫星频轨是卫星使用的频率和卫星所处的空间轨道位置,是构建所有卫星系统的前提和基础,也是卫星系统建成后能否正常工作的必要条件。频率轨道资源是一种有限的、不可再生的自然资源。据初步统计,目前人类发射到空中的各种卫星和航天器已达3万余颗,用于中国特殊设计的同步卫星轨道空间十分有限;此外,能够用于卫星导航的频率资源已被美、俄、欧盟抢占,可用的导航频率资源有限。而且,国际电联(ITU)规则中明确规定“卫星频率轨道资源的主要分配形式为‘先申报就可优先使用’的抢占方式”,并且按照国际规则,“由申报顺序确立优先地位次序,后申报的国家应采取保障措施,保障不会对先申报国家的卫星信号产生有害干扰”。这种规则迫使各国加紧了抢占频率资源的步伐。如2009年3月24日,美国发射的GPS IIA-20(M)卫星搭载了L5演示验证有效载荷,L5信号频率处于航空无线电导航服务频段,适用于商业运输领域、生命安全应用研究和开发,该频段在航空、航天、水路、高速公路和铁路运输以及能源运输方面起着重要作用。L5信号的发播有效确保了美国向国际电信联盟申请的1176.45 MHz频率的占用。

在导航频段资源日渐紧张的情况下,国外各大GNSS供应商也在开展对新频段的研究。早在1998—2004年期间,美、欧各国就对C波段体系开

展了研究工作。为在第二代 Galileo 现有 L 波段的服务中增加 C 波段导航能力,欧洲最大的空间研究公司阿斯特里姆公司(EADS Astrium)组织技术力量针对 C 波段开展相关研究,探讨了将 C 波段技术融入 GNSS 系统中的可行性,以及应用于未来 GNSS 星座所需要的关键技术等^[5]。法国航天局的空间研究中心(CNES)和意大利、英国、荷兰等国合作研究了 S 波段用于卫星导航的可行性,对链路设计、无线电频率兼容,以及使用 S 波段在兼容与互操作方面需解决的问题作了较全面分析,提出了更适合提供 GNSS 业务的信号调制方式^[6]。

基于现有卫星导航频率使用现状和未来发展,中国应根据北斗卫星导航系统建设需要,依据国际规则,在保护并用好现有频率和轨道资源的同时,应积极地向国际电联申报所需新的卫星频率和轨道位置;积极开展与现有导航供应商的谈判,争取利用现有频率,在频率重叠的基础上减少相互干扰;同时,积极开展其他导航频率的研究,切实为中国卫星导航事业争取最大的频率使用空间,为中国的航天事业发展和经济发展提供更丰富的资源保障。

4. 卫星导航政策不够明确,需要尽快健全中国特色卫星导航政策

一个新兴产业的发展与壮大与国家政策的支持是分不开的。美国非常重视发挥政策法规对于 GPS 系统规范性和导向性作用,多次以总统令、白皮书的形式向外推广,积极推动整个产业的良性发展。据不完全统计,仅从 1995 年 GPS 投入运营至今,美国各部门各机构已出台了上百部与 GPS 有关的政策法规。美国在 GPS 正式运行不到一年,1996 年就出台了《GPS 政策》,自 1998 年起,美国国防部就和交通运输部等部门开始共同制定《联邦无线电导航计划》,1999 年制定了《GPS 现代化计划》,2001 年开始颁布《联邦无线电导航计划》和《联邦无线电导航系统》,并在 2004 年颁布了 GPS 历史上极具深远意义的《国家天基 PNT 政策》,2009 年国土安全部参与其中,将《联邦无线电导航系统》融入《联邦无线电导航计划》,颁布了新版《联邦无线电导航计划》;美国 2004 年成立天基 PNT 执行委员会,负责对天基 PNT 政策、机构、需求和资源分配等进行战略决策,并对各相关部局提出的建议进行协调。《联邦无线电导航计划》以及每两年向国会提交的《GPS 报告》等都是 GPS 系统健康发展和应用的重要政策法规依据和战略发展的指导性文件。而且,美国自 1998 年提出导航战思想后,就在其国

防部法令中明确规定:2000 年 9 月 30 日以后,国防部所属任何飞机、舰船、装甲车辆或非直接火力武器系统,如果不配备 GPS 接收机,将不得获取改进或采购资金。用法规形式保证了 GPS 在军用载体上的使用,同时也提高了军用载体的导航定位能力。而当前中国北斗卫星导航定位系统还缺乏完善、明确的政策法规,美国空间策略研究所主任斯科特·佩斯就认为“北斗系统的政策方面的管理不够清晰,政策不具确定性;中国空间方面的决策等级模糊”^[7]。

北斗卫星导航系统的应用研究和部署开始于 2001 年原国家计委发布的《卫星应用产业发展对策研究》,2010 年把卫星导航列入新兴产业“十二五”规划,10 年间有近 10 份政策性文件推动北斗的应用。北斗导航实验系统虽然取得了巨大的成就,但无论在电力、交通运输、公共安全、通信、水利等专业应用市场,还是在个人通信、娱乐等大众应用市场,其应用服务仍处于起步阶段。到 2010 年底,注册终端用户的数量只达到了系统容量的 1%,卫星资源远未得到充分利用。孙家栋院士曾强调指出“为使北斗卫星导航系统尽可能早、尽可能快地产生社会和经济效益,国家应尽快发布相应的政策、法规和制度来支持新一代卫星导航应用工业的发展,引导、鼓励和吸引更多的国内企业和公共组织积极参与到地面应用产业链的建设活动中”。目前,中国还没有较清晰、完善的具体政策指导北斗产品逐步进入国家 PNT 服务核心区域,非常不利于北斗应用以及国家基础设施的建设与长远发展。因此,在较 GPS 发展晚,市场占有率小得多的国内外形势下,出台推动北斗卫星导航系统发展、有利市场竞争、具有中国特色的可操作性政策,有利于从顶层规范卫星导航系统的应用,向用户承诺并保证系统在可预期时间内的连续性和可用性,解除用户后顾之忧。此外,应鼓励并支持国内国际卫星导航用户使用北斗导航系统,在涉及国家安全、经济安全的重要设施或重大工程领域强制使用北斗导航系统。统一目标、统一标准、统一步骤、统一要求,确保北斗卫星导航系统的健康发展和市场化运营对拓展北斗卫星导航系统市场是非常重要的。

5. 北斗应用标准欠缺,需要加紧制定与现有导航系统兼容与互操作的应用标准

加强卫星导航系统相关标准的制定和实施有着非常重要的现实意义。首先,规范卫星导航系统的频率可减少接收机制造的成本;规范坐标系统和时间系统,可提高多卫星导航系统的互操作性;规

范卫星导航系统的轨道产品,有利于卫星定轨软件的编制和用户位置的解算;规范卫星导航系统用户机的接口和协议,可提高应用系统与用户设备的互连互通^[8]。GPS刚建成不久,美国各相关部门就出台了《GPS接口控制文件》,发布了《GPS标准定位服务性能标准》、《广域增强系统性能规范》和《GPS民用监测性能标准》等。可以说,标准是卫星导航产业化健康、有序、良性发展的前提条件,建立健全卫星导航标准体系是导航体系建设的核心任务之一^[9]。

作为后续发展的卫星导航系统,在制定北斗卫星导航系统标准时,必须考虑业已存在且被广大用户认同的GPS应用标准和产品标准,必须考虑中国北斗卫星导航系统与现有卫星导航系统的兼容与互操作。

在美国和欧洲的GNSS合作中,首先达成共识的是GPS与Galileo的兼容与互操作。俄罗斯也在积极与美欧进行兼容与互操作谈判,并采取了重大行动。如俄一直采用时分多址(TDMA)信号体制,为了适应互操作需要,增加了CDMA信号方式。在其首发的GLONASS-K卫星上,能够在L1、L2、L3和L5 4个频点上,发送8个CDMA信号,其中L1、L5频点上的信号结构确立了与其他GNSS系统的互操作态势。通过对GPS系统、GLONASS系统及各种卫星导航增强系统标准的跟踪与分析,可以看出:
①目前国内外公布的相关标准主要都是围绕卫星导航系统应用来制定的,其中以用户设备和行业服务这两个领域的相关标准为标准的主要制定对象;
②GPS系统的应用标准相对完善,已经初步形成体系;
③目前国内已出台的其他GNSS标准相对零散(具体可参见参考文献[8])。

鉴于以上认识,在北斗系统的建设过程中,规范北斗系统空间信号和时空系统框架,规范北斗接收机与GNSS接收机信号融合处理,规范北斗系统与其他导航系统的兼容和互操作,是推进北斗全球化的重要内容之一,也是推广和普及北斗导航系统的必由之路。因此,通过制定相关应用标准和规范政策,可有力推进北斗系统的推广应用,并在保持

北斗系统独立运行的前提下,实现GNSS资源优化,最大限度地利用导航频段,并实现GNSS接收机终端的国产化、产业化,从根本上增强北斗系统应用服务产业的竞争力,实现中国导航系统跨越式发展。

三、结束语

通过跟踪与分析现有卫星导航系统建设与发展经验,并根据北斗卫星导航发展需求,笔者认为:应加强前瞻性统筹规划,确保系统顶层设计的科学性和可靠性;应重视关键性技术预研攻关,确保中国北斗卫星导航系统的技术水平,提升卫星导航自主创新能力;应尽快占领和申报可用的卫星导航频段,确保中国的卫星导航建设处于有利地位;应尽快出台较完善的北斗政策,确保国防和国家经济核心部门的PNT安全可靠;应尽快出台北斗应用标准和法规,确保北斗应用的有序发展,并实现与GPS等GNSS的兼容与互操作。

参考文献:

- [1] 杨元喜. 北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 1-6.
- [2] 曹冲. 卫星导航系统及产业现状和发展前景研究[J]. 全球定位系统, 2009(4): 1-6.
- [3] 谭述森. 北斗卫星导航系统的发展与思考[J]. 宇航学报, 2008, 29(2): 391-396.
- [4] 刘基余. 我国卫星导航产业未来几年发展的思考[J]. 导航天地, 2010(1): 28-32.
- [5] MATEU I, PAONNT M, JSSLER J L et al. A Search for Spectrum: GNSS Signals in S-band [J]. Inside GNSS, 2010, 5(7): 46-53.
- [6] MATE I, PAONMI M. C-band/L-band GNSS Mission [EB/OL]. [2011-01-21]. <http://www.inside.gnss>.
- [7] PACE S. Expert Advice: The Strategic Significance of Compass [J]. GPS World, 2010(12): 31-36.
- [8] 朱筱虹, 徐瑞, 赵金贤, 王森, 唐云. 卫星导航标准现状分析[J]. 无线电工程, 2010, 40(12): 31-34.
- [9] 徐瑞, 朱筱虹, 赵金贤. 导航标准体系建设若干思考[J]. 测绘通报, 2010(11): 11-14.