

世界几大卫星导航系统的比较

马 兰¹, 孔 毅², 郭思海¹, 宋海英¹, 庞 云¹

(¹ 天津海洋测绘研究所, 天津 300061; ² 江苏省测绘局, 江苏 南京 210013)

摘 要 近年来, 随着全球导航定位系统的战略作用与地位日渐突出及其在促进经济社会发展中的地位日益显著, 越来越多的国家和地区开始着手或加强该它的建设。本文概述了世界几大卫星导航系统的现状, 并对其主要参数进行了简要的介绍和比较, 展望了卫星导航系统的发展趋势。

关键词 卫星导航系统 现状 比较

中图分类号: P228.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4097(2011)03-0003-04

1 前 言

2011 年 4 月 10 日, 我国成功将第 8 颗北斗导航卫星送入太空预定转移轨道, 它标志着北斗区域卫星导航系统的基本系统建设完成, 我国自主卫星导航系统建设进入新的发展阶段。

自 20 世纪 90 年代以来, 美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS 两大卫星导航定位系统先后投入运行, 为卫星导航定位系统的应用建立了新的里程碑。经过 10 多年的发展, GPS 系统不仅在近年的几次战争的精确打击和联合作战方面发挥越来越重要的作用, 还广泛地拓展了应用领域, 形成了新兴的产业并渗透到国民经济、科学、社会和人民生活各个方面。这些都表明了 GPS 系统的巨大成功。全球卫星导航系统以其高速、高效、高精度等一系列特点深受各个行业数据采集和资源监测人员的青睐。

2 各系统构建的初衷

由于美国全球定位系统(GPS)在全球的广泛应用, GPS 成为全球范围内一项重要信息源, 相关产品和服务市场迅速扩大, 发展成了一个重要产业。同时, 卫星导航定位技术具有重要的军民两用价值, 对于一个国家的国防和军事发展具有重要意义。但是, 在国民经济中单独用 GPS 是有危险性的, 比如在民用航空上, 用卫星导航做着陆系统, 必须多系统集成。如由美国军方控制的 GPS 系统, 尽管在和平时期免费提供信号, 但在使用原则上, 却以军事为优先。海湾战争期间, 美国就曾置欧盟各国利益于不顾, 一度关闭对欧 GPS 服务。为了摆脱对美、俄导航定位系统的依赖, 世界各国、各地区和组织纷纷建立自己的卫星导航定位系统, 我

国的北斗导航、欧盟的伽利略计划、日本的“准天顶卫星”就在此列。

2.1 美国的 GPS

GPS 系统是目前最成熟、应用最广的卫星定位体系, 从 1973 年美国国防部正式提出到 1994 年就全面建成并投入运营, 历时 20 多年, 花费 200 亿美元。其定位精度优于 10 m, 测速精度优于 0.1 m/秒, 计时精度优于 10 毫秒。该系统的组成包括 24 颗 GPS 卫星, 最少只需其中 4 颗卫星就能迅速确定用户端在地球上所处的位置及海拔高度, 而所能接收到的卫星数越多, 解码处理的位置就越精确。该系统原是美国国防部为了军事定时、定位与导航的目的所开发的, 随着冷战结束, 美国提高了民用 GPS 的精度, 使 GPS 得到了迅速发展。上世纪 80 年代, 该领域一直是由美国全球定位系统垄断。GPS 现在仍是领导者和垄断者。

GPS 的应用价值极高, 从根本上解决了人类在地球上定位和导航的问题, 成为美国政府继阿波罗登月计划和航天飞机计划之后的第三大空间计划, 目前, GPS 的应用已经超过 500 种, 已深入各个领域: 在航海方面有船舶航行、海上交管、海洋测量、石油勘探、远洋捕捞、浮标建立、海底管道和电缆铺设、海岛和暗礁定位、船舶进出港引航等; 在航空方面有飞机进场着陆、飞行导航、空中加油、空中准确投掷、空中交管等; 在大地测量方面, 由于精密定位的大地测量接收机的出现, 给大地测量带来了革命性的变化, 成为 GPS 应用的重要分支; 此外, 在军事上、在空间技术上、在陆地上、甚至在人们的日常生活中, 其应用都无处不在。

2.2 俄罗斯的 GLONASS

“格洛纳斯”(GLONASS)是由俄罗斯单独研发部署的卫星导航系统, 该系统计划始于上世纪

70 年代,是俄罗斯以军用为主、兼顾民用的国家系统。该系统至少需要 18 颗卫星为俄全境提供卫星定位及导航服务,如要提供全球服务,则需要 24 颗卫星在轨工作。“格洛纳斯”系统完成全部卫星的部署后,其卫星导航范围可覆盖整个地球表面和近地空间,实现全球定位导航,定位精度将达到 1.5 m 之内。目前,俄“格洛纳斯”卫星导航系统拥有 21 颗工作卫星,分布在 3 个轨道平面上,同时还有 3 颗备份卫星。每颗卫星都在 1.91 万公里高的轨道上运行,周期为 11 小时 15 分。但是,“格洛纳斯”系统一直处于降效运行状态,现只有 8 颗卫星能够正常工作,其精度要比美国全球定位系统低。近年来,俄罗斯积极着手对“格洛纳斯”进行技术改造。

俄罗斯的 GLONASS 系统从 1980 年正式启动,最初仅用于军事目的。前苏联解体后,随着系统研制进程的加快,其民用意义逐渐受到重视。1991 年,前苏联即已宣布 GLONASS 系统向全球民用用户提供免费的导航服务;2007 年 12 月 27 日, GLONASS 系统的汽车导航仪在莫斯科上市销售。这标志着 GLONASS 系统正式进入了民用导航市场。近年来,俄罗斯政府批准执行的一系列发展计划主要目标就是成功地开发、有效地应用 GLONASS 系统,保证国家、社会和经济的发展,保障国家安全,通过保证为俄罗斯和全球用户提供高质量的服务,保持俄罗斯在卫星导航领域的先进地位。在经费支持方面,由于充分认识到导航卫星系统的重要性,近年俄政府对 GLONASS 的拨款也逐年增长。

2.3 欧洲的伽利略系统

伽利略系统是欧洲自主独立的全球多模式卫星定位导航系统,提供高精度、高可靠性的定位服务,同时它实现完全非军方控制和管理,是世界上第一个基于民用的全球卫星导航定位系统。

2002 年 3 月,欧盟成员国正式启动伽利略卫星导航系统,目的是打破美国的 GPS 对全球导航定位市场的垄断地位。系统计划到 2013 年建成。根据原定设想,建成后的“伽利略”将成为 GPS 最有力的竞争对手。“伽利略”卫星定位系统将包括 30 颗卫星,大于 GPS 的卫星数量,因而有更广的覆盖面积,其发射的信号即使在极地区域也能获得正常接收。其次,“伽利略”的定位精度较 GPS 要提高一个数量级,达到误差不超过 1 m。而最令人瞩目的,是“伽利略”系统有更强的兼容能力,它可以和 GPS、俄罗斯的“格洛纳斯”实现多系统协

同定位,使传递的信号更清晰、更快捷,从而能为用户提供更广泛的服务。同时伽利略系统能够保证在许多特殊情况下提供服务,即使定位失败也能够在几秒钟内通知用户,对安全性有特殊要求的情况,如:火车、汽车导航、飞机着陆等,伽利略系统具有得天独厚的应用优势。然而伽利略计划发展一直不够顺利,先是第一阶段计划超支,然后是参加国之间的利益分配问题及伽利略商业运作模式如何实现等问题,使得伽利略计划滞后于计划近 6 年,总投资也已从最初设想的 30 多亿欧元增加到近 50 亿欧元,投资方式也由初期的公私合伙经营(PPP)方式改为目前由欧盟独家投资。欧盟目前已全面接管伽利略的工作。

2008 年 4 月,欧盟立法机构欧洲议会通过伽利略计划的最终部署方案,为伽利略的发展铺平道路,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。

2.4 中国的北斗导航系统

“北斗一号”系统是我国自行研制的区域性有源三维卫星定位通信系统。该系统可以对我国领土、领海及周边地区的各类用户进行定位和定时授时,并且可以实现各个用户之间、用户与中心控制站之间的简短报文通信。

2000 年中国“北斗”导航系统建成运行,成为继美国、俄罗斯之后世界上第三个拥有自主卫星导航系统的国家。不过早期的北斗一号系统包括四颗卫星,相对于 GPS 来说精度较低,而且不支持移动定位,而后续的北斗二号卫星体系性能不弱于美国 GPS 系统,计划于 2020 年覆盖全球,届时将有 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星组成。目前北斗系统已经有 8 颗卫星升空。与 GPS 系统不同的是,北斗除了定位外,还支持卫星通讯功能,应用上更为广泛。和通过被动接受卫星信号的 GPS 相比,“北斗一号”采用区域性主动定位,即需要向卫星发送信号,用户才能知道所在的位置。由于存在通讯的来往,使得“北斗一号”的应用存在带宽和频度的限制,导致覆盖面积较小、定位精度较低,用户数量也受到一定限制。但可全天候、全天时提供区域性有源导航定位,还能进行双向数字报文通信和精密授时,是其独特优势。

北斗全球导航系统将采取“30+5”模式,即由 30 颗中轨道移动卫星,加上 5 颗地球同步轨道静止卫星组成。北斗一号的应用政策是军用为主,鼓励民用。

2.5 日本的“准天顶卫星”系统

日本的“准天顶”卫星计划由来已久。2000 年 6

月,日本宇宙开发委员会提交了一份题为《改进日本航天开发体制,扩展航天利用新领域》的报告,决定执行空间基础设施(I-SPACE)计划。“准天顶”卫星系统正是“I-SPACE”计划要重点开发的三个系统之一。其目的是开发日本下一代自主导航定位系统,同时试验高速移动通信卫星。2010年9月11日,日本在种子岛宇宙中心使用H-2A火箭发射了首颗“准天顶”定位卫星“引路号”,这是日本首次发射本国自主研发的导航定位卫星。准天顶系统是日本JAXA研发设计的,准天顶卫星以日本上空东经135度为纵轴的“8”字形轨道,整套系统设计为三颗卫星,24小时用于日本本土GPS系统的信号增强。卫星设计寿命为12年,每年需要修正轨道保证卫星工作正常。

按照计划,“引路号”试运行后如果不出现技术问题,日本将陆续发射另外两颗“准天顶”定位卫星。日本准天顶星计划是以民间为主导的官民

一体化的形式开发,由三颗卫星组成,保持每个时段都会有一颗卫星处于日本上空顶点位置,因此被称为“准天顶星系统”,由于采用了与GPS不同的仰角,准天顶星可以有效提高GPS的定位覆盖率和定位精度,而且在后续研发上也可以通过增加卫星升级为一套独立的卫星定位体系。“准天顶”卫星系统是一个兼具导航定位、移动通信和广播功能的卫星系统,旨在为在日本上空运行的美国GPS卫星提供“辅助增强”功能,提高导航定位信号接收的质量和精度。目前的计划是将民用信号的精度从十米级别提升一个数量级,控制在一米以内,而这种精度已经非常接近美国军用GPS信号的精度了。

3 几大卫星导航系统的比较

根据各国发布的资料记载,可以给出下表,对各国卫星导航系统加以比较。

	发射第一颗卫星年份	特点	计划、使用主体	经费、预算	卫星数量、轨道	现状	提供服务范围	主要的服务目标及目标定位精度
GPS (美国)	1978年	1. 架构最为成熟,用户广泛。 2. 覆盖率高(全球98%地区)。 3. 快速、省时、高效率、定位准确。	美国国防部(使用)及运输部(民用)	年经费约7.5亿美元(国家承担)	6个轨道面×各4颗,共由24颗卫星组成	2010年有30颗卫星在使用中。并逐渐更新新型卫星(增加发信电波的种类用于更多用途)。	全球	* 军用 * 民用(定位精度10m左右)
GLO-NASS(俄罗斯)	1982年	1. 定位精度相对GPS略低。 2. 抗干扰能力强。 3. 目前还没有达到24颗卫星的全面运转标准。	俄罗斯联邦宇航局、俄罗斯国防部	2010年9月以后的一年半投入480亿卢布(国家承担)	3个轨道面×各8颗,共由24颗卫星组成	截止2010年7月有21颗卫星正在运行。	全球	* 军用 * 民用(定位精度10m左右)
Galileo(欧盟)	2005年	1. 全球首个基于民用的导航系统。 2. 定位精度和可靠性优秀。 3. 支持多系统合作。	EU\ESA(欧空局)	2007—2013年构筑系统需要预算约34亿欧元(各成员国负担)	3个轨道面×各10颗卫星,预计到2015年布设30颗卫星	2010年7月已发射完毕2颗试验卫星。2010年发射4颗工作卫星,2013年预计使用16颗卫星,因预算可能拖延。系统将于2017—2018年建成。	全球	* 民用(定位精度15m左右)(主要用于交通导航、警察警备、救生)
北斗(中国)	2000年	1. 支持双向定位和通信功能。 2. 目前覆盖中国国土范围。 3. 自主研发,高可靠性。	中国国家航天局	(不详)(国家承担)	静止轨道5颗,中高轨道卫星30颗,共计划布设35颗	2011年4月发射了8颗卫星。2012年预计覆盖亚太地区,2020年覆盖全球。	从亚太地区扩展到全球	* 军用 * 民用(定位精度10m)
准天顶卫星(日本)	2010年	1. 目前不能独立定位,要依托GPS系统。 2. 可以有效加强定位精度和日本本土的定位覆盖率。 3. 兼具通讯、广播功能。	JAXA(日本宇航研究开发机构)	2003—2010年约735亿日元(包括开发研究费用)(第一颗卫星国家承担)	第一颗卫星使用准天顶轨道(高度3.3—3.9万km)	第2颗卫星何时部署未定。	东亚、大洋洲	* 补充GPS * GPS增强(通过2种修正信息将提高定位精度高到1m—数cm)

从以上图表的比较中不难看出,随着卫星导航系统的日渐成熟,其应用领域也逐渐扩大、功能不断完善。目前,全球范围内美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS 系统已经建成并应用,且都开始了新的升级换代。正在建设的 3 个系统中只有中国的“北斗”系统已经能够实时提供区域定位功能。日本的“准天顶”卫星导航系统其功能和精度有其自身的特点,它的第一阶段由 3 颗定位卫星构成,可保证有一颗卫星覆盖日本,如果将来扩展,可继续扩建为服务区覆盖全球的卫星定位导航系统。

4 宇宙空间还有多大

随着卫星导航系统应用领域的不断扩大及其战略作用与地位日渐突出,越来越多的国家和地区开始着手或加强该领域的建设,许多国家都在加紧开发研制独立自主的卫星导航系统。除上述几个国家之外,印度也充分利用正在运行的 GPS 加紧研发自己的区域卫星导航系统。

印度有两个导航计划: GAGAN 和 IRNSS。GAGAN 系统由印度空间局(ISRO) 和印度机场管理局(AAI) 联合组织开发。空间星座包含 1 颗位于东经 82 度的 GEO 卫星。主要用于测控,广播导航信息,并可与 GPS 进行兼容和互操作。空间信号覆盖整个印度大陆,也属于 GPS 星基增强系统。印度空间局(ISRO) 在 GAGAN 基础上,加紧研制印度独立自主的区域卫星导航系统 IRNSS。该系统可以不依靠 GPS 为印度领土用户提供独立的导航定位服务。IRNSS 空间卫星全时段可见,

系统可提供标准定位服务(SPS)、精密定位服务(PPS) 和政府特许用户(RS) 服务,标准服务定位精度优于 20 m。印度的 IRNSS 的第一颗卫星预计在 2011 年发射升空,2012 年投入使用,2014 年系统构建完毕,耗资 160 亿卢比,由 3 颗静止卫星和 4 颗同步卫星构成。

全球卫星导航系统业已成为国家重大的空间和信息化基础设施,也成为体现现代化大国地位和国家综合国力的重要标志。可以预料,未来几年内将会出现多种系统并存的局面,这为组合导航技术的发展提供了条件。通过对全球定位系统、北斗、格罗纳斯、伽利略等信号的组合利用,不但可提高定位精度,还可使用户摆脱对一个特定导航星座的依赖,可用性大大增强,多系统组合接收机有很好的发展前景。而由于全球卫星导航系统在国家安全和经济社会发展中有着不可或缺的重要作用,面对具有如此巨大作用的技术和产业,世界各主要大国都不甘心于人后,还会谋求自主研发能力,竞相发展独立自主的卫星导航系统,以提升导航的安全性。这意味着这些国家能够在空间技术的多个领域与世界尖端水平进行角逐,最终目的是实现自己军事大国和航天大国的梦想。

参考文献

- 1 曹冲. 全球卫星导航系统的现状和前景[N]. 中国测绘报, 2009-2-20.
- 2 王杰华, 石卫平. 国外卫星导航定位系统的应用管理体制及政策[J]. 中国测绘, 2010(1): 40-43.

Comparison of Several Satellite Navigation Systems

MA Lan¹, KONG Yi², GUO Si-hai¹, SONG Hai-ying¹, PANG Yun¹

(¹ Hydrographic Surveying and Charting Institute of Tianjin, Tianjin 300061, China;

² Jiangsu Provincial Bureau of Surveying and Mapping, Nanjing Jiangsu 210013, China)

Abstract In recent years, with the global navigating and positioning system progressively showing its importance in strategy and promotion of economic society's development, more and more countries and regions commenced to establish or improve the navigation system. This paper addressed current situation of several world wide satellite navigation systems, presented and compared the main parameter briefly, and expected the developing trend of the satellite navigation system.

Key words satellite navigation system; current situation; comparison