

全球导航卫星系统进展及其对导航定位的改善*

陈俊勇^{1,2)}

(1)国家测绘局,北京 100830
(2)武汉大学,武汉 430079)

摘要 介绍美国的 GPS 和俄国的 GLONASS 全球导航卫星系统的新进展及 GPS 现代化的 3 个步骤,简评 GPS 与 GLONASS 的技术差异,并对 Galileo 和北斗导航卫星系统的前景进行讨论。指出导航卫星系统将进入一个多系统近百颗卫星并存的新局面,这将显著改善导航定位应用中的可用性、连续性、可靠性和工作效率,而用户也将面临多系统导航卫星信号优化使用问题。

关键词 全球导航卫星系统;GNSS;GPS;GLONASS;导航定位

中图分类号:P227

文献标识码:A

PROGRESS IN GNSS AND ITS INFLUENCE ON NAVIGATION AND POSITIONING

Chen Junyong^{1,2)}

(1)State Bureau of Surveying & Mapping, Beijing 100830
(2)Wuhan University, Wuhan 430079)

Abstract Introduced the new developments of GPS and GLONASS, the differences in technique between them, and the three steps of the GPS modernization. Besides, the future developments of Galileo and Compass are also introduced. In few years navigation satellite system will step forward a new era, i. e. multi-GNSS and hundred navigation satellites will exist simultaneously in the sky over the Earth, then it will obviously improve the availability, continuity and reliability in the navigation and positioning, and their costumer have to face how to use it in optimum.

Key words: global navigation satellite system; GNSS; GPS; GLONASS; navigation positioning

1 全球导航卫星系统的新进展

1.1 GPS 现代化的进展

全球导航卫星系统(GNSS)的进展^[1-3]首先是 GPS 现代化的进展。目前在轨工作的 GPS 卫星共有 30 颗(2008-10-15),其中有 6 颗标志 GPS 现代化第一步的 Block IIR-M 卫星。对于民用而言,Block I-

IR-M 卫星在其发送的 GPS 第二导航信号 L2 上增设了一个新的民用伪噪声码 L2C 码,亦即常说的第二民用导航信号或称第二个民用测距码。

GPS 现代化的第二步中对于民用而言,计划在 2009 年后发射的 GPS IIF 卫星上再增设第三导航信号 L5,从而形成 3 个 GPS 民用导航信号(L1、L2、L5)同时工作的新格局。

* 收稿日期:2009-03-17

作者简介:陈俊勇,1933 年生,浙江宁波人,博士,中国科学院院士,研究方向大地测量学

GPS 现代化的第三步是计划于 2014 年后发射第一颗 GPSIII 卫星。GPSIII 卫星运行后,将改变现行的 6 轨道 24 颗 GPSII 卫星星座的布局 and 结构。计划用 33 颗 GPSIII 卫星构建成为高椭圆轨道 (HEO) 和地球静止轨道 (GEO) 相结合的新型 GPS 混合星座。此外在 GPS 第一导航定位信号上还增设一个新的伪噪声码 L1C 码,使民间能够用 GPSIII 卫星的 3 个 GPS 信号 (L1、L2、L5) 和 4 个民用测距码同时导航。

1.2 GLONASS 的进展

俄国的 GLONASS 比 GPS 导航精度要低,但其抗干扰能力强。由于种种原因,GLONASS 的工作卫星数量长期达不到原设计的 24 颗目标,目前在轨工作的 GLONASS 卫星为 20 颗 (2009-03-12)。俄国计划在 2011 年前将 GLONASS 恢复到 24 颗在轨运行的工作卫星。据俄方称,计划在 2017 年完成 GLONASS 的更新换代,升级为 GLONASS-M 和 GLONASS-K 系统,以提高定位精度,从目前的 20 m 提高至米级。

GLONASS 与 GPS 主要有 3 个不同:一是前者采用频分多址 (FDMA),即根据载波频率来区分不同的 GLONASS 卫星,后者则采用码分多址 (CDMA),即根据调制码来区分不同的 GPS 卫星,后者有利于用户接收机的轻便;二是前者采用原苏联的地心坐标系 PZ90^[4,5],后者采用美国军用坐标系 WGS84,它与全球通用的地心坐标系 GRS80 基本一致;三是前者采用俄国时间系统,后者采用美国时间系统,与世界时基本上保持一致。

Galileo 系统计划由 30 颗卫星组成,可以提供定位精度为 1 m 的公共服务信号,期望在 2013 年能投入运行。

综上所述,全球导航卫星系统面临的形势是 GPS 现代化中的 GPSIII 预期可以在 2020 年完成,在轨 GPS 工作卫星数量一般都不少于 30 颗;GLONASS 现代化计划宣称在 2017 年完成,届时在轨 GLONASS 工作卫星数量应不少于 24 颗;Galileo 系统的 24 个卫星预期在 2013 年投入运行;上面没有提及的我国北斗二代局域导航卫星系统预期在 2012 年前建成,届时北斗二代在轨工作卫星数量应有 12 颗。它的第三代,即北斗全球导航卫星系统估计在 2020 年建成,届时北斗三代在轨工作卫星数量也应有 30 颗左右。

2 未来全球导航卫星系统的特点

未来几年内 GNSS 系统将进入一个新的阶段^[3,6,7]。它的特点首先是用户将面临 4 大系统

(GPS/GLONASS/Galileo/北斗)90 余颗导航卫星并存,同时可以为中国用户使用的局面。到那时在中国地区可以同步利用的过境导航卫星至少有 10 ~ 20 颗^[8]。所以在这种情况下实时定位精度达到 1 ~ 5 m 已非难事。

用户在这一新形势下,除导航定位的实时解算速度和成果的精度将有成倍提高外,特别是导航卫星的可用性、连续性和可靠性等将会有显著改善^[8],同时,也会产生多系统、多卫星的优化使用问题。

2.1 可用性提高

在城市地面上使用 GPS 的用户都有一个经验,即在使用 GPS 时,寻求符合要求的 GPS 卫星的个数 (例如至少 4 颗) 不易实现,也就是可用性指标由于街道二侧的高楼大厦对 GPS 讯号的阻隔而大大降低。现在有了近百颗导航卫星而会使得 GNSS 系统的可用性得到很大的提高。

2.2 连续性改善

上述提到的多个导航卫星系统间是互相独立运行的,这些在不同系统中,各导航卫星同时都发生问题、同时都出现病态的几率极小,从而对用户来说,不间断使用导航卫星的几率比之单用 GPS 的就会有很大提高。

此外,一般用户为了提高成果质量,对被使用的导航卫星都要求它们有一定的最低高度角,同时要求它们相对用户有比较均匀的几何空间分布等。用户这些要求在近百颗导航卫星同时工作的情况下是相对比较容易达到的,因此将显著改善用户使用 GNSS 的连续性。

2.3 可靠性增强

届时用户成果所利用的导航卫星个数会远远超过目前一般只利用 3 ~ 5 个的 GPS 这一局限,因此用户成果是得自不同导航系统中多个导航卫星的综合,从而用户成果的可靠性将得到增强。

2.4 高效率

由于届时有多个系统、多卫星可供导航定位用户使用,因此获得任何一个预定精度的导航定位成果的效率都会有较大提高。

2.5 最优化问题

由于有多个系统、多卫星可供导航定位用户使用,因此用户面临最优化问题。也就是要根据各个导航卫星系统的不同特点和优势,针对用户所需的精度、解决问题的最短时间和费用最少等因素,选择如何最优利用这些多系统、多卫星的导航定位信息。导航卫星多系统、多卫星必将为导航、定位、授

时、测速、测向、测形变、降雨和电离层探测等方面提供更多方面、更好精度、更可靠、更快捷、更智能化的服务。拓宽和改善导航卫星系统在多领域、多层次的应用将是今后一个重要研究领域。可以预期,今后导航卫星应用所涉及的硬件、通讯和数据处理等方面还会有持续不断的改进和提高,使用更方便、价格更便宜;在各个相关领域的应用将越来越广泛,在测绘或空间地理信息领域中,亦将有极为强劲的发展前景,可以形成为国为民做出突出贡献的一项高科技产业。

参 考 文 献

- 1 陈俊勇. 新世纪的卫星大地测量和地球科学[J]. 地球科学进展,2004,18(2):175-177.
- 2 陈俊勇,党亚明. 全球导航卫星系统的新进展[J]. 测绘科学,2005,30(2):9-12.
- 3 刘基余. GPS现代化的新进展及其影响[A]. 中国全球定位系统技术应用协会第十次年会论文集[C]. 北京:中国全球定位系统技术应用协会,2008.
- 4 Altamimi Z and Boucher C. GLONASS and the international terrestrial reference system[M]. Nashville: IGEX-98 Workshop, 1999.
- 5 Boucher C and Altamimi Z. ITRS, PZ-90, and WGS84: current realizations and the related transformation parameters[J]. J. Geodesy, 2001, 75(11): 613-619.
- 6 陈俊勇,党亚明,程鹏飞. 全球导航卫星系统的进展[J]. 大地测量与地球动力学, 2007, 27(5):1-4.
- 7 Hein G W, et al, Envisioning a future GNSS system of systems: part 1[J]. Inside GNSS, 2007, Jan/Feb;58-67.
- 8 Huang Yusheng, Huang Yunwen and Chang Kaiwei. The benefits of future GNSS[J]. Coordinates, 2007, 8;21-38.