

充满期待的北斗全球卫星导航系统

谭述森

北京卫星导航中心, 北京 100094

E-mail: zhangtqee@aliyun.com

北斗卫星导航系统是中国自主建设的具有中国特色的卫星导航系统, 按照“三步走”战略发展稳步推进^[1,2], 即验证系统(BDS-1)、北斗区域卫星导航系统(BDS-2)和北斗全球卫星导航系统(BDS-3)。北斗双星定位验证系统于1994年开始立项研究, 2003年12月15日正式向中国及周边区域提供定位、授时和双向短报文通信(MSS)服务^[3,4]。这标志着中国成为继美国和俄罗斯之后世界上第三个拥有自主卫星导航系统的国家。

随后, 为进一步扩展和提升北斗系统性能, 实现亚太地区覆盖的卫星导航系统, 中国开始了BDS-2系统的建设, 并于2012年正式向亚太地区(55°N~55°S, 55°E~180°)提供导航、定位与授时(PNT)服务^[5], BDS-2系统创新性地实现了实时连续导航(RNSS)与实时定位报告(RDSS)相融合的技术体制, 采用三轨混合星座, 即地球静止轨道卫星星座(GEO)、地球倾斜同步轨道星座(IGSO)和中圆轨道卫星星座(MEO), 播发三频信号^[6]。自BDS-2系统提供服务以来, 其测量精度^[2]、轨道与钟差性能^[7,8]、授时精度^[9]和定位精度^[10,11]等性能指标也均已得到了充分的验证。

北斗全球卫星导航系统(BDS-3)旨在BDS-2系统的基础上, 建设具有全球服务能力的中国特色的卫星导航系统。相比于BDS-2系统, BDS-3系统的性能全面提升, 在星座设计方面, 将建成由3颗地球静止轨道(Geostationary Orbit, GEO)、3颗倾斜同步轨道(IGSO)卫星和24颗圆轨道卫星组成的全球覆盖的多轨混合星座^[12]; 在频率设计方面, BDS-3系统将播发新的L频段和S频段信号, 新信号与GPS, Galileo, QZSS和INSS等系统间的重叠信号增多, 将有利于未来各GNSS系统间的兼容与互操作, 同时新增的S频段Bs信号将作为未来重要的频率资源^[6]。在卫星载荷方面, BDS-3卫星上新增了Ka星间链路, 并将搭载新的氢原子钟和用于播发S频段信号的卫星天线^[12]。

BDS-3系统的发展采用先试验, 后组网策略, 其试验系统由5颗试验卫星组成, 包括3颗IGSO卫星(I1-S, I2-S和I3-S)和2颗MEO卫星(M1-S和M2-S), 试验卫星的主要目的是在轨验证北斗全球系统信号体制和星间链路策略的实

际可行性^[13], 对BDS-3时间体制, 精密定轨体制, 系统定位、测速和授时等指标进行验证评估, 为区域卫星导航系统向全球卫星导航系统过渡提供经验。目前, BDS-3系统的建设已进入快速组网建设阶段, 截至2018年4月已发射8颗全球系统组网卫星。随着BDS-3系统的建设, 其系统的性能亟待评估与验证。杨元喜教授及其团队持续跟踪并参与了BDS-2和BDS-3系统的建设与评估^[2,14], 在BDS-3试验系统的基础上, 对BDS-3系统试验卫星的卫星钟、星间测距、时间同步、定轨性能、观测信号数据质量和授时精度等指标进行了验证评估。2018年, 杨元喜教授及其团队^[14]在*Science China Earth Science*上发表了题为“Progress and performance evaluation of BeiDou global navigation satellite system: Data analysis based on BDS-3 demonstration system”的研究论文, 首次较为全面地描述了中国北斗全球卫星导航定位系统的进展和性能, 并对未来北斗三号全星座能够实现的性能进行了预测。为了论证分析BDS-3系统的性能, 杨元喜教授及其团队以BDS-3试验卫星信号质量及BDS-3星座为参考, 对BDS-3可能达到的定位精度和单频实时导航精度进行了分析预测^[14](图1)。其分析结果指出: (1) BDS-3系统全球可见卫星数为6~13颗, 西经50°至东经10°、南北纬15°~55°之间区域可见卫星数最少为6颗, 东经70°~150°、南北纬75°之间区域可见卫星数在11颗以上, 且赤道地区可见卫星数最多达到13颗; (2) BDS-3系统全球PDOP值在1.3~2.7之间(图1(b)), HDOP和VDOP分别在0.7~1.5之间(图1(c))和1.1~2.4之间(图1(d)); (3) 当UERE为1 m时, BDS-3系统全球定位精度预计在1.3~2.7 m, 水平定位精度预计在0.7~1.5 m, 高程定位精度预计在1.1~2.4 m。

杨元喜教授及其团队的研究成果充分说明了BDS-3系统性能的优越性和相应技术体制的可行性, 对北斗应用领域及相关领域的创新性发展具有重要的参考价值和指导意义。当然, 由于BDS-3正处于发展建设阶段, 其有关性能, 如系统的完好性、定位定轨性能和星间链路性能等, 仍需进一步的全面验证与分析, 期待更多的学者对BDS-3系统的性能做出创新性的研究与分析, 为BDS系统的建设与完善做出贡献。

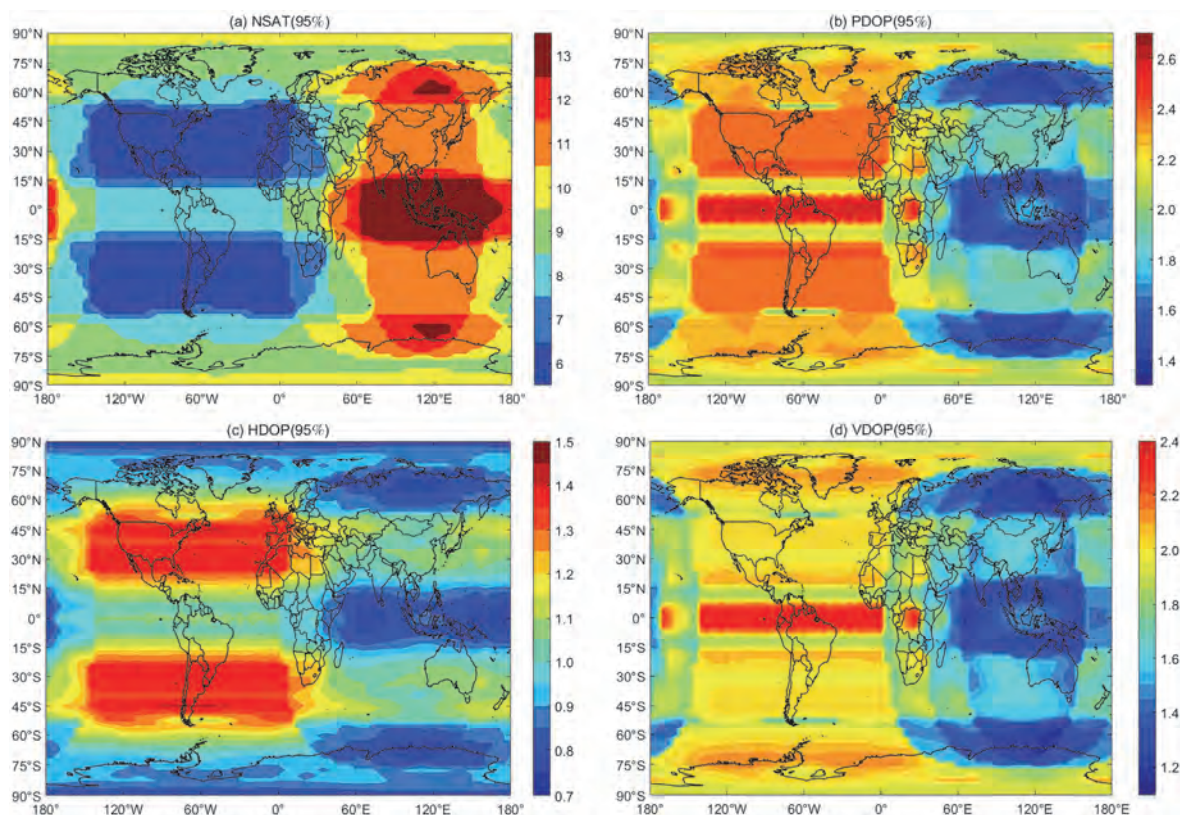


图1 BDS-3系统全球定位精度预测结果^[14]

参考文献

- 1 杨元喜. 北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战. 测绘学报, 2010, 39: 1–6
- 2 Yang Y, Li J, Wang A, et al. Preliminary assessment of the navigation and positioning performance of BeiDou regional navigation satellite system. Sci China Earth Sci, 2014, 57(1): 144–152
- 3 谭述森. 卫星导航定位工程(第二版). 北京: 国防工业出版社, 2010
- 4 Gu J X, Wang C F, Song Z G. Channel performance testing and analysis of BeiDou short-message communication. Meteorol Sci Technol, 2015, 43: 458–463
- 5 Yang Y X, Li J L, Xu J Y, et al. Contribution of the Compass satellite navigation system to global PNT users. Chin Sci Bull, 2011, 56: 2813–2819
- 6 Tan S S. Innovation development and forecast of BeiDou system. Acta Geodaet Cartogr Sin, 2017, 46: 1284–1289
- 7 He L N, Ge M R, Wang J X, et al. Experimental study on the precise orbit determination of the BeiDou navigation satellite system. Sensors, 2013, 13: 2911–2928
- 8 Shi C, Zhao Q L, Li M, et al. Precise orbit determination of Beidou Satellites with precise positioning. Sci China Earth Sci, 2012, 42: 854–861
- 9 Han C H, Yang Y X, Cai Z W. BeiDou navigation satellite system and its time scales. Metrologia, 2011, 48: S213–S218
- 10 He H B, Li J L, Yang Y X, et al. Performance assessment of single- and dual-frequency BeiDou/GPS single-epoch kinematic positioning. GPS Solut, 2014, 18: 393–403
- 11 Shi C, Zhao Q L, Hu Z G, et al. Precise relative positioning using real tracking data from COMPASS GEO and IGSO satellites. GPS Solut, 2013, 17: 103–119
- 12 China Satellite Navigation Office. BeiDou Navigation Satellite System Signal in Space Interface Control Document Open Service Signal B1C and B2a (Test Version), 2017
- 13 Xiao W, Liu W, Sun G. Modernization milestone: BeiDou M2-S initial signal analysis. GPS Solut, 2016, 20: 125–133
- 14 Yang Y, Xu Y, Li J, et al. Progress and performance evaluation of BeiDou global navigation satellite system: Data analysis based on BDS-3 demonstration system. Sci China Earth Sci, 2018, 61: 614–624