



# 卫星导航环境段和脆弱性研究至关重要

曹冲

随着卫星导航应用广泛深入到国防和国民经济建设的各个层次,和人民生活各个角落,其重要性日益显现。同时,卫星导航环境段和脆弱性的问题也日益突显出来。卫星导航系统及其信号的脆弱性源于其所在环境,其中包括空间天气环境、大气环境、用户使用环境,以及电磁环境。而电磁环境干扰又分为自然干扰、人为有意和无意干扰,甚至是电子欺骗类型的干扰。卫星导航的脆弱性是卫星信号到达地面时已经非常微弱,很容易受到干扰造成的。目前,市场上很容易用数十美元买到的信号干扰仪(所谓的个人保护设备 PPD),只有可乐罐头大小,功率仅为一瓦,却可以影响到数十平方公里的 GPS 民用接收机,使其无法正常工作。

2011 年 11 月,美国国家 PNT 咨询部正式发布评论指出:干扰 GPS 就是对于国家安全的威胁。因为国家的许多关键的基础设施,都是依靠或与 GPS 工作密切相关,如蜂窝移动电话系统、电网系统时间同步、飞机着陆系统,一旦 GPS 受到干扰,均会直接影响这些基础设施的安全。美国国家 PNT 咨询部在评论新近发生的一系列干扰事件之后提出:正式宣布 GPS 为国家基础设施;建立国家对 GPS 干扰的定位、报告和消除系统;通过法律强制不准装备和使用 GPS 干扰器;强化 GPS 接收机和天线;设置基金加强 GPS 后备能力,确保 PNT 服务。

此后不久,关于“四方灯”(Lightsquared)公司的地面和卫星通信组网授权问题,展开了非常有益的讨论。GPS 受到的无线电干扰是无容置疑的,为此专门成立技

术工作组并且进行实际测试,目前论证工作仍在进行中。2011 年 2 月 9 日,美国联邦通信委员会(FCC)正式发布公告,宣布持有和使用干扰器设备,对经过授权的无线电系统(如蜂窝电话、警用雷达、GPS 和 Wi-Fi)造成阻塞或者干扰,均属于违反联邦法律的行为;严禁使用、经营、制造和销售干扰器。对于使用干扰器者,处以罚款、没收非法设备,甚至羁押。由此可见,无线电干扰成为卫星导航的一大现实的威胁,不能等闲视之。

可以这样说,卫星导航能够安全使用的条件是:在地球中纬度地区开阔地带,可用性要求为 99.9%。这就是为什么美国把 GPS 未来要填补的空白几乎全部集中在环境段的根本原因;主要攻克领域是异常的空间环境、严酷的物理环境与复杂和恶劣的电磁环境;研究相关的多种多样的模型,以确保卫星导航使用的可用性、可靠性和精度。因此,首要的是,在卫星导航系统组成中,在空间段、地面段和用户段之外,加入环境段,把卫星导航系统的“老三段”革新成为“新四段”。

为什么卫星导航系统发展到现在,才必须加入环境段的概念呢?因为环境段与空间卫星生存条件和卫星信号的电波传播环境密切相关,是卫星导航系统不可分割的一部分,而且是越来越重要的部分,也是值得独立研究的部分。可以说,只有把环境段考虑到系统的总体组成中,系统才成为更完整的系统,只有把环境问题妥善处理和应对好,系统才成为完善的系统。

环境段部分与卫星导航系统的其他三大组成部分相



比,属于系统的“软件”,是充分发挥系统硬件的整体作用,达到预期性能指标的重要基础,直接关系到卫星导航应用和服务的效能与结果。环境段包括空间气候、大气(电离层和对流层)条件、电磁环境、多路径效应,以及多种多样的应用环境与条件(地形地貌、地物植被……);它们会影响到系统的工作、定位精度、完好性、可用性、连续性和可靠性等一系列关键指标。环境段涉及到卫星导航系统的其他各部分。

空间段的卫星生存环境是,太阳黑子效应和耀斑爆发,以及太阳风高能粒子和辐射效应,会引发单粒子事件等因素,都必须加以重视和认真对付。空间段的卫星防辐射加固、有效载荷的频率选择、信号结构和调制方式的确定,以及功率要求的认定,都要顾及空间气候和电波传播环境,一旦空间信号离开卫星发射天线,环境段影响便凸显出来,真实的距离测量便成为伪距测量,空间信号一路上历经电离层、对流层,在接收机天线周围又经受多径效应和电磁干扰,以及许多不同应用环境条件的作用,才最终进入用户接收机。

与时俱进的科学研究表明,电离层效应不仅体现在

总电子含量(TEC)对测距精度的影响,而且电离层不均匀性与梯度造成的信号闪烁效应,会直接影响到完好性,从而使电离层行为成为完好性的重要判据。值得注意的是,电离层除了一般性的时空变化规律,即宁(静)时变化外,更应引起注意的是其暴(发)时变化,即太阳耀斑或黑子爆发,或地磁骚扰引起的电离层骚扰和异常活动,尤其是在极区和低纬与赤道地区,会造成导航卫星信号的中断或衰落,失锁或难于跟踪,以及测量精度降低等现象。美国GPS系统建设和运营过程中,建立了多种多样的差分系统和各种各样的增强系统。这些补救措施的主要目的就是提高精度、确保可靠性,本质上都是在解决环境因素造成的不利影响。

随着卫星导航应用的日益推广和普及,干扰和抗干扰,以及电磁兼容等一系列问题也显示出来了。不同应用条件下的电波传播环境的研究,尤其是在植被覆盖效应严重的林区,地形起伏多变的山区,高楼林立的市区,乃至高架桥下、隧道洞中、地下停车场和建筑物内的导航定位,都已经是难以回避的现实。显然,卫星导航与人类一样,面临生存环境问题。■

## 我国成功发射第八颗北斗导航卫星

2011年4月10日4时47分,我国在西昌卫星发射中心用“长征三号甲”运载火箭,成功将第八颗北斗导航卫星送入预定轨道。据悉,这是今年北斗导航系统组网卫星的第一次发射,同时也是我国“十二五”期间的首次航天发射。

执行此次任务的长征三号甲遥十九运载火箭从西昌卫星发射中心起飞后,经过约846秒的飞行,将第八颗北斗导航卫星送入近地点约200千米、远地点约35991千米,倾角55度的预定轨道。本次北斗导航卫星的成功发射,标志着北斗区域卫星导航系统的基本系统建设已经完成,我国自主卫星导航系统建设进入新的阶段。

中科院院士、探月工程总设计师孙家栋表示,这颗卫星将与去年发射的5颗导航卫星共同组成“3+3”基本系统(即3颗GEO卫星加上3颗IGSO卫星),经过一段时间的在轨验证和系统联调后,将具备向我国大部分地区提供初始服务的条件。“今明两年,我国还将陆续发射多颗组网导航卫星,完成北斗区域卫星导航系统建设。”

“北斗卫星导航系统是我国独立发展、自主运行,并与世界其他卫星导航系统兼容互用的全球卫星导航系统。”中国卫星导航系统管理办公室主任冉承其透露,北斗卫星导航系统除了能够提供高精度、高可靠的定位、导航和授时服务,还保留了北斗卫星导航试验系统的短报文通信,差分服务和完好性服务特色,是我国经济社会发展不可或缺的重大空间信息基础设施。

据了解,北斗卫星导航系统目前正按照“质量、安全、应用、效益”的总要求,圆满实现2000年至2003年建成北斗卫星导航试验系统的“第一步战略”,使得我国成为继美国、俄罗斯后世界上第三个拥有自主卫星导航系统的国家,预计下一步在2012年左右建成北斗区域卫星导航系统,提供亚太地区服务能力,并按计划于2020年左右建成由30余颗卫星组成的北斗全球卫星导航系统。

此次发射已是长征系列火箭的第137次发射,标志着中国航天2011年高密度发射拉开序幕。自2010年圆满完成15箭20星的高密度发射任务后,2011年是中国航天科技集团公司迎来的又一个高密度发射年。按照计划,今年还将实施以天宫一号、神舟八号以及北斗导航工程为代表的20余次发射任务。

