

中国北斗的进化:从“天边”到“身边”

“十四五”时期,我国积极发展高精度观测手段,自主研发的北斗探空系统达到全球领先水平,建成全球最大规模的地基遥感垂直观测网络。

这是北斗卫星导航系统(以下简称“北斗系统”)应用的一个缩影。北斗系统是我国自主建设和独立运营的全球卫星导航系统,是国家时空信息领域的基础设施。如今,北斗进入规模化应用新阶段,全面融入国家重要基础设施建设,以及大众消费、共享经济等领域,还进入民航、海事等11个国际组织的标准体系。

迈向“十五五”,北斗系统如何实现技术更先进、功能更强大、服务更优质,从而更好服务全球、造福人类?近日,北斗三号卫星系统首席总设计师林宝军揭秘了北斗系统的进化。

新技术

升级星载原子钟配置,搭载新型星间链路终端

“北斗系统全球组网至今已有5年,在轨运行验证,其稳定性、精准度和连续性依然保持世界一流水平。”林宝军介绍。

回顾系统立项之初,北斗一号突破“双星定位”理论,成功实现“从0到1”的区域试验。如今,北斗系统服务200多个国家和地区,系统实现了定位精度从十米级至亚米级的跃升,时间同步能力也迈入了纳秒(即一秒的十亿分之一)时代。

虽然系统性能持续领跑,北斗人并未停下脚步。为了让系统性能更优、服务更稳,北斗系统技术持续“上新”。

2024年9月19日9时14分,第五十九、六十颗北斗导航卫星成功发射。该组卫星是北斗系统全球组网后发射的第二组中圆地球轨道(MEO)卫星,目前已接入整体,开展下一代北斗系统新技术试验试用。

这两颗“新星”的抓总研制,正是林宝军及其团队。“与此前MEO卫星相比,这次专门升级了星载原子钟配置,搭载了新型星间链路终端”,林宝军说。

星载原子钟利用原子在不同能量态之间跃迁时吸收或发射的电磁波来计时。这种电磁波周期非常稳定,让原子钟成为“世界上最精准的计时工具”,属于国家战略资源。

“可以说,谁的原子钟做得好,谁的导航就做得好。”林宝军介绍,北斗三号组网星主要以氢原子钟为主,可实现“每300万年误差仅1秒”。

要知道,如果一天的计时误差超过千分之一秒,那么通信网络、交通、金融系统就会陷入混乱;在测量卫星距离时,计时有十亿分之一秒的误差,将产生大约30厘米的误差。

对于升级后的星载原子钟配置,林宝军认为:“精度更高,漂移率更小,将北斗系统的时频性能再次提高了一个量级。”

星间链路是星间、星地传输功能一体化的设计路径。采用这种方式,可以解决无法在全球建立地面站、无法实现

境外卫星数据传输的问题。

林宝军用手拉手围成圈的小朋友打比方:传统的星间链路技术只能和相邻小朋友对话;而北斗系统的相控阵星间链路技术,相当于同时向对面几个人喊话。卫星“面对面”组网,不仅能相互通信、数据传输和测距,还自动“保持队形”,实现“一星通,星星通”,如同建起“太空微信群”,减轻地面管理维护压力。

此前,北斗三号采用Ka波段相控阵星间链路技术,使定轨精度提升至厘米级,全星座仅需约5分钟即可完成一轮全网通联测距。对于新型星间链路终端,林宝军透露,“在测量和时间同步方面的表现更优,为下一代北斗系统起到承前启后的作用。”

新应用

“北斗+”“+北斗”,创新应用突破行业纵深

“北斗系统全球组网后,加快与大数据、人工智能、物联网、5G等技术相互融合,‘北斗+’‘+北斗’突破了各行

业的应用纵深。”林宝军说。

例如,天南地北的红绿灯之所以能像掐着秒表一样精准,就是北斗系统融合地基增强、云计算、5G等技术的应用案例。背后原理是什么?

林宝军介绍,第一步,需要北斗系统统一“对表”。“如果每个路口的红绿灯都各自计时,时间一长,难免你快我慢,整个交通节奏就乱套了。”而如今,多个组网的星载原子钟,每秒都向地面发送一次标准的授时信号,包括红绿灯控制中心在内的各种系统都以此为准,集体“对表”,保证所有红绿灯的计时完全一致。

第二步,需要北斗系统“排兵布阵”。想让车流跑得更顺畅,要依靠北斗精准定位与授时协同工作。交通指挥中心可通过北斗系统,实时掌握关键路段的车流密度和车速,动态调整多个红绿灯的倒计时和绿灯时长,规划“绿波带”。

第三步,需要北斗系统“精准预报”。当车辆接近路口时,车载导航或手机APP会同时做两件事:通过北斗系统精确定位,判断车辆位置和距离路口的时间;从交通云端获取该路口

精确到秒的红绿灯状态。

“这是北斗系统万千创新应用中的一个案例。我们生活中超过80%的信息都与时空相关,北斗系统是重要新型基础设施。”林宝军说。

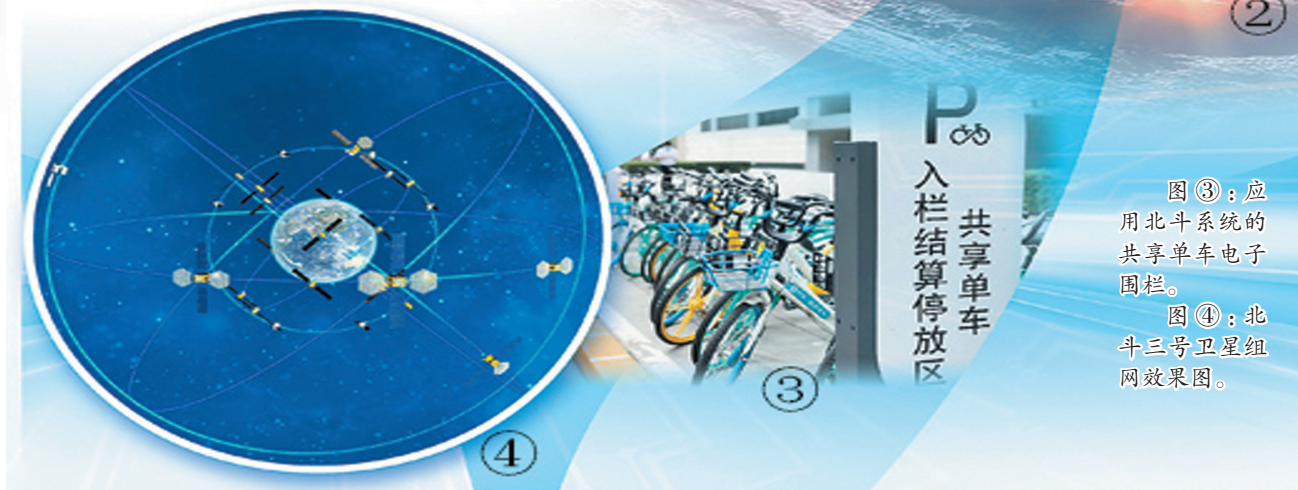
根据《2025中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》,截至2024年底,主要行业领域的北斗终端设备应用总量已接近3000万台/套。国内北斗兼容型芯片及模块累计出货接近23亿片(含智能手机),具有北斗定位功能的终端产品社会总保有量已超过20亿台/套(含智能手机)。

图①:北斗三号卫星系统首席总设计师林宝军。

图②:卫星示意图。

图③:应用北斗系统的共享单车电子围栏。

图④:北斗三号卫星组网效果图。



新趋势

2035年完成下一代北斗系统建设,将形成“月球北斗迷你系统”

《北斗卫星导航系统2035年前发展规划》明确,在确保北斗三号系统稳定运行基础上,我国将建设技术更先进、功能更强大、服务更优质的下一代北斗系统。

“下一代北斗系统的关键技术攻关已经启动”,林宝军表示,2027年左右我国将发射3颗先导试验卫星,开展下一代新技术体制试验;2029年左右开始发射下一代北斗系统组网卫星;2035年完成下一代北斗系统建设。

下一代北斗系统以“精准可信、随遇接入、智能化、网络化、柔性化”为代际特征,将为全球用户和其他定位导航授时系统提供覆盖地表开阔空间及近地空间的米级至分米级实时高精度、高完好的导航定位授时服务。

“下一代北斗系统备受期待,尤其是覆盖深空的能力。”林宝军透露,下一代北斗系统要把“路标”从地球周边插到月球甚至更远的深空,形成“月球北斗迷你系统”,为未来的载人登月、月球

基地、火星飞船提供导航和通信服务。

未来并不遥远。林宝军介绍,我国已于近日成功构建国际首个基于远距离逆行轨道(DRO)的地月空间三星星座。地月空间指地球同步轨道以外,主要受地球和月球引力影响的三维宇宙空间,是从距离地球3.6万千米一直延伸到200万千米的巨大区域,拥有丰富的物质、能源、轨道等战略资源。

“地月空间DRO探索研究”部署研制的3颗卫星目前已经在地球同步轨道稳定建立百万公里级星间测量通信链路,并取得多项原创性科技成果,为我国开发利用地月空间、引领空间科学前沿探索奠定了基础。

“可以说,地月空间三星星座是下一代北斗系统的延伸和飞跃。”林宝军透露,未来计划建立一个“统一的地月空间时空基准”。这意味着,无论是地球上的用户,还是月球上的宇航员,使用的都是同一套时间系统和坐标框架。地月星座将与北斗系统通过地面站和空间链路进行时间同步和数据交换,确保地球和月球在时空上统一。

(据《中国经济周刊》贾璇)