



扫二维码 看科学报



主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8907 期 2025 年 12 月 31 日 星期三 今日 4 版

科学网 www.science.net

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

从“上天”到“下凡”,“北斗人”的专属浪漫

■本报见习记者 江庆龄

“为您提供北斗车道级领航。”

这样的提示音,每天都在全国各地响起。2020年7月31日,“十三五”即将收官之际,北斗三号全球卫星导航系统正式开通,标志着中国耗时26年,从一号到三号先后发射55颗卫星的自研卫星导航系统终于建成。自此,中国成为第三个独立拥有全球卫星导航系统的国家。

“十四五”期间,“北斗”进一步从天上“下凡”,融入普通人的生活。无论是寻找最佳出行路线,观看一场精彩的无人机表演,还是“扫街”品尝美食,都有北斗导航系统的身影。

这背后,离不开全国400多家单位、30余万科研人员的接力攻关。作为科技“国家队”,中国科学院深度参与卫星总体、时空基准等研制工作,为北斗导航系统全球组网作出了突出贡献。

未发生一次运行故障

“导航系统太重要了,不仅影响着人们的日常生活,也和一个国家的文化、金融、军事等息息相关。”中国科学院北斗三号卫星系统首席总设计师、中国科学院微小卫星创新研究院(以下简称卫星创新院)研究员林宝军告诉《中国科学报》。

北斗三号全球卫星导航系统组网阶段的主要目标是把卫星建好,运行阶段的主要目标则是管好、用好。

过去5年间,众多高校、科研院所、企业等共同努力,在北斗卫星导航系统应用端持续发力,在交通运输、农林牧渔、防灾减灾与应急管理等关键行业中实现了从“可用”到“好用”,再到“必用”的转变,催生了巨大的经济和社会效益,“北斗+”产业生态日益壮大。同时,北斗卫星导航系统也在不断走出国门,迄今已服务140多个国家和地区。

总结北斗系统全球组网“成绩单”,林宝军十分自豪:“超出预期!稳定性、精准度和连续性等核心指标,均达到世界一流水平,其间未发生一次中断稳定运行的故障。”

究其原因,在于北斗三号组网卫星每一颗都非常“皮实好用”。

紧密合作,为“北斗”保驾护航

按以往研制流程,关键技术攻关需要10年,卫星在轨工作10年,卫星寿命终结时,技术往往落后于时代20年。自担任北斗三号卫星总设计师以来,林宝军带领团队进行了大刀阔斧的改革。

一方面,林宝军力排众议,坚持为卫星“瘦身”。团队将原来十几个分系统合并成电子学、控制、结构、载荷四大“功能链”,卫星一下从2000千克“减重”至847.6千克,整体可靠性反而提升了。

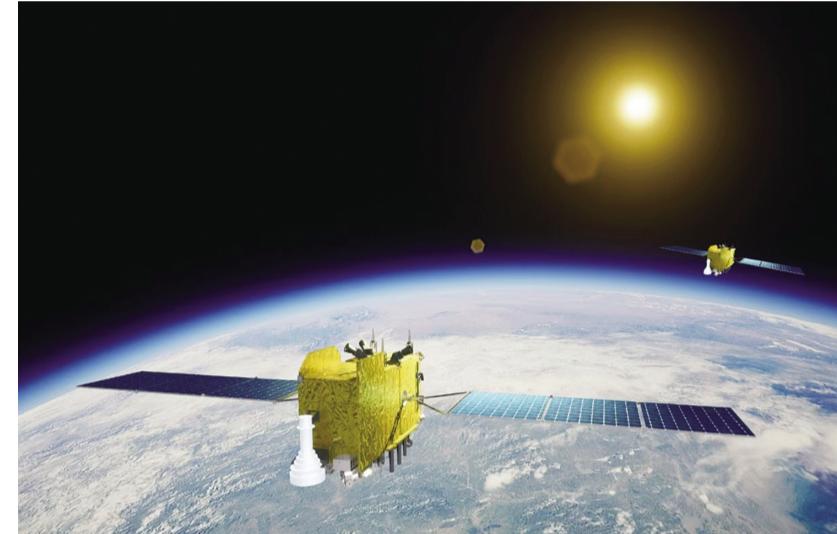
另一方面,团队创新凝练出“长板理论”,即卫星的硬件指标按“最长的板”来设计,凡是“跳一下就可够到”的新技术就去用。同时,对配置进行前瞻性规划,“后墙”不倒的前提下,选用成熟能器和工艺路线。

在这一理念下,众多欧美从未尝试过的新技术,在中国科学院北斗团队中诞生,并纷纷用在北斗三号组网卫星上。

“组网后,具体应用端的拓展,主要由其他单位完成。中国科学院团队主要为下一代北斗系统提前攻关谋划。”林宝军表示,“同时也有一部分力量为北斗稳定运行保驾护航。”

中国科学院上海天文台(以下简称上海天文台)研究员胡小工、陈俊平等带领的信息处理系统团队,正是其中一支重要力量。

为保障北斗导航系统的全球服务能力,他们提出并实现了“区域监测网+星间链路”的星



北斗导航卫星在轨示意图。
卫星创新院供图

地星间联合精密定轨技术,并进一步提出“星地融合”理念,将“北斗高轨卫星+低轨卫星+地面”数据一体计算,通过星基增强系统实现信息增强,减少预报误差,实现“通导一体”,提升北斗时空信号精度。

“我们主要关注卫星上的信号好不好、通过卫星反映的信息是否准确。”胡小工介绍,“在参与过程中,我们也逐渐认识到,完成北斗系统这么大的工程,需要不同团队、单位的紧密合作。”

承前启后,持续“上新”

按照卫星导航系统国际惯例,组网后,一年会发2~3颗备份卫星,当组网卫星出现问题时可及时“入列”。因此,在立项之初,备份卫星便采取“地面备份为主,按需发射入轨”的策略。

“北斗三号组网星的设计寿命为10年,在轨期间表现很好。”林宝军表示,综合考虑下,5颗备份卫星在“十四五”期间陆续发射。

其中,第五十九颗、第六十颗北斗导航卫星由卫星创新院抓总研制。2024年9月19日,两颗卫星在西昌一箭双星发射。作为北斗三号“备份收官星”,这两颗卫星升级了星载原子钟配置,搭载了新型星间链路终端。

在支撑北斗系统稳定运行和北斗规模应用的同时,这两颗备份卫星还将为下一代北斗导航卫星技术升级进行相关试验。

值得一提的是,其中一颗卫星搭载了一个由上海天文台氢原子钟团队研制的15千克级氢原子钟。

“导航系统最重要的是时频技术,而时频技术中最核心的是原子钟。”林宝军表示。北斗三号组网卫星以23千克级的氢原子钟为主,可实现“每300万年误差仅1秒”。

“卫星能够承载的载荷重量有限,如果想增加功能密度,就需要将星上的配套产品尽量小型化、轻量化。”上海天文台研究员帅涛介绍。

根据总体需求,上海天文台的氢钟团队拟定了“两步走”计划——先完成15千克级小型化星载氢原子钟,再实现10千克级。他们联合相关单位,先后攻克高Q值电极式微波腔、新型电离源系统、高效真空系统、集成化电路系统等多项关键技术。

“航天科技集团五院抓总研制的两颗备份卫星上也搭载了15千克级氢钟。”帅涛补充道,“第二步我们顺利完成了,研制的8千克级氢钟已应用到地月空间DRO先导卫星。”

下一代“北斗”,在路上

“参与中国科学院战略性先导科技专项‘地月空间DRO探索研究’,是‘十四五’期间中国

科学院北斗团队的另一项代表性工作。”林宝军表示,“专项可以视为下一代北斗系统的先行工作,肩负着抢占DRO战略高地和时频科技制高点的使命。”

地月空间,特别是远距离逆行轨道(DRO),具有独特的动力学稳定性,被视为未来人类深空探索的“十字路口”和“前哨站”。DRO专项将推动下一代北斗系统把“路标”从地球周边延伸至月球甚至更远的深空,为载人登月、月球基地建设、火星飞船等提供导航和通信服务。

然而,该计划的核心组成部分DRO-A/B双星组合体,在发射初期便遭遇严重故障,一度濒临失败。凭借多年和卫星打交道养成的直觉,林宝军等在第一时间组织相关系统,制定详细的“太空救援”方案。

从2024年3月13日至7月15日,123天时间,历经5次轨控、5次修正、3次日月借力,两颗卫星最终顺利入轨,这在全球引起轰动。目前,基于DRO的地月空间三星星座已成功构建,陆续取得多项原创性成果。

在工作全流程精益求精,确保成功率;出现意外也不轻易放弃,沉着冷静力挽狂澜……以往种种,足以展现这支团队的实力。

林宝军感叹:“过去十几年间,我们锤炼出一支勤于学习、勇于创新、敢于挑战、善于合作、甘于奉献的北斗‘战神’团队,伟大的事业没有变,建设世界一流卫星导航系统的初心没有变,建设航天强国的使命没有变,为之奋斗的激情没有变。”

“干航天是一个很浪漫又很实在的事业。”卫星创新院导航卫星总体研究所所长、北斗三号导航卫星副总指挥沈苑说,“这是时代赋予我们的机遇,如果不是国家综合国力和科技发展,我们不可能有机会从事‘北斗’这份代表国家最高科研水平之一的工作。”

2024年11月28日,《北斗卫星导航系统2035年前发展规划》正式发布。下一代北斗导航系统将以“精准可信、随遇接入、智能化、网络化、柔性化”为代际特征,优化星座架构,形成高中低轨混合星座,全面提升时空基准维持精度和自主运行能力。

经过5年的积累,面对这个“新题目”,中国科学院北斗团队有了更多信心和底气。林宝军相信,在所有参与单位的共同努力下,下一代北斗导航系统将为进一步升级换代,更加泛在、融合、智能的国家综合定位导航授时体系终将实现。



《全球气象发展报告 2025》发布

本报讯(记者高雅丽)12月30日,中国气象局召开新闻发布会,专题发布《全球气象发展报告 2025》(以下简称《报告》),呈现 2024 年全球气象发展态势。

《报告》显示,各国气象水文部门纷纷推出业务升级、算力升级、人工智能新技术应用等举措,全球气象界更加重视国际合作以及部门与企业携手创新,卫星、雷达技术更新换代步伐不断加快,全球多灾种早期预警实践在联合国全民早期预警倡议推动下减损效果显著,数字孪生地球发展为气象服务能力提升注入新动力。

2024年,数字孪生地球、人工智能气象预报模型、全民早期预警、金融气象、商业小卫星应用、无人机探测等,成为全球气象年度热词。观测技术加速革新,气象卫星国际合作持续深化,

更多商业小卫星观测进入气象业务,无人机、无人艇等机动观测业务化进程加速。

地球系统预报则呈现出“物理+数据”双轮驱动新趋势,“端到端”的全新预报范式开始展现,灾害性天气预报预警向气象影响预报和风险评估延伸。气象服务已从传统天气预报扩展到气候预测、环境监测、灾害预警、气候适应等多个领域,并且更加注重面向决策,也更加注重通过人工智能、数字孪生等技术手段,推动气象服务更精准、更实时、更智能。

《报告》指出,中国积极为全球气象发展贡献智慧与力量。2024年全国气象高质量发展指数较2020年提升18.35%。中国气象局履行世界气象组织授权的近30个国际及区域专业中心职责,向国际社会传播推广“人民至上、生命至上”的气象服务理念和应急减灾实践,向世界展示

人工智能赋能全民早期预警中国方案,建立全球/区域气象产品供需“揭榜”机制,举办世界人工智能大会气象专题及中阿、中国-东盟气象合作会议等国际合作主场活动,气象国际影响力明显增强。

中国气象局气象发展与规划院院长李丽军介绍,《全球气象发展报告》自2023年首次发布以来,始终坚持从全球视角和行业发展维度,展示年度气象发展轨迹与整体态势。今年发布的《报告》进一步拓展了研究视野,从主要研究国际组织、发达国家拓展至发展中国家,并设立专利系统梳理部分非洲国家的气象发展概况,为推进支持共建“一带一路”气象服务提供参考;捕捉全球气象新兴热点,新增全球海洋气象观测、金融气象服务、气象赋能低空经济、商业小卫星等专题。

《2025 中国制造强国发展指数报告》发布 我国已迈入全球制造强国行列

本报讯(记者赵宇彤)12月30日,《2025 中国制造强国发展指数报告》(以下简称《报告》)、《中国制造业重点领域技术创新绿皮书—技术路线图(2025)》(以下简称《路线图》)在京发布。发布会上,中国工程院副院长李树平表示:“我国已顺利实现制造强国建设‘第一步走’战略目标,成功迈入制造强国行列。”

《报告》显示,2024年,我国制造强国发展指数与德国和日本处于同一区间,各分项数值均实现正增长,进入全球制造强国第二行列,成为继美国、德国、日本后第四个迈入全球制造强国行列的国家。

《报告》指出,2024年,我国制造强国发展指数与德国和日本处于同一区间,各分项数值均实现正增长,进入全球制造强国第二行列,成为继美国、德国、日本后第四个迈入全球制造强国行列的国家。

《报告》指出,2024年,我国制造强国发展指数与德国和日本处于同一区间,各分项数值均实现正增长,进入全球制造强国第二行列,成为继美国、德国、日本后第四个迈入全球制造强国行列的国家。