中国名片

北斗卫星导航系统

北斗卫星导航系统是我国着眼于国家安全和经济社会发展需要，自主建设、独立运行的卫星导航系统，是为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务的国家重要空间基础设施。

从落后到并跑再到领跑，不变的是开拓进取的攻坚精神——

中国北斗 拥抱全球

经济日报·中国经济网记者 姜天骄

“河汉纵且横，北斗横复直”。自古以来，北斗如天河中的一座灯塔，指引着人们辨明方向，吸引着人们去探索浩瀚宇宙的奥秘。

如今，在浩瀚星空之中，几十颗中国“星星”闪烁，将“光芒”洒向广袤大地。经过20余年努力，中国北斗工程完成了“三步走”战略、发射了44颗卫星，在天疆部署了“大棋局”，特别是北斗三号卫星以一年19星的佳绩在太空中刷新了“中国速度”。

自主创新：

牢牢握住“北斗柄”

卫星导航系统是国家安全和经济社会发展不可或缺的信息基础设施，是大国地位和综合国力的重要标志。在我国开始规划北斗蓝图时，欧美等国家就已经完成了全球系统布局。但是，以我国当时的国情，不能再走欧美国家的老路，必须另辟蹊径，走一条多元融合发展的新路。

北斗的“勺柄”是指明方向的关键。为了牢牢握住“北斗柄”，北斗团队从无到有，白手起家。在建设北斗一号系统时，国外对我国实施了技术封锁，国内的部件厂家也尚未成熟。据北斗一号总设计师范本尧院士回忆，国产化是从北斗一号太阳帆板做起的，“当时很多卫星都不敢上，北斗第一个‘吃螃蟹’，硬着头皮上”。

之后的国产化攻关更为艰苦，不论是东方红三号平台横空出世，还是影响长寿命的三大关键部件，凭借自力更生的创业精神，以李祖洪总指挥、范本尧总设计师等为代表的老一辈北斗人攻坚克难，于2003年建成了北斗一号系统，使我国成为继美、俄之后第三个拥有自主卫星导航系统的国家。“‘巨人’对我们实施技术封锁，不让我们站在肩膀上。唯一的办法，就是自己成为巨人。”北斗一号卫星总指挥李祖洪说。

北斗二号的研制在国产化道路上又迈出了一大步。为实现快速形成区域导航服务能力的国家战略，以北斗三号卫星首席总设计师谢军、中国航天科技集团公司北斗导航卫星系统总设计师杨慧等为代表的北斗人设计了国际上首个以GEO/IGSO卫星为主、有源与无源导航多功能服务相融合的卫星方案，攻克了以导航卫星总体技术、高精度星载原子钟等为代表的多项关键技术，打破了国外的技术封锁，建成了国际上首个混合星座区域卫星导航系统。2012年12月份，该系统开通服务，服务区域覆盖亚太。

北斗三号实现了中国卫星导航定位系统从并跑到领跑的征程。航天科技集团五院卫星团队率先提出国际上首个高中轨道星间链路混合型新体制，形成了具有自主知识产权的星间链路网络协议、自主定轨、时间同步等系统方案，填补了国内空白；建立了器部件国产化从研制、验证到应用的一体化体系，彻底打破了核心器部件长期依赖进口、受制于人的局面。

始终选择自力更生、不断创新的道路，不仅需要志气，更需要勇气和骨气。在很多时候，总指挥、总设计师们要承担推迟进度、质量风险等压力，团队也付出了艰辛的努力。为了排除新技术和国产设备造成的隐患，他们会花费超过一般卫星3倍多的时间反复验证、测试、迭代，甚至会主动帮助生产厂家改进技术和管理流程，毫无保留地传授经验。

北斗三号总设计师王平坦言：“即便是在最艰难的时候，我们也从未动摇过国产化的信心和决心，因为要打造世界一流工程、实现航天强国梦，核心技术绝对不能受制于人！”

在太空中失联后又找回的“调皮孩子”、半夜来自卫星厂房的电话……每一个新的难题，都见证了北斗系统和团队的成长。在北斗团队共同努力下，北斗三号所有部件和核心器件达到100%国产化，核心技术完全自主可控。“北斗基础产品已实现历史性跨越，国产北斗芯片实现规模化应用，总体性能达到甚至优于国际同类产品。”北斗三号总设计师陈忠贵说。

团结协作：

这里没有个人英雄

北斗作为一个重大而复杂的系统工程，直接牵引带动着数百家单位、数万工作人员，并在20余年的研制中锻造出了注重传承、密切配合、主动协作、顾全大局的精神。

“这是一项团队工程，没有个人英雄，航天事业的成功是一个团队的成功。”谢军说。

每一颗北斗卫星都有着强大的“幕后团队”，牵动着卫星、运载火箭、运控、应用、测控、发射场等各大系统。以卫星系统为例，总体设计、结构机械、热控制、综合电子、控制与推进、载荷等众多分系统，以及测试、总装等环节的北斗人，不论是顺境还是逆境，大家心往一处想，劲儿往一处使，用汗水和智慧助推着北斗迈出坚实而敏捷的步伐。

即便是团队中的泰斗和“明星”人物，也不爱“藏着掖着”。他们相信“一代更比一代强”，醉心于推进知识转移和人才培养，并摸索出“四助”策略：“自我学习，自我提高”的自助、“以老带新，传承经验”的帮助、“专业培训，注重实效”的辅助和“专业互补，共同进步”的互助。

在创业阶段，“老北斗人”用药盒和大头针制作简易的卫星模型，以便向新员工详细讲解。后来，他们用“共享笔记本”等形式你一句、我两行地记录研制经验和心得。再后来，他们设立了督导师制度，手把手地助推青年成长，并认真编著了总体设计指南以及各分系统的设计/工作手册，倾囊传授宝典，并用《航天器总体设计禁忌》详解设计中的“清规戒律”。创新开展的虚拟卫星培训项目也渐渐成为“北斗新人”们的必修课，他们分工协作，用不到一个月的时间设计一颗“麻雀虽小，五脏俱全”的虚拟卫星，通过考核后才能走上工作岗位……现在，他们有了“科研生产一体化管控平台”等数字化工具，显著提升了积淀与设计制造能力。

这样给力的传帮带，加上密集组网的工程历练，大大缩短了北斗人才成长周期。“90后”余速加入航天队伍才一年多的时间，便经历了多颗北斗卫星研制工作，独立完成了某测试设计和实施，保障了多颗卫星多阶段测试任务的顺利完成。

2019年4月20日22时41分，我国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭成功发射第44颗北斗导航卫星。 郭文彬摄（新华社发）

如今，北斗已形成了一支平均年龄38岁、老中青结合的团队，走出了中国工程院院士范本尧以及10余名卫星总设计师/总指挥、20余名副总设计师/副总指挥等领军人才，为我国航天事业的发展锤炼了丰富而宝贵的“明星”阵容。

攻坚克难：

以百米速度跑马拉松

“我们是以百米速度跑马拉松。”谢军如此形容北斗的研制节奏。正是在这样的节奏下，北斗逐渐孕育出了直面挑战、开拓进取、争分夺秒、奋斗不息的攻关精神。

很多北斗人至今还清晰地记得2007年首颗北斗二号卫星研制时的那段“激情燃烧的岁月”。根据国际电联的规则，频率资源是有时限的，过期就会作废。时间不等人，争分夺秒才能完成前期所有研制，为了节省时间，所有参试人员进驻发射场后又大干了3天体力活，搬设备、扛机柜、布电缆。没有片刻喘息，紧接着就是200小时不间断的加电测试。这一次，院士、型号老总和技术人员一起排班，共同度过次次险情和种种考验。大多数队员都因为水土不服而拉肚子、发烧，但大家都带病坚持。2007年4月16日，在成功发射的两天后，北京从飞行试验星获得清晰信号，此时距离空间频率失效仅有不到4个小时。

与航天强国的导航系统相比，中国北斗起步晚、基础弱，高精度时间基准技术成为最大的“拦路虎”——这项核心技术直接决定着定位精度，决定着整个工程的成败。由于研制出的第一台原子钟在工作时经常出现突跳，精度很差。为了解决这一问题，北斗人展开了艰苦卓绝的攻关。为坚持做完试验，不错过任何一个疑点，他们可以3天不合眼；为确保每一款国产化产品达标，他们辗转于祖国各地的研制单位……通过多年不懈努力，北斗人全力啃下了这块“硬骨头”，使国产星载铷钟从无到有，从粗到细，性能指标不断提高，成功突破了封锁，填补了国内空白。现在，国人可以挺起腰杆自豪地说：“以前我们有原子弹，现在我们有原子钟。”

这种攻关精神，在老北斗人的言传身教中，传给了后来者。北斗三号星间链路是关乎全球组网至关重要的技术，在方案确立的关键阶段，航天科技集团五院当时只有29岁的康成斌大胆提出了某关键技术的验证，为攻克星间链路难关打下了坚实基础。航天科技集团五院当时最年轻的总体主任设计师杨聪伟，面对崭新的卫星平台，牵头完成了北斗导航卫星数管分系统技术要求和软件用户需求，并首次应用在国内卫星平台，开拓了北斗导航卫星数据管理系统的新时代。

为提高冲刺速度，北斗人优化流程，采用新方法、新技术，不断提升“宇航智造”能力，在高质量、高效率、高效益研制方面积累了宝贵经验。“我们通过优化管理流程，大幅提高了工作效率，做到了发射场试验队人员人数较以往减少近一半，双星发射场的全流程时间由试验星的55天压缩到现在的35天。”北斗三号卫星总指挥迟军说。航天科技集团五院开创的导航组网卫星研发管理新模式，实现了“一支队伍，多个任务，协调统一”，最早形成并实践了中国航天产品工程的理论和方法，树立了我国宇航产品工程管理的典范，有力托举了北斗导航卫星组批生产和密集发射。

北斗三代运控系统建设现场。（资料图片）

航天科技集团五院的科研人员正在精心测试。（资料图片）

参观者在第二十届中国北京国际科技产业博览会上参观展出的北斗卫星导航系统模型。 新华社记者 鞠焕宗摄

宁夏吴忠市利通区金积镇塔湾村村民介绍装在拖拉机上的北斗导航系统。 新华社记者 王 鹏摄

追求卓越：

用匠心打造精品

与别的卫星不同，北斗对于系统的连续、稳定、完好、可用要求极高，一个产品的好坏直接影响着十几颗卫星的成败，牵一发而动全身。因此，“零缺憾”是北斗人执著的追求目标，质量更是他们精心呵护的“眼珠子”。

在北斗三号首组卫星研制过程中，出现过蓄电池电压微小误差的小插曲。航天科技集团五院的工作人员发现，蓄电池某个单体电池与其他电池相比有微小差异，每10天就有一毫伏的增加。按照设计，电压差增加到一定限额，蓄电池就会自动调整，不会影响运行。“不能带着任何疑点上天！”工作人员不打算放过这个隐患，下定决心换！就这样，他们重新打开太阳翼，卸下舱板，换下有隐患的蓄电池组，加班加点，依然按照原计划完成了全部工作，让卫星又多了一份安全保障。

年轻的北斗人也继承了严慎细致的工作作风。在第9颗北斗三号卫星某关键单机测试中，总体主任设计师刘家兴发现了一个关键指标超标。超了多少呢？小于一纳秒。也就是说，小于十亿分之一秒，短到用“瞬间”都难以形容。

问题摆在那里，如果不查个水落石出，刘家兴过不了自己心里的那道关。可是，进一步排查无疑会增加很多工作量，而且不一定能查出结果。关键时刻，他想起北斗前辈们的话：航天工程牵一发而动全身，对分析出的问题不能隐瞒，要勇敢面对。最终，刘家兴坦诚地与设计师们交底，赢得了大家的支持。他们深深地扎下去，同甘共苦，相互扶助，最终发现了产品设计上的深层次质量问题。就是这种把工作看作神圣的事业，用匠心打造精品的作风，创造出中国北斗一个又一个奇迹。

建设者说

让更多人用上北斗系统

谢 军

1982年，我从国防科技大学毕业，被分配到中国航天科技集团下属中国空间技术研究院航天五院504所工作，从而与北斗结缘。刚到所里时，我被分到天线技术研究室。那时测试天线一定要爬很高的测试塔架，我并不知道自己有恐高症，只觉得自己年轻，应该能上塔架。但是，当我一爬到高高的测试塔架上就开始眩晕，室里的老同志知道后不再让我上测试塔架了，而是让我在地面上负责转动转台上的天线，那时转台转动天线只能靠手一度一度转和测，我经常一蹲就是一下午。

就这样，我从504所最年轻的高工、最年轻的研究员和副所长一路走来，2004年我担任了北斗二号导航卫星总设计师一职。起初，我对北斗系统的许多知识都不熟悉，诸多问题都不是很清楚。为了尽快掌握各种知识，我拜访了许多相关领域的老专家，直到把每个部件、每项产品、每个问题都搞得清楚明白。

2013年北斗三号工程伊始，经各部门研究决定，在北斗三号卫星上使用国产化行波管放大器。该设备一直都是引进的国外技术，因此要严格把控首次实现国产化的产品指标。负责研制行波管放大器的单位费了很大力气研制出6台设备，但我们发现这些设备质量并未达标，因此建议他们全部重做。当初，作出这个决定也非常艰难，因为这不仅意味着研制单位要把之前的工作全部归零，继续倾注大量人力物力重新设计，甚至会导致整个工程大幅度延期。但是，质量和进度就像天平的两端，不能顾此失彼，我作为总设计师，必须要保证整个团队在“零失误”的前提下按时完成工程进度。后来，问题得到了解决，我为能够和团队共同突破这项技术难关而感到骄傲。

时间精度是卫星导航的命门，有“导航卫星心脏”之称的星载原子钟在其中发挥着提供时间基准的作用。在北斗二号建设时，星载原子钟成为绕不开的“拦路虎”。那时候，我们研制出的第一台原子钟在工作时经常会出现突跳，精度很差。为了解决这个问题，我们整个团队经常在一起分析相关原理。同时，我还频繁往返于北京、西安、武汉、兰州等地，生怕有一家研制单位因为掉以轻心、松懈生产导致产品出现问题。经过我和团队多年的不懈努力，终于让北斗用上了自主开发研制的原子钟，其天稳定度达到10—14量级，授时精度50纳秒，300万年只有1秒误差。

在北斗研制工作中，我们的团队遇到过数不清的困难，但我们最终闯过了一个个技术难关。在这个过程中，“自主创新、团结协作、攻坚克难、追求卓越”的北斗精神功不可没。我相信，有这样一支工程研制队伍，我国距离最终建成全球卫星导航系统的日子不远了，中国的北斗必将以更博大的胸怀兑现中国政府对世界的承诺，北斗系统也将以更加完美的姿态走向全世界，造福全人类。

（作者系北斗三号卫星首席总设计师）