

星耀天穹 福及人类

——中国北斗全球卫星导航系统建设纪略

经济日报·中国经济网记者 姜天骄

抗击疫情，分秒必争。北斗“交通”打通火线运输线，确保防疫物资及时送达；

国庆阅兵，举世瞩目。北斗“标齐”大显身手，受阅方队、装备“米秒不差”，阅出了军威、国威；

在世界之巅珠穆朗玛峰，北斗为中国攀登者完成高程测量提供主要数据；

在惊涛骇浪的南海，中国渔民无论行驶到哪块海域都在中国北斗的俯瞰之中；

在山洪频发的山区，“北斗+气象”让居民早知晴雨，更好地开展生态保护、资源开发和探险旅游；

在川流不息的马路，北斗让人们自由穿梭于大街小巷……

这就是中国北斗，我国自主建设的卫星导航系统。它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。

2020年7月31日，北斗三号全球卫星导航系统建成暨开通仪式在北京人民大会堂隆重举行。中国向全世界郑重宣告，中国自主建设、独立运行的全球卫星导航系统已全面建成，中国北斗自此开启了高质量服务全球、造福人类的崭新篇章。

从此，中国北斗正式走出国门，成为服务全球的卫星导航系统，它将以更加开放包容的姿态拥抱世界，同世界一起书写时空服务新篇章。

命名“北斗”

1994年，世界首个全球卫星导航系统GPS全面建成；也是这一年，我国开始独立自主研制北斗卫星导航系统，并以祖先们用于识别方向的“北斗星”命名



在北斗一号F1星转场动员会上，大家围绕保质量保安全展开讨论。

从无到有，北斗走过的这条路殊为不易。

早在上世纪70年代，从事“两弹一星”的先驱们就已经认识到卫星导航定位系统的重要性。他们曾在卫星导航领域苦苦摸索，在理论探索 and 研制实践方面开展了卓有成效的工作。立项于20世纪60年代末的“灯塔计划”可以说是北斗工程的前身，尽管这个计划最终因技术方向转型、财力有限等原因而终止，然而它如同一盏明灯，为后来上马的北斗工程积累了宝贵的经验。

改革开放以后，我国加快了经济发展的脚步，卫星导航定位在国民经济和国防建设上的重要价值再一次被科学家提出。但是当时，美国已经凭借着GPS在卫星定位系统领域一家独大，俄罗斯的GLONASS也完成了全球组网，以我国当时的国情，走欧美国家的老路只能永远做一名追赶者，唯有另辟蹊径才能拥有超车的机会。

究竟该怎样打造自主可控的国之重器？

第一代北斗建设者们一致认为，最迫切的需求是先解决“有无问题”。1983年，以陈芳允院士为代表的专家学者提出了利用2颗地球同步轨道卫星来测定地面和空中目标的设想。“双星定位”建设方案的原理是把地心视为一颗虚拟卫星，再发射两颗地球同步卫星构成星座，经地面控制中心计算处理，实现对区域内地面目标的快速定位。这一方案用当时中国最成熟的航天技术，以最小星座、最少投入、最短周期，实现了卫星导航系统建设的自主可控，为后续发展坚定了必胜信心，奠定了坚实技术基础，积累了丰富工程经验。

是否一步跨到全球组网？这在当时引发了不小的争议。建成覆盖全球的导航定位系统，至少需要24颗卫星，美、俄用了20多年时间。但是，维护我国国家主权、安全、发展利益刻不容缓，中国拖不起、等不得，必须在最短时间里让北斗发挥出最大效益。怎么办？“两弹元勋”、东方红一号卫星总设计师、北斗工程首任总设计师孙家栋院士带领工程技术人员创造性提出“分步走”战略，先试验后建设，先国内后周边，先区域后全球。

路，终于打开了。北斗工程“三步走”发展蓝图被确定下来：第一步，先建立双星定位试验系统，形成区域有源定位与导航服务能力；第二步，完成3种轨道10余颗卫星发射，建成区域导航系统，形成区域无源服务能力，向亚太地区提供

编者按 中国北斗，我国自主建设的卫星导航系统。自1994年北斗一号立项以来，历经二十六载，从无到有，从有源到无源，从区域到全球，交出一份沉甸甸的“成绩单”。

2020年7月31日，中国向全世界郑重宣告，中国自主建设、独立运行的全球卫星导航系统已全面建成，中国北斗自此开启高质量服务全球、造福人类的崭新篇章。它将以更加开放包容的姿态拥抱世界，同世界一起书写时空服务新篇章。

定位、导航、授时以及短报文通信服务；第三步，建成由3颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星组成、覆盖全球的北斗全球卫星导航系统，形成全球无源服务能力。

什么是“有源”和“无源”？北斗一号系统总指挥、中国航天科技集团研究员李祖洪曾有过一个形象的比喻：“有源”与“无源”之间的差别就相当于对讲机和收音机一样。有源就像对讲机，既可以接收信号又可以发送信号，而无源就像收音机，只接收卫星信号，不再向外发送信号。孙家栋院士说，中国北斗导航卫星系统的设计将“有源”和“无源”非常巧妙地结合起来，以充分发挥它的作用，这是中国北斗的最大特色和亮点，也是北斗的优势所在。

1994年，无论在世界还是中国的卫星导航发展史上都是极具特殊意义的一年。这一年，世界首

段，频率资源相对充沛，建设时间较早的GPS系统和GLONASS系统不存在频率资源的冲突问题，然而到了北斗系统建设的时候，发达国家已经将卫星导航频率瓜分得所剩无几，频率资源争夺非常激烈。北斗第一代科学家经过与几十个国家300多次艰苦的谈判，创造性地提出卫星导航信号兼容性评估准则，证明了北斗与其他卫星导航系统频率重叠时互不影响，赢得频率共用的“世界共识”，为国家争取了宝贵的频率资源。

然而，国际电联规定，各国均可平等申请新资源使用权，但必须在7年有效期内发射导航卫星，并成功接收传回信号，逾期则自动失效。为保住2007年4月17日这一最后“窗口”，北斗工程上下进行全系统总动员和大会战，抢在当年2月底完成卫星研制。然而临射前，卫星上的应答机突现异常。为确保万无一失，工程试验队果断将已矗立塔架的星箭组合体拆开，取出卫星应答机，72小时不眠不休，成功排除故障。

2007年4月14日4时11分，这颗肩负重要使命的卫星发射成功；17日20时许，北京清晰地接收到来自这颗卫星的信号。这一刻，距离频率失效最后时限已不到4个小时。中国北斗在最后时刻“压哨破门”，拿到了进军全球卫星导航系统俱乐部的“入场券”。

翻越“腊子口”

无“钟”之困、缺“芯”之忧、布“站”之难……自主创新的过程注定是艰苦的，但只有坚定不移地走下去，才能把命运牢牢掌握在自己手中

无“钟”之困、缺“芯”之忧、布“站”之难……在北斗系统一路走来的过程中，最不缺少的就是一个又一个难题和难关。自主创新的过程注定是艰苦的，但北斗卫星导航系统的研发人员深知关键核心技术是花钱买不来的，即使买来了也是不可靠的，引进仿制的路子也走不远，只有坚定不移走自主创新之路，才能把命运牢牢掌握在自己手中。

阳光总在风雨后，面对没有自己的原子钟和芯片、区域布站条件下实现全球服务等看似难以逾越的“娄山关”“腊子口”，北斗人凭借滚石上山的毅力和勇气，走出了一条自主创新、追求卓越的发展道路。

“现在几点？”这是我们生活中每天都要面对的问题。而为我们提供答案的不是身边的钟表，而是天上的导航卫星。授时是北斗卫星导航系统的一个重要功能。跨海大桥、海底隧道，许多台起重机一起合作，动辄上千米的作业面，时间上差一点，就会“失之毫厘谬以千里”。

授时精度取决于导航卫星的“心脏”——原子钟。由于星载原子钟机理复杂、技术难度极大，美国、俄罗斯、瑞士等少数国家曾长期垄断这项技术。遗憾的是，我国科研团队为北斗卫星设计的第一台原子钟效果差强人意，不仅在工作时经常出现“突跳”，精度与国际水平也相差甚远。能否突破原子钟技术瓶颈，关系到我国北斗系统建设的成败。

在中国科学院武汉物理与数学研究所研究员梅刚华的办公室里，至今收藏着几抽屉的试验品，它们被梅刚华视若珍宝，见证着课题组20年来的



北斗三号卫星团队在发射场合影。

艰难求索。“原子钟的核心部件微波腔只有一个胶卷大小，要在里面特定位置打几个槽，测量宽度和深度，在当年没有计算机模拟仿真技术时，只能一点点摸索、一点点打磨。”梅刚华说，仅这一项技术，他们就进行了上百次试验。最终，具有全新结构和工作原理的开槽管式微波腔研制成功，这一研究利用小体积原子气室激励出高强度原子跃迁信号，获得了中、美两国发明专利授权。

除了武汉物理与数学研究所之外，航天科技集团空间技术研究院、航天科工集团二院203所等单位也对星载铷原子钟一系列关键技术开展攻关。这是一项非常“熬人”的工作，为了保证24小时不间断测试，科研人员经常是白天调试，晚上盯在测试仪仪器前，观察数据，一测就是一整夜。在日夜兼程进行调试的阶段，大家就像上了发条的“钟”一样连轴转。2005年，航天科工203所交付了我国首批两台星载铷原子钟工程化初样鉴定机，标志着我国原子钟自主化迈出了一大步。2007年，赶上了为争夺频率资源提前发射的北斗试验星，我国自主研发的星载铷原子钟上天服役。2008年前后，梅刚华团队成功研制出具有完整自主知识产权、满足航天工程要求的星载铷原子钟正样产品，做到计时精度与美国GPS系统同期技术相当，打破了国外技术垄断和封锁，并批量用于“北斗二号”卫星，中国的北斗终于装上了一颗“中国芯”。

如今，“北斗三号”全球系统上的星载原子钟计时精度达到100亿分之3秒，与美国GPS卫星最新一代星载铷钟并列，跻身国际顶尖水平，可以满足分米级导航定位需求。打个比方，如果汽车装载了北斗卫星导航定位系统，那么它提供的位置精度比车道间距还要小，这样就能够帮助驾驶员者规避堵车，也能保障行驶安全。

“北斗的研制，是中国人自己干出来的。‘巨人’对我们技术封锁，不让我们站在肩膀上。唯一的办法，就是自己成为‘巨人’。”李祖洪说。

缺少“中国芯”，一直是困扰我国高科技领域的一块“心病”。对于北斗系统工程建设和应用来说，拥有国产芯片，对于确保安全性、稳定性、可靠性至关重要。

坚持自主创新 开创历史新篇

只有坚定不移走自主创新道路，才能把命运牢牢掌握在自己手中。北斗系统建设实践告诉我们，关键核心技术要不来、买不来、讨不来。我们只有坚持走以我为主、自主创新的发展道路，把关键核心技术掌握在自己手中，才能真正掌握竞争和发展的主动权，才能从根本上保障国家安全和，才能把我国建设成为世界科技强国和社会主义现代化强国。

只有坚定不移走自主创新道路，才能在国际竞争中立于不败之地。北斗系统建设经验告诉我们，跟随模仿没有前途，走别人走过的路，只能永远跟在别人后面。只有坚持自主创新，下好先手棋，打好主动仗，才有机会实现“弯道超车”，取得差异化竞争优势，从而使我国在国际竞争中脱颖而出，让中华民族自立于世界民族之林。

搞北斗三号全球系统，全面国产化是头等大事。通过深入动员，工程上下形成宁可国产化产品“指标低点，价格高点，也要大胆使用”的坚定共识；工程总体研究制定行动计划，将自主可控要求落实到关键技术攻关、产品研发、竞争采购等各环节；建立由专项管理办公室牵头，多部门参加的自主可控协调小组，通过重点行业、区域应用示范工程，大力推广使用自主芯片、模块、软件产品，通过边建边用、反复迭代，有效提高了产品质量水平。

功夫不负有心人。国产北斗芯片工艺由0.35微米提升到28纳米，已在物联网和消费电子领域广泛应用。支持北斗三号新信号的22纳米工艺射频基带一体化导航定位芯片，体积更小、功耗更低、精度更高，已具备批量生产能力。

宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来。截至2019年底，国产导航型芯片出货量已超1亿片，北斗导航型芯片、模块高精度板卡和天线已出口到120余个国家和地区。

北斗全球导航系统建设还有一大特色，那就是首创Ka频段星间链路。按照传统全球卫星导航系统的建设和运行模式，需要在全球范围内建立众多地面站。但北斗系统不能像GPS那样，在全球建立地面站。为了解决境外卫星的数据传输通道，航天科技集团五院北斗三号研制团队创新提出了星座星间链路技术，采取星间、星地传输功能一体化设计，实现了卫星与卫星、卫星与地面站的链路互通，这就是说，我们虽然“看不见”在地球另一面的北斗卫星，但用北斗卫星的星间链路同样能与它们取得联系。太空“兄弟”间手拉手，心相通，不仅实现了相互间的通信和数据传输，还能相互测距，自动“保持队形”，可以减轻地面管理维护压力。凭借这一“绝活”，工程实现了仅依靠国内布站情况下对全球星座的运行控制，以及全球服务能力与世界一流系统的比肩。

北斗三号全球系统星座部署完成后，澳大利亚空间工程研究中心主任安德鲁·登普斯特指出，北斗是一项重大突破，因为它意味着中国可以完全独立地使用自主导航系统，不再依赖任何人。（下转第七版）

坚定不移走中国特色自主创新道路，就是要充分发挥我国社会主义制度集中力量办大事的优势。北斗系统建设是党和国家调集千军万马干出来的，是工程全线几十万人团结一心拼出来的，是广大人民群众坚定支持共同托举起来的。北斗系统建设的成功是新型举国体制的又一次重大胜利。在新一批体现国家战略意图的重大科技项目和工程中，我们要继续发挥好这种优势，科学统筹、集中力量、优化机制、协同攻关。

自主创新永无止境。当前，我们迎来了世界新一轮科技革命和产业变革同我国转变发展方式的历史性交汇期，我们既面临着历史机遇，又面临着严峻挑战。我们要坚定信心，保持定力，直面挑战，用自立的勇气和创新的精神奋力开创大国崛起的历史新篇。