

“收官之星”成功发射 北斗导航系统“三步走”发展战略圆满画上句号

“北斗三号星座”闪耀上海创新上海智慧

■本报首席记者 许琦敏

昨天，北斗三号最后一颗全球组网星成功发射升空。从2009年启动，到昨天第30颗星上天，北斗三号全球卫星导航系统的建成，标志着我国自

上世纪80年代开始探索的卫星导航系统“三步走”发展战略，圆满画上句号。24颗中圆地球轨道卫星、3颗地球静止轨道卫星、3颗倾斜地球同步轨道卫星，闪耀在苍穹的“北斗三号星座”，几乎每一颗都凝聚着上海创新与上海智慧。

灵感创新 突破瓶颈，卫星也能“天上对话”

位于浦东张江的中国科学院北斗卫星导航系统团队先后完成了北斗三号系统中12颗卫星的研制和发射。今年，这支队伍成立刚满十年，团队成员平均年龄不过三十多岁，正是这支“后生可畏”的力量，将更多创新灵感注入了“稳”字当头的卫星研发中。在北斗三号的研制过程中，他们完成了数以百计的关键技术攻关上星应用。

在航天领域有条不紊的规定，每颗星上使用的新技术一般不超过三成，而这个团队在首发试验星上就使用了近八成的新技术。

大胆尝试卫星设计理念与管理形式的整体变革，这支年轻的团队采用框架面板结构、单独星敏感器定姿、高功能密度综合电子架构等技术，打造了“中科院导航卫星专用平台”，有效增强了卫星的适应能力和可扩展能力。独创的“功能链”设计理念，最大限度对卫星内部资源实现了优化整合，将原先用于控制的20多台计算机改用一台高性能计算机替代，在提高功能密度的同时，大幅降低成本。

时空精准 北斗“心脏”一千万年才误差一秒

时间和空间位置信息，都是一个国家重要的战略资源。获取卫星的位置信息和天上精准的时间信息，是导航卫星最核心的两大参数。通常，十亿分之一秒(1纳秒)的时差，就会导致0.3米的距离误差。

要实现分米级、厘米级的导航定位精度，北斗卫星必须有颗精准跳动的“心脏”——星载原子钟，同时还要配备一个敏锐清醒的“大脑”——信息处理系统。

2002年，中国科学院上海天文台在多年研制地面主动型氢原子钟的基础上，启动了被动型星载氢原子钟研究。2015年，由他们完成的我国首台星载氢原子钟，随新一代北斗导航卫星升空。

五年来，跟随北斗卫星上天的氢钟性能不断提升，且已完全实现元器件、原材料、核心技术的自主可控。此次，上海天文台提供的一台氢钟跟随“收官星”上天，其性能达到每天误差约0.3纳秒，这相当于1000万年才误差一秒，是目前天上性能最好的原子钟之一。

就在北斗收官之际，上海天文台的科研人员又研制出了更加轻巧的北斗“心脏”：成功将氢钟从23公斤减重到

13公斤，年底将有3台交付用户，用于明年北斗补网卫星。

与此同时，上海天文台为北斗研发了能够实时修正误差、多备份的“最强大脑”，以达到“快、准、稳”的定位要求。

为了做出“最强大脑”，中科院上海天文台信息处理系统技术负责人胡小工带领团队经历了“从科学家到工程师”的痛苦转型。要把牛顿、爱因斯坦留下的用来计算自然天体的公式，用到在轨卫星这种人造天体的轨道计算上，他们遇到了太多意想不到的情况。最终，他们克服种种不利条件，在全球首次提出并实现了“区域监测网+星间链路”的星地星间联合精密定轨技术，并特别设计了算法，最终实现了北斗三号的精密定位性能指标。

为进一步演算北斗精度，上海天文台还研制了一把特制的激光“量天尺”——国内首套可移动式全天时卫星激光测距系统，最远测距可达38800千米，成功应用于北斗卫星厘米级精度激光测距。这些都为我国北斗卫星导航系统实现全球服务作出了不可替代的关键性贡献。

地基增强 让定位服务如互联网般触手可及

如何将“北斗信号”变成触手可及的公共服务?答案是：天上北斗导航，地上地基增强。位于上海的全球领先时空智能基础设施公司千寻位置，将互联网能力带入卫星导航产业，融合云计算、智能算法、大数据等技术，让用户通过互联网就可随时随地获取高精度时空定位服务，类似于“增强版北斗”。

“北斗完成全球组网，我们年内就会同步提供全球增强服务，全链路支持北斗三号最新信号。”千寻位置首席执行官陈金培表示，目前公司两款核心产品均已支持最新信号，年内将完成200座全球框架站的部署。

厘米级定位、毫米级感知、纳秒级授时，目前，千寻位置在全国建设和运营起2600多座北斗地基增强站，构成了北斗地基增强系统“全国一张网”，为数以亿计的用户提供动态厘米级、静态毫米级的高精度定位服务。该系统亦是目前全球最大、密度最高的卫星地基增

强系统。

2019年11月开始，千寻位置就把北斗卫星地基增强站内的核心设备，替换成为自主研发的“潜龙”时空服务器，提升对北斗三号在内的所有卫星导航公开服务信号的处理能力。随着北斗全球组网星的成功发射，陈金培相信，一个更加广阔的市场即将浮现，“未来三年，北斗加速定位将服务超10亿用户”。

北斗系统全球组网收官之日，更是北斗导航应用新纪元的启航之日。随着北斗高精度定位产品研发成本和门槛的下降，北斗正在进入各类应用场景。过去五年，千寻位置与全球主流芯片厂商、行业伙伴携手合作，已在自动驾驶、行业升级、测量测绘、智能城市、公共服务等领域，将北斗高精度定位技术与5G、人工智能结合，推动北斗应用落地。据悉，搭载北斗高精度定位技术的自动驾驶汽车，年内将有六款车型正式量产并上市。

北斗卫星导航系统发展大事记

- 1994年 北斗一号系统工程立项
- 2003年 北斗一号系统建成，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
- 2004年 北斗二号卫星工程立项
- 2009年 北斗三号立项
- 2012年 北斗二号系统建成，向亚太地区提供服务
- 2018年12月 北斗三号基本系统完成建设，开始提供全球服务
- 2019年12月 北斗全球系统核心星座部署完成，为实现全球组网奠定坚实基础
- 2020年6月23日 第55颗北斗导航卫星成功发射，北斗三号全球卫星导航系统星座部署全面完成
- 到2035年 以北斗系统为核心，建设完善更加泛在、更加融合、更加智能的国家综合定位导航授时体系



“先区域、后全球”的“三步走”发展战略：

第一步 1994年至2000年 建设北斗一号系统，向中国提供服务

第二步 2004年至2012年 建设北斗二号系统，向亚太地区提供服务

第三步 2009年至2020年 建设北斗三号系统，向全球提供服务

供图：新华社
制图：冯晓瑜

交通运输部印发专项规划

从自动驾驶到综合交通，北斗系统与智慧交通“同频共振”

■本报记者 张晓鸣

北斗三号最后一颗全球组网卫星昨天顺利进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。交通运输行业是北斗系统最大的民用用户之一，北斗系统将为智慧交通注入无穷活力。

展望未来，交通运输部已经印发《北斗卫星导航系统交通运输行业应用专项规划》，对行业北斗系统应用作出中长期部署。交通运输部有关负责人介绍，除了港口行业外，当前北斗系统在道路营运车辆、邮政快递运输车辆、公务船舶等重点领域持续扩大应用规模，覆盖到666.57万辆道路营运车辆、5.1万辆邮政快递运输车辆、109座沿海地基增强站、300架通用航空器，并在首架运输航空器上安装使用北斗系统，实现零突破。

北斗让自动驾驶更轻松

受信号和天气影响，司机们开车时都遇到过导航信号偏离实际车道的情况。随着国内北斗系统服务能力的提升，这样的情况将得到改善。

最近，千寻位置与广汽新能源联合宣布，全球首款北斗高精度定位5G V2X智能车发布并正式上市。依托千寻位置提供的北斗高精度时空智能服务，广汽这款新车的定位精度达到厘米级，可以实时知道自己开在哪一根车道，行驶更加安全、可靠。目前，千寻位置在自动驾驶的应用已达到车规级量产能力，可以为L2.5级的高速公路自动巡航，L3级的高速自动驾驶，或特定场景的L4级无人自主泊车提供精准、可靠、安全的高精度时空绝对基准。在完成一系列测试和调试后，预计2021年，自动驾驶汽车在全国高速公路上行驶不会是梦。

在港口自动化作业过程中，定位精度是制约港口无人驾驶集装箱卡车落地应用的关键。2019年，全球首次“5G+L4级智能驾驶重卡”示范运营在上海洋山港顺利启动。具体而言，在北斗高精度定位技术的支持下，上汽5G智能重卡完成了厘米级的高精度定位，在装卸作业中实现和作业轨道吊之间3厘米的误差精度；十余米长的重卡，在两侧到轮胎只

有七八厘米的狭窄库位中，实现一次性精准入库，而在人工作业中只有1%的专业驾驶员能够达到这一水平。

业内人士分析，5G时代的到来加上北斗系统的应用，将会给中国在智慧交通方面超越其他国家的一个重要机会，实现弯道超车。“5G+北斗”能够将现有的单车智能拓展到一个更立体、更全面的维度，打造出空天一体自动驾驶安全系统，让中国率先部署完成更适合自动驾驶的智慧交通系统。

北斗应用拓展至大交通领域

不光是高精尖的自动驾驶，值得注意的是，近年来发展迅猛的共享单车行业，也与北斗系统积极“联姻”，尝试解决“找不到车”“还不了车”等痛点。

“北斗导航定位覆盖范围更大、定位盲区小，采用北斗实现高精度定位，对于共享出行领域具有里程碑的意义。”据哈啰出行副总裁任亮亮介绍，精准定位是共享单车精细化运营的前提，哈啰在实时、准确掌握车辆位置的前提下，辅以哈啰大脑2.0精准的车辆供需预测，对路面单车的管理干预能力进一步加强。

每辆哈啰单车的智能锁内均含北斗定位装置，智能锁接收北斗卫星信号，向哈啰数据中心发送车辆定位信息。哈啰在后台通过采集车辆定位信息，了解每辆车的实时位置和行驶轨迹，形成大数据。基于此，哈啰能提前预估骑行需求，对路面运维团队发送如“填补特定区域车辆需求缺口”等智能化车辆调度指令。

美团单车同样采用北斗高精度定位模块，加上差分定位技术，进行定位运算和补偿，以确保定位效果稳定性和精准度。业务应用期间，结合地图围栏显示，通过App确认落锁后才能操作关锁，从而实现规范停车。

展望未来，北斗系统应用将扩展到铁路、公路、水路、民航、邮政等综合交通运输领域。下一步，交通运输部将认真谋划行业北斗系统应用工作，实现行业发展与北斗建设“同频共振”，为交通运输行业用户提供更加广泛、更加融合、更加智能的定位导航服务，让北斗系统为交通强国建设注入强劲动能。

上海航天以100%成功率为23颗北斗卫星提供电源系统

本报讯（记者史博臻）北斗三号全球卫星导航系统星座部署昨天已全面完成，比原计划提前半年。记者昨天从上海航天科技研究院获悉，作为国内主要空间电源系统的研制抓总单位，位于上海的中国航天科技集团八院811所，自2004年开始承担北斗卫星电源系统任务，相继完成7颗北斗二号、16颗北斗三号卫星电源系统的研制。截至目前，23颗卫星的电源系统在轨情况良好，811所也以100%的“供货”成功率，高效助力北斗导航卫星系统的全球组网任务。

811所创造了数个“首次”：首次承担我国IGSO轨道北斗首发星任务，首次实现811所氢镍电池在轨飞行应用，首次在高轨卫星上应用线性分流调节器，首次对电源产品开展热平衡试验，研制北斗卫星电源系统。在北斗二号任务中，811所承担了三颗MEO卫星、四颗IGSO卫星电源系统研制任务。其中，IGSO卫星是距离地球约3.6万千米的倾斜高轨卫星，MEO卫星则是距离地球约2万千米的倾斜中

轨卫星。811所研制人员从2004年开始进行技术攻关，研制太阳能电池、氢镍电池和电源控制设备等，通过无数试验验证和技术评审，突破了高温镍基合金外壳加工、氢镍电池的高压密封、氢电极防水透气膜、焊接二次封口等关键工艺，顺利完成了飞行产品的研制。

2010年，北斗全球卫星导航系统开始启动论证和研制。为了保证导航服务效果，北斗三号卫星的信号功率相比北斗一号、北斗二号以及国外主流的其他导航系统，要求增加了至少50%。面对这个难题，811所研制人员集智攻关，对电源系统产品采取全新设计。比如在太阳能电池方面，研制人员采用了更高效的电池片，其光电转换效率为30%，完全满足了整星的功率需求；在储能电池方面，首次在北斗导航卫星上采用了高比能长寿命锂离子蓄电池；在电源控制产品上，使用了更高变换效率的拓扑技术，提高功率质量比的同时降低发热量，保证了恶劣环境下的工作温度，满足卫星长期在轨工作的需求。

上海天文馆通过竣工验收明年开馆

建筑面积38164平方米为全球最大，将为观众还原真实美丽的星空

本报讯（记者沈滢莎）记者昨天从上海科技馆获悉，上海天文馆项目建筑工程通过竣工验收，目前进入展览展示的深化设计与装饰施工关键阶段，计划明年择期开馆。

位于临港的上海天文馆建筑面积38164平方米，包括一幢主体建筑，以及青少年观测基地、大众天文台、魔力太阳塔等附属建筑，建成后将成为全球建筑面积最大的天文馆。

上海天文馆项目工程造型复杂，施工难度大。从2016年11月开工以来，天文馆建设指挥部攻克重重难关，实现了建筑结构、功能与形态的完美融合。

为营造最佳宇宙沉浸感，整个天文馆几乎所有混凝土和钢结构都采用不规则形状，建设过程中攻克多项空间结构技术难题，其中包括实现国内首例长36米、跨度61米的钢结构大悬挑，“悬浮”于混凝土壳体上方直径29米的球幕影院，仅少量点支撑的200多米长旋转步道以及直径40米的倒转穹顶等。

上海天文馆独特的建筑设计，源自设计师对于轨道运动的形式化抽象，不仅展现了天文学概念，更与轨道周期紧密相连，使整个建筑成为一件天文仪器，能够跟踪地球、月亮和太阳在天空的运动路径。中国的元宵节、中秋节、冬至、夏

至等特殊节日和节气以多种方式在建筑内外进行展示，如特定的光影与地面的标记重合时即宣告特殊时刻的到来。这将使建筑成为连接人类和宇宙的工具，成为具有开创性的博物馆体验。

据介绍，上海天文馆将为观众还原一个真实美丽的星空：特别设置的太阳塔可在白天实现太阳的多波段观测，通过专业级的光学设备展现高清晰度的太阳黑子、日珥、耀斑等影像；一米望远镜可在夜间带观众欣赏极高清晰度的月面、行星和难得一见的美丽深空天体；天象厅引进和研发全球最先进的新型光学天象仪，投射出高精度的模拟星空，

最大程度还原星空黑色的底色，配合自然界各种背景音效，为观众呈现震撼逼真的星空体验。

上海天文馆还将以“大历史+大结构”为框架，全景展现宇宙浩瀚图景，打造多感官探索之旅，帮助观众塑造完整的宇宙观。观众可通过数据可视化、AR（增强现实）、VR（虚拟现实）、生物识别、人工智能等先进技术参与互动了解天文学知识；深入高仿真场景，沉浸式地体验宇宙空间环境；在“天文数字实验室”参与体验前沿研究，在“星闻会客厅”追踪天文热点，在“中华问天”聆听院士讲述科研故事。



上海天文馆通过竣工验收。

(上海科技馆供图)