



4月20日,我国自主研发的第一艘货运飞船“天舟一号”在海南发射场成功发射,它承载着崭新的飞天的使命奔赴浩瀚太空——与天宫二号会合。

“货运系统是中国建成空间站需要突破和掌握的关键技术,天舟一号将使中国具备向在轨运行航天器补给物资、补加推进剂的能力。

这是确保未来中国空间站在轨长期载人飞行的前提。”中国电科54所测控系统总设计师陈建民说。

在天舟任务中,54所研制的通信测控网始终忠诚地执行着保驾护航、天地通信的使命。天舟一号发射、在轨运行、与天宫二号三次交会对接、组合体安全运行、各种指令和测控数据的传输、太空中图像的实时呈现……都离不开该所研制的这张密实高效的通信测控网。

# 织就通信测控网 为天舟保驾护航

## 天舟一号发射、运行、天地通信……离不开电科54所研制的通信测控网

□本报记者 冯月静 通讯员 庄芳

### 天地通信监控中心“大换装”,让飞船发射成“科技大片”

天舟一号发射后,将与天宫二号进行交会对接。天宫二号、天舟一号内的情形、交会对接的情形,都需要通过54所研制的统一测控系统传输到各个测控站点,再经由卫星通信系统传输至北京航天飞行控制中心。

“多种通信链路传输的海量信息,如果一股脑传输至指挥大厅,肯定会非常混乱。为此,我们建设了天地通信监控中心,所有的语音和图像数据都将传输至此,经过甄选、优选之后,传输至指挥中心的大屏幕上。”陈建民介绍,指挥中心下达的各种指令,也通过该中心测算后,传送到最适合执行的测控站,执行相关命令。

为更好地执行天舟任务,让热爱航天事业的人们实时享受天舟发射的视觉盛宴,54所为天地通信监控中心研制了一批新设备。“为天舟任务新研制的指挥调度和图像分发系统,采用了最新的图像编解码体制、新型网关设备和最先进的数据分发软件。”陈建民说,该系统能够独立处理天宫和天舟的多路图像,同时处理多个目标,让地面能够同时观看天宫、天舟交会对接的情况。视野的广阔,会带来全新的视觉体验,让发射实况变成一部高清清晰的“科技大片”。据悉,新研制的系统全部采用具有自主知识产权的软硬件设备,将我国在该领域的技术水平推上了一个新高度。

作为该系统的负责人,54所高级工程师邢卫国带领团队挑战一个个科技难关,开展了一系列的天地对接联试试验,不分昼夜地进行了长达2个多月的联试任务。邢卫国说,最大的困难在于国产化带来的挑战和载人航天任务对设备高可靠性的要求,然而,该项目的研制周期却非常短,签订合同后两个月就要交付设备。

在如此短的时间里,邢卫国带领手下的得力干将耿向羽、张浩腾、朱进等,边研究边摸索,在一行行闪烁的“代码海洋”里,屡败屡战,最终获得成功。

### 54所改造天链一号地面终端设备,为天舟打造高效通信测控网

天链一号系统突破了单星跟踪双目标、双星接力跟踪、多星组网运行等关键技术,是天舟一号任务的主用装备。2016年11月22日,天链一号04星成功升入太空,这是我国第四颗地球同步轨道数据中继卫星。在天舟任务中,它将与天链一号01星、02星、03星组网运行,形成空间四星共轨、地面三站互联、系统全球组网的格局。

天舟发射前的四个月,54所接下了地面终端站数功放改造和监控系统优化测试两项任务。Ka频段功率放大

器是中继星地面终端站数传上行链路的关键组成部分。当时,三个地面终端站配置的该设备均为国外进口。“任务运行期间,设备多次出现故障,送厂维修。天舟一号发射前夕,其仍然无法稳定可靠工作。2016年12月初,54所接到任务:研制国产Ka频段功放,保证在天舟一号发射前替代进口设备。”54所中继星项目总设计师唐永林说。

从最初的方案设计评审到最后全部设备研制、调试、试验交付,只有两个半月的时间。2017年春节前后,正是项目研制的攻坚时期。54所卫星通信专家刘立浩带领团队成员李硕、陈冠军、刘士奇等人,放弃了大半假期,大家分工合作,遇到问题的时候,一起反复讨论、反复测试。为了保证通信质量,设备指标要求极高。刘立浩说,他们从模块调试阶段就把好关,每个小模块的状态都摸得一清二楚。“每个模块的测试数据都有上千组之多,这为设备整体指标的改进打下了坚实的基础。”

54所研制的Ka频段功率放大器,电源效率高,设备体积小,待机功耗低,设备长期工作稳定可靠。它的成功研制,实现了数传链路设备的全部国产化,大大提高了中继星地面终端站的自主可控能力和系统的可靠性。此外,他们还对地面终端站监控系统进行了优化测试。64万行有效代码的分析和测试,1393个测试用例的设计和运行,问题和隐患一一归零,唐永林说,此次优化测试实现了三个地面终端站的无人值守、自动化管控和故障智能决策,为执行天舟一号任务提供可靠保障。

### 构建天地通信网络,让飞船“触目可及”

在天舟任务中,54所研制的通信系统包括天链一号中继星系统、载人航天卫星通信系统、天地数字电视编解码系统、载人航天实况电视系统和载人航天试验任务IP网等,构建了一个“空间建链、天地织网、信息互联”的通信网络,保证了天舟一号任务视频图像、测控指令和信息数据的实时、高效、快速、可靠的网络传输。

54所卫星通信系统总设计师李晓芳介绍,天舟一号待发段和上升段关键场景的图像,是靠安装在发射场的实况电视系统采集、传输的,该系统是各级指挥员对载人飞船实施可视化指挥的重要手段。它可以让指挥员在飞行大厅观看发射实况,及时了解发射过程,并将高质量的图像素材提供给中央电视台等媒体转播。天舟一号进入太空后,其图像和数据传输就要依靠统一测控系统。

“各类图像首先要编码再进行传输,发送到指挥大厅和电视台并解码显示”,李晓芳说,天地数字电视地面系统承担的就是飞船和地面图像的编解码任务,是最重要的终端设备之一,分布在天舟一号货运飞船和地面各测控站。

54所为天舟一号货运飞船研制的天地图像终端,将首次实现全高清图像(1920x1080)的实时解码显示。天地图像编解码终端项目组是一个作风顽强、能打胜仗的队伍。在设备联调联试的时候,技术骨干马厚勇等人遇到

了“编码终端不能长时间工作”的问题。设备运行一旦超过20多个小时,图像就会出现花屏。遇到问题后,大家反复试验查找问题,团队成员梁斌在反复试验、深度分析之后,发现了编码库的BUG,最终实现了高清、标清混合编码,圆满完成了任务。

### 倾力打造史上规模最大、技术最先进的卫星通信系统

据悉,载人航天卫星通信系统将全程参与保障天舟一号任务。其中,54所新研制的远望七号测量船卫星通信系统将第一次参加天舟一号任务保障,提供测量船到飞行控制中心实时测量数据和视频数据传输。该项目新研制的宽带终端、监控管理系统和自动化测试系统,第一次将远望号测量船的卫星通信数据传输能力提高到25Mbps,并新实现了宽带数据传输、设备自动化智能管控、信号自动化监测和测试,提升了整船的管控能力和技术水平,为天舟一号任务顺利完成提供了可靠保障。

测量船卫星通信系统项目组由54所专家周兆清领衔。近年来,周兆清及其团队成员一直为远望号测量船研制新一代卫星通信设备。远望七号系统设备在江南船厂进行了近一年的安装调试。其间,喷漆、打磨、安装设备等十几个工种同时作业,粉尘纷飞,火花四溅,现场环境极其恶劣。就是在这样的情况下,54所技术人员魏科文、杜立辉等人长期与家人分离,坚守岗位,与时间赛跑,完成了设备的安装和联调联试。远望七号航试时,海上风大浪高,他们忍着晕船的头晕目眩,完成了艰巨的测试任务。

### 54所精准测控为天舟一号护航,为飞船与天宫交会对接“把脉”

据陈建民介绍,天舟一号上天大约两天后,将与天宫二号后向完成首次交会对接,跟天宫二号形成组合体,并进行推进剂的首次补加。随后,组合体将进行两个月的在轨飞行,测试货运飞船对组合体的控制能力。这一阶段任务完成之后,“天舟一号”飞船撤离天宫二号,绕飞到天宫二号前向,从另一侧与天宫二号进行二次对接。

完成绕飞试验以后,“天舟一号”就与天宫二号再次分离,两个飞行器将独立飞行三个月,这期间,“天舟一号”主要完成搭载的空间科学试验。最后,“天舟一号”与天宫二号进行最后一次对接,验证自主快速交会对接技术,要求两个航天器在6个小时左右实现对接。

“这一切过程,都需要54所研制的测控设备对飞船和天宫进行精确定轨、精准测量、精确控制引导,这个难度,就相当于在高速飞行的状态下用针穿针眼,这对我们的测量和控制能力提出了很高的要求,我们将全力以赴!”陈建民说。