

天地驾飞舟 太空快递忙

——天舟货运飞船系统总指挥谈研制历程

冯永

跨界出发 领衔研制天舟

2017年11月的一天，我接到工作调动电话，让我回中国航天科技集团五院（以下简称“航天五院”），任中国空间站货运飞船系统总指挥。对此，我非常兴奋、非常激动。作为30年来一直与卫星打交道的航天人，我有机会领衔大航天器研制，并且参与中国空间站建设这样重大航天工程，倍感荣耀。

我很快完成工作交接，开始全面负责货运飞船系统的工作。从卫星领域转到研制货运飞船这样的大型航天器，于我而言，还是第一次，万事开头难，唯有认真学习、全面了解，尤其是夯实基础。

怎样才能夯实呢？在我看来，就是把货运飞船所有基础方面都掌握，特别是把相关参考材料，从“薄”读到“厚”，之后再从“厚”读到“薄”。总指挥肩负很多行政和管理方面的工作，但是我不想、也不能做一个“行政化”的总指挥，而是在深谙航天技术和业务工作的基础上，与团队一起讨论解决遇到的各种难题，应对各种类型的挑战。

从零起步 造就天舟一号

说到中国的货运飞船，当然要谈天舟一号。我当年虽然没有亲身参与天舟一号的研制工作，但对研制的过程还是比较了解的。2011年初，中国货运飞船进入方案研制阶段，之后经征名被确定命名为“天舟”，该艘飞船被确定为“天舟一号”。作为中国航天的崭新型号，所有研制工作都从零开始。研制团队所有人员全身心投入其中，特别是一批二八九岁的青年航天科技人员从此与“天舟”结缘，伴随它成长。

经过6年苦功实干，研制团队把天舟一号货运飞船在方案里画了出来，在厂房中造了出来，在火箭上竖了起来。

在初样阶段，研制团队并行完成全密封、半开放两种构型货船的详细设计方案，为未来的货运飞船的型谱化“定型”。成功完成货船初样力学、热学、电磁兼容性、大系统联试等大型试验后，研制团队开始紧张地双线作战，一部分设计师奔赴海南文昌基地开展全密封构型船台合练工作；另一部分则留在北京，继续深入开展半开放构型船台研制试验。

值得一提的是，在飞船研制从一个阶段转入下一个阶段之前，研制团队通常进行一次“闭关修炼”，主要任务是系统总结验证、检查产品状态、开展任务准备，仔细检查试验项目的海量数据，认真推演飞行任务中关键事件、指令、飞控预案……通过“闭关修炼”，研制工作更加扎实。

2017年4月20日，天舟一号在文昌航天发射场发射升空，之后与中国首个真正意义上的空间实验室天宫二号成功交会对接，完成在轨推进剂补加、天基测控等一系列任务，为后续的载人航天器提供了先期充分的技术验证。载人航天工程第二步战略目标任务由此胜利完成，中国空间站时代顺利开启。

战疫前行 书写天舟辉煌

虽然有了之前的经验，天舟二号的研制依然历经各种艰辛，面临一系列挑战，其中不仅有技术领域的攻坚克难、精益求精，而且还有世纪疫情的严峻考验。



科研人员在车间开展天舟货运飞船作业。

新华社发



天舟货运飞船绕地球运行示意图。

新华社发

突如其来疫情给天舟二号进行行热试验带来了巨大困难，为了确保试验进度，我们在上海的总装队伍逆势北上，在36小时完成1600公里长途奔波。为了开展天地测控对接试验，我们的相关团队连续转战喀什、北京、青岛、渭南等地，历经1个月，终于完成试验。

中国空间站由天和核心舱、“问天”和“梦天”两个实验舱，以及天舟货运飞船、神舟飞船组成。为了验证这样复杂庞大系统设计正确性，我们必须安排在天津航天城组织五舱联试。而完成联试任务，就必须把分散在各地的设计师等科研人员和航天员汇聚到那里。我们想方设法、全力以赴，终于克服了多地多次疫情带来的人员流动难题，使大家完成集结。而后，我们严格落实封闭管理制度，所有参与人员保持驻地地和试验场地两点一线的行动轨迹，实施总装和测控“两班倒”，连续奋战。就这样，五舱联试工作持续了100多天。

在联试期间，我们一共设计了上千条测试项目，每艘船要测试1000小时到2000个小时，各分系统团队都纷纷参与其中，特别是电总体团队，该团队成员几乎每天都在现场，参与飞船的整个测试过程并随时准备处理各种问题。

世上本没有奇迹，只有全力以赴的努力，我们所做的一切都是为了确保万无一失。地面上的任何一个疑点都可能成为飞船上天后的问题。我们确保所有数据结果都符合预期，消除所有疑点，才放心护送天舟二号出征太空。

或许是好事多磨吧，2021年5月20日和21日，天舟二号在文昌航天发射场经历了两次发射推迟。每一次都让我像坐过山车一样，内心跌宕起伏。5月29日20时55分，搭载天舟二号货运飞船的长征七号遥三运载火箭准时点火发射，冲天而起，直上九霄。约604秒后，飞船与火箭成功分离，精确进入预定轨道，发射取得圆满成功。天舟二号作为中国空间站关键技术验证阶段发射的首艘货运飞船，该次飞行任务是中国空间站货物运输系统的第一次应用性飞行。在接下来的每一分每一秒，我们都紧盯屏幕上跳动的数字，跟踪着它的轨迹。天舟二号就像一个听话的孩子，历经8小时，按照既定程序，精准完成了远距离追击，近距离寻的、接近、对

接，最终把重达6.8吨的物资通过“万里穿针”的方式带到了天宫空间站。

2022年3月31日，天舟二号实施受控离轨，再入大气层，精彩谢幕。回顾以继日加紧研制天舟二号的岁月，回顾密切关注它在轨道运行的日子，我们感谢与其的特殊缘分，它给了我们所有团队成员深度参与中国空间站建设任务的机会，让我们深感骄傲和自豪。



作者冯永肖像画。张武昌绘

“软硬”兼施
打造“数字天舟”

随着现代信息科技的进步，模拟仿真设计工具、仿真分析软件有了长足发展，再加上日益增强的计算能力等，货运飞船研制获得更有力支撑。同时，我们团队决心充分利用这些新的技术和工具，在虚拟世界造一艘“数字天舟”。

在一个统一搭建起来的数字平台上，我们团队的多名设计师，按照通用规则，按照各自的权限，对自己所负责的部分进行设计，数字化设计文件下厂，交由数控机床加工，全程没有纸质图纸文件，不用人工审签。通过数字流程，“数字天舟”的数据被传输到制造设备上，设计师就可以制造出真实的各种结构、部件、管路……

在传统模式的构型布局设计中，我们通常需要在二维图纸中进行设备布局、调整、送审，而采用全三维数字化设计后，我们可以在一个设计平台上，

快速设计、快速仿真、快速迭代。而通过数字化设计文件下厂，数控机床加工，全程“无纸化”工作，不仅提高了设计效率和设计质量、缩短了设计周期，而且降低了设计成本。

我们研制的货运飞船有100多个软件，拥有很强的数据处理能力、自主管理能力和系统在轨重构能力。不仅如此，地面工程师还可以通过天地测控链路通道，远程修改或重构软件，赋予软件更多功能。

在货运飞船的测试和总装环节，我们深切感受到数字化带来的便利。比如，我们采用自动化系统开展测试，实现测试用例自动生成，执行过程中不需要人员介入，就可以实现“一键式”测试。此外，我们还采用了全数字化总装研制的型号，开发了以三维数字化结构化工设计系统、结构化照相系统等为代表的数字化协同平台，大幅提高了工作效率。

在货物管理方面，我们建立了地面到云端的全任务周期物资数字化管理系统，实现货物自动信息录入、物资取放动态的信息管理、货物的布局和配平、质量特性计算等。同时，该系统还采用了虚拟现实技术，为航天员提供可视化的作业指导书。

“成功是差一点点失败，失败是差一点点成功”，这是航天领域流传甚广的一句话。卫星与返回技术专家、中国科学院院士王希季也曾深刻指出：“搞工程必须坚持零缺陷，如果有缺陷，那工程就是零。”这“一点点”和“零缺陷”的背后，有无限挑战的精神，有精益求精、追求完美和极致的精神，有多维度保障、通力协作攻克难关的精神。

我们在两年之内成功发射了4艘货运飞船，这在以前是不能想象的。成功做到这一点，我们靠的是不断推进技术体系创新、大力优化研制流程；从更深层次上说，靠的是“特别能吃苦、特别能战斗、特别能攻关、特别能奉献”的载人航天精神。

现在，货运飞船的设计阶段已经结束了，天舟二号、天舟三号、天舟四号等货运飞船为组批投产，状态相对稳定，能够最大程度保证载人航天工程的速度与质量。

设计阶段结束了，并不意味着设计就凝滞了，相反，我们将继续在货运飞船的设计上不断推进技术创新，以实现更快的运输速度、更大的载重能力、更高的运输效能、更多的先期技术验证，增加返回的能力，以便及时传回太空的科研成果。这将为空间站运营提供更好的服务和保障。

宇宙间星汉灿烂、了无际涯，人类对太空的每一次叩问，都是新一次空间探索的开始。“天舟”将助力中国航天驶向更辉煌的未来，为人类探索太空作出更卓越的贡献。

（本文作者为中国空间站货运飞船系统总指挥，由邓雨楠根据作者口述整理）

“平方公里阵列”射电望远镜项目（SKA）为中国和南非科技合作搭建了平台，在加强两国科技交流方面起到很强的带动作用。”南非科学院院士马寅哲近日接受新华社记者专访时说。

“平方公里阵列”射电望远镜是由全球多国合资建造和运行的世界最大规模综合孔径射电望远镜，因接收总面积约“1平方公里”而得名，台址分别位于南非及南部非洲8国、澳大利亚西部的无线电宁静区域。

马寅哲2011年在英国剑桥大学获得天文学博士学位，2022年当选为南非科学院院士。他现在是南非非斯泰伦博斯大学教授、物理系天体物理分部主任。

据马寅哲介绍，SKA建成后比目前最大的射电望远镜阵列灵敏度提高50倍，巡天速度提高1万倍，将帮助人类填补对于宇宙基本认知的空白，在引力波、极端环境中检测爱因斯坦相对论、宇宙演化历程、绘制河外星系图谱及寻找地外文明迹象等研究领域发挥重要作用。

马寅哲是SKA科学工作组成员和SKA先导项目MeerKAT射电望远镜大尺度巡天顾问委员。他说，作为SKA创始成员国之一，中国通过广泛的国际合作深度参与SKA的关键技术研发、核心设备研制和科学问题研究。

SKA是包括中国在内多国科学家参与的国际合作旗舰项目，也是中南重点科技合作项目。对此，马寅哲指出，中南两国在科学的各个领域各具特色，各有所长。

具体到射电天文观测方面，他说：“在观测技术手段上，中国具有500米口径球面射电望远镜‘中国天眼’（FAST）项目的设计及实验经验，而南非在SKA先导项目MeerKAT射电望远镜建设中体现出中小口径阵列式射电望远镜建设能力；在观测宇宙空间上，FAST与SKA分别观测北天与南天，两者的数据既有交叉，又可以相互补充覆盖很广的天区。”

“因此，双方能够实现优势互补，在设备技术合作以及对共同观测目标交叉验证等方面都有广阔的合作空间，而这种合作对于科学研究和人才培养也是一种很好的方式。”马寅哲说。

他说：“作为一个由全球多国合资建造和运行的项目，SKA本身对于全世界天文工作者的合作交流具有很大的推动作用。在SKA的合作以及中南两国的科技合作框架下，SKA项目为两国科技合作搭建了平台，在加强两国科技交流方面起到很强的带动作用。”

马寅哲告诉记者，他的团队与南非和中国的很多机构建立了合作关系，随着中南两国科技合作逐步深入，两国天文学家可以着眼于培养年轻的天文学人才，以老带新，科研成果会不断地涌现。

（新华社记者 王雷 王晓梅）

“平方公里阵列”射电望远镜是国际旗舰项目

共建SKA

推动中南科技合作

——访南非科学院院士马寅哲

马寅哲是SKA科学工作组成员和SKA先导项目MeerKAT射电望远镜大尺度巡天顾问委员。他说，作为SKA创始成员国之一，中国通过广泛的国际合作深度参与SKA的关键技术研发、核心设备研制和科学问题研究。

SKA是包括中国在内多国科学家参与的国际合作旗舰项目，也是中南重点科技合作项目。对此，马寅哲指出，中南两国在科学的各个领域各具特色，各有所长。

具体到射电天文观测方面，他说：“在观测技术手段上，中国具有500米口径球面射电望远镜‘中国天眼’（FAST）项目的设计及实验经验，而南非在SKA先导项目MeerKAT射电望远镜建设中体现出中小口径阵列式射电望远镜建设能力；在观测宇宙空间上，FAST与SKA分别观测北天与南天，两者的数据既有交叉，又可以相互补充覆盖很广的天区。”

“因此，双方能够实现优势互补，在设备技术合作以及对共同观测目标交叉验证等方面都有广阔的合作空间，而这种合作对于科学研究和人才培养也是一种很好的方式。”马寅哲说。

他说：“作为一个由全球多国合资建造和运行的项目，SKA本身对于全世界天文工作者的合作交流具有很大的推动作用。在SKA的合作以及中南两国的科技合作框架下，SKA项目为两国科技合作搭建了平台，在加强两国科技交流方面起到很强的带动作用。”

马寅哲告诉记者，他的团队与南非和中国的很多机构建立了合作关系，随着中南两国科技合作逐步深入，两国天文学家可以着眼于培养年轻的天文学人才，以老带新，科研成果会不断地涌现。

（新华社记者 王雷 王晓梅）

中国援建农技术中学 助喀麦隆人才培养



由中国援建的喀麦隆隆海大区亚巴西农业职业技术学校是该校重点农业技术学校之一，开办6年来，培养了约500名农技人才。图为该校学生近期在上拖拉机实践课。

新华社发

上海
闵行

新同城数据中心投产



日前，上海市闵行区“新基建”标志性工程——新同城数据中心项目竣工投产。该项目由中国建筑第八工程局承建，规划设置5550个机柜（10万架服务器），是近年来国内机柜密度最大、系统可靠性最高、建设标准最严的金融数据中心。

根据计划，该项目今年将实现每小时1000万条境内外交易数据目标，推动中国金融科技高质量发展。（冉一帆）

科技名家笔谈

中国科协科学技术传播中心与本报合作推出