

天舟五号“问天”记

南海之滨，清波荡漾，椰林婆娑。

11月12日10时03分，震天动地的轰鸣之后，长征七号遥六运载火箭托举天舟五号货运飞船穿云破雾，直入云霄。

中国空间站建成前的最后一艘“货船”正式起航。

此时，距地球400公里外的中国“天宫”，神舟十四号航天员乘组正翘首以待，迎接空间站形成“T”字构型后首枚航天器的到来。

此时，距海南文昌3000公里外的戈壁滩上，酒泉卫星发射中心也正紧张备战神舟十五号载人飞行任务，期待不久之后6名中国航天员的“太空会师”。

高速、高质、高密度

发动机的轰鸣震动大地，耀眼的尾焰辉映海天，长征七号火箭成功发射，将天舟五号货运飞船精准送入预定轨道。

这是中国航天人第五次送“天舟”出征星海。

自2017年执行天舟一号货运飞船发射任务起，长七火箭已与天舟货运飞船五度携手。作为我国新一代中型运载火箭，长七火箭总体技术状态逐渐趋于稳定，但研制团队以“打一发进步一发”为目标，不断向着更精准、更高效、更可靠加力迈进。

“空间站任务环环相扣，快速交会对接也对火箭发射入轨精度提出了更高要求。”航天科技集团一院长征七号运载火箭总体副主任设计师王夕说。

“火箭将货运飞船送至预定轨道后，一圈轨道周期约5400秒，而我们要求的入轨精度偏差不能超过4秒，这也是我国现役运载火箭中入轨精度最高的。”长七火箭主管弹道设计师张博戎说。

他用投篮来比喻这一飞跃：“以前要求‘精准投篮’，现在还要‘空心入网’。”

为了实现高精度入轨，长七火箭采用了高精度激光陀螺和光纤陀螺惯性测量组合的设计方法。在飞行过程中，控制系统能够快速为火箭规划出最佳飞行路线；“迭代制导技术”的保驾护航，还可以帮助火箭提前预见偏差，实时修正，保证入轨精度。

经过不懈努力，长七火箭入轨精度再提升一个数量级，托举天舟五号，以优异的性能投出了一个漂亮的“空心球”。

“从质量到流程，我们都要精益求精。”长七火箭总体主任设计师邵业涛说。

本次任务是长征七号前序多枚火箭任务的归纳和总结，在前序任务“精雕细琢”的基础上，又进行了10项技术改进，火箭操作的可靠性、便捷性进一步提升，从6个月装一发箭，到现在的2个月装一发箭，测发周期也由最初的42天逐步缩减到27天。

作为我国现役火箭中模块最多、总装流程最复杂的火箭，长七系列火箭2021年成功发射4次，今年已成功发射3次，迎来了名副其实的“高密度发射”。

“未来几年，长七火箭还将为空间站天地物资运输提供保障。”邵业涛介绍，不仅如此，长七火箭还可发送其他卫星载荷，在中低轨卫星发射中发挥更广泛的作用。

“T”字构型中国空间站首迎地球“访客”

11月12日，长征七号遥六运载火箭在我国海南文昌航天发射场成功发射，将天舟五号货运飞船精准送入预定轨道。这是神舟十四号航天员乘组首次在太空迎接“天舟快递”，“天舟快递”也将定期送货，空间站天地货物运输开启常态化运营模式。“天舟快递”如何做到精准投送？此次发射有何看点？

看点1：长征七号再送天舟飞船

自执行天舟一号货运飞船发射任务起，长征七号运载火箭与天舟货运飞船五度携手，火箭总体技术状态趋于稳定，测发周期也由最初的42天逐步缩减到27天。

航天科技集团一院长征七号运载火箭总体主任设计师邵业涛介绍，本发火箭进行了10项技术改进。研制团队重点通过并行或合并测试项目、优化使用维护条件、简化操作复杂的项目等，不断提高测试发射效率。

随着空间站转入长期在轨运营阶段，未来几年，长征七号运载火箭将保持每年2次左右的发射频率，为空间站天地物资运输提供保障。长征七号运载火箭近地轨道运载能力达14吨，搭载远征上面级，可实现太阳同步轨道9.5吨的运载能力，既可发射天舟货运飞船，也可发射其他卫星，将在中低轨卫星发射中发挥更大作用。

看点2：我国快速交会对接技术成功在轨验证

天舟五号货运飞船在火箭点火起飞后约2



▲11月12日10时03分，搭载着天舟五号货运飞船的长征七号遥六运载火箭在我国文昌航天发射场准时点火发射，约10分钟后，船箭成功分离并进入预定轨道，飞船太阳能帆板顺利展开工作，发射取得圆满成功。

新华社记者张丽芸摄

更快、更大、更全面

船箭分离，太阳能帆板展开……天舟五号货运飞船入轨后顺利完成状态设置，采取自主快速交会对接模式，成功对接于空间站天和核心舱后向端口。

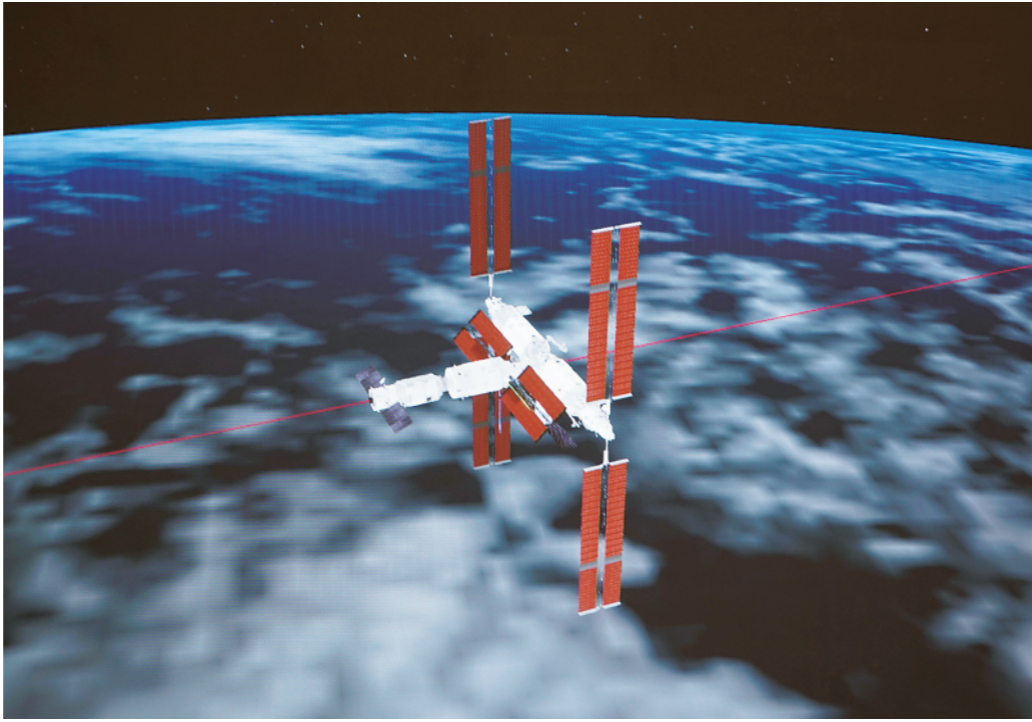
从按下发射按钮到与空间站交会对接，仅用了约2个小时，天舟五号创造了航天器最快交会对接的世界纪录。

“‘快’是天舟系列货运飞船的显著特点，也

是核心难点。”航天科技集团五院货运飞船系统总体副主任设计师张振华说。

5年前，天舟一号与天宫二号成功对接，中国成为世界上第三个掌握近地快速交会对接技术的国家。2021年以来，中国航天人先后放飞天舟二号、天舟三号、天舟四号与天和核心舱交会对接，自主快速交会对接技术实现持续进步。

“前序型号的经验积累，让我们有了勇气和底气去向更高的山峰进发。”天舟五号货运飞船GNC系统副总设计师胡海霞说。



▲11月12日，在北京航天飞行控制中心拍摄的天舟五号货运飞船与空间站组合体完成自主快速交会对接示意图。

新华社发(孙丰晓摄)

个小时，顺利与在轨运行的空间站组合体进行自主快速交会对接，这是空间站建造阶段最快速的交会对接，标志着我国快速交会对接技术成功在轨验证。

航天科技集团五院502所交会对接首席

专家解永春介绍，和天舟货运飞船此前的6.5小时快速交会对接相比，天舟五号主要从两方面进行了方案的调整。

“一是优化了交会对接的制导控制策略，将远距离导引过程中的多圈次飞行压缩为半

从6.5小时到2小时，天舟五号将远距离导引过程由多圈次压缩为不到一圈，将多次变轨压缩为了两次综合机动，并在近距离自主控制段减少了多个用以确认飞船状态的停泊点。“类似列车减少经停车站数量一样，接近速度大大加快了。”胡海霞说。

快速交会对接技术的突破，对中国空间站的长期在轨运营具有重大现实意义——运输时长的缩短使运输特殊鲜活试验品成为可能，而且能够极大增强太空紧急救援能力。如果将该技术应用于神舟载人飞船，还将大大减少航天员赴空间站的飞行时间。

不仅如此，天舟五号的对接目标是达80吨量级的空间站组合体。此次任务的成功，也充分证明了货运飞船对接机构对大吨位目标的适应性。承担在中国空间站有人驻留的情况下进行的首次货运飞船交会对接任务，天舟五号同时具备故障情况下手控遥操作交会对接任务备份能力。

接下来，神舟十四号航天员乘组将进入天舟五号，签收“冒着热气”的“家乡货”。

天舟五号装载了航天员系统、空间站系统、空间应用领域的货物以及试验载荷共计约5.3吨，携带补加推进剂约1.4吨，将为神舟十五号乘组3人6个月在轨驻留、空间站组装建造和空间应用领域提供物资保障。

同时，天舟五号还充分利用货运飞船上行运力资源，搭载多项试验载荷，支持开展空间科学与技术试验，具备承担空间站姿态轨道控制、并网供电以及空间站遥测、数据传输支持等能力，能够实现更高的综合效益。

“它是世界上现役货物运输能力最大、在轨支持能力最全面的货运飞船。”张振华说。

向天、向月、向未来

星河有梦，“天舟”披星而行——

中国航天新纪录！

西昌卫星发射中心完成第200次发射任务

我国12日上午在海南文昌成功发射天舟五号货运飞船，至此，西昌卫星发射中心完成的发射任务次数达到200次，成为我国首个完成200次发射的航天发射中心，创造了中国航天史上新的纪录。

西昌卫星发射中心始建于1970年12月，目前管理着西昌和文昌两个航天发射场，至今已将数百颗国内外航天器送入太空，是我国发射卫星最多、对外开放最早的卫星发射中心。

1984年4月8日傍晚，长征三号火箭在四川大凉山将东方红二号试验通信卫星送入太空，西昌卫星发射中心的首次发射获得成功。此后，这个中心又成功发射我国首颗国际商业卫星亚洲一号、我国首颗北斗卫星、嫦娥一号等，于2016年11月发射次数突破百次。

从“1”到“100”，西昌卫星发射中心用时32年，而从“100”到“200”仅用6年时间。“这就是中国航天速度。”西昌卫星发射中心党委书记董

天舟五号升空不久，神舟十五号载人飞船很快也将发射，与神舟十四号乘组“太空会师”。届时，中国空间站将首次实现6名中国航天员在轨驻留。天舟五号的物资将为在轨交接后的神十五航天员提供后续半年最充分、最踏实的保障。

银月有梦，“天舟”戴月而行——

面向未来的载人探月任务，天舟五号搭载燃料电池发电系统载荷，计划开展我国首次燃料电池空间在轨试验，探求在月夜长时间无太阳光照等严苛环境下，宇航燃料电池在微重力等条件下的运行特性规律，为载人探月任务推进提供有力支持。

未来有梦，“天舟”载梦而行——

在天舟五号货运飞船上，还搭载了“澳门学生科普卫星一号”。它将从天舟五号上放飞，在太空中向世界奉上“中国科普大片”，展示港澳科学家深度参与中国航天工程任务、同心共筑航天强国梦的强大力量。

梦想无垠，舟行万里。

这是文昌航天发射场2022年的收官之战，也是发射场所在的西昌卫星发射中心完成的第200次发射任务。

1984年，中国自己的第一颗试验通信卫星由大凉山区的高山峡谷中飞上太空，让电视、电话走进了960多万平方公里土地上的千家万户。今天，当人们标记下“第200次”的刻度时，用5G手机收看发射直播已成为中国人的“日常”。

更值得注意的是，从1984年第1次执行航天发射任务到2016年的第100次发射，西昌卫星发射中心用了32年；从第100次到第200次，仅用了6年时间。

高密度发射，意味着航天测试发射能力的大幅跃升，筑就了太空之梦的坚实底座，向世界展示了中国速度、中国高度、中国奇迹。

新一代载人火箭发射工位、重型火箭发射工位已在部署，巡天望远镜、载人登月、深空探测、行星探测、空间站建设应用与发展、低轨互联网星座等将接续铺开。

星辰大海的征途，中国航天仍在继续。

(记者李国利、张汨汨、米思源、胡喆、赵叶苹)

新华社海南文昌11月12日电

重庆表示，完成时间大幅缩短的背后，充分体现了他们测试发射能力的不断跃升。

2016年，长征七号运载火箭在文昌航天发射场首飞成功，标志着我国自主设计建造的新一代航天发射场正式投入使用。近年来，这个发射场迎来高密度发射期，将天和核心舱、问天和梦天实验舱等顺利送入太空，为中国人民在太空拥有自己的空间站贡献了力量。

据西昌卫星发射中心主任邓洪勃介绍，下一步，他们还将重点围绕新一代载人火箭发射工位、重型火箭发射工位等拓展建设内容，同步开展配套软硬件实力体系建设，为中国航天的巡天望远镜、载人登月、深空探测、行星探测、空间站建设应用与发展、低轨互联网星座等提供强力支撑。

(李国利、黄国畅、屠海超)

新华社海南文昌11月12日电

“此次天舟五号的对接目标达到80吨量级，是空间站建造以来对接机构迎来的最大吨位。”丁立超说。

丁立超介绍，作为一款为空间站而生的产品，升级后的对接机构在设计阶段就充分考虑到如今空间站建造需要具备的8到180吨各种吨位、各种方式的对接能力。特别是天舟五号对接机构更是开展了数十次与80吨对接目标的捕获缓冲试验，验证了产品的可靠性。

看点4：为空间站带去物资“大礼包”

按计划，天舟五号货运飞船不仅要完成上行物资的使命，还将承担实验支持的责任。此次发射的天舟五号货运飞船装载了神舟十五号3名航天员6个月的在轨驻留消耗品、推进剂、应用实(试)验装置等物资，还搭载了“澳门学生科普卫星一号”、宇航用氢氧燃料电池、空间宽能谱高能粒子探测载荷等试验项目。这些载荷将在空间失重环境下开展科学实验，对一些前沿航天关键技术进行验证。

此外，天舟五号货运飞船还搭载了植物种子，用于开展航天育种实验。种子主要包括水稻、小麦、玉米等主粮作物和少量林木种子。后续，这些种子将通过载人飞船返回地面，经过地面培育后投入市场。

值得一提的是，此次天舟五号货运飞船上搭载的由航天科技集团五院自主研发的燃料电池发电系统载荷，计划开展我国首次燃料电池空间在轨试验，为后续宇航燃料电池应用设计提供理论指导和数据支撑，推动宇航燃料电池工程应用发展，为我国载人探月任务推进提供支持。

(记者胡喆、陈凯姿、李国利、宋晨)

新华社海南文昌11月12日电