

# 长五B 温柔一面：“问天” 请乘“头等舱”

□ 董佳莹 王海露 科普时报记者 史 诗 付毅飞

7月24日的文昌航天发射场，由中国航天科技集团一院（以下简称一院）抓总研制的长征五号B遥三运载火箭（以下简称长五B）搭载空间站问天实验舱顺利升空，这是我国大型低温氢氧火箭首次执行交会对接任务。

火箭就像太空列车，为每一名前往太空的“乘客”提供“头等舱”的优质服 务，让乘客舒心满意地乘坐。

大暑时节、又在低纬高温之地发射，问天实验舱（以下简称“问天”）前往太空旅程的过程中，长五B火箭又提供了哪些不一样的精细化服务和保护呢？

## 隔热送风温度适宜，“问天”不会热得“出汗”

长五B火箭整流罩直径超过5米、高度超过20米，相当于一节动车车厢，在国内现役火箭中算得上头等的充裕空间。

7月的文昌航天发射场烈日炎炎，“问天”坐在整流罩里，也会热得“出汗”吗？

“问天”是我国目前发射的重量最大、包络尺寸最大的载荷。长五B遥三火箭结构总体设计师王乾说，生产初期，研制团队采用三维视觉扫描等技术，对整流罩以及“问天”的尺寸精准仿真，反复详细校核，确认了关键位置的安全间隙，确保在飞行、分离过程中，“问天”享有足够的空间。

王乾说，不同于常规整流罩的一个送风口，长五B火箭整流罩设置上下两路送风口扩大供风量，满足超大大气飞行中的气动加热，保护“问天”免受飞行环境的干扰。研制人员还在整流罩的外侧粘接了软木隔热材料，进一步减轻穿越大

气层时的炙热。

前不久，在星罩组合体转运和火箭转运至发射区过程中，长五B全程冷链运输，持续保证空调向罩内输送常温干燥空气，保障“问天”的舒适度。

此外，大推力直接入轨、起飞时间偏差修正，优化发射流程、远程测试网络等技术和手段的应用，也都是研制人员为这位重要“乘客”的贴心付出。

## “大沙发”护送，让“问天”坐得更舒适

舱箭分离后，细心的小伙伴们可能会发现，在“问天”的尾部，有两条圆形的框架，就好像实验舱坐在什么东西上……

这其实是个“大沙发”！它由两条圆形隔冲框组成，内部引入了“颗粒阻尼”等新技术，让分离冲击在颗粒体的摩擦和碰撞中，迅速地耗散动能，冲击被降低10倍左右，“坐”起来更舒适。

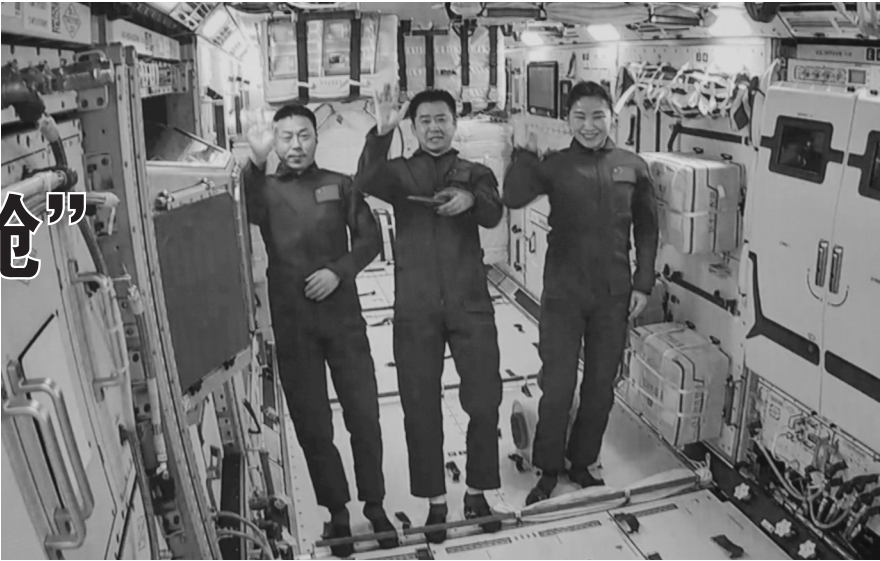
“问天”被送到预定位置后，就要与火箭分离，也就是“到站下车”。这个“下车”可是有讲究的。

中国航天科技集团一院产品化副主任设计师孙璟说，为了让空间站舱段能够安全“下车”，研制团队研制了一项新的舱箭分离装置，既能“绑”得住大直径的空间站舱段，又能快速、可靠、无污染分离。

但是在做分离试验时，却发现新型分离装置对分离面的瞬间冲击高达30000G！这相当于重量1吨的汽车以每小时100千米的速度撞向墙面时所产生的冲击力，足以让车和墙瞬间粉碎。

因为空间站舱段有许多陶瓷、光学器件，这样做有可能损坏较脆的零部件。

孙璟介绍，研制团队另辟蹊径，在不改变舱箭连接形式的同时，改善了舱箭之间的连接受力情况，解决了冲击问题。



7月25日在北京航天飞行控制中心拍摄的神舟十四号航天员乘组进入问天实验舱。航天员陈冬（中）、刘洋（右）、蔡旭哲进入问天实验舱。 新华社记者 郭中正 摄

## 延伸阅读

# 苦练内功，只为这一刻

长五B火箭对标发射可靠性要求高、入轨精度要求高、运载能力要求高这三大任务特点，圆满完成了首次交会对接任务，为中国航天定格了唯美的问天之吻。

## 从“串联”到“并联”

本次发射任务是我国首次5米直径的大推力运载火箭进行零窗口发射，问天实验舱上天后需要和天和核心舱进行交会对接。而长五B是低温火箭，面临着低温推进剂加注问题和复杂的射前流程，相比常温火箭难度大得多。

一院长五B火箭副总设计师娄路亮表示，各系统只能按时序完成射前指令，把时间消耗在等待上一流程上。

“我们将各系统耦合性高的工作由‘串联’变为‘并联’，为火箭发射前预留了2.5分钟的故障处理时间。”一院长五B火箭总体副主任设计师刘秉介绍。

## 从“追火车”到“乘高铁”

此次长五B首次执行快速交会对接任务，要求火箭以更高的发射和飞行可靠性实现准点发射、准确入轨，将问天舱准确送入与核心舱共面、共轨的转移轨道，这就像火车到站，以前乘客需要“追火车”才能找到自己的车厢，现在的高铁都是精准对标到地标。

从“追火车”到“乘高铁”，入轨精度偏差缩小为空间站舱段交会对接提供了更好的保障，但是也对火箭的动

力、结构和控制系统偏差控制水平提出了新的和更高的要求。

据一院长五B火箭轨道设计师王建明介绍，“‘窄窗口’点火可以提升火箭点火可靠性，为克服地球自转影响，则需要通过箭上具备起飞时刻偏差修正能力”。

点火后，火箭依靠更先进的制导技术不断调整弹道，直奔空间站。一院火箭科普专家钱锐说：“这有点像汽车的自动驾驶技术，只是长五B这辆‘汽车’，重达数百吨、时速不可估量，要做到‘自动驾驶’可不容易。”长五B创新运用姿态控制增益优化和复合制导方法，从而提高了火箭姿态控制精度。

## 从“大包小裹”到“轻装上阵”

作为目前我国近地轨道运载能力最大的火箭，长五B近地轨道运载能力超过23吨。此外，问天实验舱与空间站天和核心舱交会对接形成组合体，需要舱段消耗燃料来变轨满足对接要求，会造成运载能力的损失。

为了能搭载更多的推进剂、生活物资等维持空间站在轨运营，长五B团队对火箭的运载能力进一步评估、折算，扔掉箭体中的“累赘”，释放了更大的运载能力。

“如果把发射火箭比作游客出行，那么以前就是出远门，需要携带大包小裹来保障衣食行之需，而现在更像是临时出差，轻轻松松带上必备物品就可以出发了。”刘秉这样比喻。

记得天坛的回音壁吗？古人在没有电话线和网络的遥远时代，用智慧实现了复杂建筑结构中远距离声音传递。在太空中造房子，我们同样面临着这样的难题，从无到有，无论远近，犄角旮旯都畅聊无阻。

在中国空间站里，航天科技集团八院电子所（以下简称电子所）凭借多舱段多链路实时混音技术以及以太网高速通信处理技术，将梦想照进了现实。

## 地空互联 边听音乐边聊天

太空家园又扩建啦！天和核心舱主殿不但驳驳“送人的巴士”——神舟飞船、“快递物流车”——货运飞船，现在又增加了一个“配殿”——问天实验舱。此前航天员只能在核心舱内集体工作，现在又添加了一个套间，活动场景变大的同时，沟通场景也变得复杂起来。不用担心，问天实验舱搭载了语音设备，与核心舱、载人飞船、货运飞船可以完美组建语音传输系统，真正做到了舱里、舱外和地面，想和谁聊就和谁聊，群聊、私聊、随便聊！

“站”里“站”外打电话，与在途的飞船“电联”，各舱间“群聊”，12个软件实时处理30路链路数据，让航天员在空间站像在家里一样，而且需要时还能给各端的小伙伴单独调整音量，在太空家园中可以接入聊天，精准设定单个或多个通话对象，边听音乐边聊天。空间站的话音功能，堪比我们平时使用的微信语音通话，可以接入空间站内部 的Wi-Fi网络进行无线聊天，即使断开网络也可以通过有线头戴耳机进行通话。太空与地球实现谈话自由就靠它了！

## 太空高速通信 天堑变通途

未来，中国空间站工程将由一个核心舱和两个实验舱形成“T”字基本结构，并会与多艘神舟飞船、货运飞船等组成多“器”合体，在轨工作十几年，承担大量的科学实验。其接口众多，那么多的语音、图像、遥测、遥控、载荷数据以及“微信语聊”数据，都要有序地传输，快速地通过，这就要靠空间站测控分系统难度最大的关键单机之一——“高速通信处理器”来实现。

顾名思义，高速通信处理器就是要高速处理和传输数据，它相当于空间站天地通信处理中枢，要完成空间站各类平台、载荷数据与地面系统间的高速传输处理。

高速通信处理器就像十字路口的交通警察，面对车流量大、车辆的类型多等问题，不仅需要拓宽道路，还需要区分轻重缓急，对车流进行合理管控，防止高峰期堵塞或事故。通过技术攻关和不断地优化流控算法，高速通信处理器最终实现了“道路持续畅通”。

问天实验舱成功对接天和核心舱后，太空家园将迎来第二台高速通信处理器。问天实验舱和天和核心舱的高速通信处理器将互为备份、接力续航、协同工作，可以更大程度上保证空间站数据传输的可靠性。不仅如此，问天实验舱的高速通信处理器在原有基础上进行了软件技术优化，提升了设备的可靠性和稳定性。

# 元素家族

# 原子电池

# 不可或缺 的钷元素

□ 宋丹

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员）

# 女科学家寄语萦绕太空

□ 许哲璐

钷，元素周期表第61号元素。

钷，是元素周期表中第二个人工制备出来的元素。1902年，捷克化学家布劳纳预言了包括第61号元素在内的7种元素的存在，但在10年后钷和钷之间仍有一个能用X射线光谱证实的空位。科学家尝试从稀土矿物样品中找到这种元素，但还是没有能真正分离出这种元素。在1942年开始的曼哈顿计划实施过程中，美国田纳西州橡树岭的一个研究团队，利用离子交换色谱法在铀裂变的产物中成功分离出钷元素。

已知的38种钷同位素都具有放射性，寿命最长的是钷-145，半衰期为17.7年，极不稳定。按钷元素存在的时间估算，地球上可能只有大约500克钷元素，它们或许是来自铀和钍的天然衰变。相对于它的左邻右舍钷和钷的储量来说，钷实在可以忽略不计。自然界极难找到钷元素，因此对其化学性质也没能更深入研究，仅在1948年制成可称重的氯化钷和硝酸钷。1965年，正当人们以为钷元素只能通过人造的时候，研究人员从刚果6000吨沥青铀矿中分离提取出350毫克钷，这个量实在太少了，但不管怎么说总算能在地壳中找到钷元素了。

核能是一种威力巨大的清洁能源。自二战以后，人们再也不希望有核爆炸这类毁灭性事件发生了。人们改变了核能的利用方式，在各地新建了核电站，将核能经多次转换产生电能。不过，能量的多次转换不可避免地会产生很多损耗。为了更充分利用核能，科学家们想到了制作电池，通过电池让核能直接转变成电能，尽可能减少中间损耗。

在放射性元素的选择上，钷-147的寿命为2.6234年，时长适中，重量比放射性钍更轻，且自然辐射量很低，对人没有伤害，特别适合制作核能电池，也称为“原子电池”。

笔尖大小的“原子电池”，体积小，储存的能量多，可以连续使用数年；航天器在没有太阳的黑暗地带可依靠它继续飞行；深海潜艇的航行也需要依靠带有放射性同位素电池的水下航标进行导航；军事上用来监听敌方水下潜艇活动的监听器、导弹内相关电子仪器都需要它作为电源；在医疗领域也开始相关应用，比如心脏起搏器的电池。

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员）

“女科技工作者寄语上太空”板块主题丰富，为广州科普工作代言。中国工程院王迎军院士以及曹静正高级工程师的作品随卫星飞向太空。王迎军的“太空声音作品”这样说：“作为生物医学材料的科技工作者，我认为航天事业的快速发展离不开材料科学的突破。亲爱的青少年朋友们，希望你们以青春之我建设青春之中国，勇敢追逐你们的科技梦想，我们的征途永远是星辰大海。”而作为一名长期从事气象卫星地面应用的职业追星人，中国气象卫

星领域科学传播专家、广州女科技工作者协会会长曹静，也将长期坚持打造的“追星唤起科学梦想”品牌，以手写体形式深深地刻在了“南粤科学星”上。

“青少年追星誓言上太空”板块征集的作品主题鲜明，参与者年龄从学龄前儿童到高中生，覆盖了各个年龄段，他们用铿锵有力的声音把“追星誓言”朗诵作品用粤语和普通话送到太空，真挚的情感表达出他们对中国航天科技事业的热爱。

此次发射“南粤科学星”搭载的声音作品，

孕期饮食和新生儿喂养被认为是决定神经发育和行为反应的早期生命关键因素，可以影响一生的代谢健康。虽然孕期营养对后代的影响一直存在大量研究，但母乳喂养影响一生中能量平衡的具体情况仍有很多未知因素。

论文作者发现，延迟断奶能让大鼠避免成年后超重，这可能是因为肝会分泌一种名为成纤维细胞生长因子21的蛋白，这

# 古DNA 技术不断刷新人类认知

□ 科普时报记者 陈 杰

量极低的古DNA也能被很有效地进行测序。

值得一提的是，高通量测序技术的成本还在逐年降低。基于高通量测序技术，再通过生物信息学手段，科研人员能快速检测样本中是否存在古DNA损伤，从而达到鉴别古DNA的目的。付巧妹说，这一方法已成为该领域中古DNA检测的重要标准。

科研人员还根据古DNA的特点，对高通量测序的实验方法（DNA文库构建）进行了多种调整与优化，其中half-UDG处理和单链DNA文库的构建是最重要的两项技术突破。

## DNA 捕获技术：从海量污染DNA中“钓取”目标信息

由于古DNA提取物中常常包含大量污染DNA，使得测序的大部分DNA分子都是无用的信息，真正有用的古DNA序列常常只占测序数据不足1%。基于此，科研人员在古DNA领域研发应用了DNA捕获技术——通过设计DNA或RNA探针，像钓鱼一样把目标古DNA从海量的污染DNA中“钓取”出来。付巧妹告诉记者，该技术已广泛应用于人类古基因组研究中，目前超过2/3的人类古基因组数据来

自于一个叫“1240k”的探针组的捕获数据。

DNA捕获技术还能有效从一些“棘手”的样本中得到足够的数据用以分析，去年付巧妹团队发表在《细胞》杂志上的古代南方人群的基因组研究就是一个典型的例子。利用DNA捕获技术，付巧妹团队成功获取了30个古南方人群的基因组信息，揭示了一万余年以来东亚和东南亚交汇处的人群遗传史。

## 挑战极限 从“土”里提取古DNA

付巧妹透露，最近古DNA科研人员进一步挑战极限，脱离化石的桎梏直接从“土”（沉积物）里提取古DNA。“目前，该项技术已成功应用在丹尼索瓦洞和白石崖溶洞中，成功获取了数万年前已灭绝古人类的DNA。”

最近，在全球少数几个实验室中，部分古DNA实验步骤成功整合到全自动移液机器人平台中，不仅极大节省了人力物力，还减少了人工操作引入污染的风险，但样本的前处理步骤仍只能依赖人工。付巧妹认为，如何把这项耗时耗力的工作整合到自动化体系中，将是古DNA实验技术需要攻克的下一道难关。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

# 太空高速『聊微信』，真的可以

□ 刘 钰 刘艳丽 科普时报记者 史 诗 付毅飞

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。

今后有关部门会继续征集作品上传到“南粤科学星”或后续“南粤科学星”上，主办方会通过线上线下活动征集“上天”作品，将航天科技带入学校、乡村、企业、社区，带入寻常百姓的日常生活，让公众充分体会到中国航天就我们身边，航天正在改变我们的生活。

作品，“追星人”和“用星人”会在卫星入轨正常运行后开展作品回传地球活动，每个作者将和家人、朋友、老师、同学一起欣赏来自“太空”的作品。