

# 长征五号B运载火箭成功发射梦天实验舱

## 打响我国空间站“T”字基本构型组装收官之战

■本报记者 史博臻

椰风拂碧海，利箭冲九霄。昨天15时37分，长征五号B遥四运载火箭在文昌航天发射场点火升空，成功将我国空间站的第二个实验舱——梦天实验舱送入预定轨道，发射任务取得圆满成功，开启中国空间站建造收官之战。

长征五号B运载火箭作为“空间站舱段运输专列”，自空间站建造工程实施以来，已成功托举天和核心舱、问天实验舱。此次梦天实验舱的发射任务，也由长征五号B倾力担纲，成功打响我国空间站“T”字基本构型组装的收官之战。其中，中国航天科技集团有限公司八院承担了长征五号B运载火箭4个助推器的研制工作。

### 4个助推器提供超九成起飞推力

长征五号B运载火箭是在长征五号基础上，为满足我国载人空间站工程需求，按“通用化、系列化、组合化”设计思想研制的一款新型大型运载火箭，近地轨道运载能力可达25吨，是目前我国近地轨道运载能力最大的火箭，也是我国首型一级半构型火箭。长五B由直径5米的芯一级+4个直径3.35米的助推器+舱罩组合体组成，其采用的少数设计理念有效提升了火箭的固有可靠性。

其中，合抱在火箭芯级上的4个助推器，为火箭提供了90%以上的起飞推力，可在500秒内将23吨的梦天实验舱送入预定轨道。

点火时，蓄势待发。助推器增压输送系统为液氧煤油发动机提供了射前重要的点火条件。为火箭提供了恰到好处的发动机入口压力和推进剂温度，可确保在点火口令下达后，发动机能够瞬间被点燃。

飞行中，肩扛千钧。助推发动机通过前捆绑主传力结构将其产生的强大推力传递给芯级，此时的4个助推器点可“扛”起200余吨推力，推动火箭克服重力飞起来。

结束后，毅然放手。当火箭达到预定射程后，控制系统下达分离指令，芯级与助推器之间的前后捆绑连接结构可靠解锁，实现助推器与芯级的安全分离。

### 优化设计提高产品可靠性

长五B是中国载人航天工程的新生代主力火箭。从产品实现入手，设计、工艺两手抓，八院长五B助推器型号总设计师和总指挥带着各系统主任师用两年时间对所有单机生产及全箭总装工艺进行了全面审查，将可优化项目一一进行闭环落实。设计人员“驻扎”生产现场，收集生产过程中一线人员提出的建议和意见，持续进行“源头”优化。

比如，助推器增压器是抑制火箭结构和推进剂纵向耦合振动的关键单机，其膜盒底座与接头座初始采用焊接工艺，经设计优化后改为一体化成形，4个助推器累计减少了24道焊缝，进一步提高了产品可靠性。

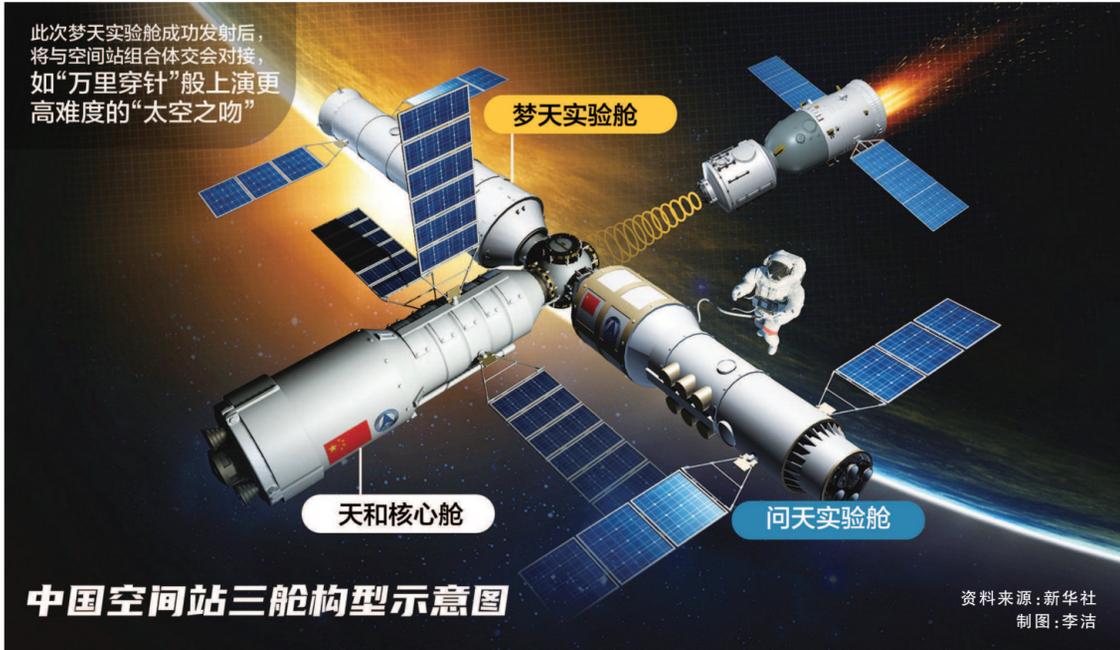
此外，在每个助推器的两侧各有一条长约18米、宽0.2米的细长罩子，用于保护导管和电缆。在推进剂加注后及火箭飞行过程中，箭体承受载荷产生一定变形，细长保护罩也会随之产生形变。经过充分仿真验证后，设计人员采用增加分段的形式，直接提高其轴向变形补偿能力，确保在加注后及飞行过程中，能够维持现有的气动外形，让穿行其中的导管和电缆安全可靠地工作。

### 向高密度发射奋力奔跑

2022年，长五B实施了两次重量级飞行，对于八院助推研制团队而言，相当于要完成八发单芯级火箭研制与发射任务，而且时间间隔仅3个月。为了确保任务按计划完成，助推模块深入研究总装流程，对发动机交付后的总装流程进行优化，通过测试设备并行、导管批产、新材料替代和工艺改进等，将原发动机交付后的总装周期缩短了一半，有力保障了梦天实验舱任务的实施。

除此之外，八院长五B试验队还重点针对靶场场操作项目进行流程优化，降低操作风险和复杂度，提高安装可靠性和工作效率。

伺服机构和尾翼的安装是助推模块靶场操作“大动作”，试验队从安装演练、规程细化、研讨学习等方面做足准备工作，对伺服机构的吊装流程进行了优化，减少了3次吊装，将工作时间进一步缩短；针对以往尾翼需要横跨整个箭体进行吊装所带来的磕碰风险，试验队特研制尾翼停放支架车，将内侧两个助推的尾翼通过支架车转运至“身旁”，在降低操作风险的同时，提高了安装的可靠性和工作效率。



中国空间站三舱构型示意图

资料来源：新华社  
制图：李洁

## 解码梦天实验舱的“上海印记”

■本报记者 史博臻

中国空间站迎来一位新“伙伴”！梦天实验舱由工作舱、货物气闸舱、载货舱、资源舱4个舱段组成，舱体全长17.88米，直径4.2米，发射质量约23吨。中国航天科技集团有限公司八院承担了梦天实验舱的抓总研制工作，经历了4年方案论证、6年初样研制、2年正样研制的攻坚历程。

立足“建站为应用”的宗旨，梦天实验舱在轨组装完成后，后续将与天和核心舱进行快速交会对接以及平面转动，“梦天”天和“问天”三舱组成空间站“T”字基本构型，进而实现控制、能源、信息、环境等功能的并网管理，共同支持空间站开展更大规模的空间研究实验和新技术试验。打造空间技术应用研究“梦工场”，推动我国空间科学研究与应用迈向世界领先水平。

### 最硬核

#### 支持空间站更强科学实验

梦天实验舱与天和核心舱、问天实验舱的任务分工和定位不同，与两者在配置上既有相似之处，也有不同，各具特点。

从对人的支持来讲，梦天实验舱的定位是航天员工作的地方，因此没有配置再生生保系统以及睡眠区、卫生区。但三个舱段均配置有航天员的锻炼设备，梦天舱配备的是抗阻锻炼设备，类似健身房的划船机。

从总体构型来看，梦天实验舱的“肚子”更圆，它由四个舱段组成，并采用了独特的“套娃”设计。工作舱通过对接机构与核心舱相连，主要是航天员舱内工作与锻炼的地方，也是舱内科学试验机柜安装的地方。载货舱与货物气闸舱以“双舱嵌套”的

形式与工作舱相连，也就是说，在载货舱的内部，隐藏着一个货物气闸舱，主打货物出舱专用通道。资源舱则是对日定向装置和柔性太阳能翼等安装的地方。

从支持应用任务来讲，梦天实验舱作为“工作室”，是三舱中支持载荷能力最强的舱段，其配置了13个标准载货机柜，主要面向微重力科学研究，可支持流体物理、材料科学、超冷原子物理等前沿试验项目，堪称天宫“梦工场”。同时，为了最大化实现舱外试验支持能力，梦天舱外配置有37个载货安装工位，可为各类科学实验载荷提供机电、信息方面的能力支持，确保它们在太空环境下开展各类实验。

### 最智能

#### 打造“太空货运港”

如果将问天实验舱的气闸舱比作国际机场的话，那么梦天的货物气闸舱就是空间站的国际货运港口。以往在舱外开展科学试验，需要航天员出舱进行安装作业，但这种方式会受到航天员出舱次数、载货数量与大小的限制。因此，梦天实验舱所独具的载货自动进出舱功能将进一步提高空间站进行舱外载荷实（试）验的能力和效率。

在梦天实验舱内，配置了一台载货转移机构，可以稳定地执行将货物从舱内送出舱外，或将舱外货物运至舱内的任务。据了解，载货转移机构的运送能力可达到400公斤、单次运送货物包络可以达到1.15米×1.2米×0.9米。这与航天员“带货出舱”的方式相比，货物出舱能力得到了进一步提升，还为在轨工作生活的航天员“减负”，以便他们将更多的时间精力用于开展舱内各项科学实验活动。

### 最酷炫

#### 支持在轨释放微小卫星

梦天实验舱具备微小飞行器在轨释放的能力，将作为开放合作平台进一步增强空间站的综合应用效益。梦天实验舱上专门配置了微小飞行器在轨释放机构，能够满足百公斤级微小飞行器或者多个规格立方星在轨释放需求，解决微卫星和立方星低成本进入太空的问题。

航天员只需在舱内把立方星或微卫星封装到释放机构的“肚子”内，释放机构即可搭载载货转移机构将小卫星运送至舱外。出舱后，机械臂抓取释放机构，运动到指定的释放方向，释放机构就会像弹弓一样，把小卫星弹射出去，实现在轨“放卫星”。

### 最顶配

#### 双“翼”驱动实现用电无忧

随着空间站更多科学实验任务的开展，空间站载荷供电需求也成倍增加。因此，梦天实验舱与问天实验舱同配置、同发力，也拥有单侧长达27米、可展开面积近138平方米的“巨型翅膀”——柔性太阳能翼。

我国空间站基本构型组装完成后，两个实验舱配置的四副太阳能翼，将为我国空间站打造最强最强劲的能源源泉，让空间站日发电量可达近1000度，相当于一个普通家庭近半年的用电量，真正实现“用电无忧”。

■本报记者 许琦敏

昨天，中国空间站梦天实验舱成功发射，我国空间站建设进入收官阶段。起飞重量约23吨的梦天舱是中国空间站的第三个舱段，也是第二个科学实验舱。其搭载的8个实验柜各具神通，涉及量子、空间材料、微重力流体力学、燃烧科学等7个领域，根据规划将在轨开展约40项科学实验。

建成后的天宫空间站将是我国未来十年规模最大的空间综合性研究实验平台，梦天实验舱将与问天实验舱一起，共同成为这个高水平国家太空实验室的科学“台柱”。

### 挑战低温极限，让量子现象“肉眼可见”

世界上最低的温度是绝对零度。梦天舱中的超冷原子物理实验柜，有望制备出仅比绝对零度高千分之一摄氏度的超低温量子气体，从而观测到肉眼可见的宏观量子现象。

“这是我国首个微重力超冷原子物理实验平台，其技术水平世界领先。”超冷原子物理实验柜科学实验系统副主任设计师、中科院上海光机所副研究员汪斌介绍，在空间站，地球重力的影响大大减小，原子变得“懒”，因此可能挑战地面上无法实现的“超低温”。

在如此极端超低温下，原子之间相互作用时间可增加1000倍以上。汪斌说，这就提供了一个独特窗口，让科学家可以从一个全新视角来直接观测独特的原子行为，以地面上不可能的方式进入量子力学的奇异世界。

超冷原子物理实验柜将为超冷原子物理研究提供一个长期在轨稳定运行的实验系统，将开展高精度原子干涉、拓扑相变、量子精密测量等重大物理问题研究——超越地面环境限制，这里有望获得重大基础科学突破。

### 将建世界领先的“在轨空间时频系统”

时频实验系统是此次任务中唯一一对“双胞胎”，三台原子钟及配套载荷分别装在时频柜I和时频柜II以及舱外。中科院国家授时中心主任、高精度时频实验柜科学实验系统总指挥、责任科学家张首刚介绍，此次梦天舱升空的共有主动氢原子钟、冷原子微波钟、冷原子激光钟三台高性能原子钟，包含11个子系统的高精度时频实验柜，可能是天宫里最复杂的实验柜之一，将为我国天地立体交叉授时体系提供工程验证与技术支持。

“天宫二号的冷原子钟就是为它们‘探路’的，这次通过舱内不同特性的原子钟组合，将建成世界上在轨运行的精度最高的空间时间频率系统。”中科院上海技术物理研究所副所长、高精度时频实验柜科学实验系统副总指挥舒嵘介绍，该系统产生的高精度时频信号将通过舱外相关载荷，向地面一定范围传递高精度时频信号。这些信号将用于引力红移测量、精细结构常数变化探测等基础物理研究实验，支撑相对论及相关理论的高精度检验，也可为地面一些重大科技基础设施提供高精度时间同步信号，提升它们的性能。

### “玩火”神器助力突破基础科学问题

在科学家看来，微重力环境下研究燃烧将是突破很多基础科学问题的绝佳机会，对于空天动力燃烧、航天器防火灭火、燃烧污染物控制等技术的深入探究至关重要。

此次梦天舱搭载的燃烧科学实验柜就是一款“玩火”神器。航天员只需打开阀门放置材料，剩余步骤设备都能自动完成。围绕燃烧场，实验柜配置了“十八般武器”全方位无死角观测燃烧过程：除了高速摄像，各路仪器将测量火焰形貌、结构、温度、速度、产物组分等信息。

燃烧科学实验柜科学实验系统主任设计师、中科院工程热物理研究所研究员郑会龙介绍，实验系统搭载了一套PIV（粒子图像测速技术）设备，将在国际上首次利用该技术开展空间环境中燃烧速度场测量。

梦天舱中搭载的高温材料科学实验柜最高加热温度可达1600℃，可同时自动化处理16支样品，还将首次在空间站上进行X射线透射成像；流体物理实验柜则实现了“一柜多能”，其综合测试手段和能力超越国际空间站上三个已有的专用流体实验柜的总和，将成为国际上技术最完备、设备最先进的空间流体物理实验平台；两相系统实验柜则是国际首个专门用于开展空间相变界面流动、蒸发与冷凝、沸腾和热管传热、空间在轨流体管理的科学研究和技术验证的整柜级实验平台。

此外，梦天舱还带了一个“太空维修装配车间”上天——在线维修装配操作柜。利用这个实验柜，航天员可完成重要航天器件的维修、设备装配等任务。操作柜配备有一套基于增强现实技术（AR）的智能诱导维修系统。航天员如需维修操作一些复杂设备，可直接戴上AR眼镜，各种操作说明、引导步骤就会叠加出现在真实的待操作物品上。

携带8个实验柜，涉及量子、空间材料、微重力流体力学、燃烧科学等7个领域

## 梦天实验舱将在轨开展约40项科学实验



昨天15时37分，长征五号B遥四运载火箭在文昌航天发射场准时点火发射，成功将梦天实验舱送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

新华社发