



梦天实验舱成功发射 助力空间站建设 我国将建成水平先进的国家太空实验室



梦天实验舱

四舱构型：工作舱 载货舱 货物气闸舱 资源舱

六大技能：

1. 可独立飞行，与核心舱自主交会对接、转位和停泊
2. 可参与空间站组合体管理
3. 可支持航天员开展舱内工作、锻炼及舱外活动
4. 可支持开展大规模舱内外科学实（试）验
5. 可支持载荷进出舱
6. 可支持在轨释放微小飞行器

图为中国空间站效果图。

□ 本报记者 陈丽平 廉颖婷

中国空间站迎来最后一个主体舱段。10月31日，在我国文昌航天发射场，长征五号B遥四运载火箭成功发射空间站梦天实验舱。梦天实验舱是我国空间站第二个科学实验舱，在轨组装完成后，梦天实验舱将与空间站天和核心舱、问天实验舱形成“T”字构型组合体，实现控制、能源、信息、环境等功能的融合使用，共同支持空间站开展更大规模的空间科学研究和新技术试验，打造空间技术应用研究“梦工场”。

可以说，天宫空间站是我国未来10年规模最大的空间综合性研究实验平台，我国将把它建成水平先进的国家太空实验室。

梦天实验舱长啥样

梦天实验舱由工作舱、载货舱、货物气闸舱、资源舱四个舱段组成，舱体全长17.88米，直径4.2米，发射质量约23吨，由中国航天科技集团有限公司（以下简称航天科技集团）八院研制，主要面向微重力科学研究。

据中国科学院空间应用中心研究员、空间应用系统副总设计师刘国宁介绍，中国科学院研制了空间科学研究与应用领域的超冷原子物理实验柜、高精度时频实验柜、高温材料科学实验柜、两相系统实验柜、流体物理实验柜、燃烧科学实验柜、在线维修装调实验柜7个方面的8个科学实验柜，支持开展重力掩盖下的多相流与相变传热、基础燃烧过程、材料凝固机理等物质本质规律研究，以及超冷原子物理等前沿实验研究等。

此外，梦天实验舱应用了X射线透射成像系统，作为空间站材料实时观察实验主载荷，也是世界第一台在载人航天器中使用X射线透射成像原理进行实验的科学装置，在资源与空间受限的情况下实现了X射线的完全屏蔽，是具有历史意义的科学装置。

□ 本报记者 廉颖婷

11月1日4时27分，空间站梦天实验舱发射入轨后，成功对接于天和核心舱前向端口，整个交会对接过程历时约13小时。

“由中国航天科技集团有限公司（以下简称航天科技集团）五院研制的梦天实验舱制导与控制（GNC）系统，解决了此次交会对接过程两大难点。”航天科技集团五院502所空间站GNC分系统副主任设计师宋晓光说。

第一个难点是此次交会对接任务的重大危险点，即梦天实验舱入轨后太阳与轨道夹角较大，太阳翼发电不足以补足耗电量，能源紧张，如果不能在规定时间内完成交会对接，就要中断

梦天实验舱与问天实验舱相比有什么不同？梦天实验舱与问天实验舱的任务分工和定位不同，两者在配置上既有相似又有不同。

梦天实验舱的定位是航天员工作的地方，因此没有配置类似“问天”舱的再生生保以及睡眠区、卫生区。但两个舱段均配置有航天员的锻炼设备，梦天实验舱配置的是抗阻锻炼设备，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天和核心舱相连，主要是航天员舱内工作与生活锻炼的地方，也是舱内科学试验柜安装的地方。载货舱与货物气闸舱则是以“双舱嵌套”的形式与工作舱相连，也就是说，在载货舱的内部，隐藏着货物气闸舱，主打货物出舱专用通道。最前端的资源舱，也是对日定向装置和柔性太阳翼等安装的地方。

从支持应用任务来讲，梦天实验舱作为工作室，是两个舱中支持载货能力最强的舱段，其配置了13个标准载货柜，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，梦天实验舱舱外配置有37个载货安装工位，可为各类科学实验载荷提供机、电、信息等方面的能力支持，确保它们在太空环境下开展各类实验。特别是载货舱上配置有两块可在轨展开的暴露载货实验平台，进一步增强了空间站的载货支持能力。

“螺蛳壳里做道场”

梦天实验舱肩负着支持更强科学实验的使命，为确保顺利完成使命，一系列黑科技被应用在梦天实验舱上。

与问天实验舱一样，梦天实验舱也拥有一个气闸舱。但不同的是，梦天实验舱的气闸舱不再作为航天员出舱使用，而是一条专供货物出舱的

通道。如果把问天实验舱的气闸舱比作“国际机场”的话，那么梦天实验舱上配置的货物气闸舱，就是空间站的“国际货运港口”。通过这个“港口”，我国空间站的载货自动进出舱技术、小卫星在轨释放等一系列全新技能将首次亮相，实现货物、载荷在空间站舱内外的全自动交互，不仅送得出、接得人，还运得快、行得稳。

在梦天实验舱内，配置有一台载货转移机构，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。载货转移机构的运送能力能达到400公斤，单次运送货物包络可以达到1.15米×1.2米×0.9米。与航天员“带货出舱”的方式相比，货物出舱能力得到进一步提升，减少了航天员出舱和航天服使用次数，有效提高了载货进出舱效率，降低了载货进出舱成本。

“载货转移机构可以实现货物的自动进出功能，小小的空间发挥大大的效能，这是‘螺蛳壳里做道场’。”航天科技集团八院空间站梦天实验舱计划经理刘慧颖说。

载货转移机构还催生了一项特别的任务，那就是梦天实验舱可以在轨释放微小卫星，让小卫星“飞”。梦天实验舱专门配置了微小卫星在轨释放机构，在载货转移机构与机械臂的配合下，能够满足百公斤级微小飞行器或多个规格立方卫星的在轨释放需求，解决微小卫星和立方星低成本进入太空的问题。

“空间站化身为母港，既可以释放百公斤级的微小飞行器，也可以释放多个规格的立方星，提供了火箭发射以外的另一个渠道，微小飞行器可以更加低成本进入太空了。”刘慧颖说。

同时，为满足将来更大尺寸、更大重量货物的进出舱需求，梦天实验舱的货物气闸舱上还安装了一款独一无二的方形舱门。舱门采用全自动弧形滑移设计，可以为货物的进出舱提供一条宽阔的走廊，也是隔离舱内与舱外空间环境的关键设备，这是我国空间站首次亮相的方形自动舱门。

直接和宇宙面对面。梦天舱在1.111象限均配置了有源驱动展开式暴露平台，在III象限增配了

固定式暴露平台，可为中小型标准载荷提供机、电、热、信息支持。

对日定向装置、天地一体化通信网络，在轨以太网技术、仿真体系建设、对接转位技术……一系列技术在梦天舱上发挥着无可替代的作用。

23吨庞然大物如何转身

此次任务，除了与天和核心舱组合体实施交会对接外，梦天实验舱还将进行太空转位，实现“T”字构型，即从核心舱前向对接口转移到侧向对接口，实现这一转位功能的产品正是由航天科技集团八院149厂生产、总装的转位机构。中国空间站将再次演绎完美的“太空转身”。

转位的第一步是进行对接，也就是通过转位机构将梦天实验舱和天和核心舱连接起来。梦天实验舱上的转位机构采用的是锥杆式对接方式。团队在转位机构转臂的前端设置了一个捕获杆，捕获杆如同花蕊一般被包裹在三个导向片形成的“花瓣”中。当捕获机构向基座靠近时，两个产品的六个导向片将进行初步定位。随后，如花蕊般的锥杆由驱动组件推出，在拉簧组件的配合下，使其能够在一定范围内摆动，保证了与基座连接锁定的自适应性。这样的结构设计能够让转位机构具备完美的捕获、对接能力。

梦天实验舱从天和核心舱前向对接口转移到侧向对接口，并非像我们转身一样简单。如何让150公斤的转臂平稳带动约23吨的梦天实验舱顺利实现转身呢？梦天实验舱转臂上安装了两个驱动部件——关节驱动机构，这就像我们手臂的两个运动关节一样，靠近梦天实验舱端的是“肩关节”，另一个则是与捕获机构相连的“腕关节”。在两个“关节”工作时，它们必须做到从加速到匀速阶段的平稳过渡，从而确保运动过程中的稳定性。

为了让梦天实验舱能够具备大惯量负载下的转动能力，此次转位过程中采用了舱体停转模式，即在转位时通过“肩关节”做一次停转，“腕关节”做两次停转，从而实现平稳转向。

三舱“T”字构型令太空家园更舒适高效

自主交会对接过程，紧急调整梦天实验舱的姿态，使其连续对日定向来保证能源的供应。为此，相较于问天实验舱，航天科技集团五院的技术人员为梦天实验舱特别定制了交会对接任务故障预案，就是将各种可能发生的故障，充分体现在故障树上，通过开展大量的预演预判和试验验证工作，确保故障止于预想，不留遗憾。

第二个难点是此前的问天实验舱交会对接时，组合体是只有天和核心舱的对称构型，而梦天实验舱交会对接时，组合体是“L”字形非对称构型，这明显增加了空间站在轨姿态控制的难度。一是“L”构型的组合体质心发生了较大的横向偏移，增加了轨道控制和姿态控制之间的关联，组合体自身控制难度加大。二是在梦天实验

舱接近组合体时，需要开启反推发动机减速，发动机的羽流会干扰到组合体的姿态，此时实现对接任务变得更难。梦天实验舱装备的GNC系统，采用了更加灵活的半自主交会对接方案。

“在此次任务中，GNC系统承担航天器发射入轨、在轨运行、交会对接等全部姿态、轨道控制和帆板控制任务，为航天器中继天线和其他应用系统提供高精度的姿态指向。”宋晓光说。

此外，据航天科技集团五院专家介绍，天和核心舱、问天实验舱、梦天实验舱之所以呈“T”字构型，是为了令太空家园更加舒适高效。

两个尺寸、质量特性大体一致的实验舱对向布置，形成“T”字的一横；利用每个实验舱自身近20米长的结构，结合各自资源舱末端配置的双自

由度太阳翼驱动机构，两对大型太阳翼成为“T”字一横远端的两个“大风车”，不管空间站以何种姿态飞行都能照上太阳，从而获得高效的发电效果；问天、梦天两个实验舱的气闸舱分别位于“T”字一横的端头，正常工作泄压或异常隔离时均不影响其他密封舱段或连贯空间，保证了安全性。

作为“T”字那一竖的天和核心舱，在这个对称关系中仍然保持着前向、后向、径向三向对接的能力。后向对接货运飞船，前向、径向两个对接口不仅可以接纳两艘载人飞船实现轮换，而且保持正常三轴稳定对地姿态时两对接口都在轨道平面内，即可让载人飞船在轨道面内沿飞行方向和沿轨道半径方向直接对接，无需对接后再转换对接口。

□ 本报记者 廉颖婷

长征五号B遥四运载火箭（以下简称“长五B火箭”），是空间站舱段的“专属座驾”，由中国航天科技集团有限公司所属中国运载火箭技术研究院（以下简称火箭院）研制。火箭总长约54米，起飞重量约850吨，起飞推力约1078吨，近地轨道运载能力达到25吨级。

由于梦天实验舱与天和核心舱要通过交会对接在轨进行组装，所以要求火箭以更高的发射和飞行可靠性实现精准发射、准确入轨，将梦天实验舱准确送入与天和核心舱共面、共轨的转移轨道。

据长五火箭副总设计师黄兵介绍，为满足空间站大舱段发射任务要求，长五B火箭突破了多项关键技术，其中包括20.5米国内最大整流罩分离技术、4.1米大直径舱前连接分离技术、大推力直接入轨偏差精确控制技术，并将发射窗口由“零窗口”拓展为±2.5分钟的“窄窗口”。设计团队开展了适应发射要求的射前流程优化改进，可以有充足的时间来应对可能出现的问题。

我国空间站的三个舱段重量均超过22吨，其中梦天实验舱是我国迄今为止重量最大的载荷，约为23.3吨。因此，长五B火箭是发射空间站舱段的最佳选择。

那么，长五B火箭的大力气是怎么来的？

火箭充分发挥了液氧煤油发动机大推力、氢氧发动机高比冲的优势。8台120吨级的液氧煤油发动机，里面最高压强有500个大气压，可以把黄浦江的水直接抽到5000米高的青藏高原，起飞推力能达到1000吨以上。而一级火箭配置的两台氢氧发动机，因其比冲高的特点，使火箭能够以较少燃料获得较大推力。

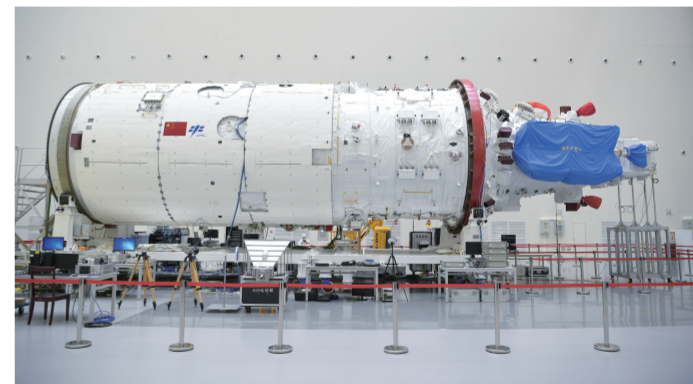
然而，要将梦天实验舱准时送到指定的轨道位置上，还需要为它设计一条飞行弹道。“火箭弹道设计，就是火箭有一种运动最优路径，能把有效载荷送到预想的那条轨道上去。作为一条最理想的飞行路线，燃料消耗最少，入轨精度最高。”火箭院总体部火箭弹道设计组组长刘银说。

想要完美实现这条理想弹道存在大量难题。交会对接任务就像移动打靶，太空里的轨道位置已经确定，但是地球在不停自转，火箭的位置也在不停发生变化，难度好比在广袤宇宙中穿针引线，在方寸毫厘间精益求精。

经过严密计算，只有在某一时刻发射升空，火箭才能按照这条最优路径飞行，实现高精度的移动打靶。这就意味着发射前的准备必须分毫不差，难度可想而知。

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，“就好比投出去的篮球能根据球风、气流和温度等的变化，不断修正自己的前进轨迹，直奔篮筐而去。”科普专家钱航说，长五B火箭创新运用姿态控制增益优化和复合制导方法，从而提高了姿态控制精度。

长五B火箭在广袤宇宙中穿针引线



图为梦天实验舱。



图为科研团队与梦天实验舱合影。



图为10月31日，搭载空间站梦天实验舱的长征五号B遥四运载火箭在我国文昌航天发射场点火发射。 屠海超 黄国畅 胡煦劼 摄

本版图片除署名外均由航天科技集团八院提供