

# 天宫二号空间实验室 任务顺利完成特刊



# 天宫二号：我在太空的1036天

■本报记者 张新 邹维荣 韩卓业

还记得太空“老朋友”天宫二号吗？在太空飞行1036天之后，天宫二号返回地球啦！

根据计划安排，天宫二号空间实验室已完成全部拓展试验，于2019年7月19日，受控离轨并再入大气层，少量残骸落入南太平洋预定安全海域。

时光追溯到2016年的中秋之夜，天宫二号带着中华儿女的期盼踏上逐梦之旅。

在轨飞行的1036个日日夜夜，天宫二号给我们带来了太多的惊喜与奇迹——

我们记得，2年多前神舟十一号与天宫二号的浪漫“初吻”，我国航天员景海鹏、陈冬顺利入驻太空新“家”。此后30天里，太空新“家”迎来第一批来自地球的亲人，2位航天员在天宫二号进行了30天的太空工作和生活，中国人朝着建设空间站梦想又迈进了一步。

我们记得，天宫二号启动了拟南芥和水稻生长实验，它们顺利开花结果。这是我国首次在太空完成“从种子到种子”的空间植物培养实验。

我们还记得，在2017年4月27日这一天，天舟一号与天宫二号成功完成首次“太空加油”。这也标志着空间实验室飞行任务全部完成，中国载人航天工程“三步走”发展战略第二步全面收官，空间站时代的大门向中国人豁然打开……

## 30天中期驻留，再一次创造我国载人航天新纪录

翻开我国载人航天的壮美画卷，大多历史性时刻值得国人骄傲。

从“神五”1人1天、“神六”2人5天、“神七”3人3天、“神九”3人13天，再到“神十”3人15天、“天宫二号”2人30天。30天驻留，这是迄今我国载人飞行时间最长的任务。

从1天到15天，再到30天，这不是简单的数字增加。30天，是国际上公认的中期驻留的门槛。用天宫二号空间实验室总设计师朱洪彪的话说：“在天宫二号工作和生活30天，是一项艰巨的任务。”

在30天的太空飞行时间里，科研人员充分利用这个难得的机会，绞尽脑汁围绕“人”的问题下功夫、做研究。

这关乎中国人究竟能在浩瀚的宇宙深空中看到多深、行至多远。航天员陈冬作为亲历者，认为这些实验“非常重要和必要”。

“这些实验都是为了研究人在失重环境下身体各功能发生的某些变化，进而提出有效的预防和保护措施。”陈冬说，人是载人航天的主体，感谢科研人员持续关注人的健康问题。

此前，天宫二号系统开展了面向我国航天员在轨中期驻留载人宜居环境设计工作，在有限的组合体空间内，集成了内部装饰、舱内活动空间规划、视觉环境与照明、废弃物处理、物品管理、无线视频通话等宜居技术，为航天员提供舒适人性化的空间家居环境。

## 把实验室搬到天上，打造我国第一个真正的空间实验室

天宫二号遨游太空1036天，为我国航天人提供了一个真正的空间实验室。

初步统计，在天宫二号上共进行了60余项空间科学实验、科学研究和一些技术试验，并取得了一批丰硕成果。

从来没有哪一次载人航天任务像这一次一样，航天员直接参与了那么多首次科研活动——

首次开展了由航天员直接操作的空间材料制备实验。说起这个实验，不得不提到太空“八卦炉”——综合材料实验装置。这套装置只用了电水壶功耗的1/9至1/5，就能实现真空环境下最高950℃的炉膛温度。航天员在“八卦炉”里“炼制”半导体光电子材料、金属合金、纳米及复合材料、晶体材料等多种样品，通过实验获得优质材料的空间制备技术，指导地面材料加工工艺的提升。

其中，制备的闪烁晶体可以帮助人类探索、认识和利用肉眼无法识别的射线、高能粒子，将其转化为医疗成像领域可识别、可控制的信号，让肿瘤无所遁形。

首次进行了“从种子到种子”的空间植物培养实验。电影《火星救援》的一段情节让人记忆颇深：主人公孤身一人克服重重困难，通过在火星基地种植土豆来生存，最终重返地球。“兵马未动，粮草先行。”人类要实现星际旅行，首要任务是解决食物自给、氧气和循环水等问题，打造一个“会飞的农场”。

空间植物培养实验就是为了破解这个难题。实验证明，光周期对植物开花的诱导会受到微重力的影响。科研人员验证了利用植物光周期调控植物营养与生殖生长的设计思路，为有效利用空间资源进行最大化的植物生产提供了重要依据。也就是说，如果航天员想吃的是植物种子，就让它早点开花；如果想吃的是植物叶子，就让它晚点开花。

首次开展了人机协同的空间精细操作机械臂试验。在地球，维修一个东西并不难。但在太空，航天员身着笨重的舱外航天服，在一个超低温舱外环境下做维修试验，难度可想而知。天宫二号有一个装有灵巧手的机械臂，可以按照指令做旋转螺丝、拆卸设备等动作，展开维修任务，维修效率大大提高。这项试验形成典型人机协同体制，为未来空间站仿人型机器人研制积累了技术基础。

从来没有哪一次载人航天任务像这一次一样，开展如此多的新科研活动——

首次开展了液桥热毛细对流实验。俗话说，人往高处走，水往低处流。但在太空中，水未必能往低处流。在天宫二号的液桥热毛细对流实验中，科研人员利用空间的微重力环境，在太空中“玩”起了水。液桥热毛细对流实验能够在空间精准控制液桥的高度和注入液体的体积，让液桥一会“高大上”，一会“土肥圆”。借此，科学家发现了很多新的科学现象。

首次进行了推进剂在轨补加试验。推进剂在轨补加，顾名思义就是给天宫二号进行“太空加油”。在复杂的太空环境下，“加油”并不容易实现。不光要“对得上”，还要能“分得开”。就好像笔杆和笔帽的关系，笔帽卡得太紧，有可能拔不下来。万一出现这种状况，对接机构的分离推杆力能克服故障状态下的分离力，使航天器正常分离。

实施“太空加油”主要靠压差实现液体流动加注。科研人员为天宫二号配备了金属膜盒贮箱，贮箱可以像手风琴风箱一样推拉往复运动，这样的补加装置能接受上百次加注。

首次开展了在轨释放伴随卫星并进行伴随飞行试验。“你在桥上风景，看风景的人在楼上看你。”当天宫二号忙着



中国航天员 景海鹏

天宫二号，欢迎你回来！作为第一个进入天宫二号的航天员，既高兴又留恋。高兴的是，它圆满并超额完成任务；留恋的是，它是我国航天员的太空之“家”。天宫二号返回地球，标志着我国载人航天工程“三步走”发展战略第二步全面收官。

上世纪90年代，我国制定了载人航天“三步走”发展战略：第一步，发射无人和载人飞船，建成初步配套的试验性载人飞船工程，开展空间应用实验。第二步，在第一艘载人飞船发射

## 天宫二号，我们欢迎你回来

成功后，突破载人飞船和空间飞行器交会对接技术，并利用载人飞船技术改装、发射空间实验室，解决有一定规模、短期有人照料的空间应用问题。第三步，建造空间站，解决有较大规模、长期有人照料的空间应用问题。

2016年9月15日，天宫二号成功发射入轨。一个多月后，我和陈冬搭乘神舟十一号载人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空后准确进入预定轨道。经过多次变轨，10月19日，神舟十一号与天宫二号成功实现自动交会对接，我和陈冬顺利进入天宫二号。直到11月18日，神舟十一号与天宫二号解锁分离，我们在天宫二号空间实验室太空驻留时间的新纪录。

天宫二号作为我国第一个真正意义

上的空间实验室，突破并掌握了中期驻留载人宜居环境设计技术、推进剂补加、人机协同在轨维修技术等关键技术，实现了交会对接、航天员中期驻留、推进剂补加、组合体控制与管理、航天医学实验、空间科学与应用，以及空间站技术验证等多项任务融合设计与动态规划。我和陈冬在天宫二号参与了航天医学、空间科学、人机协同、天地联讲科普、太空养蚕、太空种植等近40项科学实验。

当前，我国空间站建设任务正在准备中，一个属于中国人的空间站时代即将全面到来。我们充满信心！

希望大家继续关注中国载人航天，欢迎大家加入中国载人航天，共圆航天梦，共筑中国梦。  
谢谢你，天宫二号！  
再见，好战友！加油向未来！

## 天宫二号，我们不想说再见

说起天宫，令人向往；住进天宫，令人幸福；告别天宫，让人伤感。

再见的时候真的有千言万语，但再见的时候不想说再见。

我想说，有一种幸福叫陪伴。30天，这是你陪伴我的日子，这30天是我人生中最愉快、最难忘的一段经历，也是最宝贵、最值得珍藏的一段时光。

忘不了你我一起见证真正意义上的空间实验室的诞生；忘不了你我一起见证世界航天史上第一堂“天地联讲科普课”上线播出；忘不了你我一起见证很多空间科学实验、应用试验和航天医学实验的成功。回想起来，幸福满满。

我想说，有一种牵挂叫守望。我虽离开，但心随你在。你与天舟一号货运

飞船成功“牵手”，我为你点赞；你完成首次“太空加油”，我为你自豪；你完成“从种子到种子”全过程的空间植物培养实验，我为你骄傲。1036天的太空之旅，你没有辜负大家的期望，超额完成任务，超长安全运行，你是好样的！

2016年11月18日，我和景海鹏完成了使命，你在太空送别我们。如今，你完成了使命，我们在地球送别你。上一别，我们向世界宣告，中国航天员可以在我国自主建造的天宫二号里完成30天中期驻留。

我想说，有一种梦想叫接力。今天的离别，是为了明天的更好出发；一棒的结束，意味着下一棒的开始。中国航天人就是在这样不断的接力中，



中国航天员 陈冬

向着更深更远的太空出发。你的使命虽已结束，但中国载人航天的使命永远在路上。今天你的坠落，是为了明天祖国载人航天事业更好的腾飞。星空浩瀚无比，探索永无止境，中国航天将迎来新的辉煌。

天宫二号，历史会永远记得你，祖国会永远记得你，我会永远记得你。感谢你，我的好兄弟！祝福你，祖国载人航天事业！

“看”地球时，还有个“小家伙”在一刻不停地看着天宫二号。天宫二号任务进一步验证了小型高密度卫星在轨释放、驻留伴随飞行等技术，对飞行器进行了近距离成像观测，并开展了微小型组件空间试验验证。值得一提的是，这颗小卫星还充当了“小小摄影师”，拍摄到了天宫二号与神舟十一号的首张太空合影。

## “高冷”处见真实力，高精尖实验引领前沿科技

在天宫二号上进行的各类科学应用中，空间冷原子钟实验、空地量子密钥分配实验、“天极”望远镜，可以说是高精尖的典型代表。

现代科技利用原子超精细结构发明的原子钟，测量时间的精度误差已经降到了万亿分之一秒/天。如此高精度的计时需求，人们不会感觉到。但当计时器的误差超过十亿分之一秒/天时，卫星导航定位、船舶远洋航行、导弹精确打击等就会不同程度地偏离目标。诸如开展深空探测、引力波探测、精细结构常数测量、广义相对论验证等科学

研究活动，对时间精度要求就更高了。

这次天宫二号上搭载的空间冷原子钟，达到了3000万年误差不过1秒，将飞行器自主守时精度提高了1到2个数量级，可谓是在空间运行的精度最高的一台原子钟。

在天宫二号上另一个“高大上”项目是小型化终端的量子密钥分发实验。自人类使用语言以来，通过密钥给信息加密的技术就伴随着人类对通信保密程度的需求不断发展。1984年，2位外国科学家提出了基于量子力学测量原理的“量子密钥分配”协议，从根本上保证了密钥的安全性。随后经过多年的实验和技术改进，以“量子密钥分配”为核心的量子保密通信技术逐渐完成了实用化。

在地面光纤网络建设上，世界第一量子保密通信主干线路“京沪干线”已经建成。为了实现更远距离的量子保密通信，我们必须借助太空的多个飞行器。天宫二号上的量子密钥分配专项就是通过在天宫二号上发射一个光子，生成“天机不可泄露”的量子密钥。

除了上述实验，天宫二号实验室上还搭载了一个国际合作项目——“天极”望远镜。这台专门用于测量伽马暴偏振的高灵敏度探测器，由多国合作研制。为了测量伽马射线的偏振，“天极”

望远镜采用了1600根塑料闪烁棒组成一个探测器阵列，像是蜜蜂的复眼。目前，这只勤劳的“小蜜蜂”已经成功探测到了55个伽马暴，为国际伽马暴联合探测作出了重要贡献。

在实验过程中，科研团队还“意外”发现了“天极”望远镜的一个新功能——探测脉冲星。

虽然脉冲星导航不是其设计目标，但天宫二号上的“天极”望远镜在国内首次实现了在轨观测到脉冲星，并成功地实现了脉冲星导航技术试验，提出了一个脉冲星导航新方法，相关成果已正式发表。

天宫二号的落幕，预示着另一主角的登场。专家透露，未来中国空间站建造完成后，将在轨运营10年以上，应用载荷可在轨更换，“仅从首次入轨携带规模看，就比天宫二号空间实验室提升10倍以上”。

可以想象，那将是更多科学家的梦想舞台。此时此刻，我们信心满怀——  
天宫二号，欢迎回来！  
未来空间站，等你启航！

文字整理：何博帅、邢哲  
照片提供：周建龙  
版式设计：唐定海、赵文环

## 今天，我们离建空间站有多远

■本报记者 邹维荣 韩卓业 张新

随着天宫二号成功再入大气层，化身一道闪耀的流星完成最后的谢幕，天宫二号与太空正式告别。

告别，是为了更好的相逢。

中国空间站，仍然命名为“天宫”。从2011年9月29日发射的天宫一号目标飞行器，到2016年中秋之夜启航的天宫二号空间实验室，再到计划于2022年前后建成并投入使用的“天宫”空间站，在这场追逐太空梦想的接力跑中，尽管没有终点，但“天宫”这个极具中国特色的字眼，却是永恒不变的标识。

新的“天宫”块头更大。它包括“天和”核心舱，“问天”实验舱1和“梦天”实验舱2，采用对称T形构型，空间站本体设计达60多吨。目前，核心舱完成了初样阶段综合测试、真空热试验等大型试验，即将转入正样阶段。“问天”实验舱和“梦天”实验舱完成了初样舱体阶段生产，正在开展总装工作。长征五号B运载火箭完成了初样阶段研制工作，目前正在飞行产品生产、发动机可靠性增长试验。航天员系统开展了长期载人飞行综合模拟验证、出舱活动水下验证等大型地面试验。第三批预备航天员选拔的初选工作已完成，舱外航天服正在进行飞行产品生产……

新的“天宫”朋友更多。它额定乘员3人，乘员轮换期间短期可达6人，具备10多吨载荷设备的安装和支持能力。在轨运行期间，由神舟载人飞船提供乘员运输，由天舟货运飞船提供补给支持。

新的“天宫”寿命更长。它设计寿命不小于10年，还具有通过维护维修延长使用寿命的能力，并具备一定扩展能力。不难想象，设计寿命大大提升的“天宫”空间站，将有更为充足的“舞台时间”，去演绎更多精彩的“传奇剧目”。

新的“天宫”还将面向世界，拥抱全球。2019年6月12日，中国载人航天工程办公室与联合国外空司发布首批中国空间站应用国际合作项目。来自17个国家、23个实体的9个项目，将围绕长期太空飞行人类的健康、微重力条件下流体物理和燃烧规律、宇宙观测、新型材料等方面开展研究。

天宫二号回来，“接力棒”已送达，剩下的就看“天宫”空间站的了。“天宫”，值得期待！

想看航天员寄语“天宫”视频，您只需扫描版面上角带有AR标记的图片，或打开解放军报手机客户端并点击左上角AR图标，即可观看。更多精彩内容请关注“我们的太空”公众号。



我们的太空

**2016年9月15日**，长征二号FT2运载火箭搭载天宫二号空间实验室在酒泉卫星发射中心成功发射。

**2016年10月19日**，神舟十一号载人飞船与天宫二号成功实现自动交会对接，航天员景海鹏和陈冬入驻天宫二号。

**2016年10月23日**，天宫二号空间实验室成功释放伴随卫星。

**2017年4月22日**，天舟一号货运飞船与天宫二号顺利完成自动交会对接，这是天宫二号首次与货运飞船进行交会对接。

**2018年9月15日**，天宫二号空间实验室圆满完成在轨运行2年的目标，取得了阶段性胜利。

**2019年7月19日**，天宫二号空间实验室受控离轨并再入大气层。

### 天宫二号时间轴