

中国“天宫”：世界航天丰碑

王翔

一横一竖组成遨游太空的“T”字，积十多年苦功，中国天宫空间站建成了，铸就了中国载人航天工程和世界史上的一座丰碑。作为中国空间站建设的一分子，我以参与中国“天宫”建设为自己最大荣耀。

三步走，步步为营

1992年9月，中央决策实施载人航天工程，并确定了中国载人航天“三步走”的发展战略。第一步，发射载人飞船，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，突破航天员出舱活动技术、空间飞行器交会对接技术，发射空间实验室，解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题。第三步，建造空间站，解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。

第一步是最基础的工作，目标是保证中国航天员能在太空生存，能安全返回。第二步主要是做突破性、验证性工作，实现中国航天员出舱，具备在太空工作的能力。这两步都是在为第三步做验证和铺垫，其中空间交会对接是至为关键的技术之一，空间站的组装、建造和长期飞行都要靠该技术来实现。

2003年，我进入中国航天科技集团五院即航天五院工作，第一个从头到尾参与的项目就是神舟八号，其核心目标是突破空间交会对接技术。按照规划，先发射一艘无人飞船（神舟八号）来验证无人空间交会对接技术，之后再实施两艘载人飞船即神舟九号和神舟十号任务。这3艘飞船是主备份关系，即如果神舟八号没有达到任务预期目标，就由神舟九号继续验证，神舟十号载人飞船则验证有人空间交会对接技术。由于神舟八号顺利完成了使命，神舟九号的任务被确定为验证有人交会对接技术，神舟十号的任务则是实现首次应用性飞行。

作为目标飞行器，天宫二号其实是天宫一号的备份，其最初就被命名为“天宫一号”，由于天宫一号任务圆满成功，天宫二号的任务被确定为开展航天员中期驻留、推进剂在轨补加、在轨维修技术试验等。

就这样环环相扣，中国载人航天工程稳步前进。

2010年9月，《载人空间站工程实施方案》获批。之后历时约12年，经过空间实验室任务和空间站任务两个阶段，中国“太空之家”在轨建成。

“T”字型，可以拓展

除在九天之上运行的天宫空间站之外，我们其实还有两座“空间站”：一座是与天宫空间站1:1镜像的“数字空间站”，用于进行仿真验证和数字推演等；另一座是测试用的“电性空间站”，其软硬件与在轨运行的“天宫”一模一样，可以实现与在轨的航天员视频连线并同步模拟系统工作与在轨活动等。通过这两座“空间站”，我们能够实现天地协同。

为了保障可靠、安全、长寿命运行，天宫空间站进行了一些冗余备份设计，要指出的是，这些冗余备份是经济的，不会出现“死冗余”“呆冗余”。比如，在3舱组合后，冗余备份可以共用，充分体现了“1+1=1”设计理念。再比如，核心舱虽然在载荷支持功能方面不如实验舱，但配置很高，仅控制系统的星敏感器就有4个，可以减少实验舱上的星敏感器数量。

中国“天宫”是一个可更新、可开放的系统，不仅能够实现硬件设备的维修、更换和升级，而且其本身可以根据需要拓展。“T”字基本构型建成后，可以在前向对接新舱段，形成“十”字构型，新舱段上带有节点舱，增加4个对接口和1个出舱口，既可以为巡天望远镜这一级别的航天器进行补给、维护、服务保障，也可以对接舱段级的“大块头”科学载荷。将来，国外的飞船或舱段也可以与“天宫”对接，这将大幅提升国际空间合作的水平。

目前，我们正在开展第四个舱段的方案论证和先期设计，将把更多精力用在为航天员提供更多活动空间、增加人性化设计、提升用户体验上。比如，把仪器仪表设计得更具科技美感，更适于随身携带。再比如，使操纵杆更符合人体工学、功能更强大。

最优解，彰显智慧

关于中国空间站构型布局，先后有十几种方案摆在桌面上供讨论和选择。综合多方面因素，特别是适配天地环境、满足功能性能要求、保障重要设备在轨工作等，我们最终选定“T”字构型。

选“T”字构型可以获得最大发电效率。通过在“T”字“横”的两段，设置双自由度太阳翼，能够保障最大限度利用太阳光。

“T”字构型可以保持前向、后向、径（下）向三向对接能力。前向、径向两个对接口可以接纳两艘载人飞船实现轮换，而且两个对接口都在轨道平面内，飞船可以在轨道面内沿飞行方向和沿轨道半径方向直接对接，无需对接后再再转位，更安全。后向对接货运飞船，天宫空间站可以直接用货运飞船发动机进行轨道机动。

“T”字构型是最优解，彰显了中国航天人的智慧。

难关多，逐一攻克

空间站重在科研应用，我们所有的努力都旨在为科



航天员王亚平在中国空间站执行任务期间留影。资料图片



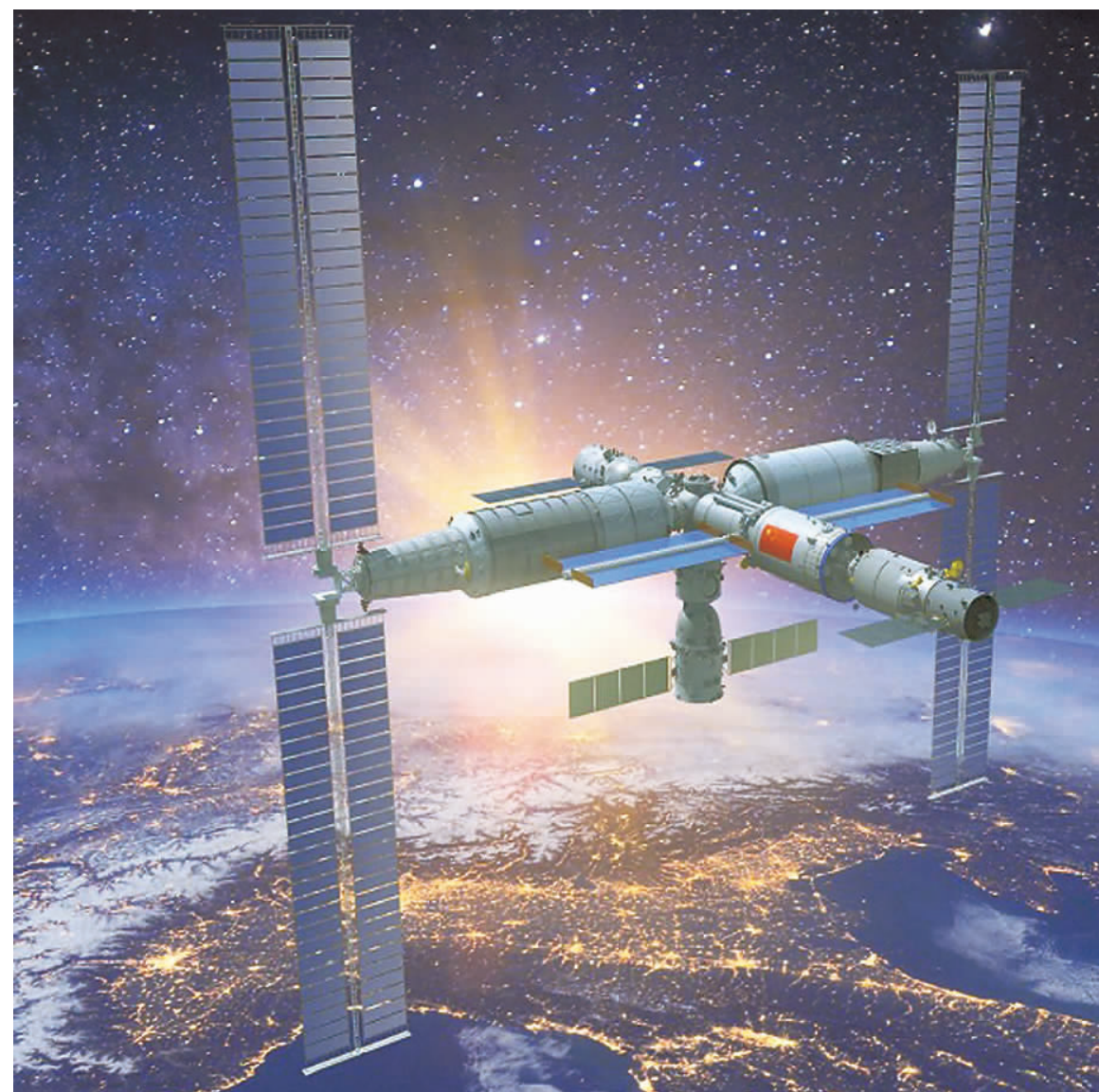
作者王翔肖像画。

张武昌绘

研应用打牢基础，让平台、结构、能源、信息、控制、生命保障等功能经得起考验，做到令人放心，同时赋予其足够的扩展能力和适应能力。

当然，要做到令人放心并不容易，在这个过程中，我们遇到了很多难题，其中有两类颇具代表性。

第一类与长寿命、长周期、长时间有关。一些材料在前期表现很好，却在工程研制中出问题，导致做长寿命试验时未能逼近极限。一些小尺寸材料做防原子氧处



中国空间站在轨运行示意图。

中国航天科技集团五院供图

置效果很好，但是在用一些新方法、新技术在某些大尺寸材料上做，就出现瑕疵。

第二类与在地面无法完全真实模拟某些空间环境有关。由于地面仿真手段有限，对仿真对象了解不够深入，导致仿真模型不够准。比如在液体收集管理方面，我们在地面试验中做到收集率达到99%，在太空中即达到98%也会造成麻烦，因为液体残留量会日积月累。

航天领域老前辈们常说：“识别关键技术进行攻关。”面对难关，我们不仅要攻破技术原理，而且要把工程实现的全过程走通，把每件产品质量做到极致，把各种状态摸透。可以说，我们一直在努力识别“未知”，量化“已知”并通过各种分析验证，借助相关数据反馈，把难关逐一攻克。

“天宫”的实验舱上有一对硕大的太阳翼，可以像大风车一样360°转动，非常炫酷。这对太阳翼就是我们用上述方式攻克难关取得的一大硕果。

该太阳翼尺寸特别大，单翼长约27米，展开面积138平方米。如此巨型的翼在轨展开后会产生怎么振动呢？由于在地面无法进行等尺寸动力学特性验证，我们只能从局部入手，对太阳翼伸展机构做单独的动力学特性验证，再通过仿真、数值补偿等办法推出完整的动力学特性，再结合核心舱的一套辨识系统，监测其太阳翼在轨振动、扰动情况并测出振动频率。据此，我们在实验舱发射前对其太阳翼控制参数、仿真模型参数进行了修正。最终，实验舱振翅高飞，助力中国“天宫”遨游太空。

忙验证，三线并行

天和核心舱在发射入轨后约一年间，在两艘载人飞船和两艘货运飞船配合下，完成了“关键技术验证阶段”。这一阶段是系统工程一个生命周期寻求满意解的“最后一公里”。对于空间站建造来说，在该阶段有空间站推进剂补加、再生生保、舱外操作、在轨维修等7大关键技术要在轨验证。

再生生保即再生式生命保障是人类实现中长期载人飞行最核心的关键技术之一，既受微重力环境影响，又

有时间效应。在空间站微重力环境下，水处理、尿处理、电解制氧等构成的自我循环系统与在地面的表现不同，同时需要足够长的时间才能建立起物质平衡，这就需要航天员在轨生活数月进行验证。

2021年6月，神舟十二号飞行乘组进入核心舱，中国空间站开始载人飞行，对相关性能进行在轨验证。之后，神舟十三号和神舟十四号飞行乘组入驻“天宫”，进行了一些舱外操作验证，完成对空间站上机电产品、有流体回路的产品设置。值得一提的是，神舟十三号航天员乘组在地面科技人员的密切协同下，在空间站核心舱内采取手控遥操作方式，圆满完成了天舟二号货运飞船与空间站组合体交会对接任务。

空间站关键技术验证阶段之后就是空间站在轨建造阶段。那几年，我们一边研制舱段，一边做空间站关键技术验证，还一边谋划空间站长期运行模式，可谓三线并进。

大系统，团结协作

空间站的设计空前复杂，系统多、接口多、状态多，组织体系和设计体系特殊。

舱段上各分系统由众多单位负责，研制难度超过了航天器。由于各部分自身是一个独立系统，同时又要融入整个大系统中，涉及大量协调和优化工作。

作为中国空间站系统总指挥，我时刻关注各分系统之间的相互影响，从空间站大系统的视角来看问题，做“系统决策”。让我非常感动的是，空间站系统所有参与

世界气象组织等机构近日宣布，2023年7月是有气象记录以来全球平均气温最高的月份，而且可能是12万年以来的最热月份。

有关专家表示，在全球变暖的大背景下，出现破纪录高温并不意外，极端天气是气候变化造成的严酷现实，减少温室气体排放刻不容缓。

全球多地持续高温

美国西南部地区从6月份开始遭受热浪炙烤。亚利桑那州首府菲尼克斯（又称凤凰城）连续31天每天最高气温超43摄氏度，创下历史纪录。在号称“地表最热”的美国加州死亡谷国家公园，7月16日出现了52.5摄氏度的高温。热浪不仅给人们的日常生活带来困扰，也催生了严重的农作物病虫害，导致农作物大面积遭受损失。

日本媒体援引气象部门数据报道，今年7月日本全国平均气温达25.96摄氏度，为120多年来同期最高。东京中心城区今年7月有13天最高气温超过35摄氏度，为历史同期最多。高温导致中暑人数激增。日本总务省消防厅数据显示，截至7月30日，当月有35人因中暑死亡。7月24日至30日的一周全国共有超过1万人因中暑被送医急救。日本专家警告，酷暑可能增加疟疾、登革热等传染病扩散风险。

法国东部20多个省份7月7日至13日遭遇热浪袭击，波及该国约20%的居民。法国公共卫生部门数据显示，这轮热浪期间，相关地区包含各种原因在内的“超额死亡人数”至少有80人。7月中下旬，地中海地区“热穹顶”效应的影响，高温气团闯入法国东南部，多地气温达到40摄氏度。

各国纷纷采取措施

面对持续高温，美国联邦政府近期宣布多项应对措施，包括发布高温危险警报、加强对建筑业和农业等高风险行业的检查、增加天气预报投入、扩大因热浪而干旱加剧的西部各州蓄水能力等。当地媒体还提出一系列防暑降温建议，如种植更多树木并建造遮阳降温设施、扩大避暑中心范围并延长开放时间等。

西班牙选择采取在街道上设置遮阳棚、对建筑进行降温改造等多种手段应对热浪。该国中部城市萨拉戈萨还启动了“阴影地图”计划，该交互式地图能清楚地显示街道上建筑物在特定日期和时间投射的阴影位置，方便市民们提前规划出行路线，避开被烈日暴晒的道路。

为应对日益频繁的热浪和干旱，法国巴黎市多年来一直在根据气候形势对城市进行改造。今年6月，巴黎市提出“巴黎适应2023”计划，内容包括在城市中增加树木和绿地、扩建公共区域遮荫设施、在公共区域新建饮水池和喷泉、建造具有降温功效的“冷屋顶”等。法国公共卫生部门今年还分别针对儿童、老年人、残障人士等制作了语音、海报、传单等不同类型的防暑指南。

减少排放迫在眉睫

欧盟气候监测机构哥白尼气候变化服务局副局长萨曼莎·伯吉斯说：“我们刚刚见证了全球气温和全球海洋表面温度在7月份创下新纪录。这些纪录给人类和地球带来了可怕的后果，人类和地球都面临着越来越频繁和强烈的极端（天气）事件。”

世界气象组织气候服务部主任克里斯·伊休特近日在联合国新闻发布会上说，破纪录高温“或许不应令人意外”，随着大气中温室气体浓度持续上升，这种长期变暖将继续下去，气温纪录也将继续被打破。

世界气象组织秘书长塔拉斯表示，近期全球多地遭遇的热浪、干旱、洪水等极端天气是气候变化造成的严酷现实，也是对未来的预警。减少温室气体排放的需求比以往任何时候都更加迫切。

联合国秘书长古特雷斯日前警告说：“全球变暖的时代已经结束，全球沸腾的时代已然到来。”他呼吁国际社会在减排、气候适应和气候融资方面采取行动，以“阻止最坏的情况发生”。（新华社记者）

安徽六安

采摘鲜果献爱心



近日，安徽省六安经济技术开发区有关单位组织企业暑期托管班的孩子采摘葡萄、黄桃等新鲜水果送到该市社会福利院，为那里的小伙伴们献上一份爱心。陈力摄

科技名家笔谈

中国科协科学技术传播中心与本报合作推出