

太空出舱背后那缕曙光

□ 占 康
中青报 中青网记者 邱晨辉

我是曙光。
曙光明白！
11月7日，在神舟十三号航天员乘组首次太空出舱活动中，一声声来自地面的曙光口令给人们留下深刻印象。
那么，曙光是谁？
对我国载人航天事业来说，曙光曾是星星之火，点亮了中国人的飞天梦想。我国启动第一次载人航天计划，名字就叫曙光一号工程，最后由于经济基础薄弱，被迫下马。直到1992年，载人航天工程再次启动，被誉为中国航天员成长摇篮的中国航天员科研训练中心，在多年默默努力后迎来了载人航天事业的曙光。曙光也成为航天员系统的代号。

如今，随着我国载人航天事业迈入空间站阶段，曙光的职能也得到拓展，成为航天员出舱活动专项指挥的代号。对于在轨航天员来说，曙光意味着距离太空400公里高度下航天员系统岗位人员在幕后的全力支持。

口令是一个人发出的，但曙光代表的，却是一个跨系统、跨部门的出舱活动支持小组，该小组覆盖了航天员系统、空间站系统以及测控系统，由航天员系统总设计师黄伟芬任组长。航天员的出舱任务就由该小组提供支持，并提出决策意见，航天员从核心舱进入节点舱，直到出舱活动任务完成，返回核心舱并关上舱门，全程都由曙光指挥实施。
可以说，在每一次出舱活动中，曙光都指引着航天员行走太空。

引导航天员冲锋作战的指挥员

在11月7日出舱活动的直播画面中，有个身穿蓝色试验大褂、扎着马尾辫、戴着金框眼镜的科研人员频频出现在镜头里，她的声音穿越天地，指引400公里高度之上的神舟十三号航天员乘组在太空的操作。

她就是这次出舱活动的专项指挥员吴昊，代号曙光。

神舟十三号，机械臂即将转移，请确认安全带与舱体无连接。完毕！当晚，吴昊紧盯监控画面，密切关注在轨航天员的操作，指令有条不紊。

这次任务是空间站阶段第三次航天员出舱活动，也是中国航天史上首次男女航天员协同开展的出舱活动，王亚平由此成为中国首位进行出舱任务的女航天员，迈出了中国女性舱外太空行走第一步。

在出舱活动指挥的接力赛中，吴昊接过的的是第三棒，成为空间站出舱活动第一位专项女指挥。

她深知责任重大：如果把出舱活动比作一场战役的话，曙光身后的出舱活动支持小组相当于指挥部，而曙光则是引导航天员冲锋作战的指挥员。

尽管在地面经过多次的出舱活动训练和演练，尽管有一套科学详尽的实施方案和数百条故障预案，尽管身后有个出舱活动支持小组，但在这场实战中，吴昊仍面临着巨大压力：毕竟，航天员离开核心舱，只身进入深邃的太空，面对的就是未知的风险。

这要求她必须对出舱活动的整个流程设计非常熟悉，掌握操作的关键点和难点。同时，她还要全面掌握上百种故障预案，针对预案内故障，指挥航天员进行相应处置。

吴昊毕业于北京大学电子信息科学与技术专业，进入中国航天员科研训练中心航天员选



神舟飞船研制现场。中国航天科技集团五院供图

中青报 中青网记者 邱晨辉

北京时间2021年11月8日1时16分，经过约6.5小时的出舱活动，神舟十三号航天员翟志刚、王亚平安全返回中国空间站天和核心舱，出舱活动取得圆满成功。

这是空间站阶段第三次航天员出舱活动，是神舟十三号航天员乘组首次出舱活动，也是中国航天史上首次有女航天员参加的出舱活动，举国关注。

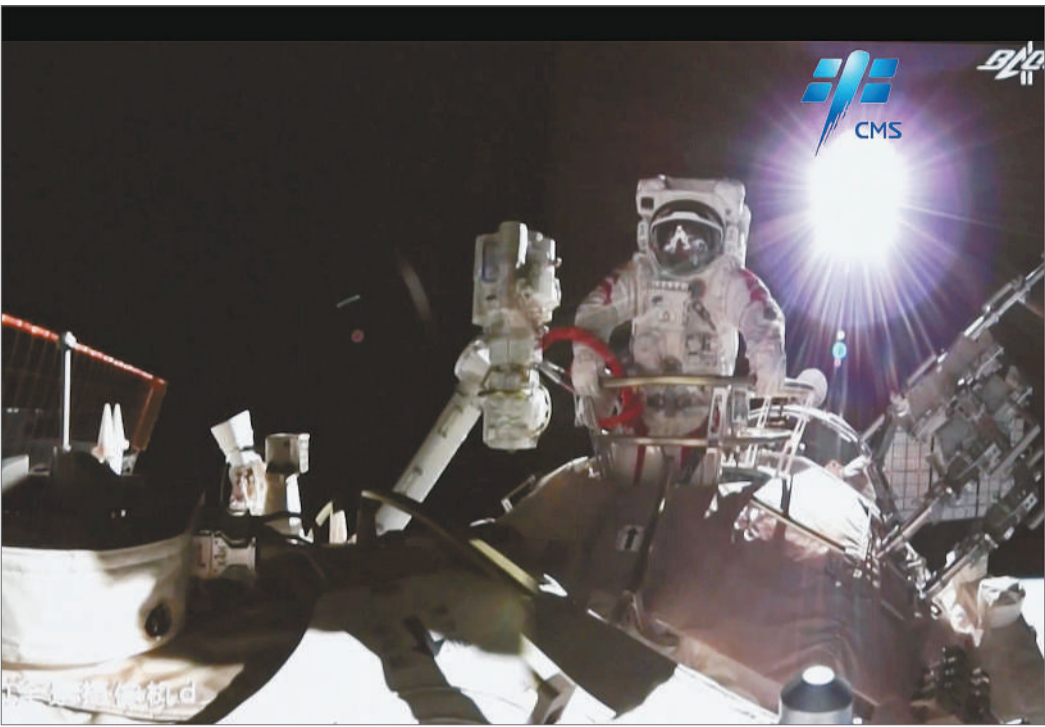
鲜为人知的是，航天员在天上做出每一个动作、每一个细节的背后，都离不开中国航天科技集团五院飞船工程师团队在地面进行的成百上千次模拟和演练。这支团队是和航天员最接近的模拟者，也被称作宇宙级试驾驶员。

航天员的替身

载人航天，人命关天。从神舟载人飞船设计、生产，再到发射、返回，飞船工程师团队始终是飞船最亲密的陪伴者。

事实上，自神舟载人飞船型号研制开展以来，飞船工程师这个特殊的队伍就随之诞生。飞船工程师不是一个单独的岗位，往往由神舟团队中的系统总体设计师、电总体设计师以及机械总体设计师兼任。

中国航天科技集团五院神舟载人飞船系统总体副主任设计师高旭告诉记者，航天器中各种



11月7日18时51分，航天员翟志刚成功开启天和核心舱节点舱出舱舱门，截至20时28分，航天员翟志刚、王亚平先后从天和核心舱节点舱成功出舱。

拔训练室飞船专业技术组工作，这对她是个陌生的领域，可不到一年时间，吴昊就成长为飞船飞行程序训练教练员。

为什么这么快就担任主教练岗位？外人很诧异。但只有她自己才知道背后默默付出了多少。

每个飞行阶段有哪些关键操作，可能出现哪些故障，如何进行处置，她不停地反复推演。5个飞行阶段100多项重要操作、60余个故障处置预案和4类应急程序，全部了然于胸。

航天员都是万里挑一的，作为航天员教员，我们也要努力变得更加优秀才行。吴昊说。

努力和回报是成正比的。中国航天员科研训练中心航天员选拔训练室主任王焰磊评价她悟性高，能吃苦。

担任出舱活动训练教练员两年多，吴昊已经组织航天员进行了上百次的训练。她参与设计出舱活动训练的每个环节，不仅熟悉整个流程，对空间站平台设备、舱外服等各系统的操作和处置情况也是滚瓜烂熟。

与航天员天地一心默契配合

由于天地差异，再多的地面训练，也不可能完全模拟太空环境。实战过程中，也会出现计划赶不上变化的情况。

在空间站首次出舱活动中，时任曙光指挥王焰磊的口令响彻太空，在轨航天员和他配合默契，出舱任务圆满完成，他也随之成为网红。任务结束后，王焰磊打开手机，发现有200多条来自同学朋友亲人的祝贺信息。

从事航天员教员工作16年，担任过神舟七号任务出舱活动训练教练员，王焰磊是中国航天员科研训练中心最年轻的80后室主任。有人称赞他说：这么多年就当主任，载人航天事业发展有活力！

在空间站首次出舱任务的前几天，王焰磊和航天员系统总体向一起，与空间站系统和测控系统的岗位人员，对整个任务流程进行反复核查，明确每条指令发送的时间点、重要事件的时间点以及逻辑顺序。

可没想到，出舱活动一开始，他就遇到当头一棒。

由于太空复杂因素，航天员出舱前准备的时间，比预计的要多出半小时左右，出舱活动时

间因此也要往后顺延。

这意味着，此前拟定好的时间节点和事件全被打乱了，所有测控弧段要做的事，都要重新评估和调整，这对指挥的节奏把握能力提出了考验。

现场有人着急了：不然，就催航天员动作加快点吧？

王焰磊坚决否定了这一要求：不行，没有充分的准备，必然会给后续工作带来安全隐患，也会给航天员造成心理压力。

果不其然，在后续进程中，航天员在出舱过闸段，把耽误的时间又抢回20分钟左右，一系列动作十分流畅。这还要归功于在地面上进行的多次数出舱活动程序训练。

事后，王焰磊说：我太熟悉航天员对哪些操作程序需要花费多长时间，能做到什么程度了，我们会据此作出相应调整。

在那次出舱任务中，王焰磊的眼神紧随在轨航天员的一举一动，在关键时刻给予提示。03航天员汤洪波在进行应急返回演练过程中，为了防止碰撞风险出现，王焰磊从各路视频图像中综合观察，及时告知。

03注意身体姿态向下控制，避免头部碰撞。03注意保护面窗，泛光灯距头部太近。伴随着王焰磊的一路叮嘱，汤洪波以最快速度攀爬回舱口，并进入节点舱。

任务中，02航天员刘伯明将舱外操作台从机械臂拆除时，遭遇了拦路虎。

在太空，物体的质心偏高，一米多长的操作台摇摆不定，加上航天员没有着力点，操作起来非常费力。这时，刘伯明灵机一动，跟王焰磊说：曙光，按出舱流程操作试试？

旁人可能听不懂该术语，王焰磊却心领神会。刘伯明指的是，按之前操作台出舱时的安装流程，将其逐段分解拆除再进行组装，而非原计划整段拆除和安装，这样就降低了质心，稳定性会好些。

王焰磊迅速向出舱支持小组的空间站岗位人员确认技术状态，同步分析此时舱外的安全绳状态，随即请示组长黄伟芬，在组长决策可以按此实施后及时发出指令：神舟十二号，将操作台进行拆解，使用两条安全带分别固定，在确保安全的情况下进行操作。

口令下达完毕后，空间站正好飞出测控区。11分钟后再次进入测控区时，刘伯明已经将操作台

拆除，并安装到节点舱门口的舱外工具箱上。

在这种近乎完美的配合下，出舱活动的既定工作悉数完成。直到航天员安全回到核心舱，王焰磊一直悬着的心才算真正放下来。

他告诉记者，作为遥控指挥的曙光，与出舱航天员之间天地一心、默契配合，是出舱顺利实施的一个重要前提。

任务结束后，刘伯明专门为他点赞：指挥很到位，口令清晰、明确，关注点很细致，对我们的支持、提示和决策都很及时正确！

个人追求和国家需求交会对接时 潜能会被极大激发

2019年，由于空间站任务的需要，出舱活动训练提上日程。该训练面临前期经验不足、设备设施不到位、技术状态不确定、人员紧缺等诸多难题，领导希望吴昊能加入出舱训练组。

这意味着，丝毫没有出舱训练经验的地，又要从零起步，攀越更高的山峰。很多人劝她说，出舱活动训练风险高强度大，不适合女教员。可吴昊一想，自己是航天员教员，既然组织需要，就应该勇挑重担。

出舱活动训练种类多，任务量大，涉及系统多，需要学习的内容更加庞杂。吴昊抓紧一切时间补短板，她翻阅神舟七号任务训练资料，参加机械臂的工效学试验，到试验现场观摩舱体正样。

2019年年底，航天员出舱活动水下训练拉开了序幕，吴昊参与了数百个小时的训练任务。她还自学潜水技能，辅助航天员进行出舱活动水下训练，在水里一待就是几个小时。

风险最高的，要数低坏环境下的出舱活动训练，即航天员身着舱外服在接近真空条件下开展训练，如有疏忽，严重时可能会造成生命危险。

吴昊不敢大意，严格复核相关产品的技术状态。为确保训练流程与真实出舱程序尽可能保持一致，她精心设计训练内容和流程，与各分系统指挥反复推演训练协同指挥程序。

那段时间，吴昊几乎每天早上不到7点就出了家门，晚上将近12点才回到家。白天组织训练，晚上编写文件，连续作战40天，终于在腊月二十九如期完成了任务。

大年初二一大早，当春节气氛正浓时，吴昊又悄悄地撇下仅团聚两天的家人们，返回工作岗位，继续备战下一阶段出舱活动训练。

作为出舱活动训练组唯一的女教员，吴昊认为，教员没有男女之分，只有优秀和及格之分。而她的目标是向优秀努力。
引起她共鸣的，是航天员总教头黄伟芬说的那段话，当个人的理想与追求能够和国家重大战略需求交会对接时，个人的潜能就会被极大地激发。所有的苦都是乐。

在工作上独当一面的吴昊，生活也有声有色。她有一对可爱的儿女，翻看吴昊的微信朋友圈，基本都是有关孩子们的分享。她还擅长烘焙，一有空就给孩子们制作蛋糕。不过，由于工作忙的缘故，孩子们常说她是看不见的妈妈。

高负荷高强度的工作，都击垮不了吴昊，孩子们的话却曾让她泪崩。

一个周末，她吃过早饭，正要收拾东西去加班。见此，两个孩子警觉地问：妈妈，你要干什么？得知妈妈要去加班时，孩子们不说话了。

当吴昊出门时，女儿一直把妈妈送到电梯口，喊着：妈妈，再见！直到电梯门上往下走，女儿的声音还在楼道里一遍遍响起。

吴昊忍着泪，心里想着的是，孩子，妈妈与你再见，是为了让全国人民都能看到航天员最棒的一面。

现在，3名航天员在核心舱胜利会师，神舟十三号首次出舱任务圆满成功。吴昊终于可以暂时松一口气，她说，可以把出舱成功这个来自太空的礼物带给孩子们了。

十年进舱千余次 揭秘飞天背后的宇宙级试驾驶员

复杂的操作平台、操作界面，不能仅靠航天员自己去摸索或进行冰冷的纸面教程学习，这时候，飞船工程师就成了航天器与航天员之间最生动的桥梁。

他说，飞船工程师们将自己作为航天员的替身，在型号开展地面测试时代替航天员进行各项测试工作，以检验仪表显示、手动操作、故障处置等方面是否满足要求。

作为航天产品的设计者和改进者，我们必须对每一个细节了然于胸，对飞船上的每一个部件、测试中的每一条操控指令如数家珍。高旭说。

测试是航天器型号的常规工作，但对飞船工程师而言，进入舱内时往往需要转变角色，把自己当作航天员去操作航天器。

中国航天科技集团五院神舟载人飞船系统主管设计师明章鹏将这个过程的试驾，这辆车好不好开，你需要一次次去尝试、提问、调整、改进，帮助航天员了解和熟悉航天器的脾气秉性，确保每一艘生命之舟安全往返。

当我们和航天器进行一次又一次的互动时，它就不仅仅是产品了，我们与它息息相通。明章鹏说，为了满足工效学的设计要求，让航天员能够更好地开展工作，我们需要从设计师的角色向使用者的角色转变，发现航天器产品的问题，并给设计团队提出反馈，实现产品设计的进一步优化。

十年进舱千余次

从2011年至今，十年间，飞船工程师团队零差错地保障了神舟八号至神舟十三号6个型号的发射任务，累计进舱千余次。

自载人航天事业起步以来，面对大量的技术空白，载人航天研制队伍没有退缩，而是迎难而上，以独立自主突破技术为目标，一步一个脚印，

自主突破和掌握了载人航天的核心关键技术。中国载人航天工程副总设计师张柏楠说。

2011年博士毕业的高旭，从神舟九号开始，就扎根在了航天科技集团五院型号总体的岗位上，同时担任飞船工程师。在大家眼中，他是为了工作不顾一切的拼命三郎。

飞船工程师团队，以及整个神舟队伍始终都保持着高昂的战斗力和战斗力，载人飞船有14个分系统，600余台设备，面对如此复杂的系统，我们始终像紧紧团结的木桶，没有人后退，只会冲上前去，把事情往前推进。高旭说。

飞船工程师任长伟此前为配合测试进度，持续进舱时间常常超过十几个小时。那段时间里，他除了承受电子辐射外，还要面对舱内噪声以及设备发热等带来的不适。

历经神舟飞船全部型号，现任神舟载人飞船产品保证负责人的陈同祥看着年轻人的成长很欣慰，同时也心疼着这些在历练中成长起来的技术骨干。

她告诉记者，这些年轻人都怀着赤诚之心、赤子之情，他们为了手中的工作，都可以不顾一切、少眠少休，只为功名。

我们每个人的工作直接关系到航天员的生命安全，没有差不多的选项，我们都在追求极致！任长伟说。

这届年轻人能干事

按照我国载人航天工程规划，空间站建造阶段将发射神舟十二号至神舟十五号共计4艘载人飞船与空间站核心舱交会对接，执行航天员及物品天地往返运输任务。

在这决战决胜的关键阶段，神舟十二号载人飞船安全返回，神舟十三号成功发射，神舟十四号待命出征，随着滚动发射模式逐步确立，飞船工程师的工作压力成倍增加，但是他们总是乐观面对

中青报 中青网记者 邱晨辉

11月8日凌晨，航天员翟志刚、王亚平安全返回中国空间站天和核心舱，至此，神舟十三号航天员乘组第一次出舱活动取得圆满成功。出舱活动中，被称作百变金刚的中国臂的空间站核心舱机械臂再次耀耀太空，引发关注。

核心舱机械臂展开长度为10米，最多能承载25吨的重量，是空间站任务中的大力士，其主要承担舱段方位、航天员出舱活动、舱外货物搬运、舱外状态检查、舱外大型设备维护等8大类在轨任务。

据中国航天科技集团五院空间站机械臂飞控负责人高升介绍，空间站核心舱机械臂是我国首个可长期在太空轨道运行的机械臂，其肩部设置了3个关节、肘部设置了1个关节、腕部设置了3个关节，一共7个关节，每个关节对应一个自由度，就如同人的手臂一般，具有较为灵活的活动能力。

在这次出舱活动中，核心舱机械臂托举航天员到达指定位置开展出舱操作，顺利完成了机械臂级联装置的安装工作，为后续实现擎天巨臂的组合打下扎实基础。高升说。

打通任督二脉

据高升介绍，空间站机械臂由天和核心舱机械臂和问天实验舱机械臂组成，前者是大臂，后者是小臂。

按照空间站关键技术验证及建造阶段的任务规划，实验舱机械臂将随问天实验舱一起发射入轨，并将在太空中与天和核心舱机械臂完成大小臂在轨组合。要实现这一操作，并不容易。

高升告诉记者，核心舱机械臂长度为10米，实验舱机械臂长度为5米，两者体型差异较大，端口设计有较大差别。如何做好两个机械臂的对接，实现1+1=1的效果，对研制团队来说是一个巨大的创新难题。

此次出舱活动的重要配角机械臂级联装置，由双臂组合转接件和悬挂装置组成，是空间站机械臂实现组合动作的关键装备。其中，双臂组合转接件更是被研制人员形象地比喻为宇宙级机械臂转接头。

有了双臂组合转接件这个宇宙级机械臂转接头，不仅可以四两拨千斤，有助于完成两个机械臂的接口互连，还可以实现两者间电气和信息的互通，在恶劣的太空环境中安全打通两个机械臂之间的任督二脉。高升说。

他告诉记者，随着我国空间站建设顺利推进，双臂组合转接件将帮助两个形态截然不同的机械臂，完成转接，保证组合机械臂具备承载更大载荷进行大范围转移的能力。

收刀回鞘

那么，双臂组合转接件和悬挂装置之间到底是什么关系？

中国航天科技集团五院空间站机械臂悬挂装置主管设计师高翔宇打了个比方：如果把双臂组合转接件比作刀鞘，那么悬挂装置就是刀鞘。

在11月7-8日的出舱活动中，航天员需要在天和核心舱舱壁上安装悬挂装置，并确认抱爪结构，用于捕获和存放双臂组合转接件，为后者提供电源。

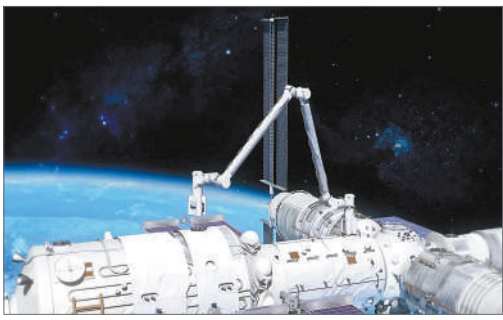
完成悬挂装置安装后，航天员翟志刚轻推双臂组合转接件进入卡口位置。这时，悬挂装置则在指令的遥控下，通过抱爪结构将双臂组合转接件抓住，并将其拥入怀中。

高翔宇告诉记者，未来，当空间站的两个机械臂开展对接工作时，天和核心舱机械臂将主动探问双臂组合转接件，通过末端视觉相机识别靶标，将其从悬挂装置上精准取出，进而完成与问天实验舱机械臂的组合，形成更长、更稳定的灵巧型空间机器人。

这不仅让世界首次，更是中国智慧的重要体现。高翔宇说。

到那时，空间站机械臂的总长度，将拓展至14.5米，活动范围可直接覆盖空间站三个舱段，随时实现对空间站舱体表面的巡检。在完成在轨任务后，空间站机械臂又要回到大小机械臂两个部分，这时，双臂组合转接件自然是收刀入鞘。由核心舱机械臂将双臂组合转接件重新放回悬挂装置之中。

中国航天科技集团五院空间站机械臂双臂组合转接件主管设计师朱超憧憬着两个机械臂组装起来的壮观模样，他说，在空间站未来完成三舱组合后，航天员出舱任务大部分将由组合臂的形式完成，进一步向世界展示着中国智慧。



中国空间站核心舱机械臂示意图。中国航天科技集团五院供图