

太空出舱幕后故事

天上做的每一个动作,都有地上的模拟训练

中青报 中青网记者 邱晨辉

7月4日,在中国空间站天和核心舱内外,神舟十二号航天员聂海胜、刘伯明和汤洪波携手打赢了一场约7个小时的太空出舱配合战。

这是继2008年神舟七号载人飞行任务后,中国航天员再次实施的空间出舱活动,也是中国空间站阶段航天员首次出舱活动。

太空出舱在天宫上演期间,中国航天员中心的航天员教员赵阳实时盯着屏幕上的出舱画面,为地面作后续任务的航天员同步解读出舱程序。为了这次出舱活动,他曾和航天员一起在水下训练4个月,忙起来一天只睡4小时。

出舱任务成功的消息让他长舒一口气。他想起航天员常说的那句话:纵然脚下没有土地,但我依然能够坚定地迈出每一步;纵然飞行没有翅膀,但我依然能够勇敢地张开双手。而在航天员出征宇宙的道路上,我们这些航天员教员始终在身边。

天上做的每一个动作,都有地上的模拟训练

2008年9月27日,神舟七号航天员翟志刚完成出舱太空行走,成功返回轨道舱,标志着我国历史上第一次太空行走成功完成,更标志着中国成为继美苏之后,第三个独立掌握空间出舱技术的国家。

而从今年开始,我国将有更多的航天员漫步太空。7月4日,刘伯明和汤洪波的空间站出舱活动,就是一个开始。

与神舟七号突破出舱技术相比,此次空间站任务,航天员出舱时间将由半小时提升到6小时以上;空间站舱外建造、舱外设备安装、维护、维修、更换和试验样品回收等等,都需要出舱活动。

2006年,赵阳就被任命为航天员出舱活动主教员,参与了神舟七号任务出舱活动训练。从2017年开始,他承担起航天员空间站出舱活动模拟训练的任务。

他告诉记者,天上做的每一个动作,地上的模拟训练就必须反复练,直到形成身体的肌肉记忆。

在航天员出征前,赵阳经常和他们一起泡在水槽里,每天要按照出舱活动6小时的标准,开展作业技能训练。

赵阳介绍,为了全面模拟太空的种种特殊环境因素,光模拟训练就分解为出舱活动模拟器、水槽、低压舱等多个训练现场。

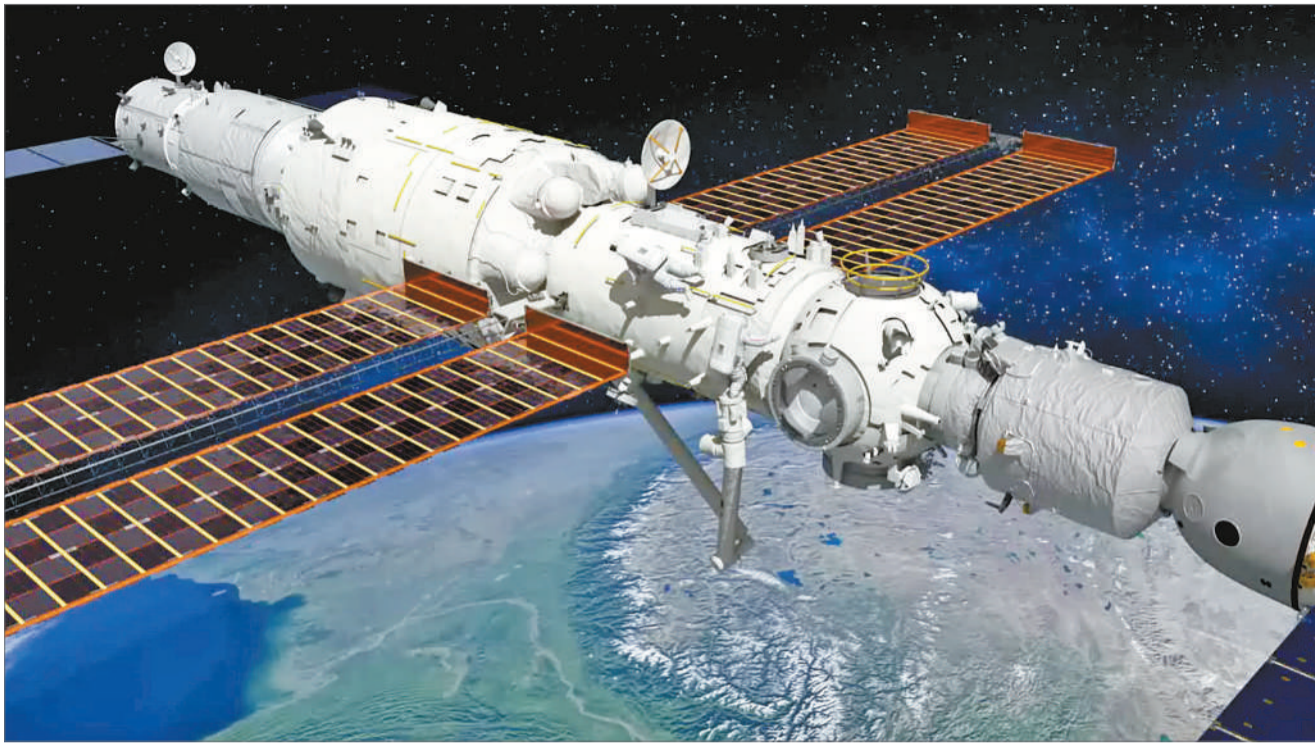
这些现场中,航天员将处于悬吊、低压和水下等特殊环境,不确定因素多,危险系数大。因此,航天员顾虑的,教员必须先想到,航天员做到的,教员必须先做到。

要为中国航天探索舱外活动训练的道路,并形成模拟失重环境舱外活动及作业训练标准,难度之大,可想而知。赵阳说。因为,无论有多努力,地上是无法完全模拟天上的实际情况。这一点,他十分清楚。

出舱期间需要应急返回怎么办

航天员在出舱活动期间,需要应急返回怎么办?

在7月4日的出舱活动中,就有一场应急返回演练,主角是汤洪波。



航天员太空出舱模拟图。

中国航天科技集团五院供图

在这项工作中,汤洪波要徒手爬到空间站天和核心舱最远处。接到撤离指令后,他第一时间折回,以最快速度返回舱口,并直接进入节点舱。

中国航天科技集团五院空间站系统总体副主任设计师汤溢说,舱外活动非常考验航天员的臂力,人在失重环境下很难控制自己,轻轻移动就出去了,可要想停下来就得花很大力气。

事实上,这种应急返回场景,航天员在地面时就曾多次在水中演练,为的就是必要时刻为自己赢得一线生机。

赵阳说,训练,就要将各种可能的情况都训练到。

为了确保训练设计能够满足要求,立足最极端的情况,航天员在空间站最远端的工作点,而机械臂万一出现故障,不能转运航天员返回,航天员只能自主应急返回。赵阳说。

回舱的路拐来拐去,并不顺畅。

直线路径约10多米的距离,航天员必须依靠安全系绳,借助舱壁上的固定扶手,绕开太阳翼支座等多个障碍物,在多次调整身体姿态后才能安全、快速地返回。

在水深10米、直径23米的巨大水槽中,空间站水下训练模型如同一个庞然大物,静静卧在水底。

这就是模拟出舱训练的主要现场。

要突破地面的条件限制,尽可能模拟外太空环境。赵阳严格设计训练场景,分解到每个动作,帮助航天员迅速、安全地找到返回的路。

每次训练,他与航天员一起,将应急返回的时间一分一秒地缩短。

前期,赵阳穿着水下服一口气在水下训练了5小时58分。虽是模拟太空出舱,但由于并非处于失重环境,水的阻力很大,举手投足十分费劲,几个小时下来,浑身酸痛。

事非亲历,不知其因。经过多次反复训练,赵阳总结出了训练的重难点,找到了最佳操作角度。以机械臂状态设置为例,他花了两个半小时找到了最佳坐标值,正式训练时,按照坐标值,两分钟就可以设置好。

作为出舱活动训练组组长,赵阳参与

编写的《航天员出舱活动训练实施方案》,包括水下训练方案细则、指挥程序等6个文件共80多页。训练涉及的数百类上千个产品,大到舱外服的训练次数,小到电极的型号数量,他都了然于胸。

航天员选拔与训练研究室副主任范维荣说:别看训练时主要在水下,其实他才是整场水下训练的幕后导演。

航天员说:有他在,我们安心。

47道工序打造太空面窗

每一起事故的背后,都有9次轻微事故和300起未遂先兆,以及100起事故隐患。成功是差一点点失败,失败是差一点点成功。质量第一,生命至上。

这些标语在中国航天员中心的训练大厅、试验厂房、实验室到处可见。载人航天,人命关天,而出舱活动中,最关乎安全的,非舱外服莫属。

有人说,这120公斤重的舱外服,就是航天员执行出舱活动的铠甲。它像一个形飞船,充上一定的压力后,保护航天员的生命安全,抵御外太空的高低温、真空、强辐射等环境因素。

舱外服上的头盔面窗,则是航天员进行出舱活动时观察外界的窗口。

在7月4日的出舱任务中,刘伯明透过面窗看到太空景象,感叹道:哇,这外面太漂亮了!

没有看到满天繁星吗?之后,聂海胜又忍不住问。

赵阳告诉记者,头盔面窗有多层,最里层名为双层压力面窗,它是整个头盔的承压密封结构,呈曲面型,直接关系到航天员的生命安全。要做到绝对安全可靠,且不说它的承压材料要经过多少轮的选择、测试,光密封加缝合就耗时两个月,一共完成47道工序,涉及的工艺程文件摞起来约10厘米厚。

这些工序包括除尘、粘胶、缝合、密封等,听起来简单,但流程相当复杂、严格、细致。就拿面窗除尘来说,要先吹洗,再不间断擦拭两小时左右,直到肉眼看不到一丝灰尘。

中国航天员中心装束部副部长邓小伟介绍,粘胶要分多轮逐步进行,每次粘胶完,都要将其放到恒温恒湿箱里进行胶固化,再进行气密性测试以及低温露点测试,可视区还要进行充分的氮气置换,防止夹层中残留的水汽在低温情况下起雾影响视线。

这一套严密的工序,是邓小伟带着车间工人花了近一年的时间研制摸索,做了10多套样品后确定的工艺标准。空间站任务中新型舱外服、新型面窗,一切都在摸索中前进。

一次,在对可视区夹层进行氮气吹除时,有两粒胶的碎末,进入密封的面窗夹层。

这两个碎末也就沙粒大小,吸附在面窗夹层下沿,理论上对视觉没什么大的影响,却成了技师的眼中钉、心头刺。他们尝试了各种办法,最终只能将碎末扫除到边缘区域,就是无法吸出。

邓小伟说,为了做出完美的面窗,他们从生产流程入手,改变生产工序,采用先预埋空心针再进行内外层面窗粘合的方法,彻底解决了密封胶刺产生多余物的这个问题。

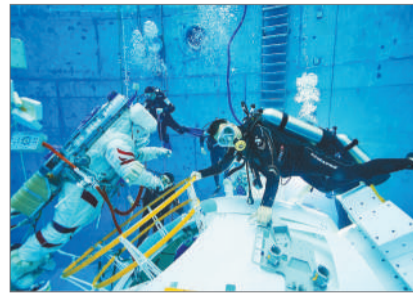
一个面窗尚且如此精益求精,一套由100余个单机产品组成的舱外服,其复杂程度可见一斑。

奋战6年研发太空跑步机

保障航天员在轨生命安全的舱外航天服和环控生保产品固然重要,保障航天员在轨健康的医监医保设备同样重要。比如,在空间站任务中首次亮相的太空跑步机。

很多人还记得在神舟十一号飞行任务中,景海鹏和陈冬太空跑步的情形。当时,他们做的就是跑台束缚系统技术验证。景海鹏和陈冬穿上束缚装置,在简易跑步装置上试验了多次以后,终于轻松地跑了起来。

研究表明,航天员在太空失重环境中容易产生心肺功能减弱、血量减少、下肢肌肉萎缩、骨质疏松等问题,长期下去会影响航天员的健康和在轨工作能力。太空跑



赵阳(右)辅助航天员进行水下训练。中国航天员中心供图 孔方舟/摄

台就是针对这些不利影响而采取的一项防护手段。在神舟十二号任务中,航天员每天运动时间一般不少于两小时。

跑台设计人员余新明告诉记者,太空跑台与人们所见的跑步机外观类似,不同的是,由于太空的微重力环境,跑台要有隔振设计、束缚带和力负荷加载装置等。

对于中国航天员中心健康保障工程室的跑台设计团队,横亘在他们面前的拦路虎就是隔振设计。

余新明说,由于跑步时,人体足底需要承受3到6倍自身体重的冲击力,会对空间站产生严重的影响。他们研究后发现,采用隔振设计,将冲击力降到30公斤以内,既保持跑台自身的相对稳定性,又不影响空间站上其他设备的运行。

没有任何经验借鉴,太空跑台设备研制整整用了6年,这其中隔振设计从理论研制到工程实现就跨时4年。

如何模拟太空失重环境得到精确的设备参数值?研制团队想方设法将跑台悬吊起来,人躺在坐垫上,将腿部悬空束缚在跑台上,躺着跑步,然后在跑台各个方向测冲击力。他们选取了不同性别、年龄、身高、速度的情况全面科学采集数据。反复测试,反复调整设备参数。

当时试验就在一个空荡荡的车间里进行,正值冬天,车间没有暖气,门还敞开着,大家在现场被冻得瑟瑟发抖。余新明说。就这样持续了一个月,终于获得了正确的设备参数。

此时,他们又碰到下一个拦路虎:跑台使用时产生轻微噪声,不符合空间站降噪标准。

项目副总师刘伟带领团队人员前往厂家。他们用噪声计测,趴在跑台各处用耳朵仔细分辨,最后定位到数十个具体噪声源部件,经过一遍遍调整,一次次拆装,一场场测试后,噪音下降到一定数值后,就不再下降了,但离标准还差一点点。

眼看着山穷水尽了,厂家人员说:跑台使用时才产生噪音,又不是全天候都有,而且就差一点,大不了戴个防噪音耳罩,影响不大。

刘伟坚决表示反对:不行!

他的理由很简单,一切上天的设备,都要考虑航天员的身心健康,必须给他们创造舒适的环境,要尽力减少噪声源。

最后,他们采用惠可移山的笨方法,把1000来个零配件逐一进行审查、完善装配工艺。在所有的零配件工艺都优化了一遍后,噪音数值终于达标。

6月28日,空间站核心舱的摄像机拍到这样的画面:聂海胜在跑台上迈着太空步,汤洪波则取过相机,为他拍下跑步的音像资料。

航天员时刻保持良好的身心状态,这是为了7月4日的首次出舱任务,也是为了下一次的太空出舱作准备。

舱外维修与辅助工具也首次亮相。

此次刘伯明、汤洪波身着的新一代飞天舱外航天服为中国自主研制,航天服经改进后,能满足身高1.6米到1.8米的人穿着,还能根据航天员的体型进行调整,且穿脱方便快捷。

此外,柏林厚介绍,舱外维修与辅助工具由五院研制,可协助航天员有效克服在轨舱外航天服状态下手套充压后操作不便、航天员需单手操作难度大、在轨防飘要求高等难题,具备辅助航天员在轨舱外航天服状态下开展舱外行走、位姿转换、设备更换、产品安全防护等多项功能,是航天员执行舱外活动必不可少的工具。

他告诉记者,为了确保舱外维修与辅助工具的健康状态良好,满足首次出舱任务需求,在首次出舱之前,航天员已在舱内进行了维修工具的健康状态检查、使用状态设置等各项工作,确保满足出舱应用需求。

据他介绍,舱外维修与辅助工具不仅有用于舱外设备维修的舱外电动工具、舱外扳手、通用把手等工具,也有各种配合航天员舱外姿态稳定、转换的便携式脚限位器、舱外操作台等辅助工具。

作为空间站维修工具产品的一号选手,舱外电动工具是此次维修任务用到的唯一一个机电类工具,可以适应舱外复杂的真空和高低温环境,具有定力矩拧紧、放松的工作模式,并且设置有休眠模式。

柏林厚介绍,舱外辅助维修工具包含便携式脚限位器、舱外操作台、两种便携式安全带及微型工作台。便携式脚限位器是此次维修任务中机构设计最为复杂的产品,共设计旋转、俯仰、滚转、偏航4个关节自由度,可协助航天员在舱外调整至执行任务的工作姿态。

柏林厚说,舱外辅助维修工具不仅用于舱外设备维修的舱外电动工具、舱外扳手、通用把手等工具,也有各种配合航天员舱外姿态稳定、转换的便携式脚限位器、舱外操作台等辅助工具。

神舟十二号航天员乘组自6月17日进驻天和核心舱以来,按计划开展了各项工作,目前3名航天员状态良好,后续在轨飞行期间还将进行一次出舱活动。

中青报 中青网记者 邱晨辉
通讯员 王然

这外面太漂亮了!

在7月4日神舟十二号航天员乘组首次出舱任务中,航天员刘伯明的这一声感叹刷屏了。地球上的人几乎是第一时间从电视里听到这句话,与航天员一起分享喜悦,这种信息同步离不开我国中继卫星系统的支撑。

北京空间信息传输中心地面站工程师罗军告诉记者,从2008年翟志刚的我已出舱,感觉良好,到2021年刘伯明的这外面太漂亮了,中继卫星系统每次都能记录下航天员出舱时的第一声赞叹,每次都能将中国人在太空中的身影第一时间传回。

2003年,航天英雄杨利伟进入太空,中华民族千年飞天梦圆。其间,他数次与地面控制站进行天地通话,但每次都有着严格的时间窗口限制。

那时,我国境内的观测站有效保持通信时间是相当有限的。而天链系列中继卫星的诞生,在很大程度上解决了这个问题。

简单来说,中继卫星就是太空数据中转站,可为中、低轨道航天器提供地基测控、数据中继服务。这相当于把地面测控站提升到几万公里的轨道高度,依照各类航天器、飞行器的不同数据应用部门,把他们产生的各类数据分别进行实时转发,这样,既提高了数据回传时效性,也增强了应急协调联动能力。

据北京空间信息传输中心专家介绍,一颗天链卫星能观测到中、低轨道航天器的一半轨道,两颗天链卫星能覆盖大部分轨道,三颗天链卫星组网就可实现全球覆盖。

2008年9月27日,航天员翟志刚那句我已出舱,感觉良好!从遥远太空中的神舟七号飞船舱外传回地面,又通过新闻直播传遍全球,引爆了国人空前的逐梦太空热情。

这也是天链系列中继卫星系统在载人航天任务中的首秀。

2016年,在天宫二号与神舟十一号载人飞行任务中,天链一号卫星与自动交会对接、手控交会对接、飞船撤离、返回及搜救回收提供了全过程地基测控服务。同时,也为航天员景海鹏、陈冬与地面天地通话天地双向视频通话,提供了有力技术支持。

如今,已经有两代5颗中继卫星遨游太空,天链01星的弟弟们接过了地基测控的接力棒,为空间站任务提供地基测控与数据中继服务。

在7月4日的出舱任务中,北京空间信息传输中心针对出舱活动持续时间、测控连续性要求高等特点,在天链一号03、04星接力跟踪基础上,使用天链二号01星保障了航天员出舱活动的连续性。

罗军介绍,在此次时长约7小时的出舱活动中,各分系统密切配合,圆满完成了出舱活动的地基测控任务,为地面实时观测航天员出舱状态、航天员与地面之间对话通提供了有效高速的语音图像中语传输服务。

在今年进行的神舟十二号任务中,我国自主研制的第二代中继卫星天链二号01星,首次亮相载人航天任务,二代中继卫星系统具备更广泛的全景波束,更高速率的传输速度,更强能力的多目标支持等特点,两代系统接力组网,成为飞船与核心舱自主快速交会对接的重要测控手段之一。

罗军说,在太空中安装无线WiFi、使用手机App、使用无线耳机通话这一切,都有着天链中继卫星系统在背后的支撑。

地面站是中继卫星系统联接地的重要一环,自空间站任务开启以来,罗军与其他分布在中国各地的地面站工作人员一直坚守在岗位上,确保天地间数据传输正常。为了完成此次出舱任务,他们提前进行了多次系统状态检查,充分考虑不良天气、应急事件处置等突发情况,制订了详实的方案预案,进一步提高了执行任务的稳定性、可靠性。

北京空间信息传输中心地面站站长王磊说:无论是7小时、70小时还是700小时,我们都将坚守岗位,认真监视链路状态,确保航天员与地面能够随时沟通,地面空间站的状态能够全时全天候掌握。

中国空间站出舱利器大揭秘

中青报 中青网记者 邱晨辉

北京时间7月4日14时57分,神舟十二号航天员乘组密切协同,圆满完成出舱活动期间全部既定任务,航天员刘伯明、汤洪波安全返回天和核心舱,整个出舱活动历时约7小时,牵动人心。

百变金刚 中国臂 究竟神奇在哪儿

当天8时11分,航天员刘伯明成功开启天和核心舱节点舱出舱舱门。截至11时02分,刘伯明、汤洪波已先后从天和核心舱节点舱成功出舱,并已完成在机械臂上安装脚限位器和舱外工作台等工作。



在地面进行研发试验的空间站核心舱机械臂。

中国航天科技集团五院供图

在此次出舱任务中,空间站核心舱机械臂首次托举刘伯明到指定位置圆满完成出舱操作,抬升天和核心舱舱外全景相机的位置,并验证了机械臂的大范围转移能力。

空间站核心舱机械臂是目前我国同类航天产品中复杂度最高、规模最大、控制精度最高的空间智能机械系统。这条被称为百变金刚的中国臂,自从上了天就备受关注。

中国航天科技集团五院空间站机械臂控制系统主任设计师梁春说,核心舱机械臂展开长度为10.2米,最多能承载25吨的重量,是空间站任务中的大力士,其主要承担舱段转位、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八大类在轨任务,为航天员出舱顺利开展出舱任务提供强有力的保证。

据他介绍,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,具有七自由度的活动能力。

在这次出舱任务中,3名航天员都有明确分工。出舱的两名航天员,一人要为机械臂安装上臂支架,包括脚限位器、工作台等,随后借助机械臂进行移动。另一名航天员借助舱壁上安装的扶手,爬行一段距离到作业点进行辅助工作。

梁春告诉记者,由于核心舱机械臂采用肩3肘1腕3的关节配置方案,肩部和腕部关节配置相同,意味着机械臂两端活动功能是一样的。

同时,机械臂的肩部与腕部各安装了一个末端执行器,作为机器臂的触手,末端执行器可以对接舱体表面安装的目标适配器,机械臂通过末端执行器与目标适配器对接与分离,同时配合各关节的联合运动,从而实现在舱体上的爬行转移。

梁春说,为实现整个机械臂的平稳运行和精确定位,空间站机械臂各处装有控制大脑,包括1套机械臂中央控制器、7套关节控制器和两套末端端控制器。

航天员出舱后靠啥与地面联系

进行出舱活动时,与地面建立高速及时的通信联系尤为重要。出舱活动不仅是对航天员的全方位考验,也是对空间站天和核心舱与地面测控站间通信能力的一大考验。

首次亮相的出舱工具包 都有啥

为航天员执行出舱任务的机械伙