

进入空间站天和核心舱,神舟十二号航天员乘组在400公里左右高度的地球轨道已驻留1个多月,创造了新的中国航天纪录。

自进入天和核心舱的那一刻起,航天员就把地球的生活搬上太空,生活越来越自如:不用靠地面运送,就可以在太空呼吸新鲜的空气,饮用清洁的循环水;在太空厨房,他们喝着自产的酸奶,吃着口味丰富的热饭菜;他们可以在核心舱内自如地跑步、舒畅地睡觉,走出舱外安全地进行太空行走……

航天员在太空顺利度过的每一天,其实都有着地面的24小时陪伴和守护。

## 太空生活,离不开这些好帮手

□余建斌 占康

一切为了出舱

北京时间2021年7月4日14时57分,经过约7小时的出舱活动,神舟十二号航天员乘组密切协同,圆满完成全部既定任务,标志着我国空间站阶段航天员第一次出舱活动取得圆满成功。

整个出舱活动中,在中国航天员中心航天员支持室内,结合实时显示的出舱画面,航天员教员赵阳同步解读出舱程序。任务成功,航天员刘伯明、汤洪波安全返回天和核心舱,赵阳长舒了口气。

航天员出舱活动是我国空间站任务的重中之重。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。

与神舟七号突破出舱技术相比,神舟十二号航天员出舱时间由半小时提升到6小时以上,舱外作业任务量加大、难度提升,困难和挑战前所未有。从2017年开始,赵阳承担起航天员空间站出舱活动模拟训练的任务。随着任务临近,赵阳天天泡在水槽里,每天按照出舱活动6小时的标准,与航天员一起开展训练。连续水下训练4个月,忙起来一天只睡4个小时,只吃一顿饭。

训练,要把各种可能的情况都训练到。比如,航天员在出舱活动期间,如果需要应急返回怎么办?

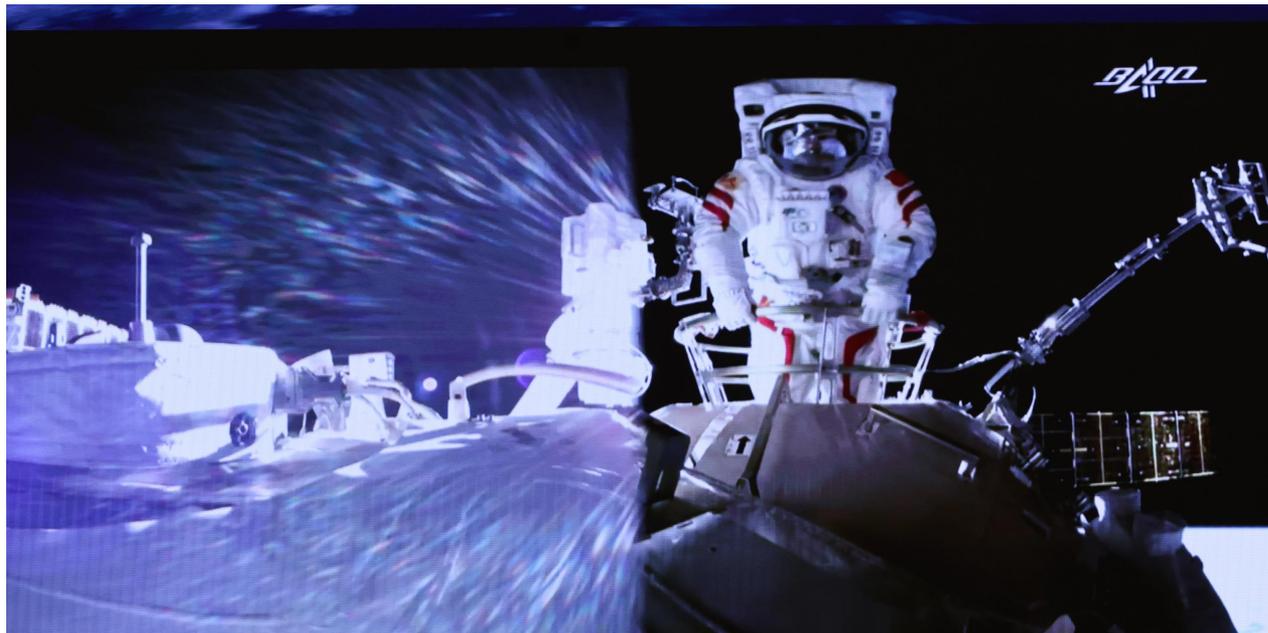
为了确保训练设计能够满足要求,赵阳和团队考虑了最极端的情况:航天员在空间站最远端的工作点,机械臂万一出现故障、不能转运航天员返回,航天员只能自主应急返回。但回舱的路拐来拐去,并不顺畅。直线路径10多米的距离,航天员必须依靠安全系绳,借助舱壁上的固定扶手,绕开太阳翼支座等多个大障碍物,在多次调整身体姿态后才能安全、快速地返回。

为了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,细化到每个姿态,帮助航天员迅速、安全地找到返回的路。每次训练,他都与航天员一起,将应急返回的时间一分一秒地缩短。

对航天员教员来说,航天员顾虑的,他们必须先想到;航天员做到的,他们必须先做到。超重耐力训练、低压训练、模拟失重训练、野外生存训练等凡是涉及生理极限、危险的训练,航天员教员都是第一个“吃螃蟹”的人。

救生训练,是为了训练飞船降落在应急着陆区、救援人员不能按时到达的情况下,航天员必须完成自主出舱和野外生存的任务,继而进行恶劣自然条件下的野外探险。为了选取合适的训练场景,航天员教员团队曾在热带丛林中,冒着野象踩踏和毒虫攻击的危险勘察选址。

在巴丹吉林沙漠,航天员教员团队开展48小时的预训练。昼夜温差高达39摄氏度,夜里,大家挤在沙漠掩体里,虽然用火烤着,但后背还是一片冰凉。就这样,他们验证了航天员沙漠生存训练科目设计的合理性和可行性。



北京航天飞行控制中心大屏拍摄的航天员刘伯明在舱外工作场面。新华社发

让「太空铠甲」更坚固

航天员在空间站执行出舱活动,面对的是300-450公里轨道高度的空间环境,也就是真空、失重和以90分钟为周期的±12摄氏度左右的冷热交变、微流尘/碎片和空间辐射。100多公斤重的舱外服,好比航天员执行出舱活动的铠甲。它像一个人形飞船,充上一定压力后,抵御外太空的高低温、真空、强辐射等,保护着航天员的生命安全。

中国航天员中心航天服工程研究室主任、载人航天工程航天员系统副总设计师张万欣介绍说,比起首次出舱的“神七”任务,空间站任务中航天员要进行长时间的舱外操作,对舱外服性能提出的要求更高,需要具备使用时间更长、安全可靠更高、机动灵活性更好、测试维修性更强的特点。

舱外服上的头盔面窗,是航天员进行出舱活动时观察外界的窗口,由中国航天员中心研装部服装车间生产。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,直接关系到航天员的生命安全。为做到绝对安全可靠,承压材料要经过多轮选择、测试,除尘、粘胶、缝合、密封等47道工序足足花了两个月。

中国航天员中心研装部副部长邓小伟说,这些工序听起来简单,但流程相当复杂、严格、细致。在

双层压力面窗制作过程中,有一次,有两粒密封胶的碎末进入了密封的面窗夹层。

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,却成了技术人员的“眼中钉”。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。为了做出完美的面窗,技术人员改变生产工序,彻底解决了密封胶穿刺产生多余物这个问题。

舱外航天服完工后,在航天员穿上它之前,还有最后一项关键试验——舱外服载人低压试验。

这需要志愿者穿着全新舱外服进入低压舱进行试验。这项试验的危险之处在于,当舱内泄压到近乎真空状态,一旦舱外航天服出现某个细微的故障,将直接威胁到志愿者的生命安全。

2020年9月,航天员中心在舱外服试验舱大厅内再次启动舱外服载人低压试验,这距离首次舱外服载人低压试验已是12年又4个月。

“报告,任务完成,身体状态感觉良好!”历经17小时,两名志愿者从模拟在轨真空环境的舱外服试验舱中,经历了出舱活动任务中实际泄复压过程,顺利执行了出舱活动程序后成功出舱。所有人一直悬着的心终于放了下来,现场响起了热烈的掌声。

保障航天员健康生活

在以往的载人飞行任务中,航天员在太空生存所需的氧气和水都从地面携带,也就是非再生式环境控制与生命保障系统。而在空间站上,航天员在轨时长超过3个月,仅靠地面补给不仅代价高昂,而且也不能满足任务需要。因此,在空间站天和核心舱内,环控生保系统通过应用再生生命保障技术,首次实现舱内的氧气和水循环使用。

在密闭狭小的空间站舱内制造一个类似地球环境的可循环生命保障系统,且长时间稳定运行,难度可想而知。这个空间站任务的关键技术,由中国航天员中心环控生保室来攻克。

微重力条件下,水气分离是个难题。无论是电解制氧、水处理、尿处理,还是冷凝水收集、尿液收集,都要用到水气分离装置。太空中的水气分离装置,没有现成产品。研制团队走访了国内十几家大学和科研院所,做了数千次的试验,直到装置满足寿命、可靠性和稳定性等要求。实际上,水气分离装置的研制从设计、研发、测试到正式应用,花了近10年时间。

再生生命保障技术的运用,大幅减轻了

地面的补给压力。按照3人在轨飞行计算,每年可以节省消耗性物资达6吨。

此次在空间站任务中首次亮相的太空跑台,属于保障航天员在轨健康的医监医保设备,格外引人注目。

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。太空跑台就是针对这些不利影响采取的一项防护手段。

太空跑台与人们常见的跑步机外观类似,但由于太空的微重力环境,太空跑台的设计和地面截然不同。

对于航天员中心航天员健康保障工程室的跑台设计团队来说,隔振设计是个“拦路虎”。航天员跑步时,人体足底需要承受3-6倍自身体重的冲击力,会对空间站产生严重的影响。最终,跑台设计团队通过巧妙设计,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。为了让航天员在太空轻松“跑”起来,太空跑台设备研制花了6年,隔振设计从理论研制到工程实现则用了4年左右时间。据《人民日报》