

“飞天”航天服到底什么模样?

——设计师详解中国舱外航天服

新华社记者 白瑞雪 孙彦新

名字叫“飞天”，重量120公斤，造价约3000万元，可靠系数0.997，可以支持4个小时的舱外活动……

神七航天员出舱行走，舱外航天服是关键。

中国自主研发的舱外服是什么模样？它在航天员出舱行走过程中到底会起到什么样的作用？来自中国航天员科研训练中心的设计师们一一揭开这些数字背后的“谜底”。

穿在身上的“飞船”

记者观察：

最高能达到2米，躯干像盔甲，四肢像面包，再背上1.30米的大背包……谁要是走在大街上穿上这么一身“行头”，一定会被当做“天外客”。

这就是中国的舱外航天服，在没有加压的状态下，软软地躺在中国航天员中心的一间实验室里。

服装通体纯白，从上到下依次是头盔、上肢、躯干、下肢、压力手套、靴子。从内到外，则分为6层：由特殊防静电处理过的棉布织成的舒适层、橡胶质地的备份气密层、复合关节结构组成的主气密层、涤纶面料的限制层、通过红外反射来实现隔热的隔热层、最外面的外防护层。服装的四肢装有调节带，通过调节上臂、小臂和下肢的长度，身高1.60米-1.80米的人都能穿上这套衣服。

壁薄仅1.5毫米的铝合金躯干外壳上密集分布着各种仪器：电控台、气液控制台、气液组合插座、应急供氧管、电



这是返回舱模拟器训练员在检查航天服(资料照片)。

新华社发

脐带。仅是十几厘米见方的电控台里，就有照明、数码管控、机械式压力表等9个开关，气液控制台里的阀门更是多达20多个。

在记者看来，这完全就是把飞船的控制台整个搬到了航天员身上。别说是操作，就是对每个开关的位置要记得一清二楚，也不是件容易的事——难怪航天服手腕处装有一面小镜子，航天员可以通过镜子，随时察看自己身上的各种开关。

专家解说 (航天医学工程总体研究室主任刘伟波)：

舱外航天服是我国第三次载人航天飞行中最难的一项技术。虽然都是航天服，舱外服跟舱内服完全不一样。舱内服只保证压力，但舱外服什么都要管。飞船的大多数功能，都要在舱外服里实现。可以说，

舱外服就是一个穿在身上的小型飞船。

总的来说，舱外服为航天员提供3方面的保障。一是辐射、真空、微流尘等环境的防护；二是生命保障，也就是要保持一个适合人生存的温度和湿度环境；三是良好的功效保障，保证航天员穿着舱外服能开展维修器材等太空作业。

舱外服必须足够复杂、具有一定的强度，才能实现以上这些功能。

“重而不笨”的中国特色

记者观察：

这么重的一套衣服，在天上还要加压“充气”。航天员穿上后，会不会变成行动困难的“巨无霸”？

答案是否定的。重而不笨、行动灵活，是中国舱外航天服的一大特点。设计师们在上肢的肩、肘、腕和下肢的膝、踝等关节处，使用了气密封轴承。在轴承的作用下，航天员的手脚可以随意转动，同时能严格保证气密性。手背则用上了可以翻折的热防护盖片，不仅能提高手指的热防护能力，还能保证手指的关节活动性。

舱外用的手套，看上去特别厚实。如果把大拇指以外的4个指头缝合在一起的话，有点像拳击手套。手套的手背为白色，手心和指头是灰色的——密密麻麻的灰色橡胶凸粒，具有防滑和隔热的作用。航天服虽然是“批量”生产的，手套却是用国际上先进的“三维数字扫描”技术，为每位航天员量身定做的。

出舱活动主要靠手完成操作和“行走”，手套必须灵活，同时又得有相当的厚度以保证气密性、隔热性。这样一来，材料上的要求与工艺上的要求几乎是矛盾的。科研人员经过无数次试验，终于制造出了既安全又灵活的手套。中国舱外服的手套灵活性国际一流，航天员能够轻松握持直径为25毫米的物体。

航天服的左臂上印着鲜红的国旗，右臂上有两个大字：“飞天”。

专家解说 (航天服研究室主任刘向阳)：

“飞天”是中国完全自主知识产权的第一代舱外航天服，整体设计和各部件的设

计、组装都是中国人自己完成的。单就完成目前任务的能力而言，接近国际水平。

这套舱外服有很多我们独有的特点。在关节上，科研人员巧妙地利用了仿生结构，使关节活动更自如。在电控系统上，中国舱外服全部采用数字信号处理，显示屏则采用了国际上最先进的OLED技术，使显示器更大、更薄、更省电、更能耐受高低温，显示色彩更艳丽，以便航天员查看。

舱外服就单个设备而言，功能不一定强大，但在系统的集成上具有优势。

穿起来很“麻烦”

记者观察：

舱外服是门大学问，穿舱外服同样不简单。

这是记者在低压舱训练中看到的一幕——两名航天员从准备间走进实验舱，纯白和纯蓝色的紧身液冷服，把他们从头到脚包得如同电影里的“蜘蛛侠”。在工作人员的协助下，他们像虫子钻进蚕茧一样，进入了航天服。

与其说是“穿”航天服，不如说是“坐”航天服——两名航天员小心翼翼地把双腿伸进航天服的下肢，臀部放在航天服的背包边上，然后关闭背包门，把自己裹在了庞大的航天服中……

这个过程也就一两分钟。但之前的准备工作需要花不少时间：航天员在穿上贴身内衣以后，首先要穿一件能够测量心跳、体温的生理背心，接下

来是防静电的连体内衣，第四层是给人散热的液冷服，然后戴上通信装备，最后才穿舱外服。

穿衣服全程搬到天上，就更复杂了。虽然120公斤的重量在失重状态下不会对航天员造成负担，但在太空进行任何精细的操作都是很困难的。

神七飞行结束后，手套将随返回舱带回地面。由于体积、重量的限制，费那么大劲儿穿上的舱外航天服，在完成出舱任务脱下后，只能留在天上了。

想到这套衣服3000万人民币的价值，好可惜……

专家解说 (航天员选拔训练研究室主任吴斌)：

飞船发射时，舱外服是打包固定在轨道舱壁上的。因此航天员首先要启封服装，然后把各部分组合成一件完整的舱外服，再把净化器、气瓶、电池、无线电遥测装置等可更换部件装上航天服。进入服装后，还要对服装进行尺寸调整、气密性检查和全性能测试。一切正常，这才算“穿好”了舱外服。

在“穿衣”的过程中，执行出舱活动的航天员与留在轨道舱的航天员互相配合，一人操作时，另一人就读操作手册并进行确认，以确保所有操作万无一失。

这是个非常细致而又累人的活。比如，“舱外服启封”项目分为21个操作单元，其中仅仅是“解开舱外服的包装物”又包含了12个大步骤，每个步骤分为用工具钳剪开固定舱外服的钢丝和带子、用工具卸掉扳手和螺丝等数十个动作。

整个过程长达近15个小时。神舟六号任务结束后，航天员训练的一项主要内容，就是操作舱外航天服。

三大空间病考验神七航天员

新华社北京9月25日电 (记者 白瑞雪 孙彦新) 对于载人航天工程的航天医学专家们来说，神舟七号飞行是一次前所未有的挑战。空间运动病、减压病、体力耐力下降，针对这次任务中的3大医学防护难题，中国航天员中心航天员医监医保研究室主任李勇枝向记者讲述了他们的应对措施。

空间运动病

受太空环境因素的影响，航天员可能出现失去方位感、头晕、呕吐、恶心等症状，严重时将无法出舱。出舱过程中如果发病，呕吐物一旦堵塞舱外航天服的管道，可能导致非常危险的后果。

航天飞行前3天是空间运动病高发期，发病率达到50%。神七航天员飞行总天数预计为3天，出舱预计在第二天末，因此空间运动病是神七航天员防护的重中之重。

首先，在神七航天员的训练中，加强了前庭功能的选拔训练。比如，对转椅训练中航天员的生理指标和身体反应进行量化评分，从而判断航天员对刺激的承受能力。国外航天员通常是不进行这种训练的，他们一旦发病就吃药、打针，休息几天后继续工作。但我们目前在太空中的工作时间短，因此必须通过地面训练来提高对空间环境的耐受能力。

第二是药物方法。除了国

际上通用的防治空间运动病的西药，我国还特别研发了提高心血管能力和空间适应能力的中药，并第一次带上了太空。航天员从飞行之前8小时开始服药，按照一日3次的剂量进行预防，在出舱阶段还将使用药剂注射。

与神六飞行相比，神七的抗运动病药物进行了改进：口服片剂更新为口腔速崩片，不用水就能吃。注射剂则采用预充式，药液事先已经装好，航天员可以自己注射，也可以互相注射。

减压病

从发射升空到穿上舱外航天服执行出舱任务，航天员所处的大气环境将在短时间内从1个大气压减到40千帕——相当于7000多米高山上的气压值。在这种情况下，航天员可能出现关节疼痛，严重时可能引起头疼、呼吸紊乱甚至意识丧失。

这不是航天飞行特有的。在潜艇或其他高压环境中作业，也可能发生减压病。

减压病最有效的防治办法是吸氧排氮。人体在一个大气压的普通空气中生活时，体内氧气占21%，氮气约占79%。航天员在进入舱外服之前，需要把体内多余的氮气排出，用氧气代替它。这样，当体内的气体因外界压力低而向外溢出时，人体不会因为氮气的溢出而

产生皮肤发痒、关节疼痛等不适反应。

同时，这个病与年龄、体重也有关系。因此，我们在训练期间对航天员的体重有严格的控制。实际上，航天员训练的10年间，他们的体重只有1公斤的浮动。

体力耐力下降

神七出舱活动对体力要求很高——虽然太空行走只有约30分钟，但出舱前航天服的调试、组装、训练等很复杂，航天员得连续工作十几个小时。

此外，航天器加速上升和减速返回时，从地面上的1个重力到上升时的超重、太空中的失重，继而到返回时的超重，重力的变化对航天员的耐力构成了极大的考验。

体力耐力如果严重下降，可能导致返回地面时无法站立。费俊龙在神六刚落地时就有过这种体验：“腿使不上劲，好像不知道该怎么使劲了。过了一个多月以后，才完全适应。”

提高体力和立位耐力，我们采用了三重措施：地面上加强体质训练，上天前服用提高体力和心血管调节功能的中药，飞行期间喝具有电解质补充功能的饮料以缓解疲劳。这些措施一方面能改善心血管功能，从而提高心血管储备；另一方面，对心血管的顺应性也有提高。



神舟七号飞行正常

9月26日，航天员景海鹏在神舟七号载人飞船返回舱内与北京飞控中心通话(摄于北京航天飞行控制中心大屏幕)。

新华社发



航天员进行舱外航天服组装与测试

9月26日，航天员翟志刚在神舟七号飞船轨道舱内进行舱外航天服组装与测试(摄于北京航天飞行控制中心大屏幕)。

新华社发

中国舱外航天服数字一览

新华社北京9月26日电(记者 白瑞雪 孙彦新) 神七航天员将穿着中国研制的舱外航天服出舱行走。这种名为“飞天”的舱外航天服有这样一些数字指标：

重量——120公斤。

大小——最高可达两米，背包高度130厘米。

尺寸——通过调节大小，身高160厘米到180厘米的人都可以穿。

造价——约3000万人民币。

服内压力——40千帕。这是人体能够承受而又保证灵活性及气密性的压力值。

外层耐温——正负110摄氏度。

抗压能力——120千帕(一个标准大气压为101千帕)。

保障能力——可保证4个小时的出舱活动。

可靠系数——0.997。

穿戴时间——地面上可自行在2至3分钟内穿戴。在太空中，从准备工作到完全穿好服装，大约15个小时。

研制周期——从立项到投入使用，耗时4年。

设计理念——保证2倍到3倍的安全余量。