



# 解码“飞天”舱外航天服

重达120公斤,比黄金还贵重

7月4日,神舟十二号航天员刘伯明、汤洪波从空间站天和核心舱节点舱成功出舱,身上穿着的我国自主研制的“飞天”舱外航天服在太空中格外醒目。

120公斤重的舱外航天服,是航天员执行出舱活动的铠甲。它像一个人形飞船,充上一定的压力后,可保护航天员的生命安全,抵御外太空的高低温、强辐射等。

那么,这件比黄金还贵重的“飞天战袍”,是由什么做成的?又是怎么做出来的?记者来到航天员中心研发与总装测试部服装车间,走近一群制衣匠的世界。



## 航天服:装配一套需近4个月

舱外航天服是航天员生命安全的保障。生命安全无小事,体现在工艺上就是复杂且精密。

舱外航天服的软结构,包括上下肢和手套,从里到外是舒适层、备气密层、主气密层、限制层和热防护层等,既能抵抗太空风险,又能穿着舒适、行动灵活,重而不笨。

据了解,仅做一副舱外航天服下肢限制层需要260多个小时,而装配一套舱外服需要近4个月……这已经是他们的最快速度了。

## 头盔面窗:制作需要经过47道工序

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。

头盔面窗有多层,最里层为双层压力面窗,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,必须做到绝对安全可靠。

“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。”中心研发与总装测试部副部长邓小伟说,就拿面窗除尘来说,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。

其中,粘胶要分多轮逐步进行。每次粘胶,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。他说:“空间站任务中出舱活动时间长,对服装性能要求更高。”

双层压力面窗制作过程中,对可视区夹层进行氮气吹除时,要通过一根空心针透过密封胶层输送气体。一次,在针扎入的过程中,有两粒胶的碎末进入了密封的面窗夹层。

这两个沙粒大小的碎末,吸附在面窗夹层下沿,理论上对视觉没什么大的影响,却成了他们的“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。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,彻底解决了密封胶穿刺产生多余物的问题。

据邓小伟介绍,一套由100余个单机产品组成的舱外航天服在单机研制生产和系统总装过程中要经过严格的自检互检专检三道程序,还要进行环境试验、压力性能试验和工效验证与评价等,确保质量万无一失。



## “波纹袖”:既舒适又灵活

缝纫车间的王其芳工龄最长,一干就是21年,她手下的针线活走针紧密、顺直,美观又严谨。缝纫组组长杨金兴说:“她做的航天服上肢是最好的!”

在太空,航天员穿着航天服后活动的操作主要靠上肢实现,所以制作时既要考虑活动的灵活性,还得考虑充压后的承力性。王其芳用一双巧手,做出来的“波纹袖”充压后舒适度和灵活度都是一流。

她以打结为例介绍说,因为结点是多条线的交错处,特别硬,就得用簪子扎孔、穿针,再用镊子把针拽出,光打结就有3道工序,一套舱内航天服上肢有76处孔需要打结,仅这个活就得干两三天。

必须用手工吗?能不能用设备替代呢?车间主任李杨说:“从目前的技术能力看,还真不行。没有任何一个机械比手更灵活。”

## 舱外手套:尺寸公差不超过1毫米

与王其芳同样手巧的,还有做手套的师傅郭浓。他两个月要交付6副舱外手套,几乎每天都在埋头苦缝。

就算是手缝,同样要求精准,尺寸公差也不超过1毫米。郭浓介绍说,更重要的是,由于航天服的特殊性,不能反复拆缝,走针的时候务必小心,力争一次到位。

也正因为此,郭浓和同事们在缝制的时候,必须做到手到哪眼到哪,时间久了,练就出一双双火眼金睛。

“我们这里的工匠,个个视力都是2.0。”李杨开玩笑

说。

## 液冷服:全身上下铺线100米

航天员在舱外活动时会产生热量,需要穿上给身体降温的液冷服。

液冷服是由弹性材料制成的,全身上下全是细密的小孔,供42根液冷管路线均匀穿过,每两孔间穿1厘米的线,全身上下铺设100米左右,就得穿20000个孔,尤其是头部的蛇形分布线路,得穿出个太极图。

## 气密层:反复刷几遍胶

在真空中,人体血液中的氮气会变成气体,造成减压病,必须给航天服加压充气,否则就会因体内外的压差悬殊而造成生命危险。

因此,航天服的气密性要求极为严苛。车间的林波师傅介绍说,比如为舱外航天服气密层刷胶,也不是简单地刷,要观察温湿度、刷胶时间、薄厚度要适量均匀。

“刷完晾,晾完刷,要反复刷上几遍。”林波说。

粘胶组组长莫让江说,舱外服气密层的TPU材料表面非常光滑,粘胶前必须涂上一层表面处理剂对表面进行活化,稍微处理不当,表面就有可能造成损伤。

而透明色的材料导致肉眼几乎看不见特别小的损伤,等到后期加工完再充压测试就为时已晚。

## 金属“硬躯干”:不能有0.1毫米细微毛刺

舱外航天服有个金属结构的硬躯干,外形像是一个铠甲,背后挂有保障生命的通风供氧装置。李杨介

绍说,光单机产品有100来个,由30多个外协单位分别生产,最后从五湖四海聚集到舱外服系统集成总装车间装配。

金属“硬躯干”上有1000多个米粒大小的小孔,和配套的各种不同规格的螺丝,组长岳跃庆带着组员们用镊子夹着酒精棉一点点仔细擦拭,再用放大镜检查是否彻底擦洗干净。

“一粒浮尘都有可能酿成大祸。”岳跃庆说。

碰到毛刺,岳跃庆就变身整形医生,要给金属表面做“磨皮”手术。多年来,岳跃庆练就了“好手功”。他说,哪怕是0.1毫米的细微毛刺,都能摸出来。

## 背包门:航天员“生命之门”必须密封严实

舱外服的背包门被称为航天员的“生命之门”。在太空环境下,背包门如果密封不严,将直接威胁航天员的生命。

岳跃庆介绍说,背包门的插销座有4组、插销门有4组,插销座和插销门合上时要天衣无缝。

为此,他们用卡尺一点点地量,精度精确到几十微米。最终,他们用极精准的工艺手段使得开背包门省力一半多。此外,他们还凭着毅力和巧劲,硬是把口径只有几毫米的不锈钢小孔打磨得跟镜子一样光滑。

“干就要干到极致。”岳跃庆说,“舱外航天服里有气液、通风管路和电缆,在保证性能的前提下,还得注意各条线路安装美观、整齐,胶痕清理干净,标识可视角度便利。”

据新华社