



孙浩摄

# 三大“出街利器” “胖五”秒变“高冷男神”

## ——揭秘我国首枚大型运载火箭长征五号

文·张娟娟 本报记者 张盖伦 付毅飞

11月3日,长征五号在椰风海韵中发射。它是我国目前运载能力最大的新一代运载火箭,也是我国迄今为止研制的最大推力运载火箭。在一众火箭兄弟中,长征五号“块头”突出——它大约有20层楼高,600多吨重,而且,它中间的主体部

### 燃料“透心凉”? 不怕,它有防寒服

“胖五”也叫冰箭。它的肚子里,装满了深低温液氢液氧燃料,其中液氢温度达-253℃、液氧达-183℃,几乎达到低温的极限。

“胖五”体内90%以上都是这种深低温燃料,可谓“透心凉”。但“胖五”外表面温度依然可以一直保持在0℃以上,火箭内部的仪器、设备、电缆等可以正常工作。

这是因为,“胖五”的火箭贮箱上,穿着一层不到30毫米的“防寒服”。

“防寒服”中的“棉花层”是低密度材料,厚10至20毫米。“防寒服”的“里”是一层胶黏剂,不到1毫米厚,比“棉花”层更适应金属材料的热胀冷缩,且摩擦系数大,能同时与金属材料的贮箱和“棉花”完美贴合,设计人员又叫它“缓冲层”。“防寒服”的“面”是一层氟橡胶玻璃纤维物,0.9毫米厚,它也叫保护层,可以保护“棉花”不吸收外界水汽、不被损坏,更好地发挥隔热性能。

“棉花层”使用的“棉花”也大有讲究,它由近10种原材料按照配比高速撞击混合反应而成。中国航天科技集团703所防隔热材料设计师申

分直径达5米,是一般的火箭主体直径的1.5倍。

因此,长征五号得了个昵称——“胖五”。名字“萌萌哒”,但实际上,“胖五”也是个“高冷男神”。其从头到脚,从外到内,都经过火箭研制团队的“精心打磨”。

雄刚介绍,这近10种材料分成两组,都是液体,就像“哥俩好”胶水一样,一旦混合,会在10秒钟之内发生发泡反应、固化成形。

“长五”火箭“棉花”层与其他火箭不同,因为选用了新型发泡材料,其他材料的比例等也变了。申雄刚说,材料研制人员做了千余次试验,研究新型“棉花”层的性能。

火箭贮箱进入“试衣间”后,激光传感器先给贮箱做一次型面测量,再通过计算机造型,给贮箱拍一张“3D照片”。据此,研究人员再在电脑中输入喷涂路径等参数,让材料被喷涂在贮箱胶黏剂表面固化成形。这还不够,此时的绝热材料只是毛坯,还要修成厚度一致的平整外观,才能在外表面铺贴玻璃纤维物。这个难度,如同在大气球的表面雕刻花纹。

给男神做件衣服,可是真不容易。

间,这次“胖五”整流罩的“蒙皮”最薄的地方仅有0.3毫米,可以说是“薄如蝉翼”。

其实,“蒙皮”的主要材料为铝合金,这种材

料强度高、耐腐蚀、重量轻、成本低,在长征三号甲系列、长征二号F等火箭飞行过程中表现出的综合性能最好,是做“蒙皮”的最佳选择。而且,铝合金材料轻,可以为火箭减轻重量。火箭最好是“薄皮大馅”,“蒙皮”薄了,就能装更多的燃料,“举”起更重的卫星。

要兼顾“薄”和“牢固”,就得费更多心思。中国航天科技集团一院的设计人员在设计时,会在“蒙皮”内部用一个个环和桁条组成一个圆柱形的框架,把框架与蒙皮铆接在一起,组成火箭的一个壳段。设计人员要计算出蒙皮和环、桁

### 体积太大? 不怕,它有专属座驾

和“胖五”一起亮相的,还有它的座驾——活动发射平台。平台也是大有来头,它是我国目前规模最大、承载能力最强、系统最复杂、技术最先进的发射平台。

活动发射平台高近700米,相当于24层楼高,合体的上表面面积达600多平方米,相当于一个篮球场,整个平台自重近2000吨。

平台的上表面,有12根像柱子一样的支撑装置,这是火箭在发射台上的“座椅”,研制人员用了3年多的时间开发出了“十二点调平技术”,让火箭可以“坐”得又直又稳,这不仅让火箭受力较好,而且有利于火箭的瞄准、发射。

由于“胖五”是在海南文昌发射场发射,这里高温、高湿、多盐雾。在出厂前,技术人员就特别为活动发射平台的螺栓进行了防腐工艺处理。在安装螺栓时,他们还采用了一种特殊技术,可以防止在发射平台运行、工作过程中螺栓发生松动,保证螺栓的可靠性。

活动平台不仅大,功能还全。发射平台上集机械、电控、液压、供电、驱动控制、空调、环境保障、环境监测、视频监控、照明、加注、供气等系统于一体,而且首次设置了脐带塔、摆杆、前置设备工作间、尾端服务塔、加注管路、供气

管、喷水管路等多项设备,是机、电、液、气一体化大型综合性发射平台。

以前,更多的测试、连接工作,都在固定塔上完成。现在,火箭的总装、测试,跟地面设备的接口关系,都可以在技术厂房完成。这样一来,在火箭运输过程中就能够保持接口不变、状态不变,火箭在发射塔的准备流程可以成倍缩短。

其实,从总体到分系统,在长征五号火箭上,共有247项技术创新。中国航天科技集团一院长五火箭副总指挥曲以广表示,长征五号将直接服务于我国探月三期、载人空间站、火星探测等任务,也可用于不同地球轨道大型载荷及其他深空探测任务载荷的发射。

打造“胖五”的创新性工作,还成功“共享”给了长征系列火箭家族的其他成员:全寿命、全要素的研制策划,为长征火箭提供了借鉴,也为新型运载火箭研制这类复杂的系统工程管理开创了新的工作模式。突破大量新型运载火箭的核心关键技术,确保了长五的成功研制,还牵引出我国新一代运载火箭的若干构型,目前这些构型火箭已成功立项,正在开展工程研制。

“胖五”如此高大威猛,它的外壳得特别厚重,才能足够坚固吧?其实并非如此。常用的火箭壳体“蒙皮”的厚度都在1.2毫米至2毫米之

间的距离,他启动“二次定位”功能,先前进15毫米,再后退10毫米,定位点分毫不差。怎样实现如此精准的定位呢?“长五”活动发射平台由16台电机控制对应的8对轮组,承载“大吨位”的平台实现平行轨道匀速运行、圆弧形轨道上差速运行。要让定位精准到毫米级,主要靠

### “胖五”守护神

### “定格”保驾护航的幕后英雄

长征五号是我国研制的第一款重型火箭,11月3日20时43分成功首飞,为下一步的深空探测打下了坚实的基础。在欣喜之余,让我们把镜头对准日夜奋战在发射场的科研人员,记录下他们忙碌的身影。



(中国运载火箭技术研究院供图 于翔 孙浩摄)

### “胖五”首创盘点

**长征五号运载火箭**

- 起飞重量 约870吨
- 起飞推力 超1000吨
- 芯级直径5米
- 实现五个突破
- 4个助推器 直径3.35米
- 长度约57米
- 新一代环保、无污染的液氧液氢和液氧煤油新型发动机技术
- 一系列航天先进制造的材料、工艺、装备和设备的技术
- 我国首次在低纬度为长征五号建造航天发射场
- 运载能力实现2.5倍以上的提升,低轨运载能力达25吨级

CIP供图

### 活动发射平台定位精度达到毫米级

中国航天科技集团一院“长五”发射平台设计人员李道平,在控制室按下“前进”键,“长五”活动发射平台以4米/分的速度驶向发射区,到达发射工位时,发射台前端“限位传感器”触发,活动发射平台停下来,完成一次定位。

这时,驾驶室里的李道平发现活动发射平台与定位点之间有10毫米

的距离,他启动“二次定位”功能,先前进15毫米,再后退10毫米,定位点分毫不差。

怎样实现如此精准的定位呢?“长五”活动发射平台由16台电机控制对应的8对轮组,承载“大吨位”的平台实现平行轨道匀速运行、圆弧形轨道上差速运行。要让定位精准到毫米级,主要靠

两个功能。活动发射平台设计人员吴孟强介绍:“一个是二次定位,另一个是二次定位。一次定位能让平台行走至发射工位时,触发‘前端限位传感器’,使速度由4米/分降为0。当一次定位精度不够时,二次定位能让活动发射平台在轨道上,按照10、15、20、25毫米4个档前后微动,实现毫米级定位。”

### 3D打印芯级主承力件 减重30%

中国航天科技集团一院利用激光同步送粉3D打印技术成功实现了长征五号钛合金芯级捆绑支座试验件的快速研制,这是激光同步送粉3D打印技术首次在大型主承力部件关键构件上的应用。

捆绑支座为运载火箭主承力构件,综合力学性能要求高,目前主要采用加工性能较好的高强钢,用锻造再机加的

方式成形。不过,这一传统加工方式材料去除量大、加工周期长。

面对新型号减重的迫切需求,一院211厂提出采用具有更高比强度的钛合金材料,利用激光同步送粉3D打印工艺,实现捆绑支座的整体成形。

经过系统工艺研究,试制的产品顺利通过了成分、组织性能、表面质量及内部质量等各类检测,整体综合性能达

到锻件水平,且较原设计减重30%。

激光同步送粉3D打印技术,不仅实现了难加工金属材料的快速成形,同时还为箭体主承力部件的轻量化结构设计提供了强有力的技术支撑。产品的试制成功,对拓展3D打印技术在箭体结构制造领域的应用,丰富大型难加工金属结构件研制技术手段,具有重要意义。(周庆军)

### 整流罩给卫星信号开“全景式天窗”

在役火箭的整流罩都是金属铝结构,卫星装在里面无法与外界通讯,必须在整流罩上开个口,用其他透波材料打个“补丁”,保持卫星与地面通讯畅通。

不过,长征五号火箭整流罩创新性采用全透波结构,原来的“小补丁”变成了整个整流罩,就像给卫星信号开了“全景式

天窗”。

一院长征五号火箭结构设计副主任设计师戴政介绍,长征五号火箭整流罩直径5.2米,透波材料的泡沫层厚度只有近30毫米,全整流罩厚度必须控制精准,才能保证结构稳定性和可靠性。这给生产带来了大难题,戴政比喻

说,泡沫结构要在两个模具中填充成型,生产时,就好比要在两个擦起来的大勺子中填充奶油,要保证奶油厚度一致,两个勺子间距控制必须精准,否则成型后的产品就不合格,为此,生产车间进行了几个月的攻关才完成生产,这也换来了卫星的高质量通讯。(张娟娟)