

# 太空优质快递 全靠四大秘籍

## 太空货包不简单 特殊材料抗菌又防霉

虽然天舟一号这位太空“快递小哥”和天宫空间实验室的外形酷似,但装载能力却超强,说它是专业的“运货员”一点也不夸张。随着这位太空“快递员”走向太空,天舟一号的科研单位也一一揭开了它的运货“秘籍”。

### 秘籍一 天舟“运货”能力是天宫一号2倍

外观上看天舟一号货运飞船的构造类似于天宫一号目标飞行器,都是由大直径的货物舱和小直径的推进舱组成,货物舱用于装载货物,推进舱为整个飞船提供电力和动力及装载补加推进剂。其实,天舟一号内部大有玄机,作为太空

快递的大力士,天舟一号搭载的货物超过6吨,接近天宫一号载荷能力的2倍,高于俄罗斯研制的进步号M型和美国的天鹅座飞船扩展型。根据公开的数据,天舟一号的载货能力同样高于日本和欧洲的货运飞船。

### 秘籍二 蜂窝板、碳纤维立梁搭建太空货架

对天舟一号实现的大承载,内部采用的高效承载货架设计功不可没。这货架的细节和构型大有讲究。

货架采用一种基于蜂窝板、碳纤维立梁的梁板结构,形成大量的标准装货单元,传力效果好,结构与货物重量比达8%。同时,采用适用于蜂窝板的预埋封边梁方法,巧妙地消除蜂窝板结构锐边,既避免划伤人手,又解决了边

缘薄弱、易破坏的问题。

设计师还精心设计了一种大承载轻量化预埋结构,既能适应传统刚性结构安装,又能适应柔性束缚带的连接承载,经过测试,三个这种预埋结构就可以承载一台豪华轿车。此外,大承载货架结构与密封舱主结构的连接环节也是结构设计一大亮点,碳纤维结合铝合金的设计,避免了在轨环境下内压载荷对结构造成的破坏。

### 秘籍三 100多个货包确保货运物资完好

由于天舟一号运送的物资中有许多精密仪器设备和航天员用品,装载物资的货包必须具备保护功能。据介绍,新研制的高科技货包外观呈清新的乳黄色,采用新型抗菌防潮防霉布料,可确保货物在货包中存放一年。此外,针对不同体积、形状的货物,还进行了定制化和系列化设计。

为避免货物直接与货架结构相连接,货包里面还有一层新研制的防火防潮且防震的泡沫或气囊袋,再一起固定在货架上。这种“贴心”的“软包装”设计为装载对象提供了柔软、高阻尼、分布式的系统支撑。

100多个大小不一的货包,确保天舟一号的货运物资完好地运送到天宫二号。

### 秘籍四 为送更多太空货 天舟成功“减肥”

这次天舟一号给天宫二号送去的货物中,不仅有各种太空实验设备,还有许多维持天宫二号运行的补给。但运载火箭的运载能力是固定的,如果想运更多的货物,天舟一号这辆太空“快递车”就必须在保证自己足够强壮的同时,尽可能再不断减肥,把省下来的体重替换成更多的货物。按照国际上的标准测算,运送1千克的货物上太空,成本少则几万美元,多则几十万美元,因此“减肥”还有着巨大的经济效益。

健身的人都知道,腰部赘肉是最难减下去的。天舟的腰部是一个个连接框,为了将身躯牢固连接,连接框往往都很厚实。中国航天科技集团五院的“教练”为它制定的健身第一步就是“减腰部赘肉”。天舟的连接框设计成镂空形式,将非受力部分的“肉”去掉,只保留结构受力部分。这样,每个连接框的重量都降低到原来的50%左右。

除了“腰部赘肉”外,“皮下脂肪”也不能放过。天舟的外部是一种壁板结构。壁板连接完成后,组成的密封空间就是装货的“肚子”。虽然壁板厚度只有不到3毫米,但依然有减重空间。科研人员通过严格控制加工温度、切削速度等参数,尽量使壁板厚度贴近设计人员给出的公差下限。也就是在不影响性能的基础上,通过这种“皮下脂肪去除法”,尽可能让“皮肤”——壁板变薄。由于壁板面积很大,即使去除A4纸那样薄的一层“脂肪”,整舱的重量也会下降很多。这样,体重因此又减少了30千克左右。省下的这些重量,又够多运送好几台设备。

为了装下更多的货物,设计人员用货架将“肚子”分成了许多区域。货架选用了轻质高强度材料组成货架。比如,“货架面板”——仪器板,使用的是铝合金蜂窝板;“货架框架”——立梁,使用的是碳纤维材料。

### 幕后英雄

## “长七”首次实战 未来发射主力

天舟一号一飞冲天,承担此次发射任务的长征七号火箭功不可没。本次天舟一号货运飞船发射任务,是继2016年6月长征七号运载火箭首次试验性飞行后的第一次实战。为满足零窗口发射,科研人员对承担这次特殊任务的长征七号遥二火箭发射场操作和使用维护作出了30%的变化更改。未来,采用无毒无污染液氧煤油发动机的长七火箭,将承担我国航天发射主力任务。

### “长七”火箭达到国外同类火箭先进水平

由中国航天科技集团一院研制的长征七号运载火箭总长53.1米,芯级直径3.35米,捆绑4个2.25米助推器,起飞重量597吨,运载能力将达到近地轨道13.5吨、太阳同步轨道5.5吨。为满足载人空间站工程,发射货运飞船的需求而研制的新一代高

可靠、高安全的中型液体运载火箭,采用“两级半”构型,达到国外同类火箭先进水平。

长征七号运载火箭是为满足我国载人空间站工程发射货运飞船的需求和未来载人运载火箭更新换代的长远需求,而研制的新一代高可靠高安全的中型运载火箭。

### “长七”火箭未来将成为我国航天发射主力

承担“天舟一号”我国首艘货运飞船发射的“长征七号”最大的亮点,是运用了液氧煤油发动机为代表的新技术。2016年6月25日,长征七号实现完美首飞。而此次发射天舟一号货运飞船,则是液氧煤油发动机首次真正意义上的工程应用。

长征七号是我国长征火箭家族中的新一代中型运载火箭,其动力系统全部采用液氧煤油火箭发动机。其中,长征七号助推与一级火箭,共使用6台120吨液氧煤油发动机,二级火箭使用了4台18吨液氧煤油发动机。

预计到2021年左右,长征七号将逐步替代现有的长征二号、长征三号、长征四号系列火箭,承担我国航天发射任务的主力。

与常规发动机相比,长征七号所用的

液氧煤油发动机有着新特点。液氧、煤油这两种推进剂具有来源广泛、价格低廉的优点,平均价格比现役火箭的推进剂低一个数量级。绿色环保更是液氧煤油发动机的一大特点。它的研制成功并实现太空飞行,实现了我国火箭动力从常规有毒至绿色无毒的巨大跨越。

另外,火箭的地面热试车可重复使用。与常规发动机只要一试车就报废、只能一次性使用相比,液氧煤油发动机在地面可重复试车、点火,从而节约研试成本,缩短研制周期。而且,每台发动机交付前,均要进行工艺验收试车,大大提高了火箭飞行的可靠性及性能。

同时,火箭采用防水设计,可以在中雨条件下发射,适应海南发射场。

### 准“零窗口”发射“遥二”更改发射操作

长征七号遥二火箭发射天舟一号货运飞船,在轨实现与天宫二号的交会对接和推进剂在轨补加,要求火箭“零窗口”发射才能准确进入天宫二号运行的轨道面。零窗口发射在文昌场区是属于首次。

发射窗口是指运载火箭携带着航天器发射升空比较合适的一个时间范围,有的以小时计算,有的以天计算,在此期间火箭都可以发射。由于此次对发射精度要求很高,因此,发射窗口不是一个时间范围,而是一个确定的时间点,一秒都不能差,这就是航天人所说的“零窗口”,这对火箭和发射场系统的可靠性提出了很高的要求。

因为“零窗口”发射,火箭组成需要复杂的系统。另外,在发射前的操作、流程也是非常复杂。由于“长七”火箭采用全低温液氧煤油动力系统,发射前流程复杂,特别是进入3分钟流程后动力、控制、地面发射支持等系统项目多,若有一个环节出问题将会错过发射窗口。

科研人员开展了故障预案的再梳理,针对发射前关键环节分析可靠性保障措施,并制定了相关的预案,确保发射前出现故障有预案。

相比此前的首飞火箭,首次“实战性”的长征七号遥二火箭技术状态作出了更改,涉及发射场操作和使用维护更改的占30%,提升了火箭在发射场的操作方便性和安全性。比如,为了方便发射场蓄压器充气操作,避免发射场发射区液氧加注后人员进舱操作的风险,将蓄压器充气口从尾段引出至后过渡箭壁外,方便地面管路对接、充气、气检、防松等工作,同时有利于低温加注后舱内环境温度稳定。

除了火箭本身的原因外,海南多雨的天气也成为影响火箭准点启程的重要因素。设计人员在研制长征七号之初,就为它增加了“防雨防水”这项本领,使它成为我国第一款能在中雨条件下发射的运载火箭,保证了在恶劣天气下也能实现零窗口发射的能力。