

# 细数长征七号一连串“新”

本报记者 付毅飞

两天前,航天科技集团运载火箭技术研究院长征七号火箭副总指挥张涛向媒体描述了当时的心情:激动、期待,也有点紧张,“好像要送孩子参加高考。”

长征七号火箭通过了大考。25日晚,它首飞成功,鸣响了我国载人航天工程空间实验室任务的“发令枪”,也标志着我国在载人航天工程和新一代运载火箭研制中取得了重大突破。

长征七号是为满足我国载人空间站工程发射货运飞船需求,以及未来载人运载火箭更新换代的长远需求,全新研制的新一代中型运载火箭。该火箭采用“两级半”构型,总长53.1米,芯级直径3.35米,捆绑4个2.25米的助推器,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,达到国外同类火箭先进水平。记者了解到,预计到2021年左右,长征七号将逐步替代大部分现役运载火箭,承担更多航天发射任务。

“从组建队伍开始,长征七号‘8年磨一剑’。”张涛说,该火箭采用了新动力、新布局、新结构……一连串“新”字,代表了对过去的突破,也意味着全新的挑战。

## 设计从“连环画”变成“3D电影”

长征七号是首个揭开神秘面纱的“数字火箭”,它采用全数字化手段完成研制,突破了三维协同设计、三维设计数据管理及基于三维的流程仿真、飞行综合性能仿真等多项关键技术,打通了从设计到制造的全三维流程。

记者了解到,该火箭在全研制流程中没有一张纸质图纸,研制团队称其设计从纸质“连环画”变成了“3D电影”。

在生产加工阶段,该火箭实现了“一键式”加工。过去加工某金属零部件,先要根据二维图纸画出工序草图,手工编制工艺规程,然后进行车、铣、镗等工序。如今从原材料变为成品,只需按动数控机床按钮即可完成,且合格率达100%。

在试验、装配阶段,该火箭应用了“虚拟现实技术”,可实现虚拟装配、虚拟试验,模拟火箭实际装配和

试验环境,提前预见可能发生的问题,确保火箭试验、装配一次成功。长征七号的研制成功,代表了我国运载火箭研制的最高水平,使我国新一代运载火箭的数字化设计能力跻身国际先进行列。

## 新动力高效环保

采用我国具有自主知识产权的两种新型液氧煤油发动机,不仅绿色环保,而且提高了火箭性能,平均成本仅为常规推进剂的十分之一。

张涛介绍说,过去我国单台火箭发动机最大推力为75吨,而长征七号发动机的推力达到120吨,提升了约60%。

同时,传统火箭需要在发射前几小时内加注燃料,而长征七号经过专门的设计和演练,加注的低温燃料可以安全停放24小时,创下了低温燃料停放时间最长纪录,可为火箭的成功发射争取了更多有利时间。“加注燃料以后如果遇到什么问题,比如仪器、设备出现故障,争取这个时间,可以有24小时把故障排除。”张涛说。

## 新结构带来更多挑战

长征七号的外形和我国现有的火箭体型差别不大,但为了储存更多的燃料,提供更强的动力,它的助推器长约27米,接近现役火箭助推器长度的两倍,而这种改变也要求对火箭的设计进行全面更新。

记者了解到,传统火箭固定助推器需要两个捆绑点,而长征七号又增加了一个捆绑点,载荷、捆绑装置等设计难度大大增加,但可靠性大幅提升。

复杂的结构也给长征七号控制系统带来了全新挑战。为了更精确地控制飞行过程,该火箭控制系统和增压系统实现了冗余。控制系统创新采用了143项智能控制软件,达到现役火箭软件使用量的30倍,大大提高了控制精度。火箭每个舱段都装有控制系统,改变了以往集中处理的方式,减轻了控制系统压力,同时标志着我国火箭控制系统向全面数字化控制模式发展。

## 大量改进对抗“风雨”

海南发射场气候潮湿,降水量大,全年12小时内降水5毫米至15毫米的中雨较多。长征七号研制之初,设计团队就将防水工作列为重中之重。他们在火箭部件对接处、细小的孔径和缝隙处,都做了防水处理;在排气孔处,设计实现了排气防水双功能并驾;针对低温液体贮箱加注后无法避免的冷凝水聚集问题,开设了排水孔。

“但到这里合练以后,发现很多控制系统、测量系统,还是有潮气从插头处进去。一旦火箭出现漏电、短路,将对发射构成巨大威胁。”张涛说,任务团队为此开展了大量改进工作。

同时他介绍,海南发射场的浅层风是内陆所没有的,而且风力较大,最高风速可达每秒25米左右,大大超出了火箭转场的承受极限。通过改进,长征七号已在每秒20米风速下完成转场。

除了能适应海南发射场的气候环境,长征七号沿用了长征火箭家族3.35米直径的设计,也可以通过陆路运往内陆发射场,适应能力更强。

## 新三垂模式让发射更简便

火箭在发射场进行的垂直总装、垂直测试、垂直转场,被称为“三垂模式”。

现役火箭中采用的三垂模式,其箭地连接工作在技术区和发射区要进行两次,而长征七号采用的新三垂模式,仅一次对接就可以完成工作,状态的一致性更好。同时前端地面测发控设备在技术区进行了充分测试,转至发射区以后出现故障的概率更低,有效提高了发射的可靠性。这也缩短了发射工作时间,降低了火箭转场后遇到恶劣天气再返回技术区情况的发生概率。

## 近期载货,远期载人

作为新一代中型运载火箭,长征七号将开启我国

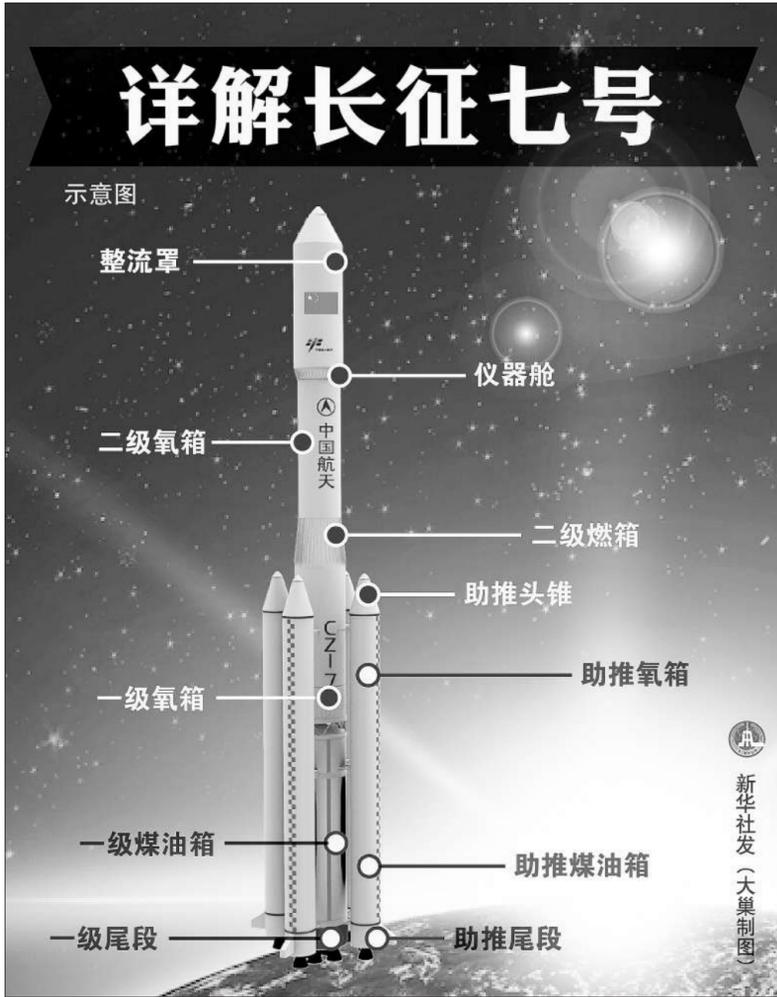
航天任务的全新阶段,应用前景十分广阔。

记者了解到,该火箭完成首飞任务之后,下一步将承担我国首个空间站货运飞船——天舟一号的发射,为我国长期有人照料的空间站搭建起天地运输走廊。通过一定子样的飞行考核验证后,还将具备执行载人飞船发射任务的能力。

此外,通过简单的适应性改造,该火箭在短期内即可具备发射高、中、低轨各种应用卫星的能力,以满足当前国内外主流卫星发射市场的迫切需求,成为中国航天面向市场化、国际化的主力火箭和金牌火箭。

预计到2021年左右,长征七号各项技术趋于稳定时,将承担我国80%左右发射任务。

(科技日报海南文昌6月25日电)



新华社发(大集制图)

# 我国新一代载人飞船首次试验飞行

载人深空探测“生命方舟”迈出第一步

本报记者 付毅飞

6月25日,在长征七号运载火箭的托举下,我国新一代载人飞船的多用途缩比返回舱挺进太空,向着验证多用途飞船返回舱气动外形设计等关键技术、打造我国未来载人深空探测“生命方舟”迈出了坚实的第一步。

“这是我国正在研制的新一代载人飞船首次试验飞行。”航天科技集团空间技术研究院多用途飞船缩比返回舱技术负责人杨雷说。

记者从该院了解到,我国现有的神舟飞船主要为近地轨道任务而设计,如空间站等。研制多用途飞船返回舱则瞄准我国未来载人深空探测,旨在全方位满足后续在轨服务应用以及低成本天地往返运输的使用需求。“以后如果要登月,或者去火星,将对飞船的能力提出更高要求,我们现在就要提前做一些技术准备。”杨雷表示。

出于节省科研经费的考虑,此次执行任务的返回舱是正式型的缩小版,身高2.6米,重约2.8吨。与神舟飞船的“钟罩式”外形相比,它呈倒锥形,像一颗“子弹”。再入大气层过程中,它将采取底部朝前、尖头向后的姿势返回。任务中,首次在轨获取返回舱自由飞行气动数据是它的使命之一。杨雷表示,虽然在地面也要通过模拟仿真、实物试验、风洞试验等多种手段验证,可都不如上天飞行试验准确。

同时,该返回舱还将首次探索可重复使用设计、验证及评估技术,首次验证新型金属材料性能及制造技术等。“现有神舟飞船是一次性的,返回后不能再上太空;新一代载人飞船可重复使用,这是未来航天发展的趋势之一。”杨雷说,采用可重复使用的新一代载人飞船,成本将显著降低。他介绍,目前设想的技术方案是先从结构上突破。神舟飞船表面的烧蚀层和船体结构层连接紧密,飞船高速再入大气层时,烧蚀层会被烧掉,使飞船无法再次使用。而根据设想,是把新一代飞船的烧蚀层改为可拆卸结构,就像身穿一件棉衣,再入大气层时被烧毁,返回地面后就把它脱掉,换上新的。

此外,新一代载人飞船的运输能力也将更强。杨雷说,该飞船的设计还未定型,但可以肯定,它不仅能够容纳更多航天员,还要让航天员更舒适。

记者了解到,此次任务中,多用途飞船返回舱不会在轨停留太长时间,计划于发射后第二天返回地面。

(科技日报海南文昌6月25日电)

# 新材料新工艺给长征七号穿上“防护服”

科技日报北京6月25日电(王春明 记者陈瑜)记者25日从中国航天科技集团公司航天材料及工艺研究所获悉,该所多项新材料、新工艺让长征七号穿上了舒适的“防护服”,并提升了火箭可靠性和运载能力。

作为在海南发射场“首秀”的新型火箭,长征七号面临海洋盐雾和湿热环境的多重考验。航天材料及工艺研究所通过特种涂层技术,解决了箭体耐热、耐盐雾、多防护界面匹配等关键问题。为了让火箭在飞行中更加“舒适”,该所开展了箭体外部防热

结构研究,研制了隔热、烧蚀复合涂层,并首次采用特种新材料“柔性陶瓷纤维毡”,与传统防隔热材料相比,其重量减轻了40%以上,使得火箭运载能力更强。

长征七号首次使用了环境友好型的“绿色”推进剂“液氧-煤油”,超低温推进剂贮箱需进行绝热防护。该所研制了密度极低的全闭孔泡沫塑料绝热材料及与之配套的泡沫塑料自动喷涂系统、大型仿形加工设备、实时测量加工设备,给超低温贮箱穿上了舒适的“防寒服”,保证新型火箭结构和箭上仪器设备

的安全可靠。

新型推进剂需要配备更高效的发动机,新型发动机管路压力更高(增压40%以上),同时整体重量更轻、可靠性更高,为此,航天材料及工艺研究所创新性地在箭体复合材料贮箱,成功研制了可靠性高达0.999999的新型复合材料贮箱,总重达900公斤左右,大大提升了火箭可靠性和运载能力。与此同时,该所还采用大型“冯·卡门”外形碳纤维复合材料整流罩,此举不但减轻了20%的结构重量,还因其良好的“流线型”身材,进一步提升了运载能力。

# 长征七号首秀,航天科工献出这些“法宝”

本报记者 付毅飞

在6月25日实施的长征七号运载火箭首飞任务中,中国航天科工集团作为重要研制和保障单位,研制生产的多台套单机产品以及工业基础件、电子元器件产品,为任务成功实施提供了安全保障。

## 火箭飞到哪,雷达就“看”到哪

随着那道壮美的弧线划过天际,航天科工测量雷达圆满完成长征七号火箭首飞飞行测控任务。

测量雷达主要用于火箭发射上升段的测量,为发射场指控中心实时提供火箭精确坐标信息和径向速度数据,可谓火箭飞到哪,雷达就“看”到哪。一旦火箭偏离轨道,即刻就能发现。

此前,该雷达已历经“百合”、“蝴蝶”、“威马逊”等多次强台风考验,先后圆满完成数十次飞行任务。这次“长七”首飞也是海南发射场首次实战发射,针对该地区的热带季风气候、常年湿热多雨、台风影响频繁等特点,航天科工在雷达设计时对产品环境适应性进行了充分考虑,尽可能简化装备,并对机箱进行封闭式设计,选择防腐蚀、防潮材料,最大程度提高了产品可靠性。

## 指甲盖大小滤波器,把干扰音拦在太空

火箭飞向太空,沿途电磁环境复杂,杂散噪声信号众多。要清晰准确地将信息传回地面,需要靠“体

内”指甲盖大小的声表面滤波器,将杂波干扰音拦在太空。

声表面滤波器的主要作用是过滤信号,因体积小、重量轻、可靠性高等特点,在航天器系统的传输系统、通信分系统等关键部位中广泛应用。航天科工承担了我国90%以上星用声表面滤波器的研制任务,代表着国内该元器件研制的最高水平。

记者了解到,该产品在百级超净环境下生产,最细线条仅相当于头发直径的二百分之一,操作需要在高倍显微镜下进行。出厂前,产品还要经过一系列严格环境试验考核,通过检验才能交付用户。

## 打造可靠“电子设备心脏”,把握飞行脉搏

晶体元器件产品可以为电子设备产生时钟信号,因此被称为电子设备的“心脏”。如果出现问题,会造成电子设备工作时序混乱乃至失效。

作为未来我国航天运载火箭的主力军之一,“长七”技术先进、性能优异、信息化程度高,因而其配套晶体元器件也需具备高可靠、小尺寸、优指标等特点。作为航天用电子元器件定点供应单位,航天科工为此次任务的通讯系统、制导系统、控制系统配备了大量高可靠晶体元器件产品。这些产品的首要任务就是把握“长七”飞行的脉搏,为各个系统提供稳定可靠的

频率信号。

多年来,航天科工晶体元器件已为长征系列火箭持续提供了有力保障。此次任务前,该集团公司通过对产品的设计、工艺进行优化,大幅提升了产品的性能指标和可靠性,可完全满足新一代运载火箭的配套要求。

## 铸就火箭“钢筋铁骨”

在航天器各个分系统、零部件和元器件中,电源最难控制,因为其无法检测。

记者了解到,对于电池而言,要检测就必须激活,而激活就意味着其寿命的完结。因此电池必须绝对可靠。此次任务中,航天科工电源研制团队为“长七”首飞研制配套了10种型号、22台锌银电池组。相比历次任务创新程度更高、技术难度更大。

此外,航天科工研制的配电器、连接器和继电器产品,相当于火箭的血液循环和神经系统,电源传输、指令信息传递等都要依靠它们完成;用于连接火箭内的各种管路连接件,相当于管路系统的中枢,其密封性能优劣将直接影响整个系统的安全性;数以万计的高性能紧固件,以可靠的质量将各零(部)件连接成一个有机的整体……

正是这些“法宝”,为长征七号火箭铸就一身“钢筋铁骨”。

(科技日报海南文昌6月25日电)

伴随着长征七号运载火箭的升空,我国“太空摆渡车”家族的新成员——远征一号甲上面级作为其搭载载荷之一,成功完成了首飞。远征一号甲还将作为其他载荷的二次基础验证平台,将多个不同需求的载荷分别运送到不同的轨道,开展多星轨道部署、在轨加注、立方星等关键技术验证。

上面级作为航天运输系统的重要组成部分,是一种由基础级运载器发射进入轨道,再进一步将有效载荷送入预定工作轨道或预定空间位置,能独立自主飞行的空间运载器,被誉为“太空摆渡车”。运载能力更强、适应性更强、性能更强,承载着更艰巨使命的远征一号甲,被形象地称为“升级版太空摆渡车”。

远征一号甲由航天科技集团运载火箭技术研究院抓总研制,其成功首飞标志着我国新一代多载荷多用途空间运输及空间试验平台的诞生,将是我国未来的月球、火星等深空探测任务、轨道转移、空间碎片清理等轨道服务,以及新材料、新技术空间试验验证奠定工程应用基础。

相比2015年3月30日首飞的远征一号上面级,远征一号甲通过多项技术改进升级,性能大幅提升。其在轨飞行时间从6.5小时延长至48小时,主发动机由2次启动增加至9次启动,分离次数由1次增加至7次。如此一来,其任务适应性和使用灵活性大大提高,能通过多次点火工作,适应更多复杂的路线,将多个不同需求的载荷送入不同目标轨道,具备了异面轨道星座部署能力。

此次远征一号甲及组合体发射任务,是我国目前飞行程序最复杂、飞行时间最长、变轨次数最多的运载发射任务。各搭载载荷结构形式各异,外廓尺寸从0.2米到2.8米,高度从0.3米到2.3米、重量从18公斤到2.8吨不等,且接口需求复杂、目标轨道不同、分离时间不同。

为满足任务需求,科研团队为远征一号甲开展了多项新技术攻关与改进研制。他们研制的可在轨反复充燃料,适用于多次启动的启动装置,为远征一号甲多次点火提供了可靠的动力。同时改进了自主控制的轨道规划算法,升级了自身的“保姆”装置,以适应长达两天的在轨自主飞行。他们还改变了飞行姿态控制方法,以解决多个不同重量“乘客”先后“下车”带来的重心偏差变化范围大、姿态控制精度难度大等问题。

(科技日报海南文昌6月25日电)

# 海南发射场测控中心:“大脑”国产化“眼睛”更长寿

王雪姣 本报记者 付毅飞

长征七号运载火箭的升空,打响了我我国载人航天空间实验室阶段4次飞行任务的开局之战。此次发射,中国电子科技集团为海南发射场测控中心配备计算机系统,这是我国首次在载人航天工程中全面使用国产化计算机系统。

“测控中心计算机系统如同人的大脑,掌控着整个任务周期的数据发送、接收和处理工作。”中国电科测控中心计算机系统项目总师陈济民介绍,此次任务中,该系统首次实现了国产化,特别是用国产化麒麟Linux操作系统替代了微软Windows系统,并解决了应用软件的兼容性问题。

记者了解到,过去我国航天任务所有中心计算机系统都是依靠外国品牌设备组建。“就像别人的大脑掌控着我们的每一个行为动作。系统中每一个升级和改造,都要受外国技术发展进度和对我国技术开放程度的制约。”陈济民表示,不能自主掌控系统开发的进度和状态,是我国载人航天发展面临的绊脚石。

2012年,中国电科接到了海南发射场计算机及显示系统的承建任务。在有限时间内,项目团队充分掌握了相应国产化设备的各种参数指标,开展了大量分析试验,编制了国产化设备汇编。该汇编提高了后续攻关的效率,后来成为更多单位在国产化建设中的参考指南。经过攻坚克难,项目团队解决了系统与应用软件的兼容性问题,最终让国产化设备达到了进口设备的性能水平。

“国产化设备的全面应用,从基础上彻底告别了依靠外国设备、技术为我国航天服务的历史,可以有效解决进口设备带来的一系列安全隐患,使得我们的系统能够完全自主可控地管理和应用,为载人航天等任务提供安全可靠的保障。”陈济民说。

此次任务中,中国电科还为测控系统大屏显示分系统首次配备了激光光源。大屏显示分系统是各类数据和图像的展示窗口。如果说计算机系统是“大脑”,它就如同“眼睛”。陈济民介绍说,以往投影机是用灯泡作为光源发射装置,虽然稳定,但灯泡的最佳使用寿命不到1000小时。而激光光源的使用寿命长达5万小时。此外,激光光源比灯泡色域宽、饱和度更高、显示画面也更加艳丽,可提升任务期间指挥大厅内数据和影像的显示效果。

(科技日报海南文昌6月25日电)

# 升级版太空摆渡车随长征七号旅行

本报记者 付毅飞