



图为神舟十三号航天员乘组出征。 杨志远 摄



图为科技人员正在监测数据。 朱舒麟 王贝 摄



图为航天员王亚平参加入舱联试。 孔方舟 摄

问天征途 神十三打赢决胜之战

□ 本报记者 陈丽平 廉颖婷

这是一场决胜之战。

10月16日0时23分,搭载着神舟十三号载人飞船的长征二号F遥十三运载火箭(简称“长二F遥十三火箭”),在酒泉卫星发射中心发射成功,打赢了我国空间站建造承前启后的关键之战。之后,3名航天员翟志刚、王亚平、叶光富成功进驻空间站天和核心舱。

这次神舟十三号飞船发射任务,是空间站关键技术验证阶段第六次飞行任务,也是该阶段的决胜之战、收官之战。

一座瞄准间一支穿云箭

在酒泉卫星发射中心,由中国航天科技集团有限公司所属中国运载火箭技术研究院研制的长二F遥十三火箭塔架旁,有一座方方正正的小房子,距离发射塔架约150米,这里是火箭的瞄准间。都说火箭发射“失之毫厘,谬以千里”,这里就是火箭校靶之微、蓄千里之力的地方。

火箭转场至发射区之前,瞄准人员的工作就开始了。长二F遥十三火箭地面支持系统发射队员王超说:“火箭转场前,瞄准人员要完成瞄准仪自检,核定关键参数,并开展预瞄准测试。”

以“角秒”为单位的瞄准仪,自检精确并非易事。王超说,1度等于3600角秒,瞄准仪精度达0.5角秒,完成如此精度的校准,对技术和经验都是严峻的考验。火箭发射前经历10次瞄准,要使用两套瞄准设备,在小小的瞄准间里,火箭院瞄准人员与发射场一岗瞄准人员反复校正,有时一校就是一天。

长二F遥十三火箭地面总体发射队员宋晶说,瞄准就是要让火箭知晓初始方位,精度不仅关系火箭起飞滚转等动作,还关系火箭残骸能否落在划定落区范围内及飞船入轨精度等,因此瞄准人员从设备自检开始,就进入高度紧张状态。

火箭瞄准分为粗瞄和精瞄,几乎贯穿火箭在发射区的全流程。对高度接近20层楼、体重数十吨的火箭来说,任何偏差都可能导致不可挽回的后果。

首次粗瞄在火箭转场后。此时,火箭扛着数吨重的载荷,走了近15公里的路,在发射塔架旁刚刚站定。粗瞄的首要任务,就是为火箭正身姿,找定位。

全系统发射演练、紧急关机总检查……每个关键环节之后,火箭都要瞄准,负责瞄准的“教官”们一点点修正火箭姿态偏差,直到它进入执行任务的状态,成为一名真正征战太空的“战士”。

距离发射越近,瞄准就越谨慎,推进剂加注之后,火箭还要经历一系列严苛的精确。

经过前期的瞄准后,火箭位置,身姿已很正,但原来肚子空空的火箭加注了数百吨推进剂,体重一下子增加了十几倍,在多重力共同作用下,火箭会出现一定程度的下沉,此时瞄准人员会为火箭进一步校准站姿等细节。

火箭从发射前-6小时起,精瞄工作高密度展开,瞄准人员精力高度集中,一遍遍纠正瞄准参数。发射前-5小时的瞄准参数,会成为最终的瞄准结果,与火箭弹道等数据一起,装订进火箭控制系统计算机,指导火箭执行发射任务。

此时,瞄准工作并未结束。瞄准人员还要继续监测瞄准参数,并与-5小时提供给控制系统的瞄准诸元进行比较,如果偏差超出规定值,必须查找原因并解决。

发射前-15分钟,火箭进入发射倒计时,发射区大部分人员已经撤离,此时火箭状态已趋于稳定,瞄准人员终于放下心来,成为最后一批撤离的人。这时,往往也是王超心情最复杂的时候。坐在撤离的车上,他忍不住一遍遍回头,望着那枚早已站直站稳的火箭。

“瞄准偏差0.1度,入轨点就会偏差数百公里,这是瞄准人员决不允许出现的失误。”王超说。有着10余年火箭瞄准经验,执行了近10次长二F火箭瞄准任务,王超从未出现过这样的失误。

为何选择10月16日发射

10月15日,中国空间站建造阶段第二艘载人飞船神舟十三号进入发射前的最后时刻。21时许,飞

船开始加注,会签流程开始注入,一声“明白”从酒泉现场传到北京航天飞行控制中心大厅,屏幕上是一片黑夜中的长二F遥十三火箭。

此次发射选择在16日凌晨,该时段的选择,是根据飞船的运行轨道、工作条件、核心舱组合体的运行状态、跟踪测控窗口等因素确定的。为了实现与天和核心舱、天舟二号、天舟三号共同组成的一字型组合体的径向交会对接,发射窗口具有唯一性的特点。

“这次任务有新的挑战和不同。神舟十三号将首次采用径向直接交会对接方式,径向对接状态新,航天员在轨驻留时间长,在轨试验难度大,地面提供常态支持与应急控制的要求高。”北京航天飞行控制中心主任李剑说。

10月15日22时13分,三名航天员进入飞船舱内,画面上出现他们身着舱内压力服的身影。进入舱内后,一系列操作有条不紊地进行着。

10月16日0时23分,“滴滴滴”的倒计时声不绝于耳。“起飞!”从东风的指挥员到北京的总调度,起飞时刻的通报在两地大厅响起,通过语音系统的扩声传遍参加任务的各个点。

582秒后火箭分离,飞船进入预定轨道。分离后约25分钟,在北京航天飞行控制中心的控制下,神舟十三号进入自主快速交会对接模式。

“径向对接期间,空间站组合体遮挡和飞船大幅度姿态调整,对中继测控和飞船能源带来较大影响,测控支持模式和飞行程序安排调整变化大,这些都增加了地面状态监视判断和应急处置的难度。”北京航天飞行控制中心副主任张跃东说。

北京航天飞行控制中心大厅里,通信调度马志正无暇欣赏神箭的英姿,他的耳机会商里传来的是图像语音各个岗位的汇报,手上对比的是切换流程,眼睛里看的是实际屏幕显示的图像结果,话筒里传出的是自己的决策口令。这就是每次发射任务的常态。

经过6次远导控制、寻的段4脉冲控制,飞船到达瞄准点,随后调整俯仰角至90度,分别在径向停泊至200米和19米处,最终在10月16日6时56分,与天和核心舱径向端口对接,形成天和核心舱、天舟二号、天舟三号及神舟十三号组合体。8时20分,对接通道检漏、复压完成,约2个小时后,航天员成功进入天和核心舱,交会对接段圆满结束,任务转入组合体运行阶段。

众多挑战在现场的监视判断中被克服,“对解锁锁定完成”的声音为太空之作作出见证。

天地一体测控网护航太空之旅

作为此次任务的轨道计算备份中心与陆基测控网调度管理中心,西安卫星测控中心为任务全过程提供关键测控支持。

“渭南,发现目标!”

“青岛,USB、雷达跟踪正常!”

在发射任务直播中,伴随着嘹亮的调度口令,观众可以清晰地看到火箭与飞船的飞行轨迹以及飞船内航天员的实时画面,这一切都得益于我国布局合理、功能完善的USB测控网。

西安卫星测控中心总工程师张卓告诉记者,我国已建成陆、海、天基全面覆盖的USB测控网,其综合性能已达到国际先进水平。这一测控网在频段和体制上与国际兼容,集测控、遥测、遥控、语音、电视等功能于一体,综合了测控和天地通信功能,是飞船升空后与地面联系的唯一信息线。

“在快速自主交会对接过程中,飞船完全依靠自主运行,地面基本不需要干预控制。这期间,地面主要靠天链中继卫星进行跟踪测控。”张卓说,“陆基USB测控设备整体性能相对更加稳定,在太空各种情况都未知的情况下,我们通过中继卫星互为补充,组成天地一体测控网,共同护航航天员的太空之旅。”

火箭点火后,在西安卫星测控中心测控指挥大厅全新升级的显示屏幕上,一条条代表火箭飞行状态的曲线,正在随着火箭的飞行而实时变化。

火箭飞行约10分钟后,大屏幕实时画面与遥测数据同时显示火箭分离,轨道计算岗位科技人员犹如听到发令枪响一般,立刻投入到紧张的计算中。很快,飞船初始轨道与分离点参数便计算完成,相关数据同步传至北京航天飞行控制中心并实现比对,为判断发射任务圆满成功提供关键数据支撑。



图为长二F遥十三火箭点火升空。 杨志远 摄

“针对此次任务的新情况、新特点,我们西安中心通过改进中心计算机系统,优化轨道计算模式,实现了对载人飞船初始轨道以及分离点参数的快速计算,尽最大可能确保了时效性。”西安卫星测控中心正高级工程师杨永安说。

在载人航天任务中,西安卫星测控中心作为轨道计算备份中心,与北京航天飞行控制中心共同负责载人航天器发射入轨、在轨运行、返回再入等阶段进行精准跟踪监视与计算分析,完成计算后,两个中心需通过数据比对,确保两者计算结果在误差允许范围以内,才能实时判断飞船的轨道数据、运行工作状态、返回舱落点等信息。

“备份”是世界航天界通用的国际惯例,是为了确保重大航天任务的稳妥可靠、万无一失特意设置的。早在载人航天工程启动之初,我国便在建设全新任务控制与指挥中心的时,对西安卫星测控中心进行改造利用,充分利用西安中心丰富的卫星测控经验,为载人航天任务的测控工作设置牢固“双保险”。西安卫星测控中心总工程师杨开忠介绍。

在对航天器返回落点的计算中,该中心提供的落点预报能够将实际落点与理论落点的偏差始终控制在“十环”范围以内,为地面搜救始终赢得宝贵时间。神舟十二号载人飞船返回测控任务中,该中心计算出的返回舱理论落点与实际落点仅相差不足百米,刷新了载人飞船返回舱落点预报精度新纪录。

为航天员打造舒适太空之家

在太空,航天员能吃到可口的中国味道,能享受太空按摩,能实时健康监测,这些都归功于中国航天科工集团有限公司的技术和产品。

此次随神舟十三号飞船出征的食品加热装置、气体流量调节阀、液路截止阀、生理信号测试盒、心电图记录装置,主要用于神舟飞船环控生保系统和医监医保设备分系统,它们是“太空厨房”“太空空调”“太空医院”的一部分,这些产品给航

天员提供全方位关怀,为航天员打造舒适的太空之家。

“太空厨房”中的食品加热装置安装在飞船内,可定量对航天食品和饮料进行加热,加热时间可调节,它是一个长宽高均不足30厘米,重量仅为4.4千克的白色方盒,内有三层加热空间,轻轻按下电源开关,只需耐心等待少许时间,航天员便可在太空中享受到热乎乎的饭菜。

“太空厨房”里食品加热器的锁紧装置采用机械结构,保证航天员能够自如地掀开“锅盖”,这个小巧精致的锁由7个零件组成。

全国五一劳动奖章获得者李刚,是太空产品的指定装配专家。为保证航天员能够自如地掀开“锅盖”,李刚反复摸索拆装,找到最合适的力矩控制指标,既易打开,又能安全抵御发射飞行过程中的强大冲击力。

航天员出征时,佩戴在大腿外侧的生理信号测试盒,心电图记录装置是“太空医院”产品,由航天员随身携带,只有烟盒大小,可实时监测航天员飞行过程中的心电、呼吸、体温三项生理指标,并传至地面指挥中心,由地面医护人员进行诊断。

心电图记录装置主要对接接收到的航天员心电信号采样处理并存储,可累计记录超过1000小时,这些数据待返回地面后进一步分析。

这两种产品在航天员升空,在轨飞行、返回等过程中均发挥用途,全程陪同航天员完成整个飞行任务。

与其他位置固定的设备不同,这两种“太空医院”产品放置在航天服的口袋外侧,随着航天员处于活动状态,这对它的外形、体积、接插件连接、电气性能等提出更高要求。

生理信号测试盒最后成型的壁厚仅1.5毫米,薄壁零件加工受力颤抖,极易变形。赵连海,王东华,蒋鹤剑等技能大师研究设计出新型工装,增强零件刚性,选择合理的加工走刀参数,并成功避开零件与旋转刀具的共振点防颤,加工的零件平面度满足要求,“太空医院”其他结构件也运用这种加工方法,产品合格率大幅提高。

□ 本报记者 陈丽平 廉颖婷
□ 本报通讯员 王明艳

『与毒魔共舞』的人

虽然是老指挥了,但这次担任神舟十三号任务氧化剂加注指挥,唐琰还是有些兴奋与紧张,他形容这种心情就像距离发射架不足百米的那棵榆树,尽管扎根在戈壁大漠、尽管经历过十次火箭尾焰几百上千度高温的炙烤,总能伴随脚步抽出新芽。

唐琰是酒泉卫星发射中心火箭燃料加注专业高级工程师。易燃、易爆、毒性大是燃料的典型特点,他却说“誓做火箭腾飞最可靠的‘推进剂’”。

神舟十三号任务展开以来,为完成好工作,唐琰坚持从开始,认真组织系统设备检修复查,发现和解决多个设备隐患。

在这次发射任务中,唐琰和加注团队精准指挥,精细操作,再次以“滴液不漏”的标准完成火箭燃料加注。

火箭推进剂毒性大,危险性高;加注过程参与人员多,持续时间长,状态掌控难度大,因而加注专业一直是航天发射场的高危行业,他们也一直被戏称为是“与毒魔共舞”的人。

“每次加注,都是一场严峻考验。”唐琰说,所以每次燃料加注都要万分仔细。从加注罐间到塔上的所有管路,每一处他都要亲自检查,17年里从未出过人为差错。

同事们都说,别看唐高工时那么腼腆,关键时刻却是大无畏。

去年,某任务燃烧剂加注完毕后,唐琰正在组织实施氧化剂加注工作,完成加注后,充满燃料的燃烧剂贮箱活门突然打开,贮箱压力几乎瞬间泄为0MPa。此时,氧化剂加注已经开始,并流动到管路,一旦燃料上塔发生泄漏,两种推进剂在塔上相遇会迅速燃烧。

唐琰临危不乱,他一边指挥塔上操作手快速打开回平台百叶窗,并启动加注口排风机进行紧急排风,一边通知动力系统注意贮箱压力变化,防止燃烧剂溢活门再次打开。同时,提醒塔上人员注意观察设备状态,准备好应急处置工具,确保在推进剂泄漏时第一时间处置。

故障顺利排除,1个多小时后,在唐琰和加注岗位各操作手的共同努力下,氧化剂加注顺利结束。次日,任务圆满完成。

载人航天工程 历次飞行任务

- ★ 1999年11月,神舟一号无人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空,这是我国载人航天工程的首次飞行。
- ★ 2001年1月,神舟二号无人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空。
- ★ 2002年3月,神舟三号无人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空。
- ★ 2002年12月,神舟四号无人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空,其功能及技术状态与载人飞船完全一致。
- ★ 2003年10月15日,航天员杨利伟搭乘神舟五号飞船由长征二号F运载火箭发射升空,在轨飞行14圈,历时21小时23分。
- ★ 2005年10月12日,航天员费俊龙、聂海胜搭乘神舟六号飞船由长征二号F运载火箭发射升空。
- ★ 2008年9月25日,航天员翟志刚、刘伯明、景海鹏搭乘神舟七号飞船由长征二号F运载火箭发射升空,航天员翟志刚成功实施我国首次空间出舱活动。
- ★ 2011年9月29日和11月1日,分别在酒泉卫星发射中心成功发射了天宫一号目标飞行器与神舟八号飞船。天宫一号目标飞行器与神舟八号飞船先后进行两次交会对接试验。
- ★ 2012年6月16日,航天员景海鹏、刘旺、刘洋(女)搭乘神舟九号飞船由长征二号F运载火箭发射升空,刘洋成为我国首位进入太空的女航天员。
- ★ 2013年6月11日,航天员聂海胜、张曙光、王亚平(女)搭乘神舟十号飞船由长征二号F运载火箭发射升空。
- ★ 2016年6月25日,我国全新研制的长征七号运载火箭在海南文昌航天发射场点火升空。
- ★ 2016年9月15日,天宫二号空间实验室在酒泉卫星发射中心成功发射。
- ★ 2016年10月17日,航天员景海鹏、陈冬搭乘神舟十一号飞船由长征二号F运载火箭发射升空,10月19日,神舟十一号载人飞船与天宫二号空间实验室成功实现自动交会对接。
- ★ 2017年4月20日,天舟一号货运飞船在文昌航天发射场发射成功。
- ★ 2020年5月5日,长征五号B运载火箭首次飞行任务取得圆满成功,实现空间站阶段飞行任务首战告捷。
- ★ 2021年4月29日,搭载空间站天和核心舱的长征五号B遥二运载火箭,在文昌航天发射场发射成功。
- ★ 2021年5月29日,搭载天舟二号货运飞船的长征七号遥三运载火箭,在文昌航天发射场发射成功。
- ★ 2021年6月17日,搭载神舟十二号载人飞船的长征二号F遥十二运载火箭,在酒泉卫星发射中心发射成功,顺利将聂海胜、刘伯明、汤洪波3名航天员送入太空。
- ★ 2021年9月20日,搭载天舟三号货运飞船的长征七号遥四运载火箭,在文昌航天发射场发射成功。
- ★ 2021年10月16日,搭载神舟十三号载人飞船的长征二号F遥十三运载火箭,在酒泉卫星发射中心发射成功,顺利将翟志刚、王亚平、叶光富3名航天员送入太空。