

长十乙发射成功背后的海南航天人

■ 通讯员 赵倩楠 王朝莹
海南日报全媒体记者 刘冀冀

“

7月10日，海南商业航天发射场。伴随着一阵轰鸣巨响，长征十号乙运载火箭发射升空，将卫星顺利送入预定轨道，同时，成功实施运载火箭一子级可控回收，标志着我国在重复使用火箭技术领域取得新的历史性突破，也是全球首次运载火箭网系回收。

自2024年11月30日首飞成功以来，短短一年多时间，这座全国最年轻的商业航天发射场，实现“19连捷”。

“航天事业，是万人一杆枪。”这句在航天领域流传已久的话，在此刻被赋予最真切、最生动的注脚。成功从来不是一个人的凯歌，而是一群人的协奏。从计划组织到协同调度，从对接起竖到加注供气，每一个人都恪尽职守，锚定同一个目标：发射成功。

在航天发射工作中，地面支持、加注供气、调度指挥三个系统被形象地称作发射场的骨骼、血液与最强大脑。今天，我们就通过这三个系统走近这群海南航天人，看看在火箭发射前，他们在忙些什么？



A

地面支持系统： 挺起火箭的“钢铁骨骼”

长征十号乙运载火箭采用三平测发模式，即水平总装、水平测试、水平转运。

如何让火箭完成水平到竖直的姿态转变？起竖架犹如一副钢铁骨骼，撑起数百吨重的箭体。发射场地面支持系统则像一双隐形的大手，护送火箭从水平到直立，从地面到苍穹。

7月6日深夜11时许，夜色如墨。海南商业航天发射场二号发射工位，亮如白昼。此刻，高60多米、直径5米的长征十号乙运载火箭，在起竖油缸的承托下稳稳起竖，直指苍穹。

文昌航天发射保障有限公司（以下简称发射公司）非标设备室负责人汪庆文，与两名“95后”——地面支持系统指挥员武艺元、发射公司非标设备室主任助理邓大雨一同仰望着这尊钢铁巨物，不约而同地长舒了一口气：地面支持团队鏖战7个多小时，成功完成了全箭转场后由水平至垂直的姿态转换。

“对接、起竖、落台。”汪庆文用6个字，精炼概括了转场当天的全部核心环节。

时针拨回到当天下午4时。700余吨的起竖架与星箭组合体被顺利转运至二号发射工位，随即进入与固定发射台的对接程序。

第一步，活动发射台缓缓靠向固定发射台。火箭方技术人员精细调整星箭组合体转运车角度，发射场工作人员密切配合，协同联动，通过两个翻转支点实现“台穿轴”。

“难度不亚于穿针引线，不能出现丝毫偏差。”汪庆文透露，“我们已经对

固定发射台的翻转支点进行了适应性改造，打磨了几毫米。”

第二步，将液压起竖系统的油缸与起竖架通过四个上支点精准锁定。

星箭组合体转运车下方，高度不足一米的逼仄空间里，武艺元半蹲着身子，逐项核对操作文书上的步骤与数据，并下达指令：“北侧偏松，再紧一紧！”

更深处约7米的基坑中，邓大雨闻令而动，不时点击按钮，对油缸的角度和高度进行反复微调。

“此前我们已进行过多轮空载地面联调测试和模拟箭、真箭联调，确保此次对接分毫不差。”汪庆文语气笃定，胸有成竹。当天的对接也格外顺利，比预定完成时间提前了1个小时。

深夜11时许，火箭方完成箭体操作并全部撤离。在确认火箭已完全具备起竖条件后，武艺元果断下达“箭体起竖”口令。只见水平静卧的火箭，在起竖架的环抱中，缓缓绕支点昂首而起，最终挺拔矗立，直刺夜幕。

“今天我们大概完成了80%的工作量。”武艺元向记者解释，火箭起竖后，将由4个承接机构稳稳接住，实现落台，至此地面支持系统的任务“大头落地”。发射前，需对箭体竖立状态进行24小时不间断监测；发射当天，还要完成预后倒、0秒快速后倒和大流量喷水等关键操作。

望着武艺元、邓大雨娴熟从容的操作，汪庆文眼中满是欣慰：“他们都成长起来了，如今都能独当一面。”

“实现新突破，内心无比兴奋。”武艺元感慨道，3年前初到岗位时，自己还像个懵懂的小学生，是汪庆文手把手、一步步教会他每一道口令、每一处细节。

如今成长为系统指挥员，他深切明白了“航天事业，是万人一杆枪”的真谛：“每个人都像一颗螺丝钉，恪尽职守，齐心协力朝着同一个目标和方向奋力前行，最后成功，便水到渠成。”

B

加注供气系统： 注入飞天的“澎湃血液”

火箭燃料，犹如奔涌在钢铁躯体中的血液，为火箭飞向苍穹提供不竭动力。而此次长征十号乙运载火箭加注的推进剂甲氧，是我国商业航天发射中的首次尝试，意义非同寻常。

7月8日，发射前的最后一次总检查——模拟发射如期展开。上午9时，海南商发测控指挥大楼的加注供气指挥室内，带电气全流程信号联试正紧张有序地进行。

“110！560！报告：甲氧加注已开始！”大屏幕上，系统瞬间切换，十余条管路纵横交错，数百个阀门整齐排列。“00后”甲氧加注系统测控台操作手刘狄紧随指令，熟练完成规定动作。

这是刘狄来到发射场的第三年，也是他首次担任甲氧加注系统测控台操作手。只见他目不转睛地观察指标，不时低头核对文书上的步骤与数据，动作沉稳而专注。

谈及新人培养，甲氧加注系统指挥员熊安华深有感触：“新人上岗后，首先要对系统流程了然于胸——阀门在哪、传感器在哪、设备在哪，出现问题要能第一时间定位；还要掌握控制软件，参与设备安装调试全过程，吃透整体运行逻辑。”

他打了个比方：“假如把加注供气系统比作人体，就必须摸清每一根血管、每一个器官的脾气。”

发射前6小时至4小时，进行甲氧

排放管路的氮气置换和火炬点火；前4小时，液氮加注；前3小时30分，甲烷预冷；前1小时5分，启动甲烷大流量加注……对于加注流程，刘狄早已烂熟于心：“系统调试和合练前前后后进行了五六次，步骤流程已是基本功，真正的考验在于应对突发状况。”

而此次发射最大的难点，是如何应对甲氧的“冰堵”。

熊安华曾作为液氮加注系统指挥员，参与过海南商发多次发射任务，经验丰富。他解释，甲氧在低于零下182℃时会结冰，“就像血管堵住了，血液无法流动。”此次全过冷加注，需先加注低温液氮给过冷器壳程预冷，要避免“冰堵”，就必须精准控制液氮注入量，同时保持甲氧的合适流速。

刘狄第一次遭遇“冰堵”是在模拟测试中。“当时很紧张，熊老师手把手指导，先减少液氮量，再用高温甲氧进行吹除，半小时就化解了。”

那次经历后，熊安华带领团队为甲氧加注的温度和速度设定了极限值，并形成可操作的文书规范，此后的测试和真箭联调中再未出现类似问题。“一次次模拟演练，就是要不断暴露潜在问题，形成预案，做到万无一失。”

8日14时，历时5小时的全流程信号联试圆满结束。熊安华微笑着拍了拍刘狄的肩，眼神里充满欣慰。

C

调度指挥系统： 运筹帷幄的“最强大脑”

“10、9、8……3、2、1！”这是火箭飞天前，观礼台上万人同声喊出的倒计时。然而，在海南商业航天发射场的幕后，真正的倒计时，早已于发射前8小时悄然启动。

7月8日18时30分，发射前的最后一次调度会准时召开。坐在主汇报席上的，是发射公司发射运营部任务调度二组组长王亚冬。

会议室内，屏幕闪烁，各系统代表凝神端坐。“95后”小伙王亚冬以清晰沉稳的语速，将发射前8小时内的关键节点、工作安排、各系统准备状态，逐一汇报——时间精确到分，任务细密到项，仿佛一台精密钟表的齿轮咬合，严丝合缝。

调度，这份在外人看来千头万绪的繁杂工作，在王亚冬口中被精炼成3个词：计划、组织和协调。但熟悉内情的人都知道，这背后，是无数份方案的推敲、无数次电话的沟通、无数条指令的传达。

他不仅是发射方案的编写者与实施组织者，更是卫星、火箭与发射场之间那道无形的“桥梁”，各方信息在此流转、需求在此交汇、矛盾在此协调。因此，在发射场，调度被形象地称为“最强大脑”——既要有全局视野，又要能洞察毫末。

发射前，调度会提前搜集各系统的需求和计划，整合出一份“指挥协同程序”，派发给发射场每一个系统。这份程序如同一张作战地图，清晰标注了每个时段各系统必须完成的任务，以及任务完成后需上报的口令。各系统再以此为纲，分解出自更为详尽的子计划。

对内，调度必须对所有岗位的关键节点、任务目标及其先后顺序了如指掌，每日制定计划、跟进落实、核对闭环；对外，则要精准对接火箭、卫星等各方需求，在复杂交织的诉求中统筹推进，确保任务步步为营。

事实上，调度席位上并非只有王亚冬一人。在他身侧不远处，共同负责调度的“90后”小伙朱赞同样紧盯着屏幕。

按照正常排班方案，两人轮班上岗，交替完成发射任务的调度指挥。但这一次，由于长征十号乙运载火箭发射任务重大，指挥部最终决定打破常规，让两人协同作战，互为备份。

“以前是接力赛，一人跑一棒；这回改成了双人划艇，得在同一节拍上使劲儿，谁都不能慢半拍。”朱赞打趣道。不过，两人虽各有侧重，却始终保持着信息同步。

每当调度会上听到各系统回复“收到，明白”，王亚冬都会暗自松一口气，“所有信息都对上了，我才觉得心里踏实。因为我知道，大家都在同一张时间表上奔跑。”

而一旁的朱赞也深有同感，他补充道：“两个人一起盯着，等于多了一双眼睛，多了一道防线，哪怕再微小的偏差，我们也能第一时间发现。”

所有铺垫，都为那一刻。当“全加好”“伺服启控好”“液压解锁好”“零秒与牵制解锁好”7月10日中午，指挥大厅里，各系统报出最后一遍状态。“10、9、8……3、2、1，点火！起飞！”首席指挥员鄢利清的指令铿锵有力。

刹那之间，火箭底部喷涌出炽白泛金的烈焰，巨大的推力将箭体从起竖架上释放，火箭拔地而起，拖着长长的尾焰，向着苍穹呼啸而去。

火箭一二级分离后，一子级空中调头、再次点火，最终，稳稳挂在回收船的多根“井”字形绳索上，完成捕获回收。

“这也是海南商业航天发射场建成后第二次执行新型火箭首发任务。”海南国际商业航天发射有限公司董事长杨天梁坦言，面对更大运载能力火箭的发射需求，海南商业航天发射场提前合练、多部门协同，验证了二号发射工位四油缸带载支撑能力。

“航天事业，是万人一杆枪。”当火箭直冲云霄，当一子级垂直落入网系，这句话的含义，已无需再多解释。

在这座中国最年轻的商业航天发射场上，每一个像螺丝钉一样坚守的人，都在用自己的方式，为那一飞冲天的瞬间，写下不可替代的一笔。

（本报文城7月12日电）

长征十号乙运载火箭。

自贸港观察



扫码看更多内容
执行策划：罗清锐
执行总监：许世立
客户端主编：曾敬
本版AI绘图：张昕

►7月10日，长征十号乙运载火箭发射任务圆满成功，航天人一片欢腾。