

问天归来

嘉兴「智造」

八月初秋，恰逢七夕，星河渐明。

在酒泉东风商业航天创新试验区，一枚不锈钢“国之重箭”完成往返天地的旅程，书写了独属于中国商业航天的极致浪漫与硬核担当。

8月19日7时35分，朱雀三号遥二运载火箭在东风商业航天创新试验区发射升空，火箭一子级按预定程序成功着陆于甘肃省民勤县朱雀三号着陆场坪。

这是我国在重复使用火箭关键技术上取得的又一重大突破，朱雀三号成为我国首款成功入轨并实现陆地回收的运载火箭。

“圆满”的背后，是中国商业航天在重复使用赛道上锲而不舍、迭代精进的硕果，更是嘉兴智造、浙江科创从本土厂房飞往浩瀚太空、从摸索试错迈向成熟可靠的重要见证。



从朱雀三号看见中国航天的星河征程

■记者 冯伟涛



蓝箭航天嘉兴火箭制造基地总装车间

技术归零 精准攻坚的航天定力

中国商业航天的进阶之路，从来都是在试错中突破、在复盘超越。在密集的技术突破节点背后，是科研团队直面失利、深耕短板的坚守与付出。

距离朱雀三号遥一运载火箭首飞，已然过去8个月零16天；距离长征十号乙完成海上网系回收试验，不足两月，国内可回收火箭赛道捷报频传，产业迭代节奏持续提速。

位于浙江乍浦经济开发区（嘉兴港区）的蓝箭航天嘉兴火箭制造基地，是这枚朱雀三号遥二运载火箭奔赴太空的“诞生地”，其箭体结构、总装总测等核心工序均在嘉兴基地完成，湖州基地制造的天鹊系列液氧甲烷发动机在这里完成对接装配，实现“湖州铸心、嘉兴铸形”。

这枚“浙江造”大国重器，从智能制造厂房走向戈壁发射工位，最终圆满完成发射与回收使命。

走进基地总装车间，告示栏上“技术归零”四个大字尤为醒目，严苛的质控理念，成为朱雀三号逆袭突破的核心底气。

“遥一回收失利后，整个团队都憋着一股劲，一心要把问题改彻底、把技术补到位。”蓝箭航天嘉兴火箭制造基地副总经理刘旭升语气笃定。

时间回溯至2025年12月3日13时50分，朱雀三号遥一运载火箭在酒泉点火升空，首度挑战重复使用火箭航天任务。

作为国内首款主打大运力、低成本的可重复使用火箭，朱雀三号搭载九机并联天鹊12A液氧甲烷动力系统，采用创新不锈钢箭体结构，顺利完成入轨任务，将载荷精准送入预定轨道，但回收副任务遗憾失利。火箭一子级顺利完成高空掉头、再入点火、穿越大气层、栅格舵展开等关键动作，却在最终着陆阶段出现姿态偏差，未能实现平稳软着陆。

谈及此次失利，朱雀三号总设计师戴政坦

言：“最后那一脚刹车没踩好。”

业内皆知，火箭垂直回收是航天领域公认的技术“圣杯”，难度堪比从东方明珠塔顶端扔出一支铅笔，精准落入地面的一只鞋盒内。数十吨的高速箭体，要在复杂大气与极端力热工况下精准落地，每一处细节都考验着技术精度。

相较于完美成功，这场带着遗憾的飞行，为技术迭代留下了无价财富。

遥一飞行完整采集了75公里高空真实飞行环境下的全链条一手数据，覆盖再入点火、气动滑翔、热防护响应、制导算法运行等所有关键环节，这些真实工况数据是地面仿真和低压试验无法替代的核心资源。

在航天工程领域，找准问题根源，远比侥幸成功更有价值，这场失利为后续技术优化指明了精准方向。

刘旭升告诉记者，失利核心症结在于箭体底部防热结构失效，“因为真实的太空工况的复杂性远超地面模拟场景，造成了一些偏差。”

为此，遥二研制全程靶向攻坚，依据遥一获取的遥测数据，聚焦防热底板结构迭代、防热材料升级，只做精准优化，把飞行暴露的问题逐一转化为实打实的技术升级。

蓝箭航天嘉兴火箭制造基地总装部部长张世林告诉记者，朱雀三号九台发动机并联的紧凑布局，让箭体底部作业空间极度狭小，导致施工、调试、整改难度非常。为补齐技术短板、保障研制进度，基地全员开启攻坚模式，15人一班，实行“人停机不停”三班倒作业机制，“连续20多天，车间的灯和设备没关过！”

攻坚之路，道阻且艰。蓝箭团队在材料选型、试验验证、总装保障各环节无缝衔接，通过多轮迭代测试，系统性强化防热结构薄弱环节，彻底解决遥一暴露的核心问题，为遥二完美回收筑牢坚实基础。

系统优化 铸就天地往返硬核实力

以失利复盘为起点，以精准迭代为核心，蓝箭团队在遥二研制阶段开展了全方位、体系化的技术升级，覆盖动力着陆、安全控制、结构防护、设备验证多个核心领域，实现火箭回收可靠性、自主性、适配性的全面跃升，让每一次技术优化都经得起太空实战的检验。

“动力着陆系统迎来架构级优化，大幅降低控制复杂度，提升飞行可靠性。”朱雀三号副总指挥、蓝箭航天嘉兴火箭制造基地总经理黄诚在接受采访时表示，研制团队重构着陆点火构型，将原有五台着陆点火发动机精减为三台，保留一台核心着陆发动机作为主力，有效简化了系统链路，规避了多机协同控制的不稳定风险，从源头上提升了回收阶段的系统稳定性与容错率。

安全控制层面实现智能迭代，自主安控能力全面升级。朱雀三号搭载的箭上自主安控系统新增预示落点安控功能，全新迭代的返回控制策略，让火箭依据实时飞行状态，自主调整飞行流程、修正姿态轨迹，极大提升了回收全过程的安全性自主决策能力。

同时，针对火箭再入阶段高温、强冲击、强气动载荷的极端工况，蓝箭航天优化了尾舱热

防护设计与发动机连接结构，强化关键部位结构强度与密封性能，让火箭能够从容应对太空极端飞行环境。

朱雀三号副总工程师、火箭回收区总指挥沈超表示，除核心回收技术迭代外，本次任务还完成了自研新设备的实战验证。遥二同步搭载蓝箭航天自研非火工品堆叠压紧释放装置，依托真实天地往返飞行工况，全面校验设备工作性能，为后续大型星座组网、卫星批量快速部署、高频次商业发射积累了宝贵的飞行数据，筑牢了商业化服务的技术根基。

全套技术优化在实战中得到完美验证。朱雀三号遥二全程状态稳定，动作精准。火箭一二级分离后，一子级精准转入返回飞行剖面，有序完成高空大角度调姿、再入点火动力减速、大气层气动滑翔、近地着陆点火减速等一系列标准流程。

临近地面时，四条着陆支腿精准展开，通过缓冲机构完美化解数十吨箭体的落地冲击，最终稳稳伫立在戈壁回收场坪上，圆满完成从高速太空飞行到平稳垂直落地的全流程闭环验证，各项指标全部达标。

格局重塑 中国商业航天的全新突破

一枚枚火箭腾空而起，一声声戈壁轰鸣接连响起，属于中国民营火箭回收赛道的发令枪，正在一枪接一枪响彻大漠长空。

朱雀三号的技术逆袭，是中国商业航天从技术验证走向工程复用、从单点突破走向体系成熟、从跟跑探索走向自主领跑的标志性跨越，创下具有里程碑意义的全新突破。

国际航天专家雨广认为，我国首次实现运载火箭一子级着陆支腿方式回收、国内首次入轨级运载火箭一子级陆地回收。至此，我国重复使用火箭正式形成“网系捕获+支腿垂直着陆”双技术路线并行的格局，彻底补齐陆地支腿回收关键短板，实现航天回收技术“两条腿走路”，构建起容错性更高、选择更多元的技术谱系，进一步夯实我国低成本航天运输体系的核心底座。

重复使用火箭不再是实验室概念、纸面技术，而是真正落地、可迭代、可复用、可商业化的核心航天装备，彻底打通“发射—返回—检修—再发射”的商业闭环，为航天发射降本增效、高频次组网发射、规模化太空开发提供了坚实支撑。

随着液氧甲烷动力、不锈钢箭体、陆地支腿回收等核心技术全面落地，国内商业航天正式进入多路线竞速、高质量迭代的全新阶段。

蓝箭航天嘉兴火箭制造基地作为长三角商业航天制造核心载体，实现不锈钢箭体研制、精密结构加工、配套系统集成等核心能力本土化落地，证明“浙江造”航天核心构件可完美适配轨道级火箭天地往返极端工况。

同时，航天技术突破反向牵引长三角高端焊接、特种新材料、精密加工产业升级，推动区域构建起“研发—制造—发射—运营”一体化商业航天生态，加速国内航天制造产能从西北戈壁向长三角高端智造集群集聚。

“长三角先进制造业产业基础雄厚，叠加浙江‘企业为创新主体’的氛围，高度适配商业航天‘高风险、快迭代’的特点。社会资本和政府政策协同发力，有力支撑浙江省商业航天发展。”浙江大学航空航天学院副院长、浣江实验室常务副主任王高峰认为，商业航天是航天强国战略的重要组成，既是催生新质生产力的新引擎，也是重塑全球航天竞争格局的关键变量。浙江大力支持以企业为主体的商业航天发展，巩固嘉兴、湖州“总装+动力”的错位布局，发挥链主效应补齐长三角产业链配套，联动各地拓展卫星与航天应用，推动产业由“单点企业突破”迈向商业航天产业集群发展。

迎风点火、高速再入、陆地垂直着陆……一系列世界级工程难题实现“破冰”，中国商业航天人在试错中成长、在迭代中精进。此次朱雀三号遥二任务的成功，不是终点，而是中国商业航天规模化、商业化、常态化发展的全新起点，将重塑全球重复使用火箭的竞争格局。

未来，依托成熟的重复使用火箭技术体系与本土化批量制造能力，国产重复使用火箭将持续夯实低成本、高频次、高可靠的航天运输能力，为航天强国建设注入源源不断的民营力量，向着更辽阔的星辰大海砥砺前行。

图片由蓝箭航天提供