中国“牧星人”的深空征途

■本报特约通讯员　吕炳宏　记者　李伟欣

特　稿

2025年5月29日，我国在西昌卫星发射中心成功发射天问二号探测器，目标是4300万公里外的近地小行星2016HO3和数亿公里外的主带彗星311P。

宣布发射任务圆满成功的那一刻，距离发射场千里之外的西安卫星测控中心测控大厅内，席高工与同事们激动地起身鼓掌。

目睹屏幕里与地球渐行渐远的天问二号，这位投身深空测控事业15年的航天人眼中充满欣喜和期待——

在他看来，从“嫦娥”到“天问”，每一次深空探索的漫漫征途，不仅属于星海中“一叶扁舟”般的探测器，更属于在背后默默支撑它们的中国“牧星人”。

把征途中一个个“不可控”变为“可控”

仲夏之夜，西安卫星测控中心测控大厅，一股紧张感弥漫开来——

此时，距离天问二号探测器发射，仅有不到5个小时。任务总体岗位的席高工端坐在办公桌前，抓住最后时机检查任务方案。

为了天问二号成功发射并顺利抵达目的地，席高工带领团队一字一句撰写出这本110页的任务方案。

“天问二号首创的‘附着采样’技术，好比要追上高速行驶的列车，并用镊子稳稳地夹起列车上的一颗米粒，对测控系统的挑战可想而知。”席高工形象地向记者解释了天问二号任务的技术难点。

深空测控，是“牧星人”的终极浪漫。相比于一般几天就能完成的地球卫星测控任务，深空测控任务短则月余、长则数年。对航天测控人而言，深空测控任务考验的不仅是全局把握庞大系统工程、解决科技难题的业务能力，还有心无旁骛、持之以恒的耐心与恒心。

席高工告诉记者：“我所在的任务总体岗位统揽测控系统，需要与工业部门、协作单位、测控站点密切沟通协调，单靠电话远远不够，必须亲临现场记录状态，核准清楚每项数据、每行代码，方能确保任务万无一失。”

执行深空测控任务的两座深空测控站，一个坐落在祖国西陲的茫茫戈壁，一个位于祖国东极的林海雪原。不同于许多“牧星人”身居斗室、经纬苍穹的工作状态，“出长差、常出差”是测控任务总体岗位工作人员的常态。

刚来到航天战线，年轻时的席高工曾认为，“牧星人”只要坐在办公室把代码和数据掌握好就够了。他当时不明白，“为什么非要跑到那么偏远的地方去搞测试”。

12年前，他第一次跟随前辈来到某深空测控站。那里荒凉偏僻、鲜为人知，只有即将建成的庞大深空测控设备，静静地遥望璀璨星河，进行着无声的天地对话。

沿着攀爬架，他来到设备顶端。那一刻，广袤无垠的土地和无边无际的银河将他包裹起来。闪烁的星辰，仿佛是微弱的深空信号，吸引着他走入其中。

一行行数据在他眼前流淌，通过解析数据直接“触碰”宇宙奥秘，深深地吸引着他：原来，自己是那样渺小，自己对宇宙的了解是那样浅薄。

席高工感慨道：“探寻宇宙的奥秘，绝非一朝一夕之功，需要我们一代代人穷尽一生去求索。”

事实上，席高工的“牧星”生涯与中国深空测控事业的每一程紧密交织——

嫦娥三号任务中，他牵头完成了某项关键技术攻关，为我国首次月面着陆探测顺利实施奠定基础；

天问一号任务中，他带领团队提出的某目标捕获方案，解决了测控设备对火星探测器的目标捕获难题……

相比之前的深空任务，天问二号任务具备更长的任务周期、更远的飞行距离、更庞杂的任务流程。为了确保探测器上天之前，地面测控设备能达到最佳状态，席高工带领团队多次奔赴深空站，开展对接测试，先后解决多项技术难题，排除一系列故障隐患。

天问二号任务后半程的主带彗星探测阶段，探测器距离地球最远将达到4.8亿公里。到那时，太阳能功率将骤然下降。如何保证探测器的能源供应，将是一个大难题。

为确保探测器在深空探测的“后半程”依旧保持强健活力，作为团队成员的傅高工从一次卫星太阳帆板受损修复任务中受到启发，提出了问题解决思路，为探测任务提前吃下了“定心丸”。

“探索深空是一场永无止境的征途，只有义无反顾地继续前行，才能把征途中一个个‘不可控’变为‘可控’。”傅高工如是说。

在挑战遥远未知中实现突破，是深空测控最大的乐趣

深夜，记者步入西安卫星测控中心办公大楼的走廊。“擎起中国轨道新高度，当好太空边疆拓荒人”，这句航天测控前辈写就的标语，在灯光映射下鲜红耀眼、格外醒目。

在天问二号任务准备阶段，每当看到这句话，轨道岗位的黄工程师身上总会充满力量。

轨道，是一切航天任务的基础，是卫星环绕终生的归宿。轨道，同样是黄工程师奋斗的舞台。

12年前，黄工程师从某测控站调到西安卫星测控中心轨道部门。从那时起，她便憧憬着，在精密定轨核心技术多年积淀的基础上，探索前人从未涉足过的领域。

盘点西安卫星测控中心的一次次重大技术突破，无不源于一代代“牧星人”在一次次严峻挑战中创新跨越、执着登攀。这些非凡成就和精神力量，化作探索深空的坚强基石，给予像黄工程师这样的后来者们，迎接全新挑战的底气。

2020年7月，天问一号任务如期而至。黄工程师的机会终于来了——我国首次行星探测任务，是西安卫星测控中心精密定轨技术从地月系拓展至行星系的关键一战。

在毫无经验可循的情况下，黄工程师带领团队历经数月“背靠背”的艰苦鏖战，开发出2套深空精密定轨软件。

在长达10个月的任务周期中、上亿公里的距离下，他们最终实现了50米级的高精度轨道计算，不仅为天问一号任务圆满成功提供了关键支撑，更刷新了西安卫星测控中心精密定轨技术的新极限。

“在挑战遥远未知中实现突破，是深空测控最大的乐趣。”黄工程师说，“我和我的团队都十分享受这个过程。”

此次天问二号任务的一大难点，就是要在深空任务中首次应用电推进轨道控制技术。相较于传统的化学推进轨道控制技术，电推进计算推力值与实际推力值误差很小，便于地面精准计算。但在实际应用中，科研人员发现，依靠太阳能转化而来的电能，功率会因太阳照射角度的变化而产生波动，随之带来推力不稳定的问题，会直接导致定轨偏差。

“解决这个问题的灵感，来自一次惊心动魄的卫星抢救任务。”黄工程师笑着说，“真没想到，那次意外竟然促成了我们精密定轨技术的又一次突破。”

那年，某卫星在电推进轨道控制过程中出现问题，轨控周期一再延长。对于轨道岗位而言，解决问题的关键在于根据推力实际变化情况，更改精密定轨软件的程序和逻辑。

王工程师全程参与了那次卫星抢救任务。他告诉记者：“卫星上天后，这些问题方才暴露，让我们有些措手不及。不过，我们有信心攻克这些难关。”

得益于前辈们对精密定轨软件的深耕完善，团队短时间内就摸清了卫星推力变化的规律。从定轨软件修改到投入在轨应用，该卫星历经“艰辛跋涉”，成功定点于地球同步轨道。“牧星人”又一次创造了奇迹。

天问二号探测器，要通过同样的方式，从地球转移到小行星，不仅飞行距离成倍攀升，飞行窗口也极为有限，稍有偏差，可能直接导致探测器无法顺利抵达目的地。

得益于抢救卫星过程中实现的技术突破，黄工程师带领团队顺利完成了天问二号探测器电推进阶段精密定轨软件的研发。他们大刀阔斧进行改造创新，使其具备了对太阳系所有自然天体进行精密定轨的能力，并通过优化算法，解决了时效性差、运算效率不高等问题。

深空精密定轨软件升级后，适用范围大幅拓展，实现了新突破。“站在新的起点上，我们更应勇于创新超越，朝着未知的目标进发。”黄工程师说。

更遥远的星辰大海，等着年轻人接力扬帆

这次天问二号任务，总周期长达近10年。记者有理由相信，当10年后天问二号飞临主带彗星311P时，天问三号、天问四号，甚至载人登月任务或许都已经从蓝图成为现实。

那时，从席高工他们这一代“牧星人”手中接过接力棒的下一代“牧星人”，毫无疑问将担当测控任务的主力。

凝望夜空，席高工有时会不由自主地想起前辈们的探索、付出和接力传承。当年，前辈们总把这样一句话挂在嘴边：“深空测控，成之于细，差之毫厘，谬以千里。”

如今，这句话已经成为席高工带团队的口头禅。他对新一代“牧星人”寄予厚望：“更遥远的星辰大海，等着年轻人接力扬帆！”

此次任务中，西安卫星测控中心被赋予开展南天区干涉测量的新使命。面对这一从未涉足过的领域，席高工在任务准备之余，总会耐心地将干涉测量的原理、原始数据处理流程等传授给年轻一代。

凭借兴趣和较高的悟性，张工程师脱颖而出，得到席高工的认可，被作为重点骨干加以培养。然而，由于任务安排冲突，张工程师这次并未如愿入选天问二号任务项目组。

面对失落的张工程师，席高工鼓励说：“别灰心！深空测控是一项长远的事业，未来还有更遥远的目标等着你们去探索！”

在繁重的测控任务之余，张工程师继续埋头学习，主动参与项目组的技术讨论。她将目光瞄向天问三号任务。

对年轻骨干进行传帮带，黄工程师有着不同的认识：“为了让他们尽快具备独当一面的能力，必须及时放手，给年轻人留一些思考的余地，让他们自己尝试去解决问题。”

前期，董工程师重新设计的定轨软件陷入“瓶颈”：明明程序已优化完毕，算出来的小行星轨道竟然还与公开的星历数据相差甚远。

董工程师对软件的可靠性产生怀疑。研发受阻，加之任务临近，他陷入了深深的精神内耗。

得知这一情况后，黄工程师凭借丰富的经验，引导他打开思路，尽快脱离思维局限。

听取黄工程师的建议后，董工程师找到了前进的方向，计算精度的提升立竿见影，问题迎刃而解。

谈及这次足以改变认知的编程经历，董工程师颇为感慨：“在黄工程师的引导下，我真切体会到，研究深空测控必须具备排除万难去求证每组数据的严谨细致，更需具备跳出地球去衡量星际尺度的宏阔视野。”

2个月前，黄工程师岗位调整。临走前，她拍着董工程师的肩膀说：“就这样，朝着深空继续探索下去吧！”

左上图：夜空中的深空测控站。　吕　龙摄

版式设计：杨　磊

扎根戈壁　仰望星空

■金圣翔　本报特约通讯员　吕炳宏

“‘叶河’发现目标！”5月29日，天问二号正式启程，飞向小行星2016HO3，任务中这句嘹亮的调度口令，源自西安卫星测控中心某深空测控站。

“叶河”指的是叶尔羌河，它自喀喇昆仑山口奔涌而出，灌溉着新疆最大的绿洲之一——叶尔羌绿洲。象征着生机与希望的“叶河”，顺理成章地成为位于祖国西陲某深空测控站的代号。

15年前，深空测控站建设之初，这里是一番截然不同的景象：无人、无水、无电、无路、无绿色、无信号。

面对恶劣的创业环境，“牧星人”仰望星空的信念坚如磐石。不到一年，硕大的深空测控天线便矗立在戈壁深处。

追随“天问”，巡天万里；陪伴“玉兔”，近窥玄机。自组建以来，这座茫茫星空下的“戈壁孤岛”，助力中国航天探索深空的脚步越走越远。

如今，再次踏进这个深空测控站，已是另外一番光景——从内地移植过来的松柏树苗，已经长成大树，与簇簇红柳汇聚为成片绿色；由孔雀、兔子、绵羊、珍珠鸡等动物组成的“小小动物园”，为坚守在戈壁的“牧星人”，带来别样生机。

茫茫戈壁，小小站点俨然化身为一片绿洲。这背后的艰辛付出，只有坚守在此的“牧星人”知道。

“深挖浅栽高封土，一挖二埋三提溜。”这是该站工作人员张哲溢多年来总结出的宝贵经验。红柳生命力虽强，但面对盐碱度极高的原始土地条件，也难以存活。他刻苦钻研种植方法，精心挑选优质树种，经过层层筛选，克服重重困难，最终让千余棵红柳在戈壁滩扎根，成活率达85%以上。

回想起这些年“敢教日月换新天”的奋斗历程，站领导感慨万千：树能种活，就没有什么事是干不成的。

前端岗位的技术员谢小龙，主要负责建立和维护测控通信链路。无论酷暑还是严冬，那座数十米高的天线塔架，是他每日必攀的“高峰”。

一次任务中，天线塔架某装置突发故障。谢小龙迅速启动应急预案，精准定位故障电路板，及时更换备用板卡，保障任务顺利推进。他说：“站上塔架，远远眺望夕阳下的大漠，我总觉得，能从事这项伟大的事业，是自己的幸运。”

后端岗位的王臣，主要负责设备状态的建立、切换以及关键操作，为深空探测器提供可靠的测控支持。这名喜欢探索未知的年轻人，将自己的工作形象比喻为“与星星握手”。每执行一次任务，他通常要精准操作按钮千余次，每一步都要准确无误，因为接收来自深空的信号，任何一个细微的变化，都会在距离的影响下被放大。

为实现对天问二号的测控支持，王臣牵头完成相关设备元器件的检修维护和软硬件升级。面对天问二号的漫长任务周期，王臣和同事们铆足了劲：“我们已经准备好了！”

“像红柳一样扎根，像胡杨一样生长，像沙枣一样芬芳。”这是年轻航天人在戈壁深处奉献青春的誓言。他们用信念和汗水，筑起通往星辰大海的桥梁。