



图为北京航天飞行控制中心调度团队的青年科技人才。

与宇宙牵手
与光速奔跑
与星辰共舞

记北京航天飞行控制中心青年科技人才群体



图为北京航天飞行控制中心青年科技人才群体庆祝我国首次火星探测天问一号任务着陆火星成功。

□ 本报记者 陈丽平 廉颖婷

北京航天飞行控制中心(以下简称“飞控中心”),一个与宇宙牵手、与光速奔跑、与星辰共舞的地方。

这里有一群青年科技英才,他们出色参与完成17次载人航天、4次探月工程,我国首次火星探测任务,填补50余项国际国内空白,操控航天器实现人类首次月背软着陆和巡视勘察,小行星近距成像等重大突破。他们用近千万条指令搭建通天坦途,用近百万个坐标标定中国高度,先后突破58项飞控核心技术,为我国建造空间站、完成探月工程“绕、落、回”三步走规划,跻身行星探测领域世界先进行列发挥了重要作用。

他们平均年龄不到35岁,80%以上毕业于“双一流”高校和学科,91%是硕士、博士,勇夺神舟飞天、嫦娥探月、天问探火等22次“国字号”任务全胜。“不远的未来,我国将实施行星际探测和载人登月工程,新时代的中国航天人机遇前所未有,我们将一如既往地仰望星空,脚踏实地,奋力将中国人的名字写在更远的深空。”飞控中心工程师于天一对记者说。

航天飞行控制任务“神经中枢”

飞控中心组建于1996年3月,作为航天飞行控制任务的“神经中枢”,担负着我国载人航天工程、探月工程、行星探测工程飞行控制和航天器长期管理任务,以及测控数据的处理、信息交换、分析决策等任务,所有的指令都从这里发出,所有的数据都在这里汇聚,所有的信息都在这里传输。

2022年10月31日,梦天实验舱搭乘长征五号B遥四运载火箭,在中国文昌航天发射场发射升空。

飞控大厅里,气氛紧张而庄重。来自发射场和航天测控网的信息源源不断向这里汇聚。大厅旁边的机房里,飞控中心高级工程师张宇和轨道团队正紧张地关注着“助推器分离”“一二级分离”等每个节点的分离参数,他们要根据这些数据来计算实验舱的初轨精度——这将直接关系到实验舱与组合体的快速交会对接。因为每次计算都极为精准,张宇被大家誉为“神算子”。

在这个“万人一杆枪”的事业里,每次发射总有一个岗位被高度关注,那就是飞控大厅里指挥调度整个飞行任务的北京总调度。总调度是一个统领全局的岗位,负责指挥陆海天基所有测控网,接收、分析处理数据,有序指挥、发送指令,遥控天上的飞行器。

担任梦天实验舱飞行任务北京总调度的,是飞控中心调度团队成员、28岁的航天新秀高健,这是他第五次担任载人飞行任务北京总调度。这两年神舟载人飞船发射期间,随着“北京明白”这句口令的直播画面,高健被大家亲切地称为“明白小哥”“北京大明白”。“我想‘北京明白’意味着责任与压力,更是连接着天地之间的一份安全感。”高健说。

十年前,于天一在岗位上给300多公里外的神舟十号发指令,指令仅用1秒钟就能送达。如今,已是深空探测任务团队副指挥的他,带领更多青年完成更为复杂的飞控任务:一边突破38万公里导航“玉兔”巡



图为2013年12月6日嫦娥三号任务大厅。



图为北京航天飞行控制中心青年科技人才群体在党旗宣誓。

热烈祝贺中国首次火星探测天问一号任务
着陆火星圆满成功

月背;一边克服单程通信时延20多分钟等难题,穿越亿万公里牵引“祝融”巡视火面。

指令是引导航天器产生动作的命令。像空间交会对接,一旦发错指令,就有可能导致两个高速飞行的航天器相撞;像嫦娥探月、火星探测这样的大时延动作,一旦发错,更有可能导致深空探测“万劫不复”。因此,飞控人把这个岗位的人比作“扣动扳机”的人,由于表现出色,于天一被誉为“遥控发令”“金手指”。

不断开拓进取锐意创新

2007年11月5日,飞控中心精确控制嫦娥一号进入环月飞行轨道,我国拥有了第一颗月球卫星,标志着中国航天迈进“深空时代”。

2012年12月,嫦娥二号成功飞抵距地球约700万千米远的深空,以10.73千米/秒的相对速度,首次实现中国对国际编号4179的图塔蒂斯小行星的飞越探测。

2013年12月2日,嫦娥三号探测器飞向月球,其搭载的中国第一个月球巡视器——“玉兔号”月球车顺利登上月面,实现了我国航天器首次在地外天体软着陆和巡视勘察。

由于地月之间“潮汐锁定”引力影响,月球背面一直背对着地球,人们肉眼看到的月亮“图案”只有正面,而月球背面,从来没有人到访过。

2018年12月8日,嫦娥四号发射升空。作为世界上首个以着陆月背为任务目标的航天器,它的成败备受瞩目。在此前半年,我国就成功架设月球“鹊桥”,在国际上首次实现地球与月背的通信。

欲探月,轨道先行,高精度定轨至关重要。飞控中心正高级工程师刘勇带领团队研究Halo轨道特点,不断优化轨道控制方案,让原计划需要进行12次控制才能实现的Halo轨道捕获,最终只用了5次就取得成功。

玉兔要在月球拍照、下传、充电、移动,这些动作的设计需要运用任务智能规划。“玉兔二号”任务前,飞控中心对遥操作任务规划提出“一键式规划”要求。

能规划出来就已经算完成任务了,规划分支又那么多,怎么可能一键就完成操控?通过不断努力,飞控中心高级工程师高宇辉设计出一种基于作业的分层规划模型,将复杂的遥操作简化为几次点击操作。

2019年1月3日,嫦娥四号成功实现月球背面软着陆,1月11日,全世界共同见证了嫦娥四号着陆器和“玉兔二号”月球车两器互拍,鲜艳的五星红旗闪耀月背,我国成为世界上首个成功实施月球背面软着陆和巡视探测的国家,为全人类揭开了古老月背的神秘面纱。

2020年12月17日凌晨,嫦娥五号返回器如同一颗流星划破天际,带着1731克月壤,安全着陆在内蒙古自治区四子王旗预定区域。

嫦娥五号任务是我国复杂度最高、技术跨度最大的航天系统工程,各飞行阶段耦合性强,推进余量低、月面工作时长固定等约束条件多,对轨控策略设计、轨道控制精度和应急轨道重构均提出更高要求。

刘勇再次扛起任务轨道关键技术攻关的重担,飞控中心工程师马传令牵头攻克月球轨道交会对接近距

离导引控制、月面起飞窗口和月地入射控制等关键技术,为圆满实施首次地外天体采样返回提供了坚实技术保障。

刘勇告诉记者,轨道控制,就相当于汽车司机或者飞机的飞行员,控制着航天器的轨迹。“身边的人都叫我‘大师’,其实我知道,只有保持科研的纯粹才能更好地探索宇宙的奥秘,轨道是宇宙的秩序,是属于航天人的终极浪漫。”

自主创新才能把握主动权

飞控技术支撑航天事业发展的核心关键领域之一,唯有自主创新才能把主动权牢牢掌握在自己手中。软件是飞控的“武器”,所有控制最终都需要通过软件来实现。原有飞控软件系统在安全性、可靠性上存在一定隐患。

软件团队负责人、飞控中心高级工程师刘晓辉和飞控中心工程师肖立下“责任状”,连续5年与时间赛跑,突破多个核心技术,新一代具有自主知识产权的飞控软件在火星探测任务中首先投入应用。

在飞控中心的十多年里,他们打响软件系统国产化研制的第一枪,从架构搭建,到算法分析,方案设计,数以百万计的代码,都由他们自主创新研发。如今,航天测控软件的核心技术都牢牢掌握在他们手里。

火星距离地球4亿公里,火星探测难度大、风险高,全世界着陆并顺利开展探测的成功率只有20%左右。

面对火星探测器,每发送一条指令或者注入一组数据,都要等20多分钟才能到达探测器,40多分钟以后才能够得到反馈。超大的时间延迟让地面无法沿用以往任务中的实时比闭环控制模式,难以在确定指令发送执行情况后根据指令执行效果实施后续动作。

第一个摆在型号团队面前的就是压缩地火时空距离。为了克服这一阻碍,飞控中心工程师张辉、金玉牵头的总体团队设计了全新的超远距离测站捕获模式。在发令的时候,瞄准的不是航天器当前的位置,而是对它20分钟后接收指令时所到达的位置和状态进行预判,通过提前发令,确保它就位后可以准确收到并执行指令。

2021年5月15日,“天问一号”火星探测器精准着陆火星乌托邦平原南部着陆区,创造了9分钟内速度从20000千米/小时降为0米/秒的奇迹,“绕、着、巡”三大目标一步到位。飞控中心遥控“祝融号”火星车成功踏上火面,开启火星巡视探测之旅。

这次任务中,飞控中心高级工程师张宇、飞控中心工程师段建锋牵头完成的地火空间精密定轨与预报技术,以及火星探测应急轨道重构技术,在此后的任务过程中亦得到有效验证。

“总体设计是飞控源头,必须万无一失。因此,我们做任何事情,前面都要加上‘绝对’二字。这些年,从岗位工程师,到主任设计师,再到型号副总设计师,我和团队巡天揽月探火,‘瞰车’月球火星,筑梦圆梦空间站。这项伟大事业,给了我们飞控青年广阔的成长舞台。”张辉说。

“月球挖土”有多难

□ 本报记者 廉颖婷

经历了嫦娥一号绕月飞行,嫦娥二号深空拓展,嫦娥三号月面降落,嫦娥四号探访月背的征途后,嫦娥五号月壤采样返回如期登场,这是我国首次月球采样返回任务,也是迄今为止中国航天史上技术最复杂、难度最高的一项工程。

去38万公里外的月球,无法携带更多燃料余量,近月制动、四器分离、环月降轨、挖土封装、月面起飞、月轨对接、月地入射等等,每一个节点都要环环相扣,任何一个地方脱节,都将带来不可挽回的损失。

机器人携带的铲子不大,每次只能挖100多克。北京航天飞行控制中心科研人员按照规划的程序,在地面做了成百上千次演练。

针对最难的“月球挖土”方案,北京航天飞行控制中心高级工程师、数学才子刘传凯和团队研发了一套月球专用挖土技术。

“嫦娥五号落月后,我接过月面采样的接力棒,组织各点号开始最关键的‘挖土’。我们大力协同,控

制机械臂准确完成每个动作,千余条指令无一差错。”担任嫦娥五号采样返回任务的北京总调度鲍硕,是唯一的女版“北京明白”。嫦娥五号任务复杂,48小时内,航天器不仅要完成一系列规定动作,还要定时定点实施月面起飞,每一个动作都需要地球和月球38万公里之间的连线互动。

2020年12月1日,嫦娥五号开始“月球挖土”。大屏幕上,“导控技术”的引导大大提高了挖土效率,机械臂伸到什么位置挖,什么位置放,精准落在刘传凯和团队研发的“数据框”里。

整个采样返回过程中,鲍硕不停下口令、回口令,遥操作团队在不停发送指令,来来回回在地月之间穿梭。在“导控技术”的引导下,月球采样从一开始两个多小时一铲,到后来37分钟就完成一次铲土和装灌,提前7小时完成挖土封装任务。回到地面一称:1731克。大家也给这组极具纪念意义的数字赋予独特含义:17代表中国探月工程走过了17年;3代表探月工程“绕、落、回”三步走;1代表探月所有工程都是一次成功。

“北京明白”是怎样练成的

□ 本报记者 廉颖婷

北京航天飞行控制中心调度组组长、资深“北京明白”杨彦波从神舟八号任务开始,就是调度团队的一员。在神舟八号与天宫一号交会对接任务中,他成为网友热议的“神八哥”,算是“北京明白”的初代“网红”。

总调度口令繁多,首先要保证绝对不出错误,这本身就是一种严酷的心理考验;其次,为航天器注入指令,要精确到毫秒,否则在太空高速运行的航天器就会“差之毫厘,谬以千里”。正如调度团队的前辈曾经总结过做“北京明白”的条件:智商、情商、体商“三商”俱全,缺一不可。

那段时间,杨彦波凌晨2点之前没有回过家,每天如此,每年如此。他明白,要当好“北京明白”,有太多东西需要学习。

“有幸在这个岗位上,亲历了从交会对接到空间实验室,再到空间站;从嫦娥绕月到人类首次月球背面软着陆,再到月球采样返回;从萤火一号搭载发射到我国自主火星探测‘天问一号’落火巡视,这些中国航天的壮美时刻。”杨彦波感叹地说。

任务型号团队指挥乔宗涛也曾是一位“北京明白”。他第一次亲历载人飞船发射任务,是2008年的神舟七号太空出舱。初入这支人才密集、技术密集的团队,乔宗涛目睹了险象环生的时刻,深深感悟到“北京明白”这个岗位所承载的千钧重任。

2011年,神舟八号与天宫一号交会对接任务,29岁的乔宗涛坐在了“北京明白”的主岗上。程序演练、方案预案编写,乔宗涛做足了功课。

按照计划,神舟八号与天宫一号进行两次空间交会对接,停靠十几天后撤离天宫一号,返回地面。就在乔宗涛下达飞船分离指令,飞船正常分离,所有人鼓掌欢呼时,他突然发现神舟八号飞船姿态有些异常。

危急时刻,乔宗涛迅速研判故障,制定抢救方案,和专家团队协同作战,有效处置了这起险情。

对于载人飞行任务测控,乔宗涛的要求比其他任务更高,因为“我们一手托举飞船和空间站,一手托举航天员的生命”。



图为工作中的北京航天飞行控制中心青年科技人才群体。

“着巡合影”惊艳世界

□ 本报记者 廉颖婷

2021年6月11日,我国首批次火星探测工程4张影像图发布,其中一张火星车与着陆平台的合影“着巡合影”惊艳世界。在这张照片中,中国人以人类从未有过的画面第三视角,完美呈现了火星车的全貌,以及两面鲜红的五星红旗。

每每讲起这张照片的拍摄经历,北京航天飞行控制中心工程师张辉总是一脸骄傲。

操控4亿公里外的火星车精确移动、精确释放、精确成像,难度无法想象。不仅需要综合考虑地形、距离和方位、光影,还要规划成像时机和最佳合像点,特别是由于Wi-Fi相机释放过程,也就是科研人员口中的“下蛋”具有不可逆性,这意味着释放机会只有一次,成像时机也只有一次。

张辉和他的遥操作团队想方设法把不可能变成可能,实现一次释放成像,万无一失。

3年的任务准备中,他们加了无数次夜班,开了无数场会,在一次头脑风暴中设想各种临界与极端条件,不断优化完善成像方案,并通过难以计数的仿真验证,两阶段内场联试进行充分验证。

如果标称成像点地形不满足,如何调整成像点?如果着陆点区域地形不满足,又怎么办?针对一个个场景,他们设计形成了一整套完备的方案预案,并经过充分的验证评估。

最终,他们突破了地外天体巡视器控制释放技术。为确保万无一失,还设计了带“蛋”借行的保底方案。

2021年5月31日午夜,北京航天飞行控制中心灯火通明,张辉和团队成员对Wi-Fi相机释放点和火星车配合成像的系列路径规划和成像控制数据,做最后复核和仿真验证。1天后,控制数据按计划上行至火星车,随后,火星车数据经环绕器中继下传,所有人都屏住呼吸,紧紧盯着大屏幕,随着一张张图像的出现,他们仿佛置身4亿公里外的火星,跟着火星车一步步移动:

B点Wi-Fi相机释放正常,火星车后退移动正常,动态成像正常,火星车全貌身影逐渐显现;C点静态成像正常,火星车后退移动至D点正常;D点静态成像正常,火星车原地转弯与动态成像正常,两器合影正常。

(本版图片均由北京航天飞行控制中心提供)