

我国首个「智慧发射场」首战告捷

太原卫星发射中心执行长征六号改任务纪实

■ 路俊 刘桥明 张继成 本报记者 安普忠

“我国新一代中型运载火箭长征六号改首飞圆满成功！”
“我国首个‘智慧发射场’首战告捷！”
3月29日17时50分，伴随着长征六号改任务在太原卫星发射中心圆满完成，又一项进军太空的中国高度被刷新。
春回大地，万物复苏。发射之前的太原卫星发射中心9A工位上，50米高的长征六号改运载火箭巍然矗立。乳白色的巨型火箭、鲜艳的五星红旗、碧蓝的天空，勾勒出一幅中国航天的壮美画卷。



入发射程序的时刻。

该中心领导介绍，这次任务，是我国第一个“智慧发射场”——太原卫星发射中心9A工位的首次使用，也是新一代中型运载火箭长征六号改的首飞任务。新工位、新型号，“双首次”使太原卫星发射中心科技人员面临的挑战前所未有。

“此次任务是中心近年参试系统最多、流程最复杂、风险压力最大的一次，全体参试人员不仅要克服技术状态管控难、风险隐患消除难、质量安全保证难、物资精准保障难等多重困难，还要突破一系列关键技术。”1号指挥员张鑫如是说。

时针回拨到2021年7月31日，长征六号改合练产品进场，此时离首飞时间仅有8个月。为了加快发射准备进度，太原卫星发射中心创造性采取发射场合练任务与9A工位建设同步进行的方式，边建边练、边学边干。

9A工位是我国首个“智慧发射场”，它大量运用物联网技术，将地面各专业设施设备进行统一的数据采集和整合，从指挥流程到运行模式，从操作方式到系统原理，都产生了深刻变化。

2021年1月，9A工位塔勘分队正式组建。这支平均年龄仅有23周岁的团队，从分队长到操作手，从零起步，跟学塔架构造及平台、吊装、发射台等7个专业岗位的新知识，对新工位几百条管路、上千台设备逐一进行检测调试。

为了多争取一些向设备厂家学习的机会，参试人员争分夺秒抢抓学习时间。冬天，在零下二三十摄氏度的严寒条件下，不少同志在室外一干就是七八个小时。大家冻得实在挺不住了，就蹦一蹦、跑两圈继续干；夏天，强烈的紫外线一次次灼伤他们的皮肤，红色安全帽晒得发白，但没有一人叫苦叫累。

20余项创新成果，为神箭一飞冲天注入强劲动力

“打开三联平台！”伴随70号地勤指挥员的指令，任务进入1小时准备。操作手王涛熟练地按下按钮，控制着三联平台缓缓向外张开。在与9A工位打交道的这一年，王涛几乎每天都要上下塔架十几趟，对各平台状态了如指掌。

2021年8月底，距离长征六号改合练产品转运吊装任务还有两天时，有几台重要设备仍未调试完毕，尤其是三联回平台还处于无法打开状态。为了不耽误合练任务进度，王涛和同事们连续36小时在塔上调试设备、检查状态，终于在正式吊装前顺利打开了所有平台。

任务继续进行，发射场上空响亮的口令此起彼伏。随着塔架各平台全部打开完毕，长征六号改这枚“巨无霸”完整呈现在众人视线里。

火箭助推器重达几十吨，发动机需要保持在零度以上的温度环境里。为了保温，在助推器吊装时不能开塔，只能采取闭塔条件下的穿塔吊装。

穿塔吊装就是让助推器从100多米的塔顶穿过整个封闭的回转平台，完成与主箭的结合。吊装时，左右空隙仅有十几厘米。如此大重量、高精度的吊装，在国内发射场尚属首次，难度前所未有。

当助推器吊至近百米的塔架上方时，强烈的高空风吹得助推器来回摆动。穿塔吊装要求助推器左右晃动不能超过4厘米，在与主箭对接时，助推器悬空停放精度更需要达到毫米级。面对挑战，吊装指挥周军通过与各操作手密切配合，确保

长征六号改是我国首款固液捆绑式中型运载火箭，采用无毒无污染的液氧、煤油作为推进剂，填补了我国太阳同步轨道运载能力空白，突破了我国现有常规中型火箭最大运载能力。

此次任务，是我国首个“智慧发射场”的“首战”。它运用物联网技术，对地面各设施设备进行统一数据采集和整合，并通过大数据技术进行梳理融合，实现全系统态势感知、全过程智能管控以及全流程驱动保证支持，对未来中国航天简化发射流程、提升发射效率、增强发射稳定性及安全性具有重大意义。

了整个吊装过程的“四平八稳”。

为了避免助推器长时间悬在空中，提升对接效率，发射场革新攻关班组连夜开展技术攻关。三室技师魏晓光带着同事设计出一款精准吊装激光定位装置，利用激光笔和激光水平仪实现了助推器高度及角度位置快速定位，降低了塔吊多余动作，有效缩短了助推器的对接时间。

在长征六号改合练任务中，太原卫星发射中心参试人员以“找短板、解难题、谋成功”活动为抓手，深入查找各系统存在的问题隐患。各岗位人员集思广益、创新革新，一项项小发明、小创造破解了岗位上的大难题，20余项创新成果应用于任务一线，为神箭一飞冲天注入强劲动力。

更加高效的智慧发射系统，对指挥员能力提出更高要求

作为我国首个“智慧发射场”，9A工位改变了以往火箭临射前需要大量工作人员在近端操作的传统模式，实现了火箭发射前4小时内无人值守。液氧、煤油加注开始后，全部操作均由智慧发射系统远程集中控制。

对于这项技术变化，在发射场从事加注工作28年的技师吉坤深有感触。他说，之前加注过程中，操作手要在火箭旁开展管路连接、状态核对、软管拆卸等工作，尤其是低温液氧沸点达到一定温度时，一旦喷溅到人身上，将会引起严重烧伤、冻伤。如今，新发射工位无人值守技术的应用，确保了加注连接器自动对接和自动脱落。这是航天科技飞速发展

的缩影。

在一排排电脑前，参试人员正聚精会神地确认设备状态、核对技术参数。与此同时，一组组参试数据快速汇集到智慧发射系统，供各级指挥员指挥决策。

大数据的交互、分析，大大提升了指挥系统的智能化程度，一组组数据将一线各系统的设备状况、人员操作情况、任务实施情况实时回传到指挥中心，为各级指挥员提供了科学及时的决策依据。

智慧发射系统更加高效的同时，也对指挥员能力提出了更高要求。1号指挥员张鑫介绍，以往任务中出现故障，很多前端岗位人员可现场临时解决。如今无人值守，考验的不仅是后端各级指挥员精准预判问题、提前处理问题能力，还对各系统指挥员全面把握任务进度、掌握任务流程提出了更高要求。

3月29日17时50分，伴随着火箭点火，起飞信号发出，记者透过监控大屏看到，箭体上二级液氧和煤油加注连接器、整流罩空凋连接器的数十根软管顺势自动脱落，长征六号改火箭正式摆脱塔架怀抱，搭载着卫星一飞冲天。

“北海飞行正常、遥测信号正常”“太原飞行正常、遥测信号正常”……随着各测量站陆续传来火箭飞行正常口令，1000多秒后，卫星顺利进入预定轨道，长征六号改首飞任务取得圆满成功。

看着火箭壮美的飞行轨迹，发射场任务指挥李彬一颗悬着的心终于放下。他告诉记者，二级液氧、煤油连接器及整流罩空凋连接器零秒脱落是这次长征六号改任务的关键技术。在合练阶段，专业岗位人员反复进行模拟脱落试验、检查，才有了现在的万无一失。

上图：长征六号改火箭点火发射。 郑斌摄

科技云

科技连着你我他

■ 本期观察：李佃会 克飞 宋沅航

作战中，披一件隐身衣，开一辆隐形车，可以看到敌方，敌方却看不到自己，胜负的天平将一面倒——战场上的隐形技术，是实现战场“单向透明”的重要方式。下面，就为大家介绍3种最新的隐形技术。

融入电磁环境——智能隐身器件



据国际光学顶尖期刊《自然·光子学》杂志报道，某大学一研究小组在国际上率先研制成功基于深度学习的新一代智能隐身器件。该器件在不依赖任何人为操控的情况下，可让地面装备在15毫秒内与背景电磁环境融为一体，实现自适应隐身。

该研究小组利用坐标变换的方法，让智能隐身器件为需要隐身的装备披上一层超薄、可重构的超表面隐身材料，并由智能芯片控制其进行环境学习，即时改变隐身的电磁响应，从而使探测电磁波绕过隐身装备区域，按照原来方向传播，实现装备对雷达的完全隐身。

据悉，该智能隐身器件从近场成像到远场散射截面测量等方面，可靠性均得到相关验证，不但能使隐身装备对电磁雷达探测隐身，还可避免被近场成像装备探测。

匹配外界颜色——变色外覆贴片



近期，国外一科研团队研制出一款外覆贴片，旨在让士兵获得和变色龙一样的伪装能力。

这款贴片的表层是像素化屏幕，由热电单元组成。士兵穿戴后，贴片会根据皮肤的弯曲率紧紧地贴合在皮肤表层。同时，这些贴片装有特殊的微型摄像头，能自主地对周围区域进行监控，并作出反应。只要对贴片施加反向电流，就能实现冷却或者加热，贴片的变色液晶屏幕随之改变颜色，和周围环境融为一体。

由于这种贴片能根据不同温度来改变光反射率，因此科研人员还可根据需求，扩展它在红外或者可见光范围内的可视效果。

模拟测试中，穿戴这种贴片的士兵，在不同颜色和温度背景下进行移动，结果表明，具备多光谱范围内的隐身效果。即使在丛林作战场景中，受试者脸部贴上这一贴片进行隐身测试，同样具有较高的隐身准确率。

改变光线路径——量子隐身斗篷



国外某公司近期宣称研发出一种量子隐形伪装材料，由该种材料制成的隐身斗篷，能让使用者在我们眼前“消失”。

该斗篷使用特殊的量子材料——光结晶体材料制成，外观就像纸张一样轻薄。通过利用类似双凸透镜折射光波的原理，将材料按照一定距离排列，便可对无线信号、光信号等一系列电磁波进行调制，不但能改变光传播路径、减少电磁波和声波的散射截面，还可抓取微波，把路径变弯，改变目标的能见度，让使用者和环境融为一体，产生视觉隐身效果。

由于所用量子材料无须连接电源和外界设备，因此具备了设计成本低、使用方便等特点。据该公司介绍，这项技术经过不断改进，目前已取得重大突破，甚至可探测红外勘测和热成像技术的追踪，用来隐藏人员、车辆、飞机和建筑物，且不受环境约束。

黑洞图像如何获取

■ 李会超



廓，我们就能了解黑洞的结构。而不同位置吸积盘亮度或其他光学信息的差异，还能提供黑洞附近发生现象的物理细节。在电影《星际穿越》中，艺术家和科学家们通力合作，在电影银幕上展现出壮观的黑洞图像，其实就是黑洞吸积盘的外观。不过，电影中黑洞结构来自理想的理论模型，并非真正的观测图像。

目前，可观测的黑洞吸积盘与我们的距离都非常遥远，在天空平面上的大小相当于月球上的一个棒球，夜空中能捕捉它们微弱的光线并非易事。看清吸积盘的形态，则相当于在地球上看清月球表面一个硬币的正反面，更是非常具有挑战性。天文望远镜能看清的结构细节极限（即分辨率）与望远镜的口径和观测信号的波长相关：波长越短、口径越大，就越能分辨出精细结构。

可见光波段虽然波长较短，但望远镜口径难以做得“超级大”，也无法通

过相干观测来扩大观测的等效口径。而射电望远镜则可通过全世界范围内的协同观测，构建一个口径与地球尺度相当的巨大望远镜，极大地提高分辨率的能力。

在此基础上，科学家还尽量缩短观测波长，发展了亚毫米波观测技术。应用这一技术，世界上8台巨大的射电望远镜组成了事件视界望远镜，在2017年对黑洞的直接观测发起挑战。

对科学家来说，可选的观测对象有银河系中心的黑洞和M87梅西耶天体中心的黑洞。银河系中心黑洞的质量约为太阳的410万倍，而M87中心黑洞质量则是太阳的60亿倍。由于M87中心黑洞质量更大，虽然它与地球距离比银河系中心黑洞远，但在天空平面上的投影大小比银河系中心黑洞稍大。因此，事件视界望远镜最先获取了M87中心黑洞的图像。

在开展观测时，8台望远镜每晚能

产生2PB的天量数据。如果按目前个人电脑每约1TB的存储容量计算，2PB数据相当于2000台个人电脑的存储能力。如此巨量数据已超出互联网的传输能力，因此科学家们在汇集不同望远镜的观测数据时，采用了传统但有效的方式——直接将硬盘运往汇总数据的处理中心。为了保证数据准确性，3个小组采用不同方法，独立对数据进行处理，并得到了相符的结果。

2019年4月，科学家对外发布了处理完成的图像。虽然得到的黑洞图像看起来有些模糊，但依旧能分辨出基本形状和明暗区分，解决了与黑洞吸积盘和喷流有关的一些重要科学问题，也使人第一次真正看到了黑洞。

左上图：事件视界望远镜获取的M87中心黑洞的观测图像，经过对偏振信息的再分析之后，显示出更丰富的细节。

科学家聊宇宙

在上一期，我们介绍了通过对银河系中心附近恒星运动的观测，间接证实银河系中心存在黑洞。这个研究结论为天文界所广泛接受，但天文学家仍不满足于此。他们迫切希望能实现直接的黑洞观测，从而让我们亲眼看到黑洞的模样。

除了满足人们的好奇心外，黑洞观测对于解决广义相对论中的一些理论

问题也有着重要意义，能为人们探究物质世界最本质的规律提供新的启发和信息。

既然光线都无法逃出黑洞，那黑洞又是如何被天文学家看到的呢？

原来，在黑洞周边，有一些被黑洞俘获的物质围绕着黑洞旋转，形成天文学家们所说的吸积盘。在吸积盘中，距离黑洞远近不同的物质，围绕黑洞旋转的速度也不同。这些物质间相互摩擦，使得它们温度升高，向外辐射电磁信号，从而能被我们观察到。

通过吸积盘物质所给出的黑洞轮