

长二F运载火箭总师讲述18年为国铸箭历程—— “有我们，请放心！”

容易

最美人间四月天，春和景明时节，大漠深处的酒泉卫星发射中心还略有凉意。就在这里，5个多月前，长征二号F遥十七运载火箭凌空而起，把神舟十七号飞船送入太空。那激动人心的一

幕幕仿佛就在昨日、仿佛还在眼前。近年来，长二F系列运载火箭接连出征太空，圆满完成了发射神舟载人飞船任务，为中国空间站的建造和中国空间站的应用与发展作出了卓越贡献。

“有我们，请放心！”作为中国火箭人，我们多年来一直为这字字千钧的承诺而努力奋斗，为铸造高可靠性和高安全性的长二F运载火箭而倍感骄傲和自豪。

载人飞行 人命关天

2004年，有关方面决定开始研制改进型长二F火箭，以更好满足交会对接任务的需求。2006年，我进入中国航天科技集团一院即中国运载火箭技术研究院工作，之后很快加入了改进型长二F火箭研制队伍，开始从事故障检测和逃逸系统的总体设计工作。

长二F是截至目前中国唯一在役发射载人飞船的运载火箭型号。与其他型号火箭相比，它拥有“专属”的故障检测和逃逸系统。然而，对故障检测和逃逸系统方面的知识，彼时的我还知之甚少，必须花大量时间和精力去认真钻研，特别是向荆木春、张智等前辈专家求教。他们是中国载人航天工程的资深大家，从1992年中国载人航天工程立项起，就参与载人火箭的研制，都从事过故障检测和逃逸系统领域的工作。他们在这些方面给予我悉心指导、指教。

正是在前辈们的关怀和引领下，我在业务能力方面取得很大进步，对负责的工作感到游刃有余并开始涉足型号总体工作，其中包括对运载火箭首飞前质量措施进行确认等。也正是从那时起，我开始全面了解中国载人火箭的质量管理体系和独有的“加严措施”，并逐渐接受载人火箭对质量最高标准、最严要求的理念。

我第一次去发射场执行任务是2011年下半年，当时实施的是中国第一个空间实验室天宫一号和神舟八号飞船交会对接任务。担纲天宫一号和神舟八号发射任务的均为改进型长二F运载火箭，由于发生了较大技术变化，该型号实际上相当于全新的火箭，因此没有安排载人飞行，我当时感到很放松，可谓从容不迫。

2012年6月，神舟九号载人飞行任务实施，担纲此次发射任务的当然是改进型长二F运载火箭。我原以为自己会像之前两次那样，镇定从容，甚至游刃有余。然而没想到的是，当一看到大屏上出现航天员的身影，看见他们从火箭整流罩进入载人飞船，我内心就顿时紧张起来，耳边反复响起前辈们经常挂在嘴边的那句警示语：“载人航天，人命关天！”是的，航天员把生命交给了我们，作为载人火箭的研制者，我们肩负沉甸甸的责任，必须时时刻刻心存敬畏、必须为了确保他们的安全而精益求精，拼尽全力。

我们载人火箭团队有一个惯例：在点火发射前约3小时，火箭各系统的主要人员都去发射塔架，查看火箭的最后状态。此时恰逢航天员登塔、上箭、进舱，我们在塔架上能远远地看到他们搭乘电梯的身影。就是这远远的短暂一瞥，激发起我们无比强烈的使命感和责任感：要确保他们的安全，要为中国载人航天事业的发展高度负责。这些早已成为我们的主观自觉，早已内化为我们的本能。

加紧完善 不遗余力

2021年初，我就任长二F运载火箭总师。彼时，准备执行神舟十二号飞船发射任务的长二F遥十二火箭、遥十三火箭到了“临出厂”阶段。我着手快速了解、熟悉它们最新研制情况和状态。

我经过详细深入调研，深刻认识到，这两发火箭最大的特点是技术变化非常多，与2016年成功发射的长二F遥十一运载火箭相比，技术变化有上百项之多，其中超过七成与提高火箭的可靠性和安全性相关。这既说明载人火箭的技术状态管控之严格，不管多么细小的改变都要经过严格的审批和验证，也彰显该型火箭经历过精益求精的艰辛历程，可靠性和安全性实现了“百尺竿头，更进一步”。

高可靠、高安全是载人火箭最本质的特征。提升可靠性和安全性一直是我们的载人火箭队伍的核心目标和工作。在研制之初，载人火箭的可靠性指标被定位为0.97，这在当时看起来遥不可及。然而，通过30多年持续不断拼搏，中国载人火箭不仅如愿达到该目标，而且把可靠性评估值提升接近0.99。这堪称光照世界航天发展史的巨大飞跃。

进入中国空间站建造阶段以来，为了最大程度确保航天员安全，有关方面要求执行“打一备一、滚动备份”的模式：每次发射一枚载人火箭，同时要有一枚载人火箭在发射场待命。待命载人火箭在解除值班任务后转为正式发射任务的火箭，由新火箭接替执行值班待命任务。执行该模式就意味着出厂执行新的值班任务的火箭在奔赴发射场时，发射场有一枚转为执行正式发射任务的火箭，由此催生了火箭质



作者容易肖像画。 张武昌绘

量管控特别是技术状态管控的新模式。

火箭改进在持续不断进行，新出厂的火箭相对于之前的火箭一定会有某些方面的改进，以进一步提升可靠性、安全性。随之而来的问题是，之前出厂并且已经在发射场准备转为执行正式任务的火箭该怎么办呢？要不要也进行改进呢？对此，我们的做法是，在新的火箭出厂前，逐一分

项改进：火箭助推和芯级的捆绑连接装置加一个防护罩。我们经过深入讨论，决定给遥十三也加上。于是，立刻着手设计安装方案，安排生产防护罩。经过各方协同努力，最终给遥十三落实了这项改进，可靠性进一步提升。

择优而用 追求完美

火箭在发射前会在发射场做大量测试，以充分暴露隐患。在发射场，长二F遥十二火箭暴露出多个质量问题，每一个都需要在现场做深入分析，工作人员必须连轴转，劳动强度很大。那一次，我们在现场的团队整整奋战了1个月。

我们一直秉承这样的理念：火箭在发射前出现问题并不是坏事，警示我们把工作做到尽善尽美。发现问题并彻底归零，就是进步。载人火箭更追求应用高可靠性和高质量的产品，有时候就需要对箭上的产品进行更换。在我们的团队里，有这样一个原则：如果有更好的产品可以更换，如果我们能够掌握更换上去产品的风险并将其消除，就一定将其更换上去。记得在发射场现场，我们更换过火箭动力系统蓄压器、动力系统膜片、控制系统的惯组、伺服机构等产品。从操作者来说，已有产品“下箭”



长二F火箭点火发射瞬间。

新华社发

析确认这些新的状态变化能否应用到即将执行任务的火箭上，能改进的方面必须全部实施，确实没有条件改进的，要逐一进行深入分析。

长二F遥十三火箭就是这方面一个典型的例子。当时，长二F遥十四火箭有一

到新产品“上箭”，毫无疑问会增加操作风险，所以我们每一次更换时都万分谨慎，想方设法确保万无一失。

在这方面有一个让我至今都印象非常深刻的故事。在长二F遥十三火箭换动力系统蓄压器时，我们当时就面临一个矛盾：

要将其换下来，必须先把前面的管路断开，以腾出空间，然而卸下来再重新安装上去，管路的密封性能就可能不如之前。

那天，我早在食堂门口碰到了工艺调度人员，询问相关情况。他们说，已经着手解决上述矛盾，能够消除管路密封风险，并且在前一天已经连夜安排从外地调运经过验收过的同样产品。得知这个消息的一瞬间，我心里满是感动。他们没有选择规避风险，而是主动解决问题。一边是“求稳妥”，另一边是“求更优”，在二者之间必须做出取舍时，我们的团队成员从来都是讲大局、重协作，迎着困难上，全力以赴追求完美。

改进检测 制定预案

在实践中，我们发现绝大部分问题发生在地面设备上。长期以来，地面设备检修是采用“加电”操作来进行的，经过探索和实验，我们建立一整套对其进行检修的量化标准。

在完成长二F遥十二任务之后，我们利用两次任务间隙，采购了专业设备，制定了专门的定量标准，对不同的地面设备进行定量测试，这使我们开展相关工作就更加具有科学性和针对性，特别是能够对相关设备是否满足要求，作出更准确判断。事实证明，这项创新是行之有效的，之后的两发火箭执行任务的情况表明，地面设备发现问题的数量大幅下降。

“做预案”是我们载人火箭团队一直持续做的事情之一。在执行神舟十三号任务时，我们需要针对其他型号发生的推进剂泄漏的质量问题，在现场开展举一反三。执行该次发射任务的是长二F遥十三火箭，其推进剂加注后是否会发生泄露？据此该如何做预案？围绕这些问题，我们当时连夜开会，一直研讨到第二日凌晨。后来，大家决定在北京安排做一试验，看看正常状态下推进剂加注后的形态。

在此一周之后，长二F遥十三火箭进行燃料加注，我们在现场等待对加注是否正常工作作出判断。因为之前已经做了试验，我们只需要把试验视频和现场视频做对比，就心中有数了。当发射场方面请我作为载人火箭总师作出判断并拍板时，我信心十足地说：“没问题，往下进行！”

“预案宁可做到备而不用，也不能用而无备。”事后回想起来，如果之前没有做试验，我当时在现场是很难做出判断和决策的。

优化流程 提高效能

在中国空间站建造阶段，每年要实施两次载人发射任务，相对于以往平均三年一次载人发射而言，发射密度大大提高，我们的工作量数倍增加。

不仅如此，中国空间站建造任务开始后，有关方面对我们载人火箭团队提出了另一项要求：应急救援。也就是说，如果航天员在太空中遇到危险情况，必须确保有一枚能够应急救援的火箭，以最快的速度发射升空，把航天员安全接回地面。

这就意味着，执行一次任务，我们必须完成“正式火箭”和“备份火箭”两枚火箭的总装和测试。此外，我们还要科学设计应急火箭执行任务的流程。面对空前的时间压力和多任务并行的压力，如何进一步优化流程，显著提高工作效能，成为摆在我们面前的一道必答题。

我们经过全面谋划分析，把火箭基础级、逃逸塔、整流罩分成3条线，将两发火箭的工作项目逐个细化分析，结合人员和资源情况，排出了局部并行的工作流程。我们开展了大量测试覆盖性分析，优化设置正式箭和应急箭待命的工作项目，在实践中进一步挖掘提升效率的潜能，使得流程更加顺畅，大大节省了时间。

特别一提的是我们制定的应急救援流程。太空应急救援对于我们而言，当时还是新事物，既要追求快，又要追求稳。我们经过反复推演讨论，给出了应急救援的工作项目和24小时工作制的实施方案。

“火箭，尤其是载人火箭，追求高质量永无止境。为此，我们唯有风雨兼程、永不停歇”。这句话鞭策我走过为国铸箭18年历程，它将指引我带领团队继续奋勇前进。（本文为长征二号F运载火箭总师，由黄希根据作者口述整理）

科技名家笔谈

中国科协科学技术传播中心、陈嘉庚科学基金会与本报合作推出

“深海一号”二期水下最大生产设施安装就位

本报北京电（记者冉永平、丁怡婷）记者近日从中国海油获悉：“深海一号”二期项目水下工程作业取得重要进展，重量最大、结构最复杂的全部3套深水水下中心管汇顺利安装就位，这也是我国自主建造的深水水下多功能管汇系统首次应用于开发深水高温高压油气藏。

水下中心管汇是深水油气田开发的核心技术装备之一，分布在海底的井口群之间，承担着将深海油气汇集起来输送到平台的重要作用，相当于水下“油气枢纽站”，是水下生产系统中重量最大的装备。“深海一号”二期全部3套水下中心管汇总重量超过540吨，第一套和第二套分别于去年底和今年初安装完成。本次安装的第三套水下中心管汇与7口水下气井相连，是项目重量最大的水下结构物。

深水水下作业通常面临超静水压、不稳定洋流、海底黑暗环境等不利影响，此次中心管汇海上安装下放过程中，需要精确监控吊钩头及配重块的状态，同时确保中心管汇在海床与吸力桩对中的稳定与精度。

“本次安装正值海上季风时节，气候环境和海况复杂多变，对安装下放作业带来极大挑战。”“深海一号”二期水下设施安装项目经理汪智峰介绍，项目组反复优化施工方案，顺利攻克超深水工程作业中钢丝绳打扭等技术难题，刷新了我国海洋工程960米深双绳吊装作业深度纪录。

中国海油“深海一号”二期项目距离海南三亚市约132公里，距离“深海一号”能源站约70公里，是我国首个深水高压气田项目，探明天然气地质储量超500亿立方米，最大作业水深近千米，部署了12口水下气井并新建一套深水水下生产系统。

上海

合成生物学创新中心成立

据新华社上海4月14日电（记者董雪）记者从14日举办的2024上海合成生物学创新峰会上获悉，合成生物学是上海加快布局的“未来产业”，为推动该领域的科技创新和产业发展，上海正式成立新型研发机构上海合成生物学创新中心，并于14日为该中心揭牌。

上海合成生物学创新中心由科技产业服务机构与合成生物学科技创新合作伙伴共同发起成立，与国内科研机构、非营利组织、领军企业等广泛合作，面向全球开展合成生物领域人才网络搭建、技术合作、概念验证、科技成果转化等工作。

上海合成生物学创新中心战略发展委员会主席金勤献表示，该中心有三个目标，分别是集聚人才、创新赋能和产业放大。其中，创新赋能方面将围绕生物医药、高价值分子、大宗化学品打造三个转化平台，实现技术到商业的转化。

上海于2023年9月发布《上海市加快合成生物创新策源打造高端生物制造产业集群行动方案（2023-2025）》，提出了提升基础设施和实验室能级、组建新型研发机构、加强基础与应用研究等九项重点任务。

辽宁大连

柔性可穿戴长波红外光热电探测器问世

据新华社电（记者王莹）近日，中国科学院大连化物所催化基础国家重点实验室热电材料与器件研究组姜鹏研究员、陆晓伟副研究员、包信和院士团队开发了柔性可穿戴长波红外光热电探测器，相关研究成果以“实现非接触式温度感知的柔性红外光热电探测器赋予电子皮肤温度预警功能”为题，发表在国际学术期刊《先进材料》上。

仿生触觉是智能机器人感知外部环境刺激的基础。在传统触觉系统中，触觉传感器需要与外部环境物理接触进而获取温度信息，无法在接触前对外部刺激作出预判。发展具有非接触温度感知能力的先进触觉传感技术，有助于为机器人交互感知领域带来全新的体验。

光热电探测器是基于光热转换和热电转换两个基本能量转换过程的一种探测器，可在无需制冷、无需偏置电压、无接触的条件下实现对长波红外辐射（8微米至14微米）的灵敏探测。本工作中，研究团队在前期光热电探测器相关工作的基础上，在具有长波红外吸收能力的柔性聚酰亚胺衬底上构建了碲基热电异质结薄膜，制备出可集成、柔性、可穿戴长波红外光热电探测器。

湖北咸宁

学生采茶助农忙

近日，在湖北省咸宁市通城县马港镇高峰村生态茶场，当地一些中学生利用课余时间，帮助农民采茶，向他们学制茶。 刘建平摄



作者容易近影。

新华社发