

# 神舟开“新团” 天宫再会师

## ——神舟十六号载人飞船成功发射侧记

本报记者 王硕

5月30日，神舟十六号载人飞船（以下简称神舟十六号）搭载长征二号F运载火箭奔向太空。经过6.5小时与空间站组合体径向交会对接，景海鹏、朱杨柱、桂海潮3名航天员与等待多时的神舟十五号乘组“太空会师”。两个航天员乘组拍下“全家福”，向牵挂他们的全国人民报平安。

6名航天员共同在空间站工作生活约5天后，将完成交接。神舟十六号在轨期间，将继续实施航天员出舱活动和货物气闸舱出舱任务，开展空间科学实验和技术试验，开展平台管理工作、航天员保障相关工作以及科普教育等重要活动。

随着我国航天技术的不断突破，中国航天有了更大舞台，中国空间站也迎来高密度发射期。发射似乎进入了常态化，但其实每次任务都有新的目标与挑战。那本次任务与之前有何不同？

### “神箭”可靠性、安全性再度提升

在本次任务中，被誉为“航天员专列”的长征二号F运载火箭（以下简称长二F）再次升级。

长二F是我国现役唯一具有故障检测系统和逃逸系统的火箭，肩负着保障航天员安全进入太空的特殊使命和责任。每次任务中，通过针对所有故障模式制定有效措施，研制团队都会继续从冗余度提升和工艺性能方面进行改进。如针对影响飞行成败的点火、分离等关键环节，长二F运载火箭团队开展了设计指标闭合检查工作；进一步提升了数字化能力，使得相关数据能够在总网上进行实时监控，更加便捷、全面了解火箭数据。

在本次任务中，基于远程发射支持系统，在北京远程测试中心，可以依托后方强大的分析工具，以及完善的专家团队，提升数据判读的覆盖性和可靠性。

据航天科技集团一院长二F运载火箭副总设计师刘烽介绍，火箭



5月30日9时31分，搭载神舟十六号载人飞船的长征二号F遥十六运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射。

的控制系统应用了起飞时间偏差修正技术，使火箭点火时间出现偏差时，可以在一定范围内自动修正轨道完成入轨和交会对接任务。同时，型号队伍对遥测系统也进行了升级迭代，使遥测精度得到进一步提升。

自执行长二F遥十二运载火箭任务起，长二F运载火箭研制团队进入“发射1发、备份1发”及“滚动备份”的发射模式。“值班”火箭如接到应急救援命令，可随时实施应急救援发射，保障航天员生命安全。

基于“滚动备份”的发射模式，团队设计了“串行”和“并行”两种测试发射流程；并在此基础上，将两者的优点结合起来，设计了“串并行”测试发射流程。该模式比之前可节省几天时间，进一步提高发射场工作效率。目前，长二F火箭“发一备一”发射场流程已从空间站建造初期的49天压缩到35天。随着空间站转入应用与发展阶段，研制团队还将以30天为目标，进一步提高发射场工作效率，以更快速度将航天员安全精准送入太空。

### 交会对接技术进一步成熟

本次神舟十六号与空间站的交会对接是在空间站三舱“T”字型下实施的首次径向交会对接。相较之前，有着不一样的难度——

此前神舟十四号径向停靠空间站，飞船的对接目标为47吨级；而此次神舟十六号将首次在空间站有人驻留情况下，与90吨级的空间站组合体进行径向对接。对接机构将再次面临与多构型、大吨位、大偏心对接目标的捕获、缓冲、刚性连接等全新挑战。

尺寸的增大使得飞船和空间站组合体的发动机工作时，羽流间的相互影响相比以往发射和对接任务的情况变得更加复杂。飞船在近距离交会过程中需要频繁启动发动机进行相对姿态和位置的调整。

对于这一问题，神舟飞船GNC（制导导航与控制）系统在发动机分组使用和控制方法上进行优化，并通过地面的仿真计算加以验证，确保任务成功。这也标志着我国GNC技术的进一步成熟。

为适应后续空间站常态化运营阶段的密集任务，神舟飞船队伍开展了上百次地面捕获缓冲试验，确保对接环捕获目标的时长限制在数秒之间，将对接锁系的同步性误差控制在毫米以内，使飞船对接机构在对接的一瞬间即可快速捕获空间站，随后平稳可靠地锁紧对接面。

### 全新起点：“生命之舟”新征程

随着中国空间站全面建成进入常态化运营，神舟载人飞船也迎来了新批次密集的组批生产和发射任务。神舟十六号承担着“一次验证、组批投产”的使命，起到了承前启后的关键作用。

在确保可靠性、安全性的前提下，神舟十六号以最短时间、最高标准完成了上百项器件更改和可靠性提升等验证工作，通过国家重大工程全力支持北斗定位系统，进一步增强自主健康管理功能；并分系统级、单机级、部组件级3个层次建立了数据闭环分析机制，全力推进产品数据互联互通、线缆总装布局数字化、关键参数检测智能化，全面实现了神舟飞船在“空间站时代”的再升级。

作为航天员往返天地的交通工具，神舟飞船的舒适性也至关重要。如今，经过不断磨合和悉心付出，神舟飞船已经可以满足航天员各项任务要求以及舒适性要求。

面对空间站任务阶段每年发射2艘神舟载人飞船的高密度任务需求，神舟载人飞船系统以“一船发射、一船待命”的滚动备份，确保空间站工程任务顺利开展。通过验证项目优化、串行改并行优化、试验工况优化等手段，神舟飞船已全面实现了覆盖产品研制过程、发射场、飞控等全流程的批产技术流程优化，大大提高了飞船的研制效率和效益。

2023年是我国空间站应用与发展阶段元年，神舟团队又一次用成功向党、国家和人民交出了一份满分的答卷。期待航天员继续以昂扬的奋斗姿态不断夺取航天事业新胜利，在新征程上赢得更加伟大的胜利和荣光。

# 叩问苍穹 梦想绽放

## ——新征程上航天青年的奋进故事

本报融媒体记者 张佳琪 李晨阳 宋宝刚 徐康辉

5月30日，第七个全国科技工作者日。同一天，神舟十六号载人飞船发射成功。

这是中国航天接续奋斗的再出发，背后更是无数航天人的默默付出。日前，记者走进航天科技集团五院502所（以下简称502所），采访了几位航天青年。成功的镜头里或许没有他们的身影，但为遨游天际的中国空间站保驾护航，正是他们筑梦苍穹的最好证明。

### 敲代码，不简单！

在“90后”姑娘张丹瑶家门口的柜子上，空间站“三舱”——天和核心舱、问天实验舱、梦天实验舱”飞行任务的徽章整齐摆放在最显眼的地方。每天出门，她总会习惯性地看两眼。“徽章虽小，但重若千钧，每次看到它，我就对未来更加充满信心。”

说起张丹瑶，她的头衔里没有“第一”“首席”“首位”，甚至在航天人都没什么人知道。一张娃娃脸上笑眼弯弯，语气柔和，一张口还有些“稚气未脱”。很难想象，眼前这个姑娘从2019年起就开始承担空间站“三舱”GNC（制导、导航与控制）系统软件设计编码的“硬核”任务。

GNC系统是502所专门为空间站“量身打造”的制导导航与控制系统，太空中实施两舱对接、舱体转位等都离不开这个调配多舱段资源的“大管家”。而张丹瑶的工作就是通过设计编码，让GNC系统的所有功能需求能够实现。

回忆刚入职时，空间站建造的准备任务已进入中后期，张丹瑶的经验能力跟队友比差了“一大截”。怎么办？她下决心吃透专业书籍，填补知识空白。那段时间加班加点是家常便饭，“但被同事们拼搏的精神激励着，一点儿也不累。”

在开展梦天实验舱软件走查工作时，张丹瑶每天拿着十几份确认文件，一条条梳理飞控期间要发的指令、确认各分系统接口信息……按道理，这种琐碎耗时的工作很容易让年轻人厌烦，但她却很享受这种“枯燥”。原来，她有个“航天迷”父亲，耳濡目染中，“航天梦”的种子也在她心中生根发芽。

2022年7月25日，问天实验舱“牵手”天和核心舱，这是中国两个20吨级航天器首次在轨实现交会对接。整个过程张丹瑶都紧紧盯着监测画面，视线不敢移开。“连续十几个小时的高强度工作，大家坚持一口气撑到底！”

一年365天，多是横戈马上行。“刚结束‘问天’发射，又开始接着敲‘梦天’的代码。”张丹瑶深知，软件设计编码看似“微不足道”，其实关乎空间站的安全，更关乎航天员的安全，绝不能有丝毫懈怠。

“告诉你一个好消息，我们502所空间站建造工程GNC研制团队被授予了‘2022中国自动化领域年度团队’荣誉奖牌。”这是不久前记者收到张丹瑶的一条短信。这个不懈追求航天梦的姑娘，又踏上了新征程……

### 奔赴一个又一个“战场”

502所软件中心设计编码组组长李经松长期负责航天器软件研制工作。他总是打趣说，软件是航天器的“灵魂”，而他和团队则是航天器的“灵魂设计师”。

先思考，再说话。这是谈话间李经松给人留下的第一印象。或许这和他的工作需要有关——厘清外部提出的各种需求，给出“最优框架”的答案。

还记得刚进入502所时，李经松发现航天嵌入式软件的研制涉及硬件、方案、系统等多方面知识储备，

补齐“知识短板”成了他最要紧的事。听说软件研制有历年典型问题及典型案例，他就把它们找出来，一个个深挖学习，遇上“拦路虎”就向前辈请教。

说到底，软件底层架构开发是最基础，也是最枯燥、最“隐形”的工作，而且设计上需要一些巧劲儿、聪明劲儿。2014年所里提出“多舱通用”的软件架构，要求软件底层功能达到50%—60%的复用率。为此，李经松投入大量时间对软件架构进行迭代优化，一遍遍加固它的“四梁八柱”。

2012年，502所软件中心交付的软件配置项是86个，2022年数量已经上升到582个。十年间，李经松个人能力得到提升，团队能力也有了显著飞跃。

去年，习近平总书记在给中国航天科技集团空间站建造青年团队回信时，勉励航天青年“为我国航天科技实现高水平自立自强再立新功”。李经松深受触动，“只有不断创新突破，才能建设航天强国。”

鲜有高谈阔论，多是埋头苦干。如今李经松又开始担任嫦娥七号GNC系统的软件经理，奔赴下一个“战场”。

### “哪里需要哪里搬”

“我先来做个科普，分布在舱体里的一台台单机就像‘四肢’，而软件就像‘智慧大脑’，它们的组合实现了GNC系统的功能，怎么飞、往哪飞，飞船可以实现自主控制。”采访时，502所第一研究室货运飞船GNC分系统副主任设计师郭朝礼戴着一副黑框眼镜，清瘦的脸上神色严谨，平日话不多，谈起工作却滔滔不绝。

谈起“航天梦”的起点，这位“80后”山东小伙眼里有光。“中学时听到了神舟五号载人飞船成功发射的消息，当时感觉非常振奋，受到鼓舞。”心怀梦想，所以热爱。郭朝礼先后

参与天和核心舱初样测试、空间站太阳翼实验项目，最后扎根货运飞船团队。他打趣自己就像一块“砖”，“哪里需要哪里搬。”

郭朝礼怎么也想不到，工作后接到的第一份任务竟是梳理电缆。“当时觉得电缆跟我的理论没什么关系，后来发现自己想错了。”钻进问题里，郭朝礼发现电缆就像GNC分系统的“毛细血管”一样重要，串联起硬件接口、地面模拟器等，都是做测试的基础。“守在哪里，哪里就是阵地。”他及时调整心态，从看似“简单”的工作中发现了新乐趣。

还记得2022年5月2日，听到习近平总书记回信的消息时，郭朝礼正在天舟四号货运飞船的发射场忙碌。“当时距离发射仅剩8天时间，这封信对我们来说是一次极大的鼓励，大家都说接下来的任务一定要成功！”

子系统、分系统、整机测试、环境实验测试……郭朝礼和同事们模拟比“天上环境”更严苛的条件，通过上百种仿真测试，层层“关卡”一个不漏，最终百分百确保每艘飞船GNC系统都经得起考验。

天舟四号不辱使命，成功向祖国报告。6个月后，当天舟五号货运飞船仅用约2个小时就与天和核心舱顺利交会对接，创造了新的世界纪录时，郭朝礼忍不住感叹“过程行云流水、一气呵成”，如前期反复验证的一样完美。

当前，我国货运飞船呈批产状态，滚动测试任务重，发射任务多，进发射场成了郭朝礼每年的“必修课”。郭朝礼的妻子也在参与空间站载人飞船工作，但因为发射任务不同，夫妻俩反而常常见不到面。

“虽然见不着，但每次任务成功我们都会互相祝贺，这种并肩战斗的感觉还是挺幸福的。”说话间，这个男子汉竟红了眼眶。“一家不圆万家圆”，这或许是每一位航天人深藏心底的坚守……

专家声音  
zhuanjia shengyin

“大飞机是国之重器，是一个国家科技水平、工业能力和综合国力的集中体现和重要标志，发展大飞机离不开自主创新与开放合作。”5月29日，在全国政协教科卫体委员会“健全关键核心技术攻关新型举国体制”调研组座谈会上，中国商用飞机有限责任公司副总经理、总会计师吴永良表示。

“我们忘不了习近平总书记的殷殷嘱托，正在全力以赴加大力度进行核心技术的攻关。”吴永良说。

习近平总书记在2022年9月30日接见C919大型客机项目团队代表时强调，让中国大飞机翱翔蓝天，承载着国家意志、民族梦想、人民期盼，要充分发发挥新型举国体制优势，坚持安全第一、质量第一，一以贯之、善始善终、久久为功，在关键核心技术攻关上取得更大突破，加快规模化和系列化发展，扎实推进制造强国建设，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦不懈奋斗。

“他日卧龙终得雨，今朝放鹤且冲天”。5月28日，在中国商飞公司的官网上出现了这么一句诗词。当天，国产大飞机C919商业首飞成功，标志着国产大飞机商业运营正式起步，中国航空工业也将掀开全新一页。

党的二十大报告将大飞机制造列为新时代十年高质量发展标志性成果之一。吴永良告诉记者，“发展大飞机能够带动新材料、先进制造、航空动力、电子信息、自动控制、计算机等领域关键技术的群体性突破，拉动众多高技术产业发展，带动流体力学、固体力学、计算数学、热物理、化学、信息科学、环境科学等诸多基础学科的重大进展。”

“C919从研制成功到商业运营，这一过程中，我们坚持自主创新，完成飞机的自主设计、自主集成、自主验证；同时坚持开放合作，采取国际通行的主制造商-供应商模式，整合利用全球优质航空资源，塑造出一款世界级飞机产品、全球最新一代窄体客机，掌握了飞机的研制规律、研制方法和关键技术，为后续实施飞机部件国产化、实现高水平自主可控奠定重要基础。”

“当前，美国持续遏制围堵打压中国高技术产业发展，大飞机已经处于大国博弈的前沿。前期国家已部署两机专项、大飞机材料专项等计划，形成了一定的国产化基础，比如，已累计实现占结构重量68.3%的国产材料达到装机状态。”

吴志良同时坦言，与美国、欧洲等先进航空国家相比，国内在关键机载系统、电子元器件、工业软件等方面的产业基础仍较为薄弱，大飞机产业链供应链的自主保障能力存在不足。

“这是因为大飞机具有高安全性、高可靠性、高经济性、高复杂性的特点，国内产品缺乏基础性研究和实验数据的积累，导致产品质量的稳定性、一致性无法满足高标准严格要求。”吴志良表示，“我们必须按照习近平总书记关于大飞机事业重要指示批示精神，一方面坚持底线思维，通过几代人持续不断的努力，提升国内工业与科技基础，形成独立自主的研制能力、生产能力。另一方面坚持开放合作，团结国内外供应商与合作伙伴，共同应对风险挑战。”

谈到大飞机的未来，吴志良强调，“要加大对大飞机人才队伍的培养力度。大飞机对产业人才的数量、质量、结构有着全方位的庞大需求，必须主要依靠自主培养，建议出台相关政策提高国内教育界对大飞机人才的输送力度，同时出台针对大飞机高端人才引育留的普惠政策，为大飞机高质量发展提供人才支撑。”

“大飞机产业投资大、周期长，目前仍需持续的资金投入。”吴志良建议，要通过专项资金、产业基金、低息贷款、后补助、免税等多元化支持形式，提升对大飞机产业链薄弱环节的支持力度，帮助大飞机安全稳步渡市场导入期，逐步实现商业成功。

“不断强化基础性研究。推动建立面向基础研究、应用基础研究的大飞机国家实验室，建立更多航空领域的公共技术研究机构在全国重点实验室，提供必要的研发设施支持大飞机共性技术研究、科学原理探索与实验数据积累，为从源头解决卡脖子问题打下坚实基础。”吴志良表示。

“在完成‘双碳’目标的进程中，火电行业的低碳转型备受关注，同时火电上市公司的转型经验也具有代表性和借鉴意义。5月30日发布的《碳中和目标下中国火电上市公司低碳转型绩效评价报告2022》（以下简称报告），对表现突出的火电上市公司进行了分析，并对政府部门促进企业低碳转型的工作提出了政策建议，建议火电企业仍应加大绿色转型投入。”

报告由自然资源保护协会（NRDC）与公众环境研究中心（IPE）、北京绿源碳和科技有限公司共同发布。

报告以火电上市公司2020年年度报告中披露的数据为基准，选取了火电装机占比30%以上的31家火电上市公司作为评价样本。

报告建议，火电公司应制定明确有效的低碳转型规划，并优化存量火电与发展新能源并行，积极参与碳排放交易和绿电交易。同时，火电公司应加大绿色转型投入，培育源网荷储一体化、增量配电业务、综合能源服务等新业态新模式，建立健全公司碳资产

# C919 成功之双翼：自主创新与开放合作

访中国商用飞机有限责任公司副总经理、总会计师吴永良  
本报记者 高志民

风向标  
fengxiangbiao

## 火电企业仍应加大绿色转型投入

本报记者 王茜娟

在“双碳”目标的进程中，火电行业的低碳转型备受关注，同时火电上市公司的转型经验也具有代表性和借鉴意义。5月30日发布的《碳中和目标下中国火电上市公司低碳转型绩效评价报告2022》（以下简称报告），对表现突出的火电上市公司进行了分析，并对政府部门促进企业低碳转型的工作提出了政策建议，建议火电企业仍应加大绿色转型投入。

报告由自然资源保护协会（NRDC）与公众环境研究中心（IPE）、北京绿源碳和科技有限公司共同发布。

报告以火电上市公司2020年年度报告中披露的数据为基准，选取了火电装机占比30%以上的31家火电上市公司作为评价样本。

报告建议，火电公司应制定明确有效的低碳转型规划，并优化存量火电与发展新能源并行，积极参与碳排放交易和绿电交易。同时，火电公司应加大绿色转型投入，培育源网荷储一体化、增量配电业务、综合能源服务等新业态新模式，建立健全公司碳资产

管理体系，并借助第三方核查机构提升管理能力，坚持信息披露公开到位。

报告建议，政府部门尽早制定关于火电行业转型的中长期规划，对承担安全保供的发电公司予以政策倾斜，制定并落实激励政策，提升转型活动的可融资性，同时结合转型金融工具，对转型活动和转型投资采取强制性信息披露。

公众环境研究中心（IPE）的马军主任表示，报告识别出火电企业实现低碳转型的不同路径，并结合上市公司实践进行了总结和分析，其中的成功经验值得借鉴和推广，遭遇的瓶颈和障碍也需要研究并破解。

华北电力大学袁家海教授表示，“十三五”期间五大发电集团控股的火电上市公司转型绩效明显高于地方集团控股公司。目前，火电上市公司整体信息披露程度不高，有待加强。报告希望能够借助榜单力量推动火电上市公司加强信息披露、积极主动推进低碳转型。