

# 2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

## 一、项目名称

运载火箭固体发动机安全装药与总装制造技术及应用

## 二、提名者及提名意见

提名者：侯晓，中国航天科技集团有限公司，研究员，火箭发动机专业。

提名意见：该项目针对运载火箭固体发动机安全装药与总装制造领域的重大工程难题，经过长期系统攻关，突破超大容量重型三桨立式捏合机及其可控混合、固体推进剂多流道真空精准浇注成型、固体发动机七自由度激光引导自动装配等关键技术，研制了高安全高效率重型三桨捏合机、直径 5.3 m 超大型真空浇注系统、固体发动机装测一体总装平台等多个具有自主知识产权的关键装备与系统。项目技术难度极大、创新程度极高、系统集成性极强，成果已在国家多个重大航天工程和多型先进固体发动机研制生产中实现规模化应用，经济、社会和国防效益显著，对推动行业技术进步作用突出。提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

## 三、项目简介

固体发动机是固体运载火箭、航天运载器的核心基础，其制造直接决定总体系统性能和批产交付能力。装药总装是固体发动机研制生产中最关键、最危险的环节，随着商业航天的蓬勃发展，新型固体运载火箭市场需求呈爆发式增长，固体发动机装药量、批产交付数量大幅增加，制造现场含能物料规模聚集，传统传统依赖人工经验、刚性专机和单机自动化的制造模式已难以适应，亟须突破面向运载火箭固体发动机的高安全、高质量、高效率先进制造技术。长期以来，美欧等航天强国对固体发动机装药总装等核心装备和关键工艺实施严格技术封锁，关键装备无法引进、核心技术难以借鉴，必须立足自主创新。

为破解上述难题，项目依托国家自然科学基金重点项目、国家重点研发计划项目等持续支持，联合西安交通大学等优势力量开展产学研协同攻关，原创构建“高安全混合—高质量制造—高柔性总装—高智能管控”的运载火箭固体发动机安全装药与总装制造技术体系，自主研制三桨立式捏合机、多流道真空浇注系统、固体发动机装测一体总装平台，打通混合、浇注、装配等全链条技术壁垒，建成先进固体发动机装药总装制造示范平台，实现核心工艺、专用装备和管控系统自主可控。

创新点 1：提出了超大容量重型三桨立式捏合机设计方案和可控混合方法，突破了三桨构型--轨迹--间隙协同设计和桨叶寿命精准评估等关键技术，建立了超细粉体振动給料工艺方法，研制了高安全高效率重型三桨捏合机，累计完成数万吨固体推进剂安全生产。

创新点 2：发明了固体推进剂多流道真空精准浇注成型技术，建立气--浆--

固多相耦合浇注仿真模型，解决了非牛顿药浆多通道闭环同步控制难题，浇注了全球最大单台固体发动机；完成 CZ-6A 固体助推器同步浇注成型，保证了运载火箭工作过程同步性。

创新点 3：提出了固体发动机七自由度激光引导自动柔性装配技术方案，构建了虚拟总装工艺方法，突破了单体发动机百吨负载下装配平台位姿快速调平、变形控制等关键技术，研制了固体发动机装测一体总装平台，实现了多型运载固体发动机快速装配。

创新点 4：构建了固体发动机装药总装多源感知与数字孪生智能管控体系，突破了混合浆叶间隙在线测量、浇注气泡多视角三维在线成像等关键技术，建立数字孪生模型，提出多源传感融合的风险识别方法和动态分级预警机制，形成固体发动机装药总装全过程智能安全管控平台。

项目打破了美欧在大型固体发动机核心制造装备与关键工艺领域的长期技术封锁，推动我国固体发动机装药总装全流程自主可控。项目在大型固体发动机先进制造方向取得原创性突破，拥有多项自主知识产权，核心关键技术自主可控，累计形成专利、论文、标准等知识产权 75 项，其中授权发明专利 17 项，成果已应用于长征六号甲、引力一号、力箭一号、捷龙系列等多型运载火箭，并在上海航天化工应用研究所、西安北方惠安化学工业有限公司等多家固体动力生产单位中持续推广，累计经济产值超过 200 亿元。

项目产生了广泛的学术、行业及社会影响，助推了我省产学研一体化建设。相关成果入选教育部“大国智造”主题案例，入选全国卓越工程师培养优秀校企导师组。建成空天往返动力与智能制造产教融合平台、空天推进与空间智能工程师技术中心。项目形成可复制、可推广的产学研协同育人模式，为陕西省空天动力、智能制造与国防高端装备领域高层次工程人才培养和产业创新能力提升提供了重要支撑。

## 四、客观评价

（1）成果鉴定评价。2026 年 9 月，中国机械工程学会组织专家对项目进行科技成果鉴定。鉴定意见认为，项目技术难度大、创新性强，整体技术达到国际先进水平；其中，大容量重型三桨立式捏合机及其可控混合技术达到国际领先水平，同意通过科技成果鉴定。

（2）项目验收评价。国家自然科学基金委员会高技术研究发展中心组织相关专家评价，项目形成的固体发动机安全装药、总装智能生产线实现了多型号研制与批产，提升了固体发动机智能制造技术水平和能力。

（3）查新报告。科技查新报告对大容量三桨协同混合、百吨级多流道真空浇注、环形间隙柔性总装及风险分级预警等主要研究内容进行了检索，认为：相关公开文献和专利中未见完整或等同的公开披露，查新点具有新颖性。

（4）应用单位评价。中国航天科技集团商业火箭有限公司、北京宇航系统工程研究所、中国长征火箭有限公司、东方空间技术（山东）有限公司、北京中科宇航技术有限公司等火箭公司和上海航天化工应用研究所、西安北方惠安化学

工业有限公司等固体动力生产单位均出具应用证明，认为相关成果解决了安全装药、精准浇注、柔性装配等行业共性难题，属于成套系统性创新，工程应用价值高。

## 五、应用情况

项目成果已在多型国家主力运载火箭和多家固体发动机生产单位中应用。相关技术用于“长征六号甲”“捷龙三号”“力箭一号”“双曲线系列”“引力一号”等型号的固体发动机研制；在上海航天化工应用研究所、西安北方惠安化学工业有限公司、内蒙古航天红峡化工有限公司等单位应用。应用内容覆盖推进剂混合、推进剂浇注、发动机总装等，支撑多型产品研制和批量生产，取得了较好的经济和社会效益。

主要应用单位情况表

| 序号 | 单位名称             | 应用的技术 | 应用对象及规模                                                     | 应用起止时间        | 单位联系人/电话           |
|----|------------------|-------|-------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|
| 1  | 中国航天科技集团商业火箭有限公司 | 整体技术  | 应用于“长征六号甲”固体助推发动机研制，创造经济产值超 50 亿元。                          | 2021 年 3 月至今  | 李红兵<br>13621804365 |
| 2  | 北京宇航系统工程研究所      | 整体技术  | 应用于“长征二号 F”运载火箭固体逃逸发动机和“长征十一号”运载火箭固体发动机研制生产，近三年经济效益超 20 亿元。 | 2019 年 9 月至今  | 王楠<br>13910113281  |
| 3  | 航天科技五院新一代载人飞船项目办 | 整体技术  | 应用于新一代载人飞船“梦舟”逃逸固体动力系统研制。                                   | 2022 年 6 月至今  | 孙思吉<br>13426065801 |
| 4  | 中国长征火箭有限公司       | 整体技术  | 应用于“捷龙三号”固体动力系统研制和生产，近三年经济产值超 10 亿元。                        | 2021 年 12 月至今 | 贾英河<br>13718245186 |
| 5  | 东方空间技术（山东）有限公司   | 整体技术  | 应用于“引力一号”固体动力系统研制和生产，近三年经济产值超 7 亿元。                         | 2022 年 12 月至今 | 徐国光<br>13520539630 |
| 6  | 北京中科宇航技术有限公司     | 整体技术  | 应用于“力箭一号”运载火箭固体发动机研制和生产，近三年经济产值超 11 亿元。                     | 2022 年 7 月至今  | 唐燕<br>18801312263  |

| 序号 | 单位名称             | 应用的技术       | 应用对象及规模                                            | 应用起止时间        | 单位联系人/电话           |
|----|------------------|-------------|----------------------------------------------------|---------------|--------------------|
| 7  | 陕西星际荣耀空间科技有限责任公司 | 整体技术        | 应用于“双曲线一号”固体发动机研制，近三年经济产值超 2 亿元。                   | 2021 年 12 月至今 | 张峰<br>17791201988  |
| 8  | 西安北方惠安化学工业有限公司   | 固体推进剂安全混合技术 | 应用于多型先进固体发动机研制生产，近三年经济产值超 40 亿元。                   | 2021 年至今      | 薛领怡<br>18709284124 |
| 9  | 内蒙古航天红峡化工有限公司    | 固体推进剂安全混合技术 | 应用于固体推进剂混合，解决高危含能材料安全、均匀、高效混合行业共性难题，近三年经济产值超 7 亿元。 | 2023 年至今      | 王哲<br>18004851410  |
| 10 | 上海航天化工应用研究所      | 固体推进剂安全混合技术 | 应用于多型先进固体发动机研制生产，近三年经济产值过亿元。                       | 2021 年至今      | 陆韩<br>18917946789  |
| 11 | 航天动力技术研究院        | 整体技术        | 应用于多型整体式和分段式固体发动机研制生产，近三年经济产值超百亿元。                 | 2024 年 5 月至今  | 张海兵<br>18515217661 |

## 六、主要知识产权和标准规范等目录

| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称                                | 国家(地区) | 授权号              | 授权日期    | 证书编号(标准<br>批注发布部门)           | 权利人                                | 发明人                                       |
|----|--------|-----------------------------------------|--------|------------------|---------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | 标准     | 固体推进剂 4800L<br>和 6800L 三桨叶混<br>合机安全使用要求 | 中国     | Q/Gz 817-2023    | 2023.11 | 中国航天科技集<br>团有限公司七四<br>一六厂质量处 | 中国航天科技<br>集团有限公司<br>第四研究院七<br>四一六厂 | 任全彬、野延<br>年、郭超                            |
| 2  | 发明专利   | 一种可定量出料的<br>粉体存贮装置                      | 中国     | ZL201410425491.4 | 2016.08 | 2202501                      | 西安航天化学<br>动力有限公司                   | 张勇、野延<br>年、李娟、王<br>照波、郭希<br>平、梁魁          |
| 3  | 发明专利   | 一次料斗下料速度<br>的在线检测装置                     | 中国     | ZL201910257838.1 | 2021.03 | 4329820                      | 西安航天化学<br>动力有限公司                   | 张浩、田婉<br>洁、苏成彬、<br>刘雪松、张现<br>利、贺秦涛、<br>郭雯 |
| 4  | 发明专利   | 一种深孔测温装置                                | 中国     | ZL201310561938.6 | 2015.09 | 1808902                      | 西安航天化学<br>动力有限公司                   | 野延年、郭<br>超、崔城、张<br>占平、张勇、<br>赵品           |

| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称                  | 国家(地区) | 授权号              | 授权日期    | 证书编号(标准<br>批注发布部门)   | 权利人                    | 发明人                                 |
|----|--------|---------------------------|--------|------------------|---------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 5  | 发明专利   | 多发燃烧室连续浇注药量精确控制装置         | 中国     | ZL201310507377.1 | 2015.08 | 1765340              | 西安航天化学动力有限公司           | 王铭、 <b>朱号锋</b> 、王琪、惠亚军、张浩、王婧、薛飞     |
| 6  | 标准     | 复合固体推进剂浇注工艺规范             | 中国     | Q/Gz 838-2024    | 2024.11 | 中国航天科技集团有限公司七四一六厂质量处 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | <b>任全彬</b> 、郭蓓、 <b>田婉洁</b> 、张现利、任茜茜 |
| 7  | 发明专利   | 浮动柔性机械臂的分布式振动控制系统及其振动控制方法 | 中国     | ZL201711133888.6 | 2020.08 | 3951668              | 西安交通大学                 | <b>刘金鑫</b> 、杨立娟、郭艳婕、张兴武、陈雪峰         |
| 8  | 发明专利   | 一种串联扩展式惯性作动器及其作动方法        | 中国     | ZL201711084681.4 | 2024.11 | 7536891              | 西安交通大学                 | <b>刘金鑫</b> 、尹子玉、张兴武、陈雪峰             |
| 9  | 发明专利   | 机械系统静态非线性特征辨识方法           | 中国     | ZL202010051002.9 | 2021.02 | 4267534              | 西安交通大学                 | <b>刘金鑫</b> 、杨亮东、陈雪峰、乔百杰、严如强         |

| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称                        | 国家(地区) | 授权号              | 授权日期    | 证书编号(标准<br>批注发布部门) | 权利人    | 发明人                                |
|----|--------|---------------------------------|--------|------------------|---------|--------------------|--------|------------------------------------|
| 10 | 发明专利   | 基于特征导向正则<br>参数的旋转机械系<br>数表示诊断方法 | 中国     | ZL202210875730.0 | 2025.05 | 7930177            | 西安交通大学 | 孙若斌、翟<br>智、陈雪峰、<br>杨志勃、苏宇<br>峰、杨来浩 |

## 七、主要完成人情况

| 姓名  | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位                   | 完成单位                   | 对本项目贡献                                                                |
|-----|----|------|------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 任全彬 | 1  | 党委书记 | 研究员  | 中国航天科技集团有限公司第四研究院      | 中国航天科技集团有限公司第四研究院      | 负责项目总体组织与技术路线，提出大型固体发动机安全装药和总装制造总体需求，建立关键规范，统筹混合、浇注、总装等关键技术攻关及工程应用。   |
| 刘金鑫 | 2  | 无    | 教授   | 西安交通大学                 | 西安交通大学                 | 围绕重型三桨捏合机测试、柔性总装与智能作业开展研究，提出桨叶间隙与扭矩检测、柔性系统振动控制和数字化测位方法，支撑高精度装配与智能化应用。 |
| 野延年 | 3  | 无    | 研究员  | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责固体发动机混合技术路线及工程攻关，完成粉体动态计量、三桨协同混合及重型捏合机研制，支撑大容量推进剂安全高效混制。            |
| 吕晓权 | 4  | 厂长   | 研究员  | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 组织大型固体发动机装药总装工艺攻关，完成混合、浇注、总装及安全管控技术路线及关键指标确定，支撑成套产线工程化实施。             |
| 肖策  | 5  | 无    | 副研究员 | 西安交通大学                 | 西安交通大学                 | 负责重型三桨捏合机桨叶内部缺陷三维表征、疲劳损伤机理与寿命评估研究，为关键部件缺陷控制和长期安全服役提供方法支撑。             |

| 姓名  | 排名 | 行政职务 | 技术职称  | 工作单位                   | 完成单位                   | 对本项目贡献                                                    |
|-----|----|------|-------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 周涛  | 6  | 无    | 研究员   | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 开展推进剂混合与浇注工艺研究，完成粉体精确加料、非牛顿药浆浇注仿真及可视化试验，支撑工艺参数优化和质量控制。    |
| 王艳萍 | 7  | 无    | 高级工程师 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责混合、浇注关键装备控制系统设计，完成动态计量在线检测、远程控制、安全联锁和防差错控制研究，支撑全过程安全管控。 |
| 李娟  | 8  | 无    | 高级工程师 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责混合、浇注和柔性总装关键装备机械设计，完成重载结构、真空系统和多规格柔性装配技术研究，支撑成套装备研制。    |
| 孙若斌 | 9  | 无    | 副教授   | 西安交通大学                 | 西安交通大学                 | 负责关键装备动态信号处理、状态监测、故障诊断及健康评价研究，为混合、浇注等装备状态感知和异常预警提供技术支持。   |
| 田婉洁 | 10 | 无    | 高级工程师 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责推进剂混合和燃烧室浇注工艺研究，完成桨叶自动清理、下料速度在线检测等技术研发，支撑连续混合和批量浇注。     |

| 姓名  | 排名 | 行政职务 | 技术职称  | 工作单位                   | 完成单位                   | 对本项目贡献                                                  |
|-----|----|------|-------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| 王正安 | 11 | 无    | 研究员   | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责固体发动机总装技术路线，完成虚拟试装、环形间隙优化和重载柔性装测一体化技术研究，支撑多规格发动机快速装配。 |
| 朱号锋 | 12 | 无    | 研究员   | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责固体发动机浇注技术路线，完成多发燃烧室连续浇注药量控制和多参量反馈协同控制研究，支撑批量浇注一致性。    |
| 惠维维 | 13 | 无    | 高级工程师 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责推进剂混合和燃烧室浇注过程仿真，参与流场、热场及关键工艺参数分析，为混合和浇注工艺优化提供技术支撑。    |
| 张杰  | 14 | 无    | 高级工程师 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责固体发动机总装工艺研究，完成点云装配基准、非接触测量及运动路径反馈修正技术开发，支撑总装数字化升级。    |
| 高航  | 15 | 无    | 工程师   | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 负责混合过程粉体自动加料及总装过程产品自动转运研究，完成连续下料、大型构件柔性转运等技术研发。         |

## 八、主要完成单位情况及创新推广贡献

| 完成单位                   | 排名 | 对本项目科技创新和应用推广情况的贡献                                                                                                                             |
|------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中国航天科技集团有限公司第四研究院      | 1  | 作为项目牵头单位，负责总体技术路线、任务组织和系统集成，围绕运载火箭固体发动机装药总装制造需求，组织开展超大容量固体推进剂混合、固体推进剂精准浇注、发动机自动装配等关键技术研究，统筹工程验证、型号应用及成果推广，推动相关成套技术在固体动力产品研制生产中和固体推进剂装药行业的推广应用。 |
| 西安交通大学                 | 2  | 参与大容量重型三桨立式捏合机关键部件可靠性、柔性总装和智能监测等研究。开展基于 X-CT 的内部缺陷表征与疲劳寿命评估、柔性机械系统振动控制与高精度装配、动态信号处理与故障诊断等工作，形成相关授权发明专利，协助中国航天科技集团有限公司第四研究院联合开展工程验证和应用。         |
| 中国航天科技集团有限公司第四研究院七四一六厂 | 3  | 承担项目关键装备、工艺和生产线的工程化研制与应用验证，开展推进剂原材料精准加料与三桨混合、真空浇注与多流道同步控制、重载柔性装测及全过程安全控制等技术开发，完成了相关装备制造、现场调试和批产应用，为成套技术工程化和推广应用奠定重要支撑。                         |

## 九、完成人合作关系说明

任全彬、刘金鑫、野延年、吕晓权、肖策、周涛、王艳萍、李娟、孙若斌、田婉洁、王正安、朱号锋、惠维维、张杰、高航是“运载火箭固体发动机安全装药与总装制造技术及应用”项目团队核心成员，项目团队自 2017 年组建以来历经近 10 年成长壮大，逐步发展为一支科技领军人才带头、产学研深度融合、年龄结合合理的国内一流大型固体发动机先进装药总装产线技术研发团队。

团队组建于 2017 年中国航天科技集团有限公司第四研究院（以下简称四院）“运载火箭固体发动机装药总装研发平台开发”自主研发项目立项之初，当时项目核心成员包括四院任全彬、野延年、吕晓权、王艳萍、李娟、田婉洁、王正安、朱号锋、张杰和西安交通大学刘金鑫、孙若斌等；2020 年，四院与西安交通大学签订联合创新战略合作协议，成立“航天固体动力先进制造联合创新中心”，双方组建创新战略联盟，联合攻关固体发动机制造过程危险作业无人化、柔性对接与总装、先进检测与测试、智能化制造等技术及装备研发，四院周涛、惠维维、高航和西安交通大学肖策加入团队并逐步成长为骨干；2026 年四院与西安交通大学滚动建设“航天特种装备服役安全保障研究中心”，合作由先进制造进一步拓展至装备服役安全与智能保障，形成了长期稳定的产学研合作关系。

合作关系具体如下：

1. 任全彬、野延年、吕晓权、周涛、王艳萍、李娟、田婉洁、王正安、朱

号锋、惠维维、张杰、高航：长期从事固体发动机制造工艺与装备研究。其中，任全彬负责项目总体技术策划与技术路线组织，野延年、吕晓权等负责装药总装工艺与关键装备总体方案，周涛、王艳萍、李娟、田婉洁、王正安、朱号锋、惠维维、张杰、高航等围绕混合、浇注、总装等开展装备研制、工艺验证和工程应用，共同完成项目关键装备从方案设计、样机研制到型号应用的工程化实施。

2. 任全彬、刘金鑫：两人长期依托四院—西安交通大学产学研合作平台组织开展固体发动机先进制造研究。2017年起，刘金鑫参与四院自主研发项目相关研究；2020年双方共同依托“航天固体动力先进制造联合创新中心”开展大型捏合装备测试、柔性总装及智能制造技术攻关，刘金鑫担任联合创新中心校方负责人。两人共同形成《一种用于立式混合机的桨叶间隙在线检测方法》《一种用于三桨立式混合机的桨叶扭矩检测装置》等发明专利，共同支撑超大容量固体推进剂混合、发动机自动装配等技术突破。

3. 野延年、吕晓权、李娟、王艳萍、周涛、田婉洁、朱号锋、惠维维：长期围绕固体推进剂混合与燃烧室浇注开展协同研究。其中，野延年、李娟等开展三桨混合装备结构与工艺研究，周涛、田婉洁等开展粉体精准加料及浇注工艺研究，朱号锋、惠维维等开展多流道同步浇注与过程仿真研究，共同解决大容量混合和百吨级浇注过程中的流动、成型与同步控制问题，对超大容量固体推进剂混合、固体推进剂精准浇注等技术突破做出重要贡献。

4. 刘金鑫、肖策、孙若斌：三人均来自西安交通大学机械工程学院航天制造与信息工程研究团队，长期围绕航天特种装备测试、损伤评估、智能监测与故障诊断开展合作。刘金鑫主要负责大型装备动态测试与柔性装配，肖策负责关键桨叶内部缺陷表征、疲劳损伤机理与寿命评估，孙若斌负责装备动态信号分析、状态监测与故障诊断。三人共同参与四院相关科研任务，分别对重载捏合机设计、发动机柔性总装等提供理论与方法支撑。

5. 吕晓权、王正安、张杰、刘金鑫：长期围绕大型固体发动机柔性总装开展联合攻关。四院负责提出大型发动机总装工艺需求并开展工程验证，西安交通大学参与柔性机械系统动力学、测位与位姿调控研究，共同开展大型发动机数字化装配与柔性总装技术研究；相关人员共同形成《一种固体发动机喷管数字化装配定位测量反馈装置及方法》等知识产权，对发动机自动装配技术突破做出重要贡献。

6. 全体完成人：自2020年“航天固体动力先进制造联合创新中心”成立以来，15名项目完成人均纳入创新中心科研团队，围绕“高安全混合—高质量制造—高柔性总装—高智能管控”持续开展联合技术攻关；2026年双方进一步建设“航天特种装备服役安全保障研究中心”，延续并深化上述合作。通过联合承担科研项目、共建研究平台、共同申请知识产权、装备联合研制及现场工程验证，形成了“总体牵引—高校基础研究与关键方法突破—生产单位装备研制与工程验证—型号应用”的长期稳定合作机制。