附件1

“揭榜挂帅”制技术攻关类第四批课题任务

任务一：N型半导体硅单晶生长用大型超导CUSP磁体优化设计关键技术

**需求背景：**Cz法是制备半导体硅单晶的主要方法，其设备与工艺决定了集成电路发展水平，在集成电路产业链中占据首要地位。一方面，随着晶体直径增大，坩埚直径相应增大，加热功率也随之升高。大石英坩埚要比小石英坩埚承受更高的温度，熔体内的热对流加剧，石英坩埚和硅熔体的反应加剧，相应产生更多的SiO。而氧的浓度是决定硅片质量的重要因素之一，在晶体生长中过多的氧会引起位错环、氧沉淀等热诱生缺陷。另一方面，超大规模集成电路的发展要求减少硅单晶的缺陷和杂质含量，提高氧、碳等杂质以及掺杂剂在晶体中分布的均匀性。而晶体中氧的浓度及均匀性与熔体的流动状态密切相关，在晶体生长设备中施加磁场是减少大直径单晶硅生长中熔体内强烈对流的有效方法。研究发现，在MCZ法硅单晶生长过程中，轴向磁场破坏了直拉生长系统原有的横向热对流的对称性，引起了严重的径向分凝；而横向磁场却又破坏了直拉生长系统原有的轴向热对流的对称性，使单晶棒生长条纹变得严重，具有非均匀磁力线分布的Cusp磁场是解决上述问题的有效方案。常导Cusp磁体存在体积大、功耗高的缺点，超导Cusp磁体具有功耗低、磁场强度高的特点，具有广阔的应用前景，但核心技术国外垄断，亟待突破。

**需求内容：**在MCZ硅单晶生长系统中，与传统磁场相比，Cusp磁体在晶体-熔体界面和自由表面只有纯粹的水平磁场分量，自坩埚轴线向外径方向发散，其值与坩埚半径成正比。而在坩埚侧壁和底部则存在着较强的正交磁场分量，能够有效地抑制热对流和强迫对流，增大边界扩散层厚度。为了获得高品质的N型半导体硅单晶材料，设计超导Cusp磁体需要与N型半导体硅单晶炉结构配合，优化设计磁场结构和磁场位形分布，融合介观方法分析磁场位形分布对熔硅对流的影响，抑制热对流和强迫对流，保持自由界面的毛细对流。定制的超导磁体需与硅单晶生长系统配合，方能达到采用MCZ法生长高品质、大直径半导体硅单晶的目的。本项目需要揭榜单位结合12英寸N型半导体硅单晶生长炉，针对Cusp超导磁体系统开展电磁、力学、传热方面的设计，使该套超导磁体系统达到特定的磁场位形分布以及尺寸，具体要求如下：1）结合12英寸450kg级投料量堆叠式N型半导体单晶炉结构，基于介观方法优化计算磁场结构对硅熔体对流及氧、碳等杂质输运的影响分析，设计合理的磁场外形结构；2）在磁场位形上该超导磁体需要形成Cusp场形，场形分布可根据需求进行调整； 3）中心直径800mm圆环内水平磁场强度不小于2000Gauss；4）磁体的励磁时间不超过30min；5）磁体系统的漏场分布距离磁体中心2.5m处的磁场小于100Gauss。

**拟解决的关键科学问题：**1.分析磁场位形分布对熔硅对流的影响，如何利用磁场抑制热对流和强迫对流，保持自由界面的毛细对流； 2.分析磁场结构对硅熔体氧、碳等杂质输运的影响规律； 3.分析硅单晶生长炉对超导磁场的影响规律，如何在硅单晶生长炉存在的情况下，实现磁场的可控调整。

**经费预算：**300万元

**产权归属：**项目执行期内产生的关于超导磁体研制相关知识产权归需求西安聚能超导磁体科技有限公司所有。

**时间节点：**揭榜后4个月内完成基于介观方法优化计算磁场结构对硅熔体对流及氧、碳等杂质输运的影响分析，磁场外形结构的设计与校核； 揭榜后6个月内完成超导磁体的电磁设计与校核； 揭榜后10个月内完成超导磁体的机械结构设计，并完成力学校核； 揭榜后14个月内完成超导磁体的传热结构设计，并完成热学校核； 揭榜后16个月内提交双方评审通过的超导磁体系统设计方案； 揭榜后20个月内制造出一台满足考核指标的超导磁体样机。

**需求方联系方式：**

西安聚能超导磁体科技有限公司 李超 18191973511

任务二：雅店煤矿坚厚岩层井下CO2裂爆卸压灾害防治项目

**需求背景：**雅店井田位于彬长矿区北部东侧，西至泾河，东南及西南与胡家河井田相邻；北以陕甘省界（四郎河）为界。井田东西长约19km，南北平均宽约2.5km，面积约48km2。行政区划属彬县北极镇管辖。 雅店4号煤层直接顶以灰黑色砂质泥岩为主，属软弱的不稳定顶板，存在主要工程地质问题是易发生冒顶及巷道变形。煤层底板以灰黑色、灰色泥岩为主，为软弱岩石。泥岩类底板据生产矿井调查存在主要工程地质问题是易产生底鼓变形。 巷道近场煤体应力经缓慢孕育、集中，静载水平逐渐升高，当达到围岩临界载荷时，或受到远场动载应力扰动动静叠加应力达到临界载荷时，极易发生巷道破坏。采用煤层爆破可使巷道内围岩煤岩体强度降低，内部裂隙发育。当爆破应力波作用在破裂区和塑性区边界时发生明显的反射和折射，压应力波会转变为拉应力波，因此破裂区边界上煤岩体受到拉应力波和压应力波综合作用下发生破裂，导致破裂区边界扩张，煤岩体的强度进一步降低。

**需求内容：**1、通过煤层爆破致裂降低爆破区域(应力峰值区)煤体承载能力，能否调整巷道承载结构。 2、当爆破区域煤体处于高应力极限强度区时，爆破卸压区域是否可以对煤层内积聚的弹性能有较好的耗散作用。3、通过对煤体进行爆破卸压，是否可以实现转移和降低围岩应力、耗散冲击载荷强度的目的。4、雅店煤矿开采煤层煤质坚硬，且4煤煤层厚度较大，工作面采用综采放顶煤采煤法，在回采期间顶煤难以正常垮落，计划采取爆破致裂的方法，降低顶煤的煤体强度，压裂产生的裂缝能够破坏坚硬岩层的整体性，增加了破碎度，使坚硬顶板能够及时垮落。

**拟解决的关键科学问题：**计划采取爆破致裂的方法，降低顶煤的煤体强度，压裂产生的裂缝能够破坏坚硬岩层的整体性，增加了破碎度，使坚硬顶板能够及时垮落。

**考核指标：**2024年1月完成爆破卸压方案编制和合同签订工作；2024年2月份至5月份完成设备进场施工；2024年6月份完成分析报告，分析基本顶断裂位置转移至采空区侧，减弱侧向岩块弯曲下沉对煤柱护巷顶板的扰动，能否使煤柱护巷围岩变形得到有效控制。

**经费预算：**180万元

**产权归属：**产权归属陕西泰盛能源工程有限公司

**时间节点：**2023年12月25日至2024年1月10日；完成工作面CO2爆破卸压方案 2024年1月11日至2024年1月31日；合同谈判及签订 2024年2月1日至2024年2月10日：地面设备进场，井下钻机入井准备 2024年2月11日至2024年5月10日：开始施工钻孔进行爆破作业。

**需求方联系方式：**

陕西泰盛能源工程有限公司 弥刚 13992096895

任务三：超大型铝基复合材料锻件等温精密成形技术研究

**需求背景：**当前国内直升机型号以中小型直升机为主，而重型、大型直升机（承重10T以上）型号研制工作进展较为缓慢。直升机旋翼系统构件对材料的疲劳寿命要求极高，同时零件使用环境复杂（低温、高原、舰载等多种情况），因此，对材料综合性能要求较高。与传统的铝合金锻件相比，铝基复合材料锻件具有优异的综合性能，特别是疲劳性能，能够满足重型、大型直升机旋翼系统结构件对材料的要求。另一方面，铝基复合材料塑形变形过程中易开裂，属难变形材料，且铝基复合材料锻件多数存在大面积的非加工面，锻件尺寸精度和表面质量要求极高，因此，铝基复合材料锻件对锻造工艺的要求极高。 目前，我公司承制的某型机超大尺寸铝基复合材料动环锻件（直径≥1600mm）研制过程中存在局部翘曲、尺寸超差、裂纹、折叠、夹伤、磕伤等缺陷和问题，同时铝基复材旋转环锻造过程变形极为不均匀，极易导致增强相随基体的不均匀流动而产生颗粒聚集的现象，使得锻件的组织和性能极为不均匀，已严重影响了公司的新品研发进度，制约了我国先进武器装备型号的研制。

**需求内容：**针对某重型直升机旋翼系统大型铝基复合材料锻件锻造易开裂、成形精度差、变形不均匀等问题，研究锻造工艺参数的影响机制，结合仿真技术进行成形全流程热力耦合场的预测和验证，突破大型铝基复合材料锻件等温精密成形技术，研制出满足相关型号标准要求的大型铝基复合材料锻件样件不少于4件。主要内容有： 任务1：超大尺寸铝基复合材料锻件锻造全过程多尺度建模仿真优化 开展铝基复材热模拟压缩试验研究，建立宏微观本构模型，关于颗粒增强铝基复合材料，从微观角度分析刚性颗粒与变形体基体间变形机制、联系宏观力学性能，揭示界面力学状态、宏观变形下微观变形协调机制等；建立全尺寸铝基复合材料模锻数值模型，优选获得锻件组织及综合性能的工艺窗口；获得锻造全过程工艺参数的优化组合，实现基于仿真的锻造成形整体工艺方案优化设计。 任务2：超大尺寸铝基复合材料锻件多约束模锻及增韧控制研究 通过变形量试验确定锻造过程中影响性能提升的临界变形量，依据变形量临界值，匹配坯锭挤压成形、开坯锻造与模锻阶段变形量，工艺设计考虑塑性变形中多向压应力状态，优化挤压变形比、坯锭结构尺寸、等温开坯及模锻模具结构、温度区间及成形道次，改善成形中因表面张力引起的起裂倾向，解决变形量期望大、而材料塑性裕度不足的问题，优选获得锻件组织均匀性的工艺措施，优化挤压变形比、坯锭结构尺寸、等温开坯及模锻模具结构、温度区间及成形道次等工艺参数，研究增韧调控方法与策略，引入荒形设计、修边等工艺措施，提升颗粒分布均匀性。 任务3：超大尺寸铝基复合材料锻件化热处理研究 开展具有尺寸大、结构复杂、精度高等特点的大尺寸铝基复合材料精密模锻件热处理工艺（固溶、时效）研究，探明组织、性能、残余应力以及轮廓尺寸的演化规律，开发铝基复合材料热处理专用工装，迭代优化热处理参数（固溶温度、固熔时间、自然时效时间等）与残余应力调控工艺等关键工艺方案，解决大尺寸铝基复合材料精密锻件热处理过程的变形严重问题，建立最佳热处理工艺窗口，并对锻件进行性能考核与评价。

**拟解决的关键科学问题：**探明热力耦合成形过程中材料的流动行为、组织演变规律及缺陷形成机制，建立组织性能的遗传图谱，解决铝基复合材料超大尺寸复杂锻件的形状尺寸精度、组织性能及其均匀性精准控制问题，为实现铝基复合材料大尺寸复杂锻件控形/控性提供科学基础。

**考核指标：**1.项目研究报告1份，通过会议评审； 2.关键技术研究报告1份，通过会议评审； 3.制定标准或规范1项，企业发布或批准； 4.研制超大型铝基复合材料锻件样件不少于4件，且符合下列技术指标： 锻件尺寸：≥Φ1600×170mm 超声波探伤：GJB1580A，AA级； 室温拉伸：抗拉强度(C/R) ≥480MPa，屈服强度(C/R) ≥320MPa；断裂韧性：不小于20 MPa·m1/2； 解剖件疲劳性能：(Kt=1,R=-1),220MPa时，循环次数≥107。

**经费预算：**500万元

**产权归属：**发榜方和揭榜方双方在合作过程中各自提供的技术要求、资料、工艺参数等，其知识产权归提供方所有；在合作过程中，双方共同研发的技术成果和知识产权归发榜方所有。

**时间节点：**本项目的研究周期为2024年 4月-2025 年 12 月，具体节点要求：1）2024年 4月-2024年 8月 完成超大尺寸铝基复合材料锻件锻造全过程多尺度建模仿真优化。2）2024 年 9 月-2024 年 12月 完成超大尺寸铝基复合材料锻件多约束模锻及增韧控制研究和超大尺寸铝基复合材料锻件化热处理研究。3）2025 年 1月-2025 年 6 月 完成不少于4件超大尺寸铝基复合材料锻件样件的研制，并完成相关技术指的标考核验证。4）2025 年 7月-2025年 12月 完成超大型铝基复合材料锻件等温精密成形技术研究项目总结及结题。

**需求联系方式：**

西安三角防务股份有限公司 花魁 18603989557

任务四：配电网接地故障暂稳态信息融合保护、定位、自愈控制及故障预警技术

**需求背景：**配电网作为电网“最后一公里”，其供电可靠性直接影响经济发展与人民生活。据统计，配电网故障引发的停电占总停电次数的 80%以上。相比于输电网，配电网的继电保护领域存在诸多仍未完全解决的技术难题，诸如：接地选线准确性低、故障位置难以判定、故障隔离与自愈控制难以实现等问题，严重制约了配电网的健康发展。 陕西省地势呈南北高、中间低，由高原、山地、平原和盆地等多种地貌构成，全省配电网薄弱，抵御复杂地势能力差。另外，现阶段陕西省配电网存在故障处理手段落后、智能化水平低等问题，导致配电网供电可靠性大大降低。因此，研究配电网故障智能化处理技术，并研发性能可靠的处理装备已成为当前陕西乃至全国重要且紧迫的课题。 国内高端一体化故障隔离设备是配电网智能化处置中“卡脖子”的关键设备，长期依赖进口，国外厂商处于垄断地位。尤其是暂态信号提取技术研究方面，国内更是处于研究空白。本项目技术围绕配电网接地保护、故障定位与隔离、自愈控制、故障预警等关键技术问题开展研究，开发配电网故障智能化处置成套装备，彻底解决接地选线准确性低、故障位置难以判定、故障隔离与自愈控制难以实现等技术难题，填补国内技术空白，在高端隔离设备领域可实现替代进口，逐步摆脱其他国家的技术垄断，促进国内中低压配电网故障诊断行业的发展与进步。

**需求内容：**1. 基于暂态信息的接地故障综合投票选线技术，构建3种选线新原理的综合投票选线法，故障选线准确率达到 99%以上。 2. 基于行波测距的接地故障定位技术，采用人工智能深度学习算法和双端行波测距定位原理，实现配电网10kv线路接地故障定位，定位精度小于100m。 3. 基于分级保护配置的故障快速隔离技术，提出自适应就地型馈线自动化应用新模式，实现一次重合即可完成配网的故障定位与隔离，同时可灵活适配各种使用场景，设置各类不同的特色功能，具备良好的兼容性。 4. 考虑DG并网监测和保护技术，实现DG公共连接点的并网保护和电能质量监测功能，同时考虑多DG协同的配电网故障处理和自愈控制技术，实现含 DG 接入配电网故障自愈与供电恢复的全部应用场景，故障恢复时间减少20%以上。 5. 研发配电网故障智能化处置成套装备，采用多源信息融合，实现接地选线、区段定位、快速隔离、供电恢复、自愈控制一体化控制。 6. 提出电力系统断面相量成像分析技术，基于该技术对故障录波信息进行时频域动态分析，可实现对故障特征量的直观化、智能化呈现，实现故障研判及故障预警功能，预警准确率达到70%以上。

**拟解决的关键科学问题：**1.基于暂态信息的接地故障综合投票选线技术 2.基于行波测距的接地故障定位技术 3.基于分级保护配置的故障快速隔离技术 4.DG并网监测和保护技术 5.多DG协同的配电网故障处理和自愈控制技术 6.电力系统断面相量成像分析技术

**考核指标：**1.经济指标 本项目技术研发成功后即可快速实现产业化，根据现阶段产品价格及生产成本综合测算，达产后每年将实现产值 15000 万元、利润 3200 万元、税金1100万元。 2.技术指标 （1）故障选线准确率：99.8%； （2）定位精度：≤100m； （3）抗噪声能力：-1dB； （4）耐过渡电阻能力：15000Ω； （5）故障预警准确率：70%以上。 3.知识产权指标 本项目至少获取10项专利权。

**经费预算：**980万元

**产权归属：**需求方和揭榜方在合作过程中各自提供的技术资料、数据等，其知识产权归提供方所有；在合作过程中，双方共同研发的技术成果和知识产权归需求方所有。

**时间节点：**2024年1月--2024年3月，完成需求对接、签订技术开发协议、确定项目实施方案。 2024年4月--2025年6月，开展技术开发工作，进行技术攻关，试制样品。 2025年7月--2025年11月，样品试验、检测并改进，技术成果评审。 2025年12月，项目验收、结题。

**需求方联系方式：**

西安兴汇电力科技有限公司 岳文琳 18829189637

任务五：汽车部件热处理用纯铜感应线圈增材制造技术及其成套装备

**需求背景：**汽车半轴、轮毂轴是车辆驱动、制导系统的核心部件，这类部件需要采用高频感应线圈进行热处理以提高其耐磨、疲劳强度和使用寿命。随着汽车产业技术快速发展，新车型需求大量创新结构及高强性能的轴类部件，此类部件热处理就需要复杂构型感应线圈。当前此类感应线圈基本依靠纯铜铜管按轴类部件形状进行绕制，然后再拼装、焊接而成，现有制备技术多依赖手工经验，工艺过程随意性大，且无法生产复杂形状的感应线圈产品。基于粉末床的高能束选区熔化增材制造技术为制备复杂构型纯铜感应线圈提供了解决方案，但由于纯铜材质对激光反射率很高，且纯铜具有高导热和低熔体粘度特性，所以采用传统红外激光增材制造的纯铜零件常存在致密度低、孔隙率高、力学性能不达标的弊端，且铜反射的激光还会对设备核心光学元器件造成较大损伤。因为铜对绿激光及电子束等高能束流的吸收率比传统红外激光高出十倍以上，所以开展以绿激光，电子束等热源进行纯铜感应线圈增材制造成套技术与装备的研究势在必行。基于当前汽车产业对轴类部件的巨大市场需求，项目亟待开发复杂构型铜感应线圈增材制造的全链条技术及成套装备，并逐步替代传统拼焊技术，满足汽车产业高速发展的应用需求。

**需求内容：** 1）开发面向纯铜感应线圈增材制造成套装备。包含开发增材制造纯铜感应线圈的专用装备，选型粉末筛分装备、混粉装备及零件清粉、打磨抛光等后处理配套装备。 ①打印装备。包括电子束发生单元、成形室及机械运动组件单元（成形室、铺送粉单元）、真空及气氛控制单元、软件单元（设备控制软件、数据剖分软件）等。 ②配套设备。根据全流程技术匹配粉末筛分、混料装置、粉末回收系统、清粉振动平台，产品打磨抛光等后处理配套装置。 2）开展纯铜感应线圈产品增材制造技术研究，获得增材制造纯铜感应线圈产品全流程成制备技术。 ① 纯铜粉末选型、粒度级配制度：明确粉末粒度分布，粉末球形度及松装密度指标，粉末的化学成分控制要求。 ② 纯铜粉末循环利用规范。获得粉末在循环利用过程相关物理性能及氧含量变化规律及其对增材制造线圈纯铜制件致密度及力学性能的影响；制定粉末使用的临界复用判据及其循环利用方案。 ③ 高质量纯铜线圈产品增材制造工艺包。获得粉床预热、热补偿工艺参数，纯铜线圈产品切层剖分工艺参数（表层缩进、切层间距、熔化间距），支撑、实体、多孔填充工艺参数，不同尺寸产品不同维度缩放补偿系数，支撑设计优化、多层打印工艺等，形成高质量纯铜线圈产品的增材制造工艺包。 ④后处理工艺制度。研究粉末回收系统、清粉振动、产品打磨抛光等后处理技术，制定感应线圈产品的后处理规范。 3）揭榜单位应具备纯铜感应线圈增材制造从原料到装备、工艺等全链条技术开发的实力，并已在纯铜线圈的打印应用领域具备多项成功案例。

**拟解决的关键科学问题：**（1）纯铜感应线圈增材制造内部冶金缺陷形成机制及控制技术 纯铜材料一般对高能束流具有较高反射率，所以研究高能束流与纯铜粉末的交互作用行为，确定高能束流多少能量用于熔化金属，多少消耗于线圈本体的热传导是制定高能束功率参数的基础。且在选区熔化增材制造工艺中，主要工艺参数、纯铜熔池熔体状态的波动和变化、扫描填充轨迹的变换等不连续和不稳定，都可能在零件内部形成冶金缺陷；且因为铜的高导热特性，熔体区域散热迅速，局部热梯度大，容易导致成形组织分层、卷边，使得制备线圈产品成为废品。因此掌握纯铜感应线圈增材制造内部冶金缺陷形成机制及其控制技术是本项目首先要解决的一个关键科学问题。 （2）纯铜感应线圈产品批量增材制造质量稳定一致性控制技术 开发出纯铜感应线圈产品增材制造的基础工艺后，保障线圈产品多层堆叠增材制造的批次质量稳定一致是实现产业化的关键。如何在逐项攻破原料、装备、工艺、设计的基础上，制定纯铜粉末有效循环利用的规范，研究粉床温场控制及高能束扫描策略确保薄壁线圈产品成形过程稳定、形性优异，研究纯铜线圈模型流道支撑优化及成形工艺控制确保内流道尺寸达标且粉末易去除，研究多层纯铜线圈产品层与层之间摆放布局及支撑的科学合理设计，确保不同层线圈产品形性一致等。通过研究各要素之间的协同作用，并开发线圈成形过程在线质量监测系统，是本项目要攻克的另一关键技术。

**考核指标：** 1）铜（T2）粉末化学成分见下表，松装密度≥4.2g/cm3，振实密度≥4.5g/cm3，流动性≤22s/50g； Cu+Ag Bi Sb As Fe Pb S O 99.90 ≤0.001 ≤0.002 ≤0.002 ≤0.005 ≤0.005 ≤0.005 ≤0. 04 2）铜线圈随炉试样致密性≥99.6%，随炉样拉伸性能≥180MPa，纯铜线圈产品导电率≥99%IACS，气密性指标要求：0.75MPa下保压≥20min； 3）增材制造纯铜线圈专用装备：基于单电子枪装备的成型尺寸不小于400mm×400 mm×400mm，尺寸精度≤±0.3mm，粉末床预热温度≥500℃，具备在线质量监测功能，可实现纯铜线圈产品的多层堆叠打印； 4）形成纯铜增材制造粉末循环利用制度1项，增材制造铜线圈产品成型工艺规范1项，增材制造铜线圈产品后处理作业指导书1项； 5）纯铜感应线圈增材制造成套（粉末预处理、增材制造、后处理）装备1套。

**经费预算：**980万元

**产权归属：**需方及揭榜方在项目执行期间独自完成的科技成果及获得的知识产权归各方独自所有，相关成果被授予的奖励归各方独自所有；需方及揭榜方在项目执行期间共同完成的科技成果及获得的知识产权归各方共有，共同享有知识产权

**时间节点：**本项目执行期为2024年1月至2025年11月，根据项目目标要求，分三个阶段： 2024年1月～2024年6月：开展项目设计研究方案编制及论证，针对纯铜感应线圈产品进行大尺寸增材制造专用装备整体设计，并开展研制研究工作。 2024年7月～2025年1月：完成面向纯铜制品专用增材制造装备的设计、加工制造、整机组装、基础调试工作，并在增材制造装备上上进行从纯铜粉末选型及基础成形工艺开发。 2025年2月～2025年11月：完成纯铜感应线圈增材制造及后处理的成套系统装置选型和优化，完成增材制造束纯铜感应线圈产品全链条工艺（粉末选型、打印、后处理）技术开发，制定纯铜感应线圈生产及相关检测标准或规范。

**需求方联系方式：**

西安新三力复合材料科技有限公司 门海泉 18991257626

任务六：灵犀04星A轴SADA技术开发

**需求背景：**灵犀04星，相对于传统卫星，其功能和性能要求更高。为了满足高性能卫星的能源需求，卫星采用了二维太阳帆板驱动机构（Solar Array Drive Assembly，简称SADA），它包含了A轴SADA和B轴SADA。其中，A轴SADA的主要功能用途是在其寿命期间，按照卫星总体控制指令，驱动太阳帆板对日定向和跟踪，并将太阳电池阵发出的电能和测控信号传输到星体内，保证能源和信号的可靠传输。 在轨期间，A轴SADA至少需要转动4万圈以上。在空间环境下，运动部件的相互磨损会加剧，进而导致机械、电功率、电信号的传输效率下降，严重的情况下会导致太阳帆板的对日定向和电能传输失效，进而影响到卫星的能源安全。因此，A轴SADA的功能性能直接关系到卫星的成败。 目前，卫星互联网已经纳入国家的“新基建”范畴，急需大量低成本、高可靠的卫星单机设备。而SADA作为星上的关键单机，其价格十分昂贵，因此很有必要开发相关技术，获取适合批产的、低成本、高可靠、长寿命的SADA产品，以服务于卫星互联网星座建设。

**需求内容：**卫星运行在1150km的轨道高度，轨道周期108min，阴影时间最大35min，一年内存在全日照的工况，轨道倾角为50°。A轴SADA需要满足所处轨道的工作环境要求，在轨工作7年以上，寿命末期的可靠性不低于0.984。 A轴SADA接收综合管理单元的指令后，通过电机控制太阳电池阵的转动、保持和回零，同时将太阳电池阵收集的电能和信号通过电缆传输至电源控制器和SMU，以保证卫星平台及有效载荷的供电。A轴SADA需要适应地面存储、地面测试、地面运输、发射、入轨和在轨的环境要求，并满足如下要求： a) 能够承受预定载荷和环境条件； b) 为太阳翼结构与机构提供安装、支撑条件和刚度保证； c) 按照总体控制指令，驱动太阳翼对给定目标进行跟踪或指向调节； d) 实现太阳电池片的功率和遥测信号的传输； e) 完成长期在轨连续通电、可靠、稳定工作。 A轴SADA可以在n+360°范围内绕旋转轴连续旋转，A轴SADA的主要工作模式包括待机模式、保持模式、速度模式、回零模式，各模式的定义如下： 待机模式：不对电机进行控制，含断电保持和通电保持。 保持模式：保持当前位置。 速度模式按照处理器模块输入的期望速度和期望方向进行运动，当检测到光电传感器处于触发状态后，步数更新为光电传感器对应的步数，并继续进行运动。 回零模式：按照处理器模块输入的期望方向按照恒定的速度（速度可通过指令注入修改）进行运动，当检测到光电传感器处于触发状态后，步数更新为光电传感器对应的步数并停止运动。 任意模式下，收到停止指令后立即停止运动。 A轴SADA所选元器件应选择已经在轨使用的元器件，元器件质量等级采用军品级或进口工业级及以上，重要器件的抗辐照指标总剂量大于50K。要求设计中有针对单粒子敏感器件的防护措施，包括SEU、SEL、SEB、SEGR等。要求器件SEL阈值≥37MeV·cm2/mg。 A轴SADA需要开展正弦、随机、热真空环境试验，试验条件见单机的研制技术要求。同时，所交付的产品需要满足航天产品可靠性、测试性、维修性、保障性、安全性和环境适应性的要求。产品研制完成后，需要完整的数据包和设计文件，并对设计、工艺、测试进行总结，形成结论。

**拟解决的关键科学问题：**该项目的关键技术是在低成本的约束下，通过技术创新和优化迭代，找到一种适合批产的低成本工艺方案，实现SADA的高可靠和长寿命要求，以服务于卫星互联网星座建设。 拟解决的科学关键问题包括：（1）低成本的空间润滑技术；（2）长寿命的空间滑环技术；（3）高可靠的总体集成方案；（4）适合批产的工艺方案。

**考核指标：**一、产品研制完成后，将按照以下的内容进行考核，其中抗辐照总剂量、寿命和可靠性需要进行相应的试验验证或理论计算。 1、运动方向：正转、反转 2、跟踪精度：优于1°（零位+步进角控制） 3、转动极性：面向输出轴法兰，A+B+→A-B+→A-B-→A+B-→A+B+，输出法兰逆时针转动 4、转动范围：n+360°连续旋转 5、转速：在轨正常转速：0.05～1 6、SADA尺寸：不大于Φ185×185 7 、SADA固有频率：一阶≥150Hz 8 、导电环（A轴） 功率环：环数×电流（每环3接点） 正向12×6A、负向12×6A 信号环：环数×电流（每环1接点） 35×0.25A（单环短期电流最大可以到0.5A） 9 、导电环电噪声：≤5mVrms/A 10 、功率环电压：工作电压≥46V，开路电压≥72V 11、驱动力矩：≥5N\*m 12、通电保持力矩：≥6N\*m 13、断电保持力矩：≥1.5N\*m 14 、重量：≤4.5kg（含电缆和接插件） 15 、电源电压 ：28V 16 、额定相电流：120mA±10mA 17 、SADA环境温度条件：安装界面处温度：-20℃～+55℃ 舱内辐射环境温度：-20℃~+55℃ 18、轴系负荷能力：最大静态负荷弯矩≥120Nm； 19、测角度精度：优于0.5°，2个（主备份） 20、抗辐照总剂量：50K 21、寿命：在轨寿命≥8年 22、可靠度：≥0.984 二、单机交付前，需要进行环境试验考核，包括正弦振动试验、随机振动试验和热真空试验。 三、SADA热真空试验条件如下： a. 真空度：优于 1.33×10-3Pa； b. 试验温度： 验收级试验温度范围：-30℃～65℃ 特殊设备或组件的热真空试验温度范围依据组件的特性制定。 c. 循环次数： 验收级试验至少3.5次； 鉴定件试验至少6.5次。 d. 极端高低温端停留时间：至少4小时； e. 测试要求：第一和最后一个循环在高温和低温端应测试所有性能指标；其他每次循环在高温和低温端应测试所有性能指标；其他每次循环在高温和低温端测试主要性能指标； f. 温度变化的速率应不小于 0.5℃/min。

**经费预算：**1000万元

**产权归属：**需求方

**时间节点：**（1）2024年5月30日前完成A轴SADA技术状态确认和设计；（2）2024年 10月30日前完成 2套A轴SADA研制并交付验收； （3）2024年 12月30日前完成 2套A轴SADA研制并交付验收；（4）2025年 2月28日前完成 4套A轴SADA研制并交付验收。

**需求方联系方式：**

银河航天（西安）科技有限公司 王蕾 18600090053

任务七：电动汽车动力电池健康状态诊断技术及充电检测装备开发

**需求背景：**随着电动汽车保有量的增加，其运行安全问题也不断凸显，《2022新能源汽车消费市场研究报告》数据显示，电动汽车运行安全问题是消费者购买时关注的主要因素，占比高达54％。近年来，电动汽车自燃事故时有发生，这些事故不仅造成了经济损失也严重危害人身安全。据统计，2022年电动汽车火灾率0.03%，是燃油车的1.5～3倍，起火事故原因50%以上与电池直接或间接相关，且60%以上起火发生于充电状态，电动汽车动力电池充电状态中安全防控和健康状态诊断及专用检测装备开发是亟待解决的技术难题。由于常规动力电池安全性能检测过程周期性长、局限性大，而且国内外有关机构开展的动力电池等安全性评价和测试方法的研究，主要适用于车辆定型阶段的检验。现有的电动汽车动力电池健康状态检验装备存在对汽车不解体定期检验适用性弱，不能满足针对在用电动汽车定期检验需求。因此研究电动汽车动力电池健康状态诊断技术及开发充电检测专用装备，将提升电动汽车的运行安全性能，保障人民群众生命财产安全，能够促进我市电动汽车产业健康、快速、高质量、可持续发展，助力交通强国建设。

**需求内容：**一、电动汽车动力电池健康状态快速诊断充放电工况构建方法 针对电动汽车动力电池健康状态老化机理复杂、常规检测方法精度差、耗时长的问题，对动力电池简化电化学模型参数进行重要性排序，确定适用于快速检测需求的最优模型参数作为健康指标；基于健康指标特性，构建辨识方法、流程，确定健康指标辨识工况，构建辨识工况集。同时分析电动汽车动力电池充电和放电场景下功率特点，形成基于整车动力电池充放电场景的检测时长在20分钟以内的多模式电池健康状态快速检测工况。 二、电动汽车动力电池健康状态诊断技术 针对电动汽车动力电池全生命周期健康状态特征参数复杂、泛化性差的问题，构建动力电池全生命周期性能特征参数数据库，研究特征参数演变机理；基于聚类方法对健康指标数据集进行聚类、融合，提取健康指标和电池可用容量作为输入输出参数，基于深度强化学习算法建立电池健康状态诊断模型。基于迁移学习理论，研究适用性广的电池健康状态快速诊断方法。 三、多应用场景的电动汽车充电安全防护技术 针对电动汽车充电过程中的安全性问题，研究电动汽车动力电池充电过程安全状态表征参数，确定如电压异常、温度异常、电池SOC跳变等表征参数作为研究对象，基于充电大数据，利用熵、欧氏距离和统计等方法对数据进行处理，获取表征参数演变规律，实现故障的在线检测与诊断；基于电池电化学特性，研究不同充电策略对动力电池健康状态的影响规律，制定常规充电、安全快充、超级快充等电池充电策略，形成多应用场景的电动汽车充电安全防护技术。 四、电动汽车动力大功率充放电仿真测试技术 针对电动汽车充电测试存在环境搭建困难、自动化程度低、数据分析差的问题，研究一套面向全球充电标准，支持充放电测试的仿真测试技术；研究兆瓦级大功率充电，充电电压最高达1000V，电流最高达400A；研究故障注入功能，如模拟功率回路、绝缘电阻、控制导引和协议故障等；基于大功率充放电仿真测试技术，既可实现常规充电、安全快充、超级快充的场景，也可覆盖电动汽车的充放电仿真测试工况。 五、电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备开发 针对系统级的电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备缺乏的问题，研究电动汽车能量双向流动控制方法，研制检验装备软硬件，设计数据传输接口和外接系统模块，开发自定义测试功能，研发试验样机，开展快速检测工况适应性验证，形成快速、可靠、智能的电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备。

**拟解决的关键科学问题：**1. 面向模型参数特性的电动汽车动力电池充放电快速检测工况，解决常规动力电池检测方法精度差、耗时长的问题。 2. 基于深度强化学习和迁移学习理论的动力电池健康状态诊断模型，解决电动汽车动力电池全生命周期健康状态特征参数复杂、泛化性差的问题。 3. 多应用场景的电动汽车充电安全防护技术，解决电动汽车充电过程中的安全性问题。 4. 大功率充放电仿真测试技术，解决电动汽车充电测试存在环境搭建困难、自动化程度低、数据分析差的问题。 5. 电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备研发，解决系统级电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备缺乏的问题。

**考核指标：**1. 动力电池健康状态快速诊断工况数量≥10种； 2. 动力电池健康状态特征参数≥10种，健康状态特征参数数据库1个，健康状态评估模型准确率≥80%； 3. 充电安全预警表征参数≥10个，安全预警诊断模型准确率≥80%，充电策略适应场景≥3种。 4. 实现不同功率等级的充放电，电压最高可达1000V，电流最高可达400A；实现用户自定义编辑案例和模拟故障注入测试。 5. 开发动力电池健康状态快速诊断装备1套，具有电动汽车直流V2G放电及测试功能，适应在用电动汽车动力电池检测。

**经费预算：**1000万元

**产权归属：**需求方和揭榜方双方在合作过程中各自提供的技术要求、资料、数据等，其知识产权归提供方所有；在合作过程中，双方共同研发的技术成果和知识产权归需求方所有。

**时间节点：**一、2024年01月—2024年6月。 1．模型研究——构建动力电池简化电化学模型，建立模型参数辨识方法和老化规律，构建电池健康状态快速检测工况，提出动力电池充放电状态下安全状态诊断方法，建立开发动力电池健康状态评估模型等。 二、2024年07月—2025年2月。 1．样机开发——提出兆瓦级大功率充放电技术，建立能量双向流动控制方法，设计隔离型双向AC/DC变换器，提出具备自定义编辑和故障注入的仿真测试技术，研制电动汽车动力电池健康状态快速诊断装备样机等。 2．产品测试优化——动力电池健康状态评估模型的验证，模型参数辨识方法、快速检测工况的优化，动力电池健康状态快速诊断装备的功能测试、指标测试、可靠性测试、环境适应性测试、鲁棒性测试等。 三、2025年3月—2025年06月 示范推广——动力电池健康状态快速诊断装备的小批量生产制造，并在西安等部分城市的充电站开展示范应用。

**需求方联系方式：**

西安领充创享新能源科技有限公司 鱼英侠 15249185860

任务八：基于输配变电网多场景反无人机察打一体系统关键技术研究

**需求背景：**由于无人机地面管控能力不足等原因，“黑飞”无人机导致的电力侵入事件频发： 2016年3月， 110千伏柴尹二线45#塔至46#塔的避雷线上悬挂着一架六旋翼无人飞机，无人机拆除过程导致柴家峡电厂停电4个多小时，损失巨大。 2021年5月，琼中黎族苗族自治县，无人机撞上10千伏长征线牙绿分线#21-#22杆AB两相导线，造成236户用户停电，其中包括通讯信号发射铁塔。 2023年7月，福建顺昌，无人机剐蹭导线，造成10kv富连线河水支线#089杆河2KY-13开关跳闸，影响公变9台，专变3台，致使相关区域大范围停电。 电力行业面临着无人机应用带来的高效便捷又要对其产生的威胁进行防控的局面，需要对“黑飞”无人机进行有效监管。 根据国务院《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三章第十九条规定：“发电厂、变电站等基础设施”应划为管制区域，限制无人航行器飞行。同时根据公安部《电力系统治安反恐防范要求》行业标准第1-6部分规定：敞开式的变电站、换流站等重点目标应配备使用符合国家法律、法规和有关要求的固定式反无人机主动防御系统，防御信号范围应覆盖生产区内有关重要部位。面临新的发展形势以及严峻的“黑飞”无人机电力侵入威胁，研制输配变电网多场景反无人机察打一体系统关键技术迫在眉睫。

**需求内容：**无人机“黑飞”对电网设施安全威胁巨大，保障电网重要区域安全十分重要。现有无人机反制系统包括手持式察打设备和固定式设备，手持式需人为操作，不具备24小时值守能力，固定安装式仍存在以下问题：（1）无人机发现能力单一，仅支持无线电侦测发现目标。无法探测无线电静默状态无人机；单个侦收天线无测向能力，仅能配合全向导航干扰工作；多天线系统复杂度高，定位精度不足。（2）打击能力弱，以全向天线进行导航干扰诱骗为主。且全向干扰导致干扰空域不可控，易对我方GNSS设备、巡检无人机和电网外围正常空域飞行的无人机造成影响。 现有系统对无人机发现、处置能力不足，需开展多场景反无人机察打一体系统关键技术研究。

针对输配变电网无人机侦察打击需求，需设计多功能无人机察打一体系统体系架构，研究有源雷达目标探测技术、低慢小目标检测识别与杂波抑制技术、灵巧式导航欺骗场景与欺骗策略构建技术等关键技术，支撑输配变电多场景反无人机察打一体系统建设。 （1）多功能无人机察打一体系统体系架构 多功能无人机察打一体系统主要包括有源雷达探测模块、可见光识别模块、导航干扰诱引模块以及协同管理控制模块。有源雷达探测部分可进行360度空域扫描，全天时、全天候主动监测目标，并为可见光识别、导航干扰诱引提供目标三维位置引导；可见光识别模块可拍摄目标影响进行目标识别与记录；导航干扰诱引模块可对“黑飞”无人机GNSS导航信号进行干扰，使无人机导航失效，或航线偏离降落在可控区域。协同任务管理模块对整个系统进行任务规划与监控，保障系统不间断高效运行。（2）有源雷达目标探测技术 研究有源雷达目标探测技术解决无线电侦收面临的目标发现与定位难题。采用ku频段相控阵实现精确探测，方位维机扫，俯仰维相扫实现全空域监控，突破信号处理技术，实现目标三维定位，完成雷达探测。（3）低慢小目标检测识别与杂波抑制技术 研究低慢小目标检测识别与杂波抑制技术，解决杂波与慢速目标对雷达系统影响，提升系统效能。通过多普勒—距离二维搜索与精确补偿实现目标有效检测；通过杂波图抑制与动目标检测（MTD）降低杂波对系统的影响，提升目标检测能力。（4）灵巧式导航欺骗场景与欺骗策略构建技术 采用定向干扰天线，干扰区域可控，在此基础上深入研究灵巧干扰与欺骗策略。对低慢小无人机欺骗引导是一个渐变过程，需要避免出现强烈的突变而被目标感知，并精确控制各卫星通道欺骗延时、多普等问题。

**拟解决的关键科学问题：**电力行业面临着无人机应用带来的高效便捷又要对其产生的威胁进行防控的局面，需要对“黑飞”无人机进行有效监管。 面临新的发展形势以及严峻的“黑飞”无人机电力侵入威胁，研制输配变电网多场景反无人机察打一体系统关键技术。

**考核指标：**（1）功能考核指标 完成多功能无人机察打一体系统设计； 方案具备雷达主动探测能力，对目标三维定位； 方案具备可见光探测识别能力； 方案具备无人机干扰诱引能力。（2）性能考核指标 雷达主动探测距离：不小于2km； 雷达测角精度：优于2度； 探测数据率：优于1Hz; 导航干扰距离：不小于2km。

**经费预算：**950万元

**产权归属：**需求方

**时间节点：**（1）项目启动阶段：2024年3月-2024年5月 需求调研、可行性报告编写。（2）关键技术研发阶段：2024年6月-2024年12月 根据技术需求进行关键技术研究，完成关键技术方案。（3）仿真验证阶段：2025年1月-2025年3月 对关键技术和部分系统性能进行仿真验证，验证技术和方案可行性。（4)项目验收阶段：2025年4月-2025年6月 编写验收报告进行验收。

**需求方联系方式：**

西安格蒂电力有限公司 李嫚 18710481004

任务九：应用于“侦干探通”系统的超宽带固态发射机研制

**需求背景：**为了满足侦察、干扰、探测、通信等多样化的作战需求，一个完备的作战平台往往集成了多种分立的电子作战装备，极大限制了作战平台的机动性能。集侦察、干扰、探测、通信于一体化的侦干探通一体化作战平台通过参数可配置的硬件和软件实现单一平台多功能于一体，体积小、灵活度高，是未来作战平台发展的必然趋势，一体化技术能够显著提高系统利用效率，快速应对新的应用需求，动态分配系统资源，降低传感器数目及生产成本，受到世界各国的普遍重视。目前侦干探通频段主要集中于6-18GHz，具体划分如下： 6-8GHz和11-15GHz为主流的数据链、卫星通信频段，要求高线性，高纯度信号（无谐波）；8-12GHz为主流火控雷达频段；14-16GHz为主流SAR成像频段；6-18GHz全频段均为干扰机适用频段；以上工作频率均要求高功率信号，而各种应用长期的工作频率不同，因此该一体化平台所使用的发射机工作频率必然是覆盖6-18GHz全频带的，其国内外现状如下：目前国内外6-18GHz频段适用于侦干探通的高功率产品，主要是通过分段滤波+开关的方式实现，其内部结构复杂、可靠性低、外形尺寸和重量均难以满足系统要求。通过超宽带直接合成的6-18GHz频段产品不能解决线性度差、谐波差等关键问题，导致只能实现侦察、干扰、探测功能，并不能满足通信要求。 国外主流的宽带发射机供应商如AR、BONN、AMETEK、CPI、WAVESTREAM、EMPOWER、ADVANTECK、ERIZA等，均有6-18GHz超宽带固态/行波管产品，但其关键指标均较差： 1dB压缩点P-1较差，通常与饱和输出功率Psat相差5-7dB；谐波抑制极差均极差，固态谐波抑制约为13-15dBc，行波管谐波抑制约为5-7dBc； 三阶互调较差，在饱和回退3dB条件下，均不能达到20dBc；目前现有的发射机产品技术指标远远达不到通信要求，且面临着许多技术难题。因此，亟需一款满足6-18GHz侦干探通一体化系统应用的超宽带固态发射机产品，突破超宽带固态发射机关键的技术，解决侦干探通一体化的技术难点，提高系统的作战效能，提升我国军队系统的综合作战实力。

**需求内容：**针对单通道6-18GHz在 200瓦及以上固态发射机合成和线性度差、谐波抑制较差的问题，开展6-18GHz 超宽带大功率高线性技术研究，突破宽带大功率产品线性化、谐波对消关键技术，完成6-18GHz 200瓦高线性高谐波抑制原理样机研制，实现6-18GHz全频带三阶互调优于25dBc@50瓦、谐波抑制优于30dBc@200瓦。1.超带宽特性需求：传统的固态发射机通常在一定频率段内具有良好的线性特性，而超宽带信号要求固态发射机能够在更广泛的频谱范围内实现线性放大，确保超宽带响应的平坦性、低插入损耗、低相位失真等，提高固态发射机的带宽和线性特性，包括匹配网络的设计、负载线的优化和电源供应的稳定等。2.高功率输出需求：超宽带信号往往要求高功率输出，以保证信号在传输过程中的有效覆盖范围。因此，超宽带固态发射机需要具备较高的功率承受能力和能效，避免固态发射机的过热和失真。3.高线性度设计需求：固态发射机在处理高功率信号时容易产生非线性失真。因此，超宽带固态发射机需要采用有效的线性化技术，如预失真、反馈校正等，以保证信号的波形准确性和传输质量。采用预失真、反馈校正等线性化技术，根据固态发射机的非线性特性进行精确建模和补偿，提高固态发射机的线性度。 4.低功耗设计需求：超宽带固态发射机需要在保证高性能的同时，尽可能降低功耗。这包括固态发射机的效率提升、器件和电路的优化设计等方面。通过设计高效的固态发射机结构和电路拓扑，提高固态发射机的效率，降低功耗并减少热量产生。 5.多技术综合应用需求：根据具体应用场景的要求，对多种技术手段进行综合应用，进行固态发射机的多方面优化，以实现超宽带固态发射机的高性能和高稳定性。

**拟解决的关键科学问题：**1.研究6-18GHz超宽带线性化关键技术，拟解决模拟预失真技术难以实现宽带化、预失真量偏小等关键技术难题 P-1输出功率与三阶互调是考核固态发射机线性化的关键指标，针对6-18GHz超宽带线性化关键技术问题开展研究，通过优化电路结构和采用线性化设计技术，采用氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）等新材料，通过实时监测信号的强度动态调整固态发射机的输出功率减少信号失真，通过数字预失真、人工神经网络等先进算法旨在解决模拟预失真技术难以实现宽带化、预失真量偏小等难题，降低预失真复杂度，大幅度提高固态发射机在超宽带和宽功率范围的线性度。 2.研究6-18GHz超宽带谐波对消关键技术，拟解决宽带放大器谐波过高的技术难题 由于固态发射机在工作过程中会产生各种谐波，其中高次谐波的存在会导致超宽带信号的波形畸变和失真，在传输过程中降低信号质量和可靠性，本项目需针对超宽带谐波对消技术问题展开研究，解决宽带放大器谐波过高难题，实现超宽带放大器谐波抑制达到30dBc以上，满足通信要求。 通过解决以上关键技术和问题，最终目标为大幅降低“侦干探通一体化”系统的复杂度，以满足侦干探通发射机的超带宽、高功率、高线性度和低功耗等需求，同时大幅提升系统的性能与可靠性。

**考核指标：**一、交付物：1.通过需求方组织的专家评审的“适用于侦干探通一体化平台的6-18GHz超宽带固态发射机”项目技术报告1份。2.满足技术指标要求的应用于“侦干探通”系统的超宽带固态发射机1套（含软硬件）。3.第三方检测报告一份。4.知识产权输出：申请实用新型专利不少于2项。 二、技术指标：1.工作频段：6GHz～18GHz；2.输出功率（Psat）：≥200W；3.输出功率（P-1）：≥150W 4.输入功率：≤0dBm； 5.增益：≥53dB；6.增益平坦度：≤±5dB；7.杂散抑制：≤-60dBc；8.谐波抑制@200W:≤-30dBc； 9.IM3：≤-25dBc@44dBm/tone@5MHz 间隔 10.输入端口：≤2.0； 11.功耗：≤4000瓦@Pout=200瓦；尺寸：标准12U机柜

**经费预算：**435万元

**产权归属：**本项目需求方有权利用揭榜方按照本合同约定提供的研究开发成果，进行后续改进。由此产生的具有实质性或创造性技术进步特征的新技术成果归需求方享有，需求方享100%权益。

**时间节点：**2024年5月-2024年7月：完成整体技术方案论证与设计方案验证，投入资金140万元。2024年8月-2025年9月：完成关键技术攻关与突破，完成样机设备的加工齐套，投入资金165万元。2025年10月-2026年4 月：完成设备软硬件联调，功能与性能调试，完成协同测试与技术验证，完成项目技术总结、资料归档及项目验收，投入资金130万元。

**需求方联系方式：**

西安恒达微波技术开发有限公司 崔锋 13609208832

任务十：大口径固体火箭发动机绝热层真空粘贴技术开发

**需求背景：**本项目属于预研项目，内容均不涉密，不涉密说明详见附件。 固体火箭发动机以其结构简单、工作可靠，维护方便、服役期长，长期待命，立即发射；启动迅速，善捕战机；体积紧凑，便于装载等优点，多用于导弹/火箭弹武器，近年来随着商用航天技术的发展，越来越多的小型航天器在发射中也采用了固体火箭发动机。固体火箭发动机一般由固体推进剂、绝热层、侧面包覆层、燃烧室（壳体）、喷管组件和点火装置等组成，其工作可靠性对火箭武器、导弹以及航天器的发射起着决定性的作用。固体火箭发动机工作时，推进剂燃烧产生的高温高压燃气通过喷管膨胀加速，将热能转化为动能，产生推力推动载荷运动。为保证发动机壳体在工作时不因高温高压燃气冲刷导致失强，必须在壳体内部粘贴一定厚度的耐烧蚀、隔热材料（行业内称之为绝热层），对发动机壳体进行保护。 固体火箭发动机绝热层通常由丁腈橡胶或三元乙丙橡胶、抗烧蚀填料、增强纤维以及功能助剂等经过混炼、制片后，按照一定厚度要求粘贴在发动机壳体内侧。目前，固体火箭发动机绝热层制造的主流工艺一般采用分层分片粘贴的方式进行，即在清理干净的壳体内表面根据粘贴区域涂刷胶粘剂，并依次将裁切成一定尺寸的绝热片粘贴在设计位置，每层粘贴完成后，在一定温度和压力下使绝热片达到半固化状态，然后再进行第二层粘贴，直至达到要求的厚度和形状后，最后将绝热片固化定型，形成耐冲刷、难导热、抗烧蚀的绝热层。 对于口径在600毫米以上的大口径固体火箭发动机，为保证长时间工作的可靠性和安全性，通常设计有人工脱粘层和抗冲刷层，绝热层厚度渐变且结构复杂。国内同行业普遍采用的是人工粘贴工艺，操作人员劳动强度高，对操作人员技能要求高，同时部分粘贴环节需操作人员进入壳体内部完成操作，作业环境恶劣，存在较大的职业健康危害风险，产品质量受人为因素影响无法得到有效保证，生产效率低下。国外在大口径固体火箭发动机绝热层制造方面已经突破胶粘剂自动涂刷、绝热层真空粘贴等关键技术，产品质量控制和生产效率显著提高。 随着国内大口径固体火箭发动机应用场景和市场需求的日益增长，现有绝热层制造工艺已无法满足产品质量和产能需求。亟需一种可以实现大口径固体火箭发动机绝热层自动化粘贴的工艺技术和装备，为实现大口径固体火箭发动机绝热层自动化制造提供技术支撑，促进我国大口径固体火箭发动机制造水平的提高。

**需求内容：**针对600毫米以上大口径固体火箭弹发动机绝热层粘贴工艺过程作业效率低、劳动强度及职业健康危害大、成型质量管控难度高等问题，开展大口径发动机绝热层真空粘贴技术研究，以真空粘贴技术为核心，突破封头绝热片预制成型、材料与真空技术匹配性研究等关键技术，完成真空粘贴样机研制及效果验证，实现工程化应用，缩短大口径固体火箭发动机绝热层制造工艺周期、提升自动化水平及本质化安全程度、有效保障绝热层成型质量的一致性。

**拟解决的关键科学问题：**（1）突破绝热层预制件成型关键技术 针对发动机壳体产品图纸绝热层结构及操作可行性，结合绝热材料应力型变量开展绝热成型预制件分解研究，确定预制件结构尺寸。考虑成型装置特点、模压工装结构强度、防粘涂层材料选配，完成工装设计优化。结合粘贴工步的工艺适用性及绝热材料硫化特性，采用单因素控制变量法通过改变工艺参数验证试验效果，开展预制工艺匹配性研究，确定绝热材料预制过程的最优温度、压力及时间等工艺参数及操作流程。（2）攻克胶粘剂自动涂覆工艺 结合金属壳体、绝热层特性及工艺实施条件，通过粘接界面强度测试表征，研究胶粘剂型号及配方优化。结合前期工艺成果及胶粘剂涂覆现状分析，利用自动涂覆装置，以壳体基体待粘贴表面涂覆完整、非粘贴表面无污染为工艺约束，完成装置优化、保证工艺效能。利用多因素工艺参数优化方法，结合胶粘剂涂覆工艺过程作业情况，完成涂覆压力、给进速度等最优参数确定。（3）研制新型真空粘贴装置，获取真空粘贴最优工艺参数 通过对绝热层粘贴现状分析、结合壳体结构特点，开展真空粘贴装置的设计、加工，确定装置机械结构、控制系统选型及联锁功能。以绝热层粘贴工艺、真空粘贴装置操作程序、预制件成型技术为基础，制定工艺实施方案及作业路线，以绝热层成型尺寸及质量满足要求为目标，通过试验给出绝热层真空粘贴最优工艺参数，为绝热层真空粘贴生产提供有力技术支撑。

**考核指标：** 一、交付物 1、大口径固体火箭发动机绝热层真空粘贴装置1套； 2、大口径固体火箭发动机绝热层真空粘贴工艺软件包一套； 3、“大口径固体火箭发动机绝热层真空粘贴技术开发”项目技术报告1份。4、知识产权输出：申请发明专利1项，实用新型专利1项。二、技术指标 （1）满足直径600mm～1100mm、长度2000mm～6000mm含封头结构的发动机壳体绝热层真空粘贴；（2）胶粘剂涂覆单次时间不大于30min，涂层均匀、无漏涂；（3）预制件成型尺寸误差不大于0.3mm；（4）绝热层制造真空粘贴单次时间不大于2h，粘贴后绝热层表面光滑、平整，无鼓包、褶皱等异常，成型尺寸符合绝热层设计要求；（5）以某型发动机进行验证，制造工艺周期缩短30%，作业人员由5人减少至3人（处于壳体内部粘贴操作人员由1人减少至0人）；（6）以某型发动机进行验证，预制件抗拉强度≥4.00MPa、伸长率≥260%，Ⅰ界面及内部质量检测符合验收规范要求。

**经费预算：**300万元

**产权归属：**项目成果归双方共同所有，需求方有权进行后续改进，产生的具有实质性或创造性技术进步特征的新技术成果归需求方享有；揭榜方成果权属明晰，如造成需求方利益损失的，需求方有权向揭榜方追偿。

**时间节点：**1、2024年3月-2024年6月，完成待解决问题的需求评审，制订关键工艺突破的技术难点与解决方案，通过工艺方案评审；组织进行真空粘贴创新型工艺的关键技术攻关，完成自动涂胶、真空粘贴工艺样机的设计加工，拨付经费90万元；2、2024年7月-2024年12月，完成工艺样机的安装调试，完成工艺的整体验证及标准化流程，完成工艺的验证试验与定型，拨付经费120万元；3、2025年1月-2025年3月，完成项目技术总结、资料归档，申请并完成项目验收，拨付经费90万元。

**需求方联系方式：**

西安北方惠安化学工业有限公司 宗群 13772052027