

# 2024 年度陕西省关键核心技术攻关指南 (未来、新兴领域)

## 1. 光子

### 1.1 蓝光半导体激光器模组开发

研究方向：开发具有高功率、高亮度、高效率、高稳定与长寿命“四高一长”性能的蓝光半导体激光器模组，实现供应链自主可控。主要研究内容包括：蓝光半导体激光的衬底、透镜、管壳设计与开发。蓝光半导体激光器光学整形技术、蓝光半导体激光器测试方法与专用设备开发。

### 1.2 高功率半导体激光器芯片低温键合技术和量产工艺开发

研究方向：针对高功率半导体激光器巴条芯片键合关键技术需求，形成高导热衬底、大 CTE 失陪的低温键合工艺平台，完善低热阻、低 smile、高功率半导体激光器的键合技术链条。主要研究内容包括芯电键合界面材料配方与可控性，键合应力控制与键合长期稳定性研究。

### 1.3 GaN HEMT 功率器件核心制造工艺量产化技术突破

研究方向：面向快充、光伏、物联网、数据中心的化合物半导体功率器件的需求，开发 GaN 基功率及射频 HEMT 器件的量产化技术、突破欧姆接触、肖特基金属半导体接触、表面钝化等关键工艺、提升陕西省 GaN 芯电技术创新能力与

市场竞争力。

#### **1.4 国产化高分辨率硅基液晶数字光子调控芯片研究**

研究方向：研究超高分辨率硅基 CMOS 电路技术、高光利用率增透/反介质沉积技术、大靶面硅基液晶封装技术、超高分辨率芯片控制技术和面型矫正算法补偿技术。增大芯片靶面尺寸，提高光利用率，优化光学设计，以提升精密制造能力及芯片调控精度，研制出超高分辨率（4K\*4K）数字光子调控芯片，实现硅基液晶光子芯片自主国产化。

#### **1.5 一维半导体 X 光成像芯片制备技术研究**

研究方向：以矿石分选机、骨密度仪、工业 CT 等 X 射线成像设备用一维线阵半导体成像芯片为研究对象，开展线阵 CZT 晶体材料精密加工、高集成度 ASIC 芯片研制、成像芯片倒装及封装、成像芯片测试及筛选、成像模块拼接等技术研究，突破工业 X 射线成像用新一代一维线阵成像芯片关键技术，实现产业化。

#### **1.6 大功率 TOF VCSEL 外延片及芯片研究**

研究方向：通过突破外延片波长均匀性改善工艺，提升功率转换效率，增加斜效率等关键技术，实现 3D 传感 TOF VCSEL 芯片设计开发及产业化，形成国产化替代，全产业链打通成果。解决多结 VCSEL 外延片大翘曲难题，提高芯片制造良率，实现大功率 TOF VCSEL 外延片批量生产，良率在国内领先。

#### **1.7 高品质 ZnSe 光学器件研发**

研究方向：围绕高功率中红外激光器 ZnSe 光学器件

共性需求，突破材料加工工艺、低损抛光技术、精密膜系设计及镀膜等关键技术，制造高精密 ZnSe 光学器件，实现产业化应用。

### **1.8 高精度三维视觉光学芯片、模组及快速成型设备关键技术攻关**

研究方向：围绕三维建模、机器人视觉、虚拟现实等领域内高精度三维视觉共性需求，突破光学芯片设计、制造、封装、控制及快速成像等关键技术，研制 SOC 上实时三维成像模块，实现三维视觉产品设备研制的产业化。

### **1.9 纳秒门控高速光子成像探测器件技术新突破**

研究方向：面向高新技术发展和产业升级，开展具有纳秒门控功能并且实现实时高速成像探测器技术研究。高性能器件的整体方案设计；无铅化 MCP 制备工艺研究；像增强器封装工艺研究；高速集成电路开发；实现纳秒门控，高速光子成像探测器的制备，并应用在激光焊接监测和距离选通成像等领域。

### **1.10 光导管红外测温仪核心器件技术突破**

研究方向：面向光导管和高精度测温仪的关键核心技术突破，研发一种用于半导体设备测温的光导型红外高精度测温仪，主要攻克耐高温蓝宝石光导管制造技术，解决对 1 微米波长的超大动态范围的光信号探测问题，满足高精度温度探测要求；解决高精度、重复性、稳定性与可靠性的系统继承问题；解决不同位置环境的工程化应用问题，实现国产化应用。

### **1.11 单光子探测和成像技术研究**

研究方向：发展高效率、高分辨率红外单光子探测和成像技术。研究单光子探测器对调制信号探测的暗计数模型，研究单光子成像机理、高效率单光子收发探测，背景光子噪声抑制与滤波、单光子信号检测与数据处理等技术，提高探测概率和灵敏度，实现远程目标单光子探测三维成像。研制实验验证样机，实现单光子测控和成像技术验证。

## **2. 航空航天**

### **2.1 飞控液压伺服阀高可靠制造技术**

研究方向：针对飞控液压伺服阀产品一致性差、服役性能不稳定的问题，开展面向液压伺服阀性能提升的制造模型构建、装调应力形成及演变特性分析、装调过程参数测试、关键工艺参数量化及控制等技术研究，开发高性能飞控液压伺服阀的装调产线，实现高可靠飞控液压伺服阀高性能制造。

### **2.2 大中型固定翼航空消防飞机投水动态响应分析与操稳特性优化技术**

研究方向：面向大中型固定翼航空消防飞机投水操稳控制难题，开展飞机重量、重心、投水流量、气动特性等多参数作用下的飞机投水动态响应分析研究，并进行试飞验证，优化飞机投水操稳特性，提升飞机灭火效能。

### **2.3 小型高远距离探测拦截防空网体系构建关键技术**

研究方向：针对反无人机/集群无人机以及巡航导弹、

巡飞弹超低空突防抗饱和攻击的问题，开展便携化的地面武器系统、分布式组网智能化作战体系、车载集成系统等关键技术研究，开发小型防空导弹及便携式智能武器站，构建超高火力密度的集群智能化地面防空体系。

#### **2.4 小/微飞行器卫星导航抗干扰技术**

研究方向：面向小/微飞行器的高可靠卫星导航需求，开展小型可重构多维域高精度卫星导航抗干扰技术研究，突破锥体一体式单天线卫星导航抗干扰、紧尺寸平面阵极化多维域卫星导航抗干扰、分布式立体共形阵列导航抗干扰等技术，提升我国小/微型卫星导航设备抗干扰能力。

#### **2.5 国产高精度动静双压力传感器开发**

研究方向：面向航空飞行器的大气压力、飞行高度传感器的高精度、小型化需求，开展动静双压力 MEMS 传感器的设计、MEMS 芯片制制造工艺、封装测试等关键技术研究，实现高精度动静双压力 MEMS 传感器的国产化开发，支撑先进飞机的飞行参数高精度测量。

#### **2.6 国产高功率密度高可靠永磁电机关键制造技术**

研究方向：面向高功率密度高可靠永磁电机的国产化需求，开展抗强冲击的无刷电机、微型空心杯永磁直流电机和分离式高转速永磁直流发电机的关键技术研究，全面提升电机材料、结构、电磁设计、制造工艺、测试装备等能力。

#### **2.7 海面分布式传感器与测向定位技术研究**

研究方向：面向直升机、无人机等在复杂海面环境下定位需求，开展海面传感器快速检测与定位技术研究，突破小

型化宽频带测向天线阵列设计、海面辐射源快速检测与定位、高动态海面传感器可靠通信等关键技术，研制出海面传感器快速检测与定位系统，着力解决目标信号大动态范围适应性、全方位高精度测向、位置漂移等问题，实现复杂海面环境下的快速、高精度定位，实现适配飞行姿态下的辐射源测向定位能力。

## **2.8 高精度复杂共形结构工艺与装备**

研究方向：针对航空 U 型机身撑杆整流罩，研究单向带预浸料混合夹层整流罩零件的回弹变形、仿真、试验与成型控制，根据应力应变分布数据结果，优化铺层设计、成型工艺参数、确定工装补偿边界等。针对大口径高精度自由曲面赋型天线组件，研究组件高精度型面的结构设计、仿真模拟与工艺成型控制，研发相应的自动化成型设备，系统地解决组件自由型面高精度超差问题，减少信号干扰，增加增益性能。

## **2.9 航空发动机关重件精密制造**

研究方向：针对高性能航空发动机钛合金叶片和整体叶盘关键构件，开展基于恒力浮动柔性带的叶片复杂曲面抛光工艺与机构、机器人与柔性抛光机构的集成与工艺优化以及整体叶盘振动光饰表面质量与叶片型面精度的耦合约束控制等研究，构建智能化机器人柔性抛光和高品质振动光饰加工单元，实现钛合金叶片和整体叶盘的高性能制造。针对航空发动机钛合金机匣，开展调控材料变形轨迹与微观性能的研究，研发柔性加热系统、柔性旋压系统，实现大型航空发

动机机匣精密无模柔性旋压成形，提高服役性能 150%，减少原材料投入 40%。

### **2.10 高可靠高耐磨双金属复合材料制备技术**

研究方向：以航空液压传动及作动系统柱塞泵用钢-铜复合件为研究对象，开展钢-铜复合材料等温熔铸扩散工艺、双金属界面冶金复合连接控制技术、双金属部件性能评价等研究，满足液压传动及作动系统动力源关键动力部件使用要求，替代进口件，做到自主可控。

### **2.11 复杂载荷下复合材料强度评估与试验技术**

研究方向：面向航空航天装备轻量化对复合材料大规模应用的重大需求，针对真实服役复杂载荷下复合材料结构强度精确评估与验证技术难题，重点开展复合材料高精度强度准则、复杂应力状态强度评估技术、多轴载荷试验表征技术及积木式验证体系等研究，突破有限空间复合载荷解耦试验关键技术，获取航空航天主干复合材料在各类复合应力状态下的失效包线，形成相关评估方法、试验技术、试验标准、试验装置及数据库等标志性成果，为行业提供复合材料强度分析手段及其精度验证“基准”和“标模”，保障复合材料结构精确评估与精准设计，支撑复合材料产业的高质量发展及其在航空航天领域的大规模应用。

### **2.12 大型铝基复合材料锻件等温精密成形技术研究**

研究方向：针对重型直升机旋翼系统大型铝基复合材料锻件锻造易开裂、成形精度差等瓶颈问题，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。

### **2.13 航空航天用高性能预浸料关键技术研究**

研究方向：以下一代航空发动机机匣为具体应用对象，研究机匣结构先进设计技术，突破航空航天用高韧性预浸料制备和制造关键技术研究，提高产品工艺及质量稳定性水平，形成系列化、规模化，进而打破发达国家技术封锁，实现高性能复材预浸料的国产替代。

### **2.14 新型燃料与含能材料结构设计及合成技术**

研究方向：开展煤基碳氢燃料化学组成对理化特性影响机制的研究，构建基于化学组成调控的燃料燃烧特性主动设计方法；设计与传统液体推进剂相容性好、比冲性能高、安全稳定的含能材料，突破其合成制备路线，实现公斤级合成制备。

### **2.15 高室压、超高温铌钨合金抗氧化防护技术研究**

研究方向：研究超高温、高室压工况铌钨合金  $\text{MoSi}_2$  抗氧化涂层，开展  $\text{MoSi}_2$  抗氧化涂层在超高温高室压工况的失效机理研究，厘清涂层组织结构的演化规律，揭示涂层的破坏机理；开展  $\text{MoSi}_2$  制备工艺研究，开发和优化改性涂层的制备流程和工艺技术，实现超高温高室压  $\text{MoSi}_2$  涂层制备技术的跃升。

## **3. 瓷基复合材料**



### 3.1 耐超高温烧蚀-导热-承载多功能结构一体化连续碳纤维增强陶瓷基复合材料制备技术

研究方向：通过 C/SiC 抗烧蚀-导热-承载多功能结构一体化材料的设计，旨在突破 2800℃ 以上超高温改性 C/SiC 典型构件的制备及应用技术。以热管理结合被动式热防护为设计思路，探究高导热超高温陶瓷基复合材料的制备方法、结构与性能。

### 3.2 高性能、可溶可熔、高产率 SiHfBCN 陶瓷先驱体材料制备技术

研究方向：通过分子结构设计，实现可溶可熔、高陶瓷产率、便于 PIP 等多种成型应用的高性能 SiHfBCN 陶瓷先驱体的制备，旨在打通使用陶瓷先驱体对 C/SiC 基体改性以提高其超高温抗氧化能力、延长服役寿命的技术路径，突破先进陶瓷先驱体材料制备的技术壁垒，攻克高性能陶瓷先驱体材料领域“卡脖子”难题。

### 3.3 大尺寸复杂结构陶瓷基复材构件高精度增材制造与组织控制技术

研究方向：针对大尺寸复杂结构陶瓷复合材料构件高精度一体化制造需求，开展陶瓷复合材料激光增材制造技术研究，研究组分-工艺-结构-性能一体化设计方法，在满足性能需求的同时减轻构件质量；攻克宏量均质纤维复合原料制备技术、低应力微变形增材制造控形控性技术、化学气相沉积规模化制备界面保护层技术和组织均细化控制技术，实现高强韧陶瓷复合材料构件的高精度制备；建立增材制造全工

艺流程的缺陷高精度识别与控制方法，阐明复合材料的强韧机制，制备出米级复杂结构陶瓷复合材料构件。

### **3.4 SiCf/SiC 陶瓷基复合材料承载吸波一体化设计与制备技术**

研究方向：瞄准高性能装备高温零部件减重和吸波的双重需求，开展陶瓷基复合材料基体组分优化、纤维预制体结构设计、界面层电磁参数优化等与制备工艺协同调控研究，构建 SiC 纤维增强陶瓷基复合材料结构吸波功能一体化体系，掌握兼具承载与高效宽频吸波功能的陶瓷基复合材料可控制备技术。

### **3.5 氧化物/氧化物陶瓷吸波复合材料超表面结构设计 与制备技术研究**

研究方向：针对航空装备用后端非承力零部件减重和吸波的双重需求，开展氧化物/氧化物陶瓷基复合材料的组分优化、制备工艺优化、超表面结构设计、电磁参数与力学性能调控等研究，构建氧化物纤维增强陶瓷基复合材料结构吸波功能一体化体系，掌握复合材料超表面结构与制备技术，解决氧化物纤维增强氧化物陶瓷基复合材料电磁波损耗能力差而无吸波功能的技术难题。

### **3.6 高温隔热柔性陶瓷纤维批量制备技术**

研究方向：以轻质、柔性、高温隔热陶瓷纤维集合体为研究对象，开展陶瓷纤维的静电纺批量化制备关键技术、纤维集合体结构与功能设计等系统研究，揭示陶瓷纤维集合体的高温隔热机理，解决陶瓷纤维脆性大、柔性不足、结构难

以成型的问题，研制出具有轻质、高柔韧、高隔热性能的陶瓷纤维材料，满足航空航天对轻质柔性高隔热材料的应用需求。

### **3.7 复杂结构立体编织及航天动力系统复合材料**

研究方向：以高性能三维编织陶瓷基复合材料喷管为研究对象，开展高强度喷管预制体方案设计、自动联控编织设备研制及基体致密化技术研究，深入掌握液体火箭发动机陶瓷喷管服役失效机理，不断提升液体火箭发动陶瓷基复合材料喷管耐压能力，重点完善高性能三维编织陶瓷基复合材料喷管预制体质量控制方法，探索形成液体火箭发动机高性能三维编织陶瓷基复合材料喷管制造及性能评价体系，解决产业化关键技术难点。

### **3.8 多元超高温陶瓷复合涂层多相协同制备与宽温域评价技术**

研究方向：以航天飞行器热防护部件宽温域服役多元超高温陶瓷复合涂层为研究对象，开展固/液/气多相协同涂层制备、多尺度界面相容性结构表征、长寿命热循环作用异质结合演变、宽温域极端环境响应机制等系统研究，构建多元超高温陶瓷复合涂层多相协同制备及环境评价技术体系，解决批量生产技术难点，实现产业化。

### **3.9 装甲车辆新型碳纤维增强摩擦材料研制与应用**

研究方向：以装甲车辆新型碳纤维增强摩擦材料为研究对象，系统研究碳纤维、陶瓷功能组元对摩擦材料性能的影响规律，揭示摩擦磨损机理，研制出大扭矩耐磨损新型碳纤

维增强摩擦材料，满足装甲车辆自动变速器苛刻应用需求，解决生产中技术难点，实现器件产业化。

### **3.10 超薄、异形、高导热碳纤维预制体及其碳/碳复合材料板件制备技术**

研究方向：以大尺寸、高结构强度碳/碳复合材料高效散热板件为研究对象，开展可展纤、小丝束、细直径、可编织高导热碳纤维规模化生产，薄壁、异形预制体低损伤成型，和薄壁、大尺寸、异形复材低应力制备技术研究，突破具有高结构强度、高抗振特性、高导热薄壁异形碳碳板批量生产制备技术难题。

### **3.11 碳/陶复合材料摩擦磨损及振动关键技术研究**

研究方向：以碳/陶复合材料为研究对象，开展碳纤维预制体、材料组分，微观组织结构、刹车盘结构、刹车条件等对摩擦磨损及振动特性的影响规律等系统研究，构建碳陶复合材料的微观组织-工艺-结构-性能等多维评价研究技术体系，解决抗摩擦、磨损及振动材料的量化生产技术关键问题。

## **4. 增材制造**

### **4.1 难熔金属激光粉末床熔融增材制造产业化关键技术研究**

研究方向：针对新一代超燃冲压发动机燃烧室热防护需求，研制激光粉末床熔融增材制造专用钕合金粉末，开展钕合金增材制造工艺适应性、组织性能调控、成形精度控制等

系统研究，构建钛合金激光粉末床熔融增材制造技术体系。

#### 4.2 可降解人体组织修复器械增材制造技术及其性能评价

研究方向：以可降解骨、口腔膜、脑膜等医疗器械为研究对象，开展可降解生物材料的专用 3D 打印装备和生产工艺、体外力学性能和体内生物学性能等系统研究，突破可降解人体组织修复器械的原材料-3D 打印装备工艺-生物功能评价全链条技术体系。

#### 4.3 增材制造聚醚醚酮基复合材料人体植入物设计制造及其性能评价

研究方向：以聚醚醚酮基材料的人体颅颌面、脊柱、胸肋骨等骨植入物为研究对象，开展生物活性化策略的聚醚醚酮骨植入物的设计、3D 打印专用装备工艺、性能评价和临床应用研究，构建面向骨植入物产品系列的生物活性化聚醚醚酮基骨植入物的设计-制造-评价-应用研究技术体系。

#### 4.4 高效/高精大尺寸金属构件的电子束制造工艺应用

研究方向：开发面向增材制造工艺特点的合金粉末成分调控、成形尺寸  $\geq \Phi 1500 \text{ mm} \times 1500$  大尺寸阵列式电子束选区熔化成形增材制造装备、复杂路径高速移动热源交叉热循环作用下电子束成形增材制造工艺及内应力控制技术。

#### 4.5 航空发动机叶片增材制造装备及产品研发

研究方向：以航发短板性零件“大尺寸国产空心宽弦风扇叶片”为研究对象，开展精密数控加工、超大型固相增材制造、高可靠热扭转成形与热压复合、高精度自适应磨抛等

专用智能装备及生产线设计研制，钛合金航发叶片形性兼顾的高性能制造技术，叶片零件高精度、高可靠性固相增材检测方法及标准，一致、稳定生产与可靠性分析等创新性研究工作，最终全面、深入地掌握航发叶片的固相增材制造这一关键技术，解决其高性能制造难题，能够批量应用于国产战斗机型号中，并为下一代航发腔体类精密叶片产品提供有力技术支持。

#### **4.6 三维微纳功能电子器件增材制造技术体系**

研究方向：以智能蒙皮、雷达天线、柔性电子、传感电极、曲面共形电路等为研究对象，开展三维微纳功能电子器件多材料 3D 打印材料、工艺装备、性能评价与应用等系统研究，突破复杂三维微纳功能器件墨水材料、设计、3D 打印装备、性能评价、标准规范与航空航天应用技术瓶颈，构建面向空天创新应用的三维微纳功能器件 3D 打印全链条技术与评测体系。

#### **4.7 高性能难熔合金球形粉末制备与复杂构件增材制造技术研究**

研究方向：针对航空航天关键热端部件高使用温度、高力学性能、低制造成本的要求，开展高品质铌钨、铌硅、钽钨、TZM 等难熔合金球形粉末规模稳定制备技术研究，突破复杂构件增材制造形性控制关键共性技术，制备出 3-5 种典型样件，建立材料-工艺-性能数据库。

#### **4.8 复杂航空功能结构增材制造一体化技术研究**

研究方向：以航空功能结构零件为研究对象，开展大尺

寸连续纤维/短纤维功能结构设计与多材料一体化高性能聚合物复合材料增材制造技术研究，重点开展高性能连续纤维/短纤维等功能复合材料体系设计、大尺寸功能结构设计与仿真、大尺寸复杂构型增材制造技术等研究，建立面向典型功能构型的材料-结构-功能一体化增材制造技术体系，为实现航空复合材料增材制造产业化突破提供技术应用基础。

#### **4.9 增材制造医用力学仿生结构性人工骨假体用于大范围、长节段骨缺损修复的临床转化研究**

研究方向：开展新型高强度低模量钛合金及仿生人工骨假体制备工艺攻关研究，重点解决产品在大范围、长节段骨缺损修复重建时的在体动态和静态力适配和快速骨整合难题，开展物化性和生物学性能评价，构建兼具良好生物力学适配和高适性长节段骨缺损修复器械设计制备体系。

#### **4.10 大长径比微细复杂内流道表面抛光技术研究和设备开发**

研究方向：以口径 $<3\text{ mm}$ 、长径比 $\geq 50:1$ 三维空间微细复杂的流道表面零件为对象，开展增材制造、两相流抛光制造技术研究，突破工艺参数快速优化迭代、过程监测等关键技术，构建大长径比微细复杂内流道主体增材-抛光复合制造技术体系。

#### **4.11 镁合金 3D 打印成形研究**

研究方向：开展镁合金 3D 打印成形研究，通过突破镁合金 3D 打印基础理论和工艺瓶颈，解决影响镁合金 3D 打印质量的状态监控、打印舱粉尘监控与智能调控、多激光高效

打印集成等难题，实现镁合金高安全性、高性能、高可靠性3D打印装备研发及产业化，利用其可降解、与骨骼具有相似刚度特性、可以将应力遮挡危害降低到最小的生物学优势，可广泛应用于航空航天和生物医学领域。

## **5. 氢能及储能**

### **5.1 源网荷储一体化的可再生能源大规模电解水制氢系统关键技术**

研究方向：针对可再生能源电解水制氢存在的波动性等难题，研究多能互补的源网荷储一体化制氢系统优化设计技术，研发可再生能源发电-电解水制氢-氢气储运用的全系统动态仿真平台，提出优化运行控制策略，实现系统安全、高效、稳定运行。

### **5.2 太阳能直接驱动甲烷重整制氢系统关键技术**

研究方向：以太阳能直接驱动甲烷重整制氢系统为研究对象，开展新型高效的催化剂开发、反应器设计、系统集成设计等关键核心技术研发，形成整套太阳能直接驱动的高效、稳定、绿色甲烷重整制氢系统。

### **5.3 煤化工耦合绿氢联产化工品制备技术与工艺**

研究方向：以煤化工产业链灰氢替代为场景，研究开发整套煤化工耦合绿氢联产化工品制备技术与工艺包，有效降低系统能耗水平，以绿氢耦合的方式推动煤化工产业减碳脱碳。

### **5.4 高电流密度 AEM 电解水制氢电解槽研发**



研究方向：以阴离子交换膜电解水制氢系统（AEM 电解槽）为研究对象，开展非贵金属催化剂制备、阴离子膜改性、新型流场结构设计等技术研发，形成一整套高电流密度、低能耗稳定运行的 AEM 电解水制氢系统。

### **5.5 3000Nm<sup>3</sup>/h 碱性电解槽外场过程强化及系统优化研究**

研究方向：为突破高效率、低成本和大型化碱性电解水制氢装备及系统技术瓶颈，开展 3000Nm<sup>3</sup>/h 碱性电解槽外场过程强化及系统优化研究，开发工业电解槽设计专用软件，研发高效低耗电解槽工程样机，研究电解槽与系统辅助设备之间协同关系，完成宽功率、高性能、低能耗的电解水制氢成套装备优化设计。

### **5.6 超四代增强型 70MPa 碳纤维全缠绕高压储氢气瓶的关键技术研究及产品研制**

研究方向：针对车载高压储氢碳纤维缠绕储氢气瓶，开展碳纤维材料改性与增韧优化技术、防护层材料优选、储氢气瓶结构优化设计、增强层高效缠绕工艺、气瓶承载性能及服役安全评价方法研究，系统建立 70MPa 碳纤维缠绕储氢气瓶设计、制造及评价方法，进而研制可承受 70MPa—90MPa 的碳纤维全缠绕储氢气瓶。

### **5.7 玄武岩外涂层缠绕高压储氢瓶研究**

研究方向：攻克玄武岩碳纤维作为 70MPa 等级以上的储氢设备外涂防护层的技术，将其国产化代替进口玻璃纤维，通过减少碳纤维缠绕的厚度方式实现降本 20%以上，减重 10%

以上。

### 5.8 基于化学储热的长距离大容量移动热源车研发及应用

研究方向：研究化学热泵储/释热过程的微观反应动力学过程，研究储热介质规模化应用带来的放大效应，开发高效热化学移动储能反应器，优化宽功率波动下储热/放热的动力学特性，建立化学热泵一体化系统热化学储能小试装置，研发长距离大容量移动热源车等装备。

### 5.9 适应于大规模低压容器的压缩空气储能系统能量转换装置及动力响应机理研究

研究方向：开展适应于大规模低压容器的压缩空气储能系统理论研究，分析能量转化装置响应性能与系统宏观特性间的耦合关系，开发适应于大压力变幅的关键能量转化装备，开展宽压力变幅下压缩空气储能系统调节性能及优化控制，完成工程示范。

### 5.10 构网型分布式模块化储能系统

研究方向：优化 PCS 控制器优化，实现重构电压稳定、重构频率稳定、重构功角稳定，研究储能系统对短路电流、系统阻尼及惯性、快速响应、宽频振荡等电网稳定性的影响，开发构网型分布式模块化储能系统。

### 5.11 氢燃料电池用高活性、长耐久催化材料研究

研究方向：以氢燃料电池用铂基催化材料为研究对象，设计开发高稳定炭载体和高活性、长耐久铂基催化材料，研究制备工艺及其构效关系，建立高分散贵金属催化材料结构

与形貌的可控制备生产工艺，实现自主研发、生产与应用，完成进口替代和技术升级。

### **5.12 脆性及易拉伸、材料传动及涂层成型技术研究**

研究方向：通过攻克“适应脆性基材的涂层成型技术”、“易拉伸微孔薄膜涂层转移及湿法复合技术”“间歇式阴阳极涂层套准控制技术”等瓶颈短板技术，研制出质子交换膜生产装备、气体扩散层成套装备、膜电极涂层成套装备、膜电极压合封装装备，形成氢燃料电池核心材料全产业链成套装备，实现核心材料制造装备国产化、产业化及产业链核心技术的自主可控。

### **5.13 690V/500kW 双级式储能变流器模块开发**

研究方向：为了适应超级电容器较宽的电压范围，开发690V/500kW 双级式储能变流器模块，具备宽广的变流范围，先进的控制算法，具备过压、过流、过温等保护功能，模块化设计可提高生产效率，降低生产成本，同时方便设备的维护和升级。

### **5.14 大功率氢能重卡热管理新架构及高压散热系统创新匹配研究**

研究方向：以搭载240kW 大功率氢燃料电池发动机商用车电堆冷却系统匹配技术路线为研究对象，开展整车高压风扇、专用电机/控制器、散热模块、性能匹配和控制策略等系统性技术方案验证研究，构建氢能商用车全功率段燃料电池发动机-高压风扇冷却系统匹配矩阵体系。

### **5.15 车用大功率氢燃料电池堆关键技术**

研究方向：围绕车用大功率氢燃料电池堆关键零部件及制备工艺，从气-水-热-电运输过程机理出发，构建先进全数字化数值仿真分析平台；研究燃料电池高通量、低流阻、高均匀的先进双极板技术；研究大功率氢燃料电池堆密封工艺及高一致性装配工艺；研究大功率氢燃料电池堆批量化生产技术。

### **5.16 氢能重卡燃料电池发动机能量管理优化策略与经济性分析研究**

研究方向：以提升氢能重卡经济性为目标，基于整车设计架构及动力性能，优化燃料电池系统核心部件参数选型，开展燃料电池系统自适应控制策略研究，分析控制策略对整车动力、经济性影响。相比传统策略燃料经济性提升 $\geq 8\%$ ，百公里氢耗 $\leq 12\text{kg}$ ，降低燃料电池功率波动20%以上延长寿命，解决氢能重卡续航里程“卡脖子”难题。

### **5.17 含氢能的零碳智慧供需系统**

研究方向：通过氢能与传统多能源供需系统的有机结合，可形成一种氢能驱动的新结构零碳能源供需体系，开展含氢多能源供需系统建模、新结构零碳能源系统智能性设计、氢能和多能源供需系统运行模式与协同优化、含氢多能转换关键装备及系统控制稳定性与人机混合智能决策等系统性研究，致力于提高对分布式可再生能源的本地消纳能力，降低分布式能源系统运行费用与碳排放。

### **5.18 基于高速物流场景的大功率燃料电池重卡开发及市场应用**

研究方向：基于高速物流场景的大功率燃料电池重卡为研究对象，开展大功率燃料电池牵引车综合热管理技术、大功率燃料电池系统-动力电池系统混合技术、燃料电池车综合能量管理策略、燃料电池重卡环境适应性和可靠耐久性的测试技术开发，实现大功率燃料电池重卡在高速场景示范应用。一举突破燃料电池功率小（现阶段 120KW）、车速低（一般小于 50KM/h）、续驶里程差（300KM）、规模小（一般小于 20 台）等卡脖子问题，开创出 180KW 大功率系统，全高速 89KM/h（国家规定最高时速）运营，覆盖 600KM 的运输半径，百台级的应用示范，实现全国四个第一的创举。

#### **5.19 液氢罐式集装箱技术研究**

研究方向：针对液氢储运发展需要，在对既有低温储运装备技术分析的基础上，进行液氢介质和液氢温区下的承载技术、内、外容器连接技术、高真空多层绝热技术、真空绝热管路技术、安全泄放技术等研究，并通过液氢罐式集装箱样机设计、制造进行技术应用。

#### **5.20 超低温储氢罐材料及优化成型工艺研究**

研究方向：开发特超高分子量高分子材料 PDCPD-X，优化其配方与合成工艺，使其强度韧性、导热率、与阻隔性满足储氢罐中液氢承载体的要求。优化成型工艺，研发能一次性成型加工车载储氢罐内胆产品。

### **6. 钛及钛合金**

#### **6.1 高强度钛合金大口径管材变壁厚制备技术研究**

研究方向：针对国家航空、航天、舰船、兵器对高强钛合金 $\Phi 200\text{mm}$ 以上大口径变壁厚管材的应用急需，开展高强钛合金管材挤压/斜轧穿孔、管坯近净成形技术以及组织-性能-尺寸精度综合调控技术研究，开发高强钛合金变壁厚管材成套加工技术，实现高强管材在相关部件的应用。

### **6.2 高强高韧钛合金大规格棒材工程化制备技术研究**

研究方向：针对新型号飞机用大型关键承力构件研制急需，开展 Ti55531 高强高韧钛合金大规格棒材工程化技术攻关，解决 Ti55531 钛合金强度-塑性-韧性综合调控难题，制备出综合性能优良的 Ti55531 钛合金大规格棒材，满足型号技术指标要求，达到装机条件。

### **6.3 装甲防护用多层钛/钛合金复合材料制备与性能研究**

研究方向：以装甲防护用多层钛/及钛合金复合材料为研究对象，开展复合材料界面成分控制、界面结构优化；不同组配方式对结合界面组织演化和应力状态的影响；复合板协同变形及强韧化机制研究；进行打靶测试等研究，构建选材、制坯、成型、综合性能及应用评价标准体系。

### **6.4 医用钛合金及镍钛合金超细丝材料关键技术研究**

研究方向：以医疗用钛合金及镍钛合金超细丝材为研究对象，掌握钛合金及镍钛合金超细钛丝材拉拔变形量控制技术、热处理技术、超细丝材表面处理技术，揭示钛合金及镍钛合金丝性能-工艺规律，研制出国际先进水平的医疗用钛合金及镍钛合金超细丝。

## 6.5 核燃料组件格架用高品质锆合金带材制造技术创新研究

研究方向：以核燃料组件用 Zr-4 锆合金宽幅带材为研究对象，进行大型锆合金铸锭成分和杂质元素精准控制，优化锻造、热轧等热加工组织控制技术，开展带材宽幅冷轧、板型控制、板坯焊接、连续退火等工艺技术研究，构建高性能锆合金条带用材料数据模拟-成分控制-组织演变-性能优良的多维度评价技术体系，形成锆合金宽幅带材成套的加工工艺，提高带材单卷重量，达到带材表面优良、带型可控、冲制性能优良的目的，实现核燃料组件格架用锆合金宽幅带材工程化稳定供货能力。

## 6.6 苛刻环境下油气钻采用高强度韧钛合金管材制备技术研发与应用

研究方向：针对石油钻采、海洋工程等领域对高强韧大口径超长钛合金管材不断增长的应用需求，开展大口径钛合金管坯高均质锻造技术研究、大口径管材包套挤压技术研究、大口径管材高精度热轧技术研究、管形与残余应力控制技术研究、管材高强韧热处理工艺研究等工作，攻克全流程制备加工管材工艺-组织-性能一体化控制技术，自主开发出适用高性能、高精度要求的大口径超长管材（管径 $\Phi 70 \sim 150\text{mm}$ 、长度 $\geq 9000\text{mm}$ ）成套稳定制备工艺技术，提高大口径钛合金管材工程化制备能力，扩大钛合金应用范围，满足国家重大工程需求。

## 6.7 航空 1500Mpa 级超高强度钛合金锻件研究及应用

研究方向：以我国下一代航空飞行器对抗拉强度为1500MPa 级超高强度钛合金锻件需求为研究对象，开展超高强度钛合金模锻件的组织性能调控、成形参数、批次稳定性等研究，系统构建超高强度钛合金锻件的“成形-组织-性能-稳定性”控制技术体系，并形成超高强度钛合金模锻件的批产能力。