

## 附件 8

# “变革性技术关键科学问题”重点专项 2020 年度项目申报指南

变革性技术是指通过科学或技术的创新和突破，对已有传统或主流的技术、工艺流程等进行一种另辟蹊径的革新，并对经济社会发展产生革命性、突变式进步的技术。“变革性技术关键科学问题”重点专项重点支持相关重要科学前沿或我国科学家取得原创突破，应用前景明确，有望产出具有变革性影响技术原型，对经济社会发展产生重大影响的前瞻性、原创性的基础研究和前沿交叉研究。2020 年本重点专项将围绕制造、信息、能源、材料、地学、生命等 6 个领域方向部署项目，优先支持 34 个研究方向。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近，技术路线明显不同，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。2020 年度专项拟部署项目的国拨概算总经费为 7.05 亿元。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行一体化设计。鼓励围绕一个重大科学问题，从基础研究到应用研究全链条组织项目。鼓励依托国家重点实验室等重要科研基地组织项目。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。每个项目下设课题不超过 4 个，每个项目参与单

位数不超过 6 家。

项目执行期一般为 5 年，申报项目特别需提出明确、有显示度的 5 年总体目标和 2 年阶段目标和考核指标（或研究进度）；立项项目实行“2+3”分段式资助，在项目执行 2 年左右对其目标完成情况进行评估，根据评估情况确定项目后续支持方式。

### **1. 基于超临界水热化学还原的制氢装备技术基础**

研究内容：研究超临界水热化学还原制氢反应原理及大型反应器制造理论；研究大型固体原料高压连续输送、排渣原理及装备的设计方法；研究超临界水热化学还原制氢反应器材料—结构—反应—一体设计制造理论；研究超临界水制氢反应器材料的腐蚀、渗氢机理及其对制氢装备服役性能的影响规律；研究超临界水热化学还原制氢系统集成理论及参数测量与控制。

考核指标：阐明超临界水热化学还原大规模制氢原理，建立制氢关键装备在极端服役条件下的设计、制造及安全服役理论。形成大规模制氢系统的固体原料高压连续进料、高温高压反应器、有害物质富集与在线排出关键技术及装备的制造工艺。研制出包含大型高温高压反应器（内径 1m 级）、固体原料高压连续输送系统（输送的原料浓度>60%，压力 30MPa）的制氢样机 1 套，实现氢气产量>1000Nm<sup>3</sup>/h，煤制氢能耗下降 30%，主要污染物（SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、PM2.5）零排放和 CO<sub>2</sub> 自然富集。

### **2. 支撑真空沸腾光场条件之大光栅制造技术**

研究内容：研究基于大面积反射式一次静态曝光技术的大口

径光栅制造关键科学问题与技术。揭示干涉曝光光场中离轴反射镜表面质量和曝光环境对相干噪声的影响规律，探究光刻胶在超大超重光栅基板表面流动特性及成膜机制，研究无缝掩膜制作工艺及其复形结构形成及演化机制，探究槽型控制、缺陷种类、界面材料、膜层粘附力等对无缝脉宽压缩光栅衍射效率、光谱带宽、抗激光损伤阈值的影响规律，形成大面积、高精度光栅微纳结构掩膜制备及其转移和复形技术，实现具有自主知识产权的大口径无缝脉冲压缩光栅关键制造装备和技术。

考核指标：阐明反射式静态干涉曝光系统离轴反射镜等关键元件表面质量与相干光互作用机制，揭示各工艺环节对光栅衍射效率、带宽、损伤阈值等性能的影响规律。开发全口径反射式静态曝光装备一套（包括离轴反射镜、大口径高精平面镜、高稳光学平台等），其不均匀性优于 $\pm 5\%$ ；开发双向米量级超重光栅基板涂胶装备一台，其不均匀性优于 $\pm 3\%$ ；研制出光栅样件，口径不小于 $1600\text{mm}\times 1050\text{mm}$ ， $200\text{nm}$ 带宽内衍射效率 $\geq 90\%$ ，抗激光损伤阈值优于 $0.17\text{J}/\text{cm}^2$ 。

### **3. 超高热流密度微通道散热新原理及关键技术**

研究内容：面向高集成度、高功率电子系统发展需求，研究受限微流体高效热输运机理，发展流—固—热—力—电多要素耦合仿真分析与协同优化技术，建立超高热流密度冷却新方法；研究散热系统动态特性及自适应调控理论与方法；研究高热导率材料原位合成及微加工工艺，发展低热阻冷却系统集成制造关键技

术；研制超高热流密度散热器和高功率冷却系统演示模块，完成冷却能力测试。

考核指标：研制芯片尺度超高热流密度散热器，单片集成材料种类 $\geq 3$ 种；芯片节温 $\leq 85^{\circ}\text{C}$ 时热沉冷却能力 $\geq 1500\text{W}/\text{cm}^2$ ；散热器表面温度 $\leq 70^{\circ}\text{C}$ ；高效热管理系统演示模块尺寸 $\leq 50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 15\text{mm}$ ，冷却能力 $\geq 2.5\text{kW}$ ；在高集成度雷达、高频信号发射源、高能数据中心服务器等系统实现应用验证，冷却热流密度相比传统液冷冷板等经典散热技术提升 10 倍以上。

#### 4. 非易失自旋存储器件物理与集成方法

研究内容：针对传统易失性动态随机存储器（DRAM）的效能瓶颈，突破非易失性自旋轨道矩驱动型磁随机存储器（SOT-MRAM）的器件物理和集成限制，推动 SOT-MRAM 对现有 DRAM 的更新替代。研究室温、无外加磁场条件下非易失性自旋轨道矩（SOT）诱导电流驱动自旋的定向翻转机理，探索新的全电控 SOT 自旋翻转新方法；研究 SOT 自旋存储器件的功能特性以及与 CMOS 兼容的 SOT-MRAM 后道集成方法。

考核指标：提出具有自主知识产权的 1~2 种全电控的 SOT 自旋翻转新方法；研制非易失性 SOT-MRAM 的磁隧道结存储单元，关键性能指标相比 DRAM 提升 1 个数量级以上，写速率 $< 2\text{ ns}$ ，能耗 $< 10\text{ pJ}$ ，写入次数 $> 10^{12}$ ，WER $< 10^{-5}$ ；制备出全电控的 SOT-MRAM，容量 $\geq 16\text{ Kb}$ ，磁性隧道结的特征尺寸小于 90nm，可实现 16Kb 数据的读写。

## 5. 多物理场仿真 EDA 软件技术

研究内容：面向超高频、高真空等电子器件和天线微波一体化超电大尺寸阵列微波结构的精准、快速分析设计需求，构建压电器件、真空器件和超大尺寸一体化微波结构等的电/磁/力/热等多物理场三维精确仿真模型；研究三维模型计算的加速方法，以及多物理场联合仿真技术，建立适应超高频、高真空以及天线微波一体化阵列的全自主仿真工具。

考核指标：提出超高频、高真空等电子器件的三维模型计算加速方法，建立电/磁/力/热等多物理场三维联合仿真平台；对千根金属电极计算规模的典型压电器件，仿真速度比商用 ANSYS 软件提高 3 个数量级以上，单频率点仿真速度达到分钟级；对带状注非线性典型真空器件和 100 倍波长超大尺寸微波结构，具备均匀网格和非均匀网格划分和计算能力，仿真速度比商用软件 MAGIC、CST 和 ANSYS 商用软件提高 2 个数量级，单频率点全过程的仿真速度达到分钟级。

## 6. 高分辨率低剂量大面积柔性动态 X 射线成像技术

研究内容：面向重大疾病早期诊断等重大需求，研究高性能金属卤化物材料，厘清 X 射线光电转换和信号倍增机理，发展暗电流抑制技术，提高成像动态响应区间，提高成像速度，突破传统 X 射线探测器转换效率低、信号串扰等瓶颈，实现基于金属卤化物的高分辨、高灵敏、高稳定、高速、大面积、柔性 X 射线成像新技术。

考核指标：发展 6~8 种（其中>2 种非铅）金属卤化物闪烁体厚膜（>400cm<sup>2</sup>），量子产额大于 90000 光子/MeV，辐射寿命小于 10ns；制备 400cm<sup>2</sup> 尺寸的金属卤化物单晶，50Gyair 辐照剂量下稳定；研制基于金属卤化物探测器的 X 射线成像器件，相比经典闪烁体间接成像灵敏度提高 10 倍以上，达到 10000 μCGyair<sup>-1</sup>cm<sup>-2</sup>，同时空间分辨率达到 15 lp/mm；研发动态 X 射线成像原理样机，有效探测面积 ≥ 30cm×30cm，像素尺寸 ≤ 150μm，最高帧频 100fps，量子检测效率 ≥ 75% @20μGyair，成像剂量为目前商用平板探测器的 1/10，实现体模动态成像的演示验证。

## 7. 绿色合成氨技术

研究内容：发展合成氨催化剂新途径和新体系，研究催化新途径和新体系的反应机理，开发催化剂体系的配套工艺技术，形成合成氨升级换代成套新技术。

考核指标：阐明 N-N 键活化和 N-H 键形成的催化作用原理，研制出 2~3 类基于新材料和新配伍、超越传统熔铁催化体系的新型催化剂，实现温和条件合成氨，在温度 ≤ 250℃，压力 ≤ 1.0MPa 下产氨速率 ≥ 5.0mmol.gcat<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>，完成催化剂 3000 小时以上的稳定性模拟实验，形成自有知识产权的变革性合成氨技术。

## 8. 宽波段平面超表面太阳能聚光器

研究内容：面向低成本太阳能聚光发电，发展无机械运动装置的反射式平面超表面太阳能线性聚光器。基于等效媒质理论和光学变换理论，研究聚集过程能量高效传递机理，揭示电介质超

表面对宽频、宽入射角太阳辐射的有效聚集方法；研究超表面规模化制备技术；提出与聚光能流密度分布耦合的高效光热转换方法，形成“太阳能—聚集—热转换”系统。

考核指标：聚光比  $\geq 70$ ，接收波长范围 400~3000nm，入射光接受角范围  $170^\circ$ ，聚光过程能量损失不大于 8%，聚光器单片尺寸  $\geq 600\text{mm} \times 1000\text{mm}$ ，材料制备支持底板并行加工方法；研制基于以上聚光器的光热转换原理样机，输出热功率  $\geq 5\text{kW}$ ，液体工质温度  $\geq 400^\circ\text{C}$ 。

### 9. 离子液体强化 $\text{CO}_2$ 绿色转化新过程研究

研究内容：研究离子液体多位点相互作用及协同调控机制，揭示离子微环境活化 C-O 键及 C-H、C-C 化学键重构机理；研究离子液体微环境强化反应/传递多尺度耦合机制，开创新一代多相微通道高效离子床反应器；突破离子液体催化  $\text{CO}_2$  合成碳酸酯/环状聚碳、电化学还原  $\text{CO}_2$  合成甲醇/多碳醇等新过程的精准调控及工程化难题，开辟离子液体强化  $\text{CO}_2$  转化的原子经济性利用新途径。

考核指标：研制 3 种以上具有工业化应用价值的新型离子液体催化剂和 2 种以上新型离子液体反应器；形成离子液体催化  $\text{CO}_2$  合成碳酸酯/环状聚碳新技术，实现低温 ( $\leq 80^\circ\text{C}$ )、低压 ( $\leq 5\text{bar}$ ) 下，单程转化率  $\geq 90\%$ ， $\text{CO}_2$  总利用率  $\geq 98\%$ ，产品选择性  $\geq 99\%$ ，在工业规模示范装置上获得验证及应用；形成离子液体强化  $\text{CO}_2$  电化学合成甲醇/多碳醇新技术，电流密度  $\geq 500\text{mA}/\text{cm}^2$ 、法拉第效率  $\geq 65\%$ ， $\text{CO}_2$  利用率  $\geq 50\%$ ，研制多级串并联模块化装置、单

级规模  $\geq 50$  升，实现单程转换效率  $\geq 35\%$ ，稳定性  $\geq 100$  小时。

### 10. 面向超高清显示的新一代窄谱带有机发光材料

研究内容：针对超高清显示产业需求，研发在不滤光条件下可实现广色域的窄谱带高效率有机发光材料，设计开发新一代窄谱带有机发光材料体系，应用于高能效超高清有机显示器件。在宏观与微观水平上揭示有机发光材料中多激发态耦合与演变的时空规律，为激发态调制提供新方法。

考核指标：在分子尺度上监测激发态的产生、演变及关联过程，阐明激发态—光子/声子相互作用机制；设计开发的有机发光材料发射峰半峰宽不大于  $0.14\text{eV}$ ，研制的有机显示器件单元在不滤光条件下其色域不低于 90% 国际电信联盟（ITU）2020 色彩标准。

### 11. 面向地外原位资源利用技术的人工光合成关键材料与系统

研究内容：发展利用月壤和火星土壤合成高效地外人工光合成材料的原位制备方法；突破现有人工光合成技术光电转换效率低、产物选择性差的瓶颈，研发具有多场响应和多能转换互补综合性能的地外人工光合成材料新体系；研究地外极端苛刻环境下的高效人工光合成材料使役效应；构建高效地外人工光合成系统，实现在轨实验验证。

考核指标：发现 2~3 种可用于地外的新材料并实现地外原位可控制备， $\text{CO}_2$  光电转换效率达到 5% 以上，功率密度达到  $70\text{W}/\text{m}^2$ 。构建多场响应、多能转换互补的地外原位资源利用在轨验证系统，日产氧速率达到  $0.27\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{day})$ 。

## 12. 克量级直径大于 1 纳米单一手性半导体碳纳米管制备

研究内容：突破单一手性半导体碳纳米管的分离制备瓶颈，研究新型分子调控技术，开发凝胶分子对碳纳米管多重结构的筛选识别技术；研制碳纳米管自动化分离装置，实现直径大于 1 纳米单一手性半导体碳纳米管产业化制备；开发取向碳纳米管薄膜高效印刷技术，研制高性能三维红外光电传感系统。

考核指标：单一手性碳管产能达到每台每天 0.1 克（碳管直径>1 纳米，半导体纯度>99.99%，手性结构纯度>90%）；碳纳米管薄膜面积大于 4 英寸（线密度大于 50 根/微米，取向角度偏差小于 $\pm 30^\circ$ ）；碳纳米管光电集成系统具有三维垂直双层叠加结构，光电流响应变化大于 100（1310 或 1550 纳米红外光）。

## 13. 生物组装自愈合牙修复材料

研究内容：发展生物组装自愈合牙修复材料的程序化构筑技术。通过结构及功能协同的晶体/非晶纳米复合材料的可控生长，实现牙齿原位修复。结合干细胞调控，发展可程序化的多级次、多组分、多梯度的牙釉质及牙本质生物组装新方法，研发仿生牙齿种植体材料。

考核指标：研制的生物组装自愈合牙修复材料，可修复牙齿：区域>2cm<sup>2</sup>、硬度>3.0GPa、杨氏模量>70GPa、粘弹性品质因子>0.7，耐循环磨损>150000 次；研制的仿生种植体材料，杨氏模量 60~100GPa，硬度 1~4GPa。

## 14. 页岩油开发可控冲击波压裂技术的基础研究

研究内容：探索金属丝电爆炸等离子体驱动高温含能材料形

成冲击波的机理，研究高温高压环境中的可控冲击波产生方法；研究井筒复杂环境下装备的协同控制、系统隔热和机—电—热—力复合结构的综合设计方法，形成适用于高温、高压和强冲击环境的脉冲功率驱动源；研究高温高压和强冲击环境下含能材料的存储及定量重复注入方法，形成满足深部储层改造的可控冲击波产生器；研究高温高压环境下可控冲击波致裂储层的效应，揭示可控冲击波与储层的作用机理；探索油气储层工程参数与可控冲击波工艺参数的优化匹配方法，建立基于可控冲击波技术改造高温储层的环境友好型技术体系。

考核指标：在井筒温度 120℃，液柱压力 50MPa 下，稳定产生可控冲击波，直流功率 500W 的脉冲功率驱动源耐强冲击 50MPa；在井筒套管外径处，冲击波峰值压力达 200MPa，持续时间 40 $\mu$ s；储层改造半径 20 米。

### 15. 难熔元素和同位素分析技术创建与革新及地学应用

研究内容：创建与革新针对地质样品超低丰度的难熔元素和重要同位素体系的高精度分析技术。研究并创建 Pt-Os 和 Hf-W 放射性同位素分析技术并示踪地球深部核—幔和幔—壳相互作用和物质循环；革新 Re-Os 同位素等体系定年技术实现疑难金属矿床成矿年龄的准确测定，揭示矿床成因并理解成矿规律；研发油气成藏定年的有效技术和研究方法，用于油气藏的时代限定和烃源岩示踪；运用放射性同位素体系对沉积地层定年并联合稳定同位素揭示中元古代重要环境变化事件的时限和机制。

考核指标：创建  $^{190}\text{Pt}$ - $^{186}\text{Os}$  和  $^{182}\text{Hf}$ - $^{182}\text{W}$  同位素体系的分析技术， $^{186}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  和  $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$  分析精度优于 10ppm 和 5ppm；革新和优化 Re-Os 同位素分析技术，Re 和 Os 含量分析精度分别优于 0.5% 和 1‰， $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  优于 0.1‰；提出区分定年硫化物等矿物期次的鉴别标志，提升金属矿床的定年精度到优于 5%；研发黑色页岩和油气成藏定年技术，提升定年精度分别优于 3% 和 5%；铂族元素含量分析精度优于 10%。提供成功应用的相关实例 4~6 个。

## 16. 人类活动与地震活动关系及分析评估技术研究

研究内容：针对与注水有关的人类活动与地震活动的关系及灾害风险，研究四川盆地注水区已有典型震例，分析发生地震的构造、介质和应力等条件；对注水全过程进行高密度地震观测，分析地震活动时空演化特征与断层活化迹象；开展注水区断层活化及弱化的实验研究和数值模拟，分析介质和应力状态变化及发震机理；研究现有和潜在注水区构造和应力状态，评估发生地震的可能性及灾害风险；与活动断层带地震活动进行对比研究。

考核指标：建立注水区可能发生的地震机理综合研究方法，提供地震分析评估与应对策略技术平台；形成注水全过程微震监测与断层活化迹象检测技术，中心区微震监测门槛-1 级以下定位精度优于 100m，外围监测门槛 0 级以下定位精度优于 500m，实时探测尺度 500m 以上断层的活动趋势；建立开采区发生破坏性地震可能性及相关灾害风险分析评价与防控方法；选择适当地区开展示范应用和推广；探索活动断层带地震预测新方法。

## 17. 生物界面蛋白质冠主动精准调控与高效递送载体构建

研究内容：构建基于递送载体—生物界面蛋白质冠的主动调控、能与目标蛋白组分和功能抗体可逆共价键合的程序化自降解纳米载体；建立高时空分辨的原位表征技术，揭示纳米尺度下蛋白质冠形成和演化的动力学过程与机制；发展原位质谱测序和定量技术，在细胞和活体中阐明蛋白质冠特性与纳米载体进入、运输效率之间的关联；重点发展能显著减弱肝脾蓄积，并在肿瘤病灶富集的靶向性递送载体，分析其生物安全性和纳米毒理效应，创制高效低毒安全的诊疗试剂。

考核指标：建立 2~3 种递送载体材料蛋白质冠原位表征技术，实现在细胞和活体原位的单纳米粒子水平实时跟踪和高分辨成像；发展 1~2 种针对序列可控高分子纳米载体的原位测序和定量分布的新策略，4~5 种生物界面蛋白质冠的主动精准调控新技术，显著降低肝脾等器官蓄积；提升药物递送载体在病变组织的富集效率 3~5 倍以上，构建 2~3 类具有组织反应性靶向/动态交换/多价捕获等集成特性的药物递送纳米载体。

## 18. 工程化细胞逆转重要器官纤维化的分子机制和临床转化研究

研究内容：研究肝、肾、肺等重要器官纤维化进程中微环境、细胞结构和功能的演变特征及其相互影响；创建工程化细胞制备技术，利用类器官等技术构建肝、肾、肺等重要器官纤维化模型，研究智能生物材料、工程化细胞等在器官纤维化逆转中的关键作用；

开展工程化细胞治疗器官纤维化的临床前和临床研究，示踪工程化细胞在体内的存活、迁移、归巢、分化，阐明其逆转器官纤维化的免疫调控机制，为治疗人体重要器官纤维化提供科学依据与创新技术。

考核指标：创建不少于 10 种逆转纤维化的工程化细胞，建立治疗用产品的生产工艺和质量标准；开发 10~15 种具有细胞调控功能的新型智能生物材料，阐明其与细胞协同逆转器官纤维化的关键机制；系统评价至少 3 种工程化细胞治疗肝、肾、肺纤维化模型安全性、有效性，实施至少 1 种工程化细胞治疗  $\geq 2$  种重要器官纤维化的临床研究（每种不少于 50 例），形成标准化治疗方案，建立临床治疗级工程化细胞的质量标准及安全性和有效性评价体系。

### **19. 用于阿兹海默病诊疗的手性纳米多靶点药物**

研究内容：研究手性效应及纳米尺度效应在阿兹海默病（AD）相关的多种蛋白错误折叠和异常纤维化疾病药物设计中作用，实现致病蛋白错误折叠及异常纤维化的完全抑制，逆转已纤维化蛋白的错误折叠使其回复正常状态，达到安全、高效的神经保护特性。研究手性纳米物质在免疫、代谢、内分泌等多种病理生理过程及相关疾病进程中的新机制和新效应。整合具有特殊功能的天然手性药物及多肽药物，引入细胞技术和基因技术等前沿生物技术，以发展用于 AD 早期诊断与治疗的新型手性纳米多靶点药物。

考核指标：建立手性纳米多靶点药物设计体系及批量化制备技术，获得 2~3 类系列 AD 治疗药物，并能够在相关动物模型实

验的行为学及病理学研究中取得显著疗效；发现 3~5 种手性纳米多靶点药物的生物医学新效应，揭示其药理作用机制，为下一代手性纳米多靶点药物的研发奠定基础；1~2 种药物通过临床实验评审，成功进入临床试验。

## **20. 气动升力协同高速列车技术的理论与方法**

研究内容：在不改变现有高速铁路格局条件下，探索气动升力协同利用的高速列车设计原理和技术，实现节能降耗和提升运营速度的目的。研究高速铁路限界约束条件下升力翼设计技术；建立升力翼与车体融合设计方法；研究横风作用、会车和隧道通过等运行场景的升力精确控制技术；研究考虑升力翼后的车体结构轻量化设计技术；建立轮/轨/车体/升力翼/流场耦合作用车辆动力学性能分析和评估方法；提出气动升力协同高速列车设计方案。

考核指标：揭示气动升力高速运行中的减阻降耗机理，形成高速铁路限界约束条件下的升力翼设计方法和技术；形成气动升力协同高速列车动力学性能评价方法和技术；形成新型高速列车设计方案并完成综合性能实验验证，在单车明线实验速度 400~500km/h 条件下，气动升力等效减小车体重量 20%~30%，在横风作用、会车和隧道通过条件下，列车动力学性能指标满足高速列车设计规范。

## **21. 固液耦合超滑新体系及作用机制**

阐明固液耦合的超滑新原理，揭示超滑界面的形成、演化以及固液耦合作用机制，构建固液耦合超滑新体系（接触压力大于

1GPa, 摩擦系数小于 0.005), 研制新润滑系统及使用固液耦合超滑技术的工程装备样机 (例如但不限于高铁齿轮箱或空天用机械装备等, 摩擦系数降低 30%, 工作温度不超过 80℃)。

## **22. 航空发动机叶片和轴承超极限性能复合场制造新技术**

建立航空发动机叶片和轴承超极限性能复合场制造的新原理与方法, 复合场制造装备的设计方法和制造技术。研制航空发动机叶片和轴承的复合场制造装备样机, 形成叶片和轴承的无损检测评价规范。航发叶片疲劳极限提高 25%~30%, 服役寿命提高 2~3 倍; 航发轴承疲劳极限提高 20%~25%, 服役寿命提高 1~2 倍。

## **23. 运载火箭大型加筋筒壳整体成形技术**

形成高性能、短流程的航天超强铝合金大型加筋筒壳结构整体成形新原理与方法, 研制出大型加筋筒壳整体成形装备样机, 成形出基于超强铝合金 (抗拉强度  $\geq 600\text{MPa}$ , 延伸率  $\geq 6\%$ ) 的工程样件。

## **24. 仿生微纳自主导航系统研究**

阐明仿生自主导航机理, 建立导航敏感器件跨尺度光学设计方法, 形成仿生纳米器件跨尺度宏微异质结构集成制造方法, 研制出仿生自主导航系统, 实现在飞行器 (例如但不限于无人机等) 应用的无卫自主导航, 导航系统整体体积小于 0.5L, 重量小于 1Kg, 测向无累积误差且精度优于  $\pm 0.01^\circ$ , 姿态精度优于  $\pm 0.05^\circ$ , 数据更新率高于 200Hz, 启动时长  $< 5\text{s}$ 。

## **25. 敏捷现场可编程器件技术**

面向云计算、移动通信、人工智能等领域对高密度数据处理

及产品快速构建定型需求，探索新型敏捷现场可编程器件技术，突破传统现场可编程器件（FPGA）计算效率低、能量效率低、承载容量受限、成本高等难题。

## **26. 面向机器通信的新型网络体系架构与可信交互协议**

针对工业互联网等急需的安全、可靠、确定时序等通信需求，变革传统面向人的网络架构与协议设计方法，探索面向机器的感—传—算—用一体化新型网络架构，发展兼容多种能力差异机器的灵活适配、可信交互协议。

## **27. 具有开放扩展架构的模块化移动终端技术**

针对传统移动终端更新换代导致的资源浪费，研究可持续演进的模块化终端新形态，通过软件、模块升级与按需组合，支持多频段、多体制无线接入，实现终端由封闭向开放扩展架构的转变。

## **28. 适应新型信息服务的未来网络架构**

针对现有网络架构支持新型服务时网络效率低下的难题，研究可按业务需求、综合调配资源的未来网络架构新体系，高效支持多样化信息服务发展，同时具备对各类恶意攻击的高安全免疫能力。

## **29. 高效芯片热管理控温方法和系统研究**

设计开发针对高性能芯片定点热管理的高效控温系统。制冷能效比（COP）>10 和比冷却功率>4W/g，器件热通量大于60mW/cm<sup>2</sup>；控温稳定，温度波动小于0.5℃；可持续控温。

## **30. 大推力、增强型别费尔德—布朗效应离子发动机**

利用改进型别费尔德—布朗效应（Biefeld-Brown Effect），研

究和开发不消耗自身工质的大推力离子发动机。临近空间真空环境中，推力达 2kgf 以上；在  $\geq 20\text{kV}$  高压加载下，供给电流达到 500mA 以上稳定运行。

### **31. 柔性智能压电复合材料器件**

研发同时具有应变的高灵敏度响应和大应变驱动力输出的柔性智能压电复合材料器件；研究结构—功能一体化，传感—驱动一体化柔性压电材料器件的新结构设计及性能测试方法，解析此类器件在空间环境中的使役行为及失效机制；发展基于柔性压电复合材料器件的大型航天器结构智能控制新方法。

### **32. 飞秒光场调控制备新型柔性电子材料及器件**

研究飞秒激光强场作用下的化学反应与组装的热力学基础与动力学路径；研究飞秒激光诱导材料相变、晶体生长、异质界面化学键嫁接、分子偶极序构的调控机制；研发飞秒激光调控制备新型柔性电子材料及集成器件的新技术。

### **33. 页岩储层甲烷原位燃爆压裂理论与技术**

研究井下温压条件下甲烷与助燃剂的燃爆特性，构建助燃剂安全投放与协同控制机制；探索甲烷原位燃爆压裂对井筒完整性的影响规律，建立页岩储层甲烷原位燃爆压裂控制机制；研究储层中甲烷燃爆冲击作用规律，揭示燃爆压裂人工缝网形成机理，评价其自支撑裂缝导流能力；研究甲烷燃爆压裂储层适应性，建立页岩储层甲烷原位燃爆压裂参数优化设计与综合评价方法。初步构建页岩储层甲烷原位燃爆压裂理论与技术。

### 34. 高通量培养筛选鉴定健康相关微生物的关键技术

建立健康微生物菌自动分离培养及性状分析平台，揭示重要肠道细菌及代谢产物对“微生物—代谢—免疫”轴影响的微观机理；建立培养组学、蛋白组学、宏基因组学、代谢组学技术的大数据网络，掌握多组学大数据云技术的方法，建立人工智能算法，揭示临床常用药、疾病与健康相关的微生物组特征及代谢、免疫特征；建成中国健康人体微生物实体库；基于自主研发的生信云计算算法，突破微生物组研究关键技术，建立中国人群微生物组的健康大数据库，并筛选一批具有应用前景的新型（下一代）益生菌或潜在的活菌药物。