附件1： 2017年山东省自然科学基金重大基础研究项目资助方向

一、优势学科提升

1. 超宽禁带半导体材料应用基础研究（代码：2017A01，以下同）

研究大尺寸单晶薄膜制备关键技术，建立国际先进的CVD金刚石单晶研究平台，开展P型掺杂金刚石薄膜、光导开关、SBD等原型器件研究，进一步推进“终极半导体”的产业关键技术突破，为高频、耐高温、高功率电子器件研究和应用提供基础。

**方向1：自支撑CVD金刚石单晶厚膜制备（方向代码：1,以下同）**

重点研究利用微波等离子化学气相沉积系统和马赛克拼接法金刚石外延生长工艺，通过提升微波功率、高气压和甲烷浓度提升金刚石生长速率和晶体质量，实现20mm\*20mm以上自支撑CVD金刚石单晶厚膜制备。

**方向2： P型掺杂CVD金刚石外延薄膜生长技术（2）**

重点研究利用单晶金刚石衬底开展微米级P型掺杂金刚石外延技术，重点攻克缓冲层生长、非晶缺陷抑制等难题，实现原子级P型掺杂金刚石平整表面，掺杂浓度达到1e18以上。

**方向3：基于金刚石的半导体器件研究（光导开关、SBD）（3）**

重点研究金刚石欧姆接触电极制备、干法刻蚀、退火工艺等半导体工艺，实现耐压10000V光导开关和耐压1200V肖特基二极管制备，并探索在200℃高温条件下的应用。

考核指标：项目完成后将巩固山东省在超宽禁带半导体材料和应用领域的领先优势，关键技术达到国际先进水平，部分应用器件填补国内空白，申请国家发明专利10项。在以下方面取得的进展与突破：

（1）光学级金刚石厚膜生长关键技术；

（2）20mm\*20mm自支撑金刚石单晶衬底制备技术；

（3）P型掺杂金刚石单晶薄膜制备技术；

（4）耐压10000伏特光导开关和1200伏特SBD原型器件制备，并开展在200摄氏度以上高温环境下的应用探索。

2.海洋可再生能源高效捕能与转换基础研究（2017A02）

方向1：海洋能装置高效捕能与转换研究

**（1）潮流能叶片优化方法（方向代码：1-1，以下同）**

基于叶素理论，对水平轴、垂直轴及摆翼式水轮机叶片，分别进行不同断面型式的理论与试验分析，并根据我省潮流资源特征，提出适用于山东省沿海地区的轮机叶片优化选型。

考核指标：在流速1.7m/s，水深小于50m的自然条件下，给出100kW-500kW水平轴轮机叶片型式及其最小扫掠直径；对于垂直轴叶片，给出上述流速条件下水深小于30m的叶片型式及轮机最小直径；对于摆翼式装置，给出摆翼水动力学特性及捕能效率；发表高水平学术论文2-3篇。

**（2）波浪能多自由度获能（1-2）**

基于振荡式波浪能装置，考虑垂荡、纵荡与纵摇三自由度耦合，采用理论分析、数值计算、试验验证等方法，建立多自由度波浪能捕获机理研究；基于液压的能量摄取（PTO）机理研究。

考核指标：给出多自由度波浪能获能率计算方法，在平均波高1.5m，平均周期5s的波浪条件下，给出50kW-100kW多自由度装置的质量与形状参数，波浪理论捕获率高于50%；提出最优PTO设计曲线；发表高水平学术论2-3篇。

**（3）温差能的小温差高效先进循环原理（1-3）**

对海洋温差驱动的引射吸收式新循环展开热力学研究，对引射吸收作用下的循环效率与输出特性进行参数分析，获取引射吸收式温差动力循环热力性能。借助非平衡态热力学理论，构建热力学驱动力与独立通量的唯象方程，对氨水-氨气吸收与解吸过程在时变条件下的反应动力学特性进行描述，修正引射一维流动模型，以此开展多级引射中热动耦合的非线性解耦研究。

考核指标：引入低温热源的热-动力耦合过程；揭示新循环利用引射的能量回收机制；提出一种优于“上原循环”的海洋温差驱动的引射吸收式新循环，系统循环效率不小于5%；发表高水平学术论文1-2篇。

**（4）盐差能非理想条件下压力延迟渗透模型研究（1-4）**

考虑半透膜非理想条件的影响，构建PRO数学模型，通过实验测定参数，给出膜的纯水渗透系数、结构参数等对PRO性能的影响，并针对不同浓度驱动液、不同海水及淡水流速、不同膜参数进行方程的求解，得到渗透参数与膜性能之间关系的一般规律，以预测压力延迟渗透盐差能系统的性能。

考核指标：建立基于PRO的数学模型；揭示正渗透膜的渗透规律及支撑层阴影效应对PRO性能的影响；提高渗透性能指标不低于5%；发表高水平学术论文1-2篇。

**（5）海底沉积物能源模型研究（1-5）**

开展海洋沉积物有机质影响海泥电池性能的扩散动力学机制研究，探索深海溶解氧对阴极性能的影响及其改性阴极复合电子受体动力学反应机制，并根据海洋环境关键参数的影响和动力学机制，建立海底沉积物能源模型。

考核指标：建立海底沉积物能源模型；揭示沉积物扩散的动力学机制，提高发电性能指标不低于5%，发表高水平论文不少于3篇。

**方向2：海洋能装置的阵列化布置研究（2）**

对于潮流与波浪能，基于概化的装置单元，建立阵列布置的群获能率与获能谱概念；构建由不同数量、不同特性单元组成的阵列，研究阵列的等效获能率及获能谱；研究阵列的优化方法，提高其整体获能率，寻求阵列最优配置。

考核指标：潮流能阵列不小于2×2，波浪能不小于3×3；提出阵列布置策略；考虑庶敝效应后的阵列整体获能率，潮流能不低于30%，波浪能不低于20%；发表高水平学术论文2-3篇。

**方向3：海洋能装置全过程模拟研究（3）**

构建ORE-to-Wire非线性耦合模型，以理论分析为指导，以实测数据为基础，以探索装置PTO作用下的水动力学特征及后端传动-发电的相互关联为手段，以准确预测装置实海况工作性能为目标，深入研究海洋能的捕获与转化，提高潮流能、波浪能系统的整体能量转换效率。

考核指标：建立潮流能、波浪能整体设计软件工具包；系统效率潮流能不低于40%，波浪能不低于20%；发表高水平学术论文2-3篇。

3. 高反式丁戊弹性体橡胶（TBIR）应用理论研究(2017A03)

**方向1： 负载型Ziegler-Natta催化剂催化丁二烯-异戊二烯反式定向共聚合基础科学问题研究（方向代码：1，以下同）**

研究不同温度、不同还原剂结构、不同还原条件下负载型Ziegler-Natta催化剂催化丁二烯-异戊二烯反式定向共聚合的动力学行为，同时跟踪催化剂反应中间价态、晶型结构随时间的演变，研究其对共聚合活性、聚合物链微观结构及序列分布、分子量及其分布的影响规律；探讨负载型Ziegler-Natta催化剂催化异戊二烯反式聚合可能的活性中心结构与反式定向聚合机理。

考核指标：获得不同条件下负载型Ziegler-Natta催化剂催化丁二烯-异戊二烯反式定向共聚合的动力学规律、共聚合活性、共聚物链微观结构及序列分布、分子量及其分布规律；提出负载型Ziegler-Natta催化剂催化二烯烃反式定向聚合的机理模型及可能的活性中心结构。

**方向2： 反式丁戊橡胶高效专用催化剂的优化与定型（2）**

研究活性中心的晶型、价态、催化剂的陈化方式、给电子体种类及含量、助催化剂的种类及用量等对丁戊共聚合反应活性、反式含量、丁二烯单体单元含量及分布的影响；研究不同结构给电子体及其用量对丁二烯-异戊二烯共聚合反应的单体竞聚率的影响，调控共聚物链序列结构。

考核指标：实现反式丁戊橡胶聚合专用催化剂的优化与定型，反式丁戊橡胶的异戊二烯单体单元反式-1，4-含量大于95%，共聚合催化效率大于50Kg/gTi，获得不同条件下丁二烯-异戊二烯单体共聚合反应的单体竞聚率。

**方向3：反式丁戊橡胶本体聚合新技术与新装备研究（3）**

试制并研发反式丁戊橡胶的本体聚合模试新装备；采用新模试装置优化反式丁戊橡胶本体聚合工艺，开展TBIR的结构分析与表征；协助合作单位设计建设反式丁戊橡胶4000吨工业装置。

考核指标：设计并试制卧式自清洁反应器模式装置一套，获得反式丁戊橡胶的本体聚合优化工艺参数；建设4000吨/年反式丁戊橡胶本体聚合工业装置1套。

**方向4： 反式丁戊橡胶对橡胶纳米复合材料的疲劳贡献机理研究（4）**

研究反式丁戊橡胶的加工流变性能；研究TBIR/NR、TBIR/SSBR/BR、TBIR/NR/BR共混物的结晶有序结构、化学交联网络结构、填料网络结构；研究共混硫化胶在疲劳过程中的各种结构变化，探讨反式丁戊橡胶对橡胶纳米复合材料的屈挠贡献机理。

考核指标：阐明反式丁戊橡胶对橡胶纳米复合材料的疲劳贡献机理。

**方向5：反式丁戊橡胶制品的研制与评价（5）**

开展反式丁戊橡胶在减振弹性元件中的配方设计、加工工艺及性能研究；开展反式丁戊橡胶在半钢轮胎、全钢轮胎的胎面、胎侧等部位的配方设计、加工工艺及性能研究；试制批量含反式丁戊橡胶的轮胎及减振弹性元件制品，进行制品的综合性能测试。

考核指标：并用反式丁戊橡胶的减振配方一级裂口屈挠疲劳次数较对比配方提高1倍以上；轮胎胎面配方硫化胶抗湿滑性较对比配方提高１0%以上，耐磨性提高１0%以上，拉伸疲劳寿命提高1倍以上；胎侧配方硫化胶一级裂口屈挠疲劳次数较对比配方提高1倍以上；试制含反式丁戊橡胶的轮胎30条以上、减振弹性元件10件以上，获得制品的综合性能数据。

在反式橡胶新材料领域形成完善的学科知识理论体系，取得国际领先的基础研究成果，进一步保持我省在该领域的技术领先性、特色与优势，提升我省在新材料领域的科学技术水平及原始创新能力，为高性能橡胶产业技术水平的快速提升提供强力支撑

二、战略跟踪

4.医用增材制造应用基础研究(2017B01)

以医用材料开发为基础，基于增材制造的工艺特性和临床应用需求，开展医用增材制造专用生物和非生物材料的设计与制备技术研究，突破一批重点成形工艺及装备产品。

**方向1、医用高分子材料及其成型技术装备研究**

**（1）非生物增材制造用可降解高分子医用生物材料（方向代码：1-1，以下同）**

研发分子量及分布可控且无金属残留的可降解聚酯医用生物材料,重点突破医用聚氨基酸、聚酯等材料的绿色合成关键技术，设计合成分子量和官能团可控、不含金属残留，满足CFDA标准的适用于增材制造用的可降解医用聚氨基酸、聚酯等生物材料；采用选择性激光烧结技术构建聚酯基组织工程支架，研究增材制造的参数、聚酯微纳球粉粒径尺寸及分布对组织工程支架性能的影响规律；研究组织工程支架与组织细胞间的相互作用，阐明组织工程支架的组成和生物力学性能等对诱导组织再生的细胞和分子机制。

**考核指标**:开发1-2类新型绿色催化体系，研发的技术及产品技术指标应达到国际先进水平,相关可降解高分子材料无金属残留,具有良好的生物相容性，杂质残留量不超过医用级标准,形成符合植入级产品生产质量管理规范要求。核心技术获发明专利不少于4项(国际专利不少于 1 项)。

**（2）非生物增材制造用新型高效光固化树脂（1-2）**

制备适合光固化增材制造技术的软性医用生物材料，实现可见光或者近紫外光固化的新型树脂材料的开发与中试，并将其用于具有个性化缺省器官修复和器官辅助件的增材制造。

**考核指标：**使用材料具有良好生物相容性和血液相容性，能够降解且降解后小分子均无毒。材料应具备以下性能：能够有效减少血小板的黏附和抑制血小板活化，能够有效抑制内源性凝血因子的活化；能够促进已形成的血栓溶解，能够有效避免料表面的伪内膜化；在生物环境中具有长期稳定的生物、化学、物理性能。能够通过增材制造技术临床应用于人工血管、心脏瓣膜、人耳、人骨等组织器官,打印精度小于0.1mm。建成100吨/年中试装置，核心技术获得发明专利不少于4项。

（3）生物增材制造高分子材料成型技术及装备研发（1-3）

研究可细胞参与的生物医用高分子材料（聚乳酸、水凝胶）复合及改性技术，探讨生物医用高分子材料增材制造过程中塑化及传热机理，研究生物医用高分子材料微观结构与生物相容性与物理性能之间的关系，研发具有宏微结合及三维复杂曲面结构的生物医用材料增材制造新技术及装备。

**考核指标：**建立一整套具有插补联动功能的生物医用高分子材料增材制造数字化成型技术及装备，成型效率提高20%，性能提高15%，所制备的增材制造模型与实物复合率高于90%以上。核心技术获发明专利不少于4项。

方向2、非生物增材制造用无机非金属材料及其成型技术装备研究

**（1）医用生物陶瓷及复合生物陶瓷材料（2-1）**

研究可降解生物陶瓷粉体颗粒尺度、形状、均匀性以及团聚的系列控制，改善粉末流动性；研究其生物相容性和安全性，以及是否易于与后续种子细胞（或生长因子）结合的问题；研究生物陶瓷材料打印时的精度控制问题。

**考核指标：**研发1-2类可增材制造的医用陶瓷及复合生物陶瓷材料，凝固时间可控，微纳米尺度，颗粒均匀，能保证打印过程粉末的流动性，具有生物相容性和安全性，满足医用级标准，相关产品技术指标应达到国际领先水平，新材料可临床应用于齿材料、人骨等组织器官，核心技术获发明专利不少于4项(国际专利不少于1项)。

**（2）非生物增材制造的氧化物和医用碳素材料开发与制备（2-2）**

研究氧化物陶瓷(Al2O3，ZrO2等)和医用碳素材料制备过程中的科学问题，使其物理特性和和力学性能复合国际标准化组织（ISO）对于医用氧化物植入制品的要求，机械性能可适用于负重大、耐磨要求高的部位。研究激光高温烧结过程熔融、凝固、组织、性能控制。

**考核指标**: 打印材料具有生物安全性和相容性，力学性能达到承重骨水平。相关产品技术指标应达到国际领先水平，核心技术获发明专利不少于4项。

**（3）医用无机非金属材料增材制造的工艺与装备（2-3）**

研究由医学影像准确构建支架的体外模型、组织工程支架表面形貌的设计和孔隙率优化的新方法；模拟打印路径和打印效果，优化材料的打印工艺。研究高精度、高效及大尺寸的熔融沉积增材制造技术的装备设计原理与实现方法；开发适用于无机非金属材料快速成型的增材制造设备及制造技术，研究增材制造成型工艺和产品结构设计与产品性能的影响关系；研究生物陶瓷材料增材制造过程中水化、固化、传热机理及温度控制方案，研发具有宏微结合及三维复杂曲面结构的生物医用材料增材制造新方法及装备。

**考核指标**:研究增材制造设备在溶液喷射冲击时避免产生凹陷、溅散和孔洞，解决生物材料增材制造时的精度控制问题，制造精度小于0.1mm，凝固时间适用增材制造，相关产品技术指标应达到国际领先水平，核心技术获发明专利不少于4项。

**方向3、非生物增材制造用金属材料及其成型技术装备研究（3）**

重点研究生物增材制造用纯钛、钛合金材料及其先进制粉工艺，提高国产金属粉末材料在成分纯净度、氧含量、球形度、流动性的指标，同时粒度范围可控。

**考核指标**:开发出适用于SLS、SLM、EBM和LENS等增材制造技术的金属粉末耗材，包括钛及钛合金、不锈钢等，所研制的粉末具有成分纯净度高、氧含量低、球形度高、流动性好、粒度范围可控等优良性能，满足生物医学行业生物相容性要求，符合中国GB/T3620.1、GB/T1480、GB/T 1482、GB/T1479（中国）和美国ASTM F2924、ASTM F3001、ASTM F3049标准的金属粉末，Ti-6Al-4V（TC4）。核心技术获得发明专利不少于2项。所制备粉末材料单价比进口同类高端粉末低30%以上。

**方向4、其他生物增材制造基础研究（4）**

5. 合成微生物细胞工厂的设计与构建（2017B02）

碳/氮循环是地球生物得以繁衍生息的基本自然过程，人类的高密度社会经济活动对碳/氮循环中涉及工农业生产各环节的时空产率提出了天然生物系统难以满足的更高需求。因此，本项目将针对化能（糖）驱动的物质能量转换、光合固碳以及生物固氮这三个碳/氮循环的关键环节，研发以糖、CO2及N2三大可再生资源为原料、以更高时空产率生产若干“工农医环”产品的高效合成微生物细胞工厂，研究利用人工合成微生物进行物质能量转换的内在规律，发展高效构建合成微生物细胞工厂的基础理论与关键共性技术，探索利用合成生物学加速驱动地球碳/氮循环、促进工农业一体化、绿色可持续发展的可能性。

方向1：高值天然产物合成微生物细胞工厂的设计与构建

针对来源于动植物及微生物的高值天然产物，精细解析其生物合成途径，发掘、设计和改造关键合成元件，运用高效天然或非天然催化元件在时空产率更高、代谢网络更可控的异源微生物宿主中重构人工生物合成途径，并通过物质能量流的精准调控构建以可发酵糖为原料、化能驱动的高值天然产物合成微生物细胞工厂。注重开发具有广泛适配性的关键合成酶元件库，研究大肠杆菌、酿酒酵母、解脂耶鲁维亚酵母等底盘微生物中的物质能量转换特点、突破天然限制，逐步摆脱以资源依赖和环境破坏为代价的动植物天然药物的传统开发模式。

**(1) 高值天然产物生物合成途径解析（方向代码：1-1，以下同）**

开展珍稀药用动植物和特色微生物资源的基因组学、转录组学、蛋白组学、代谢物组学等多重组学研究，精细揭示其高附加值活性成分生物合成的分子基础；研究生物合成途径中关键酶的催化机理、反应动力学、底物与辅因子偏好性、蛋白间相互作用和调控模式等；进一步开展目标高值天然产物生物合成过程中物质和能量转换、产物转运和外排、反应开关及速率控制的机理性研究。

**（2）高值天然产物人工生物合成途径重构（1-2）**

构建P450单加氧酶等天然产物生物合成关键元件库，从中筛选抽提非天然相容催化元件，并进一步通过理性设计和改造获得高效人工合成元件；运用大片段DNA组装技术对天然产物生物合成基因进行定向组装和精准调控，构建目标产物的“从头合成”或“生物转化”微生物细胞工厂，实现高值天然产物的微生物异源生产及以新药开发为目标的“非天然”天然产物制备。

**（3） 高值天然产物合成微生物细胞工厂的构建（1-3）**

针对天然产物的异源合成效率问题，开展人工合成途径与微生物底盘细胞的相容性机制研究；基于代谢流量分析开展代谢节点酶的酶工程改造研究，实现代谢流量的人为导向与理性控制；研究人工合成途径精准调控机制，实现单一成份天然产物或多成份天然产物按预期比例的精确合成；优化目标天然产物合成微生物细胞工厂的鲁棒性、抗逆性、反馈抑制解除等生物功能，为其高效工业化生产应用奠定基础。

**考核指标：**建成1-2个国际领先的天然产物生物合成酶元件库（库容>5000）；获得5种以上可用于高值天然产物（如植物甾体皂苷、王浆酸、安莎菌素、霉酚酸、神经酸、多肽等）工业化生产的合成微生物细胞工厂；发表高水平SCI论文10篇以上，申请4件以上高水平发明专利；推动1种合成微生物细胞工厂进入产业化应用。

方向2 ：光驱固碳合成微生物细胞工厂的设计与构建

系统研究原核蓝细菌以及盐藻、微拟球藻、雨生红球藻等真核微藻光合固碳微生物细胞工厂的设计与构建理论，比较原核与真核微藻光合固碳过程的不同特点及其背后的分子机制，解析光合微生物抗逆机制、解耦和改造可移植型合成生物学抗逆元件，并在此基础上构建可用于蔗糖、虾青素等产品生产的高效光驱固碳合成微生物细胞工厂。

选择原核蓝细菌和代表性真核微藻为研究对象，解析并尝试突破光能固碳生物合成的机制性瓶颈，通过合成生物学精准控制和催化元件的挖掘应用，实现对光合微生物细胞工厂能量、还原力以及碳流的设计分配和精细调控，激发光合微生物天然代谢产物的合成潜能；探索人工设计的化学品合成途径与光驱固碳代谢-调控网络的适配机制，通过对天然调控网络的解锁和重编程实现细胞固碳生长与高附加值产品合成分泌的耦合；在分子机器层面解析光合细胞工厂对胁迫环境的响应与适应机制，开发可移植型合成生物学抗逆元件，在此基础上进行其表达的时空和强度调控，提升光驱固碳合成微生物细胞工厂在逆境下的稳产、高产能力。

**（1） 光驱固碳微生物细胞工厂代谢产物合成路线的认识与改造（2-1）**

从生理、代谢、调控等不同层面诠释天然光合微生物对高/低盐、强/弱光、高/低温等各种环境胁迫的响应体系，分析应激条件下蔗糖等代谢产物合成模式的变化，挖掘产物合成途径并解锁环境响应性调控模式，突破目标代谢产物合成对环境扰动的依赖，实现细胞光合固碳生长与产品高效合成分泌的同步耦合；通过合成生物学元件和途径的设计与合成，进一步延伸、修饰天然的光驱固碳生物合成路线，构建能够产生非天然代谢产物的光驱固碳合成微生物细胞工厂。

**（2） 光驱固碳微生物细胞工厂高值化学品合成途径的设计与构建（2-2）**

探索人工设计的非天然代谢途径与光驱固碳底盘细胞的适配原理与机制，基于对光合微生物天然代谢网络的分析设计合成新的高附加值产品（糖、脂、萜类）合成路线，设计、应用适配于光合生物体系的合成生物学控制元件和模块，深度活化并动员特异性的天然碳汇模式，驱动光合作用中固定的有机碳向非天然高值化学品合成的分配；探索新的光合微生物合成生物学设计原则和改造策略，优化底盘细胞中ATP和NADPH等能量和还原力因子合成模块对异源途径的响应和互作模式，提升高附加值化学品的光驱合成效能。

**（3） 光驱固碳微生物细胞工厂逆境适应能力的解析与提升（2-3）**

针对光驱固碳合成微生物细胞工厂应用于开放式、规模化培养的需要，解析并提升底盘细胞对高盐、高光、高温等环境胁迫的适应与耐受机制，通过模式微生物与近源抗逆微生物的系统生物学比较，挖掘关键性抗逆模块，揭示其影响光合固碳等细胞生理代谢功能的分子机制，进而获得可移植型合成生物学抗逆元件，在此基础上进行其表达的时空和强度调控，提升光驱固碳细胞工厂的细胞生长与产物合成性能在逆境条件的鲁棒性和适切性。

**考核指标：**构建用于蔗糖等化学品或虾青素等高附加值产品光驱固碳合成的蓝细菌、微藻细胞工厂4种以上；鉴定10-20种可移植型光合细胞工厂抗逆性合成生物学元件；发表高水平SCI论文10篇以上，申请4项以上高水平发明专利。

方向3：农业/环保微生物细胞工厂的设计与构建

以构建具有高效固氮和抗逆功效的作物共生微生物菌种或菌群、以及可快速修复作物生长的土壤/水体环境的人工微生物为目标，通过人工基因线路突破植物根际微生物的自然固氮极限，并将非天然抗虫、抗逆活性乃至生长环境修复活性赋予作物相关微生物，促进作物高产增收，实现化肥农药减施。

**（1） 生物固氮/抗虫根际微生物细胞工厂的设计与构建（3-1）**

系统建立并优化适用于作物共生微生物的Red/ET同源重组、CRISPR-CAS9等基因组编辑技术，高效实现基因组上大片段DNA的无痕删除、替换和插入等遗传操作；以荧光假单胞菌等植物根际益生菌为底盘微生物，删除冗余代谢途径，重构1-2个天然农药生物合成途径，并通过负调控基因敲除、限速酶和途径特异性激活蛋白过表达等手段提高杀虫活性物质产量；克隆异源高效生物固氮基因簇并整合到底盘菌中，初步构建具有生物固氮和杀虫活性的合成微生物细胞工厂；进一步人工设计和重构优化生物固氮途径，结合调谐各基因表达强度等策略，大幅度提高其固氮能力，为植物生长提供足够的氮素营养，减少化学氮肥施用，同时避免农药施用。

**（2） 具有抗逆与生长强化功能的叶际人工微生物菌群构建（3-2）**

研究以甲基营养菌为代表的叶际微生物利用植物叶片释放的一碳（甲醇）与多碳物质生长的现象和规律，开展甲基营养菌等环境微生物自然抗逆元件的挖掘、组装及功能开发，揭示叶际微生物基因组内抗干旱、辐射和高温等抗逆元件的作用机理，以及微生物外排生物激素、细胞分裂素等强化叶片生长的机制。基于人工进化、理性设计、模块改造和底盘（群落）优化等合成生物学理念和方法，开展甲基微生物群体等的抗逆和促生长元器件的人工设计与重构，构建基于核心抗逆功能元件和基因调控元件的简化微生物菌群。在农作物体系中进行叶际微生物抗逆基因线路集成组装的适配和系统优化机制的研究，构建新型高效人工微生物抗逆菌剂，提高农作物在自然及逆境状态下的抗逆与生长品质。

**（3）环保微生物细胞工厂的设计与构建（3-3）**

针对土壤和水体中的芳烃、酚类、抗生素、化学农药、塑料等等难降解有机污染物，发掘和改造环境污染物探测和降解功能元件，设计、重构和整合特定污染物的高效人工降解途径，运用环境污染物生物传感器实现降解途径的智能控制，从而获得具有环境保护和修复功能的人造微生物细胞工厂，突破天然微生物的降解极限，实现从不能降解到能降解，从低效降解到高效降解的转变。

**考核指标：**构建2株以上兼具生物固氮和抗虫活性的合成微生物，获得农业部登记注册和产业化应用；构建2种以上具有抗逆与生长强化功能的叶际人工微生物菌群，获得抗逆功能元件10种以上；构建2种以上环保微生物细胞工厂，获得代表性环境污染物探测或降解功能元件20种以上，并开展应用性评价；发表高水平SCI论文10篇以上，申请4项以上高水平发明专利。

**方向4： 合成生物学相关其他基础研究（4）**

6. 新一代钙钛矿太阳能电池（2017B03）

方向1：新型钙钛矿材料和传输层材料

**（1）钙钛矿材料体系的研究(方向代码：1-1，以下同)**

在兼顾效率、稳定性、环境等各方面的因素的基础上，设计和优化钙钛矿层的材料新体系，探讨材料成分调控的理论依据和实现手段。

考核指标：得到具有自主知识产权的钙钛矿新材料体系，明确材料体系、成分与材料本身在光、热等条件下的稳定性能。

**（2）传输层材料的研究（1-2）**

设计和合成稳定的新型无机或有机高分子载流子传输材料，研究其跟钙钛矿材料之间的相容性和界面载流子注入情况。

考核指标：探索更为稳定的传输层材料体系以及可“印刷”的薄膜制备技术，实现载流子的高效注入和传输，降低电荷在界面处的电荷富集和能量损失。

**（3）电荷传输过程研究（1-3）**

在多尺度下研究各功能层材料内部及其界面的载流子迁移和传输的动力学过程，分析材料成分、晶界、缺陷浓度、钝化等对载流子扩散距离等参数的影响。

考核指标：发现影响器件性能的瓶颈问题，为新型钙钛矿材料设计、器件结构提供新思路，为钙钛矿电池的进一步优化提供理论依据。

方向2：可商业化的成膜工艺和薄膜钝化技术

**(1) 开发可商业化的钙钛矿薄膜制备技术及设备（2-1）**

研究钙钛矿材料薄膜形态的控制途径，分析成膜工艺对薄膜晶格取向、缺陷态密度等物理特性的影响规律，开发控制晶粒尺寸和结晶性的新方法。

考核指标：可商业化推广的钙钛矿薄膜制备新技术、新设备，以提高器件性能的均一性，为进一步太阳能电池组件的制备奠定基础。

**（2）钙钛矿薄膜钝化新方法（2-2）**

分析钙钛矿薄膜内部和表面的缺陷态种类，开发薄膜钝化的新思路和新技术，研究钝化后对跨界面的电子转移过程动力学的影响。

考核指标：揭示不同的修饰方法对跨界面的电子和离子转移过程动力学的影响规律，实现对跨界面的电子转移过程的优化控制，得到限制钙钛矿离子迁移的新方案。

**方向3：单结太阳能电池及稳定性研究**

**（1）高效稳定的单结钙钛矿太阳能电池及其组件（3-1）**

通过多层次结构设计和工艺优化，基于可商业化的大面积制备技术、材料钝化技术等，提高钙钛矿电池器件的效率和稳定性。

考核指标：单结钙钛矿太阳电池效率突破23%，制备10厘米Χ10厘米电池模块，组件效率达到17%。

**（2）器件衰变机理研究与解决方案设计（3-2）**

研究恒温、恒湿等条件下下器件各部分的耐受性，重点分析器件内部的电场分布状态与离子活化能之间的关系。分析不同器件结构、不同电场强度、光强等作用下的电子和离子迁移过程。

考核指标：明确影响器件性能衰变的关键因素，得到提高器件效率的解决途径。器件持续光照1000小时效率衰减小于5%。

**方向4：高效率钙钛矿/硅叠层太阳能的开发（4）**

设计宽光谱匹配的钙钛矿/硅叠层太阳能电池器件结构，寻找适合半透明电池的电极及载流子传输层材料，研究硅基绒面上制备钙钛矿薄膜的新工艺，发展与硅基电池生产工艺兼容的叠层电池制造技术，研究钙钛矿与硅电池的界面相容性与电流匹配性，提升商品化硅基电池效率。

考核指标;晶硅叠层电池效率达到25%，非晶硅叠层电池效率达到15%。

**方向5：太阳能/储能一体化原型器件**

**（1）用于分布式光伏系统的新型储能器件（5-1）**

基于光伏系统的电能储存要求（快速充放电性能、高库伦效率、长循环寿命等），择优研究2-3种新型锂离子电池和超级电容器电极材料。探究适合光伏系统的高导电和高导离子的高性能新型电极结构和电极材料，研究正负电极在器件中的性能匹配性，发展面向钙钛矿电池的新型储能原器件。

考核指标：锂离子电池性能达到：在大电流密度下（1 C），容量保持115-120 mAh/g，循环寿命大于1000次；超级电容器性能达到：大电流密度下（10 A/g），比容量超过200 F/g，循环寿命大于10万次。

**（2） 钙钛矿电池/储能分布式光伏系统原型器件设计与实现（5-2）**

综合考虑钙钛矿电池及新型储能原件的性能特点，通过优化组件设计与电池管理，组建分布式光伏发电系统。

考核指标：形成可展示的钙钛矿电池分布式发电系统原件，为实用化光伏系统生产提供经验指导。

**方向6： 钙钛矿能源材料其他基础研究（6）**

7.大数据应用数学模型研究（2017B04）

通过深入分析制造业、健康医疗、公共安全、物流电商、公共管理等大数据应用对异构、多源数据融合，有效分析模型建立、数据挖掘等方面的实际需求，对大数据的数学结构模型、分析模型和计算模型等大数据应用共性核心问题进行深入研究，重点在新型大数据模型，深度学习、可视计算等计算应用，工业三维CAD模型匹配等方向取得重要进展。

**方向1：大数据的统一数学结构表示与建模理论（1）**

研究内容包括新型数据表示和建模理论，数据的数学表示和基础结构，图论、数论、集合、几何、代数等数学结构理论在大数据统一数学建模中的结合与应用等。

**方向2：大数据的智能分析数学模型理论和方法（2）**

研究包括基于新型数据的数学结构模型，围绕大数据采集、融合、存储、分析和可视化的数据加工过程中遇到的核心科学问题，如全样本分析的数据采样正确性、多源异构数据融合的归一化、快速无损压缩存储与还原、大数据的不确定非精准分析、大数据随机优化过程的连续行为建模、大数据几何可视化数学模型等理论和方法。融合多学科知识，引入数据场论、统计力学等新的数据分析理论，构建适应高维、多源、巨量、低价值密度的大数据数学分析模型和方法理论体系。

**方向3：大数据计算的算法数学模型理论和方法（3）**

研究包括基于新型数学结构模型和分析模型，针对数据规模和多样化带来的算法复杂性挑战，设计适应代数、图论、随机过程等模型的新型抽象概念，来统一处理复杂的大数据数学结构模型和分析模型，人工智能深度学习的高效能计算可行性和正确性理论，突破传统的图、代数等数学模型在大规模计算中带来的瓶颈问题。

考核指标：从大数据实际应用需求出发，围绕上述三个方向提炼问题，开展所需理论与解决方案的研究。

（1）形成完整的基于数学理论的大数据应用模型理论体系；

（2）形成系统的理论和方法工具；

（3）针对某一领域的大数据应用提供成套的模型方案。

**方向4： 大数据应用中其他模型算法的研究（4）**

三、基础研究成果深度消化

8.生物传感器基础理论应用（2017C01）

面向科学研究、临床诊断、产品质量控制、环境监测、战场生化防护和突发事件预警预报等应用领域，集成前沿科学技术成果，立足多学科交叉协同创新，瞄准生物传感关键器件的规模化、标准化、智能化制造等技术瓶颈，提高生物传感器产品稳定性、均质性和可操作性差。

**方向1：分子识别元件的定向设计与构建（1）**

采用微生物代谢工程、合成生物学、蛋白质组学等生物技术结合现代分离纯化技术，定向设计和高效表达生物活性材料，建立批量生产技术和基于该生物活性材料为分子元件的传感策略和方法，具备完善的质量标准控制体系。

考核指标：生物活性材料的活性、稳定性、特异性和亲合性等性能指标达到国际同类产品先进水平；纯度不低于95%，成本不高于国际同类产品的70%。

**方向2****：微纳生物分析器件的组装与标准化制造（2）**

研究生物元件与光/电器件的耦合设计和关键参数控制策略，研究生物活性元件的定向固定化技术，建立低成本、规模化的微纳结构集成制造方法。

考核指标：产品性能指标达到国际同类产品先进水平，批量产品均质性（变异系数）小于10%，成本不高于国际同类产品的70%。

**方向3：****阵列电化学与光化学生物传感器（3）**

设计制造基于石墨烯电极、光纤等基础器件的阵列生物传感器，可进行单组份检测和多组分同时检测。具备选择性好、灵敏度高、分析速度快、操作简便等特点。研制小型便携、实时快速、高灵敏、集成化和低成本现场快速检测装置，可应用生命科学研究、医学检验、环境检测、食品安全等方面。

考核指标：产品性能指标达到国际同类产品先进水平。

**方向4：原位、在线检测生物传感器（4）**

研究动植物细胞培养、微生物发酵反应器在线检测和动物细胞、组织、胚胎原位检测技术。研制多种功能分析系统，包括样品分离、稀释、试剂加入、反应、检测与信号输出等，实现在线样品的预处理与智能分析全过程；采用微纳分析系统中多功能微机电设计，实现生物传感器信号的无线采集与数据分析；建立以环境检测、生物工业过程控制、生物医学研究、药物代谢分析等为主要应用领域的在线或原位分析系统。

考核指标：产品性能指标达到国际同类产品先进水平。

**方向5：可穿戴式生物传感器（5）**

研究人体可穿戴部位的生物相容性设计、敏感材料修饰固定、高抗干扰超低浓度检测技术。建立微弱信号采集、多信息识别处理算法和低功耗设计方案。研制新型柔性基底、微纳通道、多功能集成的智能化微纳分析系统。

考核指标：完成可穿戴式人体生物信号检样机2-3种，待机时间达3天以上，单次检测时间小于1分钟。

9.分子探针医学成像应用基础研究(2017C02)

**方向1：高灵敏分子探针用于循环肿瘤细胞早期诊断及试剂盒研发（方向代码：1，以下同）**

发展多种用于实时、原位分析的分子与纳米荧光探针，研究探针与生物活性分子之间相互作用的能量转移、电子转移、电子耦合过程机制，通过信号转换、输出与放大，实现人血液中循环肿瘤细胞的高灵敏检测和鉴定。

考核指标：基于双适体高灵敏等分子荧光探针，实现人血液中循环肿瘤细胞的高灵敏实时准确检测，此外在细胞水平上建立原位识别与动态成像分析新方法，并在此基础上研制循环肿瘤细胞的早期诊断试剂盒等高新产品，可检测并鉴定10个循环肿瘤细胞（10ml外周血）。

**方向2：基于成像分子探针和胃镜技术的胃癌早期诊断（2）**

针对目前临床胃镜检测的灵敏度及选择性较差的问题，基于已发展的多种用于实时、原位分析的分子与纳米荧光探针，将探针与胃镜技术相结合，实现胃癌的早期诊断

考核指标：基于高灵敏度、高选择性的分子与纳米荧光探针，针对胃癌标志物，实现肿瘤的同时检测与成像，并与临床样品检测对照，降低交叉反应率，提高细胞水平上胃癌早期检测的准确性，并在此基础上研发胃癌早期诊断的多功能胃镜技术。

**方向3：多功能多模态成像仪器研制（3）**

以前期研究的多种分子探针为基础，结合多模态分子影像的特点，进行多功能多模态分子成像系统的搭建，包括小动物PET、CT、MRI和荧光成像等两种或多种模态，使制备的探针能够满足多模态分子成像系统的需求。针对某一类特定的肿瘤，结合各个模式成像优点，在合成的探针上同时偶联其他模式成像分子，使制备的探针可以完成多模态成像，进一步提高分子影像检测的准确度、灵敏度及特异性。考察分子成像探针的体内外生物学特性和在活体的代谢动力学性质，考察其毒副作用及其对生物体内环境的影响，评价多功能多靶点分子成像探针在多模态活体成像的可行性。

**考核指标：**研制一台多模态成像系统，主要包括PET、CT、MRI和荧光成像等两种或多种模态的设备研制、多模态系统的机电一体化设计、多模态一体扫描控制软件设计、多模态图像配准和融合等核心关键技术。基于研制的多模态分子影像成像系统，实现结构、功能和分子等多角度影像信息的获取，针对靶点将设计的多功能、多靶点分子探针用于分子、细胞、组织、活体水平的多尺度评价，并且可检测到0.1cm以下的早期肿瘤病灶。具体参数如下：（1）PET子系统：径向视野：≥80mm；轴向视野：≥55mm；空间分辨率：≤ 1.3mm ；散射分数：≤7%；峰值噪声等效计数：≥200Kcps ；灵敏度：≥6%@250KeV～750keV；

（2）CT子系统：阳极电压/电流：50kV～70kV/2～10mA；成像体积：60\*60 (mm)；曝光时间：20s ；像素尺寸：0.2、0.1 (mm)；

（3）MRI子系统：空间分辨率：100微米(µm)；寂静梯度线圈，噪声≤70db；梯度场强：440mT/m@60A，梯度场切换率：1750 T/m/s；射频功率放大器：峰值功率500W，最大脉冲宽度10ms，上升/下降时间 <100ns；

（4）荧光子系统：集荧光成像、生物发光成像和同位素成像模式于一体的360度全角度成像系统，具有上转换模块，最大光学分辨率为10微米，CCD暗电流等于或小于0.5x10-4e/s/pixel。

**方向4：肿瘤细胞靶向载体应用研究（3）**

**（1）**设计合适的载体，优化设计载体的表面性质，降低胞内、体内的复杂环境对探针响应能力的干扰，克服生物屏障并成功到达靶位，根据病灶特点修饰具有靶向识别特点，以满足活体内靶向输送药物的目的。研究药物载体的体内外生物学特性和在体内的代谢动力学性质，实现外源探针在生物体内的可降解，检测其毒副作用及其对生物体内环境的影响，评价所构建的药物载体应用于活体成像的性能。

（2）筛选出适于体内/外成像的高安全性、高敏感性和高靶向性的适于临床及临床前转化的多模态靶向性分子探针/纳米载体，直接应用于各种不同的疾病或组织，实现特异性诊断好和检测，实现临床转化。

考核指标：（1）开发抗肿瘤药物的新型靶向载体系统，改善药物在体内的代谢动力学特性，增加药物定向富集到肿瘤部位甚至肿瘤细胞内，提高疗效，降低毒副作用，并有望实现产业化。

（2）筛选和制备的应用于活体的、可对深在病变或组织进行的靶向成像、诊断准确性和特异性高的新型成像/检测用分子探针/纳米载体，对生物体深在部位的病变/组织进行成像或检测，结合不同病种的独特特点，证实其检测效果和应用潜力，力推该技术的临床或临床前转化。

10.植物干细胞基础理论应用(2017C03)

**方向1： 植物根干细胞关键调控元件的分离及小麦、玉米主要作物的根型结构改良 （方向代码：1，以下同）**

分离植物干细胞的关键调控元件或基因，明确其生物学功能，并通过其遗传转化，改变小麦、玉米主要作物的根型结构，创制耐盐碱或抗旱作物（小麦、玉米等）新品系。

考核指标：分离植物干细胞调控元件3-5个，创制耐盐或抗旱的小麦、玉米主要作物转基因新品系2-4份，申报国家专利2-3项。

**方向2： 小麦、玉米基因组编辑高效遗传转化技术（2）**

研究小麦、玉米离体干细胞诱导的分子基础，解决小麦、玉米骨干种质材料干细胞形成和再生难的问题，显著提高植株再生效率，进而建立农作物基因组编辑的高效遗传转化体系，为作物精准分子育种提供技术保障。

考核指标：建立小麦、玉米重要种质材料高效再生和遗传转化技术2-3个，再生频率达到50%，转化效率提高50%以上；建立小麦、玉米基因组编辑技术平台；申请国家专利1-2项。

**方向3：苹果樱桃矮化砧木产业化和工厂化生产体系（3）**

提高苹果、樱桃苗再生效率，解决苹果、樱桃高效快繁、矮化密植、无病毒化栽培等关键技术，实施工厂化育苗精细化栽培技术与管理模式，缩短育苗周期，降低育苗成本，建立快速高效的工厂化育苗体系。

考核指标：建成苹果、樱桃矮化砧木快速高效苗木生产技术体系，育苗周期缩短1/4，成本降低25%，年生产能力达到800万株，建立快繁生产基地1-2个；申请国家专利2-4项。

**方向4： 速生丰产型和环境友好型林木新种质创制（4）**

建成能满足大规模生产的杨树等低成本快速高效繁育体系，缩短育苗周期，提高杨树生长速率，抑制杨树飞絮，利用生物技术创制速生丰产型和环境友好型林木新种质。

考核指标：建成杨树高效苗木生产体系，育苗周期缩短1/4，成本降低20%；创制速生丰产型林木新种质3-5份；培育环境友好型杨树新种质3-5份，抑制杨树飞絮；申请国家专利1-2项。

11.机器人关键核心控制算法研究(2017C04)

面向我省工业、服务、特种机器人本体研发与应用集成中对机器人基础理论算法与核心系统软件的实际需求，重点开展机器人高性能运动控制、人机协作与柔顺控制、智能决策与自主学习、智能感知与环境理解以及群智能与多机协作等基础理论与算法的研究。

**方向1：机器人高性能运动控制算法研究（方向代码：1，以下同）**

研究内容：机器人运动学分析及高精度轨迹跟踪控制方法研究、机器人动力学建模与控制方法研究、移动型机器人及其与关节型机器人组合的耦合控制方法等。

考核指标：完成具有自主知识产权的高速高精度运动控制算法软件系统，申报软件著作权3-5项，发明专利6-8项。

**方向2：协作型灵巧作业机器人柔顺控制算法研究（2）**

协作型工业机器人模型创建、力-位置混合控制策略研究与应用验证、协作型工业机器人自然交互与离线编程技术研究等。

考核指标：完成协作型灵巧作业机器人控制算法开发及控制器原理样机研制，实现柔顺控制、拖拽示教、安全停止阈值设置等功能，形成自主知识产权；申报软件著作权3-5项，发明专利3-5项。

**方向3：机器人智能感知与环境理解关键技术研究（3）**

工业机器人智能感知关键技术、服务机器人智能感知关键技术、医疗机器人智能感知关键技术等。

考核指标：申报软件著作权3-5项，发明专利3-5项。

**方向4：基于自主学习机制的机器人智能决策算法研究（4）**

基于云智能的服务机器人智能发育理论研究、工业机器人自主学习与在线优化算法研究以及机器人非机构化环境适应技术研究等。

考核指标：完成基于云智能的服务机器人智能发育软件系统，工业机器人在线参数优化系统，机器人非结构化环境认知与理解系统等软件系统，申报软件著作权不少于3-5项，发明专利6-8项。

**方向5：群智能理论与多机器人协作技术研究（5）**

基于生物启发的基本行为规则与行为机制研究、群机器人自组织行为涌现模型研究、群机器人自组织行为预测与控制研究等。

考核指标：建立群智能自组织行为涌现研究模型，开发群机器人自组织模型预测控制算法，申报软件著作权2-3项，发明专利2-3项。

12.新型含氟聚合单体及其共聚物材料合成(2017C05)

基于我省产能极大过剩的四氟乙烯和偏氟乙烯单体，围绕海洋工程、环保、溶剂型工业涂料水性化及新能源发展的对含氟聚合物产品的需求，研制系列新型含氟聚合单体，发展新型含氟共聚物应用技术。

**方向1：新型含氟单体合成及其与四氟乙烯共聚制备高性能多元氟树脂的研究（方向代码：1，以下同）**

围绕四氟乙烯系高性能多元共聚物、水性含氟树脂和含氟功能乳液，进行新型含氟功能单体设计和共聚合规律研究，揭示水性氟树脂的构效关系，发展高性能环境友好的水性氟树脂设计和合成新方法，制备出高性能含氟功能乳液，并对其性能和应用进行研究。

考核指标：研制出四氟乙烯共聚合制备的四氟乙烯系多元共聚物树脂，及环境友好的水性含氟树脂和含氟功能乳液，主要应用于海洋工程防腐防护和风能装置防腐防护及光伏太阳能背板防护涂层等，耐高温、耐油、耐水汽氟橡胶，也可用于制备大飞机专用含氟电线、电缆和海洋工程用及采油井下耐油耐高温的电线和电缆。

**方向2：偏氟乙烯系多元氟树脂的制备技术及其工程化基础研究（2）**

由偏氟乙烯共聚合制备的偏氟乙烯系亲水性氟树脂，主要应用于制备海水淡化和水处理的中空纤维膜，替代目前因材料拒水易产生污染的水处理中空纤维膜。

主要研究内容：聚偏氟乙烯亲水改性用氟聚合的设计与制备技术研究；聚偏氟乙烯亲水性共聚物树脂的结构设计与制备研究；偏氟乙烯系亲水性氟树脂制备及在分离膜应用的基础研究；偏氟乙烯系新能源用氟树脂材料分子设计及制备研究；聚偏氟乙烯系高性能多元共聚物的制备技术工程化基础研究。

考核指标：开发出系列偏氟乙烯多元共聚物树脂，可应用于制备中空纤维膜、污水处理膜、油水分离膜、锂离子电池的电极粘合剂等环保和能源领域。

**方向3：氟化学合成方法学研究（3）**

新型含氟化合物的合成方法；不同结构氟代化合物的合成及其合成机理研究；氟代数量和氟代位置与含氟单体物化性质关系研究

考核指标：开发出2-3种含氟化合物合成新方法，通过化合物结构和性能的关系研究，揭示氟代位置和数量对含氟单体聚合性能的内在规律。

13. 有机化工新型高效催化材料(2017C06)

针对医药及其中间体、精细化工、橡胶塑料等我省传统优势有机化工产业生产过程中存在的产品收率低、能耗高、环境污染等问题，深度消化前期在新型高效催化剂制备及催化理论方面的基础研究成果，有效攻克高效催化剂的精准设计和可控制备、高效高选择性催化、高原子经济性、降能减排、催化剂回收和再生等关键技术难题，形成自主知识产权，推动相关产业转型升级。重点支持基础前沿、共性关键技术到应用示范进行全链条创新设计、一体化组织实施。鼓励与企业产学研联合申报，同等条件下，对有企业配套资金投入的项目优先资助。

**方向1：多相加氢纳米催化剂制备及应用（方向代码：1，以下同）**

研究多功能、高原子经济性纳米加氢催化剂的制备技术，调控催化剂的结构与性能，实现催化剂的精准设计制备；研究催化剂对有机反应过程中碳氮双键、碳碳双键、碳氧双键、酯基等基团的高效、选择性、定向加氢机理，明确催化剂的结构与化学键活化之间的本质规律以及催化反应机制；重点支持一步高效催化合成、过程的高原子经济性等相关研究，开发个性化、精准化先进工艺技术；针对加氢催化剂存在的易流失、难再生、难回用等问题，研发催化剂回收、再生、循环利用等关键技术，实现催化剂高效循环再利用。

**考核指标：**形成具有自主知识产权的核心技术，申请国家发明专利3项以上；完成新型加氢催化剂制备的小试研究；形成高效加氢、选择性加氢、定向加氢先进工艺技术及成套装置1套，催化活性、选择性、能耗、原子经济性和三废排放等主要技术指标达到国际先进水平。

**方向2：多相氧化纳米催化剂制备及应用（2）**

研发新型高效负载纳米金属氧化催化剂，研究催化剂载体的多维度组装及形成的限域空间与活性金属间协同增效机制；调控催化剂的结构与性能，研究新型氧化催化剂在氧化脱氢、烯烃环氧化、烷烃及芳环侧链氧化等有机反应中的应用；开发适用于上述反应的催化氧化关键技术，提高反应的原子经济性，实现产品生产过程的清洁化；针对氧化催化剂存在的寿命短、难再生等问题，开发催化剂长效维持及绿色再生新技术。

**考核指标：**形成具有自主知识产权的核心技术，申请国家发明专利3项以上；完成新型氧化催化剂制备的小试研究；形成高效氧化先进工艺技术及成套装置1套，催化活性、选择性、能耗、原子经济性和三废排放等主要技术指标达到国际先进水平。

**方向3：环境友好固体酸催化剂制备及应用（3）**

研究环境友好可循环固体酸催化剂的制备关键技术；研究新型固体酸催化剂在酯化反应、付克烷基化/酰基化反应、水解反应等有机反应中的应用及催化机理，明确催化剂结构变化与催化性能之间的构效关系；研究催化剂的失活机理以及分离、回收和循环利用技术。

**考核指标：**形成具有自主知识产权的核心技术，申请国家发明专利3项以上；完成催化剂制备的小试研究；形成高效固体酸催化剂应用的先进工艺技术及成套装置1套，催化活性、选择性、能耗、原子经济性和三废排放等主要技术指标达到国际先进水平。

**方向4：有机污染物（VOCs）催化氧化纳米催化剂制备及应用（4）**

针对目前有机化工排放气体中高浓度VOCs催化氧化材料所面临的成本较高、组分易流失、催化剂易中毒等问题，开展基于负载型贵金属纳米材料的高分散性、低负载量、抗中毒、易再生的新型催化剂研究，研发纳米催化活性位点的可控制备技术并应用于高浓度VOCs的催化氧化。

**考核指标：**催化剂应具有良好的耐高温、抗水和抗中毒性能。形成具有自主知识产权的核心技术，申请国家发明专利3项以上；完成催化剂制备的小试研究；

14. 大宗工业及城市固废制备绿色建材(2017C07)

针对赤泥、脱硫副产物、煤矸石、粉煤灰、城市污泥、尾矿、建筑垃圾、电子垃圾等大宗工业及城市固废的综合利用，深度消化相关绿色建材制备领域的研究成果，实现固废的大规模资源化利用，促进绿色循环产业发展。

**方向1：固废协同互补制备3D打印绿色建材（方向代码：1，以下同）**

研究利用赤泥、煤矸石、脱硫石膏、污泥等单一固废及复配体的基本理化特性及热力学特征；研究固废协同互补利用的高通量动态匹配重构技术，研究能突破固废复杂多变特性的预处理、配料、均化等关键技术工艺；研究固废基建筑3D打印材料的关键制备技术，研究打印材料的关键性能调控优化方法，研究装配式建筑构件的3D打印技术方法；建立大宗固废协同互补制备3D打印绿色建材的全周期环境经济影响集成评价体系。

考核指标：形成固废协同互补制备建筑3D打印材料的技术支撑体系；协同利用固废种类3类以上，原料中固废占比在95%以上；所制备3D打印材料的2h强度>20MPa；具备高附加值空间，产品价值与总成本之比>2。

**方向2：绿色注浆材料制备（2）**

研究利用赤泥、矿渣、粉煤灰、脱硫副产物、尾矿等大宗固废制备绿色注浆材料的工艺技术；研究固废基注浆材料的矿相体系构成，研究固废基注浆材料在不同环境下（温度、液相、固相、酸碱度等）的化学反应进程及各性能对应矿物的最优匹配；研究注浆材料凝结硬化时间、浆液黏度、抗侵蚀等性能对应的主控矿物，研究各组分复合和各自热历史（固废形成的温度、压力、酸碱等）等对主要性能矿物的形成、结构及其稳定性的影响机理提出固废基注浆材料组成配比的动态设计和调整方法；研究固废基注浆材料在复杂环境作用下的破坏机理，提出固废组分含量与材料服役性能的量化关系，实现注浆材料的耐久性定量评价。

考核指标：提出一套固废基注浆材料制备理论与技术工艺；绿色注浆材料的固废原料占比不低于90%，利用固废种类3类以上；凝结时间的有效调控，环保无毒，体积稳定性强，相比较传统注浆材料成本降低60%；具备高附加值空间，产品价值与总成本之比>2。

**方向3: 固废制备节能保温绿色建材（3）**

研究利用赤泥、煤矸石、脱硫石膏、建筑垃圾、尾矿等全固废制备节能保温绿色建材的特色方法和关键调控技术，实现固废向轻质节能保温墙材的高附加值转化；研究轻质保温材料的孔隙、气泡调控技术，实现材料密度与强度的互动优化，降低材料导热系数；研究轻质保温材料的表面疏水改性技术，降低材料体积吸水率；研究固废制备节能保温绿色建材过程中的重金属迁移转化规律；建立固废制备节能保温绿色建材的全周期环境经济影响集成评价体系。

考核指标：绿色节能保温材料的导热系数≤0.08 W/m·K，强度≥0.5MPa，体积吸水率<2%,性能、成本全面优于市场常规制品，由第三方权威检测并出具报告；原料全部来自固废，利用固废种类3类以上；具备高附加值空间，产品价值与总成本之比>2。

**方向4：固废制备海洋工程专用材料（4）**

主要研究内容：研究利用赤泥、矿渣、粉煤灰、脱硫副产物、污泥等固废制备低热高耐久海洋工程专用材料的新原理和新工艺方法，确立优化的预处理和制备技术形式，建立关键技术基础；研究固废基海洋工程专用材料的物理、化学、力学特性及优化调控方法；开发固废制备抗侵蚀高性能海工结构及修补材料，研究材料的抗侵蚀特性及工作性能、强度、变形性能等；建立利用工业及城市固废制备新型绿色高性能海洋工程专用材料的全周期环境经济影响集成评价体系。

考核指标：提出固废基海洋工程专用材料的制备理论与工艺技术；专用材料具备低热值、高抗侵蚀、高耐久、低成本等特性；专用材料的固废原料占比不低于90%，利用固废种类3类以上；具备高附加值空间，产品价值与总成本之比>2。

**方向5：电子垃圾价值回收协同制备绿色建材骨料（5）**

研究能突破电子垃圾种类、结构、成分多样性的处置利用新原理和新方法，实现金属、贵金属等有价成份高效回收，热值有效回收，无机非金属成分玻璃化形成绿色建材骨料；研究电子垃圾回收处置过程中有毒、有害物质释放机制及有效控制技术；研究适用于电子垃圾中金属、贵金属高效分离和回收的处理技术；研究新型有机质热值回收利用技术；研究电子垃圾中无机非金属成分玻璃化制备骨料的关键工艺参数，研究重金属的固化特性和浸出特性；建立电子垃圾高效回收协同制备高端绿色建材骨料的全周期环境经济影响集成评价体系。

考核指标：形成电子垃圾有价金属成份高效回收协同制备绿色骨料的理论体系和整体技术路线；金属、贵金属回收率98%以上，电子垃圾有机成分热值有效弥补处理过程所需能耗；粉尘、VOCs、酸性气体等污染物有效控制；绿色骨料达到建材应用标准。

**方向6：脱硫石膏、磷石膏等固废回收制备硫磺同时联产硫铝系高活性材料（6）**

研究脱硫石膏、磷石膏等大宗固废回收制备硫磺同时取代石灰石作为钙源制备硫铝系高活性材料技术；研究脱硫石膏、磷石膏的碳热分解的关键工艺参数，研究硫铝系高活性材料的优化矿物组成；研究烟气中高浓度SO2的吸附回收及NOx、VOCs等多污染物的协同脱除特性，研究SO2快速解吸并高效还原制备硫磺的方法，形成烟气中SO2吸附-解吸-还原制备硫磺的完整技术体系；建立固废回收制备硫磺同时联产硫铝系高活性材料的全周期环境经济影响集成评价体系。

考核指标：形成利用脱硫石膏、磷石膏等回收制备硫磺同时联产硫铝系高活性材料的技术支撑体系，协同利用固废种类3类以上，原料中固废占比在95%以上，硫回收率80%以上，所联产的硫铝系高活性材料3天抗压强度>42.5MPa，产品价值与总成本之比>2。