

2022 年省重大关键技术攻关项目指南 (第一批)

山东省科学技术厅

2022 年 6 月

目 录

一、新一代信息技术.....	1
项目一：未来智能技术应用关键科学问题（重大基础研究）	1
课题 1：面向人工智能安全的类脑计算关键科学问题.....	1
课题 2：泛在智能物联可信组网与协同计算关键理论与技术研究.....	2
课题 3：区块链应用中关键密码技术研究.....	3
课题 4：基于另类数据的科创金融量化分析技术研究.....	3
课题 5：虚拟环境自动构建与智能识别技术研究.....	4
项目二：芯片与微处理器先进制造机理与方法研究（重大基础研究）	5
课题 1：低功耗薄膜微处理器先进制造方法研究.....	5
课题 2：超薄非接触式芯片模块制造方法研究.....	6
课题 3：元宇宙闭环体感传感器集成封装和开源算法研究.....	6
项目三：物联网与网络安全（重大科技创新工程）	7
课题 1：专用安全芯片的研发应用.....	7
课题 2：千兆 IPsec 网络安全芯片研发应用.....	7
项目四：集成电路（重大科技创新工程）	7
课题 1：自主可控 RISC-V 嵌入式 CPU 设计及产业化.....	7
项目五：新型器件（重大科技创新工程）	8
课题 1：白激光照明成像系统研发及产业化.....	8
课题 2：中红外量子级联激光器技术开发及应用.....	8
项目六：超算与大数据（重大科技创新工程）	8
课题 1：超算互联网关键技术研发与应用.....	8

课题 2: 智慧交管关键技术应用.....	8
二、高端装备.....	10
项目一: 高速精密智能制造关键科学问题（重大基础研究）.....	10
课题 1: 宏微耦合系统智能控制理论与技术研究.....	10
课题 2: 跨尺寸高分辨微系统一体化高效加工关键问题研究.....	11
课题 3: 透明光滑材料缺陷智能检测理论与方法研究.....	12
项目二: 核心零部件（重大科技创新工程）.....	12
课题 1: 高端电控液压柱塞马达研发.....	12
课题 2: 高截面推力全电航空发动机研发及产业化.....	13
课题 3: 高速高刚性超精密主轴单元研发与产业化.....	13
课题 4: 无压缩机固态电卡制冷系统研发及产业化.....	13
项目三: 高端成套装备（重大科技创新工程）.....	13
课题 1: 凿岩机器人关键技术研发及产业化.....	13
课题 2: 高端激光坡口切割数控机床研发及产业化.....	13
课题 3: 高端生物装备制造技术及成套系统.....	13
课题 4: 高速湿法同步拉伸装备及工艺技术研发.....	15
项目四: 轨道交通（重大科技创新工程）.....	15
课题 1: 轨道交通载运装备综合实验与系统试验技术.....	15
项目五: 科学仪器（重大科技创新工程）.....	15
课题 1: 高精度磁性测量仪器的研制和产业化.....	15
三、新能源新材料.....	15
项目一: 材料构筑新方法 with 物性调控机制（重大基础研究）.....	15
课题 1: 激光增材制造高性能金属基复合材料基础研究.....	15

课题 2: 新型量子自旋材料物性调控关键科学问题研究.....	16
课题 3: 高效多功能黏度指数改进剂及减摩抗磨添加剂设计、制备和作用机制研究.....	17
项目二: 氢能技术 (重大基础研究)	18
课题 1: 氢燃料电池储能系统中贵金属材料替代关键科学问题.....	18
项目三: 新能源电池.....	19
课题 1: 聚合物电解质材料与固态电池关键科学问题 (重大基础研究)	19
课题 2: 全固态高比能锂电池关键材料与器件研究 (重大科技创新工程)	20
项目四: 新能源汽车 (重大科技创新工程)	20
课题 1: 高性价比增程器系统开发与整车集成.....	20
项目五: 能源安全 (重大科技创新工程)	20
课题 1: 二氧化碳驱油提采关键技术研究及产业化.....	20
项目六: 新型材料与器件 (重大科技创新工程)	20
课题 1: 大规模集成电路平坦化关键材料研发.....	20
课题 2: 超高纯三氟化氮研究开发.....	20
课题 3: 金刚石复合衬底及 HEMT 器件.....	20
项目七: 光刻工艺关键技术与材料.....	21
课题 1: KrF 正性光刻胶去活性机理研究 (重大基础研究)	21
课题 2: 掩模板关键技术与产业化 (重大科技创新工程)	21
课题 3: 硅基光刻胶研发及产业化 (重大科技创新工程)	22
项目八: 磁性材料 (重大科技创新工程)	22
课题 1: 电机用超高性能稀土永磁制备及产业化.....	22
课题 2: 球形非晶/纳米晶磁性粉末材料及电感产业化开发.....	22

项目九：行业用关键材料（重大科技创新工程）	22
课题 1：高端装备用液压油关键技术研究及产业化.....	22
课题 2：新一代氯碱离子膜研究及产业化.....	22
课题 3：尾气净化关键脱硝催化材料研发及工程化.....	23
四、现代海洋.....	23
项目一：海工新材料.....	23
课题 1：海洋工程用多主元合金的构筑和性能调控基础研究（重大基础研究）	23
课题 2：苛刻工况防护涂层构筑及损伤机理研究（重大基础研究）	24
课题 3：海洋环保长效耐磨防污材料制备及产业化（重大科技创新工程）	25
项目二：高端海工装备（重大科技创新工程）	26
课题 1：升沉补偿主动控制技术与装备研制.....	26
课题 2：智能河海直达船关键技术研究与应用.....	27
项目三：海上油气开发（重大科技创新工程）	28
课题 1：高效永磁直驱电泵系统研制.....	28
课题 2：深水柔性立管群智能监测装备研发与应用.....	29
课题 3：高效环保延时膨胀表层导管研发及产业化.....	30
课题 4：深水复杂钻井多相流动模拟关键技术与监测装备.....	31
项目四：海洋电子产品（重大科技创新工程）	32
课题 1：海上无人设备惯导系统研发及产业化.....	32
课题 2：水下作业系统通信定位一体化装备研发.....	34
项目五：海产品加工装备（重大科技创新工程）	35
课题 1：海带收割载体船的研制及应用.....	35
课题 2：鱿鱼加工智能生产线的研发及中试.....	36

课题 3: 刺参养殖采捕机械化装备创制.....	37
项目六: 海洋生物医药 (重大科技创新工程)	37
课题 1: 海洋生物资源高值化利用专用酶制剂开发.....	38
课题 2: 甲壳素绿色制备及系列化高值产品研发.....	39
课题 3: 海洋活性肽靶向高效制备关键技术开发.....	40
项目七: 海水养殖 (重大科技创新工程)	41
课题 1: 海水工业化养殖鱼类疫苗研制与应用.....	41
项目八: 海水资源综合利用 (重大科技创新工程)	42
课题 1: 海淡浓盐水高倍浓缩单价选择性电渗析膜材料.....	42
课题 2: 海水淡化反渗透膜用复合无纺布国产化.....	43
五、医养健康.....	44
项目一: 内分泌代谢病精准诊疗关键科学问题 (重大基础研究)	44
课题 1: 围产期代谢性疾病的多组学整合机制及精准诊疗模型研究.....	45
课题 2: 间充质干细胞治疗糖尿病血管并发症的作用机制研究.....	45
项目二: 肿瘤诊疗重大科学问题研究 (重大基础研究)	46
课题 1: 脑肿瘤影像分析理论和模型构建.....	46
课题 2: 多药缓释系统调控脑肿瘤局部免疫微环境的作用及机制研究.....	47
课题 3: 纳米肿瘤疫苗关键科学问题研究.....	48
项目三: 新冠病毒感染防治重大科学问题研究 (重大基础研究)	49
课题 1: 新型冠状病毒感染分子机制研究.....	49
课题 2: 中医药抗病毒和免疫整合调控机制研究.....	50
项目四: 活体材料与类器官重构.....	50
课题 1: 智能纳米材料与干细胞跨尺度 4D 打印活体神经类组织(重大基础研究)	

.....	50
课题 2: 组织工程器官（肝脏）体外制造（重大基础研究）	51
课题 3: 类器官构建及器件化融合功能关键技术研发与应用（重大科技创新工程）	52
项目五: 重大新药创制（重大科技创新工程）	54
课题 1: 具有重大前景的 1 类生物创新药研发	54
课题 2: 具有重大前景的 1 类化学创新药研发	54
课题 3: 药物先进制造体系构建与产业化	54
项目六: 高端诊疗装备（重大科技创新工程）	55
课题 1: 便携式腹腔镜机器人研发与应用	55
课题 2: 气道过敏性疾病诊疗及智能管理装备研发	57
课题 3: 全自动凝血检验装备和配套试剂研发与产业化	58
课题 4: 生物标志物精准检测装备研发与应用	60
项目七: 智慧医疗装备（重大科技创新工程）	61
课题 1: 智能医用氧舱研发与产业化	61
课题 2: 中医正脊数字化关键技术与人机协同智能装备研发	62
课题 3: 口腔数字化医疗技术和平台系统的研发应用	64
项目八: 生物医用材料（重大科技创新工程）	65
课题 1: 口腔医用多功能复合材料研发与应用	65
课题 2: 肿瘤介入栓塞材料研发与应用	66
项目九: 中医药现代化（重大科技创新工程）	68
课题 1: 治疗感染性咳嗽中药创新药开发与产业化	68
课题 2: 中药制造全过程质量控制关键技术开发	68

六、现代轻工纺织.....69

项目一：化学品绿色制造关键科学问题（重大基础研究）.....69

课题 1：CO₂加氢制取高端化学品理论与催化剂研究.....69

项目二：高分子材料（重大科技创新工程）.....70

课题 1：阻尼材料关键制备技术及产业化.....70

课题 2：特种工程塑料（聚砜）的关键制备技术及产业化.....70

项目三：特种橡胶材料（重大科技创新工程）.....70

课题 1：航空胎用天然橡胶国产替代关键技术研究与应用.....70

课题 2：铁系枝化丁戊橡胶关键技术研发与应用.....70

项目四：新型化工装备及工艺（重大科技创新工程）.....71

课题 1：新型微通道反应器装备及连续流工艺技术开发应用.....71

课题 2：绿氢耦合碳酸盐分解减排增效清洁技术与装备开发.....71

七、现代高效农业.....72

项目一：种质资源创新关键科学问题（重大基础研究）.....72

课题 1：小麦隐性核雄性不育系和有效分蘖数调控研究及新种质创制.....72

项目二：农机装备（重大科技创新工程）.....73

课题 1：农用机械手运动规划与智能驱动技术研发.....73

课题 2：智能农机装备模块化柔性电液控制系统研究.....74

课题 3：通用农机底盘与智能控制技术研发.....75

课题 4：饲草加工关键技术装备研发与应用.....76

课题 5：大型智能自走式打包采棉机的关键技术研究与应用.....78

课题 6：丘陵山区适用智能作业装备研发与应用.....79

项目三：节水关键设备（重大科技创新工程）.....80

课题 1: 大型喷灌装备关键技术研发与应用.....	80
项目四: 智慧农业 (重大科技创新工程)	81
课题 1: 温室自适应控制系统研发.....	81
课题 2: 小麦条锈病高光谱监测与预警关键技术研发与应用.....	82
项目五: 绿色新型农药创制.....	84
课题 1: 绿色农药分子靶标鉴定与创制关键机理研究 (重大基础研究)	84
课题 2: RNA 干扰生物农药的研制与产业化 (重大科技创新工程)	85
课题 3: 设施蔬菜重大病害绿色防控产品研发与产业化 (重大科技创新工程)	86
项目六: 绿色新型疫苗与饲料 (重大科技创新工程)	87
课题 1: 布鲁氏菌病新型疫苗的研制与应用.....	87
课题 2: 酵母单细胞蛋白与高附加值饲料添加剂联产关键技术及产品.....	88
八、生物技术与工程.....	90
项目一: 绿色生物制造.....	90
课题 1: 基于合成生物学的大宗化学品绿色生物制造 (重大基础研究)	90
课题 2: 新型霉菌毒素降解酶研发与应用 (重大科技创新工程)	91
九、公共安全.....	92
项目一: 公共安全与安全检测 (重大科技创新工程)	92
课题 1: 数字化低温存储成套装备研发与产业化.....	92
课题 2: GIS 状态监测装备研发与产业化.....	93
十、生态环保.....	95
项目一: 水污染防治.....	95
课题 1: 光电催化分解工农业废水及生活污水制备清洁氢能研究 (重大基础研究)	95

课题 2: 污水处理系统构建及高端装备研发（重大科技创新工程）	96
课题 3: 多功能移动式水污染应急处置成套装备研发与应用示范（重大科技创新工程）	98
十一、农业良种工程.....	99
项目一：生物育种关键核心技术.....	99
课题 1: 小麦高通量基因编辑精准育种技术研究与应用	99
课题 2: 小麦全基因组育种专用芯片研发与应用	100
课题 3: 猪基因组选择技术体系的建立与应用	102
课题 4: 经济海藻分子模块设计育种技术研发	103
项目二：主要粮油作物突破性新品种培育	104
课题 1: 面包优质专用小麦突破性品种选育	104
课题 2: 功能性小麦新品种培育和产业化应用	105
课题 3: 两高三抗、绿色高效玉米重大品种培育	106
课题 4: 高油高产花生突破性新品种培育	107
项目三：蔬菜林果突破性新品种培育	108
课题 1: 抗病耐抽薹优质十字花科蔬菜新品种选育	108
课题 2: 优质抗病茄果类蔬菜新品种培育	109
课题 3: 高档优质轻简化苹果新品种及多抗砧木选育	110
课题 4: 优质高效轻简化栽培梨新品种选育	112
项目四：畜禽突破性新品种培育	113
课题 1: 高产特色奶牛核心育种群自主培育	113
课题 2: 优质蛋鸡新品种选育	114
课题 3: 优质肉鸭新品种选育	115

项目五：水产突破性新品种培育.....	116
课题 1：海水养殖贝类新品种培育.....	116
课题 2：深远海网箱养殖专用鱼类新品种培育.....	117
项目六：耐盐碱植物新品种培育.....	118
课题 1：早熟及耐盐碱马铃薯种质创新与新品种选育.....	118
课题 2：耐盐碱大豆突破性新品种选育.....	119
课题 3：高产优质耐盐碱藜麦新品种选育.....	121
课题 4：耐盐优质新型牧草突破性新品种选育.....	123
项目七：种质资源精准鉴定与创新利用.....	124
课题 1：两大玉米核心种质群轮回改良与突破性种质创制.....	124
课题 2：主要农作物种子高通量全自动微创取样技术及设备研发.....	125
课题 3：作物种质资源表型工厂化智能精准鉴定平台研制与应用.....	126
课题 4：作物种质资源安全保存智能化技术研发与应用.....	128

一、新一代信息技术

项目一：未来智能技术应用关键科学问题（重大基础研究）

课题 1：面向人工智能安全的类脑计算关键科学问题

研究内容：研究面向符号表达式生成的单目标进化计算技术，实现可解释建模，探索对抗环境下异常行为和高度非平衡数据检测方法；研究可面向任意形式分布的条件密度估计网络，实现精准的目标概率密度估计；研究在复杂尤其是对抗环境下进化设计突触可塑性，实现可塑性神经网络解决模型静态和可插拔性差难题；以脑认知方法为基础，识别投毒数据、攻击位置和生成方式，研制对抗攻防算法平台；面向网络空间安全、工业制造、智慧城市等领域，实现异常数据场景下的可靠性决策和人工智能模型加固防御。

考核指标：实现面向符号表达式生成的单目标数值进化计算技术，实现符号表达式的全局连续优化；针对网络异常行为分布普遍存在的高度非平衡问题，实现数据非平衡率超过 1000 时，曲线下面积和几何均值均达到 0.9 以上；针对多元连续变量实现可面向任意形式密度分布的条件密度估计网络，面向人工智能安全问题类型多样化特点，实现至少在 10 个类型的多变量分布上平均对数似然高于-2，且连续型期望校准误差小于 0.2；实现对抗环境下局部可塑性规则的进化设计，实现非反向传播和非梯度类方法的可塑性神经网络，在网络有 50%以上结点差异或面对至少 5 个随机任务之间动态切换时，局部可塑性规则可动态调整神经网络实现功能保持；实现对投毒攻击的有效防御，防御成功率

不低于 80%，对检测到的投毒数据，有效定位数据中导致投毒成功的具体特征，并能模拟特征化前投毒数据的可能的生成方式；构建不少于 300 个虚拟机和类脑智能平台支持的网络安全测试环境。

课题 2：泛在智能物联可信组网与协同计算关键理论与技术研究

研究内容：研究智能物联可信网络构建理论与方法，构建动态自适应的海量异构物联网网络拓扑，实现开放环境下零信任基础上的可信组网；设计智能物联自适应的非结构化数据传输协议与调度算法，保障异构多变网络环境下兼顾高效性与可靠性的流数据传输；研究支撑协同计算的传存算异构资源调度方法与关键技术，实现云边端资源的灵活管理与一体化控制；研究可定制、自适应、细粒度的快速服务配置，实现高质量保证的服务调度；研究高鲁棒性协同学习系统架构和关键技术，实现协同学习轻量级全生命周期神经网络模型结构与分布式鲁棒优化，提供低延时、低负载和高可靠的智能物联计算。

考核指标：构建可信组网理论与方法，实现具备动态、高密度、异步异构网络下自适应拓扑更新能力的可信组网，更新速度达秒级，支持多层次抗拜占庭容错性与可证明安全性；设计动态网络环境下非结构化数据高效传输机制，保证数据时效性、完整性，在丢包率为 1~5% 的网络环境下，带宽利用率与 CUBIC、BBR 等算法相比提升 20%，实现网络端到端数据传输达到毫秒级；设计普适的云边端协同资源调度算法，资源分配决策时延达到秒级；

设计基于 5G/6G 且资源受限的物联网系统服务配置机制，任务调度延迟达到秒级；设计适配于物联网终端的轻量级协同学习算法，提出算法鲁棒性评估方法，模型更新时延达到分钟级别。

课题 3：区块链应用中关键密码技术研究

研究内容：以密码技术为核心技术，解决区块链特别是密码货币中的关键问题。研究账户模型下的隐私保护模型（包括交易金额的机密性和交易方的匿名性）、隐私保护密码货币的通用构造以及高效实例化；设计监管审计（包括合规性审计和穿透式监管）机制，构建扩展的安全模型，刻画系统对恶意监管者的安全性；利用密码工具设计扩容机制；研究区块链共识协议安全性评估方法，构建共识协议安全性自动化评估系统。

考核指标：隐私保护模型需给出严格定义，涵盖机密性和匿名性，强于现有模型；通用构造给出严格的归约式可证明安全；在 128bit 安全强度下，实例化系统的交易生成时间 5s 以内，验证时间 1s 以内，尺寸 15KB 以内；构建扩展的安全模型；合规性审计的复杂度与分布式账本的大小无关，支持常见的高频金融审计规则，如反洗钱、依比例纳税、选择性打开；在 128bit 安全强度下，实例化系统的交易生成时间 7s 以内，验证时间 2s 以内，尺寸 20KB 以内；穿透式监管的时间均在 1s，合规性审计效率与仅具备机密性和仅支持合规性审计的当前最优方案相当；共识协议安全性评估系统支持 PoW、PoS 等类型共识协议的链增长、一致性等安全属性评估。

课题 4：基于另类数据的科创金融量化分析技术研究

研究内容: 针对初创期科创企业资产结构轻、财务数据短缺、风险难以评估等问题, 利用非线性期望方法, 对社交网络信息、媒体信息、物流数据、卫星数据等多源异构另类数据进行分析, 构建科创企业全生命周期另类数据规范体系, 突破另类数据定性 & 定量处理的方法和技术, 建立另类数据在科创金融领域的应用范式。研究解决科创企业全的风险度量方法, 解决金融机构对生命周期相关的另类数据科创企业风险度量的难题。利用多源异构的另类数据, 构建一套全方位的、评价科创企业的风险指标体系, 构建风险评估动态量化模型, 开发相关智能分析和应用系统。

考核指标: 基于至少 1 类典型场景, 构建评价科创企业的风险指标体系标准 1 套, 支持不少于 3 种不同来源、不同分布的另类数据。提出针对科创企业的全新风险度量方法, 构建 1 个风险评估动态量化模型, 基于另类数据进行风险评估的准确率达到 80%。科创企业风险评估报告 1 篇; 制定科创金融的团体标准 1 套; 申请软件著作权或发明专利 2 项以上。

课题 5: 虚拟环境自动构建与智能识别技术研究

研究内容: 研究针对多源三维数据, 包括深度图像、点云、多边形网格模型的自适应深度神经网络模型, 研究复杂场景数据的高精度分割、识别、特征提取等, 提出基于多源数据深度学习的场景处理算法; 研究多源异步数据的联合学习方法, 获取场景内物体的类别、位置、形状等信息; 研究在多源相机设备下的高效高保真虚拟数字人建模算法; 研究细微人脸表情识别, 重建细微表情并迁移至虚拟数字人; 研究基于可微、连续的神经隐式表

示的带几何细节高真实感数字人建模算法。研制面向 VR/AR 的虚拟场景与虚拟数字人构建与驱动完整软硬件系统。

考核指标：提出面向多源三维数据的多尺度卷积、池化、注意力机制、位置编码等操作，以适用于多种几何深度网络模型；提出针对复杂场景的分割、识别、配准、重建等任务的新技术，三维物体分类识别精度达到 95% 以上；虚拟数字人建模算法支持各种类型的穿衣人体，平均重建精度在 1.0cm 以内；支持表情与动作识别、驱动与迁移，同步程度超过 90%。研制支持 VR/AR 的虚拟场景与虚拟数字人建模核心引擎，面向“元宇宙”领域的场景中进行实际应用。申请国家（际）发明专利不少于 8 项。

项目二：芯片与微处理器先进制造机理与方法研究（重大基础研究）

课题 1：低功耗薄膜微处理器先进制造方法研究

研究内容：研究集成电路后道工序对 130 nm 工艺节点的氧化物薄膜晶体管电学性能的影响；探索基于磁控溅射、原子层沉积等大规模生长工艺的薄膜集成电路制备方法；研究薄膜逻辑电路单元设计与电路功耗延迟积等电学特性的理论模型；构建针对氧化物薄膜晶体管逻辑电路的工艺设计包；研发制备基于互补型氧化物薄膜晶体管的微处理器芯片。

考核指标：通过兼容 BEOL 工艺制备沟道长度小于 130 nm 的氧化物薄膜晶体管，n 型 TFT 开关比高于 10^{14} ，p 型 TFT 开关比高于 10^4 ，10 年 85 °C 开态电流变化 10% 以内；单个逻辑门静态功耗小于 10 nW，提出薄膜晶体管的工艺设计包，与实际值相

差小于 10%；实现基于氧化物薄膜晶体管的 8-bit 微处理器，芯片集成度大于 10000 个晶体管每平方厘米，10 kHz 下功耗低于 10 mW；申请国家（际）发明专利不少于 5 项。

课题 2：超薄非接触式芯片模块制造方法研究

研究内容：研究超薄非接触式 IC 芯片模块的制造方法；研究制造过程中微裂纹减少 Crack-Down，相同机械和环境应力下，不易遭到反向工程或其他安全攻击；研究电磁场强度在 1.5~7.5 A/m 之间时，相移键控模式下非归零(NRZ)的数据状态传输实现；研究高速率传输协议下的防碰撞循环或位碰撞检测协议应用、可适用的高层协议、异步数据块传输的实现；研究能够防止电子文档欺诈，实现更纤薄、更安全的电子数据页、电子封面和身份证嵌体，使其更难以伪造或修改；研究不增加护照、国家电子身份证、电子健康卡、公民卡、居民卡、驾照和智能卡的厚度条件下，实现安全元件从封面扉页到内页个人资料的转移并提供了额外的安全性，防止被篡改、尝试剥离或重新插入 IC。

考核指标：实现 SOC 芯片剪薄厚度 50~75 μm ，涂胶覆盖率>80%，空洞率<15%，贴片胶厚度 5 ~ 10 μm 。弧高降低到 50 μm 以下，并实现 HAZ（热效应区域）降低 30%，同时线弧稳定性精度控制在 $\pm 5 \mu\text{m}$ （ 3σ ）。模块可靠性符合 JESD22-A101-104 的各项标准。申请国家（际）发明专利不少于 5 项。

课题 3：元宇宙闭环体感传感器集成封装和开源算法研究

研究内容：研究适用于闭环体感系统的集成体感、温感、气敏、压力等传感器数字信号处理、多维度体感信息处理及人工智

能算法集成基础理论；研究适用于体感系统、气敏等应用需求的小型化、低功耗 MEMS 多类型传感器芯片设计、材料与微芯片集成工艺及封装等关键技术；研究面向超现实体验的基于多类型传感器器件系统集成封装和算法融合关键技术。

考核指标：实现小型化、低功耗的 MEMS 传感器的封装，传感器可检测温度、脉搏波、呼吸波等人体健康信号 ≥ 5 种，集成封装尺寸 $\leq \Phi 30\text{mm} \times 20\text{mm}$ ；研发数字信号处理器方案，实现 MEMS 传感器高速通信，传感器响应时间 $\leq 30\text{s}$ ，功耗 $\leq 5\text{mW}$ ，选择性系数（R 目标/R 干扰） ≥ 10 ，响应值波动 $\leq \pm 10\%/ \text{年}$ ；MEMS 气体传感器检测下限： $\text{H}_2 \leq 5\text{ppm}$ ， $\text{NH}_3 \leq 1\text{ppm}$ ， $\text{NO}_2 \leq 10\text{ppb}$ ， $2\text{S} \leq 10\text{ppb}$ ；研发有机膜防水技术；集成不少于 4 种类型体感的体验功能，实现统一的闭环体感系统开源框架，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项；申请国家（际）发明专利不少于 6 项。

项目三：物联网与网络安全（重大科技创新工程）

课题 1：专用安全芯片的研发应用

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：千兆 IPSec 网络安全芯片研发应用

（略）

张榜范围：省内张榜

项目四：集成电路（重大科技创新工程）

课题 1：自主可控 RISC-V 嵌入式 CPU 设计及产业化

(略)

张榜范围：省内张榜

项目五：新型器件（重大科技创新工程）

课题 1：白激光照明成像系统研发及产业化

(略)

张榜范围：省内张榜

课题 2：中红外量子级联激光器技术开发及应用

(略)

项目六：超算与大数据（重大科技创新工程）

课题 1：超算互联网关键技术研发与应用

(略)

课题 2：智慧交管关键技术应用

研究内容：基于 5G 与视觉感知技术，研发 5G 移动执法终端和实时数据采集解决方案；研究云计算和区块链融合的交通共享平台技术，实现多源交通大数据安全可信利用；研发端-路-云协同治堵系统，实现云平台深度计算和自主学习，搭建融合执法终端数据的智慧交管云平台，应用于典型城市交通治堵领域，构建城市交通拥堵及事故主动监测预警系统，通过行为干预、轨迹分析，排查堵点、事故黑点，形成建设城市交通治堵示范区的能力。

考核指标：突破边缘智能、云路端协同、视觉感知等智慧交管关键技术 ≥ 5 项，穿戴式 5G 执法终端产品尺寸不大于 88mm*60mm*28mm，防护等级 IP68，屏幕尺寸 ≥ 2.8 寸，镜头

数量 ≥ 4 个,水平视角 ≥ 108 度,畸变10%以内,视频分辨率1800线,具备不少于10000台终端同时上传能力,5G可视化实时调度指挥系统能够及时毫秒级响应。云边协同的智慧交通管理算法模型,事件处理响应时间5分钟以内,交通状态预警与预测准确度90%以上;交通仿真模型用于交通绿波控制,交叉口通行能力提高20%以上;智慧交管系统可协调路口数量10-20个;路口参数自动优化周期1-3小时;区域参数自动优化周期3-6小时;相位信息显示刷新频率1秒;支持信号子系统的数量4-8个子系统;用户的支持数量100-200个;并发访问系统的用户数量40-80个;故障记录时间保存时间1年;交通流实时数据的保存时间15天;交通流仿真的路口的最大数量300个;时钟的校时误差小于1秒;校时命令的执行次数为1天1次。实现5G执法终端全国布局,部省市级智慧交管云平台 ≥ 10 个。实现城市交叉口黄闪控制、定时控制、协调控制、感应控制、绿波带控制、模糊控制等各项数据明显提升,实现智慧交通、智慧执法、交通治堵示范区等领域的应用;申请发明专利 ≥ 15 项、软件著作权 ≥ 7 项,形成国标和行标 ≥ 5 项。

项目交付件: 完成时须提供量产后连续三批次产品一致性、考核指标测试合格的证明及应用验证报告。按产业化指标要求需与下游用户签订正式采购协议,持续供货6个月以上,产业化生产须落地在山东省企业。

技术成熟度: 当前等级不低于5级(初样级),完成后不低于10级(销售级)。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：由山东省辖区内独立法人单位牵头申报，鼓励高新技术企业联合高校、科研院所申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

二、高端装备

项目一：高速精密智能制造关键科学问题（重大基础研究）

课题 1：宏微耦合系统智能控制理论与技术研究

研究内容：针对半导体封装、晶元切割、新能源电池焊割、白车身激光飞行焊接等新兴行业对制造装备大工作空间、高速、高加速、高精度的轮廓运动控制的需求，开展宏微耦合系统的智能控制理论与技术的研究。研究宏微控制系统的动态特性和误差耦合机理，突破多目标约束下的宏微路径分解和智能规划理论难题；研究不同时间和空间尺度下宏微系统的同步策略，以及高频响、微位移与超短周期控制方法，实现宏微系统的高速、高精和同步控制；研究基于工业互联网的装备运行状态和环境实时感知、分析与处理技术，实现制造工艺、生产过程和设备运维的智能化；形成面向高速精密制造的宏微耦合系统智能控制解决方案。

考核指标：突破面向大工作空间、高速、高加速、高精度的宏微系统控制基础理论和关键技术，建立适用数控机床-激光振镜、机器人-激光振镜 2 种宏微系统的控制理论模型；开发网络化的智能控制系统，支持 3 组三维振镜的多通道控制，宏微系统时间同步精度 $\leq 1\ \mu\text{s}$ ，超短控制周期 $10\ \mu\text{s}$ ；开发数控机床-激光

振镜和机器人-激光振镜等 2 种以上典型加工工艺，最大加工线速度 20000 mm/s 时的加工精度 $\leq \pm 10 \mu\text{m}$ ；申请并被受理国家(际)发明专利 ≥ 5 件。

课题 2: 跨尺寸高分辨微系统一体化高效加工关键问题研究

研究内容: 针对生物芯片、量子器件、微型成像系统等高精度立体光学器件制备效率和分辨率难以兼顾的难题，开展飞秒双光子聚合和数字微镜阵列单光子聚合相互融合的基础理论和加工体系研究；研究高阶色散补偿和非线性效应抑制难题，实现高亮度高稳定性飞秒脉冲输出；研究跨尺度集成微系统的三维模型，探索高分辨率及大尺寸一体化结构的加工数据拆分方法，构建激光加工点位与实际器件部位的空间映射点云模型；研究双光子和单光子聚合与光敏材料相互作用机理，探究原位实时光学检测方案，通过优化加工参数形成不同应用场景下高效率、高分辨的工艺实现方法。

考核指标: 构建应用于模拟飞秒光纤激光器中脉冲稳定产生和高性能放大的精确数值计算模型，获取飞秒激光波长 515 nm/343 nm，脉冲宽度 $< 300 \text{ fs}$ ，平均功率 $> 50 \text{ W}/30 \text{ W}$ ，光束质量 $M^2 < 1.3$ ，功率波动率 $< 2\% \text{ rms}$ ；形成飞秒激光双光子聚合加工和数字微镜阵列单光子聚合加工相互融合的理论体系，搭建研发技术验证平台 ≥ 1 个，加工体积达到 $150 \times 150 \times 10 \text{ mm}^3$ ，三维打印速度达到 $100 \text{ mm}^3/\text{h}$ ，实现光学元器件表面粗糙度(Ra) $\leq 20 \text{ nm}$ ，重复定位精度 $\leq 20 \text{ nm}$ ，最小特征尺寸 100 nm，开展 2-3 个典型工艺或应用示范。受理国家（国际）发明专利 ≥ 4 件。

课题 3: 透明光滑材料缺陷智能检测理论与方法研究

研究内容: 针对 3C、医疗等众多行业对光学镜片表面缺陷系统自动化、高准确性、高精度、高速度的需求,开展对镜片表面缺陷检测系统的智能检测理论与技术的研究。研究镜片表面及其镀膜的高分辨率成像机理;研究系统分辨率、扫描时间、视场大小等多目标约束下的轮廓分割和智能识别理论与算法;研究针对高透被检材料进行兼顾高精度与高实时性的高速采集及处理技术;建立面向光学镜片表面缺陷工业检验的自动化、高准确性、高分辨率成像,及高速缺陷识别、分割、提取的智能解决方法。

考核指标: 突破面向光学镜片表面缺陷的高准确性、高精度、高速度的自动化检测系统基础理论和关键技术,建立镜片表面缺陷的微米级检测系统模型;实现对高透被检材料缺陷进行兼顾高精度与高实时性的高速采集及处理;支持断层扫描、厚度测量、3D 外轮廓成像等功能;检测效果及检测能力不受外界照明光源及照明角度影响,可实现全自动化连续工作。系统轴向分辨率为 $1\ \mu\text{m}$, 横向分辨率为 $5\ \mu\text{m}$, 灵敏度或信噪比大于 100 dB, 采集频率大于 250 kHz; 缺陷检出率大约 99.9%, 误检率低于 1%, 系统成像视场大于 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$, 实现面向半导体、3C、医疗等场景 2-3 个典型应用。受理国家(国际)发明专利 ≥ 5 项。

项目二: 核心零部件(重大科技创新工程)

课题 1: 高端电控液压柱塞马达研发

(略)

张榜范围：省内张榜

课题 2：高截面推力全电航空发动机研发及产业化

（略）

课题 3：高速高刚性超精密主轴单元研发与产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 4：无压缩机固态电卡制冷系统研发及产业化

（略）

项目三：高端成套装备（重大科技创新工程）

课题 1：凿岩机器人关键技术研发及产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：高端激光坡口切割数控机床研发及产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 3：高端生物装备制造技术及成套系统

研究内容：研究在线生物传感器，研究多传感器集成、多模态数据融合技术，研究过程优化控制系统。研究高通量新型动植物细胞及微生物菌种筛选育种技术，研究 7 万级微反应器装备。研究优化生物反应器设备结构设计，研究高光洁度加工工艺与技术，研究反应器内流体力学特性，设计高粘度大分子生物制品的分离技术及装备。研究高粘物料专用膜分离、色谱分离核心装置，研究成套分离系统。

考核指标: 设计制造吨级大容量高性能生物反应器成套装备, 构建感知新型生物过程的生物传感器 ≥ 6 种, 线性范围 10-1000 mg/L, 误差 $\leq 2\%$; 构建基于底物、中间代谢物、产物的大数据智能控制系统, 开发和应用 2 种基于多组学数据整合细胞微、宏观生理代谢特性研发高效膜分离系统、色分析的生物过程精准优化策略; 建立 2 种新型生物过程大数据库, 并针对 2 种新型生物产品开发基于大数据-机理混合驱动的生物过程智能控制软件; 设计制造实验室规模高通量微反应器, 单细胞制备速度可达 70000 个/s, 目标细胞分选速度可达 200 个/s; 连续培养时间高达 20 天以上; 实时在线检测细胞的生长, OD 值检测范围高达 16, 荧光强度变化可测达 0-60000 counts, 实时在线检测产物含量变化, 高效自动筛选出目标细胞, 正确率 $> 95\%$ 。高性能生物反应器成套装备搅拌同心率 99.99%, 内壁光洁度 $0.2\ \mu\text{m}$, 流加物料扩散速率小于 0.5 s, 生物反应器摄氧率 $\geq 3.2\ \text{molO}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$, 细胞搅拌剪切损伤率低于 2%, 发酵体系温差 $< 0.5^\circ\text{C}$, pH 小于 0.05。建立高粘度大分子量生物制品高效分离技术体系, 谱分离系统, 研制特种分离膜、特种树脂, 建立信息化控制系统。生物大分子收率 $> 90\%$, 活性保存率 $> 95\%$, 分子量差 $< 25\%$ 。开发生物发酵的多参数在线分析仪 2 套, 开发 1 个智能制造全场景应用示范平台, 建立实验室小型高通量生物反应器生产线 1 条, 1000 L 以上高端生物反应器生产线 1 条, 新型生物发酵产品分离技术对高粘度、大分子装备生产线 1 条。申请发明专利 ≥ 3 件。

项目交示件: 完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用

验证报告；生产线第三方验证报告；产业化生产须落地在山东省企业。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：由山东省辖区内独立法人单位牵头申报，鼓励高新技术企业联合高校、科研院所申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 4：高速湿法同步拉伸装备及工艺技术研发
(略)

张榜范围：省内张榜

项目四：轨道交通（重大科技创新工程）

课题 1：轨道交通载运装备综合实验与系统试验技术
(略)

张榜范围：省内张榜

项目五：科学仪器（重大科技创新工程）

课题 1：高精度磁性测量仪器的研制和产业化
(略)

三、新能源新材料

项目一：材料构筑新方法 with 物性调控机制（重大基础研究）

课题 1：激光增材制造高性能金属基复合材料基础研究

研究内容: 研究典型金属基体材料与纳米强化颗粒材料之间的物化相容性; 基于高通量和机器学习技术, 聚焦镍基、铝基、模具钢等典型金属材料, 研究面向激光粉末床熔融 (LPBF) 增材制造的复合粉体组分设计理论; 研究 LPBF 成形高性能复合材料的跨尺度形性调控方法, 明晰凝固前后纳米强化颗粒在熔池中的运动迁移行为, 揭示强化颗粒对残余应力、微观组织的影响规律。研究 LPBF 成形高性能金属基纳米复合材料的强化机制及寿命服役行为评价方法。

考核指标: 建立 LPBF 增材制造专用金属基复合材料组分设计准则, 研发出不少于 3 种高性能金属基纳米复合材料体系; 建立精准的纳米强化相添加比例机器学习预测模型, 模型预测值误差低于 5%。构件成形精度达 $\pm 40\ \mu\text{m}$, 致密度 $>99.5\%$; 解剖面光镜下无可见裂纹、未熔合缺陷。镍基复合材料 900°C 高温拉伸性能: 抗拉强度 $\geq 300\ \text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 200\ \text{MPa}$, 断后延伸率 $\geq 20\%$; 铝基复合材料室温拉伸性能: 抗拉强度 $\geq 550\ \text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 450\ \text{MPa}$, 断后延伸率 $\geq 15\%$, 磨损率 $\leq 5 \times 10^{-4}\ \text{mm}^3/\text{Nm}$; 模具钢复合材料: 室温硬度 $\geq 55\ \text{HRC}$, 磨损率 $\leq 2 \times 10^{-5}\ \text{mm}^3/\text{Nm}$ 。在航空航天、汽车、模具等领域开展示范验证。建立与高性能复合材料匹配的热处理制度及服役行为评价方法。申请国家 (际) 发明专利不低于 6 件。

课题 2: 新型量子自旋材料物性调控关键科学问题研究

研究内容: 研究制备二维反铁磁材料、磁性异质结构和有机铁磁晶体; 研究磁性异质结构综合性能的电调控方法, 解决电控

磁化翻转机制、效率低、功耗大等共性关键科学技术问题，实现低电流密度、零磁场下可控磁化翻转等关键技术；澄清二维层状反铁磁材料中的自旋相互作用机制、磁振子量子尺寸效应和反铁磁序的探测调控机制；探索有机磁晶体的偏振光场响应机制，实现对有机晶体自旋极化的调节；揭示二维材料光电输运特性对缺陷结构的依赖关系，发展二维光电芯片制备新方法、新技术，并形成实验演示原型器件，为构建新型二维光电器件奠定物理基础。

考核指标：揭示电控磁化翻转十态非易失磁存储原理，实现零场下临界磁翻转电流密度 $<5 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ ，达到 $<1 \times 10^7$ ；在二维反铁磁中实现磁振子与电磁波的耦合强度 >0.02 ；制备有机手性铁磁性晶体居里温度 $>350 \text{ K}$ ；揭示二维光伏探测机制，实现探测宽波段（350nm~1600nm）和光电响应时间 $<100\mu\text{s}$ 。

课题 3：高效多功能黏度指数改进剂及减摩抗磨添加剂设计、制备和作用机制研究

研究内容：通过分子优化设计，发展具有优异黏温性能和减摩性能的新型多功能黏度指数改进剂，研究其在润滑基础油中的流变学特性，揭示其摩擦学作用机制。通过合理分子设计，制备系列绿色、低硫离子型减摩抗磨添加剂，研究其物理吸附和摩擦化学作用机理。研究黏指剂、抗磨剂和清净分散剂等各功能添加剂之间的复合效应及相互作用规律，发展具有优异过滤性、减摩抗磨和抗氧化等性能的节能长效工程机械液压油，实现降低燃油消耗减少排放的目标。

考核指标：揭示新型多功能黏度指数改进剂的摩擦学作用机

制；创制绿色、低硫离子型减摩抗磨添加剂 2~3 种；揭示黏指剂、抗磨剂和清净分散剂等各功能添加剂之间的复配作用规律，发展节能长效工程机械液压油关键润滑材料，40℃运动黏度 41.4~50.6，黏度指数 ≥ 160 ，磨斑直径（392N） ≤ 0.6 mm；与满足 GB11118.1-2011 质量指标要求的 HM 普通抗磨液压油相比，降低燃油消耗，润滑油换油周期延长到 1.5 倍以上；申请国家发明专利 2~3 件。

项目二：氢能技术（重大基础研究）

课题 1：氢燃料电池储能系统中贵金属替代关键科学问题

研究内容：针对膜电极组件中铂族催化剂材料限制氢燃料电池商业化使用的问题，开展非贵金属氢燃料电池储能系统的研究。研究开发高活性和高稳定性的阳极氢氧化反应（HOR）和阴极氧还原反应（ORR）低铂或非铂催化剂，降低燃料电池的成本。提高质子交换膜的耐高温性能、质子传导率及双极板的电导率、导热性和气密性、机械稳定性和耐腐蚀性，制备机械稳定性增强的复合质子交换膜，获得成本低、性能优异的质子交换膜氢燃料电池储能系统。

考核指标：减少或替代阴阳两极贵金属负载，每千瓦的铂金属负载量低于 0.2 g，催化剂金属载量 ≥ 40 wt.%，纳米金属颗粒分散均匀，粒径大小偏差 $\leq \pm 0.8$ nm，催化剂电化学活性面积 ≥ 50 m²/g；设计合成 4-6 种具有良好反应活性和稳定性的材料，阴极催化剂在质量比活性 0.44 A/mg 下过电位小于 900 mV，稳定

性大于 600 h；阳极催化剂稳定性大于 500 h。建立催化剂批量制备生产线或中试线，单批次产量 ≥ 1 kg，年产能 ≥ 300 kg。实现质子交换膜最高耐受温度 120 °C，电阻小于 5600 ohm/cm²，氧传输阻力 ≤ 10 s/cm；设计电导率大于 100 S/cm 的双极板；氢燃料电池能在-30 °C条件下工作，额定功率密度 ≥ 60 KW 和体积功率密度 ≥ 3.3 KW/L，耐久性大于 6000 h；申请国家发明专利 2 项以上。

项目三：新能源电池

课题 1：聚合物电解质材料与固态电池关键科学问题（重大基础研究）

研究内容：针对传统聚环氧乙烷基聚合物固态电池存在高电压稳定性差、循环寿命短等问题，利用机器学习技术，构建高性能聚合物电解质数据库，基于大数据分析，筛选优化聚合物结构、电解质组成，发展耐高电压聚合物固体电解质；开展聚合物电解质与高电压正极、锂金属负极的界面兼容机制研究及全生命周期内电池安全行为评价；发展聚合物基全固态电池的规模化制造技术，并进行大容量单体的示范化应用验证。

考核指标：开发 4 种及以上耐高电压聚合物固体电解质材料，聚合物固体电解质室温离子电导率大于 10^{-4} S cm⁻¹，电化学窗口大于 4.5 V，杨氏模量大于 2 GPa，拉伸强度达到 25 MPa；固态电池单体能量密度达到 350 Wh/kg，室温下 0.2 C 以上倍率充放电循环 ≥ 500 次，容量保持率 $\geq 80\%$ ；固态电池单体容量 ≥ 40 Ah，热失控温度 ≥ 200 °C，体现本征安全特性，通过国标安全测试；

申请专利 ≥ 6 项。

课题 2：全固态高比能锂电池关键材料与器件研究（重大科技创新工程）

（略）

张榜范围：省内张榜

项目四：新能源汽车（重大科技创新工程）

课题 1：高性价比增程器系统开发与整车集成

（略）

张榜范围：省内张榜

项目五：能源安全（重大科技创新工程）

课题 1：二氧化碳驱油提采关键技术研究及产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

项目六：新型材料与器件（重大科技创新工程）

课题 1：大规模集成电路平坦化关键材料研发

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：超高纯三氟化氮研究开发

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 3：金刚石复合衬底及 HEMT 器件

（略）

张榜范围：省内张榜

项目七：光刻工艺关键技术与材料

课题 1：KrF 正性光刻胶去活性机理研究（重大基础研究）

研究内容：以光刻胶“去活性”新理论为指导，开展对 KrF 光刻胶树脂的极性、碱溶性以及交联度（crosslink）量化和优化的研究。找到影响去活性的因素及其科学规律，为优化光刻胶的解析度而提供方向和理论指导。将 KrF 光刻胶的耐刻蚀性能大幅度提高，同时提高分辨率，充分体现出“去活性”理论的颠覆性优势。加快 KrF 光刻胶的国产化，并且领先国际水平。

考核指标：KrF 光刻解析度达到线宽 $0.13\ \mu\text{m}$ ；曝光剂量控制在 $20\sim 100\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ 以内；曝光、显影窗口大于 10%；对硅基底干法刻蚀比胶：硅小于 2:1；金属污染物 $<10\ \text{ppb}$ ；申请国家（际）发明专利不少于 4 项。

课题 2：掩模板关键技术与产业化（重大科技创新工程）

研究内容：研究掩模版制造的全过程，包括数据转换、光刻工艺、清洗检测等工序；研究从晶圆厂获得制版数据开始到完成掩模版制造输送给晶圆厂使用结束的全流程工艺；研究包括光刻工艺中的相位移掩模、光学临近效应修正等关键技术，提高掩模版的质量，减少掩模缺陷。

考核指标：生产 248 nm、193 nm 光刻工艺的掩模版，形成年产 15000 片各种尺寸掩模版的生产能力，其中包含 5000 片用于 248 nm、193 nm 光刻工艺的掩模版。申请专利 ≥ 5 项。

项目交示件：完成时须生产的掩模板各项指标符合晶圆厂一般性应用要求，完成时须提供量产后连续三批次产品一致性、考

核指标测试合格的证明及应用验证报告；产业化生产须落地在山东省企业。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：由山东省辖区内独立法人单位牵头申报，鼓励高新技术企业联合高校、科研院所申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 3：硅基光刻胶研发及产业化（重大科技创新工程）
（略）

项目八：磁性材料（重大科技创新工程）

课题 1：电机用超高性能稀土永磁制备及产业化
（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：球形非晶/纳米晶磁性粉末材料及电感产业化开发
（略）

张榜范围：省内张榜

项目九：行业用关键材料（重大科技创新工程）

课题 1：高端装备用液压油关键技术研究及产业化
（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：新一代氯碱离子膜研究及产业化

(略)

张榜范围：省内张榜

课题 3：尾气净化关键脱硝催化材料研发及工程化

(略)

张榜范围：省内张榜

四、现代海洋

项目一：海工新材料

课题 1：海洋工程用多主元合金的构筑和性能调控基础研究
(重大基础研究)

研究内容：针对海洋工程合金的力学、耐蚀和抗菌性能难以平衡的关键科学问题，研究耐蚀元素的物化特征-高熵合金结构-力学性能的相关性，建立多种耐蚀元素复合钝化的强韧高熵合金设计准则；探索制备工艺和热处理对抗菌元素在高熵合金中的扩散互溶行为和形核长大行为的影响，建立抗菌元素在强韧耐蚀高熵合金中均匀纳微米析出的调控理论和技术；研究高熵合金的变形、腐蚀、杀菌行为及相互影响机理，建立基于高熵合金结构和抗菌元素纳微米析出的力学、耐蚀、抗菌性能预测模型；制备强韧-耐蚀-抗菌多主元合金，在海工装备典型部件上展开工程应用验证。

考核指标：获得强韧-耐蚀一体化高熵合金的成分设计准则，获得抗菌元素在强韧耐蚀高熵合金中均匀纳微米析出的制备工艺和热处理协同调控技术，揭示高熵合金结构和抗菌元素纳米析出对力学、耐蚀、抗菌性能的影响机理，指导开发出强韧-耐蚀-

抗菌一体化海洋工程合金，使其拉伸屈服强度 $\geq 310\text{MPa}$ ；通过实验室浸泡实验、电化学性能测试等实验手段，结合 3 个月以上山东海域海洋实际工况检测，耐腐蚀性能和抗菌性能优于 304 不锈钢，铜绿假单胞菌的菌落数降低率 $\geq 98\%$ ，生物膜厚度降低率 $\geq 30\%$ 。提出强韧-耐蚀-抗菌一体化海洋工程合金服役性能的评价方法，申请国家（际）发明专利不少于 6 件，授权国家（际）发明专利不少于 2 件，提交地区或行业标准不少于 1 项。

课题 2：苛刻工况防护涂层构筑及损伤机理研究（重大基础研究）

研究内容：针对海洋装备深海作业、核能堆壁等高压和腐蚀苛刻工况环境，从材料性能优势互补、环境因素协同响应及界面匹配的角度为切入点，探索和构筑适用于重载、腐蚀、高速、高低温等多因素交互耦合的特定苛刻工况环境下的复合防护涂层体系。研究“力学-电化学-热力学耦合”交互苛刻环境复配防护涂层体系结构和功能设计；研究防护体系可控制备，揭示和调控材料组元及物相结构与理化性能构效关系；探究防护涂层体系损伤机理及其在多因素耦合环境下的功能退化过程与损伤规律；构建组元、结构、功能、环境协同的复配准则与界面匹配调控机制和理论体系；开发搭建适合于多因素交互耦合苛刻工况环境下的防护设计平台。

考核指标：建立同时胜任铝、钛、钢铁等不同基体在特定苛刻环境的高承载、耐磨耐蚀防护涂层材料体系构筑及损伤机理理论基础体系；提交苛刻环境高性能防护涂层材料体系构筑及损伤

机理技术成果报告 1 份；涂层界面结合力大于 30 N、硬度不低于 13 GPa、韧性达 4 级，室温摩擦系数小于 0.1、磨损率小于 $5 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ，模拟海水腐蚀电位高于 -0.19 V、腐蚀电流密度 $< 3.7 \times 10^{-7} \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$ ；申报国家发明专利 5 件、授权 3 件以上；支撑建设省级及以上科研平台至少 1 个。

课题 3：海洋环保长效耐磨防污材料制备及产业化（重大科技创新工程）

研究内容：针对当前海洋防污涂料防污期效短、无机和有机杀生剂含量高等问题，研究氟硅改性聚氨酯树脂，突破有机无机杂化改性聚硅氧烷树脂分子设计和制备技术、海水环境中水凝胶层和接枝抑菌层结构单元的自组装抑菌防污结构等关键技术；研究含液光滑表面材料，突破超光滑防污涂层性能提升技术；开发无毒、耐磨、长效防污涂料和可粘贴高弹性防污膜材料；优化网衣涂料涂覆和复合加工、连续固化成型、防污膜材料的可粘贴加工等工艺，实现海水养殖网箱等用防污材料制品和网衣批量化制备，开展海洋防污涂层技术的工程化应用。

考核指标：耐磨防污树脂：拉伸强度 $\geq 10 \text{ MPa}$ ；断裂伸长率 $\geq 100\%$ ；撕裂强度 $\geq 40 \text{ kN/m}$ ；耐磨性 $\leq 40 \text{ mg (750g/500r)}$ 。实海测试两个海生物生长旺季，单个养殖周期内海生物附着面积 $\leq 10\%$ ；无毒，无重金属，无杀生成分释放；防污期效 > 36 个月。柔性可粘贴防污膜：拉伸强度 $\geq 3 \text{ MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 200\%$ ，耐磨性 $\leq 100 \text{ mg (750g/500r)}$ ，胶带剥离强度 $\geq 0.4 \text{ N/mm}$ ，防污期效 > 12 个月。制修订团体及以上标准 3-5 项。申请国家发明专利

5-10 项，其中授权专利 3 项以上。

项目交示件：完成时须获得无毒、耐磨、长效和可粘贴高弹性防污涂料产品，建立产业化生产线 2-3 条，形成年产 1 万吨级防污涂料生产能力、1000 平米防污膜胶带生产能力。年加工防污网衣产能 1000 吨以上。开展 5 万方水体以上养殖网箱网衣防污涂料和网衣聚氨酯涂料应用示范。项目产业化须落地在山东省企业。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 9 级（系统级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：项目牵头单位需为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业，鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目二：高端海工装备（重大科技创新工程）

课题 1：升沉补偿主动控制技术与装备研制

研究内容：围绕海工装备用升沉补偿液压元件及系统关键技术瓶颈，开展海工装备用高端液压马达和海工装备升沉补偿液压控制系统关键设备研究；突破海工装备用高端液压元件高频响高鲁棒性控制技术，实现海上起吊作业升沉补偿系统的研究与海上试验验证。

考核指标：完成系列海工装备用高端液压马达，额定压力 \geq

40Mpa，响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ，工作寿命 $\geq 5000\text{h}$ ，完成耐腐蚀试验，中性盐雾实验时间 $\geq 2000\text{h}$ ；研制 2 种起吊拖曳作业波浪补偿装备，作业重量 ≥ 100 吨，6 级海况下运动补偿精度 $\geq 85\%$ ，恒张力控制精度 $\geq 90\%$ ，国产化率不低于 80%，完成海上实验验收，建成验证试验平台 1 台。

项目交示件：完成时须提供样机 2 台套。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 800 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：智能河海直达船关键技术研究与应用

研究内容：针对河海航道复杂及减碳需求，研发中小型河海直达绿色智能化标准船型，研究河海直达船型气层减阻、线型优化、结构轻量化以及智能管控等技术；研发高效电力推进系统，研究箱式移动电源控制及低耗直流配电技术；建立能耗与航速、载量、航态的响应面数学模型，形成船舶智能能效管理系统；建造河海直达绿色智能船舶并示范应用。

考核指标：完成绿色智能河海直达电动船型设计 1 个，沿海航速 11km/h，内河航速 5km/h，较同吨位传统最佳船舶阻力降低 12%，单位载货量对应钢料重量降低 5%，载货量增加 5%，推进

效率提高 5%，同比能效提升 15%；20 呎箱式移动电源容量 $\geq 2.0\text{MWh}\pm 5\%$ ，直流配电电力推进效率 $\geq 92\%$ ；研建 2000 吨级绿色智能河海直达示范船 2 艘，取得 CCS 绿色船舶-3 附加标志。申请发明专利 3 件、软件著作权 3 件。

项目交付件：完成时须新建 2000 吨级绿色智能河海直达示范船 2 艘，取得 CCS 绿色船舶-3 附加标志。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目三：海上油气开发（重大科技创新工程）

课题 1：高效永磁直驱电泵系统研制

研究内容：重点开展潜油永磁电机离心泵系统的关键技术及工程化应用。突破潜油永磁同步电机温升及其控制技术，建立潜油永磁同步电机损耗数学模型，开展温升测试实验验证；开展高效潜油永磁同步电机电磁热耦合作用下退磁及其检测技术研究，实现基于反电动势和小波分析的永磁体退磁检测技术方法；开展高效潜油永磁同步电机电磁振动及其抑制技术；高效潜油永磁同步电机离心泵系统测试技术，实现针对不同井况进行电机及整机

系统性能测试验证。

考核指标：研发产品符合行业规范标准要求，进行工程化应用示范，形成具有自主知识产权的永磁直驱电泵，系统国产化率不低于 90%，推广应用不低于 20 口井。电机额定功率 $\geq 150\text{kW}$ ；电机调速范围 1500-3600r/min；理论排量范围 $\geq 300\text{m}^3/\text{d}$ ；额定扬程 $\geq 2600\text{m}$ ；电机效率 $\geq 85\%$ ；系统效率 $\geq 45\%$ ；持续工作寿命 $\geq 8000\text{h}$ ，井下系统耐温 $\geq 150^\circ\text{C}$ 。

项目交件：完成时须实现年产 300 台（套），推广应用不低于 20 口井。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 800 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：深水柔性立管群智能监测装备研发与应用

研究内容：针对深海油田开发对海洋立管群智能监测和疲劳预测分析需要，精准确定多参数监测单元布放位点，形成立管群智能监测总体解决方案；研究立管环空气体实时监测技术和立管疲劳预测分析技术，实现海洋立管健康动态监测和寿命评估；研制立管智能监测系统样机，并在深水油气田实现示范应用。

考核指标：智能监测系统样机可监测参数 ≥ 6 项（顶张力、

应变、三维加速度、二维角速度、一维倾角和曲率)，全量程测量误差 $\leq 1.5\%$ ，疲劳识别准确率 $\geq 95\%$ ，工程验证持续监测时长 $\geq 90\text{d}$ ； CO_2 、 CH_4 和 H_2S 采样时间间隔 $\leq 0.01\text{s}$ ，监测精度 $\leq 10\text{ppm}$ ；样机适用水深达到1500m级，可同时监测柔性立管数 ≥ 10 条，样机应取得防爆认证，满足智能操控、数据远程传输等要求，样机及软件通过船级社认证。申请国家发明专利10件，获软件著作权5件。

项目交件：完成时须实现年产样机超10台套，完成测试报告1份、现场应用结果评估报告1份，测试通过第三方船级社认证，在深水油气田初步应用示范。

技术成熟度：当前等级不低于5级（初样级），完成后不低于8级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过1500万元

申报条件：牵头单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业，鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题3：高效环保延时膨胀表层导管研发及产业化

研究内容：重点研发高强、高承载力、高抗弯性、快速安装的膨胀表层导管。突破表层导管遇水延时膨胀材料研发，开展膨胀材料、交联剂和惰性剂在不同配比情况下的物理性能测试，实现耐磨损、耐高压、低温延迟膨胀材料制备。建立极端边界条件

约束下的表层导管承载力模型，实现整体强度分析；突破表层导管快速接头技术，形成安全高效连接工艺。

考核指标：研发适应于1500m水深条件下膨胀表层导管，单根承载能力 $\geq 22\text{MN}$ ，抗弯强度 $\geq 7.5\text{MN}\cdot\text{m}$ ，抗扭能力 $\geq 120\text{kN}\cdot\text{m}$ ；完成高性能导管快速接头产品研发，单根连接接头上扣圈数小于等于1.5圈；研发膨胀材料配方3种，膨胀率 $\geq 200\%$ ；产品使用寿命 ≥ 30 年；形成整套海洋深水高效环保延时膨胀表层导管设计、标准和产业化能力，在1口井以上应用示范。

项目交件：完成时须成功研制适应于1500m水深条件下膨胀表层导管，产品符合API或国标SY/T要求，在1口井以上应用示范。

技术成熟度：当前等级不低于6级（正样级），完成后不低于8级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过1000万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题4：深水复杂钻井多相流动模拟关键技术与监测装备

研究内容：针对深水复杂钻井面临的井筒高低温交变、水合物相变、超临界相变等复杂油气井筒多相流动问题，建立数值模拟模型，研究井筒内部压力及温度变化精确预测技术；研究稳定的深水钻井水力参数优化设计、深水钻井井涌压井模拟分析、非

常规压井水力参数优化等模拟模块，开发多相流动仿真模拟软件；研制随钻流动参数监测设备，实时优化钻井水力参数。

考核指标：井筒内部单相情况下预测 ECD（钻井液当量循环密度）、流体温度预测误差 $\leq 10\%$ ；多相情况下 ECD、流体温度预测误差 $\leq 15\%$ 。开发多相流动仿真模拟软件 1 套，具备深水复杂油气井筒水力优化设计、井涌动态模拟、常规压井法、置换法、压回法、顶部压井法、救援井压井法设计等功能；随钻监测设备流量差值精度 $\pm 35\text{L/min}$ ，对井涌、井漏等风险预警时间相对于常规方法（泥浆池增量法等）提前 10min 以上。申请国家发明专利 10 件，获得软件著作权 5 件。

项目交示件：完成时须实现深水复杂油气钻井井筒多相流动仿真模拟软件系统的开发，监测设备年销售 5 套以上，软件推广应用海上钻井数达 10 口井以上。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目四：海洋电子产品（重大科技创新工程）

课题 1：海上无人设备惯导系统研发及产业化

研究内容：研究基于卡尔曼滤波、机器学习和神经网络多元融合技术的自主高精度航姿解算算法；研究航姿参考系统传感器误差补偿与校正技术，包括非线性补偿、正交补偿、温度补偿和漂移补偿等技术；研究新型国产化航姿参考系统的多层陶瓷 SIP 异构集成立体 3D 封装设计制造技术，包括加速度计、陀螺仪以及磁力计等芯片的电路及封装结构设计制造技术、低应力粘接工艺技术及立体 3D 结构电气互联工艺等关键技术；研制可工程应用及产业化的全国产化航姿参考系统，满足无人海洋装备对航姿的高可靠、高精度测量要求。

考核指标：研制无人设备航姿测量系统，实现在复杂环境下对海洋无人设备姿态及位置信息的准确测量，横滚角精度优于 0.05° ；俯仰角精度优于 0.05° ；航向角精度优于 0.1° ；平均无故障工作时间 50000h；满足抗冲击能力大于 3000g，抗震动大于 5g（RMS）的工况；形成达产产能 ≥ 1 万只的生产线。

项目交件：完成时须采用厚膜集成电路工艺，小批量生产样机 5 台套，并完成应用示范。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：水下作业系统通信定位一体化装备研发

研究内容：针对水下装备定位精度低、通讯距离近和功能集成度低等技术难点，突破水声信号时延估计技术，利用宽带扩频信号实现时延精准估计，极大地提高水声定位精度；突破声线弯曲在线补偿修正技术，通过温度、盐度和深度等反演等效声速用于声线弯曲在线补偿，实现实时水声传播的精准距离估算，增强系统的环境适应性；突破水声通讯定位一体化技术，实现统一体系的水声通讯与定位协议，研制水下作业通讯与导航定位一体化装备。

考核指标：研制水声通讯定位一体化系统，完成海上试验验收。水声定位距离定位精度不低于 0.45%斜距，方位精度优于 0.24 度，最远定位距离达到 2.5km，定位成功率高于 92%；水声通讯速率 20-2400bps，最远通讯距离达到 10Km，支持最快速度 6 节运动条件下通信，高信噪比条件下比特误码率低于 10^{-7} ；建设海洋声学装备生产线 2 条，具备 3 年不低于 100 台套产品量产能力。

项目交示件：完成时须实现小批量样机 5 台，完成应用示范。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目五：海产品加工装备（重大科技创新工程）

课题 1：海带收割载体船的研制及应用

研究内容：针对海带机械化收割装备缺乏、养殖模式与机械化收运匹配性低等难题，研究低速均匀动力推进系统、自动纠偏驱动系统，研制可浮行于养殖筏架上的浅吃水收割载体船。研究波浪环境下海带苗绳挑出、解扣和抓取技术，研制与母船航速相匹配的牵引提升采收装置。研究筏式结构改变与机械化采收的匹配性，建立适宜机械化采收的海带养殖新模式。

考核指标：海带收割载体船排水量 $\leq 40\text{t}$ ，功率 $\leq 30\text{kW}$ ，可抗 5 级风浪，吃水深度 $0.5\text{m}\pm 0.1\text{m}$ ，适用于双绁筏式养殖（模式），兼容海带单养和贝藻混养区，收割每百吨海带的耗油量 $\leq 50\text{L}$ ；采收装置牵引速度 $\geq 15\text{m/min}$ ，日均收割量 $\geq 160\text{t}$ ，海带损伤率 $\leq 2\%$ ；建立适于机械化采收的海带筏式养殖新模式和团体及以上相关技术标准各 1 套，试制机械化收割平台 3 台（套），改造适于机械化采收的海带筏式养殖模式 6000 亩。

项目交示件：完成时须小批试产海带收割船 1-2 条，建立机械化海带收割模式和标准各 1 套，在省内海带养殖企业进行示范应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 800 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：鱿鱼加工智能生产线的研发及中试

研究内容：针对我省鱿鱼自动化生产装备缺乏、招工难等问题，研究柔性体自动上料、抓取和定位技术，开发鱿鱼自动上料系统。研究基于力反馈的掏黄工具设计和拟人作业的掏黄方式，开发鱿鱼自动掏黄系统；研究集刮削与支撑功能为一体的变刚度球囊设计方法，开发鱿鱼胴体自动清洗系统；研究多系统集成技术，研制鱿鱼加工智能生产线，并进行示范应用。

考核指标：鱿鱼加工智能生产线实现自动上料、掏黄、胴体清洗、去皮、分级、单冻上料全过程自动化、智能化管理；适用于鱿鱼规格为 100g-400g，生产线的产能达到 1.5t/h（以 200-300g 为参考），出成率不低于 95%；生产设备的示范应用不少于 50 台/套。

项目交示件：完成时须小批试产样机 50 台套，在省内鱿鱼加工生产企业进行示范应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 700 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 3：刺参养殖采捕机械化装备创制

研究内容：突破刺参工程化精准养殖关键技术，研制多功能分体式自动倒池机、自动控制投饵机等智能装备；研发刺参水下快速识别系统，突破刺参智能化采捕关键技术、不同体重规格自动分级技术，研制适用于海区、移动灵活、定位准确、采捕精准、性能稳定的刺参智能化采捕装备，实现全人工替代。

考核指标：刺参工程化养殖自动倒池装备，工作效率较人工提高 500%以上，自动化投饵装备效率提高 300%以上，人工成本降低 50%左右。刺参水下快速识别系统，识别时间 3s 以内，识别精准率 95%以上；研制刺参智能化采捕装备 1-2 套，水下作业深度达到 30 米，抗水流能力大于 1 节，定位精度优于 1.2 米，采捕效率达 300 头/小时。

项目交件：完成时须实现自动倒池装备、自动化投饵装备示范应用 50 台（套），刺参智能化采捕装备 1-2 台。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为中国境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目六：海洋生物医药（重大科技创新工程）

课题 1: 海洋生物资源高值化利用专用酶制剂开发

研究内容: 针对目前海洋生物资源高值化利用专用酶制剂活性低、稳定性差、成本高等问题, 筛选新型海藻降解酶、脂质加工专用酶、中性植酸酶基因, 通过蛋白质工程改造技术, 结合工程酶进行三维结构解析, 增强酶的稳定性, 突破高效表达、发酵放大及规模化制备技术, 开发低成本、高效的海藻降解用酶、脂质加工专用酶、中性植酸酶系列产品。

考核指标: 开发海藻降解复合酶制剂 5-6 种; 脂质加工专用酶 8-10 种 (含适用于 DHA/EPA、DHA/EPA 磷脂、DHA-甘油酯等制备的专用酶 5-7 种)、中性植酸酶 3-5 种。海藻降解复合酶制剂室温储存 3 个月, 酶活 $\geq 80\%$; 马尾藻降解率(固体酶解率) $\geq 60\%$, 海带降解率(固体酶解率) $\geq 70\%$, 泡叶藻降解率(固体酶解率) $\geq 80\%$ 。固定化脂肪酶用于鱼油生产, 产品中 EPA+DHA 含量最高达 85%以上, 10 次循环使用后酶活 $\geq 90\%$ 。中性植酸酶最适范围为 pH6-7, 90℃条件下 3 分钟后残留酶活 $\geq 80\%$, 解磷效率 $\geq 80\%$ 。申请发明专利 12-15 件, 授权 5-6 件。

项目交示件: 完成时须开发海藻降解复合酶制剂 5-6 种、脂质加工专用酶 8-10 种、中性植酸酶 3-5 种; 建立固定化酶制剂示范生产线 1 条、海藻降解复合酶制剂生产线 1 条、中性植酸酶生产线 1 条, 产能 5000 吨/年, 年产值 1.5 亿元。

技术成熟度: 当前等级不低于 5 级 (初样级), 完成后不低于 10 级 (销售级)。

支持强度: 省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：项目牵头单位须为在山东境内依法注册成立的、具有独立法人资格的企业，鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校等以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：甲壳素绿色制备及系列化高值产品研发

研究内容：针对甲壳素产业生产污染、检测方法不准确，没有专一性、高值产品缺乏等瓶颈，建立甲壳素-壳聚糖-壳寡糖全产业链绿色生物炼制技术；研发单一聚合度壳寡糖高效分离、精准检测等技术，开发阴离子功能化的高活性壳寡糖功能食品。研究甲壳素源农药先导化合物发现、结构优化等技术，发掘甲壳素抑菌、杀虫、植物生长调节等农用活性，研发系列高效农用新制品、新剂型，开展大田应用示范研究。

考核指标：开发微生物及酶制剂 2-3 种。生物脱钙率 $\geq 98\%$ ，除蛋白酶活力 $\geq 820\text{U/mL}$ ，攻克壳聚糖酶应用于食品的瓶颈，活力 $\geq 120\text{U/克}$ ，并能够用于高浓度（10-20%）壳聚糖制备壳寡糖。用新技术生产甲壳素 1 吨可减少 95% HCl 和 90% NaOH 的用量。开发壳寡糖功能酸/酚盐类功能食品 3-4 种，获得批准文号，抗氧化活性比市场壳寡糖产品提高 5 倍以上，降血糖活性增加 80%。开发绿色生物农药产品 1 种，减少虫病害 $\geq 60\%$ 。开发杀菌剂产品 1 种，减少作物霜霉病等真菌病害 $\geq 60\%$ ，减少化学农药用量 $\geq 10\%$ 。制修订团体及以上标准 1-2 项。年产值不低于 2 亿元。

项目交示件：完成时须开发壳寡糖功能酸/酚盐类功能食品

3-4 种（获得批准文号）、绿色生物农药产品 1 种（获得证书或批号）、杀菌剂产品 1 种（获得证书或批号），团体及以上标准 1-2 项，生产线 4-5 条、产业示范基地 1-2 个。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1350 万元

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 3：海洋活性肽靶向高效制备关键技术开发

研究内容：针对我省海洋生物加工副产物量大、附加值低的现状，研究新型功能肽结构信息及构效关系，突破基于分子对接的海洋蛋白靶向高效酶解技术、目标海洋生物活性肽特异性识别捕获与精制纯化技术、活性肽纳米稳态化和精准递送技术，定向制备出具有明确结构特征的具有降血压、降尿酸、抗疲劳、骨骼健康等功能的海洋活性肽产品，开展海洋活性肽与不同营养要素的适配性研究，定向创制系列特需食品。

考核指标：开发海洋功能活性肽原料产品 6 种以上，纯度均 $\geq 80.0\%$ ；降压活性肽的血管紧张素转换酶（ACE）抑制率 IC_{50} 值 $\leq 50\mu g/mL$ ；降尿酸活性肽的黄嘌呤氧化酶(XOD)抑制率 IC_{50} 值 $\leq 400\mu g/mL$ ；抗疲劳活性肽的精氨酸含量 $\geq 30\%$ ；骨骼健康活性肽的羟脯氨酸含量 $\geq 10\%$ ；蛋白肽纳米稳态化产品通过人体胃

肠液的破坏率 $\leq 12\%$ ，开发新型特需食品 5 种以上，其中获得特医或保健食品证书或批号 2 种以上，实现经济效益 2 亿元以上。

项目交件：完成时须开发活性肽原料产品 6 种、新型特需食品 5 种，含特医或保健食品 2 种。年产具有降血压、降尿酸、抗疲劳、骨骼健康等功能的活性肽原料 300 吨以上，建设符合国家相关规范要求的特需食品生产线 4-5 条。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业，鼓励省内外高新技术企业或重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

项目七：海水养殖（重大科技创新工程）

课题 1：海水工业化养殖鱼类疫苗研制与应用

研究内容：针对我省海水工业化养殖主要鱼类（鲆鲽鱼、舌鳎、石斑鱼、许氏平鲉等）重要的病毒性病原（牙鲆弹状病毒、神经坏死病毒等）和细菌性病原（杀鲑气单胞菌、海分枝杆菌、哈维氏弧菌、链球菌等），筛选高效、高交叉保护力的候选疫苗株，创制高效灭活疫苗、亚单位疫苗及核酸疫苗，突破细菌疫苗和病毒疫苗大规模生产工艺；研制安全高效的疫苗佐剂；开展疫苗的安全性评价和免疫保护性评价；建立有效可行的免疫接种策

略。

考核指标：针对海水工业化养殖鱼类的重要病原，研发细菌疫苗制剂 1-2 种，免疫注射 6 周后，疫苗的相对免疫保护率 85% 以上；研发病毒疫苗制剂 1 种，免疫注射 6 周后，疫苗的相对免疫保护率 80% 以上，减少抗生素兽药使用量 60% 以上，申请临床批件 1-2 项；获得 2-3 种副作用低、性状稳定的疫苗佐剂；建立 1 套鱼用疫苗安全性和免疫保护效果评价体系；建立 1 套适用于我国海水工业化鱼类养殖模式的高效疫苗接种策略。

项目交示件：完成时须开发海水鱼类疫苗制剂 2-3 种，临床批件 1-2 个，疫苗佐剂 2-3 个。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 9 级（系统级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

项目八：海水资源综合利用（重大科技创新工程）

课题 1：海淡浓盐水高倍浓缩单价选择性电渗析膜材料

研究内容：针对海水淡化浓盐水外排造成钠、钾、镁及溴等资源浪费以及直接排放入海会影响及危害海洋生态环境和水产养殖的问题，研制单价选择性电渗析阴阳膜材料，研究一二价离子的分离机制，研究海水淡化浓盐水电渗析高倍浓缩的污染及结

垢防控技术，实现海水淡化浓盐水电渗析高倍浓缩并建立示范工程。

考核指标：开发单价选择性电渗析阴膜产品 1 种，膜电阻 $\leq 4\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，迁移数 ≥ 0.98 ，单价选择性 $P_{\text{SO}_4^{2-}}^{\text{Cl}^-} \geq 5$ ，使用寿命超过 3 年；开发单价选择性电渗析阳膜产品 1 种，膜电阻 $\leq 4\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，迁移数 ≥ 0.98 ，单价选择性 $P_{\text{Mg}^{2+}}^{\text{Na}^+} \geq 3$ ，使用寿命超过 3 年；实现单价选择性电渗析膜规模化制备 ≥ 1 万平方米/年；建设海水淡化浓盐水的电渗析高倍浓缩示范工程日处理 ≥ 100 吨，电渗析浓水氯化钠浓度 $\geq 18\%$ ，浓缩能耗低于 15kWh/t。

项目交示件：完成时须开发单价选择性阴膜 1 种，单价选择性阳膜 1 种，单价选择性电渗析膜规模化制备 ≥ 1 万平方米/年，海水淡化浓盐水的电渗析高倍浓缩示范工程日处理 ≥ 100 吨。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 2：海水淡化反渗透膜用复合无纺布国产化

研究内容：针对我国海水淡化反渗透膜用无纺布结构不均匀、表面毛刺多、热收缩严重等问题，研究无纺布纵向结构调控、聚砜铸膜液与复合无纺布的相互作用、规模化制备等技术，研制基

于该复合无纺布的聚砜基膜。研究界面聚合、热处理、后处理等技术，开发基于复合无纺布的海水淡化反渗透膜，实现规模化生产示范。

考核指标：开发海水淡化反渗透膜用无纺布 1 种以上，底层纤维粗细 5-10 μm ，表层纤维粗细 $\leq 2\mu\text{m}$ ，厚度 90-100 μm ，克重 75-85 g/m^2 ，透气性 $\geq 1.5\text{cc}/\text{cm}^2/\text{s}$ ，光滑不起毛刺，热收缩率 $\leq 0.5\%$ ，纵向拉伸强度（MD） $\geq 120\text{ N}/15\text{mm}$ ，横向拉伸强度（CD） $\geq 40\text{ N}/15\text{mm}$ ，实现规模化生产示范 ≥ 15 万平米/年；开发基于新型无纺布的海水淡化反渗透膜 1 种，水通量 $\geq 50\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，脱盐率 $\geq 99.7\%$ ，使用寿命 > 3 年，实现规模化生产示范 ≥ 10 万平米/年。年产值不低于 5000 万元，其中专用无纺布产值不低于 300 万元。

项目交件：完成时须开发反渗透基材无纺布 1 种，规模化生产示范 ≥ 15 万平米/年；反渗透膜 1 种，规模化生产示范 ≥ 10 万平米/年。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1500 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

五、医养健康

项目一：内分泌代谢病精准诊疗关键科学问题（重大基础研

究)

课题 1: 围产期代谢性疾病的多组学整合机制及精准诊疗模型研究

研究内容: 建立人工智能 (AI) 联合多组学生物数据进行整合研究的新方法, 在整合遗传学、分子生物学和信息科学分析结果的基础上, 明确妊娠过程中营养、糖代谢、肠道微生物、内环境稳态等调控网络的动态变化特征, 揭示分子信号与表观遗传因子参与妊娠结局和维持子代健康的作用和调控机制; 建立围产期代谢性疾病患者随访平台、数据融合平台, 确定围产期代谢性疾病预警、异质性评估及预后判断的分子生物标志物, 构建基于特定基因标记、表观遗传特征、代谢及肠道微生物改变等多层次的围产期代谢性疾病风险评估与精准诊疗模型。

考核指标: 优化升级 AI 计算模型与算式, 构建 1 套围产期代谢性疾病多维度数据分析系统, 风险评估与诊疗模型的 AUC 值 $\geq 80\%$; 建立具有全面性、追踪性、开放的围产期代谢性疾病患者的随访平台及生物样本库 (入选病例至少 1000 例), 绘制疾病的调控网络动态变化特征谱, 利用多组学数据在个体和群体中的变化特征, 发现 3~5 种导致代谢异常的遗传或表观遗传变异, 解析并阐明其致病分子作用机理; 筛选 2~3 个围产期代谢性疾病预警、异质性评估及预后判断的生物标志物; 为围产期代谢性疾病临床诊疗提供 2~3 个候选分子标靶; 申请本领域国家发明专利或国家/行业标准 3 项。

课题 2: 间充质干细胞治疗糖尿病血管并发症的作用机制研

究

研究内容：针对间充质干细胞（MSC）的异质性开展研究，阐明不同功能亚群在免疫调控和组织修复过程中的作用及分子机制，建立稳定均一的临床级干细胞制剂；开展 MSC 在细胞和动物水平的临床前研究，明确 MSC 治疗糖尿病血管并发症的有效性及作用机制；建立 MSC 治疗糖尿病下肢血管病变的有效性评价体系，为建立相应干预策略和诊疗规范提供科学依据和循证医学证据，引导我国干细胞临床转化研究发展。

考核指标：利用多种培养技术和分离鉴定技术确定 MSC 功能亚群的生物学特性和特异性分子标记物，建立不同源性 MSC 功能亚群鉴定方法及分子标记体系；构建糖尿病下肢血管病变疾病动物模型，明确 MSC 治疗糖尿病血管并发症的有效性及其机制；筛选糖尿病下肢血管病变患者，构建糖尿病下肢血管病变 MSC 临床研究队列，开展平行对照临床研究，采用血清学、基因组学、蛋白组学、免疫组学、组织病理学指标，明确影响 MSC 有效性的临床特征，综合分析血管并发症的控制率是否显著提升，确定 MSC 治疗上述疾病的适应证，建立 MSC 对上述疾病的精准干预策略。形成 MSC 功能亚群分离鉴定标准 1 项，申请国家（际）发明专利不少于 2 项。

项目二：肿瘤诊疗重大科学问题研究（重大基础研究）

课题 1：脑肿瘤影像分析理论和模型构建

研究内容：研究不同类型、不同来源、不同模态脑肿瘤影像的特征，提出具有强鲁棒性和泛化能力的脑肿瘤分类理论；基于

分类特征响应区域所包含的高级语义和位置信息，探明脑肿瘤分类特征可解释机制；研究复杂脑肿瘤（如极小肿瘤（ $<3\text{ mm}$ ）、强化不明显肿瘤、多发数量大（ >30 个/人））的内在特征相关性，提出肿瘤全自动检测与分割新理论；研究全景追踪分析肿瘤和危及器官影像组学特征变化机理，揭示脑肿瘤病程演进过程中（治疗前、中、后）影像精准量化追踪与评估内在关系；分析脑肿瘤影像的解剖结构与各维度空间信息，构建多模态脑肿瘤增强磁共振图像合成深度学习机制。

考核指标：提出兼顾鲁棒性和泛化能力的脑肿瘤分类方法，对不同类型的脑肿瘤（如脑转移瘤、复发胶质瘤）识别精度不低于 95%；提出高效精准的复杂脑肿瘤检测与分割方法，检测精度不低于 95%，敏感度不低于 80%，特异性不低于 90%，分割精度不低于 90%；提出病人病程演进过程中肿瘤和危及器官影像组学特征变化追踪分析方法，指标评估准确度不低于 90%；实现脑肿瘤多模态磁共振图像合成技术，要求合成图像的峰值信噪比不低于 30dB，结构相似性在 94% 以上。建立一套成熟的人工智能筛选和建模算法体系，对不少于两家医院，不低于 2000 位病人进行临床验证。申请国家（际）发明专利不少于 6 项。

课题 2：多药缓释系统调控脑肿瘤局部免疫微环境的作用及机制研究

研究内容：针对恶性脑瘤全身免疫治疗效果不佳的现状，全面解析术腔局部免疫微环境的时空重构机制，重点探索局部免疫调控的治疗策略；应用多级同心轴静电纺丝等制备工艺，构建搭

载多种纳米药物的局部时序性控释系统，时空靶向肿瘤复发的动态演进过程；借助类脑、人脑胶质瘤类器官等模型，明晰缓释系统与免疫反应相互作用网络的关键节点；阐明纳米颗粒理化性质与渗透深度的构效关系，重点提升缓释系统递送治疗基因的长效性、有效性和安全性；阐释局部缓释系统联合光疗、电场治疗等物理手段对脑肿瘤复发的长期抑制效果与协同作用机制。

考核指标：解析脑肿瘤术后免疫微环境的时空演进过程，为局部免疫治疗筛选 2~3 种候选分子靶标；针对关键作用位点或信号通路，研发多药时序性独立释放的脑肿瘤局部免疫治疗系统 1~2 种；阐明纳米颗粒硬度、形貌等 3~4 项理化性质对渗透深度的影响及调控机制；开发 1 种光疗、电场治疗等物理手段联合缓释载体的脑肿瘤局部综合治疗系统；临床前研究中，相关载体的有效缓释时间应大于 35 天，电场治疗等物理手段可显著提高缓释载体有效性，并延长平均生存期超过 100%；申请核心技术发明专利不少于 3 项。

课题 3：纳米肿瘤疫苗关键科学问题研究

研究内容：针对乳腺癌、脑肿瘤等恶性肿瘤精准治疗的临床重大需求，合成具有高转染效率的聚合物材料库，负载 RNA 药物形成纳米粒，进一步通过不同类型的脂质进行表面改性获得肿瘤脂质纳米疫苗库；以 RNA 疫苗和药物递送系统为数据采集对象，利用人工智能模型对纳米疫苗库进行预测筛选，评价优选的纳米疫苗基本理化性质、与免疫细胞的相互作用、体内药动学行为，激活机体免疫应答的相关分子机制以及在小鼠模型中的抗肿

瘤疗效等；为最终获得高效的抗肿瘤纳米疫苗奠定基础。

考核指标：构建纳米肿瘤疫苗库；优选出高效纳米肿瘤疫苗；揭示纳米肿瘤疫苗在体内的分布行为及引起免疫效应的分子机制；阐明先天免疫通路的激活对免疫细胞功能以及机体免疫效应的促进作用，肿瘤疫苗响应率>75%；评价及验证纳米肿瘤疫苗的抗肿瘤疗效和初步生物安全性；申请国家（际）发明专利 2~3 项。

项目三：新冠病毒感染防治重大科学问题研究（重大基础研究）

课题 1：新型冠状病毒感染分子机制研究

研究内容：围绕新型冠状病毒感染的重要靶器官肺、肠道、肾脏及血管，以组织屏障为研究对象，在细胞、类器官和动物模型研究新型冠状病毒感染过程中重要组织屏障结构蛋白的变化规律，探讨新型冠状病毒感染后，重要靶器官损伤和修复过程中组织屏障的作用；建立新型冠状病毒感染的组织屏障结构蛋白基因修饰细胞和类器官模型，以及细胞特异性基因工程动物模型，借助以上模型研究组织屏障结构蛋白的作用并阐明其作用机理；探索以组织屏障结构蛋白为靶点的干预和治疗方法。

考核指标：构建肺、肠道、肾脏及血管等 10 个以上组织屏障结构蛋白基因修饰类器官模型；构建 10 个以上细胞特异性组织屏障结构蛋白合并人源化 ACE2 的多基因修饰小鼠模型；揭示组织屏障结构蛋白与新型冠状病毒感染后主要靶器官病变和结局的关系及其机理，证明不少于 3 个组织屏障结构蛋白在新型冠

状病毒感染后靶器官损伤和修复过程中的作用及机制，实现新型冠状病毒致病分子机制的重大理论创新；获得 1~2 个靶向宿主细胞抑制病毒入侵、复制、包装和出芽的新靶点；研发出不少于 3 种基于新靶点的小分子或核酸类新冠治疗药物。

课题 2：中医药抗病毒和免疫整合调控机制研究

研究内容：针对全球性的病毒高度变异、致病性复杂和特异性治疗药物缺乏的现状，中医药扶正祛邪理念和整体调节免疫机能优势明显。以临床有效抗疫中药为对象，将中医传统思维模式与现代生物技术相融合，开展病证背景下，对病毒生命全周期调控及免疫整合调节功效的系统表征和生物学机制研究，阐明中医药“抗疫”优势的科学内涵。通过系统表征病证背景下的抗疫中药对病毒生命全周期的直接调控作用；基于多组学和生信挖掘技术研究抗疫中药对机体固有免疫关键过程和机体适应性免疫稳态的多源调控作用；从能量代谢和肠道免疫微环境，研究抗疫中药提高免疫抑制炎症风暴的双向调节作用；建立符合中医药理论，适宜于优效方药新药发现的高通筛选模型，发现新药；为阐释中医药治疗优势提供科学依据。

考核指标：明晰抗疫中药抗病毒、系统免疫调控的药理学特征、靶点网络和物质基础。建立适宜于抗疫中药发现的高通量筛选模型，在抗疫指南方药中筛选 300~500 种成分、组分。申请国家发明专利 3~5 项。

项目四：活体材料与类器官重构

课题 1：智能纳米材料与干细胞跨尺度 4D 打印活体神经类

组织（重大基础研究）

研究内容：针对神经退行性疾病治疗和类神经组织移植的临床重大需求，对神经修复与再生亟需的活体生物材料共性关键问题开展研究。研究类组织构筑过程中智能纳米材料（如压电、磁电、光电等智能纳米材料）、干细胞和水凝胶材料相互作用及组装机理；探索活体干细胞在水凝胶体系中干性维持与外场驱动智能纳米材料产生的物理信号对神经干细胞与间充质干细胞神经分化调控的生物学机制；开发外场调控下活体生物材料内干细胞调控与类组织制备方法，实现纳米-微米-厘米跨尺度 4D 打印功能性的类神经组织。

考核指标：实现神经元-神经胶质活体类组织 4D 打印技术。实现 3~5 种智能纳米材料-干细胞-水凝胶的 3D 打印；神经干细胞和间充质干细胞分别在 5 天和 12 天以内实现功能神经分化；明确程序分化调控机制，形成 2~3 种基于不同程序分化的类神经组织 4D 打印整套技术；开发 2 种以上基于不同干细胞的活体类组织制备的技术，构建厘米级神经元-神经胶质活体类组织；在脊髓损伤治疗方面进行应用研究，研究成果达国际先进水平，在国际顶级期刊发表高水平研究论文 3 篇。申请国家（际）发明专利 5~6 项，并进行实审阶段。

课题 2：组织工程器官（肝脏）体外制造（重大基础研究）

研究内容：制备适合肝原代实质细胞体外功能保持和维持的合成水凝胶基板材料，实现对肝细胞体外功能的维持与加强，并评估影响肝细胞体外功能维持与加强的物理、力学因素及分子

机制。制备适合干细胞宏量扩增及向肝实质或非实质细胞高效分化的水凝胶材料，评估其扩增及分化效能。制备可 3D 打印的有功能的肝类器官水凝胶支架载体，通过各种功能化的肝实质和非实质细胞的培养，获得具有部分肝脏功能的肝脏类器官。

考核指标：设计至少 3 种具有不同力学特性和孔隙率的水凝胶材料，实现肝原代实质细胞体外功能至少 14 天的维持；阐明其物理、力学表征及分子机制。设计至少 3 种干细胞 30 倍以上扩增的水凝胶材料，收获效率 80% 以上，实现所收获细胞向有功能的肝实质或者非实质细胞的高效分化。设计至少 3 种可实现与细胞同步打印的水凝胶墨水，打印 3 种以上肝细胞组成的肝脏类器官，细胞在骨架中的存活率超过 90%，评价其应用前景。申请相关核心技术国家（际）发明专利不少于 3 项，形成至少 1 套基于组织工程器官（肝脏）可用于治疗肝炎和肝癌新药体外筛选的关键技术。

课题 3：类器官构建及器件化融合功能关键技术研发与应用（重大科技创新工程）

研究内容：开展组织间细胞互作与信号传导、器官分子信号网络与功能、药品筛选与新药开发的器件融合技术与表征、器件集成的功能化与诊疗关键技术研发和应用；重点针对肿瘤、消化、代谢等重大疾病，利用多能干细胞或成体干细胞建立类器官（胃、肠、肺、肝、肾、胰岛等重要组织）构建技术体系，结合生物学、材料学、药学、化学等多交叉学科，综合制定类器官标准化体系；开发与血管、免疫细胞、多细胞类型共培养的微流控器官芯片，

建立多器官协同作用模型；建立不同疾病、不同来源的疾病类器官标准化药物筛选平台，开展新型小分子药物靶点筛选与新药研发。完成类器官芯片工程化设计、材料研发，实现类器官芯片模拟正常器官、疾病器官微环境相关模型开发和应用，突破类器官芯片在线检测技术封锁与技术壁垒，完成类器官芯片集成传感器的研发与应用。

考核指标：围绕胃肠肺肝肾胰岛等重要组织，开发具有自主知识产权的多组学生物分子快速高灵敏实时检测生物芯片 6 种以上，获批国家第三类医疗器械注册证 1 项以上。自主研发 15 种以上肿瘤组织类器官培养基、培养体系及药敏和放射敏感性体系，编制实施类器官产业化技术标准并通过国家 GB4789.28 质量认证体系。完成 6 种以上肿瘤类器官的临床转化，并在 10 家以上医疗机构开展类器官和类器官芯片应用示范，获批发明专利 2 项以上。建立 10 种以上高发病率的肿瘤及癌旁组织类器官库，每个库 500 例以上，建立疾病类器官标准化药物筛选平台，发现 5 个以上具有临床前景的小分子新药并完成临床前研究。

项目交件：完成时须获批国家第三类医疗器械注册证 1-3 项（类器官芯片至少 1 个），发现不少于 5 个具有临床前景的小分子新药并完成临床前研究。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容

及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目五：重大新药创制（重大科技创新工程）

课题 1：具有重大前景的 1 类生物创新药研发

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：具有重大前景的 1 类化学创新药研发

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 3：药物先进制造体系构建与产业化

研究内容：围绕原料药现代先进制造创新需求，开展基于原料药先进制造的连续制备和粉体形貌精准控制一体化的应用基础研究；开发高效气液两相连续流微反应技术、高效固液混合流动化学技术、多步骤连续后处理技术，实现介观尺度快速微观混合、原位高效换热和微液持量的安全性；开发基于冷却、溶析过程的连续精制技术，进行连续精制设备工艺优化，实现生产过程中物料颗粒度与晶浆密度的有效控制；开发先进粉体形貌控制技术、基于 DCS 基础的自动化联动控制技术，构建心血管药物连续生产先进粉体控制体系，实现原料药生产过程的粉体精准控制；集成连续制药和精准控制技术，构建完整的具有现代化制造特点的全过程全链条高质化产业技术体系，并以沙坦类药物开展工艺放大研究和示范应用。

考核指标：突破连续流微反应、连续精制、粉体形貌精准控

制一体化相关等关键共性技术 5-10 项；完成原料药生产过程中的物料颗粒度与晶浆密度的有效控制，实现产品纯度不低于 99.9%、晶型纯度不低于 99.99%；完成基于现代化制造的原料药高质化生产体系构建，在 15 种以上沙坦类药物生产中进行应用示范，降低生产成本 > 20%，提高过程制备效率 > 20%，提升产值 > 150%；基于先进制造生产体系，研制沙坦类药品 3 种以上，完成 3 种以上沙坦类药品的国际注册；产品通过药物质量一致性评价，在省内 50 家医疗机构得到推广应用；获得发明专利 3 项以上。

项目交示件：完成时须形成具有自主知识产权的药物先进制造技术体系，建成连续制造与质量精准控制技术平台；基于先进制造体系研发的新药品通过药物质量一致性评价，并在省内 20 家医疗机构得到推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，鼓励产学研医检联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标，牵头单位须具备较好的研究基础和较强的产业化能力，研发的技术和成果须在山东省内转化产业化。

张榜范围：省内外张榜

项目六：高端诊疗装备（重大科技创新工程）

课题 1：便携式腹腔镜机器人研发与应用

研究内容：针对临床外科微创手术需求，满足小型化、便携式腹腔镜国产化替代需要，开展精准高效便携式腹腔镜机器人研发。重点突破机器人专用机械臂与器械精准高效主从控制关键技术，通过丝传动模型、解耦分治控制、同胚数学模型等改良算法，实现主操作手与手术工具末端操作部位的端-端运动映射，改进主从操作的实时性和控制精度，解决主从操作手运动学结构和运动空间不一致的手术机器人操控难题；基于 5G 网络的远程手术术中导航系统，探索基于手术视频的人工智能分析算法，提升图像引导识别器官边缘的精准性，突破远程手术中对术区重要组织器官和靶病灶导航的难题，提高远程手术操作的安全性；研制具有完全自主知识产权的精准高效便携式腹腔镜手术机器人，突出产品在全生命周期中与设计、研发、工艺实现、市场需求及配套服务等环节的交互效应，实现设计、生产、使用和回收的一致性优化，满足 ISO9000 质量管理体系及产品注册认证要求。

考核指标：便携式腹腔镜机器人相关器械获批第三类医疗器械注册证不少于 1 项。远程腹腔镜机器人综合操作延迟不大于 200ms，车载机器人总重量小于 200kg，远程操作自由度不少于 6 个，器械自由度不小于 3 个，机器人连续安全运行时间不低于 24 小时。远程腹腔镜手术信息系统即时综合传输模态信息不低于 5 种，设置有应急信息系统，可在特殊环境下随时保障信息通畅及时。远程操作网络传输最大时延抖动小于 2ms，往返总延迟时间小于 200ms，丢包率为 0，带宽不低于 100Mbps。项目完成基于新型腹腔镜手术机器人系统的临床手术 60 例以上，获得

发明专利 2-3 项，产品在 5 家以上医疗机构推广应用。

项目交件：完成时须取得产品样机 5 台，获批 1 项以上第三类医疗器械注册证；产业化指标要求形成批量化订单，在 5 家以上医疗机构推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：气道过敏性疾病诊疗及智能管理装备研发

研究内容：针对气道过敏性疾病国内抗体靶向药空白、智能医疗装备被国外技术垄断的问题，研发气道过敏性疾病诊疗关键技术和智能管理装备。突破 Fab 串联、scFv 融合等关键共性技术，筛选气道过敏性疾病诊疗新靶点的特异性抗体，基于抗体工程改造技术，开发免疫原性低、成药性良好的抗体分子，提高药效；解决新型抗体药物开发技术壁垒，针对 IgE、IL-5、IL-13 等传统靶点，开发双特异性抗体靶向药物；基于气道过敏性疾病临床大数据，构建气道过敏性疾病时空认知图谱和个性化管理决策模型，研发个性化管理决策模型和软件，形成气道过敏性疾病长期管理新策略；研发成本低、稳定性强、功耗低、体积小的哮喘诊疗智能决策芯片，提高芯片整体计算速率，集成传感器系统，开发可用于医院诊断、居家病情评估、风险预警、用药监测等环

节的智能管理设备,具备实时数据计算、智能决策与通信等功能。

考核指标:针对新靶点获得 2-3 个候选抗体分子,完成体内药代和药效检测;针对传统靶点开发 1-2 个双特异性抗体分子结构;开发 1 款国产化边缘计算芯片,研发国产化智能管理装备产品 3 种以上。获批第三类医疗器械注册证 1 项以上。

项目交示件:完成时须自主研发边缘计算芯片,开发的国产化智能管理装备至少一项获得第三类医疗器械注册证,获批发明专利 2~5 项,在不少于 15 家医疗机构推广应用;制定 2 项气道过敏性疾病智能管理标准规范,构建气道过敏性疾病智能管理平台,推广个性化管理方案。

技术成熟度:当前等级不低于 5 级(初样级),完成后不低于 10 级(销售级)。

申报条件:产学研联合申报,申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标。

支持强度:支持省财政资助资金额度不超过 500 万元

张榜范围:省内外张榜

课题 3: 全自动凝血检验装备和配套试剂研发与产业化

研究内容:基于多通道光学检测、目标智能识别和分析、运行状态异常筛查和设备稳定控制,突破凝血分析仪智能光学检测分析技术,实现标本质量与反应过程精细控制,研制涵盖免疫比浊法、化学发色法及凝集法等方法的全自动凝血分析仪;研发凝血分析仪并联控制技术,搭建开放式兼容性的凝血分析专用级联流水线,实现标本精准定位转送、智能化项目分配送检和自动化

分析前处理；基于微粒载体的抗体定位偶联技术和纯化技术，开展抗体、标准品等凝血检验配套检测试剂研发，实现配套试剂的自主知识产权；开展凝血检验试剂、仪器及流水线的适配性研究和临床评价，建立全自动凝血检验的临床应用标准，确定我国人群的止凝血检验指标参考区间。

考核指标：研制出具有自主知识产权的全自动凝血检验仪器 2-3 种；研制 5-10 种配套的国产化凝血检验试剂，批间差不高于 15%，性能不低于国外同类产品；获得发明专利 3 项，软件著作权 5 个；获得医疗器械注册证不少于 5 个，其中第三类医疗器械注册证不少于 2 个；参与制/修定体外诊断血栓诊断和治疗监测指南/专家共识/行业标准不小于 2 项。

项目交付件：完成时研发的全自动凝血分析仪、全自动凝血分析流水线和配套检测试剂取得医疗器械注册证，提供核心部件、整机的可靠性设计和失效模型设计文件及相关第三方测试报告，准确性不低于国际同类水平，产品进行小批量生产，在不少于 15 家医疗机构进行推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，鼓励产学研医检联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标，牵头单位须具备较好的研究基础和较强的产业化能力，研发的技术和成果须在山东省内转化产业化。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：生物标志物精准检测装备研发与应用

研究内容：针对循环肿瘤细胞单细胞测序的瓶颈问题，创建超灵敏、超快速、高覆盖、低成本、准确特异的单细胞测序分析技术体系；攻克循环肿瘤细胞精准富集鉴定技术，集成微流控技术、免疫荧光染色等技术，研发新一代简便快速、准确可靠、低成本、高通量的循环肿瘤细胞富集和鉴定一体化的检测技术系统及配套试剂；开展临床应用效果评价，提出早期肿瘤诊断、图片判读、AI 识别的临床路径。

考核指标：突破循环肿瘤细胞单细胞高通量测序分析技术，基于 CD45、CD31 等生物标志物的高效检测，实现检测假阳性率不高于 1%；制定单细胞测序用于临床精准诊疗且通过国家认可机构认证的产业化技术标准 1 项以上，部分成果实现产业化与临床应用；循环肿瘤细胞一体化检测系统和配套试剂的性能达到国际领先水平，循环肿瘤细胞截留率 $> 85\%$ ，CV 值 $< 15\%$ ，异常细胞富集率 > 1000 倍，检测敏感度达到 1-10 个/mL，产品获得不少于 1 项第三类医疗器械注册证，推广应用省内外 20 多家医院及地区。

项目交示件：完成时研制的循环肿瘤细胞一体化检测技术系统和配套试剂，取得 1 个以上第三类医疗器械注册证，产品在省内外不少于 20 家医院推广应用；形成循环肿瘤细胞临床诊断路径，在不少于 20 家示范单位完成应用示范。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低

于 12 级（利润级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目七：智慧医疗装备（重大科技创新工程）

课题 1：智能医用氧舱研发与产业化

研究内容：针对医用氧舱智能化水平低、操作复杂、同质化严重等问题，研发智能化高端医用氧舱。重点突破氧化锆粉体制备和氧化锆氧传感器核心芯体制备关键技术，自主研发国产化氧化锆传感器，验证其与智能氧舱的适配情况和准确率，解决我国医用氧舱难以实现智能化的关键核心问题；研发高端智能医用氧舱主体及配套设备，通过优化医用氧舱结构设计和工艺改进，提升人均舱容，降低运行噪音，提升照明品质与自然透光率，全方位提升舱内治疗人员的体验；研发具备操作人员权限分级管理、治疗方案编写和运行、实时监控设备参数、PID 动态调节、自适应调节氧舱内温度和压力、本地数据自动保存及上传等功能的氧舱智能控制系统，在医疗机构进行验证、推广；基于高压氧大数据监管服务平台，开展高端智能医用氧舱远程运行监控、故障预警、数据统计与分析、维护保养管理等应用研究；建设智能氧舱数字化生产车间和自动化生产线。

考核指标：获批高端智能医用氧舱第三类医疗器械注册证不少于 1 项。氧化锆氧传感器精度 0.25%，氧压范围 0.002-5bar，

响应时间 $\leq 4s$ ，允许气体温度 $-10-400^{\circ}C$ ，寿命 ≥ 7 年。高端智能医用氧舱主体及配套设备人均舱容 $\geq 3.5m^3$ ，舱内供气噪声 $\leq 60dB(A)$ ，矩形舱门透光宽度 $\geq 1000mm$ 。获批发明专利 2 项以上。

项目交示件：完成时项目至少获取第三类医疗器械注册证 1 项，完成生产车间的数字化建设和生产线的自动化建设，在 10 家以上医疗机构推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，且覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：中医正脊数字化关键技术与人机协同智能装备研发

研究内容：集成应用光学动作捕捉、压触融合感知、多体动力学和有限元仿真等技术和方法，突破正脊手法多模态数据采集与挖掘关键技术，解决正脊手法运动过程精准识别和数字量化表征问题；采集分析基于知名专家经验的三维正脊特色手法治疗常见脊柱相关疾病力学数据，构建正脊手法基础力学数据库，制定基于临床大数据的三维正脊个体化治疗方案；深度融合智能无线感知技术，面向呼吸、心率等多维健康体征，集成系列健康状态分析、评估和预测算法，研发生命体征智能感知监测与预警模块；利用力学数据库，深度融合力触觉反馈、人机协作智能及物联网等现代技术，研发自动保护与固定、沉浸式治疗等功能；集成形

成个体化智能高端三维正脊装备。建立安全性与有效性量化评价方法，综合临床表现、定量表征、多模态临床大数据、疼痛视觉评分（VAS）等方法与技术，制定符合中医临床特点的三维正脊手法与智能装备治疗脊柱相关疾病的标准化、规范化临床疗效与安全性综合评价体系；开展相关技术和装备的规范化培训与应用推广。

考核指标：获批人机协同智能装备第三类医疗器械注册证 2 项以上，产品压触一体采集力控检测范围 0-10MPa、响应时间小于 5ms、测量精度小于 0.15mm、偏转角度小于 0.5 度，光学捕捉采集频率 100-1000HZ，实现影像、图像、表观、时序等 4 种以上模态数据挖掘。建立 2000 例以上典型病例的三维正脊手法基础力学数据库，制定基于临床大数据的三维正脊个体化治疗方案 2 套。开发自主三维正脊智能装备，自由度大于 5 个，冲击行程精度小于 5mm，旋转角度精度小于 0.5 度，噪音小于 60 分贝，支持呼吸、心率等 3 种以上生命体征的实时智能无线感知监测，准确度不低于 90%。形成三维正脊装备操作的流程和规范，建立正脊手法与智能装备临床疗效和安全性综合评价体系 1-2 套。获得发明专利 2 项以上。

项目交示件：完成时项目须取得中医诊疗装备第三类医疗器械注册证至少 2 项；产业化指标要求形成批量化订单，在 30 家以上医疗机构推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：产学研联合申报，且覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：口腔数字化医疗技术和平台系统的研发应用

研究内容：围绕口腔信息采集、分析、加工环节的数字化需求，开发口腔大数据服务器，建立口腔大数据存储平台，形成永久可追溯、可抽取的线下云上分布式存储；基于高精度口内扫描系统，开发亚裔“蒙古利亚”人种的口腔大数据算法，研发义齿智能设计软件，实现人工智能一键式实时设计；基于高精高效 3D 打印技术，建立口腔数字化智能生产体系，实现口腔义齿加工全过程智能化；以口腔修复牙齿形态大数据为依托，研发生产适合国人的个性化穿龈种植基台等口腔材料；围绕口腔教学培训的人机交互需求，研发基于虚拟现实的口腔修复操作训练系统。

考核指标：获得第三类医疗器械注册证 2 项以上，在不少于 50 家医疗机构推广应用。建成口腔信息大数据库，具备内部服务器安全的数据存储能力、异机备份的数据灾备能力，实现千万份级数据存储和实时调取，数据吞吐能力达到 1Mb/s。完成亚裔“蒙古利亚”人种口腔大数据算法开发，建立基于口腔信息大数据的口腔智能设计软件 1 套，实现义齿自动化设计 3-5 分钟/颗，在不少于 1000 家医疗机构推广应用。建成全自动化、数字化、智能化的义齿加工生产线，缩短义齿生产周期 50%以上，提高人均劳效 30%以上，降低综合成本 5-10%。开发的个性化穿龈种植基

台等新型口腔植入材料，完成口腔修复操作训练系统开发。获得发明专利 2-3 项，获得软件著作权不少于 2 项。

项目交件：完成时项目研发的新型口腔植入材料获得医疗器械注册证，开发的口腔智能设计软件、操作训练软件获得软件著作权，开发的软件和材料在省内外医疗机构开展推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，鼓励产学研医检联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标，牵头单位须具备较好的研究基础和较强的产业化能力，研发的技术和成果须在山东省内转化产业化。

张榜范围：省内外张榜

项目八：生物医用材料（重大科技创新工程）

课题 1：口腔医用多功能复合材料研发与应用

研究内容：针对口腔医用材料重大临床需求和制约我省相关产业发展的关键技术问题，研发新型口腔医用多功能复合材料。开展氟释放和光致变色技术研究，优化化学结构组成、生产工艺、氟释放效果，研发高品质窝沟封闭产品，降低窝沟封闭脱落率和龋齿率；攻克自酸蚀粘接和牙科用氧化还原固化技术，研究酸性功能单体与粘接面之间化学修饰原理、酸性功能单体与氧化还原体系之间作用原理，开发新一代粘接系统，优化口腔临床粘接步骤，在保证粘接强度的基础上简化临床操作；研究牙科用球形纳

米团簇填料，开发具有纳米结构效应、口腔 X 射线阻射效果、流变性能优的牙科纳米填料，应用该填料合成高性能充填用纳米复合树脂；利用 TPU 材料良好的生物安全性和物理化学特性，结合 PETG 突出的韧性和高抗冲击强度，开展 TPU 复合材料及多层共混技术研究，开发高弹性抗撕裂的 TPU/PETG 复合牙科正畸膜片，解决当前材料易断裂、弹性差、拉伸衰减大的问题。

考核指标：开发牙科预防与治疗系统 3 套，获批国家第三类医疗器械注册证 2 项以上，建设新型口腔材料产品生产线 5 条以上，年产能力达 100 万套以上，产品在 10 家以上医疗机构推广应用。获得发明专利 2-3 项。新型口腔材料指标达到或超过国际标准，其中充填用纳米复合树脂挠屈强度 $\geq 120\text{MPa}$ 、弹性模量 $\geq 8\text{GPa}$ 、聚合收缩率 $\leq 1.5\%$ ；复合牙科膜片拉伸模量 $\geq 1500\text{MPa}$ ，拉力衰减 $\leq 30\%$ ；磷酸酯酸性功能单体纯度 $\geq 95\%$ 。获批发明专利 2 项。

项目交示件：完成时产业化指标持续生产 6 个月以上，在 10 家以上医疗机构推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 12 级（利润级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：肿瘤介入栓塞材料研发与应用

研究内容：围绕肿瘤介入栓塞治疗需求，基于微球粒径调控

技术，自主研发适合于肿瘤解剖学结构特征的不同粒径设计，研发粒度均一可控、分散性好、具有靶向性、生物相容性高的聚乙烯醇栓塞微球；基于药物装载及可控释放技术，研制微球内部网状结构，扩大与药物接触的比表面积，提高载药量及载药速率，实现载药长期缓释；微球内部添加显影基团，实现术中术后可追踪；基于多段变径/变材质硬度和三层复合结构，研发用于输注微球栓塞剂的微导管，具备支撑性、柔顺性、润滑性、扭控性、跟踪性等，实现术中微导管顺利、快速通过曲折狭窄细小的病变血管。建立中试或产业化生产线，开展临床试验，进行安全性评价及有效性评价。

考核指标：研制具有自主知识产权的聚乙烯醇栓塞微球和配套微导管，取得三类医疗器械注册证 1 项以上。聚乙烯醇栓塞微球具备载药、显影功能，可负载阿霉素、表阿霉素、伊立替康、吉西他滨等药物；载药速度快，载药浓度 $\leq 20\text{mg/mL}$ 时，对阿霉素、表阿霉素 15 分钟内负载率 $\geq 90\%$ ；载药量大，30 分钟可以加载 80mg 的阿霉素；载药后在体内缓释时间 ≥ 1 个月，术中术后可在 X 射线显影成像。获得发明专利 5 项以上。

项目交付件：完成时研发的聚乙烯醇栓塞微球和配套微导管获得医疗器械注册证，产品性能不低于国外同类产品，在不少于 15 家医疗机构得到推广应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，鼓励产学研医检联合申报，研发的技术和成果须在山东省内转化产业化。

张榜范围：省内外张榜

项目九：中医药现代化（重大科技创新工程）

课题 1：治疗感染性咳嗽中药创新药开发与产业化
(略)

张榜范围：省内张榜

课题 2：中药制造全过程质量控制关键技术开发

研究内容：聚焦当前中药传统制造的痛点与难点，针对中药质量特点和生产特点，基于中药新型制造新模式，以效/毒质量标志物全过程控制为核心，开展中药现代智能化制造全过程质量控制关键技术研究及制药装备开发。重点突破现代智能化分离与提取技术，攻克自动定向聚集与梯级温控柔性高效油水分离技术，研发智能化自动化提取装备，解决中药提取分离的共性关键技术难题；建立在线质量分析体系和新型在线控制方法体系，集成智能化装备、检测技术，研发具有在线分析、智能控制集成功能的智能化制药装备和系统，解决目前在线检测技术难以适应复杂的中药生产过程的问题；集成 PAT 技术、DCS 系统、SCADA 系统及 MES 系统，建立中药制剂数字化生产示范线，实现混合、提取、浓缩、醇沉、干燥等工段过程示范应用。

考核指标：获中药新药临床批件 2 个以上，完成中药国际注册 2 项以上；实现 20 个以上有效中成药的现代化智能制造关键技术突破和效/毒质量标志物全过程控制技术创新；获批发明专利

利 3 项以上，申请国际专利（PCT）5 项以上。

项目交示件：完成时项目设计与开发 5 套中药智能化先进制造设备，形成智能化中药生产能力，在省内不少于 3 家中药生产企业开展中药制剂数字化生产示范线建设与推广。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，且覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

六、现代轻工纺织

项目一：化学品绿色制造关键科学问题（重大基础研究）

课题 1：CO₂加氢制取高端化学品理论与催化剂研究

研究内容：针对二氧化碳资源化利用过程中难以实现反应底物高效活化、选择性差及其理论机制不清关键科学问题，研究 CO₂、H₂ 等反应物种在催化剂表面的吸附、脱附性能，阐明反应物种的吸附解析机理；研究不同反应步骤的热力学平衡与限度；采用原位反应技术，研究 CO₂加氢催化反应机理，阐明助剂、载体与活性中心的构效关系；研究开发活性高、选择性优异的 CO₂加氢制高碳醇催化剂和 CO₂加氢制轻质烃催化剂；研究催化剂组成、温度、压力等因素对转化率和产物选择性的影响规律，确定反应速率控制步骤，建立反应动力学模型。

考核指标：阐明二氧化碳资源化利用过程中 CO₂ 高效活化

及催化反应机理。获得 CO₂ 加氢制高端化学品的热力学数据和反应动力学模型,为 CO₂ 加氢制高端化学品技术工程转化提供理论支撑。设计合成高效的 CO₂ 加氢制高碳醇催化剂和轻质烃催化剂。在 240-280℃、0.5-3.0MPa 条件下,CO₂ 加氢制高碳醇催化剂 CO₂ 单程转化率 $\geq 40\%$, C₆-C₁₁ 醇选择性 $\geq 50\%$, 时空收率 $\geq 0.1\text{g}$ 高碳醇/(克催化剂·小时), 催化剂寿命 $>500\text{h}$; 在 280-320℃、0.5-3.0MPa 条件下; CO₂ 加氢制轻质烃催化剂 CO₂ 单程转化率 $\geq 50\%$, CO 选择性 $\leq 10\%$, CH₄ 选择性 $\leq 10\%$, C₂-C₁₅ 烃选择性 $\geq 80\%$, 其中烯烃选择性 $\geq 50\%$, 时空收率 $\geq 0.2\text{gC}_2+\text{烃}/(\text{克催化剂}\cdot\text{小时})$, 催化剂寿命 $>500\text{h}$ 。

项目二：高分子材料（重大科技创新工程）

课题 1：阻尼材料关键制备技术及产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：特种工程塑料（聚砜）的关键制备技术及产业化

（略）

张榜范围：省内张榜

项目三：特种橡胶材料（重大科技创新工程）

课题 1：航空胎用天然橡胶国产替代关键技术研究与应用

（略）

张榜范围：省内张榜

课题 2：铁系枝化丁戊橡胶关键技术研发与应用

（略）

项目四：新型化工装备及工艺（重大科技创新工程）

课题 1：新型微通道反应器装备及连续流工艺技术开发应用 (略)

张榜范围：省内张榜

课题 2：绿氢耦合碳酸盐分解减排增效清洁技术与装备开发

研究内容：研究耦合氧化制备氧化产品的高效电解水制氢技术、催化剂及适应制氢、氧化的产业化装备；分析降低碳酸盐热分解反应温度的压力、热力学等环境，研究在分解过程中共热状态下加氢原位制取 CO 的工艺及技术，研究碳酸盐分解共热反应耦合策略；研制碳酸盐分解加氢共热反应耦合制取 CaO、CO 的产业化装备。

考核指标：研究形成耦合氧化制备氧化的高效制氢技术的方案，形成乳酸、氧化钙、高纯 CO 等高附加值氧化物的制备工艺方案；形成碳酸盐热分解反应温度降低的其他环境状态的分析，形成原位加氢制备 CO 工艺的技术及工艺方案，CO 选择性制备达到 95%；研制形成适应制氢、氧化的产业化装备和碳酸盐分解加氢共热反应耦合的产业化装备，并实现产业化示范应用，年产高纯氧化钙 1000 吨。申请发明专利 ≥ 4 件。

项目交件：完成时须提供量产后乳酸、氧化钙、高纯 CO 等高附加值氧化物连续三批次产品一致性、考核指标测试合格的证明及应用验证报告，或非参研用户单位三批次以上应用良好的评估报告；研制形成适应制氢、氧化的产业化装备和碳酸盐分解加氢共热反应耦合的产业化装备第三方评估报告；年产高附加值

氧化物产量及销售证明，产业化生产须落地在山东省企业。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：由山东省辖区内独立法人单位牵头申报，鼓励高新技术企业联合高校、科研院所申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

七、现代高效农业

项目一：种质资源创新关键科学问题（重大基础研究）

课题 1：小麦隐性核雄性不育系和有效分蘖数调控研究及新种质创制

研究内容：重点研究小麦育性和产量关键性状有效分蘖数，在小麦种质资源中对育性和有效分蘖数进行高通量鉴定和筛选；采用基因组分析和表型组耦合技术，实现基于基因型对表型的精准预测，挖掘和鉴定小麦育性和产量性状相关的优异种质资源；鉴定、克隆关键基因，解析小麦育性和有效分蘖数形成的分子基础和调控机理；通过基因编辑技术实现对小麦育性基因和有效分蘖数调控基因的精准调控，创制杂交小麦不育系和显著增加有效分蘖数的优异新种质，为第三代杂交小麦培育及小麦产量提升奠定基础；通过结合表型组、基因组、基因编辑技术和分子生物学技术解析到有重大育种价值的基因或连锁位点，获得具有自主知识产权的基因专利和优异种质资源。

考核指标: 挖掘调控小麦育性和有效分蘖数的关键遗传调控位点和新基因 5 个, 其中有重大应用价值的新基因 3 个; 建立高效精准的分子育种技术体系, 创制对小麦育性和产量提升有重大应用价值的优异新种质资源 4-5 个。申请国家发明专利 3 项。

项目二: 农机装备(重大科技创新工程)

课题 1: 农用机械手运动规划与智能驱动技术研发

研究内容: 针对现有农用机械手(臂)位移、姿态控制精度低, 夹持力与目标匹配性差等瓶颈问题, 开展作业目标和障碍物无规律分布工况下的机械手(臂)运动学及动力学分析、无碰撞路径规划等研究; 基于欠驱动原理和柔体机器人理论, 研究机械手(臂)的仿生机构设计、力感知与智能控制等技术, 研制刚柔混合结构的欠驱动机械手(臂), 提高作业效率和作业精度, 实现对不同形状、质量农作物的无损伤抓取; 研究伺服驱动、高精度谐波传动动态补偿、多类型编码器高精度实时数据融合等控制技术, 研制机构-驱动-感知-控制一体化、模块化专用机械手(臂), 面向实际应用场景进行应用验证。

考核指标: 突破农用机械手(臂)伺服驱动、动态补偿、位置感知等关键技术 7-8 项, 研制机构-驱动-感知-控制一体化、模块化专用机械手(臂)5-6 种, 可实现对 10g 级、50g 级、100g-200g 级、300g-500g 级、1000g-2000g 级及以上质量作物体的无损伤抓取, 抓取响应时间 $< 2s$ 、三维位置控制精度优于 $\pm 1mm$ 、姿态角度控制精度优于 $\pm 0.1^\circ$ 、夹持力超调量不高于 5%、单节点闭环控制周期(输入到输出)小于 1ms, 作业效率较人工提高 3 倍以

上。

项目交示件：完成时须研制机构-驱动-感知-控制一体化、模块化专用机械手（臂）5-6 种，面向实际作业场景完成示范应用不少于 50 台（套）。

技术成熟度：当前等级不低于 7 级（环境级），完成后不低于 12 级（利润级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：智能农机装备模块化柔性电液控制系统研究

研究内容：针对电液控制系统中柔性化先导控制、模块化阀组集成、刚性结构的柔性集成等“卡脖子”技术瓶颈问题，研究智能电液比例阀控系统的设计理论与方法，研究模块化阀组、柔性功能逻辑组态及相应的功率、流量自动匹配技术，研究阀组高频响先导控制技术、成组或片内不同组态的柔性集成技术，开发集成阀组控制器及控制策略，研制满足不同装备功能需求的具备状态自感知边缘计算、闭环反馈自校准的总线化智能电液比例阀系统。

考核指标：突破高频响先导控制、模块化集成阀组、多信息传感融合等关键核心技术 3-4 项，建立智能液压元件核心零部件智能制造方法与技术体系 1 套，额定压力至 25MPa，最大流量

至 250L/min, 可实现零或微泄漏(0-2 毫升/分), 先导响应<40ms、主阀响应<55ms, 先导超调 4-6%、滞环<3%, 主阀超调 10-15%、滞环<5%。研制能满足不同装备功能需求的至少 6 个平台 15 种以上片式或整体式智能阀产品, 传感器线性度值不高于 1%, PWM 输出 8 路以上。

项目交付件: 完成时须在大马力拖拉机、大型谷物联合收获机、大型青饲机等 5 种装备上集成应用智能电液比例阀控系统、电液比例换向阀组、阀内位移传感器、控制器等, 关键零部件自主化率 95%以上。

技术成熟度: 当前等级不低于 5 级(初样级), 完成后不低于 9 级(系统级)。

支持强度: 省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件: 牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围: 省内外张榜

是否签订军令状: 是

课题 3: 通用农机底盘与智能控制技术研发

研究内容: 针对新一代通用农机底盘智能走行传动以及多功能配套作业模块快速换装与精准控制等技术瓶颈, 研究可变轮距、多向行走、差逆转向、重载静液压驱动等高适应性行走关键技术; 研究高效动力传递、多接口动力输出、作业装置快速换装、功能部件协调控制等动力优化匹配关键技术; 研究环境感知、路

径规划、导航避障、多机具智能控制、作业工况信息远程监测等自主作业关键技术；研究整机与全部作业部件的总线控制技术，研发集机电液集成控制技术等于一体的通用农机底盘，可纵向横向行走、原地指针式转向，可承载、牵引，可外挂耕整、播种、植保、收获等功能性农机具，实现多功能智能集成作业。

考核指标：突破动力系统、传动系统、控制系统等核心技术 6-8 项，研制新型通用农机底盘 1 台，研制耕整、播种、植保、收获等拓展模块化机具 3-5 种，动力系统功率 $\geq 170\text{kW}$ ，最大提升力 $\geq 75\text{kN}$ ，最大载重 ≥ 10 吨，最大牵引力 $\geq 65\text{kN}$ ，行走速度 0-50km/h，最高传动效率 $\geq 85\%$ ；导航精度 $\pm 2\text{cm}$ ，智能控制单元控制参数占整机参数比 $\geq 95\%$ ；关键技术及零部件自主化率达到 95%以上，整体技术水平达到国内领先。

项目交示件：完成时须开发新型通用农机底盘 1 台，耕整、播种、植保、收获等拓展模块化机具 3-5 种。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

是否签订军令状：是

课题 4：饲草加工关键技术装备研发与应用

研究内容:针对饲草收储装备亟需突破的高质高效切制、草捆成型、智能测控等技术瓶颈，围绕青贮玉米（含高湿玉米）、甜高粱、苜蓿等优质饲草收获加工贮存等主要生产环节高效高质高效作业需求，重点突破有序输送与高质量切制、自适应保质收获、品质营养保全处理、高性能拉伸膜、捆绳制备等关键技术，研发仿形平茬与切割、高秆饲草料高通量切割输送、高质切碎和籽粒破碎、揉丝压扁、自适应抛送、高密度成型、高效宽幅归集、捡拾码垛、低含水率草捆干燥、作业质量在线测控等智能化关键装置，研制饲料收获、贮存、干燥等生产关键环节智能作业装备，并开展应用验证。

考核指标:突破复杂环境智能仿形、有序输送高质切割、低含水率草捆高效干燥、作业状态在线感知等关键核心技术 6-8 项，研制大喂入量青饲料收获机、高湿玉米收获机、苜蓿调制收割机、高密度打捆裹包一体机、低含水率草捆高效干燥设备等智能化装备 8-10 种；青饲料收获标准草长率 $\geq 95\%$ ，收获喂入量 $\geq 37\text{kg/s}$ ，切段长度调整精度 1mm，籽实破碎率 $\geq 98\%$ ，裹包成型密度 $\geq 750\text{kg/m}^3$ ；苜蓿收获损失率 $\leq 5\%$ ，干燥均匀度 $\geq 95\%$ ，捡拾输送速度 $\leq 15\text{km/h}$ ；大方捆截面尺寸 $\geq 120 \times 80\text{cm}$ ；拉伸膜纵向拉伸断裂强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，捆绳抗拉强度 $\geq 300\text{N}$ ；关键零部件自主化率 95%以上；建立示范应用基地 2-3 处，示范面积 10000 亩以上。

项目交示件:完成时须开发适应苜蓿等优质干草高效收贮运需求的作业装备 5-6 种，高强度捆绳 1-2 种；适应青贮饲草料收贮需求的装备 3-4 种，高性能拉伸膜 1-2 种；面向实际作业场景

完成推广应用各种装备累计 50 台（套）以上。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

课题 5：大型智能自走式打包采棉机的关键技术研究与应用

研究内容：针对现有采棉机采摘效率低、成膜密度低、包膜成功率低，辅助驾驶等关键控制系统依赖进口等问题，开展机采棉种植模式、棉花物理特性与高速采摘匹配机制的研究，研制高速采摘系统；开展采棉机动力匹配、重载动力换挡等关键技术研究，研制重载动力换挡变速箱；开展棉花圆模成型、包膜及其控制技术的研究；开展适合不同气候环境、不同性状棉花的高强度专用外包棉膜及制备技术的研究；研究棉花收获作业自适应控制方法，研制收获机智能辅助驾驶作业自适应控制系统；基于 FPGA、DSP、ARM 核心处理芯片，开发具备无线通讯、云端控制功能的防传导、耦合、辐射等干扰的总线式高端专用控制器以及自主可控的智能监管与运维平台。

考核指标：作业行数 6 行、自动对行精度 $\pm 6\text{cm}$ 、作业速度 ≥ 7.1 公里/小时，采净率 $\geq 95\%$ 、籽棉含杂率 $\leq 11\%$ 、机械撞落棉损失率 $\leq 2.5\%$ ；重载动力换挡变速箱驱动力不低于 12000Nm；

包膜横向断裂拉伸强度 $\geq 30\text{Mpa}$ 、纵向断裂拉伸强度 $\geq 35\text{Mpa}$ 、打模成功率 $\geq 98\%$ 、棉模密度 $\geq 230\text{kg/m}^3$ ；控制器工作温度 -40°C – 85°C 、防护等级 IP67、平均无故障时间大于 5000 小时，智能监管与运维平台可同时监管不低于 100 台设备、数据信息存储不低于 5 年。

项目交示件：完成时须形成采棉机年生产能力 200 台以上。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

张榜范围：省内外张榜

课题 6：丘陵山区适用智能作业装备研发与应用

研究内容：针对丘陵山区农机作业环境复杂、先进适用装备缺乏等问题，面向果园生产对农机装备轻简化、灵便化、智能化需求，重点研究动力传递与高效驱动、多点动力输出、姿态调整等关键技术，研发具有自动导航功能的丘陵山区高效动力底盘。研究电控液压仿形升降和传感测距避障技术，创制智能避障除草机械；研究激光雷达探测变量喷雾控制技术，创制变量对靶喷雾机械；研究仿形机构多自由度联合控制技术，创制自适应仿形修剪机械，并在典型区域开展应用示范。

考核指标：突破丘陵山区果园智能农机装备轻简化关键技术

4-6 项，研制主要环节精准作业装备 8 种以上。底盘转弯半径 $\leq 1.5\text{m}$ 、爬坡能力 $\geq 30^\circ$ 、导航精度 $\leq 2\text{cm}$ ；除草作业速度 $1.5\text{-}3.5\text{km/h}$ 、漏割率 $\leq 5\%$ 、避障率 $\geq 95\%$ ；喷药对靶定位准确率 $\geq 95\%$ 、施药量控制精度 $\leq +5\%\text{FS}$ ；修剪直径 $\leq 22\text{mm}$ 、整形高度 $1.5\text{-}3.5\text{m}$ 、果实损伤率 $\leq 5\%$ 。示范面积 ≥ 1000 亩。

项目交示件：高效动力底盘、肥料深施机械、智能避障除草机械、变量对靶喷雾机械、自适应仿形修剪机械。

技术成熟度：当前等级不低于 7 级（环境级），完成后不低于 12 级（利润级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元。

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。优先鼓励省内外高企、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报，须覆盖全部研究内容和考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目三：节水关键设备（重大科技创新工程）

课题 1：大型喷灌装备关键技术研发与应用

研究内容：研发大型喷灌装备适应大尺度地块、多跨距喷灌行走机构的高精度传动系统、复杂地形自适应系统、变量灌溉控制系统、高均匀度灌溉系统；研制适用于大型喷灌机组的大流量水肥一体机，配套开发水肥施用与喷灌装备协调耦合控制系统，实现精量配水配肥、精准灌溉、水肥同调；研发喷灌机组智能终端监控和操作平台，实现远程终端智能控制操作和少（无）人值

守，并示范应用。

考核指标：突破大型喷灌设备的传动系统、变量灌溉控制系统、高均匀度灌溉系统等关键技术 6-7 项，灌溉水利用系数提高至 0.85 以上，灌水均匀度提高至 90%；大流量水肥一体设备，实现 500-1000L/h 高浓度肥的配比供液能力，施肥过程肥液浓度变幅小于 10%，农田肥料利用效率提高 40%；操作管理人员减少 60%，设备总体节水能力提高 10%、节肥能力提高 30%，总体购置和动力亩均成本降低 10%。

项目交示件：完成时须实现大型喷灌设备年产 400 台，建成示范区 5000 亩以上。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

项目四：智慧农业（重大科技创新工程）

课题 1：温室自适应控制系统研发

研究内容：针对温室种植环境物联网传感设备和信息传输设备集成度低，可靠性、稳定性差的问题，重点创制可替代进口的叶片温湿度、果实生长度、茎秆微变化等生物信息传感器，开发温室环境多传感器阵列，建立全位环境感知与基于边缘计算的生

长监测系统；研究基于温、湿、光、气等生长要素与生命体征参数的多任务处理协同优化、模块化控制技术，开发多模态数据融合、云端与边缘协作的智慧决策系统；开发温室智能数字化管理平台，研制多参数联动的自适应控制与智能调节执行装置，实现对温室环境的自适应管控。

考核指标：突破温室作物生长参数快速识别、环境自适应控制等关键技术 7-8 项；研制叶片温湿度、果实大小、茎干粗细等植物生命体征传感器 3-4 套，叶片温度监测分辨率 0.05°C ，叶片湿度监测分辨率 $0.05\%\text{RH}$ ，果实大小、茎秆粗细分辨率 0.01mm ；开发温室整体智能控制系统 1 套，系统响应时间 $\leq 1\text{s}$ ，检测精度、灵敏度、可靠性达到国际先进水平，关键技术自主率达到 95% 以上。

项目交示件：完成时开发叶片温湿度、果实大小、茎干粗细等植物生命体征传感器 3-4 套。示范应用温室整体智能控制系统 100 套。

技术成熟度：当前等级不低于 6 级（正样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：小麦条锈病高光谱监测与预警关键技术研究与应用

研究内容：研究开发区域尺度的小麦条锈病遥感监测系统，包含无人机高光谱数据采集平台、便携式高光谱数据采集终端、工程车载地面数据预处理中心、云计算高光谱数据处理平台等；建立小麦条锈病时空域-光谱域特征标准光谱数据库，研究开发基于高光谱数据分析建模和快速分析识别的核心算法，建立小麦条锈病高光谱特征监测处理模型；研究遥感、气象、植保等星地多源数据融合的小麦条锈病生境监测方法，将多源数据、观测与小麦条锈病流行机制有机链接，建立小麦条锈病发展区域预测模型。

考核指标：建立小麦条锈病遥感监测系统采集平台 1 套，无人机载低空高光谱数据采集平台采集速度 3 分钟/幅，单幅覆盖面积最高可达 10 亩，工程车载地面数据预处理平台可连续高效机动作业、存储、处理 15 天，便携式高光谱数据采集终端识别精度不低于 80%，云计算高光谱数据处理平台处理时间<20 分钟；建立小麦条锈病时空域-光谱域特征标准光数据库，包含不同时序的样本光谱数据 10000 份以上；建立小麦条锈病低空高光谱特征监测处理模型，识别精度召回率不低于 85%，建立融合多源数据的空、天、地小麦条锈病监测模型单次作业 1 万亩，识别精度召回率在 80%以上；建立小麦条锈病关键流行区域监测点 2 个，辐射区域面积不低于 10 万亩；建立山东省重点区域小麦条锈病感染区域面积分布图，准确率在 90%以上；根据模型监测结果精准施药，减少监测区域小麦条锈病农药使用量 20%左右。

项目交示件：完成时须开发小麦条锈病遥感监测系统采集平

台 1 套；小麦条锈病时空域-光谱域特征标准光数据库 1 个；建立小麦条锈病关键流行区域监测点 2 个，辐射区域面积不低于 10 万亩；山东省重点区域小麦条锈病感染区域面积分布图。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 9 级（系统级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

项目五：绿色新型农药创制

课题 1：绿色农药分子靶标鉴定与创制关键机理研究（重大基础研究）

研究内容：解析具有自主知识产权的高活性天然产物的靶标结构，研究其与靶标的相互作用机理，进行新药物靶标的发掘及新型绿色农药分子结构的开发；开展计算机辅助农药分子合理设计，采用活性亚结构拼接原理合成并筛选具有新作用靶标的原创性绿色农药分子结构；建立创新药物分子绿色清洁化制备合成方法。

考核指标：发掘 1 种天然高活性原创化合物的作用靶标；利用计算机辅助及活性亚结构拼接技术，创制出生物跨膜穿透力强的两性离子型农药活性分子，开发出 1-2 个低毒、高效、易于降解的强杀菌先导化合物；采用生物质源的绿色溶剂或水为反应媒

介，清洁的氧气为氧化剂等绿色温和的清洁化制备技术，通过多组分反应、去芳香化反应等，建立合成新型活性农药分子的方法。

课题 2：RNA 干扰生物农药的研制与产业化（重大科技创新工程）

研究内容：针对农作物主要病虫害，挖掘并筛选适用于 RNAi 高效防控的关键基因；筛选扩繁相应 dsRNA 的微生物菌株，研究 dsRNA 的规模化扩繁技术；筛选高效表达 dsRNA 的植物内生菌，采用基因工程技术将其改造为能分泌 dsRNA 到植物组织的工程菌株；研究基于 dsRNA 规模扩繁和植物内生菌的 RNAi 防控产品商业化生产、加工和应用关键技术，研制 RNAi 防控产品，评测各种防控产品对靶标病虫害的防控效果及其对植物和生态环境安全的影响。

考核指标：研制可商业化生产的 RNAi 防控产品 2-3 个，货架期 2 年以上，对主要靶标的防效达 80% 以上，替代化学农药防治，环境无污染危害，其中 1-2 个产品取得农药登记证书；获得能分泌 dsRNA 到植物组织高效表达的工程菌株 1-2 株，研制以工程菌株为主要活性成份的防治产品 1-2 个，完成中试。

项目交付件：完成时须实现 RNAi 防控产品 2-3 个，农药登记证书 1-2 个。完成每个产品的评测报告及其生产、加工和应用技术规程。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 8 级（产品级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件: 牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围: 省内外张榜

课题 3: 设施蔬菜重大病害绿色防控产品研发与产业化 (重大科技创新工程)

研究内容: 针对严重制约山东省设施蔬菜生产的卵菌病、虫传病毒病、根结线虫病、根腐病等重大病害, 分离鉴定病菌分泌的促生、抗病及抑菌的免疫效应蛋白, 筛选其高效表达菌株, 优化发酵参数, 研究免疫蛋白商品化生产技术, 研制商品化免疫蛋白产品。挖掘海洋虾蟹壳、海藻的壳寡糖、海藻酸、甘露醇及多酚等具有增强抗病性、抑菌或杀线虫活性成份, 研究活性成分提取、加工技术, 研制海洋生物副产品和代谢物商品化病害防控产品。以放线菌发酵产物阿维菌素、多杀菌素等杀线/杀虫活性成份为原料, 筛选放线菌高产能菌株及活性成分, 优化发酵工艺, 研制商品化生物源纳米农药。

考核指标: 以病菌免疫效应蛋白等为主要活性成份, 研制可商品化蛋白免疫农药产品 1-2 种, 对主要蔬菜卵菌和病毒病害防效达 80%, 显著降低化学农药用量, 蔬菜和环境无污染危害, 产品获得 1 个农药登记证。以海洋产物为主要活性成份, 研制可商品化的农药产品 1-2 种, 对主要蔬菜卵菌和根腐病防效达 80%, 防效接近化学农药水平, 蔬菜和环境无污染危害, 产品获得 1 个农药登记证。研制生物源纳米农药制剂产品 1-2 种, 防效较常规

剂型提高 20%以上，对蔬菜根结线虫病防效达 80%，蔬菜和环境无污染危害，产品获得 1 个农药登记证。

项目交件：完成时须开发免疫蛋白防控产品 1-2 种，海洋活性产物防控产品 1-2 种，纳米生物农药防控产品 1-2 种。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

项目六：绿色新型疫苗与饲料（重大科技创新工程）

课题 1：布鲁氏菌病新型疫苗的研制与应用

研究内容：研究布鲁氏菌感染及逃避宿主免疫的分子机制，明确布鲁氏菌逃避天然免疫和获得性免疫的应答机制，解析布鲁氏菌关键致病蛋白的生物学功能，创制安全性高、免疫力强、无毒力的新型布病疫苗，并实现产业化生产；研制区分布病野毒感染抗体和疫苗免疫抗体的鉴别诊断技术和产品；建立养殖场布病智慧管理、智能诊断系统，搭建布病风险预警预测平台；开展动物场群和区域布病净化技术研究，建立布病生物安全智能化防控技术体系。

考核指标：研发布病新型无毒力疫苗 1-2 种，突破产业化关键技术 1-2 项，降低牛羊场布病发病率至 1%以下；建立布病快

速鉴别检测技术 3-4 项，创制布病诊断产品 1-2 个；获得新兽药证书 2-3 个；创制布病预测预警模型 1 个，智能耳标、项圈和超脑盒子等智能管理设备 2-3 个；制定布病净化技术规范 3-5 个，建立布病区域净化模式 2-3 个，建立布病净化场 30-50 个。

项目交示件：完成时须开发新型无毒力疫苗 1-2 种，布病诊断产品 1-2 个，新兽药证书 2-3 个，布病净化技术规范 3-5 个，布病净化场 30-50 个。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 2000 万元

申报条件：牵头申报单位须为山东省境内依法注册成立的具有独立法人资格的企业。鼓励省内外高新技术企业、重点科研院所、高校以产学研合作形式共同申报。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：酵母单细胞蛋白与高附加值饲料添加剂联产关键技术及产品

研究内容：通过人工选育和合成生物学改造，提升单细胞蛋白产量，改进发酵性能，优化氨基酸组成，建设专用饲料酵母菌株库。构建高效表达部分酶制剂和饲料添加剂的工程酵母菌，建立单细胞蛋白联产发酵技术，开发饲料酶/添加剂-单细胞蛋白配伍优化的混合型制剂成型工艺，实现新型复合饲料添加剂与蛋白原料的创制与高效联产。开展利用地源性新糖源替代甘蔗糖蜜发酵酵母工艺技术研发，开发基于废水资源化利用的酵母发酵工艺

技术体系。建立利用酵母发酵联合生产单细胞蛋白与高附加值饲料添加剂的技术集成方案，打造“向微生物要蛋白”产业示范工程，形成系统性解决方案及可推广的商业运营模式。

考核指标：建设专用饲料酵母菌株库，包括酿酒酵母、假丝酵母、耶氏酵母、毕赤酵母等生物安全性菌株 200 株以上。开发新型酵母基因编辑工具 1-2 种，全基因组规模的快速进化育种技术 1-2 种。通过选育和改造，获得可用于制备粗蛋白含量超过 75% 的 SCP 单细胞蛋白酵母 3-5 株；自溶酶表达水平提高 20% 以上的酵母 2 株以上，并实现后期制备过程中细胞破壁率提高到 95% 以上；获得 3 株以上酵母菌株，其 SCP 中组氨酸、蛋氨酸与胱氨酸的综合含量达到 3.0% 以上。构建高效表达脂肪酶或蛋白酶，以及合成 γ -氨基丁酸或 β -胡萝卜素的酵母工程菌 4 株以上，建立 SCP 联产发酵技术体系，开发 2-3 套混合型制剂成型工艺，实现 2 个以上新型复合饲料添加剂与蛋白原料产品的创制，产品综合附加值提升 30% 以上。研发利用大豆糖蜜等地源性新糖源替代甘蔗糖蜜发酵酵母工艺技术，开发基于食源性玉米淀粉废水、大豆乳清废水的酵母发酵工艺技术体系 1-2 个，综合生产成本降低 20% 以上。建立利用酵母发酵联合生产单细胞蛋白与高附加值饲料添加剂的技术集成方案，申请发明专利 8 项以上。

项目交示件：建立利用酵母发酵联合生产单细胞蛋白与高附加值饲料添加剂的万吨级产业示范线 1 条。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 300 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

八、生物技术与工程

项目一：绿色生物制造

课题 1：基于合成生物学的大宗化学品绿色生物制造（重大基础研究）

研究内容：以解脂耶氏酵母等非模式工业微生物作为合成生物学的底盘细胞，开发非模式工业微生物的遗传操作和基因编辑工具；开发全基因组规模的快速突变技术；通过对基因组系统改造，优化外源途径与细胞底盘的适配性，提升微生物在工业生产条件下的发酵性能和鲁棒性，形成绿色低碳生物制造的细胞工厂，减少 CO₂ 排放；以丁二酸、富马酸等新一代生物化工产品为目标，通过基因组重构合成具有自主知识产权的工业菌种，提升目标产物的发酵浓度、转化率与生产强度，为新型低碳生物制造奠定基础。

考核指标：开发新型非模式工业酵母的遗传操作、基因编辑工具、突变进化工具 1~2 个；在全基因组水平上实现对非常规工业酵母细胞的改造，构建文库 2~3 个；通过合成生物学和代谢工程改造，实现系列生物化工产品如富马酸、丁二酸等的低 pH 高效生物合成。建立富马酸合成新途径，完成在不调 pH 条件下生物合成技术，发酵浓度 40 g/L 以上；丁二酸在不调 pH 条件下发

酵的浓度达到 100 g/L, 生产强度达到 2 g/L/h, 转化率 0.8 g/g 葡萄糖。

课题 2: 新型霉菌毒素降解酶研发与应用 (重大科技创新工程)

研究内容: 针对饲料与动物产品安全重大需求, 研发新型霉菌毒素降解酶。开展新型酶高通量快速筛选、全新蛋白质设计与分子改良、酶高效表达技术研究, 构建具有自主知识产权的稳定高产的新型霉菌毒素降解酶生产菌株, 建立新型霉菌毒素降解酶的绿色发酵工艺、后加工工艺, 自主研发发酵生产装备, 创建酶制剂的多元复配和配套应用技术, 实现饲用霉菌毒素降解酶的低成本生产和应用示范。

考核指标: 开发具有自主知识产权的新型霉菌毒素降解酶 5 种以上, 重点开发玉米赤霉烯酮酶、漆酶、氧化还原酶等霉菌毒素脱毒相关酶, 主要霉菌毒素降解率不低于 90%, 玉米赤霉烯酮降解酶、漆酶、氧化还原酶发酵活力分别不低于 10000u/mL、100000u/L、2000u/mL; 自主研发发酵生产设备不少于 1 套, 开发酶法脱毒绿色安全技术 3-5 项, 拓宽饲料资源品种不少于 3 种, 建成新型霉菌毒素降解酶生产线 1 条; 建立 1-2 个霉菌毒素降解酶产业化基地, 3-5 种酶千吨级产业化生产规模, 年产酶不少于 5000 吨, 处理霉菌毒素污染饲料不少于 200 万吨; 获批发明专利 3 项以上。

项目交示件: 完成时须建成新型霉菌毒素降解酶生产线 1 条。完成时产业化指标要求持续生产 6 个月以上, 产品通过国家

认可的第三方机构检测。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 12 级（利润级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标。

张榜范围：省内外张榜

九、公共安全

项目一：公共安全与安全检测（重大科技创新工程）

课题 1：数字化低温存储成套装备研发与产业化

研究内容：研发高效绿色斯特林制冷技术及在超低温生物样本存储设备，构建电-磁-机-热-流多物理场模型，实现系统能量损失控制、制冷量和压力波相位特性调节。开发百万级无人值守超低温自动化生物样本存储系统，实现不同类型/规格样本容器的单只全自动挑选存取，超低温环境机械部件正常运行，百万级样本库无人化管理。开发主动温控式航空运输集装器及智慧物联监控系统，研究轻型高强度、高保温箱体结构，研发满足主要航空货运机型适航要求的搭建物流监控平台。搭建生物安全实验室智慧安全管理平台，研发基于运维设计、运维监控、故障分析、诊断测试等功能模块实现远程故障诊断，智慧管理平台实现人员与设备的安全管控。

考核指标：突破基于生物安全的数字化低温存储技术，制冷效率 > 0.3 ，制冷量 $> 200\text{W}$ ，在 $32^{\circ}\text{C}/85\%$ 湿度环境下不停机运行

120 天，制冷量偏差 $< 10\%$ ；超低温生物样本存储装备实现百万级样本的智能化存储和管理，机械机构低温环境挑管准确率 $\geq 99.999\%$ 。主动温控航空运输集装箱续航时间 $\geq 50\text{h}$ 、具备物联监控功能，取得 CTSOA 适航证书。生物安全实验室管理平台设备运行诊断准确率 $\geq 98\%$ ，物料合理利用率 $\geq 98\%$ ，仪器设备联网比例 $\geq 90\%$ 。研发保障疫苗/血液/药品/实验室智慧安全管理新产品 10 项以上。受理发明专利 ≥ 5 件以上，软件著作权 6 项以上，制定实施国家行业标准 2 项。

项目交示件：完成时项目产业化生产需落地在山东省企业，实现斯特林制冷技术在 -86°C 超低温医用保存箱的产业化应用，要求持续生产 6 个月以上，且达到产业化指标，在 20 家以上医疗机构示范应用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 11 级（盈亏级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，研发的技术和成果须在山东省内转化并产业化。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：GIS 状态监测装备研发与产业化

研究内容：自主研发基于深度融合的 GIS（气体绝缘全封闭组合电器）状态检测装备，攻克传感器小型化、监测单元分布化设计安装以及组件间采用抗干扰能力强的无线微功率物联网通讯等关键问题，研究无线无源感应取电技术、多手段智能感知技

术、强电磁干扰环境下微功率无线通讯抗干扰技术，开展监测单元及智能传感器国产化替代研究，实现关键传感器核心部件全替代，突破解决断路器断口引出等参量无法引出的技术难题，提升状态监测覆盖范围，以监测诊断系统为平台，实现基于深度融合的 GIS 组合电器状态监测系统的开发和产业化量产。

考核指标：研发具有自主知识产权的 GIS（气体绝缘全封闭组合电器）状态检测装备，实现全部通讯协议国产化，与国外同类产品相比，通讯效率提升 50% 以上。GIS 组合电器通讯效率提升 50%，运行状态特征参数在线监视比例提升至 80%。三段可选频的传感器最小检测信号小于 -80dBm、动态范围大于 70dB、检测精度优于 $\pm 1\text{pC}$ 。受理发明专利 ≥ 3 件以上，软件著作权 10 件以上。制定 3 项以上国家/行业/团体技术规范标准，其中国家标准不低于 1 项。

项目交示件：完成时项目产业化生产需落地在山东省企业，承担单位须与用户签订产品订单，产品须通过中国电力科学研究院的型式试验认证，年用量达 1000 套以上，在国家电网、南方电网及厂矿企业等各类变电站用户广泛使用。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，研发的技术和成果须在山东省内转化产业化。

张榜范围：省内外张榜

十、生态环保

项目一：水污染防治

课题 1：光电催化分解工农业废水及生活污水制备清洁氢能研究（重大基础研究）

研究内容：开展直接以工农业废水及生活污水为原料，利用光电催化技术制备“绿氢”研究。设计合成具有良好光电响应特性的高效电极材料，建立工农业废水及生活污水光电解制备“绿氢”的工艺方法，实现废水资源化综合利用。拟解决的关键问题：创新高效、稳定持久的非贵金属 HER 催化剂设计理念及电极表面纳米工程构建策略，阐明构效关系，揭示电极表面竞争性副反应、光电协同催化机制与腐蚀机理；解决工农业废水及生活污水组成复杂多变引起的光电解稳定性、选择性差及电极腐蚀性问题；太阳能、风能、潮汐能等可再生能源与电解过程的耦合联用，解决制氢装置联用的太阳能光伏电池开路电压低、光电转化效率和稳定性不理想问题。

考核指标：设计开发出 4-6 种具有良好光电催化分解水响应特性的电极催化材料。阳极材料在 $1 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下过电位 $< 300 \text{ mV}$ ，稳定性 $> 720 \text{ h}$ ；阴极材料在 $500 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下过电位 $< 280 \text{ mV}$ ，稳定性 $> 720 \text{ h}$ 。污染物（COD）去除率 $\geq 90\%$ ，产氢效率 $> 3000 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{COD}$ ，氢气纯度 $\geq 99.7\%$ ；设计合成电解水制氢专用高性能光伏材料并优化光伏器件结构，实现单节太阳能电池的开路电压 $\geq 1.65 \text{ V}$ 且太阳能光电转化效率 $\geq 11\%$ ；建立可与太阳能、风能、潮汐能等可再生能源耦合联用、连续稳定环

境废水光电解制备“绿氢”方法，电解池效率不低于 75%，综合能耗不高于传统电解水制氢能耗。申请国家发明专利 5 项以上。

课题 2：污水处理系统构建及高端装备研发（重大科技创新工程）

研究内容：面向城乡污水一体化处理，研发新型厌氧悬浮颗粒污泥床反应器，构建基于内源短程反硝化、厌氧氨氧化和反硝化除磷的同步厌氧氨氧化模式，改善水力条件，优化稳定运行关键工艺参数，实现快速启动、无需补充外加碳源，稳定获取 NO_2^- -N 目标；开展藻菌共生氮磷强化去除技术研究，优化氮磷高效吸收最佳工况条件；研发生物质能源和氮磷元素回收技术，形成生物质能量与营养资源回收方案。开展基于前置微曝池富集污泥减量功能菌群的污泥过程减量技术研究，研发污泥原位发酵碳源供给技术，开发适宜含氧酸盐还原型微生物、发酵产酸型微生物、慢速生长型微生物和捕食型微生物等生物选择器，实现污泥脱水与稳定化设备的小型化。研究典型新污染物在新型污水处理系统中的迁移转化规律，优化相关工艺运行参数，实现新污染物的高效去除。运用物联网、云计算、人工智能和数字孪生技术，研发基于污染物负荷及动态数学模拟技术的智能实时污水处理监控和运管平台，实现流域水质目标压力响应的区域污水分散处理设施的动态装配调控和智慧化运维。开发装配式一体化污水高效智慧处理系统，实现装置组件的模块化、自动化设计和集成化装配，开展区域分散污水处理工程示范应用。

考核指标：研发 2 套以上装配式一体化厌氧处理反应器，单

台反应器处理规模达到 5000m³/d 以上，COD 去除率 96%以上，沼气回收利用率 99%以上；开发同步厌氧氨氧化脱氮除磷技术，无需外加碳源，厌氧氨氧化脱氮贡献率 > 70%时，系统启动响应时间 ≤ 3 个月，曝气能耗降低 70%，温室气体 N₂O 减排率 > 98%。制定 1-2 种典型新污染物在污水排放中的浓度限定标准，开发典型新污染物高效去除技术，新污染物去除率 > 95%。形成分散污水处理设施空间优化配置、污水处理智能实时监控与运管技术规范或技术指南 1 套，开发满足区域用户需求的分散污水处理设施在线远程智能实时污水处理监控和运管平台 1 个。建设 10000m³/d 以上的装配式污水处理设备应用示范项目 2 个以上，吨水电耗低于 0.526 kwh/m³；研发装置结构自动设计和优化软件，可在 50-10000 m³/d 规模范围内。获得发明专利 3 项，软件著作权 10 件。

项目交示件：完成时，项目承担单位形成高效智慧城乡污水一体化处理解决方案，在国内 2-3 个区域开展工程示范，与用户签订装备购置订单，年产装备 1000 台（单台处理能力 ≥ 2000m³/d），装备产品推广应用国家不低于 15 个。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标，研发的技术和成果须在山东省内转化并产业化。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：多功能移动式水污染应急处置成套装备研发与应用示范（重大科技创新工程）

研究内容：研发水污染应急处置预处理耦合工艺，优化提升污染物去除效率，有效提升后续膜分离工艺耐污能力，实现处置装备的高度集成化。开展耐高温耐高压基膜研制研究，研发耐高温耐高压反渗透膜配方及配套生产工艺，建成耐高温耐高压反渗透膜材料生产线，实现规模化生产。研发适用于超大体量废水应急处置的反渗透膜组件，优化水力学条件，明确相关参数对产水量和脱盐性能的影响；开发适宜高盐高有机污染物应急深度处置膜组件，开展超大体量废水应急处置设备集成技术研究，实现大水量进口、高效率水泵等关键部件的小型化。研发针对耐高温耐高压反渗透膜有机和无机污染的清洗方法。研发盐水深度浓缩处理关键技术，实现浓盐水的有效减量；开发适应于应急处置的小型化可移动蒸发单元，研发废盐高效资源化利用技术，实现水污染应急处置近零排放。研发具有超强越野能力的运载平台，形成多功能移动式水污染应急处置成套装备，并进行工程示范。

考核指标：自主研发废水深度浓缩单元，设备体积小于 $9.2\text{m} \times 2.5\text{m} \times 3\text{m}$ ，单套设备处理能力 $\geq 300 \text{ m}^3/\text{d}$ ，溶液浓缩终点为 10g/L 氯化钠；配套蒸发浓缩单元处理量为 $2\text{m}^3/\text{d}$ ，应急处置实现零排放；系统产水可达到地表 III 类排放标准，其中溶解性固体总量含量小于 200ppm 。开发耐热耐高压反渗透膜材料，在 80°C 下保持通量和脱盐率稳定性，脱盐率大于等于 99% ，通量大

于 25LMH，单支膜组件通量大于 160L/h，耐热耐高压反渗透膜污染速率较传统膜降低 30%以上。研发小型化关键部件，形成超短工艺处理工艺流程，集成化预处理单元体积小于 12.2m×2.5m×3m，单套设备处理能力达 2000m³/d，回收率达 90%以上，装机功率不大于 10 千瓦。开展废水应急处置示范工程，单台设备处理量不低于 2000m³/d，应急处置期间，设备正常运行时间≥3 个月，膜寿命≥6 年，膜组件寿命≥3 年，有机物去除率≥90%。

项目交示件：完成时，项目承担单位与用户形成批量订单，年产废水应急处理装备 50 套（单套≥2000m³/d），处理水质满足国家标准要求，成套装备通过质量监督局进行性能评价。

技术成熟度：当前等级不低于 5 级（初样级），完成后不低于 10 级（销售级）。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 1000 万元

申报条件：山东省境内注册企业牵头，产学研联合申报，申报内容需覆盖全部研究内容及考核指标，研发的技术和成果须在山东省内转化并产业化。

张榜范围：省内外张榜

十一、农业良种工程

项目一：生物育种关键核心技术

课题 1：小麦高通量基因编辑精准育种技术研究与应用

研究内容：以当前主栽品种为背景材料，研究开发小麦基因精准敲除、任意碱基转换和大片段替换技术体系，实现多基因同

时打靶；突破小麦任意碱基精准编辑技术瓶颈；突破小麦基因组大片段替换技术。围绕产量、品质、抗病、耐逆等小麦重要农艺性状，创制无转基因成分小麦新种质，并对其农艺性状和相关生理指标进行精准鉴定。利用小麦基因精准敲除、任意碱基转换和大片段替换技术体系，对小麦品种/品系进行性状改良，选育优异的衍生品种/品系。

考核指标：建立模块化小麦基因敲除技术体系 1 个，可实现 10 个以上基因 30 个靶点的同时敲除，打靶效率>50%；建立基因组大片段替换技术体系 1 个，打靶效率>5‰；建立小麦任意碱基编辑技术体系 1 个，打靶效率>2%；利用基因敲除、大片段替换和碱基编辑技术完成 100-150 个候选基因的功能验证，克隆重要基因 20-30 个；构建基因编辑载体 80-100 个，获得稳定的突变体材料 300-400 个；获得具优异等位变异的小麦新种质 20-30 份，申请或获得植物新品种权 3-4 项，授权发明专利 3-4 项。

项目交示件：获得具优异等位变异的小麦新种质 20-30 份，申请或获得植物新品种权 3-4 项，授权发明专利 3-4 项。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 800 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：小麦全基因组育种专用芯片研发与应用

研究内容：鉴定训练群体产量、品质、各种抗病性、抗逆性等表型性状。开展全基因组关联分析及与性状显著关联的 SNP

位点的鉴定。建立不同性状基因组预测模型并研究预测准确性的影响因素。育种专用芯片的设计和育种群体的芯片检测与基因组选择。分离群体的建立及重要产量、品质、抗病性、抗逆性基因位点的验证与精细作图。候选基因的鉴定与基因编辑功能验证、调控机理研究。突破性新种质与新品种（系）选育与鉴定。

考核指标：获得 1500 份小麦品种（系）的产量相关性状、品质性状、抗病性、抗逆性等性状的表型数据和基因型数据；全面解析产量、品质、多种抗病性和抗逆性的遗传基础，建立小麦产量、品质、各种抗病性、抗逆性等相关性状的全基因组选择预测模型，预测准确度达到 80%；利用双亲杂交群体对 15-20 个全基因组关联分析鉴定到的重要产量、品质、各种抗病性和抗逆性位点进行验证精细作图；克隆 15-20 个在育种中有重要利用价值的关键基因，并利用基因编辑技术进行功能验证；研发 1 款经济、实用的小麦全基因组选择育种芯片，与性状关联的芯片标记含量 50000 个以上，成本低于 240 元/张，在小麦育种中大规模推广利用；创新突破性小麦种质 5-8 份，选育突破性小麦新品种 2-3 个；申请专利或植物新品种权 5-10 项。

项目交付件：研发 1 款经济、实用的小麦全基因组选择育种芯片，在小麦育种中推广利用 3-5 万张；选育突破性小麦新品种 2-3 个。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 900 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：猪基因组选择技术体系的建立与应用

研究内容：开展猪生长、繁殖、饲料利用率、胴体组成和肉质、抗病性、体型等生产性能性状测定。开发猪基因组选择技术和靶向测序液相芯片，完善基因组选择育种值估计模型和算法。构建主要生猪品种基因组选择公共参考群。建立我省猪基因组选择数据库和具有自主知识产权的基因组选择育种平台。开展参考群表型与基因型的关联分析，采用传统育种方法和已知的重要分子标记，实现基因组选择在我省生猪育种企业的全面应用。

考核指标：开发猪基因组选择技术和靶向测序液相芯片，在商业化育种中广泛应用，芯片标记含量 50000 个以上，测定成本低于 150 元/头；构建 3-5 个主要生猪品种基因组选择参考群体，每个品种参考群体数目 5000 头以上；建立基因组遗传评估体系，搭建具有自主知识产权的山东省猪基因组选择公共技术平台 1 个；建立、完善种猪性能测定方案 1 套和猪遗传改良信息服务平台 1 个；实现山东省 5000 头以上后备种猪的基因组选择；申报或授权发明专利 4-5 项。

项目交示件：研发 1 款适用于目标猪群的靶向测序液相芯片，建立具有自主知识产权的山东省猪基因组选择公共技术平台 1 个和遗传改良信息服务平台 1 个。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 900 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：经济海藻分子模块设计育种技术研发

研究内容：采用组学和功能基因分析方法，挖掘与海藻产量、品质、抗逆等相关的关键功能基因，包括品质性状形成关键基因，生长相关的关键酶基因、碳吸收关键酶、光合作用关键酶基因，比较这些基因在海藻特异性种质中的表达量与农艺性状的相关性。利用基因编辑技术，进行分子模块设计育种研发，构建经济海藻分子育种技术平台，选育耐低氮、抗强光、风味物质含量高、生长快和抗逆性强的海带、紫菜新品种。

考核指标：定位或发掘重要经济性状位点（基因）5-8 个，克隆新基因 2-3 个。突破基因编辑和基因组选育技术瓶颈，构建经济海藻分子模块设计育种技术平台 1 个，建立经济海藻种质突变体库 1 个。经济海藻基因编辑藻株的培育时间缩短至 2 个月左右，效率达到 60%左右；分别获得鲜味物质（IMP）的含量提高 20%以上和生长速度提高 10%以上的海带、紫菜新品种（系）2-3 个。建立新品种（系）配套的高效制种、育苗与养殖技术体系；申请发明专利 5-8 项，形成标准 3-5 项。

项目交示件：构建经济海藻分子模块设计育种技术平台 1 个，审定海带、紫菜新品种（系）4-5 个。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 700 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目二：主要粮油作物突破性新品种培育

课题 1：面包优质专用小麦突破性品种选育

研究内容：研究明确调控面团延伸性和面包加工品质的关键蛋白和淀粉理化指标，创新选种指标，突破选种技术，统筹各项品质指标，重点突破醇溶蛋白含量和质量，培育延伸性显著提高的优质强筋小麦种质和品种以及面包加工品质突出的优质强筋品种。

考核指标：克隆新基因 1-2 个，创制优质强筋种质/育种材料 3-5 份，品质突出、综合性状优良，粗蛋白质含量(干基) $\geq 15.0\%$ 、湿面筋含量(14%湿基) $\geq 32\%$ 、稳定时间 ≥ 15.0 min、延伸性 ≥ 200 mm。培育优质面包专用小麦新品种 2-3 个，示范推广 50 万亩以上；粗蛋白质含量 $\geq 14.5\%$ 、湿面筋含量 $\geq 31\%$ 、吸水率 $\geq 60\%$ 、稳定时间 ≥ 12.0 min、最大拉伸阻力 Rm.E.U. ≥ 450 、拉伸面积 ≥ 100 cm²、延伸性 ≥ 180 mm，且产量 750 公斤/亩以上，较对照品种增产 3%以上。研制节本增效轻简栽培技术标准 1-2 套，节本增效 10%以上；研制高效种子生产技术标准 1-2 套，提高效益 10%以上。申请或获得植物新品种权、发明专利等 4-6 项。

项目交示件：培育优质面包专用小麦新品种 2-3 个，获得植物新品种权 2-4 项；建设高产优质面包专用小麦良种繁育基地 1 万亩，新品种示范基地 1000 亩。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 600 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：功能性小麦新品种培育和产业化应用

研究内容：以当前主栽品种为背景材料，通过远缘杂交、分子标记辅助育种和基因编辑等技术，创造富含“抗性淀粉”、“功能蛋白”等不同类型小麦种质资源。进行高抗性淀粉和低醇溶蛋白小麦新品种的基因鉴定和选育，培育功能性成分高、兼顾产量和抗性的多种类型的功能性新品种。针对“三高”人群研发高抗性淀粉、低过敏醇溶蛋白的面条、馒头等食品。

考核指标：克隆重要新基因 1-2 个，利用远缘杂交、EMS 诱变和基因编辑等技术，创制高抗性淀粉、功能蛋白等不同类型小麦种质资源 30 份。编制有关功能性品种、检测方法的标准 5 项，其中 2 项国家或行业标准，申请发明专利 3 项。培育高抗性淀粉、功能蛋白等 2 个功能小麦新品系，直链淀粉含量 55%以上、抗性淀粉含量 10%以上，产量 700 公斤/亩以上，其中 2-3 个获审定或产业应用。申报省级以上功能性麦小麦研发中心或生产基地 1-2 个。

项目交示件：编制 2 项有关功能性品种和检测方法的国家或行业标准，审定高抗性淀粉小麦新品系 2-3 个，研发有利于稳糖、调脂和适宜老年及妇幼实用的面粉、食品 10 种以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 600 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：两高三抗、绿色高效玉米重大品种培育

研究内容：针对“稳粮增油”现实和存在的生产与技术问题，突破精准测评技术瓶颈，构建高通量生物育种技术体系，创新杂种优势群和杂种优势模式，创制多性状优异基因聚合玉米新种质，选育两高（高产、高质）、三抗（抗病、抗逆、抗倒）、绿色（耐旱节水、节肥节药）、高效（适宜机械化生产）重大玉米新品种，同步创新集成高质种子生产和绿色生产技术，加速品种示范应用。

考核指标：克隆新基因 1-2 个，建立高通量创制技术体系 1 套，提高效率 30%以上。创制优良玉米自交系 6 个，选育玉米品种 8-10 个，其中重大品种 2-3 个，比主推品种增产 8%或亩产 1000 公斤以上，兼抗 3 种以上主要病害、耐高温、抗倒折，节水节肥节药 3%以上，品质达国家一级标准，籽粒直收破损率低于 3%，可实现机械化收获。集成高质量玉米种子生产加工技术标准 1 套，种子活力指数提高 10%，田间感病率下降 5%。品种配套栽培技术标准 1 套，可实现节本增效 5%以上。申请或获得植物新品种权 3-5 项，集成技术标准 2 套。

项目交示件：选育玉米品种 8-10 个，其中重大品种 2-3 个，申请或获得植物新品种权 3-5 项，集成技术标准 2 套，新品种累计示范应用面积 300 万亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 600 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：高油高产花生突破性新品种培育

研究内容：解析花生产量、含油量、抗逆性、养分吸收利用效率等复杂性状的调控因子与分子网络，构建以分子标记辅助选择、全基因组选择、基因芯片和基因编辑等技术为基础的花生高效分子设计育种技术体系。创制在产量、品质、抗逆、养分高效利用等方面有突破性的育种材料，聚合多性状的分子模块，培育突破性新品种，提高品种的高油、抗逆、高产协同能力。

考核指标：发掘调控花生产量、含油量、抗逆性等重要性状关键基因 25 个以上，获得有育种利用价值关键性状优异等位基因 15 个以上，建立 3-5 个以上目标性状的分子网络，提出有重要影响的花生高油、高产、抗逆等目标性状改良的分子模块，花生育种技术的综合创新能力达到国内领先、世界先进水平。筛选创制优异新种质 30 份以上。培育油用高产抗逆花生新品种 3-5 个。育成品种含油量 55% 以上，大花生高产潜力亩产 600 公斤以上，小花生高产潜力亩产 500 公斤以上。具有 2-3 个突出特点，其中，油酸含量大于 75%，中抗叶斑病、抗青枯病、中等耐盐、水肥利用效率比主栽品种提高 5% 以上。申请或获得植物新品种权 3-5 项、发明专利 5-8 项。

项目交示件：培育油用高产抗逆花生新品种 3-5 个，申请或获得植物新品种权 3-5 项；新品种的单位面积产油量比主栽品种增加 10% 以上，花生产品比普通原料价值提高 8% 以上，示范推广 500 万亩。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目三：蔬菜林果突破性新品种培育

课题 1：抗病耐抽薹优质十字花科蔬菜新品种选育

研究内容：引进、鉴定筛选国内外抗病耐抽薹优质十字花科优异种质，发掘与抗根肿病、病毒病、耐抽薹以营养品质等相关的功能基因（资源），利用基因编辑等技术手段创制优质、抗病、抗逆等性状突出的新种质；开展小孢子培养、分子标记辅助选择、雄性不育和杂交聚合等育种技术研究，建立高效、安全种质创新和重大新品种培育技术体系，育成抗根肿病或病毒病，以及在耐抽薹性、商品性以及球叶颜色等方面并肩进口品种的突破性大白菜、萝卜新品种；研究适合规模化生产的高效栽培技术，集成绿色高质高效栽培技术规程。

考核指标：挖掘优异种质资源 5-10 份；开发与耐抽薹性、抗病（逆）性、商品性以及球叶颜色等相关性状紧密连锁的分子标记 5-10 个；创制具有高品质、抗病、耐抽薹等优异性状的种质材料 10-15 份；培育抗病耐抽薹优质大白菜、萝卜新品种 5-7 个，其中，大白菜新品种抗根肿病或病毒病、富含类胡萝卜素(≥ 10 , 鲜重 mg/g)、耐抽薹（中心柱长度 3-5cm）；萝卜新品种抗根肿病或病毒病、商品率 $\geq 80\%$ 、耐抽薹（平均温度 13℃），适宜生食水果用或加工。

项目交示件：登记或获得新品种保护权 3-5 个，授权发明专

利 2-3 个，形成配套绿色优质高效栽培技术标准 1-2 套，并试验示范 200 亩；建立新品种展示示范及良种加工基地 1 个，新品种累计推广 5 万亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：优质抗病茄果类蔬菜新品种培育

研究内容：引进、鉴定筛选国内外茄果类蔬菜优异种质资源，结合基因组学、遗传学、转录组学、分子生物学等技术，发掘优质抗病、高产抗逆等关键基因及其调控网络，开发辅助选择的分子标记。通过基因编辑、优异基因聚合、基因芯片等技术，建立分子设计育种技术体系，实现茄果类蔬菜优异基因的精准、高效聚合。开发茄果类蔬菜目标性状的分子模块，利用回交和二代重测序技术，创制种质材料、更新骨干亲本，培育抗逆性强、风味丰富、营养品质高、商品性好的设施茄果类蔬菜新品种。研究适合茄果类蔬菜设施轻简化栽培技术，集成健康、高效栽培技术规程，进行示范推广。

考核指标：鉴定评价茄果类蔬菜种质材料 150-200 份，发掘优异种质资源 6-10 份，创制茄果类优异种质材料 10-15 份。开发利用农艺、抗病、品质等主要性状的分子标记 6-8 个。育成多抗、优质、商品性好、适应性广的茄果类蔬菜新品种 5-8 个，其中番茄 2-3 个，茄子 1-2 个，辣椒 2-3 个。番茄：抗 3 种以上主

要病害（其中必抗病毒病）；平均单果重 120g 以上；可溶性固形物 6.5%以上，番茄红素 0.06mg/g 以上；货架期 5-7 天以上。茄子：抗 2 种以上主要病害；坐果能力强，果皮黑亮不褪色，肉质紧实；平均单果重 400g 以上，商品性好，精品果率 90%以上。辣椒：抗 3 种以上主要病害（其中必抗病毒病）；平均单果重 80g 以上；可溶性固形物 5.5%以上，Vc 含量 0.3mg/g 以上；香辣味浓郁，商品性好，精品果率 85%以上。开发茄果类蔬菜设施轻简化栽培技术 3-5 项；集成健康、高效栽培技术标准 3 套，并试验示范 100-150 亩；建立茄果类蔬菜新品种示范基地及良种加工基地 1 处；新育成品种累计推广 3000 亩以上。

项目交示件：创制育种材料 10-15 份，登记或保护茄果类蔬菜新品种 3-5 个，申请或授权发明专利 5-7 项，建立新品种示范基地 1 处。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：高档优质轻简化苹果新品种及多抗砧木选育

研究内容：针对我省缺乏具有国际竞争力的高档优质苹果品种及多抗砧木等问题，收集鉴定我国特色优势苹果种质；利用常规杂交、远缘杂交、诱变育种、实生与芽变选种等技术手段创制品质性状、树体性状、抗病性和耐盐碱性突出的种质材料；研究利用基因组、转录组、蛋白组、代谢组等多组学联合分析技术，

进行苹果品质、株型、抗逆等重要性状关键基因的鉴定；开展全基因选择、分子标记、基因编辑等育种技术研究，构建高效的现代育种技术体系；培育优质、多抗、易管理、免套袋的苹果新品种以及适宜上山下滩需求的抗旱、耐盐碱、抗重茬、抗病毒砧木；研发配套的苗木脱毒、轻简化管理技术体系，进行产业化示范推广。

考核指标：发掘优异种质 5-10 份；开发品质性状、株型、抗病等分子标记 3-5 个，克隆新基因 1-2 个；创制目标性状突出的优异种质 8-10 份；育成高档、优质、多抗、免套袋且具有国际竞争力的鲜食和加工苹果新品种（系）2-3 个，培育抗旱、耐盐碱、抗重茬、抗病毒的砧木 1-2 个，申请植物新品种权 2-3 项；建立新品种脱毒技术体系 1-2 套；研制与新品种配套的高效轻简化栽培技术标准 1-2 套；示范面积 10000 亩以上。其中高档优质鲜食苹果新品种果肉酥脆或硬脆、香甜可口、着色程度 95%，可溶性固形物含量 16%，可实现轻简化、免套袋栽培；加工品种总酚含量 70mg/kg，可滴定酸含量 0.50%，抗轮纹病、炭疽病等主要病害。

项目交示件：申请植物新品种权 2-3 项，制定新品种配套高效轻简化栽培技术标准 1-2 套，示范推广面积 10000 亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：优质高效轻简化栽培梨新品种选育

研究内容：以白梨和砂梨为重点目标，综合利用杂交育种、芽变选种、诱变育种、生物技术育种等技术，全面进行新种质创制与筛选评价。深入挖掘重要组学信息，开发重要性状分子标记，鉴定重要功能基因，研发高效遗传转化及基因编辑技术体系。研究优化新品种的优质种苗繁育技术、包括种苗脱毒技术。结合我省的具体情况，因地制宜，研发配套轻简化种植技术，进行新品种及其配套技术的示范推广。

考核指标：筛选创制果实品质、抗逆性等特色优异种质 30 份以上；以白梨和砂梨为重点目标，选育品质优良、市场竞争力强、适合轻简化栽培、有重大应用前景的新品种 2-3 个，亩产 2500 公斤以上，单果重 ≥ 200 g，果肉石细胞含量 ≤ 0.4 g/100g。建立优质种苗繁育体系 2 套；研发新品种优质高效轻简化栽培技术标准 2-3 套。推广示范具有自主知识产权的、不同成熟期的优质梨接穗新品种 2 个、砧木新品种 1 个。研究鉴定 1-2 个重要农艺性状的分子标记。创建白梨或砂梨高效遗传转化和基因编辑技术体系；鉴定与果实品质、树体生长习性、抗逆性相关的重要功能基因 8-10 个，克隆新基因 1-2 个。

项目交示件：选育优质高效轻简化栽培梨新品种 2-3 个，申请或获得植物新品种权 2-3 项；打造新品种、新技术试验示范基地，核心示范区 1000 亩以上，辐射推广 5000 亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究

内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目四：畜禽突破性新品种培育

课题 1：高产特色奶牛核心育种群自主培育

研究内容：挖掘牛精子形态建成相关的候选功能基因，构建牛精子形态建成过程的时空表达调控网络；构建牛畸形精子形态建成的差异拓扑结构域区域、差异基因时空表达图谱。基于基因编辑小鼠和细胞模型，解析导致精子畸形的分子调控机制。建立高效基因编辑和活体转染技术体系，研发干预睾丸精子畸形的方法与策略。优化 OPU-IVF 产业化技术体系，提高活体采卵数、囊胚发育率、体外胚胎冷冻成功率，提高体外胚胎生产效率。实现胚胎的基因组选择，组建高产特色奶牛核心育种群，利用核心群自主培育优秀后备公牛。

考核指标：绘制牛精子形态建成过程中生殖细胞不同发育阶段的染色质拓扑结构域动态变化图谱和空间表达图谱 1-2 个；挖掘影响牛精子畸形的候选功能基因 5-7 个，构建精子形态建成过程的分子时空调控网络 1-2 个；鉴定调控精子畸形的关键基因或调控元件 1-2 个；精子畸形率低于 15%，制定生殖器官基因编辑的干预策略 1 套，完成 1-2 个精子畸形关键调控基因的体内编辑；优化 OPU-IVF 产业化生产技术体系，体外活体采卵数 16 个/次，体外囊胚率 36%，胚胎数量 4-5 个/次，冷冻胚胎孵化率 82% 以上；制定技术标准 2 项以上，申请或授权发明专利 5 项。

项目交示件：制定生殖器官基因编辑的干预策略 1 套，完成

1-2 个精子畸形关键调控基因的体内编辑；组建存栏达到 1000 头奶牛高产特色核心育种群，TPI 值达到 2800 以上，进行示范应用；生产胚胎 5000 枚以上，培育优秀后备公牛 200 头以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：优质蛋鸡新品种选育

研究内容：引进、筛选国内外特异种质，开展产蛋量、饲料转化率、蛋品质等重要经济性状的遗传机制及精准智能采集技术研究，鉴定重要经济性状的关键基因和分子标记，研发多性状协同改良的聚合育种技术，建立地方特色蛋鸡高效育种技术体系；构建性状鲜明的特色品系，通过配合力测定，筛选能够羽速、羽色自别雌雄的高效、节粮蛋鸡配套模式，培育适合市场需求的地方特色蛋鸡配套系，建立配套系制种体系并示范推广。

考核指标：鉴定产蛋量、饲料转化率、蛋品质等重要性状分子标记 15-20 个，克隆新基因 1-2 个。研发多性状协同改良的聚合育种技术 1 套；构建专门化品系 4-5 个，培育生产性能超过国内特色蛋鸡品种、达到国际先进水平的配套系 1-2 个，公母均为芦花羽（或公鸡芦花羽，母鸡黑羽），羽色羽速自别雌雄，72 周龄产蛋量 ≥ 300 个，产蛋期成活率 $\geq 98\%$ ，43 周龄平均蛋重 55g 左右，开产日龄 $\leq 140d$ ，90%高峰持续时间 4-5 个月，料蛋比 $\leq 2.3:1$ 。申请或授权发明专利 3-5 项。

项目交示件：构建特色蛋鸡专门化品系 4-5 个，培育地方特色蛋鸡配套系 1-2 个，形成配套饲养标准 1-2 套，建立特色蛋鸡示范养殖基地 1-2 个。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：优质肉鸭新品种选育

研究内容：利用国内外优异鸭种质资源，开展饲料利用率、屠宰性能、肉品质性状、繁殖性能、抗病性能等相关性状遗传机制研究和功能基因挖掘，研究无特定病原（SPF）鸭净化技术并进行遗传学质量监测；研发专用育种芯片和低成本高通量基因分型技术；结合种质资源鉴定、先验信息开展基因组选择技术研究，形成肉鸭个性化基因组选择技术体系；结合家系选择和基因组选择技术体系，探明适合肉鸭生产性能、胴体品质的选育模式，形成肉鸭新品种（配套系）个性化选育方案，培育相应的配套系并进行示范推广。

考核指标：发掘优异种质基因 10-15 个，开发饲料利用率、屠宰性能、肉品质性状、繁殖性能、抗病性能等分子标记 15-20 个，克隆新基因 1-2 个；优选 SPF 无菌鸭专用品系 1-2 个，净化病原微生物 16 种以上；研发专用低密度育种芯片 1 套；初步建立鸭基因组选择育种体系 1 个；申请或获得国家发明专利 3-5 项；制定高效生产技术标准 2-3 项并推广示范。培育肉鸭育种新材料

3-4 份，开展优异种质配合力测定研究，形成肉鸭配套系 2-3 个。分割型肉鸭配套系：42 日龄体重达 3.5kg，料重比低于 1.88:1，皮脂率低于 19.0%，瘦肉率 28%以上，商品代成活率 98%以上，父母代 66 周龄入舍母鸭产蛋数 230 个以上。

项目交示件：培育肉鸭育种新材料 3-5 份，形成肉鸭配套系 2-3 个，制定高效生产技术标准 2-3 项并推广示范，应用规模 2.5 亿只以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目五：水产突破性新品种培育

课题 1：海水养殖贝类新品种培育

研究内容：研究牡蛎、鲍鱼等贝类肌肉组织无损测量和耐温性状高通量测评技术，建立自动化、规模化、标准化精准表型测定技术，建立基于基因组重测序的新型标记分析技术。研发贝类液相基因芯片，实现全基因组变异位点的低成本高效分型，建立适用于贝类全基因组选择育种的亲本选配和育种值估计技术。创建贝类四倍体培育共性技术，建立多倍体靶向基因编辑技术。研究高闭壳肌性状、耐温性状形成的分子遗传基础，选育速生、抗逆的牡蛎、鲍等新品种（品系），实现三倍体的规模制种与新品种培育，研发与新品种配套的苗种繁育和养成技术，开展产业示范推广。

考核指标：研发牡蛎、鲍鱼等贝类性状高通量测评技术方法 1 种；建立目标经济性状的活体无损精准测定技术 1 种；研发贝类高效全基因组选择技术 1 项；获得具有产业应用价值的性状关键基因/位点 15 个以上，克隆新基因 1-2 个；四倍体倍化率提升 40%，孵化率提升 2 倍，存活率提升 2 倍；建立贝类多倍体编辑技术，实现 2-3 个贝类靶基因敲除；培育出抗逆、优质新品种（系）2-3 个，目标经济性状提高 15%以上，高温性能提高 1.5℃或耐低温性能提高 2.2℃。

项目交示件：培育出抗逆、优质新品种（系）2-3 个，形成苗种繁育与养殖技术标准 2-3 项，培育优质商品苗 30 亿粒以上，示范推广养殖 15000 亩。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：深远海网箱养殖专用鱼类新品种培育

研究内容：通过对深远海网箱养殖专用鱼类进行家系选育、种间或系间杂交，对杂交后代优势性状进行表型测试，生理生化指标、数量遗传性状分析，筛选和培育生长快、抗逆性强、适合深远海网箱养殖的优良品系和品种。在全基因组测序数据基础上通过多组学和表观遗传分析，比较解析生长、抗逆等杂交优势性状形成的遗传机制；同时结合高密度遗传图谱构建和 QTL 定位等筛选挖掘生长、抗逆性状相关基因和分子标记，构建鱼类远缘

杂交育种共性技术。构建冷冻精子、分子标记等多技术相结合的优良品种繁育技术，在我国南北方深远海网箱养殖区进行产业化示范推广。

考核指标：构建高密度遗传连锁图谱，定位生长、抗逆性状相关分子标记 3-5 个，克隆新基因 1-2 个；建立冷冻精子、分子标记等多技术相结合的远缘杂交育种技术，培育深远海网箱养殖专用鱼类新品种（系）4-5 个，生长速度提高 30%以上，成活率提高 20%以上；构建深远海网箱养殖专用鱼类良种扩繁技术体系与深远海网箱养殖技术标准各 1 套；建立良种示范基地 1-2 处，示范生产优良苗种 500 万尾以上，培育新品系 20 万尾以上，深水网箱养殖示范 1 万 m^3 以上，养殖产量达 $12\text{kg}/\text{m}^3$ 以上，推广 10 万 m^3 ；申请或授权发明专利 3-5 项。

项目交件：培育深远海网箱养殖专用鱼类新品种（系）4-5 个，构建深远海网箱养殖专用鱼类良种扩繁技术体系与深远海网箱养殖技术标准各 1 套，建立良种示范基地 1-2 处。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为中国境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

项目六：耐盐碱植物新品种培育

课题 1：早熟及耐盐碱马铃薯种质创新与新品种选育

研究内容：对国内外马铃薯种质资源进行品质、抗逆、耐盐碱性评价；利用现代分子生物学技术，研究抗性机制，开发分子

标记，挖掘克隆新基因；建立 CRISPR/Cas9 马铃薯基因编辑技术体系，创建优良的二倍体亲本，改良四倍体马铃薯低温糖化、褐化、高龙葵素等的遗传缺陷或提高 Vc、氨基酸等的含量；选育优质、高产、抗病、抗逆、耐盐碱马铃薯新品种（系），研发轻简化栽培技术。

考核指标：新搜集引进国内外耐盐碱马铃薯种质资源 300 份以上，发掘抗性基因 2-3 个，创制抗旱、耐瘠薄、耐盐碱等抗逆种质资源 8-10 份，创制抗土传病害种质资源 10-15 份，选育早熟、优质、耐中度盐碱新品种（系）2-3 个，出苗后 70 天成熟，马铃薯 Vc 含量 $\geq 30\text{mg}/100\text{g}$ ，平均产量 $3000\text{kg}/\text{亩}$ 以上，探索建立马铃薯分子育种技术体系，研发马铃薯轻简化高效栽培技术标准 1 套。

项目交示件：在黄三角国家农高区内建立耐盐碱马铃薯种质资源圃，新搜集耐盐碱马铃薯种质资源 300 份以上，建立轻、中、重度盐碱地马铃薯育种基地 100 亩以上；审定早熟、优质、抗逆新品种（系）2-3 个，示范推广 5000 亩，平均产量 $3000\text{kg}/\text{亩}$ 。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。项目应集中在黄三角国家农高区布局实施。项目牵头单位应在黄三角国家农高区内具有稳定的科研试验基地。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：耐盐碱大豆突破性新品种选育

研究内容：研究构建高通量、高精度、高效全植株表型鉴定分析平台；挖掘多样性标记，规模化分离耐盐候选基因，揭示调控大豆耐盐的作用机理和基因网络；鉴定筛选耐盐栽培和野大豆优异种质，建立黄河三角洲区域栽培及野生大豆种质资源表型、基因型和基因等信息的数据库；建立表型与基因型有机结合的耐盐碱大豆高效育种技术体系；创制耐盐碱、高产大豆新品种质，培育耐盐碱的高产、优质、耐逆突破性大豆新品种；研究集成盐碱地大豆绿色高质高效生产技术体系，进行新品种、新技术示范推广。

考核指标：研究构建高通量、高精度、高效的大豆全植株表型鉴定分析平台 1 个，实现 300 个以上试验小区全生育期的表型鉴定分析和模型建立；搜集耐盐碱大豆种质资源 300 份以上，完成对 400 份以上涵盖黄河三角洲盐碱地的栽培和野生大豆种质资源的耐盐性、产量、品质、抗病性、抗虫性鉴定，筛选获得耐盐大豆种质 20-30 份；挖掘表型和分子等多样性标记 5-8 个，规模化分离耐盐候选基因，揭示调控大豆耐盐的作用机理和基因网络 4-5 个，建立黄河三角洲区域栽培及野生大豆种质资源表型、基因型和基因等信息数据库 1 个；研究建立表型与基因型有机结合的耐盐碱大豆高效育种技术体系 1 个；创制耐盐碱的高产、优质、耐逆大豆新种质 5-10 个；培育耐盐 0.5% 的高产、优质、耐逆突破性大豆新品种 2-3 个，其中耐盐高产品种亩产量不低于 300kg，耐盐优质品种的蛋白质含量不低于 43%，脂肪含量不低于 22%，耐涝、耐旱、抗病、抗烟粉虱；研究施用有机肥、腐殖

酸、种子包衣、覆膜、滴灌等技术对盐碱地大豆品种的产量和品质效应，集成盐碱地大豆绿色、高质、高效生产技术标准 1-2 套，并试验示范 10000 亩以上，实现 0.3% 以上盐碱地大面积平均亩产 200kg 以上；申请国家发明专利 3-5 个。

项目交付件：在黄三角国家农高区建立大豆全植株表型鉴定分析平台 1 个，建立耐盐碱大豆种质资源圃 50 亩以上，搜集耐盐碱大豆种质资源 300 份以上，建立轻、中、重度盐碱地大豆育种基地 300 亩以上；审定耐盐碱大豆新品种 2-3 个，推广应用面积 50 万亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。项目应集中在黄三角国家农高区布局实施。项目牵头单位应在黄三角国家农高区内具有稳定的科研试验基地。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：高产优质耐盐碱藜麦新品种选育

研究内容：开展藜麦栽培品系引种和藜属近缘植物种质资源收集，建设种质繁育基地及“高产优质耐盐碱藜麦种质库”；构建藜麦种质资源评价数据库和藜麦品种评价体系；建立藜麦诱变育种体系、分子育种体系、遗传转化体系及基因编辑体系和育种平台；开展种质创新，选育优质高产粮用藜麦和饲用藜麦新品种；建立适合盐碱地、旱地绿色有机藜麦的种、管、收机械化种植模式和藜麦产业化技术体系品质评价的技术标准。

考核指标：完成我国藜属种质资源的调查和收集，搜集并保有各类藜麦种质材料 3000 份以上，建成一座储量 3000-5000 份的高产优质耐盐碱藜麦种质库；通过杂交和远缘杂交和射线诱变，创制优良藜麦种质 1500 份以上；创制、培育生育期短、耐盐碱、抗旱、抗除草剂，籽粒皂苷含量低且易加工的优质高产粮用藜麦和高叶茎比、低皂苷、抗倒伏，蛋白、脂肪酸含量及粗纤维利用率高的优质高产饲用藜麦新种质或新品种 8-10 个，完成品种登记 3-5 个，高产藜麦品种千粒重 5-6 克，亩产达 500 斤；完成 1000 份以上藜麦种质资源在盐碱地和旱地等种植环境的系统评价和 50-100 份核心藜麦种质基因组和表型组学鉴定；鉴定藜麦重要农艺性状关键基因 30 个以上，挖掘优异等位基因 10-15 个，构建一套藜麦分子育种技术体系和平台；建立藜麦高效遗传转化体系和基因编辑体系。

项目交示件：在黄三角国家农高区建立 1 套藜麦分子育种技术体系和平台，建设中、重度盐碱地藜麦育种基地 300 亩以上；完成优质高产粮用藜麦和饲用藜麦品种登记 3-5 个；建立盐碱地绿色有机藜麦种植技术标准 1 套，藜麦种植示范田 1000 亩，推进藜麦种植试点，推广种植 10000 亩。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。项目应集中在黄三角国家农高区布局实施。项目牵头单位应在黄三角国家农高区内具有稳定的科研试验基地。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：耐盐优质新型牧草突破性新品种选育

研究内容：引进并评价国内外新型牧草苜蓿、籽粒苋、柳枝稷、饲用狗牙根等种质资源在不同盐分梯度下的生长状况，建立耐盐表型数据库；对耐盐碱植物重要性状基因进行定位和功能基鉴定，挖掘重要育种应用价值的优异基因；通过杂交、基因编辑等手段培育耐盐碱、高产、优质牧草新材料。开展分子设计育种和多性状协同改良的聚合育种技术研究，建立盐碱植物性状精准改良技术；培育耐盐碱、高产、优质牧草新品种；构建耐盐碱植物快速扩繁和生态栽培技术，盐碱地改良技术等，在中高盐碱地开展示范推广。

考核指标：搜集耐盐碱牧草种质资源 500 份以上，建立耐盐表型数据库 1 个，发掘重要育种应用价值的优异基因 10-20 个；创制耐盐碱、高产、优质牧草新材料 10-15 份。构建现代高效育种技术体系并培育耐盐碱、高产、优质牧草新品种 5-8 个，其中耐盐、优质、机收干草含叶率高的苜蓿新品种在 0.2%-0.3%盐碱地中干草产量达到 1.2 吨/亩，干草含叶率（加工品质指标）达到 60%，粗蛋白含量（营养品质指标）达到 20%；优质高抗籽粒苋新品种耐盐能力超过 0.4%，产量 10 吨鲜草/亩；高耐盐、高产禾本科饲草柳枝稷新品种在 0.5%-1.0%中重度盐碱地上，干草产量达到 800 公斤/亩，粗蛋白含量达到 8%，替代羊草等粗饲料。优质高抗饲用狗牙根新品种耐盐能力超过 0.5%，粗蛋白含量达到 15%，产量 1.8 吨干草/亩。申请或授权发明专利 2-3 件。

项目交示件：在黄三角国家农高区构建分子设计育种-育种加速-不同耐盐梯度田间测试鉴定三级育种体系，建立轻、中、重度盐碱地育种基地 300 亩以上，建立耐盐碱牧草种质资源圃 100 亩，搜集耐盐碱牧草种质资源 500 份以上；培育耐盐碱、高产、优质牧草新品种 5-8 个，制定黄河三角洲盐碱地牧草生态绿色栽培技术标准 1-2 套，在黄三角国家农高区建立新育成品种轻度盐碱地示范基地 2000 亩，中、重度盐碱地示范基地 500 亩。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 400 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的企业。研究内容须覆盖全部考核指标。项目应集中在黄三角国家农高区布局实施。项目牵头单位应在黄三角国家农高区内具有稳定的科研试验基地。

张榜范围：省内外张榜

项目七：种质资源精准鉴定与创新利用

课题 1：两大玉米核心种质群轮回改良与突破性种质创制

研究内容：采取遗传生理分析、抗性鉴定、配合力测定和全基因组测序分析等技术手段，聚焦“高产稳产、抗病抗倒、绿色高效”目标，对塘四平头、PB、Reid、Lanc.类群骨干种质，以及欧美机收型和印尼热源型优异种质进行系统评价；构建“经典轮回选择+现代生物技术”相融合的高效精准群体改良和种质创制技术体系；以“塘四平头×PB”为模式构架，将鉴定获得的其他优异种质相融合，并同步导入优异基因资源，组建宽遗传基础相互轮回选择群体；在聚合广泛优异变异度基础上，进一步创造变异，

开展群体轮回改良，创制宽遗传基础突破性种质。

考核指标：创新集成精准群体改良与种质创制技术体系 1 套，相比传统改良技术精准度和效率提高 50%。组建塘四平头和 PB 为轮回改良核心种质群各 1 个，验证具有丰富的遗传变异度，具备群体轮回选择条件，每个群体包含国内外优异自交系资源 20 个以上，遗传基础和遗传变异度高，比二环系组建的育种材料高 2 倍以上。群体改良获得的种质材料对外发放 50 个以上单位，自主创制优良玉米自交系 10-15 个；其中，突破性自交系 3-5 个，配合力高（单一自交系组配参加省级以上区域试验品种 3 个以上）、抗性突出（兼抗茎腐病等 3 种以上主要病害）、自身产量高（亩产 500 公斤以上）、绿色高效（组配组合达国家质量一级标准）；组配省级以上参试组合 30 个以上。

项目交示件：创制优良玉米自交系 10-15 个，其中，配合力高、抗性突出、高产、绿色高效突破性自交系 3-5 个；获得植物新品种权 3-5 项、发明专利 1-2 项。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 600 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 2：主要农作物种子高通量全自动微创取样技术及设备研发

研究内容：以小麦高通量种子微创切割技术及设备研发为核心内容，研发种子高通量上料、外形和胚胎方向识别系统（硬件），

AI 赋能的种子外形和胚胎识别机器学习系统，开发一套自动化机械操作系统，实现对外形各异种子的精准抓取、夹持和切割，集成各个配套技术，研发小麦高通量全自动种子切片机和挑选机。

考核指标：开发一套小麦高通量、全自动种子及胚胎方向识别系统，识别准确率达到 95% 以上；该系统包括硬件系统和 AI 赋能的机械学习软件系统，每粒种子的全部取样处理时间不超过 4 秒；开发一套小麦高通量种子夹持和切割系统，结合机械切割和激光切割，种子切片一次处理 1200 粒种子以上，切割和抓取成功率达到 95% 以上，切割偏差 $<0.1\text{mm}$ ，田间成活率 95% 以上；完成小麦高通量、全自动种子微创取样系统的商业化生产，每天完成 8000 粒以上全自动的精准取样；研发小麦高通量种子挑选机，使符合育种目标基因型的种子 98% 以上完成自动化挑选，每天挑选通量不低于 12000 粒，切片与种子的对应率在 98% 以上。

项目交示件：研发可以商业化运营的小麦高通量种子切片机和种子挑选机各 1 套；在我国主要科研育种单位推广应用。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 3：作物种质资源表型工厂化智能精准鉴定平台研制与应用

研究内容：研发山东省主要农作物表型信息同步采集成像单元、传感器阵列及自主作业设备；研发基于深度学习的图像、光

谱和点云融合解析技术和算法，提高多模态数据解析的智能化程度；研制作物多生境、全生育期智能控制装备与种植管理工厂化智能化作业系统；构建作物表型精准鉴定模型，建立种质资源表型工厂化精准鉴定平台及其配套的定制化服务模式，对山东省农作物种质资源库现存的小麦、花生、大豆等我省优势作物种质资源进行精准鉴定。

考核指标：整合可见光、多光谱、激光雷达和热成像等 4 种以上多源传感器，研发能够实现同步控制和数据采集，获取数据通道数量>10，工作温度-20-45℃的成像单元和传感器阵列；建成能够实现远程控制、路径规划、环境感知、自主导航、无线传输等功能，智能化作业表型信息采集水平达 85%以上的自主作业表型采集平台 1 套；研发工厂化作物种质资源表型智能精准鉴定系统 1 套；完成 3000 份以上小麦、花生、大豆等典型作物种质资源多尺度形态结构、颜色纹理和生理生化主要表型鉴定，实现 3D 图谱融合的表型同步解析，在线自动化率可达 50%以上，误差低于 8%。

项目交示件：实现三维图谱融合的表型同步解析智能精准鉴定系统软件 1 套，研发自主作业表型智能化表型信息采集设备，应用场景 1-2 处，示范面积 30 亩以上。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

课题 4：作物种质资源安全保存智能化技术研发与应用

研究内容：研发种质资源出入库自动化操作机器人及配套密集存储设备，开发机器作业及在线数字化、可视化管理软件系统，集成种质资源保存标准化、精准化操作和数字化管控技术体系；改造升级现有种质库制冷除湿设备，实现超精细人工环境；批量化、标准化入库保存小麦、玉米、花生、大豆、蔬菜等作物种质资源；研发不同作物生活力预警监测技术，确定作物更新阈值；研制精确定量取种设备，提高种质资源批量共享利用效率；集成作物种质资源安全保存技术体系，在山东省进行齐鲁样板打造示范。

考核指标：研发种质资源自动化操作机器人及配套密集存储设备，实现种质资源出入库 24 小时预约、全程无人化操作功能，样本损失率为 0、精准率 99.9%；开发机器作业及在线数字化、可视化管理软件系统，实现种质资源全方位、全流程精准可控；升级现有种质库制冷除湿设备，库内温度 $-4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度小于等于 45%，温湿均匀度在 ± 1 左右；批量化、标准化、批量入库保存小麦、玉米、花生、大豆、蔬菜等作物种质资源 5000 份以上；研发不同作物生活力预警监测技术 1-2 项，确定作物更新阈值 2-3 个；研制精确定量取种设备，种质资源分发效率提高 30% 以上。

项目交示件：研发种质资源自动化操作机器人及配套密集存储设备，对外分发资源 2000 份以上；集成作物种质资源安全保存技术体系 1 套，打造智能化作物种质资源保存样板库 1 处。

支持强度：省财政资助资金额度不超过 500 万元

申报条件：牵头申报单位应为山东省境内注册的科研院所、高等学校、企业或中央驻鲁单位。研究内容须覆盖全部考核指标。

张榜范围：省内外张榜

2022年山东省重大关键技术攻关项目指南