

2023 年市重大科技创新工程 项目指南

烟台市科学技术局

2023 年 3 月

目 录

一、“固基强芯”创新工程	1
项目一：元宇宙国产化基础平台构建	1
项目二：网络多模态数据及移动应用人工智能安全监测平台 ...	2
二、“新材创制”创新工程	3
项目一：新型半导体用热场材料关键技术研发	3
项目二：溅射用高纯铜靶材制备技术研究及产业化	3
项目三：纳米级氧化锆粉体关键技术研发及产业化	4
项目四：气泡法制备纳米氮化铝粉体技术研发及产业化	5
项目五：高速通讯用高强低轮廓反转铜箔制备成套技术及产业化	5
项目六：高端应用领域高性能对位芳纶系列产品开发	6
项目七：UV 纳米压印用硅基树脂关键技术研究与应用	7
项目八：高分子耐磨自润滑核心组件研发与产业化	8
项目九：车规级 PET 轻量化发泡片材研制及应用	9
项目十：高端立索尔宝红颜料合成关键技术及产业化	9
项目十一：环氧化天然橡胶研发与产业化	10
项目十二：TPU 固态电解质材料研发与产业化	11
项目十三：1200 米以深井巷工程高性能注浆材料和注浆治水安全保障技术研究与应用	12
三、“先进制造”创新工程	13
项目一：重载车辆蠕墨铸铁制动盘关键技术研发及产业化	13
项目二：碳陶制动盘加工成套装备研发及产业化	14
项目三：超高精密机床主轴制造技术研究及产业化	14

项目四：全自动直角铣头研发及产业化	15
项目五：油田压裂高压柔性管汇系统研发及产业化	16
项目六：超高速空气涡旋粉磨机研发及产业化	17
项目七：石英半球微谐振子原子级制造新方法及装备	17
项目八：高端装备核心滚动功能部件的研发及产业化	18
项目九：大容量隔离型混合三电平双向 DC/DC 变换器研发及产业化	19
四、“探海飞天” 创新工程	19
项目一：海上浮式能源装备试验场关键技术研发与工程示范 ..	19
项目二：高海况自适应多功能海面浮台研制与应用	20
项目三：深远海海上风电超大型单桩基础先进制造关键技术开发与应用	21
项目四：大推力运载火箭海上发射联调联试智能保障装备	22
项目五：大型客机应急断离保险销国产化研究及产业化	22
项目六：低成本扁平化宽带通信卫星	23
五、“沃土良种” 创新工程	24
项目一：肉乳兼用牛新品种（系）选育与产业化应用	24
项目二：北方海区虹鳟新品种选育及深海养殖技术开发	25
项目三：智能播种关键装备创制	25
项目四：豌豆加工废水高值化绿色发酵关键技术开发	26
项目五：高产抗病突破性小麦新品种选育	27
项目六：预制菜全产业链低温杀菌控制技术研发与应用	27
项目七：海参花功效物质绿色制备关键技术与功能产品开发 ..	28
项目八：新型高效畜禽废弃物源功能性有机肥料研发	29

六、“医药健康” 创新工程	30
项目一：双特异性抗体药物开发	30
项目二：中医经典名方治疗类风湿药物研发	30
项目三：新型脱细胞软骨修复材料制备及应用	31
项目四：基于边缘智能的阻塞性睡眠障碍可穿戴装备研制与应用	32
项目五：多病因高血压精准检测评估技术和配套试剂研发	32
七、“绿色低碳” 创新工程	33
项目一：退役锂电池快速放电及自动化拆解回收技术与设备研发	33
项目二：垃圾焚烧飞灰资源化处理技术与设备开发	34
项目三：挥发性有机物（VOCs）分子筛吸附材料及处理设备研发	35
项目四：长岛海域海藻场渔业资源养护及增汇示范	36
项目五：电能计量与采集设备智能制造关键技术研究及产业化	37
项目六：大规模电化学储能安全长效运营关键技术研究和应用	38
项目七：-100℃超低温离心泵研发及产业化	39
项目八：工业供热电气化超高温蒸汽热泵关键技术与装备	40
八、“未来产业” 创新工程	41

一、“固基强芯”创新工程

项目一：元宇宙国产化基础平台构建

研究内容：针对基于国产 GPU 芯片的基础平台构建需求展开研究，开发基于国产 GPU 的元宇宙基础软件平台和集群控制系统，包含基于虚拟 GPU—vGPU 在内的虚拟化系统，提供不同粒度的算力支持；开发基于国产化平台的任务调度系统，提供对超大场景的任务拆分、多节点并行处理、任务重组功能；开发基于国产化平台的集群控制系统，提供对元宇宙平台算力需求的动态调整，包括根据集群负载对算力节点添加、删除、挂起等功能，确保整个元宇宙平台在使用过程中提供稳定的算力支持；开发支持 64 位色高精度动态渲染管道平台技术以及基于像素的照明和渲染技术，实现实时逼真渲染；开发基于图形的脚本化开发方式，实现元宇宙多用户低成本开发。

考核指标：提供满足元宇宙应用需求的国产 GPU 芯片产品(单精浮点运算性能不低于 1.5T)、集群任务调度系统(集群单精浮点运算性能不低于 10T)、集群负载均衡系统。研制出支持 64 位色高精度动态渲染管道、基于像素的照明和渲染技术，支持光晕、镜头光环、景深等各种后期特效，支持同时结合有颜色的衰减函数、动画系统包括骨骼动画系统等功能的元宇宙渲染引擎、图形化脚本开发模式。针对集群调度系统，支持不少于 50 算力节点的任务调度系统、不少 50 算力节点的扩缩容集群调度系统。平台落地同时支持教育元宇宙示范性应用包括元宇宙课堂、模拟实

验室、考核平台、互动答疑平台、监管平台等功能。申请发明专利 3 件以上、软件著作权 3 件以上。

项目交件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告；提供基于国产 GPU 芯片的国产元宇宙基础平台系统 1 套，至少 1 项元宇宙应用在该平台落地。

项目二：网络多模态数据及移动应用人工智能安全监测平台

研究内容：针对非受控环境下网络空间政务类和工业互联网类移动应用的数据安全隐患，研究跨模态数据的采集分析与理解技术，开发面向移动应用的跨模态数据采集系统；研究面向评估目标的内容意图理解技术，实现跨模态数据的一致性表达。利用人工智能方法实现内容安全风险量化评分，构建面向移动应用的多维度全生命周期信息安全评估体系；通过搭建集成化安全测试技术框架，研究 APP 集成化安全测试关键技术，实现对输入 APP 的自动化全面分析及修复建议。

考核指标：构建面向视频、文本、语音的跨模态数据采集系统，完成对移动应用 APP 的合规检测和漏洞检测，在不少于 5 家工业互联网平台应用示范。采集 APP 信息数量不少于 400 万款，覆盖不少于 10 个应用商店，多模态数据采集量不少于 1000 万条；移动应用 APP 合规检测平均时间小于 8 分钟，合规检测成功率不低于 90%，安全检测的检测项不低于 150 项。授权发明专利 5 件以上，发表 SCI 论文 5 篇。

项目交件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用

验证报告；一站式网络空间多模态数据安全人工智能监测平台 1 套，平台模块软件产品及第三方检测报告。

二、“新材创制”创新工程

项目一：新型半导体用热场材料关键技术研发

研究内容：针对国内第三代半导体材料制备用炉内热场材料需求，开发黏胶基固体保温毡材料。开发黏胶基固毡原料制备技术，对黏胶基纤维进行连续无磷预氧、裂解、碳化、石墨化所制得的黏胶基碳纤维，在无需化学纯化的前提下达到纯度要求；开发黏胶基固毡的制备工艺和产业化技术；开发高纯黏胶基固毡纯化技术和产业化技术。

考核指标：黏胶基固毡原料灰分小于 100ppm，石墨化温度大于 2000⁰C。黏胶基固毡灰分小于 200ppm，1000⁰C 导热系数小于 0.7w/(m.k)，电阻率大于 120000uW.cm。纯化固毡灰分小于 15ppm，其中敏感杂质包括磷硼灰分小于 1ppm，1000 度导热系数小于 0.7w/(m.k)，电阻率大于 120000uW.cm，申请发明专利 10 件以上。

项目交件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告。

项目二：溅射用高纯铜靶材制备技术研究及产业化

研究内容：针对溅射用高纯无氧铜靶材高纯度、高导电和高导热要求，研究真空熔炼真空度、坩埚材质和脱氧剂对高纯铜铸锭纯度和氧含量的影响，开发高纯铜熔铸和成型技术。研究高纯材料异常晶粒出现原因以及特殊晶界对晶界稳定性的影响，获取

不同加工工艺和热处理工艺对晶粒尺寸和晶粒取向的相关性，开发完善的晶粒度控制技术。

考核指标：完成溅射用高纯铜靶材产品开发，铜含量达到 4N (99.99%) 以上，杂质总含量不大于 0.01%，氧含量不大于 5ppm；平均晶粒尺寸 $\leq 100 \mu\text{m}$ ，最大晶粒尺寸不超过 $150 \mu\text{m}$ ；高纯铜靶坯内部不应有分层、疏松、夹杂和气孔等缺陷；高纯铜靶表面清洁光滑、无指痕、油污、锈蚀、拉伸润滑痕迹、颗粒附加物和其他玷污，无凹坑、划伤、裂纹、凸起等缺陷，申请发明专利 3 件以上。

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；形成 300 吨/年的生产能力。

项目三：纳米级氧化锆粉体关键技术研究及产业化

研究内容：针对纳米级氧化锆粉体粒径不均、烧结密度大、易于团聚等关键技术难题，研究成型以及高温状态下颗粒尺寸、黏度及表面张力等变量的精准鉴定技术，突破晶型转变不可控的技术瓶颈，实现高温状态下性能精准可控、陶瓷特殊晶型定向转变；开发陶瓷高温热膨胀系数与基体一致的掺杂材料，突破高温下颗粒团聚的技术瓶颈；研究优化反应温度、pH、稳定剂钇掺杂含量等参数，利用稳定剂及特定工艺控制氧化锆的马氏体相变，制备具有增韧效果的四方相氧化锆陶瓷。

考核指标：晶粒尺寸 60nm，陶瓷密度 $\geq 6.05\text{g}/\text{cm}^3$ ，抗弯强度 $\geq 1200\text{MPa}$ ，断裂韧性 $2-3\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ ，四方相含量 $\geq 85\%$ ，堆积密

度 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。申请发明专利 4 件以上，形成企业标准 1 项。

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；形成 4 类以上系列产品，年产能 200 吨以上。

项目四：气泡法制备纳米氮化铝粉体技术研发及产业化

研究内容：针对目前纳米氮化铝粉体直接氮化法和碳热还原法等制备方法工艺均存在生产无法连续、需要二次加工处理、产品纯度低、一致性差、成本高、产量低等问题，开发采用普通工业铝块为原材料、一步反应生产、无需二次处理、可连续、大规模生产的气泡法制备技术。开发高温铝液气泡法制备氮化铝装置、气泡法制备纳米级氮化铝工艺，确定气泡法制备氮化铝的全系统的压力控制条件，开发一套粉体的收集装置，自主开发气泡法制备纳米级氮化铝的控制系统。

考核指标：氮化铝粉体氧含量 $\leq 0.5\%$ ，氮化铝颗粒粒径要求达到纳米级 ($<100\text{nm}$)，成本价格 <100 元/kg。申请发明专利不少于 2 件、新型专利或著作权不少于 5 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；产能 200 吨/年气泡法工业化中试装置建设一套。

项目五：高速通讯用高强低轮廓反转铜箔制备成套技术及产业化

研究内容：针对高强低轮廓反转铜箔制造工艺复杂、综合性能和质量稳定性要求极高等问题，研究研究镀液组分和电沉积工艺对纳米孪晶组织特征的影响规律和调控方法，开发高强低轮廓

铜箔生箔制备工艺-组织-性能调控关键技术；研究微粗化工艺对高强低轮廓铜箔表面轮廓结构的影响规律，开发基于超低轮廓高剥离的铜箔表面微粗化技术，研究硅烷偶联剂与其他类型的金属表面偶联剂协同复合作用规律，开发新型硅烷偶联剂及偶联化处理工艺；研究构建镀液成分等精准监控技术，建立实验测量平台与测试评价体系。

考核指标：18 μm 铜箔处理面粗糙度 $R_z \leq 2.3 \mu\text{m}$ ，非处理面 $\leq 6.0 \mu\text{m}$ ；抗拉强度室温 (23 $^{\circ}\text{C}$) 下 $\geq 300\text{MPa}$ ，高温 (180 $^{\circ}\text{C}$) 下 $\geq 180\text{MPa}$ ；延伸率室温 (23 $^{\circ}\text{C}$) 下 $\geq 4\%$ ，高温 (180 $^{\circ}\text{C}$) 下 $\geq 4\%$ ；剥离强度 $\geq 0.61\text{N/mm}$ ， $\geq 3.51\text{bs/in}$ ；单位面积质量偏差 $\leq \pm 5\text{g/m}^2$ 。申请发明专利不少于 2 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；建成至少 1 条拥有自主知识产权的低轮廓铜箔生产产业化示范线，产能 1000 吨/年。

项目六：高端应用领域高性能对位芳纶系列产品开发

研究内容：面向高性能输送带、阻水光缆、航空级蜂窝芯材，开发适用高端对位芳纶系列产品。开发对位芳纶活化丝制备关键技术，解决纤维与橡胶材料之间的黏合力问题。开发对位芳纶阻水纱制备关键技术，解决高吸水树脂与纤维的结合问题。开发高强高模对位芳纶纸基材料制备关键技术，突破多纤维浆料悬浮液体系高效分散技术、差异化分层复配抄造技术和高温高压塑化增强技术。申请发明专利 3 件以上。

考核指标：对位芳纶活化丝线密度 3300-3480dtex，拉伸强度 $\geq 18.5\text{cN/dtex}$ ，最大载荷 $\geq 620\text{N}$ ，模量 $88 \pm 10\text{GPa}$ ，最大载荷保持在 620N 以上。对位芳纶阻水纱强度 $\geq 18\text{cN/dtex}$ ，断裂伸长率 $3.5 \pm 1\%$ ，拉伸模量 $\geq 100\text{GPa}$ ，阻水芳纶膨胀率大于 50mL/g。对位芳纶蜂窝纸厚度 0.046-0.062mm，纵向抗张强度 $\geq 3.00\text{kN/m}$ ，横向抗张强度 $\geq 2.00\text{kN/m}$ ，纵向撕裂度 $\geq 0.80\text{N}$ ，横向撕裂度 $\geq 1.10\text{N}$ ，纵向模量 $\geq 3.20\text{GPa}$ ，横向模量 $\geq 1.80\text{GPa}$ 。

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；形成 200 吨/年产能。

项目七：UV 纳米压印用硅基树脂关键技术研究与应用

研究内容：针对现有光固化树脂高硬度和高附着力不可兼得的技术瓶颈，开发高硬度高附着力硅基树脂制备技术，设计具有光敏性有机-无机杂化有机硅树脂的大分子结构，突破绿色聚合关键制备技术；研发高硬度高附着力硅基树脂基纳米复合材料的制备技术与工艺，突破纳米粉体（玻璃粉、硅灰石、二氧化硅等）表面功能化及高表面活性反应性填料的制备技术；研发彩晶玻璃 UV 纳米转印技术及其产品，集成 CMF 设计技术、纳米压印模具制作技术、UV 纳米转印与传统丝网印刷复合技术，突破 UV 转印技术下的涂层微图案化技术。

考核指标：硬度 $\geq 9\text{H}$ ，比国内外同类产品提高 3-4H，耐刮性能提升 100 倍以上；透光率 $>90\%$ ；耐拉拔，拉拔力大于 10 MPa 漆层表面无脱落现象；高附着力，3M 百格测试胶带拉拔 100 次以

上不龟裂；耐水煮，沸水煮 2 h 涂层面无膨胀、起皮、脱落、变色、水印；耐冷热循环，-20-50℃循环 5 次以上，每次 2h，涂层面无起皮、裂缝、脱落；耐紫外线，放置在 UV 箱内，6h，色差小于 1.5；耐酸碱，5%的 H₂SO₄ 和 NaOH 溶液分别润湿 24 h，涂层面无膨胀、起皮、变色；耐热耐寒，(-40±2)℃低温下和温度(100±2)℃高温环境中各放置 24 h，涂层面无脱落。申请发明专利 2 件以上。

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；建成生产线 1 条，产能 1000 吨/年。

项目八：高分子耐磨自润滑核心组件研发与产业化

研究内容：开发无油润滑状态下具有优异减摩耐磨性能的高分子树脂基纳米复合材料；建立特定功能纳米填充复合材料种类—结构—性能数据库；定向诱导相对滑动过程中摩擦界面高性能摩擦转移膜的生成，实现核心功能组件低摩擦高耐磨性能；开发适合高载变速复杂工况使役的复合材料及其注射成型技术，赋予复合材料优异的冲击韧性，提高材料的综合性能；建设材料成型加工技术突破及全套生产线。申请发明专利 6 件以上。

考核指标：承载能力>100 MPa。摩擦系数：干摩擦条件 0.1-0.3；油润滑条件 0.01-0.1；水润滑条件 0.01-0.25；有机溶剂润滑条件 0.01-0.25。耐磨性能： $<10^{-5}-10^{-7} \text{ mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 。

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；建成生产线 1 条，产能 500 吨/年。

项目九：车规级 PET 轻量化发泡片材研制及应用

研究内容：开发聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）发泡专用树脂改性技术，实现快速提高 PET 的熔体强度及泡沫制品耐温性能；设计用于 PET 发泡片材工业化生产的大型双螺杆-单螺杆串联发泡成套工业化设备，开发连续 PET 片材发泡工艺；根据 PET 发泡片材的性能特点，开发汽车各种热成型件的生产工艺，满足汽车零部件的特殊技术要求，在汽车顶棚等内饰关键零件上实现产业化；开发边角料回用工艺装备，实现完全回收重复利用。

考核指标：实现扩链改性一挤出发泡一边角料回收均在线完成；单线生产效率 $\geq 500\text{kg/h}$ ，产品幅宽 $\geq 1800\text{mm}$ ，产品厚度 2-10mm；PET 挤出发泡片材，密度： $55-80\text{kg/m}^3$ ，抗拉强度 $\geq 2.2\text{MPa}$ ，压缩强度 $\geq 170\text{KPa}$ （ISO 884、25%），工作温度-40 到 180°C ，阻燃性满足 GB/T 8410-2006。申请发明专利 2 件以上。

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；国际首次实现 PET 用于汽车顶棚等内饰，建设车规级专用 PET 发泡片材生产线。

项目十：高端立索尔宝红颜料合成关键技术及产业化

研究内容：针对水性涂料用立索尔宝红颜料耐候性、水性涂料存放稳定性差、环境污染等问题，研究立索尔宝红类颜料合成反应机理、重氮化、偶合成混晶与控制条件的相关性，实现有机颜料的颗粒均匀化；改进颜料与水性树脂的结合能力，实现涂料固着性高、耐候性好、粘度低及存放稳定性好；研究立索尔宝红

类颜料的晶核生长及形态控制、介质匹配技术，突破颜料在丙烯酸树脂体系的润湿性、高分散技术；开发立索尔宝红类颜料绿色生产和废水 COD 控制与治理技术；研发立索尔宝红类颜料在水性涂料中的应用技术，达到汽车用水性涂料、丙烯酸水性涂料、集装箱水性涂料国家标准。

考核指标：达到国际先进水平，实现进口替代。水性涂料用立索尔宝红颜料晶粒粒径 3-25 μm ，吸油量 $\leq 40\%$ ；②粒径分布(激光粒度) $D_{50} \leq 10 \mu\text{m}$ ， $D_{90} \leq 22 \mu\text{m}$ ；表面张力 $\leq 35\text{mN/m}$ ；电脑测色 $a \geq 60$ ；粘度 $\leq 850\text{cps}$ ；72 小时 (50 $^{\circ}\text{C}$) 稳定性测试与粘度比差值 $\leq 20\%$ ；废水 COD 值比传统工艺降低 30%以上。水性涂料综合色差值 ≤ 1.5 ，明度差值 ≤ 1 ，饱和度差值 ≤ 1 ；光泽 $\geq 52\text{GS}$ ；挥发性有机化合物 $\leq 80\text{ppm}$ ；72 小时 (50 $^{\circ}\text{C}$) 稳定性粘度差值 $\leq 20\%$ ；游离甲醛 $\leq 50\text{ppm}$ ；苯类含量 $\leq 100\text{ppm}$ ；可溶性铅含量 $\leq 90\text{ppm}$ ；可溶性镉含量 $\leq 60\text{ppm}$ ；可溶性汞含量 $\leq 60\text{ppm}$ 。申请发明专利 2 件以上。

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；形成水性涂料用立索尔宝红类有机颜料生产技术体系 1 套，年产能 1 万吨。

项目十一：环氧化天然橡胶研发与产业化

研究内容：针对环氧化天然橡胶制备中连续绿色原位法制备机理不明确、原位法环氧化天然橡胶制备关键技术缺少等难题，开展原位法环氧化天然橡胶合成及应用基础理论研究，开发连续

绿色原位法环氧化改性天然橡胶制备关键技术，建设千吨级环氧化天然橡胶示范生产线，开发环氧化橡胶纳米复合材料和轿车轮胎制备工艺。

考核指标：环氧化天然橡胶环氧化度 $\geq 30\%$ ，开环率 $< 10\%$ ，环氧化度波动 $\pm 5\%$ ， $0^\circ\text{C} \tan \delta \geq 0.35$ ；环氧化天然橡胶复合材料拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，拉断伸长率 $\geq 450\%$ ，300%定伸应力 $\geq 8\text{MPa}$ ， $0^\circ\text{C} \tan \delta \geq 0.5$ ， $60^\circ\text{C} \tan \delta \leq 0.08$ ；环氧化天然橡胶制备的生物基轮胎达到欧盟标签法双 B 级。申请发明专利不少于 3 件。

项目交付件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告；环氧化天然橡胶生产线 1 条；建成百万套级绿色高性能环氧化天然橡胶子午线轮胎生产线。

项目十二：TPU 固态电解质材料研发与产业化

研究内容：针对 TPU 固态电解质材料离子电导率不足、离子电导率和机械性能不兼得、离子有效传导和电解质膜机械性能难以平衡、高浓度锂盐在 TPU 基材中的分散控制、超薄 TPU 固态电解质薄膜材料产业化工艺及设备缺失等难题，开发基于四重氢键构、笼状无机材料或骨架化合物、多种 TPU 共混体系构建 TPU 固态电解质材料，得到兼具高安全性能、高能量密度、良好离子电导率和优异机械性能的固态电解质材料；完成工艺和生产设备的开发，建成千吨级 TPU 固态电解质材料产业化示范线。

考核指标：拉伸强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 200\%$ ，撕裂强度 $\geq 20\text{kN/m}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ ， $50 \pm 5\%\text{RH}$)；室温 (23°C) 锂离子转移数

≥ 0.4 ; 离子电导率 (40°C) $\geq 10^{-4} \text{ S/cm}$; 低温柔顺性 (-80°C ~ 200°C , 20°C/min) $T_g \leq -30^{\circ}\text{C}$; 尺寸稳定性 (120°C , 3周热处理) $\leq 10\%$ 。
申请发明专利不少于 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, 建成千吨级 TPU 固态电解质材料产业化示范线 1 条。

项目十三: 1200 米以深井巷工程高性能注浆材料和注浆治水安全保障技术研究与应用

研究内容: 针对 1200 米以深超深立井建设施工中遇到的高水压、高地温、大涌水量等问题, 研制具有遇水不分散、早凝早强、凝固时间可控、粒度细等特点的高性能注浆材料, 对注浆工艺和方法进行完善和改进, 确定最优注浆压力值; 设计研发一种采用纤维混凝土浇筑的具有强度高、承载力大, 且可转移所受水压力的止浆垫; 建立超深竖井注浆防渗技术体系, 优化施工工艺流程, 改进注浆设备和设施, 形成一套完整有效的超深竖井和平巷工程注浆防渗方法和规范。

考核指标: 研制出 3-4 种适用于超深井巷工程的高性能注浆材料, 材料细度 ≥ 1000 目, 可注入含水裂隙细度 $< 160 \mu\text{m}$, 材料凝固后 30 分钟内强度可达 C30, 凝固后体积收缩 $< 0.1\%$; 注浆液配置好后 3-4 小时内不变性、不凝固, 水灰比在 0.35-0.8 之间具有流动性并能够通过注浆机进行注浆; 止浆垫承载能力达到 2 万吨; 申请发明专利 4-5 项。

项目交示件: 完成时须交付 3 种适用于超深井巷工程的高性

能注浆材料，1套超深竖井井壁渗漏注浆防堵技术工法和规范，1套有效的超深竖井高水压大水量突水治理技术方案，完成至少4条竖井的应用示范。

三、“先进制造”创新工程

项目一：重载车辆蠕墨铸铁制动盘关键技术研究及产业化

研究内容：针对目前蠕墨铸铁制动盘制造材料性能和调控研究不系统、批量化生产质量不稳定、性能评价体系不足问题，建立蠕墨铸铁材料性能模型；通过对蠕墨铸铁成分进行设计和优化，实现蠕墨铸铁组织控制；基于三维重构和有限元分析技术研究蠕墨铸铁制动行为，建立蠕墨铸铁制动盘使用性能评价体系；研究蠕化工艺的稳定性和组织特征的定量控制，实现高性能低成本蠕墨铸铁制动盘的产业化。

考核指标：开发重载车辆（符合GB/T 15089-2001标准）高性能蠕墨铸铁制动盘材料，延伸率 $\geq 4\%$ ，室温导热系数 $\geq 40\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ，抗拉强度 $\geq 400\text{MPa}$ ，耐热疲劳和磨损性能达到常规灰铸铁的1.5-3倍。编制蠕墨铸铁性能设计软件一套，软件预测组织与实际结果吻合度达到95%以上。蠕化率稳定控制在85-90%之间。申请发明专利4件以上。

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；建成年产能100万件载重车辆蠕墨铸铁制动盘生产线1条。

项目二：碳陶制动盘加工成套装备研发及产业化

研究内容：针对碳陶制动盘加工磨具损耗快、精度差、成品率低、成本高、环境污染重等问题，开发碳陶制动盘加工专用成套装备。研究碳陶新材料加工机理，揭示高频微纳伺服振磨切削机理、碳化硅与综合固结超硬磨料相互作用规律，开发综合固结超硬磨料加工工具；研制新型碳陶制动盘磨削加工装备，研发分布式固结超硬磨削系统、多点信号反馈定位系统、综合管控专用进给系统以及清洁生产负压除尘装置，实现加工装备的智能运维及优化控制。

考核指标：工件粗糙度 $0.8-1.6\ \mu\text{m}$ ；周向厚度差 $\text{DTV} \leq 0.006\text{mm}$ ；上下面平行度误差 $\pm 0.002\text{mm}$ ；工件端跳 $\leq 0.015\text{mm}$ ；执行系统定位精度 $\leq 0.008\text{mm}$ ；重复定位精度 $\leq 0.005\text{mm}$ ；加工变化控制 $\leq 0.003\text{mm}$ ；扭矩反馈去除自身运行扭矩差异不超 5%；节拍 $\leq 10\text{min/片}$ ；成品率 $> 98\%$ 。申请发明专利 3 件以上，软件著作权 1 件以上。

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；建成生产线 1 条，形成产业化生产。

项目三：超高精密机床主轴制造技术研究及产业化

研究内容：针对国产超高精密机床主轴稳定性差、加工精度低和使用寿命短等问题，研发两面接触定位技术机床新型主轴，兼容 BT 与 BBT 接口，将 BBT 接口技术由理论化向产业化推进；设计浮动打刀结构，减轻对轴承损伤，保证主轴的回转精度和工

作稳定性；引入超低温热处理技术，探索超低温热处理技术对主轴功能部件精度稳定性的影响；针对典型机床主轴轴承在机床和台架上安装和测试需求，研究确定安装和测试关键步骤和参量。

考核指标：功能部件关键零件形位公差 0.001-0.002mm；主轴单元刚性轴向、径向 300N/ μ m 以上；主轴单元跳动近端小于 0.001mm，远端小于 0.005mm；该类精密机械主轴最高转速 12000rpm，功率 11-15kW，最大扭矩 95.5N·m，主轴单元动平衡等级全转速范围内 G1；主轴使用寿命 30000h 以上连续运转无故障（以客户使用报告为佐证）；主轴运转噪音 65dB 以下。申请发明专利 3 件以上，制定企业标准 1 项。

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；建成专业生产线 1 条，精密轴承测试台架 1 台。

项目四：全自动直角铣头研发及产业化

研究内容：针对目前直角铣头自动化功能尚不完善、精度保持性、工作可靠性较差的问题，设计结构紧凑的高可靠性自动抓取机构，研发电气、液压自动对接技术，实现直角铣头自动换刀；设计、制造高精度端面定位、传动齿盘，解决抓头板与铣头体的自动定位问题；开发设计高精度、高强度、高可靠性离合结构；设计铣头高速动力输出轴系支撑方案、铣头高速输出轴系润滑系统，提高全自动直角铣头精度保持性、工作可靠性。

考核指标：刀具转速不低于 3500rpm，且 3500rpm 状态下噪声低于 90 分贝；刀具扭矩范围 800-1000Nm，并进行切削试验

证；刀具接口为 BT40、BT50 规格；铣头分度转速 2.5-3.5rpm，启停平稳，无异响；铣头分度扭矩 400Nm，以铸铁、钢为切削试件进行试验；铣头分度角度最小单位 5°，误差 10" 以内，重复定位 4" 以内；拉刀力 1000-1300kgf，通过切削试验验证。申请发明专利 3 件以上。

项目交件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告；建成专业生产线 1 条。

项目五：油田压裂高压柔性管汇系统研发及产业化

研究内容：研发满足油田压裂极端工况的耐高压、大流量、高流速盐酸/压裂砂混合输送的柔管内衬层高分子材料；设计整体嵌入式软管接头，满足软管承压钢丝层与接头尺寸及性能匹配要求；开发软管承压结构计算及优化专用软件，并可有效应用于 130mm 以上通径阻燃柔管结构设计；突破智能化软管磨损在线检测技术，有效降低检测、拆卸成本。

考核指标：内衬层在 30%的盐酸中浸泡 76 小时，磨耗量小于 60mm³；软管和接头高强度大于 1000KN；软管满足耐火阻燃性能，可以保证在 704℃的火焰中保持 30 分钟，软管不失效，不泄露；软管的爆破压力大于工作压力的 2 倍，超过 207MPa 以上；研发管道磨损在线监测设备和智能检测系统，软管使用过程中自动检测反馈软管磨损情况，保障软管安全有效使用。申请发明专利 2 件以上，形成国家标准 1 项。

项目交件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用

验证报告；新增生产线 2-3 条，产能达到 10 万标米以上。

项目六：超高速空气涡旋粉磨机研发及产业化

研究内容：针对目前常规磨碎设备加工工艺粗放、加工精度差、能耗高的问题，开发涡旋粉磨机，实现物料在设备内接近音速（900-1000km/h）的移动速度，形成气旋流，产生高压环境及谐波、次谐波后对物料进行冲击粉碎；采用多通道分级入料，在同一台设备中实现预先分级和磨碎；改变现有粉碎设备只能粉碎物料的唯一功能局限，实现设备同时兼备粉磨与脱水功能。

考核指标：处理能力 20 吨/小时；出料粒度 - 100 μm ；破碎比 125 : 1；去除水分 40 ~ 75%；综合生产成本 40 元/吨；最大转速 3500rpm；粉磨室空气最大压力 1035MPa；粉磨室气和料最大速度 900 公里/小时。电能节约 20%；降低粉墨运营成本 30 元/吨。申请发明专利 5 件以上。

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。

项目七：石英半球微谐振子原子级制造新方法及装备

研究内容：针对石英半球微谐振子（直径 $\leq 10\text{mm}$ ）薄壁硬脆微复杂结构加工过程中低线速度下的微细磨削损伤控制、多能场耦合高效超低损伤磨削成型、光热催化化学机械抛光及低线速度高效抛光、原位形性检测及定点离子束修形等技术难题，开发稀土添加剂金刚石砂轮激光超声辅助机械化学磨削、高效超低损伤光催化绿色化学机械抛光、超声激光辅助离子束原位修形、原位

在线形性测试与离子铣削逐点去除等系列新方法，开发成套原子级制造新方法及装备。

考核指标：直径 $\leq 8\text{mm}$ ，同轴度 $\leq 1\ \mu\text{m}$ ，圆度 $\leq 1\ \mu\text{m}$ ，微谐振器件品质因数 Q 值 ≥ 200 万，五轴磨抛一体化机床精度 $\leq 3\ \mu\text{m}$ ，主轴跳动 $\leq 2\ \mu\text{m}$ 。申请发明专利不少于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（薄壁硬脆微谐振子磨抛一体化机床检测报告，离子束修形新方法加工前后的样件检测报告，样件的同轴度、圆度及 Q 值经第三方检测并出示合格证明等）。

项目八：高端装备核心滚动功能部件的研发及产业化

研究内容：针对滚珠丝杠、直线导轨等高端装备核心滚动功能部件加工和生产难题，开展滚动功能部件的失效机理及滚动特性分析，设计滚动功能部件的高可靠性结构，开发高精度滚动功能部件加工及热处理工艺，建立综合性能检测体系；实现批量化生产精度P2级滚珠丝杠（GB/T17587.3-2017）、精度1级滚动直线导轨（JB/T 7175.4-2006）。

考核指标：寿命 ≥ 30000 小时，噪音 $\leq 76\text{dB}$ ，温升 $\leq 2-3^\circ\text{C}$ ，效率 $\geq 95\%$ 。申请发明专利5件以上。

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；高效蠕动磨削专业化生产线3条；滚珠丝杠滚道型面在线冷热加工生产线3条。

项目九：大容量隔离型混合三电平双向 DC/DC 变换器研发及产业化

研究内容：针对大容量隔离型双向变换器电压匹配难度大、功率密度和转换效率难以平衡、功率密度限制器件选型和控制策略困难、多模块串并联时负载不均衡导致变换器寿命低等问题，设计隔离型混合三电平双向 DC/DC 变换器的拓扑结构，探索变换器的器件参数设计、调制策略及控制方法，研发混合三电平型变换器的高功率密度设计与效率提升、多模块功率堆栈组合控制及功率/电压/电流均衡技术。

考核指标：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告；变换效率 $\geq 95\%$ ；功率密度 $\geq 750\text{kW/m}^3$ ；单机功率 $\geq 100\text{kW}$ ，可并联模块 ≥ 5 个（模组功率 $\geq 500\text{kW}$ ）。申请发明专利不少于 5 件，发表相关论文不少于 2 篇。

项目交示件：应用于实际工程样机（系统）1 套。

四、“探海飞天”创新工程

项目一：海上浮式能源装备试验场关键技术研发与工程示范

研究内容：聚焦海上清洁能源装备等新产品海上综合试验，建立海上综合能源试验场。以海上光伏装备为研究对象，开展开阔海域浮式光伏性能评估技术研究，为海上浮式光伏技术方案提供长期实海况验证，形成新产业开发技术集成验证方案；开展光伏用海生态环境影响数据收集分析，结合实际观测数据研究光伏组件耐候性及大功率离网与消纳技术，解决海上耐高盐雾、高腐

蚀环境光伏组件批量化需求问题；实现多浮体光伏阵列样机海上试验观测和数字孪生平台建设，为漂浮式光伏结构方案、零部件产品性能提供海上实证。

考核指标：在山东海域建设专用海上试验场，面积 ≥ 2000 亩，水深 ≥ 10 米；满足2-3型海洋光伏装备连续试验与测试 ≥ 1 年，光伏组件高低温交替、高盐雾、震动等性能实测 ≥ 2 年；开展海上浮式光伏实证 $\geq 400\text{kW}$ 、离网消纳 $\geq 400\text{kW}$ ，浮式光伏平台不少于 $2*2$ 方阵；申请发明专利7项，自主开发软件2项，制定新行业标准、企业标准4份。

项目交示件：完成时须交付专用海上试验场1处，完成海上光伏设备实海况验证示范。制定新行业标准、企业标准4份。

项目二：高海况自适应多功能海面浮台研制与应用

研究内容：针对复杂海况，突破多功能海面浮台研制系列关键技术。研究高海况多功能浮台构型设计及模块布置方法，提出高可靠总体设计及全生命周期运维方案；开展在恶劣海况与极端台风环境下的运动姿态研究，提出浮台力学性能分析与安全性能评估方法并开发相关软件；开发浮台运动姿态与系泊自适应控制系统、长期运行监测系统，实现浮台姿态有效控制、关键参数实时监测及安全运行综合评估；研制海面浮台多功能扩展模块，实现海洋生态环境监测、电动船海上充电、小型船只临时靠泊及自充电等功能。

考核指标：研发适用水深 ≥ 50 米、载荷 $\geq 200\text{t}$ 多功能浮台

样机 1 台。在 5 级海况下，浮台可全程控制横倾角 $\leq 12^\circ$ ，运动范围距约束平衡位置 $\leq 15\text{m}$ 。以海上风电场为主要能源供应来源，提供海上 380V、220V 交流自供电，具备海洋生态环境监测、电动船海上充电、小型船只临时靠泊及自充电功能，输出功率 $\geq 2\text{MW}$ 。申请发明专利 4 项以上，开发软件 2 套。

项目交件：完成时须交付适用水深 50 米以上多功能浮台样机 1 台，开发软件 2 套。完成海上运动指标测试和应用示范。

项目三：深远海海上风电超大型单桩基础先进制造关键技术开发与应用

研究内容：聚焦超大型深水单桩基础制造关键技术，开发高效、节能、环保的超大型深水单桩基础制造工艺。开发单桩拼板技术，减少作业工序，提高效率和安全系数；开发纵缝焊接技术，实现 140mm 厚板焊缝一次成型；开发纵缝与环缝组对焊接技术，提高大管径、大壁厚单桩基础的批量化焊接效率及焊接质量；研究大壁厚钢板焊缝疲劳控制方法和工艺技术，建立适用于 140mm 大壁厚焊缝的疲劳寿命评估方法，提高深水单桩基础疲劳寿命。

考核指标：建成深远海海上风电超大型单桩基础，适用最大水深 50 米，可搭配最大功率 14Mw 风机，最大直径 $\geq 10\text{m}$ ，最大重量 2500t，最大长度 120m，钢板最大厚度 140mm；超大型厚板管桩制作效率提高 50%，焊接合格率 99.5%以上；申请发明专利 6 项，参与制定行业标准 1 项。

项目交件：完成时须建成深远海超大型海上风电单桩基础

生产线 2 条，完成 70 套单桩基础制造和技术应用。

项目四：大推力运载火箭海上发射联调联试智能保障装备

研究内容：针对当前运载火箭海上发射面临的海洋环境下复杂载荷作用、高潮高盐等复杂环境，探索风浪流涌等多因素耦合对装备结构稳定性和安全性的影响规律，突破海洋环境非稳基础上大型装备结构可靠性技术、复杂海况下装备电液一体化控制技术、大空间智能化温湿调控等重大关键技术，研究固液兼容的大推力（200 吨以上）运载火箭海上联调联试绿色环保、智能化保障装备，提升海上发射可靠性与安全性，并实现工程化示范应用。

考核指标：满足不低于四级海况运输、五级海况发射要求，适用于多型大推力（200 吨以上）固液燃料运载火箭海上发射需求，装备空间不小于 1800*1500*3500cm，温度控制误差 2℃ 以内，相对湿度控制误差不大于 2%；盐雾不高于 2 毫克/立方米，移动速度不低于 2km/h，爬坡度不低于 4°，且具备横摇不大于 4°、风速不高于 15m/s 时正常行走。申请发明专利不少于 5 项，发表论文不少于 2 篇。

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；大推力（200 吨以上）运载火箭海上发射联调联试智能保障装备设计方案 1 套，支持运载火箭海上发射活动不少于 3 次。

项目五：大型客机应急断离保险销全国国产化研究及产业化

研究内容：开展 C919 大型客机发动机吊挂和起落架应急断

离保险销国产化系列关键技术研究。分析国产 15-5PH 等原材料性能，确定原材料适用范围；揭示原材料热处理工艺与材料固溶状态性能关系，研究原材料与热处理制度匹配性；基于 AUBERT&DUAL 材料，开展适用于 300~363HB 硬度区间的热处理方法研究，定型热处理制度；通过仿真优化设计、剪切试验验证等方式，掌握保险销承载分析与结构设计方法。

考核指标：开发适用于 AUBERT&DUAL 材料 300~363HB 硬度区间的热处理制度，剪切强度 $714 \pm 4\%$ MPa，定型国产 15-5PH 原材料热处理制度，剪切强度波动范围 $\pm 4\%$ MPa；建立基于国产 15-5PH 材料的 C919 飞机应急脱离保险销产品的结构尺寸库。申请发明专利 2 件以上。

项目交付件：完成时须提供考核指标测试合格的证明及应用验证报告。

项目六：低成本扁平化宽带通信卫星

研究内容：针对低轨低成本宽带通信星座卫星需求，开展平板式通信卫星关键技术攻关及研制。研究机电热耦合设计约束、机电热耦合设计目标、机电热耦合设计优化方法，开发平板卫星扁平化构型机电热紧耦合设计，解决如何在机电热多场紧耦合的情况下得到满足约束的最优解；研究硅基太阳能电池阵空间环境影响机理、硅基太阳能电池阵系统设计、硅基太阳能电池阵设计防护，解决硅基太阳能电池阵空间环境影响机理及防护问题；进行宽带通信卫星成本分析、低成本设计、低成本制造研究，开发全链条低

成本设计技术。

考核指标：整星重量 $\leq 260\text{Kg}$ ；包络 $\leq 3500\text{mm} \times 1900\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；太阳能电池阵面积不小于 8m^2 ；功率输出 $\geq 450\text{W}$ （常态）， $\geq 2650\text{W}$ （15min）；蓄电池容量不小于 80Ah ；综合电子系统处理能力不小于 100MIPS ；测控上行 4000bps ，下行 8192bps ；定位精度优于 10m （1sigma）；姿态测量精度 $\leq 0.005^\circ$ ，姿态指向精度 $\leq 0.01^\circ$ ，姿态稳定度 $\leq 0.005^\circ/\text{s}$ ；推进总冲不小于 20000Ns ，推力 $\geq 20\text{mN}$ ，相位维持精度优于 5° ；完成地面核心原理样机研制及测试。申请发明专利 2 件以上。

项目交示件：完成时须提供考核指标测试合格的证明；交付平板卫星平台工程样机 1 颗。

五、“沃土良种”创新工程

项目一：肉乳兼用牛新品种（系）选育与产业化应用

研究内容：研发肉乳兼用牛表型数据收集系统，构建育种数字化管理平台；研发专门化全基因组育种芯片；构建生长发育模型，建立配套高效饲喂技术体系。

考核指标：选育包含 6 个家系以上的优秀种公牛 20 头以上，建立表型信息量 3 万条以上的肉乳兼用牛表型数据库与基因数据库各 1 个，得出影响生长、产奶量与产肉率相关性状分子遗传标记 5 个以上；创建肉乳兼用牛新品种（系）种质创新群体 1 个；建立肉乳兼用牛新品种（系）高效饲喂技术体系 1 套。

项目交示件：选育优秀种公牛 20 头以上，肉乳兼用牛表型

数据库与基因数据库各 1 个，肉乳兼用牛新品种（系）种质创新群体 1 个，高效饲喂技术体系 1 套。

项目二：北方海区虹鳟新品种选育及深海养殖技术开发

研究内容：培育适合黄渤海域养殖环境的虹鳟新品种（系），建立大规格苗种的陆基高效培育技术；研究虹鳟不同规格苗种的降海技术和工艺、大规格苗种规模化海上运输方法，提高虹鳟降海后的安全性和生长效率；研究开发多联疫苗，建立适合虹鳟养殖的疫苗免疫技术体系；研究不同规格水文环境下网箱养殖管理、投料和病害防控技术，建立虹鳟海区网箱健康养殖技术体系。

考核指标：培育针对黄渤海养殖环境的抗逆或速生新品种（系）1 个；苗种降海成活率达到 90%以上；开发覆盖主要养殖病原的多联、多价长效疫苗技术，免疫保护率 70%以上，接种鱼苗 10 万尾以上；构建海区网箱养殖技术体系 1 个；海区网箱养殖密度 15 kg/m³以上，养殖成活率 80%以上，示范网箱养殖水体 5 万 m³以上。

项目交示件：虹鳟养殖新品系 1 个，覆盖主要养殖病原的长效疫苗技术 1 个，示范养殖网箱 1 个，海区网箱养殖技术体系 1 个。

项目三：智能播种关键装备创制

研究内容：开展作物播种残茬处理、土地整平机械化种床整理技术研究及部件研制，研究装备的适应性和耐用性；设计适宜精量播种作业的新型种子投送机构。开展集成传感器、电源模块

等控制系统总体方案设计，实现对播种机速度、位置、载荷、压力、流量等关键参数检测的智能感知以及远程无线数据通信功能。

考核指标：研制小麦、玉米、大豆、花生等作物智能播种机 3 种以上，其中，播种机种子破损率： $\leq 0.5\%$ ，漏播率： $\leq 2\%$ ，重播率： $\leq 5\%$ ，智能化响应时间： $\leq 0.5\text{s}$ ；编制相关规范标准 5 件以上，申请专利 5 项以上；实现成果转化收益 1000 万元以上；建立工艺示范线 1 条；在农作物主产区示范及推广面积 1000 亩以上。

项目交示件：作物智能播种机 3 种，工艺示范线 1 条，编制相关规范标准 5 项，农作物主产区示范及推广面积 1000 亩以上。

项目四：豌豆加工废水高值化绿色发酵关键技术开发

主要研究内容：研究豌豆加工废水多菌种、全组分梯级发酵技术；研究利用豌豆加工废水生产富含功能性成分的食品级和饲料级“替抗”肠道益生菌微生态制剂。

考核指标：每日处理废液 1000 吨以上；乳酸菌单位发酵水平活菌数量 1.1×10^9 个/ml 以上，丁酸梭菌单位发酵水平活菌数量达到 1.3×10^9 个/ml 以上；乳酸菌、丁酸梭菌粉剂产品 100 亿个/克活菌以上，产品室温下存放保质期两年以上；申请专利 3 个以上。

项目交示件：食品级和饲料级“替抗”肠道益生菌微生态制剂示范产品，豌豆加工废水处理线 1 条。

项目五：高产抗病突破性小麦新品种选育

研究内容：开展全基因组关联分析、双亲群体连锁分析、群体转录组和表观组分析，克隆控制小麦高产、抗病关键基因，开发与高产、抗病性状相关的分子标记；整合控制小麦高产、抗病关键基因定位信息，明确控制相关性状关键染色体区段；开发小麦快速繁育技术、定向矮败小麦转育技术与分子标记辅助育种技术，快速聚合优良高产抗逆基因，创制抗性突出、高产稳产定向矮败群体及种质资源，培育高产抗病小麦新品种（系）。

考核指标：构建基于快繁技术的小麦高效生物育种平台 1 个，冬小麦繁育速度达到一年四代；开发搜集与产量性状和功能性状相关的分子标记 120 个，建立高通量分子标记检测体系；审定小麦新品种 3-5 个，授权小麦新品种保护权 3-5 个；发表学术论文 3-5 篇。

项目交示件：审定小麦新品种 3-5 个，授权小麦新品种保护权 2-6 个；构建基于快繁技术的小麦高效生物育种平台 1 个；学术论文 3-5 篇。

项目六：预制菜全产业链低温杀菌控制技术研发与应用

研究内容：采用高压电场低温等离子体冷杀菌保鲜技术原理，研究预制菜全产业链低温杀菌保鲜控制节点及技术方法，研发大通量高压电场低温等离子体活性水（PAW）、DBD 低温等离子体冷杀菌及离子空气消杀核心技术装置，解析 PAW 协同 DBD 低温等离子体冷杀菌对预制菜的杀菌保鲜效能特性及感官品质的调控机

制；创制预制菜关键节点的低温杀菌关键技术装备，集成创新建立预制菜全产业链低温杀菌保鲜智能一体化示范生产线，并进行规模化应用推广。

考核指标：研发专用低温等离子体冷杀菌品质安全控制技术 2 种，适用预制菜冷杀菌场景 3 处以上，产品保鲜期延长 1 倍以上；研制原料清洗杀菌、生产环境空气消杀专用技术装备各 1 套，杀菌率超过 90%；研制预制菜包装产品专用智能一体化低温杀菌生产线 1 条，生产能力达 600-1200 盒/h，杀菌率 $\geq 99\%$ ；受理技术发明专利 2-3 项，制订企业技术标准 3 项。

项目交件：原料清洗杀菌、生产环境空气消杀专用技术装备各 1 套；预制菜全产业链低温杀菌保鲜智能一体化示范生产线 1 条；发明专利受理通知书 2-3 项，企业技术标准 3 项。

项目七：海参花功效物质绿色制备关键技术与功能产品开发

研究内容：采用微生物发酵和酶解技术对海参花进行处理，利用现代生化分离方法制备海参花提取物，挖掘具有降血脂、改善记忆及维护生殖系统健康的功效因子；建立公斤级富含 EPA 海参花油脂提取制备关键技术，研制开发针对“三高”人群、生殖系统健康、抗衰老等系列营养健康产品，评价其改善糖脂代谢、提高记忆及预防生殖系统早衰的功效。

考核指标：建立公斤级富含 EPA 海参花油脂提取制备关键技术 1 套，海参花提取物不饱和脂肪酸含量达到 8%-10%；开发调节糖脂代谢平衡、肠道菌群和提高免疫力的饮品 1-2 款，其中海参

皂苷、牛磺酸等功效因子含量达到 2%-5%；确定具有抗衰老作用的功能因子，开发针对生殖系统状态、抗衰老、提高免疫力的产品 1-2 款，其中饮品中海参性腺有效成分含量达到 2%-5%，片剂中海参性腺有效成分含量达到 10%-15%；受理发明专利 1-2 项。

项目交示件：开发具有调节糖脂代谢和肠道菌群功能、提高免疫力功能的产品 1-2 款；开发针对生殖系统状态改善、抗衰老、提高免疫力产品 1-2 款；发明专利受理通知书 1-2 项。

项目八：新型高效畜禽废弃物源功能性有机肥料研发

研究内容：优化多种畜禽废弃物（鸡粪、屠宰废弃物等）协同厌氧发酵工艺，研发全组分利用、单组分分离与纯化、多级提纯精制技术，实现发酵代谢产物的特异性抗病、促生等活性物质定向筛选与提取，过程中不产生任何废水与污染；开展精制提纯组分的二元及多元混配，明确针对苹果园土壤酸化的改良效应、相比于传统化肥农药的减施增效用用量与苹果品质提升效果；开发配套使用技术，建立示范基地推广应用。

考核指标：优化畜禽废弃物生物厌氧发酵工艺，粪污发酵停留期大于 45 天且浓度高于 10%，水循环利用率达 100%且无环境污染；开发功能性固、液单剂复配肥料 2-3 种，氮磷钾利用率提高 15%—25%，减少化肥用量 20%以上且不减产；建立果园示范区 5 处以上，面积 100 亩以上，示范区土壤有机质含量提高 0.5—1 个百分点，农药减量 10%以上；受理专利 2 项以上；发表核心期刊论文 3—5 篇；形成新型功能性肥料在苹果园中的应用技术规

程 1 项。

项目交示件：开发功能性固、液单剂复配肥料 2-3 种；建立果园示范区 5 处以上，面积 100 亩以上；新型功能性肥料在苹果园中的应用技术规程 1 项；专利受理通知书 2 项以上，论文 3-5 篇。

六、“医药健康”创新工程

项目一：双特异性抗体药物开发

研究内容：基于双特异性抗体可以通过两个靶点之间的协同作用提升药物药效、安全性，针对性开发双特异性抗体药物，实现该领域核心技术突破。围绕双特异性抗体开展组装、结构、稳定性、有效性和安全性研究，攻克双特异性抗体分子构建核心技术，筛选双特异性抗体药物；应用抗体药物偶联物（ADC）技术，研制双抗 ADC 药物，开展功能验证、优化生产工艺研究。

考核指标：制备 5-10 种双特异性抗体，筛选出 3-5 种候选药物，推动 1 个双特异性抗体原创药物获得国内临床试验批件。

项目交示件：完成时须推动 1 个双特异性抗体原创药物获得国内临床试验批件。

项目二：中医经典名方治疗类风湿药物研发

研究内容：针对类风湿性关节炎发病机制复杂、致残率高、不易治愈的难题，围绕中医经典名方筛选研发疗效显著、不良反应低的有效治疗药物。开展作用机制和靶点的研究，明确作用机理；以药效成分研究为基础，建立涵盖全药味定性、多成分定量

及特征图谱的质量控制方法；对制剂中试生产工艺参数进行优化，明确主要药效成分在制备工艺过程的质量传递规律。

考核指标：完成主要药效成分筛选，阐明作用机制和靶点，形成技术报告。完成药物非临床安全性评价。药材、饮片、中间体及制剂成品物质传递率 $\geq 90\%$ ，有效成分转移率 $\geq 50\%$ 。获得1个经典名方生产批件，申请发明专利1-2项。

项目交示件：完成时须获得1个经典名方生产批件，并开展规模化生产。

项目三：新型脱细胞软骨修复材料制备及应用

研究内容：针对关节疾病目前治疗方式方法存在治标不治本、二次创伤、费用高昂等问题，开发新型脱细胞软骨修复材料，诱导软骨再生，实现运动系统结构和功能恢复。构建软骨细胞三维培养系统，实现软骨细胞在体外大量增殖分泌透明软骨基质；制备脱细胞关节软骨修复物，获得长期保存方式；开发脱细胞组织工程化透明软骨移植技术，开展原位缺损移植动物实验，探究植入物在体内的原位修复整体效果；制定软骨组织提取方案和脱细胞关节软骨修复物移植回缺损修补位置的手术方案，开展临床试验。

考核指标：脱细胞关节软骨修复材料为圆形，直径 $> 24\text{mm}$ ；主要组分为II型胶原蛋白，含量 $\geq 90\%$ 。糖胺多糖含量 $\geq 0.5\%$ ；完成产品安全性、有效性动物实验与临床试验，取得第三类植入类医疗器械注册审批通知书，申请发明专利2项。

项目交示件：完成时须取得第三类植入类医疗器械注册审批通知书。

项目四：基于边缘智能的阻塞性睡眠障碍可穿戴装备研制与应用

研究内容：针对阻塞性睡眠障碍（OSA），研制颈部智能可穿戴装备，实现舒适智能、精准监测和有效干预。构建基于多模态数据的睡眠呼吸暂停实时监测诊断模型，实现对睡眠危险事件高精度诊断；集成多模态生理指标监测传感器和边缘智能设备，运用内部机械进行仰额、推颞等方式调节，实现气道阻塞原因明确和精准解除；建立阻塞性睡眠障碍随访系统，形成睡眠大数据资源库，实现OSA常态化随访和个性化诊治。

考核指标：构建睡眠呼吸实时监测诊断模型；研制1种OSA可穿戴智能装备，对睡眠危险事件的诊断准确率 $\geq 95\%$ ，诊断响应速度 ≤ 1 秒，实现气道阻塞精准解除；取得1项一类或二类医疗器械注册证；搭建睡眠健康云服务平台，构建不少于500例典型睡眠疾病患者的睡眠健康数据库；申请发明专利2项。

项目交示件：完成时须建成1个睡眠健康云服务平台、1个不少于500例典型睡眠疾病患者的睡眠健康数据库；交付1种OSA可穿戴智能装备，并取得1项一类或二类医疗器械注册证。

项目五：多病因高血压精准检测评估技术和配套试剂研发

研究内容：针对高血压疾病致病因素复杂、指标不易准确检测问题，根据相关因子物理化学性质及对应的高血压疾病类型分

类归纳，对高血压致病相关因子组合检测研究攻关，明确高血压病因相关标志性因子种类，开展精准检测评估技术以及与其相对应的检测样本采集、运输保存和检测前样本精细化除杂处理等技术研究。

考核指标：建立高血压致病相关因子组合检测技术 1 项及相关配套试剂盒 1 套，各分析物的线性相关系数 $r \geq 0.9900$ ，加标回收率范围在 80%-120%，批内重复性 $\leq 20.0\%$ ，准确度偏差范围在 85%-115%，可检测高血压相关标志物质 ≥ 15 种，覆盖辅助诊断高血压疾病 ≥ 5 种；取得二类医疗器械注册证 2 项，取得医疗器械备案证 5 项、授权发明专利 1 项，在 10 家医疗机构推广应用。

项目交付件：完成时须取得二类医疗器械注册证 2 项，取得医疗器械备案证 5 项、授权发明专利 1 项，10 家医疗机构推广应用证明。

七、“绿色低碳”创新工程

项目一：退役锂电池快速放电及自动化拆解回收技术与设备研发

研究内容：针对现有退役锂电池回收工艺流程长、跨度大、成本高，产能产线不成熟的问题，开发一种工艺成熟、设备先进，并兼具安全、环保、智能化的锂电池资源回收技术及装备，打造可复制推广的废旧动力电池回收利用示范。构建退役锂电池快速放电及自动化拆解系统，采用电能反馈配合储能调压技术，实现

多组电池同时快速放电，研发视觉系统配合机器人实现电芯拆解自动化。进行短流程破碎回收工艺设计，开发低温挥发、高效分选、中温热解、柔性脱粉、全负压气力输送五大模块技术。实现安全、稳定带电破碎、回收。研制退役锂电池全组分、高品质、高回收率回收设备。

考核指标：生产快速放电及自动化拆解设备 1 套，可处理三元锂电池和磷酸铁锂电池，拆壳范围：长 150mm-400mm、高 80mm-250mm、厚 10mm-60mm，电池放电处理能力达到 300kg/h，放电至电压 < 1V，复检电压 < 1.5V；生产电池破碎回收设备 1 套，处理能力不低于 1t/h，电池粉回收率 $\geq 98\%$ ，电池粉中铜铝含量 $\leq 2\%$ 。产线能耗 $\leq 1000\text{kWh/t}$ ，污染物排放满足山东地方排放标准。完成至少 1 个案例场地的应用示范。申请发明专利 8 项，软件著作权 1 项。

项目交示件：完成时须交付生产快速放电及自动化拆解设备 1 套，生产电池破碎回收设备 1 套，完成至少 1 个案例场地的应用示范。

项目二：垃圾焚烧飞灰资源化处理技术与设备开发

研究内容：针对垃圾焚烧飞灰处置不当，造成资源浪费和污染隐患问题，开展垃圾焚烧飞灰利用关键技术研究。通过多级逆流水洗和高效固液分离工艺，实现飞灰中盐和灰渣有效分离，通过废酸酸洗工艺耦合水泥窑协同处理对灰渣中残留的二噁英、重金属进行无害化处理；开发飞灰水洗液的低成本分盐工艺，通过

CDRO/DTRO 高倍浓缩系统、分质蒸发结晶系统、干燥系统协同实现精准分盐；开发低成本软化技术，采用芒硝除钙、晶种脱稳等工艺，实现飞灰中钙的资源化，降低软化成本和膜系统负担，实现节能降本。

考核指标：飞灰水洗后灰渣氯含量 $\leq 0.1\%$ ，可进行水泥窑协同处置或等离子体熔炉处置；分盐产出氯化钠和氯化钾纯度 $\geq 99\%$ ，软化产出硫酸钙达到 II 类一等品。吨灰耗水量小于 0.5 吨，蒸发冷凝水完全回用到水洗工艺段，吨灰处理能耗 ≤ 200 千瓦时，水洗液 TDS $\geq 100000\text{mg/L}$ 。生产飞灰水洗样机 1 套，分盐系统 1 套，申请发明专利 4 项。

项目交示件：完成时须交付水洗样机 1 套，分盐系统 1 套，完成至少 1 个案例场地的应用示范。

项目三：挥发性有机物（VOCs）分子筛吸附材料及处理设备研发

研究内容：围绕 VOCs 新型吸附材料和处理设备关键零部件国产化替代开展研究。研发新型吸附材料，研究其对不同 VOCs 组分的吸附行为及不同 VOCs 组分间竞争吸附和置换的方式；研究不同分子筛改性技术提高材料吸附容量、吸附选择性和脱附能力，建立快速、有效选择吸附剂种类、配比的理论模型；对转轮吸附设备的材料、工艺设计、控制软件进行研发，实现吸附模块和转轮传动装置的国产化替代。制成转轮+催化燃烧一体机设备。

考核指标：研发不少于 3 种新型分子筛吸附材料，改性后吸

附容量提升 $\geq 12\%$ ，脱附能力提升 $\geq 10\%$ ，建成吸附模块最优配比模型，吸附模块吸附效率 $\geq 92\%$ ，脱附效率 $\geq 90\%$ ，有效使用寿命 ≥ 3 年；生产VOCs一体化处理设备1套，最大处理风量达到200000 m³/h，处理效率 $\geq 95\%$ ，在适合的废气处理环境开展应用验证。

项目交示件：完成时须研发不少于3种新型分子筛吸附材料，交付VOCs一体化处理设备1套，完成至少1个案例场地的应用示范。

项目四：长岛海域海藻场渔业资源养护及增汇示范

研究内容：在长岛海域开展海藻场渔业资源养护和增汇示范，通过海藻全生命周期监测，建立碳汇评估技术体系，阐明海藻场固碳能力；筛选高碳汇能力海藻，开发不同生态位海藻场修复技术，建立海藻场增汇示范区；围绕海藻资源和渔业资源实施海区本底调查，开发底播经济物种增殖技术，探究最优生态养殖容量，综合评估海藻场对渔业资源养护提质效果。

考核指标：建立海藻场碳汇能力评估技术规范1个；建立1-2套高效固碳增汇生态修复技术，构建海藻场增汇示范区 ≥ 5000 亩，种植海藻苗种 ≥ 25 万株，增加固碳量 ≥ 1000 吨/年，海藻场碳汇能力提升20%以上；筛选高效固碳海藻 ≥ 5 种，单种海藻较原海区藻种平均固碳能力提升50%以上；建立1项经济物种底播增殖和养殖容量技术规程，提升长岛地区渔业优势种的生物量和尾数密度20%以上；申请发明专利1-2项。

项目交示件：完成时须交付5000亩海藻场增汇示范区1处，

海藻场碳汇能力评估技术规范 1 个，经济物种底播增殖和养殖容量技术规程 1 项。

项目五：电能计量与采集设备智能制造关键技术研究及产业化

研究内容：针对电能计量与采集设备制造大多采用人工装配方式，劳动强度大、工作效率低、技术手段落后、工艺路线长、一致性与可靠性无法得到保证等问题，设计基于激光 SLAM 制导+动态反馈体系，突破多物料、多工艺融合匹配的难题，实现电磁兼容、电气性能等 7 大类、100 项指标全性能检测；研发基于改进 GAN 网络的样本集增强与自动生成技术，实现制造过程全生命周期数据深化应用；提出一种多尺度特征融合与 Gabor 边缘检测定位和控制方法，研发高鲁棒性无线传输方案，搭建基于法制 ISM 频段的物理层协议及信息交互机制，实现高精度全性能检测。

考核指标：实现电磁兼容、电气性能等 7 大类、100 项指标全性能检测，标准源有功准确度等级 0.02 级，无功准确度等级 0.5 级；建成兼容单相电能表、三相直接接入式电能表、三相经互感器接入式电能表、集中器、专变终端五种设备柔性自动化流水线；建成基于工业互联的智能制造运营管控系统，95%界面切换响应时间 $\leq 1s$ ，在线热备用双机自动切换及功能恢复的时间 $< 15s$ ，控制正确率 $\geq 99.99\%$ 。申请发明专利 5 件以上，软件著作权 2 件以上。

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。

项目六：大规模电化学储能安全长效运营关键技术研究和应用

研究内容：针对适用于超大规模电池储能系统的电池管理技术，设计可重构电池网络的储能系统，研究基于电池能量状态与健康状态的电池网络重构控制策略，解决差异性电池单体集成难的问题，提升储能系统可靠性；研究提出兼顾可靠性提升及动态匹配需求的储能系统典型场景运行优化策略，探索电网典型场景下储能系统运行条件的安全边界，实现储能系统满足用户需求时可靠性与经济性的最优匹配；研制基于动态可重构电池网络的储能系统样机，搭建数字储能系统典型工况下多要素的实验验证平台，提出基于可重构电池网络的储能系统的性能与功能试验验证方案、优化运维与检修策略，验证储能系统的可靠性。

考核指标：提出可重构电池网络化控制算法，明确可重构电池网络及电池模组的拓扑设计，电池拓扑重构周期小于 100 毫秒，基于可重构电池网络的储能单元容量效率不低于 95%，过温值不超过 65℃；研制 250kW/500kWh 的基于动态可重构电池网络的储能系统样机，实现毫秒级故障诊断、微秒级隔离；提出储能系统电池单体级状态感知与模组级网络重构方法，支持毫秒级电池能量管控，系统能量效率大于 88%；电化学储能运行及监测软件 1 套；系统能量系统效率 90%以上。申请发明专利 5 件以上。

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；提供 250kW/500kWh 的基于动态可重构电池网络的储能系统样机 1 套，实验验证平台、储能系统参与电网典型工况的实验验证平台 1 个，具备 GW 设备集成生产能力。

项目七：-100℃超低温离心泵研发及产业化

研究内容：针对目前乙烯装置、LNG 装置、丙烷脱氢装置、海上 LNG 平台、LNG 船等用超低温泵密封间隙放大、机械密封零件损坏、效率低、汽蚀性能差、使用寿命短、易燃易爆介质容易外漏等问题，开发-100℃超低温筒袋式离心泵设备技术，解决超低温小流量工作稳定性差、效率低和汽蚀性能差等问题；开发-100℃超低温离心泵气态隔冷密封装置保护技术，实现介质不受外界温度影响不发生气化及泄露，保证机封的工作条件不受外界温度影响，降低机损耗；开发-100℃超低温离心泵气态隔冷密封保护系统监控技术，实时对离心泵运转过程中的气态隔冷密封保护系统和机封情况进行记录、监测，解决气态隔冷密封保护系统失效后未及时发现而造成的机封损伤等问题。

考核指标：最大流量：200m³/h；最大扬程：580m；转速 2980r/min；操作温度-120℃-40℃；汽蚀余量≤2.1m；②噪声：距声源 1 米处声压值≤85dB(A)；额定点振动≤2.8mm/s；轴承温度≤70℃，轴承温升不大于 39℃，以低者为准；额定点效率 A 级；在线监测、安全预警。申请发明专利 2 件以上。

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。

项目八：工业供热电气化超高温蒸汽热泵关键技术与装备

研究内容：针对工业供热超高温热泵有机工质污染环境、制热温度上限低、压缩机结构和压缩技术不完善、智能控制技术落后等问题，优选天然工质，建立压缩机结构型线可压缩流体力学与热力学耦合构效关系，开发最优结构型线，解决超高转速、超高过热度和大压缩比条件下压缩机内部渗漏等瓶颈；开发级间补气 and 喷液的多级压缩系统和技术，实现更大的热泵温度提升区间；研究准等温压缩过程控制机制与技术，开发大区间升温单级超高温天然工质压缩技术；研究过冷梯级节流耗散控制机制，构建高效热泵架构体系与设计平台；研究超高温热泵系统数字孪生模型的自适应更新算法，开发超高温蒸汽热泵复杂系统的智能控制技术。

考核指标：当低位热源温度为 100-120℃ 的废热水或 0.1Mpa 以上的乏汽时，制热温度 150℃ 以上；可直接生产 0.4MPa 以上压力工业蒸汽；在冷凝-蒸发温差为 40℃ 条件下，热泵机组制热系数在 4.0 以上；单机制热量在 1.4-3.5MW 范围，直接生产工业蒸汽的能力在 2-5t/h 范围；采用纯天然工质，临界温度在 200℃ 以上，破坏臭氧潜能值 ODP=0，全球变暖潜能值 GWP<1；蒸发/冷凝温度为 110℃/150℃ 条件下，压缩机内压比不小于 2.0，等熵效率不低于 65%；出口工质过热度不高于 50℃，压缩过程控温精度达到 ±5℃ 以内；供汽压力控制精度不小于 10%，蒸汽生产能力的调节范围不小于 40%-105%。申请发明专利 4 件以上。

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；新型结构压缩机、超高温热泵机组样机 1 套；实现至少 1 个示范项目应用。

八、“未来产业”创新工程

重点围绕类脑智能、细胞与基因、未来网络、合成生物、区块链、可见光通信与光计算、量子信息等领域，强化前沿技术研究和技术应用，突破一批关键核心技术、前沿引领技术和颠覆性技术，推动一批重大科技成果产业化，培育壮大产业新增长点。

“未来产业”创新工程不设定具体指南方向，按照“成熟一项、启动一项”的原则择优支持。