

附件

# 2022 年度宁波市重点研发计划 第二批项目（定向委托）申报指南

## 一、力学

### （一）应用基础研究

#### 1. 新型高压电陶瓷材料及其超声换能器的关键技术

**研究内容：**压电材料在压电传感器、压电驱动、医疗超声等领域具有广泛的应用。围绕环境友好型高压电性能材料缺乏的现状，开展新型无铅压电材料的综合性能协同优化与可控制备技术研究，探索压电材料多尺度的微观结构的表征方法；在提升压电性能的前提下采用合适的稀土掺杂实现压电陶瓷材料的光学温度传感，并最终制备出高性能的压电陶瓷材料；研究压电材料在医用超声换能器中的服役性能，优选出新型压电材料体系进行医用超声换能器的设计和研制。

**考核指标：**确立新型环境友好型压电陶瓷材料的综合性能协同优化与可控制备技术，建立压电陶瓷材料多尺度的微观结构表征方法，建立起压电陶瓷材料的荧光比例测温技术，优选至少一个超声换能器用的高性能压电陶瓷材料。完成新型压电陶瓷材料在医疗超声换能器如超声雾化等医疗领域的应用示范。提供一套新型的压电陶瓷材料及其超声雾化器制备技术，压电陶瓷能通过

光学手段实现高低温(-100°C 至 500°C)探测，雾化器谐振频率>100 kHz，雾化量>20 mL/h。发表 SCI 文章至少 3 篇，申请发明专利至少 2 项。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## **2. 极端环境服役性能驱动的空天海高端合金增材制造技术**

**研究内容：**以空天用轻质高强钛合金、深海用耐低温耐腐蚀高熵合金等为对象，开展高端合金增材制造及极端服役环境下性能评价与优化研究，包括高端合金成分与微观组织设计原理与方法、高端合金增材制造关键技术、材料组分-制造工艺-服役性能一体化评价与优化技术。

**考核指标：**形成空天海高端合金的激光增材制造工艺，空天用高强钛合金指标应满足成型件致密度 $\geq 98.5\%$ ，硬度 $\geq 380\text{HV}$ ，中/高速加载条件下的压缩强度 $\geq 1.6\text{GPa}$ ，断裂应变 $\geq 15\%$ ，冲击韧性 $\geq 55\text{J/cm}^2$ ；深海用高熵合金指标应满足室温下高熵合金抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ ，断裂延伸率 $\geq 20\%$ ，深海条件下抗拉强度 $\geq 1.4\text{GPa}$ ，断裂延伸率 $\geq 25\%$ ，深海条件下通过 200 小时（1000rpm）耐久性测试、中性盐雾测试 $\geq 2000$  小时、白锈测试 $\geq 1000$  小时。发表学术论文不少于 5 篇，申请发明专利不少于 2 件。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于

1:1。

### 3. 大功率设备的纳米流体自驱动换热技术

**研究内容：**面向高效热管理技术在微电子、电动汽车等领域的应用，开展纳米流体自驱动换热技术的原理和应用研究，建立物理模型和实验装置，探索纳米流体在对流、相变过程中的界面现象及热质传输耦合规律，得到纳米颗粒的运动特性、强化机理和控制方法，研制纳米流体自驱动换热装置，实现大功率设备高效换热的应用验证。

**考核指标：**提出基于纳米流体的自驱动换热新技术 2 种以上，提供纳米流体自驱动换热设备，换热系数相比于纯流体设备提升 30% 以上；申请发明专利不少于 2 项，发表高水平学术论文不少于 3 篇。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### 4. 研究物质结构在超快时间尺度下的力学性质

**研究内容：**利用新的探测原理，开发新型探测技术，发展具有在微观层面空间分辨率的方法；发展具有超快时间分辨的实验技术，融合超快、超高时间、空间分辨的探测技术，建立探测装置；探索物质在外力（外场）作用下的结构变化过程以及在超快时间尺度内的对外力的反馈过程。

**考核指标：**发展并建立一套高效的探测微观物质结构随外力

快速作用的机制或科学装置；整套技术或装置要达到国内领先或国际先进水平；发表高水平学术论文不少于 5 篇以及发明专利不少于 1 项。

**有关说明：**要求宁波大学作为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## （二）前沿引领性技术攻关

### 5. 超薄动力电池包防护结构的设计及制备

**研究内容：**针对动力电池包底部防护结构的空间局限性及防护功能完备性的技术需求，以电动车行业实际需求为研究导向，开展在超薄空间内的动力电池包防护结构的关键技术研究，重点揭示动力电池包防护结构在静态、冲击载荷工况下的失效模式、破坏机理及能量耗散机制；探明动力电池包防护结构在冲击载荷下的细观结构依赖性及多层次耦合协同机制；在超薄空间内实现轻质、多工况耦合的电池包防护结构设计及制备。

**考核指标：**提供动力电池包底层防护结构不少于 2 种，厚度  $\leq 15$  毫米、密度  $1.5 \pm 0.5 \text{ g/cm}^3$ 、25 KN 静态压缩背板最大挠度  $\leq 8 \text{ mm}$ 、能有效防住 120 km/h 的飞石碰撞及多角度尖锐物品的刺入；申请发明专利不少于 2 件，发表学术论文不少于 5 篇。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 200 万元，有企业参与的，原则上要求配套研发经费与申请资助经费的比例不低于 1:1。

## 6. 海洋工程结构安全防护关键技术及装备研发

**研究内容:** 以海洋工程结构（包括跨海大桥、海上风机、海洋平台等）服役期碰撞安全防护为目标，研究海洋工程结构碰撞动力学基础理论，研发大柔性、高黏性、自适应多级耗能元件，突破海洋工程结构碰撞安全防护宽冗余设计方法及工程关键技术，开发海洋工程结构服役安全高端防护装备，发展海洋环境下防护装备的高性能防腐技术及服役状态智能监测技术，实现装备升级换代和工程应用示范。

**考核指标:** 建立海洋工程结构碰撞安全防护宽冗余设计方法；研发自适应多级耗能元件，变形量大于 50%，能量耗散密度大于 1MJ；完成海洋工程结构多级耗能安全防护装备研发和关键元件产品化，撞击力消减率大于 40%，海洋环境下服役寿命大于 30 年；在项目执行期内，至少完成 1 项示范工程应用，工程投资不少于 1 亿元，申请发明专利不少于 3 件，企业实现销售收入 2000 万以上。

**有关说明:** 由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 7. 高耐久海洋工程钢筋混凝土结构材料的设计、检测和自修复成套技术与推广

**研究内容:** 项目对高耐久海洋工程钢筋混凝土结构材料的设计、安全检测和自修复成套技术展开系统研究。开展高强耐蚀、

耐冲击且具有自修复及智能检测功能的钢筋混凝土结构研究,揭示东海地区钢筋、混凝土及复合结构的腐蚀损伤规律,开发具有裂缝自修复功能的混凝土配方;优化钢筋与混凝土间的粘结力,研发钢筋混凝土结构界面裂缝控制以及检测技术;设计混凝土内部氯离子检测传感器;开展爆炸冲击荷载下腐蚀劣化的钢筋混凝土结构安全性评估;建立高耐久海洋工程钢筋混凝土结构服役寿命模型,形成海洋防腐钢筋混凝土结构关键材料制备及生产技术;将技术方案应用到重要建筑工程,并形成产业化的技术路线。

**考核指标:** 高耐久钢筋混凝土结构耐盐雾  $\geq 6000\text{h}$ ,  $3.5\%\text{NaCl}$  ( $40^\circ\text{C}$ )  $\geq 300\text{d}$ , 耐老化  $\geq 3000\text{h}$ ; 混凝土内部微裂纹损伤检测精度  $< 200\mu\text{m}$ , 自修复材料可修复的微裂纹长度  $\geq 1000\mu\text{m}$ ; 开发混凝土内部氯离子检测传感器 1 台, 核心传感器寿命 5 年以上; 建立包含爆炸冲击荷载下腐蚀劣化的钢筋混凝土结构安全服役模型 (或安全性评估方法), 构建产业化路线图; 研究成果在重要市政工程建设中应用不少于 4 项; 发表 SCI/EI 论文 10 篇, 申请受理或授权发明专利 6 项。

**有关说明:** 由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 300 万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 8. 基于计算流体力学的工厂智慧节能数字孪生系统研发

**研究内容:** 研究自然风在复杂空间中对流换热引起的温度场变化, 建立工业建筑自然对流换热节能模型; 开发用于工厂车间

内部温度场变化数值仿真的全自动计算流体力学（auto-CFD）软件系统，并能利用内外部实测环境数据进行动态修正；研发自然通风智能换气装置，建立智慧节能数字孪生系统，结合计算流体力学的模拟数据，通过数字孪生体与实体的平行运行、实时交互与迭代优化，实现车间通风节能自动化设计、设备运行智能化监测预警，与生产系统实时联动。

**考核指标：**全自动计算流体力学（auto-CFD）软件系统和工厂智慧节能数字孪生系统 1 套，小时量级车间流场仿真，工厂智慧节能模型准确率  $\geq 90\%$ ，实现车间通风节能自动化设计与异常预测预警；自然通风智能换气装置 1 套，降低空调能耗  $\geq 12\%$ ；发表高级别论文  $\geq 4$  篇，申请受理或授权发明专利  $\geq 3$  项；项目执行期内建立 1 个示范工厂，实现产值 1500 万元。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 9. 人工智能运动识别与智能化力学训练同步集成系统开发与应用

**研究内容：**围绕竞技体育项目的智能化运动分析及力学同步训练等需求，以及室外无标记捕捉集成力学技术的短板，研发人工智能运动识别与力学训练同步集成系统，实现人工智能运动识别与力学信号同步采集分析，结合 5G 技术数据高效传输实现采集数据实时反馈。基于系统评估结果还原原始训练场景，通过图

像视频及运动学、动力学分析及及时纠正技术动作，把控不同运动员的个性化技术细节，快速调整训练与技战术方案，实现运动训练监控与专项训练同步化。

**考核指标:** 开发人工智能运动识别与数字化力学训练同步集成软硬件系统 1 套（空间测量精度尺寸误差低于 2%，姿态估计精度 mAP 达到 90 以上）；成果应用于竞技体育项目不少于 3 项，形成技术示范点 3 个，解决关键共性技术 2 项；申请国家发明专利及软件著作权各不少于 3 项。

**有关说明:** 由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### （三）产业链关键核心技术攻关

#### 10. 碳纤维缠绕复合材料壳体力学设计与健康监测技术

**研究内容:** 围绕固体发动机碳纤维缠绕壳体设计与成型技术，开展碳纤维缠绕复合材料壳体成型过程的力-热-化学多场耦合机理研究，重点揭示关键工艺参数对壳体力学性能和固化效率的影响规律，建立成型工艺参数优化理论模型，突破碳纤维壳体封头、连接裙局部补强设计与工艺技术和壳体固化过程的温度、应变实时监测技术；建立壳体储运过程多场耦合损伤老化量化分析方法，发展基于光纤和压电器件阵列信号的壳体健康监测技术，确保固体发动机碳纤维缠绕壳体全寿命周期的稳定性和有效性。



**考核指标:**碳纤维缠绕壳体固化工艺环节的效率相比常规固化过程提升 20%左右; 主要性能参数实测偏差 $\leq 5\%$ 。壳体健康监测指标与实测性能偏差 $\leq 5\%$ 。整体技术达到国内领先或国际先进水平。项目执行期内, 发表高水平论文 10 篇以上, 申请发明专利不少于 3 件, 升级碳纤维缠绕壳体生产线, 销售收入 3000 万以上。

**有关说明:**由宁波大学为项目牵头单位申报, 鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于 1:1。

### **11. 声光力学探测用高性能声光材料研制及产业化**

**研究内容:**面向低功耗声光器件发展中高品质声光介质亟需的现状, 开展高声光品质因子和高激光损伤阈值的声光材料组成设计及声光力学性能优化研究, 建立材料组成、结构与声光力学性能之间的关联规律, 研发高品质声光材料产业化制备技术, 研制低功耗声光器件进行性能验证与反馈优化, 最终突破高性能声光材料产业化技术。

**考核指标:**高品质声光材料产业化制备技术 1 套; 材料口径 $\geq \Phi 100\text{mm}$ ; 1550nm 波长处声光品质因子 $\geq 300 \times 10^{-18} \text{s}^3/\text{g}$ ; 声衰减系数:  $\leq 6\text{dB}/\text{cm} @ 10 \text{MHz}$ ; 激光损伤阈值:  $\geq 10\text{W}/\text{mm}^2$ ; 衍射效率 $\geq 85\%$ 、功耗 $\leq 5\text{W}$ 的声光器件 1-2 台。建成年 2 吨声光材料生产线, 实现销售额 $\geq 1500$ 万。申请受理或授权发明专利 $\geq 3$ 项。

**有关说明:**由宁波大学为项目牵头单位申报, 鼓励与企业联

合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 二、量子计算

### （一）应用基础研究

#### 12. 后量子密码 IP 及芯片设计关键技术

**研究内容：**针对量子计算机威胁下信息安全和隐私保护问题，开展后量子密码 IP 及芯片设计关键技术研究，探索后量子密码算法理论与多种实现架构，提出低资源开销和高安全性 IP 设计技术、后量子密码侧信道攻击分析与防护策略，完成处理器级后量子密码原型芯片系统，搭建智能化软/硬件测试平台并进行性能评测。

**考核指标：**设计 Dilithium、Kyber、Saber 等后量子密码 IP 核 2 种以上，开发后量子密码安全芯片原型系统，在先进工艺下至少完成 1 款芯片流片验证；针对后量子密码核心算子的侧信道攻击威胁，提出 2 种以上防御技术，并完成硬件电路及安全性验证；发表学术论文≥5 篇，申请受理或授权发明专利≥4 项。

**有关说明：**要求宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### （二）前沿引领性技术攻关

#### 13. 超导量子计算操控电子学关键技术及产业化

**研究内容:** 面向容错的通用量子计算, 研究超导量子计算操控电子学关键技术。重点围绕高集成度比特控制技术、高集成度比特读出技术、大规模时间同步技术、高效率通信控制技术、量子比特纠错技术等展开研究, 克服目前量子计算操控系统集成度不高、功耗太大、控制信号稳定性不足、缺乏实时量子纠错解码能力等缺点, 开发适用于下一代容错通用量子计算的超导量子计算操控系统。

**考核指标:** 超导量子计算操控电子学系统 1 套, 集成度 $\geq 50$  比特/10U 机箱, 局部反馈时间 $\leq 300\text{ns}$ , 全系统同步精度抖动 $\leq 100\text{ps RMS}$ 。整体技术达到国内领先或国际先进水平, 实现销售额 $\geq 1000$  万元, 申请受理或授权发明专利 $\geq 2$  项。

**有关说明:** 由宁波大学为项目牵头单位申报, 鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 300 万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于 1:1。

#### **14. 面向超高比特数的超导量子芯片关键技术研究**

**研究内容:** 面向千百比特量级的超导量子计算系统, 围绕其芯片设计以及封装技术展开研究, 重点突破小面积尺寸下的高密度线路板设计、极低温度下的微型连接器设计等难题, 开发适用于超高比特量级、高稳定性量子计算系统的封装技术以及芯片封装箱体, 突破进口替代或实现产业化。

**考核指标:** 适用于高比特数的量子计算芯片封装箱体 1 套, 工作温度 $\leq 50\text{mK}$ , 箱体尺寸不超过  $20\text{cm}\times 20\text{cm}\times 5\text{cm}$ , 信号接口

数量 $\geq 350$ ，满足 $\geq 100$  量子比特芯片的信号引出；可与量子芯片进行低温或冷倒装焊、或非焊接型接触；整体技术达到国内领先或国际先进水平，申请受理或授权发明专利 $\geq 2$  项。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与业内优势企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## （二）产业链关键核心技术攻关

### 15. 光量子计算关键技术及系统研发

**研究内容：**面向量子计算和量子模拟中的实际应用场景，以研发可扩展、大规模、节点任意可调的光量子计算系统为目标，研究超快脉冲泵浦非线性光学晶体引起的克尔效应，研究非线性晶体中超快光脉冲对单光子偏振态的调制与控制，实现对光量子计算量子行走中任意时间节点单光子偏振态的高精度调制；研究非线性晶体中光学相位调制引起的时间透镜效应，研究频率转换技术在超快单光子计数探测中的应用，实现超过常规单光子探测器时间分辨率极限的单光子计数技术。

**考核指标：**实现时间分辨率优于 10 皮秒的单光子计数技术，探测效率大于 30%；实现时间分辨率优于 10 皮秒的单光子偏振态调控，操作保真度大于 90%；项目执行期内，建成单向行走纵深大于 100 步的单光子量子行走实验系统，并验证进一步引入轨道角动量或路径维度的可行性；申请发明专利不少于 3 件。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补

助不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### 三、双碳科技

#### （一）应用基础研究

#### 16. 城市大宗有机固废制备生物质油关键技术研发

**研究内容：**面向城市大宗有机固废（包括剩余活性污泥等）的无害化、资源化需求，开发有机固废制备生物质油的转化技术，研究关键工艺参数，如处理温度、反应介质、催化剂等对生物质油产率、品质以及有机固废中难降解污染物的影响，形成高转化率、高无害化率的生物质油绿色低碳制备技术；建立有机固废制备生物质油的转化模型以及难降解污染物的降解/稳定化模型。

**考核指标：**城市大宗有机固废制备生物质油核心技术 1-2 项，生物质油产率提升至 45% 以上，油中杂原子氮含量降至 2% 以下；有机固废中难降解污染物，包括重金属、持久性有机污染物等的降解/稳定化率不低于 50%。发表 SCI 论文 5 篇，申请发明专利 2 项。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助不超过 100 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

#### （二）前沿引领性技术攻关

#### 17. 基于催化技术的 CO<sub>2</sub> 利用与转换器件研发与应用示范

**研究内容:** 针对“碳中和”发展战略需求, 围绕 CO<sub>2</sub> 资源化利用重点领域, 研究光、电、热催化作用下 CO<sub>2</sub> 分子活化与转化路径的调控机制, 构建 CO<sub>2</sub> 高效还原增值转化的新路径; 开发低成本、高活性和长耐久性的 CO<sub>2</sub> 还原催化剂; 建立催化剂在 CO<sub>2</sub> 还原中催化性能和长期稳定性的评价方法, 揭示催化剂的尺寸效应、界面效应、载体效应以及其电子结构和活性中心配位环境等对 CO<sub>2</sub> 还原反应的选择性和活性影响; 开发高性能 CO<sub>2</sub> 催化还原制高附加值碳氢燃料器件的结构设计及制备关键技术, 实现 CO<sub>2</sub> 利用与转换装置的规模化制备; 在 CO<sub>2</sub> 催化转化领域中开展应用示范。

**考核指标:** 发展不少于 2 条 CO<sub>2</sub> 催化转化利用的方法与路径, 研制出不少于 3 种新型 CO<sub>2</sub> 还原催化剂; 所制备 CO<sub>2</sub> 还原催化剂的碳氢燃料产物选择性 $\geq 90\%$ ; 完成 1 项 CO<sub>2</sub> 还原器件装置应用示范, CO<sub>2</sub> 转化速率 $\geq 150$  升/天, 碳氢燃料产率 $\geq 100$  升/天, 稳定运行时间 $\geq 10$  天; 申请或授权发明专利不少于 2 件; 发表学术论文不少于 5 篇。

**有关说明:** 由宁波大学为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过 200 万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 18. 宁波市碳源/汇通量核算与减排增汇关键技术研发

**研究内容:** 围绕国家“双碳”目标中陆海统筹减排增汇的重大科技需求, 综合利用多元观测与时空感知手段, 研究碳排放清单

核算技术，摸清其时空演化特征和陆地生态系统碳通量；研发多元化定量评估技术，准确核算海洋生态系统固碳及碳储量格局；研发虚拟仿真和动态模拟技术，动态刻画陆海气碳循环交互过程；研发减排增汇路径与管理技术，提供宁波市碳汇资源精细化管理和减碳增汇政策支持建议。

**考核指标：**研发陆地生态系统 CO<sub>2</sub> 排放清单数据库 1 个，空间分辨率不低于 1 km；研发海洋典型生态系统碳源/汇格局估算技术 1 套；研发减排增汇一体化管理信息系统 1 套，具备碳循环数值模拟、动态统计分析、立体展示和预测功能；制定陆海统筹减排增汇路径 1 套。申请或授权国家专利不少于 3 件，获得软件著作权不少于 2 件；发表权威期刊论文不少于 5 篇。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报。财政补助不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### （三）产业链关键核心技术攻关

#### 19. CO<sub>2</sub> 高效精准分离关键技术研发及规模化制备

**研究内容：**针对现有 CO<sub>2</sub> 捕集能耗高、分离精度低以及核心材料依赖进口的现状，研发高效精准低耗的 CO<sub>2</sub> 分离技术及其规模化制备工艺。通过对材料的结构设计和定向调控，提升 CO<sub>2</sub> 分离性能，构建新型 CO<sub>2</sub> 分离材料体系。重点突破材料的 CO<sub>2</sub> 分离选择性和服役稳定性的限制，形成长效稳定的新型 CO<sub>2</sub> 分离技术，实现高性能 CO<sub>2</sub> 分离材料的规模化制备，建立自主知识产权体系，实现进口替代。

**考核指标：**构建新型 CO<sub>2</sub> 分离材料体系，形成新型 CO<sub>2</sub> 分离技术 1-2 项；具有新型 CO<sub>2</sub> 分离材料规模化的制备能力，每年产能大于 1000 吨；在 CO<sub>2</sub> 分离应用条件下保持良好的分离选择性和服役稳定性，CO<sub>2</sub> 渗透性大于 150 Barrer，分离选择性大于 40 且连续稳定工作时间不少于 3 个月；申请受理或授权发明专利≥5 项。

**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 20. 高性能钠离子电池的关键技术及应用

**研究内容：**围绕钠离子电池在工业储能、5G 储能、工程矿车等领域应用，重点突破低成本、高性能钠离子电池用正负极材料的关键制备技术，研究高性能钠离子电池的制造技术；开展钠离子电池的寿命衰减机制研究，建立钠离子电池状态预测模型；开展钠离子电池电芯、模组的热行为研究，建立储能系统热管理模型；开发钠离子电池系统集成技术，研究能量管理策略，验证复杂工况场景的应用。

**考核指标：**正极材料：容量≥150mAh/g，首效≥85%，循环 2000 次保持率≥80%；负极材料：容量≥320mAh/g，首效≥90%，循环 2000 次保持率≥80%；电芯能量密度≥140Wh/kg，且循环寿命超过 5000 次。开发 100kWh 以上的钠离子电池储能系统，并在储能领域实现应用示范。申请受理或授权发明专利≥6 项。



**有关说明：**由宁波大学为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

## 四、海洋新材料

### （一）应用基础研究

#### 21. 高粘度海洋溢油纳米纤维膜及萃取技术研究

**研究内容：**开展高粘度海洋溢油纳米纤维膜和萃取机理研究。在海水体系条件下，研究纳米纤维膜结构以及萃取剂对高粘度油传输性能的影响规律；研究高粘度油的跨膜传输行为和吸附脱附机理；研究纳米纤维膜的萃取分离工艺对回收效率和品质的影响规律，形成高粘度海洋溢油处理纳米纤维膜的制备理论和资源回收新技术。

**考核指标：**针对粘度 $\geq 300$  mPa·S（25℃）的高粘度油水混合物体系，实现 $> 24$ 小时的连续化分离，油通量衰减率 $< 20\%$ ，累计油通量 $> 2$  kg/m<sup>2</sup>；与原成品油相比，回收油中水含量增量 $< 50$  ppm。发表学术论文不少于3篇，申请发明专利不少于2项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过100万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

#### 22. 海水可降解聚酯材料制备及其应用基础研究

**研究内容：**开展海洋可降解聚酯材料的结构设计、高效制备

及应用基础研究。研究并筛选可提升聚酯海水降解速率的关键单体并设计制备相应的聚酯材料，研究关键单体对聚酯的聚合过程、链结构、聚集态结构及宏观物理性能的影响规律，探究对材料储存稳定性、水解性能及海水降解性能的影响；优化新型海水降解材料的分子结构设计和合成工艺，并实现性能验证。

**考核指标：**海水可降解聚酯材料的特性粘度 $\geq 0.8$  dL/g；弹性模量 $\geq 100$  MPa，拉伸强度 $\geq 20$  MPa，断裂伸长率 $\geq 200\%$ ；海水降解12个月重均分子量下降率 $\geq 60\%$ ，数均分子量下降率 $\geq 70\%$ 。发表学术论文不少于3篇，申请发明专利不少于3件。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过100万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **23. 海洋用新型非晶碳电极材料与关键技术研究**

**研究内容：**针对传统海洋环境金属离子检测电极传感与防护性能的不足，研究高离化PVD非晶碳电极材料的设计制备与关键技术，建立微纳结构、掺杂复合对强韧改性与电化学性能的影响规律，阐明非晶碳电化学传感防护的失效机理与表界面调控方法，开发强韧耐蚀传感一体的碳功能电极材料，实现常用海洋环境金属离子的可靠、快速、高灵敏检测。

**考核指标：**研发2种电势窗口大于3 V的传感防护一体非晶碳功能电极材料；电极性能达到：硬度 $\geq 30$  GPa，腐蚀电流密度 $< 5 \times 10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup>，典型海工金属离子（如Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup>等）的检测限

$\leq 8 \times 10^{-3}$  mM, 1500米水压下电极性能稳定。发表学术论文不少于3篇, 申报发明专利不少于3项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过100万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于1:1。

#### **24. 面向高效海水提铀的有机半导体多孔薄膜材料可控制备及应用研究**

**研究内容:** 针对海水中铀离子浓度低, 且有共存离子干扰等问题, 在多种金属电极表界面原位构筑对铀离子具有高选择性和高吸附容量的有机半导体多孔薄膜材料, 实现高效光电化学海水提铀; 研究金属表面、反应溶剂、单体浓度和温度等对有机多孔材料微观形貌、孔隙率和结晶度的影响; 研究不同物理化学结构的有机多孔材料对于光电化学海水提铀性能的调控机制; 通过对有机构筑单元结构设计和表面修饰, 优化多孔材料的光电化学性质和铀选择性。

**考核指标:** 在铜、铁、镍等金属电极表界面原位构筑5种以上有机多孔薄膜材料, 尺寸 $\geq 100$  cm<sup>2</sup>, 比表面积 $\geq 500$  m<sup>2</sup>/g; 实现可见光至近红外光(300-800 nm)广谱吸收, 光电流密度 $\geq 20$   $\mu$ A/cm<sup>2</sup>; 加标海水提铀容量 $\geq 1000$  mg/g, 铀选择性 $\geq 99\%$ , 循环使用 $\geq 50$ 次。发表学术论文不少于3篇, 申请发明专利不少于2项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本

级财政补助原则上不超过100万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

## **25. 面向海洋应用的高耐蚀、宽频电磁涂层制备及其吸波耐蚀一体化机制研究**

**研究内容：**当前，海空装备和地面设施的电磁防护涂层在海洋潮湿、强腐蚀等极端环境下的吸波衰减与调控兼容失效问题日益凸显。基于此，研制初始磁导率高、耐蚀电位宽、尺寸分布均一的金属基吸波剂粉体；探究涂层梯度结构设计对吸波耐蚀性能的影响规律；探究通过吸波/耐蚀功能的分层设计，制备适用于海洋环境的宽频覆盖与长效防蚀的双功能一体化高效涂层。探究吸波剂表面包覆-宽频吸波-防蚀耦合机制，阐明海洋苛刻环境材料下吸波涂层腐蚀行为与吸波效能服役演变规律。

**考核指标：**电磁吸波性能：1mm涂层厚度下，2-8 GHz内的平均反射率 $\leq$ -4 dB；8-18 GHz内的平均反射率 $\leq$ -7 dB；涂层附着力 $\geq$ 3 MPa；耐中性盐雾 $\geq$ 1000h；发表学术论文不少于3篇，申请发明专利不少于3项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过100万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **(二) 前沿引领技术攻关**

## **26. 海洋材料原位力学-电化学物联监测评价关键技术与系统研制**

**研究内容:** 针对海工结构材料、特种防护材料等海洋新材料服役工况力学-电化学强耦合损伤原位测试技术薄弱、数据缺乏,使役性能演变及失效过程难以快速准确评价等重大问题,研究实海环境下材料力学-电化学强耦合损伤机制,阐明海洋材料力学-电化学损伤规律与评价准则;研发结构材料应力腐蚀、运动部件摩擦腐蚀、管路系统冲刷腐蚀的原位测试技术,获取海洋新材料近服役工况损伤失效特征参数;开发监检测数据采集、传输、存储及可视化系统,实现测试数据的物联监测与大数据分析。

**考核指标:** 研制海水环境新材料应力腐蚀、腐蚀磨损、冲刷腐蚀等常见力学-电化学损伤评价装置 3 套,应力载荷不小于 10kN,摩擦载荷不小于 2000g,冲刷速度不小于 15m/s,腐蚀电流测试精度不小于 1nA;开发海洋材料腐蚀物联监测大数据系统 1 套;形成海洋新材料环境适应性考核规范标准 1 项,申请发明专利 3 项,申请软著 2 项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元;有企业参与的,企业配套经费原则上不低于1:1。

## **27. 海洋航体螺旋桨减阻降噪涂层研究与应用示范**

**研究内容:** 重点围绕海洋航体螺旋桨与水之间的摩擦阻力、空化效应、流噪声等开展研究。利用计算模拟方法以及高速水洞、粒子图像测速仪等测试手段,探究不同速度下螺旋桨表面状态与流体之间的相互作用机制及对空化行为的影响;揭示复合结构涂

层在水流作用下的微涡流减阻降噪效应，研制适用于不同速度的螺旋桨减阻降噪涂层。

**考核指标：**制备出两种具有减阻效果的涂层材料，敷设面积不低于 2 平米；在 20m/s 流速条件下高速水洞测试，涂层减阻率大于 5%，流噪音降低 3db 以上；在 6m/s 航速下船体实航测试，减阻率大于 10%；完成在快速船艇和大吨位货轮上的应用示范；发表学术论文不少于 3 篇，申请发明专利或国防专利不少于 5 件。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

## **28. 海洋装备钛合金部件表面抗电偶腐蚀纳米氧化物陶瓷涂层技术研究**

**研究内容：**针对海洋装备钛合金部件异种金属连接对高性能抗电偶腐蚀涂层的迫切需求，研究新型悬浮液等离子喷涂纳米氧化物陶瓷涂层技术。利用悬浮液等离子喷涂法制备具有纳米结构的氧化物陶瓷涂层材料，考察不同悬浮液液料组成以及不同喷涂工艺参数对纳米氧化物陶瓷涂层微观结构的影响，考察不同纳米氧化物陶瓷涂层微观结构对其绝缘性能和机械性能的作用。开展电绝缘与抗冲击一体化纳米氧化物陶瓷涂层在海洋装备钛合金部件表面抗电偶腐蚀防护领域的应用考核。

**考核指标：**开发钛合金表面抗电偶腐蚀纳米氧化物陶瓷涂层体系，满足孔隙率 $\leq 1\%$ 、冲击功 $\geq 5.0J$ 、海水环境磨损率

$\leq 5 \times 10^{-16} \text{m}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$ ，通过 GJB150.11A 盐雾试验测试；涂层具有抗电偶腐蚀性能，满足体积电阻率 $\geq 1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 、异种金属连接电阻 $\geq 1 \text{ M}\Omega$ ；涂层在海洋装备钛合金部件表面拆装寿命 $\geq 20$  次（300N m 螺栓压紧力矩），且拆装后涂层连接电阻 $\geq 1 \text{ k}\Omega$ ；满足 5MPa 液体密封要求，通过 16Hz 和 60Hz 各 300 万次管系模拟振动考核；完成在海洋装备钛合金部件表面的应用验证 1 类；申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

## **29. 高抑氯、高耐蚀电解海水制氢材料与应用示范**

**研究内容：**开展基于高温或者低温技术路线的抑氯耐蚀电解海水制氢材料与技术研究，重点围绕海水中过量氯离子在电解过程中对电极相关材料腐蚀导致性能和稳定性下降等关键科学问题，研究高抑氯催化剂及电极结构组分与活性和稳定性的构效关系，开发高性能高稳定的电解海水制氢电极及器件，实现设备示范应用。

**考核指标：**电解海水电极电流密度 $\geq 300 \text{ mA cm}^{-2}$ ，氧氯选择性 $\geq 99\%$ ，稳定性 $\geq 5000$  小时；完成 $\geq 5 \text{ kW}$  电解槽集成开发及示范应用，电解槽电流密度 $\geq 2500 \text{ A m}^{-2}$ ，稳定运行 1500 小时以上，能量综合转化效率 $\geq 75\%$ ；发表论文不少于 5 篇，申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于1:1。

### **30. 深海潜航器用超高性能稀土钴基永磁材料关键制备技术**

**研究内容:** 开展高铁含量稀土钴基材料的成相机理和组织结构演变研究, 研究高饱和磁化强度元素掺杂对磁体物相结构的影响机制, 开发工艺容错率大的高铁含量稀土钴基材料, 揭示盐雾环境下磁体腐蚀的行为特性; 研究大过冷度、多梯度热成相等热处理技术对稀土钴基磁体组织结构的影响, 开发出超高磁性能稀土钴基永磁体, 实现稀土钴基永磁材料在海洋驱动电机的应用验证。

**考核指标:** 稀土钴基永磁材料室温磁性能达到剩磁 $\geq 12$  kGs, 磁能积 $\geq 35$  MGOe; 200 °C 磁性能达到剩磁 $\geq 11$  kGs, 磁能积 $\geq 28$  MGOe; 通过中性盐雾实验 96 小时; 实现在海洋驱动电机的应用验证; 发表学术论文不少于 3 篇, 申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于1:1。

### **31. 高性能轻量化海洋浮力材料制备关键技术**

**研究内容:** 开展高性能空心微珠(含陶瓷、玻璃等)复合并结合微发泡制备技术研究, 以环氧树脂、PP、PS 等作为基材,



确定满足海洋浮力材料性能要求的材料组成与工艺方案，揭示材料密度-微观结构-宏观性能的构效关系与演变机制，实现高性能轻量化浮力材料制备关键技术的突破与验证。

**考核指标：**制备不少于 2 种浮力材料板材，密度小于 300 kg/m<sup>3</sup>，单轴压缩强度大于 4.5 MPa，弹性模量大于 265 MPa，裸材吸水率小于 5.0%；发表学术论文不少于 3 篇，申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **32. 海洋环境可降解环氧树脂防污涂料关键技术研究**

**研究内容：**针对海洋工程装备和海水养殖对环保防污技术的迫切需求，设计、合成海洋环境可降解环氧树脂基涂料成膜物，在探明有机席夫碱、无机氧化亚铜等防污剂协同耦合防污机制的基础上，研制长效、低毒、广谱海洋可降解防污涂料。研究建立海水可降解环氧树脂交联密度、降解基团含量等化学结构对其降解行为的影响；探明环氧树脂在海水中的降解动力学对防污剂缓释行为的影响，建立长效防污机制；开展防污涂层制备及涂装工艺研究，完成实海防污性能评价。

**考核指标：**海水降解响应 pH: 8-8.5；附着力 $\geq 3$ MPa，抗冲击 $\geq 50$ kg·cm，柔韧性 $\leq 2$ mm；Cu<sub>2</sub>O $\leq 20\%$ ；对典型的海洋致病弧菌（副溶血性弧菌）抗菌率 $\geq 95\%$ ，1个生物旺季海生物附着面积

≤5%；发表学术论文不少于3篇，申请发明专利不少于3项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **33. 面向狭窄水域目标捕获作业的水下航行器-软体抓取系统样机研制**

**研究内容：**针对沿海岛礁区航道狭窄弯曲、水深受限的作业环境内目标探索、资源采样等应用需求，开展轻量化超机动性水下航行器设计与控制方法研究；研究水下软体致动器的致动机理与制备工艺，研究水下连续型机械臂的设计、建模与控制方法；研发基于软体致动器的水下连续型抓取系统与水下航行器-软体抓取系统样机，并开展沿海岛礁狭窄水域内目标捕获作业实验验证。

**考核指标：**研发水下航行器-软体抓取系统样机1套，在50 m及以上深度真实海洋环境中实现全周转向、定点悬停、自由起降等超机动性运动；软体抓取系统的载重≥0.4 kg，重复定位精度<15 mm；开展海试试验，实现岛礁水域狭小空间内水下目标的无损捕获示范应用；申请发明专利不少于3项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **34. 面向海洋装备的碳纤维复合材料激光加工技术研究**

**研究内容:** 开展海洋装备用复合材料激光精密加工技术研究, 揭示复合材料低损伤高精度水助激光加工机理, 研究碳纤维复合材料大厚度加工锥度形成机制和抑制方法; 探索海洋腐蚀环境下激光加工表面特性对复合材料工作性能的影响机制, 建立海洋工况复合材料激光加工工艺规范; 研制激光加工装备, 实现复合材料典型件在海洋环境下的应用验证。

**考核指标:** 实现海洋装备用碳纤维复合材料的切割与打孔两种加工工艺验证; 研制复合材料激光五轴加工装备, XYZ 运动行程 $\geq 500 \times 500 \times 300 \text{mm}$ , 全行程加工尺寸精度 $\leq 0.02 \text{mm}$ , 加工热损伤区厚度 $\leq 0.01 \text{mm}$ ; 展示厚度 2-20mm 复合材料加工能力, 加工表面无分层、撕裂等缺陷; 发表学术论文不少于 3 篇, 申请发明专利不少于 4 项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过300万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于1:1。

### **35. 面向海洋运输船舶的余热回收热电发电技术**

**研究内容:** 针对海洋运输船舶动力装置的排烟余热, 开展基于热电发电技术的多工况热管理和温差发电系统研究; 以高性能热电材料批量化制备为基础, 依据船舶不同工况条件, 研究热电材料 ZT 峰值调控方案, 发展多层异质界面低阻高强连接技术, 探究热电器件长效服役行为与延寿策略, 实现大功率热电发电系统集成及其在海洋运输船舶余热废热回收领域的应用验证。

**考核指标：**制备出低温（ $<200^{\circ}\text{C}$ ）ZT 值大于 1.5、中温（ $200-400^{\circ}\text{C}$ ）ZT 值大于 2.2 的高性能热电材料；研制转换效率大于 12%、功率密度高于  $6\text{KWm}^{-2}$  的高性能热电器件，以及功率高于 500W 的温差发电演示系统。发表学术论文不少于 3 篇，申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报。市本级财政补助原则上不超过 300 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

### （三）产业链关键核心技术攻关

#### 36. 深海装备用大尺寸高性能液相烧结碳化硅密封环研制与应用

**研究内容：**针对海工装备领域对大尺寸高性能碳化硅陶瓷机械密封环的迫切需求，开展高强高韧常压液相烧结碳化硅陶瓷材料体系优化筛选与微结构调控研究，阐明大尺寸液相烧结碳化硅部件致密化机理；开发大尺寸液相烧结碳化硅密封环专用粉体改性处理技术，发展高强高韧液相烧结碳化硅陶瓷低应力致密化技术及其大尺寸密封环批量稳定工程化制备技术；开展大尺寸碳化硅密封环的性能评价与应用考核研究，形成系统性工程化成套制备技术，实现示范应用。

**考核指标：**液相烧结碳化硅陶瓷材料体积密度 $\geq 3.20\text{g/cm}^3$ ，弯曲强度 $\geq 600\text{MPa}$ ，断裂韧性 $\geq 6.5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，维氏硬度  $\text{HV}0.5 \geq 22.0\text{GPa}$ ，热导率 $\geq 80\text{w}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，韦伯模数 $\geq 12$ ；典型高强

高韧碳化硅陶瓷密封环产品直径 $\geq 450$  mm; 项目执行期内实现应用示范 1 项, 产品或技术收入不低于 500 万元; 发表论文 2 篇, 申请专利不少于 3 项。

**有关说明:** 由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报, 鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元; 有企业参与的, 企业配套经费原则上不低于 1:1。

### **37. 临海四代快堆大型构件强韧陶瓷化渗层关键技术及工程应用**

**研究内容:** 以研发面向临海四代快堆极端使役环境下高强韧、耐磨蚀的金属表面陶瓷化扩散反应渗层材料为目标, 研究高温合金表面陶瓷化反应扩渗稀土调控及协同增效机制, 揭示合金成分组织、渗剂粉体配方、晶粒纳米化效应、固溶氮化工艺参数等对表面陶瓷化扩散反应行为及相结构的影响规律; 研究金属表面陶瓷化渗层构-性协同调控技术, 建立高力学性能、高热稳定性金属陶瓷渗层材料和技术体系; 研究大型快堆构件表面陶瓷化反应扩渗性-形协同控制技术, 优化金属表面高强韧、耐磨蚀陶瓷化扩散反应渗层材料与工艺, 实现强韧陶瓷化渗层材料和技术在临海四代快堆大型构件的示范应用。

**考核指标:** 实现不小于 2.5 米大型快堆高温合金构件的陶瓷化扩散反应渗, 渗层厚度 $\geq 60\mu\text{m}$ , 硬度 HV (5)  $> 420$ ,  $750^\circ\text{C}$  抗拉强度 $\geq 240\text{MPa}$ , 延伸率 $\geq 35\%$ , 室温冲击功 $\geq 200\text{J}/\text{cm}^2$ 。项目执行期内, 建成四代快堆金属构件陶瓷化扩散反应渗中试线, 实现

产品或技术收入不低于 500 万元；申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过500万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **38. 基于对转双转子电机的深海矢量推进器**

**研究内容：**以研发对转双转子电机驱动的深海矢量推进器为目标，研究直驱对转型双转子水下电机的电磁仿真、结构与驱动控制技术，研究对转螺旋桨建模分析与优化设计方法，提升系统推进效率；研究基于少自由度并联机构的矢量调姿装置设计及其驱动控制技术，提升调姿范围与精度；研究深海压力补偿系统设计及密封技术，提升系统服役可靠性；完成水下试验验证和压力可靠性测试。

**考核指标：**研制出基于对转双转子电机的深海矢量推进器，满足水下 50MPa 耐压要求（耐压仓测试）；对转双转子电机功率 3kW，推进器推力 $\geq 700\text{N}$ ；矢量调姿装置姿态调节角度 $\geq \pm 30^\circ$ ，调节精度 $\leq \pm 0.1^\circ$ 。项目执行期内实现产品或技术收入不低于 500 万元；发表论文 2 篇，申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过500万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于1:1。

### **39. 深海钻探用金刚石复合片钻齿**

**研究内容：**以开发高耐磨、抗冲击、耐腐蚀、热稳定深海钻

探用金刚石复合片（PDC）钻齿为目标，优化六面顶压机用叶蜡石压胚材质与密封传压设计，研究金刚石微粉颗粒配比与机械性能构效关系，获得综合性能最优化配方设计方案；采用合金化方法，研制高热稳定性、耐腐蚀磨损 PDC 钻齿，实现 PDC 钻齿在深海钻探的应用示范。

**考核指标：**性能对标美国高端产品 1613XM57 钻齿：花岗岩磨耗比 $\geq 12 \times 10^6$ ，累积耐冲击能 $\geq 900\text{J}$ ；耐腐蚀钻齿在模拟海洋酸性氛围的耐磨损能力不低于普通 PCD 钻齿的 1.3 倍。项目执行期内，建成年产万件以上的 PDC 钻齿生产线，实现产品或技术收入 500 万以上；申请发明专利不少于 3 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。

#### **40. 深海油气玻纤增强柔性管研制与应用**

**研究内容：**以开发深海油气玻纤增强柔性管为目标，研究耐腐蚀、抗磨损、高密封、长寿命玻纤增强聚合物体系的原位改性和协同增效机制，研究多层多向玻纤增强聚合物基柔性管载荷传递及变形协调规律，建立多尺度的非均衡承载分析模型；研究深海环境动静载荷、温度梯度、弯曲预应力、涡激振动等工况耦合下的结构响应特性及损伤失效机理，开发深海油气玻纤增强柔性管的结构设计方法及耦合工况的检验测试技术；研究耐腐蚀、高可靠性连接接头的结构设计与一体化制备工艺，实现多重密封、

长效防腐、安装快捷连接接头及深海油气玻纤增强柔性管的应用示范。

**考核指标：**深海油气玻纤增强柔性管内径 $\geq 150\text{mm}$ ，可盘卷直径 $\geq 4\text{m}$ ；耐内压 $\geq 15\text{MPa}$ ，抗外压 $\geq 10\text{MPa}$ （1000m 水深）；加速腐蚀实验耐海水 8 年以上，加速腐蚀实验耐原油 5 年以上，涡激振动疲劳寿命 100 万次以上。项目执行期内，完成深海油气玻纤增强柔性管的试制与实验验证，实现产品或技术收入 500 万以上；发表学术论文不少于 2 篇，申请发明专利不少于 5 项。

**有关说明：**由中科院宁波材料所为项目牵头单位申报，鼓励与企业联合申报。市本级财政补助原则上不超过 500 万元；有企业参与的，企业配套经费原则上不低于 1:1。