

中国科学院深圳先进技术研究院

生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-SZXJY-28

联 培 项 目 名 称： 穿戴式水下三维力触觉与温度
监测多模态电子皮肤

联 培 单 位： 中国科学院深圳先进技术研究院

项 目 负 责 人： 程 珣

联 系 电 话： 15201246786

单 位 负 责 人： 梁 栋

联 系 电 话： 0755-86392250

东北大学佛山研究生创新学院

填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(美的集团中央研究院简称美的中研院，简称代码 MDZYY)、本基地本年度项目序号 X X，例如：
FSNEU-2026-MDZYY-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

项目编号	FSNEU-2026-SZXJY-28	项目名称	穿戴式水下三维力触觉与温度监测多模态电子皮肤
联培课题方向	研究水下多模态三维力触觉感知技术，适应水环境的高压、导电、腐蚀特性，解决传统电子皮肤面临的严峻挑战。新一代水下离电式传感机制具备抗干扰、结构简单等优势，方便构建多模态三维力触觉电子皮肤。		
所需研究生专业方向	化学工程、材料工程		
需求人数	1人		
岗位要求	<p>学科背景：具有机械工程、材料科学与工程、仪器科学与技术、电子科学与技术或相关专业背景。</p> <p>专业技能：了解柔性传感器的工作原理与制备工艺；具备基本的电路设计与测试能力；有高分子材料（如水凝胶、硅橡胶）合成与表征经验者优先、熟悉仿真软件使用者优先；具备良好的英文文献阅读能力和科技论文写作能力。</p>		
项目简介			
<p>一、项目背景：</p> <p>随着海洋资源开发、水下救援及国防安全需求的日益增长，水下机器人和潜水员作业面临着前所未有的挑战。传统水下作业主要依赖视觉和声呐，但在高浊度、光照不足的环境中，视觉感知严重受限。触觉感知作为视觉的补充，对于水下灵巧操作（如海底采样、管线维修、残骸打捞）和潜水员健康监测（如脉搏、触觉反馈）至关重要。</p> <p>然而，水下环境具有高水压、流体波动以及海水腐蚀等技术挑战，对电子皮肤的信号稳定性、抗干扰能力及柔性封装提出了严格要求。开发一种能够在水下实时感知三维力（包括垂直压力和水平剪切力）及温度的多模态柔性触觉传感器，成为当前特种机器人领域亟待突破的共性关键技术。</p>			
<p>二、研究现状：</p> <p>近年来兴起的基于双电层（EDL）电容机制的传感技术。研究表明，利用水环境与电极</p>			

界面天然形成的离电界面，可以实现超高灵敏度的压力感知。团队前期研发的“Aquatic Skin”实现了水下多模态信号（压力、温度、盐度）的监测，展现了离电传感在水下的巨大潜力。

三维力感知探索：目前的离电式传感器多集中于法向力检测。如何在单一敏感单元内实现三维力（含剪切力）的解耦，并同时集成温度感知功能，仍是该领域的研究空白。相关专利已提出了分布式单元解耦三维力的设想，但在柔性化和多模态集成方面仍需深入研究

- 三、关键性问题或技术：**
- 1. **液压干扰抑制与压力补偿：**随着水深增加，静水压力剧增。传统柔性传感器在高压下易发生结构大变形甚至失效，且无法区分是外部接触力还是环境压力导致的信号变化。设计具有压力补偿或自平衡结构的敏感单元，屏蔽静水压力对测量结果的影响，是关键技术问题难题。
 - 2. **三维力解耦机制：**触觉感知不仅需要感知垂直下压力，还需感知滑动时的剪切力。在单一的离电式传感结构中，通过电极布局或微结构设计，将法向力和切向力引起的电容变化进行解耦，建立准确的三维力数学模型，是核心技术难点。
 - 3. **温度感知的集成与分离：**温度信号本身会影响离子导电率，从而干扰力敏信号。在离电式传感体系中，引入独立的温度敏感机制，不增加复杂度的前提下实现“压力-温度”双模态信号的同步获取

四、预期目标：

性能指标：可同时检测法向力、剪切力及温度；实现高灵敏度及分辨率；具备三维力解耦功能；可在 10 米水深（或更高压力）环境下稳定工作

成果产出：申请发明专利 1 项，撰写并发表 SCI 论文 1 篇。搭建水下抓取或触摸演示平台，验证传感器在机器人灵巧操作或潜水员穿戴式健康监测中的应用可行性。

项目 负责人 项目 经历		
起止时间	项目名称	主要内容
2022. 1- 2024. 12	国家自然科学基金—青年项目：新型双电层理论环境参与的水下柔性触觉传感技术研究（主持）	围绕建立新型水下触觉传感机制、理论模型并分析压力响应特性，实现具备水压平衡优势和环境自校准功能的高灵敏度高分辨水下触觉感知，进一步设计柔性电极进行传感器装配，应用与水下触觉感知场景。
2025. 1-	广东省自然科学基金面上	围绕新型双电层理论，开展全柔性的压力与温

2027. 12	项目：基于新型双电层理论的全凝胶压力温度一体化触觉传感界面研究（主持）	度传感的一体化设计，应用于机器人柔性电子皮肤触觉及温度分布综合感知。	
2022. 11- 2025. 10	深圳市自然科学基金重点项目：水下环境多模态智能感知系统关键问题研究（参与）	围绕水下环境感知需求建立多模态智能传感系统，建立柔性电极设计方案、水下三维力传感结构构建、多模态传感系统建立，应用于流场监测及环境监控	
工 作 计 划 安 排（2026. 7-2028. 4，共 22 个月）			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计 （天）
1	2026. 7-2026. 10	前期调研及方案验证：文献调研与专利检索；优化微结构参数；制定三维力解耦与温度补偿初步方案	70
2	2026. 11-2027. 4	材料制备及传感器验证：制备单点离电式传感单元，搭建水下测试平台；验证压力/温度响应灵敏度及稳定性	90
3	2027. 5-2027. 8	水下测试： 搭建水下动态测试系统；在不同水深环境下测试传感器性能与长期稳定性。	70
4	2027. 9-2027. 12	应用验证：将传感器集成至水下夹爪或手套模型，进行抓握演示；	70
5	2028. 1-2028. 4	整理实验数据，撰写研究报告与学术论文； 申请专利，准备项目验收	70