

广东智能无人系统研究院（南沙）

研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-GDIIUS-2

联 培 项 目 名 称： 基于人工智能的高频声呐信号处理技术研究

联 培 单 位： 广东智能无人系统研究院（南沙）

项 目 负 责 人： 高 塬

联 系 电 话： 18719367804

单 位 负 责 人： 杨文林

联 系 电 话： 13909883296

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-GDIIUS-2	项目名称	基于人工智能的高频声呐信号处理技术研究
联培课题方向	水下场景重建、鱼群识别、水声高频通讯、图像智能检测等与本项目涉及专业有关的课题		
所需研究生专业方向	水声工程、电子信息工程、通信工程、计算机技术、人工智能、高端装备制造等相关专业		
需求人数	2 人		
岗位要求	具备扎实高等数学基础，至少掌握 C/C++、Python 等一种编程语言，热爱科学研究、可胜任外场试验工作		
项 目 简 介			
一、项目背景： <p>随着海洋资源开发、海洋环境监测、水下安全防卫等国家重大需求的日益增强，实现水下环境的精确感知与信息“可视化”已成为海洋科技发展的核心目标之一。“透明海洋”愿景的提出，对水下探测技术提出了更高要求，亟需具备高分辨率、高精度和强实时性的新型声呐系统。高频成像声呐（工作频率在 30kHz 至 3MHz 范围）利用其波长短、分辨率高的特点，是实现水下精细成像与目标识别的关键传感器，在海底测绘、水下目标探测、水下工程监测等领域具有不可替代的作用。</p> <p>然而，传统高频声呐信号处理技术主要依赖于物理模型与经典信号处理方法，如波束形成、匹配滤波、时频分析等，其性能受限于模型假设的准确性、环境噪声的复杂性以及水声信道多途、时变、非平稳等固有特性。当前，传统声呐系统的理论框架已基本触及性能瓶颈，难以实现从“量变”到“质变”的跨越，尤其在复杂场景下的目标自动识别、微弱信号检测、高分辨率成像等方面面临重大挑战。人工智能技术，特别是深度学习，在图像识别、语音处理、自然语言理解等领域展现出的强大特征学习与复杂模式识别能力，为突破传统声呐信号处理技术的瓶颈提供了全新的技术途径。</p> <p>本项目旨在系统性地将人工智能技术深度融合于高频声呐信号处理的全链路，探索新一代智能声呐信号处理的理论与方法，为实现水下信息感知能力的革命性提升奠定基础。</p>			

二、研究现状：

当前，高频声呐信号处理研究主要集中在两个层面：

1、传统模型驱动方法：基于水声物理原理和统计信号处理理论，发展了诸如合成孔径声呐（SAS）成像、自适应波束形成、高分辨谱估计等技术。这些方法在理想或简单环境下表现良好，但其性能严重依赖于精确的声场建模和先验统计知识，对复杂多变的水下环境适应能力不足，计算复杂度高，且智能化水平低。

2、初步的数据驱动尝试：近年来，已有研究开始探索将机器学习（如支持向量机、浅层神经网络）应用于声呐目标分类、噪声抑制等特定环节。部分先进研究尝试将卷积神经网络（CNN）用于声呐图像的目标检测与分割，或将循环神经网络（RNN）用于时间序列信号分析。然而，现有工作大多属于“点状”应用，尚未形成贯穿“信号预处理-特征提取-成像增强-目标识别与解释”全流程的、端到端的智能处理框架。尤其是在面向 MHz 级超高频率声呐的原始信号级处理、小样本条件下的模型鲁棒性、物理模型与数据驱动模型的融合机理等核心问题上，尚缺乏深入系统的研究。

三、关键性问题或技术：

本项目拟围绕以下三个关键性问题展开深入研究，并突破相应技术：

1、面向原始高频声呐信号的智能预处理与特征学习技术：

关键问题：如何设计高效的深度神经网络架构，直接从高频（尤其 MHz 级）声呐的原始回波信号（时域/频域）中自适应地学习并提取对后续任务（如成像、检测）最有效的深层特征，替代传统手工设计的特征？

关键技术：研究适用于一维时间序列和二维时频图的轻量化、可解释深度学习模型（如时序 CNN、Transformer）；开发针对水声信道畸变和噪声特性的对抗生成网络（GAN）数据增强与去噪技术。

2、物理模型与人工智能融合的智能声呐成像与增强技术：

关键问题：如何将水声传播物理规律（如波动方程、声线理论）以可微分的形式嵌入深度学习框架，构建“物理信息神经网络”（PINN），实现更高保真度、更高分辨率的智能声呐图像重建与超分辨？

关键技术：研究基于物理约束的深度学习成像算法；开发融合先验物理模型与数据驱动的自适应波束形成与合成孔径成像技术。

3、小样本、弱监督条件下的水下目标智能感知与识别技术：

关键问题：在真实水下场景标注数据稀缺、成本高昂的情况下，如何实现高可靠性的水下目标自动检测、分类与识别？

关键技术： 研究小样本学习、元学习、迁移学习及自监督学习在高频声呐目标识别中的应用；开发多模态信息（如图像、频谱、方位）融合的智能识别框架。		
四、预期目标：		
1、理论成果目标：		
①建立一套“信号-图像-认知”全链路协同的、基于人工智能的高频声呐信号处理新理论框架。		
②提出至少 2 种面向高频声呐原始信号处理的创新深度学习模型或算法，阐明其与物理模型的融合机理。		
③在国内外高水平学术期刊或会议上发表论文 2-4 篇，申请专利 2-4 项。		
2、技术突破目标：		
①研制至少一套安装“基于人工智能的高频声呐信号处理软件”的原型样机，实现从原始回波到目标识别结果的端到端智能处理流程。		
②在关键性能指标上实现显著提升：相比于传统方法，目标检测概率提升 15%以上，虚警率降低 20%以上；在相同硬件条件下，成像分辨率提升 30%以上；对特定类型水下目标的识别准确率能稳定在 90%以上。		
3、应用验证目标：		
①利用自研的三维成像声呐的测量数据（覆盖不同频率、不同场景）对上述理论与技术进行充分验证。		
②形成 3 个面向典型应用场景（海洋牧场鱼群监控、水下地形与生态测量、水下安防与目标搜寻）的技术解决方案示范，为后续产业化应用和装备升级奠定坚实基础。		
本项目通过深度融合人工智能与水声物理，旨在突破传统高频声呐信号处理的技术天花板，为实现“透明海洋”和水下信息“可视化”提供核心关键技术支撑，具有重要的科学意义与广阔的应用前景。		
项 目 负 责 人 项 目 经 历		
起止时间	项目名称	主要内容
2023. 10-至今	基于无人平台的双圆环阵水下定位系统研究	主持，负责声呐系统与定位算法设计、水声信号处理算法设计
2024. 01-2025. 12	某高速航行器研制	参与，负责外测系统集成与水下探测算法
2024. 02-2026. 03	海洋牧场鱼群声学监控系统研制	参与，负责声纳数据分析、图像处理、聚类算法
2024. 07-2025. 07	鱼探仪后处理软件技术开发与系统集成	参与，负责外场调试与试验数据处理

2025. 01- 2026. 12	矿井高精度音频定位系 统样机研发	参与，负责声学定位算法	
2025. 05- 2026. 06	伏羲一号水下全景监测 系统	参与，负责编写上位机显控软件与声纳信 号处理	
工 作 计 划 安 排（2026. 7-2028. 4）			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计 （天）
1	2026. 7-2027. 1	构建三维成像声呐数据集与深度学习模型， 并完成算法设计和集成；发表论文 1-2 篇， 专利 1 项。	120
2	2027. 2-2027. 8	编写基于人工智能算法模型的显控软件，并 完成离线情况下的稳定性和功能测试；申请 专利 1 项。	150
3	2027. 9-2028. 1	原型样机集成与多场景试验，验证水下目标 检测精度与识别准确率；发表论文 1-2 篇， 专利 1 项。	100
4	2028. 2-2028. 4	整理工作内容（包括软件代码、文档说明 等），完成工作内容和成果交接。	60