

## 张仁和：海洋声学，任重道远

我国海洋声学研究始于 20 世纪 50 年代，从水声考察起步，经过几代人数十年的研究积累，取得了举世瞩目的成果。浅海声学研究已跻身世界前列，发展出一套适合我国浅海特点的水声传播理论和应用技术，特别是在海洋声学理论和浅海海洋声学实验方面具有优势。其中，部分比较有代表性的成果有：

在声传播研究方面，提出和完善了计算深海声场的广义相积分简正波方法 (WKBJ) 和浅海声场的波束位移射线简正波理论 (BDRM)，不但使计算精度提高，计算速度也比国际流行算法快一两个数量级。

在浅海混响研究方面，提出了相干混响模型，可用于计算浅海非相干的混响衰减和垂直相关，很好地解释了 1996 年中美远黄海实验中观测到的海底混响振荡现象。

在海洋环境噪声研究方面，提出了改进的海洋环境噪声模型，可很好地解释航道附近海洋环境噪声水平相关和实验观测到的高频噪声场垂直相关特性。

在海底底质声学参数反演方面，提出了海底声学参数联合反演方法，并获得了沉积层类型与海底声学参数的映射关系，可利用海底底质采样测量历史资料给出海底声学参数，更好地应用于低频声呐的探测性能分析与目标定位。

在水下目标探测方面，提出了基于水平阵的匹配场处理技术，解决了浅海声学层析和声源定位在工程应用中的适装性问题。

欣喜的是，近年来，经过我国声学家的努力，在深海声学实验手段方面取得了显著改善，完成了一系列海上实验观测，在深海声场特性、探测方法等多个方面开展了细致且具有开创性的工作。对深海声传播、噪声和混响理论进行了详细梳理；在认识复杂深海环境下的声场时空频特征规律基础上，提出了适用于深海环境的参数反演与水声探测方法，为深海环境下的声呐算法设计、探测应用与效能评估等提供了理论指导。

尽管我国海洋声学研究业已取得一些显著成绩，但距国家海洋强国战略要求依然任重而道远，很多工作需要我们从“由浅入深、由近及远”逐步展开：

一、大力开展先导性深海声学基础研究。应当在保持浅海声学研究优势基础上，以我国周边海域声学研究为突破口，逐步向深远海拓展，特别关注对全球深海大洋中的声场特征规律和环境机理的认识。

二、强化深海无人平台实验方法和大深度声学实验技术研究。水声学是一门实验科学，从新原理和新发现的数据验证到新设备的研制都离不开长期、大量的海上实(试)验。深海实验涉及范围广、深度大、且费用高，所以，需要针对性发展基于无人平台进行复杂深海环境下时空四维变化声场实验方法和大深度实验技术和设备研发，为实施全球深海声学同步水声环境数据采集以及水声探测新原理、新技术验证提供关键技术支撑。

三、加强深海通、探一体化技术研发与水声基础数据库的建设。深海具有利于超远程声传输的多种条件，如会聚区和水下声道等。但是，我国周边深海环境复杂，远程水声信息传输和探测存在诸多不利，一些传统浅海水声通信与探测技术应用于深海，需要针对不同应用平台和环境特点，进行方法的改进。此外，还需完善深远海的水文和底质声学参数数据库的建设，以系统掌握水下环境信息和提高声呐水下“透明度”。

四、完善海洋声学人才培养机制，促进海洋声学学科建设。从顶层设计部署海洋声学基础研究课题，以系统引导国内涉海水声研究单位形成明确的职责分工，让研究人员长时间专注于某一两类问题研究，才可能做出具有深度和广度的科研成果，同时培养出一批全面、均衡的水声人才。

走向远洋是所有强国相同的战略选择。当前，我国海洋声学研究已经到了向深海进军的关键时刻，加强深远海水声信息传输机理基础研究，实现深海资源开发及远程水声通信与探测，为远海水声装备应用提供有效技术手段，具有重大意义。

(2021 年 10 月 9 日)