

李启虎：不忘初心，再创辉煌：声呐技术助推海洋强国梦

水声信号处理和声呐技术是一门发展迅速、需求推动力强大、应用前景异常广阔的学科。

20 世纪 60 年代以来，由于潜艇的被动和主动隐身需求，催生了用于目标探测和识别的低频、大孔径拖线阵声呐的研制和低频大功率发射基阵的使用。强劲的需求成为声呐新技术迅速发展的重要原因。

其发展和完善依赖于大量有准备的实验测试。理论推导的结果和对声呐设备性能的预估，需要经过一系列实验室、湖上和海上试验的反复验证。由于水声学研究的特殊性，需要较大的人力、财力投入。深入的基础研究是声呐技术创新的源泉，回顾声呐发展的历史就可以证明这一点。

我国国防水声学的研究工作开始于 1956 年，当时，时任法国国家原子能委员会顾问的著名科学家汪德昭回国。二战时，汪德昭曾在著名水声学专家朗之万的实验室从事水声学研究。回国后，汪德昭和著名声学专家马大猷、应崇福一道参与了中国科学院电子学研究所的筹建工作，并在电子所内设立水声、超声、电声研究室，系统全面地开始了我国的声学研究。汪德昭于 1957 年赴苏联考察水声研究，1958 年率队参加中苏联合水声考察，并筹建了中国科学院南海、东海、北海工作站，为我国国防水声学的研究奠定了坚实基础。

汪德昭根据我国当时的条件，提出“由浅入深，由近及远”的我国水声事业发展战略方针，并带领年轻的科技工作者独立自主地开展水声物理学、水声工程学的研究。这一系列举措，使我国在浅海水声传播、混响、海洋环境噪声、数字式声呐设计等领域取得一批具有重大理论和实际意义的创新成果，“使我国在‘国际声学大合唱’中占有一席之地”。

我国自主研制的主动合成孔径声呐的海试所获得的图像，其分辨力 ($2.5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$) 处于世界先进水平。

我国独立自主研制成功的“蛟龙”号 7000 m 载人潜器，于 2012 年 6 月 30 日在马里亚纳海沟创造了下潜 7062 m 的中国载人深潜纪录，也是世界同类作业型潜水器最大下潜深度纪录。“蛟龙”号潜器安装了多部不同功能的声呐，包括导航、水声通信、图像信号传输、测速和前视声呐，它所使用的独特的单边带、高保真度实时语音通讯声呐，在历次下潜中发挥了重要作用。

在执行海洋“863”计划的过程中研制了多款海洋水体测量、海洋遥感遥测、水声测量设备，如高频地波雷达、合成孔径声呐、声学多普勒海流剖面仪、声学相关海流剖面仪、多功能 CTD (温盐深)、强风计、光学遥感无人机等。

北冰洋的大部分区域终年被海冰覆盖，因此也形成了独特的声场环境。由于冰盖的作用，造成冰下噪声剧烈起伏以及强混响效应，并形成了北冰洋独有的半波导声道。

自 1999 年来已进行了有组织的 9 次科考，取得了一系列成果。对北极地区及其毗邻海域的声学研究，中国科学院重大科技任务局、前沿科学与教育局、国际合作局统筹安排了一系列项目，并与国家海洋局签署了在海洋领域进行全面深入合作的战略合作框架协议。2017 年 3 月，中国科学院重大科技任务局在北京组织国内涉海的 10 多家单位，举行了“北极科学研究暨北极水声学”专题研讨会。此外，据不完全统计，国家自然科学基金委员会从 1986—2013 年共资助和极地科学有关的基金项目 450 项，并在 2016 年安排了冰下水声传播研究课题。在国家海洋局极地办公室和极地中心的支持下，2016 年中国科学院声学研究所科考人员第一次搭乘“雪龙”号科考船赴北极进行了声学试验，取得了一批重要数据。

当今世界上充满着合作与竞争，而海洋的竞争实际上是高技术的竞争。我国既是陆地大国，也是海洋大国，拥有广泛的海洋战略利益。经过多年发展，我国海洋事业总体上进入了历史上最好的发展时期，海洋也必将成为决定我国经济实力和政治地位的极其重要的因素之一。当前，各领域对海洋高技术的需求日趋迫切。历史证明，要保持有效的海上防御能力和对突发事件的应急响应能力，必须加快发展海洋监测高技术。21 世纪的海洋环境立体监测网不仅包括岸基、平台基的自动监测系统，还包括空中的遥感、遥测信息及海岸基自动监测系统。这些系统要组成网络，必须要进行必要的的数据融合才能对所监测的海洋的环境要素做出预报，水声学在其中发挥的作用极为重要。尽管水声学在海洋监测中具有独特的优势，但是也必需和其他非声学的探测手段，如光学、红外、卫星、生物学、化学、电学、磁学、激光等手段相结合，才能获得更好的效果。

只有技术创新才能实现跨越式发展。声呐设计者在 21 世纪初，处于这样一种充满机遇和挑战的年代中，一定能取得新的突破、新的成功。

(节选自《中国科学院院刊》2019 年第 34 卷第 3 期)