

声纳技术与反潜战

● 霍国正

引言

中国海岸线曲折漫长，海域辽阔多姿，领海内岛礁星罗棋布，资源富饶。炎黄子孙世代代在此繁衍生息，用生命和汗水开发、建设、保卫着祖国的神圣海洋疆土。冷战结束后的当今世界并不宁静，争夺海洋觊觎我国海疆者不乏其人。因而，用高新技术改善声纳系统性能，优化反潜装备已成为掌握制海权，捍卫国家权益、开发海洋资源的重要环节。从世界各国发展海军的战略态势可看出：不论是西方发达国家还是我周边各国，在竞相发展海军中，都把潜战与反潜战放在现代海战的特别重要地位，不惜投入大量人力财力，甚至多国联合研究开发声纳新技术，研制新型声纳系统和设备，以强化他们的潜战与反潜战实力，研究内容深入而广泛。例如，为提高声纳探测性能，对远程与超远程声传播的物理机理与模型，进行了颇为深入的实验与理论研究，并将传播模型与飞速发展的信号处理技术结合，开发了新型工作体制的声纳系统和设备。成果与进展令人瞩目。

一、远程与超远程海洋声传播研究

声纳是利用在海洋中传播的声波来探测目标并对目标进行定位、识别和跟踪的。海洋这个声传播的复杂介质极大地影响和制约着声纳性能。可以说从半个多世纪以前郎之万(P. Langevin)声纳诞生之日起，人们就关注、研究着海洋这个声传播介质。超级大国从其战略需要出发，颇为关注远程和超远程声传播研究，研究成果首先服务于综合水下监测系统(IUSS)。通过在近海布放几百个水听器组成的阵列，采集深海声传播信号，再在岸上进行综合分析。深海声传播信道相对比较稳定，可以从采集的声传播数据中得出分析结论。

远程声传播研究除反潜战的直接军事用途外，在海洋与大气监测中，也得到重要应用。美国国家海洋与大气管理局通过远程传播进行海洋声层析研究，对大气进行全周期的海洋监测。所谓声层析技术就是通过声传播反演海洋温度场，因为声传播速度是海水介质温度的函数，而监测海水温度可以获悉某些重要的海洋气象信息。如海洋大气中著名的“厄尔尼诺”现象，可观测到赤道附近海水平面有异常温升。80年代初期就有通过测量海洋中声传播时延反演海水温度场的实验。美国曾在印度洋中一小岛置一声源，声源级约200分贝，在全球各处可收到发射信号，后又改在夏威夷和加里福尼亚分别置放声源和水听器，进行声传播反演海洋温度实验。这种方法的测量精度受海洋内波起伏和冷热水团温度偏移的影响。近年来人们在进一步研究声传播理论，采用一系列方法提高声层析技术的测量精度。

二、浅海声传播研究

滨海区域是各国海上防务重点，改善声纳的浅海性能是反潜战的重要需求，因而浅海声传播研究也倍受关注。1993~1994年北约盟军最高司令部水下研究中心，在地中海多次组织海上试验，采集浅海传播数据，进行浅海被动声源定位和主动声纳浅海探测实验研究。并使用频率200~1000赫的声信号，分别在夏季和冬季测试浅海声传播衰减、海底散射。

中国在浅海声传播研究方面，成果颇丰，处于国际前沿水平。南海考察对深海声传播研究也获得了重要实验研究成果。

上述浅海或深海研究都要求声纳低频工作，这不仅能减小传播衰减、增加探测距离，而且也有利于主动声纳的水声对抗。潜艇为加强隐蔽性，对抗声纳探测，一方面力求降低潜艇自噪声，使潜艇更加“安静”。另一方面艇壳粘消声瓦以降低声反射能力，使主动声纳难以发现潜艇，但目前消声瓦的性能在低频难尽人意。因此，降低主动声纳工作频率是提高反潜探测性能的有效途径。但频率降低，为了不损失空间增益，必然导致增大声阵的孔径，从而引出一系列新工作体制声纳。

三、新型工作体制声纳的研制和开发

传统的声纳都是依托舰艇平台，因而受到多重限制。其一，空间有限，特别是容纳声阵的空间有限，制约了声纳性能的提高；再者，来自舰艇平台的自噪声(包括航行水噪声)是声纳工作的重要干扰源。此外，对水面舰艇而言，声纳不能根据水文(声速分布)改变声阵深度适应最佳传播条件。拖曳变深声纳(VDS)的出现，部分地突破了上述局限。为扩展声阵孔径，将变深声纳的拖体演变，扩充为长达百米至数百米的长线阵列——拖线阵声纳。1984年美国将水面拖线阵列系统引入声监控系统作为远程被动声警戒，对潜艇和水面舰艇的航行噪声实施探测、定位和识别。大孔径拖曳线列阵，长达6500英尺，拖于航行舰船之后，船上安装的设备对来自水听器阵列的信号进行前置调节、处理和终端显示，进而将水下探测信息经卫星发往岸上设备，与其他数据一起综合分析。

除了象水面拖线阵列系统这种远程警戒拖曳线列阵声纳外，发达国家更为普遍地发展了战术拖曳线列阵声纳，如美国海军当前装备水面舰艇的AN/SQR-19声纳，它是在AN/SQR-15和AN/SQR-18基础上开发而成的新型标准战术拖线阵声纳。声阵长800英尺，拖缆长5600英尺，拖曳深度可达1200英尺。在大洋中探测距离可超过第二会聚区(达120千米以上)。台湾当局妄图实现其台独野心，正在大力扩充军备。其建造的“成功”级护卫舰，从第3艘开始已装备AN/SQR-18(V)2型拖线阵声纳，性能虽低于AN/SQR-19，但也具有较先进的探测和识别定位能力。

被动拖线阵声纳是以检测目标航行时水下噪声为手段探测目标的，随着潜艇降噪技术的进展，安静型常

规动力潜艇的出现，特别是不依赖空气推进技术投入应用，使本艇辐射噪声大大减小，随后核动力潜艇降噪也获得相应地进展，使被动声纳探测目标困难。人们把目光又投向主动式探测声纳，开始了低频主动拖线阵声纳研究。主动拖线阵声纳利用低频长发射脉冲、大孔径声系统来增大探测距离。北约水下研究中心在80年代初就进行主动拖曳阵声纳的方案和技术可行性研究，1992年主动拖线阵声纳首次参加北约组织的“龙锤”92(DRAGONHAMMER92)演习，这不是实验式的海试，而是以整机规模参加北约组织的一次演习。随后在英吉利海峡的西南水域多次组织海试，试验动用了意大利的“托蒂”潜艇和德国的U 30型潜艇，取得了有价值的成果。试验用的主动拖线阵声纳的发射声系统和拖体。

1991年荷兰皇家海军TNO物理和电子试验室与德国汤姆逊-辛特拉公司共同开始研制低频主动拖线阵声纳。1994~1997年期间，在不同季节，不同水域进行海上研究实验。

为解决单列线阵的拖线阵声纳难以区分目标方位是在左舷还是右舷的问题，该低频声纳采用双线拖曳阵列。

拖线阵中的传感器有水听器模块和非声模块。后者用以监控阵形和姿态。试验阵有7个水听器模块，每个模块由32个水听器组成。水听器模块可增加，即声阵孔径可根据需要扩展。声纳工作频率低于1000赫兹，发射声源级为200分贝，拖曳深度50~250米，探测距离超过第一会聚区，达30海里以上。拖线阵采集的声和非声数据，数字化后经光缆传输至舰上信号处理设备。由工作站作为主控机处理接收全向低频发射换能器双线阵列光纤数据传输缆收信号、完成对目标的探测、定位和识别分类。

新工作体制的声纳当然不仅仅限于主、被动拖线阵声纳，还有其他新体制声纳。如潜艇用舷侧阵声纳，布设声接收阵列于艇体两舷侧，充分利用艇体船舷侧面，增大声阵孔径，提高空间增益，改善声纳探测性能。由艇体振动和附面流噪声所产生的干扰，技术上可以解决。至于水面舰艇舷侧阵虽未见报道，且舰内机械和舰体振动噪声以及水面航行的流噪声等干扰较潜艇要高得多，但水面舰艇舷侧阵似乎也不是绝对没有研究价值，特别是对吃水较深的大中型水面舰艇，在航速较低时，利用防摇舵龙骨安装水听器阵列，采取减震措施并与艏部发射阵构成主动工作的收发分置系统也可作为一种声纳工作体制开展某些可行性研究。

又如合成孔径声纳利用声纳载体平台的运动，将尺度有限的声阵物理孔径(即声阵的实际物理尺度)所接收的信号沿运动轨迹作时延补偿，使信号相干迭加，把有限物理孔径合成一“虚拟”的增大数倍甚至数十倍声学孔径，以提高声阵空间增益，改善对目标的方位分辨能力。这一课题的研究工作分别在被动合成孔径(用于拖线阵，常作远距离探测之用)和主动合成孔径(用于探雷和高分辨成像声纳，多以拖曳声纳——变深声纳为依托)两方面展开，研究工作方兴未艾。

四、综合声纳系统的研究和发展

单部声纳设备性能的改善、技术水平的提高固然是十分重要的，但却难以满足现代海战的综合要求，发达国家的研究动向之一就是使声纳走向综合，构成系统，一体化地最佳实现各种战术功能。如美国水面舰艇装备的AN/SQQ-89反潜综合作战系统，它由舰壳主动声纳、战术拖线阵声纳、舰载直升机搜潜系统和声纳信号处理机、反潜火控系统和声纳状态方式评估系统等组成。

该系统70年代中后期开始研制，1985年正式装备“佩里”级护卫舰，1991年装备“阿利·伯克”级驱逐舰。这是一部具备多个传感器，对潜实施探测、定位、跟踪和火控指挥综合功能的反潜作战系统，它统一管理多部设备，对各传感器实施数据融合、动态跟踪、监控水下多批目标和火控指挥。又如，美国1988年研制成功的AN/BSY-2潜艇综合作战系统，它装备最新型“海狼”核攻击潜艇，该系统由综合了多部声纳设备的AN/BQQ-5E综合声纳系统和火控设备组成，用200个摩托罗拉68030型32位处理器分组处理声信号及指令并控制武器。各处理单元通过光纤数据总线高速传输数据。这是一部综合功能强、自动化程度高、技术先进的潜艇综合作战系统。

以色列的潜艇声纳系统综合了低频拖线阵声纳、低频被动舷侧阵声纳、中频被动声纳、侦察声纳、被动测距声纳、主动声纳和自动声监控系统等声纳设备。

以上各部设备经各自的前置处理(主动声纳有自己单独的发射机和收发转接装置)和信号调节，输入综合接收处理机，完成波束形成、信号处理、后置数据处理，并通过以太网总线输给终端综合显控台，完成显示、控制和火控解算后经舰上数据总线送向各武器控制部位。这种声纳综合系统已配备于以色列的新护卫舰SAAR-5上。

[选择本期文章题目](#)



MSEO

