

海洋环境对猎雷声呐探测识别的影响及对策建议

张 臣, 李佳樟

(中国人民解放军 91439 部队, 辽宁 大连 116041)

摘 要 猎雷是各海军强国重点发展方向, 猎雷作战中首要的就是探测识别水雷。从传播损失、混响、目标强度以及海流、潮汐等多个方面分析了海洋环境对猎雷声呐探测识别的影响, 并从猎雷作战角度提出了有关参数设置、作战方式、数据处理等对策建议, 可为部队探测识别水雷等目标提供有效参考。

关键词 猎雷声呐; 海洋环境; 探测识别

中图分类号 TJ61⁺7 **文献标识码** A

Influence of Ocean Environment on Detection and Identification of Minehunting Sonar and Countermeasures

ZHANG Chen, LI Jiatong

(No. 91439 Unit of PLA, Dalian 116041, China)

Abstract Minehunting is an important developing direction for all naval powers, and the detection and identification of sea mines are the most important components for minehunting operation. This paper analyzes influence of ocean environment on the detection and identification of minehunting sonar, including acoustic propagation loss, reverberation, TS, ocean current, tide and so on. The paper also proposes countermeasures and proposals about parameter setting, operation mode, data process and so on from the perspective of minehunting operation, which provide effective reference for target detection and identification such as mine and others.

Key words minehunting sonar; ocean environment; detection and identification

0 引言

当前,反水雷作战中猎雷已成为各海军强国的重点发展方向,而猎雷最重要的就是探测识别,猎雷也难在探测识别。一方面是声呐技术的有限性,对水雷等水下小目标的高效精确探测识别较为困难;另一方面则是海洋作战环境的复杂性,对声呐探测识别带来较大影响。为此,在现有声呐技术条件下,分析海洋环境对猎雷声呐探测识别的影响,提出有关对策建议,指导部队作战应用,具有

重要意义。

1 猎雷声呐工作原理

猎雷声呐工作时,声呐基阵通过发射分机以一定的指向角向水中发射高频声脉冲,接收机接收目标反射声波,信号处理机对接收的海底散射信号进行滤波、增益控制、波束形成等处理后形成声图像,根据声图像来辨识水下目标。猎雷声呐典型三维多波束模型如图1所示^[1]。

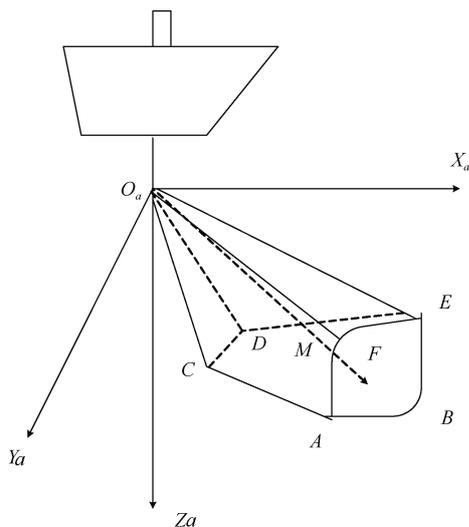


图1 猎雷声呐三维多波束模型
Fig. 1 Model of minehunting sonar for three-dimensional STMB

以基阵中心 O_a 为坐标原点建立三维直角坐标系, O_aM 为基阵的中心轴线, O_aC 、 O_aD 、 O_aE 、 O_aF 为多波束探测“锥体”的4条边界线。中心轴线 O_aM 与水平面 $O_aX_aY_a$ 的夹角即基阵俯仰角, O_aM 在水平面上的投影与 X_a 轴的夹角即基阵水平角。基阵信号发射后多波束构成的“锥体”结构与海底平面相切形成的截面即猎雷声呐在某次脉冲发射下的海底照射范围, 即 $ABCD$ 这块扇形区域, 对锚雷来说“锥体”结构就是其覆盖范围。

2 海洋环境对猎雷声呐探测识别的影响分析

猎雷声呐的探测与识别, 在工作频率、工作带宽、发射脉冲宽度、发射与接收波速宽度等参数上是不同的。探测更加关注探测距离, 识别更加关注分辨能力, 但从工作原理上, 海洋环境影响对其影响是基本一致的。

猎雷声呐探测识别性能主要与发射声源级、传播损失、目标强度、海洋混响和检测阈有关^[2]; 其中传播损失、海洋混响、目标强度是海洋环境影响声呐探测识别性能的主要因素。

2.1 传播损失

传播损失与探测距离、海水透明度、海底底质

和声速剖面相关。

2.1.1 海水透明度

在泥沙含量大、海水透明度小的海区, 传播损失非常大, 相对会降低猎雷声呐探测识别距离。

2.1.2 海底反射损失

海底反射损失是声呐信号损失的重要方面。频率越高, 声信号的吸收损失越大, 且主要是由底质中粘滞性引起的吸收损失, 软而平滑的软泥底和泥贝底回波弱, 而沉底雷的回波强, 声呐捕获的目标轮廓更清晰。

大量实测数据发现, 海底沉积层的反射损失随掠射角变化。当小于分界掠射角, 反射损失相对较小且角度越小损失越小, 大于分界掠射角, 反射损失较大且平均而言近似常数, 也就是说声呐俯角越小反射损失越小, 加大到一定程度后, 反射损失基本恒定。

2.1.3 声速剖面

平均而言, 声速剖面呈现明显的季节特征^[3], 尤其在夏季温带海域, 由于声线弯曲和声线经过跃变层时会导致声线严重负梯度弯曲、声强显著衰减、声呐作用距离明显减小^[4], 对目标的定位会造成较大误差。

但相对来说, 由于猎雷声呐探测距离近、频率高, 对目标的探测识别影响不大。

2.2 混响

混响就是由于海洋中大量无规则散射体对入射声信号产生散射而在接收点上接收到的所有散射波的总和, 与入射声信号强度、声呐的探测距离、海底底质、海水透明度和声信号入射角度相关。对猎雷声呐探测识别的影响体现在三类混响中。

2.2.1 海面混响

海浪引起的海面粗糙会改变海面的反射和散射特性, 引起信号幅度和相位的剧烈起伏, 产生海面混响; 高海况下海洋表层一般会出现气泡, 气泡的共振散射会引起海水声速、密度的改变, 产生海面混响, 同时对猎雷声呐高频声传播产生更大的衰减, 尤其对探测锚雷更具影响。因此高海况下, 确定俯仰角时应尽可能减小探测“锥体”与海面的接

触面积。

2.2.2 体积混响

体积混响是由存在于海水本身或体积中的散射体,如海水中的泥沙、海洋生物、海水本身的不均匀性和鱼群等所引起的混响。体积混响强度与发射声源级、脉冲宽度和换能器波速宽度成正比,因此为了减小混响,应在不影响作用距离的前提下适当减小发声信号的声功率,尽量采用窄脉冲和窄波速宽度的发射信号。

2.2.3 海底混响

海底混响是由海底及附近的散射体形成的混响。包括由海底底质密度的不均匀性和海底起伏变化等造成海底混响,底质越复杂混响越大、入射角越小混响越大,海底混响随探测距离增大而减弱。海底散射强度远大于海水体积散射强度,也大于海面散射强度。礁石底质或砂砾底的强反射回波,极易掩盖沉底水雷目标回波,造成声呐分辨力下降,影响声呐探测识别,可以说海底混响是猎雷声呐主要背景干扰。

2.3 目标强度

目标强度与目标形状、尺寸和材料有关,目标强度越大,相对被探测识别的概率越高。现代水雷一般通过减小反射面积、壳体使用吸声材料、雷体结构和装药采用透声材料等来降低目标强度,起到隐身效果。海洋环境中泥沙底、淤泥底等在海流作用下,能够掩埋水雷,从而降低目标强度,影响探测识别。

2.4 其他海洋环境对猎雷声呐探测识别的影响

1) 海洋环境噪声与声呐的接收频率和发射、接收器位置有关,猎雷声呐为高频声信号,衰减快、背景噪声很小。但自噪声对探测识别影响较大,包括本舰航行噪声、海流作用于舰艇平台表面所引起的水动力噪声和声呐自噪声。

2) 海流、海浪引起舰载平台颠簸、摇摆导致声呐基阵姿态、平台各部位应力的变化,可导致声呐探测性能的不稳定^[5]。

3) 潮汐的影响^[6]主要体现在体积混响和深度

差上。大潮日附近流速相对更大,海水透明度更差,体积混响更大。深度变化大需要调整声呐俯仰角来适应。

4) 海洋峰是2种或几种水体之间狭长过渡带,也是海洋环境参数水平跃变带,对声线传播具有强烈的反射、折射作用,产生一系列声传播奇异区,对声呐探测具有屏蔽阻隔作用^[7]。

5) 风场和降水是间接因素,风场是通过海浪来影响声呐的性能,降水主要影响海水的盐度,同时产生风雨噪声。风雨噪声是声呐系统海洋环境噪声干扰的组成部分,对小俯仰角下猎雷探测稍有影响。

6) 海洋生物污损声呐的导流罩和声呐换能器,增大平台的湍流噪声,间接影响声呐的性能。

3 猎雷声呐作战使用相关对策建议

重点针对如何适应海洋环境影响因素,提高猎雷声呐对水雷等目标的探测识别能力,提出以下对策建议。

3.1 掌握分析作业海区海洋环境数据

要掌握分析作业海区范围、深度、底质、海水透明度、声速、海浪(海况)、海流、潮汐、风力、风向等数据,据此结合猎雷声呐探测识别基本性能,设计猎雷计划,设定相关工作参数。

3.2 掌握分析作业海区猎雷目标

要掌握分析目标类型、工作深度、目标强度和回波特性等。特别是对未知水雷目标,可以通过分析敌主战水雷和对应海区作战使用特点,采用与已知水雷类比的方法估计目标回波特性,从而确定探测识别工作参数。

3.3 估算声呐最大探测距离

在实际作战中考虑以下因素,在恶劣水文和底质条件下,其作用距离会有所下降;随着声呐装备的使用时间增加,声呐装备性能也存在下降趋势。因此,对于声呐最大探测距离,一般以声呐指标为依据,根据作业海区的底质、透明度以及装备状态等,结合实际经验进行修正^[8]。

3.4 信号调节 (参数设置)

信号形式: 在一定的发射功率下, 脉冲宽度大则信号能量大, 故选择长脉冲信号对增大作用距离有利。单频短脉冲的距离分辨力高, 对强混响条件探测更有力。调频脉冲信号, 相对混响要大, 但有利于识别目标特征。

工作点与动态范围: 工作点为动态范围中间强度点, 动态范围是显示图像中最弱和最强回波的差值, 例如工作点为 20 dB, 动态范围为 ± 5 dB, 则 15~25 dB 强度的回波信号在屏幕上显示为最弱和最亮的点, 其他强度回波将无法分辨。选择适当的工作点和动态范围, 可有效提高目标的发现概率。

增益控制: 压缩水听器信号动态范围, 保持输出幅度尽可能均匀 (但信号与背景比不变)。总体来说, 增益控制是对信号的一种归一化处理, 要使背景噪声和混响稳定在一个范围内, 使界面显示的图像形成对识别目标最有利的分辨率, 以快速发现目标。

发射功率: 发射功率越大作用距离越远, 但意味着混响也越大; 对于礁石底或砾石等硬底和复杂底, 为避免过大混响, 需要降低发射功率; 对于浑浊水域或深水泥沙底质, 为抵消海水散射和海底反射损失, 可增大发射功率。发射功率的选择要依据屏幕回波信号和混响信号强度适当调整, 尤其是对可疑目标抵近识别时或重新进入航路搜索时要及时调整。

量程: 量程是声呐脉冲所抵达的距离, 有别于有效探测距离。量程过大往往会造成不必要的延时, 同时目标回波信号弱, 容易被忽略, 但设定量程过小, 混响越明显, 目标不容易辨识; 因此, 量程设定大于有效探测距离一些即可。当发现疑似目标, 舰艇抵近时, 要适当调整量程, 尤其是识别声呐; 当水深较浅, 混响较大时, 除了调小功率, 也可调大量程, 让混响减小, 在一定功率条件下, 量程越大目标回波信号越弱。

3.5 声呐回波方式辨别目标

当目标回波强度高于背景噪声时, 在声呐图像上可见到较强的回波亮点, 利用目标回波特性可辨别目标类型。一是真实目标一般能够连续出现 (不少于 3 次), 但在舰艇机动状态下, 目标雷的方位距离是变化的, 同时由于搜索扇面具有探测重复周期, 存在延时, 量程越大、波速越多延时越长, 目标连续出现的位置是不同的, 因此要注重辨识目标特征上, 可同步当前距离变化、声呐扇面和波速范围, 以此克服延时带来的连续点位变化和同一目标辨别。二是对声呐回波方式探测水雷, 离目标距离越近, 海底混响强度越大, 水雷回波越容易被掩盖, 尤其是在礁石底、砾石底情况下, 因此要把主要关注点放在较远距离上, 一般在声呐最大探测距离三分之二处, 目标最为明显。三是多波束多扇面搜索时, 要保证各扇面的探测周期间隔时间小于目标穿越时间, 防止发生漏探。

3.6 声影识别方式辨别目标

突出于海底的物体被声波照射时, 不仅会产生反射, 同时也阻止了声波的前进, 在物体背后的海底上产生声学阴影。由于混响越强声影越明显, 因此特别适用于近距离强混响情况下的目标探测识别。目标声影为一片白色的噪声背景中的一块黑影, 其形状与目标形状有关, 是其水平投影, 球体为椭圆形阴影, 圆柱体为平行四边形阴影。同时注意: 1) 只有识别声呐有声影识别方式, 探测声呐只有回波方式; 2) 声影方式与目标回波强度无关, 不受雷体材质或防声呐涂成的影响, 较适合未知目标识别, 但难以探测锚雷; 3) 只有入射声波角度适当才能产生较大的声影, 角度过大或过远都难辨识。

3.7 灭雷具声呐探测识别

由于有舰载声呐和指控系统引导, 相对来说, 灭雷具声呐搜索和发现目标相对简单。需要注意的是, 一要关注流速流向的变化, 底层流要

比表层流小, 因此要在接近目标时保持好高度顶流抵近。如果不好判断流向可让其漂泊一段时间, 这时可通过灭雷具声呐或猎雷识别声呐图像判断其漂泊方向即流向。二要避免灭雷具控制电缆与锚雷雷索缠绕, 灭雷具声呐要使用大量程, 保持较大的垂直开角, 下潜深度应使灭雷具处于雷体深度下方, 前进中通过微调俯仰角观察声呐图像, 雷体(圆柱状或亮点)、雷锚(圆台或长方体)、雷链(一个或多个亮点或短线), 发现其中一个应距其 15~20 m 悬停, 上下搜索其他部分, 其中要考虑流对锚雷整体的影响, 雷体在下流方向。三要注意及时切换量程, 海水浑浊度大无法观察到目标要以声呐识别图像抵近, 尤其是对识别锚雷, 不可绕雷机动, 一旦冲过目标要及时停车漂流一段。四要注意海底起伏, 在搜索识别目标的同时, 通过声呐图像辨别海底大致形态, 尤其是目标附近情况, 避免因高度过低导致碰撞。最后, 要注意海带、渔网等, 避免灭雷具被缠绕。

4 结束语

本文基于猎雷声呐工作原理和探测识别性能影响因素, 从传播损失、混响、目标强度以及海流、潮汐等多个方面分析了海洋环境对猎雷声呐探测

识别的影响, 提出了部分对策建议, 可为部队探测识别水雷等目标提供有效参考。由于海洋环境的复杂性, 对猎雷声呐探测识别的影响是多因素综合性的, 还需继续深入研究分析, 有关对策建议在猎雷作战中也需灵活应用。

参考文献

- [1] 李玉伟, 姜可宇, 黄建波, 等. 探雷声呐水雷发现概率仿真研究[J]. 声学技术, 2015, 34(12): 506.
- [2] 刘孟庵. 水声工程[M]. 杭州: 浙江科学出版社, 2002.
- [3] 汪德昭, 尚尔昌. 水声学[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2013.
- [4] 张纪铃, 胡鹏涛. 浅海声速剖面对声呐作用距离的影响研究[J]. 水声工程, 2014, 10(38): 36-38.
- [5] 刘艳. 海洋环境对声呐使用性能的影响[J]. 气象水文海洋仪器, 2012, 9(3): 6-13.
- [6] 黄立文. 航海气象与海洋学[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2014.
- [7] 张永刚. 军事海洋学概论[M]. 北京: 海潮出版社, 2006.
- [8] 赵宝军, 马守刚, 张晓永, 等. 某型声呐探测海底目标位置的精度解析与运用[J]. 水雷战与舰船防护, 2016, 5(24): 70.

(责任编辑: 肖楚楚)