

# 海洋环境对声纳系统影响研究

孔大伟, 吕杨

(海军蚌埠士官学校, 安徽 蚌埠 233012)

**摘要:** 声纳对水下目标的探测, 依赖于海面、水下和海底等战场环境。由于海洋环境复杂多变, 要正确熟练操作声纳装备必须充分了解海洋环境及其对声纳探测的影响情况, 这样才能在深海战场上占据有利位置。文中分析了海洋声学环境特征, 研究了声学环境对声纳探测的影响情况。

**关键词:** 声纳; 海洋; 声学环境

**中图分类号:** P76; TN929.3      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2012)04-0068-03

## Study on the Effect of Ocean Environment on Sonar System

KONG Da-wei, LYU Yang

(Bengbu Naval Petty Officer Academy, Bengbu 233012, China)

**Abstract:** Sonar detects objects depending on battlefield environment likes sea surface, undersea and ocean floor etc. Because of the complexity and variability of ocean environment, correct and skilled operation of sonar equipment needs adequate acquaintance of ocean environment and how it affects the sonar. Based on that, an advantage can be gained in deep sea battlefield. The ocean acoustic environmental characteristic was analyzed and the effects of acoustics environment on sonar detecting were discussed.

**Key words:** sonar; ocean; acoustics environment

### 1 海水中声传播的特性

由于在水下传输中声波占有绝对优势, 所以水下的声学环境是研究人员所关心的。海洋声学环境通常包括海洋环境噪声、声速梯度分布、声传播特性、海底声学特性、混响(海面混响、海底混响、体积混响)等因素, 这些因素是影响海洋声学环境的主要

因素<sup>[1]</sup>。

海水声学特性之一是声传播速度相当低, 平均约为 1500 m/s (这是与雷达传播的速度相比的, 雷达波传播速度为  $3 \times 10^8$  km/s)。因此, 与雷达相比, 声纳得到的信息必然是少而慢。尽管这个影响在近距离并不重要, 但在远距离上是很明显的。

水介质可以维持的声强度有物理限制, 如果试图产生超过此限量的声能级, 结果会使压力波产生

收稿日期: 2012-01-25

作者简介: 孔大伟(1982—), 男, 安徽淮南人, 讲师, 主要从事声纳教学研究工作。

接近真空的小穴槽,并使声波传播断开,此时能量变成热和噪声损耗掉,这便是空化现象。

通常水下声传输不是直线传播的,因为在海水中存在温度、压力和盐度的多变性引起的绕射效应,使波线和波束弯曲,其中起决定作用的是温度。

在海水存在边界的情况下,即海面和海底的影响是不可忽视的,海面和海底对声波产生反射、散射和吸收。这些现象的合成效应是复杂的,但相对来说又是可预测的。海水介质中存在微小的有机物,声波与之相互作用会形成散射,这就形成了混响<sup>[1]</sup>。

由于海表面的声扰动、水下的潮汐流动和波浪冲击岩石等,使水下环境呈现出较强的噪声,且起伏较大。

## 2 海洋声学环境的基本特征

海水中由于表面到海底的各水层温度差异形成了跃变层,跃变层是海洋声学环境的重要特征,这个特征因海域和季节不同而异。浅海区的这种特征是比较明显的,且有一定的规律性<sup>[2]</sup>。

当声波在海水中传播时,其波阵面产生扩张,同时声能将被海水吸收和散射,这种现象被称为声波的传播衰减。传播衰减在许多实际场合下,完全取决于由吸收引起的能量损耗,通常随海域和频率变化而变化,不同的海域、不同的频率下,它的取值有明显的差别。

浅海的地质是大颗粒沙底和泥沙底。在低频下声波折射角为 $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 时,海底反射能量损失可达4~16 dB。

由于风速和航运量的改变、生物噪声的干扰、传播条件的变化等,使得海洋环境噪声出现多变性。如在同一给定海区,基于平均值所得的估计值和短期测量值之间会产生大约5~10 dB的不确定性;由于传播条件的变化,冬季和夏季的环境噪声在某些地点相差可达7 dB<sup>[3]</sup>。

## 3 复杂海洋环境对声纳的影响

### 3.1 空化现象对声纳的影响

海水介质中的空化现象是主动声纳过载、高速

转动的螺旋桨叶片末梢处所产生的现象之一。空化产生气泡,当水填充到真空时,气泡就破裂,此时产生低声级噪声并向外辐射。空化的敏感性随深度增加而下降,因此随着环境场的压力减少而增加。空化出现意味着主动声纳如要发射高能级的能量,必须设计大的水下声阵。然而,大声阵的使用又会给排阵和安装带来一定的困难,所以空化问题限制了大功率主动声纳的使用。解决对策是在换能器导流罩内加一定强度的水压。

### 3.2 温度梯度对声纳的影响<sup>[4]</sup>

温度梯度能妨碍水下探测,使声纳探测距离大大下降。对于介质是等温层时若声纳的品质因素为90 dB,用宽带检测,其预估作用距离可为3500 m,而用线谱检测预估作用距离为8 km。同样对介质是负越层时,若声纳的品质因素仍为90 dB才用宽带检测,其预估作用距离减至1000 m,而用线谱检测,其预估作用距离减至2600 m。由上述可知,海洋声学环境是复杂、多变的,这样海域之间的声学环境对声纳作用距离的影响是严重的。不仅在声纳作用距离预估时表现出各个海域之间的差别,而且声纳在海上实际使用时的作用距离要比预估的作用距离低1/3左右。

在声纳的设计中,通常将使用环境条件理想化处理。如在信号处理过程中,将随机信号作为各态历经处理,将不均匀背景作为均匀背景处理,而且对于环境场中诸如多途效应以及信号的干扰起伏、边界影响等不确定因素均给予忽略,这样就使得预报的作用距离与实际使用的作用距离差距甚大。

### 3.3 海中各层对声纳的影响

由于表面层声道、深海声道、远程传播区、海底反射等水声现象的存在,使声阵的倾角、接受扇面等所需要的一些参数以及战术要素(机动深度、航速、航向等)之间的关系变化复杂化<sup>[5]</sup>。在一般情况下,若已知发射源、海况和声场数据,可从理论上算出海洋中任何一点的声场,从而表现出水生信号传播的所有特性,但实际上要做到这一点是很困难的。在大多数的情况下只能是粗略的估计,要想比较准确地估计和预报需要有充分的海洋声学环境调查数据。

### 3.4 海洋环境噪声对声纳的影响

拖曳声纳已普遍获得重视和应用,拖曳声纳的工作背景就是海洋环境噪声。因此,海洋环境噪声的强度与分布,直接影响着声纳装备的工作性能。在声纳装备的品质因素估算中,必须要考虑使用环境噪声这一因素,一般用几级海况下深海或浅海的环境噪声级表示。海洋环境噪声的多变性严重地影响了声纳工作的性能,当出现声纳的工作背景变化在5~10 dB之间时<sup>[6]</sup>,声纳的型号处理就很难适应和补偿这种变化。

声纳装备中的信号处理部分是声纳的工作性能获得了信号处理增益,但由于海洋声学环境的复杂性,使一些信号处理措施并没有得到预定的处理增益。无论是能量检测还是匹配滤波,在北海某海区实际获得的处理增益均比预设中希望得到的增益低5 dB,最差的时候低10 dB。即使是利用某些自适应技术,也是大致如此。

### 3.5 声线弯曲对声纳工作的影响

声速的梯度分布,对声纳的工作影响很大。有的梯度能使工作距离增大,有的梯度将使工作距离减小,影响各不一样。同时,水面舰艇声纳器材和潜艇声纳器材,回音站和噪音站,探测水中目标和水面目标,在同一声速梯度下,声纳对其工作距离的影响又会有所区别。如水面舰艇声纳器材,其发射器和接收器在很浅深度下工作,主要是深测具有一定深度的目标;潜艇声纳器材的发射器和接收器处在一定深度且深度又可以改变的情况下工作,其主要是接收水面目标(如水面舰船)或具有一定深度的水中目标(潜艇)的噪音。当然也可用回音站工作<sup>[7]</sup>,回音站考虑的是发射信号及回音的声线轨迹,噪音站则考虑的是目标噪音的声线轨迹。

1) 正梯度。声速正梯度分布出现在冬天,声线向海面弯曲。正梯度一般只出现在接近海面的一层,此水层一般也只几十米。作为水面舰艇水声器材来讲,如果利用回音站来探测潜艇,而发射声波束角度并不向下,声波就只在接近海面的水层内传播。若潜艇下潜深度较浅,恰好在正梯度的水层内,即处于声照射区内,水面舰艇水声器材探测目标距离当然要较远;若潜艇处于一较深的水中(如百米以

下),声波到不了那么大的深度,水面舰艇的水声器材就无法探测到目标,也谈不上有多大的工作距离了。因此,冬天作用距离要远,也仅是指目标在一定深度的水层内而言。当然,冬天的声波衰减远比夏天要小,对增大工作距离起了一定作用。

2) 负梯度。声速负梯度分布一般出现在夏天或南方较热的天气,声线向海底弯曲。这种情况下,水平方向上的工作距离会大大受到限制,加上夏天声波的衰减较大,故工作距离较近。作为水面舰艇的水声器材,不同深度的目标,其探测距离将不同。当目标较深时,近距离反而有可能探测到,且恰好与正梯度时相反。因为发射声波束具有一定角度,一般近距离对有一定深度目标的探测有一个盲区,而负梯度对克服近距离的盲区又恰好起到帮助作用。

3) 声道型。声道型声速分布,使声波集中在围绕声道轴上下一个水层内传播。如果搜索舰艇与目标均在声波传播的声道层内,深测距离显然会很远。由于声道轴一般很深(达几百米甚至上千米),所以利用声道探测水面舰艇目标的意义就不大了。如果潜艇能潜到声道层以下,其隐蔽性会很好,即很难被水面舰艇所发现。

声线弯曲对声纳工作的影响是一个非常复杂和重要的问题,需要在实际使用声纳过程中不断积累资料、总结经验。声纳兵应根据具体的水文情况分析当时当地的声速梯度及声线轨迹,并在此基础上准确地操纵声纳,确保及时发现目标<sup>[8-9]</sup>。

## 4 结语

近年来,随着海军装备的快速发展,声纳装备更新换代的速度进一步加快,复杂海洋环境对声纳的影响也越发明显<sup>[10]</sup>。这就要求在熟练掌握声纳装备战术技术性能的同时,合理利用海洋环境,达到装备与战场的完美结合,从而占据未来海战的有利位置。

### 参考文献:

- [1] 刘孟庵,连立民. 水声工程[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2002:230—247.
- [2] 田坦,刘国枝,孙大军. 声纳技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1999:147—160.

(下转第81页)

底部需要有将方舱托起的支撑结构。因此可将支撑结构与缓冲结构设计为一体,即在弹药方舱底部安装以钢丝绳隔振器为主要受力元件的缓冲结构。

根据弹药规格,将方舱的缓冲结构尺寸设计为 $268\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ ,其高度太高,会造成方舱的重心过高,在汽车运输时不利于装载稳定,在仓库储存时不利于堆垛的稳固及充分利用库房空间。因此,以钢丝绳隔振器为主要受力元件的缓冲结构,主要安装在弹药方舱底部,并与支撑结构融为一体。为进一步充分利用空间,采用嵌入方舱的安装方式,缓冲结构安装于弹药方舱的4个角处,突出高度略大于钢丝绳隔振器的最大动变形,设为 $50\text{ mm}^{[4]}$ 。这一高度既能在满足缓冲结构充分吸能变形的情况下,方便叉车进叉;又不致于造成方舱的重心过高。缓冲结构在方舱上的安装如图2所示。

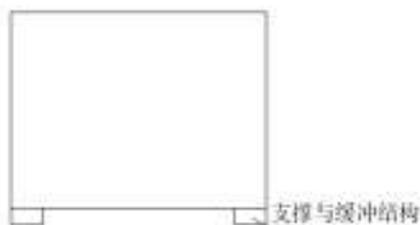


图2 支撑与缓冲结构示意图

Fig. 2 Sketch map of bolster and cushioning device of shelter

缓冲结构可以按需要调整为储存和运输两种状态。储存状态下为刚性支撑,运输状态下为钢丝绳隔振器受力,实现缓冲吸能。设计为两种工作状态

的原因在于:1) 在运输环境下,钢丝绳隔振器受力可以实现可靠缓冲;2) 储存状态下,为充分利用库房空间,方舱需叠放堆垛,刚性支撑可以防止下层方舱的缓冲元件因超负荷承重而导致结构破坏,避免影响堆垛稳固,给储存工作造成安全隐患;3) 我军弹药的储存年限很长,在长期储存过程中,若钢丝绳隔振器一直受压会导致其塑性变形,影响运输时缓冲的可靠性。

## 4 结语

基于钢丝绳隔振器的弹药方舱缓冲防护装置,其结构简单,性能良好,使用方便。在弹药方舱底部安装该缓冲结构,可方便实现储存状态和运输状态的调节,在储存时实现可靠堆垛,在运输时实现缓冲和隔振。通过改变钢丝绳隔振器的型号及数量,该缓冲结构还可应用于箱式包装及托盘的有效缓冲防护,在物流包装领域有广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 宣兆龙,易建政. 装备环境工程[M]. 北京:国防工业出版社,2011:206.
- [2] 宣兆龙,李德鹏,段志强. 弹药包装功能化及相关技术分析[J]. 包装工程,2009,30(7):33—35.
- [3] 宣兆龙,陈亚旭,刘亚超. 基于信息化保障的弹药包装系统设计[J]. 包装工程,2011,32(23):40—43.
- [4] 刘亚超,宣兆龙,乐惠宁,等. 弹药集装单元储存静力学有限元分析[J]. 军械工程学院学报,2011,23(6):39—41.
- [5] 宣兆龙,李德鹏,段志强. 弹药包装功能化及相关技术分析[J]. 包装工程,2009,30(7):33—35.
- [6] 宣兆龙,陈亚旭,刘亚超. 基于信息化保障的弹药包装系统设计[J]. 包装工程,2011,32(23):40—43.
- [7] 刘亚超,宣兆龙,乐惠宁,等. 弹药集装单元储存静力学有限元分析[J]. 军械工程学院学报,2011,23(6):39—41.
- [8] 宣兆龙,李德鹏,段志强. 弹药包装功能化及相关技术分析[J]. 包装工程,2009,30(7):33—35.
- [9] 宣兆龙,陈亚旭,刘亚超. 基于信息化保障的弹药包装系统设计[J]. 包装工程,2011,32(23):40—43.
- [10] 刘亚超,宣兆龙,乐惠宁,等. 弹药集装单元储存静力学有限元分析[J]. 军械工程学院学报,2011,23(6):39—41.

(上接第70页)

- [3] 马大猷. 声学手册[M]. 北京:科学出版社,2004:52—75.
- [4] 周燕遐,李炳兰. 世界大洋冬夏季温度跃层特征[J]. 海洋通报,2002,21(1):16—22.
- [5] ETTER P C. Underwater Acoustic Modeling and Simulation Third Edition[M]. New York:Spon Press,2003:62—67.
- [6] 范培勤,陈冬滨. 水平不变海洋声道中WKBZ简正波方法的并行算法[J]. 系统仿真学报,2006,18(7):1980—1982.

- [7] 韩晶,黄建国,曹海旺. 海洋信道仿真软件HJRAY及其在水声通信中的应用[J]. 系统仿真学报,2007,19(1):35—37.
- [8] 高俊. 数字化战场基础建设[M]. 北京:解放军出版社,2004:131—154.
- [9] 薛建青,朱琳,孙浩亮. 某海域潜艇规避声纳浮标航行深度选择[J]. 四川兵工学报,2009(1):51—53.
- [10] 莫军,李博. 海洋环境对潜艇作战的影响效能[J]. 四川兵工学报,2011(9):1—3.