

噪声干扰器对抗声呐使用效果分析与使用方法探讨

郑卫东¹, 李永春², 赵国安², 邓智嘉²

(1. 华中科技大学, 武汉 430074; 2. 海军装备论证研究中心, 北京 100841)

摘要: 噪声干扰器是一种宽带大功率压制性干扰器材, 可用来对抗主、被动声呐跟踪, 还可对抗声自导鱼雷的攻击。文章在分析噪声干扰器工作机理基础上, 以假想潜艇携带噪声干扰器对抗声呐为例, 通过仿真计算, 分析噪声干扰器对抗声呐的使用效果, 并对噪声干扰器使用方法探讨。

关键词: 噪声干扰器; 对抗; 声呐

中图分类号: O422.8 文献标识码: A

The discussion about the using of noise jammer in anti-sonar

ZHENG Wei-dong¹, LI Yong-chun², ZHAO Guo-an², DENG Zhi-jia²

(1. Hu zhong University of Science and Technology, Wuh n 430074, Chin ; 2. Rese rch Center of N vey Equipment)

Abstract: Noise-jammer is a equipment with bro d b nd nd strong power which is used to rival the tracing of active & passive Sonar, nd also can be used to in rival homing Torpedo. Based on the Noise-jammer's working theory, through simulating and calculating, and discuss the way of using.

Key words: noise-jammer; countermeasure; sonar

1 引言

干扰器对抗声呐跟踪, 实质上就是利用噪声干扰器的宽带大功率干扰特性, 对声呐进行干扰。干扰主动声呐就是提高声呐的接收噪声水平, 降低其信噪比; 干扰被动声呐时, 在远距离上, 干扰器作为一个强信号的假目标, 在近距离时, 则可能造成敌声呐接收机饱和阻塞, 从而掩盖对目标艇噪声信号接收, 达到对抗敌声呐跟踪的目的。

2 使用方法与有关问题说明

2.1 噪声干扰器的作用机理

噪声干扰器通过发射大功率宽频带噪声, 人为地把噪声传给鱼雷声自导或者声呐等水声设备, 增大其输入端的噪声水平, 降低其信噪比, 从而干扰鱼雷自导或者声呐探测。噪声干扰器的核心部分是由噪声干扰发射机和水声换能器组成的声学系统, 干扰效果取决于干扰方式、干扰噪声级、噪声频率范围及持续工作时间等战术技术指标。由于噪声干扰器通常无动力, 所以使用时的主要问题是发射时机, 不必考虑其发射方向及发射后的运动。

2.2 本艇的机动

当本艇发现声呐跟踪后, 应立即进行威胁判断并进行一定的战术规避, 当距敌较远时, 可不使用干扰器材, 用机动方法摆脱声呐搜索; 当发现敌声呐距我较近或已经判明敌已实施鱼雷攻击时, 为确保本艇安全, 应在机动规避的同时实施水声对抗。

发射干扰器后, 本艇一方面应利用干扰器的掩蔽尽快脱离声呐搜索带, 另一方面也要尽量远离干扰器, 以防敌声呐识别出干扰器后再次捕捉到潜艇。

2.3 分析原则

评价干扰器的作用效果用“探测距离缩减率”和“干扰抑制区”为主要准则。探测距离缩减率是指保持探测概率不变的条件下, 由于干扰器的作用使敌声呐有效作用距离降低的程度来评价干扰器的作用效果。干扰抑制区则是基于在干扰作用下, 在规定距离上使探测概率降低的程度; 探测概率小于某一值的空间范围, 称干扰抑制区。由此看, 两个准则实质上是一致的。在此我们借助于声呐方程, 采用一种简化的方法, 对干扰器对抗主、被动声呐的干扰效果加以分析。

3 噪声干扰器对抗被动声呐干扰效果分析

3.1 干扰器对抗无指向性被动声呐

收稿日期: 2001-01-05; 修回日期: 2001-06-17

作者简介: 郑卫东(1965-), 男, 北京人, 工程师, 从事水中兵器科研管理工作。

3.1.1 原理分析

噪声掩蔽时的被动声呐方程为:

$$SL - TL = NL - DI + DT \quad (1)$$

其中: SL 为目标辐射声源级; TL 为传播损失; NL 为声呐自噪声级; DI 为声呐接收指向性指数; DT 为检测阈。

在无干扰时, 则声呐刚好发现目标。当干扰器工作后, 由于干扰噪声一般比声呐自噪声级高, 所以自噪声项 NL 将被干扰噪声项 $SL_j - TL_j$ 代替, 即干扰成功时有

$$SL - TL \leq SL_j - TL_j - DI(\theta) + DT \quad (2)$$

由于干扰噪声不是各向同性的, 所以这时声呐接收指向性指数 DI 被接收方向特性 $DI(\theta)$ 代替, 对无指向性声呐, 可认为 $DI(\theta) = 0\text{dB}$ 。比较 (1)、(2) 式可看出, 只有当 $SL_j - TL_j > NL - DI$ 时, 干扰器才起作用。当一定距离上干扰噪声级很低时或干扰噪声级一定, 而干扰器距声呐太远, 传播损失过大时, 声呐处的干扰噪声掩盖不了声呐的自噪声, 则干扰器不起作用; 由此可求得干扰器对某一特定声呐的最大干扰距离 $r_{j\max}$ 。下面我们将以 (1)、(2) 式为基础, 通过简化的方法对干扰器作用效果加以分析。

设在一定条件下, 声呐对具有某一声源级 SL 的目标探测距离为 R_d , 则应有下式成立:

$$NL + TL(R_d) - DI = SL - DT \quad (3)$$

当干扰成功时, 有

$$SL_j - TL(r_j) + TL(R) \geq SL - DT \geq NL + TL(R_d) - DI \quad (4)$$

这里 R 为本艇到敌探测声呐的距离, r_j 为干扰器到敌探测声呐的距离, 则有

$$20 \log \frac{R}{r_j} + 10^{-3} \beta(R - r_j) \geq NL - SL_j + TL(R_d) - DI \quad (5)$$

对某一固定声呐和干扰器, 上式右端各项可视为一定值, 令

$$C_1 = NL - SL_j + TL(R_d) - DI \quad (6)$$

则有

$$\log \left(\frac{R}{r_j} \right)^2 + 10^{-4} \beta(R - r_j) \geq \frac{C_1}{10} \quad (7)$$

忽略海水吸收等因素的影响时, 有

$$\left(\frac{R}{r_j} \right)^2 \geq 10^{\frac{C_1}{10}} = C \geq 0 \quad (8)$$

此式经整理可得

$$R \geq \sqrt{C} r_j \quad (9)$$

只要 (9) 式成立, 即干扰成功, 声呐就探测不到潜艇。

下面对干扰过程中的几种情况给予分析:

(1) 声呐距典型目标探测距离 R_d 较远, 使得 $SL_j - TL(R_d) \leq NL - DI$, 即 $r_{j\max} < R_d$, 则由 (6) 式可知 $C_1 > 0$, 并 $C > 1$ 。这时, 当潜艇在距声呐 $R = R_d$ 时, 要使干扰器干扰成功, 必须将它投放到距声呐更近的 $r_{jm} = \frac{1}{\sqrt{C}} R$ 以内范围, 如图 1 所示。图中

W 为潜艇所在位置, S 为探测声呐所在位置, J 为干扰器所在位置, 图中阴影 I 为干扰抑制区, 阴影 II 为干扰器投放区。

$r_{j\max}$ 是干扰器的极限作用距离, r_{jm} 是该条件下干扰器的最远投放距离, 当 $r_{jm} < r_{j\max}$ 时, 则仍按 r_{jm} 以内范围投放, 当 $r_{jm} > r_{j\max}$ 时, 要投放到 $r_{j\max}$ 范围以内。

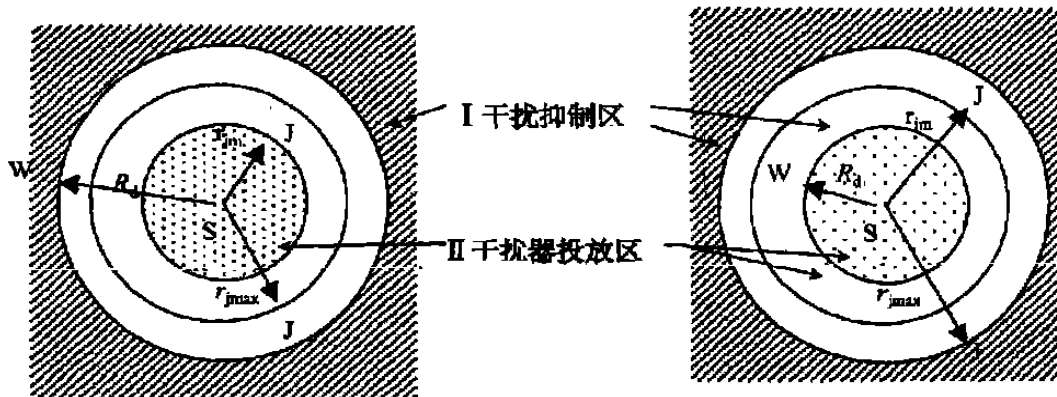


图 1 $r_{j\max} < R_d$

图 2 $r_{j\max} > R_d$

(2) 当 $r_{j\max} > R_d$, 即 $SL_j - TL(R_d) > NL - DI$, 则 $C_1 < 0$, $C < 1$, 有 $r_j > R$, 即潜艇可处于比干扰器更靠近声纳的地方仍不会被发现, 如图(2)所示。此时 $R_{j\min} = \sqrt{C}r_j$, 具体潜艇最近可距声纳多远, 由干扰器到声纳的距离远近而定。

(3) 考虑了海水吸收等因素影响之后, 图形的干扰抑制区形状不变, 从(7)式分析, 当 $R > r_j$ 时, 效果相当于 C_1 变小, 则对图(1)所示情况, r_{jm} 可增大一些, 即干扰器投放区域增大。当 $R < r_j$ 时, 效果相当于 C_1 变大, 则对图(2)所示情况 R_{\min} 也要增大, 即干扰抑制区相对减小。

(4) 当干扰器和潜艇处于同一位置时, 有 $R = r_j$ 即 $TL = TL_j$ 。由(2)式可得

$$SL \leqslant SL_j + DT \quad (10)$$

只要(10)式成立, 即干扰器干扰噪声级有足够高, 干扰就有效果, 与距离无关。当二者同处于干扰器极限作用距离以外时, 干扰器不起作用了, 同样声纳也因距离太远而探测不到潜艇了。

3.1.2 实例分析

下面以干扰器对抗某一特定声纳为例, 对干扰器的极限作用距离、干扰抑制区及潜艇位置固定时干扰器的有效投放区域等进行分析计算。设某一被动声纳对某一频带谱级为 120dB 辐射噪声源的全向探测能力为 20 链, 试分析利用干扰谱级 $SL_j = 138\text{dB}$ 的噪声干扰器对抗该声纳的干扰效果。

设目标潜艇辐射噪声谱级不变, 当探测声纳检测阈 DT 分别为 -20dB , -5dB , 0dB , 10dB 时, 得到不同情况下的干扰效果如表 1 所示。

3.2 干扰器对抗有指向性被动声纳

当考虑到声纳的指向性后, $DI(\theta) \neq 0$, 这时有效的干扰抑制区将大大缩小。由(2)式当干扰成功时, 有

$$SL - TL \leqslant SL_j - TL_j - DI(\theta) + DT \quad (11)$$

即

$$DI(\theta) \leqslant SL_j - SL + TL - TL_j + DT \quad (12)$$

$$DI(\theta) \leqslant (SL_j - SL + DT) + 20\log \frac{R}{r_j} + 10^{-3}\beta(R - r_j) \quad (13)$$

则某一具体的干扰器和探测声纳, SL_j 、 DT 是常量, 设目标辐射噪声级 SL 不变化, 则由上式可知干扰抑制区将是 r_j 和 $DI(\theta)$ 的函数。先忽略海水吸收等因素影响, 有

$$\log(R/r_j)^2 \geqslant (DI(\theta) - (SL_j - SL + DT))/10 \quad (14)$$

这里

$$(R/r_j)^2 \geqslant C_1 f^2(\theta) \quad (15)$$

$$C_1 = 10^{\frac{-(SL_j - SL + DT)}{10}} \quad (16)$$

为一常数, $C_1 \geqslant 0$

$$f^2(\theta) = 10^{\frac{DI(\theta)}{10}} \quad (17)$$

为一自变量 θ 的函数, 当具体给定了干扰器投放位置 r_j 后, 根据声纳的方向特性 $DI(\theta)$ 可得到 $f(\theta)$, 从而求得不同方位下的最小有效干扰距离 R_{\min} ; 在与干扰器相对开角 θ 范围内大于 R_{\min} 距离上的区域, 都是干扰抑制区, 潜艇在此区域活动, 一般不会被被动声纳发现, 参见图 3。

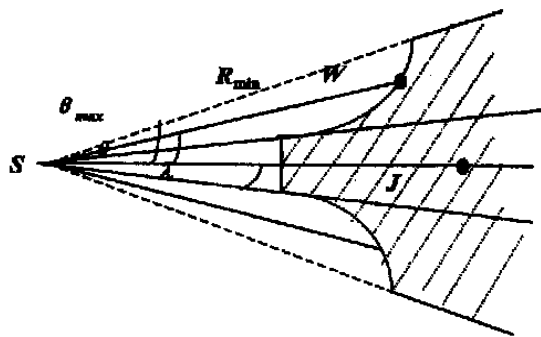


图 3 干扰器对抗被动指向性声纳

当考虑了海水吸收因素影响之后, 干扰抑制区形状大体不变, 只是比干扰器更靠近声纳的干扰抑制区域缩小, 即近距离上潜艇要再远离声纳一些, 而比干扰器距声纳还远的区域增大, 即远距离上的潜艇可更靠近声纳一些。

表 1 不同情况下的干扰效果表

门限 DT/dB	干扰器极限作用距离 $r_{j\max}/\text{m}$	不考虑海水吸收时的干扰抑制区	考虑海水吸收时的干扰抑制区	干扰器位于距声纳 20L 处时的干扰抑制区/m	目标潜艇位于距声纳 15L 处时干扰器投放区/m
-20	2500	$R \geqslant 1.105 r_j$	$R > 1.08 r_j$	无作用	$r_j < 2250$
-5	5350	$R \geqslant 0.522 r_j$	$R > 0.61 r_j$	$R > 2250$	$r_j < 4300$
0	6000	$R \geqslant 0.407 r_j$	$R > 0.49 r_j$	$R > 1800$	$r_j < 5000$
10	7400	$R \geqslant 0.247 r_j$	$R > 0.255 r_j$	$R > 980$	$r_j < 6260$

从干扰抑制区的宽度上看,本来干扰器和潜艇相对声呐方位开角超过声呐波束开角的一半,干扰器就可能失去作用。但实际上在某一距离范围内,处于被动声呐付瓣波束上的干扰器噪声仍可掩蔽处于主波束方位的目标艇辐射噪声,所以在主波束宽度之外,还有一定的干扰角度范围,最大可达 θ_m , θ_m 由声呐、干扰器和目标艇的性能及相对位置决定。

4 噪声干扰器对抗主动声呐干扰效果分析

噪声干扰器对抗主动声呐的干扰效果也可借助于主动声呐方程进行分析。噪声掩蔽时的主动声呐方程为

$$SL - 2TL + TS = NL - DI + DT \quad (18)$$

当干扰器工作,且干扰成功时,有

$$SL - 2TL + TS \leq SL_j - TL(r_j) - DI(\theta) + DT \quad (19)$$

这里干扰器噪声传到探测声呐,掩盖了潜艇的自噪声,声呐接收指向性指数也变为接收方向特性函数了。

一般说来,对主动声呐的干扰机理和对被动声呐干扰机理相同。但由于主动声呐自身发射声脉冲具有特定的功率和特定的宽度,噪声干扰器只能实现连续波干扰,主动声呐一般具有一定的抗宽带噪声干扰能力,所以噪声干扰器对抗主动声呐的效果要差于对抗被动声呐。其干扰抑制区与对抗被动指向性声呐的干扰抑制区大体相同,(参见图3),这里不详细展开分析了。

5 基本结论与讨论

5.1 干扰器使用效果的基本结论

通过上述计算分析,可以得到这样几个结论:

(1) 噪声干扰器对抗被动声呐的干扰效果很

好,只要干扰器有足够的干扰噪声功率和工作时间,配合本艇的机动,一般可防止本艇被被动声呐探测到或可摆脱被动声呐的跟踪。这其中,对抗无指向性的被动声呐效果最好。

(2) 噪声干扰器对抗主动声呐的干扰效果较干扰被动声呐的效果要差。但由于主动声呐的探测距离一般为几链到三十几链,距离较近,所以当我艇被主动声呐发现后,可通过干扰器的干扰,加本艇正确机动,逃出到主动声呐探测距离以外,从而摆脱主动声呐的跟踪。

5.2 使用噪声干扰器应注意的问题

这里的噪声干扰器是指无动力的有源水声对抗器材,它一旦工作会立即被被动声呐发现,并且干扰器所在位置一般就是潜艇施放它时的所在地(不考虑延时开机时),所以一旦使用不当,不仅会影响干扰效果,甚至可能暴露我艇的位置,这一点在使用时应特别加以注意。一般施放了干扰器后,我艇应在干扰抑制区内机动。

在下列情况下应该使用干扰器:

① 敌正观测我艇运动要素,我艇虽然机动规避,难以摆脱敌艇的跟踪而受到威胁时;

② 敌兵力已占领有利阵位要对我实施攻击时;

③ 某些特殊情况下,为掩护我艇占领阵位等行动时,可考虑使用干扰器。

一般在下列情况下不宜使用干扰器:

① 未确定敌已对我构成威胁时;

② 由于距离远或者干扰器工作频段不符等原因,难以对敌声呐形成有效干扰时。

参考文献

- [1] 李永春. 潜载鱼雷武器系统反舰作战效能评估及软件决策系统设计[D]. 武汉: 武汉海军工程大学, 1997. 44 - 54.

简讯

白瑞纳克教授应邀访华并作学术报告

世界著名声学家 L. L. Beranek 教授应南京大学魏荣爵院士邀请,在百年校庆学术报告会(2002年5月22日)上作了“音乐厅和歌剧院”的报告。白瑞纳克教授在会前和会后访问了北京和上海,分别在中国科学院声学研究所和同济大学作了“音乐厅音质的客观参量”和“音乐厅和歌剧院”等学术报告。介绍了他的丰富设计经验和卓越研究成果。并在同济大学举行他的名著《音乐厅和歌剧院》中文版首发式(王季卿、戴根华等译,同济大学出版社出版)。该书从音乐、声学和建筑三个方面探讨大厅音质最新进展,书中还列有76座世界著名大厅的详细资料和精美图片,极具参考和收藏价值。作者又为中译本问世,补充了一些最新资料,这是他为即将出版的英文第二版所写,因此中文版成为提前于原著的升级版。中译本还刊登了 Beranek 同窗好友、马大猷院士所写的出版前言,详细了作者的多方面成就和经历。马教授对本书称之为建筑声学史中的里程碑式著作。该书还赢得了国内外建筑界、声学界和音乐界的很高评价。贝聿铭、冯纪忠、谭抒真、橘秀树(日)等许多名家的评语亦一并刊载在本书封底。

(王季卿)