

# 反鱼雷水声对抗技术的现状与发展

姚 蓝, 刘平香

(中船重工集团七二六研究所, 上海 200025)

**摘要:** 对于大中型水面舰艇和潜艇来说, 鱼雷威胁是致命的, 因此近 10 几年来, 反鱼雷水声对抗技术得到了迅猛的发展。文章在简要介绍威胁不同类型舰艇的各类鱼雷以后, 讨论了反鱼雷水声对抗系统的基本构成和主要功能, 也讨论了新一代水声对抗技术对鱼雷发展的影响。

**关键词:** 反鱼雷; 水声对抗; 鱼雷报警声呐; 声对抗器材

中图分类号: U 666. 7, T J 6 文献标识码: A

## Present and future of anti-torpedo countermeasure technology

YAO Lan, LIU Ping-xiang

(Shanghai Marine Electronic Equipment Research Institute, Shanghai 200025, China)

**Abstract:** Threaten of coming torpedo is fatal for large surface ships or submarines. So anti-torpedo defense technology has fast been developed at last ten years. This paper presents basic functional requirement and main component of anti-torpedo defense system after summarizing some specifications of several kinds of torpedoes. Finally, it has been discussed that new generation anti-torpedo countermeasure technology has effect on the future torpedo.

**Key words:** anti-torpedo; underwater acoustic countermeasure; torpedo alert sonar; acoustic countermeasure equipment

### 1 舰艇受到的鱼雷威胁和鱼雷的主要特征

#### 1.1 舰艇受到不同类型鱼雷的威胁

对水面舰艇(包括航母)的威胁主要来自敌潜艇发射的线导+ 声自导重型鱼雷以及敌潜艇发射的尾流自导鱼雷。对潜艇的威胁主要来自: 敌潜艇发射的线导+ 声自导重型鱼雷、敌直升机(或固定翼飞机)空投的声自导轻型鱼雷、敌水面舰艇发射(或火箭助飞)的声自导轻型鱼雷以及其他平台(石油平台)发射的声自导轻型鱼雷。

可见, 对于不同的目标, 敌人将从不同的平台上发射不同自导方式的鱼雷。由于鱼雷是在水下杀伤目标, 所以即使同样当量的炸药, 鱼雷的杀伤威力远比导弹对舰艇的杀伤力要大。1982 年英阿马岛海战中, 英国潜艇用一条鱼雷就击沉了阿根廷海军的

贝尔格拉诺巡洋舰, 迫使阿根廷撤出战争, 继续让英国占领马岛。与此同时, 阿根廷海军使用从德国购买的潜艇和鱼雷向英国海军的旗舰进行攻击, 但因英军舰艇装备的反鱼雷水声对抗系统起了作用, 阿根廷海军的鱼雷攻击就没有得逞。早在 1965 年美国前海军副司令 J. T. Hayward 曾经说过: “我们必需牢记战争的最高目标是摧毁敌人或使敌人丧失能力, 而在反潜战中, 鱼雷攻击的成功与否将最终决定谁是胜利者和失败者”。可见, 鱼雷威胁对于舰艇来说是致命的, 故发展水声对抗技术是十分重要的。

关于尾流自导鱼雷对舰艇威胁的严重性, 美国海军的一位舰队司令曾这样说: “如果俄罗斯的 65 型鱼雷向我的航空母舰驶来, 我只有一个办法阻止它: 在鱼雷与航空母舰之间安放一艘护卫舰”。

虽然不能无限夸大鱼雷在战争中的作用, 但舰艇在完成作战任务的同时也必须保证自身的安全, 因此必须考虑舰艇反鱼雷防御的措施和方法。

#### 1.2 鱼雷的主要特性

##### 1.2.1 潜艇使用的线导+ 主/被动声自导重型鱼雷的主要特性

收稿日期: 2000-09-16; 修回日期: 2000-12-15

作者简介: 姚蓝(1937), 男, 上海市人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 水声信号处理和水声对抗技术。

表 1 国外重型鱼雷战术技术性能表

名称	生产国	使用方式	装备年代	直径/mm 长度/m	航速/kn 航程/km	自导方式	推进器	动力	装药/kg
MK48 AD CAP	美国	潜、舰- 潜、舰	1993	533.4 5.85	30/55 46/18	线导+主 被动自导	泵喷射	OTTO+ HAP+ 斜盘机	
矛鱼	英国	潜、舰- 潜、舰	1989	533.4 6.0	55 40	线导+主 被动自导	泵喷射	OTTO+ HAP+ 汽轮机	300 (聚能)
F17-2	法国	潜、舰- 潜、舰	1985	534.4 5.1	40 18	线导+主 被动自导	对转桨	A <sub>g</sub> -Zn 电池+ 电动机	250
A184	意大利	潜- 潜、舰	1981	534.4 6.0	25/37 25/15	线导+主 被动自导	泵喷射	A <sub>g</sub> -Zn 电池+ 电动机	238
TP2000	瑞典	潜、舰- 潜、舰	1996	650 7.0	50 40	线导+主 被动自导	对转桨	柴油、过氧化氢+ 半闭式循环凸轮机	
ĩ CT-71M	俄罗斯	潜- 潜、舰	1982	533 7.9	24/40 15	线导+主 被动自导	对转桨		204

## (1) 一般的物理特性

这种鱼雷的主要物理特性见表 1

## (2) 自导的基本原理

因为这种重型鱼雷是由潜艇携带的,而潜艇为了自身的安全,一般要在离大中型水面舰艇 10km 外发射鱼雷。所以潜艇必须依靠自身的声呐系统探测到的目标位置,通过对鱼雷的有线制导,引导鱼雷跟踪接近目标。当潜艇声呐系统判断鱼雷已接近到离目标 2km~3km 位置时,由于鱼雷本身的被动声自导系统能够继续探测并跟踪上目标,于是切断原有的线导方式而转入被动声自导方式,并且在被动声自导方式与目标接触以后,鱼雷转入高速跟踪方式,争取用最短时间攻击目标。

当重型鱼雷采用线导方式探测跟踪目标时,潜艇为了自身的安全,最通常的是采用“尾追”跟踪方式,也常采用“迎击”跟踪方式。

## 1.2.2 潜艇使用的尾流自导鱼雷的主要特性

## (1) 一般物理特性

尾流自导鱼雷的物理特性见表 2:

## (2) 尾流自导的基本原理

大中型水面舰艇航行时,由螺旋桨产生的尾流一般长达数 km,宽度达舰宽的 2~3 倍,并且尾流厚度也接近吃水深度的 2~3 倍。潜艇发射的尾流自导鱼雷在一定的角度进入尾流下方时,利用鱼雷背部的声学传感器测定尾流的强度。当鱼雷在尾流下方时,能接收到来自尾流的很强的声散射信号,当离开尾流时,接收的是很弱的海洋表面的声散射,通过这种声散射信号的变化引导鱼雷在尾流下方穿梭,从而跟踪并攻击水面舰艇。也有一种尾流自导鱼雷是直接进入尾流层中,利用尾流层内外介质的声阻抗有明显不同,从而引导鱼雷在尾流中穿梭并跟踪攻击目标。对于尾流自导鱼雷,至今还没有有效的与之对抗的方法。

## 1.2.3 空投轻型声自导鱼雷的主要特性

## (1) 一般物理特性

轻型声自导鱼雷的物理特性见表 3:

表 2 尾流自导鱼雷的战术技术性能表

名称	生产国	使用方式	装备年代	直径/mm 长度/m	航速/kn 航程/km	自导方式	推进器	动力	装药/kg
65 型	俄罗斯	潜-舰	1981	650 11	30/50 45	尾流自导 声自导	对转桨	煤油、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 、 海水+汽轮机	900 530

表 3 国外轻型鱼雷战术技术性能表

型号	生产国	使用方式 攻击对象	装备 年代	直径/mm 长度/mm	航程/km 航速/kn	自导 方式	推进 方式	装药/kg	能源
A244/S	意大利	空、舰- 潜-潜	1982	324 2.75	6 31	主被动 声自导	正反 转螺 旋桨	40(HBX-3)	镁-氧化银电池
MK46-5	美国	空、舰- 助飞-潜	70 年 代末	324 2.59	11.2/16.5 43.5/36	主被动 声自导	正反 转螺 旋桨	40(PBXN-103)	奥托燃料
甫鱼	英国	空、舰- 助飞-潜	1983	324 2.6	6.2 40	主被动 声自导	泵喷射	45(聚能)	镁-氧化银电池
MU90	法、意	空、舰- 助飞-潜	90 年 代末	324 2.6	10.75 38-50 可变	主被动 声自导	泵喷射	45(聚能)	镁-氧化银和永磁电机
MK50LHT	美国	空、舰- 助飞-潜	21 世 纪初	324 2.79	13.7 55 可变	主被动 声自导	泵喷射	45(聚能)	Li+SF <sub>6</sub> 热机

## (2) 攻击目标的基本过程

轻型主/被动声自导鱼雷主要是用来攻击敌潜艇而研制的,它可以由水面舰艇发射,也可以通过火箭助飞发射,但是更重要的对潜攻击方式是通过直升机或固定翼飞机发射到离潜艇很近的区域内。此时,潜艇没有时间采取有效的对抗手段(包括机动规避或使用对抗器材)。

在由直升机空投鱼雷时,通常通过直升机上的主动式吊放声呐对潜艇精确定位后,直升机再飞临潜艇上方空投鱼雷,因此一般鱼雷会落在离潜艇仅1km左右的范围内,鱼雷落水以后约在几10秒内就能探测并跟踪上潜艇。

当有固定翼飞机空投鱼雷时,先是由固定翼飞机投放的被动浮标阵列探测并对潜艇定位,固定翼飞机根据浮标阵列的信息飞到潜艇上方空投鱼雷到离潜艇约1km的范围内,因此潜艇也很难再规避鱼雷的攻击。

## 2 反鱼雷水声对抗系统的基本构成

### 2.1 系统的基本功能

反鱼雷水声对抗系统应具有下列3项基本功能:

#### (1) 发现与识别鱼雷

在舰艇现有声呐系统的条件下,应设计专用鱼雷报警声呐或专用部件来满足对鱼雷的探测和识别的需要,要充分利用各类传感器的信息,通过数据融合提高对鱼雷的识别能力。

#### (2) 对鱼雷攻击的快速反应与决策

虽然鱼雷的航速与导弹相比要慢得多,但因为声呐对鱼雷的报警距离仅在5km~6km量级。因此,鱼雷会在3min~5min的时间内攻击上目标,并且鱼雷具有多次攻击目标的能力,其杀伤威力又是致命的,因此要想与鱼雷对抗,系统必须有很强的快速反应能力和正确的决策能力,一般应在不超过1min的时间内完成对鱼雷的防御决策,否则即使具有了较强的鱼雷报警能力,还是难以避免鱼雷的致命攻击。

#### (3) 有效的对抗措施

与鱼雷的对抗手段有软杀伤性对抗、硬杀伤性对抗和非杀伤性对抗3类。使用声干扰器、声诱饵或气幕弹等器材与来袭鱼雷对抗,属软杀伤性对抗,这种方法不能达到直接毁伤鱼雷的目的,而是让鱼雷的航程耗尽而沉没。

使用反鱼雷鱼雷、深水炸弹或引爆式声诱饵等声学技术

与鱼雷对抗,属硬杀伤性对抗,因为这些器材在与鱼雷近距离相遇时,就因炸药爆炸而能将鱼雷毁灭。这类技术在国外也还不成熟,正在大力发展中。

使用隐身技术降低舰艇的主被动声学目标强度,在鱼雷来袭时采取有效的规避手段,如利用声影区等,属于非杀伤性对抗。

### 2.2 专用鱼雷报警声呐技术

#### 2.2.1 潜艇声呐系统需要有对鱼雷的探测和识别能力

##### (1) 对重型线导鱼雷的探测和识别问题

一直到上世纪末,即使是国外潜艇,也缺乏对重型鱼雷的探测和识别能力,因此对潜艇上的声呐系统应提出下列要求:

(a) 必须将潜艇声呐系统的频带向低端扩展;

(b) 具有对鱼雷出管启动阶段的瞬态信号的探测和识别能力;

(c) 具有对目标的三维定位能力,特别是定深能力。

##### (2) 对空投轻型鱼雷的探测和识别问题

由直升机携带的轻型鱼雷,一般均能溅落在离潜艇1.5km以内的区域内,并且通常在数10秒内就能探测并跟踪攻击潜艇。因此要实现与空投鱼雷的对抗,应首先发展潜艇对直升机的早期探测并能使潜艇使用武器攻击直升机,因而造成直升机难以对潜艇定位并使用空投鱼雷。

#### 2.2.2 水面舰艇声呐系统在与远程重型鱼雷对抗中应该具备的能力

大中型水面舰艇,甚至航空母舰编队,会遇到来自潜艇发射的线导鱼雷或尾流自导鱼雷的攻击,比起受到的导弹攻击来说,鱼雷攻击是致命的。

在安静型潜艇携带大航程重型鱼雷的条件下,潜艇为了自身的安全,对水面舰艇发起鱼雷攻击的距离一般在15km左右。这就使现有水面舰艇上的声呐系统(主要包括舰艏主动声呐和舰艉拖曳线列阵被动声呐)不能满足对鱼雷目标的探测和识别要求。因为舰艏主动声呐仅能在约3km距离上探测到来袭鱼雷。拖曳阵声呐当然有远程(>15km)探测鱼雷的能力,但是由于它的工作频带的限制(频带高端仅1.6kHz),难以在短时间内(例如3s)完成对鱼雷目标识别任务,并且它要依靠本舰机动才能实现了对鱼雷目标的左右舷模糊分辨,而这种机动也需花费几min的时间,因此不能满足水声对抗系统的快速反应要求。

基于上述情况,80年代后期开始,美国和欧洲

海军为大中型水面舰艇发展专用鱼雷报警声呐,这是一种与原有低频拖曳线列阵并列拖曳的高频拖线阵被动声呐。其主要特点是:接收频段适应对鱼雷目标的探测和识别;阵中的水听器有单元水听器发展为3元组水听器,从而实时完成了对目标的左右舷模糊分辨;通过与舰上声呐系统的数据融合等手段,能够实现近距离上(约5km)鱼雷目标的估距。

因此,归纳起来,水面舰艇在与重型鱼雷对抗中应具备下列3种能力:

(a) 约在15km距离上对鱼雷的探测能力,向系统发出鱼雷来袭的预报警信号;

(b) 约在7km距离上完成对鱼雷识别和左右舷分辨的能力,向系统发出鱼雷报警信号,使系统具有充分的快速反应时间;

(c) 约在4km距离上完成对鱼雷目标的估距能力。

上述这些讨论也适合于尾流自导鱼雷对抗中的报警要求。

### 2.3 对付鱼雷攻击的快速反应与决策

相比于舰艇的航行速度,鱼雷是一种高速运动目标,20世纪末期的新一代鱼雷通常均有约50kn的速度,因此对远程重型鱼雷来说,当舰艇声呐仅在7km左右距离上才能发出鱼雷报警信号的情况下,实际鱼雷就有可能在4min~5min左右的时间内攻击目标。而在空投鱼雷的情况下,鱼雷会落在离潜艇仅1km左右的范围内,因此,甚至只需几10s就能攻击到目标。

目前国际上已经发展成熟的与鱼雷进行对抗的手段主要是:“软对抗”手段,即利用强功率声干扰器、声诱饵等方式干扰鱼雷对目标的跟踪,使鱼雷跟踪假目标直至航程耗尽而失败。与这种软对抗手段相配合的对抗措施是在了解本舰与鱼雷间的战场态势状况下,通过本舰机动,规避鱼雷的攻击,进一步达到保护自己的目的。这些软对抗手段均要求在鱼雷报警以后,在最短的时间内做出对抗的决策,这里包括在远、中、近等不同距离上使用何种软对抗器材与鱼雷进行周旋。

因此,这一阶段的任务是完成信息综合,对系统内各设备进行指挥控制,为发射使用各种对抗器材做好准备。

### 2.4 与来袭鱼雷进行对抗

与来袭鱼雷进行对抗的主要手段分两类:一类是软对抗手段,包括使用声干扰器、声诱饵、气幕弹,或本舰直接进行机动规避;另一类是正在发展中的

硬对抗手段,包括反鱼雷鱼雷、火箭深水炸弹、引爆式声诱饵、拦截网等。

为了提高对鱼雷的对抗成功率,根据这些器材的特点应布设在不同的距离上与鱼雷进行分层次的对抗。这些器材本身对抗成功率的高低,也与系统能够提供的条件有关,如使用火箭助飞深水炸弹与鱼雷进行对抗,则必须能对鱼雷进行精确定位,并通过系统的快速反应将深弹溅落到鱼雷周围几10m的区域内,才能达到对鱼雷的硬杀伤。

## 3 水声对抗器材的发展趋势

### 3.1 发展硬对抗技术——由先进性能鱼雷提出的要求

现代先进的鱼雷性能主要表现在自导技术的智能化与自导方式的多样化(尾流自导、主/被动声自导)、以及推进控制系统等方面取得了较大的发展,主要表现为:

(a) 线导鱼雷的大量使用,改进了鱼雷初始段跟踪目标的性能,增加了鱼雷远程作战的能力;

(b) 使用低频被动自导技术,使被动自导跟踪目标舰艇的距离进一步增大;

(c) 数字硬件的快速发展,改善了自导信号处理性能,采用复杂的长脉冲主动寻的信号及其处理技术,增强了鱼雷自导的反对抗能力;

(d) 计算机技术在鱼雷制导控制系统中的应用大大提高了鱼雷的复杂控制性能;

(e) 尾流自导技术的全面研究和应用,使鱼雷反对抗能力得以进一步提高;

(f) 推进及动力系统的改进,提高了鱼雷的航速,增加了鱼雷的航程;

(g) 鱼雷航行噪声大大降低,隐身性能进一步改善;

(h) 作战方式的改变,现代的反潜战已经将重点从深海转移到了浅海,水声环境和声学条件的恶劣,使得探测潜艇和探测鱼雷变得越发困难,空投鱼雷的使用及作战模式不同等,也影响着现有水声对抗器材在鱼雷防御中的对抗效能。

因此,仅靠现有的水声对抗干扰器和声诱饵技术和方法已经难于发挥有效作用。随着鱼雷技术的发展,势必要求反鱼雷水声对抗系统在提高系统快速反应能力的基础上,尽快发展和研究硬对抗技术和方法。

### 3.2 火箭助飞自航引爆式声诱饵技术

火箭助飞自航引爆式声诱饵技术主要用于水面

战舰,而自航引爆式声诱饵主要用于大中型作战潜艇,它们综合利用火箭助飞技术、自航式声诱饵技术及引爆式声诱饵技术,其原理主要是利用火箭助飞技术将器材发射至远离本舰的位置,通过其进一步的自航能力和声诱饵的诱骗技术将来袭鱼雷引导到接近器材本身附近,通过引爆式声诱饵的近程探测和估算距离,引爆自身携带的炸药毁伤来袭鱼雷,达到硬对抗的目的。

### 3.3 火箭深弹技术应用于反鱼雷水声对抗系统

火箭助飞深水炸弹,应用于反鱼雷水声对抗还是有效的,将深弹直接发射到接近来袭鱼雷处爆炸而毁伤鱼雷,俄罗斯的深弹就是在原有火箭式深弹基础上发展起来的新一代火箭深弹。

### 3.4 爆炸式拦截网技术

尾流自导鱼雷利用舰艇无法消除的气泡尾流的特征进行导引,它在尾流的下方或尾流中航行。因此,可利用尾流自导鱼雷的运动特点,发展相应的对抗措施,在这里爆炸式拦截网是一种十分有效的手段,这种方法主要在水面舰艇上使用,可以由火箭助飞系统布放至舰后方的尾流区域内,张开后的拦截网有效面积可从几  $m^2$  到几  $10m^2$ ,在拦截网上挂有一定数量的炸药,鱼雷一旦触网,不仅行动受到阻碍,还会引起拦截网炸药的爆炸而受到毁伤。

### 3.5 强功率压制式水声干扰技术

目前所使用的水声对抗器材—高频/低频干扰器/声诱饵,它是一种防御性的对抗武器,主要模拟本舰辐射噪声和应答鱼雷主动寻的舰艇回波信号,它们的主要功能以欺骗鱼雷为主,并将来袭鱼雷引

到预定的弹道上。随着鱼雷智能化程度的提高,以诱骗为主的软对抗方法已越来越发挥不了作用,而采用强功率压制式水声干扰技术可以使来袭鱼雷的自导接收系统阻塞直至迷茫,因而是一种比较有效和可行的方法。主要的技术有连续爆炸式大功率干扰器,通过连续发射炸药包的爆炸声所产生的宽频带、高功率、长持续时间等特性持续压制来袭鱼雷自导系统的正常工作。另外,还可以采用瞄准式强功率干扰器,通过方位瞄准或频率对准的方法强化对来袭鱼雷的干扰。

## 4 结 语

本文从舰艇反鱼雷水声对抗技术研究的角度出发,介绍了鱼雷的主要性能及作战的基本原理,对反鱼雷水声对抗的3个主要环节:鱼雷报警、系统快速反应和对抗措施等技术的研究现状与发展进行了分析和讨论。事实上,从水下作战的观点看,反鱼雷作战和反潜作战是水下战中不可分割的两个方面,两者相互继承和补充,因此,在考虑舰艇反鱼雷防御时应当与反潜作战结合进行,这样才能发挥整体的作战效能。

参考文献:

- [1] William. Next generation stealth submarine[J]. Sea Technology, 1998.
- [2] George W, Wolf jr. U. S. Navy Sonobuoy-Kgy to antisubmarine warfare[J]. Sea Technology, 1998. 11
- [3] Dr Graham Holt. The nature of the littoral environment and the shifting emphasis towards shallow water weapons, Submarines & Anti-Submarine Warfare, 1998.

## 新产品和新技术报道

### 达到国内领先水平的“微网复合吸声板”科技成果通过鉴定

2001年10月28日由深圳市科学技术局主持,对深圳市国志汇富高分子材料股份有限公司研制的“微网复合吸声板”通过了技术鉴定。来自北京、成都、武汉、上海、深圳等地的专家学者参加了鉴定。

微网复合吸声板是一种新型的定型化吸声材料,它采用改性的合成高分子材料技术,制成阻燃、耐老化、吸声性能优良的微网材料,再将其经过表面无机胶凝材料处理,形成有机和无机两种材料复合的新型吸声板。它具有吸声系数高、耐水、阻燃性A级、成型加工和装饰性能优良,无二次污染等特点,属无纤维、环保型新材料。可广泛应用于高速公路、轻轨、铁路、机场、高架道路等交通噪声屏障;地铁、隧道等地下建筑吸声;体育场馆、影剧院、演播厅、录音室、娱乐场所等装饰吸声以及工业厂房、站房的吸声降噪,具有广阔的市场前景。与会专家一致认为,微网复合吸声板主要技术性能达到国内领先水平。此项技术已申请了专利。经国家一级科技查新单位检索,还未发现国内外有同类产品的成果、文献及专利报导。该种新型吸声材料已在苏州高达电厂冷却塔声屏障、峨眉山温泉开发建设公司高档会议室等工程中应用,效果优良。

吕玉恒报道