

国外鱼雷防御问题评述(一)

国外反舰鱼雷的现状与发展趋势

陈敬军^{1,2}

(1. 上海船舶电子设备研究所, 上海 201128; 2. 海军装备部驻上海地区军事代表局, 上海 200083)

摘要: 鱼雷是水面舰艇面临的主要威胁之一, 如何有效地防御鱼雷攻击已经成为各国海军必须认真面对的问题。认真研究国外鱼雷的现状和发展趋势, 有助于研制出高性能的水面舰艇鱼雷防御系统。文章依据有关资料, 主要对与鱼雷防御相关的自导技术和鱼雷推进系统等方面的现状进行了分析和评述。

关键词: 鱼雷; 自导技术; 动力系统; 鱼雷防御。

中图分类号: TN911.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2013)-02-0164-07

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2013.02.018

The status quo and development trend of overseas anti-surface ship torpedo

CHEN Jing-jun

(1. Shanghai Marine Electronic Equipment Research Institute, Shanghai 201128, China;

2. Shanghai Military Representative Bureau of Navy Equipment Department, Shanghai 200083, China)

Abstract: Torpedo is one of the main threats to surface ships. How to protect their vulnerable surface ships from the growing underwater threat has become a key problem for navies worldwide. To track the development trend of overseas torpedo technology will help us to develop new effective surface ship torpedo defense systems. In this paper, the status quo and development trend of overseas anti-surface ship torpedo are analyzed based on the lately reference material concerned. Homing technology and propulsion system et al. are discussed and surveyed, which are closely related to the effectiveness of torpedo defense systems.

Key words: torpedo; homing technology; propulsion system; torpedo defense.

0 概述

鱼雷自从 19 世纪 80 年代诞生以来, 一直是水面舰艇面临的主要威胁之一。近年来, 随着科学技术的迅猛发展, 鱼雷向着大深度、高航速、远航程、大深度、低噪声、智能化和强杀伤力方向发展, 给水面舰艇带来了更大的威胁。为了消除这种日益增长的威胁, 各海军强国高度关注鱼雷防御系统及装备的发展^[1-9]。而要有效地防御来袭鱼雷攻击, 就必须了解鱼雷的现状和发展趋势。

水面舰艇对来袭鱼雷进行防御时, 影响防御效果的主要因素有: (1) 对来袭鱼雷的识别报警距离和定位能力; (2) 鱼雷航速及其续航能力; (3) 鱼雷的制导方式; (4) 鱼雷的反对抗能力; (5) 鱼雷的发射方式、攻击方式及接敌策略等。

鱼雷动力推进系统不仅决定了鱼雷的航速和

航程, 由其产生的目标辐射噪声还是声纳被动检测和识别鱼雷的主要依据。软杀伤对抗器材的有效性与鱼雷制导方式及反对抗能力直接相关, 而鱼雷的反对抗能力也是通过制导系统实现的。本文主要探讨与鱼雷防御关系密切的鱼雷制导系统和动力系统等相关内容。

1 制导系统

较早期的鱼雷是无自导的近程直航鱼雷, 单雷命中概率较低。为了保证命中概率, 发射艇必须占领有利的发射阵位, 并在较近的距离上几条鱼雷齐射来提高命中目标概率。随着水面舰艇在航速、机动性和声纳探测性能方面的显著提高, 鱼雷发射艇要占领距目标较近、敌舷角又较合适的发射阵位已越来越困难。解决的办法是给鱼雷增加自导装置。德国海军在 1943 年生产了第一条声自导鱼雷, 声自导鱼雷的问世是鱼雷发展的一个重要里程碑^[1]。

鱼雷发展的另外的里程碑是现代重型鱼雷使用的线导系统和尾流跟随技术。如今, 除了航速极

收稿日期: 2013-01-20; 修回日期: 2013-03-30

作者简介: 陈敬军(1971—), 男, 山东费县人, 博士, 高级工程师, 研究方向为信号处理和反鱼雷技术。

通讯作者: 陈敬军, E-mail: cjj_81@sina.com

高的超空化鱼雷, 无制导装置的直航鱼雷已基本淘汰。现代鱼雷必须能够在对抗背景下区分真假目标, 要求其必须具有目标识别和电子对抗的能力, 具有声自导、尾流自导和线导等制导方式。最新研制的先进重型鱼雷, 呈现出组合制导的发展趋势, 有的鱼雷制导方式甚至采用线导+尾流自导+主/被动声自导, 当前国外主要反舰鱼雷的制导方式见附表^[1-14]。

1.1 声自导

目前绝大多数鱼雷均具有声自导功能。声自导又可分为主动声自导和被动声自导两种方式。主动声自导鱼雷是由鱼雷发声脉冲信号, 载频范围一般在 15~40 kHz, 脉冲包络为矩形或梯形, 脉冲宽度为几十毫秒至几百毫秒。鱼雷自导系统接收目标回波, 并计算目标距离和方位, 把距离和方位数据送到控制系统, 产生相应的操舵指令, 把鱼雷导向目标。被动声自导系统接收目标的辐射噪声, 由此计算目标方位。被动声自导的优点是信号连续性强, 缺点是不知道目标距离信息, 而且容易被宽带噪声干扰器干扰。

声自导鱼雷遇到了越来越大的困扰。声自导所利用的水声信号同海洋环境噪声、鱼雷自噪声、人工干扰噪声、混响等混杂在一起, 尤其在鱼雷航速很高时其自噪声大, 目标检测和识别更加困难。现代海战又对鱼雷自导系统提出了增大微弱信号探测能力和作用距离, 增强目标识别和对抗能力, 提高目标参量估计精度和实现精确导引的要求。

为了对抗不断产生的干扰和威胁, 适应未来海战的需要, 必须借鉴多个领域的最新技术来提高鱼雷性能, 涉及学科包括: 水动力学、机械、电子、热驱动、电声换能器、信号处理等。声自导鱼雷呈现出智能化、低频化的发展趋势。

面对繁多的干扰和对抗鱼雷的器材及手段, 如何采取有效的对抗措施, 排除干扰, 命中目标, 是现代鱼雷必须解决的关键问题。鱼雷的对抗措施也是主要通过制导系统来实现的^[2,3], 文献[4]对声制导鱼雷的反水声对抗技术进行了综述。智能声自导鱼雷识别真实舰艇目标的方法属于系统辨识理论的模式识别范畴, 通过提取目标回波或辐射噪声的特征信息来判别目标的固有特性, 从而识别和对抗真假目标。

鱼雷的目标识别方法有多种, 如以目标尺度识别为依据的应用分析方法、基于多散射中心理论利用目标反射“亮点”识别目标方法、回波方位走向识别目标尺度方法、目标回波或噪声信号谱特征预

存对比分析方法、回波变换的特征值分类识别方法、过零点极点分析法、小波变换分析法等。由于目标尺度是目标具有的最明显的固有特征, 是判别目标真假的基本依据, 并且对其识别也相对直观和容易, 因此在众多方法中, 识别目标尺度的方法对判别真目标的有效性和可靠性最高, 在智能鱼雷自导中应用最广泛。事实上, 多数识别方法最后都可以归结为尺度识别, 如亮点分析法、方位走向法等, 最终也能获得目标尺度信息^[13]。

低频宽带自导技术是当前研究的热门问题之一, 提高带宽可以提高目标距离的测量精度和分辨力, 提取出更多目标信息, 以及抑制混响, 有利于导引和反对抗。当 $TB > 20$ 时(T 是信号时宽, B 是频率带宽), 混响背景已经白化, 有利于强混响背景下的动目标检测。具有代表性的是美国最新研制的 MK48-7CBASS 鱼雷, 该型鱼雷主要开发了新型通用宽带自导系统 CBASS, 通过采用宽频带声纳和频率捷变及优选技术, 提高了抗干扰和目标识别能力, 更适于在浅海的复杂环境中工作^[5,6]。

但是低频宽带在工程实现上有许多困难, 一是低频宽带换能器的小型化问题; 二是宽带恒功率发射问题; 三是宽带信号处理问题。因此现在工程实现上用多个频率组合成宽带系统, 仍采用窄带信号处理技术^[5]。意大利黑鲨鱼雷包含了一个新平面阵, 它增加了工作带宽, 提供了两个工作频率—15 kHz 中频只用于被动制导, 高频 30 kHz 用于主被动制导。高频模式在较短的距离内提供了高的分辨率, 而中频提供了更远的距离。在被动模式下, 制导头可以在两个频率同时工作, 允许鱼雷能够从声诱饵里区分出真正的目标信号。在主动和被动模式, 两个频率都是进行独立处理。在任何发射模式下, 都使用了数字脉冲压缩技术。信号和数据处理算法包括空间和频率滤波、恒虚警率处理, 回波扩展分析和回波空间相关, 回波角扩展分析和 DEMON 分析。制导头能够在被动模式下提供高频和中频操作, 形成了多频能力^[1]。

鱼雷基阵布置上不再是原来单一的前视自导基阵, 向组合阵和共形阵方向发展, 以利于扩大阵的孔径和提高导引精度。采用雷体侧面配置的低频声自导基阵和声接收面与雷体共形技术, 鱼雷自导工作频率可降至 10 kHz 以下, 自导作用距离达 3000m 以上。为大幅度提高鱼雷自导作用距离, 摆脱鱼雷本体尺度空间的限制, 美国 Regal 轻型鱼雷采用了拖曳线列阵技术。该线列阵导引鱼雷直至声自导捕获目标后解脱。其工作频率可低至 2 kHz 以

下,以被动方式工作,不受高频噪声干扰,自导作用距离可达 5000m 以上^[5]。

1.2 尾流自导

舰船航行中会在尾部形成含有气泡和涡的尾流,其温度、电导率、磁场等参数都与没有尾流的海水不同,利用这种差异可以研制出多种尾流自导装置,如磁尾流自导鱼雷、声尾流自导鱼雷等。目前,尾流自导鱼雷主要采用声尾流自导方式,分为主动式和被动式两种,并只用于攻击水面舰艇。如德国的 DM2A4、法国的 FI7-MK2 型、欧洲研制的“黑鲨”、意大利的 A184、俄罗斯的 53-65K 等鱼雷^[2]。

被动式声尾流自导装置,通常是利用尾流区内的尾流密度较海水小,声阻抗低,会使工作在谐振状态的水声换能器阻抗发生明显的变化,以此判断尾流是否存在。主动式尾流自导装置,是利用声脉冲回波信号到达时间与回波信号宽度的变化来判断尾流是否存在。有尾流时,发射信号由于受到尾流的散射作用,回波信号宽度会增大。

早期的主动式尾流自导装置只有一个信号检测通道,波束向上。导致其同被动式声尾流自导装置类似,只能检测尾流存在与否,不能估计尾流宽度,鱼雷只能以尾流为基线,左右横跨尾流穿行,损耗航程约 30%。现代的尾流自导装置有三个信号检测通道,增加了左右方向的波束,能估计尾流宽度,可以允许鱼雷以较小角度穿越尾流或在尾流中追击目标,与单通道自导相比,节省了航程。

采用尾流制导有抗干扰能力强等优点。首先由于利用向上观察的换能器,可在很大程度上克服鱼雷的自噪声影响,几乎不能被诱饵复制,并且尾流难以伪造产生,使得现有的软杀伤手段对尾流自导鱼雷几乎无能为力。而尾流自导鱼雷又是从舰船尾部进行跟踪,处于声纳盲区之内,并且尾流消失需要较长一段时间,因此水面舰船对尾流自导鱼雷实施对抗和规避很难奏效。正因如此,尾流自导鱼雷对水面舰艇威胁很大,世界各国都非常重视尾流自导鱼雷的研制,而且这种趋势日趋明显。

1.3 线导

鱼雷导引涉及到潜艇战斗信息系统火力控制等式的解算,并控制鱼雷直到其自导声纳捕获并导向目标。由于鱼雷尺寸的限制,它只能安装小尺寸的声阵,限制其自导声纳只能工作在较高频带,因此只有相对短的检测距离。为此在其自导声纳能够接管和完成末端制导阶段之前,需要把鱼雷引导到目标附近。利用潜艇上强大的声纳系统和线导方式

很好地解决了这个问题。当前先进的重型鱼雷都采用了线导装置^[1,2]。

线导系统由收发电子装置、雷上线团和发射艇上放线机构等组成。最初线导中所使用的导线大都是铜线,其缺点是导线重、体积大、抗拉力小、传输频带窄、信号衰减量大,限制了鱼雷的航程、线导距离和数据传输量。最初的线导系统数据是单向传输,美国也是从 MK48-3 型鱼雷开始变信号单向传输为双向传输。双向传输使潜艇可利用导线把命令发送到鱼雷上,然后把鱼雷的响应信号反馈回来。

今天成功部署一个重型鱼雷的决定性因素是其制导系统。光纤制导为此提供了很大的便利。由于光纤导线具有频带宽、容量大、体积小、传输损耗小等优点,利用光纤可允许更大量的数据在鱼雷和发射平台之间传递,促进潜艇和鱼雷之间建立更好的联系,国外先进鱼雷已经采用。瑞典的 TP2000 鱼雷率先使用光纤制导,意大利“黑鲨”鱼雷的光纤已达 60km。

利用光纤制导,不仅仅可以控制鱼雷的航速、航向、深度等参数,让其工作在最佳的深度上,以能量最优和尽可能安静的方式接近目标,选择新的攻击目标,或者放弃攻击时甚至可以关闭鱼雷,对鱼雷导引时间更长,距离更远;而且可将所有数据送到艇上进行处理,把鱼雷作为“先头部队传感器”,为整个全局出力。一个先进的鱼雷能够同时接收相对于鱼雷轴向 $\pm 90^\circ$ 甚至更大范围内的声信号,而对其本身的探测距离没有任何影响。通过对鱼雷进行手动控制,改变其航程,这个角度可以很容易地扩展。在接近阶段,通过提取出轴频、螺旋桨结构及相关信息来分析接收到的信号,可将诱饵和干扰器材很容易识别出来。所有这些特征可以使光纤制导鱼雷在搜索阶段获得最大的搜索范围,在最后的攻击阶段选择最佳攻击点,并提高了反对抗能力。利用鱼雷和潜艇之间的先进通讯,还可以允许采用特殊的工作模式,如在浅海水域和岛屿之间控制鱼雷,同时控制两个或更多的鱼雷攻击一个或多个目标^[7]。

2 动力推进系统

动力推进系统产生使鱼雷航行的动力,驱动鱼雷推进器工作,同时对雷内供电。目前在鱼雷上所使用的推进系统一般是电力/热动力+推进器。美国多年来以研究热动力推进系统为主,在役的几型鱼雷所采用的热动力系统的技术指标均达到世界

领先水平。德、意、法等国集中发展电力鱼雷,这与他们的国防需求有关。瑞典则长期坚持采用高浓度过氧化氢为氧化剂的热动力技术,典型代表为TP2000鱼雷。英国研制的热动力系统主要用于重型鱼雷,典型代表为“矛鱼”鱼雷。俄罗斯继承了前苏联在热动力系统研制方面的成果,以热动力为主,热电并举,最具特色的是65型鱼雷和高速鱼雷^[5],附表中给出了国外主要鱼雷动力推进系统的相关信息^[1-14]。

2.1 动力

鱼雷推进的动力分为热动力和电力两种。热动力以燃料为能源。燃料在燃烧室燃烧,使其化学能转化为工质的热能。发动机通过膨胀做工把工质的热能转化为机械能,输出转速和转矩,以驱动推进器和各种辅机。

热动力装置按照热循环系统可分为开式、半闭式和闭式三种。开式循环系统工作时,需要向外排不溶于海水的废气,容易暴露鱼雷的航迹,并产生排气噪声。另外,开式循环受深度反压力影响,鱼雷的深水航程和航速明显低于浅水的航速和航程,从而对于在深海活动的高性能潜艇的威胁减小,只在早期开发的热动力鱼雷中使用,现代先进的鱼雷大都采用闭式循环发动机。

发动机是鱼雷热动力系统的核心,其输出功率大小对鱼雷航速和航程起决定性作用。目前,活塞式发动机、涡轮机、固体火箭发动机和喷水发动机等机型已成功应用在现役鱼雷上。活塞发动机按其结构特点可分为卧式、星形和筒式等。涡轮发动机较活塞发动机输出功率大,结构简单,但更易受深度变化时背压变化的影响。火箭发动机利用推进剂的燃烧产物产生的反作用力直接推到鱼雷前进,不需要推进器,结构简单,但效率极低、推进剂的秒耗量大,使鱼雷航程大为减小。

电力以电池组作为鱼雷的主要能源,主要是供推进电机用电,推进电机直接通过推进轴或减速齿轮装置,带动推进器产生推力。鱼雷电力系统的比能量虽低于热动力,使其在航程和航速上低于热动力鱼雷,但具有噪音小、无航迹、不受背压影响、使用方便可靠等优点。电力技术的关键是电能源,一种新型鱼雷电池的问世,将产生新一代电力鱼雷。1988年,铝/氧化银电池研制成功,用于法国的“海鳐”以及意大利A290轻型鱼雷和“黑鲨”重型鱼雷,使航程和航速有明显提高。锂/亚硫酰氯电池是世界各国正在花大力气开发的新型电力能源,该电池比能高,预计可达到200~250

Wh/kg,是可预见比能最高的电池,也是至今唯一能与热动力较量的电化学能源,有明显的发展潜力,一旦解决了安全使用问题,将进入实用阶段。可以预见,锂/亚硫酰氯电池将把电力鱼雷性能提高到一个新阶段^[1]。

在最近数年里,曾经得到了相当大发展的领域是推进器。今天,使用单桨和化学反应去驱动涡轮机的新型热推进系统已经开发出来。这种鱼雷可以获得更远的航程和更高的速度,能攻击和重新攻击到高速机动的目标,直到目标被摧毁或燃料最终耗尽。原先这种系统由于其产生的高辐射噪声而并不被人喜爱。然而,现代技术结合安静的泵喷推进器已经克服了这个问题。热动力驱动的鱼雷辐射噪声在同等速度下已经同电池驱动的电雷相当^[1]。

2.2 推进器

鱼雷借助于推进器推进。现代鱼雷应用的推进器有:对转螺旋桨、泵喷推进器、导管螺旋桨、集成电机推进器和喷水推进器等。未来鱼雷可能采用的推进器有超导电磁流推进器和叶梢射流推进器等^[10]。

对转螺旋桨是目前鱼雷的主要推进形式,应用较多的是大侧斜对转桨。大侧斜对转桨由于特殊的几何现状,其工作时桨叶各半径切面均匀地进入高伴流区,因而有效地减小了螺旋桨引起的非定常轴承力和表面的脉动压力,所以能够降低螺旋桨的噪声。这对于鱼雷的隐蔽性和增加自导作用距离是非常有利的。

泵喷射推进器适用于热动力高速鱼雷,采用单转子推进,并应用了减速型导管,从而使推进器在较低的流速下运动,故可大大改善空泡性能,导管本身还可以屏蔽部分辐射噪声。泵喷射推进器已经在很多型号的鱼雷上应用,如美国的MK48系列。

导管对转桨具有对转螺旋桨和泵喷射推进器两者之优点。如果导管是减速型导管,它将减小通过螺旋桨的水流速度,增大流体压力,从而能推迟空泡的形成,减小推进噪声。目前采用此类推进装置的有法国的“海鳐”鱼雷等。导管对转桨较之无导管的对转桨结构复杂得多,设计完好的导管对转桨在相同工况下,噪声级比一般的对转螺旋桨要低,而且效率也较高。

集成电机推进器(IMP)是把螺旋桨的转动部分作为电机的转子,线圈绕组作为电机的定子与雷身相连,线圈绕组通电后,电机转子即螺旋桨开始转动,桨叶产生推力,推动水下航行体前进。由于减小了桨叶上的振动,且没有传动轴振动,因此噪声

级将比同类型的螺旋桨减小 7~10 dB。随着电磁技术和流体动力技术的发展,IMP 推进系统将是未来的发展方向。

喷水推进器是让主机带动一台或数台大流量的喷水泵工作,喷水泵依靠主机传递的机械能,将流入(或吸入)泵内的海水转化为高速水流,通过喷水口向后喷出。这股喷射水流产生的反作用力就形成推动雷体前进的推力。喷水推进的应用避开了使用螺旋桨推进时所遇到的轴系布置、传动方式、螺旋桨空泡影响等一系列技术难题,具有结构简单、噪声低等优点,在噪声级上比等效的螺旋桨系统低 10~12 dB。

2.3 超空化鱼雷

鱼雷作为一种重要的水中兵器,其作战性能在很大程度上依赖自身的航速、航程。伴随着鱼雷对抗措施的尖端化和其到达末端制导阶段之前就可能被检测到的可能性增加,很有必要大幅提高鱼雷的速度。这不仅要同目标的机动速度竞赛,更是同正大幅改善的对抗鱼雷威胁的反应时间竞赛。因此,鱼雷在其攻击目标反应之前猎杀对手的能力将只能通过非常高的速度达到,而不是靠鱼雷的隐身。达到这个方法之一是通过开发出非常高速的、全自动的、高机动性能的自导鱼雷。这样的速度将远超过那些最近一代鱼雷达到的速度。

由于水的阻力大约是空气的 800 倍,且阻力与速度成平方关系,即对同一航行体速度变为原来的 2 倍时,阻力则变为原来的 4 倍^[5]。所以要想显著提高鱼雷的性能指标,必须设法降低鱼雷水下航行所受到的阻力。实现的途径就是利用超空化技术。超空泡鱼雷的原理就是利用启动发动机将鱼雷在水中的航速提高到空化临界速度(通常为 50 m/s,或者更高),这时在鱼雷的头部安放空泡发生器的边缘开始出现空泡,为了使空泡进一步扩展成为超空泡,必须向发生空泡的部位注入气体,通过合适的气体填充,空泡逐渐扩大,最后将整条鱼雷裹在气泡中。除鱼雷头部空泡发生器处与水有着直接的接触,鱼雷四周形成一个长度超过雷体本身的超空泡,这样超空泡鱼雷表面的绝大部分接触的不是水而是低密度气泡,鱼雷航行基本上不受水的粘性阻力的影响,使鱼雷航速有质的提高。

在超空化技术的应用上,俄罗斯一直走在前列。早在上世纪 40 年代,前苏联就开始研究超空泡现象,并于 1977 年 11 月研制成功火箭驱动的超空泡鱼雷“狂风”(shkval),如图 1 所示。“狂风”鱼雷的重量为 2.7 吨,直径为 533 mm、长度为 8.2 m、

航速为 200 节,有效射程为 6~12 km。2 枚“狂风”超空泡鱼雷足以击沉一艘大型航母。其缺点是射程短,且发射过程噪声巨大,没有自导装置。如果潜艇将其作为反舰的主要手段,那么在发射阶段就会暴露自身位置。另外,由于其攻击距离太近,也极易成为敌反潜兵力的靶子。因此,“狂风”鱼雷若要反舰,其对母艇的作战态势有很苛刻的要求。当超空泡武器的作战价值受到军方重视之后,美国通过借鉴引进其它国家的现成技术,已取得了实质性的成果,诺思罗普·格鲁曼公司还进行了样雷试射试验。美国的水下作战中心 NUWC 希望鱼雷速度能达到 1500 m/s。德国的超空泡鱼雷技术堪称厚积薄发,在超空泡鱼雷的制导、导航和控制技术上占有独特地位,但研究的重点转向小型、快速、机动的轻型超空泡反鱼雷鱼雷上^[1,11]。

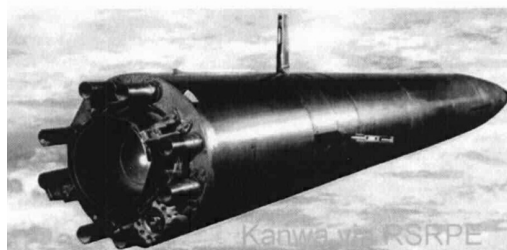


图 1 俄罗斯“狂风”鱼雷
Fig.1 Russian SHKVAL torpedo

3 其它方面

3.1 航速和航程

鱼雷航速和航程都是鱼雷的重要指标,与其动力系统性能直接相关。热动力主机比功率大于电力,而且电动力能源比能与热动力相比也相差甚大,对于高速远航程鱼雷,热动力系统更具吸引力,是首选方案,是鱼雷动力的重要发展方向。鱼雷航程与其制导方式也存在一定的内在联系。无制导的直航鱼雷航程较短,尾流自导鱼雷因需从尾部追击鱼雷要求鱼雷速度高、航程远,而线导鱼雷可以保证在较远的距离上将鱼雷导向攻击目标,航程一般都比较远。

鱼雷的速度,常规热动力鱼雷最高航速可达 50~55 kn(有的甚至可以达到 70 kn);电动力鱼雷的航速一般在 40~50 kn,先进鱼雷采用高比功率电力系统,其雷速可望达到 60 kn。鱼雷的航程一般在几千米至几十千米。航程较远的鱼雷是具有多速制的线导鱼雷,当它采用低速航行时,航程就大大增加。但没有线导装置的自导鱼雷的航程一般都在 10 km 左右^[5]。

3.2 攻击方式

鱼雷性能的变化也反应在攻击策略的演变上。随着鱼雷技术的发展,已经不再需要应用齐射来得到高的攻击概率。只用一枚线导的或全自动的鱼雷,在熟练操作员的手中足以保证 95% 的攻击概率,问题是如何把鱼雷放置在正确位置以确保 100% 的攻击概率。利用这种方法,现代鱼雷可以大幅增加其有效攻击目标数。这反过来需要鱼雷拥有更多的尖端技术、更强的计算能力,携带更有效的战斗部载荷。但在某一环境下可以发射两个现代鱼雷攻击一个进行机动规避的高级目标。利用这种战术,来袭鱼雷可以从不同的方向导向目标,同时攻击目标的薄弱环节。

然而当敌方水面舰艇装备了高性能的水声对抗系统后,情况又发生了变化。实际上同时发射两枚鱼雷,可以使受水声对抗措施保护的舰艇的生存机会降低 3 到 4 倍。然而对声自导鱼雷而言,采用齐射这种攻击方式在鱼雷之间存在严重的相互干扰的危险。解决方案是在主动声纳脉冲的内部嵌入敌我识别的信号编码,允许鱼雷拒绝接收友方鱼雷的信号,扩大工作机会,同时消除攻击限制。如 A244S-3 鱼雷早就嵌入了敌我识别。

3.3 接敌策略

随着鱼雷对抗措施的发展,最新一代声纳的鱼雷报警能力得到了很大提高。这对鱼雷而言提出了一个大问题。为了保证其有效,得到高攻击/摧毁概率,鱼雷必须包含不断增加的尖端隐身技术,结合更有效的鱼雷自导声纳和处理能力,同时采用最佳攻击策略,以尽可能减小对方鱼雷防御系统的反应时间。

目前,鱼雷发射有两种发射方式:一种是鱼雷从发射装置自己游出去;一种是被发射装置推出去。后者会产生很强的瞬态信号,容易暴露发射平台,并使对方较早地发现攻击鱼雷。在可能的情况下,应尽可能使用游出去的发射方式。在鱼雷离开潜艇后攻击目标的第一阶段,应根据当时的环境情况,选择低速和使鱼雷工作在难于被对方发现的最佳深度上,以能量最优和尽可能安静的模式航行。在估计鱼雷将被对方声纳发现时选用高航速接敌,减少对方的反应时间。在接近攻击目标时,应选择有利于鱼雷声自导装置发现目标的深度工作。

3.4 浅海性能

潜艇发射的鱼雷应能够具有攻击水面舰艇和潜艇的双重功能。潜艇上的空间异常宝贵,不应携带具有不同角色的两种类型的鱼雷。这就要求鱼雷

应在浅海和潜艇的最大工作深度下同样有效。因为冲突的区域正在转向高环境噪声的浅海区域,鱼雷应该适合浅海区域的需求变得更加重要。这不仅体现在制导系统和动力推进系统上,在发射深度的变化上也有所体现。例如,美国的 MK48-6 鱼雷,无疑是世界上最先进的鱼雷之一,其发射深度却存在严重的限制,水深最少需要 25m,因为其有很大的初始负浮力(由于推进器的重量)。与此形成对比的是, WASS 的黑鲨鱼雷设计得非常晚,发射深度只有 1.5m,允许其在非常浅的海水里点火。

4 结束语

鱼雷在继续向远航程、高航速、低噪声、高智能、大深度、强杀伤力方向发展的同时,更加重视鱼雷的浅水性能。鱼雷在过去的 20 年里经历了一个大的转变,强调从深水到浅水的转变正促进进一步的技术研究。在即将到来的数年内,不管是轻型鱼雷,还是重型鱼雷,都要经历升级来满足想定变化的欲求。鱼雷正在进行中的最新进展与新推进系统有关,它使鱼雷更快、更深、航程更大,伴随着更大的自由。这将同步要求增加鱼雷本身的计算能力、改进信号处理方法和采用更灵敏的制导头。当前研究的热点领域包括安静和隐身技术的发展,对抗抗措施(软、硬杀伤方面)和初始制导的改善。平台、鱼雷和非舰上传感器的数据融合将要求下一代鱼雷能够同水下网络进行通信,并从智能控制中受益。鱼雷不仅可从潜艇上发射,也可以从变成遥控水下平台的无人水下运载器发射,这可使潜艇置身于威胁半径之外。武器的模块化设计将可以对鱼雷进行部分升级而不需要设计一个全新的鱼雷(这将降低代价和缩短时间),美国 MK48-6 型鱼雷在艇上就可以通过下载软件进行升级改造^[6],适应作战环境的变化,类似的还有俄罗斯的 UGST 鱼雷等,这无疑也是未来鱼雷的发展方向之一。

参 考 文 献

- [1] JANE'S UNDERWATER WARFARE SYSTEMS 2011-2012. MPG Books Group. website: juws.janes.com.
- [2] 周德善. 鱼雷自导技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
ZHOU Deshan. Torpedo homing technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press. 2009.
- [3] 陈春玉. 反鱼雷技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
CHEN Chunyu. Anti-torpedo technology[M]. Beijing: National Defense industry Press. 2006.
- [4] 王桂芹, 刘海光, 贾瑞凤. 声制导鱼雷反水声对抗技术综述[J]. 舰船电子工程, 2009, 29(3): 150-153.
WANG Guiqin, LIU Haiguang, JIA Ruifeng. Overview of an-

- ti-countermeasure technology of acoustic homing torpedo[J]. Ship Electronic Engineering, 2009, **29**(3): 150-153.
- [5] 钱建平, 杨芸. 国外鱼雷及自导技术现状与发展趋势[J]. 船舶工程, 2003(4): 10-16.
QIAN Jianping, YANG Yun. The status quo and development trend of overseas torpedo and homing technology[J]. Ship Engineering, 2003(4): 10-16.
- [6] 吴晓海. 美国 MK48 系列鱼雷发展历程带给我们的启示[J]. 鱼雷技术, 2006, **14**(3): 7-9.
WU Xiaohai. Inspiration from the developmental process of US MK48 series torpedoes[J]. Torpedo Technology, 2006, **14**(3): 7-9.
- [7] ARTMUT MANSECK.HWT/LWT surveyed[J]. Naval Forces 1/2006: 105-111.
- [8] Massimo Annat. Anti-submarine weapons-the state of the art[J]. Military Technology, 2008(8): 78-85.
- [9] 董春鹏. 现代鱼雷武器发展趋势综述[J]. 潜艇学术研究, 2009, **27**(2): 14-18.
DONG Chunpeng. The overview of the development trend of modern torpedo[J]. Submarine academic research, 2009, **27**(2): 14-18.
- [10] 周进. 鱼雷推进器发展概况[J]. 鱼雷和发射技术, 2006(2): 37-39.
ZHOU Jin. The development on the torpedo propulsion[J]. Torpedo & Launch Technology, 2006(2): 37-39.
- [11] 陆超. 超空泡鱼雷基本原理及发展概述[J]. 舰船工程研究, 2008(4): 29-34.
LU Chao. Technical Development on the supercavitating torpedo[J]. Ship Engineering research. 2008(4): 29-34.
- [12] Vladimir Shcherbakov. BEWARE! MODERN RUSSIAN HWT GO ABROAD.[J]. Naval Forces V/2007: 75-82.
- [13] 李正刚. 对抗智能鱼雷的声学模拟数学模型初步研究[J]. 舰船科学技术, 2008, **30**(5): 165-167.
LI Zhenggang. Preliminary research of mathematic model of acoustical simulation for countermeasure intelligent torpedo[J]. Ship Science and Technology. 2008, **30**(5): 165-167.
- [14] 姚蓝, 刘平香. 反鱼雷水声对抗技术的现状与发展[J]. 声学技术, 2001, **20**(4): 183-187.
YAO Lan, LIU Pingxiang. Present and Future of Anti-torpedo Counter-measure Technology[J]. Technical Acoustics, 2001, **20**(4): 183-187.

附表 国外主要反舰鱼雷
Additional table Foreign modern anti-surface ship torpedo

型号	国家	合同商	性能描述
DM2A4	德	Atlas Elektronik	多用途, 6.08×0.533 (表示长度 $\times$ 直径, 单位是米, 下同), 线导+主被动声自导, 该雷采用银锌电池和稀土永磁电机及大侧斜对转桨作为动力推进, 双速制(23kn/35kn, 对应航程 15km/7km), 服役于德国、土耳其、西班牙等海军。
Test 71 ME-NK	俄	Dvigatel, St. Petersburg	多用途, 主被动声自导, 电动力推进+对转螺旋桨, 双速制(40kn/26kn), 服役于俄罗斯海军。
UGST	俄罗斯	Moreplotekhnika St. Petersburg	多用途, 7.2×0.533 , 线导+尾流自导+主被动声自导, 线导最大距离为 25 公里, 轴向活塞发动机, 无减速齿轮的喷水推进器, 双速制(50kn/35kn), 对应航程 13.5 海里/27 海里, 是俄罗斯最新研制的鱼雷, 其变体 UGST-M 于 2004 年服役, 利用涡流发动机提供动力, 航程 21.5/11 海里。
Test-96	俄罗斯	Gidropribor	多用途, 7.8×0.533 , 线导+尾流自导+被动声自导, 航速 40 节, 航程 8.1 公里。
65 型	俄罗斯	Dvigatel, St. Petersburg	多用途, 11×0.65 , 线导+尾流自导+被动声自导, 双速制(50kn/35kn), 对应航程 27km/54km, 服役于俄罗斯。
TP2000	瑞典	Saab Underwater Sys	多用途, 线导(光纤)+主被动声自导, 热动力(使用 7 缸活塞发动机)+喷水推进器, 安静的游出式发射, 双速制(50kn/35kn), 20 世纪 80 年代末开始研制, 1997 年服役, 适合深水和浅水作战, 服役于瑞典皇家海军。
MK48 ADCAP	美	Raytheon	多用途, $6.1m \times 0.533m$, 线导(铜线)+主被动声自导, 采用奥托 II 燃料、斜盘式活塞发动机、泵喷射推进器组成的动力推进系统; 为三速制: 55Kn/40Kn/28Kn, 55Kn 时航程约 20Km, 28Kn 时航程约 46Km, 航深约 800~900m, 1988 年开始生产。
黑鲨	意大利	WASS	多用途, 6.3×0.533 , 线导(光纤)+主被动声自导+尾流自导(可选, 有三个尾流传感器, 并使用了先进的气泡分类算法), 工作频率为 15kHz/30kHz, 为多频制, 动力推进为铝氧化银电池+无级变速电机+复合碳纤维对转螺旋桨(13+10), 雷速可达 50Kn, 低速下航程可达 50Km。
A184	意大利	WASS	多用途, 6.0×0.533 , 线导(光纤)+主被动声自导, 双速制(24kn/36kn), 对应航程 13.5km/9km, 是意大利海军 2020 年前的主要鱼雷。
矛鱼	英	贝尔系统	多用途, 6.0×0.533 , 线导+尾流自导+被动声自导, 汽轮机推进+碳纤维对转双螺旋桨具有 7+6 个不对称叶片, 双速制(50kn/35kn), 对应航程 12km/30 km, 1981 年开始研制, 1994 年开始交付部队, 是英国皇家海军潜艇的主战鱼雷。
虎鱼	英	CEC-Marconi	多用途, 线导+被动声自导, 双速制(35kn/24kn), 对应航程 15.7km/7km,
F17-2B	法	DCN	多用途, 5.4×0.533 , 线导+主被动声自导, 电动力推进(银锌电池)+对转螺旋桨(8+8), 双速制(24kn/40kn), 对应航程 10.8km/15.5km。