

【引用格式】陈敬军. 水面舰艇综合防御鱼雷问题探析[J]. 数字海洋与水下攻防, 2024, 7(4): 419-425.

水面舰艇综合防御鱼雷问题探析

陈敬军

(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, 如何有效防御现代鱼雷攻击是世界各国海军必须关心的问题。同水面舰艇导弹防御相比, 水下作战空间的复杂性给水下鱼雷防御带来了更多挑战。水面舰艇成功防御现代鱼雷攻击, 不仅需要采用软硬杀伤手段进行多层次防御, 还应把对潜攻击作为一个高效的鱼雷防御手段。对水面舰艇综合防御鱼雷问题进行了探析, 分析了防御对象多样性和防御手段相干性带来的挑战, 讨论了现阶段制约鱼雷综合防御效果的突出问题, 并从态势感知提升、防御手段改进和决策实施优化等方面给出了解决措施。成功实施攻防一体化的鱼雷综合防御, 不但可以提高单次鱼雷防御成功率, 还可以通过攻防转换影响后续鱼雷攻击, 显著提高水面舰艇的生存概率。

关键词 水面舰艇; 鱼雷防御; 指控系统; 水下防御; 声兼容

中图分类号 TB55 **文献标识码** A **文章编号** 2096-5753(2024)04-0419-07

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2024.04.009

Discussion on Problems about Integrated Torpedo Defense for Surface Ships

CHEN Jingjun

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

Abstract Torpedo is one of the main threats to surface ships. How to effectively defend against modern torpedo attack is a problem that all navies must pay attention to. Compared with surface ship missile defense, the complexity of underwater combat space brings more challenges to underwater torpedo defense. The successful defense of surface ships against modern torpedo attack requires not only the use of soft and hard killing means for multi-level defense, but also the attack on submarines. Challenges brought by the diversity of defense objects and the relevance of defense means are analyzed. The outstanding problems restricting the effectiveness of integrated torpedo defense at present are discussed. Solutions from the aspects of enhancing situational awareness, improving defense means, and optimizing decision implementation are put forward. Integrated torpedo defense can not only improve the success rate of single torpedo defense, but also affect the subsequent torpedo attack through the transition of attack and defense, and significantly improve the survival probability of surface ships.

Key words surface ship; torpedo defense; command and control; underwater defense; acoustic compatibility

0 引言

在拥有潜艇的国家不断增加的同时, 反舰鱼雷

也向着智能化、隐身化、高速化、远程化不断发展。鱼雷已经成为水面舰艇面临的主要威胁之一, 迫使各国海军不得不研究和解决如何有效防御鱼雷攻

击这一世界难题。在过去的几十年时间里,鱼雷防御一直是国内外研究的热点和难点问题,国内外学者对鱼雷防御相关技术进行了大量研究^[1-19]。文献[1]~[6]从鱼雷防御系统的作战对象、鱼雷报警声呐、软硬杀伤手段、国外典型的鱼雷防御系统以及如何构建高效的鱼雷防御系统等方面对水面舰艇鱼雷防御问题进行了回顾和分析。

在对鱼雷目标识别定位困难和缺乏对抗现代智能鱼雷高效手段的情况下,如何优化决策利用现有手段提高鱼雷防御成功率已经成为水面舰艇在遭受鱼雷攻击后提高生存概率并获得最终胜利的关键。对潜射鱼雷的综合防御是当前水面舰艇指控系统的核心内容^[11-14]。文章首先分析了水面舰艇鱼雷防御问题相比空中反导面临的困难和挑战,然后从提高水面舰艇生存概率和获得最终作战胜利的角度进行了分析和讨论,提出了水面舰艇成功防御现代鱼雷攻击需要采取多层次防御和防守反击的应对策略。文章最后介绍了鱼雷综合防御面临的难题,分析了目前鱼雷综合防御的现状和不足,并从技术和运用的角度提出了一些解决的措施和建议,目的是通过实现态势生成能力的显著提升、指挥决策的动态优化和防御手段的实时控制来提升水面舰艇鱼雷防御效果和生存概率。

1 水面舰艇水下鱼雷防御的困难和挑战

随着美国海军近程防空系统(Ship Self-Defense System, SSDS)研制成功和大量列装,许多国家都在尝试借鉴SSDS的设计理念来研发水下自防御系统^[13]。但同空中导弹防御相比,水下鱼雷防御存在更多的困难和挑战,主要包含3个方面:1)恶劣的水下环境;2)高性能的硬杀伤器材的研制较难;3)部分鱼雷防御相关设备和器材之间存在冲突。

首先,恶劣的水下环境给鱼雷防御增加了许多困难^[1]:1)声音在水中传播速度只有1500 m/s,而电磁波在空气中的传播速度达到 3×10^8 m/s,由此导致在鱼雷防御时获得目标位置信息需要更多的时间,在相同时间内获得位置目标等数据要少很多。2)水下环境更加复杂,目标探测跟踪性能易受到水文条件、水面海底等因素的影响,对来袭鱼

雷目标检测、跟踪和识别难度较大。3)海水中声传播衰减随频率升高而加大,会从多个方面影响鱼雷防御。在不同距离上接收到的目标辐射噪声特征存在差异,会增加鱼雷目标被动识别难度;高频衰减大,导致高频信号主动探测来袭鱼雷距离较近;鱼雷防御的软硬杀伤器材尺寸限制,软硬杀伤手段大多只能选择较高的工作频率,导致其作用距离较小。4)水下航行阻力更大,航速提高更加困难。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^[1]。而利用超空化技术可以降低水的阻力,使鱼雷航速有质的提高,但其航行噪声和声传播速度限制了鱼雷自导性能,航行速度提升和自导性能提升二者难以兼得。

其次,研制能够有效拦截来袭鱼雷的高性能的硬杀伤器材难度大。如果能像空中反导一样研制出满足需求的反鱼雷鱼雷实现对来袭鱼雷的成功拦截确实是一个理想的选择。为了提高拦截来袭鱼雷成功率,反鱼雷鱼雷需要具有大的搜索扇面和好的机动性能,尺寸一般较小。海水中声波传播速度慢、高频衰减大、存在粘滞力等不利条件导致反鱼雷鱼雷自导距离近,搜索范围有限,机动性能提升难度大,即使利用超空化技术提高了机动速度,却也导致自导距离的显著降低。而鱼雷是高速小目标,反鱼雷鱼雷引信的作用距离也较近。基于以上分析,单枚反鱼雷鱼雷的成功拦截概率难以提高。反鱼雷鱼雷的研制技术难度很大,目前包括美国在内多个国家的反鱼雷鱼雷仍处于研制阶段^[15]。俄罗斯在重视反鱼雷鱼雷研制的同时,将原本用于反潜的火箭深弹进行改造用于拦截鱼雷。火箭深弹和拦截弹单枚对抗器材的杀伤概率低,必须发射多枚硬杀伤器材才能保证对来袭鱼雷一定的成功拦截概率^[4, 16]。

另外,部分鱼雷防御相关设备和器材之间存在冲突,相互之间影响比较大。在鱼雷攻击多样性的前提下,由于缺乏有效的软硬杀伤手段,提高鱼雷防御成功率需要发射多个器材并实施多层次防御。软硬杀伤手段以及舰上的探潜和鱼雷报警声呐等都在较窄的声波范围内,工作频率相同或相近,而声波传播速度慢,工作关注的重点又都是鱼雷及其发射平台,若不采取措施降低相互干扰问题,必然

会对相关设备和手段产生较大影响，从影响态势生成能力和软硬杀伤效果等多个方面影响鱼雷防御成功率。

2 水面舰艇对抗现代鱼雷攻击需要快速实施层次化防御

在海上作战，尤其是在浅海环境下，潜艇可以在较远距离上发现和识别水面舰艇，而水面舰艇探测潜艇要困难得多。鱼雷的航程从几到几十千米，具有多速制的线导重型鱼雷航程通常很远。潜艇攻击水面舰艇可以采取在距离水面舰艇较近的距离上突然发动攻击，但从自身安全考虑通常选择在较远的距离上进行攻击。潜艇可在 10~30 km 范围内发射单雷和多条鱼雷发动远程攻击，并可先让鱼雷低速航行隐蔽接敌。

水面舰艇发现受到鱼雷攻击后，需要快速有效地利用所有可能的措施和设备去避免这个最致命的打击。水面舰艇如不进行有效防御，往往只有几分钟就会被鱼雷击中，时间和合适的对抗措施决定了鱼雷防御的成功率。水面舰艇鱼雷防御的突出优势是可以使用助推火箭等手段在距离本舰一段距离内快速布防对抗器材，并可同拖曳式对抗器材等一起对来袭鱼雷实施软硬结合的多层次防御。

通过对水下战场空间，以及鱼雷和对抗措施之间的相互作用等方面的研究结果表明：要有效地对抗现代鱼雷需要全自动、完全集成、层次化防御系统。在实施鱼雷防御时，可以把作战空间划分为远、中、近 3 个区域。在最远的区域是和鱼雷发射平台进行对抗，可以通过发射低频干扰器等措施干扰迷惑敌潜艇声呐，对鱼雷的正常导引和再次发动攻击进行干扰。在中等距离上，主要使用火箭助飞式声干扰器和声诱饵等软杀伤对抗器材对来袭鱼雷进行干扰和诱骗。在近距离上则优先考虑使用反鱼雷鱼雷、火箭深水炸弹及拦截网等硬杀伤手段直接摧毁来袭鱼雷。在当前各国研制的反鱼雷防御系统中，一般由鱼雷报警子系统、反应决策子系统、对抗实施子系统 3 部分组成，图 1 给出了一个有代表性的鱼雷防御系统^[6]。

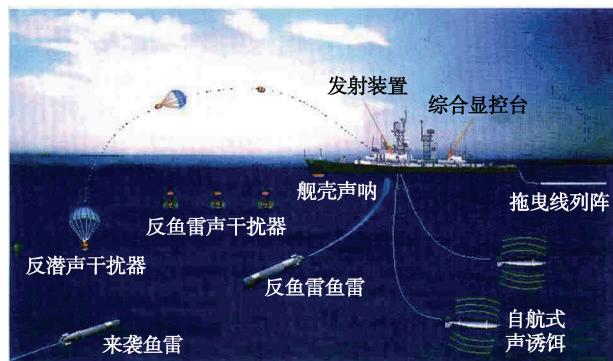


图 1 鱼雷防御系统组成示例

Fig. 1 Example of torpedo defense system components

鱼雷报警子系统负责对来袭鱼雷的自动探测、跟踪、定位和识别报警。反应决策子系统依据鱼雷报警子系统的鱼雷报警信息及敌我态势、对抗器材等信息，制定鱼雷防御方案，包括软硬杀伤手段的使用和舰艇机动规避等。对抗实施子系统控制适时发射和布放对抗器材，利用软硬杀伤手段对来袭鱼雷实施干扰、诱骗、拦截鱼雷，使本舰免受鱼雷的攻击。

在实施鱼雷防御过程中，软硬杀伤手段的使用并没有严格的限制，需要根据水面舰艇实际配备的对抗手段情况和作战态势等信息优化决策实施，如可使用爆炸式声诱饵在中等距离和近程实施软硬杀伤，而在近距离上也可以使用声干扰器等软杀伤手段。目前仍有部分国外水面舰艇鱼雷防御系统把拖曳式声诱饵作为对抗来袭鱼雷攻击的最后一层防御手段。

3 提高水面舰艇生存概率必须统筹鱼雷防御和反潜作战

在实施鱼雷防御过程中，需要根据水面舰艇实际配备的对抗手段情况和作战态势等信息优化决策，使用软硬杀伤手段尽可能提高鱼雷防御成功率。伴随着鱼雷智能化程度的提高和航程的增加，成功防御具有线导方式的现代反舰鱼雷攻击非常困难。水面舰艇可能面临的鱼雷威胁是各式各样的，在选择鱼雷防御措施过程中难以找到防御所有鱼雷的高效手段。

软杀伤手段主要通过干扰其制导系统降低鱼雷作用距离让其无法检测到水面目标，或者诱骗鱼

雷攻击声诱饵等假目标，直至鱼雷航程耗尽。软杀伤手段具有成本低、安全性高等优点，利用声干扰器、声诱饵等软杀伤手段配合舰艇机动在防御智能化程度较低的鱼雷攻击时是有效的，是早期鱼雷防御的主要手段，但现在利用软杀伤手段对抗鱼雷攻击效果越来越差^[3]。现代反舰鱼雷往往具有线导+声自导+尾流自导等多种制导方式，区分真假目标的能力不断得到提升；现代鱼雷具有丢失目标后的再搜索能力，随着其航程增大，鱼雷航程耗尽需要较长的时间，并可能重新攻击真实目标。在有强大的潜艇声呐系统正常导引的情况下，仅对鱼雷采用的干扰诱骗等手段难以取得显著成效。

采用火箭深弹、拦截弹和反鱼雷鱼雷等硬杀伤手段可以对抗所有类型的鱼雷，但单枚对抗器材的杀伤概率低，必须发射多枚硬杀伤器材才能保证对来袭鱼雷一定的成功拦截概率。利用引爆式声诱饵将诱骗和硬杀伤结合起来能够有效对抗智能化程度较低的声自导鱼雷，但难以对抗直航类和智能化程度高的现代鱼雷。

潜艇声呐作用距离远，辨别真假目标的能力强，在缺乏对来袭鱼雷有效硬杀伤手段的情况下，水面舰艇要想提高对具有线导功能的反舰鱼雷的防御成功概率，干扰、迷惑、中断敌潜艇对来袭鱼雷的线导功能至关重要。受到鱼雷自身尺寸对工作频率、运算能力等方面的限制，鱼雷自导距离的提升和智能化程度的提高会受到一定限制，单独对抗鱼雷自导则相对容易的多。对于声自导鱼雷，可采用噪声干扰器降低鱼雷声自导距离，或是采用声诱饵诱骗鱼雷攻击声诱饵，在没有潜艇声呐导引的情况下，使用软杀伤手段对抗声自导鱼雷容易发挥作用。没有了潜艇声呐的导引，水面舰艇机动后尾流自导鱼雷未必能从合适的角度和位置进入尾流，进入尾流后也容易被航迹交叉等迷惑。

除了使用低频干扰、诱骗等软杀伤手段迷惑干扰器潜艇声呐外，可以采用对潜攻击的方法影响潜艇对反舰鱼雷的线导。相对于水面舰艇而言，潜艇防御鱼雷攻击的手段更加缺乏，实施防御也更加困难。受到鱼雷攻击后，潜艇将不得不转入鱼雷防御部署，势必会影响后续鱼雷攻击和对正在攻击的反舰鱼雷的导引，甚至不得不中断导引。水面舰艇装

备的软硬杀伤手段是有限的，能够成功防御鱼雷的批次数也是有限的。如果摧毁敌潜艇，则避免了再次受到攻击，从而提高了水面舰艇的生存概率。因此，在水面舰艇防御鱼雷攻击时，对潜攻击不仅仅是一种反潜手段，更是一种非常有效的鱼雷防御手段，应从对来袭鱼雷防御成功率的提高和防止再次遭受鱼雷攻击的角度评价对潜攻击对作战效果的贡献。

4 实施鱼雷综合防御需要应对防御对象多样性和平行手段相干性

水面舰艇可能面临多种类型的鱼雷威胁，成功防御不同类型的鱼雷所需的应对措施是不同的。提高现代线导重型反舰鱼雷的防御成功率需要实施攻防一体的多层次防御，但防御早期的低速直航鱼雷只需采取舰艇规避机动就能轻松应对。要成功防御鱼雷攻击必须充分了解反舰鱼雷的多样性，以及参与鱼雷防御的设备和器材之间的相干冲突。

4.1 防御对象多样性

反舰鱼雷的种类繁多，文献^[1]中概要介绍了 12 型主要的国外反舰鱼雷。反舰鱼雷的多样性在与鱼雷防御效果紧密相关的动力推进系统和制导方式等方面得到充分体现。按照制导方式，鱼雷可分为无制导的直航鱼雷和程控鱼雷、声自导、尾流自导和线导鱼雷几种基本类型。线导往往和鱼雷自导组合使用，而尾流自导和声自导又分为主动和被动 2 种方式。鱼雷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。动力有电动力、热动力和核动力 3 种，推进器的种类有对转螺旋桨、泵喷推进器、导管螺旋桨、集成电机推进器、喷水推进器等。反舰鱼雷的尺寸大小也存在差异，如口径尺寸有 533 mm、324 mm、其他口径等。

鱼雷实现方式的不同必然带来鱼雷制导性能、航行速度、续航能力、目标强度、航行辐射噪声等方面上的差异。由于技术水平的差异，由不同国家或企业研制生产的相同方式的鱼雷性能也不同。即使同一条鱼雷，从水面舰艇鱼雷防御的角度分析也是不同的，这从 2 个方面得到体现：1) 同一条鱼雷在不同工作状态下的性能存在差异，如鱼雷低速航行同高速航行相比，航行噪声会更低、自导作用

距离会提高，最远航行距离会更远；2) 双方态势变化带来的目标识别定位以及杀伤效果的差异，如因不同频率的声波在海水中的衰减差异导致在不同距离上接收到的鱼雷辐射噪声特征差异，因鱼雷不同方向上的目标强度差异导致的主动声呐发现距离的差异，因鱼雷自导系统的指向性存在导致的不同方向上的声干扰效果的差异等。

防御对象的多样性会从防御系统的态势感知能力、软硬杀伤手段的有效性等多个方面影响鱼雷防御效果。鱼雷航行辐射噪声是被动鱼雷报警声呐鱼雷目标识别的主要依据。鱼雷目标强度影响了对其声呐主动定位距离。鱼雷制导性能和智能化程度影响了软杀伤手段的有效性。鱼雷航速和航程的大小会影响舰艇机动措施的有效性。

4.2 防御手段相干性

水面舰艇在实施攻防一体的多层次鱼雷防御过程中，如图2所示，参与作战的装备和器材的种类数量众多，许多装备和器材相互之间存在冲突与干扰，如因工作频率相近而导致不同对抗器材以及舰载声呐之间的声学兼容性冲突，由共架或共控技术而引起的发射器材种类与数量相冲突等^[13]。

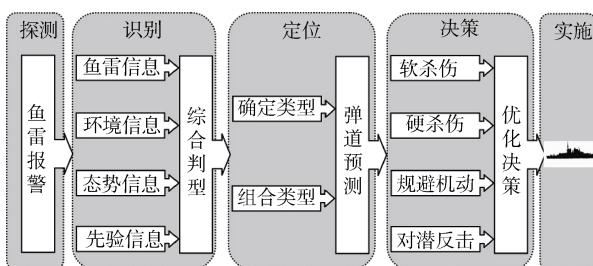


图2 鱼雷防御过程

Fig. 2 Process of torpedo defense

装备和器材相互之间存在冲突与干扰来自设计和运用2个方面。一些相干影响对鱼雷防御效果影响很大，如受舰艇机动规避和实施干扰诱骗等软硬杀伤手段的干扰，无法对来袭鱼雷跟踪定位时，必然无法对正在对抗的鱼雷根据战场态势变化调整优化对抗措施，并对后续攻击鱼雷实施防御。当一个对抗器材受到其它器材或舰载声呐影响导致无法正常工作或效能降低，必然会影响实现原有的对抗目的。

参与作战的装备和器材的相干影响会从态势感知能力和软硬杀伤效果等多个方面影响鱼雷防

御效果。有些相干因素可以通过技术改进措施予以解决，而有些则是技术层面难以完全解决，只能设法尽量降低影响，或从运用层面寻求解决途径。如使用低频干扰器干扰潜艇声呐时，必然会对水面舰艇声呐产生一定的干扰。采取措施尽可能降低参与鱼雷防御作战的器材、设备之间的干扰和冲突是实施攻防一体多层次鱼雷防御的关键，对于遭到现代线导重型反舰鱼雷攻击后提高防御成功率和水面舰艇的生存概率至关重要。

5 当前鱼雷综合防御的突出问题和防御效果提高的方法手段

鱼雷防御技术是随着对抗鱼雷的需要而不断改进提高的，且远远滞后于鱼雷技术的发展，现有的水面舰艇鱼雷防御系统并不能满足防御现代智能鱼雷的需要。提高舰艇鱼雷防御成功率需要把握相干影响这个关键，通过防御手段改进和整体协同，从态势感知、防御手段和决策实施等多个方面采取措施。

5.1 现阶段实施多层次鱼雷防御的突出问题

鱼雷防御是从对来袭鱼雷识别报警开始的，水面舰艇要提高对来袭鱼雷的防御成功率，需要在尽可能远的距离上对来袭鱼雷正确报警，然后根据战场态势情况实施正确的防御措施，并根据战场态势的变化动态调整防御措施。在现阶段若要实施攻防一体的多层次防御来提高水面舰艇遭受现代鱼雷攻击后的生存概率，还需要从技术和运用2个层面进一步采取措施解决好2个突出问题：态势生成能力不足和防御措施的相互影响。

实施攻防一体的多层次鱼雷防御对潜艇和鱼雷目标的检测、识别和定位提出了更高的要求，态势感知能力不足已经成为制约鱼雷防御效果提升的重要因素。水面舰艇要提高对来袭鱼雷的检测、识别和定位性能面临许多挑战。相对于潜艇目标，鱼雷是高速小目标，其辐射噪声分布在较高频段，目标强度小，原本主要用于反潜的声呐系统并不能直接用于鱼雷目标的检测、识别和定位。水面舰艇平台辐射噪声高，为了降低平台噪声的影响，国外普遍采用被动拖曳线列阵声呐来提高对来袭鱼雷的识别报警距离。声波在海水中的传播损失随着频率增高而迅速增加，导致声呐在远距离上接收到的

鱼雷辐射噪声中的高频分量比低频分量有更大的衰减。鱼雷辐射噪声特征会随着声呐接收距离的不同而发生变化，再加上鱼雷种类繁多，导致正确识别部分鱼雷目标非常困难。鱼雷识别报警存在一定的虚警和漏报，同等条件下鱼雷报警距离越远虚警也越高。对于一些辐射噪声极低的鱼雷，目标检测距离很近，识别报警距离必然会更近。而对于鱼雷这样的高速小目标，难以在较远的距离上实现主动定位，即使利用专门研制用于探测鱼雷的主动声呐，在良好水文条件下发现距离一般也只有 2~3 km。

为了保证鱼雷防御的效果，需要尽可能降低各种软硬杀伤手段和声呐相互之间的影响。但目前在水面舰艇与布放的器材之间没有通信手段，使用的软硬杀伤手段一旦布放后只能根据最初的设计自行工作，水面舰艇无法对布放后的软硬杀伤器材工作进行调整和控制，难以有效降低参与防御的器材、设备之间的相互影响。软硬杀伤器材工作会影响鱼雷报警声呐对鱼雷目标的跟踪、定位，严重时报警声呐会彻底丢失目标。在作战态势生成能力不足的情况下，作战系统只能立足于一次性防御部署的理念展开防御决策的制定与指挥控制^[10]。软硬杀伤手段既不能根据态势变化自动工作在最佳方式，还会因相干影响降低杀伤效果。参与防御的声呐和器材相互之间的相干影响，不仅降低了一次鱼雷防御的成功率，还将严重制约对后续攻击鱼雷实施防御，在可能遭受连续鱼雷攻击的情况下必然会严重降低水面舰艇的生存概率。

无论是从提高态势生成能力，还是提高软硬杀伤手段的效果的角度，都应该把布防的软硬杀伤器材作为问题解决的关键。鱼雷因为线导的存在显著提升了防御的难度，完全可以借鉴类似的理念显著提升水面舰艇鱼雷防御效果和生存概率。光纤制导鱼雷可以利用潜艇声呐显著提升鱼雷的反对抗能力等，而潜艇声呐又可将鱼雷当作“先头部队”增加目标探测识别能力^[1]。若在布防后悬浮在水面的声干扰器、声诱饵和拦截弹等软硬杀伤器材上增加无线通信模块，就能增加卫星定位和目标探测功能。软硬杀伤器材将自身位置信息、工作参数和探测到的目标信息传递给水面舰艇作战指挥系统，增强了战场感知能力。通过接收作战系统的战场态势信息、

控制指令等，可以对各软硬杀伤器材实施控制，采取最佳的防御策略。在水面舰艇作战指挥系统的统一协调控制下，更好地采取时分、频分和空分等手段改善声兼容问题，并将相关信息发送给相关器材和设备，方便各器材、设备利用其提高装备性能。

5.2 提高舰艇鱼雷防御成功率的方法措施

水面舰艇要想在遭受鱼雷攻击后的生存概率，不仅需要理念上从单纯的鱼雷防御向防守反击转变，而且要从技术和运用 2 个层面现有鱼雷防御系统进行改进升级，从态势感知、防御手段、决策实施等多个方面采取措施。

态势能力提升可从声呐性能的提高、声兼容性能的增强以及布放器材信息的利用等多个方面入手，具体措施有：由主被动拖曳线列阵声呐和舰壳声呐构建覆盖 360° 的综合声呐系统，该系统要进行一体化设计，兼顾探潜和探雷用途；采用先进的技术提升目标探测、跟踪、定位和识别的性能，如采用矢量技术、人工智能技术、多基地声呐技术、数据融合技术等^[17]；利用软硬杀伤器材提升态势形成能力，可利用对抗器材接收到的水下信号或处理结果，一个器材就相当于新增了一部探测声呐；提高声兼容性设计，要结合指控系统提供的先验信息利用等提高抗干扰性能，在保证防御过程中所需态势感知能力的情况下，尽可能降低对实施防御增加限制；利用人工参与提高态势感知能力，人工辅助判断目标是来袭鱼雷、还是舰艇或干扰目标等；借鉴法国鱼雷报警系统的做法，在鱼雷正式发出报警信号之前进行预警，提醒声呐兵和指挥人员及时关注，缩短鱼雷报警后目标识别结果和防御方案确认等人工参与的时间。

缺乏有效的软硬杀伤手段依然是未来一段时间内鱼雷防御面临的主要难题之一，需要在研制新手段和改进提高现有手段 2 方面持续发力。在继续研制理想的超空泡射弹^[18]、反鱼雷鱼雷等难度极高的硬杀伤手段的同时，应将工作重心放在容易实现的对现有手段的改进升级上。可将对舰无线通信、探测和软硬杀伤手段集成到火箭助飞式对抗器材或水面无人艇上，并结合运用显著提高防御手段的杀伤效果。引爆式声诱饵已经实现了软硬杀伤手段的结合，探测功能可以利用原有的换能器等硬件采用单基地或多基地声呐

方式实现，而布放的软硬杀伤手段在水面有提供浮力的装置，在其上增加通信天线实现起来并不困难。对于计算能力的限制，可以将经滤波、放大和AD转换后的数字信号或中间处理结果发送到水面舰艇，利用舰上计算平台完成全部或部分运算，并将结果传回对抗器材。水面无人艇机动能力强，配置有对抗载荷的无人艇既可以作为新增的探测平台来使用，又可以在对潜艇平台声呐实施抵近干扰，持续阻断其线导导引，对鱼雷声自导实施机动尺度干扰诱骗，并可以发动反潜攻击等，在水面舰艇水下防御等领域具有广阔的应用前景^[19]。

在实施攻防一体的多层次鱼雷防御过程中，反应决策不再由鱼雷报警系统的应决策子系统承担，而是要由水面舰艇作战系统从水下作战的角度统筹考虑鱼雷防御和反潜作战。在现有通信功能的基础上，增加舰外布防的软硬杀伤器材建立双向通信功能，接收器材发送的水下接收数据、处理结果，以及自身工作状态、位置等信息，发送工作指令、态势信息等。在对来袭鱼雷识别困难和工作模式未知的情况下，应先兼顾各种鱼雷攻击制定防御方案并立即实施。在实施过程中从提高声兼容性、增强态势感知能力、提高鱼雷防御成功率和组织对潜攻击等多个角度，对参与防御的器材和设备实施统一控制和指挥，实现综合防御方案的动态优化和实时控制。如根据鱼雷、器材、水面舰艇之间态势的变化，合理改变器材的干扰、诱骗和目标探测等工作模式，采用分频、分时、不同的信号形式等措施进行声兼容管控。

6 结束语

水面舰艇水下鱼雷防御要比空中导弹防御面临更多的困难和挑战，在实施水下鱼雷防御的过程中，必须更加重视反潜问题，把对潜攻击作为一种高效的鱼雷防御措施来看待，软硬结合、攻防一体、多层防御，综合运用多种手段来提高鱼雷防御成功概率和舰艇生存概率。水面舰艇综合鱼雷防御，在采用新技术持续提升单个装备功能性能的同时，在各种软硬杀伤对抗器材和水面舰艇之间实现互联互通，通过舰艇作战系统的集中指挥控制，进一步提高水下鱼雷防御的战场态势形成能力和综合防

御措施的优化调整能力来进一步提高鱼雷防御效果。鱼雷防御成功率的提高和防守反击策略的应用，能够进一步提升水面舰艇遭受鱼雷攻击后的生存能力和舰艇整体作战能力。

参考文献

- [1] 陈敬军. 国外反舰鱼雷的现状和发展趋势[J]. 声学技术, 2013, 32(2): 164-170.
- [2] 陈敬军. 水面舰艇鱼雷防御系统中鱼雷报警纵览[J]. 声学技术, 2013, 32(3): 257-262.
- [3] 陈敬军. 鱼雷防御系统中软杀伤器材的现状及其发展趋势[J]. 声学技术, 2013, 32(4): 342-348.
- [4] 陈敬军. 鱼雷防御系统中不断出现的硬杀伤能力[J]. 声学技术, 2013, 32(5): 439-444.
- [5] 陈敬军. 国外水面舰艇鱼雷防御系统纵览[J]. 声学技术, 2013, 32(6): 528-533.
- [6] 陈敬军. 国外水面舰艇鱼雷防御系统的构建问题探析[J]. 声学技术, 2014, 33(1): 79-84.
- [7] MANSECK H. Anti torpedo systems survey: sensors and effectors[J]. Naval Forces, 2007, 4: 92-98.
- [8] 陈春玉. 反鱼雷技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [9] 刘海晓, 李恒, 冯炜, 等. 反鱼雷技术发展与展望[J]. 指挥控制与仿真, 2023, 45(5): 25-28.
- [10] 李源, 杨盛雷. 水面舰艇鱼雷防御武器系统[J]. 指挥控制与仿真, 2017, 39(3): 32-35.
- [11] 陈颜辉. 水面舰艇综合防御鱼雷技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2021.
- [12] 陈颜辉, 盛蕾, 强超超. 水面舰艇综合防御鱼雷研究架构与技术发展[J]. 舰船工程研究, 2019(2): 46-52.
- [13] 陈颜辉, 王元斌, 强超超. 舰船水下自防御系统及其指挥控制功能设计[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(3): 95-99.
- [14] 陈颜辉, 赵雷. 多手段综合防御鱼雷指控系统架构与实现[J]. 弹道学报, 2022, 34(1): 105-110.
- [15] 程文鑫, 任斌, 柳海, 等. 反鱼雷鱼雷武器发展现状及作战使用研究[J]. 数字海洋与水下攻防, 2023, 6(3): 365-371.
- [16] 罗会彬, 方石. 鱼雷近程防御方法探[J]. 数字海洋与水下攻防, 2018, 1(2): 32-35.
- [17] 杜选民, 孟荻, 周胜增, 等. 鱼雷报警与水声对抗技术[M]. 兵器工业出版社, 2020.
- [18] 覃辉, 翁辉. 超空泡射弹对反鱼雷作战体系贡献率的评估[J]. 数字海洋与水下攻防, 2021, 4(5): 372-379.
- [19] 唐波, 孟荻, 范文涛. 水面无人艇在水面舰艇编队水下防御的发展展望[J]. 数字海洋与水下攻防, 2022, 5(2): 121-126.

(责任编辑: 曹晓霖)