

【引用格式】张林芳, 刘杰, 刘冠杉. 潜艇反鱼雷防御的发展和思考[J]. 数字海洋与水下攻防, 2022, 5(5): 435-442.

潜艇反鱼雷防御的发展和思考

张林芳¹, 刘杰², 刘冠杉²

(1. 海装北京局驻北京地区第四军事代表室, 北京 100094;
2. 中国船舶集团有限公司系统工程研究院, 北京 100094)

摘要 从潜艇反鱼雷防御的角度出发, 主要介绍和分析了潜艇反鱼雷防御的战术背景、对抗措施的发展现状和未来的发展方向3个方面的内容, 针对潜艇面临的鱼雷和反潜威胁, 对潜艇主动和被动防御的技术特点进行了总结, 重点对潜艇针对未来反潜作战需求构建网络中心化、多层次、多平台、智能化的综合防御体系进行了思考和设想, 为潜艇水下反鱼雷防御技术发展、体系构建提供了重要的参考价值。

关键词 潜艇防御; 反鱼雷对抗; 智能防御

中图分类号 TJ630.1

文献标识码 A

文章编号 2096-5753(2022)05-0435-08

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2022.05.008

Development and Thinking of Submarine Anti-torpedo Defense

ZHANG Linfang¹, LIU Jie², LIU Guanshan²

(1. The Fourth Military Representative Office of Beijing Naval Equipment Department, Beijing 100094, China; 2. System Engineering Research Institute, CSSC, Beijing 100094, China)

Abstract From the perspective of submarine anti-torpedo defense, this paper mainly introduces and analyzes the tactical background, the development status of countermeasures and the future development direction of submarine anti-torpedo defense. In view of the torpedo and anti-submarine threats faced by submarines, this paper summarizes the characteristics of submarine active and passive defense technologies, and focuses on the consideration and envision of constructing a network-centralized, multi-level, multi-platform and intelligent integrated defense system of submarines for future anti-submarine combat needs, which provides an important reference value for the development of submarine underwater anti-torpedo defense technology and system construction.

Key words submarine defense; anti-torpedo confrontation; system confrontation

0 引言

鱼雷自诞生以来, 因其具有毁伤力强、防御难度大等特点, 一直作为水下攻防体系中最有效的水中兵器, 曾在历史上多次海战中发挥了巨大作用, 世界各国海军也都一直极度重视鱼雷武器装备的

发展和革新。随着新技术在鱼雷武器装备中的快速应用, 高航速、低噪音、远航程、强毁伤力等新型鱼雷层见叠出, 鱼雷的智能化程度和水声对抗能力也不断提高^[1], 对潜艇的水下生存空间构成了严重的威胁。因此如何有效地进行潜艇防御鱼雷攻击已成为各国海军面临的重大难题, 世界各军事强国均

开始致力于反鱼雷技术和装备的研究和发展。

1 潜艇反鱼雷防御的战术背景

1.1 潜艇面临的鱼雷威胁特征

要对反潜鱼雷进行有效防御，首先需要了解攻击鱼雷的战术性能和鱼雷攻击过程的主要特性。目前，潜艇在水下面临的鱼雷威胁主要来自 3 个方面。

1) 线导+声自导重型鱼雷。

重型鱼雷一般由敌方潜艇距攻击目标 10 km 外管装发射,各国先进重型鱼雷战术如表 1 所示,可以发现国外重型鱼雷最高航速均在 50 kn 以上,

航程范围在 20~60 km,大部分采用噪音较小的泵喷推进装置,采用线导+主被动声自导的组合制导方式,具有较强的水声对抗和目标探测能力。重型鱼雷攻击的过程为前期借助潜艇发射平台的声呐探测系统进行有线制导,来探测和跟踪目标。后期当鱼雷距离目标 2~3 km 的位置,切断线导后依靠鱼雷本身的声自导系统快速接近和攻击目标。重型鱼雷对潜艇最大的威胁就是速度快且搭载大当量高能战斗部毁伤威力大,只要潜艇进入其毁伤范围区域就会对目标造成有效伤害和打击。

表 1 国外先进重型鱼雷战术性能指标^[1-3]
Table 1 Tactical performance index of foreign advanced heavy-weight torpedoes

指标	美国 MK48 Mod 7	意大利“黑鲨”	德国 DM2A444	俄罗斯 Futlyar	英国“旗鱼”
直径/mm	533	533	533	533	533
长度/m	5.85	6.30	6.62	—	6
重量/kg	1 636	1 650	1 370	—	1 850
最高航速/kn	55	50	50	60	70
航程/km	46	50	20	60	40
最大作战深度/m	914	600	400	500	900
制导方式	线导+主被动声自导	线导+尾流/主被动声自导	线导+主被动声自导	线导+尾流/主被动声自导	线导+主被动声自导
水声对抗能力	强	强	强	强	强
装药量/kg	295	250	260	300	300
推进装置	泵喷	对转桨	对转桨	泵喷	泵喷

2) 声自导轻型鱼雷。

轻型鱼雷一般由敌方水面舰艇管装发射或反潜飞机空投使用,各国先进轻型鱼雷战术如表 2 所示,可以发现轻型鱼雷航程均在 10 km 以上,最大航速在 50 kn 左右,均采用主被动联合自导方式,也具有较强的水声对抗能力。战斗部装药量虽然比重型鱼雷少,但是采用垂直命中技术和聚能装药仍可保证小当量战斗部对潜艇造成有效毁伤。空投鱼雷的攻击过程为通过直升机上的主动吊放声呐对潜艇精确定位后,到达距离潜艇 1 km 左右的区域内投放鱼雷,鱼雷落水后十几秒内即可通过自导装置探测并跟踪上潜艇。因此空投鱼雷对潜艇最大的威胁就是潜艇采取有效对抗的时间很短,使潜艇规避鱼雷攻击的难度较大。

表 2 国外先进轻型鱼雷战术性能指标^[1, 4-6]
Table 2 Tactical performance index of foreign advanced light-weight torpedoes

指标	法意 MU90	美国 MK50	美国 MK54	俄罗斯 MTT
直径/mm	324	324	324	324
长度/m	3	2.89	2.71	3.2
重量/kg	300	363	275	390
航程	12 km/50 kn	12 km/55 kn	15 km	10 km
航速/kn	29~50	55	28/36/45	35/58
最大作战深度/m	1 000	750~800	450	600
自导方式	主被动声自导	主被动声自导	主被动声自导	主被动声自导
水声对抗能力	强	强	强	较强
垂直命中	具备	具备	—	—
装药量/kg	50 (聚能装药战斗部)	45 (聚能装药战斗部)	45	60
推进装置	泵喷推	泵喷	对转桨	泵喷

3) 助飞+声自导鱼雷。

助飞鱼雷一般是水面舰艇通过火箭或涡喷发动机将鱼雷投送至潜艇上方附近,再由鱼雷入水搜索和攻击潜艇。如表3所示,由于助飞鱼雷的运载系统最大飞行速度均在1 000 km/h以上,最大射程大部分在20 km左右,所以只要水面舰艇探测声呐发现了潜艇目标,便可对其进行中程的快速反潜攻击。潜艇面临的威胁与空投鱼雷类似,即反鱼雷对抗的时间较短。

表3 国外典型助飞鱼雷战术性能指标^[1, 7-8]

Table 3 Tactical performance index of foreign typical rocket-assisted torpedoes

指标	美国 RUM-5A	俄罗斯 “螻蛄”	俄罗斯 “石英”	法意“米 拉斯”	韩国 “红鲨”
直径/mm	325	400	550	460	380
长度/m	4.6	5.5	7.6	6	5.7
重量/kg	435	800	3 700	800	820
最大飞行 速度/ (km/h)	1 225	—	1 163	1 102	—
射程/km	1.6~10	1.3~23	5~50	5~55	~20
发射方式	倾斜	倾斜	倾斜	倾斜	垂直
飞行方式	弹道式	弹道式	飞航式	飞航式	弹道式
动力	固体火 箭发动机	固体火 箭发动机	涡喷发 动机	涡喷发 动机	固体火 箭发动机
战斗载荷	MK44/ MK46系 列鱼雷	轻型鱼雷	轻型鱼雷	MK46 Mod5/ MU90 鱼雷	“蓝鲨” 鱼雷

1.2 潜艇面临的鱼雷威胁特征

针对上述潜艇面临的鱼雷威胁,对潜艇反鱼雷防御系统应提出下列要求:

1) 尽可能远距离的及早发现目标。潜艇受到鱼雷威胁是三维全向的,可来自空中、水面或水下,因此潜艇的鱼雷声呐报警系统要能全方位精确探测和识别鱼雷,为其反鱼雷对抗争取更多时间。

2) 尽可能快速的反应和智能决策。敌方鱼雷借助投放平台的优势可以在潜艇近距离范围内对其进行快速攻击,潜艇总反应时间短,因此指挥控制系统必须要在短时间内做出正确的防御决策。

3) 尽可能有效的进行反鱼雷对抗。潜艇处于水下,一方面,无法像水面舰艇通过快速运载手段远距离施放反鱼雷对抗装备,加之潜艇内部空间有

限,搭载的反鱼雷器材数量有限;另一方面,来袭鱼雷水声对抗能力强且具备多次攻击目标的能力,因此潜艇必须采取多层次和多批次的对抗措施。

2 潜艇反鱼雷防御的发展现状

2.1 专用鱼雷声呐报警技术

潜艇实施规避机动和制定对抗措施前都需要获取来袭鱼雷的距离和方位信息,因此鱼雷报警技术是潜艇反鱼雷防御的基础,但是由于来袭鱼雷具有体积小和运动速度快的特点,潜艇配备的普通舷侧声呐和拖曳声呐不能直接用于鱼雷报警,必须开发专用的鱼雷报警声呐对高速小目标进行检测,其关键技术就是对来袭鱼雷进行远程的快速识别和远程的准确定位。针对潜艇防御的需求,目前鱼雷声呐报警技术经过多年的发展主要在以下3个方面实现了突破^[9]。

1) 利用宽频带、高频率的拖线阵被动声呐实现了鱼雷远程报警。其基本原理就是充分利用来袭高速鱼雷在高频工作频带上存在较多的线谱分量和较强的辐射噪声信息,来提高对远距离鱼雷的识别和报警。比如法国研发的SLAT反鱼雷系统^[10-11],其配置的“信天翁”被动拖曳式鱼雷报警器利用三元组水听器阵能在较大的舷侧扇面内自动分辨目标左右舷,工作频段为1~6 kHz,能探测到10 km远的低噪声鱼雷。采用全景波束选择器对鱼雷进行快速检测和多级分类识别,在6 km以内范围对目标分类和报警的概率可达到90%以上。鱼雷报警声呐可以通过增加声呐的基元数、拓宽工作频带和集成化其它探测声呐来增加探测距离。

2) 利用主动拖曳阵声呐实现了鱼雷远程定位。虽然被动拖曳阵声呐实现了鱼雷远距离报警,但只能提供目标方位信息,对鱼雷进行有效防御仍需要依靠主动声呐来获取来袭鱼雷的距离信息。当鱼雷目标在跃层下面处于舰壳声呐声影区时,变深声呐仍可检测到鱼雷目标,因此主被动联合的变深拖曳阵声呐得以迅速发展,成为世界各国海军舰艇防御的重要利器,比如美国的980系列低频声呐系统、英国的ATAS V1主动拖曳阵声呐和法国的UMS 4320新一代主动变深声呐等^[10-11],主动工作频率

范围为 1~4 kHz, 均具备主动探测目标和被动鱼雷报警的功能。

3) 综合利用舰壳声呐和拖曳声呐实现了鱼雷探测的全方位覆盖。对于潜艇而言, 敌方鱼雷可能会从各个方向进行攻击, 鱼雷报警系统必须具备全方位监视报警能力, 单纯依赖主被动拖曳声呐克服了鱼雷远程报警和定位的难题, 但是在舰首方向存在搜索盲区, 因此各国海军均在加强艇首方向的鱼雷探测和报警能力, 比如法国的 UMS4110 声呐、德国的 ASO 90 系列声呐和美国的 AN/SQS-56 系列声呐等^[10-11], 将艏部舰壳声呐和主被动联合拖曳声呐组成套装, 实现了鱼雷探测的全方位覆盖, 极大提升了反鱼雷防御能力。

2.2 潜艇快速反应和智能决策技术

潜艇在面临敌方反潜鱼雷来袭威胁时, 特别是敌方空投鱼雷可以借助投放平台优势在潜艇近距离范围内对潜艇进行快速攻击, 潜艇总反应时间短, 要想成功进行对抗防御, 在利用鱼雷专用报警声呐对来袭目标进行快速识别和准确定位后, 还需要潜艇鱼雷防御系统具备快速反应和正确决策的能力。

传统的鱼雷防御系统, 主要是潜艇指挥员根据传感器的探测信息、告警信息、指控辅助、潜艇自身性能和自身海上经验选择水声对抗和机动规避的时机和方案, 但是在此过程中一方面人工决策时间较长, 会延误最佳防御战机; 另一方面人工决策对抗方案的正确与否关系到拦截敌方鱼雷的成功概率的大小。针对现有的利用人工方式进行指挥决策已无法满足实时性和快速性防御的要求。

因此, 潜艇作战平台应开发动态、自适应、智能的优化决策系统, 降低人工干预的频率, 能够根据鱼雷报警信息, 结合自身现有软、硬杀伤武器装备, 动态自适应快速解算每一个战术单元, 在保证火力通道可用的条件下, 自主智能地完成对抗方案的优化选择、对抗武器通道的分配与发射参数的计算、水声对抗装备的控制发射和本艇自身规避机动导航等一系列决策与控制任务。这样的一体化设计便于资源共享, 简化系统, 降低成本, 提高系统整体的信息综合能力和快速反应能力。在一次对抗实

施完成后, 能够快速对对抗方案进行效能评估, 并将评估结果反馈给决策系统, 从而进一步优化决策, 构成从态势感知、指控决策、对抗实施、效能反馈的闭环防御链, 提升潜艇反鱼雷的对抗能力和成功概率。

2.3 潜艇反鱼雷对抗防御措施

目前, 从鱼雷防御的角度, 潜艇反鱼雷对抗的手段大致分为被动防御对抗和主动防御对抗两大类, 其中主动防御对抗包括战术防御对抗和反鱼雷器材对抗, 反鱼雷器材对抗从对抗方式的原理又可细分为软杀伤对抗和硬杀伤对抗 2 类。

2.3.1 被动防御对抗技术

潜艇被动防御是指不直接对抗鱼雷, 而是从潜艇自身出发提高其隐身性能和减振降噪 2 个方面入手。理论上讲潜艇噪声每降低 6 dB, 受到攻击的概率将减少一半。

潜艇提高隐身性能是通过在潜艇外壳涂吸声材料吸收敌方声呐的部分入射波并造成漫反射, 影响声呐识别潜艇的显著特征, 从而使声呐探测和鱼雷自导作用距离缩短, 比如俄罗斯的台风级核潜艇敷设了 150 mm 厚的吸声瓦后^[12], 可使美国 MK 48 型鱼雷的主动声呐的探测距离减小到 30% 左右。

潜艇减振降噪一方面是从抑制噪声源的角度出发来改进螺旋桨结构或者使用低噪音推进装置, 比如俄罗斯 949 型核潜艇采用了七叶大侧斜螺旋桨降噪^[13], 但潜艇在高速航行时螺旋桨负荷加大会提前出现空化气泡, 大幅降低了其静音性能。随后辐射噪声更低、推进效率更高的泵喷推进得以发展并被西方各国潜艇装备, 比如美国的“海狼”级核攻击潜艇在水下 30 m 以 20 kn 航速航行产生的辐射噪声接近于海洋环境噪声^[14]。另一方面从抑制噪声传播途径角度在潜艇上贴片、敷设橡胶等措施来减少潜艇内部噪声向外辐射的强度, 降低被敌方声呐发现的概率, 减少被敌鱼雷命中的目的。

整体来讲, 潜艇的被动防御对抗技术虽然在潜艇隐身降噪方面取得了很好的效果, 降低了潜艇被鱼雷攻击的概率, 但是潜艇无法做到完全隐身和完全静音, 以及敌方反潜新技术的大力发展和应用, 只采用被动防御对于潜艇反鱼雷是远远不够的。

2.3.2 主动防御对抗技术

2.3.2.1 战术防御对抗

潜艇战术防御对抗是指鱼雷报警系统发现来袭鱼雷之后,通过改变潜艇的航向、航速和航深的措施来规避直航鱼雷的弹道和声自导鱼雷的探测,延长采取其它对抗措施的时间,从而避免被敌鱼雷击中。潜艇规避机动依靠推进装置和操纵装置实现的技术难度较小,但是潜艇规避策略的制定较为困难^[15],需要综合考虑敌我态势、潜艇机动性、作战环境和战术要求等各方面的因素。潜艇战术防御对抗可以采取如下措施提高规避成功的概率。

1) 充分利用所处海洋环境的优势。比如潜艇可以利用声波经过温跃层时会产生强烈折射和能量损失,航行到海洋跃变层另一侧来躲避敌方声呐,或者利用声波在海底会被强烈反射形成高噪声背景,靠近海底航行来干扰敌方声呐准确识别潜艇。还有就是利用海洋中天然的声影区来隐藏潜艇,从而达到对抗敌方声呐探测的目的。

2) 充分发挥潜艇自身的机动性能。比如提高潜艇航速来摆脱来袭鱼雷或者消耗鱼雷的航程,合理改变潜艇航向来减少声波反射面积,适当改变航深来消耗敌方声波能量躲避鱼雷声自导探测。

整体来讲,随着近年来新型反潜鱼雷智能化程度和导引方式多样化的发展,潜艇仅仅依靠简单的战术规避机动很难防御来袭鱼雷的攻击。

2.3.2.2 软杀伤防御对抗

潜艇软杀伤防御对抗是指利用噪声或者信号发生器来对敌方鱼雷进行干扰和诱导,软对抗器材主要包括气幕弹、噪声干扰器和声诱饵3大类^[16]。第1类气幕弹是潜艇早期对抗鱼雷的装备,对抗原理是利用化学试剂与水反应制造大量不溶于水的气泡,气泡谐振频率接近声自导鱼雷工作频段,会最大程度地对声波进行吸收和反射,既衰减了敌方声呐声波能量,又遮蔽了本艇的辐射噪声,从而降低了来袭鱼雷的探测能力;第2类噪声干扰器是通过发射宽频带、大功率的噪声来干扰自导鱼雷或声呐探测,使其致盲或瞬时丢失目标;第3类声诱饵是一种通过模拟潜艇辐射噪声、目标尺度特征和机动运动的欺骗性对抗装备。

软杀伤防御对抗技术的发展相对而言比较成熟,其中自航式声诱饵以良好的伪装诱骗能力、灵活的机动能力等优势被许多专家认为是水声对抗器材中最有效的对抗方式之一。但是传统的以软杀伤为主,非杀伤为辅的对抗手段难以满足潜艇防御要求。目前,软杀伤防御对抗技术主要存在以下几个方面的问题。

1) 无动力软杀伤对抗器材无法被快速远距离进行投放。对于潜艇而言无法像水面舰船借助直升机或火箭等快速运载手段施放水声对抗器材,加之潜艇航速相对较低,当来袭鱼雷未被成功干扰和诱骗,穿过气幕或者噪声干扰器后距离潜艇距离不会太远,因此这2种暴露性大的水声对抗器材对于被动声自导鱼雷来说会为其提供一个明确的潜艇位置,使潜艇处于防御的不利局面。

2) 鱼雷智能化程度提高,降低了软杀伤对抗的有效性和成功率。比如来袭鱼雷可以根据气幕散射声波比真实目标回波大的特点,使用先进的信号处理手段识别假回波,加之气幕或者噪声干扰器大多无动力,几乎属于静止目标,很容易被具有多普勒检测能力的声自导鱼雷识破;对于声诱饵来讲可以逼真地模拟潜艇的噪声特征,但是智能鱼雷可以通过尺度识别的差别判断真假目标,直接穿过水声对抗器材,进而搜索真正目标。

3) 软杀伤器材由于其工作原理导致无法全面覆盖所有来袭鱼雷。软杀伤防御对抗技术都是基于声学对抗原理,只能对抗主被动声自导鱼雷,无法对抗直航鱼雷、线导鱼雷和超空泡鱼雷。

2.3.2.3 硬杀伤防御对抗

潜艇硬杀伤防御对抗是指使用反鱼雷武器对来袭鱼雷进行拦截,将其摧毁丧失攻击能力,或者在其附近爆炸产生冲击波,使其内部电子器件因强烈振动而失效。潜艇硬杀伤反鱼雷武器主要包括防鱼雷网、引爆式声诱饵和反鱼雷鱼雷^[17-19]。第1种防鱼雷网是潜艇在来袭鱼雷快要逼近时,从尾部鱼雷发射管发射后定时张开网,通过引爆炸药将闯入的鱼雷摧毁,比如美国为了对付前苏联的65型尾流自导鱼雷采用火箭助飞系统可快速布放防鱼雷网到舰艇尾流区域,有效拦截面积最大可达几十

平方米。第2种引爆式声诱饵是在软对抗器材的基础上增加了硬杀伤功能,首先诱骗鱼雷到其毁伤范围内,通过声引信引爆自身,使鱼雷自导或控制系统失效,比如美国艾默森公司研制的ADC-MK2-1型悬浮式引爆声诱饵,既可发射模拟潜艇噪声的声信号进行诱骗,也可接收到来袭鱼雷探测信号时发出回声模拟信号诱导鱼雷接近对其进行击毁。第3种反鱼雷鱼雷是空中反导概念在水下作战空间的自然延伸,反鱼雷鱼雷从潜艇发射后依靠自导系统捕获来袭鱼雷并在两雷最近时自爆,使敌方鱼雷损毁或攻击失效。比如法国-意大利联合改装研制的MU90-HK反鱼雷鱼雷,只进行了初步的数学仿真和方案论证;德国研制的“海蜘蛛”反鱼雷鱼雷,目前处于原理样机研制和试验阶段^[20]。

硬杀伤防御对抗技术的发展相对而言起步较晚且大多数装备仍处于论证和研制阶段,其中反鱼雷鱼雷由于具备积极主动搜索、对抗时间短、拦截概率高和可对抗鱼雷种类多的优点成为未来较为理想的硬对抗方式^[21-22],反鱼雷鱼雷目前需要攻克的关键技术主要有:

1) 高速小目标测距和定位技术。来袭鱼雷体积小且运动速度快,反射面小导致精确探测难度较大,因此反鱼雷鱼雷的自导系统必须提高对高速运动小目标的定位能力,从而快速接近来袭鱼雷;同时,来袭鱼雷被直接命中的概率相对较小,反鱼雷鱼雷的引信系统必须具备精确测距的能力,确保在其有效杀伤半径内自爆,从而摧毁来袭鱼雷或使其攻击失效。

2) 反鱼雷弹道有效拦截技术。由于来袭鱼雷速度快,可用攻击时间短,和反鱼雷鱼雷相向运动视线角变化大,常规鱼雷弹道无法适用反鱼雷弹道,因此反鱼雷弹道要能够针对来袭鱼雷的类型制定相应的导引策略,确保短时间内以较高的拦截概率摧毁来袭鱼雷。

3) 高机动性和快速响应技术。反鱼雷鱼雷在拦截高速大机动性鱼雷时需要不断改变航向,这就需要其操纵装置最大可用过载满足机动灵活性的要求,同时需要控制系统和执行机构能够快速实时响应,这样才能达到有效跟踪和拦截鱼雷的目的。

3 潜艇反鱼雷防御的未来发展方向与思考

根据上述潜艇反鱼雷防御的发展现状可以发现,在第二次世界大战结束后相当长的时期内,世界各国均把反鱼雷软硬对抗器材的发展作为研发重点,但是随着敌方声呐和声自导鱼雷的抗干扰能力的增强,未来潜艇仅仅依靠提升防御装备的性能还远远无法满足实际作战的需求,将对抗装备与实际作战使用的战术策略相结合变得尤其重,从而实现从提升防御装备技术向提升防御对抗能力的转变。关于潜艇反鱼雷防御的未来发展方向与思考主要包括以下3个方面。

1) 综合软硬杀伤对抗技术构建多层次的潜艇防御体系。

潜艇无论是主动防御对抗还是被动防御对抗措施,每种反鱼雷对抗手段均存在各自的优势和不足,面对新型智能鱼雷反欺骗和反对抗能力的提高,传统依靠单一的、单次的反鱼雷对抗措施很难保证潜艇的安全^[22],因此可以根据来袭鱼雷与本艇的距离进行多层次的反鱼雷对抗,第1层是远程防御阶段,鱼雷报警器在足够远的距离探测到来袭鱼雷并发出预警,同时潜艇根据实战态势采取合理的战术规避机动措施,为潜艇实施后续的软硬对抗争取更多的时间;第2层是中层防御阶段,即采取单一的规避机动无法摆脱来袭鱼雷时,快速施放各种软杀伤对抗器材,在多个位置形成多源的干扰点

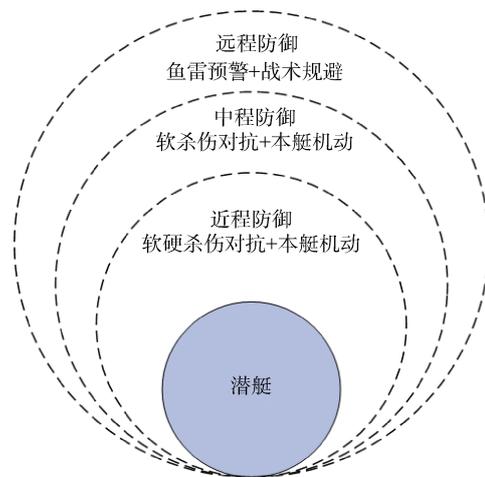


图1 潜艇多层次反鱼雷对抗防御体系
Fig. 1 Submarine multi-level anti-torpedo defense system

或诱骗假目标,同时本艇进行机动规避,有效消耗来袭鱼雷的航程继续为后续可能的鱼雷防御争取时间;第 3 层是近程防御阶段,即来袭鱼雷与潜艇距离已十分接近时,实施硬杀伤手段彻底摧毁鱼雷,或者同时施放软硬对抗器材提升拦截概率。这种多层次的反鱼雷防御策略,一方面能充分发挥每种对抗技术的优势,有效利用潜艇有限的对抗装备;另一方面则可以对抗敌方多枚来袭鱼雷攻击,使潜艇反鱼雷防御体系更为全面和完善。

2) 利用人工智能技术构建人机协同的潜艇智能反鱼雷对抗体系。

潜艇在面对来袭鱼雷的威胁时,如何有效整合声呐探测的目标信息、本艇自身的运动信息和所处海洋环境信息合理选择对抗时机进行最为有效的对抗措施,仅仅依靠潜艇指挥员人为地指控决策往往难以达到上述潜艇安全防御的要求。近年

来随着人工智能技术的发展,将神经网络、机器学习、深度学习和智能优化等技术融入潜艇反鱼雷对抗系统中构建人机协同的智能反鱼雷对抗体系^[23],该智能对抗体系可以对来袭鱼雷进行智能态势感知和智能指挥决策。其中智能态势感知主要包括对敌方平台、来袭鱼雷当前时刻方位信息和运动信息的态势觉察,基于态势大数据库对来袭鱼雷攻击意图的态势理解,对来袭鱼雷和敌方发射平台下一时刻运动方位、进入我方对抗防御圈时间的态势预测,以及来袭鱼雷和发射平台发现本艇概率、对本艇威胁程度的态势评估。而智能指挥决策根据智能态势感知获取的有用信息采用智能算法选取最优的潜艇机动规避策略和反鱼雷对抗方案。该反鱼雷防御体系整体以机器决策为主,人工决策为辅,保证反鱼雷对抗决策的快速性、高效性和可靠性。

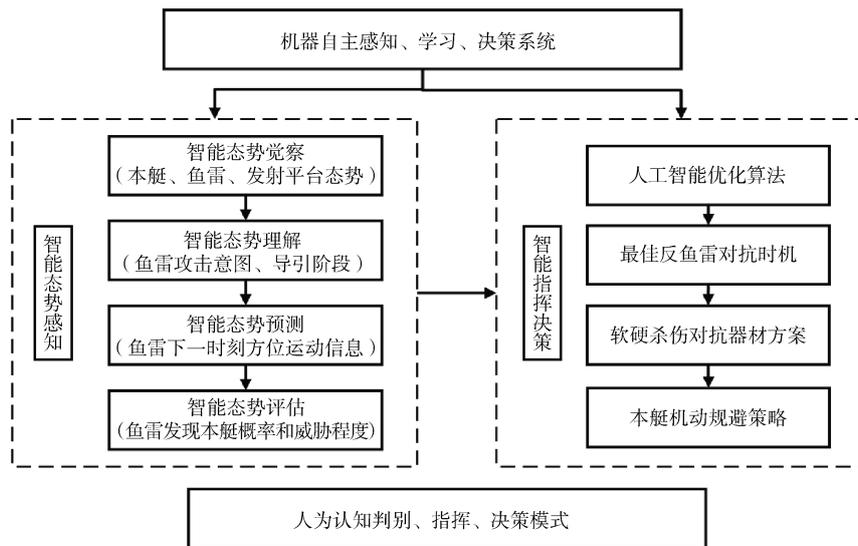


图 2 潜艇人机协同的智能反鱼雷对抗框架

Fig.2 Intelligent anti-torpedo countermeasure framework with submarine man-machine cooperation

3) 联合无人水下航行器(UUV)协同潜艇搭建网络化反鱼雷防御体系。

近年来随着反潜技术和装备的不断发展,未来的水下作战已不再是单一武器与武器、单一平台与平台之间的对抗,而是转变为体系与体系之间的对抗^[24],因此潜艇防御体系为了适应未来这种水下体系化作战的趋势,应该联合其它陆、海、空、天基的作战平台进行一体化、网络化的水下反鱼雷对抗。

而潜艇与 UUV 组成异构协同的对抗防御体系^[25],潜艇作为后方遥控指挥和远程打击的核心,一方面利用 UUV 自主控制、机动灵活和可在水下长时间、大范围工作的优点将其作为潜艇的远程预警系统或者与其它作战平台的水下通信中继节点,对各平台获取的信息通过 UUV 传输到潜艇指控系统进行融合,形成精确、实时和统一的战场态势图像,全方位感知敌方作战平台或来袭鱼雷,确保潜艇先敌

发现并迅速有效地做出决策；另一个方面 UUV 可以与软硬水声对抗器材进行集成化设计,实现对敌方平台和来袭鱼雷的远距离干扰和拦截,大大拓展了潜艇的防御半径和能力。

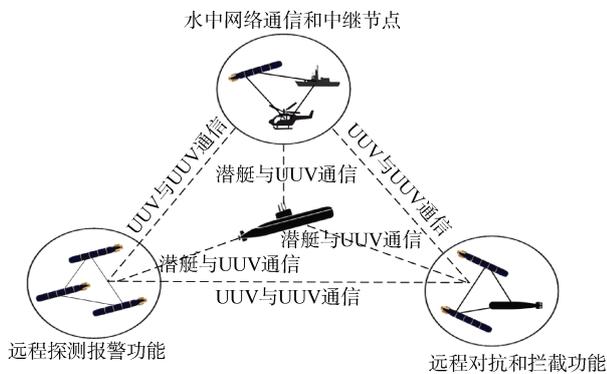


图3 潜艇和UUV协同网络化对抗防御体系

Fig. 3 Networked countermeasure defense system with submarine and UUV cooperation

4 结束语

本文主要从潜艇反鱼雷防御的角度出发,主要介绍和分析了包括潜艇面临的鱼雷威胁和反鱼雷防御要求的战术背景、潜艇鱼雷报警声呐、主动和被动对抗措施的发展现状,以及对潜艇反鱼雷防御体系的未来展望3个方面的内容。随着鱼雷技术和反潜技术的不断发展,对潜艇反鱼雷防御提出了更高的要求,从最开始仅仅依靠自身隐蔽性和机动性能,发展到各种软、硬杀伤对抗技术的联合使用,可以发现潜艇攻防技术的界限正在日益模糊且逐渐融为一体,正在突破潜艇自身的总体性能和武器系统,还会充分利用其它作战平台的优势进行综合体系防御,形成以潜艇为网络中心的多层次、多平台、有人无人协同的智能化反鱼雷对抗防御体系,对于提高潜艇与敌方潜艇、水面和空中力量对抗中的生存和获胜概率具有十分重要的军事意义。

参考文献

- [1] 何心怡, 卢军, 张思宇, 等. 国外鱼雷现状与启示[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020, 3(2): 87-93.
- [2] 佚名. 俄拟于年内完成新型鱼雷测试[J]. 现代军事, 2017(4): 13.
- [3] 邹宇. 来自罗马的“黑鲨”——意大利白头公司研制的重型鱼雷[J]. 国际展望, 2003(24): 73-75.
- [4] 王岚, 曹小娟. 轻型鱼雷发展趋势和关键技术研究[J]. 鱼雷技术, 2003, 11(2): 1-3.
- [5] 崔峰. MU90——欧洲先进的轻型鱼雷[J]. 鱼雷与发射技术, 2003(4): 62-64.
- [6] 刘伟. 新一代轻型鱼雷 MTT[J]. 舰船知识, 2008(1): 47.
- [7] 曹小娟, 王崇伟. 火箭助飞鱼雷关键技术研究[J]. 水下无人系统学报, 2000(1): 10-12.
- [8] 梁良, 贾跃, 任磊. 国外舰载助飞鱼雷发展综述[J]. 鱼雷技术, 2014, 22(2): 157-160.
- [9] 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.
- [10] FUNNELL C. Jane's underwater warfare systems 2008-2009[M]. London: Jane's Information Group, 2009.
- [11] EWING D. Jane's underwater warfare systems 2011-2012[M]. London: Jane's Information Group, 2012.
- [12] 施征. 俄罗斯潜艇消音技术[续][J]. 现代舰船, 2002(7): 25-27.
- [13] 余志斌. 七叶大侧斜桨在外国潜艇上的应用和分析[J]. 现代舰船, 2019, 40(12): 230-234.
- [14] 王天奎, 唐登海. 泵喷推进器——低噪声的核潜艇推进方式[J]. 现代军事, 2006(7): 52-54.
- [15] 周祥龙. 潜艇鱼雷防御方法探讨[J]. 水雷战与舰船防护, 2015, 23(1): 66-69.
- [16] 陈宁, 潘功配, 陈昕, 等. 现役反鱼雷软杀伤技术局限性分析[J]. 舰船科学技术, 2006(3): 78-82.
- [17] 高学强, 宋强, 杨日杰. 水声硬对抗技术研究综述[J]. 舰船科学技术, 2007, 29(2): 28-31.
- [18] 谢建辉, 张宇文. 反鱼雷武器的关键技术[J]. 战略防御, 1995(6): 61-64.
- [19] 丁振东. 反鱼雷鱼雷关键技术探讨[J]. 鱼雷技术, 2007, 15(1): 6-7.
- [20] 王新华, 杨迎化, 衡辉, 等. 反鱼雷鱼雷发展现状及作战使用[J]. 飞航导弹, 2012(5): 54-58.
- [21] 崔贵平. 国外反鱼雷鱼雷技术发展及趋势[J]. 舰船科学技术, 2013(3): 138-141.
- [22] 翟坚帅, 马亮, 黄锐. 潜艇反鱼雷研究现状及未来发展趋势[J]. 水雷战与舰船防护, 2012, 20(4): 64-67.
- [23] 侯文妹. 人机协同的潜艇智能防御鱼雷水声对抗模型体系[J]. 舰船电子工程, 2022, 42(1): 1-4, 88.
- [24] 司广宇, 苗艳, 李关防. 水下立体攻防体系构建技术[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(1): 1-8.
- [25] 李凝, 黄红飞. 潜艇利用无人水下航行器反鱼雷[J]. 水雷战与舰船防护, 2009, 17(2): 63-65.

(责任编辑: 肖楚楚)