



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代水声对抗 技术与应用

杨日杰 高学强 韩建辉 编著

国家级规划教材

作者权威,学术领先

面向21世纪教学改革

全国优秀出版社倾力打造



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代水声对抗技术与应用

杨日杰 高学强 韩建辉 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了水声对抗领域的相关技术和装备应用。全书由9章组成,内容包括水声对抗技术概述、水声对抗基础理论、水声信号检测基础理论、水声瞬态信号检测技术、水声环境对潜艇机动规避的影响、水声软对抗技术及器材、水声硬对抗技术及器材、水声对抗系统及其他水声对抗技术。书中内容主要反映了近年国内外在该领域的最新发展和研究成果。

本书可作为高等院校水声工程、水声对抗、航空反潜等专业本科生、研究生的教材或参考书,也可供水声工程、水声对抗、声信号检测、鱼雷防御等领域的技术人员参考,对于从事水声对抗装备技术研究的科研人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

现代水声对抗技术与应用 / 杨日杰, 高学强, 韩建辉
编著. —北京: 国防工业出版社, 2008. 9
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978 - 7 - 118 - 05601 - 3

I. 现... II. ①杨... ②高... ③韩... III. 对抗声
纳 - 军事技术 - 高等学校 - 教材 IV. E925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 021004 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 13 1/2 字数 306 千字
2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

前 言

我国第一代潜艇水声对抗器材从 1985 年装备到潜艇上,至今已有二十多年的时间。在水声对抗系统装备的功能和技术应用方面,我国和发达国家相比仍有一定的差距。在这段时期内,随着数字信号处理技术、计算机技术、信息技术的飞速发展,高智能化的鱼雷、微型潜艇、无人潜航器、蛙人等多种水下目标给舰艇带来的威胁越来越大。因此,加快水声对抗新技术的研究,发展高性能的水声对抗装备已经迫在眉睫。

目前,我国已开始加强对水下战人才的培养、科研的投入、装备的配置等,然而,在进行水声工程、水声对抗、反潜等专业的教学中,缺乏全面反映水声对抗技术原理与应用的教材,使得高等院校相关专业本科生和研究生教学、科研院所有关技术人员进行科研和设备研制等缺乏合适的教材和参考书。鉴于此,作者期望本书能对从事和正致力于研究学习水声对抗知识的人员有所帮助。

本书主要资料来源于相关研究报告、水声对抗装备的技术资料、相关论文等。其主要内容包括水声对抗概述、水声对抗基础理论、水声信号检测基础理论、瞬态信号检测技术、水声环境对潜艇机动规避的影响、水声软对抗技术及器材、水声硬对抗技术及器材、水声对抗系统及其他水声对抗技术。

本书在广泛搜集水声对抗技术最新资料的基础上,将水声对抗的新技术、新方法纳入到本书内容中,吸收了现代水声对抗技术的发展成果;将理论与实际装备紧密结合,对水声对抗基本技术、基本理论、水声对抗器材、水声对抗系统及应用进行了阐述,从战术、技术两个方面进行了分析,以满足新军事变革对人才战技合一、复合型人才培养的需求;同时紧密结合实际应用需求,对国外主要的水声对抗装备发展现状进行了介绍,给出了典型对抗器材、系统的应用实例,有助于加强对理论的理解和掌握,适合多层次人才培养的需要。

本书编写过程中,有些内容来自于所列参考文献,在此对文献的作者深表谢意。

由于作者水平有限,书中不足与疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 12 月

目 录

第1章 水声对抗概述	1
1.1 概述	1
1.1.1 水声对抗的含义及分类	1
1.1.2 水声对抗的地位和作用	1
1.1.3 水声对抗技术的发展过程	2
1.2 水声对抗的现状和发展	2
1.2.1 水声对抗器材的现状和发展	2
1.2.2 水声对抗系统的现状和发展	3
1.3 水声对抗器材	5
1.3.1 水声对抗器材的分类	5
1.3.2 常规水声对抗器材的特点及战术、技术指标	5
1.4 水声对抗装备	7
1.4.1 潜艇水声对抗装备	7
1.4.2 水面舰艇水声对抗装备	9
1.5 水声对抗新技术及发展趋势	13
1.5.1 潜艇水声对抗新技术及发展趋势	13
1.5.2 水面舰艇水声对抗新技术及发展趋势	15
本章小结	16
思考题	16
第2章 水声对抗基础知识	17
2.1 声呐方程及应用	17
2.1.1 声呐参数	17
2.1.2 主、被动声呐方程及应用	19
2.1.3 水声对抗干扰方程	21
2.2 水声传播损失	22
2.2.1 传播损失的概念	22
2.2.2 混合层传播损失模型	23
2.2.3 浅海声道传播损失模型	24
2.2.4 深海声道传播损失模型	31

2.3 辐射噪声	32
2.3.1 舰船的辐射噪声	32
2.3.2 鱼雷的辐射噪声	34
2.4 混响	35
2.4.1 体积混响	36
2.4.2 海面混响	36
2.4.3 海底混响	37
2.5 目标强度	37
2.5.1 收发合置	37
2.5.2 收发分置	40
2.6 环境噪声	44
2.6.1 深海中的环境噪声源	44
2.6.2 深海噪声谱	46
本章小结	47
思考题	47
第3章 声信号检测基本理论	49
3.1 引言	49
3.2 检验准则	49
3.2.1 假设检验	49
3.2.2 似然比和最优处理器	50
3.2.3 贝叶斯(Bayes)准则	51
3.2.4 最小错误概率准则	53
3.2.5 纽曼—皮尔逊准则	53
3.3 被动水声信号检测	54
3.3.1 被动水声信号的检测方法	54
3.3.2 一般接收机模型	61
3.3.3 常用接收机系统结构及输出信噪比	64
本章小结	68
思考题	68
第4章 水声瞬态信号检测技术	69
4.1 引言	69
4.2 短时相关法	69
4.3 Power - Law 检测器	71
4.4 Page Test 瞬态信号检测	72
4.5 高阶统计量瞬态信号检测	76

4.6	Gabor 变换瞬态信号检测	77
4.7	ARMA 模型检测法	79
4.8	复合检测方法	81
4.8.1	小波与 Power - Law (WT - Power - Law)	81
4.8.2	小波与 Page - Test	85
4.8.3	基于高阶统计量和小波去噪的瞬态信号检测	87
4.8.4	基于 HOS 的 Power - Law 检测器	88
	本章小结	89
	思考题	89
第 5 章	水声环境对潜艇机动规避的影响	91
5.1	潜艇机动规避技术概述	91
5.1.1	航速	91
5.1.2	航向	92
5.1.3	航深	94
5.1.4	规避路径	94
5.2	水声环境对潜艇隐蔽性的影响	95
5.2.1	跃变层	95
5.2.2	声速梯度	96
5.2.3	风浪	101
5.3	潜艇机动规避对声呐探测距离的影响	102
5.3.1	潜艇航速对被动声呐探测距离的影响	102
5.3.2	潜艇航向对主动声呐探测距离的影响	103
5.3.3	海况对主、被动声呐探测距离的影响	104
	本章小结	104
	思考题	104
第 6 章	水声软对抗技术及器材	106
6.1	声诱饵	106
6.1.1	声诱饵的概念与特性	106
6.1.2	声诱饵基本构成及声特性模拟技术	107
6.1.3	主动声诱饵特征和模型	110
6.1.4	被动声诱饵特征和模型	113
6.1.5	主动声诱饵的工程实现	118
6.1.6	声诱饵的战术使用	120
6.2	自航式声诱饵	121
6.2.1	自航式声诱饵的概念与特性	121

6.2.2	自航式声诱饵的基本构成及模拟技术	122
6.2.3	自航式声诱饵的航迹模型	122
6.2.4	自航式声诱饵的战术使用	122
6.2.5	自航式声诱饵的战斗使用原则	126
6.3	噪声干扰器	126
6.3.1	噪声干扰器的概念和特性	126
6.3.2	噪声干扰器的对抗原理	127
6.3.3	噪声干扰器的基本构成	130
6.3.4	输出信号特征分析	130
6.3.5	噪声干扰器的战术使用	131
6.4	气幕弹	132
6.4.1	气幕弹概念及特性	132
6.4.2	气幕弹的对抗原理	134
6.4.3	气幕弹的使用效果分析	135
6.4.4	气幕弹的战斗使用	136
	本章小结	137
	思考题	137
第7章	水声硬对抗技术及器材	139
7.1	反鱼雷鱼雷	139
7.1.1	反鱼雷鱼雷的概念、特点	139
7.1.2	反鱼雷鱼雷的总体设计	140
7.1.3	反鱼雷鱼雷的系统构成	142
7.1.4	反鱼雷鱼雷的发展现状	145
7.1.5	反鱼雷鱼雷的关键技术	145
7.2	反鱼雷深弹	147
7.2.1	深水炸弹的概念、用途	147
7.2.2	深水炸弹的组成、特点	147
7.2.3	深水炸弹的分类	147
7.2.4	反鱼雷深弹的工作原理	148
7.2.5	典型的反鱼雷深弹系统	148
7.3	其他硬杀伤武器	150
7.3.1	防鱼雷网	150
7.3.2	引爆式声诱饵	151
7.3.3	反鱼雷水雷	152
7.3.4	超空泡射弹武器	152
7.3.5	反鱼雷火箭	153

本章小结·····	155
思考题·····	155
第8章 水声对抗系统·····	156
8.1 鱼雷报警声纳系统·····	156
8.1.1 主要特点·····	157
8.1.2 关键技术·····	158
8.1.3 系统组成·····	159
8.1.4 鱼雷信号的检测和分类·····	161
8.2 潜艇水声对抗系统·····	162
8.2.1 系统组成·····	163
8.2.2 系统功能·····	164
8.2.3 系统应用实例·····	164
8.3 水面舰艇水声对抗系统·····	166
8.3.1 系统组成·····	166
8.3.2 系统功能·····	167
8.3.3 系统应用实例·····	169
8.4 编队水声对抗系统·····	171
8.4.1 系统组成·····	172
8.4.2 系统功能·····	174
8.4.3 系统应用实例·····	175
8.5 网络水声对抗·····	175
8.5.1 网络水声对抗的概念·····	176
8.5.2 网络水声对抗的实现·····	177
8.5.3 水声网络对抗·····	180
8.5.4 水声对抗网络·····	181
本章小结·····	182
思考题·····	182
第9章 其他水声对抗技术·····	184
9.1 潜艇降噪技术·····	184
9.1.1 螺旋桨噪声的降低·····	185
9.1.2 机械噪声的降低·····	186
9.1.3 水动力噪声的降低·····	187
9.1.4 潜艇降噪技术的发展现状·····	188
9.2 潜艇吸声技术·····	188
9.2.1 潜艇吸声技术的原理·····	188

9.2.2 消声瓦	190
9.2.3 消声瓦的发展现状	191
9.2.4 消声瓦的发展趋势	193
9.3 舰艇消磁技术	194
9.3.1 概述	194
9.3.2 舰艇的磁场特性	195
9.3.3 舰艇消磁方法	196
9.3.4 舰艇消磁系统	199
本章小结	203
思考题	203
参考文献	204

第 1 章 水声对抗概述

随着鱼雷技术的飞速发展,其智能化程度及航速越来越高,杀伤力越来越大,航程越来越远,水面舰艇和潜艇面临的威胁随之加重。为了有效防御鱼雷,舰艇、潜艇通过机动规避、使用各种水声对抗装备等措施,来摆脱敌方声纳的探测、跟踪以及鱼雷的攻击,来提高本艇的安全系数,这就促进了水声对抗技术的发展。本章在对水声对抗的基本概念、水声对抗器材的分类、水声对抗技术的地位和发展过程进行简要介绍的基础上,讨论了典型水声对抗器材的战术技术指标,并对典型水声对抗器材、水声对抗技术的发展趋势进行了介绍。

1.1 概 述

1.1.1 水声对抗的含义及分类

水声对抗又称“水下电子战”。水声对抗位于水声学、舰艇战术学和电子对抗技术的结合部,属于新兴的一门边缘学科。水声对抗的目的是利用水声技术、设备和器材诱骗、干扰敌方声纳和声自导鱼雷的探测,从而免受敌方的鱼雷攻击,提高自身的生存能力。从水下侦察与反侦察、探测与反探测到摆脱跟踪、规避攻击,从水声环境和目标特性的利用到软、硬杀伤性武器的使用,都属于水声对抗的范畴。

水声对抗从广义上讲是海战的对抗,从狭义上讲是舰艇、潜艇与反舰、反潜兵力之间的对抗,是对抗双方用水声技术所完成的发现和反发现、跟踪和反跟踪、识别和反识别、攻击和反攻击等的过程,这是水声对抗的广义内涵。从某种意义上讲水声对抗是信息战和精确打击在水下的体现和延伸。

根据作战平台的不同,水声对抗可分为水面舰艇水声对抗和潜艇水声对抗,两者所采用的对抗技术和使用的对抗器材有一定的差别。

1.1.2 水声对抗的地位和作用

自从出现了声纳和鱼雷之后,由于鱼雷要千方百计地命中目标,而被攻击的目标则要千方百计地对抗鱼雷的攻击,这样水声对抗便应运而生。现代海战中对水面舰艇的威胁不仅来自空中和海上,还来自于水下。远在第二次世界大战中,由潜艇击沉的军舰达 460 余艘、商船 4600 多艘,总吨位 2300 余万吨;其中美国仅用两艘潜艇就击沉了日本的两艘航空母舰。

水声对抗在现代海战中已得到广泛应用,并取得了显著效果。如 1982 年的英阿马岛海战中,阿根廷的“圣·路易斯”号潜艇在对英舰实施了第一次鱼雷攻击后,虽然遭到了许多反潜直升机和三艘护卫舰长达 20h 的搜索和攻击,仍然安全地返回了基地,很大原因

就是有效地使用了水声对抗器材。在对付阿军潜艇的同时,英军也对阿根廷最大的巡洋舰“贝尔格拉诺将军号”发起了鱼雷攻击,但该舰由于缺乏有效的水声对抗系统,结果英军只用了一枚直航鱼雷就将这艘巡洋舰击沉,这场战斗最终决定了整个战争的胜负。另外,阿军也对英舰进行了多次鱼雷攻击,但英军的水面舰艇上装备有先进的水声对抗系统,在发现鱼雷攻击后使用了有效的水声对抗器材,使得来袭鱼雷失去目标并最终航程耗尽,失去攻击能力。

近年来,随着水声换能器技术、信号检测技术、声传播理论和应用的快速发展,水声探测技术和鱼雷武器声制导技术得到了不断发展和提高,水声对抗技术随之得到发展并日益受到各国海军的高度重视,它不仅是提高各种舰艇和潜艇自身生存能力的重要措施,同时也是取得水下作战主动权的决定性因素。在电子技术高速发展的今天,世界各国都已把海军装备中有无先进的水声对抗系统作为衡量舰艇现代化水平的重要标志之一,现代海战是空中、水上、水下同时进行的立体化战争,使用的武器射程远、命中率高、杀伤力强、破坏性大。对于海战而言,谁能先发现敌人并能采取正确快速的反应措施,谁就能取得战争的主动权。目前,世界各国都认识到了水声对抗技术在现代海战中的重要地位和作用,并投入较大的人力、物力发展水声对抗技术。

1.1.3 水声对抗技术的发展过程

水声对抗技术的发展过程可以分为如下三个阶段。

第一阶段是直接干扰和掩护技术。在这个阶段中,因为鱼雷是直航雷,声纳为模拟声纳,其作用距离较近且只能跟踪单目标,所以一般的低频干扰器只要入水到适当位置,就可对实施跟踪的声纳或鱼雷产生干扰,如各种高频、低频干扰器、噪声干扰器、气幕弹等。

第二阶段是声诱骗技术。在这个阶段中,鱼雷使用了声自导,声纳开始采用数字化技术,其作用距离得到提高且可跟踪多个水声目标。因此,一般的直接干扰和掩护技术已不能满足水声对抗的需要,这就要求水声对抗技术向声诱骗方向发展,诱骗鱼雷和声纳去跟踪假目标,如各种目标应答机、自航式声诱饵等。

第三阶段是智能化水声对抗技术。在这个阶段中,随着尾流自导、自导+线导、目标尺度和亮点结构识别等智能化技术在鱼雷上的应用,鱼雷的智能化程度得到有效的提高;同时随着低频、大功率、合成孔径、数字信号处理等技术在声纳上的应用,声纳的探测距离、对目标的识别和跟踪能力等得到有效提高,使上述第一阶段和第二阶段的水声对抗技术已不能适应水声对抗的发展需要,因而,智能化水声对抗技术随之得到发展。所谓智能化水声对抗技术就是将威胁报警、干扰、诱骗及软硬杀伤有机地融合在一起的技术,这种技术的成功使用,使其有能力对抗现代鱼雷的探测、跟踪和攻击。

1.2 水声对抗的现状和发展

1.2.1 水声对抗器材的现状和发展

水声对抗是伴随着声纳探测设备和鱼雷武器的发展而发展起来的。第一次世界大战中(1914年—1918年),声纳还没有出现,这时候潜艇只需要考虑光隐身,因而德国潜艇

取得了辉煌的战果。1916 年—1918 年, Langeven 完成了水下回声定位的实验, 收到了 1500m 外水下潜艇的反射声, 而后转入到声纳工程化研究上。到第二次世界大战时期, 水声探测设备已逐步完备, 在大战期间与潜艇对抗中起到了重要作用, 在这一时期, 人们已经考虑到如何在潜艇攻击目标的过程中进行声隐身了, 防御中已经开始使用水声对抗器材, 水声对抗得到了初步的发展。

早在 20 世纪 40 年代, 美国率先研制并装备了声对抗器材, 最早的产品是美国加利福尼亚大学战争研究部研制的 NAC、NAH 声干扰器, 但当时的噪声发生器大部分是以机械方式产生噪声。50 年代, 苏联在潜艇上研制装备了气幕弹, 它能对声信号起一定的屏蔽和反射作用, 达到掩护本艇的目的。此外, 美国海军根据实艇噪声测量结果, 有针对性地采取降噪措施降低潜艇辐射噪声。而德国发展了一种声反射系数很小的潜艇覆盖材料, 它是一层穿孔的橡皮, 贴在潜艇的外壳上, 外面再贴上一层薄的硬橡皮, 使海水和空气隔开。这两项措施都属于声隐身范畴, 是最早的反声探测手段。

自第二次世界大战中后期水声对抗技术出现以来, 美、英、法、意和苏联等国都积极研究和开发水声对抗技术, 不断地更新装备。随着电子技术的发展, 在 20 世纪 60—70 年代, 电子噪声干扰器、信号模拟器、声诱饵大量出现。到 70 年代, 美国已经开发了多种软杀伤对抗器材, 如 AN/BLQ-3 型低频干扰器、AN/BLQ-4 型高频干扰器、AN/BLQ-5 型悬浮式低频回声重发器、AN/BLQ-6 型悬浮式高频回声重发器、自航式干扰器、AN/BLQ-8 潜艇噪声模拟器、AN/BLQ-9 自航式声诱饵等。

20 世纪 80 年代初, 微型计算机技术已普遍应用到各国新造或改进的声纳和鱼雷上, 这就对水声对抗器材提出了更大的挑战, 各国纷纷研制杀伤力更大、智能化程度更高的水声对抗器材。80 年代中期, 美国为了对付苏联研制成功的 65 型尾流自导鱼雷, 研制了智能型 MK2-0 型鱼雷诱饵, 它不具有主动诱骗功能, 是一种硬杀伤对抗器材, 这标志着水声对抗器材开始向硬杀伤方向发展。此外, 世界各国也加大了对火箭助飞鱼雷、反鱼雷深水炸弹、反鱼雷鱼雷、训练模拟器的研究力度, 其中, 俄罗斯的深水炸弹和法国的潜艇模拟器很有代表性。法国于 90 年代研制的气幕弹性能比较先进, 它广泛装备于水面舰艇及潜艇, 用于屏蔽目标, 降低主、被动自导鱼雷对舰艇的作用距离。此外, 法国于 80 年代开发、90 年代初期研制成功的火箭助飞式声诱饵, 能很方便地发射多个诱饵, 不仅可以对付齐射的鱼雷, 而且能够远距离发射, 在掩护本舰的同时具有掩护友舰的功能。

据粗略统计, 从 20 世纪 40 年代到 90 年代初, 各国研制的干扰器、声诱饵、潜艇模拟器、气幕弹等水声对抗器材已达几百种。随着水声探测技术和鱼雷武器声制导技术的不断发展, 水声对抗器材向着自航式、火箭助飞式、空投、硬杀伤和智能化方向发展。

1.2.2 水声对抗系统的现状和发展

随着声纳和鱼雷技术的飞速发展, 传统的利用单一水声对抗器材进行水声对抗的方式已不能满足海军作战的要求, 这迫切需要一个完整的系统来实现全方位的对抗: 对敌目标进行侦察、报警、探测和跟踪, 对全方位的信息进行分析处理, 选择水声对抗方案、控制发射装置发射对抗器材, 对对抗效果进行跟踪、评估等。一个完整的水声对抗系统是由声探测设备、信息传递和处理装置、控制和发射装置、水声对抗器材等组成的, 其发展要滞后于水声对抗器材的发展。以美国为例, 其水声对抗器材已经发展了 4 代, 而水声对抗系统

仅仅开发 2 代,对水声对抗系统的研究也仅有 30 年左右的历史,并且主要是围绕着防御鱼雷攻击进行研究的。此外,由于潜艇独特的作战特点,潜艇水声对抗系统的发展要早于水面舰艇水声对抗系统。但两者比较而言,水面舰艇水声对抗系统更为典型。

美国是最早发展水声对抗系统的国家,在 20 世纪 70 年代中期就研制了第一代水面舰艇鱼雷防御系统(简称 SSTD),并在许多大中型水面舰艇上装备了 AN/SLQ-25 拖曳式声诱饵。随着鱼雷技术和声纳的发展,美国很快发展了第二代 SSTD,并于 80 年代末正式投入使用。第二代 SSTD 的核心是为水面舰艇研制并装备被动式鱼雷报警声纳,它的基阵拖曳在拖曳式诱饵的后面,从而使水面舰艇能探测到 10km 以外敌潜艇发射的鱼雷,并通过信息综合,在一定距离上实现对鱼雷的识别和定位。第二代 SSTD 改进了原来的拖曳式声诱饵,它同时拖曳两个声诱饵,这样配置的好处不仅可以互相备份,而且在一个诱饵被击中或损坏的情况下,另一个诱饵可以继续干扰鱼雷;更重要的是当鱼雷进入诱饵作用区以后,几乎很难逃离。1988 年 10 月,美英两国开始共同开发新一代水面舰艇反鱼雷防御系统,与此同时,法国、以色列和俄罗斯等海军强国也在大力发展水面舰艇反鱼雷系统。其中,法国于 20 世纪 90 年代初投入使用的水面舰艇反鱼雷防御系统(SLAT),主要由一个被动拖曳式鱼雷报警短阵声纳和一套通过火箭助飞技术将对抗器材发送到离本舰 3km 以外的火箭助飞式声诱饵系统构成,这一系统能够在 10km 以外距离上发现鱼雷并能对来袭鱼雷进行多层次的对抗。以色列海军于 20 世纪 90 年代初为水面舰艇开发了第二代反鱼雷防御系统(TSDS 系统),它的基本结构与美国的第二代 SSTD 系统类似,但它的拖曳式诱饵和美国的相比,性能相仿而重量更轻、安装更加方便。与美、英等西方海军发展水面舰艇反鱼雷防御系统的思想有很大的不同,苏联在 20 世纪 80 年代后期推出了独具特色的 SSTD 系统,该系统的基础是把水面舰艇上原来用于反潜目的的深水炸弹系统改造为用于拦截鱼雷使用,利用深水炸弹拦截鱼雷,是一种全新而有效的鱼雷对抗和鱼雷防御思路,经实验其对抗效能显著。此外,意大利白头公司生产的 C310 型水声对抗系统是 20 世纪 90 年代的产品,其对抗器材使用专用的发射管发射,对抗器材主要为标准干扰器和自航式目标模拟器。

我国自 20 世纪 70 年代以来也研制开发了第一代、第二代水声对抗系统,其部分性能已经接近或达到国际先进水平,但总体性能还存在一定差距。和国外先进的水声对抗系统相比,我国水声对抗系统的主要特点如下。

(1) 在系统集成化程度上,不低于目前国际上先进的水声对抗系统,各种传感器信息的传递速度和综合处理能力都达到了国际先进水平。

(2) 在信息获取方面,侦察声纳获取信息的能力相对较低,其原因是受限于声纳站工作的声学环境,即声纳站工作的平台噪声——潜艇自噪声级太高。和技术先进的国家相比,相同航行状态下,我国潜艇的自噪声级要高出近 10dB,这就严重影响了声纳的作用距离。

(3) 在水声对抗器材性能上有较大差距,自航式水声对抗器材的发展水平低于发达国家。

(4) 悬浮式水声对抗器材的发射数量不能满足战术上的需求,如意大利的水声对抗系统,其噪声干扰器的发射管多达几十个,连续发射的时间间隔很短,可在短时间内布下较大的噪声干扰器阵。

(5) 潜艇发射水声对抗器材时的速度受到限制,发射水声对抗器材时潜艇需要降低速度。

1.3 水声对抗器材

1.3.1 水声对抗器材的分类

水声对抗器材可按多种方法进行分类。

(1) 按是否发射声波来分,可分为有源和无源两类。有源水声对抗器材是指对抗器材自身利用水声换能器向外发射声波,如噪声干扰器、声诱饵等;无源水声对抗器材自身不向外发射声波,如气幕弹等。

(2) 按功能来分,可分为抑制型、诱骗型和屏蔽型。抑制型水声对抗器材向外辐射随机噪声,使敌声纳或鱼雷声制导装置的背景噪声增加,从而使其作用距离减小或致盲;诱骗型水声对抗器材利用自身的声特性或模拟声特性产生应答信号,使声纳或鱼雷声制导装置误认为接收的是目标声信号,达到诱骗声纳或鱼雷声制导装置的目的;屏蔽型水声对抗器材通过屏蔽作用,降低声纳或鱼雷声制导装置的接收信号,从而降低信噪比,使声纳或鱼雷声制导装置的作用距离减小。同一种水声对抗器材,可能同时具有多种对抗功能,如何分类要视具体情况而定,如气幕弹在对抗主动方式的声纳或鱼雷声制导装置时,为诱骗型水声对抗器材;而在对抗被动方式的声纳或鱼雷声制导装置时,为屏蔽型水声对抗器材。

(3) 按机动能力来分,可分为拖曳式、悬浮式和自航式三种。拖曳式水声对抗器材一般被拖在舰艇尾部,主要有各种型号的拖曳式声诱饵等;悬浮式水声对抗器材自身不具有机动能力,如悬浮式声诱饵、悬浮式噪声干扰器;自航式水声对抗器材自身具有机动能力,可按设定的机动方案进行机动,如自航式声诱饵、自航式气幕弹、火箭助飞反鱼雷鱼雷等。

(4) 按杀伤方式来分,可分为软杀伤对抗器材、硬杀伤对抗器材及非杀伤对抗手段等。软杀伤对抗器材是指采用诱骗、干扰、抑制器材使来袭目标迷失方向或者航程耗尽,主要有气幕弹、噪声干扰器、声诱饵等;硬杀伤对抗器材是指直接毁伤鱼雷使其失去攻击能力,是一种较理想的防御手段,主要有引爆式声诱饵、反鱼雷鱼雷、反鱼雷水雷、深水炸弹、鱼雷拦截网等;非杀伤对抗手段主要是指舰艇通过降噪、消磁、吸声等技术提高隐身能力,降低探测装备的作战效能或者利用自身的机动规避来躲避鱼雷攻击等。

1.3.2 常规水声对抗器材的特点及战术、技术指标

常规水声对抗器材包括气幕弹、噪声干扰器、声诱饵等。

1. 气幕弹

气幕弹是早期使用的一种常规对抗器材,利用其对声波的反射而形成对敌方水声观察设备的干扰,以达到掩护舰艇的目的。

气幕弹由弹簧、铝外壳、药柱等组成。铝外壳的作用是保护药柱,弹簧是利用弹力把气幕弹散射开来,化学药柱与海水作用后所形成的大量气泡可用来反射和吸收对方所发射的声波,以构成对方声纳观察的屏障。其主要战术、技术指标有:

- (1) 在给定频段范围、给定药块数量条件下的声反射系数；
- (2) 在给定频段范围、给定药块数量条件下的插入损失值；
- (3) 气幕的有效作用时间,即气幕能达到给定声学特性的持续时间；
- (4) 气幕弹药块的下沉速度；
- (5) 气幕形成时间,即指从气幕弹入水开始到气泡密度达最大值的时间；
- (6) 在给定频段范围、给定药块数量条件下的目标强度。

2. 噪声干扰器

噪声干扰器是以频率覆盖水声设备的接收通频带、以功率掩盖目标回波的一种压制性干扰器材,分为自航式和非自航式两种。其主要战术、技术指标如下。

- (1) 总噪声级:指在给定频带宽度内的声强级,也可以给出谱级,即 1Hz 带宽内的声强级；
- (2) 方向性:指发射噪声的水平方向性和垂直方向性；
- (3) 工作频率范围:指发射噪声的频率范围；
- (4) 干扰信号形式:指发射噪声在时域和频域的分布特性；
- (5) 持续工作时间:指能达到给定声学特性的持续时间；
- (6) 最大发射深度:指潜艇发射时的最大深度；
- (7) 工作深度选择:指发射后噪声干扰器的悬浮定深。

3. 声诱饵

声诱饵是通过模拟产生和鱼雷攻击目标(如潜艇等)特征相似的声信号,诱使鱼雷向自己进行攻击而放弃攻击目标,从而达到以较小的代价避免更大损失的效果。根据不同的功能可分为回声重发器、噪声模拟器、潜艇模拟器等。根据机动能力又可分为拖曳式声诱饵、自航式声诱饵、悬浮式声诱饵、火箭助飞式声诱饵等。

这里以自航式声诱饵为例讨论它的主要战术、技术指标:

1) 总体指标

- (1) 几何尺寸和质量；
- (2) 航速:通常分高速和低速两挡；
- (3) 航行时间:保持正常航行的工作时间；
- (4) 航行深度:可设定的航行深度；
- (5) 发射深度:最大可发射深度；
- (6) 发射条件:主要指发射时对潜艇速度的要求；
- (7) 弹道形式:可设定的诱饵航行弹道,如蛇形弹道、规定时刻自动转向弹道等；
- (8) 初始转角:以发射方向为 0° ,声诱饵安全离艇后的转向角度。

2) 声学性能

- (1) 噪声模拟:噪声发射的总声级、时域和频域特征；
- (2) 回波模拟:模拟发射接收脉冲的声特征,如回波频率、声源级、回波展宽等特征；
- (3) 目标强度:模拟相当于潜艇的目标强度；
- (4) 声学方向性:指发射方向性和接收方向性；
- (5) 声学工作方式:一般有三种工作方式。噪声工作方式只发射噪声信号;应答工作方式不发射噪声信号,只进行主动信号应答;联合工作方式同时发射噪声和主动信号应答。

1.4 水声对抗装备

1.4.1 潜艇水声对抗装备

1. 美国的潜用水声对抗器材

美国早在 40 年代就开发了多种声干扰器,例如潜用的有 XNAC、NAC、NAH、NAE-143、NAE-344、NAD-3、NAD-6 和 NAD-10 等型号。由加利福尼亚大学战争研究部开发的 NAC 和 NAH 悬浮式声信标比较有代表性,其直径为 76.2mm,长度分别为 600mm 和 900mm,工作深度 0~120m,有效工作时间 12min,噪声干扰频段为 10kHz~40kHz,由潜艇信号管发射出舷外,以强噪声干扰敌方声纳和鱼雷。

到 20 世纪 70 年代,以通用电器公司为代表,开发了多类软杀伤对抗器材,主要有 AN/BLQ-3 型低频干扰器、AN/BLQ-4 型高频干扰器、AN/BLQ-5 型悬浮式低频回声重发器、AN/BLQ-6 型悬浮式高频回声重发器、自航式干扰器、AN/BLQ-8 潜艇噪声模拟器、AN/BLQ-9 自航式声诱饵等,这些器材普遍装备于美国当年的核潜艇上。此后,美国又研制了 ADCMK1 型低频干扰器、ADCMK2 型高频噪声干扰器,装备在弹道核潜艇和攻击型核潜艇上,它们均由标准型信号发射筒发射出艇。

20 世纪 70 年代前,美国的水声对抗器材没有专用的发射装置,都是通过标准信号发射管(直径为 76.2mm,长度约 1m)或鱼雷发射管发射出去,如 BLQ-5 到 BLQ-9、MK-57 声诱饵、MK30 反潜战训练用声学靶等。

20 世纪 70 年代以来,美国主要研制了三种水声对抗器材潜用发射装置,即 CSAMK1 型、CSAMK2 型和 CSAMK3 型,并在 80 年代后期研制了 ADCMK3 型低频悬浮式声诱饵和 ADCMK4 型高频悬浮式声诱饵对抗器材。专用的 CSAMK1 型发射装置是首装在战略核潜艇上使用的,它有内置式和外置式两种,内置式是对抗器材发射出管后可在艇内再次装填,外置式在艇内不能再装填。CSAMK2 型是 1988 年开始批量生产的诱饵干扰器专用发射装置,这种发射装置有两个子型号,即战略核潜艇上装备的 CASMK2-0 型和攻击核潜艇上装备的 CASMK2-1 型,它们发射 ADCMK3 和 ADCMK4 两种对抗器材。CSAMK3 型发射装置可发射 16 个声诱饵,发射的最大尺寸是直径为 152.4mm、长度为 2616.2mm。

2. 美国典型的潜用水声对抗系统

1) 美军“洛杉矶”级攻击型核潜艇

美军“洛杉矶”级攻击型核潜艇上装备的 Submarine Acoustical Warfare System(简称 SAWS)主要由下列四个部分组成:

- (1) AN/WLR-9A 型水声警戒系统,包括 DT-511B 和 DT-592A 多模水听器;
- (2) CSAMK1 型发射装置;
- (3) MK-57 型自航式声诱饵 4 枚,配备一个 MK136 发射器,从鱼雷管加衬垫发射;
- (4) ADCMK2 型高频悬浮式干扰器,从标准信号筒发射。

2) 美军“海浪”级攻击型核潜艇

美军“海浪”级攻击型核潜艇上的 SAWS 水声对抗系统主要由下列装备组成:

- (1) AN/WLR-17 型水声警戒系统,包括 DT-592A 和 DT-593A 多模水听器;