

新型水下监控器设计与可行性分析

高玉保¹, 房茂燕², 武志勇¹, 喻平²

(1. 航天工程大学, 北京 101416; 2. 中国人民解放军 75831 部队, 广东 广州 510000)

摘要 反潜作战是世界难题, 及早及时发现潜艇是反潜作战中至关重要的一步。水下预警系统是侦搜潜艇效率高、隐蔽性强的一种手段。针对水下预警系统侦搜潜性能不足、成本昂贵、布设不便等问题, 提出了一款新型水下监控器构想, 设计了基于此水下监控器的侦搜工作模式, 讨论了新型水下监控器的指标要求, 并分析了研制这种水下监控器的关键技术以及实现的可行性。

关键词 新型水下监控器; 搜反潜; 水下预警系统

中图分类号 TP212.1 **文献标识码** A **文章编号** 2096-5753(2021)02-0148-04

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2021.02.013

A Design and Feasibility Analysis of a New Type Underwater Monitor

Gao Yubao¹, Fang Maoyan², Wu Zhiyong¹, Yuping²

(1. Space Engineering University, Beijing 101416, China; 2. Unit 75831 of PLA, Guangzhou 510000, China)

Abstract Anti-submarine operation is a world-class difficult problem, in which finding submarines in time is acritical step. The underwater early warning system is a means with high efficiency and strong concealment in detecting and searching submarines. A new type of underwater monitor is proposed to solve the problems of underwater early warning system, which are insufficient detection performance, high cost and inconvenient deployment. A new underwater monitor is conceived, with its detecting and searching mode designed, specifications discussed, and key technologies and feasibility analyzed.

Key words new-type underwater monitor; search and anti-submarine; underwater early warning system

0 引言

潜艇具有良好的水下隐蔽性和较强的水声对抗能力, 加上现代潜艇朝高速、深潜和低噪声方向发展, 使搜索发现潜艇更加困难和复杂^[1]。传统对潜作战主要依靠各反潜作战平台进行目标指示, 并据此实施火力打击。潜艇发现水面舰艇编队的距离大于编队发现潜艇的距离^[2], 给反潜带来很大的困难, 亟需研究设计新型水下监控器。

1 水下预警探测系统的局限性

水下预警探测体系就是为了实现对潜艇早期感知预警而建立的, 能够为反潜兵力提供目标信息输入端口, 为反潜平台实施对潜火力打击提供了高精度的目标指示^[3]。水下预警探测系统主要包含: 水下监控设备、水下通讯设备、反潜指控中心、水面空中搜反潜设备等, 整个系统的信息流转过过程如图 1 所示。

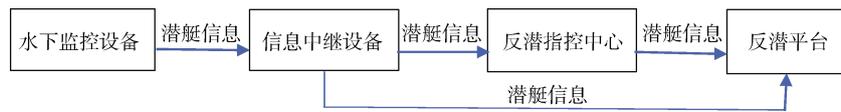


图 1 水下预警探测系统信息流过程

Fig. 1 Information flow process of underwater early warning and detection system

显然,水下预警探测系统的核心是水下监控设备,当前主要采用的是水声监视系统、声呐基阵等,这些水声设备存在以下不足^[4-7]:

1) 高成本、低效率。

以某国固定式水声监视系统为例,其在大西洋、太平洋的重要海域建立起一系列安装在海底的固定式被动水听器阵,通过电缆连接到岸上的观察站(最多时 23 座岸基站),总投资超 160 亿美元。此外,由于水听器基阵固定在海底,无法机动,不能对目标进行长时间、连续跟踪定位,一般只能测向,少数能测距,但精度不高,只能在系统作用范围内提供较为概略的目标位置信息。

2) 易破坏、难维护。

位于浅海的基阵可能遭到众多远洋渔轮沉底拖网的破坏,民船的船锚对浅海基阵也有很大的破坏作用。水下岸站的水听器基阵孔径达公里级,布放工程巨大,而海洋环境复杂,不利于战时快速维护和临时补网。水听器基阵布设在较深的海底,一旦系统出现故障或受损,难以迅速修复。水下电缆(包括主干电缆)掩埋较浅,大量电缆集中布放,极易受到鱼群等的攻击。

2 新型水下监控器设计

新型水下监控器应具有研制成本低、可靠性高,易于布设、组网和补网,维护方便等特点,这是其研发设计的主要考虑。

2.1 新型水下监控器的主要构成

要实现易于布设、组网、补网,维护方便等要求,水下监控器应具有独立的海底侦搜能力、信息传输能力、海底锚泊能力。基于能力反推构成,3 种设备必不可少:高效水下侦搜设备、水下无线通讯设备、水下锚泊设备。

高效的水下侦搜设备是水下监控器的关键系统之一,水下侦搜设备的侦搜能力直接影响搜反潜

的效果。当前水下侦搜设备主要采用的是声呐技术,但随着潜艇静音技术的改进,单纯依靠声呐一种手段很难有效发现水下潜艇。因此,需要研制多手段融合的高效水下侦搜设备。

水下无线通讯设备是实现水下预警探测系统快速布设、组网、补网的重要设备。利用相互独立的水下监控器可以在世界海洋任何需要的地方快速布设组网。水下短距通讯要实现水下监控器之间的数据通讯,水下长距通讯能够实现某一水域水下侦控网络与指控中心或者通讯中继之间的数据通讯。

水下锚泊设备是将水下监控器按照布设要求悬停在某一水下点位,要能够保证水下监控器长时间处于设定的位置范围内。

2.2 新型水下监控器工作原理分析

新型水下监控器通过水下无线组网,实现对某一关键水域的水下监控。其工作原理如图 2 所示。

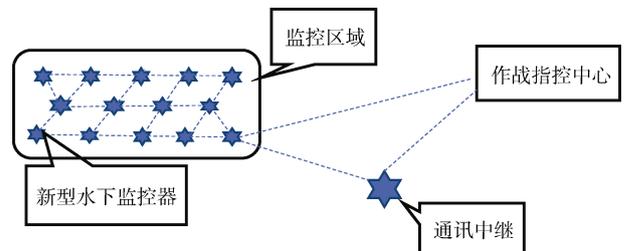


图 2 新型水下监控器组网工作原理图

Fig. 2 Networking principle of new type underwater monitor

将新型水下监控器按照优化策略布设在需要监控的水域,通过短距水下无线通讯设备实现水下监控器组网,从而实现对整个水域的监控,并提高整体的探测效率。在这些布设的水下监控器中,选择适当位置布设多枚带有远距水下通讯设备的水下监控器,将水下监控网络探测到的信息通过这些水下监控器传递到通讯中继设备再转发到作战指控中心,或者这些水下监控器直接将信息发送到作

战指控中心。

2.3 主要技战术指标

根据新型水下监控器的工作原理,要实现高效水下监控,需具备以下指标:

1) 探测精度。

能够精确侦控到附近 L km (L 可以根据探测技术的发展来设定) 内潜艇的相对位置信息,如果技术允许,能判断出潜艇的吨位和类型。

2) 待机时间。

由于对关键水域要进行长期侦控,需要水下监控器能够长时间水下待机,因此水下待机时间越长越好,至少能够达到半年以上。

3) 水下通讯。

水下监控器之间能够进行短距无线通讯。部分水下监控器具备水下长距无线通讯技术,能够减少受到的区域限制,可大范围布设。作为中继设备,将附近水下监控器采集到的信息传递到信息中继平台或搜反潜装备。

4) 建造成本。

成本不能太高,每台水下监控器的价格尽可能控制在 2~3 万元人民币。主要是因为要大范围布设,需求量大。例如:监控一个宽 200 km 的海峡,以 $L=5$ 为例,若布控海峡两侧,则需要 40 枚,若为了提高侦控效果,在两侧布设两层栅栏,则需要 80 枚。以 2 万元计,则需要至少 160 万元,按照重要海峡、水道、阵位等布设更多栅栏,至少需要几万枚甚至更多。

5) 定点锚泊。

能够在某一区域内固定,下潜深度可控。由于潜艇在不同水域的潜航深度不同,水下监控器位于不同深度的侦控效果差异很大,因此要能够按照侦控需求调控下潜深度。

6) 易于布设。

设备小型化,易于布设。能够利用渔船或民商船穿行需要监控区域,通过投掷或释放等简单方式进行布设。布设后不易被发现,且能采用多手段侦控技术,确保对潜艇的侦搜效果。对于因部分水下监控器失效引起的监控缺口,只需要在缺口处投入新的水系监控器即可。

7) 其他功能。

可以考虑进一步增加其他功能,如在水下监控器中安装遥控爆破装置。主要是考虑未来发生战争的条件下,在发现非我方潜艇试图进入我方管控区域或潜入阵位对我攻击时,对其发动突袭。

3 关键技术需求分析

新型水下监控器要达到设计要求,必须要解决以下几个关键技术:

3.1 水下多手段侦控技术

在声呐探测技术的基础上,采用多手段的复合技术,以有效应对潜艇日新月异的反探测技术。

3.2 水下无线通讯技术

新型水下监控器基于独立个体组网,各监控器之间和中继监控器之间均须依靠水下无线通讯技术。这其中主要涉及 2 种样式:1) 水下监控器之间的信息通讯;2) 水下监控器与通讯中继平台之间的通讯。第 1 种是水下短距无线通讯,第 2 种是水下长距无线通讯。

3.3 水下监控器布设优化技术

海洋面积广阔,关键水道、重要航道、海峡既多且广,不可能在所有关键海域水下都布设监控器。水下监控器的布设涉及到以下几个方面:

1) 布设海域。

这需要从敌我态势及安全角度出发,通过评估优化,确定需要布设海底栅栏的区域。

2) 布设样式。

对不同类型水域设计最优的布设样式。例如:对关键海峡进行侦控,是在海峡的两端布设还是在海峡内测布设或者是其他方式;对敌方潜艇可能阵位的布设,是布设成圆形还是方形。这些都需要进行综合优化评估,确定合适的方案。

3) 布设层数。

层数越多投入越大,侦控效率越高。

4) 布设深度。

不同的深度,水下监控器对潜艇的探测能力不同。根据潜艇可能的潜航深度设计水下监控器水下布设深度,以达到最大发现概率。

4 关键技术的可行性分析

4.1 水下多手段侦控技术的可行性

当前搜反潜平台主要装备的搜潜设备有2类:1)声呐设备;2)磁探测设备。除此之外,潜艇在水下航行,也会导致周围水文环境的变化。如潜艇水下航行对航行区域水流水压产生影响,且潜艇体积越大、航速越快对水下水文环境的影响越大。对水面舰艇来说,正常航行的水面舰艇对水下几十米甚至几百米下水文环境的影响,要比行驶在此深度的潜艇的影响小的多。特别是万吨级以上的核动力航母,其在水下航行时,对周围水文环境的影响更大。因此,为了提高水下监控器的水下侦控效果,除了将声呐侦控技术、磁探测技术融合在一起之外,还可以融入水文感知技术,从而实现水下潜艇的快速侦搜。

随着我国科技的发展,声呐感知技术、磁探测技术和水文感知技术都已经较为成熟,当前的技术难题是如何根据声呐、磁场、水文的变化来判断是否有潜艇在附近活动。这其中的核心就是数据融合与人工智能模式识别,目前已经有人从事这方面的研究,《水中目标信息智能识别方法研究》中提出了智能识别方法等^[8]。当前我国数据融合技术和智能模式识别技术已经非常先进,技术上不存在困难,主要困难来自用于训练智能模式识别的数据样本。要训练机器根据多方面采集到的信息识别出潜艇以及潜艇的吨位、类型,需要大量数据。目前我们缺少敌潜艇性能参数,同时发现侦搜到敌方潜艇的机会少之又少,更不要说获取潜艇的相关数据。不过我们可以采用从简到繁、从已知到未知的方法来逐步解决。首先,利用我们自己的潜艇来训练,通过采集我方潜艇相关数据来训练智能识别系统,在此基础上,根据我们对敌潜艇数据的收集,修正模型,同时在实践中逐步完善。

4.2 水下无线通讯技术的可行性

对于水下无线通讯技术,目前从公开资料来

看,短距离水下通讯技术已经不存在问题,如《水下光学无线通信的海水信道特性研究》中提出的光学无线通信技术^[9]。目前,长距离水下通讯技术也已经取得重大突破。

4.3 水下监控器布设优化的可行性

对于布设优化技术,核心的是优化算法,在人工智能仿生优化技术和计算机仿真技术非常完善的今天,已经不是问题。

5 结束语

本文针对传统水下预警探测设备的局限性,围绕提高水下预警探测系统的工作效率和可靠性,提出了新型水下监控器的性能要求和技术指标,分析论证了应解决的关键技术及可行性,对于研制新型水下监控器具有非常高的借鉴意义和助推作用。

参考文献

- [1] 杨日杰,蒋志忠,陈建勇,等. 航空搜潜研究综述[J]. 海军航空工程学院学报, 2010, 25(5): 552-556.
- [2] 刘斌,陈建华,李微波. 基于搜索效能的水面舰艇编队搜潜对策研究[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(1): 17-18, 40.
- [3] 李居伟,汪晓雨,王汉昌. 水下预警探测声呐基阵与反潜兵力的融合运用初探[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020(12): 529-532.
- [4] 吴杰,孙明太,刘海光. 水下固定反潜平台发展探讨[J]. 兵工自动化, 2015, 34(2): 56-58.
- [5] 盛军德. 水下预警探测体系建设初探[J]. 国防, 2017(12): 37-41.
- [6] 王鲁军,王青翠,王南. 美国水下预警探测体系建设及其启示[J]. 声学与电子工程, 2015, 117(1): 49-52.
- [7] 张飞飞,赵申东,刘朝晖. 近浅海条件下被动声呐浮标使用深度分析与研究[J]. 舰船科学技术, 2018, 40(3): 128-131.
- [8] 王冠,郭育. 水中目标信息智能识别方法研究[J]. 数字海洋与水下攻防, 2018, 1(3): 69-75.
- [9] 隋美红,于新生,刘西锋,等. 水下光学无线通信的海水信道特性研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(6): 80-84.

(责任编辑:曹晓霖)