

主被动声引信联合使用策略研究

孙钟阜, 庞 博

(海军驻上海地区水声导航系统军事代表室, 上海 201108)

摘要: 引信作为战斗部的重要组成部分, 承担着起爆时机控制的功能。分析了主被动声引信的工作原理与特点, 结合目标特征对声引信性能的影响, 设计主被动声引信联合使用原则, 并对使用策略进行了初步设计和分析。文中讨论的方法能够在目标距离最近点附近输出启爆信号, 到达最大限度的毁伤效果, 为主被动声引信在水下硬杀伤武器中的联合使用提供参考。

关键词: 主被动声引信; 使用策略; 硬杀伤武器; 最近距离启爆

中图分类号: TJ43+4.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2017)-06-0545-04

DOI 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2017.06.008

Research on joint use strategy of active/passive acoustic fuze

SUN Zhong-fu, PANG Bo

(Militarily Representatives Office of Underwater Sound & Navigation, Shanghai 201108, China)

Abstract: As an important part of the warhead, fuze is responsible for the function of controlling the initiation time. In this article the operating principle and characteristics of the active/passive acoustic fuze are analyzed; and by combining the impact analysis of the acoustic characteristics of target on the characteristics of acoustic fuze, the rule of joint-use of the active/passive acoustic fuze is designed; also the strategy of using the acoustic fuze is analyzed and designed. The way discussed in this article can output the detonating signal around the nearest point to the target to achieve maximum target damage, which provides a reference for the joint-use of the active/passive acoustic fuze in underwater hard anti-personnel weapon.

Key words: active/passive acoustic fuze; strategy of use; hard anti-personnel weapon; nearest distance detonation

0 引言

引信是战斗部的重要组成部分, 按作用方式可分为触发引信和近炸引信(又称为非触发引信)。近炸引信的基本作用是探测目标, 由传感器采集环境信息和目标信息, 并由信号处理装置处理后实现对目标的空间、时间选择, 输出起爆信号。

声引信是近炸引信中的一种, 按工作原理分为主动声引信和被动声引信^[1]。声引信能在复杂干扰背景中可靠地检测、分析和处理目标信号, 按预定条件输出起爆信号, 既可在空气中使用, 也可在水中使用。

主动声引信以其作用半径容易控制、抗干扰能力强等特点得到广泛应用^[2-3]。与主动声引信相比, 被动声引信^[4]具有隐蔽性强、体积小、能耗低等优点。基于此, 对于目标辐射噪声能量远高于自噪声

和环境噪声的情况, 被动声引信仍得到了有效的应用。

本文分别给出主、被动声引信的工作原理和特点, 针对主、被动声引信的优缺点, 结合目标特征对声引信性能的影响分析, 提出主、被动声引信配合使用的原则。并将所提原则应用到使用主被动声引信的水下硬杀伤武器中, 对使用策略进行了初步设计与分析。

1 声引信工作原理和特点

1.1 主动声引信原理和特点

主动声引信系统工作流程如图 1 所示。声引信工作后接收回波信号进行检测处理。根据接收回波与发射脉冲信号间的时间差进行目标距离估计; 根据回波距离和频率信息进行目标速度估计; 根据目标运动连续性的特点, 利用距离门、频率门等信息对探测到的目标进行进一步判决, 排除干扰信号。

当探测高速目标时, 主动声引信利用高速目标回波自身多普勒频移大的特点, 采用混响带阻滤波器抑制混响, 提高目标探测性能和工作可靠性。但

收稿日期: 2017-08-07; 修回日期: 2017-10-12

作者简介: 孙钟阜(1965—), 男, 江苏高邮人, 高级工程师, 研究方向为水声对抗总体技术。

通信作者: 孙钟阜, E-mail: sunwaterer@aliyun.com

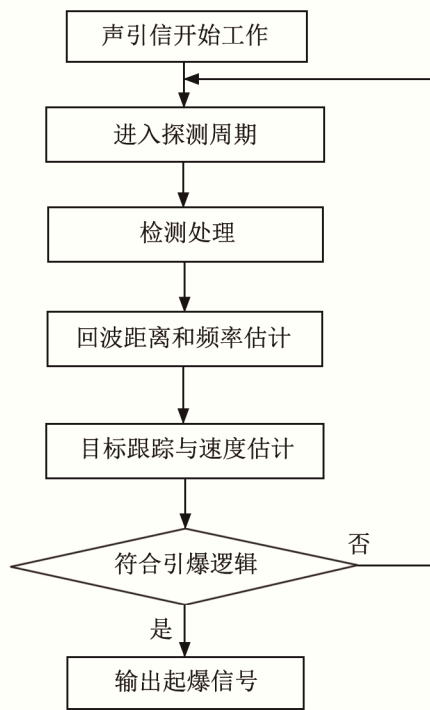


图1 主动声引信系统工作流程
Fig.1 Workflow of active acoustic fuze

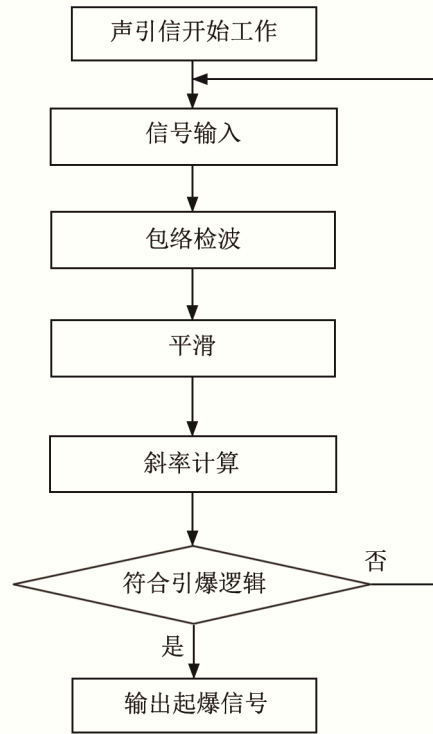


图2 被动声引信系统工作流程
Fig.2 Workflow of passive acoustic fuze

当目标接近主动声引信正横方向时，多普勒频偏减小，此时混响带阻滤波器会使回波信号级减小，存在某一临界距离使回波信号级小到无法检测，该距离范围内的区域称为“多普勒陷波盲区”。

为了保证最大限度的毁伤目标，设计起爆逻辑寻求最近距离起爆。根据目标距离、跟踪状态和速度估计等结果进行综合判决，输出起爆信号。

主动声引信的优缺点如下：

优点：利用目标反射回波的多普勒频率、时间-距离特性对目标回波信号进行有效确认，排除静止(低速)目标、尖峰脉冲等随机干扰，具有高可靠性。

缺点：系统复杂、功耗大、占用总体资源多；目标在远距离通过声引信时，存在多普勒盲区。

1.2 被动声引信原理和特点

在近距离处，目标辐射噪声在传播过程中的衰减符合球面波衰减规律。当目标与声引信近距离交会时，接收到的目标辐射噪声遵循目标逐渐接近时变大、远离时变小的规律。利用这一特点选择“极大值”出现时刻给出起爆信号，可以寻求被动声引信的最佳起爆时刻。

被动声引信系统工作流程如图 2 所示。声引信接收目标辐射噪声，经过对接收信号的分析处理，得到信号 envelopes 的斜率变化曲线，根据斜率的大小判断目标是否近距离通过，根据斜率的变化趋势判断

目标与声引信的相对位置，按预设的逻辑条件判决是否输出起爆信号。

被动声引信优缺点如下：

优点：方案实施简单可行，传感器、电路体积小、功耗低，消耗总体资源少，便于总体集成设计；

缺点：当所接收的目标辐射噪声起伏较大时，被动声引信起爆时机不稳定，有提前起爆和滞后起爆的风险，抗干扰能力不强。

2 目标特征对声引信性能的影响

目标特征包括目标强度和辐射噪声强度。目标强度表征距离目标声学中心 1 m 处由目标返回的声强与入射声强之比，主要与目标的几何尺度与形状有关；目标辐射噪声表征声源辐射噪声的强度，水下目标辐射噪声主要包括机械噪声、螺旋桨噪声和流噪声，与目标的航速、动力类型等有关。

影响主动声引信工作性能的主要特征是目标强度，为得到好的探测性能，希望目标强度大。影响被动声引信工作性能的主要特征是辐射噪声强度，为得到好的探测性能，希望目标辐射噪声高。然而，辐射噪声高将影响主动声引信探测性能。

由此，根据目标特征对主被动声引信的影响，主被动声引信的使用可有以下基本原则：

- (1) 对于高辐射噪声的目标，采用被动声引信

工作;

(2) 对于低辐射噪声的目标, 采用主动声引信工作, 可同时通过提高主动声引信发射信号源级等方式提高探测性能;

(3) 在实际工作中, 若目标辐射噪声强度多变, 且系统无法事先知道。可采用主被动声引信联合工作方式, 充分利用主被动声引信各自的优点, 提高声引信的探测能力和工作可靠性。

3 声引信联合工作应用分析

某水下目标, 辐射噪声强度变化范围大, 差值约 20 dB。考虑将主被动声引信应用到针对该类型目标的战斗部中。

主被动声引信的探测距离与目标的辐射噪声强度有关。主被动声引信探测距离和目标辐射噪声强度的关系如图 3 所示, 目标辐射噪声强度为归一化值, 范围为 0 dB 至 20 dB。对于被动声引信而言, 目标辐射噪声强度为 0 dB 时, 探测距离为 15 m; 噪声强度为 20 dB 时, 探测距离约为 150 m。对于主动声引信而言, 噪声强度为 0 dB 时, 探测距离约为 100 m; 噪声强度为 20 dB 时, 探测距离约为 30 m。

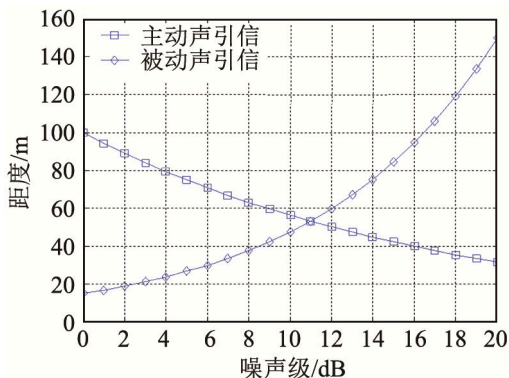


图 3 主被动声引信探测距离和目标辐射噪声强度之间的关系
Fig.3 Relationship between the detection range of active/passive acoustic fuze and the intensity of target radiated noise

根据主被动声引信工作特点, 结合第 2 节中主被动声引信使用的基本原则, 将主被动声引信应用到战斗部中, 主要有以下考虑:

(1) 战斗部起爆范围 R_1 为 15 m, 战斗部与目标在此距离外交会时, 战斗部爆炸的毁伤作用较小, 设计中只考虑目标通过距离在 R_1 内的情况;

(2) 通常要求引信探测距离为起爆范围的 1.5 倍+保险解除时间内目标的运动距离。战斗部起爆范围 R_1 为 15 m; 战斗部安全保险机构采用目标探

测信息解除保险, 考虑到引信解除保险所需时间以及在此时间段内战斗部与目标快速接近, 引信探测距离要求为大于 35 m;

(3) 主动声引信可利用距离、频率等信息对目标进行综合确认、判决, 具有高可靠性。该战斗部优先使用主动声引信;

(4) 根据图 3 主被动声引信探测与目标辐射噪声强度的关系, 当目标辐射噪声低于 18 dB(归一化值)时, 主动引信探测距离大于 35 m, 可独立使用主动声引信工作。当目标辐射噪声大于 18 dB 时, 主动引信探测距离会小于 35 m, 可能影响战斗部保险解除时机, 从而影响战斗部正常起爆工作;

(5) 目标辐射噪声只影响主动声引信探测距离, 但不影响主动声引信对近距离目标的探测, 也就是只影响战斗部保险解除时机, 不影响起爆控制。可采用主被动声引信联合工作, 共同提供保险解除信号, 提高战斗部的工作可靠性。

4 声引信联合工作策略设计

基于第 3 节的声引信联合工作应用分析, 该战斗部采用主被动声引信联合工作, 设计起爆策略, 并进行分析, 判断主被动声引信工作效果。根据战斗部工作流程以及主被动声引信配合使用的原则, 起爆策略由主被动声引信共同确定, 完成保险解除和起爆信号输出两个功能。

(1) 保险解除信号输出

保险解除信号由主被动声引信共同确定, 当主动声引信或被动声引信探测到目标时, 输出解保信号。

考虑主动声引信自身抗干扰能力较强, 且在此应用中, 满足探测大部分辐射噪声强度目标的需求。被动声引信只是补充针对少数高辐射噪声目标的探测需求, 因此可考虑提高被动声引信的检测门限, 以减小声引信解除保险的虚警, 提高工作可靠性。

(2) 起爆信号输出

主动声引信根据目标信息输出起爆信号, 起爆信号输出时机决定了战斗部起爆时与目标的相对位置关系, 也决定了战斗部装药量一定的情况下对目标的毁伤效果。为实现最大程度的毁伤目标, 应在来袭目标距离最近时起爆战斗部。根据战斗部对目标的毁伤能力, 以来袭目标过靶量 R 为临界值, 将起爆策略分为目标进入 R 距离范围立即起爆和目标过靶量 R 之外寻求距离最近时起爆。起爆策略流程图如图 4 所示。

图5给出了目标通过战斗部时起爆点示意图。主被动声引信在目标距离35 m外探测到目标,输出保险解除信号,解保后战斗部进入待发状态,此

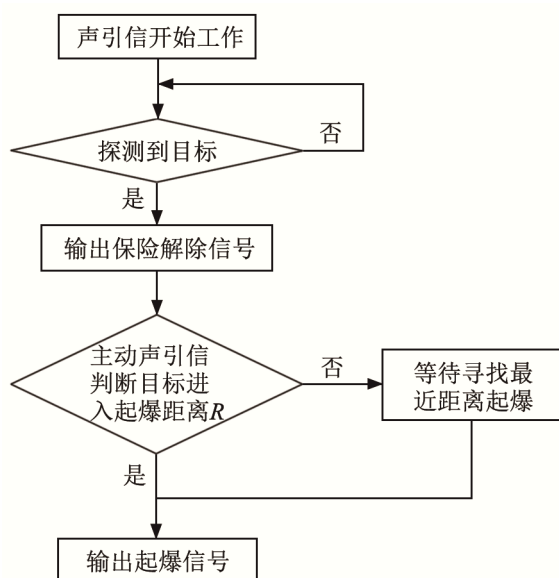


图4 起爆策略流程图

Fig.4 Flowchart of detonating strategy

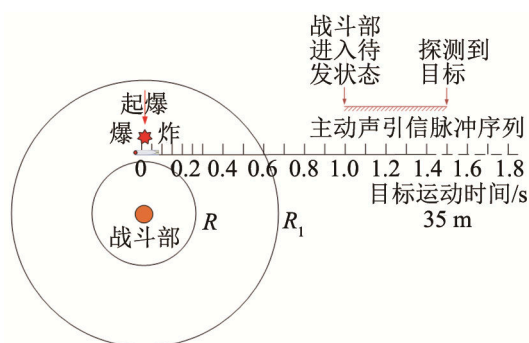


图5 目标通过战斗部时起爆点示意图

Fig.5 Diagram of the detonating points while target passing by warhead

时目标距离战斗部约26 m。当目标进入距离R或判定为最近距离时,战斗部起爆,对目标进行爆破毁伤。

5 结论

本文分别给出主被动声引信的工作原理和特点。针对主被动声引信的优缺点,结合目标声特征对声引信性能的影响分析,提出主被动声引信配合使用的原则。并对起爆策略进行了初步的分析和设计,说明战斗部采用主被动声引信联合工作,保险解除时序合理,实现了寻求最近距离起爆,本文的讨论可为主被动声引信在水下硬杀伤武器中的联合使用提供参考。

参考文献

- [1] 孔大伟,周俊山,余越. 水声探测技术在水雷武器中的应用研究[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(4): 119-121.
KONG Dawei, ZHOU Junshan, YU Yue. Study on the application of acoustic detection technology in mine[J]. Ship Electronic Engineering, 2012, 32(4): 119-121.
- [2] 李耀波,孙常存,任志良,等. 一种基于快速傅里叶变换反鱼雷鱼雷主动声引信回波检测方法[J]. 鱼雷技术, 2011, 19(3): 176-180.
LI Yaobo, SUN Changcun, REN Zhiliang, et al. An FFT-based detection method of active acoustic fuse echo for anti-torpedo torpedo[J]. Torpedo Technology, 2011, 19(3): 176-180.
- [3] 谢胜,陈航,于平. 鱼雷声引信目标回波高精度频率估计方法[J]. 鱼雷技术, 2011, 19(1): 14-19.
XIE Sheng, CHEN Hang, YU Ping. High precision frequency estimation method of torpedo acoustic fuse target echo[J]. Torpedo Technology, 2011, 19(1): 14-19.
- [4] 刘科满,相敬林,候铁双,等. 基于目标过零特性与能量特性的声引信检测方法[J]. 兵工学报, 2008, 29(9): 1044-1048.
LIU Keman, XIANG Jinglin, HOU Tieshuang, et al. A joint method of zero-crossing detection and energy detection[J]. Acta Armamentarii, 2008, 29(9): 1044-1048.