

目标回声亮点分析方法

段立晶, 安天思, 杨宝山, 刘文章

(大连测控技术研究所, 辽宁大连 116013)

摘要: 以回声亮点数据为基础, 论述了目标回声亮点的方位-距离表示方法、多波束亮点标量表示、矢量表示方法、目标回声亮点历程与多波束相结合的分析方法, 并联合亮点分布特性估算了目标尺度特性。该回声亮点分析方法对于分析声纳目标的固定亮点、移动亮点、双亮点特征、以及目标的方位走势和目标尺度估计等具有重要意义。尤其在提高鱼雷智能自导精度、目标的辨识等方面有着重要的工程实用价值。

关键字: 回声亮点; 方位距离表示; 标量与矢量表示; 尺度估计

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2012)-03-0318-04

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2012.03.017

A study of target echo light analysis method

DUAN Li-jing, AN Tian-si, YANG Bao-shan, LIU Wen-zhang

(Dalian Scientific Test & Control Technology Institute, Dalian 160013, Liaoning, China)

Abstract: Based on echo light data, this article explicates the target echo light azimuth-distance denotation method, the multi-beam light scalar and vector denotation method, the target echo course and multi-beam echo light combined analysis method and the target length estimation by use of echo light distribution characteristic. These methods are significant to the analysis of target characteristics including fixed lights, moving lights, double lights, target azimuth trend and length estimation, and have important application value in torpedo homing and target identification.

Key words: echo light; azimuth-distance denotation; scalar and vector denotation; length estimation

0 引言

鱼雷作为一种水下攻击武器, 已经日益受到各国海军的重视, 研制新型智能鱼雷显得尤为重要。随着鱼雷技术的不断发展, 出现各式各样的声诱饵, 使得鱼雷制导系统遭到干扰, 难辨真假目标。鱼雷水声对抗性能的改善, 关键在于自导引信特征的准确与稳定, 以及识别精度的提高。声自导是鱼雷制导的方法之一, 主要利用舰艇辐射噪声或利用发射主动探测信号获取的回声对目标进行准确识别和精确制导。文献[1]对鱼雷自导引信特征进行了比较详细的论述, 文献[2, 3]对高频回波亮的特征进行了深入的研究。鱼雷声主动自导主要依靠舰艇回声亮点强度特征, 因此, 必须对水下目标的亮点特征进行深入研究, 以指导鱼雷自导系统的设计与研制。

目标回声亮点应用于鱼雷近距离目标识别及有效攻击部位的确定, 往往需要具有较高的方位和

距离分辨率。但由于声纳基阵孔径的限制, 回声亮点角度分辨率还得不到满足, 使得确定目标有效攻击部位的精度下降。而利用声纳基阵, 对目标回声进行多波束扫描, 得到的回声亮点图的角度分辨率有所提高。因此, 本文提出了目标回声亮点的方位-距离表示法, 多波束亮点的标量和矢量表示法, 目标回声历程与多波束亮点图结合分析的方法。通过对鱼雷近程目标的整体亮点分布特性与瞬时强亮点部位进行对比, 更细致地分析目标亮点特征, 充分利用亮点分布特征估计目标的尺度, 提高鱼雷的目标识别和攻击要害部位的能力。

1 亮点历程分析方法

目标位于测量近场, 由于目标散射机理所致, 会形成所谓强度突出的几何散射亮点和目标亮点背景, 它描述了目标在高频近场声中这些部位反射与散射特性。通过预成多波束的方法形成目标二维亮点分布, 根据线列阵预成波束宽度计算方法, 选择不同的线列阵的阵元, 可以形成一个宽波束和预成多波束亮点。另外, 由于被测目标沿着不同的距离和方位运动, 故可以形成不同距离和方位下的亮

收稿日期: 2011-05-08; 修回日期: 2011-08-23

作者简介: 段立晶(1976—), 女, 黑龙江克东人, 硕士, 工程师, 研究方向为水声信号处理。

通讯作者: 段立晶, E-mail: dalian_duan@163.com

点历程分布。

1.1 波束亮点历程

当目标沿着不同的距离和方位角靠近探测器时,目标的回声亮点表现出类似漏斗的分布特性。为了能够描述这一分布特性,对被测目标的回声数据进行如下几个步骤的处理。

(a) 利用定位信息计算目标声中心的距离和方位角,依据距离数据截取回波信号;

(b) 依据线列阵波束宽度计算方法,选择线列阵的某几个阵元接收信号进行波束形成,并将波束幅度按照不同距离的传播损失进行归一;

(c) 在方位角最大值和最小值之间,按 1° 间隔对波束亮点进行平均,并作归一化处理,得到不同方位下的亮点历程分布图。

该宽波束亮点历程图从整体上反映了水下目标不同方位和距离下的声反射特性。如图 1 的上半部分,为某目标回波在不同距离不同方位下宽波束亮点历程分布图,横坐标表示采样点数,纵坐标表示方位角度。图 1 的下半部分,为某个角度下预多波束亮点图。

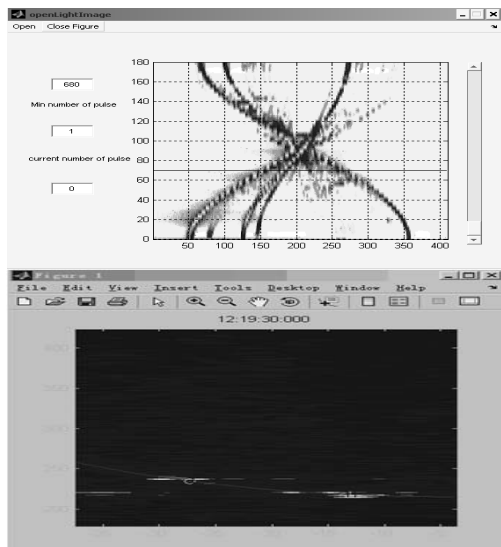


图 1 回波亮点历程图与多波束亮点图
Fig.1 Echo light course and multi-beam light chart

1.2 多波束亮点历程

多波束亮点历程分析通过以下几个步骤进行:

(a) 利用定位信息计算目标方位角范围,并在该角度范围内对回波信号进行预成多波束形成,得到多波束亮点图;

(b) 将同一脉冲信号产生的多波束亮点图中亮点的幅度、方位、距离和入射方向信息进行保存;

(c) 将所有脉冲信号不同方位角下的亮点序列累计一起,得到多波束亮点历程分布的信息;

将多波束亮点历程表示成标量图和矢量图。如图 2、图 3 所示,横纵坐标分别表示亮点在目标的径向和法向分布位置。

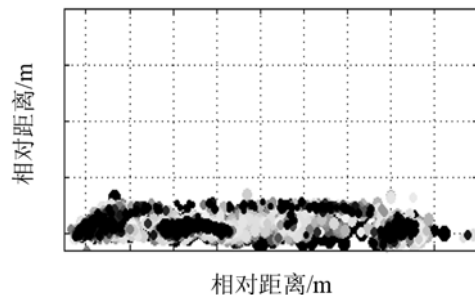


图 2 多波束亮点历程标量表示
Fig.2 Scalar chart of multi-beam light course

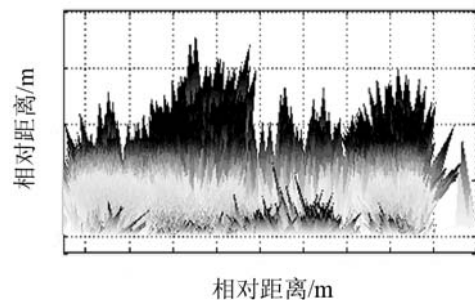


图 3 多波束亮点历程矢量表示
Fig.3 Vector chart of multi-beam light course

按亮点在目标径向和法向上分布的相对位置画出圆点,圆点颜色表示其亮点的强弱,得到一种亮点标量表示方法。标量图表示了亮点在目标不同位置上分布的强弱,为鱼雷确定目标要害攻击部位提供参考依据。

按亮点在目标径向和法向上分布相对位置及亮点入射方向画成三角形。而三角形的两个顶点位于横轴上,另外一个顶点的位置代表了亮点的入射方向。三角形在纵轴高度、横轴上的宽度及颜色表示亮点的强弱,得到一种亮点矢量表示方法。矢量图除了具有标量图的特性外,还对强亮点入射方向有明确描述,为目标进行有效规避提供参考依据。

通过图 1 和图 2 对亮点的两种分析表示方法,对不同距离和方位下亮点沿着目标的强度及入射方向、分布位置特性一目了然。

2 亮点历程与多波束亮点图对比分析方法

结合回声亮点历程图与多波束亮点图分析目标回声亮点,将不同方位的亮点历程与多波束亮点部位对应起来,从而便于分析亮点部位及亮点分布特征。每一幅多波束亮点图对应着某个方位下的亮

点历程, 利用这个关系, 借助 Matlab 软件, 实现宽波束亮点历程图与多波束亮点图进行对比分析。流程如图 4 所示。

亮点历程与多波束亮点图结合分析目标亮点特性的结果如图 1, 通过移动界面上的滑块, 可将不同方位下的多波束亮点与亮点历程图中亮点分布位置对应起来, 便于分析亮点分布及强度特征。

图 1 中下半部分表示在方位角为 70° 时多波束亮点分布图中有三个主要亮点, 对应于图 1 上半部分的亮点历程分布的漏斗图中三条主要亮线在的方位角为 70° 时对应三个亮点。

回声亮点历程图能从整体上分析目标亮点特征, 图中明显的三条亮线分别是目标不同部位的反射亮点, 这三条亮线在多波束亮点图中也有明显的体现, 但其波束更窄, 目标亮点特征的分辨率更高。两者结合对于分析水下复杂目标特性, 能把目标的整体与局部细致特征结合起来, 使目标亮点特征更加明晰。

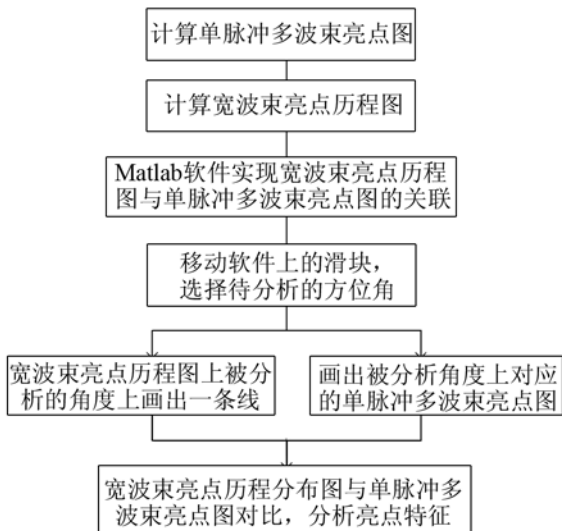


图 4 宽波束亮点历程图与单脉冲多波束亮点分析流程图
Fig.4 Flow chart of the wide beam light course and the single pulse multi-beam light analysis

3 利用亮点分布的目标尺度估计

在正横入射角度附近之外的区间范围进行目标长度估计, 根据目标艏艉亮点投影之间的距离可以估计目标的长度。当小角度入射时估计的目标长度更接近于实艇目标长度。从亮点对应历程图也可以看出, 大角度入射时, 艏艉亮点投影之间的距离会小一些。这主要由于复杂目标的特殊结构引起的, 不同目标的特性不尽相同。目标长度估计原理如图 5 所示。

目标长度公式为

$$L = D / \sin(\alpha), \quad \alpha \in [-90^\circ \sim -10^\circ] \cup [10^\circ \sim 90^\circ]$$

式中: L 是目标艏艉亮点之间的距离, $L \leq$ 艇长; D 是艏艉两点在声线入射方向 θ 上的投影距离差; θ 为被测目标的相对于探测器的方位角; α 是声线入射方向与目标艇法向夹角, 为声线入射角。从目标尺度估计公式中也看出, 正横入射时, $\alpha = 0^\circ$, $\sin \alpha = 0$, 因此不能在正横角度附近估计目标尺度。

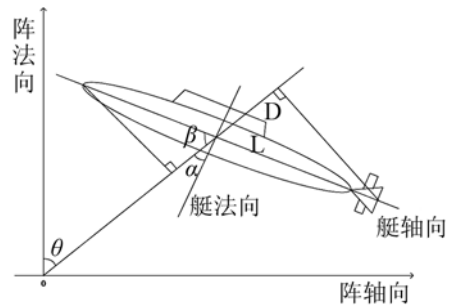


图 5 目标尺度估计原理图
Fig.5 Principle diagram of target length estimation

复杂目标的特殊结构, 使得小角度入射和大角度入射时, 艏艉亮点投影之间的距离会有所变化。大角度入射时艏艉亮点投影间的距离小于小角度入射时的艏艉亮点投影间的距离, 从回波亮点分布历程图中也能看到。图 6 为艏艉亮点投影间的距离随入射角度 α 变化曲线, 可以看出在 90° 入射角两端对称的角度上, 艏艉亮点投影间的距离不是对称相等的, 大角度上艏艉亮点投影间的距离小于小角度的艏艉亮点投影间的距离。

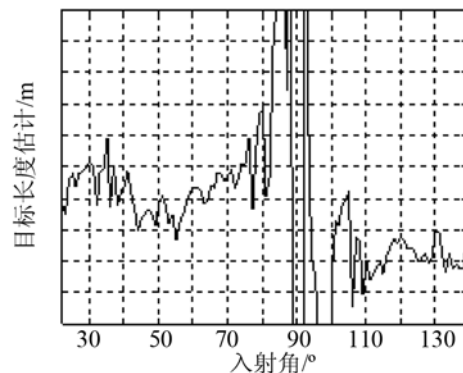


图 6 估计的目标长度
Fig.6 Estimated target length

从图 6 可以看出, 小角度入射估计的目标长度比真实长度小 5m 左右, 而大角度入射估计的目标长度的误差比较大。这里可归结为两点原因:

(1) 采用的接收线列阵的宽波束亮点的距离分辨率大约 3m 左右, 艏艉亮点波束峰值之间的距离作为艏艉亮点在波束方向投影之间的距离, 所以该距离误差可能在 ±3m 左右。修正后, 小角度入射时估计的目标长度更接近于实艇的长度。

(2) 复杂目标的特殊壳体结构引起的,使得大角度入射时,部分回波反射到其它方向上,不在接收阵的接收指向性范围内,使接收阵没有收到该回波,从而使艏舰亮点投影之间的距离变小,估计的目标长度也变小。

4 结论

目标回声亮点方位-距离表示方法、多波束亮点的标量及矢量表示方法、目标回声历程与多波束亮点相结合的分析方法、尺度分析方法等为目标亮点特性分析提供了有力的方法,综合这些方法能提高目标固定亮点、移动亮点、双亮点、尺度估计、方位走向等目标特征分析的准确度,对于鱼雷智能制导精度的提高及改进潜艇回声隐身防护性能有着重大的指导意义。

参 考 文 献

- [1] 周德善,李志舜,朱邦元. 鱼雷自导技术[M]. 国防工业出版社, 2009, 260-268, 294-325.
ZHOU Deshan, LI Zhishun, ZHU Bangyuan. Torpedo Homing Technology[M]. National Defence Industry Publishing Company. 2009, 260-268, 294-325.
- [2] 安天思. 潜艇高频回波亮点强度特性分析[C]// 水中目标特性研究学术论文集, 2002, 42-44.
An Tiansi. Submarine high frequency light intensity characteristic analysis, underwater target features[C]// UTF-2002DL, 42-44.
- [3] 郝新亚. 水中目标高频回波特性研究[R]. 中国船舶科技报告, 1995, 4-22.
HAO Sinya, Underwater target high frequency echo characteristic research[R]. Ship Technical Report of China, 1995, 4-22.
- [4] 田坦, 刘国枝, 孙大军. 声纳技术[M]. 哈尔滨工程大学出版社, 1999, 63-120.
TIAN Tan, LIU Guozhi, SUN Dajun. Sonar technique[M]. Harbin Engineering University publishing company, 1999, 63-120.
- [5] 张贤达. 现代信号处理(第二版)[M]. 清华大学出版社, 2002, 177-184.
ZHANG Xianda. Modern signal processing 2nd [M]. Qinghua University Press, 2002, 177-184.