

目标识别技术的现状与发展*

陈春玉

(中国船舶重工集团第 705 所, 西安 710075)

摘要: 目标识别技术是武器精确制导的前沿课题,是高新技术领域的核心机密。本文在调查国内外鱼雷关于目标识别技术研究成果的基础上,较详细地介绍了该技术的研究和应用现状,展望今后的发展方向,可供水声界同行参考。

关键词: 鱼雷;目标识别;水声对抗

中图分类号:TJ360 文献标识码:A

The present situation and developing trend of target discrimination techniques

CHEN Chun-yu

(Research Institute 705, CSSC, Xi an 710075)

Abstract: Target discrimination techniques are the leading task and the key secret in this new technical field. In this paper the applications of target discrimination techniques to torpedo and sonar system in the world are introduced. The developing trend of the techniques is also discussed.

Key Words: torpedo; target discrimination; underwater sound countermeasure.

1 引言

近年来的战争使人们深刻地认识到:没有电子对抗能力的武器将导致战役乃至战略的失败。因此,目标识别就成为当今最热门的前沿课题。不少学者和军工行业的科技工作者纷纷投入到这个领域进行各种研究,并已取得了长足的进展。他们的主攻方向是研究如何提取目标的特征量,利用这些特征量来区分干扰与真实回波,区分各种诱饵和真目标,甚至可以区分不同类型的目标。

本文介绍水声领域的目标识别技术研究与应用情况,重点介绍在鱼雷上有应用前景,或者已经获得应用的那些技术成就。

2 目标识别技术现状

声纳和鱼雷的工作频段为声频或超声

频,目标特征隐含在水下声场中。在检测水声信号的基础上,提取目标特征量,是当前进行目标识别最常用的方法。近年来研究较多、技术比较成熟的有两类识别方法,综述如下。

2.1 利用目标的信息识别目标

(a) 神经网络法识别目标

神经网络算法可以应用于线性和非线性环境。多层感知机通常由输入层、输出层和若隐层组成,每一层包含着若干个神经元,输出到下一层神经元,参见图 1。代表输入输出关系的有关信息主要分布在神经元之间的连接强度上,因此,这种神经网络具有分布式储存信息的特点。

若用目标数据预先对网络进行训练,再装到实际系统中对接收到的各种信号进行识别,可以得到相当准确和满意的识别效果。遗

* 收稿日期:99-06-18;修订日期:99-08-16

作者简介:陈春玉(1940-),男,研究员

憾的是, 敌方目标数据特别是特征量往往十分保密, 不易获得, 我们所使用的训练数据只有根据先验知识, 或者实际测量类似目标的特性数据, 这样正确识别概率就会下降。

另外, 过大的运算量将限制它在鱼雷中的应用, 尽管陆上样机已经达到相当完善的地步, 但要装到鱼雷上仍需解决实时性问题, 这取决于快速算法的重大突破。

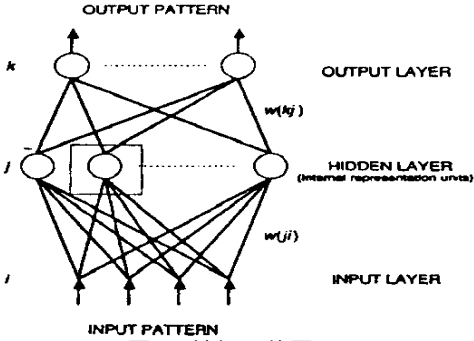


图1 神经网络图

(b) 小波分析用于目标特征提取

小波分析是八十年代中后期逐渐发展起来的一个数学分支, 它不仅为纯粹数学的研究提供了有力的工具, 而且在为信号与图像分析、地球物理信号分析、计算机视觉与编码、语音合成与分析、信号的奇异性检测与谱估计、分形与混沌等应用领域提供了极大的便利。

采用小波方法进行目标特征提取, 可从多分辨率分析出发, 对信号进行 MALLAT 分解, 从中提取某些尺度的特征作为信号特征, 并以此进行分类。有人对莱蒙湖底不同介质的回波进行分类研究, 取得了对三类介质的识别, 平均正确识别率在 90% 以上^[1]。对各类宽带目标回波做多分辨率分解, 经过研究可以证实, 不同回波的分解在时域上、频域上以及各级分解能量的变化上有显著的不同。可以选择多分辨率分解在时域上、频域上以及在各级分解能量变化上的特征作为目标特征。

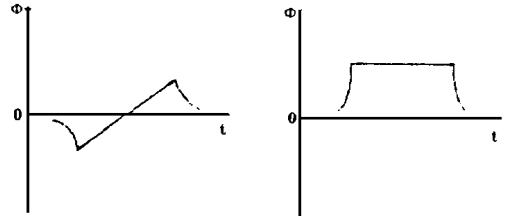
(c) 目标尺度识别技术

众所周知, 目标船都有相当大的尺度, 是一个很大的“靶”, 潜艇的长度为 100m 左右, 水面舰艇则更大。这些目标的尺度比干扰器

材大得多, 因此, 尺度成为目标的一个重要特征量。若能把尺度特征量提取出来, 可以有效地区别象常用的宽带噪声干扰器和回波重发器等点源干扰器和真实目标, 从而使武器具有对目标的对抗措施 (CM) 进行反对抗 (CCM) 的能力。

干扰器材可以模拟目标的某些特征量, 如回波展宽、多普勒频移、辐射噪声、目标亮点等, 但很难模拟目标的巨大尺度, 至少在目前还未做到这一点, 因此, 目标尺度特征是最重要的特征, 尺度识别技术也就成为当前鱼雷上已经采用的有效识别手段。

从国内外鱼雷所采用的目标尺度识别技术来看, 有三种实用的方法可以提取目标的尺度特征: 一种是对目标回波的时域切割所得到的一系列子回波的方位数据进行统计处理后形成所谓“目标方位走向”^{[2][4]}, 这种走向与干扰器材的方位走向是有明显的区别 (见图 2), 可作为目标的一种特征量; 另一种方法是提取尺度目标所散射的回波的相位起伏谱宽, 经过大量试验可知尺度目标的回波相位起伏谱宽可达 150Hz, 而点源干扰器则只有 50Hz 左右, 因此相位起伏谱宽可作为一个特征量来使用^[3]。还应指出, 混响和噪声的相位起伏谱宽一般超过 150Hz, 甚至可以达到几千赫, 它取决于接收机的通带宽度。



a 尺度目标方位走向 b 点源干扰器方位走向

图2 尺度目标和点源干扰器的方位走向

第三种方法是用时空分析法描绘出目标的方位轮廓。鱼雷内的电子扫描波束从左到右进行空间扫描和探测目标, 接收电路分析收到的信号特性, 就象电视机扫描电路一样。扫描线的偏移是与接收到的声信号的强度成正比, 因此该偏移量就显示出某个确定时刻

的回波的方位^[4]。每隔 1ms 扫描一次,考虑到水声速度 1500m/s 时,对应空间距离为 0.75m 探测一次目标。图 3 示出一个 2000t 潜艇进行时空分析所得到的目标方位。

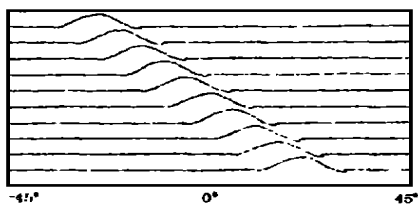


图 3 扫描线偏移点显示目标方位

(d) 从目标具有主、被动信号的双重性来识别目标

这是一个简单的技术。当鱼雷探测到一种回波信号时就进行跟踪,到了一定距离后进行目标识别。若主动通道和被动通道同时发现目标时,才被确认为真正的目标。若鱼雷只有一个接收通道,则该通道在一个声周期内处理主动回波信号时,最后一帧(即下一个发射脉冲前一刻)作为被动信号处理时间,这种方法也是切实可行的。

值得指出的是,这种识别判据不具有唯一性,因为敌艇有可能同时施放主动式干扰器和被动式干扰器。

(e) 从目标的辐射噪声频谱结构来识别目标

这种频谱一般具有低频线谱和较宽范围的连续谱,它与目标施放的宽带噪声干扰器所产生的宽带谱是有区别的。各种目标的辐射噪声谱被测到后,其频谱数据存入鱼雷中,当鱼雷攻击目标时,把接收到的噪声谱与内存数据进行比较,然后识别出目标。

(f) 从目标回波的逻辑来识别目标

真实目标回波具有一定范围的宽度、距离和多普勒频限,回波前沿也有一定的变化规律,这些都可以在有效回波逻辑中建立判据,进行有效回波参数的一致性检验。鱼雷可以采用编码发射或正、负斜率调频信号,回波逻辑必须符合预先知道的相应的判据,否则被视为假目标。

(g) 从目标运动的逻辑来识别目标

当目标发现鱼雷来袭时,一般先施放干扰器,然后逃离鱼雷。这种机动规则产生两种可用的逻辑数据:一是此时目标的多普勒速度为负。因此,当鱼雷同时收到干扰器信号和目标信号时,首先进行多普勒逻辑判断,具有负多普勒频移的信号优先判为目标;二是干扰器和目标的距离由小变大,但不会太远。目标施放干扰器材企图干扰鱼雷的正常航行,但同时也暴露出自己的大概位置。因此,鱼雷在同时收到这两种信号时,优先选择较远的目标,并且把距离选通门设定在干扰器距离以远(一般为 200m 外)的地方,以便可靠关闭干扰器信号,跟踪真实目标。

2.2 利用假目标的特征排除其干扰,识别真实目标

识别目标的另一方面任务是对干扰器材必须进行反对抗,最大限度地抑制其干扰,使鱼雷不会受各种诱饵所欺骗,最终能够跟踪和攻击真实目标。下面就对几种常用干扰器的反对抗技术进行讨论。

(a) 利用欺骗脉冲来欺骗应答器错误应答

鱼雷在航行中除了发射目标探测脉冲外,在它之前发射欺骗脉冲(见图 4),其频率高于探测脉冲,不能被鱼雷接收机所接收。当敌艇施放回波重发器(应答器)时,收到欺骗脉冲后即开始重发此脉冲,而真正的探测脉冲到来时,重发器正处于发射状态(发现欺骗脉冲)而无法接收到探测脉冲,从而也就不会应答探测脉冲,失去干扰作用。

(b) 采用频率选通技术对抗气幕弹干扰

敌方施放气幕弹所产生的的气幕对鱼雷产生两种不良影响:一是气幕屏蔽作用,它可以吸收鱼雷发射出来的探测脉冲能量,达到保护目标不被鱼雷发现的目的;二是气幕对声波有反射作用,反射强度足以使鱼雷自导系统误动。反射频率与混响相当,多普勒频移低。据此,鱼雷可以采用频率选通技术,在鱼雷实际测量到的混响中心频率附近关闭几十赫带宽的频率门,防止气幕反射信号被接收。这样鱼

雷就可穿过气幕去重新搜索真实目标。

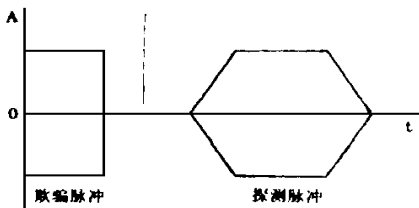


图4 欺骗脉冲和探测脉冲

(c) 适当加大鱼雷探测脉冲的能量, 对抗宽带噪声干扰器

众所周知, 宽带噪声干扰器由于要求有足够的带宽使其谱级严重下降, 目前国内成熟的宽带噪声干扰器的频谱级为 $130 \sim 138 \text{dB}/\mu\text{Pa} \cdot \text{Hz}$, 再提高强度将导致造价太高和体积太大, 不便使用。因此, 适当提高鱼雷发射声源级, 可以压制这种干扰器。在鱼雷主动自导作用距离内, 目标回波能量大于干扰器的辐射能量, 就不会影响鱼雷捕获真实的目标信号。因此, 这种对抗实际上是一种能量对抗。试验数据表明, 鱼雷发射声源级大于 $224 \text{dB}/\mu\text{Pa}$ 时, 在 1500m 距离内, 可以对抗上述宽带噪声干扰器。

(d) 用回波方位走向特征剔除点源干扰器

由于干扰器的体积较小, 从远处看是一个点源, 其方位走向特征近似是一条水平线(图2(b))。因此, 当鱼雷检测到点源干扰器后, 还要进一步做方位走向分析, 当其走向不能超过某个门限时就应排除它。

3 目标识别技术的发展

今后的武器将继续朝着精确制导的方向发展。北约悍然发动的海湾战争及对南联盟空中打击是一场高科技战争, 人们对此几乎没有异议。这种高科技就集中表现在精确制导技术上。

随着数字电路的日新月异的发展, 鱼雷目标识别技术作为精确制导的核心技术必然朝着数字化的方向发展, 计算机在鱼雷上的应用将会更加广泛, 功能也会不断加强, 运算速度和存储量将会进一步提高, 这就有可能存储更多的目标信息供鱼雷使用。快速信号

处理片的发展和将解决信号的处理的实时性问题, 使许多识别目标的自适应算法和非线性算法在鱼雷上的实际应用成为可能。

鱼雷数字化和智能化极大提高了鱼雷的性能, 它可以较短的时间对工作环境进行适应, 并建立自适应门限。同时对目标信息可以从时域、频域、空域同时得到精细的处理, 不但有效地提高自导作用距离, 而且能更有效地对目标进行识别与分类。

另一方面, 多种识别手段的综合使用将成为“十五”计划目标识别的主攻方向, 建立多层判据, 弥补每一种识别手段的不足之处, 提高识别可靠性。鱼雷可以提取目标的多种特征, 建立综合判据。同时可以利用鱼雷外部的声纳系统参与识别工作, 例如发展艇上的声纳、直升飞机投放的声纳浮标和鱼雷进行协同作战, 使鱼雷能更准确和更有效地完成识别任务。总之, 从鱼雷单一识别手段过渡至作战系统的综合识别, 这无疑是目标识别概念的转变, 也是目标识别技术的巨大革命。

近场目标识别技术今后也将得到更大的发展。它的意义在于形成最佳攻击末弹道和命中目标要害部位。因此, 这种识别不是判别目标的真伪问题, 而是测量目标的具体特性, 如结构特征尺寸、要害部位以及运动要素等。卡尔曼滤波、旁视阵技术、目标水下成像等技术将进一步发展和应用。值得指出的是, 随着光纤线导技术的应用, 有可能把自导系统的信号处理器搬到发射艇上, 进行大规模的数字运算和处理, 使自导系统的性能有大幅度提高。

参考文献:

- [1] 黄海宁, 李志舜. 基于宽带信号的目标识别技术[J]. 水中兵器, 1996: (4).
- [2] 张群飞, 谢一清, 黄建国. 目标尺度估计[J]. 水中兵器, 1996: (4)
- [3] 汤子跃, 杨明, 陈喜, 蒋兴舟. 基于相位起伏谱分析的目标尺度识别原理[J]. 鱼雷技术, 1999: (1)
- [4] 陈春玉, 郝保安, 易红. 目标信号检测与识别中船总公司 705 所(讲义), 1998.