

探猎雷装备探测概率分类方法研究

田雪冰

(中国人民解放军 91439 部队, 辽宁 大连 116041)

摘要 探猎雷装备作为海军反水雷部队的主要装备, 其探测应用研究对提高建制式反水雷装备的作战效能具有重要意义。从作战部队探猎雷实战使用流程出发, 结合探猎雷装备应用现状, 提出了声呐探测目标的概率分类方法, 建立了探测概率分类方法模型, 对实际应用需解决的问题进行了探析。对开展海区水雷目标数量评估、目标的识别比对以及声呐探测航次优化等装备作战运用有一定的启发和促进作用。

关键词 探猎雷; 探测概率; 分类方法

中图分类号 TJ630 文献标识码 A

Research on Classification Method of Detection Probability for Mine Detection and Hunting Equipment

TIAN Bingxue

(No. 91439 Unit of PLA, Dalian 116041, China)

Abstract As the main equipment of naval mine-countermeasure army, the detection and application research on mine detection and hunting equipment has significance for improving the operational effectiveness of organic mine-countermeasure equipment. Based on the actual combat process of mine detection and hunting in operational force, and combined with the application situations of mine detection and hunting equipment, this paper proposes a probability classification method for sensor detecting target, establishes detection probability classification method model, and analyzes the problems that need to be solved in practical application. It inspires and promotes the operational applications of equipment, including conducting mine target quantity assessment in sea area, target identification comparison, sonar detection voyage optimization, etc.

Key words mine detection and hunting; detection probability; classification method

0 引言

目前各国海军都十分重视建制式反水雷部队和反水雷装备的建设, 建制式反水雷装备的作战运用方法对提高建制式反水雷装备的作战效能起到了关键作用^[1]。探/猎雷装备作为反水雷武器体系中的一类, 具有自身的特点和优势, 其反水雷关键技术归纳为总体技术、操控技术和探测识别技术三大核心技术^[2]。美国海军根据不同任务需求近几年正在积极发展遥控猎雷系统、遥控多任务猎雷系统、

猎雷声呐系统、机载激光探雷系统、机载快速清除水雷系统、水下电磁扫雷系统、无人自主猎雷系统等新型探测与处理水雷系统^[3]。本文介绍了探/猎雷实际作战流程, 从声呐探测识别目标概率入手, 基于目标尺度等特性差异带来的声呐探测识别概率差别, 进行声呐探测目标的概率分类, 并就需解决的现实问题 and 应用进行了展望。

1 探猎雷装备发展及实战流程

反水雷作战主要可以分为 2 大类: 一是反水雷

兵力利用专用反水雷装备的反水雷作战；二是作战舰艇利用建制式反水雷装备的反水雷作战。另外，还可以利用蛙人和经过训练的动物进行反水雷特种作战。传统的专用反水雷作战一般是利用扫雷舰、扫雷艇、遥控扫雷艇用截割扫雷具、声磁次声扫雷具扫除水雷，新发展的反水雷兵力通常同时具备猎扫雷能力，它们在作战中各自发挥自己的优势^[4]。探/猎雷技术是从 20 世纪 60 年代发展起来的，改变了非接触扫雷具依赖水雷引信的被动局面，70 年代以来成为反水雷兵器发展的主流。主要方式包括猎雷声呐（包括舰壳式声呐和变深声呐）、激光探雷和磁力探雷。作战舰艇反水雷以探测、规避水雷为主，消灭水雷为辅，对于探测到的水雷，既可以绕行，也可以用装备的专用射弹消灭浅水水雷，用一次性灭雷弹消灭较深水域的水雷。典型反水雷作战样式参见示意图 1。

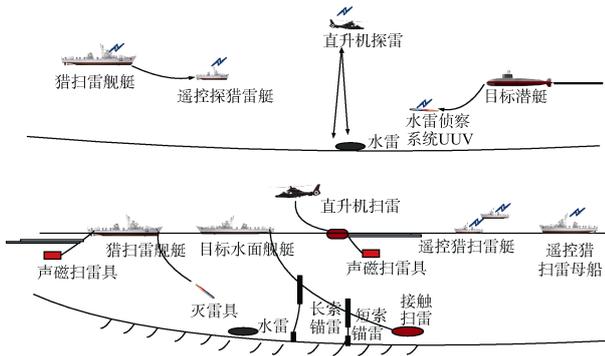


图 1 典型反水雷作战示意图
Fig. 1 Schematic diagram of typical mine-countermeasure operations

当前部队探/猎雷作战流程一般为：第一阶段，探测声呐搜索—沿线搜索；第二阶段，识别声呐分类—靠近目标，环绕观察；第三阶段，投放灭雷具，遥控抵近目标，确认与处理（投挂炸弹），灭雷具返回母舰并回收，母舰远离，引爆炸弹。

2 探测概率分类方法

自探猎雷装备应用以来，在水下目标搜索、分类和确认方面的训练和应用能力有了很大提升，积累了探、灭雷训练经验。但由于海底环境复杂、水下信号传输途径多、水下背景环境的干扰以及目标

的辐射声场和散射声场现象^[5]，给目标探测识别带来一定困难。从具体运用来看，探测识别的水下目标重合度不高，孤立目标、干扰目标较多，建库和位置比对较为困难，难以快速完成水雷侦察和清除任务。针对不同目标探测识别概率不同的特点，可通过目标尺度等特性差异带来的识别概率差别，进行似雷目标的探测识别和比对，从而实现通过有限次数的探雷作业，有效剔除干扰对象，提高似雷目标识别的精准度和探测速度的目的。

由此，基于海底背景目标尺度差异的假设，建立探测概率分类方法模型，通过实际探测结果做具体分析，进行方法应用探索。

2.1 探测概率分类方法

根据海底背景物体尺度情况，似雷目标与海底背景小目标尺度差异越大，声呐探测识别对比度越明显，似雷目标识别概率越高。按照基于概率统计的小差异数据分类原理^[6]，数据分类需依据数据间的不同特性，对样本数据集的特点进行提取分析，对不同的样本数据赋予类别。因此，需依据先验知识对海底尺度不同的目标探测概率进行判定，预测其概率区间，并将可能性最大的尺度类别确定为最终分类结果。因此，可如下设置探测概率分类法^[7]。

按照常识，海底物质分布均匀，且大尺度物质少、小尺度物质多，即目标数量与尺度（即探测概率）近似反比关系。其中，尺度小、数量多的目标发现概率较低，将其设为 p_1 ；而尺度较大、近似水雷的目标发现概率相对较高，将其设为 p_2 。

取适当判据 $p_0: p_1 < p_0 < p_2$ ：其中， p_0 越接近于 p_1 ，则保留的小尺度目标越多，识别误判率也越高；反之， p_0 越接近于 p_2 ，则剔除的小尺度目标越多，误弃真实目标的概率也越大。 p_0 值与海域背景环境有较强的关联，对于指定海域，假定所有目标的发现概率都相同，由现行的通用评估方法^[8]，可求得目标探测估计概率 = 历次探测平均发现目标个数 / 估计目标总数。 p_0 可参考目标探测估计概率进行设定。

对于单个目标而言，在 k 次搜索作业中，被捕捉发现 n 次，则其发现概率 $p = n/k$ ；通过 p 、 p_0 之间的相互比较，可进行目标的进一步筛选确认。

对于指定海域而言,经过有限次数的探测作业后,通过概率计算和筛选分类,可快速确定保留目标,即似雷目标,从而达到目标准确辨识、提高作业效率的目的。

2.2 实际探测情况分析

下面以某型猎扫雷舰在2016年4月份某海域进行的探测训练结果进行分析。

通过3次目标探测,大部分目标应该被发现2~3次,少数目标被发现1次。假定目标探测概率为0.7,则发现一次概率为0.19,发现2次和3次的概率为 $C_3^2 \cdot 0.7^2 \cdot 0.3 + C_3^3 \cdot 0.7^3 = 0.79$,即孤立目标应占20%。

表1 声呐探测目标训练情况
Table 1 Training of sonar detecting target

序号	探测航次数	发现触点个数
1	第一航次	26
2	第二航次	35
3	第三航次	40

在该舰实际探测发现的101个触点中,孤立目标53个,重合目标21个,共计74个,孤立目标占71.6%。按照通用评估方法,每2次搜索中平均重复触点为11对,平均每次探测发现目标个数为33.7个,目标探测发现概率仅为0.326。

根据探测概率分类方法,可选取概率0.326作为参考,在后续航次中,经过计算目标发现概率,筛选确定似雷目标,便于下一步抵近探测识别和目标比对确认,为航次优化提供依据。

2.3 探测概率分类方法需解决的问题

目标探测估计概率0.326远低于预期探测效果,这与海底背景噪声的干扰、目标识别的重重复度不高等有关,通过比对发现探猎雷作业过程中目标难以被重复发现,目标探测识别概率较低。为进一步提高概率分类方法的实用性,需解决目标比对判据的确定问题,即如何确定两触点和多触点重合判据,并建立融合点生成模型,可运用声呐标校与触点修正等方法,建立相关触点融合模型。根据目标

探测概率分布特征,可对应建立搜索次数模型,确定探测搜索次数以及建库搜索次数,就实际作战使用而言,这一点更具应用意义。此外,利用该方法可进一步开展剩余(似)水雷的评估工作。

2.4 探测概率分类方法应用探索

按照海区熟悉程度,可将探测概率分类法进行具体应用。未知海区的应用,可多次探测确定重复点,并进行重复点的识别确认。已知海区的应用,可建立目标数据库,用于目标的识别比对。通过多次搜索,保留重复目标或用于进行新目标的识别确认。

3 结束语

本文提出了探猎雷装备探测目标的概率分类方法,可应用于批次似雷目标的快速筛选和判断识别,对于特定海区建立目标数据库,开展战场剩余似雷目标评估工作具有参考性。后续可根据实际探测数据,建立搜索次数模型,实现声呐探测航次优化,对探猎雷装备的作战运用具有启发和促进作用。

参考文献

- [1] 傅金祝. 水雷的发展现状与趋势[J]. 水雷战与舰船防护, 2004, 12(3): 47-51.
- [2] 刘成胜. 无人水下航行器反水雷关键技术[J]. 国防科技, 2015, 36(2): 34-37.
- [3] 胡测. 正在发展中的反水雷系统[J]. 电子世界, 2014(4): 73-74.
- [4] 王继新. 反水雷装备发展新动向[J]. 兵工科技, 2012(1): 1-4.
- [5] 辛光红. 基于声呐图像处理的船用水下目标识别技术研究[J]. 舰船科学技术, 2018, 41(2A): 115-117.
- [6] 程锋利. 基于概率统计的小差异数据分类原理[J]. 科技通报, 2016, 32(3): 114-117.
- [7] 马爱民. 探雷声呐目标的概率分类技术[J]. 指挥控制与仿真, 2017, 39(3): 1-4.
- [8] 马爱民. 猎扫雷作战效果评估与控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.

(责任编辑: 肖楚楚)