

doi: 10.7690/bgzdh.2014.11.004

基于过去方位导引法的线导+尾流自导鱼雷攻击问题研究

王顺杰, 朱伟良, 李斌

(海军潜艇学院作战指挥系, 山东 青岛 266042)

摘要: 针对鱼雷不能准确地进入尾流问题, 对线导+尾流自导鱼雷攻击过程中过去方位法的导引问题进行研究。介绍过去方位导引法, 选择进入点, 在考虑导引间隔的基础上对过去时间进行修正后, 将鱼雷导向过去方位线。结果表明: 该方法正确、可行的, 不管目标如何机动, 都能将鱼雷准确地导入到指定尾流进入点。

关键词: 线导; 尾流自导; 过去方位; 时间间隔

中图分类号: TJ630.3 **文献标志码:** A

Research on Wire-Guided + Wake-Homing Torpedo Attack Based on Past-Bearings Guidance Method

Wang Shunjie, Zhu Weiliang, Li Bin

(Department of Combat Command, Navy Submarine Academy, Qingdao 266042, China)

Abstract: Aimed at the problem that torpedo can not be guided to wake accurately, the past-bearings guidance methods for wire-guided + wake-homing torpedo has been researched. The past-bearings guidance methods and the selection of entry point had been introduced. After amending past-time which is based on consider guidance-time interval to guide torpedo to expectant position. The result shows that the method is correctable and practicable. It can guide torpedo to specified wake exactly no matter target how to move.

Keywords: wire-guided; wake-homing; past-bearings; time interval

0 引言

随着鱼雷航程的不断增大, 对目标进行远距离攻击成为一种必不可少的攻击手段。目前, 线导鱼雷攻击是保证鱼雷远距离攻击的一种非常重要的攻击方式^[1], 通常在没有准确目标运动要素情况下进行, 鱼雷一经发射, 潜艇鱼雷攻击的成败完全取决于艇上武器系统能否有效地对鱼雷实施导引^[2]。在攻击水面舰艇时, 将鱼雷导引至目标一定距离后, 末端攻击时通常还采用声自导或尾流自导的攻击方式, 当使用尾流自导鱼雷对水面目标攻击时, 尾流自导技术的要求决定了鱼雷进入目标尾流时必须满足尾流进入点与目标舰尾的距离及尾流进入角^[3-4]2个方面的条件。进入点的选择至关重要, 选择合适的导引方法对鱼雷实施导引, 保证鱼雷的自导装置能有效地发现并跟踪目标, 以确定的命中点进入目标尾流是线导鱼雷导引过程中鱼雷武器系统和作战使用者的主要任务。

目前, 对线导+尾流自导鱼雷导引的方法有固定滞后角导引法、固定滞后距离导引法、滞后进入尾流时间导引法和过去方位导引法。前3种方法均或多或少的与目标距离的远近、目标舷角的大小及目标速度的大小有关, 特别是在远距离条件下, 对

于潜艇平台来讲, 很难准确地获知目标的运动要素及距离参数, 就必然导致鱼雷进入距离产生一定的偏差。过去方位导引法是一种不依赖于目标运动要素或距离参数的导引方法。笔者主要研究了线导+尾流自导鱼雷攻击过程中过去方位法的导引问题。

1 过去方位导引法

所谓过去方位导引法是指系统控制将鱼雷导引到某一固定时间之前的目标方位线上, 直至鱼雷进入目标尾流。

假设在某级海况条件下, 目标尾流保持时间为 T , 现测得1个目标方位 F , 则经过 T 时间后, 该目标方位 F 就是当前尾流终点的方位。如果取尾流中点作为鱼雷进入点, 则该进入点在 $T/2$ 时间之前的目标方位线上。如果系统控制始终将鱼雷导引到 $T/2$ 时间之前的目标方位线上或在进入尾流前将鱼雷导引到 $T/2$ 时间之前的目标方位线上, 即可准确地将鱼雷导入到目标尾流的中点。利用该方法使得进入点的准确性与目标距离的远近、目标舷角的大小以及目标速度的高低无关。

2 进入点的选择

鱼雷进入点选择的一般原则, 一是为提高鱼雷

收稿日期: 2014-06-09; 修回日期: 2014-07-09

作者简介: 王顺杰(1984—), 男, 山东人, 博士, 讲师, 从事潜艇武器运用研究。

进入目标尾流的概率，通常进入点取在尾流中点附近为宜；二是保证鱼雷进入尾流并待追踪弹道趋于稳定后追上目标，以防止鱼雷蛇形弹道幅度过大而从目标前方跨过，要求进入点离目标的距离不小于一定数值；三是为了减小鱼雷追踪航程的损耗，进入距离尽量小些^[5]。

由于利用过去方位法对线导+尾流自导鱼雷导引不需要精确的目标运动要素，并能准确地将鱼雷导入目标尾流。因此，在选择鱼雷进入点时只需重点考虑后 2 个问题，即在保证进入距离不小于一定数值的条件下，使进入点尽量靠近目标。

3 过去时间的确定

过去方位引导必须要确定过去时间 t 的大小，当过去时间确定后，只要利用过去时间 t 前的目标方位导引即可将鱼雷导入到预定进入距离 D 上。

1) 目标速度已知。

当目标速度已知时，可根据预先确定的鱼雷进入尾流的进入距离 D 来求取过去时间，即

$$t = D/v_m \quad (1)$$

2) 目标速度未知。

当目标速度未知或估计目标速度不准确时，就无法根据预先确定的鱼雷进入尾流的距离 D 来求取过去时间。此时，可考虑根据目标尾流的持续时间来确定过去时间，即

$$t = k_i t_i \quad (2)$$

式中： k_i 表示在 i 级海况条件下的比例系数，反映了进入点在尾流总长度中的相对位置，如若 $k_i=0.5$ ，表示从尾流中点进入； t_i 表示在 i 级海况条件下尾流持续的时间。

4 过去时间的修正

对鱼雷的导引存在 1 个导引间隔时间 Δt ，实际上在导引过程中是使鱼雷始终跟踪过去方位，即不可能将鱼雷实时导引到过去方位线上。如图 1 所示，在导引开始时刻本艇位于 W_i 点，目标位于 M_i 点，鱼雷位于 L_i 点，在导引间隔 Δt 之后，鱼雷位置点 L_{i+1} 应恰好航行到 Δt 之前确定的导引方位上，目标当前位置点为 M_{i+1} 。显然，当 L_{i+1} 点与 M_{i-1} 点重合时，鱼雷就进入了目标尾流，而此时指定进入点应是目标 $t+\Delta t$ 之前的位置点，即鱼雷实际进入目标尾流的距离为 $M_{i-1}M_{i+1}$ ，与预先期望的进入距离 $M_{i-1}M_i$ 存在误差 M_iM_{i+1} 。因此，为了能准确地将鱼雷导入目标尾流，在之前确定导引方位时，应考虑间隔时间 Δt ，由过去时间 $t-\Delta t$ 来确定导引方位。

假设目标定速定向运动，表 1 中列举了不同目

标速度下、不同鱼雷导引间隔时目标航行的距离。该航行距离实际上就是目标实际进入尾流点与期望进入尾流点的误差。从表中可以看出，随着目标航速及导引时间间隔的增大，该误差会不断增大。

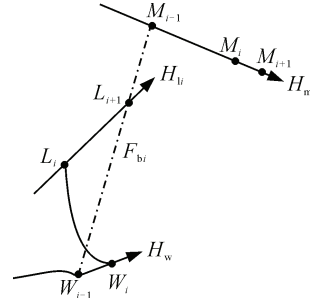


图 1 修正方法

表 1 不同条件下目标航行的距离

序号 i	时间 t/s	航速 $v/节$	距离 D/m
1	6	16	49.4
2	6	20	61.7
3	6	24	74.1
4	12	16	98.8
5	12	20	123.4
6	12	24	148.2
7	18	16	148.2
8	18	20	185.1
9	18	24	222.3

5 鱼雷航向的确定

当过去时间确定后，需要将鱼雷导向过去方位线。在导引鱼雷过程中，当鱼雷速度 v_1 一定时，需要求解出每一次导引时鱼雷的航向 H_c ，以确保在一次导引间隔内将鱼雷导引到导引方位线上。

如图 2 所示， $W_{i-1}(x_{wi-1}, y_{wi-1})$ 为本艇过去时间 $t-\Delta t$ 时的位置点， $L_i(x_{li}, y_{li})$ 为鱼雷当前位置点， F_b 为由过去时间确定的过去方位，经过 1 个导引间隔 Δt 后期望将鱼雷导引到过去方位线 F_b 上，假设鱼雷航向线与过去方位线的交点为 L_{i+1} 。显然，鱼雷航程 $\Delta S_1 = v_1 \Delta t$ 。图中 F_{li} 、 D_{li} 为过去潜艇位置到当前鱼雷的方位和距离。

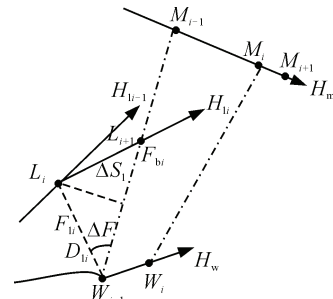


图 2 导引参数计算

若在 1 个导引间隔内鱼雷可由 L_i 点航行到 L_{i+1} 点，则在 $\Delta W_{i-1}L_iL_{i+1}$ 中可求得 $W_{i-1}L_{i+1}$ 的距离 D_{i+1} ：

$$D_{i+1} = D_{li} \cos \Delta F + \sqrt{\Delta S_1^2 - D_{li}^2 \sin^2 \Delta F} \quad (3)$$

式中需满足 $\Delta S_1 \geq D_{li} \sin \Delta F$ 。

由于本艇过去位置点 $W_{i-1}(x_{wi-1}, y_{wi-1})$ 及鱼雷当前位置点 $L_i(x_{li}, y_{li})$ 均已知, 可先求得 L_{i+1} 的坐标值 (x_{li+1}, y_{li+1}) 为:

$$\begin{cases} x_{li+1} = x_{wi-1} + D_{li+1} \sin F_{bi} \\ y_{li+1} = y_{wi-1} + D_{li+1} \cos F_{bi} \end{cases} \quad (4)$$

再根据当前鱼雷位置点 L_i 和导引点 L_{i+1} 的坐标值即可求得鱼雷的导引航向 H_{li} 。

$$H_{li} = \frac{y_{li+1} - y_{li}}{x_{li+1} - x_{li}} \quad (5)$$

显然, 根据态势的不同, 在一个导引间隔内鱼雷有可能不能从 L_i 点航行到 L_{i+1} 点, 即 $\Delta S_1 < D_{li} \sin \Delta F$, 此时就只能人为确定一个航向, 使得鱼雷既可以靠近过去方位线又可以靠近目标。

6 结束语

由于过去方位线是客观存在的, 因此, 只要能准确地记录过去方位线, 在确定了过去时间的基础上, 无论有无测得目标运动要素, 都能将鱼雷准确地导入到指定进入点。这个过程中, 过去时间的确

(上接第 3 页)

另一方面, 相对于相同长度的弹丸, 底凹弹的赤道转动惯量小, 增加了弹丸的飞行稳定性, 可提高射击精度。在弹丸结构设计时, 可将弹带装配在靠近弹底的部位, 将弹带在膛内所受的径向力由弹底来承受, 提高了弹壁的强度, 有利于提高弹丸的威力。

上述仿真结果表明: 在超音速情况下, 底凹的减阻效果有一定的减弱, 许多第 2 代底凹弹丸在底凹侧向开进气孔, 由于进气的引流作用, 可减小阻力, 而且马赫数越大, 底凹侧孔的作用愈明显^[3]。所以对侧向开孔的底凹弹丸进行研究变得尤为重要, 这将是下一步需要解决的问题。

当然底凹弹丸也有其不足之处, 弹丸在出炮口瞬间, 由于底凹部分内外压强差很大, 可能会出现强度不足的现象, 因此在选取底凹部分材料、确定底凹部分厚度时, 必须满足炮口强度设计要求。

4 结论

笔者初步研究了底凹装置对弹丸弹道性能的影响, 分析了在不同马赫数和底凹深度情况下底凹装置对弹丸减阻效果的影响。仿真结果证明: 在亚音速情况下, 底凹弹丸具有最佳的减阻效果, 且底凹深度有个最佳值, 在最佳值处具有最有效的减阻效果。通过分析可知, 底凹装置能增加弹丸的射程, 同时, 还能提高弹丸的飞行稳定性及精度; 所以, 底凹弹必将得到更快速的发展, 尤其是侧壁开孔底

定至关重要, 由于导引间隔的延时, 使得鱼雷进入尾流时, 进入距离存在距离差, 该误差随着目标航速及导引时间间隔的增大而增大, 因此在确定过去时间时需将导引间隔时间加以考虑, 才能更加准确地将鱼雷导入尾流。即使在导引过程中目标进行规避机动, 由于过去方位已被记录, 且目标经过的尾流仍然存在; 因此, 不管目标如何机动, 都能将鱼雷导入到指定尾流进入点。

参考文献:

- [1] 李微波, 傅调平, 刘斌. 现在方位导引法的线导鱼雷攻击可行域仿真[J]. 计算机仿真, 2012, 29(5): 28-31.
- [2] 李本昌, 刘振峰. 尾流自导鱼雷及其射击控制的关键技术[J]. 火力指挥控制, 2002, 27(增刊): 90-92.
- [3] 武志东, 李祥柯. 尾流自导鱼雷一次转角射击时的有效射击阵位[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(3): 199-202.
- [4] 孟范栋, 黄文斌, 王军. 尾流自导鱼雷二次转角射击最优参数解算研究[J]. 舰船科学技术, 2009, 31(8): 120-123.
- [5] 罗迪, 李本昌, 衡辉, 等. 尾流自导鱼雷瞄点优化方法[J]. 鱼雷技术, 2009, 17(5): 77-80.

凹弹的发展。下一步, 对侧壁开孔的底凹弹丸进行仿真研究也具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 李向东, 钱建平, 曹兵. 弹药概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004: 29-31.
- [2] 沈阳理工大学《现代弹箭系统概论》编写组. 现代弹箭系统概论[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2007: 143-144.
- [3] 魏惠之, 朱鹤松. 弹丸设计理论[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985: 23-25.
- [4] 崔金泰, 杜波. 火炮之最[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 56-58.
- [5] 谷嘉锦. 底凹弹丸的风洞实验研究[R]. 南京: 南京航空学院科技资料, 1978.
- [6] 浦发, 王中原. 超音速底凹弹减阻机理的研究[J]. 弹道学报, 1989, 9(1): 63-67.
- [7] 王中原. 底凹弹侧壁斜孔减小底阻分析[J]. 南京理工大学学报, 1997, 21(1): 17-20.
- [8] 王中原. 超音速底凹弹侧壁开孔对飞行阻力的影响[J]. 空气动力学学报, 1997, 15(4): 502-506.
- [9] 鞠玉涛, 周省长, 李坚. 底凹弹绕流流场波谱规律数值分析[J]. 弹箭与制导学报, 2003, 23(3): 144-146.
- [10] Cao Jiayi, Lu Chuanjing, et al. Research on the base cavity of a sub-launched projectile[J]. Journal of Hydrodynamics, 2012, 24(2): 244-249.
- [11] Dymant A., Flodrops J.P., Paquet J.B., et al. Gaseous cavity at the base of an underwater projectile[J]. Aerospace Science and Technology, 1998, 2(8): 489-504.
- [12] Thau Do, Li Chen, Tu Jiyuan. Numerical study of turbulent trailing-edge flows with base cavity effects using URANS[J]. Journal of Fluids and Structures, 2010, 26(7-8): 1155-1173.