

The Calculating Analysis of Advance Angle in the Shooting Triangle

Junchao Mao, Liye Tian, Jianting Gao

Navy Submarine Academy, Qingdao Shandong
Email: maojunchao2727@sina.com

Received: Apr. 19th, 2016; accepted: May 9th, 2016; published: May 12th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

With the method of mathematical analysis, it calculated and analyzed the shooting triangle; then it obtained the unique solution of the advance angle which is used to calculate the torpedoes shooting parameters. All the works provide more accurate calculating data for guidance section.

Keywords

Shooting Triangle, Advance Angle, Calculating and Analyzing

对射击三角形中提前角的解算讨论

毛俊超, 田立业, 高建亭

海军潜艇学院, 山东 青岛

Email: maojunchao2727@sina.com

收稿日期: 2016年4月19日; 录用日期: 2016年5月9日; 发布日期: 2016年5月12日

摘要

采用数学分析的方法, 解算分析了射击三角形, 通过对提前角的解算讨论, 得到命中角的唯一解, 并应

用于鱼雷转角射击三角形诸元解算中。

关键词

射击三角形, 提前角, 解算分析

1. 引言

导数是数学分析[1]中一个基本而又及其重要的概念, 同时又是一种重要的数学分析方法, 在数学分析中可以利用它来研究函数的重要性态如单调性、极值和最值等, 而函数是描述自然界变量间关系的数学模型, 研究函数的性质就是为了更好得解决现实生活和工程技术中的很多问题, 比如利用导数可以解决许多优化问题。实际上导数在很多领域都有广泛的应用, 比如在军事领域的鱼雷攻击[2]中, 要解算鱼雷射击诸元, 导数就是一个非常方便有用的工具和方法。下面就利用导数解算分析射击三角形, 讨论提前角和命中角的唯一性, 并应用于鱼雷转角射击三角形诸元解算中。

2. 射击三角形解算

鱼雷射击分为直进射击、声自导射击、线导和尾流自导射击[3]-[5], 射击三角形是直进射击要解算的元素, 但也同样用于其他射击方式的射击诸元解算。如图 1 所示, ΔWMC 为射击三角形, 满足鱼雷命中目标的期望条件, 即目标从 M 点航行至 C 点所用时间与鱼雷从 W 点航行至 C 点所需时间相同, 设该时间为 t 。已知: 射距 D , 目标速度 v_m , 目标舷角 X_m , 鱼雷速度 v , 设 $m = \frac{v_m}{v}$, ($0 < m < 1$)。下面通过解算得到提前角 φ (自然就得到命中角 θ)。如图 1。

由正弦定理得

$$\frac{v_m t}{\sin \varphi} = \frac{vt}{\sin X_m} = \frac{D}{\sin(X_m + \varphi)}, \quad \text{即: } \frac{v_m t}{\sin \varphi} = \frac{vt}{\sin X_m} \quad (1)$$

$$\frac{vt}{\sin X_m} = \frac{D}{\sin(X_m + \varphi)} \quad (2)$$

由 (1) 得 $\sin \varphi = m \sin X_m$, 从而 $\varphi = \arcsin(m \sin X_m)$, 或者 $\varphi = \pi - \arcsin(m \sin X_m)$, 而 $\varphi = \pi - \arcsin(m \sin X_m)$ 不满足 (2), 即不满足事实条件 $t > 0$, 这是因为: 若将 $\varphi = \pi - \arcsin(m \sin X_m)$ 代入 (2) 得: $\frac{vt}{\sin X_m} = \frac{D}{\sin(X_m + \pi - \arcsin(m \sin X_m))}$, 设 $y = x + \pi - \arcsin(m \sin x)$, ($0 \leq x \leq \pi$), 由 $y' = 1 - \frac{m \cos x}{\sqrt{1 - m^2 \sin^2 x}} = \frac{\sqrt{1 - m^2 \sin^2 x} - m \cos x}{\sqrt{1 - m^2 \sin^2 x}} > 0$ 知, y 在 $[0, \pi]$ 上是增函数, 故 $y \geq y(0) = \pi$, 所以 $\sin[\pi - \arcsin(m \sin X_m)] \leq 0$, 而 $D \geq 0$, $v \geq 0$, $\sin X_m \geq 0$ 从而 $t \leq 0$, 不符合事实。所以提前角有唯一解 $\varphi = \arcsin(m \sin X_m)$ 。

3. 在齐射扇面中线转角射击诸元计算中的应用

在图 2 所示的射击三角形中, 令齐射扇面中线(鱼雷)发射出管(A 为出管距离, a 为出管直航距离)自控转向后直航至目标有效尾流中点 C 的时间与目标从 M' 点航行至 M 的时间相等。

潜艇火力控制系统[6] (以下简称系统)组织及控制鱼雷发射是在系统计算及输出射击诸元的基础上进行的。系统按下面两式计算出转角齐射扇面中线射击诸元(均为瞬时计算值):

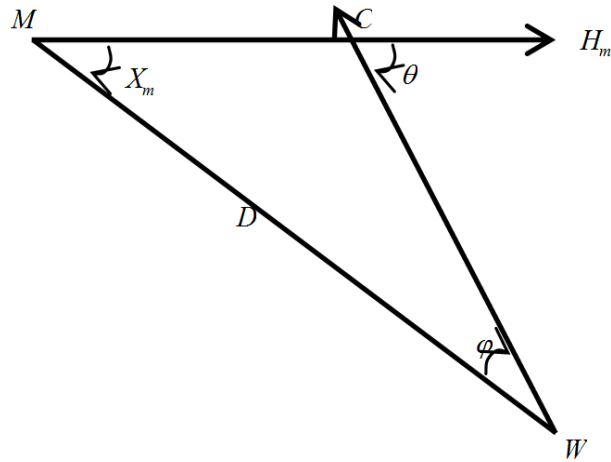


Figure 1. Shooting triangle

图 1. 射击三角形

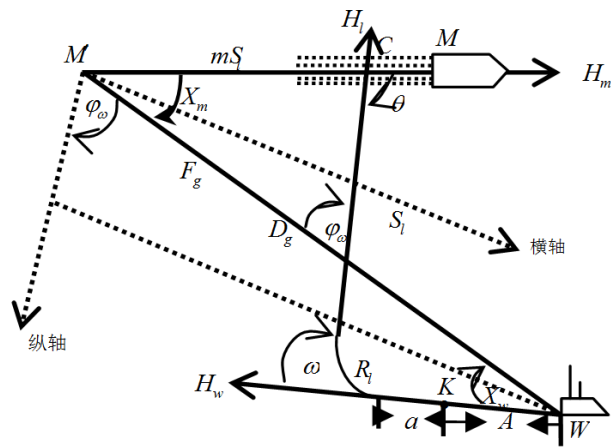


Figure 2. Graph of torpedo corner shooting

图 2. 鱼雷转角射击图

$$\begin{cases} D_g \cos \varphi_\omega = S_l (1 + m \cos \theta) - CM \cos \theta - a - R_l |\omega| + (a + A) \cos |\omega| + R_l \sin |\omega| \\ D_g \sin \varphi_\omega = m S_l \sin \theta - CM \sin \theta + (a + A) \sin |\omega| + R_l (1 - \cos |\omega|) \end{cases} \quad \text{其中} \quad \begin{cases} \omega = X_w + \varphi \\ \theta = X_m + \varphi \end{cases}$$

φ_ω 为转角齐射扇面中线有利提前角；

S_l 为齐射扇面中线搜索航行段航程，或称为发现目标尾流期望航程；

ω 为齐射扇面中线有利转角；

θ 为齐射扇面中线命中角，或称为发现目标尾流期望舷角。

其中 D_g, m, X_m, X_w 及 R_l 为系统预先计算或输入提供的计算条件； a 和 A 由系统按照约定值采用。 φ_ω 和 S_l 为系统按照输入的计算条件而得到的计算值，根据第 1 部分射击三角形的解算讨论，有唯一值。

为方便系统应用该模型进行计算，需首先进行消元变换而成为只含未知量 φ_ω 的方程式。程序设计时采用直进射击提前角 $\arcsin(m \sin X_m)$ 赋予 φ_ω 初值。采用迭代算法即可计算出满足一定精度(事先给定的估计误差的大小)要求的 φ_ω 值。

4. 结论

主要从射击三角形、齐射扇面中线转角射击诸元计算对鱼雷弹道进行解算分析，为导引段提供更为

精确解算数据，从而提高命中概率。

参考文献 (References)

- [1] 欧阳光中. 数学分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 195-223.
- [2] 石秀华, 王晓娟. 水中兵器概论(鱼雷分册) [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2005: 163-165.
- [3] 李长文, 任行者. 计算声自导鱼雷直进射击成功概率的解析方法[J]. 指挥控制与仿真, 2009, 31(1): 54-57.
- [4] 李本昌, 梁涛. 尾流自导鱼雷的齐射及其建模[J]. 火力与指挥控制, 2008(6): 128-130.
- [5] 汪二照, 孔军. 尾流自导鱼雷双雷二次转角齐射[J]. 指挥控制与仿真, 2009(3): 53-57.
- [6] 赵正业. 潜艇火控原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 15-16.