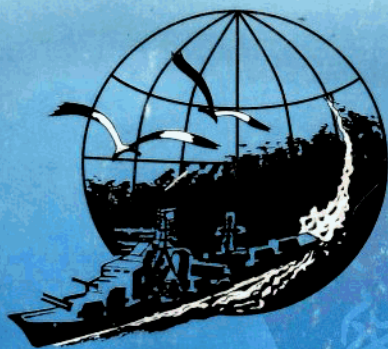


舰艇机动学



海军大连舰艇学院

舰艇机动学

主编:张志新 杨宝森

海军大连舰艇学院
1995年10月·大连

舰艇机动学

主编:张志新 杨宝森

(大连市中山区解放路 667 号 116018)

海军大连舰艇学院印刷厂

780×1092 毫米 1/16 开本 字数 200 千

印数 001—1500

9604001—102—10—020

定价:12 元

前 言

舰艇机动学是军事航海学的重要组成部分,主要研究舰艇在海上战斗活动中,为达成某个战术目的而进行机动的理论与方法。

本书是以翁延令、王光永编写的“舰艇机动学”为基础,根据水面舰艇舱面军官的培养目标和航海理论的最新发展修订出版的。对原书中的某些内容作了删除,有的章节采用了新的理论和方法。

本书采用 GB4099—83 航海常用名词及代(符)号,部分名词术语附有英文译注。国家标准未列出的名词符号采用英文字头。

本书由张志新、杨宝森编写,罗小泽、杨宝森等绘图。全书由田宝珠、杜新海审阅。在编写过程中地文航海教研室高善民、李佳初、袁益林同志对本书的修订提出了宝贵意见。

限于编著者水平,书中差错及不当之处在所难免,望使用者批评指正。

编著者

1995 年 10 月

目 录

第一章 舰艇机动基础.....	(1)
§ 1-1 单舰对固定目标定向定速机动.....	(2)
§ 1-2 两舰定向定速相对运动.....	(6)
§ 1-3 舰操绘算图	(15)
习题一	(18)
第二章 测定目标运动要素	(22)
§ 2-1 点绘法求目标运动要素	(22)
§ 2-2 测定目标运动要素的其它方法	(26)
习题二	(30)
第三章 接近机动	(33)
§ 3-1 接近到相遇机动	(33)
§ 3-2 与高速舰接近到最短距离机动	(41)
§ 3-3 最短时间接近到预定距离机动	(45)
§ 3-4 接近机动绘算例题分析	(50)
习题三	(55)
第四章 占领阵位机动	(60)
§ 4-1 占领阵位机动	(60)
§ 4-2 变换阵位和保持阵位机动	(67)
§ 4-3 应用实例分析	(71)
习题四	(75)
第五章 规避机动	(80)
§ 5-1 规避低速舰于预定距离之外	(80)
§ 5-2 最短时间展开到预定距离机动	(84)
§ 5-3 曲折机动	(85)
§ 5-4 规避机动例题分析	(91)
习题五	(95)
第六章 搜索机动	(97)
§ 6-1 平行搜索	(97)
§ 6-2 应召搜索.....	(104)
习题六.....	(110)
第七章 施放烟幕机动.....	(112)

§ 7-1 舰艇施放移动烟幕的机动	(112)
§ 7-2 舰艇施放固定烟幕的机动	(122)
习题七	(127)
附录 舰艇机动数学模型	(129)
附表(一) 距变率表	(137)
附表(二) 横移率表	(138)
附表(三) 位变率表	(139)
附表(四) 临界舵角表	(141)
附表(五) 极限舵角表	(141)
习题答案	(142)

第一章 舰艇机动基础

舰艇机动(Ship manoeuvre)是指舰艇在战斗活动中,以一定的战术目的占领或变换对目标(舰)的相对位置而进行的运动。其常用名词符号定义如下:

1. 机动舰(Manceuvring ship):相对于某一目标进行有目的机动的舰艇。又称为本舰,用 O 表示。

2. 目标(舰)(Target):相对于机动舰的物标或舰艇。用 T 表示。目标可能是敌舰或敌方编队,也可能是己方舰船或编队。目标分为固定目标和机动目标,固定目标包括岸上的设施、建筑物、工事、炮台和停泊的舰艇等,机动目标是指运动中的舰船,亦可称为目标舰。

3. 阵位(Station):舰艇相对于某一目标的位置。对于固定目标,舰艇的阵位用方位(B)和距离(D)表示。如图1-1(a)所示,机动舰 O 的阵位是 O 测目标 T 的方位(B) $000^\circ.0$ 、距离(D) 100Cab 的位置。以后如不声明,本书中提及的方位距离均指机动舰测目标的方位距离。机动舰与机动目标之间的阵位,一般用舷角(Q)和距离(D)表示。如图1-1(b)。机动舰(O)的阵位为 Q_o, D ;而目标舰(T)的阵位为 Q_t, D 。

用于表示阵位的舷角(或方位)、距离称为阵位要素。

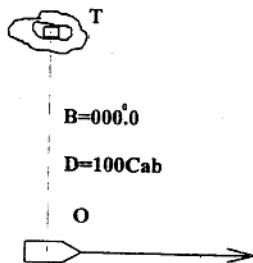


图 1-1(a)

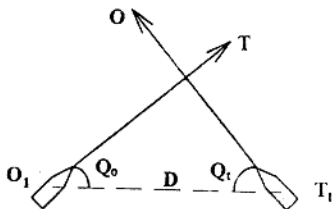


图 1-1(b)

§ 1-1 单舰对固定目标定向定速机动

舰艇在对岸上目标进行导弹、火炮攻击时,应使之处于有利于发挥我舰火力的舷角和距离范围以内,本节将解决单舰对固定目标机动的有关绘算问题。

一、阵位要素变化率——距变率、横移率和位变率

机动舰对某一固定目标作定向定速机动时,与目标的方位、距离在不断变化,也就是机动舰的阵位要素在不断变化。如图 1-2 所示, T 为固定目标, 机动舰位于 O_1 点, \vec{V}_0 为机动舰速度矢量。此时, 机动舰阵位是 B_1, D_1 , 目标的阵位是 Q_0, D_1 。将 \vec{V}_0 分解为沿方位线 O_1T 方向的分矢量 \vec{V}_A 和垂直于方位线的分矢量 \vec{V}_B , \vec{V}_A 表示该时刻机动舰对目标距离的变化速度, \vec{V}_B 表示该时刻机动舰在垂直于方位线方向的横移速度, 由此引起机动舰对目标方位的变化。阵位要素变化率包括三项, 即: 距变率、横移率和位变率。其定义及计算公式如下:

距变率(Rate of distance variation): 机动舰对目标距离的变化速度。用 R_d 表示。规定距离缩小时符号为负(-), 距离增大时符号为正(+)。从图 1-2 可知:

$$R_d = -V_0 \cdot \cos Q_0 \quad (1-1)$$

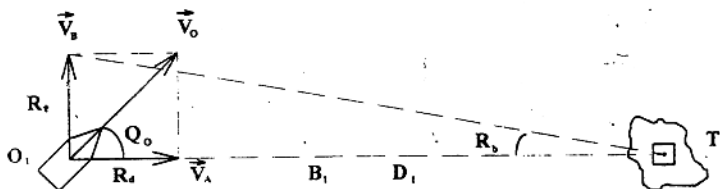


图 1-2

横移率(Rate of transverse motion): 机动舰在与方位线垂直方向上移动的速度。用 R_t 表示。规定目标方位增大时符号为正(+), 减小时为负(-)。由图 1-2 知:

$$R_t = V_0 \cdot \sin Q_0 \quad (1-2)$$

计算时, 如目标在右舷 Q_0 为正, 目标在左舷 Q_0 为负。

位变率(Rate of bearing variation): 机动舰对目标方位的变化速度。用 R_b 表示。符号规定与横移率(R_t)相同。由图 1-2 知:

$$R_b = R_t / D_1 (\text{弧度/小时}) = V_0 \cdot \sin Q_0 / D_1 \quad (1-3)$$

考虑到舰艇在进行战斗活动时, 通常时间单位为分、距离单位为链、舷角或方位单位为度、速度单位为节, 上述公式(1-1)、(1-2)、(1-3)可表示为:

$$\left. \begin{aligned} R_d &= (-V_0) \cdot \cos Q_0 / 6 (\text{链/分}) \\ R_r &= V_0 \cdot \sin Q_0 / 6 (\text{链/分}) \\ R_b &= V_0 \cdot \sin Q_0 \times 57.3 / 6 D_1 (\text{度/分}) \end{aligned} \right\} (1-4)$$

说明:

1. 根据距变率(R_d)、位变率(R_b)和时间 Δt 可求得距离变化量和方位变化量,加上初始阵位要素可得新阵位要素:

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + R_b \cdot \Delta t \\ D_2 &= D_1 + R_d \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} (1-5)$$

但由于 R_b 和 R_d 为瞬时值,随着 Δt 的增大,用上式计算得到的新阵位要素 B_2 、 D_2 误差也增大。所以(1-5)式仅适用于短时间(几分钟)内、距离较远时求新阵位要素。

2. 为了计算方便,根据公式(1-4)分别制成距变率表、横移率表和位变率表(见附表一、二、三)。使用时可根据航速、舷角为引数,在附表一、二中分别查得距变率和横移率,再以横移率和目标距离为引数,查附表三可得位变率。在《航海表》中,表Ⅲ-16亦专门列有距变率表、横移率表和位变率表,以供查阅之用。

例1:我舰对敌岸炮阵地实施火炮攻击,0958进入战斗航向 $030^\circ.0$,航速 24Kn , 100° 目标方位 $090^\circ.0$ ($Q_{01}=60^\circ$ 右),距离 70cab ,求此时的距变率和位变率。

解:以引数 $V_0=24\text{Kn}$ 和 $Q_{01}=60^\circ$ 查距变率表得 $R_d=-2$ 链/分。

查横移率表得 $R_r=+3.5$ 链/分

再以 R_r 和 $D_1=70\text{cab}$ 为引数查位变率表得 $R_b=+2^\circ.9$ /分。

即: $R_d=-2$ 链/分, $R_b=+2^\circ.9$ /分。

3. 舰艇在对水面或水下目标攻击或规避敌对我攻击时,有时需要变向或变速,以达到改变距变率和位变率的目的。现将由于变向或变速引起距变率和横移率改变的规律分析如下:

将公式(1-1)、(1-2)、(1-3)对 Q 和 V 全微分可得:

$$dR_d = V \sin Q \cdot dQ - \cos Q \cdot dV$$

$$dR_r = V \cos Q \cdot dQ + \sin Q \cdot dV$$

$$dR_b = (V \cos Q / D_1) \cdot dQ + (\sin Q / D_1) \cdot dV$$

由上式可知:

①当舷角(Q)接近 90° 时,如果改变航向(亦即改变舷角)而航速保持不变(即 $dv=0$),将使距变率的变化量(dR_d)达到最大,而横移率的变化量(dR_r)和位变率的变化量(dR_b)为最小。如果改变航速而航向保持不变(即 $dQ=0$),将使距变率的变化量(dR_d)最小,而横移率的变化量(dR_r)和位变率的变化量(dR_b)达到最大。②当舷角(Q)接近 0° 或 180° 时,如果改变航向而航速不变(即 $dv=0$),将使距变率的变量(dR_d)最小,而横移率的变化量(dR_r)和位变率的变化量(dR_b)达到最大。如果改变航速而航向保持不变(即 $dQ=0$),将使距变率的变化量(dR_d)达到最大,而横移率的变化量(dR_r)和位变率的变化量(dR_b)最小。

通过以上分析,可以得出以下结论:

当机动舰的舷角接近 90° 时,若改变舰艇航向(舷角),将引起 R_d 的急剧变化;若改变舰艇航速,则引起 R_r 和 R_b 的急剧变化。

当机动舰的舷角接近 0° 或 180° 时,若改变航艇航向(舷角),将引起 R_1 或 R_2 的急剧变化;若改变航艇航速,则引起 R_d 的急剧变化。

二. 单舰对固定目标定向定速机动时阵位要素的绘算

舰艇对某一固定目标进行战斗活动时,有时需要预先推算某时刻的阵位要素,或推算阵位要素变化到某一值的时刻。现将这两种绘算问题分别叙述如下。

(一) 求某时刻的阵位要素

1. 查表计算法(仅适用于短时间、远距离时)

例2:我舰航向 $C_0=030^\circ.0$ 航速 $V_0=24\text{Kn}$,对敌阵地进行火力机动,1000敌阵地的方位为 $B_1=090^\circ.0$,距离 $D_1=70\text{cab}$,求1003时敌阵位要素(B_2, Q_{02}, D_2)。

解: $Q_{01}=B_1-C_0=090^\circ.0-030^\circ.0=60^\circ$ 右,以 Q_{01} 和 D_1 查表可得距变率、横移率和位变率:

$$R_d = -2.0\text{cab/m}$$

$$R_1 = +3.5\text{cab/m}$$

$$R_2 = +2.9\text{度/m}$$

由于 $\Delta t=1003-1000=3\text{m}$,代入(1-5)式有:

$$B_2 = B_1 + R_1 \cdot \Delta t = 090^\circ.0 + 2^\circ.9 \times 3 = 098^\circ.7$$

$$D_2 = D_1 + R_d \cdot \Delta t = 70 + (-2.0) \times 3 = 64\text{cab}$$

$$Q_{02} = B_2 - C_0 = 098^\circ.7 - 030^\circ.0 = 68^\circ.7\text{右}$$

即1003时刻的阵位要素是 $B_2=098^\circ.7, Q_{02}=68^\circ.7$ 右; $D_2=64\text{cab}$ 。

2. 图解法

图解法是在舰操绘算图上用推算的方法求解阵位要素的变化。这种方法不受目标距离和时间长短的限制,且方便易行,故广为应用。

例3. 同例2,用图解法求解。

解:如图1-3所示。

(1)把目标T标在舰操图中心,根据 B_1, D_1 标出机动舰位置 O_1 ;

(2)从 O_1 点画出 $030^\circ.0$ 的航向 O_1O_2 ;

(3)计算1000到1003所走的航程 $S = V_0 \times \Delta t = 12\text{cab}$,截取 $O_1O_2 = S = 12\text{cab}$,得 O_2 点;

(4)自 O_2 点量取目标T的方位 $B_2=099^\circ.0$,舷角 $Q_{02}=69^\circ$ 左,距离 $D_2=65\text{cab}$,这就是1003时刻目标的新阵位要素。

(二) 求阵位要素变化到某一值的时刻

当机动舰以一定航向、航速对固定目标进行机动时,初始的阵位要素不一定都适合战术要求,以火炮攻击来说,什么时候目标进入有效射程,什么时候目标的舷角、方位适合战术要求……等等,都是经常要遇到的绘算问题。这类问题一般都用图解法解决,现举例说明如下:

例4:某驱逐舰准备对敌阵地实施火炮攻击,选择战斗航向 $C_0=090^\circ.0$,航速 $V_0=18\text{Kn}$,前后主炮能同时对目标射击的舷角为 $45^\circ \sim 135^\circ$,进入战斗航向时的目标方位为 $050^\circ.0$ 、距离为 90cab 。求:

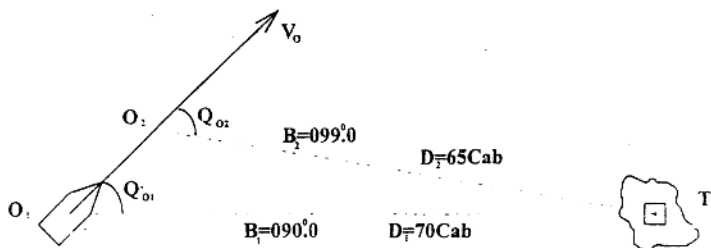


图 1-3

- (1) 舷角变化到 45° 时所需的时间 (Δt_1) 和此时的距离 (D_2);
- (2) 舷角变化到 90° 时所需要的时间 (Δt_2) 和此时的距离 (D_2);
- (3) 前后主炮能同时对目标射击的总时间 (Δt_3),

解: 如图 1-4 所示。

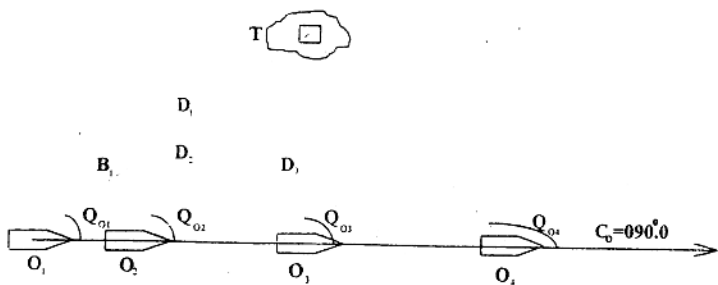


图 1-4

(1) 把 T 置于舰操图中心, 根据目标方位 $050^{\circ}.0$ 、距离 90cab 标出机动舰初始位置 O_1 、并过 O_1 画出 $090^{\circ}.0$ 的航向线;

(2) 计算 $Q_{02}=45^{\circ}$ 左、 $Q_{03}=90^{\circ}$ 左和 $Q_{04}=135^{\circ}$ 左时的目标方位 B_2, B_3 和 B_4 ;

$B_2=090^{\circ}.0+(-45^{\circ})=045^{\circ}.0$

$$B_2 = 090^\circ.0 + (-90^\circ) = 000^\circ.0$$

$$B_4 = 090^\circ.0 + (-135^\circ) = 315^\circ.0$$

(3) 过 T 点分别作 $045^\circ.0, 000^\circ.0$ 和 $315^\circ.0$ 方位的逆方位线, 与航向线交于 O_2, O_3 和 O_4 点。量取航程 $O_1O_2 = 1.11, O_1O_3 = 6.9, O_2O_4 = 11.6$ 。量取距离 $TO_2 = 81.8 \text{ cab}, TO_3 = 57.8 \text{ cab}$ 。故:

舷角变化到 45° 左所需时间 $\Delta t_1 = O_1O_2/V_0 = 3.7$ 分钟, 此时的距离 $D_2 = TO_2 = 81.8 \text{ cab}$;

舷角变化到 90° 左所需时间 $\Delta t_2 = O_1O_3/V_0 = 23$ 分钟, 此时的距离 $D_3 = TO_3 = 57.8 \text{ cab}$;

前后主炮能同时对目标射击的总时间 $\Delta t_3 = 11.6/18 \text{ Kn} = 38.6$ 分钟。

§ 1-2 两舰定向定速相对运动

舰艇对活动目标机动时, 与对固定目标机动时相比较, 阵位要素的变化规律和求解方法都有所不同。机动舰和目标舰都作定向定速运动是最基本、最简单情况。本节在介绍该条件下阵位要素变化率的基础上, 重点讨论两舰定向定速相对运动的有关问题。

一、阵位要素变化率——总距变率、总横移率、总位变率

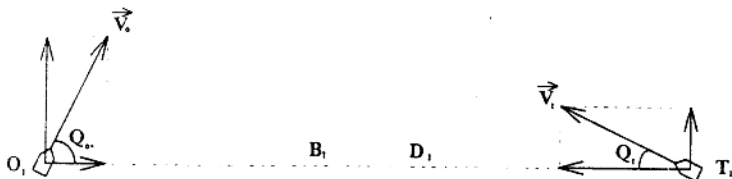


图 1-5

如图 1-5, O_1, T_1 分别为机动舰和目标舰, \vec{V}_0, \vec{V}_1 为各自的速度矢量, Q_0 为目标舰所处的机动舰舷角 (Ownship relative bearing), Q_1 为机动舰所处的目标舰舷角 (Target relative bearing)。

从图上可以看出, 两舰定向定速运动时的阵位要素变化率是两舰各自阵位要素变化率的代数和, 在求各种阵位要素变化率时假设另一舰为固定目标。用 TR_d 表示总距变率 (Total rate of distance variation), TR_t 表示总横移率 (Total rate of transverse motion), TR_b 表示总位变率 (Total rate of bearing variation), 则:

$$\left. \begin{aligned} TR_d &= -V_0 \cos Q_0 - V_1 \cos Q_1 \\ TR_t &= V_0 \sin Q_0 + V_1 \sin Q_1 \\ TR_b &= TR_t/D_1 = V_0 \sin Q_0/D_1 + V_1 \sin Q_1/D_1 \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

上式中,如总距变率(TR_d)为正值,表示两舰距离在扩大;为负值,表示两舰距离在缩小。如总位变率(TR_s)为正值,说明两舰互测的方位在增大;为负值,说明在减小。

如取距离单位为链(Cable),舷角单位为度,速度单位为节(Knot),则式(1-6)的实用式为:

$$\left. \begin{aligned} TR_d &= -\left(\frac{V_0}{6}\cos Q_0 + \frac{V_1}{6}\cos Q_1\right) (\text{链/分}) \\ TR_s &= \frac{V_0}{6}\sin Q_0 + \frac{V_1}{6}\sin Q_1 (\text{链/分}) \\ TR_b &= 57.3 \times \frac{V_0\sin Q_0 + V_1\sin Q_1}{6D_1} (\text{度/分}) \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

TR_d 、 TR_s 和 TR_b 同样可以通过查距变率表、横移率表和位变率表求得。但必须明确 TR_d 、 TR_s 和 TR_b 均为瞬时值,如果时间间隔比较短且距离较远,则 Δt 时间后的新阵位要素(B_2 、 D_2)可由下式求得:

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + TR_s \cdot \Delta t \\ D_2 &= D_1 + TR_d \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

当然,新阵位要素也可以通过作图法求解,这时需要把机动舰和目标舰的初始位置根据初始阵位标在海图或舰操图上,根据航程在各自的航向线上截得推算位置,量取新的阵位要素。这种方法不仅麻烦,而且舰操绘算图幅小,经过一段时间后,两舰都会运动到图廓以外。另外,用这种作图方法很难求解到新阵位点的时间等问题。因此,需借助相对运动原理来解决两舰定向定速运动的有关绘算问题。

二、两舰定向定速相对运动

(一)相对运动原理

为了解决舰艇战斗活动中诸如与敌舰接近、占领阵位和规避等机动问题,通常都是把活动的目标看作不动,而机动舰对其作相对运动,如图 1-6(a)所示,设机动舰 O 和目标舰 T 分别位于 O_1 和 T_1 点,目标舰阵位要素为 B_1 、 D_1 。现设机动舰不动,目标舰以速度 V_1 作定向运动,经过 Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 时间后,目标舰分别到达 T_2 、 T_3 、 T_4 点,其阵位要素依次为 B_2 、 D_2 ; B_3 、 D_3 ; B_4 、 D_4 。

如果把参照系改变一下,把运动的目标舰看作不动,则原本不动的机动舰应以速度 V_1 向着与目标舰运动方向相反的方向运动,如图 1-6(b)所示。经过 Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 时间后,机动舰分别位于 O'_2 、 O'_3 和 O'_4 点,目标舰的阵位要素仍依次为 B_2 、 D_2 ; B_3 、 D_3 ; B_4 、 D_4 。所以,当 $V_0=0$ 时,机动舰对目标舰的相对运动速度矢量是 $-\vec{V}_1$ 。

现假设机动舰以速度矢量 \vec{V}_0 、目标舰以 \vec{V}_1 各自作定向定速运动,如图 1-7 所示。以目标舰作参照系(即设目标舰不动),则机动舰对目标舰的相对运动速度矢量是机动舰速度矢量 \vec{V}_0 与目标舰速度反矢量($-\vec{V}_1$)之矢量和,亦即目标舰是沿着 \vec{V}_0 和 $-\vec{V}_1$ 的合成方向 O_1O' 对目标舰作相对运动, O_1O' 称为相对航向线。机动舰对目标舰相对运动的方向(即合成矢量方向)称为机动舰对目标舰的相对运动航向(Direction of relative motion),简称相对航向,用 Cr_0 表示。在不产生混淆时亦用 Cr 表示。相对运动的速度(合成矢量的大小)称为相对运动速度(Speed of relative motion),简称相对速度或相对航速,用 V_{r0} 表示。在

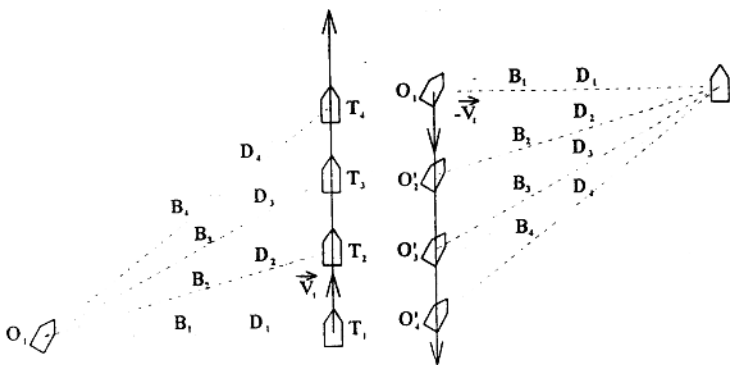


图 1-6(a)

图 1-6(b)

不产生混淆时亦用 V_r 表示。如相对速度矢量用 \vec{V}_{ro} (或 \vec{V}_r) 表示, 则

$$\left. \begin{aligned} \vec{V}_{ro} &= \vec{V}_o + (-\vec{V}_t) \\ \text{或 } \vec{V}_o &= \vec{V}_t + \vec{V}_{ro} \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

通过以上分析, 可得如下结论: 两舰各自作定向定速运动时, 假设一舰不动 (作为参照系) 则另一舰将以相对速度沿相对航向线对其作相对运动。这就是两舰定向定速相对运动原理。

相对速度矢量可通过作图求得, 如图 1-7, 只要从 \vec{V}_o 矢量终点 A 作 $-\vec{V}_t$ 矢量 \vec{AB} , 连结 O_1B 即为相对速度矢量 \vec{V}_{ro} , 需要注意的是, 机动舰在相对航向线上对 T 做相对运动时, 其舰首方向仍朝向原航向的方向。目标舰所处的机动舰舷角不是目标方位线与相对航向线的夹角, 而是目标方位线与机动舰航向线的夹角。

(二) 相对航向线上阵位要素的变化与实际情况的一致性

舰艇机动中的绘算问题, 大多数是运用相对运动原理来解决的。为了加深对两舰定向定速相对运动原理的理解, 下面证明机动舰在相对航向线上运动时, 目标舰阵位要素的变化与实际情况的一致性。

如图 1-8 所示, 设经过 Δt_1 时间, O 舰在相对航向线上运动至 O'_2 , $O_1O'_2 = V_o \cdot \Delta t_1$, 与此同时两舰的实际位置分别在 O_2 和 T_2 点。 $O_1O_2 = V_o \cdot \Delta t_1$, $T_1T_2 = V_t \cdot \Delta t_1$, 连结 $O_2O'_2$ 、 O'_2T_1 和 O_2T_2 , 若能证明 O_2T_2 平行且相等 O'_2T_1 , 亦即四边形 $O_2O'_2T_1T_2$ 为平行四边形, 也就是证明了相对航向线上阵位要素的变化与实际情况是一致的。

证明:

在 $\triangle O_1AB$ 和 $\triangle O_1O_2O'_2$ 中,

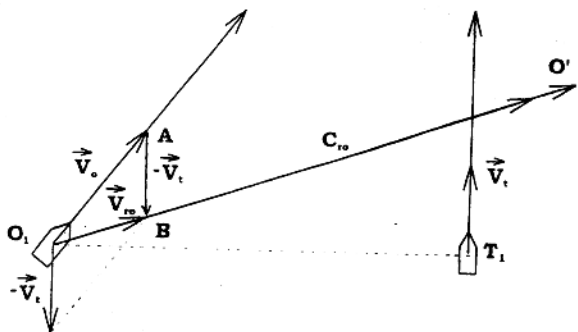


图 1-7

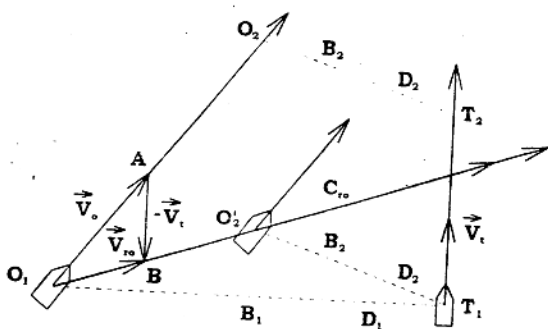


图 1-8

$$\begin{aligned} \therefore O_1O_2 &= V_o \times \Delta t_1 = O_1A \times \Delta t_1 \\ O_1O'_2 &= V_{ro} \times \Delta t_1 = O_1B \times \Delta t_1 \\ \therefore O_1O_2/O_1A &= O_1O'_2/O_1B = \Delta t_1 \\ \text{又} \because \angle AO_1B &= \angle O_1O_2O'_2 \\ \therefore \triangle O_1AB &\sim \triangle O_1O_2O'_2 \\ &AB \parallel O_2O'_2 \\ \text{又有 } AB &\parallel T_1T_2 \end{aligned}$$

故 $O_2O' // T_1T_2$;

根据相似三角形对应边成比例的定理,有:

$$O_1O_2/O_1A = O_2O'_2/AB = \Delta t_1$$

$$\therefore O_2O'_2 = AB \times \Delta t_1 = V_1 \times \Delta t_1$$

故: $O_2O'_2 = T_1T_2$;

即 $O_2O'_2$ 与 T_1T_2 平行且相等,

\therefore 四边形 $O_2T_2T_1O'_2$ 为平行四边形.

所以 O_2T_2 与 O'_2T_1 平行且相等.

证毕.

由以上证明可知,在研究两舰定向定速运动中阵位要素的变化时,完全可以简化为机动舰对目标舰的相对运动来绘算.

(三)速度三角形(Speed vector triangle)

由 \vec{V}_O 、 \vec{V}_1 、 \vec{V}_{ro} 三个速度矢量组成的、符合关系式 $\vec{V}_O = \vec{V}_1 + \vec{V}_{ro}$ 的三角形,称为速度三角形.深刻理解速度三角形中三个矢量的关系,是解算舰艇机动问题的基础和关键.

速度三角形包含六个要素,即三个速度矢量的方向和大小—— C_O 、 V_O 、 C_1 、 V_1 、 C_{ro} 、 V_{ro} .只要知道其中的四个要素,即可通过作图或计算求得其余两个要素.用作图法解算速度三角形时,关键是要符合式(1-9)所列的矢量关系式,并且三个速度矢量的比例尺要一致.至于在何处作图,可根据绘算方便任意选定.如图 1-9 所示, ΔO_1AB 、 ΔO_1BC 和 ΔT_1DE 都符合速度三角形的关系式,都是速度三角形.用它们解算的结果都相同.为方便起见,多数情况下在 T_1 点作图.下面介绍的速度三角形作图步骤都以这种方法为例来叙述.

在舰艇机动绘算中,作速度三角形求解问题可分为以下三种类型:

第一类:已知 C_O 、 V_O 、 C_1 、 V_1 ,求相对航向(C_{ro})和相对速度(V_{ro}).可用于兵器使用时及时绘算某时刻的阵位要素,或求阵位要素变化到某一值的时刻.这类问题作速度三角形的步骤如下,参见图 1-9.

(1)从 T_1 点沿目标舰航向线截取 $T_1D = V_1$;

(2)自 T_1 点作机动舰航向平行线并截取 $T_1E = V_O$;

(3)连结 DE .即得速度三角形 ΔT_1DE , 矢量 \vec{DE} 就是 O 舰对 T 舰相对运动速度矢量,即 $\vec{DE} = \vec{V}_{ro}$. DE 的方向就是 O 对 T 的相对运动航向 C_{ro} , 其大小即相对速度 V_{ro} .

第二类:已知 C_O 、 V_O 、 C_{ro} 、 V_{ro} ,求作 T 舰的航向(C_1)和航速(V_1).用于测定目标运动要素,该问题将在第二章详细讨论.

第三类:已知 V_O 、 C_1 、 V_1 、 C_{ro} ,求作 O 舰的航向(C_O)及相对速度(V_{ro}).用于占领阵位、接近、规避等多种机动绘算中,应用最为广泛,将在以后各章中详述.

(四)阵位三角形与航程三角形

在图 1-9 中, $\Delta O_1T_1O'_2$ 称为阵位三角形,因为它由双方的初始阵位及 Δt 时间后的相对新阵位组成,从阵位三角形中可以看出 Δt 时间内阵位要素变化的情况.

$\Delta O_1O_2O'_2$ 中,因为 $O'_2O_2 = T_1T_2 = St$, $O_1O_2 = So$, $O_1O'_2 = Sro$, 所以称为航程三角形,航程三角形与速度三角形相似,从航程三角形中可以计算运动的时间或航程,以及求两舰

的实际位置。

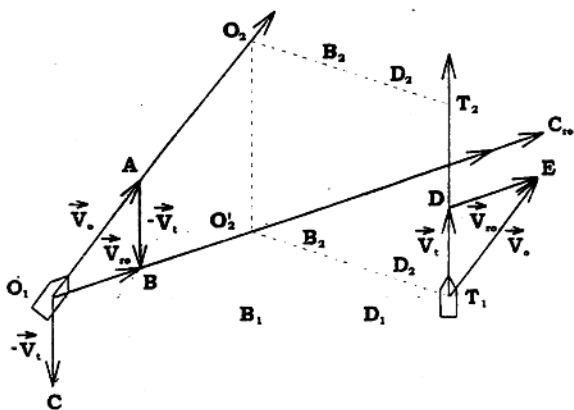


图 1-9

三、两舰定向定速运动时阵位要素的绘算

在海上与敌舰相遇时，必须随时了解敌我之间的方位、舷角和距离的变化趋势，以确实掌握敌舰的动向，及时操纵我舰对敌实施正确的机动。

例如，根据战术上的需要，要预先了解经过若干分钟后我与敌之间的方位（或舷角）、距离，或者要了解我与敌之间的方位（或舷角）、距离变化到某一数值时所需的时间等，这些都是通过绘算来求得的。这些绘算的基本步骤不外乎以下几点：

- (1) 标出双方的初始阵位 O_1 和 T_1 点，把 T_1 标在舰操图中心；
- (2) 根据已知条件作速度三角形，求出相对航向和相对速度；
- (3) 假设 T 舰不动，在相对航向线上绘算阵位要素，或在相对航向线上截取相对航程并以相对速度计算时间；
- (4) 通过相对位置点航程三角形及平行四边形，求双方实际位置。

下面举例说明运用相对运动原理，在相对航向线上绘算有关阵位要素变化的问题。

(一) 求 Δt 时间后的阵位要素

例 1: O 舰航向 $C_0 = 025^\circ.0$ ，航速 $V_0 = 15 \text{Kn}$ ，发现 T 舰时的 T 舰方位 $B_1 = 090^\circ.0$ ，距离 $D_1 = 120 \text{cab}$ ，并测得其航向 $C_1 = 350^\circ.0$ ， $V_1 = 10 \text{Kn}$ 。求 20 分钟后 T 舰的方位、距离和舷角各为多少？并求那时双方的实际位置。

解：如图 1-10 所示：