

## 【军事战略战术】

## 潜艇搜索会合阵地时机动样式的选择\*

肖 恺,康新威

(海军潜艇学院 研究生2队,山东 青岛 266071)

**摘要:**通过对“之”字形、“弓”字形机动样式的比较,得出不同态势下潜艇搜索会合阵地时应采用的机动样式。

**关键词:**机动样式;搜索;会合阵地

**中图分类号:**E925.66

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2010)02-0063-03

在组织潜艇会合时,一般先安排潜艇对会合阵地进行搜索,以查明阵地内的敌情威胁。会合阵地一般选用正方形,且阵地边长数倍于潜艇观察器材的作用距离,此时需要潜艇进行机动才能对会合阵地进行全面搜索。为了提高搜索发现概率,应对潜艇采用的机动样式进行选择。

机动样式是根据潜艇搜索时所航行的轨迹来进行分类的,有“之”字形、“弓”字形、“回”字形和随机等。为了增加发现概率,应采用有规则的机动样式,一般选择“弓”字形机动或“之”字形机动。本文中通过对这2种机动样式的比较,得出潜艇搜索会合阵地时机动样式的选择方案。

## 1 2种机动样式搜索路径的确定方法

“弓”字形机动搜索路径确定方法如下:潜艇沿会合机动阵地的一边定向搜索,至会合机动阵地边界后,向会合机动阵地另一边方向转向 $90^\circ$ ;搜索2倍观察器材作用距离,再向会合机动阵地内转向 $90^\circ$ ;搜索至会合机动阵地边界,然后向会合机动阵地另一边方向转向 $90^\circ$ ;重复以上动作直至搜索结束。运动轨迹如图1所示。

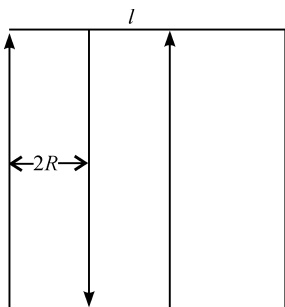


图1 “弓”字形搜索

“之”字形机动搜索路径确定方法如下:潜艇在会合机动阵地2条边线间曲折机动;航线与会合机动阵地2条边

线垂线的夹角为 $\alpha$ 。运动轨迹如图2所示。

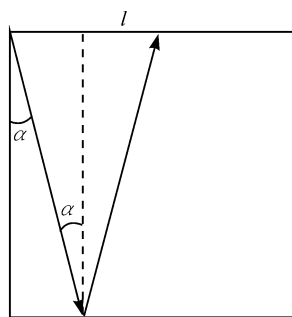


图2 “之”字形搜索

2  $\alpha$ 角的确定方法

为了能对这2种机动样式进行比较,假设这2种机动样式搜索完会合阵地一遍所用的时间相同,从而得出 $\alpha$ 角的确定方法。

假设“弓”字形机动搜索整数个周期恰好把会合阵地搜索完,易知所用时间

$$t_{\text{弓}} = \frac{\left(\frac{l}{2R} + 1\right)l + l}{V_s} = \frac{l^2}{2R} + 2l$$

“之”字形机动搜索把会合阵地扫完,所用时间

$$t_{\text{之}} = \frac{\frac{l}{l \times \tan \alpha} \times \frac{l}{\cos \alpha}}{V_s} = \frac{l}{V_s \sin \alpha}$$

其中: $l$ 为会合机动阵地边长; $R$ 为被动声纳有效作用距离;

$V_s$ 为搜索航速。要使 $t_{\text{之}} = t_{\text{弓}}$ ,则 $\frac{l}{V_s \sin \alpha} = \frac{l^2}{2R} + 2l$ ,得

$$\alpha = \arcsin \frac{2R}{l + 4R} \quad (1)$$

\* 收稿日期:2009-12-02

作者简介:肖恺(1981—),男,硕士研究生,主要从事兵种战术学研究。

### 3 搜索发现概率公式

公式成立的前提条件是:在会合阵地内,以航向  $H_s$  搜索,敌兵力以  $V_d \in [V_1, V_2]$  和  $H_d \in [H_1, H_2]$  ( $H_1 > H_2$ ) 在会合阵地内机动,  $V_d, H_d$  均服从均匀分布. 敌兵力在会合阵地内任意处的可能性相等. 会合阵地边长数倍于扫海兵力以搜索速度  $V_s$  发现敌兵力的距离 ( $R$ ).

扫海兵力搜索  $t$  时间, 搜索的面积等于  $2RV_{sd}t$ , 其中  $V_{sd}$  为敌兵力相对于我兵力的航速, 易知

$$V_{sd} = \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos\varphi}$$

敌兵力处于扫海兵力搜索区的概率等于  $\frac{2RV_{sd}t}{S}$ , 其中  $S$  为扫海兵力相对于敌兵力的等效搜索面积.

易知  $S$  与敌兵力的速度有关系, 为了简便起见, 本文中取它的最大值

$$S = (l + 2R)^2 + V_d \times t \times \sqrt{2}(l + 2R) \quad (2)$$

因为  $\varphi$  服从  $[H_1 - H_s, H_2 - H_s]$  上的均匀分布, 所以,  $\varphi$  在  $[\varphi, \varphi + d\varphi]$  的概率等于  $\frac{d\varphi}{(H_2 - H_1)}$ ;  $V_d$  在  $[V_d, V_d + dV_d]$  的概率等于  $\frac{dV_d}{(V_2 - V_1)}$ . 把  $\varphi$  在

$[\varphi, \varphi + d\varphi]$  和  $V_d$  在  $[V_d, V_d + dV_d]$  及敌兵力处于扫海兵力搜索区事件看作是彼此独立的, 那么扫海兵力发现敌兵力的概率

$$P_{fx} = \frac{2RV_{sd}t}{S} \frac{d\varphi}{(H_2 - H_1)} \frac{dV_d}{(V_2 - V_1)} = \frac{2Rt}{S(H_2 - H_1)(V_2 - V_1)} \int_{H_1 - H_s}^{H_2 - H_s} \int_{V_1}^{V_2} V_{sd} dV_d d\varphi \quad (3)$$

由上式可知, 若不考虑潜艇在搜索中转向的影响(潜艇的旋回半径相对于单线航程很小), 扫海兵力发现敌方兵力的概率  $P_{fx}$  只与扫海兵力的航向和扫海兵力与敌方兵力的相对航速有关. 当敌兵力运动要素相同时, 只和扫海兵力的运动轨迹有关.

将这个问题具体化, 给出 2 种机动样式的运动轨迹, 来比较 2 种机动样式的优劣.

### 4 实例应用分析

“弓”字形机动一个周期搜索轨迹表示为

$$f(x, y) = \begin{cases} x = 0, y = V_s t; & t \leq \frac{l}{V_s} \\ x = V_s t - l, y = l; & \frac{l}{V_s} < t \leq \frac{l + 2R}{V_s} \\ x = 2R, y = 2l + 2R - V_s t; & \frac{l + 2R}{V_s} < t \leq \frac{2l + 2R}{V_s} \\ x = V_s t - 2l - 2R, y = 0; & \frac{2l + 2R}{V_s} < t \leq \frac{2l + 4R}{V_s} \end{cases}$$

每段轨迹对应的发现敌兵力的概率为

$$P_{fx} = \begin{cases} P_1 = \frac{2R \frac{l}{V_s}}{S(H_2 - H_1)(V_2 - V_1)} \int_{H_1}^{H_2} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos\varphi} dV_d d\varphi \\ P_2 = \frac{4R^2}{V_s} \int_{H_1 - \frac{\pi}{2}}^{H_2 - \frac{\pi}{2}} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos(\varphi - \frac{\pi}{2})} dV_d d\varphi \\ P_3 = \frac{2R \frac{l}{V_s}}{S(H_2 - H_1)(V_2 - V_1)} \int_{H_1 - \pi}^{H_2 - \pi} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos(\varphi - \pi)} dV_d d\varphi \\ P_4 = \frac{4R^2}{V_s} \int_{H_1 - \frac{3\pi}{2}}^{H_2 - \frac{3\pi}{2}} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos(\varphi - \frac{3\pi}{2})} dV_d d\varphi \end{cases}$$

“弓”字形搜索一个周期发现敌兵力的概率

$$P_{fx}^1 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (4)$$

将会合阵地搜索一遍共需  $n_{\text{弓}}$  个周期,

$$n_{\text{弓}} = \frac{l}{4R} + \frac{l}{2l + 4R} \quad (5)$$

“弓”字形搜索将会合阵地搜索一遍发现敌兵力的概率

$$P_{fx}^{\text{弓}} = n_{\text{弓}} \times P_{fx}^1 \quad (6)$$

“之”字形机动一个周期搜索轨迹表示如下式:

$$f(x, y) = \begin{cases} x = V_s t \sin\alpha, y = V_s t \cos\alpha; 0 < t \leq \frac{l \sec\alpha}{V_s} \\ x = lt \alpha + (V_s t - l \sec\alpha) \sin\alpha, \\ y = l - (V_s t - l \sec\alpha) \cos\alpha; \frac{l \sec\alpha}{V_s} < t \leq \frac{2l \sec\alpha}{V_s} \end{cases}$$

每段轨迹对应的发现敌兵力的概率

$$P'_{fx} = \begin{cases} P'_1 = \frac{2R \frac{l \sec\alpha}{V_s}}{S(H_2 - H_1)(V_2 - V_1)} \times \int_{H_1 - \alpha}^{H_2 - \alpha} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos(\varphi - \alpha)} dV_d d\varphi \\ P'_2 = \frac{2R \frac{l \sec\alpha}{V_s}}{S(H_2 - H_1)(V_2 - V_1)} \times \int_{H_1 - \alpha - \pi}^{H_2 - \alpha - \pi} \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_s^2 + V_d^2 - 2V_s V_d \cos(\varphi - \alpha - \pi)} dV_d d\varphi \end{cases}$$

“之”字形机动搜索一个周期发现敌兵力的概率

$$P_{fx}^2 = P'_1 + P'_2 \quad (7)$$

将会合阵地搜索一遍共需  $n_z$  个周期,

$$n_{\text{之}} = \frac{1}{2\text{tg}\alpha} \quad (8)$$

“之”字形搜索将会合阵地搜索一遍发现敌兵力的概率为

$$P_{fx}^{\text{之}} = n_{\text{之}} \times P_{fx}^2 \quad (9)$$

分别联立式(4)~(9),运用 Matlab 软件,计算结果如图3、4所示。

设定条件: $V_s = 4 \text{ Kn}$ ,  $l = 8 \text{ n mile}$ ,  $R = 2 \text{ n mile}$ ,  $V_d \in (0, 20)$ ,  $H_d \in (0, 360)$ 。

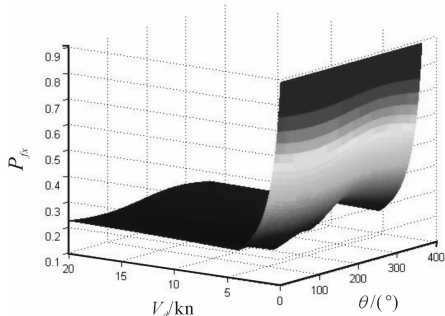


图3 “弓”字形搜索发现概率示意图

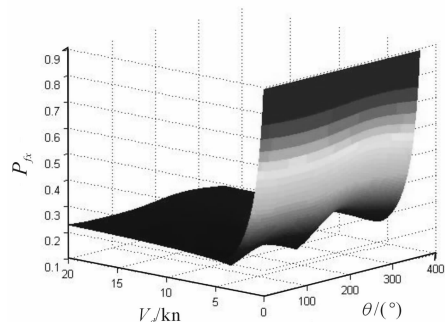


图4 “之”字形搜索发现概率示意图

为了更加直观,设定敌兵力运动要素相同,计算2种搜索方式的发现概率。

设定条件: $V_s = 4 \text{ Kn}$ ,  $l = 8 \text{ n mile}$ ,  $R = 2 \text{ n mile}$ ,  $V_d = 1 \text{ Kn}$ ,  $H_d \in (0, 360)$ 。计算结果如图5。

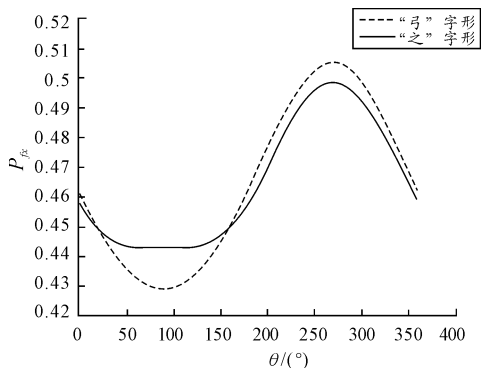


图5  $V_d = 1 \text{ Kn}$  时发现概率比较

$\text{Kn}, H_d \in (0, 360)$ 。计算结果如图6。

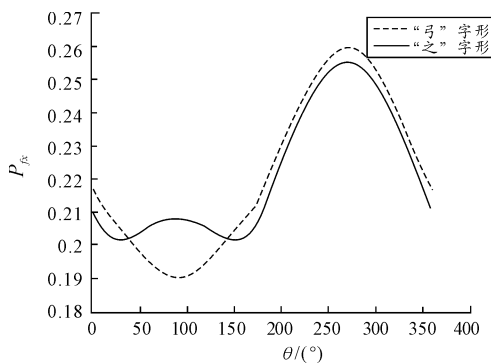


图6  $V_d = 8 \text{ Kn}$  时发现概率比较

## 5 结果分析

根据计算结果,可以得到以下结论:

1) 敌航速对我扫海兵力发现概率影响很大,当敌航速大于我搜索航速时,发现概率很小,敌航速相对于我航速越小,发现概率越大。

2) 敌航向对我扫海兵力发现概率影响较小,当敌航向与我搜索方向相对时,发现概率最大。

3) 对于我扫海兵力的发现概率,敌兵力航速的影响大于敌航向的影响,要想增大我扫海发现概率,应增大我有有效扫海速度。

4) “弓”字形搜索时,敌航向与我搜索方向相同时,发现概率取最小值。敌航向与我搜索方向相对时,“弓”字形搜索比“之”字形搜索发现概率大。

6) 敌航向与我搜索方向相同时,“之”字形搜索比“弓”字形搜索发现概率大。

## 6 结束语

为了增大搜索概率,应提高我潜艇有效搜索航速。在搜索航速相同的情况下,如果预先知道敌方兵力威胁方向,则朝向敌兵力可能来向做“弓”字形机动搜索。如果预先不知道敌方兵力威胁方向,为防止敌兵力跟踪我扫海兵力进入会合阵地,应做“之”字形机动搜索。

## 参考文献:

- [1] 李金光. 最佳的潜艇搜索模型[J]. 数学的实践与认识, 2007(4): 1-6.
- [2] 张最良, 李长生. 军事运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 1993.

(责任编辑 刘 炯)

设定条件: $V_s = 4 \text{ Kn}$ ,  $l = 8 \text{ n mile}$ ,  $R = 2 \text{ n mile}$ ,  $V_d = 8$