

反潜巡逻机声呐浮标区域搜索研究 ——布听同步搜索

Research on Regional Search of Anti-submarine Patrol Aircraft Using Sonobuoy — Synchronous Search of Deploying and Monitoring

谭安胜, 王新为

(海军大连舰艇学院舰船指挥系, 辽宁 大连 116018)



谭安胜

谭安胜(1963-), 山东荣成人, 军事学博士, 教授, 博士生导师, 海军专业技术大校军衔, 享受国务院政府特殊津贴。中国指挥与控制学会理事, 海上指挥控制专业委员会常务委员、副总干事, 军事系统工程专业委员会委员, 火力与指挥控制专业委员会委员。长期从事军事运筹学、作战指挥学和兵种战术学的教学与科研工作, 在军事运筹、作战指挥、兵种战术等领域有较深入的研究。发表学术论文 100 余篇, 出版专著 2 部, 主持完成军队重点科研项目 40 余项, 获军队科技进步一等奖 2 项、二等奖 7 项, 全军优秀博士学位论文奖, 荣立三等功 3 次。

0 引言

所谓区域搜索, 就是对指定的海域进行有组织的检查, 目的在于发现敌潜艇, 消灭发现的敌潜艇或对其进行跟踪, 一般当敌潜艇出现在某个区域或估计敌潜艇在某个区域活动时采用。区域搜索应考虑以下几个关键要素: 搜索区的大小、目标在区域内的分布规律及其变化、搜索兵力在

基于对区域搜索特点的认识, 提出反潜巡逻机使用声呐浮标对潜区域搜索时, 必须将布设浮标阵、监听浮标阵以及布阵与听阵之间的关系综合一体考虑的观点。基于对声呐浮标区域搜索态势的分析, 提出了反潜巡逻机使用声呐浮标对潜区域搜索的“两类三种”搜索方法, 以及得到接触后的行动方法。针对每种搜索方法, 提出了标准浮标阵的概念, 建立了各种搜索方法的搜索效率计算模型。给出了反潜巡逻机使用声呐浮标对潜区域搜索的筹划步骤。本文主要探讨布听同步搜索的两种方法, 并给出了使用这两种搜索方法对潜区域搜索筹划的范例。

关键词: 反潜巡逻机; 区域搜索; 声呐浮标; 布听同步搜索方法

中图分类号: E925.4

文章编号: 1671-637X(2017)05-0001-09

搜索区内的行动方法、必要的搜索次数、允许搜索的时间等。组织和研究区域搜索具体方法的基点是: 没有有关敌潜艇位置、航向和航速的信息。衡量区域搜索能力的指标是: 在考虑了敌潜艇采取规避机动和反潜兵力对目标进行正确识别的基础上, 反潜兵力在单位时间内所能搜索的面积。

区域搜索时往往需要搜索较大面积的海域, 反潜巡逻机所能携带声呐浮标的数量是有限的, 通常只有当上级要求在短时间内以很高的可靠性查明水下空间时才使用。反潜巡逻机使用声呐浮标进行区域搜索时, 一般使用装备量相对较多的被动全向声呐浮标, 形成声呐浮标阵^[1-4]。

1 声呐浮标区域搜索态势分析

反潜巡逻机为了在指定的海域使用声呐浮标实施对潜艇的搜索, 必须布设和监听浮标阵, 所以在研究问题

时必须综合考虑布设浮标阵、监听浮标阵以及布阵与听阵之间的关系。广义上讲, 从布设浮标阵开始至监听浮标阵结束的整个过程称为反潜巡逻机使用声呐浮标对潜搜索, 这段时间可称为对潜搜索时间。狭义上讲, 从监听浮标阵开始至监听结束的过程称为反潜巡逻机使用声呐浮标对潜搜索, 监听时间即称为对潜搜索时间。本文的“对潜搜索时间”特指对浮标的“监听时间”。

1.1 基本假设

1) 敌潜艇位置在搜索区 S 内服从均匀分布, 航向在 360° 范围内服从均匀分布;

2) 声呐浮标(简称浮标)总是以声呐浮标阵(简称浮标阵)的形式使用, 浮标阵由被动全向声呐浮标组成, 且各枚浮标性能相同;

3) 不考虑海况对浮标的影响。

1.2 模型建立

根据敌潜艇位置和航向的假设,

在搜索区 S 内,应均匀布设浮标,形成浮标阵,浮标阵通常采用平行方法进行布设。图1所示是在面积为 S 的区域内布设的由 n 个浮标列组成的浮标阵,记为 $FZ(n)$,位于第 k 列上的第 i 个声呐浮标,记为 $FZ(k, i)$ 。设浮标阵中浮标列的浮标间隔为 ΔD_y 、列间距为 ΔD_x ,奇数浮标列的列数为 n_x 列、偶数浮标列的列数为 n_y 列,奇、偶数浮标列上的浮标数量分别为 N_x, N_y , 则浮标阵中的浮标总数量为

$$N_\sigma = N_x \cdot n_x + N_y \cdot n_y \quad (1)$$

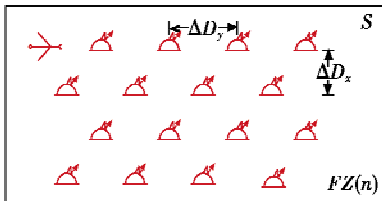


图1 声呐浮标区域搜索态势分析示意图

Fig.1 Analysis of sonobuoy regional search situation

区域搜索时通常需要搜索的面积较大,而反潜巡逻机一次携带的浮标数量有限,通常难以或无法保证2枚浮标之间的距离不大于2倍浮标发现潜艇的有效距离。因此,浮标之间可能存在探测盲区,这是实际作战中必须面对的问题。因此,在布设浮标阵时,每列可交错布设(但并不一定要交错布设)。

浮标阵 $FZ(n)$ 发现潜艇,必须满足两个事件同时发生:1) 至少1个浮标与潜艇建立了接触;2) 对接触进行了有效识别。浮标阵中单个浮标的搜索面积分析如图2所示。

设浮标的有效探测距离为 d_c ,值班工作时间为 t_c ,处于值班状态的浮标 $FZ(k, i)$,即第 i 枚浮标的剩余存活时间为 $t_i (0 \leq t_i \leq t_c)$,敌潜艇航行速度为 v_q ,根据相对运动原理,浮标阵 $FZ(n)$ 中第 i 枚浮标的有效搜索面积 S_i 为

$$S_i = \pi d_c^2 + 2d_c v_q t_i \quad (2)$$

也就是说,反潜巡逻机以向海面投放浮标的方式进行搜索,浮标在有效工

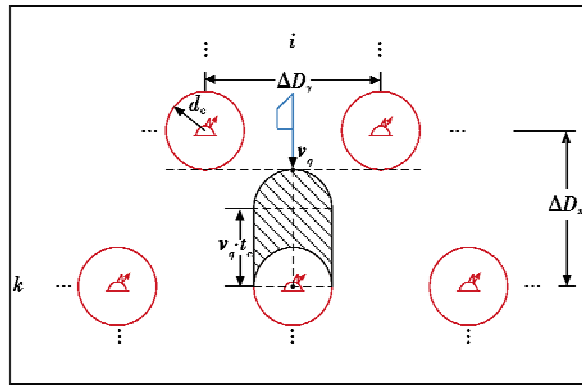


图2 浮标阵中单个浮标的搜索面积分析示意图

Fig.2 Analysis of search area of single sonobuoy in buoy array

作时间内值班,每个浮标能够发现搜索开始前处于 S_i 内的潜艇,或者说,在 t_i 时间内,如果潜艇进入这个面积就会被该浮标发现。对于有 N_σ 枚浮标的浮标阵 $FZ(n)$ 来说,如果 N_σ 枚浮标都处于正常工作状态,当潜艇进入 $N_\sigma \cdot S_i$ 这个区域内,潜艇被发现的概率就等于接触概率。

设任意1枚浮标的接触概率相同,均为 p_{jc} ,浮标入水后可靠工作的概率为 P_k ,反潜巡逻机对浮标阵 $FZ(n)$ 的监听时间(即搜索时间)为 t_{jt} ($t_{jt} \leq t_i$),则浮标阵 $FZ(n)$ 的搜索效率为

$$U_{yz} = \frac{N_\sigma}{t_{jt}} (\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{jt}) \cdot P_k \cdot p_{jc} \quad (3)$$

如果将发现流看作为 Poisson 流,则反潜巡逻机在面积为 S 的搜索区内布设浮标阵 $FZ(n)$,搜索发现潜艇的概率可表示为^[1]

$$\begin{cases} P_{yz} = 1 - e^{-(N_\sigma/S) \cdot (\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{jt}) \cdot P_k \cdot p_{jc}} & \text{使用主、被动浮标, } v_q \neq 0 \\ P_{yz} = 1 - e^{-(N_\sigma \pi d_c^2 \cdot t_{jt}/S) \cdot P_k \cdot p_{jc}} & \text{使用主动浮标, } v_q = 0 \\ P_{yz} = 0 & \text{使用被动浮标, } v_q = 0 \end{cases} \quad (4)$$

当要求发现概率为 P_{gd} 时,浮标需求量 N 为

$$N = \frac{-S \cdot \ln(1 - P_{gd})}{(\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{jt}) \cdot P_k \cdot p_{jc}} \quad (5)$$

从式(4)和式(5)可以看出:发现概率 P_{yz} 与潜艇通过浮标阵的速度 v_q 成正比,与搜索区域 S 内的浮标密度 N_σ/S 也成正比。在要求发现概率 P_{gd} 和搜索区面积 S 不变的情况下,潜艇在 $FZ(n)$ 内通过的速度越高,对布设浮

标的数量要求就越少,满足发现概率要求的列间距和列浮标间距就可以增大。计算表明,潜艇速度增加率与浮标数量减少率近似相等。

从式(4)可以看出:发现概率与监听时间 t_{jt}

有关,监听时间

越长,发现概率越高。但监听时间并不是越长越好,受多个因素的制约。第1个因素是浮标工作时间 t_c ,搜索必须在这个时间内才是有效的;如果浮标工作时间 t_c 足够长,必须考虑第2个因素,即最大搜索时间 T_{max} ,超过这个时间的搜索是没有意义的;第3个因素是巡逻时间 t_{jd} ,监听浮标只有在反潜巡逻机的最大巡逻时间内才是可行的;第4个因素是反潜巡逻机与浮标之间的通信距离 D_{tx} ,只有在通信范围内的浮标才能被监听到;第5个因素是浮标剩余存活时间,该因素要与第6个因素布阵时间 t_{bz} 一起考虑。

假定反潜巡逻机浮标数量足够,不考虑其他因素,只探讨监听时间 t_{jt} 与浮标工作时间 t_c 、布阵时间 t_{bz} 三者之间的关系对搜索方法确定的影响问题。

如图3所示,反潜巡逻机在面积为 S 的带状区域内布设浮标对潜搜索,根据布设浮标与监听浮标之间的关系,分3种情况讨论。

1) 反潜巡逻机从 a 列开始布设浮标,浮标工作时间为 t_c ,布设完 b 列浮标所用的布设时间为 $t_{bz}(b)$,且有 $t_{bz}(b) < t_c$,此时停止布设后续浮标,对已布设的由 a 至 b 列浮标组成的区域(称之为一个浮标阵)内的浮标进行监听,监听时间至少为 $t_c - t_{bz}(b)$,即先布设浮标阵后监听浮标,之后再从 c 列开始不断重复上述过程,直至

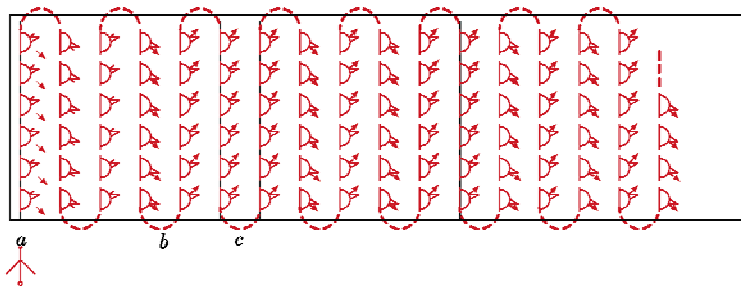


图3 反潜巡逻机使用声呐浮标搜索方法分析示意图

Fig. 3 Analysis of search method of anti-submarine patrol aircraft using sonobuoy

对该带状区域布设并监听完毕,这种先布设浮标阵后监听浮标的区域搜索方法简称为布听异步搜索法。

2) 反潜巡逻机从 a 列开始布设浮标,如果在布设浮标过程中就对已布设的浮标进行监听,布设完 b 列浮标时停止布设浮标,然后对已布设的由 a 至 b 列浮标组成的浮标阵至少再监听 ΔT 时长,则对该浮标阵的监听时间为 $t_{bc}(b) + \Delta T$,之后再从 c 列开始周期性地不断重复上述过程,直至对该带状区域搜索完毕。浮标阵的布设周期为 $t_{bc}(b) + \Delta T$,即周期性地布设浮标阵边监听浮标,将这种方法简称为布听同步周期搜索法。

3) 反潜巡逻机从 a 列开始布设浮标,如果在布设浮标过程中就对浮标进行监听,当开始布设 c 列浮标时, a 列浮标失效(或已工作了某个给定时间 $t_{gc} < t_{gc}$),则对由 a 至 b 列浮标组成的浮标阵的监听时间为 $t_{bc}(b) = t_{gc}$ (或 $t_{bc}(b) = t_{gc}$)。自 c 列浮标开始重复上述过程,直至对该带状区域搜索完毕,即连续性地布设浮标阵边监听浮标,这种方法简称为布听同步连续搜索法。

通过上述分析可以看出,3种搜索方法都是通过一个特定的浮标阵,不断地将给定的带状区域 S 覆盖,从而形成一个浮标场。

2 布听同步连续区域搜索

2.1 布听同步连续搜索标准浮标阵

一架反潜巡逻机能够布设的浮

标阵大小由下列条件确定:1) 浮标携带量;2) 反潜巡逻机在反潜巡逻区的滞留时间(简称巡逻时间);3) 反潜巡逻机监听所布设浮标的能力。反潜巡逻机的浮标携带量是一定的;巡逻时间与巡逻区距机场的距离、起飞重量、载油量以及飞行剖面等因素有关;监听浮标的能力由反潜巡逻机与浮标之间的通信距离决定。

如图4所示,布听同步搜索法要求,在布设浮标阵的过程中反潜巡逻机始终能够监听到已布设的所有浮标信号。设反潜巡逻机与浮标之间的通信距离为 D_{TX} ,显然,浮标阵必须满足:1) 每一个浮标列的长度 $L_n \leq D_{TX}$;2) 浮标阵对角线距离不大于 D_{TX} 。

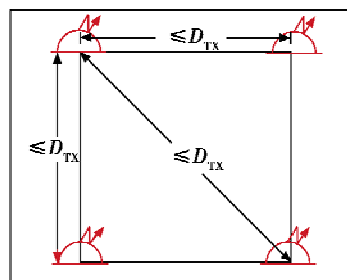


图4 布听同步连续搜索标准浮标阵示意图

Fig. 4 Standard buoy array of synchronous and continuous search of deploying and monitoring

若反潜巡逻机携带的浮标数量足够时,当浮标阵对角线的距离等于 D_{TX} ,浮标列的长度 $L_n = \sqrt{2}D_{TX}/2$ 时,浮标阵达到最大值。此时最大浮标阵为正方形阵,简称方阵,这是反潜巡逻机采用布听同步连续搜索方法时的最大浮标阵,也是基本阵

型,将该方阵称为布听同步连续搜索标准浮标阵,记为 $FZ(nb)$ 。

当上级要求的发现概率 P_{gd} 和要求的搜索时间(即监听时间) t_{gt} 给定后,应用式(5)可以计算出所需投放的浮标数量 N ,应用浮标分配模型将 N 枚浮标均匀布设在布听同步连续搜索标准浮标阵中。

当反潜巡逻机携带的浮标数量多,浮标工作时间不长,且在巡逻区巡逻时间长时,使用布听同步连续搜索法。该方法可以保证布设和监听由数个布听同步连续搜索标准阵 $FZ(nb)$ 构成的浮标场,如图5所示。

为避免敌潜艇驶离反潜巡逻机的搜索带,必须连续增加布听同步连续搜索标准阵 $FZ(nb)$,且增加的速度等于浮标失效的速度。

2.2 布听同步连续搜索组织实施要点

单架反潜巡逻机布听同步连续搜索要点如下。

1) 单架反潜巡逻机布听同步连续搜索时,应使布设每一个标准阵的时间 t_{bc} 等于浮标在值班状态下的工作时间 t_c ,或指挥员给定的搜索时间 $t_{gt} = t_{jt} = t_{bc} \leq t_c$ 。

2) 下一个浮标列在前一个浮标阵相应浮标列的浮标停止工作或达到给定搜索时间 t_{gt} 后布设。如图5中的 c 列浮标在 a 列浮标停止工作或达到给定搜索时间 t_{gt} 后布设, d 列浮标在 b 列浮标停止工作或达到给定搜索时间 t_{gt} 后布设。

3) 反潜巡逻机布设完一个标准阵的最后浮标列(如 b 列)后,立即布设第2个标准阵,此时处在值班状态的前一个标准阵的第1列的浮标失效或达到给定搜索时间 t_{gt} ,已没有必要或不再对该列浮标进行监听。

4) 反潜巡逻机在巡逻时间内,在浮标消耗完之前,如果还没有完成给定区域的搜索时,都要布设浮标。

5) 当布设完最后一个标准阵,反潜巡逻机应在最后一个标准阵中

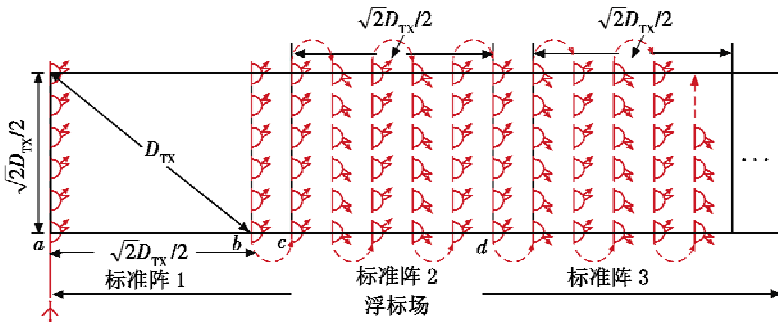


图5 布听同步连续搜索方法分析示意图

Fig. 5 Analysis of synchronous and continuous search method of deploying and monitoring

继续监听一段时间 t_{g1} , 或者增加最后一个标准阵的浮标密度, 否则发现位于最后一个标准阵敌潜艇的概率将小于其他标准阵。为此, 在筹划中必须留出时间余量 t_{g1} , 通常可取 $t_{g1} \leq t_{bc}/2$ 。

6) 当上级给定布设一个标准阵的时间 t_{bc} (也就是给定监听浮标阵的时间 t_{gc}) 和 (或) 巡逻飞行速度时, 可通过减少 (或增加) 浮标列之间的距离来增加 (或减少) 浮标列数并进行调整, 以满足上级给定条件的要求。

7) 减小浮标列之间的间距, 可能导致相邻浮标列之间的间距小于 2 倍的飞机最小旋回半径, 反潜巡逻机为进入下一列浮标起始点必须进行复杂的机动, 这将增加飞行员的操纵难度。为了使监听浮标阵的时间、巡逻飞行速度和最小旋回半径之间达到平衡, 下列措施是可行的。

① 当减小浮标列之间的间距时, 必须增加浮标列中的浮标间距和浮标列数, 从而确保在搜索区内能保持给定的浮标密度 (由给定的发现潜艇的概率确定), 通过增大巡逻飞行速度来满足监听时间的要求。

② 当增加浮标列之间的间距时, 必须减小浮标列中的浮标间距和浮标列数, 从而确保在搜索区内能保持给定的浮标密度 (由给定的发现潜艇的概率确定), 通过减小巡逻飞行速度来满足监听时间的要求。

8) 当监听到水下目标的噪声时, 应终止布设浮标, 以便对接触进行识

别分类。如经识别认为接触不是潜艇, 反潜巡逻机须返回终止布设点, 并重新开始布设和监听浮标阵。如经识别认为接触是潜艇, 反潜巡逻机应立即转入对潜艇跟踪或攻击程序。为此, 必须留出对假目标处理的时间余量 t_{f2} 和对真目标的处理时间余量 t_{f3} , 对假接触进行识别和分类, 破坏了在一个浮标阵开始和结束搜索的同步。

9) 在筹划中应当预留浮标基数的一定比例 (通常可以定为 15% ~ 20%), 用于发现目标后, 对其进行识别、跟踪或定位攻击。

2.3 布听同步连续搜索效率

设一架反潜巡逻机布设一个浮标阵的时间为 t_{bc} , 则一架反潜巡逻机采用布听同步连续搜索时所能搜索区域的总长度 B_s 为

$$B_s = \frac{\sqrt{2}D_{TX} \cdot t_{bc}}{2t_{bc}} \quad (6)$$

显然, 在这里要求的布设一个标准阵的时间 t_{bc} , 必须满足要求的搜索时间 (即监听时间) t_{gt} 。

一架反潜巡逻机采用布听同步连续搜索时所能搜索区域的面积 S_s 为

$$S_s = \frac{D_{TX}^2 \cdot t_{bc}}{2t_{bc}} \quad (7)$$

设一架反潜巡逻机的巡逻时间为 t_{d1} , 在最后一个浮标场的预留附加监听时间为 t_{f1} , 在搜索期间预留可能需要对假接触识别的附加时间为 t_{f2} , 预留对真目标识别、跟踪、定位与攻击的时间或引导另一架反潜巡逻机实施攻击的时间为 t_{f3} , 则一架

反潜巡逻机的最大布场时间为

$$t_{bemax} = t_{d1} - t_{f1} - t_{f2} - t_{f3} \quad (8)$$

由上式可知, 当浮标数量足够时, 一架反潜巡逻机采用布听同步连续搜索时所能搜索区域的面积 S_s , 取决于反潜巡逻机在任务区的滞留时间和反潜巡逻机与浮标之间的通信距离, 布设浮标的数量仅影响发现潜艇的概率。

将至少一个浮标发现潜艇的概率作为评价浮标阵搜索效率的指标, 则在布听同步连续搜索中, 一个标准阵发现潜艇的概率为

$$P_{FZ(nb)} = 1 - e^{-(2N_s/D_{TX}) \cdot (\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{bc}) \cdot P_t \cdot p_p} \quad (9)$$

反潜巡逻机布听同步连续搜索, 在面积为 S 的浮标场中发现潜艇的概率为

$$P_s = 1 - e^{-(N_s/S) [\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{bc}] \cdot (t_{bc}/t_{bc}) \cdot P_t \cdot p_p} \quad (10)$$

当要求发现概率为 P_{gt} 时, 面积为 S 的浮标场的浮标需求量 N 为

$$N = \frac{-S \cdot \ln(1 - P_{gt})}{(\pi d_c^2 + 2d_c v_q t_{bc}) \cdot P_t \cdot p_p} \quad (11)$$

浮标探测距离和其技术完好率根据具体的搜索条件而变化, 接触概率随机组人员的训练水平而变化, 通常取 0.7 ~ 0.9。

必须指出的是, 在应用上述模型进行战术计算时, 式(11)中的布设一个标准阵的时间 t_{bc} 就是采用布听同步连续搜索方法时的对标准浮标阵的搜索时间 (即监听时间), 这个时间应当由指挥员给定, 满足 $t_{gt} = t_{gt} = t_{bc} \leq t_c$ 。当浮标的工作时间 t_c 可以设定时, 应当将其设定在不小于给定的搜索时间 t_{gt} 上。

2.4 布听同步搜索浮标分配

对于任意一个由 F_n 个标准浮标阵构成的浮标场, 已知其短边为 A , 长边为 B , 将 N 枚浮标均匀布设在该浮标场中, 采用多平行航段法布设浮标阵, 布设浮标阵时浮标列与浮标场短边平行, 巡逻飞行速度为 v_a 。

设反潜巡逻机在布设完一个浮

标列后,转向布设下一个浮标列时的转弯半径为 R ,忽略 R 为小于最小转弯半径 R_{\min} 时的复杂机动,转弯时不改变飞行速度,则反潜巡逻机在布设浮标阵的过程中转弯飞行的距离 L 可确定为

$$\frac{\pi R}{2R} = \frac{L}{B} \quad (12)$$

即

$$L = \frac{\pi}{2} \cdot B \quad (13)$$

设共需布设 m 个浮标列,浮标列长度为 L_n ,每列浮标个数为 n ,则浮标对称均匀分配模型为

$$\begin{cases} m = \left\lceil \frac{v_a t_{bz} F_n - \frac{\pi}{2} \cdot B}{L_n} \right\rceil \\ n = \left\lceil \frac{N}{m} \right\rceil \\ \Delta D_y = \frac{B}{m-1} \\ \Delta D_x = \frac{L_n}{n-1} \end{cases} \quad (14)$$

当浮标交错均匀分配时,奇数列的浮标数为 n ,偶数列的浮标数为 $n-1$,即

$$n = \lceil N/m + 0.5 \rceil \quad (15)$$

式中, $\lceil \cdot \rceil$ 为取整。

2.5 布听同步连续搜索筹划范例(算例1)

目的:筹划在面积为 S 的给定区域内,应用布听同步连续搜索方法,对敌潜艇进行搜索。计算条件:搜索区面积 $S = A \times B = 30 \text{ km} \times 60 \text{ km}$,浮标有效探测距离 $d_c = 2 \text{ km}$,要求对浮标监听时间 $t_{\text{gl}} = 1 \text{ h}$,反潜巡逻机携带浮标 220 枚,巡逻飞行速度 $v_a = 300 \text{ km/h}$,巡逻时间 $t_{\text{cl}} = 4.5 \text{ h}$,反潜巡逻机与浮标的通信距离 $D_{\text{tx}} = 30\sqrt{2} \text{ km}$,敌潜艇平均航行速度为 $v_g = 6 \text{ n mile/h}$ ($1 \text{ n mile/h} = 1.852 \text{ km}$),要求发现概率 $P_{\text{gd}} = 0.98$,浮标可靠性 $P_k = 0.8$,接触概率 $P_{\text{jc}} = 0.8$,采用平行布阵法布阵。

计算步骤与方法如下。

Step 1 计算浮标需求量 N_{xt} 。

1) 布阵需求量(枚数)的计算式

$$\text{为 } N = \frac{-S \cdot \ln(1 - P_{\text{gd}})}{(\pi d_c^2 + 2d_c v_g t_{\text{gl}}) \cdot P_k \cdot P_{\text{jc}}} = 193。$$

2) 确定备用浮标量(用于定位跟踪攻击)枚数 N_{by} 为 20。

$$3) N_{\text{xt}} = N + N_{\text{by}} = 213 < 220。$$

4) 结论为一架反潜巡逻机的浮标携带量满足任务需求。

如果计算结果不满足需求则建议:1) 降低发现概率要求使之满足需求;2) 增加反潜巡逻机架数。

Step 2 根据反潜巡逻机与浮标的通信距离计算一个标准阵的大小和覆盖给定搜索区需要几个标准阵。

$$1) \text{ 一个标准阵大小为 } FZ(nb) = \frac{\sqrt{2}}{2} D_{\text{tx}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} D_{\text{tx}} = 30 \text{ km} \times 30 \text{ km}。$$

2) 覆盖给定搜索区的标准阵个数 F_n 。

$$\text{给定区域 } S = A \times B = 30 \text{ km} \times 60 \text{ km}, F_n = \frac{A \times B}{30 \text{ km} \times 30 \text{ km}} = 2。$$

Step 3 计算巡逻时间需求。

1) 布阵时间需求。

$$t_{\text{bo}} = t_{\text{gl}} \cdot F_n = 2 \text{ h}。$$

2) 附加时间需求。

$$\text{① 预留附加监听时间为 } t_{\text{fj1}} \leq$$

$$\frac{t_{\text{bo}}}{2} = 0.5 \text{ h}。$$

② 预留对假接触的处理附加时间为 $t_{\text{fj2}} = 10 \text{ min}$ 。

③ 预留对真实接触的处理时间为 $t_{\text{fj3}} = 20 \text{ min}$ 。

3) 反潜巡逻机在任务区的时间需求为 $T_{\text{xt}} = t_{\text{bo}} + t_{\text{fj1}} + t_{\text{fj2}} + t_{\text{fj3}} = 3 \text{ h} < t_{\text{cl}} = 4.5 \text{ h}$ 。

4) 结论为一架反潜巡逻机的巡逻时间满足任务需求。如果计算结果不满足需求则可增加反潜巡逻机架数。

Step 4 在搜索区内分配浮标。

1) 浮标列数的计算式为 $m =$

$$\left\lceil \frac{v_a t_{\text{bz}} - \frac{\pi}{2} \cdot B}{L_n} \right\rceil \approx 17, \text{ 其中, } L_n \text{ 为一个}$$

浮标列长度,共需布设 17 个浮标列。

2) 计算每列浮标数。

$$\text{① 对称均匀分配时, } n = \left\lceil \frac{N}{m} \right\rceil =$$

11。

② 交错均匀分配时,奇数列枚

$$\text{数为 } n = \left\lceil \frac{N}{m} + 0.5 \right\rceil = 12。$$

3) 计算实际布设浮标枚数 N_{st} 和浮标实际需求量。

① 对称均匀分配时, $N_{\text{st}} = n \cdot m = 187 < N = 193$, $N_{\text{st}} + N_{\text{by}} = 207 < 220$,在携带量之内,符合要求。

② 交错均匀分配时, $N_{\text{st}} = n \cdot \lceil m/2 \rceil + (n-1) \cdot \lfloor m/2 \rfloor = 196 > N = 193$, $N_{\text{st}} + N_{\text{by}} = 216 < 220$,在携带量之内,符合要求。

4) 计算实际布设 N_{st} 枚浮标枚数 N_s 的发现概率。

$$\text{① 对称均匀分配时, } N_{\text{st}} = 187, P_{\text{rz}} = 1 - e^{-(N/S) \cdot (\pi d_c^2 + 2d_c v_g t_g) \cdot P_k \cdot P_p} = 0.9774 < P_{\text{gd}} = 0.98。$$

$$\text{② 交错均匀分配时, } N_{\text{st}} = 196, P_{\text{rz}} = 1 - e^{-(N/S) \cdot (\pi d_c^2 + 2d_c v_g t_g) \cdot P_k \cdot P_p} = 0.9812 > P_{\text{gd}} = 0.98。$$

5) 计算列间距和列浮标间距。

① 对称均匀分配时,列间距为

$$\Delta D_y = \frac{B}{m-1} = 3.75 \text{ km} < 2R_{\min} = 4$$

$$\text{km, 列浮标间距为 } \Delta D_x = \frac{L_n}{n-1} = 3.0$$

km。其中, R_{\min} 为反潜巡逻机最小转弯半径。

② 交错均匀分配时,列间距同

$$\text{上,列浮标间距为 } \Delta D_x = \frac{L_n}{(n-1)} = 2.727 \text{ km}。$$

列间距小于反潜巡逻机两倍最小转弯半径。

Step 5 将列间距调整为反潜巡逻机两倍最小转弯半径。

$$1) \text{ 浮标列数为 } m = \frac{B}{2R_{\min}} + 1 =$$

16,共 16 个浮标列,每个标准阵 8 列。

2) 计算每列浮标枚数。

$$\text{① 对称均匀分配时, } n = \left\lceil \frac{N}{m} \right\rceil = 12。$$

② 交错均匀分配时,奇数列枚数

$$n = \left[\frac{N}{m} + 0.5 \right] = 13, \text{偶数列 } n-1 = 12.$$

3) 计算实际布设浮标枚数 N_{SJ} 和浮标实际需求量。

① 对称均匀分配时, $N_{\text{SJ}} = n \cdot m = 192, N_{\text{SJ}} + N_{\text{BY}} = 212 < 220$, 在携带量之内, 符合要求。

② 交错均匀分配时, $N_{\text{SJ}} = 200, N_{\text{SJ}} + N_{\text{BY}} = 220$, 在携带量之内, 符合要求。

4) 计算实际布设浮标枚数 N_{SJ} 的发现概率。

① 对称均匀分配 $N_{\text{SJ}} = 192$ 时, $P_{\text{RZ}} = 1 - e^{-(N_{\text{SJ}}/S) \cdot (\pi d_x^2 + 2d_x r_{\text{th}}) \cdot t_{\text{a}} \cdot P_{\text{a}}} = 0.9796 < P_{\text{gr}} = 0.98$ 。

② 交错均匀分配 $N_{\text{SJ}} = 200$ 时, $P_{\text{RZ}} = 0.9827 > P_{\text{gr}} = 0.98$ 。

5) 计算列浮标间距。

① 对称均匀分配时, 列浮标间

距为 $\Delta D_x = L_n / (n-1) = 2.727 \text{ km}$ 。

② 交错均匀分配时, 列浮标间距为 $\Delta D_x = L_n / (n-1) = 2.5 \text{ km}$ 。

6) 计算满足监听时间要求的巡逻飞行速度。

$$v_a = \frac{mL_n + \pi/2 \cdot B}{t_{\text{gl}} F_n} = 287 \text{ km/h}.$$

Step 6 搜索方案生成与选择。

布听同步连续搜索方案如表1所示。

表1 布听同步连续搜索方案

Table 1 The scheme of synchronous and continuous search of deploying and monitoring

计算方法	方案编号	浮标分配	浮标列数	奇列/偶列浮标枚数	实布/备用浮标枚数	列间距/km	列浮标间距/km	巡逻飞行速度/(km·h ⁻¹)	发现概率
理论计算方案	方案1	对称均匀分配	17	11/11	187/33	3.75	3.0	300	0.9774
	方案2	交错均匀分配	17	12/11	196/24	3.75	2.727	300	0.9812
指定列间距 $2R_{\text{amin}} = 4 \text{ km}$ 计算方案	方案3	对称均匀分配	16	12/12	192/28	4	2.727	287	0.9796
	方案4	交错均匀分配	16	13/12	200/20	4	2.50	287	0.9827
要点	飞机1架;布阵方法为平行布阵法;巡逻飞行高度为300m;任务区完成任务时间为3h,其中,布设浮标场时间2h,最后一个浮标阵附加监听时间0.5h,其他附加时间0.5h;监听时间为2h+附加监听时间0.5h;剩余巡逻时间(机动时间)为1.5h;浮标工作时间设定:不小于1h,建议1h。								
方案优化排序	方案3 > 方案2 > 方案1 > 方案4								

3 布听同步周期区域搜索

布听同步周期搜索法的实质是一架反潜巡逻机在搜索区域内周期性地布设和监听浮标阵,其周期不小于浮标值班状态的工作时间。

3.1 搜索周期的确定

在确定布听同步周期搜索的周期时,要考虑整个浮标阵的工作时间,以便布设完一个浮标阵后,在布设下一个浮标阵之前,反潜巡逻机能够在该浮标阵浮标总数中不少于50%的浮标仍能工作之前监听浮标阵。

设布设相邻浮标阵的时间间隔为 ΔT , 布设一个浮标阵的时间为 t_{bz} , 浮标值班工作时间为 t_{e} , 那么在布设下一个浮标阵之前, 浮标阵中的50%仍在工作的浮标中, 最早布设的那个浮标应满足

$$t_{\text{e}} - (t_{\text{bz}}/2) - \Delta T \geq 0 \quad (16)$$

即

$$\Delta T \leq t_{\text{e}} - (t_{\text{bz}}/2) \quad (17)$$

在布听同步周期搜索中, 对一个浮标阵的监听时间 t_{R} 为

$$t_{\text{R}} = t_{\text{bz}} + \Delta T \leq t_{\text{e}} + \left(t_{\text{e}} - \frac{t_{\text{bz}}}{2} \right) \quad (18)$$

显然, 式(18)即为布听同步周期搜索的一个周期 T_{ZQ} , 即

$$T_{\text{ZQ}} = t_{\text{bz}} + \Delta T \leq t_{\text{e}} + \frac{t_{\text{bz}}}{2} \quad (19)$$

又因为, 在布听同步周期搜索法中, 其周期不小于浮标值班状态的工作时间 t_{e} , 有

$$t_{\text{e}} \leq T_{\text{ZQ}} = t_{\text{bz}} + \Delta T \leq t_{\text{e}} + \frac{t_{\text{bz}}}{2} \quad (20)$$

所以, 布设相邻浮标阵的时间间隔 ΔT 应满足

$$t_{\text{e}} - t_{\text{bz}} \leq \Delta T \leq t_{\text{e}} - (t_{\text{bz}}/2) \quad (21)$$

应当注意到: 布设一个浮标阵的时间 t_{bz} 应小于浮标值班状态的工作时间 t_{e} 。

如果反潜巡逻机在浮标停止工作前就停止监听, 即如果浮标值班工作时间 t_{e} 较长, 那么在布设下一个浮标阵之前, 浮标阵中50%仍在工作的浮标中, 最早布设的那个浮标的工作时间不应以 t_{e} 为标准, 而是以指挥员指定的时间 $t_{\text{opt}} \leq t_{\text{e}}$ 为标准。如果浮标的值班工作时间是可以人工设定的, 那么在实际作战中, 指挥员可以

通过指定布听同步周期搜索的周期 T_{ZQ} 和布设相邻浮标阵的时间间隔 ΔT 来设定浮标的工作时间。如果指挥员根据需要指定了浮标的值班工作时间, 在布听同步周期搜索方法中, 可以通过减少布阵时间, 增加在标准阵中的监听时间 ΔT 。

在布听同步周期搜索中, ΔT 时间内, 反潜巡逻机可采用如图6所示的监听飞行轨道对浮标进行监听。

3.2 布场、布阵与监听浮标场时间的关系

设布听同步周期搜索时, 共布设了 F_n 个标准浮标阵, 布场时间为 t_{bz} , 反潜巡逻机监听浮标场的时间为 t_{jo} , 在最后一个浮标阵的附加监听时间为 ΔT , 则有

$$\begin{cases} t_{\text{bz}} = F_n \cdot (t_{\text{bz}} + \Delta T) - \Delta T \\ t_{\text{jo}} = F_n \cdot (t_{\text{bz}} + \Delta T) + \Delta T \end{cases} \quad (22)$$

因为 $\begin{cases} t_{\text{e}} - t_{\text{bz}} \leq \Delta T \leq t_{\text{e}} - \frac{t_{\text{bz}}}{2}, \text{ 令 } t_{\text{e}} = \\ t_{\text{opt}} \geq t_{\text{bz}} \end{cases}$

t_{bz} , 则 $0 \leq \Delta T \leq \frac{t_{\text{bz}}}{2}$, 代入式(22), 得

$$\begin{cases} t_{bc} = F_n \cdot (t_{bz} + \Delta T) - \Delta T \leq F_n \cdot \\ \left(t_{bz} + \frac{t_{bz}}{2} \right) - \frac{t_{bz}}{2} \\ t_{jc} = F_n \cdot (t_{bz} + \Delta T) + \Delta T \leq F_n \cdot \\ \left(t_{bz} + \frac{t_{bz}}{2} \right) + \frac{t_{bz}}{2} \end{cases} \quad (23)$$

整理得

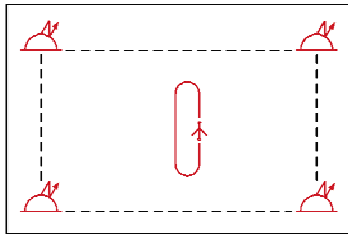
$$\begin{cases} t_{bc} = F_n \cdot (t_{bz} + \Delta T) - \\ \Delta T \leq \frac{1}{2}(3F_n - 1)t_{bz} \\ t_{jc} = F_n \cdot (t_{bz} + \Delta T) + \\ \Delta T \leq t_{bz} + \frac{1}{2}(3F_n - 1)t_{bz} \end{cases} \quad (24)$$

即

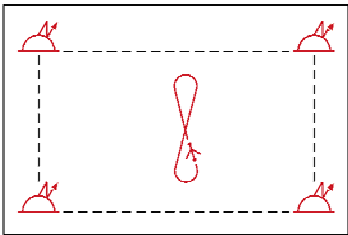
$$t_{jc} \leq t_{bz} + \frac{1}{2}t_{bz} \quad (25)$$

也就是说,布听同步周期搜索时,反潜巡逻机监听浮标场的最大时间为

$$t_{j0} = t_{bz} + 0.5t_{bz} \quad (26)$$



a 矩形飞行监听



b 8字飞行监听

图6 布听同步周期搜索监听方法
Fig.6 Method of synchronous and periodic search of deploying and monitoring

3.3 布听同步周期搜索标准浮标阵

当采用图6所示的方法进行监听时,反潜巡逻机在 ΔT 监听时间内,可以监听的范围比布听同步连续标准阵 $FZ(nb)$ 要大得多。为了增加一架飞机所能搜索的区域,布设浮标时浮标列的长度应增加到反潜巡逻机

与浮标之间的通信距离 D_{TX} 。这样一来,在布设浮标阵的过程中,反潜巡逻机在某段时间监听不到第一浮标列中的部分浮标,发现潜艇的概率将下降。计算表明,由此而导致的发现潜艇概率的下降不超过3%,但浮标阵的长度和宽度由布听同步连续搜索法中的 $\sqrt{2}D_{TX}/2$ 增加到 D_{TX} ,则布听同步周期搜索法中一个标准阵的面积由 $D_{TX}^2/2$ 变为 D_{TX}^2 ,是布听同步连续搜索法的2倍,浮标的消耗量增加使得搜索效率提高。另外,通过减少布阵时间,增加在标准阵中的监听时间 ΔT 也可弥补。这个浮标阵被称为布听同步周期搜索标准浮标阵,记为 $FZ(\Delta T)$,同时,通过改变布阵方法也可以弥补由于标准阵的增大而带来的部分浮标监听不到的缺陷。

3.4 布听同步周期搜索盒状布阵法

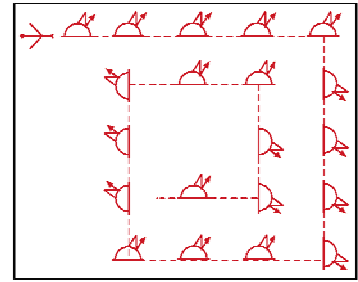
上文讨论的相关问题都是在多平行航段法布阵的基础上进行的。使用多平行航段法是指在给定的浮标阵中,反潜巡逻机以相互平行的航向布设数条浮标列(图3),反潜巡逻机机动简单是该方法的优点,在任何气象条件时均可采用,因此是主要方法。

为了弥补多平行航段法在布听同步周期搜索中的不足,可采用盒状布阵法,盒状布阵法分为盒状收缩布阵法(图7)和盒状扩展布阵法(图8)两类。

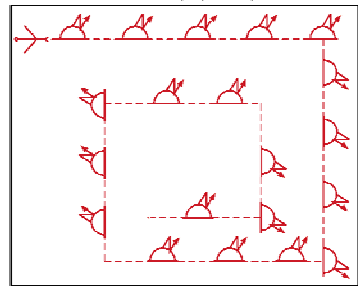
采用盒状收缩布阵法时,反潜巡逻机沿平行于标准阵各边的方向飞行,并从外缘方向开始,逐渐向标准阵中心布设,在该过程中,逐渐缩短每一个航向上的航程。采用盒状扩展布阵法时,反潜巡逻机首先从标准阵中心布设,在布设浮标过程中,使飞机逐渐靠近标准阵外边缘。

根据布设时浮标分配方法,盒状布阵法又可分为对称盒状收缩布阵法(图7a)、交错盒状收缩布阵法(图7b)、对称盒状扩展布阵法(图

8a)和交错盒状扩展布阵法(图8b)。



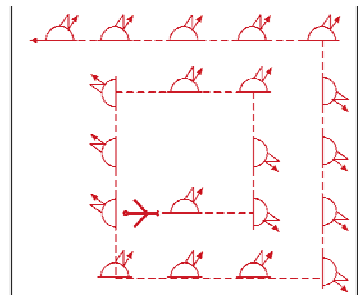
a 对称盒状收缩布阵法



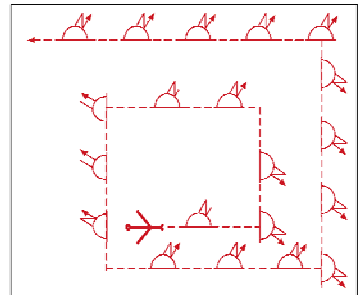
b 交错盒状收缩布阵法

图7 盒状收缩布阵法

Fig.7 Method of box contraction buoy array deploying



a 对称盒状扩展布阵法



b 交错盒状扩展布阵法

图8 盒状扩展布阵法

Fig.8 Method of box extension buoy array deploying

3.5 布听同步周期搜索效率

一个标准布听同步周期搜索浮标阵的面积为

$$S_{FZ(\Delta T)} = D_{TX} \times D_{TX} = D_{TX}^2 \quad (27)$$

设一架反潜巡逻机的巡逻时间为

t_{sl} ,在搜索期间预留在最后一个浮标阵中的附加监听时间为 t_{fj1} ,可能需要对假接触识别的附加时间为 t_{fj2} ,预留对真目标识别、跟踪、定位与攻击的时间或引导另一架反潜巡逻机实施攻击的时间 t_{fj3} ,则在指定搜索区域内,一架反潜巡逻机所能搜索的面积 S_s 为

$$S_s = S_{FZ(\Delta T)} \frac{t_{sl} - t_{fj1} - t_{fj2} - t_{fj3}}{T_{ZQ}} \quad (28)$$

从上式可以看出,当浮标数量足够时,一架反潜巡逻机采用布听同步周期搜索时所能搜索区域的面积 S_s ,取决于反潜巡逻机在任务区的滞留时间和反潜巡逻机与浮标之间的通信距离。将至少一个浮标发现潜艇的概率作为评价浮标阵搜索效率的指标,则布听同步周期搜索中,一个标准阵 $FZ(\Delta T)$ 的搜索效率为

$$U_{FZ(\Delta T)} = (N_{\sigma} / T_{ZQ}) [\pi d_c^2 + 2d_c v_q \cdot T_{ZQ}] \cdot P_k \cdot p_{je} \quad (29)$$

反潜巡逻机在标准阵 $FZ(\Delta T)$ 中发现潜艇的概率为

$$P_{FZ(\Delta T)} = 1 - e^{-(N_{\sigma}/D_{TX})[\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}]} \cdot P_k \cdot p_{je} \quad (30)$$

采用布听同步周期搜索时,在面积为 S 的浮标场内反潜巡逻机发现潜艇的概率为

$$P_S = 1 - e^{-(N_{\sigma}/S)[\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}]} \cdot P_k \cdot p_{je} \quad (31)$$

当要求发现概率为 P_{gd} 时,在面积为 S 的浮标场内的浮标需求量 N 为

$$N = \frac{-S \cdot \ln(1 - P_{gd})}{(\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}) \cdot P_k \cdot p_{je}} \quad (32)$$

3.6 布听同步周期搜索筹划范例(算例2)

目的:筹划在面积为 S 的给定区域内,应用布听同步周期搜索方法,对敌潜艇进行搜索。计算条件:搜索区面积 $S = A \times B = 42 \text{ km} \times 84 \text{ km}$,浮标有效探测距离 $d_c = 2 \text{ km}$,要求搜索周期为 $T_{ZQ} = 1.5 \text{ h}$,布阵间隔时间为 $\Delta T = 0.5 \text{ h}$,反潜巡逻机携带浮标 142 枚,巡逻飞行速度 $v_a = 350 \text{ km/h}$,巡逻时间 $t_{sl} = 4.8 \text{ h}$,反潜巡

逻机与浮标的通信距离 $D_{TX} = 42 \text{ km}$,敌潜艇平均航行速度为 $v_q = 6 \text{ n mile/h}$,要求发现概率 $P_{gd} = 0.8$,浮标可靠性 $P_k = 0.8$,接触概率 $P_{je} = 0.8$,采用平行布阵法。

计算方法与算例1相同的将不再赘述,只给出计算结果。计算步骤如下。

Step 1 计算浮标的需求量枚数 N_{xq} 。

1) 布阵需求量, $N = -S \cdot \ln(1 - P_{gd}) / [(\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}) \cdot P_k \cdot p_{je}] = 111.97$ 。

2) 确定备用浮标量(枚数,用于定位跟踪攻击), $N_{by} = 20$ 。

3) $N_{xq} = N + N_{by} = 132 < 142$ 。

4) 结论为一架反潜巡逻机的浮标携带量满足任务需求。

如果计算结果不满足需求则建议:1)降低发现概率要求使之满足需求;2)增加反潜巡逻机架数。

Step 2 根据反潜巡逻机与浮标的通信距离计算一个标准阵的大小和覆盖给定搜索区需要几个标准阵。

1) 一个标准阵的大小, $FZ(\Delta T) = D_{TX} \times D_{TX} = 42 \text{ km} \times 42 \text{ km}$;

2) 覆盖给定搜索区的标准阵个数 F_n ,给定区域 $S = A \times B = 42 \text{ km} \times 84 \text{ km}$, $F_n = 2$ 。

Step 3 计算巡逻时间需求。

1) 布阵时间为 $t_{bc} = t_{bz} \cdot F_n = 2 \text{ h}$ 。

2) 监听浮标场的时间需求为 $t_{je} = T_{ZQ} \cdot F_n = 3 \text{ h}$ 。

3) 附加时间需求:预留附加监听时间为 $t_{fj1} = \Delta T = 0.5 \text{ h}$;预留对假接触的处理附加时间为 $t_{fj2} = 10 \text{ min}$;预留对真实接触的处理时间为 $t_{fj3} = 20 \text{ min}$ 。

4) 反潜巡逻机在任务区的时间需求为 $T_{xq} = t_{je} + t_{fj1} + t_{fj2} + t_{fj3} = 4 \text{ h} < t_{sl} = 4.8 \text{ h}$ 。

5) 结论为一架反潜巡逻机的巡逻时间满足任务需求。

如果计算结果不满足需求则建

议:增加反潜巡逻机架数。

Step 4 在搜索区内分配浮标。

1) 浮标列数为 $m = [(v_a t_{bc} - 1.75B)/L_n] = [13.16] \approx 13$ 。共需布设 13 个浮标列。

2) 计算每列浮标枚数。

对称均匀分配时, $n = [8.6] = 9$,交错均匀分配时奇数列 $n = [9.1] = 10$ (向上取整)。

3) 计算实际布设浮标枚数 N_{sj} 和浮标实际需求量。

① 对称均匀分配时, $N_{sj} = n \cdot m = 117 > N = 112$, $N_{sj} + N_{by} = 137 < 142$,在携带量之内,符合要求。

② 交错均匀分配时, $N_{sj} = n \cdot [m/2] + (n-1) \cdot [m/2] = 124 > N = 112$, $N_{sj} + N_{by} = 144 > 142$,超出携带量内,不符合要求,重新计算。

将交错分配时的奇数列浮标枚数向下取整为 9,即 $N_{sj} = n \cdot [m/2] + (n-1) \cdot [m/2] = 111 < N = 112$, $N_{sj} + N_{by} = 131 < 142$,在携带量内,符合要求。

4) 计算实际布设 N_{sj} 枚浮标的发现概率。

① 对称均匀分配时, $N_{sj} = 117$, $P_{FZ} = 1 - e^{-(N/S)(\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}) \cdot P_k \cdot p_{je}} = 0.814 > P_{gd} = 0.8$;

② 交错均匀分配时, $N_{sj} = 111$, $P_{FZ} = 1 - e^{-(N/S)(\pi d_c^2 + 2d_c v_q T_{ZQ}) \cdot P_k \cdot p_{je}} = 0.7972 < P_{gd} = 0.8$ 。

5) 计算列间距和列浮标间距。

对称均匀分配时,列间距为 $\Delta D_y = \frac{B}{m-1} = 7 \text{ km} > 2R_{amin} = 4 \text{ km}$,列浮标

间距为 $\Delta D_x = \frac{L_n}{n-1} = 5.25 \text{ km}$;交错均匀分配时,列间距与列浮标间距同上,列间距大于反潜巡逻机两倍最小转弯半径。

6) 满足监听时间要求的巡逻飞行速度为 $v_a = [mL_n + (\pi/2) \cdot B] / t_{sl} F_n = 287 \text{ km/h}$ 。

Step 5 搜索方案生成与选择。布听同步周期搜索方案如表2所示。

表2 布听同步周期搜索方案

Table 2 The scheme of synchronous and periodic search of deploying and monitoring

计算方法	方案编号	浮标分配	浮标列数	奇列/偶列浮标枚数	实布/备用浮标枚数	列间距/km	列浮标间距/km	巡逻飞行速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	发现概率
理论计算方案	方案1	对称均匀分配	13	9/9	117/25	7.0	5.25	350	0.814
	方案2	交错均匀分配	13	9/8	111/31	7.0	5.25	350	0.797
要点	飞机为1架;布阵方法为平行布阵法;巡逻飞行高度为300 m;任务区完成任务时间为4 h,其中,布设浮标场时间2 h,场内监听时间1 h,最后一个浮标阵附加监听时间0.5 h,其他附加时间0.5 h;监听时间为3 h+附加监听时间0.5 h;剩余巡逻时间(机动时间)为0.8 h;浮标工作时间设定不小于1.5 h,建议2.0 h。								
方案优化排序	方案2>方案1								

4 结束语

本文基于对区域搜索特点的理解,在充分考虑反潜巡逻机及声呐浮标战技性能特点的基础上,提出反潜巡逻机使用声呐浮标对潜区域搜索时,必须将布设浮标阵、监听浮标阵以及布阵与听阵之间的相互关系综合一体考虑的观点。基于该观点,在对反潜巡逻机使用声呐浮标对潜区域搜索态势分析的基础上,提出了“两类三种”搜索方法。针对每种搜索方法,提出了标准浮标阵

的概念,标准浮标阵是一个最大能力浮标阵,它是在区域搜索时兵力需求与兵力分配筹划的基础。针对各种搜索方法的特点,建立了相应的搜索效率计算模型和浮标分配模型。本文针对第一类搜索方法中的两种搜索方法进行了探讨,给出了使用第一类搜索方法中的两种搜索方法对潜区域搜索筹划的范例。由于篇幅的限制,关于第二类搜索方法、得到接触后的行动方法,以及浮标区域搜索筹划的原则与一般步骤将另文给出。

参考文献

- [1] 谭安胜. 水面舰艇编队作战运筹分析[M]. 北京:国防工业出版社, 2009.
- [2] 孙明太. 航空反潜战术[M]. 北京:军事科学出版社, 2003.
- [3] 屈也频. 反潜飞机搜潜效能评估与决策建模[M]. 北京:国防工业出版社, 2011.
- [4] 张最良,李长生,赵文志,等. 军事运筹学[M]. 北京:军事科学出版社, 1993.

Abstract: Based on the understanding to regional search features, a viewpoint is put forward that buoy array deploying, buoy array monitoring and their relationship should be taken into integrated consideration for anti-submarine patrol aircraft to search submarine by using sonobuoy. Further more, two types, totally three kinds of methods are put forward for the submarine search based on the analysis to sonobuoy regional search situation, and the action methods after contacting are given. The concept of standard buoy array is put forward corresponding to each search method, and search efficiency calculation models are established. The planning steps of submarine regional search for anti-submarine patrol aircraft are also given. The two methods of the first type of search method, synchronous search of deploying and monitoring, are mainly discussed, and the examples of regional search using the two methods are given.

Key words: anti-submarine patrol aircraft; regional search; sonobuoy; synchronous search method of deploying and monitoring



请扫描二维码关注我刊