

DOI:10.16781/j.0258-879x.2020.09.1037

• 海洋军事医学 •

水面舰艇编队遭导弹多波次攻击时减员预计模型

任东彦¹, 刘文宝¹, 陈国良^{2*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)卫生勤务学系海军战术医学教研室, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)卫勤训练基地卫勤训练室, 上海 200433

[摘要] 海上作战减员预计是一项复杂的系统工程。针对海上作战减员预计这一难题, 在充分考虑舰艇编队进攻和防御2个方面涉及到的各种影响因素的基础上, 从导弹打击效果角度出发, 在合理简化的基础上采取作战模拟的方法实现以舰艇编队损伤评估结果计算舰艇编队战伤减员数, 从而提供一种适合水面舰艇编队面对多波次导弹攻击实际情况的减员预计方法, 使海战减员预计的准确性得到提高。

[关键词] 水面舰艇编队; 导弹攻击; 作战减员; 预计模型

[中图分类号] R 821.81 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2020)09-1037-04

Forecasting model of operational casualty in surface warship formation against several groups of missile attacks

REN Dong-yan¹, LIU Wen-bao¹, CHEN Guo-liang^{2*}

1. Department of Naval Tactical Medicine, Faculty of Health Services, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Department of Medical Service Training, Medical Service Training Base, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] Combat casualty prediction on the sea is always challenging. Considering various factors involved in the attack and defense of warship formation and missile attack effect, we calculated the combat casualty based on the damage assessment result of combat simulation with reasonable simplification, which provided a forecasting model of combat casualty for surface warship after multiple missile attacks, improving the accuracy of casualty prediction in naval warfare.

[Key words] surface warship formation; missile attack; operational casualty; forecasting model

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(9): 1037-1040]

海上作战减员预计是一项复杂的系统工程, 这涉及到参战双方各类人员的素质、武器的杀伤力、水文气象、战场环境等诸多因素及对这些因素的定量描述方法。卫勤人员应结合具体情况, 力争使预计结果接近战场实际情况。目前, 水面舰艇编队海上作战时, 多方向、多批次的反舰导弹远程攻击已成为主要作战样式, 本研究从系统论观点出发, 本着定性分析和定量分析相结合的原则, 通过建立水面舰艇导弹攻击作战过程仿真模型, 采取作战模拟的方法实现以舰艇损伤程度计算舰艇编队战伤减员数, 从而提供一种适合水面舰艇导弹攻击作战实际情况的减员预计方法, 提高作战减员预计

的准确性。

1 水面舰艇编队导弹攻击作战过程仿真模型

反舰导弹在现代海战水面舰艇编队的攻防对抗过程中起到关键作用。如果编队只是遭受数枚反舰导弹的打击, 舰艇损伤和减员预计较容易计算, 本研究重点探讨多批次导弹饱和攻击下的舰艇编队减员计算。在饱和攻击情况下, 有的舰艇可能未被击中, 而有的舰艇可能被1枚、2枚甚至数枚导弹击中, 考虑舰艇编队作战时的一体化防空, 反舰导弹饱和攻击下的实际作战过程可以简化为: 编队在极短时间间隔内遭受多波次反舰导弹攻击; 在每波

[收稿日期] 2020-01-06

[接受日期] 2020-02-26

[基金项目] 军队后勤科研重点项目(BWS13C008, BWS17J020)。Supported by Key Project of Military Logistics Research (BWS13C008, BWS17J020)。

[作者简介] 任东彦, 博士, 讲师。E-mail: rdy3159@126.com

*通信作者(Corresponding author)。Tel: 021-81871109, E-mail: cgl307@126.com

次攻击中每艘舰艇平均遭受1枚导弹打击;每枚反舰导弹的平均命中概率相同。在这一等价过程中,反舰导弹的平均命中概率已经充分综合了导弹单发命中概率、舰艇防空反导性能、官兵士气、指挥水平、战场环境等因素,对它的估计可以取代对其他因素的估计,大大减少了估计对象,简化了模型^[1-2]。

舰艇编队作战可以看作是一个系统变化过程,在这个系统中实际发生变化的只有剩余舰艇数量。随着作战的进行,舰艇遭受导弹袭击增多,直到被击毁(舰艇剩余承受导弹袭击数量减少到0)。因此,所选择的状态变量必须能够反映编队内舰艇数量和编队内每艘舰艇可承受导弹打击数量2个因素。定义列向量 $X(t)=(x'_0, x'_1, \dots, x'_n)^T$ 为经过反舰导弹 t 个波次打击后编队内的舰艇状态,各分量 x'_k 为 t 个波次打击后可承受导弹打击数量为 k 的舰艇数量。

从现代海战作战过程中导弹打击效果的角度出发,结合以上分析,水面舰艇作战过程仿真步骤如下^[3-4]: (1) 产生舰艇初始状态,即对第 i 艘舰艇可承受导弹打击数量上限数量为 n_i ; (2) k 表示打击波次数; (3) 对每艘舰艇处理 k 次,每次处理过程都相同。对第 i 艘舰艇处理第 k 次,处理过程为①若 $n_i < 0$, 结束处理(舰艇已被击毁); ②产生 $0 \sim 1$ 之间均匀分布的随机数 P_0 ; ③若 $P_0 < p$, 则 $n_i = n_i - 1$ (舰艇被命中); ④若 $n_i < 0$, 则 $Y(k) = Y(k) + 1$ (舰艇被击毁)。

完成以上3个步骤后,一次作战仿真过程结束,得到的数据是 $Y(k)$ 。仿真模型的计算流程如图1所示。

2 水面舰艇编队导弹攻击作战减员预计模型

2.1 舰艇毁伤概率的计算

本问题中,进行仿真的最终目的是给出遭反舰导弹 t 个波次打击后编队内的舰艇受损状态,进而以舰艇损伤程度计算舰艇编队战伤减员数。由于本问题属于小子样估计,相同条件下的仿真结果会呈现随机变化,结合水面舰艇导弹攻击作战过程仿真模型,对不同条件均仿真 10 000 次,取平均值,最终得到经过反舰导弹 t 个波次打击后编队内的各艘舰艇受损状态为 $X(t)=(x'_0, x'_1, \dots, x'_n)^T$, $X(0)$ 为编队内舰艇遭反舰导弹打击前的状态,进而可得编队内各艘舰艇的毁伤概率为:

$$s = X(t) ./ X(0) = \left(\frac{x'_0}{x_0}, \frac{x'_1}{x_1}, \dots, \frac{x'_n}{x_n} \right)^T \quad (1)$$

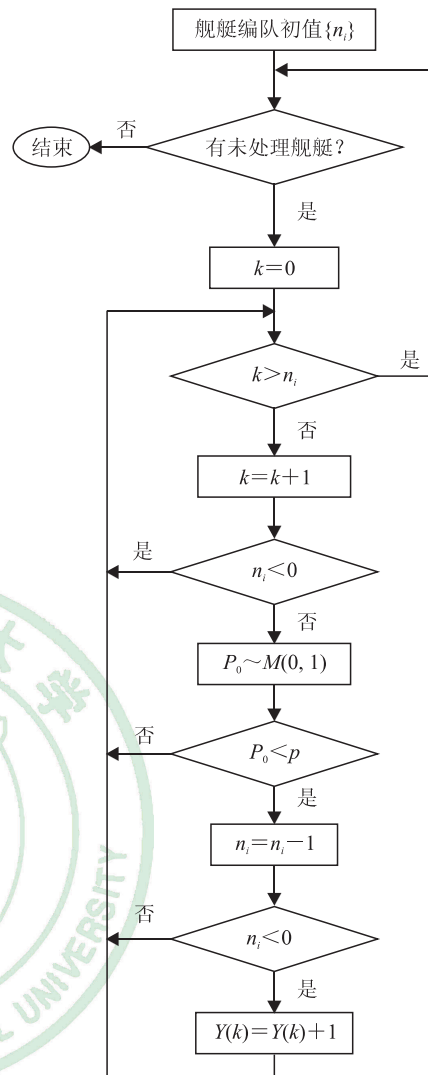


图1 仿真模型计算流程图

n_i : 第 i 艘舰艇可承受导弹打击数量上限; k : 打击波次数; P_0 : $0 \sim 1$ 之间均匀分布的随机数 $M(0,1)$; $Y(k)$: 水面舰艇编队经过 k 个波次反舰导弹打击后被击毁的数量

2.2 水面舰艇损伤评估

在整个海战过程中,反舰导弹起到关键的作用。反舰导弹的作战效能与其速度、射程、机动能力、抗干扰能力及命中概率等因素有关,在实战环境下主要体现为消灭敌舰所需的导弹数量。因此,在计算战伤减员之前应首先对编队内的舰艇进行损伤评估。值得注意的是,对于水面舰艇的“消灭”一词解释各有不同。这里,定义舰艇的毁伤概率为 $s(i)$, $s(i) > 0.8$ 时为“沉没”或“消灭”; $s(i) > 0.5$ 且 ≤ 0.8 为严重损伤; $s(i) \leq 0.5$ 为轻度损伤。

2.3 水面舰艇战伤减员评估

战伤减员与舰艇受损程度有关,结合以上建立的水面舰艇导弹攻击作

战过程仿真模型计算结果, 以舰艇损伤程度评估结果计算舰艇编队战伤减员数见下式:

$$W = \sum_{i=1}^n R(i) \cdot w_s(i) \quad (2)$$

$R(i)$ 为编队内第 i 艘舰艇编制人数; $w_s(i)$ 为编队内与第 i 艘舰艇损伤评估值相对应的战伤减员率取值。以某型猎潜艇计算为例: 经过反舰导弹作战过程仿真, 第 3 波次打击后由 (1) 式得到该型猎潜艇毁伤概率为 $s(i)=0.5684$, 损伤评估结果为“严重损伤”, 对应战伤减员率取值范围为 15%~20%, 则由对应关系 $\frac{w_s(i)-15\%}{20\%-15\%} = \frac{s(i)-0.5}{0.8-0.5}$, 可得 $w_s(i)=16.1\%$ 。

舰艇遭反舰导弹袭击后, 其损伤结果可分为沉没、严重损伤和轻度损伤 3 种。轻度损伤和严重

损伤时, 结合历史经验数据, 参战人员战伤减员参数见表 1。舰艇沉没的条件下战伤减员的计算则不同, 其战伤减员数取决于沉没舰艇当时所处海区的海况和救护条件, 见表 2。

表 1 舰艇不同损伤程度的战伤减员

(%)		
舰艇种类	严重损伤	轻度损伤
巡洋舰	8~10	1~2
驱逐舰	10~15	2~3
护卫舰	18~20	5~6
猎潜艇、扫雷舰	15~20	6~7
登陆舰	15~20	7~9
登陆艇	15~25	7~8
护卫艇、快艇	35~45	7~8
运输舰	15~20	3~4

表 2 各种海况及救护条件下舰艇沉没时战伤减员情况

(%)		
作战海区海况	被救人员占舰员人数比例	战伤减员占被救人员比例
良好条件: 气温 > 25 °C, 水温 > 15 °C, 风浪 < 3 级, 能见度好	50	25
一般条件: 气温 20 °C, 水温约 10 °C, 风浪 3~5 级, 能见度中等	33	33
不良条件: 气温 10 °C, 水温 < 5 °C, 风浪 > 5 级, 能见度中等	25	50

3 水面舰艇编队导弹攻击作战减员数仿真计算及分析

在某次海上护航作战方案中, 假设红方水面舰艇编队将遭受蓝方远程导弹饱和打击, 红方水面舰艇编队共编有各型舰艇 6 艘, 作战海区海况不良: 气温 10 °C, 水温 < 5 °C, 风浪 > 5 级, 能见度

中等。试预计在蓝方反舰导弹平均命中概率分别为 0.4 和 0.7 时, 红方水面舰艇编队分别经受 1 个波次、2 个波次和 3 个波次打击后战伤减员数。

由于本问题属于小子样估计, 相同条件下的仿真结果会呈现随机变化, 结合水面舰艇导弹攻击作战减员仿真模型, 对不同条件均仿真 10 000 次取平均值, 计算结果见表 3、表 4。

表 3 红方水面舰艇编队 6 艘各型舰艇在反舰导弹平均命中概率为 0.4 时的战伤减员数仿真计算结果

项目	巡洋舰	驱逐舰	护卫舰	猎潜艇	护卫艇	运输舰
舰艇编制人员数量(人)	150	100	80	50	30	300
舰艇可承受导弹打击数量(枚)	6	4	3	2	1	5
第 1 个波次(编队减员 22 人)						
毁伤概率	0.065 9	0.101 6	0.134 3	0.198 7	0.395 2	0.079 9
损伤评估	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤
战伤减员(人)	2	2	4	3	2	9
第 2 个波次(编队减员 33 人)						
毁伤概率	0.133 3	0.200 1	0.264 0	0.398 5	0.636 5	0.161 0
损伤评估	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	严重损伤	轻度损伤
战伤减员(人)	2	2	4	3	12	10
第 3 个波次(编队减员 42 人)						
毁伤概率	0.197 5	0.301 6	0.404 1	0.568 4	0.783 0	0.240 1
损伤评估	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	严重损伤	严重损伤	轻度损伤
战伤减员(人)	2	3	5	8	13	11

表4 红方水面舰艇编队6艘各型舰艇在反舰导弹平均命中概率为0.7时的战伤减员数仿真计算结果

项目	巡洋舰	驱逐舰	护卫舰	猎潜艇	护卫艇	运输舰
舰艇编制人员数量(人)	150	100	80	50	30	300
舰艇可承受导弹打击数量(枚)	6	4	3	2	1	5
第1个波次(编队减员37人)						
毁伤概率	0.150 1	0.223 7	0.299 2	0.448 6	0.900 5	0.180 7
损伤评估	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	轻度损伤	沉没	轻度损伤
战伤减员(人)	2	3	4	3	15	10
第2个波次(编队减员71人)						
毁伤概率	0.299 7	0.449 8	0.601 0	0.899 5	0.987 4	0.359 6
损伤评估	轻度损伤	轻度损伤	严重损伤	沉没	沉没	轻度损伤
战伤减员(人)	2	3	15	25	15	11
第3个波次(编队减员81人)						
毁伤概率	0.349 9	0.526 3	0.703 5	0.880 6	0.974 1	0.419 9
损伤评估	轻度损伤	严重损伤	严重损伤	沉没	沉没	轻度损伤
战伤减员(人)	3	10	16	25	15	12

通过仿真计算结果可知,战伤减员与海战样式、舰艇编队的防御能力及作战海区海况有很大关系。随着导弹打击波次的增加舰艇编队的整体防御能力降低,反舰导弹命中概率增大则战伤减员数会明显增加,且舰艇沉没时战伤减员数较高。因此,为降低战伤减员数应强化舰艇防御能力,避免被击沉。

采用仿真模型模拟方法进行战伤减员预计具有快速、多方案对比等优点,可以为决策者提供多方案的选择及决策依据,只要采用的数据准确、可靠,计算获得的减员预计数相对较准确,是未来减员预计的发展方向。但由于海战中影响战伤减员的因素较多且多数因素不确定性较大,把握数据的准确性具有一定的难度,尤其是当主要的关键因素出现偏差时就会影响到整个模拟的结果^[5-6]。当前,采用模拟方法进行减员预计尚处于探索阶段,还需进

行更多研究和试用并不断完善,才能推广应用。

[参考文献]

[1] 周洪光,周玺,夏朗.反水雷武器系统作战效能评估方法初探[J].水雷战与舰船防护,2010,18:32-36.
 [2] 黄贤源,隋立芬,范澎湃.几种最优滤波方法的分析和比较[J].测绘工程,2007,16:35-38.
 [3] 马爱民.猎扫雷作战效果评估与控制[M].北京:国防工业出版社,2000:83-87.
 [4] 葛文斌,赵洪伟,张国春.舰艇编队交战战损计算方法研究[J].科学技术与工程,2009,9:1072-1075.
 [5] 任东彦,陶峰,刘文宝.基于马尔可夫链的水面舰艇作战减员评估[J].第二军医大学学报,2020,41:321-324.
 REN D Y, TAO F, LIU W B. Evaluation of operational casualty for surface warships based on Markov chain[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41: 321-324.
 [6] 洪星,宋元,马爱民.马尔可夫链用于扫雷作战期望损失评估探讨[J].兵工学报,2006,27:1132-1135.

[本文编辑] 尹 茶