

【武器装备】

地空导弹混编群抗突防能力探析^{*}张少峰¹, 季军亮², 任慧斌², 胡小勇²

(1. 93692 部队, 河北 固安 065500; 2. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:介绍了地空导弹混编群的概念,分析了影响混编群抗突防能力的相关因素,阐述了基于排队论思想的混编群抗击目标突防流程。通过计算优化了兵力基本部署,提出了以抗饱和和攻击能力来衡量武器系统综合性能的方法,并基于排队论知识运用仿真分析了武器系统主要性能指标对火力单元抗饱和和攻击能力的影响,论证了单发杀伤概率与集火射击效率的关系,进而在混编群兵力资源需求和火力配系优化等方面进行了运用。

关键词:混编群;饱和攻击;目标通道;集火射击

中图分类号:E927

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)07-0026-04

地空导弹混编群是指以性能先进的地空导弹武器系统为主体,将不同类型的地空导弹武器系统按防空作战需要和混编集成要求,统一进行编组配置而形成的地面防空战术单元^[1]。现代防空作战实践证明,这种不同类型地空导弹武器的混编作战,是相互取长补短,形成严密对空火力和体系作战能力的根本途径,也是今后防空作战的发展方向^[2]。

地空导弹混编群抗突防能力是混编群作战效能的综合反映,也是衡量兵力部署方案优劣的重要指标。对混编群抗突防能力的分析,是解决混编部署方案优化、混编群火力运用等问题的重要理论依据^[3-5]。

1 混编群抗突防能力的影响因素

由于地空导弹混编群的抗目标突防能力是反映混编战术单元作战效能的综合指标,因此他受多方因素影响。

1) 所属武器系统性能,包括目标通道数、单发导弹杀伤概率、射击周期等,他是决定混编作战效能的硬性条件。

2) 混编部署形式。混编群部署形式是决定其形成有效对空火力的关键因素,并直接影响群的火力发扬、整体抗击效率及自我防护等重要环节。

3) 混编群作战反应时间。群作战反应时间(从发现目标到做好射击准备所用时间)越短,抗饱和和攻击能力就越强,一般用耗时最长和最短的2个火力单元所用时间来衡量。

4) 火力运用方法。正确运用火力不仅能够增大抗击效率,还能节约弹药,因此他是影响群抗击作战的关键因素。

5) 目标类型。空袭目标的雷达有效反射面积(RCS)、

突防速度、突防高度、进袭方向、机动能力等都在一定程度上影响着混编群对目标的抗击效率。

影响地空导弹混编群抗突防能力的因素还有很多,如武器系统的工作可靠性、装备保障良好度、对空侦察的有效度、导弹供应保障以及射击指挥、组织协调、来袭目标的战术技术手段、气象环境等。

2 建立模型

2.1 模型假设

依据排队论思想,采用离散事件建模法,对地空导弹混编群拦截目标的能力进行分析。为讨论问题方便,又不失实效性,现对作战过程作如下假设。

1) 混编战术单位由3个火力单元组成,装备1套×型中高空、中远程武器系统和2套×型低空、近程武器系统;

2) 各火力单元对突防目标都有一定的杀伤概率且与对典型目标的杀伤概率接近;

3) 在保证火力衔接的前提下,正面线形部署时,2套低空、近程武器系统能够消除中高空、中远程武器系统的低空盲区;

4) 突防目标为简单流依次到达,到达混编群火力范围的时间间隔服从负指数分布,目标流概率呈泊松分布,各火力单元射击目标所需时间即服务时间服从负指数分布;

5) 抗目标突防作战只考虑防空武器对突防目标的毁伤,来袭目标的作战企图是通过地面防空火力区来攻击防空火力保卫的重要目标;

6) 不同型号武器系统按高度区分火力,同一型号武器系统按方向区分火力,对重点目标有集火射击条件时,由群指挥员负责组织实施。

此外,武器装备在战斗中工作正常,保障弹药及时。不考虑射击指挥、突发事件、环境等因素的影响。

2.2 系统流程

混编群拦截空中目标的系统流程如下。突防目标运用相应的战技术手段进入群射击区,若相应空域的目标通道中有一个处于闲置状态,则先到达的目标优先占用该通道而遭射击。导弹在空中飞行一段时间与目标遭遇后,该目标通道重新成为闲置火力通道,经过转火延迟后该通道

做好再次射击准备。当目标进入群射击区时,全部火力通道均处于忙态,则目标继续在射击区飞行。在目标飞出群射击区近界时,若仍无闲置的目标通道,则目标飞出射击区而突防;若在目标飞出射击区近界前有闲置通道,则按在射击区剩余飞行时间最短的目标优先被选的原则占用闲置的火力通道,并对该目标实施射击。其流程如图1所示。

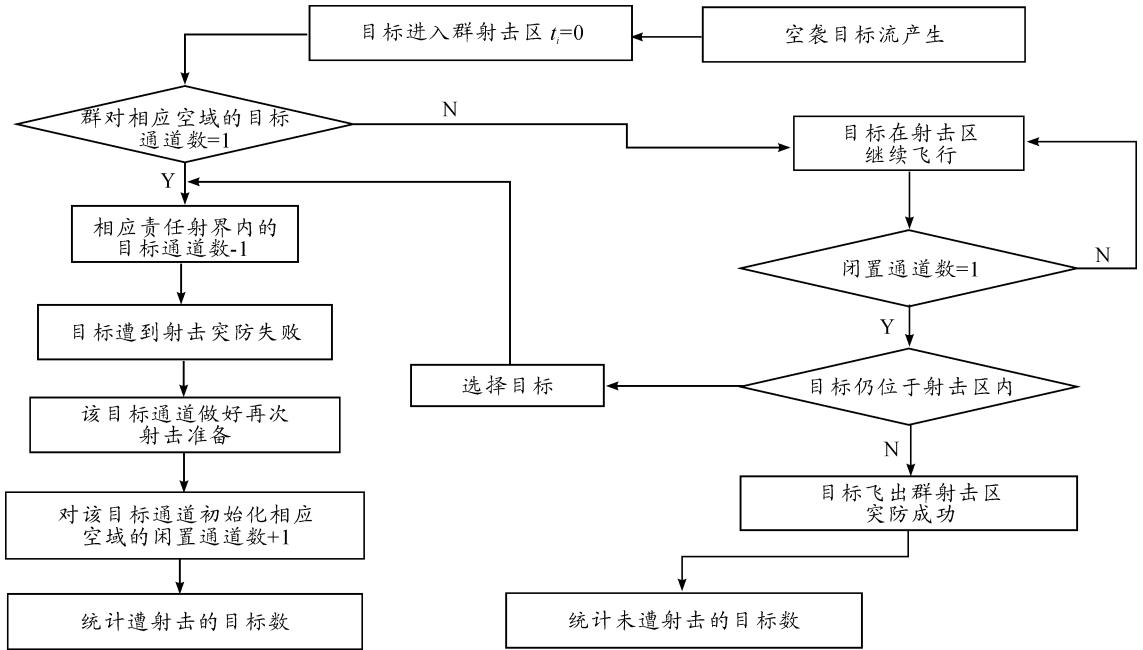


图1 地空导弹混编群拦截突防目标流程

3 优化基本部署

根据模型假定,设 \times 型中高空、中远程(I型)防空导弹的单发杀伤概率为 P_1 , \times 型低空、近程(II型)防空导弹的单发杀伤概率为 P_2 ,且 $0 < P_2 \leq P_1 < 1$ 。因为2套II型防空武器系统在正面呈线性部署时才能最大限度地消除中高空武器系统的低空盲区,所以II型武器系统须呈来袭正面线性部署,如图2所示。

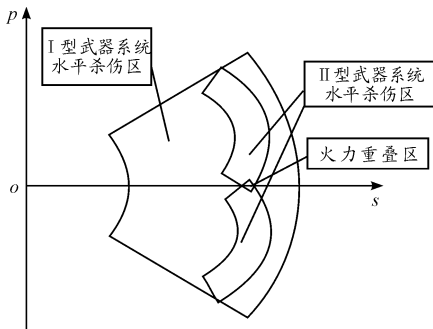


图2 I型地空导弹正面线型部署图

为研究问题方便,将图2部署形式分为2种情况。

1) 杀伤区远界衔接部署,即低空近程武器系统的杀伤区与中高空、中远程武器系统杀伤区的远界相衔接,其基本配置形式如图3所示。

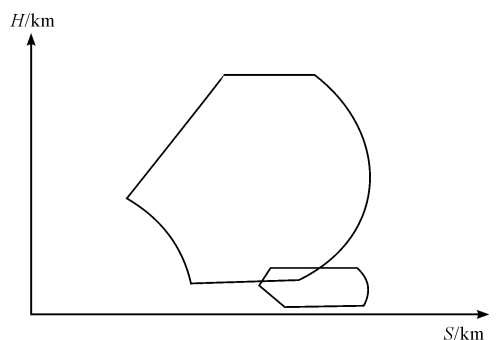


图3 远界衔接示意

则目标从任何高度突防都将遭到防空火力的抗击。由上可知混编群对目标的毁伤概率为

$$P_{\text{毁}y} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \quad (1)$$

整理得

$$P_{\text{毁}y} = P_1 + P_2 - P_1P_2 \quad (2)$$

2) 中、近界衔接部署,其配置形式如图4所示。

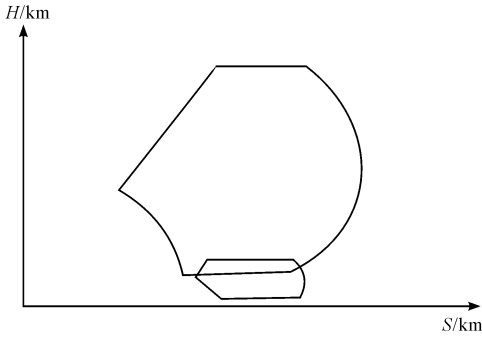


图4 中、近界衔接示意

突防目标能在高度上选择性地进入群火力区,则其会遭到立即或延迟性攻击,那么群火力对目标的毁伤概率为

$$P_{\text{毁}} = P_1 \text{ 或 } P_2$$

比较式(1)、式(2)可得

$$P_1 + P_2 - P_1 P_2 > P_1 \text{ 或 } P_2 \quad (3)$$

由以上计算可得,对于抗击突防目标的该混编战术单元来说,为实现对突防目标的抗击效率最大的作战企图,Ⅰ、Ⅱ型武器系统杀伤区远界衔接的部署形式为最优部署。

4 仿真及结果分析

4.1 兵力资源需求

群所属武器系统性能是影响混编群抗击目标突防能力的重要因素,并将直接影响混编群的抗突防作战效能。为了能够体现武器系统的综合性能,现以武器系统的抗饱和和攻击能力为例进行分析。地面防空力量的抗饱和和攻击能力是指当空中目标突防概率不超过某一限定值时,防空一方能够抗击空中目标流的最大侵袭强度。火力单元的抗饱和和攻击效率是武器系统性能的综合反映。

根据假设,现运用排队论知识,利用 MATLAB 编程仿真单个武器系统各主要性能指标的取值对火力单元抗饱和和攻击能力的影响。该仿真结果可为地空导弹混编群在抗击空袭目标突防作战中如何进行兵力资源筹划提供依据。

由排队论知识可得火力单元抗饱和和攻击模型是一个容量有限的多服务台损失制排队系统,则有:

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^c \frac{C^n}{n!} \rho^n \right]^{-1} \quad (4)$$

$$P_n = \frac{C^n}{n!} \rho^n P_0 \quad (5)$$

$$\lambda_f = \lambda(1 - P_c) \quad (6)$$

$$\lambda_{\text{损}} = \lambda - \lambda_f = \lambda P_c \quad (7)$$

$$W_s = \frac{1}{\mu} \quad (8)$$

其中: P_0 和 P_n 分别表示来袭目标为 0 和 n 的概率; C 为武器系统目标通道数,各通道独立工作或协同工作,其平均服务率为 μ ,则武器系统的平均服务率为 $C\mu$; $\rho = \lambda/C\mu$ 表示系统服务强度,模型的饱和和攻击表现为 $\rho > 1$,即饱和和

击中目标的突防强度大于武器系统的抗击能力,显然,火力单元抗饱和和攻击系统属于超负荷运行系统; λ 表示单位时间内平均到达的目标(架/分钟); λ_f 为单位时间内到达并进入系统接受服务的顾客平均数,即在相应空域被火力单元射击的目标平均数; $\lambda_{\text{损}}$ 为单位时间内系统损失掉的顾客平均数,即突防的目标平均数; $W_s = 1/\mu$ 为正常情况下进入系统的顾客平均服务时间(s),即武器系统对目标的射击周期。

设火力单元对目标的单发杀伤概率为 Q ,则综上所述可得突防目标经过火力单元杀伤区被击中的概率为

$$P_Z = \frac{\lambda_f Q}{\lambda} \quad (9)$$

空袭目标的突防概率为

$$P_T = 1 - P_Z =$$

$$1 - \left\{ 1 - \frac{C^c}{C!} \left(\frac{\lambda}{C\mu} \right)^c \left[\sum_{n=0}^c \frac{C^n}{n!} \left(\frac{\lambda}{C\mu} \right)^n \right]^{-1} \right\} Q \quad (10)$$

则火力单元抗饱和和攻击的综合抗击率为

$$P_K = 1 - P_T =$$

$$\left\{ 1 - \frac{C^c}{C!} \left(\frac{\lambda}{C\mu} \right)^c \left[\sum_{n=0}^c \frac{C^n}{n!} \left(\frac{\lambda}{C\mu} \right)^n \right]^{-1} \right\} Q \quad (11)$$

由式(11)可知:①在给定空情及其他条件下,火力单元抗饱和和攻击效率随着群内火力单元的通道数量增加而不断增大,如图5所示。②武器系统射击周期是影响火力单元抗击效率的重要参数。射击周期越短则单位时间内抗击的目标批次越多,那么抗击效率就越高;反之越低。抗饱和和攻击作战时,武器系统的抗击效率与射击周期的关系曲线如图6示,他表明缩短射击周期是提高抗击率的有效方法。这也要求防空作战人员在现有装备条件下必须减少人为增大射击周期的因素。

由以上分析可知,对于火力单元来说,武器系统目标通道数、单发导弹杀伤概率、作战反应时间和射击周期是影响系统抗饱和和攻击能力的重要因素。因此,在给定条件下,部署多通道、单发杀伤概率高、射击周期短、反应时间快的武器系统是提升混编群抗目标突防能力的有效措施。且由图5可以看出,多通道武器系统的抗击效率大于多个单通道武器系统抗击概率的简单加和,因此混编群采用多通道武器进行部署抗击大规模空袭是今后的发展方向。

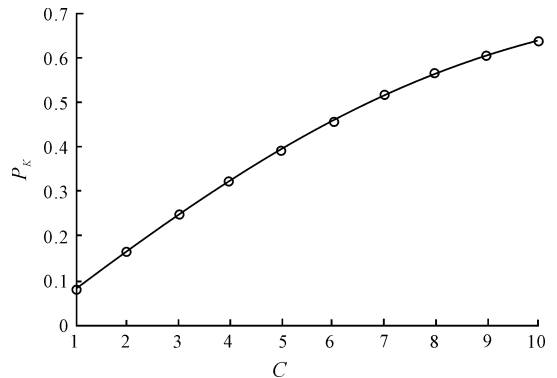


图5 抗击效率随火力通道数变化曲线

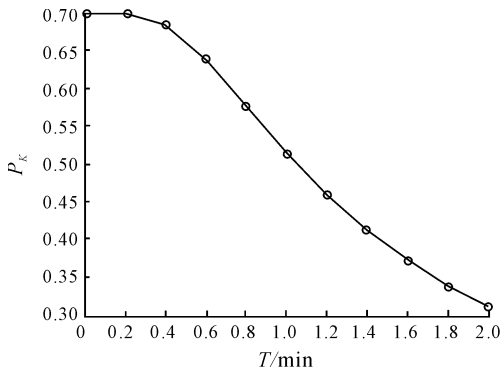


图6 抗击效率随武器系统射击周期变化曲线

4.2 火力运用优化

对混编群抗突防能力的分析,有利于对群内防空火力配系进行优化。在进行合理部署的基础上,通过研究参与集火的火力单元数、武器系统的性能参数与抗击率的相互关系,可为防空火力配系的优化提供理论依据。

假设参与集火的2个火力单元杀伤概率近似相等为 P ,则在群内2个火力单元协同对空中目标射击的情况下,运用公式 $P_{\text{集火}} = 1 - (1 - P)^2$ 通过仿真可以得到抗击效率与单发杀伤概率的关系,如图7所示。由图7不难看出,2个火力单元集火射击时,在单发概率比较低(<0.7)的情况下效果是比较明显的;但当单发杀伤概率在 $0.7 \sim 0.8$ 以上时,集火射击非但不利于提高抗击效率,反而会增加弹药消耗量。

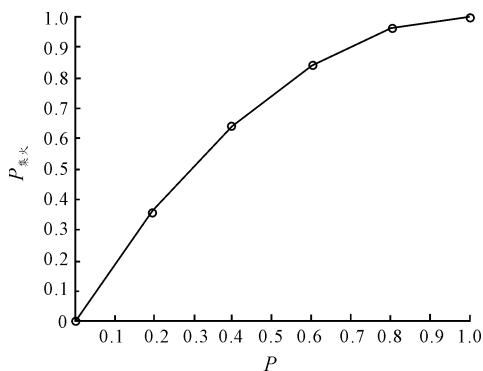


图7 集火射击效率随单发概率变化曲线

5 结束语

本文中利用影响混编群性能的主要指标对其抗击目标突防能力进行了分析,并运用对比优化了兵力部署,提出了以抗饱和和攻击能力来衡量武器系统综合性能的方法,同时通过仿真计算出了武器系统性能参数与火力单元抗饱和和攻击效率的关系,以及单发杀伤概率与集火射击效率的关系,可为混编作战兵力资源需求及火力运用优化提供一定的理论依据,并对混编群兵力部署、作战指挥决策等方面提供一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 陈鸿猷. 中国人民解放军空军地空导弹兵战术学[M]. 北京:解放军出版社,2000.
- [2] 寇占霖. 地空导弹射击理论及其应用[D]. 西安:空军导弹学院,1992.
- [3] 李乃奎. 军事运筹学基本理论教程[M]. 北京:国防大学出版社,2005.
- [4] 曹山根,姚奕,刘吉军. 反舰导弹突防概率[J]. 四川兵工学报,2008(6):36-38.
- [5] 贺川,蒋里强,周仲夏,等. 基于排队论的防空武器系统兵力配置优化[J]. 四川兵工学报,2008(2):21-23.

(责任编辑 周江川)