

空空导弹战术攻击区作战效能检测方法研究

陈 通,寇英信,李战武,徐 安

(空军工程大学航空航天工程学院,陕西 西安 710038)

摘要:在空空导弹攻击效能优化检测中,为解决目前空空导弹通用攻击区针对性差以及灵活性不足的缺点,提出了一种基于任务指标的空空导弹战术攻击区表示方法。为检测战术攻击区的作战效能,并比较其与通用空空导弹攻击区在实战应用中的优劣,提出了一种攻击区作战效能检测方法并进行了仿真分析。根据仿真分析结果可以得出在大部分空战条件下空空导弹战术攻击区在作战效能方面均优于空空导弹通用攻击区的结论,从而证明了空空导弹战术攻击区具有一定的实战应用价值。

关键词:空空导弹;攻击区;任务指标;作战效能

中图分类号:TP 762.2;TJ 765.4 **文献标识码:**B

A Method of Testing The Operational Efficiency of Air-to-air Missile Tactical Attack Area Operational Efficiency

CHEN Tong, KOU Ying-xin, LI Zhan-wu, XU' An

(Engineering College of Aeronautics and Astronautics, Air Force Engineering University, Xi'an Shanxi 710038, China)

ABSTRACT: In order to improve flexibility and pertinence of the general attack area of air-to-air missile, an expressing method of the tactical attack area of air-to-air missile based on task indicators is put forward. To test the operational efficiency of the tactical attack area and compare it with general attack area, a test method of attack area's operational efficiency is proposed and simulation analysis is conducted. Simulation analysis shows that the tactical attack area of air-to-air missile is better than the general attack area in operational efficiency under actual combat conditions. This result can prove that the tactical attack area of air-to-air missile has its practical significance.

KEYWORDS: Air-to-air missile; Attack area; Operational efficiency; Task indicators

1 引言

空空导弹攻击区是综合导弹性能、载机参数以及目标状态等多方面因素综合得出的空空导弹可攻击范围^{[1][2]},体现并影响着空空导弹的作战效能。以往针对空空导弹作战的研究中通常采用通用空空导弹攻击区来描述空空导弹的命中概率以及可攻击范围^[3]。通用空空导弹攻击区虽然具有通用性良好、解算相对简单的优点,但也存在着针对性较差、不能体现任务需求等不足^[4]。基于任务指标的空空导弹战术攻击区的提出就是为了在保留通用空空导弹攻击区优势的前提下尽可能克服其不足。以往针对火控算法以及武器系统的作战效能检测往往采用靶场检验或是参数对比的方法。前者由于经费限制难以获取足够数量的数据且靶场环境相对于实战环境差距较大,数据准确性不高;后者虽然较为经济,但仅凭设计参数难以获得某一火控算法或武器系统的综合作战效能。基于概率的火控算法作战效能检测方

法是对概率攻击区模型的创造性应用,其提出就是为了在相对接近实战的环境下分别计算通用攻击区以及战术攻击区的作战效能,从而比较两者实战应用效果的优劣。

2 空空导弹攻击区效能检测系统原理

攻击区是一种对攻击决策有着关键影响的抽象概念。由于其概念的抽象性,并不适宜使用常用于武器系统效能评估的性能参数法对其进行效能评估。空空导弹攻击区效能评估系统就是一种基于攻击区概率模型的专门用于攻击区效能评估的效能评估系统,该系统的评估原理如图1所示。

攻击区效能评估的主要目的即比较通用空空导弹攻击区与战术攻击区的作战效能,从而分析战术攻击区相较通用攻击区在实际作战中是否具有优势,继而提出合理的软硬件换代意见。

攻击区效能评估是基于各攻击区原理差异进行的,其研究重点为构建攻击区作战使用模型,为解决该问题,采用攻击区概率模型法分别建立通用攻击区模型以及战术攻击区

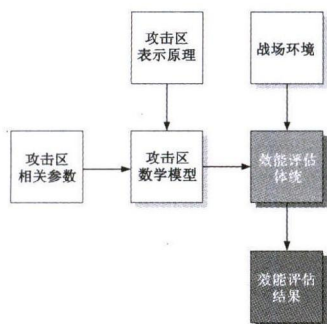


图1 评估原理示意图

模型。

2.1 通用空空导弹攻击区模型

通用空空导弹攻击区是目前最常用的空空导弹攻击区的表示方法,具有结构清晰、解算简单、通用性强等特点,在空中使用中占用火控计算机解算资源较少且作战效能较好,因而得到了广泛的应用。

通用空空导弹攻击区是以目标为中心,根据导弹速度、位置、姿态以及弹目相对参数解算所得的攻击区,

通用空空导弹攻击区计算方法的本质为通过对步长已给定的空间中各离散点的可攻击性进行分析,计算出通常作战情况下落在攻击区远边界上的各点^{[6][7]},而后将各点连线即可围成通用空空导弹攻击区。解算所得攻击区示意图如图2所示。

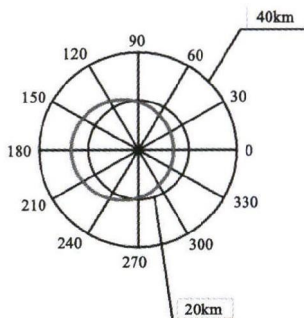


图2 通用空空导弹攻击区

2.2 空空导弹战术攻击区模型

空空导弹战术攻击区是在通用攻击区基础上综合了任务指标以及目标机动的影响所得出的改良的通用攻击区。战术攻击区与通用攻击区最大的区别就是前者体现了任务指标以及目标机动对空空导弹可攻击范围的影响。

建立空空导弹战术攻击区的主要难点即在通用空空导弹攻击区模型中以数学方法体现我机任务需求以及敌机机动。可以采用在攻击区模型中引入任务指标系数与机动偏差的方式解决该难点问题,主要分为引入任务指标系数与引入机动偏差两个步骤,该措施的具体步骤如下。

首先在通用空空导弹攻击区中引入任务指标系数。

任务指标即描述某次任务执行情况的指标,反映了任务的目的是以及执行此任务的最优战术。不同作战任务的任务指标通常也不相同。如表1所示,在不同任务指标下对两种战术的评估是不同的。

表1 任务指标的选取对作战决策的影响

	L_{DH}	L_{WD}	L_{WJ}
A	0.5	0.3	0.3
B	0	0	0.1
C	0.2	0.01	0

表1中A、B、C分别表示不同的攻击方案, L_{DH} 、 L_{WD} 以及 L_{WJ} 分别表示敌轰炸机损失率、我地面设备损失率以及我截击机损失率。

由表1不难看出,当任务指标为“击落敌机的概率”时,方案A为最佳方案;当任务指标为“我方地面设施被保护情况”时,方案B为最佳方案;当任务指标为“我方战斗机存活情况”时,方案C为最佳方案。由此可见,任务指标的选取对作战决策有着决定性的影响。因此,为适应不同作战需求,不同作战任务的任务指标通常也不相同。

截击任务的作战目的是保护我方重要地面目标免受敌攻击机攻击,破坏敌攻击机的对地攻击意图。基于此作战目的,空对空截击作战往往选取需要保护的地面目标免受攻击的概率作为任务指标。

护航任务的战术目的是保护我方攻击机顺利突防并成功执行对地攻击任务。基于此战术目的,常常选用攻击机成功执行任务(即顺利投弹并完成制导)的概率作为任务指标。

歼击任务的战术目的为摧毁某一个或多个空中目标。基于此战术目的,通常选用该目标的杀伤概率作为任务指标。

任务指标主要体现了不同任务要求对攻击区远边界所对应的命中率的不同要求,以系数的形式给出表示:

$$S_i = \mu_i \cdot S_0 \quad (1)$$

式中 S_i 表示引入任务指标后的攻击区远边界距离, μ_i 表示任务指标系数,下标 i 表示不同的任务, S_0 表示根据通用导弹攻击区远边界计算公式所求得攻击区远边界距离。

一般情况下,护航任务的任务指标为“被保护飞行器或飞行编队的存活情况”,截击任务的任务指标为“被保护地面目标存活情况”,歼击任务的任务指标为“目标被击落的概率”。

以截击任务为例,其任务目标为保护某地面目标免受敌攻击机的攻击,因此自然选择“被保护地面目标存活情况”作为任务指标,而敌机是否被击落只能作为影响任务指标的一个相关项而非决定性因素。因而在截击任务模式下,导弹攻击区的远边界所对应的命中概率可以略小于通用值,即攻

击区远边界距离相对较远,以牺牲一定的命中概率为代价确保更多的攻击机会。

式(1)为基于任务指标的空空导弹攻击区远边界距离表达式,式中 μ_i 的数值可由专家打分法得出,具体数值如表2所示:

表 2 μ_i 数值的选取			
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
μ_1	$\mu_{11} = 1.2$	$\mu_2 = 1.2$	$\mu_3 = 1$
	$\mu_{12} = 1$		

表中 $i = 1$ 表示护航任务(其中 μ_{11} 表示发射第一枚导弹时的任务指标系数, μ_{12} 表示发射第二枚导弹时的任务指标系数)、 $i = 2$ 表示截击任务、 $i = 3$ 表示歼击任务,特别要说明的一点是,在执行护航任务时,往往最终必须击落敌截击机才能切实提高被护航飞行器或飞行编队的生存概率,因此通常采用二次攻击的方法。首次攻击目的为迫使敌截击机做出规避机动,破坏其战术意图,并且提高我歼击机对敌截击机的威胁水平,降低敌截击机对我攻击机的威胁等级排序。再次攻击目的为摧毁敌截击机。由此可见,执行护航任务时两次攻击的攻击意图有着明显差别,第一次攻击类似于截击任务中的“破坏敌战术意图”,第二次攻击的目的类似于歼击任务中的“击落敌机”,不同的任务需求对攻击区远边界提出了不同的要求,因而采用两段任务指标系数予以表示。

根据以上分析,在通用空空导弹攻击区的基础上得到基于任务指标的空空导弹攻击区,其示意图如图3所示。

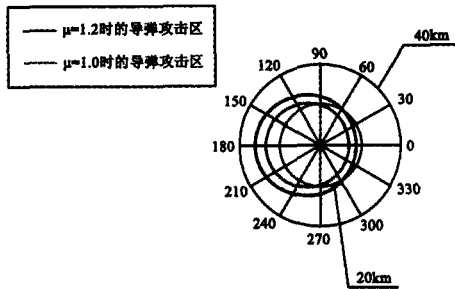


图 3 基于任务指标的空空导弹攻击区

为统一使用规范,通常条件下通用空空导弹攻击区默认发射条件为目标机做匀速直线运动,但在实际作战中,目标机的机动方式较为复杂,难以用单一的“匀速直线运动”进行描述。并且,目标机的机动情况往往决定着导弹弹道的弯曲程度,因而在攻击区表示中不能忽略目标机动对攻击区的影响。因而,在通用空空导弹攻击区中引入机动偏差

机动偏差即目标机动对攻击区的影响。机动偏差主要体现在对攻击区大小的影响与对攻击区形状的影响两个方面。

在实际空战中目标机所做机动类型可能较为复杂,依据

机动对攻击区形状与大小的影响不同可将目标机动分为末端机动、逃逸机动、匀速转弯以及匀速直线运动等四类。

末端机动,即在给定时间内,目标以最大过载进行机动。该机动方式主要影响攻击区的大小

逃逸机动,即从目标机导弹告警器发出鸣响起(一般认为此时时刻与导弹发射时刻为同一时刻),目标以最大过载进行机动。逃逸机动是目标所能做出的烈度最大的机动,会使得导弹命中率急剧下降,但目标进行逃逸机动时将不能实施任何攻击行为。该机动方式对攻击区的大小有较大影响。

匀速转弯,即目标在速度的绝对值不发生变化的前提下等角速度地改变运动的方向。该机动方式主要影响攻击区的形状与大小。

匀速直线运动,即目标沿直线匀速运动,也是通用空空导弹攻击区表示中所默认的目标机动方式,目标在该机动方式条件下所解算出的攻击区与通用空空导弹攻击区完全重合。

需要注意的是,执行对地攻击任务的攻击机或轰炸机由于载弹量的要求往往需要牺牲其气动特性,因而机动能力较差。所以,在载机执行截击任务时,不对目标机所做机动类型进行预测,均视为目标机做简单匀速直线运动。

基于机动预测的攻击区表示方法的主要原理是依据载机相关机载传感器所接收到的目标速度、位置等信息,对目标下一步所做机动进行预测,依据预测结果选择相应的攻击区表示形式予以表示,图4所示即载机对目标所做机动的不同预测下的攻击区表示画面示意图。

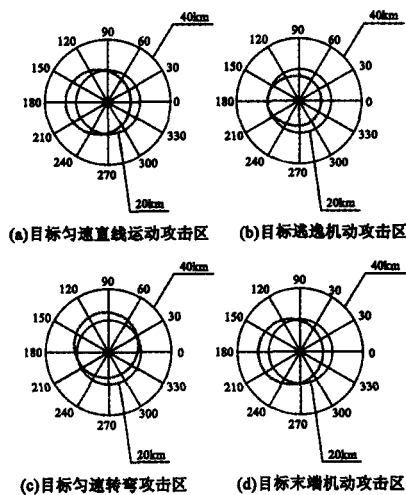


图 4 基于机动预测的空空导弹攻击区

在基于任务指标的攻击区表示以及基于机动预测的攻击区表示的基础上进行综合,能够得到综合战术攻击区的表示方法。综合战术攻击区,即综合考虑了载机当前任务指标以及未来目标机动预测,分析其对空空导弹可攻击区形状以及大小的影响,并将该影响体现于攻击区表示的攻击区表示方法。其表示示意图如图5所示。

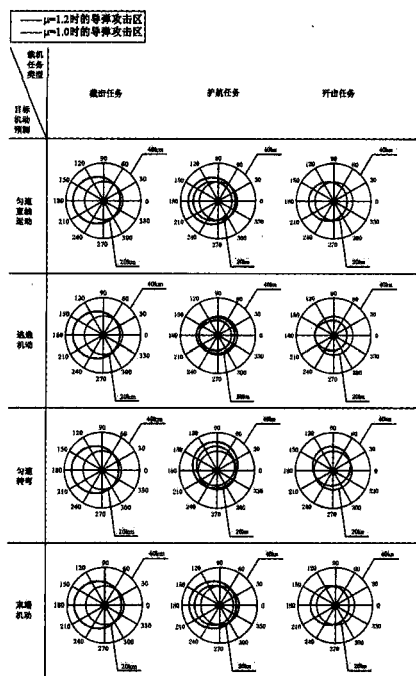


图5 综合战术攻击区表示

3 攻击区作战效能评估方法

综合战术攻击区建立完成后,需比较其与通用空空导弹攻击区的优劣,从而对综合战术攻击区的应用是否具有实战意义进行分析。本文通过比较综合战术攻击区与通用攻击区在实战应用中的作战效能^{[8][9]}来反映在实际作战中二者应用的优劣情况。

作战效能评估模型的基础即效能函数,因而,建立基于战术的攻击区作战效能评估模型的难点即计算能够切实体现战斗机空空作战战术的效能函数。解决该难点问题的措施为从战斗机空战理论入手建立能够切实体现战术的效能函数。

效能函数是作战效能计算的数学基础,体现着单次作战我方收益(即敌方损失)与我方损失(即敌方收益)的关系,其计算公式为:

$$S = \frac{R_D}{R_W} \quad (2)$$

式中, R_D 表示敌方损失单位的价值总和, R_W 表示我方损失单位的价值总和。

在实战过程中,敌我各单位价值、数目,敌我武器杀伤能力都是能够影响作战效能的重要因素,因此,为使得作战效能函数体现战术思想,必须在其表达式中引入上述因素。

在预设任务(截击任务、护航任务、歼击任务)中,敌方单位主要包括敌轰炸机/攻击机与敌歼击机,我方单位主要包括我歼击机、我轰炸机/攻击机以及我地面目标。据此, R_D 与 R_W 的表达式分别为

$$R_D = N_{DH}P_{DH}R_{DH} + N_{DJ}P_{DJ}R_{DJ} \quad (3)$$

$$R_W = N_{WH}P_{WH}R_{WH} + N_{WJ}P_{WJ}R_{WJ} + N_{WD}P_{WD}R_{WD} \quad (4)$$

式中 N_{DH} 表示敌方轰炸机/攻击机数目, P_{DH} 表示敌方单架轰炸机/攻击机被击落的平均概率^[10], R_{DH} 表示敌方单架轰炸机/攻击机的平均价值; N_{DJ} 表示敌方歼击机的数目, P_{DJ} 表示敌方单架歼击机被击落的平均概率, R_{DJ} 表示敌方单架歼击机的平均价值; N_{WH} 表示我方轰炸机/攻击机的数目, P_{WH} 表示我方单架轰炸机/攻击机被击落的平均概率, R_{WH} 表示我方单架轰炸机/攻击机的平均价值; N_{WJ} 表示我方歼击机的数目, P_{WJ} 表示我方单架歼击机被击落的平均概率, R_{WJ} 表示我方单架歼击机的平均价值; N_{WD} 表示我方地面目标的数目, P_{WD} 表示我方单个地面目标被摧毁的平均概率, R_{WD} 表示我方单个地面目标的平均的价值。

采用专家打分法对各单位价值进行评估,并计算转换为以我方单架歼击机价值为单位的无量纲量。各单位相对价值如表3所示。

表3 各单位相对价值

R_{WJ}	R_{WH}	R_{WD}	R_{DJ}	R_{DH}
1	6	60	1	1

我歼击机使用通用空空导弹攻击区条件下,对敌歼击机目标的命中率为

$$P_{DJT} = k \cdot P_0 \quad (5)$$

式中 P_0 为简单目标命中率,即使用通用空空导弹攻击区攻击做匀速直线运动的目标的命中概率; k 为平均目标机动系数,其表达式为:

$$k = \sum_{i=1}^4 p_i k_i \quad (6)$$

式中 k_i 为目标机动系数, p_i 为目标机动概率,其数值如表4所示。

表4 目标机动情况

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
K_i	0.9	0.5	0.5	1.0
P_i	0.2	0.4	0.1	0.3

表4中目标做匀速直线运动时 $i = 1$, 目标做逃逸机动时 $i = 2$, 目标做匀速转弯时 $i = 3$, 目标做末端机动时 $i = 4$ 。

经计算得, $k = 0.73$ 。

我歼击机使用通用空空导弹攻击区条件下,对敌轰炸机/攻击机目标的命中率为

$$P_{DHT} = P_0 \quad (7)$$

我歼击机采用战术攻击区条件下,对敌歼击机目标的命中率为

$$P_{DJZ} = [q + (1 - q) \cdot w] \eta \cdot P_0 \quad (8)$$

式中 q 为目标机动预测准确率,即火控计算机正确预测目标

机动的概率; w 为失误损失系数,体现火控计算机错误预测目标机动的情况对命中率的影响; η 为扩张系数,体现了战术攻击区中 μ 值的选取对命中率的影响,其取值为

$$\eta = \begin{cases} 1, \mu = 1 \\ 0.8, \mu = 1.2 \end{cases} \quad (9)$$

特殊地,当我歼击机执行护航任务时,取 $\eta = 0.9$ 。

我歼击机采用战术攻击区条件下,对敌轰炸机/攻击机目标的命中率为:

$$P_{DHZ} = \eta \cdot P_0 \quad (10)$$

敌轰炸机/攻击机对我地面目标攻击成功的概率为:

$$P_{WD} = \chi \cdot P_E \quad (11)$$

式中 χ 为逃逸损失系数,体现了我歼击机的攻击动作对敌歼击机或轰炸机/攻击机攻击战术的干扰,其取值与 μ 值的选取有关:

$$\chi = \begin{cases} 0.8, \mu = 1 \\ 0.5, \mu = 1.2 \end{cases} \quad (12)$$

特殊地,当我歼击机执行护航任务时,取 $\chi = 0.5$ 。

敌歼击机对我歼击机攻击成功的概率为:

$$P_{WJ} = k' \chi P_f \quad (13)$$

其中 k' 是积极机动系数,体现我歼击机积极机动对敌空空导弹命中率的影响。

敌歼击机对我轰炸机/攻击机攻击成功的概率为:

$$P_{WH} = \chi P_f \quad (14)$$

4 仿真计算与结果分析

取 $w = 0.7$ 、 $P_E = 0.8$ 、 $k' = 0.7$ 、 $P_f = 0.7$,认为截击任务条件下敌方单位为1架轰炸机/攻击机,我方单位为1架歼击机与1个地面目标;护航任务条件下,敌方单位为2架歼击机,我方单位为1架歼击机与1架轰炸机/攻击机;歼击任务条件下,敌方单位为1架歼击机,我方单位为1架歼击机。以 P_0 与 q 作为自变量进行仿真,对我歼击机采用通用空空导弹攻击区以及空空导弹战术攻击区条件下的作战效能进行对比,仿真结果如图6所示。

由图6所示的仿真结果可以看出,在应用通用攻击区条件下的作战效费比与在应用战术攻击区条件下的作战效费比都随着我方空空导弹基本命中率的提高而提高,但应用战术攻击区条件下的作战效费比的提高速度明显大于应用通用攻击区条件下的作战效费比提高速度。在对高机动目标空空作战中,应用战术攻击区条件下的作战效费比亦随着我火控系统对目标机动预测的准确度的提高而提高。在护航任务与歼击任务中,当我火控系统对目标机动预测准确度较低时,选择相同空空导弹,应用战术攻击区的作战效能略低于应用通用攻击区的作战效能;当我火控计算机对目标机动预测的准确度较高时,应用战术攻击区的作战效能明显高于应用通用攻击区的作战效能。在截击任务中,由于目标属性为机动能力较差的对地攻击飞机,因而不需要对目标进行机动预测,选择相同空空导弹,应用战术攻击区的作战效能始

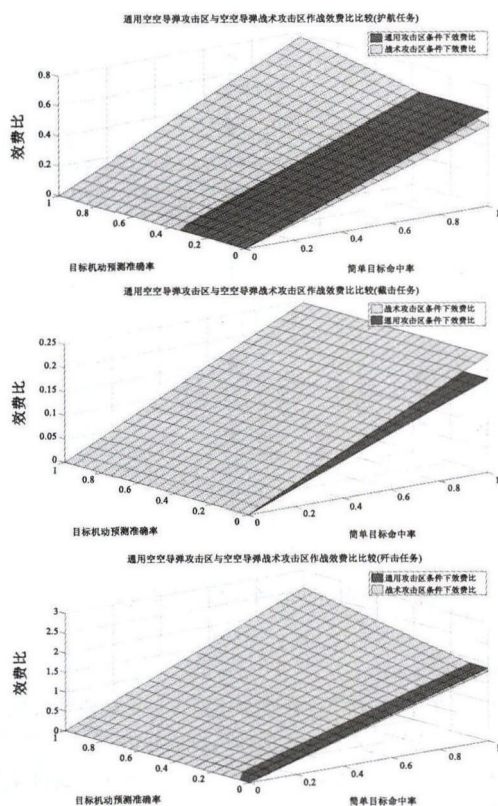


图6 效费比对比仿真

终高于应用通用攻击区的作战效能,其原因为此作战任务条件下战术攻击区所适应的战术目标为保护价值较大的地面设施,而通用攻击区所适应的战术目标为歼灭敌机。

综上所述,若我火控系统对目标机动预测的准确度低于0.35,除截击任务外不建议采用战术攻击区替代通用攻击区实施空空作战;若我火控系统对目标机动预测的准确度高于0.4,则建议在截击任务、护航任务以及歼击任务条件下采用战术攻击区实施空空作战。

基于概率的空空导弹攻击区便捷结算流程如图7所示。

由计算框图不难看出,效能检测方法较好地依据了攻击区概率模型,可信度高。因此,效能检测结果具有较高的可信度,故可以认为战术攻击区具有一定的实战应用前景。

5 结语

本文提出了一种空空导弹攻击区效能检测方法以及一种基于任务类型与目标机动的空空导弹战术攻击区模型。并对空空导弹战术攻击区与通用攻击区进行了效能检测,得出了在绝大多数情况下战术攻击区作战效能优于通用攻击区的结论,结论具有基于概率的空空导弹攻击区解算方法作为依据的可信性支持,具有较高的可信度。

参考文献:

[1] 陆彦,周志刚,夏英明. 航空火力控制技术[M]. 北京:国防工

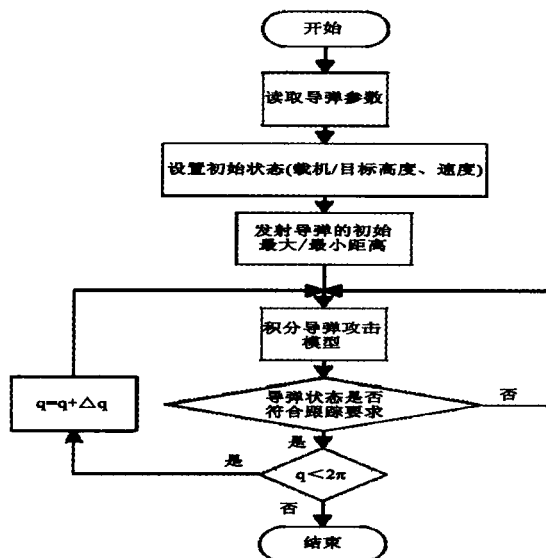


图7 通用空空导弹攻击区计算框图

业出版社, 1994.

- [2] 王志刚, 张宁, 李伟. 一种空空导弹攻击区的快速解算方法[J]. 固体火箭技术, 2014, 37(4): 448-452.
- [3] 胡朝晖, 李东文, 汪浩生. 通用空空导弹攻击区仿真研究[J]. 箭弹与制导学报, 2002, 22(3): 18-27.

- [4] 周灿辉, 等. 中程空空导弹可攻击区解算的新方法[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(7): 54-60.
- [5] 高晓光, 陈大庆. 空战效能分析准则[J]. 飞行力学, 1998, 16(3): 12-16.
- [6] 李波, 高晓光. 基于机会约束规划的空空导弹期望值广义攻击区[J]. 弹道学报, 2013, 25(3): 13-17.
- [7] 张平, 方洋旺, 金冲, 肖冰松. 空空导弹攻击区实时解算新方法[J]. 弹道学报, 2010, 22(4): 11-18.
- [8] 董彦非, 王礼沅, 张恒喜. 战斗机空战效能评估的综合指数模型[J]. 航空学报, 2006, 27(6): 1084-1087.
- [9] 郭晋媛, 黄俊, 颜丙新. 机载火控系统对空作战效能分析[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(9): 1033-1035.
- [10] 赵志伟, 等. 中远程空空导弹目标截获概率仿真计算[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(10): 160-164.

[作者简介]



陈通(1992-), 男(汉族), 山东济南人, 硕士研究生, 主要研究领域为航空兵器科学与技术;

寇英信(1966-), 男(汉族), 陕西省铜川人, 教授, 博士研究生导师, 主要研究领域为兵器科学与技术;

李战武(1978-), 男(汉族), 陕西西原人, 教授, 硕士研究生导师, 主要研究领域为兵器科学与技术;

徐安(1982-), 男(汉族), 甘肃庆阳人, 讲师, 主要研究方向为兵器科学与技术。

(上接第87页)

参考文献:

- [1] 吴甜甜, 张云, 刘永明, 袁国良. 北斗/GPS组合定位方法[J]. 遥感学报, 2014-5: 1087-1097.
- [2] 陈真勇, 唐龙, 唐泽圣, 熊璋. 以鲁棒性为目标的数字多水印研究[J]. 计算机学报, 2006, 29(11).
- [3] M Kihara, T Okada. A satellite selecting method and accuracy for the global positioning system[J]. Navigation, 1984, 31(1): 8-20.
- [4] Alexei E Zinoviev. Using GLONASS in combined GNSS receivers: current status[C]. IONGNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division. Long Beach: The Institute of Navigation, 2005: 1046-1057.
- [5] 霍航宇, 张晓林. 组合卫星导航系统的快速选星方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2015-2: 273-282.
- [6] Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment[S]. RTCA DO-229D.
- [7] 丛丽, 谈展中. 提高卫星导航定位精度和实时性的选星算法[J]. 系统工程与电子技术, 2008-10: 1914-1917.

- [8] M Zhang and J Zhang. A Fast Satellite Selection Algorithm: Beyond Four Satellites[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Oct. 2009-3: 740-747.
- [9] 金玲, 等. 多卫导组合系统的快速选星算法研究[J]. 电子学报, 2009, 9(9): 1931-1936.
- [10] Elliott D Kaplan, Christopher J Hegarty 著, 寇艳红译. GPS原理与应用(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 240-268.

[作者简介]



张文炳(1989-), 男(汉族), 江苏省丹阳人, 硕士研究生, 主要研究领域为电子对抗和导航定位;

刘以安(1965-), 男(汉族), 江苏人, 教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要研究领域为数据融合、雷达对抗、模式识别与智能系统;

薛松(1987-), 男(汉族), 江苏省沛县人, 工学硕士, 助理工程师, 主要研究领域为雷达信号处理与仿真;

缪磊(1980-), 男(汉族), 河北人, 高级工程师, 主要研究内场仿真系统总体设计, 雷达信号处理。