

doi: 10.7690/bgzdh.2018.04.013

# 基于试验数据和随机模拟的舰空导弹效能评估方法

赵喜春

(中国人民解放军 92941 部队 92 分队, 辽宁 葫芦岛 125001)

**摘要:** 为对舰空导弹武器系统效能进行科学评价, 提出一种基于试验数据的舰空导弹武器系统效能随机模拟评估方法。在阐述舰空导弹武器系统组成和作战过程的基础上, 提出系统效能评估的总体思路, 然后深入研究系统作战过程随机模拟方法, 并开发了基于试验数据的舰空导弹武器系统效能随机模拟评估软件, 以某型舰空导弹武器系统效能评估为例证明了评估方法的有效性。研究结果能够为舰空导弹武器系统的效能评估提供有效支撑, 并可为其他武器系统效能评估提供参考。

**关键词:** 舰空导弹; 武器系统; 效能评估; 随机模拟

**中图分类号:** TJ765.4 **文献标志码:** A

## Research on Evaluation Methods of Weapon System Effectiveness Based on Test Result Data

Zhao Xichun

(No. 92 Team, No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

**Abstract:** In order to evaluate ship-air missile weapon system's effectiveness scientifically, a method of ship-to-air missile weapon system effectiveness random simulation and valuation based on test result data was introduced. Constitution and combat process of ship-to-air missile weapon system were first introduced, and then overall thinking of the method was put forward. The random simulation method of ship-to-air missile weapon system was deeply researched, and the weapon system effectiveness evaluation program was developed. The certain type ship-to-air missile weapon's effectiveness evaluation is taken as the example to validate the effectiveness of evaluation. The research result could effectively support ship-to-air missile weapon system effectiveness evaluation and also provide a reference for other weapon system's effectiveness evaluation.

**Keywords:** ship-to-air missile; weapon system; effectiveness evaluation; random simulation

### 0 引言

舰空导弹武器系统是舰艇防空反导的重要作战武器装备之一, 是舰艇生存能力的重要保证, 在现代化海战中发挥着关键作用。随着我国武器装备水平的发展, 对舰空导弹武器系统的评价也逐步由指标评价转向武器系统效能综合评价<sup>[1-2]</sup>。舰空导弹武器系统效能评估既是装备论证、设计部门关心的问题, 也是试验鉴定部门和作战使用单位关注的重点。通过对舰空导弹武器系统效能评估, 为摸清装备底数提供支撑, 为部队制定作战、演习、训练方案提供依据。

效能, 被广泛认可的定义是: 系统在规定的时间内和条件下完成一个或一组特定任务的能力<sup>[3]</sup>。武器系统效能还可进一步分为单项效能、系统效能和作战效能, 而系统效能指的是系统完成一组特定任务的综合能力。

效能评估方法根据数据获得的方式可分为试验法和仿真法; 根据评估指标的计算方法可分为解析法(如 ADC 法、指数法、对数法等)、多指标综合法(如层次分析法、加权法等)以及专家法等<sup>[4-6]</sup>。为了提高舰空导弹武器系统效能评估的可信度, 提出将试验法和仿真法进行结合, 即采用舰空导弹武器系统试验结果数据对武器系统关键性能指标进行评估, 然后根据性能指标评估结果, 采用蒙特卡罗随机模拟方法对舰空导弹武器系统作战过程进行模拟, 根据统计结果完成系统效能评估。研究成果能够为舰空导弹武器系统效能评估提供一种科学合理的评价方法, 对于促进舰空导弹武器系统效能试验鉴定具有重要意义。

### 1 舰空导弹武器系统作战过程概述

为了更好地阐述舰空导弹武器系统随机模拟效能评估方法, 需对舰空导弹武器系统组成及作战

收稿日期: 2017-12-12; 修回日期: 2017-12-27

作者简介: 赵喜春(1972—), 男, 辽宁人, 硕士, 高级工程师, 从事武器装备试验技术研究。

流程进行说明。舰空导弹武器系统主要由目标指示系统、武器控制系统、发射装置和导弹组成。目标指示系统负责来袭目标的搜索、跟踪；武器控制系统负责目标威胁判断、导弹发射装订参数解算和导弹发射；发射装置负责装载导弹，承受导弹发射时的各种载荷，为导弹安全发射提供保证；导弹在点火后，按照装订目标信息，以特定制导规律飞向目标，并最终杀伤目标。

目标指示系统应时刻保持对任务空域的搜索警戒，发现来袭目标后，舰空导弹武器系统立即进入作战过程。作战过程大致可分为作战准备、作战实施和作战结束 3 个阶段。作战准备主要包括各设备开机自检，系统内部通信建立，设置武器控制系统工作方式，确认各设备工作状态，状态正常后，进入战斗准备状态。作战实施阶段，武器控制系统对目标信息进行威胁判断及排序，进行导弹加电并生成射击诸元，按照发射控制程序发射导弹。导弹发射后按照控制规律飞向目标，对目标造成杀伤。作战结束阶段是指在完成所有目标拦截后，对不需保持开机的设备进行关机，收集战斗情况。

## 2 舰空导弹效能评估方法

### 2.1 总体思路

舰空导弹武器系统随机模拟效能评估方法是根据舰空导弹武器系统作战性能指标，对舰空导弹武器系统作战过程进行随机模拟仿真，统计仿真结果，对舰空导弹武器系统完成规定任务的能力进行评价。为使舰空导弹武器系统随机模拟结果更符合实际，采用基于试验数据和随机模拟的舰空导弹武器系统效能评估方法，如图 1 所示。

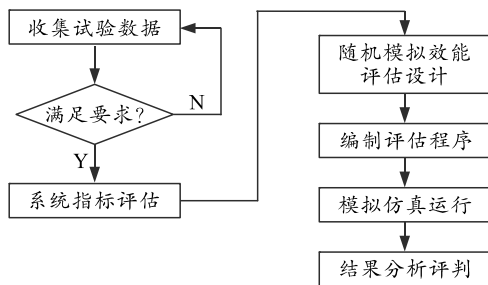


图 1 基于试验数据和随机模拟的舰空导弹效能评估

该方法首先利用舰空导弹武器系统试验结果数据(包括验证性试验、研制试验和鉴定定型试验等)，完成对舰空导弹武器系统关键性能指标评估，然后依据评估性能指标完成对舰空导弹武器系统效能随机模拟仿真。试验结果数据是进行舰空导弹

武器效能随机模拟评估的基础，随机模拟方法是进行舰空导弹武器效能评估的方法手段<sup>[7]</sup>。

### 2.2 随机模拟理论

蒙特卡罗法(Monte Carlo)也称随机模拟方法或随机抽样方法，是以概率论统计理论为基础的一种方法，基本思想是为了求解数学、物理、工程技术及生产管理等方面的问题。该方法将研究对象与某个概率模型相关联，然后进行随机模拟试验，根据随机模拟试验结果的统计结果，对研究对象的某种特性进行评价<sup>[8-9]</sup>。

利用蒙特卡罗随机模拟方法对武器系统射击和战斗过程进行模拟时，首先需要对武器系统的作战过程进行分析，建立武器系统作战过程概率模型，使它的参数等于被求解问题的解，然后通过对随机过程概率模型的观察抽样试验，计算所求参数的统计特性，最后给出所求问题的近似解。利用蒙特卡罗随机模拟方法解决实际问题的步骤如下：

- 1) 根据问题随机过程的概率统计特点，建立随机过程的概率模型，使所求的解恰好是所建立随机过程概率模型的数学期望；
- 2) 根据问题的特点和计算需要，采用直接模拟方法或者各种降低方差的方法，以提高计算效率和降低费用；
- 3) 建立产生随机数的方法，建立随机抽样方法，产生随机事件、随机变量、随机函数和随机流的抽样值；
- 4) 计算问题所求解的统计近似值及其方差；
- 5) 编制计算机程序，输入数据，进行模拟计算。

### 2.3 舰空导弹效能评估随机模拟过程

根据总体思路，采用该方法对舰空导弹武器系统效能进行评估需要完成 2 方面工作：1) 收集舰空导弹武器系统各阶段的试验结果数据，完成武器系统性能指标评估；2) 依据指标评估结果，利用随机模拟方法完成舰空导弹武器系统效能评估。文献[10-11]对武器系统性能指标评估方法进行了详细介绍，在此笔者重点介绍舰空导弹武器系统作战过程模拟方法。

对舰空导弹武器系统作战过程适当进行简化，建立其随机模拟过程如图 2 所示。舰空导弹武器拦截目标的任务过程，即随机模拟过程主要包括系统可靠性模拟、维修性模拟、系统截获跟踪能力模拟、导弹发射飞行可靠性模拟以及导弹对目标杀伤过



舰空导弹武器系统效能评估程序主界面见图 4。运行时先输入试验数据，确定仿真置信度和仿真运行次数，仿真程序首先根据试验数据计算武器系统关键性能指标，然后调用随机模拟模块计算武器系统效能，给出效能评估结果。



图 4 舰空导弹武器系统效能评估程序主界面

为验证舰空导弹武器系统效能评估程序的正确性，利用某型舰空导弹武器系统获得的试验数据进行验证。假设其主要试验结果数据为：武器系统可靠性时间为 510 h，故障数为 3 个；武器系统维修性 MTTR 均值为 8.5 h，标准差为 1.8 h；飞行试验成功 15 次，失败 2 次；目标捕获试验成功 1 200 次，失败 1 次；发射试验成功 1 100 次，失败 1 次。对武器系统效能进行评估时，武器系统可靠性和导弹飞行可靠性评估置信度均为 0.8，目标捕获与发射可靠性评估置信度均为 0.85。假设任务等待时间为 1 h，任务执行时间为 80 s，模拟运算次数为 10 000 次。将试验结果数据输入软件，运行程序得到该型舰空导弹武器系统效能评估结果为 0.702 1。为了检查不同试验结果数据对舰空导弹武器系统的影响，在其他条件保持不变的情况下，舰空导弹武器系统效能评估结果如表 1 所示。

表 1 舰空导弹武器系统效能评估结果

成功数	失败数	效能	成功数	失败数	效能
15	1	0.732 8	25	1	0.742 3
15	2	0.702 1	25	2	0.718 3
15	3	0.672 1	25	3	0.694 4
20	1	0.742 3	30	1	0.849 9
20	2	0.718 3	30	2	0.735 5
20	3	0.694 4	30	3	0.718 5

计算结果表明：武器系统效能评估值与飞行试验成功率密切相关，当成功数为 30，失败数为 1 时

武器系统效能达到 0.849 9，表明武器系统作战效能非常优秀；当导弹飞行试验成功数与失败数比例相同时，武器系统效能评估基本相当。

#### 4 结束语

笔者针对舰空导弹武器系统效能评估问题，研究一种基于试验结果数据的舰空导弹武器系统效能评估方法。在介绍舰空导弹武器系统组成和工作流程的基础上，提出了基于试验结果数据的武器系统效能评估总体思路，深入研究了舰空导弹武器系统作战过程随机模拟方法。在理论研究的基础上，编写了舰空导弹武器系统效能评估程序，以试验结果数据为依据，实现了某型舰空导弹武器系统效能评估。基于试验结果数据的武器系统效能评估方法研究以试验结果数据为基础，能够更加客观地反映舰空导弹武器系统的效能，为未来靶场对舰空导弹武器系统效能评估与鉴定提供了一种有效的方法指导，也为其他导弹武器系统效能评估提供有益的参考。

#### 参考文献：

- [1] 王文普. 地空导弹武器系统作战效能评估方法[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(8): 116-119.
- [2] 赵广彤, 俞一鸣, 刘群果, 等. 基于排队论的防空导弹武器系统作战效能研究[J]. 现代防御技术, 2014, 42(1): 19-23.
- [3] 谭乐祖, 孙仲元, 张铮. 灰色关联分析在舰空导弹效能分析中的应用[J]. 舰船电子工程, 2016, 36(11): 94-96.
- [4] 闫艳坤, 栗飞. 舰空导弹对反舰导弹攻击群设计效能评估[J]. 兵工自动化, 2013, 32(4): 24-26.
- [5] 徐品高. 防空导弹体系总体设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 464-465.
- [6] 陈奇, 姜宁, 吕明山, 等. 基于效能的海军演习效果评估方法及关键技术[J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35(6): 1226-1229.
- [7] 金永昆, 王亮. 基于多层次灰色模型的导弹装备研制风险评估方法[J]. 兵器装备工程学报, 2017(1): 146-153.
- [8] 杨兴宝, 张银达, 方立公. 修正人为因素的舰空导弹作战效能评估方法[J]. 战术导弹技术, 2010, (1): 24-27.
- [9] 吴炳辉, 袁建军, 宫娜. 基于蒙特卡罗法的结构可靠性预计[J]. 机械制造与自动化, 2014, 44(6): 68-70.
- [10] 曲宝忠, 孙晓峰, 李守秀, 等. 海军战术导弹试验与鉴定[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006: 274-276.
- [11] 芮强, 王红岩, 陈晓军. 基于蒙特卡罗法的履带车辆-地面系统随机虚拟样机建模及应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2013, 27(1): 32-36.