

《武器装备试验分析与评定》系列丛书

丛书主编 唐雪梅

武器装备 综合试验与评估

唐雪梅 李荣 胡正东 曹渊 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press



· 014032958

TJ01
17

《武器装备试验分析与评定》系列丛书

武器装备综合试验与评估

唐雪梅 李荣 胡正东 曹渊 著



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1721277

TJ01
17

内 容 简 介

本书较为系统地论述了武器装备综合试验与评定的各个方面,包括武器装备综合试验与评定技术的需求、现状、理论、方法和应用,重点对武器装备综合试验评定技术框架、小子样快速收敛统计方法、试验数据相容性检验、多状态信息融合统计方法以及武器系统全周期综合试验与鉴定典型应用等关键问题进行了详尽的阐述。内容上覆盖了国内外最新的研究成果和主要的学术思想,并通过大量的计算实例总结归纳了武器装备综合试验与评定的实践经验,展望了武器装备综合试验与评定模式的发展趋势。

本书可供从事武器装备综合试验与评定研究工作的科技人员阅读和参考,也可作为相关专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备综合试验与评估/唐雪梅等著. —北京:国防工业出版社,2013. 12

(《武器装备试验分析与评定》系列丛书/唐雪梅主编)

ISBN 978-7-118-09247-9

I. ①武... II. ①唐... III. ①武器装备—武器试验—综合试验—评估 IV. ①TJ01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 028911 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 316 千字

2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 66.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

序

试验与评定是武器装备发展论证、研制定型、生产验收和作战使用等全寿命周期各环节的重要内容,是装备采办管理和决策的科学基础,武器装备试验与评定技术水平的高低直接影响着武器装备的技术能力、研制进度和发展成本等。随着高新技术的迅猛发展和在武器装备中的广泛应用,新型武器装备的组成结构越来越复杂,性能要求愈来愈高,技术含量越来越高,使用成本越来越大,并呈现出体系化论证、螺旋式发展、一体化运用等发展趋势。这些都对武器装备试验与评定工作提出了新的要求,也自然对武器装备试验与评定技术带来了需求的变化,提出了观念的挑战,加强武器装备试验与评定技术研究意义重大。

针对新型武器装备试验和评定工作,传统的试验评定技术已难以满足全面考核武器装备作战使用性能,特别是体系对抗条件下作战效能评估的需要。美国和俄罗斯等军事强国在大力发展尖端武器装备的同时,对试验评定模式进行了重大改革,实现从基于节点的装备评价观念向基于过程的装备评价观念转变,确保试验评定能力与武器装备的发展相适应。为适应新型武器装备发展的新要求,国内也正在大力开展武器装备综合试验评定技术研究,以期通过武器装备全寿命周期的综合试验设计、各阶段试验的分别实施以及性能指标的综合评定,从而力争以最优的策略、最小的代价实现最为准确的试验评价。总的看来,综合试验评定技术已成为了武器装备试验与评定领域的主要发展方向,并将对武器装备的又好又快发展提供有力的支撑。

该书作为一部系统论述武器装备综合试验与评定技术的专著,反映了国内外在此领域的最新理论和研究成果,也融进了作者们多年来,特别是近期的研究成果,系统地论述了武器装备综合试验与评定技术的理论与方法,涵盖了武器装

备综合试验评定技术框架、小子样快速收敛统计方法、试验数据相容性检验、多状态信息融合统计方法、武器系统全周期综合试验与鉴定典型应用等丰富内容，并给出了大量的计算实例以方便读者理解与掌握。这本专著不仅注重理论的系统性，而且强调工程的实用性，全书内容具有系统性、先进性和较高的学术水平，是一部不可多得的成功之作，具有重要的理论价值和实践指导意义，其问世必将对我国武器装备试验与评定工作起到重要推动作用。

中国科学院院士

陈定昌

2013年7月

前 言

武器装备试验与评定工作贯穿于武器装备的全寿命周期,为各个阶段的决策提供重要依据,是论证部门、研制部门、试验部门、管理部门和使用部门极为关注的问题。随着武器装备信息化水平和复杂程度的不断提高,装备的成本越来越高,试验的难度也越来越大,采用传统的大样本试验评定方法已不再可行,因此小子样理论和综合试验评定技术应运而生,并得到了快速发展。武器装备综合试验评定技术,通过对全寿命周期各阶段试验信息的充分挖掘和综合运用,可有效减少试验样本量、节省试验成本、缩短研制周期,对于武器装备的发展具有重大的实际意义。

目前,国内针对武器装备试验与评定方法开展了较多的研究,但关于综合试验评定技术的研究文献还不多,特别是以武器装备为背景,系统论述综合试验评定理论与方法的专著极为缺乏。为适应当前形势的需要,我们撰写了本书。本书结合作者长期参与武器装备试验与评定工作实践,在参考国内外相关文献的基础上,融进了作者的大量最新研究结果,既关注理论与方法的完整性,又注重理论与方法的工程实用性。本书主要面向论证单位、研制单位、试验单位、使用维护单位和试验管理部门的相关人员,同时也希望对于从事该领域研究的高等学校教师、研究生等能有所裨益。

全书共分为6章。第1章为概论,主要论述武器装备试验评定技术发展需求、武器装备试验与评定模式发展趋势以及武器装备试验与评定技术发展概况;第2章为武器装备综合试验评定技术框架,主要论述武器装备综合试验评定技术的研究对象、基本思路、技术框架、研究内容和方法体系;第3章为小子样快速收敛统计方法,主要论述基于现场试验数据进行统计推断的理论方法——小子样快速收敛统计方法,包括 A. Wald 序贯决策方法、Bootstrap 再生抽样方法小子样快速收敛估计法以及试验量的确定方法等;第4章为试验数据的相容性检验,

主要介绍了试验信息的静态一致性检验方法(包括大样本下的一致性检验方法和小子样及特小子样下的一致性检验方法)、动态一致性检验方法、仿真模型的校核以及仿真试验结果的分析等;第5章为多状态信息融合统计方法,主要论述多状态信息融合的基本理论与处理方法;第6章为武器装备综合试验评定理论与方法应用,主要以某导弹武器系统试验鉴定为实例,介绍武器装备综合试验评定理论与方法的具体应用。

写作内容如此广泛的书,作者虽尽了努力,但由于学识水平有限、经验不足,仍存在不妥之处,诚恳同行专家和读者提出批评与指正。

在撰写过程中,参考了引用文献中的相关成果,并得到张金槐、蔡洪、张士峰、金振中等同志的支持和帮助,在此一并表示谢意。

著者

目 录

第1章 概述	1
1.1 武器装备试验与评定技术发展需求	1
1.2 武器装备试验与评定模式发展趋势	3
1.3 武器装备试验与评定技术发展概况	6
参考文献	8
第2章 武器装备综合试验评定技术框架	9
2.1 武器装备综合试验评定研究对象	9
2.1.1 研究对象	9
2.1.2 试验对象	10
2.1.3 评定对象	10
2.2 武器装备综合试验评定技术框架	10
2.3 武器装备综合试验评定方法体系	14
2.3.1 大样本统计试验理论方法	14
2.3.2 小子样理论方法	15
2.3.3 武器装备综合试验设计方法	17
2.3.4 试验数据处理方法	18
2.3.5 武器装备质量特性评定方法	19
参考文献	20
第3章 小子样快速收敛统计方法	22
3.1 A. Wald 序贯决策	22
3.1.1 A. wald 序贯概率比检验	23
3.1.2 A. wald 序贯概率比检验所需的样本容量分析	24
3.1.3 正态分布和二项分布参数的序贯检验问题	26

3.1.4 序贯截尾检验方法	31
3.2 Bootstrap 基本理论及其应用	33
3.2.1 Bootstrap 基本理论	33
3.2.2 改进的 Bootstrap 方法	44
3.2.3 小子样下导弹武器系统制导精度的 Bootstrap 评定	57
3.3 小子样快速收敛估计法	82
3.3.1 小子样快速收敛点估计法	82
3.3.2 小子样快速收敛区间估计	87
3.3.3 不确定样本的统计分析	95
3.4 试验量的预报	100
3.4.1 经典统计方法	100
3.4.2 贝叶斯序贯决策方法	111
参考文献	118
第4章 试验数据的相容性检验	119
4.1 静态试验信息的相容性检验	119
4.1.1 大样本静态试验信息的相容性检验	120
4.1.2 验前信息的相容性检验	128
4.1.3 验前信息的可信度计算	152
4.1.4 共轭型验前分布参数的适合域检验	154
4.2 动态试验信息的相容性检验	162
4.3 仿真试验信息的校核与分析	168
4.3.1 仿真模型的校核、验证与确认	168
4.3.2 仿真模型校核与验证方法	170
4.3.3 仿真试验结果的分析运用	171
参考文献	176
第5章 多状态信息融合统计方法	177
5.1 多状态信息融合基本理论方法	177
5.1.1 贝叶斯统计分析方法	177
5.1.2 贝叶斯网络方法	201
5.2 多状态信息融合处理方法	213

5.2.1	多种验前信息最大熵融合方法	214
5.2.2	多源验前信息之下的贝叶斯融合评估	220
5.2.3	基于贝叶斯网络的多源试验信息融合方法	223
5.2.4	验前信息的加权融合方法	230
5.2.5	神经网络融合预测方法	233
参考文献		242
第 6 章 武器系统全周期综合试验与鉴定		243
6.1	装备全寿命周期综合试验与鉴定的基本思路	243
6.2	导弹武器系统全寿命周期的综合试验与鉴定	246
6.2.1	导弹武器系统综合试验计划	247
6.2.2	导弹武器系统性能指标的综合试验设计	249
6.2.3	导弹武器系统试验数据的综合校验与融合	259
6.2.4	导弹武器系统性能指标的综合评定	268
参考文献		283
附录		284

第1章 概 述

武器装备试验与评定技术可为武器系统的论证、研制、试验、管理和使用提供重要支撑,是进行武器系统全寿命周期内各阶段状态评估和决策的有力手段。随着武器装备信息化水平和复杂程度的日益提高,装备成本的不断增加,试验难度的显著增大,武器装备试验与评定技术所采用的模式与方法亟待改变。目前,武器装备试验与评定的模式已由阶段独立试验评定模式逐渐转变为全寿命综合试验评定模式;仿真和实物试验相结合的评定模式逐渐取代了传统的基于实物的试验评定模式。随着试验与评定模式的改变,传统的大样本试验评定方法已难以适应武器装备试验与评定的需求。因此,以小样本理论和多源信息融合理论为基础的武器系统综合试验评定技术应运而生,并得到了快速发展。武器装备综合试验评定技术,通过对全寿命周期各阶段试验信息的充分挖掘和综合运用,可有效减少试验样本量、节省试验成本、缩短研制周期,对于武器装备的发展具有重大的实际意义。

1.1 武器装备试验与评定技术发展需求

武器装备试验与评定是武器系统前期论证、立项研制、定型试验和使用管理的重要组成部分。武器装备试验与评定技术水平的高低直接影响着武器装备的研制进度、技术水平和发展成本,因此加强武器装备试验与评定技术研究具有深远的意义,是一项重要的基础性工作。

目前,在武器装备的试验与评定方面呈现出了一些新的特点,既包括试验与评定技术需求的变化,也包括试验与评定技术条件的变化,还包括试验与评定观念的变化,这些都对装备试验评定理论与方法也提出了新的要求。这些新的特点主要体现在:

(1) 武器装备信息化程度越来越高,并将在复杂环境(包括高温高寒环境、高海拔、复杂电磁环境和其他特殊作战环境)条件下使用,开展实际复杂环境下

的作战效能和适用性试验难度大、费用高,这些信息化、高价值的大型复杂武器装备的试验评定依靠传统的试验与评定方法已不具备或者难以实施验证其在复杂环境下的作战效能和适用性。

(2) 随着信息化、网络化作战、体系对抗战已成为未来战争的典型作战模式,作战模式的变革必将推动武器装备鉴定试验模式的变革,以适应武器装备在信息化作战模式和作战条件下试验鉴定的需要。现行的试验模式、条件不能检验武器系统“在接近实战条件下”的作战能力,难以验证各系统间的匹配性、互操作性和作战体系效能。

(3) 武器装备的指标体系越来越完善,性能要求也越来越高,为了实现对装备性能的准确评价,需要开展更多类型、更多数量的试验,积累更多的试验数据。因此,武器装备的试验任务将在深度和广度方面都有了新的拓展,试验目的和试验手段也逐渐多样化、复杂化,相应的试验成本和难度也成倍地增加。

(4) 由于武器系统越来越复杂,造价越来越高,其试验鉴定的难度也越来越大,试验周期和经费的矛盾也越来越突出。而武器装备特别是弹药的现场鉴定试验大多属于有损甚至破坏性试验,因此往往只能或是希望只进行较少的系统级现场试验。

(5) 装备试验的继承性越来越强,在现场试验之前,具有多种可利用的信息,如不同研制阶段、不同试验条件、不同层次产品(系统、分系统、部件)的试验信息以及类似产品(具有一定继承性)的历史试验信息等。另外,随着系统建模与仿真技术的发展,对武器系统性能的考核,可以从多视角、采用多途径进行试验,如仿真试验也可将其作为考核性能指标的一种手段。

(6) 试验类型的多样化,使试验信息具有多种信息源,这些信息往往相互关联,但在统计上又具有一定的差异。这些众多的验前信息,既为武器系统试验分析与评估提供了更多的信息,但同时这些具有更多不确定性的信息(同现场试验相比)也可能给评估决策带来更多的风险。因此,一方面需要更加深入开展综合试验设计,从整体上优化研制与定型试验方案,从而减少试验样本量,特别是现场试验的数量;另一方面加强试验数据的收集、检验和管理,保证试验数据的质量,降低统计决策的风险。

因此得出:针对武器装备试验和评定工作,传统的试验评定技术难以满足全面考核武器装备作战使用性能,特别是体系对抗条件下作战效能评估的需要,必须实现装备试验与性能评定观念的转变,即从基于节点的装备评价观念向基于过程的装备评价观念转变,从基于完全实装试验评定模式向实装与仿真试验相

结合模式的转变。为此,需要研究新的试验评定理论与方法,能够统筹利用武器装备全寿命周期的多种试验信息,既包括研制、定型、生产、使用与保障等不同阶段的试验信息,也包括不同环境条件下的分系统试验、系统试验以及仿真试验等不同类型的试验信息,从而既满足武器装备试验评定工作的需要,又将试验评定周期和成本控制在可以实施和承受的范围内,为武器装备全寿命周期各阶段的决策和全面发展提供更为有力的支撑。

1.2 武器装备试验与评定模式发展趋势

试验与评定是武器装备全寿命周期各阶段,特别是装备采办中的重要环节,对武器装备技术状态的准确评估和优化提升起着重要的支撑作用。在武器装备试验与评定方面,国外以美国、俄罗斯最具代表性。美国在大力发展尖端武器装备的同时,对试验评定模式进行了重大改革,确保试验评定能力与武器装备的发展相适应。美国对试验评定模式的改革主要体现在以下几个方面。

1. 调整试验鉴定管理机制

试验鉴定管理机制是由多个层次、多种机构组成的综合系统,包括组织管理机构、组织实施机构和试验鉴定法规。随着世界新军事变革的蓬勃兴起,以美国为代表的西方军事大国加快了军事转型步伐,在大力发展信息化武器装备的同时,对试验鉴定体制进行了相应的调整,强化作战试验和统一管理,提高武器装备的互操作能力。制定了一系列武器试验鉴定法规,提出了螺旋式发展、递增式发展、基于能力的采办、基于知识的采办等新的策略和方法,突出强调“灵活、高效、创新”的国防采办管理思想。

2. 推进“一体化(综合)试验与鉴定”

美军武器装备的试验与鉴定有多种运行模式,主要包括单项试验与鉴定、联合试验与鉴定、一体化试验与鉴定、系统级功能试验与鉴定等。其中,单项试验与鉴定是承包商、政府和作战试验鉴定部队分别制定试验与鉴定计划,分别进行试验;联合试验与鉴定是承包商、政府和作战试验鉴定部队共同制定一个试验与鉴定计划,联合进行试验;一体化试验与鉴定是由项目办公室统一制定试验与鉴定计划并统一实施;系统级功能试验与鉴定则是直接从系统级开始试验,由于其风险较大,仅使用于高成功率的计划或紧急情况。

随着武器装备发展需求的增长,为提高试验效率,美国国防部在 2003 版 5000 系列采办文件中,要求大力推进“一体化试验与鉴定”。美军认为,在单项

试验鉴定和联合试验鉴定基础上发展起来的一体化试验鉴定,既能达到减少重复和冗余试验的目的,又能满足作战试验鉴定的特殊要求,从而可以充分利用试验信息,有效降低试验风险,减少试验消耗,缩短试验周期,达到最佳效益。

目前,美国的试验鉴定策略已经从传统的“试验—调整—试验”方法向“模型—仿真—试验—迭代”方法转变,即首先是建立模型,其次是仿真,然后进行试验,最后将试验结果迭代回模型。称为仿真、试验与鉴定过程。通过这一过程,最终要建立一组能够精确代表系统且有适当置信度的模型,用来预测系统的性能、作战效能和作战适用性,并为采办和训练领域的其他人员提供支持。这个过程使得传统的以试验为中心,向以仿真为中心进行了转变。可见,计算机仿真技术的发展,不仅使试验鉴定方法的变革成为可能,而且使武器系统的装备部署、作战使用都可在实验室模拟实现。仿真试验与型号设计、飞行试验和其他试验相结合,将使武器系统研制的手段不断完善,效率得以不断提高。

3. 突出作战(使用)试验与鉴定的重要地位

实战表明,真正体现武器装备价值的不是武器装备的性能指标,而是武器装备的作战效能,武器装备不适应战场环境所造成的后果是灾难性的(如“爱国者”导弹在伊拉克战争中的误伤问题),而经过作战试验与鉴定的武器装备,则可以迅速形成战斗力。

作战试验与鉴定的主要目的是评价新武器系统的作战效能和作战适应性,并为拟定战术、编制和人员要求,为编写操作维修手册提供必要的技术支持。此外,作战试验的试验环境要求尽可能接近真实的作战使用条件。外军的作战试验与鉴定贯穿于武器装备研制和使用的各个阶段,作战试验与鉴定的结果,是对武器装备进行评价的主要依据,也是最终依据。

4. 全面推进靶场信息化建设

建设信息化军队,发展信息化装备,打赢信息化战争,已成为世界各国军队建设的主旋律。美军认为,其未来部队的基本模式即目标部队是一种分布式力量,必须依赖信息化武器装备的优势赢得战争的胜利,要试验这些能力,需要分布式的试验结构。为此美军提出了试验与鉴定靶场转型计划,加强了靶场的信息化改造和建设,并提出 Foundation Initiative 基础计划工程,旨在建立一种“逻辑靶场”,实现各靶场试验设施及仿真资源之间的互操作、可重用与可重组。

5. 注重新兴试验技术的开发和应用

为适应装备发展的需要,美军提出了 11 项需要重点投资开发的试验技术领域,并加大了相关试验技术的开发和应用力度,如表 1.2.1 所列。

表 1.2.1 美军提出的重点试验技术领域

试验技术	研究重点或目标
光学成像技术	用快速、高分辨率数码摄影机取代传统的胶片摄像机,实现实时处理和分析
电子成像技术	用于捕获多目标资料的双 S 波段和 L 波段雷达;用于跟踪远距离目标的超高分辨率雷达;用于弹道测量的先进雷达
遥测/时空定位信息技术	拓宽带宽,提高数据传输速率和信息量;研制具有多目标跟踪能力的机动时空位置信息系统
靶标和威胁模型技术	如何确定与各类威胁模型设备密切相关的可接受的风险级别;如何确定实际威胁和虚拟威胁模型所占的比例;如何利用替代品和仿真器来有效地与被试品交战
网络/试验数据管理技术	开发可靠的通用网络结构,实现实验室和外场环境实时信息交换,加强试验资料建设和文件管理
性能测试仪器技术	通用测试仪器和具有标准接口的嵌入式测试仪器;制定嵌入式仪器的标准和验证方法
建模与仿真技术	通过仿真加强靶场试验环境,或完全通过仿真提供试验环境
机动靶场作业技术	用于时空位置信息和视频特征数据采集的机动 C 波段和双波段雷达;用于远程全天候数据采集的机动、红外/可视光系统;用于远程和超视距数据采集的机动、可运输遥测系统
自然与人工合成环境	复杂综合气候环境生成技术;用于旋转翼飞机试验的人工制冰技术;改进电磁效应环境
传感器仿真和激励技术	实现对先进技术传感器的性能测试;能够对包含传感器融合、辅助目标探测、目标自动识别等新技术的系统进行试验
定向能技术	更新高能激光器监视系统;开发机动诊断设备

值得一提的是,几十年来,美国国防部一直把建模与仿真技术列为“国防关键技术”的重点项目,并逐渐加强了这方面的组织领导,重点开发了分布式交互仿真技术、半实物仿真技术和虚拟试验场技术。

目前,美军的虚拟试验场技术已超越概念和设计阶段,正越来越多地用于支持试验与鉴定,如模拟试验验收设施、运输虚拟环境、虚拟海上训练系统等。美国陆军试验与鉴定司令部在 2007 年建成一体化虚拟实验场的目标,即经过通用的过程、资产和方法将各个试验中心进行整合,共享公用仿真模拟设施、数据库和综合环境。虚拟试验场涉及多个学科,包括众多子项目,开发难度大,但是它

代表了武器系统试验鉴定的发展方向。

从最新的试验与鉴定技术的发展趋势来看,试验鉴定的模式由传统的试验—改进—再试验转变为建模—仿真—试验,即仿真、试验评价过程(Simulation Test Evaluation Process, STEP)。STEP 使得试验鉴定尽早开始,并且在建造物理原型之前可以对系统的性能进行预测以评价系统的军事价值。模型、仿真结果和试验数据在系统的全寿命周期里都有广泛的应用。

1.3 武器装备试验与评定技术发展概况

试验数据的统计处理和分析技术及其应用的广度与深度,是一个国家科学试验发展水平的标志之一。据报道,美国和俄罗斯等军事强国对武器系统试验分析和评估技术都有很深入的研究,并在武器系统试验中发挥重要作用。

美国十分重视武器装备的试验与评定技术研究工作。早在 1984 年,美国陆军部长助理就曾经明确指出:破坏性试验必须运用序贯分析方法或贝叶斯(Bayes)方法确定系统的可靠性,进行精度鉴定;最佳试验数的确定必须考虑试验耗费。1984 年 9 月,美军就采用贝叶斯小子样理论对“潘兴”Ⅱ导弹的精度和可靠性进行了评估;而以后的“天空闪光”(“麻雀”AIM-7F 的改型)由于具有很强的技术继承性,作战鉴定次数(相当于我国的定型鉴定)只有 6 发,为美军成功范例。近年来,美国强调了仿真和建模技术在武器试验中的应用与开发。通过仿真的方法既能检验和评价武器的性能,又能达到大量节省试验费用的目的。比如,近来美国陆军试验与鉴定司令部为了减少导弹采购费用,改进试验质量,缩短试验时间开发出了虚拟试验场,他们在红石技术试验中心建造了仿真/试验验收设施。该设施的使用改变了过去在导弹采购中“先试飞后采购”的模式,明显减少了导弹的破坏性飞行试验或实际飞行试验的次数,同时提高批量生产导弹验收的可信度。

俄罗斯针对武器系统的仿真技术、系统建模技术,以及模型的校核、验证和确认(VV&A)技术,研究了装备试验与评定方法。其基本思想是通过大量的研制阶段地面试验,逐步完善、校核、验证和确认仿真模型,在此基础上,通过少量的飞行试验,并应用多源信息融合理论,评估武器系统的性能。俄罗斯最新部署的“白杨”-M 导弹的试验与鉴定工作体现了现代武器试验工作的新方向。“白杨”-M 导弹的工程研制只用了不到 5 年,部署前只进行了 4 次研制飞行试验,其工程研制时间之短,部署前飞行试验次数之少,在国外主要战略型号中是很少

见的。从“白杨”-M 导弹的研制过程可以看出,全寿命周期的概念在武器系统试验与鉴定中具有重大意义。“白杨”-M 导弹的定型依赖的信息主要包括成熟的技术应用(预先研究奠定了基础)、研制阶段大量地面试验和检测、良好的继承性(和“白杨”导弹大致相同的设计)、“白杨”导弹大量的作战试验信息以及少量的“白杨”-M 导弹定型试验信息。同样,“白杨”-M 导弹的作战试验信息可以用于进一步的性能鉴定或为下一个型号的研制积累试验信息。因此,武器系统的试验鉴定并非单纯依赖少量的定型试验,而是依赖于武器系统全寿命周期的多源信息。

国内,武器装备试验与评定的研究可追溯至 20 世纪 60 年代初期。当时,为了对战略武器进行战技指标(如射击精度、发射和飞行可靠性等)的评估与鉴定,钱学森、朱光亚等老一辈科学家就大力提倡开展试验鉴定技术的研究。之后,军内外一大批专家学者开展了大量深入的理论与应用研究,促进了我国武器装备试验与评定工作的发展。当时,针对主要的单项指标,运用了 A. Wald 的序贯分析方法,在同样的风险之下,鉴定中所需的试验数较之经典统计方法要小。近一二十年来,我国武器系统装备试验与评估理论研究已较为深入,取得了许多研究成果,并在导弹、飞机、舰艇和常规武器中得到了广泛应用,如国防科技大学张金槐教授和 63961 部队唐雪梅研究员,分别于 1989 年和 2001 年合作出版了专著《Bayes 方法》和《武器装备小子样试验分析与评估》两本书。针对武器系统试验价格昂贵,试验次数较少,试验具有继承性及试验条件不尽相同的特点,提出运用小子样理论进行武器系统战技性能指标的评估。其基本思想是充分利用已有的各种信息,使得能在较小试验次数之下做出合理的评估,并对实际工程中所遇到数据的收集、利用、表示、不充分数据的预测以及小子样试验结果的相容性检验等问题进行了研究,给出了多阶段信息的表示方法及小子样试验结果的相容性检验方法。同时,也证明了仿真计算对武器系统试验的验前概率的计算是十分重要的,它可以减少靶场试验次数,从而大大节省了经费。与经典的统计决策方法相比,可以减少评估决策结果给生产方与使用方带来的风险。

目前,随着装备试验与评定相关理论研究的不断深入,为适应武器装备发展的新要求,国内也正在大力开展武器装备综合试验评定技术研究,以期通过武器装备全寿命周期的综合试验设计、各阶段试验的分别实施以及性能指标的综合评定,从而力争以最优的策略、最小的代价实现最为准确的试验评价。

总的看来,综合试验评定技术已成为了武器装备试验与评定领域的主要发展方向,并将对武器装备的又好又快发展起到重要推动作用,因此其意义重大。