

# 基于贝叶斯分析的 武器装备试验设计与评估

JIYU BEIYESI FENXI DE  
WUQI ZHUANGBEI SHIYAN SHEJI YU PINGGU

郁浩 都业宏 宋广田 徐圣辉 等编著



國防工業出版社  
National Defense Industry Press

# 基于贝叶斯分析的武器装备 试验设计与评估

郁 浩 都业宏 宋广田 徐圣辉 等编著

国防工业出版社

·北京·

## 内容简介

本书系统介绍了武器装备试验的基本概念、试验设计评估与统计理论、贝叶斯理论方法等,重点介绍了常规武器装备成败型试验、射程和密集度试验、非正常条件下射弹散布试验的设计与评估方法及实践应用。

本书可为武器装备管理部门、试验单位、论证单位、研制单位的管理与技术人员提供参考,也可作为高等院校相关专业教学与培训用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于贝叶斯分析的武器装备试验设计与评估 / 郁浩  
等编著. —北京:国防工业出版社, 2018. 12

ISBN 978 - 7 - 118 - 11743 - 1

I. ①基… II. ①郁… III. ①武器装备 - 武器试验 -  
试验设计②武器装备 - 综合评价 IV. ①TJ06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 273061 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)

天津嘉恒印务有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710 × 1000 1/16 印张 10 $\frac{3}{4}$  字数 189 千字

2018 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 79.00 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

# 前 言

武器装备试验中的设计与评估是装备试验质量形成过程中的两个关键环节。试验设计的输出是试验实施的依据,是开展试验评估的前提。武器装备试验设计不单单是统计设计问题,还包含军事学问题。武器装备试验设计就是根据试验目的和要求,在满足评价风险、精度或置信水平要求等条件下,综合利用试验资源,运用统计推断方法,研究合理选取试验样本,控制试验中各种因素及其水平的变化,以尽可能少的试验次数来获取足够有效的试验信息从而进行试验方案优化的过程。试验评估是在试验设计的结果实施后,对所获取的试验数据进行处理、逻辑组合和综合分析,将结果与预期的性能、效能进行比较,判断被试装备是否满足规定要求或预期用途,为决策所关心的关键问题提供尽可能准确、可靠的结论。试验评估与试验设计是紧密相连的,因为评估方法本身直接依赖于所用的设计。与试验设计一样,试验评估也不是单纯的统计问题,一方面,试验的作战真实性不可能完全等同于实战条件,所以对武器装备实战效能的评估会受到背景条件的影响;另一方面,被试装备诸多参数之间常常有复杂的关系,被试装备与作战体系其他要素之间也存在着复杂的联系,这些都会使试验评估成为一个复杂的综合性问题。

武器装备试验设计与评估离不开统计推断。在统计推断中,可用的信息包括总体信息、样本信息和先验信息。基于总体信息和样本信息进行统计推断的理论和方法称为经典统计学。基于总体信息、样本信息和先验信息进行统计推断的理论和方法称为贝叶斯统计学。20世纪下半叶,经典统计学在工业、农业、医学、经济、管理、军事等领域得到广泛应用,与此同时它本身的缺陷也逐渐暴露出来。贝叶斯统计学凭借先验分布来表述先验知识,并加以量化引入贝叶斯定理的计算,最终解决了经典统计学中对先验信息回避的问题。贝叶斯统计学在假设检验时,不同于经典推理的反证方法,它依据贝叶斯定理计算后验概率,通过直接比较后验概率的大小来决定接受或拒绝假设,即接受后验概率大的假设,拒绝后验概率小的假设。贝叶斯统计学用后验分布代替了统计量和抽样分布的决定性作用,也就消除了费希尔检验理论中检验统计量的选择难题;其次,它避免了停止法则,经典统计学需要通过停止法则来确定可能结果空间,由于停止法

则本身的主观任意性会影响实际的科学判断,进而使得经典方法的客观性遭到了质疑。

本书以贝叶斯分析方法为基础,针对不同的试验,论述武器装备试验设计与评估的具体方法,并结合实例进行分析。全书共分5章:

第1章介绍武器装备试验鉴定的相关内容。在论述武器装备试验概念基础上,从武器装备试验的基本作用、武器装备试验在装备建设中发挥作用的机制、试验的基本过程分析了武器装备试验的基本内涵;讨论武器装备试验设计与评估的特点、统计理论在武器装备试验设计与评估中的应用和现代武器装备试验统计学问题的新特点等武器装备试验设计评估面临的新特点。

第2章介绍武器装备试验的贝叶斯理论方法。从贝叶斯方法对随机抽样悖论的消除、贝叶斯估计的优越性、贝叶斯假设检验的合理性等方面,论述贝叶斯方法在武器装备试验设计与评估应用中的优势;介绍贝叶斯统计模型、先验分布、后验分布、贝叶斯统计推断原则、先验分布的贝叶斯解、先验分布的选取、贝叶斯参数估计和贝叶斯假设检验等贝叶斯分析的基本概念和方法。

第3章提出成败型试验的设计与评估方法。针对无信息条件下先验分布选择问题,提出基于先验分布稳健性分析的试验设计方法;针对如何合理利用先验信息问题,提出采用混合贝塔分布构建试验设计模型,克服了传统统计方法没有利用先验信息的弊端,以及由于试验条件和产品状态不一致造成的先验信息的误用;针对试验子样、试验消耗与试验的成本密切相关或者安全风险较高情况,采用序贯检验后加权检验(SPOT)方法在尽可能小的子样下进行试验设计;针对连续生产多批次,产生大量先验信息情况,通过基于成组技术的控制图和过程能力指数对产品制造稳定性和过程能力检验,将先验信息的相容性检验转化为生产过程能力检验,建立基于生产过程信息的试验设计方法;在利用贝叶斯方法进行参数估计基础上,采用调和曲线图和聚类分析对试验结果的环境敏感性进行分析。

第4章提出射程和密集度试验的设计与评估方法。针对射程和密集度分组试验特点,提出分组序贯的试验方法,通过将前一组数据作为后一组的先验信息,采用过程决策的方法,在试验过程中实现试验的评估和决策;针对狙击武器的特点,在获取弹着点分布特性基础上,采用统计模拟方法获得三发散布圆直径的概率分布曲线;考虑命中目标不同部位的效果差异性,依据目标各区域要害指数,确定对目标的最佳瞄准点,从而获得考虑目标特性的首发毁伤概率及三发毁伤概率。

第5章提出非正态条件下密集度试验的设计与评估方法。对于某些武器系统当弹着点不满足正态分布,采用正态分布、不相关或方差相等假设往往带来由

模型偏差引起的系统误差,所得出的结论也不稳健,特别是当试验子样数不是很大时,这一问题尤为突出。依据武器装备密集度指标的物理意义,将武器装备精度的评定转化为中位数的评定;采用 Bootstrap 或 Bayes Bootstrap 方法获得再生样本,利用非参数核密度估计方法获取密度分布函数,然后对其密度分布函数进行统计分析。

本书结合作者长期从事武器装备试验鉴定工作实践,在参考国内外相关文献的基础上,以遇到的具体问题切入点,注重贝叶斯方法的实践应用;同时以贝叶斯方法为基础,将生产过程控制、分组技术、多元统计分析和非参数统计分析等相关理论有机融合于武器装备试验设计与评估方法中。作者希望,在试验鉴定新形势下,通过试验鉴定理论体系的发展,使试验鉴定在武器装备全生命周期内更好地服务于武器装备研发过程、服务于武器装备列装后能力形成和使用过程中能力增长。

本书由郁浩设计框架、负责编写第3~5章和全书的统稿,宋广田负责编写第1章;都业宏、徐圣辉负责编写第2章,李晓辉参与编写第4章,都业宏负责完成了全书的编辑、计算程序的调试和插图绘制。由于编写者的理论水平和实践经验有限,难免存在瑕疵,敬请各位读者斧正,我们将不胜感激。本书引用了大量参考资料,特向原文的作者们表示崇高的敬意和衷心的感谢。

编著者

2018年5月于吉林白城

# 目 录

<b>第 1 章 武器装备试验概述</b> .....	1
1.1 武器装备试验的基本概念 .....	1
1.1.1 武器装备试验 .....	1
1.1.2 武器装备试验的分类 .....	2
1.1.3 武器装备试验的构成要素 .....	3
1.2 武器装备试验的基本内涵 .....	4
1.2.1 武器装备试验的基本作用 .....	4
1.2.2 武器装备试验在装备建设中发挥作用的机制 .....	6
1.2.3 试验的基本过程 .....	7
1.3 武器装备试验的设计评估与统计理论 .....	9
1.3.1 武器装备试验设计与评估的特点 .....	9
1.3.2 统计理论在武器装备试验设计与评估中的应用 .....	9
1.3.3 现代武器装备试验统计学问题的新特点 .....	10
<b>第 2 章 贝叶斯理论方法</b> .....	12
2.1 经典学派和贝叶斯学派 .....	12
2.2 贝叶斯理论方法在统计推断中的优势 .....	13
2.2.1 贝叶斯方法对随机抽样悖论的消除 .....	13
2.2.2 贝叶斯估计的优越性 .....	14
2.2.3 贝叶斯假设检验的合理性 .....	15
2.3 贝叶斯统计推断 .....	17
2.3.1 先验分布与后验分布 .....	17
2.3.2 先验分布的选取 .....	19
2.3.3 贝叶斯参数估计 .....	22
2.3.4 贝叶斯假设检验 .....	23
<b>第 3 章 成败型试验设计与评估</b> .....	24
3.1 无信息先验试验设计 .....	24
3.1.1 无信息先验分布形式 .....	24

3.1.2	先验分布稳健性分析 .....	24
3.1.3	试验方案设计 .....	27
3.2	有信息先验下的试验设计 .....	31
3.2.1	先验分布参数的确定 .....	31
3.2.2	影响因素分析及相似性因子获取 .....	33
3.2.3	后验分布的计算以及检验模型 .....	36
3.2.4	后验稳健性分析 .....	37
3.3	有先验信息下的 SPOT 试验设计 .....	38
3.3.1	基本方法 .....	38
3.3.2	二项分布总体未知参数的 SPOT 检验方法 .....	41
3.4	基于生产过程信息的试验设计与评估 .....	44
3.4.1	先验信息相容性分析 .....	44
3.4.2	先验分布参数确定 .....	51
3.5	成败型试验的参数估计 .....	52
3.5.1	贝叶斯估计 .....	52
3.5.2	无信息先验下试验参数的估计 .....	54
3.5.3	有信息先验下试验参数的估计 .....	56
3.6	试验结果的环境敏感性分析 .....	57
3.6.1	多元数据的图表示方法 .....	57
3.6.2	聚类分析方法 .....	58
3.7	实例分析 .....	59
3.7.1	基于正样信息的试验设计与评估 .....	59
3.7.2	基于交验信息的试验设计与评估 .....	64
3.7.3	基于 SPOT 的试验方案设计与分析 .....	77
<b>第 4 章</b>	<b>射程和密集度试验设计与评估 .....</b>	<b>79</b>
4.1	最大射程试验设计与评估 .....	79
4.1.1	无信息先验下最大射程试验设计 .....	79
4.1.2	有信息先验下的最大射程试验设计 .....	85
4.1.3	最大射程试验的参数估计 .....	93
4.2	密集度试验设计与评估 .....	95
4.2.1	无信息先验下的试验设计 .....	95
4.2.2	有信息先验条件下的试验设计 .....	100
4.2.3	密集度试验的参数估计 .....	107
4.3	狙击武器精度试验设计与评估 .....	110

4.3.1	枪械射击精度影响因素的试验分析 .....	110
4.3.2	三发散布圆直径评估方法 .....	112
4.3.3	考虑目标特性的首发毁伤概率及三发毁伤概率 .....	114
4.3.4	应用实例 .....	116
<b>第5章</b>	<b>基于非参数统计的密集度试验设计与评估</b> .....	<b>121</b>
5.1	试验数据初步分析 .....	121
5.1.1	试验数据的初步处理 .....	122
5.1.2	统计分析方法效率分析 .....	123
5.1.3	一元总体下多组数据同分布检验 .....	125
5.1.4	多元总体下独立性检验 .....	126
5.2	再生样本的产生方法 .....	127
5.2.1	Bootstrap 方法 .....	127
5.2.2	Bayes Bootstrap 方法 .....	132
5.3	分布密度估计方法 .....	137
5.3.1	概述 .....	137
5.3.2	参数密度估计理论 .....	139
5.4	中间误差评估方法 .....	152
5.4.1	多组数据融合 .....	152
5.4.2	自助样本产生及中间误差计算 .....	152
5.4.3	中间误差分布密度的核估计方法 .....	153
5.4.4	中间误差的估计 .....	154
5.4.5	应用实例 .....	155
5.4.6	推广应用 .....	158
5.5	$R_{100}$ 和 $R_{50}$ 评估方法 .....	159
5.5.1	基于样本自助的评估方法 .....	159
5.5.2	应用实例 .....	160
<b>参考文献</b>	.....	<b>162</b>

# 第1章 武器装备试验概述

## 1.1 武器装备试验的基本概念

### 1.1.1 武器装备试验

武器装备试验贯穿于武器装备全寿命周期,是支持武器装备建设能够实现预期目的的主要实证手段,在武器装备论证、研制、生产和使用保障中具有重要作用。

武器装备是一个常见的军事术语,按照《中国人民解放军军语》(2011年版)的定义,武器装备是指用于作战和保障作战及其他军事行动的武器、武器系统、电子信息系统和技术设备、器材的统称,主要指武装力量编制内的舰艇、飞机、导弹、雷达、坦克、火炮、车辆和工程机械等,分为战斗装备、电子信息装备和保障装备。《中国人民解放军军语》规定,在我军武器装备与装备是同义的,后者是前者的简称。

在武器装备的定义中,涉及武器和武器系统两个相关的概念。武器也称兵器,是能直接用于杀伤敌有生力量,破坏敌装备、设施等的器械与装置的统称,如匕首、枪械、火炮、核生化武器、精确制导武器、定向能武器、动能武器等。武器系统是指由武器及其相关技术装备等组成,具有特定作战功能的有机整体。通常包括武器本身及其发射或投掷工具,以及探测、指挥、控制、通信、检测等分系统或设备。武器系统分为单件武器构成的单一武器系统和多种武器构成的组合武器系统。

《辞海》(第六版)将试验解释为“测试检验性能、效果”;按照《现代汉语词典》的解释,试验是指为了解某物的性能或某事的结果而进行的尝试性活动。ISO9000《质量管理体系基础与术语》在2008版中将针对产品的试验定义为“按照程序确定一个或多个特性”,而在2015版中将试验重新定义为“按照要求对特定的预期用途或应用的确定”,这一变化反映出围绕产品的试验,最终落脚点应更加注重产品相对于用户的实际价值,即产品的预期用途或应用能否满足用户的实际使用要求。

武器装备试验是针对武器装备这一类特殊产品开展的试验活动,是武器装

备研制过程的重要组成部分。按照《中国人民解放军军语》(2011年版)的定义,装备试验是指为满足装备科研、生产和使用需要,按照规定的程序和条件,对装备进行验证、检验和考核的活动,包括对装备的技术方案、关键技术、性能、使用效果等的试验。

结合国际标准关于试验定义的发展变化,武器装备试验可以理解为:在武器装备全寿命周期内,为确定武器装备能否满足预期的作战使命任务要求,而进行的一系列考核检验活动。不同研制阶段、不同性质的试验会有不同的试验目的,但所有试验的最终指向是唯一的,因此所有的试验活动应作为支持装备建设最终目的实现的一个整体系统地看待。

一般语境下我们所说的“装备试验”,通常都包含有评价、评估、鉴定的含义。但也常会见到“装备试验鉴定”的说法,如美国国防部的国防采办文件中通常使用的术语是“试验与鉴定”(Test & Evaluation, T&E)。这里的试验特指获取数据的过程,鉴定是综合分析所获得的数据得出结论的过程。这里的试验与鉴定是密切联系、不可分割的两个过程,试验是鉴定的基础,鉴定是试验的继续和目的,通过二者的共同作用,对被试装备是否符合预期做出判断,以满足装备建设中的决策活动对试验信息的需求。

### 1.1.2 武器装备试验的分类

不同的主体、不同的视角、不同的需要,对武器装备试验会有不同的分类方法,如美军把武器装备试验分为研制试验与鉴定(Development Test & Evaluation, DT&E)、作战试验与鉴定(Operational Test & Evaluation, OT&E)两大类。研制试验与鉴定在整个采办过程中为工程设计和研制提供帮助,并验证技术性能规范是否得到满足;作战试验与鉴定在美国法典(U. S. C)第10篇中有如下定义:“武器、装备或弹药的任何项目(或关键部件)在真实作战条件下进行的野外试验,目的是确定这些武器、装备或弹药由典型的军事用户在作战中使用时的效能与适用性;并对试验结果进行鉴定。”作战试验与鉴定要保证新装备能够满足部队作战要求,能够满意地操作使用,并且能够在实际的野外条件下进行保障。

就我国来说,根据《常规武器装备研制程序》,当前将武器装备研制过程划分为论证、方案、工程研制、设计定型、生产定型、生产部署与使用保障等阶段,在不同的阶段开展的试验活动具有不同的目的和性质。长期以来,我国按照试验性质把装备试验鉴主要分为装备科研试验和装备定型(鉴定)试验两大类(《中国人民解放军装备研制条例》(2004))。装备科研试验是在装备研制过程中承研承制单位为验证装备设计方案的正确性,检验总体技术性能和工艺质量以及所选参数的合理性所进行的部件、分系统、系统试验,为检验阶段性研制目标的

实现程度、能否转入下一个研制阶段提供依据。装备科研试验主要是在装备研制的方案阶段和工程研制阶段进行。

装备定型试验是装备研制进入定型阶段后开展的试验活动,包括设计定型试验和生产定型试验,分别为装备设计定型和生产定型提供依据。设计定型试验主要考核武器装备的战术技术指标和作战使用性能是否满足研制总要求规定的要求。设计定型试验一般包括基地试验和部队试验两部分,基地试验主要考核装备的战术技术性能,部队试验主要考核装备的作战使用性能和部队适用性。生产定型试验主要考核装备生产的质量稳定性以及成套、批量生产条件,为能否批量生产列装提供试验依据。

系统工程是实现复杂系统的基本逻辑思维方法,其理论和方法已经成为我国武器装备建设的重要支撑。验证(Verification)和确认(Validation)是系统的两个核心概念,这两个过程是系统工程过程的重要组成部分。验证是“通过提供客观证据对规定要求已得到满足的认定”,是从开发者的角度来认定设计开发的装备和研制总要求、研制合同等用户规定要求的一致,即保证“装备研发做得正确”;确认是“通过提供客观证据对特定的预期用途或应用要求已得到满足的认定”,是从用户的角度认定装备能够有效满足预期用途,即保证“做的装备正确”。在装备建设的系统工程过程中,实装试验是适用于验证与确认的详细定量方法,是为验证和确认提供所需客观证据的最具权威性和说服力的基本手段,所以美军在《试验与鉴定指南》中有“试验与鉴定过程是系统工程过程的一个有机组成部分”的表述。按照系统工程的视角,试验可以分为验证试验和确认试验两大类。在美国国家航空航天局发布的《NASA 系统工程手册》中对验证试验和确认试验有如下的阐释:验证试验针对的是经批准的需求集,试验可以在产品寿命周期的不同阶段进行;确认试验针对的是运行使用构想文档,在各个目标产品的真实环境或模拟环境中进行,确定典型用户执行使命任务中产品的有效性和适用性。这个阐释完全适用于武器装备试验。美军的研制试验属于验证试验的范畴,作战试验则属于确认试验的范畴。系统工程层面的试验分类方法,有助于深入理解试验目的、作用、不同试验之间的关系以及试验与武器装备全寿命周期的关系等,有益于更好地思考装备试验以及试验发展问题。

### 1.1.3 武器装备试验的构成要素

武器装备试验,不论规模大小,不论是在室内或野外,不论是处于装备研制的哪个阶段,也不论试验的性质和目的,一般都由试验主体、试验对象、试验条件和试验活动四个要素构成。

试验主体,是组织、指导、实施和参与装备试验活动的个人或机构,是试验中最积极、最具能动性的因素,包括试验管理机关、试验指挥机构、试验设计人员、试验执行人员、试验保障人员等。

试验对象,是试验活动所作用的目标,一般是指在研装备或装备系统的总体,包括文档和装备实体/模型。文档包括各个阶段的装备定义文档和装备操作使用相关文档;装备实体/模型包括各个阶段的装备模型或样机,如仿真模型、原理样机、工程样机、定型样机、生产型样机等。试验通过装备样机/模型来评价或认定装备文档能否正确描述所期望的装备。装备系统的实际作战效能不仅仅取决于装备自身,还与装备的使用人员、使用方式(编配、战法、训法等)紧密相关,从系统的观点出发,由作战人员、装备、作战行动过程所组成的作战系统是实际作战中不可分割的整体,当试验要考察装备的作战能力(作战效能、作战适用性)时,以三者所构成的整体作为试验对象,才能真实反映武器装备完成作战任务的能力。

试验条件,是试验主体对试验对象施加作用时所用的工具、仪器设备等物质手段和试验展开的背景环境等,是获取试验对象相关试验信息的媒介和桥梁。试验条件对试验测试结果有重要影响,构建真实的试验背景环境、选择恰当的测试设备和手段,是保证试验信息可信且有效的基本要求。

试验活动,就是试验主体所开展的一系列操作活动,是试验者、试验对象和试验手段三者结合在一起相互作用的过程,包括任务管理、需求分析、设计开发、建模仿真、观察测量和结果分析等活动。

## 1.2 武器装备试验的基本内涵

### 1.2.1 武器装备试验的基本作用

现代武器装备技术含量不断提升,结构日趋复杂,寿命周期费用和风险加大,武器装备试验在武器装备建设中的地位与作用越来越重要。作为武器装备全寿命周期的有机组成部分,装备试验是武器装备研发过程中的关键质量保证活动,是装备质量保证的一个重要环节,服务于武器装备研发全过程;同时也服务于武器装备列装后能力形成和使用过程中能力增长。

早期的武器装备复杂程度低,武器装备试验基本上都是由研制人员来完成,或是通过一些测试活动来发现设计中的缺陷以改进设计,或是通过一定的演示验证来向采购者展示武器装备的质量水平。发现设计缺陷和验证装备质量是否满足要求是装备试验鉴定最初就具有的基本功能。随着武器的发展,以及装备

研制过程的系统化、规范化,装备用户对装备试验产生了专业化和独立性要求。美国于1917年成立了第一个专业化的试验鉴定机构,世界主要国家随后陆续成立了专业化试验机构,我国也于1954年成立了第一个常规兵器试验机构。试验的专业化促进了试验作用更有效的发挥和试验能力的快速发展。

现代战争推动武器装备信息化、体系化发展,装备自身的技术构成更加复杂,影响其技术性能与作战效能之间关系的制约因素也更加复杂,武器装备在体系对抗中实战能力和体系贡献率成为武器装备建设关注的焦点。这大大增加了装备研发的复杂程度,研发投入多、难度高、风险大、周期长,如果在研制的后期发现问题,得出否定性的试验结论,就可能导致人力、物力、财力、时间等诸多方面的浪费,甚至可能是巨大的浪费。因此可以说,作为一种风险管理工具,武器装备越复杂,装备试验的地位作用越重要。

现代武器装备建设发展要求装备试验更加深入地融入装备全寿命周期。装备从立项论证、技术开发、产品设计,一直到量产列装,装备研发的全过程就是将作战需求不断转化为更为详细的装备技术要求的认识过程。每个阶段的认识成果都会直接作用到下一个阶段,每个阶段认识成果的正确性都需要经受试验的检验或验证。装备试验不仅要在研制的后期发挥把关作用,还要促成论证、研制的全过程更好地贴近实战要求,及早识别和消除偏离实战要求的风险;还要在装备部署后为深化装备认识提供试验信息支持,促进装备实现能力增长。总之,作为检验认识正确性的一个实践手段,武器装备试验在技术向装备、装备向战斗力转化的全过程中都要助力装备建设保持正确方向,促进装备发展更加科学高效。

武器装备试验更加关注武器装备支持遂行作战任务的能力。发展武器装备的根本目的是为遂行作战任务提供可靠的物质技术支持。现代战争条件下,武器装备技术性能能否有效发挥受到复杂的体系环境、复杂的对抗条件等诸多方面的影响和制约,武器装备试验仅仅关注装备自身的内在属性是否满足规定要求是远远不够的,必须以系统或体系的视角把武器装备对作战行动的支持程度作为考核的重点,考核其胜任和完成好预期作战任务的能力。无论是何种性质的试验,都要在试验鉴定中把作战需求一以贯之,在贴近实战条件下考核装备,确定装备能否经得起实战检验。不仅作战试验如此,性能试验同样要充分考虑作战真实性问题。

需要说明的是,武器装备试验的作用是有限的,更大的意义在于证明装备缺陷的存在,而难以证明不存在缺陷。这是因为一方面受成本、周期、技术手段等因素的限制,武器装备试验只能是针对装备设计开发文档进行的有限试验,根据少量样本在典型任务场景下的表现,推断装备设计开发文档所代表的总体的质

量水平,不可能穷尽所有可能;另一方面是武器装备大多用于未来作战,而对不断变化的未来作战需求的认识是有限的,所以装备试验的目的是把装备的缺陷在设计开发层面上控制在一定时期内可接受的程度内。试验结果反映的是所选取的被试装备样本的平均水平,其代表总体的程度在统计学上用置信度来描述其中的不确定性,试验固有的弃真或存伪两类错误风险只能控制、不可避免。在武器装备的实际运用中,凭借试验结果来判断某一特定装备的质量状况,或是以某一特定装备的质量状况来评价试验的优劣,都不符合试验活动的内在机理。

### 1.2.2 武器装备试验在装备建设中发挥作用的机制

要准确理解装备试验,应把装备试验作为装备研制的有机组成部分,纳入装备研制的全过程来系统考察和分析。传统的观念和做法比较重视装备试验的把关作用,但是把关作用只能防止把不满足要求的装备交付部队,并不能推动和促进在研装备更好、更快地形成期望的作战能力。新型装备从概念到实现,难免会受到不确定因素的影响而给装备研制带来风险,装备越复杂,研制难度越大,潜在的失败风险越高,越是需要一个有效的风险管理工具对研制全过程的决策活动给予最好的信息支持。

从装备试验鉴定的概念可以看出,装备试验是一个获取信息、处理信息、利用信息以支持装备决策的过程,是降低研制风险、确保装备研制向着预期结果推进的最基本、最重要的手段和工具。

如果确定用装备解决方案来弥补部队作战能力与作战任务要求之间的差距,则需要研制新型装备或改进现有装备。装备论证部门经过论证将部队的能力需求转化为可作为研制依据的装备研制要求,研制单位通过设计活动将研制要求转化为更为详细的产品要求,按照每个研制阶段的预期目标,分阶段逐步形成不同详细程度的产品规范要求。设计的结果是否满足规定要求,这要通过试验活动才能进行定量的验证。如果试验结果表明规定要求没有得到满足,则要调整和改进设计,使之达到规定要求,通过验证试验推动了设计输出与规定要求之间的循环迭代。当设计的结果满足规定要求后,就要进一步确认满足规定要求的设计规范要求是否能够满足预期的使用要求,亦即能否支撑列装部队形成期望的作战能力。如果试验结果表明装备的作战效能和作战适用性不能支持列装部队完成预定的作战任务,则有可能要调整和改进设计,这就产生了在设计输出与预期用途之间的循环迭代;当然还存在另外一种可能,就是规定的研制要求没有真实、准确、全面反映作战需求,这就需要调整、完善、细化研制要求,这就在装备论证与预期用途之间产生了循环迭代。事实上,论证所得的研制要求是认

识的产物,是否正确反映了作战需求同样需要试验的检验。

验证试验与确认试验是保证装备设计开发活动能够实现预期结果必不可少的重要环节,是贯穿装备全寿命周期、对装备(包括阶段性成果)质量持续进行评估的过程,目的是尽快、尽早发现装备存在的各种缺陷和问题,尽可能地消除装备建设中所存在的质量风险。验证试验是检验装备与研制要求的一致性,但研制要求是认识的产物,本身就可能存在问题或错误,所以即使装备中某个功能实现的结果和研制要求完全一致,依然可能存在严重的使用缺陷。因为研制要求有可能对部队的某个需求没能准确理解或准确表达,所以仅仅进行验证试验是不充分的,还需要进行确认试验。确认试验就是检验装备功能的有效性,即是否满足部队的真正需求。例如,美军步兵旅级战斗队使用的 EIBCT 系统(一系列传感器的集合),尽管传感器合乎“关键性能参数”的技术规格要求,但在作战试验结束后陆军认为传感器“不可用且毫无必要”而取消了项目中毫无必要的部分。再如,在美军“弗吉尼亚”级潜艇现代化改造项目中,海军认为目标定位精度与鱼雷命中性能相关联,但是作战试验表明,有多次鱼雷发射时并不满足定位要求,但实际上却命中了目标,故作战试验鉴定局评估认为该系统虽然没有满足性能要求但能有效发射鱼雷并命中目标,符合鱼雷部署战术标准。

由验证试验和确认试验所构成的整体共同驱动了装备建设的循环迭代过程,缺一不可。只进行验证试验,回归不到装备发展的源头;只进行确认试验,则找不到迭代的落脚点。缺少任何一种试验都是不完整的,会影响装备建设过程和装备建设效果。我国过去进行的装备科研试验和定型试验在试验性质和试验内容上主要属于验证试验的范畴,缺少对装备能否遂行预期作战任务进行系统性的试验确认。使得装备的整个研发过程都是围绕研制总要求来循环迭代,武器装备的作战问题(有效性和适用性)只有列装后才能实际暴露出来,对部队战斗力建设产生了不利影响。加快作战试验的探索与实践,尽快补齐试验鉴定工作中确认试验的短板,试验鉴定工作才能在武器装备建设中更全面地发挥把关、牵引和促进作用,更好地服务于部队战斗力的快速生成。

### 1.2.3 试验的基本过程

必须遵循严谨、合理的逻辑过程,武器装备试验才能在装备全寿命周期内更充分、更有效地发挥作用。以测试活动为例,要开展一项测试活动,先要确定测试方案;而确定测试方案的前提是要先明确测试要求;而测试要求则由测试的服务对象使用测试结果的预期用途所决定。即测试活动的逻辑顺序是:首先理解服务对象对测试信息的需求,由此确定测试技术要求;其次根据测试要求设计测

试方案;再次按照方案实施测试活动。从控制论的角度,在测试活动全部完成后,还要跟踪了解所提供的测试信息是否满足了预期用途,以确定上述测试活动是否适宜、有效。

武器装备试验在本质上可以看作是对武器装备质量状态的“测试”活动,其基本过程与上述过程在逻辑上是一致的,应按照试验需求分析、试验设计开发、试验实施、试验评价改进四个过程形成一个逻辑严谨的闭环过程链。试验需求分析是指在全面、准确理解被试装备使命任务要求(包括任务的内容、执行任务需要采取的军事行动,以及军事行动的背景条件及环境要求等)的基础上,以装备使用者的视角确定装备建设中的决策活动对试验信息的需求,并将其转化为试验应获取的具体参数、参数应达到的标准、参数产生的背景条件等试验要求。无论何种性质的试验,能否把作战真实性全面准确地体现到具体试验活动中,摸清装备性能底数,提供可信、有效的试验信息以支持做出正确决策,准确理解把握装备发展各阶段的试验需求是至关重要的。

试验设计开发是指根据试验目的,对相关内容进行统筹考虑和预先设计,把试验要求转化为可以实施的试验方案并确定相关的试验特性参数的过程,主要包括试验任务场景设计、试验剖面设计、试验变量及其水平选取、试验样本量选取、数据处理方法、试验保障以及试验资源要求等方面的内容。试验设计决定着试验的先天质量,是试验成本与试验效益二者之间权衡折中的结果,设计合理、科学、周密,则可节省人力、物力和财力,在预期的试验周期内获得充分且有效的试验数据、信息;反之,如果设计不合理,则有可能费时费力,难以达成预期目的,有的甚至会得出错误的试验结论。

试验实施是指按照规定的程序和要求,借助必要的试验资源,在规定的试验条件下操作和运行被试装备或系统,通过观察或测试获取期望的试验数据和信息,并在处理分析试验信息的基础上对武器装备予以评价。试验数据全部产生于现场试验过程之中,现场实施的规范性、准确性直接决定着试验数据是否符合试验设计的要求,因此在试验实施中要特别关注现场实施的组织指挥是否严密、协调是否及时、试验条件控制是否标准、装备操作是否规范、试验问题处理是否科学正确。

试验评价改进包括两个方面的内容:一是试验结束之后对试验过程的规范性、试验数据的充分性、可信性、有效性等进行独立的评价,以确保试验需求得到真正的满足;二是跟踪部署列装后的武器装备对作战需求的实际满足程度,通过实装运用中暴露出的真实问题分析试验同装备用户期望和要求之间的差距,从而寻求改进前述过程的机会,使后续的装备试验鉴定能够更好地贴近实战需求和不断跟进部队作战需求的变化。