

水中兵器一体化试验总体设计探讨

朱文振, 叶豪杰, 王昊

(中国人民解放军 91388 部队 91 分队, 广东 湛江 524022)

摘要: 一体化试验是一种统筹试验项目、共享试验资源、综合试验信息、提高试验质效的试验鉴定模式; 为全面考核水中兵器战术技术指标和作战使用性能, 介绍了武器装备试验类型, 分析了水中兵器试验面临主要问题, 从模式上提出了水中兵器一体化试验需求, 从构想上提出了一体化试验总体框架、基本目标和实现思路, 从方法上探讨了一体化试验验前分布构建、验前信息相容性检验、验后分布确定和多源信息融合, 从要求上提出了一体化试验体制管理和质量管理, 为实现水中兵器一体化试验总体设计提供技术途径。

关键词: 水中兵器; 一体化试验; 验前信息

Discussion on Overall Design of Underwater Weapon Integrated Test

Zhu Wenzhen, Ye Haojie, Wang Hao

(Unit 91, PLA91388, Zhanjiang 524022, China)

Abstract: Integrated test is a co-ordinate test project, sharing test resources, comprehensive test information, improve the quality of the test identification model. This paper introduces the types of weapons and equipment tests, analyzes the main problems in underwater weapon test, and puts forward the requirement of underwater weapons integration test. This paper puts forward the general framework, the basic goal and the realization idea of the integrated experiment, and discusses the integration test pre-distribution distribution, the pre-test information compatibility proposal, the post-distribution distribution and the multi-source information fusion, Put forward the integrated test system management and quality management, in order to achieve the integrated design of underwater weapons integration test to provide technical means.

Keywords: underwater weapon; integrated test; Pre-test information

0 引言

随着新军事变革的不断深入发展, 未来战争强调信息主导、体系对抗、效能致胜, 对武器装备战术技术性能、作战使用要求越来越高, 在加强边界条件考核、突出贴近实战条件检验等试验鉴定方面将面临巨大挑战。传统水中兵器试验重战术技术指标考核, 轻作战使用性能验证, 虽然型号装备研制试验周期长, 试验样本量大, 试验内容重复多, 但设计定型试验仍存在样本量相对较少、各试验阶段信息利用率偏低、试验效率不高等问题。造成这些问题的原因是多方面的, 从试验鉴定角度来说, 主要原因在于以战斗力生成为目标的各链条环节截然分开, 着眼于一体化试验总体设计有所欠缺, 需要从试验鉴定模式上有所创新。如何探索一体化试验构想、方法和要求, 统筹规划全寿命周期试验计划, 有效整合试验资源, 综合利用各阶段试验信息, 最终实现由战术技术性能指标考核向作战使用性能综合评估转变, 是提高水中兵器试验质量与效益面临的一项迫切的任务。

1 水中兵器试验现状

1.1 武器装备试验类型

武器装备全寿命周期一般包括: 论证阶段、方案阶段、工程研制阶段、设计定型阶段、生产定型阶段以及作战鉴定、装备部署、使用保障、直到退役或报废等全过程。论证阶段主要

对演示样机进行必要的验证试验, 检验解决方案、重要指标的实现措施, 为装备立项提供依据; 装备方案阶段对原理样机进行必要的验证试验, 主要检验总体性能是否达到设计要求, 为转入工程研制阶段提供依据; 工程研制阶段包括初样雷试验与正样雷试验, 主要检验战术技术性能是否达到研制总要求, 为转入设计定型阶段提供依据; 设计定型阶段包括试验基地试验和部队试验, 主要考核战术技术性能和作战使用性能是否满足研制总要求和设计定型标准, 为设计定型提供依据。设计定型试验之前的验证试验、科研试验一般由研制单位负责组织; 设计定型试验是装备定型前必须完成的试验, 由国家靶场对装备进行全面考核鉴定, 其试验结果决定着装备能否批量生产、装备部队使用^[1]。按产品研制程序分类, 武器装备试验类型如图 1。

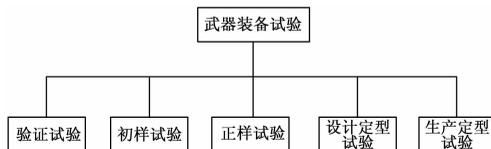


图 1 水中兵器试验类型

1.2 水中兵器试验面临的主要问题

水中兵器试验是以经典统计理论技术为基础, 将设计定型阶段与其它试验阶段截然分开, 在试验内容、检验方案等方面侧重于外场试验, 具有“分段试验、独立实施、分开评定”的特点。设计定型基地试验关注的是装备的固有性能, 更偏重技术层面考核, 对环境、对抗、保障方面的考虑不足; 部队试验

收稿日期:2017-01-02; 修回日期:2017-02-21。

作者简介:朱文振(1975-),男,江西永新人,大学,高级工程师,主要从事水中兵器试验总体技术方向的研究。

强调使用性能和适用性, 偏重任务层面考核。受技术水平、环境条件、保障条件、安全要求、研制进度、经费成本等试验因素的制约, 试验考核往往并不充分, 从而有可能导致经设计定型试验合格并装备于使用部队后仍然会出现诸多问题^[2], 主要表现在:

1) 以战术技术指标考核为主, 作战使用性能与部队适用性考核还不充分;

2) 主要在标准条件下试验, 边界条件、复杂条件和对抗条件考核还不全面;

3) 平台武器系统与水中兵器单机试验独立开展, 缺乏有效试验统筹规划;

4) 过度依赖于样数不多的外场试验模式, 试验结果置信度不高;

5) 各阶段试验之间缺乏统筹, 试验信息利用率不高。

2 水中兵器一体化试验需求

针对武器装备研制与作战使用严重脱节问题, 美军于 20 世纪 90 年代提出并大力推进武器装备一体化试验鉴定, 其基本思想是: 项目主任应协同用户级试验鉴定部门, 对研制试验与鉴定、作战试验与鉴定、实弹试验与鉴定以及建模与仿真工作进行协调, 以形成一个有效的连续统一体, 充分利用试验资源, 缩短研制时间, 并将试验鉴定工作紧密地与需求制定及系统设计与研制结合起来^[3]。

一体化试验是以小子样鉴定技术为基础, 以检验作战效能与保障效能为目标, 以验前试验与现场试验相结合, 将各阶段的试验紧密联系在一起, 在试验内容、检验方案等方面, 将技术状态基本一致的各阶段试验项目进行综合计划、统筹兼顾、分阶段试验、按层次鉴定。与传统试验模式相比, 一体化试验具有以下优势:

- 1) 注重作战能力和保障能力考核;
- 2) 统筹试验资源, 实现统一试验计划;
- 3) 采用多源信息融合技术, 实现综合评价;
- 4) 减少试验重复和冗余, 提高试验质效。

3 水中兵器一体化试验构想

3.1 一体化试验总体框架

一体化试验强调试验组织管理、试验计划控制、试验信息综合, 对战术技术性能、作战效能做出全面评价, 服务于水中兵器全寿命试验过程, 保证武器装备试验充分, 将试验风险降至最低。一体化试验总体框架包括以下几个关键环节^[4]:

1) 试验阶段一体化。在武器装备全寿命的各个阶段, 安排了不同的试验项目验证或考核武器装备性能功能。在不同的试验阶段, 试验目的、性质、要求和方法都有所侧重、有所不同, 但试验项目又紧密联系、相互交叉、相互影响。一体化试验需要对各阶段试验进行综合管理和计划, 统筹规划、合理安排, 尽量避免重复, 同时又要综合利用各种试验信息, 完成水中兵器性能综合评价。

2) 试验内容一体化。水中兵器试验目的是在于接近实战条件下全面考核被试装备的战术技术性能和作战使用性能, 其试验内容是通过不同试验项目的有机结合, 全面考核并评价各项性能指标, 忽视某些指标, 将无法对军事装备做出全面的评价。

3) 试验方法一体化。水中兵器试验对象、试验内容、试验手段、试验条件等都会存在一定的差异, 需建立相适应的一体化试验方法, 包括试验设计、试验信息获取方法、建模与仿真方法、验前信息综合方法、多信息融合方法、异总体参数评定方法、战术技术性能评定方法、作战使用性能评定方法、系统效能评估方法以及作战效能评估方法。

4) 试验实施一体化。相对于传统试验模式, 一体化试验实施难度更大、更为复杂, 需在试验技术、试验组织、试验管理上不断创新。首先要加强一体化试验的总体设计, 以试验各种信息充分共享、资源共享为基础; 其次是建立适应一体化试验模式的组织模式, 试验靶场、使用部队、研制单位三位一体, 统一计划、统一组织、统一领导, 有效控制试验实施; 再次就是要适度调整一体化试验的管理机制。

3.2 一体化试验基本目标

一体化试验可整合各种试验资源, 综合各类试验信息, 将不同阶段及不同种类的试验联成整体, 可将水中兵器一体化试验分解为 3 个基本目标^[5]:

1) 研制阶段与定型阶段一体化。在工程研制阶段开始时完成定型试验大纲, 结合在研制试验中进行的定型试验项目纳入研制试验计划进行, 基地试验和部队试验可结合的试验项目可安排在试验基地试验或部队试验进行, 不适合的则仍应分别独立进行。从资源与信息综合利用的前伸需求来看, 要实现从科研阶段和定型阶段的孤立试验向一体化考核转变, 充分利用各阶段的信息进行综合评定, 提高定型试验效益和考核评定的科学性。

2) 单机试验与系统试验一体化。统筹水中兵器单机与武器系统试验, 关注水中兵器各系统之间、与武器系统之间的接口协调关系, 以及在作战背景环境下的协同能力。加强作战使用环境、实际使用条件和对抗条件的研究, 加强战法、试法、保障和作战效能分析评估研究。在进一步优化统筹装备固有性能试验的基础上, 加强在复杂电磁、气象、水文等环境和强应力条件下的试验考核, 综合考虑水中兵器单机与武器系统之间的指标要求, 加强相互间的技术协调、战术配合。

3) 外场实航与内场仿真一体化。将外场试验和内场仿真手段有效结合起来, 综合运用试验设计理论、信息技术、测控技术和仿真技术, 实施内外场联合试验, 实现试验资源的共享、互补和重用。通过分析影响鱼雷武器各种边界条件、复杂战场环境、典型目标特性、综合对抗等主要作战因素, 优化组合各试验项目, 全面地评估鱼雷战术技术性能和作战效能, 可解决试验组织实施、安全保障、缩短试验周期、减少试验消耗等问题, 大大的提高了试验效率。

3.3 一体化试验实现思路

根据装备在全寿命周期内试验与鉴定的需求, 以水中兵器研制总要求、可靠性要求、综合保障要求等规定的相关指标和作战效能指标为目标进行顶层设计, 建立包含战术技术性能、作战效能和作战适用性的装备指标体系, 针对指标体系推衍提出需要考核的指标, 确定指标评定方法。根据指标评定方法提出所需的试验考核项目、样本容量需求与数据处理方法, 开展试验可行性分析, 初步确定试验项目。将样本需求向各试验项目进行初始分配, 分析各试验阶段之间的关联性和继承性, 结合样本量、兵力、测控、安全性等实际情况, 科学分配各阶段

的试验样本量, 对不同层次相互兼容试验等方面进行删减, 排除重复性和冗余试验项目, 形成优化的试验总体方案。按照设计的试验方案组织试验实施, 获取试验数据并按预定方法进行数据处理。将数据处理结果进行分析整理形成试验结果报告, 将数据处理结果代入效能评估模型进行效能评估。

4 水中兵器一体化试验方法

4.1 验前分布

4.1.1 验前信息来源

通常可以把设计定型试验实航数据信息称为现场信息, 将之前的试验信息称为验前信息。验前信息的来源主要包括子系统信息、仿真信息、类似型号信息、历史信息、专家信息、不同环境下的试验信息等。一体化试验的关键是对各种试验资源信息的综合管理与利用。通过验前信息的收集、挖掘和加工, 综合利用验前信息进行统计推断, 解决由于样本信息不足导致统计推断的可信度不高的问题。一体化试验信息数据融合流程如图 2 所示。

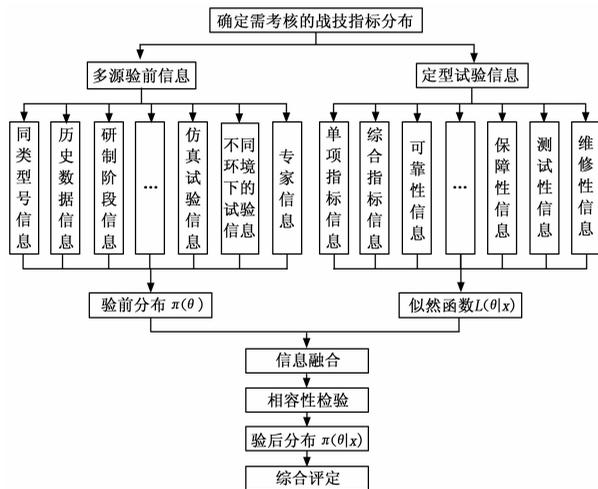


图 2 一体化试验信息融合流程图

4.1.2 验前分布确定方法

设 A_1, A_2, \dots, A_n 为样本空间 Ω 的一个划分, 且 $P(A_i) > 0 (i = 1, \dots, n)$, 则对于任一事件 $B \subset \Omega$, 若 $P(B) > 0$, 则有:

$$P(A_i | B) = \frac{P(A_i B)}{P(B)} = \frac{P(B | A_i) P(A_i)}{\sum_j P(B | A_j) P(A_j)} \quad (1)$$

Bayes 方法认为, 任何一个总体分布的未知分布参数 θ 都可以看做是一个随机变量, 通过加工处理验前信息, 将 θ 的未知状况用一个概率分布 $\pi(\theta)$ 来, 获得验前分布通常有共轭方法、最大熵方法、自助法、随机加权法和专家打分法等^[6]。

4.2 验前信息相容性检验

Bayes 理论应用前提条件是验前信息能够反映性能参数的统计特性, 即要求验前信息和现场试验信息近似服从同一总体。验前信息的相容性检验包括静态相容性检验和动态相容性检验, 前者的静态子样是指随机变量的观测值, 而后的动态子样是指随机过程的观测值。静态相容性检验一般分为非参数检验方法和参数检验方法, 非参数检验通常有 Smirnov 检验、Wilcoxon 秩检验和 Mood 检验等方法, 参数检验通常有置信区间、假设检验等方法。动态相容性检验一般

分为时域检验方法和频域(谱)检验方法两大类, 常用于内场仿真试验结果与外场实航试验结果的一致性检验, 常用的方法有判断比较、直接统计、Theil 不等式系数、误差分析、频谱分析等方法^[7]。

4.3 验后分布

对于分布参数 θ 的任何统计推断, 必须依据 θ 的验后分布来进行, 这是因为在获得样本观察值 X 之后, 验后分布 $\pi(\theta | X)$ 包含了对分布参数 θ 的全部信息。由 Bayes 公式, θ 的验后概率密度函数 $\pi(\theta | X)$ 表示为:

$$\pi(\theta | X) = \frac{P(X | \theta) \pi(\theta)}{\int_{\Theta} P(X | \theta) \pi(\theta) d\theta} \quad (2)$$

其中: $\pi(\theta)$ 为 $\pi(\theta | X)$ 的验前密度函数, Θ 为 θ 的参数集, $\theta \in \Theta$, 密度函数 $P(\theta | X)$ 为子样向量在给定 θ 之下的联合密度函数, 可看作为 $P(X = x | \theta)$ 。当 θ 为离散随机变量时, 验后分布表示为:

$$\pi(\theta_j | X) = \frac{P(X | \theta_j) \pi(\theta_j)}{\sum_j P(X | \theta_j) \pi(\theta_j)} \quad (3)$$

4.4 多源信息融合

假设在现场试验前具有 L 个不同阶段的验前子样, 它们是经过信息折合而来, 且与现场子样具有相容性。记 $X_h = (X_1^{(h)}, \dots, X_{n_h}^{(h)})$ 为第 h 阶段的验前子样 ($h = 1, \dots, L$), 记子样 X_h 的可信度为 P_h 。记 L 阶段中第 h 阶段的权系数 W_h^* 为:

$$W_h^* = \frac{P_h}{\sum_{j=1}^L P_j} \quad (4)$$

对于每个子样均能作出自助统计量 R_n^* , 记由 $X^{*(h)}(i)$ 作出的自助统计量为:

$$R_{n_h}^{*(h)}(i) = \hat{\vartheta}(X^{*(h)}(i)) - \hat{\vartheta}(F_{n_h}) \quad (5)$$

则 θ 的融合自助统计量 $R(i)$ 为:

$$R(i) = \sum_{h=1}^L W_h^* R_{n_h}^{*(h)}(i) \quad (6)$$

按自助法应对所有的 L 阶段的验前子样作出的 θ 估计为:

$$\hat{\vartheta}(F_{n_1}, \dots, F_{n_L}) = \sum_{h=1}^L W_h^* (F_{n_h}) - R(i) \quad (7)$$

由上述 $\hat{\vartheta}_i, i = 1, \dots, N$ 可以作出 θ 的直方图, 它就是 θ 验前密度的逼近。这样就确定了多阶段验前子样下的验前分布的融合估计^[8]。

在多源验前信息之下, 可由验前信息融合而获得关于 θ 的验前密度函数为:

$$\pi(\theta) = \sum_{h=1}^L W_h^* \pi^{(h)}(\theta) \quad (8)$$

5 水中兵器一体化试验基本要求

5.1 建立一体化试验体制管理

为充分发挥一体化试验巨大效益, 需建立一套有效的管理机制, 以保证一体化试验顺畅进行。一是建立一体化试验鉴定领导机构, 由武器装备论证、研制、试验、定型、保障、使用管理机关建立一体化试验协作程序, 将一体化试验统管起来。二是建立一体化试验工作组, 负责一体化试验全寿命周期一体化试验总体计划编制, 协调有关一体化试验工作, 并以总计划

作为试验依据,以确保证型试验质量。三是建立健全规章制度,将有关机关部门和使用、保障、论证、试验、研制承担单位的职责、分工以试验管理文件明确,并下发执行,同时研究确定工作程序^[9]。

5.2 确定一体化试验质量管理

参照设计定型试验的相关文件、标准,对纳入一体化试验总体规划的试验项目进行质量管理。一是在试验进场前,被试品通过必要的试验,能够证明一体化试验的被试品关键技术问题已经解决,主要战术技术指标能够达到规定要求。二是被试品技术状态已确定,经订购方认可,被试品技术状态更改及其评审、验证和确认的完整记录。三是试验实施过程严格执行试验大纲、技术准备操作程序、试后处理方案等,特殊过程和关键过程控制符合要求,运行的质量管理文件应符合 GJB1452A-2004《大型试验质量管理要求》等设计定型试验的相关文件和标准规定。

6 结束语

针对现代水中兵器试验鉴定发展需求,通过分析水中兵器试验现状,提出一体化试验需求和构想,探讨一体化试验多源信息融合的基本方法,提出一体化试验管理要求,为解决一体化试验总体设计问题提供一种解决方案。一体化试验探索是当前武器装备试验转型发展的重要课题,一体化试验模式需要从

装备牵引、理论研究和工程实践 3 个层面同时推进,所涵盖试验组织、管理、技术、保障等各方面内容,有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] 李洪涛,高顺林,谢君红. 水中兵器一体化试验研究 [J]. 国防科技, 2013, 1: 1-4.
 [2] 刘保根,张召奎. 论水雷一体化试验 [J]. 水雷战与舰船防护, 2013, 5: 82-84.
 [3] 雷 帅,丁士民. 基于一体化试验鉴定发展的试验鉴定的发展规律 [J]. 国防科技, 2011, 32 (4): 36-39.
 [4] 晓 丽,李晓斌. 美军武器装备一体化试验与评价综述 [J]. 海上靶场学术, 2009, 6: 12-15.
 [5] 崇 虎,张佐成. 飞航导弹研制和定型一体化试验研究与探讨 [J]. 飞航导弹, 2005, 3: 8-12.
 [6] 武小悦,刘 琦. 装备试验与评价 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
 [7] 蔡 洪,张士峰,张金槐. Bayes 试验分析与评估 [M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2004.
 [8] 张湘平. 小子样统计推断与融合理论在武器系统评估中的应用研究 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2003.
 [9] 王国盛,洛 刚. 美军一体化试验鉴定分析及启示 [J]. 装备指挥技术学院学报, 2010, 21 (2): 95-98.

(上接第 280 页)

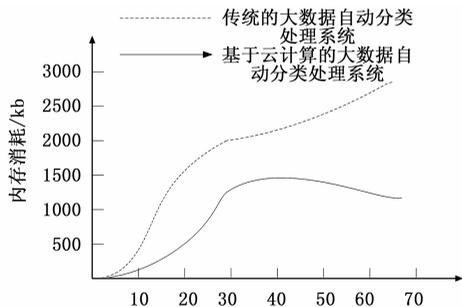


图 3 两种系统能耗与速度的对比结果

由图 3 可以看出,基于云计算的大数据自动分类处理系统的内存消耗明显高于传统的方法,其分类的时间比传统的方法节省很多。

由此可得出实验结论为:基于云计算的大数据自动分类处理系统的资源占用率低,内存消耗较小,且数据库的内存较大,该设计方法不仅提高了数据自动分类的准确度,还加快了数据分类的速度,具有较好的分类性能。

4 结束语

基于云计算的大数据自动分类处理系统的设计与传统的大数据自动分类处理系统相比具有良好的稳定性,其资源的占用率也比较低,分类的速度较快。数据自动处理后的显示端是用户直接应用的端口,该端口的任务就是对大数据进行收集与获取结果进行显示并标注分类。

对系统进行硬件设计就是为大数据提供自动分类处理数据的平台,并将数据的特征进行分类处理,将处理的结果传

送给逻辑层的处理端。而系统的软件设计就是为了实现数据自动分类处理更加的准确,为此使用了时域特征提取数据的算法,利用该算法对频域特征数据进行提取。基于云计算的大数据自动分类处理系统的设计不但提高了分类的精准度,而且降低了能源的消耗,为我国未来的数据处理方式提供了强有力的依据。

参考文献:

[1] 肖乃慎,李 博,孔德诗,等. 大数据背景下的电网客户用电行为分析系统设计 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (17): 61-63.
 [2] 刘 莉,杨傲雷,屠晓伟,等. 面向 INS 数据分类的鲁棒性无监督聚类方法 [J]. 仪器仪表学报, 2016, 37 (1): 152-160.
 [3] 余 翔,白友良,李 成,等. 多维有序聚类法在地质数据分类中的应用 [J]. 计算机应用, 2015 (s1): 152-155.
 [4] 陈学斌,王 师,董岩岩,等. 面向大数据的并行分类混合算法研究 [J]. 微电子学与计算机, 2016, 33 (4): 138-140.
 [5] 孟丽丽,宋 锋. Web 网络大数据分类系统的设计与改进 [J]. 现代电子技术, 2016, 39 (22): 36-40.
 [6] 张 青,吕 钊, ZHANG Qing, 等. 基于主题扩展的领域问题分类方法 [J]. 计算机工程, 2016, 42 (9): 202-207.
 [7] 张明卫,朱志良,刘 莹,等. 一种大数据环境中分布式辅助关联分类算法 [J]. 软件学报, 2015, 26 (11): 2795-2810.
 [8] 李 悦,孙 健,邱志祺. 基于关联规则的数据挖掘技术的研究与应用 [J]. 现代电子技术, 2016, 39 (23): 121-123.
 [9] 蒋 亮,蒙祖强,胡玉兰,等. 一种基于向量夹角的快速计算等价算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2015, 36 (10): 2360-2364.
 [10] 张科星. 网络大数据平台中的特征数据分类系统设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2017, 40 (8): 25-28.