

文章编号: 1672-8785(2013)07-0039-06

红外靶船逼真度和可信度的检测与评估

周亚凡 赵 军 王东阳 高文敬

(解放军 91404 部队, 河北秦皇岛 066001)

摘 要: 将校核、验证与确认 (Verification, Validation and Accreditation, VV&A) 理念和测试与评估 (Test and Evaluation, T&E) 理念引入到了靶船的开发建设工作中, 介绍了 VV&A 的发展历史、作用及其与 T&E 的关系, 论述了红外靶船 VV&A 的原则、依据和过程。从逼真度的概念入手, 分析了红外靶船的特点以及逼真度评估指标体系与评估方法。从技术体制和管理体制上为靶船建设提供了一条思路, 解决了靶船逼真度和可信度的检测与评估难题。

关键词: 红外靶船; VV&A; T&E; 可信度; 逼真度

中图分类号: TN21.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.07.009

Detection and Evaluation of Fidelity and Reliability of Infrared Target Ship

ZHOU Ya-fan, ZHAO Jun, WANG Dong-yang, GAO Wen-jing

(Unit 91404 of the PLA, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: The ideas of Verification, Validation and Accreditation (VV&A) and Test and Evaluation (T&E) are introduced into the development of target ships. The history and function of VV&A and its relation with T&E are presented. The principle, basis and process of VV&A for an infrared target ship are described. Starting with the conception of fidelity, the characteristics of infrared target ships, the fidelity evaluation index and the evaluation method are analyzed. This provides a thought for the development of target ships in terms of technical and management systems and can overcome the problems in detection and evaluation of the fidelity and reliability of target ships.

Key words: infrared target ship; VV&A; T&E; reliability; fidelity

0 引言

靶标是人们在接近实战条件下对新武器装备进行试验与评估的前提和基础, 也是部队在接近实战条件下进行训练和演练的基础。武器装备实弹打靶结果的可信性在很大程度上取决于靶标及环境的逼真性。水面靶标又称靶船。红外靶船可为红外反舰导弹的海上飞行试验提供舰船目标模拟用途。靶船特性的检测以及靶船

逼真度和可信度的评估是靶船建设工作中的主要难点之一。VV&A 是指将分析、测试、评估和评审用于建模与仿真 (Modeling and Simulation, M&S) 产品以提高其可信度的过程。VV&A 是一个管理与技术并举并重的工作过程。M&S 产品的可信性是通过校核与验证进行度量的, 而且经过确认后可正式批准用于某些特殊场合。T&E 结果可为 VV&A 的确认过程提供重要的数据依据。本文通过引用 VV&A 和 T&E 理念来探

收稿日期: 2013-05-22

作者简介: 周亚凡 (1960-), 女, 山东昌乐人, 硕士, 主要从事目标特性方面的研究。E-mail: rbming@139.com

讨红外靶船逼真度及可信度检测与评估的指标体系、方法和原则问题。

1 VV&A 的历史、作用及其与 T&E 的关系

国外的 VV&A 研究起源于 20 世纪 60 年代,随后在 70 ~ 80 年代之间得到了快速发展,并建立了相应的概念体系。其重要的里程碑是,美国计算机仿真学会于 20 世纪 70 年代中期成立了“模型可信性技术委员会 (TCMC)”。20 世纪 90 年代后, VV&A 工作过程实现了标准化,许多政府部门、民间部门和学术机构都成立了相应的组织,以制定各自的 M&S 及其 VV&A 规范与标准。

我国于 2001 年引进了 VV&A 概念。在对概念、管理体制和技术体系进行研究的基础上,研究人员首次在我国目标特性领域的测量与建模过程中实施了 VV&A 的理念,并于 2007 年颁布实行了 GJB 6183-2007《目标与环境特性测量校核、验证与确认通用要求》和 GJB 6184-2007《目标与环境特性建模校核、验证与确认通用要求》两项军标^[1-2]。实施 VV&A 的目的是提高某产品在实际应用中的可信度,以证明该产品适合于所面向的特定应用。

VV&A 与 T&E 是相互关联的。VV&A 过程和 T&E 过程大体相同,只是 VV&A 过程中包含了 T&E 过程所不具备的活动,如数据校核、方法和算法验证等。T&E 的结果可以为 VV&A 的确认提供基本数据信息,以确定技术参数是否达到指标要求以及项目是否达到预期目标。VV&A 和 T&E 的工作是与项目同步进行并贯穿于项目始终的,其目的都是为了及时发现缺陷,降低风险,并通过评估性能是否满足要求来提高系统的可信度和增强使用者的信任感。

2 红外靶船的特点及其 VV&A 应当遵循的原则、依据和过程

2.1 红外靶船的特点

靶船的主要技术要素包括逼真性、有效性、安全性、适用性和经济性等。其中,逼真性是红

外靶船的基本属性,即红外靶船的外形特征、辐射特性、航行速度、机动性能以及供靶条件要求等参数能否真实、准确、全面地模拟所拟定的某特定条件下的舰船目标。红外靶船类属实物仿真范畴,具有以下特点:从模拟对象上来讲,在用靶船模拟敌方的舰船目标时,若不能掌握其红外辐射特性和对抗措施等,则无法据此判别靶船模拟的逼真性;从服务对象上来讲,靶船具有服务对象多样化、特性需求不同、设计与实现难度大以及评估标准不同等特点;从模拟进程上来讲,武器打靶过程中目标全程特性的模拟和末段特性的模拟对靶船的要求是不同的;从供靶条件上来讲,由于导弹的实际应用条件(地域、时域、大气与海洋环境)与打靶时的条件不同,如何将由供靶条件变化所引起的红外靶船辐射特性变化模拟出来,也是一个难点问题。

2.2 红外靶船 VV&A 遵循的原则

在红外靶船的 VV&A 过程中,应当坚持以下原则:

(1) 坚持贯彻 VV&A 与靶船项目同步进行并贯穿于项目始终的原则。VV&A 是红外靶船的生命线。必须强调质量管理的重要性,应当在任务书或合同书签订时就开始实施。任务书或合同书应当包括与 VV&A 相关的各种要素,如与拟模拟舰船目标的几何特性、辐射特性以及运动特性等有关的语言描述性、数据类和图片类信息,越详细具体越好。

(2) 坚持 VV&A 与 T&E 同步进行的原则。在红外靶船的建设过程中,对选用材料和研制半成品与成品都要进行测试和评估。

(3) 坚持过程的严谨性与可追溯性原则。过程的严谨性体现在过程的有效性方面,而过程的有效性又体现在过程中引用数据信息、分析方法与计算公式的准确性和合理性上,体现在测量方法的科学性、合理性和可信性上,体现在信息收集的广泛性以及审核评估专家的权威性上。由此可见,对所采用和测试的数据,数据分析计算方法,测量方法、设备及人员都要坚持校核原则。可追溯性即为要求过程顺序的合理性和过程结果文档的完整性。

2.3 红外靶船的 VV&A 依据和过程

靶船的性能评估是一个重要问题, 其中逼真度是最最重要的一个指标。逼真度能否达到要求, 直接关系到靶船用于导弹试验的可信度。在逼真度方面需要解决的关键问题是评估指标体系与评估方法问题, 而在可信度方面需要解决的关键问题则是校核问题。校核方法有很多种。红外靶船拟采用逐级校核方法, 其 VV&A 过程可以分为需求校核、设计校核、实现检测校核、靶船逼真度测试与评估及其验证、靶船逼真度确认等过程。其中, 检测校核包括实现过程中所用材料、半成品与成品的测试, 测试方案、测试设备以及测试人员的校核, 测量数据真实性、数据处理方法正确性和数据处理结果真实性的校核等。VV&A 依据研制任务书 / 合同书要求、需求分析报告、设计报告、测试报告、评估报告、验证报告以及相关的校核报告等, 以本级以上过程产生的文档信息为依据进行本级校核、验证与确认。图 1 为 VV&A 过程及其生成文档的示意图。

3 红外靶船的逼真度评估指标体系与评估方法

3.1 逼真度的概念

逼真度是指对仿真对象的某个侧面或者其整体外部状态和行为的复现程度, 通常用 $0 \sim 1$ 之间的小数来表示^[3]。逼真度定理是描述和测量逼真度的基础^[3]。由逼真度定理可知, 逼真度是根据多维度通过定性和定量方法测量的, 是接近真实世界的绝对度量; 此外, 逼真度是根据逼真度参照物测量的, 又带有一定程度不确定性的量化。只有在用同样预定义的逼真度术语对逼真度需求、逼真度参照物和仿真能力进行描述时, 逼真度的测量才有意义。逼真度评估的关键是要建立合理的评估指标体系和评估方法。当然, 除逼真度指标体系之外, 任务书或合同书中还应包括有效性、安全性、适用性和经济性等指标, 并且需要在 V&V 过程中进行检测。

3.2 指标体系的选择依据

红外靶船是被模拟对象某个特点的呈现, 不可能是所有细节的准确复现。此时必须考虑

具体的应用需求。因此, 靶船逼真度的概念是相对的, 具有目的相关性, 其具体体现在逼真度评估指标的选择依据上。

红外靶船可为红外反舰导弹海上飞行试验提供模拟舰船目标。而红外导引头是一种机器视觉系统, 它是依靠一定的软件来实现判别算法并以规定的阈值作为判定依据的。因此, 红外靶船的逼真性模拟应当是依据“相对等效”原理进行的模拟。这种等效是指模拟产生的红外靶船辐射在投射到反舰导弹上后所产生的各种响应逼真于实战应用中反舰导弹上所产生的各种响应, 称为等效逼真^[4]。因此, 红外靶船的逼真度指标要求应由反舰导弹系统即红外探测与跟踪制导系统的硬件以及用于探测、识别与跟踪制导的软件决定。

3.3 指标体系

根据工作波段及探测器的像元数量, 红外探测与跟踪系统可以分为红外宽波段(短波 / 中波 / 长波)点源 / 图像探测与跟踪系统、红外多波段(窄波段)点源 / 图像探测与跟踪系统、红外超光谱成像探测与跟踪系统以及光电复合探测与跟踪系统等。探测识别可以分为能量识别、光谱识别、图形识别和对比识别等。不同的探测识别系统对红外靶船的要求不同, 而不同的跟踪制导方式对靶船运动特性的要求也不相同。根据红外辐射原理^[5-7]和光电探测与跟踪原理^[8-9]可以推导出逼真性指标因素表(见表 1)。不同的探测与跟踪系统的相关指标可在表中进行裁剪。指标选择以可测量性和系统性为原则。需要注意的是, 表 1 只给出了靶船自身的逼真性指标, 而对于干扰特性指标, 则可参考此指标拟定。

3.4 评估原则及方法

在实战过程中, 舰船与干扰装备特性以及战场环境都是复杂多变的, 它们不可能成为用于测量逼真度的合适参照物。所以必须根据红外武器系统的设计性能, 参考实战中可能出现的特性参数, 将特定的舰船、干扰装备以及战场环境特性设置为红外靶船的模拟对象。这不仅

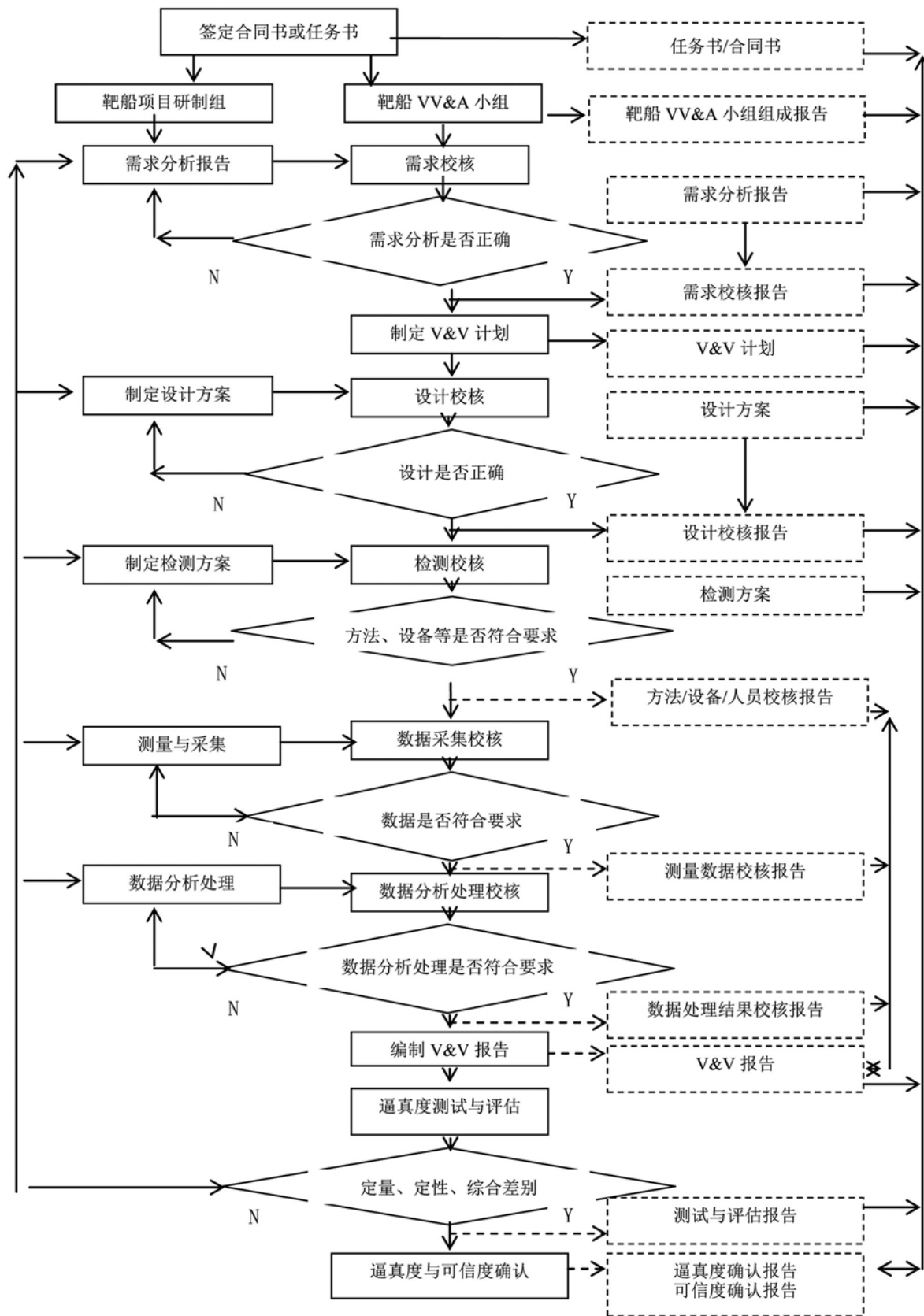


图 1 红外靶船的 VV&A 流程及其生成文档的示意图 (虚线框内为生成文档)

表 1 红外靶船逼真性指标因素表

一级因素 Y _i	二级因素 Y _{ij}	三级因素 Y _{ijk}			
靶标类型	点靶标	形状	辐射角	均匀性	变化速度
	面靶标	形状	辐射角	均匀性	变化速度
	体靶标	形状	辐射角	均匀性	变化速度
几何特性	形状 ^a	简单形状	简单复合	复杂复合	形心
	特征	灰度质心	灰度均值	灰度变化度	灰度直方图
		空间分辨率	图像刷新率	宽高比	
		面积	高度	宽度	面积变化率
		细长度	矩形度	方向	归一化转动惯量
		离心率	紧致度	欧拉数	
光谱特性	工作波段 ^b	波段 1	波段 2	波段 3	
	特殊光谱 ^c	特殊光谱 1	特殊光谱 2	特殊光谱 3	
辐射特性 ^d	工作波段内辐射强度	范围	稳定性	步进	
	工作波段内辐射温度	范围	稳定性	步进	
	特殊光谱辐射强度	范围	稳定性	步进	
	特殊光谱辐射温度	范围	稳定性	步进	
	时间特性 ^e	生成时间	稳定时间	消隐时间	
	调节特性 ^f	上调时间	稳定时间	下调时间	
背景特性	工作波段内辐射亮度	最大	最小	平均	均方差
	工作波段内辐射温度	最大	最小	平均	均方差
	特殊光谱辐射亮度	最大	最小	平均	均方差
	特殊光谱辐射温度	最大	最小	平均	均方差
大气与海面环境特性	工作波段透过率	最大	最小	平均	均方差
	特殊光谱透过率	最大	最小	平均	均方差
	能见度	风力	风向		
	海面	海水温度	海浪高度		
对比度	工作波段内辐射强度对比度	最大	最小	平均	均方差
	工作波段内辐射温度对比度	最大	最小	平均	均方差
	特殊光谱辐射强度对比度	最大	最小	平均	均方差
	特殊光谱辐射温度对比度	最大	最小	平均	均方差
运动特性	旋转速度	范围	常用速度		
	直线与旋转加速度	范围	常用加速度		
	直线运动速度	范围	常用速度		
	直线运动加速度	范围	常用加速度		

^a: 形状指靶船向(或垂直于)视线方向的投影的形状。形状可以分为简单的圆形、方形、三角形等。简单复合是由简单形状不相互重叠地组成形状。复杂复合指简单形状相互重叠地组成形状。复杂形状为其它形状。不同的视线方向,其靶船形状不同,应给出不同方向的形状特性。

^b和^c: 工作波段和特殊波段可以是一个,也可以是多个,依据靶船需求而选定。

^d: 辐射特性为每个工作波段或特殊波段的辐射特性。

^e和^f: 时间特性指靶船生成指定辐射特性的时间。调节时间指在指定辐射特性的条件下上调或下调一个步进的时间。

注: 在给出指标要求的同时,必须给出误差要求。另外,表中只给出了靶船自身逼真性指标,干扰特性的指标可以参照拟定。

是靶船建设的基础,而且也是定性/定量测试和评估红外靶船逼真度的关键^[4]。这些基础要求在研制任务书/合同书和需求分析报告中要有充分体现(从表1中选取指标,并给出不确定度或允许误差要求)。靶船逼真度评估需要坚持以靶船特性测量数据、靶船研制任务书和需求

分析报告为依据的原则,用对比的方式进行评估。采用综合评估方法,即用定量法与定性法分别对不同指标进行判别,然后依据定量与定性的判别结果以及靶船的需求特点,给出不同指标的加权系数,最后通过综合计算得出评估结论。

定量法主要用于判别定量指标是否满足模拟目标要求。它依据靶船的实际测量结果,在给定的允许误差条件下,综合分析测量条件和测量不确定度等因素,并将其与指标要求进行对比和判别。定性法主要用于判别靶船的几何形状和红外图像的形状等是否符合模拟目标的要求。它将靶船的实际测量结果与模拟目标的要求进行对比,通过综合分析测量条件等因素,组织多名人员进行结果评价,如对形状、面积、距离、辐射亮度 / 照度以及辐射对比度的等效程度^[4]进行评价,并对变化过程中的形状变化、面积变化、辐射亮度变化、辐射对比度变化以及距离变化的等效程度进行评价,最终得出像、比较像、一般、不太像和不像等结论。

4 红外靶船的逼真度与可信度确认

红外靶船的逼真度确认以逼真度测试与评估结论为依据,可信度确认以研制过程中的全部文档为依据,并结合逼真度测试评估结论及 V&V 过程文档和结论,组织专家进行综合评估和确认。

5 结束语

本文将 VV&A 理念和 T&E 理念引入到了靶船的开发建设工作中,介绍了 VV&A 的发展历史、作用及其与 T&E 的关系,并论述了红外靶

船的 VV&A 原则、依据和过程。从逼真度的概念入手,分析了红外靶船的特点以及逼真度评估的指标体系与评估方法。从技术体制和管理体制上为靶船建设提供了一条思路,解决了靶船逼真度和可信度的检测与评估难题。具体的指标体系、评估准则和方法还有待于进一步细化和量化,然后由专家和相关实验作进一步检验。

参考文献

- [1] GJB 6184-2007, 目标与环境特性建模校核、验证与确认通用要求 [S].
- [2] GJB 6183-2007, 目标与环境特性测量校核、验证与确认要求 [S].
- [3] 唐凯, 康凤举. 基于模糊 AHP 的视景仿真系统逼真度评估方法研究 [J]. 系统仿真学报, 2008, 27(11): 6049-6057.
- [4] 田晓飞, 马丽华, 赵尚弘, 等. 红外目标模拟逼真度的评估方案设计 [J]. 半导体光电, 2012, 26(2): 135-140.
- [5] 小哈得逊 R D. 红外系统原理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1975.
- [6] 李景镇. 光学手册 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986.
- [7] 武学颖, 刘鹏, 岳俊华, 等. 红外目标模拟靶设计中的关键技术研究 [J]. 红外与激光工程, 2008, 28(6): 373-376.
- [8] 顾文郁. 现代光电测试技术 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1994.
- [9] 许洪, 王向军. 多光谱 / 超光谱成像技术在军事上的应用 [J]. 红外与激光工程, 2007, 27(2): 13-17.

(上接第 33 页)

参考文献

- [1] Shuhong Jiao, Xueguang Li, Xin Lu. An Improved Otsu Method for Image Segmentation [J]. *Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance*, 2007, 27(3): 53-55.
- [2] 韩思奇, 王蕾. 图像分割的闭值法综述 [J]. 系统工程与电子技术, 2002, 21(3): 91-94.
- [3] Songtao Li, Dongming Zhao. Gradient Based Polyhedral Segmentation for Range Images [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2003, 24(12): 2069-2077.
- [4] 杜奇, 向建勇, 袁春胜. 一种改进的最大类间方差法 [J]. 红外技术, 2003, 25(5): 33-35.
- [5] Rafael C G, Richard E W, Steven L E. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. San Antonio: Pearson Education, 2004.
- [6] 李惠光, 姚磊, 石磊. 改进的 Otsu 理论在图像阈值选取中的应用 [J]. 计算机仿真, 2007, 24(4): 216-220.
- [7] 康怀祺, 陈宝国. 基于分形的改进 Otsu 红外图像分割算法 [J]. 红外技术, 2009, 29(7): 359-361.