

反舰导弹武器系统软件鉴定测评策略研究

贺英杰, 李海浩, 马晓龙

(中国人民解放军 91404 部队, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 为改进加强反舰导弹武器系统软件鉴定测评工作, 从备战打仗和作战使用的角度着眼, 明确反舰导弹武器系统软件的主要组成, 围绕新体制下软件鉴定测评的目的和要求, 梳理性能验证试验、性能鉴定试验、作战试验、在役考核等不同阶段的软件测试内涵要义, 分析反舰导弹武器系统软件鉴定测评的重点内容, 包括面向作战任务的系统测试和实战化的半实物仿真测试, 并从文档、人员、环境等方面阐述当前存在的主要问题, 按照“总体筹划、分级考核、突出重点、贴近实战”的基本原则研究提出鉴定测评总体策略, 为反舰导弹武器系统软件实战化考核提供参考和指引。

关键词: 反舰导弹武器系统; 软件鉴定测评; 系统测试; 半实物仿真测试; 实战化; 测评策略

Research on Software Configuration Qualification Test Strategy of Anti-ship Missile Weapon System

HE Yingjie, LI Haihao, MA Xiaolong

(Unit 91404, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: In order to improve the software configuration qualification test of anti-ship missile weapon system, main components of anti-ship missile weapon system software are clearly defined from the perspective of war preparation and operational use is carried. Focusing on the purpose and requirements of software configuration qualification test under the new system, the connotation and meaning of software testing are sorted out in different stages of performance test for design verification, performance test for configuration qualification, operational test, in-service test and evaluation. Key contents of software configuration qualification test in anti-ship missile weapon system are analyzed, including system test oriented to operational missions and hardware-in-the-loop simulation test for realistic operation. And current main problems are expounded from the aspects of documents, personnel, environment, etc. According to the basic principles of overall planning, graded evaluation, highlighting key points and close to realistic operation, the overall strategy of software configuration qualification test is put forward. It provides the reference and guidance for software realistic operation evaluation in anti-ship missile weapon system.

Keywords: anti-ship missile weapon system; software configuration qualification test; system test; hardware-in-the-loop simulation test; realistic operation; test strategy

0 引言

反舰导弹武器系统是一种技术先进、设备精密的武器装备, 内部运行的软件作用重大, 直接影响导弹的飞行控制、精确制导甚至目标毁伤等能力的发挥, 因此反舰导弹武器系统软件质量极其重要^[1], 需要通过验证测试特别是鉴定测评来把控软件质量、提高使用效能。分析证明, 反舰导弹武器系统在试验鉴定、军事演习中暴露出的严重问题大多与软件相关, 而软件缺乏近似实战环境和作战运用背景下的考核是这些问题未能被及时发现的主要原因, 因此软件实战化测试对反舰导弹作战使用有着重要的作用和意义^[2]。传统的反舰导弹武器系统软件测试以实验室仿真条件下的工程化验证为主, 对标对表, 按照研制方的需求开展软件测试, 满足功能性能要求即可, 不考虑实际使用, 缺乏实战化要求的牵引, 很难发现深层次的作战需求问题;

但在练兵备战的背景下和新的装备试验鉴定体系的要求下^[3], 软件测试标准进一步提高, 突出面向实战, 着重检验软件在近似实战条件下的主要功能性能和运行情况。

目前, 装备试验鉴定工作完成了转型发展, 进入新的历史时期, 软件鉴定测评的内涵和要求也随之发生巨大变化, 从单纯的技术规格验证上升为全面的实战化考核, 但实际的测试工作仍处于低层次徘徊状态, 存在思维定势、重点不突出、测试质效低等问题, 达不到鉴定测评的要求。要做好反舰导弹武器系统软件的鉴定测评工作, 除了需要从底层掌握系统软件运行流程和处理逻辑外, 更需要从顶层的总体策划进行研究设计, 按照贴近实战、把握重点的原则, 研究软件作战运用, 摸清软件边界条件, 制定合理测评策略, 指导鉴定测评工作深入开展, 实现全面考核反舰导弹武器系统软件的目的。

收稿日期: 2022-10-23; 修回日期: 2022-10-31。

作者简介: 贺英杰(1981-), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事装备软件试验鉴定方向的研究。

引用格式: 贺英杰, 李海浩, 马晓龙. 反舰导弹武器系统软件鉴定测评策略研究[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(1): 289-293.

1 系统软件组成

从反舰导弹武器系统的组成来说，系统软件主要包括导弹软件、武器控制系统软件、发射系统软件以及保障系统软件。导弹软件一般由制导系统软件、引信软件、导航软件组成，主要实现导弹的精确制导和控制战斗部引爆功能；武器控制系统软件一般由武器控制软件、任务规划软件组成，主要实现导弹发射控制、作战行动和飞行任务规划^[4]功能；发射系统软件一般由箱盖开关软件、发控软件组成，主要实现发射箱盖启闭及导弹从装载平台发射的功能；保障系统软件主要用于对导弹的日常存贮或发射前进行检查，确保导弹运行状态良好。系统软件的主要组成如图 1 所示。

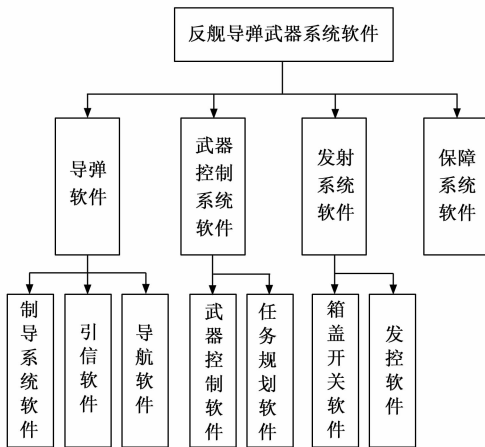


图 1 反舰导弹武器系统软件主要组成图

整个系统软件为一级软件产品，系统软件的测试工作在各级软件完成配置项/分系统测试的基础上开展，重点验证各分系统软件协调工作的正确性、可靠性^[5]及作战适应性。

2 鉴定测评新要求

近几年，我国装备试验鉴定领域发生了重大的变化和调整，重塑了装备试验鉴定体系，初步建立了新的装备试验鉴定管理体制。新的管理体制将全寿命周期的装备试验统一规范为性能试验、作战试验和在役考核三大阶段^[6]，其中性能试验又细分为性能验证试验和性能鉴定试验，而软件鉴定测评则属于性能鉴定试验的一部分。每一阶段有不同的软件测试内容和要求，各阶段软件测试关系如表 1 所示。

验证测试主要是为了提高软件质量，特别是保证发现代码实现的正确性，促使软件功能完整、运行稳定。鉴定测评与验证测试在技术手段上有一定的相似性，但不是验证测试的简单重复，鉴定测评更加注重全系统全流程测试，从需求规格验证和指标符合性测试扩展到验证软件设计是否符合作战逻辑、战术思想，并明确提出开展软件性能基数测试。在作战试验阶段，软件如发生修改，应进行鉴定测评补充测试，同时完成用户试用、专项评估后开展定版，

在软件定版后，可进行改进升级并开展相应的测试活动。

表 1 装备试验鉴定不同阶段软件测试关系表

试验阶段	测试内容	测试要求	组织实施
性能验证试验	验证测试	主要包括软件自测试、研制单位组织的联调联试、委托软件测评机构开展的软件测试	责任主体是装备研制单位，既可自行组织实施，也可委托其他单位实施
性能鉴定试验	鉴定测评	军方主导下对软件系统全面的实战化测试，检验软件功能性能及其边界极限，评价软件是否符合质量要求、满足作战或业务使用需求	军方软件测评机构（测评总体单位）组织第三方测评机构实施
作战试验	补充测试	针对软件修改情况进行补充测试	军方软件测评机构组织鉴定原测评机构开展针对性测试
在役考核	改进升级测试	已完成软件定版，区分类别进行测试。分为 4 类，从 1—4 分别为验证测试、针对性鉴定测评、全面鉴定测评和专项评估、重新试验鉴定	第 1、2、3 类改进升级的测试工作通常由原测评机构承担，第 4 类由军方软件测评机构组织实施

新体制下装备试验鉴定的主要任务是通过全方位、紧贴实战的试验考核，把住“关口”，摸清“底数”；同时最基本也是最重要的一条原则就是面向实战，坚持战斗力标准，紧贴实战化考核需求。软件鉴定测评作为试验鉴定的重要组成部分，也要按照这个任务和原则开展测试工作，除了考核软件的功能性能指标是否满足相关规定需求和发现纠正软件问题缺陷外，还要求验证软件是否符合作战使用的要求以及在典型任务剖面 and 近似实战环境下的适应性。因此开展反舰导弹武器系统软件鉴定测评工作时，不能再像以前一样局限于传统的对标对表，满足研制总要求和系统规格说明的指标要求即可，必须打破惯性思维，聚焦软件战斗力生成，从作战运用角度深入挖掘系统软件的作战使用问题，保证反舰导弹走上战场好用管用。

3 测试重点及难点分析

3.1 鉴定测评重点分析

新体制下软件鉴定测评为反舰导弹武器系统的实战化运用提供支撑和保障，需要重点验证系统软件是否符合作战使用要求以及在近似实战环境下的适应性，一般可以从两个方面进行实战化考核。一方面按照反舰导弹作战使用过程进行全系统、全流程的测试^[7]，制定作战想定，设计任务剖面，覆盖系统软件的典型功能、主要性能、运行强度等测试内容；另一方面以反舰导弹制导系统软件为突破口，研究作战对象水面舰艇（编队）的软杀伤能力和制导系统软件的末制导处理逻辑，构建典型和复杂的电子干扰场景和关键功能验证场景，开展实战化的半实物仿真测试。

3.1.1 面向作战任务的系统测试

目前反舰导弹武器系统软件测试以配置项测试为主，

不重视系统测试的开展。配置项测试主要检查软件底层功能实现的正确性^[8], 无法验证配置项软件之间的协调性, 发现不了系统互联互通的问题, 对于各配置项软件之间相互配合、协调工作完成的功能, 只能通过系统测试来验证正确性和适用性。即使进行系统测试的, 测试的思路内容也不符合当前鉴定测评的目的要求, 只是对照系统规格说明的指标完成规定的功能性能操作, 未按照贴近实战的要求检验软件能力, 无法验证系统软件是否符合作战使用要求。

新试验鉴定体制下, 反舰导弹武器系统软件测试贴近实战的意义在于, 这是建设强大海军、提高备战打仗能力的现实需要^[9], 根本目的是促进反舰导弹战斗力生成, 实现“仗怎么打, 软件怎么测”的鉴定目的, 有助于打破反舰导弹武器系统软件系统测试长期低层次徘徊的困境, 为提升软件作战能力提供强有力的抓手。

长期以来, 研制总要求是软件鉴定测评的最高遵循与要求, 反舰导弹武器系统软件测试只回答与软件相关的功能性能指标即可, 但试验鉴定转型之后研制总要求已不是软件测试的唯一依据。美军根据多年试验鉴定的教训得出结论, 装备鉴定仅关注关键性能参数是不够的, 还不足以回答很多关键作战问题, 也无法保证装备在战场上的适应性。实际中, 随着装备交付部队后的实际使用, 逐渐暴露出不满足作战使用要求的问题^[10], 尤其是在信息化时代, 装备软件的作用日渐重要, 但不好用不实用、实际使用效率不高的弊端导致部分装备长期不能形成有效的作战能力, 这些问题充分说明了对照功能性能指标开展测试的局限性。今后的反舰导弹武器系统软件鉴定测评, 除了关注系统软件的基本性能, 更要关注系统软件的作战能力, 加强软件性能底数、典型作战任务满足度等关键能力指标的考核, 完成从“发现问题”到“适应作战”的提升。这就要求梳理作战需求, 设计海战场景, 按照反舰导弹的作战使用流程覆盖相关的功能操作^[11], 系统测试流程见图 2。



图 2 面向作战任务的系统测试流程图

反舰导弹武器系统软件的系统测试关键在于贴近实战, 设计一个逼真的海战场景, 内容涵盖不同的作战任务, 包括打击不同数量的舰艇、使用不同的反舰战术^[12]等, 从侦察指示^[13]、作战指挥、发射准备、导弹发射等多方面对系统软件进行综合验证, 检验系统软件作战能力和短板弱项, 重点对战术应用相关功能进行考核^[14]; 同时按照系统软件运行流程设置突发和异常情况, 检验系统软件的应急处理能力。

3.1.2 实战化的半实物仿真测试

制导系统软件作为反舰导弹的大脑和眼睛, 对导弹的命中精度起着至关重要的作用, 是反舰导弹软件考核的重点和关键。现在挂飞试验和实弹飞试等试验方式对制导系统软件的考查范围有限, 不能覆盖软件复杂的处理情形, 而软件测试具有模拟复杂情况检验软件应对能力的优势。但传统的软件测试中制导系统软件以工程化验证为主, 局限于单独的配置项测试, 未制导功能方面未做过专项测试, 且测试环境逼真度低, 不满足在近似实战条件下检验软件功能的要求, 需利用半实物仿真环境进行充分验证^[15]。

海战场环境中, 反舰导弹虽然是打击航母、驱逐舰等水面舰艇的主要利器, 但也面临着一系列的威胁和挑战^[16], 目前作战舰艇主要采取两种方式对反舰导弹进行抗击。一种是硬杀伤, 通过不同射程的防空导弹和近防炮拦截来轰击; 另一种是软杀伤, 是利用电子干扰的方式使导弹偏离目标^[17]。从软件测试的角度看, 软杀伤对于制导系统软件的影响比较大, 其抗干扰能力直接影响反舰导弹的作战效能, 是当前迫切需要解决的测试技术问题, 具有重大的军事意义和应用价值。软杀伤以电子干扰设备为主, 一般分为舰载有源干扰、舷外有源干扰、角反干扰、箔条干扰等 4 类。以美军为例, 其装备了 AN/SLQ-32 系列舰载有源干扰系统、Nulka 舷外诱饵、MK-59 角反射体、MK36 箔条干扰系统等大量电子干扰设备^[18], 类型齐全、技术先进, 在对反舰导弹末制导过程中发挥了不同的作用。

对于半实物仿真测试来说, 实战化考核的关键点包括两个: 一是贴近实际使用场景进行仿真测试; 二是模拟复杂干扰情况摸清软件的性能底数。为了检验制导系统软件在近似实战环境中运行情况及应对电子干扰的能力, 首先要获取作战对象电子干扰设备的参数和性能, 其次掌握电子干扰的作战过程和末制导功能的运行流程, 从而为设计典型和复杂的测试场景提供支撑。反舰导弹软件的半实物仿真测试场景可以从两个方面考虑设计, 分别是顶层的使用角度和底层的设计角度, 测试场景设计如图 3 所示。

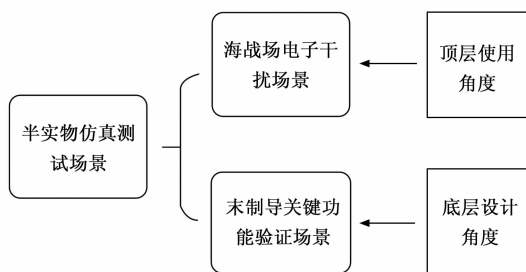


图 3 实战化半实物仿真测试场景

3.2 存在的问题

软件鉴定测评是一种内在要求更高的软件测试工作, 具有一定的实战化属性, 对于提高反舰导弹武器系统软件的质量意义重大。在反舰导弹武器系统软件鉴定测评实践

中发现,软件鉴定测评工作在需求文档、测试人员、仿真环境等多个方面都存在一定的问题,下面针对上述问题进行详细的分析。

3.2.1 文档问题

反舰导弹武器系统软件的系统规格说明编写质量不高,系统测试设计不充分。系统规格说明是系统测试的基础,如果系统需求不明,则系统测试不全面并很难发现深层次的问题^[19],因此理解描述反舰导弹武器系统软件的使用甚至作战需求是软件研制过程中最基础的环节。因认识不深、经验不够、试用不足等种种原因,系统需求文档往往存在不完整、不准确、不适合的问题^[20],许多任务需求和性能指标成为了“隐藏”、“未知”;系统设计文档也存在认识误差和需求传递误差,难以做到充分完善、形成广泛共识,持续迭代升级方面也存在困难。这些问题可能导致反舰导弹武器系统软件测试不充分、不完全,甚至是偏离鉴定测评的目标。

3.2.2 人员问题

测试人员实战化测试经验不足,缺乏对反舰导弹作战使用的整体认识,不了解作战对象主要的防抗手段。从鉴定测评的要求来说,反舰导弹武器系统软件测试的最终目的是提高导弹武器系统的作战效能,无论是系统测试还是半实物仿真测试,都需要具备一定的军事基础,熟悉海战的作战原则和方式。目前测试人员不掌握反舰导弹武器的作战使用,回答不了“何时使、如何用、抗什么”的基本问题,特别是对作战对象抗击反舰导弹的作战样式和措施不甚了解,无法设计真实的系统测试情景,不能构建逼真的电子干扰场景,难以从实战角度开展软件测试,发现不了作战需求问题,达不到实战检验的目的。

3.2.3 环境问题

半实物仿真测试条件有限,部分测试场景无法完全实现,实战化考核不充分。在现有的半实物仿真测试环境中,最突出的问题是信号模拟器数量少,仅能模拟有限的目标和干扰信号,对于单目标仿真测试来说,尚且无法模拟复杂的电子干扰场景,对于多目标多干扰以及大型复杂水面舰艇编队等场景来说,更是无法实现模拟仿真,从而制约了对制导系统软件应对复杂情况等能力的检验。针对上述情况,部分无法实现的测试场景通常以代码走查的形式进行补充测试,但也存在一定的问题,包括代码走查标准不严格、没有按照相关规定要求执行,主要表现为由于进度、经费等条件限制^[21],往往以代码审查来代替代码走查,而二者概念机理不一样,方法效果也不尽相同,势必影响关键软件的测试质量。

4 鉴定测评总体策略

总体策略作为鉴定测评工作的方向指南,关系到任务能否顺利完成,需要全方位、多角度地思考筹划,关注难点问题,针对反舰导弹武器系统软件的使命任务,可以按照“总体筹划、分级考核、突出重点、贴近实战”的基

本原则制定实施。反舰导弹武器系统软件鉴定测评策略示意图如图 4 所示。

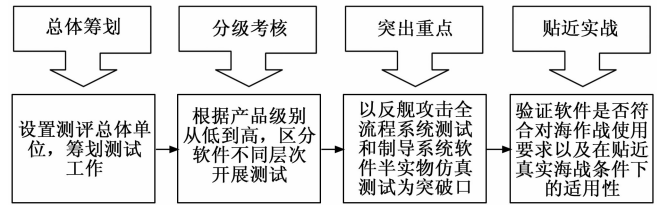


图 4 反舰导弹武器系统软件鉴定测评策略示意图

具体的策略内容包括:

1) 设置测评总体单位,筹划反舰导弹武器系统软件测试与试验一体化实施。对多个测评机构承担的鉴定测评任务,要明确鉴定测评总体单位,编制测评总体方案,统一技术要求,统筹大纲编制、测试设计与执行、报告编写等工作,协调测试资源,组织开展准入审查,审查通过后方可正式开展鉴定测评工作。鉴定测评以内场实验室环境为主,充分考虑软件各种正常工作/异常处理流程,模拟各类并行复杂操作,探索软件运行极限,充分检验软件性能指标及其边界条件;某些测评项目由于内场测试条件不具备,无法在内场环境中实施,需要结合或利用外场的试验资源,要求测试与试验统筹考虑,提前谋划一体实施,必要时可以采信试验数据,实现对反舰导弹软件全面考核的目的。

2) 反舰导弹武器系统一般包含多个产品,根据不同的产品级别逐级开展软件测试工作,即从下级产品到上级产品逐步开展集成测试,按照先局部后整体的原则,区分配置项→分系统→系统等不同层次,分别执行配置项测试和系统测试。其中系统包含多个软件配置项的应进行配置项和系统测试,系统只包含一个软件配置项,则合并配置项测试和系统测试的测试类型,单独开展配置项测试。测试内容以黑盒测试为主,白盒测试为辅,注重发挥代码走查在系统测试中的作用,重点验证分系统或配置项交互配合的正确性,通过研析代码整理系统软件的处理逻辑,按照一定的原则设计典型输入,发现深层的逻辑或编码问题;对于代码规模较大的软件,为提高测试效率,可选取关键核心模块进行代码走查。

3) 反舰导弹武器系统软件测试要以作战使用为主,强化面向作战任务的系统测试。首先,掌握系统软件的作战使用流程,这是实战化测试的基础,就是熟悉不同阶段软件的操作使用或运行流程,一般包括发射准备、导弹发射和飞行攻击等阶段;其次,研究海战样式,了解反舰作战的基本原则,设计典型任务剖面或实际使用场景,在任务场景中覆盖作战使用流程。也就是说,系统测试不是机械式地按照系统规格说明的要求,重复性地对软件进行简单的操作,而是根据想定的作战场景开展全流程测试,在各类反舰攻击场景中按照作战使用流程逐步操作测试;在反

复使用中不断深化对任务需求和软件产品的认识, 推动任务需求持续完善, 牵引软件产品持续升级。此外, 我们还要对软件的使用情况进行摸底探底, 设计一些边界、极限和复杂的条件来考核软件的适应性。

4) 在半实物仿真条件下对制导系统软件进行实战化考核, 关键是构建不同类型的场景。半实物仿真测试场景主要包含两个方面内容: 一方面, 从底层设计的角度研究制导系统软件末制导功能的运行流程, 结合软件代码和需求文档, 梳理处理逻辑, 确定关键功能验证场景内容, 验证末制导功能的正确性; 另一方面, 从顶层使用的角度研究作战对象舰艇(编队)的软杀伤能力, 构建实战化测试场景, 包括典型干扰场景、复杂干扰场景、边界干扰场景等, 考核软件的抗干扰能力。加强半实物仿真条件建设, 完善仿真环境, 提高仿真能力^[22], 特别要注重加强与半实物仿真试验的统筹协调, 充分利用试验资源和数据, 推动半实物仿真测试顺利完成。

5 结束语

当代海战中, 反舰导弹武器系统是影响战争胜负的重要一环, 软件在整个系统中发挥了关键性作用, 甚至是决定性的因素, 因此软件鉴定测评责任重大, 必须确保反舰导弹武器系统软件功能正确、适应作战。反舰导弹武器系统软件鉴定测评的核心是贴近实战、全面充分, 二者相辅相成、缺一不可。为深入考核软件的作战能力, 需根据海战场不同的作战样式和反舰导弹面临的软杀伤手段, 设计典型复杂的海战使用场景和干扰制导系统软件场景, 全面检验软件对反舰作战使用的符合性和适应性。反舰导弹武器系统软件鉴定测评策略不是一成不变、停止不前的, 测评研究是一个不断完善的动态过程, 伴随反舰导弹武器系统技术体制进步和对海作战理论变更, 海战样式也会不断发生变化, 同时随着对新要求的深入认识、实战化测试能力的逐步提高, 需要不断总结经验、改进测试策略, 持续提升反舰导弹武器系统软件实战化测试能力。

参考文献:

- [1] 龙飞, 李伟, 孙续文. 世界主要舰载近程导弹系统软件特点及突防策略[J]. 飞航导弹, 2018(11): 52-54.
- [2] 朱宇光, 张奎轩. 反舰导弹武器系统作战试验相关问题的思考[J]. 舰船电子工程, 2017, 37(9): 107-110.
- [14] 郭佳. 基于图像的表格识别算法与自动录入系统[D]. 北京: 北京邮电大学, 2018.
- [15] 赵闪闪. 基于OCR技术的图像表格数据识别系统的设计与实现[D]. 南京: 东南大学, 2020.
- [16] 谢亮. 表格识别预处理技术与表格字符提取算法的研究[D]. 广东: 中山大学, 2005.
- [17] 张伯. 基于PDF文字流的表格识别技术的研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2010.

- [3] 王正青. 面向实战摸清底数—谈复杂环境与边界条件下的武器装备试验鉴定[J]. 现代防御技术, 2019, 47(5): 1-7.
- [4] 杨华东, 马溢清, 王书满. 反舰导弹任务规划技术研究[J]. 弹箭与制导学报, 2018, 38(1): 121-124.
- [5] 汪波. 武器系统软件靶场可靠性测试与评估[J]. 战术导弹技术, 2012(1): 64-68.
- [6] 曹裕华, 孟礼. 典型航天装备试验鉴定总体策略研究[J]. 国防科技, 2020, 41(5): 59-66.
- [7] 隋先辉, 张翼飞, 毕开波. 舰载导弹作战使用技术及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2018: 1-7.
- [8] 何伟, 沈晓美, 刘泊江, 等. 基于任务的舰船装备软件测试技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28(3): 72-78.
- [9] 刘永才. 新形势下武器装备发展思考[J]. 战术导弹技术, 2020(4): 1-12.
- [10] 方立恭, 宋阳. 反舰导弹作战试验与鉴定需求分析[J]. 战术导弹技术, 2001(2): 41-45.
- [11] 顾振杰, 赵严冰. 反舰导弹仿真试验中的电磁环境生成技术研究[J]. 飞航导弹, 2011(8): 45-48.
- [12] 王永洁, 陆铭华, 毛俊超, 等. 反舰导弹末制导方式作战决策研究[J]. 飞航导弹, 2016(5): 83-85.
- [13] 孙亚楠, 钟选明, 王俐云, 等. 天基信息支持远程精确打击作战及其体系建设的需求[J]. 战术导弹技术, 2018(5): 13-17.
- [14] 车梦虎. 天高速掠海飞行器战术应用软件作战试验鉴定方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(6): 276-278.
- [15] 吕隽, 张兴有. 反舰导弹导引头抗干扰能力综合评估方法[J]. 战术导弹技术, 2017(3): 47-51.
- [16] 魏毅寅, 杨文华. 海战场典型干扰对抗场景及反舰导弹应对策略研究[J]. 战术导弹技术, 2020(5): 1-8.
- [17] 朱平云, 胥辉旗, 曲晖. 反舰导弹突防技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2015: 1-23.
- [18] 宫尚玉, 白梅, 王月悦, 等. 美国海军软杀伤装备与技术发展研究[J]. 飞航导弹, 2021(10): 74-80.
- [19] 陈策, 赵春霞, 郭久武. 军用装备软件需求层次分解及其规格描述[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(1): 40-43.
- [20] 任喜录, 胡勇. 关于武器装备软件问题产生原因分析[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(2): 110-112.
- [21] 刘博, 马可, 范云锋. 新形势下加强武器装备软件管理的探讨[J]. 质量与可靠性, 2018(6): 40-43.
- [22] 张励, 田义, 洪泽华, 等. 战术导弹仿真技术发展分析与思考[J]. 上海航天, 2019, 36(4): 9-18.
- [18] 李艳霞. 受限表格识别系统的研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(计算技术研究所), 2006.
- [19] 刘昱. 印刷体表格识别的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2013.
- [20] 周壮. 表格识别系统中框线检测与去除的算法研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2015.
- [21] 张远. 印刷体文档表格识别技术研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.