

· 抗干扰专题 ·

DOI:10.16592/j.cnki.1004-7859.2021.08.002

# 雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法综述

唐 莽<sup>1</sup>, 张江南<sup>\*1</sup>, 王 鑫<sup>1</sup>, 陈 飞<sup>1</sup>, 戎建刚<sup>1</sup>, 舒 汀<sup>2</sup>

(1. 中国航天科工集团 8511 研究所, 南京 210007)

(2. 上海交通大学 上海市智能探测与识别重点实验室, 上海 200240)

**摘要:**雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法正成为抗干扰试验的重要手段之一。文中介绍了国内外雷达制导导弹武器抗干扰内场试验发展情况,分析了内场试验方法中试验电磁环境等效构建和等效性评价两大难点问题,阐述了雷达制导导弹武器内场试验的系统组成、环境构建方法、等效性评价方法及试验流程,期望为雷达制导导弹武器抗干扰试验研究提供指导与借鉴。

**关键词:**雷达制导; 导弹武器; 内场试验; 抗干扰

**中图分类号:**TN973      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-7859(2021)08-0009-07

**引用格式:**唐 莽, 张江南, 王 鑫, 等. 雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法综述[J]. 现代雷达, 2021, 43(8): 9-15.

TANG Mang, ZHANG Jiangnan, WANG Xin, et al. An overview of anti-jamming infield test method for radar guided missile weapon[J]. Modern Radar, 2021, 43(8): 9-15.

## An Overview of Anti-jamming Infield Test Method for Radar Guided Missile Weapon

TANG Mang<sup>1</sup>, ZHANG Jiangnan<sup>\*1</sup>, WANG Xin<sup>1</sup>, CHEN Fei<sup>1</sup>, RONG Jiangang<sup>1</sup>, SHU Ting<sup>2</sup>

(1. No. 8511 Research Institute of CASIC, Nanjing 210007, China)

(2. Shanghai Key Laboratory of the Intelligent Sensing and Recognition,  
Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:**Anti-jamming infield test method of radar guided missile weapon is becoming one of the important methods of anti-jamming test. Development of anti-jamming infield test of radar guided missile weapon at home and abroad is introduced. Two difficult problems of equivalent construction of electromagnetic environment and evaluation of equivalence in infield test method are analyzed, and the system composition, environment construction method, equivalence evaluation method and test flow of radar guided missile weapon are expounded. It is expected to provide guidance and reference for the research on radar guided missile weapon anti-jamming test.

**Key words:**radar guidance; missile weapon; infield test; anti-jamming

## 0 引言

现代信息化战场条件下导弹武器系统面临愈加复杂的战场电磁环境,其复杂电磁环境适应性已成为影响其作战效能的主要因素。而复杂电磁环境下导弹武器抗干扰试验涉及海量试验样本,抗干扰性能试验不可能完全通过外场试验完成,必须依赖大量内场试验。随着导弹武器作战场景涉及的电子对抗装备规模不断扩大,对抗技术和对抗战术的多样化应用对现有复杂电磁环境试验提出了严峻的挑战。

当前,导弹武器抗干扰内场试验主要面临三个方面

的难题:(1)如何在内场构建近似度高、动态变化的复杂电磁环境来考核导弹武器抗干扰性能;(2)如何对构建的复杂电磁环境的等效性进行全面、准确、定量的评估,提升内场试验结果的置信度;(3)如何制定合理的试验流程及方法来摸清导弹武器的抗干扰性能底数。

本文从导弹武器抗干扰内场试验任务的需求出发,以雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法研究为切入点,简要阐述国内外雷达制导导弹武器抗干扰内场试验技术发展现状,分析内场试验方法中试验电磁环境等效构建和等效性评价两大难点问题,分析雷达制导导弹内场试验方法的系统组成、环境构建方法、评价方法及试验流程,期望为从事雷达制导武器抗干扰

试验研究提供一定参考。

## 1 导弹武器抗干扰内场试验发展现状

美国等发达国家具有良好的内场试验与评估条件,早在20世纪就已经开展了大型内场仿真试验条件建设与改进等一系列工作,很多武器装备研制商都建有配套完备的内场试验设施,试验方法制定后可利用设施开展计算机仿真模拟试验、室内电磁环境模拟试验、外场模拟飞行试验这三种试验。例如,美国格罗曼公司的综合作战电磁环境模拟系统就综合开发了各种类型的雷达信号环境模拟器、雷达目标回波信号模拟器、电子干扰信号模拟器、试验电磁信号环境测试、大型微波暗室、外场可移动大功率辐射设备等,据此开展大量的内场试验和评估研究。欧美和俄罗斯的导弹制造商也都设有内场试验场,在交付部队试验之前,已经在自身所属的试验场内进行了大量的试验,如俄罗斯新星设计局设计生产的X-35导弹就在自身的试验场进行了三年多的试验。南非的CSIR公司已经研制了复杂海况下主被动雷达目标及干扰监测分析设备进行相关内外场试验,并为美国配套过相应产品。此外,国外很多通信公司除在军方建设通用武器试验场外,还自建各种功能需求的小型通信微波测试场及微波暗室,其试验水平非常高,可指导设计工作,并直接参与制造、调试、验收等工作。

国内科研院所等在导弹武器抗干扰内场试验方面也开展了大量的研究与试验。文献[1]主要针对防空导弹指令线分析了其面临的干扰模式及信号样式,综合分析论述了抗干扰试验中数字仿真、实验室线馈、外场空馈和检飞等试验方法的优缺点,对防空导弹抗干扰试验具有一定的借鉴意义。文献[2]以有源相控阵导引头为研究对象,通过对其与电子战装备及设备的对抗过程进行相应的建模仿真和半物理对抗射频仿真试验,建立了一套针对有源相控阵导引头的抗干扰效能评估方法,用于指导有源相控阵导引头的抗干扰效能评估。文献[3]为解决防空导弹武器抗干扰性能检验的问题,深入研究了防空导弹抗干扰性能试验方法,针对防空导弹提出了相应的抗干扰性能试验的总体思路,综合分析研究了数字仿真、半实物仿真、外场综合试验、抗干扰飞行试验等四种试验方法的特点和初步方案,以及抗干扰指标检验问题,并进行了验证,对防

空导弹抗干扰性能试验方法具有指导意义。文献[4]针对导弹武器与目标的空间动态变化问题提出了一种基于动态坐标的转换方法,将导弹的运动姿态变化等效到目标/干扰的运动变化,实现了包含闭合控制回路的导引头内场静态抗干扰半实物仿真试验方法。该方法可有效保证静态导引头在末制导段能够随导弹运动姿态变化动态跟踪目标和实施干扰对抗。文献[5]提出一种依托ADS及Agilent8960软件配合测试仪表构成的半实物仿真系统,该系统能被用于构建电磁环境,但其对工作环境有具体要求,并且所产生的信号有限,适用性较差。文献[6]针对实际环境中电磁环境的复杂性和装备高性能要求的限制,基于模拟器构建法提出了一种复杂电磁环境构建方法,搭建了适用性强、动态性强、应用多样、贴近真实情况、易操作的构建复杂电磁环境的半实物系统。文献[7]针对战场复杂电磁环境的逼真构建问题,提出了构建的“四个等效”原则,以及干扰场景等效与干扰强度等效两个定性指标、干扰技术逼真度与干扰战术逼真度两个定量指标的评价方法,并进一步阐述复杂电磁环境的五种等效构建方法。该方法对战场复杂电磁环境的逼真构建具有借鉴与指导意义。文献[8]提出了一些关于靶场复杂电磁环境建设要求的设想。文献[9]提出了一种新的基于多散射中心的雷达目标建模及雷达目标硬件闭环仿真的实现。

此外,国内目前在导弹武器抗干扰内场试验方面形成了一系列的标准规范,主要包括GJB 4200-2001《反辐射导引系统试验场试验方法 被动雷达导引头》<sup>[10]</sup>、GJB 5202.4-2006《舰船电子对抗仿真试验系统试验方法第4部分:反舰导弹末制导雷达》<sup>[11]</sup>、GJB 6091-2007《弹道导弹导引雷达抗干扰内场仿真试验方法》<sup>[12]</sup>、GJB 2644A-2015《高空导弹雷达导引头通用规范》<sup>[13]</sup>、QJ 20208-2012《飞航导弹雷达末制导系统抗干扰仿真试验方法》<sup>[14]</sup>、QJ 20648-2016《防空导弹雷达导引头测试方法》<sup>[15]</sup>、QJB 295-2018《防空导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范》<sup>[16]</sup>、QJB 296-2018《反舰导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范》<sup>[17]</sup>、QJB 297-2018《反辐射导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范》<sup>[18]</sup>。

综上所述,导弹武器内场试验方法在导弹武器方案设计、设计验证、演示验证、定型试验等各个阶段都

得到了广泛应用,由于内场试验方法提供了较好的导弹飞行环境,且其具有试验消耗低、可以重复试验验证、数据录取完整、保密性好等优点,正逐渐成为导弹武器抗干扰性能试验的主要试验方法。因此,导弹武器内场试验方法的深入研究对提升导弹武器的抗干扰性能具有重要意义。

## 2 雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法的难点分析

近年来,导弹武器抗干扰性能试验广泛采用内场试验方法,而目前雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法主要存在以下两方面难点问题:

(1)雷达制导导弹武器抗干扰内场试验等效构建方面:试验电磁环境构建近似度低、要素不全。目前进行电磁环境构建时以战情设计为基础,通过若干个试验场景进行电磁环境的构设,多以信号的静态堆砌为主,仅是对实战环境本身的组成个体逐个单独地模拟,缺乏协同作战方面的考虑。同时,未与被试雷达制导导弹武器感受到的天线口面处环境挂钩,构建的是实战中的复杂电磁环境,而需要的是经过传输、衰减、耦合得到的雷达制导导弹武器天线口面的电磁环境,构建的动态试验电磁环境与任务需求相互之间不一致。此外,没有充分考虑对抗博弈引起的环境动态变化,没有充分考虑战术配合带来的信号相互关系,导致构建的试验电磁环境与实际情况差距较大,需要探索基于构建要素的动态试验电磁环境重构方法,实现在动态性、对抗性上更贴近实际的电磁环境等效构建。

(2)内场试验电磁环境等效性评价方面:复杂电磁环境构建的近似程度直接影响雷达制导导弹武器抗干扰性能评估结果的准确性。若构建的动态电磁环境虽然复杂但近似度较低,那么,构建的电磁环境对雷达制导导弹武器抗干扰性能评估就起不到作用。因此,“如何对动态测试电磁环境进行全面、准确、定量评价”成为雷达制导导弹武器抗干扰性能测试过程中必须要解决的问题,它是评估所构建的电磁环境近似度的关键,目前尚缺乏能够对复杂电磁环境等效性进行准确定量评价的方法,而在内场试验电磁环境等效性评价中的难点在于如何构建等效性评价指标体系以及确定评价指标权重,并给出可靠的试验电磁环境等效构建近似度评价结果。

## 3 雷达制导导弹武器抗干扰内场试验方法研究

### 3.1 雷达制导导弹武器抗干扰内场试验系统组成

雷达制导导弹武器抗干扰内场试验系统是抗干扰试验的基础条件,该试验系统依托于微波暗室,通过计算机控制系统中的仿真主控计算机推动,将仿真数据文件进行分发,并控制各种电磁信号模拟器输出信号通过天线阵列空馈输出,模拟导弹武器面临的威胁电磁信号环境。同时,通过三轴飞行转台承载参试雷达制导导弹武器系统,以此构建高近似度的攻防对抗过程,通过试验数据采集并依据评估准则进行分析和定量评估,给出评估结果,检验导引头在威胁电磁环境下的抗干扰性能。雷达制导导弹武器内场试验系统示意图如图1所示。

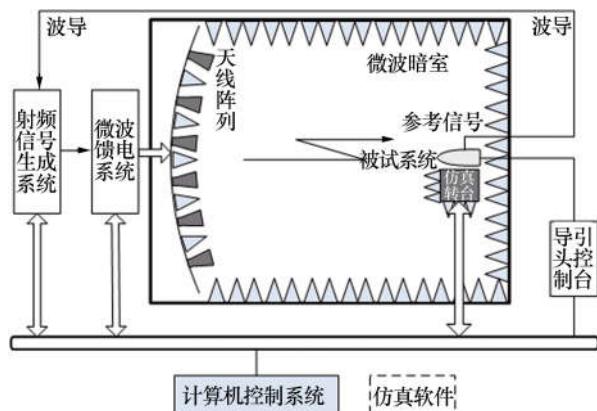


图1 雷达制导导弹武器内场试验系统示意图

雷达制导导弹武器抗干扰内场试验系统主要由微波暗室、射频信号生成系统、仿真试验支撑系统、被试雷达制导导弹武器系统及仿真软件组成。

微波暗室主要用于为雷达制导导弹武器抗干扰内场试验提供满足射频屏蔽性能、静区电性能和电波自由传播要求的空间环境。

射频信号生成系统包含目标回波信号模拟器、干扰信号模拟器、雷达信号模拟器以及诱饵模拟器等,用于控制生成被试设备抗干扰试验所需的目标、干扰、雷达和杂波模拟射频信号,模拟信号的参数可由计算机控制系统设置。

仿真试验支撑系统包含天线阵列与微波馈电系统、计算机控制系统、仿真转台。其中,天线阵列与微波馈电系统用于接收、传输与控制来自射频信号生成系统产生的模拟信号,根据计算机控制系统提供的模拟位置信息向被试设备辐射射频信号;计算机控制系

统根据试验要求完成电磁环境信号的设置,产生相应的控制指令、试验场景规划、试验数据分析处理与结果评估;仿真转台作为被试雷达制导导弹武器制导系统的支撑平台,模拟雷达制导武器的动态飞行过程。

### 3.2 雷达制导导弹武器内场试验电磁环境构建

雷达制导导弹武器内场试验环境构建主要从对抗场景、对抗技术、对抗战术三个角度等效构建抗干扰试验电磁环境,具体流程如下:明确动态测试电磁环境等效构建原则,根据想定作战场景提取构建要素,建立动态测试电磁环境等效构建坐标系,依次开展对抗场景等效构建、对抗技术等效构建、对抗战术等效构建,从而获得天线口面动态测试电磁环境。动态测试电磁环境等效构建流程如图 2 所示。

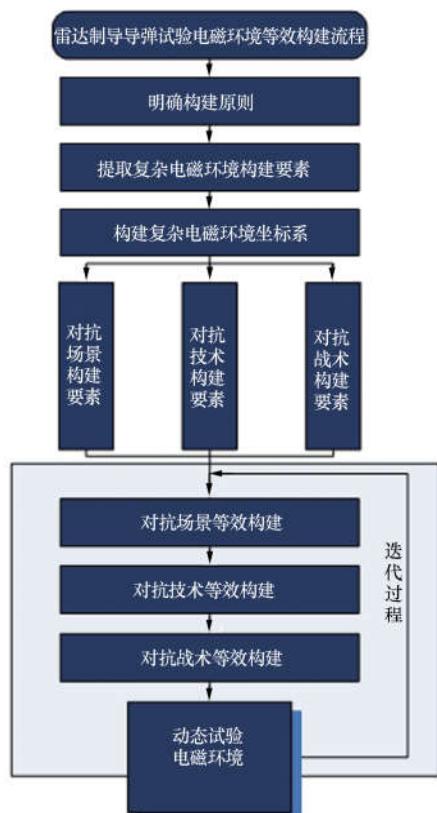


图 2 内场试验电磁环境等效构建流程

(1) 对抗场景构建：作战规模、攻击目标及各对抗装备平台的运动变化趋势。其中，作战规模指各平台数量、空间分布关系及其战术机动方式；攻击目标指导弹武器的打击对象及其目标特性；对抗装备指为保护目标免受打击所采用的各种电子对抗装备及其干扰战术模式。

实施方法：根据确定的某一作战场景，梳理场景中

导弹武器面临的干扰、目标和背景的类型、数量和空间关系,选择相应类型和数量的干扰模拟器、目标模拟器、背景杂波模拟器,并按照构建对象进行内场缩比计算,布设各模拟器的空间位置关系。

(2) 对抗技术构建: 战场环境中为提高设备/装备自身电子对抗能力而采取的技术措施, 包括技术体制和技术性能两大部分。

实施方法：设置干扰模拟器的干扰技术体制和性能参数，产生与作战场景内相同的干扰技术，确保干扰技术的种类、数量及相关参数与想定作战场景的一致性。

(3) 对抗战术构建: 实施干扰或对抗时, 为完成己方电子设备/装备所担负的作战任务而采取的战术措施和行动。其描述的要点在于干扰技术的运用方式、干扰的时机及空间位置。

实施方法:基于想定作战场景中的干扰战术,选择并明确干扰的组合方式,设置干扰模拟器施放干扰的时机,通过对天线阵列分系统中不同喇叭施放的电磁信号、喇叭角度以及电磁信号强度的调整,对想定作战场景的整个作战过程进行模拟。

### 3.3 内场试验电磁环境等效性评价

试验环境评价是对内场试验环境等效性的有效考核,内场试验环境评价主要从对抗场景、对抗技术、对抗战术、对抗强度四个维度进行符合性及近似度评价。

(1) 对抗场景符合性评价：主要体现在仿真环境中所用设备的类型、数量、布设位置等方面与想定的作战环境的一致性，模拟作战场景的物理空间通常采用缩比或仿真的方式实现，场景的模拟效果采用符合性指标进行评价。

(2) 对抗技术近似度评价：仿真模拟设备在对抗技术上的模拟近似程度，主要包括技术体制、技术性能近似度评价。

(3) 对抗战术近似度评价：模拟设备在战术模式及使用过程的近似程度，控制作战过程、选择作战策略、确定作战时机。

(4) 对抗强度近似度评价: 测量末制导天线口面处的环境强度表征指标, 并与想定或外场作战场景中的环境强度值作对比, 分析内场模拟过程中导弹末制导感受到的环境强度与想定作战过程中的等效近似程度。

### 3.4 雷达制导武器抗干扰内场试验流程与方法

以雷达制导导弹武器为例，在内场采用缩比等效

的方法进行抗干扰指标试验检测, 以全面评估雷达制导导弹武器的抗干扰性能。雷达制导导弹武器抗干扰内场试验流程如下:

(1) 根据雷达制导导弹武器抗干扰试验任务需求, 明确雷达制导导弹武器抗干扰试验测试项目, 确定抗干扰试验测试指标项;

(2) 根据试验需求确定对抗场景和干扰战术, 进行雷达制导导弹武器抗干扰内场试验电磁环境构建, 依次对对抗场景符合性、对抗技术近似度、对抗战术近似度、对抗强度近似度进行评价;

(3) 编制雷达制导导弹抗干扰性能检测规程, 明确检测方法和试验步骤, 组织试验测试人员进行被测雷达制导导弹武器系统入场;

(4) 模拟导弹飞行过程中面临的电磁干扰环境, 测试和录取雷达制导导弹武器系统接收天线口面处的电磁环境指标参数, 提取各个作战阶段中电磁环境的边界值, 将其作为试验用例, 静态测试导引头抗干扰指标的变化量值, 并将实时测试和录取的电磁环境指标参数作为输入条件, 动态测试导引头抗干扰指标的变化量值;

(5) 采集并录取雷达制导导弹武器的试验数据和干扰环境数据, 应用统计方法得出试验规程中的各项试验的统计结果, 得出雷达制导导弹武器捕捉性能和跟踪性能评价结果;

(6) 对雷达制导导弹武器进行制导命中估计, 分析雷达制导导弹武器的综合抗干扰性能。

### 3.5 典型场景应用案例分析

针对某对海作战场景, 示意图如图3所示, 根据上述等效构建方法及流程进行内场试验环境构建。

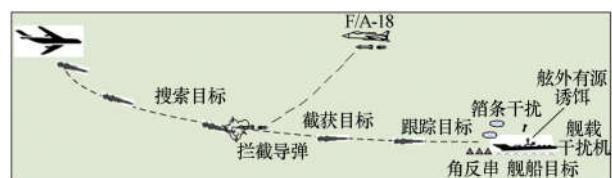


图3 作战场景示意图

选择并布设目标及干扰模拟器, 依据对抗技术设置模拟器技术参数, 参考攻防双方对抗战术应用同步控制模拟器信号释放时机。内场等效构建示意图如图4所示。

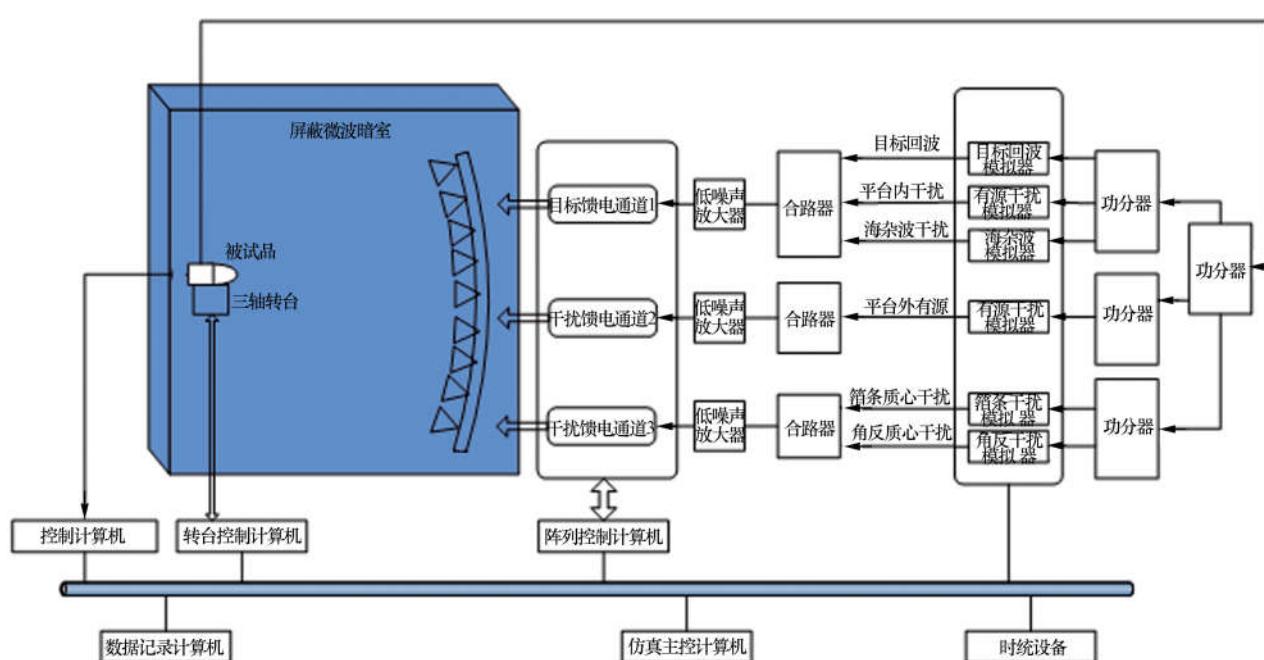


图4 内场等效构建示意图

利用电磁环境监测系统对电磁环境进行信号监测并采集, 进行对抗强度分析, 内场构建等效性满足要求后方可开展相应的内场试验。

## 4 结束语

本文立足导弹武器抗干扰内场试验任务需求, 结

合多年来在抗干扰内场试验方面的工程经验和技术积累, 以雷达制导导弹武器为研究对象, 以抗干扰内场试验方法研究为切入点, 简要阐述了国内外雷达制导导弹武器抗内场试验技术发展现状, 分析了内场试验方法中试验电磁环境等效构建和等效性评价两大难点问题, 阐述了雷达制导导弹内场试验方法的系统组成、环

境构建方法、评价方法及试验流程,期望为导弹武器抗干扰内场试验方法提供一定的指导与借鉴,促进内场抗干扰试验在导弹武器研制定型过程中的广泛应用,满足导弹武器装备抗干扰试验需求。

## 参 考 文 献

- [1] 李琳,张振伍. 防空导弹制导指令抗干扰试验方法研究[J]. 航天电子对抗,2014, 30(3): 1-4.  
LI Lin, ZHANG Zhenwu. Research on anti-jamming test method of air defense missile guidance command[J]. Aerospace Electronic Warfare, 2014, 30(3): 1-4.
- [2] 韩晓东,谭智,舒汀,等. 复杂电磁环境下有源相控阵雷达导引头抗干扰试验与效能评估技术研究[J]. 制导与引信,2014, 53(3): 1-5.  
HAN Xiaodong, TAN Zhi, SHU Ting, et al. Research on anti-jamming test and effectiveness evaluation technology of active phased array radar seeker in complex electromagnetic environment[J]. Guidance and Fuze, 2014, 53(3): 1-5.
- [3] 朱宇光,周旦辉,胡悦. 防空导弹抗干扰性能试验方法研究[J]. 兵工自动化, 2017, 36(1): 35-38.  
ZHU Yuguang, ZHOU Damhui, HU Yue. Research on anti-jamming performance test method of air defense missile[J]. Ordnance Industry Automation, 2017, 36(1): 35-38.
- [4] 韦宇祥,马跃华,王舒申. 一种静态导引头抗干扰半实物仿真试验方法研究[J]. 航天电子对抗, 2018, 34(6): 23-25.  
WEI Yuxiang, MA Yuehua, WANG Shushen. Research on a static seeker anti-jamming hardware-in-the-loop simulation test method[J]. Aerospace Electronic Warfare, 2018, 34(6): 23-25.
- [5] 贾立印,雷斌,钟圣. 检测电磁环境的构建与评估方法研究[J]. 通信技术,2010,43(11): 156-159.  
JIA Liyin, LEI Bin, ZHONG Sheng. Research on the construction and evaluation method of detecting electromagnetic environment [J]. Communication Technology, 2010, 43(11): 156-159.
- [6] 张显,詹海洋,王宇,等. 一种复杂电磁环境的构建方法[J]. 空军预警学院学报, 2013, 27(5): 355-358.  
ZHANG Xian, ZHAN Haiyang, WANG Yu, et al. A construction method of complex electromagnetic environment [J]. Journal of Air Force Early Warning Academy, 2013, 27(5): 355-358.
- [7] 戎建刚,唐莽,王鑫,等. 战场复杂电磁环境的逼真构建方法[J]. 航天电子对抗, 2014, 30(1): 24-28.  
RONG Jiagang, TANG Mang, WANG Xin, et al. A realistic construction method for the complex electromagnetic environment of the battlefield [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2014, 30(1): 24-28.
- [8] GAO H J, JIANG X D, WANG L. The general idea of constructing complex electromagnetic environment in conventional shooting range [C]// Proceedings of 2019 International Conference on Modeling, Analysis, Simulation Technologies and Applications (MASTA 2019). Hangzhou: [ s. n. ], 2019: 385-389.
- [9] ZHAO Q, FEI Y C, CHEN N, et al. A new modeling of radar target based on multi-scattering centers and implementation of radar target HWIL simulation system[C]// Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology. Nanjing: IEEE Press, 2008: 212-215.
- [10] 中国人民解放军总装备部. 反辐射导引系统试验场试验方法 被动导引头[S]. GJB 4200-2001. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2001.  
PLA General Armament Department. Anti-radiation guidance system test field test method passive seeker[S]. GJB 4200-2001. Beijing: PLA General Armament Department, 2001.
- [11] 中国人民解放军总装备部. 舰船电子对抗仿真试验系统试验方法 第4部分: 反舰导弹末制导雷达[S]. GJB 5202.4-2006. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2006.  
PLA General Armament Department. Test method of ship electronic warfare simulation test system part 4: anti-ship missile terminal guidance radar[S]. GJB 5202.4-2006. Beijing: PLA General Armament Department, 2006.
- [12] 中国人民解放军总装备部. 弹道导弹导引雷达抗干扰内场仿真试验方法[S]. GJB 6091-2007. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2007.  
PLA General Armament Department. Ballistic missile guidance radar anti-jamming infield simulation test method[S]. GJB 6091-2007. Beijing: PLA General Armament Department, 2007.
- [13] 中国人民解放军总装备部. 面空导弹雷达导引头通用规范[S]. GJB 2644A-2015. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2015.  
PLA General Armament Department. General specification for surface-to-air missile radar seeker[S]. GJB 2644A-

2015. Beijing: PLA General Armament Department, 2015.
- [14] 国家国防科技工业局. 飞航导弹雷达末制导系统抗干扰仿真试验方法[S]. QJ 20208-2012. 北京:国家国防科工局, 2012.  
National Defense Science and Technology Industry Bureau. Anti-jamming simulation test method of airborne missile radar terminal guidance system [S]. QJ 20208-2012. Beijing: National Defense Science and Technology Industry Bureau, 2012.
- [15] 国家国防科技工业局. 防空导弹雷达导引头测试方法[S]. QJ 20648-2016. 北京:国家国防科工局, 2016.  
National Defense Science and Technology Industry Bureau. Test method of air defense missile radar seeker [S]. QJ 20648-2016. Beijing: National Defense Science and Technology Industry Bureau, 2016.
- [16] 中国航天科工集团有限公司. 防空导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范[S]. QJB 295-2018. 北京:中国航天科工集团有限公司, 2018.  
China Aerospace Science and Industry Corporation. Anti-jamming performance infiel test specification of air defense missile radar seeker [S]. QJB 295-2018. Beijing: China Aerospace Science and Industry Corporation, 2018.
- [17] 中国航天科工集团有限公司. 反舰导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范[S]. QJB 296-2018. 北京:中国航天科工集团有限公司, 2018.  
China Aerospace Science and Industry Corporation. Anti-jamming performance infiel test specification of anti-ship missile radar seeker [S]. QJB 296-2018. Beijing: China Aerospace Science and Industry Corporation, 2018.
- China Aerospace Science and Industry Corporation. Anti-jamming performance infiel test specification of anti-ship missile radar seeker [S]. QJB 296-2018. Beijing: China Aerospace Science and Industry Corporation, 2018.
- [18] 中国航天科工集团有限公司. 反辐射导弹雷达导引头抗干扰性能内场试验规范[S]. QJB 297-2018. 北京:中国航天科工集团有限公司, 2018.  
China Aerospace Science and Industry Corporation. Anti-jamming performance of anti-radiation missile radar seeker infiel test specification [S]. QJB 297-2018. Beijing: China Aerospace Science and Industry Corporation, 2018.

### 作者简介:

- 唐 莽 男,1976年生,博士,研究员级高级工程师,研究方向为电子对抗技术;
- 张江南 男,1992年生,硕士,工程师,研究方向为复杂电磁环境适应性试验与评估技术;
- 王 鑫 男,1979年生,博士,研究员级高级工程师,研究方向为复杂电磁环境适应性试验与评估技术;
- 陈 飞 男,1985年生,博士,高级工程师,研究方向为复杂电磁环境适应性试验与评估技术;
- 戎建刚 男,1963年生,硕士,研究员级高级工程师,研究方向为电子对抗技术;
- 舒 汀 男,1981年生,博士,副研究员,研究方向为雷达与电子战技术、复杂电磁环境模拟仿真技术、实时信号处理系统设计与开发等。