

文章编号: 2095-4980(2018)05-0868-04

## 雷达装备复杂电磁环境适应性试验需求分析

符淑芹, 彭 燕, 薛 原

(中国洛阳电子装备试验中心, 河南 洛阳 471003)

**摘 要:** 随着战争信息化程度的提高, 雷达装备的复杂电磁环境适应性试验越来越受到重视。通过对雷达装备工作电磁环境的分析, 确定了雷达装备的电磁环境构成。针对易受外部环境影响的雷达装备性能指标, 基于雷达装备复杂电磁环境适应性的定义, 明确了雷达装备复杂电磁环境适应性试验的环境需求、试验项目需求、参试装备要求, 可为雷达装备复杂电磁环境适应性试验的实施提供参考。

**关键词:** 雷达装备; 电磁环境; 适应性试验; 试验需求; 试验项目

**中图分类号:** TN97

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA201805.0868

## Analysis on requirements of the complex electromagnetic environment adaptation test for radar

FU Shuqin, PENG Yan, XUE Yuan

(Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang Henan 471003, China)

**Abstract:** With the development in information levels of wars, the complex electromagnetic environment adaptability is more and more important for radar equipments. Through the analysis on the electromagnetic environments in which radar equipments work, the compositions of the electromagnetic environments for radar equipments are determined. The performance metrics susceptible to the external environments are studied. On basis of the definition of the complex electromagnetic environment adaptability of radar equipments, the requirements of test environments, test items and test equipments for radar equipments adaptive tests are presented. The work can provide reference for the implementation of adaptive tests of radar equipments.

**Keywords:** radar equipments; electromagnetic environments; adaptation test; test requirements; test items

随着现代科技的加速发展, 各国各种新式电子信息装备的研制和使用, 战场信息化程度越来越高, 电子信息装备面临的战场电磁环境将越来越复杂。大量事实表明, 战场复杂电磁环境是导致雷达装备功能下降乃至失效的一个重要因素<sup>[1-2]</sup>。雷达装备能否适应信息化的战场电磁环境, 是目前极受关注的一个重要问题, 迫切需要通过雷达装备的复杂电磁环境适应性试验工作, 对雷达装备在复杂电磁环境下的作战能力进行考核和验证, 雷达装备的复杂电磁环境适应性试验越来越受到重视<sup>[3]</sup>。而雷达装备的复杂电磁环境适应性试验是一种新的试验类型, 对雷达装备复杂电磁环境适应性试验的组织实施, 还处在摸索时期, 因此对雷达装备复杂电磁环境适应性试验需求进行分析研究, 是一件很有必要的事情。

### 1 雷达装备工作电磁环境

雷达是利用目标对电磁波的反射(或称为二次散射)现象来发现目标并测定其位置<sup>[4]</sup>。而雷达总是在一定的电磁环境中实现对目标的探测和定位, 因此到达雷达天线并被接收的信号除目标回波信号外, 还包括来自敌方的有意干扰信号和来自友方或环境的无意干扰信号, 将无意干扰信号称为背景信号<sup>[5]</sup>。

雷达装备作战环境是指能够被雷达装备接收, 并对雷达装备的运用和作战行动产生一定影响的射频信号所构成的电磁环境<sup>[6]</sup>, 因此, 雷达装备作战环境包括:

### 1) 目标电磁环境

由来自目标的回波信号构成的电磁信号环境，此处目标主要指敌来袭飞机等作战目标。

### 2) 干扰电磁环境

特指敌方电子对抗装备产生的、直接针对我方雷达装备的散射或辐射干扰信号构成的电磁信号环境。

### 3) 背景电磁环境

背景电磁环境是指干扰信号和目标信号之外的背景信号构成的环境，主要分为有源和无源2大类，包括环境杂波、友方和敌方干扰信号、背景噪声等。

## 2 雷达装备适应性试验环境

雷达装备复杂电磁环境适应性是指，在战场应用过程中，雷达装备在可能遇到的不同类型、不同程度复杂电磁环境作用下，能正常实现其功能、性能和不被破坏的能力。根据GJB8848-2016《系统电磁环境效应试验方法》的规定，系统电磁环境效应包含以下内容：系统内电磁兼容性、外部射频电磁环境敏感性、雷电、分系统和设备电磁干扰、静电和频谱兼容性<sup>[7]</sup>。而装备的复杂电磁环境适应性不再考虑装备系统电磁环境效应所考核的内容，电磁环境适应性试验的雷达装备的典型作战环境主要包括：

1) 目标电磁环境：主要指敌来袭飞机等作战目标的回波信号构成的环境。

2) 干扰电磁环境：由所有的有源干扰和无源干扰辐射或散射的信号所构成的环境。

3) 背景电磁环境：主要包括由地、海、云雨、鸟群以及建筑物散射雷达形成的杂波环境。

## 3 雷达装备复杂电磁环境适应性构成

雷达装备同时兼具发射和接收2种特性，复杂电磁环境主要影响其接收特性，对发射特性的影响极其有限<sup>[8]</sup>。因此，可以认为雷达装备与电磁环境相关的系统指标主要包括：

### 1) 作用距离

作用距离是雷达的重要性能指标，决定了雷达能在多远的距离上发现目标。作用距离的大小取决于雷达本身的性能，其中有发射机、接收机、天线等分系统的参数，同时又和目标的性质及环境因素有关。环境中的噪声、杂波等信号进入后，会降低雷达检测目标时的信噪比。根据雷达检测原理，在给定虚警概率的条件下，检测概率将随信噪比的降低而降低。因此，当外部噪声较大时，为了达到给定的检测概率，需要增大回波信号功率，在雷达功率不变的情况下，这意味着雷达与目标之间距离的减小，即雷达只能在更近的距离上发现目标，雷达的作用距离变小了。

### 2) 精确度

雷达对目标的检测是包括目标距离、方位、俯仰和速度的四维检测，对雷达而言，理想点目标在任意时刻都是由距离、方位、俯仰、多普勒频率和回波信号功率5个参数确定的空间中的某一个点。一般情况下，环境中的假目标也是雷达检测空间中某一个或某一群不同于真目标参数的特定集合，也能够被雷达检测，并起到以假作真和以假乱真的作用。当雷达将假目标作为真目标或将假目标信息作为真目标量测的一部分，则雷达测量得到的目标角度、距离或速度状态等参数信息将偏离目标的真实状态，极大地降低雷达的探测或跟踪精确度。

### 3) 目标截获时间

目标截获时间定义为从目标进入指定航线到雷达发现目标之间的时间。环境中的噪声、杂波等信号进入雷达后，会降低雷达检测目标时的信噪比，信噪比的降低会增大雷达检测目标的难度，使雷达不容易发现目标，从而使雷达的目标截获时间增长。同时当环境中的噪声、杂波和假目标信号大量进入雷达接收机，将导致雷达的处理速度下降，也将影响雷达的目标截获时间。

## 4 雷达装备复杂电磁环境适应性试验项目要求

为了充分考核雷达装备的复杂电磁环境适应性能力，结合雷达装备受电磁环境影响的指标情况，将雷达装备的复杂电磁环境适应性主要考核内容明确如下：

1) 雷达装备在复杂电磁环境下的作用距离；

2) 雷达装备在复杂电磁环境下的精确度；

3) 雷达装备在复杂电磁环境下的目标截获时间。

其中电磁环境中应包含多种干扰形式,包括单个干扰(压制干扰或欺骗干扰)和组合干扰等,组合干扰形式应根据雷达的作战对象和战术应用方式确定。

## 5 雷达装备复杂电磁环境适应性试验装备需求

雷达装备复杂电磁环境适应性试验模式主要分 2 种:外场实装试验和内场仿真试验。对于不同的试验模式,其试验装备的需求存在很大的差异。

### 5.1 外场实装试验

1) 合作目标:作为雷达装备的探测目标,用于产生雷达目标信号,在试验中可根据被试雷达的功能和种类,选择飞机、舰船、装甲车辆、导弹等实体装备或根据需要选择合适的雷达信号模拟器作为被试装备的目标。

2) 干扰装备:应根据雷达的功能、工作体制以及雷达发射信号样式,选择合适的压制干扰和欺骗干扰装备或者雷达干扰信号模拟器,并且在实际试验中,根据试验需要,可选择多个干扰机,以不同的干扰样式,采用不同的干扰战术对被试雷达进行干扰。

3) 背景模拟设备:背景信号主要由雷达工作环境中反射电磁波的云、雨、地物、海面、鸟群以及建筑物等发射雷达信号产生。在实际的雷达适应性试验中,可根据需要选择合适的地形构建雷达所需的背景信号环境;当很难找到合适的自然环境或人为构建试验场地来满足试验对背景信号的要求时,可以采用合适的雷达背景信号模拟装备,在试验中生成所需的地、海、云雨、鸟群以及建筑物等杂波信号。

### 5.2 内场仿真试验

内场仿真试验包括数学仿真试验和半实物仿真试验 2 种。数学仿真试验是用数学模型代替实际的系统进行试验,模仿系统实际情况的变化,用定量化的方法分析系统变化的全过程。因此在进行数学仿真试验时,装备需求主要表现为对仿真系统的数学模型要求。雷达装备复杂电磁环境适应性仿真试验需要的环境数学模型主要包括:雷达装备模型、干扰装备模型、目标模型、平台模型、杂波模型、电波传播模型、环境噪声模型等。半实物仿真试验是把实体装备和仿真系统联合到一起进行试验的一种试验模式,因此其环境构建装备需求可参照外场实装试验和数学仿真试验的装备需求确定。

## 6 结论

雷达装备的复杂电磁环境适应性试验是未来雷达装备的试验重点。本文对雷达装备复杂电磁环境适应性试验的需求进行了分析,结合雷达的工作电磁环境、电磁环境对雷达装备性能指标的影响,确定了雷达装备复杂电磁环境适应性试验的环境需求、试验项目需求和参试装备要求,可为雷达装备复杂电磁环境适应性试验的开展提供参考。

### 参考文献:

- [1] 沈阳,李修和,李勇. 雷达装备复杂电磁环境适应性评价研究[J]. 装备环境工程, 2014,11(3):1-5. (SHEN Yang, LI Xiuhe, LI Yong. Research on complex electromagnetic environmental worthiness evaluation of radar equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014,11(3):1-5.)
- [2] 许雄,汪连栋,曾勇虎,等. 装备复杂电磁环境适应性试验问题探讨[J]. 航天电子对抗, 2014,30(4):30-32,44. (XU Xiong, WANG Liandong, ZENG Yonghu, et al. Discussion on the complex electromagnetic environment adaptation test problems for equipment[J]. Aerospace Electronic Warfare, 2014,30(4):30-32,44.)
- [3] 刘江波. 雷达装备在复杂电磁环境下适应性试验研究[J]. 舰船电子工程, 2017,37(3):74-77. (LIU Jiangbo. Radar equipment adaptability test under complex electromagnetic environment[J]. Ship Electronic Engineering, 2017,37(3):74-77.)
- [4] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2012. (ZHAO Guoqing. Principle of radar countermeasure[M]. Xi'an, China: Xidian University Press, 2012.)
- [5] 周一宇,安玮,郭福成,等. 电子对抗原理与技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2014. (ZHOU Yiyu, AN Wei, GUO Fucheng, et al. Principles of electronic warfare system[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.)