

# 基于典型地域的地面雷达实验室环境试验设计

赵书平<sup>1</sup>, 张亚清<sup>2</sup>, 李金国<sup>1</sup>, 羊军<sup>1</sup>

(1. 空军装备研究院 雷达与电子对抗研究所, 北京 100085; 2. 93534 部队, 天津 301716)

**摘要:**总结了东南沿海和东北地区2个典型地域的环境条件特点及其典型环境因素对地面雷达装备不同程度的影响。分析了地面雷达装备的寿命期特性及执行任务的情况,确定了其任务剖面 and 寿命期的环境剖面,利用试验剪裁的方法,设计制定出了分别适应2个典型地域环境条件的地面雷达装备发射模块的实验室环境试验剖面,包括试验项目、试验参数和测试方法等。

**关键词:** 试验设计; 寿命期剖面; 环境剖面; 试验剖面

**中图分类号:** TN95      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2011)05-0104-04

## Laboratory Environmental Test Design of Ground Radar for Typical Zone

ZHAO Shu-ping<sup>1</sup>, ZHANG Ya-qing<sup>2</sup>, LI Jin-guo<sup>1</sup>, YANG Jun<sup>1</sup>

(1. Radar and EW institute of EAAF, Beijing 100085, China; 2. Unit 93534 of PLA, Tianjin 301716, China)

**Abstract:** The environmental characteristic of two typical areas, southeast coastal area and northeast area, and the different effect of the typical environment factors of the two typical areas on ground radar equipment were summarized. The life-span characteristic and working state of ground radar equipment were analyzed and its working profile and life-span's environmental profile were established. By test tailoring, the laboratory environmental test profile suitable for ground radar equipment disposed in the two typical areas was designed, including testing item, testing parameters and testing methods etc.

**Key words:** test design; life-span profile; environmental profile; test profile

不同的地域其环境特点各不相同,有些地域之间环境条件差别很大,因此,针对部署在不同地域的雷达装备进行环境试验设计是环境工程师的重要任务。环境试验设计是根据产品自身特性及其在寿命期内将遇到的环境种类和量值水平、使用阶段等,确定产品环境试验项目、试验条件、试验程序和试验顺序的过程。设计的重点是针对特定产品确保环境种类科学

合理,环境试验项目及其顺序安排、试验条件和试验程序能提高其环境适应性,并验证产品的环境适应性是否满足合同要求或评价产品的环境适应能力。

### 1 地面雷达装备的寿命期特性

地面雷达装备架设位置相对比较固定,发射机、

收稿日期: 2011-06-08

作者简介: 赵书平(1971—),女,石家庄人,硕士,工程师,主要研究方向为环境与可靠性试验与研究。

接收机、信号处理机、监控显示等主要电子设备一般安装在工作车内,天线架设在天线车上,直接暴露在外界大气环境中。雷达所受外界环境因素的影响主要是使用环境条件,受贮存和运输环境条件的影响十分有限。部署雷达最典型的地域为东南沿海和东北地区。

据统计,雷达装备故障率较高的部位是舱内设备。究其原因,东南沿海长时间潮湿、持续高温以及东北地区持续的低温是造成雷达及其电子设备故障的主要环境因素。雷达工作时发射机产生大量的热量,尽管有排风设施但工作舱内温度比外界环境温度高很多,尤其在东南沿海炎热的夏季,环境温度达到 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,工作舱内温度则可达到或超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。高温、潮湿环境经常引起雷达及其电子设备性能参数漂移、击穿、低效、断路、死机、不良触点开裂等故障现象发生;持续低温却导致雷达天线无法转动,馈线开裂,润滑剂粘结,发射信号、接收信号衰减等。通过对各类故障的进一步分析,可以发现雷达的故障表现为不同的地理区域存在明显的不同,而且在东南沿海地区发生的故障明显高于东北和其它地区,具有明显的地域性特点,这种地域性特点表现出来的故障差别在很大程度上是由该地域的环境条件引起的。需进行基于典型地域的地面雷达装备实验室环境试验设计。

## 2 基于东南沿海和东北地区的环境试验方法设计

地面雷达寿命期内贮存阶段环境相对固定,对其性能影响不大,运输阶段占寿命周期时间较短,对雷达的影响较小。对雷达造成主要影响的是使用阶段的自然环境和使用时诱发的气候环境条件。因此,设计典型地域的环境试验,分析和研究雷达在这2个典型地域的环境适应性,最主要的应该考虑使用阶段的气候环境条件(包括自然环境条件和平台环境条件),设计与使用环境条件相适应的环境试验。

通过调研,地面雷达的发射模块在使用几年后发射功率衰减较为严重,是雷达中受环境影响最大的部件,而发射模块又是决定雷达功效的关键部件。基于这些原因,以地面雷达发射模块为试验对象,设计剪裁出符合其特征的环境试验方法,为研究

和分析发射模块对典型地域环境的适应能力、评价雷达的环境适应性提供依据。

### 2.1 确定任务剖面

雷达在执勤时一般是由2部雷达轮流开机,战备值班时,通常是1部雷达先开机预热 $0.5\text{ h}$ ,之后执勤 $3\text{ h}$ ,再停机 $3\text{ h}$ ,然后开机预热 $0.5\text{ h}$ 后再执勤 $3\text{ h}$ ,2部雷达之间如此交替执行任务(工作)。图1为1部雷达的任务剖面图,表示出了雷达工作状态与时间的关系。

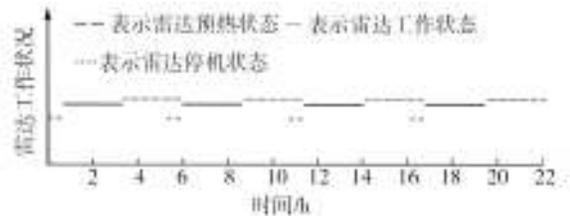


图1 雷达任务剖面

Fig. 1 Working profile of ground radar

### 2.2 确定寿命期气候环境剖面

东南沿海地区的气候特点是温度高、湿度大,空气中盐雾含量高,太阳辐射强。最有代表性的高温、高湿沿海地区是厦门、舟山等地,炎热季节日平均气温达 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的时间就有 $140\text{ d}$ 左右,在无遮蔽的地面温度高达 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。梅雨季节长,湿度大,平均相对湿度超过 $85\%$ ,有时日最高相对湿度达到 $95\%$ 以上,年平均湿度也在 $60\%$ 以上。

东北地区大部分处在中温带,其气候特点是冬季漫长而严寒,夏季短促而温暖。从9月下旬就开始进入冬季,直到次年的4月才结束,最低温度达到 $-52.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数多于 $100\text{ d}$ 。在春秋季节,白天温度较高而夜间温度急剧下降,昼夜温差大。

地面雷达天线架设地在地形选择上要求视野开阔,比周围地形要求稍高一些,仰角覆盖范围为 $0\sim 25^{\circ}$ ,因此,影响雷达的自然环境因素主要是部署地点接近地面的环境因素。从对东南沿海和东北地区的气候特征分析可以发现,在东南沿海影响雷达的主要的环境因素是持续高温和长时间的高湿,以及雷达工作后设备产生的大量热量积聚的热能诱发出比环境温度更高的温度,这一点在雷达的发射模

块上表现得更为突出。在东北地区影响雷达的最主要环境因素是持续低温以及快速温度变化。

### 2.2.1 高温环境剖面

每年的7—8月份,东南沿海自然环境温度最高,高温气候是影响雷达最主要的气候环境因素。气象资料表明,7—8月份月平均温度在30℃以上,白天最高气温可达40℃,在无遮蔽的空旷机场地面温度可达60℃以上。在这样的高温环境条件下,尽管雷达工作舱安装在有遮蔽的建筑物并采用风冷方式降温,其降温效果也是十分有限的,雷达工作时产生的大量热量将不断积聚,工作舱内温度也不断升高。据测定,气温在20~25℃之间时雷达连续工作1h,工作舱内温度比外界气温高出15~20℃,而且随着气温升高,工作舱内温度也越来越高。在炎热的夏季气温达到35℃时,舱内温度高达45℃以上,而发射舱内的发射模块表面温度超过65℃,甚至更高。由此,结合雷达的任务剖面,可以设计出雷达发射舱内发射模块的高温环境剖面,如图2所示。

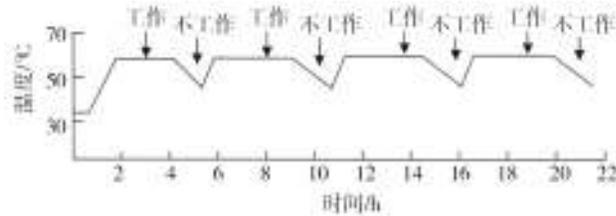


图2 高温环境剖面

Fig. 2 Environmental profile of high temperature

### 2.2.2 相对湿度环境剖面

在东南沿海地区,每年的4—6月份相对湿度是全年最高的时候,高湿环境是影响雷达工作效能最主要的环境因素。当雷达工作时,发射舱内温度随工作不断产生的热量而逐渐升高,工作1h后发射舱内温度可高出气温20~25℃。随着发射舱内温度的升高,舱内部分湿气逐渐被驱除出发射舱,当舱内温度基本稳定后相对湿度也基本趋于稳定,且略低于外界相对湿度,但当雷达停机后,发射舱内温度逐渐降低,湿气又重新被吸回到发射舱,相对湿度逐渐升高并接近外界高湿环境。因发射模块的温度比发射舱内温度高,在其周围相对湿度也略低于舱内相对湿度,这种相对湿度的变化与雷达工作密切相关。根据雷达的任务剖面,可以设计出雷达发射模块的温度、相对湿度环境剖面,如图3所示。

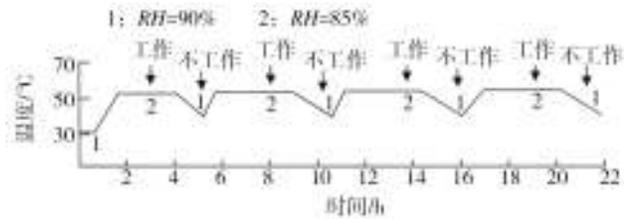


图3 湿度环境剖面

Fig. 3 Environmental profile of humidity

### 2.2.3 温度变化环境剖面

东北地区持续的低温天气出现在当年的12月至次年的3月份,冬季漫长,气温低。1月份是最冷的月份,平均气温在-10~-35℃。以丹东为例,日平均气温低于-10℃的天数为50~70d,1月份平均气温为-8~-13℃,最低气温达-37.9℃。雷达天线、馈线等户外设备受低温的影响大,工作舱内发射机因为在短时间内可产生大量的热量,在低温环境中往往形成较大的温度变化速率,产生一定的温变效应。据测定,雷达在工作的前10min内,温度变化速率可超过5℃/min,之后温度变化速率逐渐变小,直至温度基本稳定。在低温条件下雷达开机工作,发射功率大、产能快且高的发射模块很容易产生快速温度变化效应,对发射机造成较大的损伤。雷达发射模块由于发射功率大、产热高,在很短的时间内就能达到温度稳定,最高温度基本上在50℃左右,而低温应以部署地可以遇到的最低环境气温为准。根据雷达任务剖面,雷达工作舱内发射模块温度变化的环境剖面,如图4所示。

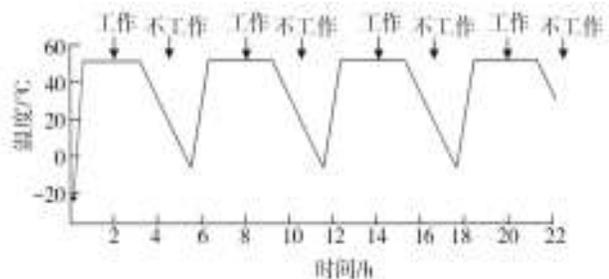


图4 温度变化剖面

Fig. 4 Environmental profile of temperature change

## 2.3 确定试验剖面

### 2.3.1 试验项目

高温、高湿是影响东南沿海地区地面雷达最主要的环境因素,低温和快速温度变化是影响东北地区地

面雷达最主要的环境因素。为了验证雷达(发射模块)在我国东南沿海和东北地区典型环境条件下的适应性,评定雷达(发射模块)在可能遇到的典型环境中的极限条件下能否满足工作要求,根据高温、高湿、低温和温度变化对发射模块作用方式与影响机理的不同,结合雷达工作的特点,试验项目确定为单因素的环境试验类别更适合地面雷达使用特点和设计要求,符合地面雷达寿命期使用阶段的任务剖面和环境剖面要求,便于试验数据分析。试验项目要根据地域的不同而有不同的选择,东南沿海地区为高温工作、湿热工作(高温段加电工作)2项单因素试验项目,东北地区为低温工作和快速温度变化工作(升温和高温段加电工作)2个单因素试验项目。

### 2.3.2 试验参数

试验参数主要是指环境试验中施加到受试设备上的应力量值。环境应力对受试产品的影响往往与作用时间有关,应力的作用时间决定了试验条件的严酷程度。根据环境剖面、雷达的工作特点和地域的气候环境因素变化之间的关系,试验参数采用以下方法进行剪裁和确定<sup>[1]</sup>。

1) 高温工作分成50, 55, 60 °C 3个温度段,每一个温度段的试验时间均为12 h,相当于雷达日工作累积时间。

2) 低温工作分成-20, -30, -40 °C 3个温度段。根据雷达研制设计总要求,-40 °C是雷达的最低工作温度,-40 °C低温工作试验时间累积为4 h,相当于一个日低温阶段工作周期时间。-20, -30 °C是雷达在东北地区经常遇到的温度,工作时间均确定为雷达日工作累积时间为12 h。

3) 快速温度变化的低温以东北地区月平均温度中间值-20 °C为起点,高温以雷达工作后发射模块达到温度稳定后的最高点为终点,升、降温温度变化速率采用5 °C/min(均值)。

4) 湿热试验采用交变循环试验。雷达预热和停机时,工作舱内最低温度通常不低于35 °C,在低温段温度规定为35 °C,相对湿度以大气环境最大相对湿度为最高限,规定为90%~95%,时间保持2 h;雷达工作后温度逐渐上升,工作舱内温度可达50 °C以上,在高温段温度规定为55 °C,相对湿度以潮湿天气的大气平均相对湿度作对照,规定为90%~90%,时间保持4 h。根据强迫风冷却的能力和工

作特点,由低温升至高温的时间规定为2.5 h,由高温降至低温的时间规定为4 h。

高温工作、低温工作12 h的试验时间符合地面雷达组件技术规范,与地面雷达组件温度拉练时间相同。湿热试验、快速温度变化试验各阶段试验时间与实际状态基本一致。

## 2.4 试验验证

以地面雷达发射模块作为试验样品,采用上述的试验剖面进行试验验证。试验样品数量为2块,其中一块采用东南沿海地域的试验条件,即高温和湿热试验,另一块采用东北地域的试验条件,即低温和快速温度变化试验。

试验过程中测试发射模块在额定输出功率条件下的输入功率,通过输入功率值的变化来评定发射模块工作状态的稳定性。在样品工作稳定后,通过测量输出功率来评定雷达发射模块的工作性能下降情况。

试验结果表明,地面雷达发射模块在上述4种试验剖面下的性能下降明显,证明了针对东南沿海和东北地区所选取的试验剖面和试验方法,可以作为部署在这2个典型地域的地面雷达装备环境适应性的有效验证手段。

## 3 结语

环境适应性是雷达装备的重要质量特性之一<sup>[2]</sup>。科学合理的环境适应性设计直接影响着雷达装备寿命期内的作战效能。实验室环境试验是验证适应性设计的重要手段,进行合理的实验室环境试验设计,需针对雷达装备的寿命期特性、任务特点和任务环境剖面进行深入分析。对于地面固定式雷达,一旦确定了其部署的地域,即可按照当地的环境特点进行环境试验设计,不必要完全按照最严酷条件进行验证,既保证了雷达对不同地域环境的适应性,又可保证雷达装备的军事经济价值。

### 参考文献:

- [1] GJB 150—1986, 军用设备环境试验方法[S].
- [2] GJB 74A—1998, 军用地面雷达通用规范[S].