

卫星导航接收机高低温工作环境试验与评定方法研究

庄春华¹, 张益青¹, 谢静², 王迪¹

(1. 北京环球信息应用开发中心, 北京 100094; 2. 空军指挥学院, 北京 100089)

摘要: 为了完善适用于实验室的卫星导航接收机高低温环境适应性测试与评定方法, 提出了实验室条件下模拟接收机实际工作状态的适应性测试条件、评估方法和标准流程。该方法能够获得接收机预期使用情况, 剔除产品早期故障, 弥补了现有卫星导航接收机环境试验及评定方法的不足, 提高了设备检测的可靠性。

关键词: 卫星导航接收机; 高低温工作; 可靠性

中图分类号: V416.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)01-0004-04

Research on High Low Temperature Environmental Test and Evaluation Methods for Satellite Navigation Receiver

ZHUANG Chun-hua¹, ZHANG Yi-qing¹, XIE Jing², WANG Di¹

(1. Beijing Application and Development Center of Round-the-world Information, Beijing 100094, China;

2. Air Force Command College, Beijing 100089, China)

Abstract: In order to improve high low temperature environmental test and evaluation methods of satellite navigation receiver in laboratory, the environmental test and evaluation methods for simulating the actual work state were put forward. The method can obtain the expected usage and eliminate the early failure of product. It covers the shortage of satellite navigation receiver environmental test and evaluation methods and improves the reliability of test equipment.

Key words: satellite navigation receiver; high low temperature work; reliability

随着科学技术水平的发展和人们对设备需求的不断提高, 追求设备最大效能和最佳消费比是当代质量工作的核心内容。设备效能是设备可用性、可靠性和固有能力的综合反映, 最佳的效费比能更好地使设备形成战斗力。环境试验作为检验各种条件下设备适用性、剔除设备早期故障、提高产品使用可靠性的一种手段, 广泛应用于产品研制、生产和使用

阶段^[1]。

卫星导航接收机具有定位、导航、授时、通信等功能, 是大系统提供服务的载体, 是现代化信息战中不可缺少的装备, 其设备可靠性直接影响到用户的使用。提高接收机的可靠性, 就需要对其进行客观准确的环境试验, 及时发现接收机存在的问题, 将问题消灭在设备使用前。

收稿日期: 2012-08-26

作者简介: 庄春华(1979—), 女, 吉林九台人, 博士, 工程师, 主要研究方向为卫星导航设备计量检测。

高低温工作是环境试验最重要的项目之一,在每次设备研制后、定性和使用前都要求通过该项试验。主要试验依据是GJB 150.18—86《军用设备环境试验方法总则》^[2]和GJB 367.2—87《军用通信设备通用技术条件环境试验方法》^[3]等。虽然这些早期标准对卫星导航接收机高低温工作环境试验有一定的指导,但都没有给出具体的试验和评定方法。为此,经过反复的实践与使用信息的积累、总结,提出了以卫星导航接收机使用寿命期内最可能遇到的环境条件为出发点,得出预期使用情况,并剔除产品早期故障的高低温工作试验评定方法。此方法在统一卫星导航接收机环境试验和评定方法、提高设备效能上,具有十分重要和深远的意义。

1 现有标准高低温工作环境试验方法

GJB 150.1—86和GJB 367.2—87对设备高低温工作环境试验规定,样品应按要求放置在试验箱内,然后升温到试验样品最高或最低工作环境温度,并保持不变,直至达到温度稳定。启动工作并进行中间检测,直至试验样品达到温度稳定或有关标准、技术文件规定的工作时间,检测项目、要求、合格判据由有关标准或技术文件规定。这些标准对卫星导航接收机高低温工作试验有一定的指导作用,但过于笼统、简单,只是一个大致的试验方法。因此,在每批次卫星导航接收机研制后、定型和使用前进行高低温工作试验的条件规定都不一样,没有一个合适的参考标准,并且规定的评判方法不能确定问题产生的本质原因^[4-6]。

为搜集设备的使用情况(特别是在温度极低地点),文中总结了高低温试验的成果,进一步明确了试验评定方法。2011年3月在黑龙江地区(高纬度,高寒地区)对卫星导航接收机处于接近实战或实际使用的条件下进行试验,检验被试装备的可用性、可靠性、保障性、安全性、运输性、生存性等技术和战术水平。该试验地区年平均气温-40℃,3月份夜间最低温度可达-27.9℃。通过试验,设备存在的主要问题见表1。

从以上信息可以得出,以往采用的试验和评定方法不能完全准确地反映使用情况,剔除产品的潜在故障。

表1 卫星导航接收机试验存在问题

Table 1 Existing problems of satellite navigation receiver found in test

厂家	存在的问题
1	无调阅定位信息功能,无法设置连续定位频度。
2	电池不合格,天线连接线损坏,卡槽断裂,不能读卡,无法试验。
3	主机不读卡,天线损坏,未测试。
4	电池不合格,最后一次低温测试主机冻坏。
5	低温下,触摸屏不好使,行进中定位成功率较低。
6	GPS信号弱,触屏不好使,寒冷条件下需连通交流电才能开机。
7	定位误差很大。
8	需要多次操作才能定位,充电不可关机,低温条件下触摸屏反应迟钝。
9	不能锁定信号,建议中断。

注:试验地点为漠河。

2 理论分析

高低温工作环境试验是验证设备在实战或使用条件下的适应性并剔除设备潜在故障的有效手段。因此,设计的试验和评定方法要能检验到设备每个模块、芯片在高低温条件下的工作状态,这对设备性能与可靠性提升、设备质量保障十分重要。

2.1 工作温度确定

确定高低温工作温度需考虑两个因素:设备寿命期内可能遇到的极限气候条件;在现有科技条件下设备硬件各模块、芯片可承受的极限温度。气候类型主要有5个:基本、热、冷、严冷、沿海海洋。我国大部分地区属于冷、基本和沿海\海洋气候,最低温度在-40℃左右,最高温度在44℃左右。目前组成卫星导航接收机的核心模块多数是国内自主研发,可承受的极限工作温度在-40~65℃。综合以上因素,为了既能达到试验目的,又不使设备遭受破坏,可确定高低温工作环境试验温度为-40~55℃^[7]。

2.2 试验方法设计

卫星导航接收机是大系统服务的载体,可捕获、跟踪卫星信号,并完成实时信息解算和显示。作为一种特殊的通信设备,高低温工作试验可设计

两种方式:无线条件和有线条件。前者是将接收机整机、配件和外置发射天线放入高低温箱内,启动温箱升温或降温到指定工作温度,保持1 h,然后利用卫星导航接收机测试系统控制信号源通过发射天线连续播发某模拟场景下某频点的卫星信号,接收机通过本机天线接收该信号,通过串口上报相关数据,利用测试评估软件完成对接收机的评定。后者将信号源播发的信号通过外置的低噪放模块与接收机有线测试口直接相连来进行收发。连接方式如图1所示。

两种方式各有利弊。无线试验条件是对整机的测试,但由于卫星信号在高低温箱内受多径效应影响,信号不够稳定,需提高信号功率,大约在5 dB左右,且捕获、跟踪信号的效果受接收机与外置天线相对位置和角度的影响很大。有线条件下,卫星信号没有多径效应等因素的影响,信号非常稳定,测试结果能准确反映设备的工作情况,但这种方式的缺点在于它并不是设备实际工作方式;在整个试验过程中,信号的滤波、放大、去噪等是通过外置的低噪放模块完成的,没有通过本机的天线部分,所以不能达

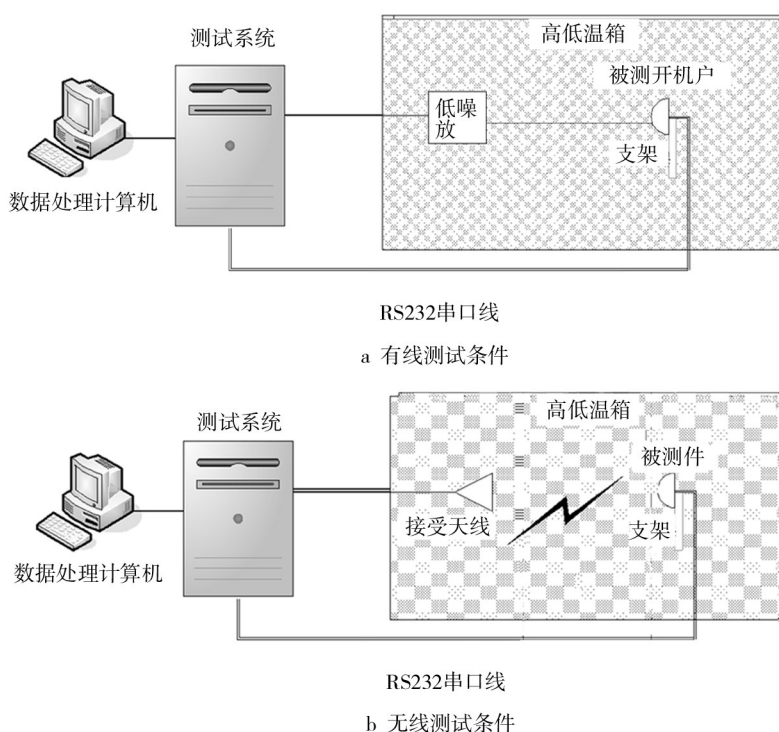


图1 连接方式

Fig. 1 Connection mode

到对整机测试的目的。

综上所述,卫星导航接收机高低温工作环境试验中应采取有线加无线的方式来保证试验的准确性、公平性和完整性。

2.3 合格性判定方法

对于卫星导航接收机来说,评定它性能和功能的指标有十余项。在高低温工作环境试验中用什么来评定设备是否合格,既能准确判定设备在高低温下的工作状态,又能排除算法的影响从而找到故障的本质原因,是非常重要的一个课题。

接收机接收到信号源发播的射频信号,经过滤波、去噪、放大、变频、模数转换、解扩、解调后为某模块提供时钟信息,然后某模块产生码源给基带芯片,完成对信号的捕获、跟踪等,并由DSP来解算定位和测速,最终由ARM将解算后的数据上报并显示。虽然定位精度能够反映整机在高低温下的工作状态,但不能作为排查故障原因的依据。

为了达到环境试验的目的,在测试定位精度的同时还应检测误码率,即解算导航电文的正确程度,它只需要C码,无需借助前文提及的某模块。在高低温工作试验中误码率达到指标要求,而定位数据

不上报或精度不达标的话,问题即锁定在了某模块和DSP模块上。

如果误码率不能满足指标要求,则很容易在天线、低噪放、射频、A/D、基带中排查问题。天线是无源设备,不受温度的影响;A/D是非常成熟的芯片;低噪放可通过有线和无线的试验方式来检验,所以问题锁定在射频和基带模块上。

3 试验验证

根据以上提出的高低温工作环境试验和评定方法,对3种类型、不同厂家的4台接收机进行试验,评估结果见表2、表3。

表2 卫星导航接收机高温工作环境试验结果

Table 2 Results of satellite navigation receiver high temperature working environmental test

厂家	试验方式	高温定位精度			故障分析
		水平	垂直	误码率	
1	有线	8.976	1.366	合格	某模块没有加注
	无线	9.009	1.369	合格	
2	有线	1.499	8.834	合格	
	无线	无数据	无数据	合格	
3	有线	2.682	0.559	合格	
	无线	2.673	0.579	合格	
4	有线	2.736	3.349	合格	
	无线	5.516	3.479	合格	

表3 卫星导航接收机低温工作环境试验结果

Table 3 Results of satellite navigation receiver low temperature working environmental test

厂家	试验方式	低温定位精度			故障分析
		水平	垂直	误码率	
1	有线	8.980	1.390	合格	低噪放问题
	无线	8.982	1.346	合格	
2	有线	1.553	8.566	合格	
	无线	无数据	无数据	合格	
3	有线	2.680	0.579	合格	
	无线	无数据	无数据	合格	
4	有线	无数据	无数据	不合格	
	无线	2.399	3.472	合格	

通过试验验证了高低温工作环境试验两种工作方式的可行性,确定工作温度和评定方法能够满足环境测试的目的。

4 试验方法标准化

通过理论分析和试验验证,确定了卫星导航接收机高低温工作环境试验方法。

4.1 试验目的和条件

目的:确定接收机在高低温条件下的工作适应性,剔除产品早期故障,提高设备可靠性。

条件:高温工作温度为55℃;低温工作温度为-40℃。

4.2 试验程序

- 1) 将试验样品按要求放置在高低温箱内,并按照图2有线连接方式连接,使设备处于开机状态;
- 2) 将温度箱升温或降温到工作温度,并保持1h;
- 3) 通过测试系统控制信号源,通过发射天线连续播发某模拟场景下某频点的卫星信号;
- 4) 利用评估软件对接收机进行评估;
- 5) 将温度箱调回到常温,并保持1h;
- 6) 按照图1b无线连接方式连接,并使设备处于开机状态;
- 7) 重复步骤2,3,4,5。

4.3 评定方法

试验过程中,若显示屏、线缆、触摸屏和按键操作正常,且定位精度和误码率满足指标要求,则判定高低温工作试验合格。

5 结论

在通用设备高低温试验方法的基础上,以接收机使用寿命期内最可能遇到的环境条件为出发点,在确保卫星导航接收机结构、附件完整,微波信号正常接收、发射的前提下,通过理论分析和试验验证,探索出了实验室条件下模拟实际工作状态的设备适应性测试条件、程序和评估方法,达到了获得

(下转第44页)

的试验采用中性盐雾作用4 d,酸性盐雾作用3 d,内陆地区盐雾作用时间可适当减少。

3.5 老化参数测量

腐蚀加速试验进行中,应对试验件防护涂层老化参数进行测量,主要测量涂层失光、变色、粉化、起泡、开裂、剥落、基体腐蚀等老化情况。在试验初中期可以定量测量试验件涂层光泽度变化情况,试验中后期定量测量试验件涂层的色差变化和粉化情况,试验后期定性测量涂层起泡、开裂、剥落等老化现象。当试验件出现基体腐蚀(钢结构出现较多红锈,铝合金结构出现较多鼓包,复合材料结构出现外露等)情况,试验件防护涂层基本失效,即达到飞机防护体系的使用期限。

试验件老化参数测量,一方面将记录试验件涂层老化情况,对比涂层的优劣;另一方面,涂层老化参数的变化情况将作为评判加速试验谱当量关系的重要依据。根据相同或相似飞机实际使用中防护体系老化参数随使用年限变化的情况,对比加速试验中防护涂层老化参数随试验周期的变化,对加速试验谱的当量关系进行调整。

4 结论

1) 民用飞机防护体系的使用期限决定了飞机日历寿命的首翻期。

2) 影响民用飞机防护体系的因素有紫外线照射、湿热环境、低温交变应力、空气污染物和盐雾等,涂层失效经历光降解和热降解老化、水\氧和离子(Cl^- , SO_4^{2-})渗透、涂层下金属电化学反应3个阶段。

3) 民用飞机防护体系腐蚀加速试验谱主要包括湿热环境试验、紫外线照射试验、低温疲劳试验、盐雾试验。

参考文献:

- [1] 马艳秋. 材料自然老化手册[M]. 北京:中国石油出版社, 2004.
- [2] 曹楚南. 中国材料自然环境腐蚀[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.
- [3] 刘文琰. 飞机结构腐蚀部位涂层加速试验环境谱研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2002, 28(1): 109—112.
- [4] 张栋. 确定飞机日历寿命的当量环境谱研究[J]. 航空学报, 2000, 21(2): 128—133.
- [5] 宋恩鹏. 飞机内部腐蚀关键部位加速试验环境谱研究[J]. 航空学报, 2006, 27(4): 646—649.

(上接第7页)

接收机预期使用情况、剔除产品早期故障的目标。在完善卫星导航接收机环境试验评定方法、提高设备可靠性、形成战斗力等方面,具有十分重要和深远的意义。

参考文献:

- [1] 朱喜, 苟艳妮. 某型机载电子设备环境应力筛选[J]. 可靠性与环境试验技术及评价, 2009, 27(4): 15—18.
- [2] GJB 150.3—86, 军用设备高温工作试验方法[S].

- [3] GJB 367.2—87, 军用通信设备通用技术条件环境试验方法[S].
- [4] 白康明, 林震. 机载电子设备环境应力筛选[J]. 航空制造技术, 2008, 26(2): 42—45.
- [5] 李廷永, 唐翔宇. 高温箱内空气循环对自冷设备高低温环境试验影响与对策[J]. 电子质量, 2009(5): 65—67.
- [6] 宁培一. 手机安全测试中的温升要求及试验简介[J]. 中国无线电, 2010(5): 78.
- [7] 李根成. 环境应力筛选与应力激发试验[J]. 装备环境工程, 2005, 2(4): 23—27.