

从某正样机的鉴定试验谈可靠性试验设计

杨喜存, 单军勇

(西安电子工程研究所, 西安 710100)

摘要: 介绍了在正样机定型质量控制过程中, 强化鉴定试验可靠性设计方法研究。从编制鉴定试验大纲、方案评审、试验程序控制、试验数据分析、试验过程组织和技术能力提高等关键环节入手。确定正样机置信水平, 得出正样机功能及主要性能满足战术技术指标要求。

关键词: 可靠性试验; 正样机; 可靠性鉴定试验; 环境试验; 静态测试试验; 动态测试试验; 试验分析; 质量评价

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.01.018

中图分类号: TJ01; TS206 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)01-0093-04

Reliability Test Design Based on Reliability Qualification Test of a Main Sample Machine

YANG Xi-cun, SHAN Jun-yong

(Xi' an Institute of Electronic Engineering, Xi' an 710100, China)

ABSTRACT: The article introduced the strengthening of qualification test reliability qualification test study during the quality control of main sample machine, and defined the confidence level of main sample machine from the key links such as plaiting and appraising experiment leading principles, examining and appraising scheme, test procedure control, test data analysis, process organization as well as improvement of skill and ability. It was concluded that the function and main capability of the main sample machine met the tactical and technical requirements.

KEY WORDS: reliability test; main sample machine; reliability qualification test; environmental test; static state test; movement test; test analysis; quality appraisal

1 可靠性试验

可靠性是指产品或系统在其寿命周期条件内, 在指定的时间段内执行预期功能(没有故障并在指定的性能范围内)的能力^[1]。可靠性试验按有关标准

分为两大类: 环境应力筛选试验和可靠性增长试验、可靠性鉴定试验和可靠性验收试验。按 GJB 450 标准的分类, 可靠性试验可分为工程试验与统计试验两大类。环境应力筛选试验和可靠性增长试验属于工程试验类; 可靠性鉴定试验和可靠性验收试验属于统计试验类。可靠性鉴定试验是为确定产品可靠

收稿日期: 2014-08-31; 修订日期: 2015-01-07

Received: 2014-08-31; Revised: 2015-01-07

作者简介: 杨喜存(1964—), 男, 陕西岐山人, 工程师, 主要研究方向为可靠性与环境试验。

Biography: YANG Xi-cun(1964—), Male, from Qishan, Shaanxi, Engineer, Research focus: reliability and environmental tests.

性特征量是否达到所要求的水平而在规定条件下所做的试验^[2]。可靠性鉴定试验的目的是为了验证产品的可靠性,可靠性鉴定试验一般用于产品(系统和设备)的定型。我国 GJB 899《可靠性鉴定和验收试验》规定了系统和设备进行可靠性鉴定试验的要求,并提供了有关的方案和方法。

某正样机是依据该项目研制任务书进行研制出的样机,集战场侦察、炸点探测、询问应答和定位授时等功能于一体的多功能电子设备。为了定型,需对该产品进行可靠性鉴定试验,通过对试验数据分析,确定产品可靠性特征量是否达到所要求的水平。

2 正样机鉴定试验设计

2.1 编制《某正样机可靠性鉴定试验大纲》

编制《某正样机可靠性鉴定试验大纲》应考虑如下因素:对以往可靠性信息的收集、分析和了解的程度;依赖可靠性试验而能获得可靠性保证的可靠性;可靠性试验的费用;可靠性设备的可用性;可开发利用的人力和时间;试验样品的代表性;可靠性预计的结果;环境试验、性能试验是否合格。

2.2 制订可靠性试验计划

根据产品可靠性大纲的要求,制订可靠性试验计划。它包括下述内容:试验的对象及其内容;试验的目的和进度;试验时应具备的条件;决定试验场所;设置评审点;其他项目(故障判据及试验报告等要求)。

2.3 规定试验程序

试验程序应包括的内容:受试产品组成单元清单的简要说明,拟安排试验的单元清单及最近的状态(包括获准的更改、偏离、超差的文件资料和预处理结果);适用的试验设备和监控设备,包括其制造厂家、型号及设备 and 夹具调试结果说明;以图表形式对试验开始前温度测定要求的说明,对建立监控和温度稳定的说明;结合综合环境试验条件,实施升温、降温、加湿、加振、通风冷却的保证要求和方式;受试产品所允许的调整和正常检查程序;要测量的性能参数,测量频率,要使用的方法和测量性能参数时的环境条件;试验进行期间的预防性维修措施(这种维修应限制在产品规范所允许的维修范围及次数之内);故障判据列出用于确定故障是否发生的性能

参数的极限值以及非关联故障类型;试验期间要记录的数据,所要使用的报告格式或试验日志的格式;试验要使用的计算机软件说明;试验组织机构图、值班安排及试验监督和管理说明。

2.4 进行全面的可靠性试验和环境试验

为了发现和分析正样机在不同环境和应力条件下的失效规律及失效机理,暴露正样机制造过程的质量隐患和工艺缺陷,保障正样机的制造质量,在正样机制造过程中通常要进行可靠性试验(包括,环境试验、寿命试验、筛选试验、现场使用试验和鉴定试验等)和环境应力筛选试验(包括,振动冲击、温度冲击、湿热等)等。根据正样机可靠性试验和环境试验形成的主要文件和记录,对外协配套单位提出要求,并作为其制定应力试验大纲的依据。

可靠性试验和环境试验应遵循以下原则:

- 1) 可靠性试验和环境试验应该在正样机设计指标范围内进行,不能超过正样机的设计极限;
- 2) 对于印制板(或单元件)、分系统、正样机应尽可能 100% 加以筛选,尽快地暴露各种缺陷并加以解决;
- 3) 在连续通电老化试验中,应该尽量完全模仿正样机实际的工作环境条件进行。

3 正样鉴定试验

3.1 试验内容

某正样机鉴定试验分别在室内和试验基地进行。按照《某正样机可靠性鉴定试验大纲》,进行静态测试、动态测试、环境试验等试验。

3.1.1 静态测试试验

静态测试试验主要在西安电子工程研究所进行,部分总装后无法进行的测试项目采用了总装前分机的交验数据。如天线方向图、增益等,部分孤立的测试内容也继承了分系统交验数据。试验中所有测试结果全部满足指标要求。

3.1.2 动态测试试验

动态试验在外场某试验基地进行,试验进行了作用距离试验、测量精度试验、分辨力试验、跟踪能力试验等。其中正样机威力试验时,利用卡车代替中型坦克,取某一距离范围作为通透区,进行试验。

敌我识别最大作用距离试验在外场某试验基地

某距离完成。试验数据表明该正样设备可和模拟设备以100%的识别概率完成询问、应答功能。

炸点威力试验时,由于场地限制,采用某型号榴弹在距雷达某距离处进行静爆,可100%发现,根据试验数据信噪比分析,可满足某距离的探测威力。精度试验是利用某公里左右的固定地物进行波束测角精度和测距精度试验,试验结果表明正样机测角测距精度满足要求。

分辨力是在某公里处,两个人在横向和纵向分别距一定的距离移动进行试验,试验结果表明满足指标要求。跟踪能力试验是利用地面大量活动目标

进行试验,试验结果表明正样机可进行10批以上目标跟踪,但跟踪过程不稳定,算法还需进一步完善。

3.1.3 环境适应性试验

环境适应性试验分2段完成,分别进行了高温试验、低温试验、振动试验、冲击试验、湿热试验和淋雨试验。所有试验均在西安电子工程研究所可靠性与环境试验中心进行。试验严格按鉴定试验大纲进行,验证了正样机的环境适应性指标满足要求。

3.2 试验顺序及试验条件

正样机鉴定试验的顺序及条件见表1。

表1 正样机鉴定试验顺序及试验条件

Table 1 Appraisal test order and test condition of the main sample machine

序号	试验顺序	试验条件
1	常规测试	《某正样机可靠性鉴定试验大纲》
2	常温12小时连续工作	《某正样机可靠性鉴定试验大纲》
3	低温工作/℃	-40
4	低温储存/℃	-55
5	高温工作/℃	+50
6	高温储存/℃	+70
7	湿热试验	GJB 74A—98
8	冲击试验	GJB 150.18A—2009《军用设备环境试验方法 冲击试验》
9	振动试验	GJB 150.18A—2009《军用设备环境试验方法 振动试验》
10	淋雨试验	GJB 150.18A—2009《军用设备环境试验方法 淋雨试验》
11	探测范围试验	《某正样机可靠性鉴定试验大纲》
12	测量性能试验	《某正样机可靠性鉴定试验大纲》
13	询问和应答距离	《某正样机可靠性鉴定试验大纲》

4 正样机鉴定试验分析

在整个联调、鉴定试验中,质量和可靠性较好,工作比较稳定,但也出现过一些故障,故障分析和处理情况见表2。

5 对正样机质量的评价

正样机的主要战术技术指标达到了设计要求。技术状态比较稳定,图纸资料齐套,标准化程度较高,有成熟的生产工艺,可以指导生产,外协配套单位均在有效合格供方名录内,外协配套设备及器材的供货渠道有保障。因此,该设备正样机已具备出所质量评审的条件。正样机主要战术指标符合情况见表3。

6 结论

通过上述论述,可以得到以下结论。

1) 依据有关标准,科学合理地编制《某正样机可靠性鉴定试验大纲》。制订可靠性试验计划,规定试验程序,进行全面的可靠性试验和环境试验,无疑将使产品的可靠性以相当高的置信度得到保障。

2) 试验验证手段。按照计划参加性能试验、环境试验、分机和整机综合应力筛选试验、可靠性鉴定试验,分析、论证产品设计和制造过程中的可靠性工作情况,确定样机是否达到规定的要求。同时对不符合规定和不合理的问题进行反馈、改进和归零。

3) 通过对鉴定试验结果分析,经出所检验和正样试验验证正样机在连续工作时间、环境适应性等使用性能方面满足研制任务书规定的战术技术指标

表2 正样机鉴定试验过程中主要故障与分析表

Table 2 Main errors during the main sample machine appraisal test and analysis table

序号	故障现象	原因分析	纠正措施	验证结果	问题分类
1	低温试验工作时,微波电源打开后(未开发射机),终端界面在长脉冲覆盖的作用距离段未报出任何信号。	数字处理系统采集接收机送出的信号,处理后上报至显示终端。在低温环境下长脉冲覆盖的作用距离段也应出现虚警,因而可排除接收机不正常的原因。因此,问题定位于数字处理系统,由于长脉冲检测的距离段没有出现虚警,问题可定位到DSP读取存放短脉冲压缩结果DPRAM的时序部分,经仔细检查,发现DSP1芯片存在虚焊问题。	重新焊接DSP芯片。	经在低温工作环境验证,目标检测正常,终端显示界面无虚警点。	工艺
2	数字处理系统与敌我识别处理板通过通信时,数字处理系统发送数据时,敌我识别处理板能正常接收数据;但敌我识别发送数据时,数字处理系统不能正常接收数据。	可能的原因主要有两方面:(1)FPGA中的核的配置;(2)差分对的电平标准。在FPGA中IP核的配置相同的情况下,用示波器测量发现敌我识别处理板发送端的电平存在900mV左右的直流分量。通过查阅Xilinx FPGA器件手册,发现Rocket IO通信时,差分串口的接收端需设计隔直电容(容值根据实际情况而定)。	敌我识别处理板在其Rocket IO串口的发送端添加了一个容值为0.1μF的电容。	经正样充分验证,改进措施有效。	工艺
3	探测动目标时,显示屏幕上报过多的非活动目标点迹。	经使用外部采样设备对目标回波进行采集分析后,发现在地物在非零多普勒通道出现,据此推断设备本振信号存在杂散。	增加滤波模块。	经外场验证,屏幕上已不存在把地物作为活动目标的点迹。	设计

表3 正样机主要战术指标符合情况表

Table 3 Coincidence of main sample machine with primary army targets

序号	主要战术技术指标及使用要求			试验结果
1	基本功能	探测战场活动目标		正常
		测量火炮炸点位置坐标		正常
		集成敌我识别询问与应答功能		正常
		目标威胁等级判断		正常
2		侦察工作频段		满足
3		敌我识别性能		达到
4	雷达探测性能	测量精度		达到
		分辨力		达到
5		多目标跟踪能力		满足
6		录取方式		满足
7		重量及尺寸		达到
8		连续工作时间		达到
9		隐身及涂覆		满足
10		电源及系统功耗		满足
11	环境适应性	工作温度: -40 ~ 50 ℃		正常
		储存温度: -55 ~ 70 ℃		正常
		振动: 应符合 GJB 150.16A—2009《军用设备环境试验方法 振动试验》的有关要求		正常
		冲击: 应符合 GJB 150.18A—2009《军用设备环境试验方法 冲击试验》的有关要求		正常
		淋雨: 应符合 GJB 150.8A—2009《军用设备环境试验方法 淋雨试验》的有关要求		正常
		湿热: 满足鉴定试验大纲的相关要求		正常
		沙尘: 应符合 GJB 150.12A—2009《军用设备环境试验方法 沙尘试验》的有关要求		正常

(下转第 101 页)

- [10] 付桂翠,王香芬,姜同敏. 高可靠性航空电子设备热分析中的有限体积法[J]. 北京航空航天大学学报, 2006, 32(6): 716—720.
FU Gui-cui, WANG Xiang-fen, JIANG Tong-min. Finite Volume Method in Thermal Analysis of Avionics[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2006, 32(6): 716—720.
- [11] 赵悼受. 电子设备热设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
ZHAO Dun-shu. Thermal Design of Electronic Equipment

[M]. Peking: Electronic Industry Press, 2009.

- [12] GJB/Z 27—92, 电子设备可靠性热设计手册[S].
GJB/Z 27—92, Electronic Equipment Reliability Thermal Design Guide[S].
- [13] 刘家磊,蔡琦,张杨伟,等. 稳压器在船用核反应堆舱室散热的模拟研究[J]. 四川兵工学报, 2013(11): 48—51.
LIU Jia-lei, CAI Qi, ZHANG Yang-wei, et al. Simulation of Heat Transfer of Pressurizer in Ship Nuclear Power Plant Cabin[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2013(11): 48—51.

(上接第96页)

及使用要求。

综上所述,正样机功能及主要性能满足战术技术指标要求。

参考文献:

- [1] MICHAEL G P, KAILASH C K. 可靠性工程基础[M]. 康锐,张叔农,译. 北京: 电子工业出版社, 2011.
MICHAEL G P, KAILASH C K. Reliability Engineering Foundation[M]. KANG Rui, ZHANG Shu-nong, Translate. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011.

- [2] 中国兵器工业集团公司. 质量检验人员培训教材光电[M]. 北京, 国防工业出版社, 2007.

Norinco Groups. Quality Examine Staff Teaching Material (Light and Electricity) [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2007.

- [3] GJB 74A—1998, 军用地面雷达通用规范[S].
GJB 74A—1998, Military Ground Radar Common Criterion [S].
- [4] GJB 899—90, 可靠性鉴定和验收试验[S].
GJB 899—90, Reliability Qualification and Acceptance Test [S].

(上接第86页)

netic Compatibility Technology[J]. Ship Science and Technology, 2008, 30(4): 89—92.

- [9] 达拉基米尔. 系统级电磁兼容分析的离散技术及应用综述[J]. 宇航计测技术, 2007(21): 39—44.

MORDACHEV V. Discrete Technology of Electromagnetic Compatibility Analysis at the System Level and Applications Overview[J]. Journal of Astronautic Metrology and Measurement, 2007(21): 39—44.

- [10] 秦森,杨澄清,赵家升,等. 接收机电磁兼容效能评估模型研究[C]// 2007年全国微波毫米波会议论文集. 2007: 1506—1562.

QIN Miao, YANG Xian-qing, ZHAO Jia-sheng, et al. Research on the Electromagnetic Compatibility Problem of Receiver[C]// Proceedings of the 2007 microwave & millimeter wave convention. 2007: 1506—1562.

- [11] 陈鸿. 系统间电磁兼容性预测分析与仿真[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.

CHEN Hong. Analysis and Simulation of Intersystem Electromagnetic Compatibility Prediction[D]. Chengdu: University of electronic science and technology, 2006

- [12] DAVID M Pozar. 微波工程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.

DAVID M Pozar. Microwave Engineering[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2010.

- [13] 贾传钊. 通信系统间电磁兼容性预测分析技术[D]. 成都:

电子科技大学. 2009.

JIA Chuan-zhao. Intersystem Electromagnetic Compatibility Prediction and Analysis Technique about Communication [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology. 2009

- [14] 王海波. 系统间电磁兼容性预测分析软件的开发与研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.

WANG Hai-bo. Research and Development of Intersystem Electromagnetic Compatibility Prediction and Analysis[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2008.

- [15] 张建华,周晓辉,蒋鹏. 机载天线极化失配及方向性的分析计算[J]. 电波科学学报, 2007, 22(3): 497—501.

ZHANG Jian-hua, ZHOU Xiao-hui, JIANG Peng. Analysis of Polarization Mismatching and Radiation Pattern of Aircraft Antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2007, 22(3): 497—501.

- [16] 卢西义,应鲁曲,肖凯宁. 基于射频保护比实测数据的无线通信系统兼容性分析方法研究[C]// 2011年青年通信国际会议论文集. 2011: 39—42.

LU Xi-yi, YING Lu-qu, XIAO Kai-ning. Research on Compatibility Analysis Approach of Radio Communication Systems Based on measured radio Frequency Protection Ratio[C]// The 2011 International Conference of Youth Communication. 2011: 39—42.