

# 某机载站控制分系统温度循环试验凝露积水问题

杨喜存, 单军勇

(中国兵器工业第二〇六研究所, 西安 710100)

**摘要:** 电子产品在温度循环试验中未采取防凝露积水措施或方法不当,使试验箱体内的水分堆积在某机载站控制系统微电机驱动板上,导致驱动板上的模块A出现漏电和短路,试件性能异常,系统故障发生。通过对该控制分系统温度循环试验中失效模块A的分析,得出失效原因为试验中防凝露积水方法不当,可有针对性地对温度循环试验中防凝露积水进行改善。

**关键词:** 温度循环试验; 控制分系统; 模块; 凝露积水; 失效分析

**中图分类号:** V216.5      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2013)02-0093-03

## Solution to Waterproof Problem of Moisture Deposition in Temperature Cycle Test

YANG Xi-cun, SHAN Jun-yong

(No. 206 Institute of China Ordnance Industry, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** If anti-waterlogging measures of ordnance electronic products are not taken in temperature cycle test, or if it is taken improperly, water vapor of test box will condense on the components of the subsystem. Thus, the components will have a leakage of electricity and abnormal performance, which will make the whole system failure. The failure components in the subsystem temperature shock test were analyzed. The causes of failure anti-condensation measures were put forward. A solution to the protection measures of anti-condensation in the temperature shock test was provided.

**Key words:** temperature cycle test; control subsystem; components; water logging; failure analysis

军工电子产品在研制或生产过程中,都要对部件、分系统或整机进行温度循环应力筛选试验,试验目的是检验它们在GJB 150规定的温度循环应力筛选试验条件下工作的性能,暴露设计、工艺及生产调试中的缺陷<sup>[1]</sup>,以便及时发现问题、解决问题。绝大多数分系统内部的组件、模块是敞开的,即非密封,

若在试验中未采取防凝露积水措施或方法不当,试验箱内水汽凝露会堆积在线路板上,造成模块漏电、短路,很可能导致严重后果。文中对某机载站控制分系统温度循环试验中失效模块的失效原因进行了分析,通过失效现象的还原再现,找出了失效原因,给出了正确的解决方法和有效途径,最后列举了从

收稿日期: 2012-10-13

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工程。

根本上解决问题的通用法则。

## 1 某机载站试验问题

### 1.1 问题的提出

测试人员对某机载站控制分系统做温度循环试验时发现,在第一个循环的通电测试阶段,试验箱由低温(-55℃)升至-9℃左右时,天线座动作出现异常。当试验箱温度升至+60℃左右时,天线座动作恢复正常。连续3个循环中,在温度变化的相似阶段,出现了相同的问题。中断试验后,将试件拆开检查,发现异常是由试件控制系统的电机驱动板某模块A失效造成的,将该模块A从板上取下进行失效分析。该模块A未密封,试验时为防止试验箱内水汽凝露堆积到该模块上,采取了包裹的办法,即用一片塑料纸把模块A包裹起来,并用胶带封起。

### 1.2 失效分析

为了查出模块A失效的原因,采取了多种方法,进行了详细的检查。

1) 目视检查模块A,未发现与分系统故障现象关联的缺陷存在。

2) 模块A装入系统,室温下通电,天线座工作正常;分别在高温(+70℃)、低温(-55℃)通电测试,天线座工作正常。模块A在常温、高温和低温下的工作性能良好。

3) 为了说明实验室环境对模块A内部芯片性能不会造成影响,对模块A内部芯片进行密封性检查,结果均合格。因此判断外界水汽不会对组件A内部芯片性能产生影响。

4) 为了说明模块A内部不存在金属颗粒对系统造成短路影响,对模块A在振动状态下进行通电检测,功能及参数均正常。

5) 对模块A在微电机驱动板上的焊接安装工艺进行检查,未发现问题。

6) 对模块A进行温度循环试验(一个循环的条件试验),试验条件不变,温度由低温(-55℃)升至高温(+70℃),温度变化率为6℃/min。

(1)不采取密封防凝露积水的条件下,发现试验

箱温度升至-10℃左右时,模块A功能参数出现较大波动,同时观察到模块A表面有结霜现象<sup>[2]</sup>。模块A电性能参数不稳定的现象一直持续到温度升至+60℃结束,这时模块A上的结霜或积水已完全蒸发,模块A功能及参数均恢复正常。

(2)对模块A进行预处理,将模块A和一张无破损的塑料薄膜放入高低温试验箱,用+75℃或更高的温度对其进行烘干处理0.5h。将模块A内部和外部的水分彻底蒸发掉后,立即用这张塑料薄膜把模块A包裹严实,然后将采取密封措施后的模块A放入温度循环试验箱,进行一个循环的条件试验。通电测试后,电性能参数正常,没有出现(1)中的情况。

### 1.3 失效原因

由于环境实验室及试验箱内一般不采取控制空气湿度的措施,因此试验箱内湿度同外界自然环境中的空气湿度基本相同。在分系统温度循环试验中进行了防结霜、防结露保护,即用塑料薄膜把分系统包裹起来,这种措施有效防止了外部水汽进入分系统内部,使结露无法造成分系统故障。然而,模块A为非密封性结构,内有空腔,空腔本身就存在较多水汽,之前的措施虽有效防止了外部水汽进入模块A内部,但也阻止了内部水汽的排出,使模块A的腔体内水汽发生结露或结霜。

在温度循环试验中,随着温度不断降低,腔体内部分的水蒸气凝结在模块A表面上,形成水介质漏电通道,模块A表面漏电增加、参数变坏,导致分系统出现故障。随着温度进一步降低,凝结在模块A表面的水逐渐结霜或转化为冰,模块A表面漏电通道消失,分系统功能恢复正常。由低温到高温的温度循环过程中,随着温度不断上升,凝结在模块A表面的霜或冰在箱体温度升高和分系统内部发热的共同作用下逐渐融化成水,集结在模块A上,又形成水介质漏电通道,模块A漏电增加、参数变坏,导致分系统出现故障。随着温度进一步上升,凝结在模块A上的水不断蒸发变为水蒸气,器件表面漏电消失,参数又恢复正常。随着温度循环过程,分系统重复出现上述故障,原因就在于分系统模块A外面包裹有防止水汽进入内部的塑料薄膜,内部水汽在高温下也无法排出分系统<sup>[3]</sup>。

## 2 能力验证试验

先将模块 A 单独取出,按 1.2 节第 6)条(2)中的方法进行预处理后,将模块 A 按工艺要求装入电机驱动板,再将驱动板装入某机载站中,按试验大纲要求的试验条件进行试验,每个循环的通电测试结果均正常,机载站天线座运转符合试验要求。

## 3 结论

某机载站控制系统电机驱动板上的模块 A,在进行温度循环试验前,未采取一定的预处理措施与正确的防凝露积水方法,水的 3 种相态在温度变化的不同阶段相互转化,由气态或固态转化成液态的前后期间,电机驱动板上的模块 A 漏电增加,整个系统发生故障。

用密封塑料薄膜密封电机驱动板上的模块 A,是一种简单实用的方法。对有较大腔体的非密封性结构分系统进行温度循环试验前,从工艺上讲,最有效的办法是先采取高温预先烘干等措施,排出分系统模块 A 腔体中的水汽后再密封,以防止试验中模块 A 内部凝露积水造成损害。另外,根本上解决问题的通用法则是采取在试验箱内充满干燥空气的办法,减少箱体内部水汽,防止凝露结霜。试验箱本身的密封性能(包括测试孔和门窗的密封性)应保持良好是很重要的一个因素。

### 参考文献:

(上接第 33 页)

- [3] 黎火林,苏金然. 锂离子电池循环寿命预计模型的研究[J]. 电源技术,2008,1(4):242—246.
- [4] 黄可龙,吕正中,刘素琴. 锂离子电池容量损失原因分析[J]. 电池,2001,31(3):142—144.
- [5] ASAKURA Kaoru, SHIMOMURA Makoto, SHODATakahisa I. Study of Life Evaluation Methods for Li-ion Batteries for Backup Applications[J]. Journal of Power Sources, 2003, 119(121):902—905.
- [6] 冯静. 基于秩相关系数的加速贮存退化失效机理一致性检验[J]. 航空动力学报,2011,26(11):2440—2444.
- [7] HU J M, BARKER D, DASGUPSTA A. Role of Failure-mechanism Identification in Accelerated Testing [J].

- [1] GJB 150.1—86,军用设备环境试验方法[S].
- [2] 张祉佑,石秉三. 制冷及低温技术(上册)[M]. 北京:机械工业出版社,1981.
- [3] 杜利劳,李新. 环境模拟试验箱设计与控制技术[J]. 陕西环境,1999(1):9—11.

Journal of the IES, 1993, 26(4):39—45.

- [8] 中国电子技术标准化研究所. 可靠性试验用表[M]. 北京:国防工业出版社,1987.
- [9] 林逢春,王前程,陈云霞,等. 基于伪寿命的加速退化机理一致性边界检验[J]. 北京航空航天大学学报,2012,38(2):234—238.
- [10] BARTLETT M S. Properties of Sufficiency and Statistical Test[C]// Proceedings of the Royal Society, 1937.(余不详)
- [11] 吴贇,蒋新华,解晶莹. 锂离子电池循环寿命快速衰减的原因[J]. 电池,2009,39(4):206—207.
- [12] 解晶莹. 锂离子电池安全性研究及影响因素分析[D]. 上海:中国科学院上海微系统与信息技术研究所,2005:70—79.

(上接第 42 页)

升力多 20%左右,对展开时间影响显著;

3) 燃气缸直径越小,装药量越少,压力上升越快,折叠翼展开时间越短,如果要获得较长的展开时间,可以在燃气缸后部开卸压孔。

### 参考文献:

- [1] 赵育善,余旭东. 折叠翼展开过程仿真研究[J]. 弹箭与制导学报,1997,17(2):19—23.

- [2] 黄鋆,唐金兰. 燃气活塞式弹翼展开动力系统内弹道性能分析[J]. 弹箭与制导学报,2009,29(4):143—146.
- [3] 王焘,余旭东,马彩霞. 导弹折叠翼静力试验研究[J]. 弹箭与制导学报,1998,18(2):51—53.
- [4] 马彩霞,余旭东,王焘. 导弹折叠翼展开运动试验[J]. 弹箭与制导学报,1996,16(2):63—65.
- [5] 李莉,任茶仙,张铎. 折叠机构展开动力学仿真及优化[J]. 强度与环境,2007,34(1):17—21.
- [6] 李莉. 折叠翼展开性能仿真研究与试验[D]. 西安:西北工业大学,2005.