

低温环境试验条件恢复的防凝露问题

李颖¹, 杨喜存², 单军勇²

(1. 西南技术工程研究所, 重庆 400039; 2. 西安电子工程研究所, 西安 710100)

摘要: 综合分析了电子产品在做完低温环境试验后, 采取条件恢复方法进行恢复处理的利与弊, 重点分析了采用直接快速升温对产品进行恢复处理是导致试件凝露的主要原因, 通过论证试验提出了2种解决问题的方法, 通过验证试验证明, 这2种新的恢复方法科学合理、简单易行、效果良好。

关键词: 低温环境试验; 旧法; 烘干; 凝露; 原因分析; 新法

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.05.024

中图分类号: V216.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)05-0112-04

Prevention of Water Condensation during Condition Restoration Phase of Low-temperature Environmental Test

LI Ying¹, YANG Xi-cun², SHAN Jun-yong²

(1. Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China;

2. Xi'an Electronic Engineering Research Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Advantages and disadvantages of electronic product specimen treatment by condition restoration method after low-temperature environmental test were analyzed comprehensively. The main causes of water condensation on test-piece by direct and rapid temperature rise method were analyzed. Two methods were put forward to solve the problem. Verification test result showed that the methods are scientific, reasonable, simple, and effective.

Key words: low-temperature environmental test; old method; drying; condensation water; of cause analysis; new method

为了保证军工电子产品在高低温、湿热等条件下其使用性能稳定, 满足装备在各种条件下的使用要求, 对它们在生产研制阶段进行环境模拟和可靠性试验是必不可少的重要一环^[1]。在具体试验中, 某军工电子产品低温环境试验结束后, 通常需要恢复到正常大气条件环境后, 通电检测。如果让试件自然恢复到正常大气环境条件, 时间与工期是绝对不

允许的。实践中, 常常是通过一种条件恢复的办法, 即通过对试验箱升温, 较长时间烘干后, 恢复到正常大气条件。在升温烘干、回常温通电检测时, 常常因试件内部有较大热容组件上出现凝露, 使组件的漏电增加、性能变坏, 从而导致系统故障问题。

通常, 在低温试验结束后, 都是以较高的升温速度将箱体温度升至较高温度, 然后进行持续长达十

收稿日期: 2013-05-31

作者简介: 李颖(1963—), 女, 重庆人, 工程师, 主要研究方向为装备环境工程。

几小时的烘干处理,最后烘干效果如何,只能通过目视检验。特别是对于有粗糙表面及复杂内部结构的试件,随着低温试验的结束,凝露会在升温烘干的过程中出现。实际上,只要稍一用心,仔细查看试件内部组件的沟槽、夹缝等处,就能看到点点露水大量存在,用试纸伸进去一沾,试纸上马上出现大量吸湿点。由此,通常看到的所谓烘干了的试件,只能说是它的表面已烘干,试件内部组件并未完全烘干,试件在常温通电检测时常常存在系统故障隐患。那么,要比较彻底干净地将试件内外烘干,单靠继续延长烘干时间或升更高温度是不行的,这不仅会造成过应力可能对产品造成影响,而且最终不能解决问题,因此必须先要找出凝露产生的原因,然后才能有效地解决这一问题。

1 凝露的产生

凝露即结露,是生活中的普遍现象。一般来说,敞开环境里的空气都是湿空气,即含有水蒸气的空气,而干空气只是相对而言的。通常,空气的温度高,能够包含的水蒸气就多,反之,空气的温度低,尽管只有少量的水蒸气,空气也能够达到饱和,因此,湿空气中饱和水蒸气含量与空气的温度成正比。当与湿空气接触的物体,空隙部位、表面及内部冷却到低于湿空气的饱和温度时,则在其界面附近空气中的水蒸气会凝结成水而变成水滴,也就是出现了结露现象^[2]。

军工电子产品低温试验结束后,在采取条件恢

复的办法升温烘干的过程中,随着试验箱内空气温度的不断升高,已结成霜的水分溶解变成水蒸气,箱内空气中的水蒸气不断增多,由于试件结构材料的热容量不能跟随空气温度的上升而一起变化,试验箱内的试件与试验箱内的温差加大,产生凝露^[3]。

使用高低温试验箱对军工电子产品进行低温试验,就是模拟低温环境改变对电子产品特性的影响。在低温环境试验结束后升温烘干的过程中,试件内部及表面出现结露现象,对试验中的产品会产生损坏,因此不允许出现结露现象。试验箱(室)的结构及吸附放置方式,应能防止冷凝水水滴落到试验样品上,箱(室)内的冷凝水要不断排出^[4]。

2 现状调查及原因分析

利用某大型环境试验设备,在做完低温试验后烘干的过程中,试件裸露部分大面积凝露,试验箱地面比较潮湿。经实验人员高温长时间烘干,试件内部仍未完全干燥,线路板及器件表面露水也不能完全蒸发掉,通电工作时常存在短路危险,对产品的交验和鉴定造成重大影响。再加上试验成本的增加和时间的延长,造成了巨大浪费。

某大型环境试验设备对3个不同试件3次低温试验后,以设备默认最大升温速度(但不应超过10℃/min)将箱内温度升至40℃后,进行较长时间恒温烘干(以下简称“旧法”)的时间与凝露程度统计见表1,旧法烘干参数曲线如图1所示。

表1 3次低温试验后按“旧法”烘干时间与凝露积水程度统计

Table1 The drying time and the grade of water condensation by the old method after three times low-temperature environmental test

烘干方法	试件名称	低温参数	升温速率/(℃·min ⁻¹)	烘干时间/h	内部组件	最后检测
旧法	某精密测距仪	-40℃, 8 h	箱子默认最大速度	40℃, 9 h	凝露试纸变湿	存在故障隐患
	某装甲车	-40℃±2℃, 8 h	(≤10)	40℃, 12 h	凝露试纸变湿	存在故障隐患
	某雷达	-25℃, 24 h		40℃, 14 h	凝露试纸变湿	存在故障隐患

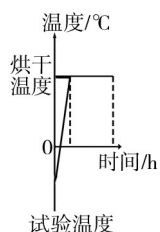


图1 旧法烘干参数曲线

Fig. 1 Curves of drying parameters of the old method

从表1分析得出,“旧法”烘干时间平均长达约12 h,试件部分组件上100%存在凝露,试件加电测试时100%存在故障隐患。

对某厂装甲车进行了低温试验(试验参数为(-40±2)℃,恒定8 h),在试验前,事先把一个温度计固定在装甲车中部的一个控制模块上,然后开始试验,以便后面采集试件温度时用。低温试验结束后,按“旧法”进行了烘干。依设备默认最大升温

速度(不应超过 10 ℃/min)把箱体温度升至 40 ℃,然后恒温烘干。整个过程中,按照控制电脑显示的温度、湿度值进行了采样,分别选取了 5 个不同时刻的箱体温度、相对湿度值作为样本,记录了 5 个不同时刻装甲车控制模块上温度计的度数,并通过查“湿空气焓湿图”得到这 5 个不同时刻箱体内空气的露点温度值,把它们汇总成表 2。

分析表 2,当温度升至 0 ℃以下接近 0 ℃时,试件上无凝露产生;当温度升至 0 ℃以上,试件上方开始产生凝露,而且随着温度进一步升高,凝露积水大量出现。仔细察看表 2 会发现:凝露积水产生并大量出现,正是实测试件温度值小于露点温度值的时候。

针对试验得到的结论,不难找出凝露与结霜产生的原因:0 ℃以上环境中,试件温度<露点温度,

表 2 试件凝露积水原因分析表
Table 2 Cause analysis of water condensation on test-piece

时间	升温 37 min	升温 50 min	升温 1 h	升温 1.5 h	恒温 2 h
温度/℃	-3	10	20	40	40
相对湿度/%	18	35	62	73	82
实测试件温度/℃	-8	3	11	30	34
露点温度/℃	无	6	13	34	36
凝露积水情况	无	试件较高处出现凝露	试件表面出现凝露	凝露积水多	试件滴水地面全湿

空气中水汽凝结在试件上,凝露产生;0 ℃以下环境中,试件温度<露点温度,空气中水汽凝结在试件上,结霜产生。

应用这一理论,结合实际,就会发现,平常所采取“旧法”升高温烘干法,在低温试验结束后直接快速升至高温后保持恒定,结果导致试件温度大大低于试件周围环境(空气)温度,产生露点。试件上的结霜溶化、空气中的水汽凝结,溶化凝结的水渗入了试件,造成了凝露。

综上所述,升温速度过快,温度由低到高急剧变化,热容量大的部位如试件、箱壁和地面容易结露。

3 对策与方法

要杜绝或减少凝露的产生,就要降低升温速度,在升温过程的不同阶段给予一定的恒温时间,让试验箱内各个部位充分稳定,在保证产品中热容量最大部位的温度不低于箱体露点温度的前提条件下,充分发挥压缩机的除湿功能,最大限度减少箱体内的水分。

1) 阶梯状变速升温-恒温-烘干法。即低温试验结束后,先较快速度(0.6~1 ℃/min)升温至 0 ℃以下某度(一般在-5~-1 ℃之间),保持 2~4 h,再阶梯状低速(≤1 ℃/min)升温-恒温-烘干。

2) 连续低速升温-恒温-烘干法。即低温试验结束后,先很低速度(升温速率≤0.6 ℃/min)升温至 0 ℃以下某度(一般在-5~-1 ℃之间),保持 1~2 h,再较低速度(0.6~1 ℃/min)升温-恒温-烘干。

应用这 2 种方法,均可保证产品在条件恢复过程中试件温度尽可能接近于箱体空气温度,在凝露大大降低的同时,利用露点以下某温度(一般在-5℃~-1℃之间)较长保持时间和各阶段恒温时间及低速升温时间,用冷凝器快速除湿,使大多数水分在临界露点时就被除掉,减少了结露水渗入试件的几率,从根本上解决了快速升温烘干时凝露渗入试件很难烘干的问题,也使试件通电检测时因水汽凝露导致的故障率最大限度降低。

运用这 2 种办法分别对 2 个低温试验后的产品进行烘干,烘箱参数曲线如图 2 所示,时间、效果等见表 3。

表 3 低温试验后运用新法一或新法二烘干时间与凝露程度统计
Table 3 Drying time and the grade of water condensation by the new method after low-temperature environmental test

烘干方法	试件名称	烘箱时间/h	用于试纸擦试试件内部组件	最后检测,因凝露通电产生故障
新法 1:阶梯状变速升温-恒温-烘干法	某装甲车	9.5	试纸发潮	无
新法 2:连续低速升温-恒温-烘干法	某型号雷达	7	试纸干燥	无

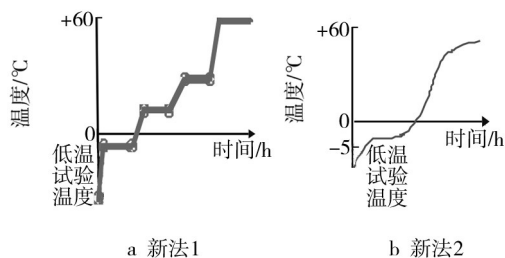


图2 新法烘干参数曲线

Fig.2 Curves of drying parameters of new method

表3中,对装甲车用“新法1”进行烘干的控制模式为程序控制,程序设计参数如图3所示,烘干时间共计约9.5 h。对某型号雷达用“新法2”进行烘干的控制模式为手动模式,烘干时间共计约7 h。

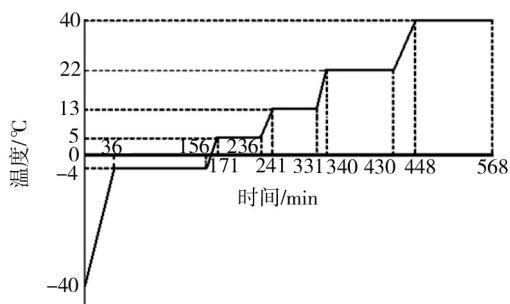


图3 程序控制模式参数

Fig. 3 The parameters of procedure control mode

对比分析表1、表3得出,低温试验后运用新法1或新法2烘干,烘干时间平均减少4 h,试件加电测试时因凝露滴水造成试件隐患的可能性实际没有出现。

4 结语

由于高低温试验箱对试件施加的是温度应力,

因此结露、结霜是不可避免的。只要充分了解结露产生的原因,低温试验后采取正确的恢复方法,是可以避免情况的发生,也就可以避免造成不必要的损失。寻找出了较好地解决低温环境试验后试件烘干中凝露积水问题的2种新方法,这2种新的恢复方法科学合理、简单易行、效果良好。不仅节约了人力与经费,赢得了时间,更重要的是降低了凝露给试件带来的故障率。

通过现场试验验证,这2种新的恢复方法取得了预期的效果。低温试验后恢复常温(包括热循环试验)不可避免地会产生水汽凝露,一旦水汽结露渗入试件内部,要想彻底烘干是非常难的。既要探寻更好的烘干方法,更要防患于未然,尽量减少水汽进入箱体^[5],还要增强设备的除湿能力。同时要采取必要措施对试件关键部件进行防结露、防结霜保护,这样,低温试验后恢复常温(包括热循环试验),凝露问题将从根本上彻底解决。

参考文献:

- [1] GJB150.1—86,军用设备环境试验方法[S].
- [2] MIL-STD-810F, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [3] 韦生文,雷达电子设备的呼吸凝露作用与预防[J]. 雷达科学与技术,2010,12(6):572—577.
- [4] GJB150.9—86,军用设备环境试验方法[S].
- [5] 彭骞. 湿热环境与电子产品可靠性[J]. 电子产品可靠性与环境试验,2003,10(5):60—64.