

GJB 150.3A 高温试验方法的应用及分析

程丛高

(中国航空综合技术研究所, 北京 100028)

摘要: 介绍了 GJB 150.3A 高温试验方法的由来以及与 GJB 150.3 之间的联系和区别。重点对该方法中试验项目的剪裁、试验程序的选择、试验条件的确定以及试验顺序的安排进行了分析,并以某型直升机机载天线为例,详细说明了该试验方法的应用,最后就其未来发展趋势进行了探讨。

关键词: 试验项目; 试验程序; 试验条件; 试验顺序

中图分类号: V216.4 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)06-0091-06

Application and Analysis of GJB 150.3A High Temperature Test Method

CHENG Cong-gao

(China Aero-polytechnique Establishment, Beijing 100028, China)

Abstract: The origin of GJB 150.3A high temperature test method and the relation and discrimination between GJB 150.3A and GJB 150.3 were introduced. Some technical points involved in this test method were analyzed, including tailor of test item, choice of test program, selection of test condition, and arrangement of test sequence. As an example, the way to use this test method for a kind of helicopter's antenna was thoroughly illustrated. Finally, the technical development trend was discussed.

Key words: test item; test program; test condition; test sequence

GJB 150.3A—2009《高温试验》方法基本上等效采用了 MIL-STD-810F《装备环境工程考虑和实验室试验》中 501.4《高温试验》方法,共分为 8 个章节,即范围、引用文件、目的与应用、剪裁指南、信息要求、试验要求、试验过程和结果分析。在这 8 个章节中,“目的与应用”部分强调了高温试验中的“高温环境”是指装备周围或诱发的高温,且作用在装备上的时间相对较短(几个月,并非几年),装备受热分布均匀;此部分还对该标准不适用的情况进行了举例,如对以下 3 类受

高温环境影响的装备不应采用此标准:

- 1) 长期稳定地暴露于高温环境,性能随时间劣化的效应,这种高温劣化采用自然环境试验进行评价;
- 2) 太阳辐射引起的热效应和光化学效应,热效应建议采用 GJB 150.7A—2009《太阳辐射试验》中程序 I 进行评价,光化学效应建议采用 GJB 150.7A—2009 中程序 II 进行评价;
- 3) 气动加热效应。

收稿日期: 2012-08-03

作者简介: 程丛高(1974—),男,安徽人,高级工程师,主要从事环境工程技术研究及环境试验验证与评价研究。

与以 MIL-STD-810C《空间及陆用设备环境试验方法》为蓝本制订的菜单式标准 GJB 150.3—1986《高温试验》方法相比,GJB 150.3A 为剪裁式标准,主要变化如下^[1]:

1) 删除了 GJB 150.3 中第 2 节“试验条件”,增加了确定试验方法、试验顺序、试验程序和试验条件的剪裁指南;2) 增加了“试验信息”的要求;3) 增加了“循环试验”程序;4) 增加了预备步骤和试验前的检查步骤;5) 试验中断处理方法有变化;6) 对试验箱温变速率的要求有变化;7) 增加了对试件温度响应的测量要求;8) 增加了试验结果分析内容。

1 试验项目的剪裁

一般情况下,所有装备均安排高温试验项目对其进行考核,因为高温环境是装备贮存、运输和使用过程中不可避免的环境。高温环境本身及其与其他环境因素的综合作用,将直接或间接影响装备的性能,如高温能引起热老化、氧化、结构变化、化学反应、软化、熔化、升华。液体在高温条件下常会出现黏度下降、蒸发以及物理膨胀等现象。在高温条件下,装备可能会出现典型问题有^[2]:

- 1) 不同材料膨胀不一致使得零部件相互咬死;
- 2) 润滑剂黏度变低和润滑剂外流造成连接处润滑能力降低;
- 3) 材料尺寸全方位改变或有方向性的改变;
- 4) 包装材料、衬垫、密封垫、轴承和轴发生变形、咬合和失效,引起机械故障或者完整性损坏;
- 5) 衬垫出现永久性变形;
- 6) 外罩和密封条损坏;
- 7) 固定电阻的阻值改变;
- 8) 温度梯度不同和不同材料膨胀不一致使电子线路的稳定性发生变化;
- 9) 变压器和机电部件过热;
- 10) 继电器以及磁动或热动装置的吸合/释放范围变化;
- 11) 工作寿命缩短;
- 12) 固体药丸或药柱分离;
- 13) 密封壳体(炮弹、炸弹等)内产生高压;
- 14) 爆炸物或推进剂的加速燃烧;
- 15) 浇注炸药在其壳体内膨胀;

- 16) 炸药熔化并渗出;
- 17) 有机材料褪色、裂解或龟裂;
- 18) 复合材料放气。

2 试验程序的选择

2.1 程序类型

标准规定了两大类试验程序:程序 I——贮存,程序 II——工作。装备在选取试验程序时,应根据装备实际使用情况,选择其中一个或同时选取两个。

2.2 程序 I——贮存试验

程序 I 主要用于考核装备贮存期间高温对其安全性、完整性和性能的影响。根据适用对象不同,此程序又细分为恒温贮存和循环贮存。恒温贮存主要用于考核安装在靠近发热装置(电动机、发动机、电源、高密度电子封装件等)附近的装备,这些发热装置通过辐射、对流和排出的气流冲击作用可明显提高附近装备的局部空气温度,此近似恒定的温度可抵消日循环的影响^[3];除去靠近发热装置以外的所有装备,高温贮存试验均应选用循环贮存试验程序。

2.3 程序 II——工作

程序 II 主要用于考核装备工作期间高温对其性能的影响。与程序 I 类似,根据适用的对象不同,也细分为恒温工作和循环工作。恒温工作主要用于考核安装在发热装置附近的装备,其他装备高温工作试验的考核均应选择循环工作试验程序。

3 试验条件的确定

3.1 试验条件的要素

高温试验条件主要因素包括试验温度、试验持续时间、温度变化速率和相对湿度。

3.2 试验温度

试验温度主要分为贮存温度和工作温度。贮存温度是指装备在不工作状态下遇到的温度,这一温度主要取决于自然环境空气温度,一般在一年中

最热季节某些地域中出现。对于贮存试验温度的选取除考虑自然环境空气温度外,还应考虑装备在贮存或运输技术状态下可能暴露于日晒环境中所引起的环境空气温度升高,即“诱发温度”。为真实模拟实际情况,高温贮存试验温度通常选用“诱发温度”。世界范围内基本热和热两种气候类型中高温日循环数据分别见表1和表2。我国地面高温日循环条件见GJB 1172.2—1991《军用设备气候极值地面气温》,其中1%工作极值对应的高温日变化见表3。

表1 高温日循环
Table 1 High temperature diurnal cycle

一天中的 的时间	气候类型——基本热				气候类型——热			
	环境空气温度		诱发温度		环境空气温度		诱发温度	
	温度/℃	RH/%	温度/℃	RH/%	温度/℃	RH/%	温度/℃	RH/%
01:00	33	36	33	36	35	6	35	6
02:00	32	38	32	38	34	7	34	7
03:00	32	41	32	41	34	7	34	7
04:00	31	44	31	44	33	8	33	7
05:00	30	44	30	44	33	8	33	7
06:00	30	44	31	43	32	8	33	7
07:00	31	41	34	32	33	8	36	5
08:00	34	34	38	30	35	6	40	4
09:00	37	29	42	23	38	6	44	4
10:00	39	24	45	17	41	5	51	3
11:00	41	21	51	14	43	4	56	2
12:00	42	18	57	8	44	4	63	2
13:00	43	16	61	6	47	3	69	1
14:00	43	15	63	6	48	3	70	1
15:00	43	14	63	5	48	3	71	1
16:00	43	14	62	6	49	3	70	1
17:00	43	14	60	6	48	3	67	1
18:00	42	15	57	6	48	3	63	2
19:00	40	17	50	10	46	3	55	2
20:00	38	20	44	14	42	4	48	3
21:00	36	22	38	19	41	5	41	5
22:00	35	25	35	25	39	6	39	6
23:00	34	28	34	28	38	6	37	6
24:00	33	33	33	33	37	6	35	6

注 :1.这些值代表了在该种气候类型中的典型高温日循环条件。
2.高温试验期间通常不必控制湿度,这些值只在特殊情况下使用。

工作温度主要指装备工作时周围环境空气温度,它主要受载体种类和热源、相邻装备发热情况、装备周围通风和传热情况以及装备自身冷却方式的影响。因此,工作温度的选取首先应根据装备实际使用情况通过实测或已有的类似平台数据进行确定。除安装在发热装置附近的装备外,其它装备若部署于世界范围内,推荐选用表1中规定的“环境空气温度”;仅部署于我国境内,推荐选

表2 高温日循环温度变化范围
Table 2 Range of high temperature diurnal cycle

气候类型	地理位置	周围空气温度/℃	诱发温度/℃
基本热	亚洲、美国、墨西哥、非洲、澳大利亚、南非、南美、西班牙南部和西南亚外延的世界许多地方	30 ~ 43	30 ~ 63
热	北非,中东,巴基斯坦和印度,美国西南部和墨西哥北部	32 ~ 49	33 ~ 71

表3 国内1%工作极值对应的高温日变化
Table 3 Domestic high temperature 1% extreme value diurnal cycle

一天中的时间	气温/℃	相对湿度/%
01:00	34.7	23
02:00	33.7	26
03:00	33.3	26
04:00	32.3	26
05:00	31.6	27
06:00	31.7	29
07:00	34.4	29
08:00	36.4	26
09:00	38.2	24
10:00	40.4	21
11:00	42.1	18
12:00	43.2	17
13:00	44.4	16
14:00	45.5	15
15:00	45.5	14
16:00	45.2	15
17:00	44.4	16
18:00	43.4	18
19:00	41.7	19
20:00	40.0	19
21:00	38.8	20
22:00	38.2	20
23:00	37.3	20
24:00	36.8	21

用表3中规定的值。在这里需要特别说明的是,表1和表3中规定的温度是从标准气象百叶箱中观测得到的,它代表地面上方1.5 m阴影处自由空气温度。对于装备内部的设备,由于处于密闭环境中,空气不能自由流动,其工作温度推荐选取“诱发温度”。

3.3 试验持续时间

3.3.1 贮存试验持续时间

贮存试验持续时间主要取决于装备在贮存温度下的停留时间。此标准根据装备不同安装位置将贮存试验分为恒温贮存和循环贮存。对恒温贮存试验时间,规定试验样品温度达到稳定后,再继续保持该试验温度至少2 h,以确保试验样品内部测量不到的元(部)件温度真正达到稳定。假若认为2 h不能满足要求,则应采用热分析模型确定额外热浸时间,以确保整个试验样品的温度真正达到稳定。

对循环贮存试验时间规定为至少7个日循环,主要用于模拟正常年份在最严酷地区、最严酷月份内极端温度出现频率为1%的小时数。每个循环中最高温度持续时间大约1 h。当验证关键材料或被认为对高温非常敏感的材料受高温环境影响时,应增加试验循环数以保证其满足设计要求。

3.3.2 工作试验持续时间

工作试验持续时间主要取决于装备在工作温度下的停留时间。此标准根据装备不同安装位置将工作试验分为恒温工作和循环工作。对恒温工作试验时间规定为以下3部分所用试验时间之和。

1) 试验样品温度达到稳定后,再继续保持该试验温度至少2 h,以确保试验样品内部测量不到的元(部)件温度真正达到稳定;假若认为2 h不能满足要求,则应采用热分析模型确定额外热浸时间,以确保整个试验样品的温度真正达到稳定。

2) 使试验样品在第1条规定的温度条件下工作,直至试验样品温度再次达到稳定。一般情况下,试验样品在周围环境温度保持不变的情况下,开始工作时自身将会产生一个温升。从理论上讲,随着时间的推移,当发热量与散热量达平衡时,温升将会消失,而在实际工作中,试验样品真正达到温度稳定是不可能的。为工程化起见,规定试验样品内部热

容量最大的功能部件或关键部件每小时温度变化不超过 2°C 就认为试验样品本身达到了温度稳定。

3) 试验样品在第2条规定的温度条件下,根据技术文件要求对其进行工作性能检测。

对循环工作试验时间规定为至少3个循环。一般情况下,3个循环足以使试验样品达到其最高响应温度。如果不能,则最多采用7个循环。在循环工作试验中,试验样品的最高响应温度与试验循环温度及试验样品本身的特性有关,因此肯定不是一个恒定值,它也是循环的。实际操作中,为确定试验样品最高响应温度,将后一循环最高响应温度与前一循环最高响应温度进行比较,彼此相差 2°C 以内,就认为试验样品达到其最高响应温度,试验即可在该循环完成后结束,但循环数必须保证不得少于3个、不能多于7个。

3.4 温度变化率

对高温贮存和工作试验来说,由于主要考虑温度持续作用的影响,因此温度变化率不宜过大。变化速率过大易引起温度冲击,对试验样品造成快速温变失效。为避免出现此情况,一般规定变化率不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

3.5 相对湿度

高温试验期间,一般不需要控制相对湿度。有些易受极低相对湿度影响的材料,如棉布、织物等,试验期间应按实际要求控制其相对湿度,若无实测数据,可参见表1和表3。

4 试验顺序的安排

若使用同一试件进行一系列环境试验,高温试验的安排一般遵循以下原则。

1) 为获取更多的信息,尽可能做更多的试验。高温试验通常安排在试验顺序早期,因为高温试验对产品的影响相对较小。

2) 为暴露叠加效应对试件的影响,高温试验将安排在振动和冲击试验之后,也可与振动和冲击试验结合起来进行,以评价在高温环境下力学(即运输、装卸和冲击)环境对材料的影响。同时也可与低气压试验结合起来,考核产品在高温环境下的密封

性能。

5 应用实例

以我国某型直升机上的机载天线为例来介绍该试验方法的应用。

1) 该型天线安装在直升机机身上,属机外设备,在其实际使用过程中将会受到高温环境的影响,因此应选取高温试验项目对其进行考核。

2) 该天线在直升机上的安装位置附近没有发热装置,因此无论是贮存试验,还是工作试验,均应选取循环试验程序。

3) 我国属于基本热气候,因此高温贮存试验温度选取表1中“气候类型——基本热”诱发温度,试验时间为7个循环;高温工作试验温度选用表3中规定的温度,试验时间至少为3个循环。在各温度点变化期间,为更真实模拟实际情况,避免给产品造成温度冲击,控制其温度变化率不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$;另外,天线所用材料和处理工艺对湿度环境没有特殊要求,试验中对相对湿度不予以控制。

4) 天线在其实际使用过程中,将会受到高温、低温、温度-高度、太阳辐射、加速度、振动、冲击、湿热、霉菌、盐雾、淋雨和沙尘等环境的影响。在这些环境因素中,高温相对其他环境因素来说,对天线的影响较小。为在天线损坏之前尽可能做更多的试验,从而获取更多的试验信息,高温试验将最早进行。

6 发展趋势

与GJB 150.3相比,本标准要求对安装在发热装置附近以外的装备应进行极端温度日循环模拟而不是GJB 150.3中的恒温极值模拟。用日循环中最高温度进行长时间试验会给试验样品施加不切实际的热载荷,而日循环更能真实模拟试验样品在实际使用中遇到的湿气凝露和温度的响应分布^[9]。另外MIL-STD-810G已将GJB 150.3A中2个试验程序扩展到3个试验程序,即程序I——贮存、程序II——工作、程序III——应急时备用工作。“应急时备用工作”主要用于考核设备在非工作温度环境浸泡后在工作温度环境中的性能。如飞机和带有透明、半透明密

闭区域的地面车辆内的通信设备,由于受阳光照射,内部将诱发出高于设备工作时的温度,该设备在该区域内不是贮存或运输状态,而是工作状态(按需要准备好),即在一个相对短的时间内必须能工作;为使其立即工作,采用的冷却方法为打开密闭区域,让周围空气冷却内部区域。

由此可知,对高温环境的模拟要求越来越接近装备的实际使用情况。

参考文献:

- [1] GJB 150.3A—2009,军用装备实验室环境试验方法 高温试验[S].
- [2] 中国航空工业总公司第三〇一研究所. GJB150《军用设备环境试验方法》实施指南[K]. 北京:中国航空工业总公司第三〇一研究所,1998.
- [3] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].

(上接第80页)

过统计求和全部计算出来,如图6所示。所有的测量数据在IPP中可以方便地导出为Excel格式,便于在Excel中对数据进行综合分析。

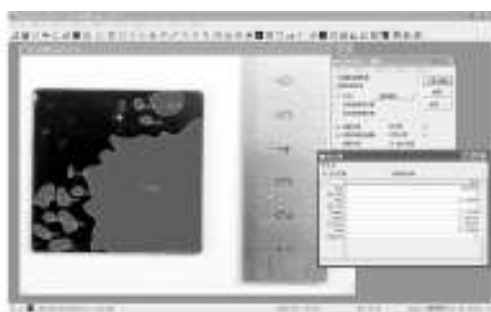


图6 样品长霉面积测量结果

Fig. 6 Measurement result of sample fungus growth area

对于不规则表面样品的表面积和长霉面积的计算,则可采用分割方法进行,即通过将样品分成若干部分来进行图像采集,然后再对这些若干部分分别定义其各自的AOI,并测量出各部分的表面积及长霉面积,最后统计求和。

对被测对象定标,其目的是能直观地表现被测对象实际几何参数,即长度或面积的绝对值大小。如果被测对象没有标尺定标,没有建立像素和实际长度的直接对应关系,那么用IPP测量到的面积则是以像素为单位。测量结果只能反映被测图像面积的相对变化,不能反映它的绝对数值。然而,由于霉菌试验中长霉等级的评定主要是以长霉面积百分比作为其主要依据,因此用长霉面积的总像素值与样品表面面积总像素值的比值作为评定依据,不影响样品长霉等级的评定结果。

4 结语

IPP提供了一种简便、准确测量霉菌试验样品长霉面积的方法,其主观影响小,测量结果可靠,测量的数据可以保存到Excel中便于进一步分析。对长霉形状不规则、长霉区域与不长霉区域之间边缘色泽区分不明显的被测对象,应用IPP测量有更显著的优越性,不仅测量速度快,而且测量误差小。采用IPP测量长霉面积对于评定霉菌试验后样品的长霉程度、正确评价霉菌试验结果具有重要意义。实践证明,应用IPP技术测量长霉面积,取得了很好的效果。

参考文献:

- [1] GJB 150.10—1986,军用设备环境试验方法 霉菌试验[S].
- [2] GB/T 2423.16—2008,电工电子产品环境试验 试验J和导则:长霉[S].
- [3] 伍喜媛,秦莉,陈宇玺. Image-Pro Plus 在眼科角膜上皮愈合面积测量中的应用[J]. 中国医学教育技术,2010,24(2):183—186.
- [4] 许扬,赵英凯,毕明刚,等. Image-Pro Plus 图像分析软件定量鸡胚尿囊膜血管新生面积的方法[J]. 中国比较医学杂志,2007,17(12):745—747.
- [5] 谭子明,沈为民,彭旦生. 新型扩张皮肤面积测量法——薄膜涂色法的实验评价[J]. 重庆医科大学学报,2010,35(3):399—402.
- [6] 帅歌旺,张萌. 铜合金中金相组织特征参数的测量[J]. 南昌大学学报(理科版),2004,28(3):278—284.
- [7] 张季如,祝杰,黄丽,等. 土壤微观结构定量分析的IPP图像技术研究[J]. 武汉理工大学学报,2008,30(4):80—83.