

# 高低温冲击试验箱温度变换时间检测方法

肖天雷<sup>1</sup>, 陈旭<sup>1</sup>, 季湘樱<sup>2</sup>

(1. 上海市计量测试技术研究院, 上海 201203; 2. 泰科电子(上海)有限公司, 上海 200233)

**摘要:** 温度变换时间是评估高低温冲击试验箱温度骤变能力的重要指标, 而目前相关的计量技术法规并未对该参数进行讨论, 导致对该参数的检测经常被忽略。鉴于企业对该检测项目的需求, 该文首先对高低温冲击试验和温度变换时间进行介绍和重要性分析, 并设计基于数据采集器的检测方法, 减小传统人工计时方法的误差。最后, 用试验证明该方法的有效性和可靠性。

**关键词:** 高低温冲击试验; 温度变换时间; 检测

文献标志码: A

文章编号: 1674-5124(2015)z1-0124-03

## Test method of temperature change time for thermal shock chamber

XIAO Tianlei<sup>1</sup>, CHEN Xu<sup>1</sup>, JI Xiangying<sup>2</sup>

(1. Shanghai Institute of Measurement and Testing Technology, Shanghai 201203, China;

2. TE Connectivity, Shanghai 200233, China)

**Abstract:** Temperature change time, which is usually ignored in periodical inspection, is a key index to evaluate the thermal shock capability of a thermal shock chamber. To meet the needs for tests of this parameter, an introduction and analysis about thermal shock test and temperature change time is included. Also, a test method for this parameter based on data acquisition device, which reduces the error of traditional one, is proposed. An experiment proves the effectiveness and reliability of this approach.

**Keywords:** thermal shock test; temperature change time; test

## 0 引言

在产品可靠性测试中, 环境试验是关键一环。其中, 高低温冲击试验通过检测样品在温度反复骤变条件下的适应性, 对样品在特定环境下的性能、行为做出分析<sup>[1]</sup>, 并对由热胀冷缩而引起的物理或化学伤害做出评估。该试验广泛应用于国防、航天、电子电工产品、汽车、塑料、橡胶、仪器仪表等行业的产品检测。随着科学技术的发展, 目前, 高低温冲击试验箱(冷热冲击试验箱)是进行产品高低温冲击试验的主要设备。

在对高低温冲击试验箱的检测工作中, 通常只检测高温区试验箱和低温区试验箱的中心点温度、温度均匀性和温度波动性等项目, 却较少关注对其

温度骤变能力(一般可以用温度变换时间表示)的检测。

目前, 在我国、欧盟以及美国的各类现行标准(包括 ISO、IEC 等相关标准)中, 都对高低温冲击试验箱的温度骤变能力提出了相应要求, 忽略该参数的检测可能造成产品质量问题、企业评审不合格等不良后果。

基于该参数的重要意义, 本文首先介绍高低温冲击试验并分析温度转换时间在各标准中的要求; 进而提出一种有效可靠的温度变换时间检测方法, 以减少传统人工计时方法的误差; 本文最后对该方法进行了实验验证。

## 1 高低温冲击试验

高低温冲击试验(Thermal Shock Test)是通过将样品反复暴露于连续快速变化的高温和低温环境

收稿日期: 2015-01-15; 收到修改稿日期: 2015-03-04

作者简介: 肖天雷(1987—), 男, 上海市人, 助理工程师, 硕士, 主要从事在线计量检测工作。

中,从而测试样品在环境温度突变条件下的耐受程度和适应性。试验设备一般可以选择采用两个独立的试验箱,或一个温度能够快速变化的试验箱,或一个带有两个腔室的试验箱。试验区域的温度骤变可以通过利用机械方法将测试架快速地在高温和低温区域移动,或在保持测试架静止的情况下通过闸门开闭实现冷热空气的交替来实现。温度传导介质可以是空气,也可以是某些特定液体,本文只针对采用空气介质的高低温冲击试验进行讨论。

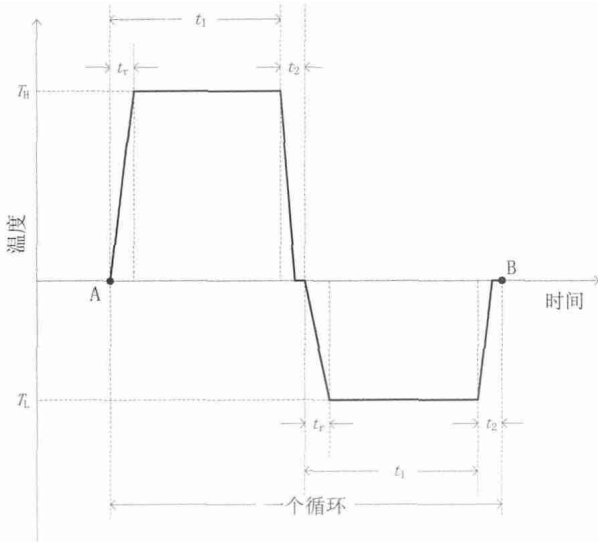


图 1 高低温冲击试验温度曲线示意图

图 1 为高低温冲击试验的温度曲线示意图。其中:  $T_L$  为低温段温度;  $T_H$  为高温段温度;  $t_1$  为暴露持续时间;  $t_r$  为试验箱(室)温度恢复时间;  $t_2$  为转换时间; A 为试验循环起始点; B 为试验循环终止点。

在箱体预热完毕且箱内温度稳定的状态下,样品首先被暴露在高温  $T_H$  中,并保持规定时间  $t_1$ 。接下来,在规定时间内  $t_r$  内将样品转移并暴露在低温  $T_L$  中,并同样保持规定时间  $t_1$ 。最后,在规定时间内  $t_2$  内将样品转移到高温  $T_H$  中,形成一个试验循环。

## 2 温度变换时间概述

通常情况下,转换时间(即图 1 所示  $t_2$ 、试验箱(室)温度恢复时间(即图 1 所示  $t_r$  和温度变换时间是评估高低温冲击试验箱温度骤变能力的重要依据。

表 1 试验标准对转换时间、温度恢复时间和温度变换时间的要求举例

标准号	转换时间	温度恢复时间	温度变换时间
GB/T 2423. 22—2012	$\leq 3\text{min}$	$\leq 10\%$ 的暴露持续时间	为转换时间和温度恢复时间的时间总和(见标准中 7. 2. 5)
GB/T 19949. 2—2005	$\leq 3\text{min}$	/	$\leq 3\text{min}$ (见标准中 5. 8. 5 及图 11)
ANSI/EIA—364—32F:2011	根据样品质量决定,一般 $\leq 5\text{min}$	/	$\leq 7\text{min}$ (见标准中 2. 1. 3)

在国内外针对不同产品的高低温冲击试验标准(诸如 GB/T 2423. 22—2012《环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 N:温度变化》、GB/T 19949. 2—2005《道路车辆 安全气囊部件第 2 部分安全气囊模块试验》和 ANSI/EIA—364—32F:2011《Thermal Shock Test Procedure For Electrical Connectors And Sockets》)中,都对这些参数进行了定义。表 1 例举了上述 3 个标准中的相关要求。

转换时间应包括试验样品从一个试验箱取出的时间、放入第 2 个试验箱的时间以及在实验场所环境温度下停留的时间<sup>[2]</sup>。

温度恢复时间指试验箱(室)在规定的温度下达到稳定状态后,箱体内温度从置入负载到恢复至原稳定状态所需要的时间<sup>[3]</sup>。

温度变换时间指箱体中温度从高(低)温稳定状态变换至低(高)温稳定状态的时间总和,它包括转换时间和试验箱(室)的温度恢复时间,其模型为:

$$t_{\Delta T} = t_2 + t_r \quad (1)$$

式中:  $t_{\Delta T}$ ——温度变换时间;

$t_2$ ——转换时间;

$t_r$ ——温度恢复时间。可由设备资料获得,也可根据相关标准计算。

由此可见,转换时间或温度恢复时间过长,会直接导致温度变换时间过长,从而使样品所处环境的温度变化率过小,无法实现满足试验要求的温度骤变条件。

综上所述,为评估高低温冲击试验箱的温度骤变能力,有必要对转换时间和温度恢复时间进行检测。然而,由于环境设备在运行过程中是一个封闭系统,并且内部测试架的移动以及冷热空气交换都较为迅速,所以很难在运行过程中分别对这两个参数进行检测。

为了解决这个问题,本文提出通过检测温度变换时间来评估高低温冲击试验箱的温度骤变能力,进而判断设备是否能满足试验标准要求。

### 3 温度变换时间的检测

#### 3.1 检测方法

参考 JJF 1101—2003《环境试验设备温度、湿度校准规范》，标准器采用数据采集器，配合 T 型热电偶，对高低温冲击试验箱的温度变换时间进行检测。该检测过程可以与高低温冲击试验箱常规的温度检测或校准同步进行。

数据采集器通过通信接口，将测试数据存储在计算机内。温度传感器应安装在测试区域的框架上，热电偶通过箱体的电缆孔引出。对于试验区域可移动的环境设备，应注意预留合适长度的引线。在试验区域内根据相关标准或者客户提出的试验要求，应放入合适的负载<sup>[4-5]</sup>。

当高低温冲击试验箱按试验要求开始循环工作后，数据采集器会将试验区域的温度值记录在计算机中。由于高低温转换时，试验区域的温度变化速率较快，且转换时间一般 $\leq 5\text{min}$ ，所以，为了得到一条完整、准确的温度曲线，考虑到传感器的响应时间，数据采集器的最小采样间隔时间建议设置为 5~20 s。数据采集器的采样间隔时间可以溯源到高一时间基(标)准<sup>[6-7]</sup>。

对于一个完整的温度循环，在温度波动度小于预设温度的最大允许误差后，对于降温过程以实测温度值低于  $T_H - \Delta T_{H\downarrow}$  (式中  $T_H$  为高温段温度， $T_H - \Delta T_{H\downarrow}$  为其下偏差)的时刻为起始点，以实测温度值低于  $T_L - \Delta T_{L\uparrow}$  (式中  $T_L$  为低温段温度， $\Delta T_{L\uparrow}$  为其上偏差)的时刻为终止点；对于升温过程以实测温度值大于  $T_H - \Delta T_{H\uparrow}$  (式中式中  $T_L$  为低温段温度， $\Delta T_{H\uparrow}$  为其上偏差)的时刻为起始点，以实测温度值大于  $T_H - \Delta T_{H\downarrow}$  (式中式中  $T_H$  为高温段温度， $T_H - \Delta T_{H\downarrow}$  为其下偏差)的时刻为终止点。根据这段时间计算机中记录的数据点个数和数据采集器的采样间隔时间，来计算温度变换时间  $t_{\Delta T}$ ，即：

$$t_{\Delta T} = m \cdot t_{\text{sample}} \quad (2)$$

式中： $t_{\Delta T}$ ——温度变换时间；

$m$ ——采样数据点的个数；

$t_{\text{sample}}$ ——数据采集器的采样间隔时间。

检测过程的试验循环数应根据相关标准确定，如没有明确规定，则建议至少运行 5 个循环。对于第  $i$  次循环过程，可以得到一组升温温度变换时间  $t$  和降温温度变换时间  $t_{\Delta\text{升}i}$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ) 和降温温度变换时间  $t_{\Delta\text{降}i}$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ )。最后，以每次温度变换时间的计算结果平均值作为该设备温度变换时间的测量结果，即：

$$\bar{t}_{\Delta T} = \frac{\sum_{i=0}^n (t_{\Delta\text{升}i} + t_{\Delta\text{降}i})}{2n} \quad (3)$$

式中  $n$  为试验循环次数。

#### 3.2 方法验证

以电子产品为例，参考 GB/T 2423.22—2012 和 ANSI/EIA-364-32F:2011 中的试验要求，使用 ESPEC 公司 TSA-102 型高低温冲击试验箱作为被测环境设备。选择 ANSI/EIA-364-32F:2011 中的测试条件 8 作为测试要求，即：

高温段温度设置为  $105\text{ }^\circ\text{C}$ ，温度允许范围为  $105\sim 108\text{ }^\circ\text{C}$ ；

低温段温度设置为  $-40\text{ }^\circ\text{C}$ ，温度允许范围为  $-45\sim -40\text{ }^\circ\text{C}$ ；

根据模拟负载的质量，暴露持续时间设置为 30min；

转换时间要求 $\leq 3\text{min}$ ；

温度变换时间要求 $\leq 7\text{min}$ 。

实验使用数据采集器记录箱体内温度的实测值，其采样间隔时间设置为 5s。

图 2 为试验过程中单个循环的温度测试曲线，其形状符合理论曲线，证明该检测方法是有效可行的。根据上文规定的温度允许范围，选取每一段温度变化过程中的起止时间点，根据它们之间包含的采样数据的个数，乘以采样间隔时间，计算得到温度变换时间。本次试验一共进行了 5 个循环，得到了 5 组升温温度变换时间和降温温度变换时间，计算结果如表 2 所示。温度变换时间平均值为 370s，测量结果重复性为 18s。

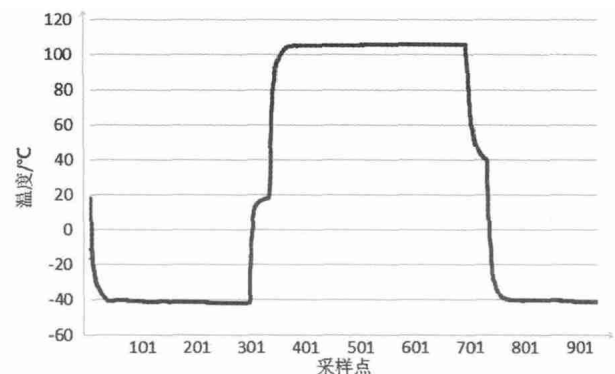


图 2 单个试验循环的温度曲线

由实验结果分析，对于该高低温冲击试验箱的温度变换时间，单次单方向温度变换时间测量结果以及 5 次循环的平均值均满足标准要求。实验表明，本文提出利用数据采集器记录温度变化曲线来确定和计算温度变换时间的方法合理可行，测量结果可以精确到数据采集器的最小采样间隔时间(本例中为 5s)。

(下转第 155 页)

表 2 各校准点不确定度一览表

校准点/mm	测量不确定度 $U/\mu\text{m}$
20	0.5
40	0.5
50	0.5
60	0.5
80	0.6
100	0.6
120	0.6
140	0.7
150	0.7
180	0.7
200	0.8

则线纹尺校准影像测量仪尺寸测量误差  $E$  的扩展不确定度为:

$$U = (0.4 + L/600) \mu\text{m}, k = 2 (L \text{ 为被测长度, mm}) \quad (5)$$

## 5 结束语

在实际测量中,使用者需了解影像测量仪作为测量标准对实际测量所产生的影响。该文通过国际通用的 GUM 方法,对影像测量仪的尺寸测量误差

进行测量不确定的分析与评定,不仅将每个不确定度分量进行了分析,还得到了各校准点的不确定度数值,便于查阅调用修正数据。为使用者解答了影像测量仪对测量产生影响的疑问,帮助其工作中剔除或减小影响量,提高测量的可信程度,实现测量的传递性和溯源性,保证量值的准确可靠。

## 参考文献

- [1] 测量不确定度评定与表示:JJF 1059.1—2012[S]. 北京:中国质检出版社,2012.
- [2] 产品几何技术规范(GPS)影像测量仪的验收检测和复检检测:GB/T24762—2009[S]. 北京:中国质检出版社,2009.
- [3] 影像测量仪校准规范:JJF1318—2011[S]. 北京:中国质检出版社,2011.
- [4] 王为农,影像测量仪性能评价研究[J]. 中国计量,2009(2):75.
- [5] 孙双花,薛梓,王鹤岩. 二维光学标准器校准影像测量仪方法研究[J]. 计量学报,2012,35(6A):14—18.
- [6] 黄伟琼. 基于机器视觉的影像测量系统的研究与设计[D]. 广州:华南理工大学,2012.
- [7] 谢华银. 影像测量仪的发展与点评[J]. 工具技术,2011,45(5):3.

(上接第 126 页)

表 2 实验结果

循环次数	包含的采样数据个数	温度变换时间/s
1	$t_{\Delta T \uparrow 1}$	71
	$t_{\Delta T \downarrow 1}$	76
2	$t_{\Delta T \uparrow 2}$	71
	$t_{\Delta T \downarrow 2}$	78
3	$t_{\Delta T \uparrow 3}$	70
	$t_{\Delta T \downarrow 3}$	76
4	$t_{\Delta T \uparrow 4}$	72
	$t_{\Delta T \downarrow 4}$	79
5	$t_{\Delta T \uparrow 5}$	70
	$t_{\Delta T \downarrow 5}$	78

## 4 结束语

本文对高低温冲击试验及其重要参数温度变换时间在各标准中的相应要求进行了介绍和分析,同时在此基础上提出了一种对该参数的检测方法,并进行验证。该方法根据温度曲线确定温度骤变过程的起止时刻,结合数据采集器的采样时间间隔进

行计算,减小了传统检测方法中人为因素影响,更加高效可靠。测量结果可以作为评估高低温冲击试验箱温度骤变能力的依据,供客户参考。

此外,对于极少数不具备电缆孔的高低温冲击试验箱,应采用无线传感器进行检测。对于样品尺寸或负载质量较大的试验,应在环境设备中放入相对应的模拟负载进行检测,使结果更加接近实际情况。

## 参考文献

- [1] 毛雪东,王铁军,石国丽,等. 高低温冲击试验箱制冷系统设计[J]. 机械工程师,2006(2):55—57.
- [2] 环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 N:温度变化:GB/T 2423.22—2012[S]. 北京:中国质检出版社,2012.
- [3] 电工电子产品环境试验设备检验方法 总则:GB/T 5170.1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 电工电子产品环境试验设备检验方法 总则:GB/T 5170.1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [5] 道路车辆 安全气囊部件第 2 部分安全气囊模块试验:GB/T 19949.2—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [6] Thermal Shock Test Procedure For Electrical Connectors And Sockets:ANSI/EIA—364—32F;2011[S]. 2011.
- [7] 张露,王建刚,王丹. 温度冲击试验标准的介绍和分析[J]. 环境技术,2008,26(5):46—52.