

中 华 人 民 共 和 国

国 家 标 准

电工电子产品基本环境试验规程

温度变化试验导则

GB 2424.13—81

引言

本导则为有关设计和试验人员在应用 GB 2423.22—81时提供指导。

温度变化试验的目的，在于确定一次或连续多次的温度变化对试验样品的影响。而不适用于仅仅是考核高温或低温的影响作用的试验，即不用作评定在两种极端温度的稳定状态下工作时，产品的电气、机械性能或材料的性能变化。

温度变化试验的严酷程度决定于下列诸因素：

- (1) 条件试验的高温和低温限值；
- (2) 试验样品保持在这些温度条件中的试验时间；
- (3) 由高到低（或由低到高）温度间的变化速度；
- (4) 条件试验的循环次数；
- (5) 试验样品输入或输出的总热量。

1 现场的温度变化情况

温度逐渐变化情况

在贮存、运输或不工作状态时，产品（设备或装置）内部的元件，所受到的外界环境温度变化的影响要比其外表面的零部件慢些。内部元器件所受到的温度变化是逐渐变化的。

温度迅速变化的情况：

- (1) 当产品从温暖的室内环境中搬到寒冷的室外环境或者是相反情况的时候。
- (2) 当户外产品或经强烈太阳辐射后，受到突然的雨淋或浸泡在冷水里突然冷却时。
- (3) 装在飞机上非密封舱中的产品，在飞机迅速升高或下降时。
- (4) 在某些运输和储存过程中。
- (5) 在某些使用过程中，如设备开动后，当内部有高温变化梯度的发热（如电阻器）或冷却（如人工冷却装置）元件时，该元件或其邻近的产品就会因辐射影响而受到温度迅速变化的应力。
- (6) 在某些生产过程中也会产生迅速的温度变化。

温度变化严酷程度除决定于温度变化速度外，尚有温度变化幅度、循环次数及其时间间隔等参数。

当高温和低温之间的交换时间愈小时，试验样品所受的热应力愈大。当交换时间为二、三分钟时，小件试验样品由于各部分温度易于均衡，故其所受之热应力要比大件试验样品小得多。

温度变化时试验样品所受的热应力，是同该试验样品在运输时从某一极值温度大气中，于数分钟内转换到另一极值温度大气中有关。

在某一环境温度下，试验的温升或温降对元件或零部件和对设备或装置的影响是不尽相同的。由低温环境转换到高温环境时，在产品或元件上出现露或霜，会引起某些附加的应力。在不希望有这些额外应力的地方，必须适当地控制高温环境中的湿度，以减少其影响。

2 温度变化试验的设计

国 家 标 准 总 局 发 布
全 国 电 工 电 子 产 品 环 境
技 术 标 准 化 技 术 委 员 会 提 出

1 9 8 2 年 4 月 1 日 实 施
全 国 电 工 电 子 产 品 环 境 技 术
标 准 化 技 术 委 员 会 第 四 工 作 组 起 草

(1) 在设计温变试验时, 必须确定高温温度和低温温度值, 这可采用有关产品使用环境条件标准, 或有关产品标准中规定的温度变化值指标。

高温和低温温度是指试验样品的周围环境温度的高档温度和低档温度, 这些温度大多数试验样品将会达到, 只是时间稍为滞后一些。在某些情况, 如户外产品受太阳辐射的影响, 其高温值会大于环境温度的上限值。因此这些温度变化值是试验样品使用中短时间内会遇到的温度变化值。

(2) 规定从一种温度到另一种温度转换的时间, 若用一箱法试验时, 则应确定升温或降温的速率。这一试验是加速了的, 其变化速率要较实际的快一些。

(3) 规定两种温度下的暴露时间。

(4) 从室温到低温, 经过中间转换, 再到高温, 而后再回到室温的这一过程叫做一个试验循环。

(5) 确定试验循环的次数时, 在给定时间内试验的温度变化次数是比实际上遇到的次数要多。

3 试验方法的选择

根据对试验样品考核的要求选择以下试验方法:

(1) 考核温度变化期间的电气性能时, 用试验 Nb—具有规定温度变化率的温度变化试验方法。

(2) 考核温度变化期间的机械性能时, 用试验 Nb—具有规定变化率的温度变化试验方法。

(3) 考核在规定温度急剧变化次数后的电气性能, 用试验 Na (具有规定转换时间的温度变化试验方法) 或试验 Nc (温度快速变化、两液槽法)。

(4) 考核机械部件及材料和材料组合耐抗温度急剧变化的适应性, 用试验 Na 或试验 Nc。

(5) 考核部件的结构耐抗人工应力的适应性, 用试验 Na 或试验 Nc。

4 暴露时间的选择

暴露时间取决于试验样品 (或其易受损坏部分) 达到周围空气或液槽温度时的热平衡时间。故应当根据试验样品的热时间常数来选择试样暴露所需要的时间。由于大件试验样品 (产品或设备) 内部和表面的热时间常数可能相差很大, 故以考虑最里面或最易受损坏部分的热时间常数为妥。

试验样品的热时间常数取决于周围介质 (在试验 Na 和 Nb 中是空气, 在试验 Nc 中是水或其它液体) 的性质和运动速度。因此, 希望在试验时的实际周围环境条件中通过试验把它测定出来。

试验样品在某一周围环境温度中的温度变化, 大致符合指数规律。如在高温试验时, 当温度变化幅值为 D 时, 则试验样品的温升过程如下式及图 1 所示。

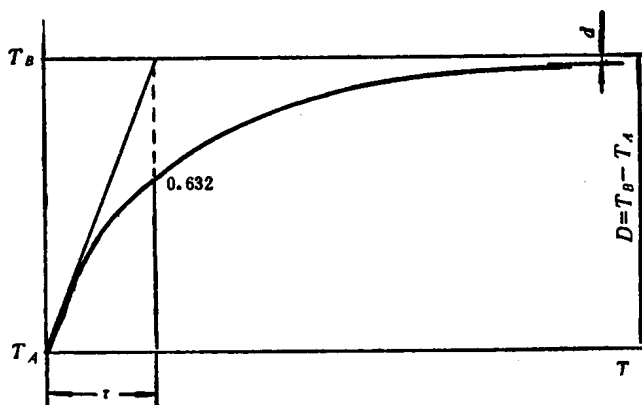


图 1

$$\theta = D (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

式中： θ ——试验样品温升，℃；

D ——高温和低温变化幅值，℃；

t ——试验时间；

$$\tau = \frac{Mc}{as} \text{ 为热时间常数，秒}$$

式中： M ——试验样品重量，克；

c ——试验样品的比热，焦耳/克·℃；

s ——试验样品表面散热（或吸热）面积；

a ——散热（或吸热）系数，瓦/厘米²·℃。

根据上式可得下列关系：

试验样品暴露时间 t	试验样品温度与环境温度的差值 d	试验样品暴露时间 t	试验样品温度与环境温度的差值 d
$t \geq 2.5\tau$	$d \leq 0.1D$	$\geq 5\tau$	$\leq 0.01D$
$\geq 3\tau$	$\leq 0.05D$	$> 5.5\tau$	$\leq 0.004D$
$\geq 4\tau$	$\leq 0.02D$	$\geq 6\tau$	$\leq 0.002D$

注： d 为试验介质温度和试验样品温度之差。

D 为冷热（低温和高温）试验温度之差，为 $T_B - T_A$ 。

由上表可知，若要试验样品温度与试验介质温度之差 d 值愈小，则需要的暴露时间也就愈长。一般取 $d = (0.05 \sim 0.02) D$ 即可，即试验暴露时间取 $(3 \sim 4) \tau$ 就可以了，否则暴露时间虽然延长了较多，而试验样品的温度则变化不大。

5 转换时间的选择

在两箱法两槽法中，如果是大件试验样品，若二、三分钟内转换不了，则在对试验结果没有显著影响的情况下，转换时间可以增加为：

$$t_2 \leq 0.05 \tau$$

式中 t_2 为转换时间， τ 为试验样品的热时间常数。

实际上，由于大件试验样品的热时间常数较大，周围较大的温度变化对其内部部件的影响是较缓慢的

6 温度变化速率的选择

在一箱法中，当箱体温度由低温变到高温或由高温变到低温时。试验样品除受高温（或低温）温度影响外，还受温度的变化速率的影响。温度变化速率的选择应根据试验样品在使用或运贮过程中实际可能遇到的情况来确定，本导则第3章提供了一些温度迅速变化的实际例子。

对于实际安装使用于棚下的某些固定的设备，当需要模拟与温度日变化有关的较慢的温度变化时（通常这一变化速率大大低于 1℃/分钟），这时虽可应用 Nb 试验方法，但温度变化速率应在有关标准中加以规定和说明。

7 应用温度变化试验的注意事项

(1) 应当了解一个试验样品内部的温度变化的情况，如温度变化的速率取决于其所用材料的热传导特性，以及热容量的主体分布及其尺寸的大小。

在试验样品表面上某点的温度变化情况，大体上是遵循指数规律。在稳定的周围环境温度下，其内部某点的温度变化情况就同样大体上是遵循指数规律。但是当周围环境温度发生变化时，对大件试验样品来说，特别是在大件试验样品内部，这种交替的指数升降会重叠起来，第一阶段的温度（高温）变化未完成，又经历第二阶段的（如低温）变化，这时就类似于恒定温度下间断工作制时的情况，试验样品一会儿按指数升温，一会儿又按指数降温冷却，导致锯齿形的周期性的变化，其幅度将比所施加的试验条件的高低温变化幅值要小，特别是在大试验样品内部将小得多（视条件试验时间而定）。如图 2 所示。

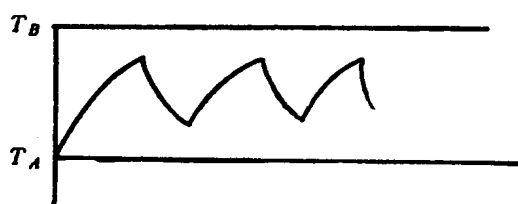


图 2

(2) 在温度变化试验时，应当考虑试验样品和试验箱（室）或液槽间的热传输的机理。这可从低温和高温试验准则中得到指导。对于试验样品周围的冷却或加热介质是流动的流体时，其散热或吸热效率是大不一样的，静止的空气或液体的换热效率是低的，而高速运动的空气或液体将大大提高热交换的效率。

(3) 用水作试验介质的两水槽法（试验 Nc），只应当用于密封的及对水不敏感的试验样品。对水侵入后会导致性能恶化的试验样品则应当采用其它液体（如油等）来进行试验。

在设计用其它液体进行试验时，应考虑这种液体的传热特性与水的差异。

8 再现性

条件试验程序对试验的再现性有一定的影响，如条件试验前的温度，以及先进行高温试验还是低温试验。

试验参数的精确程度对试验结果的再现性有重大的影响，如：

- (1) 高温、低温试验温度的偏差值。
- (2) 试验温度的变化速率。
- (3) 热传输机理，如热在对流、辐射、传导方面的分配情况，特别是空气循环速度及方向的差异将有重大的影响。
- (4) 试验介质特性的差异，如气体和液体的密度等。
- (5) 试验样品在试验箱（室）内或液槽内放置的位置与状态、方向等。

试验样品对试验的再现性的影响

温度变化试验的结果，因受试验样品在下列参数方面的差别而受到影响：

- (1) 试验样品热容量的大小，使用材料的特性与重量、面积等；
- (2) 试验样品表面的热量及其传输在试验样品表面上的分布情况；
- (3) 试验样品的内部结构、热传导特性的不均匀；
- (4) 试验样品结构及材料的热膨胀特性，及由此而产生的机械性能（如热弹性与抗张强度）上的差异情况；
- (5) 试验样品的结构尺寸及其配合公差；
- (6) 影响试验样品内部温度分布的其它性质，如内部元件安装位置的差异所引起的等。

9 试验的组合

温度变化试验 N 最好是用作组合试验的一部分,但这时应很好地考虑组合试验的顺序。这是因为对有些产品类型的损坏,不能在试验 N 方法的最后测试中显现出来,而只是在其后的试验才显现出来。在温度变化试验之后,再顺序进行下列试验时,有可能较快地显现温度变化试验的影响,例如:

- (1) 密封试验 Q;
- (2) 振动试验 Fc;
- (3) 恒定湿热试验 Ca;
- (4) 交变湿热(12+12 小时循环)试验 Db;

温度的快速变化两液槽法试验 Nc,不应当用来代替密封试验 Q。

10 试验的时间安排

条件试验的时间应尽可能这样来安排,即使所配置的循环次数的整数适在日常的工作时间内,并应照顾到试验样品的恢复时间或最后检测的时间。

如果出于某些原因,如避免在夜间或非通常的工作时间转换而影响检测的安排,有必要将试验样品继续在试验箱(室)中保留比规定时间 t_1 较长的时间时,则应保留在冷箱中而不是在热箱中,以减小或避免可能产生的老化效应。

11 检测项目

在温度变化试验时,应该预先考虑试验样品的特点与性质,及其在温度变化条件影响下可能损坏的机理,并据此来确定初始检测和最后检测的项目及内容。

在某些情况下,只要检查试验样品在温度变化试验后的机械损坏就可以了。对于试验样品为设备,或材料与结构较复杂的产品时,则应当优先考虑在温度变化试验期间的性能检测。

因此,在进行温度变化试验前应对试验样品进行认真的考虑,试验结果能否考核温度变化的影响,多半取决于对试验样品的结构、性能等在温度迅速变化影响下所产生的损坏机理等技术资料有无基本的了解与掌握。