

ICS 19.040
K 04



中华人民共和国国家标准

GB/T 2424.2—2005/IEC 60068-3-4:2001
代替 GB/T 2424.2—1993

电工电子产品环境试验 湿热试验导则

Environment tests for electric and electronic products—
Guidance for damp heat tests

(IEC 60068-3-4:2001, Environmental testing—
Part 3-4: Supporting documentation and guidance—Damp heat tests, IDT)

2005-09-19 发布

2006-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	1
1 范围	1
2 术语	1
3 湿度条件的产生和控制过程	1
4 湿度的物理现象	2
5 加速	3
6 恒定湿热试验和交变湿热试验的比较	3
7 试验环境对试验样品的影响	4
附录 A(资料性附录) 湿热效应图	5
参考文献	7

广东宏高鑫试验设备有限公司

前 言

GB/T 2424.2 是 GB/T 2424《电工电子产品环境试验》的第 2 部分,下面列出 GB/T 2424 标准的组成部分及其对应的 IEC 标准:

- GB/T 2424.1—2005 电工电子产品环境试验 高温低温试验导则(IEC 60068-3-1:1978, IDT)
- GB/T 2424.2—2005 电工电子产品环境试验 湿热试验导则(IEC 60068-3-4:2001, IDT)
- GB/T 2424.10—1993 电工电子产品基本环境试验规程 大气腐蚀加速试验的通用导则 (eqv IEC 60355:1971)
- GB/T 2424.11—1982 电工电子产品基本环境试验规程 接触点和连接件的二氧化硫试验导则
- GB/T 2424.12—1982 电工电子产品基本环境试验规程 接触点和连接件的硫化氢试验导则
- GB/T 2424.13—2002 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 温度变化试验导则 (IEC 60068-2-33:1971, IDT)
- GB/T 2424.14—1995 电工电子产品环境试验 第二部分:试验方法 太阳辐射试验导则 (idt IEC 60068-2-9:1975)
- GB/T 2424.15—1992 电工电子产品基本环境试验规程 温度/低气压综合试验导则 (eqv IEC 60068-3-2:1976)
- GB/T 2424.17—1995 电工电子产品环境试验 锡焊试验导则
- GB/T 2424.19—2005 电工电子产品环境试验 模拟贮存影响的环境试验导则(IEC 60068-2-48:1982, IDT)
- GB/T 2424.20—1985 电工电子产品基本环境试验规程 倾斜和摇摆试验导则
- GB/T 2424.21—1985 电工电子产品基本环境试验规程 润湿称量法可焊性试验导则
- GB/T 2424.22—1986 电工电子产品基本环境试验规程 温度(低温、高温)和振动(正弦)综合试验导则(eqv IEC 60068-2-53:1984)
- GB/T 2424.23—1990 电工电子产品基本环境试验规程 水试验导则
- GB/T 2424.24—1995 电工电子产品环境试验 温度(低温、高温)/低气压/振动(正弦)综合试验导则
- GB/T 2424.25—2000 电工电子产品环境试验 第 3 部分:试验导则 地震试验方法 (idt IEC 60068-3-3:1991)

本部分等同采用 IEC 60068-3-4:2001《环境试验 第 3-4 部分:支持文件及导则——湿热试验》(英文版)。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

- a) “本导则”一词改为“本部分”;
- b) 删除 IEC 前言;
- c) 原文 A.2.3 中有误,“见第 8 章”应为“见第 7 章”,本部分予以更正。

本部分代替 GB/T 2424.2—1993《电工电子产品基本环境试验规程 湿热试验导则》。

本部分与 GB/T 2424.2—1993 相比主要变化如下:

- a) 删除了 1993 年版 5.1 中的相对湿度的计算公式;

GB/T 2424.2—2005/IEC 60068-3-4:2001

- b) 删除了1993年版的第3章,在本部分中作为引言出现;
- c) 将1993年版本中的Ca、Cb试验改为Cab试验;
- d) 删除了1993年版的附录B,增加了参考文献。

本部分的附录A为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电工电子产品环境技术标准化技术委员会归口。

本部分由广州电器科学研究院负责起草。

本部分主要起草人:王俊、王玲。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 2424.2—1993。

电工电子产品环境试验 湿热试验导则

1 范围

本部分供制定电工电子产品或设备标准时,对产品以及特殊场合选用适当的试验方法和严酷等级之用。

湿热试验主要用于确定电工电子产品对高湿度环境的适应能力(不论是否出现凝露),特别是产品的电气性能和机械性能的变化,也可用于检查试验样品耐受某些腐蚀的能力。

2 术语

本部分特应用了以下术语及定义。

2.1

凝露 condensation

试验样品的表面温度低于周围空气的露点温度时,水蒸汽在该表面上析出的现象,即水由气态转变为聚集的液态。

2.2

吸附 adsorption

试验样品的表面温度高于周围空气的露点温度时,水汽分子附着在试验样品表面的现象。

2.3

吸收 absorption

水分子在材料内的聚集。

2.4

扩散 diffusion

由分压力差引起的水分子穿过材料迁移的现象。

注:扩散导致分压力平衡,流动(如水分子穿过足够大缝隙时形成的粘滞流或层流)最终导致总压力平衡。

2.5

呼吸 breathing

由温度变化引起的空腔内的空气与空腔外的空气之间的交换现象。

3 湿度条件的产生和控制过程

3.1 概述

现有的湿热试验箱(室)有许多类型,装备有不同的湿度发生和控制系统。

应使用去离子水或蒸馏水,水的pH值应在6.0~7.2之间,并且最小电阻率为 $0.05 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

试验箱(室)中的所有部件均应保持清洁。

各种加湿的原理及方法如下:

3.2 喷雾加湿

把去离子水或蒸馏水雾化成极细的微粒。

将水雾喷入进入工作空间前的空气内使其潮湿。在进入工作空间之前,较大的水滴将蒸发,而较小的水滴则保留在空气中。

应避免直接把水雾喷入工作空间内。

该系统简单、加湿迅速、维修量小。

3.3 蒸汽加湿

把水蒸汽喷入试验箱(室)的工作空间内。

该系统加湿迅速并且易于维修。但是,输入蒸汽的同时也输入了热量,而采取的冷却措施却产生了减湿效应。

3.4 气泡挥发法

使空气在通过盛水容器时变成气泡,逐渐被水蒸汽饱和。

在气流不变时,可通过改变水温的方法来控制湿度。但用提高水温的方法加湿有可能使工作空间的温度升高;由于水的热容量大,改变湿度时可能产生时间滞后;而采取的冷却措施却产生了减湿效应。

假如气泡破裂,有可能产生少量的气溶胶。

3.5 表面蒸发法

使空气掠过大面积的水面而使空气加湿。表面蒸发加湿有几种不同的方法,例如,使空气反复掠过静止的水面,或将水喷射到垂直表面上与空气逆向流动。

这种方法产生的气溶胶极少;利用改变水温的方法易于控制湿度。但由于水的热容量较大,改变湿度时可能存在时间滞后现象。

3.6 水溶液加湿

在恒定温度下,在小型的密封试验箱中标准盐水溶液的上空能形成规定的相对湿度。此种方法不适用于散热试验样品和吸湿量大的样品。

在设计不良的试验箱中,盐粒可能淀积在试验样品表面上;在某些情况下,例如在用铵盐时,铵盐微粒对健康有害,并引起一些材料的应力腐蚀。

3.7 去湿

为了控制湿度,可应用不同的去湿方法,包括冷却表面、喷射干空气、使用干燥剂等。

3.8 湿度控制

试验箱(室)尺寸、温度调节器、温度/湿度传感器的响应时间是影响湿度控制系统不确定度的主要因素。使用后的试验箱(室)的性能指标会发生某些变化,试验箱的维修质量也会影响试验箱湿度控制系统的不确定度。

4 湿度的物理现象

4.1 凝露

露点温度取决于空气中水汽的含量。露点温度、绝对湿度和水汽压力三者之间存在着直接关系。

当把试验样品放进试验箱(室)中时,如果试验样品的表面温度低于试验箱(室)中空气的露点温度,样品表面上就会出现凝露,因此,如欲避免凝露,必须对试验样品进行预热。

在条件试验期间,如要求试验样品表面产生凝露,就必须迅速提高空气中水分的含量和空气温度,使空气露点温度和试验样品表面温度之间达到某一差值。

如果试验样品的热时间常数比较小,则只有在升温速率极快或相对湿度接近 100% 时才会出现凝露。对于很小的试验样品,即使满足试验 Db 所规定的升温速率,也可能不会出现凝露。

在温度下降到周围温度后,壳体内表面上可能会有少量凝露。

通常,凝露的情况可以用肉眼观察的方法来检查,但不一定十分有效,对表面粗糙的小试验样品尤其是这样。

4.2 吸附

吸附在试验样品表面上的水汽分子的量取决于材料的类型、材料的表面结构和水汽压力的大小。由于吸附和吸收同时发生,而吸收效应通常更明显。因此,不容易单独评定吸附量的大小。

4.3 吸收

材料吸收潮气的量在很大程度上取决于周围空气的含湿量,吸收过程在达到平衡前始终稳定地进行着。水分子渗入的速度一般随温度升高而增大。

4.4 扩散

在电子元器件中经常出现的扩散实例就是水蒸汽透过有机密封材料进入壳体内部,例如进入电容器或半导体器件内部。

5 加速

5.1 概述

一般试验的目的是为了求得与在正常使用环境中会发生的相同的特性变化。加速试验在于大大缩短试验时间并获得与正常使用条件相类似的效果。但是必须强调指出,加速试验时,试验样品在严酷条件下的失效机理与正常使用条件下的失效机理是不同的。

选取试验严酷等级时应考虑产品的设计使用极限条件和设计贮存极限条件。

吸收和扩散过程可能需要相当长的时间(几千小时)才能达到平衡状态,而凝露和吸附过程所需要的时间一般则相当短。

当渗透速率和吸附过程的相互关系是已知的,那么可用提高温度的方法来实现湿热试验的加速作用。

应用偏置电压可产生额外的加速作用(见 C_x 和 C_y 试验)。

通常,应用于 Db 试验的温度循环对吸收、扩散过程没有加速作用。必须看到的事实是,水蒸汽的渗透速度随着温度的升高而加快。如果这两种温度水平的有效平均值低于 C 试验的试验温度,那么 Db 试验中的吸收过程将进行得更缓慢。

5.2 加速因子

目前湿热试验还不可能给出一个通用而有效的加速因子。如果迫切希望得到加速因子,对每一特定产品只能通过经验来获得。

对于比较试验,如果不同试验样品的失效机理相同,则允许使用高加速试验。

6 恒定湿热试验和交变湿热试验的比较

6.1 试验 C: 恒定湿热试验

恒定湿热试验始终应在吸收、吸附或扩散起主要作用的场合下使用。当有扩散但不包括呼吸作用时,应依靠样品及其应用情况来决定是否采用恒定湿热或交变湿热。

在许多场合,试验 Cab 用来确定材料在潮湿空气中保持电气性能的能力,或评价封装元件和组件防止水汽扩散的能力。

可将试验 C_x 或 C_y 作为一种选择性试验来测定扩散作用的影响。

对于某些样品,恒定湿热试验所产生的应力同其在交变试验中产生的相似。在这种情况下,时间的限制就决定了试验种类的选择。

6.2 试验 Db: 交变湿热试验

试验 Db 适用于以产生凝露或由于呼吸作用使水汽侵入并形成液态水为重要特征的各种场合。通过合理的选取交变湿热试验参数,试验 Db 便可适用于所有各种类型的试验样品。

变化 1 适用于以吸收或呼吸效应为重要特征的所有场合。

变化 2 所使用的试验设备比较简单,适用于吸收或呼吸效应不太显著的场合。

“试验 Q: 密封试验方法”可快速检测出能引起呼吸作用的缝隙,但不能重现湿热试验的各种效应。

6.3 试验顺序与组合试验

确定接缝的紧密性或检查裂纹的可靠方法是对试验样品施加一个或多个温度循环。在大多数情况

下,不必把温度变化与潮湿空气综合在一起,即不必同时产生两种试验条件。

如在做完温变试验(试验 N)之后接着选做试验 C 或试验 Db,就可得到预期的更严酷的效果。如湿热试验之后接着做低温试验(试验 A),就会增强试验效果。这是因为温变试验的高温变速率与大温差相结合所产生的热应力要比温度变化速率相当小的试验 Db 大得多。

当试验样品是由不同材料构成且有接缝时,特别是含有粘接玻璃时,推荐采用由几个湿热循环和一个低温循环组成的组合试验方法。这种组合试验方法,例如试验 Z/AD 与其他交变湿热试验方法的区别在于它在给定的时间内有更高的上限温度和多次达到零下温度,从而能获得其他湿热试验所没有的附加效应,即在裂缝或接缝中凝露水的冻结效应和加速呼吸效应。

在湿度循环之间加入低温循环的目的在于使任何缺陷中含有的水结冰,借助于结冰的膨胀作用使这些缺陷比在正常寿命期更快地变为故障。

应强调指出的是,这种冻结效应只有在缝隙的大小足以允许渗入若干液态水的情况下才会发生,如金属组件与垫圈之间或焊锡与导线接头之间的缝隙等。

细微的发状裂纹或多孔材料,如塑料封装元器件的缝隙以吸收效应为主,应优先选用恒定湿热试验来考虑这些效应。

7 试验环境对试验样品的影响

7.1 物理性能的变化

潮湿大气可能会改变材料的机械性能和光学性能,例如由膨胀引起的尺寸变化、摩擦系数等表面性能的变化和强度的变化等等。

上述性能的改变取决于是采用恒定湿热试验还是交变湿热试验,或是否需要凝露。

7.2 电气性能的变化

7.2.1 表面受潮

如果绝缘材料的表面有凝露或吸附了一定量的潮气,某些电气特性可能会变化,如表面电阻降低、损耗角增大,甚至会产生泄漏电流。

一般来说,上述情况应选用试验 Db,而假如无凝露产生,则应选用试验 Cab。

在某些情况下,在条件试验期间,有些样品需要接通、负载或进行测量。

一般来说,由表面受潮而引起的电气性能的变化在几分钟之后就很明显显示出来了。

7.2.2 体积吸潮

绝缘材料的吸潮能使其许多电气性能发生变化,如电介质强度降低、绝缘电阻下降、损耗角增大、电容量增大等。

由于吸收和扩散过程需要一段很长的时间,要经过几百甚至几千小时后才能达到平稳状态,因此应选取较长的试验时间。只有知道潮气渗入量与时间的依从关系才能推算出试验结果。例如,塑料封装件在经过 56 天 Cab 恒定湿热试验后,看来还良好的,但在更长阶段之后,由于吸收和扩散作用,大量水汽渗入材料内部,该塑料封装件的性能恶化。

在对封装件中的主要零件另加防潮处理后,如半导体的钝化处理、封入干燥剂等,评价吸潮对电气性能的影响可能变得很困难。

7.3 腐蚀

有很多种腐蚀只有在湿度相当大时才能发生。温度和湿度越高,腐蚀速度越快。一般来说,当存在反复蒸发、多次凝露时腐蚀最严重。

湿热试验通常不用于确定腐蚀效果,但当有杂质附着于金属表面时,如残留的焊剂、其他加工过程的残余物、灰尘、指纹等时,潮湿环境可能会诱发腐蚀或加速腐蚀过程。

在相对湿度很高或存在凝露时,不同金属之间或金属与非金属材料的连接处也会是一种腐蚀源。

当使用偏置电压时,腐蚀有可能加剧(见试验 Cx 和试验 Cy)。

附录 A
(资料性附录)
湿热效应图

A.1 概述

图 A.1 给出了有关湿热试验的基本物理过程以及这些过程之间的联系,说明了湿热试验对试验样品和材料性能的影响及效果。

下面列出了湿热试验的各项试验参数及其代号,这些代号已恰当地插在图 A.1 中的各类方框中:

时间(条件试验总持续时间)	t
温度	θ
温差	$\Delta\theta$
温度变化速率	$d\theta/dt$
相对湿度	RH
相对湿度差	$\Delta(\text{RH})$
绝对湿度	AH
试验大气的污染程度	P_u

A.2 注释

A.2.1 水渗入

水渗入固体材料内部与通过缝隙进入封闭空腔中的作用机理是不同的,区别如下:

- 水渗入固体材料是由于“体积扩散”的结果,体积扩散就是一个个单体水分子通过固体材料的分子空隙的运动。该机理导致“吸收”现象。体积扩散可使水分子到达塑料封装器件内部的灵敏部分,如到达封装塑料外壳薄膜电阻器中的电阻膜。按相同的过程,水分子也能到达封闭物的内部空腔,在这种情况下,解吸就是潮气进入内腔这一过程的结束。
- 穿过缝隙的渗入是由于水汽在充满空气的泄漏通道或封闭物中运动的结果,这可分为三种作用机理说明:
 - 扩散:水分子沿缝隙中气体的浓度梯度而运动。扩散不依赖空气的宏观流动。
 - 流动:水分子通过缝隙被空气流吸入。
 - 呼吸:由于空气压力与水汽分压力之差随缝隙的深度而变化,使水汽沿缝隙而流动,即由于温度变化而使水汽流动。

注:辨别材料的渗透机理具有某种随意性,事实上扩散和流动是一个连续转变的过程,流动也可能是呼吸作用的结果。

A.2.2 物理过程

— 见第 5 章。

A.2.3 效应

— 见第 7 章。

A.2.4 效应示例

图 A.1 中最后一行列举了湿热效应的典型实例,但必须指出,这些实例不一定是这些物理过程引起的唯一示例。

同时,由于各种效应之间可能存在相互作用,因此不能认为这一行中每个方框是完全独立的。例如,水汽和材料之间的化学反应可能导致体积电阻和损耗角的变化等,这在左起第 4 个方框已经标明,

当然,无疑还有许多其他相互作用的例子。

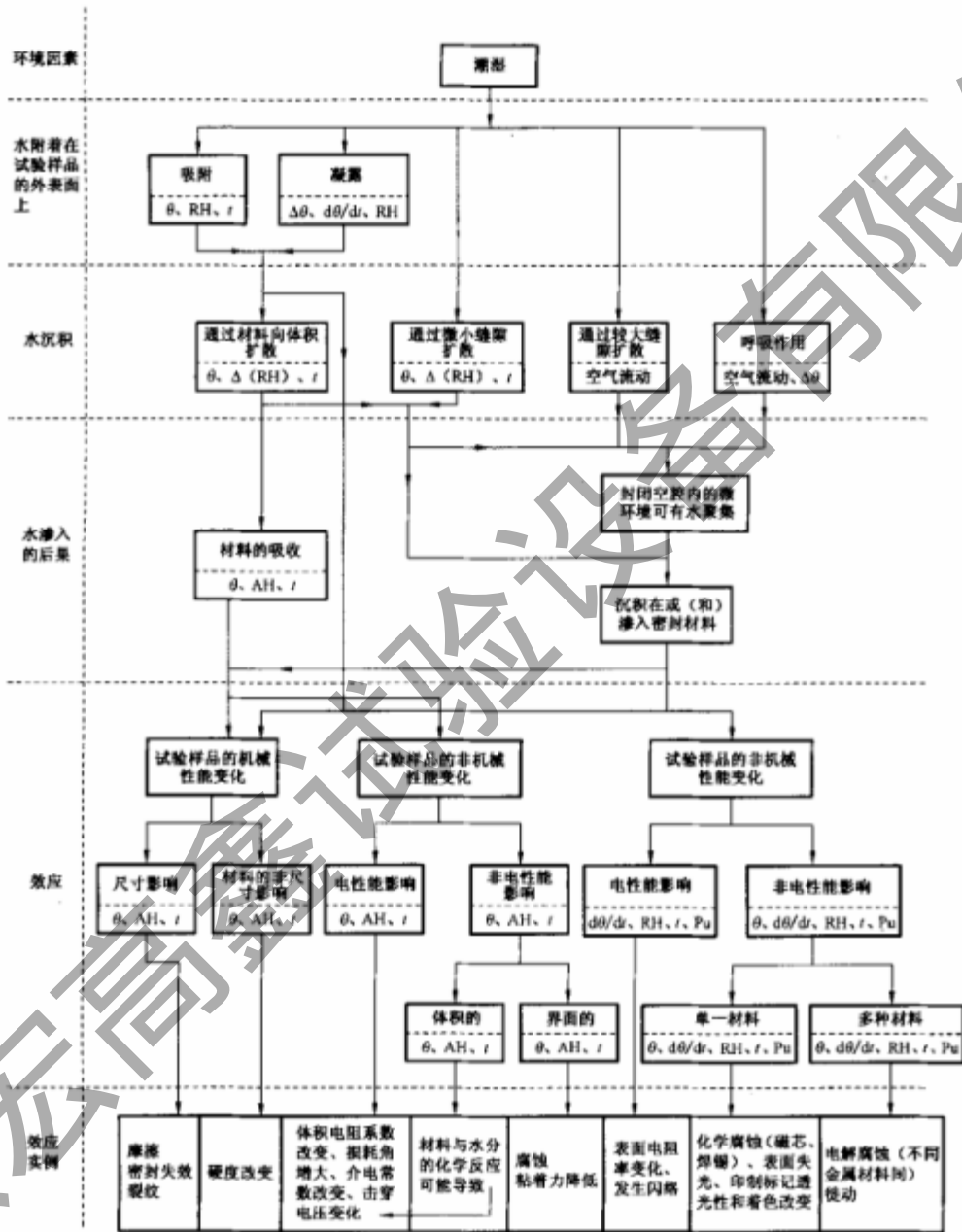


图 A.1 湿度试验的物理过程

参 考 文 献

- [1] GB/T 2421 电工电子产品环境试验 第1部分:总则(GB/T 2421—1999, idt IEC 60068-1:1988)
- [2] GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温(GB/T 2423.1—2001, idt IEC 60068-2-1:1990)
- [3] GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验J和导则:长霉(GB/T 2423.16—1999, idt IEC 60068-2-10:1988)
- [4] GB/T 2423.23 电工电子产品环境试验 试验Q:密封
- [5] GB/T 2423.4 电工电子产品基本环境试验规程 试验Db: 交变湿热试验方法(eqv IEC 60068-2-30)
- [6] GB/T 2423.34 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/AD: 温度/湿度组合循环试验(GB/T 2423.34—2005, IEC 60068-2-38:1978, IDT)
- [7] GB/T 2423.27 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/AMD: 低温/低气压/湿热连续综合试验(GB/T 2423.27—2005, IEC 60068-2-39:1976, IDT)
- [8] GB/T 2423.45 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/ABDM: 气候顺序(GB/T 2423.45—1997, idt IEC 60068-2-61:1991)
- [9] GB/T 2423.40 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Cx: 未饱和和高压蒸气恒定湿热(GB/T 2423.40—1997, idt IEC 60068-2-66:1994)
- [10] GB/T 2423.50 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Cy: 恒定湿热 主要用于元件的加速试验(GB/T 2423.50—1999, idt IEC 60068-2-67:1995)
- [11] IEC 60068-2-78 环境试验 第2部分:试验 试验Cab: 恒定湿热
- [12] GB/T 2424.10 电工电子产品基本环境试验规程 大气腐蚀加速试验通用导则(GB 2424.10—1993, eqv IEC 60355:1971)