

温度试验箱与温湿度试验箱的选型要点

1、容积的选择

将被试产品（元器件、组件、部件或整机）置入气候环境箱进行试验时，为了保证被试产品周围气氛能满足试验规范所规定的环境试验条件，气候箱工作尺寸与被试产品外廓尺寸之间应遵循以下几点规定：

a) 被试产品的体积（ $W \times D \times H$ ）不得超过试验箱有效工作空间的（20~35）%（推荐选用20%）。对于在试验中发热的产品推荐选用不大于10%。

b) 被试产品的迎风断面积与该断面上试验箱工作室总面积之比不大于（35~50）%（推荐选用35%）。

c) 被试产品外廓表面距试验箱壁的距离至少保持100~150mm，（推荐选用150mm）。

上述三点规定实际上是相互依存和统一的。以1立方米正方体箱子为例，面积比为1:（0.35~0.5）相当于体积之比为1:（0.207~0.354）。距箱壁100~150mm相当于体积之比为1:（0.343~0.512）。总括上述三点规定，气候环境试验箱的工作腔容积至少应是被试产品外廓体积的3~5倍。

作出这种规定的理由是因为被试验件置入箱体后挤占了流畅的通道，通道变窄将导致气流流速的增加。加速气流与被试验件之间的热交换。这与环境条件的再现不符，因为在有关标准中对涉及温度环境试验都规定试验箱内试验样件周围的空气流速不应超过1.7m/s，以防止试验样件和周围气氛产生不符合实际的热传导。在空载时试验箱内平均风速为0.6~0.8m/s，不超过1m/s，满足a)、b)两点要求所规定的空间及面积比时，流场的风速可能增大（50~100）%，平均最高风速为（1~1.7）m/s。满足标准规定的要求。如果在试验中不加限制地加大试验件的体积或迎风断面积，则实际试验时气流风速将增大到超出试验标准所规定的最高风速，其试验结果的有效性将受到怀疑。

2、气候箱工作腔内环境

参数（如温度、湿度、盐雾沉降率等）的精度指标都是在空载状态下检测的结果，一旦置入被试验件后，对试验箱工作腔内环境参数的均匀性将产生影响，试验件占有的空间越大，这种影响也就越严重。实测试验数据表明，流场中迎风面与背风面的温差可达到3~8℃，严重时可达10℃以上。因此，必须尽量满足a)、b)两项要求，以保证被试产品周围环境参数的均匀性。根据热传导的原理，箱壁附近气流的温度通常与流场中心温度相差2~3℃，在高低温的上下限时，还可能达到5℃。箱壁的温度与箱壁附近流场的温度又相差2~3℃（视箱壁的结构和材料而定）试验温度与外界大气环境相差越大，上述温差也越大，因此，距箱壁（100~150mm）距离内的空间是不可利用空间。温度范围的选择目前，国外温度试验箱的范围大体上为-73~+177℃，或-70~+180℃。国内多数厂家一般为-80~+130℃，-60~+130℃，-40~+130℃，也有高温到150℃。这些温度范围通常可以满足国内绝大多数军用、民用产品温度试验的需要，除非确有特殊需要，如安装位置靠近发动机等热源的产品外，不可盲目提高温度上限。因为上限温度越高，箱体内外温差越大，箱体内部流场的均匀性也越差。可利用的工作室体积也就越小。另一方面，上限温度值越高，对箱壁夹层中保温材料（如玻璃棉等）的耐热性要求越高。箱体密封性的要求也越高，使箱体的制作成本增加。

3、湿度范围的选择

国内外环境试验箱给出的湿度指标大都是20~98%RH或30~98%RH，如果湿热试验箱没有除湿系统，则湿度范围为60~98%，这一类试验箱只能做高湿试验，但它的价格低得多。值得注意的是在湿度指标后面应该注明相应的温度范围，或给出最低露点温度。因为相对湿度是与温度直接相关的，对于同样的绝对含湿量，温度越高，相对湿度就越小，如绝对含湿量为5g/Kg（指1公斤干空气中含有5克的水蒸汽），当温度为29℃时，相对湿度为20%RH，

温度为 6℃时,相对湿度为 90%RH,当温度降至 4℃以下,相对湿度超过 100%,在箱体内会出现结露现象。实现高温、高湿只需要往箱体空气中喷水蒸汽或雾化的水珠,进行加湿。低温低湿则相对难于控制,因为此时的绝对含湿量很低,有时比大气中的绝对含湿量低很多,需要对箱体内流动的空气除湿,使空气变得干燥。目前国内外绝大多数的温湿度箱都采用制冷除湿的原理,是在箱体的空气预调室内加一组制冷光管。当湿空气经过冷管时,其相对湿度会达到 100%RH,因空气饱和在光管上结露,使空气变得更干燥。这种除湿方式理论上可达到零度以下的露点温度,但是当冷点表面温度到达 0℃时,光管表面结露的水滴会结冰,从而影响光管表面的热交换,使除湿能力下降。又因为箱体不可能绝对密封,大气中的湿空气会渗入到箱体内,使露点温度回升。另一方面,在光管间流动的湿空气只是在和光管(冷点)接触的瞬间达到饱和状态而析出水蒸汽,因此这种除湿方法很难使箱体内部的露点温度在 0℃以下。实际所达到的最低露点温度为 5~7℃。露点温度 5℃相当于绝对含湿量为 0.0055g/Kg,对应相对湿度 20%RH 的温度为 30℃。如果要求温度 20℃进相对湿度达到 20%RH,此时的露点温度为-3℃,采用致冷方式除湿是很困难的,所高天公司在做低温低湿环境测试时选用空气干燥系统。

4、控制方式的选择:(恒定温湿度和温湿度交变-即单点式和可程式,建议采用可程式,不仅操作方便,省时省力,更重要的是带掉电功能,单点已逐步被淘汰)

温度、湿度试验箱有恒定试验箱、交变试验箱两种情况。普通的高低温试验箱一般指的是恒定高低温试验箱,其控制方式为:设定一个目标温度,试验箱具有自动恒温到目标温度点的能力。恒定温湿度试验箱的控制控制方式也类似,设定一个目标温度、湿度点,试验箱具有自动恒温到目标温度、湿度点的能力。高、低温交变试验箱具有设定一条或者多条高低温变化、循环的程序,试验箱有能力根据预置的曲线完成试验过程,并且可以在最大升温、降温速率能力的范围内,精确控制升温、降温的速率,即可以根据设定的曲线的斜率控制升温、降温速率。同样,高低温交变湿热试验箱也具有预置温度、湿度曲线,并且根据预置进行控制的能力。

5、变温速率的选择

普通的高低温试验箱没有降温速度的指标,从环境温度降温到标称的最低温度的时间一般为 90~120min。高低温交变试验箱、高低温交变湿热试验箱都有变温速度的要求,其变温速率一般要求 1℃/min,在此速率的范围内速度可调。而快速温度变化试验箱的变温速率较快,升温、降温速率可以达到 3℃/min~15℃/min,在某些温度段升温、降温速率甚至可以达到 30℃/min 以上。各种规格、速度的快速温度变化试验箱的温度范围一般都是相同的,即-60~+130℃,但考核降温速度的变温范围却不尽相同,根据试验不同的试验要求,快速温度变化试验箱变温范围有的是一55~+80℃,而有的是一40~+80℃。关于快速温度变化试验箱的变温速率有两种提法,一种是全程平均升降温速度,一种是线形升降温速度(实际上是每 5min 平均速度)。全程平均速度是指在试验箱的变温范围内,最高温度与最低温度之差值与时间之比。目前国外各环境试验设备生产厂家提供的变温速率的技术参数都是指的全程平均速率。线形升降温速度指在任意的每 5min 时间段内,能够保证的变温速率。而实际上对于快速温度变化试验箱来说,保证线形升降温速度的难度最大、最关键的一段是,在降温段最后的一个 5min 的时间段内,试验箱可以达到的降温速率。从某种角度讲,线形升降温速度(每 5min 平均速度)更科学。因此试验设备最好具有全程平均升降温速度和线形升降温速度(每 5min 平均速度)这两个参数。一般来说,线形升降温速度(每 5min 平均速度)是全程平均升降温速度的 1/2。

6、风速

有关标准规定,进行环境试验时温湿度箱内的风速应小于 1.7m/s,对于试验本身来说,风速越小越好,风速过大会加速试验件表面与箱体内流动气流的热交换,于试验的真实性不利。

但为了保证试验箱工作室内的均匀性，试验箱内具有循环风是必需的。但是快速温度变化试验箱以及温度、湿度、振动等多因素综合环境试验箱，为追求变温速率，必须加快箱体内循环气流的流速，风速通常在 2~3m/s。因此，对于不同的使用目的，风速的限制是不一样的。

7、温度波动度

温度波动是一个比较容易实现的参数，所有环境试验设备厂家生产的多数的试验箱实际的温度波动都可以控制在 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 的范围以内。

8、温度场均匀度

为了更正确地模拟产品在自然界所遭受的实际环境状况，在环境试验中必须保证被试产品的周边处在同一温度环境条件下，为此，必须对试验箱内的温度梯度和温度的波动度加以限制。在国军标 GJB150.1—86 军用设备环境试验方法总则中明确规定“试验样品附近测量系统的温度应在试验温度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内，其温度工不超过 $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 或总的最大值为 2.2°C （试验样品不工作）”。

9、湿度的精度控制

环境试验箱中测量湿度多数是采用干湿球法，环境试验设备的制造标准 GB10586 要求，相对湿度偏差应在 $\pm 2.3\% \text{RH}$ 。为满足湿度控制精度的要求，湿度试验箱的温度控制精度较高，温度波动一般小于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。否则很难达到湿度控制精度的要求。

10、冷却方式选择

试验箱如果带有制冷系统，制冷系统需要进行冷却。试验箱有风冷、水冷两种形式。一般恒温恒湿箱都采用风冷制冷如 BE-TH 系列的恒温恒湿箱，大点的快速升降温试验箱采用水冷制冷方式，冷热冲击试验箱可选择水冷和风冷制冷，推荐选择水冷，因制冷效果比较好点。