

ASTM D 5423&ASTM D 5374 对强制通风老化箱的要求

⇒文 / 徐永明 邓华

[摘要] 本文重点解析了美国UL实验室如何参照ASTM D 5423、ASTM D 5374以及UL 2556等标准对强制通风老化箱进行评估，指出标准中的主要参数要求和常见问题，并为企业对老化箱的选择和使用提供解决方案。

[关键词] 强制通风老化箱 电线电缆 UL

【DOI】 10.16691/j.cnki.10-1214/t.2019-06-013

本文所涉及的强制通风老化箱，是美国UL认证的企业用于电线电缆老化测试的重要设备。由于老化后性能指标经常会出现于UL实验室测试失败的结果，这对企业的正常生产和产品销售带来巨大风险。因此，越来越多的电线电缆企业通过购置老化箱，进行质量和风险监控。UL标准对老化箱的要求不同于国内自然通风标准，它主要参照美国材料实验协会的ASTM D 5423、ASTM D 5374以及UL公司的UL2556等标准，要求换气量达到100~200次/小时，国内市场上老化箱的自然通风换气量往往达不到这个要求。不熟悉UL标准的要求是国内电线电缆企业选购和使用老化箱的一个困难。

本文从主要参数指标、常见问题和解决思路等几个方面做分析，期望能够帮助国内企业在选取合适的设备和使用正确

的方法。

一、UL要求的强制通风老化箱主要的指标

强制通风老化箱主要有指定温度变差^[1]、换气量^[2]、热滞时间^[3]等指标要求。本文将在下面作解释并举例说明。

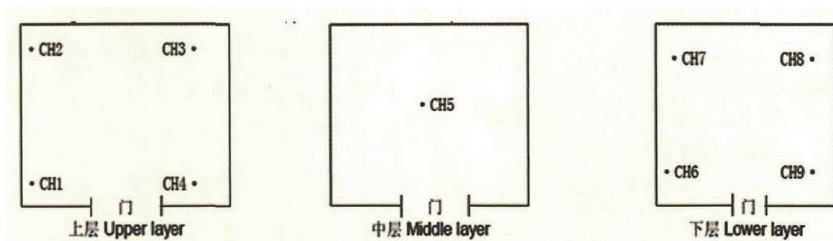
1.关于温度变差的计算

根据美国材料实验协会的标准ASTM D 5423 (Type II ovens) 和ASTM D 5374，老化箱在强制对流条件下，需要达到100~200次/小时的换气量。换气量一般设定在100℃和最高工作温度两个条件下来计算。在设定的温度下，需要测试箱内9个位置作为温度测试点，见附图热电偶分布图。

测试点确定后，需要5个时间节点的溫度数据。其中溫度1是指在炉温稳定16小时后开始测试的。记录9个热电偶在一个换气循环完成后，记录下最大、最小和平均

溫度。每3-5分钟测量一次，持续20-30分钟。每个老化箱都会不一样，计算出所有溫度值的平均数，作为溫度1。24小时后重复以上测量，作为溫度2，再24小时后重复以上测量，作为溫度3，以此类推，到溫度4，至溫度5。所以一个设定溫度（如100℃），至少需要5天的测试数据。以下5张表为设定溫度为136℃时的9个测试点的溫度（CH1~CH9），之后将以此为例作说明。

根据表1~表5，可以看到设定溫度1（即表中实际设定溫度℃）为136.7℃，设定溫度2为136.8℃，设定溫度3为136.8℃，设定溫度4为136.8℃，设定溫度5为136.7℃。5个设定溫度下的溫度变差分别为：2.1℃，2.0℃，2.2℃，2.3℃，2.4℃，均小于标准ASTM D 5423中TABLE 1^[2] Temperature Requirements在80~180℃之间溫度变差小于5℃的



附图 热电偶分布图

表1 炉温稳定16小时后的数据 (°C)

时间 (分)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
0	136.5	136.3	137.8	136.6	137.1	136.7	136.9	136.7	136.7
5	136.6	136.3	138.1	136.7	137.2	136.8	136.7	136.7	136.5
10	136.8	136.5	138.2	136.7	137.3	136.8	136.6	136.8	136.3
15	136.3	136.2	137.8	136.3	137.0	136.4	136.2	136.5	136.1
20	136.5	136.3	137.8	136.3	137.0	136.5	136.4	136.5	136.3
实测设定温度°C	温度梯度°C		温度变差°C		温度波动°C		最大允差 (±°C)		结论
136.7	1.9		2.1		0.7		5		符合

表2 炉温稳定40小时后的数据 (°C)

时间 (分)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
0	136.5	136.4	137.9	136.6	137.2	136.8	136.7	136.8	136.5
5	136.7	136.4	138.1	136.8	137.2	136.9	136.8	136.8	136.6
10	136.4	136.2	137.9	136.6	137.0	136.8	136.6	136.6	136.3
15	136.5	136.3	137.9	136.4	137.0	136.6	136.3	136.6	136.1
20	136.6	136.4	138.1	136.6	137.2	136.7	136.5	136.7	136.4
实测设定温度°C	温度梯度°C		温度变差°C		温度波动°C		最大允差 (±°C)		结论
136.8	1.8		2.0		0.7		5		符合

表3 炉温稳定64小时后的数据 (°C)

时间 (分)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
0	136.5	136.2	137.9	136.2	136.9	136.6	136.6	136.5	136.5
5	136.5	136.2	138.1	136.4	137.0	136.6	136.6	136.6	136.5
10	136.6	136.3	137.9	136.8	137.2	136.8	136.8	136.8	136.5
15	136.5	136.4	137.9	137.1	137.4	137.0	137.0	136.9	136.7
20	136.5	136.3	138.1	136.2	136.9	136.5	136.3	136.5	136.3
实测设定温度°C	温度梯度°C		温度变差°C		温度波动°C		最大允差 (±°C)		结论
136.8	2.0		2.2		0.9		5		符合

表4 炉温稳定88小时后的数据 (°C)

时间 (分)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
0	136.5	136.4	137.8	136.2	137.0	136.6	136.1	136.5	136.1
5	136.4	136.3	137.8	136.3	137.0	136.6	136.6	136.6	136.6
10	136.5	136.2	137.8	136.5	137.0	136.7	136.8	136.6	136.6
15	136.7	136.4	138.3	136.9	137.3	136.9	136.8	136.9	136.5
20	136.6	136.4	138.2	136.7	137.3	136.8	136.6	136.7	136.4
实测设定温度°C	温度梯度°C		温度变差°C		温度波动°C		最大允差 (±°C)		结论
136.8	1.9		2.2		0.7		5		符合

表5 炉温稳定112小时后的数据 (°C)

时间 (分)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
0	136.3	136.2	137.6	136.1	136.9	136.5	136.3	136.4	136.4
5	136.4	136.2	137.6	136.4	136.9	136.6	136.6	136.6	136.5
10	136.7	136.5	138.4	137.1	137.4	137.0	137.2	137.0	136.8
15	136.4	136.3	138.1	136.8	137.1	136.7	136.7	136.7	136.4
20	136.4	136.3	137.8	136.3	136.9	136.5	136.2	136.5	136.0
实测设定温度°C	温度梯度°C		温度变差°C		温度波动°C		最大允差 (±°C)		结论
136.7	1.9		2.4		1.0		5		符合

表6 ASTM D 5423 对老化实验箱的温度变差要求

设定温度范围 T (°C)	温度变差 (°C)	与设定温度最大变差 (±°C)
T ≤ 80	4	2
80 < T ≤ 180	5	2.5
180 < T ≤ 300	6	3
300 < T ≤ 400	8	4
400 < T ≤ 500	10	5

要求, 见表6。

2. 关于换气量的计算

换气量公式和几个参数的定义, 如式 (1):

$$N = 3.59 (P_2 - P_1) / (V \rho \Delta T) \quad (1)$$

其中 N 为每小时换气量, 次/小时;

P₁ 为封闭老化箱通风口, 安装

电表, 炉温升到 100 ± 2 °C, 温度稳定后测量 ½ 小时以上的功率消耗, W;

P₂ 为炉温升到设定温度, 温度稳定后测量 ½ 小时以上的功率消耗, W;

V 为计算老化箱容积, 需要设计厂家提供, 一般指内部容积减去炉内部件占用的容积, m³;

ρ 为测试环境的空气密度, kg/m³;

ΔT 为老化箱炉内温度和环境温度的差值, °C;

以下, 以某老化箱测试数据为例, 计算炉温在 136 °C (也是该设备最高温度) 的换气量。

$$\begin{aligned} N_{\max} &= 3.59 (P_2 - P_1) / (V \rho \Delta T) \\ &= 3.59 \times (2028.6 - 768.0) / \\ &\quad \{0.194 \times 1.161 \times (136 - 28)\} \\ &= 186 (\text{次/小时}) \end{aligned}$$

N_{max} = 186 次/小时, 在 100~200 次/小时区间内, 符合标准要求。

3. 热滞时间

热滞时间是指定样品达到制定温度所需要的时间 (ASTM D 5423-93 3.1.6)。具体方法介绍如下。

在老化箱炉温达到 200 ± 5 °C 时, 稳定 1 个小时。把一个 10mm 直径, 55mm 长的铜棒作为试样, 必须事先在室温中温度放置了 1 个小时以上并提前焊接到热电偶上, 把老化箱门打开 90°; 把它放置到炉体中心。然后将另外一只热电偶放置在远离铜棒 80-100mm 处的位置, 把炉门打开 60 ± 1 秒, 然后关闭炉门。之后每隔 10 秒记录温度一次, 直到两个热电偶的测试值达到最高温差, 记为 T, 再将记录间隔调整为 30 秒, 直到两个热电偶的温度差

表7 某老化箱参数

箱体容积 (M³)	炉温 (°C)	环境温 (°C)	空气 密度 (KG/M³)	功率 P2(W)	功率 P1(W)	风口位置		测量值 (每小时 换气率)	要求 (每小时 换气率)	结论
						进风口	出风口			
0.194	100	28	1.161	1426.91	572.19	第一圈 5:00	第一圈 7:00	189	100~200	符合
	136	28	1.161	2028.60	768.00	第一圈 5:00	第一圈 7:00	186	100~200	符合
工作空间			0.1500 M³设计额外物理空间			0.0444 M³				

T已经降低到低于最大温度差T（以下案例是111.6°C）的10%，记录为T₁₀（以下案例是11.2°C）。

记录两支热电偶的温差从T 降到T₁₀的时间，即为老化箱的热滞时间。热滞时间要求小于等于660秒。以下案例得到结果为286秒，符合标准要求。

二、老化箱在设备审核中常
见不符合项目

1·标准参考错误导致的老化箱选
用不符合

按照国标或VDE标准制造的老化箱大都为自然通风老化箱，是按照JB/T 4278-6-2011 橡皮塑料电线电缆试验仪器鉴定方法 第6部分：自然通风热老化试验箱来校验，或者以GB/T 2951-12-2008电线和光缆绝缘和护套材料通用试验方法第12部分：通用试验方法-热老化试验方法，要求换气量为：8~20次/小时。而UL电线所用的老化箱，如本文中所讲，按照 ASTM D 5423、ASTM D 5374等标准制造，换气量要求达到100~200次/小时。标准的不同，还影响到测量的点的选取不同，数据采集时间和内容也不同。

表8 热滞时间

		温差 (°C)	时间 (秒)
最大温差		111.6	20
10%最大温差 (T ₁₀)		11.2	306
设定温度 (°C)	热滞时间 (T-T ₁₀ °C)	要求	结论
200	286	<=660秒	通过

2·热
滞时间没
有提供

对于
UL的老
化箱，

ASTM D5374标准中明确要求要做热滞时间的测试。国内很多厂商都忽略了这个指标，如果没有对热滞时间的考虑，企业就可能出现送到UL实验室测试不通过，尽管在工厂自己的实验室做过测试。这一现象在老化不通过的案例中比较普遍存在。

3·设计容积未提供或不准确

不少工厂采购的老化箱只有在铭牌上标明容积，实际上这不是计算换气量中使用的参数V。真正的计算容积需要设计厂家书面提供，是指内部容积减去炉内部件占用的容积，单位是立方米。

三、如何满足UL对强制通
风老化箱的要求

首先，需要了解以UL对设备的参数要求，搜集相关标准如ASTM D 5423、ASTM D 5374以及UL 2556等标准，了解上述标准对设备的要求。其次，按照标准要求，从多个供应商中进行选择对比，这不仅可以选择到性价比更高的设备，而且可以从对比中发现某些供应商的是否能提供符合标准要求的设备。最后，如果采购新的老化箱，建议老

化箱由制
造厂商提
供符合要
求的校

准，否则企业拿到设备还要寄到校准实验室或安排检测人员到现场，额外增加不少费用。关于设备供应商提供的校准报告，需要核实能提供CNAS(中国合格评定国家认可委员会)标志的证书，这样，在接受UL设备审核中，可以减少许多项目的额外评定，容易达到符合。

四、结束语

UL对于强制通风老化箱的要求不止本文提到的内容，还有送风口和出风口风量的调节和设定等实际问题有待进一步研究。

[参考文献]

[1] ASTM D 5423-93 (2005)，Standard Specification for Forced-convection Laboratory Ovens for Evaluation of Electrical Insulation[S]

[2] UL 2556，Standard for Safety Wire and Cable Test Method[S], Fourth Edition, Dated December 15, 2015

[3] ASTM D 5374-95 (2005)，Test Methods for Forced-convection Laboratory Ovens for Evaluation of Electrical Insulation[S] ❖

（作者单位：徐永明，中国检验认证集团浙江有限公司；邓华，中国检验认证集团检验有限公司）