



中华人民共和国国家标准

GB/T 2424.27—2013/IEC 60068-3-11:2007

环境试验 支持文件和指南 温湿度试验箱不确定度计算

**Environmental testing—Supporting documentation and guidance—
Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers**

(IEC 60068-3-11:2007, Environmental testing—Part 3-11: Supporting
documentation and guidance—Calculation of uncertainty of conditions in
climatic test chambers, IDT)

2013-11-12 发布

2014-03-07 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 不确定度的概念	4
5 允差	5
6 温湿度测量	5
7 测定恒温恒湿试验箱不确定度的方法	6
8 不确定度成分的估算及其组成	12
9 温度测量的总不确定度	12
10 相对湿度测量的总体不确定度	14
11 异常数据和结果展示	16
附录 A (资料性附录) 测量数据-带负载试验箱	18
参考文献	21

前 言

GB/T 2424 包含以下部分：

- GB/T 2424.1 电工电子产品环境试验 高温低温试验导则；
- GB/T 2424.2 电工电子产品环境试验 湿热试验导则；
- GB/T 2424.5 电工电子产品环境试验 温度试验箱性能确认；
- GB/T 2424.6 电工电子产品环境试验 温度/湿度试验箱性能确认；
- GB/T 2424.7 电工电子产品环境试验 试验 A 和 B(带负载)用温度试验箱的测量；
- GB/T 2424.10 电工电子产品基本环境试验规程 大气腐蚀加速试验的通用导则；
- GB/T 2424.11 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Kc：接触点和连接件的二氧化硫试验导则；
- GB/T 2424.13 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；
- GB/T 2424.14 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 太阳辐射试验导则；
- GB/T 2424.15 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；
- GB/T 2424.17 电工电子产品环境试验 锡焊试验导则；
- GB/T 2424.19 电工电子产品环境试验 模拟贮存影响的环境试验导则；
- GB/T 2424.22 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；
- GB/T 2424.25 电工电子产品环境试验 第 3 部分：试验导则 地震试验方法；
- GB/T 2424.26 电工电子产品环境试验 第 3 部分：支持文件和导则 振动试验选择；
- GB/T 2424.27 环境试验 支持文件和指南 温湿度试验箱不确定度计算。

本部分为 GB/T 2424 的第 27 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60068-3-11:2007《环境试验 第 3-11 部分：支持文件和指南 温湿度试验箱不确定度计算》。

考虑到我国实际情况，本部分对 IEC 60068-3-11:2007 做了以下编辑性修改：

- 对标准中的图表做了编辑性修改；
- 删除了扩展不确定前的“±”。

本部分由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会(SAC/TC 8)提出并归口。

本部分起草单位：威凯检测技术有限公司、宁波润轴汽配有限公司、宁波思创机电有限公司、宁波中科技城电路设计中心有限公司、上海市质量监督检验技术研究院。

本部分主要起草人：叶红京、李珩、邱巧丹、柯赐龙、曲雯洁、卢兆明。

引 言

本部分为分析温度和湿度气候试验箱的不确定度提供了指导。是为环境测试的技术员,工程师和管理人员,以及需要了解环境试验结果的人而编写。

气候试验箱的性能是环境测试工程师考虑的一个关键要素,为了符合任何测试特性,试验箱应具备能够判定其产生的条件是否在指定限值之内的功能。描述这个特性可能是一项艰巨的任务,而且分析性能试验箱的不确定度往往被许多问题所困惑。发行本部分的目的就是解决这个问题。

接下来,首先介绍的是测量不确定度的概念,然后是允许误差。接着是考虑温湿度测量合成不确定度。考虑空载试验箱和带负载的试验箱的测量条件这两种情况的校准。最后,通过详细指导和工作实例来分析结果,估算不确定度。

环境试验 支持文件和指南

温湿度试验箱不确定度计算

1 范围

GB/T 2424 的本部分给出了如何估算温湿度试验箱稳态温度与湿度时的不确定度示例。由于测量方法与不确定度密切相关,所以也有描述。

本部分也同样适用于所有环境条件情况,包括房间或试验室。本方法适用于温度试验箱和温湿度试验箱两种情况。

本部分对使用气候试验箱的人们有很大的帮助。那些已经很熟悉测量不确定度人会发现它对典型的测量不确定度来源以及将其量化合成很有指导性作用。它也能为第一次或者偶尔使用温湿度试验箱或没有这门学科的知识的人提供帮助。

讨论不确定度时,首先知道要测量和描述的是什么十分重要。一个试验箱的校准和性能描述涉及到给定设定点条件下,箱内气体及被测试样品的温度和湿度。这些不能与箱内传感器的校准和性能描述混淆,因为两者概念是不同的。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2424.5—2006 电工电子产品环境试验 温度试验箱性能确认(IEC 60068-3-5:2001, IDT)

GB/T 2424.6—2006 电工电子产品环境试验 温度/湿度试验箱性能确认(IEC 60068-3-6:2001, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

授权校准机构 calibration authority

已被相应的国家机构认可的实行校准工作的实验室或其他组织。

3.2

气候试验箱 climatic test chamber

温度或温湿度在一定范围内可控的试验箱体或试验空间。

3.3

合成标准不确定度 combined standard uncertainty

由在一个测量模型中各输入量的标准测量不确定度获得的输出量的标准不确定度。

[见 GUM]。

3.4

修正值 correction

用代数方法与未修正测量结果相加,以补偿其系统误差的值。

3.5

置信概率 confidence level

与置信区间或统计包含区间有关的概率值。

注：置信概率是“真值”落在不确定度区间范围的可能性，通常用百分数表示，例如：95%。

[见 ISO 3534-1:2006]

3.6

包含因子 coverage factor

为获得扩展不确定度，对合成标准不确定度所乘的大于1的数。

3.7

露点温度 dew point

空气中水蒸气压达到饱和蒸气压时的温度(高于冰点温度)。

注：露点温度是指空气(在水汽含量和气压都不变的条件下)冷却到饱和时的温度。饱和状态存在于当空气加热产生大量的水蒸气时温度和压力。

3.8

离差 dispersion

重复测量某量的分散性。

3.9

漂移 drift

不涉及被测量变化的给定测量系统变化。

[见 VIM]

注：漂移来自当时估算的校准值和测量值的修正。

3.10

误差 error

测量结果减去被测量的真值。

3.11

扩展不确定度 expanded uncertainty

确定测量结果区间的量，合理赋予被测量之值分布的大部分可望含于此区间。

[见 VIM]

3.12

波动 fluctuation

在空间某点上，稳定后的某段时间内的温度或者湿度变化量(从平均值得到)。

注：波动可能由标准偏差或者最大偏差中测得。

3.13

梯度 gradient

稳定后，在任意任何间隔内，工作空间内两点之间温度平均值的最大差值。

3.14

关联空气 incident air

流动到工作空间的气流。

3.15

水汽分压力 partial vapour pressure

在一定温度下，在给定的体积空气中，大气压力中的水汽压力部分。

3.16

标准仪器 reference instrument

预先经过校准的仪器，能达到测量 GB/T 2423 有关部分规定的温湿度条件。

3.17

相对湿度 relative humidity

在一定温度时,在给定的体积空气中,水汽分压力与饱和蒸气压的比,以百分比来表示(%RH)。

3.18

重复性 repeatability

在相同测量条件下(例如同样的操作人员、同样的仪器、同样的实验室),对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

3.19

分辨力 resolution

能有效辨别的显示示值间的最小差值。

3.20

饱和蒸气压 saturation vapour pressure

在一定温度下,当给定容积空气中的水分饱和时的水蒸气压为饱和蒸气压。

3.21

稳定状态 stabilization

试验箱体工作空间的温度和湿度达到给定的允差且保持在一个常数的状态。

3.22

标准偏差 standard deviation

对同一被测量作 n 次测量,表征测量结果分散性的量。

注:标准偏差用 s 表示。

[见 GUM 和(或)VIM]

3.23

标准不确定度 standard uncertainty

以标准偏差表示的测量不确定度。

[见 GUM]

3.24

允差 tolerance

指定量值的限定范围或允许范围。

[见 ISO 3534-2:2006]

3.25

可溯性 traceability

通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,使测量结果或测量标准的值能够与规定的参考标准,通常是与国家测量标准或国际测量标准联系起来的特性。

注:不间断的比较链称为可溯链。

[见 ISO 3534-1:2006 和 VIM]

3.26

真值 true value

与给定的特定量的定义一致的值。

注:一个量的真值是理论概念,一般来说,不能精确知道,但是可以通过测量估算。

[见 ISO 3534-1:2006]

3.27

不确定度 uncertainty

表征合理地赋予被测量之值的分散性,与测量结果相联系的参数。

3.28

不确定度评定报告 uncertainty budget

对测量不确定的陈述,包括测量不确定度的分量及其计算和合成。

3.29

不确定度的分量 uncertainty contribution

输入到不确定度报告的每个量。

3.30

工作空间 work space

试验箱的一部分,并能将规定条件维持在规定允差内。

4 不确定度的概念

4.1 不确定度、误差和“真值”

无论如何小心,都可以对测量的结果提出怀疑。在简单的项目中,测量的不确定度是对测量结果怀疑的量化。

在讨论不确定度时,我们常常需要考虑另一个概念——“误差”,它与不确定度是两个相关且有区别的概念。测量误差就是测量值与“真值”之间的差值。

任何量的“真值”在原则上是不可知的。这导致一个问题,因为“误差”是由测量值减去“真值”的结果所定义的。有时候这个差值是可以估算的。这两个概念应避免交叉使用,需要使用时应谨慎。之前很多包含“误差分析”的科学论文的讨论,应被命名为“误差极限可能性分析”,或更恰当的称之为“不确定度分析”。在旧的出版物中,“误差”曾被广泛使用于那些应该使用“不确定度”这个术语的场合。

不确定度与误差是不一样的。假设试验箱内环境用校准仪器测量出相对湿度为75%RH,而试验箱控制器显示其相对湿度为90%RH,这并不说它的不确定度为15%RH。众所周知,相对湿度是75%RH。大家知道试验箱不是控制器显示错误就是运行不正常。误差估计为15%RH,而不确定度指的是所给出的75%RH测量特性——评估75%RH的这个数据本身的准确性,当需要考虑“真值”、不确定度和误差的时候,测量仪器的校准证书是提供这些信息的重要资源之一。使用校准证书提供的信息来确保获得最好的测量不确定度,是非常重要的。

4.2 不确定度的表述

4.2.1 概述

在测量结果报告中,要正确且完整地表述每个测量点的结果应该具备三个数据。例如,完整的表述可以是:

“真值”为:39.1 °C ± 0.3 K,95%的置信度;

——39.1 °C为最佳真值估算值;

——±0.3 K为置信区间;

——95%的置信度为置信概率。

下面是对这三个组成部分的解释。

4.2.2 被测量最佳真值估算值

通常我们只会简单地在已被校准的标准测量仪器上读取这个值。比如一个气候试验,这个标准器就有可能是温度测量系统和(或)湿度计显示,又如果这个箱体已经被计量过,那么标准器还可以指箱体的控制器显示。如果校准显示出一个存在于仪器或者试验箱控制器中的误差(不是不确定度),这种情

况可以使用修正值。例如,如果温度计的校准显示它的读数偏高 1 K,那么读数要减去 1 K,以求获得最好的真值预估。

4.2.3 置信区间

置信区间指的是测量值所在的某一特定范围,真值能以给定的置信概率水平落在这段区间范围内。上面的例子中这个区间为 ± 0.3 K。

4.2.4 置信概率

测量的置信概率(例如 95%)是一个从结果上表现置信程度的数字。也是真正的“真值”落在给定区间的可能性。大多数数据会呈正态分布,大约 68%的值会落在平均值加或减一个标准差的区间里面。大约 95%的值会按预期落在加或减两个标准差的区间里面(95%的置信概率)。换句话说,很多类似的测量表明不会有超过 1/20 的值落在极限区间外。因此,得到包含 95%的值的区间范围公认的方法是将标准差乘以 2。在 95%的置信概率下,我们 95%的肯定“真值”落在于规定范围内。

我们一般会选用 95%的置信概率,也可选用更高的置信概率,但是置信区间会增大。

4.2.5 不确定度的表述

在上面的例子中,不确定度的表述为:温度 $39.1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.3\text{ K}$,置信概率为 95%。 $39.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为温度的最佳估算值,但是因为其不确定性,温度真值有可能落在 $38.8\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 39.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内,置信概率为 95%。

4.3 合成不确定度

不确定度分量在他们合成之前应该表达成相似的术语。他们应有相同的单位和同样的置信概率。所有分量应当转换成标准不确定度(即:具有加减一个标准差的置信概率区间)。这些将在第 9、10 章进行深入讨论。

5 允差

当准备做一个测试项目时,首先要考虑的是试验箱能否达到和保持试验要求的环境条件,测试规范常常设置了对环境条件的允差要求,例如 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 5\%$ RH。在判定试验箱性能是否满足允差要求时,应考虑不确定度对其的影响。

允差不同于不确定度。允差是由过程或结果得到的允许极限。一般来说,了解试验箱性能不确定度的目的是为了判断其是否满足允差要求。为判断这点,要求条件下的偏差和不确定度都应考虑进去。引用 4.2.5 的数据,可以 95%的肯定真正的温度在 $38.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $39.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。如果环境条件要求为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$,那么真正温度落在允差范围内的可能性将优于 95%,因为全部的置信区间真包含于允差的范围之内。

如果测量湿度为 81.7% RH,置信概率为 95%时置信区间为 $\pm 3.6\%$ RH,那么可以确定湿度的真值是在 78.1% RH~85.3% RH 之间。如果要求的条件为 $85\% \pm 5\%$ RH,即使测量条件在这个范围内,设置点的湿度真值在 $\pm 5\%$ RH 置信度的概率低于 95%,这是因为置信范围与容差范围不吻合。无论如何,统计学方法为不确定度带来一个非常接近的估算。

6 温湿度测量

我们在进行湿度测量时,有很多接近湿度真值的方法。一般认为,空气中包含的水蒸气是均匀分布于整个试验箱内的。这是一个合理的假设,人们曾在试验箱内对多个湿度点进行测量,从而证实了这个

认知符合实际。当然,这并不代表相对湿度也是均匀的。

露点,与蒸气压力直接相关,可以假设其在整个试验箱分布均匀并且不受温度影响。在常规测试中,只需要在某一点测量湿度。然而在某些场合,或是在测试过程中,或是试验箱在相似的条件运行时,都应至少选择两个位置进行湿度测量,这样可以在空气中水蒸气均匀分布的假设条件下,得到相应不确定度。

在大多数的环境测试中,湿度要求在相对湿度的条款中指定。由于大多数有机材料取决于相对湿度这项参数,其重要性也就可想而知。例如塑料和木材的物理性膨胀、生物活动、电子阻抗和腐蚀等作用,都受相对湿度的影响。

在试验箱内,通常蒸气压力基本上是均匀的。

即使是当空气在试验箱内充分流动时,尽管水蒸气压基本均匀,箱内一处和另一处的温度仍然常常不一样,而这些温度的不同则造成了相对湿度的不同。单点的单个湿度测量值,通常就足以告诉我们试验箱内其余部分的蒸气压力,而这个点应在中心点或者被测物体的表面的空气一侧。

测量可以使用任意湿度计,但是通常会使用以下三种类型之一:

- 露点湿度计(镜面凝结);
- 干湿球湿度计(干球/湿球);
- 相对湿度探头。

举例见附件 A。

7 测定恒温恒湿试验箱不确定度的方法

有三种基本的方法来测定气候试验箱的环境条件。这三种方法反映出在不同类型的测试中测试条件的区别,还介绍了每种方法的优点。这些方法如图 1 中阐明。

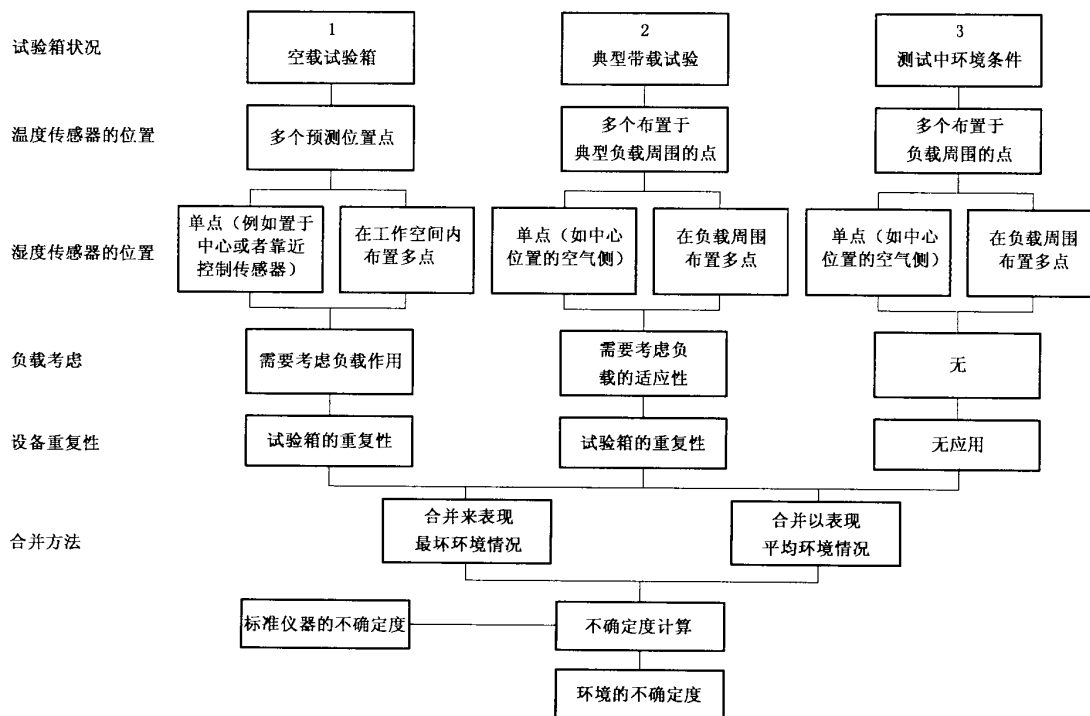


图 1 校准方法与不确定度计算途径

7.1 空载试验箱

7.1.1 优点

优点如下：

- a) 整个工作空间经过校准；
- b) 校准仅需每年 1~2 次；
- c) 更换测试样品后，不需要复校；
- d) 评估箱体适用性时不需要取决于测试样品状况；
- e) 相对而言价格低廉，多台箱体仅需要一套校准装置。

7.1.2 缺点

缺点包括：

- a) 样品对于测试结果的影响难以量化，尽管样品同箱体相比小到可以忽略。受加载影响的测量结果的不确定度难以评估；
- b) 散热试验样品的影响很难量化；
- c) 箱体控制器的漂移、分辨力和重复性应进行评估，而且它们对于不确定度的影响应考虑进入不确定度。

7.2 典型负载

拥有一个典型负载的箱体的校准是最理想的，因为其类似于重复做相似的试验。

7.2.1 优点

优点如下：

- a) 负载对箱体控制的影响能够精确评估，而不需要将测试样品置于未知压力下；
- b) 预先测试能产生满足条件的最小合适箱体；
- c) 恰当选择传感器位置能直接得到负载关键部分的细节信息；
- d) 散热型负载的异常现象可以被量化；
- e) 相对而言价格低廉，多台箱体仅需要一套校准装置。

7.2.2 缺点

缺点包括：

- a) 当测试样品变化明显时需要重复校准；
- b) 箱体控制器的漂移、分辨力和重复性应进行评估，而且它们对于不确定度的影响应考虑进入不确定度。

7.3 测试中的箱体环境条件测量

7.3.1 优点

优点如下：

- a) 这个方法能给出测试项目条件下测量值的最佳估算值。在负载种类不同和进行不同的试验时，这个方法是很理想的；
- b) 负载对箱体控制的影响能够精确评估；
- c) 箱体校准中漂移趋势的记录不需要评估；

- d) 恰当选择传感器位置能直接得到负载关键部分的细节信息；
- e) 散热型负载的异常现象可以被量化；
- f) 对于没条件要求的环境条件，箱体不用进行校准，因此，该方法很经济。

7.3.2 缺点

缺点包括：

- a) 每次测试都需要测量仪器；
- b) 每次测试都要做不确定度评定；
- c) 可能会成为最昂贵的方法，因为测试过程会一直需要测量仪器。

7.4 测量条件

如果测量是在测试时进行，那么可以计算出该环境条件下的不确定度。不然就对箱体使用的每个条件都进行校准，然而实际上，没有必要对每一个可能的条件都进行校准。

如果测量不在测试时进行，则测量次序和分析需要全部在一组环境条件下重复进行，该环境条件应至少涵盖使用时用到的条件范围。关于评价在 GB/T 2424.6—2006 中有一个例子已经给出。

仅温度测量时（即湿度关闭），应当包括足够的测量点以涵盖以下各点：

- 最高温度；
- 最低温度；
- 冷机开时至少两个温度点；
- 热机开时至少两个温度点。

除上述仅温度测量所需测点以外，应在测量范围内针对上述条件完成至少两个湿度点的测量。

完成这些大量的测量是必要的，因为温度控制系统和湿度控制系统中的任意一个都能造成箱体的梯度和波动度变化。当湿度控制系统开着时，温度控制系统对箱体的影响往往更为严重。

如果箱体仅需要在几个少数的特殊点上使用，那仅仅对这些特殊点校准就可以了。

当测试不能在任一校准值上完成时，那就需要将其插入两个校准值之间，该插值法应仅在以下情况中小心和择优地使用：

- 校准水平应合理的接近测试水平；
- 样品在校准点的用途是相同的（冷机、去湿机、加热器等）。

7.5 测量需求

所有方法的测量需求都是相同的，关键只在于是在什么时候测量的和结果如何分析。

7.5.1 温度

为了测量温度，大量的温度传感器被分散在箱体周围。GB/T 2424.5—2006 给出了测量方法，但其中没有说到不确定度结果而且只适用于空箱。

对于空箱，一般会在工作空间的拐角处安置八个传感器，第九个放在中间。大的箱体则需要更多的传感器。

对于典型负载或一个测试项目，通常会使用八个传感器，分别放置在物体的每个拐角。对于很小的测试项目，可以使用较少的传感器时，也不能少于四个。对于大的或形状特殊的物体，或在项目中有些特殊点需要特别注意的，则需要酌情增加额外的传感器。

对于一个散热测试的项目，空气温度的测量常常在报告中被认为是需要注意的条件，同时其他的传感器的使用应保持不变，从而保证测试项目中热量的局部效应能够被量化。

7.5.2 湿度

对于湿度测量,一个湿度表要安置在测试项目的进气端的中心,或是在一个空箱的中心。这可以是任何湿度表,但最有可能是相对湿度传感器,或干湿表,或冷凝湿度表(冷镜)。水蒸气压能通过湿度和温度测量计算出来。水蒸气压可看作在箱体内处处相等,相对湿度则通过该水蒸气压和各温度传感器测得的温度计算得出。

对于每个环境条件,蒸气压梯度都应被测量,从而计算环境条件变化造成的不确定度。蒸气压梯度可以通过用几个任意类型的湿度探头测得。然而,由于相对湿度探头和干湿表对温度敏感,以至于用这些仪器获得的估算值比真实值要大。

另一个方法是轮流从通往普通温湿度表的管道的几个点上采样。

气压梯度通常很小,仅需偶尔测定。

7.5.3 记录步骤

为保证结果有效,每个传感器的每个状态设定点应记录至少五个,最好有 20 个或者更多的数据。这些数据应当在充分长的时间周期中采集,以便将一些试验箱控制的波动记录下来。一个时间周期通常 30 min 就足够了。

每个设置环境条件下箱体稳定后,通过传感器记录数据。

传感器应在整个测试周期中频繁记录数据。表 A.1 是一组典型数据及其部分数据分析。

确保测量间隔与箱体的周期间隔不相同是十分必要的。

7.6 不确定度来源

在任意测量中,不确定度有四个基本来源。

7.6.1 校准不确定度

仪器用的校准不确定度常列在校准证书上,通常置信概率为 95%。当要解释一份校准证书上的不确定度说明时,应仔细考虑所提不确定度的各个方面,包括仪器自身分辨力、校准过程中的短期变化和测量引起的不确定度。

7.6.2 仪器不确定度

仪器不确定度包括分辨力、重复性和仪器使用时的漂移等因素。重复测量能减少粗大误差并且提高不确定度估算值的置信概率。

7.6.3 测量时间引起的不确定度

测量时的主要不确定度一般跟环境条件的梯度和波动度有关,故测量方法应同梯度和波动度保持一致。

7.6.4 辐射引起的不确定度

在某些箱体中,辐射产生的影响很大。如果温度探头给出的测量结果意外的大或多次测试各不相同或有其他原因令人感到怀疑,都有可能是辐射的问题(例如,如果测试项目测得箱体任意部分的温度明显与设定温度不同),则应使用辐射颜色不同的温度传感器进行额外的测试(例如,一个颜色较亮的传感器旁边放置一个颜色较暗的)。当温度高于 +100 °C 时,辐射对测量传感器和样品的影响会越来越大。

7.6.5 其他不确定度

任何能影响测量结果的因素都需要考虑,例如,考虑校准使用地点和仪器使用环境不同造成的环境条件差异。

校准可能不能与使用条件完全相同。例如,大多数权威校准会在油槽,盐桶或溶液箱中校准温度传感器。传感器尖端浸入,而导线暴露在室内温度中,但实际使用中,传感器和导体可能同时处于箱体环境下。结果在校准中产生了使用中不存在的热传导的影响。该影响应该考虑并计算,或者估算其大小。估算修正值的不确定度应被包含在不确定度计算中。

7.7 不确定度重要贡献

以下包含了不确定度主要来源,但也不限于这些。在任何不确定度分析中,列出不确定度来源的清单都是第一步。清单中应该确认不确定度的所有来源,有些来源可能会被认为是无关紧要的。

7.7.1 标准仪器校准不确定度

这项不确定度会在校准证书中阐明,却不同于证书上的误差或修正值。一些参考测量值可能与组成总不确定度的校准不确定度相关联。

7.7.2 标准仪器漂移

大多数仪器缓慢随时间变化。使用条件可能影响变化速度,而配合着使用一些仪器,这些影响可以变得有意义。要评估使用时一起的漂移极限,连续校准测得的数据是很基本的,最初的出厂数据可以作为一个预计值。然而一般厂商引用的漂移数据都只是在理想条件下的,因此一般要使用更大的数。任何使用的仪器的漂移都应被考虑。

7.7.3 分辨力

这与测量箱体内部环境条件的标准仪器有关。箱体控制器的分辨力应当包含在不确定度分析中,但如果测量的是测试时环境条件,分辨力造成的影响可以忽略不计。

7.7.4 温度影响

一些仪器中,温度系数十分重要。在气候试验箱附近工作的仪器常常受到周围温度变化影响。一般情况下,尽管温度保持恒定,温度影响仍值得准确计算,因为常常后来会加上修正值。然而,一些不确定度即使加了修正值仍保持不变。

7.7.5 滞后

滞后效应反映了仪器的输出量在外部环境条件发生上升和下降变化时的不同。在某些型号的相对湿度探头和温度传感器上,滞后效应会非常明显。

7.7.6 测量重复性

测量重复性反映了在相同条件下,对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

7.7.7 波动

当进行长时间的测量时波动会发生改变,大多数的试验都存在这种现象。在环境试验中,这通常是影响测量结果不确定度的最大因素之一。

湿度波动的产生主要有两个原因。首先,大气的水蒸气含量(水蒸气压强或露点)可能存在波动。

另外,温度的变化也会引起相对湿度的波动,即使在水蒸气含量相对很稳定的时候。在不确定度分析的时候这两个因素都应当有所考虑。

由于温度和湿度传感器响应速率不同,不能及时地反应试验箱内的真实情况,所以若要测定波动的程度,许多试验就应使用快速响应的仪器。通常,试验室的环境根据设定值按正常的周期规律变化,如果都在每个周期的同一点(例如,总是在每个周期的最高点)测量,测量结果就会被误导。这种情况被称为“混淆现象”,测量时需要注意并避免。例如,抽样周期至少比试验箱循环周期快4倍或者采取随机取样的方式测量。

波动对平均值计算的影响,可以通过多次读数和评定结果的不确定度来减小。结果的改善与读数次数的平方根有关,通常情况下20组读数就足够了。

快速响应传感器(小型)能记录气候试验箱内控制周期的波峰和波谷。响应速度慢的传感器(大型)虽然也能够显示周期性的变化,但是由于传感器响应较慢,前面已记录的波峰和波谷可能被压缩。因此,传感器无法实时监测温度的峰值也是一个需要考虑到不确定度分量。

温度波动变化如图2所示。

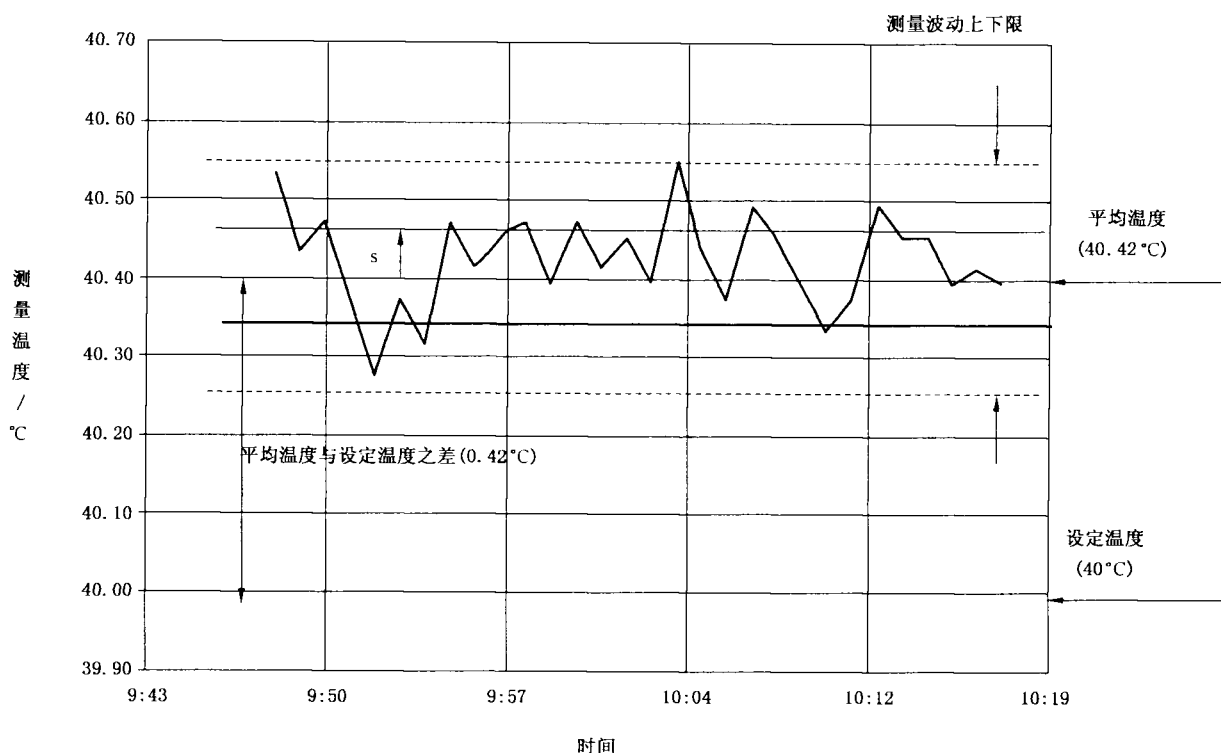


图2 温度传感器波动图形

7.7.8 梯度

梯度反映出测量值在各处的变化情况。在大多数的环境试验中,温度梯度变化是最大的不确定度单项来源。为了判断温度梯度的大小,若是测试中进行校准应在样品的周围不同区域进行,当校准空箱时,应在工作区域周围进行。

试验箱内空气中水蒸气含量的梯度通常相对较小,尽管当箱内有冷凝情况时以上说法就不一定正确,然而,正如波动一样,即使水蒸气含量相对稳定的情况下,温度梯度变化仍会导致相对湿度的梯度变化。

7.7.9 校准空的或者典型带载试验箱时的其他不确定度

包含以下几个方面:

- 箱体里仪器的漂移；
- 箱体里仪器的测量重复性；
- 箱体里仪器的分辨力。

主要要考虑被测样品带来的影响。除非样品的大小相对于箱体工作空间可以忽略不计，否则需要考虑使用其他的方法来确定其不确定度影响。

对于易散热的负载需要特殊对待。

8 不确定度成分的估算及其组成

使用列表的方式来评估与合成测量不确定度是非常便捷的，后文的第 9 章便是基于温度测量不确定度评估的典型示例。

列表中包含了不同种类的不确定度来源的示例，例如由校准证书得到的校准不确定度，重复测量的随机误差引入的不确定度，以及由估算或计算出来的偏差和漂移引入的系统不确定度。

测量或校准过程中总体不确定度的评定一般分为三个步骤：

- 每一个不确定度来源都要进行定性、定量分析，并转化成标准不确定度；
- 不确定度分量的合成用它们平方和的平方根来表示，即合成标准不确定度；
- 然后，依次与 $k=2$ 的包含因子相乘得到扩展不确定度，它可以理解成为一个有 95% 可能性包含真值的一段置信区间。

上文提到的不确定度来源定性和定量的分析过程，会在第 9 章介绍温度箱和第 10 章介绍温湿度试验箱时详细说明。

9 温度测量的总不确定度

9.1 概述

表 1 介绍了利用表 A.1 的数据进行不确定度合成的方法。表 1 中每一个不确定度分量都用文字进行了详细描述。这种方法可以用作温度试验箱或温湿度试验箱的不确定度评定。

表 1 温度相关不确定度的合成

	不确定度来源	数值 ℃	分布	除数	标准不确定度	平方
测量 仪器	校准	0.100	正态	2.00	0.050	0.002 500
	测量重复性	0.010	正态	1.00	0.010	0.000 100
	滞后	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
	温度影响	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
	漂移	0.100	矩形	1.73	0.058	0.000 033
	线性	0.020	矩形	1.73	0.012	0.000 133
	分辨力	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
试 验 箱	温度梯度	0.469	正态	1.00	0.469	0.219 961
	温度波动	0.061	正态	1.00	0.061	0.003 721
	总平均值	0.026	正态	1.00	0.026	0.000 676

平方和	0.230 525
合成标准不确定度	0.480 K
扩展不确定度,置信概率 95%	0.96 K

测量仪器的校准不确定度,0.1 K,来源于温度计的校准证书。校准不确定度可以认为呈正态分布,因为它是校准链上所有的部分的综合。由于不确定度有95%的置信区间,所以除以2来得到标准不确定度。

如果条件允许,重复性的测量应优先进行。如果数据是通过重复试验得到的,例如本例中的 ± 0.01 K,则这组读数的重复性就遵循由平均值和标准差表征的正态分布,此时标准不确定度就等于标准差(换言之,除数为1)。另外,还可以通过温度计生产厂家的说明书得到重复测量的不确定度,当作矩形分布来处理。

滞后反应了仪器的输出量在温度上升和下降时的不同。数值 ± 0.01 K是从校准证书上得到的。温度计在进行首次校准时,应进行中值的上升和下降测量,从而得到这个数值。滞后效应遵循矩形分布,故应该用极值除以 $\sqrt{3}$ 得到标准不确定度。

温度影响是由电子温度测量仪器的温度系数和在测量过程中的温度变化有关。从制造商的证书上得到的数据(± 0.001 K/K)和试验温度条件 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 可以计算出温度影响不会超过 ± 0.01 K。由于无法知道温度到底有多大可能处于这个温度范围的中间或是两端,所以当作矩形分布来分析。矩形分布的极限值再除以 $\sqrt{3}$ 得到标准差,标准不确定度与标准差相等(除数的总值是 $\sqrt{3}$)。

测量仪器的漂移可以通过对比仪器现有的先前的校准证书上的数得到。在上面的示例中,对比证书发现存在0.1 K的变化。可以假设后续的漂移变化大小相等方向相同,故假设其矩形分布,用极限值除以 $\sqrt{3}$ 得到标准不确定度。

非线性是传感器或仪器输出与用线性回归方法计算出来的直线的偏差大小。假设这个偏差方向相同而且在某些既定的非线性段中大小相同,因此,假设其矩形分布且极限值 ± 0.02 K,再除以 $\sqrt{3}$ 得到标准不确定度。

分辨力,例如本例中的0.01 K,引起的不确定度与仪器的数字显示有关。由于很难仅仅通过观察来判断显示的数字到底是恰好要向上还是向下变化。实际值可能是显示的最小值和最大值之间的任意数值,所以我们采用矩形分布来估计不确定度,用极限值除以 $\sqrt{3}$ 得到标准不确定度。在一些仪器中也使用分辨力的半区间(即 ± 0.005 K)表示。

温度梯度变化可以从表A.1中得到。在每次测量的时候,8个温度传感器的平均值和标准偏差都要计算出来。标准偏差就是温度梯度变化的值。保险起见我们选择最大的标准差作为温度梯度的变化量,即 ± 0.469 K。由于是根据重复测量的标准差来计算,所以不确定度可以看作是正态分布,即除数是1。如果得到的标准差之间存在很明显的差异,则最好应选取其中变化最大的值并按照矩形分布来计算。

温度波动的值也可以从表A.1的数据中得到。因为每个传感器在一定的测量时间内的平均值和标准差都是可以计算的。标准偏差反映了波动的变化情况,最保险是选择最大的标准差作为温度波动的变化量,即 ± 0.061 K。同样,由于是标准偏差所以可以看作是正态分布,除数是1。与梯度变化一样,如果标准差之间存在很明显的差异,最好选取其中变化最大的值并按照矩形分布来计算。

最后,表A.1中所有测量数据的总平均值是 $39.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,这是基于统计学的数据。但实际上它可能并非真实的平均值,故进行补偿是必需的。上例不确定度的计算中,0.026 K,实际上是表A.1中给出的所有数据的标准差(即 ± 0.397 K)再除以测量次数(240)的平方根得到的。这一部分不确定度,称之为“平均值的标准差”,可能看起来可以忽略不计,但却为了不确定度评定的全面性而仍被保留。只有当测量的次数有限且很少时,它才会变得十分重要。

通过使用已校准仪器进行试验,对结果进行分析后可以得到以下几点:

本例中的平均温度是 $39.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.96\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，置信概率为 95%。

在写不确定度分析报告的时候，经常需要进行假设，就像前文提到的那样，这些假设都应清晰地陈述。通常来讲，假设中存在的微小残留误差不会对不确定度的结果产生很明显的影 响，除非它们与 2~3 个最大的不确定度分量中的某个有关联。

9.2 附加条件

如果上例中的所有测量都是在测试时候进行的，则温度不确定度为 $\pm 0.96\text{ K}$ 。

如果测量是在带有典型负载的情况下进行，则不确定度评定还需要考虑试验箱的分辨力和漂移。这些都需要和测量不确定度合成，从而得到样品所在的测试条件下环境条件的总不确定度。

如果测量是在空的试验箱的情况下进行，考虑到负载的存在可能带来的影响，正如上文提到的，需要额外考虑这个不确定度的影响。

10 相对湿度测量的总体不确定度

在评定相对湿度测量过程中的不确定度之前，有必要首先评定温度测点传感器的不确定度，因为这些点的温度值在相对湿度的计算中都要使用到。

10.1 每个传感器点温度测量的不确定性

表 2 展示了试验箱内各测点温度不确定性的评定，而评定结果会紧接着被考虑进各测点湿度不确定度的计算中。不确定度的相关组成以及分析过程同第 9 章使用的例子非常相似，只排除了梯度影响产生的不确定度以及那些相对于总体不确定度可以忽略的不确定度。电子表格是将合成标准不确定度表达出来最方便简洁的方法。

表 2 每个测点的合成温度不确定度

	不确定度来源	数值 K	分布	除数	标准不确定度	平方
标准 测量 仪器	校准	0.100	正态	2.00	0.050	0.002 500
	重复性	0.010	正态	1.00	0.010	0.000 100
	滞后	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
	温度效应	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
	漂移	0.100	矩形	1.73	0.058	0.003 333
	线性	0.020	矩形	1.73	0.012	0.000 133
	分辨力	0.010	矩形	1.73	0.006	0.000 033
	箱内温度波动	0.061	正态	1.00	0.061	0.003 721

平方和 0.009 853

合成标准不确定度 0.099 K

置信概率为 95% 时的扩展不确定度 0.20 K

10.2 相对湿度测量的不确定度

表 3 介绍了相对湿度不确定度合成的方法。在本例中，表 A.2 中各相对湿度点可通过一个湿度传

传感器的测出的露点(表 A.2 左栏)以及表 A.1 所示的相应温度传感器测量温度点计算得出。

表 3 合成湿度不确定度

	不确定度来源	数值 %RH	分布	除数	标准不确定度	平方
标准 仪器 测量	仪器校准	0.900	正态	2.00	0.450	0.202 500
	重复性	0.225	正态	1.00	0.225	0.050 625
	滞后	0.045	矩形	1.73	0.026	0.000 675
	温度影响	0.225	矩形	1.73	0.130	0.016 900
	湿度计漂移	0.450	矩形	1.73	0.260	0.067 600
	线性	0.225	矩形	1.73	0.130	0.016 900
	湿度计的分辨力	0.450	矩形	1.73	0.260	0.067 600
试 验 箱	湿度波动	0.755	正态	1.00	0.755	0.570 025
	温度造成的湿度梯度	2.130	正态	1.00	2.130	4.536 900
	蒸气压梯度	0.900	矩形	1.73	0.520	0.270 400
	温度不确定度对湿度的影响	0.896	正态	2.00	0.448	0.200 704
	总平均值	0.124	正态	1.00	0.124	0.015 376

平方和 6.016 205

合成标准不确定度 2.453% RH

扩展不确定度,置信概率为 95% 4.9% RH

此次分析考虑到了相对湿度测量引起的不确定度。一般来说,在辨别不确定度来源时所作的假设以及得到各种不确定度数据的方法跟第一个例子是类似的,但在这中间存在一个重要的不同:不确定度计算当中的许多数值来自温度的不确定度或者是露点。所有不确定度数值和标准不确定度都应该转换成相对湿度单位后才能合成。

本部分所举的示例,环境条件一般是 40 °C 和 85% RH。在这样的条件下,温度 ±0.1 K 的变化对应 ±0.45% 相对湿度变化。露点温度 ±0.1 K 的变化效果与之几乎一样。把露点或温度的一个不确定度转换为相对湿度的不确定度,应乘以 4.5%/K。这个因子有时被称为灵敏度,在任何环境条件下都应当计算出来。

要计算灵敏度,可以在用露点和温度计算相对湿度后,变化露点或温度 0.1 K 后再重复计算,结果就是灵敏度。

标准仪器校准的不确定度,即 0.2 K 的露点温度,是湿度计校正证书给出的不确定度。通过乘以灵敏度(4.5)转化为 0.900% RH 的相对湿度。由于仪器校准不确定度是由置信概率为 95% 的校正链的许多部分组成,所以可以把它假设为正态分布。除以 2 得到标准不确定度了。

如果条件允许,重复性的测量应优先进行。假如是经过一组重复测量后得到数据,在本例中 ±0.05 K 的露点温度,重复性将呈正态分布,乘以 4.5 就转化成为相对湿度,再除以 1 则可得标准不确定度。另一种方法就是,从仪器生产厂家提供的说明书得到相关数据,并认为呈矩形分布。

滞后现象通常在使用冷凝湿度计时会忽略不计,但对相对湿度探测器而言,滞后可以占到百分之几的比例。这可以在进行首次校准时,进行中值的上升和下降测量得出。在本例中,校准看不出明显的滞后,不过为了以防万一,预留了 ±0.01 K 的露点温度将其计算入内。通过乘以 4.5 变为相对湿度,而且

认为其矩形分布,所以除以 3 的平方根后得到一个标准不确定度。

温度效应就是湿度计电子设备的温度系数。通过制造商提供的说明书(0.005 K 露点温度/K)以及在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 情况下操作时呈现出来的温度变化可算出,温度效应不会超过 $\pm 0.05\text{ K}$ 的露点温度。数值通过乘以 4.5 变为相对湿度,假设它为矩形分布,其极限值除以 3 的平方根得到一个标准不确定度。

通过对比当前跟先前的校准证书,可估算标准湿度计的漂移度。在本例中,两次校验之间发生了 0.1 K 露点温度的变动。漂移度乘以 4.5 就成了相对湿度,而且把它假设为矩形分布。分布的极限值除以 3 的平方根后得到标准不确定度。

跟热敏元件一样,通过观察湿度计校准证书上的数据,估算其线性度。 $\pm 0.05\text{ K}$ 露点温度的非线性度乘以 4.5 后变成相对湿度,假设它为矩形分布,因此除以 3 的平方根后得到标准不确定度。

湿度计的分辨力是 $\pm 0.1\text{ K}$ 露点温度,乘以 4.5,假设它呈矩形分布。分布极限除以 3 的平方根后得到标准不确定度。

表 A.2 中每一个相对湿度值可通过第二栏的露点以及表 A.1 中相应的温度测值计算出来,因此相对湿度值包含了温度的影响。

相对湿度波动值来源于表 A.2 的数据,跟温度的计算方法一样。对于每个温度传感器而言,在整个测试的时间段内相对湿度的平均差和标准差已经被计算出来了。最安全的假设是使用最大值标准偏差, $\pm 0.755\%$ RH。由于它是一个标准偏差,所以假设为正态分布,除以 1,可算出一个标准不确定度。

相对湿度梯度也来源于表 A.2 的数据,正如在表 A.1 中,任意八个中的每个温度传感器已经在每次测试时将相对湿度的平均值和标准偏差计算出来了。最安全的假设是使用最大值标准偏差, $\pm 2.130\%$ RH。由于它是一个标准偏差,所以可以假设其为均匀分布,而且除以 1,可得到一个标准不确定度。

蒸汽压的梯度的测量可以通过在箱内选取不同的样本点,并且测量样本的露点计算得出。测量蒸汽压梯度时可能会使用一些相对湿度传感器,但如果这样做的话,结果就更不确定(通常更大),这都是由于温度变化的影响以及探测器校准的不确定性造成的。测试表明了梯度小于 $\pm 0.2\text{ K}$ 露点温度。通过乘以 4.5 变成相对湿度,并假设其呈矩形分布。分布的极限除以 3 的平方根得到标准不确定度。

每个测点温度测量的不确定性也导致了相对湿度的不确定性。如上文所估算的,数值可从刚开始的计算中得到(表 A.2)。扩展不确定度, $\pm 0.2\text{ K}$,乘以 4.5 后转化为相对湿度,并看成是正态分布。合成标准不确定度值见表 3。

最后,所有测量的总平均值, 84.9% RH,是建立在对所有测量的统计分析的基础之上,由于可能无法完全代表真值,从而有一定的允许偏移量。 0.124% RH 这个数值,是总标准差 $\pm 1.924\%$ RH 除以测量次数(240)的平方根,得到的标准不确定度。

通过使用已校准仪器进行试验,对结果进行分析后可以得到以下几点:

所测试物质的平均湿度是 $(84.9\pm 4.9)\%$ RH,置信概率为 95%。

如果测量是为了校准试验箱,无论是在有或没有负荷的情况下,如 8.1 所提到的一样,都需要把额外的不确定度考虑进去。

11 异常数据和结果展示

有两种途径可以计算出箱体内部环境条件的测量不确定度。第一种就是根据试验箱的通常条件来进行计算,第二种是在最坏条件下计算。选择哪种方法取决于被测的装备类型以及客户的要求。

11.1 通常情况分析

通常情况分析导致了一种陈述格式:测试时测量的条件是:条件 \pm 不确定度,置信概率为 95%。例

如： $39.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.96\text{ K}$ ，置信概率为95%。这种情况是在通常的测量条件下测量的，可能符合也可能不符合测试的要求。

在“通常条件”下所采取的方法表明了真实的环境条件跟给出不确定度一样，要越准确越好。在湿度测试中，虽然经常会出现难于满足典型规格要求的情况，但至少可以表明发生了什么情况以及产生的不确定度。

11.2 最坏情况分析

以防出现异常，需经常检查数据的可靠性。如果检查过程中发现，有一个传感器的输出异常或者在一小段时间内平均输出超过了离平均数有三个标准差的情况，则建议要对这种出现最坏情况的传感器进行说明。

“最坏情况”分析所使用的数据仅来自于与设定值平均偏差最大的传感器。把这种传感器的最大平均偏差加到标准偏差波动值的两倍上，再加上其他所有的合成扩展不确定度。这就导致了格式表述问题：测试时没有一个测点的数值处于区间（定值 \pm 不确定度，95%的置信概率）的外面。这个示例中，使用表 A.1 和表 A.2 的数据，得到 $40.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.08\text{ K}$ ，95%的置信区间。对于温度而言，通常很有可能使用这种分析方式说明测试产生的允差是在允许的范围内的。比如： $40.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ K}$ ，95%的置信区间。然而对湿度而言，很少采用这种说明方式。

无论使用哪种方法，所需要的数据是一样的，而且不确定度初步拟定的过程对于确认不确定度的主要来源是一个有用的指示。我们可能会发现试验箱的温度梯度和经常发生的控制周期现象是不确定度的主要来源。对于湿度来说，温度梯度会造成试验箱内各处的相对湿度产生很大变化。接近 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的饱和状态时， $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温差可产生相对湿度 6% 的偏差。实际上这样一个不确定度经常会很大，以致其他不确定度可以忽略不计。

附 录 A
(资料性附录)
测量数据-带负载试验箱

温湿度测量数据的案例见表 A.1 与表 A.2。

表 A.1 典型温度测量数据及其分析与参考

单位为摄氏度

时间	温度传感器测量								每次测量	
	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准差
09:48	39.15	39.90	39.62	40.06	39.36	40.31	40.53	39.68	39.825	0.469
09:49	39.13	39.86	39.60	39.98	39.30	40.21	40.43	39.66	39.771	0.441
09:50	39.13	39.86	39.56	40.00	39.28	40.23	40.47	39.66	39.773	0.460
09:51	39.13	39.84	39.58	39.96	39.28	40.19	40.37	39.64	39.748	0.429
09:52	39.05	39.74	39.50	39.86	39.20	40.10	40.27	39.60	39.664	0.419
09:53	39.19	39.86	39.64	40.02	39.36	40.23	40.37	39.66	39.790	0.411
09:54	39.15	39.82	39.62	39.96	39.32	40.17	40.31	39.66	39.751	0.400
09:55	39.17	39.86	39.62	40.02	39.32	40.25	40.47	39.68	39.798	0.445
09:56	39.13	39.80	39.56	39.94	39.28	40.19	40.41	39.66	39.746	0.436
09:57	39.17	39.82	39.58	39.94	39.28	40.21	40.45	39.68	39.766	0.438
09:58	39.19	39.82	39.58	39.98	39.32	40.23	40.47	39.70	39.786	0.437
09:59	39.15	39.84	39.62	39.98	39.32	40.21	40.39	39.70	39.776	0.423
10:00	39.17	39.86	39.64	40.00	39.36	40.25	40.47	39.72	39.808	0.436
10:01	39.17	39.86	39.64	40.00	39.36	40.23	40.41	39.72	39.798	0.420
10:02	39.19	39.86	39.62	39.98	39.36	40.23	40.45	39.74	39.803	0.424
10:03	39.19	39.86	39.62	40.00	39.36	40.21	40.39	39.74	39.795	0.409
10:04	39.28	39.94	39.70	40.12	39.44	40.35	40.55	39.80	39.897	0.434
10:05	39.24	39.86	39.66	39.98	39.38	40.21	40.43	39.76	39.815	0.398
10:06	39.23	39.86	39.66	40.00	39.36	40.17	40.37	39.74	39.798	0.389
10:07	39.28	39.94	39.70	40.08	39.42	40.29	40.49	39.78	39.872	0.414
10:08	39.28	39.92	39.68	40.04	39.38	40.25	40.45	39.78	39.848	0.404
10:09	39.21	39.86	39.62	39.96	39.34	40.17	40.39	39.72	39.783	0.400
10:10	39.13	39.78	39.58	39.86	39.28	40.10	40.33	39.70	39.718	0.397
10:11	39.19	39.82	39.62	39.94	39.32	40.17	40.37	39.72	39.768	0.401

表 A.1 (续)

单位为摄氏度

时间	温度传感器测量								每次测量	
	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准差
10:12	39.21	39.88	39.66	40.04	39.38	40.25	40.49	39.76	39.833	0.429
10:13	39.19	39.86	39.64	40.00	39.36	40.21	40.45	39.78	39.810	0.420
10:14	39.21	39.88	39.66	40.02	39.38	40.23	40.45	39.78	39.825	0.416
10:15	39.19	39.86	39.64	39.98	39.38	40.19	40.39	39.76	39.798	0.401
10:16	39.19	39.86	39.66	40.00	39.38	40.21	40.41	39.76	39.808	0.408
10:17	39.21	39.86	39.66	40.02	39.38	40.21	40.39	39.78	39.813	0.400
每个传感器										
平均值	39.180	39.852	39.623	39.987	39.342	40.219	40.424	39.715		
标准差	0.052	0.041	0.044	0.053	0.049	0.052	0.061	0.051		
									总平均值	39.793
									总标准差	0.397

表 A.2 在表 A.1 温度数据的基础上进行的湿度测量分析

时间	测量露点 ℃	已计算了的每个温度传感器的 %RH								每次测量 %RH	
		1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准差
09:48	36.85	88.32	84.84	86.11	84.13	87.31	82.98	82.02	85.84	85.192	2.130
09:49	36.74	87.89	84.51	85.69	83.98	87.06	82.92	81.96	85.41	84.927	2.002
09:50	36.73	87.84	84.47	85.82	83.84	87.11	82.78	81.74	85.37	84.871	2.081
09:51	36.62	87.31	84.05	85.22	83.52	86.59	82.46	81.68	84.95	84.471	1.936
09:52	36.63	87.73	84.54	85.63	84.01	87.00	82.95	82.16	85.17	84.898	1.901
09:53	36.72	87.51	84.42	85.41	83.71	86.69	82.74	82.13	85.32	84.741	1.861
09:54	37.02	89.14	85.99	86.91	85.36	88.31	84.37	83.75	86.73	86.321	1.847
09:55	36.60	87.03	83.87	84.94	83.16	86.31	82.11	81.16	84.67	84.157	2.000
09:56	36.63	87.36	84.27	85.35	83.65	86.63	82.51	81.55	84.90	84.529	1.965
09:57	36.85	88.23	85.20	86.29	84.66	87.68	83.42	82.37	85.84	85.460	1.996
09:58	36.98	88.76	85.81	86.91	85.08	88.12	83.92	82.86	86.36	85.977	2.003
09:59	36.63	87.27	84.09	85.08	83.47	86.45	82.42	81.64	84.72	84.394	1.907
10:00	36.83	88.13	84.93	85.93	84.30	87.21	83.15	82.19	85.56	85.175	1.980

表 A.2 (续)

时间	测量露点 ℃	已计算了的每个温度传感器的 %RH								每次测量 %RH	
		1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准差
10:01	36.59	86.98	83.82	84.81	83.20	86.08	82.15	81.38	84.45	84.108	1.887
10:02	36.64	87.13	84.05	85.13	83.52	86.31	82.38	81.43	84.59	84.317	1.906
10:03	36.84	88.08	84.97	86.06	84.35	87.26	83.37	82.58	85.52	85.275	1.865
10:04	36.60	86.48	83.51	84.58	82.72	85.76	81.68	80.82	84.14	83.711	1.937
10:05	36.85	87.85	85.02	85.93	84.48	87.22	83.42	82.45	85.47	85.230	1.811
10:06	37.02	88.76	85.81	86.73	85.18	88.12	84.37	83.48	86.36	86.103	1.789
10:07	36.57	86.33	83.38	84.44	82.76	85.71	81.80	80.94	84.09	83.683	1.846
10:08	36.60	86.48	83.60	84.67	83.07	86.03	82.11	81.25	84.22	83.930	1.808
10:09	36.59	86.80	83.82	84.90	83.38	86.17	82.41	81.46	84.45	84.173	1.799
10:10	36.84	88.37	85.34	86.25	84.97	87.63	83.90	82.84	85.70	85.625	1.819
10:11	36.74	87.60	84.69	85.59	84.15	86.97	83.09	82.22	85.14	84.934	1.820
10:12	36.67	87.18	84.10	85.09	83.39	86.36	82.43	81.39	84.64	84.321	1.932
10:13	36.62	87.03	83.96	84.95	83.34	86.22	82.38	81.34	84.32	84.191	1.889
10:14	36.84	87.99	84.88	85.88	84.26	87.17	83.28	82.32	85.34	85.140	1.892
10:15	37.00	88.86	85.72	86.73	85.18	87.93	84.19	83.31	86.18	86.010	1.842
10:16	36.77	87.75	84.65	85.55	84.03	86.84	83.05	82.18	85.10	84.893	1.850
10:17	36.95	88.52	85.49	86.40	84.76	87.69	83.87	83.08	85.85	85.708	1.835
每个传感器											
平均值		87.690	84.594	85.632	83.987	86.931	82.954	82.056	85.212		
标准差		0.746	0.731	0.707	0.739	0.718	0.744	0.755	0.706		
总平均值										84.88	
总标准差										1.924	

参 考 文 献

- [1] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML.《测量不确定度表示指南》,国际标准组织于瑞士日内瓦制定,ISBN 92-67-10188-9,1993 第一版,1995 修订版(英国标准学会提出类似版本:BSI PD 6461:1995,测量学词汇,第3部分:测量不确定度表示指南 BSI ISBN 0 580 23482 7)
- [2] BS 1339-1:2002 湿度 第1部分:术语、定义和公式
- [3] BS 4833:1986 周围环境试验和操作用湿度一览表
- [4] EA-4/02 校准测量不确定度表达,1998年12月,欧洲认可合作,鹿特丹
- [5] EA-4/02-S 1 是 EA-4/02 的补充
- [6] 测量不确定度初学者指南,Stephanie Bell,英国国家物理实验室,伦敦,1999
- [7] 试验估算不确定度初学者指南,Keith Birch,英国国家物理实验室,伦敦,2001
- [8] NIST 测量结果不确定度的估算与表达入门,美国国家标准技术研究院技术说明 1297,1994 版
- [9] Pragnell R F,包括常用测湿公式在内的 Excel 电子表可从 www.environmental.org.uk 上下载。
- [10] Pragnell R F,湿度校准标准和环境测试标准之间的关系,环境工程,1988年9月
- [11] 英国皇家质量管理体系出版 M 3003 测量不确定度和置信度的表达,第一版,1997年12月
- [12] 英国皇家质量管理体系出版 第12 实验室,测试不确定度的表达,2000年10月
- [13] 计量中基础和普通标准术语的国际词汇。ISO 瑞士日内瓦城 1993 (ISBN 92-67-10175-1)-VIM
- [14] 测量不确定度表达指南 ISO 瑞士日内瓦城 1993 (ISBN 92-67-10188-9)-GUM
- [15] ISO 3534-1:2006 统计学 词汇和符号 第1部分:概率和通用统计术语
- [16] ISO 3534-2:2006 统计学 词汇和符号 第2部分:统计质量控制
-

中国标准出版社

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
环境试验 支持文件和指南
温湿度试验箱不确定度计算

GB/T 2424.27—2013/IEC 60068-3-11:2007

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

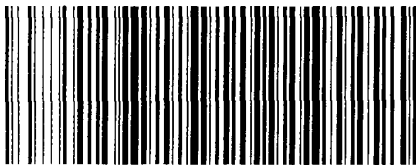
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 44 千字
2014年2月第一版 2014年2月第一次印刷

*

书号: 155066·1-48107 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 2424.27-2013

打印日期: 2014年2月19日 F009A