

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2017.04.10

温湿度计检定箱温度量检定方法探讨

赵本义, 陈钦碧, 曾庆祥, 王超

(中国酒泉卫星发射中心计量测试站, 甘肃 兰州 732750)

摘要: 温湿度计检定箱是一种用于模拟自然气候温湿度状态的专用设备, 其性能直接与被检设备检定结果相关。本文根据开展温湿度计检定箱性能检定工作的需要, 针对当前缺少温湿度计检定箱检定规程的实际, 研究参考相关的国家标准和规范, 提出温湿度计检定箱温度量的技术指标、检定方法和检定数据处理规则, 以规范温湿度计检定箱检定工作程序。

关键词: 温湿度计检定箱; 温度量; 检定方法

中图分类号: TB94

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2017)04-0040-05

Discussion on Verification Method of Temperature Parameters for Thermo-hygrometer Test Chambers

ZHAO Benyi, CHEN Qinbi, ZENG Qingxiang, WANG Chao

(Metrology Station of Jiuquan Satellite Launch Center, Lanzhou 732750, china)

Abstract: Thermo-hygrometer Test Chamber is a special instrument used to simulate the temperature and humidity situation of nature. At present, there is not any relevant verification regulation. This paper is based on the needs of verifying thermo-hygrometer test chambers, studies the correlative national standards, and puts forward the main performance and method of verification and evaluation about temperature of thermo-hygrometer test chambers.

Key words: thermo-hygrometer test chamber; temperature parameter; verification; method

0 引言

温湿度计是一种用于监控自然环境情况的仪器, 其性能状态直接与试验、生产活动的结果相关, 因此定期开展温湿度计性能检定工作尤为重要。温湿度计检定箱是一种通过在局部密闭空间范围内模拟自然气候状态的设备, 是检定温湿度计的必需设备之一。

当前, 国家没有统一的检定规程指导温湿度计检定箱的性能检测工作。但在 JJG 205-2005《机械式温湿度计检定规程》(本文参考标准或规程在第一次出现后, 均用对应代号代替)中, 对检定温湿度计所使用的温湿度计检定箱的技术条件提出明确要求, 并以附录的形式提供了检测温湿度计检定箱温度场均匀度和波动度的方法。但从依据 JJG 205-2005 检定规程开展温湿度计检定工作的实际情况来看, 仅按照该规程的要求进行温湿度计检定箱性能检测, 难以全面评价温湿度计检定箱的性能状态。本文在综合比较、分析

JJF 1101-2003《环境试验设备温度、湿度校准规范》和 GB/T 5170.1-2008《电工电子产品环境试验设备检验方法 总则》等系列标准的基础上, 对温湿度计检定箱温度量的检测项目和方法作出探讨。

1 有关的术语及定义^[1-2]

为方便叙述、说明和理解, 以下对涉及温湿度计检定箱的相关术语进行解释。

1) 工作空间: 温湿度计检定箱中能将规定的环境条件保持在规定偏差范围内的那部分空间。

2) 稳定状态(稳态): 工作空间内所有测量点参数的变化量均达到自身性能指标要求时的状态。

3) 负载: 利用温湿度计检定箱进行检定的设备或试验的样品。

4) 温度偏差: 稳态下, 任意时间间隔内工作空间各测量点实测温度值最大或最小值与标称温度值的上下偏差。

5) 温度波动度: 稳态下, 在规定时间间隔内, 工作空间内任意一点温度随时间的变化量。

6) 温度均匀度: 稳态下, 在规定时间间隔内, 工

收稿日期: 2017-04-01

作者简介: 赵本义(1970-), 男, 湖北武穴人, 工程师, 硕士, 主要从事热工计量工作。

作空间在某一瞬间任意两点温度之间的最大差值。

7) 指示仪表的示值误差：在稳定工作状态和规定时间内，温湿度计检定箱指示仪表示值的算术平均值与其工作空间内全部测试点实测值的算术平均值之差。

2 检测项目及技术要求

在 JJG 205 - 2005 检定规程中，对用于检定温湿度计类仪表的温湿度计检定箱温度参量的技术指标进行了规定，具体如表 1 所列^[3]。

表 1 温湿度计检定箱技术指标		℃
项目	技术指标	
温度范围	5 ~ 50	
温度均匀度	0.3	
温度波动度	±0.2	

从开展检定温湿度计检定箱工作实践和实施温湿度计检定工作的需要两方面来看，针对温湿度计检定箱温度量的检测项目仅包括表 1 所要求的内容，不能满足温湿度计检定工作需要；同时在一些技术指标的要求上也不能全面、真实地反映温湿度计检定箱的温场状态。

2.1 关于温湿度计检定箱的检测项目

温湿度计检定箱属于环境试验设备，因此其性能参数及指标要求可以参考相关国家标准的内容。表 2 列举了一些国家标准中对用于进行各种环境试验设备的技术内容和要求。

对比表 1 和表 2 中各标准所列的检测项目，可以看出：在对温湿度计检定箱技术性能进行检测时，仅考核其温湿度的波动度和均匀度是不全面的。以温度指示仪表示值误差为例，该项指标决定了温湿度计检定箱的工作状态，是温湿度计检定箱进行温度控制和保持稳定状态的前提条件，必须进行考核。可以想象，若某温湿度计检定箱在温度设定值为 20℃ 时，尽管波动度和均匀度都满足要求，但如果出现其温度指示值显示为 15℃ 或更低，或出现远高于 20℃ 的情况，则依据 JJG 205 - 2005 检定规程可以判定该温湿度计检定箱技术性能处于合格状态，但实际上其对温度控制或指示性能显然是不满足使用要求的^[4-7]。

因此，在对温湿度计检定箱性能检测中，应考虑增加温度偏差和指示仪表示值误差两项检测内容。

表 2 一些国家标准中对环境试验设备技术指标要求表

标准或规范号	设备名称	检测项目	技术要求
JJF1101 - 2003	温度设备	温度范围	0 ~ 100℃
		温度均匀度	1.0℃
		温度波动度	±0.5℃
		温度偏差	±1.0℃
		温度变化速率	≤1.0℃/min
	湿热设备 (相对湿度 范围为 (20 ~ 100) % RH)	温度范围	0 ~ 100℃
		温度均匀度	1.0℃
		温度波动度	±0.5℃
		温度偏差	±2.0℃
		温度变化速率	≤1.0℃/min/
JJF1270 - 2010	综合环境试验箱	温度偏差	±(2 ~ 3)℃
		温度波动度	±(1 ~ 2)℃
		温度均匀度	2.2℃
		温度指示仪 表示值误差	±(1 ~ 2)℃
		温度偏差	/
GB/T 5170.5 - 2008	湿热设备	温度波动度	/
		温度均匀度	/
		温度指示误差	/
		温度变化速率	/
		温度偏差	/

2.2 关于温湿度计检定箱的技术要求

对比表 1 和表 2 中各类标准所列的检测项目的技术要求，结合温湿度箱检定工作实际情况，我们认为：对温湿度计检定箱的技术指标应当可以放宽，其理由基于以下两点。

首先，在 JJF 1101 - 2003 校准规范和 JJF 1270 - 2010《温度、湿度、振动综合环境试验系统校准规范》中，对应相同的检测项目，其技术指标要求明显宽松。

其次，在实际检定中，当前的检测设备难以满足 JJG 205 - 2005 检定规范对温湿度计检定箱的技术要求。以对温度均匀度的检定为例，一般情况下，铂热电阻温度计是理想的首选设备，但进行简单计算分析就可以看到：即使用铂热电阻温度计作为温度场的检定设备，仍不能很好的满足要求。因为在 JJG 229 - 2010《工业铂、铜热电阻检定规程》中，对铂热电阻温度计的最大允许误差的规定如表 3 所列^[8]。

表 3 工业铂、铜热电阻最大允许误差表			
序号	准确度等级	最大允许误差	备注
1	AA 级	$\pm (0.100^{\circ}\text{C} + 0.0017 t)$	两式中, t 为温度值, 单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。
2	A 级	$\pm (0.150^{\circ}\text{C} + 0.002 t)$	

基于这一规定, 如果选用经检定合格的 AA 级或 A 级铂热电阻, 则当温度为 20℃ 时, AA 级和 A 级铂热电阻的最大允许误差 MPE_{AA} 和 MPE_A 分别为

$$MPE_{AA} = \pm (0.100 + 0.0017 \times 20)^{\circ}\text{C} = \pm 0.134^{\circ}\text{C}$$

$$MPE_A = \pm (0.150 + 0.002 \times 20)^{\circ}\text{C} = \pm 0.19^{\circ}\text{C}$$

也就是说, 采用 A 级以上的铂热电阻作为检定温度场的标准设备, 不同铂热电阻之间的测量误差已经接近或超过 JJG 205 - 2005 检定规程中对温湿度计检定箱温度均匀度不超过 0.3℃ 的要求。

2.3 温湿度计检定箱温度参量的检测项目及技术指标

综合分析, 为更全面的了解温湿度计检定箱的温场状态, 对其性能进行检测的项目及指标应在 JJG 205 - 2005 检定规程中相关内容基础上, 参照 JJF 1101 - 2003 等国家标准、规范的要求, 进行适当的调整, 详细内容见表 4 所列。

表 4 温湿度计检定箱性能检定项目及技术要求表		
序号	项目	技术指标
1	温度范围	5 ~ 50℃
2	温度偏差	$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$
3	温度均匀度	1.0℃
4	温度波动度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
5	温度指示仪表示值误差	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$

3 检定及数据处理方法

3.1 检定方法

3.1.1 测量点的布设及数量

在开展检定温湿度计检定箱工作前, 首先应在工作空间内确定出检定面。对检定面的确定通常有两种方式: 一种是将工作空间划分为上、中、下三个水平检定面; 另一种是划分为上、下两个水平检定面。前者的中间检定面为通过工作空间几何中心的、平行于工作空间底面的检定工作面; 后者的上层检定面为通过工作空间几何中心的、平行于工作空间底面的检定工作面。

测量点用于布放传感器, 分别位于各检定面上,

中心测量点位于工作空间的几何中心位置, 其余测量点到工作空间内壁的距离为各自边长的十分之一左右, 且最大距离不得大于 500 mm。

针对测量点数量及布放位置的问题, 在不同的标准或规范中存在一些差异, 以下分别对其作简单介绍, 并结合实际应用情况进行讨论。

在 JJG 205 - 2005 检定规程中, 采用将工作空间分为上、下两层的方式, 布设有 9 个测量点, 其布设位置如图 1 所示, 图 1 中 1 号点为工作空间的几何中心。

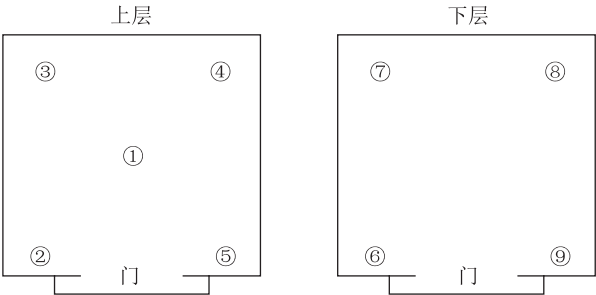


图 1 JJG 205 - 2005 规定的检测设备布点位置图

在 JJF 1101 - 2003, JJF 1270 - 2010 和 GB/T 5170 系列标准中, 采用将工作空间分为上、中、下三层的方式, 并且将工作空间的容积作为测量点数的确定条件。这些标准规范一致规定: 对工作空间容积不超过 2 m³ 的温度或湿热设备, 其温度测量点设置为 9 个, 布放位置如图 2 所示。

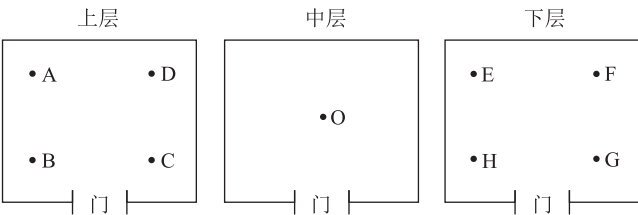


图 2 JJF 1101 - 2003 等标准规定的检测设备(工作空间容积 < 2 m³)布点位置图

图 2 中, O, A, B, C, D, E, F, G, H 为温度测量设备布点位置, O 为工作空间的几何中心。由于常见的温湿度计检定箱其工作空间容积不超过 2 m³, 本文对工作空间容积超过 2 m³ 的情况不作讨论。

将工作空间划分为三层工作面的方式更为科学, 但部分温湿度计检定箱只配置有两层支架, 因此在实际检定工作中, 应当结合设备情况, 优先选用三层工作面的布设方式。

3.1.2 检定方法

按照上述规定位置安装布设好温度传感器, 将温

湿度计检定箱的温度分别设定为 15, 20℃ 和 30℃ (湿度固定在某一定值, 如 40% RH); 按照先低温后高温的程序运行, 启动温湿度计检定箱, 当温度达到设定值后, 即进行控温并稳定 30 min, 然后开始记录 1 至 9 号点测量仪表的温度示值, 每隔 2 min 记录一组数据 $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{i9} (i = 1, 2, \dots, 15)$, 共记录 15 组, 同时记录温湿度计检定箱指示仪表的指示值 T_{Si} 。

当温湿度计检定箱的温度示值达到设定值偏差带时, 即可视温湿度计检定箱进入控温的状态。

3.2 数据处理方法

所有测量数据均应按照测量仪器或测量系统的修正值进行修正, 以消除测量系统误差对检定结论产生影响。

3.2.1 温度偏差

在所有测试数据 $T_{ij} (i$ 为测量次数, 取值为 15; j 为测量点编号, 取值为 9, 下文中 i, j 所对应的变量及取值情况一致) 中, 找出其最高温度值 $T_{\max}$ 和最低温度值 $T_{\min}$, 按照下面公式计算温度偏差 ΔT 。

温度上偏差 $\Delta T_{\max}$ 为

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_B \quad (1)$$

温度下偏差 $\Delta T_{\min}$ 为

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_B \quad (2)$$

式中: $T_{\max}$ 为规定时间内各检定点在 i 次测量中的最高温度值, ℃; $T_{\min}$ 为规定时间内各检定点在 i 次测量中的最低温度值, ℃; T_B 为设定测量点的标称温度值, ℃。

3.2.2 温度波动度

对温度波动度的计算, 不同的标准或规范存在一定的差异, 以下分别进行说明。

1) JJG 205 - 2005 检定规程中的计算方法

该方法以中心点的测量数据进行分析计算, 其计算公式为

$$\Delta T_f = T_{o\max} - T_{o\min} \quad (3)$$

式中: ΔT_f 为温度波动度, ℃; $T_{o\max}$ 为中心点在 i 次测量中的最高温度, ℃; $T_{o\min}$ 为中心点在 i 次测量中的最低温度, ℃。

2) JJF 1101 - 2003 校准规范中的计算方法

该方法以中心点的测量数据进行分析, 其计算公式为

$$\Delta T_f = \pm \frac{T_{o\max} - T_{o\min}}{2} \quad (4)$$

公式中各变量表示意义与前文一致。可以看出, 该规范将温度波动度定义为对中心点实测的最高温度与最低温度之差的一半, 并冠以“±”号, 以表征温度

的波动可靠近设定值向上或向下进行的实际情况。

3) GB/T 5170.5 - 2008 检验方法中的计算方法

该方法通过分别取 j 个测量点在 30 min 内得实测数据, 计算每一个测量点的最高温度和最低温度的差值, 然后选取 j 个测量点中的最大差值为温湿度计检定箱的温度波动度。其计算公式为

$$\Delta T_{jf} = T_{j\max} - T_{j\min} \quad (5)$$

$$\Delta T_f = \max(\Delta T_{jf}) \quad (6)$$

式中: $T_{j\max}$ 为第 j 个测量点的最高温度; $T_{j\min}$ 为第 j 个测量点最低温度; ΔT_{jf} 为编号为 j 的测量点处的温度波动度。

分析以上三种计算方法, 可看到 JJG 205 - 2005 检定规程和 GB/T 5170.5 - 2008 检验方法中的计算方法存在一个共同问题: 即对波动度的表征与其技术要求内容不一致。本文表 2 所列的标准(或规范)中, 温度波动度技术指标规定是有“±”要求的, 但这两种方法的计算结果是不可能出现负值的情况; JJG 205 - 2005 检定规程和 JJF 1101 - 2003 校准规范中的计算处理过程存在考核点偏少的问题。因为仅从工作空间中心位置的温度量变化情况难以对整个工作空间的温度场进行考核。

综合上述分析, 对温度波动度的考核应综合 JJF 1101 - 2003 校准规范和 GB/T 5170.5 - 2008 检验方法中的计算方法进行, 首先按 JJF 1101 - 2003 校准规范中的方法计算各测量点的温度波动度 ΔT_{jf} , 然后取绝对值最大的测量点值为温湿度计检定箱的温度波动度值, 具体计算方法及公式为^[9]:

$$\Delta T_{jf} = \pm \frac{T_{j\max} - T_{j\min}}{2} \quad (7)$$

$$\Delta T_f = \pm \max(|\Delta T_{jf}|) \quad (8)$$

式中: $T_{j\max}$ 为第 j 个测量点的最高温度; $T_{j\min}$ 为第 j 个测量点最低温度; ΔT_{jf} 为编号为 j 的测量点的温度波动度。

3.2.3 温度均匀度

各标准规范中对温度均匀度的计算有以下两种方法。

1) JJG 205 - 2005 检定规程中的计算方法

该方法首先通过计算每次测量中, 中心点与其它测量点温度差值的绝对值的最大值 $\Delta T_n, n = 1, 2, 3, \dots, 14$; 然后以各次测量中 ΔT_n 的最大值作为温度的均匀度。其计算公式为

$$\Delta T_n = \max(|T_{i1} - T_{i2}|, |T_{i1} - T_{i3}|, |T_{i1} - T_{i4}|, \dots, |T_{i1} - T_{ij}|) \quad (9)$$

$$\Delta T_U = \max(\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3, \dots, \Delta T_n) \quad (10)$$

2) GB/T 5170.5 - 2008 检验方法及 JJF 1270 - 2010 校准规范中的计算方法

该方法以各测量点在规定时间内进行规定次数的测量值中每次测量的最高温度与最低温度值之差值的算术平均值来表征温度的均匀度。其计算公式为:

$$\Delta T_u = \frac{\sum_{i=1}^{15} T_{i\max} - T_{i\min}}{15}$$

式中: ΔT_u 为温度均匀度, $^{\circ}\text{C}$; $T_{i\max}$, $T_{i\min}$ 分别为各测量点在第 i 次测量的最高温度与最低温度值, $^{\circ}\text{C}$ 。

比较两种方法的计算过程, GB/T 5170.5 - 2008 及 JJF 1270 - 2010 校准规范的计算方法能够有效消除测量过程中偶然误差的影响, 其测量结果的可靠性更高, 因此, 在温湿度计检定箱的性能检测过程中, 应该采用这种方法来评定温度的均匀度。

3.2.4 温度指示仪表示值误差

根据 GB/T 5170 系列标准和 JJF 1270 - 2010 校准规范等相关内容, 温度指示仪表示值误差的计算方法是: 取各测量点温度测量实测的各次数据 T_{ij} 和温湿度计检定箱温度显示仪表的对应数据 T_{si} , 按公式(12), (13) 计算工作空间温度场的平均值 T_m 和温度指示仪表示值的平均值 T_{sm} 。

$$T_m = \frac{1}{15 \times 9} \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^9 T_{ij} \quad (12)$$

$$T_{sm} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} T_{si} \quad (13)$$

然后, 再按公式(14) 计算温湿度计检定箱温度指示仪表的示值误差 ΔT_D 。

$$\Delta T_D = T_{sm} - T_m \quad (14)$$

4 结束语

本文根据温湿度计检定箱性能检测工作的实际需要, 参照相关国家标准和规范, 并充分考虑温湿度计检定箱检测工作和使用期间的实际需求, 提出了温湿度计检定箱温度参量的性能参数和技术要求, 明确了实施温湿度计检定箱性能检定项目、检定和数据处理方法, 为正确开展温湿度计检定箱温度量的检定工作提供参考依据。

参考文献

- [1] JJF 1101 - 2003 环境试验设备温度、湿度校准规范[S]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
- [2] GB/T 5170.1 - 2008 电工电子产业环境试验设备检验方法总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [3] JJG 205 - 2005 机械式温湿度计检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2012.
- [4] GB/T 5170.2 - 2008 电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法 温度试验设备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [5] GB/T 5170.5 - 2008 电工电子产品环境试验设备检验方法 湿热试验设备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] GB/T 5170.18 - 2005 电工电子产品环境试验设备检验方法 温度/湿度组合循环试验设备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [7] JJF 1270 - 2010 温度、湿度、振动综合环境试验系统校准规范[S]. 北京: 中国计量出版社, 2011.
- [8] JJG 229 - 2010 工业铂、铜热电阻检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2010.
- [9] 陶进, 李丹丹, 陶承, 等. 基于 JJF 1101 - 2003 的温度智能采集系统[J]. 计测技术, 2015(S1): 48 - 49.

用数据说话

——中图仪器螺纹综合测量机判定螺纹质量纷争

近日, 常州某客户找到无锡市计量测试院(以下简称无锡计量院), 称其供应商提供的螺纹产品不合格, 但供应商却坚称产品合格, 并提供了检测用螺纹环规的校准报告。无奈之下, 只好将双方使用的螺纹环规、螺纹产品及相关证书送到无锡计量院, 希望能找到问题的所在。

无锡计量院长度部在接到客户的样品和检测要求后, 马上组织相应技术人员进行研究检测。之前出具的校准证书是由西北某校准公司提出, 所使用标准器为螺纹校对规, 对螺纹环规采用综合检验, 无法分析具体问题。于是, 技术人员利用中图仪器螺纹综合测量机分别对两副螺纹环规和螺纹产品进行了详细检测, 整理所测数据后发现, 其供应商的螺纹环规有轻微磨损, 牙侧角数据也超差, 而客户的螺纹环规各项数据处在公差的中位位置, 数据尚可; 更为凑巧的是, 螺纹产品的尺寸正好处在上极限位置, 这就导致了客户的通规通不过产品螺纹, 而其供应商的通规却能通过。

通过这个案例我们可以看出, 而中图仪器螺纹综合测量机通过接触式扫描, 一次可测出多个参数, 根据牙型轮廓和螺纹参数定义直接计算, 可有效避免此类争议产生。

(来源 中图仪器)