

低温环境相对湿度计的校准

杨菊¹ 李占元¹ 郑胜青² 卓华³ 任长青¹

(1.中国计量科学研究院,北京市北三环东路18号100029;2.江苏省计量科学研究院,南京市栖霞区文澜路95号210023;3.新疆维吾尔自治区计量测试研究院,乌鲁木齐市河北东路188号830011;)

摘要: 低温环境下(温度0°C以下)湿度计的校准一直是难点。目前计量部门的校准实验室在对湿度计进行校准时,一般是在常温下进行。虽然绝大部分湿度计已经进行了温度修正,提供了温度系数,但在零下几十度的环境中,湿度计的准确度已经很难保证,示值误差无从知晓。本文论述的湿度计校准装置可以满足在环境温度-40~0°C条件下校准湿度计,方法准确可靠。

关键词: 相对湿度计; 校准; 低温环境; 湿度发生器;

Calibration of Hygrometers in Low-temperature Environment

YANG Ju¹, LI Zhangyuan¹, ZEHNG Shengqing², ZHUO Hua³, REN Changqing¹

(1.National Institute of metrology, China,18 Beisanhuan East Road, Beijing 100029;2. Jiangsu Institute of Metrology, No. 95, Wenlan Road, Qixia District, Nanjing City210023;3. Thermal Metrology Testing Institute, Xinjiang Uygur Autonomous Region Research Institute of Measurement & Testing, Hebei Street, No.258, Urumqi, China, 830011)

Abstract: How to calibrate hygrometers under low-temperature (below 0°C) condition is really difficult and important related to weather forecast and research fields. Almost all kinds of hygrometers, their technical specifications are given in normal temperature environment. For most metrology labs, calibration is processed under normal condition. So we can not evaluate the hygrometer when it works in low temperature. In this paper, we aim at the calibration method of hygrometers in low temperature. The measurement results indicated that the calibration technology following is high accuracy、convenient and reliable.

Keywords: hygrometer, calibration, dew-pint hygrometer, humidity generator

0 引言

低温相对湿度测量是测湿过程中比较特殊的部分,较多用于气象和航空航天领域中的高空探测、电子仪器设备环境试验的模拟运输和储存以及食品的保鲜;气象湿度测量的环境温度比较宽,大约从 $-60\sim+50^{\circ}\text{C}$,相对湿度从百分之几一直到接近饱和;高空探测中的湿度测量,和天气预报直接相关。到现在为止,低温环境下湿度计的校准仍然是一个难点。

湿度发生器是校准湿度计必备的设备,现在国内计量部门还少有发生器可以在较低温条件下进行湿度计校准。理论上可以在 0°C 以下校准湿度计的发生器主要有分流式湿度发生器、双压法湿度发生器和双温法湿度发生器,它们的工作原理不同,但在结构上是相似的,主要部分有恒温槽、饱和器、测试室以及气源等。这些湿度发生器的测试室的直径一般在10 cm到15 cm之间,在使用该设备校准湿度计时,将被校准的湿度计放在湿度发生器的测试室中,用一些软性材料如海绵或纱布进行密闭保护。在低温条件下可能在器壁上发生结霜现象,这样就无法保证测试腔内湿度量值的准确度。如果是湿度发生器内部的气体管路发生结霜现象,会造成冰堵,不仅会使湿度量值偏高,严重时使实验无法进行,必须将整个恒温槽的温度重新升至 0°C 以上,同时用干燥气体连续的清洗管路。这一过程至少需要半天以上的时间,严重影响了工作效率。

1、 方案设计

本课题要研制的低温相对湿度计校准装置,主要由渗透管湿度发生器、精密露点仪、恒温恒湿实验箱以及湿度计取样系统等组成。该装置可用于气象、航空航天等领域高空湿度探测所用湿度计、湿敏元件的检测或校准。各组成部分的功能和特点如下:

1.1 湿度发生器:采用渗透管原理研制湿度发生器。一些高分子化合物材料对于水具有渗透性,通过调节载气流速和温度,就可以产生一股湿度值恒定、量值已知并且连续可调的气体。

1.2 湿度计取样装置:用于安装被校准湿度计或湿敏元件的取样器,采用不锈钢或紫铜材料,换热和密封性能良好,接口可以适用于不同厂家或不同型号的各类型产品。

1.3 恒温恒湿箱:选用现在在用的恒温恒湿箱提供低温环境,用于提供温度 $0\sim-40^{\circ}\text{C}$ 环境条件。

1.4 精密露点仪:用于测量载气的露(霜)点值。

1.5 温度计:用于测量恒温恒湿箱内的温度值。

在校准湿度计时,相对湿度的标准值由载气的露点值和恒温恒湿箱的温度值计算得到。

由渗透管湿度发生器作为湿度标准源，产生一定露点值的标准湿气，流过安装有被校准湿度计的取样器。取样器安放在恒温恒湿箱中，设定好需要的环境温度。在取样器的出口处，连接湿度测量的标准仪器---精密露点仪。整个气路连接要求密封良好，不能有泄露。选取两只铂电阻温度计，一只安装在湿度计取样器内部，另一只放在恒温恒湿箱中，用来监测箱体内温度的均匀性。在恒温恒湿箱降温的过程中，管路中要保持流过有适当干燥的气体，以防止湿度计取样器和气体管路内部在温度降到 0°C 以下后发生结霜的状况。

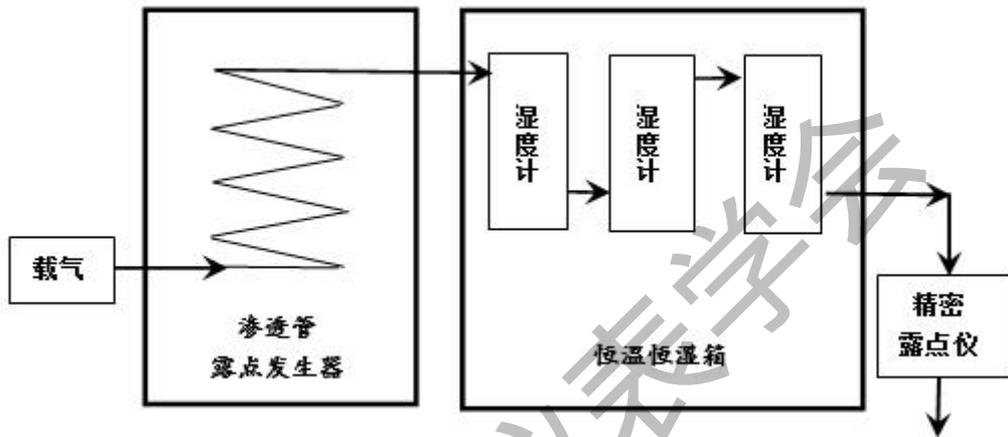


图 1 低温湿度计校准装置

2、实验结果

以环境温度-40, -20°C为例，计算出相对湿度从 10%RH~90%RH 时，渗透管湿度发生器所产生标准湿气的露点值，结果见表 1、表 2。

表 1 环境温度-40°C时相对湿度和气体露点对照表

序号	相对湿度 (U/%RH)	气体露点(T_d /°C)
1	10.0	-58.7
3	30.0	-50.2
5	50.0	-46.0
7	70.0	-43.1
9	90.0	-40.9

表 2 环境温度-20°C时相对湿度和气体露点对照表

序号	相对湿度 (U/%RH)	气体露点($T_d/^\circ\text{C}$)
1	10.0	-41.9
3	30.0	-31.9
5	50.0	-27.0
7	70.0	-23.7
9	90.0	-21.1

选取两只 Rotronic 生产的温湿度计作为实验仪器，温湿度计的工作范围是温度 $-40^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $0\%\text{RH}\sim 100\%\text{RH}$ ，在 25°C 时湿度测量的最大允许误差为 $1.5\%\text{RH}$ 。以下是2只温湿度计分别在 -40°C 、 -20°C 、 -10°C 环境条件下的校准结果。

表3 湿度计在 -40°C 环境条件下的校准结果

序号	湿度标准值 U/%RH	环境温度值 T/ $^\circ\text{C}$	温湿度计示值 39823180		温湿度计示值 54772050	
			T/ $^\circ\text{C}$	U/%RH	T/ $^\circ\text{C}$	U/%RH
1	9.5	-40.3	-39.9	3.9	-40.1	2.1
2	21.4	-40.2	-40.4	8.9	-40.3	7.5
3	31.0	-40.3	-40.1	17.6	-40.3	15.5
4	38.9	-40.3	-40.0	22.4	-40.3	21.0
5	63.1	-40.4	-40.0	37.0	-40.3	37.2
6	94.1	-40.4	-40.1	56.7	-40.3	57.2

表4 湿度计在 -20°C 环境条件下的校准结果

序号	湿度标准值 U/%RH	环境温度值 T/ $^\circ\text{C}$	温湿度计示值 39823180		温湿度计示值 54772050	
			T/ $^\circ\text{C}$	U/%RH	T/ $^\circ\text{C}$	U/%RH
1	21.1	-20.1	-19.5	13.8	-19.7	12.9
2	39.5	-20.2	-19.8	30.2	-20.0	29.3
3	57.7	-20.2	-19.9	45.3	-20.1	44.7
4	81.6	-20.2	-19.9	63.9	-20.1	64.0

表 5 湿度计在-10°C环境条件下的校准结果

序号	湿度标准值	环境温度值	温湿度计示值		温湿度计示值	
	U/%RH	T/°C	39823180		54772050	
			T/°C	U/%R H	T/°C	U/%R H
1	16.4	-10.4	-10.4	13.7	-10.6	12.6
2	37.8	-10.2	-10.2	34.3	-10.3	33.5
3	54.8	-10.2	-10.1	51.9	-10.2	51.2
4	85.9	-10.2	-10.0	77.9	-10.1	77.9

3、结论

通过实验和不确定度评定可以发现，即使使用相同的湿度标准设备，温度测量和露点测量的不确定度相同，如果在不同的环境温度下校准湿度计，校准结果的不确定度是不一样的。温度越低，湿度测量的不确定度越大。

相对湿度计（电容型湿敏元件）在低温环境下的湿度特性会发生很大的变化，表现为测量结果偏低，温度越低，示值误差越大，并且平衡时间会变的很长。如何在低温环境中准确的校准湿度计，研究湿敏元件的湿度响应特性，可能还需要更多的实验工作。

参考文献

- [1]李英干，范金鹏.湿度测量[M].北京：气象出版社，1990.
- [2] 国家质量技术监督局计量司.测量不确定度评定与表示指南[M].北京：中国计量出版社，2000.
- [3] 国家质量技术监督局.JJF1059-1999 测量不确定度评定与表示[S].北京：中国计量出版社，1999.