

湿度传感器检定条件的影响

陈为超¹ 范雪波²

(1 华云升达(北京)气象科技有限责任公司, 北京 102299; 2 北京市气象探测中心, 北京 100176)

摘要 在湿度传感器检定过程中,除露点仪和温湿度箱引起检定结果的不确定度外,检定条件、操作不规范也会给检定结果带来附加误差。本文通过对标准器的各湿度点测得值标准偏差、露点仪工作时的热效应、掠过露点传感器的流量变化、露点仪最佳工作环境等进行了实际测试,结合湿度传感器测试历史资料,进行了综合分析。结果表明:①露点仪露点传感器的过流孔正对气流方向时,同温度下露点温度测得值偏高,露点仪测量的相对湿度偏小,否则会偏大。②在环境温度为 20℃时,露点仪在各个湿度点上的 n 次测量值的标准偏差(离散性)最小。③露点仪的温度传感器在吸入式温湿度箱中,安装于露点传感器前端 4 cm 和后端 4 cm 时,其后端测得值比安装在前端测得值的最大值偏高 0.45℃,相对湿度偏高 0.5%。④各湿度点上的稳定时间(当箱内湿度达到设定值并趋于稳定后)应大于或等于 20 s 时,露点仪和被检湿度传感器采集到的标准值和测量值才真实。

关键词 湿度传感器;露点仪;检定条件;影响测试与分析

中图分类号: P414 **DOI**: 10.19517/j.1671-6345.20200454 **文献标识码**: A

引言

“十四五”期间,中国气象局计划在全国地市级气象局建立温、压、湿传感器自动化计量检定系统。其中,湿度传感器^[1]计量检定采用的计量标准为数字精密露点仪和温湿度箱。湿度传感器检定规程^[2-3]中规定了温湿度箱的波动度和均匀度要求。在检定过程中除了温湿度箱的波动度和均匀度,数字露点仪^[4]和传感器本身存在的固有误差^[5]以外,还不可避免地存在检定过程中的环境条件变化、标准器的露点传感器和温度传感器在温湿度箱中的安装位置不同、流过露点传感器的气体流量等因素产生的附加误差影响。因此,为使湿度传感器的检定有一个统一、可靠、标准的检定环境和正确的安装位置,有必要通过对湿度传感器的检定条件进行逐项测试,找出湿度传感器的标准检定环境条件、传感器和标准器的正确安装位置,形成一个规范的、标准的、可操作的实施方案,才能使湿度传感器的检定结果具有准确性和一致性。

1 测试及结果分析

本次测试选用国产精密数字式露点仪作为湿度传感器的测试用标准器,温湿度箱作为附属设备(温度控制范围:5~30℃)。

相对湿度控制范围:10%~95%;相对湿度场波动度:±0.5%/30min(20℃时);相对湿度场均匀度:0.8%(20℃时);升降温速率:不小于 1℃/min;升降湿速率:不小于 1%/min)。

被测试件为 HMP155A 温湿度传感器,共有 8 支。

1.1 露点仪温度传感器放置位置测试

将露点仪的温度、露点传感器置入温湿度箱中有效工作区域内^[6],温度传感器安置于露点传感器前端,距离露点传感器的感应端水平距离和垂直距离分别为 4 cm,测试示意如图 1 所示。

测试前,按照使用说明书要求给露点仪上电预热后^[7],将箱内温度设置为 20℃,待箱内温度趋于稳定后,分别依次设置相对湿度点 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%。测试时确保各湿度点充分稳定后,再采集(录取)露点仪的露

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

作者简介:陈为超,男,1980年生,工程师,主要从事大气探测业务与技术研究,Email:chenweichao@cnhyc.com

收稿日期:2020年10月28日;定稿日期:2021年6月9日

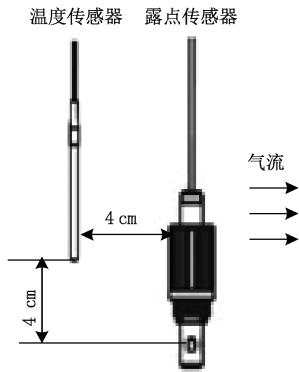


图 1 温度传感器位于露点传感器前端

点温度、温度、相对湿度值。当全部湿度点测试完毕，露点仪的露点温度传感器位置不变，将温度传感器移至露点传感器的后端，距离露点传感器水平距离和露点传感器感应端分别为 4 cm 处。测试示意图如图 2 所示。

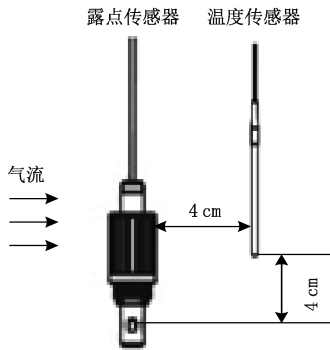


图 2 温度传感器位于露点传感器后端

箱内温度保持不变，当箱内温度区域稳定后，再按以上湿度点设定箱内湿度。当各湿度点趋于稳定时，再录取露点仪相对湿度、露点温度和温度值。

根据露点仪温度传感器放置于露点传感器前后各 4 cm 时，测得的不同湿度点上的温度值和各湿度点上温度测量误差(温度传感器后置 4 cm 的测得值减去前置 4 cm 的测得值)绘制曲线如图 3 和 4 所示。

如图 3 所示，当露点仪的温度传感器置于露点传感器前后测得的温度值的确有差别。在不同湿度点上都偏高于前置温度值，而且在 70%~95% 湿度范围内，温度偏高值较小。20%~70% 湿度范围内，偏高值较大。究其原因，对于吸入式循环方式的温湿度箱来讲，当温度传感器置于露点传感器后端时，因露点传感器工作时发出热量，温度传感器测得的

温度值不仅是样气温度，还包括露点传感器工作时升高的温度。

如图 4 所示，低湿段前后测得的温差较大，随着相对湿度的升高，前后测得的温差变小。温差最小值发生在相对湿度 95% 点为 0.05 °C，温差最大值发生在相对湿度 20% 点为 0.45 °C。温度传感器后置于露点传感器 4 cm 时，相对湿度偏高 0.5%。

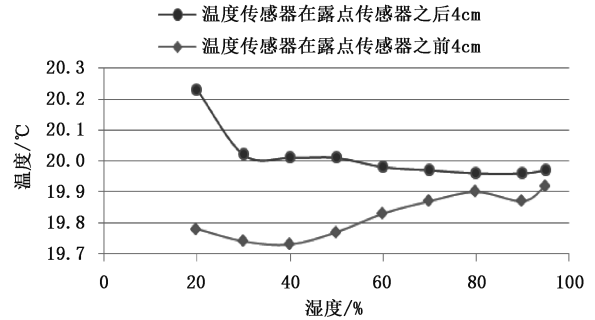


图 3 在露点传感器前后端测得的温度值

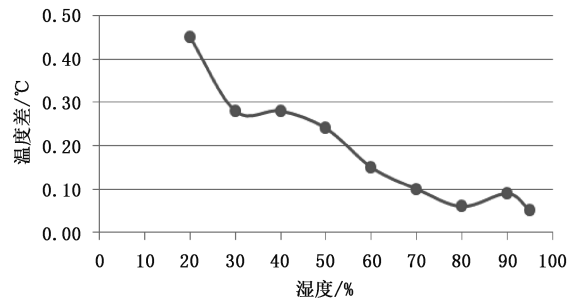


图 4 温度传感器置于露点传感器前后 4 cm 处温差

1.2 露点仪测量重复性测试

露点仪输出值，在不同温度条件下的重复性(离散性)测试，表征露点仪在一定温度条件下的输出标准值的准确性和一致性，为确定湿度传感器的检定环境条件提供数据支撑。

将露点仪的露点传感器和温度传感器按图 1 放置于温湿度箱中有效工作区域内。按照使用说明书要求给露点仪上电预热。

依次设置温湿度箱的温度 10 °C、20 °C、30 °C、40 °C。在每个温度上当温度趋于稳定后，依次设置相对湿度值 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%。每个湿度点上分别等间隔采集 8 次露点仪的测量值。计算不同温度点上各湿度点上的标准偏差。测试结果见依据 8 次测量值用贝塞尔公式计算出各湿度点上的标准偏差。

从图 5 中可以看出,当温度为 10 °C 时,露点仪测得值的标准偏差最小值是 0.08,最大值是 0.38,不一致性为 0.3。当温度为 20 °C 时,露点仪测得值的标准偏差最小值是 0.04,最大值是 0.20,不一致性为 0.16。当温度为 30 °C 时,露点仪测得值的标准偏差最小值是 0.05,最大值是 0.36,不一致性为 0.31。当温度为 40 °C 时,露点仪测得值的标准偏差最小值是 0.04,最大值是 0.34,不一致性为 0.30。由此可见,当环境温度为 20 °C 时,露点仪测得值的标准偏差一致性优于其它温度点。

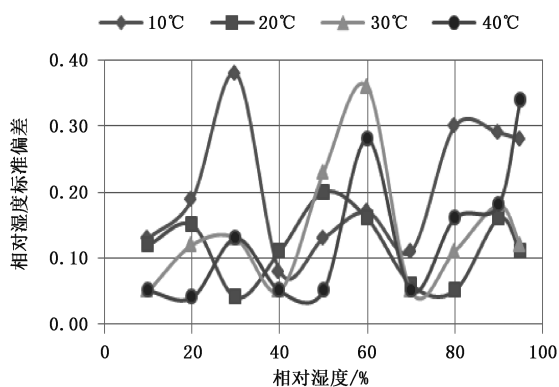


图 5 不同温度点各湿度点上标准偏差曲线

1.3 气体流量对露点测量准确度测试

在实际使用中,必须考虑流过露点传感器的气体流量大小对露点测量准确度的影响。对此进行了气体流量对露点传感器测量准确度的影响测试。

将露点仪露点传感器和温度传感器置入温湿度箱中有效区域内,温度传感器距离露点传感器 4 cm、并高出露点传感器感应端 4 cm,如图 1 所示。按照露点仪使用说明书要求开机预热。将温湿度箱温度设为 20 °C,将露点传感器的过流孔正对气流方向。待箱内温度趋于稳定后,再依次设定箱内湿度点为 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%。当各湿度点稳定后,再录取露点仪测得的露点温度值。当所有湿度点测试完毕,箱内温度不变,温度传感器的位置不变。改变露点传感器的过流孔位置,使之垂直于气流方向。再重复测试以上湿度点上露点仪测得的露点温度值。将露点仪的露点传感器正对气流方向测得的各湿度点上的露点温度值减去气流垂直于露点传感器过流孔时,各湿度点上的露点温度测得值,得出露点传感器的各湿度点上的露点温度差曲线如图 6。

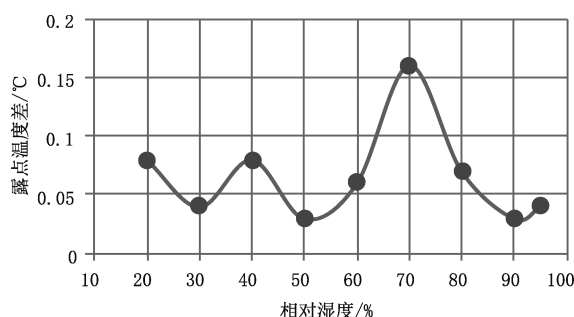


图 6 气流正对和垂直露点传感器时露点温度差

1.4 湿度传感器温度特性测试

曾经对 8 支湿度传感器进行过温度特性测试^[8]。8 支湿度传感器的示值误差(与精密露点仪进行比较)无论在高湿(95%)还是低湿(40%)的情况下,都随着测试温度的降低而增大。其中 20~30 °C 是误差稳定区间,误差变化幅度较小,20 °C 往下误差变化幅度增大,10 °C 往下误差变化幅度急剧增加。湿度传感器的示值标准偏差无论高湿还是低湿都在测试温度为 20 °C 时达到最小值,其中 10 °C 和 30 °C 时都较小,10 °C 以后随着温度降低,标准偏差也在增大。

1.5 湿度传感器时间常数测试

曾经对湿度传感器的动态响应时间(时间常数)做过不同温度条件下的时间常数试验^[9]。试验结论是升湿阶跃响应的的时间常数总体而言小于降湿阶跃响应的的时间常数。分析原因,在进行降湿阶跃响应时,湿度传感器首先处于高湿环境内,这使其响应特性变差,时间常数变大,这跟湿度传感器的特性一致。

试验采用图解法和湿度变化法,测试了不同温度时(15~30 °C),升降湿时间常数变化曲线,从变化趋势来看,在温度为 20 °C 时,时间常数升降湿曲线在 20 °C 点交汇,对应的时间常数为 20 s。这就提示我们,在温度为 20 °C 时,升降湿时间常数是统一的。因此,在设置湿度传感器的检定环境时,20 °C 点是首选点,可减小因响应不同步带来的附加误差。

2 结论

通过对检定条件的实际测试和对历史资料的综合分析得出如下结论。

(1)在进行湿度传感器的计量检定时,针对吸入式温湿度箱而言,露点仪的温度传感器应安装在露点传感器的前端,距离露点传感器和高出露点传感

器感应端分别为 4 cm 时,温度测量结果才不会受到露点传感器热效应影响。

(2)露点仪的露点传感器的过流孔必须正对气流来向。

(3)检定时的环境温度为 20 ℃ 时。露点仪在各个湿度点上测得值的标准偏差(离散性)最小(准确度高)。

(4)各湿度点上的稳定时间(当箱内湿度达到设定值并趋于稳定后)应大于或等于 20 s 时,露点仪和被检湿度传感器采集到的标准值和测量值才真实。

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] 国家质量监督检验检疫总局.通用计量术语及定义[M].北京:中国

计量出版社,1999.

- [3] JJG(气象)003—2001 自动气象站湿度传感器检定规程[S].北京:中国气象局,2001.
[4] 李铁鹏.冷镜式露点仪测量精度影响因素分析[J].宇航计测技术,2014,34(6):20-23.
[5] JJF 1076—2001 湿度传感器校准规范[S].北京:中国计量出版社,2001.
[6] 张文东.温度、压力和流量对几种露点仪测量结果的影响[J].计量测试与校准,2012,32(6):54-66.
[7] 石良喜.露点仪的热效应对湿度传感器测量准确度的影响[J].计量与测试技术,2017,44(3):75-76.
[8] 杨波,张文博,张昆. HMP45D 与 HMP155A 温湿度传感器温度特性对比[J].气象科技,2009,43(3):426-429.
[9] 王洋,王晓蕾,李萍,等.温度和风速对湿度传感器动态特性的影响[J].气象科技,2012,40(6):910-913.

Influence of Calibration Conditions on the Verification Results of Humidity Sensor

CHEN Weichao¹ FAN Xuebo²

(1 Huayun Sounding (Beijing) Meteorological Technology Co., Ltd., Beijing 102299;

2 Beijing Meteorological Observation Center, Beijing 100176)

Abstract: In the verification process of the humidity sensor, in addition to the uncertainty of verification results caused by the dew-point meter and temperature and humidity box, the verification conditions and non-standard operation will also bring additional errors to the verification results. In this paper, the standard deviation of the measured value at each humidity point of the dew-point meter, the thermal effect of the dew-point meter during operation, the flow change of the sensor skimming the dew-point meter, and the optimum working environment of the dew-point meter are tested. Combined with the historical data of the humidity sensor test, a comprehensive analysis is made to draw the following conclusions: (1) When the flow hole of the dew-point sensor is facing the airflow direction, the dew-point temperature measured at the same temperature is higher, and the relative humidity measured by the dew-point sensor is smaller. Otherwise, it will be larger. (2) When the ambient temperature is 20 ℃, the standard deviation (discreteness) of the measurements of the dew-point meter at each humidity point is minimum. (3) When the temperature sensor of the dew-point meter in the suction type temperature and humidity box is installed at 4 cm the front end at 4 cm the back end, the measured value of its rear end is 0.45 ℃ higher than the maximum value installed at the front end, and the relative humidity is 0.5% higher. (4) The stability time at each humidity point (when the humidity in the box reaches the set value and tends to be stable) should be greater than or equal to 20 s, the standard value and measured value collected by the dew-point meter and humidity sensor under inspection are true.

Keywords: humidity sensor; dew-point meter; verification condition; test and analysis