

# 使用干体炉对 HMP155 型温湿度传感器温度进行现场校准实验存在问题的解决方法研究

苏继琨,秦平,张涛,李明君,辛阿阿,林雪丽,高昆

(国家海洋局北海标准计量中心 青岛 266033)

**摘要:**文章结合海洋环境监测站和海洋资料浮标的海洋环境自动观测系统现场校准工作,使用功能先进且便于携带的干体炉计量设备,针对 HMP155 型温湿度传感器的温度项目进行现场校准。通过实验发现,现场校准结果与实验室校准结果存在较大差异,通过设计实验形式,研究总结存在问题的解决方法,并在实际工作中得到验证。

**关键词:**干体炉;温湿度传感器;现场校准;海洋环境监测

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)02-0080-05

## Some Problems of Temperature Measurement on-Site Calibration Experiment of the HMP155 Humicap Sensor by Using Dry-block Temperature Calibrators

SU Jikun, QIN Ping, ZHANG Tao, LI Mingjun, XIN Aa, LIN Xueli, GAO Kun

(North China Sea Standardization and Metrology Center, SOA, Qingdao 266033, China)

**Abstract:** Based on the on-site calibration experiment of the automatic observation system of marine environmental monitoring station and marine data buoy, using Dry-block Temperature Calibrators with advanced functions and easy to carry, on-site calibration experiment for temperature measurement of the HMP155 Humicap Sensor was implemented. The results revealed that the on-site calibration results and laboratory calibration results were quite different. The solution to the problems was summarized through the design of experimental forms, and verified in practical work.

**Key words:** Dry-block Temperature Calibrators, Humicap Sensor, On-site Calibration Experiment, Marine environmental monitoring

HMP155 型温湿度传感器是芬兰维萨拉公司生产的具有较高稳定性并适用于恶劣环境的温湿

度传感器,温度测量范围为 $-80^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ <sup>[1]</sup>,目前作为温湿度观测设备被普遍使用在台站海洋环境自

收稿日期:2016-10-07;修订日期:2016-12-13

基金项目:国家海洋局北海分局海洋科技项目“HMP155 型温湿度传感器温度现场校准方法及不确定度研究”(2016B12).

作者简介:苏继琨,工程师,硕士,研究方向为计量检测,电子信箱:sjk8358@126.com

动观测系统中。随着温湿度传感器的更新换代以及计量标准器的升级更换,之前的实验方法已经不适合现在的实际工作,如《国家海洋计量站青岛分站作业文件》<sup>[2]</sup>中的《温湿度传感器现场检定作业指导书》<sup>[2]</sup>所针对的温湿度传感器为 YZY5 型,使用的标准器和配套设备为铂电阻温度计和制冷恒温槽;目前海洋台站温湿度传感器普遍更新为 HMP155 型、部分为 HMP45A 型,在实际工作中考虑制冷恒温槽不便携带,也使用相对轻便且精度较高的恒温干体炉作为标准配套设备。从实验结果来看,使用恒温干体炉在校准 HMP45A 型温湿度传感器时,测量结果与使用制冷恒温槽较一致;而在校准 HMP155 型温湿度传感器时,测量结果与使用制冷恒温槽存在较大误差。这就需要在原有作业指导书的基础上研究使用恒温干体炉对 HMP155 型温湿度传感器进行现场校准的方法。

研究使用便携式恒温干体炉测量 HMP155 型温湿度传感器温度项目时产生误差的因素以及消除误差的方法,是本项目拟解决的关键问题之一。

## 1 实验操作

目前北海标准计量中心对 HMP155 型温湿度传感器进行现场校准所使用的标准器是自校式铂电阻温度计,测量范围在  $-60^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,最大允许误差  $\pm 0.10^{\circ}\text{C}$ <sup>[3]</sup>;主要配套设备是阿美特克(AMETEK)RTC-157B 型干体炉,测量范围在  $-45^{\circ}\text{C}\sim$

$155^{\circ}\text{C}$ ,波动度为每 15 min 内不超过  $0.005^{\circ}\text{C}$ <sup>[4]</sup>。校准过程中,把标准器和被检传感器同时插入干体炉感温槽内的感温套筒中(图 1)。



图 1 干体炉实验

## 2 实验数据结果及问题

### 2.1 实验数据结果

2016 年 4 月 19 日和 6 月 6 日,分别对 2 批 HMP155 型温湿度传感器进行实验室校准和模拟现场校准 2 种实验方案的比对实验。实验室校准使用的标准器和配套设备为标准水银温度计和制冷恒温槽,把标准器和经过防水处理的被检传感器同时放入制冷恒温槽充满酒精或水的槽体内<sup>[5]</sup>,实验数据如表 1、表 2 所示。

表 1 实验室校准数据(环境条件:  $20.0^{\circ}\text{C}\sim 22.0^{\circ}\text{C}$ ,  $51\%\sim 59\%\text{RH}$ )

$^{\circ}\text{C}$

温度点	M0320334		M0320340		M0320330		M0320339	
	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值
-30	-30.0	0.0	-29.9	0.1	-29.9	0.1	-29.9	0.1
-20	-19.9	0.1	-20.0	0.0	-19.9	0.1	-19.9	0.1
-10	-10.0	0.0	-10.0	0.0	-10.0	0.0	-10.0	0.0
0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
10	10.0	0.0	9.9	-0.1	9.9	-0.1	9.9	-0.1
20	20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	19.9	-0.1
30	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	29.9	-0.1
40	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0

表2 模拟现场校准数据(环境条件:20.0℃~25.0℃,60%~70%RH)

℃

温度点	M0320334		M0320340		M0320330		M0320339	
	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值
-30	-28.1	1.9	-27.8	2.2	-27.9	2.1	-27.7	2.3
-20	-18.5	1.5	-18.1	1.9	-18.1	1.9	-17.9	2.1
-10	-9.1	0.9	-8.6	1.4	-9.0	1.0	-8.9	1.1
0	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4
10	10.3	0.3	10.4	0.4	10.4	0.4	10.3	0.3
20	20.3	0.3	20.4	0.4	20.4	0.4	20.3	0.3
30	30.3	0.3	30.4	0.4	30.4	0.4	30.3	0.3
40	40.3	0.3	40.4	0.4	40.4	0.4	40.3	0.3

## 2.2 误差问题

由表1和表2可见,实验室按标准校准结果得出被测设备符合准确度要求。模拟现场校准的数据与实验室校准数据比较,当在低温校准时存在较大误差。

分析存在较大误差的可能原因主要包括:传感器感温稳定时间不充分、外界温度对感温槽造成影响、由于套筒原因造成标准器与被测设备感温温度不一致等。

## 3 实验分析

### 3.1 传感器感温稳定时间实验

记录传感器感温时间。以编号为M0320334的传感器、设置0℃温度点为例,降温初期传感器每变化0.1℃用时3s,接近稳定点时每变化0.1℃用时56s。当标准温度在1.0℃~0.0℃时,传感器温度变化如表3所示。

表3 传感器温度变化用时(标准温度1.0℃~0.0℃)

传感器温度变化/℃	用时/s
1.0~0.9	56
0.9~0.8	73
0.8~0.7	110
0.7~0.6	196
0.6~0.5	963
0.5	1200

注:传感器温度为0.7℃~0.6℃时,标准器温度已经稳定在0.00℃,在稳定10min后,传感器为0.6℃;传感器温度为0.6℃~0.5℃时,标准器温度为0.00℃。

设置-10℃温度点时,降温初期传感器每变化0.1℃用时4s,接近稳定点时每变化0.1℃用时60s。当标准温度在-9.0℃~-10.0℃时,传感器温度变化如表4所示。

表4 传感器温度变化用时(标准温度-9.0℃~-10.0℃)

传感器温度变化/℃	用时/s
-8.6~-8.7	60
-8.7~-8.8	135
-8.8~-8.9	230
-8.9~-9.0	316
-9.0~-9.1	1170
-9.1	1200

注:传感器温度为-8.9℃~-9.0℃时,标准器温度已经稳定在-10.00℃,在稳定10min后,传感器为-9.0℃;传感器温度为-9.0℃~-9.1℃时,标准器温度为-10.00℃。

设置-20℃温度点时,降温初期传感器每变化0.1℃用时10s,接近稳定点时每变化0.1℃用时100s。当标准温度在-19.0℃~-20.0℃时,传感器温度变化如表5所示。

表5 传感器温度变化用时  
(标准温度-19.0℃~-20.0℃)

传感器温度变化/℃	用时/s
-18.0~-18.1	100
-18.1~-18.2	245
-18.2~-18.3	350
-18.3~-18.4	426

续表

传感器温度变化/℃	用时/s
-18.4~-18.5	1 230
-18.5	1 200

注:传感器温度为-18.3℃~-18.4℃时,标准器温度已经稳定在-20.00℃,在稳定 10 min 后,传感器为-18.4℃;传感器温度为-18.4℃~-18.5℃时,标准器温度为-20.00℃.

设置-30℃温度点时,降温初期传感器每变化 0.1℃用时 10 s,接近稳定点时每变化 0.1℃用时 100 s。当标准温度在-29.0℃~-30.0℃时,传感器温度变化如表 6 所示。

表 6 传感器温度变化用时  
(标准温度-29.0℃~-30.0℃)

传感器温度变化/℃	用时/s
-27.6~-27.7	100
-27.7~-27.8	285
-27.8~-27.9	350
-27.9~-28.0	436
-28.0~-28.1	1 230
-28.1	1 200
-28.1	1 800

注:传感器温度在-27.9℃~-28.0℃时,标准器温度已经稳定在-30.00℃,在稳定 10 min 后,传感器为-28.0℃;传感器温度在-28.0℃~-28.1℃时,标准器温度为-30.00℃.

通过得到的感温变化时间数据分析来看,传感器存在示值误差的原因与感温时间的长短没有直接联系。

### 3.2 外界温度影响实验

在模拟现场校准实验中控制实验环境温度。由

于在低温温度点存在示值误差较大现象,假设环境温度较高会影响被测传感器感温。以编号为 M0320334 的传感器、设置环境温度为(30±2)℃和(20±2)℃ 2 种环境温度进行实验,数据结果如表 7 所示。

表 7 外界温度影响实验数据

环境温度 /℃	温度点 /℃	传感器读数 /℃	误差 /℃	稳定用时 /min
30±2	-30	-28.1	1.9	35
20±2	-30	-28.1	1.9	20
30±2	-20	-18.5	1.5	35
20±2	-20	-18.5	1.5	20
30±2	-10	-9.1	0.9	20
20±2	-10	-9.1	0.9	18
30±2	0	0.5	0.5	20
20±2	0	0.5	0.5	15

通过外界温度影响实验数据分析来看,传感器存在示值误差的原因与外界温度影响没有直接联系。只是在高温环境中感温稳定时间会随着设置温度点降低而延长。

### 3.3 套筒原因造成标准器与被测设备感温温度不一致实验

由于被测传感器探头与标准器感温探头在实验中分别插入干体炉套筒的 2 个内孔中且孔内紧密贴合,假设由于套筒内孔尺寸与传感器探头尺寸不一致,导致测传感器探头不能充分感温,在低温温度点与标准器测量的温度值存在较大偏差。

本实验方法是把套筒从干体炉中取出,利用铝箔纸良好的导热性,使用铝箔纸把被测传感器探头与标准器感温探头紧密地缠绕包裹在一起,放入干体炉中,从而使传感器与标准器处在相同的感温环境中,实验数据如表 8 所示。

表 8 改进后模拟现场校准数据(环境条件:20.0℃~22.0℃,51%~59%RH)

℃

温度点	M0320334		M0320340		M0320330		M0320339	
	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值
-30	-29.9	0.1	-29.8	0.2	-29.8	0.2	-29.8	0.2
-20	-19.9	0.1	-19.9	0.1	-19.8	0.2	-19.8	0.2
-10	-9.9	0.1	-9.9	0.1	-9.9	0.1	-9.9	0.1
0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
10	10.0	0.0	9.9	-0.1	9.9	-0.1	9.9	-0.1
20	20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	19.9	-0.1

续表

温度点	M0320334		M0320340		M0320330		M0320339	
	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值
30	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	29.9	-0.1
40	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0

从表 8 可以看出,由于使用的标准器和配套设备不同,改进后实验所得的数据与表 1 中实验室校准的数据基本一致,且设备符合准确度要求。

#### 4 HMP155 型温湿度传感器温度现场校准实验

结合国家海洋局北海标准计量中心台站海洋环境自动观测系统现场校准工作,针对目前北海区海洋观测站海洋环境自动观测系统普遍使用的 HMP155 型温湿度传感器进行校准实验,验证利用本实验方法解决使用干体炉设备校准存在误差较大问题的可靠性(图 2)。

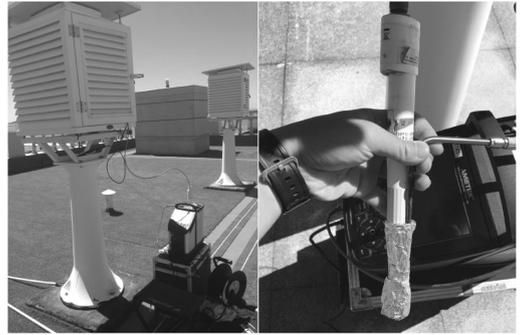


图 2 现场实验

对模拟实验的 4 个传感器进行现场校准实验,实验数据如表 9 所示。

表 9 HMP155 型温湿度传感器温度现场校准实验数据(环境条件:27.0℃~30.0℃,46%~49%RH) °C

温度点	M0320334		M0320340		M0320330		M0320339	
	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值	传感器读数	差值
-30	-29.9	0.1	-29.8	0.2	-29.8	0.2	-29.8	0.2
-20	-19.9	0.1	-19.9	0.1	-19.8	0.2	-19.8	0.2
-10	-9.9	0.1	-9.9	0.1	-9.9	0.1	-9.9	0.1
0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
10	10.0	0.0	9.9	-0.1	9.9	-0.1	9.9	-0.1
20	20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	19.9	-0.1
30	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	29.9	-0.1
40	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0

## 5 结论

通过利用本校准实验方法解决使用干体炉设备校准 HMP155 型温湿度传感器温度现场校准实验存在误差较大问题的结果数据来看,本校准实验方法能够复现被测传感器在实验室的校准结果,证明本实验方法可以用于干体炉设备校准 HMP155 型温湿度传感器温度现场校准的实际工作。

### 参考文献

[1] VAILASA.HMP155 温湿度探头操作手册[Z].2009.

- [2] 国家海洋计量站青岛分站.国家海洋计量站青岛分站管理标准[S].2016.
- [3] 中国气象局.JJG(气象)002-2011 自动气象站温度传感器检定规程[S].2011.
- [4] AMETEK.JOFRA RTC-156 超级标准干体炉用户手册[Z].2009.
- [5] 国家海洋局.JJG(海洋)01-1994 海洋资料浮标传感器[S].1994.