

文章编号:1673-8411 (2017) 01-0140-03

铂电阻温度传感器检定结果的不确定度评定

晏敏, 柳鸣, 刘希林, 杨丽丽

(广西区气象技术装备中心, 南宁 530022)

摘要:根据《JJG(气象)002-2015 自动气象站温度传感器》检定规程和国家计量技术规范 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》中的要求,对铂电阻温度传感器做了一次详尽的检定过程,分析检定过程中的不确定度来源,对检定结果的不确定度进行了较为科学的评定。

关键词:铂电阻温度传感器;测量不确定度;评定

中图分类号:P49

文献标识码:A

Uncertainty Evaluation of Verification Results of Platinum Resistance Temperature Sensor

Yan Min, Liu Ming, Liu Xi-lin, Yang Li-li

(Guangxi Meteorological Technology and Equipment Center, Nanning 530022)

Abstract: According to the requirements of " JJG (weather) 002-2015 automatic weather station temperature sensor" and the national measurement technical specification JJF1059.1-2012 " Measurement Uncertainty Evaluation and Representation" , the detailed verification process of platinum resistance temperature sensor is made to analyze the uncertainty of the test process, and to assess the uncertainty of the test results.

Key words: platinum resistance temperature sensor; measurement uncertainty; evaluation

我国气象地面观测现代化水平不断提高,为了确保观测数据的可靠性、准确性,必须定期对传感器按照相应规程进行检定或校准,严格控制测量的最大允许误差。测量不确定度是目前对于误差分析中的最新理解和阐述,表征赋予被测量值分散性的非负参数。

温度是重要的气象要素之一,关乎生活,关乎生产,关乎生计。铂电阻温度传感器是利用导体的电阻率随温度的变化而变化的原理制成的,它具有良好的电阻系数,较大的电阻率,因此它的温度灵敏度高,对温度变化的反应速度快;同时,电阻温度特性也较好,便于分度和读数。铂电阻温度计广泛应用于人们生活的各个方面。

1 不确定度的含义

测量不确定度是对测量结果可能误差的度量,也是定量说明测量结果质量好坏的一个参数,因此它是一个与测量结果相联系的参数。一个完整的测量结果,除了应给出被测量的最佳估计值之外,还应同时给出测量结果的不确定度。

引入不确定度可以对测量结果的准确程度作出科学合理的评价。不确定度越小,表示测量结果与真值越靠近,测量结果越可靠。反之,不确定度越大,测量结果与真值的差别越大,它的可靠性越差,使用价值就越低。

收稿日期:2016-08-28

基金项目:广西区气象技术装备中心 2016 年区局项目,广西区气象局气象科研计划(桂气科 2016M04)

作者简介:晏敏(1977-),女,工程师,主要从事气象计量检定校准工作。

2 不确定度的评定

测量不确定度评定的技术依据包括 JJF1059《测量不确定度评定与表示》和相应测量方法(测量过程采用的检定规程或校准方法)。测量不确定度用标准偏差表示时成为标准不确定度,如用说明了置信水准的区间的半宽度的表示方法则成为扩展部不确定度。

2.1 不确定度的分类

用对观测列进行统计分析的方法来评定标准不确定度,称为不确定度 A 类评定;所得到的相应标准不确定度称为 A 类不确定度分量,用符号 U_A 表示。它是用实验标准偏差来表征。

用不同于观测列进行统计分析的方法来评定标准不确定度,称为不确定度 B 类评定;所得到的相应标准不确定度称为 B 类不确定度分量,用符号 U_B 表示。它是用实验或其他信息来估计,含有主观鉴别的成分。

输入量估计值标准不确定度的 A 类评定:贝塞尔法、合并样本标准差、极差法、最小二乘法。

输入量估计值标准不确定度的 B 类评定:信息来源于检定证书或校准证书、信息来源于其他各种资料或者手册等。

对于某一项不确定度分量究竟用 A 类方法评定,还是 B 类方法评定,应有测量人员根据具体情况选择。测量不确定度的评定方法简称 GUM 法,其一般流程见下图 1 所示。

2.2 不确定度的来源分析

铂电阻温度计标准装置由标准数字测温仪、液体恒温槽、六位半数字万用表等设备组成。因此不

确定度主要来源以下几个方面:

- (1)由测量重复性引入的不确定度分量,A 类;
- (2)由被测传感器读数分辨力引入的不确定度分量,B 类;
- (3)由标准器引入的不确定度分量,B 类;
- (4)由温度场均匀度引入的不确定度分量,B 类;
- (5)由温度场波动度引入的不确定度分量,B 类;
- (6)由温度数据修正引入的不确定度分量,B 类。

2.3 数学模型

依据 JJG(气象)002-2015《自动气象站铂电阻温度传感器》检定规程,建立满足铂电阻温度计测量不确定度评定的数学模型如下:

$$\Delta T=T-(\bar{T}+\Delta t)$$
$$\Delta T=T-(\bar{T}_1+\bar{T}_2+\bar{T}_3+\Delta t) \tag{1}$$

式中: ΔT 为温度传感器在各温度点的示值误差;

T 为温度传感器各温度点上 4 次测量值平均值;

\bar{T} 为标准器在各温度点上 4 次示值平均值;

Δt 为标准器在该温度点上修正值;

\bar{T}_1 为标准器引入的测量误差;

\bar{T}_2 为温度场均匀度引入的测量误差;

\bar{T}_3 为温度场波动度引入的测量误差。

根据《JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示》可知,测量模型如下:

$$Y=A_1X_1+A_2X_2+\cdots+A_NX_N \tag{2}$$

且各输入量间不相关时,合成标准不确定度可用以下公式计算:

$$uc(y)=\sqrt{\sum_{i=1}^NA_i^2u^2(x_i)} \tag{3}$$

对温度数学模型的所有变量进行求偏导数,得到灵敏系数如下:

$$C_T=\frac{\partial \Delta T}{\partial T}=1,C_{T_1}=\frac{\partial T}{\partial \bar{T}_1}=-1,C_{T_2}=\frac{\partial T}{\partial \bar{T}_2}=-1,$$
$$C_{T_3}=\frac{\partial T}{\partial \bar{T}_3}=-1,C_{\Delta t}=\frac{\partial \Delta T}{\partial \Delta t}=-1$$

由于各分量互不相关,故温度误差的合成方差

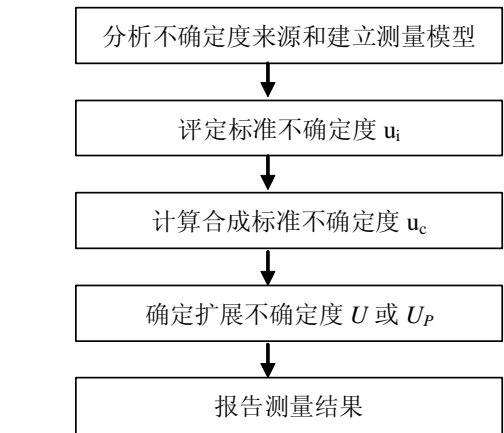


图 1 用 GUM 法评定测量不确定度的一般流程

为:

$$u^2(\Delta T)=[C_T \times u(T)]^2+[C_{T_1} \times u(\bar{T}_1)]^2+[C_{T_2} \times u(\bar{T}_2)]^2+[C_{T_3} \times u(\bar{T}_3)]^2$$

(4)

在(4)式中: $u(T)$ 、 $u(\bar{T}_1)$ 、 $u(\bar{T}_2)$ 、 $u(\bar{T}_3)$ 、 $u(\Delta T)$ 分别表示被由测铂电阻温度传感器的重复性引入的不确定度、由标准器引入的不确定度、由温度场均匀度引入的不确定度和温度场波动度引入的不确定度以及修正值引入的不确定度。

3 不确定度分析

3.1 测量重复性(A类)

本级计量标准的温度检定点为-30℃、-10℃、0℃、+20℃、+50℃、+80℃,通过检定得到6组数据如表1表示,用以计算重复性引入的不确定度分量。

温度检定过程中,每隔30s读取一次标准器示值和被测温度传感器的输出值,连续读取4次。

因为测量次数较少,所以采取极差法评定。利用极差法计算公式可得到重复测量引入的标准不确定度如下:

$$u(T)=s(\bar{x})=\frac{R}{C\sqrt{n}}\text{℃}$$

(5)

式(5)中: R 为极差, C 为极差系数, n 为测量次数。JJF1059.1-2012 P13页查表1,当 n 为4次时, C 为2.06,把数据带入式(5),可得到重复测量引入的标准不确定度如表2所示:

3.2 被测传感器读数分辨力(B类)

由于被检温度传感器分辨力为0.01℃,则不确定度区间半宽为0.005℃,按均匀分布处理,取 $k=\sqrt{3}$,被测传感器读数分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(T)=\frac{0.005}{\sqrt{3}}=0.003\text{℃}$$

(6)

3.3 标准器(B类)

根据标准器的校准证书结果,标准器的扩展不确定度为0.02℃,按均匀分布处理, $k=\sqrt{3}$,标准器引入的不确定度为:

$$u(\bar{T}_1)=\frac{0.02}{\sqrt{3}}=0.012\text{℃}$$

(7)

3.4 温度场均匀度(B类)

根据《自动气象站铂电阻温度传感器》检定规

表 1 温度检定点的测量数据(℃)

检定点	示值	测量次数			
		1	2	3	4
-30	标准值	-29.99	-29.99	-29.99	-29.99
	被检值	-29.98	-29.98	-29.98	-29.98
	误差	0.01	0.01	0.01	0.01
-10	标准值	-10.00	-10.00	-10.01	-10.01
	被检值	-9.96	-9.97	-9.97	-9.97
	误差	0.04	0.03	0.04	0.04
0	标准值	0.00	0.00	0.00	0.00
	被检值	+0.05	+0.05	+0.05	+0.05
	误差	0.05	0.05	0.05	0.05
+20	标准值	+20.01	+20.01	+20.01	+20.01
	被检值	+20.10	+20.10	+20.11	+20.11
	误差	0.09	0.09	0.10	0.10
+50	标准值	+49.99	+49.99	+49.99	+49.99
	被检值	+50.14	+50.14	+50.14	+50.14
	误差	0.15	0.15	0.15	0.15
+80	标准值	+80.02	+80.02	+80.02	+80.01
	被检值	+80.17	+80.17	+80.17	+80.17
	误差	0.15	0.15	0.15	0.14

表 2 重复测量引入的标准不确定度(℃)

检定点	-30	-10	0	+20	+50	+80
不确定度 $u(T)$	0	0.002	0	0.002	0	0

表 3 合成及扩展部确定度(℃)

检定点	-30	-10	0	+20	+50	+80
合成不确定度 $u(\Delta T)$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
扩展不确定度 $U(\Delta T)$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

程,恒温制槽温度均匀性为 0.02℃,则不确定度区间半宽为 0.01℃,按均匀分布处理,取 $k=\sqrt{3}$,温度场均匀度引入的不确定度为:

$$u(\bar{T}_2)=\frac{0.01}{\sqrt{3}}=0.006^{\circ}\text{C}$$

(8)

3.5 温度场波动度(B类)

根据《自动气象站铂电阻温度传感器》检定规程,恒温槽温度场的波动度为:0.04℃/10min,则不确定度区间半宽为 0.02℃,按均匀分布处理,取,温度场波动度引入的不确定度为:

$$u(\bar{T}_3)=\frac{0.02}{\sqrt{3}}=0.012^{\circ}\text{C}$$

(9)

3.6 温度数据修正(B类)

根据铂电阻数字测温仪校准证书可知,温度数据修正的精度要求为 0.03℃,由于数据修正误差对各个检定点的影响呈均匀分布,取,因此温度数据修正引入的不确定度为:

$$u^2(\Delta T)=\frac{0.03}{\sqrt{3}}=0.018^{\circ}\text{C}$$

(10)

4 扩展部确定度

4.1 合成标准不确定度

由于分析的各个不确定度分量相互独立,互不相关,而且各个不确定度分量都已求得,因此将已知的灵敏系数和不确定度分量的值代入(4)式,得到合成标准不确定度如表 3 所示。

4.2 扩展部确定度

在置信概率为下,包含因子 $k=2$,根据式(11)计算扩展部确定度。

$$u(\Delta T)=k \times u(\Delta T)=2 \times u(\Delta T)$$

(11)

通过代入计算,可得出各个检定点的测量结果

扩展不确定度如表 3 所示。

5 结束语

测量不确定度和测量误差两者具有完全不同的含义,测量不确定度是独立而又与测量结果密切联系的参数,测量不确定度表征赋予被测量值分散性的非负参数,即由于系统影响和测量误差的存在而对被测量值不能确定的程度。本文依据《自动气象站铂电阻温度传感器检定规定》和《测量不确定度评定与表示》的要求,经过一次实地的检定过程,分析检定中的不确定来源,并对不同的不确定度来源进行 A 类评定以及 B 类评定,给出了每个检定点的扩展部确定度,该结果经过验证符合要求。

参考文献

[1] 国家质量监督检验检疫总局.JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示 [M].北京:中国质检出版社,2013.

[2] 张建敏,罗昶,吕文华.气象计量测试指南 [M].北京:中国质检出版社,2011.238-241.

[3] 中国气象局.自动气象站铂电阻温度传感器检定规程 [M].北京:气象出版社,2015.

[4] 许嘉玲,蔡丽.自动气象站标校产生异常值的处理方法 [J].气象研究与应用,2008,29(S1).

[5] 罗淇,任芝花,邹树峰,等.自动气象站现场校准方法探讨 [J].气象,2007,33(12):93-97.

[6] 陶伟,张喜鸿.广西自动气象站计量检定智能平台的研制 [J].气象研究与应用,2015,36(4).

[7] 程爱珍,王超球,黄琳.广西地面气象观测资料数据质量控制方法 [J].气象研究与应用,2013,34(S1)::128-129.

[8] 朱乐坤,郑丽春.自动气象站各要素传感器检定结果的不确定度分析 [J].应用气象学报,2006,17(5):635-642.

估,是广大培训专业人员研究的热点问题之一。由于气象培训效益评估是一项综合性的评价工作,受评估的一些不确定性因素影响,加上可以借鉴的现成案例非常少,对于气象培训效益评估我们只是做了一些这方面的初步尝试,其科学性、系统性和全面性还需不断研究和探索。

参考文献:

- [1] 马旭玲.气象培训评估业务现状与展望 [J].气象继续教育, 2013, 第 1 期: 67.
- [2] 刘莉红.推进干部教育培训质量评估工作的思考 [J].气象继续教育, 2011, 第 1 期: 57.
- [3] 马旭玲, 赵亚南, 叶梦姝.柯氏评估模型的发展与应用研究进展 [J].气象继续教育, 2012, 第 1 期: 69.
- [4] 赵亚南.柯氏模型基本原则在提高培训有效性中的应用研究 [J].气象继续教育, 2013, 第 2 期: 62.
- [5] 马旭玲, 赵亚南, 邓一等.关于气象培训效益评估的思考 [J].气象继续教育, 2013, 第 2 期: 44.
- [6] 武涵琳, 侯君杏.广西气象综合素质培训的有效价值探讨 [J].气象研究与应用, 2013, 34 (1): 99-101.
- [7] 武涵琳, 侯君杏, 王勤.广西气象部门职工对气象教育培训需求的差异比较及分析 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (3): 98-100.
- [8] 罗彩云, 刘怡霞.案例教学在县级综合气象业务培训中的运用 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (2): 117-118.
- [9] 朱胜, 朱菲.如何提高气象职工培训成本管理的效益 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 312-313.
- [10] 方小美.2006 年广西气象培训班学员满意度调查与分析 [J].气象研究与应用, 2007, 28 (3): 85-87.
- [11] 冯遥.广西气象部门的继续教育之现状分析 [J].气象研究与应用, 2009, 30 (S2): 217-218.
- [12] 杜枚, 邹立尧.雷电灾害防御远程学习需求调查及教学设计 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (1): 111-114.
- [13] 梁珊珊, 谢金霞.贺州市气象部门人才发展战略的探究 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (1): 98-100.
- [14] 李年, 孙云智, 林敏芳, 曹明会.培训地面气象见习观测员的带班方法与技巧 [J].广东气象, 2008, 30 (6): 63-64.
- [15] 欧阳里程, 谢健标.2008 年广东省高速公路气象服务效益评估 [J].广东气象, 2010, 32 (2): 42-45.
- [16] 欧阳里程, 张维, 吴巍巍.广东省风电行业气象服务效益评估 [J].广东气象, 2012, 34 (5): 50-53.
- [17] 杜尧东.广东气候变化评估报告 (节选) [J].广东气象, 2007, 29 (3): 1-6.
- [18] 杨琳, 余立平, 孙石阳.深圳市 2008 年台风“黑格比”气象服务效益评估 [J].广东气象, 2011, 33 (2): 51-53.
- [9] 温晓清.气象用二等标准水银温度计检定结果不确定度分析 [J].气象科技, 2008, 36 (2): 240-243.
- [10] 周柳丽, 蒙程, 马东晨.自动气象站现场校准过程处理经验 [J].气象研究与应用 2013, 34 (4): 68-69.
- [11] 侯江生, 段利军, 韦继忠.区域自动气象站校准实验室校准方法技巧 [J].气象研究与应用 2016, 37 (2): 81-82.
- [12] 黄远铮, 罗怀洁.对自动站检定和校准的探讨 [J].广东气象 2000, (4): 35-36.
- [13] 马祖胜, 郑细华, 谢玉仙.提高自动站质量控制的措施 [J].广东气象 2013, 36 (6): 79-80.
- [14] 林月兰, 马祖胜.浅谈气象数据监控系统的应用 [J].广东气象 2012, 34 (1): 56-57.
- [15] 刘小容, 黄秀娟.自动气象站业务保障和应急措施 [J].广东气象 2010, 32 (2): 63-64.
- [16] 陈映强, 郑继玲, 黄育娇.自动站气象资料管理查询系统的设计与实现 [J].广东气象 2012, 34 (5): 54-56.
- [17] 梁宏光.市级仪器校准检定工作现状分析与未来设想 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (2): 91-93.
- [18] 韦华红, 林德, 邹玉华.自动气象站异常数据实例分析处理 [J].气象研究与应用 2011, 32 (1): 105-106.
- [19] 周幼婵.自动站校准技术总结 [J].气象研究与应用 2009, 30 (1): 179-180.

(上接第 143 页)