

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0117-05

基于 Excel VBA 的气象站检定结果不确定度评定系统

杨丽丽, 李伟雄, 容军, 晏敏

(广西区气象技术装备中心, 南宁 530000)

摘要:为提高自动气象站传感器检定结果不确定度评定工作的效率,采用 Excel VBA 开发了自动气象站各要素传感器检定结果的不确定度评定系统。系统借助 Excel 实现检定结果的数据录入,利用 Excel VBA 内置函数实现对录入数据的处理,计算得出检定结果的不确定度。运用 excel 表格数据存储能力,将结果保存于工作表中,以便于历史记录查询。系统经验证能实现不同气象要素传感器不确定度的自动评定,提高了评定工作的效率,减少了人工数据处理的出错率。

关键词: VBA; 自动气象站; 检定; 不确定度; 评定系统

中图分类号: TP31

文献标志码: A

Uncertainty evaluation system of the weather station verification result based on Excel VBA

Yang Li-li, Li Wei-xiong, Yan Min

(Guangxi Meteorological Technological Equipment Centre, Nanning Guangxi 530000)

Abstract: In order to improve the efficiency of the uncertainty evaluation of automatic weather station the sensor, the uncertainty evaluation system for the automatic meteorological station sensor was developed by using Excel VBA. The system uses Excel to realize the verification results entry, and the processing of input data by the built-in excel VBA function to calculate the uncertainty of the result of verification. Using the excel spreadsheet data storage capability; the results are saved in the worksheet for the historical record query. The system experience can realize automatic evaluation of sensor uncertainty of different meteorological elements to improve the efficiency of evaluation work and to reduce the error rate of manual data processing.

Key Words: VBA; automatic meteorological station; verification; uncertainty; evaluation system

测量不确定度表征被测量值分散性的非负参数,它包括 A 类和 B 类评定^[1]。其中 A 类评定根据数学模型采用统计分析的方法, B 类评定采用非统计类方法(如技术资料、证书报告、经验等)。评定过程需用到较多统计和偏导等计算公式,计算量大,易出错。自动气象站不同测量要素检定结果的数学模型不同,但各要素不确定度的计算方式相似,有许多重复性工作。因此可以通过程序自动化完成不确定评定,提高工作效率,减少出错率。近年有人单独采

用 Excel 或 VB 编程语言设计了不确定度评定系统^[2-3],但使用 Excel 设计自动化程度不高,使用 VB 设计专业性太强。VBA 是集成在 Microsoft Office 应用中的程序设计语言, VBA 集成了工作表的数据处理能力和 VB 图形化用户界面驱动事件的能力,从而较方便的实现数据处理自动化,极大地提高工作效率^[4-6]。因此,采用 Excel VBA 编程语言,在 office 办公软件下,开发了自动气象站传感器检定结果不确定度评定系统,经验证满足功能要求,提高了工作

收稿日期:2017-02-08

作者简介:杨丽丽(1987-),女,广西兴安,工程师,从事装备技术保障工作。

效率。

1 检定结果的不确定度评定

不确定评定首先需要建立不确定度评定数学模型,找出影响不确定度的输入量。在自动气象站传感器计量检定过程中,通常采用直接比较法进行检定。将传感器和标准器同时置于同一测量环境中,比较标准器和被测传感器的示值确定测量误差。其数学模型可表示为^[7]

$$\Delta x = (x_1 - x_2) \quad (1)$$

式(1)中,是被检传感器测量误差; x_1 代表被检传感器示值; x_2 代表标准器示值。

根据数学模型确定各输入量的标准不确定度分量,由分量合成标准不确定度,最终根据检定结果置信度确定检定结果的不确定度。

1.1 标准不确定度评定方法

根据 JJF1059-2012《测量不确定度评定与表示》^[1],测量不确定度评定分为 A 类和 B 类评定。

A 类评定采用统计分析的方法,用测量结果算术平均值的实验标准差表示。根据检定规程,检定通常采用 m 个检定点, n ($n \geq 5$) 次独立重复测量的方法。因各检定点修正值不相同,测量结果的 A 类标准不确定度通常用合并样本标准差表示。根据数学模型公式(1),假设对第 j ($j=1, 2, 3 \dots m$) 个检定点进行 n 次独立重复性测量,观测值为 Δx_i ($i=1, 2, 3 \dots n$),利用贝塞尔公式计算出算术平均值 $\overline{\Delta x_j}$ 和实验标准差 $S_j(\Delta x_j)$:

$$\overline{\Delta x_j} = \sum_{i=1}^n \Delta x_j; S_j(\Delta x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_j - \overline{\Delta x_j})^2} \quad (2)$$

用算术平均值作为被测量的最佳估计值,样本标准偏差用算术平均值的实验标准差表示:

$$S_j(\overline{\Delta x}) = S_j(\Delta x_j) / \sqrt{n} \quad (3)$$

合并样本标准偏差作为 A 类标准不确定度分量 u_A :

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m S_j^2(\overline{\Delta x}) / m} \quad (4)$$

B 类不确定度评定主要根据使用仪器设备的证书报告、技术说明、手册等进行科学判断,得到影响量的标准偏差。该标准偏差用 B 类标准不确定度分量 u_B 表示,其计算如公式(5)所示。

$$u_B = a/k \quad (5)$$

其中为测得值区间半宽,是根据证书报告、技术说明、手册等资料信息或经验,判断被测量的可能值区间为 $(-,)$; 为包含因子,是根据测得值在区间 $(-,)$ 内的概率分布和置信水平查表而得。

1.2 检定结果的不确定度

检定结果的不确定度用扩展不确定度表示,由合成标准不确定度乘置信因子而得到。其中合成标准不确定度由各 A 类和 B 类不确定合成而得。示值误差重复性引入的标准不确定度分量为。输入量和引入的标准不确定度属于 B 类标准不确定度,表示为,。A 类与 B 类及 B 类间两两互不相关,则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 (c_1 u_{B1})^2 + (c_1 u_{B1})^2} \quad (6)$$

其中和为输入量和的灵敏系数,由式(1)对输入量求偏导数而得:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta x}{\partial x_1} = 1; c_2 = \frac{\partial \Delta x}{\partial x_2} = -1 \quad (7)$$

假设两输入量的标准不确定度由多个互不相关的不确定度分量组成。表示为:

$$u_{B1} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{B1i}^2}; u_{B2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_{B2i}^2} \quad (8)$$

将式(7)(8)代入式(6),可将合成标准不确定度表示为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 \sum_{i=1}^n u_{B1i}^2 + \sum_{i=1}^m u_{B2i}^2} \quad (9)$$

由于存在一些环境影响量同时使两个输入量产生变化,为避免重复计入,将两输入量的标准不确定度分量合并简化为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 \sum_{i=1}^n u_{B1i}^2} \quad (10)$$

扩展不确定度为合成标准不确定度 u_c 乘给定概率 p 的包含因子,即。通常情况下 Δx 接近正态分布,取 $p=95\%$, $k_p=2$ 。则检定结果的不确定度表示为:

$$U = 2u \quad (11)$$

1.3 自动气象站传感器检定结果的不确定度

目前我国自动气象站执行检定规程的主要是温度、湿度、风速、气压、雨量 6 大要素传感器。根据最新自动气象站传感器检定规程^[8,9],6 大要素检定结果的 B 类标准不确定度主要来源如表 1^[10-16]所示:

因此,根据各要素检定的不确定来源,结合实际

表 1 自动气象站传感器检定的 B 类不确定度分量汇总

项目	序号	不确定度来源	分布	包含因子	项目	序号	不确定度来源	分布	包含因子
温度	u_{B1}	标准器不确定度	正态	2	湿度	u_{B1}	标准器不确定度	正态	2.58
	u_{B2}	传感器显示误差	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B2}	传感器显示误差	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B3}	传感器自热效应	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B3}	传感器感应滞后	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B4}	采集器线性误差	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B4}	采集器线性误差	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B5}	温度传导保护装置	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B5}	校准器量值误差	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B6}	校准器量值误差	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B6}	湿度箱湿度不均匀	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B7}	恒温槽温场不均匀	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B7}	湿度箱湿度波动	反正弦	$\sqrt{2}$
	u_{B8}	恒温槽温场波动	反正弦	$\sqrt{2}$	气压	u_{B1}	标准器不确定度	正态	2.58
风速	u_{B1}	数字微差压计测量误差	正态	3		u_{B2}	采集器的不确定度	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B2}	标准皮托管校准系数	均匀	$\sqrt{3}$		u_{B3}	计算机数据修约误差	均匀	$\sqrt{3}$
	u_{B3}	皮托管静压管安装偏斜	国际标准		雨量	u_{B1}	标准器不确定度	正态	2
	u_{B4}	风洞试验段流场不均匀	正态	3					
	u_{B5}	风洞试验段流场紊流度	均匀	$\sqrt{3}$					
	u_{B6}	计算机数据修约误差	均匀	$\sqrt{3}$					

自动气象站传感器检定结果不确定度评定系统

基本设置

评定项目

温度

评定时间

2016/9/17

评定人

容军

评定单位

标准器

名称

标准铂电阻温度计

型号

WZPB

编号

11238

被评传感器

名称

铂电阻温度传感器

型号

HY-T

编号

11111

A类不确定度评定

检定点数

5

检定次数

10

标准差

B类不确定度评定

标准器不确定度uB1

0.030

传感器显示误差uB2

0.026

传感器自热效应uB3

0.017

采集器线性误差uB4

0.058

温度传导保护装置uB5

0.029

校准器量值误差uB6

0.058

恒温槽温场不均匀uB7

0.017

恒温槽温场波动uB8

0.013

合成

扩展

(k=2)

单位/℃

计算

保存

清除

查询

图 1 不确定度评定系统界面

检定过程中检定的传感器、使用的标准器和辅助设

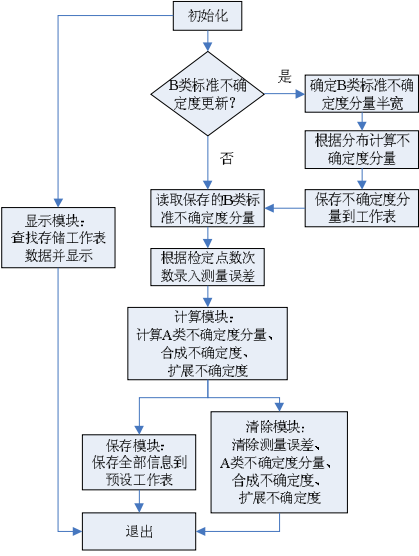


图 2 系统工作流程图

备等参数,求出各 B 类标准不确定度分量。将 A、B

类标准不确定度分量代入公式(9)求出合成标准不确定度,由公式(10)得到检定结果的不确定度。

2 系统设计及实现

不确定度自动评定系统建立在 Excel 工作簿中,通过“开发工具”插入控件,利用 visual basic 后台程序编码,实现控件需要的指令功能。如图 1 所示,系统界面包括“基本信息”、“A 类不确定度评定”、“B 类不确定度评定”三个数据输入模块和“计算”“保存”“清除”“查询”四个按钮功能模块。其工作流程如图 2 所示。

2.1 基本信息录入

按照实验室建立计量标准的规定,建标使用年限内检定环境、检定人员、标准器和待检传感器是相对固定的,因此基本信息录入时采用下拉框选项的方式,事先初始化已知的备选信息。当确定使用何种标准器和被检传感器时,两者引入的 B 类不确定度分量也就确定。因此对相对固定的已知量,系统预先初始化保存,以方便调用。如图 1 所示,标准器和传感器确定时,可直接导入已经存储的 B 类标准不确定度分量。采用选项的方式录入基本信息,方便快捷,减少人工输入错误,提高了工作效率。

2.2 不确定度评定数据输入

A 类标准不确定度根据式(1),测量结果为测量误差。对多个检点,多个检定次数的测量,需要输入多组测量误差值。可通过选择检定点数和检定次数来控制待输入计算的数据。

对 B 类标准不确定度,根据检定规程,当满足检定条件并选择特定仪器设备时,B 类不确定度值确定。因此,对已知 B 类不确定度分量预先计算并保存。评定时根据选用的标准器、传感器、辅助设备情况直接调用 B 类标准不确定度分量的数据。在使用年限内,标准器及辅助设备经溯源发现性能发生

改变时,通过更新按钮控件可以及时更新数据并保存。如图 3 所示是根据表 1 中温度的 B 类不确定度来源和分布结合实际使用仪器性能计算的不确定度分量。

2.3 计算模块

计算开始,系统首先判断 A 类不确定度评定输入模块的各组数据是否正确,若不是双精度数据类型(文本或空值)时,则提示重新输入数据,以免误输入使计算出错。若输入数据类型正确,将各检定点数据代入公式(2)~(4),计算出算术平均值的实验标准偏差和 A 类标准不确定度分量。结合已知 B 类标准不确定度分量由公式(9)~(10)进一步计算测量结果的扩展不确定度。

2.4 保存模块

Office 2007 的 Excel 工作簿可添加最多 255

图 4 查询模块

图 5 计算验证

图 3 B 类不确定度更新

个工作表, 每个工作表最大行列为 1048576XFD, 相当于 1,048,576 行, 16,384 列。测量结果的不确定度评定结果数据量比较小, 占单元格不超过 100, 可直接保存到工作表的一行当中。系统为每个检定要素单独建一个工作簿, 一个工作表能储存 100 多万条记录的检定数据, 可满足省级气象站一年待检定的传感器数量。

保存模块的功能, 首先判断系统窗口中数据是否输入完整, 若完整则直接保存到该要素的指定文件路径下工作簿的相应年份工作表中。当工作表不存在时, 先新建工作表再保存。

2.5 清除与查询模块

清除模块是为便于下一次不确定度评定数据的输入, 将待输入控件和显示控件的内容清空。

查询模块仍以不确定度评定的基本信息作为查找的关键字, 当选项留白时, 不以此为关键字查询。对查询到的不确定度信息, 通过“上一条”和“下一条”按钮控件来控制显示。

3 实验验证

系统经过测试, 能实现数据的输入、计算、保存、查询等设计功能, 且计算结果准确。用系统计算文献^[7]中气压、湿度、雨量三个项目的检定结果, 包括各检定点标准偏差、A 类不确定度、合成和扩展不确定度, 实验测试结果与文献结果一致。以湿度为例, 根据文献^[7]将 3 个检定点的测量误差输入以评定 A 类标准不确定度, B 类标准不确定度分量文献中只取标准器不确定度、传感器显示误差、采集器误差、湿度箱湿度不均匀等四个分量, 其它分量忽略不计, 计算时忽略分量值记为 0。经系统计算, 扩展不确定度为 2.952, 与文献^[7]中扩展不确定度修约为两位小数后的结果 2.95 一致。

4 结论

采用 Excel VBA 开发的自动气象站传感器检定结果不确定度评定系统, 可根据不同气象站检定要素, 检定点数次数, 自动完成合成、扩展不确定度的计算, 计算结果经保存备案可实现记录再查询。该

系统提高了计算结果的准确性, 提升了工作效率, 使计量工作进一步实现了信息化、规范化、自动化。

参考文献:

- [1] JJF1059-2012 测量不确定度评定与表示 [S]. 北京: 国家质量技术监督局, 2012: 7-8.
- [2] 葛利蕊, 李涛, 高博, 等. Excel 在计量检定数据处理中的应用 [J]. 工业计量, 2015, (S2): 26-28.
- [3] 蔡绯, 刘志敏, 屠彬彬, 等. 数字压力计测量不确定度评定的软件设计 [J]. 计量技术, 2009, (9): 69-72.
- [4] ExcelHome. Excel VBA 实战技巧精粹 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015: 1-9.
- [5] 张贺丽. 浅谈 Excel 和 VBA 在标准铂电阻温度计测温中的应用 [J]. 中国测试技术, 2004, 30 (3): 64-65, 41.
- [6] 容军. Excel VBA 程序设计及在气象计量数据处理中的应用 [J]. 广西气象, 2004, 25 (3): 50-52.
- [7] 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.
- [8] 中国气象局. 自动气象站湿度传感器检定规程 [S]. 北京: 气象出版社, 2011.1-4.
- [9] 中国气象局. 自动气象站温度传感器检定规程 [S]. 北京: 气象出版社, 2015: 1-4.
- [10] 李伟雄. 自动气象站数据采集器的常用校正方法 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (S2): 50-51.
- [11] 韩广鲁, 边文超, 孙嫣, 等. 双翻斗雨量传感器测量数据不确定度评定 [J]. 气象科技, 2014, 42 (5): 773-776.
- [12] 毛寿兴, 杨丽丽. 自动气象站气压传感器的校准及误差分析处理 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (4): 96-98.
- [13] 蒲晓勇, 谢从刚, 向立莉. 自动气象站检定结果不确定度的评定与表示 [J]. 气象水文海洋仪器, 2010, (4): 39-46.
- [14] 刘希林. 影响振筒式气压传感器精度的因素及其提高精度方法 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (1): 88-90.
- [15] 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): 94-96.
- [16] 周柳丽, 蒙程, 马冬晨. 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.