

自动气象站风速现场校准量值溯源及传递方法试验

陈涛^{1,2} 张虎² 郑亮² 胡苍龙² 黄小静²

(1 高原与盆暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 成都 610072; 2 四川省气象探测数据中心, 成都 610072)

摘要 现阶段自动气象站风速现场校准量值无法进行溯源, 从而导致风速现场校准数据的准确性和可靠性得不到保证。究其原因, 是由现行的现场校准方法和现场校准设备工作原理决定的。为了解决这一问题, 使用“量传”风速传感器和叶轮风表进行中间数据传递, 在校准时用叶轮风表作为校准的标准设备, 并利用了三杯式风速传感器的线性特点, 把台站风速传感器的现场校准量值溯源到了大型风洞皮托管上, 并且通过大量试验证明了该方法的正确性, 为新的自动气象站风速现场校准规范制定和校准设备的完善提供有力的理论依据。

关键词 自动气象站; 风速量值; 溯源; 量值传递

引言

目前我国布设了大量的自动气象站^[1], 风速是其中重要的气象观测要素之一。为了保证风速数据的准确性和可靠性, 对其进行定期的现场校准^[2]工作显得尤为重要。现阶段对三杯式风速传感器进行现场校准使用的标准器是风速校验仪 JJE11, 在多年的现场校准工作中发现同一个传感器分别在实验室大型风洞和现场校准中得到的被测值出现明显的不同。究其原因, 发现是由风速校验仪 JJE11 的工作原理^[3]所致。在现场校准时, 风速传感器和风速校验仪之间几乎处在同一转速, 使得风速传感器的输出被测值和风速校验仪标准值之间肯定会趋为一致(除了传感器电路已坏的情况)。这样整个现场校准过程得到的数据既不能反映风速传感器测量实际风速的能力, 也不能有效地实现数据向大型风洞皮托管上的溯源, 这就和进行现场校准工作的初衷相悖。针对上述问题, 本文采用间接溯源法, 利用改进后的起动风速校验仪模拟真实风, 使用数字叶轮风表对被校传感器与实验室大型风洞之间的数据进行传递, 有效的实现了自动气象站风速现场校准量值的溯源^[4]。

1 溯源方法方案

1.1 风速现场校准量值溯源及传递流程

风速现场校准量值的溯源^[5]是针对自己检测标准的相关量值主动地向上一级或同一级检定机构追溯标准皮托管量值的过程, 以此来确定自己的准确性。现阶段风速现场校准使用 JJE11 风速校验仪作为校准设备, 由于整个校准过程和 JJE11 的工作原理所致, 风速现场校准的量值将无法同标准皮托管形成有效的联系, 使风速现场校准量值的溯源链在此断裂。本文通过改进测量过程, 在省级风洞标准皮托管^[6]与现场校准设备之间通过间接法建立一个比较链^[7], 从而形成一个完整的风速现场校准量值的溯源及传递流程(图 1)。

1.2 量值溯源和传递方法

量值溯源和传递过程中, 需要借用起动风速的校准标准器^[8-9]和设备, 即叶轮风表和起动风速校验仪, 另外在对叶轮风表到大型风洞皮托管之间还需要一个“量传”风速传感器作为数据的中间传递, 这个“量传”风速传感器可以是随机选择。

风速现场校准设备与风洞二等标准皮托管建立比较链的方法步骤如下:

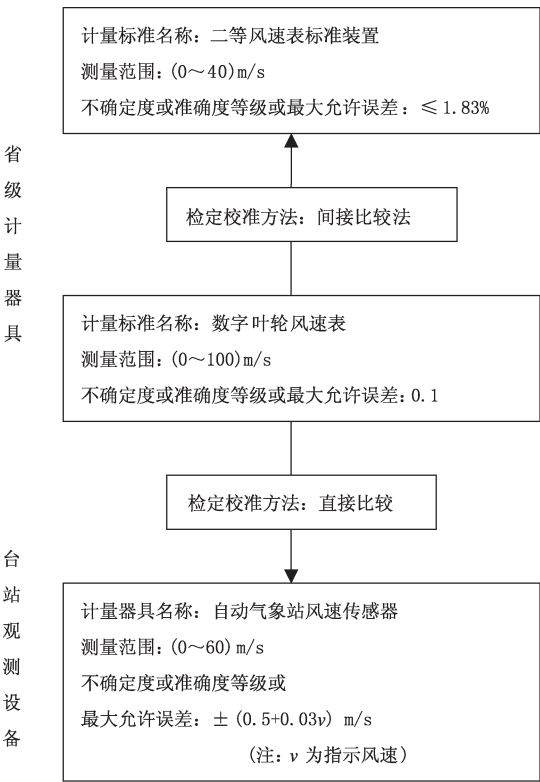


图 1 风速现场校准量值溯源及传递流程

(1)根据风速传感器厂家和型号的不同,分别选择一个性能较好的传感器(风速输出值相对稳定)作为量传风速传感器。本文以常用的天津中环天仪厂、无锡厂以及 VISALA 的三杯式风速传感器为例,其它型号风速传感器类似。

(2)将选好的各型号量传风速传感器在实验室大型风洞中按 1 m/s、2 m/s、3 m/s、5 m/s、8 m/s、10 m/s 的顺序进行测试。表 1 是各类型量传风速传感器按上述计量点测试后的数据。

(3)将各型号量传风速传感器分别放入起动风速校验仪中,按校准起动风速的方式进行摆放。由起动风速校验仪产生风,使量传风速传感器刚好显示表 1 中的各被测值,这样在各测试点上起动风速校验仪腔内给予传感器的力就和大型风洞中所给予的力相等,这时读取叶轮风表的各点数值作为这个力的一个显示值,如表 2 所示。

通过表 2 可以看出,由于风速传感器型号的不同,其叶轮风速表的显示值是不同的,这主要是因为不同型号传感器的大小不同,在起动风速校验仪腔内所引起的阻塞系数就会不同,因此风速的溯源工作需要针对不同型号的传感器分别进行。

表 1 3 种型号量传风速传感器风洞测试结果 m/s

EL15—1C 13110740175(天津厂)		ZQZ-TF 090017X(无锡厂)		k46217(VISALA)	
大型风洞 实测值	量传传感器 指示值	大型风洞 实测值	量传传感器 指示值	大型风洞 实测值	量传传感器 指示值
0.95	0.7	0.98	0.8	0.97	0.9
1.93	1.7	1.95	1.9	1.88	1.9
2.94	2.8	2.90	2.9	2.93	3.0
4.80	4.7	4.85	4.9	4.77	4.9
7.81	7.9	7.77	7.9	7.95	8.1
9.82	10.0	9.82	10.1	9.99	10.1

表 2 叶轮风表在各点的显示值 m/s

EL15—1C 13110740175(天津厂)		ZQZ-TF 090017X(无锡厂)		k46217(VISALA)	
量传传感器 指示值	叶轮风表 显示值	量传传感器 指示值	叶轮风表 显示值	量传传感器 指示值	叶轮风表 显示值
0.7	2.1	0.8	2.0	0.9	1.6
1.7	4.0	1.9	3.2	1.9	2.4
2.8	6.9	2.9	4.0	3.0	3.4
4.7	11.7	4.9	5.9	4.9	5.2
7.9	19.3	7.9	10.5	8.1	8.4
10.0	23.8	10.1	12.4	10.1	10.0

经过上述过程,就可以认为当叶轮风表显示表 2 中的各点数值时,它相对应的就是表 1 中的大型风洞标准值。这样叶轮风表^[10]就成功的和大型风洞建立了一个链路,实现了叶轮风表向大型风洞皮托管上的溯源。这里所使用的起动风速校验仪是加装了大功率风扇并且叶轮风表也提高了显示范围,以满足测试要求。

使用溯源后的叶轮风表进行数据传递,按照以

下步骤进行(针对不同的型号各选取 3 个传感器进行试验):

(1)将台站被校风速传感器放入起动风速校验仪中,按照表 2 中不同型号传感器的叶轮风速表显示值进行各点校准,读取被校风速传感器的指示值 $\hat{v}$ 。

(2)使用被校风速传感器示值 $\hat{v}$ 和表 1 的大型风洞实测值 v' 制作线性方程,如表 3 所示。

表 3 被校风速传感器低风速段示值及线性方程

厂家	传感器编号	校准点/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$						线性方程
		1	2	3	5	8	10	
天津厂	13110740147	0.8	1.9	2.9	4.8	7.9	10.0	$\hat{v} = 1.0316v' - 0.14$
	13110740149	0.8	1.7	2.9	4.9	8.1	10.1	$\hat{v} = 1.0595v' - 0.238$
	13110740168	0.8	1.8	2.8	4.8	7.9	10.0	$\hat{v} = 1.0475v' - 0.231$
无锡厂	FS12.1037	0.8	1.9	2.9	4.9	8.0	10.1	$\hat{v} = 1.0489v' - 0.176$
	FS11.1038	0.7	1.7	2.7	4.8	7.8	10.0	$\hat{v} = 1.0514v' - 0.337$
	FS11.1414	0.8	1.8	2.8	4.8	7.9	10.0	$\hat{v} = 1.0427v' - 0.23$
维萨拉	k774362	1.1	2.0	3.0	4.8	7.8	9.8	$\hat{v} = 0.9616v' + 0.154$
	k58721	1.2	2.1	3.2	5.0	8.2	10.3	$\hat{v} = 1.007v' + 0.219$
	k317926	1.2	2.1	3.1	4.9	8.0	10.0	$\hat{v} = 0.975v' + 0.25$

注:表中 $\hat{v}$ 表示被校风速传感器示值, v' 表示表 1 所对应的大型风洞实测值,下同。

(3)根据表 3 的线性方程就可以计算出校准点 2 m/s、5 m/s、10 m/s、20 m/s、30 m/s、40 m/s 各点的被校传感器风速示值,以此数据作为现场校准结果。

2 溯源方法的验证

通过该方法,可以从理论上把台站的被校风速传感器与大型风洞皮托管之间建立一条数据传递路径,但是在这个路径中,需要经过几次中间量的转换^[11],使得最终的结果是否能够令人满意还存在疑问。为了验证这个问题,本文首先利用表 2 叶轮风表的溯源结果(叶轮风表作为标准设备,它的一次溯源结果可以在规定的时间范围内多次应用),对不同型号风速传感器进行了现场校准,并利用表 3 中各被校传感器的线性方程进行返算后,与大型风洞中的检定结果以及使用风速校验仪 JJE11 的现场校准结果进行比较,观察其一致程度,如表 4~6 所示。

从表 4~6 中数据比较发现,各厂家风速传感器通过现场风速校验仪直接测得的结果标准值和被校

值几乎是一样的,从数据来看根本达不到对风速计量的目的。而通过本方法计算所得到的值与把传感器直接在大型风洞中检定得到的指示值保持一致,这充分证明了,该方法能很好的实现风速现场校准数据的溯源。它们之间主要是在高风速段存在少量的差异,这主要是由两种计量方式读取数据方式的不同、现场环境条件等不确定因素影响所带来的,但是两种结果总体趋为一致。通过验证可以表明,该方法将现行现场校准的结果与大型风洞皮托管间接建立溯源关系,能够将其现场校准结果成功的向上追溯。

3 结论与讨论

本文将风速现场校准量值溯源到省级风洞的二等标准皮托管,使其测量结果能够与标准皮托管联系起来,形成了一条不间断的比较链。为了达到量值的溯源,对现行现场校准方法进行了调整,并且使用了改进后的校准设备。为以后制定更加合理有效的自动气象站风速现场校准规范、使用更好的校准设备提供了有力的参考依据和试验论证。

表 4 天津厂风速传感器现场校准量值溯源效果比较 m/s

传感器编号	溯源所得线性方程	校准点	大型风洞		线性方程	现场校准	
		m·s ⁻¹	实测值 v'	指示值	计算所得	标准值	被校值
13110740147	$\hat{v} = 1.0316v' - 0.14$	2	1.93	1.7	1.8	1.9	2.0
		5	4.80	4.7	4.8	4.8	4.9
		10	9.81	9.9	10.0	10.0	10.1
		20	19.80	20.2	20.3	20.0	20.1
		30	29.81	30.4	30.6	29.9	30.2
		40	39.81	40.7	40.9	39.9	40.4
13110740149	$\hat{v} = 1.0595v' - 0.238$	2	1.88	1.8	1.8	2.0	1.9
		5	4.86	4.9	4.9	5.2	4.9
		10	9.90	10.1	10.2	9.8	9.9
		20	19.89	20.6	20.8	19.9	20.0
		30	29.93	31.2	31.5	29.9	29.7
		40	39.94	41.8	42.1	39.7	40.2
13110740168	$\hat{v} = 1.0475v' - 0.231$	2	1.86	1.9	1.7	2.2	2.1
		5	4.88	5.0	4.9	4.8	4.9
		10	9.83	10.1	10.1	10.0	9.8
		20	19.88	20.5	20.6	19.9	20.1
		30	29.90	30.9	31.1	30.0	29.8
		40	39.86	41.3	41.5	39.8	40.3

表 5 无锡厂风速传感器现场校准量值溯源效果比较 m/s

传感器编号	溯源所得线性方程	校准点	大型风洞		线性方程	现场校准	
		m·s ⁻¹	实测值 v'	指示值	计算所得	标准值	被校值
FS12.1037	$\hat{v} = 1.0489v' - 0.176$	2	1.95	1.9	1.9	2.0	2.0
		5	4.85	4.9	4.9	4.9	5.0
		10	9.80	10.1	10.1	9.9	10.0
		20	19.81	20.7	20.6	20.0	20.1
		30	29.82	30.8	31.1	29.9	30.1
		40	39.94	41.4	41.7	40.0	40.1
FS11.1038	$\hat{v} = 1.0514v' - 0.337$	2	1.94	1.7	1.7	1.9	1.9
		5	4.81	4.7	4.7	4.9	4.9
		10	9.83	10.0	10.0	9.9	9.9
		20	19.80	20.5	20.4	20.0	20.1
		30	29.77	30.9	30.9	29.9	30.1
		40	39.82	41.5	41.5	40.0	40.2
FS11.1414	$\hat{v} = 1.0427v' - 0.23$	2	1.90	1.8	1.8	1.9	2.0
		5	4.81	4.9	4.8	4.9	5.1
		10	9.80	10.1	10.0	9.9	9.9
		20	19.75	20.4	20.4	19.8	19.9
		30	30.00	31.1	31.0	30.0	30.1
		40	39.92	41.6	41.4	40.0	40.2

参考文献

[1] 宗曼华. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:20-32.

[2] 国家气象计量站. 自动气象站现场校准方法(试行)[S]. 2011.

[3] 刘昕,边泽强,李松奎. 自动气象站风向风速仪现场校准方法研究[J]. 计量与测试技术,2015,42(8):7-9.

[4] 中国计量测试学会计量名词专业委员会. JJF1001—2011 通用计量术语及定义[S]. 2011.

[5] 张建敏. 气象计量测试指南[M]. 北京:中国计量出版社,2011:109-123.

[6] 国家气象计量站. JJG(气象)006—2011 自动气象站风速传感器检定规程[S]. 2011.

[7] 顾龙芳. 计量学基础[M]. 北京:中国计量出版社,2006:225-247.

[8] 党选发,李晓峰,袁志鹏. 自动气象站现场校准和传感器调整方法探讨[J]. 气象科技,2007,35(3):432-434.

[9] 敖振浪,李国森. 自动气象站风速传感器自动化检定系统设计与实现[J]. 气象科技,2007,35(3):429-431.

表 6 维萨拉风速传感器现场校准量值溯源效果比较

传感器编号	溯源所得线性方程	校准点	大型风洞		线性方程	现场校准	
		$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	实测值 v'	指示值	计算所得	标准值	被校值
k774362	$\hat{v} = 0.9616v' + 0.154$	2	1.95	2.0	2.0	2.0	2.0
		5	4.84	4.8	4.8	5.0	5.1
		10	9.87	9.7	9.6	10.0	9.9
		20	19.95	19.4	19.3	20.0	19.9
		30	30.04	29.1	29.0	30.0	30.1
		40	39.95	38.8	38.6	40.1	40.2
k58721	$\hat{v} = 1.007v' + 0.219$	2	1.95	2.1	2.2	2.0	2.1
		5	4.85	5.1	5.1	5.0	4.9
		10	9.80	10.1	10.1	10.0	10.1
		20	19.81	20.2	20.2	20.1	20.1
		30	29.92	30.4	30.3	30.1	30.0
		40	39.98	40.6	40.5	40.0	40.2
k317926	$\hat{v} = 0.975v' + 0.25$	2	1.97	2.1	2.2	1.9	1.9
		5	4.94	5.0	5.1	5.0	5.1
		10	9.88	9.9	9.9	9.9	10.0
		20	19.87	19.9	19.6	20.1	20.2
		30	29.99	29.7	29.5	30.0	30.0
		40	40.13	39.6	39.4	40.0	40.1

[10] 闫选利,王保强,卢会国,等. 风速传感器检定与校准方法研究 [J]. 成都信息工程学院学报,2012,27(4):344-348.

[11] 孙嫣,李青,刘彦秀. 自动站现场校准相关技术问题的处理[J]. 气象水文海洋仪器,2007(2):56-59.

Field Calibration Traceability and a Delivery Method of Wind Speed Indications of Automatic Weather Stations

Chen Tao^{1,2} Zhang Hu² Zheng Liang²
Hu Canglong² Huang Xiaojing²

(1 Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072;
2 Sichuan Provincial Meteorological Observation and Data Centre, Chengdu 610072)

Abstract: The field calibration values of wind speed from automatic meteorological stations cannot be traced back, so that the accuracy and reliability of the field calibration data cannot be guaranteed. A investigate is conducted on the causes, which are determined by the current field calibration methods and the working principles of field calibration equipment. In order to solve this problem, the value transfer of wind speed sensors and the impeller wind meters are used to carry on the intermediate data transmission. In calibration, the impeller wind meter is used as the standard equipment. Using the linear characteristics of three-cup type wind speed sensors, the field calibration values of wind speed sensors are traced to the large-scale wind tunnel pitot tube, and through a great number of experiments, the validity of the method is proved, so as to solve this technical problem. The method provides a theoretical reference for making new specifications for the field calibration for wind speed from automatic meteorological stations and for perfecting of calibration equipment.

Keywords: automatic weather station; value of wind speed; tracing method; value transfer