

JJF(浙)

浙江省地方计量技术规范

JJF(浙) 1126—2016

风速变送器校准规范

Calibration Specification for Wind Speed Transducer

2016-03-16 发布

2016-04-20 实施

浙江省质量技术监督局 发布

风速变送器校准规范

Calibration Specification
for Wind Speed Transducer

JJF(浙)1126-2016

归口单位：浙江省质量技术监督局

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

参加起草单位：温州市计量技术研究院

本规范由浙江省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

夏海雷（浙江省计量科学研究院）

周连琴（浙江省计量科学研究院）

成英淑（浙江省计量科学研究院）

寿文杰（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

林 雁（温州市计量技术研究院）

引 言	1
1 范围	2
2 引用文献	2
3 概述	2
4 计量特性	2
4.1 测量误差	2
4.2 外观	2
5 校准条件	3
5.1 校准用仪器设备	3
5.2 校准环境条件	3
5.3 供电电源	3
6 校准项目和校准方法	4
6.1 校准项目	4
6.2 校准方法	4
7 校准结果表达	5
8 复校时间间隔	6
附录 A 标准风速计算方法	7
附录 B 风速变送器校准原始记录	8
附录 C 校准证书内页格式	11
附录 D 测量不确定度评定实例	12

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

《风速变送器校准规范》是基于风速变送器主要技术参数实验测试的基础上进行编制的，并参考了现行的风速变送器相关的技术标准：JJG 431-2014《DEM6 型轻便三杯风向风速表》、JJG（建设）0001-1992《热球式风速仪》。

风速变送器校准规范

1 范围

本规程适用于测量上限不超过 30 m/s 的风速变送器（以下简称变送器）的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文件：

JJG 431 DEM6 型轻便三杯风向风速表

JJG（建设）0001 热球式风速仪

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

变送器主要由风速传感器、测量电路、运算放大电路、信号转换电路等组成，风速传感器一般采用风速三杯或者热球式等原理，将风速信号转化为电信号。除具有测量信号转换功能外，部分变送器还具有测量值本地显示功能，它主要由 A/D 转换电路、显示电路及液晶数字显示器组成。

变送器的基本工作原理如下：风速传感器感受到环境风速的变化，输出相应的电信号，输入相应的测量电路转换成电压信号，经线性校正、放大后输入信号转换电路，分别转换成标准直流信号。

变送器输出的标准直流信号一般有（0~10）mADC、（4~20）mADC、（0~5）VDC、（1~10）VDC 和（1~5）VDC 等。

4 计量特性

4.1 测量误差

变送器的计量特性为风速的测量误差。

4.2 外观

4.2.1 变送器表面不得有影响计量性能的缺陷；

4.2.2 变送器带数字显示时应显示清晰、无缺笔划、闪烁等影响读数的缺陷，附件完整，各功能键操作正常；

4.2.3 变送器外形结构应完好, 铭牌应标明制造厂名(或商标)、产品名称、型号规格、准确度等级或允许基本误差、出厂编号、测量范围、与测量范围相对应的输出信号范围、出厂日期。

5 校准条件

5.1 校准用仪器设备

校准装置的不确定度应不超过被校变送器允差的 1/3, 校准时所需的标准仪器及设备见表 1 所示。

表 1

序号	仪器设备名称	技术要求	用途
1	补偿式微压计	准确度等级: 一等 测量范围: (0~1500) Pa	测量标准, 也可选择满足要求的其他测量标准
2	数字微压计	测量上限不低于 700Pa, 最大允许误差不超过 ± 0.5 Pa。	
3	皮托管	L 型皮托静压管系数 K 应在 0.998~1.004 之内	
4	数字直流电流表	(0~30) mA, 0.05 级及以上	
5	数字直流电压表	(0~50) V, 0.05 级及以上	
6	风洞	调速范围: (0.4~30) m/s 工作段内气流的稳定性 (1 min) 应优于 0.5% 工作段内气流的均匀性优于 1%	提供风速源
7	气压计	MPE: ± 1.0 hPa	工作室大气压力测量
8	温湿度计	温度 MPE: ± 0.5 ℃; 湿度 MPE: ± 8 %RH	工作室温湿度测量
9	负载电阻	250 Ω , 0.01 级。	变送器输出负载
10	直流电源	双路 (0~30) V 可调, 输出直流电压纹波 $< 1\%$ 。	提供直流电源
11	交流稳压电源	输出 220 V, 1 kVA	提供交流电源

5.2 校准环境条件

- a) 环境温度: (15~30) ℃;
- b) 相对湿度: 不大于 85%RH;
- c) 当电测设备对环境条件另有要求时, 应满足其规定要求。

5.3 供电电源

按照变送器和电测量仪器电源要求进行配置。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

变送器的校准项目为：风速测量误差。

6.2 校准方法

6.2.1 校准线路

变送器的校准线路图见图 1、图 2 所示，（其中 V 代表风速信号输出端，V₊代表变送器正极端，GND 代表变送器接地端）。

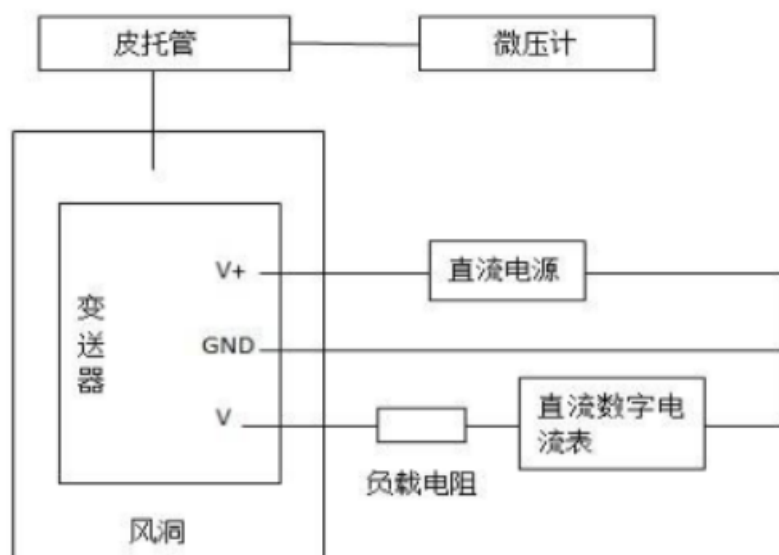


图 1 输出标准直流电流信号的变送器的校准线路图

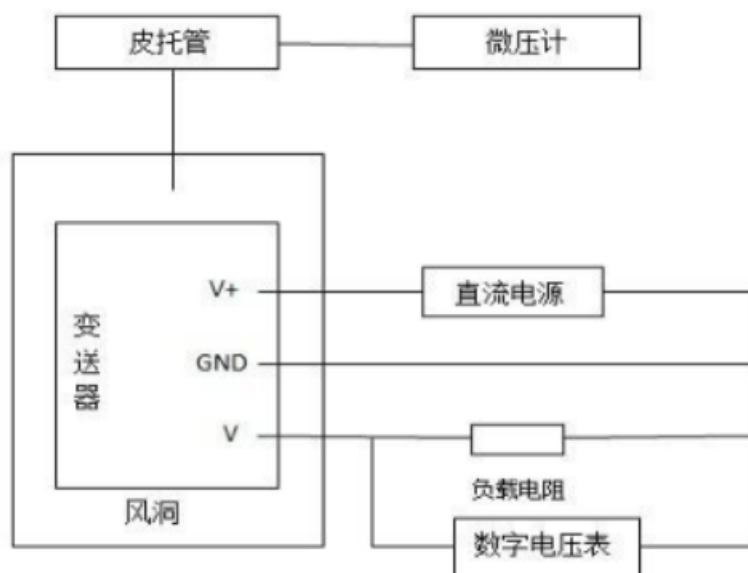


图 2 输出标准电压信号的变送器的校准线路图

6.2.2 风速测量误差的校准

6.2.2.1 调整好微压计的水平状态及零位。

6.2.2.2 把变送器的传感器放置在风洞工作室几何中心位置，风向标对准进风口。

6.2.2.3 读取室内气压、温度和相对湿度值。其中，气压估读到 0.1hPa，温度估读到 0.1℃，相对湿度读到 1%。

6.2.2.4 风速校准点可以选择为 1 m/s、5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s、30 m/s 或者按照客户要求。当风洞的风速值达到校准风速点并稳定后，分别读取微压计的测量值和数字直流电流表(或电压表)的测量值。若气流有波动，在数字直流电流表(或电压表)读数期间，对微压计按均匀时间间隔进行三次读数。

6.2.3 标准风速计算

根据示值误差检定时测得的空气温度、湿度、气压和微压计示值计算出各检定点的标准风速（计算方法见附录 A）。

6.2.4 风速测量误差的计算

6.2.4.1 以风速值表示的误差按公式（1）计算：

$$\Delta_2 = \left(\frac{O_x - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} \times (A_{\max} - A_{\min}) \right) - (v - A_{\min}) \quad (1)$$

式中： Δ_2 ——以风速值表示的变送器输出值的误差，m/s；

O_x ——在各风速校准点上数字电压表或电流表测得的变送器输出值，mA 或 V；

v ——测得的标准风速值，m/s；

O_{\max} 、 O_{\min} ——变送器输出信号的上限值和下限值，mA 或 V；

A_{\max} 、 A_{\min} ——变送器风速测量范围的上限值和下限值，m/s。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或报告应至少包括以下信息：

- 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

- e) 送校单位的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接受日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对抽样程序进行说明;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 风速测量的校准结果, 及其扩展不确定度和包含因子的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明;
- p) 必要时, 对校准结果的意见或解释, 或者是有关被校对象的使用指南等。

8 复校时间间隔

根据变送器的使用重要程度、使用要求、环境条件等因素决定其复校时间间隔, 但为了确保变送器在其规定的技术性能下使用, 一般应在校准后的一年内进行复校。

附录 A

标准风速计算方法

A.1 用风洞试验段内的空气温度按公式 (A.1) 计算出饱和水汽压:

$$e_w = k \times e^{\left(\frac{AT^2 + BT + C + \frac{D}{T}}{T} \right)} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

e_w — T 温度下的饱和水汽压, Pa;

T —试验段内空气温度, K;

$k=1\text{Pa}$;

A 、 B 、 C 、 D 均为常数, 其值如下:

$$A = 1.2378847 \times 10^{-5} \text{K}^{-2}$$

$$B = -1.9121316 \times 10^{-2} \text{K}^{-1}$$

$$C = 33.93711047$$

$$D = -6.3431645 \times 10^3 \text{K}$$

A.2 用风洞试验段内的空气温度、相对湿度和气压值按公式 (A.2) 计算出空气密度。

$$\rho = 3.48353 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T} (P_0 - 0.378 H e_w) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

T —试验段内空气温度, K;

P_0 —试验段内气压, Pa;

H —试验段内空气相对湿度, 用小数表示;

e_w — T 温度下的饱和水汽压, Pa。

A.3 再将空气密度值和微压计示值代入公式 (A.3) 计算出标准风速值。

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} p \xi} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

v —标准风速, m/s;

ρ —空气密度, kg/m^3 ;

p —微压计示值, Pa;

ξ —皮托管校准系数。

附录B

风速变送器校准原始记录

被校设备名称：_____ 型号：_____ 器号：_____

制造厂名称：_____ 校准前状态：_____ 校准后状态：_____

委托方名称：_____ 地址：_____

校准依据：_____ 校准地点：_____

测量范围：_____ 输出信号类型及量程：_____

大气压 P (hPa):				温度 T (℃):		相对湿度 H (%):		
校准点	微压计读数(Pa)				标准风速 (m/s)	被校表输出 电量值 ()	实测电量转换 成风速值 (m/s)	测量误差 (m/s)
	1	2	3	平均值				

◎校准所用仪器设备

序号	名称	设备编号	型号	准确度等级	证书号	有效期限	使用前状态	使用后状态

◎测量不确定度的分析与计算：

◎校准过程中的异常现象及偏离情况记录：

校准_____ 核验_____ 日期_____ 共 页 第 页

附录：计算公式

1 用风洞试验段内的空气温度按公式 (A.1) 计算出饱和水汽压：

$$e_w = k \times e^{\left(AT^2 + BT + C + \frac{D}{T} \right)} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

e_w — T 温度下的饱和水汽压，Pa；

T —试验段内空气温度，K；

$k=1\text{Pa}$ ；

A 、 B 、 C 、 D 均为常数，其值如下：

$$A = 1.2378847 \times 10^{-5} \text{K}^{-2}$$

$$B = -1.9121316 \times 10^{-2} \text{K}^{-1}$$

$$C = 33.93711047$$

$$D = -6.3431645 \times 10^3 \text{K}$$

2 用风洞试验段内的空气温度、相对湿度和气压值按公式 (A.2) 计算出空气密度。

$$\rho = 3.48353 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T} (P_0 - 0.378 H e_w) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

T —试验段内空气温度，K；

P_0 —试验段内气压，Pa；

H —试验段内空气相对湿度，用小数表示；

e_w — T 温度下的饱和水汽压，Pa。

3 再将空气密度值和微压计示值代入公式 (A.3) 计算出标准风速值。

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} p \xi} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

v —标准风速，m/s；

ρ —空气密度， kg/m^3 ；

p —微压计示值，Pa；

ξ —皮托管校准系数。

4 按公式 (A.4) 将测得的电量值转换为风速值。

$$v_1 = \frac{A_1 - A_{\min}}{A_{\max}} \times V \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

v_1 —测得的变送器电量值转换为风速值，m/s；

A_1 —实测输出电量值，mA或V；

A_{\min} —信号输出量程下限值，mA或V；

A_{\max} —信号输出量程上限值，mA或V；

V —被校变送器风速量程，m/s。

附录 C

校准证书内页格式

校准结果如下：

校准风速点 (m/s)	实际风速 (m/s)	被校表输出 电量值 ()	实测电量转换成 风速值 (m/s)	示值误差 (m/s)	扩展不确定 度 U (m/s) ($k=2$)

(以下空白)

附录 D

测量不确定度评定实例

以风速范围为 (0~30) m/s, 电量输出范围为 (4~20) mA 的风速变送器在校准点为 10 m/s 时为例进行分析。

1 测量模型

$$\Delta v = \left(\frac{O_X - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} \times (A_{\max} - A_{\min}) \right) - (v - A_{\min}) \quad (1)$$

式中: Δv ——以风速值表示的变送器输出值的误差, m/s;

O_X ——在各风速校准点上数字直流电流表测得的变送器输出值, mA;

v ——测得的实际风速值, m/s;

O_{\max} 、 O_{\min} ——变送器输出信号的上限值和下限值, mA;

A_{\max} 、 A_{\min} ——变送器风速测量范围的上限值和下限值, m/s。

$$\text{设} \quad \left(\frac{O_X - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} \times (A_{\max} - A_{\min}) \right) = v_{\text{被}}, \quad (v - A_{\min}) = v_{\text{实}}$$

则式 (1) 转换为

$$\Delta v = v_{\text{被}} - v_{\text{实}} \quad (2)$$

$$v_{\text{实}} = \sqrt{\frac{2}{\rho} p \xi} \quad (3)$$

式中:

ρ ——空气密度;

ξ ——皮托管系数;

p ——补偿式微压计读数。

2 不确定度传播率

根据公式 (2) 可知各参量互不相关, 并且根据 JJF1059.1-2012 所述, 得到以下不确定度传播率及灵敏系数:

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{c_1^2 u^2(v_{\text{被}}) + c_2^2 u^2(v_{\text{实}})} \quad (4)$$

式中 $c_1 = \frac{\partial \Delta v}{\partial v_{\text{被}}} = 1$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta v}{\partial v_{\text{实}}} = -1$$

据公式 (3) 可知各参量互不相关, 并且根据 JJF1059.1-2012 所述, 得到以下不确定度传播率及灵敏系数:

$$u_{cr}(v_{\text{实}}) = \sqrt{c_{r3}^2 u_r^2(k_\rho) + c_{r4}^2 u_r^2(\xi) + c_{r5}^2 u_r^2(H)} \quad (5)$$

其中 $c_{r3} = \frac{\partial v_{\text{实}}}{\partial k_\rho} = 1$

$$c_{r4} = \frac{\partial v_{\text{实}}}{\partial \xi} = \frac{1}{2}$$

$$c_{r5} = \frac{\partial v_{\text{实}}}{\partial H} = \frac{1}{2}$$

3 标准不确定度分量评定

3.1 实际风速测量引入的不确定度分析

3.1.1 由空气密度引入的相对标准不确定度 $u_r(\rho)$, 用 B 类标准不确定度评定。

$$\rho = 3.48353 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T} (P_0 - 0.378 H e_w) \quad (6)$$

式中:

T —试验段内空气温度, K;

P_0 —试验段内气压, Pa;

H —试验段内空气相对湿度, 用小数表示;

e_w — T 温度下的饱和水汽压, Pa。

由式 (6) 可知, 空气密度修正参数与温度、大气压、相对湿度有关。按校准规范要求, 温度测

量最大允许误差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，大气压测量最大允许误差为 $\pm 1.0\text{ hPa}$ ，相对湿度测量最大允许误差为 $\pm 8\%$ 。计算温度、大气压、相对湿度测量误差引入的相对误差最大变化值为 $\pm 0.2\%$ ，按均匀分布，则由空气密度修正系数引入的相对标准不确定度为：

$$u_r(k_\rho) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\%$$

3.1.2 由标准皮托管系数引入的不确定度分量 $u_r(\xi)$ ，用B类标准不确定度评定。

根据国家气象计量站风洞实验室的试验结果，由标准皮托管系数引入的相对误差不超过 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布计算，其相对标准不确定度为：

$$u_r(\xi) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

3.1.3 由补偿式微压计允许误差、数字直流电流表允许误差、皮托管安装位置、风洞均匀性及波动性等引入的相对标准不确定度 $u_r(H)$ 。

3.1.3.1 微压计的测量重复性包含实验人员对微压计读数重复性、风洞波动性，评定时一并考虑两者的影响，统一由微压计的实际读数重复性计算而成，微压计的测量重复性引入标准不确定度 $u_r(H_1)$ ，用A类标准不确定度评定。

将风洞控制在 10 m/s 风速点进行重复测量，所得结果见表2。

表2 10m/s 风速点重复性测试数据

单位为毫米（Pa）

测量点	测量结果											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	标准差	$u_r(H_1)$
10m/s	62.0	62.1	62.0	61.8	62.1	62.1	61.8	62.1	62.2	62.0	0.13	0.21%

$$u_r(H_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H})^2}{n-1}} / \bar{H} \quad (7)$$

3.1.3.2 补偿式微压计允许误差引入的相对标准不确定度 $u_r(H_2)$

一等补偿式微压计在整个测量范围内的允许误差 $\pm 0.5\text{ Pa}$ 是不变的，由补偿式微压计允许误差引入的相对不确定度符合均匀分布。随着风速的降低，差压的相对误差值变大，为了保证在一定风速测量范围内，测量结果有一个合理的可以接受的准确度，所以在各风速段选择风速点测量。

微压计允许误差引入的相对不确定度仍按照均匀分布计算，10 m/s 风速点的结果见表 3。

表 3 10 m/s 风速点微压计允许误差引入的相对不确定度分量

风速点 (m/s)	对应差压值 (Pa)	$u_r(H_2)$
10	60.0	0.48%

3.1.3.3 皮托管安装误差引入的相对标准不确定度 $u_r(H_3)$

由标准皮托静压管探头相对气流来向偏斜而产生的误差，当偏斜角 $<30^\circ$ 时，所引起差压值的相对标准不确定度为 0.30%。

3.1.3.4 风洞运行时紊流造成的不均匀性引入的相对标准不确定度 $u_r(H_4)$

风洞的不均匀性最大为 1.0%，按均匀分布，则： $u_r(H_4)=\frac{1.0\%}{\sqrt{3}}=0.58\%$ 。

3.1.3.5 重力加速度引入的相对标准不确定度 $u_r(H_5)$

微压表测速实质上是利用流体静力学原理测压。根据法定计量单位，1mm水银汞柱对9.806375 Pa。这相当于以9.806375 m/s² 为标准计算风压(我国各地的纬度绝大部份小于北纬45)。重力加速度一般都小于9.806375 m/s²。(例如杭州的重力加速度为9.79361 m/s²)。最大相对误差为0.13%。按均匀分布，则：

$$u_r(H_5)=\frac{0.13\%}{\sqrt{3}}=0.08\%$$

3.1.3.6 数字直流电流表允许误差引入的相对标准不确定度

数字直流电流表的测量范围为(0~100) mA，允许误差限为±(0.05%rd+0.005%fs)，风速校准点为10 m/s时实测变送器电流输出值为9.4453 mA，则数字直流电流表的允许误差限为±9.72 μ A，按均匀分布处理，则 $u_r(H_6)=5.6\text{ }\mu\text{ A}$ ，转换成相对不确定度，则 $u_r(H_6)=0.10\%$

3.1.3.7 关于相对标准不确定度分量 $u_r(H)$ 的合成

$u_r(H_1)$ 、 $u_r(H_2)$ 、 $u_r(H_3)$ 、 $u_r(H_4)$ 、 $u_r(H_5)$ 、 $u_r(H_6)$ 的灵敏系数皆为 1，且各相对标准不确定度分量不相关，则

$$u_r(H)=\sqrt{u_r^2(H_1)+u_r^2(H_2)+u_r^2(H_3)+u_r^2(H_4)+u_r^2(H_5)+u_r^2(H_6)} \quad (8)$$

表 4 10m/s 风速点皮托管等引入相对不确定度分量汇总表

相当风速 (m/s)	$u_r(H_1)$	$u_r(H_2)$	$u_r(H_3)$	$u_r(H_4)$	$u_r(H_5)$	$u_r(H_6)$	$u_r(H)$
10	0.21%	0.48%	0.30%	0.58%	0.08%	0.10%	0.85%

3.2 被检风速变送器引入的相对标准不确定度 $u(v_{\text{被}})$

3.2.1 被检风速变送器测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_1(v_{\text{被}})$ 。

该项不确定度采用 A 类方法进行评定。

将被检风速变送器安装在风洞工作段内，当风速稳定 10 m/s 风速点时，读取数字直流电流表的显示值。在相同的条件下重复测量 10 次，得到测量列 $v_{\text{被}}$ 为：

表 5 被检风速变送器在单次测量条件下的显示值 单位为毫安（mA）

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v_{\text{被}}$	9.451	9.408	9.445	9.472	9.445	9.424	9.413	9.408	9.413	9.445

则单次实验标准偏差为：
$$s_{v_{\text{被}}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n\left(v_{\text{被}i}-\overline{v_{\text{被}}}\right)^2}{n-1}}=0.0213\text{ mA}$$

转换成风速，则 $s_{v_{\text{被}}}=0.04\text{ m/s}$

3.2.2 直流数字电流表读数分辨力引入的标准不确定度 $u_2(v_{\text{被}})$

直流数字电流表一般读取小数点后三位，即 0.001 mA，设为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，

则 $u_2(v_{\text{被}})=\frac{0.001}{2\sqrt{3}}=0.0003\text{ mA}$ ，则该分量小于被测变送器重复性分量，故计算时只考虑重复性分量。

4 合成相对标准不确定度

4.1 相对标准不确定度汇总表

表 6 实际风速的相对不确定度评定汇总表

标准不确定度分量		不确定度来源	相对标准不确定度	C_i	$C_i u_r(x_i)$
$u(v_{\text{实}})$	$u_r(k_\rho)$	空气密度修正系数	0.12%	1	0.12%
	$u_r(\xi)$	皮托管标准系数	0.29%	1/2	0.14%
	$u_r(H)$	补偿式微压计重复性及最大允许误差	0.85%	1/2	0.42%
	$u_r(H_1)$	测量重复性	0.21%		
	$u_r(H_2)$	补偿式微压计最大允许误差	0.48%		
	$u_r(H_3)$	皮托管安装误差	0.30%		
	$u_r(H_4)$	风洞运行时的不均匀性和紊流性	0.58%		
	$u_r(H_5)$	重力加速度	0.08%		
	$u_r(H_6)$	数字直流电流表最大允许误差	0.10%		
$u(v_{\text{被}})$	$u_1(v_{\text{被}})$	被检风速表测量重复性	0.4%	1	

引用公式（5）计算得到实际风速引入的相对不确定度分量，并由其转换为标准不确定度分量见

表 7:

表 7 实际风速引入的相对不确定度分量转换为标准不确定度分量

校准点 (m/s)	不确定度分量			u_{rc}	$u(v_{\text{实}})$ (m/s)
	$u_r(k_\rho)$	$u_r(\xi)$	$u_r(H)$		
10	0.12%	0.29%	0.85%	0.46%	0.05

被检风速变送器引入的标准不确定度分量由被检风速变送器的测量重复性及直流数字电流表的读数分辨力引入，由于直流数字电流表读数分辨力引入的标准不确定度分量小于被检变送器重复性引入的标准不确定度分量，故计算时只考虑被检变送器重复性引入的标准不确定度分量，则被检风速变送器在 10 m/s 风速点下的标准不确定度分量为：

$$u(v_{\text{被}})=u_1(v_{\text{被}})=0.04\text{ m/s}$$

4.2 合成标准不确定度计算

$u(v_{\text{被}})$ ， $u(v_{\text{实}})$ 互不相关，灵敏系数均为 1，根据式（4）进行合成，10 m/s 风速点的合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta v)=0.07 \text{ m/s}$$

4.3 扩展标准不确定度计算

因主要输出量的分布无法判定，直接取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = ku_c(\Delta v)=0.14 \text{ m/s} \quad (7)$$
