

JJF

中华人民共和国民用航空部门计量技术规范

JJF(民航)0112—2024

民用航空自动气象观测系统 机械式风向风速传感器校准规范

Calibration specifications for mechanical wind direction and wind
speed sensors of civil aviation automatic weather observation system

2024-06-28 发布

2024-07-01 实施

中国民用航空局 发布

民用航空自动气象观测系统
机械式风向风速传感器
校准规范

JJF(民航)0112-2024

Calibration specifications for mechanical wind direction and wind speed
sensors of civil aviation automatic weather observation system

本规范经中国民用航空局2024年06月28日批准，并自2024年07月01日起施行。

归口单位：中国民用航空局航空器适航审定司

主要起草单位：中国民用航空总局第二研究所

中国民航科学技术研究院

参加起草单位：中国民用航空青岛空中交通管理站

盐城南洋国际机场有限责任公司

泉州晋江国际机场股份有限公司

中国民用航空新疆空中交通管理局

本规范技术条文由起草单位负责解释。

本规范主要起草人：

刘星辉（中国民用航空总局第二研究所）

张阿里布米（中国民航科学技术研究院）

孙伟中（中国民用航空总局第二研究所）

参加起草人：

杨含雪（中国民用航空总局第二研究所）

胡 浩（中国民用航空总局第二研究所）

苏 刚（中国民用航空总局第二研究所）

张 也（中国民用航空总局第二研究所）

杨 帆（中国民用航空青岛空中交通管理站）

车 俊（盐城南洋国际机场有限责任公司）

苏连霞（泉州晋江国际机场股份有限公司）

王继强（中国民用航空青岛空中交通管理站）

宋文佳（中国民用航空青岛空中交通管理站）

刘昊峰（中国民用航空新疆空中交通管理局）

杜 辉（中国民用航空总局第二研究所）

周韵尧（中国民用航空总局第二研究所）

目次

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 风向	(2)
4.2 风速	(2)
4.3 风向启动风速	(2)
4.4 风速启动风速	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 校准标准及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A	(7)
附录 B	(8)
附录 C	(10)
附录 D	(13)

引言

本规范以 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

民用航空自动气象观测系统机械式风向风速传感器 校准规范

1 范围

本规范适用于民用航空自动气象观测系统机械式风向、风速传感器的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG(气象)004 自动气象站风向风速传感器检定规程

AP-117-TM-2018-03R1 民用航空自动气象观测系统技术规范

AP-117-TM-2022-06R1 民用航空气象计量器具检定与校准管理办法

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

3 概述

民用航空自动气象观测系统机械式风向、风速传感器主要由风向、风速测量传感器、转换电路和信号输出电路组成。风向、风速结构图分别由图1和图2所示。

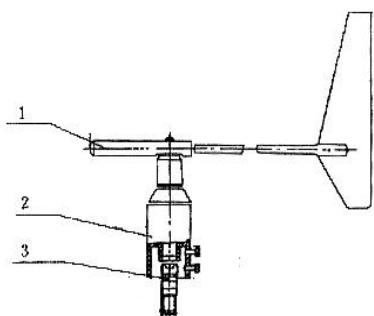


图1 风向传感器结构

1-风向标部件;2-壳体;3-插座

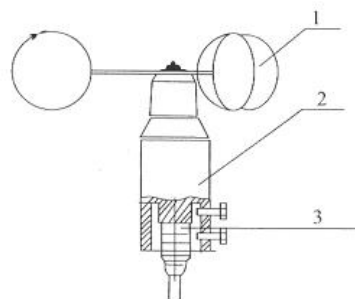


图2 风速传感器结构图

1-风杯部件;2-壳体;3-插座

4 计量特性

4.1 风向

风向范围：(0~360)°；

最大允许误差：±5°。

4.2 风速

风速范围：(0.5~70) m/s；

风速最大允许误差：±0.5m/s（风速小于等于 5m/s 时）；风速的±10%（风速大于 5m/s 时）。

4.3 风向启动风速

启动风速≤0.5m/s。

4.4 风速启动风速

启动风速≤0.5m/s。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度：(20~30)℃；

相对湿度：≤85%RH。

5.2 校准用测量标准及配套设备

5.2.1 皮托静压管

皮托静压管的K值应在0.99~1.01之间；

皮托静压管系数的允许误差：风速为(5~10) m/s，±0.04；风速为(10~25) m/s，±0.05。

5.2.2 数字微压计

测量范围：(0~800) Pa；

分辨力：0.1Pa；

零位对准误差： $\pm 0.2\text{Pa}$ ；

零位回复误差： $\pm 0.3\text{Pa}$ ；

最大允许误差： $\pm 0.8\text{Pa}$ 。

5.2.3 标准度盘

测量范围： $(0\sim 360)^\circ$ ；

分辨力： 1° ；

最大允许误差： $\pm 0.1^\circ$ 。

5.2.4 其他设备（回、直路风洞）

风速范围： $(0.3\sim 70)\text{m/s}$ ；

流场均匀性： $\leq 0.5\%$ ；

流场稳定性： $\leq 0.5\%$ ；

气流偏角： $\leq 1^\circ$ 。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

a) 风向启动风速；

b) 风速启动风速；

c) 风向示值误差；

d) 风速示值误差；

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

将皮托管和风速传感器安装于风洞内，皮托管连接至数字微压计端口上，风速传感器输出端连接在采集器的输入端并预热 5min。

6.2.2 风向风速校准点的选择

- a) 风向校准点为：0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°、315°；
- b) 风速校准点为：2 m/s、5 m/s、10 m/s、20 m/s、30m/s、40m/s、60m/s；
- c) 可根据特殊需求适当增加校准点。

6.2.3 校准数据读取方法

a) 风向启动风速校准

将风向标“0”位对齐平行于风洞轴线，转动风向标角度至45°，设定风速为0.5m/s，若风向标未向风洞轴线方向移动，以0.1m/s为步进加大风速，直至风向标向风洞轴线方向移动，连续读取微压计示值3次，3次示值的平均值作为风向传感器的启动风速，记录至《风向、风速示值记录表》中，《风向、风速示值记录表》参见附录A。

b) 风速启动风速校准

风速传感器的风杯处于静止状态，设定风速为0.5m/s，若风杯未转动，以0.1m/s为步进加大风速，直至风杯连续转动，连续读取微压计示值3次，3次示值的平均值作为风速传感器的启动风速，并记录至《风向、风速示值记录表》中，《风向、风速示值记录表》参见附录A。

c) 风向示值校准

风向传感器预热5 min后开始风向示值校准，使风向标、指北线与标准度盘上的0°点对齐，读取风向示值，作为风向传感器示值，用标准度盘的刻度值作为标准值，记录至风向、风速示值记录表中。按照6.2.2 a) 中风向校准点顺序，旋转风向标至各校准点结束，记录至《风向、风速示值记录表》中，《风向、风速示值记录表》参见附录A。

d) 风速示值校准

按照6.2.2 b) 中风速校准点顺序，调节回、直路风洞，回、直路风洞达到设定值，稳定1 min后，读取标准器的风速示值和被校风速传感器的输出值3次，3次示值的平均值作为风速的标准值和被校风速传感器的示值，重复以上操作，至所有校准点校准结束，记录至《风向、风速示值记录表》中，《风向、风速示值记录表》参见附录A。

6.2.4 示值误差计算

a) 风向示值误差计算

用风向传感器在各个风向校准点上的显示值减去标准值,得出各个风向点上的测量误差,示值误差计算公式见式(1)。

$$\Delta d = d_i - d \quad (1)$$

式中:

Δd —风向传感器在各风向校准点的示值误差,°;

d_i —风向传感器各风向校准点上的示值,°;

d —标准器在各风向校准点上的标准值,°。

b) 风速示值误差计算

用被校风速传感器在各风速校准点上的指示风速减去实测风速,得出各风速校准点上的示值误差,示值误差计算公式见式(2)。

$$\Delta w = \overline{w} - w \quad (2)$$

式中:

Δw —风速传感器在各风速校准点的示值误差,m/s;

$\overline{w}$ —风速传感器各风速校准点上3次测量值平均值,m/s;

w —标准器在各风速校准点上3次示值平均值,m/s。

7 校准结果表达

校准证书应包括以下信息(参见附录B):

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 校准的地点;
- d) 校准证书的唯一性标识(如编号),每页及总页数的标识;
- e) 委托方名称和地址;
- f) 被校对象的描述及明确标识;
- g) 校准单位校准专用章;

- h) 校准日期;
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- 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) 校准结果及其测量不确定度的说明 (见附录 C);
- m) 复校时间间隔的建议;
- n) “校准证书”的签发人的签名或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

复校时间间隔由送校单位根据使用情况自行决定, 建议为 1 年。但有以下情况之一时, 应提前送校:

- a) 民用航空自动气象观测系统机械式风向、风速传感器经过维修或调整后;
- b) 当发现风向、风速测量值异常时。

附录 A

机械式风速、风向示值校准记录表

校准记录流水号：第 页 共 页

校准环境	校准环境							风向启动风速 (m/s)	风速启动风速 (m/s)	
	温度 (℃)									
	相对湿度 (%RH)									
校准项目	标准器	名称： 型号/规格： 生产单位： 准确度等级/最大允差： 皮托管系数： 微压计系数： 编号：								
	风向传感器	名称： 型号/规格： 编号： 生产厂家： 送校单位： 准确度等级/最大允差：								
	风速传感器	名称： 型号/规格： 编号： 生产厂家： 送校单位： 准确度等级/最大允差：								
	风向	风向标准值 (°)								
	风向	风向示值 (°)								
	示值误差 (°)									
风速	风速标准值 (m/s)									
	风速示值 (m/s)									
	示值误差 (m/s)									

校准人： 复核人： 校准日期：

附录 B

校准证书内页格式

B.1 校准证书第2页

证书编号: ×××××-××××

校准机构说明				
校准所依据/参照的技术文件（代号、名称）				
校准环境条件及地点： 温 度： ℃ 相对湿度： %RH			地 点： 其 他：	
校准使用的计量基（标）准装置（含标准物质）/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	有效期至

第 2 页 共×页

B.2 校准证书结果页

证书编号：××××××-××××

校 准 结 果				
启动风速：_____。				
序号	标准风速 (m/s)	测量值 (m/s)	示值误差 (m/s)	不确定度(k=2) (m/s)

其它说明：

附录 C

风向测量不确定度评定示例

C.1 概述

参照本规范对风向传感器的计量特性要求和校准方法,以风洞作为稳定风速源,用皮托静压管和微压计组成风速标准器。风速的校准遵循从低速到高速的顺序,从 2m/s 开始升高到最高校准点,覆盖测量范围兼顾均匀性选取校准点。装置稳定后,记录各点数据,依据规范中的有关公式计算被校准传感器的测量误差、线性,并计算测量误差的不确定度。

C.2 标准器及配套设备

表 C.1 标准器及配套设备

分类	名称	主要技术指标
标准器	标准度盘	分度误差不大于 1°
配套设备	温度仪	最大允许误差不大于 0.5 °C
	湿度仪	最大允许误差不大于 8.0% RH
	气压计	最大允许误差不大于 2.0 hPa
	风洞	稳定性 ≤0.5% 均匀性 ≤1.0% 气流偏角 ≤1.0°

C.3 测量原理

通过角度编码器测得风向值,该风向作为标准风向值。将风向传感器示值减去标准风向值即为风向传感器示值误差。将校准点选择为: 0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°、315°,并逐点分析不确定度。

C.4 测量模型

本校准结果测量误差为:

$$\Delta D = D' - D \quad (C.9)$$

式中:

ΔD —风向示值误差,° ;

D' —被测风向值,° ;

D —标准风向值,° 。

C.5 不确定度分量

标准风向值引入的标准不确定度 $u(D)$;

风向传感器测量重复性引入的标准不确定度 $u(D')$ 。

C.6 标准风向值引入的标准不确定度 $u(D)$

所选标准度盘, 其分度误差为 $\pm 1^\circ$, 取均匀分布, 则:

$$u(D) = 1^\circ / 3 = 0.333 (^\circ)$$

C.7 风向传感器测量值引入的不确定度 $u(D')$

表 C.2 各校准点标准不确定度 $u(D')$

项目	校准点 (°)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
极差	1	3	2	2	1	0	1	0
标准不确定度 $u(D')$	0.333	1.025	0.683	0.683	0.333	0.000	0.333	0.000

C.8 合成标准不确定度

标准风向值引入标准不确定度 $u(D)$ 的灵敏度系数:

$$c_{D'} = \frac{\partial \Delta D}{\partial D'} = 1$$

风向传感器测量值引入不确定度 $u(D')$ 的灵敏度系数:

$$c_D = \frac{\partial \Delta D}{\partial D} = -1$$

由于各分量之间相互不相关, 合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta D) = \sqrt{c_{D'}^2 u^2(D') + c_D^2 u^2(D)} = \sqrt{u^2(D') + u^2(D)} \quad (C.10)$$

表 C.3 各校准点合成标准不确定度 $u_c(\Delta D)$

D	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
$u_c(\Delta D)$	0.333	0.793	0.473	0.473	0.473	0.333	0.473	0.333

C.9 拓展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=1.6^\circ$$

附录 D

风速测量不确定度评定示例

D.1 概述

参照本规范对风速传感器的计量特性要求和校准方法,以风洞作为稳定风速源,用皮托静压管和微压计组成风速标准器;风速的校准遵循从低速到高速的顺序,从 2m/s 开始升高到最高校准点,覆盖测量范围兼顾均匀性选取校准点。装置稳定后记录各点数据,依据规范中的有关公式计算被校准传感器的测量误差、线性,并计算测量误差的不确定度。

D.2 测量原理

采用性能已经测定过的风洞和皮托管检定装置,通过皮托管检定装置测量并计算标准风速值,比较风速传感器测量值与标准风速值,对风速传感器进行校准,风速传感器测量误差由三次误差平均值给出。

D.3 测量模型

本校准结果测量误差的计算公式由 (D.1) 所示:

$$\Delta v = v_i' - v_i \quad (\text{D.1})$$

式中:

Δv —第 i 个校准点测量误差, m/s;

v_i' —第 i 个校准点风速测量值, m/s;

v_i —第 i 个校准点标准风速值, m/s。

其中标准风速 v_i 的计算公式由 (D.2) 所示:

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{\rho_i} P_{0,i} \xi_i} = \sqrt{2} \times \rho_i^{(-\frac{1}{2})} \times P_{0,i}^{\frac{1}{2}} \times \xi_i^{\frac{1}{2}} \quad (\text{D.2})$$

式中:

ρ_i —第 i 个校准点测试时空气密度值, kg/m³;

$P_{0,i}$ —第 i 个校准点测试时微差压计值, Pa;

ξ_i —第 i 个校准点测试时皮托管系数值。

因标准风速值由皮托管检定装置测量得到, 考虑到皮托管检定装置的影响、风洞均匀性的影响和风速传感器读数分辨力的影响, 风速传感器单次测量误差 Δv_i 可以由(D.3)表示:

$$\Delta v_i = v'_i - v_i + \delta_{A,i} + \delta_{B,i} + \delta_{L,i} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (\text{D.3})$$

式中:

v'_i —第 i 次风速传感器测量值, m/s;

v_i —第 i 次标准风速值, m/s;

$\delta_{A,i}$ —第 i 次皮托管检定装置对测量结果的影响, m/s;

$\delta_{B,i}$ —第 i 次风洞均匀性对测量结果的影响, m/s;

$\delta_{L,i}$ —第 i 次风速传感器读数分辨力的影响, m/s。

D.4 不确定度分量

根据公式 (D.3) 给出的测量模型, 共有三个影响量分别为 $\delta_{A,i}$ 、 $\delta_{B,i}$ 和 $\delta_{L,i}$, 它们对应的灵敏系数均为 1。

D.4.1 测量重复性引入的不确定度

以校准风速点 10 m/s 为例, 依据本规范对风速传感器的计量特性要求和校准方法, 对被校准风速传感器进行了三次重复测量, 通过测量得到一系列数据见表 D.1 所示。

表D.1 测量数据列

i	1	2	3
标准值 v_1 (m/s)	9.97	9.96	9.98

表D.1 测量数据列 (续)

i	1	2	3
被测值 v_1' (m/s)	10.15	10.20	10.19
误差值 Δv_1 (m/s)	0.19	0.24	0.22

用极差法计算各校准点单次测量的标准偏差为:

$$s(\Delta v_i) = \frac{R_i}{C} = 0.0314 \quad (i=1, 2, 3)$$

式中:

R_i —每个校准点 3 次测量误差最大值与误差最小值之差;

C —系数。当测量次数为 3 时取 1.69。

每个校准点误差 3 次平均值的标准不确定度为:

$$u(\overline{\Delta v_1}) = \frac{s(\Delta v_i)}{\sqrt{3}} = 0.018 \text{ m/s}$$

D.4.2 皮托管检定装置对测量结果的影响因子 $\delta_{A,i}$

由标准风速计算公式 (D.2) 可知, 皮托管检定装置通过标准风速值影响最终测量结果, 参与标准风速值计算的主要标准器及配套设备包括皮托静压管、微差压计、数字气压计、湿度传感器和温度计。

根据标准风速计算公式 (D.2) 以及不确定度传播律可知, 皮托管检定装置对测量结果的影响量 $\delta_{A,i}$ 的相对标准不确定度由 (D.4) 表示:

$$u_{rel}(\delta_{A,i}) = \frac{u_{v,i}(\Delta v_i)}{v_i} = \sqrt{\left[\left(-\frac{1}{2} \right) \times \frac{u_{\rho,i}}{\rho_i} \right]^2 + \left[\left(\frac{1}{2} \right) \times \frac{u_{P,0,i}}{P_{0,i}} \right]^2 + \left[\left(\frac{1}{2} \right) \times \frac{u_{\xi,i}}{\xi_i} \right]^2} \quad (D.4)$$

式中:

$u_{v,i}(\Delta v_i)$ —标准风速值标准不确定度, m/s;

$u_{\rho,i}$ —空气密度变化引入标准不确定度, kg/m³;

$u_{P,0,i}$ —微差压计读数引入标准不确定度, Pa;

$u_{\xi,i}$ —皮托静压管读数引入的标准不确定度。

$\delta_{A,i}$ —的标准不确定度为：

$$u(\delta_{A,i}) = u_{rel}(\delta_{A,i}) \times v_i \quad (D.5)$$

式中：

$u(\delta_{A,i})$ —皮托管检定装置引入的相对不确定度；

v_i —各校准点标准风速，m/s。

D.4.3 空气密度变化引入的不确定度

CIPM(1981/91)公式是计算空气密度最精确地计算公式，本规范采用一个近似公式见（D.6）：

$$\rho = \frac{0.34848 \times 0.009H \times \exp^{0.062t}}{273.15 + t} \quad (D.6)$$

式中：

t —试验段内温度，℃；

P —试验段内大气压力，hPa；

H —试验段内相对湿度值。

则空气密度的标准不确定度见（D.7）所示：

$$u_{\rho,i} = \sqrt{u_F^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial P} u_P\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial H} u_H\right)^2} \quad (D.7)$$

其中： $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -3.4 \times 10^{-3} \times K^{-1} \times \rho$ ， $\frac{\partial \rho}{\partial P} = 10^{-5} \times Pa^{-1} \times \rho$ ， $\frac{\partial \rho}{\partial H} = -10^{-2} \times \rho$ 。

式中：

u_F —空气密度近似公式引入不确定度， $10^{-4}\rho$ ；

u_t —温度传感器引入标准不确定度，℃；

u_P —气压计引入的标准不确定度，hPa；

u_H —湿度传感器引入标准不确定度（用小数表示）。

标准温度计的最大允许误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，故每次测量结果由温度引入的不确定度为：

$$u_t = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29^{\circ}\text{C}$$

气压计的最大允许误差为 $\pm 2\text{hPa}$ ，按均匀分布，每次测量结果气压引入的不确定度：

$$u_p = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155\text{ hPa}$$

湿度测量仪的最大允许误差为 $\pm 4\%\text{rh}$ ，按均匀分布，每次测量结果由湿度测量引入的不确定度 u_H ：

$$u_H = \frac{0.04}{\sqrt{3}} = 2.3\% \text{ RH}$$

将评定结果带入式 (D.7) 可得，在第 i 次测量结果由空气密度变化引入的相对标准不确定度为：

$$\frac{u_{\rho,i}}{\rho_i} = \sqrt{(10^{-4})^2 + (10^{-5} \times u_p)^2 + (-3.4 \times 10^{-3} \times u_t)^2 + (-10^{-2} u_H)^2} = 0.001013$$

D. 4. 3. 1 微压计读数引入的不确定度

微压计最大允许误差为 $\pm 0.5\text{Pa}$ ，取均匀分布，各校准点微压计读数 $P_{0,i}$ 引入的相对标准不确定度为：

$$\frac{u_{P,0,i}}{P_{0,i}} = \frac{0.5}{\sqrt{3} \times P_{0,i}} = 0.288684 \times P_{0,i}^{-1} \text{ Pa}$$

以 10 m/s 校准点为例，微压计读数 $P_{0,i}$ 为 61.2 Pa ，则

$$\frac{u_{P,0,i}}{P_{0,i}} = 0.0047$$

D. 4. 3. 2 皮托静压管读数引入的不确定度

皮托静压管校准系数的相对不确定度为 0.5% ($k=2$)，皮托静压管读数引入的相对标准不确定度为：

$$u_r(\xi) = \frac{u(\xi)}{\xi} = \frac{U_{\text{rel}}}{k} = 0.0025$$

D.4.3.3 标准装置引入的标准不确定度

将空气密度引入的相对标准不确定度、微差压计读数引入的相对标准不确定度和皮托管检定装置引入的相对标准不确定度，带入式 (D.4) 和 (D.5)，以校准点 10m/s 为例，计算可得皮托管检定装置引入的标准不确定度为：

$$u(\delta_{A,i}) = v_i \times \sqrt{\left[\left(-\frac{1}{2}\right) \times \frac{u_{\rho,i}}{\rho_i} \right]^2 + \left[\left(\frac{1}{2}\right) \times \frac{u_{P,0,i}}{p_{0,i}} \right]^2 + \left[\left(\frac{1}{2}\right) \times \frac{u_{\xi,i}}{\xi_i} \right]^2} = 0.0027 \text{ m/s}$$

D.4.4 风洞均匀性对测量结果的影响 $\delta_{B,i}$

本规范规定的风洞技术指标为流速均匀性不大于 1.0%。取均匀分布，则由风洞均匀性引入的不确定为：

$$u(\delta_{B,i}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \times v_i = 0.005774 \times v_i \quad (\text{D.8})$$

式中：

$u(\delta_{B,i})$ ——流速均匀性引入的不确定度；

v_i ——各校准点标准风速，m/s。

D.4.5 风速传感器分辨力对测量结果的影响 $\delta_{I,i}$

风速传感器的分辨力为 0.1m/s，则由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(\delta_{I,i}) = \frac{0.1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.0289 \text{ m/s}$$

D.5 不确定度分量汇总表

以校准点 10 m/s 为例，输入量标准不确定度分量汇总见表 D.2。

表 D.2 输入量标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度 u_i m/s	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $c_i u_i$ m/s	不确定度 评定方法
--------	---------------------	---------------	-------------------------	--------------

表 D.2 输入量标准不确定度分量一览表 (续)

不确定度来源	标准不确定度 u_i m/s	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $c_i u_i$ m/s	不确定度 评定方法
测量重复性引入 $u(\overline{\Delta v_1})$	0.018	1	0.018	A
标准装置引入 $u(\delta_{A,i})$	0.027	1	0.027	B
风场均匀性引入 $u(\delta_{B,i})$	0.05774	1	0.05774	B
风速传感器分辨力引入 $u(\delta_{I,i})$	0.0289	1	0.0289	B

D.6 合成标准不确定度

根据表(D.2)中不确定度分量进行标准不确定度的合成, 其中在同一校准点分辨力不确定度 $u(\delta_{I,i})$ 和重复性引入的标准不确定度 $u(\overline{\Delta v_1})$ 取较大者进行合成:

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{c_i^2 \left(u(\overline{\Delta v_i}) \right)^2 + c_i^2 \left(u(\delta_{A,i}) \right)^2 + c_i^2 \left(u(\delta_{B,i}) \right)^2} = 0.066 \text{ m/s}$$

D.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U(\Delta v_i) = 2 \times u_c(\Delta v_i) = 0.1 \text{ m/s}$$

D.8 测量结果表述

在本实例中, 校准点 10 m/s 的扩展不确定度为:

$$U = 0.1 \text{ m/s } (k=2)$$