

JJF (皖)

# 安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 129—2022

---

## 煤矿用风速表校准规范

Calibration Specification for Anemometers used in Coal Mines

2022-01-04 发布

2022-02-15 实施

---

安徽省市场监督管理局发布

# 煤矿用风速表校准规范

Calibration Specification for  
Anemometers used in Coal Mines

JJF (皖) 129-2022

归口单位：安徽省市场监督管理局

主要起草单位：淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司

参加起草单位：淮南市计量测试检定所

安徽华方计量科技有限公司

本规范委托淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司负责解释。

**本规范主要起草人：**

周 杰 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

苏 航 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

邵 彬 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

邓 民 （淮南市计量测试检定所）

潘 杰 （淮南市计量测试检定所）

**参加起草人：**

王大伟 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

刘斐然 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

张阳阳 （安徽华方计量科技有限公司）

潘 云 （淮南矿业集团兴科计量技术服务有限责任公司）

# 目 录

引言.....	II
1... 范围.....	1
2... 引用文件.....	1
3... 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 起动风速.....	2
5.2 示值误差.....	2
5.3 计时误差.....	2
5.4 风量误差.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准前检查.....	3
7.3 校准方法.....	4
8 校准结果.....	7
9 复校时间间隔.....	8
附录 A 校准证书内页格式.....	9
附录 B 煤矿用风速表校准原始记录格式.....	12
附录 C 煤矿用风速表示值误差校准结果的不确定度评定示例.....	14

## 引言

本规范是依据 JJF 1001 《通用计量术语及定义》、JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1 《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094 《测量仪器特性评定》、GB 3836.1—2010 《爆炸环境第 1 部分：设备 通用要求》和 GB 3836.4—2010 《爆炸环境第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备》的规定而制定的。本规范的技术指标参考 MT 380—2007 《煤矿用风速表》和 JJG (煤炭) 01—96 《矿用风速表》。

本规范为首次发布。

# 煤矿用风速表校准规范

## 1 范围

本规范适用于测量范围为(0.3~30) m/s的煤矿用机械风表、机械电子风表、电子风表的校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG (煤炭) 01—1996 矿用风速表

GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备

MT 380—2007 煤矿用风速表

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 术语

煤矿用风速表 coal-mine anemometer [MT 380—2007, 3.1]

——用于测量矿井内风流速度仪器的总称。

机械风表 mechanic anemometer [MT 380—2007, 3.2]

——全部采用机械结构测量风流速度的仪器。

机械电子风表 mechano-electronic anemometer [MT 380—2007, 3.3]

——风速感应原件采用机械结构，用非电量的电测法来测量风流速度的仪器。

电子风表 electronic anemometer [MT 380—2007, 3.4]

——风速感应原件直接输出电讯号测量风流速度的仪器。

起动风速 starting air-velocity [MT 380—2007, 3.5]

——风表的叶轮、风杯开始连续转动或有数字显示时的最低风速值。

## 4 概述

煤矿用风速表（以下简称“风表”）主要用于煤矿井下存在易燃易爆可燃性气体混合物工作环境中的瞬时风速、平均风速测量，部分风表具有风量计算功能。按风速感应元

件不同，风表可分为叶轮式、风杯式、超声波式和热导式等；按风表的结构原理分为机械电子风表和电子风表，其中机械电子式风表风速感应元件采用机械结构，用非电量的电测法来测量风流速度；电子风表风速感应元件直接输出电讯号测量风流速度。

## 5 计量特性

### 5.1 起动风速

风表的起动风速应符合表 1 规定。

表 1 风表的类型、测量范围和起动风速

m/s

风表类型	测量范围	起动风速	备注
低速风表	0.3~5	$\leq 0.2$	A 类
	0.2~5	$\leq 0.1$	B 类
中速风表	0.5~10	$\leq 0.4$	A 类
	0.5~10	$\leq 0.3$	B 类
高速风表	0.8~25	$\leq 0.6$	叶轮式
	1.0~30	$\leq 0.8$	风杯式

### 5.2 示值误差

风表的示值误差应符合表 2 规定。

表 2 风表的示值误差

m/s

风速范围	机械式风表非线性 误差的绝对值	机械电子式和电子式风表
		最大允许误差
$0.2 \leq x \leq 5$	$\leq 0.10$	$\pm 0.2$
$5 < x \leq 10$	$\leq 0.15$	$\pm 0.3$
$x > 10$	$\leq 0.20$	$\pm 0.4$

### 5.3 计时误差

带计时功能的风表，其计时的最大允许误差为 $\pm 0.5$  s。

### 5.4 风量误差

带风量计算功能的风表，风量的最大允许误差为 $\pm 2.5$  %。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 风洞工作的环境温度为(5~35)℃;测试室环境温度为(20±5)℃。校准一只风表环境温度变化不超过1℃。

6.1.2 大气压力:(86~106)kPa。

6.1.3 测量时风洞工作范围内无障碍物,避免外界气流干扰。

## 6.2 测量标准及其他设备

### 6.2.1 标准风洞

用于测量的标准风洞应符合下列要求:

——闭口直路或闭口单回流式双收缩段风洞,其工作段直径不小于300mm,风表在工作段内的阻塞比不大于3%;开式风洞其喷口直径应不小于150mm,被校风表直径不大于喷口直径的40%。

——标准风洞的风速范围应大于风表的测量范围,气流均匀性不大于1.50%,气流稳定性不大于0.50%。

6.2.2 微差压计:测量范围不小于500Pa,最大允许误差为±2.0%FS。

6.2.3 皮托管:校准系数应在0.998~1.003范围内,最大允许误差:当风速在(5~10)m/s时,不超过0.04;当风速在(10~25)m/s时,不超过0.01。

6.2.4 大气压力表:分辨力不大于10Pa,准确度等级不低于0.04级。

6.2.5 标准温度计:测量范围(0~50)℃,分辨力不大于0.1℃。

6.2.6 秒表:分辨力不大于0.01s。

6.2.7 绝缘电阻表:输出电压50V,准确度等级不低于10.0级。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

风表的起动风速、示值误差、计时误差和风量误差。

### 7.2 校准前检查

#### 7.2.1 外观和运动零、部件

7.2.1.1 风表零、部件安装正确、牢固,涂、镀层均匀,其表面不应有裂缝、凹凸不平、锈蚀、脱落等影响外观和性能的缺陷;指针、叶片平直;分度线、标字清晰,表蒙透明,不应有斑点、划痕等影响读数的缺陷。

7.2.1.2 叶轮或风杯运转平稳,不得有碰撞、停滞和偏摆现象。

7.2.1.3 开关应灵活、可靠,拨动开关和按下回零机构时,其指针对零位的偏移量:



叶轮式风表允许最大偏移量不得超过最小分度值,杯式风表不得超过最小分度值的 1/5。

7.2.1.4 数字显示的风表,其数字位数应满足风速测量范围的要求,不应有不计数、缺字段的现象。

### 7.2.2 标志与标识

7.2.2.1 在爆炸性瓦斯气体和煤尘环境中使用的机械电子式或电子风表,其防爆形式为矿用本质安全型,防爆标志为“EXibI”。

7.2.2.2 风表应标明制造单位、仪器名称、型号及编号、制造日期、防爆标志及编号、煤矿安全标志及编号和其他法制管理要求的标志。

### 7.2.3 零位飘移

机械电子式和电子式风速表,在无风流的条件下,将风表置于正常工作状态,观察显示屏上显示的风速值,允许零位飘移为 $\pm 0.10$  m/s。

### 7.2.4 绝缘电阻

机械电子式和电子式风表,用绝缘电阻表分别测量风表电池正极与外壳(或大地)、负极与外壳(或大地)之间的电阻,取其最小值作为风表的绝缘电阻。绝缘电阻在常态下应不小于 20 M $\Omega$ 。

## 7.3 校准方法

### 7.3.1 起动风速的测量

7.3.1.1 在闭口直路式或闭口单回流式双收缩段风洞中,风表和检测用皮托管分别安装在前、后工作段大于 1/8 工作段直径的风速均匀区。风表和皮托管测头迎风正对气流。皮托管测头与气流轴向允许最大偏角为 $\pm 3^\circ$ 。启动风机,缓慢递增风速,机械式风表的叶轮或风杯开始连续旋转,机械电子式和电子式风表显示屏显示最末位进“1”时,用皮托管、微差压计测量此时的实际风速,即为该被测风表的起动风速。

7.3.1.2 在开式风洞中,风表安装在距喷口出口 0.5 倍喷口直径处,启动风机,缓慢递增风速,机械式风表的叶轮或风杯开始连续旋转,机械电子式和电子式风表显示屏显示最末位进“1”时,用皮托管和微差压计测量此时的实际风速,即为该被测风表的起动风速。

### 7.3.2 示值误差的测量

7.3.2.1 在闭口直路或闭口单回流式双收缩段风洞中,皮托管置于第二工作段,低、中速风表置于第一工作段,中高速、高速风表置于第二工作段。在风表的测量范围内至

少均匀布置 6 个校准点且包含被测风表测量范围上、下限，递增风速，顺次测量。每个校准点应在风速稳定后同时测取实际风速值和风表示值，每个校准点风表示值连续测量两次，每次测量时间不少于 1 min，相邻两次测量的差值：叶轮式风表不大于风表最小分度值的两格，杯式风表不大于最小分度值的 1/5。实际风速值在每个校准点的测量时间内测量 3 次，取其平均值。

实际风速值按公式 (1) 计算

$$v_s = \frac{1}{N} \cdot \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \xi \quad (1)$$

式中：

$v_s$  ——实际风速值，m/s；

$N$  ——第二、第一工作段风速比（当皮托管和风表在同一工作段时， $N=1$ ）；

$P$  ——实测动压值，Pa；

$\xi$  ——皮托管系数。

空气密度按公式 (2) 计算：

$$\rho = 3.483 \times 10^{-3} \times \frac{P_0}{273.15 + t} \quad (2)$$

式中：

$\rho$  ——空气密度，kg/m<sup>3</sup>；

$P_0$  ——风洞室大气压力，Pa；

$t$  ——风洞室温度，℃；

7.3.2.2 在开式风洞中试验风速在 5 m/s 以内，风表置于距喷口 0.5 倍喷口直径处；试验风速大于 5 m/s，风表置于距喷口 1.0 倍喷口直径处，在风表测量范围内至少均匀布置 6 个校准点且包含被测风表测量范围上、下限，递增风速，顺次测量，每个校准点在风速稳定后同时测取实际风速值和风表示值，每个校准点风表示值连续测量 2 次，每次测量时间不少于 1 min，相邻两次测量的差值不大于风表最小分度值的两倍。实际风速值在每个校准点的测量时间内测量 3 次，取其平均值。

实际风速值按公式 (3) 计算：

$$v_s = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \quad (3)$$

式中:

$K$  ——管壁等效均匀粗糙度。由 GB/T 2624.1—2006 附录 B 查表得出;

$\Delta P$  ——孔板实测压差值, Pa。

### 7.3.2.3 机械风表非线性误差的计算

每台风表根据测量计算的实际风速值与风表示值为一组数据,按公式(4)用最小二乘法求出实际风速值与风表示值之间的线性回归方程:

$$v_s = av_z + b \quad (4)$$

式中:

$v_z$  ——风表示值, 单位: m/s;

$a$  ——风表线性回归方程的回归系数, 由公式(5)计算, 取值到小数点后两位;

$b$  ——风表线性回归方程的回归常数, 由公式(6)计算, 取值到小数点后两位。

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n v_{zi} v_{si} - \sum_{i=1}^n v_{zi} \sum_{i=1}^n v_{si}}{n \sum_{i=1}^n v_{zi}^2 - \left( \sum_{i=1}^n v_{zi} \right)^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{\left( \sum_{i=1}^n v_{si} - a \sum_{i=1}^n v_{zi} \right)}{n} \quad (6)$$

式中:

$v_{si}$  ——第  $i$  测定点的实际风速值, m/s;

$v_{zi}$  ——第  $i$  测定点的风表示值, m/s;

$n$  ——在风表测量范围内测定点数;

$i$  ——第  $i$  测点。

非线性误差的绝对值按公式(7)计算:

$$\Delta v_{si} = |v_{si} - b - av_{zi}| \quad (7)$$

式中:

$\Delta v_{si}$  ——实际风速值的非线性误差的绝对值, m/s。

7.3.2.4 机械电子风表和电子风表的示值误差按公式(8)计算:

$$\Delta v_{si} = v_{zi} - v_{si} \quad (8)$$

式中:

$\Delta v_{si}$  ——第*i*测定点风表的示值误差, m/s;

$v_{zi}$  ——第*i*测定点风表的示值, m/s;

$v_{si}$  ——第*i*测定点的实际风速值, m/s。

7.3.3 计时误差的测量

用分辨率为0.01 s的秒表测量风表的计时误差, 测量时间间隔为10 min, 用被校风表的时间减去标准秒表显示的时间即为计时误差, 每台风表测量两次, 取平均值。

7.3.4 风量误差的测量

在风速测量范围的中间点, 用公式(9)测量风量误差:

$$\delta_Q = \frac{Q_z - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

$\delta_Q$  ——风量相对误差, %;

$Q_z$  ——风表显示风量, m<sup>3</sup>/min;

$Q_s$  ——标准风量, m<sup>3</sup>/min;

标准风量按公式(10)计算:

$$Q_s = v_s \times S \times T \quad (10)$$

式中:

$S$  ——测量风表所在标准风洞工作段的出风口面积, m<sup>2</sup>;

$T$  ——标准秒表测量的时间, s。

8 校准结果

经过校准的煤矿用风速表出具校准证书。校准证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同)；
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- 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收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时, 对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 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) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议矿井中使用的风表, 复校时间间隔 6 个月；实验室使用的风表, 复校时间间隔 1 年。

## 附录 A

## 校准证书内页格式

## A.1 校准证书第 2 页式样

证书编号 XXXXXX-XXXX				
校准机构授权说明:				
校准所依据的技术规范 (代号、名称):				
校准环境条件:				
温 度:		大气压力:		
风速比:		皮托管系数:		
校准地点:				
校准使用的主要标准器:				
名 称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期至
第 X 页 共 X 页				

## A.2 校准证书第3页式样 (机械式风表)

证书编号 XXXXXX-XXXX

## 校准结果

校准前检查:

外观和运动零部件	
标志与标识	

起动风速 (m/s)	
线性回归方程	

校准点	动 压 (Pa)				实际风速 (m/s)	风表示值 (m/s)				非线性 误差的 绝对值 (m/s)
	1	2	3	平均值		1	2	差值	平均值	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

风速非线性误差的测量不确定度: \_\_\_\_\_

以下空白

第 X 页 共 X 页

## A.3 校准证书第3页式样 (机械电子式和电子式风表)

证书编号 XXXXXX-XXXX

## 校准结果

校准前检查			
外观和运动零部件		标志与标识	
绝缘电阻		零位飘移	

起动风速 (m/s)	计时误差 (s)	风量误差 (m <sup>3</sup> /min)

校准点	动 压 (Pa)				实际风速 (m/s)	风表示值 (m/s)				示值误差 (m/s)
	1	2	3	平均值		1	2	差值	平均值	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

风速示值误差的测量不确定度: \_\_\_\_\_

以下空白

第 X 页 共 X 页



## 附录 B

## 煤矿用风速表校准原始记录格式

## B.1 机械式风速表原始记录格式

共 页 第 页

证书编号: \_\_\_\_\_  
 委托单位: \_\_\_\_\_ 仪器名称: \_\_\_\_\_ 制造厂: \_\_\_\_\_  
 型号/规格: \_\_\_\_\_ 测量范围: \_\_\_\_\_ 出厂编号: \_\_\_\_\_  
 校准依据: \_\_\_\_\_ 校准地点: \_\_\_\_\_

校准使用的主要标准器:

名 称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

校准环境:

温 度: \_\_\_\_\_ 大气压力: \_\_\_\_\_ 空气密度: \_\_\_\_\_  
 皮托管系数: \_\_\_\_\_ 风 速 比: \_\_\_\_\_

校准前检查:

外观和运动零部件: \_\_\_\_\_ 标志与标识: \_\_\_\_\_

校准结果:

起动风速: \_\_\_\_\_ 线性回归方程: \_\_\_\_\_

示值误差:

校准点	动 压 (Pa)				实际风速 (m/s)	风表示值 (m/s)				非线性误差 的绝对值 (m/s)
	1	2	3	平均值		1	2	差值	平均值	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

风速非线性误差的测量不确定度: \_\_\_\_\_

校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## B.2 机械电子式和电子式风速表原始记录格式

共 页 第 页

证书编号: \_\_\_\_\_

委托单位: \_\_\_\_\_ 仪器名称: \_\_\_\_\_ 制造厂: \_\_\_\_\_

型号/规格: \_\_\_\_\_ 测量范围: \_\_\_\_\_ 出厂编号: \_\_\_\_\_

校准依据: \_\_\_\_\_ 校准地点: \_\_\_\_\_

校准使用的主要标准器:

名 称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

校准环境:

温 度: \_\_\_\_\_ 大气压力: \_\_\_\_\_ 空气密度: \_\_\_\_\_

皮托管系数: \_\_\_\_\_ 风 速 比: \_\_\_\_\_

校准前检查:

外观和运动零部件:		标志与标识:	
零位飘移:			

绝缘电阻:

正极与外壳 (或大地)	负极与外壳 (或大地)	最小值

起动风速: \_\_\_\_\_

计时误差:

序号	标准值 (s)	示值 (s)	误差 (s)	误差平均值 (s)
1				
2				

风量误差:

标准值 (m <sup>3</sup> /min)	示值 (m <sup>3</sup> /min)	相对误差 (%)

示值误差:

校准点	动 压 (Pa)				实际风速 (m/s)	风表示值 (m/s)				示值误差 (m/s)
	1	2	3	平均值		1	2	差值	平均值	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

风速示值误差的测量不确定度: \_\_\_\_\_

校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## 附录 C

## 煤矿用风速表示值误差校准结果的不确定度评定示例

## C.1 概述

## C.1.1 校准依据

本规范。

## C.1.2 测量方法

按本规范 7.3.2.1 规定方法。

## C.1.3 环境条件

温度：22.7 °C

大气压力：1012.28 hPa

## C.1.4 测量主要设备

测量主要设备见表 C.1。

表 C.1 测量主要设备

计量标准器	名称	型号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	制造厂及出厂编号
	环形低速风洞	DHS-500×500/800×800-V	(0.2~30)m/s	MPE: ±0.1 m/s	重庆蓝天仪器有限公司 161
主要配套设备	皮托管	TPL-06-300	/	皮托管系数 0.999	/ 12974
	数字压力计	CPG2400	(0~2500) Pa	0.03 级	美国 mensor 41000Z39
	大气压传感器	276	(800~1100) hPabs	0.04 级	美国 SETRA 7479043
	温度传感器	HF332-DB1	(-40~60) °C	MPE: ±0.1 °C	瑞士 rotronic 61773028

## C.1.5 被测对象

煤矿用机械电子式风速表。

## C.2 建立测量模型

C.2.1 当风表与皮托管安装在同一工作段时按公式 (C.1) 表示:

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{si} &= v_{zi} - v_{si} \\
 &= v_{zi} - \sqrt{\frac{2P\xi}{\rho}} \\
 &= v_{zi} - \sqrt{\frac{2 \times 0.999PT}{3.483 \times 10^{-3} P_0}} \\
 &= v_{zi} - 23.951 \times P^{\frac{1}{2}} \times P_0^{-\frac{1}{2}} \times T^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned} \tag{C.1}$$

式中:

$T$  ——热力学温度,  $T=273.15+t$ , 单位 K。

C.2.2 当风表安装在第一工作段, 皮托管安装在第二工作段时按公式 (C.2) 表示:

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{si} &= v_{zi} - v_{si} \\
 &= v_{zi} - \frac{1}{N} \sqrt{\frac{2P\xi}{\rho}} \\
 &= v_{zi} - \frac{1}{2.487} \sqrt{\frac{2 \times 0.999PT}{3.483 \times 10^{-3} P_0}} \\
 &= v_{zi} - 9.630 \times P^{\frac{1}{2}} \times P_0^{-\frac{1}{2}} \times T^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned} \tag{C.2}$$

## C.3 输入量标准不确定度分量的评定

C.3.1 输入量  $\bar{v}_{zi}$  的标准不确定度分量  $u(\bar{v}_{zi})$

选用两台型号:CFJD5、编号:2008315的煤矿用机械电子风速表(低速);型号CFJD25、编号:20090260的煤矿用电子风速表(高速),在温度22.7℃、大气压力:1012.28hPa的重复性条件下进行试验,重复测量10次,测量结果如表C.2、表C.3所示:

算术平均值按公式 (C.3) 表示:

$$\bar{v}_{zi} = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_{zi}}{10} \tag{C.3}$$

由于在校准过程中每个校准点测量2次,因此标准不确定度分量  $u(\bar{v}_{zi})$  按公式(C.4) 表示:

$$u(\bar{v}_{zi}) = \frac{s(v_{zi})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (v_{zi} - \bar{v}_{zi})^2}{2(10-1)}} \quad (\text{C.4})$$

表 C.2 中、高速风表各校准点测量数据和标准不确定度分量评定结果 m/s

被测器具信息		型号: CFJD25 编号: 20090260 测量范围: (0.5~25) m/s											
校准点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{v}_{zi}$	$s(v_{zi})$	$u(\bar{v}_{zi})$
0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.032	0.023
5.5	5.5	5.6	5.5	5.5	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.5	0.048	0.034
8.5	8.6	8.5	8.5	8.6	8.7	8.6	8.5	8.5	8.5	8.6	8.6	0.070	0.049
13.0	13.1	13.2	13.2	13.2	13.1	13.0	13.1	13.0	13.0	13.0	13.1	0.088	0.062
16.5	16.6	16.5	16.5	16.7	16.7	16.6	16.6	16.6	16.7	16.5	16.6	0.082	0.058
25.0	25.1	25.1	24.9	25.2	25.1	25.2	25.0	25.2	25.1	25.1	25.1	0.094	0.066

表 C.3 低速风表各校准点测量数据和标准不确定度分量评定结果 m/s

被测器具信息		型号: CFJD5 编号: 2008315 测量范围: (0.3~5.0) m/s											
校准点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{v}_{zi}$	$s(v_{zi})$	$u(\bar{v}_{zi})$
0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.032	0.023
1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	0.042	0.030
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.032	0.023
3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	0.032	0.023
4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.1	4.1	0.042	0.030
5.0	5.1	5.0	5.0	5.1	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	0.048	0.034

C.3.2 数字压力计最大允许误差引入的标准不确定度分量  $u_p$ 

选用数字压力计测量范围 (0~2500) Pa, 准确度等级 0.03 级。假设其最大允许误差带来的影响量符合均匀分布, 则由数字压力计最大允许误差引入的不确定度分量用公式 (C.5) 表示:

$$u_p = \frac{0.03\% \times 2500 \text{ Pa}}{\sqrt{3}} = 0.004 \text{ hPa} \quad (\text{C.5})$$

C.3.3 大气压传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量  $u_{p0}$ 

大气压传感器测量范围 (800~1100) hPa, 准确度等级 0.04 级。假设其最大允许误差带来的影响量符合均匀分布, 则由大气压传感器最大允许误差引入的不确定度分量用公式 (C.6) 表示:

$$u_{p0} = \frac{0.04\% \times 1100 \text{ hPa}}{\sqrt{3}} = 0.254 \text{ hPa} \quad (\text{C.6})$$

C.3.4 温度传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量  $u_T$ 

温度传感器的最大允许误差为  $\pm 0.1$  °C, 假设其最大允许误差带来的影响量符合均匀分布, 则由温度传感器最大允许误差引入测量不确定度分量用公式 (C.7) 表示:

$$u_T = \frac{0.1 \text{ }^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{C.7})$$

C.3.5 标准风洞气流均匀性引入的不确定度分量  $u_{\text{均}}$ 

根据标准风洞溯源证书可得, 气流均匀性  $\delta_{\text{均}}=0.47\%$ , 假设其带来的影响量符合均匀分布, 则由标准风洞气流均匀性引入的不确定度分量用公式 (C.8) 表示:

$$u_{\text{均}} = \frac{\delta_{\text{均}} \times v_{si}}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.8})$$

C.3.6 标准风洞气流稳定性引入的不确定度分量  $u_{\text{稳}}$ 

根据标准风洞溯源证书可得, 气流稳定性  $\delta_{\text{稳}}=0.24\%$ , 假设其带来的影响量符合均匀分布, 则由标准风洞气流稳定性引入的不确定度分量用公式 (C.9) 表示:

$$u_{\text{稳}} = \frac{\delta_{\text{稳}} \times v_{si}}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.9})$$

## C.3.7 各输入量标准不确定度分量

各输入量标准不确定度分量汇总见表 C.4、表 C.5:

表 C.4 中、高速风表各输入量标准不确定度分量汇总一览表

标准不确定度分量	标准不确定度					
	0.5	5.5	8.5	13.0	16.5	25.0
$u(\bar{v}_{zi})$	0.023	0.034	0.049	0.062	0.058	0.066
$u_p$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
$u_{p_0}$	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254
$u_T$	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.0585
$u_{均}$	0.005	0.015	0.023	0.035	0.045	0.054
$u_{稳}$	0.003	0.008	0.012	0.018	0.023	0.028

表 C.5 低速风表各输入量标准不确定度分量汇总一览表

标准不确定度分量	标准不确定度					
	0.3	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
$u(\bar{v}_{zi})$	0.023	0.030	0.023	0.023	0.030	0.034
$u_p$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
$u_{p_0}$	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254
$u_T$	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058
$u_{均}$	0.001	0.004	0.005	0.008	0.011	0.012
$u_{稳}$	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.006

## C.4 合成标准不确定度

## C.4.1 不确定度传播律

因为各输入量不相关,则示值误差  $\Delta v_{si}$  的合成标准不确定度  $u_c(\Delta v_{si})$  按公式(C.10)

计算:

$$u_c(\Delta v_{si}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)} \quad (\text{C. 10})$$

#### C. 4. 2 计算各输入量的灵敏系数

C. 4. 2. 1 当风表与皮托管安装在同一工作段时，灵敏系数按公式 (C. 11) 计算：

$$\begin{aligned} C(\bar{v}_{zi}) &= 1 \\ C_P &= -23.951 \times \frac{1}{2} P^{-\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{1}{2}} T^{\frac{1}{2}} = \frac{v_{si}}{2P} \\ C_{P_0} &= 23.951 \times \frac{1}{2} P^{\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{3}{2}} T^{\frac{1}{2}} = -\frac{v_{si}}{2P_0} \\ C_T &= -23.951 \times \frac{1}{2} P^{\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{1}{2}} T^{-\frac{1}{2}} = \frac{v_{si}}{2T} \\ C_{\text{均}} &= 1 \\ C_{\text{稳}} &= 1 \end{aligned} \quad (\text{C. 11})$$

C. 4. 2. 2 当风表安装在第一工作段，皮托管安装在第二工作段时，灵敏系数按公式 (C. 12) 计算：

$$\begin{aligned} C(\bar{v}_{zi}) &= 1 \\ C_P &= -9.630 \times P^{-\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{1}{2}} T^{\frac{1}{2}} = \frac{v_{si}}{2P} \\ C_{P_0} &= 9.630 \times P^{\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{3}{2}} T^{\frac{1}{2}} = -\frac{v_{si}}{2P_0} \\ C_T &= -9.630 \times P^{\frac{1}{2}} P_0^{-\frac{1}{2}} T^{-\frac{1}{2}} = \frac{v_{si}}{2T} \\ C_{\text{均}} &= 1 \\ C_{\text{稳}} &= 1 \end{aligned} \quad (\text{C. 12})$$

#### C. 4. 3 合成标准不确定度

C. 4. 3. 1 当风表与皮托管在同一工作段时，合成标准不确定度按公式 (C. 13) 计算，计算结果见表 C. 6：

$$u_c(\Delta v_{si}) = \sqrt{C^2(\bar{v}_{zi})u^2(\bar{v}_{zi}) + C_P^2 u_P^2 + C_{P_0}^2 u_{P_0}^2 + C_T^2 u_T^2 + C_{\text{均}}^2 u_{\text{均}}^2 + C_{\text{稳}}^2 u_{\text{稳}}^2} \quad (\text{C. 13})$$

表 C. 6 中、高速风表各校准点合成标准不确定度

m/s

校准点	0.5	5.5	8.5	13.0	16.5	25.0
$u_c(\bar{v}_{zi})$	0.025	0.038	0.055	0.073	0.077	0.090



C.4.3.2 当风表安装在第一工作段,皮托管安装在第二工作段时,合成标准不确定度按公式(C.14)计算,计算结果见表C.7:

$$u_c(\Delta v_{si}) = \sqrt{C^2(\bar{v}_{zi})u^2(\bar{v}_{zi}) + C_P^2 u_P^2 + C_{P_0}^2 u_{P_0}^2 + C_T^2 u_T^2 + C_{均}^2 u_{均}^2 + C_{稳}^2 u_{稳}^2} \quad (C.14)$$

表 C.7 低速风表各校准点合成标准不确定度

m/s

校准点	0.3	1.5	2.0	3.0	4.0	0.5
$u_c(\bar{v}_{zi})$	0.023	0.030	0.024	0.025	0.033	0.037

### C.5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 扩展不确定度  $U = ku_c$ , 则:

C.5.1 当风表与皮托管在同一工作段时,扩展不确定度见表C.8:

表 C.8 中、高速风表各校准点扩展不确定度

m/s

校准点	0.5	5.5	8.5	13.0	16.5	25.0
测量结果的扩展不确定度 $U$ ( $k=2$ )	0.05	0.08	0.11	0.15	0.15	0.18

C.5.2 当风表安装在第一工作段,皮托管安装在第二工作段时,扩展不确定度见表C.9:

表 C.9 低速风表各校准点扩展不确定度

m/s

校准点	0.3	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
测量结果的扩展不确定度 $U$ ( $k=2$ )	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	0.07

JJF (皖) 129-2022