

# JJF(浙)

## 浙江省地方计量技术规范

JJF(浙) 1185—2021

---

### 旋转式风向传感器校准规范

Calibration Specification for Revolving Wind Direction Sensors

---

2021-08-03 发布

2021-11-03 实施

浙江省市场监督管理局 发布

# 旋转式风向传感器校准规范

Calibration Specification for Revolving Wind  
Direction Sensors

JJF(浙) 1185-2021

归口单位：浙江省市场监督管理局

主要起草单位：浙江贝良风能电子科技有限公司

参加起草单位：乐清市质量技术监督检测院

杭州华电工程咨询有限公司

本规范委托浙江贝良风能电子科技有限公司负责解释

**本规范主要起草人：**

费国斌（浙江贝良风能电子科技有限公司）

张胜德（浙江贝良风能电子科技有限公司）

刘述广（浙江贝良风能电子科技有限公司）

**参加起草人：**

黄秀清（乐清市质量技术监督检测院）

刘保松（杭州华电工程咨询有限公司）

徐国强（杭州华电工程咨询有限公司）

# 目 录

引言.....	(2)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 风向启动风速.....	(2)
5.2 测量误差.....	(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.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(3)
8 校准结果表达.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 旋转式风向传感器校准原始记录参考格式.....	(6)
附录 B 旋转式风向传感器校准证书内页参考格式.....	(7)
附录 C 旋转式风向传感器校准结果不确定度评定示例.....	(8)

# 引言

本规范按照 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《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》共同构成支撑本规范的基础性系列规范。

本技术规范为首次发布。

# 旋转式风向传感器校准规范

## 1 范围

本规范适用于旋转式风向传感器（以下简称风向传感器）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 431-2014 轻便三杯风向风速表

GB/T 33691-2017 杯式测风仪测试方法

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 术语和计量单位

### 3.1 术语

#### 3.1.1 风向标 wind vane

用来指示风向带有尾翼的装置。（GB/T 33691-2017，术语和定义 2.2）

#### 3.1.2 流场均匀区 uniform space of velocity

风洞试验段内符合流速均匀性等指标的区域。

#### 3.1.3 风向起动风速 starting wind velocity of vane

由某一偏角释放返回到与气流风向相同时的最低风速。

### 3.2 计量单位

风向的计量单位为度（°），风速的计量单位为 m/s。

## 4 概述

旋转式风向传感器是用来测量风向的装置。旋转式风向传感器由风向标、信号转换模块和信号输出模块等组成。风向标围绕其转轴转动时，其角度经过内部转换电路转换，输出电气信号，按照相应的风向换算公式，计算出对应的风向值。

旋转式风向传感器的输出电气信号一般为(4~20)mA 或(1~5)V 等直流电信号, 以及具有特殊规定的其他标准化信号。

## 5 计量特性

### 5.1 风向起动风速

风向起动风速一般为: 0.5m/s、1.0m/s、1.5m/s 等。

### 5.2 测量误差

最大允许误差一般不超过 $\pm 3^\circ$ 。

注: 以上指标不作为合格性判断依据, 仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: (15~30)  $^\circ\text{C}$ ;

6.1.2 环境湿度: 不大于 85%RH;

### 6.2 测量标准及配套设备

测量标准及配套设备见表 1 所示。

**表 1** 测量标准及配套设备

序号	仪器设备名称	技术要求	用途
1	刻度码盘 或角度编码器	测量范围: (0~360) $^\circ$ ; 最大允许误差: $\pm 0.5^\circ$ 。	标准器 (也可选择满足要求的其他标准器)
2	微差压计	测量范围: (0~2500) Pa; 准确度等级: 0.02 级。	测量压差
3	皮托静压管	皮托静压管校准系数 $\xi$ 应在 0.998~1.004 之间, 不确定不大于 1%。	测量压差
4	风洞	工作段: 稳定性 $\leq 0.5\%/min$ ; 均匀性 $\leq 1.0\%$ , 气流偏角 $\leq 1^\circ$	提供风速源
5	温度计	测量范围: (0~50) $^\circ\text{C}$ ; 最大允许误差: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。	测量试验段内温度

序号	仪器设备名称	技术要求	用途
6	湿度计	测量范围：（10~95）%RH； 最大允许误差：±10%RH。	测量试验段内湿度
7	气压计	测量范围：（800~1060）hPa； 最大允许误差：±2hPa。	测量试验段内气压
8	数字多用表	测量范围(DCV)：（0~20）V； 最大允许误差：±0.5%。	测量风向传感器 输出信号
		测量范围(DCI)：（0~20）mA； 最大允许误差：±0.5%。	

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

风向传感器校准项目如表 2 所示。

表 2 校准项目

序号	校准项目	校准方法对应条款
1	风向起动风速	7.2.4
2	测量误差	7.2.5

注：可按客户要求选择校准项目。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观检查

对外观进行检查，外观应不影响校准，并予以记录。风向标转动应灵活平稳，风向传感器水平放置时，拨动风向标，应能自然停止在水平任意位置。

#### 7.2.2 校准前的准备工作

##### 7.2.2.1 皮托管安装

将皮托管牢固安装在风洞试验段，其探头轴线与风洞试验段轴线平行，并对准风的来向。将皮托管的总压接头、静压接头分别与微差压计测试端、参考端相连。

##### 7.2.2.2 被校风向传感器的安装

将被校风向传感器牢固安装在风洞试验段流场均匀区域的角度编码器旋转轴上，风向标的转动平面应处于水平状态。风向标应能停止在任意位置，转动平面处于皮托管探头后方（相对风的来向）且其高度低于皮托管探头，转动平面与皮托管之间的距离应确保风向



标旋转对皮托管的测量不造成扰动。调整风向传感器的 0° 标识点（一般标识为 N）与试验段轴线平行并指向风的来向，将风向传感器信号输出端子与数字多用表连接。

### 7.2.2.3 微差压计的预热和置零

微差压计工作前应通电并预热。校准工作开始前，应将微差压计置零。

### 7.2.3 计算风洞阻塞比

将被校风向传感器（包括安装支架）在迎风方向上的投影面积除以风洞试验段横截面积，其值不大于 0.05 时，方可校准。

### 7.2.4 风向起动风速检查

将安装在风洞内的风向传感器的风向标分别转动至与风洞轴线成 20° 及 340° 的位置停止。缓慢调节风洞的风速值至风向起动风速值，停止增加风速，观察风向标，记录风向标由静止转动至与风洞轴线夹角是否超过 5°。

### 7.2.5 测量误差的校准

7.2.5.1 风向校准点选择以下校准点，5°、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°、355°。也可按客户要求选择校准点。

7.2.5.2 将风洞试验段风速调至 5m/s±1m/s，依次按校准点进行风向校准，每个校准点稳定后，记录标准风向值和风向传感器输出的信号值。每间隔 20s 记录一次风向传感器输出的信号数值，共记录三次。取三次数值的平均值作为该校准点的输出信号值，然后将其值按转换公式（1）计算出对应的风向值。

#### 7.2.5.3 测量误差计算

a) 以校准点上的风向信号三次输出信号值的算术平均值作为其计算风向输出示值，根据技术指标中给定的公式，将其换算为风向测量值。

b) 风向测量误差按公式（1）计算

$$\Delta D = D - D_b \quad (1)$$

式中： $\Delta D$  ---- 风向传感器风向测量误差，（°）；

$D_b$  ---- 标准风向值，（°）。

$D$  ---- 风向测量值，（°）。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识（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，应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) 本次校准所用的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使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 旋转式风向传感器校准原始记录（参考格式）

客户名称				记录编号					
客户地址				收样日期					
计量器具名称		型号/规格		出厂编号					
制造单位									
环境条件	温度:      °C; 湿度:      %RH;								
校准地点									
校准依据									
本次校准所使用的主要计量标准器:									
名称	型号	测量范围	准确度等级/最大允许误差/不确定度	证书编号	有效期				
1、外观检查				2、风向起动风速检查					
3、测量误差校准:									
温度:		湿度:		气压:					
换算公式:									
序号	设定风速 (m/s)	标准风向 值(°)	输出信号值( )			平均值 ( )	风向测量 值(°)	测量误差 (°)	U, k=2
			1	2	3				
1		5							
2		30							
3		60							
4		90							
5		120							
6		150							
7		180							
8		210							
9		240							
10		270							
11		300							
12		330							
13		355							

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

## 附录 B

## 校准证书内页格式（参考格式）

## 校准结果

- 1、外观检查：  
2、起动风速检查：  
3、风向测量误差：

设定风速 (m/s)	标准风向值 (°)	平均值 ( )	风向测量值 $D$ (°)	测量误差 (°)	$U, (k=2)$
	5				
	30				
	60				
	90				
	120				
	150				
	180				
	210				
	240				
	270				
	300				
	330				
	355				
备注					

(以下空白)

注：1、本校准结果只对校准样品有效。

Note: The results are only responsible for items calibration.

2、未经本实验室书面批准，不得部分复制本校准证书。

This certification of calibration shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

3、本证书未加盖证书/报告专用章无效。

This certificate will be invalid if it is issued without official stamp.

## 附录 C

## 旋转式风向传感器校准结果不确定度评定示例

## C.1 概述

## C.1.1 测量标准和配套设备：

表 C.1 测量标准和配套设备

分类	名称	测量范围	技术指标
标准器	角度编码器	(0~360) °	MPE: ±0.5°
配套设备	环形低速风洞	(0~50) m/s	稳定性≤0.5%/min, 均匀性≤1.0%, 气流偏角≤1°
	皮托静压管	(0~60) m/s	校准系数ξ=1.000 U=0.005, k=2
	数字压力计	(0~2500) Pa	±0.01%FS
	温湿度传感器	(-20~80) °C	MPE: ±0.2°C
		(0~100) %RH	MPE: ±8%RH
	气压传感器	(800~1100) hPa	MPE: ±0.6hPa
数字多用表/8808A	DCI: (0~20) mA	MPE: ±(0.04%读数+0.02%量程)	

## C.1.2 被测对象

风向传感器，测量范围 0°~360°，输出电流：(4~20) mA，MPE: ±3°，根据公式  $D = 22.5 \times (I - 4)$  计算可得风向测量值。

## C.1.3 测量方法

采用直接比较法，将旋转式风向传感器正确安装在风洞中，根据风向传感器输出信号的类型，选择数字多用表相应的功能档位，调整风向传感器的零位与风洞轴线平行，然后按照要求的校准点进行校准，风向显示稳定后，读取传感器输出信号值，每个校准点读取三次读数，读数间隔 20s，取三次读数的平均值作为传感器输出测量值，将该测量值按传感器给出的计算公式 (C.1) 计算得出传感器风向测量值，按公式 (1) 计算风向示值与风洞标准风向的差值，即为风向测量误差。

## C.2 测量模型

$$\Delta D = D - D_b = 22.5I - D_b - 90 \quad (\text{C.1})$$

式中:

$\Delta D$ ——风向传感器的测量误差, ( $^{\circ}$ );

$D$ ——风向传感器的风向测量值, ( $^{\circ}$ );

$D_b$ ——标准风向值, ( $^{\circ}$ );

$I$ ——传感器风向输出电流信号测量值, mA。

合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2} \quad (\text{C.2})$$

灵敏系数:  $c_1 = \partial(\Delta D) / \partial(I) = 22.5$ ;

$c_2 = \partial(\Delta D) / \partial(D_b) = -1$ 。

## C.3 标准不确定度评定

风向传感器的测量不确定度主要由被校风向传感器电流测量引入的不确定度分量  $u_1$  和测量标准引入的不确定度分量  $u_2$  的合成。

C.3.1 被校风向传感器电流测量引入的不确定度分量  $u_1$ 

被校风向传感器电流测量的不确定度主要由电流测量重复性引入的不确定度分量  $u_{11}$  和数字多用表直流电流功能最大允许误差引入的不确定度分量  $u_{12}$  的合成, 数字多用表直流电流功能的分辨力引入的不确定度分量很小, 可忽略不计。

C.3.1.1 被校风向传感器电流测量重复性引入的不确定度分量  $u_{11}$ 

风向传感器电流重复测量引入的不确定度分量, 通过连续测量得到测量数值列, 采用 A 类方法进行评定。选用  $90^{\circ}$  作为评定点, 重复测量十次, 测量结果及数据处理如表 C.2:

表 C.2 风向传感器电流输出测量值

单位: mA

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电流值	8.034	8.028	8.032	8.032	8.031	8.029	8.026	8.032	8.034	8.031

电流平均值：8.031mA。

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0026 \text{ mA}$$

实际工作时，取三次平均值作为测量结果，因此：

$$u_{11} = \frac{s_1}{\sqrt{3}} = 0.0015 \text{ mA}$$

### C.3.1.2 数字多用表直流电流功能的最大允许测量误差引入的不确定度 $u_{12}$

数字多用表直流电流功能 MPE：±（0.04% 读数 + 0.02% 量程），半宽  $a=0.04\% \times 8.031 + 0.02\% \times 20 = 0.0072 \text{ mA}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_{12} = \frac{0.0072}{\sqrt{3}} = 0.0042 \text{ mA}$$

### C.3.1.3 电流测量的重复性与数字多用表直流电流功能的最大允许误差两者不相关，则

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} = 0.0045 \text{ mA}$$

## C.3.2 测量标准引入的不确定度分量 $u_2$

测量标准引入的不确定度分量主要由角度编码器测量误差引入的不确定度分量  $u_{21}$  和风洞气流偏角引起风向测量误引入的不确定度分量  $u_{22}$  的合成。

### C.3.2.1 角度编码器引入的不确定度分量 $u_{21}$

角度编码器的最大允许误差：±0.5°，半宽为  $a=0.5^\circ$ ，按均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_{21} = 0.5 / \sqrt{3} = 0.289^\circ$$

### C.3.2.2 风洞气流偏角引入的不确定度分量 $u_{21}$

在风洞技术指标中查得气流偏角为  $1^\circ$ ，半宽  $a=1^\circ / 2 = 0.5^\circ$ ，按均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，

则：

$$u_{22} = a/k = 0.5 / \sqrt{3} = 0.289^\circ$$

### C.2.2.3 计量标准器的合成不确定度

$$u_2 = \sqrt{(c_{21}u_{21})^2 + (c_{22}u_{22})^2} = 0.41^\circ$$

## C.4 合成标准不确定度评定

### C.4.1 标准不确定度分量汇总表

表 C.3 标准不确定度分量汇总表

不确定度		不确定度来源	类别	标准不确定度		灵敏系数	
$u_1$	$u_{11}$	电流测量重复性	A	0.0045mA	0.0015mA	22.5	1
	$u_{12}$	数字多用表直流电流测量 最大允许误差	B		0.0042mA		1
$u_2$	$u_{21}$	角度编码器最大允许误差	B	0.41°	0.289°	-1	1
	$u_{22}$	风洞气流偏角	B		0.289°		1

### C.4.2 合成不确定度

以上不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2} = 0.42^\circ$$

### C.5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = 2u_c = 0.84^\circ$$