



北京市地方计量技术规范

JJF (京) xxxx—202x

微风风速仪校准规范

Calibration Specification for Low Air Speed Anemometer

(征求意见稿)

202x—xx—xx 发布

202x—xx—xx 实施

北京市市场监督管理局 发布

微风风速仪校准规范

Calibration Specification for
Low Air Speed Anemometer

JJF(京) xx-xxxx

归口单位：北京市市场监督管理局

起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范委托X X X X负责解释

目 录

引言	(I)
1 适用范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量特性	(1)
4 校准条件	(1)
4.2 计量标准器及配套设备	(1)
5 校准方法	(2)
6 校准结果表达	(3)
7 复校时间间隔	(4)
附录 A	(5)
附录 B	(7)
附录 C	(11)
附录 D	(13)

引 言

本规范依据 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059《测量不确定度评定与表示》编写，参考了 JJF 1939-2021《热式风速仪校准规范》和 JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》的有关规定。

本规范为首次发布。

微风风速仪校准规范

1 适用范围

本规范适用于风速范围为 0.15m/s~2m/s 的风速仪的校准。

2 概述

微风风速仪是用于生物安全柜、洁净间、矿山通风等具有特定风向流动、流速较低的风速检测的仪器。风速仪按工作原理分为恒流式和恒温式。恒流式是给风速敏感元件一恒定电流，加热至一定温度后，其随气流变化被冷却的程度为风速的函数。恒温式是供给风速敏感元件电流可调，在不同的风速下使处于不同的热平衡状态的风速敏感元件的工作温度基本维持不变，即阻值基本恒定，该敏感元件所消耗的功率为风速的函数。

3 计量特性

3.1 风速示值误差

不超过 $\pm(0.05 \times \text{风速值} \pm 0.1)$ m/s。

3.2 风速重复性

不超过示值误差绝对值的 1/3。

4 校准条件

4.1 环境条件

环境温度 (15~30) °C，相对湿度 $\leq 80\%$ ，大气压力 (86~106) kPa。

4.2 计量标准器及配套设备

4.2.1 微风风速校准装置

两级收缩风洞，风速范围覆盖 (0.06~2) m/s，工作段内气流均匀性不大于 5%，稳定性 (1min) 不大于 3%；微压计测量范围 (0~1000) Pa，准确度等级应优于 0.1 级。

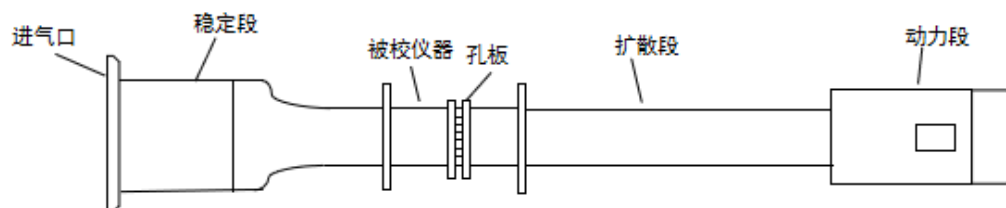


图 1 仪器安装位置示意图

4.2.2 空盒气压表

测量范围 (960~1050) hPa, 扩展不确定度 $U \leq 0.4 \text{ Pa}$ ($k=2$)。

4.2.3 数字温度计

测量范围 (0~50) °C, 最大允许误差为 ± 0.2 °C。

4.2.4 湿度计

测量范围 (5%RH~95%RH), 最大允许误差为 ± 3 %RH。

5 校准方法

5.1 校准前准备

传感器的测杆应笔直, 上下调节活动自如。传感器的敏感元件应保持清洁, 不能有污物或灰尘等; 数显风速仪的显示器应能正常清晰地显示数字; 数显风速仪在非工作状态时, 电源接通时, 显示器的显示值应为零。

5.2 示值误差

将被校风速仪的传感器放置在风洞工作段几何中心位置或风洞工作段来流流场风速均匀区。选取校准风速点: 0.2 m/s、0.3 m/s、0.5 m/s、1.0 m/s、1.5 m/s、2.0 m/s。每个校准风速点的实际风速与设定风速的偏差应不超过 ± 0.05 m/s。各校准风速点的风速值调好后要稳定至少 1min, 确定风速值稳定后在微压计和被校准风速仪显示值稳定时进行读数。微风风速校准装置示值读取 3 次, 被校风速仪示值读取 3 次。同时记录环

境温度、相对湿度和大气压力。按公式（1）计算示值误差：

$$\Delta v = \bar{v} - v_s \quad (1)$$

式中：

Δv ——某校准点被校风速仪的示值误差，m/s；

$\bar{v}$ ——某校准点被校风速仪示值的算数平均值，m/s；

v_s ——某校准点标准器风速测量值平均值，m/s；

5.3 重复性

在每个校准风速点，风速值调好后要稳定至少 1min，待微压计和被校准风速仪显示值稳定后每隔 1min 记录被校风速仪示值，连续重复测量 6 次，按公式（2）计算风速重复性：

$$S_v = \frac{1}{\bar{v}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (v_i - \bar{v})^2}{5}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

S_v ——风速重复性，m/s；

$\bar{v}$ ——被校风速仪 6 次测量值的平均值，m/s；

v_i ——被校风速仪第 i 次的测量值，m/s；

6 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，校准证书或报告至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的惟一性标识（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。校准环境的描述;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代码;
- 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) 校准结果及测量不确定度的说明
- 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。

7 复校时间间隔

送检单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议系统的复校时间间隔一般为 1 年。在相邻两次校准期间, 如果对系统的检测数据有怀疑或系统更换主要部件及修理后应对系统重新校准。

附录 A

微风风速校准装置校准方法

A.1 概述

采用激光多普勒流速仪对微风风速校准装置的微风风速(0.15~2.00)m/s 进行校准。

A.2 标准器及配套设备

A.2.1 激光多普勒流速仪

测量范围(0~40) m/s, $U_{rel} \leq 0.5\%$ ($k=2$)。

A.2.2 烟雾发生装置

浓度稳定性不超过 $\pm 5\%$ ($\geq 10\text{min}$)。

A.3 校准方法

利用烟雾发生装置发生均匀、稳定的低流速颗粒物气溶胶, 调节校准装置的电机频率, 插入不同尺寸的孔板调节校准装置, 使得激光多普勒流速仪测量校准装置工作段稳定风速值为 0.15m/s、0.2m/s、0.3m/s、0.5m/s、0.8m/s、1.00m/s、1.5m/s 和 2m/s, 连续测量 3 次。记录对应标准风速值下电机的频率、差压计示值、温度、湿度、大气压等参数, 建立“风速-差压”曲线。利用最小二乘法, 按照公式 (A.1) 求得微风风速校准装置系统系数 k 。

$$v_s = \sqrt{\Delta p} \times 23.961 \times k \times \sqrt{\frac{273.15 + t}{(p - 0.378 \cdot \varphi \cdot e_w)}} \quad (\text{A.1})$$

式中:

Δp ——微差压计示值的算术平均值, Pa;

k ——微风风速校准装置系统系数;

t ——环境温度, $^{\circ}\text{C}$;

p ——大气压力, Pa;

φ ——相对湿度, %;

e_w ——温度为 t (°C) 时的饱和水气压, Pa。

简化公式, 微风风速校准装置的相关系数 K 如公式 (A.2)

$$K = k \times 23.961 \times \sqrt{\frac{273.15 + t}{(p - 0.378 \cdot \varphi \cdot e_w)}} \quad (\text{A.2})$$

A.4 复校时间间隔

微风风速校准装置应至少每 3 个月校准一次, 并根据使用时间和频率增加校准次数, 保障微风风速校准装置的量值准确性。

附录 B

校准风速仪示值误差的不确定度评定示例

B.1 概述

按本规范的校准方法，以风速校准点 1.00m/s 时为例，进行不确定评定。

B.1.1 不确定度评定依据

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示技术规范

B.2 激光多普勒校准微风风速校准装置不确定度评定

B.2.1 测量模型激光多普勒流速仪校准微风风速校准装置的示值误差的计算公式(B.1)：

$$\Delta v = \bar{v} - v_s \quad (\text{B.1})$$

式中：

$\bar{v}$ ——某校准点检定装置示值的算数平均值，m/s；

v_s ——某校准点标准器风速测量值平均值，m/s；

B.2.2 合成标准不确定度

由公式 (A.1) 可见，示值误差 δ 测量结果不确定度的来源主要有：

- a) 微风风速校准装置测量的不确定度分量 $u(\bar{v})$ ；
- b) 标准器的不确定度分量 $u(v_s)$ 。

$\bar{v}$ 和 v_s 的不确定度互不相关，因此：

$$u_c^2(\delta) = u^2(\bar{v}) + u^2(v_s) \quad (\text{B.2})$$

B.2.3 不确定度评定

B.2.3.1 微风风速校准装置测量的不确定度分量 $u(\bar{v})$

微风风速校准装置测量的不确定度分量由检定装置重复性测量得到。以校准 1.00m/s 为例，待示值稳定后，重复测量 6 次，测量值为(m/s)：1.01、1.01、1.02、1.00、

1.02、1.00。6 次修正值测量结果的标准偏差为 0.0089m/s 则

$$u(\bar{v}) = \frac{0.0089}{\sqrt{6}} = 0.0036\text{m/s}$$

B.2.3.2 标准器的不确定度分量 $u(v_s)$

激光多普勒流速仪引入的不确定度分量分为激光多普勒流速仪测量重复性引入的不确定度和仪器本身引入的不确定度。

校准风速点 1.00m/s 时，激光多普勒流速仪测量 6 次读数分别为 1.0003m/s、1.0006m/s、1.0004m/s、1.0009m/s、1.0007m/s、1.0005m/s。6 次修正值测量结果的标准偏差为 0.0216m/s 则

$$u_1(v_s) = \frac{0.0216}{\sqrt{6}} = 0.016\text{m/s}$$

激光多普勒流速仪的扩展不确定度为 0.5% ($k=2$)，按均匀分布，激光多普勒流速仪本身引入的标准不确定度为：

$$u_2(v_s) = \frac{0.5\%}{2} \times 1.0005 = 0.0025\text{m/s}$$

将风洞的稳定性稳定性计入激光多普勒流速仪测量的不确定度，风洞的稳定性要求为 0.3%，按均匀分布，则风洞稳定性引入的不确定度为：

$$\frac{0.3\%}{\sqrt{3}} \times 1.0005 = 0.0017\text{m/s}$$

激光多普勒流速仪测量引入的标准不确定度为：

$$u(v_s) = \sqrt{0.016^2 + 0.0025^2 + 0.0017^2} = 0.0163\text{m/s}$$

B.2.3.3 合成标准不确定度的计算

按公式 (B.2) 计算得到合成标准不确定度 0.0003m/s。

B.2.3.4 扩展不确定度的计算

取 $k=2$ ，扩展不确定度为 0.0006m/s。

B.3 微风风速校准装置校准风速仪不确定度评定

B.3.1 测量模型

待校准风速仪的示值误差 Δv 可表示为 $\Delta v = v - v_s$

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{u^2(v) + u^2(v_s)} \quad (\text{B.3})$$

$$U(\Delta v) = k \cdot u(\Delta v) \quad (\text{B.4})$$

式中:

v ——风速仪示值, m/s;

v_s ——标准风速值, m/s;

B.3.2 被测仪器示值不重复性引入的标准不确定度 $u(v)$

以检测 1.00m/s 为例, 待示值稳定后, 重复测量 6 次, 测量值为(m/s): 1.03、1.06、1.02、1.04、1.02、1.05。6 次修正值测量结果的标准偏差为 0.05m/s 则:

$$u(v) = \frac{0.05}{\sqrt{6}} = 0.02(\text{m/s})$$

B.3.3 标准器的不确定度分量 $u(v_s)$

B.3.3.1 风洞气流均匀性引入的不确定度 $u_1(v_s)$

风洞工作段气流均匀性要求为 0.5%, 假设为均匀分布, 则:

$$\frac{0.5\%}{\sqrt{3}} \times 1.04 = 0.0030\text{m/s}$$

B.3.3.2 校准装置引入的不确定度分量 $u_2(v_s)$

微风风速校准装置的扩展不确定度 0.0006% ($k=2$), 按均匀分布, 其标准不确定度为:

$$u_2(v_s) = \frac{0.0006\%}{2} \times 1.01 = 0.000003\text{m/s}$$

标准器引入的标准不确定度为:

$$u(v_s) = \sqrt{0.0030^2 + 0.000003^2} = 0.0030\text{m/s}$$

B.3.4 合成标准不确定度的计算

按公式 (B.3) 计算得到合成标准不确定度 0.0202m/s。

B.3.5 扩展不确定度的计算

取 $k=2$ ，扩展不确定度为 0.0404m/s。

附录 C

微风风速仪校准原始记录表格（推荐）

委托单号_____证书编号_____

送检单位_____测量范围_____

仪器名称_____仪器型号_____

仪器编号_____制造厂商_____

校准地点_____

环境条件：温度_____℃ 湿度_____ %RH 大气压力_____ Pa

本次测量所使用的主要计量器具

标准器名称	编号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	证书编号/ 溯源单位	有效期至

校准 风速 点	标准器示值 (m/s)				风速仪示值 (m/s)				示值 误差 (m/ s)	扩展不 确定度 ($k=2$) (m/s)	重复性 (m/s)
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

校准：_____ 核验：_____ 日期：_____

附录 D

微风风速仪校准证书内页

证书编号：xxxxx-xxxxx					
校准结果					
序号	标准风速值 m/s	风速仪示值 m/s	示值误差 m/s	扩展不确定度（ $k=2$ ） m/s	重复性 m/s
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

