

---

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJFXXXX—XXXX

---

固定污染源烟气流速比对装置校准规  
范

Calibration specification of comparison device for Stationary source  
emissions exhaust gas

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

---

# 固定污染源烟气流速 比对装置校准规范

JJF XXXX-XXXX

归口单位: 全国流量计量技术委员会

起草单位: 中国计量科学研究院

郑州计量先进技术研究院

上海市计量测试技术研究院

参加单位: 重庆市计量质量检测研究院

河南省计量科学研究院

本规范委托全国流量计量技术委员会负责解释

---

本规范主要起草人：

张亮（中国计量科学研究院）

鲁贵祥（郑州计量先进技术研究院）

李海洋（上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

郭虎林（郑州计量先进技术研究院）

王池（中国计量科学研究院）

刘幸（重庆市计量质量检测研究院）

朱永宏（河南省计量科学研究院）

---

# 目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	3
5 计量特性.....	3
6 校准条件.....	4
7 校准项目和校准方法.....	5
9 不确定度评定.....	8
10 校准结果表达.....	8
11 复校时间间隔.....	8
附录 A 校准记录推荐格式.....	9
附录 B 校准证书内页信息及推荐格式.....	10
附件 C 不确定度评定示例.....	11

---

# 引言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、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》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范依据 GB/T 16157-1996《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》、JJG 518-1998《皮托管》和 HJ/T 397-2007《固定源废气监测技术规范》作为其基本原则，并参照 EPA Method 2F《用三维探针确定烟道气体流速及体积流量》(Determination of Stack Gas Velocity And Volumetric Flow Rate With Three-Dimensional Probes)进行制定。

本规范为首次发布。

# 固定污染源烟气排放监测系统流速比对装置校准规范

## 1 范围

本标准适用于固定污染源烟气排放连续监测系统的参比仪器的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列条文：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1004-2004 流量计量名词术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJG 518 皮托管检定规程

JJG 835-1993 速度-面积法流量装置检定规程

GB/T 16157-1996 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ75-2017 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ76-2017 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

EPA Method 2F 《用三维探针确定烟道气体流速及体积流量》(Determination of Stack Gas Velocity And Volumetric Flow Rate With Three-Dimensional Probes)

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本，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 烟气排放连续监测系统 continuous emission monitoring system, CEMS

连续监测固定污染源颗粒物和（或）气态污染物排放浓度和排放量所需的全部设备，简称CEMS。

#### 3.1.2 平均轴向流体速度（mean axial fluid velocity）（JJF1004）

瞬时体积流量（局部流体速度的轴向分量在管道截面上的积分）与横截面面积之比。

### 3.1.3 流动剖面 (flow profile) (JJF1004)

速度分布的图解表示法。

### 3.1.4 标况体积流量 (normalized volumetric flowrate)

20℃、101.325kPa状况下的体积流量。

### 3.1.5 比对监测 (comparison monitoring)

指采用参比(标准)方法,以自动监测法在企业正常生产下实施同步采样分析,验证固定污染源烟气自动监测结果准确性的监测行为。

### 3.1.6 比对装置 (calibration device of comparison monitoring)

指采用参比(标准)方法,用于在企业正常生产下实施同步采样分析,验证固定污染源烟气自动监测结果准确性的监测行为装置的校准的一系列装置及相关设备。

### 3.1.7 参比方法 (reference method)

国家或行业发布的标准方法。

### 3.1.8 速度场系数 (velocity field coefficient)

参比方法与CEMS同步测量烟气流速,参比方法测量的烟气平均速度与同时间区间且相同状态的CEMS测量的烟气平均速度的比值。

### 3.1.9 流场均匀性 (Flow fields uniformity)

风洞试验段断面流速分布均匀程度。

均匀度用公式(1)计算。

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{(n-1) \times \bar{v}^2}} \quad \dots\dots (1)$$

式中:  $\sigma_r$ —流速相对均方根;

$v_i$ —测点烟气流速, m/s;

$\bar{v}$ —断面烟气平均流速, m/s;

$n$ —断面上的流速测点数目,测点的选择按照GB/T 16157执行。

### 3.1.10 流速攻角 (flow angle of attack)

流速攻角的定义公式:

$$R_i = \arccos[(\cos Y_i)(\cos P_i)] \quad \dots\dots (2)$$

式中:

$i$ —测点号;

$R_i$ —第  $i$  个测点的流速攻角, 度;

$Y_i$ —第  $i$  个测点的偏航角, 度;

$P_i$ —第  $i$  个测点的俯仰角, 度;

### 3.1.11 流速测定仪 (flow velocity determinator)

由皮托管、温度传感器、压力传感器、控制电路及显示屏组成的测速系统。

### 3.2 计量单位

3.2.1 长度单位：米，符号m；或毫米，符号mm。

3.2.2 容积单位：立方米，符号m<sup>3</sup>；或升，符号L；或毫升，符号mL。

3.2.3 流量单位：立方米每[小]时，符号m<sup>3</sup>/h；或升每分，符号L/min。

3.2.4 压力单位：帕[斯卡]，符号Pa；或千帕，符号kPa。

3.2.5 温度单位：摄氏度，符号℃；或开尔文，符号K。

3.2.6 速度单位：米每秒，符号m/s；或千米每[小]时，符号km/h。

## 4 概述

### 4.1 比对装置介绍

比对装置由皮托管、滑动机构以、数据采集器及显示控制电脑组成。如图 1 所示。

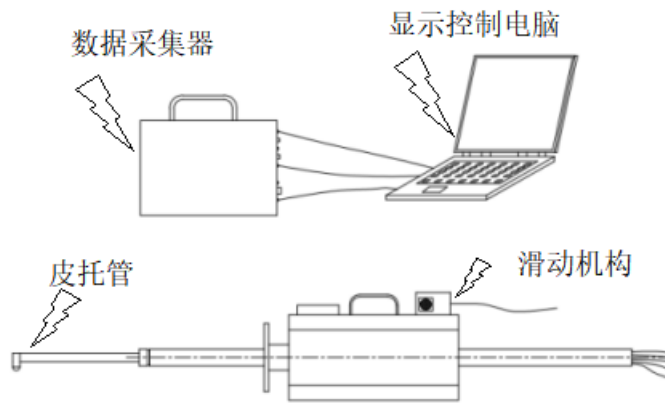


图 1. 比对装置示意图

### 4.2 工作原理

将采样器插入烟道中，通过滑动机构进行扫点采样，采样点信息通过数据收集器进行收集并保存，将采集到的数据经过处理，得到烟道截面轴向平均流速，并与烟道 CEMS 同时段内的轴向平均流速进行比较，从而得到烟道的速度场系数，从而修正烟道的数据。

## 5 计量特性

### 5.1 准确度等级

流量计的准确度等级、最大允许误差见表 1。

表 1 比对装置的准确性等级



准确度等级	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
最大允许误差/%	±1.0	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

## 5.2 重复性

比对装置平均轴向流速重复性不得超过最大允许误差绝对值的 1/3。

## 5.3 比对装置系数调整

如果比对装置在校准时，大于了最大允许误差，则启用新的校准系数，并重新进行校准评级。

# 6 校准条件

## 6.1 环境条件

温度：（-20~40）℃；

流速范围：（0.3~30）m/s；

管道当量直径：≥0.9m；

流量范围：（800~190000）m<sup>3</sup>/h。

大气压：（86~106）kPa；

相对湿度：（30~100）%。

流量装置的不确定度在 1% 以下 且优于被测比对装置不确定度的 1/3

## 6.2 配套设备

配套设备见表 2

表 2. 配套设备技术要求及用途

序号	设备名称	技术要求	用途
1	气体流速标准装置	流速范围：（0.3~30）m/s 流速攻角范围：0° ~45° 流场均匀度最大值：>25% 流场均匀度最小值：<10% 装置稳定性：<1% 烟道模拟器形状：矩形、圆形 当量直径：>0.9m 不确定度：优于被测装置的 1/3	产生校准所需流场
2	超声流量计	1.0 级及以上	标准流速装置

3	温度计	分度值 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$	测量介质及环境温度
4	压力计	分辨力 $\leq 10\text{Pa}$	介质压力
5	气压计	MPE: $\pm 2.5\text{hPa}$	环境压力
6	湿度计	MPE: $\pm 10\% \text{RH}$	介质湿度

所有配套设备应具有检定/校准证书。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

比对装置的示值误差及修正因子校准，等级判定。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 通用检查

7.2.1.1 比对装置应附有使用说明书。

7.2.1.2 比对装置的说明书应详细说明比对装置的安装方法和使用要求。

7.2.1.3 比对装置说明书中应说明采样器的压力范围和工作温度。

7.2.1.4 铭牌和标识，

- a. 流向标识；
- b. 制造厂名；
- c. 产品名称及型号；
- d. 出厂编号；
- e. 制造计量器具许可证标志和编号；
- f. 耐压等级；
- h. 适用管径范围；
- i. 准确度等级；
- j. 制造年月；

以及其他有关技术指标。

#### 7.2.1.5 外观检查

a. 新制造的比对装置应有良好的表面处理，不得有毛刺、划痕、裂纹、锈蚀、霉斑和涂层剥落现象。密封面应平整，不得有损伤。

b. 比对装置数据收集与采样器连接牢固，密封可靠。

#### 7.2.1.6 密封性检查

通过对采样器进行加压，封堵采样孔，保持 15s，压力无变化，则证明密封良好。

#### 7.2.1.7 温度计

因气体体积及密度与温度有关，需配备温度计，实时测量气体的温度，温度计

示数误差小于 0.1℃。温度计正常工作。

## 7.2.2 校准装置测试段

### 7.2.2.1 流速要求：

实验室校准流速装置至少应覆盖（0.3~30）m/s，且能在特定校准风速下保持稳定。

### 7.2.2.2 风洞形状：

流量管道尺寸应包含圆形及矩形，圆形应至少包含两个尺寸，且直径不小于 1m；矩形管道至少包含两个尺寸，且长边不小于 1m，

## 7.2.3 风洞内流场

### 7.2.3.1 均匀度要求：

校准装置应配备改变流场均匀度的装置，校准过程中应在三个不同的均匀度下进行校准。即均匀度低于 10%；均匀度在（10~25）% 范围内；以及均匀度高于 25% 的流场。均匀度计算公式见公式（1）

### 7.2.3.2 流速攻角要求：

校准风洞应具有调节流速攻角的装置，最大范围应覆盖（0~45）°。流速攻角公式见公式（2）。

## 7.2.3 设备安装

比对装置安装时，比对装置标识的流向应与气流流向一致，比对装置与管道轴线方向一致，安装位置应满足说明书前后直管段的要求，安装相应扰流件，使均匀度分别在 10% 以下；10%~25% 范围内；25% 以上。流速攻角分别在 0°、20° 和 45°。

## 7.2.4 校准点

每个尺寸的标准流速装置校准点一般不少于 5 个， $v_{\max}$ 、 $0.75v_{\max}$ 、 $0.5v_{\max}$ 、 $0.25v_{\max}$ 、 $v_{\min}$ 。

每个校准点需进行三种不同均匀度流场下的校准。

## 7.2.5 校准次数

在每个校准点、每个均匀度的流场下至少检测 3 次。每次测量时间不少于 15s，每两次重复测量时间间隔不少于 10s。

# 8 示值误差及重复性

## 8.1 速度示值相对误差计算

比对装置第  $i$  流速点第  $j$  次测量校准的相对示值误差按式（3）进行计算。

$$E_{ij} = \frac{v_{ij} - (v_s)_{ij}}{(v_s)_{ij}} \times 100\% \quad \dots\dots (3)$$

式中：

$E_{ij}$ —比对装置第  $i$  流速点第  $j$  次测量校准的相对示值误差，%；

$v_{ij}$ —比对装置第  $i$  流速点第  $j$  次测量校准的速度值，m/s；

$(v_s)_{ij}$ —流速标准装置第  $i$  流速点第  $j$  次测量校准的速度值，m/s。

比对装置第  $i$  流速点的相对示值误差按式（4）计算。

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n E_{ij}}{n} \quad \dots\dots (4)$$

式中：

$E_{ij}$ —比对装置第  $i$  流速点的相对示值误差，%；

$n$ —第  $i$  流速点测量校准次数。

## 8.2 比对装置重复性计算

比对装置第  $i$  流速点  $n$  次测量校准的重复性按式（5）计算。

$$(E_r)_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2} \quad \dots\dots (5)$$

式中：

$(E_r)_i$ —比对装置第  $i$  流速点  $n$  次测量校准的重复性，%。

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad \dots\dots (6)$$

式中：

$E_r$ —比对装置重复性，%。

$[(E_r)_i]_{\max}$ —比对装置各流速点  $n$  次测量校准重复性的最大值，%。

## 8.3 流量计校准系数

校准系数按公式（7）计算：

$$k_i = \frac{v_i}{(v_s)_i} \quad \dots\dots (7)$$

其中：

$k_i$ —比对装置第  $i$  流速点处的校准系数；

$v_i$ —比对装置第  $i$  流速点处的平均速度，m/s。

$(v_s)_i$ —流速标准装置第  $i$  流速点处的平均速度，m/s。

## 8.4 评级

根据公式（8）确定最大误差，并依据 5.2 中描述确定比对监测校准装等级。若最大误差超过 5%，则调整为最新校准系数并重新评级。

$$E = (E_i)_{\max} \quad \dots\dots (8)$$

## 9 不确定度评定

### 9.1 测量重复性引入的不确定度

比对装置 A 类不确定度是由测量重复性引起的不确定度，由公式（9）计算。

$$u_1 = \frac{E_r}{\sqrt{n}} \quad \dots\dots (9)$$

### 9.2 标准流速装置引入的不确定度

标准流速装置的合成不确定度  $u_2$  根据证书所确定。

### 9.3 合成不确定度

比对装置合成不确定度  $u$  由公式（10）计算。

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad \dots\dots (10)$$

### 9.4 扩展不确定度

$$U = ku \quad \dots\dots (11)$$

式中：

$k$ —覆盖因子，取  $k = 2$ 。

## 10 校准结果表达

按本规范进行校准，出具校准证书，校准证书内页格式见附录 B；校准结果应给出测量结果的不确定度（评定示例见附录 C）。

## 11 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主确定复校周期间隔。

## 附录 A 校准记录推荐格式

烟道参比流量计实验室校准原始数据记录表						
送检单位:				时间:		
送检地址:						
比对监测校准 装置制造商:				型号:		
编号:				流速范围:		
是否磨损	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是否残缺	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
温度:			湿度:		介质:	
密度:			大气压力:			
标准流速 装置形状:		截面尺寸		截面积:		
流速点	标准流速 (m/s)	被校平均流 速 (m/s)	流场均匀度 <10% (%)	最大流速攻 角 (°)	校准系数	最大误差
1						
2						
3						
4						
5						
流场均匀度为:		流速攻角为:		校准系数:		最大误差:
标准流速 装置形状:		截面尺寸:		截面积:		
流速点	标准流速 (m/s)	被校平均流 量 (m <sup>3</sup> /h)	被校平均流 速 (m/s)	流场均匀度 <10% (%)	最大流速 攻角 (°)	校准系数
1						
2						
3						
4						
5						
流场均匀度为:		流速攻角为:		校准系数:		最大误差:
检测:	核对:	批准:	检测单位			

## 附录 B 校准证书内页信息及推荐格式

证书编号：XXXXXXXX

校准结果					
环境条件					
温度：	湿度：	介质：			
密度：	大气压力：				
不同流量校准点的校准系数与不确定度					
标准流速装置 类型	均匀度	流速攻角	校准系数	最大误差	
矩形/圆形：尺寸	<10%				
	≥10% <25%				
≥25%					
	<10%				
≥10% <25%					
≥25%					
说明： 依据校准文件的规定，通常情况下_____个月校准一次					
声明： 1. 我院仅对加盖“郑州计量先进技术研究院”的完整证书负责。 2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效					

校准员：

核验员：

## 附件 C 不确定度评定示例

### 比对装置校准结果的测量不确定度评定

#### C.1 测量方法

在规范规定的校准条件下，将被校比对装置安装在标准流速装置实验段中，以标准流速计的值为参考标准，在标准流速装置中用比较法对比对装置进行校准，具体实验步骤件参考本规范第七节中的校准方法。

#### C.2 标准流量计校准系数 $k$ 的测量不确定度评定示例

##### C.2.1 A类不确定度的评定

以某次某流速点校准测量为例，流场均匀性较好，流速攻角为 $0^\circ$ ，在截面上进行10个点的测量，每个点进行三次重复测量，测量结果分别为（m/s）：7.512、7.498、7.520、7.515、7.507、7.506、7.492、7.493、7.485、7.514、7.533、7.512、7.521、7.491、7.491、7.492、7.492、7.493、7.493、7.504、7.505、7.506、7.507、7.508、7.509、7.510、7.521、7.512、7.513、7.514、7.515。标准流速计测量结果分别为（m/s）：7.499、7.499、7.499、7.499、7.499、7.499、7.500、7.500、7.500、7.500、7.500、7.500、7.501、7.501、7.501、7.501、7.501、7.501、7.501、7.502、7.502、7.502、7.502、7.503、7.503、7.503、7.503、7.503、7.503。

由公式（C.1）计算流速标准偏差。

$$(E_r)_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2} \quad \dots\dots (C.1)$$

将测量结果代入式C.1可得 $(E_r)_i = 0.167\%$ 。

由式（C.2）计算A类不确定度。

$$u_1 = \frac{E_r}{\sqrt{n}} \quad \dots\dots (C.2)$$

将（C.1）中得到的数据代入（C.2）中可得 $u_1 = 0.030\%$ 。

##### C.2.2 B类不确定度的评定

B类不确定度主要由装置本身决定的。由证书中可得 $u_2 = 0.58\%$ 。

##### C.2.3 合成不确定度

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad \dots\dots (C.3.)$$

将 $u_1$ 和 $u_2$ 的值代入公式（C.3）中可得 $u = 0.581\%$



---

#### C.2.4 扩展不确定度

$$U = ku \quad \dots\dots (C.4)$$

式中： $k$ 为覆盖因子， $k=2$ 。

将 $u$ 的值代入公式（C.4）中，可得 $U=1.162\%$ 。