



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1068—2015

数字风量罩校准规范

Calibration Specification for Digital Air Flow Hood

2015-03-01 发布

2015-05-01 实施

福建省质量技术监督局 发布

数字风量罩校准规范

Calibration Specification
for Digital Air Flow Hood

JJF (闽) 1068—2015

本规范经福建省质量技术监督局于2015年3月1日批准发布，
并自2015年5月1日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

主要起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托起草单位负责解释。

本规范主要起草人:

姜立斌 (福建省计量科学研究院)

王孔祥 (福建省计量科学研究院)

参加起草人:

吕光明 (福建省计量科学研究院)

卓晓丹 (福建省计量科学研究院)

潘伯杰 (南平市计量所)

王永忠 (漳州市计量所)

目 录

引言	(III)
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 测量误差	(2)
5.2 外观	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 供电条件	(2)
6.3 风量标准装置	(2)
6.3.1 标准装置的构成	(2)
6.3.2 标准装置的准确度	(3)
6.4 其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准前的检查	(4)
7.3 校准方法	(5)
8 校准结果的表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 风量罩校准证书内页格式示例	(8)

附录 B 风量罩校准原始记录格式示例	(9)
附录 C 不确定度评定范例 1	(10)
附录 D 不确定度评定范例 2	(13)
附录 E 标准风量值计算	(16)
附录 F 示值—实际风量值拟合线方程及拟合线图	(17)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》起草，其中测量不确定度的评定按照 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》进行。

本规范为首次起草。

数字风量罩校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为(30~5000) m³/h的数字风量罩(以下简称风量罩)的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件:

JJG 431-1986 DEM6型轻便三杯风向风速表检定规程

JJG 515-1987 轻便磁感风向风速表试行检定规程

JJG 613-1989 电接风向风速仪检定规程

JJF 1101-2011 通用计量术语及定义

3 术语

3.1 风量 (Air Flow)

单位时间内空气的流通量。其单位为 m³/h。

3.2 数字风量罩 (Digital Air Flow Hood)

利用集风罩,将风汇集至底座上的风速均匀器,通过测量均匀器上的风速变化值和底座的通风截面积计算出风量值,并通过数显表头直接显示的仪器。

3.3 风量校准拟合线 (Air flow calibration fitting line)

用拟合线近似地刻画或比拟平面上风量罩测量结果与风量标准值的离散点组所表示的坐标之间的函数关系。

4 概述

风量罩主要用于空气流量的测量。

风量罩的工作原理是利用底座端面上的风压传感器或热式传感器测量风速的大小并取平均值,乘以底座的通风截面积得出风量值。

风量罩一般由数显表头、尼龙风罩、手柄和底座组成(如图1所示)。

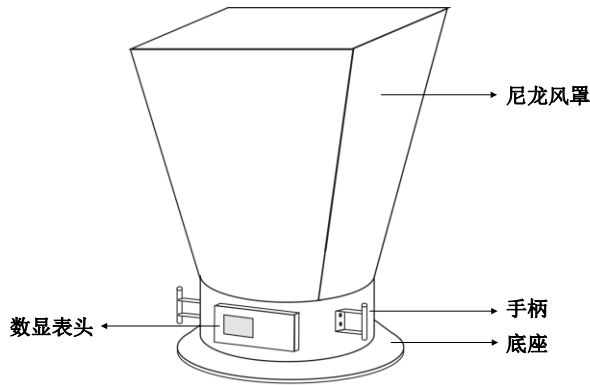


图1 风量罩示意图

5 计量特性

5.1 测量误差

风量罩的风量测量误差一般为量程的 $\pm(3\% \sim 10\%)$ 。

5.2 外观

5.2.1 各零部件安装应正确、牢固，可动部分应灵活可靠，尼龙风罩不得有破损漏风现象。

5.2.2 应在适当位置装有铭牌，宜含有以下信息：仪器名称、型号、出厂编号、测量范围、测量误差、制造商名称或商标、出厂日期等。

5.2.3 显示表上数字显示应清晰，不得有缺笔画现象，如有电源接口，不得出现锈蚀。

6 校准条件

6.1 环境条件

- a) 环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $(30\% \sim 85\%) \text{RH}$ ；
- c) 大气压力： $(950 \sim 1060) \text{hPa}$ 。

注：如不能满足上述条件应考虑由此引入的不确定度。

6.2 供电条件

供电电源应符合被检风量罩、风量标准装置及恒温等设备的正常工作要求。

6.3 风量标准装置

6.3.1 标准装置的构成

风量标准装置由空气流量测量装置、风量发生及控制装置和试验管道三部分构成，如图2所示。图2中阴影部分为空气流量测量装置，如图3所示。

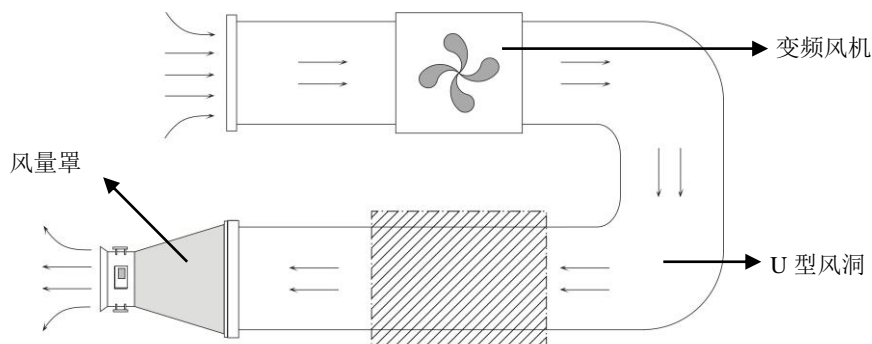


图 2 风量标准装置示意图

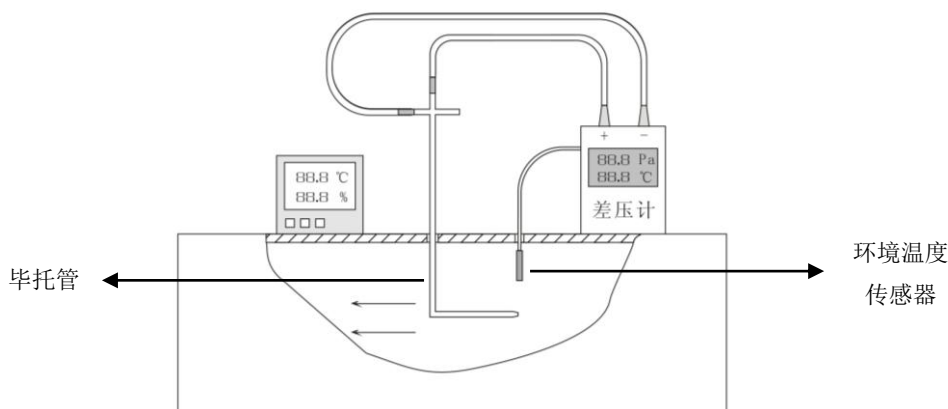


图 3 空气流量测量装置

a) 空气流量测量装置是由节流装置和差压计组成的标准流量装置。节流装置包括节流件、取压装置和前后直管段在内的整个装置。节流件一般采用标准孔板或标准喷嘴。

测量风量大于 $500\text{m}^3/\text{h}$ 的风量罩还可采用标准毕托管和差压计组成的标准流量测量系统。差压计应选择准确度不低于 0.05 级的数字压力计或补偿式微压计，其测量范围应不大于 $(0\sim 2500)\text{Pa}$ 。

b) 风量发生及控制装置应能达到所需的空气流量值，流量波动应不大于被校风量罩测量值的 1%。

c) 试验管道的横截面积应略大于被校风量罩风罩的接口面积，气流流场的不均匀性应不大于被校风量罩测量值的 2%。

6.3.2 标准装置的准确度

标准装置的扩展不确定度应不大于被校风量罩测量误差绝对值的 1/3。

6.4 其他设备

a) 测量大气压力的气压表，其测量误差应不超过： $\pm 2\text{hPa}$ ；

- b) 测量空气温度的温度表，其测量误差应不超过： $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 测量空气相对湿度的湿度表，其测量误差应不超过： $\pm 5\% \text{ RH}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

风量罩的校准项目为测量误差。

在校准前可对风量罩的外观、参数设置、安装气密性、供电电压进行检查。

7.2 校准前的检查

7.2.1 外观检查

用目测和手感检查风量罩的外观是否符合 5.2 的要求。

7.2.2 参数设置检查

打开风量罩显示开关，查看仪器参数设置，确定其参数及测量模式等信息是否正确。

7.2.3 安装气密性检查

a) 风量罩的安装

校准前，按以下方式安装风量罩：

- 1) 用风量罩支撑杆撑起尼龙风罩；
- 2) 将风量罩显示模块安装在风量底座上；

3) 在风量标准装置试验管道出风口处，用螺钉将尼龙风罩端面固定在试验管道出风口（如图 4 所示），为保证风量罩端面与风道连接处具有良好的气密性，应锁紧固定螺钉。

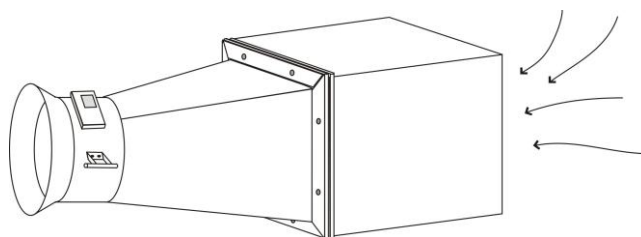


图 4 风量罩固定方式示意图

b) 风量罩安装气密性检查

将风量罩安装于风量标准装置上进行进风试验，试验风量应不低于测量上限值的 50%，在无专用测漏仪器下，在风量罩端面与试验管道连接处用人体感知观察是否有漏风情况，或者将肥皂水涂抹在风量罩端面与试验管段连接处，观察是

否有气泡，确认其是否漏风。

7.2.4 供电电压检查

对电池供电的风量罩，应按其使用说明检查其电池的供电电压，查看其是否在规定的正常工作范围内，如低于正常值则应及时更换电池。对可充电的具有蓄电池的风量罩看其电量是否在正常工作范围，如低于正常值应及时充电。

7.3 校准方法

7.3.1 校准点选择

校准点应均匀分布在整個测量范围的整数点上，原则上应包括上限值、中值和下限值在内不少于 5 个点。用户有要求时，可按用户要求选择校准点。

7.3.2 校准方法

a) 开启风量标准装置电源，将差压计和被校风量罩置零，将风量发生及控制装置的流量值调节到校准点上，风量稳定时间不小于 2min，先读取测量标准的流量值，再读取被校风量罩的风量值，如此重复 10 次，取各自的平均值作为最后的测量结果。

b) 读取室内气压、温度和湿度值，读数准确到最小分度值的 1/5 或数显表的最小分辨率。

c) 整个校准过程中不允许调整差压计和被校风量罩的零位，当校准结束时，应再次确认差压计和被校风量罩的零位，差压计的零位变化应不超过 0.3 Pa，被校风量罩的零位应无变化。

7.3.3 数据处理

a) 风量测量误差

按下式计算风量测量误差：

$$\Delta = Q - Q_0$$

式中：

Δ —— 测量误差 (m^3/h)；

Q —— 被检风量罩示值 (m^3/h)；

Q_0 —— 标准流量值 (m^3/h)。

注：采用标准毕托管和差压计组成的标准流量测量系统，其标准风量值计算参见附录 E。

b) 风量校准拟合线

根据校准得到的一系列标准流量值 Q_0 与对应的风量罩示值 Q 做拟合线。以实际风量值和风量罩的示值为坐标轴，基于最小二乘原理绘制的与坐标点偏差平方和最小的线性曲线，如图 5 所示，从而得到 Q_0 和 Q 拟合关系公式：

$$Q_0 = LQ + C$$

式中：

Q_0 —— 实际风量值 (m^3/h)；

Q —— 风量罩示值 (m^3/h)；

L —— 线性系数；

C —— 常数。

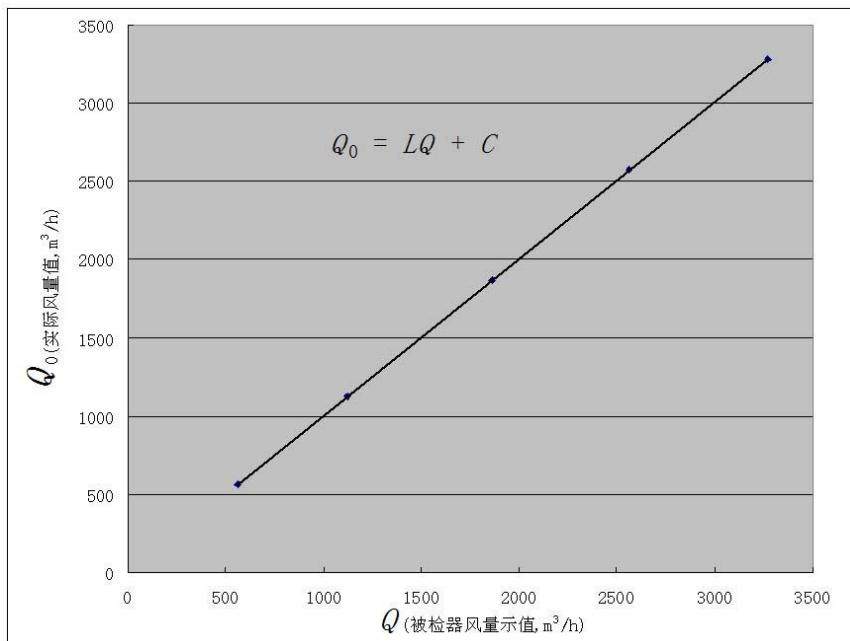


图 5 风量校准拟合线图

注：关于风量罩拟合线的说明，详见附录 F。

8 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书一般包括以下信息：

- a) 标题：校准证书；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一标识（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) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 测量误差的校准结果及其测量不确定度, 以及外观检查结果的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、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、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 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。

为了确保风量罩在其规定的技术性能下使用, 建议复校时间间隔最长不超过1年。

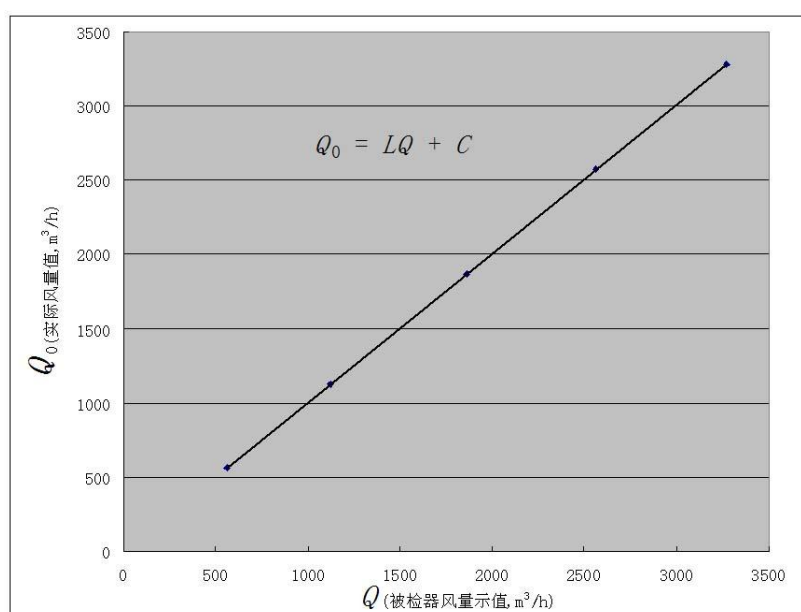
附录 A

风量罩校准证书内页格式示例

一. 测量误差

标准风量值 (m^3/h)	被校仪器示值 (m^3/h)	示值误差 (m^3/h)	校准结果扩展不确定度 $U(k=2)$ (m^3/h)

二. 风量校准拟合线图



三. 拟合线函数

$$Q_0 = LQ + C$$

其中:

Q_0 —— 实际风量值 (m^3/h) ;

Q —— 风量罩示值 (m^3/h) 。

附录 B

风量罩校准原始记录格式示例

送检单位:						
样品	名称		型号规格			
	生产厂		出厂编号			
标准器	名称/型号		仪器编号		技术特征	
			证书编号			
检定地点:			大气压: __hPa	室温: __℃	相对湿度: __%	
标准设备/样品检查		测量前: <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常_____		测量后: <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常_____		
技术依据:						
一、外观检查:						
二、校准数据:						
标准风量值 (m ³ /h)		被校仪器示值 (m ³ /h)		示值误差 (m ³ /h)		
测量不确定度来源:			不确定度:			
备注:			记录编号:		证书编号:	
校准人		校准日期		核验人		

附录 C

不确定度评定范例 1

(采用标准毕托管和差压计组成的标准流量测量系统)

测量模型:

$$\Delta Q = Q - Q_0$$

式中:

 ΔQ —— 示值误差, m^3/h ; Q —— 被检风量罩示值, m^3/h ; Q_0 —— 标准流量计测量的风量值, m^3/h 。

C1 标准不确定度分量

C1.1 风量标准装置的不均匀性、波动性产生的不确定度

a) 风量标准装置不均匀性产生的不确定度 $u(a_1)$

据风量标准装置实测得知,不均匀性为 0.4%,则不确定度区间半宽为 0.2%,按均匀分布处理。 $u(a_1)=0.2\%/\sqrt{3}\approx 0.12\%$ 。

b) 风量标准装置波动性产生的不确定度 $u(a_2)$

据风量标准装置实测得知,风洞的波动性为 $\pm 0.3\%$,则不确定度区间半宽为 0.3%,按均匀分布处理。 $u(a_2)=0.3\%/\sqrt{3}\approx 0.18\%$ 。

C1.2 标准毕托静压管系数引起的不确定度

据标准毕托静压管的校准证书,该毕托静压管的标准毕托静压管系数为 0.999,不确定度为 $U=1.3\%$, $k=2$,则 $u(f)=\frac{1.3\%}{2}=0.65\%$ 。

C1.3 空气密度修正系数引起的不确定度

空气密度修正系数是由环境温度、环境相对湿度、环境大气压力通过计算得出的。在规定的条件下,其误差用相对不确定度表示, $u(\rho)=0.08\%$ 。

C1.4 微压计风压示值 P 不确定度

微压计风压示值允许误差为 $\pm 0.05\%$,均匀分布, $u(P)=\frac{0.05\%}{\sqrt{3}}=0.03\%$ 。

C1.5 截面积计算引入的不确定度

根据空气流量测量装置截面积实测为 0.40715 m^2 ,估计其不确定度 $u(S)$ 为

0.05%。

C1.6 测量重复性引起的不确定度

选取一台量程(0~3500)m³/h 的风量罩,与风量标准装置相连通,在 3000m³/h 点重复测量 10 次,所得数据如表 C1 所示:

表 C1 风量罩重复性试验数据

序号	x_i (m ³ /h)	$Q_i(x_i - \bar{x})$ (m ³ /h)	Q_i^2 (m ⁶ /h ⁴)
1	2980	+0.1	0.01
2	2966	-13.9	193.21
3	2975	-4.9	24.01
4	2986	+6.1	37.21
5	2990	+10.1	102.01
6	2967	-13.1	166.41
7	2983	+3.1	9.61
8	2988	+8.1	65.61
9	2986	+6.1	37.21
10	2978	-1.9	3.61
$\bar{x} = 2979.9$ m ³ /h		$\sum v_i^2 = 638.9$ (m ³ /h) ²	

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum Q_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{130.4}{10-1}} = 8.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$u(Q) = 8.4$ m³/h, 用相对不确定度表示, $u(Q) = 0.28\%$, $v(Q) = 9$ 。

C1.7 被检风量罩读数引入的标准不确定度 $u(d)$, 用 B 类标准不确定度评定。

被检风量罩的分辨力为 1 m³/h 时, 则不确定区间半宽为 0.5 m³/h, 按均匀分布计算:

$$u(d) = 0.5/\sqrt{3} \approx 0.3 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ 用相对不确定度表示, } u(d) = 0.01\% \text{。}$$

由于重复性风量包含人员读数引入的不确定度分量, 为避免重复计算, 只计最大影响量 $u(Q)$ 。

C2 合成标准不确定度

C2.1 标准装置的合成不确定度由以下各项组成 (如表 C2)

表 C2 风量罩标准装置不确定度组分

不确定度来源		不确定度 (%)	不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$	类别
$u(a_1)$	风量标准装置不均匀性	0.12	0.12	B
$u(a_2)$	风量标准装置波动性	0.18	0.18	B
$u(f)$	标准毕托静压管系数	0.65	0.65	B
$u(\rho)$	空气密度修正系数误差	0.08	0.08	B
$u(P)$	数字压力计准确度	0.03	0.03	B
$u(S)$	空气流量测量装置截面积	0.05	0.05	B

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以其合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned}
 u_c(\Delta Q) &= \sqrt{u^2(a_1) + u^2(a_2) + u^2(k) + u^2(\rho) + u^2(P) + u^2(S)} \\
 &= \sqrt{(0.12)^2 + (0.18)^2 + (0.65)^2 + (0.08)^2 + (0.03)^2 + (0.05)^2} \\
 &= 0.69\%
 \end{aligned}$$

C2.2 测量结果合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以其合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned}
 u_c(\Delta Q) &= \sqrt{u^2(a_1) + u^2(a_2) + u^2(k) + u^2(\rho) + u^2(P) + u^2(S) + u^2(Q)} \\
 &= \sqrt{(0.12)^2 + (0.18)^2 + (0.65)^2 + (0.08)^2 + (0.03)^2 + (0.05)^2 + (0.28)^2} \\
 &= 0.74\%
 \end{aligned}$$

C3 扩展不确定度

在 3000 m³/h 点：

$$U = ku(\Delta Q) = 2 \times 0.69\% \times 3000 = 42 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (标准装置)}$$

$$U = ku(\Delta Q) = 2 \times 0.74\% \times 3000 = 45 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (测量结果)}$$

标准装置相对扩展不确定度为 $U_{rel} = 1.4\%$ ， $k = 2$ 。

该装置测量结果相对扩展不确定度为 $U_{rel} = 1.5\%$ ， $k = 2$ 。

附录 D

不确定度评定范例 2

(由标准孔板和差压计组成的标准流量测量系统)

测量模型:

$$\Delta Q = Q - Q_0$$

式中:

 ΔQ —— 示值误差, m^3/h ; Q —— 被检风量罩示值, m^3/h ; Q_0 —— 标准流量计测量的风量值, m^3/h 。

D1. 标准不确定度分量

D1.1 风量标准装置的波动性产生的不确定度

据风量标准装置实测得知, 装置的波动性为 $\pm 0.3\%$, 则不确定度区间半宽 a_1 为 0.3% , 按均匀分布处理, $u(a_1) = 0.3\% / \sqrt{3} \approx 0.18\%$ 。

D1.2 标准流量计引起的不确定度

据标准流量计校准证书, 其准确度为 $\pm 1.0\%$, 则 $u(Q_0) = 1.0\%$ 。

D1.3 测量重复性引起的不确定度

选取一台量程 ($0 \sim 3500$) m^3/h 的风量罩, 与风量标准装置相连通, 在 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ 点重复测量 10 次, 所得数据如表 D1 所示:

表 D1 重复性试验数据

序号	$x_i (\text{m}^3/\text{h})$	$Q_i(x_i - \bar{x}) (\text{m}^3/\text{h})$	$Q_i^2 (\text{m}^6/\text{h}^4)$
1	2980	+0.1	0.01
2	2966	-13.9	193.21
3	2975	-4.9	24.01
4	2986	+6.1	37.21
5	2990	+10.1	102.01
6	2967	-13.1	166.41
7	2983	+3.1	9.61
8	2988	+8.1	65.61
9	2986	+6.1	37.21
10	2978	-1.9	3.61
$\bar{x} = 2979.9 \text{ m}^3/\text{h}$		$\sum v_i^2 = 638.9 (\text{m}^3/\text{h})^2$	

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum Q_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{130.4}{10-1}} = 8.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$u(Q)=8.4 \text{ m}^3/\text{h}$, 用相对不确定度表示, $u(Q)=0.28\%$ 。

D1.4 被检风量罩读数引入的标准不确定度 $u(d)$, 用 B 类标准不确定度评定。

被检风量罩的分辨力为 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 则不确定区间半宽为 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$, 按均匀分布计算:

$$u(d) = 0.5/\sqrt{3} \approx 0.3 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ 用相对不确定度表示, } u(d) = 0.01\% \text{。}$$

由于重复性风量包含人员读数引入的不确定度分量, 为避免重复计算, 只计最大影响量 $u(Q)$ 。

D2. 合成标准不确定度

D2.1 标准装置的合成不确定度由以下各项组成 (如表 D2)

表 D2 风量罩标准装置不确定度组成

不确定度来源		不确定度 (%)	不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$	类别
$u(a_1)$	风量标准装置波动性	0.18	0.18	B
$u(Q_0)$	标准流量计准确度	1.0	1.0	B

以上各项标准不确定度分量是互不相关的, 所以其合成标准不确定度为:

$$\begin{aligned} u_c(\Delta Q) &= \sqrt{u^2(a_1) + u^2(Q_0)} \\ &= \sqrt{(0.18)^2 + (1.0)^2} \\ &= 1.02\% \end{aligned}$$

D2.2 测量结果合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量是互不相关的, 所以其合成标准不确定度为:

$$\begin{aligned} u_c(\Delta v) &= \sqrt{u^2(a_1) + u^2(Q_0) + u^2(Q)} \\ &= \sqrt{(0.18)^2 + (1.0)^2 + (0.28)^2} \\ &= 1.05\% \end{aligned}$$

D3 扩展不确定度

故得 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ 点:

$$U = ku(\Delta Q) = 2 \times 1.02\% \times 3000 = 62 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (标准装置)}$$

$$U = ku(\Delta v) = 2 \times 1.05\% \times 3000 = 63 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (测量结果)}$$

标准装置相对扩展不确定度为 $U_{rel} = 2.0\%$, $k=2$ 。

该装置测量结果相对扩展不确定度为 $U_{rel}=2.1\%$ ， $k=2$ 。

附录 E

标准风量值计算

采用毕托管和数字微压计构成风量标准器时,根据毕托管安装处空气流量测量装置截面积大小,及数字微压计测得差压值,用以下公式计算标准风量值大小:

$$Q_0 = 1.278r\sqrt{fPS}$$

式中:

- Q_0 —— 标准器显示风压对应的风量示值 (m^3/h);
- r —— 检定温度下空气密度系数;
- P —— 数字压力计显示的风压值 (Pa);
- f —— 标准毕托静压管系数;
- S —— 风洞试验段截面积 (m^2)。

其中,

$$r = \sqrt{\frac{1013.25(273.15 + T)}{288.15(P_0 - 0.378\mu g)}}$$

- T —— 环境温度 ($^{\circ}\text{C}$);
- P_0 —— 环境大气压力 (hPa);
- μ —— 环境空气的相对湿度 (%);
- g —— 空气温度为 $T^{\circ}\text{C}$ 时的饱和水气压 (hPa)。

在实际测量过程中,当湿度测量误差小于 5%RH 时,水汽修正项 $0.378\mu g$ 较小,可以忽略不计。同时空气密度修正系数及毕托管系数的误差影响可认为已经包括在测量传感器以及毕托管的测量误差内,因此实际风量模型可以简化为:

$$Q_0 = 1.278\sqrt{\frac{1013.25(273.15 + T)fP}{288.15P_0}}S$$

附录 F

示值—实际风量值拟合线方程及拟合线图

使用适当的曲线方程来表述实际风量与被检器显示的风量示值的函数关系。

F1 拟合线数学模型确定

曲线直线化是曲线拟合的重要手段之一。为了确定实际风量值与被检器风量示值互相依赖的定量线性关系,利用回归分析原理,选择只有一个因变量和一个自变量的一元线性回归数学模型。该类模型假定因变量 Q_0 (实际风量值 (m^3/h)) 主要受自变量 Q (被检器风量示值 (m^3/h)) 的影响,它们之间存在着近似的线性函数关系,即有:

$$Q_0 = LQ + C$$

式中, L 和 C 是未知的参数,又叫回归系数,是常数。

F2 回归系数的确定

由于实际风量与被检器风量示值总体回归函数真实值上是未知的,需要用样本的信息对其进行估计,即根据实测的有限个测量点来进行估算总体回归函数的回归函数方程,即:

$$\hat{Q}_0 = LQ + \hat{C}$$

式中, \hat{Q}_0 是样本回归线上与相对应的 Q_0 值,是实际风量值 Q_0 的估计值; L 和 \hat{C} 是回归系数 L 和 C 的估计值。

根据最小二乘逼近来拟合,使得实际风量值与其估计值的残差平方总和最小,从而确定最优回归方程。即:

$$M = \sum e_i^2 = \sum (\hat{Q}_0 - Q_0)^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Q}_{0i} - LQ_i - C)^2$$

要 M 取最小值,将 M 分别对 L 和 C 求偏导数,并令它们等于零,并将 n 个测点的标准风量值和被检器风量示值数组代入,得:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (\hat{Q}_{0i} - kQ_i - C) = 0 \\ \sum_{i=1}^n (\hat{Q}_{0i} - kQ_i - C)Q_i = 0 \end{cases}$$

由

$$\bar{Q}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{0i}, \quad \bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

得到方程唯一解:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{0i} - \bar{Q}_0)(Q_i - \bar{Q})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \\ \hat{C} = \bar{Q}_0 - L\bar{Q} \end{array} \right.$$

将 L 和 \hat{C} 代入到回归方程中, 从而得到示值—实际风量值拟合的一元线性回归方程:

$$\hat{Q}_0 = LQ + \hat{C}$$

F3 拟合线图

根据实验得到的一系列风量标准值与对应的风量罩风量示值数组, 在分别以风量标准值为横坐标及以实际风量值为纵坐标的坐标系中画点, 并将计算得到的示值—实际风量值拟合的一元线性回归方程 $\hat{Q}_0 = LQ + \hat{C}$ 绘制其中, 从而得到示值—实际风量值拟合线图。

例如, 某风量罩按本校准规范进行实验得到的风量标准值与对应的风量罩风量示值数据如表 1 所示。

表 F1 风量罩实验数据 (单位: m^3/h)

标准风量值	被检器风量示值
564.7	559
1127.1	1125
1865.3	1859
2572.4	2561
3278.4	3270

根据表中数据计算示值—实际风量值拟合的一元线性回归方程中 L 和 C 的估计值 L 和 \hat{C} :

$$\bar{Q}_0 = \frac{1}{5}(564.7 + 1127.1 + 1865.3 + 2572.4 + 3278.4) = 1881.58$$

$$\bar{Q} = \frac{1}{5}(559 + 1125 + 1859 + 2561 + 3270) = 1874.80$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L = \frac{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (Q_{0i} - \bar{Q}_0)(Q_i - \bar{Q})}{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (Q_i - \bar{Q})^2} \approx 1.00 \\ \hat{C} = 1881.58 - L \times 1874.80 \approx 2.65 \end{array} \right.$$

因此, 可以得到示值—实际风量值拟合的一元线性回归方程:

$$\hat{Q}_0 = 1.00Q + 2.65$$

最后由表 F1 的数据和拟合得到的一元线性回归方程绘制示值—实际风量值

拟合线图，如图 F1 所示。

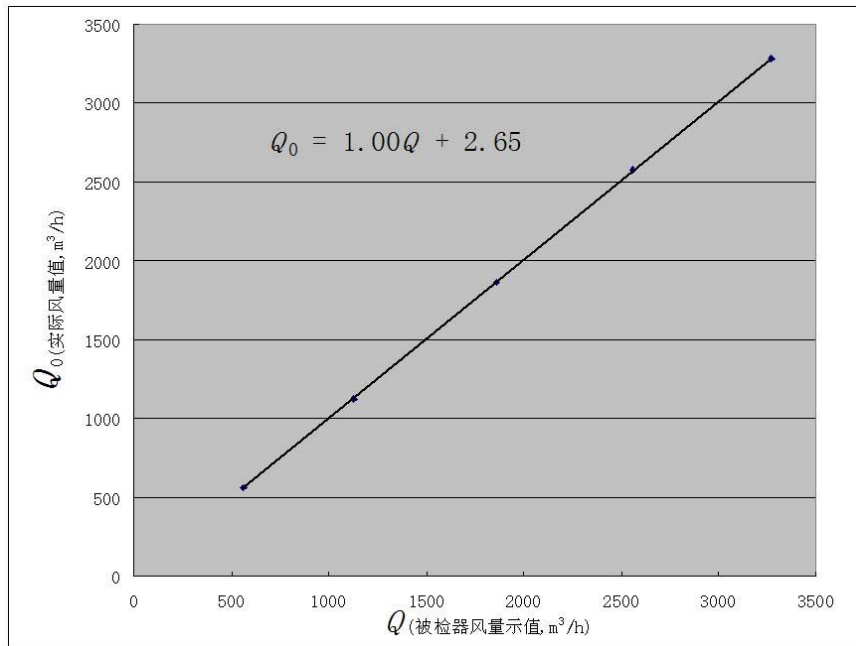


图 F1 示值—实际风量值拟合线图

