

中华人民共和国国家计量技术规范

**JJFXXXX-XXX**

**固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管校准规范**

**Calibration Specification for S-type Pitot Tube for Reference Method of Flue Gas Velocity (Flow Rate) of Stationary Source**

**（征求意见稿）**

202X-XX-XX发布202X-XX-XX实施

**国家市场监督管理总局 发 布**

|  |  |
| --- | --- |
| 固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管  校准规范  **Calibration Specification for S-type Pitot Tube for Reference Method of Flue Gas Velocity (Flow Rate) of Stationary Source** | JJF XXXX-XXXX |

归口单位: 全国碳达峰碳中和计量技术委员会

主要起草单位: 中国计量科学研究院

郑州计量先进技术研究院

中国环境监测总站

参加起草单位: 广东省计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规范委托全国碳达峰碳中和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）

敬红（中国环境监测总站）

参加起草人：

郭虎林（郑州计量先进技术研究院）

周军红（广东省计量科学研究院）

赖贵琦（广东省计量科学研究院）

李海洋（上海市计量测试技术研究院）

目 录

[引 言 II](#_Toc149638486)

[1 范围 3](#_Toc149638487)

[2 引用文件 3](#_Toc149638488)

[3 术语和计量单位 3](#_Toc149638489)

[3.1 术语和定义 3](#_Toc149638490)

[3.2 计量单位 4](#_Toc149638491)

[4 概述 4](#_Toc149638492)

[4.1原理 4](#_Toc149638493)

[4.2结构 4](#_Toc149638494)

[4.3用途 5](#_Toc149638495)

[5 计量特性 5](#_Toc149638496)

[5.1 示值误差 5](#_Toc149638497)

[5.2 重复性 5](#_Toc149638498)

[6 校准条件 5](#_Toc149638499)

[6.1 环境条件 5](#_Toc149638500)

[6.2 测量标准及其他设备 5](#_Toc149638502)

[7 校准项目和校准方法 6](#_Toc149638503)

[7.1 校准项目 6](#_Toc149638504)

[7.2 校准方法 7](#_Toc149638505)

[8 校准结果表达 12](#_Toc149638506)

[9 复校时间间隔 13](#_Toc149638507)

[附录A 14](#_Toc149638508)

[附录B 17](#_Toc149638509)

[附录C 18](#_Toc149638510)

# 引 言

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

本规范参考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》编制而成。

本规范为首次发布。

固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管校准规范

# 1 范围

本规范适用于新制造、使用中和修理后的固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管的校准

# 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 518 皮托管检定规程

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ75 固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ76 固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

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 术语和定义

3.1.1 烟气排放连续监测系统 continuous emission monitoring system，CEMS

连续监测烟道中颗粒物和（或）气态污染物和（或）温室气体排放浓度和排放量的测量系统，简称CEMS。

3.1.2 测压孔 pressure tap

一组用于测量流体压力的孔（如图1中所示），正对来流方向为总压孔，背对来流方向为静压孔。

3.1.3 引压管 Pressure pipe

一组用于将测压孔测到的压力引到压力计的管（如图1中所示）。

3.1.4 延长杆 extension rod

用于保护引压管从其内部穿过的一组的坚硬外壳（如图1中所示）。

3.1.5 压差 differential pressure

总压孔和静压孔之间的压力差。

3.1.6 参比方法 reference method

用于与 CEMS 测量结果相比较的国家或行业发布的标准方法。

3.1.7 俯仰角 pitch angle

烟道轴线与俯仰面上烟气流速分量之间的夹角。其中俯仰面为测量线和烟道轴线确定的平面，俯仰面上烟气流速分量为烟气流速矢量在俯仰面上的投影。

3.1.8 偏航角 yaw angle

烟道轴线与偏航面上烟气流速分量之间的夹角。其中偏航面为通过某一测量点垂直于采样线的平面，偏航面上烟气流速分量为烟气流速矢量在偏航面上的投影。

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 角度单位：度，符号°。

3.2.3 流速单位：米每秒，符号m/s。

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 湿度单位：体积比，符号%。

# 4 概述

4.1原理

S型皮托管是一种通过测量流体总压和静压之间的压差来确定流体流速的管状装置，通常与微压计配套使用。

 （1）

式中：——皮托管测得的差压值，Pa；

*ρ*——流体密度，kg/m3；

*K*——皮托管系数。

4.2结构

S型皮托管由两根外形相同的金属管定向焊接而成，测头上有两个方向相反的开口，两个开口截面互相平行。两开口为测量孔，且应有1孔和2孔标识或流速方向标识。测量时，正对气流来向的开口测得的是总压，背向气流来向的开口测得的是静压。S型皮托管外形结构如图1所示，按图1要求制作的S型皮托管，其修正系数在0.81~0.86之间。

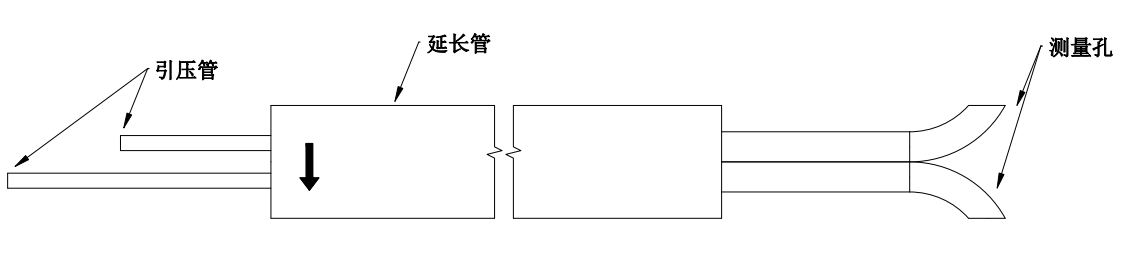


图1 S型皮托管结构示意图

4.3用途

用于对烟道CEMS流速（量）模块进行定期比对监测。

# 5 计量特性

5.1 示值误差

S型皮托管轴向流速和截面平均流速示值误差通常用最大允许误差表示，示值最大允许误差与准确度等级见表1和表2。

表1 轴向速度的准确度等级和最大允许误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 最大允许误差/% | ±0.1 | ±0.2 | ±0.3 | ±0.5 | ±1.0 | ±2.0 | ±3.0 | ±4.0 | ±5.0 |

表2 截面平均流速的准确度等级和最大允许误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 最大允许误差/% | ±0.5 | ±1.0 | ±2.0 | ±3.0 | ±4.0 | ±5.0 |

5.2 重复性

S型皮托管重复性不超过相应等级最大允许误差绝对值的1/3。

# 6 校准条件

6.1 环境条件

1) 校准使用的标准器及配套设备需满足使用的温湿度条件;

2) 校准应在周围的污染、振动、电磁干扰对校准结果影响可忽略的环境下进行。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 主标准器

主标准器为风洞装置和L型皮托管。

表3 主标准器一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术指标 | 用途 |
| 1 | 流速标准器 | 流速标准器可采用L型皮托管或激光多普勒流速仪  准确度等级：不超过被校皮托管校准系数允许误差的1/2 | 用于获取标准流速值 |
| 2 | 风洞 | （1）测试段水力直径不小于0.5m；  （2）流场均匀性≤0.5%；  （3）流场稳定性≤0.5%；  （3）流速范围：（1~30）m/s，流速测量扩展不确定度≤1%；  （4）俯仰角测量范围：-45°~45°；  偏航角测量范围：-45°~45°；  俯仰角和偏航角不确定度≤0.1°。 | 用于产生标准流速 |
| 3 | 气体流量标准装置 | （1）流速范围：（1~30）m/s；流量范围：（2520~190755）m3/h；  （2）流场稳定性≤0.5%；  （3）气体流量标准装置流量扩展不确定度不超过被校标准装置平均流速示值误差的1/3；  （4）测试段包括圆形和矩形管道，水力直径≥1m，长度≥21倍的水力直径。 | 产生标准流速流量 |

6.2.2 配套设备

配套设备见表4

表4 配套设备一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术指标 | 用途 |
| 1 | 差压计 | 量程：（-1250~1250）Pa  分辨力≤1Pa  准确度等级优于1.0级 | 气密性检查 |
| 2 | 气压计 | 0.1级以上 | 测量大气压力 |
| 3 | 温度计 | 最大允许误差：±0.1℃ | 测量温度 |
| 4 | 湿度计 | 最大允许误差：±5% | 测量湿度 |

# 7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

S型皮托管轴向流速的示值误差和重复性

7.2 校准方法

7.2.1 一般检查

外观检查确定皮托管标识清晰明确（制造厂家、型号、出厂编号、校准系数、测头方向等信息）,皮托管堵塞和漏气检查方法见表5

表5 皮托管堵塞和漏气检查方法

|  |  |
| --- | --- |
| 皮托管堵塞检查方法 | 将总压接头和静压接头分别接通气源，用手分别放在总压孔和静压孔处，能明显感觉到气流流出，说明未堵塞。 |
| 皮托管漏气检查方法 | 将总压接头和静压接头分别接压力计，使用气源分别接通总压孔和静压孔，是压力达到750Pa或压力计满量程的75%以上，以较小则为准，撤走气源，迅速堵住总压孔和静压孔，保持20s以上，压力下降低于25Pa，则密封良好 |

7.2.2 校准前准备

a）将S型皮托管两个引压管通过聚四氟乙烯引压软管与微压计连接，并进行漏气检查。

b）将S型皮托管通过固定杆固定在坐标架上。并测量S型皮托管测量孔到坐标架转动中心位置的长度。并将该长度输入测量软件中。

c）使用水平尺，使S型皮托管测量孔在同一水平面上。

d）将S皮托管测量孔通过坐标架移动到风洞测试中心位置，保持S型皮托管气流标识方向与风洞内气流流动方向保持一致。

e）使用测角仪器测量皮托管延长杆与风洞轴线夹角，并调整坐标架位置，使S型皮托管延长杆与风洞轴线夹角为90°。

f）将坐标架位置置零。

7.2.3 皮托管系数校准

7.2.3.1 校准点位置确定

a）在0.9*v*max~1.0*v*max 、0.4 *v*max ~ 0.6 *v*max 、*v*min~1.1*v*min不少于3个流速下进行校准。

b）俯仰角和偏航角如表6所示

表6 校准位置一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） | 序号 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） |
| 1 | -45 | -45 | 20 | -45 | 45 |
| 2 | -40 | -40 | 21 | -40 | 40 |
| 3 | -35 | -35 | 22 | -35 | 35 |
| 4 | -30 | -30 | 23 | -30 | 30 |
| 5 | -25 | -25 | 24 | -25 | 25 |
| 6 | -20 | -20 | 25 | -20 | 20 |
| 7 | -15 | -15 | 26 | -15 | 15 |
| 8 | -10 | -10 | 27 | -10 | 10 |
| 9 | -5 | -5 | 28 | -5 | 5 |
| 10 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 |
| 11 | 5 | 5 | 30 | 5 | -5 |
| 12 | 10 | 10 | 31 | 10 | -10 |
| 13 | 15 | 15 | 32 | 15 | -15 |
| 14 | 20 | 20 | 33 | 20 | -20 |
| 15 | 25 | 25 | 34 | 25 | -25 |
| 16 | 30 | 30 | 35 | 30 | -30 |
| 17 | 35 | 35 | 36 | 35 | -35 |
| 18 | 40 | 40 | 37 | 40 | -40 |
| 19 | 45 | 45 | 38 | 45 | -45 |
| 序号 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） | 序号 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） |
| 39 | -45 | 0 | 58 | 0 | -45 |
| 40 | -40 | 0 | 59 | 0 | -40 |
| 41 | -35 | 0 | 60 | 0 | -35 |
| 42 | -30 | 0 | 61 | 0 | -30 |
| 43 | -25 | 0 | 62 | 0 | -25 |
| 44 | -20 | 0 | 63 | 0 | -20 |
| 45 | -15 | 0 | 64 | 0 | -15 |
| 46 | -10 | 0 | 65 | 0 | -10 |
| 47 | -5 | 0 | 66 | 0 | -5 |
| 48 | 0 | 0 | 67 | 0 | 0 |
| 49 | 5 | 0 | 68 | 0 | 5 |
| 50 | 10 | 0 | 69 | 0 | 10 |
| 51 | 15 | 0 | 70 | 0 | 15 |
| 52 | 20 | 0 | 71 | 0 | 20 |
| 53 | 25 | 0 | 72 | 0 | 25 |
| 54 | 30 | 0 | 73 | 0 | 30 |
| 55 | 35 | 0 | 74 | 0 | 35 |
| 56 | 40 | 0 | 75 | 0 | 40 |
| 57 | 45 | 0 | 76 | 0 | 45 |

7.2.3.2 校准程序

a）打开风机，调整风速至第一个校准流速点。

b）调整坐标架至第一个俯仰角和偏航角位置。

c）稳定20s以上，标准风速和被校S型皮托管的读取采用间歇读数方法，一次校准过程中有效读数次数不得少于3次，取其平均值作为该次校准的流速值。

d）移动坐标架至下一个俯仰角和偏航角位置，重复b）操作。

e）依次按表6中的俯仰角和偏航角进行校准，直到该流速下的所有俯仰角和偏航角校准完成。

f）调整风速到下一个校准风速点，重复b）~e）步骤，直至校准完成。

7.2.4 皮托管截面平均流速校准

7.2.4.1 安装位置

将S型皮托管安装在流量风洞试验段管道上，安装位置应满足上游距扰流件有不少于15D直管，下游距扰流件有不少于5D直管。

7.2.4.2 校准点位置确定

a）在0.9*Q*max~1.0*Q*max 、0.4 *Q*max ~ 0.6Qmax 、*Q*min~1.1*Q*min不少于3个流量下进行校准。

b）布点位置见表7。

表7 校准布点位置一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 圆形（直径D，据测量口距离） | 矩形(长边a短边b）（4×4） | | | |
| 测点距离边界距离 | | 测点距离边界距离 | |
| 1 | 0.968D | 0.125a | 0.125b | 0.125a | 0.625b |
| 2 | 0.895D | 0.375a | 0.125b | 0.375a | 0.625b |
| 3 | 0.806D | 0.625a | 0.125b | 0.625a | 0.625b |
| 4 | 0.677D | 0.875a | 0.125b | 0.875a | 0.625b |
| 5 | 0.323D | 0.125a | 0.375b | 0.125a | 0.875b |
| 6 | 0.194D | 0.375a | 0.375b | 0.375a | 0.875b |
| 7 | 0.105D | 0.625a | 0.375b | 0.625a | 0.875b |
| 8 | 0.032D | 0.875a | 0.375b | 0.875a | 0.875b |

7.2.4.3 校准程序

a）打开风机，调整流量标准装置至第一流量点位置。

b）调整S型皮托管测头位置至第一个位置点。

c）稳定20s以上，标准流量和被校S型皮托管的读取采用间歇读数方法，一次校准过程中有效读数次数不得少于3次，取其平均值作为该点校准的流速值。

d）移动坐标架至下一个位置点，重复c）中操作。

e）依次按表7中的位置进行校准，直至所有点校准完成。

f）调至下一个流量点位置，重复b）~e）步骤，直至校准完成。

g）重复上述操作3次。

7.3 数据处理

7.3.1轴向流速计算

S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量的皮托管方向的轴向速度计算按式（2）计算。

 （2）

其中：

——S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量的皮托管方向的轴向速度，m/s；

——S型皮托管校准系数；

——S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量的差压值，Pa；

——气体密度值，kg/m3；

S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点的速度值按（3）式计算。

 （3）

其中：

——S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点的速度值，m/s；

——S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点测量次数。

当风洞流速标准器为L型皮托管时，风洞的皮托管方向的轴向流速按式（4）计算。

 （4）

其中：

——风洞实验段在S型皮托管的俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量的皮托管方向的轴向速度，m/s；

——风洞流速标准器L型皮托管的校准系数；

——L型皮托管在S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量时的差压值，Pa；

α——S型皮托管安装在风洞中的俯仰角，°；

β——S型皮托管安装在风洞中的偏航角，°。

当风洞标准器为激光多普勒流速仪时，风洞的皮托管方向的轴向流速按式（5）计算。

 （5）

其中：

——为激光多普勒流速仪在S型皮托管的俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量时的速度，m/s；

风洞实验段在S型皮托管的俯仰角为α偏航角为β第i校准点测量时的标准速度按（6）式计算。

 （6）

其中：

——风洞试验段在S型皮托管俯仰角为α偏航角为β第i校准点测试时的速度值，m/s；

7.3.2 校准系数

a）校准系数按（7）式计算。

 （7）

其中：

——为S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点时的校准系数。

b）曲线拟合

 （8）

7.3.3速度示值误差

a）校准点单次轴向流速示值误差按（9）式计算。

 （9）

其中：

——S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次测量时的示值误差；

b）皮托管的示值误差采用各单点示值误差的最大值，按（10）式计算。

 （10）

其中：

——S型皮托管的示值误差；

7.3.4速度重复性

a）校准点单次轴向流速重复性采用极差法按（11）式计算。

 （11）

其中：

——为S型皮托管在俯仰角为α偏航角为β第i校准点的重复性

——极差系数，见表7。

表7 *dn*数值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *dn* | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 | 2.70 | 2.85 | 2.97 | 3.08 |

b）S型皮托管重复性为各点测量重复性的最大值

 （12）

其中：

——S型皮托管测量重复性。

7.3.5 轴向平均流速

 （13）

其中：

——轴向平均流速，m/s；

——第j测量点位置所在的等面积区域，m2;

——第i校准点，第j测量点位置测得的轴向速度，m/s；

*A*——试验段管道截面面积，m2；

*n*——为管道截面分割成n个等面积区域。

7.3.6 流量校准系数

a）第i校准点的流量校准系数

 （14）

其中：

——第i校准点的流量校准系数；

——第i校准点的标准流量值，m3/h；

——第i校准点的轴向平均流速，m/s；

*A*——试验段管道截面面积，m2。

b）流量校准系数

 （15）

其中：

——S型皮托管的流量校准系数；

——第i校准点的流量校准系数；

*n*——为*n*个校准点。

7.3.7 流量示值误差

a）第i校准点处的示值误差

 （16）

其中：

——第i校准点的流量示值误差；

b）皮托管的流量示值误差采用各校准点示值误差的最大值。

 （17）

其中：

——S型皮托管的流量示值误差；

7.3.8 流量测量重复性

a）每个校准点重复测量3次的重复性。

 （18）

其中：

——第i校准点的重复性；

b）流量测量重复性取各校准点重复性的最大值。

 （19）

其中：

——流量测量重复性。

# 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:“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，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；

i) 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；

I) 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。

校准记录和校准证书内页格式参见附录A和B。校准系数的不确定度评定方法和示例参见附录C。

# 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过36个月。如果装置或其主要计量模块出现了维修或更换的情况，需要及时进行校准。

# 附录A 校准数据原始记录表

速度校准数据记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准地点 | | |  | | | | | 校准时间 | | |  | |
| 标准值（m/s） | | |  | | | 温度（℃） | | | |  | | |
| 湿度（%） | | |  | | | 密度 | | | |  | | |
| S皮托管原校准系数 | | |  | | | 其它 | | | |  | | |
| 校准位置 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） | | 标准风速（m/s）□或  标准皮托管值（Pa）□ | | | | | 被校皮托管值（Pa） | | | |
| 1 | 2 | | 3 | | 1 | | 2 | 3 |
| 1 | -45 | -45 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 2 | -40 | -40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 3 | -35 | -35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 4 | -30 | -30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 5 | -25 | -25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 6 | -20 | -20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 7 | -15 | -15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 8 | -10 | -10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 9 | -5 | -5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 10 | 0 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 11 | 5 | 5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 12 | 10 | 10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 13 | 15 | 15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 14 | 20 | 20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 15 | 25 | 25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 16 | 30 | 30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 17 | 35 | 35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 18 | 40 | 40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 19 | 45 | 45 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 20 | -45 | 45 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 21 | -40 | 40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 22 | -35 | 35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 23 | -30 | 30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 24 | -25 | 25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 25 | -20 | 20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 26 | -15 | 15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 27 | -10 | 10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 28 | -5 | 5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 29 | 0 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 30 | 5 | -5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 31 | 10 | -10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 32 | 15 | -15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 33 | 20 | -20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 34 | 25 | -25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 35 | 30 | -30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 36 | 35 | -35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 37 | 40 | -40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 38 | 45 | -45 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 39 | -45 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 40 | -40 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 41 | -35 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 42 | -30 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 43 | -25 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 44 | -20 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 45 | -15 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 46 | -10 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 47 | -5 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 48 | 0 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 49 | 5 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 50 | 10 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 51 | 15 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 52 | 20 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 53 | 25 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 54 | 30 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 55 | 35 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 56 | 40 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 57 | 45 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 58 | 0 | -45 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 59 | 0 | -40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 60 | 0 | -35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 61 | 0 | -30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 62 | 0 | -25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 63 | 0 | -20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 64 | 0 | -15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 65 | 0 | -10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 66 | 0 | -5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 67 | 0 | 0 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 68 | 0 | 5 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 69 | 0 | 10 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 70 | 0 | 15 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 71 | 0 | 20 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 72 | 0 | 25 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 73 | 0 | 30 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 74 | 0 | 35 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 75 | 0 | 40 | |  |  | |  | |  | |  |  |
| 76 | 0 | 45 | |  |  | |  | |  | |  |  |

校准员： 核验员：

流量校准原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | |  | | 温度 |  | | 湿度 | |  |
| 圆形管道直径 | |  | | 矩形管道尺寸 |  | | 其它 | |  |
| 地点 | |  | | | 原流量校准系数 | |  | | |
| 圆形管道第一校准点： | | | | | 圆形管道第二校准点： | | | | |
| 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | | 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | |
| 1 |  | |  | | 1 |  | |  | |
| 2 |  | |  | | 2 |  | |  | |
| 3 |  | |  | | 3 |  | |  | |
| 4 |  | |  | | 4 |  | |  | |
| 5 |  | |  | | 5 |  | |  | |
| 6 |  | |  | | 6 |  | |  | |
| 7 |  | |  | | 7 |  | |  | |
| 8 |  | |  | | 8 |  | |  | |
| 圆形管道第三校准点： | | | | |  |  | |  | |
| 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | |  |  | |  | |
| 1 |  | |  | |  |  | |  | |
| 2 |  | |  | |  |  | |  | |
| 3 |  | |  | |  |  | |  | |
| 4 |  | |  | |  |  | |  | |
| 5 |  | |  | |  |  | |  | |
| 6 |  | |  | |  |  | |  | |
| 7 |  | |  | |  |  | |  | |
| 8 |  | |  | |  |  | |  | |
| 矩形管道第一校准点 | | | | | | | | | |
| 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | | 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | |
| 1 |  | |  | | 9 |  | |  | |
| 2 |  | |  | | 10 |  | |  | |
| 3 |  | |  | | 11 |  | |  | |
| 4 |  | |  | | 12 |  | |  | |
| 5 |  | |  | | 13 |  | |  | |
| 6 |  | |  | | 14 |  | |  | |
| 7 |  | |  | | 15 |  | |  | |
| 8 |  | |  | | 16 |  | |  | |
| 矩形管道第二校准点 | | | | | | | | | |
| 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | | 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | |
| 1 |  | |  | | 9 |  | |  | |
| 2 |  | |  | | 10 |  | |  | |
| 3 |  | |  | | 11 |  | |  | |
| 4 |  | |  | | 12 |  | |  | |
| 5 |  | |  | | 13 |  | |  | |
| 6 |  | |  | | 14 |  | |  | |
| 7 |  | |  | | 15 |  | |  | |
| 8 |  | |  | | 16 |  | |  | |
| 矩形管道第三校准点 | | | | | | | | | |
| 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | | 校准位置 | 流速（m/s） | | 标准流量值（m3/h） | |
| 1 |  | |  | | 9 |  | |  | |
| 2 |  | |  | | 10 |  | |  | |
| 3 |  | |  | | 11 |  | |  | |
| 4 |  | |  | | 12 |  | |  | |
| 5 |  | |  | | 13 |  | |  | |
| 6 |  | |  | | 14 |  | |  | |
| 7 |  | |  | | 15 |  | |  | |
| 8 |  | |  | | 16 |  | |  | |

# 附录B 校准证书（内页）参考格式

校准证书（内页）参考格式

|  |  |
| --- | --- |
| 证书编号：XXXXXXXX | |
|  |
| 校准结果 | |  |
|  |
| 地点： | 湿度： |  |
| 温度： | 其它： |  |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 校准点m³/h | 校准系数 | 重复性% | 相对标准不确定度% | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 流量校准点 | 流量校准系数 | 重复性% | 相对标准不确定度% | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  | | --- | | 校准结果的扩展不确定度：*U*r= % (*k*=2) | | 复校时间间隔建议：12个月 | | |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

# 附录C 不确定度评定方法及示例

C.1 概述

C.1.1 被校仪器

名称：固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管。

C.1.2 校准依据

《固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管校准规范》

C.1.3 校准方法

按照校准规范规定的方法，将被校S型皮托管安装在满足校准风洞试验段相应坐标架上，对被校对象进行校准，通过比较S型皮托管的值和标准值，计算示值误差和校准系数。

C.2 不确定度分析

C.2.1 数学模型



其中：

——俯仰角为α偏航角为β第i校准点第j次校准的示值误差；

——被校皮托管的示值，m/s；

——标准速度值，m/s；

根据不确定度传播规律可得出：



或



C.2.2 灵敏系数

根据JJF1059.1《不确定度评定与表示》中4.4.2.3中的模型进行评定，则





C.2.3 输入量的标准不确定度

不确定度分量包括测量重复性引入的不确定度，标准装置溯源引入的不确定度。

C.3 不确定度评定示例

C.3.1 测量数据

使用标准器为L皮托管，扩展不确定度为

如表C.1所示为某次校准数据

表C.1 某次校准数据原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准地点 | | | 烟气流量实验室 | | | | | 校准时间 | | | / | |
| 标准值（m/s） | | | 5 | | | 温度（℃） | | | | 33 | | |
| 湿度（%RH） | | | 48 | | | 密度 | | | | 1.12kg/m3 | | |
| S皮托管原校准系数 | | | 0.80 | | | 其它 | | | | 大气压：99.924kPa | | |
| 校准位置 | 俯仰角（°） | 偏航角（°） | | 被校皮托管值（Pa） | | | | | 标准风速（m/s）□或  标准皮托管值（Pa）☑ | | | |
| 1 | 2 | | 3 | | 1 | | 2 | 3 |
| 1 | -45 | -45 | | 5.22 | 5.18 | | 5.09 | | 14.31 | | 14.26 | 14.13 |
| 2 | -40 | -40 | | 7.08 | 7.03 | | 6.94 | | 14.27 | | 14.09 | 14.19 |
| 3 | -35 | -35 | | 9.06 | 8.98 | | 9.00 | | 14.31 | | 14.12 | 14.28 |
| 4 | -30 | -30 | | 11.26 | 11.23 | | 11.23 | | 14.36 | | 14.22 | 14.30 |
| 5 | -25 | -25 | | 13.41 | 13.29 | | 13.25 | | 14.22 | | 14.07 | 14.11 |
| 6 | -20 | -20 | | 15.09 | 15.01 | | 15.05 | | 14.21 | | 14.14 | 14.16 |
| 7 | -15 | -15 | | 17.13 | 16.97 | | 17.11 | | 14.18 | | 14.03 | 14.02 |
| 8 | -10 | -10 | | 20.74 | 20.65 | | 20.55 | | 14.12 | | 13.96 | 14.02 |
| 9 | -5 | -5 | | 20.57 | 20.40 | | 20.50 | | 14.14 | | 14.02 | 13.98 |
| 10 | 0 | 0 | | 21.58 | 21.52 | | 21.47 | | 14.27 | | 14.22 | 14.19 |
| 11 | 5 | 5 | | 21.43 | 21.42 | | 21.30 | | 14.17 | | 14.06 | 14.10 |
| 12 | 10 | 10 | | 21.55 | 21.45 | | 21.37 | | 14.1 | | 14.08 | 13.96 |
| 13 | 15 | 15 | | 23.48 | 23.47 | | 23.37 | | 14.15 | | 14.01 | 14.09 |
| 14 | 20 | 20 | | 24.48 | 24.31 | | 24.40 | | 14.17 | | 14.05 | 14.03 |
| 15 | 25 | 25 | | 24.36 | 24.28 | | 24.23 | | 14.23 | | 14.04 | 14.14 |
| 16 | 30 | 30 | | 22.46 | 22.30 | | 22.45 | | 14.24 | | 14.15 | 14.12 |
| 17 | 35 | 35 | | 21.04 | 20.95 | | 20.99 | | 14.04 | | 13.93 | 13.95 |
| 18 | 40 | 40 | | 24.39 | 24.22 | | 24.25 | | 14.19 | | 14.02 | 14.00 |
| 19 | 45 | 45 | | 26.93 | 26.75 | | 26.92 | | 14.15 | | 14.06 | 14.07 |
| 20 | -45 | 45 | | 5.67 | 5.57 | | 5.65 | | 14.4 | | 14.34 | 14.27 |
| 21 | -40 | 40 | | 6.85 | 6.68 | | 6.83 | | 14.41 | | 14.40 | 14.39 |
| 22 | -35 | 35 | | 8.75 | 8.70 | | 8.55 | | 14.39 | | 14.19 | 14.33 |
| 23 | -30 | 30 | | 11.30 | 11.28 | | 11.14 | | 14.41 | | 14.38 | 14.38 |
| 24 | -25 | 25 | | 13.24 | 13.14 | | 13.12 | | 14.14 | | 13.95 | 14.02 |
| 25 | -20 | 20 | | 15.15 | 15.11 | | 14.96 | | 14.27 | | 14.08 | 14.15 |
| 26 | -15 | 15 | | 16.64 | 16.63 | | 16.57 | | 14.12 | | 13.99 | 14.03 |
| 27 | -10 | 10 | | 21.04 | 20.94 | | 20.94 | | 14.19 | | 14.07 | 14.17 |
| 28 | -5 | 5 | | 20.68 | 20.62 | | 20.65 | | 14.26 | | 14.22 | 14.11 |
| 29 | 0 | 0 | | 21.58 | 21.54 | | 21.54 | | 14.27 | | 14.24 | 14.18 |
| 30 | 5 | -5 | | 21.32 | 21.20 | | 21.29 | | 14.2 | | 14.10 | 14.13 |
| 31 | 10 | -10 | | 21.78 | 21.72 | | 21.62 | | 14.14 | | 13.98 | 13.99 |
| 32 | 15 | -15 | | 23.42 | 23.29 | | 23.25 | | 14.17 | | 14.06 | 13.99 |
| 33 | 20 | -20 | | 23.79 | 23.72 | | 23.76 | | 14.11 | | 14.03 | 14.08 |
| 34 | 25 | -25 | | 23.28 | 23.19 | | 23.20 | | 14.09 | | 13.96 | 13.93 |
| 35 | 30 | -30 | | 22.74 | 22.65 | | 22.61 | | 14.18 | | 14.06 | 14.09 |
| 36 | 35 | -35 | | 23.88 | 23.86 | | 23.71 | | 14.05 | | 13.98 | 14.04 |
| 37 | 40 | -40 | | 28.53 | 28.47 | | 28.52 | | 14.17 | | 14.05 | 14.07 |
| 38 | 45 | -45 | | 27.88 | 27.80 | | 27.68 | | 14.19 | | 14.00 | 14.11 |
| 39 | -45 | 0 | | 18.75 | 18.60 | | 18.71 | | 14.14 | | 14.04 | 14.04 |
| 40 | -40 | 0 | | 20.62 | 20.55 | | 20.43 | | 14.17 | | 14.04 | 14.09 |
| 41 | -35 | 0 | | 20.73 | 20.62 | | 20.58 | | 14.12 | | 14.11 | 14.01 |
| 42 | -30 | 0 | | 21.26 | 21.13 | | 21.20 | | 14.14 | | 13.99 | 14.03 |
| 43 | -25 | 0 | | 21.92 | 21.90 | | 21.74 | | 14.19 | | 14.17 | 14.06 |
| 44 | -20 | 0 | | 21.13 | 20.99 | | 21.05 | | 14.25 | | 14.11 | 14.23 |
| 45 | -15 | 0 | | 21.14 | 20.98 | | 21.12 | | 14.17 | | 14.14 | 14.07 |
| 46 | -10 | 0 | | 21.39 | 21.31 | | 21.25 | | 14.17 | | 14.11 | 14.02 |
| 47 | -5 | 0 | | 21.51 | 21.31 | | 21.47 | | 14.1 | | 14.06 | 13.96 |
| 48 | 0 | 0 | | 21.58 | 21.42 | | 21.46 | | 14.27 | | 14.23 | 14.26 |
| 49 | 5 | 0 | | 20.56 | 20.48 | | 20.55 | | 14.28 | | 14.09 | 14.26 |
| 50 | 10 | 0 | | 20.90 | 20.83 | | 20.82 | | 14.21 | | 14.06 | 14.12 |
| 51 | 15 | 0 | | 18.01 | 17.83 | | 17.86 | | 14.24 | | 14.06 | 14.21 |
| 52 | 20 | 0 | | 15.28 | 15.16 | | 15.19 | | 14.2 | | 14.09 | 14.19 |
| 53 | 25 | 0 | | 14.17 | 14.13 | | 14.08 | | 14.24 | | 14.04 | 14.10 |
| 54 | 30 | 0 | | 13.61 | 13.49 | | 13.60 | | 14.44 | | 14.34 | 14.37 |
| 55 | 35 | 0 | | 13.35 | 13.30 | | 13.32 | | 14.44 | | 14.25 | 14.30 |
| 56 | 40 | 0 | | 12.62 | 12.48 | | 12.51 | | 14.4 | | 14.34 | 14.22 |
| 57 | 45 | 0 | | 9.89 | 9.82 | | 9.82 | | 14.39 | | 14.21 | 14.22 |
| 58 | 0 | -45 | | 17.01 | 16.85 | | 16.86 | | 14.23 | | 14.19 | 14.16 |
| 59 | 0 | -40 | | 18.60 | 18.46 | | 18.58 | | 14.09 | | 14.01 | 13.91 |
| 60 | 0 | -35 | | 19.58 | 19.51 | | 19.53 | | 14.14 | | 14.09 | 14.08 |
| 61 | 0 | -30 | | 20.93 | 20.77 | | 20.84 | | 14.15 | | 14.09 | 14.14 |
| 62 | 0 | -25 | | 21.34 | 21.17 | | 21.17 | | 14.16 | | 14.12 | 13.99 |
| 63 | 0 | -20 | | 21.39 | 21.30 | | 21.34 | | 14.18 | | 14.17 | 14.03 |
| 64 | 0 | -15 | | 21.22 | 21.07 | | 21.09 | | 14.11 | | 14.03 | 14.03 |
| 65 | 0 | -10 | | 21.14 | 21.09 | | 20.95 | | 14.19 | | 14.10 | 14.16 |
| 66 | 0 | -5 | | 21.04 | 20.89 | | 20.85 | | 14.16 | | 14.12 | 14.15 |
| 67 | 0 | 0 | | 21.58 | 21.44 | | 21.50 | | 14.27 | | 14.09 | 14.18 |
| 68 | 0 | 5 | | 20.92 | 20.86 | | 20.76 | | 14.15 | | 14.07 | 14.11 |
| 69 | 0 | 10 | | 21.07 | 20.88 | | 20.98 | | 14.14 | | 14.02 | 14.10 |
| 70 | 0 | 15 | | 21.97 | 21.88 | | 21.90 | | 14.24 | | 14.13 | 14.20 |
| 71 | 0 | 20 | | 21.67 | 21.49 | | 21.64 | | 14.13 | | 14.12 | 13.96 |
| 72 | 0 | 25 | | 21.70 | 21.69 | | 21.69 | | 14.2 | | 14.15 | 14.04 |
| 73 | 0 | 30 | | 20.99 | 20.96 | | 20.80 | | 14.2 | | 14.06 | 14.12 |
| 74 | 0 | 35 | | 20.10 | 19.91 | | 19.96 | | 14.28 | | 14.14 | 14.16 |
| 75 | 0 | 40 | | 18.97 | 18.96 | | 18.78 | | 14.15 | | 13.98 | 13.98 |
| 76 | 0 | 45 | | 17.30 | 17.19 | | 17.11 | | 14.16 | | 14.15 | 14.09 |

C.2.3.1 标准皮托管溯源引入的不去确定度

标准器标准皮托管的不确定度由溯源证书得到不确定度为，则



C.2.3.2 标准皮托管测量重复性引入的不确定度

标准皮托管测得值如表C.1所示，采用极差法计算重复型，并取最大值为器测量重复性。



由测量重复性引入的不确定度见表C.2为



C.2.3.3 标准器不确定度



C.2.4 被校皮托管引入的不确定度

被校皮托管主要由测量重复性引入的不确定度，见表C.2中



表C.2 各点由重复性引入的相对不确定度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准皮托管（Pa） | | | 标准风速值（m/s） | | | 重复性 | 相对不确定度 | S型皮托管 | | | S型皮托管测量值 | | | 重复性 | 相对不确定度 |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 14.31 | 14.26 | 14.13 | 5.06 | 5.05 | 5.02 | 0.02 | 0.22% | 5.22 | 5.18 | 5.09 | 2.44 | 2.43 | 2.41 | 0.02 | 0.42% |
| 2 | 14.27 | 14.09 | 14.19 | 5.05 | 5.02 | 5.03 | 0.02 | 0.22% | 7.08 | 7.03 | 6.94 | 2.84 | 2.83 | 2.82 | 0.02 | 0.35% |
| 3 | 14.31 | 14.12 | 14.28 | 5.06 | 5.02 | 5.05 | 0.02 | 0.23% | 9.06 | 8.98 | 9.00 | 3.22 | 3.20 | 3.21 | 0.01 | 0.16% |
| 4 | 14.36 | 14.22 | 14.30 | 5.06 | 5.04 | 5.05 | 0.01 | 0.17% | 11.26 | 11.23 | 11.23 | 3.59 | 3.58 | 3.58 | 0.00 | 0.05% |
| 5 | 14.22 | 14.07 | 14.11 | 5.04 | 5.01 | 5.02 | 0.02 | 0.18% | 13.41 | 13.29 | 13.25 | 3.91 | 3.90 | 3.89 | 0.01 | 0.21% |
| 6 | 14.21 | 14.14 | 14.16 | 5.04 | 5.02 | 5.03 | 0.01 | 0.09% | 15.09 | 15.01 | 15.05 | 4.15 | 4.14 | 4.15 | 0.01 | 0.09% |
| 7 | 14.18 | 14.03 | 14.02 | 5.03 | 5.00 | 5.00 | 0.02 | 0.19% | 17.13 | 16.97 | 17.11 | 4.42 | 4.40 | 4.42 | 0.01 | 0.16% |
| 8 | 14.12 | 13.96 | 14.02 | 5.02 | 4.99 | 5.00 | 0.02 | 0.20% | 20.74 | 20.65 | 20.55 | 4.87 | 4.86 | 4.85 | 0.01 | 0.15% |
| 9 | 14.14 | 14.02 | 13.98 | 5.02 | 5.00 | 5.00 | 0.02 | 0.20% | 20.57 | 20.40 | 20.50 | 4.85 | 4.83 | 4.84 | 0.01 | 0.14% |
| 10 | 14.27 | 14.22 | 14.19 | 5.05 | 5.04 | 5.03 | 0.01 | 0.09% | 21.58 | 21.52 | 21.47 | 4.97 | 4.96 | 4.95 | 0.01 | 0.09% |
| 11 | 14.17 | 14.06 | 14.10 | 5.03 | 5.01 | 5.02 | 0.01 | 0.13% | 21.43 | 21.42 | 21.30 | 4.95 | 4.95 | 4.93 | 0.01 | 0.11% |
| 12 | 14.10 | 14.08 | 13.96 | 5.02 | 5.01 | 4.99 | 0.01 | 0.17% | 21.55 | 21.45 | 21.37 | 4.96 | 4.95 | 4.94 | 0.01 | 0.14% |
| 13 | 14.15 | 14.01 | 14.09 | 5.03 | 5.00 | 5.02 | 0.01 | 0.17% | 23.48 | 23.47 | 23.37 | 5.18 | 5.18 | 5.17 | 0.01 | 0.08% |
| 14 | 14.17 | 14.05 | 14.03 | 5.03 | 5.01 | 5.01 | 0.01 | 0.17% | 24.48 | 24.31 | 24.40 | 5.29 | 5.27 | 5.28 | 0.01 | 0.12% |
| 15 | 14.23 | 14.04 | 14.14 | 5.04 | 5.01 | 5.02 | 0.02 | 0.24% | 24.36 | 24.28 | 24.23 | 5.28 | 5.27 | 5.26 | 0.01 | 0.09% |
| 16 | 14.24 | 14.15 | 14.12 | 5.04 | 5.03 | 5.02 | 0.01 | 0.15% | 22.46 | 22.30 | 22.45 | 5.07 | 5.05 | 5.07 | 0.01 | 0.12% |
| 17 | 14.04 | 13.93 | 13.95 | 5.01 | 4.99 | 4.99 | 0.01 | 0.14% | 21.04 | 20.95 | 20.99 | 4.90 | 4.89 | 4.90 | 0.01 | 0.08% |
| 18 | 14.19 | 14.02 | 14.00 | 5.03 | 5.00 | 5.00 | 0.02 | 0.23% | 24.39 | 24.22 | 24.25 | 5.28 | 5.26 | 5.26 | 0.01 | 0.12% |
| 19 | 14.15 | 14.06 | 14.07 | 5.03 | 5.01 | 5.01 | 0.01 | 0.10% | 26.93 | 26.75 | 26.92 | 5.55 | 5.53 | 5.55 | 0.01 | 0.12% |
| 20 | 14.40 | 14.34 | 14.27 | 5.07 | 5.06 | 5.05 | 0.01 | 0.15% | 5.67 | 5.57 | 5.65 | 2.55 | 2.52 | 2.54 | 0.01 | 0.30% |
| 21 | 14.41 | 14.40 | 14.39 | 5.07 | 5.07 | 5.07 | 0.00 | 0.03% | 6.85 | 6.68 | 6.83 | 2.80 | 2.76 | 2.79 | 0.02 | 0.43% |
| 22 | 14.39 | 14.19 | 14.33 | 5.07 | 5.03 | 5.06 | 0.02 | 0.23% | 8.75 | 8.70 | 8.55 | 3.16 | 3.15 | 3.13 | 0.02 | 0.39% |
| 23 | 14.41 | 14.38 | 14.38 | 5.07 | 5.07 | 5.07 | 0.00 | 0.03% | 11.30 | 11.28 | 11.14 | 3.59 | 3.59 | 3.57 | 0.02 | 0.25% |
| 24 | 14.14 | 13.95 | 14.02 | 5.02 | 4.99 | 5.00 | 0.02 | 0.24% | 13.24 | 13.14 | 13.12 | 3.89 | 3.88 | 3.87 | 0.01 | 0.15% |
| 25 | 14.27 | 14.08 | 14.15 | 5.05 | 5.01 | 5.03 | 0.02 | 0.23% | 15.15 | 15.11 | 14.96 | 4.16 | 4.16 | 4.14 | 0.02 | 0.21% |
| 26 | 14.12 | 13.99 | 14.03 | 5.02 | 5.00 | 5.01 | 0.01 | 0.16% | 16.64 | 16.63 | 16.57 | 4.36 | 4.36 | 4.35 | 0.01 | 0.08% |
| 27 | 14.19 | 14.07 | 14.17 | 5.03 | 5.01 | 5.03 | 0.01 | 0.15% | 21.04 | 20.94 | 20.94 | 4.90 | 4.89 | 4.89 | 0.01 | 0.08% |
| 28 | 14.26 | 14.22 | 14.11 | 5.05 | 5.04 | 5.02 | 0.02 | 0.18% | 20.68 | 20.62 | 20.65 | 4.86 | 4.85 | 4.86 | 0.00 | 0.05% |
| 29 | 14.27 | 14.24 | 14.18 | 5.05 | 5.04 | 5.03 | 0.01 | 0.10% | 21.58 | 21.54 | 21.54 | 4.97 | 4.96 | 4.96 | 0.00 | 0.04% |
| 30 | 14.20 | 14.10 | 14.13 | 5.04 | 5.02 | 5.02 | 0.01 | 0.12% | 21.32 | 21.20 | 21.29 | 4.94 | 4.92 | 4.93 | 0.01 | 0.10% |
| 31 | 14.14 | 13.98 | 13.99 | 5.02 | 5.00 | 5.00 | 0.02 | 0.19% | 21.78 | 21.72 | 21.62 | 4.99 | 4.98 | 4.97 | 0.01 | 0.13% |
| 32 | 14.17 | 14.06 | 13.99 | 5.03 | 5.01 | 5.00 | 0.02 | 0.22% | 23.42 | 23.29 | 23.25 | 5.17 | 5.16 | 5.16 | 0.01 | 0.12% |
| 33 | 14.11 | 14.03 | 14.08 | 5.02 | 5.01 | 5.01 | 0.01 | 0.09% | 23.79 | 23.72 | 23.76 | 5.21 | 5.21 | 5.21 | 0.00 | 0.05% |
| 34 | 14.09 | 13.96 | 13.93 | 5.02 | 4.99 | 4.99 | 0.02 | 0.20% | 23.28 | 23.19 | 23.20 | 5.16 | 5.15 | 5.15 | 0.01 | 0.07% |
| 35 | 14.18 | 14.06 | 14.09 | 5.03 | 5.01 | 5.02 | 0.01 | 0.15% | 22.74 | 22.65 | 22.61 | 5.10 | 5.09 | 5.08 | 0.01 | 0.10% |
| 36 | 14.05 | 13.98 | 14.04 | 5.01 | 5.00 | 5.01 | 0.01 | 0.09% | 23.88 | 23.86 | 23.71 | 5.22 | 5.22 | 5.21 | 0.01 | 0.12% |
| 37 | 14.17 | 14.05 | 14.07 | 5.03 | 5.01 | 5.01 | 0.01 | 0.14% | 28.53 | 28.47 | 28.52 | 5.71 | 5.70 | 5.71 | 0.00 | 0.04% |
| 38 | 14.19 | 14.00 | 14.11 | 5.03 | 5.00 | 5.02 | 0.02 | 0.23% | 27.88 | 27.80 | 27.68 | 5.64 | 5.64 | 5.62 | 0.01 | 0.12% |
| 39 | 14.14 | 14.04 | 14.04 | 5.02 | 5.01 | 5.01 | 0.01 | 0.12% | 18.75 | 18.60 | 18.71 | 4.63 | 4.61 | 4.62 | 0.01 | 0.14% |
| 40 | 14.17 | 14.04 | 14.09 | 5.03 | 5.01 | 5.02 | 0.01 | 0.16% | 20.62 | 20.55 | 20.43 | 4.85 | 4.85 | 4.83 | 0.01 | 0.16% |
| 41 | 14.12 | 14.11 | 14.01 | 5.02 | 5.02 | 5.00 | 0.01 | 0.14% | 20.73 | 20.62 | 20.58 | 4.87 | 4.85 | 4.85 | 0.01 | 0.13% |
| 42 | 14.14 | 13.99 | 14.03 | 5.02 | 5.00 | 5.01 | 0.02 | 0.18% | 21.26 | 21.13 | 21.20 | 4.93 | 4.91 | 4.92 | 0.01 | 0.11% |
| 43 | 14.19 | 14.17 | 14.06 | 5.03 | 5.03 | 5.01 | 0.01 | 0.15% | 21.92 | 21.90 | 21.74 | 5.01 | 5.00 | 4.98 | 0.01 | 0.14% |
| 44 | 14.25 | 14.11 | 14.23 | 5.04 | 5.02 | 5.04 | 0.01 | 0.17% | 21.13 | 20.99 | 21.05 | 4.91 | 4.90 | 4.90 | 0.01 | 0.12% |
| 45 | 14.17 | 14.14 | 14.07 | 5.03 | 5.03 | 5.01 | 0.01 | 0.12% | 21.14 | 20.98 | 21.12 | 4.92 | 4.90 | 4.91 | 0.01 | 0.13% |
| 46 | 14.17 | 14.11 | 14.02 | 5.03 | 5.02 | 5.00 | 0.02 | 0.18% | 21.39 | 21.31 | 21.25 | 4.94 | 4.94 | 4.93 | 0.01 | 0.11% |
| 47 | 14.10 | 14.06 | 13.96 | 5.02 | 5.01 | 4.99 | 0.02 | 0.18% | 21.51 | 21.31 | 21.47 | 4.96 | 4.94 | 4.95 | 0.01 | 0.16% |
| 48 | 14.27 | 14.23 | 14.26 | 5.05 | 5.04 | 5.05 | 0.00 | 0.05% | 21.58 | 21.42 | 21.46 | 4.97 | 4.95 | 4.95 | 0.01 | 0.13% |
| 49 | 14.28 | 14.09 | 14.26 | 5.05 | 5.02 | 5.05 | 0.02 | 0.22% | 20.56 | 20.48 | 20.55 | 4.85 | 4.84 | 4.85 | 0.01 | 0.06% |
| 50 | 14.21 | 14.06 | 14.12 | 5.04 | 5.01 | 5.02 | 0.02 | 0.18% | 20.90 | 20.83 | 20.82 | 4.89 | 4.88 | 4.88 | 0.01 | 0.06% |
| 51 | 14.24 | 14.06 | 14.21 | 5.04 | 5.01 | 5.04 | 0.02 | 0.21% | 18.01 | 17.83 | 17.86 | 4.54 | 4.51 | 4.52 | 0.01 | 0.17% |
| 52 | 14.20 | 14.09 | 14.19 | 5.04 | 5.02 | 5.03 | 0.01 | 0.14% | 15.28 | 15.16 | 15.19 | 4.18 | 4.16 | 4.17 | 0.01 | 0.14% |
| 53 | 14.24 | 14.04 | 14.10 | 5.04 | 5.01 | 5.02 | 0.02 | 0.24% | 14.17 | 14.13 | 14.08 | 4.02 | 4.02 | 4.01 | 0.01 | 0.11% |
| 54 | 14.44 | 14.34 | 14.37 | 5.08 | 5.06 | 5.07 | 0.01 | 0.11% | 13.61 | 13.49 | 13.60 | 3.94 | 3.93 | 3.94 | 0.01 | 0.16% |
| 55 | 14.44 | 14.25 | 14.30 | 5.08 | 5.04 | 5.05 | 0.02 | 0.22% | 13.35 | 13.30 | 13.32 | 3.91 | 3.90 | 3.90 | 0.00 | 0.06% |
| 56 | 14.40 | 14.34 | 14.22 | 5.07 | 5.06 | 5.04 | 0.02 | 0.21% | 12.62 | 12.48 | 12.51 | 3.80 | 3.78 | 3.78 | 0.01 | 0.18% |
| 57 | 14.39 | 14.21 | 14.22 | 5.07 | 5.04 | 5.04 | 0.02 | 0.21% | 9.89 | 9.82 | 9.82 | 3.36 | 3.35 | 3.35 | 0.01 | 0.12% |
| 58 | 14.23 | 14.19 | 14.16 | 5.04 | 5.03 | 5.03 | 0.01 | 0.09% | 17.01 | 16.85 | 16.86 | 4.41 | 4.39 | 4.39 | 0.01 | 0.16% |
| 59 | 14.09 | 14.01 | 13.91 | 5.02 | 5.00 | 4.98 | 0.02 | 0.22% | 18.60 | 18.46 | 18.58 | 4.61 | 4.59 | 4.61 | 0.01 | 0.13% |
| 60 | 14.14 | 14.09 | 14.08 | 5.02 | 5.02 | 5.01 | 0.01 | 0.07% | 19.58 | 19.51 | 19.53 | 4.73 | 4.72 | 4.72 | 0.00 | 0.06% |
| 61 | 14.15 | 14.09 | 14.14 | 5.03 | 5.02 | 5.02 | 0.01 | 0.07% | 20.93 | 20.77 | 20.84 | 4.89 | 4.87 | 4.88 | 0.01 | 0.13% |
| 62 | 14.16 | 14.12 | 13.99 | 5.03 | 5.02 | 5.00 | 0.02 | 0.21% | 21.34 | 21.17 | 21.17 | 4.94 | 4.92 | 4.92 | 0.01 | 0.14% |
| 63 | 14.18 | 14.17 | 14.03 | 5.03 | 5.03 | 5.01 | 0.02 | 0.18% | 21.39 | 21.30 | 21.34 | 4.94 | 4.93 | 4.94 | 0.01 | 0.07% |
| 64 | 14.11 | 14.03 | 14.03 | 5.02 | 5.00 | 5.01 | 0.01 | 0.10% | 21.22 | 21.07 | 21.09 | 4.92 | 4.91 | 4.91 | 0.01 | 0.12% |
| 65 | 14.19 | 14.10 | 14.16 | 5.03 | 5.02 | 5.03 | 0.01 | 0.11% | 21.14 | 21.09 | 20.95 | 4.92 | 4.91 | 4.89 | 0.01 | 0.16% |
| 66 | 14.16 | 14.12 | 14.15 | 5.03 | 5.02 | 5.03 | 0.00 | 0.04% | 21.04 | 20.89 | 20.85 | 4.90 | 4.89 | 4.88 | 0.01 | 0.16% |
| 67 | 14.27 | 14.09 | 14.18 | 5.05 | 5.02 | 5.03 | 0.02 | 0.21% | 21.58 | 21.44 | 21.50 | 4.97 | 4.95 | 4.96 | 0.01 | 0.11% |
| 68 | 14.15 | 14.07 | 14.11 | 5.03 | 5.01 | 5.02 | 0.01 | 0.10% | 20.92 | 20.86 | 20.76 | 4.89 | 4.88 | 4.87 | 0.01 | 0.13% |
| 69 | 14.14 | 14.02 | 14.10 | 5.02 | 5.00 | 5.02 | 0.01 | 0.15% | 21.07 | 20.88 | 20.98 | 4.91 | 4.89 | 4.90 | 0.01 | 0.15% |
| 70 | 14.24 | 14.13 | 14.20 | 5.04 | 5.02 | 5.04 | 0.01 | 0.13% | 21.97 | 21.88 | 21.90 | 5.01 | 5.00 | 5.00 | 0.01 | 0.07% |
| 71 | 14.13 | 14.12 | 13.96 | 5.02 | 5.02 | 4.99 | 0.02 | 0.20% | 21.67 | 21.49 | 21.64 | 4.98 | 4.96 | 4.97 | 0.01 | 0.14% |
| 72 | 14.20 | 14.15 | 14.04 | 5.04 | 5.03 | 5.01 | 0.02 | 0.20% | 21.70 | 21.69 | 21.69 | 4.98 | 4.98 | 4.98 | 0.00 | 0.00% |
| 73 | 14.20 | 14.06 | 14.12 | 5.04 | 5.01 | 5.02 | 0.02 | 0.17% | 20.99 | 20.96 | 20.80 | 4.90 | 4.89 | 4.88 | 0.01 | 0.16% |
| 74 | 14.28 | 14.14 | 14.16 | 5.05 | 5.03 | 5.03 | 0.01 | 0.17% | 20.10 | 19.91 | 19.96 | 4.79 | 4.77 | 4.78 | 0.01 | 0.17% |
| 75 | 14.15 | 13.98 | 13.98 | 5.03 | 5.00 | 5.00 | 0.02 | 0.20% | 18.97 | 18.96 | 18.78 | 4.66 | 4.65 | 4.63 | 0.01 | 0.17% |
| 76 | 14.16 | 14.15 | 14.09 | 5.03 | 5.03 | 5.02 | 0.01 | 0.08% | 17.30 | 17.19 | 17.11 | 4.45 | 4.43 | 4.42 | 0.01 | 0.19% |

C.2.5 合成标准不确定度的评价

C.2.5.1 标准不确定度汇总表

表C.1 标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 不确定度来源 | 输入不确定度 | 系数*pi* | 合成不确定度 |
|  | 重复性 | 043% | 1 | 0.43% |
|  | 溯源证书 | 0.32% | -1 | 0.32% |
| 合成标准不确定度：，扩展不确定度：，k=2 | | | | |

C.2.5.2 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：



C.2.6 扩展不确定度的评定

固定源烟气流速（量）参比方法用S型皮托管的校准，取覆盖因子k=2,校准结果的不确定度为

