**校准结果的测量不确定度评定**

1. 测量方法

在规范规定的校准条件下，将被校流量计安装在标准流量装置实验段中，以标准流量计的值为参考标准，在标准流量装置中用比较法对流量计进行校准，具体实验步骤件参考本规范第七节中的校准方法。

2 不确定分析

2.1 数学模型



其中：

——校准点的相对误差；

——被校流量计的示值m3/h；

——标准流量值，m3/h；

根据不确定度传播规律可得出：



或



2.2 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





2.3 校准数据

以某大口径插入式超声流量计为例，进行实验室校准。将超声流量计按上游15倍下游5倍水力直径直管段进行安装，此时实验段流场为充分发展流量。同时记录超声和标准流量值，风洞实验段管道直径为1.5m。

表1 充分发展流场超声流量计校准数据

|  |
| --- |
| 第一校准点 |
| 记录数据次数 | 标准流量 | 超声流量计示值 | 温度（℃） | 大气压力（kPa） | 校准系数 | 重复性 |
| 1  | 1238.47  | 1360.87  | 25.56 | 101.11 | 0.91  | 1.86% |
| 2  | 1246.83  | 1388.91  | 25.46 | 100.99 | 0.90  |
| 3  | 1222.79  | 1391.12  | 25.35 | 101.00 | 0.88  |
| 4  | 1208.92  | 1336.70  | 25.31 | 100.84 | 0.90  |
| 5  | 1223.20  | 1384.32  | 25.28 | 101.01 | 0.88  |
| 6  | 1212.53  | 1395.22  | 25.25 | 101.03 | 0.87  |
| 7  | 1246.29  | 1353.86  | 25.32 | 101.15 | 0.92  |
| 8  | 1221.00  | 1373.93  | 25.38 | 101.20 | 0.89  |
| 9 | 1223.92  | 1326.45  | 25.45 | 101.31 | 0.92  |
| 10 | 1223.62  | 1393.59  | 25.36 | 101.42 | 0.88  |
| 第二校准点 |
| 1  | 81812.88  | 83757.99  | 25.56 | 101.11 | 0.98  | 1.07% |
| 2  | 80885.02  | 82698.56  | 25.46 | 100.99 | 0.98  |
| 3  | 80838.36  | 82838.87  | 25.35 | 101.00 | 0.98  |
| 4  | 80025.56  | 83300.83  | 25.31 | 100.84 | 0.96  |
| 5  | 81988.55  | 82066.93  | 25.28 | 101.01 | 1.00  |
| 6  | 80400.11  | 82845.44  | 25.25 | 101.03 | 0.97  |
| 7  | 81349.38  | 82713.64  | 25.32 | 101.15 | 0.98  |
| 8  | 81785.77  | 82482.47  | 25.38 | 101.20 | 0.99  |
| 9 | 81253.94  | 82435.21  | 25.45 | 101.31 | 0.99  |
| 10 | 80312.71  | 82022.22  | 25.36 | 101.42 | 0.98  |
| 第三校准点 |
| 1  | 184056.92  | 187426.18  | 25.56 | 101.11 | 0.98  | 1.01% |
| 2  | 183917.73  | 189447.13  | 25.46 | 100.99 | 0.97  |
| 3  | 184427.89  | 187366.81  | 25.35 | 101.00 | 0.98  |
| 4  | 182378.16  | 189897.81  | 25.31 | 100.84 | 0.96  |
| 5  | 182772.76  | 185233.01  | 25.28 | 101.01 | 0.99  |
| 6  | 184409.46  | 189628.05  | 25.25 | 101.03 | 0.97  |
| 7  | 184056.74  | 185036.50  | 25.32 | 101.15 | 0.99  |
| 8  | 181132.96  | 185652.26  | 25.38 | 101.20 | 0.98  |
| 9 | 183996.24  | 189403.08  | 25.45 | 101.31 | 0.97  |
| 10 | 183293.74  | 189256.60  | 25.36 | 101.42 | 0.97  |

在超声上游2倍水力直径位置安装涡流发生器，使测验段变成高湍流度的复杂流场。

表2 复杂流场超声流量计校准数据

|  |
| --- |
| 第一校准点 |
| 记录数据次数 | 标准流量 | 超声流量计示值 | 温度（℃） | 大气压力（kPa） | 校准系数 | 重复性 |
| 1  | 1238.47  | 1475.64  | 25.56 | 101.11 | 0.84  | 3.33% |
| 2  | 1246.83  | 1395.05  | 25.46 | 100.99 | 0.89  |
| 3  | 1222.79  | 1386.99  | 25.35 | 101.00 | 0.88  |
| 4  | 1208.92  | 1361.21  | 25.31 | 100.84 | 0.89  |
| 5  | 1223.20  | 1446.30  | 25.28 | 101.01 | 0.85  |
| 6  | 1212.53  | 1442.76  | 25.25 | 101.03 | 0.84  |
| 7  | 1246.29  | 1347.80  | 25.32 | 101.15 | 0.92  |
| 8  | 1221.00  | 1313.39  | 25.38 | 101.20 | 0.93  |
| 9 | 1223.92  | 1368.13  | 25.45 | 101.31 | 0.89  |
| 10 | 1223.62  | 1346.06  | 25.36 | 101.42 | 0.91  |
| 第二校准点 |
| 1  | 81812.88  | 87399.95  | 25.56 | 101.11 | 0.94  | 1.99% |
| 2  | 80885.02  | 85326.89  | 25.46 | 100.99 | 0.95  |
| 3  | 80838.36  | 85026.73  | 25.35 | 101.00 | 0.95  |
| 4  | 80025.56  | 84970.27  | 25.31 | 100.84 | 0.94  |
| 5  | 81988.55  | 82305.32  | 25.28 | 101.01 | 1.00  |
| 6  | 80400.11  | 83756.10  | 25.25 | 101.03 | 0.96  |
| 7  | 81349.38  | 86649.67  | 25.32 | 101.15 | 0.94  |
| 8  | 81785.77  | 83993.66  | 25.38 | 101.20 | 0.97  |
| 9 | 81253.94  | 86268.36  | 25.45 | 101.31 | 0.94  |
| 10 | 80312.71  | 82217.04  | 25.36 | 101.42 | 0.98  |
| 第三校准点 |
| 1  | 184056.92  | 193395.56  | 25.56 | 101.11 | 0.95  | 1.22% |
| 2  | 183917.73  | 184768.52  | 25.46 | 100.99 | 1.00  |
| 3  | 184427.89  | 189212.52  | 25.35 | 101.00 | 0.97  |
| 4  | 182378.16  | 185332.72  | 25.31 | 100.84 | 0.98  |
| 5  | 182772.76  | 187654.65  | 25.28 | 101.01 | 0.97  |
| 6  | 184409.46  | 186684.83  | 25.25 | 101.03 | 0.99  |
| 7  | 184056.74  | 188407.72  | 25.32 | 101.15 | 0.98  |
| 8  | 181132.96  | 186247.82  | 25.38 | 101.20 | 0.97  |
| 9 | 183996.24  | 188517.46  | 25.45 | 101.31 | 0.98  |
| 10 | 183293.74  | 190201.23  | 25.36 | 101.42 | 0.96  |

输入量的标准不确定度评定

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。

2.3.1 标准器溯源引入的不确定度

标准器超声流量计为0.5级，流量测量不确定度为0.5%，k=2，则



2.3.2 测量重复性引入的不确定度

以第一个校准点为例，测量值分别为1238.47m3/h、1246.83m3/h、1222.79m3/h、1208.92m3/h、1223.20m3/h、1212.53m3/h、1246.29m3/h、1221.00m3/h、1223.92m3/h、1223.62m3/h，采用相对标准偏差法计算重复性





同理，其它校准点由测量重复性引入的不确定度分别为0.49%和0.33%。

2.3.3 标准器不确定度

第一校准点



其它校准点分别为：0.55%和0.41%

2.4 被校流量计引入的不确定度

被校流量计引入的不确定度主要是测量重复性引入的测量不确定度，已知被校流量计在充分发展流场中第一校准点处示数分别为：1360.87m3/h、1388.91m3/h、1391.12m3/h、1336.70m3/h、1384.32m3/h、1395.22m3/h、1353.86m3/h、1373.93m3/h、1326.45m3/h、1393.59m3/h，采用标准偏差法计算重复性





同理，其它校准点由测量重复性引入的不确定度分别为0.37%和0.60%，在复杂流场下由测量重复性引入的不确定度分别为：2.16%、1.19%和0.78%。

2.5 合成标准不确定度

2.5.1 合成不确定度见表3

表3 标准不确定度汇总表

|  |
| --- |
| 充分发展流场校准点 |
| 校准点 | 不确定度来源 | 不确定度 | 合成不确定度 |
| 1 | 被校重复性 | 1.05% | 1.24% |
| 标准器测量重复性 | 0.61% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 2 | 被校重复性 | 0.37% | 0.66% |
| 标准器测量重复性 | 0.49% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 3 | 被校重复性 | 0.60% | 0.73% |
| 标准器测量重复性 | 0.33% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 复杂流场校准点 |
| 1 | 被校重复性 | 2.16% | 2.26% |
| 标准器测量重复性 | 0.61% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 2 | 被校重复性 | 1.19% | 1.31% |
| 标准器测量重复性 | 0.49% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 3 | 被校重复性 | 0.78% | 0.88% |
| 标准器测量重复性 | 0.33% |
| 标准证书引入 | 0.25% |
| 合成标准不确定度：，扩展不确定度：，k=2 |

2.5.2 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，取其中最大值。所以合成标准不确定度按下式得到：



2.6 扩展不确定度的评定

烟道等大口径插入式流量计的校准，取覆盖因子k=2,校准结果的不确定度为

 