**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

