多相流量计校准结果测量不确定度评定报告

1 多相流量计油流量、水流量测量不确定度评定

1.1 测量模型

多相流量计的油、水相累积流量相对误差可由式（1）计算，即

 （1）

式中：

*E*i—多相流量计第i测试点单相累积流量相对误差；

*Q*m,i—多相流量计测量的第i测试点的单相累积流量值，m3；

*Q*s,i—标准装置测量的第i测试点的单相累积流量值，m3。

，各自变量之间独立，则可得相对不确定度公式如下：

 （2）

1.2 不确定度分量评定

油气水多相流量计实液测试装置的最大流量：液流量为50 m3/h，油流量为50 m3/h，水流量为50 m3/h，气流量为1170 Sm3/h。各相流量不确定度为油相：1.0%，*k*=2；水相：1.0%，*k*=2；气相：2.0%，*k*=2。

选择一台多相流量计，在流量25m3/h（0.5qmax）、含水率70%、含气率85%的流量测试点下，将多相流量计使用标准装置测量3次，选取该点作为不确定度评定的案例进行分析，其测试结果见表1。

表1 测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准装置 | | | | | | | | 被测多相流量计 | | | | 测量误差 | | | |
| 液流量 | 含水率 | 含气率 | 油 | 水 | 气 | 温度 | 压力 | 含水率 | 油 | 水 | 气 | 油 | 水 | 气 | 含水率 |
| m3/F | % | % | m3 | m3 | Nm3 | °C | MPa | % | m3 | m3 | Nm3 | % | % | % | % |
| 24.95 | 69.79 | 86.30 | 1.256 | 2.901 | 126.675 | 48.40 | 0.44 | 69.27 | 1.260 | 2.840 | 131.272 | 0.32 | -2.10 | 3.63 | -0.52 |
| 24.32 | 69.53 | 85.60 | 1.235 | 2.818 | 115.564 | 48.32 | 0.43 | 69.02 | 1.252 | 2.789 | 123.053 | 1.38 | -1.03 | 6.48 | -0.51 |
| 24.88 | 69.21 | 84.20 | 1.277 | 2.870 | 103.977 | 50.10 | 0.42 | 68.36 | 1.293 | 2.794 | 107.586 | 1.25 | -2.65 | 3.47 | -0.84 |

1.2.1 油相测量不确定度分量评定

（1）由重复测量引入的不确定度分量（A类不确定度）

多相流量计油相流量在i流量测试点的重复性按公式（3）计算，即

 （3）

式中：

—多相流量计油相流量第i测试点的重复性；

—多相流量计油相流量第i测试点的测量误差最大值；

—多相流量计油相流量第i测试点的测量误差最小值；

—极差系数。

极差系数值见表4。

表2 dn数值表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| dn | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 |

根据油流量重复性计算公式（3）可计算得出，油流量重复性为0.63%，则由重复测量引入的不确定度为



灵敏系数为



（2）由标准装置所引入的不确定度分量（B类不确定度）

多相流量计标准装置的油相测量相对扩展不确定度为1.0%（*k*=2），则



灵敏系数为



（3）合成标准不确定度

油相流量的合成标准不确定度按公式（4）计算。

 （4）

式中：

—多相流量计的油相流量合成标准不确定度；

—多相流量计的油相流量测量结果重复性的不确定度；

—多相流量计标准装置油相流量测量的不确定度；

—多相流量计标准装置压力测量结果的不确定度；

—多相流量计标准装置温度测量结果的不确定度；

—多相流量计标准装置其它因素对测量结果影响的不确定度。

则合成标准不确定度为



（4）扩展不确定度

油相流量的相对扩展不确定度按公式（5）计算。

 （5）

则油流量扩展不确定度为



（5）测量不确定度分析一览表

表3 油流量测量不确定度分析一览表



1.2.2 水相测量不确定度分量评定

（1）由重复测量引入的不确定度分量（A类不确定度）

多相流量计水相流量在i流量测试点的重复性按公式（6）计算，即

 （6）

式中：

—多相流量计水相流量第i测试点的重复性；

—多相流量计水相流量第i测试点的测量误差最大值；

—多相流量计水相流量第i测试点的测量误差最小值；

—极差系数。

根据水流量重复性计算公式（6）可计算得出，水流量重复性为0.96%，则由重复测量引入的不确定度为



灵敏系数为



（2）由标准装置所引入的不确定度分量（B类不确定度）

多相流量计标准装置的水相测量相对扩展不确定度为1.0%（*k*=2），则



灵敏系数为



（3）合成标准不确定度

水相流量的合成标准不确定度按公式（7）计算。

 （7）

式中：

—多相流量计的水相流量合成标准不确定度；

—多相流量计的水相流量测量结果重复性的不确定度；

—多相流量计标准装置水相流量测量的不确定度；

—多相流量计标准装置压力测量结果的不确定度；

—多相流量计标准装置温度测量结果的不确定度。

则合成标准不确定度为



（4）扩展不确定度

水相流量的相对扩展不确定度按公式（8）计算。

 （8）

则水流量扩展不确定度为



（5）测量不确定度分析一览表

表4 水流量测量不确定度分析一览表



2 多相流量计气流量测量不确定度评定

2.1 测量模型

多相流量计的气相累积流量相对误差可由式（9）计算，即

 （9）

式中：

*E*i—多相流量计第i测试点单相累积流量相对误差；

*Q*mN,i—多相流量计测量的第i测试点的单相累积流量值，Nm3；

*Q*sN,i—标准装置测量的第i测试点的单相累积流量值，Nm3。

其中，

 （10）

式中：

*P*s,i—第i测试点，多相流标准装置处的绝对压力，kPa；

*T*s,i—第i测试点，多相流标准装置处的热力学温度，K；

*Q*s,i—第i测试点，多相流标准装置处的气相累积流量值，Nm3；

*P*N—标况压力，101.32kPa；

*T*N—标况温度，293.15K；

*Z*N—标况下空气（天然气）的压缩因子；

*Z*S—多相流标准装置标准表处空气（天然气）的压缩因子。

将10代入9中可得

 （11）

各自变量之间独立，则可得相对不确定度公式如下：

（12）

2.2 不确定度分量评定

（1）由重复测量引入的不确定度分量（A类不确定度）

多相流量计气相流量在i流量测试点的重复性按公式（13）计算，即

 （13）

式中：

—多相流量计气相流量第i测试点的重复性；

—多相流量计气相流量第i测试点的测量误差最大值；

—多相流量计气相流量第i测试点的测量误差最小值；

—极差系数。

根据气流量重复性计算公式（13）可计算得出，气流量重复性为1.78%，则由重复测量引入的不确定度为



灵敏系数为



（2）由标准装置所引入的不确定度分量（B类不确定度）

多相流量计标准装置的水相测量相对扩展不确定度为2.0%（*k*=2），则



灵敏系数为



（3）标准表处压力的Ps测量所引入的不确定度分量（B类不确定度）

用绝压变送器测量标准表处压力。绝压变送器的准确度等级为0.2级，测量范围为（0～2.5）MPa，输出范围为（4～20）mA，在0.4MPa压力下对应输出电流值为6.56 mA，绝压变送器的扩展不确定度为 mA（*k*=2），则



灵敏系数为



（4）标准表处温度的Ts测量所引入的不确定度分量（B类不确定度）

用一体化温度变送器测量标准表处温度。一体化温度变送器的准确度等级为0.5级，测量范围为（0～100）℃，输出范围为（4～20）mA，在48.32℃温度下对应输出电流值为7.73 mA，一体化温度变送器的扩展不确定度为*U*（*T*s）=0.015 mA（*k*=2），则



灵敏系数为



（5）压缩因子Z的不确定度

压缩因子Z的允许误差为0.01%，按矩形分布，则



灵敏系数为





（6）合成标准不确定度

气相流量的合成标准不确定度按公式（14）计算。

 （14）

式中：

—多相流量计的气相流量合成标准不确定度；

—多相流量计的气相流量测量结果重复性的不确定度；

—多相流量计标准装置气相流量测量的不确定度；

—多相流量计标准装置压力测量结果的不确定度；

—多相流量计标准装置温度测量结果的不确定度。

则合成标准不确定度为



（7）扩展不确定度

气相流量的相对扩展不确定度按公式（15）计算。

 （15）

则气流量扩展不确定度为



（8）测量不确定度分析一览表

表5 气流量测量不确定度分析一览表



3 多相流量计含水率测量不确定度评定

3.1 测量模型

多相流量计的含水率测量绝对误差可由式（16）计算，即

 （16）

式中：

—多相流量计第i测试点的含水率测量误差；

—多相流量计第i测试点的含水率测量值；

—标准装置测量的第i测试点的含水率测量值。

含水率合成标准不确定度

 （17）

式中：

—多相流量计第i测试点的含水率合成标准不确定度；

—多相流量计第i测试点的的含水率测量结果重复性的不确定度；

—多相流量计第i测试点的的水流量测量结果不确定度；

—多相流量计第i测试点的的油流量测量结果不确定度。

3.2 不确定度分量评定

（1）由重复测量引入的不确定度分量（A类不确定度）

多相流量计含水率在第i测试点的重复性按公式（18）计算，即

 （18）

式中：

—多相流量计含水率第i测试点的重复性；

—多相流量计含水率第i测试点的测量误差最大值；

—多相流量计含水率第i测试点的测量误差最小值；

—极差系数。

根据含水率重复性计算公式（18）可计算得出，含水率重复性为0.20%，则由重复测量引入的不确定度为



（2）合成不确定度

含水率的合成标准不确定度按公式（19）计算。

 （19）

式中：

—多相流量计的含水率合成标准不确定度；

—多相流量计的含水率测量结果重复性的不确定度。

由1.2.1节得到油流量合成标准不确定度为0.618%，由1.2.2节得到水流量合成标准不确定度为0.746%，则合成标准不确定度为



（3）扩展不确定度

含水率的扩展不确定度按公式（20）计算。

 （20）

则含水率扩展不确定度为



（4）测量不确定度分析一览表

表6 含水率测量不确定度分析一览表



综上，在流量25m3/h、含水率70%、含气率85%的流量测试点下，此多相流量计的油相误差为0.98%，测量结果扩展不确定度为1.236%（*k*=2）；水相误差为-1.90%，测量结果扩展不确定度为1.492%（*k*=2）；气相误差为4.53%，测量结果扩展不确定度为2.876%（*k*=2）；含水率误差为-0.62%，测量结果扩展不确定度为1.952%（*k*=2）。