《水位标准装置校准规范》

不确定度分析报告

《水位标准装置校准规范》编制组

2023年9月25日

**一、水位标准装置示值误差校准结果**

水位标准装置测量范围：0m~10m 。分别在整数米处使用20m标准钢卷尺进行校准，校准结果如下表所示：

表1 各校准点水位标准装置与标准钢卷尺数值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 水位标准装置/mm | 标准钢卷尺/mm | 示值误差/mm |
| 1 | 1000.1 | 1000.1 | 0.0 |
| 2 | 1999.9 | 2000 | -0.1 |
| 3 | 3000.0 | 2999.9 | 0.1 |
| 4 | 3999.8 | 3999.7 | 0.1 |
| 5 | 5000.1 | 4999.6 | 0.5 |
| 6 | 6000.5 | 6000.1 | 0.4 |
| 7 | 7000.4 | 6999.7 | 0.7 |
| 8 | 8000.5 | 7999.8 | 0.7 |
| 9 | 9000.5 | 8999.8 | 0.7 |
| 10 | 10000.5 | 9999.8 | 0.7 |

**二、水位标准装置示值误差重复性试验数据**

在各校准点对水位标准装置进行10重复测量，得到10组数据，见表2。

表2 10组重复性实验数据

单位毫米

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测次 | 第一组 | 第二组 | 第三组 | 第四组 | 第五组 | 第六组 | 第七组 | 第八组 | 第九组 | 第十组 |
| 1 | 0 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 3 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.8 |
| 4 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| 5 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 6 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 |
| 7 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 8 | -0.1 | -0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 9 | -0.1 | -0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 10 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| *si* | 0.032 | 0.042 | 0.000 | 0.000 | 0.047 | 0.067 | 0.053 | 0.067 | 0.048 | 0.063 |

合并样本方差，得到示值误差重复性为：

**三、数学模型**

水位标准装置示值误差*E*按式（1）计算：

（1）

式中：*E*—水位标准装置的示值误差，mm、cm或m；

*H*d—被校水位标准装置在各校准点的示值，mm、cm或m；

*H*s—各校准点水位标准值，mm、cm或m。

示值误差合成不确定度计算见式（2）:

（2）

式中：*u*c(*E*)—示值误差的合成不确定度，mm、cm或m；

*u*(*H*d)—被校水位标准装置的标准不确定度，mm、cm或m；

*u*(*H*s)—标准器的标准不确定度，mm、cm或m；

*c*1—被校水位标准装置的灵敏系数，1；

*c*2—标准器的灵敏系数，-1。

**四、各不确定度分量的计算**

采用标准钢卷尺对一10m量程的非接触式水位标准装置进行进行校准，校准点为（1~10）m的整数点。

（一）标准器及校准方法引入的不确定度

（1）标准器示值引入的的不确定度*u*1(*H*s)

标准器采用标准钢卷尺，其示值误差为±(0.03+0.03L)mm，服从均匀分布，引入的不确定度为：

水位标准装置测量范围（0~10）m，则整数米处标准钢卷尺示值引入的不确定度见表3：

表3 标准钢卷尺在（1~10）m校准点引入的不确定度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 标准器引入的不确定度/mm | 0.035 | 0.052 | 0.069 | 0.087 | 0.104 |
| 校准点 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 标准器引入的不确定度 | 0.121 | 0.139 | 0.156 | 0.173 | 0.191 |

（2）标准器估读引入的的不确定度*u*2(*H*s)

每次测量估读误差为0.2mm，服从均匀分布，引入的不确定度为：

（3）综上所述

标准器及校准方法引入的不确定度见表4。

表4 标准器及校准方法在（1~10）m校准点引入的不确定度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 标准器引入的不确定度/mm | 0.068 | 0.078 | 0.090 | 0.105 | 0.119 |
| 校准点 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 标准器引入的不确定度 | 0.134 | 0.151 | 0.166 | 0.182 | 0.200 |

（二）被校水位标准装置引入的不确定度

（1）被校水位标准装置分辨力引入的不确定度分量*u*1(*H*d)

水位标准装置分辨力为0.1mm，服从均匀分布，则引入的不确定度为：

（2）测量重复性引入的不确定度分量*u*2(*H*d)

分别在（1~10）m的整数校准点上重复测量被校水位标准装置的示值10次，得到10组数据，见表5。

表5 单次测量的实验标准差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实验标准差/mm | 0.032 | 0.042 | 0.000 | 0.000 | 0.047 |
| 测量点 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 实验标准差/mm | 0.067 | 0.053 | 0.067 | 0.048 | 0.063 |

合并样本标准差，每个水位标准装置示值取单次测量结果，因此重复性引入的测量不确定度为：

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力引入的不确定度分量，因此有水位标准装置引入的标准不确定度为：

**五、合成标准不确定度**

根据公式(2)各个校准点的合成不确定度见表6。

表6 合成不确定度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 合成标准不确定度/mm | 0.083 | 0.092 | 0.102 | 0.115 | 0.128 |
| 测量点 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 合成标准不确定度/mm | 0.142 | 0.158 | 0.173 | 0.188 | 0.206 |

**六、扩展标准不确定度**

取包含因子*k*=2，取小数点后一位，扩展不确定度见表7。

表7 扩展不确定度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 扩展不确定度/mm | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| 测量点 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 扩展不确定度/mm | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |