**《材料热膨胀系数校准规范》**

**不确定度评定报告**

（报批稿）

**2021.8.30**

基于标准样品校准材料热膨胀仪的示指误差测量不确定度分析

C.1 测量方法

将标准样品置于材料热膨胀仪中，使用和基线校准时同样的温控程序（激光绝对法测量时不存在基线校准），测得样品在不同温度下的长度变化量，使用游标卡尺测量样品在20℃环境下的归一化长度，根据热膨胀系数计算公式计算样品在不同温度点的热膨胀系数。

C.2 测量模型

根据热膨胀仪校测量原理、计算方法及校准过程，以平均热膨胀系数测量为例，其校准方法的数学模型如下：

 （5）

式中：

——为标准样品在温度t℃时的热膨胀仪的测量值；

——为标准样品在温度t℃时的热膨胀系数真值；

——为被测样品在20℃的初始长度对热膨胀仪测量值的影响量；

C.3 灵敏系数

根据式（5），示指误差的测量不确定度模型是：

 （6）

则灵敏系数：

C.4 不确定度来源分析

标准不确定度是由校准误差源的不确定度构成的。校准误差源的不确定度如下。

C4.1 由仪器测量重复性引入的测量不确定度*u*1

这里我们引用中国计量院测量石英样品的3组数据作为示例，数据如表C.1所示。

表C.1 石英标准样品的三次试验测量结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品温度(℃) | 第一组(CTE/K） | 第二组(CTE/K) | 第三组(CTE/K) | 极差值(CTE/K) | 重复性  (CTE/K) |
| -48.9 | 3.2E-07 | 4.2E-07 | 4.0E-07 | 1.0E-07 | 5.9E-08 |
| 2.5 | 4.4E-07 | 5.2E-07 | 4.7E-07 | 8.0E-08 | 4.7E-08 |
| 20.0 | \ | \ | \ | \ | \ |
| 51.3 | 5.9E-07 | 6.2E-07 | 6.0E-07 | 3.0E-08 | 1.8E-08 |
| 101.3 | 5.8E-07 | 6.0E-07 | 6.2E-07 | 4.0E-08 | 2.4E-08 |
| 151.2 | 6.0E-07 | 5.9E-07 | 5.8E-07 | 2.0E-08 | 1.2E-08 |
| 201.0 | 6.1E-07 | 6.0E-07 | 6.0E-07 | 1.0E-08 | 5.9E-09 |
| 251.5 | 6.1E-07 | 6.0E-07 | 6.1E-07 | 1.0E-08 | 5.9E-09 |
| 302.1 | 6.1E-07 | 6.0E-07 | 6.0E-07 | 1.0E-08 | 5.9E-09 |

由于是三组数据，n=3，查表可知极差系数为1.69，根据极差法即可计算出本次测量数据的重复性。

C4.2 由标准器引入的测量不确定度*u2*

这里我们所用的石英样品由中国计量科学研究院校准，其校准不确定度为*U*=3.0×10-8/*K*，*k*=2。

则*u*2=1.5×10-8/*K。*

C4.3 由样品长度引入的不确定度

已知标准样品的长度由数显游标卡尺在20℃测量得到:=20.32mm。根据校准证书，数显游标卡尺的扩展测量不确定度为0.02mm，则其标准不确定度为：



根据公式：，则样品长度引入的不确定度为：



根据的不同，也不同。以石英标准样品为例，，对应名义，则。因此，本示例中以50℃为温度间隔时，该部分可忽略。

C.5 合成标准不确定度

由各标准不确定度来源引入的标准不确定度分量，如表C.2所示。

表C.2 各标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 不确定度来源 | 不确定度分量 | 灵敏系数 | 标准不确定度量值 |
| 1 | 由仪器测量重复性引入的测量不确定度 |  | 1 | 见表C.1 |
| 2 | 由标准器引入的测量不确定度 |  | -1 | 1.5×10-8/*K* |
| 3 | 由样品长度引入的不确定度 |  | -1 | 0 |

根据合成标准不确定度公式：



则，用石英标准样品对热膨胀仪校准的标准不确定度，如表C.3所示.

表C.3 石英标准样品的合成标准测量不确定度

|  |  |
| --- | --- |
| 样品温度(℃) | *u*()  (CTE/K) |
| -48.9 | 6.1E-08 |
| 2.5 | 4.9E-08 |
| 20 | \ |
| 51.3 | 2.3E-08 |
| 101.3 | 2.8E-08 |
| 151.2 | 1.9E-08 |
| 201.0 | 1.6E-08 |
| 251.5 | 1.6E-08 |

C.7 扩展不确定度

根据扩展不确定度的计算公式：。

取*k*=2，则表C.3中数据对应扩展不确定度如表C.4所示。

C.4 石英标样膨胀系数扩展不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样品温度(℃) | *u*()  (CTE/K) | *U*  *k=2* |
| -48.9 | 6.1E-08 | 1.2E-07 |
| 2.5 | 4.9E-08 | 9.9E-08 |
| 20 | \ | \ |
| 51.3 | 2.3E-08 | 4.7E-08 |
| 101.3 | 2.8E-08 | 5.7E-08 |
| 151.2 | 1.9E-08 | 3.8E-08 |
| 201.0 | 1.6E-08 | 3.2E-08 |
| 251.5 | 1.6E-08 | 3.2E-08 |