中华人民共和国工业和信息化部 发布

××××-××-××实施

××××-××-××发布

化学品金属腐蚀性试验装置校准规范 Calibration specification for chemical metal corrosion test equipment

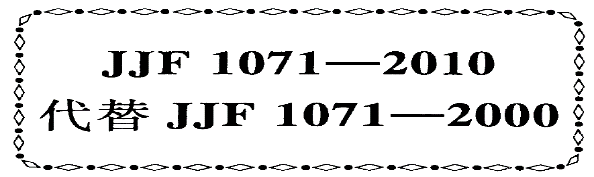
（报批稿）

JJF（石化）xxx—xxxx



中华人民共和国工业和信息化部

石油和化工计量技术规范



JJF（石化）**xxx—xxxx**

化学品金属腐蚀性试验装置校准规范

Calibration specification for chemical metal corrosion test equipment

归 口 单 位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：宁波海关技术中心

宁波中盛产品检测有限公司

参加起草单位：杭州研一智控科技有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

俞雄飞（宁波海关技术中心）

王巧英（宁波中盛产品检测有限公司）

王夏天（宁波海关技术中心）

徐 立（宁波中盛产品检测有限公司）

史 丹（宁波中盛产品检测有限公司）

王成珂（宁波中盛产品检测有限公司）

参加起草人：杭州研一智控科技有限公司（邱建）

目 录

[引 言 II](#_Toc69806931)

[1 范围 1](#_Toc69806932)

[2 引用文件 1](#_Toc69806933)

[3 概述 1](#_Toc69806934)

[4 计量特性 2](#_Toc69806935)

[5 校准条件 2](#_Toc69806936)

[5.1 环境条件 2](#_Toc69806937)

[5.2测量标准 2](#_Toc69806938)

[6 校准项目和校准方法 3](#_Toc69806939)

[6.1校准项目 3](#_Toc69806940)

[6.2 校准方法 3](#_Toc69806941)

[6.3数据处理 4](#_Toc69806942)

[6.4腐蚀时间校准 5](#_Toc69806943)

[7 校准结果 6](#_Toc69806944)

[7.1 校准记录 6](#_Toc69806945)

[7.2 校准证书 6](#_Toc69806946)

[7.3 不确定度 6](#_Toc69806947)

[8 复校时间间隔 6](#_Toc69806948)

[附录A](#_Toc69806949)[化学品金属腐蚀性试验装置校准记录参考格式 7](#_Toc69806950)

[附录B](#_Toc69806951)[化学品金属腐蚀性试验装置校准结果格式 9](#_Toc69806952)

[附录C](#_Toc69806953)[化学品金属腐蚀性试验装置温度偏差校准结果不确定度评定示例 10](#_Toc69806954)

[附录D](#_Toc69806955)[化学品金属腐蚀性试验装置温度均匀度校准结果不确定度评定示例 13](#_Toc69806956)

[附录E](#_Toc69806957)[化学品金属腐蚀性试验装置温度波动度校准结果不确定度评定示例 16](#_Toc69806958)

[附录F](#_Toc69806959)[计时器示值误差测量结果不确定度评定示例 20](#_Toc69806960)

## **引 言**

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范进行制定。

本规范主要参考联合国《试验和标准手册》（第七修订版）（Manual of Tests and Criteria，Seventh revised edition，UNITED NATIONS）和GB/T 21621-2008《危险品 金属腐蚀性试验方法》编制而成。

本校准规范为首次发布。

化学品金属腐蚀性试验装置校准规范

# 1 范围

本规范适用于满足于化学品金属腐蚀性试验装置的校准。

# 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

# 3 概述

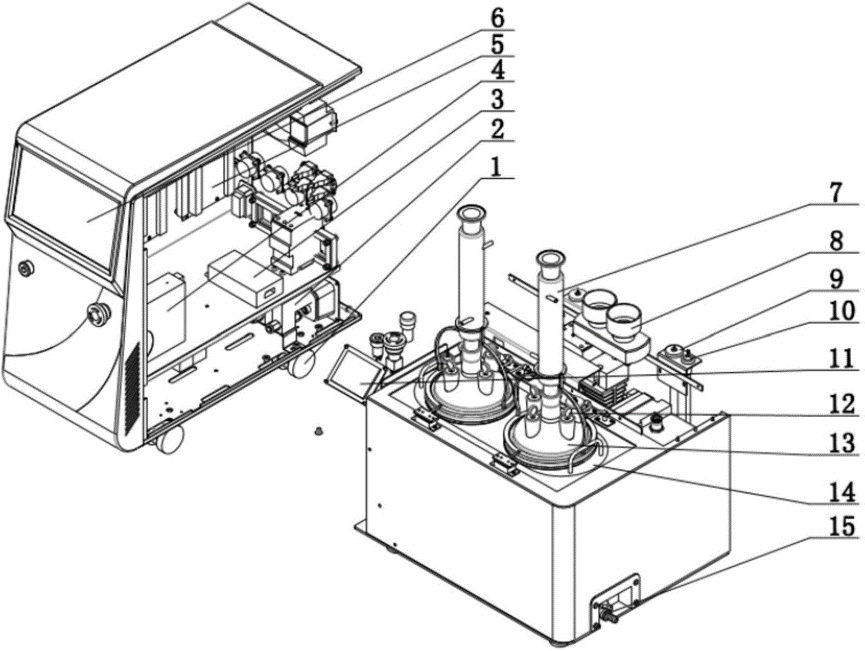
化学品金属腐蚀性试验装置是用于确定液体和在运输过程中可能变成液体的固体物质（第8类危险物质）腐蚀性的专业仪器。通过测试样品对金属片造成的质量损失和侵蚀深度来评估试样的腐蚀性危险。示意图见图1

图1 化学品金属腐蚀性试验装置示意图

1-可滑动脚轮；2-主机电磁阀；3-适配电源；4-第一电源控制模块；5-串口继电器电路板；

6-主机显示屏；7-冷凝管；8-冷凝器盛装管；9-浮球液位开关；10-玻璃铂电阻；11-子机显示屏；

12-带钩瓶塞；13-四口反应瓶盖；14-反应瓶托盘；15-子机排水口；

# 4 计量特性

具体计量特性见表1。

表1 金属腐蚀性试验装置计量特性一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 |
| 1 | 温度偏差/℃ | ±1 |
| 2 | 温度均匀度/℃ | ≤1 |
| 3 | 温度波动度/℃ | ±0.5 |
| 4 | 计时器示值误差/s | MPE:±30 |
| 注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。 | | |

# 5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1温度条件

环境温度：（15～35）℃；

5.1.2 湿度条件

环境湿度：不大于75%；

其他条件：仪器必须可靠接地，设备周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器具正常使用要求。

5.2测量标准

测量标准及其他设备见表2。

表2化学品金属腐蚀性试验装置校准项目及校准设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 |
| 1 | 温度偏差/℃ | 测温仪：测量范围（0～100）℃，分度值0.1℃ |
| 2 | 温度均匀度/℃ | 测温仪：测量范围（0～100）℃，分度值0.1℃ |
| 3 | 温度波动度/℃ | 测温仪：测量范围（0～100）℃，分度值0.1℃ |
| 4 | 计时器示值误差 | 电子秒表：测量范围（0～3600）s，分辨力0.1s |

# 6 校准项目和校准方法

6.1校准项目

温度偏差、温度均匀性、温度波动度、计时准确性。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

铭牌上应有规格型号、生产厂家、仪器名称、电源要求、额定功率、使用环境条件等。

仪器应外观完好，结构完整，开关键、按钮、指示灯等应正常工作，附件、备件齐全，具有出厂合格证书和产品说明书等

恒温水箱、备用水箱不应有漏水渗水现象，进出口不应堵塞。

6.2.2校准温度测试点的位置与数量

将加热温度设定在55℃。O点位于几何中心，其余各测温点到反应器内壁的距离为各自直径的1/10处。温度传感器距离液面下方50mm处（50mm根据样品尺寸制定，GB/T21621-2008中样品尺寸长为50mm，如试样长度发生变化，可依据情况进行变动）。测温点的布置如图2所示，测温仪可从反应容器侧边三个口处插入（反应容器侧面见图3），待恒温水箱升到设定温度并稳定10min后，开始测量，在30min内，每隔3min测量1次，共测量10次，分别记录温度校准仪示值与恒温水箱显示温度，结果均保留到0.1℃，分别计算平均值。

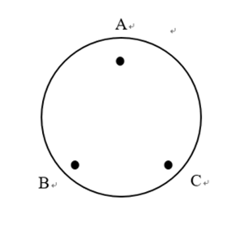
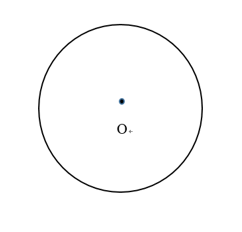


图2 校准温度测试点的位置示意图



图3 四颈反应容器侧面示意图

6.3数据处理

6.3.1 温度均匀性

在6.2.2的测量中，各个测温点测得的温度平均值修正后的最大值和最小值之差，按公式（1）、（2）计算温度均匀性。

(1)

(2)

式中： T实 —— 各个测量点实际温度，℃；

m —— 测量次数；

Ti —— 某测温点实际温度，℃；

T修—— 各个测量点温度测量设备的修正值，℃；

△T均——温度均匀性，℃；

Tmax—— 各个测量点实际温度的最大值，℃；

Tmin—— 各个测量点实际温度的最小值，℃。

6.3.2 温度偏差

按公式(3)计算温度偏差

(3)

式中: △T —— 温度偏差℃

T显 —— 反应容器温度显示平均值

To  —— 为公式（1）计算得到的几何中心O实际温度

6.3.3 温度波动度

按公式(4)计算温度波动度

(4)

式中:△T波——温度波动度，℃；

Tomax——O点最高温度值，℃；

Tomin——O点最低温度值，℃；

6.4腐蚀时间校准

使用秒表对反应时间进行校准，将仪器反应时间设置为30min，待仪器停止时记录秒表的读数t重复3次,测量结果取三次测量值的平均值，结果保留到0.1s。

6.4.1 时间示值误差

按公式（5）计算时间示值误差

(5)

7 校准结果

7.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽记录测量数据和计算结果，推荐的校准记录格式见附录A。

7.2 校准证书

经校准的化学品金属腐蚀性试验装置应出具校准证书，校准结果应反映在校准证书上，校准证书包括的信息应符合JJF 1071-2010中5.12的要求，推荐的校准结果格式见附录B。

7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录C、附录D、附录E、附录F。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔最长不超过一年，使用特别频繁时应适当缩短。

附录A

化学品金属腐蚀性试验装置校准记录参考格式

页码1/2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基本信息 | | | | | | | | | | | | | |
| 委托单位 | |  | | 原始记录号 | |  | | | 校准证书号 | | |  | |
| 仪器名称 | |  | | 规格型号 | |  | | | 设备编号 | | |  | |
| 制造厂商 | |  | | 环境温度 | | ℃ | | | 环境湿度 | | | % | |
| 校准地址 | |  | | | | | | | | | | | |
| 校准前检查： | | | | | | | | | | | | | |
| 校准结果  测量  位置 | | | | | | | | | | | | | |
| 测量  次数 | 仪表示值/℃ | | 几何中心/℃ | | 反应容器温度/℃ | | | | | 腐蚀时间/s | | | |
| O | | A | | B | C | | t1 | t2 | | Δ*t* |
| 1 |  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  |
| 2 |  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  |
| 3 |  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  |
| 4 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 5 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 6 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 7 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 8 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 9 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 10 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 平均值 |  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  |
| 修正值 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 修正后  实际值 |  | |  | |  | |  |  | | / | / | | / |
| 温度均匀性\_\_\_\_\_\_\_\_温度波动度\_\_\_\_\_\_\_温度偏差\_\_\_\_\_\_\_\_  温度均匀性不确定度\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 温度波动度不确定度\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  温度偏差不确定度\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 计时器示值误差\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  计时器示值误差不确定度\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | | | | | | | |

续 页码1/2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准器 | | | | | |
| 名称 | 编号 | 证书号 | 测量范围 | 有效期 | 不确定度或校准等级或最大允许误差 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 校准依据 |  | | | | |
| 校准地点 |  |  |  | 校准日期 年 月 日 | |
| 备注 |  | | | | |

校准员： 核验员:

附录B

化学品金属腐蚀性试验装置校准结果格式

证书编号：

校准结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 技术要求 | 校准结果/℃ | | | |
| 实际值 | 测量值 | 示值误差 | 扩展不确定度 |
| 温度偏差 | ±1 |  |  |  |  |
| 温度波动度 | ≤1 |  |  |  |  |
| 温度均匀性 | ±0.5 |  |  |  |  |
| 计时器示值误差/s | MPE:±1 |  |  |  |  |
| 备注 | |  | | | |

附录C

化学品金属腐蚀性试验装置温度偏差校准结果不确定度评定示例

C.1 校准方法

将仪器的加热温度设定在55℃，待升到设定温度并稳定10min后，开始测量，每隔3min测量一次，共测10次，记录各测温点和仪器温度显示值。反应容器温度显示平均值与几何中心O实际温度之差即为温度偏差。测量仪器的分辨力为0.1℃。在55℃测量时时，结果的扩展不确定度为0.1℃。

C.2测量模型

反应容器内测量模型为

（C.1）

式中

△T —— 温度偏差℃

T显 —— 反应容器温度显示平均值

to ——测得的几何中心O温度、

t修 ——温度的修正值

C.3方差和灵敏系数：

由式（C.1）得

故：

（C.2）

C.4 不确定度来源

测量不确定度的主要来源**：**

（1）测温仪分示值辨力引入的不确定度

（2）由设备温度测量分辨力引入的不确定度

（3）由测温仪温度修正值引入的不确定度

（4）由测温仪测量重复性引入的不确定度

C.4．1测温仪示值分辨力引入的不确定度

测温仪的分辨力0.1℃，取其半宽度为0.05℃，为均匀分布，k=，故：

（C.3）

C.4．2由设备温度测量示值分辨力引入的不确定度

设备给出的最大允许误差为±0.005℃，区间半宽度为0.005℃，为均匀分布，k=，故

（C.4）

C.4．3由测温仪温度修正值引入的不确定度

55℃时，温度计的修正值的扩展不确定度为0.1℃，k=2,则：

(t修)=0.05℃

C.4．4由测量重复性引入的不确定度

测量重复性可以根据连续测量得到的测量值计算得到，采用A类计算。 待恒温水箱升到55℃并稳定后用测温仪在中心重复测量10次，同时记录下测温仪温度示值和设备温度显示值，见表C.1。

表C.1重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 设备温度 | 55.10 | 55.00 | 55.20 | 55.00 | 55.10 | 54.90 | 55.40 | 55.00 | 55.10 | 54.80 |
| 测温仪温度 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 | 55.0 |

单次测量算数平均值

（C.5）

单个测量值的实验标准偏差

（C.6）

实际测量10次则重复性测量引入的不确定度分量为

（C.7）

C.5合成标准不确定度

（C.8）

C.6 扩展不确定度

（C.9）

附录D

化学品金属腐蚀性试验装置温度均匀度校准结果不确定度评定示例

D.1 校准方法

将仪器的加热温度设定在55℃，待升到设定温度并稳定10min后，开始测量，每隔3min测量一次，共测10次，记录各测温点和仪器温度显示值。各个测量点的平均温度修正后最大值与最小值之差即为温度均匀性,结果保留到0.1℃。测量仪器的分辨力为0.1℃。在55℃测量时时，结果的扩展不确定度为0.1℃。

D.2 测量模型

反应容器内均匀度的数学模型如式（D.1）：

(D.1)

式中：△T均——温度均匀性，℃；

Tmax——各个测量点实际温度的最大值的平均值，℃；

Tmin——各个测量点实际温度的最小值的平均值，℃。

方差和灵敏系数：

式中和互为独立，且：

（D.2）

故

（D.3）

D.3 测量结果不确定度的评定

D.3.1 标准不确定度的来源

温度测量的标准不确定度来源主要有：用测温仪对反应容器温度进行测量时，每次测量中最高及最低温度测量重复性引入的标准不确定度及；数字测温仪量传误差引入的标准不确定度及。

D.3.2最高温度测量重复性引入的标准不确定度

用测温仪对反应容器作10次重复测量，从温度校准装置上读取10次最高温度显示值,记为，，……*T*10max，平均值记为,其测量列如表D.1所示:

表D.1 重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *T*imax | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.2 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 |

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差*s*(∆*T*i)：

（D.4）

式中：

——各校准点在第i次测得的最高温度，℃；

——各次测量中最高温度的平均值，℃；

*n* ——测量次数。

则以10次独立重复测量的引入的标准不确定度分量：

（D.5）

D.3.3 数字测温仪量传误差引入的标准不确定度



55℃时，温度计的修正值的扩展不确定度为0.1℃，k=2,则：

(Tmax)=0.05℃ （D.6）

D.3.4最低温度测量重复性引入的标准不确定度

用测温仪对反应容器作10次重复测量，从温度校准装置上读取10次最低温度显示值,记为，，……*T*10min，平均值记为,其测量列如表D.2所示:

表D.2 重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *T*imin | 55.0 | 49.9 | 49.8 | 55.0 | 49.9 | 49.9 | 49.9 | 55.0 | 49.9 | 55.0 |

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差*s*(∆*T*i)：

（D.7）

式中：

——各校准点在第i次测得的最高温度，℃；

——各次测量中最高温度的平均值，℃；

*n* ——测量次数。

则以10次独立重复测量的引入的标准不确定度分量：

（D.8）

D.3.5 数字测温仪量传误差引入的标准不确定度



55℃时，温度计的修正值的扩展不确定度为0.1℃，k=2,则：

(Tmin)=0.05 （D.9）

D.4 合成标准不确定度

各标准不确定度分量相互独立，合成标准不确定度为：

（D.10）

D.5 扩展不确定度

扩展不确定度*，*取包含因子*k*=2，测量结果的扩展不确定度为：

（D.11）

附录E

化学品金属腐蚀性试验装置温度波动度校准结果不确定度评定示例

E.1 校准方法

采用测温仪对反应容器内温度波动度进行校准。按6.2.3条规定布放温度传感器，将仪器的加热温度设定在55℃，待升到设定温度并稳定10min后，开始测量，每隔3min测量一次，共测10次，记录装置在稳定状态下，反应容器内空间中心点温度随时间的变化量，在10次测量中测得最高温度与最低温度之差的一半,冠以“±”号，保留到0.1℃。

E.2 测量模型

烘箱温度均匀度的数学模型如式（E.1）：

(E.1)

式中:△T波——温度波动度，℃；

Tomax——O点最高温度值，℃；

Tomin——O点最低温度值，℃；

灵敏系数：

（E.2）

E.3 测量结果不确定度的评定

E.3.1 标准不确定度的来源

温度测量的标准不确定度来源主要有：用测温仪对反应容器内进行测量时，中心点n次测量中的最高温度及最低温度测量重复性引入的不确定度及；数字测温仪量传误差引入的标准不确定度及。

其一：由测量重复性引入的标准不确定度与彼此独立。因温度波动度是据工作空间中心最高温度与最低温度两者之差计算得到的，所以测量重复性引入的不确定分量应按应按单次试验标准偏差计算。其二：由温度校准装置量传误差引入的不确定度与，因与是由温度校准装置的同一只测温仪同一通道测得的,示值又非常接近。故与强正相关,可设定相关系数r= +1。

E.3.2最高温度测量重复性引入的标准不确定度

用测温仪对反应容器中心点作10次重复测量，从温度校准装置上读取10次显示值,记为，，……*TO10*，平均值记为,其测量列如表E.1所示:

表E.1 重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *T*imax | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.2 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 |

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差*s*(∆*T*i)：

（E.3）

式中：

——中心点在第i次测得的温度值，℃；

——中心点10次测量温度的平均值，℃；

*n* ——测量次数。   
则  
 （E.4）

E.3.3测温仪量传误差引入的标准不确定度



55℃时，温度计的修正值的扩展不确定度为0.1℃，k=2,则：

(Tmax)=0.05 （E.5）

E.3.4最低温度测量重复性引入的标准不确定度

用测温仪对反应容器中心点作10次重复测量，从温度校准装置上读取10次显示值,记为，，……*TO10*，平均值记为,其测量列如表E.2所示:

表E.2 重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *T*imax | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.2 | 55.1 | 55.0 | 55.1 | 55.0 |

用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差*s*(∆用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差*s*(∆*T*i)：

（E.6）

式中：

——中心点在第i次测得的最高温度，℃；

——中心点15次测量温度的平均值，℃；

*n* ——测量次数。

则

（E.7）

E.3.5测温仪量传误差引入的标准不确定度

55℃时，温度计的修正值的扩展不确定度为0.1℃，k=2,则：

(Tmin)=0.05

E.4 合成标准不确定度

对于来自测量重复性的两个标准不确定度分量,因为彼此独立,采用方根和合成标准不确定度为：

（E.8）

对于来自量传误差的两个标准不确定度分量,因为相关系数*r*=+1，采用代数和合成：

（E.9）

E.5 扩展不确定度

扩展不确定度*，*取包含因子*k*=2，测量结果的扩展不确定度为：

℃

（E.10）

附录F

计时器示值误差测量结果不确定度评定示例

F.1 校准方法

使用电子秒表对反应时间进行校准，将仪器的反应时间设置为30min，待仪器停止时记录秒表数值重复3次，结果保留到0.1s。

F.2 测量模型

(F.1)

式中 ta—仪器测量时间

tb—电子秒表测量时间

F.3方差和灵敏系数：

由式（D.1）得

故：

(F.2)

F.3 测量不确定度的主要来源

（1）秒表的分辨力引入的不确定度ub1

（2）秒表重复性测量引入的误差ub2

（3）仪器重复性测量引入的误差ua1

（4）仪器分辨力引入的误差ua2

F.3.1秒表的分辨力引入的不确定度ub1

秒表的分辨力为0.1s，取半宽度为0.05s，为均匀分布，k=，故：

(F.3)

F.3.2秒表重复性测量引入的误差ub2

记录设备计时器60s时电子秒表的显示值，测量结果如表1所示。

表F.1重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 读数 | 1800.2s | 1800.1s | 1800.4s | 1800.5s | 1800.2s |
| 次数 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 读数 | 1800.3s | 1800.3s | 1800.4s | 1800.5s | 1800.1s |

其算术平均值为：

(F.4)

实际测量3次则重复性测量引入的不确定度分量为

(F.5)

F.3.3合成不确定度

(F.6)

F.3.4仪器分辨力引入的误差ua2

仪器的分辨力为1min，取半宽度为30s，为均匀分布，k=，故：

(F.7)

F.3.5仪器重复性测量引入的误差ua1

由于仪器的分辨力较低，所以重复测量引入的误差可以忽略不计

F.3.6合成不确定度

(F.8)

F.4合成标准不确定度计算

由于ua,ub相互独立所以

(F.9)

F.5扩展不确定度计算

(F.10)