

# 贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) XXXX-2020

## 水泥安定性试验用沸煮箱校准规范

Calibration Specification of Boiling Box for  
Determining Soundness of Cement

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局

发布



# 水泥安定性试验用沸煮箱 校准规范

JJF (黔) XXXX—2020

Calibration Specification of Boiling

Box for Determining Soundness of Cement

---

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：六盘水市检验检测中心

贵州省计量测试院

参加起草单位：六盘水友升建设工程检测有限公司

本规范委托六盘水市检验检测中心负责解释

**本规范主要起草人：**

张 杰（六盘水市检验检测中心）

王 宁（贵州省计量测试院）

王 珏（六盘水市检验检测中心）

谢阳戈（六盘水市检验检测中心）

**参加起草人：**

尚选峰（六盘水市检验检测中心）

周 晖（六盘水市检验检测中心）

李东升（六盘水友升建设工程检测有限公司）

李梅静（六盘水市检验检测中心）

# 目 录

引言 .....	2
1 范围.....	3
2 引用文件.....	3
3 术语和计量单位.....	3
4 概述.....	4
5 计量特性.....	4
5.1 温度均匀度 .....	4
5.2 温度波动度 .....	4
5.3 外表面温度.....	4
5.4 计时误差 .....	4
5.5 电热管距箱底的净距离.....	5
5.6 试件架结构与尺寸.....	5
6 校准条件.....	5
6.1 环境条件.....	5
6.2 测量标准及其他设备.....	5
7 校准项目和校准方法.....	5
7.1 校准项目.....	5
7.2 校准方法 .....	6
8 校准结果表达 .....	9
8.1 校准记录 .....	9
8.2 校准结果的处理 .....	9
9 复校时间间隔.....	10
附录 A 温度波动度测量结果的不确定度评定示例 .....	11
附录 B 温度均匀度测量结果的不确定度评定示例.....	14
附录 C 沸煮时间测量结果的不确定度评定示例.....	17
附录 D 试件架尺寸测量结果的不确定度评定示例 .....	20
附录 E 沸煮箱校准原始记录格式.....	22
附录 F 校准证书内页格式.....	23

# 引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》进行编制。

# 水泥安定性试验用沸煮箱校准规范

## 1 范围

本规范适用于水泥安定性试验用沸煮箱（简称沸煮箱）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1007-2007 温度计量名词术语及定义

GB 1346-2011 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

JC/T 955-2005 水泥安定性试验用沸煮箱

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 术语和计量单位

下列术语定义适用于本规范

### 3.1 水泥 cement

一种细磨材料，与水混合形成塑性浆体后，能在空气中水化硬化，并能在水中继续硬化保持强度和体积稳定性的无机水硬性胶凝材料。

### 3.2 [水泥]安定性 [cement] soundness

水泥浆体硬化后因体积膨胀不均匀而发生变形。

### 3.3 水泥安定性试验用沸煮箱 boiling box for determining soundness of cement

用于进行水泥安定性试验用的设备。

### 3.4 温度波动度 temperature fluctuation

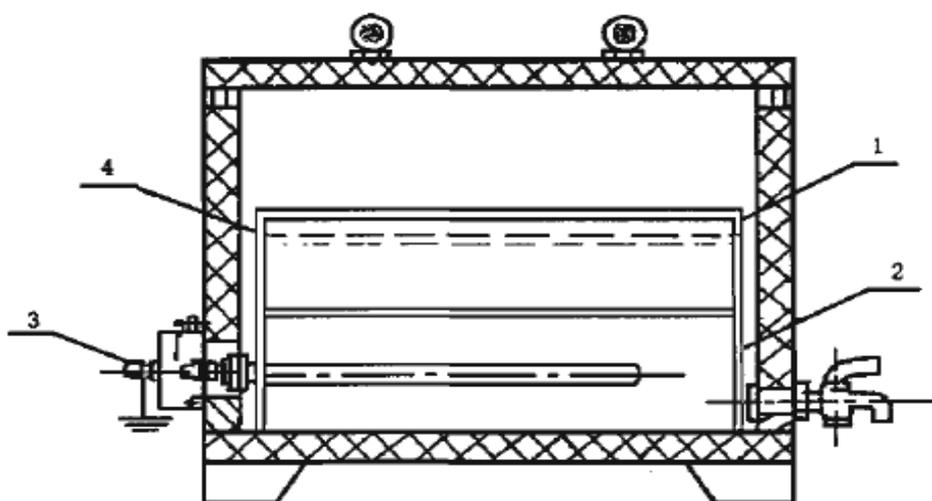
在规定的时间内，在沸腾状态下沸煮箱内任意一点温度随时间的变化量。

### 3.5 温度均匀度 temperature uniformity

沸腾状态下，沸煮箱在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

## 4 概述

沸煮箱是用于按 GB 1346-2011 中水泥沸煮箱安定性检验时的专用沸煮设备。沸煮箱由控制器，试验架和箱体三部分组成，箱体为双层结构，内层由不易锈蚀金属材料制成，夹层中间均匀填充保温材料，箱盖与箱体之间采用水封槽密封。其箱体结构如图 1 所示。



说明：1—试验架；2—箱体；3—电热管；4—加水线。

图 1 水泥安定性沸煮箱箱体结构图

## 5 计量特性

### 5.1 温度均匀度

温度均匀度： $\leq 2.0$  °C。

### 5.2 温度波动度

温度波动度： $\leq \pm 0.5$  °C。

### 5.3 外表面温度

沸煮箱工作过程中在箱体 150 mm 等高线处的外表面温度应不大于 60 °C。

### 5.4 计时误差

5.4.1 控制误差：能在  $30 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  内，将箱中试验用水从  $20 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$  加热至沸腾状态并保持  $180 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  后自动停止。

5.4.2 计时示值误差： $\leq 5 \text{ min}$ 。

### 5.5 电热管距箱底的净距离 ( $h_1$ )

电热管距箱底的净距离:  $20\text{ mm} < h_1 < 30\text{ mm}$

### 5.6 试件架结构与尺寸

5.6.1 用于沸煮雷氏夹试件架, 支撑钢丝间的净距离 ( $S_1$ ) 为:  $10\text{ mm} < S_1 < 15\text{ mm}$ , 支

撑钢丝距电热管的净距离 ( $h_2$ ) 为:  $50\text{ mm} < h_2 < 75\text{ mm}$ , 隔离钢丝间的净距离 ( $S_2$ )

为:  $30\text{ mm} < S_2 < 35\text{ mm}$ 。

5.6.2 用于沸煮饼的试架篦板平整, 上面均匀分布规则的孔。篦板距电热管的净距离

( $h_3$ ):  $50\text{ mm} < h_3 < 75\text{ mm}$

注: 以上技术指标不用于合格性判定, 仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 实验室温度:  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 实验室内无腐蚀性气体。

6.1.3 供电电源: 220 V 交流电, 电压波动范围:  $-7\% \sim 10\%$ 。

6.1.4 沸煮箱内的试验用水应为洁净的饮用水。

### 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 温湿度巡检仪: 准确度等级 1 级, 测量范围为  $(0 \sim 300)\text{ }^\circ\text{C}$ 。

6.2.2 电子秒表: 最大允许误差为  $\pm 0.5\text{ s/d}$ , 可测时间上限大于 190 min。

6.2.3 游标卡尺: 测量范围为  $(0 \sim 150)\text{ mm}$ , 分度值为 0.02 mm。

6.2.4 深度游标卡尺: 测量范围为  $(0 \sim 100)\text{ mm}$ , 分度值为 0.02 mm。

6.2.5 钢直尺: 测量范围为  $(0 \sim 500)\text{ mm}$ , 分度值为 1 mm。

6.2.6 表面温度计: 测量范围为  $(0 \sim 100)\text{ }^\circ\text{C}$ , 分度值不大于 0.1  $^\circ\text{C}$ 。

6.2.7 玻璃温度计: 测量范围为  $(0 \sim 100)\text{ }^\circ\text{C}$ , 分度值不大于 0.1  $^\circ\text{C}$ 。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目一览表见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目
1	温度均匀度
2	温度波动度
3	表面温度
4	计时误差
5	尺寸校准

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 校准前准备

#### 7.2.1.1 外观及材料检查

沸煮箱应由不锈钢材料制成。箱体外表面应平整光亮，箱盖板结合处应密封、平整；沸煮箱上应有牢固的铭牌，内容包括型号、名称、生产编号、生产日期、制造厂名。

#### 7.2.1.2 渗漏检查

沸煮箱内在加入试验用水后，箱体应无渗漏；

#### 7.2.1.3 仪器安装

将温湿度巡检仪的传感器分别置于沸煮箱试饼架 A、B、C、D、O1 或 O2 五点，再将试饼架放入沸煮箱中。安装示意图如图 2

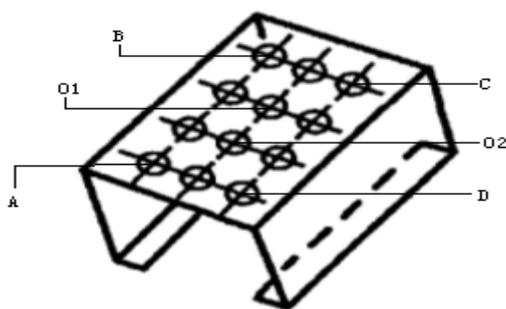


图 2 安装示意图

#### 7.2.1.4 水温调控

将试验用水注入沸煮箱内，用钢直尺测量水位，高度应大于 180 mm。使用玻璃温度计测量水温，若在  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内，则可开始后续校准工作；若低于  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，打开沸煮箱手动开关，将水温加热至  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内后关闭手动开关；若高于  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，则待

水温自然冷却至  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内开始校准。

### 7.2.2 温度均匀度校准

沸煮箱的沸腾状态下，箱内各测量点在 30 min 内，每间隔 2 min 测量一次，每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

温度均匀度按式 (1) 计算。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{imax} - t_{imin}) / n \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\Delta t_u$ ——温度均匀度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{imax}$ ——各测量点在第  $i$  次测得的最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{imin}$ ——各测量点在第  $i$  次测得的最低温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$n$ ——测量次数。

### 7.2.3 温度波动度校准

沸煮箱的沸腾状态下，箱内各测量点在 30 min 内，每间隔 2 min 测量一次，实测最高温度与最低温度之差的一半，前面加“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

温度波动度按式 (2) 计算。

$$\Delta t_f = \pm \max [(t_{jmax} - t_{jmin}) / 2] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta t_f$ ——温度波动度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{jmax}$ ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{jmin}$ ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最低温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

### 7.2.4 表面温度校准

用表面温度计测定水沸腾时箱体外表 150 mm 高处表面温度。

### 7.2.5 计时误差校准

#### 7.2.5.1 控制误差

接通沸煮箱电源，将开关切换至自动位置，同时用秒表开始计时。观察沸煮箱中的试

验用水是否在  $30 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  内达到沸腾状态, 此时大功率电热管应停止工作, 小功率电热管继续工作至  $180 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  后自动停止。

#### 7.2.5.2 示值误差

与控制误差校准同时进行, 当大功率管停止工作时, 记录秒表时间  $t_1$  和沸煮箱时间  $t'_1$ , 秒表继续计时, 待小功率管自动停止后, 记录秒表时间  $t_2$  和沸煮箱时间  $t'_2$ 。

计时示值误差按式 (3) 和式 (4) 计算。

$$\Delta_1 = t_1 - t'_1 \quad (3)$$

$$\Delta_2 = t_2 - t'_2 \quad (4)$$

式中:

$\Delta_1$ ——沸煮时间误差, s;

$\Delta_2$ ——保持沸腾时间误差, s;

$t_1$ 、 $t_2$ ——秒表示值, s;

$t'_1$ 、 $t'_2$ ——沸煮箱时间示值, s。

#### 7.2.6 尺寸校准

##### 7.2.6.1 电热管距箱底的净距离 ( $h_1$ )

先用深度游标卡尺测出电热管上平面距箱底板的距离, 然后用游标卡尺测出电热管的直径, 电热管距箱底的净距离按式 (5) 计算。

$$h_1 = h'_1 - d \quad (5)$$

式中:

$h_1$ ——电热管距箱底的净距离, mm;

$h'_1$ ——电热管上平面距箱体底板的净距离, mm。

$d$ ——电热管的直径, mm。

##### 7.2.6.2 试件架尺寸

###### a) 雷氏夹试件架

支撑钢丝间净距离 ( $S_1$ ) 和隔离钢丝间的净距离 ( $S_2$ ), 用游标卡尺分别测量三次取平均值。支撑钢丝距底板的净距离 ( $h_2'$ ), 用深度游标卡尺分别测量三次取平均值, 支撑钢丝距电热管的净距离 ( $h_2$ ) 按式 (6) 计算。

$$h_2 = h_2' - h_1' \quad (6)$$

式中:

$h_2$ ——支撑钢丝距电热管的净距离, mm;

$h_2'$ ——支撑钢丝距底板的净距离, mm;

$h_1'$ ——电热管上平面距箱体底板的净距离, mm。

b) 试饼架

蓖板距底板的净距离 ( $h_3'$ ) 为深度游标卡尺测量三次的平均值, 电热管上平面距底板的净距离 ( $h_1'$ ) 为深度游标卡尺测量三次的平均值, 则蓖板距电热管的净距离 ( $h_3$ ) 按式 (7) 计算。

$$h_3 = h_3' - h_1' \quad (7)$$

式中:

$h_3$ ——蓖板距电热管的净距离, mm;

$h_3'$ ——蓖板距底板的净距离, mm;

$h_1'$ ——电热管上平面距箱体底板的净距离, mm。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准记录

校准原始记录格式参见附录 E。

### 8.2 校准结果的处理

校准证书内页格式参见附录 F。校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离和说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准人和核验人的签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 9 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。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

## 附录 A

## 温度波动度测量结果的不确定度评定示例

## A.1 评定依据

JJF (黔) XXXX-XXXX 《水泥安定性试验用沸煮箱校准规范》。

## A.2 测量条件

## A.2.1 环境条件

温度：25.6 °C，相对湿度：65%，大气压：89.3 kPa。

## A.2.2 测量标准

温度巡检仪，扩展不确定度  $U=0.1$  °C， $k=2$ ，测量范围（0~300）°C。

## A.2.3 被校对象

水泥安定性试验用沸煮箱。

## A.3 校准方法

沸煮箱的沸腾状态下，箱内各测量点在 30 min 内，每间隔 2 min 测量一次，实测最高温度与最低温度之差的一半，前面加“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

## A.4 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (A.1)。

$$\Delta t_f = (t_{jmax} - t_{jmin})/2 \quad (A.1)$$

式中：

$\Delta t_f$ ——温度波动度，°C；

$t_{jmax}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高温度，°C；

$t_{jmin}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低温度，°C。

由于  $t_{jmax}$  和  $t_{jmin}$  为同一测量点、使用同一设备测得的最大值与最小值，存在较强

的相关性，为避免相关性的影响，令 $(t_{jmax} - t_{jmin}) = t_{js}$ ，则测量模型转化为

$$\Delta t_f = t_{js}/2 \quad (\text{A.2})$$

#### A.5 不确定度来源

对测量过程进行分析，在进行温度波动度测量时，试验用水持续沸腾，沸煮箱无温度显示，测得温度是由温度巡检仪显示，故不确定度来源主要有：

- 由标准器引入的标准不确定度 $u_1$ ；
- 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$ 。

#### A.6 各输入量引入的标准不确定度评定

##### A.6.1 标准器引入的标准不确定度 $u_1$

根据温度巡检仪的校准证书，其扩展不确定度为 $0.1^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，则由温度巡检仪引入的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{0.1^\circ\text{C}}{2} = 0.05^\circ\text{C}$$

##### A.6.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$

重复测量 10 次温度波动值，测量数据见表 A.1。

表 A.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果/ $^\circ\text{C}$	0.005	0.00	0.00	0.005	0.005
测量次数	6	7	8	9	10
测量结果/ $^\circ\text{C}$	0.005	0.00	0.005	0.00	0.005

用贝塞尔公式计算其单次实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.003^\circ\text{C}$$

测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2 = s = 0.003^\circ\text{C}$$

## A.6 灵敏系数

简单测量模型，灵敏系数略。

## A.7 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 A.2。

表 A.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度符号	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
$u_1$	标准器引入的不确定度	/	0.05 °C
$u_2$	温度波动度测量的重复性	/	0.003 °C

## A.8 合成标准不确定度

各输入量间互不相关，则其合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_1^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.003^2} = 0.06^\circ\text{C}$$

## A.9 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，温度波动度测量结果的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.12^\circ\text{C}$$

## 附录 B

## 温度均匀度测量结果的不确定度评定示例

## B.1 评定依据

JJF (黔) XXXX-XXXX 《水泥安定性试验用沸煮箱校准规范》。

## B.2 测量条件

## B.2.1 环境条件

温度：25.6 °C，相对湿度：65%，大气压：89.3kPa。

## B.2.2 测量标准

温度巡检仪，扩展不确定度  $U=0.1^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ ，测量范围（0~300）°C。

## B.2.3 被校对象

水泥安定性试验用沸煮箱。

## B.3 校准方法

沸煮箱的沸腾状态下，箱内各测量点在 30 min 内，每间隔 2 min 测量一次，每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

## B.4 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式（B.1）。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{imax} - t_{imin}) / n \quad (\text{B.1})$$

式中：

$\Delta t_u$ ——温度均匀度，°C；

$t_{imax}$ ——各测量点在第  $i$  次测得的最高温度，°C；

$t_{imin}$ ——各测量点在第  $i$  次测得的最低温度，°C；

$n$ ——测量次数。

由于  $t_{imax}$  和  $t_{imin}$  为同一测量点、使用同一设备测得的最大值与最小值，存在较强

的相关性，为避免相关性的影响，令 $(t_{imax} - t_{imin}) = t_{is}$ ，实际测量中测量点数 $n = 5$ ，则测量模型转化为

$$\Delta t_f = t_{is}/5$$

(B.2)

## B.5 不确定度来源

对测量过程进行分析，在进行温度均匀度测量时，试验用水持续沸腾，沸煮箱无温度显示，测得温度是由温度巡检仪显示，故不确定度来源主要有：

- 由标准器引入的标准不确定度 $u_1$ ；
- 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$ 。

## B.6 各输入量引入的标准不确定度评定

### B.6.1 标准器引入的标准不确定度 $u_1$

根据温度巡检仪的校准证书，其扩展不确定度为 $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ ， $k = 2$ ，则由温度巡检仪引入的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{0.1\text{ }^\circ\text{C}}{2} = 0.05\text{ }^\circ\text{C}$$

### B.6.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$

重复测量 10 次温度均匀度，测量数据见表 B.1。

表 B.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果/ $^\circ\text{C}$	0.43	0.41	0.40	0.38	0.42
测量次数	6	7	8	9	10
测量结果/ $^\circ\text{C}$	0.41	0.40	0.44	0.43	0.41

用贝塞尔公式计算其单次实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.018\text{ }^\circ\text{C}$$

测量重复性引入的标准不确定度：

$$u_2 = s = 0.018\text{ }^\circ\text{C}$$

### B.7 灵敏系数

简单测量模型，灵敏系数略

### B.8 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 B.2。

表 B.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度符号	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
$u_1$	标准器引入的不确定度	/	0.05 °C
$u_2$	温度均匀度测量的重复性	/	0.018 °C

### B.9 合成标准不确定度

各输入量互不相关，则其合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_1^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.018^2} = 0.06 \text{ °C}$$

### B.10 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，温度均匀度测量结果的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.12 \text{ °C}$$

## 附录 C

### 沸煮时间测量结果的不确定度评定示例

#### C.1 评定依据

JJF (黔) XXXX-XXXX 《水泥安定性试验用沸煮箱校准规范》。

#### C.2 测量条件

##### C.2.1 环境条件

温度：25.6℃，相对湿度：65%，大气压：89.3kPa。

##### C.2.2 测量标准

电子秒表，最大允许误差：0.5s/d，测量范围：可测上限大于 190 min

##### C.2.3 被校对象

水泥安定性试验用沸煮箱。

#### C.3 校准方法

接通沸煮箱电源，将开关切换至自动位置，同时用秒表开始计时。观察沸煮箱中的试验用水是否在  $30 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  内达到沸腾状态，此时大功率电热管应停止工作，小功率电热管继续工作至  $180 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  后自动停止。当大功率管停止工作时，记录秒表时间  $t_1$  和沸煮箱时间  $t_1'$ ，秒表继续计时，待小功率管自动停止后，记录秒表时间  $t_2$  和沸煮箱时间  $t_2'$ 。

#### C.4 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.1)。

$$\Delta = t - t' \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta$ ——计时误差，s；

$t$  ——秒表示值，s；

$t'$ ——沸煮箱时间示值，s。

### C.5 不确定度来源

不确定度来源有：

——由电子秒表引入的标准不确定度 $u_t$ ；

——由沸煮箱时间指示器引入的标准不确定度 $u'_t$ 。

### C.6 各输入量引入的标准不确定度评定

#### C.6.1 电子秒表引入的标准不确定度 $u_t$

测量所用电子秒表，其最大允许误差为 $\pm 0.5$  s，即半宽为0.5 s，属于均匀分布，

$k = \sqrt{3}$ ，则电子秒表引入的标准不确定度为：

$$u_t = \frac{0.5s}{\sqrt{3}} = 0.289s$$

#### C.6.1.1 沸煮箱时间指示器引入的标准不确定度 $u'_t$

主要由时间测量的重复性引入，采用A类方法进行评定。在30 min测量点，重复测量10次，得测量数据见表C.1。

表 C.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测得值/s	1801	1802	1800	1801	1799	1801	1802	1799	1800	1801

计算实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 1.075s$$

时间测量以单次测量结果作为最终结果，则沸煮箱时间指示器引入的标准不确定度为：

$$u'_t = 1.075s$$

## C.7 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial t} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial t'} = -1$$

## C.8 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度符号	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
$u_t$	电子秒表引入的不确定度	1	0.289s
$u_{t'}$	时间测量的重复性	-1	1.075s

## C.9 合成标准不确定度

各输入量间互不相关性，则其合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_t^2 + c_2^2 u_{t'}^2} = \sqrt{0.289^2 + 1.075^2} = 1.11s$$

## C.10 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，煮沸时间测量结果的扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 1.11 = 2.3s$$

## 附录 D

### 试件架尺寸测量结果的不确定度评定示例

#### D.1 评定依据

JJF (黔) XXXX-XXXX 《水泥安定性试验用沸煮箱校准规范》。

#### D.2 测量条件

##### D.2.1 环境条件

温度：25.6 °C，相对湿度：65%，大气压：89.3 kPa。

##### D.2.2 测量标准

游标卡尺，测量范围为（0~150）mm，分度值为 0.02 mm。

深度游标卡尺，测量范围为（0~150）mm，分度值为 0.02 mm。

##### D.2.3 被校对象

水泥安定性试验用沸煮箱。

#### D.3 校准方法

对于需测量的各项尺寸指标，使用游标卡尺或深度游标卡尺直接测量，取三次测量平均值作为最终结果。

#### D.4 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式（D.1）。

$$H = h \quad (\text{D.1})$$

式中：

$H$  —— 尺寸值，mm；

$h$  —— 标准器示值，mm。

#### D.5 不确定度来源

不确定度来源有：

——由标准器准确度等级引入的不确定度 $u_{h1}$ ;

——由重复性引入的标准不确定度 $u_{h2}$ 。

## D. 6 各输入量引入的标准不确定度评定

### D. 6.1 标准器引入的标准不确定度 $u_{h1}$

测量所用游标卡尺，根据其校准证书中所提供的不确定度，其扩展不确定度为0.02mm， $k=2$ ，则游标卡尺引入的标准不确定度为：

$$u_{h1} = \frac{0.02mm}{2} = 0.01mm$$

### D. 6.2 重复性引入的标准不确定度 $u_{h2}$

进行了若干次测量，未发现测量结果有任何发散，故读数并不引入任何有意义的标准不确定度，则复性引入的标准不确定度：

$$u_{h2} = 0$$

## D. 7 灵敏系数

略。

## D. 8 标准不确定度分量汇总表

略。

## D. 9 合成标准不确定度

$$u_c = u_{h1} = 0.01mm$$

## D. 10 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，试件架尺寸测量结果的扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.01mm = 0.02mm$$

## 附录 E

## 沸煮箱校准原始记录格式

委托单位											
型号规格		出厂编号			设备名称						
制造厂											
校准地点							环境温度				
标准器名称		型号规格			出厂编号						
标准器证书号		有效期									
次数	校准温度:										
	1	2	3	4	5						
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
外观及材料检查		渗漏检查									
温度均匀度		温度波动度			表面温度						
尺寸 (mm)											
$h'_1$		$d$	$h'_2$		$h'_3$		$h_1$	$h_2$	$h_3$		
$S_1$			$S_2$			$S_1$ 平均值		$S_2$ 平均值			
计时误差 (s)											
煮沸时间	沸煮箱示值	秒表示值	误差		保持沸腾时间	沸煮箱示值	秒表示值	误差			
温度校准值的不确定度 :		$U = \quad \quad \quad ^\circ\text{C} \quad k=2$			长度校准值的不确定度 :		$U = \quad \quad \quad \text{mm}, \quad k=2$				
时间校准值的不确定度 :		$U = \quad \quad \quad \text{s}, \quad k=2$									

## 附录 F

## 校准证书内页格式

## 校准结果

第 页 共 页

## 1、测量点分布示意图(图 F1)

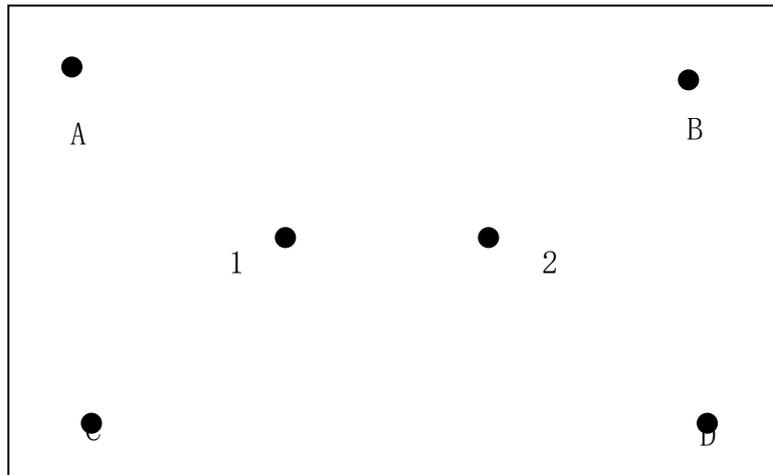


图 F1

## 2、校准结果的表述

外观检查:		表面温度:	
温度均匀度:		温度波动度:	
尺寸:	电热管距箱底的净距离 ( $h_1$ )		
	支撑钢丝距电热管的净距离 ( $h_2$ )		
	篦板距电热管的净距离 ( $h_3$ )		
	支撑钢丝间的净距离 ( $S_1$ )		
	隔离钢丝间的净距离 ( $S_2$ )		
计时误差	煮沸		保持沸腾
	控制误差	示值误差	控制误差 示值误差
温度测得值的不确定度:		$U=$ °C, $k=2$	
长度测得值的不确定度:		$U=$ mm, $k=2$	
时间测得值的不确定度:		$U=$ s, $k=2$	

