



中华人民共和国工业和信息化部建材计量技术规范

JJF(建材)0XX—2024

水泥凝结时间自动测定仪校准规范
Calibration Specification for Automatic Testing Machines of Cement
Setting Time
(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

水泥凝结时间自动测定 仪校准规范

Calibration Specification for Automatic
Testing Machines of Cement Setting Time

JJF(建材)0XX—2024

本规范经中华人民共和国工业和信息化部××××年××月××日批准，并自××××年××月××日起实施。

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：中国国检测试控股集团股份有限公司

参与起草单位：长沙海纳光电科技有限公司

河北科析仪器设备有限公司

本规范委托全国建材工业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

孙 健（中国国检测试控股集团股份有限公司）

李 岩（中国国检测试控股集团股份有限公司）

刘金龙（中国国检测试控股集团股份有限公司）

参加起草人：

王湘祁（长沙海纳光电科技有限公司）

王文茹（河北科析仪器设备有限公司）

冯 宇（长沙海纳光电科技有限公司）

孙 强（河北科析仪器设备有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境要求	(2)
5.2 校准用标准器	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准前准备	(3)
6.3 温度偏差	(3)
6.4 湿度偏差	(4)
6.5 时间偏差	(4)
6.6 初凝时间偏差	(4)
6.7 终凝时间偏差	(5)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附 录 A 校准证书内页	(7)
附 录 B 校准记录参考格式	(8)
附 录 C 温度偏差校准不确定度评定示例	(10)
附 录 D 湿度偏差校准不确定度评定示例	(13)
附 录 E 时间示值误差校准不确定度评定示例	(16)
附 录 F 初凝时间示值误差校准不确定度评定示例	(18)

引言

本规范依据 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编制。

本规范参考了 GB/T 1346-2011《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》中水泥凝结时间测定的技术要求编写。

本规范为首次制定。

水泥凝结时间自动测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于水泥凝结时间自动测定仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

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

3 概述

水泥凝结时间自动测定仪(以下简称测定仪)是用于测定水泥凝结时间的仪器,GB/T 1346 中规定试针沉入水泥标准稠度净浆至距底板 $4\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 时为水泥达到初凝状态，当试针沉入 0.5mm 时为水泥达到终凝状态，自水泥全部加入水中时起至试件达到初、终凝状态所需的时间即为初凝时间和终凝时间（凝结时间）。

测定仪主要由主机、温湿度控制装置、测试号位、养护舱以及测定系统组成，见图 1。测定仪通过控制系统预设程序，调节养护舱温度、湿度，测定系统自动控制试针测定，并记录时间。

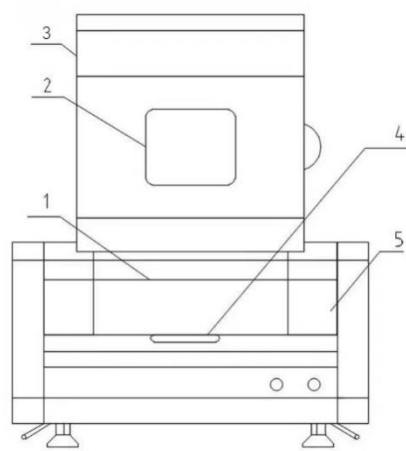


图 1 水泥凝结时间自动测定仪结构示意图

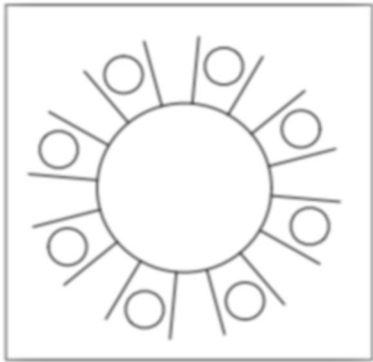


图 2 测试号位俯视图

1—养护舱；2—测定系统；3—主机；4—测试号位；5—温、湿度控制装置

4 计量特性

水泥自动凝结时间测定仪计量特性见表 1。

表 1 水泥自动凝结时间测定仪计量特性

序号	校准项目	测量范围	技术要求
1	温度偏差	19℃～21℃	±0.5℃
2	湿度偏差	90%RH～98%RH	±5%
3	时间示值误差	0s～3600s	±10s
4	初凝时间示值误差	0min～600min	不大于标准样品证书初凝时间不确定度
5	终凝时间示值误差	0min～600min	不大于标准样品证书终凝时间不确定度
注:以上指标不用于合格性判定,仅供参考。			

5 校准条件

5.1 环境要求

5.1.1 环境温度保持 20℃±2℃,相对湿度不小于 50%。

5.1.2 仪器置于水平无震动的工作台上。

5.1.3 实验室应清洁,周围无腐蚀性介质。

5.2 校准用标准器

5.2.1 温度测定仪

量程 0℃～50℃,分辨力不低于 0.01℃,最大允许误差±0.15℃。

5.2.2 湿度测定仪

量程 10%RH～98%RH,分辨力 0.1%RH,最大允许误差±2%RH。

5.2.3 秒表

量程 0.1s～9999.9s,分辨力不大于 0.1s,最大允许误差±1s。

5.3.3 标准样品

凝结时间校准应采用国家有证标准样品,推荐使用 GSB 08-3561。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包括温度偏差、湿度偏差、时间示值误差、初凝时间示值误差、终凝时间示值

误差。

6.2 校准前准备

测试前应对以下内容进行检查

- a) 目测仪器应带有铭牌(铭牌标志上应有仪器名称、型号、出厂编号、出厂日期、制造厂名等)、合格证和说明书。
- b) 目测外观不应带有影响正常工作的机械损伤。电缆线的接插件牢固。
- c) 目测仪器应置于平稳工作台上,通过调节地脚高度,使设备水平,各紧固件均应紧固良好。各调节旋钮、按键和功能开关灵活可靠。
- d) 目测检查凝结时间测定用针的外观和材质。
- e) 目测检查圆模的外观和材质。
- f) 目测测定仪应设置一键启停装置。
- g) 用水平仪测定工作系统应水平,观察周边无强烈震动源。
- h) 计时装置应工作正常。
- i) 养护舱温度、湿度控制范围应符合 GB/T 1346 中相关技术要求,且养护舱不得有滴水现象。
- j) 试针有效长度、直径以及圆模顶内径、底内径、深度应符合 GB/T 1346 中相关技术要求。

6.3 温度偏差

按照设备使用说明书启动机器,测定仪温度设定为 20℃,将温度测定仪传感器固定在被校设备温度传感器同一位置,关闭试验舱,运行 30min 后开始读数,同时记录温度测定仪与控制系统显示温度,并计算差值。

重复上述操作一次,按公式(1)计算两次差值的平均值,得到测定仪温度偏差。

$$\Delta_t = \frac{(t_1 - t_0) - (t_2 - t_0)}{2} \quad (1)$$

式中:

Δ_t —温度偏差,℃;

t_0 —测定仪设定温度,℃;

t_1 —温度测定仪第一次测量经修正后的温度,℃;

t_2 —温度测定仪第二次测量经修正后的温度,℃。

6.4 湿度偏差

按照设备使用说明书启动机器，测定仪相对湿度值设定至 95%，打开养护舱，将湿度测定仪传感器放置在被校设备湿度传感器相同位置，运行 30min 后开始读数。同时记录湿度测定仪与控制系统显示湿度，并计算差值。

重复上述操作一次，按公式(2)计算两次差值的平均值，得到测定仪湿度偏差。

$$\Delta_h = \frac{(h_1 - h_0) + (h_2 - h_0)}{2} \quad (2)$$

式中：

Δ_h —湿度偏差，%RH；

h_0 —测定仪设定湿度，%RH；

h_1 —湿度测定仪第一次测量经修正后的湿度，%RH；

h_2 —湿度测定仪第二次测量经修正后的湿度，%RH。

6.5 时间示值误差

按照测定仪使用说明书启动机器，启动计时装置，同时按下秒表，计时装置计时至 3600s 同时停止秒表，记录设备计时装置显示的时间与秒表显示时间，并计算差值。

重复上述操作一次，按公式(3)计算两次差值的平均值，得到测定仪时间示值误差。

$$\Delta_T = \frac{(T_S - T_1) + (T_S - T_2)}{2} \quad (3)$$

式中：

Δ_T —时间示值误差，s；

T_S —测定仪设定时间，s；

T_1 —秒表第一次测量时间，s；

T_2 —秒表第二次测量时间，s。

6.6 初凝时间示值误差

按照测定仪使用说明书启动机器，电脑端完成预设程序设定，运行 30min 后，按照 GB/T 1346 中规定的凝结时间测定方法完成净浆搅拌、进行试件制备，然后随机选取测试号位并放入试件，等待测定仪自动完成初凝时间测定，记录结果并计算差值。

采用同批次标准样品重复测量上述步骤 3 次，按公式（3）计算三次差值平均值，得到初凝时间示值误差。

$$\Delta_C = \frac{(T_3 - T_C) + (T_4 - T_C) + (T_5 - T_C)}{3} \quad (3)$$

式中:

Δ_C —初凝时间示值误差, min;

T_3 —第一次初凝时间测定值, min;

T_4 —第二次初凝时间测定值, min;

T_5 —第三次初凝时间测定值, min;

T_C —标准样品初凝时间标准值, min。

6.7 终凝时间示值误差

测定仪在完成初凝时间校准后, 无需对其采取任何操作, 测定仪自动继续进行该试件终凝时间测定, 记录结果并计算差值。。

采用同批次标准样品重复测量上述步骤 3 次, 按公式 (4) 计算三次差值平均值, 得到初凝时间示值误差。

$$\Delta'_C = \frac{(T_3 - T'_C) + (T_4 - T'_C) + (T_5 - T'_C)}{3} \quad (4)$$

式中:

Δ'_C —终凝时间示值误差, min;

T_6 —第一次终凝时间测定值, min;

T_7 —第二次终凝时间测定值, min;

T_8 —第三次终凝时间测定值, min;

T'_C —标准样品终凝时间标准值, min。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书 (报告) 上反映, 校准证书 (报告) 应至少包含以下信息:

- a) 标题: “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) 被校准对象的描述和明确标识;

- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象的有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为一年，在使用过程中经过修理、更换重要器件的一般需要重新校准。

由于复校时间间隔的长短是由水泥凝结时间自动测定仪的使用情况、使用方、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，可根据仪器实际使用情况自行确定复校时间间隔。

附录 A

校准证书内页格式

设备名称			设备编号	
使用地点			校准日期	
校准依据	水泥凝结时间自动测定仪校准规范			
环境条件	温度 (°C)		湿度 (%RH)	
校准地点				
校准所用计量器具				
名称/型号	准确度等级	证书编号	证书有效期	
外观功能检查结果				
校准项目	数据		测量不确定度	
温度偏差 (°C)			$U=$, $k=2$	
湿度偏差 (°C)			$U=$, $k=2$	
时间示值误差 (s)			$U=$, $k=2$	
初凝时间示值误差 (min)			$U=$, $k=2$	
终凝时间示值误差 (min)			$U=$, $k=2$	

附录 B

校准记录参考格式

校准单位				记录编号			
仪器名称				规格型号			
制造厂名				出厂编号			
技术依据				仪器类别			
校准设备及标准样品							
名称		型号规格		证书编号		技术特征	
环境条件和设施							
序号	项目	要求			现场		
1	温度	20℃±2℃					
2	相对湿度	≥50%					
3	环境条件	仪器置于水平无震动的工作台上。实验室应清洁，周围无腐蚀性介质和无较强电磁场干扰，测试台面应水平。					
4	外观及初步检查	仪器应带有铭牌、合格证和说明书，不应带有影响正常工作的机械损伤。					
计量特性							
1	温度偏差 (℃)	技术要求	±0.5℃				
		测定点	t ₀	t ₁	t ₂	t	
		数据					
2	湿度偏差 (%RH)	技术要求	±5%				
		测定点	h ₀	h ₁	h ₂	h	
		数据					
7	时间示值误差 (s)	技术要求	±5s				
		3600s	T _s	T ₁	T ₂	T	
8	初凝时间	技术要求	不大于标准样品证书初凝时间不确定度				

	示值误差 (min)	测定点	T_c	T_3	T_4	T_5	c
		数据					
9	终凝时间 示值误差 (min)	技术要求	不大于标准样品证书终凝时间不确定度				
		测定点	T'_c	T_6	T_7	T_8	Δ'_c
		数据					

附录 C

温度偏差校准不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准方法：按照 6.3 温度偏差校准方法。

C.1.2 环境条件：20.2℃，相对湿度：62%。

C.1.3 校准标准器：温度测定仪，量程 0℃～50℃，分辨力不低于 0.01℃，最大允许误差±0.15℃。

C.1.4 校准点：20℃。

C.2 数学模型

校准的数学模型如公式 (C.1) 所示

$$\Delta t = t_s - t \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt — 温度偏差，℃

t — 测定仪温度显示平均值，℃

t_s — 修正后温度测定仪显示平均值，℃。

灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t} = 1, c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以温度校准过程合成标准不确定度

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{c_1^2 u^2(t) + c_2^2 u^2(t_s)} \quad (\text{C.2})$$

C.3 不确定度来源分析

由数学模型分析，影响测量的不确定度主要有以下几点：

(1) 被校设备温度测量显示引入的不确定度 $u(t)$ ，包含被校设备测量重复性引入的不确定度 $u_1(t)$ 和分辨力引入的不确定度 $u_2(t)$ ；

(2) 温度测定仪引入的不确定度 $u(t_s)$ ，包含温度测定仪测量重复性引入的不确定度 $u_1(t_s)$ 和分辨力引入的不确定度 $u_2(t_s)$ 、修正值引入的不确定度 $u_3(t_s)$ 。

C.4 各分量的标准不确定度评定

C.4.1 被校设备温度测量显示引入的不确定度 $u(t)$

a、被校设备测量重复性引入的不确定度 $u_1(t)$

设置水泥凝结时间自动测定仪的温度为 20 °C，稳定 30min 后，记录测定仪温度显示值，重复进行上述操作 10 次，测得数据如下：

表 2 测定仪温度显示值数据

显示值/°C										平均值 t /°C
20.1	20.0	20.0	20.0	20.1	19.9	20.1	20.0	19.9	20.0	20.0

$$\text{用贝塞尔公式标准偏差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.074^\circ\text{C}$$

实际测量 2 次，以 2 次测量的平均值为准，则： $u_1(t) = s / \sqrt{2} = 0.052^\circ\text{C}$

b、被校设备温度分辨力引入的不确定度 $u_2(t)$

被校设备温度分辨力为 0.1 °C，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(t) = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}。$$

被校设备温度测量显示引入的不确定度：

$$u(t) = u(t) = \sqrt{u_1(t)^2 + u_2(t)^2} = \sqrt{0.052^2 + 0.029^2} = 0.060^\circ\text{C}$$

C. 4. 2 温度测定仪引入的不确定度 $u(t_s)$ a、温度测定仪重复性引入的不确定度 $u_1(t_s)$

设置水泥凝结时间自动测定仪的温度为 20 °C，稳定 30min 后，记录温度测定仪测量值，重复进行上述操作 10 次，测得数据如下：

表 3 温度测定仪测量值数据

测量值/°C										平均值 t_s /°C
20.15	20.25	20.28	20.13	19.82	19.95	20.03	19.88	20.26	19.94	20.07

$$\text{通过贝塞尔公式计算标准偏差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.17^\circ\text{C}$$

实际测量 2 次，以 2 次测量的平均值为准，则： $u_1(t_s) = s / \sqrt{2} = 0.12^\circ\text{C}$

b、温度测定仪分辨力引入的不确定度 $u_2(t_s)$

温度测定仪分辨力为 0.01 °C，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(t_s) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003^\circ\text{C}$$

c、温度测定仪溯源校准修正值引入的不确定度 $u_3(t_s)$

根据温度测定仪的溯源证书，证书给出的不确定度为 $l=0.10^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 按正态分布，则：

$$u_3(t_s) = \frac{0.1}{2} = 0.05^{\circ}\text{C}$$

C.5 标准不确定度汇总

表 4 温度偏差标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
被校设备测量重复性引入的不确定度 $u_1(t)$	0.052 $^{\circ}\text{C}$
被校设备温度分辨力引入的不确定度 $u_2(t)$	0.029 $^{\circ}\text{C}$
温度测定仪测量重复性引入的不确定度 $u_1(t_s)$	0.12 $^{\circ}\text{C}$
温度测定仪分辨力引入的不确定度 $u_2(t_s)$	0.003 $^{\circ}\text{C}$
温度测定仪溯源校准修正值引入的不确定度 $u_3(t_s)$	0.05 $^{\circ}\text{C}$

C.6 合成不确定度、扩展不确定度的计算

C.6.1 合成标准不确定度

由于各个分量彼此不相关，则合成不确定度依据公式（2）计算，可得

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{0.060^2 + 0.12^2 + 0.05^2} = 0.15^{\circ}\text{C}$$

C.6.2 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度 U 可以按照公式 $U = u_c \cdot k$ 进行计算，得到：

$$U = 0.15 \times 2 = 0.30^{\circ}\text{C}, \quad k=2。$$

附录 D

湿度偏差校准不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准方法：按照 6.4 温度偏差校准方法。

D.1.2 环境条件：20.2℃，相对湿度：62%。

D.1.3 校准标准器：湿度测定仪，量程 10%RH~98%RH，分辨力 0.1%RH，最大允许误差 $\pm 2\%RH$ 。

D.1.4 校准点：95%RH。

D.2 数学模型

校准的数学模型如公式 (D.1) 所示：

$$\Delta H = H - H_s \quad (D.1)$$

式中：

ΔH —湿度偏差，%；

H —测定仪湿度显示平均值，%；

H_s —修正后湿度测量平均值，%。

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta H}{\partial H} = 1, c_2 = \frac{\partial \Delta H}{\partial H_s} = -1$

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以温度校准过程合成标准不确定度

$$u_c(\Delta H) = \sqrt{c_1^2 u^2(H) + c_2^2 u^2(H_s)} \quad (D.2)$$

D.3 不确定度来源分析

由数学模型分析，影响测量的不确定度主要有以下几点：

(1) 被校设备湿度测量显示引入的不确定度 $u(H)$ ，包含被校设备测量重复性引入的不确定度 $u_1(H)$ 和分辨力引入的不确定度 $u_2(H)$

(2) 湿度测定仪引入的不确定度 $u(H_s)$ ，包含湿度测定仪测量重复性引入的不确定度 $u_1(H_s)$ 、分辨力引入的不确定度 $u_2(H_s)$ 和修正值引入的不确定度 $u_3(H_s)$ 。

D.4 各分量的标准不确定度评定

D.4.1 被校设备湿度测量显示引入的不确定度 $u(H)$

a、被校设备湿度测量重复性引入的不确定度 $u_1(H)$

设置水泥凝结时间自动测定仪的相对湿度为 95%，稳定 30min 后，记录被校设备湿度显示值，重复进行上述操作 10 次，测得数据如下：

表 5 测定仪湿度显示值数据

显示值/%										平均值 H /%
95	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95

$$\text{用贝塞尔公式标准偏差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.49\%$$

实际测量 2 次，以 2 次测量的平均值为准，则： $u_1(H) = s / \sqrt{2} = 0.35\%$

b、被校设备湿度分辨力引入的不不确定度 $u_2(H)$

测定仪温度分辨力为 1%，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则： $u_2(H) = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29\%$

则测定仪湿度测量显示引入的不不确定度

$$u(H) = \sqrt{u_1(H)^2 + u_2(t)^2} = \sqrt{0.35^2 + 0.29^2} = 0.46\%$$

D. 4. 2 湿度测量标准引入的不不确定度 $u(H_s)$

a、湿度测定仪测量重复性引入的不不确定度 $u_1(H_s)$

设置水泥凝结时间自动测定仪的湿度为 95 %，稳定 30min 后，记录湿度测定仪测量值，重复进行上述操作 10 次，测得数据如下：

表 6 湿度测定仪测量值数据

测量值/%										平均值 H_s /%
96.1	96.3	95.3	95.0	96.1	94.6	96.2	95.9	95.4	94.7	95.6

$$\text{通过贝塞尔公式计算标准偏差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.64\%$$

实际测量 2 次，以 2 次测量的平均值为准，则： $u_1(H_s) = s / \sqrt{2} = 0.45\%$

b、湿度测定仪分辨力引入的不不确定度 $u_2(H_s)$

湿度测定仪温度分辨力为 0. 1 %，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(H_s) = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03 \%$$

c、湿度测定仪溯源校准修正值引入的不不确定度 $u_3(H_s)$

根据湿度测定仪的溯源证书，证书给出的不确定度为 $U=1.0\%$ ， $k=2$ 按正态分布，则：

$$u_3(H_s) = \frac{1}{2} = 0.5 \%$$

则湿度测量标准引入的不确定度：

$$u(H_s) = \sqrt{u_1^2(H_s) + u_2^2(H_s) + u_3^2(H_s)} = \sqrt{0.45^2 + 0.03^2 + 0.05^2} = 0.46\%$$

C.5 标准不确定度汇总

表 7 湿度偏差标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
被校设备湿度测量重复性引入的不确定度 $u_1(H)$	0.35%
被校设备湿度分辨力引入的不不确定度 $u_2(H)$	0.29%
湿度测定仪测量重复性引入的不确定度 $u_1(H_s)$	0.45%
湿度测定仪分辨力引入的不确定度 $u_2(H_s)$	0.03%
湿度测定仪溯源校准修正值引入的不确定度 $u_3(H_s)$	0.05%

D.6 合成不确定度、扩展不确定度的计算

D.6.1 合成标准不确定度

由于各个分量彼此不相关，则合成不确定度依据公式（2）计算，可得

$$u_c(\Delta H) = \sqrt{u(H)^2 + u(H_s)^2} = \sqrt{0.46^2 + 0.46^2} = 0.66\%$$

D.6.2 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度 U 可以按照公式 $U = u_c \cdot k$ 进行计算，则：

$$U = 0.66 \times 2 = 1.3\%$$

附录 E

时间示值误差校准不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 校准方法：按照 6.6 初凝时间示值误差校准方法。

E.1.2 环境条件：20.2℃，相对湿度：62%。

E.1.3 校准标准器：秒表，量程 0s~9999.9s，分辨力不大于 0.1s，最大允许误差±1s。

E.1.4 校准点：3600s。

E.2 数学模型

E.2 校准的数学模型如公式 (E.1) 所示

$$\Delta T = T - T_s \quad (\text{E.1})$$

式中： ΔT —时间偏差，s；

T —测定仪时间显示值，s；

T_s —电子秒表时间显示值，s。

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T} = 1, c_2 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_s} = -1$

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以时间校准过程合成标准不确定度如公式 (E.2)

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{c_1^2 u^2(T) + c_2^2 u^2(T_s)} \quad (\text{E.2})$$

E.3 不确定度来源分析

由数学模型及分析，影响测量的不确定度主要有以下几点：

a) 测定仪时间显示引入的不确定度 $u(T)$

b) 电子秒表引入的不确定度 $u(T_s)$ ，包含测量重复性引入的不确定度 $u_1(T_s)$ ，分辨力引入的不确定度 $u_2(T_s)$ ，电子秒表准确度引入的不确定度 $u_3(T_s)$

E.4 各分量的标准不确定度评定

E.4.1 测定仪时间显示引入的不确定度 $u(T)$

测定仪时间显示引入的不确定度 $u(T)$ ，主要由时间显示分辨力引入，测定仪时间显示分辨力为 1 s，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则： $u(T) = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29 \text{ s}$

E.4.2 电子秒表引入的不确定度 $u(T_s)$

a) 测量重复性引入的不确定度 $u_1(T_s)$

对 3600s 时间间隔进行 3 次重复测量, 测量值为: 3601.2s, 3600.9s, 3601.8s, 用极差法 ($C=1.69$, $n=3$) 计算标准偏差为: $s=R/C=\frac{3601.8-3600.9}{1.69}=0.54s$, 实际以单次测量为准, 则

$$u_1(T_s)=s=0.54s$$

b) 电子秒表分辨力引入的不确定度 $u_2(T_s)$

电子秒表分辨力为 0.1s, 按均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2(T_s) = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.058s$$

c) 电子秒表准确度引入的不确定度 $u_3(T_s)$

电子秒表 3600s 时间测量的最大允许误差为 $\pm 1s$, 按均匀分布, 则:

$$u_3(T_s) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58s$$

则电子秒表引入的不确定度

$$u(T_s) = \sqrt{u_1^2(T_s) + u_2^2(T_s) + u_3^2(T_s)} = \sqrt{0.54^2 + 0.058^2 + 0.58^2} = 0.79s$$

E.5 标准不确定度汇总

表 8 时间示值误差标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
测定仪时间显示引入的不确定度 $u(T)$	0.29s
测量重复性引入的不确定度 $u_1(T_s)$	0.54s
电子秒表分辨力引入的不确定度 $u_2(T_s)$	0.058s
电子秒表准确度引入的不确定度 $u_3(T_s)$	0.58s

E.6 合成不确定度、扩展不确定度的计算

E.6.1 合成标准不确定度

由于各个分量彼此不相关, 则合成不确定度依据公式 (2) 计算, 可得

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u(T)^2 + u(T_s)^2} = \sqrt{0.29^2 + 0.79^2} = 0.84s$$

E.6.2 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度 U 可以按照公式 $U = u_c(\Delta T) \cdot k$ 进行计算, 得到

$$U = 0.84 \times 2 = 1.7s \approx 2s, k=2$$

附录 F

初凝时间示值误差校准不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 校准方法：按照 6.6 时间示值误差校准方法。

F.1.2 环境条件：20.2℃，相对湿度：62%。

F.1.3 校准标准器：GSB 08-3561-F02-2023 普通硅酸盐水泥物理性能标准样品（初凝时间：217±10 min）。

F.1.4 校准点：初凝时间。

F.2 数学模型

F.2 校准的数学模型如公式 (F.1) 所示

$$\Delta = T_I - T_i \quad (\text{F.1})$$

式中： Δ —初凝时间偏差，min；

T_i —第 i 测试号位测定的测定值，min；

T_I —标准样品的标准值，min。

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial T_i} = -1, c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial T_I} = 1$

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以初凝时间校准过程合成标准不确定度如公式 (F.2) 所示：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c_1^2 u^2(T_i) + c_2^2 u^2(T_I)} \quad (\text{F.2})$$

F.3 不确定度来源分析

由数学模型及分析，影响测量的不确定度主要有以下几点：

- a) 测量重复性引入的不确定度 u_1
- b) 由标准样品引入的不确定度 u_2
- c) 由电子秒表引入的不确定度 u_3

F.4 各分量的标准不确定度评定

F.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

测定仪误差的不确定度主要来源于标准样品测量结果的重复性，此项为 A 类不确定度分量，在重复性条件下，选择已知初凝时间数据的标准样品，用被校水泥凝结时间测定仪测量

初凝时间，测量值为：217min、220min、215min，用极差法 ($C=1.69$, $n=3$) 计算标准偏差为：

$$s=R/C=\frac{220-215}{1.69}=3.0\text{ min}$$

实际以单次测量为准，计算得：

$$u_1=s=3.0\text{ min}$$

F. 4. 2 由标准样品引入的不确定度 u_2

选用的标准样品为国家标准样品，证书给出的初凝时间的不确定度为 $U=10\text{ min}(k=2)$ ，为正态分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2=\frac{u}{2}=\frac{10}{2}=5\text{ min}$$

F. 5 标准不确定度汇总

表 5 初凝时间示值误差标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
测量重复性引入的不确定度 u_1	3.0min
由标准样品引入的不确定度 u_2	5.0min

F. 6 合成不确定度、扩展不确定度的计算

F. 6. 1 合成标准不确定度

由于各个分量彼此不相关，则合成不确定度依据公式 (2) 计算，可得

$$u_c(\Delta)=\sqrt{u_1^2+u_2^2}=\sqrt{3^2+5^2}=5.9\text{ min}$$

F. 6. 2 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度 U 可以按照公式 $U=u_c \cdot k$ 进行计算，结果为：

$$U=12\text{ min}, k=2$$