

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

薄膜流滴试验机校准规范

Calibration Specification for Thin Film Anti-fog Test Machines

（报批稿）

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

薄膜流滴试验机校准规范

Calibration Specification for Thin Film
Anti-fog Test Machines

JJF(石化) XXX—XXXX

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：上海市质量监督检验技术研究院有限公司

参加起草单位：上海精密计量测试研究所

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：

- 金 路 （上海市质量监督检验技术研究院有限公司）
- 陶笑昱 （上海市质量监督检验技术研究院有限公司）
- 苏 颖 （上海市质量监督检验技术研究院有限公司）
- 王 鹏 （上海市质量监督检验技术研究院有限公司）
- 金嘉成 （上海市质量监督检验技术研究院有限公司）

参加起草人：

- 曹家兴 （上海精密计量测试研究所）

目 录

引言..... II

1 范围..... 1

2 引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

3.1 流滴性能 1

3.2 温度偏差 1

3.3 温度均匀度 1

3.4 温度波动度 2

4 概述..... 2

5 计量特性..... 3

6 校准条件..... 3

6.1 环境条件..... 3

6.2 测量标准及其他设备..... 3

7 校准项目和校准方法..... 4

7.1 校准项目..... 4

7.2 校准方法..... 4

7.2.2 温度校准..... 5

7.2.3 计时误差校准..... 7

8 校准结果..... 7

8.1 校准记录..... 7

8.2 校准证书..... 8

8.3 不确定度..... 8

9 复校时间间隔..... 8

附录 A 薄膜流滴试验机校准记录格式..... 9

附录 B 薄膜流滴试验机校准证书内页格式..... 11

附录 C 薄膜流滴试验机温度偏差测量结果不确定度评定示例..... 12

附录 D 薄膜流滴试验机计时误差测量结果不确定度评定示例..... 14

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》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》等基础性系列规范进行编写。

本规范参照了 GB/T 20202-2019《农业用乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(EVA)吹塑棚膜》、GB/T 4455-2019《农业用聚乙烯吹塑棚膜》并结合薄膜流滴试验机的生产、使用和校准现状制定。

本校准规范为首次发布。

薄膜流滴试验机校准规范

1 范围

本规范适用于测试农用薄膜、包装薄膜等材料的流滴性能的薄膜流滴(防雾)试验机的校准。

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

JJF 2019-2022 液体恒温试验设备温度性能测试规范

GB/T 2020-2019 农业用乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(EVA)吹塑棚膜

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 术语和定义

以下术语和定义适用于本规范。

3.1 流滴性能 anti-fog performance

在有内外温度差和一定湿度的封闭环境中，使膜内表面上形成的露滴具有铺展成水膜状态或沿着一定角度的膜面流动的性能。

[GB/T 20202-2019，术语与定义 3.5]

3.2 温度偏差 temperature deviation

在稳定状态下，工作空间内各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的偏差。两个偏差分别称为温度上偏差和温度下偏差。

[JJF 2019-2022，术语 3.2]

3.3 温度均匀度 temperature uniformity

在稳定状态下，某一瞬时的工作空间内各测量点最高温度与最低温度的差值的平均值。

[JJF 2019-2022，术语 3.3]

3.4 温度波动度 temperature fluctuation

在稳定状态下，规定时间间隔内的工作空间内各测量点温度变化的最大值。

[JJF 2019-2022，术语 3.4]

4 概述

薄膜流滴试验机（以下简称试验机）是一种专门用于评估塑料薄膜（如 PE、EVA 等棚膜）表面流滴性能的设备，其核心功能是模拟温室大棚内高温高湿环境下，水蒸气在薄膜内表面冷凝后能否迅速形成水膜并沿膜面流下（即“流滴”）。试验机的工作原理是内部通过加热系统和加湿系统营造一个高温、高湿的密闭环境，将待测薄膜裁剪成标准尺寸，固定在可调节倾角的试样架上，水蒸气在较冷的薄膜表面冷凝，若薄膜具有良好的流滴剂涂层，则冷凝水会迅速铺展成连续水膜，并在重力作用下沿倾斜面流下；若流滴性能差，则会形成孤立水珠，最终滴落。

试验机一般由压锤板、压锤、喉箍、圆形试样罩、恒温水浴锅、温度控制器、计时器等组成，广泛用于石化行业的研究性试验、产品的定型试验、生产检查试验等。图 1 为试验机结构示意图。

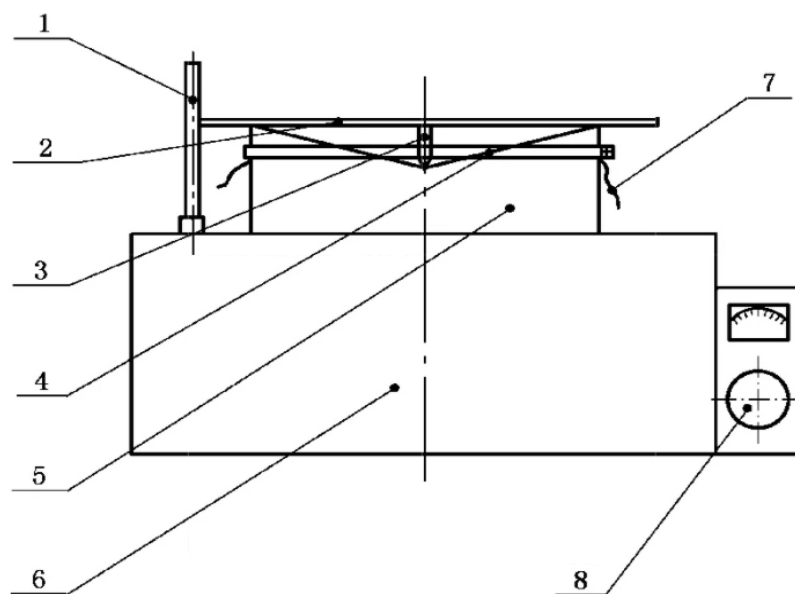


图 1 薄膜流滴试验机结构示意图

1—温度计；2—压锤板；3—压锤；4—喉箍；5—圆形试样罩；6—恒温水浴锅；7—被测薄膜；8—温度控制器、计时器

5 计量特性

具体计量特性见表1。

表 1 试验机计量特性一览表

序号	项目		技术要求
1	温度偏差/℃	(30~90)	MPE:±1.0
2	温度波动度/℃	(30~90)	1.0
3	温度均匀度/℃	(30~90)	1.0
4	计时误差/%	30min	MPE:±0.5
注：以上计量特性要求不作为判定依据，仅供参考。			

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度条件

环境温度：(15~35)℃。

6.1.2 湿度条件

相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 其他条件

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。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2。

表 2 校准项目和测量标准

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求	
1	温度偏差	温度巡回检测仪(测温装置)	测量范围：(30~90)℃， 分辨力：不低于 0.1℃， 最大允许误差:±(0.15℃±0.002 t)
2	温度均匀度		
3	温度波动度		

4	计时误差	秒表	测量范围：（0~99999）s， 分辨力：不低于 0.1s， 最大允许误差： $\pm 0.5s/d$
注：也可选用符合技术要求的其他设备。			

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

试验机的校准项目见表 2。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 仪器和设备

温度巡回检测仪（测温装置）、数显卡尺、秒表。

7.2.1.2 外观检查

试验机外观应标有型号规格、制造厂（或商标）和出厂编号，标识清晰，无锈蚀、变形、无脱落、划痕等缺陷，按键功能完好，指示屏显示正常，无叠字、乱码、缺笔画等可见缺损。

7.2.1.3 功能性检查

测量前对试验机的倾斜角度进行功能性核查。将压锤安装在压锤板中心孔位置，调整至适合高度，使用数显卡尺的深度测量杆测量压锤伸出部分高度 h ，测量 3 次，取其平均值作为实测值；使用数显卡尺的外量爪测量圆槽的直径 ϕ ，在圆周上均匀分布的三个位置测量，取 3 次的平均值作为圆槽的直径。

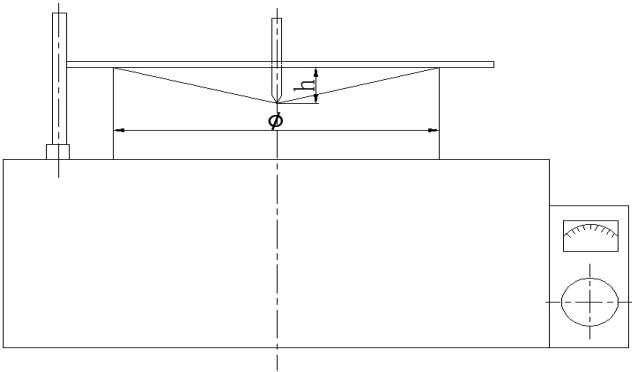


图 2 压锤高度和圆槽直径测量示意图

按公式（1）计算倾斜角度：

$$\Delta\theta = \arctan\left(\frac{h}{\phi/2}\right) \times \frac{180}{\pi} - \theta_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta\theta$ ——倾斜角度偏差，°；

h ——压锤露出高度，mm；

ϕ ——圆槽直径，mm；

θ_s ——倾斜角度预设值（一般为 15°），°；

π ——圆周率，取值 3.14。

7.2.2 温度校准

7.2.2.1 校准温度点的选择

校准温度点一般为 55℃或 60℃，也可根据用户需要进行选择。

7.2.2.2 温度测量点的位置

当工作空间为长方体时，温度传感器应布放在工作空间内的角点及几何中心点。当工作空间为圆柱体时，温度传感器应布放在工作空间平面的象限点及工作空间几何中心点。温度传感器测量点序号用 1，2，3，……数字表示。

7.2.2.3 当工作空间深度小于 15cm 时，温度测量点数量为 5 个，温度传感器应布放在工作空间 1/2 深度水平面上，见图 3 所示。

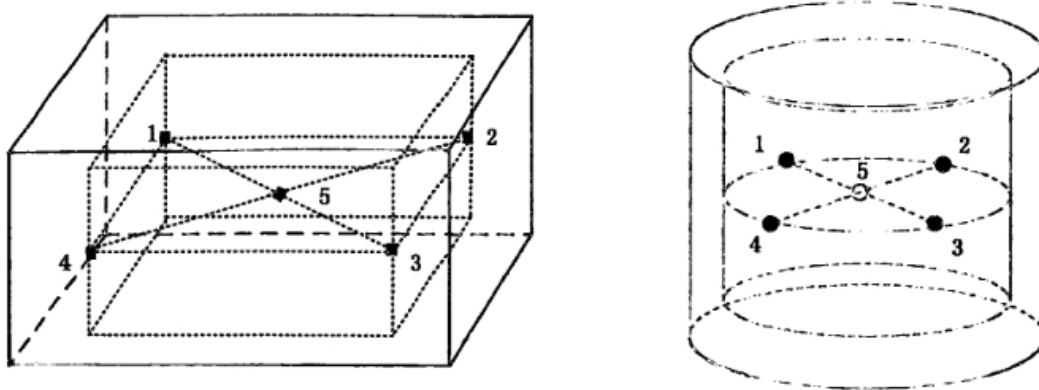


图 3 当工作空间深度小于 15cm 时温度测量位置点布放示意图

7.2.2.4 当工作空间深度大于 15cm 时，温度测量点数量为 9 个，温度传感器应布放在工作空间上、下水平面及空间几何中心点，见图 4 所示。

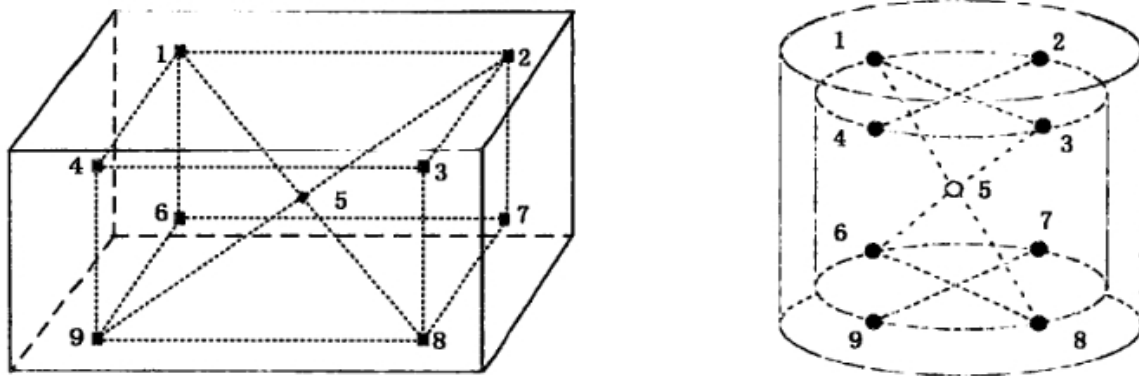


图 4 当工作空间深度大于 15cm 时温度测量位置点布放示意图

7.2.2.5 当工作空间过小或过大时，可按用户需要或实际情况确定测量点的数量和位置，并用图示说明。

7.2.2.6 温度校准方法

一般在设备空载条件下进行测试。在确认设备液位正常后，将设备控制温度设定到测试温度，并开启运行设备，待其达到设定温度并处于稳定状态后开始记录各测量点温度。应每 2min 测量一次，测量过程应包括一个以上的完整温度变化周期，测量时间应在 30min 以上。

7.2.2.7 温度数据处理

7.2.2.7.1 温度偏差

按下列公式（2）和公式（3）计算温度上偏差和温度下偏差：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (2)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (3)$$

式中：

$\Delta t_{\max}$ ——薄膜流滴试验机的温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$ ——薄膜流滴试验机的温度下偏差，℃；

$t_{\max}$ ——各测量点在规定时间内测得的最高温度，℃；

$t_{\min}$ ——各测量点在规定时间内测得的最低温度，℃；

t_s ——薄膜流滴试验机的设定温度，℃。

7.2.2.7.2 温度均匀度

按公式（4）计算温度均匀度：

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{imax} - t_{imin}) / n \quad (4)$$

式中：

Δt_u ——温度均匀度，℃；

t_{imax} ——各测量点在第 i 次测量时测得的最高温度，℃；

t_{imin} ——各测量点在第 i 次测量时测得的最低温度，℃；

n ——测量次数。

7.2.2.7.3 温度波动度

按公式（5）计算温度波动度：

$$\Delta t_f = \max(t_{jmax} - t_{jmin}) \quad (5)$$

式中：

Δt_f ——温度波动度，℃；

t_{jmax} ——测量点 j 在 n 次测量中测得的最高温度，℃；

t_{jmin} ——测量点 j 在 n 次测量中测得的最低温度，℃；

7.2.3 计时误差校准

设置试验仪的工作时间，一般选择 30 分钟，也可按客户需求选择时长。启动仪器，与此同时用秒表计时，当到达设置时间时，停止计时，记录秒表读数，重复测量 3 次，取平均值。计时器相对误差按式（6）计算。

$$\Delta t = \frac{\bar{t} - t_s}{t_s} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

Δt ——计时器相对误差，s；

t_s ——设定时间，s；

$\bar{t}$ ——秒表实测平均值，s。

8 校准结果

8.1 校准记录

校准记录应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。

8.2 校准证书

经校准的测定仪应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求，推荐的校准证书的内页格式见附录 B。

8.3 不确定度

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

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由测定仪的使用情况、使用者、测定仪本身质量等诸多因素决定的。因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔，复校时间间隔建议不超过 12 个月。

附录 A

薄膜流滴试验机校准记录格式

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	℃	湿度		%RH				
校准前检查										
外观检查： ☐ 正常 ☐ 不正常										
功能性检查：										
测量参数	实测值									实测平均值
	第一次		第二次		第三次					
圆槽直径										
压锤高度										
倾斜角度偏差										
校准结果										
温度部分										
温度设定点：										
温度布置图										
次数	实测温度值									各测量点间的最大差值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1										
2										
3										
...										
每一测量点中的最大差值										
温度上偏差及扩展不确定度					温度均匀度及扩展不确定度					
温度下偏差及扩展不确定度					温度波动度及扩展不确定度					

时间部分						
校准点	实测值			实测 平均 值	计时 误差	扩展不确定度
	第一次	第二次	第三次			
标准器						
名称	编号	证书号	测量范围	有效期	不确定度或准确度等级或 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

薄膜流滴试验机校准证书内页格式

证书编号××××××—××××					
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF（石化）XX—202X《薄膜流滴试验机校准规范》					
校准环境条件及地点					
地点					
环境温度		℃	相对湿度	%	其他
校准使用的计量（基）标准装置					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差		溯源单位	证书号
校准结果					
序号	项目	技术要求		校准结果	
				测量值	扩展不确定度
1	温度偏差	(30~90)	MPE:±1.0		
2	温度波动度	(30~90)	1.0		
3	温度均匀度	(30~90)	1.0		
4	计时误差	30min	MPE:±0.5		
备注					

附录 C

薄膜流滴试验机温度偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 校准方法

校准方法见 7.3。

C.2 测量模型

温度偏差的测量模型见式 (C.1) 和 (C.2)：

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

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta t_{\max}$ ——薄膜流滴试验机的温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$ ——薄膜流滴试验机的温度下偏差，℃；

$t_{\max}$ ——修正后各测量点在规定时间内测得的最高温度，℃；

$t_{\min}$ ——修正后各测量点在规定时间内测得的最低温度，℃；

t_s ——薄膜流滴试验机的设定温度，℃。

C.3 方差与灵敏系数

以温度上偏差举例，式(C.1)中 $t_{\max}$ 和 t_s 相互独立，因而可得

$$C_1 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_s = 1 \quad C_2 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_s = -1$$

故

$$u_c = \sqrt{u(t_{\max})^2 + u(t_s)^2}$$

C.4 温度偏差测量结果不确定度的评定

C.4.1 不确定度来源

式 (C.1) 中，温度偏差测量结果的不确定度来源有测量重复性引入的不确定度分量、温度测量装置分辨力和修正值引入的不确定度分量。

C.4.2 由温度测量标准的测量重复性引入的不确定度

温度测量标准对被校仪器作 10 次独立重复测量，记为 $T_{01}, T_{02}, \dots, T_{010}$ ，平均值记为 $\overline{T_0}$ ，其测量观测值例如表 C.1 所示。

表 C.1 温度测量标准重复测量的读数值

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{oi}/^{\circ}\text{C}$	60.3	60.2	60.2	60.1	60.2	60.3	60.2	60.2	60.3	60.2

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差：

$$s(T_o) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{oi} - \bar{T}_o)^2}{n-1}} = 0.06^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.3})$$

计算得出实验标准偏差 $u_1=s=0.06^{\circ}\text{C}$ 。

C.4.3 温度测量标准的显示分辨力引入的不确定度

温度测量装置的温度显示分辨力为 0.1°C ，半宽 $a=0.05^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，则 $u_2=0.05/\sqrt{3}=0.03^{\circ}\text{C}$ 。

C.4.4 由温度测量标准的修正值引入的不确定度

温度测量标准的修正值的扩展不确定度为 0.2°C ， $k=2$ ，则由温度测量标准的修正值引入的不确定度 $u_3=U/k=0.2^{\circ}\text{C}/2=0.1^{\circ}\text{C}$ 。

C.5 标准不确定度分量汇总

表 C.2 不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/ $^{\circ}\text{C}$
u_1	温度测量标准的测量重复性	0.06
u_2	温度测量标准的显示分辨力	0.03（略去）
u_3	温度测量标准的修正值	0.1

C.6 合成标准不确定度

输入量间彼此独立不相关，且灵敏系数绝对值都为1，所以合成标准不确定度可按公式（C.3）得到：

$$u_c = \sqrt{u(t_{\max})^2 + u(t_s)^2} = 0.12^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.4})$$

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，故温度偏差的扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c = 0.3^{\circ}\text{C} \quad (k=2) \quad (\text{C.5})$$

附录 D

薄膜流滴试验机计时误差测量结果不确定度评定示例

D.1 校准方法

校准方法见 7.5。

D.2 测量模型

D.2.1 计时器相对误差公式:

$$\Delta t = \frac{\bar{t} - t_s}{t_s} \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中:

Δt ——计时器相对误差, s;

t_s ——设定时间, s;

$\bar{t}$ ——秒表实测平均值, s。

根据测量模型, 对公式 (D.1) 求偏导, 得到 $c_1 = \frac{1}{t_s}$, $c_2 = -\frac{\bar{t}}{t_s^2}$ 。

D.2.2 不确定度来源:

计时误差测量结果的不确定度来源有试验仪测量重复性引入的标准不确定度分量、标准器最大允许误差引入的标准不确定度分量和人员操作误差引起的不确定度分量。

D.3 标准不确定度分量

D.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

在 3600s 校准点重复测量 10 次, 根据贝塞尔公式计算: $s=0.32$ s, 则由 3 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1 = s/\sqrt{3} = 0.18$ s。

D.3.2 标准器最大允许误差引入的标准不确定度分量 u_2

电子秒表的最大允许误差 ± 0.10 s, 取其半宽区间, 假设为均匀分布, 则 $u_2 = 0.10/\sqrt{3} = 0.06$ s。

D.3.3 人员操作误差引入的标准不确定度分量 u_3

不同测量人员操作秒表引起的误差为 ± 0.2 s, 取其半宽区间, 假设其均匀分布, 则 $u_3 = 0.2/\sqrt{3} = 0.12$ s。

D.4 不确定度分量汇总

标准不确定度分量表见表 D.1。

表（D.1） 不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/s
u_1	测量重复性	0.18
u_2	标准器最大允许误差	0.06
u_3	人员操作误差	0.12

由于 u_1 、 u_2 、 u_3 相互独立，则计时器相对误差的合成标准不确定度 u_c 按下式计算：

$$u_c=\frac{1}{t_s}\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2}=0.01\%$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则计时器相对误差的扩展不确定度为： $U=k\times u_c=2\times u_c=0.02\%$ 。