



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××-20××

## 路面材料多功能试验机校准规范

Calibration Specification for Multi Functional Testing Machine

for Pavement Materials

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家市场监督管理总局

发布

# 路面材料多功能试验机 校准规范

JJF × × × × -20 × ×

Calibration Specification of Multi  
functional testing machine for pavement

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

中公高科养护科技股份有限公司

参加起草单位：北京建筑大学

北京航天航宇实验设备科技有限公司

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

苗 娜（交通运输部公路科学研究所）

周毅姝（交通运输部公路科学研究所）

潘宗俊（中公高科养护科技股份有限公司）

**参加起草人：**

常 嵘（中公高科养护科技股份有限公司）

王佳妮（北京建筑大学）

刘 璐（交通运输部公路科学研究所）

董文春（北京航天航宇实验设备科技有限公司）

# 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
4.1 力值相对示值误差.....	2
4.2 力值测量重复性.....	2
4.3 位移示值误差.....	2
4.4 温度示值误差.....	2
4.5 模量相对示值误差.....	2
4.6 加载速率相对示值误差.....	2
5 校准条件.....	3
5.1 环境条件.....	3
5.2 校准设备.....	3
6 校准项目和校准方法.....	3
6.1 校准前的准备.....	3
6.2 力值相对示值误差.....	3
6.3 力值测量重复性.....	4
6.4 位移示值误差.....	5
6.5 温度示值误差.....	5
6.6 模量相对示值误差.....	5
6.7 加载速率示值误差.....	6
7 校准结果.....	6
7.1 校准记录.....	6
7.2 评定结果.....	7
8 复校时间间隔.....	8
附录 A 路面材料多功能试验机校准记录式样.....	8
附录 B 路面材料多功能试验机校准证书信息及内页式样.....	10
附录 C 力值相对示值误差校准不确定度评定示例.....	12

# 引言

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 路面材料多功能试验机校准规范

## 1 范围

本规范适用于路面材料多功能试验机（以下简称试验机）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 139 拉力、压力和万能试验机

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1101 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 2328.1 静力单轴试验机校准规范 第 1 部分：力值部分

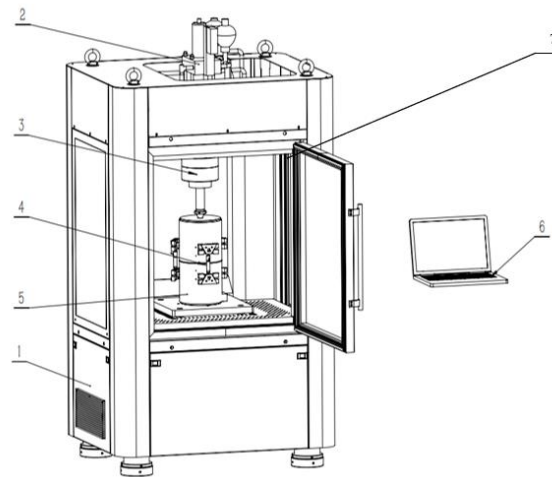
JJF 2328.2 静力单轴试验机校准规范 第 2 部分：位移和速度部分

凡是注日期的引用文件，仅注日期版本适用于本规范；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

试验机是用于对沥青混合料、无结合料（粒料）和其他铺装材料进行拉伸、压缩、弯曲等动态加载并测试和分析的专用仪器，具体为对沥青混合料马歇尔稳定度、单轴压缩、动态模量、弯曲强度、劈裂强度、拉伸强度、剪切强度、疲劳、贯入强度和无机结合料稳定材料无侧限抗压强度、承载比、回弹模量、劈裂强度、弯拉强度、单轴压缩、疲劳、动态模量等测试。

试验机主要包括环境箱、加载系统、压力传感器、位移传感器、温度传感器、试验夹持装置以及数据采集与处理系统等组成，试验机结构示意图见图 1。



说明:

- |           |               |
|-----------|---------------|
| 1——主机;    | 2——液压加载系统;    |
| 3——压力传感器; | 4——LVDT 传感器;  |
| 5——试验夹具;  | 6——数据采集与处理系统; |
| 7——温度传感器; |               |

图 1 路面材料多功能试验机结构示意图

试验机工作时,主机作为试验平台为试验提供稳定的试验环境,通过加载系统施加不同大小和速度的压力,利用压力传感器与位移传感器实施实时采集,实现对试件的加载、卸载进行控制,最后通过数据采集与处理系统负责实时记录试验数据并进行分析处理。

## 4 计量特性

### 4.1 力值相对示值误差

试验机力值相对示值误差不大于 $\pm 1.0\%$ 。

### 4.2 力值测量重复性

试验机力值测量重复性不大于 $0.5\%$ 。

### 4.3 位移示值误差

试验机位移示值误差不大于 $\pm 2.5 \mu\text{m}$ 。

### 4.4 温度示值误差

试验机温度示值误差不大于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

### 4.5 模量相对示值误差

试验机模量相对示值误差不大于 $\pm 3.0\%$ 。

### 4.6 加载速率相对示值误差

加载速率相对示值误差不大于 $\pm 5\%$ 。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：23℃±5℃；

5.1.2 相对湿度：不大于 85% RH。

### 5.2 校准设备

5.2.1 标准测力仪：准确度等级优于 0.3 级；

5.2.2 量块：1 等量块，标称长度为 25mm、50mm 各 1 块；

5.2.3 标准测温仪：测量范围（4-60）℃，最大允许误差优于±0.17℃；

5.2.4 模量标准器：模量值范围在（3~14）GPa，准确度优于 0.15%；

5.2.5 速度测量装置：包括位移测量标准器和秒表，不确定度应不大于被校试验机速度示值最大允许误差的 1/3。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准前的准备

校准只有在试验机工作正常情况下才能进行。通过目测、手感、操作试验机，检查移动横梁或夹头的导向部件无明显的磨损或故障，立柱和横梁不应出现松动现象，施力机构应能平稳地施加力值。数字式指示装置，应检查一旦低于零点是否立即指示出来，例如通过符号显示。校准开始前，试验机连同安装好的标准测力装置应从零开始至少预施加 3 次最大试验力。

### 6.2 力值相对示值误差

a) 开启试验机；

b) 将标准测量仪安装到试验机的夹具位置，将标准测力仪通过垫块与加载系统联叠放，使加载系统和标准测力仪保持在同一轴线；

c) 开启标准测力仪后，清零。

d) 按试验机额定力值的 20%、40%、60%、80%及 100%递增顺序逐点校准，同时记录试验机示值 $F_{ij}$ 和标准测力仪示值 $F'_{ij}$ ；

e) 重复步骤 c) 3 次；

f) 分别按公式（1）和公式（2）计算各校准点的试验机示值的算术平均值 $\bar{F}_i$ 和标准测力仪示值的算术平均值 $\bar{F}'_i$ ；

$$\bar{F}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 F_{ij}}{3} \quad (1)$$

式中:

$F_{ij}$ ——第  $i$  个校准点试验机示值,第  $j$  次校准试验机示值, kN,  $i=1, \dots, 5$ ,  
 $j=1, 2, 3$ ;

$\bar{F}_i$ ——第  $i$  个校准点的试验机示值的算术平均值, kN,  $i=1, \dots, 5$ ;

$$\bar{F}'_i = \frac{\sum_{j=1}^3 F'_{ij}}{3} \quad (2)$$

式中:

$F'_{ij}$ ——第  $i$  个校准点, 第  $j$  次标准测力仪示值, kN,  $i=1, \dots, 5$ ,  $j=1, 2, 3$ ;

$\bar{F}'_i$ ——第  $i$  个校准点的标准测力仪示值的算术平均值, kN,  $i=1, \dots, 5$ ;

g) 按公式 (3) 计算力值示值相对误差  $\delta_i$ ;

$$\delta_i = \frac{\bar{F}_i - \bar{F}'_i}{\bar{F}'_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$\delta_i$ ——第  $i$  个校准点力值示值相对误差,  $i=1, \dots, 5$ 。

### 6.3 力值测量重复性

试验步骤如下:

a) 采用 6.1 的数据, 连续记录 3 次试验机示值  $F_{mn}$ ;

b) 按公式 (4) 计算相对实验标准偏差  $s_m$  为力值测量重复性;

$$s_m = \frac{\text{Max}(F_{mn}) - \text{Min}(F_{mn})}{C \cdot \text{Mean}(F_{mn})} \quad (4)$$

式中:

$s_m$ ——第  $m$  个校准点的相对实验标准偏差,  $m=1, \dots, 5$ ;

$\text{Max}(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点, 第  $n$  次测量中试验机示值最大值,  $m=1, \dots, 5$ ,  $n=1, 2, 3$ ;

$\text{Min}(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点, 第  $n$  次测量中试验机示值最小值,  $m=1, \dots, 5$ ,  $n=1, 2, 3$ ;

$\text{Mean}(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点, 第  $n$  次测量中试验机示值平均值,  $m=1, \dots, 5$ ,  $n=1, 2, 3$ ;

$C$ ——极差系数, 按照  $n=3$  取值为 1.69。

#### 6.4 位移示值误差

试验步骤如下：

- a) 启动试验机，将设备的位移传感器正好对准平台，保证稳定；
- b) 位移传感器开始工作，手动调整试验机的检测平台，使测点位于检测平台的中心位置，并调平；
- c) 位移传感器测试至试验机的检测平台的垂直距离，作为零基准点；
- d) 分别放入标准值为 25mm、50mm 两种规格的量块，每个量块重复测量 3 次，记录试验机的输出量值，按公式（5）计算位移测量示值误差 $L_{\delta}$ ：

$$L_{\delta} = \bar{L}_l - L_0 \quad (5)$$

式中：

$L_{\delta}$ —位移示值误差，mm；

$L_0$ —量块标称值，mm；

$\bar{L}_l$ —试验机测得的位移平均值，mm。

#### 6.5 温度示值误差

试验步骤如下：

- a) 将标准温度仪放置在试验机的中心部位；
- b) 启动试验机，将温度设置为 20℃待温度稳定后 5min 开始测量；
- c) 取 3 次测量的平均值为标准值，按公式（6）计算温度测量示值误差 $T_{\delta}$ ：

$$T_{\delta} = \bar{T}_l - T_0 \quad (6)$$

式中：

$T_{\delta}$ —温度示值误差，℃；

$T_0$ —标准温度仪测试的温度标准值，为 20℃；

$\bar{T}_l$ —试验机测得的温度测量平均值，℃。

#### 6.6 模量相对示值误差

试验步骤：

- a) 启动试验机，打开软件设置加载频率为 0.1Hz；
- b) 安装模量标准器，按 120°分布安装三个位移传感器；
- c) 将试验机的压力分别设定为 0.51kN，4.51kN，8.64kN，12.56kN，

测定这四种加载力对应的动态模量 $E_i$ ；

d) 再将试验机的加载频率分别设定为 1Hz、5Hz、10Hz，进行测量，分别计算不同条件下的模量 $E_i$ ；

e) 采用上述测得的模量，按公式（6）计算不同压力或者频率测得的模量相对示值误差 $\Delta_i$

$$\Delta_i = \frac{E_i - E_0}{E_0} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$E_i$ ——第  $i$  个校准点试验机测得的模量示值，MPa；

$E_0$ ——第  $i$  个校准点的模量标准值，MPa；

$\Delta_i$ ——第  $i$  个校准点模量相对示值误差，%。

## 6.7 加载速率示值误差

a) 在试验机启动且未施加负载的情况下对本项目进行校准；

b) 校准前应确认行程足够满足对相应速度进行校准所需的位移量；

c) 在被校准试验机的合适位置安装好位移测量标准器，安装位置应尽量与试验机的施力轴线重合。设置需校准的试验机移动速度，控制横梁或夹头移动，待进入匀速状态后启动计时装置，同时记录此时的位移测量标准器；运行足够时间后，停止计时装置并记录时间，同时记录此时的位移测量标准器示值。

d) 每个速度测量点测量次数不少于 3 次，实测速度 $v'_i$ 及实测速度平均值 $\bar{v}'$ 分别按公式(8)和公式(9)计算。

$$v'_i = \frac{D'_{i2} - D'_{i1}}{t'_{i2} - t'_{i1}} \quad (8)$$

$$\bar{v}' = \frac{\sum_{i=1}^n v'_i}{n} \quad (9)$$

e) 加载速率相对误差 $\Delta_{vt}$ 按公式（10）和公式（11）计算：

$$\Delta_{vt} = \frac{v - \bar{v}'}{\bar{v}'} \quad (10)$$

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

试验机的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录式样见附录 A

## 7.2 评定结果

试验机的校准结果以校准证书的形式表达，校准结果内页式样见附录 B。试验机校准结果的测量不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，测量不确定度评定示例见附录 C。

## 8 复校时间间隔

试验机的复校时间间隔建议为 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由测试仪器的使用情况、使用者等诸因素所决定的，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。

## 附录 A

## 路面材料多功能试验机校准记录式样

表 A.1 路面材料多功能试验机校准记录

表格编号：

第 页 共 页

样品名称				样品编号							
型号规格				样品状态							
制造单位				出厂编号							
校准依据				校准地点							
校准前 样品状态				校准后 样品状态							
环境条件		温度：_____℃ 相对湿度：_____ % RH									
所用测量标准 或主要设备		名 称	编 号	主要 技术参数	溯源证书 有效期	校准前 情况	校准后 情况				
1	力值相对 示值误差	校 准 点	试验机测值				标准测力仪测值				力值 相对 示值 误差
			1	2	3	平 均 值	1	2	3	平 均 值	
		20%									
		40%									
		60%									
		80%									
		100 %									

表 A.1 路面材料多功能试验机校准记录

表格编号：

第 页 共 页

2	力值 测量重复性	校准点	力值示值 (kN)			力值 测量重复性
			1	2	3	
		20%				
		40%				
		60%				
		100%				
3	位移示值误差	标称值	长度 (mm)			位移示值 误差
			1	2	3	
		25mm				
	50mm					
4	温度示值误差	标称值	温度 (°C)			温度示值误差
		20°C				
5	模量相对 示值误差	标称值	模量 (Mpa)			模量相对 示值误差
6	加载速率示 值误差		测值 1	测值 2	测值 3	相对示值误差
		位移测量 标准器 (开始/结 束)				
		时间测值 (开始/结 束)				
5	测量不确定 度					

校准人：

核验人：

校准日期：

## 附录 B

### 路面材料多功能试验机校准证书信息及内页式样

#### B.1 校准证书信息

路面材料多功能试验机校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 校准实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书编号、页码及总页数；
- e) 委托单位的名称和地址；
- f) 被校准仪器的信息；
- g) 进行校准的日期；
- h) 证书的批准发布日期；
- i) 校准所依据的技术规范名称和代号；
- j) 所用测量标准或主要设备的名称、编号、主要技术参数及溯源证书有效期；
- k) 校准时的环境条件；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 校准报告批准人的签名或识别；
- n) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- o) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明；
- p) 如可获得，任何调整或修理前后的结果；
- q) 相关时，与要求或规范的符合性声明；
- r) 已与客户达成协议时，给出复校时间间隔的建议。

## B.2 路面材料多功能试验机校准结果内页式样

路面材料多功能试验机校准结果内页式样见表 B.1。

表 B.1 路面材料多功能试验机校准结果

表格编号：

第 页 共 页

校准项目	技术要求	校准结果
力值相对示值误差	$\pm 1.0\%$	
力值测量重复性	0.5%	
位移示值误差	$\pm 2.5 \mu\text{m}$	
温度示值误差	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	
模量相对示值误差	$\pm 3.0\%$	
加载速率相对示值误差	$\pm 5.0\%$	
校准结果的不确定度描述		

## 附录 C

## 力值相对示值误差校准不确定度评定示例

按照 JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示编写不确定度评定实例：

## C.1 测量模型

$$\delta_i = \frac{\bar{F}_i - \bar{F}'_i}{\bar{F}'_i} \times 100\% \quad (\text{C-1})$$

式中：

$\bar{F}_i$ ——第  $i$  个校准点的试验机示值的算术平均值，kN， $i=1, \dots, 5$ ；

$\bar{F}'_i$ ——第  $i$  个校准点的标准测力仪示值的算术平均值，kN， $i=1, \dots, 5$ ；

$\delta_i$ ——第  $i$  个校准点力值相对示值误差， $i=1, \dots, 5$ 。

## C.2 标准不确定度评定

## C.2.1 标准测量仪引入的不确定度

取标准测量仪的准确度为 0.5%，按 B 类评定，平均分布，则半宽  $a_m=0.25\%$ ，

取  $k_m=\sqrt{3}$ ，则由标准测量仪引入的不确定度按式 (C-2) 计算：

$$u_{m1} = \frac{a_m}{k_m} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad (\text{C-2})$$

## C.2.2 测量重复性引入的不确定度

重复性引入的不确定度用 A 类评定方法，用标准测力仪对试验机进行测试，选用 50.00kN 校准点在相同条件下重复测量 10 次结果如下：

表 C.1 力值测值

测量点 (kN)		50.00
测量值 (kN)	1	49.86
	2	49.84
	3	49.96
	4	49.64
	5	49.66
	6	49.81
	7	49.84
	8	49.94
	9	49.74
	10	49.86
平均值 (kN)		49.82
$S_n$ (kN)		1.064

实际情况是在重复性条件下连续测量 3 次取平均值，即：

$$u_{rel1} = \frac{S_n}{x \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.123\% \quad (\text{C-3})$$

### C.2.3 测量结果不确定度分量汇总表

附表 C.2 标准不确定度汇总表

符号	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 $C_i$	$ c_i  \frac{u(x_i)}{x_i}$
$u_{rel1}$	重复性	0.12%	1	0.12%
$u_{rel2}$	标准测力仪	0.17%	-1	0.17%

### C.2.4 测量结果不确定度

将附表 C.2 中的不确定度分量带入公式 C-4 计算合成标准不确定度  $u_{mc}$ ：

$$u_{rel}(\delta) = \sqrt{u_{rel1}^2 + u_{rel2}^2} = 0.21\% \quad (\text{C-4})$$

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{rel} = k \cdot u_{rel}(\delta) = 0.5\% \quad (\text{C-5})$$

得到  $u_{mc}=0.094\text{g}$ ，取  $k=2$ ，则扩展不确定度  $U_{rel}=0.5\%$  ( $k=2$ )。

## 长度示值误差不确定度评定实例

### C.3 测量模型

$$L_\delta = \bar{L}_l - L_0 \quad (\text{C-6})$$

式中：

$L_\delta$ —长度测量示值误差，mm；

$L_0$ —量块标称值，mm；

$\bar{L}_l$ —试验机测得的长度平均值，mm。

### C.4 不确定度分量

## C.4.1 量块引入的不确定度

量块由上级计量技术机构检校，符合一等量块，按照 B 类评定，服从均匀分布，半宽 $\Delta_L = |MPE|$ ， $k=\sqrt{3}$ ，则由量块引入的不确定度分量按下式计算：

$$u_{L1} = \frac{\Delta_L}{k} \quad (\text{C-7})$$

## C.4.2 重复性引入的不确定度

长度示值误差的不确定度评定，按照 A 类评定，估计为正态分布，按照极差法计算其标准差，测量结果的不确定度按下式近似地评定：

$$u_{L2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{C-8})$$

式中：

$s$ ——实验室标准差；

$R$ ——3 次测量结果的最大值和最小值之差，mm；

$C$ ——极差系数，此处为 1.69。

## C.4.3 合成标准不确定度

附表 C.3 长度的合成标准不确定度

序号	来源	类型	标准不确定度
1	标准装置	B	$u_{L1} = \frac{\Delta_L}{k}$
2	重复性	A	$u_{L2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}}$

$$u_{Lc} = \sqrt{u_{L1}^2 + u_{L2}^2} \quad (\text{C-9})$$

## C.4.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，于是扩展不确定度 $U_L$ 为

$$U_L = k \cdot u_{Lc} \quad (\text{C-10})$$

## 温度示值误差不确定度评定实例

## C.5 测量模型

$$T_\delta = \bar{T}_t - T_0 \quad (\text{C-11})$$

式中：

$T_\delta$ —温度示值误差，℃；

$T_0$ —标准温度仪测试的温度标准值，为 20℃；

$\bar{T}_l$ —试验机测得的温度测量平均值，℃。

### C.6 不确定度分量

#### C.6.1 测温仪引入的不确定度

测温仪由上级计量技术机构检校，最大允许误差优于  $\pm 0.17^\circ\text{C}$ ，按照 B 类评定，服从均匀分布，半宽  $\Delta_T = |MPE|$ ， $k=\sqrt{3}$ ，则由量块引入的不确定度分量按下式计算：

$$u_{T1} = \frac{\Delta_T}{k} \quad (\text{C-12})$$

#### C.6.2 重复性引入的不确定度

温度测量重复性的不确定度评定，按照 A 类评定，估计为正态分布，按照极差法计算其标准差，测量结果的不确定度按下式近似地评定：

$$u_{T2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{C-13})$$

式中：

$s$ ——实验室标准差；

$R$ ——3 次测量结果的最大值和最小值之差，℃；

$C$ ——极差系数，此处为 1.69。

#### C.6.3 合成标准不确定度

附表 C.3 长度的合成标准不确定度

序号	来源	类型	标准不确定度
1	标准装置	B	$u_{T1} = \frac{\Delta_T}{k}$
2	重复性	A	$u_{T2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}}$

$$u_{Tc} = \sqrt{u_{T1}^2 + u_{T2}^2} \quad (\text{C-14})$$

#### C.6.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，于是扩展不确定度  $U_L$  为

$$U_L = k \cdot u_{Tc} \quad (\text{C-15})$$

## 模量相对示值误差 uncertainty 评定实例

## C.7 测量模型

$$\Delta_i = \frac{E_i - E_0}{E_0} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$E_i$ ——第  $i$  个校准点试验机测得的模量示值，MPa；

$E_0$ ——第  $i$  个校准点的模量标准值，MPa；

$\Delta_i$ ——第  $i$  个校准点模量相对示值误差，%。

## C.8 不确定度分量

## C.8.1 标准装置引入的不确定度

测温仪由上级计量技术机构检校，按照 B 类评定，服从均匀分布，半宽

$\Delta_E = |MPE|$ ， $k=\sqrt{3}$ ，则由量块引入的不确定度分量按下式计算：

$$u_{E1} = \frac{\Delta_E}{k} \quad (C-12)$$

## C.8.2 重复性引入的不确定度

模量测量重复性的不确定度评定，按照 A 类评定，估计为正态分布，按照极差法计算其标准差，测量结果的不确定度按下式近似地评定：

$$u_{E2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}} \quad (C-13)$$

式中：

$s$ ——实验室标准差；

$R$ ——3 次测量结果的最大值和最小值之差，℃；

$C$ ——极差系数，此处为 1.69。

## C.8.3 合成标准不确定度

附表 C.3 长度的合成标准不确定度

序号	来源	类型	标准不确定度
1	标准装置	B	$u_{E1} = \frac{\Delta_E}{k}$
2	重复性	A	$u_{E2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}}$

$$u_{Ec} = \sqrt{u_{E1}^2 + u_{E2}^2} \quad (C-14)$$

## C.8.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，于是扩展不确定度  $U_L$  为

$$U_E = k \cdot u_{Ec} \quad (\text{C-15})$$

## 加载速率示值误差 不确定度 评定实例

## C.9 测量模型

$$\Delta_{vt} = \frac{v - \bar{v}'}{\bar{v}'} \quad (\text{C-16})$$

式中：

$\Delta_{vt}$ —加载速率示值误差，；

$\bar{v}'$ —标准装置测试的标准值；

$v$ —试验机测得的测值。

## C.10 不确定度分量

## C.10.1 位移传感器引入的不确定度

主要由位移测量标准设备的传递误差引入。测量范围为(0~100)mm 的数显大量程百分表在 60mm 测量点上的允许误差为士 0.03mm，则区间半宽为 0.03mm，该分布服从均匀分布，则由标准装置引入的不确定度分量按下式计算：

$$u_{v1} = \frac{\Delta_v}{k} \quad (\text{C-17})$$

## C.10.2 重复性引入的不确定度

温度测量重复性的不确定度评定，按照 A 类评定，估计为正态分布，按照极差法计算其标准差，测量结果的不确定度按下式近似地评定：

$$u_{v2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{C-13})$$

式中：

$s$ ——实验室标准差；

$R$ ——3 次测量结果的最大值和最小值之差，℃；

$C$ ——极差系数，此处为 1.69。

## C.10.3 合成标准不确定度

附表 C.3 长度的合成标准不确定度

序号	来源	类型	标准不确定度
1	标准装置	B	$u_{v1} = \frac{A_v}{k}$
2	重复性	A	$u_{v2} = s/\sqrt{3} = \frac{R}{C \cdot \sqrt{3}}$

$$u_{vc} = \sqrt{u_{v1}^2 + u_{v2}^2} \quad (\text{C-14})$$

## C.10.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，于是扩展不确定度  $U_L$  为

$$U_v = k \cdot u_{vc} \quad (\text{C-15})$$

# 国家计量技术规范

## 《路面材料多功能试验机校准规范》

### 编制说明

(征求意见稿)

规范编制组

2026年6月

# 目 录

一、任务来源 .....	1
二、编制背景 .....	1
(一) 制定目的 .....	1
(二) 制定意义 .....	2
(三) 国内外概况 .....	4
三、编制过程 .....	4
(一) 编制原则 .....	6
(二) 工作进程 .....	6
(三) 人员分工 .....	7
四、编制依据 .....	7
五、主要技术内容的论据 .....	8
(一) 范围 .....	8
(三) 概述 .....	8
(四) 计量特性 .....	10
(五) 校准条件 .....	12
(六) 校准项目和校准方法 .....	12
(七) 校准结果 .....	16
(八) 复校时间间隔 .....	16
六、其他应予说明的事项 .....	16

## 一、任务来源

根据“市场监管总局办公厅关于印发 2025 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知”（市监计量发〔2025〕45 号），由交通运输部公路科学研究所单位主持承担国家计量技术规范《路面材料多功能试验机校准规范》的制定工作。计划编号为：MTC30—2025—06。

## 二、编制背景

### （一）制定目的

材料性能试验测试可为材料设计优化、结构可靠性验算提供关键依据，是现代工程建造、科研攻关与工业产品研发不可或缺的技术基础。路面材料多功能试验机是一种高效、精准的材料性能测试设备，在交通、航空航天、汽车、建筑、化工、国防与军事等多个领域得到广泛应用。

例如，在交通运输行业，路面材料多功能试验机的测试对象覆盖了从原材料（沥青、水泥、集料）到复合结构（路面层、基层）的全链条性能评估，服务于道路设计、施工质量控制、养护决策及新材料研发等多个环节。随着道路建设技术的飞速发展，路面材料的性能与质量对于道路的安全性、耐久性乃至使用寿命有着越来越重要的影响，该设备成为道路工程实验室不可或缺的关键设备。此外，在航空航天领域，该设备可以测试铝合金、钛合金、高温合金及复合材料的疲劳寿命、断裂韧性；在汽车领域，可以测试安全带、安全气囊织物等汽车部件的拉伸强度，刹车片、轮胎橡胶的耐磨性与高温性能等；在化工领域，可以测试注塑件的抗冲击性、弯曲模量，评估橡胶密封件压缩永久变形、回弹性，等等。但是，由于缺乏计量校准规范，缺乏统一的评价依据，导致设备测量数据的准确难以保证。

制定本校准规范的目的，是确保试验机测量数据的准确性、可靠性和一致性，从而为各行业的工程设计、科研验证和质量控制提供可信赖的技术支撑，为国家在各领域的计量管理提供技术支撑依据，构建从设备性能到数据可信的全链条质量保障体系。

## (二) 制定意义

本规范制定的意义主要表现为：

### (1) 有力支撑我国路面材料多功能试验机的计量管理

目前，我国对该设备的计量管理时发现缺乏依据，导致缺乏统一的评判标准评价设备。以交通行业为例，路面材料多功能试验机在材料实验中发挥着重要的作用，在高校、科研院所、大型检测实验室（例如交通行业综合甲级实验室），由于其多功能性使其成为道路工程实验室不可或缺的关键设备。2024年，交通运输部办公厅刚刚发布的《公路专用试验检测仪器设备计量管理目录》（交通运输部交办科技〔2024〕35号）中，路面材料多功能试验机是其中的101.112号，目前还没有现行的计量检定规程和国家校准规范。然而，在交通行业沥青检测指导性文件JTGE20《公路沥青工程沥青及沥青混合料试验规程》中有5个试验方法采用了该设备，另外在即将发布修订稿中，新增11个试验方法采用该设备（详见图1），路面材料多功能试验机被提到了更高的地位。



图1 部分模块

图 1 JTG E 20 的 16 个试验方法及配套夹具

此外，在国外的标准 EN. ASTM. AASHTO. Superpave. NCHRP 的相关标准规范中的，变形、间接拉伸模量、间接拉伸疲劳、单轴/三轴蠕变实验、动态模量、回弹模量、两点/三点/四点小梁疲劳试验、抗冲刷试验等试验夹具也是通过该设备完成，因此该设备在国内外均有广泛应用。

因此，制定《路面材料多功能试验机校准规范》是我国计量标准体系完善的必然需要，可为我国路面材料多功能试验机的计量管理提供技术支撑，一是可作为计量管理的统一技术标准，实现全国数据统一与可比性，避免不同地区因设备

参数偏差导致测试结果的偏差，确保数据性能评价的公平性。二是可强化法规执行与行业监管，从设备生产、销售、使用到报废，实现全生命周期可追溯，提升行业整体技术水平；三是可促进国际贸易与技术输出，可以标准制定促进中国数据的国际认可，例如在“一带一路”沿线国家工程合作中具体落地。

## **(2) 有力提升检测数据可靠性、可信度**

路面材料多功能试验的其计量溯源对于统一量值源头意义重大。目前，市场上路面材料多功能试验机的厂家众多，国外较多，近几年国内自主研发的厂家也逐渐发展，设备的主流厂家包括澳大利亚 IPC 多功能路面材料试验机等国外公司，以及北京航天航宇实验设备科技有限公司、苏州拓测仪器设备有限公司等国内厂家，国内保有量在 200 套以上。但是由于缺少校准规范，厂家一般采用自校方式，或者溯源至不具备行业专用量值资质的计量技术机构的方式保证量值的一致性。但是，以上方法由于缺乏统一的标准，无法保证全国范围量值测量数据的一致性，更无法满足大规模的工程建设和运营管理对高标准和高质量试验检测工作的需求。

因此，制定《路面材料多功能试验机校准规范》是保证数据准确可靠的必要要求。一是可提升行业检测能力水平，通过定期的校准溯源，保证检测数据的准确可靠；二是可提升设备整体技术水平，规范设备生产与准入，通过国家级计量要求，倒逼制造商提升设备精度与稳定性，推动国产设备技术升级；三是可通过规范设备的数据分析系统，并利用物联网、AI 技术等监测平台监控，推动数字化检测技术，以及标准化工作的推广应用。

此外，本项目研究紧密响应 2025 年 1 月国家市场监督管理总局印发的《计量强基工程总方案》提出的“开展计量技术规范升级行动，瞄准关键领域计量测试需求和产业急需，研制计量规范，并做好国际接轨”的要求。也与《交通强国建设纲要》和《国家综合立体交通网规划纲要》要求，将有助于打破国外技术垄断地位，突破国外的技术封锁，实现我国计量技术的自立自强。

综上所述，制定《路面材料多功能试验机校准规范》迫在眉睫，可为国家道路与桥梁工程检测设备计量站等各级计量部门提供高准确度的校准服务，也可为行业使用部门的企事业单位内部建立最高计量标准提供技术支撑，并为可能出现的技术争端提供技术裁决。

### （三）国内外概况

目前，在国外的相关标准规范中，美国材料与试验协会发布的 AASHTO T378-17 《Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester》（使用沥青混合料性能测试仪测定沥青混合料动态模量和流动数的标准试验方法）给出了具体的要求，也给出了部分设备的自校准的方法。ASTM D7369 《沥青混合料动态模量试验》，其中涉及 UTM 动态性能要求，但未形成独立计量规范。ASTM E4-2023《试验机力值的验证》，详细规定力值校准流程，但主要针对通用试验机。在国外的研究中，欧美实验室普遍要求 UTM 动态加载精度（如频率响应、波形保真度）的额外校准。在国内，在交通运输行业 JTG E20《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》规定了相关试验方法，也对设备的技术参数提出了部分要求，但是也没有相应的标定或校准方法。因此，在国内外缺乏该设备的校准规范。因此，迫切需要开展该设备的校准方法研究，形成统一的技术规范，指导我国在该设备领域计量工作。

目前，该设备计量技术发展趋势，正从单一静态校准向动态-智能-绿色综合体系演进，《路面材料多功能试验机校准规范》制定符合本发展趋势，旨在提出对“多参量-全周期”的计量评价技术，提出我国领先，世界先进的计量测试技术手段，以支撑交通强国战略与全球市场竞争。

被检计量器具为路面材料多功能试验机。目前，国内外被检计量器具的生产厂家主要有，澳大利亚 IPC 公司、美国 Instron 公司、德国 Zwick Roell 公司及日本岛津公司等，实物图见图 2，国外设备具有高精度、稳定性强、可扩展性强等方面具备技术优势，可支持多类型夹具和环境模拟（高温、低温、湿度等）。欧美企业在全世界高端市场占据垄断地位，



图 2 路面材料多功能试验机的实物图

目前，国内外的路面材料多功能试验机的规格型号如图 3 所示。

型号	UTM-250	UTM-130XL	UTM-130	UTM-30	UTM-16
量程	静态: 260kN 动态: 250kN	静态: 130KN 动态: 100KN	静态: 130KN 动态: 100KN	静态: 30KN 动态: 30KN	静态: 16KN 动态: 16KN
温度	-50°C ~ +100°C	-50°C ~ +100°C	-50°C ~ +100°C	-50°C ~ +80°C	-25°C ~ +60°C
动力	液压	液压	液压	液压	气压

国产UTM压力测量范围还有，50kN/150kN/300kN/1000kN等……

图 3 路面材料多功能试验机型号规格

在我国，近些年各类科研院所或企业开展了自主研发，技术追赶迅速，但主要在中低端市场占据主导地位，价格约为进口设备的 1/3-1/2，但是结合我国现在提倡的自主研发和核心关键技术创新等政策引导，近年来，国产设备逐步引入数字控制、软件集成和自动化技术，部分高端机型接近国际水平。另外，国内厂商更灵活，可根据用户需求定制试验方案，也在后续设备的维护保养方面节省了大量的成本。例如北京航天航宇实验设备科技有限公司、长春新试验机研究所(CCK)、

深圳瑞格尔（REGER）等多个设备厂家。

目前国内使用路面材料多功能试验机的主要为全国的高校、研究所用于基础材料研究，为工业检测中，应用于道路材料、汽车、建筑、金属加工、塑料橡胶等行业的质量控制测试，特别是在交通行业的试验测试中起到至关重要的作用，涉及国民经济的各个重要领域。

### 三、编制过程

#### （一）编制原则

本规范由全国公路专用计量器具计量技术委员会提出并归口，将致力于服务“安全、便捷、高效、绿色、经济”的交通运输高质量发展目标。规范的编制原则如下：

##### 1.协调性原则

符合国家及地方相关法律、法规的规定，并与现行有效的检测、设计、验收等标准指标的要求协调一致

##### 2.适用性原则

本规程中的技术指标，符合当前的技术水平，技术指标的确定符合当前生产单位所能达到的技术水平。

##### 3.科学性原则

本规程中关于仪器设备性能试验的内容，应当符合国家标准的相应要求。

##### 4.溯源性原则

水泥标准筛作为试验检测设备，属于计量器具，因此该仪器溯源方法，参考国家量值溯源系统表，以保证量值溯源链的完整性及数据的准确可靠性

#### （二）工作进程

2025.05—2025.08 进行技术调研和初步实验研究

2025.09—2025.11 开展试验测试，进行征求意见稿编制，形成初稿。

2025.12—2026.02 广泛征求意见，并定向征求意见

2026.03—2026.06 形成征求意见稿

### (三) 人员分工

序号	人员	单位	职称	研究任务
1	苗娜	交通运输部公路科学研究所	副研究员	负责规程文本修改及定稿，主要负责第3、6、7章编写。
2	周毅姝	交通运输部公路科学研究所	研究员	负责技术把关，主要负责第4、5章编写。
3	潘宗俊	中公高科养护科技股份有限公司	教授级高工	参与第7章编写，编制说明的编写。
4	常嵘	中公高科养护科技股份有限公司	副研究员	参与第5章规程编写，负责试验验证，数据处理。
5	王佳妮	北京建筑大学	教授	参与7.3的编写，负责试验报告编写，数据处理与分析。
6	刘璐	交通运输部公路科学研究所	副研究员	参与7.3的编写，负责不确定度评定。
7	董文春	北京航天航宇实验设备科技有限公司	/	参与7.3的编写，负责试验验证。

### 四、编制依据

- JJF 1002 《国家计量检定规程编写规则》
- JJF 1059 《测量不确定度评定与表示》
- JJF 1001 《通用计量术语及定义》
- JTG 3410 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》
- JJG 139 《拉力、压力和万能试验机》
- JJF 1101 《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》
- JJF 2328.1 《静力单轴试验机校准规范第1部分：力值部分》

## 五、主要技术内容的论据

按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求，本规范包括八个章节和四个附录：1 范围、2 术语、3 概述、4 计量特性、5 校准条件、6 校准项目和校准方法、7 校准结果、8 复校时间间隔，以及附录 A 校准记录表格式、附录 B 校准证书内页格式 XXX 等。

### （一）范围

本规程适用于路面材料多功能试验机的校准。

### （二）术语

无专用术语。

### （三）概述

路面材料多功能试验机是按照模仿路面动态试验过程设计的试验装置，通过温度、压力、和动态加载等的共同处理，计划模拟与实际路面近似的情况。在交通行业修订的 JTG 3410 规范中 16 个试验方法，涵盖了沥青材料试验的主要关键参数，包括三点弯曲试验，抗剪强度试验（三轴压缩法），三点弯曲蠕变试验，单轴压缩动态模量试验，T0739 四点弯曲疲劳寿命试验、沥青混合料重复压缩试验（三轴压缩）、沥青混合料重复压缩试验（单轴压缩）、沥青混合料剪切强度试验（单轴贯入）、沥青混合料二点弯曲疲劳试验（梯形梁法）、沥青混合料直接拉伸循环疲劳测黏弹性损伤试验、沥青混合料裂缝扩展性能试验（半圆弯曲法）、沥青混合料裂缝扩展性膨试验（OT 法）、沥青混合料二点弯曲动态模量试验、沥青混合料直接拉伸动态模量试验、沥青混合料低温性能试验（半圆弯曲法）、沥青混合料低温性能试验（低温约束应力法）。

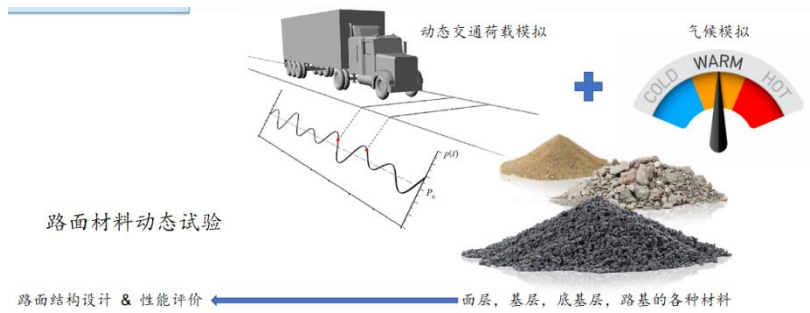
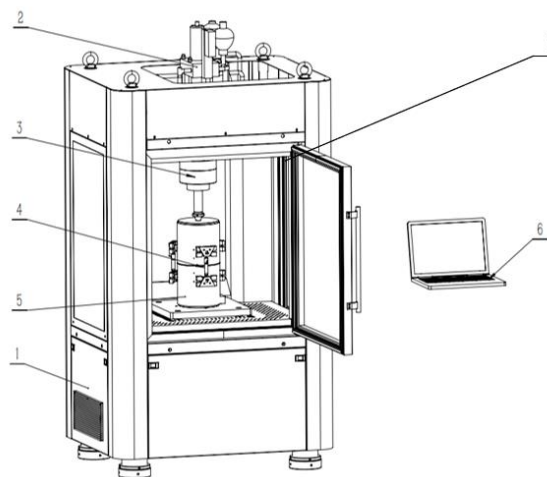


图 4 路面材料动态试验原理图

通过前期的调研，确定试验机的主要用途、组成及工作原理如下：

试验机是用于对沥青混合料、无结合料（粒料）和其他铺装材料进行拉伸、压缩、弯曲等动态加载并测试和分析的专用仪器，具体为对沥青混合料马歇尔稳定度、单轴压缩、动态模量、弯曲强度、劈裂强度、拉伸强度、剪切强度、疲劳、贯入强度和无机结合料稳定材料无侧限抗压强度、承载比、回弹模量、劈裂强度、弯拉强度、单轴压缩、疲劳、动态模量等测试。

试验机主要包括环境箱、加载系统、压力传感器、位移传感器、温度传感器、试验夹持装置以及数据采集与处理系统等组成，试验机结构示意图见图 5。



说明：

- |           |               |
|-----------|---------------|
| 1——主机；    | 2——液压加载系统；    |
| 3——压力传感器； | 4——LVDT 传感器；  |
| 5——试验夹具；  | 6——数据采集与处理系统； |
| 7——温度传感器； |               |

图 5 路面材料多功能试验机试验结构示意图

试验机工作时，主机作为试验平台为试验提供稳定的试验环境，通过加载系统施加不同大小和速度的压力，利用压力传感器与位移传感器实施实时采集，实现对试件的加载、卸载进行控制，最后通过数据采集与处理系统负责实时记录试验数据并进行分析处理。其工作原理详见图 6。

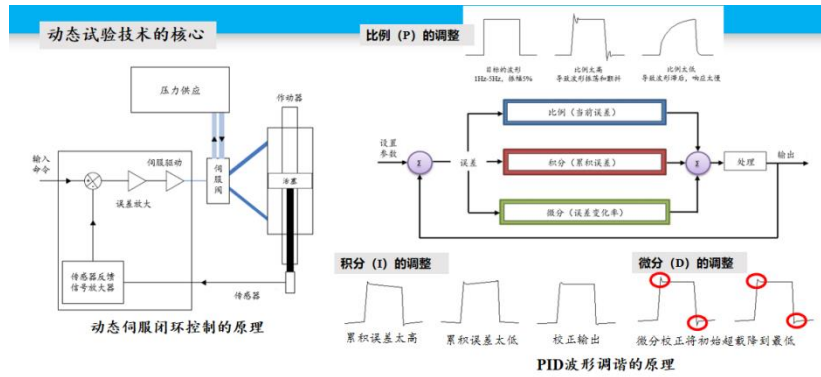


图 6 设备工作原理

#### (四) 计量特性

根据工作原理，考虑到路面材料多功能试验机的结构特点和应用工况需求，另外结合调研了国内外的相关标准 AASHTO T378-17 《Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT) (使用沥青混合料性能测试仪 (AMPT) 测定沥青混合料动态模量和流动数的标准试验方法)，以及 JTG 3410 的相关要求，本规程确定的计量性能要求包括 4 项，力值测量相对示值误差试验机力值相对示值误差不大于  $\pm 1.0\%$ ；力值测量重复性试验机压力重复性不大于  $0.5\%$ ；长度测试示值误差不大于  $\pm 2.5 \mu\text{m}$ ；模量测试偏差不大于  $\pm 3\%$ 。

##### 4.1 力值相对示值误差

众所周知，整个试验过程其力值的准确度对于试验施加的波形等对准确度的直接影响。在现行的 JTG 3410-2025 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 T0738-2011 沥青混合料单轴压缩动态模量试验中，提出了关于力值的误差要求为不大于  $1\%$ 。此外，按照美国材料与试验协会标准 E4 进行校验时，荷载测量系统在  $0.12\text{kN}$  至  $13.5\text{kN}$  的量程范围内，其最大误差应为指示值的  $\pm 1\%$ 。因此，结合国际上对该设备的技术要求以及我国的使用现状，提出了力值测量相对示值误差为  $\pm 1.0\%$ 。

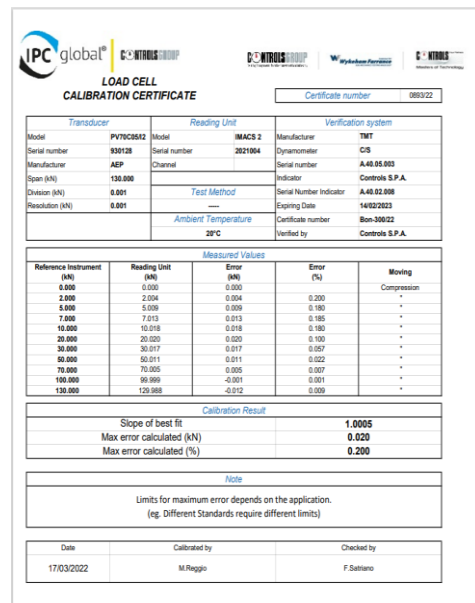
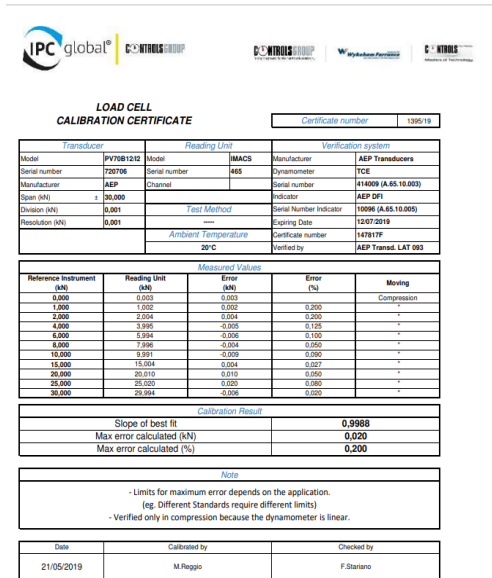


图 7 国外机构对力值标定的校准证书

#### 4.2 力值测量重复性

作为试验机，其试验过程基本为动态试验过程，详见图 7，因此设备能够稳定输出力值也是保证设备准确度的关键保障，对于保证数据的准确可靠，非常有必要。一版情况下，设备的重复性要求应保证在准确度的 1/2，因此，提出试验机力值测量重复性不大于 0.5%。

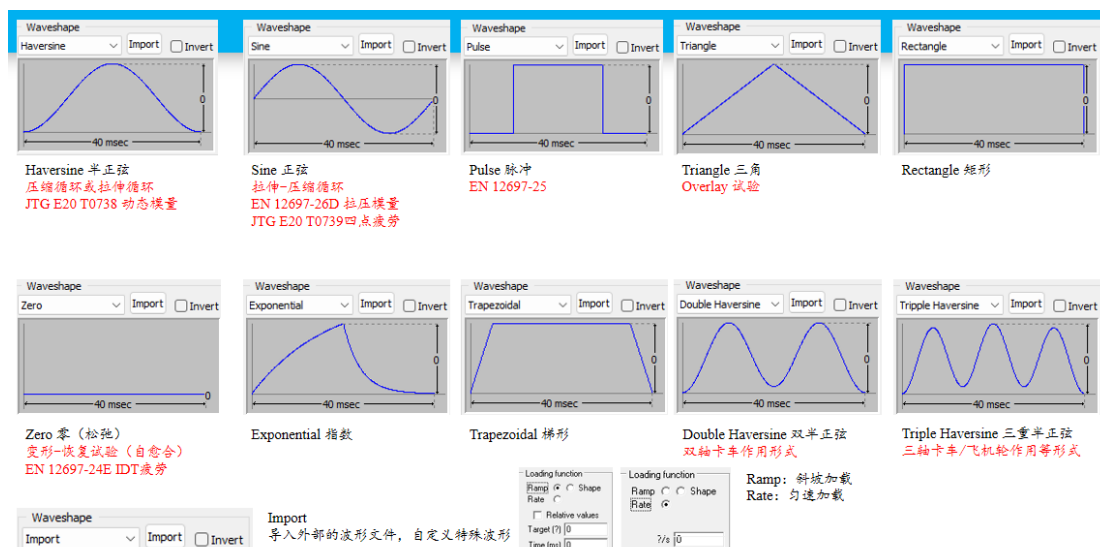


图 8 设备输出的不同波形图

### 4.3 长度测试示值误差

试验过程中加载的位置准确度，对于试验准确度的影响也是毋庸置疑，因此，结合现行的 JTG 3410-2025《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》T0738-2011 沥青混合料单轴压缩动态模量试验中，提出了关于长度误差不超过  $2.5\ \mu\text{m}$  的要求。因此，提出提出试验机长度测试示值误差不大于  $\pm 2.5\ \mu\text{m}$ 。

### 4.4 温度测量示值误差

试验过程中加载的位置环境实验的准确度，JTG 3410-2025《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》T0738-2011 沥青混合料单轴压缩动态模量试验中，提出了温度示值误差不超过  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。因此，提出提出试验机温度测试示值误差不大于  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

### 4.5 模量测试偏差

试验机的模量参量应得到良好的标定，结合现行的 JTG 3410-2025《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中的相关试验方法，提出试验机模量测试偏差不大于  $\pm 3\%$ 。

### 4.6 加载速率相对示值误差

结合仪器的工作原理，试验机也需要需能控制加载速率，建根据实际检测的的加载速率，基于在试验规程大部分试验对加载速率有要求，参照 JJF 2328.2-2025 中静力单轴试验机 D 级移动速度测量系统的计量特性。

## （五）校准条件

环境条件为，校准环境温度为  $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，环境湿度相对湿度不大于  $85\% \text{RH}$ 。

## （六）校准项目和校准方法

### （1）力值测试相对示值误差

校准用标准器为标准测力仪，测量范围  $0\text{--}150\text{kN}$ ，准确度等级不低于  $0.5\%$ ，具体的试验步骤如下：

- 1) 开启试验机；
- 2) 将标准测量仪安装到试验机的夹具位置，将标准测力仪通过垫块与加载系统联叠放，使加载系统和标准测力仪保持在同一轴线；
- 3) 开启标准测力仪后，清零。
- 4) 按试验机额定力值的 20%、40%、60%、80%及 100%递增顺序逐点校准，同时记录试验机示值 $F_{ij}$ 和标准测力仪示值 $F'_{ij}$ ；
- 5) 重复步骤 c) 3 次；
- 6) 分别按公式 (1) 和公式 (2) 计算各校准点的试验机示值的算术平均值 $\bar{F}_i$ 和标准测力仪示值的算术平均值 $\bar{F}'_i$ ；

$$\bar{F}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 F_{ij}}{3} \quad (1)$$

式中：

$F_{ij}$ ——第  $i$  个校准点试验机示值，第  $j$  次校准试验机示值，kN， $i=1, \dots, 5, j=1,$

2, 3；

$\bar{F}_i$ ——第  $i$  个校准点的试验机示值的算术平均值，kN， $i=1, \dots, 5$ ；

$$\bar{F}'_i = \frac{\sum_{j=1}^3 F'_{ij}}{3} \quad (2)$$

式中：

$F'_{ij}$ ——第  $i$  个校准点，第  $j$  次标准测力仪示值，kN， $i=1, \dots, 5, j=1, 2, 3$ ；

$\bar{F}'_i$ ——第  $i$  个校准点的标准测力仪示值的算术平均值，kN， $i=1, \dots, 5$ ；

- 7) 按公式 (3) 计算力值示值相对误差 $\delta_i$ ；

$$\delta_i = \frac{\bar{F}_i - \bar{F}'_i}{\bar{F}'_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\delta_i$ ——第  $i$  个校准点力值示值相对误差， $i=1, \dots, 5$ 。

## (2) 力值测量重复性

校准用标准器为标准测力仪：测量范围 0-150kN，准确度等级不低于 0.5%，具体的试验步骤如下：

- 1) 采用上一节的数据，连续记录 3 次试验机示值 $F_{mn}$ ；
- 2) 按公式 (4) 计算相对实验标准偏差 $s_m$ 为力值测量重复性；

$$S_m = \frac{Max(F_{mn}) - Min(F_{mn})}{C \cdot Mean(F_{mn})} \quad (4)$$

式中：

$s_m$ ——第  $m$  个校准点的相对实验标准偏差， $m=1, \dots, 5$ ；

$Max(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点，第  $n$  次测量中试验机示值最大值， $m=1, \dots, 5, n=1, 2, 3$ ；

$Min(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点，第  $n$  次测量中试验机示值最小值， $m=1, \dots, 5, n=1, 2, 3$ ；

$Mean(F_{mn})$ ——第  $m$  个校准点，第  $n$  次测量中试验机示值平均值， $m=1, \dots, 5, n=1, 2, 3$ ；

$C$ ——极差系数，按照  $n=3$  取值为 1.69。

### (3) 长度测量重复性

校准用标准器为量块：1 等量块，标称长度为 25mm、50mm 各 1 块，试验步骤如下：

- 1) 启动试验机，将设备的位移传感器正好对准平台，保证稳定；
- 2) 位移传感器开始工作，手动调整试验机的检测平台，使测点位于检测平台的中心位置，并调平；
- 3) 位移传感器测试至试验机的检测平台的垂直距离，作为零基准点；
- 4) 分别放入标准值为 25mm、50mm 两种规格的量块，每个量块重复测量 3 次，记录试验机的输出量值，按公式 (5) 计算位移测量示值误差  $L_\delta$ ：

$$L_\delta = \bar{L}_l - L_0 \quad (5)$$

式中：

$L_\delta$ ——位移示值误差，mm；

$L_0$ ——量块标称值，mm；

$\bar{L}_l$ ——试验机测得的位移平均值，mm。

### (4) 温度示值误差

校准用标准器为标准测温仪：测量范围 (4-60) °C，最大允许误差优于  $\pm 0.17$  °C，试验步骤如下：

试验步骤如下：

- 1) 将标准温度仪放置在试验机的中心部位；
- 2) 启动试验机，将温度设置为 20℃待温度稳定后 5min 开始测量；
- 3) 取 3 次测量的平均值为标准值，按公式(6)计算温度测量示值误差 $T_{\delta}$ ：

$$T_{\delta} = \bar{T}_i - T_0 \quad (6)$$

式中：

$T_{\delta}$ —温度示值误差，℃；

$T_0$ —标准温度仪测试的温度标准值，为 20℃；

$\bar{T}_i$ —试验机测得的温度测量平均值，℃。

### (5) 模量示值误差

校准用标准器为模量标定器：模量值范围为（3-14）GPa，

试验步骤如下：

- 1) 启动试验机，打开软件设置加载频率为 0.1Hz；
- 2) 安装模量标准器，按 120°分布安装三个位移传感器；
- 3) 将试验机的压力分别设定为 0.51kN，4.51kN，8.64kN，12.56kN，测定这四种加载力对应的动态模量 $E_i$ ；
- 4) 再将试验机的加载频率分别设定为 1Hz、5Hz、10Hz，进行测量，分别计算不同条件下的模量 $E_i$ ；
- 5) 采用上述测得的模量，按公式（6）计算计算不同压力或者频率测得的模量相对示值误差 $\Delta_i$

$$\Delta_i = \frac{E_i - E_0}{E_0} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$E_i$ ——第  $i$  个校准点试验机测得的模量示值，MPa；

$E_0$ ——第  $i$  个校准点的模量标准值，MPa；

$\Delta_i$ ——第  $i$  个校准点模量相对示值误差，%。

### (6) 加载速率示值误差

- a) 在试验机启动且未施加负载的情况下对本项目进行校准；

b) 校准前应确认行程足够满足对相应速度进行校准所需的位移量；

c) 在被校准试验机的合适位置安装好位移测量标准器，安装位置应尽量与试验机的施力轴线重合。设置需校准的试验机移动速度，控制横梁或夹头移动，待进入匀速状态后启动计时装置，同时记录此时的位移测量标准器；运行足够时间后，停止计时装置并记录时间，同时记录此时的位移测量标准器示值。

d) 每个速度测量点测量次数不少于 3 次，实测速度 $v'_i$ 及实测速度平均值 $\bar{v}'$ 分别按公式(8)和公式(9)计算。

$$v'_i = \frac{D'_{i2} - D'_{i1}}{t'_{i2} - t'_{i1}} \quad (8)$$

$$\bar{v}' = \frac{\sum_{i=1}^n v'_i}{n} \quad (9)$$

e) 加载速率相对误差 $\Delta_{vt}$ 按公式（10）和公式（11）计算：

$$\Delta_{vt} = \frac{v - \bar{v}'}{\bar{v}'} \quad (10)$$

### （七）校准结果

试验机的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录式样见附录 A。试验机的校准结果以校准证书的形式表达，校准结果内页式样见附录 B。试验机校准结果的测量不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，测量不确定度评定示例见附录 C。

### （八）复校时间间隔

参考《计量器具检定周期确定原则和方法》（JJF 1139—2005）中规定的检定周期确定原则和方法，基于路面材料多功能试验机的工作原理、结构形式、计量器具的性能要求，结合行业试验检测机构仪器设备的管理要求，使用频率，以及对试验结果的风险控制要求，本规程规定建议路面材料多功能试验机的校准周期一般不超过 12 个月。

## 六、其他应予说明的事项

无。