JJF

陕 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（陕）XXX－2021

路面材料强度试验仪校准规范

Calibration Specification for Pavement Material Strength Tester

（报批稿）

2021－XX－XX 发布　　2021－XX－XX 实施

陕 西 省 市 场 监 督 管 理 局 发布

路面材料强度试验仪
校准规范

Calibration Specification for Pavement Material Strength Tester

JJF(陕)XXX—2021

归 口 单 位 ：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：陕西力源仪器设备检测有限公司

参加起草单位：陕西西公院工程试验检测有限公司

西安航天计量测试研究所

北京天畅通达仪器有限公司

陕西省计量科学研究院

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

郑　斌（陕西力源仪器设备检测有限公司）

邹　磊（陕西力源仪器设备检测有限公司）

杜　伟（陕西力源仪器设备检测有限公司）

参加起草人：

杨少文（陕西西公院工程试验检测有限公司）

张春生（西安航天计量测试研究所）

李学增（北京天畅通达仪器有限公司）

王旻娟（陕西省计量科学研究院）

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　加载速率示值误差.....2
4.2　测力装置示值误差及重复性.....2
4.3　位移传感器示值误差.....2
4.4　工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度.....2
4.5　工作台与加压板的平行度.....2
4.6　加压板及工作台工作面粗糙度.....2
4.7　绝缘电阻.....2
5　校准条件.....2
5.1　环境条件.....2
5.2　测量标准及其他设备.....3
6　校准项目和校准方法.....3
6.1　加载速率示值误差.....3
6.2　测力装置示值误差及重复性.....3
6.3　位移传感器示值误差.....4
6.4　工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度.....5
6.5　工作台与加压板的平行度.....5
6.6　加压板及工作台工作面粗糙度.....5
6.7　绝缘电阻.....5
7　校准结果表达.....5
8　复校时间间隔.....5
附录 A　原始记录格式（参考）.....6
附录 B　校准证书内容及内页格式（参考）.....9
附录 C　力值示值误差测量结果不确定度评定示例.....12
附录 D　加载速率示值误差测量结果不确定度评定示例.....14
附录 E　位移传感器示值误差测量结果不确定度评定示例.....17

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》等基础性系列规范文件进行制定。

本规范为首次发布。

路面材料强度试验仪校准规范

1 范围

本规范适用于路面材料强度试验仪（以下简称“路强仪”）的校准。

2 引用文件

JJG 455-2000 工作测力仪

JJF 1305-2011 线位移传感器

JT/T 943-2014 路面材料强度试验仪

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

路强仪是在规定的模式和加载速率下，用于检测路面材料的压缩、弯曲、剪切等力学性能的试验仪器。根据测力装置不同主要分两种，模拟指示装置的测力环式（非力值计量单位）以及数显指示装置的传感器式（力值计量单位）。路强仪示意图见图 1。

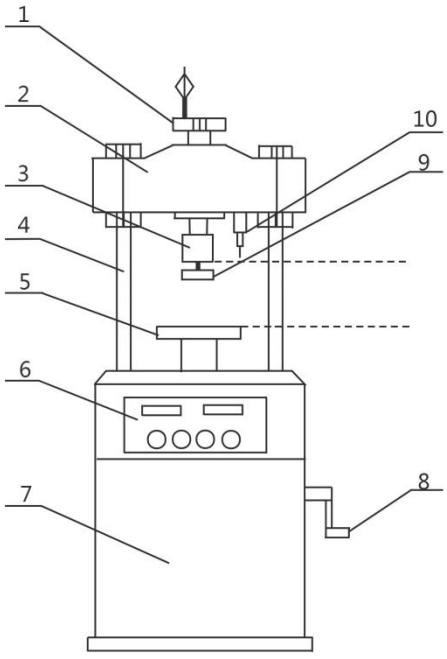


图 1 路强仪示意图

1 吊栓 2 横梁 3 测力装置 4 立柱 5 工作台 6 加载速度控制开关

7 加载箱体 8 手动加载装置 9 加压板 10 测微传感器

4 计量特性

4.1 加载速率示值误差

加载速率示值最大允许误差见表 1。

表 1 加载速率

序号	加载速率值	最大允许误差
1	1mm/min	±10%
2	2mm/min	
3	50mm/min	

4.2 测力装置示值误差及重复性

测力装置示值最大允许误差及重复性见表 2。

表 2 测力装置

序号	校准项目	重复性/%	最大允许误差/%
1	模拟指示装置 （非力值计量单位）	1.0	/
2	数显指示装置 （力值计量单位）	0.5	±0.5

4.3 位移传感器示值误差

位移传感器示值误差不超过±0.1%FS。

4.4 工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度

工作台与测力装置间的距离≥300mm；工作台升降高度≥200mm。

4.5 工作台与加压板的平行度

工作台与加压板的平行度≤0.2mm/200mm。

4.6 加压板及工作台工作面粗糙度

加压板及工作台工作面粗糙度 R_a≤0.8μm。

4.7 绝缘电阻

绝缘电阻≥2MΩ。

注：以上所有指标不是用于合格性判别，仅提供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度：（20±5）℃；

湿度：不大于 85%RH；

周围无振动。

5.2　测量标准及其他设备

表 3　路强仪校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器	计量性能要求
1	加载速率示值误差	电子秒表	分辨力 0.01s 最大允许误差±0.07s/10min
		高度卡尺	测量范围（0~200）mm 最大允许误差±0.03mm
2	测力装置示值误差及重复性	标准测力仪	0.1 级
3	位移传感器示值误差	量块	3 级或 5 等
4	工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度	钢直尺	测量范围（0~500）mm 最大允许误差±0.15mm
5	工作台与加压板的平行度	长爪卡尺	测量范围（0~300）mm 最大允许误差±0.06mm
6	加压板及工作台工作面粗糙度	表面粗糙度比较样块	最大允许误差+12%～-17%
7	绝缘电阻	绝缘电阻表	10 级

6　校准项目和校准方法

通电检查：启动路强仪，开启升降装置，升降装置应灵活、稳定，机械部分能正常运转，无异常噪声。各类按钮、开关、操作手柄应灵活、稳定、可靠。安全保护装置和升降限位安全装置能正常动作。

6.1　加载速率示值误差

将工作台置于较低位置，设定工作台的加载速率，启动路强仪，工作台开始上升的瞬间停止运行，用高度卡尺测量工作台的初始高度值。

启动路强仪同时开启秒表，工作一定时间（设定加载速率 50mm/min，工作时间为 1min，设定加载速率 1mm/min 或 2mm/min，工作时间为 5min），关闭路强仪同时停止计时，用高度卡尺测量工作台的停止高度值，两个高度值之差的绝对值与上升时间之比即为加载速率。

每种加载速率测量 3 次，取 3 次测量中示值误差绝对值最大的作为校准结果。

示值误差

$$\Delta V_i = \frac{v - V_i}{v} \times 100\% \qquad (1)$$

式中：

v ——设定值，mm/min；

V_i——各次测量值，mm/min。

6.2　测力装置示值误差及重复性

6.2.1　标准测力仪的安装应保证受力轴线与路强仪施力轴线重合，至少施加 3 次路强仪最大试验力作为预压。每次预压后，标准测力仪和路强仪应置零。

在路强仪最大试验力的 20%~100%范围内，均匀选取包含 20%和 100%的 5 个点。以标准

测力仪的示值为准，匀速平稳逐点递增至各校准点，保持稳定后记录相应进程示值。至测量上限后逐点卸载力，至各校准点保持稳定后记录相应回程示值。该过程连续进行 3 次，每次测量前将标准器与被检装置示值置零（或作为零点的起始位置）。进程示值、回程示值均以各校准点 3 次示值的平均值作为校准结果。

模拟指示装置给出其进程最小二乘法的 1 次或 2 次曲线方程。

6.2.2　计算公式：

示值误差

$$\Delta X = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\% \qquad (2)$$

式中：

X_i ——在标准力 F_i 作用下第 i 个校准点路强仪进程、回程示值平均值；

F_i ——标准测力仪示值，kN。

重复性

$$R = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{X_i} \times 100\% \qquad (3)$$

式中：

X_i——在标准力 F_i 作用下第 i 个校准点路强仪进程、回程示值平均值；

$X_{i\max}$，$X_{i\min}$——在标准力 F_i 作用下第 i 个校准点路强仪进程、回程 3 次重复测量的最大值与最小值。

6.3　位移传感器示值误差

在测量范围内均匀选取不少于 5 个测量点，将量块置于工作台和位移传感器测头之间，依次校准正、反行程示值。该过程连续进行 3 次，每次测量前位移传感器示值调零。取 3 次循环正、反行程测量中示值误差绝对值最大的作为校准结果。有多个位移传感器的，应对每个位移传感器进行校准。

示值误差

$$\Delta L = \frac{l_i - L}{L_0} \times 100\% \qquad (4)$$

式中：

l_i——位移传感器第 i 个校准点正、反行程示值，mm；

L——量块标称值，mm；

L_0——位移传感器量程，mm。

6.4　工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度

工作台降到最低位置（初始高度），用钢直尺测量工作台工作面与测力装置下端（图 1 中虚线之间）距离和工作台初始高度值，将工作台上升到最高位置，测量最高高度值。两高

度值之差的绝对值为升降高度。

6.5　工作台与加压板的平行度

将工作台上升至与加压板间距离约 200mm 处，在垂直对径的 4 个位置用长爪卡尺测量间距各 1 次，以 4 次中最大值与最小值之差作为测量结果。

6.6　加压板及工作台工作面粗糙度

用表面粗糙度比较样块比较测量。进行比较时，所用的表面粗糙度样块和被检测量面的加工方法应相同，表面粗糙度样块的材料、表面色泽等也应尽可能与被测量面一致，以相应表面粗糙度比较样块的标称值作为校准值。

6.7　绝缘电阻

路强仪电源开关置于“开”状态，用绝缘电阻表 L 测量端连接路强仪电源输入端子和输出端子，E 测量端连接路强仪机壳，在 500V 电压下，测量绝缘电阻。

7　校准结果表达

经校准的路强仪出具校准证书，校准证书的内页格式参见附录 A。

8　复校时间间隔

建议路面材料强度试验仪复校时间间隔不超过12个月。

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，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A　　原始记录格式（参考）

校准日期：		记录编号：	
委 托 方：		仪器名称：	
联系方式：			
出厂编号：		型号/规格：	
制造单位：			

校准员：＿＿＿＿＿＿＿＿　　核验员：＿＿＿＿＿＿＿＿

本次校准所使用的技术依据：				
本次校准所使用的计量器具：				
名称	测量范围	不确定度/准确度/最大允许误差	有效期至	证书编号
校准地点：				
温度：		相对湿度：		
其他：				

1.通电检查 ＿＿＿＿＿＿　　2.绝缘电阻/MΩ ＿＿＿＿＿＿

3.工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度　　mm

初始高度	最高高度	工作台升降高度	工作台与测力装置间的距离

4.工作台与加压板的平行度

项目	实测值/mm				平行度 mm/200mm
	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	
工作台与加压板间距					

5.加压板及工作台工作面粗糙度

加压板工作面粗糙度 R_a	工作台工作面粗糙度 R_a

6.加载速率示值误差

设定值 mm/min	项目	实测值			测量结果	扩展不确定度（k=2）
		1	2	3		
	上升时间 s				加载速率实测值 mm/min	
	初始高度 mm					
	停止高度 mm				示值误差 %	
	加载速率 mm/min					
	示值误差 %					
	上升时间 s				实测加载速率 mm/min	
	初始高度 mm					
	停止高度 mm				示值误差 %	
	加载速率 mm/min					
	示值误差 %					
	上升时间 s				实测加载速率 mm/min	
	初始高度 mm					
	停止高度 mm				示值误差 %	
	加载速率 mm/min					
	示值误差 %					

7.测力装置示值误差及重复性

百分表	生产厂家			编号		测量范围/mm
测力装置	生产厂家			编号		测量范围/kN
标准值 kN	进程示值/			平均值 ——	示值误差 %	重复性 %	扩展不确定度（k=2）
	1	2	3				
校准方程：Y=_____x+_____					模拟指示装置零点示值：_____		
式中：Y— 试验力，N；x— 指示器示值，0.01mm							
标准值 kN	回程示值/			平均值 ——	示值误差 %	重复性 %	扩展不确定度（k=2）
	1	2	3				

8.位移传感器示值误差

生产厂家						编号	测量范围/mm	
标准值 /mm	示值/mm						示值误差 /%FS	扩展不确定度（k=2）
	↑	↓	↑	↓	↑	↓		

附录A　　校准证书内容及内页格式

A.1　校准证书应至少包括以下信息：

a）标题：“校准证书”；

b）实验室的名称和地址；

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）送校单位的名称；

f）被校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，应说明被校对象的接收日期；

h）如果与校准结果的有效性和应用有关时，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）校准结果仅对校准对象有效的声明；

p）未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

A.2 校准证书内页格式：

校准证书内页格式（参考）

1.通电检查：_____ 2.绝缘电阻/MΩ：_____

3.工作台与加压板的平行度（mm/200mm）：_____

4.工作台与测力装置间的距离及工作台升降高度：

工作台升降高度/mm	工作台与测力装置间的距离/mm

5.加压板及工作台工作面粗糙度：

加压板工作面粗糙度 R_a	工作台工作面粗糙度 R_a

6.加载速率示值误差：

设定值 mm/min	加载速率实测值 mm/min	示值误差 %	扩展不确定度 （k=2）

7.测力装置示值误差及重复性：

百分表	生产厂家	编号	测量范围/mm
测力装置	生产厂家	编号	测量范围/kN

标准值 kN	进程			
	平均值 ____	示值误差 %	重复性 %	扩展不确定度 （k=2）

校准方程：Y=_____x+_____ 测力环指示器零点示值：_____

式中：Y— 试验力，N；x— 指示器示值，0.01mm

标准值 kN	回程			
	平均值 ____	示值误差 %	重复性 %	扩展不确定度 （k=2）

8.位移传感器示值误差：

生产厂家		编号	测量范围/mm
标准值/mm	示值误差/%FS	扩展不确定度（k=2）	

以下空白

附录 C　　力值示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1　概述

C.1.1　测量环境：温度 20.1℃，湿度 53%RH；

C.1.2　测量标准：0.1 级标准测力仪；

C.1.3　被测对象：路强仪力值校准，进程 100kN 校准点；

C.1.4　测量方法：按照 6.2 试验方法。

C.2　数学模型

$$\Delta F = X - F \tag{C.1}$$

式中：

ΔF ——路强仪力值进程示值误差，kN；

X ——路强仪力值进程示值平均值，kN；

F ——标准测力仪示值，kN。

C.3　标准不确定度分量的评定

C.3.1　测量重复性引入的不确定度分量 $u(X)$：

以标准测力仪的值为准，标准测力仪显示 100kN 时读取路强仪示值，在重复性条件下进行 10 次测量，得到测量数据如表 C.1 所示。以三次测量的平均值作为测量结果。

表 C.1 测量结果

次数	示值/kN	次数	示值/kN
1	100.02	6	100.06
2	100.22	7	100.14
3	100.13	8	100.08
4	100.14	9	100.06
5	100.03	10	100.24

根据公式

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

三次测量的平均值作为测量结果可得：

$$u(X)=\frac{s(x)}{\sqrt{3}}=0.044\text{kN}$$

C.3.2　被测路强仪分辨力引入的不确定度分量 $u(X')$：

$$u(X')=\frac{0.01\text{N}}{2\sqrt{3}}=0.0029\text{kN}$$

考虑到测量重复性和被测仪器分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

C.3.3　标准器引入的不确定度分量 $u(F)$：

标准测力仪的最大允许误差为±0.1%，校准点 100kN，区间半宽度 a=100kN×0.1%=0.1kN，按均匀分布估计，包含因子 $k=\sqrt{3}$，由标准器示值误差引入的不确定度：

$$u(F)=a/k=0.058\text{kN}$$

C.4　不确定度分量一览表

表 C.2 不确定度分量一览表

序号	不确定度分量来源	符号	u_i/kN	灵敏系数
1	重复性	$u(X)$	0.044	1
2	标准器最大允许误差	$u(F)$	0.058	-1

C.5　合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立，则：

$$u_c=\sqrt{u^2(X)+u^2(F)}=0.073\text{kN}$$

C.6　扩展不确定度

在路强仪力值校准 100kN，路强仪力值校准示值误差测量结果的扩展不确定度：U=0.15kN，k=2；

相对扩展不确定度：$U_r=\frac{U}{F}\times100\%=\frac{0.15}{100}\times100\%=0.15\%$

附录 D　　加载速率示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1　概述

D.1.1　测量环境：温度 20.2℃，湿度 54%RH；

D.1.2　测量标准：高度卡尺，电子秒表；

D.1.3　被测对象：路强仪加载速率，设定值 50mm/min；

D.1.4　测量方法：按照 6.1 试验方法。

D.2　数学模型

$$\Delta V = v - V_i \tag{D.1}$$

$$V_i = \Delta H_i \cdot t_i^{-1} \times 60 \tag{D.2}$$

式中：

v——设定值，mm/min；

ΔV——示值误差，mm/min；

V_i——测量值，mm/min;

ΔH——工作台上升高度，mm；

t——电子秒表示值，s。

D.3　灵敏系数

路强仪加载速率设定值为 50mm/min，上升高度ΔH=50mm，所用时间 t=1min

$$c_1 = \frac{\partial V}{\partial \Delta H} = t^{-1} = 1\text{min}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{\partial V}{\partial t} = -\Delta H t^{-2} = -50\text{mm} \times \frac{1}{(1\text{min})^2} = -50\text{mm/min}^2$$

D.4　标准不确定度分量的评定

D.4.1　测量重复性引入的不确定度分量 $u(V)$：

用高度卡尺和电子秒表作为标准器，对路强仪的加载速率进行测量，路强仪加载速率设定值为 50mm/min。在重复性条件下进行 10 次测量，得到测量结果如表 D.1 所示。

表 D.1 测量结果

测量次数	高度差ΔH（mm）	时间值 t（s）	速度 V（mm/min）
1	50.36	60.37	50.06
2	50.18	59.84	50.33
3	50.64	60.27	50.43
4	50.36	60.25	50.16
5	50.46	60.34	50.16
6	50.18	59.93	50.23
7	50.28	60.16	50.13
8	50.34	60.28	50.09
9	50.26	59.89	50.36
10	50.16	59.86	50.26

根据公式

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \qquad (D.3)$$

取 3 次测量中示值误差的绝对值最大的作为校准结果：

$$u(V)=s(x)=0.123\text{mm/min}$$

D.4.2 标准器引入的不确定度分量 $u(x_0)$：

高度卡尺的最大允许误差±0.03mm，区间半宽度 a_1=0.03mm；电子秒表最大允许误差±0.07s，区间半宽度 a_2=0.07s。按均匀分布估计，包含因子 $k=\sqrt{3}$，由标准器示值误差引入的不确定度：

$$u(H_0)=a_1/k=0.0174\text{mm}$$

$$u(t_0)=a_2/k=0.041\text{s}=0.00069\text{min}$$

D.5　不确定度分量一览表

表 D.2 不确定度分量一览表

序号	分量不确定度来源	符号	u_i	灵敏系数	$\lvert c_i \rvert \cdot u_i$
1	测量重复性	$u(V)$	0.123mm/min	1	0.123mm/min
2	高度卡尺最大允许误差	$u(H_0)$	0.0174mm	$1min^{-1}$	0.0174mm/min
3	电子秒表最大允许误差	$u(t_0)$	0.00069min	$-50mm/min^2$	0.0345mm/min

D.6　合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立，则：

$$u_c = \sqrt{c_0^2 u^2(V) + c_1^2 u^2(H_0) + c_2^2 u^2(t_0)} = 0.13\text{mm/min}$$

D.7　扩展不确定度

在路强仪加载速率设定为 50mm/min，加载速度示值误差测量结果的扩展不确定度：U=0.26mm/mm，k=2

相对扩展不确定度：$U_r = \frac{U}{v} \times 100\% = \frac{0.26}{50} \times 100\% = 0.6\%$

附录 E　　位移传感器示值误差测量结果不确定度评定示例

E.1　概述

E.1.1　测量环境：温度 20.3℃，湿度 55%RH；

E.1.2　测量标准：3 级或 5 等量块；

E.1.3　被测对象：路强仪位移传感器位置误差；

E.1.4　测量方法：按照 6.3 试验方法。

E.1.5　校准点：10mm。

E.2　数学模型

$$\Delta L = L - L_0 \tag{E.1}$$

式中：

ΔL ——示值误差，mm；

L ——位移传感器示值，mm；

L_0 ——量块标称值，mm。

考虑到温度偏离 20℃时，线膨胀系数及温度差的影响，上述公式转换为如下形式：

$$\Delta L = L - L_0 - L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \tag{E.2}$$

式中：

ΔL ——示值误差，mm；

L ——位移传感器示值，mm；

L_0 ——量块标称值（20℃条件下），mm；

α ——量块的线膨胀系数，$℃^{-1}$；

Δt ——量块偏离标准温度 20℃的值，℃。

E.3　灵敏系数，$\alpha=11.5\times10^{-6}℃^{-1}$，$\Delta t=5℃$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta L}{\partial L} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta L}{\partial L_0} = -1 - \alpha \cdot \Delta t \approx -1$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta L}{\partial \alpha} = -L_0 \cdot \Delta t = -50\text{mm}\cdot℃$$

$$c_4 = \frac{\partial \Delta L}{\partial \Delta t} = -L_0 \cdot \alpha = -11.5\times10^{-5}\text{mm}\cdot℃^{-1}$$

E.4　标准不确定度分量的评定

E.4.1　测量重复性引入的不确定度分量 $u(L)$：

3 级 10mm 量块作为标准器，对路强仪位移传感器进行测量，在重复性条件下进行 10 次测量，得到测量结果如表 E.1 所示。

表 E.1 测量结果

次数	测得值（mm）	次数	测得值（mm）
1	10.005	6	10.002
2	10.004	7	10.003
3	10.003	8	10.004
4	10.005	9	10.002
5	10.004	10	10.005

根据公式

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \qquad (E.3)$$

取 3 次测量中示值误差的绝对值最大的作为校准结果：

$$u(L)=s(x)=0.0012\text{mm}$$

E.4.2　位移传感器分辨力引入的不确定度分量 $u(L')$：

$$u(L')=\frac{0.001\text{mm}}{2\sqrt{3}}=0.00029\text{mm}$$

考虑到测量重复性和被测仪器分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

E.4.3　量块长度偏差引入的不确定度分量 $u(L_0)$：

3 级量块的制造偏差是该标准不确定度分量的主要影响因素，量块按级使用时，其测量不确定度用其制造偏差的最大允许误差，按均匀分布处理，其标准不确定度为：

$$u(L_0)=\frac{\Delta l}{\sqrt{3}}=\frac{1.00\mu\text{m}}{\sqrt{3}}=0.00058\text{mm}$$

E.4.4　量块的温度偏离 20℃估算的标准不确定度分量 $u(\Delta t)$

校准要求环境温度（15~25）℃，温度偏离 20℃最大差Δt 在±5℃范围内估计。半宽度 a=5℃，

按均匀分布处理，其标准不确定度为：

$$u(\Delta t)=\frac{5℃}{\sqrt{3}}=2.98℃$$

E.4.5　量块的线膨胀系数允许误差估算的标准不确定度分量 $u(\alpha)$

量块线膨胀系数α的允许误差为$\pm1\times10^{-6}℃^{-1}$，假定其在此范围内均匀分布，半宽度$a=1\times10^{-6}℃^{-1}$则标准不确定度为：

$$u(\alpha)=\frac{1\times10^{-6}℃^{-1}}{\sqrt{3}}=5.77\times10^{-7}℃^{-1}$$

E.5　不确定度分量一览表

表 E.2 不确定度分量一览表

序号	不确定度分量来源	符号	u_i	灵敏系数	$\lvert c_i\rvert\cdot u_i$
1	测量重复性	$u(L)$	0.0013mm	1	0.0013mm
2	量块长度偏差	$u(L_0)$	0.00058mm	-1	0.00058mm
3	量块温度偏离 20℃	$u(\Delta t)$	2.98℃	-11.5×10^{-5}mm·℃$^{-1}$	0.00034mm
4	量块的线膨胀系数误差	$u(\alpha)$	$5.77\times10^{-7}℃^{-1}$	-50mm·℃	0.00003mm

E.6　合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立，则：

$$u_c=\sqrt{c_1^2u^2(L)+c_2^2u^2(L_0)+c_3^2u^2(\alpha)+c_4^2u^2(\Delta t)}=0.0014\ \text{mm}$$

E.7　扩展不确定度

路强仪位移传感器 10mm 校准点，示值误差测量结果的扩展不确定度：U=0.0028mm，k=2

相对扩展不确定度：$U_r=\frac{U}{L_0}\times100\%=\frac{0.0028}{10}\times100\%=0.03\%$