



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ×××-20××

# 汉堡浸水车辙仪校准规范

Calibration Specification for Hamburg Rut Test Equipment with Water

Immersion

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家市场监督管理总局 发布



# 汉堡浸水车辙仪校准规范

Calibration Specification for Hamburg Rut

Test Equipment with Water Immersion

JJF XXX-20XX

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：

参加起草单位：

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：

参与起草人：



# 目 录

引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语 .....	1
4 概述 .....	1
5 计量特性 .....	2
5.1 钢轮尺寸 .....	2
5.2 轮载 .....	2
5.3 钢轮每分钟通过次数 .....	2
5.4 水浴温度偏差 .....	2
5.5 车辙深度测量示值误差 .....	2
5.6 车辙深度动态采集误差 .....	2
6 校准条件 .....	2
6.1 环境条件 .....	2
6.2 校准用仪器设备 .....	2
7 校准项目和校准方法 .....	3
7.1 外观 .....	3
7.2 铭牌 .....	3
7.3 校准项目 .....	3
7.4 校准方法 .....	3
8 校准结果 .....	6
9 复校时间间隔 .....	6
附录 A .....	7
附录 B .....	8
附录 C .....	10
附录 D .....	11

# 引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》规定的规则编写。

本规范在制定过程中充分考虑了 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》。

本规范属于首次制定。

# 汉堡浸水车辙仪校准规范

## 1 范围

本校准规范适用于汉堡浸水车辙仪的校准，干湿两用型汉堡车辙仪也可参照本规范进行校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1305 线位移传感器校准规范

JJF 2019 液体恒温试验设备温度性能测试规范

AASHTO T324 压实沥青混合料的汉堡轮迹试验标准方法（Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures）

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

JJF1001 中界定的以及下列术语和定义适用于本规范

### 3.1 轮载 wheel load

试验钢轮作用在试件上的集中荷载。

### 3.2 车辙深度动态采集误差 dynamic acquisition error of rut depth

汉堡浸水车辙仪在试验运行状态下，对轮迹轨道长度方向多个规定位置采集的车辙深度测量值与对应标准值之间偏差的均方根值，用于表征设备车辙深度动态采集结果的准确程度。

## 4 概述

汉堡浸水车辙仪是汉堡车辙试验的主要仪器，其原理是通过模拟车轮在沥青混合料路面上的反复作用，测量车辙深度的变化来评估沥青混合料路面的抗车辙性能和水稳性能。其结构主要包括计算机系统、车辙深度测量系统、水浴、试模、钢轮、配重块等，基本结构示意图见图 1。

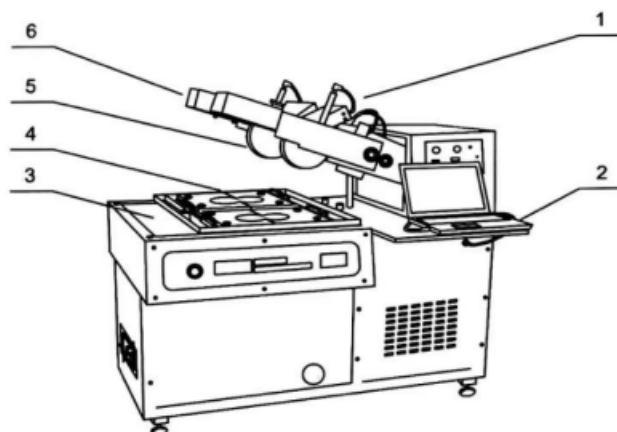


图1 汉堡浸水车辙仪基本结构示意图

1—车辙深度测量系统 2—计算机系统 3—水浴 4—试模 5—钢轮 6—配重块

## 5 计量特性

### 5.1 钢轮尺寸

钢轮直径  $(203.2 \pm 2.0)$  mm，钢轮宽度  $(47.0 \pm 0.5)$  mm。

### 5.2 轮载

轮载  $(705.0 \pm 4.5)$  N。

### 5.3 钢轮每分钟通过次数

钢轮每分钟通过次数  $(52 \pm 2)$  次。

### 5.4 水浴温度偏差

水浴温度偏差最大允许误差  $\pm 1.0$  °C。

### 5.5 车辙深度测量示值误差

车辙深度测量最大允许示值误差  $\pm 0.15$  mm。

### 5.6 车辙深度动态采集误差

车辙深度动态采集误差不超过 1.27 mm。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度： $(15 \sim 35)$  °C，校准过程中温度变化不大于 1°C，相对湿度： $\leq 75\%$ ；室内环境清洁，无振动干扰。

### 6.2 校准用仪器设备

游标卡尺：测量范围  $(0 \sim 300)$  mm，分度值不大于 0.02 mm；

标准测力仪：量程 1000 N，不低于 0.1 级；

秒表：分度值不大于 0.1s；

温度巡检仪：量程不小于 100℃，分辨力不低于 0.1℃，通道数不少于 5 个，其测量扩展不确定度应不大于被测水浴温度偏差最大允许误差的 1/3；

量块：测量范围（1~20）mm，不低于 3 等；

标准试块：尺寸规格要求见附录 A。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 外观

汉堡浸水车辙仪的外观应平整、光洁、无缺损；表面电镀层不得有漏镀、划伤等缺陷；钢轮表面应光滑无残留物和缺陷，边缘无磨损；试验过程中试模位置应保持固定，不应发生滑动现象。

### 7.2 铭牌

铭牌应清晰，至少应包括仪器名称、型号、出厂编号和制造厂商等信息。

### 7.3 校准项目

#### 7.3.1 钢轮直径，钢轮宽度

#### 7.3.2 轮载

#### 7.3.3 钢轮每分钟通过次数

#### 7.3.4 水浴温度偏差

#### 7.3.5 车辙深度测量示值误差

#### 7.3.6 车辙深度动态采集误差

### 7.4 校准方法

#### 7.4.1 钢轮尺寸

##### 钢轮直径

用游标卡尺测量钢轮的直径，在钢轮工作面宽度方向中部位置，每 60° 测量 1 次，共测量 3 次，取算术平均值作为测量结果且单次测量值均应符合 5.1 的相关要求。

##### 钢轮宽度

用游标卡尺测量钢轮的宽度，每 120° 测量 1 次，共测量 3 次，取算术平均值作为测量结果且单次测量值均应符合 5.1 的相关要求。

#### 7.4.2 轮载

将标准测力仪放置于钢轮中心轴线位置正下方，缓慢、匀速放下钢轮，记录标准测

力仪示值为轮载，重复测量 3 次，取 3 次结果的算术平均值为测量结果。

#### 7.4.3 钢轮每分钟通过次数

启动试验机，稳定运行 1 分钟后启动秒表开始计时，记录 3min 内钢轮的通过次数，经过计算得到钢轮每分钟通过次数。

#### 7.4.4 水浴温度偏差

##### 7.4.4.1 测量点的位置

温度巡检仪的温度传感器布放位置为设备温度性能测试时的测量点位置。温度传感器应布放在工作空间内的角点及几何中心点。温度测量点数量为 5 个，测量点序号用 1, 2, 3, 4, 5 数字表示。温度传感器应布放在工作空间 1/2 深度水平面上，且应与水箱壁保持足够的横向距离，见图 2 所示。

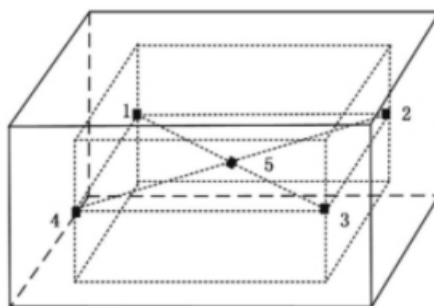


图 2 温度测量点布放示意图

##### 7.4.4.2 温度测试

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，每隔 10min 记录一次，共记录 6 次。

##### 7.4.4.3 数据处理

按公式 (1) 计算各测量点的温度偏差：

$$\Delta t_i = t_i - t_0 \quad (1)$$

式中：

$\Delta t_i$ ——各测量点的温度偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_i$ ——各测量点在规定时间内测得的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_0$ ——汉堡浸水车辙仪设定温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

取各测量点的温度偏差中绝对值最大的值为水浴温度偏差。

### 7.4.5 车辙深度测量示值误差

在位移传感器探测头下方放置检测平板，使探测头与平板接触，记录位移传感器初值；在位移传感器探测头和检测平板中间放置 1mm 量块，记录位移传感器终值。按照公式（2）计算位移传感器示值误差：

$$\Delta L = L_1 - L_0 - L \quad (2)$$

式中：

$\Delta L$ ——位移传感器示值误差，mm；

$L_1$ ——位移传感器终值，mm；

$L_0$ ——位移传感器初值，mm；

$L$ ——量块标称值，mm。

重复测量 3 次，取算术平均值作为车辙深度测量系统在 1mm 点处的示值误差。

重复上述步骤，分别放入 5mm、10mm、20mm 量块，记录车辙深度测量系统在 5mm、10mm、20mm 处的示值误差。

### 7.4.6 车辙深度动态采集误差

#### 7.4.6.1 试验过程

将汉堡浸水车辙仪设定为正常试验状态，把标准试块放置于水浴中，待水浴达到设定温度并稳定后放下钢轮让其与标准试块水平工作面接触，开启汉堡浸水车辙仪，让钢轮运行 10 次，汉堡浸水车辙仪数据采集软件确定零点后暂停试验，抬起钢轮，移动标准试块，让钢轮与标准试块弧面对齐，放下钢轮，继续试验，共采集 10 组深度值后停止试验。

#### 7.4.6.2 数据处理

每组数据包含 11 个点位采集的深度值：-114mm、-91mm、-69mm、-46mm、-23mm、0mm、+23mm、+46mm、+69mm、+91mm、+114mm，其中零点为标准试块轨道的中点。

按公式（3）计算各组各组数据的车辙深度动态采集误差：

$$\varepsilon_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d'_i)^2} \quad (3)$$

式中：

$\varepsilon_j$ ——第  $j$  组数据的车辙深度动态采集误差，mm；

$d_i$ ——汉堡浸水车辙仪显示的第  $i$  个点位的深度值，mm；

$d_i$  ——标准试块第  $i$  个点位的深度值，mm；

$n$  ——单组深度值采集样本数。

取 10 次结果的算术平均值为车辙深度动态采集误差。

## 8 校准结果

校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，应显示被校对象的委托日期；
- h) 校准所依据的技术规范名称及代号；
- i) 本次校准所用计量标准器的溯源性及有效性信息；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量结果的不确定度；
- l) 校准证书签发人的签名、签发日期；
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔建议不超过一年。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。

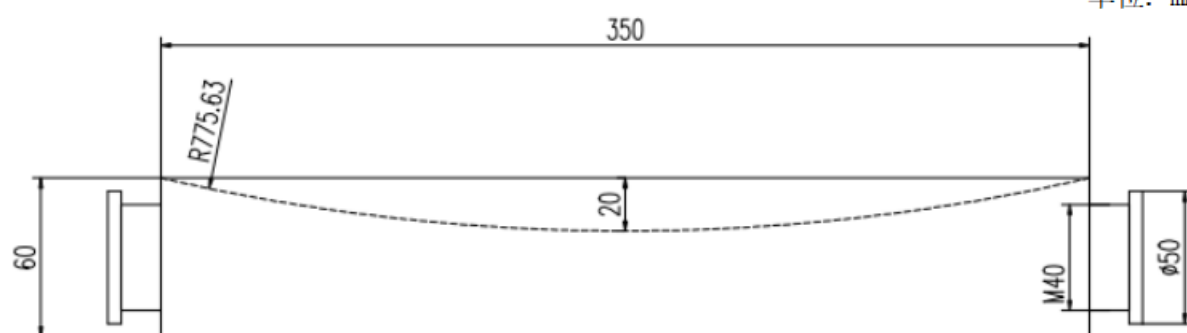
## 附录 A

### 标准试块样式及尺寸图示

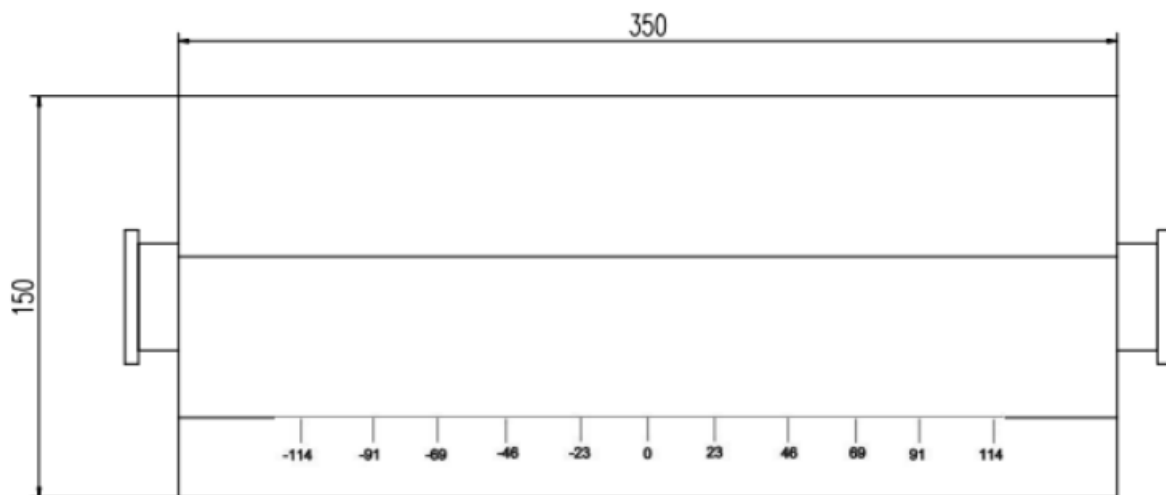
标准试块材质为 304 不锈钢制成, 表面粗糙度为  $Ra0.8 \mu m$ , 线膨胀系数为  $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ , 其主视图在外部形态、内部构造及质量分布上呈中轴对称, 圆弧半径为  $(775.63 \pm 10)mm$ , 圆弧下边缘距标准试块上端面所在的水平面距离为  $20mm$ , 水平工作面的平面度不大于  $0.05mm$ 。

标准试块应进行量值溯源, 由法定计量技术机构或经认可的校准实验室进行校准, 并出具校准证书。溯源参数包括轮迹轨道长度方向 11 个采集点的标准深度值, 以及各采集点  $-114mm$ 、 $-91mm$ 、 $-69mm$ 、 $-46mm$ 、 $-23mm$ 、 $+23mm$ 、 $+46mm$ 、 $+69mm$ 、 $+91mm$ 、 $+114mm$  距中心零点的实际距离。

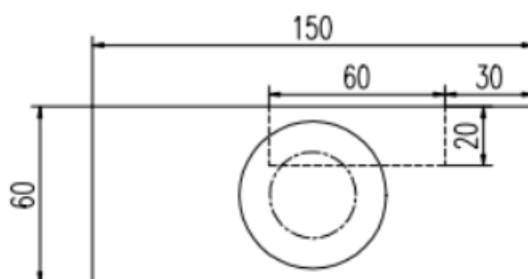
单位: mm



主视图



俯视图



侧视图

## 附录 B

### 原始记录格式

记录编号: \_\_\_\_\_

委托单位 \_\_\_\_\_ 证书编号 \_\_\_\_\_

仪器名称 \_\_\_\_\_ 型号规格 \_\_\_\_\_ 出厂编号 \_\_\_\_\_

制造厂名 \_\_\_\_\_

环境温度 \_\_\_\_\_ °C 相对湿度 \_\_\_\_\_ % 校准依据 \_\_\_\_\_

计量标准名称			
设备编号			
测量范围			
不确定度/准确度等级/ 最大允许误差			
有效期至			
溯源机构 及证书号			

校准项目	技术要求	校准结果								扩展不 确定度 $U(k=2)$
		左轮				右轮				
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
钢轮直径 (mm)	$203.2 \pm 2.0$									
钢轮宽度 (mm)	$47.0 \pm 0.5$									
轮载 (N)	$705.0 \pm 4.5$									
车辙深度 测量示值 误差(mm)	$\pm 0.15$									

校准项目	技术要求	校准结果		扩展不 确定度 $U(k=2)$
		左轮	右轮	
钢轮每分钟通过次 数 (次)	$52 \pm 2$			

校准项目	技术要求	采集点位	校准结果						结果	扩展不确定度 $U(k=2)$
			1	2	3	4	5	6		
水浴温度偏差(°C)	±1.0	1								
		2								
		3								
		4								
		5								

校准项目	技术要求	采集点位	标准值	测量值										平均值					
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
车辙深度动态采集误差 (mm)	≤ 1.27	左轮	-114																
			-91																
			-69																
			-46																
			-23																
			0																
			23																
			46																
			69																
			91																
			114																
		单次测量结果																	
		右轮	-114																
			-91																
			-69																
			-46																
			-23																
			0																
			23																
			46																
			69																
			91																
114																			
单次测量结果																			

校准员\_\_\_\_\_ 核验员\_\_\_\_\_ 校准地点\_\_\_\_\_

委托日期\_\_\_\_\_年\_\_\_月\_\_\_日 校准日期\_\_\_\_\_年\_\_\_月\_\_\_日

附录 C

校准结果页格式

校准项目	校准结果		测量结果不确定度 $U, k=2$
	左轮	右轮	
钢轮直径			
钢轮宽度			
轮载			
钢轮每分钟通过次数			
水浴温度偏差			
车辙深度测量示值误差			
车辙深度动态采集误差			

## 附录 D

### 汉堡浸水车辙仪车辙深度测量示值误差测量结果不确定度的评定

#### D.1.1 概述

D.1.1.1 环境条件：温度：（15~35）℃，校准过程中温度变化不大于 1℃，相对湿度：≤ 75%。

D.1.1.2 测量标准：量块，1mm，3 等。

D.1.1.3 被测对象：汉堡浸水车辙仪车辙深度测量系统。

D.1.1.4 测量过程：用量块测量车辙深度测量示值误差。

D.1.1.5 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

D.1.2 数学模型： $\Delta L = L_1 - L_0 - L$

式中：

$\Delta L$ ——位移传感器示值误差，mm；

$L_1$ ——位移传感器终值，mm；

$L_0$ ——位移传感器初值，mm；

$L$ ——量块标称值，mm。

#### D.1.3 不确定度来源分析

根据测量原理和模型，影响测量结果的不确定度主要来源包括：

- 1、测量重复性：多次重复测量引入的不确定度。
- 2、量块中心长度偏差：作为标准器的量块本身的不确定度。
- 3、温度效应：量块与位移传感器温度差异带来的影响。
- 4、测量力引起的变形：传感器测力使量块或机械结构产生微小变形。

#### D.1.4 不确定度评定

##### D.1.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1$

在重复性条件下，用 1mm 量块对位移传感器连续测量 10 次，得到示值误差数据

单位：mm

0.005	0.006	0.004	0.006	0.003
0.005	0.008	0.006	0.006	0.004

单次测量标准差  $s$ ：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} = 0.0014\text{mm}$$

测量结果取 3 次测量的平均值，则

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.00082\text{mm}$$

#### D.1.4.2 量块中心长度偏差引入的不确定度分量 $u_2$

依据 JJG146-2011 量块检定规程，1mm 的 3 等量块长度极限偏差为 $\pm 0.20 \mu\text{m}$  则：

$$\mu_2 = \frac{0.20}{\sqrt{3}} = 0.00012\text{mm}$$

#### D.1.4.3 温度效应引入的不确定度分量 $u_3$

实验室温度控制在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，半宽 $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ 。量块与位移传感器测杆的热膨胀系数均为 $11.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，其偏差估计为 $\pm 2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，半宽 $\Delta\alpha = 2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。温度引入的误差限 $L_t = L \times \Delta\alpha \times \Delta T$ ，则

$$L_t = 1\text{mm} \times (2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}) \times (2^\circ\text{C}) = 0.000004\text{mm}$$

服从均匀分布，则

$$u_3 = \frac{L_t}{\sqrt{3}} = 0.0000023\text{mm}$$

#### D.1.4.4 测量力变形引入的不确定度分量 $u_4$

位移传感器测量力约为 3N，量块在测量力作用下的变形量很小，预估最大影响不超过 0.0001mm，服从均匀分布，则

$$u_4 = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} = 0.000058\text{mm}$$

#### D.1.4.5 合成各不确定度分量 $u$

$$\mu = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2 + \mu_4^2} = 0.00083\text{mm}$$

#### D.1.4.6 扩展不确定度量 $U$

取包含因子  $k=2$ （约 95%的置信概率），则扩展不确定度为

$$U = k \times \mu = 0.0017\text{mm}$$

## 汉堡浸水车辙仪钢轮直径测量结果不确定度的评定

### D.2.1 概述

D.2.1.1 环境条件：温度（15~35）℃，校准过程中温度变化不大于 1℃，相对湿度：≤75%。

D.2.1.2 测量标准：数显卡尺，（0~300）mm，0.01mm。

D.2.1.3 被测对象：汉堡浸水车辙仪钢轮直径。

D.2.1.4 测量过程：用数显卡尺直接测量钢轮直径。

D.2.1.5 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

### D.2.2 数学模型： $D = d$

式中：

$D$ ——钢轮直径，mm；

$d$ ——数显卡尺测量结果，mm；

### D.2.3 不确定度来源分析

根据测量原理和模型，影响测量结果的不确定度主要来源包括：

- 1、测量重复性。
- 2、数显卡尺测量面的平面度。
- 3、数显卡尺示值误差。
- 4、数显卡尺和钢轮间的温度差。

### D.2.4 不确定度评定

#### D.2.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1$

在重复性条件下，用数显卡尺对钢轮直径连续测量 10 次，得到如下数据

单位：mm

203.76	203.72	203.73	203.78	203.75
203.69	203.75	203.71	203.67	203.67

单次测量标准差  $s$ ：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}} = 0.038mm$$

测量结果取 3 次测量的平均值，则

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.022mm$$

#### D.2.4.2 数显卡尺测量面的平面度引入的不确定度分量 $u_2$

依据 JJG 30-2012 通用卡尺检定规程，（0~300）mm 的数显卡尺的最大平面度是 0.003mm，其半宽为  $a=0.0015\text{mm}$ ，其符合正态分布，取置信概率  $p=0.9545$ ，则

$$u_2 = \frac{0.0015}{2} \text{mm} = 0.00075\text{mm}$$

#### D.2.4.3 数显卡尺示值误差引入的不确定度分量 $u_3$

依据 JJG 30-2012 通用卡尺检定规程，（0~300）mm 的数显卡尺的最大允许误差为  $\pm 0.04\text{mm}$ ，服从均匀分布，则

$$u_3 = \frac{0.04}{\sqrt{3}} \text{mm} = 0.023\text{mm}$$

#### D.2.4.4 数显卡尺和钢轮间的温度差引入的不确定度分量 $u_4$

规范要求环境温度为（15~35） $^{\circ}\text{C}$ ，假设数显卡尺和钢轮的极限温度差为  $1^{\circ}\text{C}$ 。多数游标卡尺采用不锈钢制作，汉堡浸水车辙仪钢轮同样采用不锈钢制作，假设其热膨胀系数均为  $16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，温度引入的误差限  $L_t = L \times \Delta\alpha \times \Delta T$ ，则

$$L_t = 203.2\text{mm} \times (16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}) \times (1^{\circ}\text{C}) = 0.0033\text{mm}$$

服从均匀分布，则

$$u_4 = \frac{L_t}{2\sqrt{3}} = 0.00094\text{mm}$$

#### D.2.4.5 合成各不确定度分量 $u$

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.032\text{mm}$$

#### D.2.4.6 扩展不确定度 $U$

取包含因子  $k=2$ （约 95%的置信概率），则扩展不确定度为

$$U = k \times u = 0.07\text{mm}$$

## 汉堡浸水车辙仪钢轮轮载测量结果不确定度的评定

### D.3.1 概述

D.3.1.1 环境条件：温度（15~35）℃，校准过程中温度变化不大于 1℃，相对湿度：≤75%。

D.3.1.2 测量标准：标准测力仪，（100~1000）N，0.1 级。

D.3.1.3 被测对象：汉堡浸水车辙仪轮载。

D.3.1.4 测量过程：将标准测力仪放置于钢轮中心轴线位置正下方，放下钢轮，记录标准测力仪示值。

D.3.1.5 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

### D.3.2 数学模型： $F = f$

式中：

$F$ ——轮载，N；

$f$ ——轮载测得值，N；

### D.3.3 不确定度来源分析

根据测量原理和模型，影响测量结果的不确定度主要来源包括：

- 1、测量重复性。
- 2、标准测力仪示值误差。

### D.3.4 不确定度评定

#### D.3.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1$

在重复性条件下，用标准测力仪连续测量轮载 10 次，得到如下数据

单位：N

706.78	706.72	706.84	706.82	706.75
706.76	706.75	706.83	706.83	706.78

单次测量标准差  $s$ ：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}} = 0.0417N$$

测量结果取 3 次测量的平均值，则

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0241N$$

#### D.3.4.2 标准测力仪示值误差引入的不确定度分量 $u_2$

依据 JJG144-2007 标准测力仪检定规程, 0.1 级的标准测力仪最大允许误差为  $\pm 0.1\%$ , 705N 时对应最大允许误差为  $\pm 0.705\text{N}$ , 服从均匀分布, 则

$$u_2 = \frac{0.705}{\sqrt{3}} N = 0.407 N$$

D.3.4.3 合成各不确定度分量  $u$

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.4 \text{N}$$

D.3.4.4 扩展不确定度量  $U$

取包含因子  $k=2$  (约 95% 的置信概率), 则扩展不确定度为

$$U = k \times u = 0.8 \text{N}$$

# 国家计量技术规范

## 《汉堡浸水车辙仪校准规范》

### 编制说明

（征求意见稿）

规范编制组

2026年03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.....	1
(三) 国内外概况.....	2
三、编制过程.....	2
(一) 编制原则.....	2
(二) 工作进程.....	3
(三) 人员分工.....	3
四、编制依据.....	3
(一) 规范编制依据.....	4
(二) 采用的国际、国内先进标准的情况 .....	4
五、主要技术内容的论据.....	4
(一) 范围.....	4
(二) 术语 .....	5
(三) 概述.....	5
(四) 计量特性.....	5
(五) 校准条件.....	7
(六) 校准项目和校准方法.....	8
(七) 校准结果.....	10
(八) 复校时间间隔.....	10
六、试验验证分析.....	10

## 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），由山东省交通科学研究院主持承担国家计量技术规范《汉堡浸水车辙仪校准规范》的制定工作。计划编号为：MTC30-2025-03。

## 二、编制背景

### （一）制定目的

汉堡浸水车辙仪是一种评价沥青混合料抗车辙性能和抗水损害性能的专用设备，能够在模拟高温及水浸条件下，通过加载车轮往复碾压试样，测定车辙深度随加载次数的变化规律，为路面结构设计与材料性能评价提供可靠依据。

随着我国高速公路网的快速发展和重载交通的普及，车辙病害问题日益突出，对沥青路面抗车辙性能的试验检测需求显著增加。近年来，汉堡浸水车辙仪在各级公路试验检测机构得到广泛应用，但在实际使用中暴露出以下问题：

- （1）缺乏统一的校准规范，导致设备量值传递链条不完整；
- （2）不同实验室之间数据缺乏可比性，影响试验结果的权威性和科学性；
- （3）现行试验方法标准仅规定了试验程序，对设备的计量特性缺乏明确要求；
- （4）一些进口设备与国产设备在测量系统和参数控制上存在差异，容易造成数据不一致。

因此，制定一部国家层面的校准规范十分必要。该规范将建立统一的量值溯源体系，保证不同实验室和设备间的测试结果具有可比性，为公路工程质量控制和科研评价提供计量保障。

### （二）制定意义

本规范制定的意义主要表现为：

- （1）促进量值统一：校准规范可为计量机构提供有效的计量依据，将大大促进汉堡浸水车辙仪的量值统一和准确可靠。
- （2）规范产品生产：制定校准规范可以为生产商在产品设计和制造阶段提供校准依据，有助于规范产品生产行为，提高系统的质量和性能。

(3) 方便用户使用：校准规范的制定可以为社会提供科学统一的校准方法，保障了不同厂家产品在计量性能方面的可比性，有利于用户客观认识备选产品，并做出理性选择。

### (三) 国内外概况

在国际上，美国 AASHTO T324 对汉堡车辙试验方法做出了较为系统的规定，欧洲也有类似的试验方法，但相关文件主要聚焦于试验操作流程，对于试验仪器的计量特性、校准项目和溯源方法缺乏系统性要求。

在国内，随着高等级公路、重载交通发展，汉堡车辙试验在我国应用越来越普及。工程施工过程中，取现场拌和混合料或路面芯样进行试验，判断实际施工材料是否达到设计要求；部分地区以及重点工程项目已经将汉堡车辙试验作为竣工验收或性能考核的指标之一；《DB37/T 1722-2024公路工程高性能沥青混合料施工技术规范》山东省地方标准中，增加了施工过程中汉堡检测要求。由此看来，国内汉堡浸水车辙仪的应用将会越来越广泛。

在计量方面，部分大型科研院所和检测实验室已开展过设备比对和校准研究，但多为内部方法，未能形成统一的国家标准。因此，亟需制定统一的国家校准规范，以解决汉堡浸水车辙仪的量值溯源问题。

## 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：

**适用性原则：**本规范针对汉堡浸水车辙仪的关键测量性能参数，提出了一种简易适用的校准方法，根据实际项目的需要，提出相关的技术指标，适度控制规范的技术边界。

**成熟性原则：**对规范中的相关技术指标进行充分的调研、技术论证或试验验证，依据充分，理论正确，验证可信，确保技术成熟性、可靠性。

**经济性原则：**合理的选取与设备计量性能最相关的关键参量，对于设备的固有结构参数，主要由厂家进行控制，一旦设备出厂后即相对固定，简化对此类参数的计量需求，节约成本，避免资源浪费。

## （二）工作进程

2025年5月正式接收编制任务后确定了规范起草小组成员，初步拟定了工作计划，完成了人员、设备和参考资料的准备工作。

2025年6月至2025年9月，进一步调研汉堡浸水车辙仪生产厂家和使用单位，了解国内汉堡浸水车辙仪的生产现状和使用情况，提出合理科学的校准项目、技术要求和校准方法，考虑选取市场上已有且满足校准要求的标准器，针对尚无相关可用标准器具的校准项目，研发制定新的计量器具，并重复考虑其实用性、准确性、经济性，最终形成征求意见稿。

## （三）人员分工

本规范人员分工情况如下表所示。

表 1 主要起草人承担工作情况表

序号	姓名	单位	主要工作
1	高栋	山东省交通科学研究院	统筹规划、技术攻关与质量把控
2	任励硕	交通运输部公路科学研究所	技术攻关与质量把控
3	陈立斌	山东省交通科学研究院	文献检索、报告编写
4	朱静	交通运输部公路科学研究所	文献检索、报告编写
5	于法冒	山东省交通科学研究院	仪器计量特性分析、技术攻关
6	张建山	福建省交通科研院有限公司	仪器计量特性分析
7	高科	广东华路交通科技有限公司	仪器计量特性分析

## 四、编制依据

### （一）规范编制依据

规范编制严格遵循国家相关法律法规、计量技术规范，主要依据文件包括：《中华人民共和国计量法》、《中华人民共和国计量法实施细则》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》。

### （二）采用的国际、国内先进标准的情况

在规范编写中，规范起草组搜集了部分国内标准或规程、规范等资料，主要参照如下：

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

JJF 1305-2011 线位移传感器校准规范

JJF 2019-2022 液体恒温试验设备温度性能测试规范

DB37T 1722-2024 公路工程高性能沥青混合料施工技术规范

AASHTO T324-23 《Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures》（压实沥青混合料的汉堡轮迹试验标准方法）

编制过程中，规范起草组坚持科学性、先进性、可操作性和协调性原则，确保规范既符合国内行业需求，又具备与国际标准衔接的基础。

## 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》的要求制订本校准规范。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校准结果表达、8复校时间间隔，以及附录A标准试块样式及尺寸图示、附录B原始记录格式、附录C校准结果页格式、附录D测量结果不确定度评定。主要技术内容如下：

### （一）范围

本校准规范适用于汉堡浸水车辙仪的校准，干湿两用型汉堡车辙仪也可参照本规范进行校准。

规定了汉堡浸水车辙仪的校准对象及适用范围。“干湿两用型”指的是一种功能更全面的汉堡车辙仪，它具备在湿态和干态两种不同环境条件下进行试

验的能力，两者在计量中最大的区别在于温度传感器的工作环境不同，湿态模式温度传感器是浸在水中，干态模式温度传感器是暴露在空气中，两者的校准方法相似，干态模式下的温度参数技术要求需参考相应的试验规范确定。

## （二）术语

对汉堡浸水车辙仪校准规范中涉及的专有名词做出解释。

## （三）概述

汉堡浸水车辙仪是汉堡车辙试验的主要仪器，其原理是通过模拟车轮在沥青混合料路面上的反复作用，测量车辙深度的变化来评估沥青混合料路面的抗车辙性能和水稳性能。其结构主要包括计算机系统、车辙深度测量系统、水浴、试模、钢轮、配重块等。

规范中给出了汉堡浸水车辙仪的基本结构示意图，能够更加直观的了解仪器的外观及构造。

## （四）计量特性

明确设备的关键计量参数，包括钢轮尺寸、轮载、钢轮每分钟通过次数、水浴温度偏差、车辙深度测量示值误差、车辙深度动态采集误差，并给出各参数的技术要求。

（1）钢轮尺寸：钢轮直径 $(203.2 \pm 2.0)$  mm，钢轮宽度 $(47.0 \pm 0.5)$  mm。

钢轮的尺寸偏差会显著影响接触应力分布，从而影响车辙变形结果，因此需纳入计量参数控制范围。AASHTO T324-23中规定钢轮直径为 $(203.2 \pm 2.0)$  mm，钢轮宽度 $(47.0 \pm 0.5)$  mm，DB37/T 1722-2024附录G中要求钢轮尺寸与AASHTO T324-23中一致。本规范参照以上标准，确定钢轮尺寸亦为钢轮直径 $(203.2 \pm 2.0)$  mm，钢轮宽度 $(47.0 \pm 0.5)$  mm。

（2）轮载：轮载 $(705.0 \pm 4.5)$  N。

轮载即试验钢轮作用在试件上的集中荷载，若轮载超差，将直接导致车辙深度偏大或偏小，属于直接影响测量结果的参数。根据DB37/T 1722-2024，汉堡浸水车辙仪的轮载规定为 $(705.0 \pm 4.5)$  N，这是我国在总结长期道路工程试验研究和应用经验的基础上，结合国内沥青混合料特性和道路结构情况提出的参数要求，美国AASHTO T324-23试验方法中，轮载规定为 $(703.0 \pm 4.5)$  N，两者的技术内涵和试验目的完全一致，均旨在模拟车轮对路面的压力。作为国家计量

校准规范，应以我国现行有效的国家或地方标准为优先依据，以保证计量活动的合法性、规范性和统一性。因此，确定轮载  $(705.0 \pm 4.5) \text{ N}$ 。

(3) 钢轮每分钟通过次数：钢轮每分钟通过次数  $(52 \pm 2)$  次。

钢轮每分钟通过次数是钢轮每分钟通过试件的次数，如果次数不准确，试件所受的总作用力会有偏差，进而影响车辙形成过程和最终的车辙深度测量结果。AASHTO T324-23中规定钢轮每分钟通过次数  $(52 \pm 2)$  次，DB37T 1722-2024附录G中要求钢轮每分钟通过次数与AASHTO T324-23中一致。本规范参照以上标准，确定钢轮运动频率亦为钢轮每分钟通过次数  $(52 \pm 2)$  次。

(4) 水浴温度偏差：水浴温度偏差  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 。

温度是影响沥青混合物物理性能的重要环境因素，试验过程中温控系统必须保持精确稳定的温度条件，确保材料在相同环境下的真实性能体现。AASHTO T324-23中规定水浴可在  $25^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$  范围内将温度控制在  $\pm 1.0^\circ\text{C}$  以内，DB37T 1722-2024附录G中要求温控精度与AASHTO T324-23中一致。本规范参照以上标准，确定温控系统亦为水浴温度偏差  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 。

(5) 车辙深度测量示值误差：车辙深度测量示值误差  $\pm 0.15\text{mm}$ 。

车辙深度测量系统主要由位移传感器组成，采集试验过程中的试样形变，是汉堡浸水车辙仪试验数据的直接呈现，其准确度对试验结果有决定性作用。AASHTO T324-23中规定位移传感器最小测量范围为  $(0 \sim 20) \text{ mm}$ ，测量精度在  $0.15\text{mm}$  以内，DB37T 1722-2024附录G中要求车辙深度测量系统与AASHTO T324-23中一致。本规范参照以上标准，确定车辙深度测量系统示值误差亦为  $\pm 0.15\text{mm}$ 。

(6) 车辙深度动态采集误差：车辙深度动态采集误差不超过  $1.27\text{mm}$ 。

汉堡浸水车辙仪通过接触式深度测量装置记录车辙形成过程中的变形深度数据，实验数据采集的是一个运动过程中固定间隔距离对应的深度值，在高频、动态测量过程中，受传感器响应延迟、振动干扰以及采集间隔距离准确度等因素影响，存在一定的动态误差，影响测量数据的准确性和试验结果的可靠性。AASHTO T324-23中规定，系统应至少在沿轨道长度的以下11个点位采集车辙深度： $-114\text{mm}$ 、 $-91\text{mm}$ 、 $-69\text{mm}$ 、 $-46\text{mm}$ 、 $-23\text{mm}$ 、 $0\text{mm}$ 、 $+23\text{mm}$ 、 $+46\text{mm}$ 、 $+69\text{mm}$ 、 $+91\text{mm}$ 、 $+114\text{mm}$ ，其中零点为轨道的中点，11个点位的采集车辙深度与已知标准深度计算得到的均方根误差（RMSE）最大为  $1.27\text{mm}$ 。DB37T 1722-2024附录G中

也有相同描述，但是没有给出误差要求。本规范参照以上标准，确定车辙深度动态采集误差不超过1.27mm。

### （五）校准条件

规定了环境条件和校准用仪器设备。

（1）环境条件：环境温度（15~35）℃，校准过程中温度变化不大于1℃，相对湿度：≤75%。

汉堡浸水车辙仪的核心校准项目为车辙深度测量系统示值误差，该系统普遍采用高灵敏度线位移传感器，其测量准确度对环境温度和湿度高度敏感。根据JJF 1305-2011的要求，位移传感器校准应在（20±2）℃、温度变化不超过1℃的恒温条件下进行，以最大限度降低热漂移和环境波动对测量结果的影响。因此，本规范直接采纳并延伸该条件，确保深度测量系统的校准结果具有可溯源性和一致性。同时，由于水浴为开放式结构，其温度稳定性除依赖内部控温系统外，还受到外部环境温度的直接影响。若实验室环境温度波动过大，可能导致水浴控温系统频繁补偿，从而引入额外的不确定度。因此，控制环境温度在校准过程中温度变化不大于1℃，有助于保证水浴系统温度控制的长期稳定性和均匀性。相对湿度高于75%时，可能导致位移传感器光学部件或电子元件出现凝露或受潮现象，进而影响信号稳定性和测量重复性。同时，过高湿度亦可能对数据采集系统和温控电路的绝缘性能造成不利影响。将相对湿度定为≤75%，符合精密测量装置的使用条件。

（2）校准用仪器设备：包括游标卡尺、标准测力仪、秒表、温度巡检仪、量块和标准试块。

本规范在确定校准用标准器具时，严格遵循量值溯源性、准确度匹配性和可操作性的基本要求，校准所用标准器具的最大允许误差或测量不确定度应显著小于被校准对象的允许误差，通常按照不大于其1/3的原则进行配置。

游标卡尺操作简便，量程覆盖钢轮尺寸，其精度完全满足校准需求；轮载技术要求为（705.0±4.5）N，通过计算，选用0.1级的标准测力仪方能满足要求；温度巡检仪可同时监测多个点位温度，量程不小于100℃，分辨力不低于0.1℃，通道数不少于5个，能够满足温度测量需求，需要注意温度巡检仪的不确定度；量块作为国家长度基准的传递介质，稳定性和准确性高，可确保深度

测量溯源链条可靠；标准试块作为新开发的专用标准器具，能够有效模拟加载过程并提供标准化动态曲线，是保证汉堡浸水车辙仪深度测量系统动态误差校准的关键。其设计合理、功能独特，体现了本校准规范的创新性与科学性。

## （六）校准项目和校准方法

### （1）外观

汉堡浸水车辙仪在高温水浴环境下长时间运行，其机械结构及表面防护状态直接关系到试验数据的稳定性与设备使用安全性。为确保仪器长期可靠运行并避免外界因素对测量结果的干扰，提出以下外观要求：

**结构完整性：**仪器外观应平整、光洁、无缺损，以避免因裂纹、毛刺或变形引起的机械性能下降和额外振动，从而保证试验的可重复性。

**防腐蚀性能：**仪器表面电镀层不得有漏镀、划伤等缺陷，以提高耐腐蚀性，防止因高温潮湿环境导致的锈蚀，确保设备寿命和使用安全。

**钢轮工作面质量：**钢轮作为加载与车辙形成的直接作用部件，其表面必须光洁无残留物、无缺陷，边缘无磨损，以保证接触应力分布均匀，避免系统性偏差。

**运行原理规范性：**明确规定“试验过程中试模位置应保持固定，不应发生滑动现象”，旨在保证试验加载方式与试验规范保持一致，避免因运动模式改变引入额外误差，造成数据失真。

### （2）铭牌

铭牌信息是实现仪器唯一性标识的基础，其合理设置能够满足设备可追溯性的要求。

### （3）钢轮尺寸

使用游标卡尺进行直接接触测量钢轮直径和宽度。采用三点测量可减少因钢轮圆度或宽度不均造成的系统误差，通过取算术平均值得到钢轮的代表尺寸。

### （4）轮载

将标准测力仪置于钢轮中心轴线正下方进行静态加载测量，能够真实反映钢轮作用于试模的实际载荷，是最符合计量学原理的方式。通过重复测量3次并取算术平均值，可以有效减小偶然误差的影响，提升结果的稳定性与代表性。

### （5）钢轮每分钟通过次数

在钢轮运行过程中，以秒表作为时间基准，在3min的计时周期内，人工记录钢轮通过次数，从而计算出钢轮每分钟通过次数（次/min）。该方法符合国内外相关试验规范的要求。

#### （6）水浴温度偏差

依据JJF 2019-2022《液体恒温试验设备温度性能测试规范》，温度传感器布设于工作空间的四角点及几何中心点，位于水深的1/2水平面位置，且应与水箱壁保持足够的横向距离。这种布置方式能够代表整个水浴空间的温度分布特性，既考虑了边界效应，也覆盖了核心区域，保证测量结果具有代表性和全面性。在液位正常、车辙仪设定温度稳定后开始记录数据，可避免因水位不足或温控系统尚未达到热平衡而产生的系统误差。同时，设定每隔10min记录一次、连续6次的要求，有助于识别设备在稳定状态下的波动情况。对五个测点的温度数据进行比较，计算各测量点温度与设定温度的偏差，并选取偏差绝对值最大的点作为水浴温度偏差，该方法符合JJF 2019-2022的统计原则，即采用极值法表征设备在空间和时间上的最不利温度偏差，最大偏差的取值方式能够确保测量结果覆盖设备可能出现的最不利工况，从而为试验提供最严格的保证。

#### （7）车辙深度测量示值误差

通过在位移传感器探测头与检测平板之间逐级放置不同标称厚度的标准量块，获得传感器在各对应位置的读数；以“终值-初值-标称值”的方式计算示值误差，直接反映传感器测量值与真实长度之间的偏差。这种方法操作简便、结果直观，且与国家计量规范JJF 1305-2011《线位移传感器校准规范》所推荐的思路一致。选取1mm、5mm、10mm、20mm的量块，覆盖车辙深度传感器的常用量程区间，确保校准结果具有代表性。每个点位重复测量3次并取算术平均值，有助于减小随机误差。

#### （8）车辙深度动态采集误差

车辙深度动态采集误差的校准方法是基于汉堡浸水车辙仪的实际试验工况进行设计的。所选取的11个数据采集点位（-114mm、-91mm、-69mm、-46mm、-23 mm、0mm、+23 mm、+46mm、+69 mm、+91 mm、+114 mm）直接参考了现行试验规范中的规定，与仪器实际试验过程中数据采集点位保持一致，这种设置保证了校准过程与实际试验条件高度匹配，具有代表性和可比性。

该方法的实施过程实际上等同于一次受控条件下的模拟试验。通过设定仪器在正常试验状态下运行，并在标准试块上进行动态碾压，能够真实再现仪器在实际车辙试验中的采集工况，从而更准确地评价其动态深度采集性能。

标准试块的作用：标准试块为经过精密加工的标准器具，其几何形状与轨迹已知、可靠且可追溯。它为深度数据提供基准，确保了采集数据能够与标准值进行有效比对。

采集到的各点深度值与标准试块的已知深度值直接对比，采用均方根误差（RMSE）作为整体误差指标，能综合反映所有点位的总体偏差情况，避免单点误差带来的片面性。在AASHTO T324-23中，明确推荐采用均方根误差对采集曲线与标准曲线进行一致性评价，这一规定为本方法的结果计算提供了可靠的国际标准依据。将10组均方根误差结果取算术平均值作为最终校准结果，保证结果的科学性与可信度。

#### **（七）校准结果**

该部分严格参照JJF 1071-2010的要求，以保证规范的科学性、统一性。

#### **（八）复校时间间隔**

根据计量校准规范的通行做法，复校时间间隔通常建议不超过一年。这一规定来源于计量管理的基本原则，旨在保证仪器在使用周期内保持量值准确和稳定。根据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，校准规范中推荐的复校周期应具有指导性而非强制性，应允许使用单位结合自身情况自主决定。

### **六、试验验证分析**

规范编制组选取国内外三个不同生产单位的汉堡浸水车辙仪进行试验，对汉堡浸水车辙仪计量特性所涉及的具体指标进行了试验验证，报告见附件《汉堡浸水车辙仪试验验证报告》。