

国家计量技术规范

《车载式路面磨耗测量仪》

编制说明

(征求意见稿)

规范编制组

2023年8月

# 目 录

一、任务来源 .....	1
二、编写背景 .....	1
三、编写过程 .....	3
四、编写依据 .....	4
五、主要技术内容 .....	4
六、试验验证报告 .....	7
七、不确定度分析报告 .....	13

## 一、任务来源

根据 2022 年国家计量技术规范制修订计划，由交通运输部公路科学研究所主持承担国家计量技术规范《车载式路面磨耗测量仪校准规范》的制定工作。本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行制定。

## 二、编写背景

我国大量的构造深度检测数据表明，轮迹带处磨耗是大于非轮迹带处的，主要归因于交通引起的路面材料磨损；在交通荷载与环境因素的交互作用下，路面抗滑性能与微观、宏观构造随着作用时间的增加而衰退。

利用车载激光装备检测得到的一条线上的构造深度的绝对值，很难来判别有磨耗的路段，其结果和专家对路面磨耗状况的判断有很弱的关联。路面磨耗必须基于构造深度相对值的比较，而构造深度的横向不均匀性测量有助于判别构造深度损耗恶化的位置，根据公路养护的实际需要，现行《公路技术状况评定标准》提出了一种路面磨耗快速检测和计算方法，基于多线构造深度的自动化检测方法。从路面磨耗的快速检测方法来看，其关键是得到无磨耗状况下的断面平均构造深度值，以此作为基准值；通过计算相对于无磨耗状况下的构造深度下降情况，表征路面磨耗状况，以用于确定合适的养护时机和方法。

路面磨耗是进行路面预防性养护决策的一个重要考虑因素，路面磨耗仪的准确可靠对交通行业的交通安全至关重要。《公路技术状况评定标准》（JTG 5210-2018）提出了基于多线构造深度 MPD(Mean Profile Depth)的路面磨耗快速检测方法，研究了路面构造深度与路面磨耗率 WR(Wear Ratio)的关系，建立了路面磨耗与路面磨耗指数 PWI 评价模型及评价标准。路面磨耗指数图如图 1 所示，基于此类研究，国内各大厂家对此类设备进行了研究生产，但车载式路面磨耗快速检测仪的专用的计量技术研究目前基本处于空白状况，车载式路面磨耗快速检测仪如图 2 所示。

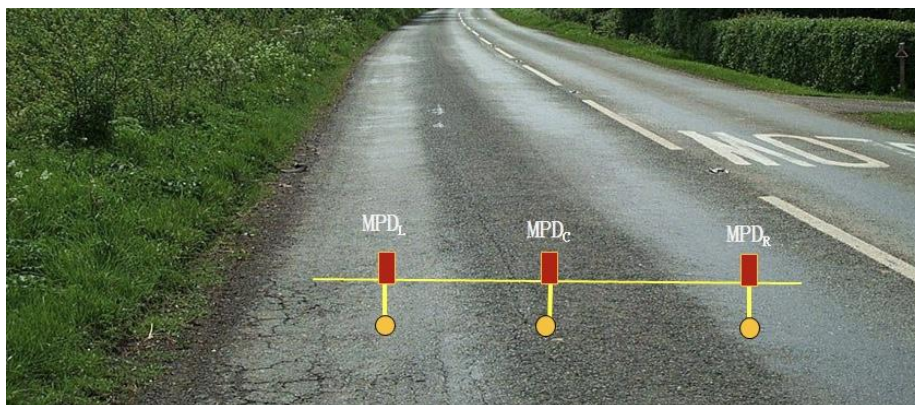


图 1 路面磨耗指数



图 2 车载式路面磨耗快速检测仪

随着《公路技术状况评定标准》(JTG 5210-2018)的实施,路面磨耗测量设备市场份额 200 余台,一直以来没有专用的计量技术规范,车载式路面磨耗测量仪采用分项溯源的方法进行溯源,存在以下问题:

1) 溯源要求不规范,未针对整个车载式路面磨耗测量仪整体进行溯源,未考虑交通行业使用要求。

2) 溯源机构不确定,不同的计量技术机构每次根据申请单位要求确定不同的校准项目,溯源缺乏一致性指导。

因此保证车载式路面磨耗测量仪量值溯源的准确性,建立一套车载式路面磨耗测量仪计量方法,解决车载式路面磨耗测量仪量值溯源问题,填补公路行业此类型设备计量方法的空已迫在眉睫。

### 三、编写过程

#### (一) 主要起草人员及其所做的工作

主要起草人及其所做的工作如表 1:

**表 1 主要起草人及其所做的工作**

人员	单位	所做工作
周毅姝	交通运输部公路科学研究所	负责试验方法研究及组织试验验证、全部章节的编写。
任励硕	中路高科交通科技集团有限公司	负责规范的理论分析, 校准方法的研究、验证工作。
张金凝	中路高科交通科技集团有限公司	负责规范的理论分析, 校准方法的研究、验证工作。
王继来	山东大学	负责部分试验验证工作。
卢达义	中路高科交通科技集团有限公司	负责部分试验验证工作。
冷正威	中路高科交通科技集团有限公司	负责部分试验验证工作。
王鹏飞	中路高科交通科技集团有限公司	负责附录编制。

#### (二) 工作进程

2022 年 3 月至 2022 年 4 月成立编写组, 正式启动编写工作。首先进行资料搜集, 汇总分析国内车载式路面磨耗测量仪相关的标准规程规范等; 同时对相关厂家、检测单位的设备进行调研分析, 并初步进行必要的试验验证。

2022 年 5 月至 6 月, 第一编写人完成草案稿, 组织编制组进行内部讨论, 明确需要进一步通过试验进行验证的计量要求和校准方法等技术内容。并开展相关试验验证, 修改和完善草案稿。

2022 年 6 月-2022 年 9 月, 将征求意见稿发送行业专业、生产厂家、检测机构等广泛征求意见, 根据讨论意见形成征求意见稿。

#### (三) 重大分歧意见的处理经过和依据

本规程在编写过程中无重大分歧意见。

## 四、编写依据

### （一）编写原则

标准编写格式依据 JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则编写。

### （二）参考文献

在规程编写中，编写组搜集了部分国内标准或规程资料，主要参照以下标准或规程：

- 1) JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则
- 2) JTG 5210-2018 公路技术状况评定标准
- 3) JJG 146-2011 量块
- 4) JJG 117-2013 平板
- 5) JJG 741-2005 标准钢卷尺、JJG 4-2015 钢卷尺
- 6) JJF1059.1-2010 测量不确定度评定与表示

### （三）国内外标准技术文件的兼容情况

国内外目前无相应设备的校准规范，国内外相关只有试验规程。该设备除国际间差异大，国外无校准规范外，在实施“一带一路”过程中，大量中国企业对外援助时无法使用国内的标准和规范，此后建议制订校准规范外文版。

### （四）与国家或其他行业计量校准规范的关系

本规程不违反现行法律、法规和强制性国家标准。

## 五、主要技术内容

### （一）计量性能要求

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三个附录：1 范围、2 引用文件、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 车载式路面磨耗测量仪校准记录表，附录 B 车载式路面磨耗测量仪校准结果内页格式，附录 C 车辙式车载式路面磨耗测量仪校准结果不确定度评定示例。

参考 JTG 5210-2018《公路技术状况评定标准》从以下方面考虑计量参数的选择及指标的确定。

1) 垂直测距示值误差

垂直测距误差要求： $\pm 0.5\text{mm}$ 。

2) 纵向测距传感器误差

纵向距离传感器误差： $\pm 0.1\%$ 。

通过调研各个生产厂家检测单位，均表示可以满足此项条件。近年来开展的测试服务也表明，个别不符合要求设备通过设备调试后均能满足要求。

3) 路面磨耗率

按照 JTG5210《公路技术状况评定标准》中公式计算路面磨耗率  $WR$  (%)。

公式中构造深度测量值按照 JJG（交通）112 检定规程试验方法得出，测量重复性及示值误差均应满足该规程要求。

依据：此设备的激光器及其他测量装置与车载式路面构造仪相同，其技术指标也基本一致，按照《公路技术状况评定标准》（JTG 5210-2018）中路面磨耗自动检测试验要求，及 JJG（交通）112 车载式路面激光构造深度仪中项目技术要求，制定了此类设备的技术指标。

通过调研各个生产厂家检测单位，均表示可以满足此项条件。近年来开展的测试服务也表明，个别不符合要求设备通过设备调试后均能满足要求。

## （二） 计量校准方法

1) 通用技术要求

通过目测和手感检查路面跳车仪。

2) 垂直测距示值误差

试验过程如下：

a) 将检测车停放在硬性路面上，把检测平台放在激光测距传感器正下方路面上，保证稳定；

b) 启动检测系统，激光测距传感器开始工作，手动调整检测平台，使激光点投射点位与检测平台的中心位置，并调平检测平台；

c) 激光测距传感器检定至检测平台的垂直距离，作为零基准点，然后分别放入标准值为 5mm、20mm、40mm、80mm 四种规格的标准量块，记录对应得到的检测系统输出示值，计算检测系统输出示值与标准量块的标称值之差。

2) 纵向测距传感器误差

试验过程如下：

a) 选择合适的平直路段，用钢卷尺或全站仪准确量取 500m 长度，并分别在始点、终点刻画标记；

b) 检测车放在试验路段的始点处，将纵向距离传感器测距轮的中心线对准始点标记，启动检测系统，检测车沿车道线平行方向驶向终点，当测距轮的中心线与终点标记对准时停车，计算检测系统输出的行驶距离检定值与试验路段量取的实际值的误差。

3) 路面磨耗率

试验过程如下：

a) 采用 4 个模拟圆盘进行构造深度测量，每个盘固定编号为盘 1、盘 2、盘 3、盘 4。分别测量左侧磨耗点 4 个盘的构造深度值，中间磨耗点 4 个盘的构造深度值，右侧磨耗点 4 个盘的构造深度值。构造深度 (*SMTD*) 示值测量方法按照 JJG (交通) 112-2012 中 7.3.4 执行。

b) 按照 JTG5210-2018 《公路技术状况评定标准》计算路面磨耗率  $WR$  (%)，计算公式：

$$WR_1 = 100 \times \frac{MPD_C - \min\{MPD_L, MPD_R\}}{MPD_C} \quad (1)$$

式中：

$WR_1$ ——被测设备测量得路面磨耗率 (%)；

$MPD_C$ ——路面构造深度基准值，采用无磨损的车道中线路面构造深度 (mm)；

$MPD_L$ ——左轮迹带的路面构造深度 (mm)。

$MPD_R$ ——右轮迹带的路面构造深度 (mm)。

c) 路面磨耗率  $WR_1$ 。按照公式 (2) 计算路面磨耗率测量误差  $\Delta_{WR}$ 。

$$\Delta_{WR} = WR_1 - WR_0 \quad (2)$$

式中：

$\Delta_{WR}$ ——路面磨耗率测量误差 (%)；

$WR_0$ ——路面标准磨耗率 (%)；

按上述分别计算路面磨耗率  $WR$  (%) 标准值和实测值，结果选取  $WR_1$  其中较



大误差值。

注：MPD 实际采用 SMTD 值计算。

### （三）通用技术要求

按照 JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则格式要求进行编辑。

### （四）计量器具控制中的校准条件

按照 JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则给出了试验条件和计量器具及要求编写，环境温度定为  $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，湿度为不大于 85%。

依据：超出  $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$  范围过冷过热对仪器设备精度造成影响。此设备与构造仪原理类似，同时按照 JJG（交通）112 车载式路面激光构造深度仪校准条件要求，采取一致校准条件。

## 六、试验验证报告

按照《车载式路面磨耗测量仪校准规范》（草案稿）规定的试验步骤，分别对垂直测距示值误差、纵向测距传感器误差、路面磨耗测量误差和路面磨耗测量重复性进行试验，试验结果均能满足本规范对技术指标的要求，试验现场如图 3 所示。



图 3 试验现场图

### 6.1 试验目的

通过试验数据确定垂直测距示值误差、纵向测距传感器误差、路面磨耗测量误差的计量技术指标要求。

## 6.2 试验方法

按照《车载式路面磨耗量仪校准规范》（草案稿）确定的试验方法开展。

## 6.3 数据分析

准备 2 台不同型号的磨耗测量仪，将其调整达到工作状态，分别用检测平台和量块、钢卷尺或全站仪、构造深度模拟盘和底座对垂直测距示值误差、纵向测距传感器误差、路面磨耗测量误差进行测试，测试结果如下表 2~表 3 所示。

**表 2 路面磨耗仪测试结果**

样品名称	车载式路面磨耗测量仪		样品编号	C2020-004-002			
型号规格	ZOYON-RTM		出厂编号	201646(DL-25)			
制造单位	武汉武大卓越科技有限责任公司						
校准依据	《车载式路面磨耗测量仪校准规范》 (草案稿)		校准地点	嘉兴市平湖区 迎晖路			
校准前样品状态	正常		校准后样品状态	正常			
环境条件	温度： 25 °C；湿度： 80 %RH；其他：						
测试所用的 计量标准 装置器具/ 主要仪器 设备	名称	测量范围	不确定度/准 确度等级/ 最大允许误差	证书编号	证书有效 期至	使用 前情 况	使用 前情 况
	量块	(5~80)mm	4 等	CDlx2021 -10258	2022-02-19	正常	正常
	钢卷尺	(0~50)m	I 级	CDjx2021 -10323	2022-02-22	正常	正常
	激光测 距传感 器	(0~200)m m	U=0.020mm ,k=2	CDjx2021 -13302	2022-10-10	正常	正常
	模拟盘	(0~2.0)m m	Ur=5.6%,k= 2	GDQ2021 -C001-00 4/GDQ20 21-C001- 006	2022-01-24	正常	正常
	检测平 台	/	0 级	JC21J-AC 000046	2022-08-22	正常	正常
测试结果							
序号	项目	状态	结果				
一	外观检查	<input checked="" type="checkbox"/>	正常				

二	垂直测距示值误差 (记录左、右传感器示值)	<input checked="" type="checkbox"/>	左测距示值 (mm)	示值误差 (mm)	右测距示值 (mm)	示值误差 (mm)
		量块 1	5.0	0	5.1	0.1
		量块 2	19.9	-0.1	19.9	-0.1
		量块 3	39.9	-0.1	39.9	-0.1
		量块 4	80	0	80.2	0.2
		垂直测距示值误差	左侧	-0.1	右侧	0.2
		量块 1	5.0	0	/	/
		量块 2	19.9	-0.1	/	/
		量块 3	39.9	-0.1	/	/
		量块 4	80	0	/	/
		垂直测距示值误差	中间	-0.1	/	/
三	纵向测距传感器误差 (记录距离输出值)	<input checked="" type="checkbox"/>	传感器测值(m)		纵向测距传感器误差(%)	
			500.14		0.03	
四	路面磨耗率测量误差	<input checked="" type="checkbox"/>	盘 1	盘 2	盘 3	盘 4
		左侧	0.33	0.85	1.36	1.73
			0.34	0.85	1.35	1.73
			0.34	0.85	1.35	1.73
			0.33	0.85	1.35	1.72
			0.33	0.84	1.36	1.74
			0.33	0.85	1.35	1.74
			0.33	0.85	1.34	1.74
			0.33	0.84	1.34	1.73
			0.33	0.84	1.35	1.72
		中间	0.33	0.83	1.37	1.73
			0.33	0.83	1.37	1.74
			0.33	0.83	1.37	1.74
			0.33	0.83	1.37	1.74
			0.33	0.84	1.37	1.74

			0.33	0.83	1.37	1.74
			0.32	0.84	1.37	1.74
			0.33	0.84	1.37	1.73
			0.33	0.84	1.37	1.73
			0.33	0.83	1.37	1.74
			0.34	0.83	1.36	1.74
		右侧	0.34	0.81	1.36	1.74
			0.34	0.82	1.35	1.74
			0.34	0.81	1.35	1.74
			0.34	0.82	1.36	1.74
			0.34	0.81	1.35	1.73
			0.33	0.81	1.35	1.74
			0.34	0.81	1.35	1.74
			0.34	0.81	1.35	1.73
			0.34	0.81	1.35	1.73
			0.33	0.81	1.34	1.72
		路面磨耗率 WR (%) 误差	-3.0%			

校准：\_\_\_\_\_ 核验：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

表 3 路面磨耗仪测试结果

样品名称	车载式路面磨耗测量仪		样品编号	C2020-024-001			
型号规格	LP-1		出厂编号	A31C20160562			
制造单位	中公高科养护科技股份有限公司						
校准依据	《车载式路面磨耗测量仪校准规范》 (草案稿)		校准地点	乌鲁木齐市米东区轮台东路			
校准前样品状态	正常		校准后样品状态	正常			
环境条件	温度： 31 °C；湿度： 16 %RH；其他： /						
测试所用的计量 标准装置器具/ 主要仪器设备	名称	测量范围	不确定度/准 确度等级/最 大允许误差	证书编号	证书有 效期至	使用前 情况	使用前 情况

	量块	(5~80)m m	4 等	CDlx2021 -10258	2022-02- 19	正常	正常
	钢卷尺	(0~50)m	I 级	CDjx2021 -10323	2022-02- 22	正常	正常
	激光测距传感器	(0~200)m m	U=0.020mm ,k=2	CDjx2021 -13302	2022-10- 10	正常	正常
	模拟盘	(0~2.0)m m	Ur=5.6%,k= 2	GDQ2021 -C001-00 4/GDQ20 21-C001- 006	2022-01- 24	正常	正常
	检测平台	/	0 级	JC21J-AC 000046	2022-08- 22	正常	正常
测试结果							
序号	项目	状态	结果				
一	外观检查	<input checked="" type="checkbox"/>	正常				
二	垂直测距示值误差 (记录左、右传感器示值)	<input checked="" type="checkbox"/>	测距示 值(mm)	示值误 差(mm)	测距示 值(mm)	示值误 差(mm)	
		量块 1	5.0	0	5.1	0.1	
		量块 2	19.9	-0.1	19.9	-0.1	
		量块 3	39.9	-0.1	39.9	-0.1	
		量块 4	80	0	80.1	0.1	
		垂直测距示 值误差	左侧	-0.1	右侧	-0.1	
		量块 1	5.0	0	/	/	
		量块 2	19.9	-0.1	/	/	
		量块 3	39.9	-0.1	/	/	
		量块 4	80	0	/	/	
		垂直测距示 值误差	中间	-0.1	/	/	
三	纵向测距传感器误差 (记录距离输出值)	<input checked="" type="checkbox"/>	传感器测值(m)		纵向测距传感器误 差(%)		
			499.8		0.04		
四	路面磨损率测量误差	<input checked="" type="checkbox"/>	盘 1	盘 2	盘 3	盘 4	
			左侧	0.32	0.8	1.36	1.72

			0.32	0.81	1.35	1.71	
			0.33	0.81	1.36	1.73	
			0.32	0.8	1.35	1.72	
			0.32	0.81	1.36	1.71	
			0.32	0.8	1.36	1.72	
			0.32	0.81	1.35	1.7	
			0.32	0.8	1.35	1.71	
			0.32	0.81	1.35	1.71	
			0.32	0.8	1.35	1.71	
		中间	0.33	0.82	1.37	1.74	
			0.33	0.82	1.36	1.73	
			0.33	0.82	1.36	1.73	
			0.34	0.82	1.36	1.74	
			0.33	0.82	1.35	1.74	
			0.33	0.81	1.36	1.74	
			0.34	0.82	1.36	1.74	
			0.34	0.81	1.36	1.75	
			0.33	0.81	1.36	1.74	
		右侧	0.33	0.81	1.37	1.71	
			0.33	0.81	1.37	1.73	
			0.33	0.8	1.35	1.71	
			0.32	0.8	1.36	1.73	
			0.32	0.8	1.37	1.71	
			0.33	0.81	1.36	1.71	
			0.33	0.8	1.37	1.7	
			0.33	0.8	1.36	1.71	
			0.33	0.8	1.36	1.72	
		0.33	0.8	1.36	1.71		
		路面磨耗率	2.8%				

		WR (%) 误差	
--	--	-----------	--

校准：\_\_\_\_\_ 核验：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

## 6.4 试验结论

通过对 2 台路面磨耗测量测试数据的收集、整理，垂直测距示值误差、纵向测距传感器误差、路面磨耗测量误差均符合校准规范提出的参数指标。

## 七、不确定度分析报告

### 7.1 概述

采用磨耗测量仪等对非接触式测距设备进行路面磨耗检测时，依据激光测量法路面构造深度检测方法，对 300mm 长度段落内等间距校准点的高度数列，进行二次抛物线回归后的计算残差，获得构造深度值并计算输出路面磨耗率 WR (%)。

### 7.2 垂直距离测量结果的不确定度

#### 7.2.1 测量模型的建立

$$\Delta = L_1 - L_0$$

式中：

$\Delta$  ——垂直测距传感器示值误差，mm；

$L_1$  ——被检设备测得的垂直距离，mm；

$L_0$  ——量块标称值，mm。

#### 7.2.2 不确定度分量的评定

##### 1) 由测量重复性引入的不确定度

选取典型设备，测量标称值为 20mm 标准量块，重复三次测量，所得数据为：20.1mm，20.0mm，20.1mm。

用极差法计算标准差（3 次  $C_n$  取 1.69）

$$S_l = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{C_n}$$

代入计算得  $S_l = 0.059\text{mm}$ 。

$$u_1 = \frac{S_l}{\sqrt{n}}$$

代入计算得  $u_1 = 0.034\text{mm}$ 。

2) 由标准装置引入的不确定度

查 JJG 146-2011 量块检定规程, 标称 20mm 的 4 等量块测量不确定度为  $u_2 = 0.25\mu\text{m}$ 。

### 7.2.3 合成标准不确定度的计算

1) 不确定度分量的汇总

路面磨耗仪垂直测距传感器示值校准结果的不确定度分量汇总见表 4。

表 4 不确定分量汇总

序号	不确定度来源	不确定度分量	类别	分布
1	测量重复性引入的不确定度	$u_1 = 0.034\text{mm}$	A	/
2	标准装置测值的不确定度	$u_2 = 0.25\mu\text{m}$	B	正态

2) 不确定度的合成

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

计算得:  $u_c = 0.03400092\text{mm}$ , 取  $u_c = 0.035\text{mm}$

### 7.2.4 合成扩展不确定度的计算

取  $k = 2$ , 则  $U = 0.070\text{mm}$

### 7.2.5 不确定度的描述

垂直距离测量结果的扩展不确定度:

$$U = 0.07\text{mm}, k = 2$$

## 7.3 纵向距离测量结果的不确定度

### 7.3.1 测量模型的建立

$$\Delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中:

$\Delta$ ——纵向距离传感器示值相对误差;



$l_1$ ——被检设备测得的纵向距离，m；

$l_0$ ——标准装置测得的纵向距离，m。

### 7.3.2 不确定度分量的评定

1) 由标准装置引入的标准不确定度

钢卷尺检定结论 I 级，该等级钢卷尺最大允许误差为：

$$MPEV=0.1\text{mm} + 0.1 \times 10^{-4}L=0.1\text{mm}+0.1 \times 10^{-4} \times 50\text{m}=0.6\text{mm},$$

其引入的标准不确定度  $u_1=0.6/\sqrt{3}=0.3464\text{mm}$ 。

2) 由重复性（被检设备测量过程）引入的标准不确定度；

校准过程采用 10 次重复测量作为仪器示值误差的计算依据，由重复性引入的标准不确定度为： $u_2 = s(\bar{X}) = s(X)/\sqrt{n'}$ ，其中， $s(X)$  为 10 次测量的试验标准差，由贝赛尔公式求得， $n'$  取 1，重复性测量结果见表 5。

表 5 重复性测量结果

重复次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (m)	500.19	500.17	500.14	500.11	500.08	500.05	500.02	499.99	499.98	499.91
平均值 (m)	500.064									
标准差 (m)	0.090									

计算得标准不确定度： $u_2 = s(\bar{X}) = s(X)/\sqrt{n'} = 0.090\text{m}$

### 7.3.3 合成标准不确定度的计算

1) 不确定度分量的汇总

车载式路面激光平整度仪纵向距离校准结果的不确定度分量汇总见表 6。

表 6 不确定度分量汇总

序号	不确定度来源	不确定度分量	类别	分布
1	标准装置引入的标准不确定度	$u_1=0.3464\text{mm}$	B	正态
2	重复性引入的标准不确定度	$u_2=0.090\text{m}$	A	/

2) 不确定度的合成

合成标准不确定度为： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}=0.091$

### 7.3.4 合成相对扩展不确定度的计算

取  $k = 2$ ,

合成扩展不确定度:  $U=2u_c=0.182\text{m}$ ,

合成相对扩展不确定度:  $U_r=0.182\text{m}/500\text{m}=0.0364\%$

### 7.3.5 不确定度的描述

纵向距离测量的相对扩展不确定度:

$$U_r = 0.04\%, k = 2$$

## 7.4 路面磨耗测量结果的不确定度

### 7.4.1 测量模型的建立

$$WR = 100 \times \frac{MPD_c - \min\{MPD_L, MPD_R\}}{MPD_c}$$

式中: WR —— 路面磨耗率 (%);

MPD<sub>c</sub> —— 路面构造深度基准值, 采用无磨损的车道中线路面构造深度 (mm);

MPD<sub>L</sub> —— 左轮迹带的路面构造深度 (mm);

MPD<sub>R</sub> —— 右轮迹带的路面构造深度 (mm)。

(注: 不确定度分量评定中采用盘 4 和盘 2 进行计算, 盘 4 构造深度值对应模型公式中 MPD<sub>c</sub>, 盘 2 构造深度值对应  $\min\{MPD_L, MPD_R\}$ , 若采用盘 3 构造深度值对应  $\min\{MPD_L, MPD_R\}$  不确定度评定方法及结果基本一致)

### 7.4.2 不确定度分量的评定

#### 1) 中间点 MPD<sub>c</sub> 盘 4 的不确定度分量的评定

##### a) 由标准装置引入的相对标准不确定度

查校准证书, 构造深度示值误差的不确定度  $u_1=U/2=2.1\%/2=1.05\%$ 。

##### b) 由重复性 (被检设备测量过程) 引入的相对标准不确定度 $u_2$ ;

校准过程采用 10 次重复测量作为仪器示值误差的计算依据, 由重复性引入的相对标准不确定度为:  $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'}$ , 其中,  $s(X)$  为 10 次测量的试验标准差, 由贝赛尔公式求得,  $n'$  取 10; 重复性测量结果见表 7。

表 7 重复性测量结果

重复次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	2.08	2.05	2.12	2.10	2.09	2.09	2.11	2.10	2.10	2.07
平均值 (mm)	2.09									
标准差 (mm)	0.02									

计算得相对标准不确定度： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'} = 0.31\%$ 。

c) 不确定度分量的汇总

车载式路面激光平整度构造深度校准结果的不确定度分量汇总见表 8。

表 8 不确定分量汇总

序号	不确定度来源	不确定度分量	类别	分布
1	标准装置引入的相对标准不确定度	$u_1=1.05\%$	B	正态
2	重复性引入的相对标准不确定度	$u_2=0.31\%$	A	/

d) 不确定度的合成

合成标准不确定度为： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.14\%$

2) 左侧点 MPDL 盘 2 的不确定度分量的评定

a) 由标准装置引入的相对标准不确定度 $u_1$ ；

查校准证书，构造深度示值误差不确定度  $u_1=U/2=2.1\%/2=1.05\%$ 。

b) 由重复性（被检设备测量过程）引入的相对标准不确定度 $u_2$ ；

校准过程采用 10 次重复测量作为仪器示值误差的计算依据，由重复性引入的相对标准不确定度为： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'}$ ，其中， $s(X)$  为 10 次测量的试验标准差，由贝赛尔公式求得， $n'$  取 10；重复性测量结果见表 9。

表 9 重复性测量结果

重复次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	0.90	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91
平均值 (mm)	0.90									
标准差 (mm)	0.01									

计算得相对标准不确定度： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'} = 0.18\%$ 。

c) 不确定度分量的汇总

车载式路面激光平整度构造深度校准结果的不确定度分量汇总见表 10。

表 10 不确定分量汇总

序号	不确定度来源	不确定度分量	类别	分布
1	标准装置引入的相对标准不确定度	$u_1=1.05\%$	B	正态
2	重复性引入的相对标准不确定度	$u_2=0.18\%$	A	/

d) 不确定度的合成

合成标准不确定度为： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.11\%$ 。

#### 7.4.3 磨耗率合成相对标准不确定度的计算

按照数学公式  $WR=100 \times \frac{MPD_c - \min\{MPD_L, MPD_R\}}{MPD_c}$ ，进行合成不确定度  $u_{rc}$  计算，

各输入量间不相关，式中采用盘 4 及盘 2 的不确定度分量带入：

WR 合成不确定度

$$u_{rc} = \sqrt{u'_{rc4}{}^2 + u'_{rc2L}{}^2} = \sqrt{(1.14\%)^2 + (1.11\%)^2} = 1.59\%$$

(式中  $u'_{rc4}{}^2$  为中间的盘 4 的合成不确定度， $u'_{rc2L}$  为左侧点盘 2 的合成不确定度)

#### 7.4.4 磨耗率合成相对扩展不确定度的计算

取  $k=2$ ，

合成相对扩展不确定度： $U_r = 2u_{rc} = 3.18\%$ ， $k=2$ 。

当校准结果不确定度小于 5% 时，一般取  $U_r = 5\%$ ， $k=2$ 。

#### 7.4.5 磨耗率不确定度的描述

磨耗率的不确定度描述： $U_r = 5\%$ ， $k=2$ 。