



中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG(交通) 100—2020

代替 JJG(交通) 100—2010

双轮式横向力摩擦系数自动测试系统

Automatic Testing System of Twin-wheel Side Force Coefficient



2020-02-28 发布

2020-04-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

双轮式横向力摩擦系数 自动测试系统检定规程

**Verification Regulation of
Automatic Testing System of
Twin-wheel Side Force Coefficient**

JJG(交通) 100—2020

代替 JJG(交通) 100—2010

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
国家道路与桥梁工程检测设备计量站
北京路桥通国际工程咨询有限公司

参加起草单位:北京市道路工程质量监督站



本规程委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

荆根强(交通运输部公路科学研究所)
郭鸿博(国家道路与桥梁工程检测设备计量站)
刘 璐(交通运输部公路科学研究所)
张 冰(国家道路与桥梁工程检测设备计量站)
和 松(北京路桥通国际工程咨询有限公司)

参加起草人：

薛忠军(北京市道路工程质量监督站)
苗 娜(交通运输部公路科学研究所)
王义旭(交通运输部公路科学研究所)
陈 南(交通运输部公路科学研究所)
李 达(北京市道路工程质量监督站)



目 录

引言	Ⅲ
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量性能要求	1
4.1 拖车	1
4.2 测量装置	2
5 通用技术要求	2
5.1 外观	2
5.2 标志	2
6 计量器具控制	2
6.1 检定条件	2
6.2 检定项目	2
6.3 检定方法	3
6.4 检定结果处理	6
6.5 检定周期	6
附录 A 横向力系数计算模型	7
附录 B 专用校准板技术要求	8
附录 C 横向摩擦力检定装置	9
附录 D 双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定记录表格式	10
附录 E 双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定证书内页格式	11
附录 F 双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定结果通知书内页格式	13



引 言

本规程依据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》编写。

本规程代替 JJG(交通)100—2010《双轮式横向力摩擦系数自动测试系统》,与 JJG(交通)100—2010 相比,除编辑性修改外,主要技术内容变化如下:

- 修改了对系统组成及工作原理的描述(见第3章,2010年版的第3章);
- 增加了对横向力系数计算模型的要求(见第3章、附录A);
- 增加了对测试轮和测距轮轮胎气压的要求(见4.1);
- 删除了对测试轮胎面与被测试路面接触长度的要求(见2010年版的4.1、6.3.2);
- 修改了测试轮静态垂直荷载要求(见4.1,2010年版的4.3);
- 增加了对横向摩擦力示值相对误差的要求(见4.2);
- 增加了对测试轮轴台端面夹角专用校准板的要求(见6.1.2、附录B);
- 增加了对横向摩擦力检定装置及其性能的要求(见6.1.2、附录C);
- 修改了测试轮轴台端面之间的夹角的试验方法(见6.3.2,2010年版的6.3.3);
- 增加了横向摩擦力示值相对误差试验方法(见6.3.7);
- 修改了重复性试验方法(见6.3.8,2010年版的6.3.8)。

本规程历次版本发布情况:

- JJG(交通)100—2010。



双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定规程

1 范围

本规程适用于双轮式横向力摩擦系数自动测试系统的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

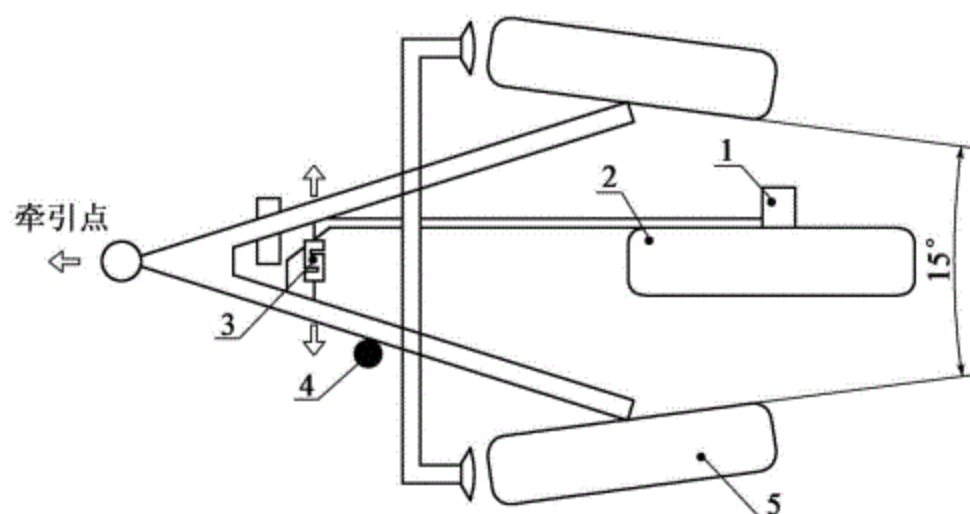
本规程引用下列文件：

JT/T 778 双轮式横向力摩擦系数自动测试系统

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规程;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规程。

3 概述

双轮式横向力摩擦系数自动测试系统(以下简称测试系统)是用于快速测量路面横向力系数(SFC),以实现路面抗滑性能评价的一种常用仪器系统。测试系统由牵引车、供水装置、拖车、计算机数据采集及存储单元、测量装置等组成。其中,测量装置包括距离测量装置、横向力测量装置、温度测量装置等,其结构示意图见图1。



说明:

1——距离测量装置; 3——横向力测量装置; 5——测试轮

2——测距轮; 4——温度测量装置;

图1 测量装置结构示意图

测试系统工作原理:当牵引车按一定的测试速度牵引拖车行驶时,两个测试轮与接触面之间产生横向摩擦力,由横向力测量装置进行测量,根据计算模型(附录A)得到横向力系数(SFC)。

4 计量性能要求

4.1 拖车

拖车的计量性能应符合以下要求:

- 测试轮轴台端面之间的夹角为 $(15 \pm 1)^\circ$;
- 测试轮轮胎气压为 (70 ± 3.5) kPa;

- c) 测距轮轮胎气压为 (210 ± 13.7) kPa;
- d) 测试轮静态垂直荷载为 (761 ± 9) N。

4.2 测量装置

测量装置的计量性能应符合以下要求:

- a) 温度测量装置示值误差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- b) 距离测量装置示值相对误差为 $\pm 0.3\%$;
- c) 横向摩擦力示值相对误差为 $\pm 3\%$;
- d) 横向摩擦力测量重复性用相对标准偏差(S_r)表示,不大于5%。

5 通用技术要求

5.1 外观

测试系统外观应光洁、无缺损、无锈蚀,表面漆层应光滑、均匀,且配置相关警示标志。

5.2 标志

测试系统的标志应符合 JT/T 778 的要求。

6 计量器具控制

6.1 检定条件

6.1.1 检定环境条件

检定环境条件要求如下:

- a) 环境温度: $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$;
- b) 环境湿度:不大于 85% RH。

6.1.2 检定用器具

检定用器具要求如下:

- a) 试验平台:表面由硬质钢板制成,尺寸不小于 $1\text{m} \times 1\text{m}$,平面度不大于 $0.2\text{mm}/100\text{mm}$,并配有举升装置;
- b) 钢直角尺: $1\,000\text{mm} \times 600\text{mm}$,分度值不大于 1mm ,最大允许误差为 $\pm 0.3\text{mm}$;
- c) 测试轮轴台端面夹角专用校准板(简称专用校准板):技术要求见附录 B;
- d) 轮胎气压表:测量范围为 $0\text{kPa} \sim 700\text{kPa}$,分度值不大于 1kPa ;
- e) 测力仪:测量范围为 $0\text{N} \sim 1\,000\text{N}$,准确度 0.3 级;
- f) 黑体辐射源:测量范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$,最大允许误差为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$;
- g) 光电编码器测距装置:测量范围为 $0\text{m} \sim 5\,000\text{m}$,最大允许误差为 $\pm 0.1\%$;
- h) 横向摩擦力检定装置:技术要求见附录 C。

6.2 检定项目

检定项目见表 1,检定记录表格式见附录 D。

表 1 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观	+	+	+
测试轮轴台端面之间的夹角	+	+	-

表 1(续)

检 定 项 目	首 次 检 定	后 续 检 定	使用中检查
测试轮和测距轮的轮胎气压	+	+	+
测试轮静态垂直荷载	+	+	+
温度测量装置示值误差	+	+	+
距离测量装置示值相对误差	+	+	+
横向摩擦力示值相对误差	+	+	-
横向摩擦力测量重复性	+	+	-
注:凡需检定的项目用“+”表示,不需检定的项目用“-”表示。			

6.3 检定方法

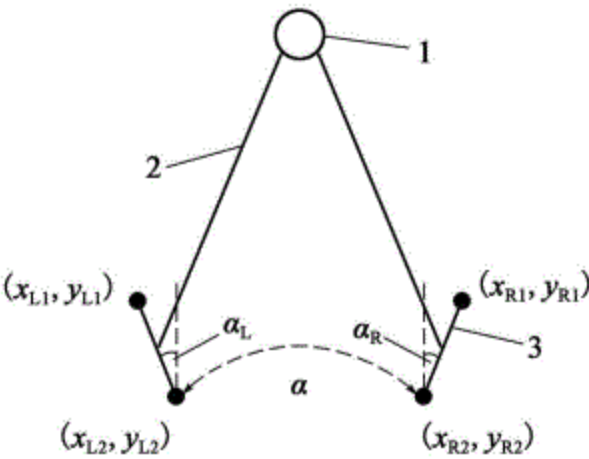
6.3.1 外观检查

通过目测和手感方法检查测试系统外观。

6.3.2 测试轮轴台端面之间的夹角

试验步骤如下:

- a) 调整拖车测试轮至正常测试状态,用举升装置举升拖车,拆除两个测试轮,在两个测试轮的轴台位置各安装一块专用校准板;
- b) 启动举升装置,将拖车平稳地降至试验平台上;
- c) 用钢直角尺分别量取左、右两块专用校准板各定位点的坐标,测试轮夹角测量示意图见图 2;



说明:

1——牵引点; 2——拖车主梁; 3——专用校准板

图 2 测试轮夹角测量示意图

- d) 按式(1)计算测试轮轴台端面之间的夹角 α 。

$$\alpha = \alpha_L + \alpha_R \tag{1}$$

式中: α_L ——左侧测试轮偏角($^\circ$),按式(2)计算;

α_R ——右侧测试轮偏角($^\circ$),按式(3)计算。

$$\alpha_L = \arctan \frac{|x_{L2} - x_{L1}|}{|y_{L2} - y_{L1}|} \tag{2}$$

式中: $x_{L1}, y_{L1}, x_{L2}, y_{L2}$ ——左侧专用校准板定位点坐标(mm)。

$$\alpha_R = \arctan \frac{|x_{R2} - x_{R1}|}{|y_{R2} - y_{R1}|} \quad (3)$$

式中: $x_{R1}, y_{R1}, x_{R2}, y_{R2}$ ——右侧专用校准板定位点坐标(mm)。

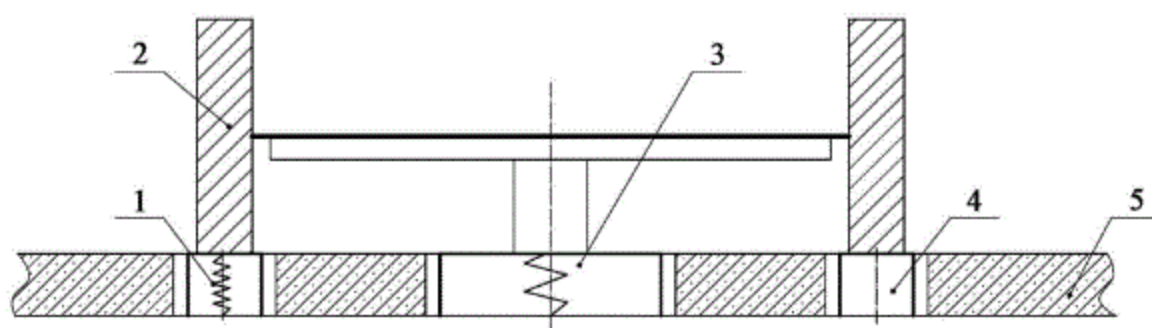
6.3.3 测试轮和测距轮的轮胎气压

使用轮胎气压表测量测试轮和测距轮的轮胎气压。

6.3.4 测试轮静态垂直荷载

试验步骤如下:

- 调节试验平台至水平状态,在两个测试轮支撑位置分别放置测力仪和钢制垫块,使其顶面与试验平台均处于同一高度;
- 将拖车调整至测试状态,用举升装置举升拖车,并将其转移到试验平台上,使两个测试轮分别放置于测力仪和钢制垫块正上方,如图3所示;



说明:

1——测力仪; 2——测试轮; 3——举升装置; 4——钢制垫块; 5——试验平台

图3 静态垂直荷载测量示意图

- 将牵引点调节至拖车正常工作状态时的高度,待稳定后,记录测力仪示值,该示值即为对应测试轮的静态垂直荷载;
- 举升拖车,调换测力仪和钢制垫块的位置,重复 a) ~ c) 的步骤,测量另一个测试轮的静态垂直荷载。

6.3.5 温度测量装置示值误差

试验步骤如下:

- 将黑体辐射源的温度设置为 $t^{\circ}\text{C}$,并使其保持稳定;
- 将温度测量装置对准黑体辐射源的测试区域,调节其距离与温度测量装置的工作距离相等,1min 内分别读取 3 次黑体辐射源温度示值和温度测量装置示值;
- 按式(4)计算温度测量装置在 $t^{\circ}\text{C}$ 的示值误差;

$$\Delta_t = \bar{T}_t - \bar{T}_{t,0} \quad (4)$$

式中: Δ_t ——温度测量装置在 $t^{\circ}\text{C}$ 时的示值误差($^{\circ}\text{C}$);

$\bar{T}_t$ ——温度测量装置 3 次记录的 $t^{\circ}\text{C}$ 示值的平均值($^{\circ}\text{C}$);

$\bar{T}_{t,0}$ ——黑体辐射源 3 次记录的 $t^{\circ}\text{C}$ 示值的平均值($^{\circ}\text{C}$)。

- 分别计算温度测量装置在 $t = 10, 30, 50$ 时的示值误差,以最大值作为温度测量装置示值误差。

6.3.6 距离测量装置示值相对误差

试验步骤如下:

- 将拖车停放在试验平台上;

- b) 调整光电编码器测距装置使其与测距轮可靠接触;
- c) 启动测试系统和光电编码器测距装置的距离测量功能,并将两者初始距离示值清零;
- d) 转动拖车的测距轮,使其与光电编码器测距装置的转轮同步旋转,转动过程中如出现打滑现象,应重新试验;
- e) 当光电编码器测距装置和测试系统的距离示值均大于 500m 时,停止转动测距轮;
- f) 测距轮静止后,分别记录光电编码器测距装置和测试系统的距离示值,按式(5)计算距离测量装置示值相对误差。

$$\delta_d = \frac{d_t - d_0}{d_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中: δ_d ——距离测量装置示值相对误差;

d_t ——测试系统的距离测量结果(m);

d_0 ——光电编码器测距装置的距离测量结果(m)。

6.3.7 横向摩擦力示值相对误差

试验步骤如下:

- a) 调整横向摩擦力检定装置基座使其水平;
- b) 将测试系统的两测试轮分别平稳放置于横向摩擦力检定装置的摩擦试件上方,保持左右对称,见图 C.1;
- c) 打开横向摩擦力检定装置专用软件,将初始力值清零;
- d) 打开计算机数据采集及存储单元,调整到按时间触发的测力模式;
- e) 开启牵引机构使其平稳向前牵引拖车,同时,由横向摩擦力检定装置专用软件记录标准力值曲线,测试系统记录测试轮与接触面之间的横向摩擦力值曲线;
- f) 当测试系统移动距离超过 50mm 时即停止牵引,保存标准力值曲线及横向摩擦力值曲线;
- g) 重复 b) ~ f) 的步骤 3 次,以试验中各曲线拐点处的力值作为测量结果,按式(6)计算横向摩擦力示值相对误差。

$$\delta_F = \frac{\bar{F}_s - \bar{F}_0}{\bar{F}_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中: δ_F ——测试系统横向摩擦力示值相对误差;

$\bar{F}_s$ ——测试轮接触点的横向摩擦力 3 次测量结果的平均值(N);

$\bar{F}_0$ ——横向摩擦力检定装置力值 3 次测量结果的平均值(N)。

6.3.8 横向摩擦力测量重复性

试验步骤如下:

- a) 调整横向摩擦力检定装置基座使其水平;
- b) 将测试系统的两测试轮分别平稳放置于横向摩擦力检定装置的摩擦试件上方,保持左右对称;
- c) 打开计算机数据采集及存储单元,调整到按时间触发的测力模式;

- d) 开启牵引机构使其平稳向前牵引拖车,同时,测试系统记录测试轮与接触面之间的横向摩擦力值曲线;
- e) 当测试系统移动距离超过 50mm 时即停止牵引,保存测试系统所输出的横向摩擦力值曲线,记录曲线拐点处的力值;
- f) 重复 b) ~ e) 的步骤 10 次,每次试验前旋转测试轮 30°以调整接触位置;
- g) 按式(7)计算重复性标准偏差,按式(8)计算相对标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

$$S_r = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (8)$$

式中: s ——标准偏差(N);

n ——测量次数,此处取 $n = 10$;

x_i ——第 i 次测试曲线拐点处的力值(N);

$\bar{x}$ —— n 次测试结果的算术平均值(N);

S_r ——相对标准偏差。

6.4 检定结果处理

检定合格的双轮式横向力摩擦系数自动测试系统发给检定证书,检定证书内页格式见附录 E;检定不合格的双轮式横向力摩擦系数自动测试系统发给检定结果通知书,并注明不合格项目,检定结果通知书内页格式见附录 F。

6.5 检定周期

测试系统的检定周期应根据实际情况而定,一般不超过 1 年。



附录 A

横向力系数计算模型

测试系统的测量结果用横向力系数(SFC)表示,其计算模型如式(A.1)所示。

$$SFC = 100 \times (F_T \cdot \cos\theta / W) \quad (A.1)$$

式中: θ ——测试轮旋转面偏离拖车行驶方向的角度(偏航角)($^\circ$),按式(A.2)计算;

F_T ——测试轮胎所受到的横向摩擦力(N),按式(A.3)计算;

W ——两测试轮静态垂直荷载的平均值(N)。

$$\theta = \alpha/2 \quad (A.2)$$

式中: α ——测试轮轴台端面之间的夹角($^\circ$)。

$$F_T = \beta_0 + \beta_1 \cdot F_s + \varepsilon \quad (A.3)$$

式中: β_0 ——计算模型的常数项(N);

β_1 ——计算模型的斜率;

F_s ——测试系统传感器的示值(N);

ε ——计算模型的噪声项(N)。

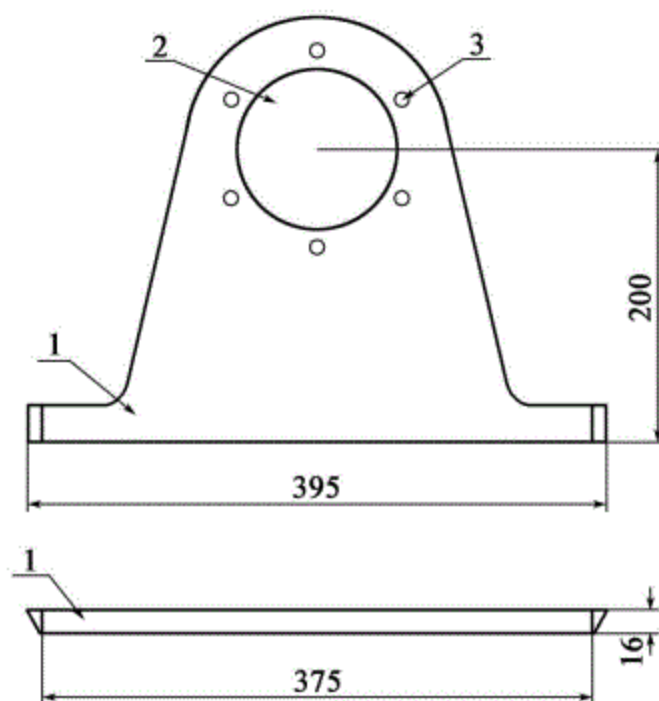
注:计算模型参数 β_0 、 β_1 和 ε 可根据拖车结构参数计算获得,或根据实测数据通过回归分析得到。



附录 B

专用校准板技术要求

专用校准板结构示意图见图 B.1, 图中未标尺寸的部分可按实际测试系统的轴台结构确定。



说明:

1——专用校准板; 2——安装中心孔; 3——安装螺栓孔

图 B.1 专用校准板结构示意图(单位:mm)

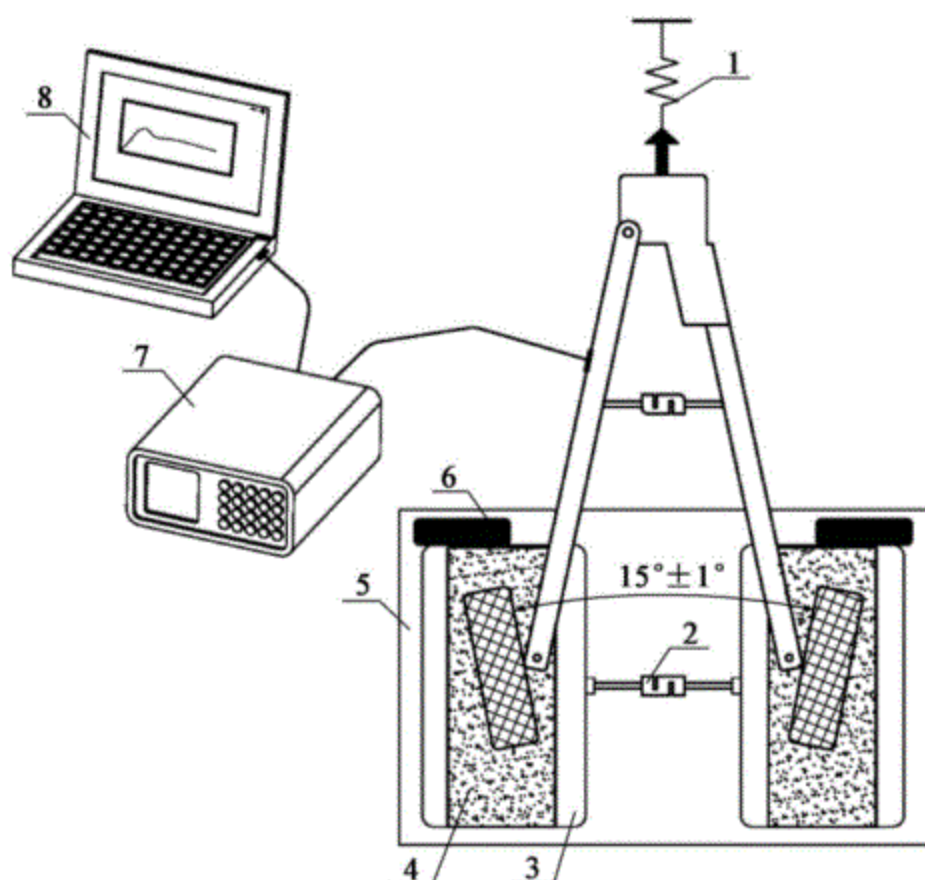


附录 C

横向摩擦力检定装置

C.1 装置构成

横向摩擦力检定装置由牵引机构、标准力传感器、测试台面、摩擦试件、基座、限位装置、数据采集仪、专用软件等构成,其示意图见图 C.1。



说明:

- | | | | |
|------------|----------|----------|-----------|
| 1——牵引机构; | 3——测试台面; | 5——基座; | 7——数据采集仪; |
| 2——标准力传感器; | 4——摩擦试件; | 6——限位装置; | 8——专用软件 |

图 C.1 横向摩擦力检定装置示意图

C.2 技术要求

C.2.1 标准力传感器:测量范围 0N ~ 1 000N,准确度等级不低于 0.1 级。

C.2.2 测试台面:尺寸 420mm × 250mm,平面度不大于 0.2mm/100mm。

C.2.3 摩擦试件应符合以下要求:

- 表面平整,且纹理分布均匀;
- 平面尺寸不大于 420mm × 250mm;
- 各区域摆式摩擦系数值(BPN)均不小于 50,不同位置摆式摩擦系数值(BPN)极差不大于 2。



附录 D

双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定记录表格式

记录编号:

第×页 共×页

计量器具名称				样品编号			
型号/规格				出厂编号			
制造单位				检定依据			
检定时间				检定地点			
检定前器具情况				检定后器具情况			
环境条件	温度: ℃; 湿度: % RH; 其他:						
所用的计量标准/ 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	使用后 情况
序号	检定项目			检定结果			
1	外观						
2	测试轮轴台端面之间的夹角						
3	测试轮和测距轮的轮胎气压						
4	测试轮静态垂直荷载						
5	温度测量装置示值误差						
6	距离测量装置示值相对误差						
7	横向摩擦力示值相对误差						
8	横向摩擦力测量重复性						

检定:

核验:

日期:

附录 E

双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定证书内页格式

检定证书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×				
检定机构授权说明				
检定依据				
检定环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	% RH	其他		
检定使用的计量标准装置/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
				
第 2 页 共 3 页				

检定证书第 3 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

检 定 结 果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观		
2	测试轮轴台端面之间的夹角		
3	测试轮和测距轮的轮胎气压		
4	测试轮静态垂直荷载		
5	温度测量装置示值误差		
6	距离测量装置示值相对误差		
7	横向摩擦力示值相对误差		
8	横向摩擦力测量重复性		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“检定专用章”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权,不得部分复印本证书。

以下空白



附录 F

双轮式横向力摩擦系数自动测试系统检定结果通知书内页格式

检定结果通知书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×				
检定机构授权说明				
检定依据				
检定环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	% RH	其他		
检定使用的计量标准装置/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
				
第 2 页 共 3 页				