



天津市地方计量技术规范

JJF(津)111—2023

车轮弯曲疲劳试验机校准规范

Calibration Specification of Wheel Cornering Fatigue Test Machine

2023—12—15 发布

2024—03—15 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

车轮弯曲疲劳试验机校准规范

Calibration Specification of
Wheel Cornering Fatigue Test Machine

JJF(津)111—2023

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院电
子仪表实验所

参加起草单位：天津久荣工业技术有限公司

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所负责解释

本规范主要起草人：

王传博 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

顾 正 （天津久荣工业技术有限公司）

马学武 （天津久荣工业技术有限公司）

参加起草人：

冯 宇 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

李 辉 （天津久荣工业技术有限公司）

刘 萱 （天津久荣工业技术有限公司）

班国福 （天津久荣工业技术有限公司）

目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(3)
5.1 试验弯矩.....	(3)
5.2 加载点偏移量.....	(3)
5.3 试验转速.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 标准器及配套设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准方法.....	(4)
8 校准结果的表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 车轮弯曲疲劳试验机校准原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 车轮弯曲疲劳试验机校准证书内页参考格式.....	(10)
B.1 校准证书内页(第2页)参考格式.....	(10)
B.2 校准证书校准结果页参考格式.....	(11)
附录 C 车轮弯曲疲劳试验机测量不确定度评定示例.....	(12)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071—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》、JJF1001—2011《通用计量术语及定义》进行编制。

本规范为首次发布。

车轮弯曲疲劳试验机校准规范

1 范围

本规范适用于各型乘用车、商用车车轮弯曲疲劳试验机(以下简称试验机)的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1001—2011 通用计量术语及定义

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

GB/T 2933 充气轮胎用车轮和轮辋的术语、规格代号和标志

GB/T 3730.1 汽车和挂车类型的术语和定义

GB/T 5334 乘用车车轮弯曲和径向疲劳性能要求及试验方法

GB/T5909 商用车车辆车轮性能要求和试验方法

JIS D4103—2015 汽车部件—车轮—性能要求及标记

SAE J328 轿车和轻卡车轮性能要求和试验方法

SAE J267 卡车车轮/轮辋性能要求和试验方法

GMW14341 车轮弯曲疲劳试验

ISO3894 道路车辆商用车车轮试验方法

ISO3006 道路车辆轿车车轮试验方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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 术语和计量单位

GB/T 2933 和 GB/T 3730.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 乘用车 Passenger Car

在设计和技术特性上主要用于乘客及其随身行李和/或临时物品的汽车，包括驾驶员座位在内最多不超过9个座位。

3.2 商用车 Commercial Vehicle

在设计和技术特征上是用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车。乘用车不包括在内。

3.3 车轮 Wheel

轮胎和车轴之间的旋转轴承件，通常由轮辋和轮辐两个主要部件组成，轮辋和轮辐可是整体的、永久连接的或可拆卸的。

3.4 轮辋 Rim

车轮上安装和支撑轮胎的部件。

3.5 轮辐 Wheel Disk

车轮上车轴和轮辋之间的支撑部件。

3.6 弯矩 Bending Moment

通过加载轴对车轮安装面施加一个平行于车轮安装面的力，力的作用点到车轮安装面的距离视为力臂，力与力臂的乘积形成对车轮的弯矩。

4 概述

车轮弯曲疲劳试验机是用于检验车轮承受施加给轮辐的旋转弯曲力矩产生的动态疲劳性能试验的专用设备。

试验机具有一个被驱动的旋转装置，车轮固定不动，而承受一个旋转的弯矩[见图 1 中 a)]，或者车轮可在固定不动的弯矩下旋转[见图 1 中 b)]。为了对车轮施加弯矩，在距离车轮安装面 L 处，对加载轴施加一个平行于车轮安装面的加载力 F 。

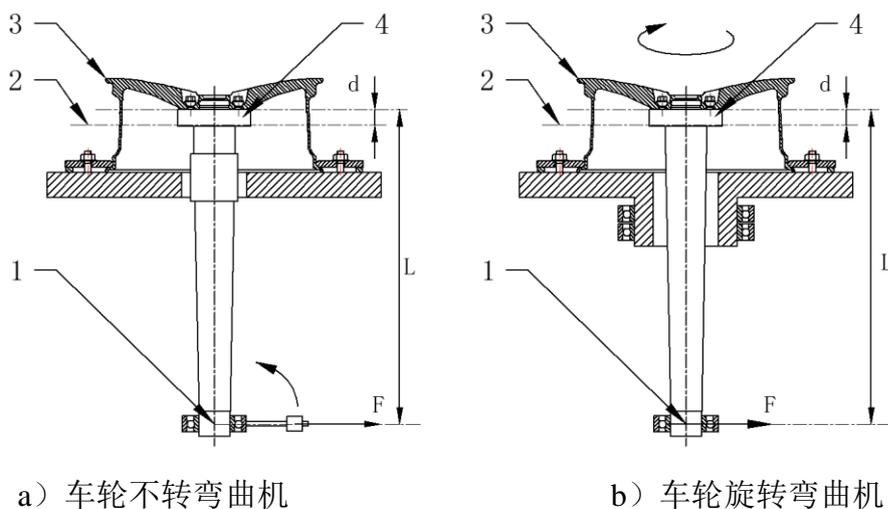


图1 车轮弯曲疲劳试验机

1-加载点；2-轮辋中心面；3-车轮；4-加载轴；F-加载力；L-力臂长度；d-车轮偏距

5 计量特性

5.1 试验弯矩

测量范围：(1~50) kNm；

最大允许误差：±1.5%。

5.2 加载点偏移量

测量范围：车轮不转式试验机：(0~20) mm；

车轮旋转式试验机：(0~40) mm；

最大允许误差：±1%或±0.10mm，两者取较大值。

5.3 试验转速

测量范围：(100~2200) r/min；

最大允许误差：±1.5%。

注：以上要求不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：(10~40) °C；

6.1.2 湿度：≤85%RH；

6.1.3 周围无影响校准工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 标准器及配套设备

6.2.1 标准器

6.2.1.1 标准测力仪：测量范围：(1~50) kN，准确度等级 0.3 级及以上；

6.2.1.2 卡尺：(0~1000) mm，分度值（或分辨力）不大于 0.05mm；

6.2.1.3 量块：测量范围：(2~20) mm，准确度等级 4 等及以上；

6.2.1.4 大量程百分表：测量范围 (0~50) mm；

6.2.1.5 转速表：测量范围 (100~10000) r/min，准确度等级 0.1 级及以上。

6.2.2 主要配套设备

测力仪支架及加载装置。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性的条款	校准方法的条款
1	试验弯矩	5.1	7.2.2
2	加载点偏移量	5.2	7.2.3
3	试验转速	5.3	7.2.4

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 被校仪器应具有仪器名称、生产厂家、型号、出厂编号等标识。

7.2.1.2 检查设备气压，确保进气压力 0.6Mpa 左右。

7.2.1.3 检查测力仪支架及加载装置有无缺失，加载装置各关节转动是否顺畅。

7.2.2 试验弯矩

7.2.2.1 校准时，将测力仪通过测力仪支架、加载机构与加载轴连接，使测力仪加载轴的加载点中心在同一水平线上。通过加载装置对加载轴施加标准载荷力，在测量范围内取大致均匀分布的 5 点进行测试。试验机显示的示值为弯矩值，当试验机达到相应测量点时，读取标准测力仪相应示值（kN）。按公式（1）计算弯矩示值相对误差：

$$q_i = \frac{M_i - \overline{M_{0i}}}{\overline{M_{0i}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

q_i ——第 i 测量点，弯矩示值相对误差，%；

M_i ——第 i 测量点，试验机弯矩示值，kNm；

$\overline{M_{0i}}$ ——第 i 测量点，标准测力仪示值（kN）三次算术平均值×加载力臂（m）所得的值，kNm。

注：加载力臂的长度可使用试验机出厂报告中的参数。

7.2.3 加载点偏移量

7.2.3.1 车轮不转式试验机加载轴的偏移量

车轮不转式试验机加载轴的偏移量可选择以下两种方法中的一种进行校准。

(1) 用专用量块校准加载轴的偏移量

在测量范围内取大致均匀分布的 5 个点（一般取测量上限的 20%、40%、60%、80%、100%）分别进行校准。将试验机位移传感器安装在支架上，再将专用量块放入被测量点处，读取试验机相应示值。每个校准点重复测量三次，按公式（2）计算偏移量相对误差，作为校准结果。

(2) 用百分表校准加载轴的偏移量

在测量范围内取大致均匀分布的 5 个点（一般取测量上限的 20%、40%、60%、80%、100%）分别进行校准。将试验机位移传感器和百分表放至在同一个可移动支架上，使位移传感器与百分表能同步移动，调整支架位置至百分表示值达到校准点时，读取试验机相应示值。每个校准点重复测量三次，按公式（2）计算偏移量相对误差，作为校准结果。

7.2.3.2 车轮旋转式试验机加载轴的偏移量

对于车轮旋转式试验机，用百分表校准加载轴的偏移量。在测量范围内取大致均匀分布的 5 个点（一般取测量上限的 20%、40%、60%、80%、100%）分别进行校准。将百分表放至安装架，当百分表示值达到校准点时，读取试验机相应示值。每个校准点重复测量三次，按公式（2）计算偏移量相对误差，作为校准结果。

$$\delta_i = \frac{\overline{L'_i} - L_i}{L_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_i ——第 i 测量点，偏移量相对误差，%；

$\overline{L'_i}$ ——第 i 测量点，试验机位移示值三次算术平均值，mm；

L_i ——第 i 测量点，专用量块（或百分表）示值，mm。

7.2.4 试验转速

用转速表校准试验转速，在测量范围内取大致均匀的 5 点进行校准，当试验机转速示值达到规定值且稳定时，记录转速表测量的转速值。每个校准点重复测量 3 次，按公式（3）计算转速示值相对误差。

$$N_i = \frac{n_i - \overline{n_{0i}}}{\overline{n_{0i}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

N_i ——第*i*测量点, 转速示值相对误差, %;

n_i ——第*i*测量点, 试验机转速示值, r/min ;

$\overline{n_{0i}}$ ——第*i*测量点, 转速表测量得 3 次转速值的算术平均值, r/min 。

8 校准结果的表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包含以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 进行校准的地点;
- c) 证书的唯一性标识, 每页及总页数的标识;
- d) 客户的名称和地址;
- e) 试验机名称、规格型号及编号; 被校对象的描述和明确标识;
- f) 进行校准的日期, 若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;
- g) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- h) 本次校准所有测量标准的溯源性及有效性说明;
- i) 校准环境的描述;
- j) 校准机构;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离说明;
- m) 校准证书签发人的签名或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

8.2 校准原始记录格式见附录 A, 校准证书内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位也可根据实际使用情况,自主决定复校时间间隔。

附录 A

车轮弯曲疲劳试验机校准原始记录参考格式

原始记录编号：

单位名称：							
单位地址：							
设备名称：				型号规格：			
出厂编号：				生产厂家：			
校准日期：				环境条件		温度： ℃	
						湿度： %RH	
校准依据：							
校准地点：							
本次校准所使用的主要计量器具							
序号	名称	型号规格	编号	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	溯源机构名称
校准员：				核验员：			

1. 外观与工作正常性检查: _____

2. 试验弯矩:

量程 (kNm)	校准点 (kNm)	标准器示值					标准弯矩示值 (kNm)	示值 相对误差%	测量结果 不确定度 $U(k=2)$
		1	2	3	平均值 (kN)	力臂 长度 (m)			

3. 加载点偏移量:

量程 (mm)	校准点 (mm)	试验机示值 (mm)				示值 相对误差%	测量结果 不确定度 U ($k=2$)
		1	2	3	平均值		
	<input type="checkbox"/> 车轮不转式 <input type="checkbox"/> 车轮旋转式						

4. 试验转速:

量程 (r/min)	校准点 (r/min)	标准器示值 (r/min)				示值 相对误差%	测量结果 不确定度 U ($k=2$)
		1	2	3	平均值		

附录 B

车轮弯曲疲劳试验机校准证书内页参考格式

B.1 校准证书内页（第 2 页）参考格式

证书编号：XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明					
校准所依据的技术文件（代号、名称）：					
本次校准所使用的主要计量器具：					
名称	编号	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	溯源机构 名称
校准地点及环境条件：					
校准地点：					
温度： 湿度：					

B.2 校准证书校准结果页参考格式

证书编号: XXXXXX-XXXX

校准结果

1. 试验弯矩:

量程 (kNm)	校准点 (kNm)	示值相对误差%	测量结果不确定度 $U(k=2)$

2. 加载点偏移量:

量程 (mm)	校准点 (mm)		示值相对误差%	测量结果 不确定度 $U(k=2)$
	<input type="checkbox"/> 车轮不转式 <input type="checkbox"/> 车轮旋转式			

3. 试验转速:

量程 (r/min)	校准点 (r/min)	示值相对误差%	测量结果不确定度 $U(k=2)$

附录 C

车轮弯曲疲劳试验机测量不确定度评定示例

C.1 试验弯矩测量不确定度评定示例

选取 20 kNm 校准点为示例, 进行试验弯矩测量不确定度评定。

C.1.1 建立数学模型, 列不确定度式

以标准测力仪为标准器, 试验机显示对应的示值, 计算其示值相对误差, 建立校准结果的数学模型为:

$$\delta = \frac{M_1 - M}{M} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

δ —— 试验机示值相对误差, %;

M_1 —— 试验机示值, kNm;

M —— 标准测力仪示值 (kN) 乘以力臂 (m) 所得的值, kNm。

因为各分量互不相关, 由不确定度传播律:

$$u^2 = c_1^2 \times u^2(M_1) + c_2^2 \times u^2(M)$$

其中: $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial M_1} = \frac{1}{M}$, $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial M} = -\frac{M_1}{M^2}$, $c_1 = 0.05 \text{ kNm}^{-1}$, $c_2 = -0.05 \text{ kNm}^{-1}$

不确定度式为:

$$u^2(\delta) = \left(\frac{1}{M}\right)^2 \times u^2(M_1) + \left(-\frac{M_1}{M^2}\right)^2 \times u^2(M)$$

C.1.2 不确定度来源

- a) 试验机示值分辨力产生的不确定度 u_1
- b) 试验机测量重复性产生的不确定度 u_2
- c) 标准测力仪产生的不确定度 u_3

C.1.3 不确定度分量的评估

- a) 试验机示值分辨力产生的标准不确定度 u_1

试验机的负荷示值分辨力为 0.001kNm, 以均匀分布落在宽度为 $0.001 \text{ kNm} / 2 = 0.0005$

kNm 的区间内。

$$\text{其标准不确定度为 } u_1(M_1) = \frac{0.0005kNm}{\sqrt{3}} = 0.0003kNm。$$

b) 试验机测量重复性产生的标准不确定度 u_2

加载负荷为 20kNm, 重复测量 10 次, 其值为(kNm): 20.056、20.051、20.082、20.075、20.043、20.060、20.091、20.070、20.078、20.092, $\overline{M}_1=20.070$, 实验标准偏差为:

$$s(M_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (M_{1i} - \overline{M}_1)^2}{(10-1)}} = 0.017kNm$$

以三次测量的算术平均值作为测量结果, 则由测量重复性引入的不确定度为:

$$u_2(M_1) = \frac{s(M_1)}{\sqrt{3}} = \frac{0.017kNm}{\sqrt{3}} = 0.010kNm。$$

c) 标准测力仪的标准不确定度 u_3

标准测力仪准确度等级为 0.3 级, 其最大允许误差为 $\pm 0.3\%$, 对 20 kNm 可能有 ± 0.06 kNm 误差。按均匀分布, 其标准不确定度为:

$$u_3(M) = \frac{0.06}{\sqrt{3}} = 0.035kNm。$$

表 C.1 试验弯矩标准不确定度分量一览表

序号	输入量的标准不确定度评定			输出量的标准不确定度分量		
	来源	符号	数值	符号	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x)$
1	试验机示值分辨力	$u_1(M_1)$	0.0003kNm	u_1	$\frac{1}{M} = 0.05kNm^{-1}$	0.0015%
2	试验机测量重复性	$u_2(M)$	0.010kNm	u_2	$\frac{1}{M} = 0.05kNm^{-1}$	0.045%
3	标准测力仪误差	$u_3(M)$	0.035kNm	u_3	$-\frac{M_1}{M^2} = -0.05kNm^{-1}$	0.175%

C.1.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量互不相关, 故:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.0015^2 + 0.045^2 + 0.175^2} = 0.18%。$$

C.1.5 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{rel} = ku_c = 0.18\% \times 2 = 0.36\% (k = 2)。$$

C.2 试验转速测量不确定度评定示例

选取 1000 r/min 校准点为示例, 进行试验转速测量不确定度评定。

C.2.1 建立数学模型, 列不确定度式

以标准转速表计数速度为标准器, 试验机显示对应的示值, 计算其转速示值相对误差。

校准结果的数学模型为:

$$\delta = \frac{n_1 - n}{n} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中:

δ —— 试验机转速示值相对误差, %;

n_1 —— 试验机转速示值, r/min;

n —— 标准转速表测量的速度, r/min。

因为各分量互不相关, 由不确定度传播律:

$$u^2 = c_1^2 \times u^2(n_1) + c_2^2 \times u^2(n)$$

其中: $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial n_1} = \frac{1}{n}$, $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial n} = -\frac{n_1}{n^2}$, $c_1 = 0.001r/\text{min}$, $c_2 = -0.001r/\text{min}$

不确定度式为:

$$u^2(\delta) = \left(\frac{1}{n}\right)^2 \times u^2(n_1) + \left(-\frac{n_1}{n^2}\right)^2 \times u^2(n)$$

C.2.2 不确定度来源

- a) 试验机转速分辨力产生的不确定度 u_1
- b) 试验机测量重复性产生的不确定度 u_2
- c) 标准转速表产生的不确定度 u_3

C.2.3 不确定度分量的评估

- a) 试验机转速分辨力产生的标准不确定度 u_1

试验机的转速分辨力为 1r/min, 以均匀分布落在宽度为 $1r/\text{min}/2 = 0.5r/\text{min}$ 的区间内。

其标准不确定度为： $u_1(n_1) = \frac{0.5r/\text{min}}{\sqrt{3}} = 0.3r/\text{min}$ 。

b) 试验机测量重复性产生的标准不确定度 u_2

取试验转速为 $1000 r/\text{min}$, 重复测量 10 次, 其值为 (r/min): 1000.6、1001.4、1000.7、1000.2、1000.3、1001.1、999.5、1000.5、1000.3、1001.3、 $\bar{n}_1 = 1000.59$, 测量试验标准差为:

$$s(n_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (n_{1i} - \bar{n}_1)^2}{(10-1)}} = 0.57r/\text{min}$$

以三次测量的算术平均值作为测量结果, 则由测量重复性引入的不确定度为:

$$u_2(n_1) = \frac{s(n_1)}{\sqrt{3}} = \frac{0.57r/\text{min}}{\sqrt{3}} = 0.33r/\text{min}。$$

c) 标准转速表标准不确定度 u_3

标准转速表准确度等级为 0.1 级, 其最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 对 $1000.00 r/\text{min}$ 可能有误差 $\pm 1.00 r/\text{min}$ 。按均匀分布, 其标准不确定度为:

$$u_3(n) = \frac{1r/\text{min}}{\sqrt{3}} = 0.58r/\text{min}。$$

表 C.2 试验转速标准不确定度分量一览表

序号	输入量的标准不确定度评定			输出量的标准不确定度分量		
	来源	符号	数值	符号	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x)$
1	试验机转速分辨力	$u_1(n_1)$	$0.3r/\text{min}$	u_1	$\frac{1}{n} = 0.001(r/\text{min})^{-1}$	0.03%
2	试验机测量重复性	$u_2(n_1)$	$0.33r/\text{min}$	u_2	$\frac{1}{n} = 0.001(r/\text{min})^{-1}$	0.033%
3	标准转速表误差	$u_3(n)$	$0.58r/\text{min}$	u_3	$-\frac{n_1}{n^2} = -0.001(r/\text{min})^{-1}$	0.058%

C.2.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量互不相关, 故:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.033^2 + 0.058^2} = 0.07%。$$

C.2.5 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{rel} = ku_c = 0.07\% \times 2 = 0.14\% (k = 2)。$$
