JJF

中华人民共和国工业和信息化部
建材计量技术规范

JJF(建材)146—2018

道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准规范

Calibration Specification for Friction Performance Towing Testers of Road Vehicle Brake Lining

2018-10-22 发布　　2018-12-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部　发布

中华人民共和国工业和信息化部
建材计量技术规范
道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准规范
JJF(建材)146—2018
中华人民共和国工业和信息化部发布
*
中国建材工业出版社出版
建筑材料工业技术监督研究中心
(原国家建筑材料工业局标准化研究所)发行
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
地矿经研院印刷厂印刷
版权所有 不得翻印
*
开本880mm×1230mm 1/16 印张1.75 字数52千字
2018年12月第一版 2018年12月第一次印刷
印数1—800 定价36.00元
书号:155160·1495
*
编号:1261
网址:www.standardcnjc.com 电话:(010)51164708
地址:北京朝阳区管庄东里建材大院北楼 邮编:100024
本标准如出现印装质量问题,由发行部负责调换。

道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准规范

Calibration Specification for Friction Performance Towing Testers of Road Vehicle Brake Lining

JJF(建材)146—2018

归 口 单 位:中国建筑材料联合会

主要起草单位:咸阳非金属矿研究设计院有限公司

参加起草单位:国家非金属矿制品质量监督检验中心

本规范委托全国建材计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李攀飞（咸阳非金属矿研究设计院有限公司）

参加起草人：

侯立兵（国家非金属矿制品质量监督检验中心）

温嘉钰（咸阳非金属矿研究设计院有限公司）

Building materials industry standards JC

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　道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机的计量特性 ..... (2)
4.2　摩擦系数检测结果的不确定度评定 ..... (2)
5　校准条件 ..... (2)
5.1　环境条件 ..... (2)
5.2　校准仪器 ..... (2)
6　校准项目和校准方法 ..... (3)
6.1　校准项目 ..... (3)
6.2　外观检查 ..... (3)
6.3　试验机主轴转速的校准 ..... (3)
6.4　试验机制动管路压力的校准 ..... (4)
6.5　制动盘温度的校准 ..... (4)
6.6　试验机制动扭矩的校准 ..... (5)
6.7　道路车辆制动衬片摩擦系数的计算公式 ..... (6)
7　校准结果 ..... (6)
8　复校时间间隔 ..... (7)
附录A　校准记录及校准证书内页格式 ..... (8)
附录B　摩擦性能拖曳试验机转速测量的不确定评定实例 ..... (10)
附录C　摩擦性能拖曳试验机制动管路压力测量的不确定评定实例 ..... (13)
附录D　摩擦性能拖曳试验机温度测量的不确定评定实例 ..... (16)
附录E　摩擦性能拖曳试验机扭矩测量的不确定评定实例 ..... (18)
附录F　摩擦性能拖曳试验机摩擦系数检测结果不确定度计算示例 ..... (20)

引　言

本规范以 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础性规范进行编写。

本规范为首次发布。

道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准规范

1 范围

本规范规定了道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机(以下简称摩擦性能拖曳试验机)的计量性能、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果的不确定度和复校时间间隔。

本规范适用于道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机的校准,其他类似的试验机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:

GB/T 34007—2017 道路车辆制动衬片摩擦材料摩擦性能拖曳试验方法

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

3.1 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机主要是通过GB/T 34007—2017《道路车辆 制动衬片摩擦材料 摩擦性能拖曳试验方法》来测试汽车用制动衬片的制动性能和磨损率。

3.2 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机的工作原理是:通过电机直连带动主轴及制动盘进行旋转,当转速达到指定值时,通过液压系统给予制动钳一定的压力,制动钳通过活塞将压力传递到制动衬片上,使制动衬片与制动盘接合,通过制动衬片和制动盘的摩擦使制动盘速度减小或停止,通过测试系统采集测量其在不同温度和速度条件下制动所产生的的最大扭矩、制动温度、制动减速度等数据,用这些数据对制动衬片的制动性能进行评估。其结构示意图如图1。

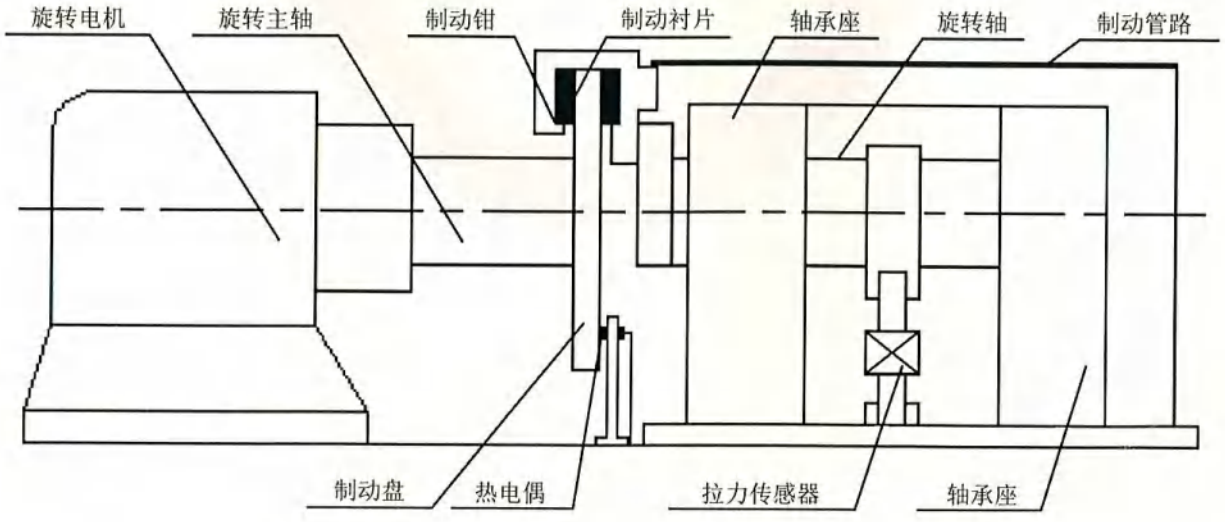

图1 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机结构示意图

4 计量特性

4.1 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机的计量特性

表1 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机的计量性能指标

序号	计量项目	技术指标
1	试验机主轴转速	测试范围：600 rpm～660 rpm，转速示值误差：±10 rpm。
2	制动管路压力	测量范围：0.5 MPa～9.0 MPa，压力示值误差：±1.5%。
3	制动盘温度	测量范围：50℃～800℃，温度示值误差：±1.5%。
4	制动扭矩	测量范围：100 N·m～1 500 N·m，扭矩示值误差：±1.5%。
注：以上所有指标不是用于合格性判别，仅提供参考		

4.2 摩擦系数检测结果的不确定度评定

通过拖曳试验方法的要求及计算公式，并对影响摩擦系数测试值的分量不确定度进行合成。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：(20±5)℃。

5.1.2 相对湿度：(50±10)%。

5.1.3 电源电压波动值在额定电压的±10%范围内。

5.1.4 校准现场周围应无强烈的振动源和高频信号干扰。

5.1.5 校准过程中的降温采用空气冷却，冷却空气的温度不超过25℃，并以(600±60)m^3/h的气流速度吹向制动器。

5.2 校准仪器

5.2.1 校准时所需的标准仪器按照表2参考选择，校准仪的最大允许误差应小于被校准参数的技术要求，以满足校准工作的要求。

表2 校准仪器

序号	仪器名称	测量范围及准确度等级	用途	备注
1	转速测量仪	测量范围应包含(600 rpm～700 rpm)，MPE：±1%	用于测量主轴在转动时的转速值	
2	压力校准仪	压力测量范围应包含(0.5 MPa～9 MPa)，MPE:±1%。分辨率：1 kPa	测试液压管路的压力	校准仪内置压力源，工作介质(液体)
3	温度校准仪	测量范围应包含(50℃～800℃)，精度等级：0.05级	模拟热电偶的输出，为校准仪在测量状态下提供热电偶的输入	输出阻抗不大于100 Ω
4	扭矩校准装置(砝码)	校准用砝码质量：10 kg，M2级	用于校准试验机的扭矩	

5.2.2 设备运转时制动盘的径向跳动和轴向跳动均不得超过0.08 mm。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

根据试验机的试验特性和功能，对试验机需要校准的参数有：外观检查、试验机主轴转速、制动管路压力、制动盘温度、制动扭矩及摩擦系数不确定度评定。

6.2 外观检查

摩擦性能拖曳试验机外形结构应完好，设备标牌(名称、规格型号、使用范围、制造厂及出厂编号)应齐全，所配备的电器控制系统和测试元件应能正常工作。

用目测方法进行检查，接通电源，检查设备各个控制部分运行情况是否正常。

6.3 试验机主轴转速的校准

6.3.1 摩擦性能拖曳试验机的设备转速是恒定的转速，根据 GB/T 34007—2017《道路车辆 制动衬片摩擦材料 摩擦性能拖曳试验方法》的要求，试验的转速必须保持在(660±10)rpm 范围内，因此转速的校准点转速值为：660 rpm，且只需要计算一个校准点的示值误差和相对示值误差。

6.3.2 将作为旋转标记的反射薄膜贴在主轴上，转速测量仪对准反射标记，固定好转速测量仪的位置，确保不会出现松动和移位，安装示意图如图 2。校准仪器安装完成后，开启试验机，待主轴转速稳定后，连续 5 次记录各校准点转速测量仪的转速示值和试验机主轴转速示值，通过公式(1)、(2)计算示值误差和示值相对误差。

$$n_0 = \overline{n_2} - \overline{n_1} \tag{1}$$

$$n_r = \frac{\overline{n_2} - \overline{n_1}}{\overline{n_1}} \times 100\% \tag{2}$$

式中：

n_0——主轴转速示值误差，rpm；

$\overline{n_1}$——5 次转速测量仪示值平均值，rpm；

$\overline{n_2}$——5 次试验机的主轴转速示值平均值，rpm；

n_r——主轴转速示值相对误差。

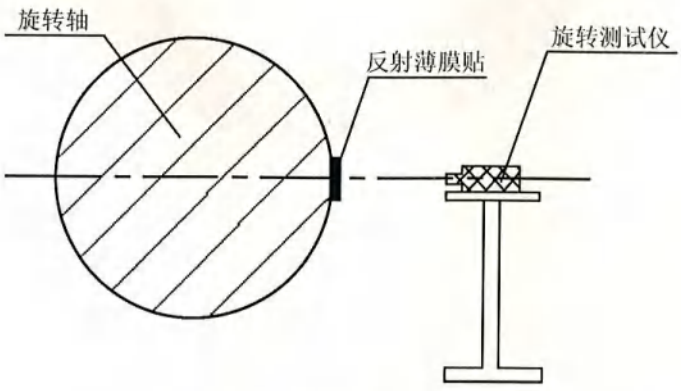

图2 转速校准仪安装示意图

6.3.3 设备主轴转速为恒定转速，因此该校准的的示值相对误差作为主轴转速校准结果。

6.4 试验机制动管路压力的校准

6.4.1 选取管路压力值：2 MPa、4 MPa、6 MPa、8 MPa 的管路压力值作为校准点，计算各校准点的示值误差和相对示值误差。

6.4.2 校准时，首先将压力校准仪与液压制动管路对接，固定好压力校准仪位置，确保测试过程不会有泄露现象，然后通过开启压力源从零点开始均匀缓慢的为制动管路加压至校准点，安装示意图如图 3。待压力稳定后，连续 5 次记录各校准点试验机压力示值和压力校准仪的压力示值。

6.4.3 通过公式(3)、(4)分别计算示值误差和示值相对误差。

$$p_0 = \overline{p_2} - \overline{p_1} \tag{3}$$

$$p_r = \frac{\overline{p_2} - \overline{p_1}}{\overline{p_1}} \times 100\% \tag{4}$$

式中：

p_0——制动管路压力示值误差，MPa；

$\overline{p_1}$——5 次压力校准仪示值平均值，MPa；

$\overline{p_2}$——5 次试验机的压力示值平均值，MPa；

p_r——制动管路压力示值相对误差。

图3 压力校准仪及辅助仪器安装示意图

6.4.4 各校准点中示值相对误差绝对值最大者，作为管路压力校准结果。

6.5 制动盘温度的校准

6.5.1 选取温度值为：50℃、100℃、200℃、500℃的温度作为校准点，计算各校准点的示值误差和相对示值误差。

6.5.2 将温度校准仪探头的接线端接在试验机温度测试模块的端口，将探头的另一端直接插入温度校准仪的测试接口，固定好温度校准仪，通过温度校准仪的设置键设置校准点

温度值，然后通过温度校准仪将温度值转换为标称电量值，以模拟电信号的方式输送至试验机温度测试模块，连续5次记录各校准点试验机的温度示值，温度校准原理图如图4。

6.5.3 通过公式(5)、(6)分别计算示值误差和示值相对误差。

$$t_0 = \overline{t_2} - t_1 \tag{5}$$

$$t_r = \frac{\overline{t_2} - t_1}{t_1} \times 100\% \tag{6}$$

式中：

t_0——温度示值误差，℃；

t_1——温度校准仪设定温度值，℃；

$\overline{t_2}$——5次试验机的温度示值平均值，℃；

t_r——制动盘温度示值相对误差。

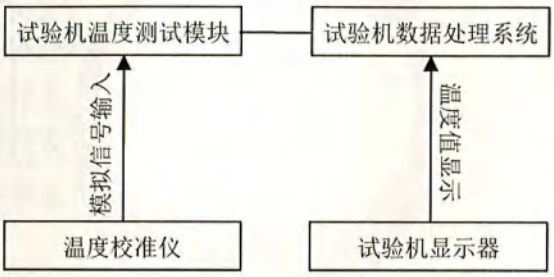

图4 温度校准仪校准原理图

6.5.4 各校准点中示值相对误差绝对值最大者，作为温度校准结果。

6.6 试验机制动扭矩的校准

6.6.1 扭矩在校准时，必须在扭矩加载端设计专用工装，工装必须有悬置端，便于加载砝码，同类型不同规格的试验机的校准工装存在尺寸差异。

6.6.2 选取扭矩值为：98 N·m、196 N·m、980 N·m、1 176 N·m的扭力作为校准点，计算各校准点的示值误差和相对示值误差。

6.6.3 将试验机的指示装置调零，在规定的测量范围内，在设备力臂一端加载砝码，进行逐步加载，当加载负荷达到校准点的数值后，停止加载，安装示意图如图5。待试验机扭矩显示稳定后，开始记录试验机显示的扭矩示值，此过程重复进行5次，每次校准后指示装置应清零。

6.6.4 按公式(7)、(8)、(9)计算各量程点的扭矩示值误差和示值相对误差。

$$M_1 = mgL \tag{7}$$

$$M_0 = \overline{M_2} - M_1 \tag{8}$$

$$M_r = \frac{\overline{M_2} - M_1}{M_1} \times 100\% \tag{9}$$

式中：

M_0——扭矩示值误差，N·m；

M_1——砝码加载达到的设定扭矩值，N·m；

$\overline{M_2}$——5次试验机的扭矩示值平均值，N·m；

M_r——扭矩示值相对误差；

m——砝码的总质量，kg；

L——力臂的长度，m。

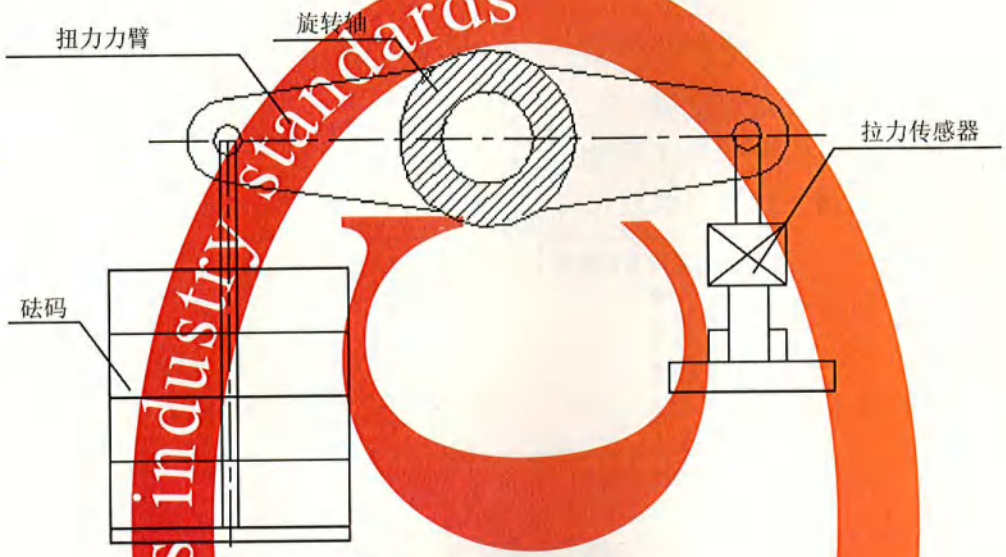

图5　扭力校准安装示意图

6.6.5　各校准点中示值相对误差绝对值最大者，作为扭矩的校准结果。

6.7　道路车辆制动衬片摩擦系数的计算公式

摩擦系数的计算公式(10)，具体不确定度定评定结果见附录F。

$$\mu = \frac{10^3 \times M}{2 \times p \times A_p \times r_{eff} \times \eta} \tag{10}$$

式中：

M——试验过程中的扭矩，N·m；

p——试验制动的压力，MPa；

A_p——制动钳活塞面积，mm^2；

r_{eff}——制动盘有效半径，mm；

η——效率参数。

7　校准结果

7.1　道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准后发给校准证书，校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录A，校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。

Building materials industry standards

7.2 道路车辆制动衬片摩擦性能拖曳试验机校准结果的不确定度按照 JJF 1059—1999 的要求评定,具体计算实例见附录 B、附录 C 附录 D、附录 E、附录 F。

7.3 校准证书应至少包括以下信息:

a) 标题,如“校准证书”或“校准报告”;
b) 实验室名称和地址;
c) 进行校准的地点(如果不是在校准单位的实验室内进行校准);
d) 证书或报告的唯一性标识(如编号),每页及总页数标识;
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;
h) 对校准所用依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
j) 校准环境的描述;
k) 校准结果及测量不确定度的说明;
l) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期;
m) 校准结果仅对被校对象有效的说明;
n) 未经校准实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

根据摩擦材料拖曳试验机的实际使用情况而定,建议试验机复校间隔(有效期)为一年。

附录 A

校准记录及校准证书内页格式

委托单位：_____ 证书编号：_____

设备名称：_____ 型号：_____ 出厂编号：_____

生产厂家：_____ 环境温度：_____ 相对湿度：_____

校准日期：_____ 校准地点：_____

校准依据：_____

校准设备：_____

1. 校准前检查：_____

2. 主轴转速校准记录：

表 A.1 主轴转速示值误差记录计算表

单位：rpm

设定值	试验机主轴转速示值						主轴转速实测值						示值误差	示值相对误差%
	1	2	3	4	5	平均值	1	2	3	4	5	平均值		

3. 制动管路压力校准记录：

表 A.2 压力示值误差记录计算表

单位：MPa

设定值	试验机管路压力示值						管路压力实测值						示值误差	示值相对误差%
	1	2	3	4	5	平均值	1	2	3	4	5	平均值		

4. 温度示值误差：

表 A.3 制动盘温度示值误差记录计算表

单位：℃

设定值	试验机温度示值					平均值	示值误差	示值相对误差%
	1	2	3	4	5			

Building materials industry standards

5. 扭矩校准记录：

表 A.4　扭矩示值误差记录计算表　　单位：N·m

设定值	试验机扭矩示值					平均值	示值误差	示值相对误差%
	1	2	3	4	5			

校准员：　　核验员：　　校准日期：　　共　页第　页

校准证书内页推荐格式

序号	校准项目	校准结果	
1	外观检查		
2	主轴转速	示值误差：	示值相对误差：
3	管路压力	示值误差：	示值相对误差：
4	温度	示值误差：	示值相对误差：
5	制动扭矩	示值误差：	示值相对误差：
校准结果测量不确定度			
校准依据			
校准环境要求		温度：　　℃，相对湿度：　　%	

校准员：　　核验员：　　校准日期：　　共　页第　页

Building materials industry standards

附录 B

摩擦性能拖曳试验机转速测量的不确定评定实例

B.1 校准方法

本次以转速 660 rpm 为设定值，给出测试数值的测量不确定度评定。将转速校准装置按照 6.3.2 的方法进行安装，然后开启设备进行加速，当速度达到稳定状态时进行数据测量并记录，其他校准的不确定度评定可参考本方法。

B.2 测量模型

$$n_0 = \overline{n_2} - \overline{n_1} \tag{B.1}$$

式中：

n_0——主轴转速示值误差，rpm；

$\overline{n_1}$——5 次转速测量仪的转速示值平均值，rpm；

$\overline{n_2}$——5 次试验机主轴转速示值平均值，rpm。

B.3 计算转速的不确定度

B.3.1 输入量 n_1、n_2 引入的不确定度 $u(n_1)$、$u(n_2)$

B.3.1.1 输入量 n_1 重复测量引入的不确定度 $u(n_1)$

在试验设备校准点设定转速值为 660 rpm 时，记录转速测量仪的转速示值值，共计 5 次，分别为：n_{11}、n_{12}、n_{13}、n_{14}、n_{15}，其平均值为$\overline{n_1}$，测量值及计算结果见表 B.1，属 A 类不确定度分量。

表 B.1 测量值及计算结果 单位：rpm

组数	1	2	3	4	5
测量值	663	664	668	666	663
平均值	664.8				
$s(\overline{n_1}) = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(n_{1i} - \overline{n_1})^2}{n-1}} = 2.17$					

平均值的标准不确定度：$u(n_1) = s(\overline{n_1}) \div \sqrt{5} = 0.97$ rpm。

B.3.1.2 输入量 n_2 重复测量引入的不确定度 $u(n_2)$

在试验设备校准点设定转速值为 660 rpm 时，记录试验机的转速示值，共计 5 次，分别为：n_{21}、n_{22}、n_{23}、n_{24}、n_{25}，其平均值为$\overline{n_2}$，测量值及计算结果见表 B.2，属 A 类不确定度分量。

表 B.2　测量值及计算结果　　单位：rpm

组数	1	2	3	4	5
测量值	661	659	663	662	662
平均值	661.4				
$s(\overline{n_2})=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(n_{2i}-\overline{n_2})^2}{n-1}}=1.52$					

平均值的标准不确定度：$u(n_2)=s(\overline{n_2})\div\sqrt{5}=0.68$ rpm。

B.3.1.3　转速校准装置修正值引入的不确定度 $u(n_{1x})$

输入量 n_{1x} 的不确定度主要来源于转速校准装置的测量不确定度，可根据最大允许示值误差进行评定，因此采用 B 类方法进行评定。

转速测试仪校准装置的示值误差为：±1%，当设定值为 660 rpm 时，校准装置输出误差为：±6.6 rpm，该误差服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，标准不确定度为：

$$u(n_{1x})=\frac{6.6}{\sqrt{3}}=3.81 \text{ rpm}$$

B.4　合成标准不确定度的评定

B.4.1　灵敏系数

数学模型：

$$n_0=\overline{n_2}-\overline{n_1}$$

由于 n_1、n_2 相互独立，互不相关。因此

灵敏系数 $c_1=\partial n_0/\partial n_1=-1$，$c_2=\partial n_0/\partial n_2=1$。

B.4.2 标准不确定度汇总表

表 B.3　标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度(rpm)
$u(n_1)$	温度 n_1 测量重复性	0.97
$u(n_2)$	温度 n_2 测量重复性	0.68
$u(n_{1x})$	校准装置输出不确定度	3.81

B.4.3　合成不确定度的计算

输入量 n_1 和 n_2 彼此独立，互不相关，因此合成标准不确定度可按下式得到：

$$u(c)^2=[c_1u(n_1)]^2+[c_2u(n_2)]^2+[u(n_{1x})]^2$$

$$u(c)=\sqrt{u^2(n_1)+u^2(n_2)+u^2(n_{1x})}=3.99 \text{ rpm}$$

B.4.4　扩展不确定度的评定

试验机转速测量结果的扩展不确定度：

取 $k_p=2$，则：

$$U=k_p \cdot u(c)=7.98\ \text{rpm}$$

附录 C

摩擦性能拖曳试验机制动管路压力测量的不确定评定实例

C.1 校准方法

本次以压力 2 MPa 为设定值，给出测试数值的测量不确定度评定。将压力校准装置按照 6.4.2 的方法进行安装，然后开启压力源加压，并进行数据测量并记录，其他校准点的不确定度评定可参考本方法。

C.2 测量模型

$$p_0 = \overline{p_2} - \overline{p_1} \tag{C.1}$$

式中：

p_0——制动管路压力示值误差，MPa；

$\overline{p_1}$——5 次压力校准仪示值平均值，MPa；

$\overline{p_2}$——5 次试验机的压力示值平均值，MPa。

C.3 计算压力的不确定度

C.3.1 输入量 p_1、p_2 引入的不确定度 $u(p_1)$、$u(p_2)$

C.3.1.1 输入量 p_1 重复测量引入的不确定度 $u(p_1)$

在试验设备校准点设定压力值为 2 MPa 时，记录管路压力校准仪测试的压力值，共计 5 次，分别为：p_{11}、p_{12}、p_{13}、p_{14}、p_{15}，其平均值为 $\overline{p_1}$，测量值及计算结果见表 C.1，属 A 类不确定度分量。

表 C.1 测量值及计算结果 单位：MPa

组数	1	2	3	4	5
测量值	2.016	2.008	2.016	2.012	1.998
平均值	2.01				
$s(\overline{p_1}) = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(p_{1i} - \overline{p_1})^2}{n-1}} = 0.007$					

平均值的标准不确定度：$u(p_1) = s(\overline{p_1}) \div \sqrt{5} = 0.003$ MPa。

C.3.1.2 输入量 p_2 重复测量引入的不确定度 $u(p_2)$

在试验设备校准点设定压力值为 2 MPa 时，记录试验机显示的压力值，共计 5 次，分别为：p_{21}、p_{22}、p_{23}、p_{24}、p_{25}，其平均值为 $\overline{p_2}$，测量值及计算结果见表 C.2，属 A 类不确定度分量。

building materials industry standards

表 C.2　测量值及计算结果　　单位：MPa

组数	1	2	3	4	5
测量值	2.008	2.012	2.011	2.005	2.010
平均值	2.0092				
$s(\overline{p_2})=\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(p_{2i}-\overline{p_2})^2}{n-1}}=0.003$					

平均值的标准不确定度：$u(p_2)=s(\overline{p_2})\div\sqrt{5}=0.001$ MPa

C.3.1.3　压力校准装置修正值引入的不确定度 $u(p_{1x})$

输入量 p_{1x} 的不确定度主要来源与压力校准装置的测量不确定度，可根据最大允许示值误差进行评定，因此采用 B 类方法进行评定。

压力测控仪校准装置的示值误差为：±1%，当设定值为 2 MPa 时，校准装置输出误差为：±0.02 MPa，该误差服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，标准不确定度为：

$$u(p_{1x})=\frac{0.02}{\sqrt{3}}=0.012\ \text{MPa}$$

C.4　合成标准不确定度的评定

C.4.1　灵敏系数

数学模型：

$$p_0=\overline{p_2}-\overline{p_1}$$

由于 p_1、p_2 相互独立，互不相关。因此：

灵敏系数 $c_1=\partial p_0/\partial p_1=-1$，$c_2=\partial p_0/\partial p_2=1$。

C.4.2　标准不确定度汇总表

表 C.3　标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度(MPa)
$u(p_1)$	压力校准仪压力示值 p_1 测量重复性	0.003
$u(p_2)$	试验机制动压力示值 p_2 测量重复性	0.001
$u(p_{1x})$	校准装置输出不确定度	0.012

C.4.3　合成不确定度的计算

输入量 p_1 和 p_2 彼此独立，互不相关，因此合成标准不确定度可按下式得到：

$$u(c)^2=[c_1u(p_1)]^2+[c_2u(p_2)]^2+u(p_{1x})^2$$

$$u(c)=\sqrt{u^2(p_1)+u^2(p_2)+u^2(p_{1x})}=0.012\ \text{MPa}$$

C.4.4　扩展不确定度的评定

试验机管路压力测量结果的扩展不确定度：

取 $k_p=2$，则：

$$U=k_p \cdot u(c)=0.024\ \text{MPa}$$

Building materials industry standards JC

附录 D

摩擦性能拖曳试验机温度测量的不确定评定实例

D.1 校准方法

本次以高温 200℃为设定值，给出测试数值的测量不确定度评定。将温度校准装置按照 6.5.2 的方法进行安装，通过温度校准仪的设置键设置校准点温度值，然后通过温度校准仪将温度值转换为标称电量值，以模拟电信号的方式输送至试验机温度测试模块，其他温度点的不确定度评定可参考本方法。

D.2 测量模型

$$t_0 = \overline{t_2} - t_1 \tag{D.1}$$

式中：

t_0——温度示值误差，℃；

t_1——温度校准仪设定温度值，℃；

$\overline{t_2}$——5 次试验机的温度示值平均值，℃。

D.3 计算测温仪测试温度的不确定度

D.3.1 输入量 t_2 引入的不确定度 $u(t_2)$

D.3.1.1 输入量 t_2 重复测量引入的不确定度 $u(t_2)$

在试验设备校准点设定温度值为 200℃时，记录试验设备的温度示值，共计 5 次，分别为：t_{21}、t_{22}、t_{23}、t_{24}、t_{25}，其平均值为$\overline{t_2}$，测量值及计算结果见表 D.1，属 A 类不确定度分量。

表 D.1 测量值及计算结果 单位：℃

组数	1	2	3	4	5
测量值	200.8	200.6	200.2	200.6	200.3
平均值	200.5				
$s(\overline{t_2}) = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(t_{2i} - \overline{t_2})^2}{n-1}} = 0.24$					

平均值的标准不确定度：$u(t_2) = s(\overline{t_2}) \div \sqrt{5} = 0.11$ ℃

D.3.1.2 温度校准装置修正值引入的不确定度 $u(t_{1x})$

输入量 t_{1x} 的不确定度主要来源与温度校准装置的测量不确定度，可根据最大允许示值误差进行评定，因此采用 B 类方法进行评定。

温度测控仪校准装置的最大允许误差为：±0.05%，当设定值为 200℃时，校准装置输

出误差为：±0.1℃，该误差服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，标准不确定度为：

$$u(t_{1x})=\frac{0.1}{\sqrt{3}}=0.058\ ℃$$

D.4 合成标准不确定度的评定

D.4.1 灵敏系数

数学模型：

$$t_0=\bar{t}_2-t_1$$

由于 t_1、t_2 相互独立，互不相关。因此：

灵敏系数 $c_1=\partial t_0/\partial t_1=-1$，$c_2=\partial t_0/\partial t_2=1$。

D.4.2 标准不确定度汇总表

表D.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度(℃)
$u(t_{1x})$	校准装置输出不确定度	0.58
$u(t_2)$	测量重复性	0.11

D.4.3 合成不确定度的计算

输入量 t_1 和 t_2 彼此独立，互不相关，因此合成标准不确定度可按下式得到：

$$u(c)^2=[c_1u(t_{1x})]^2+[c_2u(t_2)]^2$$

$$u(c)=\sqrt{u^2(t_{1x})+u^2(t_2)}=0.124\ ℃$$

D.4.4 扩展不确定度的评定

制动盘温度测量结果的扩展不确定度：

取 $k_p=2$，则：

$$U=k_p\cdot u(c)=0.025℃$$

Building materials industry standards

附录 E

摩擦性能拖曳试验机扭矩测量的不确定评定实例

E.1 校准方法

本次以扭矩为 196N·m 作为设定值，给出测试数值的测量不确定度评定。扭力等于扭力和力臂的乘积，而力臂是一个固定的数值，因此只需要校准扭力即可得出扭力的校准结果，将扭矩校准装置按照 6.6.3 的方法进行安装，然后开启设备进行数据测量并记录，其他校准点的不确定度评定可参考本方法。

E.2 测量模型

$$M_0 = \overline{M_2} - M_1 \tag{E.1}$$

式中：

M_0——扭矩示值误差，N·m；

M_1——砝码加载达到的设定扭矩值，N·m；

$\overline{M_2}$——5 次试验机的扭矩示值平均值，N·m。

E.3 计算扭力校准装置测试扭扭矩的不确定度

E.3.1 输入量 M_2 引入的不确定度 $u(M_2)$

E.3.1.1 输入量 M_2 重复测量引入的不确定度 $u(M_2)$

在试验设备校准点设定扭矩值为 196N·m 时，加载砝码直至达到校准点要求值，共计 5 次，分别为：M_{21}、M_{22}、M_{23}、M_{24}、M_{25}，其平均值为 $\overline{M_2}$，测量值及计算结果见表 E.1，属 A 类不确定度分量。

表 E.1 测量值及计算结果 单位：N·m

组数	1	2	3	4	5
测量值	196.8	197.1	196.6	196.9	196.5
平均值	196.78				
$s(\overline{M_2}) = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(M_{2i} - \overline{M_2})^2}{n-1}} = 0.24$					

平均值的标准不确定度：$u(M_2) = s(\overline{M_2}) \div \sqrt{5} = 0.11$ N·m

E.3.1.2 扭矩校准装置修正值引入的不确定度 $u(M_{1x})$

输入量 M_{1x} 的不确定度主要来源是扭矩校准装置(砝码)的不确定度，可根据最大允许示值误差进行评定，因此采用 B 类方法进行评定。

设定值为 196N·m，砝码的误差为：±3.2g，换算为力值为：±0.031N，当力臂值为 1m

时，扭矩示值误差为：±0.031 N·m。该误差服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，标准不确定度为：

$$u(M_{1x})=\frac{0.031}{\sqrt{3}}=0.018\ \text{N}\cdot\text{m}$$

E.4 合成标准不确定度的评定

E.4.1 灵敏系数

数学模型：

$$M_0=\overline{M_2}-M_1$$

由于 M_1、M_2 相互独立，互不相关。因此：

灵敏系数 $c_1=\partial M_0/\partial M_1=-1$，$c_2=\partial M_0/\partial M_2=1$。

E.4.2 标准不确定度汇总表

表 E.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度(N·m)
$u(M_2)$	测量重复性	0.11
$u(M_{1x})$	校准装置输出不确定度	0.018

E.4.3 合成不确定度的计算

输入量 M_1 和 M_2 彼此独立，互不相关，因此合成标准不确定度可按下式得到：

$$u(c)^2=[c_1u(M_{1x})]^2+[c_2u(M_2)]^2$$

$$u(c)=\sqrt{u^2(M_{1x})+u^2(M_2)}=0.11\ \text{N}\cdot\text{m}$$

E.4.4 扩展不确定度的评定

试验机扭矩测量结果的扩展不确定度：

取 $k_p=2$，则：

$$U=k_p\cdot u(c)=0.22\ \text{N}\cdot\text{m}$$

Building materials industry standards

附录 F

摩擦性能拖曳试验机摩擦系数检测结果不确定度计算示例

F.1 摩擦系数

摩擦性能拖曳试验机主要是测试汽车用制动器衬片的摩擦系数，按照测试摩擦材料摩擦系数的标准得知，摩擦系数的计算公式如下：

$$\mu = \frac{10^3 \times M}{2 \times p \times A_p \times r_{eff} \times \eta} \tag{F.1}$$

式中：

M——试验过程中的扭矩，N·m；

p——试验制动管路压力，MPa；

A_p——制动钳活塞面积，mm^2；

r_{eff}——制动盘有效半径，mm；

η——效率参数。

F.2 合成标准不确定度公式

$$u_{(c)} = \sqrt{c_1^2 u^2_{(M)} + c_2^2 u^2_{(p)} + u^2(rep)} \tag{F.2}$$

F.3 输入量的标准不确定度及评定

F.3.1 A 类不确定度的评定

对试样进行测量重复性引起的标准不确定度分项 $u(rep)$ 的评定：

通过对摩擦材料产品进行重复性试验 10 次，得出的试验结果如下表：

表 F.1 重复性试验测量结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
摩擦系数	0.43	0.43	0.42	0.45	0.42	0.43	0.44	0.42	0.43	0.41

摩擦系数平均值：

$$\overline{\mu} = 0.428$$

标准偏差：

$$s(\overline{\mu}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\mu_i - \overline{\mu})^2}{n-1}} = 0.011$$

$u(rep)$ 的相对标准不确定度为：

$$u(rep)=\frac{0.011}{0.428\times\sqrt{10}}\times100\%=0.81\%$$

F.3.2 输入量B类、合成和扩展不确定度的评定

F.3.2.1 灵敏系数计算

由于 M、p 彼此独立，互不相关

当选取 GB/T 34007—2017《道路车辆制动衬片摩擦材料摩擦性能拖曳试验方法》中 M_1、M_2、N_1、O_1、O_2、和 L 类车辆用盘式衬片的恒压力试验时。管路压力值为 0.89 MPa，制动钳活塞直径为：36 mm，制动盘有效半径为：123 mm。根据摩擦系数计算公式和 10 次实际测量摩擦系数平均值可得出扭矩为：94.4 N·m，效率参数 η：99%。灵敏系数计算：

$$c_1=\frac{\partial\mu}{\partial M}=\frac{10^3}{2\times p\times A_p\times r_{(eff)}\times\eta}=0.005$$

$$c_2=\frac{\partial\mu}{\partial p}=-\frac{10^3\times M}{2\times p^2\times A_p\times r_{(eff)}\times\eta}=-0.48$$

恒力矩试验或者其他车型制动衬片的摩擦系数测量结果不确定度评定均参考采用此方法。

F.3.2.2 制动压力 p 的相对标准不确定度 $u_{rel(p)}$ 的评定

当压力值为 0.89 MPa 时，制动压力主要由力传感器的精度引起，根据试验机和 GB/T 34007—2017《道路车辆制动衬片摩擦材料摩擦性能拖曳试验方法》技术要求：压力示值误差为±1.5%，按均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$，A 为制动活塞面积。则：

$$\mu_{rel(p)}=\frac{1.5\%}{\sqrt{3}}=0.87\%$$

F.3.2.3 扭矩 M 的相对标准不确定度 $u_{rel(M)}$ 的评定

当压力值为 0.89 MPa 时，经过公式计算扭矩值为 94.4 N·m 时，根据试验机和 GB/T 34007—2017《道路车辆制动衬片摩擦材料摩擦性能拖曳试验方法》要求得：扭矩示值误差为±1.5%，按均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$，则：

$$u_{rel(M)}=\frac{1.5}{\sqrt{3}}\times100\%=0.87\%$$

表 F.2 标准不确定度汇总表

不确定度来源	相对标准不确定度
测量重复性	0.81%
制动管路压力	0.87%
制动扭矩	0.87%

F.3.2.4　合成相对标准不确定度：

$$u_{(c)}=\sqrt{c_1^2u^2_{(M)}+c_2^2u^2_{(p)}+u^2(rep)}=0.91\%$$

合成标准不确定度：

$$u(\overline{\mu})=0.428\times 0.91\%=0.004$$

F.4　摩擦系数测试结果的扩展不确定度

取置信率 $P=95\%$，取 $k_p=2$ 则：

$$U=k_p\cdot u(\overline{\mu})=0.008$$

JJF(建材)146—2018

版权专有 侵权必究

*
书号：155160·1495
定价：36.00元

JJF(建材)146—2018