



中华人民共和国工业和信息化部  
兵工民品计量技术规范

JJF（兵工民品） 0023—2023

履带式车辆扭力轴疲劳试验机  
校准规范

Calibration Specification for Torque Shaft Fatigue  
Testing Machine of Tracked Vehicle

（报批稿）

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 履带式车辆扭力轴疲劳 试验机校准规范

Calibration Specification for Torque  
Shaft Fatigue Testing Machine of  
Tracked Vehicle

JJF（兵工民品） 0023—2023

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：国营第六一八厂

参与起草单位：北京北方信恒计量检测技术有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

**本规范主要起草人：**

武 盼（国营第六一八厂）

杜 勤（国营第六一八厂）

李 宁（国营第六一八厂）

**参加起草人：**

陈 静（北京北方信恒计量检测技术有限公司）

毕京红（北京北方信恒计量检测技术有限公司）

张金成（北京北方信恒计量检测技术有限公司）

李克雷（国营第六一八厂）



# 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..... ( 1 )

5 计量特性..... ( 2 )

6 校准条件..... ( 2 )

6.1 环境条件..... ( 2 )

6.2 测量标准及其他设备..... ( 2 )

7 校准项目和校准方法..... ( 3 )

7.1 校准项目..... ( 3 )

7.2 校准方法..... ( 3 )

8 校准结果表达..... ( 6 )

9 复校时间间隔..... ( 6 )

附录 A 原始记录格式..... ( 8 )

附录 B 校准证书内页格式..... ( 9 )

附录 C 测量不确定度评定示例..... ( 10 )

# 引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

## 履带式车辆扭力轴疲劳试验机校准规范

### 1 范围

本规范适用于履带式车辆扭力轴疲劳试验机的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

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 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范。

#### 3.1

扭力轴疲劳试验机 torque shaft fatigue testing machine

测试履带式车辆扭力轴疲劳寿命的设备。

#### 3.2

扭转角度 torsion angle

扭力轴在疲劳寿命测试中一端固定，另一端从起始位置旋转到规定的角度值。

### 4 概述

#### 4.1 原理

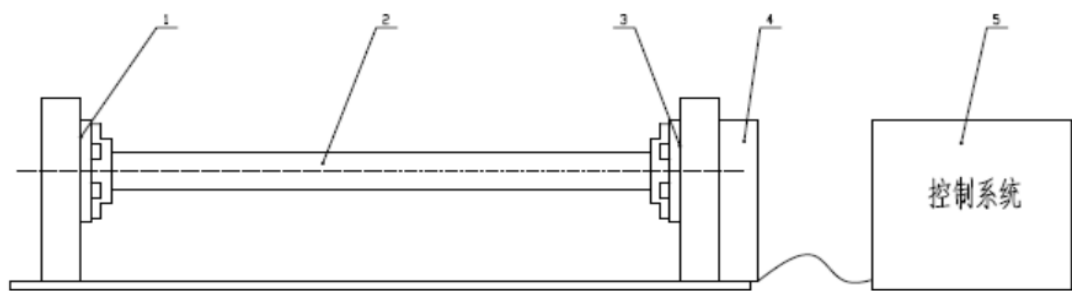
将扭力轴安装在扭力轴支撑固定系统上，一端固定，另一端由电液伺服系统驱动曲柄连杆机构使旋转端按照设计的频率和角度进行往返扭转，测试扭力轴疲劳寿命。

#### 4.2 结构

扭力轴疲劳试验机由扭力轴支撑固定系统、电液伺服曲柄连杆系统和控制系统等组成。扭力轴疲劳试验机结构示意图见图 1。

#### 4.3 用途

在一定扭转角度、扭转频率的条件下测试扭力轴的疲劳寿命。



1—支撑固定系统的固定端，2—扭力轴，3—支撑固定系统的旋转端，  
4—电液伺服系统及曲柄连杆机构，5—控制系统

图 1 扭力轴疲劳试验机结构示意图

5 计量特性

5.1 扭转角度

5.1.1 扭转角度技术指标见表 1。

表 1 扭转角度技术指标

分辨力（°）	示值相对误差（%）	示值重复性（%）
0.1	±1.0	≤1.0

5.2 扭矩

5.2.1 各级别扭力轴疲劳试验机扭矩计量技术指标见表 2。

表 2 各级别扭力轴疲劳试验机的扭矩计量技术指标

技术指标		示值相对误差（%）	示值重复性（%）
准确度等级	1.0	±1.0	1.0
	2.0	±2.0	2.0

5.3 扭转频率

5.3.1 频率示值误差不大于 0.01 Hz。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境条件如下：

- a) 环境温度：10℃~35℃；
- b) 相对湿度：不大于 80%；
- c) 工作电源的电压波动不超出额定电压 ±10%；
- d) 周围无影响校准结果的电磁场和其他干扰源。

6.2 测量标准及其他设备



6.2.1 校准过程中所需测量标准及配套设备见表 3。

表 3 校准过程中所需测量标准及配套设备

序号	测量标准及其他设备	范围	技术指标	校准项目
1	标准倾角仪	(0~180) °	分辨力: 0.01 °	扭转角度
2	标准扭矩仪	(0~50) kNm	精度: 不低于0.3级	扭矩
3	频率计	/	示值误差: $\pm 0.001$ Hz	频率

6.2.2 校准过程中所用设备应经过计量技术机构检定或校准, 满足校准使用要求, 并在有效期内。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目及使用测量标准见表4。

表 4 校准项目及使用测量标准

校准项目	测量标准名称	仪器技术要求	备注
扭转角度	标准倾角仪	分辨力: 0.01 °	量程覆盖实际使用范围
扭矩	标准扭矩仪	不低于 0.3 级	量程覆盖实际使用范围
频率	频率计	示值误差: $\pm 0.001$ Hz	/

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观与附件

目测检查扭力轴疲劳试验机的外观, 扭力轴疲劳试验机应有永久性铭牌, 铭牌上标明产品名称、型号、规格、编号、等级、制造厂家及日期, 附件齐备。记录铭牌及附件相关内容于扭力轴疲劳试验机校准记录表中, 其格式见附录A。

#### 7.2.2 扭转角度

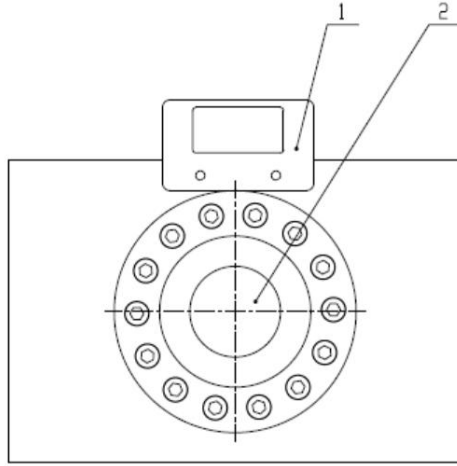
7.2.2.1 将标准倾角仪固定在扭转端的转盘的端面上, 扭转角度校准示意图见图 2。

7.2.2.2 根据扭力轴疲劳试验机的扭转角度使用范围选取相应的校准点, 校准点不少于三点且均匀分布。

7.2.2.3 将标准倾角仪和试验机控制系统中的角度示值同时清零。

7.2.2.4 设定试验机校准点角度  $\Phi_i$ , 开始扭转到设定值并记录标准倾角仪的示值  $\Phi_{zi}$ , 连续校准三次。

7.2.2.5 将三次的测量结果记录在校准原始记录中, 记录格式参见附录 A。示值误差按公式 (1) 计算, 示值重复性按公式 (2) 计算。



1—标准倾角仪，2—扭力轴疲劳试验机旋转端

图2 扭转角度校准示意图

$$w_j = \frac{\Phi_i - \bar{\Phi}_{zi}}{\bar{\Phi}_{zi}} \times 100\% \quad (1)$$

$$b_j = \frac{\Phi_{zi \max} - \Phi_{zi \min}}{\bar{\Phi}_{zi}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

- $w_j$  ——扭转角度示值相对误差，‰；
- $b_j$  ——扭转角度示值重复性，‰；
- $\Phi_i$  ——对应第  $i$  点扭力轴疲劳试验机的设定值，‰；
- $\bar{\Phi}_{zi}$  ——对应第  $i$  点标准倾角仪三次示值的平均值，‰；
- $\Phi_{zi \max}$  ——第  $i$  校准点标准倾角仪示值最大值，‰；
- $\Phi_{zi \min}$  ——第  $i$  校准点标准倾角仪示值最小值，‰。

### 7.2.3 扭矩

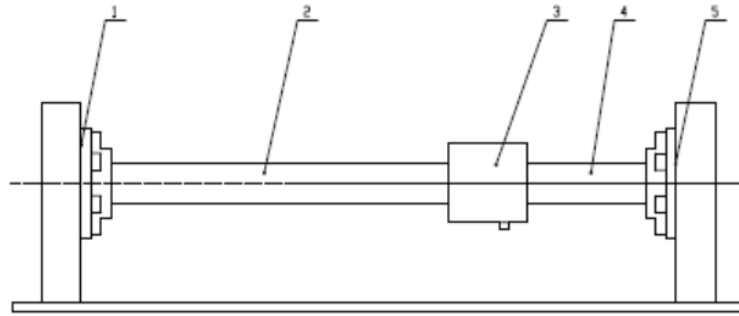
7.2.3.1 通过专用联接工装将标准扭矩仪安装在扭力轴疲劳试验机上，扭矩（或频率）校准示意图见图3。

7.2.3.2 校准前将标准扭矩仪和试验机控制系统扭矩示值同时清零。

7.2.3.3 一般情况下选择满量程的20%、40%、60%、80%、100%五个校准点。

7.2.3.4 分别施加扭矩至每个校准点  $M_i$  保持稳定后记录标准扭矩仪相应示值  $M_{zi}$ ，重复校准三次。

7.2.3.5 将三次的测量结果记录在校准原始记录中，记录格式参见附录A。示值误差按公式(3)计算，示值重复性按公式(4)计算。



1—扭力轴疲劳试验机固定端，2、4—专用转动轴，3—标准扭矩仪（或频率计），  
5—扭力轴疲劳试验机旋转端

图3 扭矩（或频率）校准示意图

$$w_n = \frac{M_i - \overline{M_{zi}}}{\overline{M_{zi}}} \times 100\% \quad (3)$$

$$b_n = \frac{M_{zi\max} - M_{zi\min}}{\overline{M_{zi}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

- $w_n$  ——扭矩示值相对误差，Nm；
- $b_n$  ——扭矩示值重复性，Nm；
- $M_i$  ——对应第  $i$  点扭力轴疲劳试验机的设定值，Nm；
- $\overline{M_{zi}}$  ——对应第  $i$  点标准扭矩仪三次示值的平均值，Nm；
- $M_{zi\max}$  ——第  $i$  校准点标准扭矩仪示值最大值，Nm；
- $M_{zi\min}$  ——第  $i$  校准点标准扭矩仪示值最小值，Nm。

#### 7.2.4 扭转频率

7.2.4.1 通过专用联接工装将频率计安装在扭力轴疲劳试验机专用转动轴上，扭矩（或频率）校准示意图见图3。

7.2.4.2 校准前将频率计和试验机控制系统频率示值同时清零。

7.2.4.3 根据扭力轴疲劳试验机的频率使用范围选取相应的校准点，校准点不少于三点且均匀分布。

7.2.4.4 设定试验机校准点频率  $f_i$ ，试验机扭转到设定值并记录频率计的示值  $f_{zi}$ ，连续校准三次。

7.2.4.5 将三次的测量结果记录在校准原始记录中，记录格式参见附录A。示值误差按公式（5）计算，示值重复性按公式（6）计算。

$$w_f = f_i - \bar{f}_{zi} \quad (5)$$

$$b_f = f_{zi\max} - f_{zi\min} \quad (6)$$

式中:

$w_f$  ——频率示值误差, Hz;

$b_f$  ——频率重复性, Hz;

$f$  ——试验机设定的工作频率值, Hz;

$\bar{f}_{zi}$  ——第*i*点三次测量频率示值的平均值, Hz;

$f_{zi\max}$  ——第*i*点三次测量频率示值的最大值, Hz;

$f_{zi\min}$  ——第*i*点三次测量频率示值的最小值, Hz。

## 8 校准结果

校准结束后出具校准证书, 推荐校准证书内页格式见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出, 测量不确定度的评定应符合 JJF 1059.1 的要求, 不确定度评定示例见附录 C。校准证书至少包含以下信息:

- a) 标题: ”校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果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;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

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, 使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 一般推荐为一年。

## 附录 A

## 扭力轴疲劳试验机校准记录格式

样品接收室编号: \_\_\_\_\_ 证书编号: \_\_\_\_\_  
 送检单位及地址: \_\_\_\_\_ 标准器具名称: \_\_\_\_\_  
 仪器名称: \_\_\_\_\_ 标准精度等级: \_\_\_\_\_  
 规格型号: \_\_\_\_\_ 标准证书编号: \_\_\_\_\_  
 出厂编号: \_\_\_\_\_ 标准有效日期: \_\_\_\_\_  
 生产厂家: \_\_\_\_\_ 校准依据: \_\_\_\_\_

外观检查:		校准温度    ℃, 湿度    %RH		校准日期:    年    月    日			
项目	校准点 (    )	示值 (    )				示值相对 误差/%	示值重复 性/%
		1	2	3	平均值		
扭转 角度							
扭矩							
频率							
其他							
校准 结论							
校准人:					审核人:		

测量结果不确定度: \_\_\_\_\_

附录 B

扭力轴疲劳试验机校准证书内页格式

项目	量程（ ）	校准点（ ）	示值相对误差（%）	示值重复性（%）
扭转角度				
扭矩				
频率				
测量结果不 确定度				
其他				

## 附录 C

## 测量不确定度评定示例

## C.1 扭矩不确定度的评定

## C.1.1 测量方法

按 7.3 进行扭力轴疲劳试验机的扭矩示值误差的校准。

## C.1.2 数学模型

数学模型见公式 (C.1)。

$$M = M_i - \overline{M}_{zi} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$M$  ——扭矩示值误差, Nm;

$M_i$  ——扭力轴疲劳试验机的设定值, Nm;

$\overline{M}_{zi}$  ——标准扭矩仪三次示值的平均值, Nm。

## C.1.3 不确定度来源

扭矩测量不确定度来源主要包括:

- a) 扭力轴疲劳试验机重复性引入的标准不确定度  $u_A$ ;
- b) 扭力轴疲劳试验机分辨率引入的标准不确定度  $u_{B1}$ ;
- c) 标准扭矩仪引入的标准不确定度  $u_{B2}$ 。

## C.1.4 不确定度分量的评定

C.1.4.1 扭力轴疲劳试验机重复性引入的标准不确定度  $u_A$ 

在室温 21.5℃, 相对湿度 36% 的情况下, 通过专用联接工装将标准扭矩仪安装在扭力轴疲劳试验机专用转动轴上, 进行三次重复性测量, 结果分别为 25.71 kNm、25.62 kNm 和 25.59 kNm, 平均值 25.67 kNm, 25 kNm 重复性引入的标准不确定度按公式 (C.2) 极差法计算。

$$S_n(\bar{x}) = R / d_n \quad (\text{C.2})$$

式中:

$d_n$  ——极差系数;

$R$  ——测量结果最大值和最小值之差,  $R=0.12$  kNm;

查表极差系数  $d_3=1.69$ ,  $S_n(\bar{x})=0.12/1.69=0.07$  kNm; 则扭力轴疲劳试验机重复性引

入的标准不确定度为:

$$u_A = S_n(\bar{x}) / \sqrt{3} = 0.07 / \sqrt{3} = 0.04 \text{ kNm}$$

#### C.1.4.2 扭力轴疲劳试验机分辨率引入的标准不确定度 $u_{B1}$

扭力轴疲劳试验机的分辨率为 0.01 kNm，以分辨率作为整个区间宽度  $d$ ，以分辨率的一半  $d/2$  作为半宽区间，可假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，以 B 类不确定度来计算分辨率引入的不确定度为：

$$u_{B1} = \frac{0.01 \text{ kNm} / 2}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ kNm}$$

#### C.1.4.3 标准扭矩仪引入的标准不确定度 $u_{B2}$

查上级证书，标准扭矩仪 25 kNm 的点的示值误差为 0.05 kNm，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则校准装置引入的不确定度为：

$$u_{B2} = \frac{0.05 \text{ kNm}}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kNm}$$

#### C.1.5 合成标准不确定度 $u_c$

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2} = 0.05 \text{ kNm}$$

#### C.1.6 扩展不确定度 $U$

取置信概率  $P=95\%$ ，包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.1 \text{ kNm} (k = 2)$$

在标称值为 25 kNm 点的扭矩误差的测量结果扩展不确定度为  $U=0.1 \text{ kNm} (k=2)$ ，则相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = 0.4\% (k = 2)$$

### C.2 扭转角度不确定度的评定

#### C.2.1 测量方法

按 7.2 进行扭力轴疲劳试验机的扭转角度示值误差的校准。

#### C.2.2 数学模型

数学模型见公式 (C.3)。

$$\Phi_j = \Phi_i - \bar{\Phi}_{zi} \quad (\text{C.3})$$

式中：

$\Phi_j$ ——扭转角度示值误差，°；

$\Phi_i$ ——扭力轴疲劳试验机扭转角度的设定值，°；

$\bar{\Phi}_{zi}$ ——标准倾角仪三次示值的算数平均值作为标准值，°。

#### C.2.3 不确定度来源

扭转角度测量不确定度来源主要包括：



- a) 扭力轴疲劳试验机扭转角度重复性引入的标准不确定度  $u_A$ ;
- b) 扭力轴疲劳试验机扭转角度分辨率引入的标准不确定度  $u_{B1}$ ;
- c) 标准倾角仪引入的标准不确定度  $u_{B2}$ 。

#### C.2.4 不确定度分量的评定

##### C.2.4.1 扭力轴疲劳试验机扭转角度重复性引入的标准不确定度 $u_A$

在室温 21.5℃，相对湿度 36% 的情况下，将标准倾角仪固定在扭转端的转盘的端面上，用标准倾角仪进行扭转角度的校准，进行三次重复性测量，结果分别为 50.04°、50.08° 和 50.09°，平均值 50.07°；重复性引入的标准不确定度按公式 (C.2) 用极差法计算。查极差系数  $d_3=1.69$ ， $S_n(\bar{x})=0.05^\circ/1.69=0.0296^\circ$ ，则扭转角度重复性引入的标准不确定度为：

$$u_A = S_n(\bar{x}) / \sqrt{3} = 0.0296^\circ / \sqrt{3} = 0.017^\circ$$

##### C.2.4.2 扭力轴疲劳试验机扭转角度分辨率引入的标准不确定度 $u_{B1}$

扭力轴疲劳试验机的分辨率为 0.01°，以分辨率作为整个区间宽度  $d$ ，以分辨率的一半  $d/2$  作为半宽区间，可假设为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，以 B 类不确定度来计算分辨率引入的不确定度：

$$u_{B1} = \frac{0.01^\circ/2}{\sqrt{3}} = 0.009^\circ$$

##### C.2.4.3 标准倾角仪引入的标准不确定度 $u_{B2}$

查上级证书，标准倾角仪 50° 的点的示值误差为 0.02°，假设为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则校准装置引入的不确定度为：

$$u_{B2} = \frac{0.02^\circ}{\sqrt{3}} = 0.0115^\circ$$

#### C.2.5 合成标准不确定度 $u_c$

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2} = 0.022^\circ$$

#### C.2.6 扩展不确定度 $U$

取置信概率  $P=95\%$ ，包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.044^\circ$$

在试验机示值为 50° 点的扭转角度示值误差的测量结果扩展不确定度为  $U=0.044^\circ$  ( $k=2$ )，则相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = 0.1\% (k=2)$$

### C.3 频率不确定度的评定

#### C.3.1 测量方法

按 7.4 进行扭力轴疲劳试验机扭转频率示值误差的校准。

## C.3.2 数学模型

$$w_f = f_i - \bar{f}_{zi} \quad (\text{C.4})$$

式中:

$w_f$ ——频率示值误差;

$f_i$ ——试验机设定的工作频率值;

$\bar{f}_{zi}$ ——三次测量频率的平均值。

## C.3.3 不确定度来源

频率主要不确定度来源主要包括:

- a) 扭力轴疲劳试验机测量频率重复性引入的标准不确定度  $u_A$ ;
- b) 频率计引入的标准不确定度  $u_{B1}$ ;

## C.3.4 不确定度分量的评定

C.3.4.1 扭力轴疲劳试验机测量频率重复性引入的标准不确定度  $u_A$ 

在室温 21.5℃, 相对湿度 36% 下, 将扭力轴疲劳试验机设定工作频率为 45 次/分钟, 将计时计数一体仪接入扭力轴疲劳试验机的转动轴中, 进行三次重复性测量, 记录结果分别为 45 次/分钟、44 次/分钟, 45 次/分钟, 查极差系数  $d_3=1.69$ , 用极差法计算重复性引入的标准不确定度为:

$$S_n(\bar{x}) = \frac{1\text{次/分钟}}{1.69} = 0.59\text{次/分钟}$$

$$u_A = S_n(\bar{x}) / \sqrt{3} = 0.001\text{Hz} / \sqrt{3} = 0.34\text{次/分钟}$$

C.3.4.2 频率计中引入的标准不确定度  $u_{B1}$  在以上计算中已经包含, 可忽略不计。

C.3.5 合成标准不确定度  $u_c$ 

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2} = 0.34\text{次/分钟}$$

C.3.6 扩展不确定度  $U$ 

取置信概率  $P=95\%$ , 包含因子  $k=2$ , 则扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 1\text{次/分钟} (k=2)$$

试验机设定工作频率 45 次/分钟的工作状态下示值误差的测量结果扩展不确定度为  $U=1$  次/分钟 (0.02 Hz) ( $k=2$ )。

中华人民共和国工业和信息化部  
兵工民品计量技术规范  
**履带式车辆扭力轴疲劳试验机校准规范**  
JJF（兵工民品）0023—2023  
版权所有 不得翻印