



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

金属材料扭转摩擦性能试验机校准规范

Calibration Specification for Metal Materials Torsional Friction

Performance Testing Machines

（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

金属材料扭转摩擦性能试 验机校准规范

Calibration Specification for Metal
Materials Torsional Friction
Performance Testing Machines

JJF（有色金属）XXXX—
20xx

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

国合通用（青岛）测试评价有限公司

国标（北京）检验认证有限公司

西南铝业（集团）有限责任公司

东北轻合金有限责任公司

赤峰市产品质量检验检测中心

西安建筑科技大学

广东省科学院工业分析检测中心

四川六合特种金属材料股份有限公司

本规范主要起草人：

曹小刚（西安汉唐分析检测有限公司）
余泽利（西安汉唐分析检测有限公司）
闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）
栾剑乔（国合通用（青岛）测试评价有限公司）
李 成（国标（北京）检验认证有限公司）
本金翠（西安汉唐分析检测有限公司）
胡珍铭（西南铝业（集团）有限责任公司）
马金萍（东北轻合金有限责任公司）
王德文（赤峰市产品质量检验检测中心）
叶雯婷（西安建筑科技大学）
伍超群（广东省科学院工业分析检测中心）
边 锋（四川六合特种金属材料股份有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(2)
6.2.1 轴向力示值误差及重复性的校准	(3)
6.2.2 扭矩值示值误差及重复性的校准	(3)
6.2.3 扭转角示值误差的校准	(4)
6.2.4 扭转速度示值误差的校准	(5)
6.2.5 两夹头同轴度的校准	(5)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 校准用配套工装	(7)
附录 B 校准原始记录参考格式	(8)
附录 C 校准证书内页参考格式	(10)
附录 D 金属材料扭转摩擦性能试验机轴向力示值误差测量不确定度评定示例	(12)

引 言

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》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了JJG 269《扭转试验机》、JJG 652《旋转纯弯曲疲劳试验机》、JJF 1478《高强螺栓检测仪》、GB/T 16823.3《紧固件 扭矩-夹紧力试验》的技术内容。

本规范为首次发布。

金属材料扭转摩擦性能试验机校准规范

1 范围

本规范适用于检测金属材料M4~M39螺栓螺母摩擦性能的金属材料扭转摩擦性能试验机的校准。

2 引用文件

本规范无引用文件。

3 概述

金属材料扭转摩擦性能试验机（以下简称试验机）是用于测试螺栓、螺母紧固件在装配过程中摩擦性能的设备。其工作原理是通过给螺栓、螺母施加扭矩、轴向力，利用高精度传感器实时采集扭矩、轴向力和转角数据，从而计算出总摩擦系数、螺纹摩擦系数和端面摩擦系数。试验机结构一般包含显示装置、传感器、主动夹头、被动夹头、导轨、底座等，结构示意图见图1。

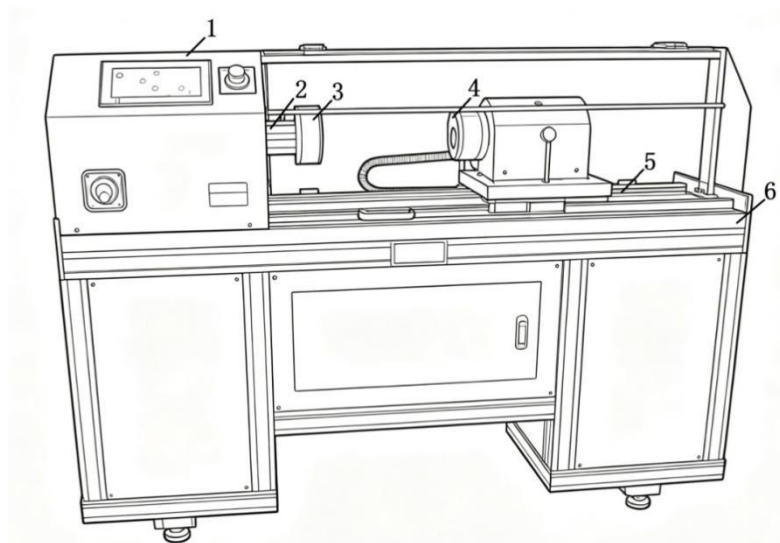


图1 金属材料扭转摩擦性能试验机结构示意图

1—显示装置；2—传感器；3—主动夹头；4—被动夹头；5—导轨；6—底座

4 计量特性

试验机的计量特性见表1。

表1 计量特性

序号	计量特性	技术要求
1	轴向力示值误差	最大允许误差：±1.0%
2	扭矩值示值误差	最大允许误差：±2.0%
3	扭矩值示值重复性	≤2.0%
4	扭转角示值误差	最大允许误差：±2.0%
5	扭转速度示值误差	最大允许误差：±0.4r/min
6	两夹头同轴度	≤φ0.3mm（径向圆跳动）

5 校准条件

5.1 环境条件

校准环境温度范围应为（10~35）℃，温度波动度不超过±2℃，相对湿度不超过80%。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备的技术指标见表2。

表2 测量标准及其他设备的技术指标

序号	测量标准及其他设备	技术指标	用途
1	标准测力仪	不低于0.3级	用于轴向力示值误差的校准
2	反力架及千斤顶	至少能施加试验机最大力的1.2倍	
3	标准扭矩仪	不低于0.3级	用于扭矩值示值误差、重复性的校准
4	光电轴角编码器	分度最大允许误差：±5″	用于扭转角示值误差的校准
5	电子秒表	最大允许误差：±0.1s/h	用于扭转速度示值误差的校准
6	百分表	量程5mm，最大允许误差：±0.02mm	用于两夹头同轴度的校准
7	同轴度校验棒	工作长度150mm，同轴度≤0.009mm，硬度30HRC~40HRC	

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目为轴向力示值误差、扭矩值示值误差、扭矩值示值重复性、扭转角示值误差、扭转速度示值误差和两夹头同轴度。

6.2 校准方法

6.2.1 轴向力示值误差的校准

在试验机轴向力测量上限的20%~100%范围内均匀选取5个校准点或者按照客户要求点进行选点，对轴向力进行校准。

将试验机的传感器拆除，与标准测力仪、千斤顶从上到下同轴放置在反力架中。预热

至少 30min 后将试验机与标准测力仪同时清零，使用千斤顶加力进行满量程预加载。所用到的千斤顶及反力架见附录 A 中 A.1。

使用千斤顶进行加力，逐级递增使试验机示值到达各校准点，读取各校准点试验机的示值和标准测力仪的示值，卸除力值后重新将试验机与标准测力仪同时清零，再次施加力至各个校准点，读取试验机和标准测力仪示值，重复此步骤 3 次。

轴向力示值误差的计算见公式（1），取 3 次示值误差的最大值作为该校准点的示值误差。

$$q_1 = \frac{F_i - F_{zi}}{F_{zi}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

q_1 ——轴向力示值误差；

F_i ——该校准点试验机轴向力示值，N；

F_{zi} ——该校准点标准测力仪示值，N；

i ——测量次数， $i=1, 2, 3$ 。

6.2.2 扭矩值示值误差及重复性的校准

在试验机扭矩值测量上限的 20%~100%范围内均匀选取 5 个校准点或者按照客户要求点进行选点，对扭矩值示值误差及重复性进行校准。

使用工装将标准扭矩仪安装至试验机上，预热至少 30min 后清零。所用到的工装见附录 A 中 A.2。

使用试验机进行扭矩加载，逐级递增使试验机示值到达各校准点，读取各校准点标准扭矩仪的示值并记录，卸除扭矩值后重新将试验机与标准扭矩仪同时清零，再次施加扭矩值至各个校准点，读取各校准点标准扭矩仪示值，重复此步骤 3 次。

扭矩值示值误差的计算见公式（2）

$$q_2 = \frac{M_i - \overline{M_{zi}}}{\overline{M_{zi}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

q_2 ——扭矩值示值误差；

M_i ——该校准点试验机示值，Nm；

$\overline{M_{zi}}$ ——该校准点标准扭矩仪 3 次示值平均值，Nm；

i ——测量次数， $i=1, 2, 3$ 。

扭矩值示值重复性的计算见公式（3）。

$$b_2 = \frac{M_{zi\max} - M_{zi\min}}{\overline{M_{zi}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

b_2 ——扭矩值示值重复性；

$M_{zi\max}$ ——该校准点标准扭矩仪示值最大值，Nm；

$M_{zi\min}$ ——该校准点标准扭矩仪示值最小值，Nm；

$\overline{M_{zi}}$ ——该校准点标准扭矩仪 3 次示值平均值，Nm；

i ——测量次数， $i=1, 2, 3$ 。

6.2.3 扭转角示值误差的校准

在试验机扭转角测量上限的 20%~100%范围内均匀选取 5 个校准点或者按照客户要求点进行选点，对扭转角示值误差进行校准。

将光电轴角编码器安装到试验机的主动夹头上，驱动主动夹头旋转使主动夹头与光电轴角编码器连接部分紧密贴合以消除初始间隙，然后将光电轴角编码器和试验机清零。

使用试验机进行扭转，逐级递增使试验机示值到达各校准点，读取各校准点光电轴角编码器的示值并记录，将扭转角回到零点后重新将试验机与光电轴角编码器同时清零，再次进行扭转至各个校准点，读取各校准点光电轴角编码器示值，重复此步骤 3 次。

扭转角示值误差的计算见公式（4）。

$$q_3 = \frac{\Phi_i - \overline{\Phi_{zi}}}{\overline{\Phi_{zi}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

q_3 ——扭转角示值误差；

Φ_i ——该校准点试验机扭转角示值，°；

$\overline{\Phi_{zi}}$ ——该校准点光电轴角编码器示值平均值，°；

i ——测量次数， $i=1, 2, 3$ 。

6.2.4 扭转速度示值误差的校准

在试验机夹头扭转速度测量上限的 20%~100%范围内均匀选取 5 个校准点或者按照客户要求选点进行选点，对扭转速度进行校准。

在试验机上使用记号笔进行标记，使标记对准主动夹头的刻线，当电机转动稳定后，按照设定的转速驱动主动夹头扭转，同时按下秒表，当试验机扭转至少 30 的整数倍圈时，停止秒表。

夹头扭转速度示值误差的计算见公式（5）。

$$q_4 = v - \frac{r}{t} \quad (5)$$

式中：

q_4 ——扭转速度示值误差；

v ——该校准点试验机设定转速，r/min；

r ——该校准点试验机扭转圈数，r；

t ——该校准点秒表时间，s；

6.2.5 两夹头同轴度的校准

先将同轴度校验棒夹在被动夹头中并伸出 110mm，将百分表架于主动夹头上进行转动，即百分表绕着同轴度校验棒转动，检测同轴度校验棒端头以及距端头 100mm 处的百分表最大跳动量，取端头及距端头 100mm 处的最大跳动量的最大值为 Δ_1 ；再将同轴度校验棒装在主动夹头中并向外伸出 110mm，百分表架于主动夹头一侧非转动部分上，转动夹头，检测同轴度校验棒端头以及距端头 100mm 处的径向圆跳动，取最大值为 Δ_2 。同轴度的计算见公式（6）。

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (6)$$

式中：

Δ ——两夹头同轴度，mm；

Δ_1 ——主轴轴线对被动夹头轴线的同轴度，mm；

Δ_2 ——夹头轴线对主动主轴轴线的同轴度，mm。

7 校准结果表达

经校准的试验机出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
 - b) 实验室的名称和地址；
 - c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；
 - d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
 - e) 客户的名称和联络信息；
 - f) 被校对象的描述和明确标识；
 - g) 进行校准活动的日期，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和证书发布日期；
 - h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
 - i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
 - j) 校准环境的描述；
 - k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
 - l) 对校准规范偏离的说明；
 - m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
 - n) 校准人和核验人签名；
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
 - p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。
- 校准原始记录参考格式见附录B，校准证书内页参考格式见附录C。

8 复校时间间隔

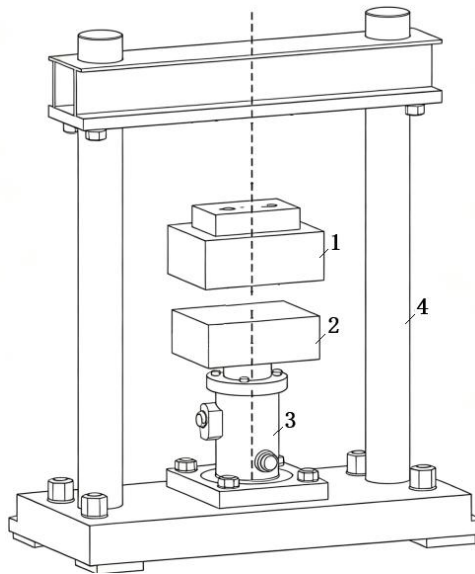
复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为1年。

附录 A

校准用配套工装

A.1 轴向力的校准

力值校准中所用到的反力架和千斤顶如图 A.1 所示，反力架和千斤顶能施加的力值应不小于试验机最大力的 1.2 倍。

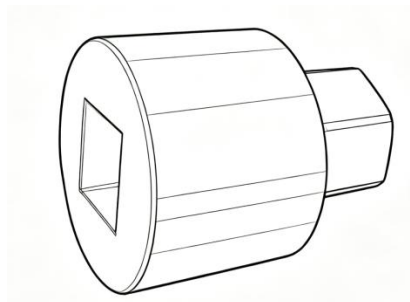


图A.1 力值校准工装示意图

1—试验机传感器；2—标准测力仪；3—千斤顶；4—反力架；

A.2 扭矩值的校准

扭矩值校准中所用到的工装如图 A.2 所示，一侧向内凹陷一侧向外凸起，凸起和凹陷的部分尺寸根据所校准的试验机尺寸和校准时所使用的标准扭矩仪来确定，其形状一般为正方形或正六边形。



图A.2 扭矩校准工装示意图

附录 B

校准原始记录参考格式

证书编号： 接收日期： 校准日期： 发布日期：
 委托单位： 校准依据：

被校设备信息										
器具名称						出厂编号				
型号/规格						设备编号				
制造厂家										
校准地点						环境条件		℃		%RH
测量标准信息										
名称		型号	编号	测量范围		测量不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差		证书编号		有效期至
轴向力示值误差的校准结果										
进程 1			进程 2			进程 3			示值 误差 最大 值/%	扩展 不确 定度, k=2
试验机示 值/N	标准测 力仪示 值/N	示值误 差/%	试验机示 值/N	标准测 力仪示 值/N	示值误 差/%	试验机示 值/N	标准测 力仪示 值/N	示值误 差/%		
扭矩值示值误差和示值重复性的校准结果										
校准点 /Nm	标准扭矩仪示值/Nm			平均值/Nm	示值误差 /%	示值误差 的扩展不 确定度, k=2	重复性 /%			
	进程 1	进程 2	进程 3							

扭转角示值误差的校准结果						
校准点/°	光电轴角编码器示值/°			平均值/°	示值误差/%	扩展不确定度， $k=2$
	进程 1	进程 2	进程 3			
扭转速度示值误差的校准结果						
校准点/ (r/min)	扭转圈数/r	时间/s	扭转速度/(r/min)	示值误差/ (r/min)	扩展不确定度， $k=2$	
两夹头同轴度的校准结果						
主轴轴线对被动夹头轴线的同轴度			夹头轴线对主动主轴轴线的同轴度			两夹头同轴度/mm
端头处最大跳动量/mm	距端头 100mm 处最大跳动量/mm	二者最大值/mm	端头处最大跳动量/mm	距端头 100mm 处最大跳动量/mm	二者最大值/mm	
扩展不确定度， $k=2$						

附录 C

校准证书内页参考格式

校准结果				
轴向力示值误差				
校准点/N	示值误差/%		扩展不确定度, $k=2$	
扭矩值示值误差和示值重复性				
校准点/Nm	示值误差/%	扩展不确定度, $k=2$	重复性/%	扩展不确定度, $k=2$
扭转角示值误差				
校准点/°	示值误差/%		扩展不确定度, $k=2$	
扭转速度示值误差				
校准点/ (r/min)	示值误差/ (r/min)		扩展不确定度, $k=2$	

两夹头同轴度	
两夹头同轴度/mm	扩展不确定度, $k=2$

附录 D

金属材料扭转摩擦性能试验机轴向力示值误差测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据

本规范。

D.1.2 测量标准

标准测力仪，测量范围（50~500）kN，0.3 级。

D.1.3 被校对象

选用量程为 500kN 的金属材料扭转摩擦性能试验机。

D.1.4 校准方法

金属材料扭转摩擦性能试验机轴向力示值误差校准方法见本规范 6.2.2。按照 6.2.2 要求应在试验机测量上限的 20%~100%范围内均匀选取 5 个校准点，本示例仅取 100kN 校准点为例评定轴向力示值误差测量结果不确定度，其他校准点也可参考本示例评定不确定度。

D.2 测量模型

轴向力示值误差的计算应取相对误差，为了便于计算，在此取示值绝对误差进行计算，其测量模型见公式（D.1）。

$$q_1 = F_i - \overline{F_{zi}} \quad (\text{D.1})$$

式中：

q_1 ——轴向力示值误差；

F_i ——试验机力值示值，N；

$\overline{F_{zi}}$ ——标准测力仪示值平均值，N。

D.3 测量不确定度的来源分析

轴向力示值误差测量结果不确定度的主要来源有：

- （1）测量重复性引入的不确定度 u_1 ；
- （2）试验机分辨力引入的不确定度 u_2 ；

(3) 标准器引入的不确定度 u_3 。

D.4 测量不确定度评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

对试验机 100kN 校准点的轴向力重复测量 10 次，测量结果见表 D.1。

表 D.1 轴向力重复性的测量结果

校准点	测量结果 (kN)										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
100	100.72	100.76	100.76	100.58	100.66	100.38	100.78	100.82	100.66	100.44	100.66

由测量数据计算得到其标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.15 \text{ kN}$$

因实际测量以单次测量值为测量结果，则重复性引入的不确定度 u_1 为：

$$u_1 = s = 0.15 \text{ kN}$$

D.4.2 试验机分辨力引入的不确定度 u_2

试验机的分辨力为 0.001kN，则区间半宽为 0.0005kN，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则分辨力引入的不确定度为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.0003 \text{ kN}$$

D.4.3 标准器引入的不确定度 u_3

标准测力仪引入的不确定度包括最大允许误差引入的不确定度分量 u_{31} 、年稳定性引入的不确定度分量 u_{32} 。

标准测力仪为 0.3 级，在 100kN 时最大允许误差为 $\pm 0.3 \text{ kN}$ ，则区间半宽 $a = 0.3 \text{ kN}$ ，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则标准器最大允许误差引入的不确定度分量为：

$$u_{31} = \frac{a}{k} = \frac{0.3}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ kN}$$

根据标准测力仪检定规程可知标准测力仪年稳定度为 $\pm 0.3\%$ ，在 100kN 时允许误差为 $\pm 0.3 \text{ kN}$ ，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则标准器年稳定性引入的不确定度分量为：

$$u_{32} = \frac{a}{k} = \frac{0.3}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ kN}$$

两项合并

$$u_3 = \sqrt{u_{31}^2 + u_{32}^2} = \sqrt{0.17^2 + 0.17^2} = 0.24 \text{ kN}$$

D.4 合成标准不确定度

由于重复性和分辨力引入的不确定度取较大者，所以分辨力引入的不确定度 u_2 可忽略不计。被校试验机轴向力示值误差的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = \sqrt{0.15^2 + 0.24^2} = 0.28 \text{ kN}$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则试验机轴向力示值误差的扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.28 = 0.56 \text{ kN}$$

则试验机轴向力示值误差相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{100} \times 100\% = 0.6\%$$
