

**JJF**(有色金属) **XXX─XXXX**

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

发 布

中华人民共和国工业和信息化部

平面双轴试验系统校准规范

Calibration Specification for Planar Biaxial Test System

（讨论稿）

平面双轴试验系统校准规范

Calibration Specification for Planar Biaxial Test System



**JJF（有色金属）XXX—XXXX**

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

参加起草单位：中国船舶集团有限公司第七二五研究所

新疆湘润新材料科技有限公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

**参加起草人：**

目 录

[引言 （II）](#_Toc9228_WPSOffice_Level1)

[1 范围](#_Toc23837_WPSOffice_Level1) [（1）](#_Toc23837_WPSOffice_Level1)

[2 引用文件](#_Toc7848_WPSOffice_Level1) （1）

[3 术语和计量单位](#_Toc7848_WPSOffice_Level1) （1）

[4 概述](#_Toc13054_WPSOffice_Level1) （2）

[5 计量特性](#_Toc19851_WPSOffice_Level1) （3）

[6 校准条件](#_Toc25829_WPSOffice_Level1) （3）

[6.1 环境条件](#_Toc5126_WPSOffice_Level2) （3）

[6.2 测量标准及其他设备技术要求](#_Toc9866_WPSOffice_Level2) （3）

[7 校准项目和校准方法](#_Toc2741_WPSOffice_Level1) （4）

[7.1 校准项目](#_Toc22718_WPSOffice_Level2) （4）

[7.2 校准方法](#_Toc22008_WPSOffice_Level2) （4）

[8 校准结果表达](#_Toc25466_WPSOffice_Level1) （8）

[9 复校时间间隔](#_Toc14803_WPSOffice_Level1) （9）

[附录A 校准原始记录参考格式](#_Toc20191_WPSOffice_Level1) （10）

[附录B 校准证书内页参考格式](#_Toc29371_WPSOffice_Level1) （11）

[附录C 平面双轴试验系统力值示值误差测量不确定度评定示例](#_Toc5266_WPSOffice_Level1) （12）

引 言

本规范是以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》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

平面双轴试验系统校准规范

1 范围

本规范适用于平面双轴试验系统（以下简称试验系统）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 16825.1-2022 静力单轴试验机的检验与校准 第1部分：拉力和（压力）试验机 测力系统的检验与校准

GB/T 3075-2021 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法

GB/T 25917.1-2019 单轴疲劳试验系统 第一部分：动态力校准

JJG 475-2008 电子式万能试验机

JJG 556-2011 轴向加力疲劳试验机

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

3.1术语

3.1.1循环力

以某种波形进行周期性变化的力。

3.1.2平均循环力

循环力峰值和循环力谷值的代数平均值。

3.1.3循环力范围

循环条件下，力的波峰值和波谷值之差。

3.1.4循环力幅

施加在平均循环力上的循环力值，为循环力范围之半。

3.1.5循环力频率

力循环试验中，每秒钟内循环力变化的周期数。

3.1.6作动器位移

伺服作动系统中的作动筒伸出与缩回的行程。

3.2量的符号、单位与定义

本规范所使用量的符号、单位与定义见表1。

1. 表1 量的定义与符号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 符号 | 单位 | 定义 |
| *F*a | N | 试验系统施加的循环力幅 |
| *F*amax | N | 试验系统的最大循环力幅 |
| *F*cp | N | 循环力校准时，试验系统力指示装置指示的循环力峰值示值 |
| *F*cv | N | 循环力校准时，试验系统力指示装置指示的循环力谷值示值 |
| *F*D | N | 静态力进程校准时，试验系统力指示装置的示值 |
| *F*L | N | 静态力的测量范围下限值 |
| *F*m | N | 循环力试验时，试验系统施加的平均循环力 |
| *F*max | N | 试验系统的最大力 |
| *F*min | N | 试验系统的最小力 |
| *F*pm | N | 循环力校准时，力校准装置循环力峰值示值的最大值 |
| *F*zmin | N | 循环力校准时，力校准装置循环力峰值示值的最小值 |
| *F*g | N | 循环力试验时，试验系统施加的循环力范围 |
| *F*Rmax | N | 循环力试验时，试验系统施加的最大循环力范围 |
| *δ*p | % | 循环力峰值示值相对误差 |
| *δ*R | % | 循环力范围示值相对误差 |
| *δ*S | % | 静态力示值相对误差 |
| *R*p | % | 循环力峰值示值重复性 |
| *R*R | % | 循环力范围示值重复性 |
| *R*S | % | 静态力示值重复性 |
| *L* | mm | 伺服作动系统作动器位移 |
| *V*L | mm/min | 伺服作动系统作动器速度 |

4 概述

平面双轴试验系统是指采用电液伺服的激振方式，通过控制伺服作动系统，可对材料各同向性和异向性进行分析，实现双轴载荷加载的力学性能测试设备。平面双轴试验系统广泛应金属材料双轴载荷测试、非金属材料双轴载荷测试。一般由控制系统、数据采集系统、伺服作动系统、液压夹具以及应变测量装置等部分组成。

5 计量特性

试验系统计量特性见表2。

1. 表2 试验系统计量特性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 要求 |
| 1 | 受力同轴度 | 8%\* |
| 2 | 零点漂移 | ±1.0% |
| 3 | 相对分辨力 | 0.5% |
| 4 | 回零差 | ±0.5% |
| 5 | 静态力示值相对误差 | ±1.0% |
| 6 | 静态力示值重复性 | 1.0% |
| 7 | 静态力示值进回程相对误差 | ±1.5% |
| 8 | 循环力范围示值相对误差 | ±2.0% |
| 9 | 循环力范围示值重复性 | 2.0% |
| 10 | 循环力峰值示值相对误差 | ±2.0% |
| 11 | 循环力峰值示值重复性 | 2.0% |
| 12 | 伺服作动系统作动筒位移 | ±0.5% |
| 13 | 伺服作动系统作动筒速度 | ±1.0% |
| 注：\*为试验系统同轴度的最低要求，实际校准时应根据试验方法要求的不同，按用户需要确定此项目指标，可选择5% 。 | | |

6 校准条件

6.1 环境条件

校准温度范围应为（20±10）℃，相对湿度不大于80%，温度波动不大于2℃/h。

6.2 测量标准及其他设备技术要求

试验系统的测量标准及其他设备技术要求见表3。

1. 表3 测量标准及其他设备技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准 | 技术要求 | 校准项目 |
| 1 | 同轴度校验棒 | 符合要求 | 受力同轴度 |
| 2 | 同轴度测试仪 | 1级 |
| 3 | 标准测力仪 | 0.1级 | 静态力 |
| 循环力 |
| 4 | 数显千分尺 | 最大允许误差±0.02mm | 伺服作动系统作动筒位移 |
| 5 | 电子秒表 | 分辨力0.01s | 伺服作动系统作动筒速度 |
| 注：也可采用满足校准要求的其它校准设备进行校准。 | | | |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表2。

7.2 校准方法

7.2.1通用技术要求检查

采用目测和手动方式进行检查。

7.2.2受力同轴度

首先校准上、下夹头的受力同轴度，将同轴度校验棒安装并调整合适位置后，对同轴度校验棒施加试验系统最大力的1%的力，此时将同轴度测试仪清零，施加力至试验系统最大力的10%，对同轴度校验棒进行至少2次预拉。预拉完成后，对同轴度校验棒施加试验机最大力的1%的力，此时将同轴度测试仪清零，再缓慢以递增方式施加力至试验系统最大力的4%、6%、8%、10%点，逐点读取并记录同轴度测试仪上的同轴度数值。上、下夹头的受力同轴度校准完成后，用同样方法校准左、右夹头的受力同轴度。

7.2.3零点漂移

试验系统开机预热后，调整零点，观察并记录15 min内试验系统零点的变化。按公式（1）计算零点漂移*Z*d。

 （1）

式中：

*Z*d—试验系统零点漂移，%；

*F*0d—15min内，试验系统零试验力示值变化的最大值，N；

*F*L—静态力的测量范围下限值，N。

7.2.4相对分辨力

试验系统的力指示装置的相对分辨力*a*由公式（2）计算。

 （2）

式中：

*a*—试验系统力指示装置的相对分辨力，%；

*r*—试验系统力指示装置的分辨力，N；

*FL*—静态力的测量范围下限值，N。

7.2.5回零差

试验系统的回零差*f0*由公式（3）计算。

 （3）

式中：

*f*0—回零差，%；

*F*0—卸除试验力后，试验系统最大残余力值，N；

*FL*—静态力的测量范围下限值，N。

7.2.6静态力

在试验系统满量程的20%～100%范围内，可选择20%、40%、60%、80%、100%等作为校准点，对于测量下限值小于20%满量程的试验系统，应选择10%、5%、2%作为校准点。试验系统的测量下限应不小于满量程值的2%。

首先将标准测力仪安装在上、下夹头，并调整至合适位置，放置足够的时间，使其达到稳定的温度。校准前应调好零点，校准时加卸力应平稳、缓慢。缓慢预加量程上限的最大力3次，并卸回至零负荷。逐级递增施加力，校准进程，逐级递减卸除力，校准回程。重复此过程至少3次。然后将标准测力仪安装在左、右夹头，重复上述过程。校准时以试验系统力指示装置为准，读取标准测力仪示值，试验系统的静态力示值相对误差、示值重复性分别按照公式（4）、公式（5）计算。

 （4）

式中：

*δ*s—静态力示值相对误差，%；

*FD*—试验系统力的示值，N；

*‾FS*—校准装置示值算术平均值，N。

 （5）

式中：

*R*s—静态力示值重复性，%；

*F*smax—校准装置示值最大值，N；

*F*smin—校准装置示值最大值，N；

*‾FS*—校准装置示值算术平均值，N。

7.2.7循环力

首先选择循环力级，按表4、表5给出的平均循环力比和循环力范围比，对平均力级和循环力级进行校准。也可以仅在一个平均循环力下进行循环力的校准，此时，*F*m/*F*max=0。

1. 表4 平均循环力比和循环力范围比

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *F*m/*F*max | -0.6 | -0.4 | -0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 |
| *F*R/*F*Rmax | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
|  | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |  |
|  |  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |  |
|  |  |  | 1.0 |  |  |  |

1. 表5 平均循环力比和循环力范围比

|  |  |
| --- | --- |
| *F*m/*F*max | 0.0 |
| *F*R/*F*Rmax | 0.02 |
| 0.05 |
| 0.10 |

然后进行频率的选择，若试验系统仅使用几个特定的工作频率（离散的），则循环力仅在这几个特定的工作频率下校准；若试验系统在一个变化的频率范围内使用，则选取3个频率（包括该频率范围的下限和上限）作为循环力的校准频率。也可以根据客户要求的频率进行校准。对循环力校准装置的采样频率进行设置，其采样频率至少为校准频率的50倍。逐个频率、逐个力级地施加循环力。每个频率和力级下，在指示装置的示值稳定后，读取10个连续循环周期的循环力峰值示值和循环力谷值示值，并按公式计算各个频率及循环力级下的循环力范围平均值和循环力峰值平均值。以试验系统力指示装置为准，在力校准装置上进行读数，按照公式（6）、公式（7）、公式（8）、公式（9）计算试验系统循环力范围示值相对误差、循环力范围示值重复性、循环力峰值示值相对误差和循环力峰值示值重复性。

 （6）

式中：

*δR*—循环力范围示值相对误差，%；

*F*Cp—试验系统循环力峰值示值，N；

*F*Cv—试验系统循环力谷值示值，N；

*‾FR*—校准装置指示的平均循环力范围，N。

 （7）

式中：

*R*R—循环力范围示值重复性，%；

*F*pj—第*j*个力循环时，校准装置的循环力峰值示值，N；

*F*vj—第*j*个力循环时，校准装置的循环力谷值示值，N；

*‾FR*—校准装置指示的平均循环力范围，N。

 （8）

式中：

*δp*—循环力峰值示值相对误差，%；

*FCp*—试验系统循环力峰值示值，N；

*‾Fp*—校准装置指示的峰值算术平均值，N；

*‾FR*—校准装置指示的平均循环力范围，N。

 （9）

式中：

*Rp*—循环力峰值示值重复性，%；

*Fp*max—校准装置循环力峰值示值最大值，N；

*Fp*min—校准装置循环力峰值示值最小值，N；

*‾FR*—校准装置指示的平均循环力范围，N。

7.2.8伺服作动系统作动筒位移

使用磁性表座将数显千分表固定在试验系统合适的位置，调整数显千分表使其触头表面与试验系统中和作动筒相连接的夹头表面接触，根据作动筒行程，在其行程范围内均匀选择3点进行校准，每点校准3次。调整磁性表座和千分表位置，分别完成上、下夹头和左、右夹头位移的校准。

7.2.9伺服作动系统作动筒速度

在7.2.8的基础上配合电子秒表，完成伺服作动系统作动筒速度的校准。

8 校准结果表达

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书参考格式见附录B。

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

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) 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) 对校准规范的偏离的说明；

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。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。试验系统使用频繁时应适当缩短周期，在使用过程中试验系统经过修理、更换重要部件的应重新校准。

附录A

校准原始记录参考格式

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号 |  | | | 证书编号 |  | |
| 送校单位 |  | | | 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 |
|  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准结果 | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | |
|  | | | | |  | | | |
|  | | | | |  | | | |
|  | | | | |  | | | |
|  | | | | |  | | | |
|  | | | | | | | | |
|  |  | |  | | |  | |  |
|  |  | |  | | |  | |  |
|  | | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  | |  |  |
|  | | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  | |  |  |

附录B

校准证书内页参考格式

校准证书编号：××××

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准结果 | | |
| 校准项目 | 测量值 | 校准结果的不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

附录C

平面双轴试验系统力值示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

本附录以平面双轴试验系统力值示值误差为示例，对其进行测量不确定度评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

C.1.1 测量依据

依据平面双轴试验系统校准规范。

C.1.2 被测对象

选用量程为100kN的平面双轴试验系统作为被测对象。

C.1.3 测量方法及主要设备

标准测力仪，测量范围（10~100）kN，0.1级。

使用标准测力仪对平面双轴试验系统的50kN点力值进行测量。将标准测力仪与校平面双轴试验系统同轴相连，沿轴向施加力值至校准载荷，完成三次预施加力值，施加力值时应平缓，避免冲击，待校准点稳定后读取并记录显示值。

C.2 测量模型及不确定度来源分析

C.2.1 测量模型

被校力值示值误差的测量模型为：

（C.1）

式中：

*e*——力值示值误差，%；

*E*m——试验系统力值示值，kN；

*E*s——标准测力仪示值，kN。

C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

力值示值误差测量结果不确定度的主要来源：

（1）测量重复性引入的标准不确定度；

（2）试验系统分辨力引入的标准不确定度；

（3）标准器引入的标准不确定度。

C.3平面双轴试验系统力值示值误差测量不确定度的评定

C.3.1测量重复性引入的标准不确定分量

通过连续测量得出测量数列，对平面双轴试验系统50kN点力值重复测量10次，结果见表C.1，由贝塞尔式计算其标准偏差*s*，属A类不确定度分量。

表C.1 测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点  /kN | 测量结果/kN | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值/kN |
| 50 | 50.020 | 50.032 | 50.051 | 50.034 | 50.029 | 50.056 | 50.045 | 50.021 | 50.022 | 50.025 | 50.034 |

由测量数据计算得到其标准偏差：



实际测量以3次测量值作为测量结果，则重复性引入的标准不确定度分量：

C.3.2试验系统分辨力引入的标准不确定度分量

试验系统的分辨力为0.001kN，服从均匀分布，取，则分辨力引入的标准不确定度分量：

C.3.3标准器引入的标准不确定度分量

标准测力仪的级别为0.1级，假设服从均匀分布，取，则标准器引入的标准不确定度分量：

C.3.4各输入量标准不确定度汇总

表C.2 不确定度汇总

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 不确定度分量 |
|  | 重复性引入的分量 | 0.007kN |
|  | 标准器分辨力引入的分量 | 0.0003kN |
|  | 标准器引入的分量 | 0.029kN |

C.3.5合成标准不确定度

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分量忽略不计。被校试验系统力值示值误差的合成标准不确定度根据以下计算：

C.3.6扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则试验系统力值示值误差的扩展不确定度：

0.06kN （*k*=2）