

JJF（有色金属）XXXX—XXXX
平面双轴试验系统校准规范
(编制说明)

征求意见稿

2024-08-30

平面双轴试验系统校准规范

编制组

主编单位：西安汉唐分析检测有限公司

一、工作简况

1.立项目的

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。平面双轴试验系统的性能直接影响测量结果的准确性，为保证平面双轴试验系统测试结果的准确可靠，需要对其进行校准，保证其量值准确、可靠、有源可溯。

本规范重点解决了平面双轴试验系统校准方法不统一、校准方法差异化、计量标准技术指标不明确、校准点的选择不统一、平面双轴试验系统的校准方法未规定等问题，弥补平面双轴试验系统校准的空白，为平面双轴试验系统进行量值传递提供了有效保证，进一步提高了平面双轴试验系统的准确性。

2.任务来源

根据工业和信息化部《关于印发 2023 年行业计量技术规范制修订计划的通知》（工信厅科函〔2023〕476 号）文的要求，行业计量技术规范《平面双轴试验系统校准规范》由西安汉唐分析检测有限公司负责起草。该项目计划编号为 JJFZ（有色金属）018-2023，按计划要求，本计量规范应于 2025 年完成制定。

3.项目编制组单位简况

3.1 编制组成员单位

本规范的编制组单位为：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。

3.2 主编单位简介

西安汉唐分析检测有限公司是西北有色金属研究院（集团）控股子公司，属国有企业，主要从事有色产品的检测、可靠性评价、失效分析、质量评估、腐蚀性能及表面测试与表征、规范起草、检测方法的开发、标物的研制、设备的计量校准等。

公司于 1985 年被陕西省质监局授权为陕西省有色金属产品质量监督检验站。1987 年被中国有色金属工业总公司授权为西北质量监督检验中心，先后被国家质检总局确定为钛及钛合金、铜及铜合金管材生产许可证检验工作实施单位；公司通过 CNAS、CMA、国防 DiLAC 等认证认可，是陕西省有色金属材料分析检测与评价中心、陕西省稀有金属材料安全评估和失效分析中心、工业（稀有金属）产品质量和技术评价实验室、陕西省核工业用金属材料检测与评价服务平台挂靠单位。公司是国内最早从事有色金属材料及其产品分析检验检测与评价研究的专业机构之一，技术装备水平国内一流、国际先进，在我省优势产业稀有金属材料领域的检测能力和水平处于领先地位；先后承担了国家、省市多项重大课题，目前已建成国内唯一的核电堆芯材料分析检测平台、多层金属复合材料测试和评价平台、钛及钛合金专业检测平台。近 10 年起草有色金属国家/行业规范共 80 余项、发表论文 120 余篇、授权专利 30 余项。

先后荣获中国有色金属工业一等奖、二等奖 20 余次。

该单位主要负责本规范的起草工作，成立编制组并根据委员会的工作安排组织编制组成员单位开展相关校准工作，组织各单位对规范的《征求意见稿》进行认真的讨论，并就提出的意见和建议进行反馈和修改，在编制组中发挥了主要带头作用。

3.3 成员单位简介

3.3.1 中国船舶集团有限公司第七二五研究所

中国船舶集团有限公司第七二五研究所（以下简称“七二五所”）成立于 1961 年，隶属中国船舶集团有限公司，专业从事舰船材料与工艺及应用性研究。科研方面：涉及船体结构材料、有色金属材料、非金属材料、腐蚀与防护技术、特种材料、焊接工艺、自然环境试验等多个重点领域。目前，七二五所拥有海洋腐蚀与防护国防科技重点实验室等 8 个国家级创新平台、4 个海洋环境试验站、4 个国家级检测认证中心、25 个省部级及 6 个市级创新平台；并拥有材料学和材料加工工程硕士学位授权点、材料学博士学位授权点和博士后工作站。

科技产业方面：七二五所秉承“精诚团结、求实创新、志存高远、追求卓越”的精神，致力于构建“国内领先、国际一流的集科研和多个高技术产业为一体的高科技产业集团”，持续推进科技成果转化和高新技术产业化，初步建成了领先的高科技产业集团。主要产品有：金属波纹管膨胀节、特种材料压力容器、管道和桥梁支座、特种材料铸锻件、特种焊接材料、金属爆炸复合材料、钛合金构件和铸件、海绵钛、防腐防污产品、非金属材料制品、风电叶片、船舶压载水系统、海水淡化系统等。

该单位积极参与编制组的各项工作会议，开展相关的资料收集工作，在编制组中发挥了主要作用。

3.3.2 新疆湘润新材料科技有限公司

新疆湘润新材料科技有限公司（以下简称公司）成立于 2016 年 7 月 8 日，主要从事金属材料及制品的生产、销售、技术咨询、技术服务；货物与技术的进出口业务；经过多年专业水平和成熟技术积累，目前在有色金属行业具有很大影响力，为湖南五江轻化集团在西北地区投资设立的集研发、生产于一体的大型钛及钛合金新材料高新技术产业公司，拥有国内一流、国际先进的钛及钛合金生产装置、检测技术和一流的人才队伍。公司项目总投资 76 亿，主要产品包括海绵钛、钛及钛合金铸锭、带材、板材、锻材、棒材、复合材等，是国内首家“钛矿-海绵钛-钛加工材-钛制品”的钛全产业链公司。公司将建成年产 5 万吨钛材加工基地，目前一期已实现 2.5 万吨海绵钛，1 万吨钛加工材，2 万吨钛复合带材的生产能力。

该单位积极参与编制组的各项工作会议，开展相关的资料收集工作，在编制组中发挥了主要作用。

3.4 各单位分工情况

3.4.1 编制组依据各单位情况，对整个规范的起草进行了分工。西安汉唐分析检测有限公司负责资料的调研、收集，完成分析方法研究工作，撰写标准文稿、编制说明和研究报告。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对规范内容提出具体修改意见，并对标准文稿等提出相应修改意见，分工见表 1。

表1 各单位分工表

单位	人员	职称	工作分工
西安汉唐分析检测有限公司	/	/	规范起草编制，试验方案编订，实验数据分析，编制说明的撰写工作，会议纪要整理及规范的完善。
中国船舶集团有限公司第七二五研究所	/	/	规范实验数据分析及讨论，内容审阅并提出修改意见，会议纪要整理。
新疆湘润新材料科技有限公司	/	/	实验方案讨论，内容审阅并提出修改意见，规范二验工作
西南铝业（集团）有限责任公司	/	/	内容审阅并提出修改意见，规范二验工作

4.主要工作过程

西安汉唐分析检测有限公司于2023年12月接到有色金属行业计量技术委员会转发的下达的制定任务后，成立了计量规范编制组，对计量技术规范编写工作进行了部署和分工，制定了本规范的制定原则及工作计划。本项目主要工作过程经过了以下几个阶段：

- 1) 2023年12月成立了计量规范编制组，明确了编制组成员各自的工作内容和任务。
- 2) 2024年1月~2024年6月，编制组成员对《平面双轴试验系统校准规范》中的计量特性及校准方法进行了讨论，确定了校准项目和方法，在2024年6月形成了计量规范讨论稿。
- 3) 2024年6月12日~14日，在嘉峪关市召开有色金属计量技术规范研讨会，会上对《平面双轴试验系统校准规范-讨论稿》进行了讨论，会上有来自不同单位的计量委员会委员、专家、代表就《平面双轴试验系统校准规范-讨论稿》中的伺服作动系统作动筒位移校准方法等提出了修改建议和意见，同时，会上确定了项目的参编单位及一验、二验单位，明确了各项工作时间进度要求，具体内容见表1。修改后形成了《平面双轴试验系统校准规范-征求意见稿》。

表 2 《平面双轴试验系统校准规范-征求意见稿》工作安排

拟参与编制单位	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
一验单位	西南铝业（集团）有限责任公司
二验单位	新疆湘润新材料科技有限公司
时间节点安排	2024年10月完成意见征集，2025年6月完成规范报批

二、编制原则和依据

（一）编制原则

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。

本规范对平面双轴试验系统的结构进行分析研究,提出了平面双轴试验系统的关键计量特性,同时,规范基于 GB/T 25917 单轴疲劳试验系统 第一部分:动态力校准和 JJG 475 电子万能试验机等相关内容,提出了平面双轴试验系统计量特性的要求,制定了基本原则和编制依据,提高了平面双轴试验系统的计量准确性,解决了目前平面双轴试验系统无校准规范的问题。

（二）确定主要内容

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。该设备是检测金属材料同向性和异向性的主要设备之一。

2 引用文件

本规范主要计量特性参数引自 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:动态力校准和 JJG 556-2011 轴向加力疲劳试验机。

针对伺服作动系统作动筒位移和伺服作动系统作动筒速度,参考了 JJG 475-2008 电子式万能试验机中对试验机横梁位移和试验机横梁速度的表述。

3 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。

4 计量特性

根据实际使用情况,并与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等单位沟通,确定了平面双轴试验系统的计量特性如下:

表 1 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	$\pm 1.0\%$
3	相对分辨力	0.5%
4	回零差	$\pm 0.5\%$
5	静态力示值相对误差	$\pm 1.0\%$
6	静态力示值重复性	1.0%
7	静态力示值进回程相对误差	$\pm 1.5\%$
8	循环力范围示值相对误差	$\pm 2.0\%$
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	$\pm 2.0\%$
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	$\pm 0.5\%$
13	伺服作动系统作动筒速度	$\pm 1.0\%$
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%。		

5 校准条件

5.1 环境条件

校准温度范围应为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%，温度波动不大于 2°C/h 。

5.2 测量标准

测量标准的技术要求应符合正文中表 3 的规定。

测量标准及其他设备包括同轴度测试仪、标准测力仪、数显千分尺、电子秒表，并给出相应的技术指标。静态力、循环力、同轴度指标参考了 JJG 556-2011《轴向加力疲劳试验机》5.1 的要求，伺服作动系统作动筒位移、伺服作动系统作动筒速度技术指标参考了 JJG 475-2008《电子万能试验机》5.2.2 和 5.4.2 的要求，根据平面双轴试验系统的实际情况，选用合适量程的测量标准。

6 校准项目和校准方法

6.1 通用技术要求检查

采用目测和手动方式进行检查。

6.2 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。

6.3 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 。

$$Z_d = \frac{F_{0d}}{F_L} \times 100\% \quad (1)$$

6.4 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。

$$a = \frac{r}{F_L} \times 100\% \quad (2)$$

6.5 回零差

试验系统的回零差 f_0 由公式（3）计算。

$$a = \frac{F_0}{F_L} \times 100\% \quad (3)$$

6.6 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。

6.7 循环力

首先选择循环力级，选择合适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， $F_m/F_{\max}=0$ 。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。

6.8 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。

6.9 伺服作动系统作动筒速度

在校准伺服作动系统作动筒位移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。

静态力、循环力、同轴度校准方法是参考了 JJG 556-2011《轴向加力疲劳试验机》、JJG 475-2008《电子万能试验机》等对设备力值和同轴的要求，对相关项目的校准方法进行编写。根据专家意见，为了更准确地描述伺服作动系统作动筒位移的测量方法，将 7.2.8 伺服作动系统作动筒位移校准方法中“合适的位置”描述，改为“垂直位置”。

7 校准结果表达

根据实验室环境要求、校准项目校准结果、测量不确定度评定结果等，按照 JJF 1071-2010 推荐的校准报告格式，出具校准证书。

8 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。

9 附录

附录主要包含校准原始记录参考格式、校准证书内页参考格式、平面双轴试验系统力值示值误差测量不确定度评定示例。

本规范设置了 3 个附录，便于校准时参考和规范化。

附录 A 平面双轴试验系统校准记录参考格式

附录 B 平面双轴试验系统校准证书内页参考格式

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

三、实践检测情况

新疆湘润新材料科技有限公司、西南铝业（集团）有限责任公司将根据本规范的校准项目对平面双轴试验系统进行全计量特性的校准。

四、规范水平分析

目前,国家和各省检定规程和校准规范中,无针对平面双轴试验系统的校准规范,JJG 556-2011《轴向加力疲劳试验机》只针对单一轴向试验设备进行校准,且无伺服作动系统作动筒位移和速度校准的描述,对于平面双轴试验系统的校准和检定无统一的校准依据。

目前国外没有相关技术规范,本规范水平达到国内先进水平。本规范的制定填补了有色金属行业平面双轴试验系统的校准空白,属于国内首创,水平达到国内领先。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范所引用的规程、规范及标准均为我国现行有效的计量规程及规范,是本规范的一部分,引用这些文件后,使本规范的要求与现行的相关法律、法规、规章及相关规程规范的关系不矛盾、不冲突,相互关系协调。

六、规范中涉及的专利或知识产权说明

无。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、规范作为国家（或行业）计量技术规范的建议

建议本规范作为行业计量技术规范,供行业企业参考使用。必要时可根据实际需要,结合其他行业使用要求,申报国家计量技术规范,以满足校准需要。

九、贯彻规范的要求和措施建议

本规范发布后,中国有色金属行业协会和有色金属行业计量技术委员会应加强本规范的宣传力度,以促进我国企业的技术进步和产品质量上档次,提高我国产品在国际国内市场的竞争能力。

十、废止现行有关规范的建议

无。

十一、预期效果

本规范发布后，能解决平面双轴试验系统校准方法不统一、校准方法差异化、计量标准技术指标不明确、校准点的选择不统一、平面双轴试验系统的校准方法未规定等问题，弥补平面双轴试验系统校准的空白，为保证平面双轴试验系统测试结果的准确可靠提供保证。

十二、其他应予说明的事项

无。

《平面双轴试验系统校准规范》编制组
2024年8月30日