

《超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范》编制说明

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范编制组

二零二五年十一月

《超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范》

编制说明

一、任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2024 年行业计量技术规范制修订计划的通知》（工厅科[2024]602 号）的要求，《超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范》（计划号 JJFZ(建材)001-2024）已列入 2024 年制修订计划，由中国国检测试控股集团山东有限公司负责起草工作。

二、规范起草的背景、目的与意义

本校准规范是国内首次提出对超高温陶瓷基材料力学性能测试系统进行规范化的校准工作，规范和统一了测试仪器在温度、载荷、位移、变形等关键参数的校准方法，确保测试数据的准确性和数据溯源性。通过本规范的制定，推动超高温陶瓷基材料力学性能测试系统使用更加合理、科学的校准仪器，保证测试结果的准确性和一致性。为推动航空航天发动机热端部件新材料的研发提供技术支撑，同时对于兵器、船舶、车辆等行业新材料的研发也具有一定的推动作用，具有良好的社会效益和经济效益。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统是我国自主研制的测试材料在高温、超高温，真空及气氛环境下力学性能的高端测试评价装备，被大量应用在航空航天先进复合材料的研发过程中。在航空航天领域中，高温结构陶瓷、超高温陶瓷、纤维复合材料、陶瓷基复合材料等新型材料具有极高的研究价值。先进复合材料被应用于航空航天飞行器发动机热端部件等关键部位，对飞行器的运行能力起到至关重要的作用。

本规范编制目的是研究超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的校准方法，制定出适合本行业超高温陶瓷基材料力学性能测试系统使用、校准的校准规范，满足我国计量技术机构或设备使用者计量校准的需要，使测量结果的量值具有溯源性，并保证量值的准确可靠，为产品质量提供计量保障。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范的制订,可填补先进复合材料极端环境力学测试设备温度、载荷、位移、变形等性能计量校准的空白,为高温极端环境力学性能评价测试设备在航空航天、新材料等领域的推广使用提供了有效的计量保障,实现测试结果的可靠性和可溯源性,同时为推动航空航天材料及构件的安全性应用,提供技术支撑。

三、规范编制的原则和要求

本规范的编写格式是按照 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编写,并以 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行起草。本规范的计量特性要求和校准方法上参考了 GB/T 2611-2022《试验机通用技术要求》、JJG 475-2008《电子式万能试验机检定规程》、JJG 276-2009《高温蠕变、持久强度试验机检定规程》、JJG 1063-2010《电液伺服万能试验机检定规程》、JJG 762-2007《引伸计检定规程》、JJG 856-2015《工作用辐射温度计检定规程》中相关定义和技术内容。

为了使规范既有先进性、又广泛适应实际使用情况,编制组在制定过程中,力求按照以下原则,完成规范的起草工作:

(1) 力求与国际建议、国家检定规程、国家标准接轨,保证其具有先进性、法制性和一致性;

(2) 在校准用计量标准器的选择上,综合考虑量值准确、便于量值溯源、现场适应性强、经济实用、性能可靠等因素;

(3) 在校准方法的设计上,既要能体现出主要的技术指标,又力求实用、操作简便;

(4) 在规范实施中要保证其具有可操作性和经济性。

在上述原则的基础上,本规范针对超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的温度、载荷、位移、变形等计量特性和校准方法提出了合理的要求。

四、规范的构成

《超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范》由九个章节和六个附录组成,它们分别是:1.范围;2.引用文献;3.术语和计量单位;4.概述;5.计量特性;6.校准条件;7.校准项目和校准方法;8.校准结果表达;9.复校时间间隔,以及附录 A~F。

五、规范的编制过程

2024 年 9 月成立了由中国国检测试控股集团山东有限公司牵头组成的编制组。编制组首先进行了大量的文献调研，在了解到目前随着航空航天领域的快速发展，超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的计量性能校准存在空白，不能确保测试数据的准确性和数据溯源性。先后搜集了许多国内有关的技术标准如 GB/T 2611-2022《试验机通用技术要求》、JJG 475-2008《电子式万能试验机检定规程》、JJG 276-2009《高温蠕变、持久强度试验机检定规程》、JJG 1063-2010《电液伺服万能试验机检定规程》、JJG 762-2007《引伸计检定规程》、JJG 856-2015《工作用辐射温度计检定规程》中相关定义和技术内容等，也包括国内部分生产厂家的技术说明书；同时咨询了相关厂家的技术人员。编制组同时调研了设备使用者的需求，综合讨论出超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的计量参数，并对比了不同的校准方法，最终确定了目前的校准方法。

在编制过程中又参考了相关国家计量检定规程、国家标准的有关要求，经过多方面细致的工作和研究讨论，于 2025 年 1 月拟定出校准规范的初稿。并于 2025 年开展大量验证性试验工作，先后验证了试验力、相对分辨力、同轴度、横梁位移、温度测控系统等参量的校准方法的适用性，并评定了相关不确定度，确认不确定度符合量值传递要求，验证结果为满意。随后征求试验室用超高温陶瓷基材料力学性能测试系统生产厂家和使用单位对初稿的意见。于 2025 年 8 月形成《超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范》的征求意见稿。在广泛征求意见并按需处理后，在 2025 年 11 月份形成了送审稿。

六、主要内容编制说明

6.1 适用范围

规范适用于超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的校准。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统是我国自主研发的测试材料在高温、超高温，真空及气氛环境下力学性能的高端测试评价装备，被大量应用在航空航天先进复合材料的研发过程中。在航空航天领域中，高温结构陶瓷、超高温陶瓷、纤维复合材料、陶瓷基复合材料等新型材料具有极高的研究价值。先进复合材料被应用于航空航天飞行器发动机热端部件等关键部位，对飞行器的运行能力起到至关重要的作用。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统基本结构包括加力系统、温度测控系

统、变形测量系统、抽真空系统等基本结构。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统工作原理：使腔体处于关闭状态，利用抽真空系统将腔体内抽真空，然后升温到设定温度，等温度稳定，施加一定力值，利用变形测量系统测量位移量值。

6.2 计量特性

本规范对试验室用超高温陶瓷基材料力学性能测试系统结果有较大影响的力学性能测试系统、同轴度和温度测控系统进行了规定。结合相关文献材料和生产企业的设备说明书与实际情况，最终选定其计量特性见下表：

表 2 力学性能测试系统级别和各项技术指标

试验机级别	示值相对误差 <i>a</i> /%	示值重复性相对误差 <i>b</i> /%	相对分辨力 <i>a</i> /%
0.5	±0.5	0.5	0.25
1	±1.0	1.0	0.5

表 3 力学性能测试系统的同轴度技术要求

力学测试系统级别	自动调心夹头同轴度/%	非自动调心夹头同轴度/%
0.5	10	15
1	12	20

表 4 试验温度的偏差与梯度

试验温度/℃	温度偏差/℃	温度梯度/℃
<1000	±4	4
1000~1600	±7	7

6.3 校准环境条件

校准温度范围应为（20±10）℃，相对湿度不大于 80%。

6.4 计量配套设备

表 5 校准用标准器及其他设备

序号	标准器	技术要求	校准项目	备注
1	标准测力仪	0.1 级	试验力示值相对误差、示值重复性相对误差	校准 0.5 级及以下级别试验机
2	位移速度检定仪	300mm 以上，分度值：0.02mm	横梁位移相对示值误差	可用满足要求的其他设备
3	同轴度测试仪	最大允许误差：±2%	同轴度	仅限 0.5 级试验机校准项目
4	热电偶及测温仪表	温度：≤1600℃：3 支二等 B 型热电偶，>1600℃，黑体辐射源	温度偏差	
5	引伸计标定器	优于被校引伸计级别误差的 1/3	引伸计示值误差	

6.5 校准项目

对试验力、相对分辨力、同轴度、横梁位移、温度测控系统、引伸计进行校准。

6.6 校准方法说明

分别给出了超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准项目的校准方法。

6.7 复校时间间隔

根据目前国内计量校准的惯例，复校时间间隔建议为一年。

七、试验验证

在本规范的编制过程中，参考了 GB/T 2611-2022《试验机通用技术要求》、JJG 475-2008《电子式万能试验机检定规程》、JJG 276-2009《高温蠕变、持久强度试验机检定规程》、JJG 1063-2010《电液伺服万能试验机检定规程》、JJG 762-2007《引伸计检定规程》、JJG 856-2015《工作用辐射温度计检定规程》中相关定义和技术内容，中国国检测试控股集团山东有限公司牵头在本公司 8 号楼一楼试验室进行校准验证试验，并联合相关单位进行超高温陶瓷基材料力学性能测试系统比对试验。

实验结果表明：

1. 本规范提出的计量技术要求和校准结果满足超高温陶瓷基材料力学性能测试系统企业对计量校准的要求。

2. 本规范校准规定的计量标准器及辅助的配备，能够复合大多数计量技术部门及试验室用超高温陶瓷基材料力学性能测试系统企业实际应用需求，并能非常便捷地满足量值溯源的要求。

3. 本规范规定的校准程序和测量不确定分析，在操作上可行。

4. 本规范规定的记录和校准结果表达方式，便于管理。

因此：本规范适用于现阶段试验室用超高温陶瓷基材料力学性能测试系统的校准。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、行业计量技术规范中涉及专利的声明

本规范未涉及专利等知识产权问题。

十、与现行相关法规、规章及相关计量技术规范协调性

本规范与有关的现行法规、规章及相关计量技术规范没有冲突。

十一、其他应予说明的事项

无。

超高温陶瓷基材料力学性能测试系统校准规范编制组

2025 年 11 月