

国家计量技术规范

微位移传感器非线性测试技术规范

编制说明

规范起草小组

2025 年 10 月

# 《微位移传感器非线性测试技术规范》编写说明

## 一、 规范制定的必要性

微位移传感器能够以高灵敏度和分辨率精准捕捉微米甚至纳米级别的位移变化，是精密测量与控制的关键技术，直接决定工业、科研及智能设备的性能与可靠性；其应用领域涵盖工业自动化（如半导体制造、精密装配）、医疗（手术机器人、医疗成像）、航空航天（卫星姿态调整、结构形变监测）、科学研究（纳米材料分析、光学干涉测量）、汽车工业（发动机形变检测、自动驾驶反馈）及消费电子（手机摄像头对焦、可穿戴设备追踪）等，通过微小位移的精准感知，支撑现代智能制造、尖端科技及智能装备的高精度需求，成为跨行业技术突破的核心元件。

微位移测量系统的各项技术要求也反映出各国前沿技术的科研能力。微位移测量传感器包括激光干涉仪、电容位移传感器、光栅位移传感器、电感位移传感器等，具有结构简单、测量精度高、动态响应好、稳定可靠、使用方便，并可实现非接触测量等一系列优点。目前，纳米位移传感器已广泛应用于半导体、精密机床、医疗器械、航空、航天等领域，主要用来测量各种微小位移、形变、孔径及各种截面的形状误差等。

微位移传感器的非线性特性直接影响其测量精度和可靠性，因其输出与输入的偏差会直接导致高精度场景（如半导体制造、医疗设备、纳米材料研究）中的系统性误差或动态信号失真，甚至因环境变化加剧长期稳定性风险；而对其进行计量测试是量化非线性程度、校准误差、保障系统安全性的核心手段，既能确保符合行业标准（如 ISO、IEEE 规范），避免因误差累积引发连锁故障，又能通过数据追溯优化成本与性能平衡，因此为了打破国外垄断，更好的实现高端仪器仪表设备的国产化，促进纳米级位移传感器精度的提升，亟需建立统一的国家相关非线性测试规范。

## 二、 任务来源

2025年，中国计量院牵头，向全国几何量长度计量技术委员会申请制定《微位移传感器非线性测试规范》，2025年，国家市场监督管理总局发布计量函《市场监管总局计量司关于国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划有关事项的通

知》，将本规范纳入国家计量技术规范制定计划，由全国几何量长度计量技术委员会组织制定，中国计量科学研究院等作为主要起草单位承担具体制定任务。

### 三、 规范编制的主要原则及技术依据

#### 1、 编制原则

起草小组在制定该规范的过程中，力求按以下原则完成规范的起草工作：

（1）参照国际标准和国家相关法律法规，并尽量与国家标准保持一致，保证规范的先进性和可行性；

（2）在检测用标准器的选择上，既要保证参数完整，性能可靠，又要考虑经济性、便捷性、实用性；

（3）在检测方法的设计上，在保证精度的基础上，兼顾测量方法的可行性、经济适用及操作方便等要求。

#### 2、 技术依据

规范编制过程中重点参考了以下标准、规程、规范：

JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义技术规范》。

JJF 1094-2002 《测量仪器特性评定》。

JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》

JJF1001-2010 《通用计量术语及定义》

JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJG 739-2005 激光干涉仪

JJF 1305-2011 线位移传感器校准规范

JJF 1682-2017 光栅式测微仪校准规范

JJF 1944-2021 电容式测微仪校准规范

### 四、 规范制定计划

#### 1、 起草小组筹备和组成

起草小组于 2025 年 01 月开始筹备，考虑参编单位组成应包括计量技术机构和研发制造应用单位。相关的计量技术机构应在位移传感器计量校准方面有较好的技术基础和经验积累；相关的研发制造单位其产品在国内有较广泛的推广和应用，产品技术性能得到行业认可。

2025 年起草小组筹备完成。主要起草单位为中国计量院等计量单位，参与起草单位有天津三英等。

## 2、 起草过程

1) 规范起草小组于 2025 年启动规范编写工作，中国计量科学研究院于 2025 年 5 月完成了草案稿规划设计，就规范的框架，项目管理原则和分工，工作进度，试验安排，起草的重点和难点等内容进行了讨论和安排。

2) 2025 年 6 月-7 月，起草组完成了初稿编写，同时进行了相关测量试验，对规范草案逐条进行了分析研究和讨论，对试验方法、试验结果，规范草案稿进行总结和修改；

3) 2025 年 8 月-10 月，起草小组对草案稿再次进行了逐条的认真分析和修改，对行文中的名词术语、描述、表达、数据处理方法进一步规范化，对引用的图示及原理图进行模型绘制，完成规范征求意见稿初稿。

## 五、 编制主要技术内容

微位移传感器非线性测试规范的主要内容包括：封面，扉页，目录，引言，范围，引用文件，术语和计量单位，概述，计量特性，校准条件，校准项目和校准方法，校准结果表达，复校时间间隔，附录（校准记录参考格式，校准证书内页参考格式，测量结果不确定度评定示例）。

## 六、 规范内容说明

- 1、 按“JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则”的要求，确定规范结构，包括目录、引言、范围、引用文件、概述、计量特性、测试条件、测试项目和测试方法、测试结果的表达、复测时间间隔及附录等。
- 2、 规定了具体的测试环境条件以及配套设备的技术参数要求。
- 3、 关于本规范的测试项目，主要考虑微位移传感器的实际产业应用需求，以及国内现有计量校准规范的情况进行制定的。国内现有的相关规范

已经对传感器的测量重复性、示值误差、直线度等参数的校准方法进行了限定。而对于非线性这一重要参数，仅 JJG 739-2005 激光干涉仪中相关描述，但是激光干涉仪的非线性具有一定的特殊性。因此，综合考虑，本测试规范着重对微位移传感器的非线性参数的测试以及数据处理方法进行了描述。

- 4、 在本规范的测试方法中，考虑到环境、计量校准设备的噪声等随机因素对测试结果的影响，在测试过程中，选择重复测量 5 次以上取均值的方式。
- 5、 非线性参数的计算结果于基准线相关。在本规范的测试方法中，选择以最小二乘拟合直线作为参考直线。
- 6、 在计量设备的选择方面，主要考虑微位移传感器的应用范围较广，其相应的要求也不一致。因此，对计量设备的定位精度、运动台的角摆要求，只要满足 1/3 的均可以。这里面既可以采用激光干涉仪、光栅等，未来也可以采用 X 射线干涉仪进行皮米量级的测试。
- 7、 规定了硅片轮廓测量仪相关计量特性的校准方法和数据处理方法。
- 8、 复校时间间隔由送校单位根据实际使用情况自主决定，一般建议复校时间间隔不超过 1 年。
- 9、 在附录 A 给出了测试记录参考格式，附录 B 给出了测量结果不确定度评定示例。