**《光栅线位移测量装置（系统）校准规范》**

**Calibration Specification of** **Linear Displacement Measurement Device (Systems) based on Gratings**

（征求意见稿）

**编写说明**

中国计量科学研究院

2024年03月

1. 背景

基于栅类传感器作为位移传感部件构成位移测量装置（系统）在工业及科研技术领域应用广泛，其中基于光栅传感的方式由于精度高、性价比高等技术特点而有较多应用，例如在高端数控机床、光刻机、高精度精密仪器等重要设备常使用光栅实现位移测量。光栅作为这些重要设备的关键核心部件是被发达国家卡脖子关键传感器件。和线纹尺一样，光栅线纹进行长度量值传递通过刻线位置。有所区别的是，为了弥补单一刻线线制造精度的不足，光栅线纹常按照多线平均方式使用。因光栅线纹刻线密度高、范围大，很难采用传统的线纹计量方法实现全线纹高精度计量，但获得光栅全线纹位置偏差是高精度光栅制造及应用的技术关键。

随着线纹尺制造以及单线纹探测及应用的需要，线纹尺的刻线间距越来越小，例如最小分度值为0.003mm，最大测量范围为500mm的线纹尺已经在国内实现制造并应用，光栅尺和线纹尺线纹在技术领域出现交叉融合发展趋势。

其它栅类传感器（例如磁栅、容栅等）除重复性栅几何物理结构的有区别，但往往都输出双路相位正交或四路相位正交的正余弦电信号。所输出的原始信号的周期反映了重复性栅几何结构位置，高质量的信号的获取及处理是这类位移测量装置是栅类传感器的共性核心技术部分，是保障这类传感器精度的重要关键技术环节。

综上，光栅全线纹位置的高精度测量需要，栅类传感器产品制造及高精度应用离不开计量的量值支撑，原《JJG 341-94光栅线位移测量装置检定规程》已经不能满足光栅位移测量装置（系统）技术发展的需要，将《光栅线位移测量装置检定规程》改为《光栅线位移测量装置（系统）校准规范》以便更能适应其量值溯源的需要。

1. 任务来源及起草过程

依据国家市场监督管理总局市监计量发【2021】50 号《市场监管总局办公厅关于下达《2021 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划》的通知》下达的任务要求，受国家市场监督管理总局委托，中国计量科学研究院承担了“光栅线位移测量装置检定规程” 修订任务。

 因光原规程制定于30年前，为了更好的将其修订为与现代技术相适应，项目立项后就积极开始进行测量实验。光栅全线纹位置测量指标新增加的一个关键技术指标，对于光栅制造及高精度应用都较关键，也是是规程制定的技术难点。

 中国计量科学研究院针对这个指标进行了方法研究，基于激光干涉自动干涉比仪测量测微尺、显微标尺等密线纹尺的方法基础上采用新的方法实现了光栅线纹位置的自动干涉比长测量，方法研究及实验花费时间较多，这是规程起草时间超期原因之一。另外，原规程的基本技术指标量值的单位为脉冲当量，但技术的进步已经无法找到能符合脉冲当量为量值基本量的光栅线位移测量装置（系统），需要依据现有的光栅线位移测量装置（系统）对原规程的技术指标进行重新一一进行计量实验，工作量比立项时增加了不少也是规程起草时间超期原因之一。

征求意见稿编制过程中，中国计量科学研究院与中国测试技术研究院项目成员进行了多次技术沟通。

1. **制定规范主要参考的文件和依据**

本规范主要依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编制，JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑校准规范制定工作的基础性系列规范。

1. 修订原则
2. 按照JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求制定聚焦离子束系统校准规范，在内容和格式上与JJF 1071—2010保持一致。校准规范的具体内容有范围、引用文件、术语和定义、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、复校时间间隔等。
3. 依据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对用激光干涉比长仪测量光栅栅线位值偏差测量不确定度进行评定。保证校准方法的统一和量值的准确可靠。
4. 修订原则：力争校准项目合理，校准方法可行，量值准确可靠。
5. 主要修订内容及主要技术关键

**主要修订内容：**

1. 依据JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，增加了“引言”、“范围”、“引用文件”、“术语和定义”、“计量特性”五部分；
2. 修改了原规程关于“本规程适用于新制造、使用中和修理后的光栅线位移测量装置的检定”的描述，更改为“本规范适用于光栅线位移测量装置（系统）的校准”，将此描述归类于“范围”部分；
3. 修改了原规程“概述”部分，详细解释了光栅线位移测量装置的定义、组成、分类、用途；
4. 依据JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，修改了原规程“检定项目和检定条件”、“技术要求和检定方法”的章节编排，替换为“校准条件”、“校准项目和校准方法”；
5. “校准条件”部分增加了对相对湿度的要求；
6. 删除了原规程“检定项目和检定条件”的“外观”、“机械性能”、“功能”三个项目，增加了“栅线位置偏差”、“信号周期偏差”两个项目；
7. 更改了原规程对主要检定工具的规定，鉴于目前激光干涉仪已经普及，本规范将校准用标准器更改为“激光干涉比长仪或线纹干涉仪”；
8. 删除了原规程中对细分误差、回程误差、重复性、稳定度的要求，本规程增加了校准项目的简单说明，补充了详细的测量方法，利于得到更加准确的测量结果；
9. 修改了原规程对重复性测量次数的规定，原规程规定进行重复性测量时需进行6次重复测量，基于光栅重复测量6次耗时较长，温度环境变化会破坏重复性测量条件，本规程修改为3次；
10. 修改了原规程稳定度无测量约束参数的不足，增加了测试长度参数，优化了测试时长的规定；
11. 修改了“用激光干涉测长仪检定光栅装置的准确度”部分的章节编排，原规程该部分的内容编排至“校准项目和校准方法”部分准确度的校准方法中；
12. 准确度结果直接反映光栅的精度指标，删除原规程中规定的准确度等级规定；
13. 因采用干涉仪校准较为普及，删除了原规程 “用长光栅比较仪检定光栅装置的准确度”部分；
14. 删除了原规程“检定结果处理和检定周期”部分，增加“校准结果表达”、“复校时间间隔”两部分；
15. 删除了原规程附录：各种温度的饱和蒸汽压表，增加了附录A：用激光干涉比长仪测量光栅栅线位值偏差测量不确定度评定、附录B：光栅线位移测量装置（系统）校准证书（内页）格式。

**主要技术关键：**

1. 本规范虽然是主要是针对光栅线位移测量装置（系统）的量值溯源提供技术依据而提出，但由于栅类传感器的共性技术的特点，除光栅线纹位置偏差技术指标外，其它技术参数指标及测量方法具有通用性，规程所规定的技术方法适应面广，有利于引导栅类传感器制造企业改进造工艺及提高产品质量，促进行业技术升级；
2. 规范增加信号周期偏差技术指标及其测量方法，信号周期偏差反映的是光栅栅线刻划位置偏差，对于光栅尺栅线位置不易探测的情况，信号周期偏差也可以作为评估光栅尺裸栅技术参数的参考指标。例如对于按照衍射方式使用的纳米线距光栅、已经安装使用中的光栅的栅线位置，采用普通方法将无法测量，对于此类情况本规范规定了采用干涉仪、激光干涉自动比长仪测量信号周期的方法，因而本规范对于解决多种应用场合情况下光栅线位移测量装置（系统）全面技术评估也提供了技术方法依据。
3. 在本规范修订过程中，我们以国内外资料及相关标准、以实验数据为技术依据，本着科学合理、易于操作的原则，编制了光栅线位移测量装置检定规程（征求意见稿）。

《光栅线位移测量装置（系统）校准规范》

 征求意见稿 编制小组