**国家计量技术规范**

**台阶仪校准规范**

**编制说明**

规范起草小组

《台阶仪校准规范》编写说明

1. 规范制定的必要性

台阶仪是用于台阶高度参量测量的精密几何量通用仪器，其通过接触式测针对被测物表面形貌进行2D线扫描或3D面扫描测量，得到被测表面轮廓结构特征，通过分析软件进而对表面台阶高度轮廓进行分析计算。该类型仪器按测量传感器不同分为电容式、电感式和光电式，测量时通过专用测针在被测物表面进行单向扫描，将扫描过程中测针在被测表面高低起伏的运动变化转化为电信号，经放大整流后解调出位移信号，通过分析软件按照ISO5436中规定的通用方法进行台阶高度或垂直阶差高度的分析计算。该仪器主要用于精密加工制造、半导体和集成电路制造、电镀等膜层制备、手机或显示器平板器件等精密制造领域各种测试样板中垂直高度参量的测量。

鉴于台阶仪和台阶高度样板在半导体和集成电路制造、各类型液晶平板制造、精密制造中的广泛应用，该型仪器在国内的校准需求也越来越大，国内用户迫切希望对所用仪器的测量精度进行评价，解决仪器目前没有技术规范作为评价依据的问题。目前国外设备厂商均与国家计量院进行过技术交流，也对校准方法提出了相应需求，并希望计量部门给出一体化的解决方案，建立相应的计量体系，制定符合设备需求的校准规范。

台阶高度测量源自于表面粗糙度参数中对高度参数的评定，但其与评定方法有差别较大，其国内外的法规标准较为完善。国际上早已制定了相关的国际标准ISO 5436-1-2000 Meterial Measurement和ISO 5436-2-2000 Software Measurment Stardards，国内也对该标准进行了转化制定了相应的国家标准GB/T 19067.1-2003产品几何量技术规范(GPS) 表面结构轮廓法测量标准第1部分: 实物测量标准和GB/T 19067.2-2004/ISO 5436-1:2000产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 测量标准 第2部分：软件测量标准。因此对台阶高度测量技术标准还是较为完善的，

1. 任务来源

中国计量院牵头，向全国几何量工程参量计量技术委员会申请制定《台阶仪校准规范》，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，由全国几何量工程参量计量技术委员会组织制定，中国计量科学研究院和浙江省计量科学研究院作为主要起草单位承担具体制定任务。山东省计量科学研究院、河南省计量科学研究院参加起草。

1. 规范编制的主要原则及技术依据
2. 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：

1.1 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；

1.2 在检测用装置装备的选择上，既要采用先进的仪器设备，性能可靠，又要考虑经济性、便捷性、实用性；

1.3 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。

1. 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 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1105-2018 触针式表面粗糙度测量仪校准规范

GB/T 19600-2004 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的校准

GB/T 19067.1-2003 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分：实物测量标准

GB/T 6062-2009 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的标称特性

GB/T 33523.701-2017 产品几何技术规范(GPS)表面结构 区域法 第701部分：接触(触针)式仪器的校准与测量标准规范制定计划

四、规范制定计划

1. 起草小组筹备和组成

起草小组的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台阶仪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。

主要起草单位为中国计量科学研究院、南京市计量院监督检测院和浙江省质量科学研究院，参与起草单位仪器制造商深圳市中图仪器股份有限公司和KLA台阶仪的技术服务商上海微纳计量技术有限公司。

1. 起草过程

2.1 规范起草小组启动规范编写工作，中国计量科学研究院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。

2.2 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；

2.3 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三维模型绘制，完成规范征求意见稿初稿。

1. 编制主要技术内容

台阶仪校准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）。

1. 规范内容说明
2. 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、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果的表达、复校时间间隔及附录等。

1. 规定了具体的校准环境条件以及配套设备的技术参数要求。
2. 关于本规范适用的测量范围：台阶仪，制造商不在少数，成一定规模和商用

化的国内国外有近十家，各厂家的传感器各自成体系，即便同一厂家的产品，规格种类变化也无规律，跟随用户需求出现各种定制产品。在测量范围上，为保证较好的精度，绝大部分在1000 m以下，甚至更小，大于1000 m的测量范围，只有少数制造商，个别厂家在手册里可查到大于1000 m范围的，但市场上未见，估计属于定值研发产品，基于上述市场分析和实际应用需求，规定了适用测量范围上限1000 m。

1. 本规范未将测量分辨力作为校准项目，而是通过重复性指标来约束分辨力，

避免增加技术成本和技术能力要求。

1. 充分考虑了台阶仪的使用特点后，规定了为“测量重复性”、“导轨直线度”、

“示值误差”三个校准项目。

1. 规定了台阶仪相关计量特性的校准方法和数据处理方法。
2. 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。

1. 在附录A给出了台阶仪示值差校准结果的测量不确定度评定示例，附录B出

了台阶高度标准样板和台阶规的外观及部分技术要求，附录C给出了计量型微位移装置的主要技术要求，附录D给出了校准证书内容及内页格式。

1. 附图中给出了量传系统框图，对仪器校准用标准器给出了溯源精度要求。

附图：量值溯源和传递框图

标准装置：表面粗糙度基准装置

测量范围：*H*：(0.01~100)μm

不确定度：*U*＝(1.8nm+1.0×10-5*H*，*k*＝2

标准装置：毫米级纳米几何结构样板校准装置

测量范围：10mm×10mm×5μm

不确定度：

*U*＝1.0nm+1.0×10-5*H*，*k*＝2

标准装置：量块工作基准装置

测量范围： (0~1000)mm

不确定度：*U99*＝0.02m +0.1×10-6*L*

标准装置：(500~2350)nm波长基准装置（光频梳法）

测量范围：(500~2350)nm

不确定度：*U*＝2×10-13，*k*＝2

标准装置：双频激光干涉仪标准装置

测量范围： (0~230)mm

不确定度：(0~15)μm，*U*＝0.5nm，*k*＝2；

(0~230)mm，*U*＝1.0nm+7×10-8*L*，*k*＝2

计 量 基 准 器 具

工 作 计 量 器 具

计 量 标 准 器 具

直接测量

直接测量

直接测量

器具名称：台阶规

测量范围：(10~1000)μm

不确定度：*U*＝(20~40)nm，*k*＝2

器具名称：台阶高度标准样板

测量范围：(0~200)μm

不确定度：*U*＝0.5nm+0.3%*H*，*k*＝2

器具名称：计量型微位移装置

测量范围：(0~200)μm

不确定度：

*U*＝(0.2+0.04%*L*)nm，*k*＝2

直接测量

器具名称：校准型台阶仪

测量范围：(0~1000)μm

不确定度：*U*＝0.5nm+0.6%*H*，*k*＝2

直接测量

器具名称：台阶高度工作样板

测量范围：(0~1000)μm

不确定度：*U*＝1.0nm+1.0%*H*，*k*＝2

直接测量

器具名称：台阶仪

测量范围：(0~1000)μm

不确定度：

*U*＝2nm+1.5%*H*，*k*＝2

器具名称：共焦显微镜

测量范围：(0~2000)μm

不确定度：

*U*＝2nm+1.5%*H*，*k*＝2

器具名称：白光干涉仪

测量范围：(0~2000)μm

不确定度：

*U*＝2nm+1.5%*H*，*k*＝2