

附件 3:

轻工行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	数码显微镜校准规范		
制定或修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订计量技术规范号	
计量技术规范性质	☐ 检定规程 ☒ 校准规范	计量技术规范类别	☐ 重点 ☒ 基础
主要起草单位	苏州市计量测试院有限公司		
联系人	吴建平	联系电话	15950008750
任务年限	1 年	申请经费	2 万元
参加单位	苏州市计量测试院有限公司		
目的、意义和必要性	1. 指出该计量技术规范项目编制的目的、意义，解决产业的问题和编制必要性、迫切性： （1） 编制的目的 统一数码显微镜校准项目、方法及溯源体系，整治现行标准混用乱象；覆盖光学、成像、软件、3D 测量系统误差校准，为计量机构、企业实验室提供标准化作业依据，保障新能源、半导体、医疗、航空等产业链微观检测数据可对比、可溯源，助力国产显微仪器升级与行业质量合规管理。 （2） 编制的意义 ①健全国家精密制造计量标准体系，落实计量发展规划，夯实产业链质量基础设施； ②统一全行业计量标尺，实现上下游校准数据互认，降低企业校准综合成本； ③规范数码显微镜性能评价，推进高端仪器进口替代，提升国内仪表产业竞争力； ④为市场监管、体系审核及产品认证提供计量技术支撑，保障检测数据权威可信。 （3）解决产业的问题： ①现有金相、体视、生物显微镜规范分散，无通用数码显微镜专用规范，各机构校准尺度不一，数据无法跨行业互认； ②传统标准仅针对目视光学，缺失 CCD 成像、软件算法、3D 景深、像素当量数字化误差管控，微米 / 亚微米精密检测易批量误判； ③新能源、半导体、医疗装备、航空核电等重点产业缺少统一计量依据，计量证书合规效力不足； ④国产仪器无统一出厂与校准评价标准，招投标、产线准入缺乏计量支撑；		

	⑤行业校准操作不规范，关键项目漏检，设备长期带误差运行，缺陷漏检引发质量纠纷与安全隐患。 （4）编制必要性 ①各行业数码显微镜保有量大、覆盖重点产业链，专属计量规范存在标准空白，补齐国家质量基础设施 NQI 短板； ②新能源、仪器仪表、半导体、人工智能等产业高质量发展，亟需统一计量标准支撑精密质量管控； ③IATF16949、CNAS、医疗器械注册、核电安全评审等合规体系，对设备计量溯源有硬性要求； ④统一数码显微镜的计量校准服务标准，筑牢高端装备质量安全防线，为行业监管、质量执法提供计量技术支撑。 （5）编制迫切性： ①新能源、光伏、航空核电、工业母机产能快速扩张，显微设备增量巨大，标准供给严重滞后；3D 超景深、AI 自动测量新型数码显微镜大量普及，传统光学规范完全不适用，长期无标可校； ②产业测量精度迈向亚微米升级，无统一规范导致校准精度参差不齐，企业质量风险持续累积； ③国产显微设备进入进口替代攻坚阶段，缺少统一计量评价标准制约市场拓展； ④各领域监管核查缺少专用计量依据，存在监管空白；国内统一大市场建设要求跨产业链检测数据互通互认，标准出台刻不容缓。 2. 先进性和亮点、社会效益和推广应用前景： （1）先进性 ①创新全链路校准模式，打破传统仅校准光学部件局限，覆盖光路、成像芯片、测量软件、3D 景深、AI 检测系统误差，适配数字化新型显微设备。匹配新能源、半导体、航空核电、医疗等 14 大重点产业链差异化检测需求。 ②增设三维形貌、图像畸变、图像示值误差等新型校准项目，计量指标贴合行业检测需求，配套简化不确定度评定，实操性强。 ③依托国产标准器完成量值溯源，不依赖进口工装，支撑仪器产业自主可控。 （2）社会效益 ①完善国家显微计量标准体系，夯实制造业质量基础设施； ②统一数码显微镜量值，实现产业链数据互认，稳固供应链协同，统一校准服务标准，减少重复检测与产品报废，降低企业质量成本； ③建立国产数码显微仪器统一计量评价标尺，加速高端设备进口替代； （3）推广应用前景 ①覆盖国家重点产业链，当前 3D、AI 数码显微镜普及，现有规范适配性不足，行业标准需求迫切； ②操作简单、校准规范培训即可落地，便于产业集群普及；可作为同类标准编制参考，辐射重要的精密光学计量领域。 3. 查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范）： 经查询，国家、行业及地方标准与计量技术规范，目前尚无专门针对轻工行业数码显微镜的计量技术规范，当前企业多参照通用光学方法、或者金相显微镜，生物显微镜等，存在校准项目不统一、技术指标不一致、数据无法比对互认等问题，严重制约产品微观质量检测的规范性与可靠性。
--	--

产业链应用	数码显微镜凭借高分辨率数字成像、实时测量、图像可追溯、3D 形貌重构与 AI 辅助分析等优势，已深度融入国家重点行业研发设计、原料质控、生产过程监控、成品检验、仓储流通、售后质量追溯全链条，成为微观质量管控与数字化转型的核心基础装备，主要应用行业： ①锂电和光伏：用数码显微镜检测极片涂层、硅片栅线、极耳焊缝；规范统一像素当量、膜厚、微小尺寸校准方法，杜绝因测量偏差造成批量电芯不良、光伏片报废。 ②新能源汽车：检测电机绕组、压铸壳体微裂纹、连接器端子；分级误差限值适配整车 IATF16949 质检溯源要求。 ③半导体芯片：观测 BGA 焊球、PCB 微线路；规范亚微米级分辨力、图像畸变校准，保障芯片封装工艺检测精准。 ④工业母机 / 超硬材料：检测刀具刃口、模具微观毛刺、硬质合金晶粒；3D 景深校准精准评定刃口圆弧与表面形貌。 ⑤工业机器人：检测减速器齿面、编码器光栅；高倍率系统校准保证微小齿形尺寸测量可靠。 ⑥民用大飞机 / 船舶 / 轨道交通：分析航空合金涂层、船舶焊缝腐蚀、轴承磨损；统一数码显微测量标尺，满足零部件尺寸计量溯源。 ⑦风电 / 核电装备：核查齿轮点蚀、特种合金晶间腐蚀；高稳定性校准指标适配重大装备安全评审。 ⑧医疗装备 / 医疗工业：检测植入支架、微流控芯片、病理切片；专用成像、色彩均匀性校准符合医疗器械注册与临床检测要求。 ⑨仪器仪表：标定微小传感元件、光栅微结构；高精度示值校准保障精密仪表出厂质控。																				
范围和主要 计量特性	1. 计量技术规范适用范围： 本规范适用于数码显微镜的校准。其他类似结构数码显微镜可参照本规范执行。 2. 主要计量特性： （1）视场内尺寸测量一致性。 （2）测量重复性 （3）图像式示值误差 3. 测量标准及其他设备 <table><tr><th>序号</th><th>校准项目</th><th>校准用的标准器</th><th>技术要求</th></tr><tr><td>1</td><td>视场内尺寸测量一致性</td><td>圆形标靶(0.2～30)mm</td><td>直径、圆度： $U = 0.5\ \mu\text{m}\ k=2$</td></tr><tr><td>2</td><td>测量重复性</td><td>玻璃线纹尺(0～10)mm</td><td>分度值 0.1mm MPE:±2μm</td></tr><tr><td rowspan="3">3</td><td rowspan="3">图像式示值误差</td><td>玻璃线纹尺(0～10)mm</td><td>分度值 0.1mm MPE:±2μm</td></tr><tr><td>玻璃线纹尺(0～1)mm</td><td>分度值 0.01mm $U = 0.5\mu\text{m}\ k=2$</td></tr><tr><td>台阶规(0～400) μm</td><td>$U= 0.5\mu\text{m}\ k=2$</td></tr></table> 注：允许使用满足计量设备性能的其他设备。 4. 简要描述主要计量项目的技术原理：	序号	校准项目	校准用的标准器	技术要求	1	视场内尺寸测量一致性	圆形标靶(0.2～30)mm	直径、圆度： $U = 0.5\ \mu\text{m}\ k=2$	2	测量重复性	玻璃线纹尺(0～10)mm	分度值 0.1mm MPE:±2μm	3	图像式示值误差	玻璃线纹尺(0～10)mm	分度值 0.1mm MPE:±2μm	玻璃线纹尺(0～1)mm	分度值 0.01mm $U = 0.5\mu\text{m}\ k=2$	台阶规(0～400) μm	$U= 0.5\mu\text{m}\ k=2$
序号	校准项目	校准用的标准器	技术要求																		
1	视场内尺寸测量一致性	圆形标靶(0.2～30)mm	直径、圆度： $U = 0.5\ \mu\text{m}\ k=2$																		
2	测量重复性	玻璃线纹尺(0～10)mm	分度值 0.1mm MPE:±2μm																		
3	图像式示值误差	玻璃线纹尺(0～10)mm	分度值 0.1mm MPE:±2μm																		
		玻璃线纹尺(0～1)mm	分度值 0.01mm $U = 0.5\mu\text{m}\ k=2$																		
		台阶规(0～400) μm	$U= 0.5\mu\text{m}\ k=2$																		

(1) 视场内尺寸测量一致性:

在数码显微镜变倍的档位中, 选取适当的倍率, 按照图 1 所示在视场内同一高度选择均匀分布的 5 个测量位置, 选取尺寸合适的圆形靶标, 靶标尺寸应保证在最小放大倍率时靶标直径为视场大小的 10%~20%。将靶标依次放置于各测量位置, 调节影像清晰, 分别测得各测量位置处的圆直径为 D_i , 按公式 (1) 计算其示值误差值 ΔD_i , 以 $D_{\max}-D_{\min}$ 作为视场内尺寸测量一致性的结果

$$\Delta D_i = D_{\max} - D_{\min} \quad (1)$$

式中: ΔD_i ——示值误差, mm;

$D_{\max}$ ——5 个位置中圆直径的最大值, mm;

$D_{\min}$ ——5 个位置中圆直径的最小值, mm。

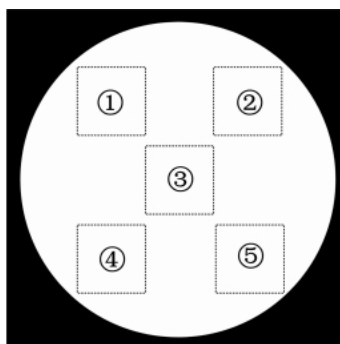


图 1 视场测量位置分布示意图

(2) 测量重复性

在工作台面上放置相应标准玻璃线纹尺, 选取相应校准点对其进行重复测量 10 次, 按公式(2)计算实验标准差。

。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中: s —— 测量重复性, (mm);

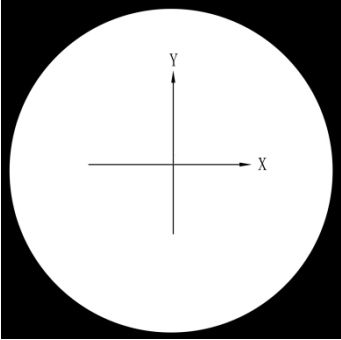
$\bar{x}$ —— n 次读数平均值, (mm);

x_i —— 第 i 次的读数值, (mm);

n ——测量次数, $n=10$, (mm);

实验标准差 s 除以数码显微镜 10 次测量结果的算术平均值 $\bar{x}$ 所得到的百分比即为数码显微镜的相对示值重复性 s_{rel} , 按公式(3)计算

$$s_{\text{rel}} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3)$$

	式中: S_{rel}——相对示值重复性; s——实验标准差,mm; $\bar{x}$——10 次测量结果的算术平均值,mm; (3) 图像式示值误差 ① X 和 Y 方向 (如图 2) 在工作台上放置相对应的标准玻璃线纹尺,选取需要校准的倍率,调焦至显示屏目标清晰,在被校仪器的视场的有效测量范围内选择不少于 2 个校准点,测量出标准玻璃线纹尺刻线间的距离,分别测量 3 次,取平均值 $\bar{L}$,按照公式 (4)计算其示值误差 ΔL_i。 $\Delta L_i = \bar{L}_i - L_i \quad (4)$ 式中: ΔL_i——示值误差,mm; $\bar{L}_i$——第 i 测量点的测量平均值,mm; L_i——第 i 测量点玻璃线纹尺的校准值,mm。  图 2 校准位置示意图 ② Z 方向 若数码显微镜拥有 3D 景深方向的测量功能,则应对 3D 景深高度尺寸测量示值误差进行校准,在被校仪器的有效测量范围内选择不少于 2 个校准点,选取相应高度的台阶规,通过数码显微镜 3D 景深功能进行重复测量 3 次,取测量结果的平均值 $\bar{h}$,按照公式 (5)计算其示值误差 Δh_i。 测量结果处理: 测量值平均值 $\bar{h}_i$ 与标准阶差规标准值 H_i 的差值为示值误差: $\Delta h_i = \bar{h}_i - H_i \quad (5)$ 式中: Δh_i——示值误差,μm $\bar{h}_i$——使用第 i 个台阶规测量示值平均值,μm; H_i——第 i 个台阶规的校准值,μm。
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进

国内外情况 简要说明		1. 与国内相关技术规范之间的关系： 本计量技术规范的编制将参考 JJF1914—2021《金相显微镜校准规范》和 GB/T 42886-2023 显微镜数字成像显示显微镜提供给用户的成像性能信息。 2. 指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况： 经查，国家及本行业内没有类似的数码显微镜计量技术规范；且本计量技术规范未发现涉及知识产权或专利问题。			
推荐意见		数码显微镜是新能源、仪器仪表、半导体等产业高质量发展常备的测量设备，该设备的计量参数对生产制造企业、检验检测机构在形貌观测、尺寸测量、元器件缺陷检测过程中提升样品观测精度、保障零部件加工一致性、把控产品检测可靠性起到至关重要的作用。 本校准规范涉及的重点产业链方向为新能源汽车、工业机器人、民用大飞机、船舶轨道交通装备、核电、锂电池光伏和医疗工业装备等国家“十五五”制造业高质量发展行业。鉴于当前国家及行业层面暂无针对性的专项计量技术规范，经评审组专家质询研讨，认定本规范界定的适用范围与核心计量特性完整覆盖各类数码显微镜的关键计量指标，具备行业推广应用价值，建议立项。			
主要 起草 单位	(签字、盖公章) 月 日	技术 委员 会	(盖公章) 月 日	部委托 支撑 单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，10 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。