

附件 3

兵工民品行业计量技术规范项目建议书

项目名称	近红外镜面定位仪校准规范		
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	西安北方光电科技防务有限公司		
联系人	范倩 韩刚	联系电话	15929634868
任务年限	2 年	申请经费	无
参加单位	西安北方光电股份有限公司		
目的、意义和必要性	1、目的、意义，解决行业、产业的问题和必要性、迫切性 光学零件加工、检测与装备环节对单片镜中心物理厚度、镜组内部光学间隔（空气间隔）的测量技术要求越来越高，传统的测量方法在精度以及测量方式上已经不能满足生产所需，原有的方法检测精度低、耗时长、且容易划伤透镜并且无法实现实时在线测量，而且对于测量凸透镜、凹透镜时，测头要进行更换，并且要根据测量对象确定寻找最大点或者最小点等，并进行多次寻找，对被测光学零件表面亦造成损伤而导致零件可能报废等。 测试精度越来越高的要求，使得光学测试技术在测试方法、原理、准确度、效率以及适应领域都获得了巨大的发展。在光学零件加工、测试与装备的不断发展过程中，对于光学零件制造、测量精度等的要求也越来越高，如光学元件厚度达到微米级、要求不拆卸测镜片之间的空气间隙等，因此利用双光束干涉原理、低相位干涉原理等非接触式、高精度测试仪器应运而生。 近红外镜面定位仪，与别的非接触测厚度类仪器的测试原理并不相同，近红外镜面定位仪的测试原理基于低相干干涉法，采用短相干光源的迈克尔逊干涉仪，并且参考镜可精确移动，当干涉仪的测量臂		

与参考臂光程相等时，即只有光程差完全匹配时才会产生干涉条纹，这是区分多层反射面的关键，区别于激光等高相干光源，不会出现多层杂干涉峰，一次轴向扫描即可自动识别光学系统内部所有折射表面，输出各镜片厚度、镜片之间的空气间隙数值、胶合层厚度、光学元件矢高、组装镜头内部所有光学界面轴向位置，全程无接触，不会划伤镀膜、抛光光学面。且近红外镜面定位仪光程标配是 200mm，最大可达到 800mm, 适配长焦镜头、大尺寸镜头组，也是区别于别的测厚仪的一大特点。

目前近红外镜面定位仪类测试仪器无法实现准确校准、量值溯源及仪器自身量程覆盖等。目前没有相应的检定规程/校准规范等检定/校准所依据的技术文件。与之比较相近的几个规程，如在线激光测厚仪校准规范（JJF4018-2025），仅适用于测量 0~3mm 量程，不能覆盖近红外镜面定位仪的量程；X 射线测厚仪检定规程（JJG480-2007），其基于 X 射线衰减吸收原理的非接触板材测厚仪，使用标准为标准厚度块，不适用于近红外镜面定位仪测量镜片厚度、镜片之间的空气间隙数值的测量；X 射线荧光镀层测厚仪校准规范（JJF1306-2011），使用标准为有证镀层厚度标准块，不适用于基于低相干干涉法的测量两个镜面间距的测量。都有比较明显的区别，不能用于校准近红外镜面定位仪。

所以，目前国内并无相适应的检定规程/校准规范，为了保证检测结果的准确性和可靠性，并统一校准方法，急需建立可溯源、全量程、标准化的近红外镜面定位仪校准规范，以此来解决行业、产业存在的共性难题。

2、先进性和亮点、社会效益和推广应用前景

近红外镜面定位仪广泛的应用于光学零件厚度检测、高端单反/微单镜头、电影影视镜头研发与出厂检测、车载自动驾驶激光雷达、高端车载感知镜头、光刻机、半导体检测物镜、显微科研物镜、航天、军工精密光学系统、医疗内窥镜高端模组等领域，在测量镜片之间间隔方面精度要求非常高。

	制定近红外镜面定位仪的校准规范符合行业的需求： 1) 可完善我国几何计量与光学检测标准体系，保障光学高端制造质量，满足计量溯源合规要求，适配高精度制造刚需，破解行业共性难题，推动行业统一规范与自主可控。 2) 本校准规范在方法创新方面首创采用高精度标准器对的校准方法构建完整量值溯源链，实现全量程覆盖校准，再对测量不确定进行评估，方法规范、可量化、易操作、成本低，填补行业校准规范空白。 3) 补齐近红外镜面定位仪校准量值溯源短板，使数据具备法律效力；提升产品质量、降低报废率；大幅降低校准成本、提升效率；填补国内技术与规范空白，支撑高端光学制造升级。 4) 近红外镜面定位仪应用范围广，在光学、军工、计量、科研等都有广泛的应用，校准规范的制定有助于推动相关产业的发展和升级。 3、查新结果 本校准规范国内外未见与本项目相同的校准方法公开报道，激光测微校准规范（JJF1663-2017）、激光干涉仪（JJG694-2017）均未见相关的测量不确定度的评估及光谱波长的测量内容，以及在线激光测厚仪校准规范（JJF4018-2025）、X 射线测厚仪检定规程（JJG480-2007）、X 射线荧光镀层测厚仪校准规范（JJF1306-2011），所使用标准与本规范明显存在区别。所以本校准规范研究内容具有新颖性与先进性。本项目填补国内技术空白，属国内首创，目前没有近红外镜面定位仪校准规程。
产业链应用	1、重点产业链方向 近红外镜面定位仪服务军工、航空、航天、高端制造、科研计量等，对应重点产业链为仪器仪表产业链方向，应用于高精度光学元件制造检测、高端单反/微单镜头、电影影视镜头研发与出厂检测，车载自动驾驶激光雷达、高端车载感知镜头，光刻机、半导体检测物镜、显微科研物镜，航天、军工精密光学系统、医疗内窥镜高端模组。覆盖从光学零件精密加工、超精密研磨、光学镀膜、元件检测、光学系

	统装调、整机性能测试到防务装备集成、航空航天有效载荷装配、计量保障与质量管控的全链条关键环节，是支撑高端光电装备、兵工民品、航空航天有效载荷、高端光学仪器实现高精度、高可靠、批量化、自主化生产的核心基础支撑方向，属国家重点产业领域。 2、对本行业重点产业链的支撑作用 校准规范的编写，建立可溯源、全量程、标准化的校准方法，全面补齐行业计量短板，解决近红外镜面定位仪的周期校准和量值溯源问题。从而为光学零件加工、军工、航空、制造业的生产、调试、测量结果的准确性和光学产品质量过程控制具有关键支撑作用。 ①光学零件加工行业：近红外镜面定位仪可快速精准的测量零件的厚度，且全程无接触，不会划伤镀膜、抛光光学面，降低了废品率，提高了产品的质量。 ②光电系统与防务装备行业：精准保障光学系统中心厚度、镜片间距、空气间隔、光轴同轴度等核心参数测量准确可信，为光电导引、观瞄设备、红外成像、激光探测等兵工民品核心装备的装调、测试、验收提供可靠计量依据，提升装备性能稳定性与使用可靠性。 ③高端单反/微单镜头、电影影视镜头行业：一次性检测多片式镜头内部所有镜片厚度、镜组空气间隔，替代传统拆解抽检，实现 100% 在线无损检测，降低了废品率，提高了产品的质量。 ④汽车光学行业：车载自动驾驶激光雷达、高端车载感知镜头、车灯光学等，前视单目/双目摄像头、激光雷达接收光学模组内部镜面间隔检测，多光谱复合光学组件的层间距检测，提高了产品的可靠性。 ⑤医疗影像光学行业：如内窥镜、手术显微镜、眼底相机、医美设备等，确保设备的可靠性。
范围 and 主要 计量特性	1、适用范围 规范规定了近红外镜面定位仪的技术要求、校准项目、校准条件、校准方法、校准结果的处理和以及校准建议周期等，适用于近红外镜面定位仪的周期校准、新制造和修理后校准。 2、主要计量特性的技术指标

- 1)、示值误差，具体技术指标见表 1。
- 2)、重复性，具体技术指标见表 1。
- 3)、光源波长，具体技术指标见表 1。
- 4)、测量范围，具体技术指标见表 1。

表 1

序号	技术指标	标准款	高精度款	红外款
1	示值误差	$\leq 1 \mu\text{m}$	$\leq 0.15 \mu\text{m}$	$\leq 5 \mu\text{m}$
2	重复性	$< 0.5 \mu\text{m}$	$< 0.075 \mu\text{m}$	$< 3 \mu\text{m}$
3	光源波长	$\pm 10\text{nm}$	$\pm 10\text{nm}$	$\pm 10\text{nm}$
4	测量范围	800 mm光程	800 mm光程	400 mm光程

3、主要测量标准的技术指标

- 1)、在测仪器的示值误差时：使用二等平行平晶，二等平行平晶平面度小于等于 $0.05 \mu\text{m}$ 。
- 2)、在测仪器的重复性时；使用二等平行平晶，二等平行平晶平面度小于等于 $0.05 \mu\text{m}$ 。
- 3)、在测仪器的光源波长时，使用光谱分析仪。
- 4)、在测仪器的测量范围时，使用精度为 1mm 的钢尺。

4、主要计量项目的技术原理

近红外镜面定位仪是基于低相干超辐射光源出射宽带光束，分光器分为测量臂、参考臂两路；测量臂的光束沿光轴垂直入射待测镜组，每一个光学界面（空气-玻璃、玻璃-镀膜、玻璃-空气）都会反射一部分光，形成一组时间先后不同的反射回波（ S_1 、 S_2 、 S_3 …… S_n ）。每一个光学界面都会反射回一束回光，形成一组时序不同的反射信号；参考臂搭载高精度伺服位移台加参考反射镜，伺服电机带动参考镜匀速轴向移动，连续改变参考臂的光程长度，位移由内置 He-Ne 激光干涉尺做闭环位移标定；低相干光源在仅两路光程严格相等时才会产生干涉峰值，不会出现杂峰，从而区分多层光学表面，参考镜每匹配一个界面，系统记录一组坐标值，最终得到一组成序列的峰值信号；光电

探测器采集干涉强度曲线，每个尖峰对应一个光学界面坐标，软件代入材料群折射率，换算出几何中心厚度、空气间隔等。

1)、在仪器的示值误差校准时，使用二等平行平晶。

在仪器的示值误差校准时，采用“平行平晶”以“配对法”进行校准，在仪器的测量范围内，每间隔相应距离（组平行平晶实际相差的距离，一般在相差在 25mm 左右）校准一个点。

①正向示值误差校准：

a 以第一块平行平晶对准近红外镜面定位仪零位，完成仪器归零；
b 放入第二块平行平晶，测量并记录示值，计算该受校准点的示值误差；

c 以第二块平行平晶重新对准零位，放入第三块平行平晶，测量并记录示值，计算示值误差；

以此类推，直至配对到最后一块平行平晶，完成所有正向受校准点的校准。

②负向示值误差校准：

a 以最后一块平行平晶、对准近红外镜面定位仪零位；
b 放入前一块平行平晶，测量并记录示值，计算负向示值误差；
c 以前一块平行平晶重新对准零位，放入更前一块平行平晶，重复操作直至配对到第一块平行平晶。

各受校准点的示值误差 δ 按照下式进行计算求得：

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} r_i - (I_n - I_1) \times 1000}{n-1} \mu m$$

式中： r_i —— 每一块受校准点用各对平行平晶校准时读数的数值（ μm ）；

I_n, I_1 —— 最后一块校准受校点示值误差用的平行平晶和最初对准零位用的平行平晶的实际尺寸（mm）；

n —— 每一受校准点所用平行平晶的块数。

上述校准方法所用平行平晶的配对数以及厚度间隔可以根据被校准仪器的实际情况而有所不同。

	2)、在仪器的重复性校准时,使用二等平行平晶。 任选一块平行平晶放入被测仪器加持机构上进行测试,所得测量结果值记为 d_1,重复进行上述步骤 10 次,测量结果值分别记为 $d_i(i=1,2,\dots,10)$,并用下列公式计算测量结果的重复性 s。 $S = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}$ 式中: s ——被校准仪器的测量重复性 (μm); d ——重复测量 10 次,测量结果值的算术平均值 (μm); d_i ——单次测量结果值 (μm); 示值误差测量结果的不确定度评估: ①计量标准引入的不确定度分量 u_1 所用计量标准(即平行平晶)的测量不确定度 U 置信因子 k,根据上级部门检定结果,计算相应的计量标准引入的不确定度分量 u_1。 ②测量引入的不确定度分量 u_2 a 仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_{21}; b 仪器的数字分辨率引入的不确定度分量 u_{22}; 合成标准不确定度 u_c 与扩展不确定度 U 测量结果的合成不确定度为 $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$ 测量结果的扩展不确定度为 $U = ku_c \quad (k=2)$ 结果判定 根据测量不确定度评估结果与仪器最大允许误差的技术要求分析可得:当 U 不大于仪器最大允许误差 $1/2 \sim 1/3$,则校准后近红外镜面定位仪满足技术要求。
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进

国内外情况 简要说明		当前近红外镜面定位仪目前校准时采用单点校准、无统一规范。JJF4018-2025, 在线激光测厚仪校准规范, 仅适用于测量 0~3mm 量程, 不能覆盖近红外镜面定位仪的量程; X 射线测厚仪检定规程 (JJG480-2007), 其基于 X 射线衰减吸收原理的非接触板材测厚仪, 使用标准为标准厚度块, 不适用于近红外镜面定位仪测量镜片厚度、镜片之间的空气间隙数值; X 射线荧光镀层测厚仪校准规范 (JJF1306-2011), 使用标准为有证镀层厚度标准块, 不适用于基于低相干干涉法的测量两个镜面间距的测量。激光测微校准规范 (JJF1663-2017)、激光干涉仪 (JJG694-2017) 均未见相关的测量不确定度的评估及光谱波长的测量相关内容, 与本规范明显存在区别。 所以, 急需制定近红外镜面定位仪相关校准规程。 本规范的编制没有涉及知识产权或专利的问题。			
推荐意见		近红外镜面定位仪作为光学加工及装配的高精度检测仪器, 广泛应用于光学零件的加工以及相关产品的装调检测领域, 但目前没有相应的校准规范或检定规程等校准/检定依据技术文件。 建议上报《近红外镜面定位仪校准规范》。			
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, 11 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。