

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	光延迟器校准规范		
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	工业和信息化部电子第五研究所		
联系人	辛奕	联系电话	15626166830
任务年限	1 年	申请经费	5 万
参加单位	广州赛宝计量检测中心服务有限公司		
目的、意义和必要性	1.编制的目的、意义和必要性 光延迟器是一种能够对光信号施加可控时间延迟的核心光学器件，通过改变光传输光程实现从皮秒至纳秒量级的精准时序调控，同时作为一种精密的光学测试仪器，承担着对光信号时序特性进行定量控制与复现的重要功能，主要包含光纤型、自由空间型和集成波导型三类。凭借其大带宽、抗电磁干扰及低信号损耗等突出优势，光延迟器已成为现代高端装备与精密系统中的关键部件。在光通信领域，用于补偿不同波长信号因色散导致的传输时延差，确保高速信号同步，同时也是光存储、数据同步等全光信号处理的核心元件；在军事雷达与电子对抗领域，它能够精确模拟无线电信号的空间传输时延，广泛应用于雷达系统校准、电子战设备测试和干扰仿真；在精密测量与传感领域，无论是用于调整干涉仪两臂光程差以实现纳米级精度的光学测量，还是作为光学相干断层扫描成像（OCT）系统中解析样品深度信息的时间基准，光延迟器都发挥着不可替代的作用。 光延迟器其时延、插入损耗和回波损耗等核心计量特性，直接		

	决定测试结果的准确性、可靠性与系统运行的稳定性。在实际使用中，光延迟器可能出现时延漂移、插入损耗劣化、回波损耗超标等问题，导致雷达波束指向偏差、电子对抗干扰效果下降、通信信号失步等系统性能退化；同时，温度变化引起的相位漂移和接头污染导致的信号中断等隐患，若长期带故障运行，将造成测量误差累积、装备战技术性能下降，甚至引发系统崩溃等重大任务失利。因此，对光延迟器开展常态化、规范化计量校准，是保障国防装备精准有效、通信系统稳定运行的必要基础，也是筑牢国家质量基础设施、赋能光电产业高质量发展的有力举措。 2.先进性和亮点、社会效益和推广应用前景 本校准规范提出的光延迟器校准方法，校准精度可达到皮秒量级，为光延迟器的高精度性能评价与量值溯源提供了科学、可靠的技术手段，填补了国内在该领域专项校准方法的空白，具有显著的技术先进性和创新性。 光延迟器是支撑我国国防军工、航空航天、雷达电子对抗、高端光通信与精密仪器制造等重点领域的关键核心器件与精密测量仪器，其工作性能的稳定性、准确性直接关系到国家战略装备的战斗力生成、高端通信系统的可靠性运行及精密测量结果的真实有效。 本规范实施后，将建立光延迟器校准测试与量值溯源体系，在国防安全领域，可保障相控阵雷达、电子对抗等装备的作战效能，在产业层面，可推动光延迟器产品质量升级。此外，本规范的方法还可推广至其他光学器件与仪器的测试校准，随着光延迟器在 5G 移动通信、量子信息等战略新兴领域的广泛应用，本规范将产生重大的经济效益和社会价值。 3.查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范） 目前国家或行业均没有光延迟器的对应校准规范，有类似地方校准规范 JJF（京）189-2025 可编程延迟线设备校准规范，但此规范校准对象是电子脉冲信号延迟，其校准参数不涉及光学参数，不
--	---

	适用于光延迟领域，亟需编制光延迟器专用校准规范。
产业链应用	1.重点产业链方向 光延迟器作为光通信、雷达电子对抗、精密测量等领域的核心器件及精密仪器，深度融入新一代移动通信设备、仪器仪表、新能源和航空航天等战略新兴产业全产业链，占据关键环节的基础性、支撑性地位，其性能水平决定了技术指标上限，是推动自主可控、实现国产化升级的重要技术支点。 2.对本行业重点产业链的支撑作用 本校准规范的制定对本行业产业链的支撑作用主要体现在 3 个方面： （1）本校准规范的制定，统一了光延迟器时延、插入损耗和回波损耗等核心技术指标与校准方法，实现全行业量值统一，结果可溯源，数据可比对，有效解决上下游企业检测标准不一致导致的质量争议、产品返工、供应链对接不畅等问题。 （2）促进了技术的标准化和规范化，提升国产化价值。为光延迟器出厂检验、型式评价及产品一致性验证提供依据，助力国产产品从"可用"迈向"好用"，增强市场竞争力。 （3）支撑产业高质量发展 随着 5G/6G、相控阵雷达等领域对性能要求的持续提升，校准业务量稳步增长。五所计量中心每年校准数十台，规范发布后将直接带动计量校准服务收入增长。

范围 and 主要
计量特性

1. 计量技术规范的适用范围；

本规范适用于时延范围（10-4000）ps 的光延迟器的校准。

2. 计量特性

2.1 典型光延迟器的外观图片及技术指标

品牌：富泰科技，型号：MDTD 系列可变延迟线



表 1 MDTD 系列可变延迟线核心参数

参数	指标
工作波长	典型值：1310 nm 或 1550 nm
延迟范围	330ps、600ps、1200ps、4000ps
插入损耗	1.0 dB、1.5 dB
回波损耗	55 dB
损耗变化	0.3 dB
位置重复性/精度	±0.5ps、±0.7ps

品牌：筱晓（上海）光子，型号：可变光延迟线 MP-TDC-E-1550-660ps-SA



表 2 可变光延迟线核心参数

参数	指标
工作波长	1550nm
延迟范围	高达 1300ps
插入损耗	<3dB
回波损耗	>50 dB
可承受功率	500mW
光纤类型	保偏、单模

品牌：品牌：美国，General Photonics，型号：可变光延迟线 MDL-002

4



表 3 可变光延迟线 MDL-002 核心参数

参数	指标
工作波长	1310nm 或 1550 nm
延迟范围	330ps、560ps、1120ps
插入损耗	<1 dB 、1.5dB
插损变化	±0.3dB ±0.5 dB ±0.7dB
回波损耗	> 50 dB
延迟精度	±40um
光纤类型	保偏、单模

品牌：日本 Alnair Labs，型号：可编程光延迟器 ADL-200

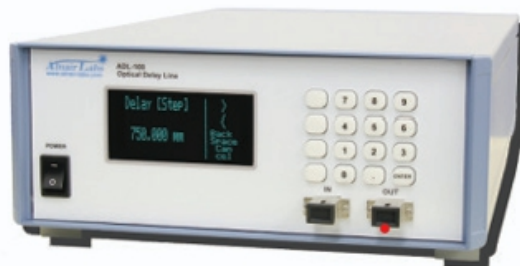


表 4 可编程光延迟器 ADL-200 核心参数

参数	指标
工作波长	1520-1640 nm
延迟范围	2500 ps
延迟精度/重复性	0.1 ps
插入损耗	<1.5 dB
	<3 dB
回波损耗	>40 dB
光纤类型	保偏、单模

2.2 计量特性

参考典型仪器，计量特性如下：

	2.2.1 时延 波长范围：（1260-1640）nm 时延范围：（10~4000）ps；最大允许误差：$\pm 5\text{ps} + 1\% \times \text{setting}$； 时延设置重复性：$\pm 0.1\text{ ps}$。 2.2.2 插入损耗 插入损耗：$\leq 3\text{dB}$。 2.2.3 回波损耗 回波损耗：$> 50\text{dB}$。 3.主要测量标准的技术指标 3.1 脉冲光源 中心波长：覆盖被校仪器的工作波长； 输出功率：$\geq 0\text{dBm}$，最大输出不超过被校仪器的接收上限； 输出稳定度：15 分钟短期稳定度优于$\pm 0.025\text{dB}$； 脉冲上升时间：优于 20ps； 脉冲输出固有抖动：优于 2ps。 3.2 示波器 带宽：优于 20GHz； 时基抖动：优于 2ps； 时间间隔测量：最大允许误差$\pm (2.5\text{ps} + 0.5\% \times \text{Reading})$； 光端口：覆盖被校仪器的工作波长，带宽优于 20GHz，灵敏度$\geq -20\text{dBm}$。 3.3 激光源 中心波长：覆盖被校仪器的工作波长； 最大输出功率：$\geq 10\text{dBm}$； 输出稳定度：15 分钟稳定度优于$\pm 0.025\text{dB}$； 光源类型：建议使用可调谐光源或者 DFB（分布式反馈）激光器。 3.4 光功率计 工作波长：（1260~1640）nm； 测量范围：（-60~10）dBm；
--	--

	非线性度：±0.04dB。 3.5 光回损测试仪 工作波长：（1310±20）nm，（1550±20）nm； 测量范围：（0～65）dB； 最大允许误差：±1dB； 标准光纤：接头类型 APC/PC。 3.6 矢量网络分析仪 频率范围：10MHz~20GHz； 相位测量范围：-180°~180°； 相位测量不确定度 $U(k=2)$：0.1°~4.0°。 4.校准项目 时延、插入损耗、回波损耗。 5.校准方法 5.1 校准前准备工作 5.1.1 工作正常性检查 通电后，开关、按键、显示屏和各种状态指示灯（标志）应工作正常。 检查光纤端面。 5.1.2 预热 进行校准前，被校仪器及校准用设备应按规定预热。 5.1.3 校准准备 光纤和光纤接头应保证其端面清洁，测量标准和被测仪器应置于平稳的测试台面，光纤以及校准用光器件端面类型建议采用 APC/PC。 5.2 时延 （一）时延 5.2.1 示波器法 5.2.1.1 校准连线如图 1-1 所示。
--	--

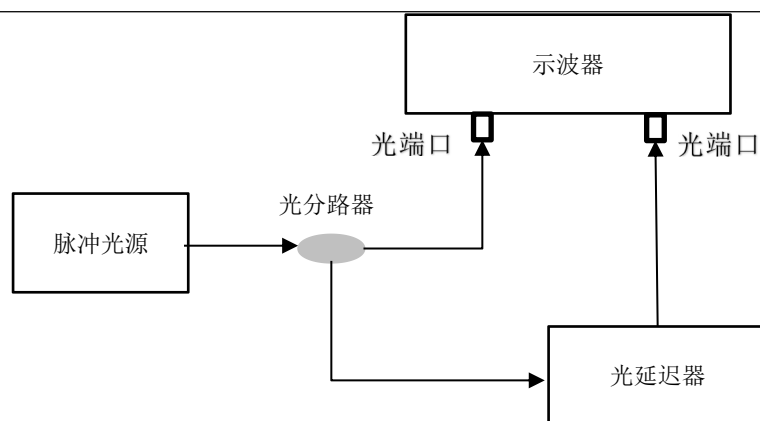


图 1-1 示波器法时延校准示意图

5.2.1.2 先按照仪器说明书让示波器充分预热。

5.2.1.3 首先设置光延迟器的时延值至 0 位, 对此时两个光通道的时延差进行测量。

5.2.1.4 调节示波器的垂直偏转系数, 使被测脉冲信号占屏幕垂直刻度的 80%。调用示波器两个光标, 光标 1 标记未加光延迟器的脉冲测量波形幅度 50% 处的时刻 t_1 , 光标 2 标记加延迟器的脉冲测量波形幅度上升 50% 处的时刻 t_2 , 记录两个光标之间的时间间隔 $T_{m1}=t_2-t_1$, 此时 T_{m1} 表示光延迟器的时延设置为 0 时, 示波器两个光通道之间的时延差。

5.2.1.5 设置光延迟器的时延为待校准点, 重复 5.2.1.4 的操作, 测量出此时的时间间隔 T_{m2} , 此时 T_{m2} 表示光延迟器的时延设置为待测校准点时, 示波器两个光通道之间的时延差, 时延的测量结果可按式计算。

$$T = T_{m2} - T_{m1} \quad (1)$$

5.2.1.6 量程范围内选 3-5 个点, 重复 5.2.1.5, 得到不同时延的测量结果。

5.2.2 矢量网络分析仪法

5.2.2.1 校准连线如图 1-2 所示, 按照仪器说明书要求预热矢量网络分析仪。

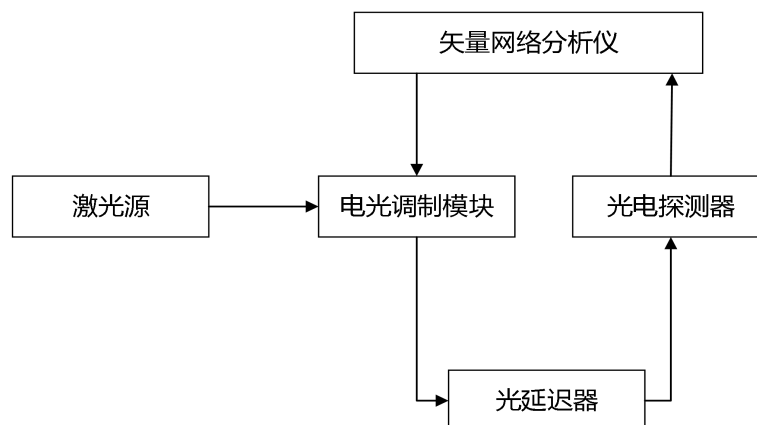


图 1-2 矢量网络分析仪法时延校准示意图

5.2.2.2 复位矢量网络分析仪，设置适当的中频带宽（通常 100Hz），合理选择矢量网络分析仪的测试频率和测量点数，设置矢量网络分析仪测量参数为 S21。

5.2.2.3 打开激光源，设置光延迟器的时延值至 0 位，对矢量网络分析仪进行传输频响应校准或二端口校准。

5.2.2.4 调节光延迟器的时延值至所测校准点，设置矢量网络分析仪显示格式为相位，用矢量网络分析仪的两个频标分别跟踪最大值和最小值，增加矢量网络分析仪参考通道电延时，使矢量网络分析仪显示的相位曲线近似为一条直线，且频标最大值和频标最小值相差最小（通常小于 1° ），读取时延值，即为矢量网络分析仪法测得的时延 T ，并记录在附录 A。

5.2.2.5 量程范围内选 3-5 个点，重复 5.2.2.4，得到不同时延的测量结果。

（二）时延设置重复性

时延设置重复性测量方法，先将光延迟器延迟时间设置为最小，然后将光延迟器延迟时间设置为校准点，参照矢量网络分析仪方法测得时延 T_x ；

重复测量 10 次，计算 10 次测量结果实验标准差即为时延设置重复性。

5.3 插入损耗

5.3.1 按图 2 虚线连接仪器，将激光源和光功率计设为待测波长。

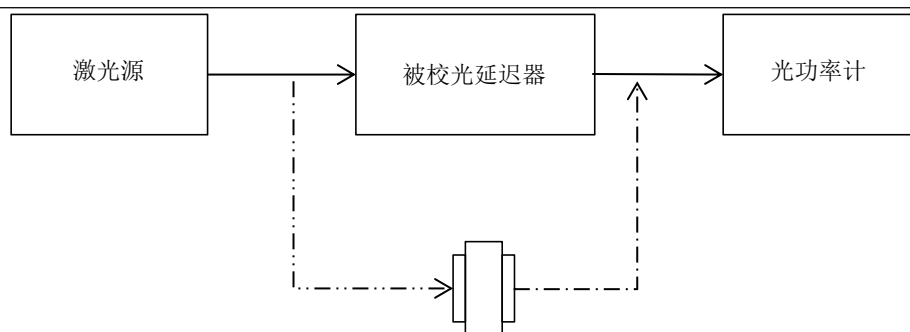


图 2 插入损耗的校准示意图

5.3.2 将激光源和光功率计用光纤跳线通过法兰盘相连，打开激光源，设置光功率计的单位为 dB，将光功率计的读值设为参考值，此时光功率计读值为 0dB。

5.3.3 取下法兰盘，按图 2 实线连接仪器，读取此时光功率计示值，并记录。重复以上步骤 3 次，得到光功率计测量结果 L_1 、 L_2 和 L_3 。

5.3.4 插入损耗值按下式计算：

$$L = -\left(\frac{L_1 + L_2 + L_3}{3}\right) \quad (2)$$

5.4 回波损耗

5.4.1 按图 3 连接设备。

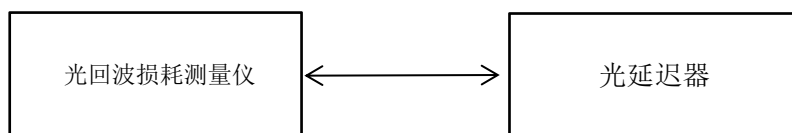


图 3 回波损耗的校准示意图

5.4.2 测量开始前首先将光回损测试仪，按厂家规定要求进行自校准。

5.5.3 用光纤连接光回损测试仪和光延迟器。

5.5.4 在光延迟器输出光纤的末端做截止操作。

5.5.5 光回损测试仪测量此时的光回波损耗值。

5.5.6 重复 5.4.1~5.4.5 步骤 3 次，得到测量结果 R_1 、 R_2 和 R_3 。回波损耗按下式计算：

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3} \quad (3)$$

水平		☐ 国际先进 ☒ 国内先进			
国内外情况 简要说明		(1) 目前光延迟器没有对应的校准规范，无法满足日常计量校准需求，亟须编制光延迟器校准规范。 (2) 没有发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况。			
推荐意见		光延迟器是一种能够对光信号施加可控时间延迟的光学设备，广泛应用于光通信、雷达系统校准、精密测量等领域。但目前国家及行业没有相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足光延迟器的校准需求。			
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。