

附件 3

通信行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	光采样示波器校准规范		
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	中国信息通信研究院		
联系人	黄震	联系电话	13501050790
任务年限	2026 年至 2027 年	申请经费	4.5 万元
参加单位	深圳市万里眼技术有限公司等		
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，解决行业、产业的问题和必要性、迫切性。 光采样示波器是高速光通信系统研发、先进光电子器件测试及生产制造的关键仪表，其核心在于利用光学采样技术突破电子带宽限制，实现对数百 GHz 乃至 THz 级超高速光信号（如超短脉冲、高阶调制信号）的波形、眼图及抖动等参数的精密测量。 随着 800G/1.6T 光模块规模部署、共封装光学（CPO）技术突破、面向 6G 的光前传/中传网络发展以及“东数西算”工程对超高速数据中心互联的需求激增，中国光通信产业对信号完整性测试的精度和带宽要求已达到前所未有的高度，光采样示波器作为支撑这些尖端技术验证与质量控制的核心工具，其测量结果的准确性、可靠性和可比性直接关乎产品性能、系统稳定性及重大项目的成败。然而，当前光采样示波器缺乏统一的计量技术规范和权威的量值溯源体系，导致不同制造商、不同型号设备间测量结果存在显著偏差难以互认，设备自身的性能漂移、非线性误差、时间基准误差等无法有效监控校准，埋下研发误判、生产良率波动及系统性能不达标的隐患，同时阻碍了产业链上下游协同及大型科研项目的数据互		

	信，使得高昂投资的尖端设备效能因校准缺失或不当而大打折扣。 制定本《光采样示波器校准规范》的核心目的是建立涵盖关键参数的统一校准方法、标准和量值传递体系，解决量值传递混乱问题，为行业提供可靠一致的测量基准；其意义在于通过规范化的定期校准，确保设备全生命周期内维持高精度，为高速光通信和光电子产业的创新研发、精密制造与可靠应用提供坚实的数据支撑，显著降低因测试误差导致的技术与商业风险，并破解产业协同瓶颈，促进测试结果互认与高效协作；该规范的制定具有极强的必要性与迫切性，是国家在突破下一代光电子器件“卡脖子”技术、保障“东数西算”超高速互联安全、提升 5G-A/6G 网络性能等战略背景下，夯实核心测试设备计量基础、确保国家信息基础设施长期可靠运行、提升产业国际竞争力的关键举措，填补国内超高速光信号测试计量空白，对推动产业高质量发展意义重大。 2. <u>先进性和亮点，社会效益和推广应用场景</u> 本校准规范所规定的核心计量特性及其校准方法，能全面覆盖当前主流及前沿的高速光采样示波器产品，其针对超高速（数百 GHz 至 THz）光信号测量的特殊挑战（如超短脉冲采样、极低噪声探测、时间基准精确同步）所设计的校准方案具备显著自主创新性，填补了国内在超高速光信号计量校准领域的空白，为光采样示波器建立了统一、权威的量值溯源依据。 本规范的制定与实施，将有效保证光采样示波器在 800G/1.6T 光模块研发与量产测试、硅光/CPO（共封装光学）集成芯片表征、超高速相干通信系统性能验证、面向 6G 的光前传/中传网络信号完整性分析以及“东数西算”国家算力枢纽间超高速光互联系统调试与监测等关键应用场景中的测量准确性和数据可靠性，有力支撑国家信息基础设施核心技术的自主可控与安全稳定运行，同时为量子通信系统中的高精度光信号测量、太赫兹光电子器件研发等前沿领域提供坚实的计量基础，显著促进我国光电子产业、高速通信产业及量子技术产业的创新升级与健康发展，提升相关高端仪器设备的国际竞争力。 3. <u>查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范）</u> 《JJF 1988-2022 通信信号分析仪校准规范》：该规范于 2022 年 9 月 26 日发布，2023 年 3 月 26 日正式实施，适用于不高于 20GHz
--	---

	的通信信号分析仪的校准，其校准方法并不能完全适用于光采样示波器。《JJF 2358-2026 数字取样示波器校准规范》：该规范于 2026 年 1 月 24 日发布，2026 年 7 月 24 日正式实施，适用于带宽 100GHz 及以下的数字取样示波器的校准，适用的是电口的取样示波器，不适用于光采样示波器。这是目前与光采样示波器相关的最新国家计量技术规范。此外，目前国内外尚无针对光采样示波器的专用校准规范，因此制定《光采样示波器校准规范》具有重要的现实意义和紧迫性。
产业链应用	<u>1.产业链方向</u> 光采样示波器产业链呈现高度技术密集与上下游协同发展的特征，覆盖从核心光电器件到高端仪器制造及前沿应用的全过程。上游为核心光电子元器件与芯片，主要包括超快激光源（飞秒/皮秒激光器，作为光学采样脉冲的“时间标尺”）、高速光电探测器（需具备极高带宽与低噪声特性）、精密光学延迟线（实现亚微米级位移精度的时间扫描）、时间数字转换器（TDC）芯片（实现超高时间分辨率测量）以及高速低噪声信号处理芯片（FPGA/ASIC），其中超快激光源的时间抖动性能与高速探测器的带宽-噪声积直接决定了系统的测量极限。中游为光采样示波器整机制造、核心软件算法开发及系统集成，是产业链的技术价值高地，设备厂商整合上游关键器件，构建包含超快光脉冲产生、精密光学采样门、高速信号采集与处理以及复杂数据分析（如抖动分解、眼图分析、信号恢复）的软硬件一体化平台，当前中游正从单一仪器销售向提供“高精度硬件+智能分析软件+定制化测量服务”的综合解决方案转变，先进信号处理算法（如非线性误差校正、抖动精确分离）、AI 驱动的自动化测试与诊断以及云化数据管理平台成为核心竞争力所在。下游为广泛的应用领域与专业服务，涵盖高速光通信模块（800G/1.6T 及更高速率）的研发验证与量产测试、硅光/CPO 集成器件与芯片的精密表征、超高速相干通信系统与 6G 光前传/中传网络的性能评估与故障诊断、“东数西算”国家算力枢纽间数据中心互联（DCI）的超高速光链路调试与监测、前沿科研（如阿秒物理、量子传感）中的超快光现象捕捉分析以及国防军工领域的高性能光电子系统测试等，其中高速光模块测试与数据中心互联监测是当前规模最大且增长稳健的基础市场，而面向未来通信（6G）、先进封装（CPO）及量子技术的超精密测量需求则是最具潜力的新兴增长点。

2.对产业链的支撑作用

光采样示波器产业链呈现上游核心光电器件驱动性能极限、中游系统集成与软件算法决定产品竞争力、下游前沿应用场景强力牵引技术创新的格局，本计量技术规范制定将为光采样示波器仪器仪表产业链各环节提供统一、权威的性能评价基准与量值溯源依据，有力推动上游超快激光源、高速低噪声探测器、高精度 TDC 芯片等“卡脖子”核心器件的性能验证与国产化替代进程，规范中游整机制造商在系统架构设计、信号处理算法开发及综合解决方案（硬件+智能软件+服务）集成中的技术路线与质量控制标准，并从根本上保障下游在 800G/1.6T 光模块量产测试、CP0 集成器件表征、6G 光前传网络调试、“东数西算”超高速互联监测以及量子通信光信号分析等关键应用场景中测量数据的可靠性、一致性与跨平台可比性，对提升我国高端光电子测试仪器产业链整体技术水平和国际竞争力具有基础性、战略性的支撑作用，是促进高速光通信产业、先进光电子制造产业及量子信息技术产业创新升级与健康发展的核心枢纽。

范围和主要
计量特性

1. 计量技术规范的适用范围：

本规范适用于带宽 $\leq 120\text{GHz}$ 光采样示波器的校准。

2. 以典型仪器或试验设备等（注明仪器型号）为依据，提出计量特性的技术指标，包括其名称、测量范围和最大允许误差：

2.1 典型仪器

(1) 是德科技的 N1000A-N1032A-13U

技术参数	技术指标
参考接收机	49.7664 GBd 等
光通道等效有效值噪声	$< 315 \mu\text{W}$ (120GHz, 1550 nm)
连续波光功率准确度	$\pm(300 \mu\text{W} + 7\% \text{ of reading}) \pm \text{connector uncertainty}$ (1550 nm)
平均光功率准确度	$\pm(7\% \text{ of reading}) \pm \text{connector uncertainty}$ (1550 nm)
光带宽	120GHz
时基间隔准确度	1 GHz to 32 GHz: $500 \text{ fs} + 0.5\% \text{ of } 1 / (\text{clock input frequency}), \text{ or } 5 \text{ ps}$ (whichever is smaller)
时基抖动	500fs
时钟输入灵敏度	200mV

(2) 是德科技的 N1093A

技术参数	技术指标
滤波器	TDEC Filter 等
光通道等效有效值噪声	$< 19 \mu\text{W}$
连续波光功率准确度	$\pm 30 \mu\text{W} \pm 5\% \text{ of reading}$ $\pm \text{connector uncertainty}$
平均光功率准确度	$\pm 5 \mu\text{W} \pm 5\% \text{ of reading} \pm \text{connector uncertainty}$
光带宽	60GHz
时基间隔准确度	$\pm 150 \text{ fs} \pm 1\% \text{ of time span}$ $\text{ or } \pm 4 \text{ ps}$ (whichever is smaller)
时基抖动	200fs
时钟输入灵敏度	200mV

(3) 安立公司的 MP2110A Option-x8x

技术参数	技术指标
数字滤波器	26.5625 GHz ~ 53.125 Gbaud TDECQ 等
光输入回波损耗	-24 dB (1310 nm)
光通道等效有效值噪声	$< 15.8 \mu\text{W}$ @1310nm
光功率计准确度	$\pm 0.6 \text{ dB}$ (-18 ~ -12 dBm), $\pm 0.35 \text{ dB}$ (-12 ~ 0 dBm), $\pm 0.55 \text{ dB}$ (0 ~ +2 dBm)

	<table> <tr> <td>光带宽</td><td>60GHz</td></tr> </table> (4) 泰克公司的 TSO820-TSO8C17 <table> <tr> <td>技术参数</td><td>技术指标</td></tr> <tr> <td>光参考接收机</td><td>25.78 GBd (TDEC-MM)等</td></tr> <tr> <td>光输入口回波损耗</td><td>> 16 dB</td></tr> <tr> <td>光通道等效有效值噪声</td><td>22.5GHz 1310nm : < 6.7 μW</td></tr> <tr> <td>DC vertical accuracy</td><td>$\pm 10 \mu$W $\pm 5\%$ of vertical reading</td></tr> <tr> <td>光功率计准确度</td><td>$\pm [100 \text{ nW} + (\text{External power meter reading}) * [5\% + 6\% \text{ Uncertainty}]]$</td></tr> <tr> <td>光带宽</td><td>30GHz</td></tr> <tr> <td>暗电平</td><td>< 10 μW $\pm 4\%$ (vertical offset)</td></tr> <tr> <td>时钟输入触发灵敏度</td><td>200 mV to 1000 mV</td></tr> <tr> <td>时基间隔准确度</td><td>$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$</td></tr> </table> (5) Tektronix 公司的 DSA8300-80C10B <table> <tr> <td>技术参数</td><td>技术指标</td></tr> <tr> <td>光参考接收机</td><td>OC-768/STM-256 等</td></tr> <tr> <td>光输入口回波损耗</td><td>>30 dB for single-mode fiber</td></tr> <tr> <td>光通道等效有效值噪声</td><td>1310nm: <130μW</td></tr> <tr> <td>光功率计准确度</td><td>$\pm 5\%$ of reading+connector uncertainty</td></tr> <tr> <td>DC vertical accuracy</td><td>$\pm 25\mu$W $\pm 9\%$ of [(verticalvalue) - (verticaloffset)]</td></tr> <tr> <td>光带宽</td><td>80GHz</td></tr> <tr> <td>暗电平</td><td>$\pm [35\mu$W+4%$\times$ vertical offset]</td></tr> <tr> <td>时钟输入触发灵敏度</td><td>200 mV to 1000 mV (峰峰值)</td></tr> <tr> <td>时基间隔准确度</td><td>$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$</td></tr> <tr> <td>上升时间</td><td>6 ps</td></tr> </table> (6) 万里眼公司的 PS0065D <table> <tr> <td>技术参数</td><td>技术指标</td></tr> <tr> <td>滤波器</td><td>113.4375 GBaud 等</td></tr> <tr> <td>光通道等效有效值噪声</td><td>1310nm: <15μW</td></tr> <tr> <td>平均光功率测量准确度</td><td>单模 $\pm 200 \text{ nW} \pm 5\% \pm$连接器不确定度</td></tr> <tr> <td>连续光测量准确程度</td><td>$\pm 30\mu$W $\pm 3\% \pm$连接器不确定度</td></tr> <tr> <td>光口带宽</td><td>65GHz</td></tr> <tr> <td>时钟输入触发灵敏度</td><td>200mV</td></tr> <tr> <td>时基抖动</td><td>400 fs</td></tr> </table> 3. 计量特性; 3.1 光输入口回波损耗 范围: $\geq 15\text{dB}$ 3.2 光通道等效有效值噪声 范围: $\leq 15\mu$W (120GHz)	光带宽	60GHz	技术参数	技术指标	光参考接收机	25.78 GBd (TDEC-MM)等	光输入口回波损耗	> 16 dB	光通道等效有效值噪声	22.5GHz 1310nm : < 6.7 μ W	DC vertical accuracy	$\pm 10 \mu$ W $\pm 5\%$ of vertical reading	光功率计准确度	$\pm [100 \text{ nW} + (\text{External power meter reading}) * [5\% + 6\% \text{ Uncertainty}]]$	光带宽	30GHz	暗电平	< 10 μ W $\pm 4\%$ (vertical offset)	时钟输入触发灵敏度	200 mV to 1000 mV	时基间隔准确度	$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$	技术参数	技术指标	光参考接收机	OC-768/STM-256 等	光输入口回波损耗	>30 dB for single-mode fiber	光通道等效有效值噪声	1310nm: <130 μ W	光功率计准确度	$\pm 5\%$ of reading+connector uncertainty	DC vertical accuracy	$\pm 25\mu$ W $\pm 9\%$ of [(verticalvalue) - (verticaloffset)]	光带宽	80GHz	暗电平	$\pm [35\mu$ W+4% $\times$ vertical offset]	时钟输入触发灵敏度	200 mV to 1000 mV (峰峰值)	时基间隔准确度	$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$	上升时间	6 ps	技术参数	技术指标	滤波器	113.4375 GBaud 等	光通道等效有效值噪声	1310nm: <15 μ W	平均光功率测量准确度	单模 $\pm 200 \text{ nW} \pm 5\% \pm$ 连接器不确定度	连续光测量准确程度	$\pm 30\mu$ W $\pm 3\% \pm$ 连接器不确定度	光口带宽	65GHz	时钟输入触发灵敏度	200mV	时基抖动	400 fs
光带宽	60GHz																																																												
技术参数	技术指标																																																												
光参考接收机	25.78 GBd (TDEC-MM)等																																																												
光输入口回波损耗	> 16 dB																																																												
光通道等效有效值噪声	22.5GHz 1310nm : < 6.7 μ W																																																												
DC vertical accuracy	$\pm 10 \mu$ W $\pm 5\%$ of vertical reading																																																												
光功率计准确度	$\pm [100 \text{ nW} + (\text{External power meter reading}) * [5\% + 6\% \text{ Uncertainty}]]$																																																												
光带宽	30GHz																																																												
暗电平	< 10 μ W $\pm 4\%$ (vertical offset)																																																												
时钟输入触发灵敏度	200 mV to 1000 mV																																																												
时基间隔准确度	$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$																																																												
技术参数	技术指标																																																												
光参考接收机	OC-768/STM-256 等																																																												
光输入口回波损耗	>30 dB for single-mode fiber																																																												
光通道等效有效值噪声	1310nm: <130 μ W																																																												
光功率计准确度	$\pm 5\%$ of reading+connector uncertainty																																																												
DC vertical accuracy	$\pm 25\mu$ W $\pm 9\%$ of [(verticalvalue) - (verticaloffset)]																																																												
光带宽	80GHz																																																												
暗电平	$\pm [35\mu$ W+4% $\times$ vertical offset]																																																												
时钟输入触发灵敏度	200 mV to 1000 mV (峰峰值)																																																												
时基间隔准确度	$\pm (1 \text{ ps} + 1.5\% \text{ of trigger clock period})$																																																												
上升时间	6 ps																																																												
技术参数	技术指标																																																												
滤波器	113.4375 GBaud 等																																																												
光通道等效有效值噪声	1310nm: <15 μ W																																																												
平均光功率测量准确度	单模 $\pm 200 \text{ nW} \pm 5\% \pm$ 连接器不确定度																																																												
连续光测量准确程度	$\pm 30\mu$ W $\pm 3\% \pm$ 连接器不确定度																																																												
光口带宽	65GHz																																																												
时钟输入触发灵敏度	200mV																																																												
时基抖动	400 fs																																																												

	3.3 光功率 最大允许误差:±5% 3.4 消光比示值 最大允许误差±0.5dB 3.5 光通道带宽和光参考接收机频率响应 范围: ≤ 120 GHz 3.6 光通道上升时间 范围: ≤ 3.2 ps 3.7 暗电平 最大允许误差: ± 35 μW 3.8 时基间隔准确度 最大允许误差: ± 1% 3.9 时基抖动 范围: ≤ 500 fs 3.10 时钟输入灵敏度 范围: 200 mV ~ 2 V 4. <u>主要标准器的技术指标:</u> 4.1 脉冲码型发生器 a)图案类型:伪随机序列、可编程规则码。 b)速率范围:100Mb/s~67Gb/s。 c)频率准确度:≤1×10⁻⁶。 4.2 可变光衰减器 a)工作波长:800nm~1700nm。 b)衰减范围:0dB~60dB, 连续可调。 c)插入损耗:≤ 3.5dB。 d)最大允许误差:±0.8dB。 4.3 光回波损耗测试仪 a)工作波长:850nm±20nm, 1300nm±20nm, 1310nm±20nm, 1550nm±20nm。 b)测量范围:-40dB~0dB。 c)最大允许误差:±0.8dB。
--	--

4.4 稳定激光源

- a)中心波长:850nm±20nm, 1300nm±20nm, 1310nm±20nm, 1550nm±20nm。
- b)输出功率:不小于 0dBm。
- c)输出功率短期稳定度:不超过±0.02dB(15min)。

4.5 光功率计

- a)工作波长:800nm~1700nm。
- b)定标波长:850nm±20nm, 1300nm±20nm, 1310nm±20nm, 1550nm±20nm。
- c)测量范围:-50dBm~+3dBm。
- d)测量不确定度:不超过 4% (850nm/1300nm), 不超过 2% (1310nm/1550nm)。
- e)线性度:不超过±0.1dB。

4.6 电光调制器

- a)标称波长:850nm, 1310nm, 1550nm。
- b)调制带宽:不低于 120GHz。

4.7 微波信号源

- a)频率范围:10MHz~67GHz。
- b)功率稳定度:0.03dB/°C。

4.8 功率计和功率传感器

- a)频率范围:10MHz~67GHz。
- b)电平测量最大允许误差:±2%。
- c)幅度平坦度:±2%。

4.9 光波长计

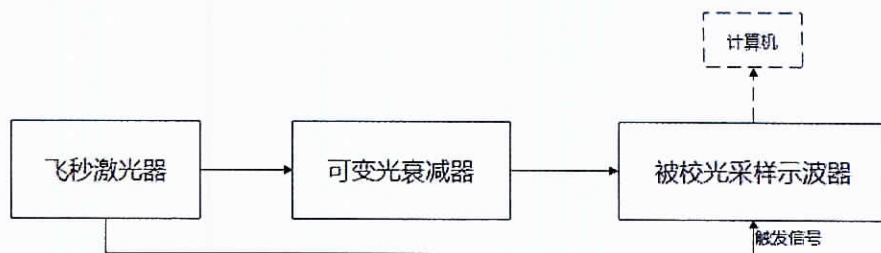
- a)工作波长:800nm~1700nm。
- b)显示分辨率:≤ 1 pm。
- c)允许误差:± 1 pm。

4.10 飞秒激光器

- a)中心波长:850nm, 1310nm, 1550nm。
- b)脉宽:≤ 100 fs。

4.11 原子钟

	a)相对频率偏差：$\pm 2 \times 10^{-10}$。 4.12 功分器 a)频率范围：DC~67GHz。 b)端口不平衡度：$\leq 0.5\text{dB}$（DC~67GHz）。 5. <u>简要描述主要计量项目的技术原理。</u> 5.1 光输入回波损耗 校准方法可参照 JJF 1988-2022 的 7.5 章节。 5.2 光通道等效有效值噪声 校准方法可参照JJF 1988-2022 的7.6章节。 5.3 光功率 校准方法可参照JJF 1988-2022 的7.7章节。 5.4 消光比示值 校准方法可参照JJF 1988-2022 的7.8章节。 5.5 光通道带宽和光参考接收机频率响应 方法一： <pre>graph LR; A[飞秒激光器] --> B[可变光衰减器]; B --> C[被校光采样示波器]; C -.-> D[计算机]; A -- 触发信号 --> C;</pre> 调整合适的测试参数，如图连接测试设备，采集适当时间窗口的波形数据，用计算机（或被测示波器自带的FFT功能）对采集波形进行傅里叶变换，得到频率响应曲线，从而得到光通道带宽。 方法二：校准方法可参照JJF 1988-2022 的7.9章节。 方法三：校准方法可参照JJF 1988-2022 的附录D。 5.6 光通道上升时间
--	---

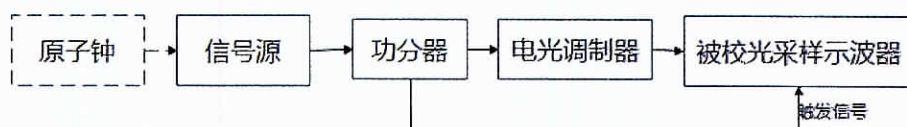


调整合适的测试参数，如图连接测试设备，测量光脉冲的上升时间（冲激响应），如有需要可以采集波形用计算机积分处理得到阶跃响应的上升时间。

5.7 暗电平

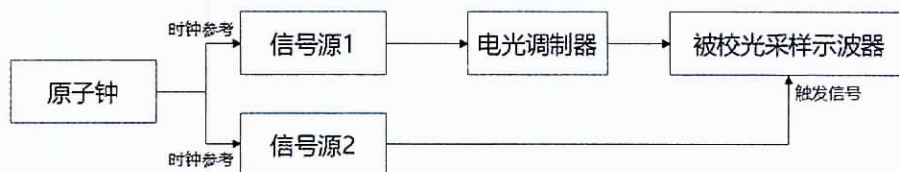
在被校设备测试端口盖上遮光帽，调整合适的测试参数，测得的平均值即为暗电平值。

5.8 时基间隔准确度



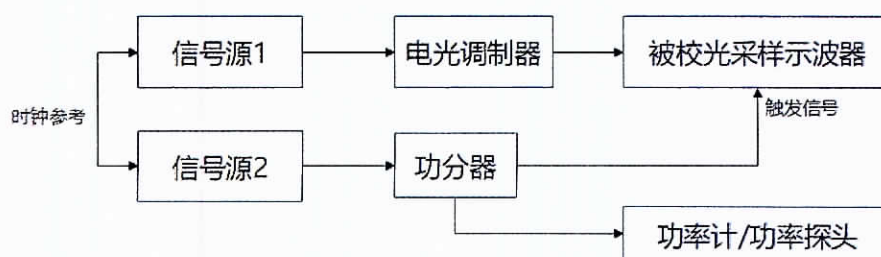
调整合适的测试参数，如图连接测试设备，设置信号源的频率，被测光采样示波器读取信号的周期，计算其与信号源输出信号的周期（频率的倒数）之间的误差。

5.9 时基抖动



调整合适的测试参数，如图连接测试设备，两个信号源分别输出合适的信号，读取被测光采样示波器的抖动测量数据，即为时基抖动。

5.10 时钟输入灵敏度



	调整合适的测试参数，如图连接测试设备，两个信号源分别输出合适的信号是被测光采样示波器能稳定触发并测到信号，改变信号源 2 的频率和输出功率，测试不同频率下的最小触发电平，读取功率计上的功率值，即为该频率下的时钟输入灵敏度。				
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进				
国内外情况 简要说明	1. <u>与国内相关技术规范之间的关系：</u> 《JJF 1988-2022 通信信号分析仪校准规范》适用于不高于 20G Hz 的通信信号分析仪的校准，其校准方法并不能完全适用于光采样示波器。《JJF 2358-2026 数字取样示波器校准规范》适用于带宽 100GHz 及以下的数字取样示波器的校准，适用的是电口的取样示波器，不适用于光采样示波器。 2. <u>指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况。</u> 本规范制订无知识产权的问题，或涉及专利的情况。				
推荐意见	本项目拟制定的《光采样示波器校准规范》，立项建议书内容全面，提出的光采样示波器计量特性及主要测量标准的技术指标合理，溯源链完整；描述的相关测量方法技术原理先进/科学、可操作性强，该校准规范的制定能满足行业的量值溯源需要，推荐立项。				
主要 起草 单位			技术 委员 会		
				部委托 支撑 单位	

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。