

附件 3

通信行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	光纤长度标准器校准规范		
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	郝文慧	联系电话	18811714478
任务年限	2026 年至 2027 年	申请经费	3 万
参加单位	无		
目的、意义和必要性	1. <u>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。</u> 光纤全产业链所有光纤长度、链路距离数据均由光时域反射计（OTDR）产出。光纤长度标准器作为复现、保存、传递光纤光学长度量值的计量标准器具，其核心校准对象就是 OTDR，用于修正 OTDR 示值误差、折射率偏差、盲区误差，二者构成完整量值传递链：国家长度基准→光纤长度标准器→OTDR→全行业光纤测量。若无高精度光纤长度标准器，就无精准校准的 OTDR，所有光纤长度数据失去溯源，全产业链计量数据不可比、不可信。 用于 OTDR 校准的光纤长度标准器通常为标准光纤循环延迟线结构，如图 1 所示，由一段单模/多模输入光纤、一段单模/多模输出光纤、一个单模/多模四端口耦合器、一段单模/多模光纤环组成。光纤长度标准器的技术指标主要是引入光纤长度、环路光纤长度。引入光纤长度包括输入光纤、输出光纤和耦合器的一路分支光纤长度组成，环路光纤长度由光纤环和耦合器的一路分支长度组成。		

	图 1 标准光纤循环延迟线结构示意图 光电子作为战略性新兴产业，关键参数标准器必须配套专用校准规范。目前，国内仅有 OTDR、OFDR 等测量仪器校准规范，承载光纤长度量值的光纤长度标准器本身没有专用校准规范，市面上标准光纤循环延迟线结构的光纤长度标准器无法计量溯源。制定本规范的意义在于统一光纤长度标准器的计量特性和校准方法，规范光纤长度标准器校准工作，保证量值溯源的准确可靠，实现光纤长度量值传递全流程法治化、标准化管理。 2. <u>先进性和亮点，社会效益和推广应用场景</u> 校准规范所规定的引入光纤长度、环路光纤长度、环路传输时间、引入传输时间的计量方法和计量范围，能覆盖目前广泛使用的标准光纤循环延迟线结构的光纤长度标准器，具备一定的自主创新性，通过研究光纤长度标准器的计量校准方法，可以填补目前国内光纤长度标准器没有计量校准依据的空白，为其量值溯源提供依据，有效保证光纤长度标准器量值的准确性和可靠性，促进光电子行业的发展。 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> 通信行业计量技术规范《JJG 023-2018 光纤长度校准规范》中规定了单模光纤长度的校准方法，但是对于标准光纤循环延迟线结构的光纤长度标准器不适用，且未考虑多模光纤长度标准器的校准方法，因此制定光纤长度标准器校准规范就变得尤为重要。
产业链应用	<u>1.产业链方向</u> 随着通信和人工智能技术的快速发展，5G 规模化部署、6G 预研、全国一体化算力网络、全光底座、新型储能光纤监测、航空航天装备国产化均以光纤为核心传输/传感载体，高精度长度计量是基

	基础设施稳定运行的基础保障，无统一规范将制约新基建高质量落地。OTDR 是光纤全产业链唯一可单端完成光纤长度、沿线损耗、接头、断点、弯曲缺陷一体化检测的核心计量测试设备，被称作光纤链路的“光学雷达”“光纤 B 超”，贯穿光纤制造、光器件封装、通信基建、算力数据中心、光纤传感、军工光电全链条，是整个光电子产业质量管控、量值溯源、工程交付、运维保障的基础刚需仪器，其测量精度直接决定全行业产品可靠性、工程验收合规性与产业链经济效益。光纤长度标准器的核心校准对象就是 OTDR。 <u>2.对产业链的支撑作用</u> 光纤长度标准器校准规范从根源统一 OTDR 光纤长度量值溯源体系，解决当前光纤长度标准器无统一校准依据、高精度场景计量能力不足、行业质量管控混乱等核心痛点。制定本规范既是落实国家计量法治、支撑算力/通信/传感/军工新基建高质量发展的内在要求，也是应对高速光互联产业爆发、适配国际标准、推动国产光纤产业高端化的紧迫举措，对完善我国光学计量体系、保障产业链供应链安全、支撑产业从规模制造向高精度高端制造转型具备不可替代的基础支撑作用。
范围和主要 计量特性	1. <u>计量技术规范的适用范围：</u> 本规范适用于单模/多模循环延迟线结构的光纤长度标准器的校准。 2. <u>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：</u> 2.1 典型仪器： （1）型号：OTDR-B（国防科技工业光电子专业计量站） 技术指标： 引入光纤长度：2 km@1310 nm 环路光纤长度：6 km@1310 nm 不确定度：0.6 m（2 km~30 km）（$k=2$） （2）型号：L2-8-50



图 2 L2-8-50 长度衰减多模标准光纤

技术指标:

引入光纤长度: 2 km@1310 nm /1550 nm

环路光纤长度: 8 km@1310 nm /1550 nm

不确定度: 0.3 m (<10 km) ($k=2$)

0.9 m (10 km ~ 40 km) ($k=2$)

(3) 型号: AV9901CA



图 3 AV9901CA 单模光纤长度/损耗传递标准

技术指标:

引入光纤长度: 2 km@1310 nm /1550 nm

环路光纤长度: 6 km@1310 nm /1550 nm

不确定度: 0.3 m (<10 km) ($k=2$)

0.9 m (10 km~40 km) ($k=2$)

(4) 型号: 9901CA

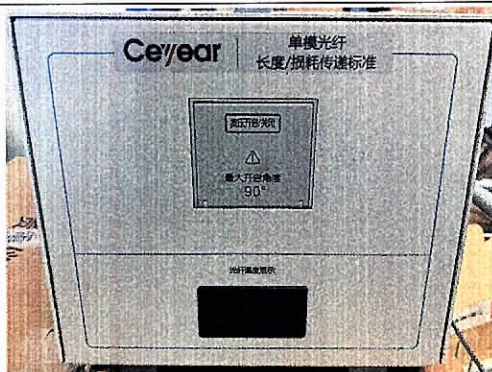


图 4 9901CA 单模光纤长度/损耗传递标准

技术指标:

引入光纤长度: 2 km@1310 nm /1550 nm

环路光纤长度: 6 km@1310 nm /1550 nm

不确定度: 0.3 m (<10 km) ($k=2$)

0.9 m (10 km ~ 40 km) ($k=2$)

(5) 型号: OFLL-2 (中国计量科学研究院)

技术指标:

引入光纤长度: 2 km@1310 nm /1550 nm

环路光纤长度: 5 km@1310 nm /1550 nm

不确定度: 0.3 m (<10 km) ($k=2$)

0.9 m (10 km ~ 40 km) ($k=2$)

2.2 计量特性的技术指标

2.1 单模光纤长度标准器

2.1.1 引入光纤长度

长度: ≤ 2.5 km

不确定度: $U \leq 0.1 \text{ m} + 1.5 \times 10^{-5} L$ ($k=2$)

2.1.2 环路光纤长度

长度: ≤ 20 km

不确定度: $U \leq 0.3 \text{ m} + 1.5 \times 10^{-5} L$ ($k=2$)

2.2 多模光纤长度标准器

2.2.1 引入光纤长度

	长度: $\leq 500\text{ m}$ 不确定度: $U \leq 0.8\text{ m} + 2 \times 10^{-5} L\ (k=2)$
	2.2.2 环路光纤长度 长度: $\leq 1\text{ km}$ 不确定度: $U \leq 1\text{ m} + 2 \times 10^{-5} L\ (k=2)$
	3. <u>主要测量标准的技术指标:</u>
	3.1 脉冲发生器 频率范围: $1\text{ kHz} \sim 1\text{ MHz}$; 脉冲宽度: $1\text{ ns} \sim 10\text{ ns}$。
	3.2 通用计数器 测量范围: $1\text{ kHz} \sim 1\text{ MHz}$; 相对频率偏差: 优于 1×10^{-7}。
	3.3 电光转换模块 调制带宽: 1 GHz 或满足光纤长度校准需求; 工作波长: 满足校准需要的波长, 至少包含 850nm 窗口: $(850 \pm 25)\text{ nm}$、 1300nm 窗口: $(1300 \pm 25)\text{ nm}$、 1310nm 窗口: $(1310 \pm 20)\text{ nm}$、 1490nm 窗口: $(1490 \pm 15)\text{ nm}$、 1550nm 窗口: $(1550 \pm 20)\text{ nm}$、 1625nm 窗口: $(1625 \pm 15)\text{ nm}$。 输出光功率: $\geq 3\text{ dBm}$
	3.4 可调光衰减器 工作波长: 满足校准需要的波长 衰减范围: $\geq 20\text{ dB}$
	3.5 光纤环形器 满足校准所需波长窗口; 隔离度: $\geq 50\text{ dB}$ (单模)

≥ 30 dB（多模）

3.6 光电转换模块

接收灵敏度：优于-40 dBm

建议带宽：满足 1 kHz ~ 1 MHz；

工作波长：满足校准需要的波长，至少包含

850nm 窗口：（850±25）nm、

1300nm 窗口：（1300±25）nm、

1310nm 窗口：（1310±20）nm、

1490nm 窗口：（1490±15）nm、

1550nm 窗口：（1550±20）nm、

1625nm 窗口：（1625±15）nm。

3.7 示波器

带宽： ≥ 100 MHz；

时间基准最大允许误差： $\pm 1 \times 10^{-4}$ 。

3.8 模式控制器

插入损耗： < 3 dB（850 nm、1300 nm）

4. 简要描述主要计量项目的技术原理。

4.1 单模光纤长度标准器

4.1.1 引入光纤长度

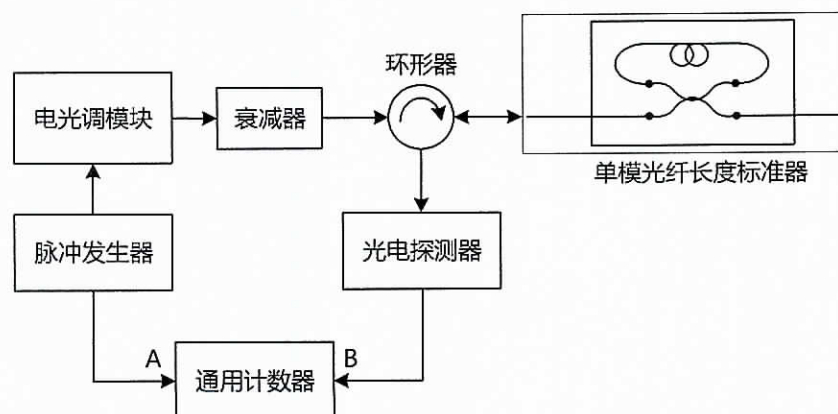


图 5 引入光纤长度测量示意图

如图所示连接测试设备，设置脉冲发生器以产生适当宽度的脉

冲，调节衰减器产生适当的幅度。将脉冲重复频率(以 kHz 为单位)设置为 $205/L_b$ ，其中 L_b 是环路中光纤的近似长度(以公里为单位)。调整通用计数器 B 通道的触发电平，使其刚好能被光电探测器的输出可靠触发，记录计数器显示的传输时间 T_1 。移除循环延迟线，记录计数器显示的传输时间 T_2 。则引入光纤的传输时间 T_a 为 $T_1 - T_2$ ，相应的，环路光纤长度 L_a 为 cT_a/n ， n 为折射率。

4.1.2 环路光纤长度

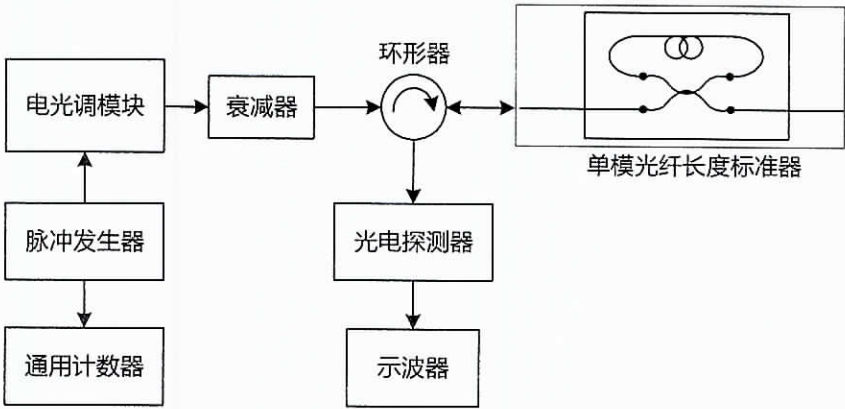


图 6 环路光纤长度测量示意图

如图所示连接测试设备，设置脉冲发生器以产生适当宽度的脉冲，调节衰减器产生适当的幅度。将脉冲重复频率(以 kHz 为单位)设置为 $205/L_b$ ，其中 L_b 是环路中光纤的近似长度(以公里为单位)。在示波器上观察输出脉冲，然后调整脉冲发生器重复频率，直到示波器迹线上相邻两个脉冲重叠，重合时记录通用计数器的重复频率为 f_b ，环路传输时间 T_b 为 $1/f_b$ ，相应的，环路光纤长度 L_b 为 cT_b/n ， n 为折射率。

4.2 多模光纤长度标准器

4.2.1 引入光纤长度

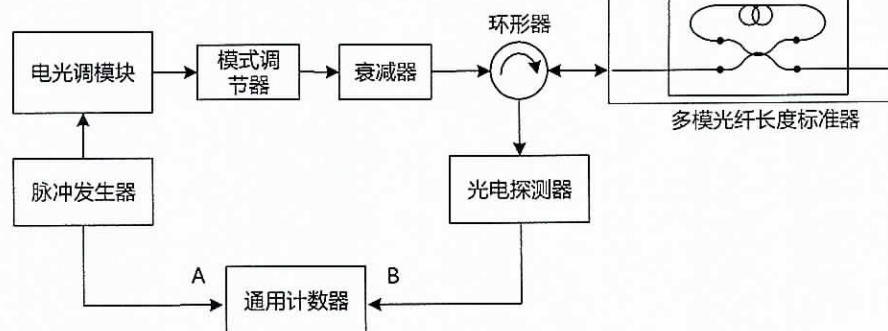


图 7 引入光纤长度测量示意图

如图所示连接测试设备，设置脉冲发生器以产生适当宽度的脉冲，调节模式调节器（MC）来建立与 OTDR 产生的类似的注入条件，调节衰减器产生适当的幅度。将脉冲重复频率(以 kHz 为单位)设置为 $205 / L_b$ ，其中 L_b 是环路中光纤的近似长度(以公里为单位)。调整时间频率计数器 B 通道的触发电平，使其刚好能被光电探测器的输出可靠触发，记录计数器显示的传输时间 T_1 。移除循环延迟线，记录计数器显示的传输时间 T_2 。则引入光纤的传输时间 T_a 为 $T_1 - T_2$ ，相应的，环路光纤长度 L_a 为 cT_a / n ， n 为折射率。

4.2.2 环路光纤长度

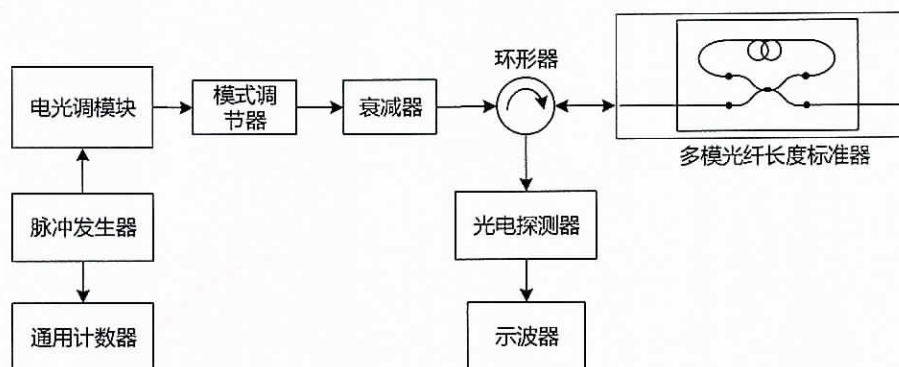
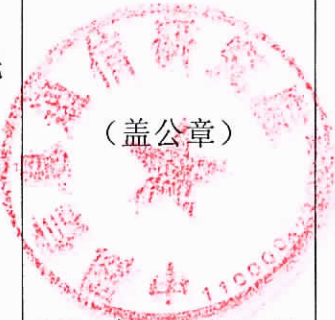


图 8 环路光纤长度测量示意图

如图所示连接测试设备，设置脉冲发生器以产生适当宽度的脉冲，调节 MC 来建立与 OTDR 产生的类似的注入条件，调节衰减器产生适当的幅度。将脉冲重复频率(以 kHz 为单位)设置为 $205 / L_b$ ，其中 L_b 是环路中光纤的近似长度(以公里为单位)。在示波器上观察

	输出脉冲，然后调整脉冲发生器重复频率，直到示波器迹线上相邻两个脉冲重叠，记录重合时通用计数器的重复频率为 f_b ，环路传输时间 T_b 为 $1/f_b$ ，相应的，环路光纤长度 L_b 为 cT_b/n ， n 为折射率。				
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： 标准光纤循环延迟线结构的光纤长度标准器分为单模和多模，且为单端口，需要测量两段光纤长度，两段光纤无法拆卸。通信行业计量技术校准规范《JJG 023-2018 光纤长度校准规范》中只规定了一段式的单模光纤长度的校准方法，且未考虑多模光纤长度的校准，不适用于标准光纤循环延迟线结构的光纤长度标准器。 2. 指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况。 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《光纤长度标准器校准规范》，立项建议书内容全面，提出的光纤长度标准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	 (签字、盖公章)	技术委员会	 (盖公章)	部委托支撑单位	 (盖公章)

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。