

OLTS 和 OTDR：完整的测试战略

OLTS 和 OTDR：完整的测试战略



由于数据中心和主干布线系统所需的带宽越来越高，以及服务供应商网络中新兴起低延迟 5G 和 FTTX 部署，光纤在多数网络安装中的作用越来越重要。水平布线系统中主要采用铜缆，很少有设备需要 10Gbps 速率，很多通过以太网供电(PoE)，光纤布线系统的使用量增加，速度达到 40 和 100 Gbps 及以上，需要更好的距离、抗扰度及安全性。根据最近的研究，从 2019 至 2024 年，全球光纤市场规模预计将从 43 亿美元达到 69 亿美元。

随着光纤部署变得司空见惯，网络所有者和技术人员越来越关注两类关键的光缆测试设备，即光损耗测试仪 (OLTS) 和光时域反射计 (OTDR)。

- OLTS 通过在一端使用光源，另一端使用功率计，为链路提供最准确的插入损耗测量，以准确测量另一端发出的光量。它要求按工业标准进行光纤测试。TIA 和 ISO 标注使用属于“1 层”描述 OLTS 测试。
- OTDR 通过将光脉冲传输到光纤中并测量每个脉冲反射的光量，表征各个焊接点和连接器的链路丢失情况。建议按工业标准进行光纤测试，这对于新兴的短距离单模应用至关重要，并且作为完整测试策略的一部分非常有价值。OTDR 和 OLTS 测试是指 TIA 标准的“2 层”测试，以及 ISO 标准中的“延伸”测试。

尽管两项仪器的测量看似类似，但是两者扮演不同但重要的角色。本文所述为这些测试仪的工作原理、使用时机以及互相补充方式，以确保当前光纤链路的性能，最大程度提高客户满意度。

目录

OLTS 和 OTDR：完整的测试战略

OLTS：需要准确的插入损耗测试

对新兴应用很重要

OTDR：其均关于追踪

OTDR：表征的价值

OLTS 和 OTDR：获胜的组合

OLTS 和 OTDR：更好地集成文档

附录：提供清洁和检查

附录：当需要映射时

OLTS：需要准确的插入损耗测试

OLTS 是测试光缆布线的主要方式，其可提供最准确的方法，以判定总链路损耗，满足行业标准，确保链路满足指定应用的损耗要求。通过光源执行此测试，它会产生特定波长的、并连接到光纤一端的连续波。带光电探测器的功率计连接至光纤链路的另一端。此探测器可测量由光源产生的、相同波长的光功率。这些设备协同工作，可确定损失的光总量。

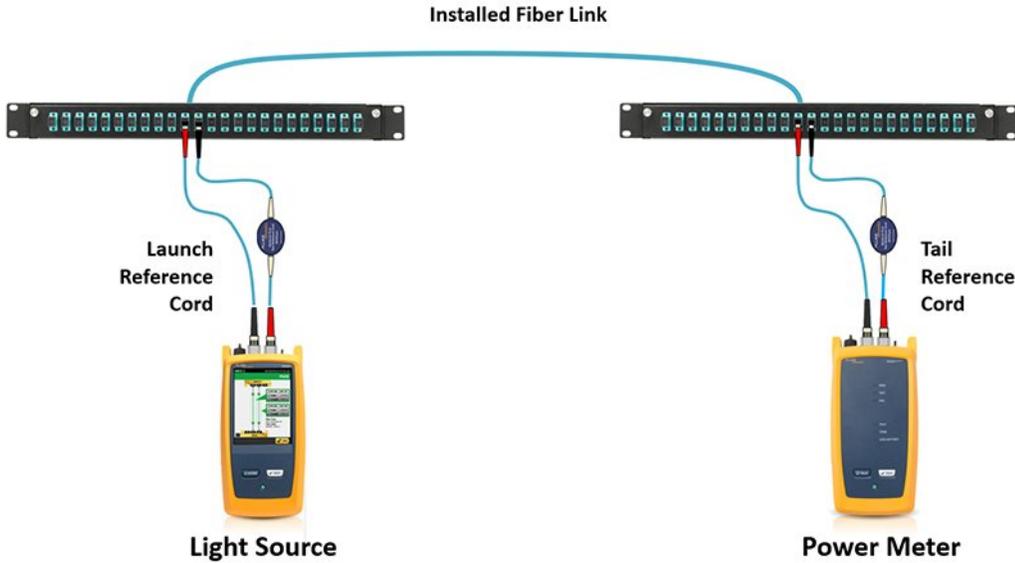


图 1：OLTS 测量时，在链路一端使用光源，在另一端使用功率计。CertiFiber™ Pro 等模型可通过在两端分别使用光源和功率计，同步测试两种光纤（双工），最大化测试速度。它们可共同判定链路中的光耗总量。

工业标准指定特定光纤应用的插入损耗限制，其为损耗预算和长度的组合。根据 TIA 568-3.D 和 ISO/IEC 14763-3 的 1 层光纤测试标准，OLTS 将与给定应用程序的插入损耗限制进行比较，以确定其是否通过。注意：光源/功率计 (LSPM) 还可根据行业标准准确测量损失，但是不包含部分关键 OLTS 测试特点，如双工测试、免提双向测试、损耗限值预加载、长度测量和其他高级功能。由于应用限值为损耗预算和最大化长度的结合，因此其特别重要。CertiFiber Pro™ 等型号可测量损耗和长度，提供清晰的通过/失败结果，保证应用支持。

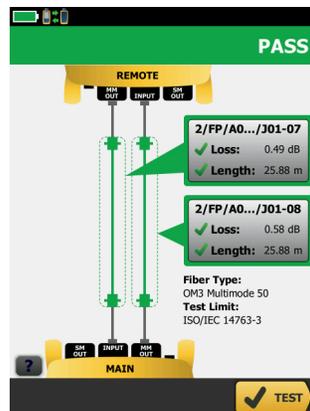


图 2：OLTS 提供的结果显示光纤长度（如两类光纤）以及整体光耗（dB 为单位）。

对于特性不稳定的、涉及低阶模式（在光纤纤芯附近传播的光）和高阶模式（靠近包层传播的光）的光纤测试，此标准要求使用环型通量 (EF) 光源。EF 合规光源

控制进入线缆的光的模式，最终提供最精准、准确和可重复的测试结果。

此标准还建议在测试 OLTS 时使用单个跳线引用方法，原因时其包含链路两端的链接损耗，模拟布线系统的最终使用方式。单跳线方法引用 EF 兼容的启动线缆，从光源连接位置到功率计连接位置，同时双跳线方法引用两个跳线间的链接，最终仅在一端包含损耗测量链接，仅提供关于总损耗的部分描述。三跳线方法引用两个连接器，排除了测试时两端连接的损耗。在测试设备不支持某连接器类型的测试链路等情况下，需要引用双跳线或三跳线。您现在可在我们的 [Demystifying 光纤测试方法白皮书](#) 中了解更多关于引用测试方法的信息。

对新兴应用很重要

与测试远端光量的 OLTS 相比，OTDR 可测量反射回光源的光量。通过计算近端和远端反射数量的差值，OTDR 可以推断出光纤中的损耗量。OTDR 通过特制的脉冲激光二极管传输高功率光脉冲至光纤。当脉冲在光纤中传输时，大多数光沿此方向传播。高增益光探测器可测量从脉冲中反射的光。OTDR 通过上述测量方法，探测光纤中使源脉冲功率减弱或反射的事件。由于光纤的一般结构以及玻璃存在的微小缺陷，会有小部分脉冲光散射到其他方向。这种光被纤维中的杂质散射的现象被称为反向散射。

当光脉冲遇到连接、破损、破裂、接头、锐弯头或光纤末端时，会因折射率的变化而进行反射。这种反射称为 Fresnel 反射。除背向散射以外，与源脉冲相关的反射光的量被称为“反射率”。该值以 dB 为计量单位，对无源光纤而言通常是负数，越接近 0 代表其反射率越强（连接性能越差）。此测量与回波损耗相同，其以正值表示，表明输入与输出功率的信号损失比较，以及输出功率与反射光量的比较。对于反射率和回波损耗，此值与零的差值越大，则结果更好。

除插入损耗外，为何还需担忧反射率？反射率对于新型短距离单模应用变得越来越重要，如 100GBASE-DR、200GBASE-DR4 和 400GBASE-DR4。此前单模应用的预算损失多于多模应用，即单模 (100GBASE-LR4) 100 Gig 为 6.3 dB，多模 (100GBASE-SR4) 100 Gig 为 1.9 dB，因此新短期单模应用的使用量减少。这些新应用不仅需要更多了解低插入损耗要求，并且这些限值还取决于反射率。

多模收发器非常耐反射，但单模收发器却不能。事实上，对于高功率单模激光器，太多的反射会损坏收发器。在新的短距离单模应用中，IEEE 根据连接的数量和反射率，指定插入损耗限值。如图 3 所示，100GBASE-DR4 应用中有四个连接器的反射率范围 45 dB 至 55 dB，插入损耗为 3.0 dB（在表格中以红色突出显示）。通过添加四种反射率范围为 35 dB 至 45 dB 的连接器，插入损耗降低至 2.7 dB（在表格中以黄色突出显示）。注意：专用 OLTS 可测量反射率、最准确地测量回波损耗，其为正值。OTDR 可测量反射率，其为正数，此值由 IEEE 标准指定。

| 100GBASE-DR Maximum channel insertion loss (dB) | | Number of connections where the reflectance is between -45 and -55 dB | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Number of connections where the reflectance is between -35 and -45 dB | 0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| | 1 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| | 2 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| | 3 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | — |
| | 4 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | — | — |
| | 5 | 2.8 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | — | — | — |
| 6 | 2.6 | 2.6 | — | — | — | — | — | — | — | |

图 3：对于新型的短距离单模应用，IEEE 标准根据连接的数量和反射率指定插入损耗。

OTDR：其均关于追踪

OTDR 可通过绘制反射和反向散射光，以及至光纤的路径以追踪结果，特别是在光纤链路中表征任何反射和非反射活动。OTDR 迹线有部分常见特点。多数迹线首先输入冒充，其末与 OTDR 的连接处发生 Fresnel 反射的结果。在此脉冲之后，OTDR 迹线是一条向下倾斜的曲线，并逐渐被移动中断。随着光沿着光纤传播，插入损耗或反向散射衰减会导致结果逐渐下降。这种下降可能被代表迹线在向上或向下方向上的偏差的急剧移动中断。此类转变或点缺陷的原因通常是连接器、焊接点或中断。光纤末端则显示为较大的峰，后跟 Y 轴急剧下降图线。最终，OTDR 迹线末端的输出脉冲是由光纤端面输出处发生的反射引起的，我们将其称之为“幽灵”活动，即技术方面而言不存在的活动。

如图 4 的迹线示例，Y 轴表示功率水平，X 轴表示距离。当您从左向右读取曲线图时，由于损耗随着距离的增加而增加，因此反向散射值会减小。对新手用户而言，解读 OTDR 迹线似乎很复杂，但不一定如此。部分先进的 OTDR 可自动解释迹线，提供活动的详细图形图（请参见侧栏）。

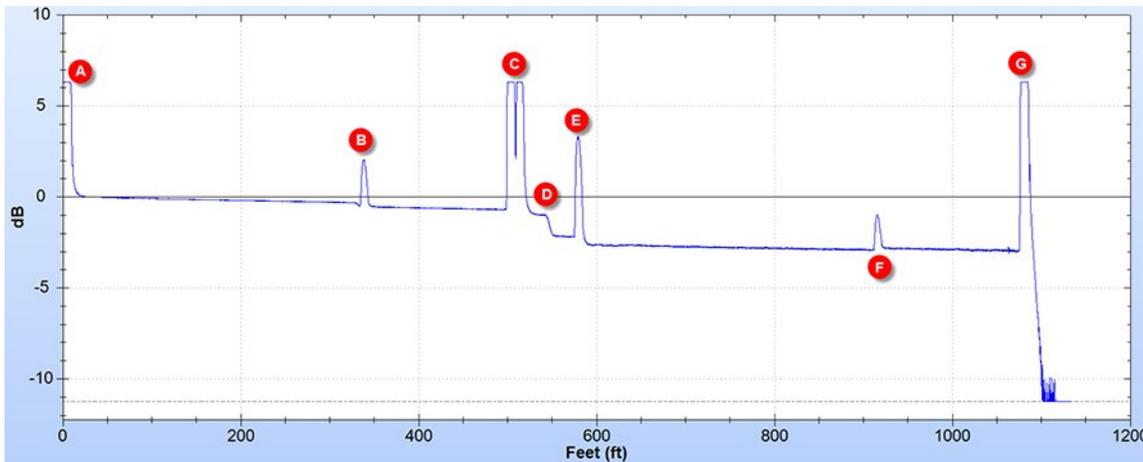


图 4：OTDR 迹线通常显示长度、逐渐减弱的光强度和活动 (A)OTDR 连接器。注意：如反射率值较大，则无法表征首个连接器的损耗。在此情况下，使用大约 300 ft 的发射光纤。OTDR 可据此表征 (B) 测试链路的首个连接器。(C) 显示两个与 OTDR 距离过近的连接点，以适当表征每一项的损耗。(D) 是无反射率值的损耗活动，如故障焊接点或 APC 连接器。(E) 显示一定反射率值和损耗的常见 UPC 连接器。(F) 所述为一定反射值的连接器，连接器后的信号大于以前，这通常被称为“增益器”。这表明具有不同反向散射特性的连接光纤类型。(G) 是光纤的末端。注意：如反射率较大，则无法判定是否有连接器及其性能。

当使用 OTDR 时，可进行双向测试，原因是指定的连接器和焊接点的损耗取决于测试方向。即使两种连接的光纤为相同类型（如 OM3、OM4 等），光纤可能会有细微变化，并且反向散射系数也不同，可能导致连接后较连接前反射的光更多。如仅按一个方向执行 OTDR 测试，则可能导致较小的测量损耗值，甚至是负数（增益器）。与之类似的是，对于另一个较少光量方向的测试，连接后可能导致测量损耗大于实际损耗。因此 OTDR 测试双向执行，计算损耗结果的平均值，以获取更准确的结果。当执行双向测试时，务必不断开待测试的发射和接收光纤，以在两个测试中保持相同的对齐方式并确保准确性。多亏了 OptiFiber Pro 这样的测试仪，使单端的双向测试变得轻松，其在双工链路远程端使用环路，自动计算两个读数的平均值，以得到最终的损耗测量值。

OTDR：表征的价值

OTDR 通常被视为故障排除工具，对于布线系统上线后的、导致性能问题的定位活动非常重要。但是，在初始测试期间，通过 OTDR 迹线表征的整体链路可为技术人员可客户提供多种益处，通过仅使用 OLTS 有助于减少风险。

OLTS 根据工业标准的要求，以最准确、可重复的方式计算整体链路损耗，“通过”或“失败”表示链路是否在指定应用的最大插入损耗范围内，指定活动损耗对于 OLTS 完全可见。这意味着良好的连接可隐藏故障连接。这有何重要性？

光纤链路可能包含多个连接器和/或焊接点，通常端接和焊接点由不同的技术人员执行，部分人的技巧可能强于他人。由于做工差或其他安装因素，肮脏的光纤端面、宏弯和微弯等其他干扰项也可能在链路内发生。以 OTDR 表征光纤，可查明任何故障的位置，验证安装质量是否满足当前和未来应用的设计规格，确保不会因线缆管理不佳或安装错误而导致异常损耗活动。技术人员可查看指定连接点的表现及其在链路内的位置，以轻松识别任何存在待解决疑问的连接点，原因可能包括气隙、不良纤芯对准、缺乏清洁度或在安装过程中可能发生的其他问题。链路也有可能通过损耗测试，但由于反射问题仍然无法承载网络流量，仅 OTDR 可查找到问题。更多信息请参见：[短距离单模决定雷达的反射率](#)

例如，常见要求为：与焊接点关联的损耗应不大于 0.3 dB，此连接器关联的损耗应不超过制造商的规格（通常 0.2 dB 至 0.5 dB）。当今对插入损耗的要求越来越严格，错误的可能性也越来越小，因此对光纤链路中的位置和指定活动损耗的识别变得越来越重要，特别是考虑到由于电缆管理不善、连接器质量下降、光纤端面脏甚至由于发射机老化而导致的功率损耗，因而总损耗会随着时间的推移而增加。

通过 OTDR 表征光纤链路，也准确地确认链路内的连接数量，其并非可听过 OLTS 获取的信息。当需要识别链路内包含的、过多交叉连接或链路修补连接点（导致端到端链路超出指定应用的损耗限值），这非常重要。

OLTS 和 OTDR：获胜的组合

当涉及光纤测试时，当使用 OTDR 时，是否仍有必要使用 OLTS？答案为是。行业标准要求使用 OLTS 确保应用程序合规，原因是岂可准确测量总光纤插入损耗。OTDR 的使用不会替代 OLTS，原因为使用 OTDR 进行的总插入损耗测量为推断计算，不一定能描述一旦激活就将在链接上发生的总损失。特别是对于多节点光纤，当标准指定精确控制的发射条件时，OTDR 测试的准确性或可重复性不及 OLTS。

当测试或调试大量链路时，OLTS 和 OTDR 间的速度差异问题变得越来越明显。Fluke Networks 的 CertiFiber Pro 等高性能 OLTS 可在三秒内测量两种波长的双工链路。即使 Fluke Networks OptiFiber Pro 等快速 OTDR 也需要至少 12 秒才可表征光纤。但是，若要获取准确的 OTDR 测量值，必须逆向测试此光纤。OptiFiber Pro 使 SmartLoop™ 功能变得建议，但是其仍然要求另外 12 秒以上的时间交换发射光纤，使总测试时间至少比使用 OLTS 长 10 倍。

另一方面，有人可能会问，如使用 OLTS 且光纤链路合格时，其是否需要 OTDR？此问题的答案并非如此简单。首先，务必了解指定项目应遵循的规格。如规格书要求 OTDR 表征（TIA 标准的 2 层测试，ISO/IEC 标准的延长测试），则确实需要 OTDR 以及 OLTS 插入损耗测试。如未指定，技术上不要求 OTDR 测试，但是行业标准和专家强烈建议，原因是值的表征，以及新短距离单模应用的反射率计算。事实上，光纤网络具有非常严格的损耗预算并严格控制误码超标，因此网络所有者和设计者不应制定总体损耗预算，还应制定每个接头和连接器的损耗、反射预算。

此外，建议在 OLTS 插入损耗测试前表征 OTDR。若要通过 OTDR 测量每个焊接点和连接器的数量、位置和性能，允许在安装流程中修复问题，在最后插入损耗测试前采用 OLTS，而非随后网络上线后采用。而且，需要最终的 OLTS 插入损耗测试结果，以用于最终合规。因此如测试不合格，且当需要通过 OTDR 排除故障时，将需要通过 OLTS 执行测试。无论是否按照建议的方式使用两个测试仪，在测试之前都必须清洁和检查光纤端面（请参见侧栏）。

OLTS 和 OTDR：更好地集成文档

OLTS 和 OTDR 不仅可以相互补充以形成完整的测试策略，而且可以通过全面的记录共同帮助保护技术人员。活动迹线和总损耗测量的结合，表明安装时合规，如果将来出现性能问题，任何人都很难责怪技术人员。

而且，当排除故障时，每个链路的记录迹线为技术人员与客户引用框架，以更轻松、准确地识别故障时机和位置。例如，通过将测试过程中获取的原始迹线与新迹线进行比较，可轻松了解是否因线缆管理不佳而发生新活动，或连接点是否因污染或其他安装后的问题而导致损耗随时间增加。

当涉及选择 OLTS 和 OTDR，技术人员应选择易于使用的工具，且可以易于理解的方式提供测试结果和报告。当两者的结果均可通过测试管理和记录服务（如云服务）集成至指定项目的单独测试报告时，这非常有用，技术人员可上传两种测试仪的结果。OLTS 和 OTDR 结果的集成可提供完整、全面的记录，可满足客户要求，保护技术人员，且在布线系统上线时推进故障排除。

总之，不仅要了解 OLTS 和 OTDR 测试的区别及两者的益处，还要了解，当两者用于不同目的时可互为补充，而非在光纤测试过程中相互排斥。而且，当将 OLTS 和 OTDR 设计为相互配合并具有集成的记录结果时，其好处将大大增强。

附录：提供清洁和检查

无论您仅使用 OLTS 和 OLTS 进行第 1 层测试，还是同时使用 OLTS 和 OTDR 进行第 1 层测试或扩展测试，清洁和检查都必须为此过程的一部分。连接处的污染依然是光纤相关问题和测试故障的头号原因。纤维芯上的单个颗粒会引起损耗和反射。尽管 OTDR 可能会暴露脏污连接，但在安装前清洁和检查端面可以减少测试时间和不准确的位置。

任何端面，即使是新品牌的连接器和工厂端接的插头和尾纤，在对接之前也要进行清洁度检查。这包括测试引线、光纤跳接线和预端接主干线的两端。甚至应定期检查清洁测试设备上使用的可互换适配器，因为它们也可能积聚碎屑。部分制造商最近已成功改善了新工厂端接连接器的清洁度，但建议也应检查并清洁这些连接器（如有必要，即使新设备也需要清洁）。切记：即使是用于保证光纤端面的防尘罩也可能成为严重的污染源。

在检查是否需要清洁时，务必使用专门设计的光纤清洁工具，如 Fluke Networks QuickClean™ 清洁器。对于更顽固的污染物（例如油），应使用专门为端面清洁而配制的溶剂，例如 Fluke Networks 的光纤清洁笔。虽然异丙醇（IPA）多年来一直被用于清洁光纤端面，但专用的溶剂有更低的表面张力，可以大幅提高其清除碎屑和溶解污染物的效果（见图）。异丙醇（IPA）干后还会留下“晕环”，这不仅会导致衰减，还非常难以清除。清洁后不应有溶剂留在端面上。

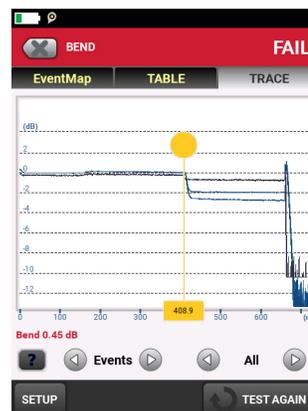
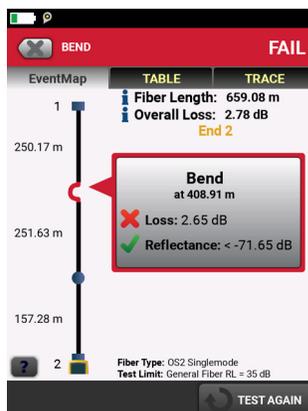


与可能有残留的 IPA 相比，专用溶剂（左）在清洁端面方面要有效得多。

附录：当需要映射时

当查看以图形方式显示光纤链路特性的 OTDR 迹线时，经验丰富的 OTDR 用户通常可识别发射线、连接器、机械式接续器、融合连续器、非匹配光纤和链路端。他们会知道，链路末端之后看到的尖峰信号是鬼影，并不是需要关注的真正事件。但是，并非所有人都是迹线分析专家，或者技术人员根本没有实践经验。

部分高级 OTDR 配备高级逻辑，可自动解释迹线，提供详细的活动图形图，指示连接器、焊接点和异常位置。对于那些可能不擅长读取迹线的人来说，事件图是理想的选择，其也是宝贵的培训工具，帮助技术人员改进其迹线解释技能。例如，如有人不确定其所需的迹线活动类型，其可在迹线和活动图间前后转换，以帮助测试其技能，并准确验证其已看到的内容。



如右图所示，弯曲的特征是缺乏反射，在较长波长下损耗较高。高级 OTDR 可识别此类活动，并以易于解释的方式演示（左侧）。

关于 Fluke Networks

Fluke Networks 为全球安装和维护关键网络布线基础设施的专业人员提供认证、诊断和安装的专业工具。从安装先进的数据中心到在恶劣的环境条件下恢复服务，我们传奇般的可靠性和无与伦比的性能都能保证以高效率完成工作。公司的旗舰型产品包括创新型 LinkWare™ Live — 基于云的电缆认证解决方案，迄今已上传超过 1400 万组结果。

1-800-283-5853 (US & Canada)

1-425-446-5500 (国际)

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 2022 年 4 月 21 日 7:45 AM

Literature ID: 7003454

© Fluke Networks 2018