

OTDR —— 光时域反射计

在光纤网络的测试和故障排除中，**OTDR** 必不可少

使用光时域反射计 (OTDR) 确保光纤网络的完整性。OTDR 测试通过测试整条光缆的组件（包括连接点、弯头和接头）来分析光缆的端到端性能。

本页内容

- [什么是 OTDR？](#)
- [OTDR 的用途](#)
- [OTDR 的优势](#)
- [OTDR 的类型](#)
- [如何使用 OTDR](#)
- [使用 OTDR 进行故障排除](#)
- [继续学习](#)

什么是 OTDR？

光时域反射计 (OTDR) 是一款强大的工具，可以帮助技术人员和工程师评估光缆的健康状况。

OTDR 利用特制的激光二极管将高功率光脉冲注入光纤。这些光脉冲在光纤内传输时，会遇到各种事件：连接器、断裂、破损、接头和光纤末端。这些事件会导致折射率发生变化，从而导致反射回 OTDR。这些反射称为菲涅耳 (Fresnel) 反射，可以通过 OTDR 准确测量，以精确定位这些事件在光纤链路中的位置。

由于光纤的固有结构和玻璃内部的微观缺陷，一小部分光脉冲会向各个方向散射。这种现象称为反向散射。OTDR 通过测量反射边的返回散射光，收集光纤特性的综合数据，包括衰减（插入损耗）和潜在缺陷。

OTDR 的用途

OTDR 的主要用途是通过比较近端和远端反向散射的数量差异来分析链路插入损耗的特征。OTDR 还测量每个事件（连接器、接头等）相对于发射脉冲的反射光量（不包括反向散射）。这称为反射率，以分贝 (dB) 表示，为负值。数值越高（接近 0 dB）表示反射越强，这可能是由于连接不良造成的。

反射率本质上与回波损耗相反，回波损耗将输入功率与反射功率进行比较，并且始终为正数。对于反射率和回波损耗而言，数值离零越远，表示性能越好。

OTDR 的优势

利用 OTDR 分析光纤链路特征有诸多优势。

- 一条光纤链路可能包含多个连接器和/或接头端接，这些连接器和/或接头端接可能由具有不同技能的不同技术人员完成。由于技能差异或其他安装因素，链路内可能会出现其他干扰，例如光纤端面有污迹、弯头较大和弯头较小。使用 OTDR 分析光纤特征，可以让技术人员查明任何故障的位置，识别不良安装情况，并验证安装质量，确保光纤支持当前和未来的应用。
- 使用 OTDR 分析光纤链路的特征，还可以让技术人员识别可能需要处理的高损耗可疑连接点。这有助于防止以后出现问题，因为随着时间的推移，由于光缆管理不善、接头老化、光纤端面脏污，甚至老化的发送器功率损耗会导致损耗增加。
- OTDR 还可以精确地确定链路中存在的连接数量。当链路包含太多连接点时，可能会超出特定应用的损耗限制。
- OTDR 可以最大限度地降低丢失错误连接的风险。如果按照第 1 层测试中的行业标准要求，仅使用光损耗测试仪 (OLTS) 来计算总插入损耗，可能会丢失错误连接。因为 OLTS 无法检测到单个事件损耗，所以链路可以通过总插入损耗测试，但由于特定的反射事件，仍然无法传输网络流量。

OTDR 的类型

OTDR 通常分为台式设备和手持式设备。台式 OTDR 体积相对较大，使用交流电源，具有高度专业化的功能和特性，适用于实验室测试。相比之下，手持式 OTDR 小巧轻便，使用电池供电，适合现场使用。

并非所有手持式 OTDR 都一样。它们在功能、性能和特性方面也存在差异。例如，能够以多种波长和更远距离测试多模和单模光纤的 OTDR 应用范围更加广泛。具有超短事件和衰减死区（进行事件损耗测量所需的距离）的 OTDR 更适合测试数据中心环境中的短连接器和跳线。

易用性也是需要考虑的一个因素。一些专为服务提供商和运营商网络设计的 OTDR 通常具有复杂的用户界面，菜单结构繁冗。而最灵活的 OTDR 则可以在所有部署环境中提供直观的可用性，从企业、数据中心到外线设备 (OSP) 和无源光网络 (PON) 环境。简洁易用的 OTDR 可以最大限度地减少培训时间并加快测试速度，这直接转化为成本节省。

可靠的结果记录能力是另一个需要考虑的特性。Fluke Networks OptiFiber® Pro OTDR 提供了一种轻松交付测试结果和报告的方式，只需将结果上传到我们基于云的 [LinkWare™ Live](#) 服务，即可管理光缆认证作业并跟踪每项测试。利用 LinkWare Live，可以将来自 OLTS、OTDR，甚至是端面检测摄像机的结果集成到给定项目的单个测试报告中，从而提供完整的文档记录，满足客户需求并方便以后进行故障排除。

如何使用 OTDR

TIA 标准中的第 2 层合规性测试和 ISO 标准中的“扩展”测试都需要 OTDR。OTDR 也非常适合对现有光缆设备进行故障排除。

OTDR 测试参数

使用 OTDR 时，设置正确的 OTDR 参数非常重要。

首先，您必须为特定应用选择光纤类型、波长和测试限制。具有自动测试功能的高级 OTDR 可以分析光纤运行，以设置关键参数，从而获得最佳的查看效果和测试结果。但是，在某些情况下，您可能倾向于手动设置参数，例如脉冲宽度、平均时间、死区和距离范围。

例如，虽然较窄的脉冲宽度会缩小 OTDR 的测试范围，但它可以提供有关特定事件及其周边的更多细节，尤其当两个事件极为接近时。

使用 OTDR 认证新链路

大多数光纤安装都需要进行第 1 层光纤认证，此认证使用 OLTS 来测量总插入损耗、链路长度和极性。第 1 层测试可确保光纤链路在应用的最大允许损耗预算范围内。

第 2 层测试在第 1 层测试的基础上增加了 OTDR，以分析单独进行第 1 层测试时通常不可见的单个事件的特征。由于第 1 层测试仅识别链路的总插入损耗，而不识别单个事件，因此可能会遗漏隐藏的问题。例如，一个损耗非常低的连接可能会掩盖一个存在问题的高损耗连接。需要注意的是，第 2 层测试需要进行 OTDR 测试和 OLTS 测试。最终插入损耗验证需要 OLTS。结合使用这些测试仪可以为光纤系统提供完整的测试策略。

随着光纤标准对信号损耗的公差要求越来越严格，精确定位和测量削弱信号的事件变得更加重要。这一趋

势推动越来越多的规范强制要求执行第 2 层测试。

此外，某些应用还需要测量特定连接器的反射率，这只能通过 OTDR 实现。例如，对于对反射率高度敏感的短距离单模应用（例如 100GBASE-DR、200GBASE-DR4 和 400GBASE-DR4），IEEE 会根据链路中连接器的数量和反射率设置损耗限值。

使用 OTDR 进行双向测试

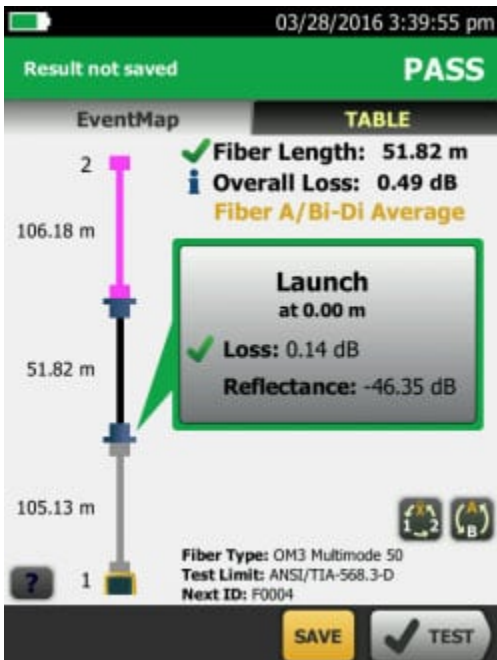
为了获得可靠的光纤性能，在第 2 层测试中进行双向测试至关重要。行业标准要求进行双向测试，大多数保修也强制要求这样做。

双向测试从两端进行测量，可以确保准确测量整个链路上的总信号损耗。这是因为光纤连接器和拼接的损耗测量以及整体链路的损耗测量，都取决于测试方向。测试光纤链路的一个方向会提供与同一链路相反方向不同的测试结果。要得到准确的测量结果，需要对两个方向的测量结果取平均值。

由于双向测试需要从两端进行，时间和费用均有所增加，因此技术人员通常会尝试先从一端测试所有链路，然后再测试另一端，但这种片面的方法行不通。标准要求发射和接收光纤在双向测试过程中保持其初始测量位置，以确保准确性。

解决方法是在远端使用环路连接两根光纤，这样就可以在不将 OTDR 移动到远端的情况下，一次完成两个方向的链路测试。像 OptiFiber Pro OTDR 系列这样的高级 OTDR 具有 SmartLoop™ 技术。

SmartLoop 会在双工测试期间检查是否存在发射光纤、环路光纤和接收光纤。利用 SmartLoop，技术人员可以在远端部署多个环路并执行一系列双向测试，而无需离开近端，从而节省至少 50% 的测试时间。

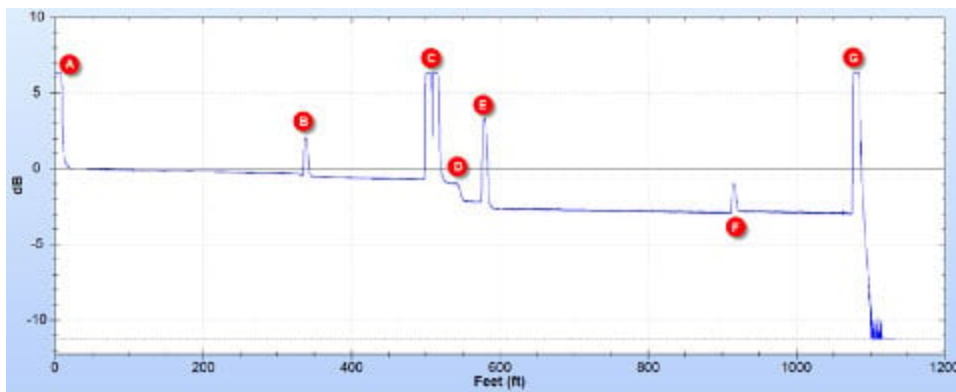


在 OTDR 上进行双向测试时，可以使用环路同时在两个方向上测试光缆。

OTDR 迹线分析

OTDR 通过绘制反射光和反向散射光与光纤距离的关系图来显示迹线结果，从而描述光纤链路中任何反射和非反射事件的特征。

在下图中，当光沿着光纤传输时，由于插入损耗，迹线逐渐减弱，并被连接器、接头、断裂、急弯和其他事件引起的急剧偏移所中断。光纤末端则显示为较大的峰，后跟 Y 轴急剧下降图线。



典型的 OTDR 迹线，显示长度、信号强度减弱和事件。

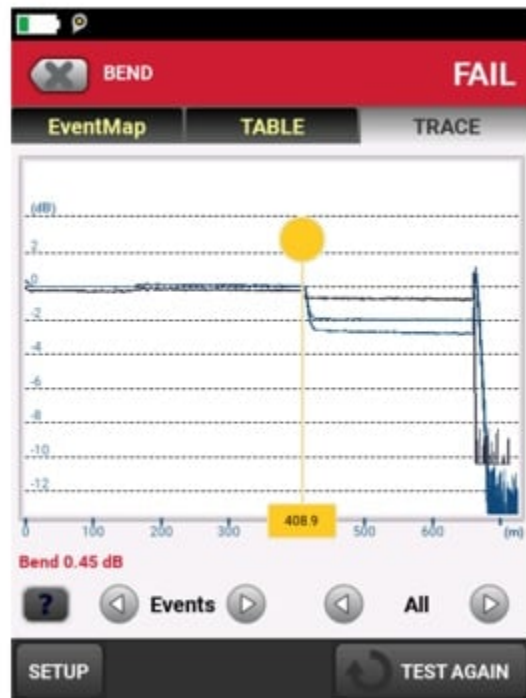
- A. OTDR 连接器具有较大反射率，因而无法分析第一个连接器的损耗特征。
- B. 使用一条约 350 英尺的发射光纤分析被测链路第一个连接器的特征。
- C. 如果两个连接器距离太近，OTDR 无法准确分析每个连接器的损耗特征。
- D. 无反射损耗事件，可能是接头或 APC 连接器损坏
- E. 典型的 UPC 连接器，有反射和损耗
- F. 有反射的连接器的连接器之后的信号比之前更强。这被称为“增益器”，表示具有不同反向散射特性的连接光纤类型。
- G. 光纤末端，反射率较大，无法确定是否有连接器及其性能如何

对 OTDR 迹线的捏合缩放功能可以更详细地查看特定事件。



在具有捏合缩放等高级触屏功能的 OTDR 上，更容易查看迹线结果。

尽管所有 OTDR 都能显示光纤链路的图形迹线，但如果您不是迹线分析专家，解读这些迹象可能困难重重。OptiFiber Pro 等高级型号通过结合自动分析功能解决了这个问题，该功能可以将迹线转换为清晰的事件图，准确定位连接器、接头和潜在问题的位置。事件图非常适合刚开始学习迹线分析的技术人员；它提供简化的视图，可以更轻松地进行故障排除，还可以作为重要的培训工具。不确定迹线上的具体事件？只需在详细视图和事件图之间切换，即可验证您的理解是否正确，并锻炼您的迹线解读技能。



高级 OTDR 不仅可以识别事件，还同时通过迹线（右）和一种易于解读的方式（左）显示事件。

使用 OTDR 进行故障排除

即使光纤网络已经安装、测试并投入使用，光纤链路也可能会遇到各种问题，从插入损耗过大、重传、误码到完全无法工作。OTDR 是用于对现有光缆设备进行故障排除的终极工具。虽然其他工具（例如可视化故障定位仪 (VFL)、故障探测器和 OLTS）也可以用于故障排除，但只有 OTDR 可以准确告诉您断裂、弯头或不良连接位于光纤链路上的哪个位置，并分析每个事件的特征。

使用 OTDR 进行故障排除时，需要考虑一些细节：

- 当光缆超出其弯曲半径或出现扭结时，您可能需要在两个波长下对其进行测试，才能找到此类应力：对于多模光纤使用 850 纳米和 1300 纳米，对于单模光纤使用 1310 纳米和 1550 纳米。在较长的波长下，受应力的光纤将显示明显更高的损耗；通常，较长的波长会显示较低的损耗。
- 可能还存在需要手动调整 OTDR 设置的情况。例如，一个好的接头可能显示低于 0.1 dB 的损耗。如果您需要定位一个损耗非常低的接头，并且损耗阈值设置为高于接头的损耗，OTDR 上可能不会显示该接头。在 OptiFiber Pro 上，损耗阈值自动设置为 0.15dB，这意味着它只能找到等于或高于此阈值的事件。只需调整损耗阈值即可定位损耗极低的接头。



Fluke Networks 屡获殊荣的 *OptiFiber Pro OTDR* 提供了终极测试和故障排除解决方案，以确保您最关键的网络布线正常运行。

继续学习

- [OTDR：您的终极故障排除工具](#)
- [白皮书：OLTS 和 OTDR：完整的测试战略](#)
- [白皮书：为您的数据中心选择正确的 OTDR](#)
- [白皮书：光纤故障排除](#)
- [OTDR 知识库文章](#)
- [小心幻影和死区](#)