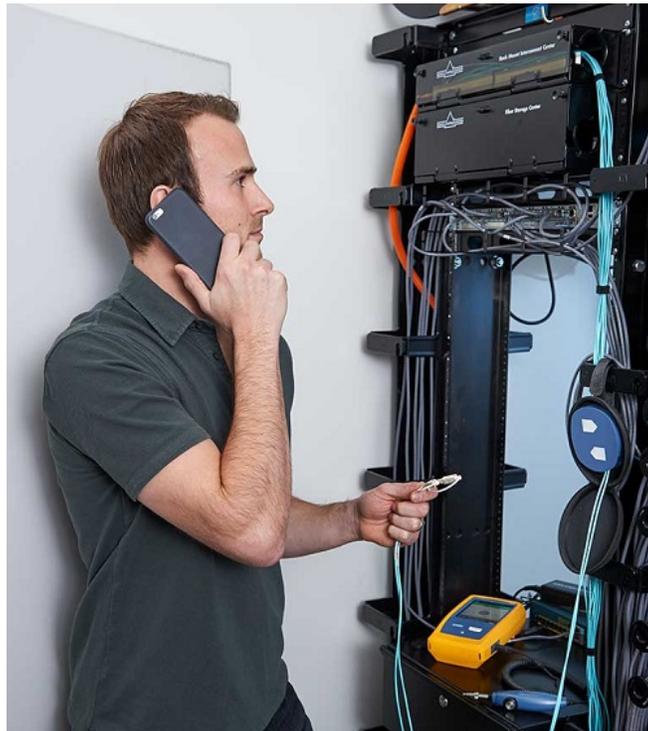


光纤故障诊断



目录

潜在原因

可视化故障定位仪

光源和功率计 (LSPM) 和光损耗测试套件 (OLTS)

光学故障探测器

使用光时域反射计 (OTDR) 进行高级故障排除

发射和接收线缆和补偿

理解 OTDR 结果

高级 OTDR 设置——脉冲宽度

波长

阈值和平均值

高级迹线分析

非反射事件

实时迹线

光纤跳接线故障排除

潜在原因

光纤链路中出现问题的原因有很多。一个非常普遍的问题就是连接器未完全啮合——这在拥挤的配线板中通常很难注意到。另外它也可能由连接器本身的质量引起，例如端面几何形状不佳、不符合 IEC PAS 61755-3 标准定义的参数——包括抛光角度、光纤高度、曲率半径或顶点偏移。

另一个更常见的原因是现场端接不良导致气隙和高插入损耗或连接器端面上有划痕、缺陷和污染。实际上，污染一直是光纤故障的主要原因——灰尘、指纹和其他油性物质会导致过度损耗，有时会对连接器端面造成永久性损坏。

这个问题也可能是熔接错误、错位或极性不正确引起的。不良的电缆管理会对连接器产生压力，从而导致未对准，或者连接器未正确地连接到对接头。连接器或适配器上的磨损或损坏的锁定机制有时是罪魁祸首。在链路本身中，光纤上可能会出现各种微弯曲和宏弯曲，或者光纤长度上某处可能会断裂而造成损坏。

线缆设备的整体设计也可能是光纤链路发生插入损耗和性能问题的原因。即使所有连接器都是高质量的，没有污染并且端接正确，但如果通道中的连接太多，损耗也可能会超出给定应用的规格范围。如果超出多模光纤的距离限制，可能会导致高模态色散，从而出现相同的情况。

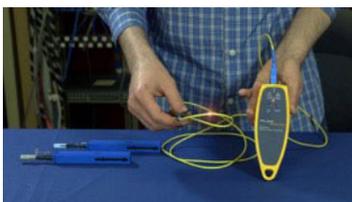
可视化故障定位仪

简单的故障排除工具就是 Visual Fault Locator，简称 VFL。与系统中有源电子设备使用的不可见红外光不同，这款每个光纤技术人员工具包中都应该配备的经济型工具使用明亮的激光光束（通常为红色），人眼也很容易看到。VFL 非常适合测试从链路一端到另一端的连续性和极性，以及查找线缆、连接器和接头中的断裂位置。它也是一种很好的跟踪工具，可用于定位机架内端接的某根光纤的另一端。部分现场端接的连接器也有一个 VFL 窗口，可在端接后立即将 VFL 连接到连接器，以验证端接是否正确——如果 VFL 的光线逸出并出现在连接器的 VFL 窗口中，则表示连接器中的两个光纤端面未正确连接。

连续和闪烁模式的 VFL（例如 Fluke Networks 的 VisiFault™ VFL）可以使识别操作更加方便。VFL 通过简单的可更换适配器即可兼容各种连接器类型，这意味着只需要一个 VFL 即可测试 2.5mm 连接器（例如 SC、ST、FC 和 FJ 连接器）以及 1.25mm 连接器（例如 LC 和 MU 连接器）。长电池寿命也是一个关键考虑因素，另外还有保证可靠性的整体结构坚固度。

VFL 也可用于定位断裂、光纤中的扭结造成的断裂和宏弯损耗、以及不良拼接点。VFL 的红色可见光非常明亮，可在断裂或宏弯位置透过光纤护套看到，特别是在低光环境下时。这也使 VFL 能够帮助识别接头盒中的不良接头。

虽然与其他工具相比，VFL 被认为是一种较低级的故障排除工具，但它也是 OTDR 的理想搭配，因为它可以定位 OTDR 无法隔离的彼此过于靠近的故障，以及因距离 OTDR 太近而陷入“死区”的故障。这在识别拼接尾纤中的不良拼接时会特别有用，因为它们接近链接的末端。



光源和功率计 (LSPM) 和光损耗测试套件 (OLTS)

光源和功率计 (LSPM) 或光损耗测试仪 (OLTS) 也可用于故障排除，主要用于 1 级认证和验收测试，是准确的损耗测量工具。将链路损耗与技术要求对比，您即可确定光纤链路是否会出现问题。它们也可用于验证设备的输出功率（例如交换机）、以及连续性和极性。

使用 LSPM 或 OLTS 显示损耗是在单根光纤上还是在光缆中的所有光纤上。如果光缆中的所有光纤都有损耗，则表明线缆有损坏或扭结。如果是单根光纤有损耗，则问题更可能与接头或连接器损坏有关。需要指出的是，LSPM 或 OLTS 都不能识别或定位链路中的特定损耗事件。这是需要使用故障探测器和 OTDR 的地方。

光学故障探测器

虽然 VFL 能够照亮不良的连接和断裂位置，因此适合露出的光纤长度，但是对于长线缆，因为线缆不可见或无法接触到，或者激光无法穿透护套，所以它们并不是很有用。光时域反射计 (OTDR) 可提供整条光纤的图形化数据和分析，但价格非常昂贵且需要更多的操作时间和技能。在故障排除方面，光学故障探测器填补了 VFL 和 OTDR 之间的空白。





Optical fault finders such as Fluke Networks' Fiber QuickMap quickly and efficiently measure length and identify high loss events and breaks on multimode up to 1,500 meters (4,921 feet). Very simple to use, this single-ended optical fault finder uses technology similar to an OTDR, sending a laser light pulse through the fiber and measuring the power and timing of light reflected from high loss connections and splices, and from the end of the fiber. 它们非常适合测量光纤链路中的高损耗接头、连接和断裂位置，以及链路的总长度。The QuickMap also detects live optical signals before testing.

因为能快速测量光纤的长度，这成为非常有用的工具。如果您正在测试一根 3 千米的光纤，而工具报告的长度为 1.2 km，那么您就会知道它已经断了。另外还可以方便地查找无意中松开两个 MPO 连接——这是一个常见问题，它会导致彻底的连接故障。在接线板中因为无法轻松或安全地查看端口中是否有引脚，所以这个问题会特别难以发现。

这些装置操作简单。清洁连接后，将发射光纤连接到测试仪上。使用发射和尾纤，测试仪可以发现链路附近或末端的事件。然后用户按下“测试”，几秒钟内，装置即显示沿光纤链路检测到的事件数。事件包括连接器、接头和链路末端。事件定义为超过损耗或反射的可编程限制的事件。用户可以滚动浏览每个事件并查看每个事件的距离和损耗量。示例请见图 3。

	<p>The result loss of the fiber (RL) is 2.6 dB.</p>
	<p>The receive fiber adds 130 m to the length measurement.</p>
	<p>The end of the link. The length of the link (without the launch fiber) is 8463 m.</p>
	<p>Blinking A bad splice on the fiber at 2450 m caused a reflectance incident that is larger than -45 dB (the default limit). To see the loss measurement, press </p>
	<p>The reflectance of the first connection is -52 dB. The length of the launch fiber is 130 m.</p>

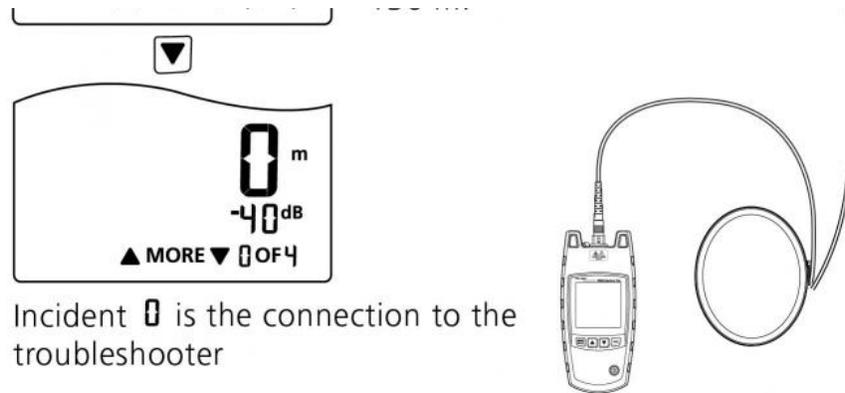


图 3. 光学故障探测器测量光纤链路上到反射事件的距离。

使用光时域反射计 (OTDR) 进行高级故障排除

虽然您可以使用 VFL 或光学故障探测器找到问题，但有时您仍然需要了解更多信息。光时域反射计 (OTDR) 可根据检测到的反射光量或反向散射计算信号损耗。有了这种技术，OTDR 即可定位光纤断裂、弯曲、接头和连接器，以及测量这些具体事件的损耗。OTDR 为您提供的这些信息细节，让您能够全面地了解光纤安装情况和整体工艺质量。OTDR 比 VFL、LSPM/OLTS 和光学故障探测器更昂贵，并且它们需要有一些专业知识，但因为它们能测量个体事件的位置、损耗和特征，所以它们被认为是正确的故障排除工具。

OTDR 是电子时域反射计的光学等效物。它向待测光纤注入一系列光脉冲，然后从光纤的同一端提取从光纤上的某些位置散射（瑞利反向散射）或反射回来的光。收集的散射或反射光将用于表征光纤。这与电子时域计测量被测线缆阻抗变化引起的反射相当。测量返回脉冲的强度并将其作为时间的函数积分，然后作为光纤长度的函数绘图。

散形线或痕迹用于根据 Rayleigh 反向散射信号强度的下降来推断损耗。如果没有发生 Rayleigh 反射散射，那么 OTDR 也就不会被设计出来了。所有光纤都有 Rayleigh 散射。并非所有的光能都可能被光纤芯中的玻璃分子吸收，因此，这些未被吸收的光会在所有方向上散射。注入光纤的光中只有一小部分被反射回 OTDR。这就是反射散射（有时称为散射）线。

通过光纤的光遇到不同密度的材料（如空气）时，高达 8% 的光会被反射回光源，而其余的光则会继续进入新材料。这被称为 Fresnel 反射，显示的是连接位置。比较连接器之前和之后的迹线，即可推断出连接器的损耗和反射率。

发射和接收线缆和补偿

散射回 OTDR 进行测量的光只是测试脉冲的一小部分。因此，OTDR 接收器电路必须非常灵敏。OTDR 中的连接器会产生很大的反射，使 OTDR 接收器饱和。在这种大反射后，传感器需要一些时间才能恢复——就像你的眼睛在明亮的闪光后需要时间恢复一样。时间就是距离，因此在 OTDR 和第一个连接器之间添加一根发射线缆，传感器便有足够的时间恢复并为接收链路中第一个连接器的反射做好准备。发射光纤要有足够的长度才能支持测试光纤长度所需的最大脉冲宽度。如果有足够的发射光纤（通常为 100 米或更长），则第一个事件前有一条散射线，后面也有一条散射线，从而可以测量第一个连接。

光脉冲中链路中的最后一个连接时，光的玻璃——空气转换会产生一个很大的反射。因为连接末端已不再有光纤，所以也不再会有反向散射，测量值会下降到 OTDR 传感器的本底噪声。使用接收线缆（有时称为尾线）延伸反向散射，使最后一次事件之前和之后都有反向散射。这样技术人员便能测量最后一个连接的损耗并将其计算在内。



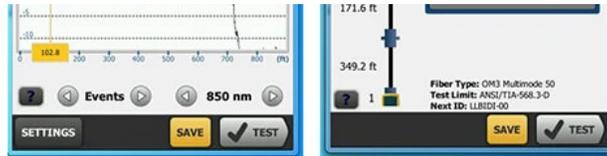


图 4. 如果没有接收或“尾”线，便无法观察最后一个连接器的性能。



图 5. 在线缆远端添加发射和接收光纤后，OTDR 可测量链路中第一个和最后一个连接器的损耗。

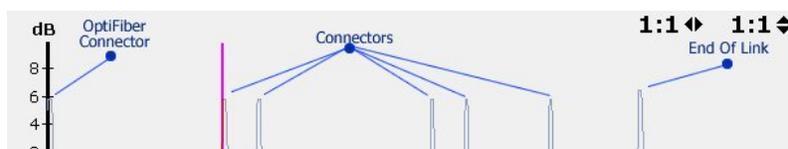
但是，技术人员和接收测试结果的人不希望将发射和接收线缆的测量结果包含在他们的报告中。OTDR 允许补偿（实际上是移除）发射和接收电缆，使报告中的所有内容都是来自所测链路的结果。



图 6. 迹线包括所测试链路开头和结尾处的发射和接收光纤。右侧显示的 EventMap 使用启动补偿从测试结果中移除其效果。

理解 OTDR 结果

使用 OTDR 进行故障排除时，最终会得到光纤沿其长度的损耗图形。OTDR 迹线看起来有点势不可挡，但它描述了它测试的光纤链路，每次下降或尖峰都是一个事件类型。



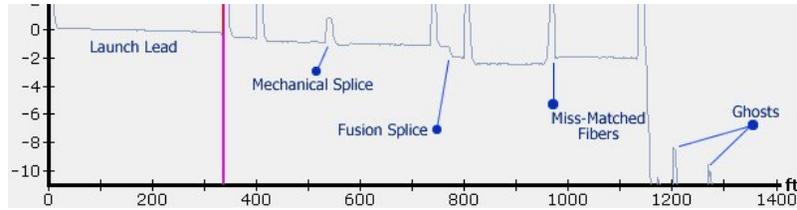


图 7. OTDR 迹线结果。

经验丰富的 OTDR 用户可以识别测试仪连接器、发射线、连接器、机械接头、熔接接头、未对准光纤和链路末端的反射事件。而且他们会知道，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。

但如果您不是迹线分析专家，请不要担心。OptiFiber® Pro 还会使用高级逻辑来解释迹线，并提供了表征实际事件的 EventMap™。故障事件以红色图标突出显示，让您能更快地找到问题。

通过 EventMap 左下方的帮助图标，OptiFiber Pro 甚至可以建议纠正措施以解决问题。

对有多数问题事件的链路进行故障排除时，一般原则是先处理最靠近 OTDR 的事件。清理完这些后，OTDR 将能更好地分析下游事件。

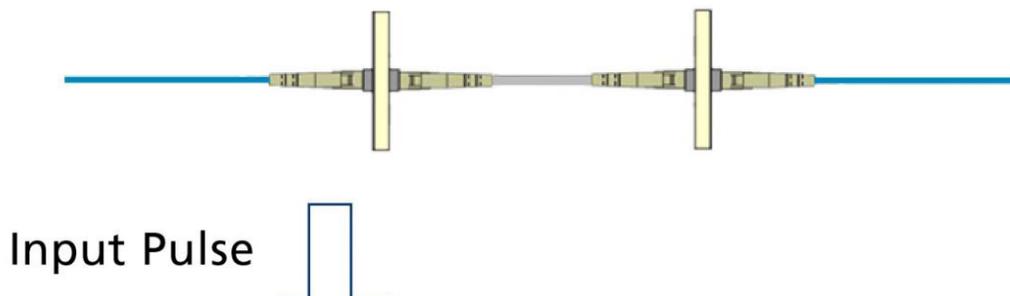


图 8. 带屏幕帮助的 EventMap 视图

现代 OTDR 已将 OTDR 的许多功能自动化，使几乎任何人都能轻松地像专家一样执行分析。但是，在某些情况下，有更多的专业知识可以进一步分析光纤并了解更多信息。接下来的两节将讨论高级 OTDR 设置和迹线分析。

高级 OTDR 设置——脉冲宽度

调整脉冲宽度使操作员可以平衡测量较长光纤的能力和识别光纤上的离散事件的能力。为了保证反向散射能从远距离返回 OTDR，测试仪必须通过开灯更长时间来为线缆注入更多能量——增加脉冲宽度。但是，脉冲宽度越长，死区——OTDR 可以识别的事件之间的最小距离——越大。因为光纤中的光以大约 0.2 米/纳秒的速度传播，所以窄的 3 ns 脉冲将无法“看到”两个相距小于 0.6 米的事件。宽 1000ns 的脉冲只有在距离超过 200 米时才能看到两个独立的事件。



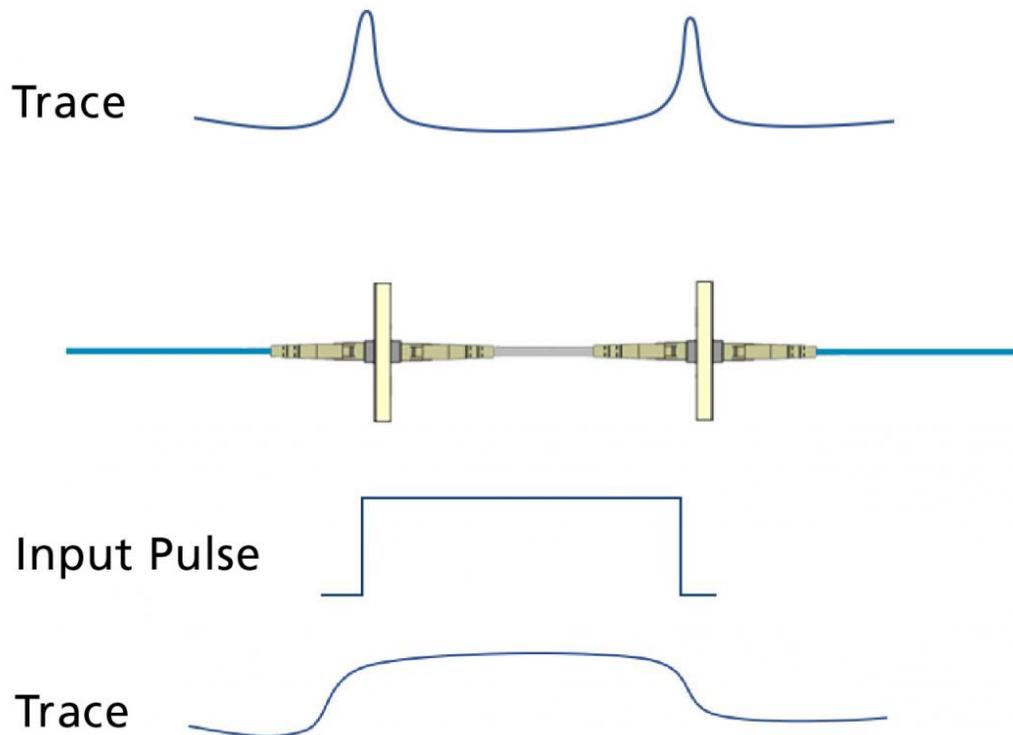


图 9. 较窄的输入脉冲能够辨别较靠近的事件。

波长

一定要执行多个波长的测试，因为这是保证找到光纤中的弯曲或裂缝的正确方法。即使应用仅使用较低的波长进行传输，使用 OTDR 进行故障排除时，也最好同时使用 850 和 1300nm 测试多模，使用 1300 和 1550 测试单模。通常，较高的波长会显示较低的损耗，但如果将光纤拉紧，则较高的波长会显示明显高得多的损耗，并且会更容易检测到问题。注意，波长是“相邻”的，这意味着上述波长在测试中已经足够了，即使操作中可能使用其他波长。如果问题出现在拼接尾纤上，那么您可能需要一个 VFL 来确定问题是否是光纤破裂或扭结而不是尾纤连接器，这是因为迹线上的事件通常会出现在连接器的距离上。OptiFiber Pro 专为这种情况内置了一个 VFL。

阈值和平均值

另外可能还存在需要手动调整 OTDR 设置的故障排除情况。例如，如果执行正确，接头可能显示小于 $< 0.1\text{dB}$ 的损耗。如果需要定位接头，而它的损耗非常低，那么当损耗阈值设置高于接头损耗时，它可能不会显示在 OTDR 上。Fluke Network 的 OptiFiber Pro Auto 损耗阈值设置为 0.15dB ，这意味着它只能查找等于或高于此水平的事件。可以手动设置较低的损耗阈值，以查找损耗极低的接头。

请注意，较小的阈值意味着测试仪需要更多测量或使用更宽的脉冲宽度，这可能会增加测试时间或迹线上的死区。低于 0.15dB 的损耗阈值可能导致 OTDR 将光纤的固有缺陷作为错误事件。更改平均时间也有助于定位熔接接头。平均时间设置生成最终迹线时需要取平均值的测量结果数量——较长的时间可以减少噪声以显示更多细节，如非反射拼接事件。在对长链路进行故障排除时，可能需要增加 OTDR 上的动态范围以测量到光纤末端，这也意味着脉冲宽度要更宽，从而会增加测试时间和死区。

高级迹线分析

迹线在远离发射端时显示略微向下的趋势线，这表示线缆长度上的损耗导致反向散射减少。连接器在迹线上显示因反射产生的特征性“尖峰”，然后趋势线下降，表示连接器造成的损耗（衰减）。

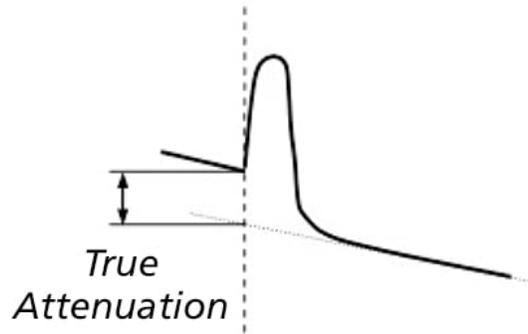


图 10. 趋势线的下降表示连接器的损耗。

非反射事件

非反射事件表示为反向散射信号强度的下降，没有连接器那样的“尖峰”。“隐藏”事件就是一个例子，这种情况是两个连接器彼此足够接近，从而形成 OTDR 上的事件死区。

另一个例子是“鬼影”——是高反射连接造成反射信号在连接之间来回反弹。大部分鬼影事件将显示为光纤末端以外的反射事件。但是，部分可能会显示在迹线中。这些鬼影事件是可以识别的，这是因为它们是没有损耗的反射事件。OptiFiber Pro 可以检测鬼影，然后识别来源，从而轻松解决根本原因。



图 11. “鬼影”是实际事件的强反射信号导致的非真实存在的事件。

实时迹线

实时迹线就是持续更新显示光纤的反向散射迹线。此功能可用于测试线轴上的光纤，确保没有运输损坏。这是在拉动或掩埋光纤之前完成的。另一个用途是“摆动测试”——怀疑连接松动或连接器损坏时，技术人员在使用实时迹线的同时摆动连接器，或者推入连接器，然后查看连接是否恢复或永久性地损坏。

光纤跳接线故障排除

光纤跳线在任何光纤网络中都是不可或缺的一部分——无论是用于连接光纤接线区域和数据中心中的交换机，还是在局域网中的光纤到桌面应用中连接终端设备。遗憾的是，光纤跳线通常也是网络中非常脆弱的链路。它们会受到比其他组件都多的处理和操作，这使它们更容易受到损坏。它们也经常被认为是一种商品，一些最终用户会从较不知名的地方购买质量和合规性较低的产品，以便节省资金。

经过被认为是新安装的实践的永久链路测试（不包括光纤跳线）后，后面的通道测试可能会发现问题。可以使用 Fluke Networks 的 CertiFiber Pro 等光损耗测试

仅 (OLTS) 对单个跳线进行故障排除。具体方法是使用单跳线参考方法设置参考，使用适配器连接跳线到测试参考线。将跳线的另一端连接到远程单元时，只测试参考线和跳线之间的连接损耗。只需反转跳线，即可测试跳线另一端的连接器。

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: 2019 年 8 月 27 日 10:08 AM

Literature ID: 7002378

© Fluke Networks 2018