

介绍

安装光纤布线系统的最后一个步骤为合格性测试。传统上该测试由光时域反射法 (OTDR) 追踪和光损耗测试 (OLT) 组成。我们把这种测试系统合格性的方法确定为敷设长途光纤 (如电话线的敷设) 的“标准”，其中还包括接合处。这种方法也可用于较短电缆的敷设，比如用于光纤网络中。

测试成本是一个要考虑的因素，特别是光纤数增多时。在许多较大型的安装中，要测试成百上千的光纤。

我们将在本文中讨论一些会影响到关于 OTDR 和 OLT 的决定的因素，并讨论为什么在某些情况下要抛弃传统。

光时域反射法

采用 OTDR 的理由看来非常明显。经过适当解释的 OTDR 追踪提供了关于光纤情况的一幅清晰画面。它精确地指出了整个长度、个别的局部化的重点以及对光纤端到端衰减的估计。如果有接合点或中等跨度互连点，OTDR 会为各个特征提供损耗和距离读数。OTDR 追踪的打印输出成为将来用于测量无源光纤系统衰变的光纤链路“图”。

虽然这个理由初看起来很有道理，但我们有更好的理由重新评估所有数据的需要。

早先安装光纤系统时，很少有富有经验的安装人员、高质量的电缆供应商，也很少有可用的历史信息使人们能在此基础上树立信心。那时大部分的光纤是为电话系统安装的，包括需要现场接续的几公里光纤。常规上，在安装过程中用 OTDR 来监控接续操作，因此在现场获取设备没有另外的费用。追踪是在安装过程中进行的，而不是最后进

行的附加测试。最终，系统长度足以使 OTDR 读数中固有的“死区”问题减至最少 (见第 2 节技术说明)。

但是事情已经发生了变化。现在大部分的安装其光纤长度都少于一公里，建筑物内的网络可能只用几百英尺的光纤。除了电话系统，很少有系统会需要场接续。大部分情况下，从经济上来说 OTDR 可能并不合理。问题在于：在相当短的光纤网里，我们从 OTDR 测试中获得了什么信息，而这些信息又是不能通过其他方式获得的？我们来考查一下在光纤网安装中的 OTDR 测试的成本和潜在的利益。

基于实际的现场经验，一般每次 OTDR 追踪需要一位熟练的 OTDR 技术人员运用高质量的设备至少花费 3 分钟的时间。如果在现场打印输出追踪情况，每个光纤还要增加 2 至 3 分钟。再包括启动时间，一套仅 48 个光纤的系统整个过程需花费 5 人 / 时。如果测试是从光纤的两端以两个波长完成的，其耗时将增加四倍。对后面的例子，我们将采用每小时 20.00 美元的劳动力费用。还要加上所需设备的成本。

至此为止，成本因素有：

- A. 5 人 / 小时的劳动力 (最少)，即 100.00 美元。
- B. OTDR 的成本 (一般租金约为 2400 美元 / 月，最少一个星期)。

从 OTDR 测试中获得的信息包括：

- A. 端到端的光纤长度
- B. 衰减的近似值 (以 OTDR 操作波长)
- C. 连续性保证
- D. 如果仅从一端进行测试，技术人员也非常熟练，就能知道“发出”端系统连接器的相对质量。

- E. 如果光纤的扭点或窄点没有落到 OTDR 的 Fresnel 反射“死区”，就可以识别它们。
- F. OTDR 追踪的硬拷贝。

没有从 OTDR 测试获得的信息：

- A. 以操作波长时实际的系统吞吐量损耗。
- B. 光纤两端绝对连接器质量（参见衰减部分的技术说明和第 5 页图表 1）。

光损耗测试

光损耗（即衰减）测试对于系统的合格性是绝对必要的。该测试唯一指出在实际电力吞吐量条件下，光纤在网络中是如何运行的。光损耗测试仪（OLTS）不像 OTDR 读数，它测量的是已知电力输入量与测得的电力输出量之间的差别。这也就是光纤网是如何运转的。当使用正确的工具来进行这项测试时，就可以保证链路中光纤、连接器和连接器适配器的质量。

光损耗测试仪中也有许多变化。所有较高质量的测试仪都提供光源和接收器，它们都经过仔细地设计，在与光网络相同的波长（850、1300 或 1550nm）下操作。最普遍的是，质量仪有 850 和 1300nm 双倍波长的能力。OLTS 中的接收器（检测器）单元通常包括一个数字读出器，它的分辨能力为 0.1dB。

这种测试可以在没有进行 OTDR 测试的情况下，为测试一套安装了的光纤系统的合格性提供很强的信心。既然无论是否进行 OTDR 测试，实际的损耗测试都是必要的，那么设计损耗测试就是限定安装达到设计规范的最便宜的方法。

光损耗测试：衰减

光损耗测试是时间上而不是技术上的消耗。基于实际的场地经验，我们可以再估计一下成本。

需要由各在系统一端的两位技术人员来完成测试。因此成本评估中包括两位技术人员。

每次光纤测试约花费 30 人 / 秒。每个端接点的启动时间约为 10 分钟。如果我们理论上的 48 光纤系统由一个主配线架和四个子配线架组成，测试以两个波长完成；估计的劳动力时间为测试约 1.6 人 / 小时、启动 1.6 人 / 小时。

这样，OLT 测试的成本为：

- A. 劳动力 3.2 人 / 小时。
- B. 没有另外的设备费—光损耗测试仪是光纤安装至少所需的测试设备，无论如何必须可以利用。

从光损耗测试获得的信息包括：

1. 在系统运转波长光纤链路实际的吞吐量损耗（dB）
2. 连续性保证
3. 光纤两端的连接器质量保证
4. 安装的面板适配器的质量保证

没有从光损耗测试获得的信息包括：

- A. 电缆的长度
- B. 光纤中是否有窄点或扭点。（参见图表 1）

OLT 测试中所缺少的重要数据是光纤中是否有扭点或窄点。这可以通过把损耗数据应用于系统光纤和连接器规范来确定。

设计损耗测试

第一阶段：信息收集

1. 记录所有安装的光纤的长度。可以通过在电缆外套中作长度标记的方法来确定长度。应该在电缆安装期间记录长度。
2. 当安装完成、所有的连接器都安装好时，根据测试仪制造商的指示来进行损耗测试。根据光缆的鉴别、单独光缆的鉴别、测试方向（MDF 到 SDF、SDF 到 MDF，等等）以及波长来记录结果。
3. 获得光纤衰减的系统规范，其单位为 dB 每公里（1000 米）。
4. 确定所用连接器的、一个可以接受的标准。通常可以从连接器制造商的数据表里得到该信息，但这几乎总是乐观的情况。

例子：大部分 ST 型连接器一般印有“配对损耗”为 0.2dB。这是实验室数据。通常在现场安装的 ST 连接器每一配对线损耗接近 0.3 或 0.4dB。

该链路在 850nm 波长时最大衰减为 0.9 dB，1300nm 波长时最大衰减为 0.7 dB。

对于这个例子，我们假设以下是链路中所有光纤上 850nm 的结果。

第二阶段：应用数据

1. 如果电缆长度为英尺，把它转换为公里。
(L / 2381)
2. 通过规定的损耗乘电缆长度（单位为米）再除以 1000，来确定安装的光纤中可接受的最大损耗。对各个测试的波长都进行这样的计算。

例如：

- 850nm 光纤规定的最大损耗 = 3.5 dB/km
- 波长 = 100 米
- $100 / 1000 = 0.1$
- $0.1 \times 3.5 \text{ dB} = 0.35 \text{ dB}$

这就是在该链路中光纤最大可接受的损耗。

3. 把可接受的连接器损耗加上最大可接受的光纤损耗

例如：

- 每个连接器允许 0.3 dB 的损耗
- 每个链路两个连接器 $\times 2 = 0.6 \text{ dB}$ （连接器损耗）
- $0.6 \text{ dB} + 0.35 \text{ dB}$ （光纤损耗）= 0.95 dB。
- 因为场测试通常只精确到正负 0.1 dB，四舍五入为 1.0 dB。

这就是在那种特殊的链路中任何光纤最大可接受的损耗。

以下有一个例子，是从 MDF 到 SDF 12 根光纤的链路。

规定的衰减：850nm 时，最大为 3.5 dB
1300nm 时，最大为 1.0 dB
长度：250 英尺
连接器：ST 型，每配对线损耗为 0.3 dB

对波长 850nm 的测试：

$$250 \text{ ft} / 3.281 = 76.2 \text{ m}$$

$$76.2 \text{ m} / 1000 * (3.5 \text{ dB}) + 0.6 \text{ dB} = 0.87 \text{ dB} \text{ 为最大衰减}$$

对波长 1300nm 的测试：

$$76.2 \text{ m} / 1000 * (1.5 \text{ dB}) + 0.6 \text{ dB} = 0.71 \text{ dB} \text{ 为最大衰减}$$

光纤号	从 MDF 到 SDF	从 SDF 到 MDF
1	0.8	0.9
2	0.8	0.7
3	0.7	0.8
4	0.9	0.8
5	0.7	1.6
6	0.8	0.8
7	0.7	0.7
8	1.1	1.5
9	0.6	0.8
10	0.8	0.7
11	0.7	0.7
12	1.9	1.2

仔细观察这些数值会发现一些问题。这些数值对于安装完好的系统并不具有代表性。这里有不同寻常的“不好的”读数。

第一，5 号光纤表明 SDF 到 MDF 的读数超出了规范。同样的光纤在其他方向上的测试就在规范要求之内。这通常说明链路中有一个连接器被损坏了，这个连接器通常在“发端”——在本例中为 SDF 端。用端接工具箱中的手提显微镜迅速地检查一下就能证实这一点。从 MDF 端的 OTDR 测试就没有显示出这个问题。

第二、8 号光纤在两个方向都超出了规范。但是检查两个连接器，问题可能只在 SDF 连接器中。如果在 MDF 中没有看到明显的问题，则先修理 SDF 然后再次进行测试。

第三、12 号光纤在 MDF 到 SDF 方向上测试值很高。它在其他方向上也超出了规范，但这可能是由于 MDF 连接器不好的原故。像 8 号光纤一样，先进行检查并修理坏的连接器的，然后再进行测试。

如果对超出规范的光纤进行检查没有发现坏的连接器的，再检查一下涂有外层的光纤暴露部分的扭点或窄点。这些都出现在配线架后面、壁挂式端接单元内。如果没有发现问题，利用替代的面板耦合器测试超出规范的光纤，会显示出一个坏的耦合器。

如果电缆本身有扭点或严重弯曲，所有的或大部分光缆在两个方向上的设计损耗测试都会失败。事实上我们所有的数据都在规范以内并在一个相当小的范围中，这给予我们坚定的信心，电缆安装没有对光纤留下破坏性的残留压力。尽管没有 OTDR 追踪的文件，损耗测试报告同样可以像 OTDR 追踪那样用于监控光纤链路。很可能用户手头有损耗测试设备而不是 OTDR。

案例分析

在几个主要的光纤安装中都成功地证明了该测试过程的运用。一个大都市的医学联合体近来安装了一套光纤网，使几座建筑物和通信间互相连接。设计该系统是为了从主配线架传输数据和视频到 60 多个远程壁挂式互连单元，它在 66 个电缆外壳内有 2000 以上的光纤。这些远程单元都安装在通信间、办公区甚至维护间内。电缆敷设在头顶空间托架、增压式天花板区以及蒸汽隧道中。这是由系统集成商和电缆安装人员进行的第一次光纤安装。

所有光纤安装结束后，测试小组利用设计损耗测试过程来限定系统。测试一开始，立即就出现了问题。首先插上电源，在规范内对一些光纤进行测试，突然在几秒钟之内就出错了。小组成员停止了测试，用 100 倍显微镜检查出错的纤维，他们发现光纤在套圈端被破坏了。进一步的研究显示，环氧错误使得许多光纤略微有些从套圈端突出。这引起了光纤在与测试参照线互连时被压变形。重新润饰一下所有受到影响的端接就解决了问题，测试继续进行。

对 2000 多个光纤进行的测试，除了 20 个左右以外其他全部通过。这些有问题的光纤中，除了一个以外其他的都需要再完善或替换一个连接器。剩余的光纤没有连续性，对这些易受影响的光纤和电缆的目视检查显示出没有问题。在现场进行 OTDR 测试。测试显示在电缆走线槽内光纤从主配线架进入电缆护套约 160 英尺。找到这个位置然后用熔合的方法进行修复。

这个安装是设计损耗测试的一个完善的例子。它并没有在现场多日使用昂贵的 OTDR，而仅仅

用了一天。系统运行得很好，最终用户有全部测试结果的记录，这些记录是以易于理解的格式来保存的。

结论

对完全的光纤网进行精确的光损耗测试，就足以确保安装完全具备功能，包括连接器、电缆和耦合器。如果密切关注系统合格性测试中这最重要的部分，就可以避免 OTDR 的费用。

	OTDR	OLD	安装	设计损耗
电缆/光纤长度	√		√	
衰减 (损耗)	估计	√		
连接器质量		√		√
压力点标识	√			√
连续性	√	√		

技术说明:

衰减测试和 OTDR

利用光时域反射法来测量安装的光纤端端的损耗曾经很普遍。永远不应考虑把这作为实际“加电与断电”衰减测量的替代品。尽管 OTDR 可以提供真正光纤损耗的一个可用的近似值，在限定结果精确性的方法上还是有所变化。以下几个问题需要考虑：

- 1、光损耗是随波长而定的。如果没有 OTDR 光源定于光纤系统实际操作波长的中心，衰减读数就会不精确。错误百分比不易预测，因为人们经常都不知道在非规定的波长光纤实际的 OTDR 源波长和损耗特性。
- 2、在 OTDR 到光纤的互连中有一个不可避免的“死区”。这个死区是由接口处的 Fresnel 反射引起的，可以减小，但不能消除。由于这一现象，由 OTDR 获得的衰减测量就不包括由于输入连接器或任何异物的损耗，这些都可能出死区中出现。这一区域也许包括 3 至 200 米光纤的任何一处，这就取决于特殊的 OTDR 和接口的情况。这些因素，特别是输入和连接器，可能是光纤链路中主要的损耗。

非常熟练的技术人员一般可能不会注意到输入端（发端）连接器的质量，而只有在与其他被测试的光纤该端的其他连接器相比时才会注意。如果输入连接器是坏的，输入的电源振幅会下降，但这可能不容易看出来。

3、 OTDR 是“一端”测试仪。它把光脉冲发送到光纤中，然后分析从光纤返回的能量，就好像“光雷达”。因此，OTDR 追踪没有给出关于测试的光纤远端的连接器损耗。由于有发端连接器，这可能是光纤链路中的一个主要的损耗。

4、 OTDR 是一种专门的测试工具。尽管 OTDR 制造商在最近的设计中增加了许多特点，令它们更易于使用，它们仍然是非常复杂的。从 OTDR 获得到和报告的信息需要进行正确的解释。大部分光纤网用户没有经过正确解释这些追踪所需的培训。

本文中的信息如有变更，恕不另行通告，且本文中的信息不应构成 Molex 所作的承诺。Molex 对本文中可能出现的任何错误概不负责。2001 年 Molex 企业布线网络部版权所有。Molex 和其它品牌名称均为各自公司的商标。



Molex 企业布线网络部

北京办事处

电话：86-10-6518-7841

上海办事处：

电话：86-21-5396-6258

广州办事处

电话：86-20-8732-2409

深圳办事处

电话：86-755-367-9994

成都办事处

电话：86-28-619-9881

香港办事处

电话：852-2637-3759