

FTTH PON 指南

测试无源光网络

第 5 版

EXFO

本袖珍指南介绍了 FTTH 技术，以及无源光网络（PON）安装、激活和故障诊断期间的测试。

从 POTS 到 PON

1876 年电话的发明以及 1878 年 Bell Telephone Company 的成立，为现在被亲切地称之为“简易老式电话系统”（POTS）的电话系统的广泛发展奠定了基础。两年后，一种所谓的“光电话”出现了，它能够通过光束来传输声音。

多年来，开拓者们取得了一系列令人惊喜的新发现和技术突破，其中包括激光和单模光纤，从而使得利用光来远距离传输大量信息切实可行。现在，在美国有 90% 以上的远距离通信是通过光纤完成的。但中心局（CO）与用户之间的短距离连接仍广泛采用铜双绞线。

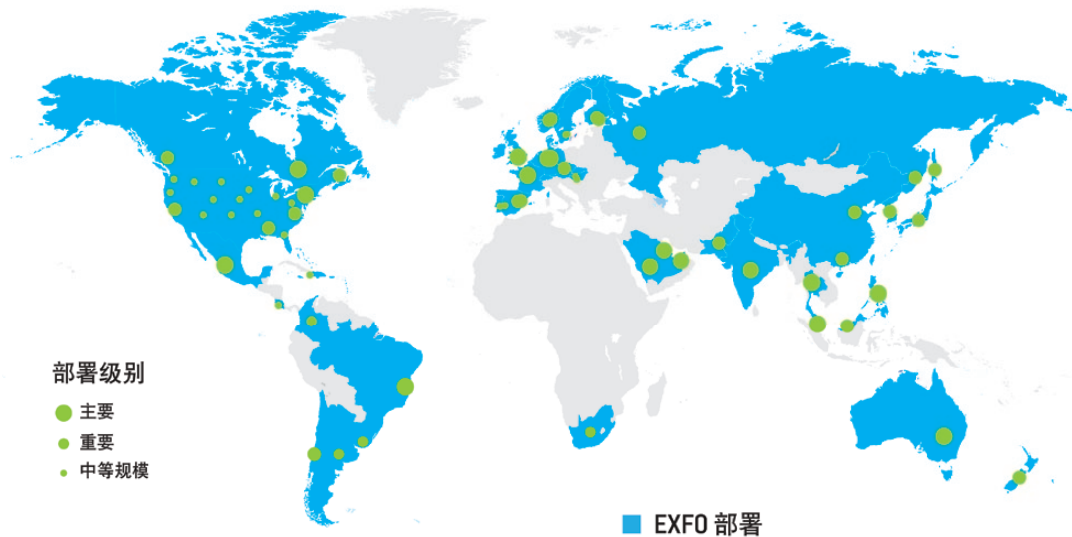
光纤到户（FTTH）技术代表了一种很具有吸引力的解决方案，可为中心局到住户及中小型企业之间的连接提供高带宽。FTTH 可以节约成本，因为它采用了无源光网络（PON）。FTTH 更具吸引力的地方在于它可以提高网络可靠性，便于进行网络测试、测量和监控。这些系统的基本原理与标准光纤网络相同，所以用于安装和维护标准光纤网络的许多设备都可用于此类系统。

您是否希望以更快的速度部署更可靠的 FTTH 网络？ EXFO 解放方案使之变得轻而易举。

当 FTTH 首度部署时，EXFO 便已应对自如——即通过领先的同步上行 / 下行测量技术进行测试（通过穿通连接）。从那时起，我们便持续关注提供创新的 FTTH 测试解决方案，以满足您在网络中遇到的各个方面测试的需求。FTTH 在不断发展，EXFO 在 FTTH 领域的领先地位和专业技术更是如此。

EXFO 为网络运营商提供了专家级测试知识、工具和环境，以缩小带宽需求增长所造成的运营开支缺口。凭借经过现场验证的方法和步骤、智能集成的测试解决方案以及基于云的数据管理功能，用户现在能够以可靠而又经济高效的方式来部署 FTTH 网络。

在全球范围内积极参与 FTTH 部署



目录

1. FTTx 简介.....	5	3. 测试步骤——构建阶段	32
1.1 FTTH 架构.....	8	3.1 连接器维护	35
1.2 无源光分配网设备	10	逐步检测说明.....	40
光纤.....	11	良好的连接器维护方法.....	43
分光器.....	12	连接器清洁附件.....	46
连接器.....	14	3.2 鉴定插入损耗和光回损.....	50
熔接.....	15	3.3 工具和方法.....	52
室内多住户单元设备	16	3.4 基于 OTDR 的技术.....	53
2. 影响网络性能的主要物理参数.....	20	传统的 OTDR.....	54
2.1 损耗预算	20	iOLM 工具	59
2.2 哪些因素会影响损耗预算?	24	3.5 基于 OLTS 的技术.....	64
连接不正确	26	4. 测试步骤——激活阶段.....	70
影响.....	29	4.1 在无源光网络内测试功率	71
宏弯.....	30	4.2 使用 PON 功率计.....	75

5. 测试步骤——维护阶段.....	78
5.1 在线系统故障诊断	78
6. 测试档案	86
7. 缩写和首字母缩写词	90
8. 附录	93
附录 A: 入射光纤和接收光纤	94
附录 B: 下一代光接入网 (OAN)	97
附录 C: EXFO Connect	104
附录 D: 相关链接	108

1

FTTx 简介



1. FTTx 简介

单模光纤可提供近乎无限的带宽，因此成为目前长距离网络和城域网首选的传输介质。光缆代替铜缆的应用大大降低了设备和维护成本，并极大地提高了服务质量（QoS）。许多公司客户现在已经开始享受点对点（P2P）光纤服务。

光缆现已部署于网络的“最后一英里”——从中心局（CO）到用户的部分。由于直到最近，这一部分仍通常采用铜缆，因此住宅用户和小型企业可享用的服务只能局限于通用数字用户线路（xDSL）和混合光纤同轴电缆（HFC）传输。而主要的备选方案——使用直接广播服务（DBS）的无线传输——需要天线和收发器。因此，随着目前对带宽和传输距离更长、速率更高的服务的需求急剧膨胀，基于铜缆和无线的传输存在以下缺点：

- › 只能提供有限的带宽
- › 使用不同种类的介质和设备，维护成本高昂

尽管光缆克服了上述所有限制，但直接向住户和小型企业提供光纤服务仍障碍重重，其中之一便是将各用户连接到 CO 需要高昂的成本。为了克服这一成本问题，业内主要企业成立了全业务接入网（FSAN）标准组织，以促成适用的接入网设备系统规范的开发与制定。国际电信联盟（ITU）将 FSAN 规范升格为建议标准。1998 年，基于 ATM 的无源光网络（PON）FSAN 规范成为一项国际标准，并被 ITU 采纳，作为其建议标准 G.983.1。

FTTx 中采用的技术

ITU-T、IEC 及电气与电子工程师协会 (IEEE) 等组织制定的新标准, 极大地提高了 PON 的设计通用性、生存能力和安全性。

表 1. 当前部署的 PON 技术

类型		宽带 PON (BPON)				GPON (千兆 PON)				EPON (以太网 PON)	
						GPON		GPON-ERG			
标准		ITU-TG.983 系列				G.984 系列		G.984.6		IEEE 802.3ah	
协议		ATM				以太网、TDM、TDMA				以太网	
服务		语音、数据、视频				- 语音、数据 - 三重播放 - 文件交换、远程学习、远程医疗、IPTV、视频点播				三重播放	
最大物理距离 (OLT 至 ONT)	km	20				20		高达 60 (ODN 距离)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20	
分流比		高达 32				高达 64		16、32 或 64 (受路径损耗限制)		1x16 1x32 (带 FEC 或 DFB/APD)	
		下行 OLT Tx		上行 ONU Tx		下行	上行	下行	上行	下行	上行
标称比特率	Mbit/s	155.52 622.08	1244.16	155.52	622.08	1244.16 / 2488.32	155.52/622.08/ 1244.16	2488.32	1244.16	1000	1000
工作波长范围	nm	1480- 1580	1480- 1500	1260- 1360	1260-1360 (MLM1, SLM) 1280-1350 (MLM2) 1288-1338 (MLM3)	-1480-1500 -1550-1560 (用于视频的 增强范围)	1260-1360 可能使 用较短的 C 波段 波长下行和 1550 nm 上行	1480-1500 (基本范围) 1550-1560 增强 范围——用于视 频分配	OEO (ONU EXT) : 1260-1360 OEO (OLT EXT) : 1290-1330 OA: 1300-1320 (OBF)	100BASE-PX10: 下行: 1490 nm +PIN Rx 上行: 1300 nm (低成本 FP 光学 器件 + PIN Rx) 100BASE-PX20: 下行: 1490 nm + APD Rx 上行: 1300nm (DFB 光学器件 + PIN Rx)	
ORL _{MAX}	dB	>32				>32				15	

这就带来了实现规模经济和降低成本的机会，而这在以前是无法想象的。表 1 和表 2 描述了这些标准的主要参数。

表 2. 下一代 PON 技术

类型		千兆 PON (GPON) 10G-PON		以太网 PON (EPON) 10G-EPON		WDM PON	
标准	单位	G.987		802.3av™		目前没有	
协议		以太网、TDM、TDMA		以太网		待确认	
服务		<ul style="list-style-type: none"> - 语音、数据 - 三重播放 - 文件交换、远程学习、远程医疗、IPTV、视频点播 		<ul style="list-style-type: none"> - 语音、数据 - 三重播放 - 文件交换、远程学习、远程医疗、IPTV、视频点播 		<ul style="list-style-type: none"> - 语音、数据 - 三重播放 - 文件交换、远程学习、远程医疗、IPTV、视频点播 	
最大物理距离 (OLT 至 ONT)	km	20		PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20		待确认	
分流比		高达 1x64		高达 1x32		待确认 高达 1x32	
标称比特率		下行	上行	下行	上行	下行	上行
非对称	Gbit/s	10	2.5	10	1.25	几乎无限制 如每个用户 1 Gbit/s	几乎无限制 如每个用户 1 Gbit/s
对称	Gbit/s	10	10	10	10		
工作波长范围	nm	1577 -2、+3	1270 ±10	1577 -2、+3	1270 ±10	待确认 如 DWDM 在 C 波段	
ORL _{MAX}	dB	>32		>20		待确认	

1.1 FTTH 架构

图 1-1 显示了典型 FTTH 网络的一般架构。在中心局 (CO, 也称为头端), 公共交换电话网 (PSTN) 和 Internet 服务通过光线路终端 (OLT) 与光分配网 (ODN) 对接。使用下行 1490 nm 和上行 1310 nm 的波长来传输数据和语音。通过光视频发射器可将模拟 RF 视频服务转变成波长为 1550 nm 的光信号。1550 nm 和 1490 nm 的波长由 WDM 耦合器合并, 然后一起被下行传输。IPTV 服务目前使用 1490 nm 进行传输。

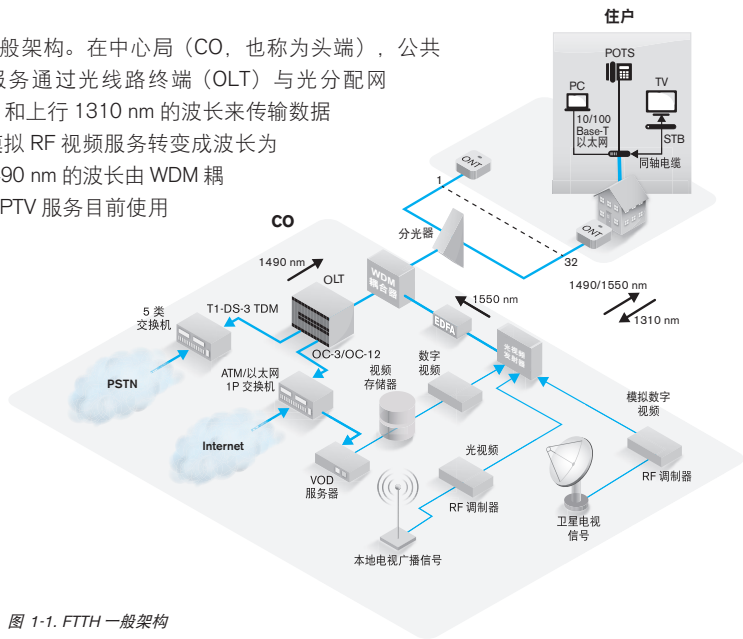


图 1-1. FTTH 一般架构

总之，这三种波长（1310、1490 和 1550 nm）在同一条光纤上同时向各个方向传输不同的信息。馈线光缆 F1 在 CO 和分光器之间传输光信号，这样就可以在同一条馈线上连接多个 ONT。每个用户都需要一个 ONT，为不同服务（语音、数据和视频）提供连接。由于一个 OLT 可为最多 32 个用户提供服务（如果使用 GPON，则可为超过 64 个用户提供服务），所以通常需要许多始于同一个 CO 的 OLT 来向社区用户提供服务。可使用不同的架构将用户与 PON 相连。最简单的是使用单级分光器（见图 1-2），但也可以使用多个分光器（见图 1-3）。

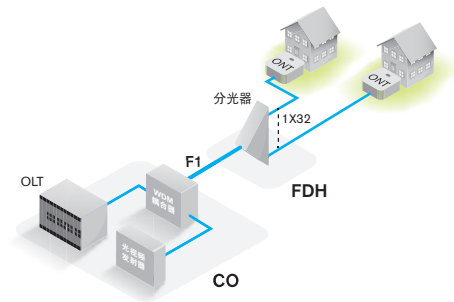


图 1-2. 具有单级分光器的网络架构

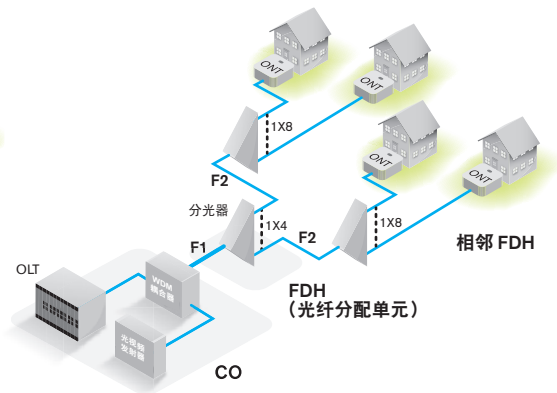


图 1-3. 具有双级分光器的网络架构

1.2 无源光分配网设备

无源光分配网（ODN）设备由 OLT（有源）和客户驻地（ONT；有源）之间的设备和元件组成，包括网络的光学和非光学元件。各种光学元件构成了光分配网（ODN），这些元件包括熔接（熔融和机械熔接）、连接器、分光器、WDM 耦合器、光缆、尾纤以及带引入光缆的引入终端。非光学元件包括支架、交接箱、配线架、熔接盒及其它硬件（见图 1-4）。

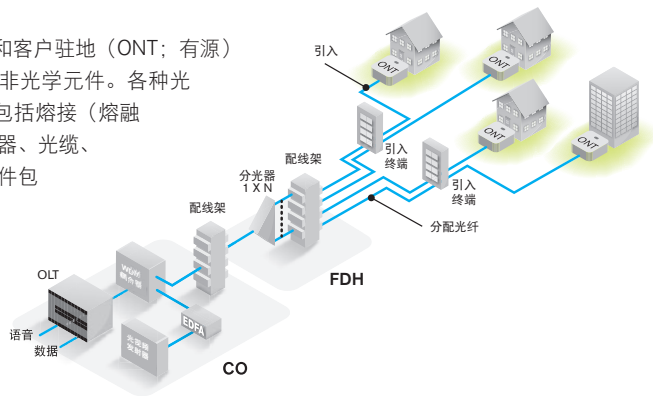


图 1-4. 无源 ODN 设备

光纤

光缆安装是 PON 部署中成本最高的因素之一。选择何种方法取决于包括成本、通行权、本地法规、美观等在内的各种因素，以及安装是在新环境中进行（绿地安装）还是在已有线路的现有环境中进行（叠加 / 覆建）。有以下三种基本的光缆安装方法：

- › 直接埋设法——将光缆埋于地下，光缆与土壤直接接触。通过挖沟、开槽或钻孔来进行敷设。
- › 管道安装法——将光缆置于地下管道网络内。虽然管道安装的最初成本要高于直接埋设安装，但使用管道可以更方便地增加或减少光缆。
- › 架空安装法——将光缆架设在高出地面的电杆或塔架上。这种类型的安装一般用于覆建，它通常比地下安装更为经济，并且不需要重型机械。光缆可以系在支撑吊线缆上，也可以使用自支撑光缆。

对于人口稠密、尤其是通行权受到挑战的地区，有几种替代方法。例如，可将光缆安装在人行道上开出的槽中，或安装在排水管、下水道以及天然气管道中。

分光器

点对多点 (P2MP) PON 中使用的双向光学分路设备被称为**光功率分光器**或简称**分光器**，它具有一个输入端口（来自 F1 端口）和多个输出端口。分光器是无源设备，因为它们除了入射光束外，不需要其它外部能源。它们是宽带并且只会增加损耗，这主要是因为它们分割输入（下行）功率。这种损耗也被称为**分光器损耗**或**分流比**，通常用 dB 来表示，其大小主要取决于输出端口的数量（如表 3 所示）。输入（下行）光信号以级联或分支方式等分；例如，1x2 分光器只有两个分支（每个分支分配 50% 的光）或者只有一个承担 3 dB 损耗的支路。在 1x4 分光器中，另外两个分支将添加到原先 1x2 分支的每个支路，这时会增加 3 dB 损耗，总损耗达到 6 dB。在 1x8 分光器中，另外两个分支或 1x2 支路将添加到原先 1x4 分支的每个支路，这时又会增加 3 dB 损耗，总损耗达到 9 dB。1x16 分光器会承受 12 dB 的损耗，而 1x32 分光器的损耗最少为 15 dB，因此不考虑连接或缺陷导致的其它任何损耗（通常在原始分光损耗的基础上再加上 1 dB），1x32 分光器的损耗通常为 16 dB。

PON 使用连接到 F2 的输出端口的相等部分，这样，多个用户就可以共享一条光纤，继而共享一个带宽。在上行方向，来自许多 ONT 的光信号被合并到一条光纤（F1）上。

应注意，与人们的预期相反，即使是对于上行方向的光传输，分光器也会增加几乎相同的损耗。

表 3. 分光器损耗

端口数	分光器损耗 (dB) (不包括连接器和额外的 分光器损耗)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

取决于网络拓补，在 FTTx 网络中可能有一个分光器，也可能有多个级联的分光器。ITU-T 建议标准 G.984 目前允许的分流比高达 32，而建议标准 G.984.6 则将分流比扩大到 64。无论拓补如何，分光器必须适应所允许的光损耗预算。

取决于所采用的基本技术，可将分光器器包装成不同的形状和尺寸。最常用类型为平面波导（通常用于高分流比）和熔融拉锥机（FBT）光纤（通常用于低分流比）。制造这两种类型元件时，都使其便于安装在封闭盒式组件中。

图 1-5 和 1-6 显示了这两种技术。

PON 无源光学元件

分光器技术

平面波导

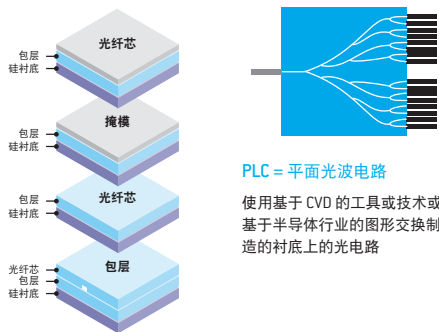
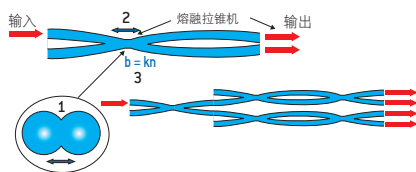


图 1-5. 平面波导分光器

PON 无源光学元件

分光器技术

熔融拉锥机 (FBT) 光纤



连接器

有三种不同类型的连接器：

1. 单工——连接器带一种接头类型的光纤
2. 双工——连接器带两种接头类型的光纤
3. 多光纤——连接器带超过两条光纤（最多 72 条）

目前在 FTTH 部署中，单工连接器的使用最广泛。图 1-7 显示的是最常见的单工连接器类型：

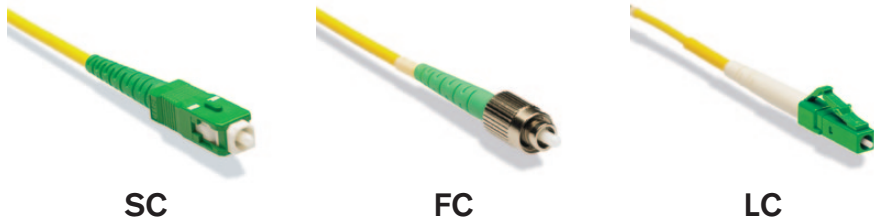


图 1-7. 单工连接器类型

另一种日益受欢迎的连接器是多芯光纤连接器（MT）。每个 MT 连接器可以支持 4-72 条光纤。在 PON 网中最常用的多芯光纤连接器是 MTP 型连接器。该连接器通常被重新包装，用于敷设更坚固耐用的光缆，专为应对在典型的 FTTH 部署中出现的严峻环境条件而设计。

然而，需要注意的是，目前在 FTTH 部署中最常见的连接器是成角度抛光连接器（APC），这主要是因为其插针呈 8 度斜角，可将反射减少超过 60 dB（典型损耗 ≤ 0.5 dB）。APC 连接器可轻松地通过其绿色加以识别（图 1-7）。

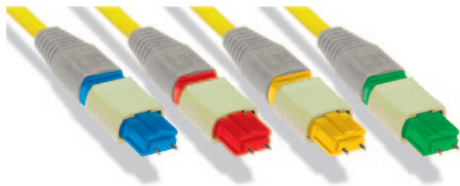


图 1-8. MTP 连接器（来源：US Conec）

熔接

熔接可以是机械的，也可以是熔融的，由熔接盒保护，以免直接与周围环境接触。机械熔接成本最低，但造成的插入损耗和背反射较高。而熔融熔接的损耗非常低（0.02 dB），并且几乎没有背反射。然而，熔融熔接通常需要价格昂贵的熔融设备和经过良好培训的技术人员。链路中的熔接数量取决于所用的光缆长度（典型长度 ≤ 2 km、4 km 和 6 km）。长度越短，越容易维护，但整个光缆组件需要更多的熔接，同时也更费时、耗费更高。与之相比，较长的光缆部署成本较低，但后续的维护难度和成本较高。

在不同类型的光纤被熔接，并采用基于反射仪（OTDR 或 iOLM）的方法进行测试时，因为光纤的模场直径不同，会出现较大的损耗或增益。比较好的例子便是将 G652D 光纤与 G657 光纤相熔接。

室内多住户单元设备

取决于要部署的多住户单元（MDU）的架构类型（见图 1-9 和 1-10），所用设备可以类似于在 OSP 部署中使用的设备或特别设计用于室内使用的设备（见图 1-9）。室内设备不容易受到严峻的环境条件影响，因此不需要和外线工程（OSP）设备一样坚固。以下元件通常出现在室内部署中：

光缆：

- › 馈线光缆构成 CO 和光纤分配单元（FDH）之间的光缆段，通常位于大楼的地下室。
- › 引上光缆构成 FDH 和光纤分配终端（FDT）之间的光缆段，通常位于大楼的每一层或储纤单元（FC）处。引上光缆可由分光器的每个端口的各条光纤或 MTP 光缆构成。

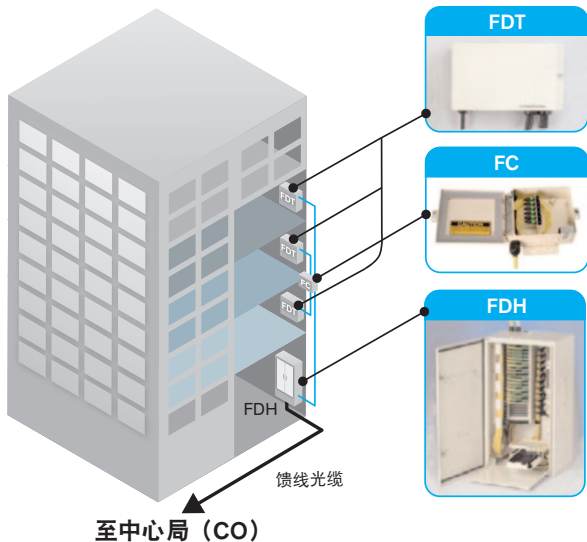


图 1-9. 高层 / 中层 MDU 设备

- › 引入光缆构成 FDT 和 ONT 之间的光缆段，通常位于公寓内。它通常由对微 / 宏弯不敏感的光纤组成。

光纤分配单元 (FDH) 包括:

- › 交接箱、熔接盒
- › 分光器
- › 配线架
- › 光纤管理设备

光纤分配终端 (FDT) :

- › FDT 位于每一楼层上，用作 FDH 和引入光缆之间的连接点；可以采用连接器或熔接。

储纤单元 (FC) :

- › FC 用作 FDH 和多个 FDT 之间的连接点（见图 1-9）。

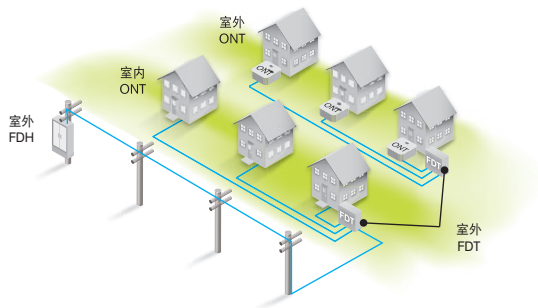


图 1-10. 水平 / 花园式 MDU

表 4. MDU 引上光缆部署方法（要点）

传统的熔接终端	预先端接的筒状元件
有利因素	有利因素
<ul style="list-style-type: none"> › 如果熔接工作完成得很到位，则网络设计会非常稳定 	<ul style="list-style-type: none"> › 对棕地情形更具吸引力
<ul style="list-style-type: none"> › 设计中的连接器更少，尤其在 FDH 配线架和 ONT 连接器的之间的中间点处；因此更不容易受污染或积尘的影响，特别是在构建完成之前 	<ul style="list-style-type: none"> › 在熔接的人力成本较高或难以找到熔接人员的情况下，这种方法很有吸引力
<ul style="list-style-type: none"> › 降低了元件成本 	<ul style="list-style-type: none"> › 提高了项目部署速度（熔接时间减少） › 降低了项目的人工成本（熔接费用减少） › 允许在 FDH 配线架和 ONT 处的连接器之间有额外的测试连接点
不利因素	不利因素
<ul style="list-style-type: none"> › 对于特定项目，如果熔接成本较高，或很难找到熔接人员时，该方法可能会存在问题 	<ul style="list-style-type: none"> › FDH 配线架处有很多连接器，而且在设计中也有很多连接器，因此会导致积尘，尤其是在构建完成之前
<ul style="list-style-type: none"> › 无法在 FDH 配线架和 ONT 连接器之间提供中间测试接入点 	<ul style="list-style-type: none"> › 提高了元件成本
总体评估	总体评估
<ul style="list-style-type: none"> › 实际方法：通常由承包商承担熔接工作以及在非硬化交接箱中放置连接器，尤其是在构建未完成之前，这样可能会使连接器受到污染，并在某些地方需要大量的清洁工作或重新连接连接器的的工作 	<ul style="list-style-type: none"> › 这种方法必须证明其存在价值。厂商正在为此努力，而客户也很期待。受访问者的思维很开阔，其中的一些人表示，该方法必须节省 >20-30% 的费用，才能证明这类元件物有所值。

2

影响网络性能的主要物理参数



2. 影响网络性能的主要物理参数

任何光纤网络的目的是进行高速、无差错数据传输。在网络部署的各个阶段进行充分的测试可以及早地发现脏污或损坏的连接器、有问题的熔接以及其它有故障的元件，尽可能避免造成服务中断，从而确保产品满足规范要求，并最大限度地减少费用高昂且相当耗时的故障诊断工作。

确保正常传输的最重要因素之一是控制网络中的功率损耗，使之符合 ITU-T 建议和标准中规定的链路损耗预算。要做到这一点，首先需要建立总的端到端损耗预算，并留出足够的余量。此外，必须将背反射降到最低。尤其是对于来自超窄频激光器的高功率模拟 RF 视频信号（波长通常为 1550 nm），更需要这样，因为强背反射会降低视频传输的质量。本节将讨论对网络性能造成显著影响的主要参数。

2.1 损耗预算

设计光纤网络时需要完成的首要任务之一是估算可接受的损耗预算，以便开发出满足应用要求的产品。为充分鉴定损耗预算，通常需要考虑下列关键参数：

- › 发射器：发射功率、温度和老化情况
- › 光纤连接：分光器、连接器和熔接
- › 光缆：光纤损耗和温度影响
- › 接收器：探测器灵敏度
- › 其它：安全裕度和修理

当以上任何一个变量未能满足规定时，网络性能可能会受到极大影响，更严重的是光纤的性能下降甚至可能会引起网络故障。

损耗预算因所部署的 PON 类型而有所不同。例如，在 B 级 GPON 系统中（如表 5 所示），上行通道在 1.25 Gbit/s 时的最大损耗预算可达 32 dB（最小灵敏度与最大发射功率之间的偏差）。应注意，发射器的发射功率可能会发生变化。如果相同系统的发射功率为 -2 dBm，损耗预算则会变为 26 dB（最小灵敏度与最小发射功率之间的偏差）。

表 5. BPON/GPON ODN 级损耗预算

类型		BPON									GPON											
标准		ITU-T G.983 系列									ITU-T G.984.1											
光分配网级 (ODN)		B	A	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
		下行				上行				下行				上行								
标称比特率		156	622.08			1244.16			156	622.08			1244.16		2488.32		155.52		622.08		1244.16	
$\langle P_{\text{launch}} \rangle_{\text{Min}}$	dBm	-4	-7	-2	-4	+1	-4	-6	-1	-4	+1	0	+5	-6	-4	-6	-1	-3	-2			
$\langle P_{\text{launch}} \rangle_{\text{Max}}$	dBm	+2	-1	+4	+1	+6	+2	-1	+4	+1	+6	+4	+9	0	+2	-1	+4	+2	+3			
最小灵敏度	dBm	-30	-28	-28	-25	-25	-30	-27	-27	-25	-25	-21	-21	-27	-30	-27	-27	-24	-28			

典型总损耗预算的计算示例如下所示：

- › 分光器损耗（1:4、1:8、1:16、1:32）
通常占系统内损耗的绝大部分：1:32 分光器的损耗通常为 16 dB。
- › 插入损耗通常为每个 WDM 耦合器 0.7-1.0 dB，通常用于将视频信号（1550 nm）与数据及语音信号（1310/1490 nm）合并起来。
- › 从 OLT 到 ONT 的整个链路的连接器和熔接损耗通常约为 2.0 到 3.0 dB。
- › 光纤损耗等于衰减与距离的乘积。最大距离受最坏衰减波长（1310 nm 的衰减约为 0.33 dB/km）下的损耗预算限制。最大长度范围通常从 4 到 20 km。

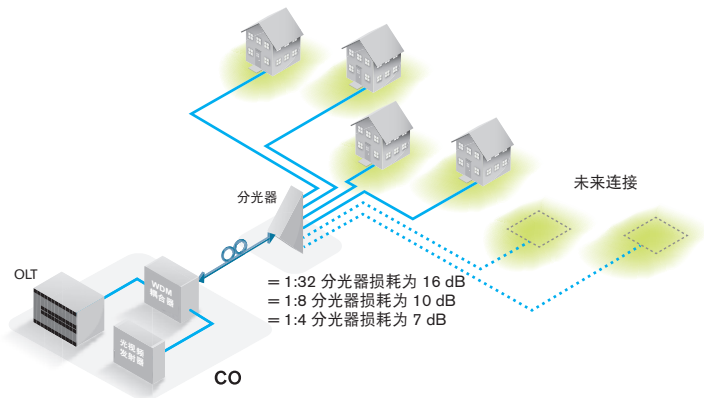


图 2-1. 总损耗预算计算

损耗预算计算是在部署任何网络之前要做的首要工作之一，同时也是必须要完成的任务，以便确保所选的系统级别能够适应将要部署的拓扑。例如，如果系统设计包括表 6 中所列的元件，且发射器在 1310 nm 时的发射功率是 -4 dBm，而检测器灵敏度为 -28 dBm，则 24 dB 的损耗预算会影响系统在 1310 nm（上行）时的性能。

表 6. 预算损耗计算示例

	典型损耗 (dB)	数量 / 长度	总损耗 (dB)
分光器 (1:32)	~ 16 - 17	1	17
WDM 耦合器 (1:2)	~ 0.7 - 1.0	1	1
熔接 (熔融)	~ 0.02 - 0.05	4	0.2
连接器 (APC)	~ 0.2	2	0.4
光纤 G.652C			
1310 nm	~ 0.35/km	18.2 km	6.4
1490 nm	~ 0.27/km		4.9
1550 nm	~ 0.20/km		3.6
总损耗预算			
1310 nm			25.0
1490 nm			23.5
1550 nm			22.2

因此，在网络部署期间测得的总损耗不应超过系统设计允许的总损耗预算。此外，还应留有足够的余量，以应对系统生命周期内可能会出现损耗波动。

2.2 哪些因素会影响损耗预算？

如前文所述，ODN 由多个元件构成，这些元件均会增加系统的总损耗。理论上，考虑每个元件的插入损耗（如光纤衰减）应足以确保系统在部署后满足损耗预算要求。然而，事实情况并非始终如此。下文将着重探讨在现场部署这些元件后，最终会影响其插入损耗或光回损的现象。

插入损耗 (IL) 指在光纤链路中插入连接器对 (或无源元件) 时导致的衰减增加。在每点都会损失一定数量的信号。

光回损 (ORL) 指正向光功率与反射光功率之比。当光射入连接器、多路复用器等光纤元件或光纤本身时，一些能量会被传输，一些会被吸收而另一些会被反射。返回的所有光 (如反射光) 被称作 *ORL* 。

有两种基本的效应会引发 ORL：第一种是瑞利 (Rayleigh) 散射效应；具体而言，一部分光会返回光源，称作*背向散射*。第二种是菲涅耳 (Fresnel) 反射效应，指光穿过反射系数不同的物质时，一小部分会被反射回去。

瑞利散射包括因光纤存在杂质导致光散射后出现的反射，是光纤的固有特性；光与光纤密度的变化相互影响。物质密度和成份的变化会引发散射，并引起光纤折射率变化。这会导致部分光从波导逃逸。当缺陷的大小小于入射光波长的十分之一时，被反射的光也被称为*散射*，而*背散射*指在光纤内被捕获，和沿着反方向传输的那部分光。

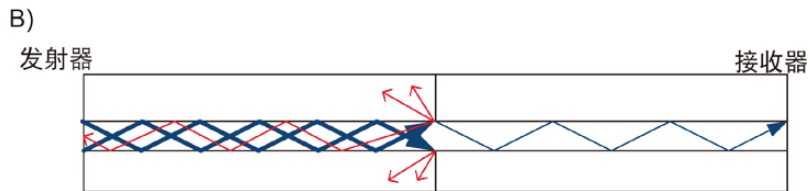
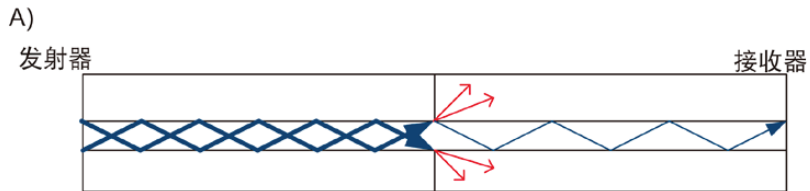


图 2-2. A) 插入损耗 B) 光回损

连接不正确

要想让系统正常运行，各个网元必须互连。目前使用的将两个光学元件连接起来的主要方法有两种：

- › 连接器
- › 熔接

连接器脏污或损坏

连接器是关键元件，用于将所有网元互连在一起，因此，维持连接器的状态良好，对于确保所有设备均以最佳性能运行以及避免网络出现灾难性故障至关重要。

由于大多数连接器内使用的单模光纤的芯很小，直径通常为 9 至 10 μm ，所以一粒灰尘或烟尘即可阻塞相当大的传输面积，并大大增加损耗。

受损或脏污的连接器的可能后果：

- › 错误的测试结果
- › 不良传输（IL 或 ORL 较高）
- › 在高功率传输时对链路造成永久性损坏

连接器会以各种方式被损坏：

- › 连接器端面被污物污染（灰尘、异丙醇、手油、矿物油、折射率匹配凝胶、树脂、油基黑墨和石膏）
- › 成角度抛光连接器（APC）与超抛光连接器（UPC）连接
- › 连接器端面受到物理损坏

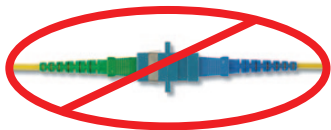


图 2-3. UPC 连接器与 APC 连接器相连

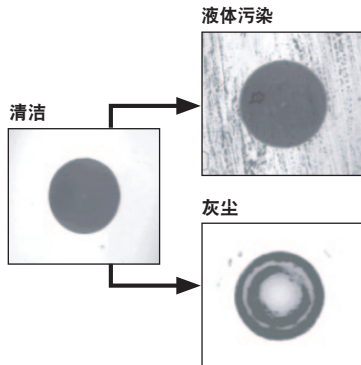


图 2-4. 被污物污染的连接端面示例

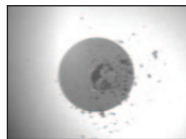


图 2-5. 碎裂的连接端

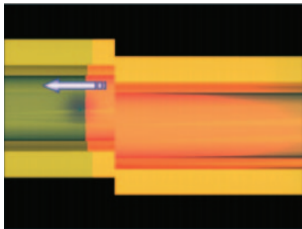
熔接不正确

光纤芯不够对齐是在使用熔接连接两条光纤时出现连接损耗的主要原因。另一个造成连接损耗的主要原因是两条光纤具有不同的光学性质。如果被熔接光纤的芯或包层的直径不同，连接损耗可能会增加；这被称为**光纤芯不匹配**。

- › 光纤芯不对齐——损耗增加
- › 光纤芯不匹配——增益增加

有关熔接鉴定的更多详情，请参考 OTDR 和 iOLM 部分。

光纤芯不对齐



光纤芯不匹配

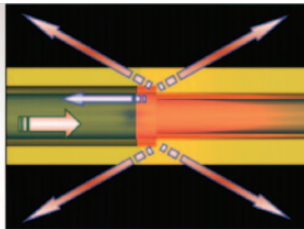


图 2-6. 熔接光纤可能出现的问题

影响

不良连接通常会增加 ODN 内的设备 / 元件（如分光器）的插入损耗，从而增加总损耗预算。如果 ODN 内的不良连接数量过多，或某个连接造成的损耗过大，可能会无法满足总损耗预算要求，从而导致网络无法正常运行，不能提供应提供的服务。

不良连接（如 UPC 连接器与 APC 连接器相连）可能导致的另一个影响是增加总 ORL。在以往的测试中，并没有考虑此参数。目前，在传输模拟视频的 PON 网内，强烈建议测量从 CO 到 ONT 的 ORL，以便在存在模拟视频信号时，实现无重影传输。总之，较高的 ORL 会对网络造成以下影响：

- › 激光输出功率出现强烈波动
- › 可能对 OLT 造成永久性损坏
- › 增加数字系统的误码率（BER）
- › 导致模拟视频信号失真

宏弯

如词义所示，宏弯指光纤中出现的弯曲；其半径为几厘米。宏弯会局部减少模限制，从而导致辐射损耗。此外，人们广泛认为，因为在包层中，模态分布更广，功率更大，宏弯导致的衰减会随着波长增加。



图 2-7. 使用 VFL 检测宏弯

大多数时候，宏弯出现在配线箱等光纤整理单元内或配线架处（或附近），由光缆处理不当或环境造成的机械应力所导致。在许多光纤通信系统中，宏弯会不时增加链路损耗，使其超出系统的损耗预算。由于大批量更换发射器和接收器不划算，因此当地维护人员需要定位并修复宏弯。

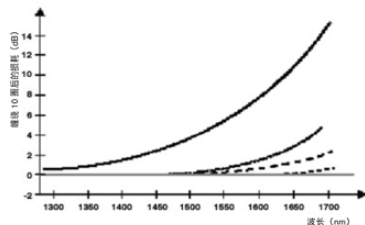


图 2-8. 多种类型的光纤在绕棒上缠绕 10 圈后会
造成图示的损耗曲线

3

测试步骤——构建阶段



3. 测试步骤——构建阶段

在完成设计后，网络的生命周期通常包括三个主要阶段：构建、激活和维护。

下文将重点讨论为实现 FTTH 应用，在 PON 生命周期内，应考虑的主要测试因素。

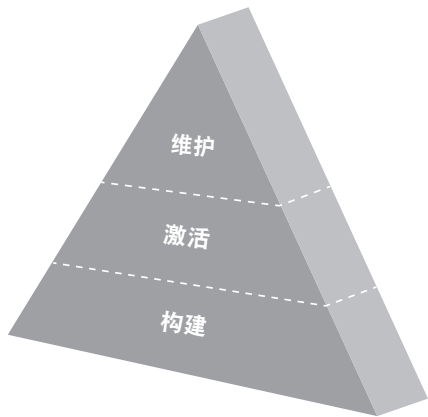


图 3-1. FTTH 测试金字塔

金字塔的底部（图 3-1）显示的是 FTTH 部署过程最主要的阶段，即构建阶段。在该阶段完成准备交付住宅前需要完成的大部分工作；即通常将光纤连接到光纤分配板处。在某些情况下，光纤安装承包商会负责光纤在这部分（即 FDH）的安装以及后续的维护。

正确安装 FTTH 是实现易于维护的宽带网络和高投资回报的最重要一步。在构建 / 安装阶段进行正确的测试，可以及早地发现问题的熔接、脏污或损坏的连接器以及其它有故障的元件，尽可能避免造成服务中断，从而最大限度地减少费用高昂且相当耗时的故障诊断工作。在构建阶段进行测试的部分主要原因包括：

- 鉴定网络或（ODN）的外线工程部分，并将结果记录在案，以便将来参考
- 确保网络满足传输系统要求（标准）
- 避免在系统开通后，出现延误或费用高昂的维修工作

表 7. FTTH 测试摘要表——构建阶段

	测试类型	为何要进行测试?	测试参数	测试装置	测试考虑事项
构建	服务中断测试	<ul style="list-style-type: none"> › 鉴定网络的外线工程部分，包括每个元件 › 确保安装满足传输系统要求 › 避免在系统开通后，出现延误或费用高昂的维修工作 › 使网络满足未来出现的新标准 	<ul style="list-style-type: none"> › 光纤 › 连接器和插针的清洁度 › 每个元件的光损耗或插入损耗 (IL) › 与光损耗预算相对比的总端到端损耗 › 光纤布线图 (记录) › 光回损 (ORL) 测量，特别是用于 RF/ 模拟视频 	<ul style="list-style-type: none"> › OLTS › OTDR 或 iOLM › 光纤端面检测器 › 清洁套装 	<ul style="list-style-type: none"> › 使用 OLTS 在不同波长 (1310、1490、1550 nm) 测试双向 IL 和 ORL › P2MP 测试自动化 › 记录使用 1310/1550 和 1625 nm，从 ONT 到 OLT 测试的 OTDR 曲线 (报告) › 数据存储 › 测试总链路或段 › 人员的体验

如表 7 所示，正确维护连接器并处理光纤是使网络不容易出现问题的重要工作。另一个重要部分是端到端光纤布线图 / 记录，可确保在网络开通并开始运行后，在尽可能短的时间内排除因网络问题导致的服务中断故障。

3.1 连接器维护

如上所述，连接器是关键元件，用于将所有网元互连在一起；如果不能按照要求进行检测并清洁，可能会导致网络故障。从长远来看，知道何地、何时及如何完成这些任务，可以节省宝贵的时间和资金。

何地检测 / 清洁

下列项目应始终包括在检测 / 清洁任务清单内：

- › 配线架（如分光器交接箱）
- › 测试跳线
- › 光缆连接器



图 3-2. 配线架检测

何时清洁

光纤测试的第一步是连接器检测，这一步骤适用于所有测试阶段——构建、激活和维护。**只有在完成检测，证明连接器脏污的情况下，才能进行清洁。**

查找的问题

在检测连接器插针时，可能会遇到两种问题：端面损坏或端面脏污。

连接器端面的物理损坏通常是永久性的，在多数情况下，需要更换连接器，除非端面损坏不严重。为了判断损坏是否严重，比较好的做法是丢弃或更换掉任何在光纤芯附近有划痕或有划痕横穿光纤芯的连接器（见图 3-3a），因为这些划痕会导致高损耗并影响连接器性能。在出现物理损坏的情况下，包括包层碎裂（见图 3-3b）、连接器磨损和 / 或包层上有环氧树脂残留，必须更换连接器。

在没有污物的理想情况下，连接器端面会一直保持清洁，不需要彻底维护。然而，现实却并非如此，而是存在许多光纤连接器污物。

例如，单模光纤芯上直径为 1 微米的灰尘颗粒最多会阻碍 1% (0.05 dB 损耗) 的光线，可以想象直径为 9 微米的灰尘颗粒会造成什么后果。另一个需要使连接器端面远离污染的重要原因是高功率元件对连接器端面的影响——目前有些电信元件能够产生功率最高为 +30 dBm (1W) 的信号，在使用端面脏污或损坏的连接器的会导致严重后果（如光纤熔断）。

灰尘、异丙醇、手油、矿物油、折射率匹配胶、环氧树脂、油基黑墨和石膏都是能够影响连接器端面的污物。有些污物单独出现，有些相互混合。需要注意的是虽然每种污物看起来不一样，但无论外观如何，需要检测的最主要区域是光纤芯和包层，因为这些地方出现的污染会严重影响信号质量。图 3-4 显示了光纤端面检测器检测到的不同连接器端面。

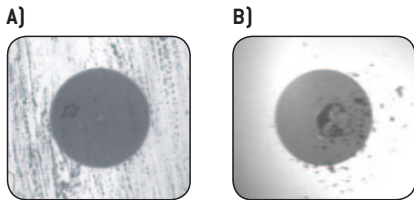


图 3-3. a) 光纤芯处出现划痕
b) 包层碎裂

避免连接器端面被损坏或污染比较好的做法是给不用的连接器套上保护帽，这凸显了在密封容器内保存未使用过的保护帽来防止污染的重要性。往插针上插入保护帽时，切勿一直插进去，因为保护帽下部可能会有小的灰尘颗粒堆积，如果被污染的保护帽下部同连接器端面接触，会污染连接器端面。请注意，防尘帽制造过程中的除气作用会造成帽内有脱模剂或材料残留。因此，防尘帽并不能保证连接器端面一定会保持清洁，它只不过是能防止连接器端面被损坏的保护设备。此外，还需要注意的是，全新的测试跳线和连接器在密封于袋中之前并非总是清洁，因此也可能出现脏污。幸运的是，使用正确的清洁工具和步骤可以有效地清洁被污染的连接器的。

注意：新出厂的跳线和光缆也应进行检测，以确保清洁度。

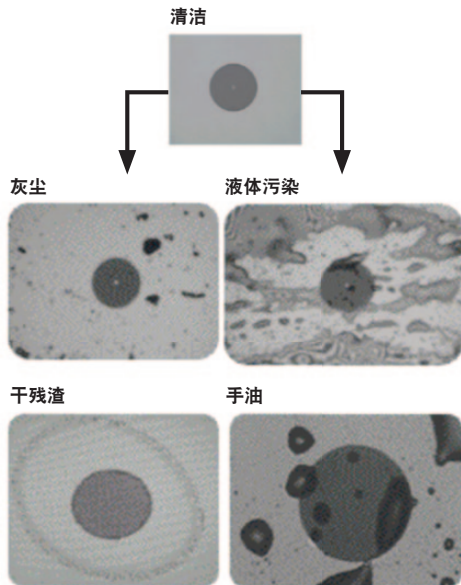


图 3-4. 清洁的连接器的端面 VS 被不同污物污染的端面

如何检测连接器？

由于光纤芯和包层是光纤的两个主要部分，使它们处于良好的状态非常重要，以便将两个连接器插针啮合时出现的损耗降到最低。为了正确地维护连接器，必须先目测连接器的端面。单模光纤芯的直径小于 10 微米，这意味着如果没有合适的检测工具，则无法判断插针是否清洁，因此拥有合适的工具至关重要。

要正确检测连接器端面，建议使用针对光纤连接器端面特别设计的显微镜。市场上有多种检测工具，但主要分为两类，即光纤端面检测器（也称为“视频光纤放大镜”）和光学显微镜。出于安全原因，本文推荐的工具是光纤端面检测器。下表列出了该工具的主要特点。



表 8. 光纤端面检测器——主要特点

检测工具	主要特点
光纤端面检测器	<ul style="list-style-type: none">› 在外接显示屏、PC 或测试设备上显示图像› 保护眼睛，避免同正传输的信号直接接触› 可采集图像用于报告文档› 方便在狭窄的配线架内使用› 是检测尾纤、配线架和多芯光纤连接器（如 MTP）的理想之选› 有不同放大率可选（100x/200x/400x）› 有适配插头，适用于现有的各种连接器› 具备自动分析功能

为了消除主观性,并确保供应商和安装人员之间的验收水平保持一致,强烈建议使用高放大率的光纤端面检测器(如 EXFO 的 FIP-400)和自动分析软件(ConnectorMax)。

FTTH 网通常使用 SC/UPC 或 SC/APC 连接器,因此在使用自动分析软件时,必须按下表选择正确的标准:

表 9. 连接器类型和相关标准

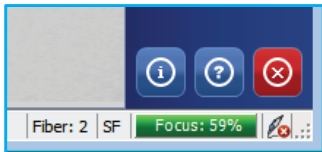
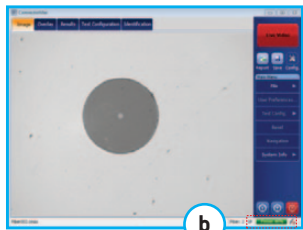
连接器类型	分析标准
SC/UPC插入式或内孔式连接器	IEC-61300-3-35单模单纤芯UPC连接器 (ORL ≥ 45 dB)
	
SC/APC插入式或内孔式连接器	IEC-61300-3-35单模单纤芯APC连接器
	

逐步检测说明

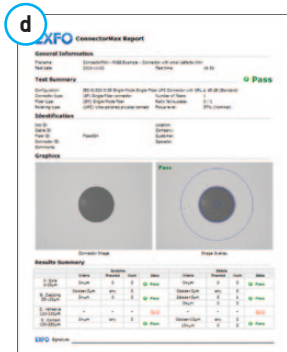
要正确检测连接器，需按以下步骤操作：

a. 将光纤端面检测器和被检测连接器连接起来，然后选择相应的 IEC 标准（见 39 页上的表 9）。

b. 将放大率调整到 400x。



- c. 按“采集”键，开始分析。
- d. 显示结果。
- e. 根据分析结果清洁或更换连接器。
- f. 保存分析报告。



如果用户不能使用自动的分析软件（如 ConnectorMax），可使用光纤端面检测器（FIP-400）和标准显示器（如 FIP-400-D 显示器）进行人工 / 目视检测，以确定连接器是否状态良好。然而，在使用这种方法时，技术人员必须参考严格的分析标准，且不能允许光纤芯或包层有缺陷，以确保网络运行正常。当然，要求严格也可能导致剔除一些本可保留的连接器。根据推荐的标准，在剔除任何连接器前，应至少尝试清洁一次。

以下是 IEC-61300-3-35 标准推荐的检测流程图：

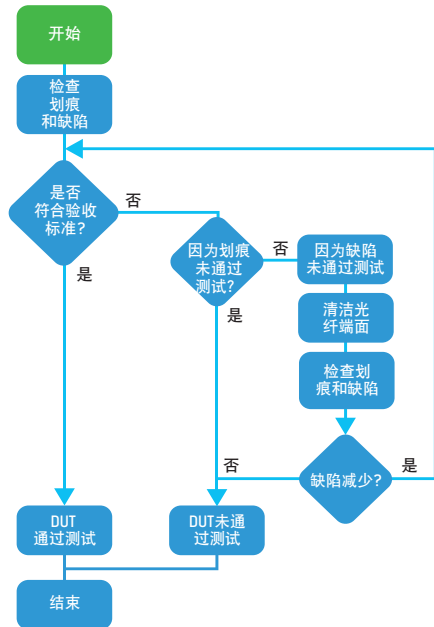



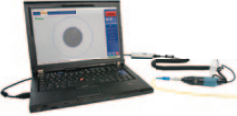


图 3-5. 检测流程图

良好的连接器维护方法

- › 在配线架中执行测试时，仅能打开与被测光纤相对应的端口 —— 完成测试后，应立即更换保护帽。
- › 未使用的保护帽应用小塑料袋包住。
- › 连接器的预期寿命通常额定为 500 次适配。
- › 最多在 500 次适配后，更换与测试仪器一起使用的测试跳线（请参见 EIA-455-21A）。
- › 如果在 OTDR 测试中使用了引纤，切勿在 OTDR 和引纤或在引纤与配线架之间使用测试跳线。应在 500 次适配后更换引纤或将其返回给制造商重新抛光。
- › 切勿让未适配的连接器接触任何表面，除了进行清洁外，任何时候都不能接触连接器的插针。
- › 在 PON 应用中，在清洁后或在适配前，应使用光纤放大镜清洁和检测每个连接器。
- › 每次使用测试设备时，也应检测并清洁其连接器（需要时）。

表 10. 光纤端面检测器——配置

图像	描述	部件号	推荐的清洁方法
	<p>FIP-400 手持式独立套件。这种基本解决方案仅支持人工检测。</p> <p>没有分析或数据存储功能。</p>	<p>FIP-400-SINGLE-D 或 FIP-400-DUAL-D</p>	<p>干法清洁</p>
	<p>在 EXFO 的 FOT-930 OLTS 或 AXS-110 OTDR 上使用的 FIP-400 光纤端面检测器。</p> <p>这种基本解决方案仅支持人工检测。</p> <p>没有分析或数据存储功能。</p>	<p>FP4S 或 FP4D 选件</p>	<p>干法清洁</p>
	<p>在 EXFO 便携式平台（如 FTB-1 或 FTB-200）上使用的 FIP-400 光纤端面检测器。</p> <p>在和 OTDR 一样的设备上现场提供自动分析、数据存储和报告生成功能。</p>	<p>FP4S 或 FP4D 选件 和 FPSA ConnectorMax</p>	<p>湿法清洁</p>
	<p>在 PC 或笔记本电脑上使用的 FIP-400 光纤端面检测器。</p> <p>提供自动分析、数据存储和报告生成功能。</p>	<p>IFIP-400-USB2-SINGLE 或 FIP-400-USB2-DUAL 和 FPSA-PC ConnectorMax</p>	<p>干法清洁</p>

光纤端面检测器配备不同的插头，以匹配 PON 部署中可能出现的各种类型的连接器：成角度抛光连接器（APC）和平面抛光连接器（PC 或 UPC）。

表 11. 常见的 FTTH 检测须知

图像	描述
	SC/UPC 内孔式检测插头 (用于配线架)
	SC/APC 内孔式检测插头 (用于配线架)
	SC/UPC 插入式检测插头 (用于测试跳线 /2.5 mm 插针)
	SC/APC 插入式检测插头 (用于测试跳线 /2.5 mm APC 插针)

图像	描述
	OptiTap™ 法兰盘适配器
	MT/APC 型 OptiTip™ 多光纤
	适用于 FIPT-400-OTIP-MT-APC 探头的插入式适配器接管

如欲了解更多有关连接器检测的须知，请参考 EXFO 的《连接器检测指南》——
<http://www.EXFO.com/Connector-Inspection-Guide>



连接器清洁附件

未通过端面检测的连接器必须使用合适的工具和清洁方法彻底清洁，以避免出现连接器损坏和网络故障。

进行充分清洁的主要步骤如下：

干法清洁

建议第一步使用机械清洁工具进行干法清洁。机械清洁工具可用于清洁带 2.5 mm 插针的连接器；也适用于清洁插入式（跳线）和内孔式（配线架）两端。如果在尝试进行两次干法清洁后，连接器上仍有污物，接下来可进行混合法清洁。



图 3-6. 机械清洁工具

混合法清洁

混合法清洁结合干法清洁和湿法清洁，需要使用溶剂。第一步是使用溶剂清洁连接器端面，然后用擦拭布或棉签将任何残留的溶剂擦干。

如果在使用混合法清洁后，连接器仍无法达到验收标准，可以考虑更换连接器。



图 3-7. QbE 干光纤擦拭布

清洁和检测套件

推荐的一体式检测和清洁套件配备齐全。以下列举了此类套件所包括的一些工具：

1. 光纤端面检测器
2. 带 3.5 英寸 TFT 屏幕的手持式显示器
3. 用于法兰盘和跳线的检测插头
4. Electro-Wash® MX 清洁笔
5. QbE™ 干光纤擦拭布
6. 用于 1.25 mm 连接器的机械清洁工具
7. 用于 2.5 mm 连接器的机械清洁工具
8. CLETOP® 插针清洁盒、蓝色带卷（B 型）或绿色
9. 防水工具箱



图 3-8. EXFO 的清洁工具

高级检测 / 验证套件

基本套件：

1. FTB-1 智能光纤端面检测和验证测试装置
2. 光纤端面检测器
3. 用于法兰盘和跳线的检测插头
4. Electro-Wash® MX 清洁笔
5. QbE™ 干光纤擦拭布
6. 1.25 mm 和 2.5 mm 清洁棉签
7. FTB-1 多用途包
8. ConnectorMax (可选)
9. 功率计 (可选)

豪华套件：

1. FTB-1 智能光纤端面检测和验证测试装置
2. 光纤端面检测器
3. 用于法兰盘和跳线的检测插头
4. Electro-Wash® MX 清洁笔
5. QbE™ 干光纤擦拭布
6. 用于 2.5 mm 连接器的机械清洁工具
7. 用于 1.25 mm 连接器的机械清洁工具
8. FTB-1 多用途包
9. ConnectorMax (可选)
10. 功率计 (可选)



图 3-9. 高级光纤检测套件 (TK-1-FIP-400)

表 12. 建议总结——用于连接器维护的测试工具

产品名称和补充产品			用途	主要特点	比较对象	优点	缺点
解决方案编号	主要产品解决方案	补充产品					
1	FIP-400-D-SINGLE 或 FIP-400-D-DUAL	无	连接器检测	<ul style="list-style-type: none"> 允许人工检测的基本解决方案 包括光纤端面检测器和手持式现场显示屏 	2	<ul style="list-style-type: none"> 易于现场携带 价格低廉的检测解决方案 	<ul style="list-style-type: none"> 没有自动分析功能 没有数据存储功能 要求技术人员非常了解连接器的维护
2	FIP-400- USB2-DUAL-FPSA 或 FIP-400- USB2-SINGLE-FPSA	需要额外的 PC	通过自动分析进行连接器检测	<ul style="list-style-type: none"> 完整的解决方案，可通过自动诊断 (ConnectorMax 软件) 进行检测 	1	<ul style="list-style-type: none"> 消除臆测 确保在整个公司内执行一致的验收标准 (基于 IEC/IPC) 帮助避免不必要的重返现场 允许建立工作档案 (数据存储) 	<ul style="list-style-type: none"> 需要额外的 PC (或用于现场应用的笔记本电脑) 在某些现场应用中可能难以操作
3	FP4S-FPSA 或 FP4D-FPSA	便携式平台: FTB-1 或 FTB-200 或 FTB-500	通过自动分析进行连接器检测	<ul style="list-style-type: none"> 完整的解决方案，可在针对现场设计的平台内，通过自动诊断 (ConnectorMax 软件) 进行检测 	1	<ul style="list-style-type: none"> 消除臆测 确保在整个公司内执行一致的验收标准 (基于 IEC/IPC) 帮助避免不必要的重返现场 允许建立工作档案 (数据存储) 可以其它测试需求 (如 OTDR) 相结合，构成一体式解决方案 	
					2	<ul style="list-style-type: none"> 与普通的笔记本电脑相比，平台更容易现场携带 可以其它测试需求 (如 OTDR) 相结合，构成一体式解决方案 	

3.2 鉴定插入损耗和光回损

在此步骤中，必须测量 ODN 网元的损耗和光纤衰减以确保符合供应商规范（以及损耗预算；详情请参考第 2.1 节）。首先，建议测试 / 鉴定连接 OLT（中心局）和分光器的每条光纤（在熔接或连接前）。ODN 的这部分通常称为 F1。从分光器至 ONT 的每条光纤也应进行测试（同样在熔接或连接前）。ODN 的这部分通常称为 F2。

在构建期间，有多种方法可以鉴定 ODN，并可以使用多种测试方法来测量 IL 和 ORL 等关键参数。例如，与采用连接器的 ODN 相比，采用熔接的网络只能提供有限的测试点进行测试。

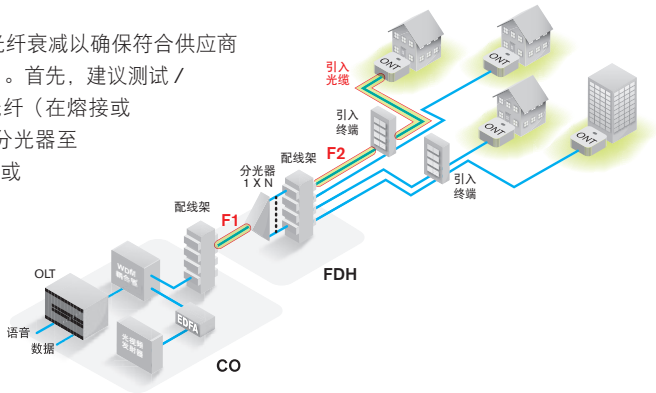


图 3-10. FTTH ODN 中的光纤段

图 3-11 显示了采用熔接的 ODN 的不同配置。在 A 场景中，可将光纤一路部署到用户驻地，并在熔接所有元件后开始鉴定。而在其它情况下，可能更适合采用另一种方法。

接下来讨论如何使用下列测量工具在构建阶段进行鉴定：

- › 光损耗测试装置 (OLTS)
- › 基于反射仪的解决方案：
 - › 传统的光时域反射仪 (OTDR)
 - › 智能光链路测试仪 (iOLM)

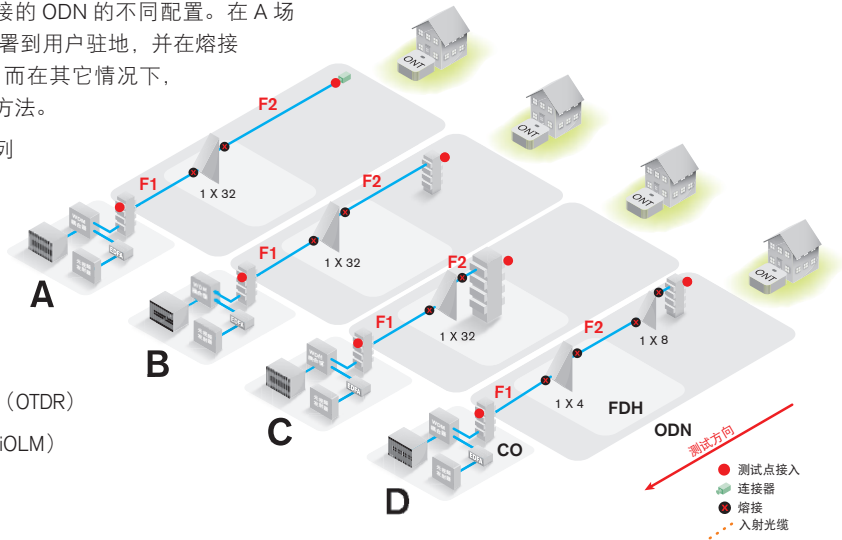


图 3-11. 采用熔接的 ODN 示例

3.3 工具和方法

OLTS 是一种自动化工具，可确定被测光纤段中损耗或衰减的总量。在光纤一端，稳定光源以特定波长发射出由连续光波形成的信号。在另一端，光功率计检测并测量该信号的功率级别。为获得精确的结果，必需对功率计进行较准，令其与引入信号具有相同的波长。总的来说，在发射端及接收端所测量的信号功率级别差异与被测光纤中的损耗相对应。与标准的 OTLS 相比，自动的 OTLS 带集成的光源和功率计（均为单端口），并具有 ORL 测量功能。

除了测量总的 IL 和 ORL 外，**OTDR** 还可以识别并精确定位光纤段中的个别事件，光纤段一般是由连接器和熔接相连接的那部分光纤构成。反射测试是由一个技术人员执行的单端测试。由于连接器、熔接、弯曲以及故障等因素，设备沿发生光散射的光纤段传输光脉冲信号。然后，OTDR 检测并分析由菲涅耳反射和瑞利背散射返回的那部分信号。OTDR 测试方法极为精确，但同时也非常复杂、耗时。

智能光链路测试仪（**iOLM**）是用于该应用的最新工具。该工具使用与 OTDR 相同的测试方法，但使整个测试过程自动化。它采用不同脉宽来全面鉴定 FTTH 网络的所有部分——每一部分都采用最佳的脉冲进行鉴定。然后，iOLM 将所有信息合并成一个全面的链路图；操作人员无需再像使用传统 OTDR 一样，人工比较不同脉冲测试的结果。除了识别各种链路元件，如熔接、分光器和连接器外，iOLM 还可提供链路的损耗和 ORL。它还可提供所识别元件的损耗和反射值。当得出特定事件或链路本身的“未通过”判断结果时，iOLM 可进行诊断，帮助操作人员解决问题。取决于网络的复杂程度，整个过程大概需要 30-60 秒的时间。

基于反射仪的测量技术是全面鉴定熔接损耗的唯一方法。为了确定熔接的真正损耗，必须使用双向分析方法，因为单向测量的结果往往会自相矛盾；也就是说，一个方向的测量结果可能会显示存在过多的损耗，而另一个方向的测量结果会显示存在增益。

在熔接两条模场直径不同的光纤时,会出现这种情况:如将 G.652 光纤和 G.657 光纤熔接起来。现场试验的分析表明,当熔接某个方向的绝对值超过某一特定值时,操作人员似乎越来越普遍地采用双向测试。测试技术经常会由 ODN 元件的连接方式决定,即采用熔接或连接器。采用熔接的网络与使用连接器的网络能够访问的测试点有所不同。

接下来将讨论可用来鉴定采用熔接和连接器的网络的 IL/ORL 的不同测试方法。

3.4 基于 OTDR 的技术

基于反射仪的测试方法和工具,如 OTDR 和 iOLM,可在构建阶段提供 IL/ORL 鉴定。此外,还可在链路中检测并定位下列问题:

- › 光纤与连接器未对齐
- › 光纤不匹配
- › 熔接损耗
- › 连接器损耗或反射高
- › 分光器支路损耗高
- › 光纤断裂
- › 光纤段衰减 (dB/km)
- › 宏弯

以下两种场景重点讨论传统的 OTDR 和智能光链路测试仪 (iOLM) 等高级的测试技术之间的区别, iOLM 是一种基于 OTDR 的革命性测试解决方案。

传统的 OTDR

图 3-12 显示的是可以连接 OTDR，以便进行鉴定采用熔接的 ODN 的测试点。

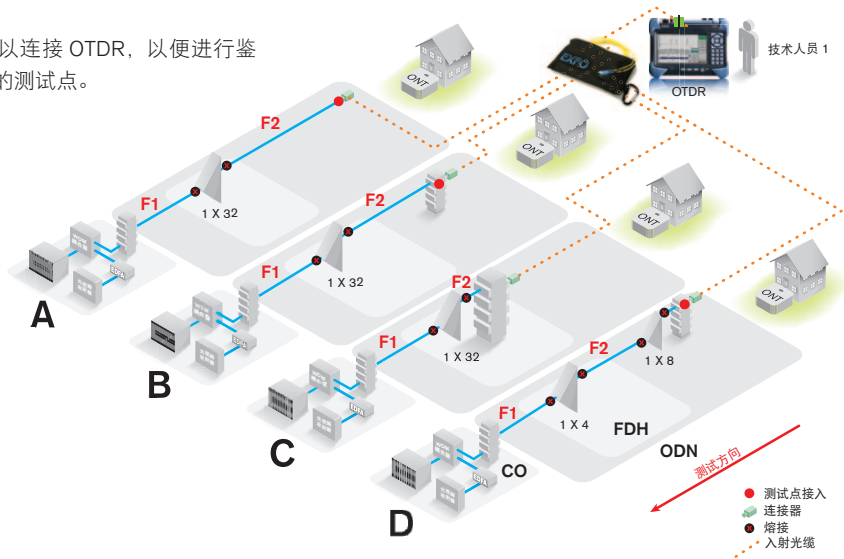


图 3-12. 使用 OTDR 鉴定采用熔接的 ODN

请注意，以下示例包括入射光缆（参考附录 A，了解入射和接收光纤使用详情）。

推荐的 OTDR 技术首先使用短脉宽来鉴定链路（引入光缆）的第一部分，直至分光器。短脉宽可实现高分辨率，以确保引入光纤上的前端连接器、引入点连接器 / 熔接或其它任何相距很近的事件满足事先规定的规范，且所有熔接在允许界限内。

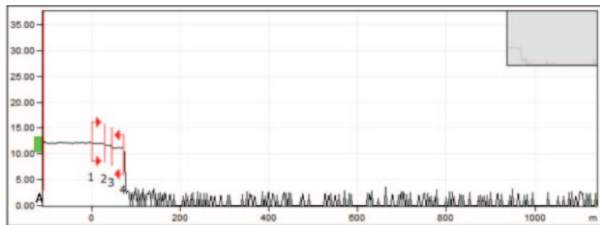
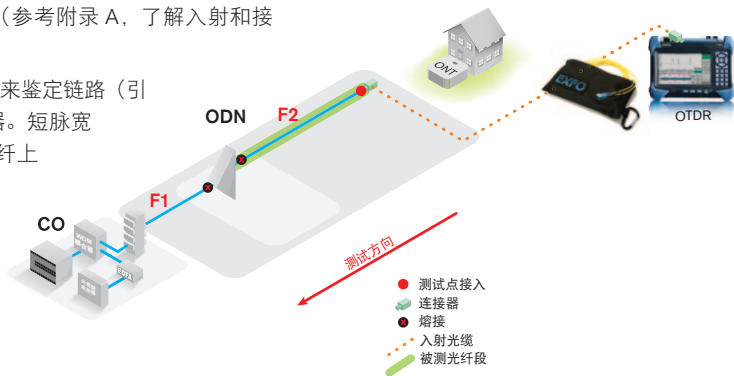


图 3-13. 使用短脉宽的 OTDR 曲线

使用 5 ns 至 10 ns 宽的脉冲，有经验的技术人员可验证第一个连接器并识别直至分光器的所有链路元件；使用短脉宽、可实现更高的分辨率并轻松精确定位有问题的连接器或熔接。

然后，使用中等脉宽开始第二次数据采集过程；从而在维持较好的分辨率的前提下提供更佳的动态范围。技术人员测量分光器处的损耗来验证是否在可接受的范围之内。

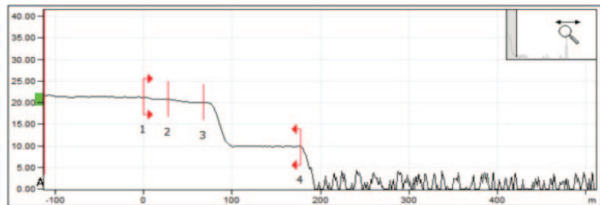
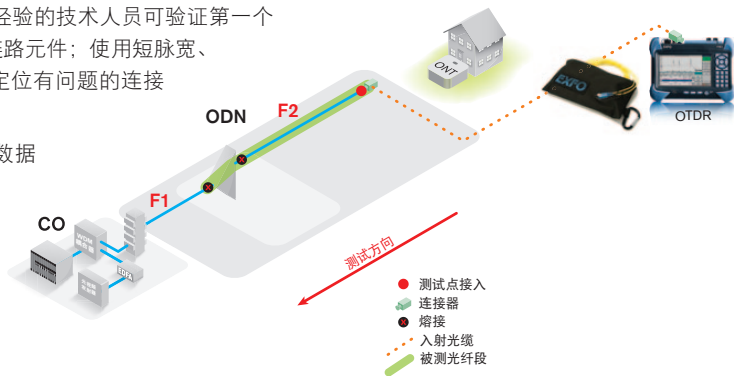


图 3-14. 使用中等脉宽的 OTDR 曲线

使用比第一次长的脉宽，有经验的技术人员可鉴定分光器区域（很可能是两个分光器之间的区域）。取决于测试结果，技术人员可能需要重复这一步，以便确定测量分光器损耗和 / 或端到端损耗的最佳脉宽。

最终，技术人员使用某一脉宽来完成测试，该脉宽的动态范围足以进行端到端损耗鉴定。较长的脉宽可提供所需的动态范围，但实现的分辨率较低；这也可能同较长的盲区有关，这种盲区无法识别在前端以及可能在分光器第一段上相距很近的事件。

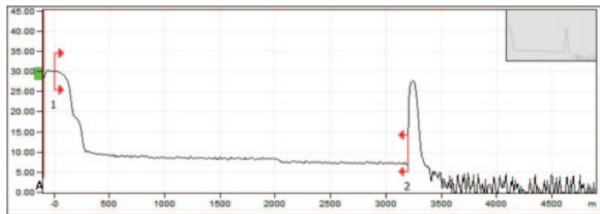
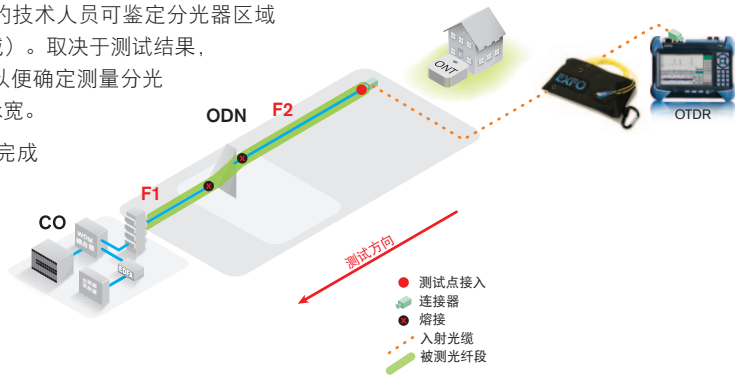


图 3-15. 使用长脉宽的 OTDR 曲线

该过程会得到 3-4 个 OTDR 曲线，需要将这些曲线合并起来。设定正确的脉宽来测试链路以及分析 OTDR 结果需要熟悉的 OTDR 技能。需要花费较多的时间来比较采用不同脉宽获得的测试结果，以便判断采用哪个脉宽为每个光纤段和事件提供最佳的测量结果。此外，如果最后必须提供一个报告，还需要花费更多的时间从不同的曲线中提取信息，然后将信息输入到定制的报告模板中。总体而言，取决于网络的复杂程度和技术人员的技能，整个过程可能需要 5-10 分钟的时间。

为了检测宏弯，甚至必须采用另一个波长（如 1310 nm 和 1550 nm）来重复该过程，从而比较每个事件在两个波长的损耗。为了全面鉴定整个 FTTH 网络，还必须分析从许多曲线中采集的信息。

图 3-16 总结了全面鉴定 ODN 所需的每个步骤。应注意的是，生成一个包括所有测试结果（3 个 OTDR 曲线和连接器信息）的报告，需要进行数据后期处理。

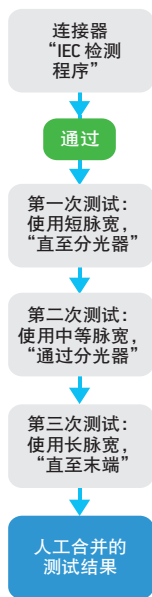


图 3-16. OTDR 鉴定过程

iOLM 工具

图 3-17 显示的是可以连接 iOLM，以便进行鉴定的测试点。

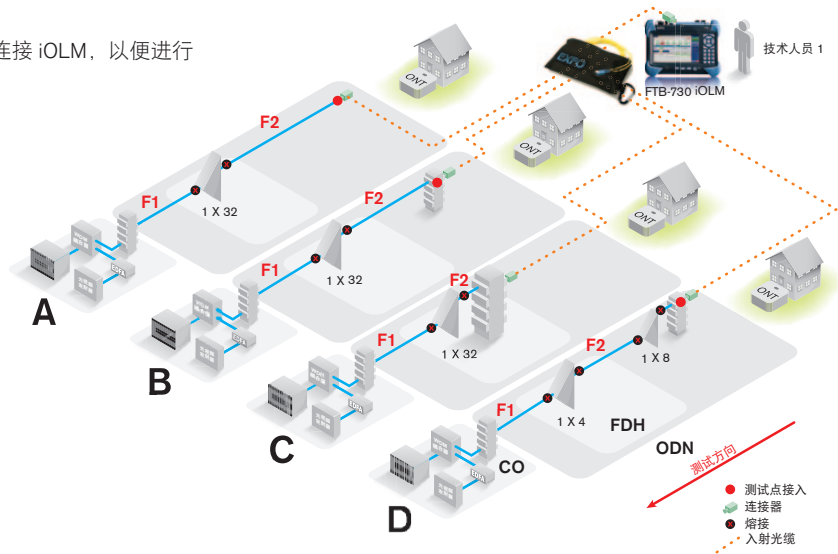


图 3-17. 使用 iOLM 鉴定采用熔接的 ODN

用户一旦根据被测光纤，选择合适的测试配置后，可开始测试。
请注意，一次测试会鉴定整条链路。

完成测试后，iOLM 会以链路图的形式显示结果；
链路图通过不同的象形图来表示各种元件，
帮助技术人员及时发现链路中的所有
元件。发现并改正问题变得非常
容易，因为即使是具有极少
光纤测试经验的初级技术
人员也能够和任何富有经验
的技术人员一样来进行测试，
而且所需的时间更短。iOLM 还可
以将所有的测试结果保存在单个全面的
报告中，该报告可轻松地传输到数据库。

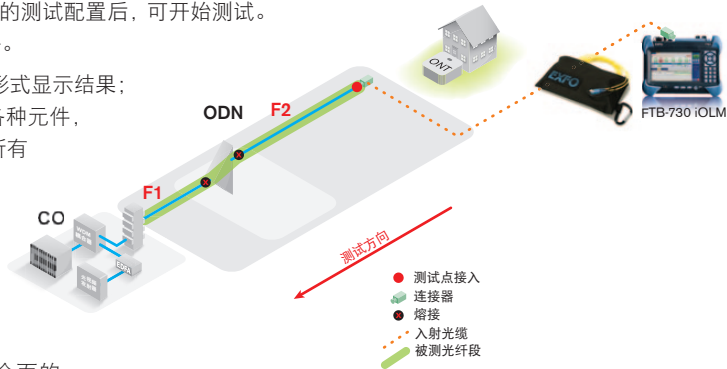


图 3-18. iOLM 测试

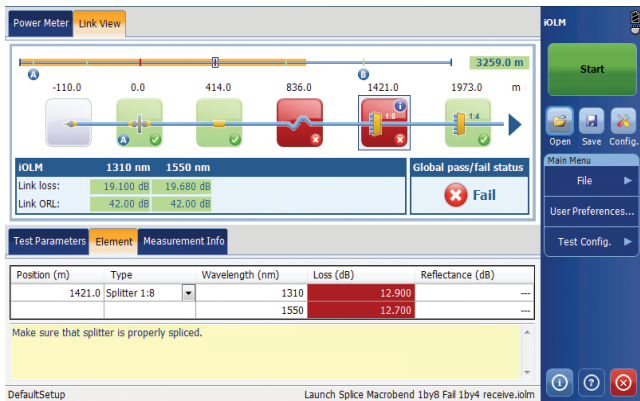


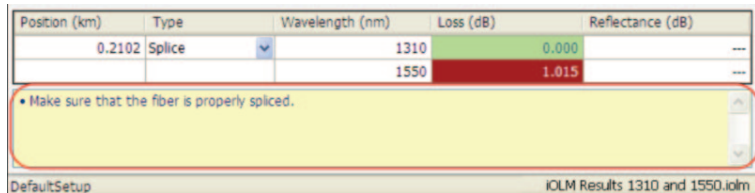
图 3-19. EXFO 的 iOLM 链路图

在 iOLM 提供的功能中，诊断非常重要，它用来在发现问题或测量结果不明确时，提供更多数据，发现链路元件故障的可能原因。

如图 3-20 所示，iOLM 可检测到不良熔接，并要求用户考虑是否重新熔接，以解决问题。

这种诊断功能为排除连接器故障、了解链路元件为何标记为通过、指示意外的仪器或测试状况等提供帮助。

在链路图中，带有相关诊断信息的链路元件用图标标记。



Position (km)	Type	Wavelength (nm)	Loss (dB)	Reflectance (dB)
0.2102	Splice	1310	0.000	---
		1550	1.015	---

• Make sure that the fiber is properly spliced.

DefaultSetup iOLM Results 1310 and 1550.iolm

图 3-20. EXFO 的 iOLM 诊断示例



图 3-21. iOLM 鉴定过程

图 3-21 总结了用 iOLM 全面鉴定 ODN 所需的步骤。需要注意的是，每个 iOLM 测试报告都包括有关每个链路元件的信息。

如上文所述，在使用 iOLM 时，经验较少的技术人员也能够像专家和经验丰富的技术人员一样进行测试，且测试速度更快。

表 13. 传统 OTDR 和 iOLM 的主要区别

特征	OTDR	iOLM
要求的技术人员数量	1	1
进行测试要求的技术水平	中级至高级	初级
鉴定 PON 网要求的数据采集次数	取决于链路复杂程度，平均为三次。每个波长每次的平均采集时间估计为 45 秒。	1（平均 45 秒；iOLM 自动进行多个采集过程）
每条光纤的平均测试时间	取决于链路的复杂程度和技术人员的技能，通常需要 6-15 分钟。	~45 秒至 1 分钟
链路物理布线图	是	是
是否显示链路图	传统的图形显示	带图标链路图
是否提供插入损耗	是	是
是否提供光回损	是	是
是否提供光纤长度	是	是
是否具有在线光纤测试端口	是	是
是否具有直插式光功率计	是	是
是否进行自动诊断	提供宏弯检测和通过 / 未通过状态	是，提供总体和单个通过 / 未通过状态，以及每个故障的诊断信息
是否从驻地（ONT）到 CO（OLT）进行测试	是	是
是否从 CO（OLT）到驻地（ONT）进行测试	否	否
是否进行故障诊断	是	是
是否进行在线测试	是	是
是否提供简单的换位光纤检测功能	否	否

3.5 基于 OLTS 的技术

图 3-22 显示的是可以连接两台自动的 OLTS 设备，以便进行鉴定的测试点。

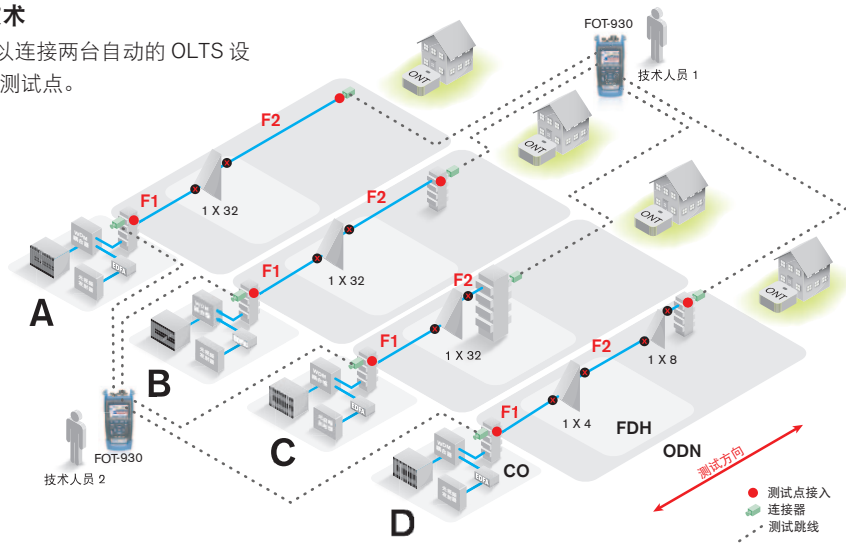
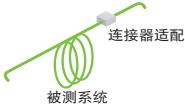
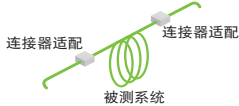


图 3-22. 使用自动的 OLTS 的标准测试配置

该测试技术要求在 CO 使用一台设备, 在 ODN 提供的接入测试点使用一台远端设备。

开始测试前, 必须对这两台设备进行参考操作。参考操作包括将从测试期间测得的总损耗中, 扣除测试元件 (测试跳线) 导致的损耗。最终结果代表由被测系统插入的损耗。使用自动的 OLTS 时, 有两种参考法可供选择。表 14 显示的是每种方法的主要特点。

表 14. FOT-930 参考法

	并排法 (最佳)	环回法
描述	两台设备同时通过其 Fastest 端口提供参考。比环回法略加精确。	每一台设备分别提供参考 (Fastest 端口与功率计端口连接)。
设备位置	必须在同一地点。	可以在不同地点。
在 Fastest 结果中包含的损耗	由于被测系统自身以及一个连接器适配引起的损耗。 	由于被测系统自身以及两个连接器适配引起的损耗。 
需考虑的因素	既不包括光回损参考也不包括零光回损测量。为获得这些结果, 使用 ORL 计界面。在多参考时, 一台 FTB-3930 可与最多 10 台 FOT-930 互相操作。	测量 ORL (Fastest 或 ORL 计) 时, 计算连接器损耗并相应校准 ORL。建议短链路不要使用这种方法。

通常情况下，在完成参考后，CO（与 F1 相连）的内的设备不需要任何帮助，仪表与被测 PON 的馈线光纤（在这种情况下为 F1）相连。ODN 处的技术人员前往不同的引入位置，进行自动测试；位于 CO 的设备会响应远端设备发出的测试呼叫，开始自动的 IL 和 ORL 测试过程。

高级的自动 OLTS 解决方案（如 EXFO 带 FOT-930 的 FTB-3930）可允许多个技术人员访问同一台设备。由于 FTB-3930 可管理最多 10 个参考，因此可放置在 CO，与被测链路相连。配备 FOT-930 的技术人员可以在现场使用位于 CO 的设备进行测试。需要注意的是，在完成参考操作后，不需要技术人员来操作 FTB-3930，所有的测试结果可以自动保存在位于 CO 的设备内。

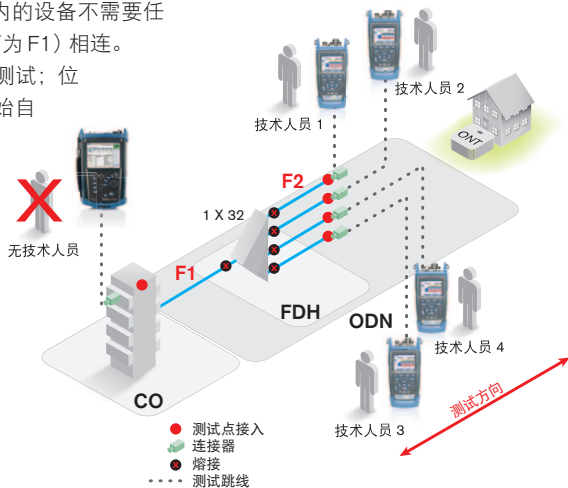


图 3-23. 使用带 FOT-930 的 FTB-3930 优化鉴定

表 15 简要描述了自动的 OLTS 与 OTDR 或 iOLM 之间的主要区别：

表 15. 自动的 OLTS——技术比较表

特征	OLTS	OTDR	iOLM
要求的技术人员数量	1	1	1
进行测试要求的技术水平	初级	中级至高级	初级
鉴定每条光纤要求的数据采集 / 测试次数	1	全面鉴定所有元件平均需要三次。每个波长的平均采集时间估计为 45 秒	平均 45 秒，包括所有波长
每条光纤的平均测试时间 *	10 至 15 秒	2.5 分钟	45 秒
是否提供链路物理布线图	否	是	是
是否提供链路图	否	传统的图形显示	链路图
是否提供插入损耗	是	是	是
是否提供光回损	是	是	是
是否提供光纤长度	是	是	是
是否进行自动诊断	否	是，但非常有限（宏弯检测）	是
是否从驻地（ONT）到 CO（OLT）进行测试	是	是	是
是否从 CO（OLT）到驻地（ONT）进行测试	是	否	否
是否进行故障诊断	否	是	是
是否进行在线测试	否	是	是
是否提供简单的换位光纤检测功能	是	否	否

与采用熔接的 ODN 相比，采用连接器的 ODN 可提供更多的测试接入点。图 3-24 显示的是四种采用连接器的 ODN 典型配置。在场景 B 中，光纤可一路部署到分配终端，并可从该处进行鉴定。在客户决定订购服务后，可采用连接器将其余的光纤连接起来。虽然存在上述区别，采用连接器的 ODN 的测试技术和全熔接 ODN 所需的技术基本上一样。目前就测试而言，唯一的主要区别是采用连接器的 ODN 可提供多个接入点，在进行故障诊断时，这是一大优势。

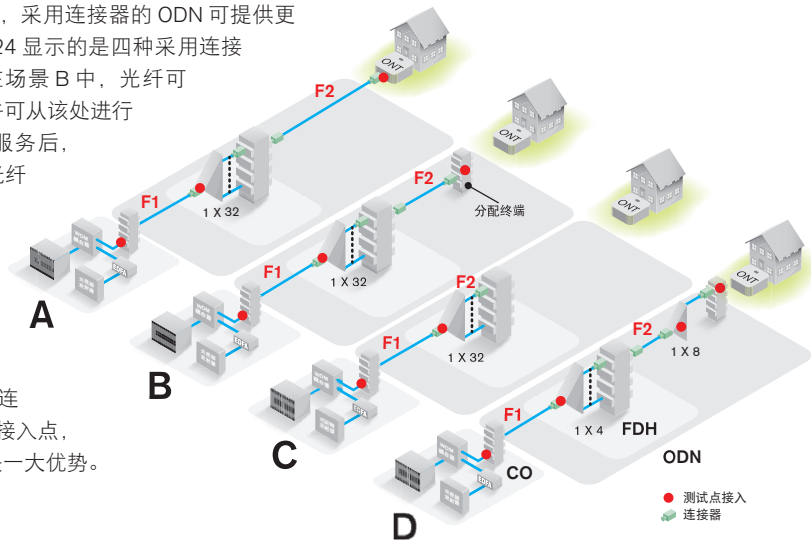


图 3-24. 采用连接器的 ODN 示例

4

测试步骤——激活阶段



4. 测试步骤——激活阶段

服务激活指我们所知的将“住宅连接”起来,实现服务开通的过程。该过程包括在用户驻地连接光纤引入点 (FDP) 和光网络终端 (ONT)。

为了确定最后一英里是否完整,可在安装 ONT 之前,在引入光缆上重复在构建阶段进行的 IL 和 ORL 测试。

由于 FTTH 网将一个位置链接到多个位置(即点对多点网络),其中每条引入光纤对应于特定的用户或 ONT。必须测量每个用户所有的无源光信号(下行:1550/1490 nm;上行:1310 nm),以便在服务开通期间避免功率预算问题。正确管理光纤对于减少同熔接损耗、连接器、宏弯和人为错误有关的问题极为重要。

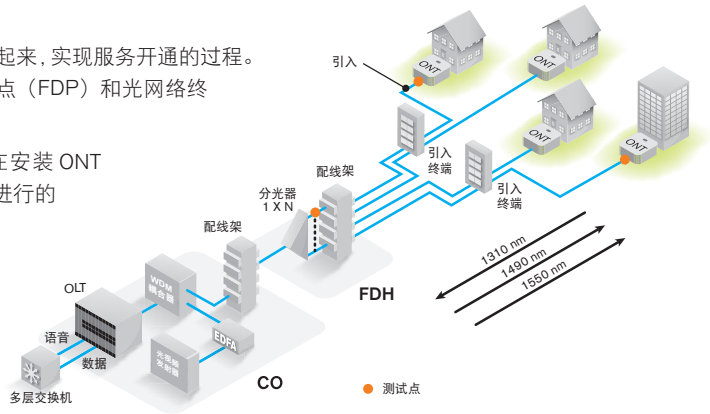
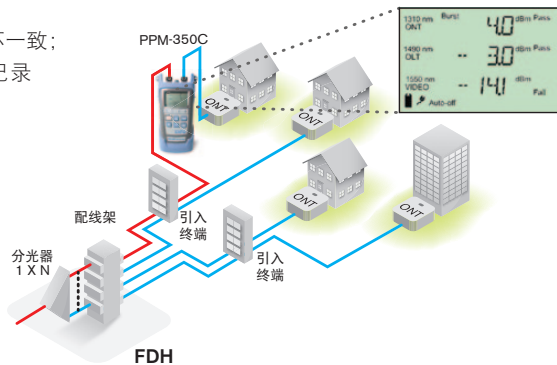


图 4-1. 激活期间的测试点

4.1 在无源光网络内测试功率

功率读数有误经常会导致测量值与制造商规定的值不一致；这在 PON 应用中更是如此。因此，使用精准、记录良好的 PON 功率计进行测量并将结果记录在案非常关键。



PON 功率计的最低要求如下：

- ▶ 能够测量上行（1310 nm）和下行（1490 nm 和 1550 nm）传输
- ▶ 能够测量真正的上行突发信号（1310 nm；见图 4-3）
- ▶ 能够保存结果，并生成有条理的报告，以便集成到 ODN 结果数据库（OLTS 和 OTDR）

激活用户的服务之前，对同一光路径的不同位置进行光功率检验有助于定位问题和/或有缺陷的元件。由于各网段都进行了功率水平检测，而 FTTH 网络问题又通常由连接器污损造成，故元件检测可大大减少故障诊断工作。同时，我们还强烈建议，在每次测量功率前，使用光纤端面检测器（如 EXFO 的 FIP-400）来检测各连接点。

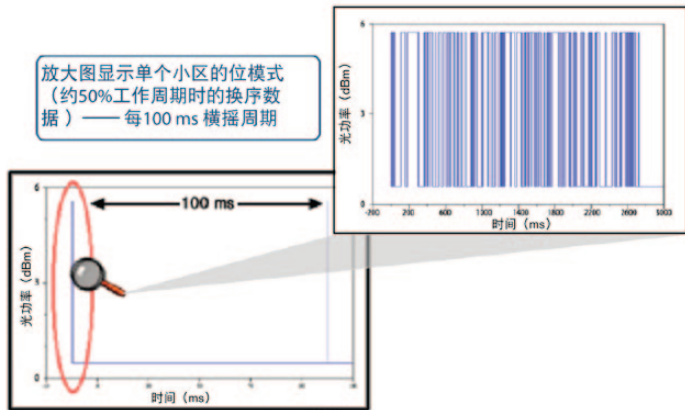


图 4-3. ONT 发射的上行突发信号

在 FDP 测试（点 2）

通过在引入终端（F2）进行功率级别验证，用户可获得分配光纤和引入终端端口的情况。引入终端通常包括熔接盒，这可能导致宏弯问题。为了进行测量，应将双端口 PON 功率计连接到位置 2（通过穿透模式），在 PON 功率计内保存这两个测试结果（带 FDP 的位置 ID）。

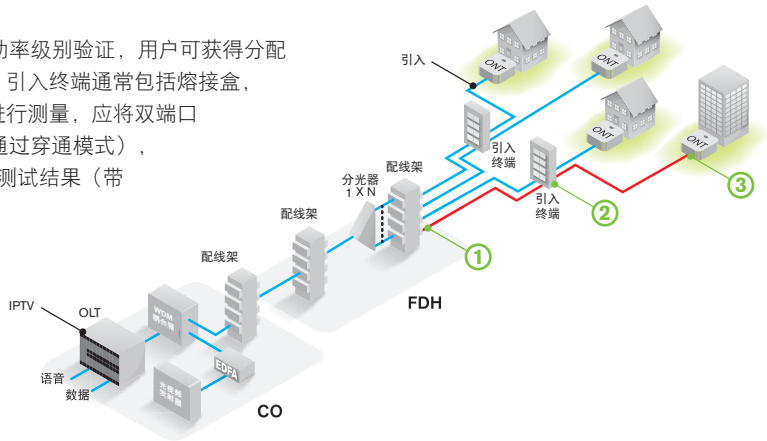


图 4-4. 使用 PON 功率计进行激活测试

在 ONT 进行测试（点 3）

通常会在服务激活期间安装将引入终端连接到用户驻地的光纤（也称“最后一英里”或“引入光缆”）。该过程包括光纤管理、熔接、土建工程、完成最后一英里安装，以及最终的测试和验证。为了确保向用户提供可靠的服务，网络和用户 ONT 必须符合规格要求。为了保证成功开通服务，需要进行穿通连接测试，以便全面鉴定 PON 网内的所有工作波长（上行和下行）。将双端口 PON 功率计连接到位置 3（通过穿通模式），在 PON 功率计内保存这两个测试结果（带 FDP 的位置 ID）。需要注意的是，如果未使用穿通模式，只会检测来自 CO 的下行信号，而忽略重要的上行突发信号。

在 FDH 分光器进行测试（点 1）

如果上述情景测试均失败，需要检验分光器支路是否正常工作。通过这个简单的评估，用户可确认从 CO（包括馈线光纤，也称为 F1）到分光器的输出端是否状态良好。需要在点 1 重复测量 PON 功率，以便了解分光器的输出是否状态良好。

4.2 使用 PON 功率计

由于服务激活阶段通常由分包商执行，所以对于单个激活可能产生数百个结果的 PON 部署而言，报告和数据的真实性保护即成为了重要因素。因此，在日常的激活活动中遵守正确的步骤可确保顺利、高效地完成工作流程。

带工作流程管理系统的 PON 功率计（如 EXFO 的 PPM-350C）包括任务编辑器（Job Editor）模式以及后期处理和报告工具。

在任务编辑器模式下，管理和技术人员均可通过输入特定用户的相关信息来预先配置即将开始的任務。如图 4-5 所示，可以定义简单的任务 ID（如 JOB ID 3）；这些 ID 可以对应特定的工作指令，以及在 OSS 或 GIS 中的其它详情。使用直观的 PC 软件应用程序创建这些任务后，便可通过 USB 连接将其加载到设备上。

1 - 在办公室

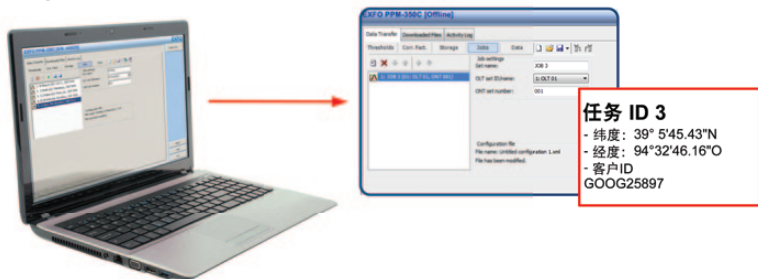


图 4-5. 在办公室通过 PPM-350C 进行数据命名

在现场，技术人员只需选择正确的JOB ID，进行测试，然后保存与之对应的结果。在办公室，可将测试结果加载到PC上，然后轻松生成优化的激活报告。



任务 ID 3

- 纬度: 39° 5'45.43"N
- 经度: 94°32'46.16"O
- 客户ID

2 - 在现场

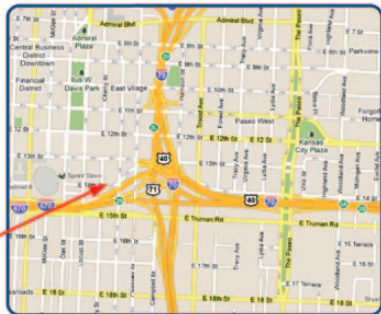


图 4-6. 在现场通过 PPM-350C 进行数据命名

5

测试步骤——维护阶段



5. 测试步骤——维护阶段

在无源光网络（PON）上激活服务后，电话、高速 Internet 和视频信号从中心局（CO）的光线路终端（OLT）发送到位于不同住宅用户的各个光网络终端（ONT）。这种情况下，如果有一个 ONT 出现故障，并且不能与 OLT 同步重启，PON 的这一支路会进入停用状态，并将暂停此支路相关用户的服务。结果——打电话找一名技术人员来进行故障诊断并重新启动服务。

5.1 在线系统故障诊断

技术人员进行的在线系统故障诊断的第一步，是在可能包括多个分光器、光纤和 ONT 的复杂光网络拓扑中，定位和确定光问题的来源。下一页图 5-1 显示的是包括多个分光器的网络拓扑。数字指示问题可能处于的不同区域。如果 OLT 和下行分光器之间的光缆发生断裂，从该分光器开始的所有下行 ONT 都会受到影响；然而，如果宏弯或连接器脏污等问题导致在网络某处出现光功率损耗，则只会影响一定数量的下行 ONT。由于光缆中的衰减与长度成比例，所以远处 ONT 比近处 ONT 收到的下行光信号要弱。ONT 距离越远，在 CO 收到的上行光信号也就越弱，而且 OLT 将会检测此类性能下降的情况。

FTTH 网络中可能出现的问题包括：

- › 一个或多个 ONT 处的光功率级别不符合指定的最低功率级别
- › 信号损耗（无功率）
- › 误码率（BER）增加或信号质量下降（可能由功率不足造成）
- › 有源元件出现硬件问题（在 ONT 或 CO 处）

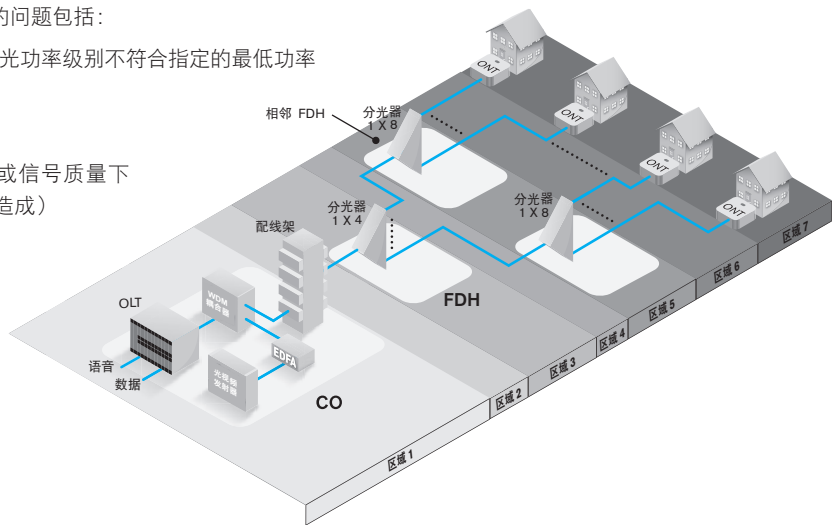


图 5-1. 典型 FTTH 网络中的故障诊断区域

由于网络中的大多数元件都是无源的，所以问题通常是由于连接器脏污、损坏或未对准，或是光缆中出现断裂或宏弯所引起的。视问题位置不同，这些问题会影响网络上的一个、一些甚至是所有用户。

可使用以下设备将故障区域隔离：

► PON 功率计：

将此仪器作为穿通设备连接起来，使得上行和下行通信均可以畅通无阻。它同时按每个波长对功率进行测量。它还会检测 ATM 通信的突发功率。此功率计可用于网络任意点进行故障诊断（见图 5-2）。

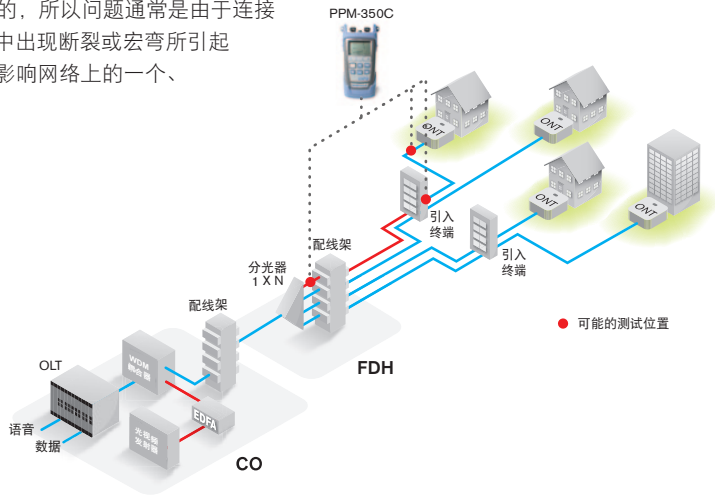


图 5-2. 使用 PON 功率计在 FTTH 网络中各点进行故障诊断

尽管 PON 功率计可有助于隔离受影响的区域，但它不能提供故障的精确位置。为了精确定位故障，技术人员必须使用 PON 用 OTDR，或 iOLM（带用于 1625 或 1650 nm 测试的专用端口），并集成滤波器来过滤不需要的信号（1310、1490 和 1550 nm），以免影响 OTDR-iOLM 测量。

由于只允许 1625 或 1650 nm 的 OTDR 或 iOLM 信号通过滤波器，所以能够进行精确的 OTDR 或 iOLM 测量。我们应该采用一种不会干扰信息通道正常操作和预期性能的方式对光纤进行服务中 OTDR 或 iOLM 故障诊断。1625 或 1650 nm 测试刚好可以做到这一点。

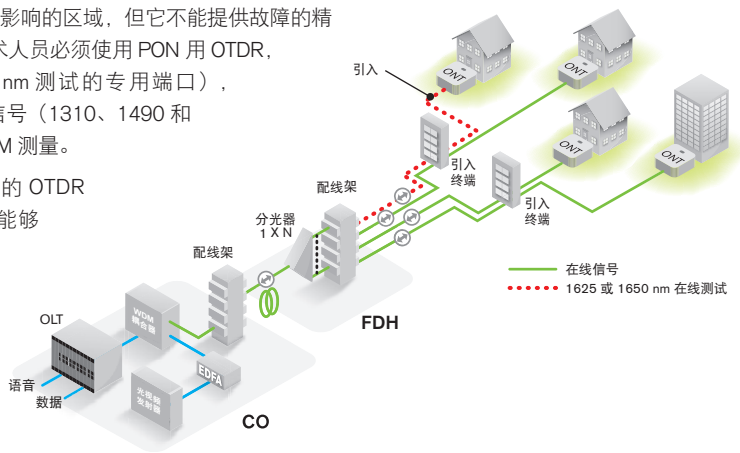


图 5-3. 使用 OTDR 或 iOLM 进行在线测试

PON 用 OTDR 或 iOLM 不会干扰 CO 的激光发射器，因为 1650 nm 波长符合 ITU-T L.41 建议标准：承载信号的光纤上的维护波长。此 ITU-T 建议标准提出，在用于服务中维护的 OTDR 或 iOLM 波长与最接近的传输波长（例如，在本例中是 1550 nm）之间有 100 nm 的差值。添加一个宽带滤波器，作为 CO 的 WDM 耦合器的 1625 或 1650 nm 测试端口，这可能也有好处。其结果就是提供给同一个 1xN 分光器下其它用户的服务质量不会受到影响。通过该技术，技术人员可以将 OTDR 或 iOLM 的 1625 或 1650 nm 端口连接到 ONT，然后向 CO 发送信号（图 5-3）。如果在 CO 添加了 1625 或 1650 nm 测试端口，还可以测试从 CO 至 ONT 的光纤段 F1，但可能需要在每个 ONT 上添加一个 1625 或 1650 nm 滤波器。

另一个可能需要考虑的测试场景是在 PON 用 OTDR 或 iOLM 上添加直插式功率计。这种功率计使用与 OTDR 或 iOLM 一样的光程（见图 5-4）。该功率计的优点是不需要断开或切换测试端口，便可进行功率测量或 OTDR 或 iOLM 测试。这种功率计的另一个特点是，可以区分沿着同一条光纤传输的两个信号 / 波长。在 FTTH 应用中，这种功能特别有用，因为经常会有两个下行波长（1490 和 1550 nm）向 ONT（驻地）传输。和 PON 功率计一样，用户可使用该功率计来隔离每个信号并测量各自的功率级别。

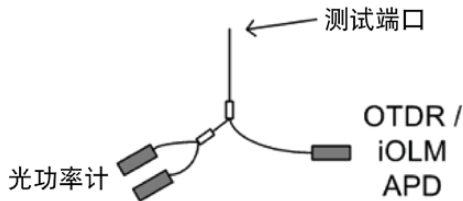


图 5-4. 直插式功率计

这种和 OTDR 或 iOLM 上带滤波器的端口相同的端口功能可提供强大的故障诊断优势，因为它们可帮助迅速定位并修复故障。技术人员只需通过直插式功率计将被测光纤连接到端口上，然后检查信号的功率级别。

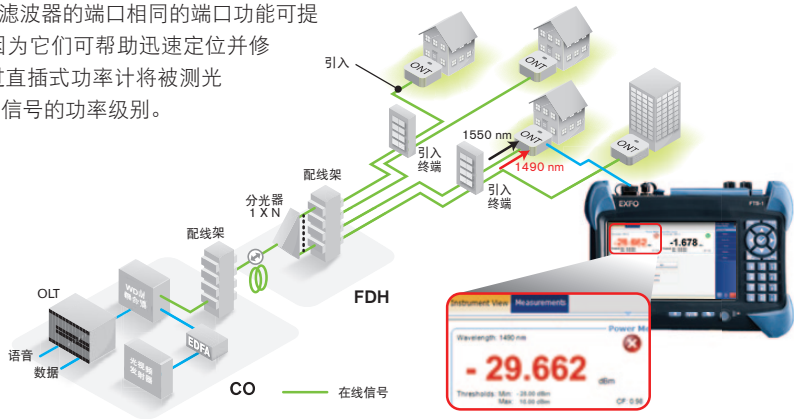


图 5-5. 使用直插式功率计进行测试

如果某个信号出现问题（如图 5-5 所示），技术人员可以启动 OTDR 或 iOLM 应用程序，选择在线测试模式并确定问题位置（图 5-6）。



图 5-6. 使用 iOLM 进行在线测试

6

测试档案



6. 测试档案

尽管网络测试档案有助于规划并增加网络容量（带宽、路由），但大多数人只有在发生问题时才会想到这些档案。在网络出现故障时，通常会无法实现生产，也无法支持客户，从而可能导致巨额的收入损失。如果有网络档案，在出现需要解决的问题时，负责解决问题的团队可以迅速了解网络状况，并尽可能缩短平均修复时间（MTTR），从而降低成本和损失。合适的档案不仅可以在出现问题时助一臂之力，而且可以帮助进行内部和外部知识转移。

另一个需要考虑的方面是，许多网络由承包商或分包商建设，他们通常需要提供测试报告才能获得报酬。因此，他们必须保留在现场进行的测试结果。

有时，在现场收集的测量结果不需要后期处理。但在大多数情况下，需要进行处理，以便进行正确分析、精确诊断并最终按照用户的要求或网络所有者的标准，建立正确的网络档案（测试报告或诞生证明）。

数据后期处理的三个步骤（表 16）通常包括编辑、分析和建立测试结果档案。

表 16. 数据后期处理操作

1- 编辑	2- 分析	3- 建立档案
调整光缆和光纤参数 (如: 任务信息)	执行 OTDR 双向批量分析	定制报告
添加 / 删除 OTDR-iOLM 事件	检测重复的测量值	各种报告形式
调整检测阈值	轻松识别不符合网络要求的结果	合并报告, 例如: > 光纤鉴定 > iOLM 和连接器检测结果 > OTDR 和连接器检测结果
对 OTDR 文件执行人工测量		
设置通过 / 未通过阈值		

如果您的工具没有集成用于各种测量结果的不同软件, 不具备批处理功能, 在需要处理数以百计的测量结果时, 上述的三个步骤会构成重大挑战。

为了减少数据处理所花费的时间，EXFO 开发出了 FastReporter 2 软件。FastReporter 2 支持各种测量结果、批处理以及专门的报告功能（见图 6-1 和图 6-2），与其它报告工具相比，可将数据处理所需的时间缩短一半。

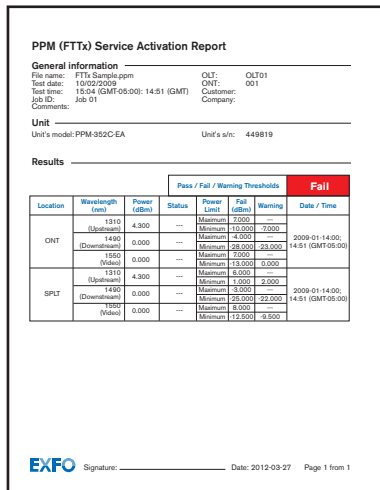


图 6-1. PPM FTTH 激活报告

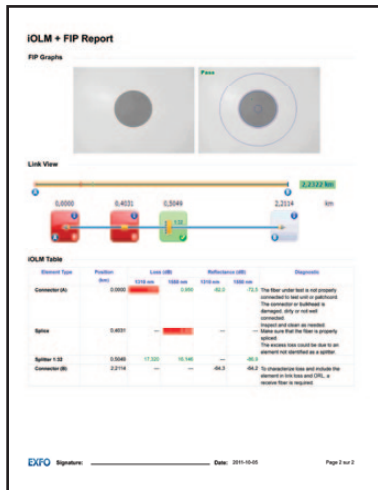


图 6-2. iOLM 和 FIP 报告



缩写和首字母缩写词

7. 缩写和首字母缩写词

ADS	附加数字服务
ADSL	非对称数字用户线路（基于铜缆）
APC	成角度物理接触 / 成角度抛光连接器
APD	雪崩光电二极管（检测器）
ATM	异步传输模式协议
BER	误码率（ITU-T 使用误码比）
BLEC	建筑物本地交换运营商
BPON	宽带无源光网络
CD	色度色散
CDMA	冲突检测多路访问
CLEC	竞争性本地交换运营商
CO	中心局
CVD	化学气相沉积
CWDM	粗波分复用
DBS	直接广播服务
DFB	分布回馈式（激光器）
DSL	数字用户线路（基于铜缆）
DSLAM	数字用户线路接入多路复用器
DUT	被测设备
DWDM	密集波分复用

EDFA	掺铒光纤放大器
EFM	第一英里以太网
EFMA	第一英里以太网联盟
EPON	适用于以太网的无源光网络
FBT	熔融拉锥机（光纤耦合器 / 分光器）
FCC	联邦通信委员会（美国）
FDH	光纤分配单元
FDT	光纤分配终端
FEC	前向纠错
FC	储纤单元
FO	光纤
FP	法布里 - 珀罗（激光器）
FSAN	全服务接入网络
FTTB	光纤到楼
FTTC	光纤到路边
FTTCab	光纤到交接箱
FTTH	光纤到户
FTTN	光纤到节点
FTTP	光纤到驻地
FTTx	光纤到 x，其中 x = H（户）、C（路边）、B（楼）、N（节点）、P（驻地）等
FUT	被测光纤

GEM	GPON 封装模式
GPON	千兆无源光网络
HDD	水平定向钻孔
HDSL	高比特率数字用户线路（基于铜缆）
HDTV	高清晰度电视
HFC	混合光纤同轴传输
IEC	国际电工技术委员会
IEEE	电气与电子工程师协会
ILEC	在业本地交换运营商
IP	Internet 协议
IPTV	Internet 协议电视
ITU	国际电信联盟
ITU-T	国际电信联盟——电信标准化部门波长
LFD	在线光纤检测器
MAN	城域网
MDU	多住户单元
MFD	模场直径
MLM	多纵模（激光器）
MM	多模
MMF	多模光纤
MWM	多波长表
NF	噪声系数（来自光放大器的噪声，以 dB 为单位）

OC	光载波（传输速率）
ODN	光分配网络
ODU	光分配单元
OLT	光线路终端 / 终结
OLTS	光损耗测试装置
ONT	光网络终端 / 终结
ONU	光网络单元（不发射 ONT）
OPM	光功率计
ORL	光回损
OSA	光谱分析仪
OSC	光服务通道
OSNR	光信噪比
OSP	外线工程
OTDR	光时域反射仪
P2MP	点对多点
P2P	点对点
PBX	专用交换分机
PC	抛光连接器
PIN	阳极 - 绝缘体 - 阴极（检测器）
PLC	平面光波（或光导）电路
PMD	偏振模色散或物理介质关联
PON	无源光网络

POTS	简易老式电话服务
PSB	脉冲抑制盒
PSTN	公共交换电话网
QoS	服务质量
RBOC	地方贝尔运营公司
Rec	ITU-T 建议标准
RLEC	外埠本地交换运营商
RT	远程终端
Rx	接收器
SC	监控通道或服务通道
SDH	同步数字体系
SM	单模
SMF	单模光纤
SNR	信噪比
SONET	同步光网络
STM	同步传输模式 (SDH 传输速率)
TDM	时分复用
TDMA	时分多路访问
TIA	电信行业协会
Tx	发射器
UPC	超抛光连接器

VDSL	甚高速数字用户线路 (基于铜缆)
VFL	可视故障定位仪
VOD	视频点播
VoIP	基于 Internet 协议的语音传输
WDM	波分复用
xDSL	通用数字用户线路 (基于铜缆)

8

附录



附录 A: 入射光纤和接收光纤

与传统 OTDR 不同的是，无论链路长度和损耗怎样，iOLM 都只需要一段较短的入射光纤 (>50 m) 即可利用这种参考法的所有优势。测试 PON 链路时不推荐使用长于 200m 的入射光纤。由于多次连接过后 OTDR 的输出端口的损耗和光回损性能会降低，因此始终推荐使用入射光缆。

被测链路的第一个元件在链路图中用字母 (A) 标记。入射光缆可使您正确鉴定被测光纤链路的第一个连接器 (A) 并在链路评估中排除 OTDR 连接器的磨损。使用 APC 接口时可以接受 OTDR 连接器的性能有适当的下降，因为有角度抛光可保持较低的光回损，防止近端的分辨能力过低。通过使用入射光纤，OTDR 连接器的损耗得以从测量中排除。每次执行测量时，iOLM 评估 OTDR 连接器的损耗并报告连接器的状况。该连接器上的过度损耗最终会降低仪器的测量能力，认识到这一点非常重要。此外，使用入射光缆会限制直接在连接器上进行连接操作的次数，从而保护 OTDR 连接器。维修或更换入射光缆比更换 OTDR 连接器更为容易。

被测链路的最后一个元件在链路图中用字母 (B) 标记。为了鉴定链路的最后一个连接器 (B) 并通过比较两段已知光纤的差值 (避免链路中光纤的背散射系数不同导致误差)，以提高总插入损耗结果的准确度，可在与测试模块相对的链路末端使用一段接收光缆。如果不使用接收光缆，iOLM 应用程序可在不符合的条件下测量此连接器的位置和 ORL，但不能测量其损耗。该连接器的通过 / 未通过状态也不会显示。接收光纤的要求长度取决于被测链路的损耗。损耗较高则要求较长的脉冲才能到达接收光纤的水平。与入射光纤不同的是，接收光纤与传统 OTDR 具有相同的限制要求。测试损耗低于 2 dB 的 1km 光纤段只需要 100m 长的接收光纤。取决于各分光器后光纤长度的不同，测试损耗达到 23 dB 的 PON 链路则需要 500m 至 2km 长的接收光纤。

iOLM 工具

图 8-1 显示的是可以连接 iOLM，以便进行鉴定的测试点。

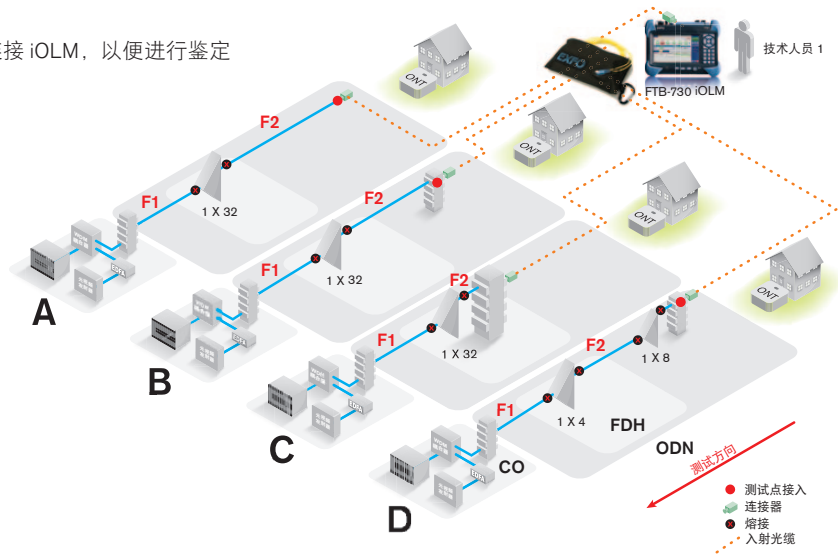


图 8-1. 使用 iOLM 鉴定采用熔接的 ODN

iOLM 应用程序可让您手动设置入射光缆或接收光缆的长度。另外，还可自动测量入射光缆或接收光缆。执行校准时，该应用程序会执行快速测量并计算光纤的长度。因此，执行校准时只需将被测光缆连接到模块上。

如果用于校准的光纤上发现链路元件或 OTDR 连接器有缺陷，校准会失败并且显示失败原因。仪器和被校准光纤之间使用一根较短的 (<5m) 尾纤可以接受并且其长度将包含在校准长度中。如果校准成功，“测试参数”选项卡中的入射光纤或接收光纤长度会随之更新。

执行测量时，iOLM 会尝试将设置的入射光纤和接收光纤与链路上发现的元件进行匹配以设定 A 连接器和 B 连接器的位置。如果由于链路和入射光缆或接收光缆间的连接非常“完美”（零损耗和零光回损），导致指定距离处未发现事件，iOLM 会在指定位置插入一个元件。

附录 B: 下一代光接入网 (OAN)

随着客户不断采用新应用和服务，带宽需求也持续迅猛增加。为了满足不断增加的网络流量，服务提供商正寻求提高其网络速度的方法，无论是长距离网、城域网、40 Gbit/s 网或接入网。

电信行业用来满足不断增长的带宽需求的主要解决方案之一，是使光纤尽可能接近最终用户。国际电信联盟 (ITU) 和电气与电子工程师协会 (IEEE) 等标准化组织已经制定了一些标准，用以规范这些我们现在称为 FTTx (或光纤到 x, x 指户、路边、交接箱、节点等) 的技术的部署。目前, FTTx 技术可向最终用户提供最高为 100 Mbit/s 的传输速率。但这是否就可以满足未来的应用要求呢? 为了能够预先满足市场对高带宽的需求, 服务提供商目前正积极寻求下一代接入技术。

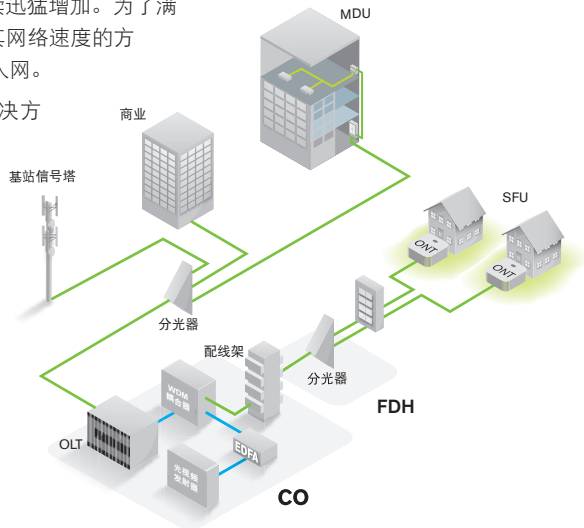


图 8-2. 下一代 OAN 的潜在用户

推动下一代光接入网（OAN）部署的主要因素和应用在当今社会随处可见。下表列举了一些典型的商业和住户市场上的示例。

表 17. 推动下一代 OAN 部署的应用

细分市场	应用 / 驱动因素
移动回程 / 远程接入网（RAN）	移动 Internet 用户（智能电话、平板电脑）
商业	云计算、视频会议
多住户单元	用户密度较高的地方；即每路 PON 需要支持更多用户
单家庭单元	VoIP、VoD、HDTV、3DTV、网络游戏、P2P、文件传输

具有广阔发展前景的技术

目前在可能帮助服务提供商为每个用户提高带宽的技术中，有两种脱颖而出，成为下一代 OAN 的首选技术：NG-PON1 和 NG-PON2。



图 8-3. 下一代 OAN 技术

除了能够为每个用户提供更高的带宽外，这些技术领先于其它技术的主要原因之一是它们都基于无源光网络（PON），因此已经部署了 FTTx 的服务提供商能够再使用相同的光分配网（ODN），从而保护现有的投资。

下表列举了每种技术的一些主要特征，图 3 为在现有的 PON 网内叠加 NG-PON1 的示例。

表 18. NG-PON1 与 NG-PON2 的技术描述和要求

类型		10G-GPON		10G-EPON		WDM-PON	
标准	单位	G.987		802.3av™		目前没有	
协议		以太网、TDM、TDMA		以太网		待确定	
服务		语音 / 数据 - 三重播放 - 文件交换 / 远程学习 / IPTV/VOD		- 语音 / 数据 - 三重播放 - 文件交换 / 远程学习 / IPTV/VOD		语音 / 数据 - 三重播放 - 文件交换 / 远程学习 / IPTV/VOD	
最大物理距离 (OLT 至 ONT)	km	高达 20		高达 20		待确定	
分流比		高达 1x64		高达 1x32		待确定	
标称比特率 *		下行	上行	下行	上行	下行	上行
非对称	Gb/s	10	2.5	10	1.25	几乎无限制，如 每个用户 1 Gbit/s	
对称	Gb/s	10	10	10	10	几乎无限制，如 每个用户 1 Gbit/s	
工作波长范围	nm	1577 -2、+3	1270 ±10	1577 -2、+3	1270 ±10	待确定，如 DWDM 在 C 波段	
ORL _{MAX}	dB	≥32		≥20		待确定	

有趣的是，ITU 与 IEEE 委员会采用了“并存”的思想为 10G-GPON 和 10G-EPON 制定规范，允许它们与目前的 PON 技术在一个网络内同时运行。

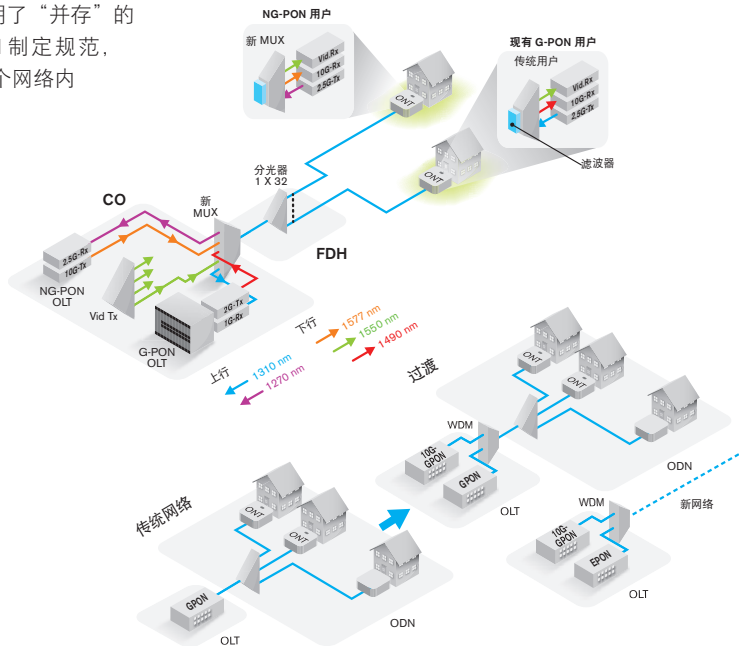


图 8-4. 并存的各种技术

测试新挑战

正如第 3 章所论述的一样，FTTx 部署通常可分为三个主要阶段，即构建、激活和维护。每个阶段都带来了一些重大的测试挑战，人们也发现了一些方法来解决目前出现的问题。随着下一代 OAN 的出现，会出现一些新的测试问题，因此需要在每个部署阶段考虑这些问题。

和当今部署的网络一样，测试挑战会因新技术部署在现有 ODN（棕地）或新 ODN（绿地）中而有所不同。

在棕地部署中，下一代 PON 技术会与现有技术并存，且用户早已与网络连接，因此需要特别注意尽可能降低对用户服务的影响。如图 3a 所示，这种部署（棕地）要求安装新的光学元件（如 WDM 滤波器），以便将两种技术相结合，而添加这些元件可能会暂时中断所有服务。此外，在 ODN 中安装新的光学元件会为总损耗预算增加新损耗，而如果先前的预算不足以弥补网络中出现的新损耗，会对现有用户造成影响。除了滤波器外，还需要部署下一代 ONT，并测量功率，以确保每个 ONT 都能收到足够的功率，从而满足不同标准规定的要求（见上表）。

新部署（绿地）不会对现有用户造成很大的影响，而且构建阶段 ODN 基础设施的测试与现有 PON 网络的测试非常类似。然而，为了在激活和维护阶段进行正确的测试，需要使用一些新的测试仪表，否则，必须按照新要求改装现有的工具。例如，为了测量新的上行信号（1270 nm \pm 10），PON 功率计必须能够：

- › 检测更迅速的突发信号——在下一代 PON 系统中，突发持续时间会缩短，以便支持 2.5（非对称）或 10 Gbit/s（对称）的上行比特率。
- › 检测并区分信号——例如，需要检测来自传统系统和下一代系统的 1490 nm 信号。如先前所述，在某些部署中，两代 PON 技术并存，这就意味着在驻地，可能存在 1490 nm 和 1577 nm 这两种信号。因此，PON 功率计需要能够过滤出每个波长，以便测量各自的功率。

由此可见，在某些情况下，下一代 PON 网络会带来一些需要考虑的测试新挑战。下表总结了每种类型的部署所带来的测试挑战详情。

表 19. 测试挑战——下一代 PON ODN

部署阶段	ODN	测试特征	
		10G-GPON/10G-EPON	工具
构建	绿地（只有 xG-PON）	<ul style="list-style-type: none"> › 光纤鉴定与标准 GPON 相类似 	<ul style="list-style-type: none"> › OTDR - iOLM - OLTS - FIP - OPM - OLS
	叠加（在线）	<ul style="list-style-type: none"> › 服务中光纤鉴定技术 	<ul style="list-style-type: none"> › OTDR - 带滤波端口的 iOLM - 当前的 PPM
激活	绿地（只有 xG-PON）	<ul style="list-style-type: none"> › 新的上行和下行波长 › 增加的突发时长 	<ul style="list-style-type: none"> › 支持 10G 的 PPM - 带滤波端口的 OTDR 或 iOLM - FIP
	叠加（在线）	<ul style="list-style-type: none"> › 新的上行和下行波长 › 减少的突发时长 › 适用于传统和 NG-PON 网络的解决方案 	<ul style="list-style-type: none"> › 支持 10G 的 PPM - 当前的 PPM - 带滤波端口的 OTDR 或 iOLM - FIP
故障诊断	绿地（只有 xG-PON）	<ul style="list-style-type: none"> › 新的上行和下行波长 › 减少的突发时长 › 在线信号 	<ul style="list-style-type: none"> › 支持 10G 的 PPM - 带滤波端口的 OTDR 或 iOLM - FIP
	叠加（在线）	<ul style="list-style-type: none"> › 新的上行和下行波长 › 减少的突发时长 › 在线信号 › 并存 	<ul style="list-style-type: none"> › 支持 10G 的 PPM - 当前的 PPM - 带滤波端口的 OTDR 或 iOLM - FIP

附录 C: EXFO Connect

EXFO Connect 是一种基于云的全面管理服务，专为应对管理网络测试的主要元件设计。EXFO Connect 提供的软件服务包括功能强大的报告引擎、通过基于 Web 的界面实现全天候访问、安全的通信链接以及全面管理的基础设施，以确保数据安全和备份。



图 8-5. EXFO Connect ——使您的测试设备互连起来

EXFO Connect 的基础部分是测试数据管理器 (TDM) 应用程序。该应用程序将 EXFO 测试设备生成的测试结果集中起来, 从而存储所有测试结果, 使用户能够查看任何测试结果, 并基于存储的测试数据创建自定义的测试报告。



图 8-6. EXFO Connect ——测试数据管理器应用程序

EXFO Connect 的另一个核心应用程序是测试设备管理器 (TEM)。该应用程序可集中管理所有 EXFO 的测试仪器；提供软件下载、许可、平台综合信息等功能，以确保所有测试设备均采用最新的配置并保持一致。通过定期与 EXFO Connect 服务器连接，可完全自动地更新所有相关平台清单信息，下载新软件、选件或测试模块配置——整个过程不需要任何技术人员的人工操作。简而言之，从技术人员的角度来看，只需进行简单的插入操作：将平台同云连接起来，然后让 EXFO Connect 接替完成剩余的一切任务。通过 EXFO Connect，测试管理人员可集中管理所有设备。通过“平台综合信息”的概念，用户可以创建自定义配置，使其能够将整个团队的全部仪器标准化，从而确保所有的 EXFO 测试设备都符合最新的规范要求。此外，EXFO Connect 还可为管理人员提供所有测试设备的总体状态图，使其能够详细了解设备状态。



图 8-7. EXFO Connect ——测试设备管理器应用程序

通过 EXFO Connect，测试管理人员可集中管理所有设备。通过“平台综合信息”的概念，用户可以创建自定义配置，使其能够将整个团队的全部仪器标准化，从而确保所有的 EXFO 测试设备都符合最新的规范要求。此外，EXFO Connect 还可为管理人员提供所有测试设备的总体状态图，使其能够详细了解设备状态。

制定报告可使所有采集的数据具有现实的使用价值；将现场获得的数据合并为统一的测试报告。EXFO Connect 可为公司内不同成员定制数据报告。得到这些数据后，可做出更明智的决策。



图 8-8. EXFO Connect —— 报告应用程序

附录 D: 相关链接



FTB-730-iOLM 智能光链路测试仪视频
www.EXFO.com/OTDR-vs-iOLM



ConnectorMax 视频
www.EXFO.com/ConnectorMax-video



FTB-730-iOLM 智能光链路测试仪规格表
www.EXFO.com/iOLM-spec-sheet



连接器检测指南
www.EXFO.com/Connector-Inspection-Guide



FOT-930 MaxTester 多功能损耗测试仪规格表
www.EXFO.com/FOT-930-spec-sheet



FTTH 解决方案页面
www.EXFO.com/FTTx

备注

备注

备注

致谢

如果没有 EXFO 全体员工的积极工作和共同努力，尤其是产品线管理团队的辛苦工作和技术专长，就不会有本指南。

未经 EXFO 书面许可，不得以任何形式或方式复制本指南的任何部分。

加拿大印刷和装订

ISBN 978-1-55342-101-6

法定送存 – 加拿大国家图书馆 2012

法定送存 – 魁北克国家图书馆 2012

© 2012 EXFO Inc., Quebec City, Canada. 保留所有权利。

FTTH PON 指南：测试无源光网络，第 5 版



如欲获得有关我们任何产品和服务的详细信息，或下载技术和应用说明，请访问我们的网站：www.EXFO.com。

EXFO