



专项职业能力考核培训教材

职业技能
短期培训教材

全国职业培训推荐教材 | 人力资源和社会保障部教材办公室评审通过 | 适合于职业技能短期培训使用

光纤到户 (FTTH) 安装调试

GUANGXIAN DAOHU ANZHUANG TIAOSHI

● 推荐使用对象：农村进城务工人员 | 就业与再就业人员 | 在职人员



中国劳动社会保障出版社

全国职业培训推荐教材
人力资源和社会保障部教材办公室评审通过
适合于职业技能短期培训使用

光纤到户 (FTTH) 安装调试

中国劳动社会保障出版社

新华书店
PDG

图书在版编目(CIP)数据

光纤到户(FTTH)安装调试/刘册,李巍主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

职业技能短期培训教材

ISBN 978-7-5045-8021-4

I. 光… II. ①刘…②李… III. ①光纤通信-通信系统-安装-技术培训-教材②光纤通信-通信系统-调试-技术培训-教材
IV. TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 160182 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京华正印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.75 印张 165 千字
2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定价: 12.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前言

人力资源和社会保障部出台了组织实施专项职业能力考核的有关文件。所谓专项职业能力，即一个可就业的最小技能单元，其适用范围小于“职业”。一个专项职业能力构成一个独立的培训项目，与传统的培训相比，专项职业能力培训的目标直接定位于具体的岗位或工位，培训针对性更强，内容更细化。学员希望从事哪一个岗位的工作，就参加相应的专项职业能力培训。这样的培训，时间短、效率高，既有利于培训机构根据市场需求灵活制定培训计划并开展培训，也有利于学员根据自身情况选择培训项目，以达到上岗和职业技能提升的要求。

针对这一新的培训类型，我们会同中国劳动社会保障出版社组织编写了适合各级各类职业学校、职业培训机构开展专项职业能力考核培训使用的教材。在教材编写过程中，我们始终坚持以职业活动为导向、职业技能为核心的指导思想，根据国家专项职业能力考核规范的要求，确定每本教材的知识点和技能点，力求反映岗位的实际工作环境、工作流程和工作要求。教材以技能操作为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学员理解和对照操作。通过学习，学员能够掌握岗位要求的操作技能，取得专项职业能力证书，从而顺利实现上岗或职业技能提升。

由于编写专项职业能力考核培训教材是一项新的工作，需要在实践中不断探索，教材中会存在不足之处，希望培训教师 and 学员提出宝贵意见，以便适时修改，使其趋于完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

简介

本书是根据《光纤到户（FTTH）安装调试专项职业能力考核规范》编写的，供各地开展光纤到户安装调试专项职业能力考核和培训时使用。

光纤到户（FTTH）作为一种全新的网络接入形式，以其高带宽的特性逐步成为宽带接入网的发展方向。本书以目前国内外大规模商用的 EPON 系统为例，详细介绍了光纤到户系统所涉及的基本知识、系统的组成、关键技术以及系统中有源设备、无源器件和辅助设施等各个组成部分；着重讲述了光纤、光缆的选用，光纤到户系统安装、调试技术，日常维护、抢修管理规范以及在线、离线检测和常用的抢修方案。为使学员掌握系统开通和维护工作，本书最后介绍了 FTTH 系统中常用的检测仪表及其使用方法。

本书也可供职业培训机构开展职业技能短期培训时使用，还可作为相关技术人员的参考读物。

本书由刘册、李巍主编，汪坤参编，杜森审稿。

目录

第一单元	光纤到户 (FTTH) 基本知识	(1)
模块一	光纤接入技术概述	(1)
模块二	光纤到户系统组成概述	(4)
模块三	光纤到户系统相关标准介绍	(9)
第二单元	光纤、光缆的选用	(13)
模块一	光纤的选用	(13)
模块二	光缆的选用	(25)
模块三	FTTH 光缆的选用	(31)
第三单元	光纤到户的系统组成	(38)
模块一	光源和光发射机	(39)
模块二	光电检测器和光接收机	(50)
模块三	EPON 系统有源设备 OLT 和 ONU	(55)
模块四	EPON 系统无源光网络	(70)
模块五	EPON 系统网络管理单元	(72)
第四单元	光纤到户系统的安装调试技术	(82)
模块一	FTTH 设备的安装	(82)
模块二	光纤耦合器和光分路器的安装调试	(92)
模块三	FTTH 光纤链路设计	(98)
模块四	辅助设施及光配线设施的安装	(101)
模块五	光纤连接器的选择及安装	(108)

模块六	室内外光缆的安装	(112)
模块七	接续和成端技术	(123)
模块八	FTTH 网络测试	(143)
模块九	施工管理	(160)
模块十	工程竣工技术文件的编制	(169)
第五单元	光纤到户系统日常维护、抢修管理规范以及在线、 离线检测和抢修	(174)
模块一	系统日常维护和抢修工程管理规范	(174)
模块二	在线、离线检测方法和常用的抢修技术方案	(181)
第六单元	FTTH 常用检测仪表及其使用方法	(191)
附录一	缩略语及中文解释	(202)
附录二	新型可现场安装光接头	(206)
参考文献		(208)



第一单元 光纤到户 (FTTH) 基本知识

培训目标:

1. 了解 FTTH 的产生背景和系统组成。
2. 了解目前我国采用的 FTTH 主要形式——EPON 系统的工作方式。
3. 了解 FTTH 系统的国内外标准体系和相关分类。

模块一 光纤接入技术概述

近年来,随着互联网中多媒体信息的极大丰富,网络带宽的需求量成倍增长。“宽带”已成为当今使用频率最高的词汇之一,宽带是通往信息社会的高速公路,人们利用宽带网络从互联网上搜寻信息,互相交流,其高效、便捷的特点也促进了信息社会的发展。然而,在接入网段现有的数字用户环路技术已经使以铜线资源为传输介质的接入网带宽发挥到了接近理论限制的程度(频率越高,所产生的干扰越大),仍难以满足日益增长的需求,带宽瓶颈问题变得越来越突出。而光接入网的引入无疑是解决接入网带宽瓶颈问题的有效方式。

光接入网的概念和设想在 20 世纪 80 年代初就被提出了,但当时由于技术复杂、成本过高和需求不大等原因,一直没有得到实质性的进展。随着需求的增强、技术的进步以及设备成本的降低,光接入网再次成为人们关注的焦点。另一方面,在网络融合日渐成为主流的今天,电视网、语音网和数据网“三网融合”已

引起人们极大的关注。而光纤到户网具有高带宽、承载业务种类多以及支持协议灵活等优势，成为实现“三网融合”的最佳途径。所谓光接入网（OAN, Optical Access Network）是指在本地交换机或局端模块与用户之间采用光纤（或部分采用光纤）作为传输介质的通信系统，其中包括复用、分配、交叉连接和传输等多种功能，但往往不包括交换功能；与传统接入网相比，光接入网具有以下主要特征：

- (1) 具有高带宽、长距离的传送能力；
- (2) 支持多业务接入，包括各种窄带业务、宽带业务和对未来业务的扩展支持能力，实现上述业务的同时接入；
- (3) 支持分组方式承载上层业务，可以作为下一代的接入层网络；
- (4) 支持接入网的平滑演进。

光接入网从形式上可分为有源光网络（AON, Active Optical Network）和无源光网络（PON, Passive Optical Network）。在 AON 中，主要采用同步数字系列（PDH, Synchronous Digital Hierarchy）、准同步数字系列（PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy）、Ethernet（以太网）的有源设备作为节点，设备往往要完成光—电转换的信号再生过程，优点是节点设备大多具有智能性，可以上/下或终结业务；缺点是网络构建成本高，管理、维护成本高，因此，不适合在接入网段使用。PON 是一种采用点到多点拓扑结构（Point to Multi-Point）和稀疏波分复用（CWDM）技术来解决双向传输问题的全光网络。PON 系统采用的方式是在靠近核心网的边缘接入 OLT（光线路终端，相当于接入网的局端设备），在靠近用户驻地网一侧设置 ODN（光分配器），按 1 : 16 / 1 : 32 / 1 : 64 等方式接入各个用户，在用户侧采用 ONU（光网络单元）实现对用户不同业务的复用和解复用；PON 具有节约光纤资源和便于运营、维护的特点，是实现光接入网的最佳技术。目前市场上的 PON 产品按照其采用的技

术不同, 主要分为 APON/BPON (ATM PON/宽带 PON)、EPON (以太网 PON) 和 GPON (千兆比特 PON)。其中, 已经走向商用的无源光网络是以 ITU (International Telecommunication Union, 国际电信联盟) 为主导推行的千兆比特无源光网络 (GPON) 和以 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气和电子工程师协会) 为主导推行的以太网无源光网络 (EPON)。前者是基于 ATM 技术的, 后者是基于以太网技术的, 二者之间的差异详见表 1—1。

表 1—1 GPON 和 EPON 的技术参数及应用情况

	GPON	EPON
下行线路速率 (Mb/s)	1 244/2 488	1 250
上行线路速率 (Mb/s)	155/622/1 244/2 488	1 250
线路编码	NRZ	8 B/10 B
分路比	1 : 32/1 : 64	1 : 16/1 : 32
最大传输距离 (km)	60	20
TDM 支持能力	TDM over ATM 或 TDM over Packet	TDM over Ethernet
上行可用带宽 (Mb/s) (传输 IP 业务)	1 100 (在上行 1.244 Gb/s 速率情况下)	760~860
OAM 下行数据加密	有, AES 加密	有, 未定义
技术复杂度、成本	技术复杂度高, 成本高	技术复杂度低, 成本低
商用情况	商用规模小, 集中在 原有 ATM 设备较多的 欧美国家	商用规模较大, 在亚洲国家 使用较多

由表 1—1 可以看出, EPON 系统的技术本身和产品相对于 GPON 更加成熟, 已成为当前覆盖最后一公里的宽带光纤接入技术首选。值得注意的是, 我国在武汉、杭州、北京、绵阳等许多城市已经开始大量使用 EPON 系统, 并作为通信部门推广光接入网的主要形式, 因此, 本书将着重以 EPON 系统为例讨论

FTTH 的相关内容。

模块二 光纤到户系统组成概述

一、FTTH 概念的引入

光接入网概念出现之初，业界人士考虑到光纤成本较高以及对现有网络的铜线资源的合理利用等因素，提出了各种光、铜混合的接入网实现方案，统称为 FTTx。其中包括：

FTTCab (Fiber to the Cable, 光纤到线缆)，即光纤接入部分到本地区域端局，利用本地区域内原有的线缆或其他介质把信号从本地区域端局传递到用户住宅或办公室里；

FTTC (Fiber to the Curb, 光纤到路边)，即光纤接入部分到离家庭或办公室一公里以内的路边交接箱或户外配线架，利用线缆或其他介质把信号从路边交接箱或户外配线架传递到用户住宅或办公室里；

FTTB (Fiber to the Building, 光纤到大楼)，即光纤接入部分到楼宇中心机房，楼内网络采用铜线方案；

FTTO (Fiber to the Office, 光纤到办公室)，即光纤接入部分到办公区域网关，办公区域网内部采用铜线或无线方案；

FTTH (Fiber to the Home, 光纤到户) 是指仅利用光纤媒质连接核心网和用户住宅（家庭）的接入方式，即引入光纤由单个家庭独享。

由以上几种光接入网解决方案以及图 1—1 所示的 FTTx 在网络中的组网形式不难看出：FTTH 是目前唯一一种在接入网段全部采用光纤作为传输介质的光接入解决方案。这种方案更适用于铜线资源不丰富的新建社区，其优势在于接入网段不再需要电—光—电的信号再生过程，降低了设备开通、管理和维护的复杂度。同时，与其他 FTTx 相比，FTTH 可以为用户提供更大

的独享带宽，为新业务的开展预留了充足的资源。众所周知，评估接入网最为重要的指标就是接入网的接入能力，不仅表现在业务的接入能力上，同时还要满足接入用户数量的能力。如何在保证设备成本和安装、维护成本的前提下，使足够多的用户接入到通信网络中是 FTTH 需要解决的问题。光纤、光缆成本的大幅度下降和 PON 技术的出现，特别是 EPON 技术的出现使 FTTH 成为可能。

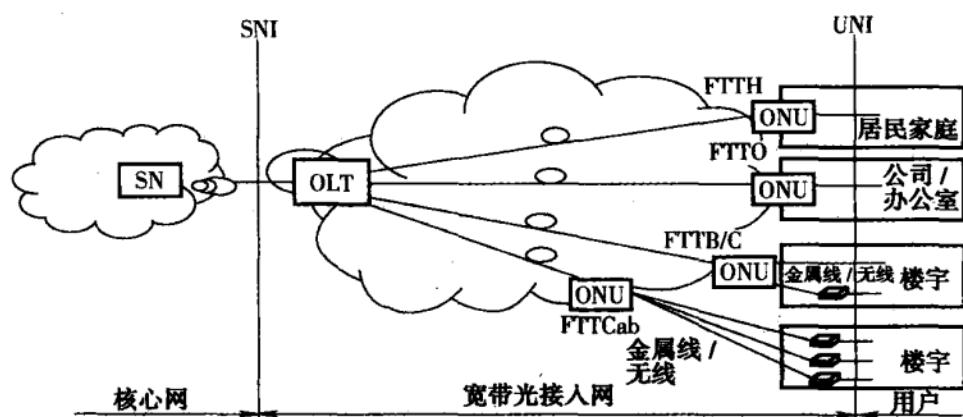


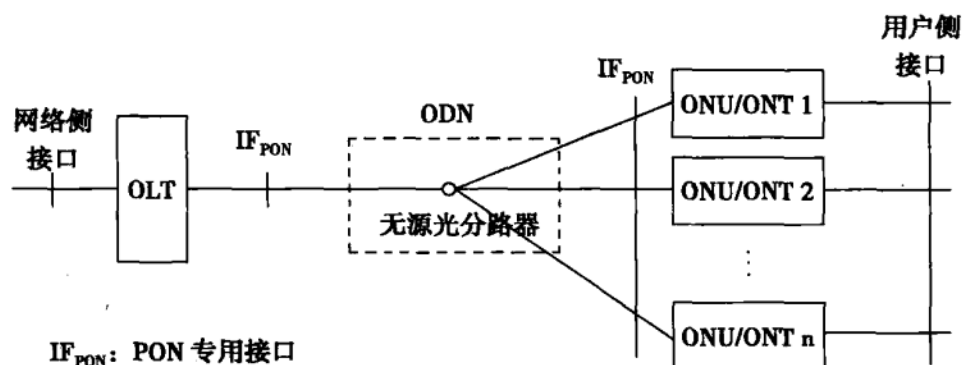
图 1—1 FTTx 在网络中的组网形式

二、EPON 系统简介

以太网无源光网络 (EPON) 是一种采用点到多点树形拓扑结构或星型拓扑结构的单纤双向光接入网络。

EPON 系统由局侧的光线路终端 (OLT)、用户侧的光网络单元 (ONU) 和光分配网络 (ODN) 组成；使用上行 (ONU 到 OLT) 1 310 nm 和下行 (OLT 到 ONU) 1 490 nm 波长传送数据和语音，有线电视 (CATV) 业务使用 1 550 nm 波长承载信号。在下行方向，OLT 发送的信号通过 ODN 到达各个 ONU；在上行方向，ONU 发送的信号只会到达 OLT，而不会到达其他 ONU。为了避免数据冲突并提高网络利用效率，上行方向采用 TDMA 接入方式，并由 OLT 对各 ONU 的数据发送进行仲裁。其中，OLT 放置在中心局端，完成分配和控制信道的

连接，同时具有实时监控、管理及维护的功能。ONU 放置在用户侧，OLT 与 ONU 之间通过 ODN 按照 1 : 16/1 : 32/1 : 64 等方式连接。EPON 系统参考结构如图 1—2 所示。



注：ODN 中的无源光分路器可以是一个或多个光分路器的级联

图 1—2 EPON 系统参考结构

EPON 系统各功能模块简介

1. 光线路终端（OLT，Optical Line Terminal）

OLT 位于局端机房，其网络侧业务节点接口（SNI）与核心网相连，其 PON 接口通过光分配网络连接到 ONU，负责将核心网业务分发给用户。

2. 光分配网络（ODN，Optical Distribution Network）

ODN 位于局端机房与用户驻地之间，包括主干光缆（OLT 到分光器之间）、分光器、支路光缆（也称为入户光缆，分光器到 ONU 之间），主要提供光线路物理连接。

3. 光网络单元（ONU，Optical Network Unit）

ONU 位于用户侧，它的 PON 接口通过 ODN 连接到 OLT，获取网络业务，它的用户侧接口直接连接用户终端设备。

EPON 的优势在于：

(1) OLT 放置在交换局或远端模块局机房内，管理员可以方便地对其实现本地管理（考虑到网络与信息安全问题，在非紧急状态下应采取本地管理），同时大多数厂商的 OLT 支持 Inter-

net 登录远程访问，在需要紧急配置或维护、故障处理的情况下，管理员可以在任何具有接入 Internet 的网络环境中通过口令的方式登录设备进行远程操作，及时解决问题。

(2) ODN 为无源器件，可放置在室外的光配线箱内，不需要考虑室外供电问题，在完成初期的系统安装后，也不需要过多的日常维护；同时，ODN 存在冗余光支路时，当系统内某一光支路出现故障，管理员可以快速将故障支路光跳线倒换到冗余支路上，使故障持续时间减到最短。

(3) ONU 通过支路光纤连接到 ODN，再由主干光纤连接到 OLT，ONU 支持光链路内带内管理（带内管理是一种相对安全的管理模式），在系统安装完成后，管理员可以通过 OLT 对 ONU 实现远程管理（包括配置、日常维护和权限划分等），大大减少了管理、维护人员的工作量。

三、EPON 系统的工作原理和关键技术简介

EPON 系统是一个单纤双向波分复用系统，要实现系统有效、可靠、安全运行，需要有相应的技术保障，现对 EPON 系统的工作原理和部分关键技术作简要介绍，并在第三单元中对这些关键技术进行详细阐述。

1. EPON 系统上/下行接入方式

在 EPON 系统中，下行方向是从 OLT 到 ONU（即点到多点），采用广播机制下发数据，OLT 发送的信号由光分配网络（ODN）分到多条光纤上送到每个 ONU，ONU 则根据接收帧中的地址信息识别并只接收属于自己的帧。上行方向是从 ONU 到 OLT，ONU 发送的信号只会到达 OLT，而不会到达其他 ONU，且各 ONU 共享上行信道。为了避免各 ONU 发送的数据产生冲突，并提高网络利用效率，OLT 会对各 ONU 的数据发送先进行仲裁，然后各 ONU 采用一种时分多址方式（TDMA），向 OLT 发送数据。

2. EPON 系统测距技术原理

由于 ONU 与 OLT 之间光链路长度各不相同,使得信号时延也各不相同,可能会造成 ONU 的上行数据帧发生碰撞,因此必须采用测距技术加以补偿,保证各 ONU 到 OLT 的逻辑距离是相同的。这个逻辑距离时间就是均衡环路时延,它是一个常数。

测距的程序相应分为两步:第一步,静态粗测——在 ONU 的注册阶段,进行静态粗测补偿由物理距离差异造成的时延;第二步,动态精测——在有业务运行的情况下实时进行动态精测,以校正由于环境温度变化和器件老化等因素引起的时延漂移。

3. EPON 系统的安全机制

(1) 光纤保护倒换。网络安全越来越受到用户的重视,保障传输链路的可靠性就是其中的一个重要方面。在接入网段,除了要考虑传输链路的可靠性,还要考虑如何降低网络成本。目前,针对 EPON 系统有两种切实可行的保护倒换方式:干线光纤保护倒换和全光纤保护倒换。保护倒换通常是指系统提供一套冗余备份资源,当在利用资源出现异常时,系统会自动采取措施倒换到备份资源。干线保护,是在不增加 ONU 成本的基础上,通过 OLT 侧的 PON 卡多提供一个备用光模块,连接到干线的 2 : N 分路器的另一个主干分支上,来提供干线保护功能。全保护方案,是通过在 OLT 的设备上将激光器直接挂接 1 : 2 的分路器,将两根支路光纤送出机房,在远端分别接分路器,再连接到 ONU 上,需要保护的 ONU 只需同时接在两个分路器的支路上即可,不需要保护的 ONU 可以只挂接在一个分路器的分支上,这样便灵活实现了同一个网络中,对 ONU 可以有选择地进行保护。

(2) PON 口数据安全。EPON 系统下行方向采用广播方式,恶意用户很容易截获系统中其他用户的信息。为提高用户数据的保密性,必须采用某种加密措施防止用户信息被窃取。数据加密

的方式很多,在我国当前 EPON 系统中常用的是三重搅动 (Triple Churning) 加密算法,即在 EPON 系统下行针对每个 LLID (Logical Link Identifier, 逻辑链路标识) 的数据进行搅动加密,每个 LLID 都有独立的密钥。搅动由 OLT 提出密钥更新要求,ONU 提供 3 字节搅动密钥,OLT 使用此密钥完成搅动加密。在启用搅动加密功能后,对所有的数据帧和 OAM 帧进行搅动加密。

模块三 光纤到户系统相关标准介绍

FTTH 是比较新的光通信类型,同时涉及通信的各个领域,为了便于读者系统地了解 FTTH 所涉及的标准范畴,本模块将对 FTTH 标准作相应介绍。目前国内还没有相应的 FTTH 工程规范和标准,国际上,如 FTTH 普及率比较高的韩国,已经明确规定了新建楼宇 FTTH 的铺设标准。我国相关的各类 FTTH 设备、FTTH 体系标准已经相继出台,同时相关的工程标准也正在积极地研究制定中。

一、相关国际标准

与 FTTH 有关的国际标准包括点对点 (P2P)、窄带无源光网络、ATM 无源光网络 (APON) 和千兆比特无源光网络 (GPON)、以太网无源光网络 (EPON) 以及光纤的标准等。

1. 关于 P2P 的标准

ITU-T G. 797 PDH 环境下的灵活复用设备;

ITU-T G. 798 SDH 环境下的灵活复用设备;

ITU-T G. 985 100 Mb/s 点对点以太网光接入系统。

2. 关于窄带无源光网络的标准

ITU-T G. 982 支持综合业务数字网 (ISDN) 基本速率及其对应速率业务的光接入网。

3. 关于 ATM 无源光网络的标准

ITU-T G. 983.1 基于 PON 的宽带光接入系统;

ITU-T G. 983.2 APON 的 ONT 管理和控制接口规范;

ITU-T G. 983.3 利用波长分配具有增加业务能力的宽带光接入系统;

ITU-T G. 983.4 利用动态带宽分配具有增加业务能力的宽带光接入系统;

ITU-T G. 983.5 具有增强生存性的宽带光接入系统;

ITU-T G. 983.6 具有保护特性的宽带无源光网络 (BPON) 的 OTN 管理和控制接口规范;

ITU-T G. 983.7 具有动态带宽分配的 BPON 的 OTN 管理和控制接口规范;

ITU-T G. 983.8 支持 IP、ISDN、Video、VLAN、VC 交叉连接的 BPON 的 OTN 管理和控制接口规范;

ITU-T G. 983.9 支持 WLAN 接口的 BPON 的 OTN 管理和控制接口规范;

ITU-T G. 983.10 支持数字用户环路接口的 BPON 的 OTN 管理和控制接口规范。

4. 关于 GPON 的标准

ITU-T G. 984.1 GPON 的一般特性;

ITU-T G. 984.2 GPON 物理媒质相关 (PMD) 子层规范;

ITU-T G. 984.3 GPON 的传输汇聚层;

ITU-T G. 984.4 GPON 的 ONT 管理和控制接口。

5. 关于 EPON 的标准

IEEE 802.3ah 以太网无源光网络 (EFM)。

6. 关于光纤的标准

ITU-T G. 6yz 用于建筑物内外的光纤;

ANSI/TIA-568B.3 光纤布线标准 (美国)。