

目 录

1 引言	4
1.1 应用范围	4
1.2 编制依据	4
1.2.1 参考和引用的标准和规范	4
1.2.2 标准简要说明	6
2 术语	9
3 光纤配线系统设计	12
3.1 概述	12
3.2 光纤配线系统构成与工程界面	13
3.2.1 住宅光纤配线系统	14
3.2.2 工业园区和专用网光纤配线系统	15
3.2.3 公共建筑光纤配线网络构成	15
3.3 光纤配线系统拓扑结构	16
3.3.1 环形网络拓扑结构	16
3.3.2 星形网络拓扑结构	17
3.3.3 树形网络拓扑结构	17
3.4 信业务与接入网技术	18
3.5 光纤需求分析	19
3.5.1 电话交换机 (PABX/ISPBX)	19
3.5.2 计算机网络 (LAN)	25
3.5.3 视讯业务网络	32
3.5.4 其他业务网络	32
3.6 管线建设规模预测	33
3.6.1 引入信息通信中心机房管道	34
3.6.2 管道容量确定原则	34
3.6.3 交接箱容量测算	35
3.7 预测汇总	35
3.8 光链路的衰减计算	36
3.9 需求分析表	39
4 光纤产品组成与技术要求	42
4.1 光缆	42
4.1.1 光纤分类	42
4.1.2 光缆分类	47

4.1.3	色谱.....	51
4.1.4	接地.....	53
4.2	光纤的接续与端接.....	53
4.2.1	光纤接续.....	53
4.2.2	光纤端接.....	56
4.2.3	现场端接连接器.....	57
4.2.4	光纤连接损耗.....	58
4.3	光纤连接器.....	59
4.4	光分路器.....	63
4.4.1	熔融拉锥型光纤分路器.....	63
4.4.2	平面波导型光纤分路器 (PLC).....	64
4.4.3	两种类型光纤分路器性能对比.....	65
4.4.4	光分路器的选择.....	66
4.5	光纤系统的配线设备.....	66
4.5.1	室外机房.....	67
4.5.2	室外光纤配线设备.....	67
4.5.3	室内光纤配线设备.....	72
5	产品选择和系统配置.....	77
5.1	应用范围.....	77
5.2	产品选择要素.....	78
5.3	应用方案和产品配置.....	81
5.3.1	FTTx全光网络 (PON技术).....	81
5.3.2	光纤+以太交换机解决方案.....	93
5.3.3	HFC光纤同轴混合网络.....	96
6	安装设计与施工.....	103
6.1	安装设计.....	103
6.1.1	线路敷设方式确定原则.....	103
6.1.2	室外光缆敷设.....	104
6.1.3	楼内光缆敷设.....	107
6.1.4	管道利用率与弯曲度.....	110
6.1.5	传输线路接地.....	110
6.2	施工要点.....	111
6.2.1	桥架安装.....	111
6.2.2	园区 (建筑物之间) 光缆布放.....	111
6.2.3	楼宇 (建筑物内) 光缆布放.....	116
6.2.4	入户光缆布放.....	118

6.2.5	光纤配线设备安装.....	119
6.2.6	光纤极性表示方法.....	120
6.2.7	光纤连接器件的清洁.....	122
7	光纤系统的测试.....	125
7.1	光纤布线系统的一类测试.....	125
7.2	光纤链路测试模型.....	125
7.2.1	测试方法A或称“A模式”.....	125
7.2.2	测试方法B或称“B模式”.....	127
7.2.3	测试方法C或称“C模式”.....	128
7.3	测试要点.....	129
7.3.1	测试标准.....	130
7.3.2	测试光源.....	130
7.4	双光纤、双向(极性)、双波长测试选择.....	130
7.4	卷轴(心轴)光纤测试.....	131
7.4.1	多模光纤测试.....	131
7.4.2	单模光纤测试.....	132
7.5	测试模型选择.....	133
7.6	测试跳线选择.....	134
7.7	非现场测试.....	134
7.8	带分光器链路测试.....	135
7.9	光纤链路的二类测试---光纤链路结构测试(OTDR).....	135
7.9.1	测试场合.....	135
7.10	测试仪器的常规操作程序.....	138
8	热点问题.....	139

1 引言

由于用户对信息与通信业务的多样化及带宽的需求，数据与图像业务呈现出了指数型的增长。同时，在倡导建立节能、环保型社会的前提之下，光纤应用技术、光纤通信传输网络作为未来发展的趋势，将会逐渐覆盖与渗透到各个领域。

作为可持续发展的数字化、智能化和信息通信技术将人们的工作、居住、文化、社会活动、等各种要求，在时间、空间中有机地结合起来，从而为用户带来了信息多元化，安全、舒适、便利的生活环境和较高的生活质量。现代智能和信息系统是指运用智能建筑、计算机、通信和自动化控制等手段，建设基于信息化的智能绿色生态建筑及园区和住宅（小区）等，为未来统一信息平台，多业务的融合提供了基础条件与方向。

光通信作为信息传输的应用技术，具有高带宽，低衰减，抗电磁和射频干扰、高保密性，体积小，重量轻、绿色环保等优点，光通信系统的应用环境也由原来的电信和长距离传输向楼宇、传感、监控、等智能化技术方面扩展，越来越多的进入智能楼宇、园区、工矿企业和住宅小区建设，正是基于这些原因，本白皮书希望通过对光纤配线系统工程实施全过程的详细阐述，为面向光纤应用系统工程的规划、设计、产品选择、线路施工、系统检测、运行维护等方面提出相应的技术要求与建议。本白皮书将国外与国内有关标准的内容进行了比较与对照，既将国外的新标准、新技术、新产品引入到国内，又考虑到国内的工程现状特色与国内标准的条款内容，提供给大家作为参考使用；本白皮书结合工程实践经验与新技术应用理念，通过对热点问题进行剖析，加深对本技术白皮书内容的理解。

1.1 应用范围

本白皮书应用的对象，是针对住宅区（多层、高层、别墅），工业企业（如煤炭、油田、化工、钢铁、等）及专用网络（如校园、医院、城市交通、城市监控等）及公共建筑（智能建筑标准所列出的十大类功能建筑）规划范围内的自建光纤配线系统建设项目。本白皮书适用于光纤配线系统工程建设的全过程，为相关技术人员提供了光纤配线系统的规划思路、设计方法、功能确定、产品选择、施工要求、检测方法等方面的技术掌控要点。

1.2 编制依据

1.2.1 参考和引用的标准和规范

1) 国内标准：

— 国家标准

- GB/T15972.1-1998 (第1版) 《光纤总规范 第1部分 总则》
GB/T7424.1-2003 《光缆 第1部分 总规范》
GB50311-2007 《综合布线系统工程设计规范》
GB50312-2007 《综合布线系统工程验收规范》
GB50373—2006 《通信管道与通道工程设计规范》
GB/T 50314-2006 《智能建筑设计规范》

— 行业标准

- YD/T 814.1-2004 《光缆接头盒 第一部分：室外光缆接头盒》
YD/T 988-2007 《通信光缆交接箱》
YD/T 1419.1-2005 《接入网用单纤双向三端口光组件技术条件第1部分》
YD/T 1258 -2005 《室内光缆系列》
YD/T 926.2-2001 《大楼通信综合布线系统 第2部分 综合布线用电缆、光缆技术要求》

- YD/T 611-1993 《通信电缆交接箱》
YD/T988-1998 《通信光缆交接箱》
GY 200.1-2004 《HFC网络数据传输系统技术规范 第1部分：总体要求》

2) 国际标准

- EC60793-2 (2007) 《光纤.第2部分 产品规范 综述》
IEC60794-1-1 (2001) 《光缆 第1-1部分 总规范 总则》
IEC60794-2 (2002) 《光缆 第2部分 室内光缆 分规范》
IEC60794-3 (2001) 《光缆 第3部分 分规范 户外电缆》
ITU-T G.650 (2000) 《单模光纤相关参数的定义和试验方法》
ITU-T G.651.1 (2007) 《光纤接入网的 50/125 μ m 多模渐变折射率光纤光缆的特性》
ITU-T G.652 (2005) 《单模光纤光缆的特性》
ITU-T G.653 (2006) 《色散位移单模光纤光缆的特性》
ITU-T G.654 (2004) 《截止波长位移型单模光纤光缆特性》

ITU-T G.655 (2006)	《非零色散单模光纤光缆特性》
ITU-T G.656 (2006)	《宽带光传输的非零色散光纤光缆的特性》
ITU-T G.657 (2007)	《接入网用抗弯损失单模光纤光缆的特性》
TIA-472C000-B (2005)	《户内使用的光纤通信用电缆的部分规范》
TIA-472E000 (2005)	《室内一室外光缆标准》
ISO/IEC11801 : 2002	《用户建筑综合布线》
ANSI/TIA/EIA-568-B	《商业建筑电信布线标准》
ANSI/TIA/EIA-569-A	《商业建筑电信通道和空间标准》
ANSI/TIA/EIA-606-A	《商业建筑电信基础设施的管理标准》
TIA/EIA-570A	《智能住宅布线标准》

1.2.2 标准简要说明

1) 《光纤总规范 第 1 部分 总则》 (GB/T 15972.1-1998)

该标准是 GB/T 15972-1998 系列标准中的第一部分，该系列标准替代原国标 GB 11819-87 《光纤的一般要求》、GB 8401-87 《光纤的传输特性和光学特性测试方法》、GB 8402-87 《光纤的（几何）尺寸参数测量方法》、GB 8403-87 《光纤机械性能试验方法》、GB 8404-87 《光纤的环境性能试验方法》和 GB/T15972-1995 《光纤总规范》。在第 1 部分总则中，增加了 B4 型非零色散位移单模光纤（即 G.655 光纤）；在其它部分中，除进一步完善了光纤性能原有的试验方法和删除了某些不适用的方法外，还增加了很多新的试验方法。

2) 《光缆 第 1 部分 总规范》 (GB/T 7424.1-2003)

该标准替代原国标 GB 7424-87 《通信光缆的一般要求》、GB7425-87 《光缆的机械性能试验方法》和 GB8405-87 《光缆的环境性能试验方法》。GB/T 7424 的部分规定了光缆的几何尺寸、传输性能、材料、机械性能、寿命（环境暴露下）和环境适应性以及适用的电气性能等的一般要求。适用于通信设备和采用类似技术的装置中所使用的光缆，也适用于具有光纤和导电线的光缆。

3) 《光缆接头盒 第一部分：室外光缆接头盒》 (YD/T 814.1-2004)

该标准规定了室外光缆接头盒的产品分类、型号、结构、组成、技术要求、试验方

法、检验规则和包装、标志、运输、贮存等要求。适用于通信用光缆线路中架空、管道（隧道）和直埋等敷设方式安装使用的光缆接头盒。

4) 《通信光缆交接箱》（YD/T 988-2007）

本标准规定了通信光缆交接箱产品的定义、结构、型式、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存和运输。该产品是用于光纤接入网中主干光缆与配线光缆交接处的接口设备。本标准适用于通信光缆交接箱的设计、生产和检验。参照相关标准，对其内部的光纤活动连接器部件的防护性能，设备的防护等级和产品质量进行了定义。

5) 《接入网用单纤双向三端口光组件技术条件第 1 部分》（YD/T 1419.1-2005）

该标准用于宽带无源光网络（BPON）光网络单元（ONU）单纤双向三端口光组件

6) 《HFC 网络数据传输系统技术规范 第 1 部分：总体要求》（GY 200.1-2004）

该标准描述了 HFC 网络数据传输系统基本构成，规定了对系统的基本要求以及对系统管理、兼容性和扩展性的要求。本部分适用于 HFC 网络数据双向传输系统。

7) 《室内光缆系列》（YD/T 1258 -2005）

该标准规定了室内用多芯光缆(不包含单芯、双芯和光纤带)的分类、结构、标志、交货长度、要求、试验方法、检验规则、包装、标志、贮存和运输。适用于在室内传输设备、语音数据处理光接口设备之间传输用的光缆以及室内综合布线用光缆。

8) 《光纤.第 2 部分 产品规范 综述》（IEC60793-2:2007）

该标准中对各类多模光纤的技术指标规定得比较具体（如 A1a 型 50/125 μ m 普通多模光纤、A1b 型 62.5/125 μ m 数据多模光纤等）；单模光纤的类别中增加了 B4 型非零色散位移单模光纤。

9) 《光缆 第 2 部分 室内光缆 分规范》（IEC60794-2:2002）

该标准中规定了单芯光缆和双芯光缆的技术要求。

10) 《光缆 第 3 部分 分规范 户外电缆》（IEC60794-3:2001）

该标准中除规定了管道、直埋、架空光缆的技术要求外，还规定了光纤带的技术要求，并规定了衰减测量的不确定度为 ≤ 0.05 dB。

11) 《单模光纤光缆的特性》（ITU-T G.652:2005）和《色散位移单模光纤光缆的特性》（ITU-T G.653:2006）

定义了单模 G.652 光纤的模场直径改为 8.6 μ m~9.5 μ m、G.653 光纤的模场直径改

为 $7.8\ \mu\text{m}\sim 8.5\ \mu\text{m}$ ；区分三种截止波长：光缆截止波长，光纤截止波长，跳线光缆截止波长。

12) 《非零色散单模光纤光缆特性》（ITU-T G.655:2006）

本标准规定模场直径标称值为 $8\ \mu\text{m}\sim 11\ \mu\text{m}$ ，容许偏差为 $\pm 10\%$ ，该标准也适用于大有效面积非零色散位移单模光纤（LEAF 光纤），LEAF 光纤是 G.655 光色散系数符号不应变化。纤的一种；对一根给定光纤，在非零色散波长区，色散系数符号不应变化。

2 术语

2.0.1 主干管道

由信息通信中心机房至交接设备之间的线缆管道。

2.0.2 配线管道

由交接设备至建筑物内配线设备之间的线缆管道。

2.0.3 引入管

由人（手）孔至建筑物交接间室内通信配线设备的线缆管道

2.0.4 引上管

由人（手）孔至室外交接设备之间或建筑物外墙敷设的管道。

2.0.5 主干光缆

通信业务接入点至交接设备之间的连接光缆。

2.0.6 配线光缆

交接设备至楼内配线设备、配线箱之间的连接光缆。

2.0.7 引入光缆

配线设备至配线箱，配线设备、配线箱至家居配线箱之间连接的光缆。

2.0.8 户内光缆

家居配线箱至户内光信息插座之间连接的光缆。

2.0.9 交接间

建筑外部管道和光缆的引入及安装通信配线设备和通信接入网设备等的房屋。

2.0.10 设备间

楼宇具备安装通信配线设备及通信设备条件的房屋。

2.0.11 交接设备

用于连接主干线缆和配线线缆的设备。建筑物内安装的称为配线设备，室外安装的称为交接箱。

2.0.12 配线箱

建筑物内用于线缆分线的箱体，以机架安装或者墙体明装或壁龛暗设的方式设于楼层、单元等部位。

2.0.13 过路箱（盒）

线缆暗管敷设管段之间为施工和维护提供方便的暗设箱（盒）体。

2.0.14 出线盒

为用户线缆的终接部位，出线盒可安装面板和信息模块，以连接通信终端设备。

2.0.15 家居配线箱

安装于住户内的配线箱体，箱体内可设置各种信息业务的配线模块、家庭电话交换机、计算机网络集线器或以太交换机及家庭智能化系统模块等设备。

2.0.16 英文缩写

术语	英文名	中文名或解释
APC	Angled Physical Contact	光纤连接器的插芯端面为 8° 角
dB	dB	电信传输单位：分贝
dBm	dBm	取 1mW 作基准值，以分贝表示的绝对功率电平
dB _{mo}	dB _{mo}	取 1mW 作基准值，相对于零相对电平点，以分贝表示的信号绝对功率电平
EIA	Electronic Industries Association	美国电子工业协会
EPON	Ethernet Passive Optical Network	基于以太网方式的无源光网络
FC	Fiber Channel	光纤通道
FDDI	Fiber Distributed Data Interface	光纤分布数据接口
FRP		聚脂纤维，用于光缆中的一种非金属加强材料
FTTB	Fiber To The Building	光纤到楼宇
FTTC	Fiber to the Curb	光纤到路边
FTTD	Fiber To The Desk	光纤到桌面
FTTH	Fiber To The Home	光纤到家庭用户
FTTO	Fiber to the Office	光纤到办公室
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network	千兆能力的无源光网络

IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工技术委员会
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers	美国电气及电子工程师学会
ISO	Integrated Organization for Standardization	国际标准化组织
ITU-T	International Telecommunication Union- Telecommunications	国际电信联盟-电信（前称 CCITT）
LAN	Local Area Network	局域网
OBD	Optical branching device	光分路器
ODN	Optical distribution network	光配线网
OLT	Optical line terminal	光线路终端
ONU	Optical network unit	光网络单元
PC	Physical Contact	光纤连接器的一种端面形式
PON	Passive optical network	无源光网络
TIA	Telecommunications Industry Association	美国电信工业协会
UL	Underwriters Laboratories	美国保险商实验所安全标准
UNI	User network interface	用户网络接口
UPC	Ultra Physical Contact	光纤连接器的一种端面形式
VOD	Video on Demand	视像点播
WAN	Wide Area Network	广域网

3 光纤配线系统设计

本白皮书光纤配线系统支持应用的业务组成和网络架构是指在各类建筑物、建筑园区的建筑红线范围内的配线系统，不包含相关的有源设备。本白皮书还将涉及到综合布线系统中的光纤配线部分内容。当然，为了描述完整也会涉及到一些相关其它领域的技术。

3.1 概述

从综合布线系统的发展历史来看，光纤配线起始于智能建筑的迅猛发展：从单个建筑物的智能化，延伸到建筑楼群与住宅和住宅区的智能化。同时，综合布线系统的应用又由民用建筑渗透到工业建筑。光纤配线在智能化弱电系统的构成中作为基础设施，在新技术、新方法、新工艺、新产品中也同样得到了快速、全面的发展。

光纤——通过信息通信网络，将建筑的各种智能化系统中的信息、物业、安防、生活服务及办公设施有机地结合起来，集系统结构、服务、管理为一体，形成最优化的组合，使得智能化的实用性、经济型、可靠性、安全性、舒适性和方便性得到了充分体现。从而提高了综合管理的能力和效率，并且达到节约能源消耗的目的。

不同的通信业务和智能化系统有不同的通信协议和信号要求，由于光纤配线系统是无源系统，可以做到全透明传输。只要系统接入相关的有源设备，如电话交换、计算机网络、楼宇自控设备、安防监控、视讯、有线电视等系统，就可以形成一个完整的信息通信网络。

对光纤所承载的业务与采纳的技术、设备不同，可以选择单模或多模光纤配线系统。但是作为光纤来讲，基本结构都是类似的，不同之处在于光缆的应用传输距离、光源使用的波长、传输的损耗，以及光纤接续部分的组合与保护措施、光纤的端接方式等方面。

在《智能建筑设计规范》（GB/T 50314-2006）中列出了十大类功能建筑，这些建筑中有些是单体建筑物，有些则会根据需要相互结合，连接成片，构成了一个个建筑群体，如：办公园区、商业街道、机场、校园、工业园区及住宅小区等等。

建筑智能化由信息设施系统、建筑设备管理系统、公共安全、机房工程等组成，其中特别提出了信息设施系统包括了布线系统，而不是孤立地去看待布线。居住小区智能化系统建设要点与技术导则中也明确指出：“小区智能化是以信息传输通道（可采用宽带接入网、现场总线、有线电视网与电话线等）为物理平台；联结各个智能化子系统，通过物业

管理中心向住户提供多种功能的服务。”因此，在上述系统中，信息的安全传送都依赖于高质量的传输线缆。对工业企业与专用网络，这一领域，对传输线缆更加注重系统的防火、防爆、防震、防雷与接地、防环境污染等方面的要求。

总之，光纤最终目标是将光纤延伸到用户端，充分发挥高效、安全、快速的传输优势。

3.2 光纤配线系统构成与工程界面

光纤配线系统包含了位于信息通信的中心（也可以为电信运营商的接入点）和终端设备光信息输出端口之间的所有光缆、光纤跳线、设备光缆、光连接器件和敷设的管道及安装配线设备的场地。对于不同的项目与建筑物，其构架和包括的线缆及配线器件，设备安装场地会各不相同。光纤对于建筑配线而言，工程界面的确定是工程任务书的范围，直接关系到工程的造价与实施方案。每一个项目不能按照同一个模型去套用。本白皮书内容主要涉及自建的光纤配线系统，但应该考虑到与公用通信网之间的互通，并且满足多家电信运营商的接入，尤其是确定通信业务的接入点与采用的接入技术。在相应的国家标准中，也同样从建筑的范畴考虑，对光纤配线系统的建设范围作出了规定。

1) 单体建筑物：在《综合布线系统设计规范》（GB 50311-2007）中已经定义，主要是以垂直干线子系统的数据传输为主，配以光纤到桌面的水平光纤配线系统。

2) 建筑楼群：在《综合布线系统设计规范》（GB 50311-2007）中，光纤的应用包含在建筑群干线子系统。通过这个子系统，可以将各种单体建筑物中的信息网络连接成一体，以满足各种大型企事业单位、工矿企业、机场、医院、校园、体育场馆、城市交通、城市监控和智能小区内部的自用信息通信业务需求。

3) 住宅及住宅小区：随着光纤技术的发展，在住宅与住宅小区中，主要考虑将“三网融合”如何做到技术与业务上的融合。利用无源光网络的信息传输系统作为主导的接入网技术被得到推广。它可以使得计算机网络、电话交换和有线电视网络全部采用光纤传输，以达到管道资源共享、简化线路、节省造价的目的。在《住宅区和住宅建筑通信设施工程设计规范》（待颁布）中也规定了，为满足宽带业务接入到家庭，应将光纤布放到家居配线箱。

下面本白皮书针对不同的工程对象，分析一下光纤配线系统工程的构成与通信业务的

接入点设置情况。

3.2.1 住宅光纤配线系统

住宅小区配线系统的构成情况较为复杂，建设的规模也各不相同。按照国家的相关法规政策的规定，建筑红线范围内的小区管道和住宅建筑内的所有管线与配线设施均由房屋开发商设施建设，与电信运营商互通的配线设备容量要满足 2~3 家的需要，小区内的线缆应该由电信运营商敷设。所以，在园区管线建设时，应该确定工程界面，杜绝电信运营商垄断通信资源的现象存在。

本白皮书以住宅建筑的三种形式，光纤的接入点位置加以说明，详细见图 3.2.1-1~图 3.2.1-3。

1) 多层住宅（6 单元/楼、6 层/单元、2~3 户/层），以楼、楼单元为界面。配线系统构成如图 3.2.1-1 所示。

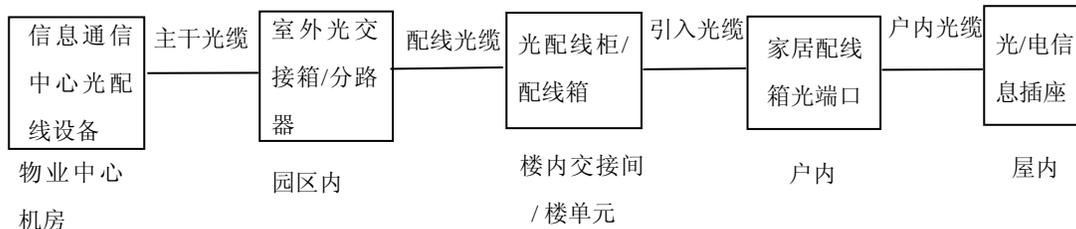


图 3.2.1-1 多层住宅工程界面

注：住宅小区建筑物较少时，可以采用直接配线方式，可以不设室外光交接箱。

2) 高层住宅（30 层），以独栋楼、楼层、为界面。配线系统构成如图 3.2.1-2 所示。

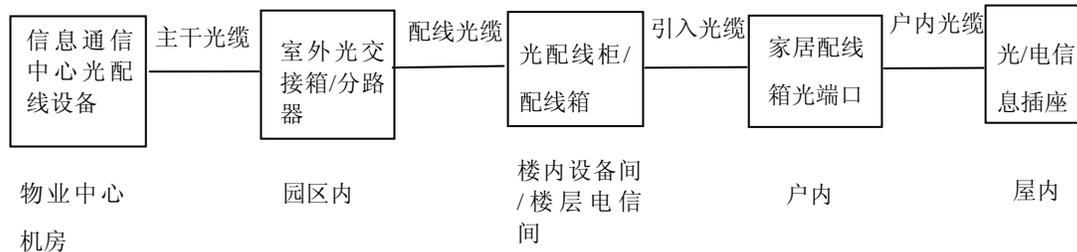


图 3.2.1-2 高层住宅工程界面

3) 独栋别墅楼，以独栋楼为界面。配线系统构成如图 3.2.1-3 所示。

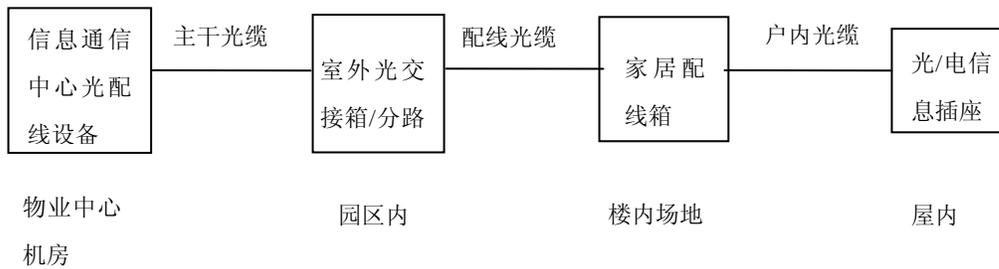


图 3.2.1—3 独栋别墅工程界面

3.2.2 工业园区和专用网光纤配线系统

工业企业园区内及专用网（如医院、校园、城铁等）基本上为自建项目，光纤配线系统工程情况复杂，没有固定的模式。加之地域较大，往往可以涉及到城区的范围；如公路交通、城铁等，其网络带有链形与树形的特征。因为传输距离较远，往往又会超出综合布线系统 3~5 公里的范畴。此时，只能以本地通信线路的规范与标准的要求去进行规划与设计。

作为自建项目，确定规划红线之内的区域为建设范围。在自建的光纤配线系统中，实现光纤到建筑物、光纤到区域、光纤到工作区，并且以信息通信中心机房的光纤配线设备为界面与公用通信网络实现互通互。同样，光纤配线设备的容量应该满足至少 2~3 家电信运营商接入的需求，配线系统构成如图 3.2.2 所示。

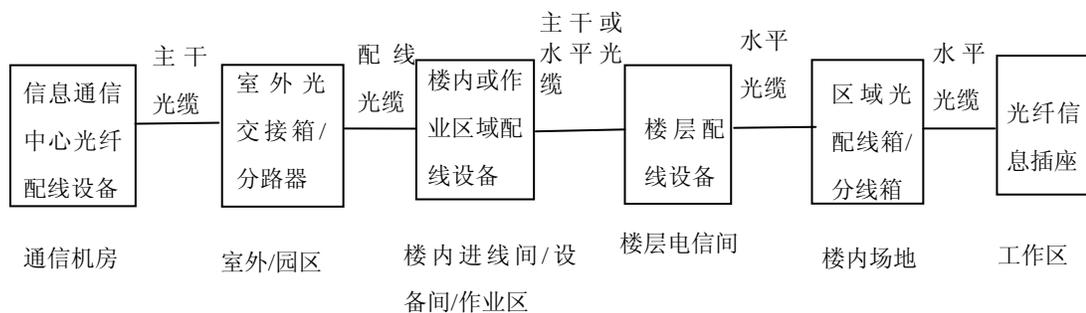


图3.2.2 工业园区和专用网光纤配线网络构成图

3.2.3 公共建筑光纤配线网络构成

楼宇内基本上按照建筑与建筑群综合布线系统的要求实施，将光纤布放到工作区的光纤信息插座。光纤至桌面的规划设计有三种情况。

- 1) 从楼层电信间光配线设备布放水平光缆至桌面光信息插座；
- 2) 从大楼设备间光配线设备直接布放光缆至桌面光信息插座。但是，主干光缆和水平光缆的光纤在楼层电信间作连接（熔接或机械连接）；
- 3) 从大楼设备间光配线设备直接布放光缆经过楼层电信间至桌面光信息插座。

配线系统构成如图 3.2.3 所示

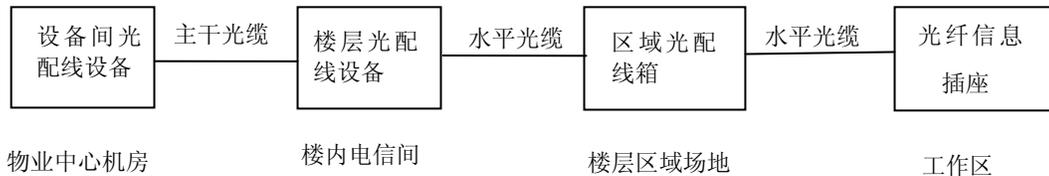


图 3.2.3 楼宇光纤配线网络构成图

按照综合布线系统的设计要求，以大楼或建筑群的进线间或设备间的光纤配线设备为界面与公用通信网络实现互通互。同样，光纤配线设备的容量应该满足至少 2~3 家电信运营商接入的需求。

上述光纤配线系统的组成内容可以根据不同的业务网络加以选用，主要考虑以下因素：

- 工程的范围；
- 应用业务；
- 采用的通信技术；
- 业务网络的构成与规模；
- 建筑物的设置位置与建筑规模；
- 信息通信中心机房设置位置；
- 公用电信业务的接入点设置及与公用电信网络的互通方式。

3.3 光纤配线系统拓扑结构

光纤配线系统一般由主干与配线两部分组成，从网络拓扑结构来讲，有以下几种方式可供选择，而且可以混合使用，下面作具体的分析。

3.3.1 环形网络拓扑结构

环形的网络也称为自愈形网络，网络构成是最为安全的，在环上的每一个配线节点都

可以通过两条不同方向的路由与信息通信中心互通，但是对光纤光缆与光配线设备的需求量相对要大。是主干配线部分经常采用的组网方式，网络拓扑结构如图 3.3.1 所示。

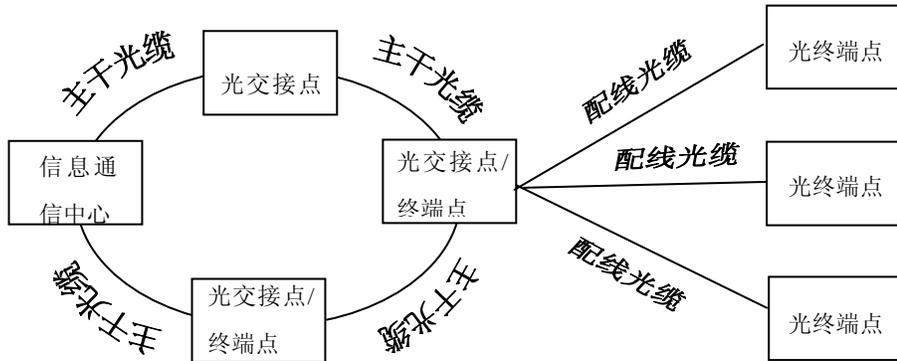


图3.3.1 环形网络拓扑结构

3.3.2 星形网络拓扑结构

网络主要体现为点对点、点对多点的互通方式，易于升级和扩容。针对建筑物比较分散，距离较远的园区较为适用。网络拓扑结构如图 3.3.2 所示。

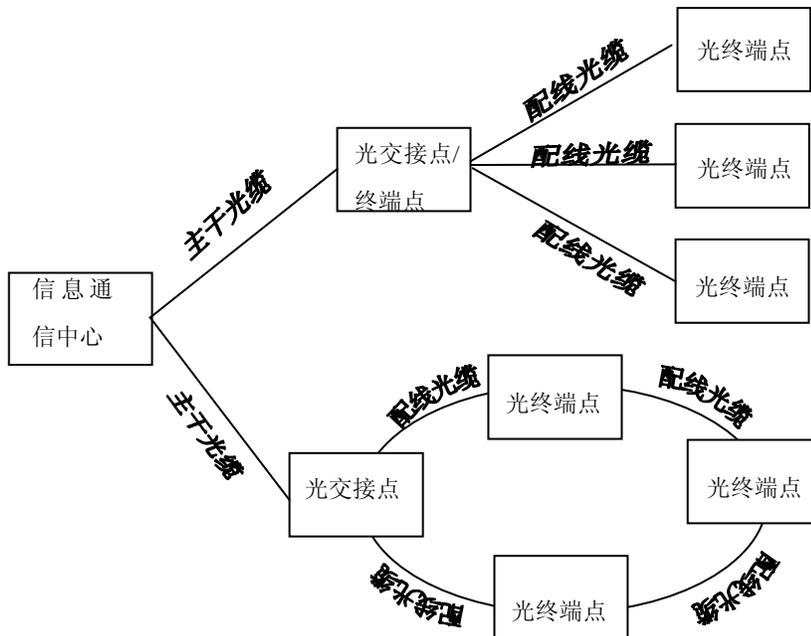


图3.3.2 星形网络拓扑结构

3.3.3 树形网络拓扑结构

网络具有逐渐延伸递减的特点，一般适用于交通、城铁、公路、河流等场合。网络拓扑结构如图 3.3.3 所示。

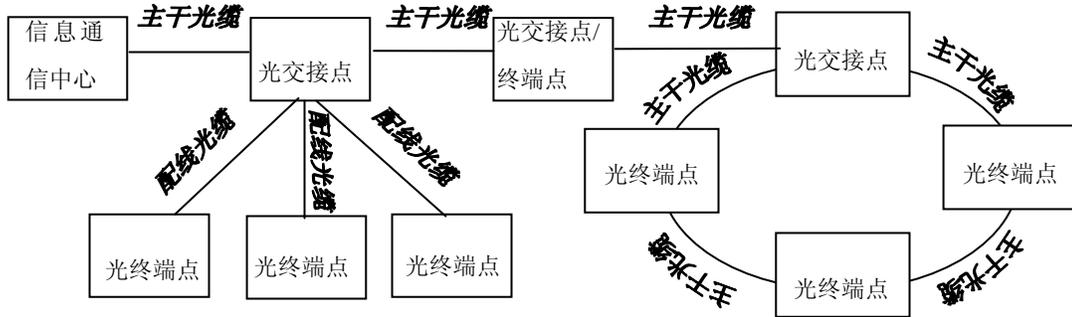


图3.3.3 树形网络拓扑结构

3.4 信业务与接入网技术

目前，通信技术发展迅速，新技术、新产品、新工艺日新月异。在众多的应用技术面前，有了更多的选择余地。当然在某种技术的采用时，应该结合业务的通信设施对业务网络的构成、传输带宽、通信端口的类型及工程现实条件确定实施方案。了解项目开放通信业务种类的目的，是为了确定光纤端口的数量和计算光纤的需求量，最终制定工程的建设规模。下面针对宽带接入系统几种主流的应用技术特点与能够提供的功能，结合提供的通信业务进行对比，列出下表 3.4 的内容，供参考使用。

表 3.4 通信业务与应用技术

应用场合	采用技术			
	FTTx（光纤接入系统）	HFC（光纤同轴混合网络）	光纤+以太交换机	SDH/MSTP（光纤同步传输系统）
电话交换机（中继与专线电路）	√			√
计算机网络（LAN 上网、IP 电话、自用 LAN、IPTV）	√	√	√	√
有线电视（CATV、IPTV）		√		

调度电话/会议电话	√			√
视讯业务（会议电视等）	√	√	√	√
弱电系统（监控、广播、设备管理、信息集成）	√	√	√	√
工业控制系统（传感信号等）	√	√	√	√

3.5 光纤需求分析

业务需求分析，对信息流量进行预测与计算是确定建设规模的主要依据。目前，信息通信网络开放的业务归纳起来就是语音、数据、图像、多媒体。随着信息通信应用的延伸，已经涉及到工控与建筑电气的领域。本白皮书也是正是从这些业务出发，通过各种通信业务网络来介绍光纤的计算流程与方法。

3.5.1 电话交换机（PABX/ISPBX）

电话交换系统（为 PABX 程控用户电话交换机或 ISPBX 综合业务程控用户电话交换设备）可提供普通电话业务、ISDN 业务、IP 电话、会议电话/集群调度电话等业务，满足用户对固定电话业务需求。对住宅小区用户，电话业务一般由固话电信运营商设置远端交换模块（RSU）的方式提供。但是工业企业和专用网的电话交换系统通常采用电信运营商免费提供交换设备、企业与电信运营商合建、企业自建的方式；对于酒店、宾馆一般也自设交换系统。本白皮书仅对自建电话交换系统的业务需求进行分析。根据电话用户的分布情况，推算出整个区域的交换机总容量。

自建电话交换网络，如果采用单个交换机系统组成业务网络，用户都以直线方式接入交换机房用户总配线设备；但在专网中，由于存在用户分布广泛，相对集中的状况，往往会设置多个电话交换机系统以数字中继的方式，点——点相联组网。专网与公用电话交换机中继电路之间，一般以 DOD1+DID 的全自动中继方式通过光缆传输系统相连接。

(1) 交换网的构成

图 3.5.1-1 ~ 图 3.5.1-4 表示了电话交换系统的互通关系。

1) 住宅直线电话（电信运营商设 RUS）

图 3.5.1-1 中，不同类型的住宅建筑均通过家居配线箱，经市话电缆或 3 类大对数

电缆连接至电信运营商设置的远端模块局。如果在住宅楼单元、楼层、或用户内采用设置光纤接入系统光纤网络单元或在户内设置光纤网络终端，则与电话交换设备间通过光纤配线网络相连，满足多业务的接入。每一个光纤网络单元或光纤网络终端需要配置 2~4 芯光缆（已考虑备份）。

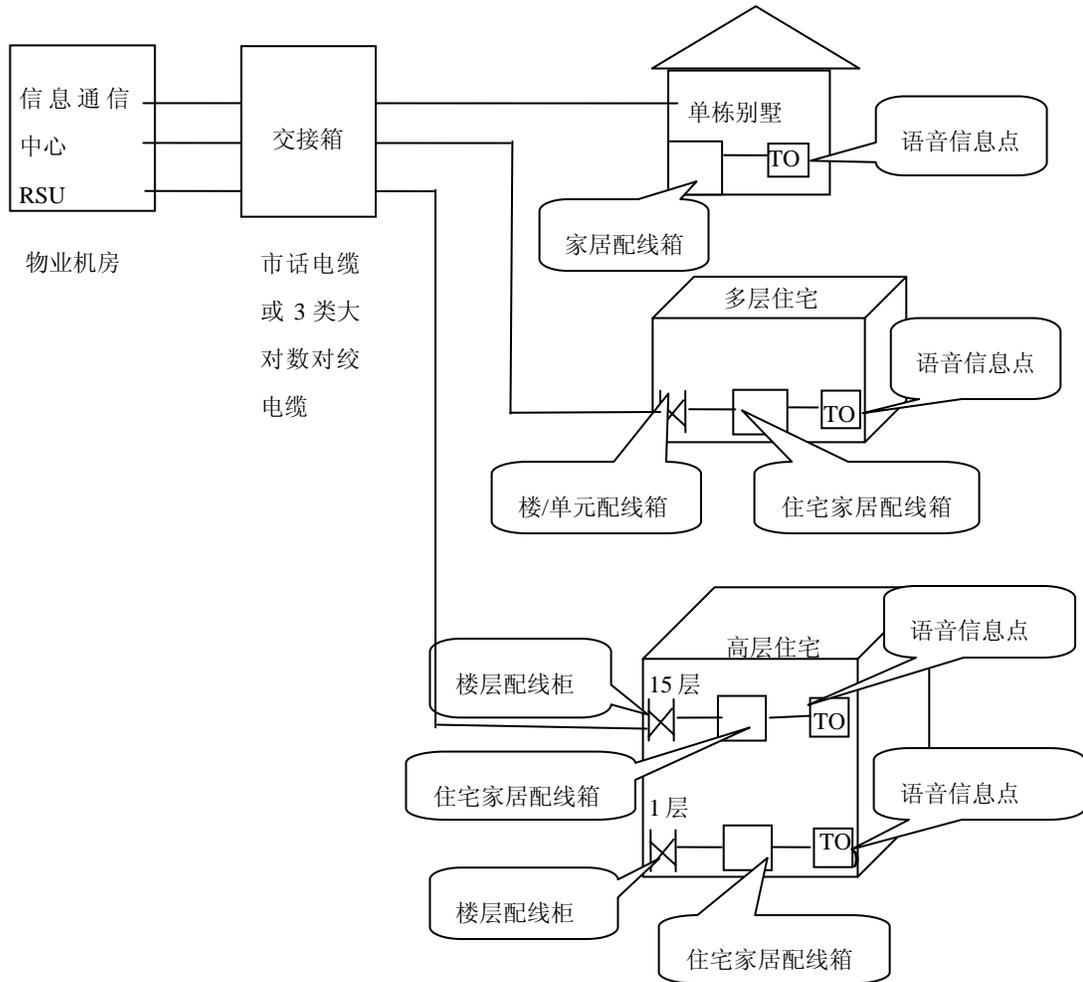


图 3.5.1-1 住宅直线电话构成

2) 专用电话交换网

对于工业企业或专用网电话交换系统的组网，因为地域较大，可以设置汇集局与端局构成电话交换专网，整个专网至公用电话网的业务都由汇集局疏通。各个交换机之间均可采用光纤作为传输介质。图 3.5.1-2 中表示出各个建筑物中的光纤总配线设备通过光缆进行互通的关系。在此种情况下，交换机之间基本上可以按照 2~4 芯考虑，如果信息通

信中心交换机与各个分交换点之间采用环网组网时，光缆光纤的数量应该按照各交换点对光纤的总需求量进行计算。

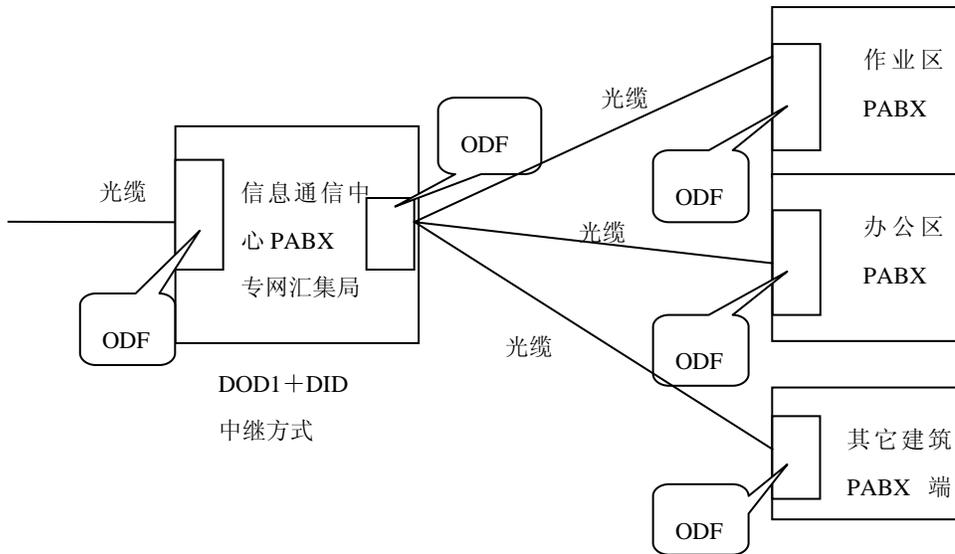


图 3.5.1-2 专用电话交换网构成

3) 建筑与建筑群电话交换网

根据建筑物的功能类型确定采用直线电话还是设置程控用户交换机的组网方式。每个电话交换系统对光缆光纤的需求，主要由交换机的中继电路数和采用的传输系统要求决定，组成构架如图 3.5.1~3、图 3.5.1~4 内容。

— 单体建筑

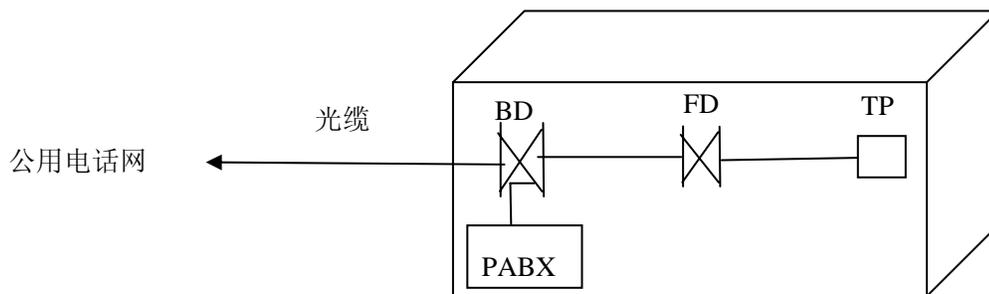


图 3.5.1-3 单体建筑物电话网构成

一 建筑群

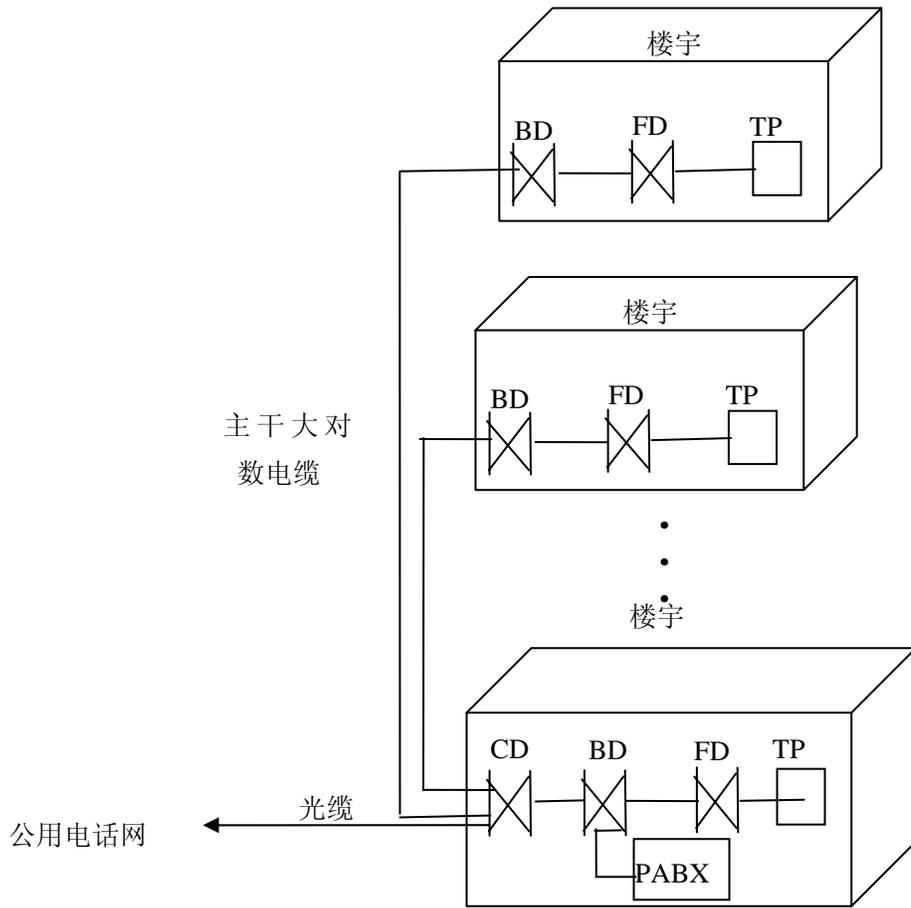


图 3.5.1-4 建筑群电话网构成

(2) 计算步骤与基础数据

1) 计算步骤:

根据建筑的各功能区确定语音信息点的数量——根据语音信息点的数量确定电话交换机的容量——根据电话网的网络结构确定路由及中继方式——根据话务量的计算确定中继线数量——确定传输设备及每个光端口满足的传输速率——确定交换机对光端口的需求量——根据光端口数量计算光纤数量。

2) 基础数据确定原则:

—程控用户交换机的中继电路大约占用户数的 10~20%。

—以模拟用户直线方式直接接入电信运营的用户大约占用户数的 10%。

- 光纤传输设备每个接入光接口满足基本带宽为 155Mbit/s。
- 每一个光端口实需 2 芯光纤。
- 每一个光端口备份为 2 芯光纤。

(2) 计算方法:

根据电话用户的分布情况,推算出整个区域的电话用户和交换机总容量。一般采用以下两种预测方法:

1) 主线普及率,如:依据应用对象不同,采用不同的电话普及率,一般为 20%~50%,即 20~50 部电话/百人。

此方法多适用于居住区,并考虑公共设施(如:配套医院、学校、餐饮、商业、幼儿园等)公用电话及投币/磁卡电话的设置数量。

2) 区域功能预测法:依据区域发展的特性及功能、建筑物的规模,测算语音信息点数目,在预测中应考虑许多的不定因素和变化情况,并留有充分的冗余。预测内容如表 3.5.1-1 所示。

表 3.5.1-1 语音信息点与话务流量比例

建筑功能区	语音信息点/直线电话预测	电话用户接入交换设备比例	
		PABX (大楼程控用户交换)	RSU (用户远端模块局) 直线电话
办公区	每 10 m ² 设 1 个信息点	语音信息点的 70~80%	语音信息点的 20~30%
工业生产作业区	每 20~60 m ² 设 1 个信息点	语音信息点的 80~90%	语音信息点的 10~20%
每一住户	每一户设 1~2 个直线电话	——	用户线的 100%

3) 计算结果分析

建筑规模、语音用户数量、交换机容量的确定,是关键数据。从下表的内容中,对中继线预测结果作分析后可以看出,10000 门容量的交换机对 155Mbit/s 光端口的要求也就是 4 个。如果以每一个 SDH 系统(至少达到 2.5G 传输速率)测算,当交换机中继线端口的容量超过一个 155Mbit/s 带宽时,也可以由 SDH 设备提供 1 个 622Mbit/s 的光端口(可以满足 4 个 155Mbit/s 的需求)。实际对 2.5G 的 SDH 环路设计仅需要 2~4 芯光纤。表 3.5.1-2 列出了在相应的建筑规模下,电话交换机的容量及光端口的预测思路。

表 3.5.1-2 交换机容量预测表

建筑类型	建设规模		预测用户数	交换机容量取整（门）		E1 （2M 端口个）
				计算值	取整值	
住宅区	多层住宅 （6~30 栋楼）	每幢楼/72~ 108 户	144~216 线	1036~5184 /1555~7776	1000~8000	4~27
		每单元/12~ 18 户	24~36 线			
	高层住宅 （2~10 栋楼）	每幢楼/240~ 300 户	480~600 线	1152~5760 /1440~7200	1200~7200	4~24
		每 15 层 /120~150 户	240~300 线			
别墅 （50~ 100~栋 楼）	每幢楼/1~3 户	2 ~ 4 线 /6~12 线	120~240/240~480; 360~720/720~1440	200~2000	2~7	
工业企业	区域范围（有 2~4 个建 筑物体）		200~3000 线	240~3600	240~3600	2~12
园区 及专 用网	区域范围（有 5~10 个建 筑物体）		1000~8000 线	1200~9600	1200~9600	4~320
楼宇	区域范围内有 20000 ~ 50000 m ² 建筑面积，约 2000~5000 语音信息点		1600~4000 线	1920~4800	2000~4800	7~160
	区域范围内有 60000 ~ 100000 m ² 建筑面积，约 6000~10000 语音信息点		4800~8000 线	5760~9600	5800~9600	194 ~ 320

注：① 交换机的实装率按 80% 计取。

② 住宅建筑的每栋楼及单元户数仅为举例数据。

③ 建设规模建筑物的数量与面积仅为举例数据。

④ 在上述表中，每一个 E1 接口按支持 30 个话路考虑。

预测结果汇总可按以下表 3.5.1-3 内容格式要求列出。

表 3.5.1-3 预测记录表格式

序号	建筑名称	功能类别	建筑面积(m ²)	信息点		电话实现方式及容量		
				预测原则	预测数量	PABX(线)	RSU(线)	直线(线)

3.5.2 计算机网络（LAN）

根据对用户业务需求和宽带业务规划的分析，目前宽带业务的需求的特征为：

一网络业务在原有的文字为主要形式的基础上转向交互和多媒体方式，音视频的要求越来越高，要求达到标清程度；

一企业逐渐更多地使用视频会议，以减少成本；IPTV 业务用户逐渐增多，图像逐步达到高清程度；部分行业开始使用 IPTV 的增值业务；VoIP 逐渐普及；

一信息家电和家庭远程监控开始普及。住宅要求网络基础平台提供高带宽、高稳定和抗干扰的物理平台，普通用户家庭有了两台电视机同时使用 IPTV 和两部 VoIP 电话的需求，对节目定制和互动体验要求增长；

一多媒体网络的 MS Word 文档、IP 电话、照片、高清电视 等业务有较大的 应用前景。

目前计算机网络主要可以采用光纤接入 FTTx、HFC 的 Cable Modem、光纤+以太网交换机、SDH/MSTP（光纤同步传输系统）等手段进行组网。本白皮书主要以采用以太网交换机组成计算机多级网络（LAN）的方案来阐述网络对光纤的需求预测方法与过程。计算机网络结构见图 3.5.2 所示。

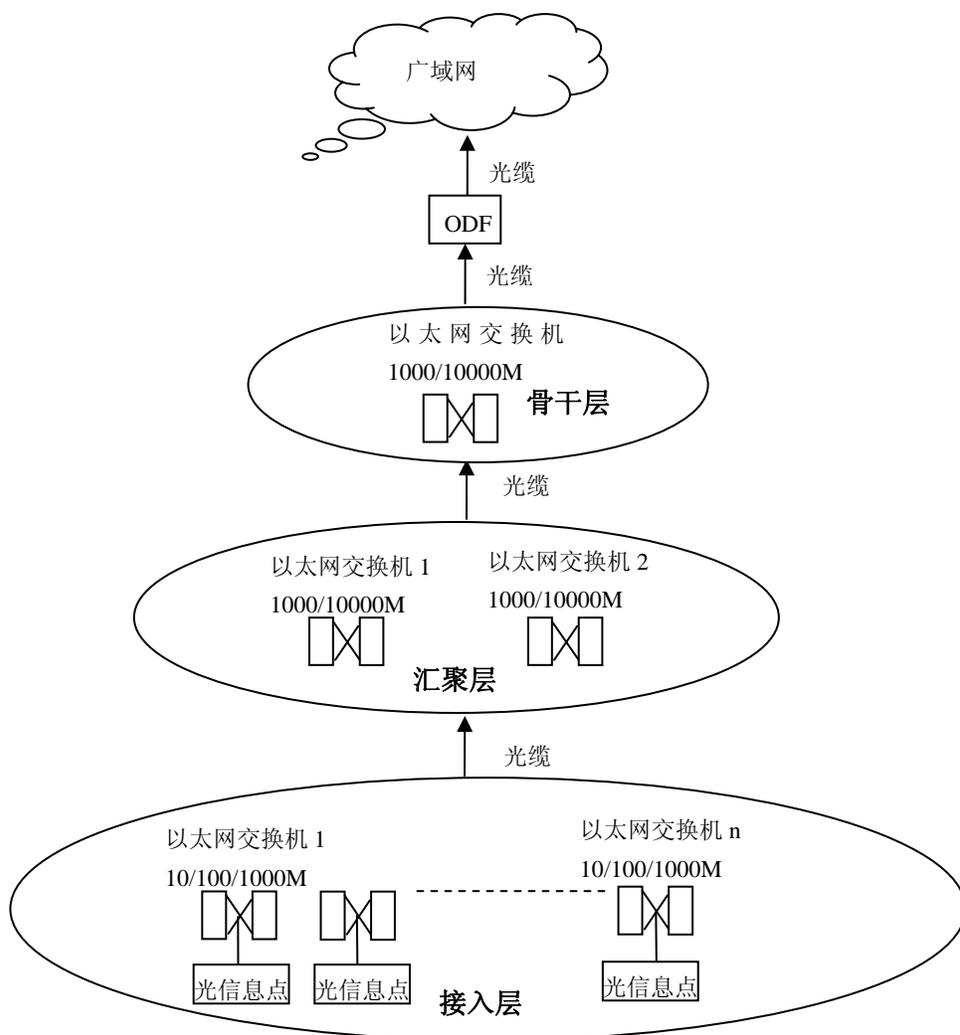


图 3.5.2 LAN 构成与光纤配线

(1) 计算步骤与基础数据

1) 计算步骤

根据建筑的各功能区确定数据信息点的数量——根据信息点的分布确定局域网的网络结构——根据以太交换机的规格确定光端口的数量——根据数据业务的分类和信息流量确定每个光端口满足的传输速率——确定交换机对光端口的需求量——根据光端口数量与带宽测算光纤数量与类型。

2) 基础数据确定原则

在计算光纤容量时，可以按照以下原则确定基础数据：

- 按照工作区面积与住宅用户类型确定数据信息点数量；
- 每一个数据信息端口按 10M/100M/1000M 传输速率确定；

- 每台以太网交换机按照提供 24~96 个 10M/100M/1000M 端口计算；
- 光纤传输设备（SDH）每个接入光端口满足基本带宽为 155Mbit/s；
- 每一个光端口实需 2 芯光纤；
- 每 4 台以太网交换机或每 96 个端口备份 2 芯光纤。

(2) 计算方法

计算机网络业务预测采用定量与定性分析相结合的方法，合理估算出全网数据业务的带宽流量。由于不确定因素较多，可根据各应用场合的业务侧重点，设定多样化通信需求。本白皮书以通常的测算方法与定量给规划设计人员建立一个思路。

1) 通信业务带宽分析

a 根据某电信运营商对各类宽带业务所需带宽的预测结果如下表 3.5.2-1 所示，本白皮书在数据流量分析时，以表中 2010 年的数据为依据，供参考使用。

表 3.5.2. -1 业务带宽流量分析

业务带宽模型					
带宽需求	典型业务	远期	2010 年	2008 年	2006 年
用户带宽需求模型(下行)	IPTV (2 路高清)	20Mbps	10-12Mbps	5-6Mbps	2-3Mbps
	视频通信	4Mbps	2Mbps	1Mbps	500Kbps
	上网业务	10Mbps	4Mbps	2Mbps	512Kbps
	网络游戏	2Mbps	300Kbps	300Kbps	30Kbps
	VoIP 业务 (2 路)	200Kbps	100Kbps	100Kbps	100Kbps
总计接入带宽(下行)		10-30Mbps	4-18Mbps	2-8Mbps	512Kbps-4Mbps
用户带宽需求模型(上行)	语音、视频通信	4Mbps	2Mbps	1Mbps	500Kbps
	上网业务	4Mbps	2Mbps	1Mbps	512Kbps
	视频监控	2Mbps	—	—	—
总计接入带宽(上行)		4 - 10Mbps	2-4Mbps	1-2Mbps	512Kbps-1Mbps

b 多媒体网络业务带宽分析

- MS Word 文档(6.5KB/页) ；

- IP 电话 (G729, 10Kbps) ;
- 照片 (JPEG, 100KB/页) ;
- 手机电视 (QCIF H. 264, 300Kbps) ;
- 标清电视 (SDTV H. 264, 2Mbps) ;
- 高清电视 (HDTV H. 264, 10Mbps) 。

依据用户的特性及建筑物的功能要求、规模大小，网络构成确定数据信息点测算的基础条件，在预测中应考虑许多的不定因素和变化情况，并留有充分的冗余。预测内容如表 3.5.2-2 所示。

表 3.5.2-2 数据信息点与信息流量比例

建筑功能区	数据信息点预测原则	数据用户接入计算机网络信息流量比例	
		自建局域网	公用城域网
办公区	每 10 m ² 设 1 个信息点	60~70%	30~40%
工业生产作业区	每 20~60 m ² 设 1 个信息点	80~90%	10~20%
每一住户	每一户设 1~2 个	10%	90%

2) 基础数据取定

a 建筑规模

建筑规模参照建筑行业对建筑的分类与规模列出，如表 3.5.2-3 内容。

表 3.5.2-3 建筑规模测算

建筑类型	区域范围划分	
住宅区	多层住宅	每幢楼/108 户
		每单元/18 户
	高层住宅	每幢楼/300 户
		每 15 层/150 户
别墅	每幢楼/3 户	
工业企业及专网	区域范围 (有 2~4 个建筑体)	
	区域范围 (有 5~10 个建筑体)	
公共建筑 (十	区域范围内 (有 2~5 个建筑体)	

大类功能建筑)	区域范围内 (有 5~10 个建筑体)
---------	---------------------

b 信息点配置原则

数据信息点及入户光纤端口的取定参照相关布线标准的提供的数据列出, 如表 3.5.2-4 内容。

表 3.5.2-4 数据信息点取定表

建筑类型	区域范围划分		信息点配置建议
住宅区	多层住宅	每幢楼/100 户	每户设 1 个光纤入户端口
		每单元/20 户	
	高层住宅	每幢楼/300 户	
		每 15 层/150 户	
别墅	每幢楼/3 户	每户设 1~2 个光纤入户端口	
工业企业	区域范围 (有 2~4 个建筑体)		每 20~60 m ² 设 1 个数据信息点
	区域范围 (有 5~10 个建筑体)		
公共建筑 (十大类功能建筑)	20000~50000 m ² 建筑面积		每 10 m ² 设 1 个数据信息点
	20000~100000 m ² 建筑面积		

3) 预测结果

在上述数据为测算依据的基础上得出表 3.5.2-5 的内容。

表 3.5.2-5 光纤预测结果表

建筑类型	建设规模		预测数据信息点数量 (个)	以太网交换机数量 (台)		光纤数 (芯)
				24 口以太网交换机	主干光端口数	
住宅区	多层住宅 (6~30 栋楼)	每幢楼 /72~108 户	72~108	3~5/每栋楼	最多 3/5 最少 1/2	最多 6/10 最少 2/4
		每单元 /12~18 户	12~18	1~1/每栋楼	1	2

	高层住宅 (2~10 栋楼)	每幢楼 /240~300 户	240~300	10~13/每栋楼	最多 10/13 最少 3/5	最多 20/26 最少 6/10
		每 15 层 /120~150 户	120~150	5~7/每 15 层	最多 5/7 最少 2/2	最多 10/14 最少 4/4
	别墅 (50~100~栋楼)	每幢楼 /1~3 户	3~6	1/每栋楼	1	2
工业企业园区及专用网	区域范围 (有 2~4 个建筑物体)	5000~20000 m ² /栋楼	250~84/1000~334 每栋楼	11~4/42~14 每栋楼	最多 11~4/42 14 最少 3~1/11~4	最多 22 8/84~28 最少 6~2/22~8
	区域范围 (有 5~10 个建筑物体)	5000~20000 m ² /栋楼	250~84/1000~334 每栋楼	11~4/42~14 每栋楼	最多 11~4/42 14 最少 3~1/11~4	最多 22 8/84~28 最少 6 2/22~8
公共建筑	区域范围内有 20000~50000 m ² 建筑面积, 5000~10000 m ² /栋楼		500~1000 每栋楼	21~42 每栋楼	最多 21~42 最少 6~11	最多 42~84 最少 12~22
	区域范围内有 60000~100000 m ² 建筑面积 5000~20000 m ² /栋楼		500~2000 每栋楼	21~84 每栋楼	最多 21~84 最少 6~21	最多 42~168 最少 12~42

在上述表 3.5.2-5 中的光纤数量计算结果, 住宅建筑内计算机网络按住户 (10M/100M 以太交换机) 和住宅楼 (楼或单元) 两级组网考虑, 表中光纤需求按单元和楼层、栋楼网络交换机输出端口测算。但对工业企业园区及专用网和公共建筑内, 通常为楼层 (10M/100M/1000M) 与大楼 (100M/1000M) 两级以太交换机组网, 下表 3.5.2-6 的内容列出公共建筑网络交换机输出光端口及光纤数量。

表 3.5.2-6 工业企业园区、专用网及公共建筑光纤需求表

建筑类型	建设规模	预测数据信息点数量(个)	以太网交换机数量(台)			光纤数(芯)
			24口以太网交换机	主干光端口数		
				楼主干入端口	楼主干出端口	
工业企业园区及专用网	每栋建筑物为5层, 每层为1000~4000 m ²	50~17/200~67 每层	2~1/9~3 每层	10~5 /45~15	1~1 /2~1	2~2/4~2
楼宇	每栋建筑物为5/10层, 每层为1000/m ²	100/每层	5/每层	25~50	2~3	4~6
	每栋建筑物为5/20层, 每层为1000/m ²	100/每层	5/每层	25~100	2~5	4~10

对光缆的选用主要考虑光纤的类型(多模或单模)和以太网交换机光端口的传输速率对于不同的光纤所能够支持的传输距离这两个问题。表 3.4.2-7 通过对信息流量的分析与分配, 得出楼内核心交换机的对外互通光端口的带宽需求, 有利于选择相适应的光缆。

表 3.5.2-7 信息流量分析与光端口带宽需求

区域范围划分		数据信息点数量(个)	带宽需求(Mbps)				建设带宽(Mbps)	光端口需求预测
			单点业务需求	同时使用率	对外比例	并发带宽		
多层住宅	每幢楼/72~108户	72~108	2M~4M	10%	100%	28.8~43	288~432	2×GE
	每单元/12~18户	12~18	2M~4M	10%	100%	4.8~7.2	48~72	1×100M
高层住宅	每幢楼/240~300户	240~300	2M~4M	10%	100%	96~120	960~1200	1~2×GE
	每15层/120~150户	120~150	2M~4M	10%	100%	48~60	480~600	1×GE

别墅	每幢楼/3户	3~6	2M~4M	10%	100%	1.2~ 2.4	12~24	1×100M
工业企业园区及专用网	区域范围（有 2~4 个建筑物）	100	1~2M	20%	60%	24	240	1×FE
	区域范围（有 5~10 个建筑物）	250	1~2M	20%	60%	60	600	1×FE
公共建筑	5000~10000 m ² /栋楼	500~ 1000	4~5M	30%	70%	525 ~ 1050	5250~ 10500	6~11× FE
	5000~20000 m ² /栋楼	500~ 2000	4~5M	30%	70%	525~21	21000	6~21× FE

3.5.3 视讯业务网络

视讯业务应用种类为：

- 电视会议——即异地实时收听、收看会议实况并参与发言讨论；
- 接收外地消息；
- 个人交流——即个别客户进行私人视讯交流。

今后，随着宽带应用系统的普及，视讯业务将逐步深入住宅小区和企业，提供与亲人、朋友、同事的面对面交流。

视讯业务网络通常采用 H. 320/H. 323 两种协议兼容的 MCU，形成一个视讯平台。该平台可以通过 PRI（2Mbit/s）接口和以太网口的路由器连接至传输设备将各个视讯终端进行互通。

根据用户采用协议不同，光纤配置规模有所不同：

IP 用户的 H. 323 视讯业务可以通过计算机网络与本系统的 MCU 连接。对外部的信息流量可以纳入计算机网络的业务流量中加以计算。对采用 H. 320 协议的视讯业务系统时，每一条外部引入专线需要配置 2 芯光纤的光端口与本系统的 MCU 连接。

3.5.4 其他业务网络

(1) 有线电视

有线电视（以下简称 CATV），是以提供调频广播信号、电视广播信号、卫星电视广

播信号及市有线电视广播信号至每一个电视输出终端。有线电视网络则根据服务的用户数和网络支持的应用业务来确定光纤通达的位置。一般，光纤到一个区域的分支点（FTTF），光节点满足的用户数 ≤ 2000 户；光纤到路（FTTC），光节点满足用户数 ≤ 500 户；为了适应综合业务的应用，随着光纤技术的迅速发展，光纤到建筑物（FTTB），越来越接近用户已成为现实，此时光节点只满足的用户数约125户。

对CATV网络，每一个光缆的终端点可以按照2~4芯(含2芯备份)的需求测算。当HFC建成通信业务和有线电视业务融合的网络时，可以考虑“同光缆合光纤”与“同光缆分光纤”的方式测算光纤数量。

（2）弱电系统

随着计算机网络技术在建筑智能化系统中的应用，越来越多的弱电系统研发采用TCP/IP的通信协议来完成信息的互通。这为弱电系统的集成创造了基础条件。如果采用光纤作为传输介质时，每一个光端口对光纤的需求为1芯（双工）或2芯（单工）。如果考虑到备份，应该按照 $N \times 2$ （ N 为每一个光端口光纤芯数）计算。光纤的应用主要体现以下系统：

1) 建筑设备管理系统：现场控制器数字输出端口或控制/信息网关输出/输入端口。

2) 安全技术防范系统中的视频安防监控系统：数字监控摄像头和数字视频服务器输出/输入端口；出入口控制系统、电子巡查管理系统、汽车库管理系统等的数字输出/输入端口。

3) 广播系统（包括背景音乐及紧急广播）：数字广播功放输出端口和扬声器输入端口。

4) 工业控制系统：数字传感器或网关设备数字输出/输入端口。

3.6 管线建设规模预测

管道的配置容量与管道的组网方式有关。如果采用室外交接箱之间构成主干管道环网时，主干管道容量按照环网交接箱主干光缆“全进全出”的数量考虑；交接箱至楼内配线箱点一点相连的配线管道的容量按照直连光缆的根数确定。在计算光纤容量时，一般配线光缆光纤的容量为主干光缆光纤容量的1.2~1.5倍。当然在管道设计时也得考虑到人孔和手孔的设置。对于楼宇的数量较少时，也可以从信息通信中心直接敷设管道至各个楼

字，而不设置交接箱。此时，管道的容量在其路由的延伸过程中逐渐递减。

合理的管道建设规模预测，考虑的因素包括以下几个方面：

- 管道组网方式；
- 配线区与交接区；
- 路由选择；
- 光缆容量；
- 管道程式和管孔容量。

3.6.1 引入信息通信中心机房管道

引入管道应根据终期需要量一次建设。从安全性考虑，有条件的场地，要考虑 2 个路由进入进线室。信息通信中心机房作为光缆环路上的中心节点位置，每方向宜采用不少于 6 孔为宜，共 12 孔。

3.6.2 管道容量确定原则

由于管道建设受到园区市政建设等诸多不可控因素的影响，条件允许时，在各主要道路两侧敷设管道，便于今后大客户接入业务；

地下通信管道的管孔数应按终期光（电）缆条数、规格和合理的管群组合类型及备用孔数确定，管孔总的数量应满足至少 2 家电信运营商对通信业务的需要，对住宅区的内部网络及弱电系统需求的管孔也可一并考虑，地下通信管道敷设光缆宜采用单孔（或在单孔管中穿放最多 3 根子管）、多孔塑料管（管孔数不宜少于 5 孔）及钢管，并符合下列要求：并符合以下设计原则：

- 1) 多层住宅单元及别墅楼的引入段不宜少于 2 孔，内径不宜小于 50mm；
- 2) 多层及高层住宅建筑的引入段不宜少于 2 孔，内径不宜小于 90mm；
- 3) 室外光（电）缆交接箱的引入段不宜少于 4 孔，内径不宜小于 90mm；
- 4) 主干管道的管孔不宜少于 6 孔，内径不宜小于 90mm；
- 5) 配线管道的管孔不宜少于 2 孔，内径不宜小于 90mm；
- 6) 通信管道可采用不同管径的管材进行组合，以满足不同直径的光（电缆敷设需要；
- 7) 通信管道采用单孔管时，不同管段的孔径及数量可按以下原则确定；
- 8) 通信管道的管孔内径不应小于线缆外径的 1.25 倍。

3.6.3 交接箱容量测算

实现全光网络，首先做到光纤到路边（FTTC）已是业内的共识。目前成熟的做法是将主干层光缆和配线层光缆分别进行建设，即：先使用大对数光缆沿园区主要道路进行布放，尽量做到全范围覆盖；当有业务需求时，就在光缆交接设备上提供纤芯到各楼内接入点配线设备。因此，在园区的光缆网络建设中，比较多地使用光缆交接箱。

光缆交接箱，便于周边业务快速、灵活地接入。交接箱是用于光缆接入网中主干光缆与配线光缆的接口设备，具有光纤熔接、存储及配线功能，通过光纤活动连接器和光纤跳接线及光纤尾纤实现光传输线路的灵活配接。可以在路边设置光缆交接箱，采用落地、挂墙、挂杆等安装方式。如果受到市政管道的限制，在路边放置光缆交接箱可能性较小时。可结合地理环境，选择光缆进出方便的永久性建筑的室内一层或地下层场所放置光缆交接箱。

配合 MSTP 设备的使用，环型结构是十分理想的选择。环型结构是指所有光缆交接箱共同使用一条大芯的数光缆，光缆首尾在信息通信中心终端，自成一个封闭回路的网络结构，主干光缆纤芯分配可按实际需求全部在光缆交接箱上终端或只终端一部分。该结构纤芯使用比较灵活并拥有纤芯保护能力。

光交接箱的容量按照主干光缆与配线光缆光纤的数量确定，并且要预留充分的箱体空间。

3.7 预测汇总

在完成对各项业务光纤的需求测算以后，可以以表格的形式进行汇总，以确定建设规模与投资计划。汇总表格的内容与格式见表 3.7 要求。

表 3.7 预测汇总记录表

序号	项目名称	建筑功能类别	建筑面积 (m ²)	业务网络		预测结果					
				设备规模与业务	采用应用技术	光纤数量 (芯)		管道 (孔) 与规格		光交接箱 (个)	
						计算值	确定值	主干管道	配线管道	功能	容量 (芯数)

3.8 光链路的衰减计算

光纤链路的衰减是网络中非常重要的性能指标之一，前期的网络设计规划时，要对链路的衰减做出预计算，使其符合系统设备光纤收发设备的光功率要求（对于不同协议和网络应用，光纤可以支持的传输距离是不一样的），这对于网络实施是非常重要的，直接关系到网络是否可以按照设计要求正常运行。并且，施工质量是否达到验收标准要求，也需依据施工中的测试结果与前期预计算的结果进行对比。

对于光纤配线系统光纤的链路或信道的衰减预计算，应当包含两种不同的计算方式，即光纤链路或信道中包括光纤分路器和不包括光纤分路器的情况，下面分别列出：

3.8.1 包含光纤分路器的光纤链路

光纤信道的全程衰减定义为 S/R 和 R/S 参考点之间的光衰减，即信息通信中心机房的输入至楼层光配线箱或光纤信息插座的输出端口，以 dB 表示。包括光纤、光分路器、光活动连接器、光纤熔接接头所引入的衰减总和。光分配网络的功率衰减与光纤分路器的分光比、活动连接数量、光缆线路长度等有关，具体构成见图 3.8.1。

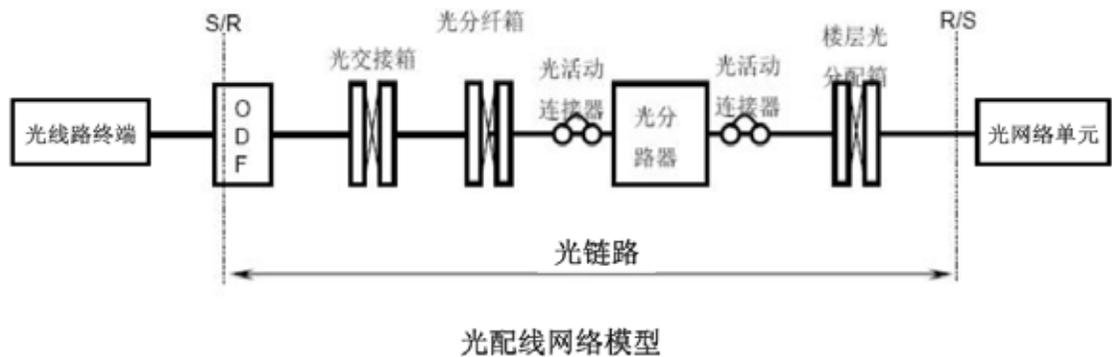


图 3.8.1 光网络构成

设计时，必须控制光分配网络中最大的衰减值，本白皮书以采用 GEPON 技术，实施光纤到户的解决方案为例，对光纤损耗的分配指标进行分析。

现以符合 IEEE802.3ah 的 1000BASE-PX20 物理接口，其特性为：

点到多点的光纤传输；

上下行方向使用同一根光纤。其中 1000BASE-PX20-U 为上行方向，由 ONU 至 OLT，使用 1310nm 标称波长；1000BASE-PX20-D 为下行方向，由 OLT 至 ONU，使用 1490nm 标称波长；

在单模光纤上，1000BASE-PX20 以 1000Mbps 速率，分路比为 1:32，最大传输距离不小于 20km；

信号编码方式为 8B/10B；

在物理层业务接口上，误码率小于等于 10⁻¹²。

最大光链路衰减值参考表 3.8.1-1 内容。

表 3.8.1-1 光链路衰减值

序号	采用接口(光缆线路最长距离)	1310nm 时最大光链路衰减(dB)	1490nm 时最大光链路衰减(dB)
1	1000BASE-PX20U 接口 (最大传输距离为 20km)	24	--
2	1000BASE-PX20D 接口 (最大传输距离为 20km)	--	23.5

在设计过程中应对无源光分配网络中最远用户终端的光通道衰减核算，采用最坏值法进行 ODN 光通道衰减核算。

计算公式：

$$\text{光纤链路衰减} = AL + N_1B + N_2C + D + N_3E$$

其中：

- A 每公里平均衰减(dB/km)
- L 光缆长度(km)
- N₁ 热熔接或者机械式接续的数目
- B 热熔接或者机械式接续的衰减(dB)
- N₂ 光纤活动连接器的数目
- C 光纤活动连接器的插入损耗(dB)
- D 光纤衰减富裕度
- N₃ 光分路器数目

E 光分路器插入损耗(dB)

计算时相关参数取定:

- 1) 光纤衰减取定: 1310nm 波长时取 0.36dB/km
1490nm 波长时取 0.22dB/km;
- 2) 光纤活动连接器插入衰减取定: 0.5dB/个;
- 3) 光纤熔接接头衰减取定: 光纤熔接衰减取值: 0.3dB/每个接头;
- 4) 采用机械冷接时, 双向平均值 0.15 dB/每个接头;
- 5) 计算时光分路器插入衰减参数取定见表 3.8.1-2 内容。

表 3.8.1-2 光分路器插入损耗最大值

光分路器类型	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	2:4	2:8	2:16	2:32
插入损耗最大值(dB)	7.5	11.0	14.5	17.5	21.0	8.0	11.5	15.0	18.0

- 6) 光纤衰耗富余度 Mc 如表 3.8.1-3 内容。

表 3.8.1-3 光纤衰耗富余度

传输距离(公里)	≤5	≤10	>10
光纤链路衰减富余度	不少于 1dB	不少于 2dB	不少于 3dB

3.8.2 不包含光纤分路器的光纤链路

- 1) 确定工作波长下的光纤衰减, 如表 3.8.2 内容。

表 3.8.2 光纤衰减与带宽

光纤类型	工作波长	最大衰减(dB/km)	最大传输带宽
50/125μm	850	3.5	500
	1300	1.5	500
62.5/125μm	850	3.5	160
	1300	1.5	500
9/125μm	1310	1	N/A
	1550	1	N/A

光纤损耗=光纤衰减×光缆链路长度

- 2) 光纤活动连接器插入衰减取定: 0.75dB/对纤芯

连接器损耗=连接器对数×0.75dB

3) 光纤熔接接头衰减取定：单芯光纤熔接衰减取值：0.3dB/每个接头；

熔接损耗=熔接点数量*熔接衰减/每个接头

4) 采用机械冷接时，双向平均值 0.15 dB/每个接头；

5) 确定总计光纤链路衰减预算：

总计光纤链路衰减 = 光纤损耗 + 连接器损耗 + 熔接损耗

3.9 需求分析表

基于以上布线设计考虑，我们可以整理出一份通用的用户需求分析表。

在进行设计规划的工作以前，向用户提交基础数据调查表，用于进行设计规划的主要业务需求依据。具体格式与内容见表 3.9 所示。

表 3.9 光纤配线网络用户基础数据调查表

基础数据调查表内容					
项目	内容			用户 回复	备注
项目名称					
建设单位					
基础数据					
建筑类型					
园 区 (包括 工业企 业、专 用与自 用建筑 群)	建筑规划及地形图				
	建筑(栋数)与功能				
	每栋建筑面积m ²				
	园区综合管网路由图				
	园区综合管网剖面图				
	信息通信中心机房平面图				
建筑	线路引入建筑物管道路由图				
	建筑功能				
	建筑面积m ²				
	信息通信中心机房平面图				
建筑群	线路引入建筑物管道路由图				
	建筑规划及地形图				
	建筑(栋数)与功能				
	每栋建筑面积m ²				
	园区综合管网路由图				
	园区综合管网剖面图				
	信息通信中心机房平面图				
住宅建 筑(多 层、高 层、别 墅)	线路引入建筑物管道路由图				
	建筑规划及地形图				
	建筑(栋数/户数)与功能				
	每栋建筑面积m ² 及平面				
	每户建筑面积m ² 及平面				
	信息通信中心机房设置地点及平面图				
网络分类					

1	内网		
2	专用网		
3	外网		
4	生产网		
5	与公用电信网互通关系		
6	接入电信运营商数量		
宽带接入应用技术			
1	无源光纤接入		
2	HFC		
3	光纤+以太交换机		
4	其它		
开放业务			
1	语音		
2	数据		
3	图像		
4	弱电		
5	其它		
用户数据			
1	人口数		
2	住户数		
3	建筑物信息插座数		
LAN 构架			
1	网络结构图		
2	业务流量		
大楼布线系统			
1	布线系统图		
2	FD 与 BD 所设位置		
3	光纤产品的选用情况（缆线与配线模块）		
信息通信机房			
1	设置地点		
2	管道引入路由		

4 光纤产品组成与技术要求

4.1 光缆

在光纤网络中，光纤是指由特殊材料的石英玻璃所组成的纤芯，在光纤的生产工艺可能会产生微裂纹，并且由于光纤微小的几何尺寸和较为敏感的机械性能，是不能直接应用在通常的光纤通信系统中的，为了保护光纤不受外界环境的影响，满足通信系统的需求，需要将光纤包在各类附加材料组成的光缆中，才可以进行系统应用。

4.1.1 光纤分类

将光纤按照传输模式分类，有多模光纤和单模光纤两种。多模光纤可以传输若干个模式，而单模光纤对给定的工作波长只能传输一个模式。目前常用的多模光纤主要有纤芯为 $50 \pm 3.0 \mu\text{m}$ 或 $62.5 \pm 3.0 \mu\text{m}$ 两种，包层外径 $125 \pm 2.0 \mu\text{m}$ ，通常表示为 $50/125 \mu\text{m}$ 或 $62.5/125 \mu\text{m}$ 。ITU 建议中，单模光纤的纤芯直径为 $8.6 \sim 9.6 \mu\text{m}$ ，不允许超过 $\pm 10\%$ 的误差，包层外径 $125 \pm 2 \mu\text{m}$ ，通常表示为 $9/125 \mu\text{m}$ 。

(1) 多模光纤及分类

多模光纤—纤芯较粗 ($50 \mu\text{m}$ 或 $62.5 \mu\text{m}$)，由于光纤的几何尺寸（主要是纤芯直径 d_1 ）远远大于光波波长（约 $1 \mu\text{m}$ ），光纤中会存在着几十种乃至几百种传播模式。同时因为其模间色散较大，限制了传输频率，而且随距离的增加会更加严重。因此，多模光纤传输的距离就比较近，一般只有几公里。

根据以上特点，多模光纤多用于传输速率相对较低，传输距离相对较短的网络中，如局域网等，这类网络中通常具有节点多，接头多，弯路多，而且连接器、耦合器的数量多，单位光纤长度使用的有源设备多等特点，使用多模光纤可以降低网络成本。

依照 ISO 组织对于多模光纤应用的分类，为 OM1、OM2 和 OM3 光纤—激光优化带宽（万兆）多模光纤，不同的标准组织对于多模光纤有不同的规范，参考下表关于 TIA、IEC 和 ISO 对于光纤的分类见表 4.1.1-1 内容。

表 4.1.1-1 多模光纤应用分类

标准机构	文件号	说明
TIA	492AAAA	160/500 MHz.km 满注入带宽的 $62.5 \mu\text{m}$ 光纤
	492AAAB	500/500 MHz.km 满注入带宽的 $50 \mu\text{m}$ 光纤
	492AAAC	850nm 的有效注入带宽为 2000 MHz.km 的激光优化 $50 \mu\text{m}$ 光纤

IEC	60793-2-10	A1a.1 光纤-满注入带宽范围的 50 μm 光纤 850nm 工作波长的满注入带宽 200-800MHz.km 1300nm 工作波长的满注入带宽 200-1200MHz.km
		A1a.2 光纤-850nm 的有效注入带宽为 2000 MHz.km 的激光优化 50 μm 光纤
		A1b 光纤-满注入带宽范围的 62.5 μm 光纤 850nm 工作波长的满注入带宽 100-800MHz.km 1300nm 工作波长的满注入带宽 200-1000MHz.km
ISO	11801	OM1-满注入带宽 200/500 MHz.km 的光纤（实际上 OM1 光纤是 62.5 μm 光纤）
		OM2-满注入带宽 500/500 MHz.km 的光纤（实际上 OM1 光纤是 50 μm 光纤）
		OM3-850nm 的有效注入带宽为 2000 MHz.km 的激光优化 50 μm 光纤

OM3（万兆）多模光纤是随着网络应用带宽需求的提高，而被当前更多采用的一种多模光纤，因为普通多模光纤只能支持万兆传输几十 m，ISO/IEC 11801 制定了新的多模光纤标准等级，即 OM3 类别，并在 2002 年 9 月正式颁布。这类光纤是基于 50/125，将光纤对 LED 和激光的传输窗口的两种带宽模式都进行了优化，采用新型的光收发器，可以使 OM3 标准的光纤系统能够在多模方式下至少支持万兆传输至 300m。

需要说明的是，光纤系统在传输光信号时，光纤和两端的有源设备是不可或缺的，随着 IEEE802.3ae 的公布，50/125 μm 光纤的应用取得了积极的进展，这得益于光纤供应商提出的支持距离超过了规范定义的原始设定距离，但是，标准中提到的距离是最小链路距离，这就意味着只有所有相关的系统都达到所公布的标称值时，才可以保证系统支持更长的传输距离。这些影响系统的相关因素包括：

- SEL 特性：中心波长、光谱宽度、传输功率、上升沿-下降沿时间；
- 光纤/光缆特性：包括模带宽、色散斜率、衰减、连接器损耗。

下表 4.1.1-2 列出了常用多模光纤在以太网和 ATM 协议应用时，不同的传输性能与传输距离，可以提供设计参考。

表 4.1.1-2 多模光纤应用传输距离

网络与光纤				信道长度(m)					
光纤类型				50/125			62.5/125		
工作波长				850 nm		1300 nm	850 nm		1300 nm
模式带宽 (MHz.km)				500	2000	500	160	200	500
应用标准	标称速率	波特率	光源类型						
	(兆比/秒)	(兆比/秒)							
IEEE 802.3 以太网系列									
1000BASE-SX	1000	1250	850nm VCSEL	550	860	-	220	275	-
1000BASE-LX	1000	1250	1310nm FP	-	-	550	-	-	550
10GBASE-SR	10000	10312.5	850nm VCSEL	82	300	-	26	33	-
10GBASE-LX4	10000	4×3125	1310nm DFP	-	-	300	-	-	300
ITU/T – 异步转移模式 (ATM)				600	1000	550	300	500	550

(2) 单模光纤及分类

单模光纤的纤芯较小(一般为 9 μm 左右), 只能传一种模式的光。因此, 其模间色散很小, 适用于远程通信, 但还存在着材料色散和波导色散, 这样单模光纤对光源的谱宽和稳定性有较高的要求, 即谱宽要窄, 稳定性要好。单模光纤多用于传输距离长, 传输速率相对较高的线路中, 如长途干线传输, 城域网建设等, 目前的 FTTx 和 HFC 网络以单模光纤为主。

按照国际电信联盟 (ITU-T) 的定义, 单模光纤分为:

G. 652 光纤 —— 非色散位移单模光纤, 或简称标准单模光纤

G. 653 光纤 —— 色散位移单模光纤

G. 654 光纤 —— 截止波长单模光纤

G. 655 光纤 —— 非零色散单模光纤

G. 656 光纤 —— 宽带光传输用的非零色散位移单模光纤

G. 657 光纤 —— 接入网用抗弯损耗单模光纤

1) G. 652 单模光纤

G. 652 光纤 (非色散位移单模光纤, 或简称标准单模光纤), 其零色散点在 1.31 μm 的单模光纤, 国际电信联盟 (ITU-T) 定义为 G. 652 光纤。G. 652 包括四类光纤, 分别是 G. 652. A、G. 652. B、G. 652. C 和 G. 652. D, 四种光纤的分类主要基于 PMD(色散)的要求和

在 1383nm 处的衰耗要求，光纤通信系统的传输容量和距离受光纤的损耗、光纤的色散特性和其非线性等因素的影响，目前，无中继放大器的单模光系统传输距离可以达到 120km，根据理论计算，在普通的单模 G. 652 光纤中，对于以 1550nm 波长来传输光信号的光纤系统来说，当光纤传输系统传输 2.5Gbit/s 的光信号时，光纤的色散受限传输距离为 960km；当光纤传输系统传输 10Gbit/s 的光信号时，光纤的色散受限传输距离为 60km；当光纤传输系统传输 40Gbit/s 的光信号时，光纤的色散受限传输距离大约为 4km。

G. 652. C 和 G. 652. D，消除了光纤 1385nm 的 OH 离子吸收峰（俗称“水峰”），将工作波长扩展至整个 1285~1625nm 范围，因此也称全波光纤。同时，光纤和光缆行业标准组织-国际电工委员会（IEC）和国际电信联盟（IUT），对单模光纤的标准要求即 ITU-T G. 652. C 和 G. 652. D、以及 IEC60793-2-50-B1.3 的建议。G. 652. D 是单模光纤的最新规范，因此也是所有 G. 652 级别中指标最严格的并且完全向下兼容的。相关国际电工委员会（IEC）和国际电信联盟（IUT）参考下表 4.1.1. -3 和图 4.1.1 内容。

表 4.1.1. -3 单模光纤应用波长

光缆类型		G. 652. A	G. 652. B	G. 652. C	G. 652. D
衰减	1310nm	0.5	0.4	0.4	0.4
	1383nm	不适用	不适用	参见注释 2	参见注释 2
	1550nm	0.4	0.35	0.3	0.3
	1625nm 处	不适用	0.4	0.4	0.4
	最大宏弯损耗				
	最大成缆 PMDQ (ps/km) 注释 1	0.5	0.2	0.5	0.2

注：① **PMD**：光是一种波,它沿着光纤传播方向会产生振动,光是它由垂直偏振态及水平偏振态的组合而这种组合随着光在光纤中的传播不停地变动着。光纤的 **PMD** 是指光纤中的两个正交偏振模之间的差分群时延，由于光纤并非是理想的圆形从而使两偏振光到达终点时产生时延，这种时延会使光纤传输中使脉冲展宽而产生误码。

② 1383nm 处的衰减值必须小于或等于 1310nm 处的衰减值。

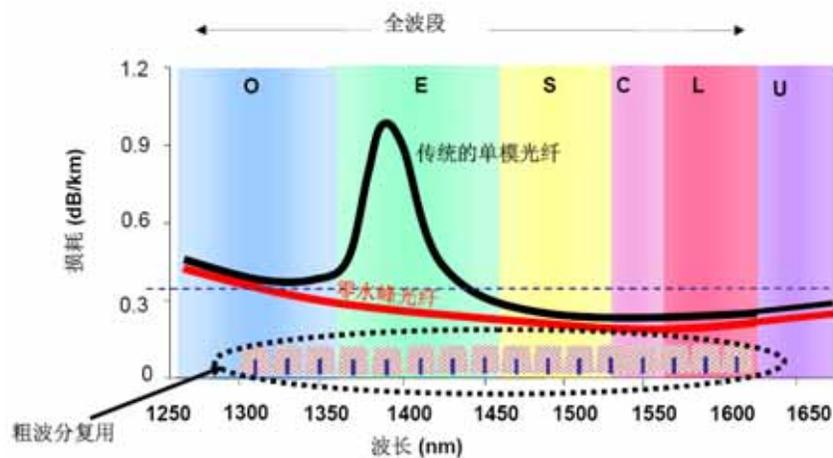


图 4. 1. 1 全波光纤衰减

2) 其它类型单模光纤

其它类型单模光纤的应用与特点如表 4. 1. 1. -4 内容所示。

表 4. 1. 1. -4 单模光纤特点与应用

光纤类型	名称	描述
G.653	色散位移单模光纤	将 G.652 单模光纤的零色散点从 1.31 μm 波长移到 1.55 μm ，因为该色散会使光信号严重畸变，限制传输速率和距离。1985 年色散位移单模光纤进入商用，ITU-T 建议将色散位移单模光纤定义为 G.653 光纤。
G.654	截止波长单模光纤	为了实现跨洋洲际海底光纤通信，基于 G.652 单模光纤的基础上，开发的截止波长位移单模光纤。其特点是：1) 在 1.55 μm 工作波长的衰减系数仅为 0.15dB/km 左右；2) 截止波长位移方法改善了光纤的弯曲附加损耗。ITU-T 建议将截止波长位移单模光纤定义为 G.654 光纤。
G.655	非零色散单模光纤	为解决 G.653 单模光纤四波混频严重的问题，93 年开发的新的光纤，称为非零色散单模光纤，主要为满足采用 WDM 和光纤放大器的光纤通信系统进行高速率、大容量和远距离传输的单模光纤。ITU-T 建议将非色散单模光纤定义为 G.655 光纤。
G.656	宽带光传输用的非零色散位移单模光纤	ITU-T 颁布的宽带光传输用的非零色散位移单模光纤光缆的建议，将其定义为 G.656 光纤。其特点是可以在 S+C+L 三个波段（S 波段：1460~1530nm，C 波段：1530~1565nm，L 波段：1565~1625nm），即 1460~1625nm 范围工作。

G.657	接入网用抗弯损耗单模光纤	为了满足光纤到户的发展需要，ITU-T 定义的抗弯曲单模光纤。特点是保证其他性能不变得前提下，降低了光纤在长波长区的弯曲损耗，使光纤在 1625nm 的允许弯曲半径由 30mm 降到 15mm、7.5mm 甚至更低，目前已经被大量应用于光纤接入系统中。
-------	--------------	--

4.1.2 光缆分类

光缆结构的主旨在于想方设法保护内部的光纤，不受外界机械应力和水、潮湿的影响。因此光缆设计、生产时，需要按照光缆的应用场合、敷设方法设计光缆结构。不同材料构成了光缆不同的机械、环境特性，有些光缆需要使用特殊材料从而达到阻燃、阻水等特殊性能。光缆可以根据不同的分类方法加以区分，通常的分类方法：

1) 按照应用场合分类

室内光缆、室外光缆、室内外通用光缆等。

2) 按照敷设方式分类

架空光缆、直埋光缆、管道光缆、水底光缆等。

3) 按照结构分类

紧套型光缆、松套型光缆、单一套管光缆等。

现以应用环境来对不同的光缆做以说明。

(1) 室外光缆

由于室外环境条件的恶劣，针对自然环境的机械应力、温度变化和气候、雨水等作用，室外光缆大都采用松套光缆。松套光缆有如下特性：

1) 松套管为光纤提供加强部件，如中心加强元件、尼龙纤维或玻璃纤维纱线加强等保护。

2) 松套管可容纳填料、干式吸水材料、高分子材料或阻水油膏等阻水部件。

3) 松套管使光纤处在松弛状态。

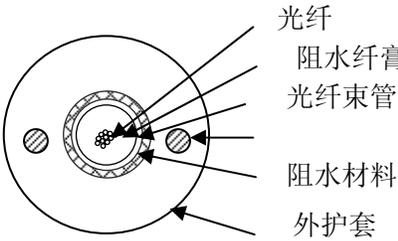
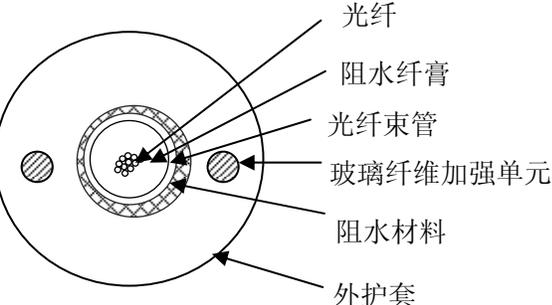
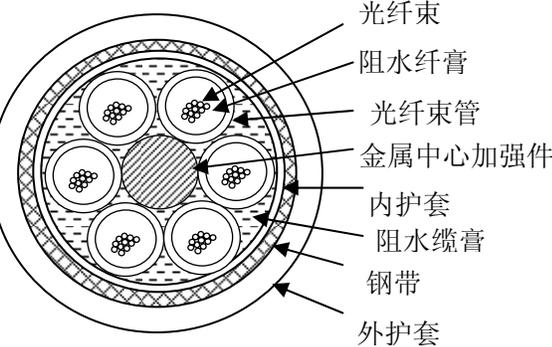
4) 可以选择不同结构的光缆以分别适用架空、管道或直埋安装环境。

5) 适用温度幅度大。

6) 通常光纤芯数较大。

通常松套光缆可以分为以下三种基本结构，如表 4.1.2-1 内容所示

表 4.1.2-1 松套光缆结构

类型	优点		缺点
中心束管式光缆	结构简单 制造容易 价格便宜	 <p>光纤 阻水纤膏 光纤束管 阻水材料 外护套</p>	容纳纤芯少 (几十芯)
层绞式光缆	容纳纤芯较多 (几十至一百多芯) 应用范围广 施工方便 机械性能好	 <p>光纤 阻水纤膏 光纤束管 玻璃纤维加强单元 阻水材料 外护套</p>	结构复杂 价格较贵
层绞式带状光缆	容纳纤芯多 (几十至几百至几千芯) 外形尺寸小 接续快捷	 <p>光纤束 阻水纤膏 光纤束管 金属中心加强件 内护套 阻水纤膏 钢带 外护套</p>	制造难度大 价格较贵

(2) 室内光缆

室内光缆可能会同时用于话音、数据、视频、遥测和传感等。由于室内环境比室外要好得多，一般不需考虑自然的机械应力和雨水等因素，所以多数室内光缆是——紧套、干式、阻燃、柔韧型的光缆，但是，由于光缆布放在用户端的区域或者室内，主要由用户使用，因此对其易损性应给予更积极的关注。

通常对于室内光缆应当考虑以下特性，室内光缆的结构如图 4.1.2—2 所示。

- 线缆灵活性高，弯曲半径更小；
- 通常采用 900 μm 紧套结构，易于实现端接；

- 加强部件通常采用芳纶或玻璃纤维；
- 护套等级依据应用环境选择；
- 以 24 芯以下光缆应用为主。

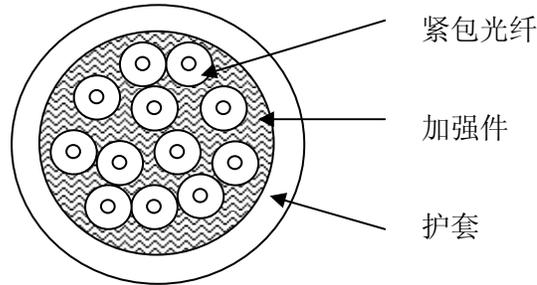


图 4.1.2-2 12 芯室内光缆典型结构图

对于特定场所的光缆需求，也可以选择金属铠装、非金属铠装的室内光缆，这种光缆松套和紧套的结构都有，类似室外光缆结构，其机械性能要优于无铠装结构的室内光缆，主要用于环境、安全性要求较高的场所，通常如下图 4.1.2-3 所示结构。

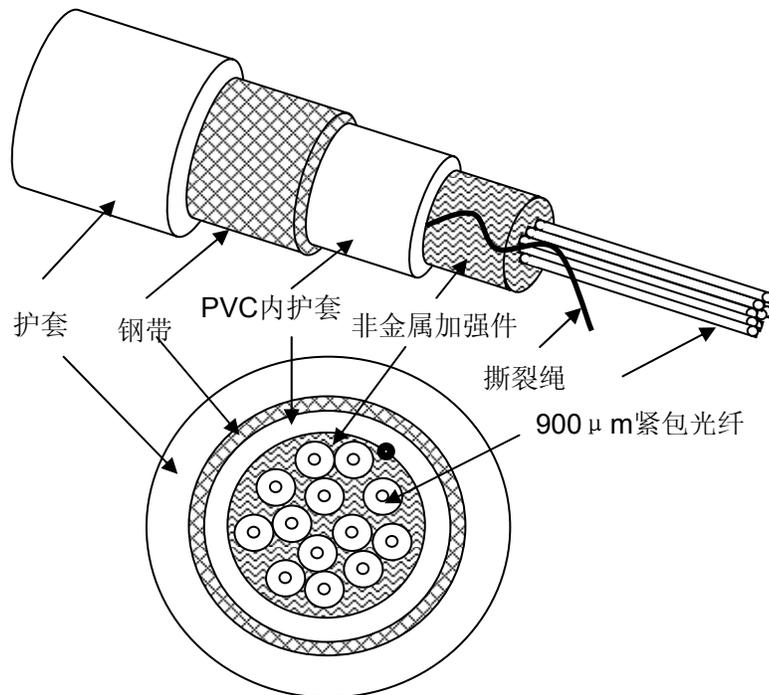


图 4.1.2-3 金属铠装紧套室内光缆

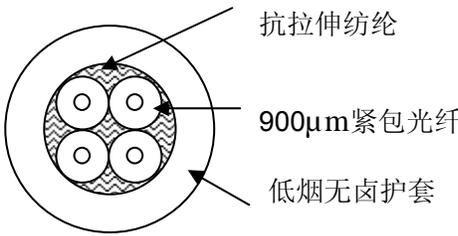
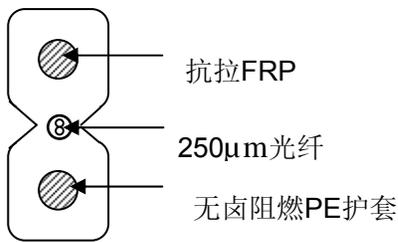
(3) 引入及户内光缆

引入光缆是指由楼内光纤配线设备至用户端光纤配线箱或光纤信息插座之间的光缆。由于楼层间或者楼道中存在各种复杂状况，因此引入光缆宜具备以下特征：

- 结构简单、操作方便；
- 光缆有较高的抗侧压和抗张力，自承式结构能满足 50m 以下飞跨拉设、便于楼内穿管布放；
- 光缆外径小、重量轻、成本低、施工成本低；
- 具有容易端接、灵活快捷的施工方式；
- 采用玻璃增强纤维(G-FRP)或芳纶增强纤维(K-FRP)加强材料，保证光缆柔软、弯曲性能好；
- 满足光缆在室内使用对阻燃性能的要求等。

根据引入光缆的特征要求和应用场合的不同，设计时根据现场环境条件选择合适的光缆，通常可以选择室内紧套多芯光缆或者皮线光缆的应用，皮线光缆是一种新型的户内光缆，俗称 8 字缆。在两根 FRP 的加强元件中间夹入了 250 μ m 的光纤，弯曲半径较小（约 15mm），施工时根据现场的距离进行裁减，提高了工程施工效率。引入及户内光缆的结构与特点见表 4.1.2-2。

表 4.1.2-2 引入及户内光缆的结构与特点

光缆结构	光缆类型	光缆特点
	室内紧套光缆 1~12 芯	弹性软光缆，适用于室内及终端安装等经常需要弯曲光缆的情况，900 μ m 光缆保护
	皮线光缆 1~4 芯	体积小，有 FRP 加强元件，适用于在现有管道中添加线路的情况下。线缆开剥、施工便利

4.1.3 色谱

光缆中的紧包光纤、松套管和松套管中的光纤，应采用全色谱来识别，并且不褪色、不迁移。若缆中或松套管中的光纤多于 12 根，可用带颜色的标记纱将多根光纤组成光纤束来识别。也可以在着色光纤和松套管外再作色环标记。

标志颜色应符合 GB/T 6995.2 规定，优先顺序见表 4.1.3 所示，原始的色码在整个缆的设计寿命期内应可清晰辨认。除了松套管内的光纤，对于层绞光缆，也可以用红或红蓝两色为领示色，其余用本色。

表 4.1.3 全色谱的优先顺序

优先序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
颜色	蓝	橙	绿	棕	灰	白	红	黑	黄	紫	粉红	青绿

综上所述，光纤是光信号的物理传输媒质，其特性直接影响光纤传输系统的带宽和传输距离，针对本白皮书研究的光纤应用领域，从技术实现的角度来看，G.652 光纤和 G.655 光纤对于单通路速率为 2.5Gb/s、10Gb/s 的 WDM 系统都适用，根据设备制造商的系统设计不同，均可达到较好的性能。对于通路非常密集的 WDM 系统，G.652 光纤对于非线性效应的抑制情况较好，而 G.655 光纤对于 FWM 等非线性效应的抑制较差。综合这两种光纤应用的成本来看，采用 G.652 光纤开通基于 2.5Gb/s 的 WDM 系统是最经济的选择，对于基于 10Gb/s 的 WDM 系

统需要进行色散补偿，常用的方法是使用色散补偿光纤，这不可避免地要增加系统成本，而 G.655 光纤开通基于 10Gb/s 的 WDM 系统时也需要进行少量的色散补偿，但色散补偿成本相对较低。

对于 G.652 和 G.655 光纤的特性分析，我们可以得出以下结论：

- 对于单波速率为 2.5G 或 10Gb/s 的传输系统，G.652 和 G.655 光纤均能支持；
 - 对于基于 2.5Gb/s 及其以下速率的 WDM 系统，G.652 光纤是一种较好的选择，在 G.652B 和 G.652D 光纤价格相差不大的情况下，可选用 G.652D。
 - 对于基于 10Gb/s 的 WDM 系统，G.652B/C/D 和 G.655B 光纤均能支持；
- 在考虑光纤选型时应综合性能及成本等多方面因素。

(1) 光缆护套等级

室内光缆的防火性能应是基本要求之一，应主要关注三个方面：线缆燃烧的速度、

释放烟雾的密度和有毒气体的强度。通常光缆的保护层在物理上分为两部分：隔离层和外护套，其中防火性能主要取决于外护套材料。

1) NEC 标准规定

光缆的护套材料要求，主要以美国国家电工规范 NEC 770 的防火等级标准和欧洲的低烟无卤标准为主，NEC 规范中有专门针对通信线缆的防火标准与测试方法。欧洲线缆标准则强调线缆材料的无卤特性。在对线缆的防火性能测试方面，不同地区的标准从内容来讲，虽然侧重点与阻燃等级的划分分类名称不同，但标准之间仍然有着等同的关系。从 NEC 中明确规定，线缆材料必须使用含卤素的材料，其目的是提高燃点，从而达到阻燃的目的。NEC 标准关于阻燃的光缆分类如表 4.1.3-1 所示。

表 4.1.3-1 NEC 规范中光缆的阻燃定义：

NEC 770 名称	通用名称	测试方法	说明
OFNP	填充型绝缘光缆	UL910 (NFPA262)	用于强制通风环境
OFCP	填充型非绝缘光缆		
OFNR	垂直型绝缘光缆	UL1666	用于不同楼层垂直竖井
OFCR	垂直型非绝缘光缆		
OFNG, FT4	一般型绝缘光缆	CSA C22.2 No. 0.3-M (垂直桥架)	用于同一楼层，协调美国与加拿大标准
OFCG, FT4	一般型非绝缘光缆		
OFN-LS	一般型绝缘光缆,低烟	UL 1685	用于同一楼层
OFN	一般型绝缘光缆	UL1581 VW-1 (垂直桥架)	用于同一楼层
OFC	一般型非绝缘光缆		

2) 欧洲标准规定

— 欧洲线缆标准包含以下 3 个规范：

IEC60332-3 或者 IEC60332-1 (火焰扩张和阻燃)

IEC61034 (烟雾发散)

IEC 754 (腐蚀性和毒性)

— 其中对于火焰扩张和阻燃的两个规范：

IEC60332-1 (只能用于水平) 是采用单根线的垂直燃烧测试，防火等级较低，较容易

燃烧，且燃烧时产生的一氧化碳含量很高。

IEC60332-3（适用于垂直和水平）是采用线簇的垂直燃烧测试，防火等级比 IEC60332-1 的高很多，并且无毒素，同时救生器件会更容易将火焰隔离，从而降低火灾引起的连锁的危险。

不过，随着耐火光缆的出现，低烟无卤光缆系列也出现了可以在 800℃ 温度下工作 180 分钟的耐火阻燃低烟无卤光缆。

4.1.4 接地

对于含金属部件的光缆的所有非传导金属部件均须接地，包括：

- 铠装；
- 钢中间加强筋；
- 钢加强筋。

4.2 光纤的接续与端接

在项目实施和安装应用中，敷设完成的光纤光缆系统是不能直接使用的，因为只能看到裸光纤或者紧套光缆，它是直径 250 μm 或者 900 μm 紧套护套的光纤，我们必须将光纤的尾端连接至可以与相关设备端口直接接插的器件，才可以使用。光纤的连接主要包含两种形式：

- 用于两段光纤之间互相连接的接续技术；
- 用于光缆成端的与连接器连接的端接技术。

4.2.1 光纤接续

光纤的接续是完成两段光纤之间的连接。在光纤网络的设计和施工中，当链路距离大于光缆盘长、大芯数光缆分支为数根小芯数光缆时，都应当考虑以低损耗的方法把光纤或光缆相互连接起来，以实现光链路的延长或者大芯数光缆的分支等应用。光纤链路的接续，主要有熔接接续和机械接续两种。

（1）熔接接续

类似于尾纤的端接方法和操作步骤，室内环境中熔接损耗较低且较为稳定，室外应用时，要依据环境温度而定（应当考虑夏天和冬天环境温度在不同地区的巨大差异，可能会引起熔接过程的不稳定）。经过培训的操作人员可以快速、准确地完成整个熔接和相应的接头盒和配线设备的安装，适用相对较为集中的大量光纤接合，如光缆分支交接箱和光缆

接头盒等。

光缆接续的主要步骤如表 4.2.1 内容所示。

表 4.2.1 光缆接续步骤

准备工作	技术准备	将要使用的光缆连接盒、配线设备的性能，操作方法和质量要求。
	器材准备	器材准备包括光缆接续盒的配套部件、熔接机、光缆接续保护材料及常用工具
光缆护层的处理		光缆外护层金属层的开剥尺寸、光纤余留尺寸的所需长度在光缆上做好标记，用专用工具逐层开剥，缆内的油膏的清洁。
加强芯、金属护层的接地处理		加强芯、金属护层的连接方法应按所选用的配线设备规定的方式进行，电气导通与否应根据设计要求实施
光纤的接续		光纤应采用熔接方式连接时，通常以热缩管方式保护
光纤余留长度的盘整		光纤连接后，经检测接续损耗达到要求并完成保护后，按连接盒结构所规定的方式进行光纤余长的盘绕处理，光纤在盘绕过程中，应注意曲率半径和放置整齐
光缆接续完成后的处理		应按要求安装、放置配线设备，光缆连接盒及余缆应注意整齐、美观和有标志
施工记录与档案		填写竣工测试表，数据记录存档

(2) 机械接续

在高精度的光纤熔接机出现之前，机械连接（也称冷接）作为光纤的永久或者临时连接方式在光纤连接中已经得到广泛的使用。由于机械接合方式有着很多的特点：

- 快速、低成本；
- 无需特殊工具、培训、设备维护等；
- 适合的光纤包括 250 μm 、900 μm 直径光纤以及各种尾纤跳线的连接；
- 高质量接续效果；
- 接续操作便捷，能够在 1~2 分钟内完成接续；
- 较高的可重复性，可反复操作，单次性价比高；
- 尽量少的使用工具；
- 工作稳定，可以长时间的使用等。

机械式光纤接续特别适用于小芯数、分散的光纤连接或者临时光纤连接应用中，同时由于该方式也是不带电的接续方法，也被广泛应用在诸如石化/石油精炼、煤炭和其他禁

止明火(或电弧)的制造环境中，对于传输性能，这种方式也可以较好地保证。光纤的机械连接原理如图 4.2.1 所示。4.2.1-1 是通过陶瓷套管的方式实现机械式光纤接续的原理图；4.2.1-2 是通过 V-型槽技术实现机械式光纤接续的原理图。

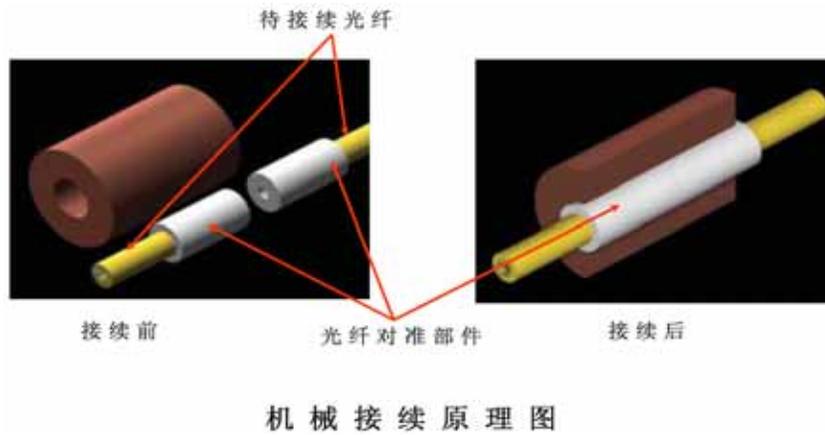


图 4.2.1-1 采用陶瓷套管技术的光纤机械连接

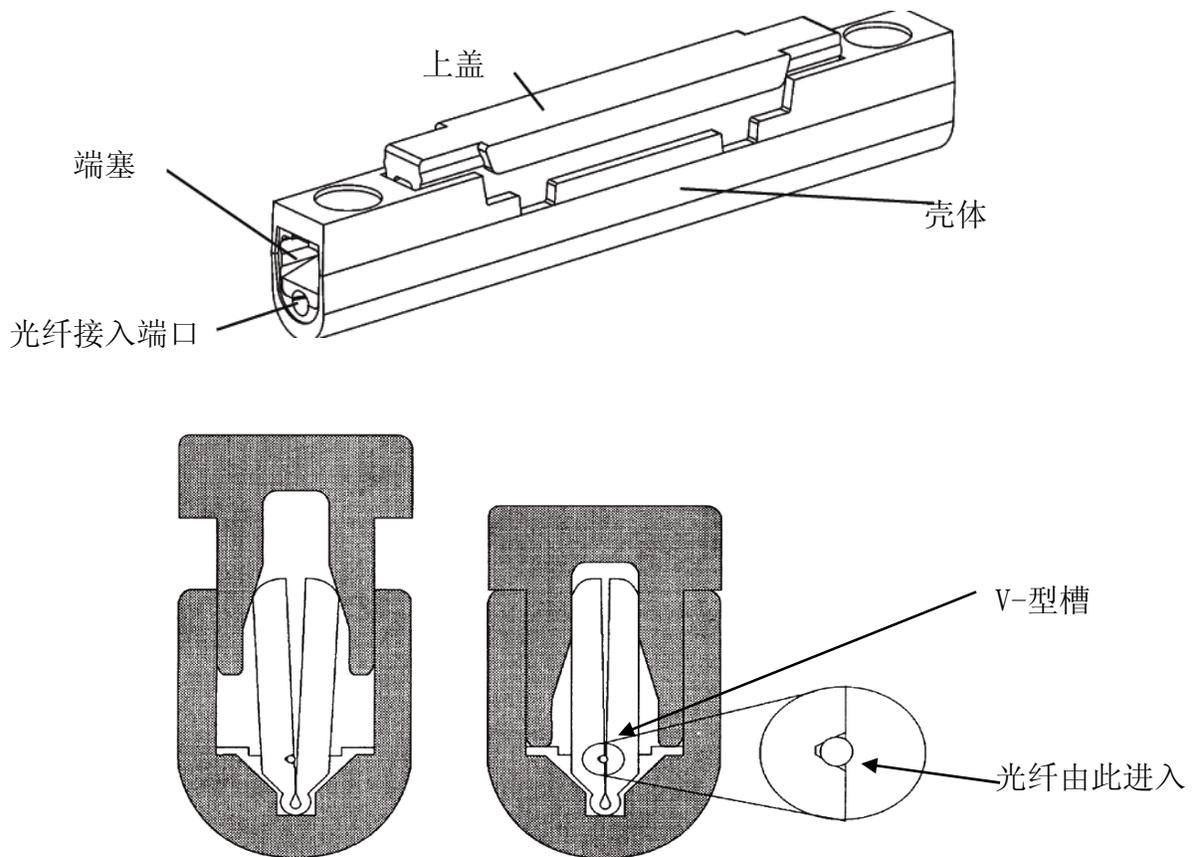


图 4.2.1-2 采用 V-型槽技术的机械式光纤接续原理图

上图为三维立体图；下图为末端接及压下上盖之后的光纤机械接续截面图

4.2.2 光纤端接

光纤的端接通常采用活动连接技术，也就是说将光缆的末端制成各种不同类型的光纤活动连接器，以实现光链路与设备的端口之间的连接，是目前使用数量最多的可以重复使用得光无源器件，已经广泛应用在光纤传输线路、光纤配线架和光纤测试仪器、仪表中。目前实现光缆端接的主要方式包括如下方式。

(1) 尾纤熔接

将在工厂已经做过连接器端面研磨处理的熔接尾纤通过专用的光纤熔接设备，如光纤熔接机，与现场敷设的室外或室内光缆的末端进行连接，熔接后的光纤接续点通过热缩套管进行保护，并将其安放和储存在相应的配线架、配线箱和接头盒中。

光纤熔接机是结合了光学、电子技术和机械原理的精密仪器设备，主要原理是：利用光学成像系统显示切割完成的需熔接光纤端面情况，通过光纤对准系统将两段光纤对准，然后由电极放出的高压电弧熔融光纤以获得低损耗、低反射、高机械强度以及长期稳定可靠光纤熔接接头。

由于光纤尾纤是工厂生产的，因此所包含的连接器是在洁净的环境中，使用专用设备制造的器件，相对而言，其插入损耗的指标都较好，大多数连接器的插入损耗大约为0.05~0.10dB 之间。当然，必须了解的是，插入损耗并非指单个连接器损耗，插入损耗必须在连接器配合使用的情况下才能进行测量，因此尾纤的插损和熔接的损耗并非真正意义上连接器的连接损耗。

光纤熔接方式非常适用相对较为集中的大量光纤端接，如配线机房、主配线设备区域，并且保证环境温度、洁净度较理想的施工环境，同时，由于存在大量的熔接后的热缩保护管，必须提供相应的存储和放置的区域。熔接原理见图 4.2.2 内容。



光纤熔接机

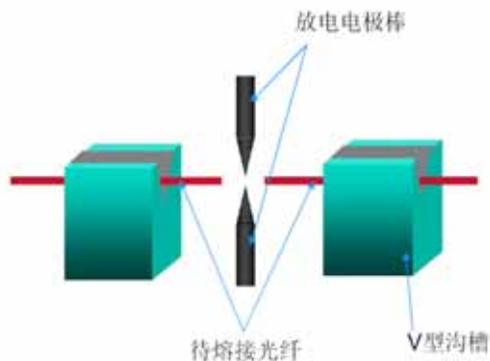


图 4.2.2 熔接原理图

(2) 环氧树脂型/研磨型光纤连接器

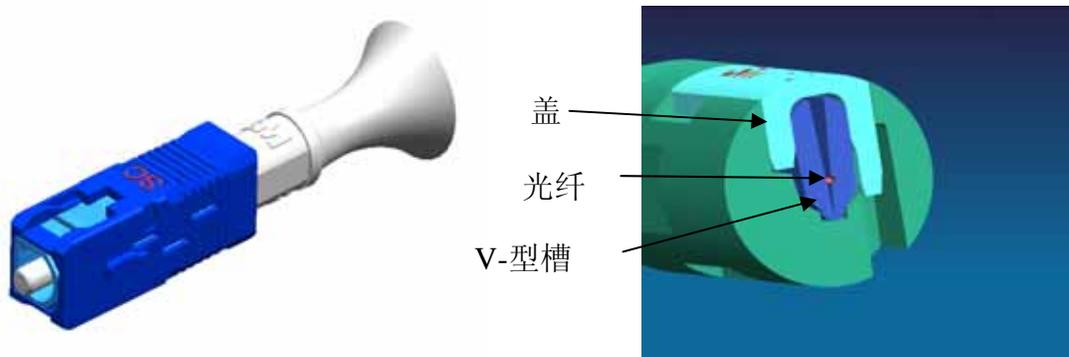
这种方式是将光纤连接器的部件，在现场通过组装、环氧胶固化、手工研磨等步骤，完成光缆的端接；通常固化方式有热固化（需要在烘炉中烘烤 20 分钟或者更长的时间）和快速固化（使用可快速固化的环氧树脂）。

应用这类方式时，在工作现场需要固化加热炉和手工研磨设备，需要稳定且训练有素的专业安装人员和相对较长的装配、固化和研磨时间。并且，对于安装人员的技术水平要求较高，否则现场研磨的连接器的性能是不能达到用户的预期的，特别是当前千兆和万兆网络的应用普遍增多的情形下。

相对于熔接设备而言，这种方法的设备投入较低，主要是依靠高素质的施工和安装人员完成高质量的光纤网络的实施。

4.2.3 现场端接连接器

是当前市场上较新型的端接技术，称为非环氧树脂/非打磨型光纤连接器，即现场安装的光纤连接器。这种连接器采用工厂预置光纤在连接器的陶瓷插芯中，并且连接器端面经过了工厂设备处理，使其充分达到工厂制造的级别，现场安装的过程较为简单：只需要剥去光纤的外皮，然后将其切割并放置入光纤连接器中，然后采用机械压接固定，就完成了高质量端面的光纤连接器的制作。这种端接技术最易于操作且速度最快，连接器插入损耗较小，也不需要特殊的专业培训。图 4.2.3 为一种现场端接的光纤连接器的示意图和其端接工具。



(A) 产品图示

(B) 横截面原理图



(C) 工具示意图

图 4.2.3 现场端接光纤连接器示意图

由于这种端接方式的工具小型化，携带和施工便利，也无需电源或者温度等要求，因此特别适用于光缆终端比较分散、每个区域光纤数量少的布局（少于 24 根光纤），例如小型建筑物主干、用户端或工作区出线端，并且该方式也较好地支持了维护、修理、移动、增加和更改。

对于不同的端接方式，总结如下表 4.2.3 内容。

表 4.2.3 端接技术总结

	尾纤熔接	现场研磨连接器（环氧树脂/研磨型）	现场端接连接器
设备/工具	熔接机以及熔接耗材	研磨工具和研磨耗材	专用压接工具
材料	通用的尾纤	通用的连接器散件	专用的连接器
端接质量	较好	一般	较好
人员要求	专业熔接机操作培训	专业、有经验的现场工程师	压接工具使用培训
适用场合	光纤数量较多	光纤点位分散	光纤点位分散
	光纤点位相对集中	每个区域点位数量不多	每个区域点位数量不多
	允许带电设备操作	允许带电设备操作	禁止带电设备操作
	环境温度相对稳定	环境温度相对稳定	环境温度无要求
	环境洁净度较好	环境洁净度较好	环境洁净度无要求
	电源系统支持	电源系统支持	无需电源系统支持
	熔接点的保护和储存	无需接合点的存储和保护	无需接合点的存储和保护

4.2.4 光纤连接损耗

对于任何的光纤连接（端接和接续），无论采用何种方式，都会有损耗产生。

损耗产生原因：

1) 本身因素

对连接影响较大的光纤是模场直径。当模场直径失配 20%时，将产生 0.2 dB 以上的损耗。尽可能使用模场直径较为接近的光纤，比如统一品牌的光纤等，对降低接续损耗具有重要的意义。

2) 外界因素

对光纤接续损耗产生的外界主要因素为轴心错位和轴向倾斜。以单模连接器为例：

a 轴心错位。当错位达到 $1.2\ \mu\text{m}$ 时，引起的损耗可达 0.5 dB，提高连接定位的精度，可以有效的控制轴心错位的影响；

b 轴向倾斜。当倾斜达到 1° 时，将引起 0.2 dB 的损耗。选用高质量的光纤切割刀，可以改善轴向倾斜引起的损耗；

c 纤芯变形。熔接机的推进量、放电电流、时间等参数设置合理，可以将纤芯变形引起的损耗量降至 0.02 dB 以下。

端接和接续技术是光纤网络实施中普遍使用的、非常关键的技术。简化接续技术，提高接续质量，对扩大光纤应用领域将起到积极的促进作用。

4.3 光纤连接器

4.3.1 一般结构

光纤连接器的主要用途是用以实现光纤的接续，其种类繁多，结构各异。通常使用的单芯光纤连接器的结构基本是一致的，采用高精密组件（由两个插针和一个适配套管共三个部分组成）实现光纤的对准连接。连接器结构见图 4.3.1-1 所示。

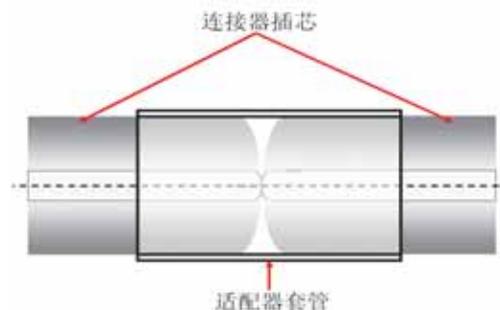


图 4.3.1-1 连接器结构

这种方法是将光纤穿入并固定在连接器插芯中，并将插针表面进行研磨抛光处理后，在适配器中实现对准。目前使用的插针的外组件通常使用陶瓷加金属托架的材料制作，适

配器套管由陶瓷材料制成的”C”型圆筒形构件做成，为精确地对准光纤，对插针和适配套管的加工精度要求很高。

4.3.2 光纤连接器的性能

光纤连接器的性能，首先是光学性能、连接器端面几何平面，此外还要考虑光纤连接器的互换性、重复性、抗拉强度、温度和插拔次数等。

1) 光学性能

对于光纤连接器的光性能方面的要求，主要是插入损耗和回波损耗这两个最基本的参数。

a 插入损耗：插入损耗即连接损耗，是指因连接器的导入而引起的链路有效光功率的损耗。插入损耗越小越好，一般要求应不大于 0.5dB。

b 回波损耗：回波损耗是指连接器对链路光功率反射的抑制能力，其典型值应不小于 25dB。实际应用的连接器，插针表面经过了专门的抛光处理，可以使回波损耗更大，一般不低于 45dB。

2) 其他性能：

a 光纤连接器的互换性和重复性：光纤连接器是通用的无源器件，对于同一类型的光纤连接器，一般都可以任意组合、多次重复使用，且由此产生的附加损耗小于 0.2dB。

b 抗拉强度：一般要求其抗拉强度应不低于 90N。

c 温度：一般要求光纤连接器必须在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 的温度下能够正常使用。

d 插拔次数：目前使用的光纤连接器不应少于 1000 次以上插拔。

4) 影响光学性能的因素

连接器端面是确保连接性能的主要因素，包括曲率半径，顶点偏移和光纤凹陷等关键参数。

a 曲率半径：所谓曲率半径，就是从插芯主轴开始测量的端面几何半径。正确的曲率半径能够有效抵御施加在连接器表面的压力。通常需要曲率半径达到 $10\sim 30\text{mm}$ ，既避免损伤光纤，又能确保低回波损耗和低插入损耗。

b 顶点偏移：顶点偏移是插芯球面顶点与光纤轴心的偏移量，顶点偏移会导致损伤光纤和插入损耗和反射损耗的增加。建议顶点偏移值要 $\leq 50\mu\text{m}$ 。

c 光纤凹陷/凸起：光纤凹陷是指光纤的高度高于或低于插芯表面的距离。光纤凹陷/凸起不应超过 $\pm 50\text{nm}$ ，过度凹陷可能增大回波损耗和插入损耗，过度凸起会损伤端面导致

插损、回波损耗剧增。光纤凹陷/凸起情况见图 4.3.2—1. 内容。

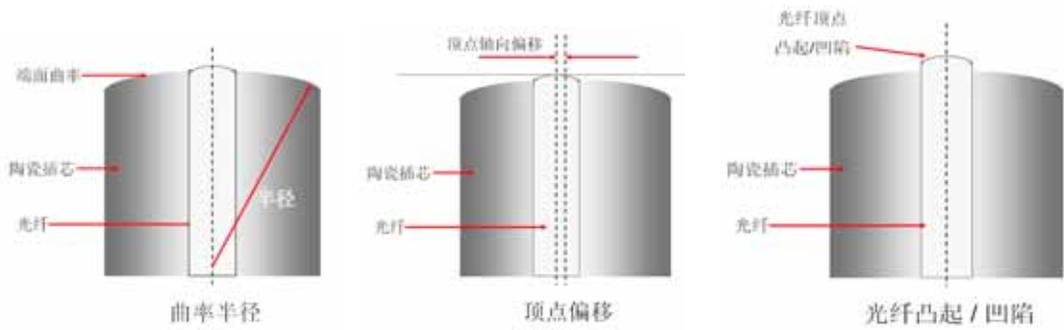


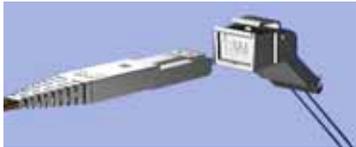
图 4.3.2 —1 光纤凹陷/凸起示意图

4.3.3 光纤连接器

不同的分类方法，光纤连接器可以分为不同的种类，按传输媒介的不同可分为单模光纤连接器和多模光纤连接器；按结构的不同可分为 FC、SC、ST、SG、MU、LC、MT 等各种型式；按连接器的插针端面可分为 PC、UPC 和 APC；按光纤芯数分还有单芯、多芯之分。

按照光纤连接器结构分类，目前比较常见的光纤连接器如下表 4.3.3 所示。

表 4.3.3 光纤连接器分类

连接器类型	图例
<p>FC 型光纤连接器：Ferrule Connector 的缩写，外部采用金属套，紧固方式为螺丝扣；FC 型连接器采用的陶瓷插针的对接端面通常采用呈球面的插针(PC)，使得插入损耗和回波损耗性能有了较大幅度的提高。</p>	
<p>SC 型光纤连接器：外壳呈矩形，采用的插针与适配套筒的结构尺寸与 FC 型完全相同；紧固方式是采用插拔销闩式，不需旋转。插拔操作方便，介入损耗波动小，抗压强度较高，安装密度较高。</p>	
<p>ST 型光纤连接器：外部采用金属套，紧固方式为刀式转锁的连接器，端面多采用 PC，类似 BNC 连接器，在原有的系统中应用较为广泛，目前应用逐渐减少。</p>	
<p>MT-RJ 型连接器：MT 连接技术，带有与铜缆 RJ-45 型连接器相同的闩锁机构，通过插芯两侧的导向销对准光纤，便于与光收发信机相连，连接器端面光纤为双芯（间隔 0.75mm）排列设计，用于高密度光连接。</p>	
<p>LC 型连接器：采用操作方便的模块化插孔(RJ)闩锁机理制成。其所采用的插针和套筒的尺寸为 1.25mm。这样可以提高光配线架中光纤连接器的密度。目前，在小型化连接器方面，占据了主导地位，应用在增长迅速。</p>	
<p>SG(VF-45)型连接器：属于小型光纤连接器(SFF)。它的外观与 RJ-45 相似，尺寸是双工 SC 连接器的一半。它运用 V 型槽技术，采用精密的几何学原理实现光纤端面的准确接续，不需要陶瓷芯和陶瓷套管。光纤的连接由插头和插座实现，不需要法兰盘。</p>	
<p>MTP/MPO 连接器：是目前在用的最高密度的光纤连接器类型，一个连接器可以同时进行 12 芯光纤的连接，结构和原理与 MT-RJ 连接器类似，通过光纤阵列两侧的导向针实现两个连接器的精密对接，是主要用于数据传输的下一代高密度光连接器。</p>	
<p>MU 型连接器：以 SC 型连接器为基础，开发的小型化单芯光纤连接器，采用 1.25mm 直径的套管和自保持机构，其优势在于能实现高密度安装。</p>	

按连接器的插芯端面可分为 PC、UPC 和 APC ；

PC 和 UPC 是指插芯端面为球面的，它们之间的差别仅在于反射损耗的数值分别为 40dB 和 50dB；APC 端面是指将插芯端面研磨为斜 8 度的斜角，这样的方式为光纤端接提供更好的反射损耗。其反射损耗通常大于 60dB，APC 型的光纤连接器应当是单模连接器，主要应用在视频传输系统中。需要注意的是，由于 APC 光纤连接器的光纤端接端面有角度，产品的优劣和安装的正确与否会对系统造成较大的影响。

4.4 光分路器

光分路器是 FTTx 和 HFC 网络中的核心光纤无源器件，目前市场主要有两种技术实现的不同类型的光分路器：一种利用传统的拉锥耦合器工艺生产的熔融拉锥型光纤分路器（FBT），一种是基于光学集成技术生产的平面光波导型分路器（PLC），这两种器件各有优点，用户可根据使用场合和需求的不同，合理选用这两种不同类型的分光器件。

4.4.1 熔融拉锥型光纤分路器

熔融拉锥（FBT）法是将两根（或两根以上）除去涂覆层的光纤以一定的方法（打结、特殊夹具平行烧等）靠拢，在高温加热下熔融（烧氢、微型陶瓷电加热器、CO₂ 激光），同时由步进电机带动夹具向两侧拉伸，最终在加热区形成双锥体形式的特殊波导结构，实现传输功率耦合的一种方法，可以封装在分路器模块或者 19” 标准机箱中。熔锥型光分路器的主要优缺点见表 4.4.1-1 分析。

表 4.4.1-1 熔锥型光分路器优缺点分析

优点	缺点
<p>较长的历史和经验，工艺较为成熟，开发成本较低；</p> <p>原材料简单，石英基板、光纤、热缩管、不锈钢管和固化胶等，设备投资折旧较少，1×2、1×4 等低通道分路器成本低；</p> <p>分光比可以根据需要实时监控，可以制作不等分分路器。</p>	<p>均匀性较差，1×4 标称最大相差 1.5dB 左右，1×8 以上相差更大，造成设计与实施困难；</p> <p>损耗对光波长敏感，要根据波长选择器件，在多波长传输系统中存在较大的问题；</p> <p>插入损耗随温度变化变化量大；</p> <p>多路分路器（如 1×16、1×32）体积比较大，可靠性也会降低，安装空间受到限制。</p>

FBT 光分路器构成见示意图 4.4.1-1、图 4.4.1-2。



图 4.4.1-1 1×2 裸光纤型 FBT 光分路器



图 4.4.1-2 1×32 FBT 光分路器模块（Φ2.0 光缆输出）

4.4.2 平面波导型光纤分路器（PLC）

平面光波导技术是用半导体工艺制作光波导分支器件，分路的功能在芯片上完成，可以在一只芯片上实现多达 1X32 以上分路，然后，在芯片两端分别耦合封装输入端和输出端多通道光纤阵列。PLC 光分路器构成见示意图 4.4.2-1、图 4.4.2-2。

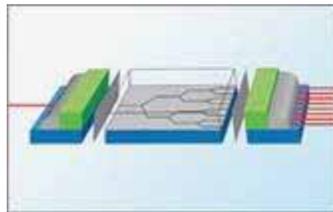


图 4.4.2-1 PLC 结构示意图 PLC 1X32 光分



图 4.4.2-2 PLC 1X32 光分路器外观图

波导型光分路器的主要优缺点如表 4.4.2 内容。

表 4.4.2 波导型光分路器优缺点

优点	缺点
<p>损耗对传输光波长不敏感，适用不同波长的传输需要；</p> <p>分光均匀，将信号均匀分配给用户。</p> <p>结构紧凑，体积小，可以直接安装在各种交接箱、接头盒内，不需特殊安装空间。</p> <p>单只器件分路通道很多，可以达到 32 路以上。</p> <p>多路成本低，通道数越多，成本优势越明显。</p>	<p>工艺复杂，技术要求较高；</p> <p>相对于熔融拉锥型光纤分路器成本较高，尤其在低通道分路器方面。</p>

4.4.3 两种类型光纤分路器性能对比

两种器件的主要参数对比总结如下表 4.4.3 内容。

表 4.4.3 性能对比表

参数	熔融拉锥型光分路器		平面波导型光分路器	
工作波长范围	1310±40nm/1550±40nm		1260-1650nm	
功率分配比例	1: 99 可以任意选择		均分/PLC 的不均匀分光	
最大插入损耗 (dB) (裸光纤型)	1×4	7.2	1×4	7.2
	1×8	10.5	1×8	10.5
	1×16	14	1×16	13.5
	1×32	17.5	1×32	16.5
插入损耗均匀性 (dB)	1×4	1.6	1×4	0.6
	1×8	1.8	1×8	0.8
	1×16	2.4	1×16	1.2
	1×32	3	1×32	1.7
外形尺寸	多通道的器件体积较大		体积较小	
	1×32: 190×120×18mm		1×32: 4×7×50mm	
波长敏感度	较高		较低	
成本	小通道相对较低		小通道相对较高	
	总体较高		总体较低	

4.4.4 光分路器的选择

如何选用这两种器件，主要依据使用场合和用户的需求方面考虑。在一些体积和光波长不是很敏感的应用场合，特别是分路少的情况下，选用拉锥式光分路器比较经济；比如仅数据传输可选用 1310nm 拉锥型分路器，电视视频网络可选择 1550nm 的拉锥型分路器；而在多波长、多业务的光传输系统而且用户较多的场合下，应选用光波导分路器。

光分路器（OBD）常用的光分路比为：1:2、1:4、1:8、1:16、1:32、1:64 六种，需要时也可以选用 2:N 光分路器或非均分光分路器。

确定光分路器的步骤，可以参照以下方式：

1) 首先确定器件类型：如熔锥型或者波导型光分路器；

2) 确定结构形式：在机房和机柜中使用，通常选择 19” 机架式、FC/APC 或 SC/APC 接头。如果在树型或星型分配网络线路中，由于光分路器安装在接续盒或机箱中，则选择模块式，并且不带连接器；

3) 确定传输应用的中心波长和带宽。通常分为单一波长 1310nm、单一波长 1550nm、宽带型（1310nm&1550nm）。带宽类型分为窄带型±20nm、宽带型±40nm。一般情况下，选择单一波长、窄带型的光分路器，既能满足使用，又能节省成本。

4) 要求附加损耗的上限值如下表 4.4.4 所示。

表 4.4.4 附加损耗上限值

分路数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16
附加损耗 (dB)	0.2	0.3	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2

5) 确定分光比，精确到小数点后一位，如 82.3%。

4.5 光纤系统的配线设备

光纤配线设备的作用是在光缆完成端接后，可以直接将光纤连接器连接至设备接口，或者通过安装有光纤适配器的光纤配线设备，完成与设备的连接，通常采用后者的方式，因为需要对光纤网络进行管理、分配和调度，光纤配线设备就是光纤连接器与适配器的组合，并且将它们安装在一个标准的机架（机框），并且留有光缆盘长的空间。

作为光纤配线网络的组成部分，配线设备为线缆传输系统的连接起着重要作用。如果只有光纤连接器具有良好的连接和传输质量，而光纤适配器不能提供理想的连接，同样无法实现较低连接损耗。因此，只有达到光纤连接器与适配器的良好配合，才能实现最优化

的传输性能。除此之外，由于配线设备的应用环境差异很大，可以安装在室内、室外、机房等相应的柜、箱、箱体中，我们将在下面的内容中，分别叙述。

按照应用的环境和功能不同，通常将光纤配线设备分为室外和室内应用两大类，同时，每种类别中都有各自不同功能的产品。

4.5.1 室外机房

通信系统用室外机房：应用于通信系统，直接处于气候影响下，为内部通信设备提供机械和环境保护的机房。其特征是可以在工厂生产，便于运输和现场安装，允许许可的人员进入操作。户外机房一体化解决方案的构成如图 4.5.1-1 图 4.5.2-2 所示。

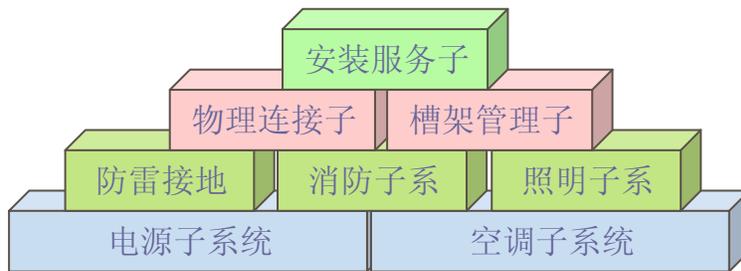


图 4.5.1-1 户外机房构成



图 4.5.1-2 户外机房平面布置

4.5.2 室外光纤配线设备

根据应用环境和安装方式，室外光纤配线设备主要包括，室外机柜、室外落地式光缆交接箱、室外墙挂式光缆配线箱、光缆接头盒。

(1) 室外机柜

作为在室外环境应用的设备，机柜在设计上必须具备承受各种气候环境的能力，包括雨、雪、冰雹、风、冰、烟雾、沙尘暴、雷电、电磁兼容及不同等级的太阳辐射等，同

时室外机柜承担着户外网络节点和光缆分支的重要功能，应当按照需要，预留分光器的安装和端接、容纳、保护进出分光器的跳线的位置，其环境和其他要求，应符合 YD/T1537-2006《通信系统用户外机柜一般要求》的有关规定。

通信系统用户外机柜：是指直接处于气候影响下，由金属或非金属材料制成的，不允许操作者进入操作的柜体。其内部除了安装配线设施外，还可安装通信系统设备、电源、电池、温控设备及其他配套设备，能为内部设备正常工作提供可靠的机械和环境保护。

户外机柜通常包括防水防盗机柜柜体、通信电源系统、热处理和环境监控系统、音频配线系统及光纤配线管理系统；户外机柜可用于通讯系统、CATV、电力、交通、工业控制等领域。

（2） 室外落地式光缆交接箱

光缆交接箱，便于周边业务快速、灵活地接入。光纤环形或环形/星形混合结构是通常的选择。在光环的管道路由中，所有光缆交接箱共同使用一条大芯数（如 144~288 芯）光缆，光缆首尾在信息通信中心终端，自成一个“在交接箱，光纤全进全出”，全部在光缆交接箱上终端的封闭回路网络结构，该结构纤芯使用比较灵活并拥有纤芯的备份能力。

交接箱是用于光缆接入网中主干光缆与配线光缆的接口设备，具有光纤直通、盘留、熔接、及配线功能，通过光纤活动连接器和光纤跳接线及光纤尾纤实现光纤线路的灵活配接。多用于室外落地安装方式，容量较小的交接箱也可采用挂墙、挂杆等安装方式。

交接箱的设置位置应该考虑到周边环境的美化，对于管道的敷设有难度的地方，也可采用在路边设置光缆交接箱。市政管道密集的部位，在路边放置光缆交接箱可能性较小，应结合地理环境，选择交通便利、光缆进出方便的永久性建筑的室内一层或地下放置光缆交接箱。

在光纤配线网络中，由中心机房通向各区域、楼宇或用户的是大芯数光缆，在这样的分配式网络结构中，通过交接箱实施光缆分支或主干/配线光缆连接部分，完成一点对多点的光纤系统连通，同时也要考虑可能将光纤分路器模块放置在交接箱内。由于光缆交接箱是室外应用设备，除了以上提到的光纤适配器的光学性能外，其下述环境特性也必须给予考虑：

- 1) 光交接箱应当能满足进出光缆（1 根主干进入、若干根配线光缆分出）孔数的需要；
- 2) 光缆进出口处必须具备良好的密封防潮措施，并设置光缆固定的保护装置和接地装置；

- 3) 可以安装光纤分路器和端接、容纳、保护进出分光器的跳线的位置;
 - 4) 应有存放资料记录卡片的装置;
 - 5) 箱体应防雨、良好通风、抗蚀耐老化、防破坏功能和抗冲击性能, 门销应为防盗结构;
 - 6) 应符合 YD/T988-2007 《通信光缆交接箱》的有关规定。
- 光缆交接箱设置位置见图 4.5.2-1。

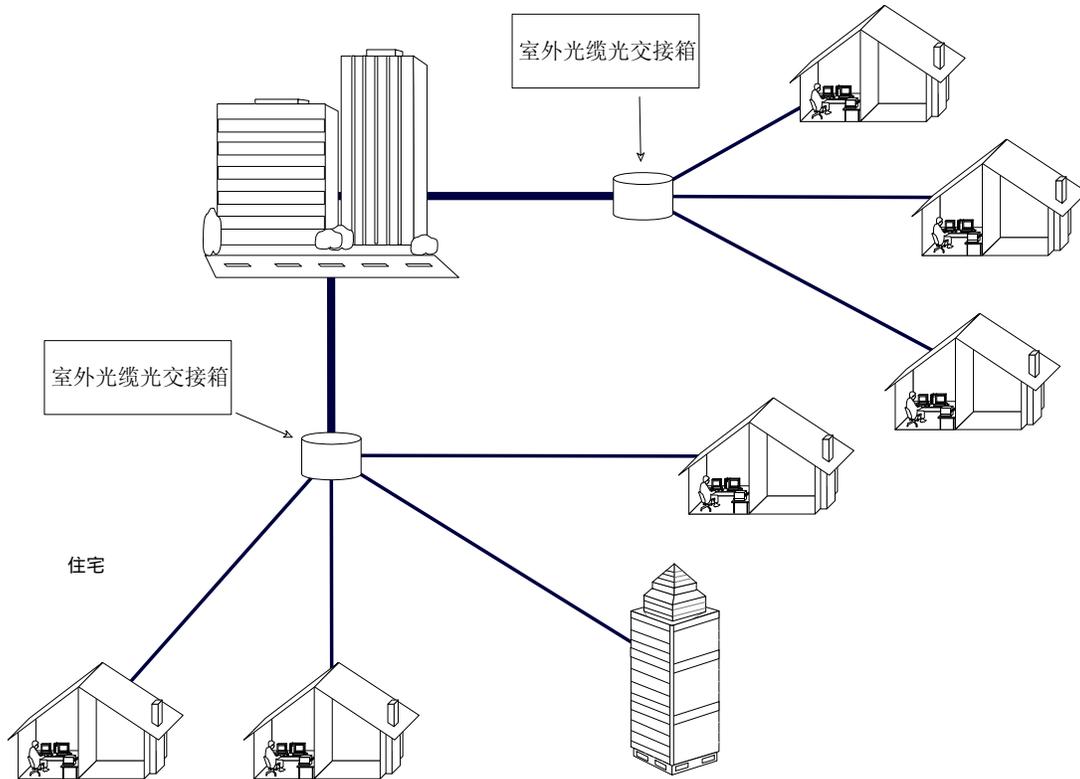


图 4.5.2-1 光缆交接箱设置位置

(3) 室外墙挂式光缆交接箱

室外墙挂式光缆交接箱, 简称室外光缆配线箱与光缆交接箱的作用基本相同, 差异在于, 由于墙挂式的安装方式, 体积和容量较室外交接箱会小些, 用于大芯数光缆进行分支进入各相关楼宇前或本地汇聚点, 实现园区主干室外光缆与配线光缆连接, 光纤的直通、盘储、和光纤底熔接、调度功能, 要考虑可能将光纤分路器模块放置在交接箱中, 应符合 YD/T988-2007 《通信光缆交接箱》的有关规定。

墙挂光缆交接箱设置位置见图 4.5.2-2。

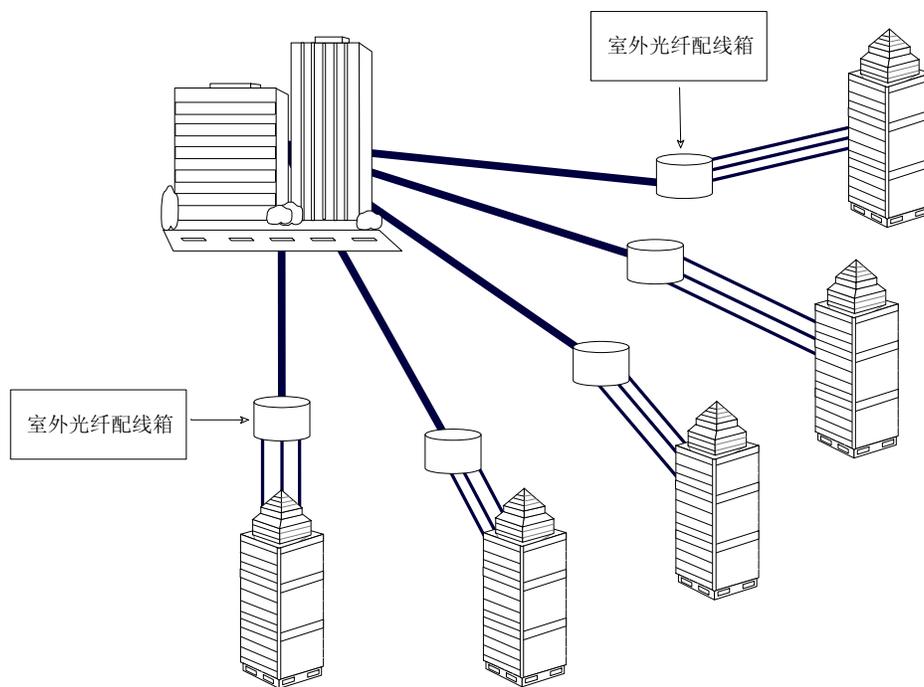


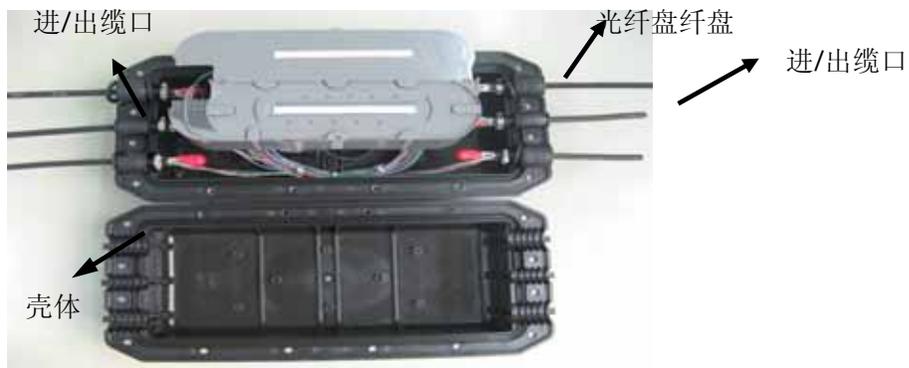
图 4.5.2-2 墙掛光缆交接箱设置位置

(4) 光缆接头盒

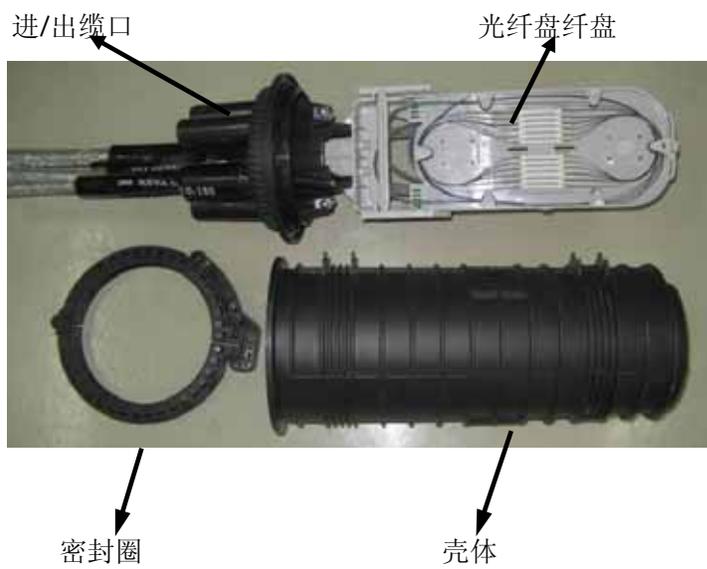
光缆接头盒是完成两根光缆之间的熔接接续，链路延伸或分支的设备，与室外交接箱最大的不同在于：接头盒的作用不是成端、管理和调度，而仅仅是完成连接，因此适用于无需维护的相对固定的光缆分支和汇聚点，同时光纤分路器也可以放在其内部，应当给予考虑，光缆接头盒应当可以采用架空、管道人孔或者直埋的安装方式，且具备密封、防水的功能。光缆接头盒应满足下列要求：

1) 按照实际需要，接头盒内预留分光器的安装和端接、容纳、保护进出分光器的跳线的位置；

2) 光缆接头盒应符合 YD/T814.1-2004 《光缆接头盒第一部分：室外光缆接头盒》的有关规定。光缆接头盒构成和设置位置见图 4.5.2-3、图 4.5.2-4。



(A) 全开启式光缆接头盒



(B) 帽式光缆接头盒



(C) 铰链式光缆接头盒

图 4.5.2-3 光缆接头盒构成

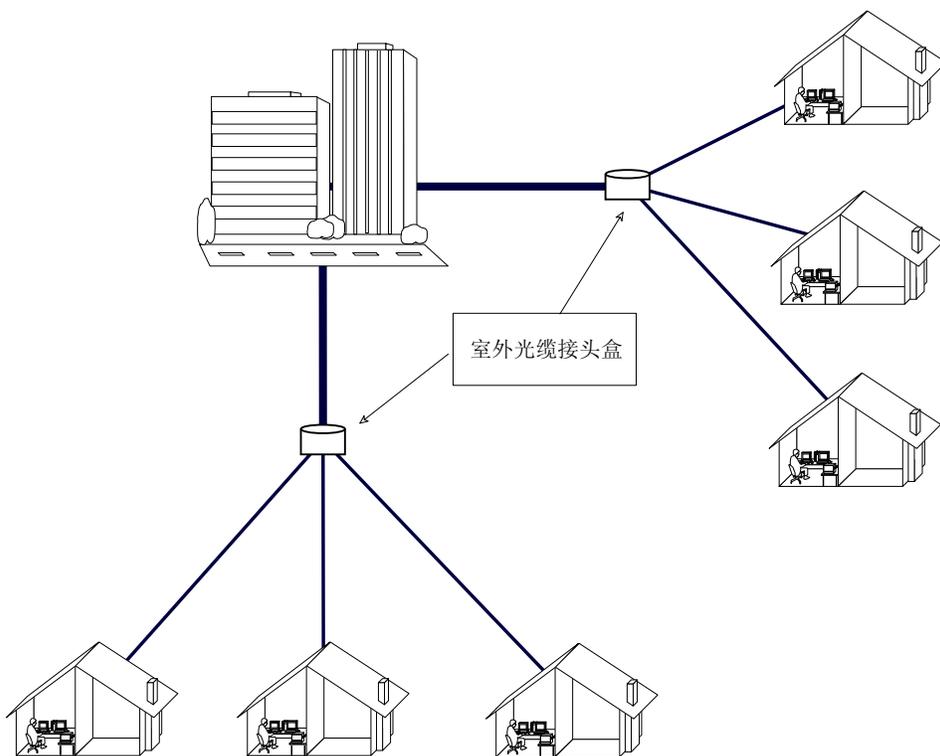


图 4.5.2—4 光缆接头盒设置位置

4.5.3 室内光纤配线设备

室内光纤配线设备主要包括，机架式配线箱、墙挂式光缆配线箱、终端盒/箱、光纤信息插座面板。

(1) 机架式配线箱

用于主交叉连接和中间交叉连接，采用 19” 机架或机柜，可以在信息通信中心机房或楼宇总控室内安装，通常可以选择 12 芯至 288 芯的室内端接和配线应用。机架式光配线箱外观见图 4.5.3，并应具备以下功能：

- 可以完成光纤光缆的熔接或成端，且可以容纳、保护光纤或光缆接续和端接部分；
- 具备多根光缆进/出的端口；
- 具备光纤跳线的储存和管理功能；
- 应适用于松套、紧套和带状光缆等不同结构的光缆；
- 应当可以选择不同的适配器类型

—应有信息记录和标示的装置等。

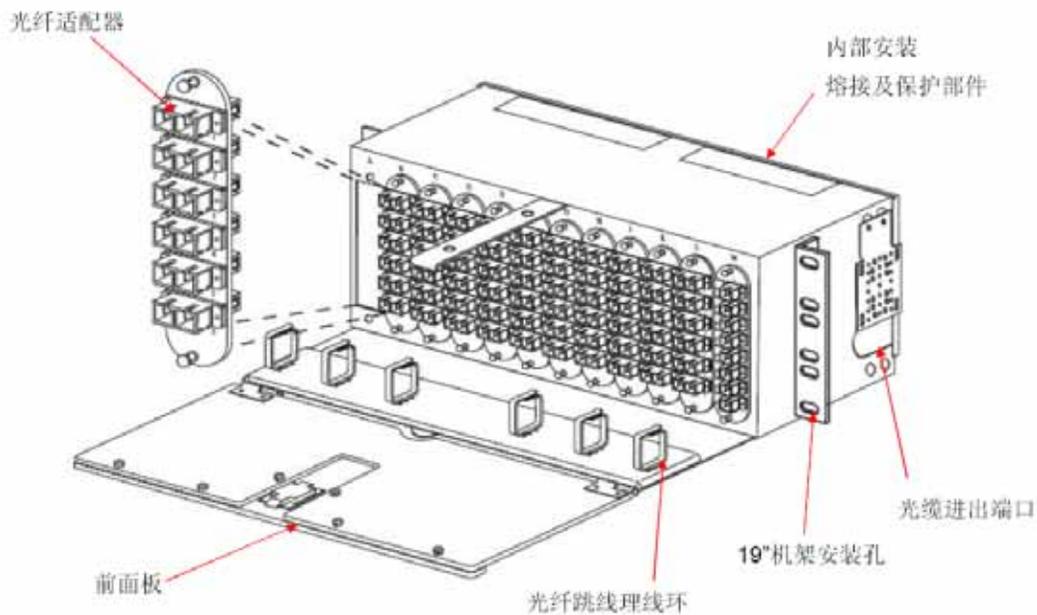


图4.5.3-1 机架式配线箱外观图

(2) 墙挂式光缆配线箱

用于中间交叉连接、光缆分支和室内/室外接入光缆的互连的多住户单元，如光纤到大楼或楼宇内部光缆分支，采用墙装方式安装，通常可以选择 6 芯至 48 芯的室内端接和配线应用，外观及构成见图 4.5.3-2 并应具备以下功能：

- 可以完成光纤光缆的熔接或成端，且可以容纳、保护光纤或光缆接续和端接部分；
- 具备多根光缆进/出的端口；
- 具备光纤跳线的储存和管理功能；
- 应适用于松套、紧套光缆等不同结构的光缆；
- 应当可以选择不同的适配器类型；
- 应有信息记录和标示的装置等；
- 具备安全措施，如挂锁；
- 具备一定的阻燃和防冲击的性能。

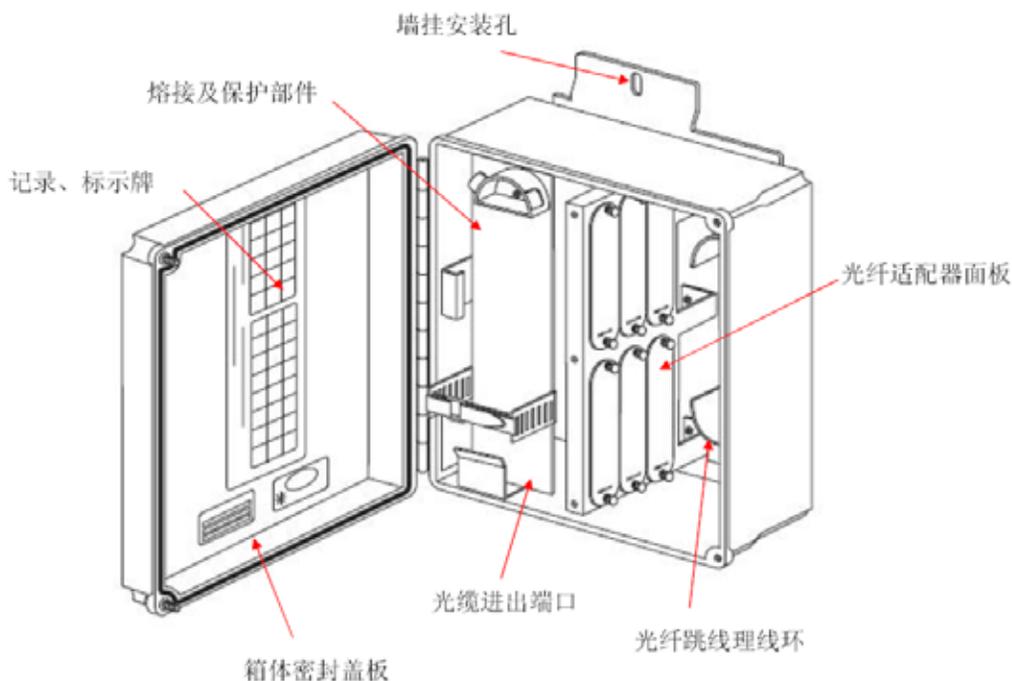


图 4.5.3 -2 墙挂式光缆配线箱构成

(3) 终端盒/箱

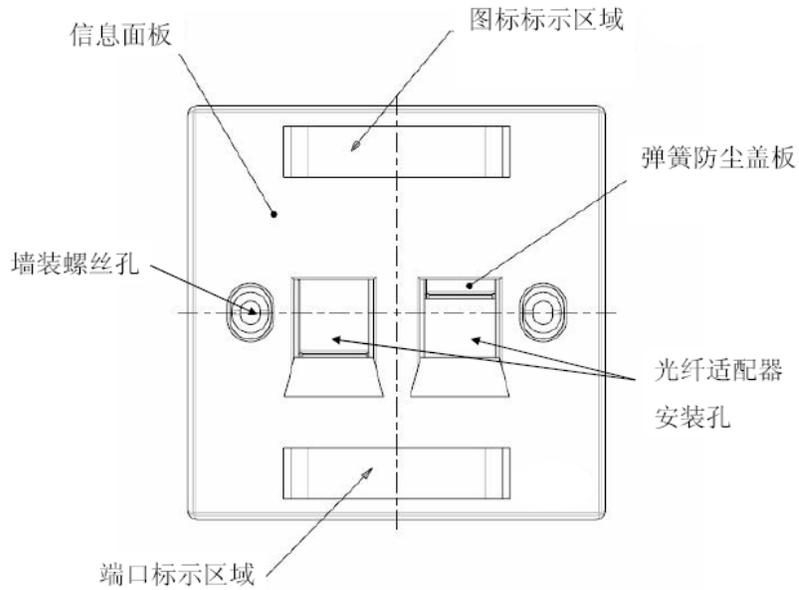
完成引入光缆的端接，应用于 FTTx 和宽带接入业务，或者特殊的光缆端接区域，通常采用墙装式设计。应具备以下功能：

- 可以完成光纤光缆的熔接或成端，且可以容纳、保护光纤或光缆接续和端接部分；
- 具备光纤跳线的储存和管理功能；
- 以室内进户光缆应用为主；
- 应当可以选择不同的适配器类型；
- 应有信息记录和标示的装置；
- 具备安全措施，如挂锁；
- 可以选择安装有源设备等。

(4) 光纤输出信息面板

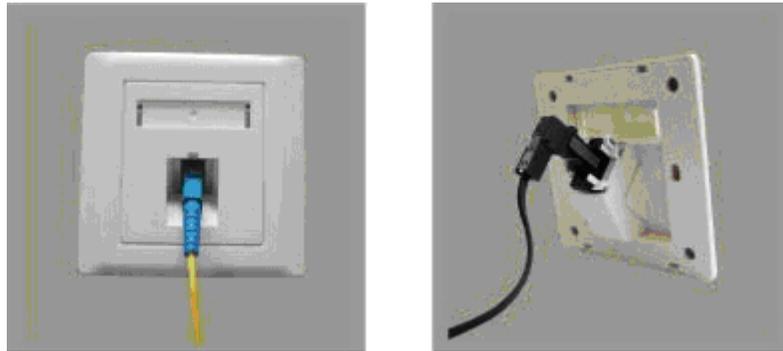
用于户内光纤光缆的成端。

光纤信息面板主要固定和保护光纤现场连接器。光纤信息面板可以固定在墙面或者弱点箱等固定结构内，以墙装 86 面板为主。也可以选择其他安装方式，备有多种适配器类型可以选择，须提供足够空间保证光纤的 25mm 最小弯曲半径以免光缆物理损伤。86 面板构成见图 4.5.3-3。



(A) 86 面板构成

对于光纤面板来说，考虑到避免光源对人眼的损伤和减少光纤跳线被损坏的机会，更多的采用斜口面板或者侧面出纤的方式。如下图(B)和图(C)。



(B) 斜口光纤面板正面和背面图



(C) 侧面出纤光纤面板内部结构图

图 4.5.3-3 光纤面板构成图

与斜口光纤面板相比，这种侧面出纤的面板的特点是光纤跳线沿着墙面，从而更加有效的保护光跳线和减少光源对人身伤害。它能够做到在 86 型面板的有限空间内容纳至少 1m 的光纤余长，从而为光纤的重新端接提供便利。同时，不需要底盒，能够按照需要灵活的添加光纤接入点，以及在配线箱等场合进行安装。

5 产品选择和系统配置

5.1 应用范围

光纤配线系统涉及到的产品相当丰富，对于不同网络、业务应用技术，光纤配线系统所涵盖的产品范围与产品的组合方案是不同的，归纳起来如下表 5.1-1 和表 5.1-2 内容所示。

表 5.1-1 网络与产品应用对照

	FTTH 全光网络	HFC 网络	光纤+双绞线网络
主干配线部分	主干光缆、室外交接箱、光缆接头盒	主干光缆、室外交接箱、光缆接头盒	主干光缆、室外交接箱、光缆接头盒
配线部分	光纤分路器、配线光缆	光纤分路器、配线光缆	配线光缆、室外/室内配线箱
楼内部分	室内配线箱、户内光缆、桌面 / 墙装光纤信息插座、光纤面板	电缆配线箱、同轴电缆、同轴信息插座和面板	RJ45 配线架、对绞电缆、桌面 / 墙装信息插座和面板

表 5.1-2 产品组合与应用技术

应用技术 组成产品名称		光纤到户	光纤到交接箱	光纤到大楼	光纤 / 铜轴	光纤 / 双绞线	SDH/MSTP	建筑物内综合布线
		FTTH	FTTC	FTTB	混合网	混合网	数字光纤同步网	
光缆	主干光缆	√	√	√	√	√	√	主干光缆
	配线光缆	√	√	√	*	*	*	水平光缆
	引入光缆 / 室内光缆	√	-	-	*	*	*	-
光纤分路器		√	*	*	√	*	*	-
光缆接头盒		*	*	*	*	*	*	-
光缆端接及活动连接器		√	√	√	√	√	√	√
室外光缆交接箱		*	√	*	*	*	*	-

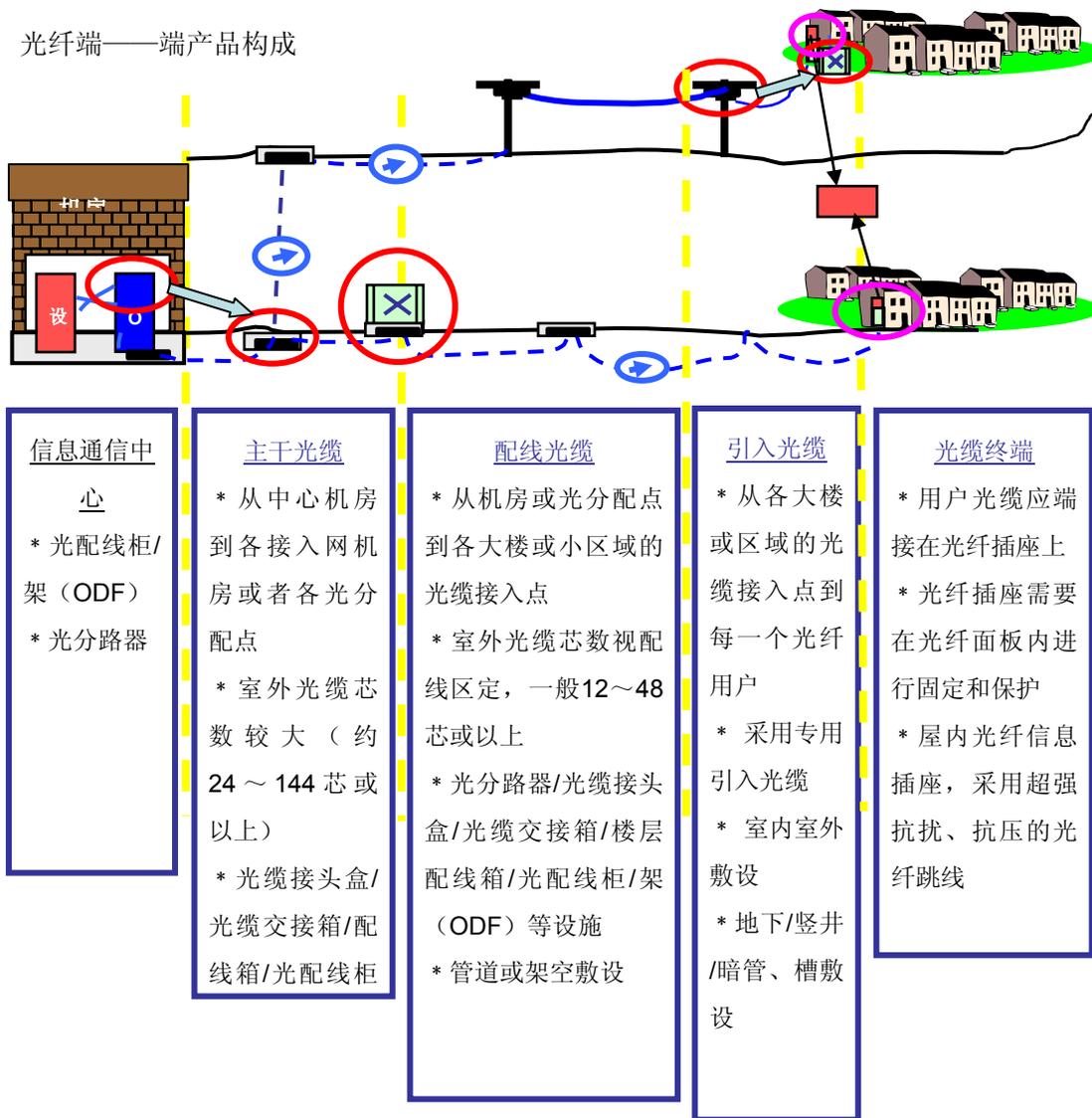
室内 光缆 配线 设备	光纤配线 机柜 (架)	√	-	√	*	√	√	√
	墙挂式光 纤配线箱	√	-	-√	√	*	*	*
光纤信息插座及 盒体		√	-	*	-	√	-	√

备注：表示可能选择的组成产品。

5.2 产品选择要素

产品选择应该根据工程范围、建筑类型、业务需求、采用的接入技术等因素，同时结合信息通信行业与网络未来发展加以考虑，在各个应用的场合产品选择应当符合以下技术要求。

光纤端——端产品构成



5.2.1 光缆终端部位

一个完整的光缆终端的部位应由一个或者多个光纤信息插座、光纤信息插座底盒及面板和连接到有源设备的超强抗挠、抗压的光纤跳线组成。

终端的光纤信息插座是隐装或者明装的光缆布线的终端位置, 是光缆固定布线部分 (在管槽中布放的, 从水平或主干配线设备至信息插座之间布放的光缆) 和活动布线部分 (工作区信息插座至终端设备之间敞开摆放的光缆) 分隔的界面。该插座固定在终端光纤信息插座面板上, 采用活动式连接。面板尺寸宜采用 86×86 (长×宽, 单位: mm), 这里需要说明的是, 光纤信息插座面板固定的底盒深度应

满足至少预留 100cm 的光缆盘留空间的需求。

光纤信息插座应采用符合标准的 SC、LC 等连接器与适配器，并考虑相互之间的兼容性能，能够直接和用户光缆相连。插座的安装应在现场完成，无需注胶、加热、研磨等工艺，并能够安装在标准的 86 型光纤信息插座底盒面板上，该面板需带有光纤防尘装置。不容许光缆和光纤连接器件裸露在外面，从而尽量保护光缆，并避免光纤和光源对人产生伤害的可能。

为适应用户随意使用光缆的状况，建议光纤信息插座与连接光终端设备的光纤跳线采用超强抗挠、具有良好的抗压能力的光纤跳线。

5.2.2 引入光缆

引入光缆为光纤终端信息插座至户外的光纤配线箱或楼层光纤配线设备之间的光缆。引入光缆的长度宜根据现场的实际情况和用户要求的安装位置确定，不能选择带有光纤插头的固定长度的光缆，而是采用现场端接的方式将引入光缆端接在光纤终端信息插座上。

由于引入光缆的路由环境比较复杂，光缆宜具备结构简单、操作方便、具有较强的抗拉/抗扰和抗侧压性能的光缆，以便于架空、户外管道和楼内穿管布放。在某些场地，光缆护套应具有阻燃或低烟、低毒等性能。鉴于引入光缆管道的复杂状况，宜采用小弯曲半径（15mm）光缆。

引入光缆和配线光缆的连接可采用活动连接或者固定连接。固定连接宜采用机械式连接。

5.2.3 配线部分

配线部分由设置于楼内、楼道、楼层等部位的配线箱和连接至室外光交接设备或光分配点之间所包括的光缆、光分路器及光缆连接配件组成。光纤分配设施可以是光缆接头盒、室内光缆配线箱、室外光缆交接箱、光缆配线柜（架）等。

其中光分路器所在的位置即为光分配点。在无源光网络中，可采用一次分光和二次分光两种分光方式。分光方式的选择、光分路器位置、分光比选择是线路设计中最为复杂和繁琐的部分。根据实际情况，光分路器可能位于光缆接头盒、光缆交接箱、光配线箱、光缆配线柜/架(ODF)等设施中，并在其中进行光缆的端接和分配。光分路器应采用活动连接方式将出入配线光缆相连接。

楼道配线箱等各种形式的光纤分配设施应根据建筑结构合理规划位置和容量。光缆在箱体中进行活动连接或者固定连接。固定连接包括熔接和机械式连接。由于光分路器也可以位于光缆接头盒、光缆交接箱、配线箱或光缆配线柜/架等设施内，此时应采用活动连接，以方便测试和管理。

5.2.4 主干部分

主干部分由室外光缆交接箱或光分路器至信息通信中心机房之间所包括的光缆及光纤连接器件组成。这些器件包括将主干光缆进行端接和分配的光缆接头盒、光缆交接箱、光缆配线箱和光缆配线柜/架。

主干光缆光纤的容量应根据网络布局 and 光分配点的数量合理规划，并适当留有冗余。

根据实际情况，光缆连接可采用活动连接或者固定连接。固定连接包括熔接和机械连接。

5.2.5 信息通信中心机房

信息通信中心按照通信机房要求设置在相关的场所。机房内主要设置各类通信设施（如电话交换设备、接入网局端设备、计算机网络设备、有线电视前端设备、传输设备等）和光缆配线柜/架以及相关的配套系统。光纤配线柜/架安装光分路器，光分路器端口和主干光缆的连接应采用活动连接，以方便测试和管理。

如果现有的机房条件较差（如光缆出入困难等）、或者租金较高时，在室外光交接箱内也可安装通信设施。

5.3 应用方案和产品配置

目前，在宽带接入领域，光纤应用技术繁多，这些主流技术被电信运营商和各方用户广泛采纳。实际上，技术本身是开放型的，不为某一行业垄断。在工程方案确定时，只要是成熟、安全、可靠的技术与产品，在经过性能造价的比较以后，都可以得以使用。下面针对用户自建光纤配线系统项目中可以选用的技术与产品进行描述与对比，供建设者参考。

5.3.1 FTTx 全光网络（PON 技术）

（1）FTTx 技术综述

FTTx 光网络目前主要采用以 EPON、GPON 为代表的无源光网络技术。EPON、GPON 都支持多业务应用，可同时接入数据、视频、语音以及 CATV 视频业务。

根据光节点位置和最终的入户方案不同，FTTx 主要分为 FTTH、FTTB、FTTC 等多种应用类型，统称 FTTx。在本白皮书范围，主要体现在光纤到交接箱（FTTCab），光网络单元部署在交接箱处，其下采用其他介质接入到用户，每个光网络单元典型支持用户数为 100 到 1000 户左右；光纤到大楼/分线箱（FTTB/C）的特征是将光网络单元部署在传统的分线盒处，其下采用其他介质接入用户，每个光网络单元典型支持用户数为 10 到 100 户左右；光纤到家庭住户（FTTH），是用光纤传输直接连接局端和家居配线设备，光纤到用户（FTTU）由单个用户独享入户光纤资源。

1) FTTH 器件组成

FTTH 系统的无源光网络-PON 包括光线路终端（OLT）、光网络单元（ONU）、光网络终端（ONT）和光分配网络（ODN），无源光网络是由光缆（纤）、光跳线、尾纤、光无源器件和光缆配线设备所组成。光无源器件包括光纤活动连接器、机械式光纤连接装置、波分复用器和光分路器等。光缆配线设备则由室外（内）光缆交接箱、光缆接头盒、光纤配线架（柜、箱）、配线箱、用户终端盒、光纤信息插座面板和过路盒（箱）等组成。对 ODN 由光分路器、光纤光缆及光缆分线盒、光缆交接箱等一系列无源器件等组成，其特点是无需户外的有源设备，信号处理在交换机和室内设备完成，传输距离比有源光纤接入系统的短，覆盖的范围较小，造价低，维护容易。因此这种结构具有良好的经济性，适合大规模的园区用户接入服务。

2) FTTH 实现方式

FTTH 实现的方式有两大类：点到点（P2P）光以太网和点到多点的无源光网络（PON）。点到点光以太网技术通常是指采用光信号的点到点传输方式，从信息通信中心或远端机房到每个用户都采用 2 芯或 1 芯独立的光纤，两端各需要 1 个光收发器。采用点到点方式的每个用户的上下行带宽都可以达到 100Mbit/s 甚至 1000Mbit/s 的传输速率。

PON 是采用无源光分路器的光接入网，一般采用树形分支拓扑结构。与点到点

方式相比，采用 PON 技术可以节省 OLT 光接口和光纤数量，而且 PON 系统可扩展性好，便于维护管理，利用光纤介质，点到多点的无源光纤分布网络结构是实现 FTTH 的主要方式。

PON 网络的一般结构如下图 5.3.1-1 所示。

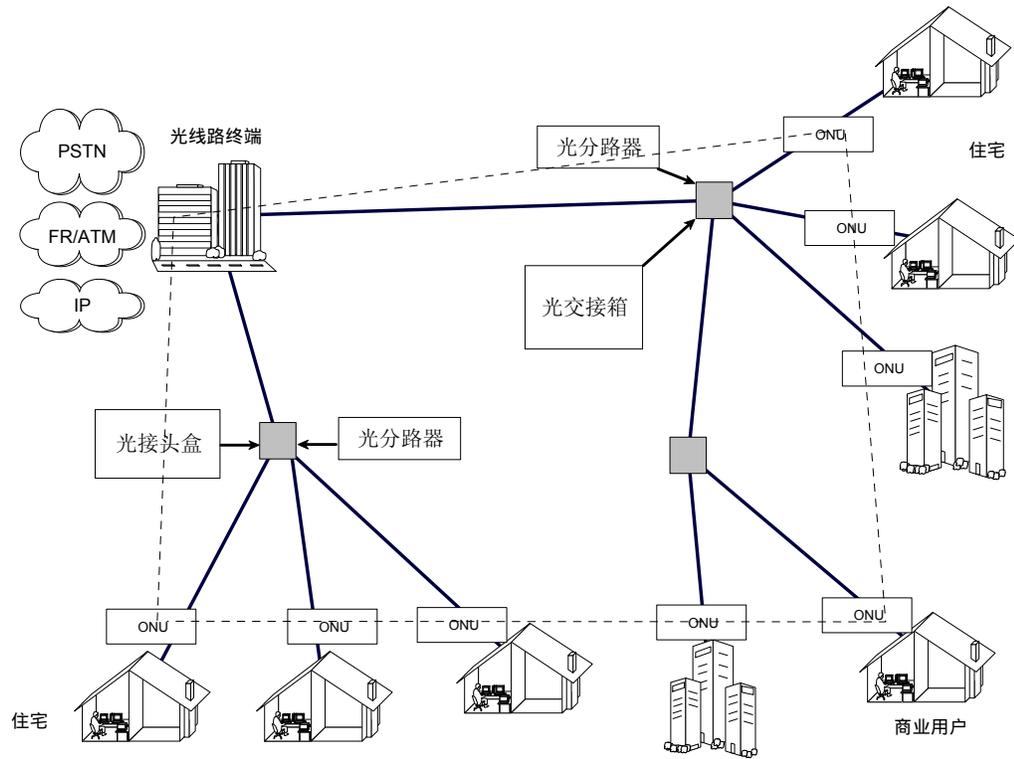


图 5.3.1-1 PON 网络一般结构图

3) PON 对光纤光缆的要求

目前，PON 网络使用单模光纤进行主干网络的传输，PON 系统采用单纤双向方式。上行使用 1310nm 波长，下行使用 1490nm 波长。当采用波分复用方式提供 CATV 业务时，下行增加使用 1550nm 波长。因此，对于光纤光缆由如下要求：

a 室内、室外光缆所使用的光纤均应符合 ITU-T G.652D 标准，光缆的衰减系数应符合下表 5.3.1-1 要求。

表 5.3.1-1 光缆衰减系数

单模光纤衰减系数				
波长 (nm)	1310	1380	1490	1550
衰减系数 (dB/km)	≤0.36	≤0.40	≤0.22	≤0.22

b 主干和分配光缆的各项指标应符合 YD/T1258 和 GB/T13993 要求

c 入户光缆宜采用小弯曲半径光纤，选用非金属加强构件、扁平形阻燃聚乙烯护套光缆。当采用架空或挂墙方式引入用户时，宜选用自承式扁平形阻燃聚乙烯护套光缆。

d 入户光缆的接续和端接宜选用现场光纤冷接或机械接续。

(2) 采用 PON 方式的 FTTH 全光网络

采用 PON 方式的全光网络主要用于住宅小区的建设，对于工业企业园区及其它的专用网络同样适用，其设计和配置与建筑物的形态、规模有很大的关系。住宅小区可分为别墅及独立房屋、多层、和高层建筑等多种建筑形式，一个住宅小区由几栋到几十栋不等的建筑物组成，每栋建筑又可能有多个单元。每层楼面的户数也对 PON 网络的设计有很大的影响。同样在工业企业园区和其它专用网的建筑群体中建筑物的分布情况、功能及业务需求显得更加多样与复杂。

对于采用 PON 方式的全光网络，分光方式的选择、光分路器位置、分光比选择是线路设计中最为复杂和繁琐的部分。设计时必须考虑光纤线路终端 OLT 每个光端口和光分路器（ODN）的最大利用率，根据用户分布密度及分布形式，选择最优化的光分路器组合方式和合适的安装位置。

光分路器的设置方式直接影响对接入光缆纤芯的占用和终端设备的接入。对于终端光纤信息插座密集的场所，光分路器越靠近用户，对接入光缆的主干/配线光缆纤芯使用效率越高；光分路器越靠近 OLT 设置，OLT 设备端口使用效率越高。ODN 按系统支持最大分光比进行设计。在选择 ODN 结构时，应根据终端性质、终端密度的分布情况、地理环境、管道资源、原有光缆的容量，以及 OLT 与 ONT/ONU 之间的距离、网络安全可靠性、经济性、操作管理和可维护性等多种因素综合考虑。

ODT 以树形结构为主，分光方式可采用一级分光或二级分光，但不宜超过二

级，设计时应充分考虑光分路器的端口利用率，根据终端的分布情况选择合适的分光方式。

一级分光适用于高层建筑、用户比较集中的区域或高档建筑（如别墅区及重点用户）；二级分光使用于多层建筑以及管道比较缺乏的地区。

现阶段，应选择均匀分光的光分路器，以简化光通路损耗计算、便于工程实施和后期维护。对于一些光纤资源紧张的偏远地区或接入点较分散的应用，可以考虑三级或三级以上的分光方式，以及采用不等分分光的分路器、减少光分路比等方式，以提高光缆纤芯利用效率、满足不同距离用户组网需求。

典型的光分路器设置方式（分光方式）如下图 5.3.1-2 所示：

对于一级分光方式，光分路器可设置在 OLT 节点或光分支点的任一位置。应在保证一定的端口使用率前提下，尽量将光分路器靠近 ONU 设置。

对于二级分光方式，光分路器可设置在 OLT 节点或光分支点的任意两个位置。为便于维护，应尽量将一级光分路器设置在 OLT 节点。

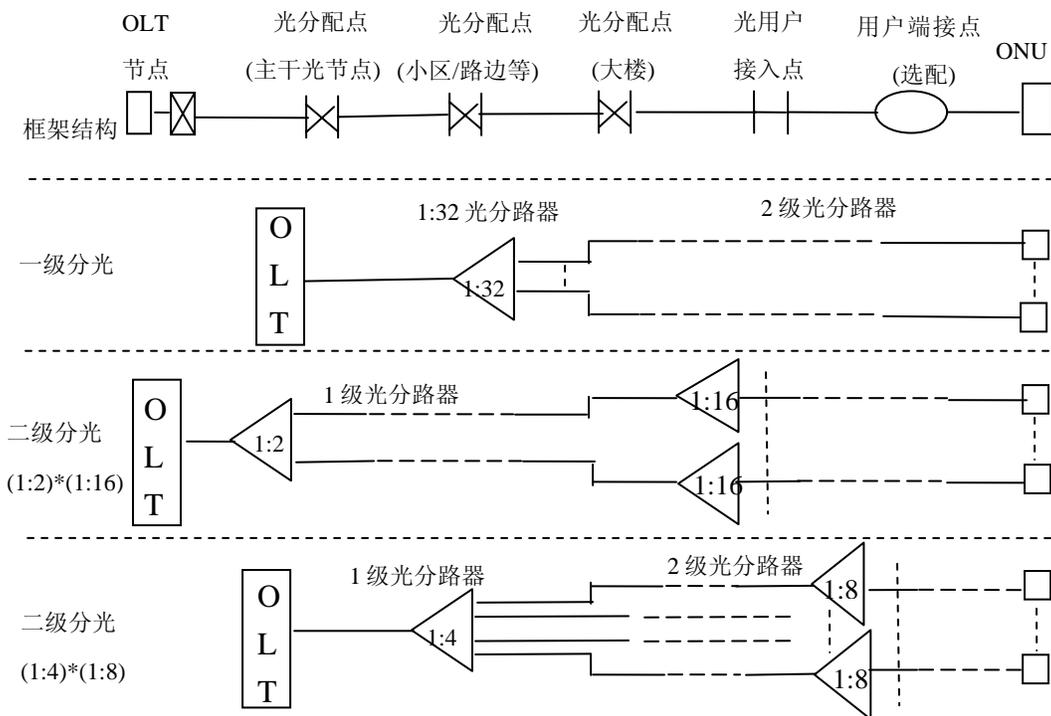


图 5.3.1-2 典型分光方式示意图

各种分光点及光分路器设置方式与特点比较如下表5.3.1-2

表5.3.1-2 分光点及光分路器设置特点比较

	一级分光点集中设置	一级分光点分散设置	二级分光点设置
网络结构与维护管理	* 每条链路只有一个分光点	* 每条链路只有一个分光点	* 二级分光，链路上需要维护的点较多
	* 链路衰耗较小	* 链路衰减较小	* 链路衰耗较大
	* 分光一致性上更容易控制	* 分光一致性上更容易控制	* 分光一致性上不容易控制
	* 一级分光在物理链路上相对简单，更为可靠	* 一级分光在物理链路上相对简单，更为可靠	* 物理链路上更多的连接点，故障点多
	* 从光网络管理的角度上来讲，集中的分光点对维护和故障检测较简单	* 从光网络管理的角度上来讲，分光点分散对维护和故障检测较困难	* 从光网络管理的角度上来讲，分光点分散对维护和故障检测较困难
OLT PON 口利用率	* 引入光纤直接集中于光纤分配点	* 分光点位于楼道内或外部光纤分配点	* 二级分光位于楼道内引入光纤分配点
	* 一个 PON 端口可覆盖的范围最大，PON 端口可以根据接入终端数增加而逐步扩容	* PON 端口覆盖范围最小，利用率最低	* PON 端口覆盖范围最大（第一级），但第二级光分路器覆盖范围小，因此利用率相对较低
PON 口及光分路器利用率与终端光端口实装率关系	关系不大，最经济	关系最高，最浪费	关系居中
光缆投资	* 稍大	* 较少	* 较少
	* 配线光缆、引入光缆与其它方式相当	* 配线光缆投资小	* 根据实际情况，合理设置分光比，降低光缆投资
	* 配线光缆投资稍大，但配线长度较短		

1) 独立与较小规模建筑物（一级集中分光）

对于别墅和独立房屋的 FTTH 设计，应该着重于以下几点：

- 建筑分散，一般建议采用集中分光方式；
- 由于物业管理、环境条件和设备容量等原因，尽量减少在园区地面增加配线设施（如交接箱等）；
- 最大限度使用通信机房空间，可节省主干光缆投资费用和管道资源；

— 相对高（多）层建筑,独栋别墅或独立楼房没有室外光缆转换成室内光缆的条件,如在建筑外墙上添加转换设施困难,故光缆直接通过引入管道入户;

— 传统室外光缆的特性不适合直接入户和端接保护,故推荐采用室内外通用的管道型 8 字形皮线光缆;

— 对于住宅户内引入光缆端接点(家居配线箱)是涉及到开发商与电信运营商光纤线路接入和用户自有局域网的的最终分界点。在工程设计前,应该首先确定项目的建设范围与分工。

a 设计方案

系统设计方案的几点考虑:

— 在信息通信机房内做一级分光 1×32 ,光分路器出口跳接到机房光缆 ODF

— 用户光缆从通信机房接入网 ODF 引出至小区

— 引入光缆在接头盒内作落地递减、分支后接入第一栋建筑(别墅或独立房屋)的光纤配线箱,在此部位至少终端 1 芯光纤,亦可备份一芯。剩余光纤不断,光缆延续连至下一个接头盒。依此类推,根据光缆的芯数容量测算出能够接入至建筑物的栋数。

— 最后一栋建筑物引入光缆采用室内外通用的 8 字形皮线光缆。

引入到室内终端光纤配线箱的 8 字形皮线光缆,剥去外皮后成为普通室内 8 字形皮线光缆,在室内弱电箱盘留适当长度,利用现场制作的光插座进行端接并安装在 86 面板上进行保护。业务开通时,通过使用的高强度光跳线,连至 ONT。ONT 至通信终端设备之间的线缆由客户根据终端设备端口的种类完成配置。

b 产品配置

产品配置方案见表 5.3.1-3 内容。

表 5.3.1-3 产品配置

产品		安装位置	类型
终端端接 设施	光纤信息插座面板	家居配线箱或弱电箱内	现场制作光纤 信息插座
	超小弯曲半径光纤跳线	连接 ONT 和光纤信息面板	SC 或 LC 光纤 连接器头,光 纤跳线 0.5m

	现场制作光纤插座工具	—	—
接入点设施	光缆接头盒	主干/配线光缆连接分配点	直埋/管道场合使用
信息通信配线设施	光纤配线柜/架	通信机房内(含尾纤)	建议为柜式
	光分路器	通信机房光纤配线架内	PLC 1×32
光缆	引入光缆	最后一个接头盒到各终端光纤配线箱	管道型 8 字形皮线光缆
	主干光缆	机房 ODF 到光分路器	—
	配线光缆	光分路器到光缆末端接头盒	—

2) 中低规模建筑物（一级和二级分光）

对中低规模的建筑物方案设计需要考虑的因素很多，主要取决于园区或区域到信息通信机房的距离、机房的设置位置和接入的光纤用户数。用户接入率对方案的确定有影响。如果园区自身建有机房，偏向于采用一级集中分光，这样可以简化园区内和楼内配线的复杂程度，也有利于减少施工和日后维护的费用和难度。但如果信息通信机房距区域建筑群或单体建筑物较远，可采用二级分光方式，即一级设置在信息通信机房，一级在楼内。无论采用一级集中分光还是二级分光，在光分配点都应尽量将光分路器集中放置在一处，以简化楼内配线施工和维护工作。

a 设计方案

对于采用二级分光方式的多层住宅和规模不大的分散建筑物的 FTTH 设计，其典型的系统设计方案思路是：

- 在信息通信机房或小区机房第一次分光 1×4；
- 配线光缆在机房内 ODF 架上成端；
- 一条（或若干条）较大芯数光缆通过管道引到园区内各部位；
- 每条大芯数配线光缆在接头盒内作落地递减、分支，依照楼房位置和园区管线路由以树形递减方式在若干个接头盒内完成向每单元（或房屋）的引入光缆配线；
- 每单元（或房屋）按二级光分路器个数和容量分配光纤。

光缆进入到单元（或房屋）内之后，在每个单元内，配线光缆引入并与 1×8

光分路器入口端相连接，光分路器出口端接至楼内光纤分线箱体内。由于此处需要端接的光纤数量较大，为了减少热熔接机的投资，光缆在这里的接续建议使用冷接的方式。将引入 8 字形皮线光缆的一端通过现场制作与端接光纤插头后，连接在光纤分线箱另内侧面，另一端通过楼层管、槽，引入至用户室内家居配线箱或用户指定地点安装的光纤信息插座。在现场对引入光缆制作与端接光插座，并安装在 86 面板上和进行保护，光缆在盒体内盘留适当长度。通信业务开通时，通过高强度光跳线，将光网络终端(ONT)与终端设备互通。

2) 产品配置

产品配置方案见表 5.3.1-4 内容。

表 5.3.1-4 产品配置

	产品	安装位置	类型
终端端接设施	光纤信息插座面板	家居配线箱或光纤信息插座盒	现场制作光纤信息插座
	超小弯曲半径光纤跳线	连接 ONT 和光纤信息面板	SC 或 LC 光纤连接器头，光纤跳线 0.5m
	现场制作光纤插座工具	—	—
接入点设施	楼内分线箱	楼内或其它场所	不带法兰活动连接
	光分路器	楼内分线箱内	PLC 1×8
	现场制作光纤插头	楼内分线箱内端接引入光缆	SC/LC 现场制作
	光纤冷接子	楼内分线箱内	单芯光纤接续
信息通信配线设施	光纤配线柜/架	机房内(含尾纤)	柜/架式
	光分路器	机房光配线架内	PLC 1×4
光缆	光缆接头盒	主干/配线光缆连接和分支处	直埋/管道用
	引入光缆	楼内分线箱到各户家居配线箱或光纤信息插座	1 芯或 2 芯 8 字形皮线光缆
	主干光缆	机房 ODF 到光分路器	—
	配线光缆	光分路器到楼内分线箱	—

3) 高层和较大规模建筑物（一级集中分光）

鉴于高层住宅和规模较大的房屋用户分布相对集中，以及垂直光缆的长度有限

的特点，建议在楼内电信间处采用一次集中分光方式，从而最大程度的充分利用 PON 端口和光分路器资源，降低楼内配线复杂程度，也有利于减少施工和日后维护费用和难度。引入光缆宜于采用室内 8 字形皮线光缆。室内光纤端接点（家居配线箱或光纤信息插座）是线路和用户自有局域网的分界点。

a 设计方案

从信息通信机房 ODF 架上引出的主干光缆在接头盒内作落地递减、分支，落地相应芯数的需求光纤，剩余的光纤和配线光缆再进行熔接后，布放至大楼设备间的光纤配线箱或配线柜/架。再一次落地相应芯数的光纤以后，剩余光纤不剪断，又连至下一个接头盒。

进入信息通信机房和大楼设备间的光缆，在 ODF 架上成端，1×32 光分路器也安装在此 ODF 架上。配线光缆引入 ODF， 光纤制作端接。楼内垂直主干光缆一端在 ODF 架上成端后，与光分路器跳接，另一端通过弱电井至相应楼层电信间。每若干层安装一个楼层光纤分线箱，覆盖各层用户。在楼层光分箱同样采用光纤递减、分支方式，取出相应芯数的光纤和 8 字形入户皮线光缆连接。此处光缆连接，宜采用冷接的方式。8 字形皮线光缆从楼层分线箱引出，通过管槽连至家居配线箱或光纤信息插座，并盘留适当长度。现场制作光插座并安装在 86 面板上，从而完成入户光缆的端接和保护。业务开通时，用户通过高强度光跳线，连至 ONT。ONT 至终端设备之间的布线由客户自行完成。

b 产品配置

产品配置方案见表 5.3.1-5 内容。

表 5.3.1-5 产品配置

	产品	安装位置	类型
终端端接设施	光纤信息插座面板	家居配线箱或箱或光纤信息插座盒	现场制作型光纤插座
	超小弯曲半径光纤跳线	连接 ONT 和光纤信息插座面板	SC 或 LC 光纤连接器头，光纤跳线 0.5m
	现场制作光纤插座工具组	—	—
接入点设施	楼内分线箱	楼内	不带法兰活动连接

	光纤冷接子	分线箱内	单芯光纤接续
信息通信配 线设施	光配线柜/架	机房内(含尾纤)	柜/架式
	光分路器	机房光配线架内	PLC 1X32
光缆	光缆接头盒	主干/配线光缆连接和分 支处	直埋/管道用
	引入光缆	楼内分线箱到各户家居 配线箱或光纤信息插座	1 芯或 2 芯 8 字 形皮线光缆
	主干光缆	机房 ODF 到光分路器	—
	配线光缆	光分路器到楼内分线箱	—

(3) 采用光纤(PON)+双绞线方式的光纤网络

下面以三种典型的设置是基于园区和建筑物以光纤接入技术为构架,通过光纤配线系统将通信接入网设备、计算机网络设备、建筑群综合布线系统、光纤配线相结合,实现多种通信业务的融合。下面以 PON+xDSL 的 FTTB 接入, PON+LAN 的 FTTB 接入和 P2P+xDSL 的 FTTN 接入为例,讲述光纤配线系统的设计方案和产品配置。

1) FTTB 接入 (PON+xDSL, 一级分光)

PON+xDSL 的方案适用于各种类型建筑的住宅(别墅住宅、中低层住宅和高层住宅)和园区的建筑群。其实现方式是,通过具有 PON 接口的铜缆接入网设备(xDSL),将光信号转换成电信号;使用带有多业务分离器的接线模块,将各种业务信号耦合到宽带信道上;完成对信息的处理与传送。从而充分利用 PON 端口和光分路器资源,并在一定的距离以内为用户提供高带宽的 xDSL 业务。

方案中将分光后的配线光缆引入室外机箱、楼内家居配线箱或楼内电信间内。配线箱内配置 DSL 设备,自带 xDSL 用户端语音分离器和适配器。配线光缆以尾纤的形式接到 xDSL 设备的光端口。

xDSL 设备的分离器和适配器输出端口连接相应业务的铜缆(对绞电缆和同轴电缆),并延伸到相应等级的电信息插座。业务开通以后,用户将通过设备电缆与信息插座端口互通。

此方案中的产品配置方案归纳如下表 5.3.1-6 内容。

表 5.3.1—6 产品配置

产品		安装位置	类型
接入点设施	楼内分线箱	楼内	不带法兰的活动连接
	带业务分离器和适配器	楼内分线箱	—
	接续模块	楼内分线箱	接续模块
	光纤冷接子	楼内分线箱	单芯光纤接续
信息通信配线设施	光配线架	机房内(含尾纤)	柜/架式
	光分路器	机房光配线柜/架内	PLC 输入/输出端口比例根据工程要求配置
光缆	光缆接头盒	主干/配线光缆连接和分支处	直埋/管道用
	配线光缆	接头盒到楼内分线箱	8 字形皮线光缆, 或普通光缆
入户铜缆	4 对对绞电缆	—	—

2) FTTB 接入 (PON+LAN, 一、二级分光)

PON+LAN 的方案适用于中低层和高层住宅级建筑物。其实现的方式是, 通过 PON 端口连接的 LAN 设备, 将光信号转换成电信号后, 引入至用户室内点信息插座。从而充分利用 PON 端口和光分路器资源, 并在一定的距离以内, 为用户提供高带宽的 LAN 业务。

将分光后的配线光缆引入楼内设备间或电信间内综合布线配线箱/柜/架, 根据每层楼的信息插座数量, 为每一层或每几层楼配置综合布线配线模块。19" 配线箱/柜/架内配置 LAN 设备和 RJ45 配线架。配线光缆以尾纤的形式接到 LAN 设备上。水平电缆和设备电缆接至 RJ45 配线架的信息模块, 经过对绞电缆跳线互通。

此方案中的产品配置方案如下表 5.3.1—7 内容。

表 5.3.1—7 产品配置

产品		安装位置	类型
接入点设施	楼内光分线箱	楼内	不带法兰的活动连接
	RJ45 配线架	楼内分线箱/配线箱/配线柜	—
	RJ45 模块	楼内分线箱	—

	光纤冷接子	楼内分线箱	单芯光纤接续
信息通信配线设施	光配线架	机房内(含尾纤)	柜/架式
	光分路器	机房光配线架内	PLC 输入/输出端口比例根据工程要求配置
光缆	光缆接头盒	主干/配线光缆连接和分支处	直埋/管道用
	配线光缆	接头盒到楼内分线箱	8 字形皮线光缆, 或普通光缆
入户铜缆	对绞电缆	—	—

3) FTTN 接入 (P2P+DSL, 一、二级分光)

P2P+DSL 的方案适用于各种类型的住宅 (别墅住宅, 中低层住宅, 和高层住宅) 和较小规模的房屋。其实现的方式是, 通过 xDSL 设备, 充分利用 PON 端口和光分路器资源, 并在一定的距离以内为用户提供高带宽的综合通信 xDSL 业务。

将配线光缆引入室外光交接箱, 或信息通信中心机房。xDSL 将语音、数据、图像信号耦合后, 通过室外电缆连接至楼外或楼内设置的电缆分线箱, 如果分线箱在室外安装, 则使用防潮的接续模块进行接续。从电缆分线箱铺设对绞电缆至用户端信息插座。产品配置方案如下表 5.3.1-8 内容。

表 5.3.1-8 产品配置

	产品	安装位置	类型
接入点设施	楼内分线箱	楼内	不带法兰的活动连接
	楼内分线箱	楼内分线箱	接续模块
	光纤冷接子	楼内分线箱内	单芯光纤接续
信息通信配线设施	光配线架	机房内(含尾纤)	柜/架式
	光分路器	机房光配线架内	PLC 输入/输出端口比例根据工程要求配置
	xDSL 接入网设备	配线柜/架	可采用普通光跳线连接。
入户铜缆	对绞电缆	—	—

5.3.2 光纤+以太网交换机解决方案

光纤+LAN 的解决方案是将光缆敷设至公共建筑, 光纤进入大楼后就转换为对绞

电缆分配到各用户，或直接通过光缆延伸至光信息端口。这种方案可支持大中型企业、大公司 etc 对高速率宽带业务应用，也可以满足建筑物内的大客户需要。自建的计算机局域网一般由以太交换机，建筑物内的综合布线系统组成，并且通过骨干以太交换机或路由器与外部网络互通。对于一个园区和建筑群来说，要构成独立的 LAN，通常由接入（建筑物出口以太交换机）、汇聚（区域以太交换机）、骨干（信息通信中心以太交换机）三级网络组成，交换机和交换机的光端口之间全部通过光纤进行连接，能够满足多业务和宽带通信的需要。采用光纤直连方式的优点如下：

- 实施简单；
- 对业务带宽没有限制；
- 业务端口扩容升级方便，无需调整传输系统；
- 可简化层次，减少网络设备，并可避免不同层面间故障查找定位的不便；
- 对光纤的需求量较大。

(1) 网络结构

其网络拓扑结构为图 5.3.2 所示。

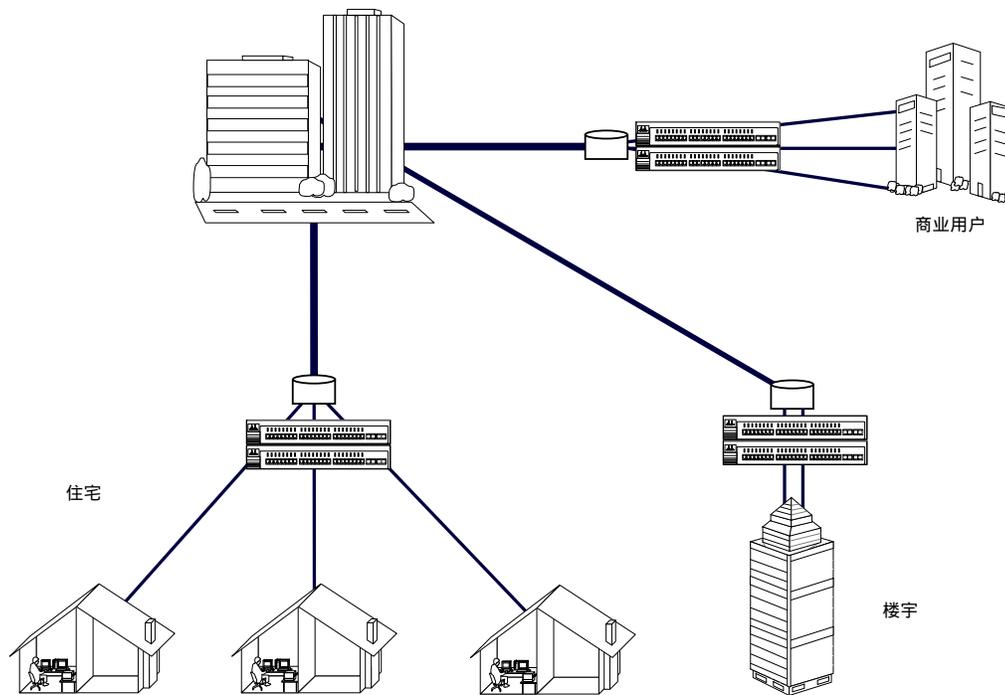


图 5.3.2 光纤+双绞线网络结构

这种组网方式的特点是交换机之间只需要占有 1~2 芯光纤，设备占用中心机房空间小，设备利用率高，集中在用户机房配线，便于维护和管理。

(2) 光缆选用要求

根据楼宇布线系统的设计规范，通常定义为每个用户配线区域（如果按 1000 m²）的数据信息点数不宜超过 200 个。因此，对于光纤数量的选择主要是基于这个原则，200 个点位以下，至少配置 8 芯光缆，其中 6 芯作为主用，另外 2 芯作为备用。用户配线区域设立的原则，也应当基于双绞线传输的最大距离-即永久链路总长的限制原则。对于选择单模或者多模光纤，主要依据传输带宽的需求和光纤在网络应用中能够传输的距离而定。通常上述情况以楼内应用为主，因此普遍选择室内光缆。如果考虑与外部网络的连接，应该注重多模/单模光纤的转换与对接问题。光缆的各项指标应符合 YD/T1258 和 GB/T13993 要求。

(3) 对绞电缆布线链路

1) 3 类 100 Ω 对绞电缆及连接硬件，其传输性能支持 16MHz 及以下传输带宽应用，永久链路限制总长为 90m；

2) 超 5 类 100 Ω 对绞电缆及连接硬件，其传输性能支持 100MHz 及以下传输带宽应用，永久链路限制总长为 90m；

3) 6 类 100 Ω 对绞电缆及连接硬件，其传输性能支持 250MHz 及以下传输带宽应用，永久链路限制总长为 90m；

4) 6A 类 100 Ω 对绞电缆及连接硬件，其传输性能支持 500MHz 及以下传输带宽应用，永久链路限制总长为 90m；

5) 7 类 100 Ω 对绞电缆及连接硬件，其传输性能支持 600MHz 及以下传输带宽应用，永久链路限制总长为 90m。

所有上述回路中硬件的安装，必须依据 EIA/TIA-568 和 GB50211 标准中的要求执行。

(4) 产品配置

光纤+LAN 的接入方式被得到广泛的应用。在此情况下，以太网交换机通过楼内的光配线柜/架中的光纤配线模块与室外光缆连接，光缆在超过盘长时，可以在敷

设路由中对光缆光纤通过熔接和机械连接的方式进行对接。当然，对光缆的选用是关键，光缆的类型主要根据以太交换机端口的传输速率（100M/1000M/10G）和光纤能够达到的传输距离确定。产品配置方案如下表 5.3.2 内容。

表 5.3.2 产品配置

产品		安装位置	类型
光纤连接设施	光纤接头盒	室外	光缆连接器件
信息通信配线设施	光配线柜/架	机房内（含尾纤/光跳线）	光配线模块
	以太网交换机	配线柜/架	相互间可采用光跳线或设备光缆连接。
室外光缆	主干光缆	室外园区	连接建筑物之间 ODF
室内光缆	尾纤	室内外	连接光缆
	光跳线	室内	光配线箱/柜/架与有源设备

5.3.3 HFC 光纤同轴混合网络

HFC 网络广泛使用于有线电视网络，从热门的 IPTV 互联网协议电视来看，又以 IP 协议为基础，提供语音、视像、数据三网融合的业务，在这种情况下，交互式业务通信是必然趋势，而且也有很广的应用市场。有线电视系统中的各种交互方式，除了双向交互 HFC 网络以外，还有单向 HFC+以太网、单向 HFC+无线局域网、单向 HFC+电话线、单向 HFC 预定可选、单向 HFC 用硬盘录像 PVR 等。但同时 HFC 又是光纤接入网的一种应用技术。随着业务网络的融合和 HFC 网络朝着更高的传输带宽（达到 1GHz）和实现双向网络去发展，HFC 的技术也同样适用于园区网和较大的工业企业网及专网领域。

这种网络结构如加上用户网关设备（具有 RJ-11、RJ-45、USB、IEEE1394、HDMI、电缆、光纤等各种出、入接口）可为用户提供多种业务服务的要求，如：视频服务、信息服务、IP 电话等。

HFC 通常由主干光缆、配线同轴电缆和用户配线网络三部分组成，从前端的综合业务设备发出的信号通过信息通信机房的光纤配线设备（ODF），经过光缆到光节点转换为同轴电缆分支/分配网络至用户端视频信息插座。

在 HFC 网络中，光缆和光连接器件的配置与一个光节点能够支持双向传输的用

户数有关。如光纤到一个区域的分支点（FTTF），光纤到路边（FTTC），为了适应综合业务的应用，随着光纤技术的迅速发展，光纤到建筑物（FTTB），越来越接近用户已成为现实。

(1) 网络结构

其网络拓扑结构为图 5.3.3 所示。

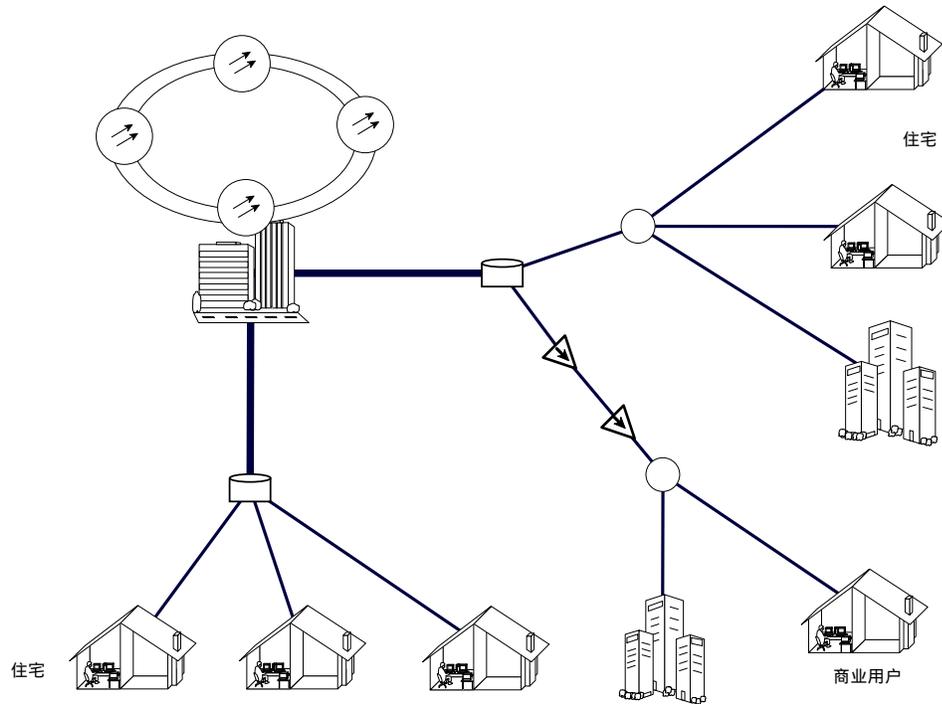


图 5.3.3 HFC 网络结构

- 1) 光纤干线采用星形或环状结构；
- 2) 支线和配线网络的同轴电缆部分采用树状或总线式结构；
- 3) 整个网络按照光节点划分成一个服务区。

(2) HFC 传输衰耗

HFC 网络使用单模光纤进行主干网络的传输，激光波长的选择是基于网络设计标准，包括成本、模拟性能要求以及传输距离要求等。光纤的衰减在合理的温度范围内是固定的，而且与 RF 频率无关。

- 1) 光纤损耗：1310nm 0.29~0.35dB/Km，1550nm 0.18~0.22dB/Km；
设计平均值：1310nm 0.32dB/Km，1550nm 0.20dB/Km；

- 2) 熔接损耗：素线 $\leq 0.03\text{dB}$ ，带状 $\leq 0.05\text{dB}$ ，最大 $\leq 0.08\text{dB}$ ；
- 3) 连接器损耗：选用 $\leq 0.25\text{dB}$ ；
- 4) 分路器附加损耗：两路 0.2dB ，三路 0.3dB ，四路 0.4dB ，五、六路 0.5dB ，七、八路 0.6dB ，九、十路 0.7dB 等。
- 5) 分路器严禁空端，否则，反射损耗严重降低，C/N、C/CSO 变差。
- 6) 微弯损耗将导致反射损耗降低，应避免。1550nm 的微弯损耗比 1310nm 更严重。调制信号传输时，不能利用微弯损耗代替光衰减器。

(3) 光缆选用要求

光缆是光信号传输的主体，分为两类：光纤素线光缆、带状光纤光缆。随着光纤制造技术的不断提高，光纤损耗越来越小。光缆中光纤的芯数，从几芯到几百芯，光缆的标准段长有 2Km、3Km，3Km，也可按需定制。

光缆有不同的护套材料、护层结构、加强件方式等，应按工程的环境温度、架设方式等特点选择。光纤光缆种类根据应用场合选用，可分为以下类型。

- 光纤素线光缆（谨慎使用带状光纤光缆）：做主干配线；
- 光跳线：做设备互联；
- 尾纤：做光缆转接或设备连接；
- 尾缆：做光缆与室外光节点的转接。

1) 光纤要求

HFC 主干光网络适用于园区网和较大的工业企业网及专网，主用 G-652 二氧化硅石英玻璃单模光纤，只需要将两根光纤熔接在一起，但模场直径必须一致；传输技术既有工作在 1310nm 波段的低速系统，也有工作在 1550nm 波段的高速系统和 CWDM 或者 DWDM 系统，对于业务网络不同的层次结构，光纤光缆性能的要求也不同。

目前 G.652D 光纤是 HFC 主干光缆的最佳选择，这是充分考虑当前应用以及未来 CWDM 和 DWDM 应用。同时应关注 G.655E、G.656 以及 ITU-T 在 2006 年底发布的 G.657 光纤（抗宏弯曲损耗光纤）规范。由于这类的应用主要以室外为主，同时根据不同的敷设方式，选择与环境相适应的室外结构光缆。主干和分配光缆应保持同样的光纤类型，各项指标应符合 YD/T1258 和 GB/T13993 要求

光发经光放入光链路，实用光放入 3~6dBm，注入光纤功率≤光发 SBS 限制（16.5、18、19dBm）。防色散宜≤100Km，超出时，如用 G-652 标准光纤应加色散补偿光纤或色散补偿器，或改用 G-655 非零色散位移光纤。

2) 光连接器选用要求

有线电视双向 HFC 系统，对反射损耗要求很高，需≥60dB。只能采用单模光纤端面倾斜 8 度连接器。连接器将直接影响到光链路的载噪比 C/N、载波复合二次互调比 C/CSO。

光连接器（含两个插头、一个法兰盘），按结构，分为螺旋紧固的圆形 FC/APC、卡锁紧固的方形 SC/APC。工厂生产的光设备，光连接器均为购方可选。应尽量选择相对结构更加可靠、故障率较低的 SC/APC 连接器，少用 FC/APC。并定期清洁。光连接器，依加工精度不同，一般分为三个插入损耗档次：≤0.2dB、≤0.25dB、≤0.3dB。应根据财力，尽量选择插入损耗小的光连接器。

为了保证数字信号的传输质量，作为光节点，误码率 BER≤10⁻⁸、调制误差率 MER≥34dB。网络的光节点(FN)是网络中的关键部位，通常由无源器件组成（如光分路器、光连接器件、波分复用器、光衰减器、光滤波器、及光纤）。而且经常被安放在户外，譬如一个基座上或者悬挂在架空绞线上。在光节点设置的接收光信号，把它转化为电信号，并放大，然后经同轴电缆分配网络发送至用户。在返回方向上，节点收集 5-42MHz 带宽范围内的信号，并把它们以光的方式传送回前端进行处理。通常的 HFC 网络中的每个光节点服务 500—2000 户。

(4) 产品配置

在 HFC 网络中，光缆和光连接器件的配置与一个光节点能够支持双向传输的用户数有关。如光纤到一个区域的分支点（FTTF），光纤到路边（FTTC），为了适应综合业务的应用，随着光纤技术的迅速发展，光纤到建筑物（FTTB），越来越接近用户已成为现实。其产品配置如下表 5.3.3 内容。

表 5.3.3 产品配置

	产品	安装位置	类型
光节点设施	楼内终端盒	楼内	不带法兰的活动连接
	楼内配线箱/柜/架	楼内	接续模块

	光纤接续盒	室外	4~6 芯，光缆/光缆、光缆/尾缆接续
信息通信（前端）配线设施	光配线柜/架	机房内（含尾纤/光跳线）	几十芯~上百芯光配线柜/架式
	信息通信与前端设施	配线柜/架	可采用光跳线连接。
室外光缆	主干光缆	室外园区	连接 ODF 与光纤接续盒
	尾缆	室内外	连接光节点与光缆
室内光缆	尾纤	室内外	连接光缆与终端盒
	光跳线	室内	光配线箱/柜/架与有源设备连接

5.3.4 SDH/MSTP 同步光纤传输网络

目前在传送网络中大量采用 SDH 设备，有 10G、2.5G、622/155M、155M ADM/TM 等多种设备类型，主要采用二纤或四纤光纤环形网络的保护方式。

对于工业企业自建的通信网络，话音业务仍然会占有相当的比例，因此 SDH 技术仍然具有强大的生命力。SDH 的技术优势是能够提供强大的管理能力，灵活的组网能力，强大的自愈能力，技术成熟，具有完善的标准。

以 SDH 为基础的多业务传送平台（MSTP）的出发点是充分利用目前最为成熟的 SDH 的技术优势，同时引入了如虚级联、链路容量调整方案（LCAS）和通用成帧规程（GFP）等新技术来提高带宽利用率和进行动态带宽分配，适用于专用传送网的多个层面的传送组织。作为多业务的接入，采用 MSTP 设备组网，实现多业务的综合接入、传送。MSTP 相对于 IP 数据网是真正的专线专用，具有私密性高、QoS 好、可靠的业务保护能力等优势，更适合专网用户专线组网应用。且可充分利用现网传输资源，与现有汇聚、核心层系统配合进行端到端电路调度和管理，避免组建 IP 网络的大规模投资，具有较高的经济效益。

目前传输电路需求仍以 2M 为主，MSTP 技术具有组网能力强、可扩展性强、可靠的保护、易于维护等优势，且适应业务多元化发展的需要。配合 MSTP 设备的使用，环型结构是十分理想的选择。环型结构是指所有光缆交接箱共同使用一条大对数光缆，光缆首尾在信息通信中心终端，自成一个封闭回路的网络结构，主干层纤芯分配可按实际需求全部在光缆交接箱上终端或只终端一部分。该结构纤芯使用比较灵活并拥有纤芯保护能力。

接入节点采用 MSTP 设备，配置提供 2M、155M、ATM 和 10/100M 等接口，支持 TDM、IP、ATM 等多业务传送。接入节点接入的业务主要考虑 TDM 电路（电路接口为 2Mb/s）和以太网电路业务（以太网接口为 10/100M）。

将 SDH/MSTP 的业务节点使用光缆构成环网，此方案中的产品配置方案如下表 5.3.4 内容。

表 5.3.4 产品配置

产品		安装位置	类型
光纤连接设施	光纤接头盒	室外	光缆连接器件
信息通信配线设施	光配线柜/架	机房内（含尾纤/光跳线）	光配线模块
	SDH/MSTP 通信设施	配线柜/架	相互间可采用光跳线或设备光缆连接。
室外光缆	主干光缆	室外园区	连接建筑物业务接入点之间 ODF
室内光缆	尾纤	室内外	连接光缆
	光跳线	室内	光配线箱/柜/架与有源设备连接

5.4 光纤配线网监测系统

在传输网络中，大部分故障是由光缆中断或性能劣化原因引起的，光缆故障成为影响网络安全与正常运行的主要因素。光缆作为覆盖广泛的传输介质，目前缺乏有效的监控维护手段，光缆故障从发生到定位、修复持续时间长，难以满足信息通信网络用户对信息服务质量的要求。而且光传输设备提供的网络保护手段也无法完全弥补光缆失效对业务的影响。

光缆自动监测系统是综合利用光学测量技术、通信技术、软件技术、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）技术形成的光纤配线网络监测系统。

建立光缆线路自动监测系统，通过监测光纤的缓慢变化，可一定程度消除通信故障的隐患；通过实时监测，可及时获取故障告警信息，并准确定位，从而缩短光缆障碍历时，减少经济损失，对光缆传输网的优质、高效、安全的运行起到积极的作用；光缆自动监测系统与传输网管可以实现电子地图、光缆资源信息的共享，在工程实施中可充分利用综合网管的已有功能，提高投资效益。

综上所述，光缆自动监测系统的建设可以提升光缆线路维护手段，有助于光

缆维护由被动向主动、由分散向集中、由人工向自动的转变。特别是监测标准的不断完善，电子地图和卫星定位系统的普及应用，光缆监测设备和系统的技术已基本成熟。光缆自动监测系统又可以通过计算机网络平台实现远程监控和通信与弱电系统的集成。

6 安装设计与施工

6.1 安装设计

6.1.1 线路敷设方式确定原则

(1) 室外管道

各类物理拓扑最终需要光纤和光缆网络实现，其路由的选择，应符合中远期园区、住宅发展规划和相关建设部门的规定，结合管道路由和实际道路等因素确定，主要原则为：

- 1) 路由短捷，安全可靠；
- 2) 施工和维护方便；
- 3) 园区、建筑群之间的光缆主要采用管道方式；

4) 当现有管道不能利用或暂时不具备建设管道的条件时，可以采用架空方式作为过渡；如无法建设管道时，可以采用直埋方式；

5) 管道和直埋光缆应当避免敷设在今后可能设有建筑房屋、车行道以及地下建筑复杂，经常有挖掘现象出现的地方；

6) 采用管道敷设的光缆线路，当管孔直径远大于光缆外径时，或者不同的业务光缆布放在一根大孔径管内时，应采用管孔中布放子管的方式，子管道的总外径不应超过原管孔内径的85%；子管道内径不宜小于光缆外径的1.5倍；

7) 道光缆两个接头间的管道累计段长，应根据施工时光缆在管道中的牵引条件和光缆允许的牵引张力，并结合光缆的标称制造长度确定；管道光缆的接头人孔或手孔的确定应当便于施工和维护；

8) 管道光缆占用管孔位置的选择应符合下列规定：

9) 光缆占用的管孔，应当靠近管孔群两侧并按照由下至上的原则使用

10) 同一根光缆占用各段管道的管孔位置宜保持不变，缆的预留长度按照以下所述的规定进行：

— 光缆在接头处的预留长度应包括光缆连续长度、光纤在接头盒、交接箱内的盘留长度以及光纤光缆施工接续或成端时所需要的长度

— 通常光缆在单侧的预留长度为6-10m

(2) 楼内管道

- 1) 管线间距要求

室内光缆与相关设备及电力管线的间距如表 6.1.1 内容。

表 6.1.1 建筑物内通信管线与其线净距要求

其他管线	建筑物内通信管线	
	平行净距 mm	交叉净距 mm
电力线	150	50
给水管	150	20
压缩空气管	150	20
热力管（不包封）	500	500
热力管（包封）	300	300
煤气管	300	20

2) 建筑物内布线应采用暗配线方式。

3) 暗配线管网由竖井、暗管、线槽、壁龛箱体、用户引入线暗管、过线箱(盒)和信息插座出线盒等组成。

4) 暗配线管网和配线光缆应满足终期需要，楼层和楼层间的配管应有维修余量，每户使用一根引入管

5) 暗配线管网和配线电缆、光缆或同轴电缆应设计到每一住户室内的信息插座、光缆插座或电视插座。

6.1.2 室外光缆敷设

目前光缆的安装方式主要有三种，不同的光缆适用不同的安装方式，规划设计时，应当考虑不同的环境选择合适的光缆以及安装方式，建议使用管道敷设方式。光缆的各种敷设方式的特征与适用场合见表6.1.2-1内容。

表6.1.2-1 光缆布放特征与环境

		特征	适用环境
室外光缆	管道敷设	安全性高，防止挖掘、有害动物及其他可能的损坏；维护较为方便；需要预埋管道，成本较高；通常使用铝-聚乙烯粘结护层光缆；	适用园区、建筑群主干等自建网络

	直埋敷设	施工比较方便，对光缆的机械性能要求较高； 通常采用塑粘结、双层铠装、聚乙烯外护套光缆；	环境条件恶劣或远距离采用直埋方式；
	架空敷设	施工方便，成本较低 超重负荷区及最低气温低于-30℃地区，不宜采用； 光缆暴露在空气中会受到恶劣天气及其他的破坏	无条件建设管道或作短期过渡 特殊地形、地段的地区
室内光缆		采用聚氯乙烯或者其他不延燃材料的护套； 并采取有效防火或阻燃措施	建筑物内

(1) 管道敷设

1) 管道路由选择要求

园区和建筑群通常采用管道或槽道的方式，确定路由的依据为：

a 主干管道应选择在线缆容量较大、汇聚条数较多、共用距离较长，且易于分支分配的路由上；

b 主干管道沿道路建设时，宜建在用户较多的一侧；

c 室外管网路由的选择要兼顾网络分支分配的灵活性和安全性等综合要求；

d 在管孔内不设置光缆接头；

e 管道位置的选择应按绿化带、人行道、车行道的优先顺序选择，尽量使管道载荷小；

f 管道位置的中心线宜与道路中心线平行，一般不允许管道任意穿越道路。必须穿越时，管道中心线宜与道路中心线垂直；

h 管道的埋深以及与其它地下管线及建筑物的最小净距应满足应满足下表6.1.2-2、表6.1.2-3要求。需要说明的是，表中的内容主要是针对自建的园区管道而规定的，如果涉及到城区或社区部分的管道时，应该参照GB50373-2006《通信管道与通道工程设计规范》要求。

表6.1.2-2 管道的最小埋深：

管道类别	管顶距路面或铁道路基面的最小距离 (m)	
	人行道	车行道
混凝土管、硬塑料管	0.5	0.7
钢管	0.2	0.4

表 6.1.2-3 光缆管道与其它管线的最小净距

管线名称		最小水平净距 (m)	最小垂直净距 (m)
建筑物		1.5	
给水管	管径≤300mm	0.5	0.15
	300mm<管径≤500mm	1.0	
排水管		1.0①	0.1②
热力管		1.0	0.25
煤气管	压力≤300kPa	1.0	0.30③
电力电缆④	35 千伏以下	0.5	0.25
	其他通信电缆、弱电电缆	0.75	
乔木		1.5	
灌木		1.0	
马路边石		1.0	
地上杆柱		0.5~1.0	
房屋建筑红线 (或基础)		1.5	

注：① 排水管后敷设时，其施工沟边与信息管道之间的水平净距不应小于1.5m。

② 当信息电缆管道在排水管下部穿过时，垂直净距不应小于0.4m。信息管道应做包封，包封长度自信息管两侧各加长2m

③ 与煤气管交接处2m范围内，煤气管不应做接合装置及附属设备，如不能避免时，信息管道应包封2m。如煤气管道有套管时允许最小垂直净距为0.15m。

④ 电力电缆加管道保护时，净距可减为0.15m。

2) 管道管材的要求：

a 光缆管道宜采用单孔或多孔塑料管进行组合；

b 在下列情况下应采用钢管：

—埋深过浅或路面荷载过重；

—地基特别松软或有可能遭受强烈震动；

—有强电危险或干扰影响需要防护；

—建筑物引入管道或引上管；

—在腐蚀比较严重的地段采用钢管，须作好钢管的防腐处理。

(2) 单独布管

暗埋导管的埋深原则：

1) 导管外壁距墙表面不得小于15mm

2) 埋设在现场浇注的混凝土楼板内的导管应敷设在底层钢筋和上层钢筋之直埋敷设的要求

(3) 直埋敷设

直埋敷设的主要特点是能够防止各种外来的机械损伤，而且地温较稳定，减少了温度变化对光纤传输特性的影响，从而提高了光缆的安全性和传输质量。直埋光缆是隐蔽工程，技术要求较高，在敷设时应注意以下几点：

1) 直埋的埋深应不小于1m；

2) 直埋敷设位置，应在统一的综合协调下进行安排布置，以减少管线设施之间的矛盾。直埋光缆与其他建筑物间的最小间距见下表6.1.2—4内容。光缆的接头处、拐弯点或预留长度处及与其他地下管线交越处，应设置标志，以便维护检修；

表6.1.2. —4 直埋光缆与其它管线及建筑物间的最小间距

管 线 名 称		最小水平净距 (m)	最小垂直净距 (m)
给水管	管径≤300mm	0.5	0.5 ^①
排水管		0.8	0.5
热力管		1.0	0.5
煤气管	压力小于 3kg/cm	1.0	0.5 ^①
电力电缆	35 千伏以下	0.5	0.5
	其他直埋通信电缆、弱电电缆		
乔木		2.0	
灌木		0.75	
地上杆柱		0.5~1.0	
房屋建筑红线 (或基础)		1.0	

注：光纤采用钢管保护时，交叉时的最小径距可降为 0.15m；

(4) 架空敷设

架空敷设光缆通常适用在临时的应用，对于永久或固定的线缆安装，不建议采用架空方式。

6.1.3 楼内光缆敷设

在楼内垂直方向，光缆宜采用电缆竖井内电缆桥架或电缆走线槽方式敷设，电缆桥架或电缆走线槽宜采用金属材质制作；在没有竖井的建筑物内可采用预埋暗管方式敷设，暗管宜采用钢管或阻燃硬质PVC管，管径不宜小于 $\phi 50\text{mm}$ 。

水平通道可选择墙体或楼板内预埋暗管、槽及吊顶（天花板）内设置电缆

桥架的敷设方式。

(1) 预埋暗管敷设

1) 暗配管的设置要求：

—按建筑物的结构和规模确定一处或多处进线；

—暗配管应与综合布线系统和建筑物协调设计，有利于布管和组网；

—暗管敷设保护措施；

—应做好管口的封口处理，防止浇注时或穿线作业前杂物落入管内造成管路堵塞；

—暗管通过伸缩缝或沉降缝时应作伸缩或沉降处理，穿越有防火要求的区域时墙体洞口应做防火封堵；

—PVC管在穿出地面或楼板时应有保护措施，以免受机械损伤；

—导管在砌体上剔墙敷设时，应采用强度等级不小于M10的水泥砂浆抹面保护，保护层厚度不小于15mm。

2) 住宅建筑暗管敷设

—多层建筑物宜采用暗管敷设方式，高层建筑物宜采用电缆竖井、电缆线架和暗管敷设相结合的方式；

—每一住宅单元宜设置独立的暗配线管网；

—墙装配线箱至用户的暗管不得穿越非本户的其他房间；

—每户设2~3根引入暗管至墙装配线箱，配线箱至户内安装信息插座房间应间。

3) 现浇混凝土板内并列敷设的管距不应小于25mm

(2) 导管连接原则：

1) PVC管应采用套管连接，导管插入深度不小于1.5倍导管外径，对接的管口应光滑平齐，连接时结全面应采用专用粘合剂粘结牢固；

2) 钢导管熔焊连接时，应采用套管熔焊，套管长度不小于2倍导管管径，对接管口光滑平齐，焊接厚表面要做防腐、防锈处理；

3) 导管与线盒、线槽、箱体连接时，管口必须光滑，盒（箱）体或线槽外侧应套锁母，内侧应装护口。

(3) 垂直敷设

在新建的建筑物中，通常在垂直方向上有一层层对准的封闭型的小房间，称为弱电间。在这些封闭型的小房间中留有线槽或一系列的孔，形成一个专用的布线通道。这些线槽或孔从顶到地下室每层都有，这样就解决了垂直方向通过各楼层敷设光缆的问题，但要采取防火措施。在原有建筑物中，往往设备用房中敷设了气管、水管、空调管等，同时还有电力电缆。若利用这些场地设置桥架来敷设光缆时，必须加以保护。

在敷设光缆时，若欲利用大口径管道穿放多根光缆或多种类型业务的通信线缆时，就要为光缆专门留一条子管道，以便将光缆与铜缆分开。如果要敷设光缆的地方已存有线缆，则需把它们捆在一起给光缆留出更多的空间。

(4) 桥架敷设

桥架分为梯架、托架和线槽三种形式。梯架为敞开式走线架，两侧设有挡板；托架为线槽的一种形式，但在其底部和两边的侧板留有相应的小孔，主要起排水作用，线槽为封闭型，但槽盖可开启。

选择金属桥架和线槽时，应根据工程场地环境情况，选择适宜的防腐处理方式。金属桥架和线槽的表面可采用电镀锌、烤漆、喷涂粉末、热浸锌、镀镍锌合金纯化处理或采用不锈钢板，但是采用金属槽道时，槽段之间需保持导通。

(5) 吊顶（天花板）敷设

在低矮而又宽阔的单层建筑物中，可以在吊顶内水平地敷设光缆。由于吊顶类型不同，光缆类型不同，故敷设光缆的方式也不同。因此，首先必须查看并确定吊顶和光缆的类型。

通常，当设备间和电信间在同一个大的单层建筑物中时，可以在悬挂式吊顶内敷设光缆。如果敷设的是有填充物的光缆，且不采用牵引方式穿管、槽，又具有良好的可见的宽敞的工作空间，则光缆敷设比较简单，如果要在一个管道中敷设无填充物的光缆，就比较困难。当然其难度还与敷设的光缆类型及管道的弯曲度有关。

在水平管道中敷设光缆时，当需要在拥挤区内敷设非填充光缆，并要求对非填充光缆进行保护时，可将光缆敷设在一条单独的管道中。

(6) 场地敷设

在交接间、设备间等机房内，光缆布放宜盘留在合适的位置，预留长度宜为

3~5m, 有特殊要求时, 应按设计要求预留长度。

6.1.4 管道利用率与弯曲度

(1) 管道利用率

管道的敷设应当充分考虑当前和未来可能存在的需求, 并保留足够的空间并且不能超过初次敷设的管道利用率。

通常而言, 暗管中布放多根光缆, 如光缆为12芯以上时, 宜采用管径利用率的计算公式进行计算, 直线管道的利用率为50%~60%, 弯曲管道应为40%~50%; 布放4芯以下光缆时, 宜采用管截面利用率的计算公式进行计算, 管道截面利用率为25%~30%, 如果使用线槽, 则线槽的截面利用率不应超过40%~50%。

管道的利用率可采用管径利用率和截面利用率的计算公式加以计算, 然后根据光缆的规格尺寸来确定布放光缆的根数。

1) 管径利用率 = 管直径 ÷ 光缆直径 × 100%

2) 截面利用率 = 管截面积 ÷ 光缆截面积之和 × 100%

在楼内垂直方向, 光缆采用电缆桥架或电缆走线槽方式敷设, 线槽的截面利用率不应超过50%。在没有竖井的建筑物内采用预埋暗管方式敷设, 管径不宜小于 $\phi 50\text{mm}$ 。直线管的管径利用率不超过60%, 弯管的管径利用率不超过50%。

6.1.4.2 管道弯曲度

楼内水平方向光缆敷设预埋钢管和阻燃硬质PVC管或线槽时, 管径宜采用 $\phi 15-\phi 25\text{mm}$, 楼内暗管直线预埋管长度应控制在30 m内, 长度超过30 m时应增设过路箱, 每一段预埋管的水平弯曲不得超过两次, 不得形成S弯, 暗管的弯曲半径应大于管径10倍, 当外径小于25 mm时, 其弯曲半径应大于管径6倍, 弯曲角度不得小于90度。

6.1.5 传输线路接地

接地范围:

- 1) 钢绞线的首杆、末杆接地。
- 2) 钢绞线每隔10个杆距接地。
- 3) 入出地缆线旁的钢绞线接地。
- 4) 光缆接续盒的光缆金属加强件接地。

5) 光节点、宽频带放大器、供电器均应绑定到钢绞线上, 经由钢绞线, 就近接地。

6.2 施工要点

6.2.1 桥架安装

1) 桥架设置应高于地面2.2m以上, 为了施工方便, 桥架顶部距建筑物楼板不宜小于300mm, 在过梁或其他障碍物处不宜小于0.1m;

2) 垂直敷设时与建筑物的固定间距宜小于2m, 距地面1.8m以下部分加金属板保护;

3) 水平敷设桥架时, 支撑间距一般为1.5~3m, 通常选择2m, 下列情况应设置支架或吊架:

4) 桥架、线槽接头处;

5) 距桥架终端0.5m;

6) 转弯处。

6.2.2 线槽安装要求

1) 线槽安装位置应符合施工图规定, 左右偏差视环境而定, 最大不应超过50mm;

2) 线槽水平度每m偏差不应超过2mm;

3) 垂直线槽与地面保持垂直, 并无倾斜现象, 垂直度偏差不超过3mm;

4) 线槽应平整, 内部光洁、无毛刺, 加工尺寸准确。线槽采用螺栓连接或固定时, 宜采用平滑的半圆头螺栓, 螺母应在线槽的外侧;

5) 金属线槽必须可靠接地, 全长应不少于两处与接地干线相连接。当金属线槽连接处两端采用跨接地线时, 应使用截面积不小于4平方毫米的铜芯导线;

6) 线槽在跨越建筑物变形缝时应设置补偿装置, 直线段钢制线槽长度超过30m时, 应设置伸缩节;

7) 线槽转弯处应满足槽内敷设电缆所允许的弯曲半径的要求;

8) 敷设在竖井内和穿越不同防火区的线槽, 穿越处应有防火隔堵措施。

6.2.3 园区(建筑物之间)光缆布放

(1) 光缆的装卸和运输

1) 装卸光缆时, 应采用下列方法中的一种进行卸货:

装卸光缆时，最好用叉车或吊葫芦把光缆从车上轻轻地放置地上。用平直木板放置在卡车平台与地面之间，形成一个小于45°角的斜坡，在光缆顺着斜坡下滑的同时，用一绳子穿过光缆中间孔，再在车上拉住绳子的两端，使光缆盘匀速下滑；或者在斜坡下端放置几个软垫，（如：破旧轮胎等）光缆顺着斜坡向下滑。严禁把光缆直接从卡车上滚下来，这样很可能造成光缆损坏。

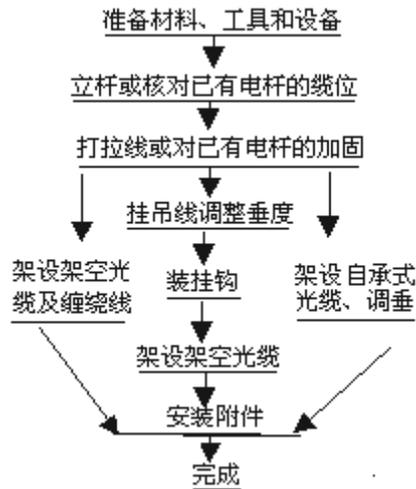


2) 运输光缆时，不得使缆盘处于平放方位，不得堆放；盘装光缆应按缆盘标明的旋转箭头方向滚动，但不得作长距离滚动；防止受潮和长时间暴晒；贮运温度应控制在-40~+60℃范围内。

3) 敷设时，所施拉拽之力、弯曲半径勿超过其承受限度，以免拉断光纤。

(2) 架空光缆敷设

架空光缆线路架设的工作流程



吊挂式架空光缆主要有敷设方式有三种，即滑轮牵引法、杆下牵引法及预挂钩牵引法。

1) 滑轮牵引法：见表6.2.3-1与图6.2.3-1与图6.2.3-2

表 6.2.3-1 施工步骤

步骤	内容
1	为顺利布放光缆并不损伤光缆外护层，应采用导向滑轮和导向索，并在光缆始端和终点的电杆上各安装一个滑轮
2	每隔 20 至 30m 安装一个导引滑轮，边牵引绳边按顺序安装滑轮，直至光缆放线盘处与光缆牵引头连好
3	采用端头牵引机或人工牵引，在敷设过程中应注意控制牵引张力
4	一盘光缆分几次牵引时，可在线路中盘成“∞”形分段牵引
5	每盘光缆牵引完毕，由一端开始用光缆挂钩将光缆托挂于吊线上，替换导引滑轮。挂钩之间的距离和在杆上作“伸缩弯”见下图
6	光缆接头预留长度为 6~10m，应盘成圆圈后用扎线固定在杆上



图 6.2.3-1 滑轮牵引法

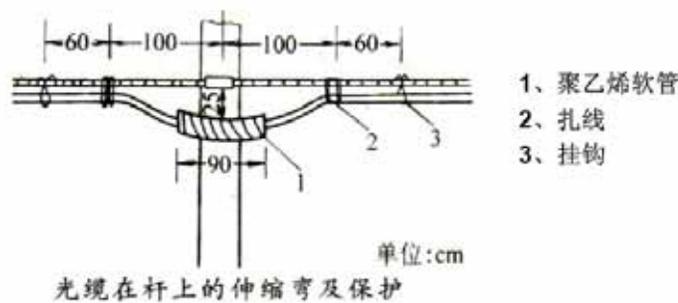


图 6.2.3-2 伸缩弯及保护

2) 杆下牵引法:

对于杆下障碍不多的情况下，可采用杆下牵引法。施工步骤如表 8.2.2-2 内容。

表6.2.3-2 杆下牵引步骤

步骤	内容
1	将光缆盘置于一段光路的中点，采用机械牵引或人工牵引将光缆牵引至一端预定位置，然后将盘上余缆倒下，盘成“∞”形，再向反方向牵引至预定位置。
2	边安装光缆挂钩，边将光缆挂于吊线上。
3	在挂设光缆的同时，将杆上预留、挂钩间距一次完成，并作好接头预留长度的放置和端头处理。

3) 预挂钩牵引法：施工步骤如表6.2.3-3及图6.2.3-3内容。

表6.2.3-3 预挂钩牵引步骤

步骤	内容
1	在杆路准备时就将挂钩安装于吊线上。
2	在光缆盘及牵引点安装导向索及滑轮。
3	将牵引绳穿过挂钩，预放在吊线上，敷设光缆时与光缆牵引端头连接，光缆牵引方法见图

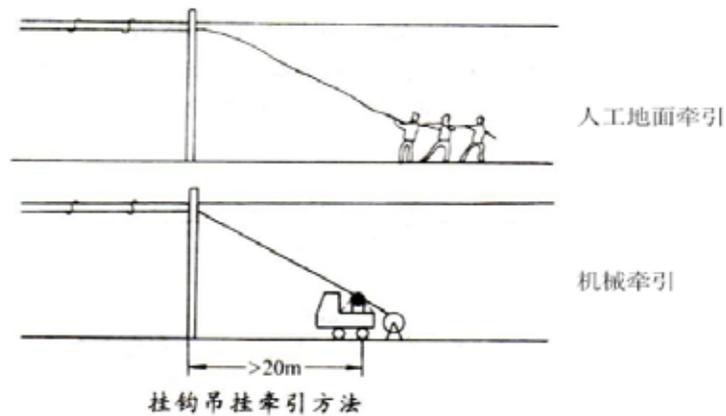
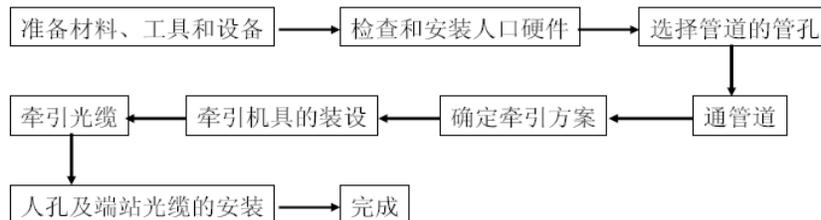


图 6.2.3-3 预挂钩牵引

(3) 管道光缆敷设

1) 管道光缆敷设流程



2) 由于管道光缆敷设时环境的特殊性，其光缆牵引头应符合下列要求：

- 牵引张力应主要加在光缆的加强件上（约75%~80%），其余加到外护

层上（20%~25%）；

- 缆内光纤不应承受张力；
- 牵引端头应具有一般的防水性能，避免光缆端头浸水；
- 牵引端头直径要小。

3) 施工方式

a 机械牵引敷设

- 集中牵引法：集中牵引即端头牵引，牵引绳通过牵引端头与光缆端头连接，用终端牵引机按设计张力将整条光缆牵引至预定敷设地点。

- 分散牵引法：不用终端牵引机而是用2~3部辅助牵引机完成光缆敷设。这种方法主要是由光缆外护套承受牵引力，故应在光缆允许承受的侧压力下施加牵引力，因此需使用多台辅助牵引机使牵引力分散并协同完成。

- 中间辅助牵引法：除使用终端牵引机外，同时使用辅助牵引机。一般以终端牵引机通过光缆牵引头牵引光缆，辅助牵引机在中间给予辅助牵引，使一次牵引长度得到增加。

b 人工牵引敷设

人工牵引需有良好的指挥人员，使前端集中牵引的人与每个人孔中辅助牵引的人尽量同步牵引。

4) 管道光缆敷设的防机械损伤

防止管道光缆敷设过程中可能对光缆造成的机械损伤的措施见表6.2.3-4内容。

表 6.2.3 -4 保护措施

措施	保护用途
蛇形软管	在人孔内保护光缆 1) 从光缆盘送出光缆时，为防止被人孔角或管孔人口角摩擦损伤，采用软管保护。 2) 绞车牵引光缆通过转弯点和弯曲区，采用 PE 软管保护。 3) 绞车牵引光缆通过人孔中不同水平（有高差）管孔时，采用软 PE 管保护。
喇叭口	光缆进管口保护 1) 光缆穿入管孔，使用两条互连的软金属管组成保护。金属管分别长 1m 和 2m，每管的一个端装喇叭口。 2) 光缆通过人孔进入另一管孔，将喇叭口装在牵引方向的管孔口。

润滑剂	光缆穿管孔时，应涂抹中性润滑剂。当牵引 PE 护套光缆时，液体石蜡是一种较优润滑剂，它对 PE 护套没有长期不利的影响。
堵口	将管孔、子管孔堵塞，防止泥沙和鼠害

(4) 直埋光缆敷设

直埋光缆敷设流程如下：



为便于光缆维护，路径标志一般安装位置如下：

- 1) 光缆连接位置；
- 2) 沿同样路径敷缆位置改变的地方；
- 3) 走近路方式埋设光缆的弯曲段两端；
- 4) 与其他建筑靠近的光缆位置；

6.2.3 楼宇（建筑物内）光缆布放

(1) 光缆敷设特点

- 1) 建筑物内光缆路径多比较曲折、狭小；
- 2) 一般无法用机械敷设，只能采取人工敷设方式；
- 3) 所有室外光缆一般均可在建筑物内敷设，特殊情况下使用阻燃型光缆或无金属光缆。

(2) 光缆敷设方式

1) 弱电竖井敷设

在弱电竖井中敷设光缆有两种选择：向上牵引和向下垂放，通常向下垂放比向上牵引容易些，向下垂放敷设光缆时的步骤见表6.2.4-1内容。

表 6.2.4 -1 弱电井垂直敷设

步骤	内容
1	在离建筑顶层设备间的槽孔 1-1.5m 处安放光缆卷轴，使卷筒在转动时能控制光缆。将光缆卷轴安置于平台

	上，以便保持在所有时间内光缆与卷筒轴心都是垂直的，放置卷轴时要使光缆的末端在其顶部，然后从卷轴顶部牵引光缆。
2	转动光缆卷轴，并将光缆从其顶部牵出。牵引光缆时，要保持不超过最小弯曲半径和最大张力的规定。
3	引导光缆进入敷设好的电缆桥架中。
4	慢慢地从光缆卷轴上牵引光缆，直到下一层的施工人员可以接到光缆并引入下一层。
5	在每一层楼均重复以上步骤，当光缆达到最底层时，要使光缆松弛地盘在地上。
6	在弱电间敷设光缆时，为了减少光缆上的负荷，应在一定的间隔上（如 1.5m）用缆带将光缆扣牢在墙壁上。

用这种方法，光缆不需要中间支持，捆扎光缆要小心，避免力量太大损伤光纤或产生附加的传输损耗。固定光缆的步骤如下见表6.2.4-2内容。

表 6.2.4 -2 固定光缆步骤

步骤	内容
1	使用塑料扎带，由光缆的顶部开始，将干线光缆扣牢在电缆桥架上；
2	由上往下，在指定的间隔（5.5m）安装扎带，直到干线光缆被牢固地扣好；
3	检查光缆外套有无破损，盖上桥架的外盖。

2) 桥架或线槽敷设

从弱电井到配线间的光缆一般采用走吊顶（电缆桥架）或线槽（地板下）的敷设方式，具体见表6.2.4-3内容。

表 6.2.4-3 吊顶与线槽敷设

步骤	内容
1	沿着光纤敷设路径打开吊顶或地板；
2	利用工具切去一段光纤的外护套，并由一端开始的 0.3m 处环切光缆的外护套，然后除去外护套；
3	将光纤及加固芯切去并掩没在外护套中，只留下纱线。对需敷设的每条光缆重复此过程；
4	将纱线与带子扭绞在一起；
5	用胶布紧紧地将长 20cm 范围的光缆护套缠住；
6	将纱线馈送到合适的夹子中去，直到被带子缠绕的护套全塞入夹子中为止；
7	将带子绕在夹子和光缆上，将光缆牵引到所需的地方，并留下足够长的光缆供后续处理用。

6.2.4 入户光缆布放

入户光缆进入用户桌面或家庭成端有两种主要方式：86型信息面板或家居配线箱，应在土建施工时预埋在墙体内，或以后在线缆的入户位置明装。

(1) 入户光缆敷设要求：

1) 入户光缆室内走线应尽量安装在暗管、桥架或线槽内；

2) 对于没有预埋穿线管的楼宇，入户光缆可以采用钉固方式沿墙明敷。但应选择不易受外力碰撞，安全的地方。采用钉固式时，应每隔30cm用塑料卡钉固定，必须注意不得损伤光缆，穿越墙体时应套保护管。皮线光缆也可以在地毯下布放；

3) 在暗管中敷设入户光缆时，可采用石蜡油、滑石粉等无机润滑材料。竖向管中允许穿放多根入户光缆。水平管宜穿放一根皮线光缆，从光分纤箱到用户家庭光终端盒宜单独敷设，避免与其他线缆共穿一根预埋管；

4) 明敷上升光缆时，应选择在较隐蔽的位置，在人可以接触的部位，应加装1.5m引上保护管；

5) 线槽内敷设光缆应顺直不交叉，无明显扭绞和交叉，不应受到外力的挤压和操作损伤；

6) 光缆在线槽的进出部位、转弯处应绑扎固定；垂直线槽内光缆应每隔1.5m固定一次；

7) 桥架内光缆垂直敷设时，自光缆的上端向下，每隔1.5m绑扎固定，水平敷设时，在光缆的首、尾、转弯处和每隔5~10m处应绑扎固定，转弯处应均匀圆滑，其曲度半径应大于30mm；

8) 光缆两端应有统一的标识，标识上宜注明两端连接的位置。标签书写应清晰、端正和正确。标签应选用不宜损坏的材料；

9) 入户光缆敷设应严格做到“防火、防鼠、防挤压”要求。

(2) 皮线光缆敷设原则

1) 牵引力不应超过光缆最大允许张力的80%。瞬间最大牵引力不得超过光缆最大允许张力100N。光缆敷设完毕后应释放张力保持自然弯曲状态；

2) 敷设过程中皮线光缆弯曲半径不应小于40mm；

- 3) 固定后皮线光缆弯曲半径不应小于15mm;
- 4) 楼层光分路箱一端预留1m;
- 5) 用户光缆终端盒一端预留1m;
- 6) 皮线光缆在户外采用挂墙或架空敷设时, 可采用自承皮线光缆, 应将皮线光缆的钢丝适当收紧, 并牢固固定;
- 7) 室内型皮线光缆不能长期浸泡水中, 一般不宜直接在地下管道中敷设。

6.2.5 光纤配线设备安装

(1) 盒形光分路器

盒形光分路器, 应均为SC/APC法兰盘入出, 为防止尾纤断裂, 不使用尾纤入出形式。并且需要确认1310nm或1550nm适用波长正确性及各端口不同的分光比及其连接对象。

(2) 室外光设备

1) 光节点

a 在钢绞线上吊装

对于体积较大, 重量较重的光节点, 应装在距电杆1.5~2m距离处, 机壳下应有辅助托架支撑。

b 在墙壁上的安装

—光节点在墙壁上安装, 需选用合适的支撑和横担, 使其稳固, 支撑不得松动;

—按施工图纸指定位置安装, 保持楼体的整体美观, 设备排列整齐, 缆线走向横平竖直;

—光节点外壳要与墙壁紧贴, 尽量缩短悬空电缆长度, 防止接头松动、缩芯;

—光节点接地线要用支撑与横担的螺母拧紧, 保证接地良好;

—光节点应装在支架中间部位;

—光节点应距离地面约6m。

C 尾缆连接

—打开光节点盖子, 取下光缆口堵头, 并谨慎地将尾缆的光纤插头穿进光缆口, 每次穿一根尾纤, 并保证光纤弯曲不超过允许范围;

—将尾缆的光缆螺套推到光节点的光缆口, 光缆螺套和橡胶圈可保证拧紧

时，尾缆不随之转动，主体可承受扭距为60~70mp (meter poundm磅)；

— 纤缆固定后，在接续盒内的位置要比较顺畅、宽松，然后拧紧密封螺母，密封螺母拧到其底部显现为止，最后，拧紧内螺母、防水密封螺母，一直到拧紧为止；

— 光纤熔接完成以后，按施工工艺要求对光缆进行悬挂；

— 光节点机壳开启与关闭

d 光节点正面，应装在施工安全的方向，应按照外壳上标注的螺栓顺序开启，调试或做完接头后，应将所有螺栓松开，再合盖，并按照外壳上标注的顺序，分三次全部拧紧螺栓。

e 光节点内的面板螺丝，在调试或做完接头以后，所有螺丝松开后严格按标注顺序，分二次紧固，并检查螺钉是否齐全。

f 每次关闭机壳前，填写好机壳上的调试记录表。

2) 柱形光分路器

a 柱形光分路器，都是二分路器，长度约50mm，直径约3mm，一端单光线素线，一端双光线素线，均安装并熔接在接续盒内。

b 柱形光分路器的根部非常脆弱，稍有硬折，即会折断，因此，应比光线素线更加小心。

c 确认1310nm或1550nm适用波长正确。

d 确认各端口不同的分光比及其连接对象。

6.2.6 光纤极性表示方法

光纤在接续和连接时，需要注意光纤的极性。在标准中，通常用A和B来表示光纤的极性。在光纤链路施工过程中，需要对光纤链路的极性做出标识。这样，将缩短光纤连接和线路查找的时间。

具体方法，奇数芯数的光纤以为位置A开始，位置B结束。而偶数芯数的光纤以位置B开始，位置A结束。

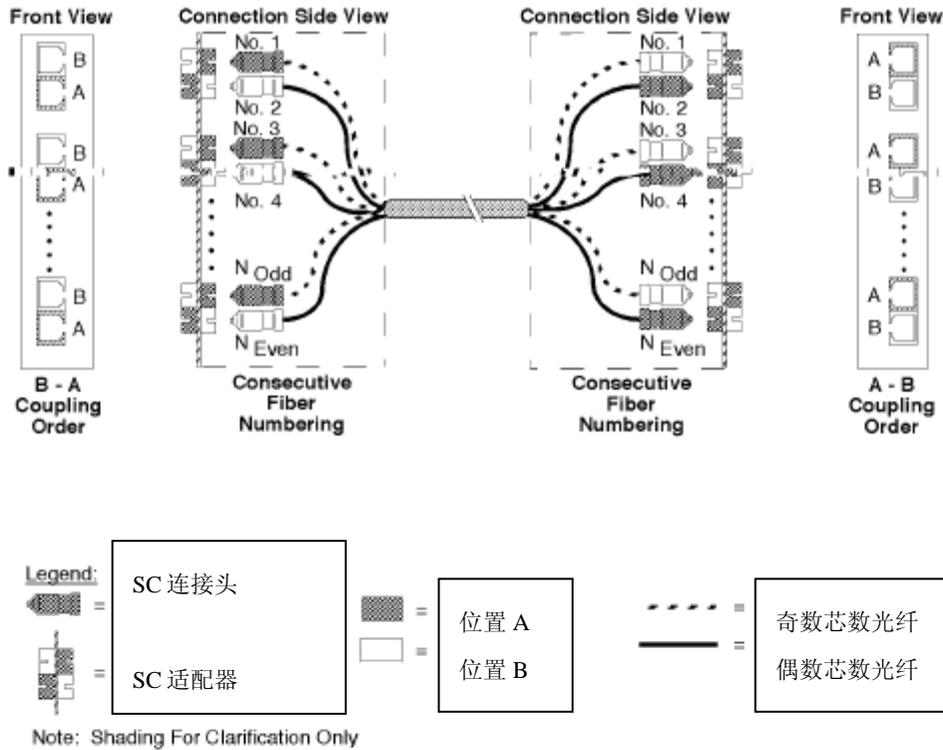


图 6.2.7-1 光纤极性表示方法

在光纤链路两端，光纤芯数可以都采用连续性的排列（比如1，2，3，4...），但是光纤适配器确需要采用两端相反的方式连接（例如：一端为A-B，A-B...，另一端则为B-A，B-A...）。如图6.2.7-1所示。

除了上述的排序方法之外，光纤芯数也可以采用交叉排列的方式接续。交叉排列方式，光纤链路的一端按照正常的连续排列（如1，2，3，4...），另一端则为交叉方式（如2，1，3，4...）。这时链路两端的适配器则不需要采用反向连接。（如同为A-B，A-B...）。

对于设备和工作区双工光纤跳线，同样需要标识出极性。确保A连接到B，B连接到A。如图6.2.7-2 所示。

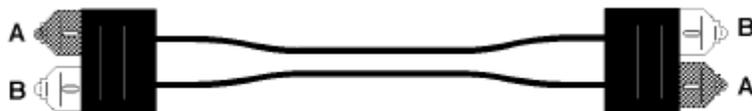


图 6.2.7-2 跳线极性表示

6.2.7 光纤连接器件的清洁

(1) 必要性与步骤

清洁是光纤测试、安装以及维护最为关键的步骤，是光纤链路是否符合标准的关键。但是，在现场的操作过程中，清洁却往往被忽视。不清洁或者采用错误的步骤和方法，会使光纤连接器端面上的灰尘和污染物无法清除，从而影响光信号的传输。

在测试和使用前都需要对连接器端面进行清洁。此外，在光纤链路测试过程中，为了防止灰尘和污染物通过参考跳线在光纤链路之间传递，完成一次链路测试之后也需要清洁参考跳线连接器端面。这样，需要遵循的步骤为：清洁—测试的不断循环操作，直至光纤信道整体完成连接。

(2) 清洁工具的选取

清洁最常用的方法是使用无尘清洁纸，占取浓度超过90%的酒精，擦拭光纤连接头，适配器和纤芯。为了获得良好的清洁效果，建议使用浓度超过98%酒精。清洁时禁止使用普通棉布、棉签或卫生纸来擦拭光纤连接器端面，这样不但达不到清洁的目的，而且会将更多的纤维物残留在清洁后的产品表面，从而影响光纤链路的正常使用。

除此之外，干型超净纤维布料清洁工具做为更高级的清洁方式，越来越受市场的欢迎。它具有简单、方便、快速以及良好的清洁效果等优点。它可以用于清洁市面上所有的光纤连接头。清洁的方式很简单，只需要将光纤连接器在布料上沿指示方向擦拭三次。经过清洁之后，光纤连接器上附着各种污染物都被清楚，光纤连接器的性能将得到提升，如图6.2.7-1和图6.2.7-2所示。

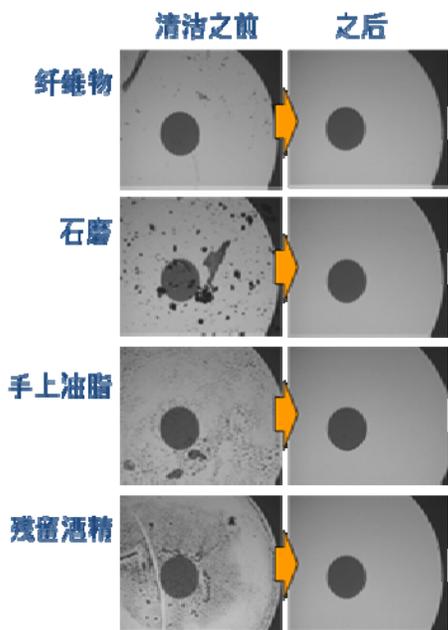


图 6.2.7-1 清洁前后对比

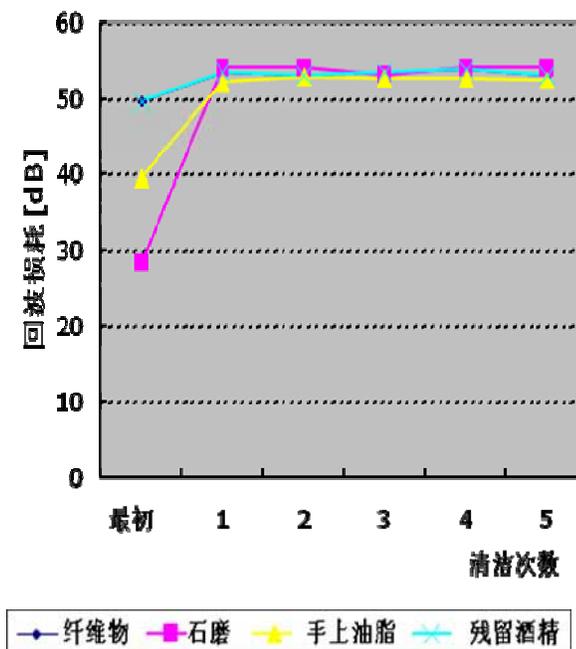


图 6.2.7-2 清洁与损耗

另外需要注意的一点是，使用干型清洁工具时需要选取采用防静电布料的工具。如果清洁布料不具备防静电能力，连接器与布料摩擦所产生的静电将使空气中灰尘吸附在清洁后的连接器表面，从而大大影响清洁效果。

有些厂商还提供专业的光纤清洗工具套装。这些光纤清洗工具一般是针对不同的光纤连接器需要不同的工具，如SG光纤连接器的清洗工具，只能用来清洗SG光纤插座和插头。如下图6.2.7-3，左图为使用SG光纤清洗工具清洗SG光纤插座，右图为使用SG光纤清洗工具清洗SG光纤插头。

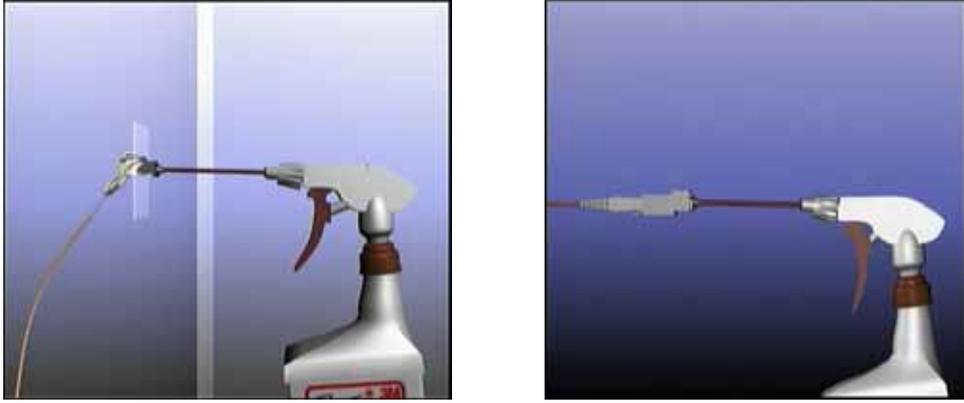


图 6.2.7-3 SG 光纤插座和插头清洗

如果有条件的话，在清洁之后，用放大镜成像仪对端面的清洁效果进行检验，以确保端面污染被清除。

7 光纤系统的测试

7.1 光纤布线系统的一类测试

7.1.1 光纤布线系统的一类测试(Tier 1, Basic Fiber Link Test)---测试参数：损耗和长度。

在现场进行的光纤链路验收测试大家都习惯使用“衰减值”或者“损耗”来判断被测链路的安装质量，多数情况下这是非常有效的方法。在ISO11801、TIA568B和GB50312 等常用标准中都倾向于使用这种被称作“一类测试”(即Tier 1)的方法，特点是：测试参数包含“损耗和长度”两个指标，并对测试结果进行“通过/失败”的判断。一类测试只关心光纤链路的总衰减值是否符合要求，并不关心链路中的可能影响误码率的连接点(连接器、熔接点、跳线等)的质量，所以测试的对象主要是低速光纤布线链路(千兆及以下)。

一类测试(Tier 1)常常分为“通用型测试”和“应用型测试”。通用型测试关注光纤本身的安装质量，通常不对光纤的长度做出规定；而应用型测试则更关注当前选择的某项应用是否能被光纤链路所支持，通常都有光纤链路长度的限制。部分生产厂家还提供高于标准的“厂家专用型测试”。通用型测试标准和应用型测试标准它们之间时常会表现出“不兼容”的情况。例如：一条700m长的多模光纤链路，测试的衰减值是1.2dBm，符合通用型测试标准的要求，但这条链路在多数情况下是不能用来运行1000Base-SX这种应用的，原因只是因为超长了(超长导致“色散”累积超标)。

7.2 光纤链路测试模型

7.2.1 测试方法A或称“A模式”

衰减测试最基本原理见图7.2.1-1和图7.2.1-2。

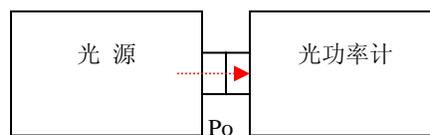


图 7.2.1-1 测试原理一：先测出光源输出的光功率 P_o



图 7.2.1-2 测试原理二：再测出光功率 P_i ，则光纤链路衰减值= P_o-P_i

工程上要求测试时，一定要使用测试跳线。实际工程测试时的操作原理见图 7.2.1-3和图 7.2.1-4。先将测试跳线用光耦合器短接(图 7.2.1-3)，然后移去光耦合器，将测试跳线接入被测光纤链路，测出 P_i ，则这根光纤链路的衰减值= (P_o-P_i) ，参见图 7.2.1-4的这种测试模式就叫测试方法A或称“A模式”。为了方便起见，以下的被测链路类型在举例时，我们都将以图 7.2.1-2为原型(配线架模块→被测光纤链路→光纤信息插座)来进行说明。

实际按图 7.2.1-3测得 P_o 后，将此 P_o 值强行设为“相对零”——即将 P_o 设置为参考值零(又称“归零”、设置基准值、设置基准零等)。

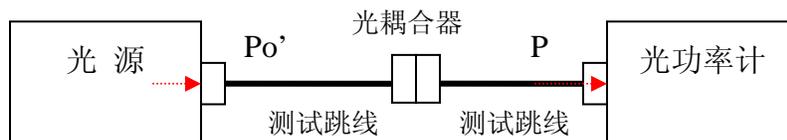


图 7.2.1-3 工程测试原理一：先将测试跳线用光耦合器对接，测得 P_o 并“归零”

由于 P_o 已经等于相对“零”，所以图 7.2.1-4中测得的 P_i 值就等于这条被测光纤链路的衰减值($P_o=“0”$ ，链路损耗 $Loss=|P_o-P_i|=|P_i|$)。

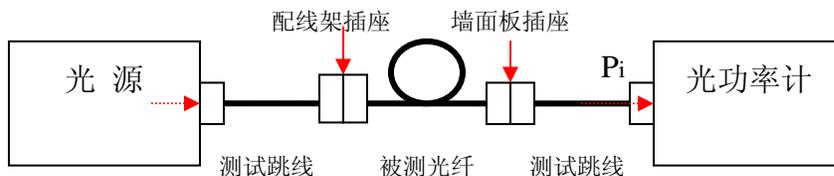


图 7.2.1-4 工程测试原理二：去掉耦合器，加入被测光纤，测得光纤衰减值

重要提示：A模式的光纤衰减值包含的是被测光纤本身及其一端连接器的等效衰减。

为什么工程测试一定要使用“测试跳线”呢？

这是因为，光源和光功率计的测试插座在经过一定次数的插拔后会磨损，精度和稳定性会逐渐下降，在使用一定次数以后，需要更换费用较高的光源和光功率计上的插座。而采用测试跳线则可以避免这个问题：测试跳线的一端与光源或光功率计相连，另一端与被测光纤链路相连，为了减少仪器插座的磨损次数，测试跳线装上后，在最长一整天或者持续半天的测试工作中一般不再从仪器上拔下来。此时被频繁插拔和磨损的是测试跳线的一端，此端被磨损到一定程度后，可随时更换测试跳线。而更换测试跳线的费用比更换仪器插座的费用要低得多（甚至达到100倍以上的价格差距）。

使用测试跳线的另一个好处是，在每一次测试工程中，测试跳线与光源仪器连接不再改变。因为测试跳线与测试仪接口也存在耦合偏差问题，所以参考值设定完成后，不能再改变测试跳线的仪表端连接，否则参考值的设定将失去意义。

工程测试时的建议：将测试跳线连接测试仪器的一端做好标记，每次测试时都用此端与仪器相连，以此方法来达到减少测试结果漂移，保证测试精度及其测试结果稳定性的目的。

7.2.2 测试方法B或称“B模式”

先按图7.2.1-3方式测出 P_0 ，并将其设为相对零功率（归零）。然后按图7.2.2所示的方式接入被测光纤链路，测得接收光功率 P_i 。 P_i 就是光纤链路的损耗值。

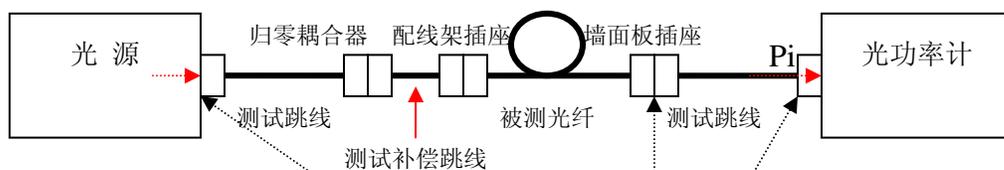


图 7.2.2 归零时已包含了 3 个连接器和两段跳线的衰减

B模式适用的被测试光缆链路是在光缆的两端都带有连接器的，而实际上使用的是改进的B模式，增加一条已知的短跳线。改进的B模式使用了三个连接适配器。

图7.2.2 所示的测试模式通常被称作改进的B模式，或者称作改进的测试方法B。

重要提示：B模式包含被测光纤本身及其两端连接器的等效衰减值。

B模式测试误差最小，工程上经常推荐使用这种测试模式。补偿光纤一般很短(比如0.3m)，衰减可以忽略不计。设置参考值这个“动作”一般在仪器开机预热5分钟稳定后进行，如果此前忘记“归零”，则多数测试仪器会向操作者进行“提醒”。

为什么可以直接采用归零后光功率计接收到的功率值的作为光纤的损耗值？

因为归零后光功率计测试得到的光功率值也是个相对值，光纤损耗值计算式可以是 P_i/P_o (相当于打折)，当光功率的单位用dB时，则可以直接将 P_i/P_o 按减法运算法则进行计算(对数运算， $P_o - P_i$)，又因为 P_o 被相对“归零”，故只需测出 P_i 值即可当作光纤损耗值(例如，将 P_i 的单位dBm换为dB即可作为光纤损耗值)。

7.2.3 测试方法C或称“C模式”

如果只希望了解被测光纤本身的衰减值，不包含光纤两端连接器的衰减，那么工程上可以按图7.2.3-1 的方法先用短跳线设置基准值(归零)。



图 7.1.3-1 C 模式：先用短跳线归零

然后按图 7.2.3-2 的方式进行实际测试。这种测试模式就是“测试方法C”。



图 7.2.3-2 只测试光纤的衰减，不包含两端连接器的衰减，损耗值= P_i (已归零)

重要提示：方法C只包含被测光纤本身的等效衰减值。此法不适合大批量测试，否则会过度磨损仪器插座，测试成本很高。

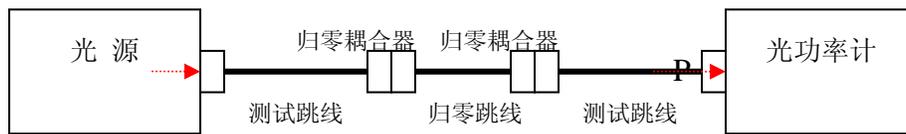


图 7.2.3-3 大量测试光纤衰减：设置参考零时使用 0.3m 归零跳线

大批量测试请按图7.2.3-3先进行归零。然后用图7.2.3-4的方式进行测试，图7.2.3-4这种测试模式被称作改进的C模式或者“改进的测试方法C”。

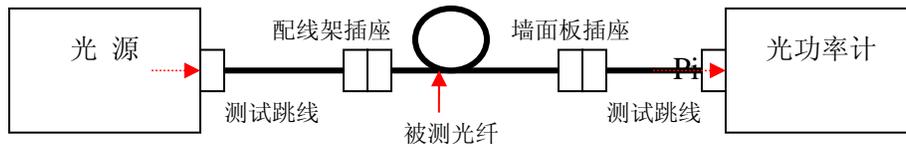


图 7.2.3-4 方法 C 中实际被测试的是一段光纤，不包含其两端连接

被测光纤越短，测试精度受耦合器耦合精度波动的影响也越大，因为短链路中光纤本身的衰减值很小，耦合器的衰减值相对短光纤的衰减值所占“份额”比较大，因此耦合器的衰减值出现波动时所占的误差比例就比较高。由于测试时每次插拔耦合器都有可能产生耦合器衰减值的微小波动，而这些微小波动相对于整条短光纤的总衰减值来说已经可以相比拟。因此，短光纤的衰减值一般不提倡用“方法C”进行测试。而且，测试中使用的跳线必须选用高质量的跳线。

7.3 测试要点

7.3.1 测试标准

在敷设综合布线系统时，事先可能不知道被测光纤链路以后会升级运行何种应用（比如，昨天运行的还是低速的100Base-F，今天改为1G Base-SX，明天就升级到10G Base-SX），所以，采用通用型测试是必须的“基础测试”，测试结果作为验收文件存档。当新建网络已经规划有高速应用时，可以选择“通用型”+“应用型”相结合的测试方法进行链路质量认证。当在实际运行中陆续增加各种应用时，需要选择性地增加应用型测试。

需要特别指出的是：今天某项应用测试“通过”，并不意味着明天升级新应用就一定能“通过”。建议“应用型”光纤链路的测试结果“另档保存”，以便作为新安装和调整应用的依据。部分经常变更应用的用户甚至不保存应用型测试的结果，只保存通用型测试结果。

新应用的开发者有时会有意无意地忽视原有的光纤链路是否能稳定支持新应用的问题，所以，在验收合同中宜明确规定采用何种应用测试标准和测试方法，以免引发事后争议。

综合布线系统中，进行一类测试(Tier 1)时，通用型标准目前选用TIA568B和ISO11801的比例比较高，这些标准也适合在FTTX中进行分段验收测试。应用型标准在计算机网络系统中以选择1G和10G的以太网标准比较常见。

对高速光纤链路，要求高的用户还需要进行二类测试(Tier 2)，以确保高速链路的安装质量。关于二类测试请参见7.10节。

7.3.2 测试光源

至于常用光源的选择，一般单模光纤使用典型的1310/1550nm激光光源，多模光纤使用典型的850/1300nm LED光源。对于不常用的其它波长测试则选择对应波长的光源。比如应用测试中1G和10G以太网大量使用的850nm波长的VECSEL准激光光源。

7.4 双光纤、双向(极性)、双波长测试选择

综合布线系统设计时考虑的都是成对地布放和使用光纤(收发信号各用一根光纤)，绝大多数情况下你的测试对象的都是成对的光纤。标准中没有强制要求同时进行双光纤的成对测试，不过，同时进行双光纤测试，效率比单光纤测试平均要高4倍以上。

由于实际使用过程中，收发光纤可能被颠倒后继续使用——即原来的发射光纤因某种原因(比如维护时弄混了发送Tx和接收Rx，插错位置)可能和接收光纤互换后使用，所以在验收测试时需要对这种不可预计的使用状态预先进行双向损耗值验收测试。另外，FTTx和电信级的光纤应用中常有使用单光纤进行单向信号传输，或者使用单光纤和频分复用、密集波分复用等技术来实现单光纤双向传输信号的目的。由于器件误差、安装错误等原因，可能造成一根光纤链路两个方向的衰减值出现较大偏差，出现信号反向传输的问题。这类应用也要求对一根光纤的极性进行测试(即双向衰减值测试)。不过，综合布线系统的测试标准中没有要求强制进行极性测试。用户需要将极性测试写进验收合同。

光纤的使用寿命比较长，因为更换设备，不同时期会有不同波长的光信号在光纤链路上面传输，这就要求验收时对不同的典型波长事先进行测试。还由于，光纤链路的弯曲半径对不同波长的衰减值影响成都是不同的，施工安装后也要求对不同波长进行测试。目前，通用型标准中一般要求是：对多模光纤进行850nm和1300nm波长的损耗测试，单模光纤进行131nm和1550nm波长的损耗测试。

多数的(一类)光纤测试仪在设计时就考虑到了双光纤、双极性(方向)、双波长测试的需求，使用时只需进行简单设置选择即可。

7.4 卷轴(心轴)光纤测试

7.4.1 多模光纤测试

使用卷轴(心轴)进行多模光纤测试需要较高精度的衰减值测试结果时，一般都会被要求将测试跳线缠绕在一个测试卷轴(心轴)上，这是因为卷轴可以过滤多模光纤中常用的LED光源的高次模，使得测试光源更纯净一些，减少干扰光功率，提高仿真光源的逼真度，测试精度就会更高。卷轴的过滤作用与光波长、光纤直径和卷轴的直径、缠绕的圈数都有关。图7.4.1列出了TIA568B.1及ISO/IEC TR 14763等标准对卷轴的尺寸要求和卷轴缠绕的方法。

被测光纤 核心尺寸	标准	盘绕心 轴圈数	用于250微米缓冲 光纤的心轴直径	用于3毫米护套 光缆的心轴直径
50微米	TIA/EIA-568-B.1 7.1	5	25毫米(1.0英寸)	22毫米(0.9英寸)
	ISO/IEC TR 14763-3 6.22	5	15毫米(0.6英寸)	15毫米(0.6英寸)
62.5微米	TIA/EIA-268-B.1 7.1	5	20毫米(0.8英寸)	17毫米(0.7英寸)
	ISO/IEC TR 14763-3 6.22	5	20毫米(0.8英寸)	20毫米(0.8英寸)

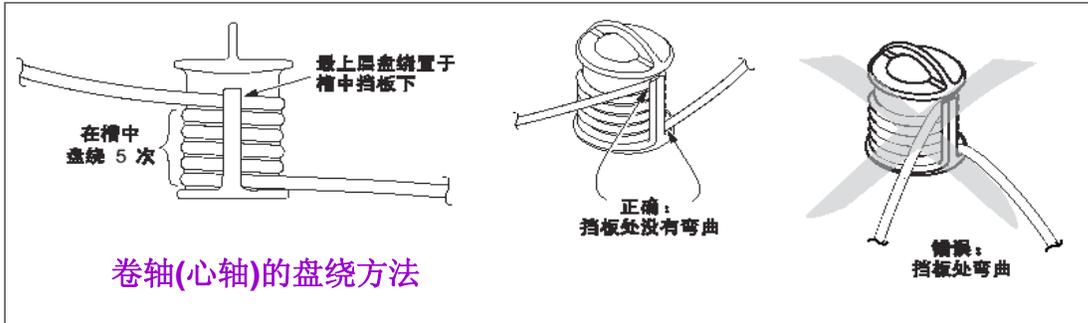


图7.4.1 多模光纤测试卷轴(心轴)规格的要求

7.4.2 单模光纤测试

单模光纤测试不需要使用卷轴。图 7.4.2-1 为最常用的带卷轴的多模光纤测试一方法B，归零操作。

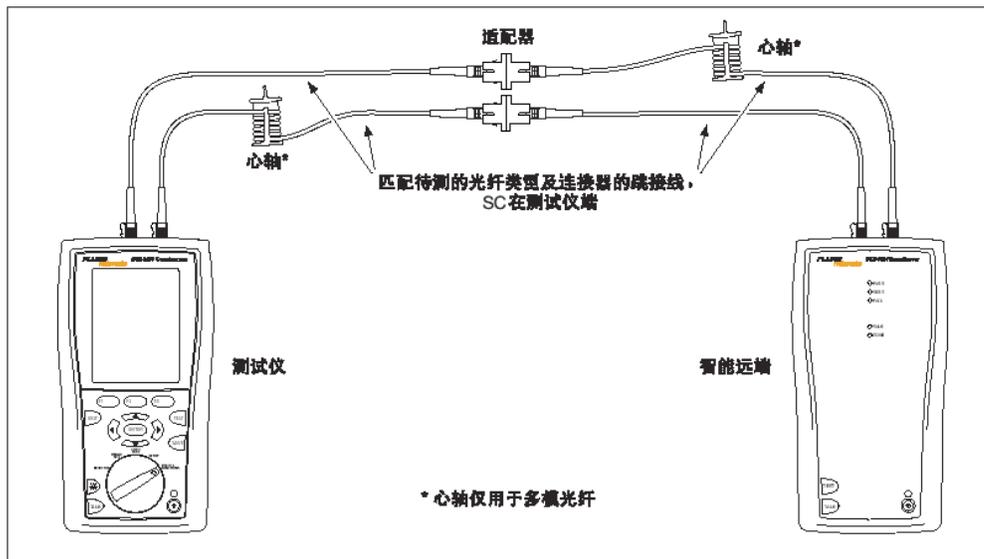


图7.4.2 -1 用卷轴测试多模光纤(方法B，双光纤)----设置基准(归零)

图7.4.2-2为最常用的带卷轴的多模光纤测试一方法B，可以进行双光纤

测试、双极性、双波长常规测试。

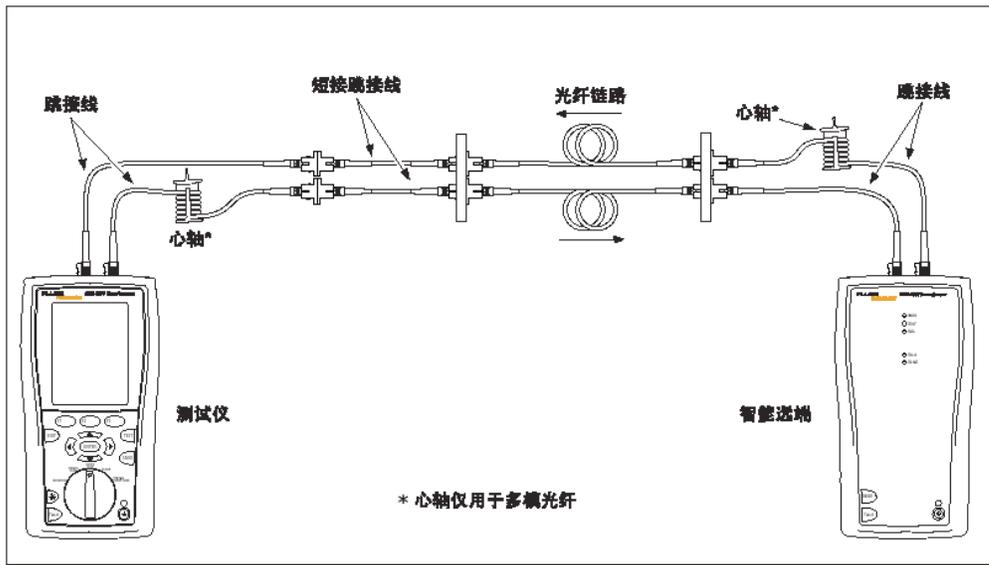


图7.4.2—2用卷轴测试多模光纤(方法B, 双光纤)---包含链路两端连接器的损耗值

特别提示：测试方法(测试模式)按方法A、方法B、方法C的分类比较普及，但在不同的标准中的名称是有区别的，表7.4.2列出了几种标准中的不同称谓对照。

表 7.4.2 测试方法的称谓对应参考表

包含损耗连接器的数量	TIA/EIA-526-14A	TIA/EIA-526-7	IEC 61280-4-1	IEC 61280-4-2
	(MM)	(SM)		
1	Method A	Method A.2	Method 1	Method A2
2	Method B	Method A.1	Method 2	Method A1
None	Method C	Method A.3	Method 3	Method A3

7.5 测试模型选择

如何选择光纤链路测的测试模式(方法)?

认证/验收测试时推荐使用方法B

测试模式(方法)的选择往往给甲方、乙方或者第三方测试人员带来困惑和混乱。从事测试的第三方经常遇到对多种测试结果的矛盾解释。从前面的介绍我们已经了解，工程当中为了精确测试光纤链路的衰减值应当使用改进的“B模

式”，优点是精度高，仪器接口磨损少，测试成本低，缺点是测试跳线较多。此方法多在工程验收测试时被采用，有时也用来粗略评估光纤跳线的衰减值。

较长距离光纤链路可以考虑使用“A模式”，此时忽略了一个连接器的衰减值，优点是测试跳线较少，仪器接口磨损少，缺点是偏差大，适合故障诊断时临时测试光纤链路的衰减值。

需要考察较长光纤链路中光纤本身衰减值时，可选择C模式或改进的C模式，优点是可以测试光纤本身的衰减值(不含两端接头的等效衰减)，缺点是短光纤的测试误差较高，仪器接口磨损大，测试成本高，适合故障诊断时偶尔进行少量测试。

7.6 测试跳线选择

如何选择测试跳线。被测光纤链路两端的接插件端口有许多规格，常见的如ST、FC、SC、FDDI等，还有各种小型连接器如LC、VF45、MT-RT等，但仪器上一般只有一个规格的测试接口，这就需要根据被测链路选择测试跳线。这种测试跳线的插头一端与仪器接口相同，一端与被测链路的接口相同。通过灵活选用各种测试跳线，就可以测试几乎任何接口的光纤链路。有时，也可以选择不同的光纤耦合器来进行测试，这种耦合器两端的耦合接口是不同类型的。

如果需要二类测试，则OTDR测试跳线的选择与一类测试基本相同，只是一般倾向于选择稍长的测试跳线，以便避开测试死区。为了清晰地评估第一个接入的被测光纤链路接头，还可以在链路前面加一段“发射补偿光纤”（提高精度并避开死区）；为了清晰地评估最后一个链路接头，可以增加一段“接收补偿光纤”。

为了保证OTDR仪接入链路后能稳定地进行测试，测试规程一般都要求在测试前清洁测试跳线和仪器端口，或者使用光纤显微镜检查测试跳线的端面质量，部分OTDR仪器在开始测试前会自动评估测试跳线的端面连接质量。

7.7 非现场测试

某些要求高的用户出于“疑虑”或其它原因会提出现场测试光纤的对应等级，比如证明光纤链路符合OM3而不是OM2。这种测试现场往往是难以实施的，通常只能选择在实验室进行差分模式延迟（测试）测试。建议：提供工程光纤样品

请专业机构进行实验室鉴定。目前流行的做法是，仅要求产品供应商提供相关机构有效的产品“认证证明”、生产资格证明等文件。

7.8 带分光器链路测试

带分光器的链路由于没有对应测试标准，在工程验收中常引起争议。这类链路通常涉及光纤有线电视网络和通用的FTTx网络。

建议的测试方法之一是：分段测试。即以分光器为分段点，对光纤链路进行“一类”通用型测试(衰减测和长度测试)，测试标准和方法要在合同当中实现明确规定。对分光器则进行单独的安装前验证测试或者安装后验证测试。此时使用“B模式”自环方式进行单向衰减测试即可。

对于没有成对使用光纤的链路，用“飞时法”测试长度无法实现，“一类测试”只能测试损耗值指标。光纤长度这一指标的测试则要使用“二类测试”(Tier 2)当中要求的光时域反射计(OTDR)来完成，选用的测试工具最好能将两个测试结果合并到一个测试报告当中。

建议的测试方法之二是：带分光器链路的单向衰减测试。由于没有对应判定标准，需要根据设计进行人工分等级判断，判读方法需要写入合同中，以避免争议。

7.9 光纤链路的二类测试----光纤链路结构测试(OTDR)

7.9.1 测试场合

二类测试(Tier 2, Expanded Fiber Link Test)又叫扩展的光纤链路测试。

通常，由损耗值来判断光纤链路的质量，在低速链路的质量评估中是非常有效的方法，但在高速链路中却并不总是这样。当链路中有不合格器件，而链路总损耗却符合要求的情况下，高速链路中的误码率就很有可能达不到要求，甚至完全无法开通链路。

光纤安装调试完成后，有的用户希望了解光纤链路的衰减值和真实准确的链路结构(比如：链路的总损耗值是多少、链路中有几根跳线、几个交叉连接、几个熔接点、几段光纤、各段真实长度是多少等等)，在向高速光纤链路升级的过程中，为评估连接点、熔接点的质量，也提出了对于二类测试的更高需求。

在数据传输的误码率或丢包率达不到要求的情况下，用户会要求测试光纤链路中的实际的连接点、跳接点的数量(而不是文档上标注的数量)，并且对这些连接点和熔接点的数量和质量进行评估，以便帮助判断是设备(或设备上的光模块)的问题还是光纤链路本身的问题。目前这类测试都主要在高速光纤链路中被采用，低速光纤链路仍然继续使用一类测试。

由此，光纤链路的测试通常被分成了两类：分别叫做“一类测试(Tier 1)”和“二类测试(Tier 2)”。二类测试也译作“二级测试”，在TSB-140规范中被定义。二类测试(Tier 2)的

主要“参数”就是在一类测试的基础上增加能反映链路中各种“质量事件”(连接点、熔接点等)和链路真实结构(而不是设计图或其它文档上标注的“图纸结构”)的OTDR曲线，除了满足传统的断点测试外，主要针对高速光纤链路。见表7.9.1和图7.9.1-1内容。

表 7.9.1 链路中的“质量事件”评估

距离 m	损耗 dB	事件	评估
0	0.18	反射	Pass
100	0.14	反射	Pass
107	0.88	反射	Fail
217	0.19	反射	Pass

一类测试和二类测试可以在工程完工后分期进行测试，也可以一次性地同时完成测试。参数合并到同一个测试报告中。有的用户因为系统升级，需要在已经进行过一类测试的基础上，增加二类测试中的OTDR测试，以便为高速应用准备(备用)链路。此时两种测试报告可以分开单列，也可以重新合并到一起提供给用户。

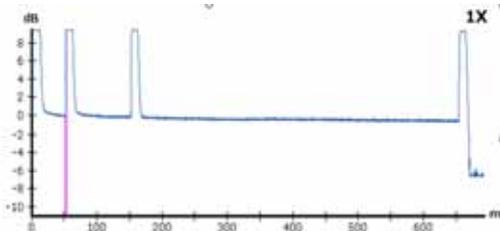


图7.9.1-1 OTDR曲线

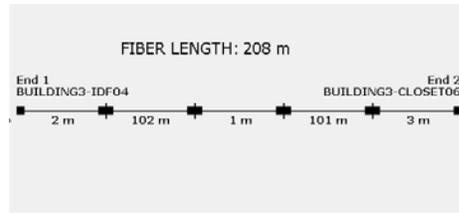


图7.9.1-2 实测的链路结构

一般的OTDR曲线不包含链路结构图(Channel Map)，需要根据OTDR曲线人工判读链路结构，信息存档、合并和交换略有不便。所以少数要求高的用户会要求将测试得出的真实链路结构图(Channel Map)列入测试验收报告中，见图7.9.1-2。并将重要的高速链路和骨干链路的光纤端面质量检查图存入对应的测试报告，见图7.9.1-3内容，以便遇到故障时能随时提供快速准确的诊断对照信息，减少骨干链路的故障时间，见图7.9.1-4。



图7.9.1-3.接头端面图

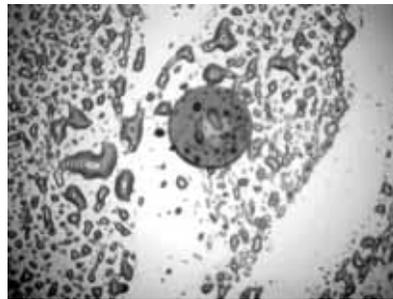


图7.9.1-4 接头端面图(故障)

重要提示：为什么在光纤链路的质量验收评估中，损耗值要用一类测试，而不是二类测试来获得？

这是因为一类测试使用的是跟设备的光模块相同的光源，通过测试实际的损耗值，从而获得最接近设备真实工作状态的结果。而二类测试使用的是光纤的“瑞利散射”和“菲涅尔反射”原理，依据OTDR曲线的节点信息和曲线斜率来估算链路损耗的，离设备真实的工作状态有一定差距，故标准中使用一类测试的损耗值来作为验收的依据。而由OTDR曲线估算出的损耗对于光纤的定性检测和故障定位非常方便。

验收测试时经常会遇到测试不通过的情况，对于仅负责验收测试第三方测试者来讲，无需进行处理和修正。但对于安装工程商和系统集成商来讲，则不可避免地需要随时对检测到的一些小问题进行修正，因为多数的这类修正工作耗费的

时间不长，可以做到随测随修(比如测试不通过时经常需要清洁光纤端面 and 更换跳线等)。故在此建议：检测人员除了携带一类和二类测试的工具外，还应该随身备一些光纤清洁工具和光纤端面显微镜、红光定位灯(VFL)等，这样可以极大地提高检测效率和检测通过率，达到事半功倍的效果。

有的用户(甲方)对测试中遇到的光纤问题诸如光纤不通、路由错误、接头损坏、端面污染(见图7.9.1-4)、熔接点质量问题、光纤折断、弯曲过度、捆扎过紧等问题，经常委托第三方检测人员帮助进行定位并给出改进意见，这时检测人员就可以利用手中的二类测试工具(OTDR)来迅速定位故障位置，并提出整改措施。

7.10 测试仪器的常规操作程序

测试前需要先回答一组问题：被测链路是通用型测试(存档)还是应用型测试，是一类测试还是二类测试，是单模光缆还是多模光缆，是否需要极性测试？是否选择双波长测试？是否需要精确测试(B模式)，是否需要测试链路结构图等问题。

常见的测试仪器操作程序如下：

准备测试模块和测试跳线、充电→开机→选择测试介质(单模、多模、电缆等--如果需要)→选择光纤测试标准(Tier1/2、骨干、水平等、通用、应用等--setup)→确定是否需要使用卷轴(心轴，多模光纤--setup)→设置折射率(如果需要，setup)→选择测试模式(建议B模式，setup)→安装测试跳线→设置参考值(归零)→安装补偿跳线(补偿光纤)→选择测试范围(如果需要，setup)→按测试键实施测试(衰减/长度/OTDR曲线/事件/链路结构图/端面图等)→存储数据(命名/存入)→重复完成批量测试→取出/打印/转存/处理数据→关机(或充电)。

8 热点问题

8.1 什么是单模与多模光纤？他们的区别是什么？

单模与多模的概念是按传播模式将光纤分类——多模光纤与单模光纤传播模式概念。我们知道，光是一种频率极高（ $3 \times 10^{14} \text{Hz}$ ）的电磁波，当它在光纤中传播时，根据波动光学、电磁场以及麦克斯韦式方程组求解等理论发现：

当光纤纤芯的几何尺寸远大于光波波长时，光在光纤中会以几十种乃至几百种传播模式进行传播，如 TM_{mn} 模、 TE_{mn} 模、 HE_{mn} 模等等（其中 m 、 $n=0$ 、 1 、 2 、 3 、……）。

其中 HE_{11} 模被称为基模，其余的皆称为高次模。

1) 多模光纤

当光纤的几何尺寸（主要是纤芯直径 d_1 ）远远大于光波波长时（约 $1\mu\text{m}$ ），光纤中会存在着几十种乃至几百种传播模式。不同的传播模式具有不同的传播速度与相位，导致长距离的传输之后会产生时延、光脉冲变宽。这种现象叫做光纤的模式色散（又叫模间色散）。

模式色散会使多模光纤的带宽变窄，降低了其传输容量，因此多模光纤仅适用于较小容量的光纤通信。

多模光纤的折射率分布大都为抛物线分布即渐变折射率分布。其纤芯直径约在 $50\mu\text{m}$ 左右。

2) 单模光纤

当光纤的几何尺寸（主要是芯径）可以与光波长相近时，如芯径 d_1 在 $5 \sim 10\mu\text{m}$ 范围，光纤只允许一种模式（基模 HE_{11} ）在其中传播，其余的高次模全部截止，这样的光纤叫做单模光纤。

由于它只有一种模式传播，避免了模式色散的问题，故单模光纤具有极宽的带宽，特别适用于大容量的光纤通信。因此，要实现单模传输，必须使光纤的诸参量满足一定的条件，通过公式计算得出，对于 $\text{NA}=0.12$ 的光纤要在 $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 以上实现单模传输时，光纤纤芯的半径应 $\leq 4.2\mu\text{m}$ ，即其纤芯直径 $d_1 \leq 8.4\mu\text{m}$ 。

由于单模光纤的纤芯直径非常细小，所以对其制造工艺提出了更苛刻的要求。

8.2 使用光纤有哪些优点？

- 1) 光纤的通频带很宽，理论可达 30T。
- 2) 无中继支持长度可达几十到上百公里，铜线只有几百米。
- 3) 不受电磁场和电磁辐射的影响。
- 4) 重量轻，体积小。
- 5) 光纤通讯不带电，使用安全可用于易燃，易爆等场所。
- 6) 使用环境温度范围宽。
- 7) 使用寿命长。

8.3 如何选择光缆？

光缆的选择除了根据光纤芯数和光纤种类以外，还要根据光缆的使用环境来选择光缆的结构和外护套。

- 1) 户外用光缆直埋时，宜选用松套铠装光缆。架空时，可选用带两根或多根加强筋的黑色PE外护套的松套光缆。
- 2) 建筑物内用的光缆在选用时应选用紧套光缆并注意其阻燃、毒和烟的特性。一般在管道中或强制通风处可选用阻燃但有烟的类型（Plenum）或可燃无毒的类型（LSZH），暴露的环境中应选用阻燃、无毒和无烟的类型（Riser）。
- 3) 楼内垂直或水平布缆时，可选用与建筑物内通用的紧套光缆、配线光缆或分支光缆时。
- 4) 根据网络应用和光缆应用参数选择单模和多模光缆，通常室内和短距离应用以多模光缆为主，室外和长距离应用以单模光缆为主。

8.4 在光纤的连接中，如何选择固定连接和活动连接的不同应用？

光纤的活动连接是通过光纤连接器实现的。光链路中的一个活动连接点就是一个明确的分割界面。在活动连接和固定连接的选择上，固定连接的优势体现在成本较低、光损耗较小，但灵活性较差，而活动连接与之相反。网络设计时需要根据整条链路情况，灵活选择活动和固定连接的使用，保证既有灵活性，又有稳定性，从而充分发挥各自的优势。活动连接界面是重要的测试、维护、变更的界

面，活动连接比固定连接相对容易找到链路中的故障点，为故障器件的更换增加便捷性，从而提高系统维护性和减少维护成本。

8.5 光纤越来越接近用户终端，“光纤到桌面”的意义和系统设计时需要注意哪些因素？

“光纤到桌面”在水平子系统的应用中，和铜缆的关系是相辅相成不可或缺的。光纤有其特有的长处，比如传输距离远、传输稳定、不受电磁干扰的影响、支持带宽高、不会产生电磁泄露。这些特点使得光纤在一些特定的环境中发挥着铜缆不可替代的作用：

- 1) 当信息点传输距离大于100m时，如果选择使用铜缆。必须添加中继器或增加网络设备和弱电间，从而增加成本和故障隐患，使用光纤可以轻易地解决这一问题。
- 2) 在特定工作环境中（如工厂、医院、空调机房、电力机房等）存在着大量的电磁干扰源，光纤可以不受电磁干扰，在这些环境中的稳定运行。
- 3) 光纤不存在电磁泄漏，要检测光纤中传输的信号是非常困难的。在保密等级要求较高的地方（如军事、研发、审计、政府等行业）是很好的选择。
- 4) 对带宽的需求较高的环境，达到了1G以上，光纤是很好的选择。

光纤的应用正在从主干或机房逐渐延伸到桌面和住宅用户，这就意味着越来越多的不了解光纤特性的用户开始接触到光纤系统。所以设计光纤链路系统和选择产品时，应充分考虑系统当前和未来的应用需求，使用兼容的系统和产品，最大限度地便于维护和管理，适应千变万化的现场实际情况和用户安装需求等。

8.6 光纤连接器可以被直接端接在250 μm 光纤上吗？

不可以。松套光缆包含外径为250 μm 的裸光纤，这是尺寸非常小，并且很脆弱，是无法对光纤固定、不足以支撑光纤连接器的重量和非常不安全的，直接在光缆上端接连接器，至少需要使用900 μm 的紧套层包裹在250 μm 的光纤外部，这样才能对光纤提供保护和对连接器形成支撑。

8.7 FC连接器可以直接与SC连接器连接吗？

可以，这仅仅是两种不同类型的连接器的不同连接方法。

如果你需要连接他们，你必须选择混合的转接适配器，使用FC/SC适配器可以分别连接两端的FC连接器和SC连接器。这种方法要求连接器应当都是平面研磨，如果你一定需要连接斜角度（APC）连接器，则必采用第二种防止损伤的方法。

第二种方法是使用混合跳线和两个连接适配器。混合跳线是指两端使用不同的光纤连接器类型，这些连接器将连接至你需要连接的地方，这样就可以在配线面板中使用通用的适配器与系统相连，但是对系统衰减预算带来一个连接器对的增加量。

8.8 光纤的固定连接包括机械式光纤接续和热熔接，那么机械式光纤接续和热熔接的选用原则有哪些？

机械式光纤接续俗称为光纤冷接，是指不需要热熔接机，通过简单的接续工具、利用机械连接技术实现单芯或多芯光纤永久连接的光纤接续方式。总的来说，对小芯数多地点分散的光纤进行接续时，宜采用机械接续取代热熔接。

机械式光纤接续技术早期经常被应用在线路抢修、特殊场合的小规模应用等工程实践当中。近年来随着光纤到桌面和光纤到户（FTTH）在的大规模部署，人们认识到机械式光纤接续作为一种重要的光纤接续手段的意义。

对于具有用户数量大而地点分散的特点的光纤到桌面和光纤到户应用，当用户规模到一定程度后，施工复杂程度和施工人员和熔接机无法满足用户开通服务的时间要求。机械式光纤接续方式由于操作简单，人员培训周期短，设备投资小等特点，为光纤大规模部署提供了成本效益最高的光纤接续解决方案。比如楼道高处、狭小空间内，照明不足、现场取电不方便等场合，机械式光纤接续为设计、施工和维护人员提供了一个方便、实用、快捷、高性能的光纤接续手段。

8.9 在光纤到户系统中对光缆接头盒的要求与电信运营商户外线路中所使用的光缆接头盒有什么不同？

首先，在光纤到户系统中，需要按照实际需要，在接头盒内预留分光器的安

装和端接、容纳、保护进出分光器的跳线的位置。因为实际情况是分光器可能位于光缆接头盒、光缆交接箱、配线箱、ODF等设施中，并在其中进行光缆的端接和分配。

其次，对于住宅小区，光缆接头盒更多的是采用埋地的方式进行安装，所以对光缆接头盒的埋地性能要求更高。

另外，在光纤到户项目中，可能需要考虑大量小芯数光缆的进出。

8.10 当敷设管道光缆时，该怎样使用牵引拉手？

当选定了合适规格的牵引把手（如图所示）后，可以将其直接包覆安装在光缆的外护套上，通过这个步骤，可以保证与光缆的充分的结合和抗拉强度。



8.11 普通层绞式光缆施工的应注意什么？

- 1) 光缆施工要严格按照施工的规范进行；
- 2) 光缆转弯时，其转弯半径要大于光缆自身直径的15-20倍，如架空光缆在上下杆塔时，应当尽量减小弯曲的角度，同时给光缆盘施加助力，减少光缆的防线张力；
- 3) 光缆布放前，应对施工及相关人员就施工应注意的事项进行适当的培训，如放线方法要领和安全等内容，并确保施工人员服从指挥；
- 4) 应安排相关人员分布在光缆盘放线处、穿越障碍点、地形拐弯处等处，以便及时发现问题，排除故障，控制放线中的速度，并减小放线盘的张力；
- 5) 光缆布放过程如遇到障碍，应停止拖放，及时排除。不能用大力拖过，否则会造成光缆损伤；
- 6) 光缆放线时，张力要稳定，不能超过光缆标准的要求拉力。
- 7) 光缆在受到大张力，以小角度通过弯曲半径很小的滑轮或有棱角的坚硬表面时，会使光缆局部受到远大于额定值的侧压力，使光缆内部结构受到破坏，严重时造成断纤。

- 8) 光缆的施工单位应不断总结经验，努力提高施工质量，预防类似施工事故的发生。

8.12 家居配线箱散热问题如何解决？

当配线箱内包含有光纤插座和光纤网络终端设备（如：EPON、GPON、GEPON、光纤交换机等等）时，就会遇到散热问题。根据热学的基础知识可知，热的传递方式有三种：热传导、热对流和热辐射。对于信息终端箱而言，比较理想的方式是热传导。可是为了美观，这些信息终端箱体基本上都设计成为嵌墙式，五面均无法散热，只有正面的箱盖还有散热的可能，这时就需要在箱体设计上充分考虑热传导的通道，利用箱盖的金属壳体为有源设备提供散热的“散热片”。

8.13 光纤配线网络的节能体现在哪些方面？

- 1) 由于光纤提供了长距离的传输能力，使得多楼层的布线能集中端接于一个配线间进行集中布线。集中布线的方式可以减少配线间占用的建筑面积、减少配线间装修费用、减少机柜和后备电源成本；
- 2) 设备的集中放置能够提高端口利用率，使网络管理和控制更方便，系统安全性更强；
- 3) 由于集中布线减少了接点，所以可以提高网络稳定性、方便维护和降低维护成本，使故障处理更快速，缩短系统故障的历时，从而相应的增强工作效率，增加收入，使客户更满意。
- 4) 光网络设备的耗电量比铜缆网络设备要低很多倍；
- 5) 光缆制造所使用的自然资源；
- 6) 小型化线缆和连接器带来的占用的空间降低从而提高机房制冷效率，降低能源消耗和减少由能源消耗而产生的对环境的影响等方面都使得光纤系统显得更加“绿色”，

当然，更为重要的依旧是，光纤系统可以更为适应未来各种网络应用的需求，从而真正做到“以逸待劳”，提高资源利用率和降低整体投资成本。

8.14 如何保障无源光网络的安全运行？

随着无源光网络逐步向单体建筑和建筑楼群渗透，单体建筑和建筑楼群中的综合布线系统结构也将会相应的发生变化，以更加适应网络设备的应用需求。

不过，需要注意的是终端设备的电源提供。假设水平配线子系统借助于EPON同时传输计算机网络和电话，那么一旦工作区断电，大多会造成电话同时被切断。这对于用户来说几乎是不能被接受的。为了通信的畅通，应当考虑对用户端的通信设施采用远端集中供电的方式。

8.15 光纤清洁的主要方式。

通常使用的方法是酒精和无纺布清洁方式，可以选择普通工业酒精，用无纤维纸或无纺布擦拭。

另外还可以选择光纤清洗液，专业的光纤清洗液具有无毒、无味、阻燃、绝缘、挥发迅速等特点，价格比酒精高，适合于在已经投入使用的机房内使用，以及对环境要求比较高的场合。

8.16 光纤产品已经带有了防尘盖，为什么在测试和使用前还需要清洁？

光纤连接器、跳线、尾纤以及适配器在出厂时都会带有防尘帽。防尘帽的作用除了保证连接器清洁之外，更主要的目的是为了保护光纤连接器端面，避免直接接触连接器端面而损坏连接器。只有在安装、测试、使用时才可将防尘帽除去。一旦除去防尘帽，该光纤连接器必须与另一个清洁后的光纤连接器耦合。

因此，会产生错误的认为，“有防尘帽保护，使用前就不需要进行清洁”。

因为不能够确定在盖上防尘帽之前，端面是否清洁，另外防尘帽本身也并不一定是洁净的。良好的施工习惯是，及时有防尘帽存在，也需要对光纤连接器进行清洁。当测试完毕一条光纤链路之后，请立即安装防尘帽，否则链路在使用前必须重新测试。

8.17 光纤测试时，为何要用专门的参考跳线来设置参考值？

测试结果的准确与否，和参考值的设置有着密不可分的关系。如果参考值设置不当，会使测试结果不准确或者产生负值。建议的方法是，在设置参考值时需

要使用参考光跳线及适配器。

在TIA/EIA 568-B.3以及ISO 11801标准中，对一个光纤耦合的损耗要求为小于0.75dB。大部分的制造厂商所生产的光纤跳线和适配器性能都可以满足甚至超过这一要求。但是，许多人不知道的是，对于参考跳线和适配器，标准有着特别的要求。在IEC 14763-3标准中规定，参考跳线和适配器在使用时，多模光纤耦合损耗小于0.1dB，单模光纤小于0.2dB。常规的光纤跳线根本是无法满足这一要求的。所以，建议向制造厂商和测试仪器厂商购买特制的参考跳线来进行测试。

设置参考值时，需要采用氧化锆陶瓷套管材料的光纤适配器，以获得最佳的耦合效果。常规的做法是，无论测试多模还是单模光纤链路，都用单模光纤适配器来设置参考值，以获得最佳的耦合效果。

8.18 在做光纤链路损耗测试时，测试仪开机预热的重要性何在？

通常情况下，光源模块的温度越高，其发出的光源功率值将越大。在测试过程中，光源模块需要一段时间预热，才能够使发送的光源功率值达到稳定。如果在光源模块预热前设置参考值，随着光源模块温度的上升，测试结果将会产生增益，从而影响测试结果的准确性。

举例来说，比如最初设置参考值时，光功率计接受并存储的功率值为-6.00dB。这时候，在维持参考值设置模型，不加入被测链路的情况下直接进行测试，应该得到0.00dB的测试结果。但是，光功率模块经过预热后，发出的功率将会加大，功率计接收到的功率值可能上升为-6.20dB。这时再进行测试，将得到-0.2dB的增益。

光源模块预热的时间与测试环境的温度相关。检验光源模块是否达到稳定的方法很简单，只要再完成参考值设定后，对参考值模型进行测试，得出的测试值在-0.04dB~0.04dB之间就是可以接受的；如果超出这一数值，则需要再等待一会儿，重新设置参考值。

8.19 测试损耗时，为何会出现负值？难道被测链路不但没有损耗，还产生了增益？

当测试单模光纤链路时，假如被测链路的长度小于100m，并且整条链路采用尾纤熔接方式接续，那么整条链路的损耗可能只有0.15dB。在这种情况下，光源模块预热时间不够，测试环境温度的大幅变化，参考跳线与测试仪表的耦合效果，参考值设定的不够精确等情况都有可能使得测试结果得到负值，比如-0.03dB。这个时候，需要让机器充分预热，并且重新设置参考值。

8.20 不合格链路的故障排除有那些方法？

如果测试得到的损耗值超出极限值，可以通过以下几方面来排除故障。

- 1) 重新清洁所有被测链路以及参考跳线的连接器端面。重新连接，确保所有的连接器完全插入光纤适配器中。
- 2) 检查光缆和跳线的弯曲半径是否符合标准要求。特别是光纤箱内的缆，是否弯曲半径过小。
- 3) 重新测试，如果还无法通过，熔接方式接续的重新进行尾纤熔接，端接方式则更换接头。再进行新的测试。
- 4) 如果还没法通过，可能是光纤光缆本身受损。

8.21 光缆链路产生连接故障原因在哪儿？

1) 如无光功率，大多为连接错误，可使用可视故障检测仪或在线测量光功率查线、纠错。检查光设备与终端盒、配线架之间的跳线连接是否正确；终端盒、配线架内，尾纤熔接是否正确；尾纤光纤连接器对应的适配器是否正确；光缆接续盒内，光缆、尾缆熔接是否正确等。

2) 光纤断裂，在近处可以眼观、手摸；远处则根据纪录，用OTDR、可视故障检测仪查找断裂处。

3) 光功率低，为接触不良，主要体现在以下原因：光连接器，常因结构不精密、环境不清洁、接插不彻底，造成接触不良；事先应选择结构精密插入损耗小的光连接器；施工时应十分注意工作环境的清洁和操作者手的清洁；接插前，光纤连接器、适配器的防尘帽不可移除；接插时，要先清洁、后接插。如果确认是某个光连接器接触不良，只处理跳线的光纤连接器又不见效时，最好能将设备内的光纤连接器拔下来清洁，同时清洁光适配器的陶瓷套筒。对准插槽接插时，

一定要连接到指定位置；光连接器的工作环境，应低粉尘、无油污。建议正常运行的光纤配线网络，至少每半年，应清洁一次光连接器。

4) 微弯损耗

光纤、跳线、尾纤如有弯折，将造成损耗增大，这种现象对1310nm光纤影响较轻、1550nm较重。为了避免与减少造成对光纤链路的损耗，施工时，严格注意光纤、跳线、尾纤顺畅、自然，不允许产生小于弯曲半径的弯折；查找故障时，近处用眼观察，远处则用OTDR查找损耗突变处；如果遇到室外光缆线路，沿线缆观察，光缆、尾缆有无弯折，接续盒、光节点的光缆、尾缆有无脱出。

5) 光纤损耗大

极个别光纤，经反复查找，无外部故障，说明这根光纤损耗过大，只能更换为备用光纤。

附录1：其它相关标准

1. 国际标准

- IEC60793-1-1 (2002) 光纤 第1部分 《测量方法和试验规程 总则和指南》
- IEC60793-1-2 (1995) 光纤 第1部分 总规范 《尺寸参数试验方法》
- IEC60793-1-3 (2000) 光纤 第1-3部分 总规范 《机械性能的测量方法》
- IEC60793-1-4 (2001) 光纤 第1部分 总规范 《传输特性和光特性的测量方法》
- IEC60793-1-5 (1995) 光纤 第1部分 总规范 《环境性能试验方法》
- IEC60794-1-2 (2003) 光缆 第1-2部分 总规范 《光缆性能基本试验方法》
- ITU-T G. 983.1 (2005) 《基于无源光网络(PON)的宽带光接入系统》
- ITU-T L. 58 (2004) 《光纤电缆：接入网的特殊需要》
- TIA-472C000-B (2005) 《户内使用的光纤通信用电缆的部分规范》
- TIA-472E000 (2005) 《室内一室外光缆标准》
- TIA-570-B (2004) 《住宅电信-基础设施标准》

2. 国内标准：

1) 国家标准

- GB/T15972.2-1998 (第1版) 光纤总规范 第2部分 《尺寸参数试验方法》
- GB/T15972.3-1998 (第1版) 光纤总规范 第3部分 《机械性能试验方法》
- GB/T15972.4-1998 (第1版) 光纤总规范 第4部分 《传输特性和光学特性
试验方法》
- GB/T15972.5-1998 (第1版) 光纤总规范 第5部分 《环境性能试验方法》

2) 行业标准

- YD/T979-1998 (第1版) 《光纤带技术要求和试验方法》
- YD/T980-2002 《全介质自承式光缆》
- YD/T981-1998 (第1版) 《接入网用光纤带光缆》
- YD/T982-1998 (第1版) 《应急光缆》
- YD/T1001-1999 (第1版) 《非零色散位移单模光纤特性》
- YD/T 769-2003 《核心网用光缆——中心管式通信用室外光缆》

YD/T 901-2001	《核心网用光缆——层绞式通信用室外光缆》
YD/T 1160-2001	《接入网技术要求-基于以太网技术的宽带接入网》
YD/T 1418-2008	《接入网技术要求——综合接入系统》；
YD/T 1475-2006	《接入网技术要求—基于以太网方式的无源光网络（EPON）》
YD/T 1619-2007	《宽带光接入网总貌》
YD/T 1636-2007	《光纤到户（FTTH）体系结构和总体要求》
YD/T 1770-2008	《接入网用室内外光缆》
YD/T 5139-2005	《有线接入网设备安装工程设计规范》
YD/T 1258.4-2005	《室内光缆系列 第四部分 多芯光缆》
YD/T 1770-2008	《接入网用室内外光缆》
YD/T 5139-2005	《有线接入网设备安装工程设计规范》
GY/T 130-1998	《有线电视用光缆入网技术条件》
YD 5103-2003	《通信管道工程施工及验收技术规范》
GY/T 130-1998	《有线电视用光缆入网技术条件》