
全光网络工程技术应用指南

- 《无源光局域网工程技术标准》（T/CECA 20002）

宣贯辅导材料

中国电子节能技术协会绿色全光网络联盟编制

2019. 12

1 综述

随着云计算、大数据、IoT 等技术的发展，无源光局域网技术（Passive Optical LAN，简称 POL）通过纯光纤部署，凭借极简架构、经济高效、安全可靠等特点已成为下一代局域网建设的重要技术。POL 系统使用更少的有源设备，降低了能源消耗和设备空间占用，维护成本更低，可靠性更好。同时，光纤网络可满足未来带宽不断增长的需求，并支持网络的平滑演进，通过一芯光纤，即可实现包括语音、数据、视频等多种通信业务信息的传送。

近几年，POL 技术发展迅速，国内各大技术厂商纷纷开展工程建设示范应用，POL 系统解决方案已成为下一代局域网建设发展的重要技术，可谓日新月异，突飞猛进。但随之而来的是这一领域的标准滞后于行业的发展，不能针对市场情况作出及时调整。业内普遍反映缺少关于 POL 系统工程建设的指导性技术文件和标准规范，制约了全光网络的技术快速有序地发展。

2019 年 6 月 6 日，中国勘察设计协会发布了由工程智能设计分会作为主编部门所编制的《无源光局域网工程技术标准》的公告，该标准自 2019 年 8 月 1 日起实施。标准首次系统地提出了无源光局域网（POL）工程建设的设计、配置、施工、调试、检测、验收全过程的相关技术规定，填补了我国在该领域的技术标准空白。标准的实施解决了产业核心痛点，对于规范 POL 系统工程的设计、施工，保障工程质量，提高设计和建设单位的设计效率和设计水平，具有较强的指导作用。

1.1 POL 技术总体介绍

POL（Passive Optical LAN）是一种基于 PON 技术的企业类局域网络，采用标准的光缆、分光器、光网络单元（ONU）、连接器件将所有语音、数据、图像及多媒体等业务系统设备的布线融合在一套标准的光传输系统中，以支持信息化应用系统、智能化集成系统、信息设施系统的信息传输与应用。

基于 PON 技术的 POL 系统结合了以太网技术和高速光传输技术，是一种“汇聚-分散”点到多点的树型通信网络架构。PON 系统的组成如图 1.1 所示，包括

了光线路终端(OLT)、光分配网(ODN)和光网络终端 (ONT) /光网络单元 (ONU) 等三大部分。光线路终端(OLT)和光网络终端 (ONT) /光网络单元 (ONU) 为光纤接入系统的业务接入与汇聚，并且与业务网络互通的设施。ODN 由单模光纤、光连接器及光分路器等无源光器件组成, 为 OLT 和 ONU 之间的物理连接提供光传输媒质。

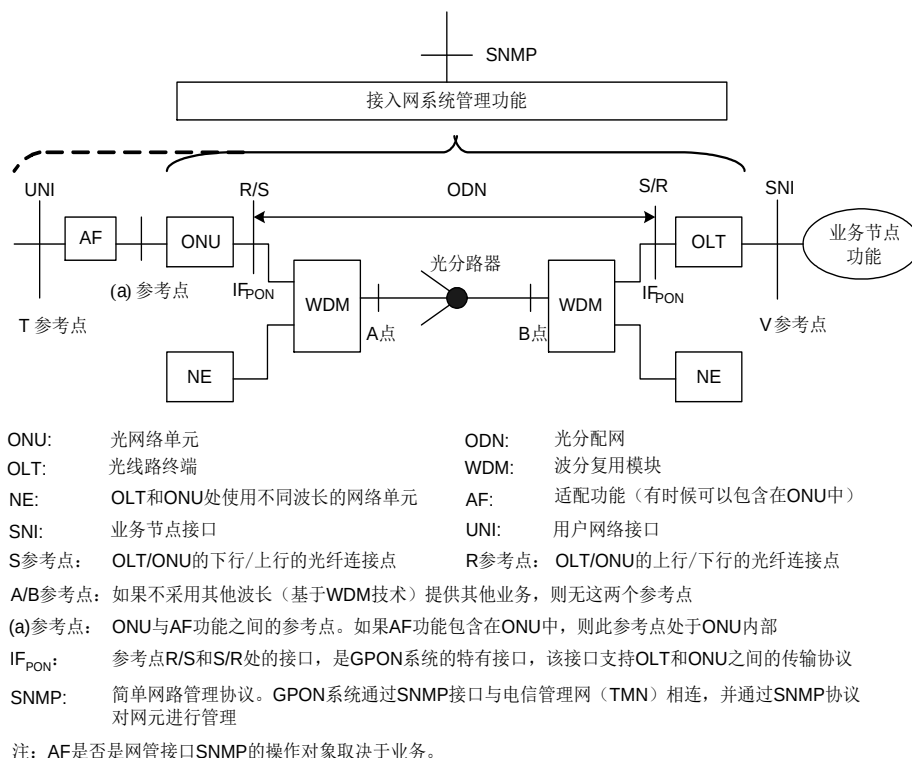


图 1.1 接入网系统参考模型

光纤接入使用的 PON 系统采用单纤双向通信方式。其中对于 GPON 系统，下行速率可达到 2.5Gbit/s，光纤使用 1490nm 波长；上行速率为 1.25Gbit/s，使用 1310nm 波长。当为 10G GPON 时，下行速率为 10Gbit/s，使用 1577nm 波长；上行速率为 2.5Gbit/s，使用 1270nm 波长。如果系统采用波分复用方式提供 CATV 业务时，下行则增加使用了 1550nm 波长。

接入系统为了尽量减少光缆和管道的数量，以提高光纤的利用率，在下行方向(OLT 到 ONU 之间)，OLT 发送的信号可通过一级或二级 1:N（或 2:N）的光分路器级联到达各个 ONU。在上行方向(ONU 至 OLT)，各 ONU 根据所连接的 OLT 指定的时间发送信息到达 OLT，而不会到达其他 ONU。

1.2. POL 适用范围

全光网 POL 系统适用于新建、改建和扩建的中大型建筑物或园区建筑群系统，尤其是建筑面积大、传输距离远的应用场景。如大型民用建筑（超高层办公建筑、高层办公建筑、多层办公建筑、科研建筑、交通建筑、医疗建筑、文化艺术中心和影剧院、博物馆和美术馆、展览馆和会展中心、体育建筑、商业综合体等），中大型园区，工业建筑（工业厂房、动力站房以及配套园区）等综合宽带信息通信业务网络的建设。

2 系统设计

全光网络系统设计包括光纤配线网络和光纤接入网设备两大部分的内容。

2.1 POL 接入网系统架构

POL 的网络结构，包括的有源和无源组成部分都与 FTTx 网络类似，但是由于网络规模、接入的用户类型不同，POL 做了相应的系统优化，基于 PON 系统为基础的通信网络（可以包括系统网管系统），融合增加了计算机以太网交换机和路由器等设施，以适应企业类用户的需求。其网络结构示意图如图 2.1 所示。

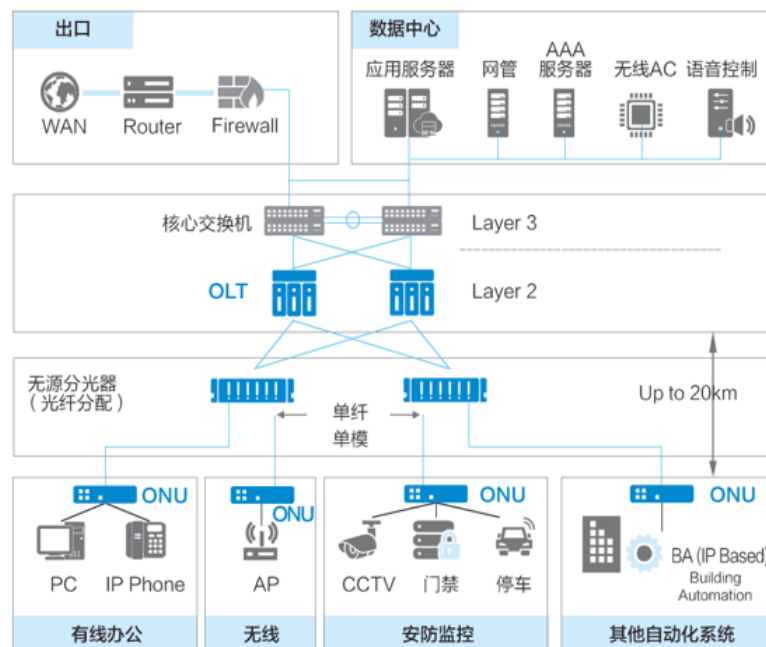


图 2.1 全光 vss 系统结构示意图

系统中，光网络终端（ONT）/光网络单元（ONU）设备可以根据用户和建筑物的业务需求接入语音、数据、图像、多媒体等各种可以任意进行组合的宽带通信业务，应用中可以接入的主要有各类的 IP 终端设备、无线 AP 设备、安全防范系统设备、高清图像设备和建筑智能化系统等设备。

系统的传输部分以全光纤配线网络为主（大约 20km 范围），如果使用了 ONU 网络终端单元（安装于建筑物区域或弱电间等场地）时，ONU 至终端设备之间的区域布线也可以通过综合布线铜缆加以延伸。布线系统架构应适应网络架构的需要，普通用户或一般商业客户宜采用树形拓扑结构，对专线用户、重要用户以及可靠性要求较高的用户线路可采用具有保护的拓扑结构。光缆光纤容量和路由在发展规划的基础上，综合考虑远期业务需求和网络技术发展趋势。OLT 至 ONU 之间，在同一路由上的光缆不宜分散设置多条小芯数容量的光缆，光缆芯数可按终期需求配置，并留有足够冗余。光缆路由中应严格控制光纤布线系统中采用活动连接点的数量。

2.2. 业务基础数据

系统设计必须基于详细准确的用户需求信息。最终用户由于缺乏对于全光网络的专业技术认识，提供不出完整的系统设计的要求。由全光网工程设计单位通过以下设计思路，协助用户填写详细的需求分析表，可以帮助用户逐步建立对于构建全光网络的感性认识，从而为今后的深化设计打下良好的基础。全光网络系统设计应考虑以下方面。

- 符合标准的开放系统，并满足网络架构与工程的实际情况；
- 系统综合考虑升级与扩容需求，预留充分的扩展备用空间；
- 基于支持 10G 或更高传输速率（40G/100G）的网络应用；
- 支持多种不同业务终端设备的接入及对带宽的需求；
- 提高与满足安装空间要求；
- 满足设备移动和增减的变化需要；
- 利于系统运维与管理原则；
- 系统配置的量化性。

系统进行规划与设计的工作以前，感觉改造或新建工程的特点和需求向用户

的基建和 IT 部门提交上述基础数据调查表，主要用于了解业务需求、网络架构、设备数量等方面的内容，以便整体考虑系统的构成与建设规模。

在获得了以上的用户需求调查结果后，我们可以通过表 2.2 中的填写内容来帮助完成系统的方案设计、初步设计、深化设计或作为编写招标书的依据。使得设计方案更加合理与贴近工程应用。

表 2.2 基础数据调查表

项目建筑基础数据				用户回复	
项目 规划资 料	规划 红线范围	园区			
		规划红线范围功能区分布平面图			
		规划红线范围建筑分布平面图			
		通信管道路由图			
		建筑物			
		建筑立面图			
		建筑楼层平面图			
		建筑物楼层电信间平面图			
		建筑物设备间平面图			
建筑既有信息通信系统和布线系统基础数据					
建筑综 合布线 布线系 统 (既有)	系统架构	系统布线架构图			
		信息电分布情况			
	布线系统 等级	铜缆 布线系统	5 类/6 类/6A 类/7 类/7A 类/8.1 或 8.2 类		
			多模光纤	OM3	
		OM4			
		OM5			
		单模光纤	OS1		
			OS2		
		安全需求	屏蔽布线系统		
	非屏蔽布线系统				
	布线产品	FD、BD 与 CD 机柜设置排列图			
		产品的选用情况（线缆与配线模块品牌等）			
	管线敷设	弱电管线路由及综合管路分布			
网络 分类 (既有)	网络架构图				
	内网（涉密要求）				
	专用网（涉密要求）				
	涉密网				
	外网				
	生产网				
	智能化网				

		接口类型和接口带宽				
机房设置状况 (既有)		机房周边环境情况				
		机房所处建筑物及楼层位置				
		机房层高及楼板荷载				
		房屋净高				
		各功能区(机房和非机房区域)面积				
		建筑物弱电间、电信间、设备间、进线间、电力室、空调室、消防气体灭火室、线缆竖井等位置				
		等电位联结端子板位置				
		各房屋预留电源插座与信息插座位置				
		标注 POE 信息插座				
		网络设备安装场地平面布置				
		引入 管线	外部 线缆引入 口位置及 管孔分配 状况	电力线		
通信线缆						
弱电线缆						
通信机房内信息通信 等设施(电话交换机、 有线电视系统等) 安装情况(既有设备)		规模和数量(近期与远期)				
		设备种类与清单				
		机柜(机架)选用类型与尺寸及数量				
		机柜(机架)安装及加固方式及位置				
		机房空调设备的安装位置				
		机房供电设备安装位置				
		机房活动地板板块尺寸				
		机房接地系统构成情况				
		局部等电位联结端子板的位置				
机房内线缆布放方式 及路由情况(既有)		架空地板下				
		梁下或吊顶下				
		密闭线槽或敞开线槽布放				
		管、槽敷设路由				
PoL 系统建设基础数据						
系统	项目	说明				答复内容
ONU 设置	业务需求	业务组合种类/数量				
		类型 1/X	类型 2/X	类型 3/X	类型 4/X	
	模拟电话					
	IP 电话					
	IP 业务					

		无线 AP					
		CCTV					
		视频监控（VSS）					
		其它业务					
		供电条件					
		就近电源 插座					
		混合缆供电					
		PoE 供电方式					
		交流供电					
		直流供电					
		ONU 设置位置					
		工作区					
		大开间区域					
		电信间/ 弱电间					
	OLT 设置	OLT 架构					
		按照业 务类别设置					
		单个设置					
		备份设置					
		路由备份设置					
		网管设置要求					
		网管运维模式					
		OLT 上联业务网络					
		电话交换					
		互联网					
		有线电视网					
		弱电网					
		物联网					
		数据中心					
		安装机房设置位置					
		物管中心					
		建筑物通信机房					
		室外交接箱					
		安装机房基础条件					
		面积					
		净高					
		楼板荷载					
		环境条件					

配线网络	接地条件		
	电源条件		
	其它		
	产品资料		
	光配线系统		
	电信运营商光缆引入位置		
	园区管道路由图		
	建筑物内配线管网分布图		
	入口设施安装位置		
	电信间设置位置		
	弱电间设置位置		
	进线间设置位置		
	光缆选用建议		
	光配线架选用建议		
	园区管道路由图		

2.3. 系统设计

2.3.1 PON 线路备份

PON 线路保护分为 Type B 单归属和双归属，Type C 单归属和双归属几种，考虑到系统保护和性价比，推荐采用 PON Type B 双归属保护，光分路器选用 2:N 的光分路器。

(1) PON Type B 单归属保护类型

PON Type B 单归属保护采用 2: N 类型光分路器，即光分路器有两条上行光纤。光分路器两条上行光纤分别接到同一台 OLT 两块不同 PON 单板接口上，上行主用光纤故障以及主用光纤所接 OLT 端口故障时，倒换至备用线路。光分路器到 ONU 之间由于用户数少，可以采用单根光纤，不进行保护。

PON Type B 单归属保护类型如图 2.3.1-1 所示。

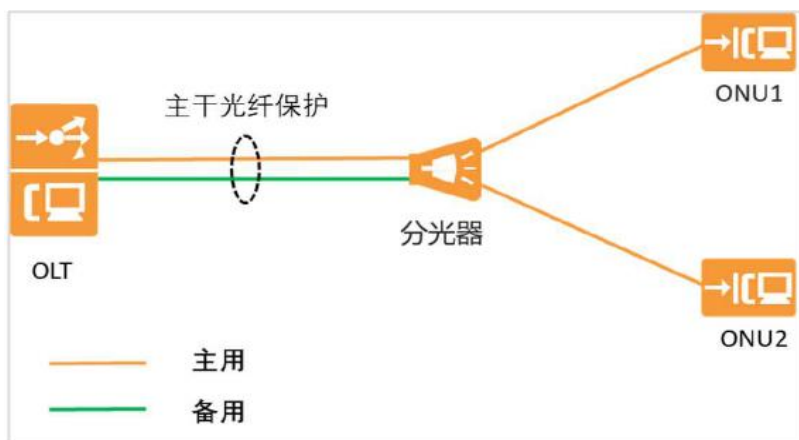


图 2.3.1-1 PON Type B 单归属保护类型

(2) PON Type B 双归属保护类型

PON Type B 双归属保护采用 2: N 类型光分路器，即光分路器有两条上行光纤。光分路器两条上行光纤分别接到两台 OLT 的 PON 单板接口上，上行主用光纤故障以及主用光纤所接 OLT 端口故障/或者整台 OLT 故障时，倒换至备用 OLT。光分路器到 ONU 之间由于用户数少，可以采用单根光纤，不进行保护。PON Type B 双归属保护类型如图 2.3.1-2 所示。

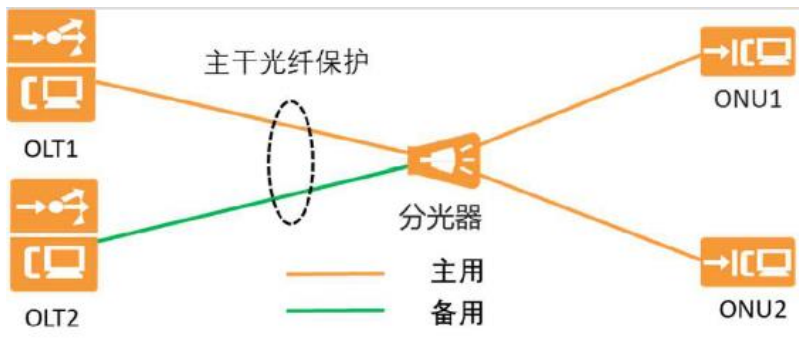


图 2.3.1-2 PON Type B 双归属保护类型

(3) PON Type C 单归属保护类型

PON Type C 单归属保护采用 2 个 1: N 类型光分路器，ONU 为双 PON 口。两个光分路器上行光纤分别接到同一台 OLT 两块不同 PON 单板接口上，光分路器下行光纤分别接到各 ONU 上。任一主用光路故障时，倒换至备用线路。Type C 保护主要应用在一些对 ONU 可靠性要求非常高的场景，如电力等场景。PON Type C

单归属保护类型图 2.3.1-3 所示。

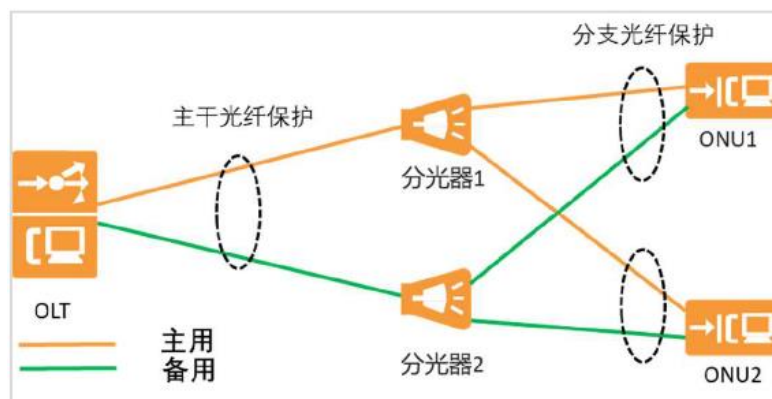


图 2.3.1-3 PON Type C 单归属保护类型

(4) PON Type C 双归属保护类型

PON Type C 双归属保护与 Type C 单归属的区别是两台光分路器上行分别接到 2 台不同 OLT 的 PON 单板接口上。PON Type C 双归属保护类型如图 2.3.1-4 所示。

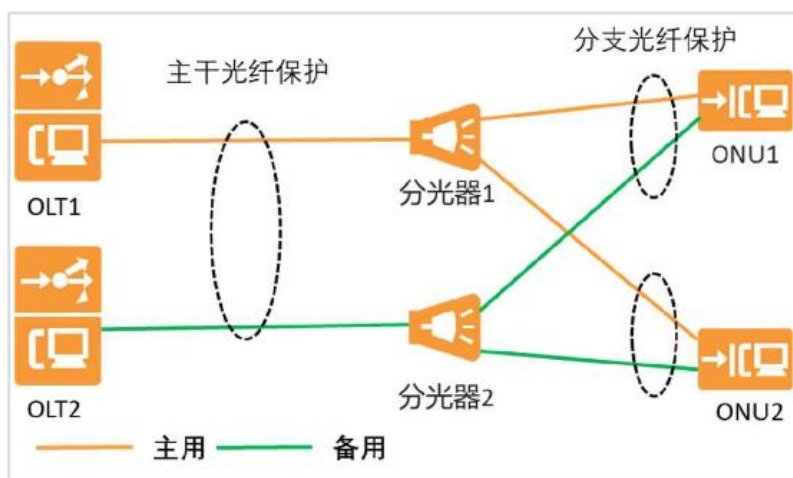


图 2.3.1-4 PON Type C 双归属保护类型

2.3.2 系统设备设置位置

(1) OLT 设置

OLT 属于有源设备，推荐集中部署以方便管理维护，根据工程 ONU 规模和应用业务范围分类，OLT 设备可为单个或多个。考虑到减少维护机房和网络的节点数量，推荐将 OLT 设备和核心交换机部署在同一机房，设置于园区（建筑群）、建筑物内信息通信机房或智能化设备间的部位。OLT 安装地点应考虑入口设施的

安装位置（为多家电信运营商配线光缆接入与终端的位置）。工程中，PON 可以支持 20km 的覆盖范围，以 OLT 为业务的汇聚点，并通过光缆向各 ONU 延伸辐射。

1) OLT 和核心交换机部署在同一个建筑物机房

这样只需在一个统一的有源维护节点进行设备维护即可，也可以减少有源设备机房的供电、消防等投入。如图 2.3.2-1 所示。

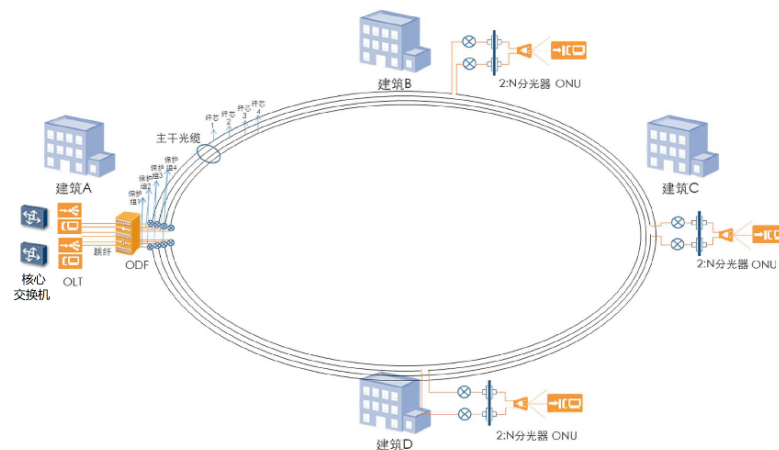


图 2.3.2-1 OLT 和核心交换机部署在同一个建筑物设备间

2) OLT 分散在几个建筑物的设备间

在某些特殊情况下，如某个园区非常大，需要多台大容量的 OLT 才能覆盖，也可以采用将 OLT 分散部署在几个建筑物的设备间的方案。OLT 分散放置在建筑物 A/B/E 的设备间内，通过上行光纤接到核心交换机中。这种情况下维护节点和有源机房都比较多，维护难度大。如图 2.3.2-2 所示。OLT 分散在几个建筑物的设备间。

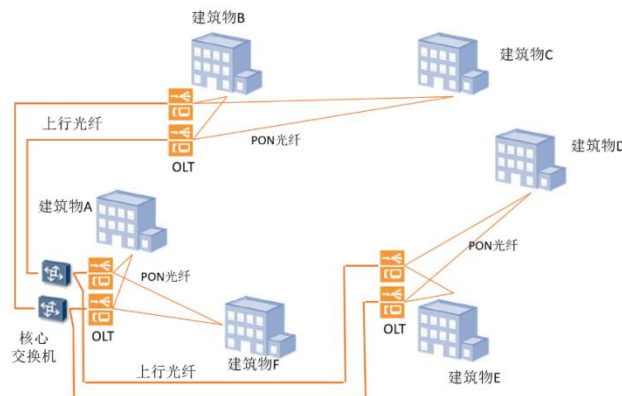


图 2.3.2-2 OLT 分散在几个建筑物的设备间

(2) ONT/ONU 安装方式与设置位置

表 2.3.1 前端设备的业务种类及 ONU 的设置位置

ONT/ONU 安装	安装位置
信息配线箱内安装 ONU	公共区域/工作区/电信间（弱电间）
86 面板式/86 底盒安装	工作区
办公家具固定安装	桌面/隔断面
抱杆式安装	工作区/业务设备场地金属支干

表 2.3.2 前端设备的业务种类及 ONU 的设置位置

业务类型	ONU 安装位置
模拟电话	1. 桌下线槽、托盘或者挂壁 2. 挂壁（墙壁）3. 区域内天花板上 4. 区域内弱电箱内安装
IP 电话	1. 桌下线槽、托盘或者挂壁 2. 区域内挂壁（墙壁）3. 区域内天花板上 4. 区域内域弱电箱内安装
IP 业务	1. 桌下线槽、托盘或者挂壁 2. 区域内挂壁（墙壁）3. 区域内天花板上 4. 区域内域弱电箱内安装
无线 AP	1. 挂壁（墙壁）2. 办天花板上 3. 设备间机架安装
CCTV	1. 桌下线槽、托盘或者挂壁 2. 区域内挂壁（墙壁）3. 区域内天花板上 4. 区域内域弱电箱内安装
视频监控	1. 挂壁（墙壁）2. 办天花板上 3. 设备间机架安装 4. 室外铁盒内安装 5. 智慧灯杆内安装
其它业务	根据安装现场情况

(3) 光分路器设置位置

光分路器的设置位置、设置级数及分路比取决于 OLT 至 ONU 设备之间的全程传输指标的合理分配与要，并考虑光纤最大化的有效利用。

1) 光分路器设置原则如下：

- 光分路器的设置位置应综合考虑光缆投资、PON 口及光分路器端口使用效率、便于维护、网络优化改造和技术升级改造等因素。
- 应根据 PON 系统支持的最大光分路数、可传输距离、带宽规划以及用户的

规模和分布密集度等因素综合考虑确定采用的最大光分路比。

- 宜采用相对集中设置方式，当用户较密集时可适当靠近用户端设置。
- 光分路器放置的位置一般情况推荐放置在每层楼的楼层弱电间。
- 如果整栋建筑物的终端数量较少，也可以放置在建筑物设备间。
- 如果客户想减少每层楼的楼层弱电间数量，也可以考虑放置在更靠近桌面的信息箱中。

在无源光局域网中，可采用一级分光方式或者二级分光方式，二级分光级联后总的光分路比应不大于 PON 系统允许的最大光分路比。工程中推荐采用一级分光，少量的特殊场景也可以采用二级分光，但总体不能超过 2 级分光。

2) 光分路器设置级数和位置

- 光分路器放置在楼层弱电间（电信间）

一级分散分光场景（OLT 设置于某栋建筑物内），推荐光分路器置于建筑物各楼层电信间/弱电间，楼层弱电间内光分路器宜通过成端用户光缆直接与 ONU 连接。如图 2.3.2-3 所示。

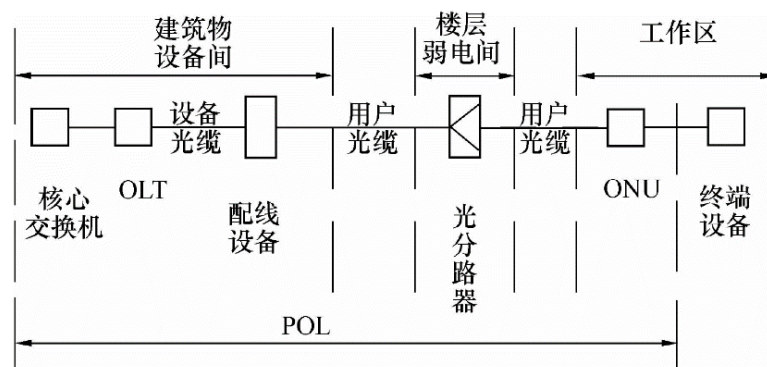


图 2.3.2-3 光分路器放置在楼层弱电间

- 光分路器放置在建筑物设备间

当整栋建筑物的终端数量较少，光分路器也可以放置在建筑物设备间，采用一级集中分光场景（OLT 设置于园区信息通信机房），楼层弱电间内光纤接续点宜通过成端用户光缆直接与 ONU 连接。如图 2.3.2-4 所示。

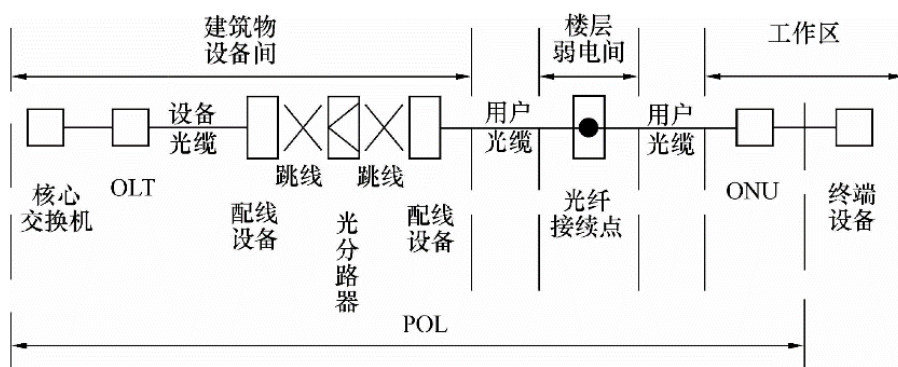


图 2.3.2-4 光分路器放置在建筑物设备间

• 光分路器放置在建筑物设备间和楼层弱电间

在某些特殊场景，每层楼终端数量较少，光分路器分别放置在建筑物设备间和楼层弱电间，并且采用二级分光场景（OLT 设置于园区信息通信机房）。此时一级分光器置于建筑物设备间，二级分光器置于楼层弱电间。楼层弱电间内光分路器宜通过成端用户光缆直接与 ONU 连接。如图 2.3.2-5 所示。

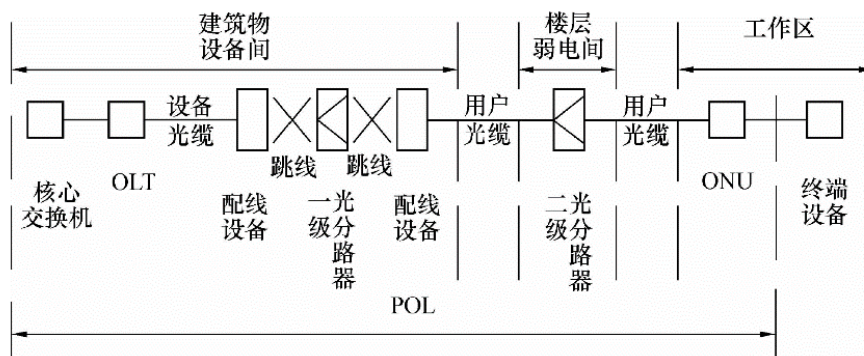


图 2.3.2-5 光分路器放置在建筑物设备间和楼层弱电间

(4) 光缆配线

光缆配线设备的设置位置应和光分路器和核心交换机的设置位置保持一致，其水平配线设备设置于建筑物弱电间（电信间），主干配线设备则安装于设备间或核心交换机机房。

2.4 各系统设备配置及产品选用要求

2.4.1 PON 设施配置和设备选择

PON 整个系统的配置主要以 PON 系统配置为主，通过对信息流量的分析来计算设备的容量和系统的规模。

(1) ONU/ONT 数量计算

1) ONU/ONT 接入业务带宽需求一般可参照如下表内容，或根据工程的实际需要确定。需要说明的是，ONU/ONT 的上行总的需求带宽还应该考虑各种终端设备在某一时间段传送信息的总的并发量，既要满足信息的无阻塞传送，还要提高设备传输的利用率。因此，对接入业务的使用带宽需求分析是十分重要的工作。

业务类型	传输宽带（1M~1000M）	是否需要单独的 VLAN
模拟电话	1Mbit/s	需要
IP 电话	1Mbit/s	需要
IP 业务	1000Mbit/s	需要
无线 AP	500Mbit/s，可以平滑过渡到 1000MMbit/s 甚至万兆	需要
CCTV	10Mbit/s	需要
视频监控	100Mbit/s	需要

2) 计算步骤

- 确定接入的各终端设备业务的传输带宽，可适当考虑发展的余量；
- 确定 ONU/ONT 设备的接入端口数量（一般 ONT 端口为 4 个，ONU 端口可以达到 24 个）；
- 根据 OLT 产品情况，确定每一个接入端口传输带宽（一般分为 2.4Gbit/s 和 10Gbit/s 两种）；
- 根据实际的工程应用情况确定每一个 ONU/ONT 设备或多个 ONU/ONT 设备经过光分比的总的上联端口传输带宽；
-
- $\text{ONU/ONT 上联端口传输带宽} \div \text{终端设备传输带宽} \div \text{ONU/ONT 设备的接入端口数量} = \text{ONU/ONT 设备个数}$ ；

-
- 确定光分路器分光比规格，一般接入选用分光比为 1/2:8~1/2:32。

(2) OLT PON 端口数量计算

在 ONU 数量、分路器数量及分路器有无备份上联端口的前提下计算 OLT PON 端口数量。计算步骤如下：

- 根据 OLT 一个接入端口传输带宽（一般分为 2.4Gbit/s 和 10Gbit/s 两种）；
- 确定每一个 OLT 单板支持的端口数（如为 16 个端口）；
- 每层楼需要 GPON 端口（2.4G）数=接入的终端设备数÷4（每 ONU 端口数）÷8（分光比）；
- 园区需要的 GPON 端口数=每层楼 GPON 端口数）×每栋建筑物楼层数×建筑物数；
- 每层楼需要的 10G PON 端口（10G）数=接入的终端设备数÷每 ONU 端口数（如为 4）÷分光比（如为 1/2:8）；
- 园区需要的 10G PON 端口数=每层楼 10G PON 端口数×每栋建筑物楼层数×建筑物数；

(3) 举例

对一个园区 OLT 单板数量和 OLT 模块数量，主要根据 OLT 单板接入的端口数确定以外，还要考虑 OLT 设备指定业务类型的组合情况，采用的路由归属保护的类型及设备安装的地点等因素进行配置。

例如：某个园区有 2000 个信息点，采用 4GE 端口的 ONU 设备，每个 PON 端口的分光比为 1:8；那么所需要的 GPON 端口数为 $2000 \div 4 \div 8 \approx 63$ 个 GPON 端口。

如果 OLT 设备采用的是 16 端口的 GPON 单板，那么需要 $63 \div 16 \approx 4$ 块 16 端口 GPON 单板。

由于推荐使用 Type B 双归属保护，所以 OLT 数量和 GPON 端口的数量需要增加一倍，所以该园区至少需要 2 台 OLT 设备，每台 OLT 配置 4 块 16 端口 GPON 单板；

每台 OLT 配置 4 块 16 端口的 GPON 单板，即可以选择中容量的 OLT 设备（大于 2 个槽位，小于 15 个槽位）来建设。

2.4.2 布线系统容量确定及选型设计

布线系统主要包括室外和室内所安装的光纤光缆、连接器件、光纤交接箱等设施。

(1) 光缆

1) 光缆芯数配置要求

光缆芯数应满足各种业务对光纤的使用要求和光分配点的容量选择。每个 ONU 应根据用户分布情况灵活配置光纤（缆），光纤（缆）配置如表 2.4.2 内容。

表 2.4.2 每个 ONU 光纤配置容量

配置	光纤（芯）	光缆（条）	备注
低配置	2	1	工作区
高配置	2	2	区域/楼层

对特殊要求的用户，应根据用户需求设计。

2) 光纤类型的选择原则

光纤选型可以参照 YD/T 908-2011 《光缆型号命名方法》标准要求。

光缆中光纤宜采用 G.652 单模光纤。当需要使用弯曲不敏感光纤时，宜选用模场直径与 G.652 光纤相匹配的 G.657 类单模光纤。光缆结构的选择应符合以下要求：

室外用光缆应根据线路路由的实际环境条件、可采用管道、直埋、架空、路面微槽或架空微型自承式等敷设方式。

- 直埋光缆结构宜采用 PE 内护层+防潮铠装层+PE 外护层，或防潮层+ PE 内护层+铠装层+PE 外护层，宜选用 GY(D)TA53、GY(D)TA33、GY(D)TS、GY(D)TY53、GYDG(T)A33、GYDG(T)A53、GYDG(T)Y53、GYFDG(T)A63 等型式。

- 采用管道或硅芯管保护的光缆结构宜采用防潮层+PE 外护层，宜选用 GY(D)TA、GY(D)TS、GY(D)TY53、GYF(D)TY、GYDG(T)A、GYDG(T)S、GYDG(T)A53、GYDG(T)Y53、GYFDG(T)Y 等型式。

- 架空光缆结构宜采用防潮层+PE 外护层，宜选用 GY(D)TA、GY(D)TS、

GY(D)TY53、GY(D)FTY、GYDG(T)A、GYDG(T)S、GYDG(T)A53、GYDG(T)Y53、GYFDG(T)Y、ADSS、OPGW 等型式。

- 防蚁光缆结构宜采用普通室外光缆结构+防蚁外护层，宜选用 GY(D)TA54、GY(D)TA34、GY(D)TS34、GY(D)TY54、GYDG(T)A34、GYDG(T)A54、GYDG(T)Y54、GYFDG(T)A64 等型式。

- 路面微槽光缆结构宜采用金属管+ PE 内护层或防潮层+ PE 内护层，宜选用 GLTS、GLFXTS、GLMXTY 等型式。

- 架空微型自承式光缆结构宜采用 8 字型结构或扁平型结构，可选用 GYWXT8Y、GYWMT8Y、GYWFT8Y、GYWFTCBY、GYWFCY 等型式。

- 采用气吹方式敷设微管微缆时，微管微缆应符合《光缆 第 5 部分 分规范用于气吹安装的微型光缆和光纤单元》GB/T 7424.5、《通信用气吹微型光缆及光纤单元》YD 1460-T 等标准规定；宜采用 GCYFY、GCYFXTY 等型式。

室内用光缆根据实际应用场景、主要分为垂直布线、水平布线敷设方式。

- 垂直布线光缆结构宜采用干式结构+紧套光纤+非延燃外护层，可选用 GJJV、GJFJV、GJDV、GJFDV、GJBV、GJBFV、GJBFJH、GJPFV、GJPFJV、GJFJH、GJFJBH 等型式。

- 水平布线光缆结构宜采用干式结构+非延燃外护层，可选用 GJX(D)V、GJXF(D)V、GJX(D)H、GJXF(D)H、GJFJV、GJXJH、GJFJBV、GJFXBH、GJFJV、GJJG02 等型式。

- 室内布线入户光缆结构宜采用干式结构+非延燃外护层，宜选用 GJXFV、GJXFH、等型式。

(2) 连接器选择

在光纤到户的配线网中，为了降低光纤链路的衰减与保障光纤连接点的完好，只考虑在用户接入点处的配线设备具有跳接管理的功能，在建筑物内其他的部位设置的配线箱只作为对光纤进行熔接与盘留的空间。

1) 光配线设备

光配线设备只有在设置了光分路器的场合才具备跳纤管理的功能，容量主要根据用户光缆光纤的终接数量，

2) 光纤连接器

- LC 连接器：接头因采用传统的陶瓷面接触，而具有纤芯距离宽、对位精确、耦合准确、清洁简易及单、双工的配置等优越性。LC 可以支持 10Mbit/s 到 10G Mbit/s 以太网的应用。

- SC/ST 连接器：SC 光纤连接器由接头和适配器配套组成，分为单工和双工两类。因为连接器相连部位为陶瓷接触，因此连接头采用传统的制作方式或利用光尾纤融接。

- FC 连接器：FC 光纤连接器外部加强方式是采用金属套，紧固方式为螺丝扣，金属接头的可插拔次数比塑料要多。一般在 ODF 侧采用(配线架上用的最多)。

3) RJ45 插座

当设置了区域配线的场景中，光纤路由的延伸段采用了铜缆布线系统时，RJ45 插座推荐选用 6A 及以上等级的屏蔽与非屏蔽布线系统。RJ45 插座可连接 UTP、FTP 和 STP 电缆，并按 T568A 或 T568B 的方式终端。并应具有产品向下兼容的性能。所有的模块安装在 86×86 的面板上，可以为口和双口。RJ45 插座的选择可考虑具备以下特性：

- 材质
- 镀层材料
- 插拔次数
- 绝缘性能
- 耐压力
- 预定电压和电流
- 抗张力
- 安装条件

(3) 跳纤选用

主要用于配线柜（箱）之间、光纤模块之间跳接管理使用。

1) 光纤选型及跳纤结构

• 跳纤一般情况下宜选用 G. 652 光纤。在光纤盘留空间小、弯曲半径要求严格等情况下宜选择 G. 657 光纤。

• 跳纤应采用外护套进行保护，跳纤直径可分为 0.9mm、2.0mm、3.0mm 三种，在同等条件下推荐使用直径为 2.0mm 的跳纤。

• 跳纤选用的接口类型应与适配器一致。

2) 跳纤长度

• 跳纤长度系列以 0.5m 为间隔，储纤长度不超过 1m。

• 为最大限度地减少架内跳纤长度，2.6m 以下机柜，架内跳纤长度选定为 2m、2.5m、3m、3.5m 四种；2.6m 以上机柜，架内跳纤长度选定为 2m、3m、4m、5m 四种。架间跳纤每增加 1 架则增加跳纤长度 1m。

3) 跳纤布放

跳纤大致路由如下：跳纤从光纤托盘前端适配器开始布放，经走线槽道或理线架进入设备光分路器端口，在相应光纤终端单元端子上成端。

2.4.3 光分路器选用

无源全光网络中，光分路器是完成单根光纤和多根光纤完成分光/汇聚功能的一个重要组成部件。

(1) 光分路器的种类

光分路器的种类比较多，包括盒式光分路器，托盘式光分路器，插片式光分路器等。具体的光分路器如图 2.4.2 所示。



盒式光分路器



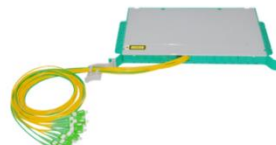
盒式光分路器插槽



盒式光分路器插箱



通用托盘式光分路器



出纤托盘式光分路器



机架式光分配箱

图 2.4.3 光分路器的种类

光分路器应采用全带宽型（工作波长的范围是 1260nm~1650nm）和均匀分光型的平面波导型光分路器。光分路器端口类型的选用既要考虑方便维护管理又要考虑减少活动连接点的数量。

1) 当光分路器安装点的光缆成端不配置适配器时，宜选用适配器型(含插头和适配器)光分路器。

2) 当光分路器安装点的光缆成端配置适配器时，宜选用尾纤型(含插头)光分路器。

3) 应根据具体的安装环境，选择符合规范要求的光分路器封装结构。

- 当光分路器安装在综合机柜内时，如光分路器为适配器型，宜采用机柜式封装结构，如光分路器为尾纤型，宜采用盒式封装结构（通过托盘安装）。

- 当光分路器安装在光缆交接箱时，宜采用托盘式或插片式封装结构。

- 当光分路器安装在光缆分纤箱，宜采用托盘式或插片式封装结构，也可采用微型封装结构。

4) 光分路器引出尾纤宜采用 $\Phi 2.0\text{mm}$ 或 $\Phi 0.9\text{mm}$ 外护套尾纤。其引出长度不宜超过 1.5m。

5) 常用光分路器的分路比有 $1\times N$ 和 $2\times N$ (N 为 4、8、16、32、64 等)。

6) 光分路器安装位置应根据采用的光分路器设置方式和实际安装条件选择适当的地点。

(2) 光分路器的分光比选择

不同分光比的光分路器选择取决于 PON 技术的选择，以及 ONU 上每个信息点所需要的带宽。PON 技术中，GPON 可以提供下行 2.5Gbps，上行 1.25Gbps 的带宽；10G GPON (XGS-PON) 可以提供下行 10Gbps，上行 10Gbps 的带宽。假设客户选用 4 个 GE 接口的 ONU（带 4 个信息点），假设每个信息点下行方向需要至少保证 60Mbps 的带宽，那么每个 ONU 下行方向需要保证的带宽为 $60\text{Mbps} \times 4 = 240\text{Mbps}$ ；如果客户选用的是 GPON 技术，那么每个 GPON 端口带的 ONU 个数为： $2.5\text{Gbps} \div 240\text{Mbps} = 10$ 个 ONU，考虑到带宽预留和将来扩展，建议选用分光比为 8 的光分路器（2: 8 的光分路器）；此时，4 口 ONU 上每个信息点可获得的下行

带宽为约 80Mbps 到约 1000Mbps（受限于 ONU 的 GE 端口限制）。考虑到无源光局域网未来的带宽扩展，一般情况下推荐每个 PON 口下的分光比不超过 1:32。

（3）光分路器的性能要求

光分路器指标要求应符合现行 行业标准 YD/T 2000.1-2014 的规定，光学性能应符合表 2.4.3-1 和表 2.4.3-2 要求。

表 2.4.3-1 2:N PLC 均分光分路器光学特性

参数	单位	指标				
		2X4	2X8	2X16	2X32	2X64
工作带宽	nm	1260~1650				
插入损耗	dB	≤7.6	≤10.8	≤13.8	≤17.1	≤20.8
偏振相关损耗	dB	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
均匀性（固定工作波长）	dB	≤0.7	≤1.0	≤1.2	≤1.5	≤2.0
均匀性（全工作带宽）	dB	≤1.2	≤1.5	≤1.7	≤2.0	≤2.5
回波损耗	dB	≥55				
方向性	dB	≥55				
工作/贮存温度范围	℃	-40 ~ +85				

表 2.4.3-2 1:N PLC 均分光分路器光学特性

参数	单位	指标				
		1X4	1X8	1X16	1X32	1X64
工作带宽	nm	1260~1650				
插入损耗	dB	≤7.4	≤10.5	≤13.5	≤16.8	≤21.5
偏振相关损耗	dB	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
均匀性（固定工作波长）	dB	≤0.7	≤1.0	≤1.2	≤1.5	≤2.0
均匀性（全工作带宽）	dB	≤1.2	≤1.5	≤1.7	≤2.0	≤2.5

回波损耗	dB	≥ 55
方向性	dB	≥ 55
工作/贮存 温度范围	℃	-40 ~ +85

2.4.4 光缆交接箱选择

(1) 容量与尺寸

容量/直熔 144~578 芯，满配 12~48 个托盘，箱体尺寸(mm)：1220 ~ 1800(高) x 760 ~ 1360(宽) x 360~600 (深)，分光器的配置：1~16 套 1x32 盒式分光器。交接箱式样如图 2.4.4-1 所示。



图 2.4.4-1 光缆交接箱

(2) 箱体功能

表 2.4.4-1 箱体功能

相关特性	相关描述	优势
箱体材料	镀锌钢板，双层	机械强度高，耐腐蚀，保温
进缆孔	依据不同箱体，采用不同尺寸的密封端塞	适合更为灵活的组网方式
密封设计	密封端塞，防火泥，3M4411 管孔堵漏材料	三重防护
分光器的应用	多种分光器安装方式	更适合 PON 网络的应用
维护管理	电子化管理系统	清晰标识线路资源

1) 功能区分配

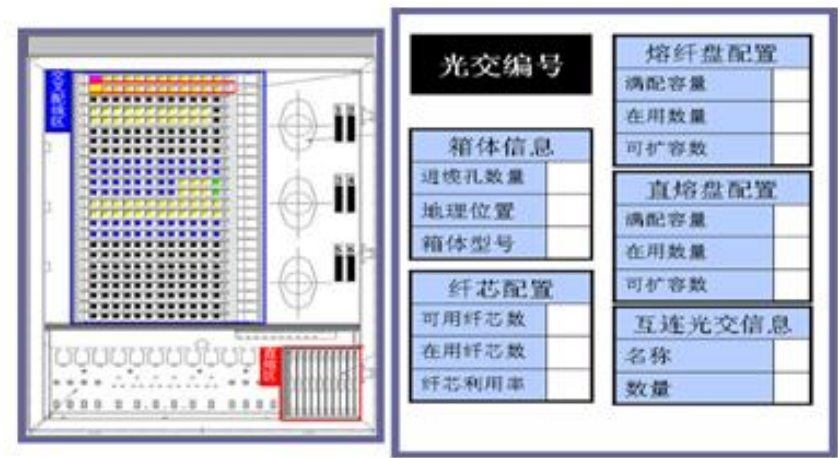


图 2.4.4-2 光缆交接箱箱体示意图

2) 区域功能

箱体内部可以作为接续分配托盘及分光器安装，光缆或分光器的成端，光纤的盘留。光缆从水泥底座的底部通过光缆进缆孔进入箱体内，箱体底部按从左至右的顺序使用进缆口。

3) 托盘

配备直熔单元和托盘，每一个托盘容量为 12 芯。

4) 交接箱光分路器选用

表 2.4.4-2 光缆交接箱内可安装的分光器等设备表

盒式分光器	托盘式分光器	19 英寸机架式光分配箱	分光器尾纤停留
提供（4 个）	可选	提供（2U 空间）	不提供
提供（6 个）	可选	不提供	不提供
提供（最多 16 个）	可选	提供（4U 空间）	提供（36 芯）

5) 跳线管理

- 箱体内的跳线存储区用于走线和存储多余的光纤跳线。
- 用双头尾纤在箱体正面完成交叉连接操作。

6) 指标满足国家规范要求

- 任一插头通过标准适配器与标准插头的损耗

插入损耗 $\leq 0.35\text{dB}$ ；回波损耗 $>40\text{dB}$ 。

- 适配器或允许相对于两个标准插头的损耗

国家规范： $<0.2\text{dB}$ （单模）， $<0.1\text{dB}$ （多模）。

2.4.5 分纤箱

（1）光分纤箱/盒：主要用于室内、外光缆的集中成端、连接调度。分为室外型和室内型，可分为落地、架空和壁挂等安装方式。

（2）光缆接续盒：主要用于室内、外配线光缆与引入光缆的接续。分为室外型和室内型，可分为架空和壁挂等安装方式。

（3）MP0 光纤配线箱：可将 SC/ LC 的光纤配线集成于 1U 空间内的光纤模块配线箱。单个模块结构是将 12 芯的 MP0 连接器分歧成为 12 个单芯的光纤连接器，因此模块的前端是 12(24) 个单芯的光纤连接器插座，背部则是安装了一个或两个 MP0 连接器插座。模块内部则是经过工厂配接和测试合格，使用光纤引线将模块的前面板插座与背部的 MP0 插座完成内部的接续。

MP0 模块可以装入光纤配线箱中，并且可以选择 12 芯的 SC 连接器或 24 芯的 LC 连接器进行搭配应用。MP0 模块可以很方便的新增或取出更换。

对于大楼用户，配套设备应首选安装在建筑物内，新建楼宇采用壁龛式，旧楼改造可采用壁挂式设置在楼梯间、用户门口或原有组线箱内，当不具备条件时，次选室外安装。在室外安装时可选择落地式，也可引上至电杆或墙上以架空式、壁挂式安装。但不应安装在人（手）孔内或其它环境条件差等不利于施工和维护的场所。在旧楼内设置配套设备时应考虑配套设备的体积和安装位置。

2.5 系统性能指标

2.5.1 在设计 ODN 时，各光路光功率衰减必须在最小衰减与最大衰减之间，如，采用 Class B+ 标准模块时，光路衰减最小不能低于 13dB，最大不能高于 28dB。不同 PON 光模块发送/接收光功率一览如表 2.5.1 所示。

表 2.5.1-1PON 光模块发送/接收光功率一览

标准	设备	发射波长（nm）	发送光功 （dBm）	接收光功率 （dBm）	链路衰 减（dB）
----	----	----------	---------------	----------------	--------------

GPON (CLASS B+)	OLT	1480~1500	+1.5 ~ +5.0	-8 ~ -28	13~28
	ONT	1290~1330	+0.5 ~ +5.0	-8 ~ -27	
GPON (CLASS C+)	OLT	1480~1500	+3.0 ~ +7.0	-12~-32 开 FEC)	17~32
	ONT	1290~1330	+0.5 ~ +5.0	-8~-30(开 FEC)	
CLASS C++	OLT	1480~1500	+6.0~+10.0	-15~-35 开 FEC)	20~35
	ONT	1290~1330	+0.5 ~ +5.0	-8~-30(开 FEC)	
XGS-GPON (N1)	OLT	1575~1580	+2 ~ +5	-5 ~ -26	14~29
	XGS-PON ONT	1260~1280	+4 ~ +9	-9 ~ -28	
XGS-GPON (N2)	OLT	1575~1580	+4 ~ +7	-7 ~ -28	16~31
	XGS-PON ONT	1260~1280	+4 ~ +9	-9 ~ -28	
XGS-GPON (E1)	OLT	1575~1580	+6 ~ +9	-9 ~ -30	18~33
	XGS-PON ONT	1260~1280	+4 ~ +9	-9 ~ -28	

在设计 ODN 时，各光路光功率衰减必须在最小衰减与最大衰减之间，如，采用 Class B+标准模块时，光路衰减最小不能低于 13dB，最大不能高于 28dB。

2.5.2 ODN 链路损耗

ODN 链路损耗=光纤衰减 (db/km)+连接点衰减（熔接、冷接、活动连接、快速连接器）+光分路器衰减。

影响 ODN 光路衰减的因素有：

- 光纤距离拉长导致的衰减；
- 分光器分光后各输出端功率下降导致的损耗及分光过程损耗；
- 光路熔接、接续导致的功率衰减。

ODN 链路衰减典型值如表 2.5.2 所示。

表 2.5.2 ODN 链路衰减典型值

序号	分类	描述	典型衰减值
----	----	----	-------

	光纤 (G.652)	1310 nm optical cable (db/km) 上行	0.35
		1490 nm optical cable (db/km) 下行	0.25
		1550 nm optical cable (db/km) CATV	0.21
		1270 nm optical cable (db/km)	0.4
	连接点	热熔点	0.05
		适配器对接点	0.5
		预连接接头（单芯）	0.15
		MP0 连接器（多芯多通道插拔式连接器）	0.7
		FMC 接头	0.5
0	分光器	1:2 splitter	3.6
1		1:4 splitter	7.2
2		1:8 splitter	10
3		1:16 splitter	13.6
4		1:32 splitter	16.8
5		1:64 splitter	20.3

2.6 装设计

2.6.1 线缆敷设

（1）室外地下通信管道

1) 管孔填充率：光缆在各类管材中穿放时，光缆的外径宜不大于管孔内径的 90%。

2) 管道埋深

地下通信管道的埋深应根据场地条件、管材强度、外部荷载、土壤状况、与其它管道交叉、地下水位高低、冰冻层厚度等因素来确定。

在路经市政道路时埋深要求应符合现行国家标准《通信管道与通道工程设计规范》GB50373 的相关规定。

在园区内地理状况没有城市环境那样复杂与恶劣,管道最小埋深可以根据管道的敷设路由及场地状况适当放宽,但不宜低于下表 2.6.1-1 的规定。

表 2.6.1-1 管道最小埋深表 (单位 m)

类型	管顶至路面或铁道路基面的最小净距(m)			
	人行道下	车行道下	与电车轨道交越 (从轨道底部算起)	与铁道交越 (从轨道底部算起)
水泥管、塑料管	0.7	0.8	1.0	1.5
钢管	0.5	0.6	0.8	1.2

注: 1. 塑料管的最小埋深达不到表中要求时,应采用混凝土包封或钢管等保护措施。

2. 管道最小埋深是指管道的顶面至路面的距离。

地下通信管道与其他各种管线及建筑物间的最小净距应符合下表 2.6.1-2 的规定。

表 2.6.1-2 通信管道与其他地下管线及建筑物间的最小净距表

其他地下管线及建筑物名称		平行净距(m)	交叉净距(m)
已有建筑物		2.0	
规划建筑物红线		1.5	
给水管	$d \leq 300\text{mm}$	0.5	0.15
	$300\text{mm} < d \leq 500\text{mm}$	1.0	
	$d > 500\text{mm}$ 以上	1.5	
排水管		1.0 注 1	0.15 注 2
热力管		1.0	0.25
输油管道		10	0.5
燃气管	压力 $\leq 0.4\text{MPa}$	1.0	0.3 注 3

其他地下管线及建筑物名称		平行净距 (m)	交叉净距 (m)
	0.4Pa<压力≤1.6MPa	2.0	
电力电缆	35kV 以下	0.5	0.5 注 4
	35kV 及以上	2.0	
高压铁路基础边	35kV 及以上	2.5	-
通信电缆（或通信管道）		0.5	0.25
通信杆/照明杆		0.5	-
绿化	乔木	1.5	-
	灌木	1.0	-

注：①主干排水管后敷设时，其施工沟边与管道间的平行净距不宜小于 1.5m。

②当管道在排水管下部穿越时，交叉净距不宜小于 0.4m，通信管道应作包封处理，包封长度自排水管道两侧各加长 2m。

③在交越处 2m 范围内，燃气管不应有接合装置和附属设备；如不能避免时，管道应作包封处理。

④如电力电缆加保护管时，交叉净距可减至 0.15m。

3) 先行建设的建筑物应预埋引入管道，其管材宜采用钢管，预埋长度应伸出外墙 2m，预埋管应由建筑物向人孔方向倾斜，坡度不得小于 4‰，埋深应符合规定。引入钢管安装方式可采用国家建筑标准设计图集《地下通信线缆敷设》05X101-2 或《智能建筑弱电工程设计与施工(下册)》09X700。

(2) 人（手）孔位置选择

1) 人（手）孔位置应选择在管道分歧点、引上光缆汇接点和建筑物引入点等处。在交叉路口、道路坡度转折处宜设置人（手）孔。

2) 两人（手）孔间的距离不宜超过 150m。

3) 人（手）孔位置应与其他地下管线的检查井相互错开。其他地下管线不得在人（手）孔内穿过。

4) 交叉路口的人（手）孔位置宜选在人行道上。

5) 人(手)孔位置不应设置在建筑物的门口,也不应设置在规划的货物堆场。更不得设置在低洼积水地段。

6) 管道穿越电气化铁路或电车轨道时,在其两侧适当位置宜设置人(手)孔。

7) 人(手)孔的类型和规格

- 终期管群容量小于或等于 1 个标准 6 孔的管道、暗式缆沟、距离较长或拐弯较多的引上管道等,宜采用手孔。

- 终期管群容量大于 6 孔的管道,宜采用人孔。

8) 管孔分配

- 光缆或电缆布放在管孔中的位置,前后应保持一致。管孔的使用顺序宜先下后上,先两侧后中间。

- 1 个子管宜布放 1 条光缆。

- 地下管道内的光缆,应采用填充式光缆或干式阻水光缆,不得采用铠装光缆。

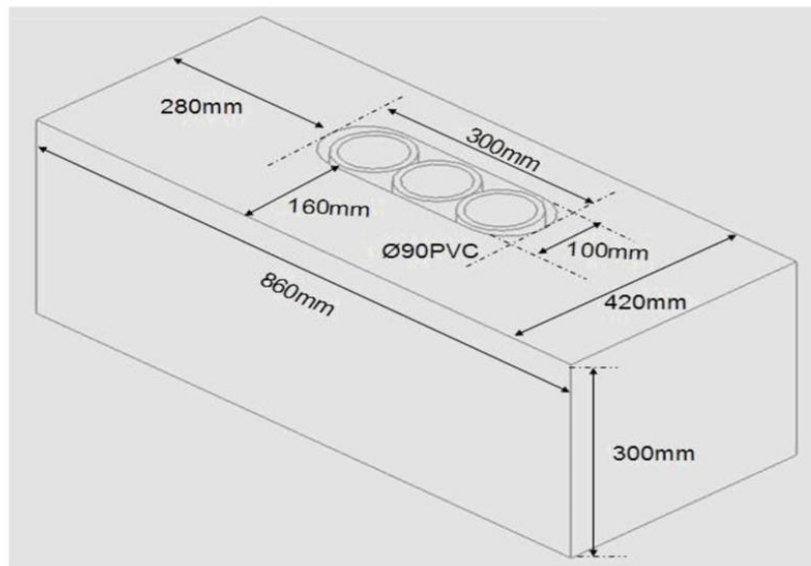
- 在管孔内不得有光缆接头。

- 光缆引入建筑物进线部位时,金属的构件要就近接地。不需要设置浪涌保护器(SPD)。

2.6.2 室外配线设备安装要求

室外配线设备安装主要为光缆交接箱的落地安装,应考虑引入交接箱管道管孔的数量和位置。

光缆交接箱安装的底座建议采用混凝土现浇底座(强度不低于 C20),并预埋 PVC 管,使用标号 32.5Mpa 及以上的水泥,底座高度 30cm 以上。底座的尺寸应大于箱体底座的尺寸。使用膨胀螺栓将箱体固定在混凝土底座上(配 M12 膨胀螺栓)。如图 2.6.2 所示。



注：混凝土底座尺寸应根据光缆交接箱尺寸计算，本图中底座尺寸仅为示意

图 3 光缆交接箱预埋 PVC 管管孔及尺径示意图

2.6.3 建筑内通信设施

建筑内通信设施由配线管网和室内配线设备组成。配线管网包括室外引入管、楼内弱电竖井、导管、梯架、托盘、槽盒等；室内配线设备应包括配线机柜、墙挂式或壁嵌式配线箱（分纤箱）、住户内、建筑单元内等公共区域设置的家居配线箱和信息配线箱等设备。涉及二次智能装饰阶段设施的户内和区域内管线及各类通信业务信息插座的设计内容应属于住宅建筑电气的设计范围。

（1）根据《低压配电设计规范》GB 50054 术语：

- 导管：用于绝缘导线或电缆可以从中穿入或更换的圆形断面的部件。
- 电缆槽盒：用于将绝缘导线、电缆、软电线完全包围起来且带有可移动盖子的底座组成的封闭外壳。
- 电缆托盘：带有连续底盘和侧边，没有盖子的电缆支撑物。
- 电缆梯架：带有牢固地固定在纵向主支撑组件上的一系列横向支撑构件的电缆支撑物。
- 电缆支架：仅有一端固定的、间隔安置的水平电缆支撑物。

（2）配线管网要求

1) 配线管网设计原则

通信管槽在建筑综合管路方案设计中是极为重要的内容,由建筑电气设计统一考虑,但应满足通信专业的工艺要求。预埋管槽与房屋建筑将成为一个整体,属于永久性设施,因此,它的使用年限应与建筑物的使用年限保持一致。当光纤到工作区总体方案确定后,对于需要预留管槽的位置和尺寸、孔洞的规格和数量以及其他特殊的工艺要求(如防火要求、与其他管线的间距等)资料应及早提供给建筑设计单位,以便在土建设计中一并考虑。

由于管槽系统设计具有涉及面广(包括建筑和其他管线系统)、技术要求高等特点,所以应加以重视。

2) 配线管网设计要点

配线管网是建筑内的基础管线设施之一,要求与建筑设计和施工同步进行。管槽是由引入管、引上管(包括线缆竖井和槽道等)、楼层管路(包括槽道和户内管)和联络管路等组成。它们的走向、路由、位置、管径和槽道的规格以及与进线间、设备间、电信间等处的引入,都要从整体和系统的角度来统一考虑。此外,对于建筑引入管路以及与公用通信网的地下管路衔接部位要做到互相配合协调,不应产生脱节和矛盾等现象。

- 在新建建筑中,缆线的敷设和设备安装方式,应采用暗敷管路槽道和设备箱体或盒体暗装方式,不宜采用明敷、明装。当建筑有弱电竖井时竖井内采用明敷方式。

- 在建筑通信设施改、扩建工程中,缆线应尽量采用原有管路进行敷设,以免影响建筑环境美观。只有在不得已的情况下,才允许采用明敷管槽。

(3) 暗配管

暗配线管网(简称暗配管)应由竖井、暗管、线槽、过路箱(盒)、信息插座底盒等组成。

1) 暗配管的设置

- 按建筑物的体型和规模确定一处或多处进线。
- 暗配管应与建筑物协调设计,合理布管和组网。
- 多层建筑物宜采用暗管敷设方式,高层建筑物宜采用竖井、桥架和暗管敷设相结合的方式。

2) 暗管管材和管径的选择

按照《综合布线系统工程设计规范》GB 50311-2016 的 7.5.8 条规定“建筑物内暗敷设时，应采用金属管、可弯曲金属电气导管等保护”，光缆竖井宜单独设置，上下贯通。如与强电竖井合设，管槽相互间应保持规定的间距。管槽路经每层楼板洞口空余部分应采用防火材料封堵。

- 竖向管外径宜为 50~100mm，槽规格宜为 50mm×50mm~400mm×150mm(宽×高)，入户管外径宜为 15~25mm。

- 埋设在墙体內的导管外径不应大于 50mm，埋设在楼板垫层內的导管外径不应大于 25mm。

3) 暗配线管网主要配线器材的选择

过路盒和信息插座出线盒的内部尺寸宜为 75mm×75mm×60mm(50、40)(长×宽×深)，出线盒内应采用嵌装式信息插座。

安装在电信间或设备间的配线设备宜采用标准机柜或壁挂的安装方式，暗配线管布置应与配线设备密切配合。

4) 暗管的敷设

- 暗管直线敷设长度超过 30m 时，暗管中间应加装过路盒。
- 暗管必须弯曲敷设时，其路由长度应小于 15m，且该段内不得有 S 弯。
- 连续弯曲超过两次时，应加装过路箱(盒)。
- 暗管的弯曲部位应尽量靠近管路端部，管路夹角不得小于 90 度。
- 暗管弯曲半径不得小于该管外径的 10 倍，引入线暗管弯曲半径不得小于该管外径的 6 倍。

- 在易受电磁干扰影响的场合，暗管应采用钢管并接地。
- 暗管必须空越沉降缝或伸缩缝时，应作伸缩或沉降处理。

5) 暗配管部件的安装高度应符合下列要求：

- 室外内壁龕和过路箱的安装高度，宜为底边离地 500-1000mm。
- 墙上信息插座底盒和过路盒的安装高度，宜为底边离地 300mm。

(4) 光缆及管线与其他管线的间距应符合表 2.6.3 的规定：

表 2.6.3 光缆管线敷设间距要求

其他管线	最小平行净距 (mm)	最小交叉净距 (mm)
避雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
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
220V 电力线路	150	50

注：采用钢管时，与电力线路允许交叉接近，钢管应接地

(5) 室内配线设备

模块类型与容量应按引入光缆的类型及光纤芯数配置。外部光缆引入入口设施配线模块之间，OLT 与用户侧配线模块之间应能通过跳纤互通。

当用户光缆小于 144 芯时，光配线设备可采用共用配线箱完成配线管理。

在公共场所安装的光纤配线箱为分纤箱时，壁嵌式箱体底边距地不宜小于 1.5m，墙挂式箱体底面距地不宜小于 1.8m。

2.6.4 用户光缆敷设

(1) 光缆敷设基本要求

1) 管槽利用率

穿放 4 芯以上光缆时，直线管的管径利用率应为 50%~60%，弯曲管的管径利用率应为 40%~50%。穿放 4 芯及 4 芯以下光缆或户内 4 对对绞电缆的导管截面利用率应为 25%~30%，槽盒内的截面利用率为 30%~50%。

2) 曲率半径设计要求如表 2.6.4-1 所示。

表 2.6.4-1 光缆曲率半径要求表

外护层型式/光缆类型		静态弯曲	动态弯曲
无外护层或04 型外护层、路面微槽 缆、水平布线、垂直布线光缆		10D	20D
53、54、33、34、63、64 型外护层		12.5D	25D
333、43 型外护层		15D	30D
接入网用室内外光缆		15D/15H 30D/30H	30D/30H
微型自承式通信用室外光缆		10D/10H (但不小于30mm)	20D/20H (但不小于60mm)
蝶形引入光缆、 管道入户光缆、 室内布线光缆	G. 652 光纤	10D/10H (但不小于30mm)	20D/20H (但不小于60mm)
	G. 657A 光纤	5D/5H (但不小于15mm)	10D/10H (但不小于30mm)
	G. 657B 光纤	5D/5H (但不小于10mm)	10D/10H (但不小于25mm)

注：D 为缆芯处圆形护套外径、H 为缆芯处扁形护套短轴的高度。

3) 光缆敷设预留长度

严格执行设计、施工、验收规范，严格控制成端和接续长度，为了降低线路衰减，延长接入距离，减少大量预留光缆的盘存空间，合理利用人孔、通道、电杆等的维护空间资源，光缆在光纤配线架、光缆交接点、分纤盒、接头盒等处成端或接续后剩余的光缆应尽量短，除必要外，光缆布放不作预留。

• 人孔手孔预留

人孔或手孔中光缆接续时，其预留长度应符合表 2.6.4-2 的规定。在设计中如有要求做特殊预留的长度，应按规定位置妥善放置（例如预留光缆是为将来引入新建的建筑）。

表 2.6.4-2 光缆人手孔预留长度

敷 设 方 式	人（手）孔内弯 曲增加长度	接续每侧 预留长度	设备每侧 预留长度	备注
------------	------------------	--------------	--------------	----

	管道	0.5~1.0m	10~20m	10~20m	管道或直埋光缆需引上架空时，其引上地面部分每处增加 6~8m
--	----	----------	--------	--------	-----------------------------------

- 架空预留

为适应和减少环境变化引起的光缆线路特性改变，架空光缆应在每根电杆上做“U”型预留（20cm）。

- 室内光缆预留长度

光缆在配线柜处预留长度为 3m~5m。

光缆在楼层配线箱处光纤预留长度为 1m~1.5m。

光缆在家居配线箱成端时预留长度不应小于 500mm。

光缆纤芯在用户侧配线模块不做成端时，应保留光缆施工预留长度。

（2）光纤接续与成端

在光纤配线网中，为了降低光纤链路的衰减与保障光纤连接点的完好，只考虑在设置了 OLT/ODF（光配线架）和光分路器的光配线模块可具有跳接管理的功能。考虑到对光纤网络的全程传输性能指标的影响，一般情况下在建筑物内设置的配线箱只作为对光纤进行熔接与盘留的空间。

1) 光纤网络中尽量减少光纤接头数量，接续方式以热熔接方式为主。

2) 需要对光纤配线架进行管理时，可采用光跳纤交叉连接方式，光分路器两侧采用的连接方式应根据设备要求确定。

3) 用户端或光缆终端处光纤插头宜采用尾纤热熔接方式。

4) 为降低线路衰减，减少障碍点，在光缆分支点也可采取掏接方式，只将需要的光纤引出，禁止将光缆全部切断后再接续。此方法不作推荐。

5) 热熔接衰减

- 单芯光纤接续，双向衰减平均值应小于 0.08dB。

- 带状光纤接续，每带双向衰减平均值小于 0.12dB，其中单芯最大值应小于 0.15dB。

6) 机械接续损耗

- 采用机械接续时单芯光纤双向平均衰减值应不大于 0.1dB，最大损耗应不大于 0.2dB。

- 现场制作的机械连接器，衰减值应不大于 0.5dB。

2.6.5 设备安装

设备安装要求：

(1) 设备安装其水平度和垂直度都必须符合生产厂家的规定，若厂家无规定时，要求机柜、箱与地面垂直，其前后左右的垂直偏差度均不应大于 3mm。

(2) 机柜、箱必须安装牢固可靠。在有抗震要求时，应根据设计规定或施工图中防震措施要求进行抗震加固。各种螺丝必须拧紧，无松动、缺少、损坏或锈蚀等缺陷，机柜更不应有摇晃现象。

(3) 箱体根据尺寸的大小可以采用螺栓固定在地面或墙上。

(4) 工作区设置的 ONT 安装方式可利用 86 底盒进行安装件的固定。

(5) 连接硬件和信息插座安装

接线模块和信息插座等都是重要的零部件，其安装质量的优劣直接影响连接质量的好坏，也必然决定传输信息的质量。因此，在安装施工中必须规范操作。

- 接线模块等连接硬件的型号、规格和数量，都必须与设备配套使用。根据用户需要配置，做到连接硬件正确安装，缆线连接区域划界分明，标志应完整、正确、齐全、清晰和醒目，以利维护管理。

- 接线模块等连接硬件要求安装牢固稳定，无松动现象，设备表面的面板应保持在一个水平面上，做到美观整齐。

- 缆线与接线模块相接时，根据工艺要求，按标准剥除缆线的外护套长度，如为屏蔽线缆时，应将屏蔽层 360° 连接妥当，不应中断。利用专用工具进行连接，应切除多余线头并清理干净，以免发生线路障碍而影响通信质量。

2.6.6 通信设施防护

(1) 电气防护

1) 当有金属构件的光缆或配线设备与高压电力线路、交流电气化铁道接触网平行,或与发电厂或变电站的地线网、高压电力线路杆塔的接地装置等强电设施接近时,应主要考虑强电设施在故障状态和工作状态时由电磁感应、地电位升高等因素在光(电)缆金属线对和构件上产生的危险影响。

2) 防护措施

在有干扰源存在的场合,应根据环境条件选用相应的光缆和配线设备,或采取防护措施。

- 在选择光电缆路由时,应与现有强电线路保持一定的隔距,当与之接近时应计算在光电缆或配线设备金属构件上产生的危险影响不应超过本规范规定的容许值。

- 光电缆线路与强电线路交越时,宜垂直通过;在困难情况下,其交越角度应不小于 45° 。

- 光缆接头处两侧金属构件不作电气连通,也不接地。

- 当上述措施无法满足安全要求时,可增加光缆绝缘外护层的介质强度、采用非金属加强芯或无金属构件的光缆。

- 在与强电线路平行地段进行光电缆施工或检修时,应将光电缆内的金属构件作临时接地。

(2) 防雷

- 年平均雷暴日数大于 20 的地区及有雷击历史的地段,光缆应采取防雷保护措施。

- 光缆内的金属构件,在进线间、电信间、设备间、交接箱处线路终端时必须做防雷接地。

- 光缆路由应尽量绕避雷暴危害严重地段的孤立大树、杆塔、高耸建筑、行道树、树林等易引雷目标。无法避开时,应采用消弧线、避雷针等措施对光缆线路进行保护。

当采用架空光缆时,应采用下列防雷保护措施。

- 光缆接头处两侧金属构件不做电气连通。

- 光缆金属构件应接防雷地线。

• 光缆架挂在明线线条的下方雷害严重地段，光缆可采用非金属加强芯或无金属构件的结构形式。

(3) 接地

1) 保护地线的接地电阻值，单独设置接地体时，不应大于 10 欧姆；若接地系统中存在两个不同的接地体时，其接地电位差不应大于 $1V_{r.m.s.}$ 。

2) 导通要求

• 金属配线柜、配线箱体都应采用适当截面的铜导线单独布线至接地体。

不 • 金属槽道或钢管敷设时，槽道或钢管应保持连续的连接，并在两端应有良好的接地。

3) 接地导线应选用绝缘铜导线，接地导线 $\leq 30m$ 时，截面为 $6 \sim 16m^2$ ；接地导线 $\leq 100m$ 时，截面为 $16 \sim 50m^2$ 。

4) 线缆从建筑物外进入时，光缆的金属构件或电缆的金属护套均应有良好的接地。

(4) 防火

根据建筑物的防火等级和对材料的耐火要求，尤其是高层建筑应选用相应等级的防火线缆。应执行《民用建筑电气设计规范》的相关规定。

2.7 安装工艺对土建要求（面积、环境、电源、接地要求）

设备间为具备安装通信设施配线设备、安装有源和无源光局域网设备条件的房屋。

园区或独立建筑物应设置一个设备间，设备间应满足无源光局域网系统的网络核心交换机、括路由器、服务器、存储设备、线路终端设备（OLT）、网络管理设备、配线设备、电源设备等设备的安全、稳定和可靠地运行，确保设备间中系统设备运营管理和数据信息的安全，提供管理人员健康适宜的工作环境。

2.7.1 设备间设置的位置要求

设备间设置的位置应根据设备的数量、规模、网络构成等因素综合考虑，应选用一个合适的位置建造一个独立的房屋作为设备间使用。其选址应符合下列要求。

(1) 设备间不应设置在卫生间、变电所、水泵房、锅炉房等电磁危害、易

漏水、易爆炸等危险场所的毗邻场所或上下方。

(2) 设备间应远离粉尘、油烟、有害气体以及存有腐蚀性、易燃物品的场所。

(3) 设备间宜设置在建筑物的地上一层及以上楼层。当条件不具备且地下室为多层时，可设置在地下一层。

(4) 宜靠近建筑物的线缆入口处、进线室和弱电间。

2.7.2 设备间的建筑与结构要求

(1) 设备间内的空间应满足 POL 系统、配线、网络及电源等设备的安装需要，其使用面积不宜小于 10 m²。需要配置用户工作室时，用户工作室的使用面积可按 4 m²/人~5 m²/人计算。还应符合以下要求。

1) 设备间内梁下净高不应小于 2.5m。

2) 设备间地面等效均布活荷载不应小于 8.0kN/ m²。

3) 当设备间铺设防静电活动地板时，地板高度不宜小于 250mm。活动地板下的地面和四壁装饰可采用水泥砂浆抹灰。地面材料应平整、耐磨。

4) 设备间应采用外开双扇防火门。房门净高不应小于 2.0m，净宽不应小于 1.5m。

5) 设备间需要设置防水门槛，或者设备间水泥地面标高高于所在区域地面不小于 100mm。

6) 设备间装修应采用不燃烧、不起灰、耐久的环保材料。

7) 设备间应防止有害气体侵入，并应有良好的防尘措施。

8) 设备间室内地面应具有防潮措施。

(2) 设备间应能同时满足多家电信业务经营者的光缆引入及其入口设施配线设备的安装，还应符合以下要求。

1) 机柜单排安装时，操作面净空不应小于 1000mm，后面及侧面净空不应小于 800mm。

2) 机柜面对面安装时，机柜正面之间的距离不宜小于 1.2m；机柜背对背安装，机柜背面之间的距离不宜小于 0.8m。

3) 用于搬运设备的通道净宽不应小于 1.5m。

2.7.3 设备间的环境要求

设备间应保证无源光局域网系统电子信息设备运行所需温度、湿度等环境要求。

设备间室内温度应保持在 $18^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应保持在 $35\%\sim 75\%$ 之间，并应有良好的通风。

2.7.4 设备间的电源及照明要求

(1) 电源要求

设备间的供配电系统应按照建筑物最高用电负荷等级要求设计。

1) 设备间内无源光局域网系统电子信息设备应由两回线路供电，实现末端自动切换。根据需要配备不间断电源 UPS。

2) 建筑物最高用电负荷等级为一回线路供电时，应采用不间断电源 UPS 作为备用电源。

3) 电源容量不应小于设备间内无源光局域网系统电子信息设备总计算负荷 1.5 倍。

4) 设备间无源光局域网系统电子信息设备的电源连接点应与其他设备的电源连接点严格区别，并应有明显标识。

(2) 照明要求

1) 设备间照明的照度标准值应按照 $300\text{lx}\sim 500\text{lx}$ 设计，一般显色指数不宜小于 80。

2) 照明光源宜采用高效节能荧光灯或 LED 灯。

3) 照明灯具不宜布置在设备的正上方，照明均匀度不应小于 0.7。

2.7.5 设备间的接地要求

1) 设备间应设置局部等电位接地端子板（箱）。

2) 设备间内机柜接地端子板应采用两根不等长度，且截面不小于 16mm^2 的绝缘铜导线接至就近的等电位联结端子板。

2.7.6 设备间进线

设备间室外引入管道设计应满足本建筑物及建筑群所在园区光缆引入管道管孔容量的需求和建筑结构外墙的防水要求。

2.7.7 电信间

电信间应设置应考虑 POL 系统架构组成,并根据 POL 系统配线和线缆交接要求,将电信间设置在建筑物的相关楼层。

(1) 共用电信间

全光网设备安装一般不提出独立的安装空间要求,设备可安装于与楼层弱电间内。此时,需要提出对房屋面积和安装工艺要求。

(2) 单独设置电信间时,空间应满足光分路器设备、配线设备和线缆交接设备的安装需要。还应符合以下要求。

1) 电信间内采用机柜安装时,使用面积不宜小于 4 m²。机柜前面净空不应小于 800mm,后面及机列侧面净空不应小于 600mm。当电信间内需设置其他通信设施和弱电系统设备箱柜时,应增加使用面积。

2) 电信间内采用墙挂式箱安装时,使用面积不宜小于 1.5m(宽)×0.8m(深),箱底边距地面高度宜为 1.0m~1.5m。

3) 各楼层电信间及竖向线缆管槽宜上下对齐。

4) 电信间应为安装、维修提供设置不少于 2 个单相交流 220V / 10A5 源插座盒,每个电源插座的配电线路均应装设保护器。

5) 当电信间安装 ONU 设备时,应设置专用电源为 ONU 设备供电。根据 ONU 设备所支持设备要求,确定 ONU 设备供电方式。

6) 电信间地面应高出本层地面不小于 100mm 或设置防水门槛。

7) 电信间应设置局部等电位联结端子板。

2.7.8 其他

(1) ONT/ONU 在工作区安装时,应该考虑设备的固定方式和电源供给方式。

(2) 设备间、电信间应采取进行防水措施。

(3) 设备间和电信间不应设置与安装设备无关的水、风管及配电缆线管槽。

(4) 设备间、电信间内穿墙及楼板孔洞处应采用防火材料封堵,并做防水处理。

2.8 施工要求

2.8.1 施工前检查

在对通信设施进行安装施工之前，首先要对土建工程，即建筑物的安装现场条件进行检查，在符合设计文件相应要求后，方可进行施工。

地下通信管道场地的施工条件、安全设施等，应符合当地市政、消防等部门的规定。通信设施设备的安装包括住宅建筑内、电信间、设备间在内的环境条件要适应全光网络通信设备、缆线和连接器件的安装要求外，如果与其他机房合建，还应满足终端设备、 计算机网络设备、电话交换机、传输设备及各种接入网设备等的安装要求。

通信设施对建筑、结构、采暖通风、供电、照明等工种及预埋管线等配合要求，一般由建筑专业人员承担设计，通信设施设计人员应该提出比较详细的安装环境要求，如室内的净高、地面荷载、缆线出入孔洞位置及大小、室内温湿度要求条件等。如果设备安装在旧房屋内，一般可以根据具体情况，在保证通信质量的前提下，适当降低对房屋改建的要求。

除此之外，房屋设计还应符合环保、消防、人防等规定。

2.8.2 光缆工程施工

光纤施工的人员，必须经过严格训练，遵守操作规程。未经严格训练的人员，严禁进行光缆配 线系统的操作，同时即使能熟练操作的施工人员也必须做到施工人员的个人防护措施，遵守操作程序和使用合适良好的工具。

（1）光缆施工特点及要求

1) 确定 A、B 端，敷设光缆的端别应方向一致，不得使端别排列混乱。

2) 合理配盘与光缆敷设顺序相结合，应充分利用光缆的盘长，以减少中间接头，不得任意切断光缆。

3) 在施工操作时不应超过各种类型光缆允许的拉力强度，同时在施工过程中和施工完毕后光缆弯曲处不应超过允许的最小的曲率半径，光缆敷设施工中，严禁光缆打小圈及弯折、扭曲，

4) 准上岗操作。光纤熔接机等贵重仪器和设备，应有专人负责使用、搬运和保管。

（2）光纤的接续和光连接器件的终接一般采用熔接的方式，因此，规范的使用熔接机即可保证施工的质量。

室外管道施工与光缆的敷设，机柜、配线箱体、配线模块等的安装本材料不做详尽的描述了，读者可以阅读其它的相应规定和操作资料。

3 工程测试

全光网络工程测试分为有源设备测试和传输线路测试。

3.1 有源设备测试

包括 POL 设备厂商提供的 OLT/ONU/ONT/网管设备的自检测试和接入业务网络的联通测试。由厂商提供测试报告文档。传输线路测试又包括光纤传输介质链路测试（光分路器至 ONU/ONT）光纤测试和传输线路信道端至端（OLT 至 ONU/ONT）的测试。

3.2 传输线路信道端至端（OLT 至 ONU/ONT）的测试

包括线路连通性测试、端到端全程光链路损耗测试、双向光回损（ORL）测试，传输线路测试又可以分为工程建设/验收阶段、开通阶段和维护阶段。

3.2.1 工程建设与验收阶段测试要点及要求

（1）安装施工阶段测试由施工单位人员负责，内容及要求如下：

- 1) 测量光纤、接头、连接器、光分路器等损耗大小；
- 2) 测试光纤 1310nm/1490nm/1550nm 三个传输波长上的损耗；
- 3) 测试单纤双向系统：如回损 (ORL)、损耗的双向测试一些链路特性。

（2）验收阶段测试由建设单位维护人员以及施工单位人员共同负责，需要测试的内容有：

- 1) 端到端传输线路（光纤链路）损耗大小；
- 2) 端到端光回损 (含 CATV 业务时需要)；
- 3) 链路长度和链路 OTDR 曲线。

（3）常用测试仪表或工具：光源和光功率计、PONOTDR、回损测试仪、可视化故障定位仪。

（4）端到端的全程光链路最大光链路损耗和最小光链路损耗应满足下表 3.2.1 规定。

表 3.2.1 全程光功率损耗

类型	GPON	GPON	10G GPON	10G GPON
----	------	------	----------	----------

	Class B+	Class C+	N1	N2a
最大光链路损耗	28 dB	31 dB	29 dB	31 dB
最小光链路损耗	13 dB	11 dB	14 dB	16 dB

ODN 最大损耗= Mean launched power MIN — Minimum sensitivity =28dB;

ODN 最小损耗=Mean launched power MAX— Minimum overload=13dB;

上、下行方向链路标准相同。

1) 应根据应用的不同系统采用相应的上行和下行波长测试 ODN 的衰减，测试结果应符合设计要求。

2) 当需要提供 CATV 业务时，下行方向需要增加测试 1550nm 波长的回波损耗，采用光回损测试仪进行测试，光纤链路回波损耗应大于 32dB。

(5) 测试方法

工程中对传输线路（光纤链路）测试常用的方法有三种：用光源和光功率计测试、利用 OLT 设备 PON 口和光功率计测试、用 PON 光时域反射仪 (OTDR) 测试。

1) 用光源和光功率计测试

• 采用光源和光功率计测试，可测试的项目有：光纤衰减、光纤链路全程衰减。测试下行和上行的连接方法如图 3.2.1-1、图 3.2.1-2 所示。

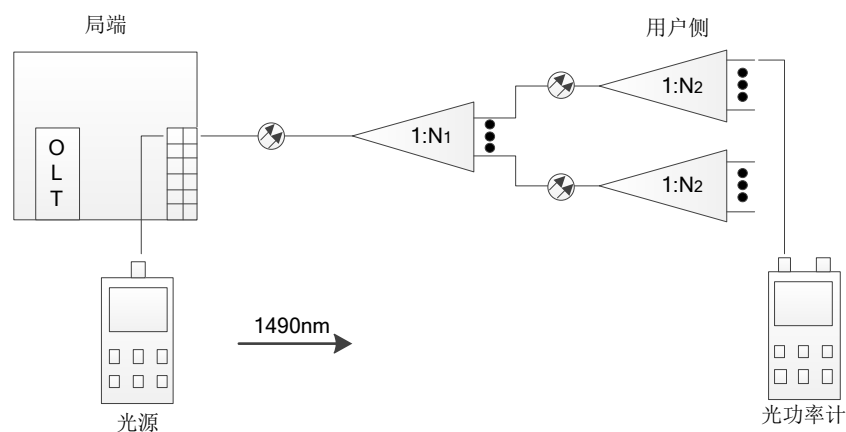


图 3.2.1-1 光源和光功率计测试下行示意图

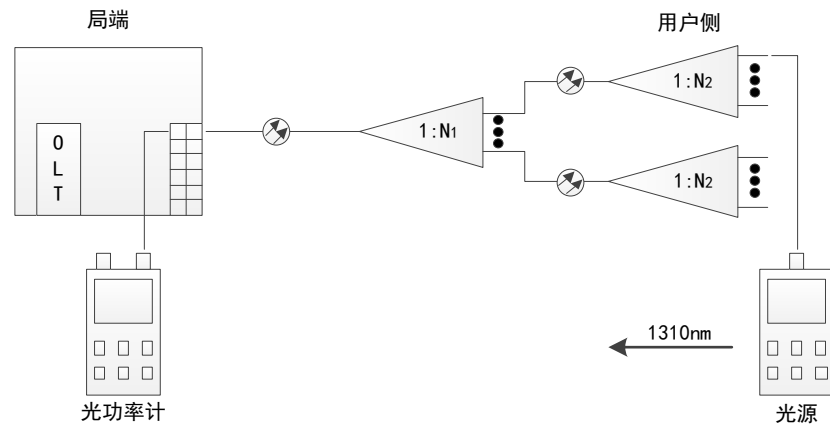


图 3.2.1-2 光源和光功率计测试上行示意图

- 将光源、光功率计用跳纤直连，测试光源输出光功率。光源、光功率计应重复连接三次，测试得到的三个值若相差大则需查找问题，若相差不大则取平均值作为光源输出光功率并记录。

- 测试时应注意方向性，即下行采用 1490nm 窗口，上行采用 1310nm 窗口。

- 将光源用跳纤连接到被测光路的一端，将光功率计连接到被测光路的另一端，测量值作为光路的接收光功率并记录。

- 将测试记录值，减去光源输出光功率值得到的结果，即为光纤链路全程衰减。光纤链路全程衰减值应不劣于设计中的光纤链路全程衰减核算指标，若超出指标范围则应逐段查找原因，直到修复正常为止。

2) 用 PON 口和光功率计测试

- 利用 OLT 设备 PON 口和光功率计测试，可测试的项目有：光纤衰减、光纤链路全程衰减。其连接方法如图 3.2.1-3 所示。

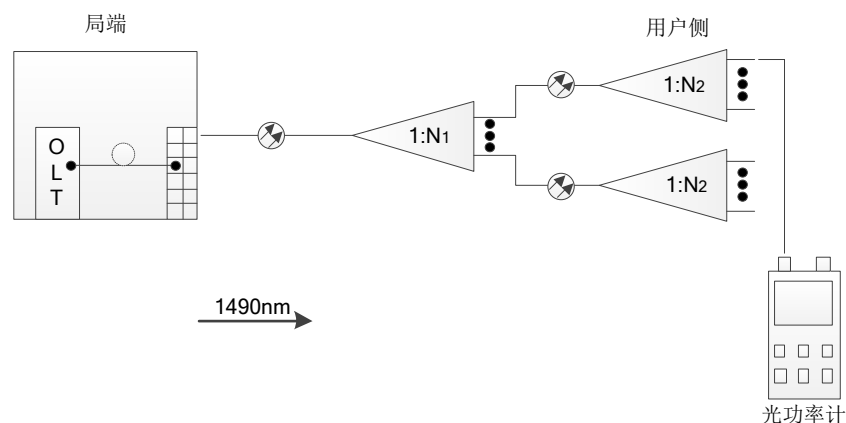


图 3. 2. 1-3 PON 口和光功率计测试示意图

- 用跳纤连接 OLT 的 PON 口和光功率计，测试 PON 口的输出光功率并记录。
- 用跳纤连接 OLT 的 PON 口和出局光缆，将光功率计连接到末级光分路器的出口，测量值作为光路的接收光功率并记录。
- 将测试记录值，减去 PON 口输出光功率值得到的结果，即为光纤链路全程衰减值。光纤链路全程衰减值应不劣于设计中的光纤链路全程衰减核算指标，若超出指标范围则应逐段查找原因，直到修复正常为止。

3) 用 PON 光时域反射仪测试

- 采用 PON 光时域反射仪测试，可测试的项目有：光纤衰减、回波损耗、光纤接头损耗、光纤链路全程衰减、光纤长度。其连接方法如图 3. 2. 1-4 所示。

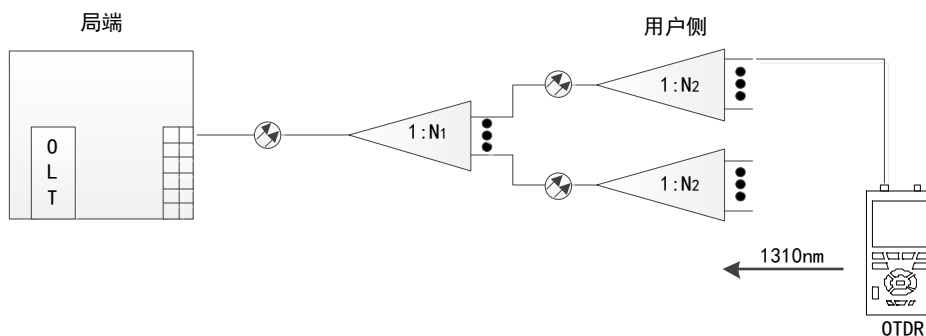


图 3. 2. 1-4 PON 光时域反射仪测试示意图

- 用跳纤将 OTDR 的发光口与被测光路连接。
- 在 OTDR 上选择 1310nm 测试窗口，并设置好测试折射率。
- 在 OTDR 上选择量程，为被测线路的 1.5 倍，根据量程选择合适的脉冲宽

度。

- 选择自动或手动进行测试形成图像，观察测试图像。如果曲线平滑，则将图像保存，作为竣工技术文件的资料；如有曲线异常则分析原因并及时进行故障的排除。

- 由局端选择 1490nm 测试窗口，重复第 2) 条和第 5) 条的操作步骤测试下行。

3.2.2 开通阶段测试要点及要求

(1) 开通阶段测试由业务开通人员负责，内容及要求如下：

1) 确认已安装的线路损耗是否在合格范围内、确认 ONT 的输出光功率是否正常；

2) ONT 必须接收到 OLT 方向的光后，才可以发出 1310nm 波长的光并开始正常工作，需要测试 CO 到 ONT 下行损耗大小、ONT 的上行损耗大小；

(2) 常用测试仪表和工具为 PON 光功率计。

3.2.3 运营维护阶段测试要点及要求

(1) 运营维护阶段测试由建设方维护人员负责，内容及要求如下：

1) 当 PON 网络在工作时，处理某一用户的故障应不影响其它用户的正常使用，使用常规的 OTDR 可能会对其它用户或 OLT 造成干扰，OTDR 本身也无法正常工作。维护用 OTDR 需要具有 1650nm 滤波器，可以对正在运行的 PON 网络进行在线测试，同时不影响对其它用户的正常服务；

2) 要求判断和定位故障时不中断其它用户的业务、要求查找故障时不中断正常工作业务。

(2) 常用测试仪表和工具为：带外 PONOTDR、光纤信号识别器、光纤端面检测器。

3.3 光纤传输介质链路测试（光分路器至 ONU/ONT）光纤测试

所指“光纤链路”只是体现 POL 的 OLT 至 ONU 全程光纤链路中的其中一段，即光分路器的光纤连接器通过光缆至工作区 ONU/ONT 之间的光纤连接器件的这一段光纤。

3.3.1 传输指标

不同波长的光信号在同一条光纤中传输的衰耗是不一样的,这不仅与光纤的类型有关,还与光纤的敷设路由、弯曲情况等有关。因此在目前技术条件下,光纤链路的全程衰减不大于0.4dB是指分别采用1310nm及1550nm波长进行测试的全程衰减值。

3.2.2 测试方法

光纤链路衰减指标宜采用插入损耗法进行测试,插入损耗法测试光纤链路衰减指标具体测试方法见下图3.2.2-1和图3.2.2-2。:



图 3.2.1-1 光纤链路衰减测试校准方式

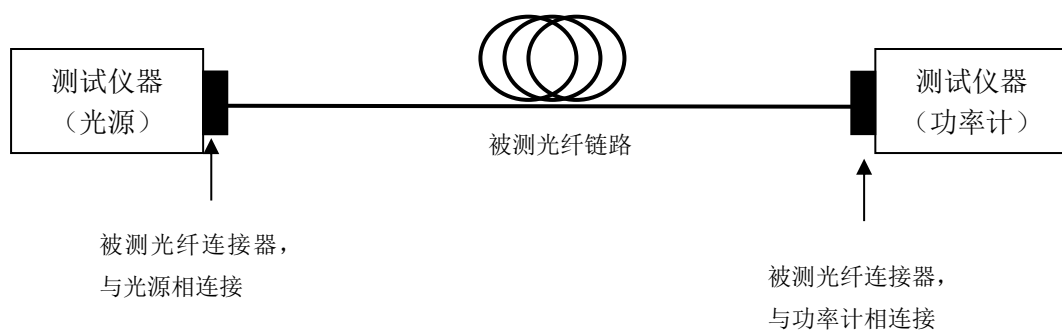


图 3.2.2-2 光纤链路衰减测试连接方式

为准确验证 PON 技术的单芯光纤、双向、波分复用的传输特性,工程检测中应对上述光链路的下行方向(用户接入点用户侧至家居配线箱方向)和上行方向

(家居配线箱至用户接入点用户侧方向)分别采用 1550nm 和 1310nm 波长进行衰减测试。

当指标不合格时,应首先通过光纤长度实测值是否超过 300m,判断衰减评判指标(0.4dB)是否适当,再进行其他原因分析。

因设计规范中提出的插入损耗(衰减)指标是不包含链路两端光适配器的,所以应注意仪表的校准方式,实际测试时应将被测链路的光接头直接与仪表接口相连,而不应通过适配器连接,否则可能因适配器带来0.5dB的附加出入损耗,造成测试结果超标。

3.3.2 传输指标要求

光纤链路长度不大于 300m 时, 光纤链路全程衰减不应超过 0.4dB (不含适配器)。光纤链路长度大于 300m 时, 光纤链路全程衰减限值可按下式计算:

$$\beta = \alpha_f \times L_{\max} + (N + 2) \times \alpha_j$$

式中: β ——用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路衰减(dB);

$L_{\max}$ ——用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路最大长度(km);

α_f ——光纤衰减常数(dB/km);

N ——用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路中熔接的接头数量;

2 ——光纤通道成端接头数,每端 1 个;

α_j ——光纤接头损耗系数,取 0.1dB/个。

不同波长的光信号在同一条光纤中传输的衰耗是不一样的,这不仅与光纤的类型有关,还与光纤的敷设路由、弯曲情况等有关。因此在目前技术条件下,用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路的全程衰减不大于 0.4dB 是指分别采用 1310nm 及 1550nm 波长进行测试的全程衰减值。

即: $L_{\max}$ (用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路长度)为 0.3km;

α_f (光纤衰减常数)为 0.36dB/km (1310nm 波长时 G.652D);

N (用户接入点用户侧配线设备至家居配线箱光纤链路中熔接接头数量)为 1

个；

α_j （光纤接头损耗系数）为 0.1dB/个（热熔接按 0.06 dB/个取定，冷接按 0.1 dB/个取定）。

则： $\beta = 0.36 \times 0.3 + (1+2) \times 0.1 = 0.408$ dB

该光纤链路的衰耗值控制在一定的范围内，可以为 POL 系统的端至端全程传输指标得到有效的保证。工程测试首先要进行光纤链路的测试，合格以后再完成全光网络整体系统的测试，这样有利于查找和判断故障的产生位置和原因。

4 工程验收

为 POL 系统工程验收

4.1 定义和依据

4.1.1 验收依据

验收通过是契约化交付的成功标志。

验收活动是履约方按照与客户预先规定的流程、方法及标准，为关闭合同而对交付成果进行确认的交付工作。

验收贯穿于从投标客户需求，合同谈判，项目交付，到合同关闭的全流程阶段，是启动合同付款的关键里程碑之一。

验收依据参照 ITU-T 建议、IETF 标准、国标和信息产业部的相关标准，并结合厂家设备的实际情况，由客户和安装、调试人员组成的验收小组对设备的验收测试过程。通过验收，使客户确认收到了满足其需要及规定指标的设备。

4.1.2 验收流程

验收一般有以下四个阶段：出厂验收、工程安装验收、工程初验、工程终验。

验收流程包括从生产调试到竣工证明的各个环节，具体流程如图 4.1.2 所示。

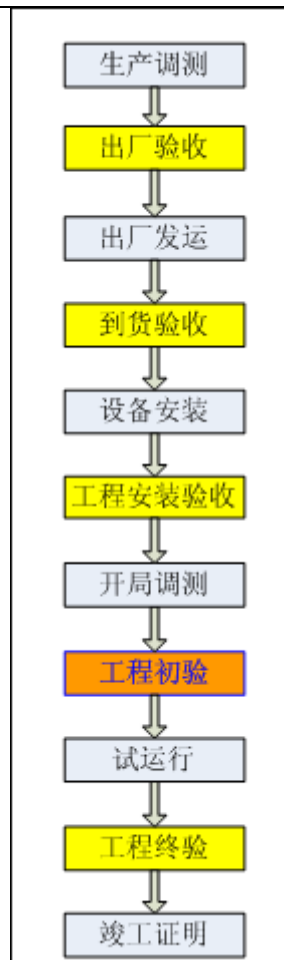


图 4.1.2 设备安装、调试、验收工作流程

(1) 出厂验收

出厂验收是为了满足个别客户的特殊需求而到设备生产现场进行的验收活动，以检验设备的功能与指标是否满足合同规定。出厂测试报告是华为技术有限公司根据质量保证体系要求对设备的各项功能与指标进行的严格测试后随货发运的设备质量证明文件。

(2) 到货验收

到货验收一般分为两个阶段：包装箱数量级核对验收和装箱单级核对验收。

1) 包装箱数量级核对验收

包装箱数量级核对验收是对发运到达的货物依据货运清单进行核对，并与合同 BOQ 进行核对，确认合同中所订购的设备和物料是否全部到达合同中确认的交

货地点。验货方式主要是核对最外层包装箱的数量是否与货运清单是否相符，必要时可以打开少量的包装箱检验物品是否与装箱单（Packing list）相符。验货完成后，客户与华为代表应签署到货通知单（Delivery Note）。

2) 核对验收

合同一般应规定根据到货通知单（Delivery Note）回收到货款，进行装箱单级核对验收。

装箱单级核对验收在货物运到安装现场进行的货物验收活动，也叫开箱验货。客户和华为代表根据装箱单（Packing list）对开箱后的设备和物料进行清点核对，确认无误后签署装箱单。如果存在欠货和损坏等情况，需签署开箱验货备忘录。此验收活动是随着工程进度逐渐展开的，直至最后一个站点的安装完成，因此禁止以开箱验货作为货款回收依据。

(3) 工程安装验收

工程安装验收是在设备安装结束后，针对安装后的机柜（盒）、外围终端、电缆布放、地线、电源以及硬件等进行检查验收，以保证工程安装质量达到设计要求。

工程安装验收签字表样例

序号	项目名称	标准与要求
1	机柜（盒）	(1) 机柜（盒）安装位置符合要求
		(2) 机柜（盒）安装稳固
		(3) 机柜（盒）排列整齐
		(4) 机柜（盒）标志齐全
		(5) 各紧固部分牢固无松动
		(6) 机柜（盒）外部漆饰完好
2	外围终端	(1) 网管终端安装位置符合要求
		(2) 配置齐全
		(3) 设备机柜排列整齐

工程初验是在设备开调	3	电缆布放	(1) 内部光纤的路由及绑扎工艺符合要求
			(2) 通信电缆的路由及绑扎工艺符合要求
			(3) 电源线、电缆排列整齐
	(4)	地线	(1) 地线连接方法符合标准
			(2) 地线路由及绑扎工艺符合要求
			(3) 设备保护地阻值小于 1 Ω
	5	电源	(1) 设备内部电源布线无接地现象
			(2) 电源线的路由及布放整齐
			(3) 直流电源线的接头符合要求
			(4) 直流馈电线的绝缘电阻值符合要求
	6	硬件检查	(1) 拔、插板无障碍
			(2) 插板固定器安全可靠
			(3) 告警装置符合要求
			(4) 装入程序，确认硬件无故障
	结论：		
	双方验收人签字		
检查日期			

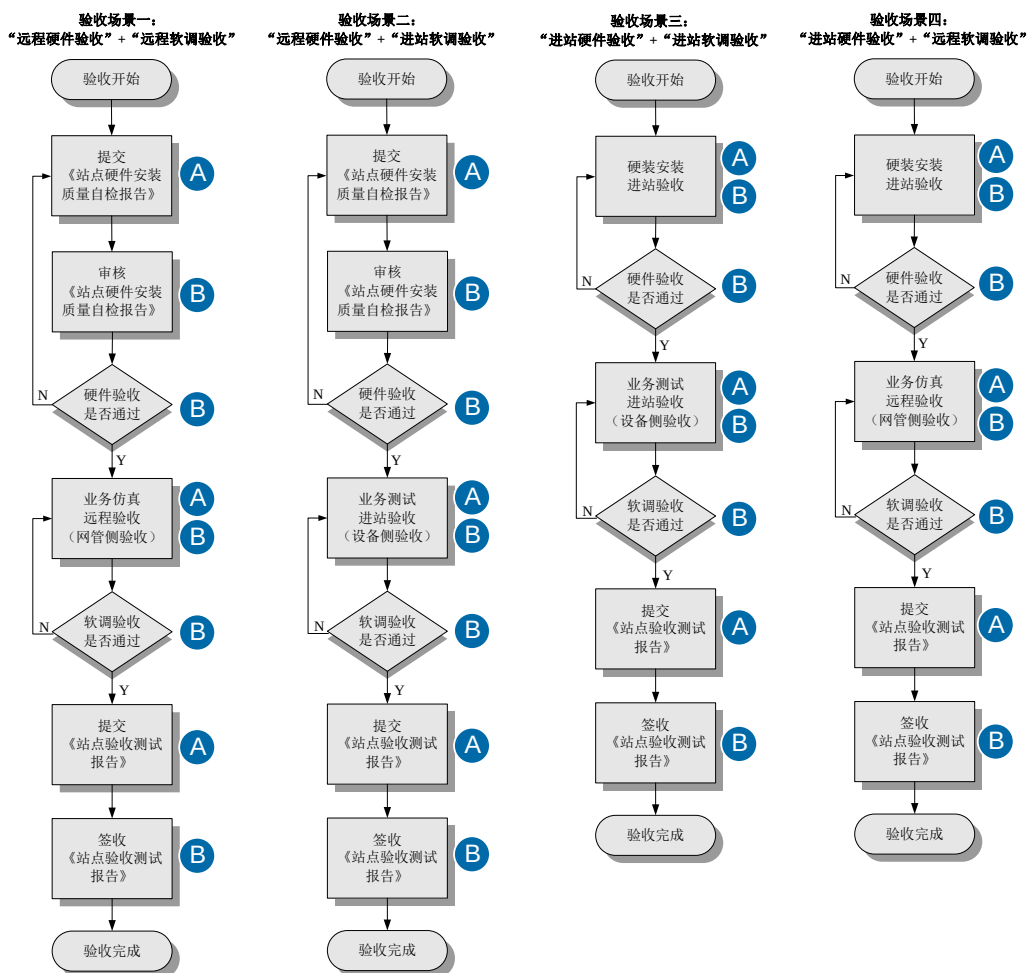
测结束后，认为可以交付客户使用时，在工程现场或者中心机房对设备和网络业务的基本功能与指标进行验收，以保证工程调测质量满足设备商用的要求。验收建议流程图如下。

验收场景建议：

- 1、在我司合作方交付能力良好的情况下，“验收场景一”为主推的验收方案。
- 2、在我司合作方交付能力较差的情况下，“验收场景二”和“验收场景三”为主推的验收方案。
- 3、考虑到路途成本和人力投入等因素，在项目验收时可按比例和客户合同约定验收场景。比如：30%的站点采用“验收场景三”验收；70%的站点采用“验收场景一”验收。

验收角色：

- A 华为/合作方
- B 运营商客户



试运行：网络设备实际运行的质量是检验设备最直接的标志，因此试运行期间所发生的硬件和软件故障都要有记录，以便考核网络设备的工作是否稳定可靠。试运行期一般为三个月。

(5) 工程终验

工程终验是在设备试运行三个月期间，检验工程初验阶段的遗留问题是否得到解决，检查试运行期是否有新的问题出现，如工程终验不合格，由双方商定重新确定试运行时限，并重新进行工程终验，终验合格后，填写终验报告，并发给工程竣工验收证书。工程终验后设备即可投入正式运营。

4.2 验收项目的分包说明

4.2.1 分包原则

基于网络产品特征，我们将验收测试项目分为 3 个包，分包原则及选包优先级如表 4.2.1 所示。

表 4.2 验收测试项目的分包说明

验收测试包类别	分包原则	选取原则的优先级	商务策略
基础包	用于保证设备及网络基本业务和功能的正常运行，只需远程验收，不使用仪表即可满足验收测试的项目。	保证基本业务和功能远程验收	包含在工程服务报价中
扩展包 A	用于保证设备及网络扩展、补充业务和功能的正常运行，可能需要进站验收，需简易仪表即可满足验收测试的项目。	保证扩展功能和补充业务简易仪表	用于现场操作来保障扩展功能和补充业务的测试，需要根据进站情况进行单独报价
扩展包 B	耗时、复杂测试项目、或者需要复杂或贵重仪表才能满足验收测试的项目，基于客户额外需求，可选择增加的项目，以深层次保证设备及网络基本业务和功能的正常运行。	保证扩展功能和补充业务复杂或贵重仪表	属于测试服务，需要根据工时和仪表需求情况进行单独报价

4.2.2 验收包使用原则

工程师在选取验收用例项目时，以保证验收快速通过且确保网络和业务基本可用为原则，优先选择基础包中的项目，项目尽可能的少。

在客户强烈要求增加基础包以外的项目时，可以引导客户认可华为的质量检验体系和售后服务保障，或者引导客户察看已有的厂验报告和准入测试报告来了解和覆盖这些项目，或建议客户自行测试验收这些额外要求的项目。

如果上面这些建议依然不能满足客户的要求，则可以从扩展包 A 和扩展包 B 中进行选择，项目尽可能的少，并建议客户承担这部分测试项的工时和仪表的验收成本。

如果客户坚持不同意承担额外项目的验收成本，在不得已的情况下，则可以视实际情况谨慎、酌情考虑免费赠送这些额外的验收项目。

参考本文档时充分理解测试验收的意义和方式以及各测试项的作用，依据高

效、高质完成项目交付的原则，参考本文档与客户充分沟通，制定出适用的测试验收标准。

4.2.3 客户验收手册的一线定制

一线定制时，可以使用工具快速定制或通过手工定制。并通过验收用例筛选工具进行快速定制

（1）前提条件：一线已经具备配套的验收用例筛选工具。

（2）功能简介：可以通过工具自动生成最终交付给客户的操作指引（统一排版后的验收项目）、客户签字表、仪表清单、验收工时清单，如果客户不同意，也可以通过工具进行反复快速微调，进行灵活的增删项目。

（3）定制方法

参考《验收用例筛选工具》在线帮助和工具说明书。

4.2.4 通过手工定制

（1）前提条件

一线不具备配套的验收用例筛选工具；或者手工选取验收测试项目非常简单，定制非常迅速，不存在瓶颈。

（2）定制方法

方法同以往传统的手工编辑方法，通过从验收包中挑选测试项目，进行手工拷贝粘贴到目标文档，然后进行重新编号和排版，制作相应的客户签字表、仪表清单、验收工时清单，客户签字表可以参考验收测试指南中的“测试项目及表格”部分。

（3）验收项目编号说明

为便于管理和检索，在各验收测试项添加了编号。编号方式如下。

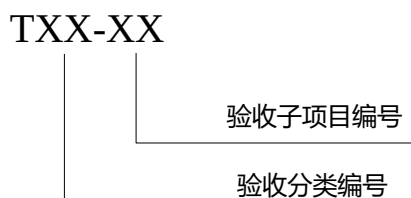
1) 编号方案说明：

如果用例较少，则采用四位编码模板即可；如果用例较多，需要分多级目录则可以采用六位编码，比如网管。同一本手册中，模板只能取一种，没有使用的模板要删除。

对一个产品的验收手册，其编码不能有重复，目前对编号的分段进行了基本划分：基础包：T01~T30；扩展包 A：T31~T60；扩展包 B：T61~T99。

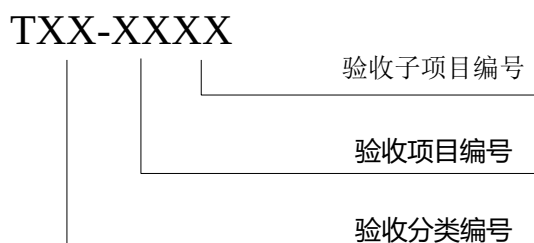
四位测试项目编号：T××-××

2) 编号含义如下：



六位测试项目编号：T××-××××

编号含义如下：



(4) 工程初验测试要求

工程初验应在安装工艺及设备外观检查合格、开局调测完成的基础上进行。工程初验的测试计划和内容应参照本手册的工程初验内容，在工程初验测试前，必须先提交初验申请报告。

如果在测试过程中有测试项目验收不通过，则视情况需要进行调试解决。对于最终工程初验结果需要和客户针对通过标准达成一致，并要求双方在验收项目的签字表中签字。

(5) 工程初验测试环境

工程初验一般情况下进行远程验收，需要根据选择的测试项目所需的仪器仪表情况和其他要求准备测试环境和预置条件，以确保顺利开展各个项目的验收。

(6) 工程初验测试注意事项

测试前应检查所需测试线是否齐备，接头种类与仪表的适用性及连接是否良

好。

预备光纤擦纤盒，在进行光接口特性测试时应随时注意接头的清洁，以保证测试数据的准确性。

测试时注意眼睛不要直视光发送接口，以免损伤眼睛。

在进行 24 小时误码测试时，应确保整个测试过程不受外界干扰（包括人为因素及电源情况等）。如有异常应能记录异常的确切时间或重新进行测试。

5 工程质量评判标准

5.1 光纤到户工程

5.1.1 POL 工程质量的评判标准，应符合下列要求：

（1）地下通信管道的管孔试通应符合现行国家标准《通信管道工程施工及验收规范》GB 50374 的有关规定，竣工验收需抽验时，抽样比例应由验收小组确定。

（2）光缆布线检测时，如果系统中有一条光纤链路无法修复，则判为不合格；

（3）工程安装质量应按 10%的比例抽查，符合设计要求时，被检项检查结果应为合格；被检项的合格率为 100%时，工程安装质量应判为合格。

（4）竣工验收需对光纤链路抽验时，抽样比例不应低于10%。全部检测或抽样检测的结果为合格时，光纤链路质量应判为合格。

5.1.2 光纤到户通信设施工程验收与移交

POL 通信设施作为园区和建筑物的基础设施之一，其重要地位及建设要求应与建筑的水、电、气等基础设施一致。为了保障建筑工程的整体质量，在工程建设前期，通信设施工程应与土建工程统一规划、设计，在施工、验收阶段则应做到同步实施，通信设施未经验收合格的建筑不得交付使用。

建议建设主管部门将通信设施工程的验收入入建筑项目验收统一管理；应由通信行业行政主管部门或质量技术监督部门认可的专业机构参与验收工作；相应的通信设施工程竣工技术资料与其他基础设施资料一并移交给工程使用单位进行存档，以便今后开通通信业务时查阅。电信业务经营者接入园区或建筑开通电信业务前应对其通信设施工程的验收合格情况进行查验，并按照前期工程技术资

料实施建设，以确保满足用户的通信质量要求。

附录A 工程案例

A.1 工程案例（园区）

A.1.1 概况

某个园区采用无源光局域网建网，具体的建网情况如下：

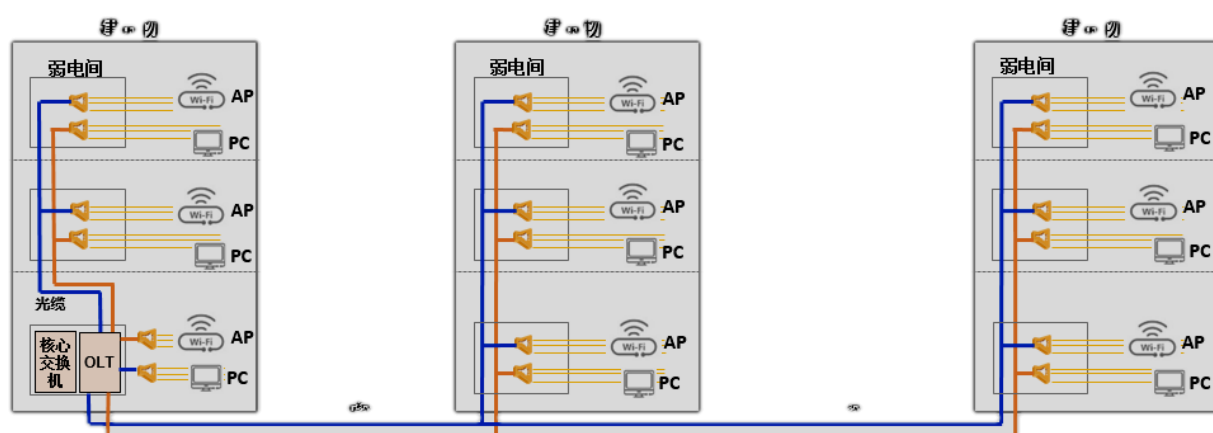


图 A. 1-1 园区无源光局域网

该园区包含 3 栋建筑物，每栋建筑物为 3 层，每个楼层包含 200 台 PC，48 台 AP，客户希望 PC 和 AP 采用单独的 ODN 建网；

客户希望每台 PC 至少保证下行 60Mbps 的带宽，考虑安装方便，希望采用 4GE 端口的 ONU 进行部署，希望采用 GPON 技术承载；客户希望每台 AP 至少保证下行 300Mbps 的带宽，希望采用 4GE 端口的 ONU 进行部署，希望采用 10G GPON（XGS-PON）技术承载；

A. 1. 2 设备配置

（1）GPON 分光比计算

$2.5\text{Gbps (GPON 下行带宽)} \div 60\text{Mbps (每台 PC 最小带宽)} \div 4 \text{ (每台 ONU 4 个端口)} \approx 10 \text{ 个 ONU}$ ；考虑带宽预留，推荐采用分光比为 8；

（2）10G GPON 分光比计算

$10\text{Gbps (XGS-PON 下行带宽)} \div 300\text{Mbps (AP 下行最小带宽)} \div 4 \text{ (每台 ONU 4 个端口)}$

个端口) ≈ 8 个 ONU; 所以推荐采用分光比为 8;

(3) OLT PON 端口数量计算

- 每层楼需要 GPON 端口数=200 台 PC $\div 4$ (每 ONU 端口数) $\div 8$ (分光比) ≈ 7 个 GPON 端口;

- 整个园区需要的 GPON 端口数=7 (每层楼 GPON 端口数) $\times 3$ (每栋建筑物楼层数) $\times 3$ (建筑物数)=63 个 GPON 端口;

- 每层楼需要的 XGS-PON 端口数=48 台 AP $\div 4$ (每 ONU 端口数) $\div 8$ (分光比) ≈ 2 个 XGS-PON 端口;

- 整个园区需要的 XGS-PON 端口数=2 (每层楼 GPON 端口数) $\times 3$ (每栋建筑物楼层数) $\times 3$ (建筑物数)=18 个 GPON 端口;

A. 1. 2 总结

园区采用华为 EA5800 OLT 来建设, 故每台 EA5800 OLT 只需配置 4 块 16 端口的 GPON 单板和 2 块 16 端口的 XGS-PON 单板; 所以 OLT 选择中等容量的 EA5800-X7 设备; 考虑到 Type B 双归属保护, 需要配置 2 台 EA5800-X7。

由于 OLT 的数量不多, 所以将 OLT EA5800-X7 和核心交换机一起集中放置在建筑物 1 的设备间;

光分路器采用 2:8 的光分路器, 光分路器放置在楼层弱电间; 接 PC 的 ONU 设备和接 AP 的 ONU 设备采用不同的 ODN。

附录 B 设计文件组成和格式

系统工程的设计文件由项目建议书、可行性研究报告、初步设计、施工图设计等文件组成, 一般由具有设计资质的设计企业完成, 设计文件可以归属于建筑电气专业或弱电专业或通信专业。全光网络系统和其它各弱电系统一样, 在招标投标工作完成以后, 由中标单位完成深化设计。因此, 在各个设计阶段应根据用户需求和工程的设施情况制定设计大纲, 以指导设计文件的编制, 同时也可以作为招标投标书中技术方案文件编制使用。

设计文本组成目录:

一、概述

1、工程综述

- 1) 工程情况介绍
- 2) 工程的设计目标
- 3) 设计范围
- 4) 工程界面
- 5) 工程规模
- 6) 工程总投资情况

2、工程设计依据

- 1) 项目建议书或可行性研究报告批文
 - 2) 建设批文及来往文件
 - 3) 设计依据标准
- ## 3、工程建设需要说明的问题

二、系统方案设计

1、光缆布线系统工程综述

- 1) 既有布线系统概述（根据工程情况）
- 2) 用户基本需求分析
- 3) 光纤布线系统规划与架构
- 4) 光纤到用户单元系统设计

2、机房部分布线系统设计

- 1) 网络架构
- 2) 网络布线设计
- 3) 机房布线与楼宇布线互通设计
- 4) 机房布线与电信业务经营者互通设计

3、有源设备方案设计

- 1) ONU 设置位置
- 2) OLT 设置位置
- 3) 光分路器设置位置
- 4) 入口设施设置位置

5) POL 组网架构设计

6) 信息流量分析

4、设备配置

1) 工作区与光终端设备 (ONU) 确定

2) 用户光缆配置

3) 光分纤箱配置

4) 光分路器配置

5) 光配线模块配置

6) 光跳线配置

7) 跳线配置

8) 入口设施线缆及配线模块配置

9) ONU 配置

10) OLT 配置

11) 机房部分布线系统工程设备配置

三、产品选用

1、线缆 (光缆)

2、连接器件 (光)

2、配线模块 (光)

3、跳线 (光)

4、机柜

5、标签设计

四、安装设计

1、安装场地工艺对土建要求设计

1) 进线间设计

2) 电信间 (或竖井、弱电间) 设计

3) 设备间设计

4) 机房设计

2、机柜安装

3、配线模块安装

4、管槽设计

1) 路由设计（水平与垂直主干）

2) 导管与桥架安装设计

3) 间距要求

4) 接地设计

五、工程建设进度安排

六、系统检测和验收

1、系统测试

1) 测试模型

2) 测试仪器种类及选择

3) 测试标准及指标参数

七、系统验收

1、验收文档要求

2、智能配线系统软件验收

八、工程概（预）算

1 工程概（预）算说明

2、依据的工程概（预）算定额（建筑电气弱电、通信行业或地方工程概（预）算定额及法规）

3、工程概（预）算定额预费率取定与计算方法说明

4、概（预）算表格编制

5、工程技术经济指标分析

九、图纸

1 图形及文字符号说明

2 系统图

3 机房平面布置及工艺要求图

4 进线间、电信间（弱电间）设备间、竖井平面布置及工艺要求图

5 管线路由图

6 管线局部剖面图

本格式主要为工程初步设计的内容，方案设计、施工图设计、一阶段设计、深化设计文本的格式可以参照使用。

（全文完）