

建筑施工中 FTTH 光纤入户布线工艺与质量控制研究

文 / 沈 威 盐城市大丰区广电网络有限公司

摘要: 本文针对建筑施工中 FTTH 光纤入户布线工艺与质量控制进行了系统研究。分析了 FTTH 网络构成、光纤链路设计及光功率控制方法,总结了光缆敷设、箱体与分光器安装及光缆接头处理工艺。结合施工组织与流程管理,提出了施工质量控制、光链路检测及安全管理措施。研究表明,科学布线、合理箱体布局及精确光功率控制可显著提高网络稳定性,为 FTTH 光纤入户工程提供可靠保障。

关键词: FTTH; 光纤入户; 布线工艺; 建筑施工; 质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.021

引言

随着宽带网络的发展,FTTH 光纤入户技术在住宅、商业及农村建筑中得到广泛应用。建筑施工中光纤布线涉及架空、管道和室内多种敷设方式,其施工质量直接影响网络性能与用户体验。本文以 FTTH 网络结构、布线工艺及施工管理为研究对象,结合光链路设计及光功率控制,分析施工过程中的关键质量控制点,为建筑施工中 FTTH 光纤入户提供了规范化施工方法与技术保障。

一、FTTH 光纤入户技术概述

(一) FTTH 网络构成

FTTH (Fiber to the Home) 网络由接入机房、光缆交接箱、分纤箱及用户终端构成,实现从核心网络到家庭用户的光纤直达覆盖。网络采用双纤三波技术,其中 1550nm 系统承载广播电视业务,EPON 系统承载双向 IP 业务,两种系统使用物理独立纤芯进行传输,保证信号稳定可靠。接入网整体架构为树状多层次结构,光缆从接入机房下联至片区光缆交接箱,再到分纤箱,最终引入用户端。光分路器采用二级分光,第一级 1:16,第二级 1:4 或 1:16,分光比和纤芯配置合理布置,以满足用户端覆盖需求和系统扩容灵活性。

(二) FTTH 在建筑施工中的应用

在建筑施工中,FTTH 光纤入户布线主要通过架空线路、管道敷设及室内布线完成。布线设计需考虑用户分布密度、光缆长度及管道资源限制,确保光缆敷设路径最短、信号损耗最小。分纤箱至用户端距离通常控制在 220 米以内,分纤箱覆盖用户数不超过 20 户,片区光缆交接箱下联分纤箱不超过 64 个。布线过程中需兼顾施工安全、线路美观及后期维护便利性,同时遵循双纤三波技术要求,实现 1550nm 系统和 EPON 系统物理独立传输,提高系统稳定性和施工可操作性。

(三) 光纤链路设计与光功率控制

光纤链路设计需综合光缆衰减、光分路器插入损耗、连接器及活接头损耗及系统余量,确保用户端光接收模块输入功率满足要求。EPON 系统 1000BASE-PX20+ 模块允许最大插入损耗 28dB,设计总衰减为 27.5dB;1550nm 系统允许最大插入损耗 34dB,设计总衰减为

32.675dB。链路损耗计算包括光缆衰减(0.4dB/km 或 0.25dB/km)、一级及二级光分路器插入损耗、活接头损耗及连接附加损耗,确保光链路在最坏条件下仍能满足信号传输要求,为光纤入户施工提供科学依据和可靠性保障。

二、建筑施工中 FTTH 布线工艺

(一) 光缆敷设工艺

光缆敷设是 FTTH 入户布线施工的核心环节,包括架空敷设、管道敷设和室内布线。架空敷设通常沿既有钢绞线进行,需安装拉攀固定和过电保护,保证光缆安全稳定。施工过程中严格控制光缆弯曲半径,最小弯曲半径不小于光缆外径 15 倍,施工时保持不小于外径 20 倍,并可采用绕“8”字圈方式布放余量,盘绕内径不得小于 2 米,以防止光缆折损或压扁。管道敷设时,应确保光缆在管道内平滑布放,防止摩擦和护套损伤,同时合理利用管道资源,避免与建筑内其他管线交叉干扰。

室内光缆布线应从分纤箱或光交箱引入用户终端,保证线路最短、弯曲半径合规,沿管道或线槽隐蔽布放,既美观又便于维护。施工过程中需合理分配纤芯数量,预留余量以满足未来扩容或拆改需求,并注意施工记录和线路标识,保证光缆链路完整性。整个光缆敷设环节必须严格遵守施工规范和技术标准,以确保 FTTH 网络能够稳定支持双向业务和高带宽传输。

(二) 箱体与分光器安装工艺

光缆交接箱和分纤箱是 FTTH 网络的重要节点,其选址和布置直接影响网络覆盖和施工效率。片区光缆交接箱应位于服务区域中心,覆盖用户规模均衡,同时干线光缆交接箱需考虑与其他干线构建保护环的可能性。分纤箱一般覆盖用户不超过 20 户,安装位置应便于线路引出、施工和维护,箱体规格应满足远期扩容需求,如片区光交箱选择 144D,分纤箱选择 32D,确保光纤端口容量充足。施工过程中需核实箱体规格、用户数量及分光比设计,确保布线合理。

光分路器安装需按照设计分光比进行,EPON 系统一级 1:16、二级 1:4 或 1:16,1550nm 系统一级 1:16、二级 1:16,安装时应固定在交接箱或分纤箱内,避免机械

应力对光纤造成损伤。光分路器安装完成后，应进行光功率和链路衰减测试，确保分光比和信号传输性能符合设计标准。箱体及分光器施工过程中还需注意防水、防尘和安全防护，施工前复核布线路径和管道资源，施工后形成完整施工记录，为后期维护和故障排查提供依据。

（三）光缆连接与接头处理工艺

光缆连接与接头处理是保证 FTTH 链路质量的关键环节，施工中主要采用熔接或机械端接方式。活接头损耗需控制在设计范围内，通常每个接头约 0.5dB，应尽量减少不必要的接头数量。熔接施工需高精度对齐纤芯，保证插入损耗和回波损耗符合标准，光纤端面应整齐光滑，避免信号衰减。室内布线时，从分纤箱引入用户终端的光缆应合理分配纤芯，使用 2 芯光缆满足家庭用户需求，同时预留光缆余量应对未来扩容或拆改。

接头处理完成后应进行光链路测试，包括光功率、衰减及连接完整性检测，确保光信号达到设计要求。施工过程中需严格遵循施工规范，核实现场布线路径和光缆长度，接口处标识清晰，施工记录完整。通过科学管理和规范施工，可有效提高 FTTH 光纤入户链路的稳定性和传输质量，为双向业务提供可靠支撑，保障网络长期可靠运行。

（四）施工组织与流程管理

施工组织与流程管理是保证 FTTH 光纤入户施工顺利进行的基础。工程前期应完成现场勘察和复测，确认架空线路、管道布线及箱体位置可行，核对光缆长度、光分路器数量及纤芯分配方案。施工队伍需明确分工，按照工序顺序实施光缆敷设、箱体安装、光分路器配置和接头处理，保证各环节衔接顺畅，减少返工和施工风险。

红线外施工及管道开挖需严格按照许可管理进行，施工单位应申请掘路执照及管线许可，遵守城市管理和安全规范。施工现场应实行文明施工和环境管理，保障交通秩序和周边环境安全。通过工序复核、变更审批及施工记录管理，可保证施工质量可控、链路性能达标，同时为后期运维、故障排查和网络扩容提供完整的施工档案，确保 FTTH 网络建设安全、高效、稳定。

三、FTTH 施工质量控制与管理

（一）质量控制原则

FTTH 光纤入户施工质量控制应严格遵循国家标准及《江苏有线 FTTH 工程设计规范》，涵盖光缆敷设、箱体安装、光分路器配置及接头处理等关键工序。施工中需重点控制光缆弯曲半径、接头损耗、分光比及用户端光功率，保证光链路衰减在设计范围内，并做好施工记录与档案管理，为运维提供依据。施工前应完成现场勘察与复测，合理安排施工顺序和队伍分工，确保每个分纤箱覆盖用户数、光缆余量及弯曲半径符合规范，避免扩容或维护时衰减超标和返工风险，保障 FTTH 网络长期稳定运行。

（二）光链路及设备质量检测

光链路及设备质量检测是确保 FTTH 网络性能的重要环节。施工完成后，应对光纤链路进行光功率测试、衰减检测和连接完整性验证。EPON 系统和 1550nm 系统的链路衰减需核算光缆、光分路器、光活动连接器及系统余量，确保总衰减不超过光模块最大允许插入损耗。通过精确测量，可以判断施工质量是否满足设计要求，及时发现潜在缺陷或损伤，确保光信号稳定传输。

OLT 与 ONU 设备接口及分光比的校验也是质量检测的重点。施工过程中，每级光分路器应按设计比例安装并检测插入损耗，保证光功率平衡并满足用户端输入要求。同时需进行接口连通性检测，验证光纤端口连接正确，系统信号无误。通过全链路测试和设备校验，可确保 FTTH 网络实现设计目标，为后续双向业务和高带宽应用提供可靠保障。

（三）施工安全与环境管理

FTTH 光纤入户施工涉及架空线路、管道开挖及箱体安装，施工安全和环境管理至关重要。在架空光缆敷设过程中，需检查钢绞线、拉攀及过电保护设施，确保光缆固定稳固，防止意外断裂或电击风险。同时施工现场必须执行安全防护措施，如佩戴安全帽、设置警示标志，并对施工人员进行安全培训，以降低事故发生概率。

施工现场文明施工、交通及环境保护也需同步管理。红线外开挖需申请掘路执照和管线许可，遵守城市管理规范，避免影响交通和居民生活。施工过程中，应保持现场清洁有序，减少对环境的破坏，施工结束后清理残留材料，形成文明、安全、绿色施工的整体环境，为 FTTH 网络建设提供有序、高效的施工条件。

（四）施工过程管理

施工过程管理是保证 FTTH 工程质量可控的关键。施工前应完成现场复测，核实架空线路、管道布线及箱体位置，确保施工方案可行。施工过程中应严格按照工序顺序进行，每一道工序完成后需复核，并对变更进行审批，保证施工符合设计要求。施工记录需完整、准确，包括光缆长度、分纤箱位置、光分路器分光比及接头信息，为质量追溯提供依据。

施工过程管理还包括施工档案和验收管理。施工完成后，应整理完整的施工记录和光链路检测数据，形成工程档案，便于后期运维和故障排查。验收应按设计规范和光功率要求进行，确保 FTTH 光纤入户网络性能符合标准。通过科学管理和规范施工，可实现工程质量可控、链路稳定可靠，为建筑施工中 FTTH 网络的长期运行提供保障。

四、刘庄村新桥村 FTTH 农网改造工程案例分析

（一）工程概况

刘庄村新桥村 FTTH 农网改造工程位于大丰辖区内，共覆盖用户 1070 户，其中已装用户 753 户，未装

用户 317 户。工程总投资为 565381.87 元，其中施工费 163870.69 元，材料费 379765.72 元，预备费 21745.46 元。建设规模包括安装 288 芯光缆交接箱 2 个、新增 1:16 光分路器 12 个，架设光缆总长度约 42800 米，分别为 6B/21000m、12B/10100m、24B/6800m、36B/2800m、48B/3600m。分纤箱设置方面，安装 16B 分纤箱 19 台，32B 分纤箱 64 台。工程采用双纤三波 FTTH 技术(如图 1)，光缆交接箱与分纤箱按照用户分布合理布置，确保每个分纤箱覆盖不超过 20 户，片区光缆交接箱下联分纤箱数量不超过 64 个，为后续双向 IP 业务和广播电视业务提供可靠的网络基础设施。

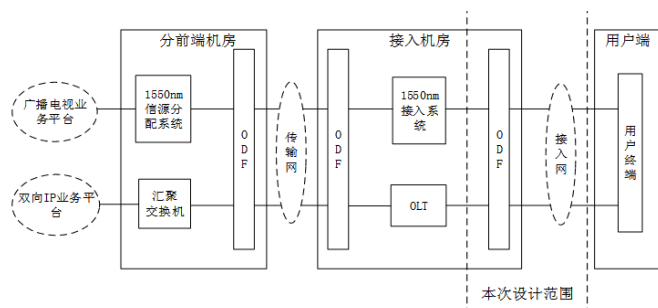


图 1: 设计示意图 (双纤三波)

(二) 布线施工工艺分析

本工程布线施工采用架空和管道敷设相结合的方法(如图 1)，架空线路沿道路和村庄干道进行敷设，管道敷设用于穿越道路和重点保护区域，确保光缆安全、顺畅。光缆弯曲半径严格控制在光缆外径的 15 倍以上，施工过程中避免压扁、折角及外护套损伤，同时采用绕“8”字圈方式敷设光缆以便施工和余量管理。光分路器安装按照一级 1:16、二级 1:4 的分光比例布置在光缆交接箱和分纤箱内，纤芯配置遵循接入机房至分纤箱 12D、分纤箱至用户端 2D 的原则，保证每条链路光功率平衡(如图 2)。分纤箱选址以覆盖用户均匀、施工便利和安全为原则，箱体布局兼顾未来扩容，施工组织安排合理，确保工程进度和施工质量的同步提升。

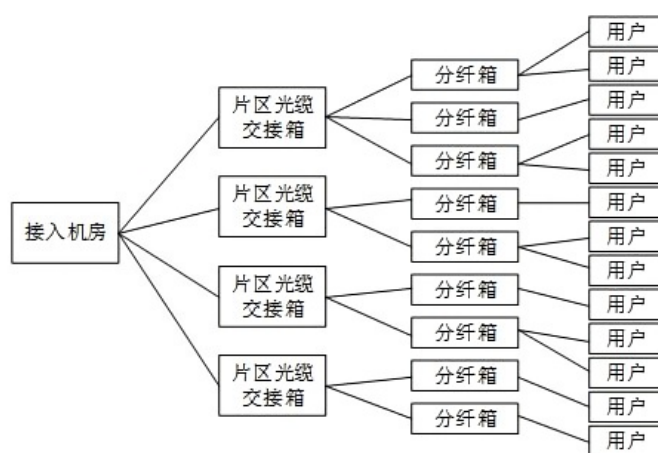


图 2: 接入网整体原则构架

(三) 光功率计算及检测结果

光链路设计采用最坏值法，综合考虑光缆衰减、光分路器插入损耗、活接头损耗及维护余量。EPON 系统光纤总衰减 27.5dB，低于 1000BASE-PX20+ 模块最大允许插入损耗 28dB，1550nm 系统总衰减 32.675dB，低于光模块允许最大插入损耗 34dB，均符合设计要求。施工完成后通过光功率测试及衰减检测，确认用户端接收光功率在 -14dBm 以上，EPON 通道损耗在 10-28dB 之间，链路性能稳定可靠。光功率测量及衰减分析结果表明，光缆敷设、光分路器安装和接头熔接质量均满足规范标准，为后续 ONU 设备接入和双向业务运行提供了保障。

(四) 质量控制与经验总结

本工程施工中发现部分光缆弯曲半径控制不够规范、个别接头熔接质量波动以及分纤箱布置略显集中等问题。通过加强施工前复测、施工过程巡检及光链路测试，及时调整布线方案和箱体位置，解决了潜在质量隐患。经验表明，科学布线、合理箱体布局及精确光功率控制是保证 FTTH 网络质量的关键，同时施工组织、工序复核及档案管理对工程可追溯性和运维效率至关重要。未来 FTTH 建筑施工应注重施工规范化、光纤损耗控制和安全文明施工，确保光纤入户工程高质量、高可靠性和可扩展性，实现网络长期稳定运行和用户满意服务。

结语

通过对 FTTH 光纤入户施工工艺及质量控制的研究发现，光缆敷设、箱体与分光器安装及光缆接头处理是保障网络稳定的关键环节。科学布线、合理分光比配置、严格光功率控制及施工过程管理，可有效降低链路损耗，提高网络可靠性。施工安全、环境管理和档案记录同样对工程质量至关重要。本研究为建筑施工中 FTTH 光纤入户提供了可操作的技术规范与管理方法，实现网络高效、稳定和可扩展运行。

参考文献

- [1] 李涛. X 市广电网络公司接入网光纤到户技术改造工程成本项目管理研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2024.
- [2] 林禄乔. FTTH 技术在互联网通信的应用实践分析 [J]. 软件, 2024, 45 (10): 118-120.
- [3] 项辉. 基于 I-PON 的广电 FTTH 网络设计与施工规范研究 [J]. 电声技术, 2024, 48 (03): 88-90.
- [4] 麦冠华. 广电 FTTH 网络改造及维护探讨 [J]. 中国新通信, 2023, 25 (23): 88-90.
- [5] 刘殿军. 光纤入户技术方案及工程建设研究与实践 [J]. 通信管理与技术, 2018, (06): 54-56.

作者简介: 沈威, 1987 年 9 月, 男, 汉族, 江苏省盐城市大丰区, 本科, 单位: 盐城市大丰区广电网络有限公司, 技术工程部副主任, 研究方向: 技术支撑、工程管理。