

广东省光纤到房间（FTTR） 全光 Wi-Fi 组网白皮书

（2023 年版）

广东省通信管理局

广东省住房和城乡建设厅

二〇二三年一月

前 言

广东作为全国最大的数字经济省份，截至2021年底，全省数字经济规模达5.9万亿元，连续5年居全国第一。数字经济的战略意义日益增强，高速泛在的信息基础设施作为数字经济底座的重要性也日益凸显。为加快推进新一代信息基础设施建设，打通经济社会发展的大动脉，广东省人民政府在《广东省推进新型基础设施建设三年实施方案（2020—2022年）》中明确要求，建成全国领先的基础和专用网络体系，高水平建成全光网省，打造双千兆网络标杆省份。

在双千兆网络协同发展的推动下，广东省宽带网络愈加完善，光端口及5G网络建设不断推进，5G基站数和用户数、光纤用户数等指标均居全国第一。同时，由于广东宽带业务发展早，存量低速用户较多。在接入基础设施方面，住宅以及公共建筑室内普遍应用铜缆以太网，导致末端网络无法实现“真正千兆”接入能力，成为制约用户带宽体验的瓶颈，也成为未来建筑内智能家庭、智慧物联、智能安防、Wi-Fi 6接入等新业务发展的障碍。

随着千兆光网全面转向“建用并举”新阶段，智慧家庭及各类智能化建

筑的信息化业务系统应用持续深化，针对家庭和商用楼宇接入网络的整体技术方案、综合布线方案的升级势在必行。为此，广东省通信管理局、广东省住房和城乡建设厅组织相关单位从家庭和企业的网络需求出发，根据全光室内基础网络的特点，研究光纤到房间（FTTR）全光Wi-Fi组网的布线及施工规范，形成《广东省光纤到房间（FTTR）全光Wi-Fi组网白皮书》，为智慧家庭、智慧楼宇的全光组网建设提供可操作的参考和指导。

目 录

前 言	i
1 千兆光网发展现状	1
1.1 千兆光网是新型信息基础设施建设重点	1
1.2 广东省持续发力推广千兆光网建设	4
2 体验是千兆光网发展的重点方向	7
2.1 网络能力是支撑高质量业务体验的关键	7
2.1.1 高质量业务体验对接入网络的能力要求	7
2.1.2 高质量业务体验对承载网络的关键能力要求	8
2.2 室内组网是用户千兆体验的关键瓶颈	9
2.3 FTTR 支撑室内 Wi-Fi 组网	12
3 加速 FTTR 建设，推动千兆产业发展	15
3.1 有效加速千兆城市建设	15
3.2 支撑“宅”经济和千兆光网相关产业快速发展	16
3.3 助力中小企业数字化转型和高质量发展	17
4 FTTR 组网方案及应用场景	20
4.1 FTTR 方案简介	20
4.2 FTTR 解决方案特点	21
4.3 FTTR 适用场景	25
4.3.1 住宅场景	25
4.3.2 公共建筑场景	27
5 FTTR 系统设计及施工、验收要求	28
5.1 FTTR 系统设计	28
5.1.1 设计基本要求	28
5.1.2 FTTR 系统拓扑设计要素	30

5.1.3	FTTR 系统配置原则	31
5.2	FTTR 系统设备及部件要求	32
5.2.1	入户光缆	33
5.2.2	户内光缆	33
5.2.3	配线箱	34
5.2.4	设备选型	34
5.3	FTTR 施工要求	36
5.3.1	基本要求	36
5.3.2	施工条件确认	37
5.3.3	设备安装	39
5.3.4	安全电源及接地要求	40
5.4	FTTR 工程验收	41
5.4.1	验收项目组成	41
5.4.2	性能参数测试要求	41
5.4.3	验收要求	43
5.4.4	验收记录	44
5.4.5	网络性能验收指标	45
6	总结与展望	47

1 千兆光网发展现状

1.1 千兆光网是新型信息基础设施建设重点

当前，新一轮科技革命和产业变革在全球深入发展，特别是新冠肺炎疫情发生后，在线教育、远程医疗、远程办公等应用快速发展，各领域对网络的依赖不断增强，夯实网络基础设施成为各国共识。以5G、千兆光网为代表的“双千兆”网络是制造强国和网络强国建设不可或缺的“两翼”和“双轮”，是新型基础设施的重要组成和承载底座，在拉动有效投资、促进信息消费和助力制造业数字化转型等方面发挥着重要作用。

党中央、国务院高度重视5G和千兆光网建设发展，把推进宽带网络发展、拓展融合应用、全面推动数字化转型作为抢抓战略机遇的重要手段。2020年党的十九届五中全会提出“系统布局新型基础设施，加快第五代移动通信、工业互联网、大数据中心等建设”。2021年《政府工作报告》中也提到“加大5G网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景”。国家“十四五”规划明确提出加快推动5G网络、千兆光网、物联网、数据中心、工业互联网、车联网等新型基础设施建设。

为贯彻落实党中央、国务院决策部署，2021年3月工业和信息化部印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》（以下简称《“双千兆”行动计划》），计划用三年时间，基本建成全面覆盖城市地区和有条件的乡镇的“双千兆”网络基础设施，实现固定和移动网络普遍具备“千兆到户”能力。计划提出到2023年底，千兆宽带用户突破3000万户，全国超过100个城市建成“千兆城市”。《“双千兆”行动计划》明确了千兆光网的重点发展目标，并提出重点促进全光接入网进一步向用户端延伸，同时要求按需开展支持千兆业务的家庭和企业网关设备升级，通过推进家庭内部布线改造、千兆无线局域网组网优化以及引导用户接入终端升级等，提供端到端千兆业务体验。

The screenshot shows the official website of the Chinese Central Government (www.gov.cn). The main navigation bar includes links for国务院 (State Council), 总理 (Premier), 新闻 (News), 政策 (Policies), 互动 (Interaction), 服务 (Services), 数据 (Data), 国情 (National Conditions), and 国家政务服务平台 (National Government Service Platform). The document title is "工业和信息化部关于印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》的通知" (Notice of the Ministry of Industry and Information Technology on Issuing the 'Dual Gigabit' Network Cooperation Development Action Plan (2021-2023)). It includes details such as the document number (工信部通信〔2021〕34号), source (Ministry of Industry and Information Technology website), subject category (Industrial, Transportation, and Information Industry), date (March 24, 2021), and release date (March 2021). The text of the notice discusses the implementation of the 'Dual Gigabit' network plan to support the 14th Five-Year Plan and the 2035 Vision.

图 1-1 工信部印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023 年）》

2021年4月住房和城乡建设部联合网信办、工信部、科技部等16个部门出台了《关于加快发展数字家庭提高居住品质的指导意见》，文中重点提到“加大住宅和社区的信息基础设施规划建设投入力度，实现光纤宽带与第五代移动通信（5G）等高速无线网络覆盖，鼓励开展光纤到房间、光纤到桌面建设，着力提升住宅户内网络质量”。

The screenshot shows the official Chinese government website (www.gov.cn) with the title '中华人民共和国中央人民政府'. The page displays a policy document titled '关于加快发展数字家庭 提高居住品质的指导意见' (Opinion on Accelerating the Development of Digital Families and Improving Living Quality). Key details from the document include:

- Title: 关于加快发展数字家庭 提高居住品质的指导意见
- Document Number: 建标〔2021〕28号
- Issuing Authority: 住房城乡建设部等
- Source: 住房城乡建设部网站
- Category: 工业、交通\信息产业（含电信）
- Type: 意见
- Date: 成文日期：2021年04月06日
- Date: 发布日期：2021年

【字体：大 中 小】

住房和城乡建设部等部门关于加快发展数字家庭 提高居住品质的指导意见

建标〔2021〕28号

各省、自治区、直辖市住房和城乡建设厅（委、管委）、党委网信办、教育厅（委）、科技厅（委）、工业和信息化主管部门、公安厅（局）、民政厅（局）、人力资源社会保障厅（局）、交通运输厅（委）、商务主管部门、文化和旅游厅（局）、卫生健康委、应急管理局（局）、市场监管局（厅、委）、广电局、体育局，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局、党委网信办、教育局、科技局、工业和信息化局、公安局、民政局、人力资源社会保障局、交通运输局、商务局、文化体育广电和旅游局、卫生健康委、应急管理局、市场监管局：

数字家庭是以住宅为载体，利用物联网、云计算、大数据、移动通信、人工智能等新一代信息技术，实现系统平台、家居产品的互联互通，满足用户信息获取和使用的数字化家庭生活服务系统。近年来，信息技术发展迅速，数字家庭的功能和服务内容不断扩充，但还存在发展不平衡、住宅和社区配套设施智能化水平不高、产品系统互联互通不够等问题。为落实党中央、国务院扩大内需和发展数字经济战略决策部署，加快发展数字家庭，提高居住品质，改善人居环境，提出以下意见：

图 1-2 住建部等部门发布《关于加快发展数字家庭提高居住品质的指导意见》

1.2 广东省持续发力推广千兆光网建设

“十三五”期间，广东省率先实现20户以上自然村全部通百兆光纤，光纤用户占比从55.2%提升至93.9%。2020年11月，广东省人民政府在《广东省推进新型基础设施建设三年实施方案(2020—2022年)》中明确要求，建成全国领先的基础设施和专用网络体系，高水平建成全光网省，打造双千兆网络标杆省。

2021年4月，广东省人民政府发布《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，指出“深入推进高水平全光网省建

设，推进千兆宽带进住宅小区、公共建筑和各类园区，千兆宽带网络家庭普及率超过30%，打造双千兆网络标杆省。”

2021年12月广东省通信管理局发布《广东省信息通信业“十四五”规划》，规划中提出建成国际领先的无线宽带城市群，建成高水平全光网省，打造双千兆网络标杆省，深入推进高水平全光网省建设。并且提出加快推进“千兆城市”建设，持续扩大千兆光网覆盖范围，打造双千兆网络标杆省，推动全光接入网进一步向用户终端延伸，推广实施光纤到房间、到桌面、到机器，按需开展用户侧接入设备升级改造。计划到2025年底，具备用户体验过百兆，家庭接入、企业商用超千兆的网络能力。

在各地政策的牵引和相关部门、基础电信企业的共同努力下，2021年底广东省广州、深圳入选全国首批“千兆城市”。截至2022年11月底，广东省家庭千兆光纤网络覆盖率已超过100%，全省10G-PON光端口占比43.4%，光纤接入用户占比93.1%，光缆线路长度累计达370.7万公里，千兆宽带用户总计829.1万户。同时，由于广东宽带业务发展较早，存量低速用户较多、老旧接入设施仍占有一定比例，千兆宽带用户数量及比例、网内平均时延和网间的平均时延仍需要进一步提升。

2 体验是千兆光网发展的重点方向

2.1 网络能力是支撑高质量业务体验的关键

2.1.1 高质量业务体验对接入网络的能力要求

家庭宽带网络业务已从过去的娱乐中心全面进入用户的生产与生活，成为用户的活动中心，包括办公、教育、娱乐、家庭安全与健康、智能家居等。家庭设备连接方式从过去的有线组网演进为有线+无线Wi-Fi接入，尤其是通过无线Wi-Fi实现家庭内不同房间的网络覆盖。同时随着家庭网络业务的发展，包括智慧家庭、8K高清视频、VR/AR等业务的出现和普及，对家庭网络品质提出更高的要求。运营商目前已实现“千兆入户”的能力，但是“千兆入户”并不等于千兆家庭网络，真正的千兆家庭网络应该满足三个Any的定义，即为：

AnyDevice：家庭内部的设备均可接入到家庭网络；

AnyWhere：家庭里的每一个角落均可获得千兆的Wi-Fi；

AnyTime：7 x 24小时均达到千兆速率。

从技术角度分析，千兆网络建设需要满足以下总体要求，来保证三个

Any的实现，最终保障全屋一致的业务良好体验：

接入类型要求：无线覆盖为主，终端设备与无线AP均采用Wi-Fi 6技术，有线接入为辅；

接入点要求：对于多房间的户型，在每个房间需要有Wi-Fi接入点，保证全屋的Wi-Fi覆盖无死角；

漫游要求：业务在多个无线接入点间的漫游切换小于50ms，达到业务切换，体验无感知；

演进要求：在家庭主从设备间使用光纤连接，传输速率可超1Gbps，并支持未来更高速率的演进需求；

时延要求：具备抗干扰和低时延特点，保障8K/VR/AR等新业务的极致体验；

安全要求：支持安全启动机制、防DDos攻击、访客网络，防止恶意软件植入，保障家庭办公业务等业务的安全要求，杜绝PCDN等黑灰产业。

2.1.2 高质量业务体验对承载网络的关键能力要求

千兆网络服务于家庭和企业用户日常使用的各类型业务，而业务对网络的要求是端到端的。特别是高品质业务对端到端网络质量要求越来越高，表2-1是对常见网络业务端到端网络KPI要求。从表中可以看出8K/AR/VR/

办公等业务对网络KPI有较高的要求，例如VR业务，要求端到端时延和时延抖动分别小于20ms和15ms；又如超高清视频，当前已经进入8K时代，数据量和处理能力需求大幅度提升。从4K提升到8K，码率从50Mbps提升到120Mbps以上，带宽需求显著提升，对时延和丢包的要求也越来越高（8K超高清视频需要小于10ms时延和小于10⁻⁶的丢包率）。

表 2- 1 不同网络业务端到端网络 KPI 要求

业务类型	业务特征				流量特征 (Mbps)				高级配置 (优)				低级配置 (中)				
	分辨率	帧率 (fps)	压缩编码	码率 (M)	下行平均	下行峰值	上行平均	上行峰值	带宽 (Mbps)	时延 (ms)	抖动 (ms)	丢包率	带宽 (Mbps)	时延 (ms)	抖动 (ms)	丢包率	
Web浏览	/	/	/	/	0.8	12.9	0.1	0.3	>30	<40	/	<2.0E-03	>8	<100	/	<9.0E-03	
IPTV(点播)	1080i	1920×1080	25	H.264	8				>15	<40	/	<3.8E-04	>9	<40	/	<1.1E-03	
	4K	3840×2160	30	H.264	30	34.5	95.8	0.1	0.3	>70	<20	/	<1.0E-04	>42	<30	/	<8.6E-05
	8K	7680×4320	30	H.265	100	98.7	442.1	0.3	1.6	>280	<15	/	<1.0-05	/	/	/	/
IPTV(直播)	4K	3840×2160	30	H.264	35	35	/	/	45	<100	<50	1E-6 (无RET) 1E-3 (有RET)	/	/	<50	/	/
	8K	7680×4320	30	H.265	100	100	/	/	150	<100	<30	<1E-6	/	/	<30	/	/
OTT	超清 (720P)	1280×720	25	H.264	1.8~3.5				>6	<40	/	<4E-03	>3.6	<45	/	<5E-03	
	1080P	1920×1080	25	H.264	6	5.2	41.6	0.1	0.8	>17.95	<20	/	<1E-03	>8.3	<25	/	<3E-03
	4K	3840×2160	25	H.264	15~30	10.8	71.6	1.2	2.3	>72	<20	/	<1.5E-04	>40	<30	/	<4.0E-04
VR	VR视频	7680×3840	30	H.265	80	114.4	201.7	2.8	4.8	>1520	<20	/	<4.0E-06	>160	<30	/	<3.0E-04
	VR游戏	1920×1920×2	50~90	H.265	40	34.1	46.8	0.8	0.9	>1540	<8	<15	<1.0E-06	>80	<20	<15	<1.0E-05
实时游戏									>2	<50	<38	/	>2	<75	<38	/	
云游戏		1920×1080	60		40								>80	<20	<16	<1.0E-04	
在线教育		1080P及以下			/					/	/	<100	/	>10	<200	<100	<1.0E-3
远程办公		2560×1600	5	H.264	/	1.2	2.6	1.2	2.3	/	/	<100	/	>6	<500	<100	<1.0E-3
虎牙直播(VR)		1920×960×2			/					/	/	/	/	>80	<50	/	<1.0E-3

2.2 室内组网是用户千兆体验的关键瓶颈

随着国家和广东省千兆光网政策的逐步落地和实施，广东千兆光纤宽带的普及和提速深入，千兆家庭宽带时代已经到来，千兆光网将给用户带来更优的网络体验。

在家庭千兆光网应用方面，视频娱乐、直播、在线教育、在线医疗、远程办公、智慧家庭等应用场景带动千兆网络需求。在企业应用方面，企业高

质量专线、企业上云、全光园区的应用正在快速发展，支撑交通、电力、油气、金融等国家支柱产业数字化转型。在工业应用方面，工业光网促进工业互联网能力提升，实现高带宽、抗电磁干扰、绿色节能的稳定网络，促进各环节信息通道，推动工业生产数字化。

不同场景及不同的业务对网络的需求有所差异。按照宽带联盟发布的《家宽业务体验分级白皮书》中L2等级的标准，除了带宽需求，高品质的千兆光网应具备以下六个典型特征：超高带宽 ($> 1\text{ Gbps}$)、智能连接 (不少于256个)、无感漫游 (切换 $< 10\text{ms}$)、安全可靠 (隐私保护)、绿色低碳 (环保节能)、超低时延 ($< 20\text{ms}$)。

在传统的光纤接入网FTTH中，光纤部署到用户入户信息箱，虽然已实现千兆光纤入户，但家庭入户后单一路由器覆盖多个房间，或者采用网线延伸覆盖方案，都存在网络覆盖差，在房间里使用网络慢，经常掉线等问题，“千兆入户易、百兆入房难”的矛盾日益突出。

通过对大量宽带网络问题分析，造成用户体验差的具体原因主要涉及四个方面：

1、家庭或企业内网线不合格：采用五类线或网线分线使用、水晶头成端只用4根线等，降低、限制了网线的承载能力；

2、室内Wi-Fi点位分配不够：很多家庭仅部署了一个无线路由器，Wi-Fi信号在家庭里的覆盖不足，广泛存在穿墙使用情况。当Wi-Fi信号穿两堵墙时，基本不可用。这在大户型比如大平层、复式、别墅，尤为突出；

3、Wi-Fi设备能力不足，限制了上网速率：如大量家庭使用的是仅支持2.4GHz的单频无线路由器，空口速率低于支持5GHz的双频无线路由器；同时，左邻右舍都使用2.4GHz频段，造成Wi-Fi信道的同频、邻频干扰；

4、大并发用户质量无保障：当用户并发数较大时，组网路由器和网关无法提供相应高并发用户接入的处理能力。

上述因素在入户签约带宽较低时不会给用户带来明显感知，但随着宽带套餐不断提升，带宽需求越来越大，这些因素引起的网络质量制约便逐渐浮出水面，影响了用户最终上网体验，尤其在大型游戏、网络直播、在线教育等需要高品质网络的应用中表现尤为明显。如何构建一张高速、稳定、好体验、易管理的室内网络，让千兆宽带套餐实现“真千兆”，成为用户和运营商的共同诉求。

为了保证用户不同业务端到端的高品质千兆体验，业界共同提出了基于FTTR的全光Wi-Fi组网方案，把光纤延伸到房间，打造良好的全光通信网络底座，实现千兆入房、带宽无损、智能漫游。

2.3 FTTR 支撑室内 Wi-Fi 组网

室内网络是固定宽带网络中的重要环节，也是最复杂和多样的一个环节。光纤已经入户并可提供千兆带宽接入，但是光纤仅到住宅的信息箱或公共建筑的用户单元，用户室内组网由用户自己定制和安装，不同用户结合各自环境条件，出现了网线、Wi-Fi、电力猫等不同的网络组网方式。由于缺少统一的家庭网络解决方案，导致上网体验差异巨大。下表是宽带发展联盟发布的《新一代千兆家庭全光组网白皮书》中总结的不同Wi-Fi组网方式综合对比情况。从对比结果可以看到，基于FTTR的全光Wi-Fi组网方案优势明显。

表 2- 2 不同家庭网络组网方式对比

组网方式	最高速率	传输距离	安装便利性	可靠性
网线组网	五类线：100Mbps， 六类线：1000Mbps	小于 100m	需要室内铺设网线，安装较复杂	容易老化， 30%以上网线劣质
无线组网	Wi-Fi5： 500Mbps~600Mbps Wi-Fi6:可超 1000Mbps 每加一级性能减半	易受干扰，室内跨两堵墙基本不可用	安装部署相对容易，对 AP 安装位置要求高，不同安装位置性能差异大	环境干扰影响很大，性能不稳定
电力线组网	HGAV : 200Mbps 、 500Mbps HG AV2: 450Mbps 、 600Mbps、1200Mbps	小于 300m	安装部署容易，即插即用	家用电器影响较大，性能不稳定

组网方式	最高速率	传输距离	安装便利性	可靠性
光纤组网 (FTTR)	光缆, 远大于 1000Mbps	km 级	需要室内铺设光缆, 安装部署较复杂	稳定、不易老化

新型的网络需要具备稳定和大带宽承载能力的传输介质，要能实现全屋覆盖，性能不能因为遮挡、干扰造成大幅衰减，传统家庭组网方案无法满足高质量用户体验需求，基于FTTR的全光Wi-Fi组网方案是室内Wi-Fi组网的最优选择。

3 加速 FTTR 建设，推动千兆产业发展

FTTR能够有效提升家庭宽带和企业用户的体验，助力中小企业数字化转型和产业链快速健康发展，同时带动千兆城市建设。广东大力发展FTTR产业，将为广东千兆光网建设开拓新局面。

3.1 有效加速千兆城市建设

在双千兆网络协同发展的推动下，广东省宽带网络愈加完善，光端口及5G网络建设不断推进。截至2022年11月底，对比千兆城市评价指标，广东省21个地市中，18个地市“万人拥有5G基站数”达标（即：超过12个/万人）、17个地市“10G-PON端口占比”达标（即：超过25%）、21个地市“5G用户占比”达标（即：超过25%），而指标“500Mbps以上用户占比”，21个地市中仅4个地市达标（即：超过25%），高带宽用户占比偏低已成为目前广东争创千兆城市的主要瓶颈，各地市高带宽用户数亟待提升。

当前大量光纤到户（FTTH）用户室内铜缆并未升级，实际体验带宽因为室内铜缆的带宽瓶颈大幅缩水，普通家庭和企业用户套餐标称带宽和实际体验间差异巨大，引起大量投诉，对带宽、覆盖质量等千兆宽带的需求也

被压抑。FTTR能立竿见影地解决实际体验带宽缩水问题，大幅提升宽带用户体验，释放用户对带宽的需求，加速大带宽应用快速普及和千兆城市建设。

3.2 支撑“宅”经济和千兆光网相关产业快速发展

广东省人口众多，宽带品质要求高，超高清视频产业繁荣。FTTR的快速发展不仅可以大幅提升家庭宽带千兆接入的质量和体验，助力“宅”经济的快速发展，也将大力推动广东省千兆光网产业链上下游的进一步发展升级。

广东是全国人口第一大省，家庭光纤宽带普及率高，数字及智慧家庭应用场景多、应用广。家庭网络的发展从数字化全面走向智能化，出现了数字办公、数字教育、数字娱乐、家庭安全与健康、智能家居等各类场景，家庭用户对宽带体验的要求越来越高。

随着家庭网络新兴业务的不断发展，网络需要支持更高的传输速率、更低的交互时延、更多的连接能力等。在用户使用智能终端进行工作办公、语音通信、视频浏览时，特别是在视频、游戏、VR/XR场景下，宽带连接不卡顿、不掉线是基本要求。8K视频/云游戏/虚拟现实(VR)/增强现实业务(AR)等新兴业务对网络时延敏感，网络时延对VR业务尤其是强交互VR业务尤为关键。

FTTR全光网络方案基于实际房屋户型进行光纤拓扑与FTTR设备的位置选点，达到每个房间都有“网络信号源”的效果，实现千兆网络带宽与网络能力相结合，保证家庭、企业用户在超高带宽、无感漫游、智能联接、超低时延、绿色安全、网络自动驾驶等维度的实际体验，为用户提供高质量的网络体验。

3.3 助力中小企业数字化转型和高质量发展

中小企业充满活力，是社会经济的重要组成，在促进经济发展、增加社会就业和满足人民群众需求等方面发挥了积极作用。数字经济时代，随着云桌面、云计算、超高清（4K/8K）直播业务、XR以及全息通信等技术的飞速发展，中小企业云化和数字化转型进程走向更加成熟的阶段，其对网络业务的体验诉求已上升到更高层面，高效、快捷的基础通信网络是很多中小企业的办公必要条件。

宽带发展联盟对中小企业业务体验进行了分级，包括L1级体验（云桌面、视频会议、高清直播、云化服务），L2级体验（超高清（4K/8K）直播、云设计/云渲染等业务），L3级体验（XR业务，包括VR和AR等），L4级体验（全息通信办公），以及L5级体验（全景全感通信）。更高级别的体验对超大带宽、稳定可靠、多维并发、云网一体、绿色安全、自动驾驶六个方面的需求更为突出。随着技术的突破将驱使用户获得到L3-L5级业务的体验，

这些业务持续的发展将逐步满足小微企业日益增长的体验和生产力提升需求，相应的产业形成可持续良性互动发展的态势。

近年来，国家和广东省针对中小企业发展和支持陆续出台了一系列政策措施，其中新型信息基础设施建设是中小企业数字化转型和高质量发展的重要环节。2021年12月，工业和信息化部联合18个部委发布的《“十四五”促进中小企业发展规划》中指出，在新形势下中小企业要承担起更多新的重要使命，成为保市场主体、保居民就业的主力军，推动国内国际双循环的有力支撑，保持产业链供应链稳定性和竞争力的关键环节，解决关键核心技术卡脖子问题的重要力量。同时该规划中提出要实施中小企业数字化促进工程，包括推动中小企业数字化转型、推动中小企业数字产业化发展、夯实中小企业数字化服务基础。工程的推动实施将对面向中小企业的宽带业务品质提出更高要求。

FTTR全光组网成为小微企业内网演进的主流建网方式之后，能够为小微企业提供高品质的宽带业务体验。基于光纤组网，FTTR能为中小企业提供多Wi-Fi热点覆盖，热点间无缝漫游，保障无处不在的千兆宽带体验。此外，FTTR还能够提供集中管控、承载能力平滑演进、差异化服务保障、高性能云边协同、安全态势感知、内网闭环运维的光承载与光空口协同的一张网体验。

广东省大力推广和发展FTTR企业用户，将为占市场主体的中小企业客户提供高品质的千兆宽带业务体验，助力企业数字化转型、提升生产和运营效率，为中小企业发展开创新的模式，有助于形成产业链相关小微企业研发的技术共识，形成自主安全的技术产业链，进一步促进中小企业市场和数字经济的快速发展。

4 FTTR 组网方案及应用场景

4.1 FTTR 方案简介

FTTR是在光纤到户（FTTH）的基础上，进一步利用光纤媒质延伸至建筑内的各个房间的接入方式，从入户配线箱部署光纤到建筑物内各个房间，通过光纤将网络延伸到每个房间，替代传统的网线和Wi-Fi回传组网方式，配套Wi-Fi 6等技术实现全屋超千兆覆盖，并支持未来Wi-Fi 7等技术演进，可进一步提升室内Wi-Fi速率。FTTR系统由主FTTR设备、从FTTR设备、室内光纤基础设施、网络管理软件四部分组成，典型的组网如下图所示：

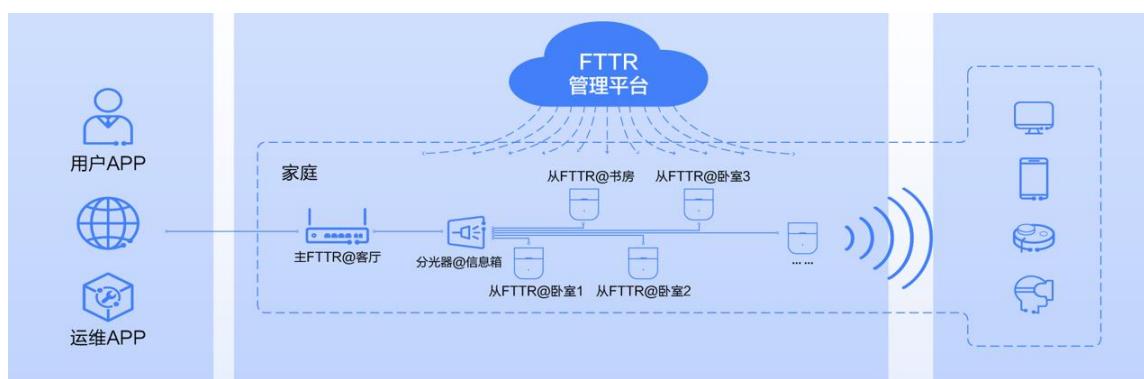


图 4-1 FTTR 系统组成

主FTTR设备：主FTTR设备向上连接至运营商局端的OLT设备，通过运营商网络提供千兆的入户接入带宽。主FTTR设备提供FTTR光网络接口，通

过光分路器分光将光信号通过室内光纤传输到分布在各房间的从FTTR设备，将千兆的网络通过室内光纤延伸到各个房间。主FTTR设备通过集中化的Wi-Fi控制和协同技术，实现对全屋Wi-Fi信号的优化配置，是FTTR网络的核心设备。

从FTTR设备：从FTTR是FTTR网络末端设备，分布在室内各个房间及需要网络覆盖的位置，通过室内光纤和光分路器连接到主FTTR设备，为用户提供有线和无线Wi-Fi 6接口，满足各类终端设备的千兆宽带接入需求。从FTTR由主FTTR统一管理和控制，构成室内一张千兆Wi-Fi网络。

室内光纤基础设施：室内光线基础设施由光缆、光分路器、光纤面板构成，实现主从FTTR设备之间的拓扑连接。光缆包括无源光缆和光电复合缆，光电复合缆可为从FTTR设备提供光信号和电源输入。光分路器包括无源光分路器和有源光分路器，有源光分路器为从FTTR提供光信号和电源输入。

FTTR网络管理软件：FTTR网络管理软件指FTTR网络管理、控制、分析一体化平台，实现对FTTR网络的远程管理，包括FTTR网络拓扑可视、配置管理、故障和告警处理、远程网络调优等功能。

4.2 FTTR 解决方案特点

全光联接、易部署、易扩展：

FTTR解决方案将光纤延伸到房间，光纤具有频率高、速率高、抗电磁干扰能力强和保密性好等特点，同时光纤产品绝缘性能好、寿命长、体积小，便于施工和维护。光纤组网方式可规避网络提速需更换更高规格网线、Wi-Fi信号易受干扰和信号穿墙带来的性能衰减、电力线速率低且易受电器干扰等问题。

在不改动光纤基础设施的情况下，仅通过更换两端的设备，即可支持网络带宽的平滑升级到50G/100G及更高速率，可以满足未来持续演进的高带宽业务诉求。FTTR全光组网可实现“一次部署，长期演进”。

FTTR系统采用P2MP架构，具备建设成本低、部署简单、扩展性强、设备简化等优点。

- (1) 主FTTR通过单个下行光口为多个从FTTR设备提供光纤连接，从而大大减少设备实现复杂度和体积；
- (2) 通过光分路器分光的方式实现主FTTR和从FTTR连接，大大减少光纤部署数量，降低光纤部署的成本，减弱对布线管道的要求，提升光纤部署的效率；
- (3) 基于P2MP拓扑，通过级联扩展，主FTTR一跳连接从FTTR，避免了P2P拓扑的级联转发，保证网络单级调度，提升网络稳定性；

(4) FTTR在P2MP拓扑上实现带宽共享，基于网络业务需求动态分配带宽，提升带宽利用效率，平滑支持运营商业务升级。

全光Wi-Fi一张网：

(1) 从FTTR即插即用：从FTTR设备通过光纤接入主FTTR设备，上电后自动完成在主FTTR端的上线，上线完成后主FTTR自动下发配置，将Wi-Fi等配置自动同步到从FTTR，实现FTTR全光Wi-Fi的统一配置，从FTTR无需单独进行Wi-Fi等参数配置，所有配置均通过主FTTR统一下发，实现从FTTR即插即用，减少网络开通时间，提升安装效率。

(2) 全屋Wi-Fi漫游，无感知不中断：用户终端设备包括固定设备和移动设备，移动设备在使用时会随着用户的移动从一个位置（房间）移动到另一个位置（房间）。移动设备可以在主FTTR和从FTTR这些Wi-Fi热点之间无感切换，保证实时业务不会中断，消除Wi-Fi切换导致访问中断或卡顿等问题。

(3) 网络可视可管可维：FTTR网络管理平台（包括配套的装维APP和用户APP）提供FTTR系统的远程管理、运维和调优功能，保障FTTR系统的Wi-Fi体验，提升FTTR系统的运维效率，主要功能如下：

(a) 可视：FTTR网络拓扑可视，包括主FTTR和从FTTR网络拓扑关系，网络速率，终端设备连接拓扑，终端设备网络速率可视，支持实时查看网络

拓扑信息，支持历史网络拓扑信息可视；

- (b) 可管：FTTR网络配置和设备管理，包括Wi-Fi配置、设备升级等；
- (c) 可维：FTTR管理平台大数据分析，结合专家经验定位FTTR网络故障，包括光路、Wi-Fi及网络等故障，通过分段测速实现家庭内网和运营商大网分段定界，实现故障自动识别和分析，提升运维效率；
- (d) 自动调优：FTTR管理平台根据主从FTTR设备和用户终端设备的Wi-Fi运行信息，自动进行覆盖及漫游等体验质量评估，自动识别覆盖和漫游问题，下发调优策略实施调优FTTR系统的Wi-Fi网络，提升用户的Wi-Fi体验。

绿色低碳环保

光纤的基本原材料是二氧化硅(SiO₂)即石英，石英在自然界中取之不尽、用之不竭，而以太网线主要由铜线组成，铜是不可再生资源。此外，FTTR是全光组网架构，降低电能消耗30%以上，助力碳达峰、碳中和。

FTTR系统通过主FTTR统一集中管控，主FTTR对所有从FTTR进行实施控制和管理，集中控制所有从FTTR的Wi-Fi收发，统一调整Wi-Fi功率达成最佳覆盖，降低每个Wi-Fi热点的Wi-Fi功率，减少辐射的同时也降低了系统能耗。

4.3 FTTR 适用场景

FTTR解决方案具有传输带宽大、确定性时延低、抗干扰性强、安全可靠等优势，应用场景广阔。

4.3.1 住宅场景

作为FTTH（光纤到户）在住宅内部的延伸，FTTR把光纤部署到家庭的每个房间，是保证家庭用户真千兆的必然选择，让普通用户可以在家中畅享超千兆低时延的高品质宽带网络。

对于平层户型，光纤从主FTTR经过光分路器连接到各个从FTTR设备，如图4-2所示。

对于多层户型，利用多级分光，在不同楼层间使用光分路器进行级联是一种高效、简易的部署方案，即通过在每个楼层部署光分路器，再通过光分路器把光纤布放到每个相应楼层的房间，如图4-3所示。



图 4- 2 平层户型 FTTR 系统部署示例

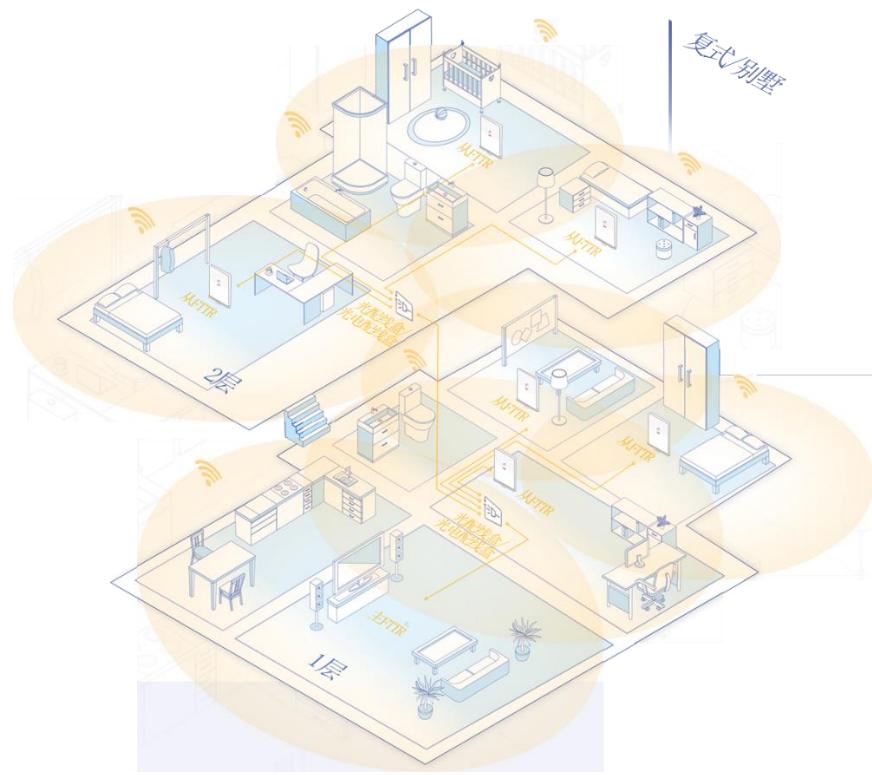


图 4- 3 多层户型 FTTR 系统部署示例

4.3.2 公共建筑场景

FTTR系统可进一步延伸至医院、学校、酒店、办公楼宇等园区场景，为企业用户提供可高速稳定的网络，接入带宽可达10G。在教育行业，利用FTTR系统部署校园网，打造智慧“全光校园”。在医疗行业，基于FTTR系统打造“全光医院”，构建智慧医疗的坚实网络底座并提高医院诊疗效率。此外，FTTR系统可应用在生产线智能检测回传等各类工业场景，通过超大带宽、超低时延、超远传输、超高可靠，来满足工业场景对网络的超高要求，同时支持办公、生产、安防等多种业务在同一张网络上传输，并保证相互间物理隔离，实现安全与效率并行。

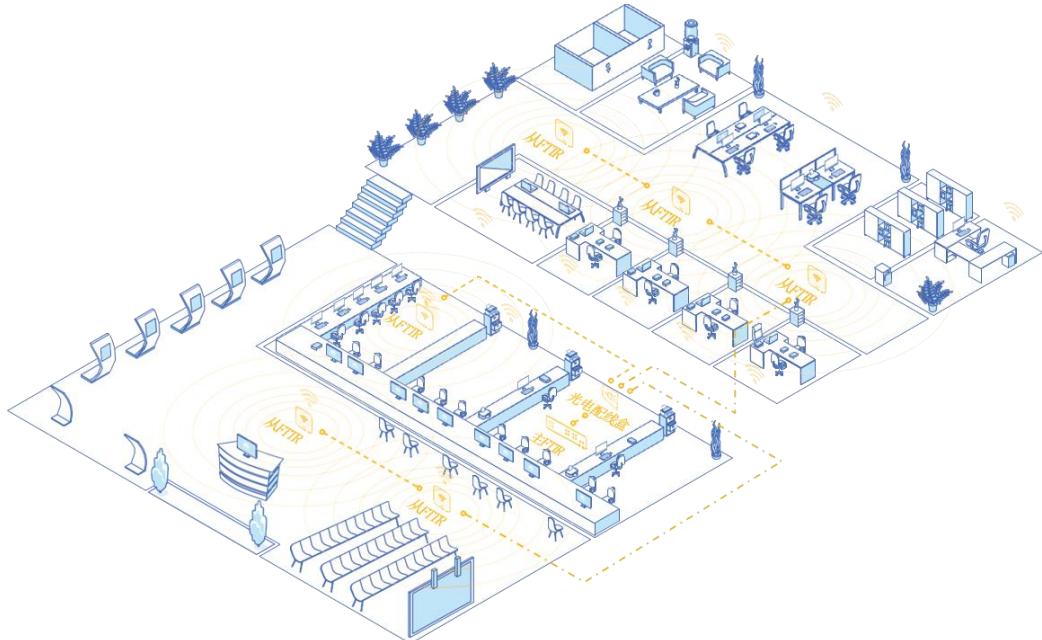


图 4- 4 政企办公场景 FTTR 系统部署示例

5 FTTR 系统设计及施工、验收要求

5.1 FTTR 系统设计

5.1.1 设计基本要求

新建住宅及公共建筑固定宽带应采用光纤到户的接入方式，户内应采用光纤布线系统。各电信业务经营者均应通过中心机房或光缆交接箱接入住宅区和公共建筑。

新建住宅和公共建筑通信配套设施的专业分工应符合下列规定：

1、中心机房土建、建筑内通信管网系统（包含楼层配线箱、住户信息配线箱）、住户内通信线缆由建筑设计单位负责设计，建设单位负责建设。户内光纤布线系统的住户内光缆、光纤信息插座底盒及空面板由建筑设计单位负责设计或者委托通信配套设计单位设计，住宅建设单位负责建设；光纤活动连接器及光纤信息插座面板由电信业务经营者负责建设。

2、住宅和公共建筑区内红线至建筑设备间或中心机房（含设备间或中心机房）通信管道、通信线缆、光纤配线架、光缆交接箱、入户光

缆及上述设施中端接光缆所需的器件安装由通信配套设计单位负责设计，建设单位负责建设；建筑设计方案审核应包含以上内容，共建共享方多、技术选型复杂等难度较高的方案应通过市通信行业主管部门或各区分支机构与当地通信行业各方共同确定。

3、自住宅区和公共建筑至各电信业务经营者网络的通信管道、光缆、光分纤设备，机房内的通信主设备及空调、电源等辅助设备，光分路器、户内FTTR系统涉及的有源设备及光分路器由通信配套设计单位负责设计，通信基础设施服务提供商及电信业务经营者负责建设。

新建住宅及公共建筑的通信配套设施和管线的建设，应与住宅及住宅区的建设同步进行。住宅建筑和公共建筑内全光网络系统应由光纤到户的光配线网部分（FTTH-ODN）的光配线设施和FTTR系统的室内光配线网络两个部分组成，如下图所示，应符合以下规定：

1、建筑物室内网络系统与电信业务经营者公用通信网络之间应通过建筑物入口设施互通，建筑物内全光网络系统中光配线网（FTTH-ODN）的建筑物内部分由入口设施、用户光缆、家居配线箱/信息配线箱组成，设计依据《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程规范》GB50846和《综合布线系统工程设计规范》GB50311。

2、FTTR系统应由主FTTR设备、分路器、光电混合缆/室内光缆、从

FTTR设备组成。

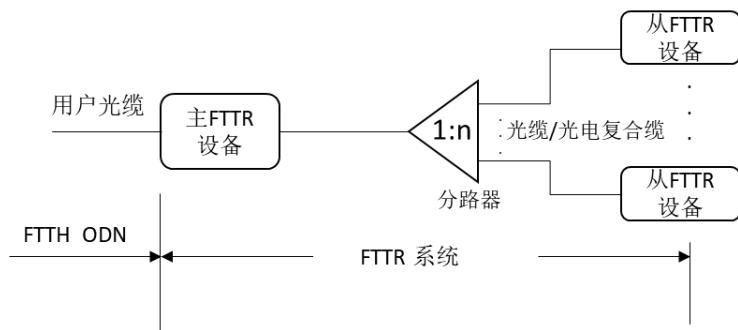


图 5-1 建筑室内全光网络系统光纤到户 (FTTH) 和 FTTR 系统架构

5.1.2 FTTR 系统拓扑设计要素

住宅户内和公共建筑用户单元内采用FTTR系统时，以主从FTTR设备为核心设备构建建筑物室内全光网络系统。上联端口应通过入口设施与公用通信网光线路终端（OLT）互通，下行通过FTTR光接口通过一个光分路器或多个级联的扩展光分路器，接入多个从FTTR设备，如图5-2和图5-3所示。

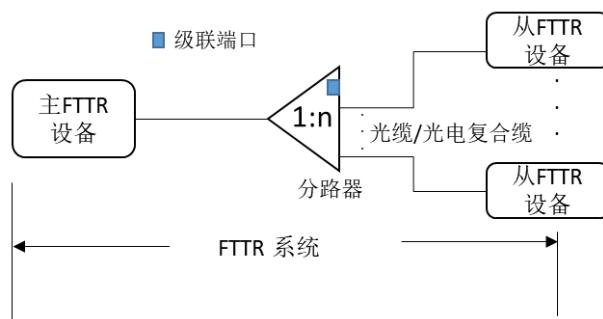


图 5-2 光纤到房间 (FTTR) 系统单个光分路器架构

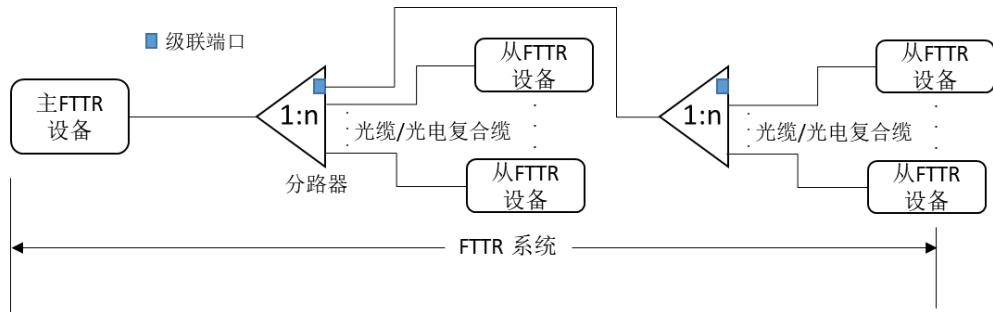


图 5- 3 光纤到房间（FTTR）系统多个光分路器级联架构

5.1.3 FTTR 系统配置原则

FTTR系统各设备应根据住宅建筑的类型和FTTR从设备的数量确定设置的位置，应符合以下规定：

1、住宅场景

- (1) 每户应设置家居配线箱，箱体宜设置在户内布线管网的汇聚处；
- (2) 住宅户内的光纤接入系统应该采用光纤到房间接入方式，住户内光缆以住户信息配线箱为中心向住户内各房间的光纤信息插座敷设光缆，对于多层住宅或别墅建筑宜采用分层汇聚方式。
- (3) 单个光分路器或级联光分路器可与主FTTR设备设于同一安装位置，级联扩展光分路器宜设置于住宅套内分层处，从FTTR设备宜设置于住宅套内房间；
- (4) FTTR的户内光缆芯数应根据户内各房间对通信及有线电视业务的需求和配置等级确定。户内光缆配置宜符合下表5- 1的规定：

表 5-1 户内光缆配置

房间	等级	光缆纤芯数量 (芯)	光缆条数量 (条)
主起居室、客厅	/	1	2
除主起居室、客厅以外的房间	低配置	1	1
	高配置	1	2

2、公共建筑场景

公共建筑FTTR系统各设备安装位置，应根据楼层光分路器的设置，从FTTR设备分布及接入的业务终端数量确定，应符合以下规定：

- (1) 从FTTR设备分布较为密集，数量较多，光网络光分路器采用级联扩展链路架构时，主FTTR设备宜分为1个或多个群（每1个群接入的从FTTR设备数量不宜超过32个），设置于楼层用户单元内安装的信息配线箱内；
- (2) 从FTTR设备分布较为分散，数量较少，光网络采用单个光分路器架构时宜设置于楼层电信间（弱电间）或用户单元区域的信息配线箱内；
- (3) 单个光分路器宜设置于主FTTR设备安装位置，扩展光分路器宜设置在楼层的用户单元内，从FTTR设备直接Wi-Fi覆盖需求设置于楼层每一个用户单元或房间内。

5.2 FTTR 系统设备及部件要求

5.2.1 入户光缆

光缆采用的光纤应符合下列规定：

- 1、用户接入点至楼层光缆分纤箱之间的用户光缆应采用G.652D光纤。
- 2、楼层光缆分纤箱至家居配线箱之间的用户光缆应采用G.657A2光纤。

光缆选型应符合现行行业标准《室内光缆系列 第二部分：单芯光缆》YD/T 1258.2、《室内光缆系列 第三部分：双芯光缆》YD/T 1258.3、《室内光缆系列 第四部分：多芯光缆》YD/T 1258.4、《接入网用室内外光缆》YD/T 1770和《接入网用蝶形引入光缆》YD/T 1997.1的有关规定。

5.2.2 户内光缆

FTTR系统传输线缆可采用光缆布线（I级）和光电混合缆布线（II级）的方式，应符合以下要求：

- 1、光缆布线（I级）：主FTTR设备、分路器、从FTTR设备之间光信号传送应采用G.657A2型光缆（后装场景宜选用透明光缆），光缆宜采用干式结构，普通光缆铺设后进行现场熔接成端；
- 2、光电混合缆布线（II级）：分路器与从设备之间应采用光电混合缆，承载光信号传送和提供远程供电，光电混合缆宜采用G.657A2型光

电混合缆，同时宜为扁平形或圆形光电混合结构，具体可参考《通信信用引入光缆 第4部分：光电混合缆》YD/T 1997.4-2022，宜采用预制光电混合缆进行连接。

5.2.3 配线箱

配线箱应根据安装方式、线缆数量、模块容量和应用功能成套配置，并应符合下列规定：

- 1、所有紧固件联结应牢固可靠，箱门开启角度不应小于110度。
- 2、箱体密封条粘结应平整牢固，门锁的启闭应灵活可靠，箱体内应有线缆的盘留空间，箱体内应有不小于1m光缆的放置空间。
- 3、箱体宜为光网络终端ONT、路由器、无源光分路器等提供安装空间，面板宜采用非金属材质，箱门宜预留散热孔。

5.2.4 设备选型

1、主FTTR设备的典型硬件配置如下：

(1) 接口规格

上行光口：10G PON接口（后续可演进到50G PON）

下行光口：FTTR光接口

下行电口： GE

(2) Wi-Fi接口：2.4GHz 2×2 802.11ax (Wi-Fi 6) + 5GHz 2×2 802.11ax (Wi-Fi 6)

(3) 语音口：POTS

2、从FTTR设备的典型硬件配置如下：

(1) 接口规格

上行光口：FTTR光接口

下行电口：GE

(2) Wi-Fi接口：2.4GHz 2×2 802.11ax (Wi-Fi 6) + 5GHz 2×2 802.11ax (Wi-Fi 6)

3、室内光纤基础设施：由光缆、光分路器、光缆面板构成的家庭内光纤基础设施，实现主从FTTR设备的全光纤连接。室内光纤基础设施可以在前装时由开发商负责建设，也可通过运营商的专业施工团队进行现场施工改造。

4、网络管理平台：网络管理、控制、分析一体化平台，实现对用户家庭网络的远程管理，包括查看网络信息、配置Wi-Fi网络、快速监测和处理家庭网络问题等功能。管理平台提供FTTR设备统一管理能力，通过对大数

据采集分析等手段，实现对家庭网络的可视、可管和可维。网络管理平台由网络运营商与网络设备提供商共同提供。

5.3 FTTR 施工要求

5.3.1 基本要求

为了确保工程质量，在施工现场应有工程方案设计技术人员或被委托人进行有效的监督、指导，线路的敷设路由、设备的安装位置等应与设计图纸一致，光纤链路应进行测试检查。

同时，光缆敷设过程应满足以下基本要求：

1、暗管铺设时：配线管槽应与建筑物综合管槽布局协调，并应选择距离较短、安全和经济的路由；导管、槽盒不应设置在供水、供气、供暖管道竖井中，导管直线敷设每30m处，应加装过路箱（盒）；导管弯曲敷设时，其路由有1个转弯，导管长度大于20m；有2个转弯，导管长度大于15m（该段内不得有S弯）；连续弯曲超过2次时，应加装过路箱（盒）；导管曲率半径不得小于该管外径的10倍，引入线导管弯曲半径不得小于该管外径的6倍。

2、光缆明敷时：在拐角处应设置转角保护件，确保对光纤光缆的保护，导管穿越沉降缝或伸缩缝时，应作沉降或伸缩处理，明敷方式宜采用自粘性光缆布线。

3、通信导管、槽盒与其他管线的最小净距，应符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》GB 50311的有关规定。

5.3.2 施工条件确认

1、进场施工条件准备应符合下列要求：

(1) 应向建设单位和建筑总包单位申报并办理弱电工程施工现场用房及材料加工场地。

(2) 在对进场施工人员进行安全教育基础上，应向建设单位和建筑总包单位申办相关入场身份识别证件。

(3) 在具备施工开工条件基础上，应按规定办理施工开工申请与会签手续。

2、技术准备应符合下列要求：

(1) 施工必须以经审批的设计文件和施工图为依据，如设计单位所提供的施工图与现场不符，施工前应按需形成深化设计施工图。

(2) 施工单位应进行施工组织设计方案的编制，并经会审会签确认。

(3) 施工人员应熟悉施工图、施工方案及有关技术文件资料，并进行技术培训。

(4) 施工前应进行技术交底，明确施工工艺、方法和质量控制标准。

3、施工设备与材料准备应符合下列要求：

- (1) 根据工程设计文件的规定与要求，应建立准确无误的设备、材料明细表、产品合格证明等，供监理工程师和业主审核，并应做好设备、材料采购申请、进场验收等工作。
- (2) 对不具备现场检测条件的产品，可要求工厂检测并出具检测报告。
- (3) 设备及材料的准备检查应包括相关技术资料（由生产厂家提供）。

4、用户光缆接续、成端符合下列规定：

- (1) 用户光缆接续宜采用预成端方式。
- (2) 不具备预成端或者预成端损坏时，可以采用熔接或者现场组装预埋光纤连接器成端。
- (3) 每一光纤链路中宜采用相同类型的光纤连接器。

5、室内光缆安装要求应符合下列规定：

- (1) 光缆在配线柜处预留长度应为3m ~ 5m。
- (2) 光缆在楼层光缆分纤箱处光纤预留长度应为1m ~ 1.5m。
- (3) 光缆在家居配线箱成端时预留长度不应小于500mm。
- (4) 光缆敷设安装的最小曲率半径应符合下表5-2的规定：

表 5- 2 光缆敷设安装的最小曲率半径

光缆类型	静态弯曲
室内、外光缆	15D/15H
微型自承式通信用室外光缆	10D/10H, 且不小于 30mm
管道入户光缆、蝶形引入光缆、室内布线光缆	G.652D 光缆
	G.657A 光缆
	G.657B 光缆

光纤的接续以及光缆与尾纤的成端接续应采用熔接法，每个接续点的熔接损耗值应符合表5-3的要求：

表 5- 3 单模光纤熔接损耗要求(dB)

单纤		光纤带	
双向平均值	单向最大值	双向平均值	单向最大值
≤0.08	≤0.1	≤0.2	≤0.25

(5) 光缆敷设施工准备：光缆铺设前应准备好施工中需要用到的一些必要的工具，包括鸭嘴钳、剥线刀、打线工具、扁嘴钳、螺丝刀（扁头的和十字花的）、多用刀、绳子或拉绳、光缆敷设工具、通电测试仪、光纤测试仪、电缆测试仪。

5.3.3 设备安装

FTTR系统工程的主要设备应根据不同厂家的设备类型和品种采用不同安装方法，应该遵循以下要求：

- 1、房间内安装FTTR从设备与信息点86底盒为预埋或明装的固定方法，宜高出地面300mm。固定螺丝需拧紧，不应产生松动现象。
- 2、插座面板应有标签，以颜色、图形、文字表示所接终端设备的类型。
- 3、机柜、家居/信息配线箱等设备的安装宜采用螺栓固定。
- 4、在抗震设防地区，设备安装应采减震措施，并按规定进行基础抗震。
- 5、标准机柜内安装设备、线缆、端口等应有明显的标识。
- 6、在端接点中间的任意一端，如接头、聚合点及配线点。

5.3.4 安全电源及接地要求

1、防火

FTTR场景中所使用到的所有设备和管道材料等，都应符合有关建筑规范的防火要求。

2、接地

对于公共建筑场景中FTTR主设备需要考虑接地，设备机柜的接地采取联合接地，即柜体的保护接地（包括屏蔽接地和建筑防雷接地）与楼体共同公用一组接地体的联合接地方式。

3、防雷

FTTR设备需要考虑有防雷击保护的设计，如使用光电复合缆时，需考虑防雷击等安全问题。对于公共建筑配线间内设备机柜严格执行《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）以及《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》（GB 50689-2011）。

5.4 FTTR 工程验收

5.4.1 验收项目组成

- 1、FTTR系统工程施工与验收包括产品质量检验、工程实施质量控制和系统或工程的调试与试运行、检测和竣工验收。
- 2、FTTR系统工程施工与验收可作为弱电系统工程的子分部工程进行，工程质量应填写工程实施质量控制记录。
- 3、FTTR系统施工必须由具有相应资质等级和安全生产许可证的施工单位承担。
- 4、工程实施质量控制应包括施工现场质量管理检查、设计文件质量审查与验收、专业工序交接检查、产品质量检验、隐蔽工程检查验收、工程安装质量检查验收和系统调试与试运行、工程质量检测以及工程竣工验收等。

5.4.2 性能参数测试要求

系统调试、检测与试运行质量控制应符合下列要求：

- 1、应对每一条光纤信道进行检测。系统检测不合格项目应限期整改，然后重新检测，直至检测合格，并应在竣工验收时提交整改结果报告。
- 2、工程检测中，光纤信道采用1310nm和1550nm波长进行衰减指标测试，如图5-4所示。

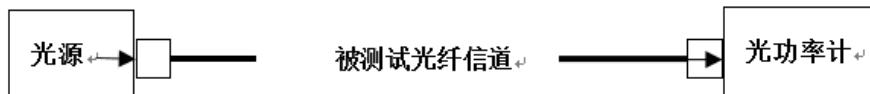


图 5- 4 光纤信道衰减指标测试

- 3、测试采用OTDR测试光纤信道各节点的衰减和回波损耗值，分析、判断指标和排除光纤链路的故障点。
- 4、光纤信道光功率衰耗应该满足设备光端口的最小衰耗与最大衰耗值要求，光纤信道的损耗计算公式与指标应符合以下要求，计算公式如下：

$$\text{光纤信道损耗} = \text{光纤损耗} + \text{连接器损耗} + \text{光纤接续点损耗} + \text{光分路器衰减}.$$

说明：

$$\text{光纤损耗} = \text{光纤损耗系数 (dB/km)} \times \text{光纤长度 (km)};$$

$$\text{连接器损耗} = \text{连接器损耗/个} \times \text{连接器个数};$$

$$\text{光纤接续熔接点损耗} = \text{熔接点损耗/个} \times \text{熔接点个数};$$

$$\text{光分路器衰减} = \text{光分路器损耗/个} \times \text{光分路器个数}.$$

- 5、光纤、连接器及连接点损耗值应符合表5-4和表5-5的规定。

表 5- 4 光缆（最大）损耗

单模光纤	波长 (nm)	1310	1383	1550
OS1a	损耗 (dB/km)	1.0	1.0	1.0
		0.4	0.4	0.4

表 5- 5 光纤连接器及熔接点损耗

类别	连接器衰减 (dB)	熔接点衰减 (dB)
单模	0.5	0.15

5.4.3 验收要求

住宅区和公共建筑内光纤到房间通信设施工程下表所列方式进行检验，检验结果应作为工程竣工资料的组成部分。

表 5- 6 工程检验项目及内容

序号	阶段	检验项目	检验内容	建议方式
1	施工前检查	设备安装环境	建筑物内布线和安装光网关环境条件	施工前检查
		器材检验	规格、梳理和检查；光缆/光电缆及连接器；	
2	线缆铺设及连接	室内光缆/光电缆	管孔孔位及占用梳理；铺设路由；线缆保护措施；线缆接续与成端；	随工检验
3	系统测试	光纤链路测试	光纤链路衰减指标	随工或竣工检验
4	工程总验收	竣工技术资料	清点、交接技术资料	随工或竣工检验

序号	阶段	检验项目	检验内容	建议方式
		工程验收评价	考核工程质量，确认验收结果	竣工验收

住宅区和公共建筑物内光纤到房间通信设施工程的质量评判，应符合下列规定：

- 1、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。
- 2、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。
- 3、对光缆和光电复合缆线系统工程质量的评判标准，应符合现行国家标准《综合布线系统工程验收规范》GB 50312和《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程施工及验收规范》GB 50847的有关规定。
- 4、住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程检验项目全部合格时，工程质量应判定为合格。

5.4.4 验收记录

- 1、施工单位在安装调试与检测完成后，应填写工程调试记录。
- 2、工程调试、检测完，经与建设单位协商后，可投入系统试运行，应填写试运行记录。

3、工程检测，必须根据设计文件和本文件相关技术规定，由具备计量认证资质的第三方专业检测机构进行，检测机构出具的检测报告应作为工程竣工验收的依据。

4、工程检测合格并连续正常试运行后，可进行工程竣工验收，填写系统工程竣工验收资料核查记录和工程验收质量记录。

5.4.5 网络性能验收指标

1、业务验收规范

基于国内《宽带互联网业务体验网络评分计算方法 网页/视频/测速业务》YD/T 3341-2018标准对网页、视频业务体验等级划分，以及工信部发文对宽带测速的要求，结合用户Wi-Fi使用习惯，制定千兆家庭宽带体验验收规范：

表 5- 7 千兆宽带体验关键指标

验收项	验收内容	验收标准
测速	有线连接光猫千兆口进行测速	下载速率大于套餐的 90%
	5GHz Wi-Fi 在经常上网的区域，例如客厅，卧室，书房等多个地点测速	建议：下载速率≥套餐的 90%
业务体验	用户常用区域使用 5GHz Wi-Fi 拨测网页	建议：MOS≥4
	用户常用区域使用 5GHz Wi-Fi 拨测视频	建议：MOS≥4

验收项	验收内容	验收标准
	用户常用区域使用 5GHz Wi-Fi 拨测游戏（可选，用户特别要求再测）	建议：MOS≥4

说明：

MOS≥4.5 体验优，用户体验几乎无损伤

4≤MOS<4.5 良，体验有轻微损伤，可接受

2、Wi-Fi验收规范

对于千兆家庭宽带Wi-Fi连接建议如下：

表 5- 8 千兆家庭宽带 Wi-Fi 建议指标

检测项	检测内容	标准
光猫	光猫型号、单双频、GE 接口	千兆 or 万兆双频光猫
新建房屋光纤覆盖	每房间光纤是否部署	各房间光纤均已部署
老旧房屋网线/光纤连接	家庭路由器与 ONT 之间的网线连接是否正确	路由器应连接 ONT 的千兆口或以上
	从 ONT/家庭路由器与 ONT 之间的网线是否满足千兆速率要求	使用光纤/六类网线
Wi-Fi 信号	在经常上网的区域，例如客厅，卧室，书房两个地点以上测量 Wi-Fi 信号强度	建议：5GHz Wi-Fi 信号 $\geq -60\text{dbm}$

6 总结与展望

迈向绿色高效的全光新时代，千兆光网将通过更大的带宽，更广泛的覆盖，更深入的应用，帮助人们打破原有界限，跨越数字鸿沟，实现更丰富的生活体验，更全面的数字化转型。

广东省通信管理局将联合相关管理部门，组织相关企业及机构，进一步加强千兆光网行业融合应用研究，不断提升千兆光网服务品质，推动千兆光网高质量发展。

下一步广东省持续完善城市光网络普遍覆盖，打造高品质光传送网(OTN)基底，开展千兆光纤网络能力升级，加快做广、做厚OTN节点覆盖范围，规模部署万兆无源光网络(10G-PON)设备，适时开展下一代光网络(50G-PON)试点示范，推动城中村、老旧小区光接入网能力升级改造。推进全光接入网进一步向用户终端延伸，大力推进住宅小区、商务楼宇、产业园区FTTR升级改造，建成全国规模最大、用户最多、应用最广、服务最优的全光网络。

业务应用方面，继续探索和丰富基于FTTR光纤网络的智慧家庭和企业应用场景，大力推动企业用户基于FTTR光纤网络发展更多创新应用，形成

一批典型业务示范应用。

标准制定方面，继续推动加快制定FTTR行业标准，加强标准体系顶层设计和行业标准制定，加快制定广东省住宅和商务楼宇FTTR综合布线规范、验收规范。

风劲帆满海天阔，奋楫潮头逐浪高。到2025年，广东省将基本建成高速泛在、集成互联、智能绿色、安全可靠的新型基础设施，创新能力大幅增强，新兴业态蓬勃发展，数字经济高质量发展，数字治理效能整体提升。