



全光网络使能数字家庭发展

FTTR 数字家庭网络建设白皮书

前言

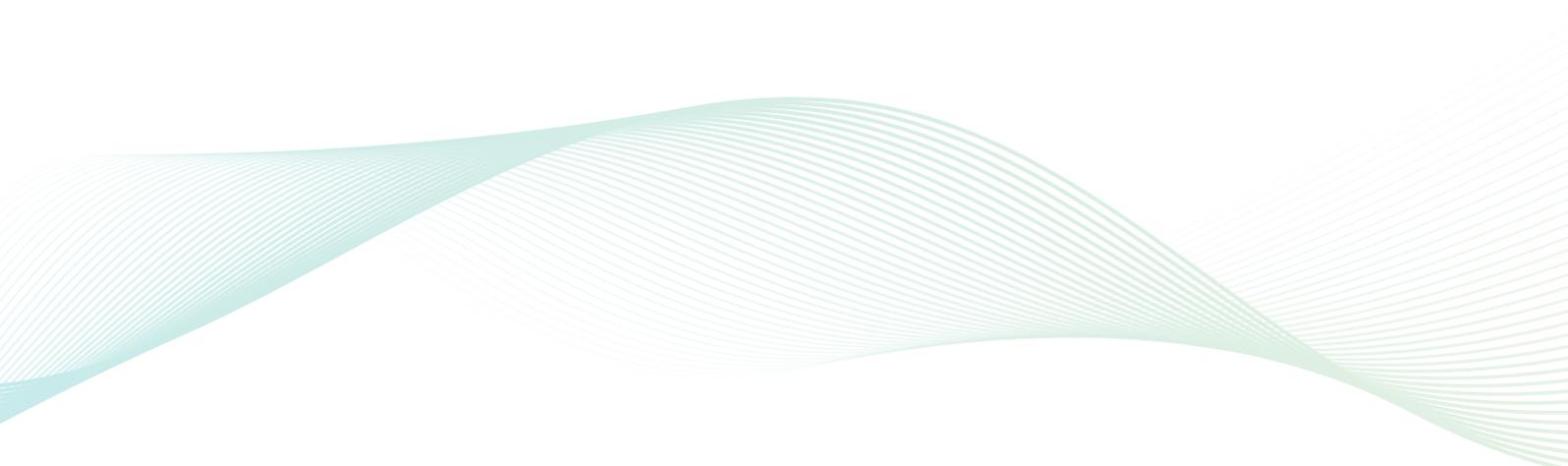
2021年4月16日，住建部、中央网信办、科技部、工信部等多部门联合发布《住房和城乡建设部等部门关于加快发展数字家庭 提高居住品质的指导意见》，意见主要目的是为了落实党中央、国务院扩大内需和发展数字经济战略决策部署，加快发展数字家庭，提高居住品质，改善人居环境。《意见》的发布，是顺应深化住房供给侧结构性改革、促进房地产开发企业等市场主体转型升级和家庭生活数字化趋势的一大举措，也是响应国家数字经济战略、实现经济转型升级和数字经济目标的重要政策。《意见》提出，需要强化数字家庭工程建设，包括加强智能信息综合布线、分类加强智能产品在新建及既有住宅、社区配套设施中的设置要求。

网络是数字家庭发展的基础，为高质量的数字家庭体验提供了必要的保障。随着国家“千兆光网”战略的推进和运营商千兆接入业务的普及，家庭网络的质量已经成为影响用户数字家庭生活体验的重要因素，家庭网络的信号覆盖是数字家庭终端设备接入网络的黄金10m。



为了提升数字家庭网络质量，本白皮书提出了基于光纤的全光数字家庭网络的组网方案，该方案也适用于中小企业的内部组网。结合最近 2 年大量的工程部署实践经验，本白皮书提供了住宅及商务楼宇户内的光纤、光缆的敷设指导，为后续大规模的户内光纤部署的工程设施建设提供参考。

本白皮书由住房和城乡建设部信息中心、中国信息通信研究院、全国智能建筑及居住区数字化标准化技术委员会、中国移动设计院集团有限公司、中国五洲工程设计集团有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、重庆市质量和标准化研究院等联合编写。



SMART HOME



CONTENTS

目录

1 数字经济发展背景	01
1.1 数字经济成为国家经济高质量发展的重要支柱	01
1.2 发展数字经济发展已成为国家战略	01
1.3 发展数字家庭与企业将推动数字经济发展	02
2 数字家庭网络发展及需求	04
2.1 宽带接入网已进入千兆时代	04
2.2 数字家庭与企业的网络需求	05
2.3 数字家庭与企业网络的现状	05
2.4 全光室内基础网络	08
3 数字家庭全光组网方案	09
3.1 全光组网方案	09
3.2 全光组网方案的优势	13
3.3 全光组网改造典型案例	16
4 数字家庭全光组网工程建设指导	19
4.1 数字家庭全光网络系统设计参考	19
4.2 户内光缆类型	21
4.3 户内光缆敷设指导	23
4.4 光缆施工指导	35
4.5 光缆施工后验收	36
4.6 设备安装指导	38
5 总结与展望	40
6 附录	41
附录 1: 光数字家庭网络标准化进展	41
附录 2: 全光数字家庭网络前装试点	44
7 参考文献	46

数字经济发展背景



01

数字经济发展背景

1.1 数字经济成为国家经济高质量发展的重要支柱

数字经济是继农业经济、工业经济之后的更高级经济阶段。是以数字化的知识和信息为关键生产要素，以数字技术创新为核心驱动力，以现代信息网络为重要载体，通过数字技术与实体经济深度融合，不断提高传统产业数字化、智能化水平，加速重构经济发展与政府治理模式的新型经济形态。

随着新一轮科技革命和产业革命的浪潮席卷而来，人类逐步进入数字经济时代，数字经济是以千兆光网、5G、大数据、人工智能、移动互联网、云计算等新一代信息技术的应用为基础。《中国数字经济发展白皮书》表明，2020年中国数字经济规模达到39.2万亿元，数字经济对中国经济增长贡献率超过50%，占GDP的38.6%，居世界第二位；增速同比上升9.7%，位居全球第一，是同期GDP名义增速的3倍多，标志着数字经济产业已成为中国经济稳定增长的重要引擎。在新冠肺炎疫情常态化防控政策下，数字技术与医疗、教育、交通、制造业等各行业深度融合将加速发展，在线会议、远程办公、在线课堂等全面普及，医疗、旅游、会展等线下优势场景加速向线上转移，网络直播、共享员工等个人新型灵活就业经济蓬勃发展，对我国经济稳定运行将发挥更为重要支撑和推动作用。信息化、系统化和标准化的新型基础设施有助于弥合地域之间信息化水平的差异，引导和创造新的消费需求，是经济高质量发展的需要。加快新型数字基础设施的建设，是夯实数字经济发展重要根基。

1.2 发展数字经济发展已成为国家战略

党中央、国务院高度重视数字经济发展，作出了一系列重大决策部署。习近平总书记强调，数字经济是全球未来的发展方向，要大力发展数字经济，加快推进数字产业化、产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合。习近平总书记在中央网络安全和信息化领导小组第一次会议上也谈到，网络安全和信息化是事关国家安全和国家发展、事关广大人民群众工作生活的重大战略问题，要从国际国内大势出发，总体布局，统筹各方，创新发展，努力把我国建设成为网络强国。这为我们工作指明了方向、提供了根本遵循。

在我国“十四五”规划纲要中明确提出，“迎接数字时代，激活数据要素潜能，推进网络强国建设”，“打造数字经济新优势”。党的十九届五中全会也提出，要加快数字化发展，发展数字经济，推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。大力发展数字经济已上升为国家战略，数字经济正在成为驱动我国经济高质量发展的重要引擎。

1.3 发展数字家庭与企业将推动数字经济发展

2021年李克强总理在《政府工作报告》中提到：加大5G网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景。“十四五”规划也提出要求，加快数字社会建设步伐，丰富数字生活体验，发展数字家庭。随后住建部联合网信办、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》28号，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。

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。通过网络实现家庭内部各种家用电子电器产品之间及其与外部的互联互通，使家庭成员能够便捷地实现互动娱乐、信息服务与智能控制，从而极大提高人类居住的舒适性和娱乐性。此外，随着网络通信技术的高速发展及国民经济水平的提高以及医疗保健设备的电子化，以家庭和人为节点的家庭医疗和移动医疗产业也呈现蓬勃的发展势头。远程医疗也逐渐走向个人、走进家庭，成为家庭保健必不可少的部分。



中华人民共和国住房和城乡建设部
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (MORC)

2021年8月26日 星期四

您现在的位置: 首页 > 政策发布

索引号: 000013338/2021-00149	主题信息: 标准定额
住房和城乡建设部 中央网信办 教育部 科技部 工业和信息化部 公安部 民政部 人力资源社会保障部 交通运输部 商务部 文化和旅游部 卫生健康部 应急部 市场监管总局 广电总局 体育总局	生成日期: 2021年04月06日
文件名称: 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	有效期:
文号: 建标〔2021〕28号	主题词:
原立情况:	

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

各省、自治区、直辖市住房和城乡建设厅(局、委)、党委网信办、教育厅(局)、科技厅(局)、工业和信息化主管部门、公安厅(局)、民政部(局)、人力资源社会保障厅(局)、交通运输部(委)、商务主管部门、文化和旅游厅(局)、卫生健康委、应急管理厅(局)、市场监管厅(局、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、

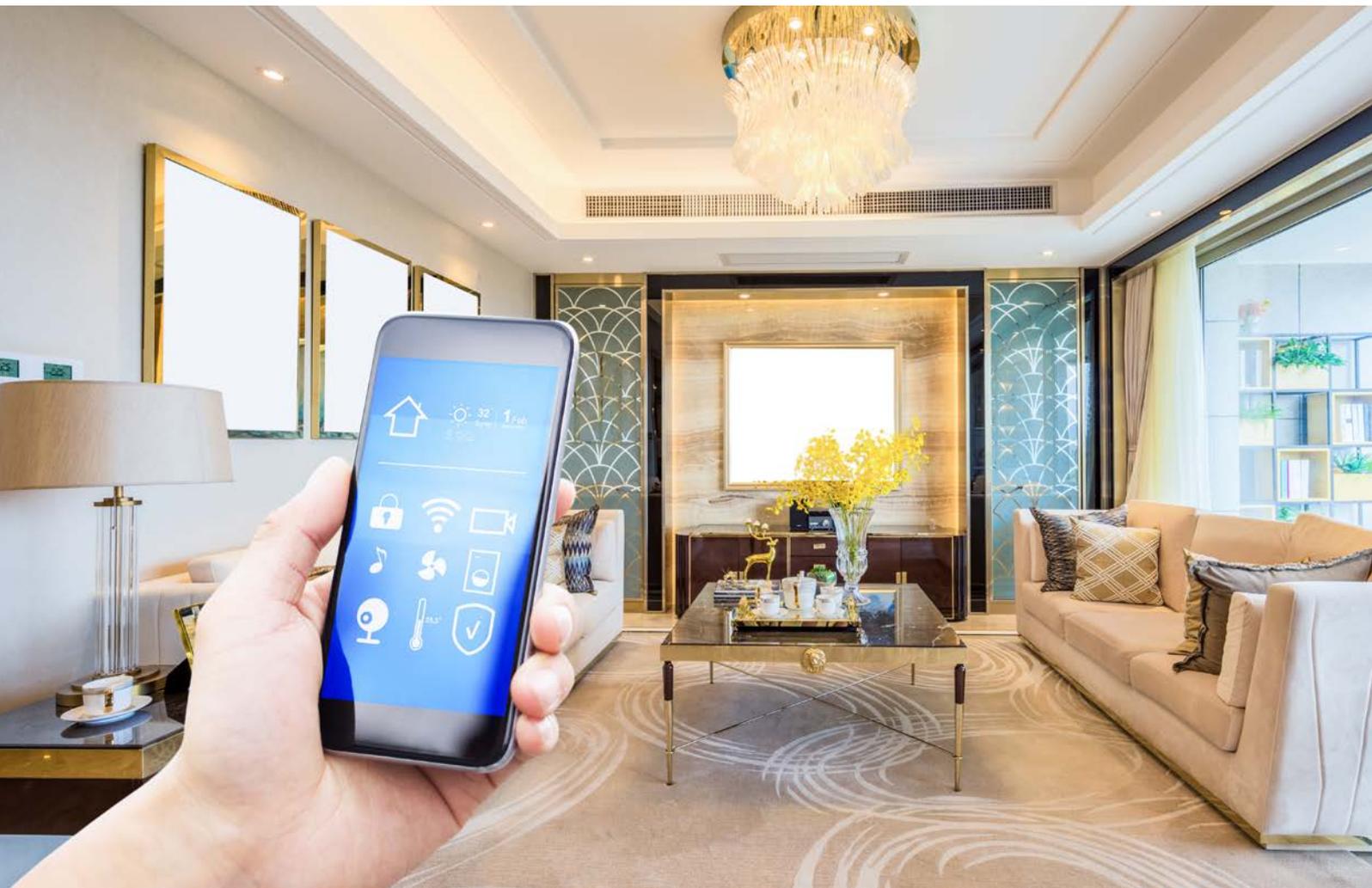
数字经济发展背景

数字化转型是中小企业创新发展的重要途径，政府对此高度重视，出台了一系列政策措施，推动中小企业适应数字经济发展，加速数字化转型。在数字化转型加速推进趋势下，企业上云需求将加速。从中央到地方政府，纷纷出台政策，鼓励和支撑中小企业上云。国务院办公厅《关于促进中小企业健康发展的指导意见》明确指出，为中小企业提供信息化服务，推进发展“互联网+中小企业”，发展适合中小企业智能制造需求的产品、解决方案和工具包，完善支撑服务体系，推动中小企业业务系统云化部署。

随着信息化时代的到来以及市场竞争的日趋激烈，固网办公、移动办公、云上办公、总部与分支互联等企业多元化服务将加速企业数字化转型，同时，很大程度促进经济的高速发展。



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。





02

数字家庭网络发展 及需求

2.1 宽带接入网已进入千兆时代

2013年，国务院制定了“宽带中国”战略及实施方案，明确了宽带网络是新时期我国经济社会发展的战略性公共基础设施，指出了发展宽带网络对拉动有效投资和促进信息消费、推进发展方式转变和小康社会建设具有重要支撑作用。与此同时，住建部联合工信部发布并实施了国家强制标准《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范》GB 50846-2012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 50847-2012，要求新建住宅小区的必须按照光纤到户建设，对已有住宅小区的宽带接入网络设施，要严格履行相关共建共享的要求。

基于国家战略指导及强制标准的要求，我国持续加大光纤网络建设投资力度，完成了从铜缆接入为主向光纤入户的全面替换。根据工信部统计数据，截至2020年底，互联网宽带接入端口数量达到9.46亿个，其中，光纤接入（FTTH / O）端口达到8.8亿个，三家基础电信企业的固定互联网宽带接入用户总数达4.84亿户，全年净增3427万户。其中，100Mbps及以上接入速率的固定互联网宽带接入用户总数达4.35亿户，占固定宽带用户总数的89.9%。光纤宽带网络的发展全面实现了以家庭或中小企业为单位的高速信息服务，完成了第一次光进铜退“革命”，奠定了固定通信网宽带接入与“宽带强国”的根基。

2021年4月7日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，部署持续推进网络提速工作提出，要大力推进5G和千兆光网建设应用。会议要求，要开展“千兆光网”升级和入户改造，推动城市基本具备固定和移动“千兆到户”能力，今年实现千兆光网覆盖家庭超过2亿户。同时，工信部也发布了《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》，明确用三年时间，基本建成全面覆盖城市地区和有条件乡镇的“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。

数字家庭与企业的接入网络带宽已迈入千兆时代。为了真正满足用户的网络需求，需要形成配套的室内组网及布线方案，保证无线Wi-Fi网络的覆盖，才能真正实现用户的千兆带宽体验。

2.2 数字家庭与企业的网络需求

网络是数字家庭与企业的神经和血管，通过网关将公共网络的各种信息通信业务应用功能延伸到家庭和企业内部，并以无线网络或有线网络的方式连接家庭与企业内的信息终端设备，为终端设备提供语音、数据、图像、多媒体信息的传送、控制和管理，实现数据信息在家庭与企业内部之间的交互和共享。同时，网络还能通过与外部公共网络的连接，实现家庭与企业内部与外部网络信息互通，通过丰富多彩的业务和应用使用户享受与体验到丰富、舒适、便利、安全、高效的生活与工作。

千兆网络时代的到来，正在急速改变传统家庭生活和企业工作的模式，数字家庭与企业行业的发展进入快速发展期。随着2020年新冠疫情大爆发以来，人们的日常工作、生活发生了明显的变化，对网络的依赖程度也逐渐上升，同时对网络也提出了更高的要求。根据宽带发展联盟发布的《千兆宽带网络商业应用场景白皮书》显示，4K高清平面视频下行带宽需求在100Mbps，8K超高清视频则需要150Mbps左右。如体验沉浸式强互动VR业务，带宽需求可高达540Mbps以上。而像多机位直播则是对网络的上行带宽有更高诉求，云游戏对网络时延和抖动要求严苛。

网络基础条件的提升，为互联网业务的繁荣提供了信息底座，也为创新应用提供了基础。不断涌现的新兴业务，又对网络带宽、时延、抖动提出更高要求。

2.3 数字家庭与企业网络的现状

用户的终端设备通常通过室内的Wi-Fi连接接入网络。室内Wi-Fi组网方案的优劣是用户最终体验的关键因素之一。

2.3.1 数字家庭网络

在固定宽带网络中，家庭网络是重要的一个环节，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，住宅内部的家庭网络组网由用户自己定制和安装，各家各户结合各自环境条件，出现了网线、Wi-Fi、电力猫等不同的家庭网络组网方式。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。

从已有的家庭网络组网方案看，主要存在以下问题：

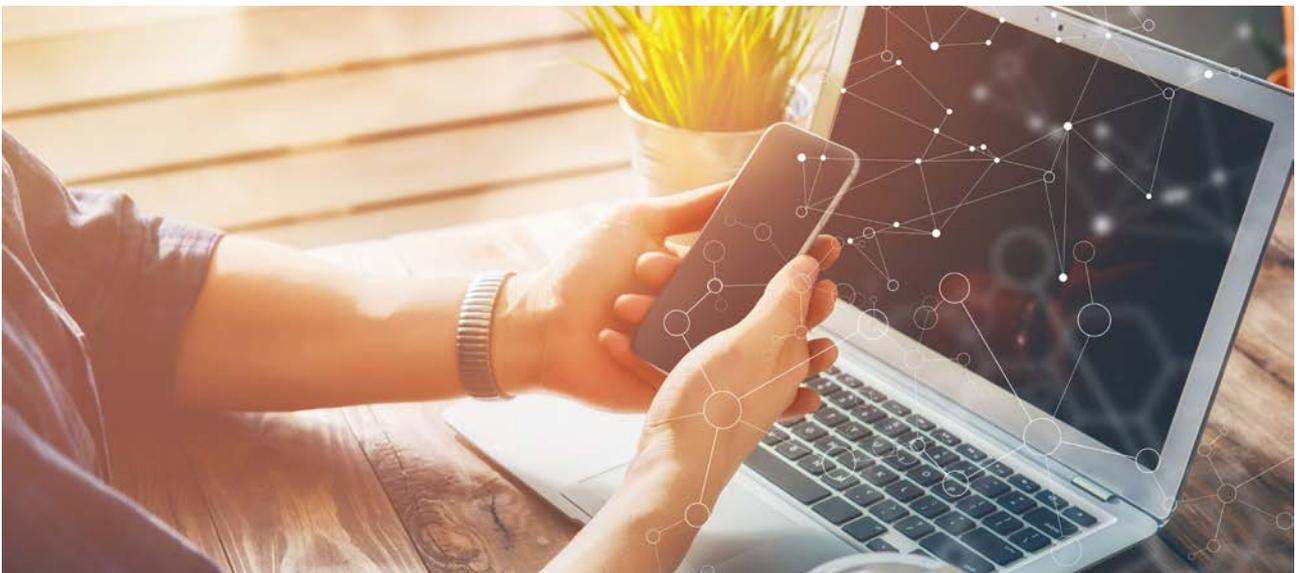
- » 宽带体验不佳：百兆网线，网线老旧 / 质量不合格，电力线或Wi-Fi穿墙后速率下降不稳定，导致入房间速率小于100Mbps，百兆 / 千兆宽带不等于好的百兆 / 千兆业务体验。
- » Wi-Fi不是一张网：家庭内部Wi-Fi点位部署无统一规划，Wi-Fi网络无统一管理，导致家庭内部Wi-Fi组网实际总吞吐性能不达标，多Wi-Fi热点间相互干扰严重，业务体验无法保证。
- » 家庭网络不可视不可管不可维：大量用户自行购买路由器进行DIY自组网，网线、Wi-Fi、电力线多种组网方式并存，家庭内部组网终端厂家众多，组网部署后成为黑盒不可集成管理，网络业务质量不可感知、难以优化。

家庭网络现有组网方案对比

	网线组网	无线 Wi-Fi 组网	电力线组网
最高速率	5 类电缆: 100Mbps 6 类电缆: 1000Mbps 6A 类电缆: 10Gbps	Wi-Fi5: 约 500Mbps~600Mbps Wi-Fi6: 可超过 1000Mbps Mesh 时, 每加一级性能减半	HG AV: 200Mbps、500Mbps HG AV2:450Mbps、600Mbps、 1200Mbps
传输距离	小于 100m	易受干扰, 室内跨两堵墙基本不可用	小于 300m
安装便利性	需要室内铺设电缆, 安装部署需要专业深化设计, 随着业务发展, 需要更换不同类型的电缆	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	安装部署容易, 即插即用
可靠性	易受电缆护套材质老化影响	环境干扰影响很大, 性能不稳定	受家用电器影响较大, 性能不稳定
可运维性	用户自行管理	运营商仅管理光终端设备, 用户通过手机 App 管理 AP	用户自行管理

2.3.2 数字企业网络

企业数字化智能化的基石是企业网络, 企业网络包含企业专线 (含企业宽带)、企业内网和企业云网融合。企业专线主要满足上网、视频、语音和入云等外部联接诉求; 企业内网一般是指企业或运营机构的内部信息通讯网络, 通常与广域网及本地数据中心或公有云相连, 是地理区域相对集中的一个内部网络, 主要满足企业办公、生产、安防等组网诉求; 企业云网融合是随着企业网络上云、业务上云及 IT 上云, 云和网的边界逐渐消融, 其基本特征是一体化供给、一体化运营和一体化服务, 网随云动, 云网一体。



数字家庭网络发展及需求

企业专线由来已久，业务发展上较为成熟，技术方案上已具备千兆光网的基础能力。当企业网络由企业专线延伸到企业内网时，应用场景和客户需求都发生了重大变化。首先，企业内网从传统有线接入向无线化 Wi-Fi6 快速演进；其次，企业的业务诉求要求网络联接从树形结构向 Mesh 化和云边端分布式协同部署发展；最后，企业网络需要成为一张自感知、自组织、自优化、自演进的自动化可视化高效率生产网。当前的网络架构和方案在满足企业数字化智能化发展需求时面临着巨大的挑战。

企业内网应用场景及需求

应用场景	客户需求
无线办公	<p>广覆盖：企业办公区域 Wi-Fi 信号全覆盖，移动办公不卡顿不掉线，任意位置变换实现无感知漫游</p> <p>大并发：办公区和会议室要求大量终端（PC/ 平板 / 手机 / 智慧屏等）同时在线，且提供可保证的网络服务，抗干扰性能好，特别是在上班高峰期要求网络能稳定工作</p> <p>大带宽：上网、上云、视频会议等多种业务叠加，要求 500M/1000M 以上带宽，实际测速结果能达到套餐承诺的速率</p> <p>高安全：对多业务隔离、用户接入安全、防火墙、安全审计、防攻击、防病毒等有诉求，同时要求降低专业技能要求或者提供一揽子安全服务</p> <p>智运维：可视可管可维可优（全网拓扑可视，KPI/KQI 可视，故障可视，网络统一配置管理，Wi-Fi 自动调优等），免专业技能运维网络，企业用户 APP 自助运维</p> <p>绿色低碳：采用环保材料，降低能耗</p> <p>平滑演进：网络基础设施 1 次部署，支持 10+ 年平滑升级（用户带宽 100M → 500M → 1G 以上）</p>
有线办公	<p>大带宽：上网、上云、4K/8K 视频会议、VR/AR 大屏等多种业务叠加，要求千兆到网口</p> <p>多连接：大量有线终端接入网络，内网东西向流量本地线速交换，外网南北向流量支持大规格会话</p> <p>高可靠：网络链路有冗余保护，故障率低</p> <p>平滑演进：网络基础设施可支持未来 10+ 年平滑升级，避免传输介质频繁改造（例如网线 CAT5[100M] → CAT6[1000M] → CAT6E[10G]）</p>
多业务融合	<p>传统内网互访、公网 internet 访问、语音基础连接业务基础上，高品质音视频会议、在线虚实结合互动会议、人机 AI 互动、直播、云服务（视频创作、云渲染、云设计等）、任意位置在线混合办公等新业务形态，要求多业务隔离、高品质大并发 WiFi6 接入、差异化实时稳定服务、上行稳定大带宽能力</p>
视频监控	<p>大带宽：上行带宽 > 下行带宽，多路 4K/8K 视频流回传</p> <p>高安全：与无线和有线办公网隔离</p>

企业内网传统方案及问题

当前企业内网主流方案包含两种：光猫 + 无线路由器，光猫 + AC+PoE 交换机 + AP。

无线路由器在小微企业使用普遍，价格便宜，但在大并发、高安全、无缝漫游、平滑演进、智能运维等方面都存在明显的短板，使用体验难以保障。

AC+AP 是当前中小企业和中大型企业采用的主流方案，但存在如下限制和约束：

- » 千兆速率瓶颈：较多企业依然采用老旧的 5 类线组网，最大速率仅支持 100M；超五类线或 6 类线实际测速最大 900+M；如果更换 CAT6E 或 CAT7 网线，速率可达千兆，但成本将大幅提升。



- » 网络架构复杂：P2P 架构，3~4 层有源设备堆叠，故障点多，设备间连线复杂，占用机房和线槽空间多，工程施工方面存在大量重复布线工作量，安装部署调测工作量大。
- » 平滑演进难：网线作为基础设施，其寿命约 10 年，远低于光纤的寿命；网络升级时，需更换高规格高成本的网线，需重新进行综合布线，工程实施成本高。
- » 传输距离受限：网线最远传输距离 100 米，部分场景（例如厂房、工地、回字形 / U 字形楼宇等）无法有效满足，需要增加交换机进行中继，导致成本上升、网络结构复杂化。
- » 不匹配绿色低碳趋势：有源设备层次和数量多，电能消耗大。

2.4 全光室内基础网络

光纤通信具有频率宽，速率高，损耗低，抗电磁干扰能力强，保密性好等特点；光纤产品绝缘性能好，寿命长，光器件体积小，便于施工和维护。因此，光纤通信技术自出现以来，带来了科技和社会领域的重大变革，以光纤通信技术为主要代表的激光信息技术搭建了现代通信网络的框架，成为信息传递的重要组成部分。光纤通信技术是当前宽带互联网信息的重要承载介质，同时也是信息时代的核心应用技术之一。当前，光纤通信当前主要用于全球通信网、各国的公共电信网（如中国的国家一级干线、各省二级干线和县以下的支线）、光纤到户的接入网系统，它还用于高质量彩色的电视传输、工业生产现场监视和调度、交通监视控制指挥、城镇有线电视网等。

基于此，业界提出了基于光纤组网的新一代家庭和企业组网方案——FTTR(Fiber to The Room, 光纤到房间)，其借助光纤本身体积小、重量轻、超长寿命、不受电磁干扰、带宽无限演进的特性，为家庭和企业内部组网提供了新的选择。光纤到房间，顾名思义，是将光纤延伸进家庭的每一个房间，是光纤入户的更进一步，通过光纤构建家庭和企业的基础信息网络底座。



03

数字家庭 全光组网方案

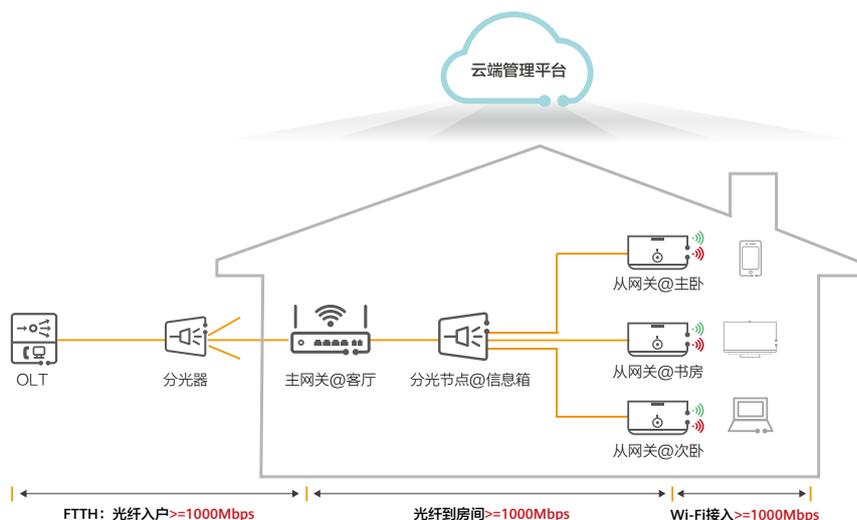
3.1 全光组网方案

3.1.1 数字家庭全光组网方案

家庭网络由以下两大部分组成：一是家庭网关。这是整个家庭网络与外部网络互通互联的桥梁，也是数字家庭各种业务和应用的关键。它可以接收外部各种业务网络的通信信号，通过家庭光纤配线网络传递给终端设备。二是各种信息终端设备和智能家电设备。在一个家庭网络中，各类信息终端设备和智能家电设备，以家庭内部的有线或无线方式作为传输手段，通过家庭网关实现信息互通，并可提供自动发现和配置功能。

数字家庭全光组网（FTTR）是光纤入户（FTTH）在家庭内部的延伸，也是保证用户真千兆体验的必然选择。从入户家居配线箱部署光纤到家庭内各个房间，替代传统的以铜缆为基础的以太网线，通过光纤以及配套的组网设备为每个房间提供有线、无线业务接口，配合 Wi-Fi6 技术实现全屋的“千兆”网络覆盖。进一步落实国家的“双千兆”战略，真正实现“千兆”到房间，到用户终端设备。

数字家庭全光网络包括主网关、从网关、室内光纤基础设施、家庭网络管理平台四部分组成，典型的组网如右图所示：



图一 数字家庭全光组网

主网关：网络位置在局端光线路终端（Optical line terminal，以下简称 OLT）和从网关之间，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。主网关在家庭内部提供家庭光网络接口，通过无源分光器将光信号通过光纤传输到分布在各房间的从网关，将千兆的网络通过光纤延伸到各个房间。主网关是数字家庭全光网络的核心，除了具备基础的网络功能，还需要实现对所有从网关的统一管理和配置。

主网关典型硬件配置如下：

接口	规格
上行光口	10G PON 接口（后续可演进到 50G PON）
下行光口	家庭光网络接口
下行电口	GE
Wi-Fi 接口	2.4GHz 2x2 802.11ax（Wi-Fi 6）+ 5GHz 2x2 802.11ax（Wi-Fi 6）
语音口	POTS

从网关：家庭分布式提供 Wi-Fi 接入的设备，分布在户内主要房间，通过户内光纤连接到主网关设备，为用户提供 Wi-Fi 6 无线接入和 GE 的有线接口，满足各类终端设备的千兆宽带接入需求。从网关由主网关统一配置和管理，全光数字家庭网络构成可互通的局域网。

从网关典型硬件配置如下：

接口	规格
上行光口	家庭光网络接口
下行电口	GE
Wi-Fi 接口	2.4GHz 2 x 2 802.11ax（Wi-Fi 6）+ 5GHz 2 x 2 802.11ax（Wi-Fi 6）

室内光纤基础设施：由光缆、分光器、光缆面板构成的家庭内光纤基础设施，实现主从网关设备的全光纤连接。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。

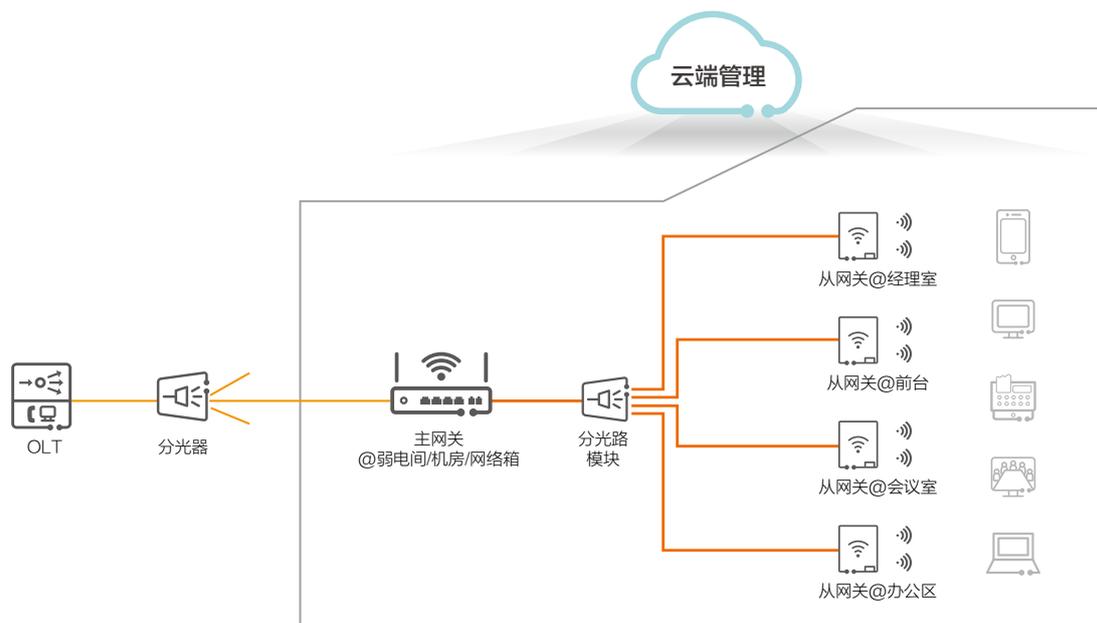
家庭网络管理平台：家庭网络管理、控制、分析一体化平台，实现对用户家庭网络的远程管理，包括查看家庭网络信息、配置家庭 Wi-Fi 网络、快速监测和处理家庭网络问题等功能。管理平台提供家庭主从网关统一管理能力，通过对大数据采集分析等手段，实现对家庭网络的可视、可管和可维。

数字家庭全光组网方案

3.1.2 数字企业全光组网方案

企业场景的全光组网方案由主网关、从网关、光纤基础设施、云端管理平台 / 手机 APP 四部分组成。相对家庭场景，企业场景存在面积大且覆盖空间多样、终端用户并发量大、多业务功能融合（含 WiFi、语音、VPN、上云等）等典型差异化诉求，企业主网关需多合一集成光网关、业务路由网关、AC 控制器、VPN 设备功能，需要支持更多的从网关点位数量和多从网关间灵活的负载均衡迁移能力提升内网整体体验，并且主网关和从网关需要支持更多的终端接入数以及业务并发量，从而实现企业的千兆 WiFi 覆盖。

企业场景的典型的全光组网如下图所示：



图一 FTTR 全光企业组网方案

企业主网关：网络位置在局端光线路终端（Optical line terminal，以下简称 OLT）和从网关之间，向上连接至运营商局端的 OLT 设备，通过运营商网络提供企业全千兆接入。企业主网关是企业全光网络的核心，集成了光接入、路由、AC 控制器、VPN 以及语音接入等等功能，支持企业场景的大量终端并发接入，支持企业场景的大容量的业务交换转发能力，支持对所有的从网关进行统一的管理和配置。

主网关典型硬件配置如下：

接口	规格
上行光口	10G PON 接口（后续可演进到 50G PON）
下行光口	企业内部组网光接口
下行电口	4*GE
Wi-Fi 接口	2.4GHz 2 x 2 802.11ax (Wi-Fi 6) + 5GHz 2 x 2 802.11ax (Wi-Fi 6)
语音口	4*POTS

企业从网关：提供 Wi-Fi 接入的设备，通常采用吸顶式或者面板式布放，并且采用光电复合缆的连接方式，传输高速信号的同时实现对从网关的远程供电。从网关为用户提供 Wi-Fi 6 无线接入和 GE 的有线接口，满足各类终端设备的千兆宽带接入需求。从网关由主网关统一配置和管理，主从网关之间构成可互通的企业内部一张网。

从网关典型硬件配置如下：

接口	规格
上行光口	企业内部组网光接口
下行电口	GE
Wi-Fi 接口	2.4GHz 2 x 2 802.11ax (Wi-Fi 6) + 5GHz 2 x 2 802.11ax (Wi-Fi 6)

企业光配线网：由光电复合缆、分光器构成的企业内信息线缆等基础设施，实现主从网关设备的全光连接。企业光配线网可以在前装时由装修公司负责建设，也可在后期通过专业施工团队进行现场施工改造。

企业云端管理平台 / 手机 APP：云端管理平台是企业网络管理、控制、分析一体化平台，实现对企业网络的远程管理，包括查看企业网络信息、配置企业 Wi-Fi 网络、快速监测和处理企业网络问题等功能。管理平台提供企业主从网关统一管理的能力，通过对大数据采集分析等手段，实现对企业网络的可视、可管和可维。同时也提供本地轻量化管理平台以及手机 APP 等方式，支撑企业 IT 人员高效、便捷地管理和运维内网。



数字家庭全光组网方案



3.2 全光组网方案的优势

3.2.1 光纤全联接

FTTH 正在从 GPON 转向 10G PON，Wi-Fi 从 Wi-Fi5 演进到 Wi-Fi6，10G PON + Wi-Fi6 的组合可以提供超千兆的接入能力。主网关上行通过 10G PON 接入，速率最大支持 10Gbps，由光纤接入房间的从网关，从网关支持千兆以太网口和 Wi-Fi6。光纤组网方式规避了网线提速需更换更高标准的网线、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，Wi-Fi6 速率可超千兆，实现超千兆宽带到房间。

全光组网可实现“1 次部署，长期演进”。在不改动光纤基础设施的情况下，仅通过更换两端的设备，即可将网络带宽平滑升级到 100Gbps 以上，可以满足未来持续演进的高带宽业务诉求。

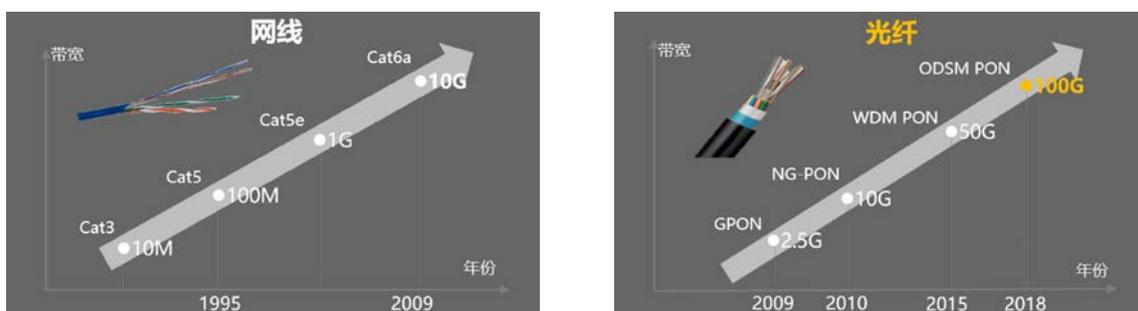


图 网线和光纤容量对比

3.2.2 全屋一张网

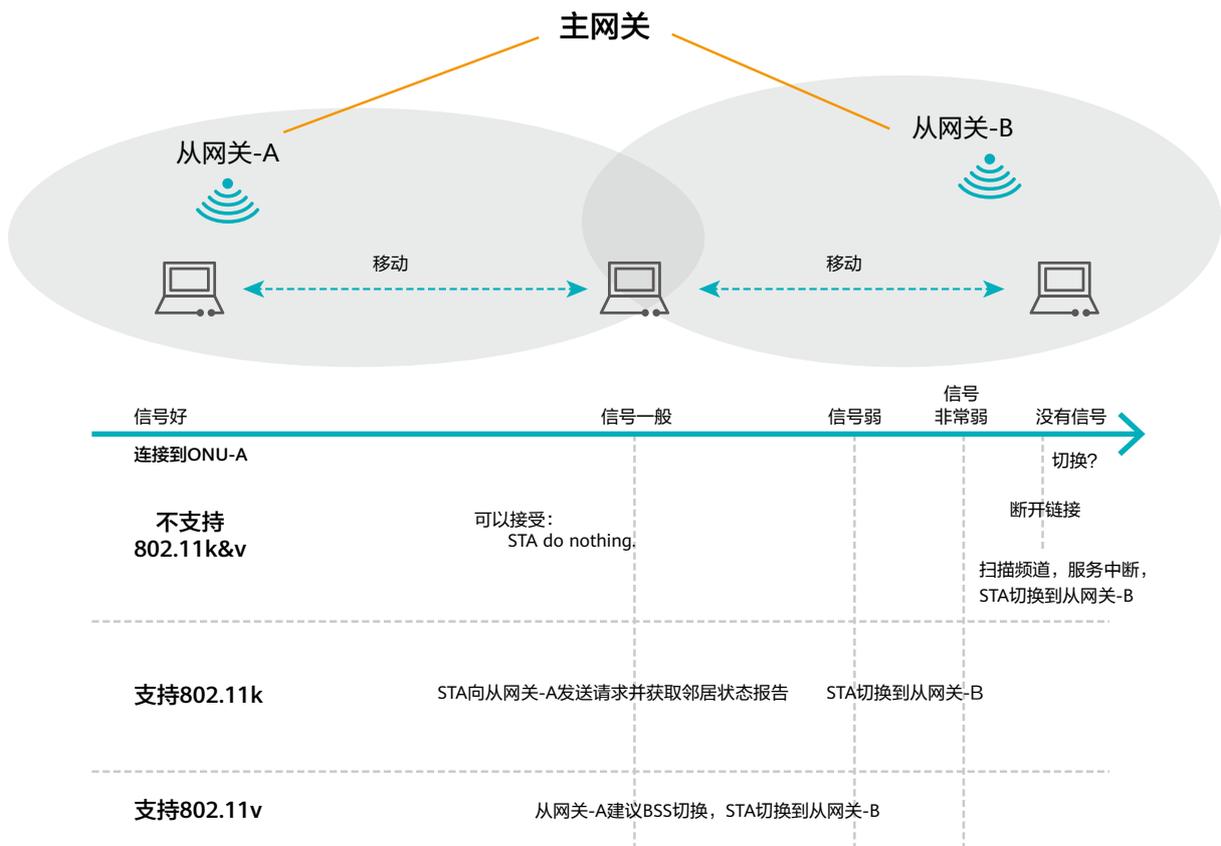
从网关即插即用

从网关在上电后通过光纤接入主网关，完成在主网关的自动上线和自动配置，主网关上的 Wi-Fi 等参数自动同步到从网关，实现全光组网的 Wi-Fi 统一配置，从网关无需单独配置 Wi-Fi 等参数，实现即插即用。

全屋 Wi-Fi 无缝漫游

用户从一个房间到另外一个房间，Wi-Fi 连接可以无感切换，保证实时业务不会中断，消除 Wi-Fi 切换导致访问中断的问题。

Wi-Fi 终端设备在移动过程中会从从网关 -A 切换到从网关 -B，为了提升房间内部 Wi-Fi 无线终端漫游的体验，主网关统一控制和管理房间内部 Wi-Fi 无线终端设备的漫游切换，当主网关检测到接入的 STA 在当前接入点信号强度较差且存在信号强度更优的接入点时，触发 STA 切换到信号更优的接入点，同时主从网关共一个 SSID，Wi-Fi 全屋一张网，达成 Wi-Fi 无感知切换，保证视频通话、在线游戏等业务在设备移动过程中业务不中断。



注：本图来源于《FTTR 新一代家庭千兆全光组网白皮书》

图 数字家庭全光组网全屋 Wi-Fi 漫游

数字家庭全光组网方案

企业组网大带机量、广覆盖及可保障体验

企业在会议室、办公区等场景，要求网络支持的终端用户数量大、并发度高、稳定性好、Wi-Fi 覆盖无死角。企业级全光组网方案通过增设智能天线、优化高密 Wi-Fi 调度算法和负载均衡算法，可实现单从网关多终端（建议 >64）并发接入，且可为每终端提供可保障带宽。

3.2.3 运维全省心

网络管理平台（包括云端管理平台和用户端手机 APP）提供全光网络的远程管理和运维功能，保障全光网络的 Wi-Fi 体验，提升全光网络的运维效率。主要功能如下：

- » 可视可管：网络拓扑可视，设备信息可视；网络速率和设备接入速率可视；支持 7*24 小时全光网络历史信息回放快速恢复到故障现场；分段测速，问题快速定界；故障自动识别和分析，提升运维效率。
- » 可维：云端大数据 + 边缘分析，故障弹窗使用户自助排障；极简 APP 可帮助家庭和企业用户自助管理网络。
- » 自动调优：Wi-Fi 覆盖及漫游体验质量评估，智能调优提升 Wi-Fi 体验。
- » 体验可视：自动识别网速慢、视频卡顿、频繁掉线等 TOP 质差现象，业务 KPI、网络 KPI 可视，应用质差用户自动识别，基于业务体验的质差分析及网络根因关联定位，从带宽经营迈向体验经营。

3.2.4 绿色全低碳

光纤的最基本原材料是二氧化硅 (SiO₂)，即石英，石英在大自然界中取之不尽、用之不竭，而以太网线主要由铜线组成，铜是不可再生资源。据统计，每公里光纤耗电约为 2.3 度（2 亿度 /9000 万芯公里），比生产铜线每公里节省 8.7 度电，对应 5.6 公斤碳排放。同时冶炼每吨铜需要消耗 5 到 10 吨水，是同等距离光纤生产水资源消耗的 10 倍，铜冶炼还有大量废酸、废碱、重金属和尾矿排放。

此外，全光组网架构极简，4 层网络变 2 层网络，光进铜退，无源设备替代有源设备，无源网络免取电，大幅简化或免弱电机房，降低电能消耗 30% 以上，助力碳达峰碳中和。



图 企业典型高密接入场景



3.3 全光组网改造典型案例

3.3.1 FTTR 全光家庭组网案例

户型：5室2厅3卫，面积248m²。

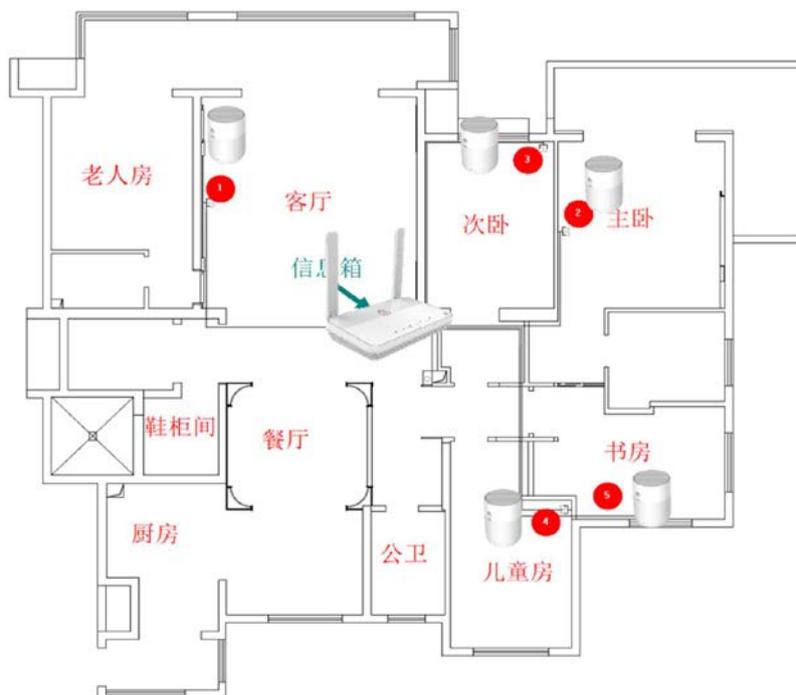
家庭网络现状：套餐2000M，但Wi-Fi热点覆盖不够，导致Wi-Fi速率低，厨房、卫生间、卧室Wi-Fi速率极低，甚至低至几Mbps的速率。



装修情况：已完成精装修，室内已通过预埋对绞电缆布放到对应的房间，涉及5个房间接入点。

施工方案：采用橄榄头弹簧穿管器进行暗管施工，保留原有对绞电缆，完成光纤穿管。

FTTR全光组网改造后：每个房间通过从网关覆盖，主网关覆盖餐厅、厨房等区域，详细如下图所示：



改造后 FTTR 全光组网图

数字家庭全光组网方案

FTTR 全光组网改造后效果：

通过光纤组网，从网关覆盖的区域速率均在 1000Mbps 以上，其它 Wi-Fi 穿墙覆盖的区域速率也在 400Mbps 以上，改造后的效果明显。

序号	位置	测速结果	序号	位置	测速结果
1	客厅		6	餐厅	
2	儿童房		7	厨房	
3	主卧		8	公卫	
4	次卧		9	老人房	
5	书房				

3.3.2 FTTR 全光企业组网案例

企业简介：某设计公司，拥有员工 50 多人，大平层办公区分隔成 5 个区域（经理室、大会议室、小会议室、大办公区、小办公区），总面积约 400m²。

网络需求：

- » 有线 + WiFi 一张网，台式机用有线，笔记本和手机用 Wi-Fi，网络布线须整齐美观
- » Wi-Fi 信号好，无覆盖盲区；Wi-Fi 速度快，分享和下载协作文件及时响应
- » 由于每个员工有 2~3 台终端设备，要求网络带机量大于 200，所有终端并发在线时上网流畅不卡顿
- » 可视化的网络管理工具，辅助企业自行排障，快速解决问题

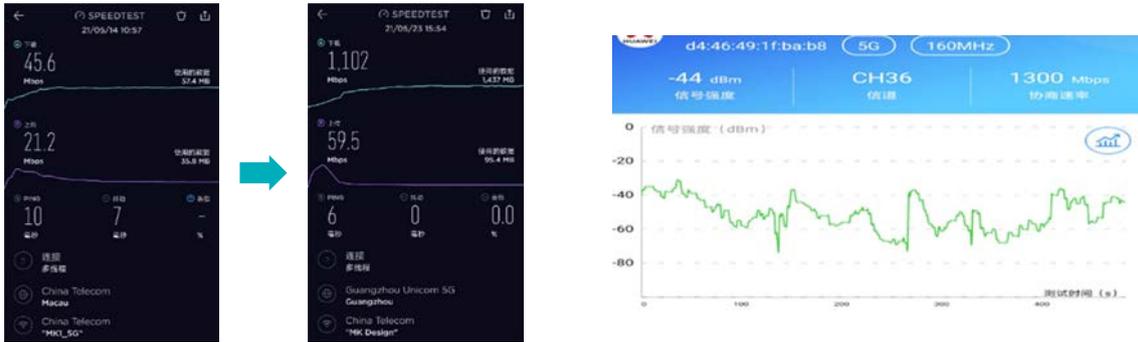
网络现状：

- » 企业自行购买了两个无线路由器提供 Wi-Fi 接入服务，Wi-Fi 测速近为 45Mbps（套餐为 1000Mbps），上班高峰期 Wi-Fi 上网慢和转圈圈问题
- » 经理办公室 Wi-Fi 信号不好（手机上显示非满格信号），一般用手机 4G/5G 流量上网
- » 企业无专业 IT 人员，出了问题无法定位，只能打运营商电话求助

解决方案：采用一套 1 拖 3 的全光企业组网 FTTR，主网关安装在网络箱中，白色小微光电复合缆沿天花板布线，单个从网关覆盖面积约 130 m²；

改造效果:

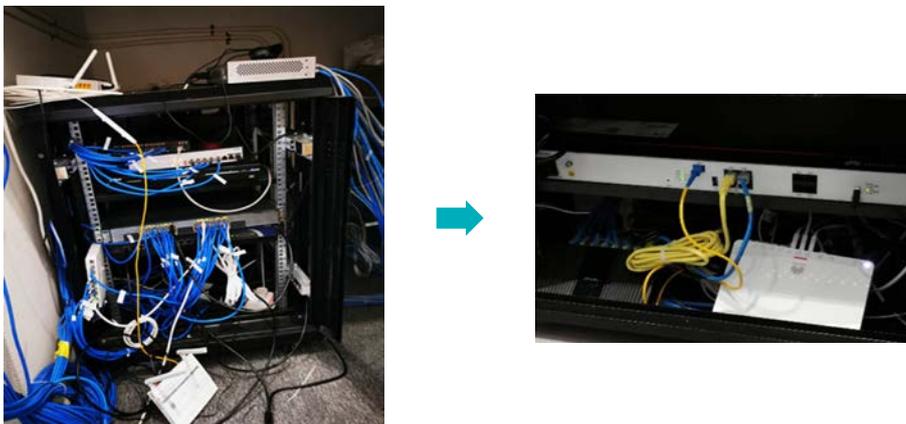
- » Wi-Fi 测速: 45Mbps 到 1000Mbps, 时延抖动降低 40%; 信号全覆盖



- » 企业内网可视可管可自助运维



- » 节省机房空间 80%, 简化设备连线





04

数字家庭全光组网 工程建设指导

4.1 数字家庭全光网络系统设计参考

数字家庭全光网络是在光纤到户的网络基础上，把光纤进一步延伸至住户房间内，形成光纤到房间的有线连接网络，在房间内通过无线热点为用户提供超千兆的 Wi-Fi 网络覆盖，满足用户在家庭内的网络需求。数字家庭全光组网按建筑类型可分为两类，一是家庭场景，二是商务楼宇场景。全光组网方案从场景上又可分为新建建筑场景以及既有建筑改造场景。在网络建设阶段应根据不同建筑类型及场景，选择合适的设计及施工方案。

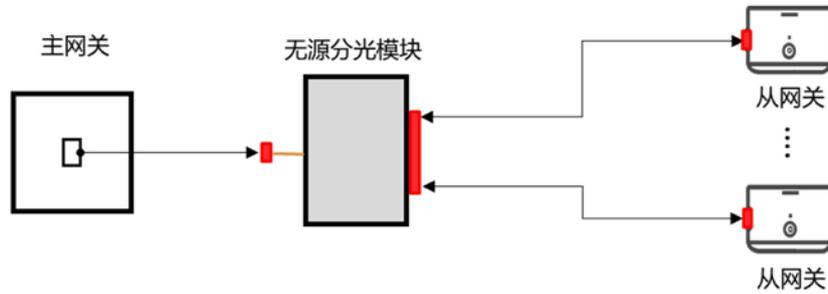
光纤到户的工程建设已完成入户光纤的敷设，光纤终结点通常位于户内家居配线箱。全光数字家庭网络的工程建设需要实现将光纤敷设至户内有网络需求的主要房间，并通过网络设备完成组网。

为了满足数字家庭全光网络的需求，在工程建设阶段应满足以下总体设计要求：

- » 户内光缆宜采用星型拓扑由家居配线箱敷设至户内信息插座，配线箱内应设置无源分光模块，多层建筑场景，建议每层设置无源分光器，通过多个无源分光器级联覆盖全屋
- » 新建住宅场景宜用穿暗管敷设，改造或装修场景宜选用透明光缆敷设，企业场景宜采用光电复合缆。
- » 户内有网络需求的房间应设置信息网络插座。
- » 家居配线箱至信息插座之间的光缆应根据静态弯曲情况选择 G.657A 或 G.657B 光纤。
- » 家居配线箱内宜采用工厂预成端光缆进行主从网关、无源分光模块之间的连接，可采用熔纤方式成端，不具备熔纤条件可采用现场组装预置光纤连接器成端。
- » 信息插座内具备一定的光缆盘储能力，宜采用工厂预成端光缆的直接安装成端；可采用熔纤方式成端，不具备熔纤条件可采用现场组装预置光纤连接器成端。
- » 家居配线箱的设置根据信息点的多少要预留空间放置光配线设备进行配线，配线箱内应提供 220V 交流电源，便于数字家庭设备取电。
- » 室内光纤信息面板端口宜采用 SC 或小微化接口光纤适配器，可提供光纤成端和盘存空间，支持挂墙和 86 底盒安装方式。一般每个房间或者从网关应配置一个信息面板。

4.1.1 家庭场景

如下图所示，一个普通四室两厅的住宅内的室内入户光缆到光纤信息点位之间的布线系统。入户光缆进入家居配线箱，入户光缆连接主网关，然后通过引出光缆连接到无源分光模块后，再用分支缆引出到每个需要安装的从网关。其逻辑链路图如下：



家庭光纤网络逻辑链路图

如果主网关自带 Wi-Fi 功能，优先放置在信息箱外面的客厅中，如下图所示：

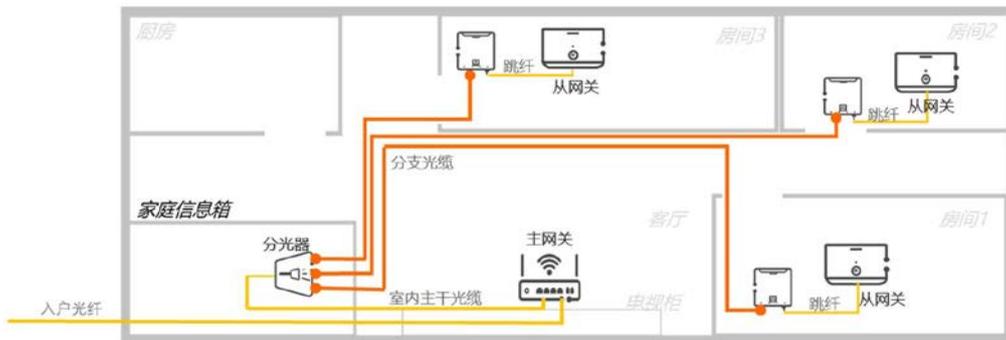


图 x 全光数字家庭网络设计参考

也可以放在家居配线箱中，如下图所示：

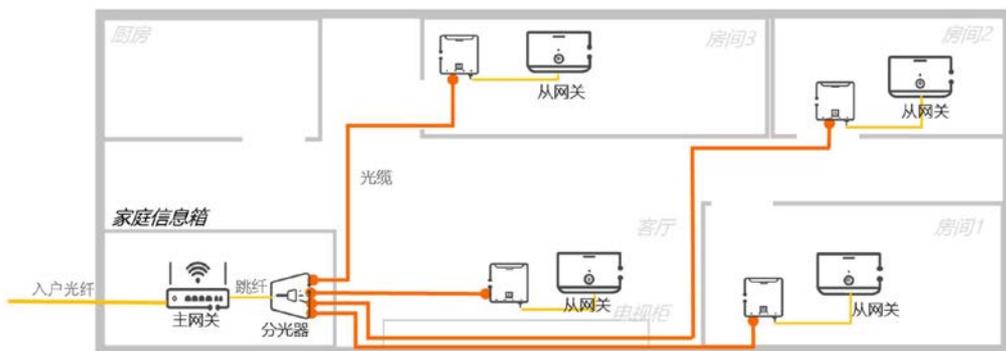


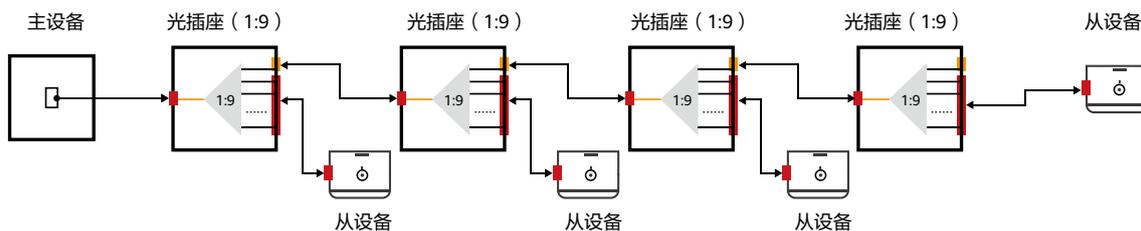
图 x 全光数字家庭网络设计参考

对于较大户型的场景，可采用不等比无源分光器进行级联扩展。

数字家庭全光组网工程建设指导

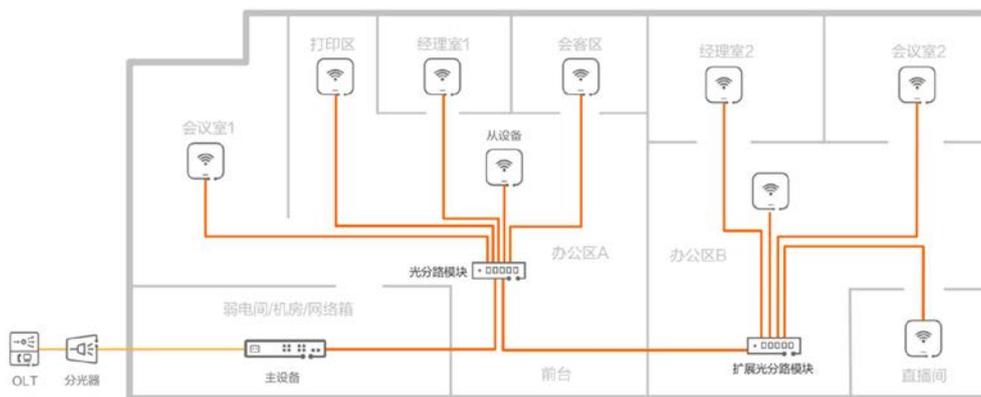
4.1.2 企业场景

企业场景的主网关通常安装在弱电间、机房或者网络箱中，通过主干光缆连接光分路模块，再通过分支光缆连接从网关。企业场景的特点是从网关布放数量较多，宜选用 1:9（包含）以上的不等比分光的无源分光器，可支持下挂 8 个从网关和 1 个下行级联端口，对于较大型企业，可通过多级级联的方式进行扩展。考虑从网关通常为吸顶式，光纤网络宜优先选用光电复合缆，避免本地取电。其逻辑链路如下图所示：



多级分光级联链形结构逻辑图

企业场景典型的部署示意图见下



全光企业网络设计参考

4.2 户内光缆类型

户内光缆主要是用于连接主网关到分光点（无源分光模块），以及分光点（无源分光模块）到从网关。对于不同应用场景，引出的光电缆类型是不同的，主要有如下 3 种类型：

普通光缆 / 跳纤

常用是蝶形缆或圆缆。当使用不带连接器的光缆时，需要专业的人员和设备进行熔纤或冷接端子在现场做连接器。当使用带连接器（SC 连接器）的跳纤时，由于常规连接器体积和长度都比较大，并且在穿管中此种连接器保护不足，因此，此种跳纤不适合用于穿管。

自带热熔胶的透明光缆

在家庭场景下，主要有穿管场景和明线部署场景。暗管部署时，要求光缆有足够高的抗拉力值，满足穿管时对牵引力的要求；明线部署时，需要光缆能自沾在墙上，同时尽量与已有装修风格一致，即隐形特性要好。因此，家装场景中，宜选用高强度透明光缆，可以一缆多用，满足穿管和明显隐形部署的需求。选用的透明光缆应满足如下要求：

- » 透明光缆宜支持穿管和明线部署两种安装场景，这样可以物料归一，装维师傅只需带一种类型光缆即可。
- » 为满足穿管使用时对缆的拉力要求，避免穿管时缆被拉断，透明光缆拉力（短期）宜 $\geq 150\text{N}$ ；
- » 透明光缆外宜包覆热熔胶，明线部署时可直接用工具加热后粘贴在墙上，满足施工美观性要求。热熔胶固化后对各种不同贴面基材（乳胶漆、木板、墙纸、大理石等）的粘接初始水平剥离力（延光缆布线方向）不小于 10 牛，垂直剥离力（垂直光缆布线方向）不小于 5 牛，存储温度小于 60°C 时不粘连，固化时间不大于 20 秒。光缆和热熔胶需满足抗 UV 500h 不变黄，胶水固化后光缆透明度 $\geq 75\%$ ，保证室内长期隐形特征。
- » 考虑到高温施工可靠性和长期美观性，透明光缆宜使用透明尼龙材料，满足施工温度 $150^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$ 耐热要求，避免高温施工时材料软化导致断纤，透明光缆应能支持现场做头或者熔接成端；考虑到可靠性及美观性，宜采用预制微型连接器的透明光缆，既满足穿管使用，也能实现即插即用，节省施工时间，提高光路质量。

光电复合缆

光电复合缆是集成光纤和输电铜线的一种复合形式线缆，可以同时提供数据传输和设备远程供电功能。对于在从网关不容易取电的场景，需要通过光电复合缆对从网关进行远程供电和传输数据，对商务楼宇场景尤其适用。

光电复合缆现场成端做光电连接器，目前技术上不具备可行性，同时也考虑光电复合缆的安全性能保障，因此光电复合缆通常都是已经预制成端的光电复合缆。



数字家庭全光组网工程建设指导

光电复合缆宜满足如下要求：

- » 宜选用预成端光电复合缆，简化现场施工，双端预制小微光电一体复合连接器；光电连接器外径不超过 7.5mm，连接器需要支持在 86 面板内部安装，长度不超过 35mm；连接器外壳需要有凹槽结构用于匹配适配器
- » 小微光电一体复合连接器光插损 ≤ 0.50 dB；回损 ≥ 50 dB；小微光电一体复合连接器插拔次数 ≥ 50 次；
- » 小微光电一体复合连接器：集成一对铜线端子，和 1 根光纤插芯；一对铜线端子隐藏在连接器内部，防止误触电短路；一对端子与插芯之间需要有物理隔断避免接触插芯弹簧产生电弧；一对铜线端子变形方向需要在同一平面上，避免铜线端子受力偏向一边导致光学异常；
- » 光电复合缆短期抗拉力 ≥ 150 N，长期抗拉力 ≥ 80 N；光电连接器与缆的拉力 ≥ 70 N；
- » 护套采用 LSZH 材料；考虑易穿管，摩擦系数 ≤ 0.25 ；
- » 光电复合缆还应考虑终端功耗，支持 150m 长度时满足 12W 负载的供电，支线铜线线径应 ≥ 26 AWG；主干铜线线径应 ≥ 20 AWG；
- » 铜线采用多根纯铜丝绞合，具有优越的弯曲性能和良好的柔韧性能，施工方便。

基于施工场景和施工效率评估，优选使用自带热熔胶的透明光缆和光电复合缆这两种类型，实现 FTTR 中光缆的快速部署和连接。

4.3 户内光缆敷设指导

室内全光网络布线界面主要涉及从家居配线箱或弱电箱至室内各房间内信息面板之间的光纤布线作业。室内光纤布线建议如下：

普通住宅场景室内布线建议：

- » 住宅内光缆线路路由宜优先采用住宅内管网进行铺设，走线路由宜以住宅内入户信息箱所在位置为中心向外铺设，光缆宜采用低烟无卤等环境友好型的适宜管走线材料；优先推荐采用光电复合缆穿管铺设。穿管施工指导见下述 4.3.2 章节要求。
- » 入户信息箱至信息面板采用光缆连接，光缆宜采用暗管铺设，没有管线的情况下可考虑明线铺设；
- » 光缆线路管网的设计应与住宅内其他设施的管网整理布局相结合，应与给水管、排水管（沟）、燃气管等保持安全距离；
- » 在铺设光缆管网时，选择合适管径的管材进行铺设，并且在管道铺设中管网交叉场景中，避免管网被截断而导致管道堵塞的情况；
- » 明线部署中，宜选用环境友好型光缆，如自带热熔胶的透明光缆，避免与住宅内环境不协调的情况；
- » 明线光缆部署过程中，在阴阳角处，宜采用对光缆友好型的转角保护件，确保对光纤的保护。

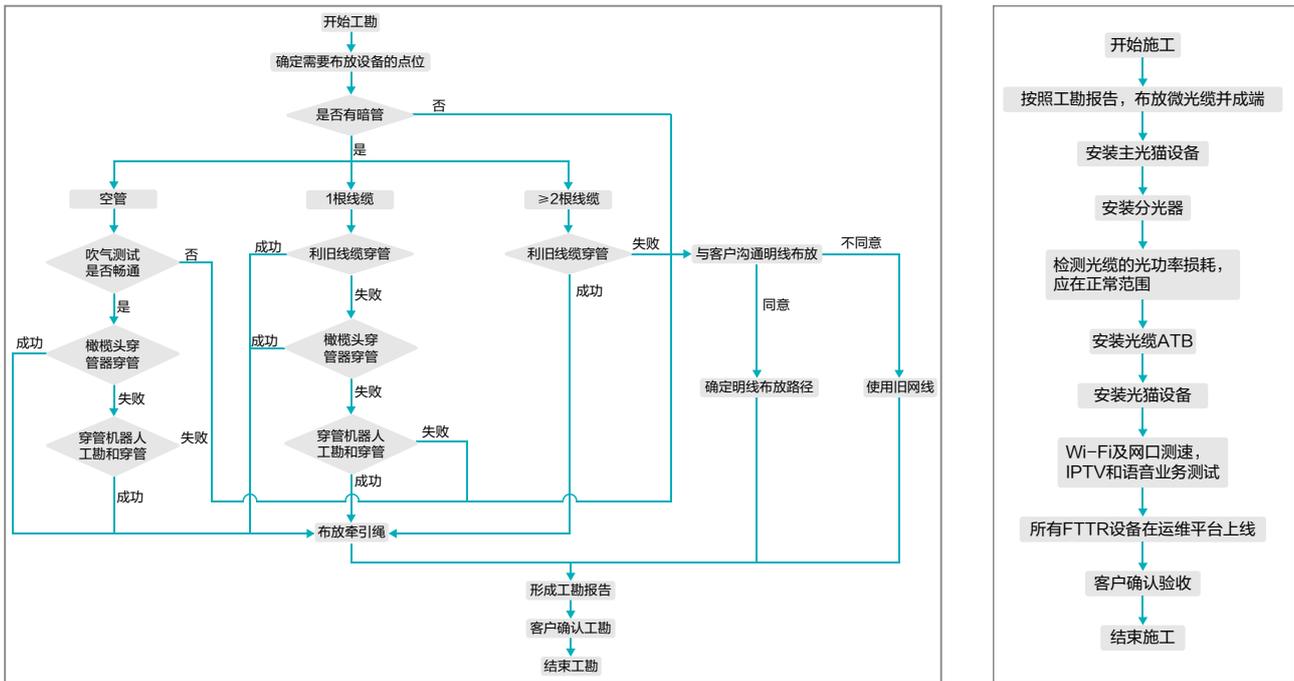
企业场景室内布线建议：

- » 企业的从网一般是吸顶或者挂墙安装，因此，企业场景优先采用光电复合缆方案明线部署；光电复合缆宜采用走桥架或者吊顶方式安装，其施工指导见下述 4.3.4 和 4.3.5 章节要求。
- » 在光缆铺设过程中，宜采用管道对光缆进行保护，应与电缆、燃气管、给水管、排水管等保持安全距离。

下面就具体布线方案进行详细说明。

4.3.1 安装前工勘与方案制定

户内光缆铺设，主要分为两步：安装前工勘确定施工方案；按施工方案布线。FTTR 安装室内光缆前，建议先进行工勘。管道能通优先采用暗管施工，管道不通或者无管道则采用明线施工；也可以明暗结合。工勘和施工方案确认建议按如下流程：



注：图片来源于《FTTR 新一代家庭千兆全光组网白皮书》

4.3.2 暗管施工指导



注意

穿管器是金属材质，如果暗管内有强电线缆，则禁止施工。

弱电线缆经过强电面板的情况，如果穿管会接触到强电线缆，施工前应断开强电空气开关，断开电源。

本方案适用于装修前或已装修但管道内只有 1 根线缆的场景。

用户告知

观察标签：管内线缆上标签

工具甄别：寻线器（管内有线）

暗管施工分为两大步骤：

1. 布放牵引绳：不同的暗管施工方案，操作步骤有所不同
2. 布放光缆：都是通过牵引绳布放，不同的暗管施工方案操作步骤相同

数字家庭全光组网工程建设指导

步骤一：布放牵引绳

1、利旧线缆牵引安装

步骤 1 施工前使用光功率计检测入户的接收光功率是否达标。若超标，则停止施工，需要整改入户光缆。若合格，则记录数值。

步骤 2 判断并跟客户确认可利旧的线缆 / 预埋绳未使用，并尝试抽动该线缆 / 预埋绳可以抽动（以下简称可抽动线）。

步骤 3 将可抽动线的头部和牵引绳固定缠绕，并用布基胶带包扎。



步骤 4 往暗管入口，倒入适量线缆润滑剂，并佩戴好手套。

步骤 5 从可抽动线的另外一端反向拉出，则牵引绳成功部署在管道内。

————— 结束 —————

2、橄榄头弹簧穿管器安装

步骤 6 施工前使用光功率计检测入户光缆的接收光功率是否达标。

若超标，则停止施工，需要整改入户光缆。

若合格，则记录数值。

步骤 7 往暗管入口，倒入适量线缆润滑剂，并佩戴好手套。

步骤 8 使用橄榄头弹簧穿管器穿管，匀速送入管道，直到穿通管道。当遇到阻碍，使用较大力仍无法通过，采用如下步骤进行处理：

3、遇到拼接直角弯，具体操作如下：



4、遇到障碍物（如碎石、残留线缆），拧紧蝶形螺母，当弹簧再无法前进时，尝试往回拽动，将障碍物带出。



说明

如果需要往回拽动弹簧，遇较大阻力的情况下，可尝试拧紧蝶形螺母，再逆时针旋转摇柄，一边旋转一边拽回弹簧。使用橄榄头穿管时，如遇阻碍，优先尝试反复抽拉弹簧，如不行再选择旋转摇柄。原则是尽可能减少旋转次数，避免弹簧和线缆缠绕太多，造成难以推动。

步骤 9 将橄榄头弹簧穿管器的头部和牵引绳固定缠绕，并用布基胶带包扎。



步骤 10 往暗管入口，倒入适量线缆润滑剂，并佩戴好手套。

步骤 11 反向抽出弹簧，将牵引绳成功部署在管道内。建议两人配合，一人抽出弹簧，一人在另一侧送入牵引绳。如果反向抽出遇到较大阻力时，可拧紧蝶形螺母，逆时针旋转摇柄。

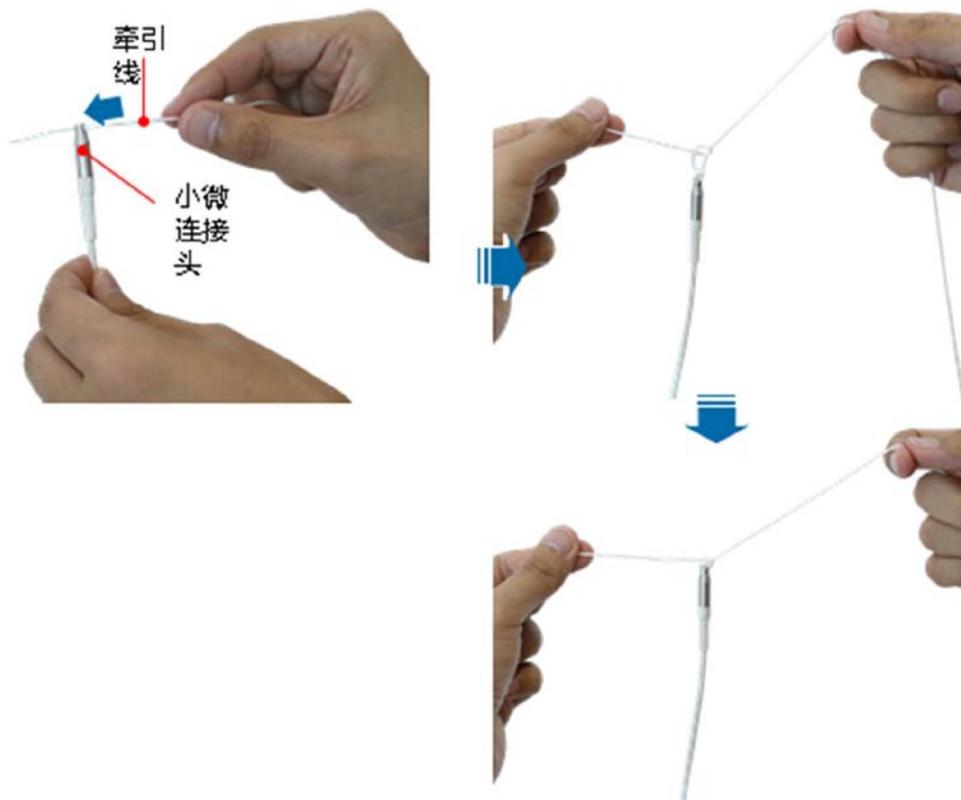
————— 结束 —————

数字家庭全光组网工程建设指导

步骤二：布放光缆

步骤 12 测量并选择合适长度的微光缆。

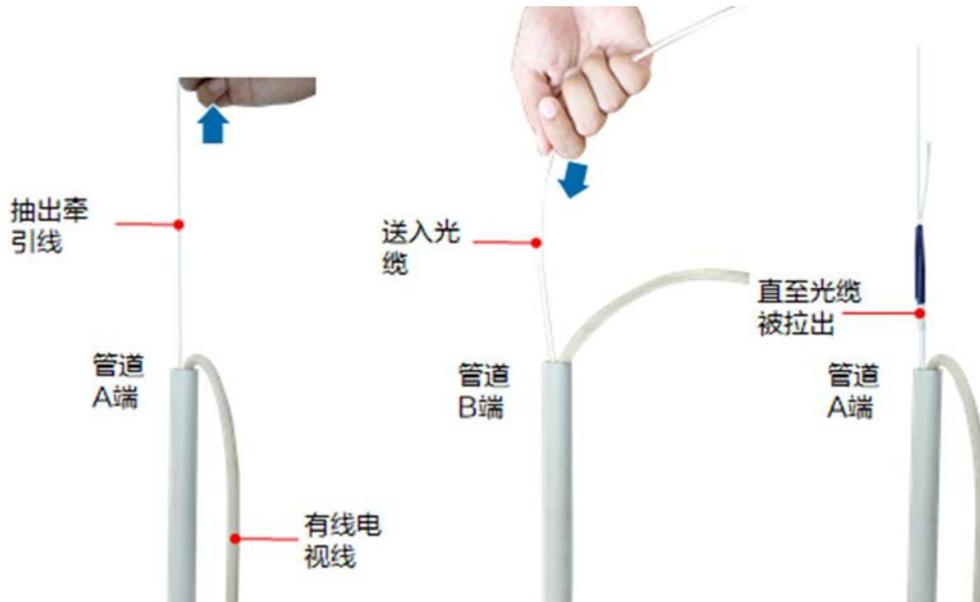
步骤 13 将管道外的牵引线穿过光缆小微接头前端的牵引孔并打结固定。



步骤 14 用胶带缠绕牵引线和小微连接头的连接处。



步骤 15 在管道的一端匀速抽出牵引线，注意避免突然用力，直至光缆被拉出。建议两人配合，一人拉缆、一人送缆，保证拉动过程中光缆不扭曲打结。



步骤 16 留取合适的光缆长度，剪断光缆与牵引绳的连接段，完成穿管。

————— 结束 —————

注：暗管施工方指导参考《FTTR 新一代家庭千兆全光组网白皮书》

4.3.3 明线施工指导

在没有暗管铺设条件下，可以采用明线施工。明线施工有以下几种方案：热熔胶透明光缆方案，点胶固定透明光缆方案，室内明线槽方案，室内沿墙钉固方案。这里主要介绍热熔胶透明光缆的施工方案，其他明显施工方案可参考《FTTR 新一代家庭千兆全光组网白皮书》。

1. 透明光缆热胶法

光缆铺设前，须先将光缆一端对接通光笔，这样在铺设过程中就可检测透明光缆通光情况。

若通光，则正常。

若不通光，说明光缆断了，可更换光缆或在断点处通过光缆适配器接续。

数字家庭全光组网工程建设指导

墙面直接铺设

在规划好的路由上标注落定位置和弯曲参考线。

步骤 1 透明光缆铺设：取出一段透明光缆，模拟进门处铺设路径，将透明光缆引入室内。



说明

铺设时透明光缆弯曲半径严格控制大于 5mm。

铺设时透明光缆不要布放在门开合一侧，确保透明光缆不受压不受夹，移动顺畅。

步骤 2 将透明光缆固定在布放工具上：拆卸工具前端的铝合金部件，将透明光缆穿过铝合金部件，工具前端预留一定长度的光缆，再将铝合金部件安装回去。



说明

工具前端的铝合金不易拆卸，需先将工具加热到铝合金松动状态。

工具前端的铝合金会被加热，不能直接用手取，使用手套或钳子取下。

5. 将透明光缆布放工具连接电源，对工具进行加热。

6. 用手套或者钳子拆下工具前端的铝合金部件。

用手套

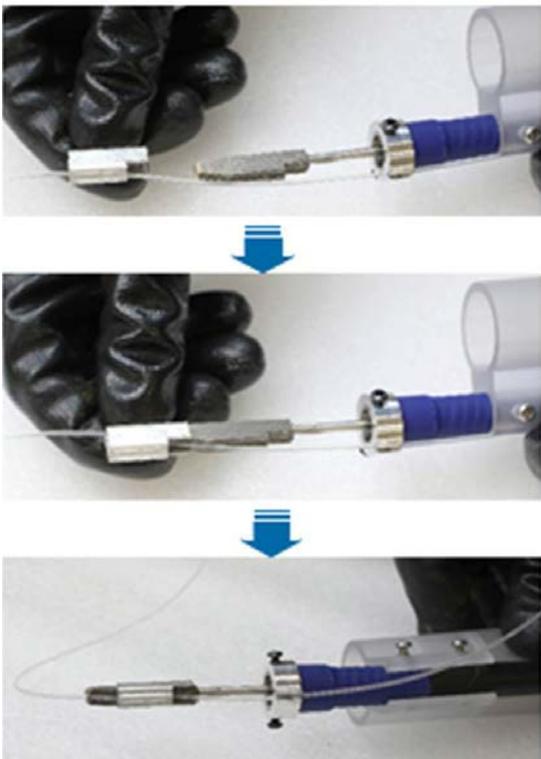


用钳子

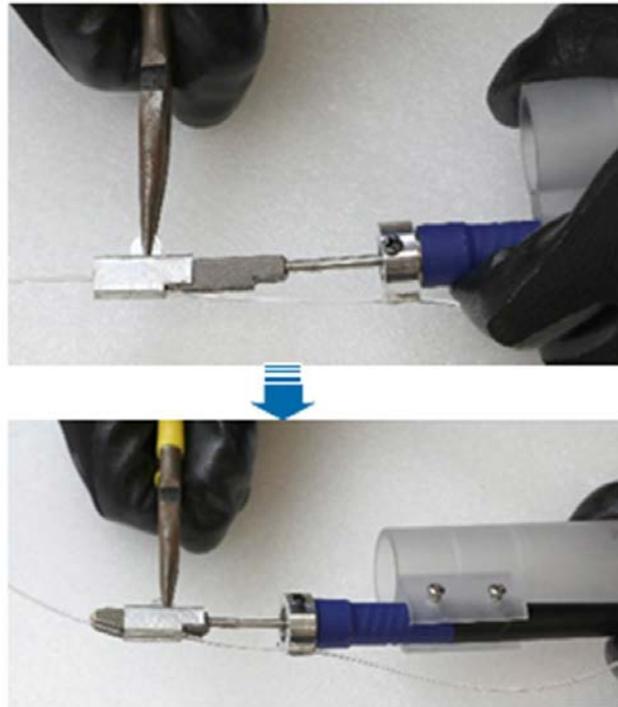


7. 断开工具连接的电源，等工具冷却后将透明光缆穿过铝合金部件，将铝合金部件安装回去。

用手套



用钳子



说明

如果透明光缆沿着踢脚线布放，则不需要伸缩杆。
如果透明光缆沿着天花板布放，需将布放工具和伸缩杆组装。

数字家庭全光组网工程建设指导

步骤 3 加热透明光缆布放工具：将透明光缆布放工具连接电源，在工具连接线上的显示器上设置温度预设值，推荐 150℃（300F）。设置完成后可实时观测当前温度，当温度达到预设值时，加热完成。



说明

如果布放工具自带的电源线长度不够，则可自行购买延长线。

步骤 4 实施布线：将透明光缆沿指定路径布放，使光缆表面自带的自粘胶将光缆固定在墙面上。

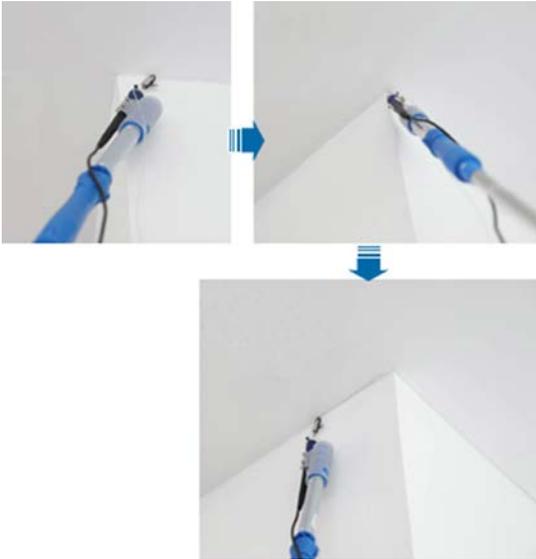
踢脚线布线



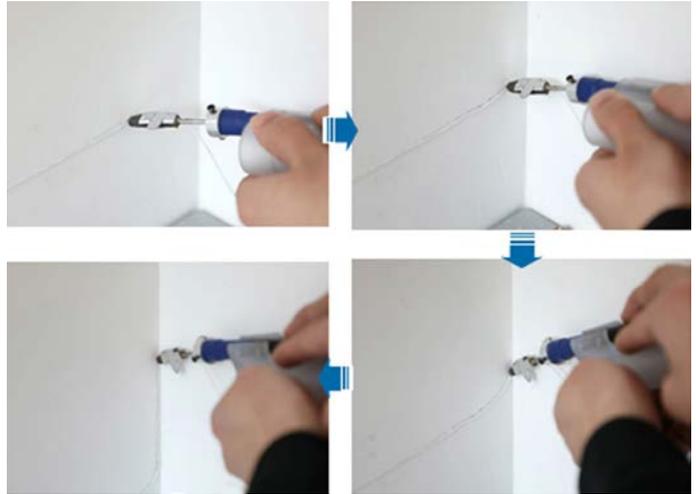
阴角布线



阳角布线



转弯布线



 说明

- 铺设遇转弯处建议缓慢铺设，停留时间不能超过 10 秒。
- 如果铺设过程中光缆断裂，则去掉已铺设光缆，重新铺设。
- 如果铺设过程中部分线段未粘紧，可在施工状态下将光缆拉回，重新施工。

————— 结束 —————



数字家庭全光组网工程建设指导

4.3.4 桥架施工指导

步骤 1 按照现场环境合理布局，确认好分支光电复合缆走线路径。

步骤 2 在光电复合缆两端上标记对应的 AP 位置和分光器接口。



步骤 3 将分支光电复合缆沿着弱电桥架铺设。注意，不要和强电桥架混合。



步骤 4 光电复合缆从桥架中穿出时，使用 PVC 软管保护，避免线缆裸露受损。将 PVC 软管固定在相邻支架上。

步骤 5 光电复合缆接头一侧插入从网关设备上。另一侧接头连接分光器输出口。



4.3.5 天花板吊顶施工指导

天花板顶上，光电复合缆建议采用 PVC 硬管保护完成布线操作。

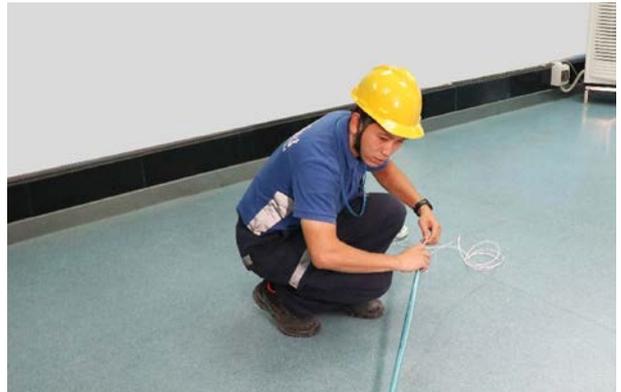
步骤 1 按照现场环境合理布局，确认好分支光电复合缆走线路径。

步骤 2 在光电复合缆两端上标记对应的 AP 位置和分光器接口。



步骤 3 相隔 5 米左右，打开两块天花板维修窗以便穿管布线施工。每 5m 梳理拉直光缆，避免线缆扭转、缠绕。注意高空施工请佩戴安全帽。

步骤 4 胶带缠绕线缆头以保护线缆头，将光电复合缆穿管，每两个 PVC 管间应增加一个接头。建议一根 PVC 管穿一条光电复合缆。如果多条光缆共用一根 PVC 管，连接头应阶梯状放入。



步骤 5 两人配合，将管道穿过天花板直到 AP 点位附近。

步骤 6 管道接合位置。采用接头连接。



数字家庭全光组网工程建设指导

步骤 7 多余的线缆盘绕好之后，放置在天花板顶内。将线缆一接头从天花板顶打孔穿出，插入从网关的光电接口。另一侧接头连接分光器输出口

多余的线缆盘绕好之后，放置在天花板顶内。将线缆一接头从天花板顶打孔穿出，插入从网关的光电接口。另一侧接头连接分光器输出口



4.4 光缆施工指导

缆线敷设施工准备，应准备好施工中需要用到的一些必要的工具：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、水晶头压接钳、通电测试仪、光纤测试仪、电缆测试仪等。

光缆施工人员，必须经过严格训练，并遵守操作规程。未经严格训练的人员，严禁进行光缆配线系统的操作。在安装过程中必须遵守施工安全条例或安全规程。

光缆应严格按光缆施工要求，从而最低限度地降低光缆施工中光纤受损伤的几率，避免光纤芯受损伤导致的熔接损耗增大。

对于光电复合缆施工中，应注意以下问题：

- » 布缆前，必须粘贴标签或绑扎标牌，以便管理维护。
- » 注意保护光缆，不要大力拉扯，以免破坏光缆。
- » 避免光缆缠绕、扭转或者踩踏。
- » 注意分支光电复合缆连接器的防护，不要异常撞击。
- » 走线应注意整齐美观，不能影响未使用的空间，以便扩容和维护。
- » 多余光缆的盘存，不要放在有热源的地方。
- » 布缆和固定光缆时，每 5m 梳理拉直光缆，光缆弯曲半径不低于 45mm。



4.5 光缆施工后验收

4.5.1 光缆施工验收检查

普通光缆施工后的检查工作见下表：

序号	检查内容	是 / 否	措施
1	使用通光笔检查链路是否通光	否	重新进行铺设
2	打开光功率计，选择工作波长并将光功率计和对应波长的光源用跳纤相连。确认光功率值是否正常并使用测试跳纤归零	否	设置光功率计或更换为合格的设备
3	将光功率计和光源通过测试跳纤和链路两端接头相连，测试光学衰减值 是否 < 0.5dB	否	定位问题，并修复链路

表 1-1 光缆施工后的检查工作

4.5.2 光电复合缆施工验收检查

光电复合缆施工后验收内容见下表：

序号	检查内容	是 / 否	措施
1	使用万用表、XC 适配器、铜丝检查是否通电。验收方法如 4.5.2 光电复合缆施工验收检查	否	定位问题，并修复链路
2	使用通光笔检查链路是否通光	否	重新进行铺设
3	打开光功率计，选择工作波长并将光功率计，用 XC 适配器和与 SC/UPC 跳纤相连。确认光功率值是否正常并使用测试跳纤归零。验收方法如 4.5.4 光电复合缆光性能验收	否	设置光功率计或更换为合格的设备
4	将光功率计和光源通过测试跳纤和链路两端接头相连，测试光学衰减值 是否 < 0.5dB	否	定位问题，并修复链路

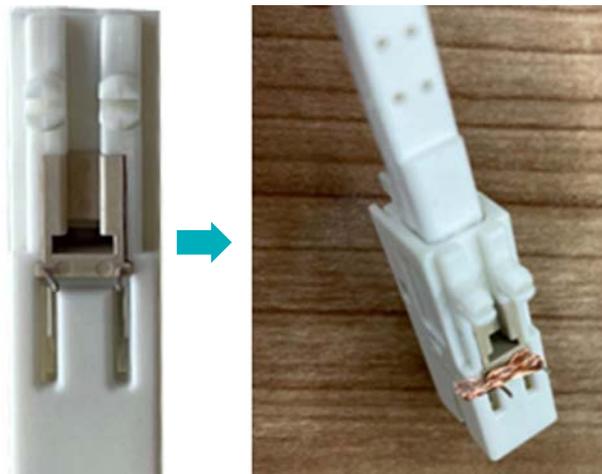
表 1-2 光电复合缆施工后的检查工作

数字家庭全光组网工程建设指导

4.5.3 光电复合缆电性能验收

所需物料及工具：1 段 50mm 左右长度的铜丝，两个 XC 适配器，1 个万用表。

1. 光电复合缆布缆完成后，在接头一端接上 XC 适配器，用铜丝将两个电极绑在一起。



2. 在光电复合缆的另一端，同样将接头接上 XC 适配器，将万用表打到二极管 / 蜂鸣器档位，两只表笔分别接到 XC 适配器上的两个电极，如果万用表表盘显示 0，且同时有“滴滴滴”的声音，则说明光电复合缆两个电极间短路，则说明光电复合缆整段布缆下未出现断路，光电复合缆完好。



4.5.4 光电复合缆光性能验收

所需物料及工具：1 个 XC 适配器，1 个光功率计。

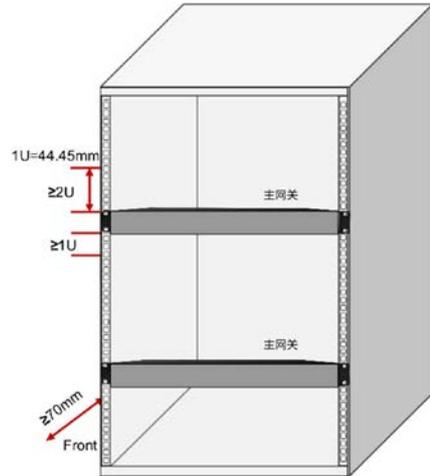
完成布缆后，通电通光，将接到光企从接入设备的光电复合缆拔出，用 XC 适配器和跳纤转接后，接光功率计，用光功率计测量光功率。



4.6 设备安装指导

全光数字家庭网络系统工程设备包括主网关、从网关、无源分光插座、配线设备和机柜、家居配线箱等。常用的主要设备根据不同厂家的设备类型和品种的不同，其安装方法有一些区别。

1. 主网关安装：一般主网关与光配线设备同在信息箱或者弱电机柜内，如图所示，为了设备更好散热，建议设备上顶部至少间隔 2U 的高度，设备底部至少间隔 1U 的高度，前面间隔至少 70mm。
2. 从网关按类别不同有面板式和吸顶式，普通住宅选择 86 面板式，安装在每个需要安装房屋内 86 底盒处，一般宜高出地面 300mm，固定螺丝需拧紧，不应产生松动现象；

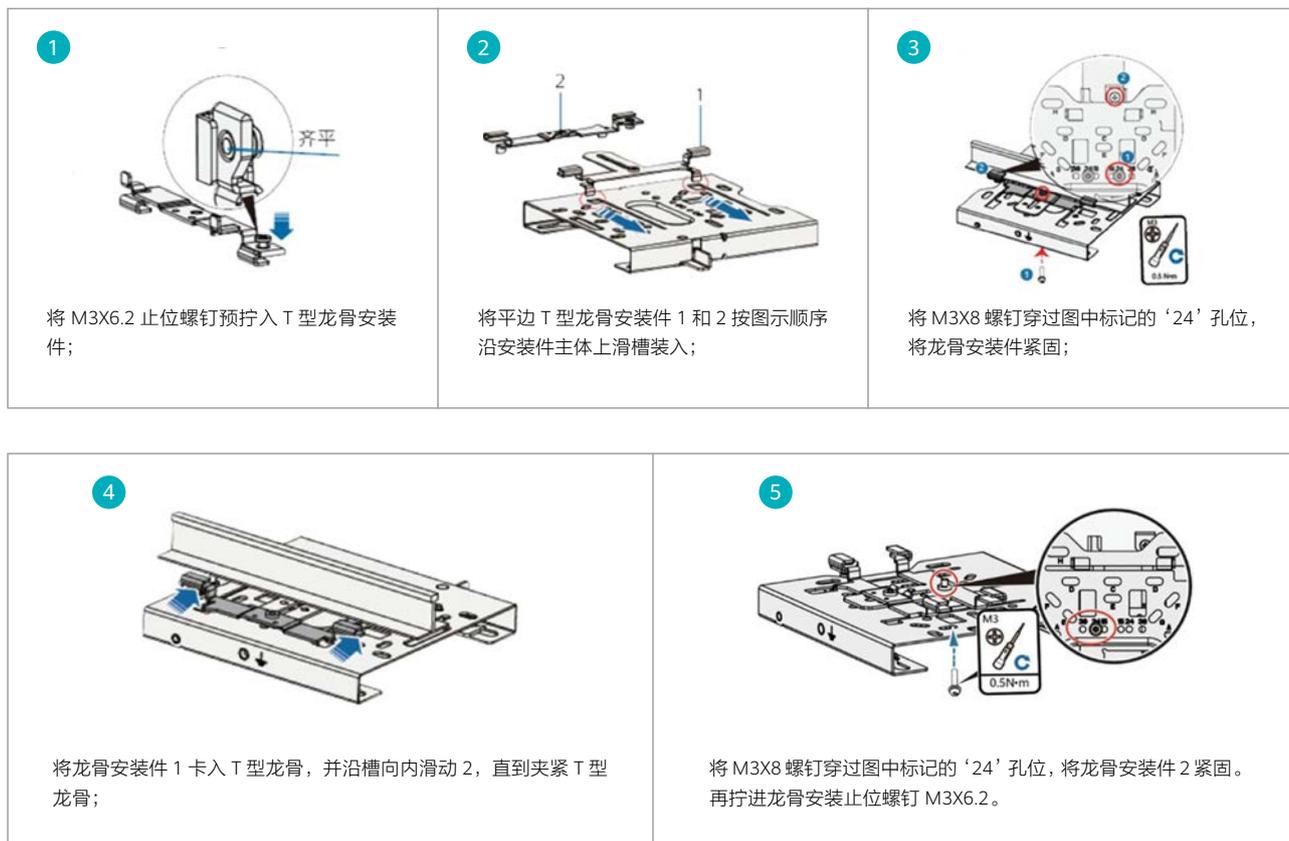


商务楼宇选择吸顶式光网关，吸顶安装在屋顶天花板，顶高不超过 5 米。安装方式有两种实体墙与室内龙骨。实体墙安装如下图所示。

<p>1</p> <p>将钣金安装件紧贴墙面，记号笔标记安装位置，如图所示。</p>	<p>2</p> <p>6mm 电钻头钻孔，钻孔深度 35-40mm，然后安装膨胀螺丝与墙面齐平。</p>	<p>3</p> <p>将钣金安装件紧贴墙面，螺丝刀将 3 个膨胀螺钉分别拧进膨胀管中，固定钣金安装件到墙面。</p>
<p>4</p> <p>连接并理顺线缆。如果需要穿过天花板，推荐图示打孔方式。注意光缆弯曲半径不低于 42mm。</p>	<p>5</p> <p>将设备背面的挂钉对准钣金安装件上的安装孔位置，按压扳手，当听到“咔咔”声后，说明设备已固定至锁止位。</p>	

数字家庭全光组网工程建设指导

固定在 T 型龙骨安装如下图所示。

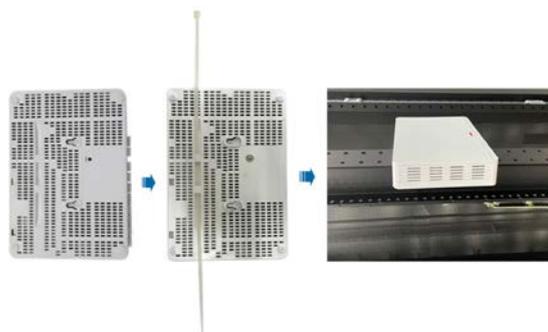


从网关应有标签，标签应以颜色、图形、文字表示所接终端设备的类型。

3. 分光器安装，如果分光器置于机柜内，可直接放在光设备上。或者扎带固定在机柜管道杆上。如图所示，光插座反过来放置，背面朝上，将扎带穿过空隙固定。

安装完成后现场验收业务效果：

- » 每个从光猫路由一体机近距离测速，记录结果截图。
- » 房间内常用上网位置测速，记录结果截图。
- » 手机 APP 分布式测试记录全屋漫游测试结果，记录保存。



说明

- 千兆套餐的测速需要用支持 Wi-Fi 6 的终端，如 P40 或 P40 Pro 等支持 Wi-Fi 6 的手机。
- 如千兆套餐的测速达不到千兆，请先测试有线速率，确保有线速率能达到 950Mbit/s。
- 漫游测试时，从测速点 1 挪至测速点 2 测速，建议关闭 Wi-Fi，再打开 Wi-Fi 重新连接。
- 可手工选择测速服务器，选取更佳服务器。



05

总结与展望

随着新一轮科技革命和产业革命的持续演进发展，特别是 5G、千兆光网络、大数据、人工智能、移动互联网、云计算等新一代信息技术的应用，我国已进入数字经济发展时代，大力发展数字经济已成为国家重要经济战略。自 2020 年出的新冠疫情以来，在线教育、远程医疗、居家办公、电子商务等的需求逐步提升并蓬勃发展，宽带网络已经成为居民日常生活中不可或缺的部分，对我国数字经济稳定运行发挥了重要支撑作用。

为了促进数字家庭发展，住建部、工信部、公安部等 16 部门联合印发了《关于加快发展数字家庭 提高居住品质的指导意见》，要求加快发展数字家庭，提高居住品质，改善人居环境。意见要求，各地要强化数字家庭工程设施建设，加强智能布线系统，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。同时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。

本白皮书介绍了 FTTR 全光室内基础网络的组网方案，并基于点到多点的组网方案给出了 FTTR 全光室内基础网络的工程建设指导。FTTR 全光室内基础网络不仅为数字经济发展提供了信息网络基座，也为国家的碳中和落地提供了有力支撑。

为进一步促进数字经济，发展数字家庭，本白皮书建议：

- » 产业各方可以加强协同配合，加速全光基础网络的建设，形成可复制可推广的成功经验；
- » 标准组织也应该完善数字家庭标准，开展光纤到房间、光纤到桌面的标准体系研究和制定，为数字家庭建设提供参考和指导。





06

附录

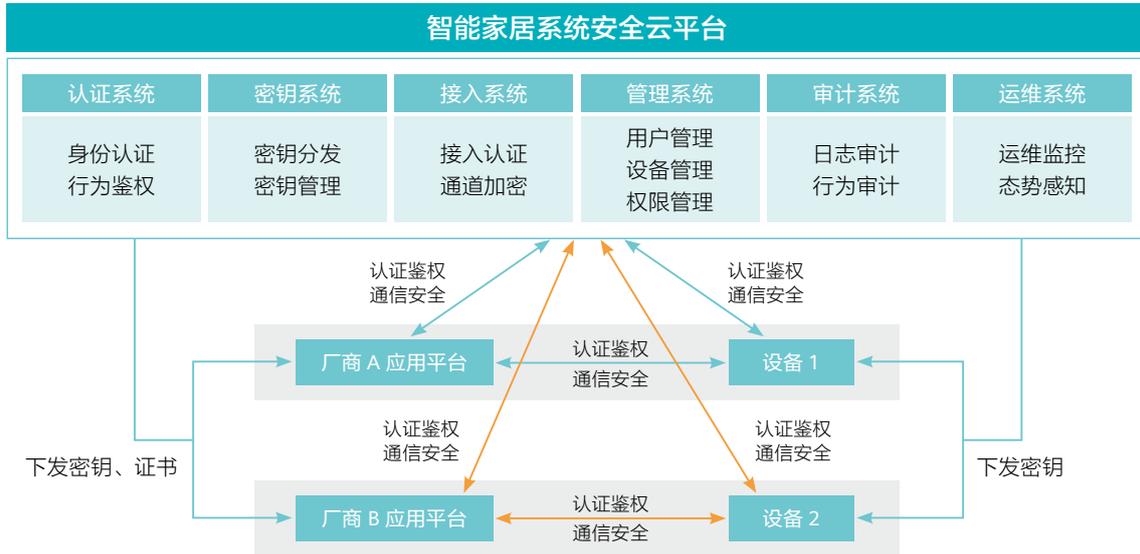
附录1：光数字家庭网络标准化进展

全光家庭组网方案从 2019 年被提出就受到了业界的广泛关注和一直好评。设备厂家积极开展相关方案和产品的研发，运营商也积极拓展方案的应用场景和商业落地，建筑开发商也希望借助全光解决方案来构建全屋智能的数字家庭体系。在业界各方的共同推动下，各大标准组织和团体积极开展光纤到房间的标准制定，通过标准的制定和发布来引导产业组织持续投入，逐步形成完整的标准、技术、产业体系，促进全光数字家庭网络的建设和普及。

在住建部会同中央网信办、教育部、科技部、工信部等 16 部门联合印发的《关于加快发展数字家庭提高居住品质的指导意见》中指出，要强化数字家庭工程设施建设，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。在《意见》的指导下，多地和团体组织也启动光纤到房间的工程建设标准制定工作。中国建筑装饰协会发布并实施《住宅装饰装修工程施工技术规程》T/CBDA 51-2021 中，增加了光纤信息网络系统相关内容，用于指导装饰装修公司在对房屋进行装修时把光纤部署至房间；住建部科技与产业化发展中心也参与了该标准的制定；云南省住建厅已立项通过《云南省住宅区、住宅建筑和商务楼宇光纤到户通信及有线电视设施工程建设标准》，明确了增补光纤到房间的内容，用于支持未来持续演进的数字家庭网络带宽需求；上海通管局联合临港开发区政府、住建委、经信委、三大运营商，联合发布了《上海市住宅和商务楼宇 FTTR 光网络布线白皮书》，用于指导光纤到房间、光纤到桌面的工程部署，基于该白皮书的内容，上海市临港开发区已在重点区域启动了光纤到房间的试点工作，要求试点区域内的房屋在交付时必须把光纤部署到房间。此外，还有很多地区和团体在积极启动光纤到房间的标准制定工作。

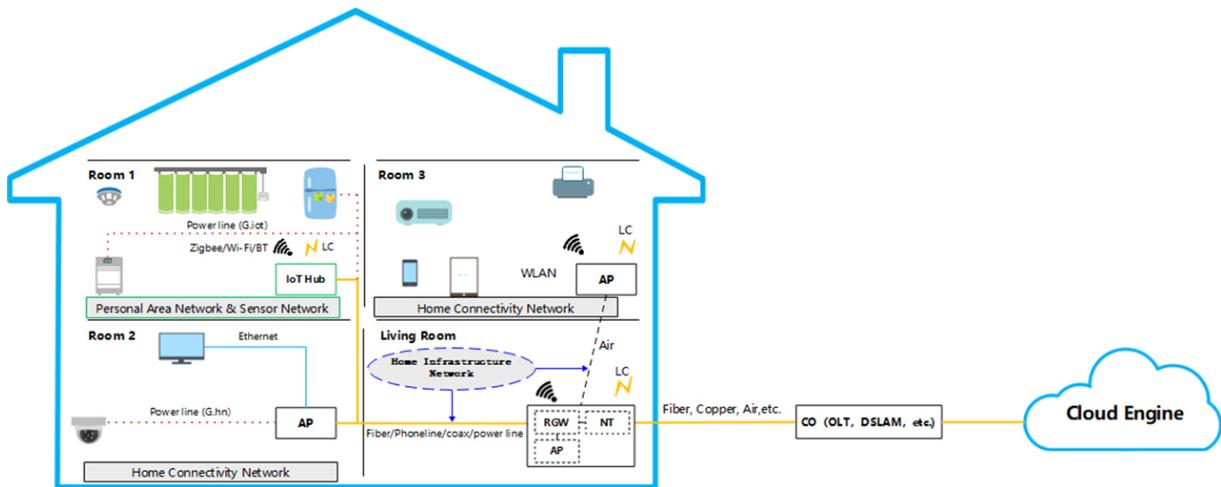
除了用于指导光纤到房间的工程施工建设标准，国内外通信行业标准组织也已启动了基于光纤组网的网络技术标准制定工作。

由全国智能建筑及居住区数字化标准化技术委员会归口，广州智慧家庭技术标准促进中心等 18 家企事业单位共同编制的《住宅用综合信息箱技术要求》（GB/T 37142-2018）国家标准正式发布，并于 2019 年 7 月 1 日起正式实施。该标准的发布将为数字家庭内的信息箱行业的规范发展提供积极引导。此外，由全国智标委归口管理的《物联网智能家居图形符号》（GB/T 34043-2017）、《物联网智能家居 设备描述方法》（GB/T 35134-2017）、《物联网智能家居 数据和设备编码》（GB/T35143-2017）等智能家居系列产品国家标准由国家标准化委员会批准发布并实施。该系列标准为数字家庭的 2 家居设备提供了标准的设计参考设计原则。数字家庭涉及智能家居系统的网络安全也尤为重要。近年来，国家先后发布实施了《网络安全法》、《密码法》、《数据安全法》、《关键信息基础设施安全保护条例》等法律法规，明确提出积极推动商用密码在关键信息基础设施中的应用。在城市基础网络、基础设施相关信息系统、城市数据采集综合利用平台以及智慧城市中构建密码支撑体系，加强智能管网、智能交通、智能家居等的密码应用。



2019年11月，中国通信标准化协会（CCSA）的TC6 WG2启动了《光纤到房间（FTTR）技术研究与应用分析》的课题，于2021年3月结项。该课题从家庭网络需求、传统家庭网络组网方案、光纤到房间的家庭组网方案、方案性能验证以及室内光纤布线等多个方面展开了分析，并对未来的技术发展进行了展望。基于该研究课题的成果，CCSA TC6 WG2在2021年6月的会议中，所有与会单位一致同意启动光纤到房间的技术系列标准制定工作，该系列标准由5部分组成：应用和需求、总体架构、物理层、协议层以及管理，预计于2023年逐步完成标准的制定。CCSA TC6 WG3在2021年6月的会议中，同意启动YD/T 926.1《信息通信综合布线系统 第1部分：总规范》及YD/T 1384《住宅通信综合布线系统》的标准修订，将纳入企业和家庭场景的布线框架。

2019年开始，国际电信联盟ITU-T的十五组的家庭网络研究组（Q18）展开了下一代家庭网络架构功能和业务的研究（见下图），明确提出家庭光纤组网是继传统铜线（电话线、同轴线）和空口（Wi-Fi回传）组网方式的新组网方式，为家庭网络新兴业务提供更高质量的网络能力。

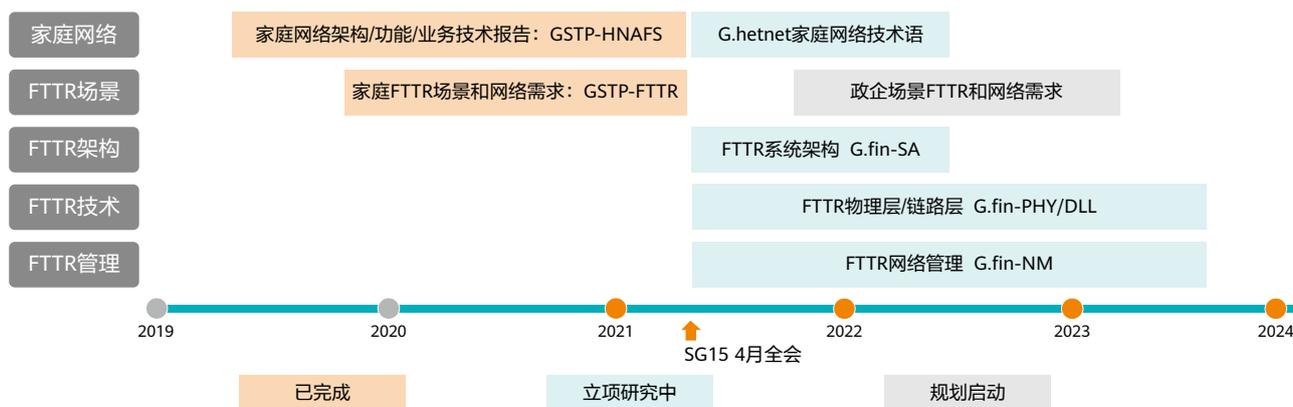


光纤组网是家庭网络重要网络连接方式

附录



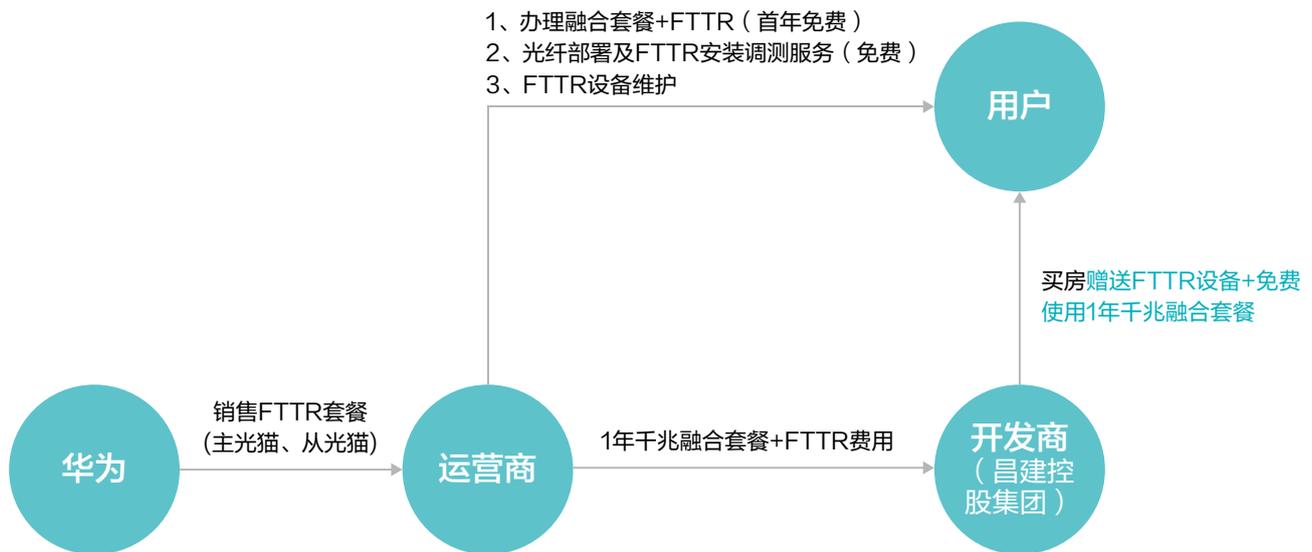
基于此，家庭光纤组网的标准体系逐渐形成，经过 2020 年一年的努力，研究组在 2021 年 4 月全会推动发布家庭光纤组网（FTTR）的场景和网络需求技术报告，阐述了家庭组网的独特场景和有别于光接入网络的网络需求，初步明确了 FTTR 的技术方向。同时在全会上推动立项基于 FTTR 的系统架构、物理层、数据链路层以及网络管理标准，开启了 FTTR 标准制定的时代。研究组计划优先完成 FTTR 技术的顶层设计（系统架构），优先制定基于点到多点（P2MP）的系统架构体系，催动 FTTR 技术在业界的快速应用。



ITU-T 家庭光纤组网 FTTR 标准系列进展和计划

附录2: 全光数字家庭网络前装试点

为打造科技住宅理念，昌建集团、河南联通、设备商发挥各自所在的领域优势，各方共同致力于高品质的数字生活产品和服务的提升，在昌建集团开发的河南省内所有地市在建、在售以及已售房地产项目范围内针对网速提升方面开展深入合作，基于 FTTR 解决方案实现家庭千兆网络，首先在漯河、新乡地市试点。商业发展模式如下：

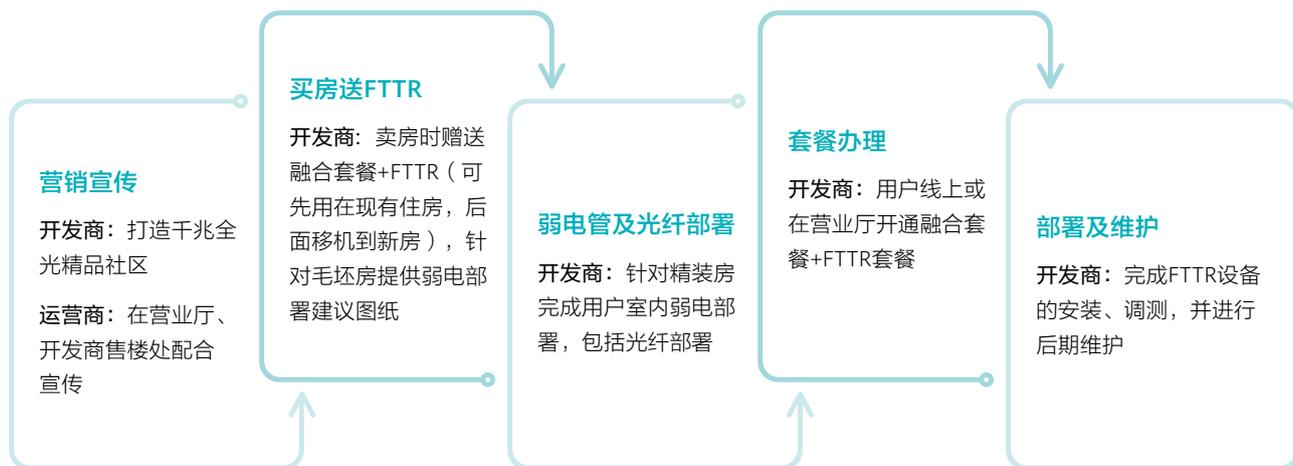


多方获益

参与方	推广价值
开发商	打造千兆全光精品社区，提升住宅户内网络质量
运营商	批量发展高价值接入用户，试点先进组网方案
用户	低门槛享受全光家庭网络服务，支撑数字家庭

附录

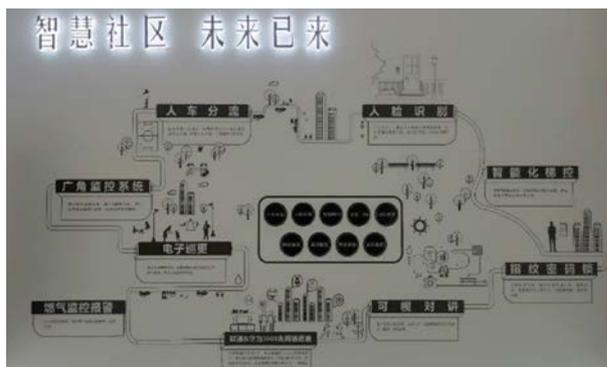
试点流程如下：



试点楼盘现场：



1. 售楼处实物展示



2. 售楼处概念宣传



3. 样板间展示



4. 产品发布宣传



07

参考文献

- » 《关于加快发展数字家庭提高居住品质的指导意见》，住建部等
- » 《中国宽带发展白皮书（2020）》，中国信息通信研究院
- » 《FTTR 新一代家庭千兆全光组网白皮书》，宽带发展联盟
- » 《光纤到房间（FTTR）技术研究与应用分析》，中国联通等
- » 《中国数字经济发展白皮书》，中国信息通信研究院
- » 《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范》GB 50846-2012
- » 《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 50847-2012
- » 《住宅装饰装修工程施工技术规程》加标准号 T/CBDA 51-2021



