

# 智能用电小区电力光纤到户建设的研究

卜宪德，朱 亮

(中国电力科学研究院，江苏 南京 211106)

**摘 要：**文章介绍了电力光纤到户的发展情况，根据国家电网公司智能电网部要求，采用电力光纤到户，构建智能用电小区，文章给出了一种可行的建设方案，并对需要的政策支持进行了讨论。

**关键词：**智能小区；电力光纤到户；EPON；复合线缆

## 0 前言

国家电网公司于 2009 年启动了统一坚强智能电网的研究、规划和试点建设。配电环节和用电环节均为国家电网公司统一坚强智能电网发展的六大环节之一，智能小区是智能电网配电和用电环节的重要体现。

智能小区是适应分布式电源广泛应用、电动汽车及储能装置迅猛发展、居民对供电服务日趋多样的要求，综合运用现代信息、通信、计算机、自动控制等先进技术，实现支持小型风力发电、光伏发电等可再生能源和电动汽车充电设施接入电网、双向结算和信息发布，实现居民小区能效智能管理、供电安全可靠、服务双向互动，采用电力光纤入户服务国家“三网融合”战略的实施而发展起来的现代居住示范区。

本文旨在研究在建设智能用电小区时采用低压电力特种光电复合缆技术，实现电力光纤到户（PFTTH），为用户提供用电信息采集、信息宽带接入等业务。

## 1 电力光纤到户建设背景

根据公司智能电网部要求，2009 年，第二批共 21 个网省城市开展了电力光纤到户试点工程建设，以探讨多网融合的应用。2010 年为规范电力光纤到户建设，由智能电网部和科技部牵头，组织了电力光纤到户 13 项企业标准的制定，并与 2010 年底开始实施。试点工程的建设是通过低压电力特种光电复合缆技术建设光纤到户，实现“多网融合”，能够整合电网资源，扩大电网优势，能使电力网资源获得再开发、再利用、再增值，节约社会资源，创造巨大的社会效益，体现国家电网公司的社会责任。

国家电网公司具有丰富的杆路管道资源，通过采用电力复合光缆技术，组建的电力光纤复合网能将电力和信息通信两大产业进行集成、整合和互补，这样的网络既能供电，又能彻底解决电网“最后一公里”信息化问题，还能通过“电力光纤到户”完全满足全社会的所有信息服务的接入需求，更是实现国家“十二五”规划关于积极推进“多网融合”战略的重要组成部分。同时，电力网建设和完善宽带通信网，实施光纤到户，还可发展宽带用户接入网，从而有可能把目前的网络状况升级到“四网融合”的高度。

电力光纤到户能够实现网络基础设施的共建共享，可以大幅度降低“多网融合”成本，可以提高网络的综合运营效率，在节能环保方面优势明显，是构建节约型社会的重要手段。电力光纤到户的建设包含了诸多功能及相应的技术和设备，是一项崭新的、复杂的系统工程。为了有效的推进电力光纤到户的建设，统一建设标准，提高工程质量，方便运行维护，国家电网公司进行了电力光纤到户组网典型设计。用于规范和指导电力光纤到户的规划、设计、施工等工作。

电力光纤到户是指在低压通信接入网中采用光纤复合低压电缆（OPLC），将光纤随低压电力线敷设，实现到表到户，配合无源光网络技术，承载用电信息采集、智能用电双向交互，“多网融合”等业务。电力光纤到户解决了信息高速公路“最后一公里”问题，可满足智能电网用电环节信息化、自动化、互动化的需求，在提供电力的同时实现电信网、广播电视网、互联网的同网传输，为用户提供更加便利和现代化的生活方式。

## 2 电力光纤到户技术及原理

光纤到户（FTTH: Fiber To The Home），顾名思义就是光纤直接连接到家庭用户，实现光纤接入。光纤接入技术实际就是在接入网中全部或部分采用光纤，构成光纤用户环路或称光纤接入网，实现宽带接入的一种方案。光纤接入被看作是继 DSL 宽带接入方式之后最具市场前景的宽带接入方式，与常见的双绞线通信不同，其具有工作频率更高、容量更大、衰减更小、不受强电干扰、抗电磁脉冲能力较强、保密性好等特点。FTTH 技术特点是不但提供更大的带宽，而且增强了网络对数据格式、速率、波长和协议的透明性，放宽了对环境和供电等条件要求。

根据光网络单元的位置，光纤接入网分为光纤到桌面(FTTD)、光纤到户(FTTH)、光纤到路边(FTTC)、光纤到大楼(FTTB)、光纤到办公室(FTTO)、光纤到楼层(FTTF)、光纤到小区(FTTZ)等几种类型。如图 1 所示。

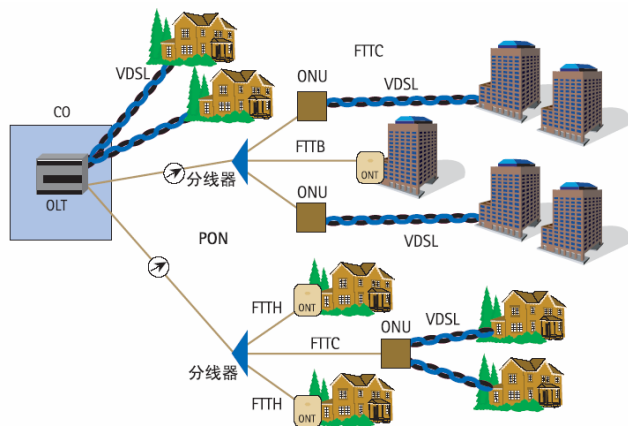


图1 FTTH、FTTB和FTTC网络接入示意图

FTTH 的实现主要依赖低压电力特种光电复合缆和无源光网络技术。

### 2.1 低压电力特种光电复合缆技术

低压电力特种光电复合缆是将电力线、光纤通过电缆护套耦合成一根线缆，既能传输电能，同时也可以传输光信号。如 2 图所示。

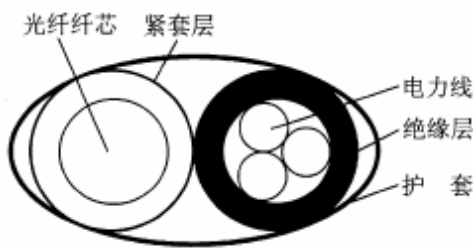


图2 380V低压电力特种光电复合缆

电力线复合国家标准规定，其线径的选择根据流过导线的电流而定，其绝缘层采用高密度聚乙烯绝缘材料。光纤由纤芯和紧套层组成，纤芯决定光纤的传输特定，紧套层可以提高光纤的机械强度。光电复合缆的护套由聚乙烯材料组成，具有良好的抗压能力和密封性能，对光电复合缆起到机械保护和环境保护作用。

### 2.2 无源光网络宽带综合接入技术

无源光网络（PON）的概念由来已久，它具有节省光纤资源、对网络协议透明的的特点，在光接入网中扮演着越来越重要的角色。同时，以太网（Ethernet）技术经过二十年的发展，以其简便实用，价格低廉的特性，几乎已经完全统治了局域网，并在事实上被证明是承载 IP 数据包的最佳载体。随着 IP 业务在城域和干线传输中所占的比例不断攀升，以太网也在通过传输速率、可管理性等方面的改进，逐渐

向接入、城域甚至骨干网上渗透。而以太网与 PON 的结合，便产生了以太网无源光网络（EPON）。它同时具备了以太网和 PON 的优点，正成为光接入网领域中的热门技术。

EPON 是一种新型的光纤接入网技术，它采用点到多点结构、无源光纤传输，在以太网之上提供多种业务。它在物理层采用了 PON 技术，在链路层使用以太网协议，利用 PON 的拓扑结构实现了以太网的接入。因此，它综合了 PON 技术和以太网技术的优点：低成本；高带宽；扩展性强，灵活快速的服务重组；与现有以太网的兼容性；方便的管理等。

它的网络组成包括光线路终端（OLT：Optical Line Terminal）、光网络单元（ONU：Optical Network Unit）、光分路器（OBD：Optical Branching Device）等组件。

### 2.3 工作方式

IEEE802.3 定义了以太网的两种基本操作模式。第一种模式采用载波侦听多址接入/冲突检测（CSMA/CD）协议而应用在共享媒质上；第二种模式为各个站点采用全双工的点到点的链路通过交换机连接到一起。相应的，以太网 MAC 可以工作于这两种模式之一：CSMA/CD 模式或全双工模式。

EPON 媒质的性质是共享媒质和点到点网络的结合。在下行方向，拥有共享媒质的连接性，而在上行方向其行为特性就如同点到点网络。

下行方向：OLT 发出的以太网数据报经过一个 1:N 的无源光分路器或几级分路器传送到每一个 ONU。N 的典型取值在 4~64 之间（由可用的光功率预算所限制）。这种行为特征与共享媒质网络相同。在下行方向，因为以太网具有广播特性，与 EPON 结构和匹配：OLT 广播数据包，目的 ONU 有选择的提取。

上行方向：由于无源光合路器的方向特性，任何一个 ONU 发出的数据包只能到达 OLT，而不能到达其他的 ONU。EPON 在上行方向上的行为特点与点到点网络相同。但是，不同于一个真正的点到点网络，在 EPON 中，所有的 ONU 都属于同一个冲突域——来自不同的 ONU 的数据包如果同时传输依然可能会冲突。因此在上行方向，EPON 需要采用某种仲裁机制来避免数据冲突。

## 3 智能小区电力光纤到户建设方案

电力光纤到户网络的基本组成包括：光线路终端（OLT）、光网络单元（ONU）和光分布网络（ODN）、三大部分，如图 3 所示。

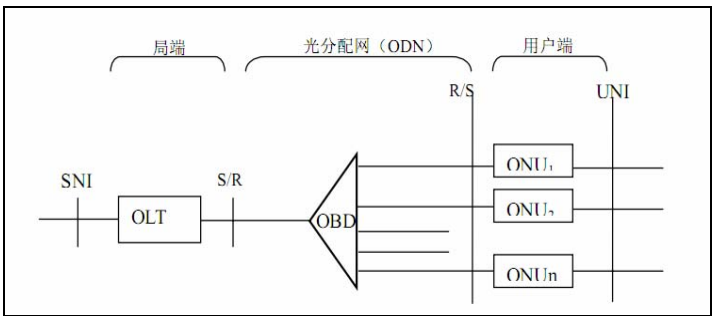
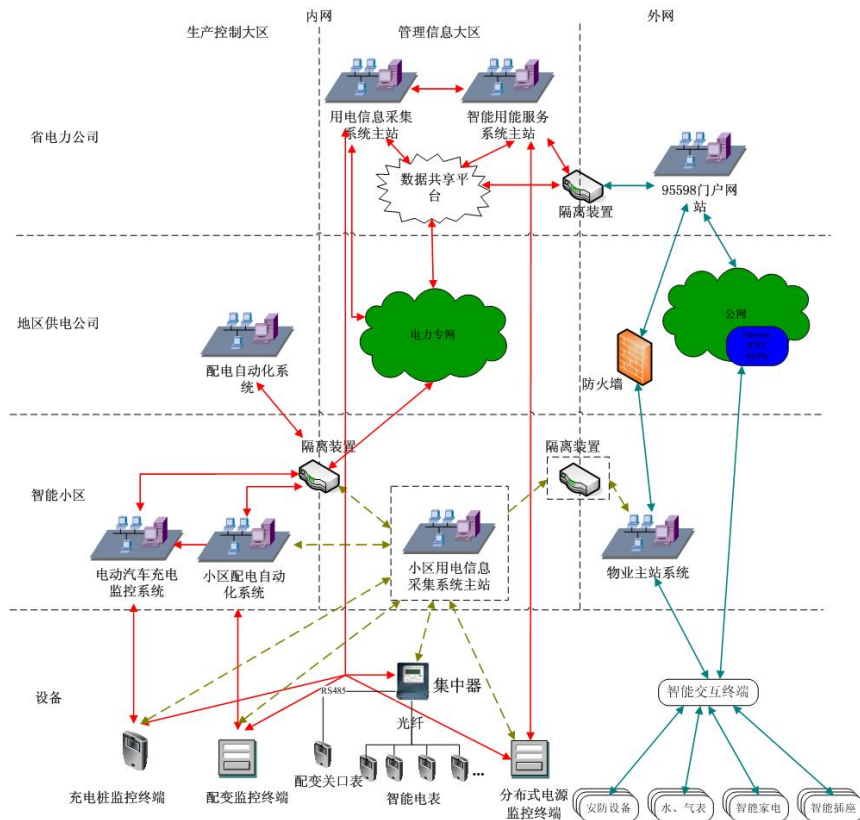


图3 电力光纤到户网络结构

智能小区电力光纤到户的建设从业务上一般分为电力专网和电力公网两部分建设，两个物理上独立的光网络，共同占用同一条光纤复合缆，即同缆不同芯。通过电力专网可以开展配电自动化系统、用电信息采集系统、智能用能系统、分布式电源管理子系统和电动汽车有序充电监控系统等业务；通过电力公网可以开展电信网络宽带业务、物业信息发布、智能家居系统等。两个系统物理隔离，保证信息的安全传输。

图 4 给出了智能小区电力光纤到户业务系统的网络结构图。它集成了用电信息采集、小区配电自动化、电动汽车充电管理、分布式电源、小区智能家居、95598 门户网站、社区主站、电信宽带接入等各系统的建设，通过小区通信网络的建设，实现各系统间的信息共享和互联，充分展示小区的智能用电成

果，实现智能小区电力客户与电力公司间的双向互动。



## 4 建设模式及相关政策的研究

目前，电力光纤到户正处在建设阶段，对于运营模式还没有相关政策的规定，处于谁建设、谁收益的阶段，但从网络建设出发，不会解决多网融合遇到的关键问题，尤其是接入宽带网络业务时，会涉及多方面的利益，因此有必要进一步研究能够支撑多网融合的相关政策和建设模式。

首先，研究适合应用于智能小区建成后的各系统运行维护体系，主要包含公用通信系统运行维护模式研究、电力专用通讯系统运行维护模式研究，智能配电系统运行维护模式研究、智能用电系统运行维护模式研究。

其次，要分析智能小区和智能家庭电力、电信、有线电视和互联网的业务融合需求及其发展趋势，基于低压特种光电复合缆的“多网融合”商业运营模式。

最后，进一步明确开发商、供电部门、运营商及相关各方的职责，建立一套完整的智能小区运行维护框架，保证智能小区各系统正常运行，使智能小区运行维护规范化、流程化。

## 5 结束语

目前，基于光纤到户的智能小区建设已不存在技术障碍，除电力系统外，各电信运营商也在大力建设，而电力系统有着天然的优势，只要能够研究出合适的商业运营模式以及相关政策的支持，将最终真正实现多网、多业务的融合。

### 参考文献：

- [1] 电力光纤到户组网典型设计(国家电网公司企业标准)[Z].北京:国家电网公司,2010.
- [2] 张浩,卜宪德,郭经红. EPON 技术在用电信息采集系统中的应用[J]. 电力系统通信,2010,31(7).
- [3] 蔡万升,汤辉,张军,等.基于 EPON 技术的配电自动化通信系统[J].电力系统通信,2010(12):11-15.

[4] 邓桂平,陈俊.智能用电小区及其关键技术[J]. 湖北电力,2010(S1).

---

**作者简介:**

卜宪德 (1978—), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 电力调度通信系统及软交换技术应用研究, E-mail: buxiande@epri.sgcc.com.cn;

朱 亮 (1988-), 工程师, 学士, 主要研究领域通信信息及电力等方面, E-mail: zhuliang3@epri.sgcc.com.cn。