

中小城市电力配电通信网组网模式研究

文/国网宁夏电力公司吴忠供电公司 何 萍

介绍了目前配电通信网应用最广泛的两种组网模式：无源光网络 EPON 组网和工业以太网交换机组网。无源光网络 EPON 组网又包括 EPON 独立组网、混合组网模式、分层组网。详细阐述 EPON+SDH/MSTP、环网型 OLT+ONU 及 EPON 分区自治等三种应用最多的分层组网模式的组网方案、优缺点、适用范围。通过对比分析了在配电通信网中工业交换机组网和 EPON 技术组网的优缺点。为中小城市配电通信网组网提供了多种方案。

配电通信网是连接配电自动化系统主站与配电网现场测控终端的网络，是配电自动化体系建设的重要组成部分。通过它将柱上开关、环网柜、开闭所等现场配电终端上采集到的各类实时信息传输到主站系统，同时将主站系统的遥控命令等下传至远方配电终端，进而实现对配电网的监控。

配电通信技术种类繁多，特点各异。当前配电通信网接入技术主要有无源光网络（EPON，Ethernet Passive Optical Network，EPON）和工业以太网交换机两类。基于以太网的 EPON 技术因具备以太网帧结构和一对多的 PON 网络拓扑特征，形成了独特的网络结构优势和以太网低成本优势。同时，无源光网络因其具有抗电磁干扰能力强、容易铺设，容易扩展等诸多优点而被广泛地应用于配电通信网中。而工业

以太网交换机是将以太网技术应用于工业控制领域的交换设备，其技术成熟、性能稳定、不受光传输距离限制，在配电通信网实际应用中存在明显优势。

配电通信网组网模式设计上有一定的灵活性，多样性；不同组网模式对通信质量、通信效益以及运行维护管理都有较大影响。按照 EPON 技术使用范围的差异性，配电通信网可分为 EPON 独立组网模式、混合组网模式、EPON+SDH/MSTP 分层组网模式等。

EPON 独立组网模式

EPON 独立组网模式是指在配电通信网中，从现场配网终端设备到中心站配网自动化主站都采用单一的 EPON 光通信技术。该组网模式下配电自动化系统仅由配电自动化终端层和配电主站层构成。两层

之间通过由光纤、无源分光支路组成的光分配网实现通信。

该组网模式具有可扩展性好、拓扑结构简洁清晰、能充分发挥 EPON 技术的抗电磁干扰、抗多点失效性等优点。但也存在诸多缺点，首先：需独占纤芯组网，将占用较大的光缆资源。其次：从线路末端的 ONU 到中心站 OLT 光纤距离较长，光纤衰耗过大，末端 ONU 收光光强不足。第三：该组网无法成环，OLT 设备之间互不通信，线路成星形单链路运行，无其他保护路由，可靠性较低。综上所述，该组网模式适用于配网终端集中且距配网自动化主站较近的城区。

混合组网模式

混合组网模式是根据 SDH 以太网口数量、光缆资源、配网终端点

2. 环网型OLT+ONU分层组网模式

(1) 组网方案

本方案采用各变电站的OLT通过GE口成环组成配电通信网的骨干层。OLT到各ONU组成的EPON网络作为配网的接入层。根据各变电站下带的各开关站、环网柜、分支箱、柱上开关的光缆路由分布情况,分别采用手拉手方式和单总线方式。

光缆路由具备环回条件的节点,ONU采用手拉手方式分别接到两个相邻变电站的OLT上,利用

EPON技术一点对多点、抗多点失效和天然吻合一次线路配电电缆铺设的优势,实现全光纤保护,保证业务传输的可靠性。光缆路由不具备环回条件的节点,ONU采用单总线方式,串接至变电站OLT上。如下图所示为该组网模式的示意图。

(2) 组网方案优缺点

1) 优点: ①各变电站OLT之间通过GE口成环,增加了OLT至配电自动化主站之间的路由。对OLT上行GE口的业务起到保护作用。②减轻了MSTP/SDH设备的业务传输压力。③节约MSTP/SDH设备的GE口

资源,无需增加任何投资。

2) 缺点: ①变电站各OLT成环,需要占用主干传输光缆的2个纤芯的资源。②OLT与OLT之间光纤的通信距离,最大是10 km,变电站之间的距离是该组网方案应用的一个瓶颈。该组网模式适用于骨干通信网光纤资源较为丰富,因其与原骨干通信网相互独立,不受主网光纤、SDH设备故障等影响。

3. EPON分区自治组网模式

(1) 组网方案

分区自治优化结构充分利用电力通信业务由低电压等级节点(环网柜、分支箱等配电节点)向高电压等级节点(变电站等)汇聚的特点,将整个配电通信网分成:ONU接入层、汇聚层、核心层。分区自治原理将配电通信网划分为多个分区自治区域(如以一个变电站为一个自治区域),每个自治区域分配一个独立IP段,该自治区域内多台OLT之间互联组成环网,上联该区域的汇聚交换机,各区域汇聚交换机组成光纤环网,并分别通过星形或环形结构方式与主站核心路由器实现互联。该组网模式适用于接入设备较多,网络规模较大,网络结构相对复杂的大中型城市配电通信网。

(2) 组网方案优缺点

1) 优点: 配电通信网网络结构层次自然分明。通信骨干层的带宽和SDH以太网口资源不足的问题得到有效解决,从而提高了运行效率并增强了运行安全性和可靠性。可以充分发挥EPON作为接入层通信的组网优势。②接入层按不同域分成多个独立的IP段,单一IP段内包含多套OLT设备,OLT设备通过GE口互联,极大地丰富了ONU至自动化核心路由器的路由通道。任何一个自治区域内网络结构需要调整或者设备、光缆出现故障时,影响范

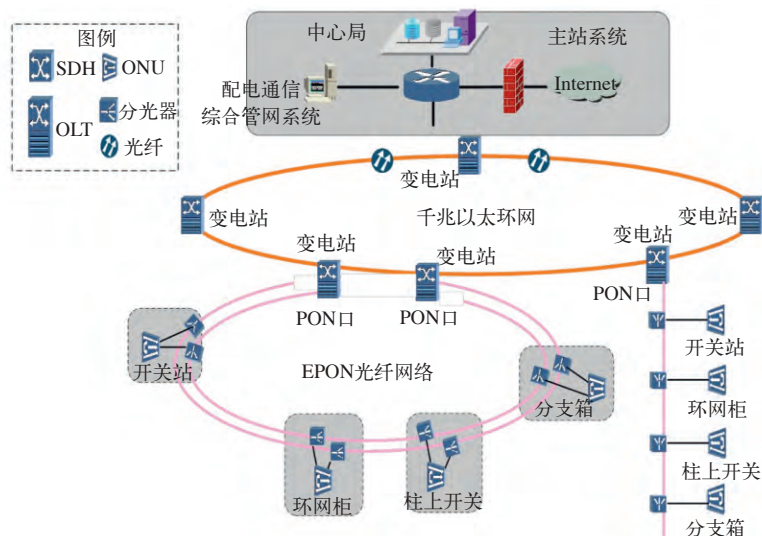


图3 环网型OLT+ONU分层组网方案示意图

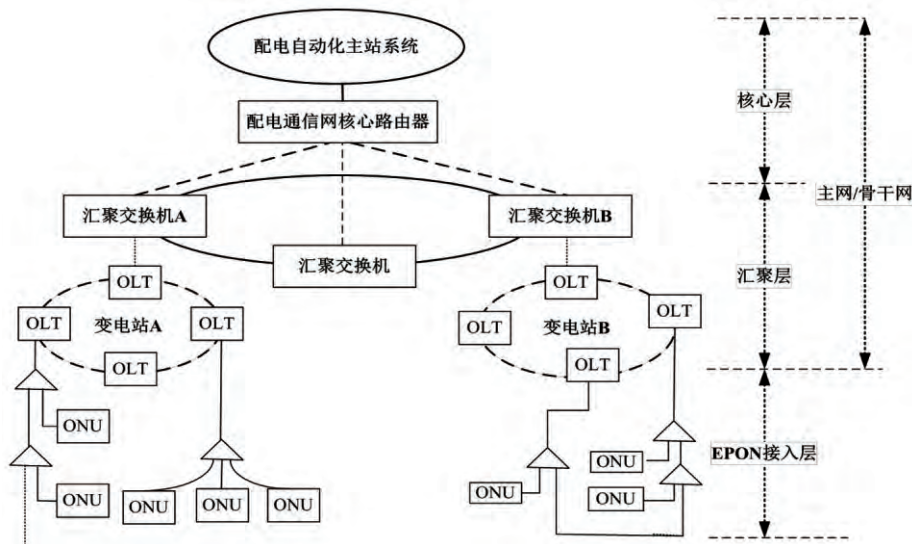


图4 EPON分区自治组网方案结构图

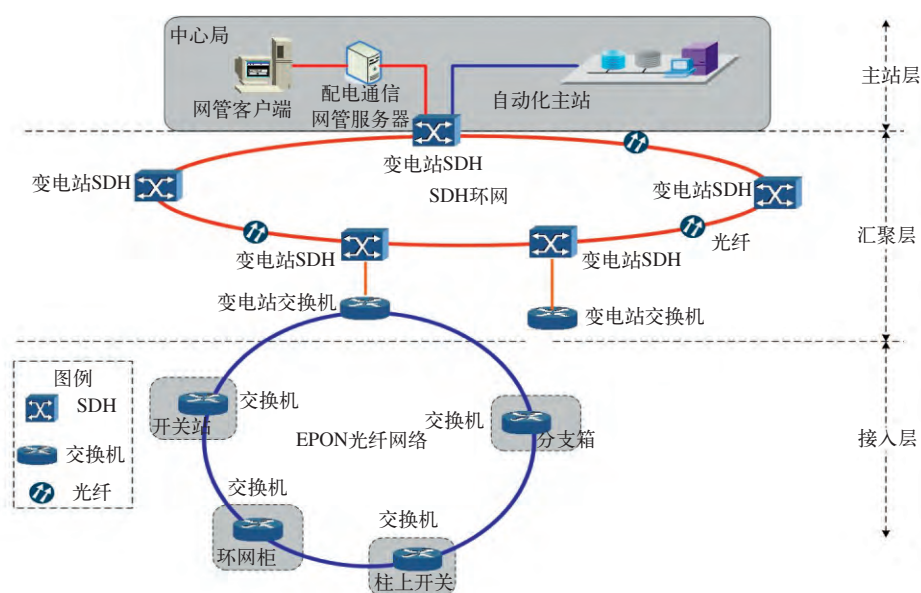


图5 工业交换机 + SDH/MSTP分层组网模式结构图

围都会限制在该自治区域内，不会波及其他区域。③复杂的网路结构较之前面几种组网模式单一的结构而言，提高了网络的收敛速度。

2) 缺点：核心层和汇聚层均需要独占光缆纤芯，搭建独立配电通信网网络。

工业交换机 + SDH/MSTP分层组网模式

该组网方案与EPON + SDH/MSTP分层组网模式在网络结构上相似，配电通信网分为接入层、汇聚层和主站层。充分利用交换机不受光强和传输距离限制，便于形成具有自愈功能且运行稳定可靠的环状网的特点。接入层设备和变电站内汇聚层设备都为工业交换机，汇聚层交换机可通过GE口互联组成环网或者借用骨干通信网SDH环网实现与主站核心路由器的通信。且汇聚层交换机开启快速生成树协议（RSTP）阻塞冗余链路，以防止环路生成，避免广播风暴的发生。

1. 工业交换机与EPON技术在配电通信网中的应用比较

(1) PON技术中的信号传输

完全依靠光纤线路上的光特性，长距离传输势必引起较大光衰从而影响通信可靠性，EPON的理论功率预算范围为10~28 dB。在链路功率计算时，还需要考虑熔接、活动连接损耗、光缆损耗以及不等比分光器损耗等。根据理论计算，通常在单根纤芯第9个节点处，光功率已衰减较大，不足以保障通信可靠性。而根据实际的运维经验，一条光纤一般最多可下带5个节点。而工业以太网交换机方案支持线路超过20 km，支持节点数超过8个，优于PON。

(2) 基于扩容需求的通信技术
方案比较PON通信扩容时，需要增加分光器、调整分光比，而且若扩容使得原链路上的节点数超过8个时需要启用新的光纤。工业以太网交换机通信扩容时，只需将新设备加入网络即可，操作简单。

(3) 从组网方式方面比较
EPON技术：适合组成星形网，需采用不等分光分路器，收发光受天气环境的影响较大，

设备的稳定性差，故障率相对较高。EPON组网多为单支路链路，路由单一，一旦前段光缆断

裂、损坏或者分光器故障，则其后线路所带ONU全部掉线，无法将终端设备所采集的数据上传。

工业交换机：因地制宜、灵活组网，网络可靠性高。主链路上根据现场光缆条件可以单环网或双环网的形式组网。分支链路上可以单支路接入。

(4) 从兼容性、大带宽、高速率方面比较开放、成熟、被广泛应用的以太网设备兼容性更好、报文转发速度更高。且各生产厂家的设备均可互联，其推广应用性更好。而基于EPON技术的设备互相之间不能互联，不利于网络的后续扩展。

结束语

建立坚强可靠、适用于配电网运行环境的配电通信系统是配电自动化必须解决的关键技术。结合中小城市电网架特点，充分考虑电力骨干通信资源及配电网节点的分布情况，对比分析各个组网模式的优缺点，因地制宜采用恰当的组网模式是配电通信网建设的关键，将有利于提高配电通信网的运行可靠性和安全性。EA