

10kV 终端通信接入网建设研究

樊 强，胡 阳，蒋苏明

（国网电力科学研究院，江苏 南京 210000）

摘 要：10kV 终端通信接入网作为配电网各类信息传输的载体，支撑配电自动化、电能质量监测、分布式电源、用电信息采集及电动汽车充换电等业务接入。当前在各地试点工程中 10kV 终端通信接入网接入方式较多、通信网络服务质量差异性较大，相关标准体系尚未建立。文章重点从业务需求、业务与通信技术匹配度、网络设计等方面研究 10kV 终端通信接入网的总体设计。为建设“架构合理、性能可靠、安全可控、成本适中”的 10kV 终端通信接入网提供设计依据，推进 10kV 终端通信接入网常态化、可持续化投资和建设模式。

关键词：配电自动化；接入网；EPON；载波；无线

0 引言

10kV 终端通信接入网建设模式主要取决于配电等网络的整体规模、接线的复杂程度、自动化系统的功能要求、预期达到的自动化水平等。不同区域采用的通信方式将对配电自动化等业务性能产生重要影响。通过对配电自动化建设单位进行调研可知，北京对柱上开关大多采用无线公网方式，开闭所采用专用光纤通信方式，上海主要采用中压电力线载波通信方式，杭州、厦门、银川、南京、成都等城市采用以光纤通信为主、无线及载波为补充的通信组网方式。目前配网通信系统建设具备一定规模，建设过程中积累了很多有益经验，形成了一批技术和管理创新成果，有效支撑了配电自动化等业务的可靠运行。但试点过程中也逐步暴露出一些共性问题，如配网通信系统总体架构不明确，多业务支撑能力不足，建设、管理和运维模式不统一，标准体系不完善等。现有建设方案对地域、环境等因素考虑不足，尚未形成配网通信系统常态化投资和建设模式，信息通信专业对配电业务的支撑能力不足，不利于配电自动化业务统一建设、统一管理和统一运维。本文将从业务需求、业务与通信技术匹配度、网络设计等角度研究 10kV 终端通信接入网的总体设计，为其建设提供参考思路。

1 业务需求分析

10kV 终端通信接入网是配电业务的传输载体，配电业务需求分析是通信系统设计的基础，对于通信方式选择，传输带宽、传输时延、链路可靠性等

通信性能的规划设计具有重要作用。为满足不同业务的传输要求，需结合通信网络架构划分业务断面，对不同业务断面的流量特性进行分析，提出配网通信系统设计要求；为保障通信网建设的科学性和经济性，需从技术层面、设备成本、施工难度、运维管理等多个维度分析配电业务与通信技术的匹配度，综合分析现有通信技术的优缺点，为建设安全可靠、经济实用的配网通信系统提供依据。

1.1 业务种类及特点

配网通信系统以覆盖全部配电自动化终端为目的，充分考虑并满足配变监测、电能质量监测、配电运行监控、分布式电源控制、配电线路视频监控等配电业务需求，并能承载用电信息采集、售电营业、客户服务、电力需求侧管理、负荷监控和电动汽车充电站/桩等用电业务。其中配电自动化、电能质量监测、分布式电源接入业务位于生产控制大区，配电视频监控业务、用电业务位于管理信息大区。配电自动化主要业务包括：遥信、遥测、遥控。

配电业务具有以下特点：

（1）配电业务与电力生产息息相关，对通信可靠性、实时性要求较高，对数据传输的延时与完整性有严格要求，但对传输带宽要求不高（视频业务除外）。

（2）配电业务直接服务于生产调度对通信故障率、故障修复时间有严格要求，对运维管理要求较高。

（3）配电业务位于生产控制大区，对信息安全的要求较高，要求通信信道具有较高的安全防护等级。

1.2 业务流量分析

10kV 业务终端节点种类较多,不同业务终端的传输速率要求不同,根据《Q/GDW 625-2011 配电自动化建设与改造标准化设计技术规定》,典型业务的通信流量需求如表 1 所示。

表 1 10kV 业务终端通信流量需求

业务类型		终端流量	终端数量	并发比例 /%	汇总流量	
配电 自动 化	三遥	开关站	15	2	100%	30
		环网柜	3	8	100%	24
		箱变	3	30	100%	90
		柱上开关	1.5	65	100%	97.5
		合计			241.5	
	FA	20	20	100%	400	
电能质量监测		24	32	100%	768	
分布式能源		2	32	100%	64	
配变视频监控		8000	32	10%	25600	
合计		基本业务流量 1.47Mbps, 含视频业务流量 27.07Mbps				

配电自动化“三遥”业务按照 IEC104 通信规约应用光纤通信时每秒上传 1 次数据计算,根据《Q/GDW 625-2011 配电自动化建设与改造标准化设计技术规定》定义的典型配电站点信息量表计算信息量。

电能质量监测每条线路采集点 3 相电压、电流有效值及 2-63 次谐波值、2-63 次有功和无功谐波功率,按 IEC104 通信规约 2 秒上传一次数据计算信息量。

分布式能源接入按 IEC104 通信规约计算,每接入终端上送 32 点遥测,16 点遥信,4 点电度量计算信息量。

配变视频监控按覆盖到开关站计算,视频格式为 1080p,单路需 4M 带宽,按 10%的并发比例计算汇总流量。

2 业务与通信技术匹配度分析

为了能够根据配电业务特点对通信技术进行匹配,需要从实时性、可靠性、安全性、带宽、覆盖特点、经济性、技术成熟度及产业链进行比较分析,综合评估各种通信技术的先进性和经济性,为配网通信系统设计提供依据。各种通信技术指标比较如下表所示:

根据上表及业务需求分析可以得出如下匹配结果:

对于配电自动化“三遥”业务,对通信网络的实时性、可靠性、安全性要求较高,技术指标因素高

于经济因素,优先采用光纤通信方式进行组网;在不具备建设光缆条件下,可采用中压电力线载波通信方式作为补充方式,未来可随一次线路建设逐步改造成光通信技术。

从业务与通信技术匹配度结果来看,EPON 和工业以太网交换机与业务的匹配度基本一致,只在传输距离、成本上的差异性,另外在抗多点失效及组网灵活性方面 EPON 更胜一筹,所以在采用光纤通信方式时,如果对传输距离没有特殊要求时,宜优先采用 EPON 技术进行组网。

对于配电自动化“二遥”业务,当已有光纤资源时可采用光纤方式;若无光纤资源时,宜优先采用无线公网进行组网,其次为中压配电线载波。

无线专网可作为试点或科技项目,在无线信道覆盖条件较好的郊区及农村地区作为配电通信网建设方式。

中压配电线载波和无线专网可作为光纤通信网络的补充,为配网通信网末梢节点提供通信接入。

表 2 通信技术指标比较

技术指标	EPON	工业以太网交换机	中压电力线载波	无线公网	无线专网
可靠性	高	高	中	低	低
实时性	高	高	中	低	中
带宽	1.25G	100M/1G	10K	50-100K	10K-20M
QoS	高	高	较低	低	较低
传输距离	小于 20km	20~80km	2~20km	多基站	1~10km
环境影响	不受影响	不受影响	电网负载和结构	天气、地形	天气、地形
安全性	高	高	中	低	中
产品产业链	大规模商用	大规模商用	规模商用	大规模商用	部分区域试点
产品成本	中	高	较低	低	中

3 10kV 通信接入网总体设计

配网通信系统总体设计主要针对配网通信系统技术和管理的共性问题进行研究设计,具体包括总体要求和设计原则、骨干通信网要求、配网通信系统组网设计、部署方式等多个方面。

3.1 总体要求及设计原则

(1) 在满足现有配电自动化需求的前提下,充分考虑综合业务应用和通信技术发展的前景,统一规划、分步实施、适度超前。

(2) 选择合理的网络结构和组网方式,采用分层结构,既要充分利用通信资源,又要便于分区分管理和预留资源,综合考虑配电通信网建设周期和投

资成本,维护工作量等因素对通信组网方案进行设计。

(3)在建设和改造时,必须充分利用电力系统的杆塔、排管、电缆等现有通信资源,完善配电通信网基础设施建设,光缆网络布局规划要求符合配电通信网规划发展要求,并且与配电网建设同步进行。

(4)应利用通信管理系统实现对配电通信网中各类设备、多种通信方式的统一网管,有效提升对配电通信网的统一管理水平和。

(5)考虑组网技术,选择先进的、经过检验的、批量生产的和符合国际及国内有关标准的通信设备和技术,保证业务信息的安全性、可靠性、可扩展性和可管理性。

(6)满足电力二次系统安全防护规定和国家电网调〔2011〕168号等相关要求。采用可靠的安全隔离和认证措施高度重视配网通信的网络安全,加强网络优化工作,优先使用专网通信,采用公网通信方式应提高网络安全防护,保障电网安全稳定运行。

(7)配电通信网设计应根据各种配电网业务的需要,结合通信技术发展情况,合理选择技术成熟、经济、安全、实用的通信方式。

3.2 骨干通信网要求

骨干通信网由光传送网和数据网构成。光传送网以 SDH/MSTP 方式为主,部分地区采用了 PTN 网络;数据网包括调度数据网和配电专用数据通信专网。目前,骨干(四级)通信网规划、设计、建设和运维流程基本完善,但随着配电网业务的不断发展,对骨干通信网的业务需求也不断增大,对骨干通信网提出设备备份、链路冗余、电源冗余,故障自愈等功能均需要在配电业务系统建设前期需要进行规划设计。

骨干通信网下联接口宜采用以太网接口,支持 VLAN 划分、GFP 封装。可采用 E1 接口、STM-1 (155M/POS)、STM-4 (622M/POS) 等接口。在利用路由器组建配电专用数据通信专网时,可在主站侧部署核心路由器,在变电站部署接入路由器,核心路由器和接入路由器之间利用 SDH/MSTP 网络提供的通道组成星型网络,核心路由器和接入路由器与 SDH/MSTP 对接时可采用以太网、E1 接口 STM-1 (155M/CPOS)、STM-4 (622M/CPOS) 等接口。带宽预留需参考第一节业务流量分析中的结

果。

3.3 10kV 终端通信接入网设计

3.3.1 组网结构

配网通信系统组网包括接入网上联接口、接入设备、终端上联接口,结构如图 1 所示。

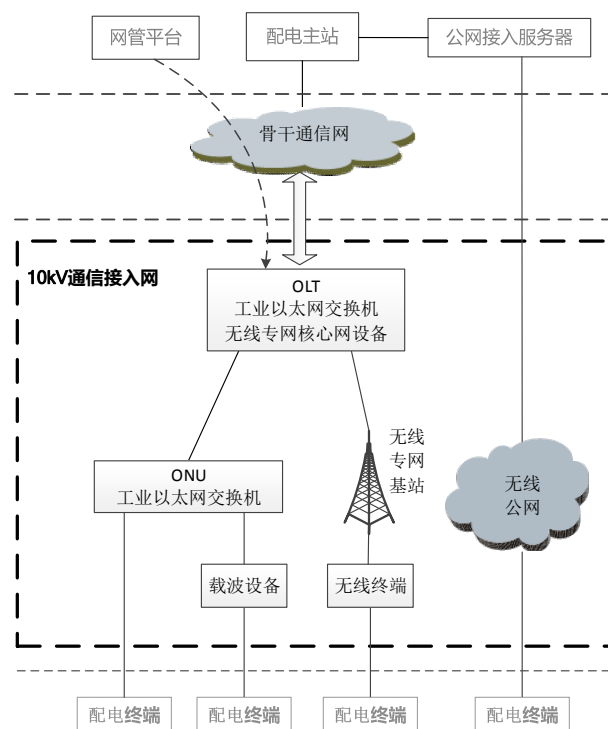


图 1 10kV 终端通信接入网组网结构

OLT、交换机等通过以太网直连 SDH/MSTP 骨干通信网;对于只能直接 E1 接口的骨干网络,可通过 E1 转以太网协议转换器进行连接;

可通过调度数据网进行业务传输,或通过路由器组成配电专用数据通信专网。

3.3.2 组网方式

本文以 EPON 组网方式为例进行研究。

EPON 设备部署方式依赖于配电网架构,见图 2,要求如下:

OLT 宜集中安装在变电站、开关站、配电室、充电站中;ONU 宜安装在 10kV 配电站或配电设施附近;POS (光分路器) 宜安装在光缆交接箱、光纤配线架、光纤接头盒中,或随 ONU 集中部署。POS 宜选用星形、链形等接入形式灵活组网,采用星形组网方式时分光级数一般不宜超过 3 级,采用链形组网方式时分光级数一般不宜超过 8 级。

当需要承载可靠性要求较高的配电自动化三遥业务时,ONU 设备应具有双 PON 接口双 MAC,并支持业务的双 PON 口保护。

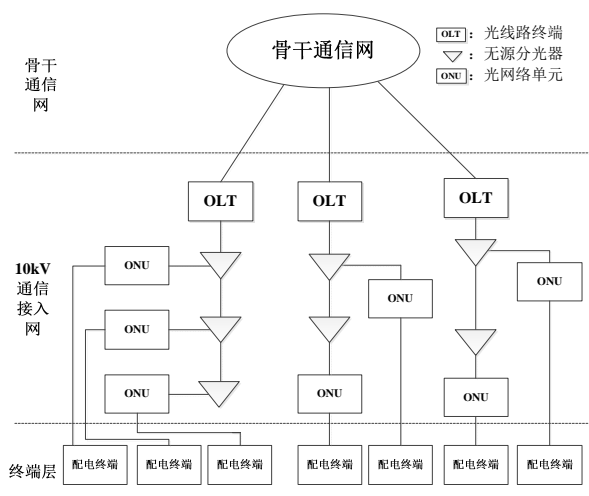


图 2 不同变电站辐射状结构的 EPON 组网方式

为考虑升级扩容，EPON 系统设计时应保留光功率裕量。OLT 设备应预留一定的端口备用。

当 EPON 系统接入骨干通信网时，网络接口应选择与之相适应的、成熟的技术体制和标准接口。

为支撑未来其它相同安全分区业务的接入，需选择采用 VLAN 技术的 L2 VPN 虚拟网技术。

图 2-图 5 为各种配电网结构的 EPON 组网方式。其中，图 2 为不同变电站的辐射状结构的 EPON 组网方式；图 3 为同一变电站的多分段适度联络结构的 EPON 组网方式，图 4 单/双环式结构（不同变电站）的双保护 EPON 组网方式，图 5 为辐射状结构、单环式结构-EPON 组网。

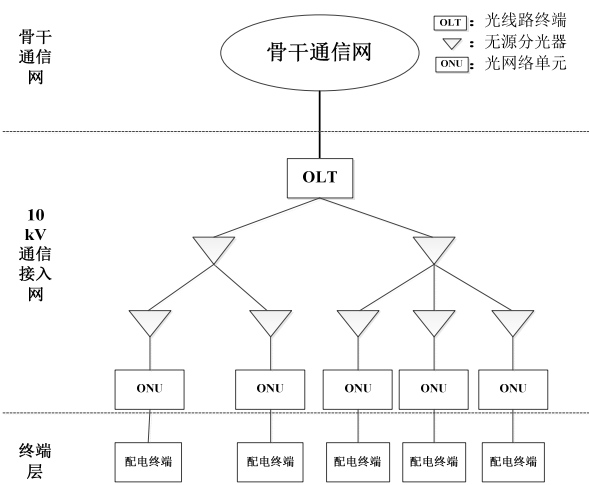


图 3 同一变电站的多分段适度联络结构的 EPON 组网方式

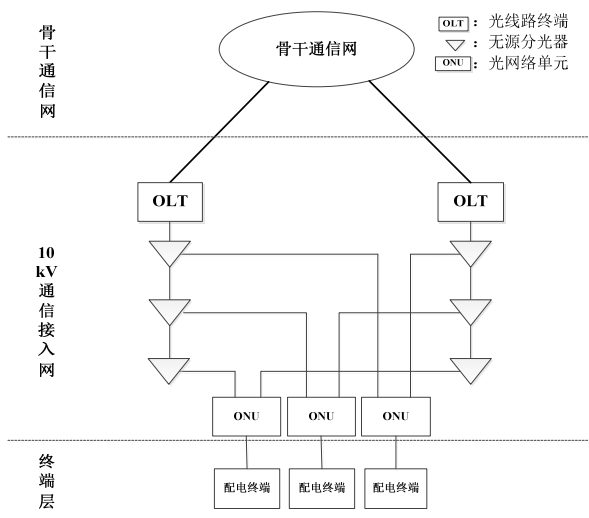


图 4 单/双环式结构的双保护 EPON 组网方式

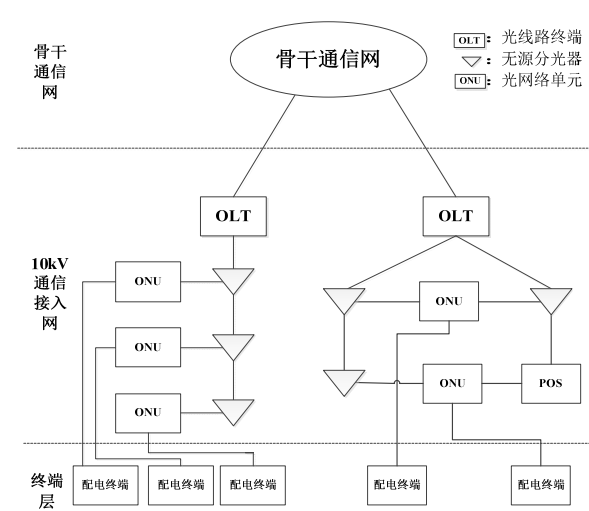


图 5 辐射状结构、单环式结构-EPON 组网

为促进配电光缆的建设，各地在进行配电网电缆管道工程设计中应将光缆管道建设同步纳入一次电缆管道的建设标准。各地新建、改建、扩建架空或入地配电网电缆线路，应同步考虑配用电通信光缆建设或预留通信专用管孔。

对于架空线路，优先采用自承式电力特种光缆；在有条件的地段可以开展一些光纤复合相线光缆的试验运行；对地下电缆，可沿沟（管、隧）道铺设阻燃型管道光缆；对直埋电缆，可在电缆旁以符合电气安全和地理工艺要求的方式同时铺设光缆。

光缆的芯数应结合网络的最终规模和整体发展规划适当超前，根据线路台区数量以及业务需求可选择 24 芯及以上芯数光缆，光纤类型优先选用 G.652 单模。

随着 10kV 通信接入网光纤网络的规模逐步扩大, 可适时开展配电网光缆在线监测技术的研究。

4 结论

本文分析配电业务特点和流量需求, 从多个维度分析配电业务与通信技术匹配度, 解决多种通信方式与配电业务适配的技术难题; 在配网通信系统总体设计部分重新定义配网通信系统分层体系架构, 研究骨干通信网设计要求、终端通信接入层组网方式, 解决适应配电环境的通信组网技术。为 10kV 终端通信接入网未来建设提供参考依据。同时, 专业化的管理是 10kV 终端通信接入网长期可靠运行的保障, 未来将进一步梳理配网通信系统建设流程, 明确信息通信专业在规划、建设、运维和标准体系各环节的专业化管理职能和人员职责, 提升信息通信专业的参与深度和广度, 并进一步完善相关标准体系、开展新技术研究及应用, 推进 10kV 总段通信接入网的“统一建设、统一管理和统一运”。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. Q/GDW 553.1-2010 基于以太网方式的无源光网络(EPON)系统 第1部分: 技术条件[Z]. 北京: 国家电网公司,2010.
- [2] 国家电网公司. Q/GDW 625-2011, 配电自动化建设与改造标准化设计技术规定[Z]. 北京:国家电网公司,2011.
- [3] 国家电网公司. Q/GDW 626-2011, 配电自动化系统运行维护管理规范[Z]. 北京:国家电网公司,2011.
- [4] 国家电网公司. Q/GDW594-2011,国家电网公司信息化“SG186”工程安全防护总体方案[Z]. 北京:国家电网公司,2011.
- [5] 陈堂.赵主康.陈星莹.等. 配电系统及其自动化技术[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [6] 赵渊, 沈智健. 基于 TCP/IP 的 IEC60870-5-104 远动规约在电力系统中的应用[J].电网技术, 2003,27(10):56-60.

作者简介:

樊 强 (1974—), 男, 浙江绍兴人, 高级工程师, 从事光纤通信、数据通信、统一通信等研究方向;
 胡 阳 (1981—), 男, 江苏徐州人, 高级工程师, 从事电力终端通信接入网规划实施工作, E-mail: huyang@sgepri.sgcc.com.cn;
 蒋苏明 (1973—), 男, 江苏苏州人, 高级工程师, 从事电力通信工程项目实施与管理工作。