

# 基于电力光纤入户的智能小区配用电信息采集系统研究

徐建平, 徐 静

(江苏省电力公司扬州供电公司, 江苏 扬州 225009)

**摘 要:** 本文提出了基于电力光纤入户的智能小区配用电信息采集系统解决方案, 通信方式以电力光纤通信方式为主, 结合 Zigbee 通信方式, 建立一个实时同步可扩展的通信网络; 研制开发了小区配电变压器综合采集仪、三相智能监控终端、多通道采集器、户内智能网关、智能插座、智能空开等产品, 可以对小区内配电变压器信息、小区公共用电信息、居民电表信息、居民户内分类信息进行完整的信息采集。本文提出的小区配用电信息采集系统, 能够精细化实时采集小区各种用电信息, 为小区智能用电提供技术手段, 支持供电公司开展居民用户智能用电服务。

**关键词:** 电力光纤入户; ZigBee 通信; 配用电信息采集; 光载无线; 采集终端

## 1 概述

用电信息采集系统, 是指利用现代化通讯手段(包括有线、无线、载波等)实现计量装置在线监测和用户负荷、电量、电压等重要信息的实时采集, 在居民小区中采集对象主要包括小区配电变压器信息、开关柜信息、小区公共设备设施用电信息、居民电能表信息、居民户内分类用电信息等。用电信息采集系统运用高效的信息化管理手段, 准确、及时的完成用电数据抄读及计量装置的状态监控功能, 从而代替长达几十年的人工干预数据抄录, 为供电部门进行用电统计、电费核算、表计监控、台片线损考核以及其他管理工作提供及时有效的支持。

目前用电信息采集系统的问题体现在远程通信和本地通信的可靠性和实时性。远程通信是指采集终端和系统主站之间的数据通信, 本地通信是指采集终端和计量装置之间的数据通信。具体问题如下:

### (1) 通信实时性较差

目前市场上的用电采集系统产品, 特别是低压居民集中抄表系统产品的通信实时性无法满足应用需要。国网公司用电信息采集系统标准规范中就提出了“全覆盖、全实时、全费控”的数据采集要求, 而现在市场上的产品无法实现这个要求。由于技术和投资限制, 目前很多产品都是按照电费月度结算为宗旨, 进行数据采集, 系统采集完整的用电数据往往要一天甚至几天时间。即使采

集到了用电数据, 由于远程通信的不可靠, 也是一天中的某个时间段, 集中上传采集到的数据。

### (2) 通信可靠性不高

目前的用电信息采集系统, 远程通信使用无线公网, 本地通信使用 485、低压载波或其它无线通信方式。由于低压线路是针对电能输送设计的, 信道衰减严重, 背景干扰复杂、负载变化不可控、系统动态因素太多、频段范围狭窄, 因此低压载波通讯数据传输可靠性差。485 线通信由于需要布线, 带宽比较窄, 经济性不高。远程通信使用无线公网, 有时会发生网络拥堵现象, 小区复杂的地理环境还会导致无线公网不能覆盖所有区域。上述原因降低了现有通信网络采集用电信息的可靠性。

## 2 电力光纤入户和 ZigBee 通信技术

### 2.1 电力光纤入户

电力光纤入户是指采用光纤复合低压电缆或普通光纤线缆, 将光纤随低压电力线敷设, 实现从配电变压器到电表, 再从电表到户的光网络通信方案。配合无源光网络技术, 基于电力光纤入户的通信网络承载用电信息采集、智能用电双向交互、多网融合等业务。

### 2.2 ZigBee 通信技术

ZigBee 是一种新兴的近距离、低复杂度、低功耗、低成本的无线网络技术, ZigBee 技术适合监测或控制的领域, 往往需要较大范围的通信覆盖, 网络中终端设备数量巨大, 这一特点与配电

网对通信的要求不谋而合,适用于解决配用电领域中终端节点通讯难的问题,为电力营销部门提供了一种可选的通讯方式。

利用 Zigbee 设备自动组网和自动路由的特点,构成配用电网终端信息传输通道,与已有的电力光纤通讯相结合,可以将电能表、配电变压器、开关柜、户内信息等配用电网终端信息传送给供电公司各个相关部门;同时也可以将设备配置参数等信息下达给现场监控设备,从而实现现场信息的快速采集和处理。面向智能小区设计的 ZigBee 通讯网络系统,在用电信息采集、配电故障定位、配变监测等诸多领域有着广泛的应用空间。

ZigBee 技术依据 802.15.4 标准,在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。这些传感器只需要很少的能量,以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传到另一个传感器。ZigBee 技术的主要有以下优势:

(1) 功耗低: 802.15.4 协议栈充分考虑了低功耗的实际需求,采用多种方式降低了设备的功耗;

(2) 成本低: ZigBee 数据传输协议简单,免收专利费;

(3) 网络容量大: 每个 ZigBee 网络最多可支持 65534 个设备;

(4) 时延短: 通常时延都在 15ms 至 30ms 之间;

(5) 安全: ZigBee 提供了数据完整性检查和鉴权功能,采用 AES-128 加密算法;工作频段灵活: 使用频段为 2.4GHz, 为免执照频段。

### 3 系统设计

#### 3.2 电力光纤入户设计

##### 3.2.1 技术路线

电力光纤入户由以下两大通道建设组成:

(1) 远程通道建设: 光纤通道采用普通光缆,小区上联变电站接入电力专用光纤到小区主配电房;

(2) 小区内部通道建设:

1) 在主配电房进行一次分光,采用光纤复合电缆连接各次配方房;

2) 各次配电房到低压分支箱采用光纤复合电

#### 3.1 总体设计

根据公用配变和各种居民用户的环境特点,用电信息采集系统将以不同的技术模式,分别实现对各类用电信息集中采集和实时监控,达到对小区户外采集点和居民户内分类用电信息采集的“全覆盖”。

##### 3.1.1 系统逻辑架构

系统逻辑架构如图 1 所示,可由 3 层物理结构组成。第 1 层主站,是整个系统的管理中心,负责整个系统的电能信息采集、用电管理以及数据管理和数据应用等。第 2 层数据采集层,负责对各采集点电能信息的采集和监控,包括各种应用场所的电能信息采集终端。第 3 层采集点监控设备,是电能信息采集源和监控对象,如电能表和相关测量设备、客户配电开关、无功补偿装置以及其他现场智能设备等。通信网络完成系统各层之间的数据传输,它可以是专用或公共无线、有线通信网络。

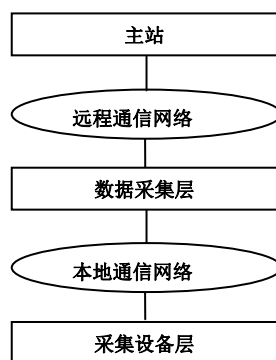


图 1 用电信息采集系统逻辑结构示意图

##### 3.1.2 系统物理架构

系统物理架构是指用电信息采集系统实际的网络拓扑构成,从物理设备的部署层次和部署位置上给出形象直观的体现。整合七种通讯方式的用电信息采集系统物理架构图如图 2 所示。

缆连接;

3) 在低压分支箱二次分光,采用光纤复合电缆连接各楼栋单元表箱;

4) 单元表箱放置光网络终端(ONU),多个以太网口分别接入各个楼层集中交换机;

5) 从单元表箱或入户采用光纤复合电缆或普通光纤皮缆,也可以采用标准 5 类线从楼层交换机进入户内;

6) 户内多媒体箱内配置光网络终端(ONU),连接家庭无线网关。

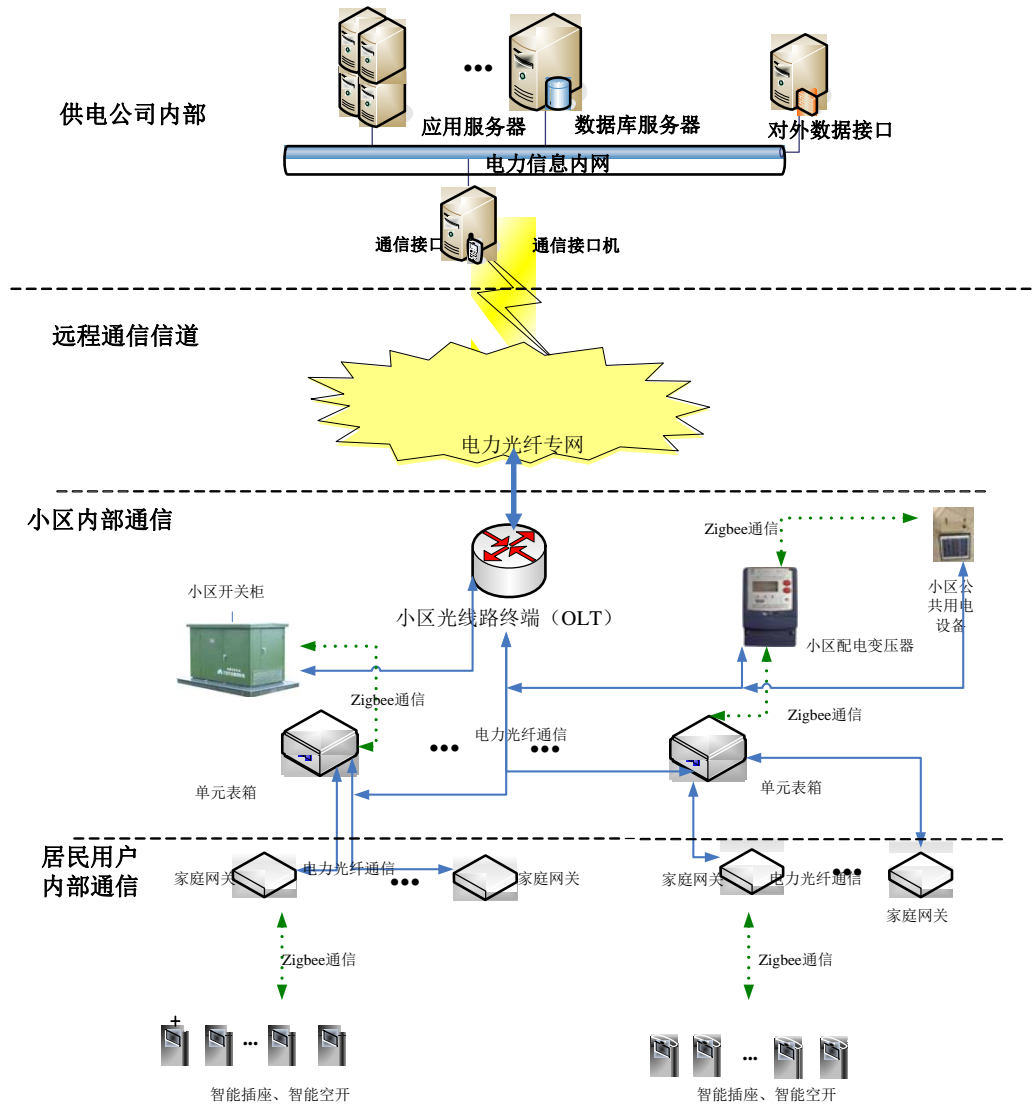


图2 基于电力光纤用户的用电信息采集系统架构图

### 3.2.2 电力光纤网络结构

电力光纤入户小区类型分为高层、多层、别墅。对不同建筑结构类型的小区采用不同的技术路线：

(1)高层：电力专用光纤接入小区中心配电房，采用一级分光到各楼栋单元，单元采用标准五类线进楼栋交换机，采用以太网式入户。网络拓扑图如图3所示。

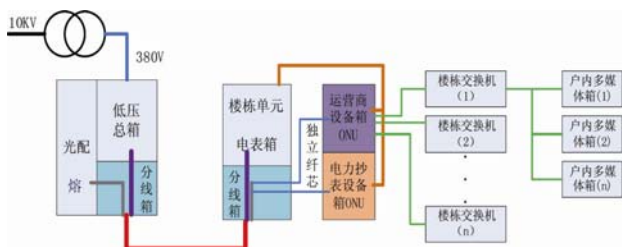


图3 高层房屋电力光纤入户结构图

(2)多层：电力专用光纤接入小区中心配电房，采用一级分光到小区低压分支箱，低压分支箱处采用二级分光到各楼栋单元，单元采用标准五类线进楼栋交换机，采用以太网式入户。网络拓扑图如图4所示。



图4 多层房屋电力光纤入户结构图

(3)别墅：采用一级分光到小区低压分支箱，低压分支箱处采用二级分光到各别墅，采用普通光纤皮

缆入户。网络拓扑图如图 5 所示。

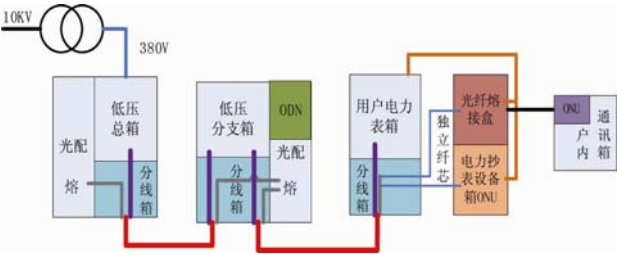


图 5 别墅房屋电力光纤入户结构图

3.3 ZigBee 通信网络子系统设计

ZigBee 通讯网络子系统以小区或家庭的光载无线接入点为核心，可以按照户外接入点、户内接入点构成若干个 Zigbee 通讯子网，每个家庭构建一个 ZigBee 通信子网。

(1) ZigBee 通信网络子系统

ZigBee 通讯网络子系统的逻辑架构如图 6 所示，子系统分为四层：

- 1) 控制中心的 ZigBee 通讯网络管理系统，控制中心一般在小区配电房；
- 2) 小区电力光纤通讯；
- 3) Zigbee 通讯子网；
- 4) 终端设备采集配用电数据，通过 ZigBee 终端上传到 ZigBee 通讯子网。

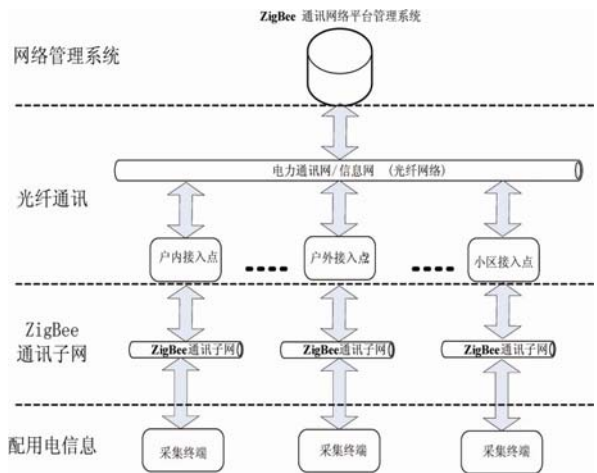


图 6 面向配电网的 ZigBee 通讯网络平台架构图

(2) Zigbee 通讯子网

Zigbee 通讯子网的逻辑架构如图 7 所示，ZigBee 终端模块与配网终端采集设备（如：配变监测仪、故障指示器、用电采集设备等）相连，ZigBee 终端模块通过 ZigBee 智能中继器把采集到的数据传递给 ZigBee 智能网关，从而实现 ZigBee 网络下的数据交换。

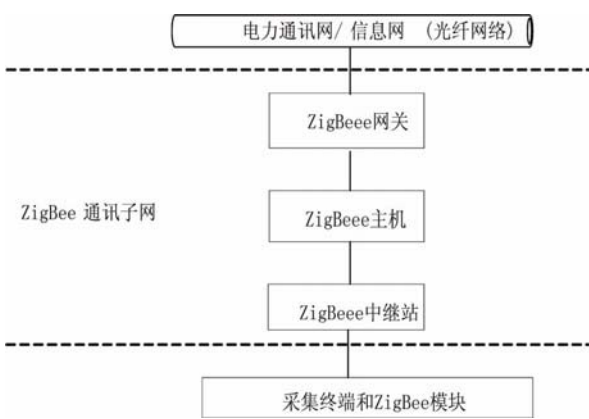


图 7 ZigBee 通讯子网逻辑架构

4 系统实现

4.1 配电信息采集

配电信息采集包括小区配电变压器、开关柜相关电参数信息。采用了小区配电变压器综合采集仪，用于实现配电信息的采集。

小区配电变压器综合采集仪包括数据采集、数据处理、参数设置和查询、事件记录、数据传输、设备维护七个功能模块。其中：

(1) 数据采集包括电能表的数数据采集、配电变压器状态量、脉冲量、交流模拟量的数据采集。

(2) 数据处理，小区配电变压器综合采集仪具有数据存储功能，保存最近 30 天日冻结数据、12 个月的月冻结数据，支持主站软件召测采集实时、历史 15 分钟冻结、小时冻结、日冻结、月冻结数据。

(3)参数设置和查询，包括时钟、限值、抄表等参数的设置与查询。

(4) 事件记录，小区配电变压器综合采集仪能够在采集数据的同时,监测电能表运行状况，包括参数的变更、时间超差、故障信息、示数异常等信息,小区配电变压器综合采集仪监测到事件信息后，可主动向主站软件上报事件信息。

(5) 数据传输，上行通信支持以太网通信以及 GPRS 无线公网通信,上行通信采用模块的方式，以太网和 GPRS 无线公网通信模块可互相替换，下行通信支持 485 及无线通信方式，对于下行，还支持与其它终端与主站软件之间通信的中继功能。

(6) 设备维护，小区配电变压器综合采集仪具有自检自恢复、本地状态指示、本地维护接口等功能。

小区配电变压器综合采集仪具有如下特点：

(1) 针对小区配电信息采集传输安全可靠要求, 采用 ZigBee 专用无线网络, 建立了基于 ZigBee 通讯网络的配电采集系统, 不仅节约了运行成本, 而且解决了电力通讯内外网隔离后配电信息的安全传输问题。

(2) 针对小区配电信息采集传输实时性要求, 采用以太网方式, 接入小区电力光纤, 与主站软件之间建立光纤通讯网络, 借助小区光纤通讯网络的快捷性, 提高采集数据的实时性。

(3) 小区配电变压器综合采集仪可以同时作为 ZigBee 网络的中继设备, 增加了 ZigBee 网络的覆盖范围。

(4) 系统安装使用方便、运行稳定可靠, 满足了配电信息采集的需要。

#### 4.2 户外用电信息采集

小区户外用电信息的采集包括小区居民电能表的用电信息采集与小区公共用电, 如路灯、景观灯、电梯等。

小区居民电能表的用电信息采集, 采用了以太网小集中器, 符合国家电网制订的《电力用户用电信息采集系统功能规范》标准, 采用以太网上行通信方式, 实现小区居民电能表的用电信息采集, 同时具有实现集中户内用电信息采集终端的采集数据, 上报给主站软件。

小区公共用电信息采集, 采用了三相智能监控终端, 外接互感器方式采集公共用电线路的电参数信息, 外接接触器的方式实现公共用电线路的用电控制, 具体功能如下:

(1) 电参数计量与处理, 通过互感器计量空气开关出线端的电参数信息, 采集三相电流、电压、有功功率、无功功率、电能示值等 22 项电参数数据, 采集数据按冻结密度, 保存一段时间内的数据备份, 以及一份实时数据, 以便上端设备的查询。当设备意外断电, 通电后, 存储的数据不会被清零。

(2) 通断电控制, 三相智能监控终端具有实时、定时两种通断电控制方式。其中实时控制即终端响应主站软件下发的实时控制命令, 即时响应控制; 定时控制即终端根据预设的时间段, 在时间段到来时响应通电、断电命令。

(3) 数据传输, 上行通信支持 485 及无线通信方式, 可以直接与小区内其它设备组成 Zigbee 网络, 也可以通过 485 总线接入小区配电变压器综合

采集仪, 通过小区配电变压器综合采集仪实现与小区外网的光纤通信。

(4) 设备维护, 三相智能监控终端具有自检自恢复、本地状态指示、本地维护接口等功能, 同时具有液晶屏显示, 以便维护人员现场巡检。

三相智能监控终端具有如下特点:

(1) 设备具有 ZigBee 和 485 双通道功能, 小区内分散的公共用电采集或集中的公共用电采集都适用。通过小区配电变压器综合采集仪实现与主站软件之间的通信, 与主网络隔离, 提高了采集网络的安全性。

(2) 具有实时、定时控制功能, 控制方式灵活, 方便小区公共用电线路的用电控制, 减少小区物业人员的开关灯等的工作量。

(3) 系统安装使用方便、运行稳定可靠, 满足户外用电信息采集的需要。

#### 4.3 户内用电信息采集

户内用电信息采集包括户内空开出线线路的用电采集, 居民主要用电设备(冰箱、热水器等)的用电信息采集。

户内空开出线线路的用电信息采集, 采用智能空开, 其功能与三相智能监控终端类似, 实现空开回路单相电参数的采集。

居民主要用电设备的用电信息采集, 采用智能插座, 在实现普通插座功能的基础上, 实现插座负载的用电信息采集, 居民用户用智能插座可实现主要用电设备的用电信息采集与通断电控制。

智能插座、智能空开采用 ZigBee 无线通信方式, 与户内其它智能空开、智能插座组成 ZigBee 无线网络, 家居智能网关可通过 Zigbee 通信模块接收智能插座、智能空开采集数据, 以太网小集中器也可通过 Zigbee 通信模块, 统一集中户内采集的用电信息数据, 传输采集数据到主站软件。

智能插座、智能空开具有如下特点:

(1) 设备具有 ZigBee 通信方式, 根据网络标识, 实现每一户组成一个独立的采集网络, 保证了采集数据的正确性。

(2) 设备无需布线, 外型小巧, 安装使用方便、运行稳定可靠, 满足户内用电信息采集的需要。

#### 4.4 主站系统

智能小区配用电信息采集系统采用江苏省电力公司统一的主站系统, 所有采集到的配电信息、

户外用电信息、户内用电信息通过小区入户光纤统一汇聚到主站软件系统,通过软件功能进行查询、统计、分析,辅助供电部门决策,为供电公司向居民用户提供用电服务提供了信息支撑。

## 5 系统特点

基于电力光纤入户的智能小区配用电信息采集系统有以下特点:

(1) 实时性和同步性,实现了小区配用电数据采集通信网络的一体化,通信网络能够保证各类实时数据传输的实时性,并能够保证小区配用电网络各个节点的数据采集的同步性;

(2) 易用性和可扩展性,由于小区电力光纤入户建设时预留了大量的光纤纤芯资源,以及 ZigBee 网络的自组织特点,使得小区内部接入新的信息采集设备时,系统能够感知新设备的接入,采集通信网络能够根据需要进行扩展。

(3) 全面性和精细化,系统可以对小区内配电变压器信息、小区公共用电信息、居民电表信息、居民户内分类信息进行完整的信息采集;同时可以

根据需要精细化采集小区配用电网络各个结点上的电参数。

## 6 结论

通过基于电力光纤入户的小区配用电信息采集系统的研究和应用,实现了小区配用电数据采集通信网络的一体化,保证各类实时数据传输的实时性和同步性,通信网络具备良好的易用性和可扩展性。通过研发配电采集设备、户外用电信息采集设备、户内用电信息采集设备,与一体化通信网络相结合,实现了小区用电信息的全面采集和精细化采集。本文研究成果为居民小区智能用电和供电公司开展居民用户智能用电服务提供了支撑。

---

### 作者简介:

徐建平(1959—),男,江苏扬州人,工程师,江苏省电力公司扬州供电公司客服中心主任,从事电力营销管理工作。

徐静(1979.3—):女,江苏省电力公司扬州供电公司,智能用电专职。