

客户侧泛在电力物联网及其在能效服务的应用探索

文/ 国网福建省电力有限公司 郑 鹏 沈一民

福州大学电气工程与自动化学院 温步瀛

聚焦客户侧的泛在电力物联网，充分考虑了客户体验以及能效服务的需求，结合全息感知和泛在连接两大泛在电力物联网关键技术，提出了客户侧泛在电力物联网总体建设方案，并通过对现有智能用电优化方案以及发展趋势的研究分析，着重介绍了三个面向智慧能效服务的典型应用场景。

随着移动互联、云计算和人工智能等新一代信息技术的兴起与革新，电网建设迎来了信息革命，对电力能效管理也提出了更高的要求。建设泛在电力物联网是保障电力可靠供应、接纳可再生能源、发展低碳经济及促进节能减排的重要基础。通过融合发展泛在电力物联网，推动电力行业向能源互联网转型，以数字信息技术给传统电网赋能，持续增强电网的感知互动能力和运行效率，高效支撑各种分布式能源的接入和使用，不断提升能源利用率，加强了能效管理的合理性。充分应用现代信息技术及先进通信技术，实现电力系统各个环节互动协作、人机交互配合，实现设备和客户的状态全面感知、信息高效处理及需求快速响应，以数字化管理有效提升能源生产、消费及相关领域安全、质量和效益效率水平，从而提升电网运维水平、用电服务质量水平以及综合能效服务水平。

目前，物联网技术在电网基础设施监控、电力生产和电网运维、电力业务数据采集和智能业务应用等方面都有广泛应用，实现了对电力系统从发电到用电各个环节的全面覆盖，参与完成对电网各环节的在线监测、状态评估、故障诊断及决策管理等任务，利用其泛在“监控”的能力让检修人员能全面了解电力系统各个环节的运行状

态，切实保障了系统能够进行快速准确的运行调度。

但现有的泛在电力物联网依然有着许多问题，各式各样的传感器的大规模部署导致接入层协议类别多样繁杂，缺少统一的技术标准进行规范；数据共享的实时性因技术上的难题依然无法很好做到与实际环境实时同步；高成本的投资加上核心技术掌握不足，让当前的采集终端难以全面覆盖，大规模的无线网络普及也难以实现。因此，泛在电力物联网的全面实现依然存在着一些尚未成熟的技术难题需要解决。此外，在能源互联网的发展下，新一轮电力体制改革的进程加快，供电企业都已逐步开展综合能效服务，由单一的售电模式转为电、气、冷、热等的多元化能源供应和多样化增值服务模式，传统能源行业边界逐渐消退，市场主体更为多元，市场竞争更加激烈，同时，用户需求个性化、多样化发展需要以用户为中心提供多元化能效服务，智能化、个性化、多元化和互动化的营销模式逐步形成，推进客户侧泛在电力物联网的建设，打通电力市场相关的各环节，为电网转型综合能效服务提供技术支撑。

本文主要研究分析了客户侧泛在电力物联网的主要内涵和意义，着重阐述了其发展过程中的两大关键技术及其

建设重点，并提出了客户侧泛在电力物联网建设总体架构，最后结合现有的面向智慧能效服务的应用场景，进一步阐述了客户侧泛在电力物联网建设的价值以及相关技术内容，并提出实施建议，以求能更好地提升客户侧各环节的互联感知能力，推动智慧城市能效服务建设。

客户侧泛在电力物联网概述

物联网技术是在互联网基础上，利用各种传感设备和通信技术实现对目标对象实时的信息采集，并根据特定协议将其接入核心网络，完成所有物品、包括人之间的信息连接和交互，从而实现智能监测和管理。狭义上物联网技术也是将各类传感设备和现有互联网云服务技术相互融合的一项技术。而电力物联网技术则是在物联网技术上的应用具体化，将电网企业、电力设备和用电客户之间相互连接，实现电能生产、传输、配变和消费各环节中的信息交互，从而达到电力系统内部数据共享融通，完成对电力信息的高效分析处理，从而让管理人员能全面了解电力系统各个环节的运行状态，促进了传统电网向物联化、数字化和智能化的转型。

泛在电力物联网技术的提出更主要是为了实现电力供给侧与需求侧之间的互联，通过对供给能力以及用户需求分析的充分挖掘，提升电力营销服务的精准性，为传统的电力交易平台向提供主动服务共享型平台的转变在技术层面提供了有力支撑。泛在电力物联网的建设在服务于电力系统的同时，还为企业与用户提供了一个泛在的数据信息服务共享平台。需求侧（即客户侧）是泛在电力物联网重点建设领域，利用先进的信息通信技术，更好地满足用户对能源的多种需求，从而提升能效服务。客户侧泛在电力物联网建设以用电信息采集系统和营销业务系统为基础支撑，推动客户侧各类能源设施与电网的广泛互联和深度感知；以构建综合能效服务生态圈为方向，依托各类资源，强化平台服务功能，培育新业务新业态；以客户服务平台为枢纽，对接多投资主体、多服务主体、多客户需求及多业务形式，助力服务水平提升。

客户侧泛在电力物联网关键技术

1. 全息感知技术

全息感知技术是对客户用能状态全覆盖监测的一项

技术统称，主要是通过各类感知设备，实时采集耗能、环境和台区等状态信息，实现电力数据采集自动化和业务运营智能识别与管理，从而达到对客户用能状态全感知的目的。

客户侧泛在电力物联网的核心是数据共享，而数据共享的基础是数据采集，如何通过各类具有传感、识别和定位等功能的微型传感器和智能终端设备完成对电网系统各个环节运行状态的全息感知，是实现客户侧泛在电力物联网的第一要点。而随着电力系统的规模结构日益大型化、复杂化，为了保证能够很好地对电力系统的各环节运行状态进行全面感知，实现底层配用电设备的全覆盖监测则是关键，而底层配用电环境复杂多样，因此，对传感器、通信装置等智能终端设备都提出了更高要求。通过研发可以直接封装于电力设备内部的微型传感器，在安装电力设备时也相应完成了感知网络的敷设，一方面减少了布设成本，另一方面还保证了足够的感知深度，即有电力设备的地方就有一个与之对应的监测设备。另外，随着无线通信技术的不断完善和发展，无线通信设备也被大规模地使用到电力系统中，相比有线通信技术，不仅节约了安装配线的成本，还具有设备维护方便、灵活性高和易组网的特点。在实现底层配用电设备的全息监测的基础上，还要考虑因恶劣环境和长时间服役造成的设备损坏和性能退化问题，即设备管理问题。一方面，需要增强传感设备的自愈能力和自我修复能力，可以通过及时调整自身的信息感知范围的方式，减少因存在失效传感器对电网运行的不利影响，保证传感网络可靠性；另一方面，通过对各设备之间的统一调度管理，统筹设备的运营维修，快速定位失效传感器的故障位置，从而对故障设备进行及时修复和更换。上述传感设备、通信网络以及标准化的管理系统共同构成了一个完整的全息感知系统，在功能上实现了对低压设备的全景感知与智能控制，从而达到有效推动跨专业数据同源采集、提升终端智能化和边缘计算水平的目的。

客户侧泛在物联网的全息感知根据需求侧客户类型的不同可分为三大类：政企客户用能感知、低压客户用能感知和移动客户用能感知。不同的客户类型，使用的感知设备也有所差异，图1为客户侧常见的智能感知设备，其中，政企客户用能感知通过在客户侧变配电室、配电柜、分支

箱和电表箱等部署感知设备，全方位采集政企客户内部用能数据，实现精准高效的能效分析；低压客户用能感知通过在配变变压器、分支箱、户表和充电桩等关键节点部署感知设备，提升低压客户用能数据采集深度，实现用能异常主动上报；移动客户用能感知是通过在电动汽车、分布式电源和储能等用户充电点部署感知设备，实现客户移动用能状态实时采集、动态调节。

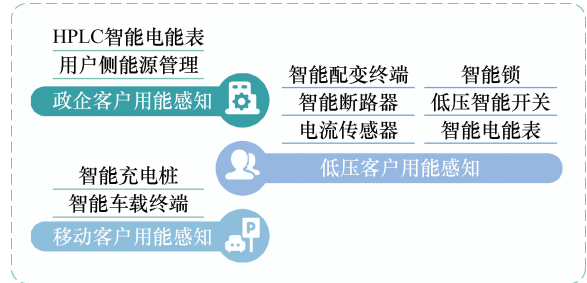


图1 客户侧常见的全息感知设备

2. 泛在连接技术

对于客户侧泛在电力物联网，泛在连接是指通过内部设备、用户和数据的及时连接，实现低压台区经理、政企客户经理、电力设备和用户之间的全时空连接，也是通过有效的数据融合技术和灵活的通信方式进行准确、快速的信息传递，完成对设备、用户和数据的泛在连接，实现电网系统的全面互联化。

泛在连接的技术关键在于如何统一包括营销业务信息系统、用电信息采集系统、客户侧用能服务系

统和车联网系统等平台的数据模型和接口标准，以达到数据同源交互共享、支撑营配调业务融合贯通的目的。泛在连接技术虽可以简单抽象出独立于全息感知技术之外的一项关键技术，但它却始终贯彻客户侧泛在电力物联网中的各个环节，在实现对客户用能状态全息感知的基础上，需要从所产生的大量感知数据中提取出有价值的信息，然后再进行数据的共享、储存。因此需要建立统一的数据中心确保整个系统具有完备的数据资源服务，另外客户侧泛在电力物联网大规模泛在性的特点使终端设备趋于微型化的同时，其功能作用也逐渐单一化，为协同各类终端保障共同作业，需要提高终端智能化技术，并制定统一的终端标准，推动跨专业数据同源采集，如通过提高边缘计算水平来提升客户侧泛在电力物联网边缘侧数据处理能力，减轻云端中心计算负荷，减少请求响应时间。利用统一的通信协议向各个应用平台提供统一服务，解决针对不同业务建设的不同类型信息平台采集到的数据之间无法共享共用的问题，构建多模多制式的传输网络，协同各个平台与终端，使数据真正能够做到同源交互共享，让不同业务之间也能互联互通。

泛在连接技术主要体现在物物连接、物人连接及人人连接三个层面，如图2所示。物物连接主要是利用光纤、电力载波、LoRa和卫星等通信技术将各类客户用能

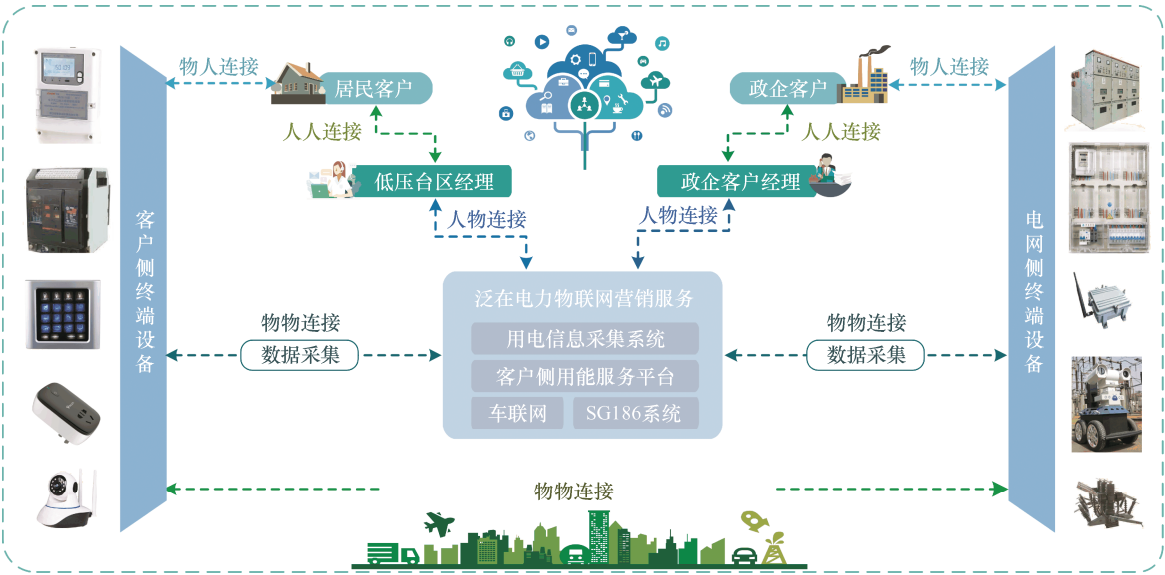


图2 客户侧泛在电力物联网的泛在连接

的感知设备进行泛在连接，实现设备之间的交互联系，不仅能够直接提升物与物之间的感知应答能力，还间接提高了客户用能体验。物人连接是指通过各类平台系统对获取到的用户用能数据进行智能分析，在最大限度满足用户需求的前提下，提供更加高效快捷的用能方案，完善电网营销的优质服务，主要利用用电信息采集系统智能分析用户的用能行为和故障信息，通过客户侧用能服务平台采集工商业、企业和政府等客户的精益化用能数据，从而提升物与人之间的低压网格化综合服务能力。人人连接则是以营销服务客户端、微信公众号和移动作业终端等平台搭建低压客户经理、政企客户经理与客户之间沟通的桥梁，用户可在线上直接获取用能信息、享受用能服务，客户经理在线上开展标准化流程服务，整个营销服务过程

中业务数据全流程可视化，提升客户服务体验的同时也提高电力运营服务的效率。

客户侧泛在电力物联网建设总体架构

客户侧泛在电力物联网作为物联网在电力行业的具体应用，其本质是围绕客户侧消费活动以及综合能源数据类增值服务信息，通过对云计算、大数据、物联网、移动互联网和人工智能等技术的融合运用，实现能源信息数据共享生态圈，以达到服务优化、营销精准及收益增加的目的。与物联网整体架构相似，如图3所示，客户侧泛在电力物联网总体架构可以划分为客户感知层、网络传输层、平台层和应用层四层结构，其实质也是客户侧数据的采集过程、传输过程、数据预加工处理以及统一管理储存过程和数据分析挖掘及价值创造过程。



图3 客户侧低压泛在物联网的总体架构

客户侧泛在电力物联网的核心就是实现对用户行为状态的感知，也即是基础数据的采集。客户感知层将智能终端和传感器设备进行统一接入，从而实现用户行为在线实时监测和智能互动，完成基础数据的采集工作。为此，感知层需要用到大量的传感设备以及各种终端设备来实现数据采集、边缘计算等功能。

客户感知层服务可按照功能大致分为三大类：体现客户用能情况的客户深度感知系统；实现人机交互的用户智能互动系统；用户个性化定制的智慧能效服务系统。这些感知层所获取的基础数据不仅可以对客户行为进行实时的状态监控，还可以为后续的故障抢修、电力交易、客户服务、配电网运行及电能质量监测等

各项业务提供数据支撑,同时也是实现数据资源共享共用的前提条件。

网络传输层则通过先进的通信技术实现客户侧设备与电力系统的各个环节的连接交互,搭建起了用户感知层与平台层之间的桥梁,实现了各类信息之间的广泛交互和充分共享,主要解决数据的传输问题。客户侧感知信息传输至平台层,需要进行粗加工,将原始数据中异常、空缺以及重复类数据除去,平台层再对这些海量数据进行汇总,平台层通过统一物联管理与云边协同,对基础资源进行全局统一调配和共享,实现数据资源服务化,主要依托全业务统一数据中心和物联管理中心等云服务平台,在完成对网络层传输数据的收集与更新的同时,利用大数据技术和先进计算方法对大量用户侧用能数据和其他能源系统数据进行智能分析处理,并进行统一化存储和管理,形成标准数据库,为多维度、精细化的营销服务提供更加智能合理的数据支撑。

面向智慧能效服务的应用是客户侧泛在电力物联网的一般体现,应用层借助统一数据中心和物联管理中心等大数据平台,分析并挖掘海量数据中的潜在价值,通过信息可视化手段和移动互联技术实现客户侧泛在电力物联网营销服务的具体应用,实现数据的价值创造。应用层汇聚了多种资源参与系统调节,针对不同类型业务,如电网运营、用户用能等,搭建各类具有针对性应用平台,满足用户多样化、个性化用能需要,形成以用户为中心的多元化能效服务,智能化、个性化、多元化和互动化的营销模式,实现电网与用户及其他能源系统的感知互动,形成新业务、新业态和新模式,也是电力系统向枢纽型、平台型和共享型变革的外在表现。

通过以上客户侧泛在电力物联网各层级之间的联动合作,汇集各方面资源,为智慧化运营管理提供充足有效的信息和技术支撑,也推动营销服务模式向提供能效服务生态圈全场景客户服务转变。

面向智慧能效服务的典型应用场景

随着智慧城市建设的推进,传统电力产业开始以客户为导向,依托客户侧泛在电力物联网,开始向智能化、

数字化转型,因此一系列面向智慧能效服务的应用孕育而生,主要包含了智能家居系统、电动汽车智能车联网系统和能效监管系统三个方面的应用。通过借助大数据和人工智能综合服务平台,以客户为中心,为客户提供用电信息和节能服务方案,提升客户的用能体验。

1. 智能家居系统

随着客户侧泛在电力物联网建设的推进,智能家居迎来了新的机遇,依托瞬态起动电流智能识别、稳态电流谐波统计分析及模糊模式识别等技术研发非侵入式负荷分解智能电能表,实现居民家庭用能设备负荷的精准辨识和信息采集,记录各类电器用能特性,并通过窄带物联网等通信技术低功耗地实现设备间的数据互通,进一步提高家庭电器的智能化程度,而家庭用户也能够通过手机或平板等智能终端设备来随时随地查看各个电器的运行数据,实现全方位的监测,并做到真正了解家庭的用能情况。供电企业通过开展非侵入式用户负荷分解和监测研究,分析客户习惯,借助采集系统获取准确的家庭电器用电数据,并进行科学的数据分析,感知客户用能行为,构建用户智能画像,针对不同特征的用户制定相应的营销方式,完善点对点服务,提升用户用能体验。用户还可以通过客户端控制家庭内部的各个智能终端,随时随地了解设备的运行状态,其次系统对过电流、过电压等异常状态能及时发现且由预先设好的异常管理策略进行自动处理,并及时通过终端设备将具体情况告知用户,切实保障居民的用电安全,依托家庭电器用电特性数据完善点对点服务,推广智能家居等能效服务,大力提升家庭电气化率。

2. 电动汽车智能车联网系统

智慧出行作为客户侧泛在电力物联网技术在交通系统领域的延伸,实现了人、车、城市之间的互联互通,为交通运输安全和城市公共服务提供了有力的保障。现如今电动汽车生产需求不断扩大,移动用户数量越来越多,对快速充电站的充电桩数量、容量要求也在不断提高,为保证用户的充电需求,优化电动汽车客户出行体验,国家电网全面推进智慧车联网的建设,智慧出行主要依托车联网平台,通过对电动汽车的日常行驶数据进

行整合分析，自动检测电池状态，为车主制定充电策略以引导用户充电行为，对于大规模的充电场合，则依托集中控制器、智能插座等统一调配，车辆闲置时能将电能输入电网，帮助用户实现低谷充电，高峰售电，降低充电成本，平衡了充电资源，推进电动汽车智能化有序充电，提高了运行效率。建设车联网公共服务平台，除了能为电动汽车相关状态进行实时在线检测，还能分析客户用车习惯、充放电状态和实时电价，主动为客户规划最优充电售电时间，优化客户的使用成本和出行体验，为客户提供了更加智能的出行服务。

3 能效监管系统

智慧能效服务是以电力营销相关业务数据为基础，通过对业务数据进行分析整理，并统一进行监控管理，使电力企业及用户仅通过服务平台就能够及时全面了解用能和能耗情况，为销售管理中的营销分析提供数据支撑，实时互动也让客户能够更多地了解行情，做出决策。基于客户侧泛在电力物联网的智慧能效服务系统，搭建了电力企业与用户之间的桥梁，通过综合智能平台以及电力系统各大信息采集管理系统，建立强有力的营销技术支持与互动平台，构建电网能源分配、信息传输和业务服务实时互动的用能关系。智慧能效服务建设需要深化能源技术与物联网技术融合，通过建设客户侧用能服务平台，实现对客户基础信息、设备资产信息、能源消费信息和实时用能信息的收集分析。依托用电采集系统、用户自建监测平台等对客户能效进行全方位检测，获取用能精准数据，并进行用能统计，应用大数据分析技术对客户能效数据进行深度挖掘，全面开展智慧生活、智慧出行和智慧能效等应用，同时开展同业对标、量费、负荷监测和设备能效分析，为企业客户、政府机构和能效服务商提供专业化数据分析，帮助客户了解节能情况和节能实施方法，开展节能潜力分析、生产经营管理及经济效益分析，制定能源优化规划设计，实现客户综合能效提升。

应用展望

现代化智能时代，网络已延伸至人们生活的方方面面，企业进行价值创造的同时，还需考虑用户的需求以及生活消费方式，根据用户行为制定个性化的精准营销

服务，在提升用户的体验的同时，这种精细化的营销方式还能让企业的效益最大化和资源利用最优化，除此还能融合不同类型的资源开拓第三方增值业务以增加企业收益。

为进一步推进客户侧泛在电力物联网的应用，优化营商环境，需要“点面结合”建设客户侧泛在电力物联网：在点上，选取典型业务场景，开发满足客户个性化需求的智能应用；在面上，加快智能台区、智能电能表和营配调贯通等基础建设，促进营销业务管理能力的提升。

1) 以提升客户体验为着力点，开展智慧能源小区建设，配合智能家居，结合能效管理系统，加深用户用电信息采集深度，为负荷深度感知、用电安全监测、用能分析和用能指导等服务提供数据支撑。

2) 以提升能效服务为着力点，开展智慧能源园区、岛屿和乡镇建设，统筹布局综合能效、供冷供热供电多能服务、分布式清洁能源服务和新型综合能源增值服务等。

3) 以优化营商环境为着力点，夯实基础支撑能力，推进智能台区建设，促进业务管理提升，鼓励各市县公司开展新业务拓展，增强客户侧配电网的精益化管理水平，提升客户的智能服务体验。

客户侧泛在电力物联网的价值不仅仅能为用户提供更快捷、友好和多元化的服务，也促进了能源电力系统同各个领域间的互联互通，推动了能源互联网生态圈及产业链的发展。

结束语

本文从泛在电力物联网的研究现状出发，综合电力用户需求和电力能源设施之间的互联关系，基于全息感知和泛在连接两个核心技术，阐述了客户侧泛在电力物联网建设的关键问题，并提出了建设客户侧泛在电力物联网的总体方案，论述了三个面向智慧能效服务的典型应用场景，并对未来客户侧泛在电力物联网建设中的核心问题进行预测和展望，以求能更好地提升客户侧各环节的互联感知和推动智慧城市能效服务的建设。EA