

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.001

先进智能电网及全新用户体验规划设想的探讨

王海华

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 结合示范区实际情况、需求、未来的发展规划, 建立以可再生能源为主导的能源供应体系, 构建家庭式、楼宇式以及区域式的独立供能系统, 建立精细化的能源使用管理监控架构, 提出建设先进智能电网及全新用户体验的规划方案, 规范多层次独立智能化电网和能源管理系统, 并在示范区内设计建立面向未来的先进智能电网及全新用户体验, 为未来城市能源利用、智能电网建设探索新的模式。这样, 不仅满足当前能源管理及智能电网的需要, 同时还可以最大限度地适应未来城市发展和技术发展的变化。

关键词: 先进智能电网; 区域能源管理中心; 全新用户体验; 规划方案

中图分类号: TM76 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8676(2017)S1-0001-08

Discussion on the Advanced Smart Grid and Whole New Customers' Experience

WANG Haihua

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: Combined with the actual situation, needs, and developing plan of demonstration area, to build an energy supply system mainly supplied by renewable energy and an individual energy supply system for homes and buildings; to build a dedicated energy management system frame, put forward building pattern for advanced smart grid and new customers' experience and standards for multi-layer intelligent grid and energy management system, design an advanced grid to offer total new experience. Offer a new construction pattern for energy utilization system and smart grid for future grids. Therefore, not only fulfill current need of energy management system and smart grid, but also adapt to new technology trend and the future city development to the maximum.

Key words: advanced smart grid; area energy management center; new customers' experience; planning schemes

目前我国拥有世界上最大的能源电力网络和用能终端, 面临着世界上规模最大的城市化建设, 做好城市综合能源利用及智能电网示范工作, 对于推动我国能源体系跨越式实现智能化并带动智能电网国际变革是难得的机遇。因此, 在合适的示范区可开展综合能源、智能电网规划建设, 调整能源电力结构, 建立以可再生能源为主导的能源供应体系, 构建家庭式、楼宇式以及区域式的独立供能系统, 建立精细化的能源使用管理监控架构, 以此要求多

收稿日期: 2017-11-03

作者简介: 王海华(1981), 女, 天津市人, 高级工程师, 学士, 主要从事城市电网规划设计、配电网自动化及智能电网相关领域的科研工作(e-mail) wanghaihua@gedi.com.cn。

层级独立智能化电网和能源管理系统。在示范区内设计建立面向未来的智慧城市系统, 为未来城市能源利用探索新的模式, 这对建设绿色和谐城市具有重要的意义^[1]。本文主要开展先进智能电网及全新用户体验规划方案设想研究, 包括以下几个方面内容:

- 1) 统一化的能源管理—区域能源管理中心。
- 2) 基于网格化的智能电网规划方案。
- 3) 家庭交流微网供电方案。
- 4) 直流微网供电试点方案。
- 5) 全新的用户体验—智能用电。

1 先进智能电网及全新用户体验规划思路

本文主要将示范区建设成具有多层级的独立能

源电力传输及管理系统,精细化的双向用户体验的智能电网,建设总体思路为:

1)首先分析示范区域特点,尽量选择含有风、光、燃油、燃气等多类能源同时存在的区域,应考虑建设独立的区域能源管理中心,着眼于区域的整体能源监控和优化,对示范区内的能源生产、传输、使用进行监管。在能源规划上,考虑适应性强、自愈性强的系统。

2)实现区域能源管理系统的工程化应用,将信息采集、设备管理、运行调度及能源策略等区域能源管理系统集成一体,解决区域能源双向互动调节、信息交互、能源平衡等问题。

3)示范区应具备建立能源独立供应区的条件,区域能源管理应能够独立于外部电网和能源系统等的存在,通过采用先进的互联网技术,对各层级子系统信息数据进行提取、汇总及集成,实现能源管理体系的统一化、精细化、实时化和智能化。

4)在智能电网建设上利用最新用能技术,构造多层次独立能源电力供应方案,采用网格化的规划思路对示范区域内 10 kV 电网网架进行规划;同时可考虑将部分区域建设成一个独立大微网,大微网下面还有多层级的独立微网,比如各个小区的 MW 级或百千瓦级的微网、直流微网示范区以及数千瓦级的家庭微网^[2]。这些微网相互嵌套,协调配合,微网之间可通过区域能源管理中心统一控制管理。

5)在智能用户上建立家庭微网管理系统,实现智能精细的双向式用户管理和体验,突出新能源间歇式供电与用户有规律用电的协调关系,体现用户与区域能源管理中心信息的双向交流。

6)为实现区域内各层级子系统的信息提取、集成和分发,实现能源管理体系的统一化、精细化、实时化和智能化,整个区域采用以光纤通信为主,电力无线宽带专网、无线公网通信为补充,构建先进的智能电网通信网络。

先进智能电网及全新用户体验规划方案建立的层级图如图 1 所示。

2 统一化的能源管理—区域能源管理中心

示范区应统一考虑能源管理,建设区域能源管理中心,对示范区内的能源生产、传输、使用进行

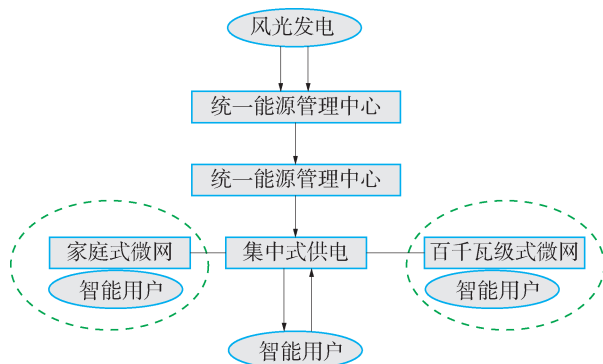


图1 规划思路层级图

Fig. 1 Planning thinking hierarchy diagram

整体能源监控和优化,同时让示范区的公众、管理者了解掌握区域内能源情况、环境因素和相关经济等,实现相应的节能减排和经济发展目标,为能源规划设计及制定相关政策提供信息技术支撑和科学的决策依据^[3]。

2.1 能源管理层级分析

在能源管理层级的理念下,能源管理主体涵盖了管理方、使用方等所有参与者。其中能源公用事业公司、学校、医院、商业楼宇、电动汽车充电站及车主、居民、工业企业等既是能源管理体系下的管理主体也是管理对象。依据信息汇集从下往上,将示范区的能源管理参与者划分为2个层级,具体关系如图2所示。

从图2可看出,相关数据及信息从下至上进行整合汇总,最基础数据主要来源于第1层级,通过分析筛选后再提供给第2层级,作为管理决策(目标、措施、政策等)的信息支持;同时能源管理中心也对其他部门(供电公司、供水公司、燃气公司)上报能源管理的成果及相应数据,保证平衡区域电力、供水、燃气等能源供应和需求,维护各系统的稳定。

2.2 能源管理功能需求分析

能源管理功能需求主要概括为以下几点:监测、数据分类统计汇总分析、指标计算和对标比较、智能可视化显示、能源审计、运行预警等。对于不同的主体,能源管理的主要功能需求存在很大的区别。对于同一个主体或同类型主体,功能需求也可能根据目标的差异而不尽相同。能源管理系统功能需求如图3所示。

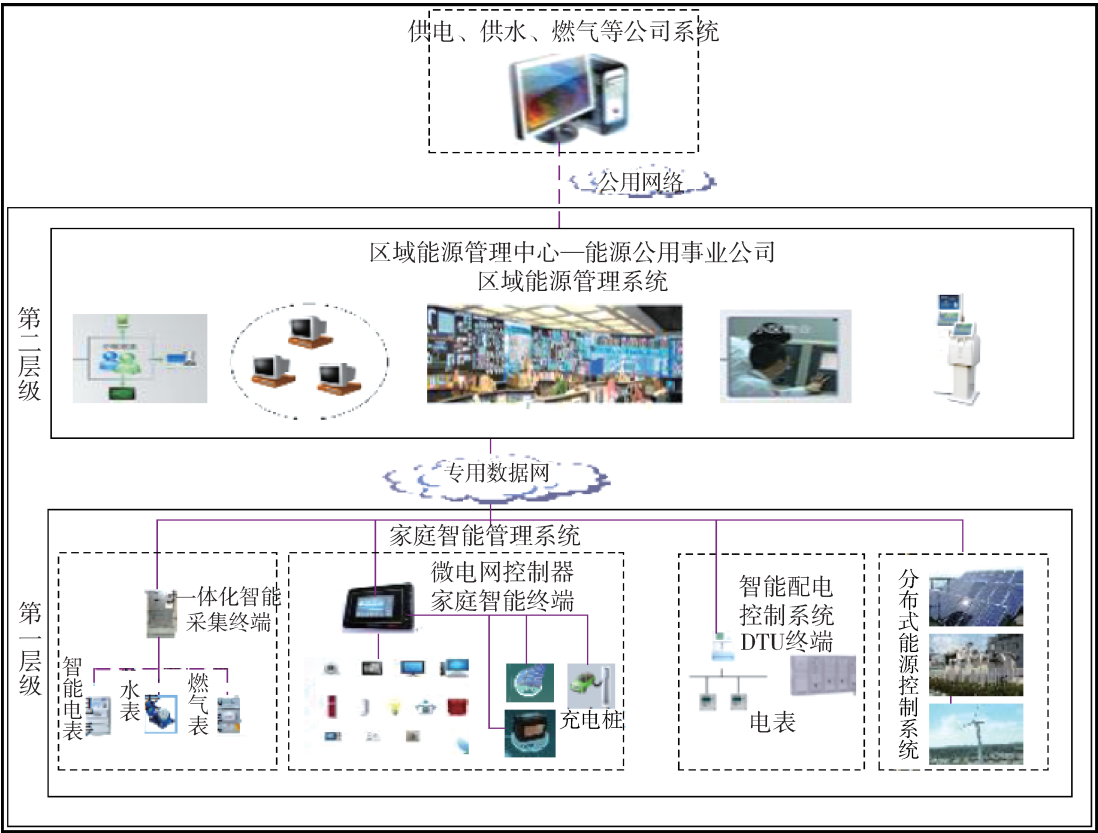


图 2 能源管理层级
Fig. 2 Energy management level

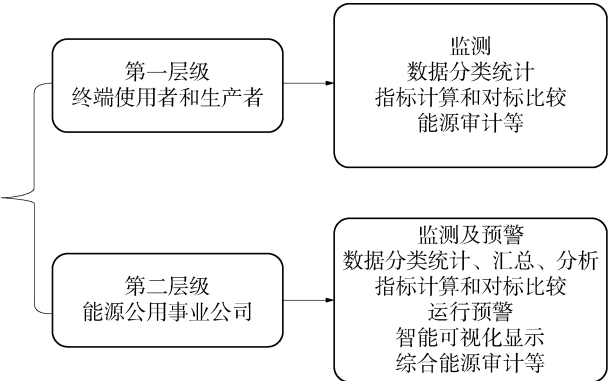


图 3 能源管理系统功能需求
Fig. 3 Functional requirements of energy management systems

2.3 区域能源管理系统规划方案

区域能源管理系统考虑在示范区内能源管理中心统一部署。主站系统采用数据集中采集、应用功能模块化设计的建设模式，主要实现综合能量管理、智能微网监控与管理、智能配电及计量自动化、视频及环境监控等业务功能。

2.4 能源管理功能区云平台建设方案

针对区域能源管理中心系统建设方案的分析，资源平台建设采用云计算的方式，实现软硬件环境的虚拟化，提供弹性可扩展能力。云计算基础平台由物理层、虚拟层和应用层组成。支持计算资源、存储资源和网络资源虚拟化。同时，集成了大数据处理平台功能，支持大规模非结构化与半结构化数据处理^[4]。最上层为应用层，与区域能源管理系统规划方案的业务应用对应。

3 基于网格化的智能电网规划方案

3.1 网格化自愈网架规划方案

针对示范区的特点可给出具体的规划目标，如供电可靠性可达到下列目标的要求：

- 1) 满足电网供电安全准则的要求。
- 2) 满足用户用电程度的要求。

下面列举一个具体案例。示范区的整体供电方案是将全区域范围内的主要分布式电源、储能设备

和应急电源通过 10 kV 电缆汇集到能源管理中心开关站,再由能源管理中心开关站统一向各区域进行供电。在规划方案中可采用网格化的规划思路对各区域 10 kV 电网网架进行规划,即依照地理区域和负荷分布将示范区划分为 N 个独立的网格供电区域,每个网格区域内部均采用两组单环网闭环接线,两组单环网之间通过联络开关互为备用,每组单环网中接入若干个低压小区交流微电网,每个小区微网中再接入若干个家庭微网。将示范区中的国际康复理疗中心作为试点,以低压直流微电网形式接入到对应的单环网中。全区域 10 kV 电网网架结构如图 4 所示。

如图 4 所示,采用网格化的规划思路,将全区域划分成 N 个独立的网格供电单元,网格单元内采用两组单环网接线,且两组单环网可以互为备用,各网格内低压供电模式均主要采用双层交流微网形式,其网架体系结构有利于供电可靠性的提高和电网自愈能力的实现^[5]。

3.2 区域电网运行方式

在正常情况下,各网格中单环网闭环运行,整个示范区电网将以能源管理中心开关站作为支撑电源,以微电网形式运行,其中对于大型用电设备由能源管理中心开关站直接进行供电,而各家庭微网

则尽可能实现能源自给自足,不足部分由能源管理中心开关站提供。

若全区域功率出现缺额,则由来自外部大电网的应急电源提供支援;若能源管理中心开关站出现故障且大电网不能进行支援时,各小区微网将断开与区域电网的连接进入孤岛运行,小区微网将根据各家庭分布式电源或储能的实际出力情况,通过家庭微网之间的相互支援和调节,维持小区微网运行;若小区微网出现功率缺额或故障,则家庭微网脱离小区微网孤岛运行以最大限度实现电力的持续和可靠供应。

4 家庭交流微网供电方案

4.1 家庭微网系统结构

微电网是由负荷、分布式电源、储能装置通过电气网络紧密集成成为单一可控的供电系统,是一个能实现自我保护、控制和管理的自治系统。微电网有效解决了分布式电源接入问题,提高了分布式新能源的利用率^[6-7]。

鉴于家庭微网技术的优势,本方案中提出示范区内独栋建筑采用家庭交流微电网的供电方案。根据示范区内独栋建筑可建设的分布式电源和主要负荷情况,家庭交流微网系统基本结构如图 5 所示。

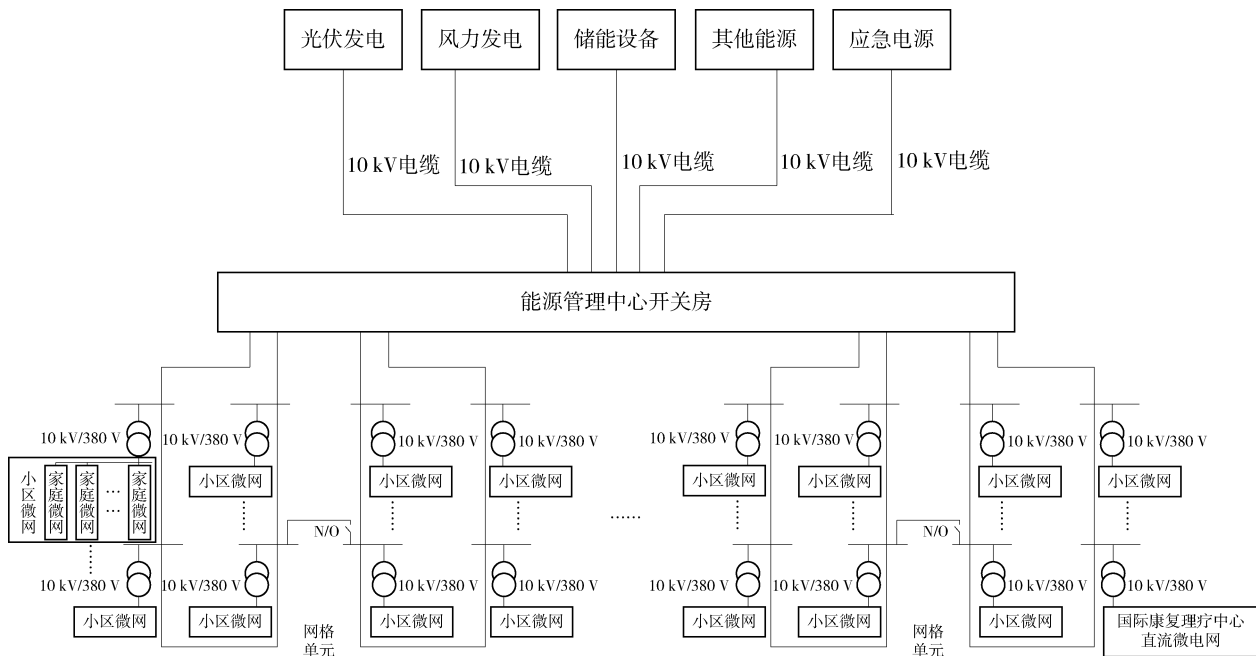


图 4 全区域 10 kV 电网网架结构图

Fig. 4 Whole area 10 kV grid structure diagram

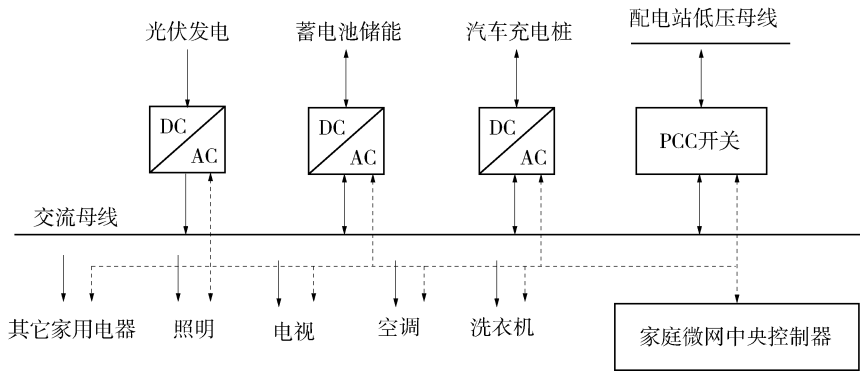


图 5 家庭交流微电网系统基本结构
Fig. 5 Basic structure of home AC microgrid system

如图 5 所示，家庭微电网中主要负荷为照明、电视、空调、洗衣机等家用电器，分布式电源主要为太阳能光伏发电、蓄电池储能和汽车充电桩等。白天光照充足情况下，光伏发电产生的多余电能可存储到蓄电池中；晚上或无光照情况下，蓄电池可释放电能向微网内负荷供电。紧急情况下，电动汽车电池可通过汽车充电桩向家庭微电网系统供电。

在微电网运行控制方面，每个家庭微电网均配置一个微网中央控制器以实现家庭微电网安全、稳定和可靠运行，并且所有家庭微网中央控制器均将与小区微网中央控制器或区域能源管理中心连接，接受小区微网或区域能源管理中心的统一调控。

4.2 家庭微网运行模式

家庭微电网系统既可与外部电网并网运行，也可以脱离外部电网孤岛运行。在孤岛运行时，将采用主从控制模式。以获得最少的外部电网功率或最低的电力输入成本（即夜间可充分利用系统内多余的无法存储的风电发电量）为原则，外部电网无故障情况下，家庭微电网系统 4 种运行模式如图 6 所示。

当示范区电网出现故障时，若家庭微电网系统处于并网运行模式，则立即切断与示范区电网连接，切换至孤岛运行模式，由蓄电池储能将作为主电源维持整个家庭微电网稳定运行。按照上述 4 种运行模式，家庭微网中能量准许流向示意图如图 7 所示。

5 直流微网供电试点方案

整个示范区电网采用网格化自愈网架规划方

案。首先从示范区各区块的功能定位和负荷特点来选择直流微网试点，如示范区内的国际康复理疗中心的定位是高端全入住、全生命健康管理的养生酒店，其负荷密度较低，重要负荷较少，负荷以照明和空调设备为主（目前已有成熟的直流照明灯具和直流空调），因此从区域定位、负荷特点、用电设备等方面综合考虑，选择国际康复理疗中心（0.4 kV 供电区域）作为直流微电网试点较为合适，其基本结构如图 8 所示。

如上图所示，国际康复理疗中心中各类分布式电源均通过换流装置将电流汇入到直流母线，在直流微电网供电区域内，电力缺额部分则通过换流器向示范区交流电网获取。在直流微电网运行控制方面，将配置一个直流微网中央控制器以确保直流微电网安全、稳定和可靠运行，且直流微网中央控制器将与区域能源管理中心连接，接受区域能源管理中心的统一调控。

微电网分为交流微网和直流微网，虽然目前微电网大多采用交流形式，但与交流微网相比，直流微网有很多显著的优点：如减少能量转换次数、简化控制过程、方便直流电器的推广和使用^[8]。

对于用电负荷配置方面，在直流微电网供电区域内，应尽可能采用具备节能和降噪优势的直流电器，若 LED 照明、直流空调等，以充分体现直流微电网的优越性^[9]。

6 全新的用户体验——智能用电

在智能用电方面，示范区建设目标需要满足更高要求，且应当超越国内当前一般性试点项目，在

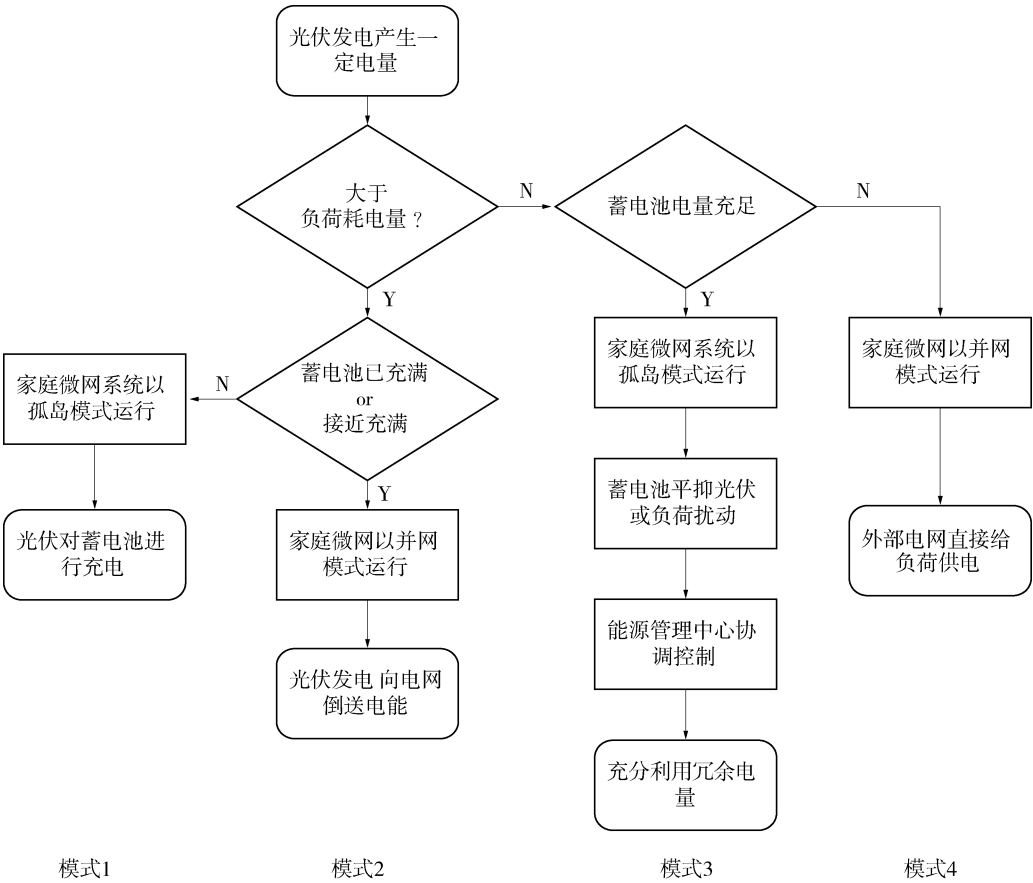


图 6 家庭微网系统运行模式

Fig. 6 The family run mode of micro grid system

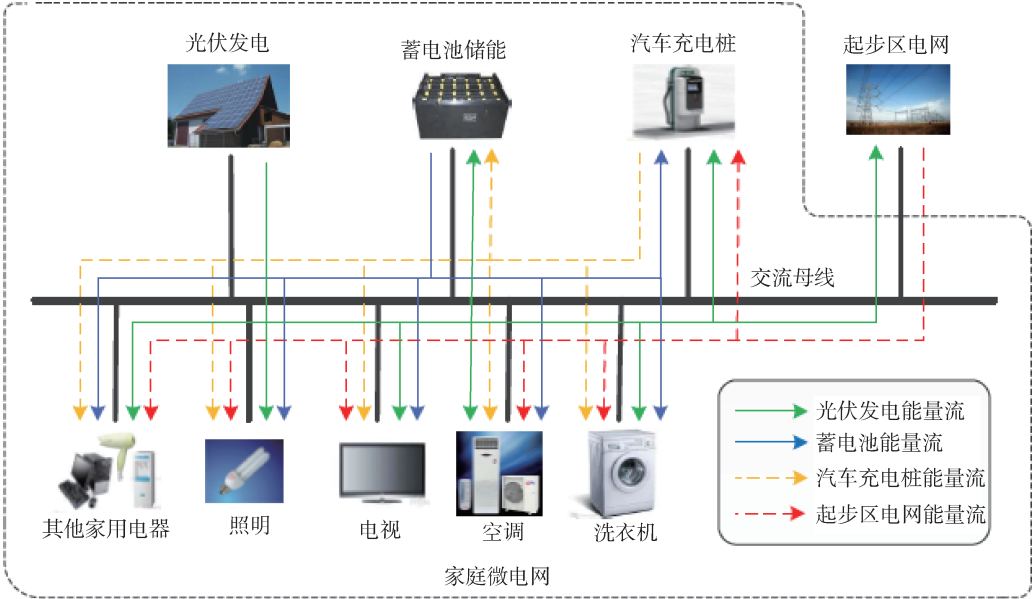


图 7 家庭微网能量流向示意图

Fig. 7 Schematic diagram of energy flow in home micro grid

尚未形成规模化应用领域起到示范性的引领作用。例如在家庭用户组建家庭微电网，实现家庭内部电能的控制和管理，通过电能的双向控制管理，实现与其他家庭微电网、区域微电网的联合智能控制协调，实现能源自给和匹配；在家庭微网、家庭能量管理等新领域建成行业标杆性应用。同时楼宇用户

通过智能楼宇管理系统实现楼宇能量的控制和管理；通过多表集成技术，实现区域内的水、电、燃气的实时监测和计量，为区域能量管理提供数据基础。智能楼宇方案、数据传输等与能源统一管理中心的协调等均应引起关注。智能用电整体网络图如图 9 所示。

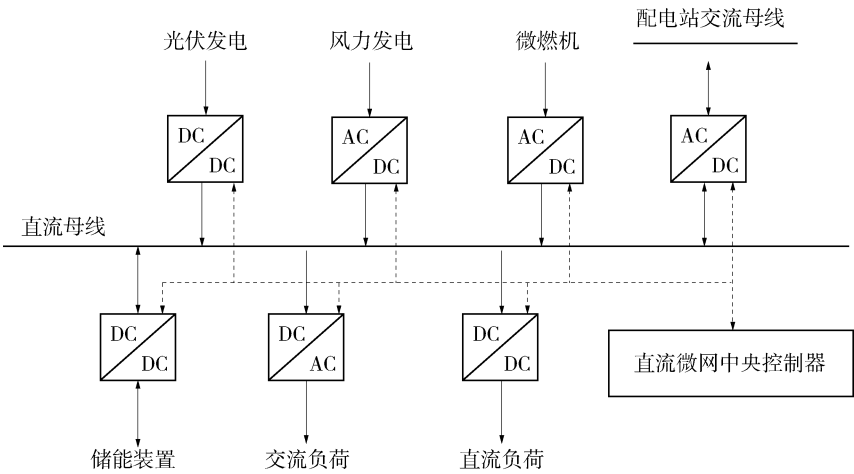


图 8 国际康复理疗中心直流微电网基本结构

Fig. 8 Basic structure of DC micro grid for international rehabilitation physiotherapy center

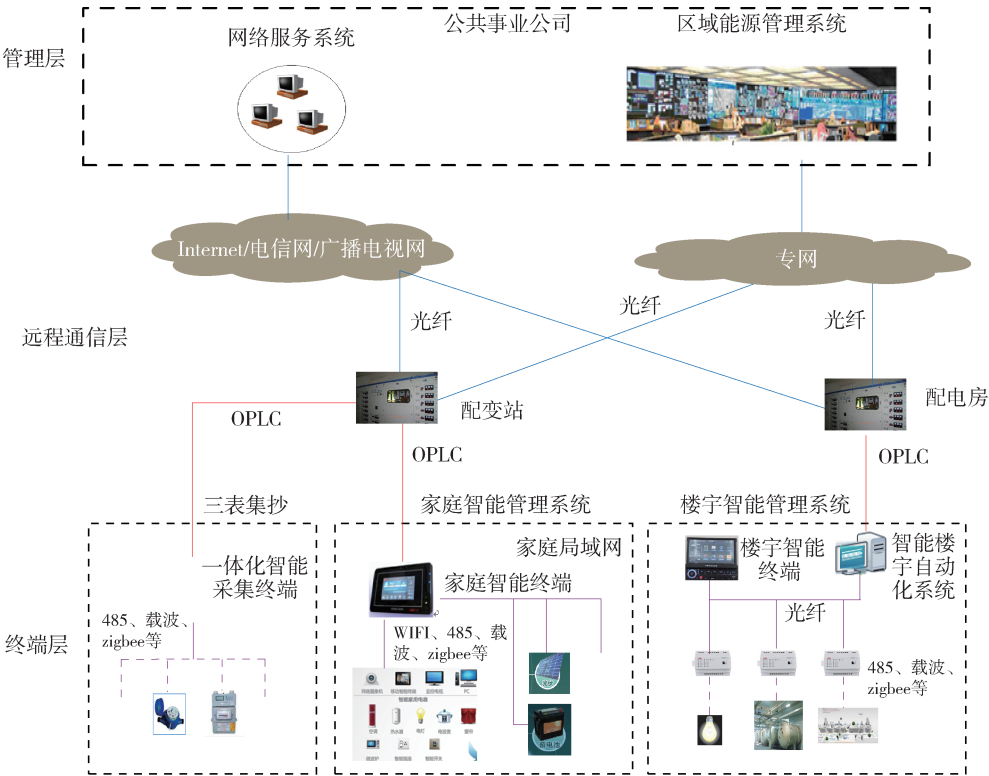


图 9 智能用电整体网络图

Fig. 9 Whole network diagram of intelligent power consumption

如图9所示,公共事业公司在本区域内提供电网、互联网、电信网、广播电视网服务,实现信息、能源的全面供给。公共事业公司光纤网络配置到配电站,配电站以下配置光缆至家庭用户,家庭用户通过沿低压管线敷设的光缆实现四网融合和光纤入户,家庭内组建家庭局域网,智能交互终端(微电网控制器)通过WIFI、485、载波、Zigbee等方式实现对家电、光伏、储能、电动汽车充电桩的控制和管理^[10]。

7 结论

本方案主要在示范区统一建设区域能源管理中心,对示范区内的能源生产、传输、使用进行监管,通过采用先进的互联网技术,实现能源管理体系的统一化、精细化、实时化和智能化;同时从智能电网建设需求出发,以供电可靠性与电能质量、用户双向互动、综合用能服务等为规划目标,因地制宜、适度超前地提出了该区域智能电网的建设方案,构造多层次独立能源电力供应方案,采用网格化的规划思路对全区域10 kV电网网架进行规划,配套建设智能配电终端,实现故障快速处理、配网优化运行等功能;并在用户用能上建立家庭微网管理系统,实现智能精细的双向式用户管理和体验。

通过本方案规划设想研究可实现供电、用电、综合能源服务等电力产业全流程的智能化、信息化、分级化互动管理,技术及管理达国际领先水平,为未来城市能源利用、智能电网建设探索新的模式,适应未来城市发展和技术发展的变化,并对我国先进智能电网及全新用户体验的进一步建设推广和应用具有重要意义。

参考文献:

- [1] 王大中. 21世纪中国能源科技发展展望 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 1-20.
WANG D Z. 21st Century energy technology development prospects [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007: 1-20.
- [2] 王成山, 李鹏. 分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 10-14, 23.
WANG C S, LI P. Development and challenges of distributed generation, the microgrid and smart distribution system [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 10-14, 23.
- [3] 王海华. 综合能源管理系统规划方案的探讨 [J]. 黑龙江电力, 2013, 35(4): 341-345.
WANG H H. Investigation on planning scheme of integrated energy management system [J]. Heilongjiang Electric Power, 2013, 35(4): 341-345.
- [4] 黄翔, 陈志刚. 智能电网大数据信息平台研究 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(1): 17-21.
HUANG X, CHEN Z G. Research on big data information platform for smart grid [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(1): 17-21.
- [5] 辛文成, 沈彦君, 苏成, 等. 含分布式电源的配电网重构 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(2): 46-51.
XIN W C, SHEN Y J, SU C, et al. Reconfiguration of distribution network with distributed generation [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(2): 46-51.
- [6] 张建华, 苏玲, 陈勇, 等. 微网的能量管理及其控制策略 [J]. 电网技术, 2011, 35(7): 24-28.
ZHANG J H, SU L, CHEN Y, et al. Energy management of micro-grid and its control strategy [J]. Power System Technology, 2011, 35(7): 24-28.
- [7] 刘志文, 孙浩, 张磊, 等. 面向园区型微电网的一体化控制系统 [J]. 南方能源建设, 2014, 1(1): 25-29.
LIU Z W, SUN H, ZHANG L, et al. An integrated control system for zone type micro-grid [J]. Southern Energy Construction, 2014, 1(1): 25-29.
- [8] 刘家赢, 韩肖清, 王磊, 等. 直流微电网运行控制策略 [J]. 电网技术, 2014, 38(9): 2356-2362.
LIU J Y, HAN X Q, WANG L, et al. Operation and control strategy of DC microgrid [J]. Power System Technology, 2014, 38(9): 2356-2362.
- [9] 薛贵挺, 张焰, 祝达康. 孤立直流微电网运行控制策略 [J]. 电力自动化设备, 2013, 33(3): 112-117.
XUE G T, ZHANG Y, ZHU D K. Operation control strategy of isolated DC microgrid [J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(3): 112-117.
- [10] 王晓晖. 新一代载波通信技术在智能配电网的研究与应用 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊1): 168-173.
WANG X H. A new generation of carrier communication technology with the research and application in intelligent grid [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp.1): 168-173.

(责任编辑 高春萌)