



面向局域能源互联网的集成技术

李树泉¹, 李思维², 杨世海³, 刘晓丹², 岳靓²

(1. 国家电网公司客户服务中心, 天津 300010;

2. 北京国电通网络技术有限公司, 北京 100070;

3. 国网江苏省电力有限公司, 江苏 南京 210024)

摘要: 介绍了局域能源互联网的设计总体思路、系统集成思路, 针对系统集成技术从规划方案与终端接入匹配、设备与系统集成、系统与系统集成 3 部分开展局域能源互联网探讨与研究, 研究成果在国家电网公司客户服务中心北方园区进行了实践。实践结果表明, 通过局域能源网将区域内的电能及其他清洁能源转化为区域所需的冷、热、电等能量, 使得能源及数据有效汇聚, 实现能量流与数据流的有效融合及各能源间的优势互补、互联共享。

关键词: 局域能源互联网; 集成技术; 分布式能源; 多能互补

中图分类号: TM732

文献标识码: A

doi:10.11959/j.issn.1000-0801.2018175

Integration technology for local energy internet

LI Shuquan¹, LI Siwei², YANG Shihai³, LIU Xiaodan², YUE Liang²

1. State Grid Customer Service Center, Tianjin 300010, China

2. Beijing Guodiantong Network Technology Co., Ltd., Beijing 100070, China

3. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Nanjing 210024, China

Abstract: The overall design ideas and system integration ideas of local energy internet were introduced. In view of the system integration technology, the local energy internet was explored and studied from three aspects of planning and terminal access integration, equipment and system integration, integration between different systems. The achievements were practiced in the State Grid Customer Service Center Northern Park. Practice results show that local energy internet can convert electrical energy and other clean energy into the cold, heat, electricity and other energy required by the region. The effective integration of energy flow and data flow, complementary advantages, interconnection and sharing among the each energy sources is achieved.

Key words: local energy internet, integration technology, distributed energy, multi-energy complement

收稿日期: 2018-03-05; 修回日期: 2018-05-10

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No. 2016YFB0901105)

Foundation Item: National Key Research and Development Program (No. 2016YFB0901105)



1 引言

随着能源互联网建设的进一步推进,电能逐渐成为主要能源传送单元,提高区域能源系统利用效率已成为普遍共识。继智能电网之后,能源互联网成为人们关注的热门话题^[1]。2016 年国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)、国家能源局发布了关于推进多能互补集成优化示范工程建设的实施意见,进一步明确了面向终端用户电、热、冷、气等的系统集成应用,通过统一管理、能量调配,实现多能协同供应和能源综合梯级利用,同时明确了局域能源互联网为最终能源消纳主体的应用单元。局域能源互联网打破了传统冷热能源中心、区域分布式能源、微电网的建设思路,更合理地依托能源需求,实现能源管理的生产与消费匹配。

目前,国内已建成了相当规模的局域能源互联网应用示范,如江苏苏州工业园区多能互补集成优化示范工程、北京海淀北部新区能源互联网示范项目、安徽合肥高新区能源互联网综合示范园、山东青岛中德生态园多能互补集成优化示范工程、宁夏银川经济技术开发区区域综合能源供应及微电网项目等。

- 江苏苏州工业园区多能互补集成优化示范工程,是国家能源局首批多能互补集成优化示范工程,涉及天然气、光伏、地源热泵、储能、微风发电等多种能源形式,通过能源互联网、能源大数据、多能互补集成优化、需求侧管理等技术手段,为园区提供高效清洁的能源支持,助推园区经济发展。
- 北京海淀北部新区能源互联网示范项目,实施了供热(采暖和供热水)、制冷及发电过程一体化的能源综合利用,采用多种可调控负荷进行需求侧管理,通过优化不同类型能源的生产,提高能源管理水平、降低能源传输与分配损耗。

- 安徽合肥高新区能源互联网综合示范园项目,由微网系统、分布式供能系统、智慧能源管理系统和用户互动服务平台 4 部分组成,借助大数据技术和互联网技术,开展清洁能源与终端需求侧可控负荷协调运行,形成智慧、互动、开放的能源消费模式,实现不同能源供给的有机融合和智能化运营。
- 山东青岛中德生态园多能互补集成优化示范工程,将园区的燃气多联供系统、光伏、光热、风能、生物沼气、地源热、淡水源热能、工业余能等新型能源进行综合集成和高效利用,可实现多种能源的互补调峰,解决园区 80%以上的能源需求。
- 宁夏银川经济技术开发区区域综合能源供应及微电网项目,建设包含储能电站、燃气—蒸汽联合循环电站、微电网示范项目、综合售能及智慧能源云网管理平台的综合能源供给体系,增强电网调峰能力,提高能源利用效率。

虽然能源互联网的部分构想和技术路线已在实践中有所尝试^[2],但是对集成的技术解读和探讨依然不足。本文围绕着设计方案与基础结构匹配、设备与系统集成、系统与系统集成 3 部分开展局域能源网集成技术研究,实现了局域能源互联网多系统间的高效集成技术,为局域能源互联网设计与建设提供解决方案。

2 总体设计思路

2.1 局域能源互联网建设思路

能源互联网所构造的能源体系,使能源以开放、共享的形式在网络中传送及互补使用,实现了能量流的优化调控和高效利用^[3]。一般的冷热传统能源中心、微电网项目远远达不到局域能源互联网的要求,一方面,现有的冷热能源中心、微电网单元主要考虑能源生产单元的自平衡,无法智能化感知、预测用户侧能源优化利用;另一

方面, 现有冷热能源中心、微电网基于单一能源技术集成, 没有考虑多种能源的混合集成问题。

基于天津东丽湖能源项目的局域能源互联网以电能为支撑, 以能源网运行调控平台为中心, 利用太阳能、地热能、风能等多种清洁型能源建设满足区域负荷需求的能源供给网络。局域能源互联网在结构上分为网络基础结构、网络系统结构; 在运行结构上分为基础系统层、单体系统层、局域系统层。基础系统层集成各种终端设备, 采集数据上传至上层, 接收单体系统层的运行指令并实施, 它是能源互联网的基础支撑层。单体系统层介于基础系统层与局域系统层之间, 对下层进行管理控制, 接收上层的指令分析并转化成下层可以接收的信号, 它是信号传输的中枢。局域系统层负责运行调度整个系统, 相当于系统的“大脑”。

2.2 局域能源互联网系统集成思路

局域能源互联网以电能为中心, 灵活接纳高比

例分布式电源和其他多种能源形式^[4], 全面整合区域内分布式能源, 广泛集成能量信息, 实现多种能源协调控制和综合能效管理, 建成多点接入、网络共享、需求感知的能源网络^[5]。局域能源互联网由电、冷、热等多个能源系统构成, 电、冷、热等多个独立能源系统再由多个独立的子系统或含有部分混联系统构成, 例如, 天津东丽湖局域能源互联网电源系统由电网配电、光伏、微电网系统构成, 冷源系统由地源热泵系统、冰蓄冷系统、水蓄冷系统、常规制冷机组等构成, 热源系统由蓄热式电锅炉系统、地源热泵系统、太阳能热水系统等构成, 有利于局域能源网运行调控平台集成运行管理。局域能源互联网总体技术集成如图1所示。

局域能源互联网的系统集成一般由规划方案与终端接入匹配、设备与系统集成、系统与系统集成3部分构成。规划方案与终端接入匹配主要为前期设备选型后, 通过电气部分通道共享、多系统冷暖通道共享、弱电终端共享, 实现能源供

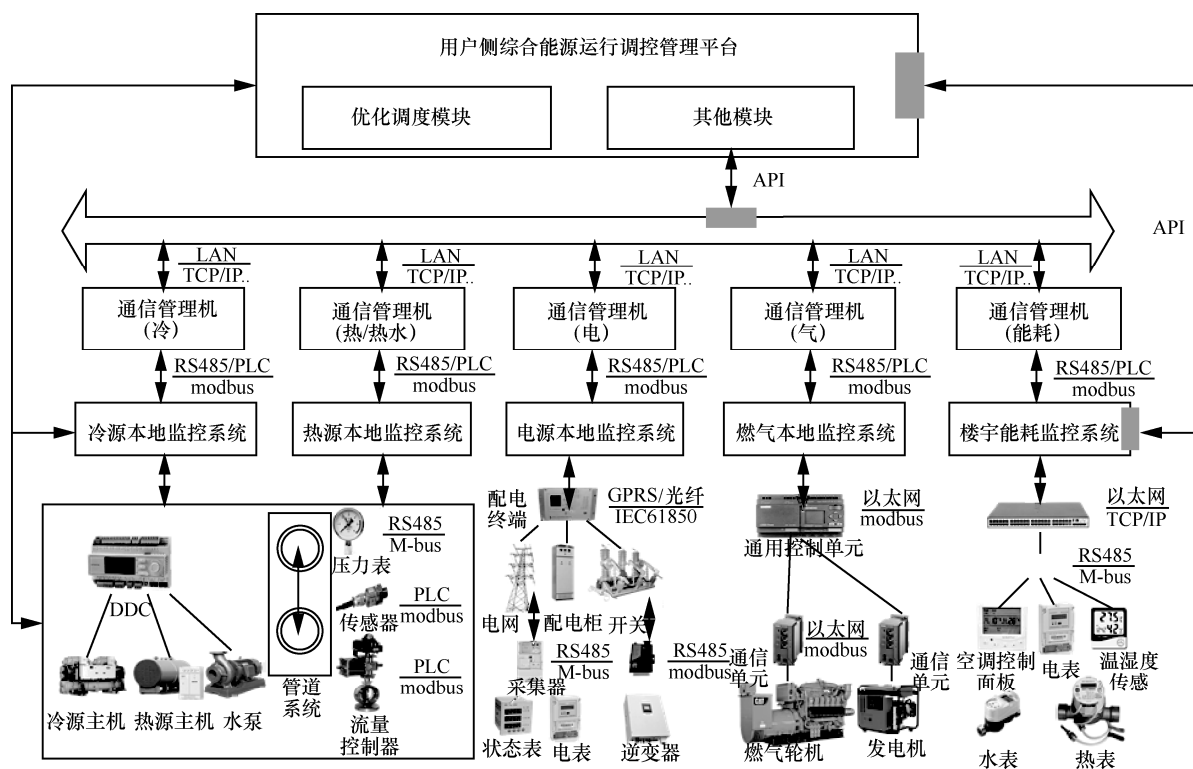


图1 局域能源互联网总体技术集成示意



需资源最大化共享及供给安全保障；设备与系统集成通过结构化的布线、采集终端设置、计算机布置，将独立的设备、系统、传感单元集成在一起，实现系统单元设备能够在统一指挥下协调运行；系统与系统集成主要通过综合能源运行调控管理平台与其他本地化监控系统集成，采用标准化数据信息模型，利用数据集成技术、业务集成技术，实现控制系统与软件系统的数据集成，友好地实现了人机交互及日常运行管理。

3 局域能源互联网的集成

局域能源互联网内集成技术根据不同模块的协调分工，使各设备、终端在同一层内、层与层之间实现自由而独立的双向通信。同时通过采用能源集成技术，将采集终端与模式控制器集成，子系统与设备集成，子系统与平台集成，将会使各节点开放自由的互联互通，促进各设备间能量的自由传输与信息的交互，提高能源的利用率，确保能源供应的稳定性与可靠性。

3.1 规划方案与终端接入匹配

局域能源互联网是一项系统性工程，整个集

成方法也是根据项目的实施步骤，按照时间总线进行推移，每一部分看似独立却又彼此相关，在开展规划方案与终端接入匹配上，要确定项目的建设定位及目标，再根据实际的能源负荷需求，结合当地区域自然资源、气候条件等情况，考虑后期运行经济最优、绿色节能最优等多个方面，最终确定设计方案总体思路。

第一步，在前期规划设计阶段要综合考虑项目的地域特点及自然资源情况，选取考虑实施性、经济性的新能源应用，确定好新能源应用后，综合考虑新能源与传统能源的耦合性及互补性，实现规划方案集成。第二步，基于规划方案集成开展终端接入集成设计，完成能源生产、流向、管道结构的确定，系统再通过冷、热、电生产母线并列接入^[4]，实现局域能源互联网各功能模块的共享、耦合，最终完成第二步终端接入集成。局域能源互联网以电网为支撑，利用太阳能、风能、地热能多种可再生能源终端接入满足区域内负荷需求，如图2所示。局域能源互联网还以能源网运行调控平台驱动冷、热、电、热水多种能源协同生产，实现区域内能源生产与消费需求的动态匹配。

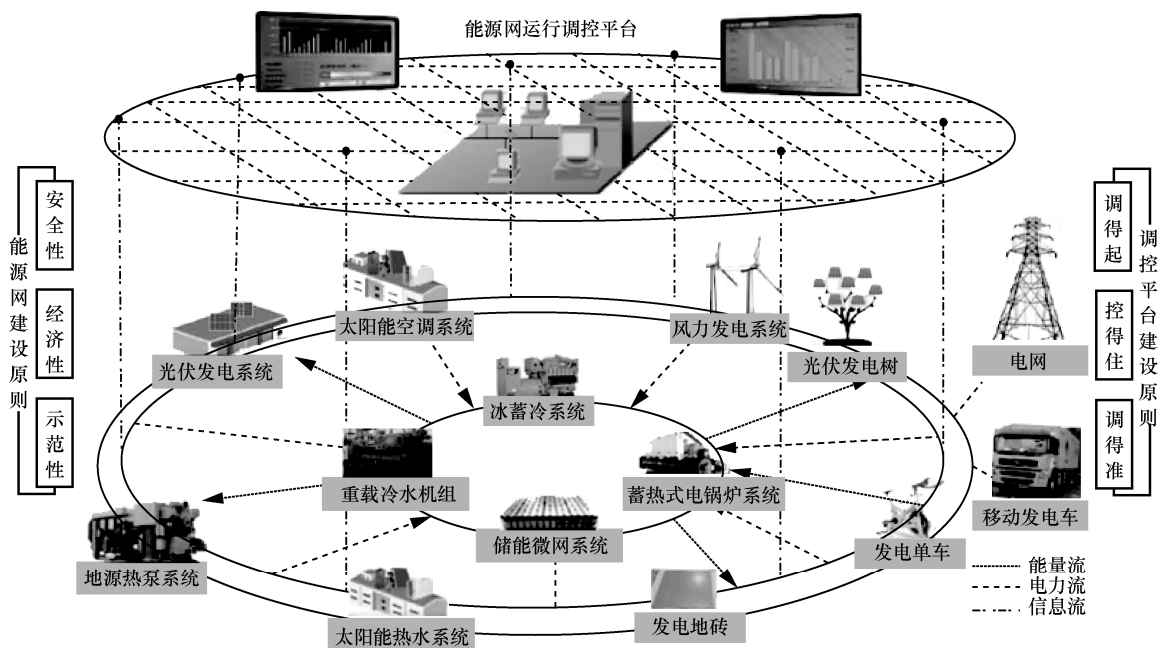


图2 规划方案与终端接入匹配

3.2 设备与系统集成

图3列出通过集成冰蓄冷、常规冷水机组、地源热泵等设备后构成局域能源互联网系统内冷源子系统；通过集成地源热泵、蓄热式电锅炉、太阳能换热装置等设备后构成系统内热源子系统。为实现这些设备与系统之间的稳定接入，首

先，需要制定运行监控系统与各终端能效采集设备之间的接口功能规范和通信协议；其次，需要研制相关的接口转换设备，开发相应的模式控制器来实现设备与系统的集成。

如图4所示，模式控制器是运行监控系统与设备之间集成的桥梁，设备与系统的集成通过模

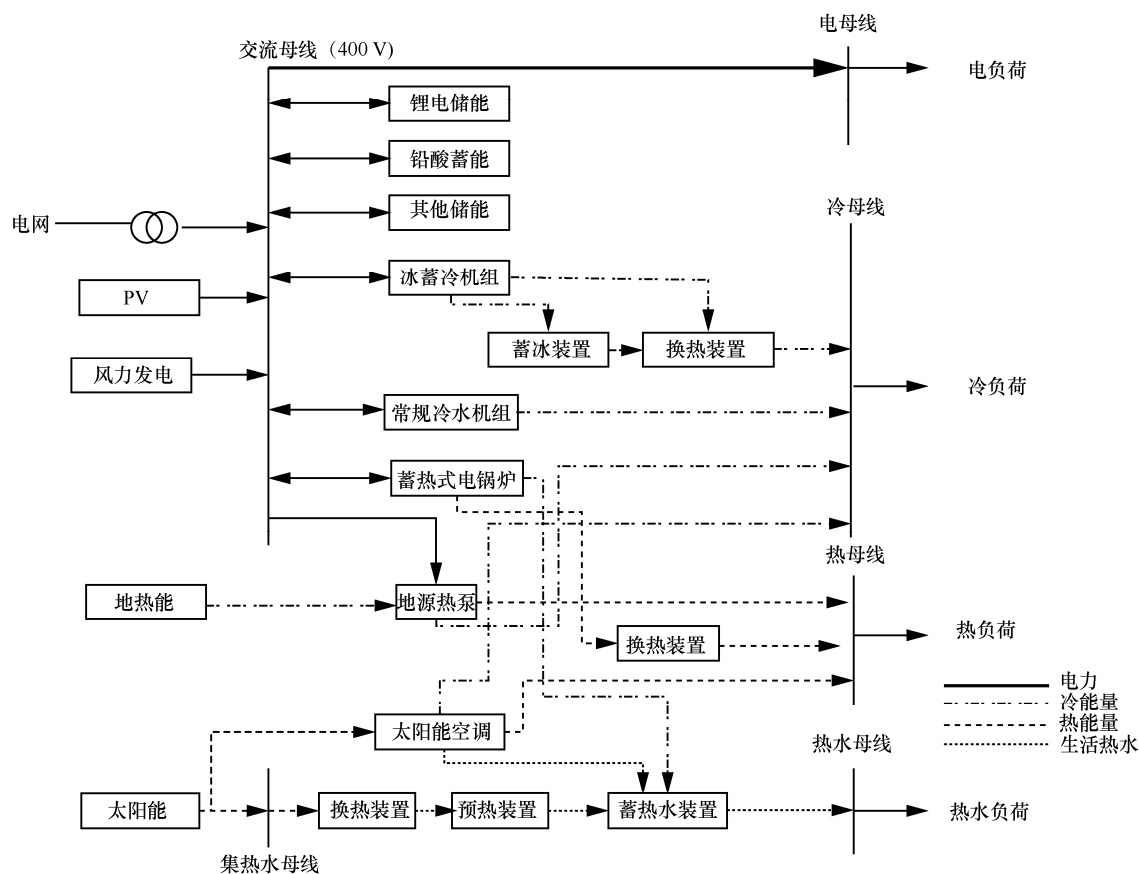


图3 多种能源设备集成母线

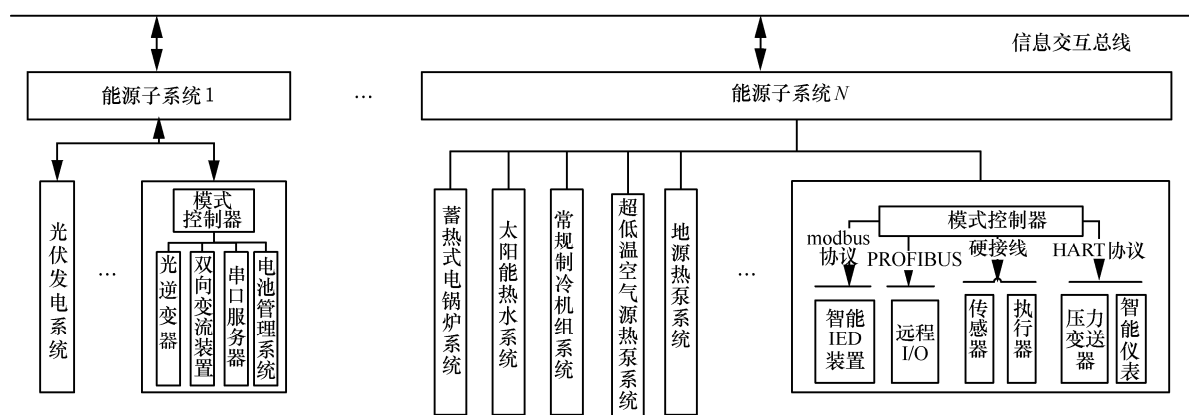


图4 设备与系统集成



式控制器完成了数据的采集、指令的下达、协议的转换。模式控制器需要兼具对底层终端能源设备下达指令并与上层系统通信等功能,进而实现设备与系统的连接。模式控制器内部与智能 IED 装置、远程 I/O 端口、传感器、执行器、压力变送器、智能仪表等终端设备联通,集成为各终端采集系统;模式控制器外部与子系统互联并传递控制信息。模式控制器通过信息交互总线与远程 I/O 端口传递控制信号;通过 HART 协议与压力变送器、智能仪表传递控制信号;通过硬接线方式连接传感器、执行器等。

3.3 系统与系统集成

系统与系统集成主要通过综合能源运行调控管理平台与其他本地化监控系统集成,采用标准化数据信息模型,利用数据集成技术、业务集成技术,实现控制系统与软件系统的数据集成,友好地实现了人机交互及日常运行管理。

在实现设备与系统集成基础上,各能源子系统之间通过通信总线互联互通,各能源子系统与综合能源运行调控管理平台之间通过控制总线集成接入平台,实现系统与系统间数据流、信息流和业务流的互联互通。各能源子系统将数据上传至调控平台,调控平台经过数据汇集、数据处理、数据挖掘等一系列过程,形成调控策略,并将策略下发至各能源子系统,实现了能源生产和

能源消费的协调控制及优化运行。

系统与系统集成主要考虑通信服务与数据应用的一致性。常用的集成方法是系统与系统之间点对点集成,两个系统之间只要接口规范、通信协议统一,集成就可以成功进行。在数据集成方面,系统与系统集成采用统一的数据输出接口、数据输入接口,通过数据模型设计、数据标准化管理,实现综合能源运行调控管理平台与其他本地化监控系统深度数据对接,利用模型同步及消息指令引擎处理多信息的查询访问方法,实现了能量控制信息的交互稳定,大大提高了数据采集的可靠性、安全性以及实时性,同时也大大提高了数据管理效率。在通信集成方面,系统与系统集成采用统一通信服务,各子系统进行通信协议集成,实现局域能源互联网通信一致性。在业务集成方面,通过对各能源子系统的特性分析,形成经济效益最优、绿色节能最优、能源利用效率最优、综合策略四大协同控制策略,并通过综合能源运行调控管理平台实现对各能源子系统的统一调控。系统与系统集成如图 5 所示,能源网平台外部集成了太阳能发电子系统、光伏发电子系统、风能发电子系统等多子系统,能源网运行调控平台内部集成了能源监测、能源调控、能源分析等功能模块。通过平台模块化、结构化的设计,平台能够通过以太网、信息交互总线等方式,有

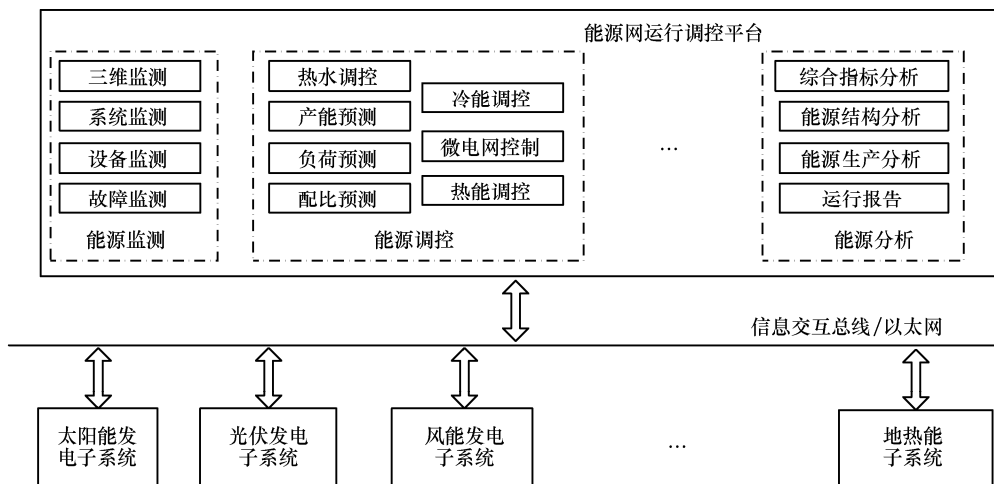


图 5 系统与系统集成

效实现与系统间的数据贯通、能源信息的双向流动与多维共享、能源调控的有效执行。

系统可选的集成方式有3种^[6]：第一，通过适配器集成，详细规划细分功能，将不同功能的子系统分布于不同的服务器上，通过接口适配器进行协议转换后接入总线连接，在不同的系统之间建立连接交互的通道。本集成方法适用于对已建成的局域能源网扩容或改造的情形。第二，信息交互总线集成，按照统一标准和通信协议建立的子系统，各系统之间的信息数据在不通过适配器连接的情况下，可以直接接入总线。这样信息交互的数据明显提高，适用于园区在规划中的情况，可以通过建立统一的标准来集成系统。第三，基于统一平台式集成，可以在平台上统一规划并采集数据。这种集成方式可以开发出各种交叉业务，便于一体化采集。

4 局域能源网多系统集成实践

本文所提方案在国家电网公司客户服务中心（简称国网客服中心）北方园区进行了实践。根据区域内能量使用数量、目的、时间段等不同需求，通过局域能源网将区域内的电能及其他清洁能源转化为区域所需的冷、热、电等能量，并通过运行调控平台的优化调度，实现不同时段耗能需求与能源生产的高度匹配^[7]。园区接入8种能源转换装置，形成了4类底层控制信号，870项能源生产系统控制参量，遵从3种典型调控准则。系统根据底层采集上传的参数，分析存储并下达控制指令。系统下发指令就会产生底层控制信号，这些控制信号负责向底层传递其能够接收的指令，系统通过控制指令下发的控制信号达到控制子系统的目的。在系统平台调度中，调度主站可以遵从4种优化配比准则：经济效益最优准则、绿色节能最优准则、能源利用效率最优准则、综合策略准则。通过调度准则、下发的控制指令、产生的控制参量、回传的采集参数等，区域电网实现了灵活接

入多能源转换设备。在能源信息实时采集、高度融合和深入分析的基础上，形成内部能源优势互补、互联共享的局面，使园区供电网络成为间歇性清洁能源的接纳器以及高效可靠的能量发生器，最大限度接纳风、光、地热等各种类型清洁能源。

5 结束语

本文重点介绍了局域能源网集成技术的研究思路，通过规划方案与终端接入匹配、设备与系统集成、系统与系统集成等集成技术的应用创新，实现能源互联网高效、高可靠性集成，为国内广大的城镇、产业园区、大型公用设施（机场、车站、医院、学校等）、商务区和海岛地区等局域能源网的智能化集成与改造建设提供全面的解决方案。随着电力体制改革的不断推进以及可再生能源、储能、电动汽车等电力相关技术与领域的发展，信息通信、互联网、人工智能等基础技术的渗透融合，局域能源互联网未来在对资源进行优化配置的基础上，将实现用户热、电、气等多元化用能需求的综合能源供应服务创新。

参考文献：

- [1] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京：中国电力出版社, 2015. LIU Z Y. Global energy internet[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2015.
- [2] 黄仁乐, 蒲天骄, 刘克文, 等. 城市能源互联网功能体系及应用方案设计[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(9): 26-33. HUANG R L, PU T J, LIU K W, et al. Design of hierarchy and functions of regional energy internet and its demonstration applications[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(9): 26-33.
- [3] 曹军威, 孟坤, 王继业, 等. 能源互联网与能源路由器[J]. 中国科学: 信息科学, 2014, 44(6): 714-727. CAO J W, MENG K, WANG J Y, et al. An energy internet and energy routers[J]. Science China Information Sciences, 2014, 44(6): 714-727.
- [4] 李思维, 李树泉. 一种以电能为中心的绿色复合型能源网设计[J]. 中国电力, 2015, 48(11): 117. LI S W, LI S Q. A kind of energy as the center of the green energy complex network design[J]. Electric Power, 2015, 48(11): 117.
- [5] 董朝阳, 赵俊华, 文福拴, 等. 从智能电网到能源互联网: 基本概念与研究框架[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(15): 1-11.



DONG Z Y, ZHAO J H, WEN F S, et al. From smart grid to energy internet: basic concept and research framework[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(15): 1-11.

- [6] 杨永标, 周立秋, 丁孝华, 等. 智能配用电园区技术集成方案[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(10): 75-76.

YANG Y B, ZHOU L Q, DING X H, et al. Technology integration scheme of smart power distribution and utilization park[J]. Automation of Electric Power System, 2012, 36(10): 75-76.

- [7] 田卫华, 乔立贤, 刘莉娜, 等. 基于园区的冷热电多种能源系统设计与应用[J]. 科技论坛, 2015: 121-122.

TIAN W H, QIAO L X, LIU L N, et al. Design and application of a variety of energy systems based on the park[J]. Forum on Science and Technology, 2015: 121-122.

[作者简介]



李树泉 (1964-), 男, 国家电网公司客户服务中心副主任、高级工程师, 主要研究方向为微电网及能源互联。



李思维 (1988-), 男, 北京国电网络技术有限公司分公司副总经理、中级工程师, 主要研究方向为新能源及能效管理。



杨世海 (1976-), 男, 博士, 国网江苏省电力有限公司室主任、副高级工程师, 主要研究方向为微电网及新能源。

刘晓丹 (1988-), 女, 北京国电网络技术有限公司中级工程师, 主要研究方向为新能源及能效管理。

岳靓 (1991-), 女, 北京国电网络技术有限公司初级工程师, 主要研究方向为新能源及能效管理。