

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.012

典型园区综合能源系统分析平台研究

张琳, 许可, 黄耀, 廖恒, 汪龙

(三峡电能重庆两江综合能源服务有限公司, 重庆 401121)

摘要: [目的] 为了提升综合能源系统方案规划的效率和精确度, 对园区综合能源系统分析平台进行开发研究。[方法] 以园区(包括楼宇型园区和工业型园区)综合能源系统建设为切入点, 针对园区综合能源系统总体方案设计方法、园区综合能源项目效益影响因素和分析方法、智慧能源综合管理平台平台建设三个方面进行理论研究, 并基于理论研究成果提出相应的平台工具开发设想, 平台工具用于辅助支撑园区综合能源系统规划设计及投资运营效益分析。[结果] 平台研究结果表明综合能源方案可自动生成且提升精度和效率。[结论] 研究成果对后续园区综合能源项目建设运营具有一定参考指导价值。

关键词: 综合能源; 多能互补; 管理平台; 互联网

中图分类号: TK01; TM71

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)03-0070-05

Research on Integrated Energy System Analysis Platform of Typical Industrial Parks

ZHANG Lin, XU Ke, HUANG Yao, LIAO Heng, WANG Long

(Chongqing Liangjiang Integrated Energy Service Co., Ltd., Chongqing 401121, China)

Abstract: [Introduction] The paper aims to improve the efficiency and accuracy of integrated energy system planning, this paper develops and studies the park integrated energy system analysis platform. [Method] Based on the construction of integrated energy system in parks including building parks and industrial parks, this paper made a theoretical study on the overall scheme design method of integrated energy system in parks, the influencing factors and analysis methods of comprehensive energy project benefited in parks, and the platform construction of integrated intelligent energy management platform, then put forward corresponding platforms based on the theoretical research results. The idea of tool development and platform tools was used to assist the planning and design of integrated energy system and the analysis of investment and operation benefits. [Result] The platform research results show that the integrated energy scheme can be automatically generated and the accuracy and efficiency can be improved. [Conclusion] The research results of the project are expected to provide some reference and guidance for the construction and operation of comprehensive energy projects in the following parks.

Key words: integrated energy; multi-energy complementarity; management platform; internet

多能互补综合能源系统(以下简称“综合能源系统”)是以分布式可再生能源、天然气三联供和能源智能微网为核心及围绕其开展的区域能源供应, 是一种将冷、热、电、燃气乃至水务整合在一起的供能形式。综合能源系统一方面通过实现多能源协同

优化和互补提高可再生能源的利用率; 另一方面通过实现能源梯级利用, 提高能源的综合利用水平。

园区作为工厂、商业建筑、物流仓储、住宅等用能单元的聚集体, 其能耗在全国消费总量中一直占有较高比重。传统园区供能方式虽然有着供能稳定的优点, 但是不能够对能源进行梯级利用, 制约了高效用能, 造成大量能量损失。因此, 在重要的工业经济区或者商业办公一体化产业园区开展多能互补综合能源项目, 成为不少企业的首选。

收稿日期: 2019-06-03 修回日期: 2019-08-21

基金项目: 中国电机工程学会 2017—2019 年度“青年人才托举工程”项目“基于大数据的配电网运营和服务内容分析研究”(CSEE-YESS-2016)

通过对国内早期实施的众多典型多能互补综合能源项目进行调研,除了个别相对较为成熟的项目,目前大多数的多能互补园区整体运营效益并不理想,面临着规划不合理、商业模式模糊、盈利瓶颈、信息化管理水平不高等诸多成长的阵痛。但即便如此,由于园区多样化的用能需求以及大量的负荷存在,应用“互联网+”智慧能源相关技术理念开展园区综合能源业务依然是未来的主流发展趋势和热点所在^[1-2]。

1 综合能源系统分析平台功能定位

1.1 平台定位

目前,综合能源项目的发展面临一个问题,即大多数非专业客户对于“多能互补”或者“综合能源”的概念及具体应用场景、优点并不十分了解,因此投资建设积极性并不高,一定程度上阻碍了综合能源的发展。在这样的背景下,可以通过开发相应的平台工具,一方面通过场景模拟的方式让客户来形象感知综合能源项目的全业务流程,另一方面通过针对规划中的综合能源项目进行综合效益分析来帮助客户了解投资情况及收益情况。本论文对典型园区综合能源系统分析平台进行研究,希望借助“互联网+”的手段来积极推广多能互补的理念。

平台主要定位为:基于综合能源项目规划设计业务流程和相关技术经济模型,利用规划数据、用能需求数据、供能设备数据,设计综合能源项目系统方案,并以可视化手段模拟展示综合能源项目业务场景,实现综合能源项目投资收益分析^[1-2]。

1.2 平台功能

具体而言,综合能源业务的开展,对于行业内各参与单位提出以下核心需求,一是场景识别,即通过项目场景特征参数(如资源禀赋等),分析得出业务开展关键要素和基本原则;二是方案配置,即基于项目场景,高效快速提供技术合理、经济性适宜的整体方案;三是经济测评,即详细论证项目对于各方参与者的经济效益,保证项目可行;四是运行分析,即准确地模拟项目实际运行工况和策略,提升项目运行管理水平。

围绕这些需求,园区综合能源系统分析平台功能定位如下:园区基础信息的设定;园区各类用能需求的量化分析;园区供能侧、传输侧和平台侧的设备选型及优化配置;项目投资效益分析;综合能

源系统不同工况场景下的运行模拟^[3-5]。

2 综合能源系统分析平台架构

2.1 整体平台架构

综合能源分析平台按照功能性需求主要分为六个业务功能模块设计,分别是园区基础信息、供能侧、需求侧、传输侧、平台侧、场景分析;主要业务应用包括园区信息设定、设备信息设定、用电负荷分析、冷热负荷分析、配置组合、项目效益分析等,平台架构如图1和图2所示。

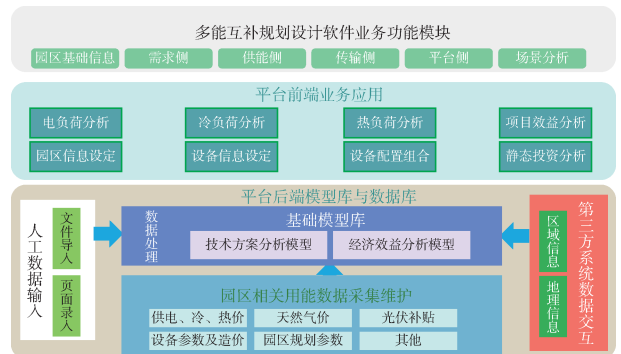


图1 总体模型框架

Fig. 1 Overall model framework

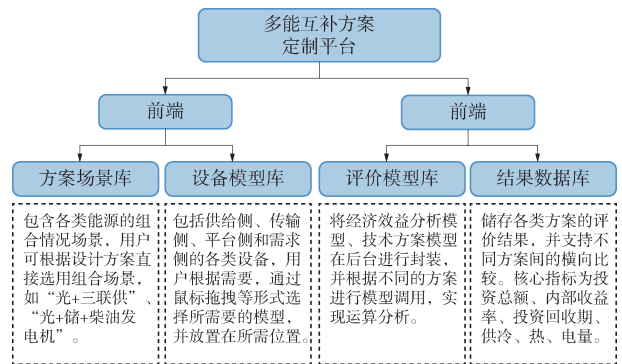


图2 平台前后端结构示意图

Fig. 2 Diagram of front/back ends of platform

2.2 平台子功能模块

1) 园区基础信息设定功能模块

包括园区所处地理信息及资源环境信息,地理信息,基础能源信息包括购电价、售电价、天然气价格、生物质价格、柴油价格、有效利用小时数、电压等级等关键信息,支持用户自行设定信息。

2) 用能需求分析功能模块

需求侧分为电、冷、热负荷分析。根据用户填写的园区用地面积等参数,平台后台自动运算得出

各类性质用地面积，并基于负荷密度法计算出园区电、冷、热负荷需求。

3) 供能侧功能模块

针对冷、热、电、储等各种供能设备功率参数、成本造价等进行分析，并在平台进行配置和展示，实现在不同园区场景下的综合能源项目设备选型，并可以配合园区资源情况进行选型配置推荐。

4) 传输侧功能模块

传输侧分为多种类型管道，其中包含配电网、供冷管道、供热管道、天然气管道、综合管廊等，可供用户自定义添加与组合。通过传输侧分析，平台后台经济效益分析模型可以基于传输侧管道、网络等造价进行成本计算。

5) 平台侧功能模块

平台侧主要是综合能源能源信息管理平台，其在项目中起到监测分析的神经中枢功能，平台经济效益分析模型可以基于平台侧造价进行成本计算。

6) 方案优选功能模块

用户可通过改变设备组合方式、装机规模等生成不同供能方案并进行比较分析，通过方案数据表的关键指标参数帮助用户选择最优供能方案。

7) 场景模拟展现

根据选型配置方案进行动画产消，同时模拟生成不同负荷场景下的综合能源系统互补机制。场景模拟主要包括方案设备详情、关键指标信息和互补机制。方案详情展示综合能源方案运行动画界面；互补机制展现是用动态图展示早上、下午、夜间等不同负荷场景下的能源利用、生产情况^[6-8]。

2.3 平台功能特点

1) 根据项目所在省市，设定具体用能信息，如购电价格、天然气价、生物质价格等，模拟结果更接近实际情况。

2) 用户可根据项目实际情况选择园区地址、所在地资源禀赋、项目所需的供能设备等，个性化定制供能方案，并针对多种选型方案进行效益比较分析，可供用户选择出最合适的方案。

3) 场景效果展示：(1) 用动态图展示上午、下午、晚上供需、储能状态、碳排放情况；(2) 项目经济指标数据：静态投资、投资回收期、内部收益率等直观反映，用户可根据技术方案具体运行情况，确定方案的可行性。结合前端三维可视化图形和后台配置的模型及算法，动态展示智慧园区的构

成和效益，直观反映项目可行性。

4) 通过在前端展示界面针对客户不同需求，支撑不同场景下仿真分析、模拟，客户可对不同设备配置方案的评价结果进行横向对比，快速选择最佳方案，从而为客户提供专业、及时的供能建议。

3 综合能源系统分析平台业务逻辑

3.1 平台业务逻辑

平台操作流程按照逻辑顺序为用能需求分析、供能方案设计、供能方案优选、场景模拟。用能需求分析主要包括智慧园区冷、热、电负荷预测分析；供能方案设计主要包括设备选型、设备装机选择等；供能方案优选主要基于最小化静态投资额、最大化效益、最大化内部收益率、最小化成本回收期等因素；场景模拟主要关注各负荷场景下的多能互补机制，如图3所示^[8-10]。具体业务逻辑运行图如图4所示。

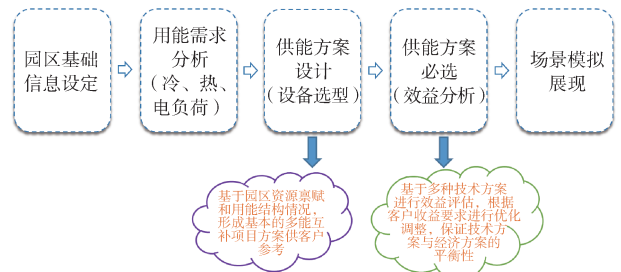


图3 平台操作流程

Fig. 3 Platform operation flow

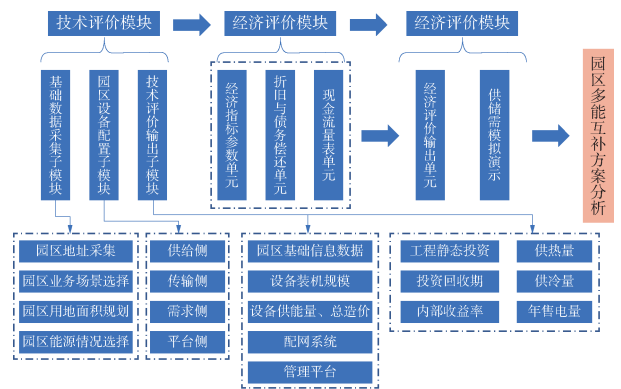


图4 模型算法前后端交互框架

Fig. 4 Model algorithms front-end and back-end interaction framework

3.2 平台业务模型

平台模型的构建主要针对以下问题展开：需求侧用能精确分析、供给侧多种能源方案优化配置、

传输侧方案适应性匹配、贴合实际工况的经济性分析。这些问题在综合能源方案设计中都是关键环节,合理的建模可以保证方案设计过程的正确性。

3.2.1 园区用地面积规划模型

参数输入:园区用地面积(万 m^2)。

模型输出:基于分配比输出居住用地、公共管理与服务设施用地、商业服务业设施用地、工业用地、物流仓储用地、道路与交通设施用地、公用设施用地、绿地与广场用地面积(万 m^2)。

3.2.2 建筑面积规划模型

参数输入:上一步园区各类型用地面积。

模型输出:居住用地、公共管理与服务设施用地、商业服务业设施用地、工业用地、物流仓储用地、道路与交通设施用地、公用设施用地、绿地与广场用地建筑面积(万 m^2)。

模型算法:基于园区各类型用地面积规划,乘以容积率计算各类型用地建筑面积。

3.2.3 园区电、热、冷负荷模型

参数输入:各类型用地建筑面积(万 m^2)。

输出:各类型用地负荷(MW)。

模型算法:采用负荷密度法,基于电、热、冷指标,乘以各类型建筑面积得到各类型用地负荷。

3.2.4 园区总用电量模型

模型输入:有效利用小时数(h)。

模型输出:园区用电量总计(kWh)。

模型算法:园区用电量总计乘以有效利用小时数得到总用电量。

3.2.5 分布式能源配置方案模型

3.2.5.1 光伏发电配置方案模型

每平方米光伏装机容量为50~70W,光伏有效利用小时数900~1300h。

模型输出:光伏装机规模(MW)、光伏发电量(GWh)、光伏总造价(万元)。

模型算法:装机规模乘以有效利用小时数得到发电量;装机规模乘以光伏单位造价得到总造价,其中年单位造价默认取6000元/kW。

3.2.5.2 三联供配置方案模型

1)根据园区总热负荷,结合三联供的机型表中供热能力参数,“以热定电”来选择“三联供供热规模”配置方案。

a)三联供可多机型组合,总台数不超过3台。

b)三联供的所有机型加起来的供热规模 \leq 园区

总热负荷(可以无限接近但不能超过)。

c)不能出现0.5台这样的情况,一定是整数台。

2)已配好的三联供方案,可输出以下参数:三联供装机规模、三联供供热规模。

3)当遇到以下条件时:

用户选择风力、生物质、柴油任一个或多个时,则进入以下循环,否则不做任何调整。

总的计算公式:园区总电负荷 $\times 50\%$ - 光伏装机规模 - 三联供装机规模 = 剩余装机空间。

总的前提就是要满足:三联供装机规模 + 光伏装机规模 \leq 园区总电负荷 $\times 50\%$ 。

如果剩余装机空间 ≤ 0 :如果此时光伏装机规模 \geq 园区总电负荷 $\times 50\%$ 时,将光伏装机规模默认取80%,来满足上面的总前提;如果80%后,仍然不能满足总前提或光伏装机规模 $<$ 园区总电负荷 $\times 50\%$ 时,减小三联供装机规模。

4)减小三联供装机规模的处理逻辑

最多可组合三个三联供的机型,原则是三联供的所有机型供热规模加起来 \leq 园区总热负荷(可以无限接近但不能超过)。

a)如果三联供的装机选型已经是最小发电能力且只有一台,则不调整三联供的装机选型。

b)选择单位投资最小的方案

单位投资额(元) = 三联供装机规模 $\times 1000 \times$ 三联供单位造价

三联供单位造价 = 10000元/kW,1000指的是单位换算。

有一种最极端情况,即光伏装机规模 $<$ 园区总电负荷 $\times 50\%$,且三联供装机规模选型已经最小且只有一台,此时剩余装机空间仍然 ≤ 0 ,则将光伏装机规模默认取60%;直至实现剩余装机空间 > 0 且剩余装机空间 \leq 园区总电负荷 $\times 10\%$;当剩余装机空间 > 0 且 \leq 园区总电负荷 $\times 10\%$;剩余装机空间 = 风力装机规模 + 生物质装机规模 + 柴油装机规模。

c)要保证:配好后的三个的总装机规模 \leq 园区总电负荷 $\times 10\%$;如果三个之和超过条件,按三个的装机规模按比例平均减除。

3.2.6 经济评价模型

经济评价算法模型假设项目的建设期为1年,运营期为25年,折旧年限为25年,基准收益率

8%，贷款利率取值为4%，贷款占投资总额的比例为80%，贷款时长为10年，项目的残值率为5%，销售费用比例取5%，增值税税率取16%，所得税税率为0.25%，暂不考虑增值税和所得税优惠。

4 结论

本文对综合能源系统分析平台进行开发研究，构建综合能源系统供能侧、传输侧、平台侧、用能侧的方案配置、运行优化和经济效益分析等模型，并根据应用场景实际需求，利用信息化手段和智能算法自动生成园区综合能源规划设计方案。研究成果对综合能源系统方案规划设计全过程进行了建模和数字化实现，从而实现了综合能源方案的智能化定制，对于综合能源项目前期方案设计具有较强的指导意义。该研究在方案细化和分类上还存在优化空间，需要在后续工作中进一步完善优化。

参考文献:

- [1] 蔡世超. 智慧能源多能互补综合能源管理系统研究 [J]. 应用能源技术, 2017(10): 1-4.
CAI S C. Research on hybrid energy management system based on intelligent energy resources [J]. Applied Energy Technology, 2017(10): 1-4.
- [2] 张丹, 沙志成, 赵龙. 综合智慧能源管理系统架构分析与研究 [J]. 中外能源, 2017, 22(4): 7-12.
ZHANG D, SHA Z C, ZHAO L. Analysis and study on architecture of integrated smarter energy management system [J]. Sino-Global Energy, 2017, 22(4): 7-12.
- [3] 孙浩, 刘建利. 基于物联网的智慧建筑综合能源管理平台 [J]. 现代建筑电气, 2012, 3(8): 46-49 +52.
SUN H, LIU J L. Platform for intelligent building energy management based on internet of things [J]. Modern Architecture Electric, 2012, 3(8): 46-49 +52.
- [4] 华贲. 分布式供能系统建模优化能流逻辑思维图详解 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(2): 17-23.
HUA B. The logic modeling/optimizing energy flux chart of DES/ CCHP [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(2): 17-23.
- [5] 李刚, 王晓东, 邓广义. 区域级综合能源系统多能耦合优化研究 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(2): 24-28.
LI G, WANG X D, DENG G Y. Multi-energy complementary optimization research on local area integrated energy system [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(2): 24-28.
- [6] 蔡世超. 多能互补分布式能源系统架构及综合能源管理系统研究 [J]. 吉林电力, 2018, 46(1): 1-4 +16.
CAI S C. Research on multi-energy complementary distributed energy system architecture and integrated energy management system [J]. Jilin Electric Power, 2018, 46(1): 1-4 +16.
- [7] 张雪. 基于数据挖掘的能源管理平台的研究 [D]. 北京: 北

京建筑大学, 2017.

ZHANG X. Research on energy management platform based on data mining [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2017.

- [8] 张璐, 张斌. 基于正态分布区间数的综合能源系统效益评价研究 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(2): 41-45.
ZHANG L, ZHANG B. Evaluation of the integrated energy system effectiveness based on the normal distribution interval number method [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(2): 41-45.
- [9] 谭涛, 史佳琪, 刘阳, 等. 园区型能源互联网的特征及其能量管理平台关键技术 [J]. 电力建设, 2017, 38(12): 20-30.
TAN T, SHI J Q, LIU Y, et al. Characteristics of industrial park energy internet and key technologies of its energy management platform [J]. Electric Power Construction, 2017, 38(12): 20-30.
- [10] 李扬, 宋天立, 王子健. 基于用户数据深度挖掘的综合能源服务关键问题探析 [J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(3): 1-5.
LI Y, SONG T L, WANG Z J. Research on key issues of integrated energy services based on user data deep-mining [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(3): 1-5.

作者简介:



ZHANG L

张琳(通信作者)

1987-, 男, 湖北荆州人, 工程师, 学士, 电气工程及自动化专业, 主要从事综合能源系统、电力市场方面的研究工作(e-mail)49527583@qq.com。

许可

1984-, 男, 江苏扬州人, 高级工程师, 博士, 系统分析与集成, 主要从事电力系统规划, 综合能源系统分析方面的研究工作(e-mail)hust1125@126.com。

黄耀

1983-, 男, 湖北恩施人, 工程师, 硕士, 电气工程及自动化专业, 主要从事配电系统、电力市场方面的研究工作(e-mail)65328842@qq.com。

廖恒

1982-, 男, 四川自贡人, 高级工程师, 学士, 电气工程及自动化, 主要从事配电系统、继电保护方面的研究工作(e-mail)763512861@qq.com。

汪龙

1988-, 男, 湖北宜昌人, 助理工程师, 硕士, 可再生能源和能源管理专业, 主要从事新能源、电力市场方面的研究工作(e-mail)324783462@qq.com。

(责任编辑 李辉)