

# 基于需求侧响应的能源服务系统设计

李波, 李治, 张劲松, 沈雪莲, 王敦婷, 沈义雄

上海漕泾热电有限责任公司, 上海  
Email: shenyx@haoshudao.com

收稿日期: 2021年2月18日; 录用日期: 2021年3月15日; 发布日期: 2021年3月22日

## 摘要

引导供需平衡、需求侧响应一直以来都是能源企业致力解决的问题。为了充分了解供应需求关系以及对基于供需关系进行生产运维的指导, 本文设计了基于需求预测的能源需求侧响应系统, 基于对用户的需求预测, 从生产运行、经营管理、安全供应、客户服务四个方面实现能源需求预测、产品智能推荐、能源线上交易、画像标签刻画等功能。本文所设计的系统在能源领域能够有效解决能源企业供需不平衡以及由此产生的经济损失等问题, 可用于支撑实际工作。

## 关键词

供需平衡, 需求侧响应, 需求预测, 能源交易

# Design of Energy Service System Based on Demand Side Response

Bo Li, Zhi Li, Jinsong Zhang, Xuelian Shen, Dunting Wang, Yixiong Shen

Shanghai Caojing Cogeneration Co., Ltd., Shanghai  
Email: shenyx@haoshudao.com

Received: Feb. 18<sup>th</sup>, 2021; accepted: Mar. 15<sup>th</sup>, 2021; published: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

Guiding the equilibrium of supply and demand and demand side response has always been a problem that energy enterprises are committed to solve. In order to fully understand the supply and demand relationship and provide guidance for production, operation and maintenance, this paper designs an energy demand side response system based on demand prediction, which includes production, operation management, safety supply and customer service, the system includes the functions of energy demand prediction, product intelligent recommendation, energy online trading and profile label characterization. The system designed in this paper can effectively

**solve the imbalance between supply and demand side and reduce economic losses in the field of energy and can be used to support practical work.**

## Keywords

**Equilibrium of Supply and Demand, Demand Side Response, Demand Prediction, Energy Trading**

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在能源领域，由于生产交易流程复杂、供需双方信息不对称等原因，往往会造成供需不平衡以及能源浪费等现象，这种现象普遍存在，另外由此往往会造成一些经济上的损失。引导供需平衡是能源企业一直致力解决的问题。

价格同样是影响能源供应的主要因素。在能源领域定价的过程中，受到诸多因素影响，比如天然气价格、平均电价等，由于价格变动，导致能源领域的供应以及需求持续变化，这种变化导致现在的合同制供应机制已然不能满足能源领域信息快速变化迭代的要求。因此，基于需求侧响应，以需求为主导进行能源需求侧机制改革，成为当前能源领域发展的大势所趋。

在当前能源领域的供应过程中，普遍存在一些问题：

- 1) 对客户需求不清楚，计划驱动型生产导致部分资源浪费；
- 2) 大量依赖机组运行人员经验，低质低效；
- 3) 在当前的交易领域，单纯的能够买卖关系已不能满足需求侧响应，缺少能源服务的业务思维和模式；
- 4) 对客户的用能习惯不够了解，难以为客户提供更优质的服务；
- 5) 能源供需双方信息不对称，造成资源浪费，双方成本难以进一步降低；
- 6) 需要进一步提升能源精细化服务质量，根据每个客户的共性和差异提供个性化服务，增加客户粘性，提高客户满意度。

本文将以需求侧响应作为研究内容，以上海化学工业区作为研究对象，讨论基于需求侧响应系统的设计思路以及实现方法。最终，通过对比，以及推广性描述，验证基于需求侧响应的系统能够对当前能源企业供需不平衡进行优化。

## 2. 背景

根据国际能源署 2013 年公布的数据，2035 年的全球能源需求将会比 2011 年增加 33%，在 2011~2035 年这时期世界电力需求的涨幅将会超过 66.7%。从全球范围来看，化石能源(煤炭、石油、天然气)仍然是全球能源消费的主要类型，而全球能源需求量急剧增加导致了化石类能源的过快和过度开发。能源需求的快速增长和能源结构不合理之间的矛盾为整个能源行业的未来发展带来了巨大的压力，全球性的能源结构改革刻不容缓。

当前对于能源领域的需求侧响应的探讨与研究，已有一定的成果。

文献《基于多能源需求响应的综合能源系统动态优化控制研究》基于综合能源系统(Integrated Energy System, IES)框架结构和 IDR 的基本理论，提出考虑多能源需求响应下的综合能源系统动态优化控制方法。依据电力需求和价格弹性理论，综合考虑了能源价格对电力、热力、天然气等能源消耗量的影响，构建

了多元化用能价格需求响应模型；以经济和环境成本最小为目标，建立了基于 DR 机制的 IES 多目标动态运行优化模型，并采用基于超平面投影方法的改进非劣性遗传算法(HP-NSGA-II)进行求解，以典型园区为例进行实例仿真分析，验证了多能源需求响应对促进综合能源系统优化运行的有效性[1]。

然而在需求侧响应的方法与实践中，并没有基于需求预测的需求侧响应解决方案，进一步，也没有一套基于需求预测的完整的系统来实施需求侧响应的整个流程。

### 3. 基于需求侧响应的需求感知

在文献《基于大数据方法的能源互联网态势感知研究》中提出，由于风能、太阳能等一系列新型能源具有非常强的随机性、波动性和不确定性，导致能源需求和供给的互相匹配十分困难，也给整个能源互联网的安全和稳定带来挑战。由于能源互联网系统的复杂性和对实时性的要求，传统基于电力系统暂态时域仿真的方法很难满足[2]。因此，在需求侧响应的过程中，首先应该对需求进行精细感知，为了实现需求的感知，结合能源领域的特性，可以通过以下方法实现：

#### 1) 需求预测

能源技术预见是优化能源产业政策的前提之一，产业政策稍有不慎可能会造成巨大浪费。但由于技术演化的不确定性，以及对技术发展规律有不同认识，各利益相关方均很难准确把握能源技术发展趋势[3]。

本文基于产品使用历史数据、检维修数据、上下游关系数据及节假日数据等，发掘需求量的周期性波动规律，量化评估各个因素对于需求量的影响程度，形成挖掘模型。基于构建的挖掘模型，量化预测每个客户/全部客户在未来一段时间内的需求量水平，进而指导需求侧响应过程中的按需生产运营、资源优化配置和前端营销等方案的精准制定与推送。

#### 2) 画像标签体系构建

在能源领域，能源交易除了能源供应方以及能源需求方以外，客户之间往往也进行其他产品的交易，而客户之间的交易会影​​响能源产品的需求，因此，考虑客户上下游关系，从多个维度刻画客户个体标签、群体标签，从宏观上精准把握客户需求以及影响因素，有利于能源供应方对需求进行精准把控。通过对客户用能之间的标签刻画，了解企业之间生产节奏变化的相关性，了解企业间相互影响程度，为预测客户需求 and 调整生产计划安排提供辅助性指导。

在刻画个体标签、群体标签的过程中，考虑能源领域的一致性和特殊性，本文所述皆为可广泛应用的画像标签，其中：

##### a) 客户用能标签画像

- 客户群体画像对比分析
- 个体画像标签分析
- 产品用量统计分析
- 账单费用统计分析
- 用量及费用预测统计

##### b) 用能行为特征分析

- 上下游企业相关性分析
- 用能趋势特征分析
- 用能时间特征分析

##### c) 能源供应方供应分析

- 供应能力预测
- 影响因素分析

#### 4. 基于需求侧响应的方案设计

在当前的能源交易过程中，单纯的买卖关系已不能满足当前需求侧响应的大趋势，基于需求侧响应的方案应该增加能源服务的业务思维和模式，能源企业应该根据客户需求进一步提升能源精细化服务质量，根据每个客户的共性和差异提供个性化服务，从而实现需求侧响应的落地。根据能源领域当前的买卖属性预计对服务内容、质量的优化，能源领域可以通过如下两个方案进行对服务进行提升：

##### 1) 能源服务智能推荐

在能源领域中，往往涉及为多家企业提供各种服务，服务智能推荐模式根据用户基本属性、需求的精准预测，行为特征刻画用户与服务间的关系，向客户智能推荐可能需要的服务，减少用户寻找服务的时间，提高服务使用概率。

##### 2) 客户之间的能源交易

在需求侧响应的过程中，能源供应者基于前期精准的需求预测，用户预测确定真实使用情况以及客户使用情况，基于对供应方(自己)以及需求方的全方位了解，以一定的优惠方案引导客户之间进行能源交易，从而在客户方实现供需之间的平衡。在以上海化学工业区的实践过程中，通过能源线上交易平台为客户提供交易合同额度及需求侧响应的平台，主要解决客户实际用量与合同量不同带来的费用问题。通过客户之间交易合同额度交易，平衡用户用能负荷，降低用户用能成本的同时，提高能源服务企业运行的稳定性。

#### 5. 基于需求侧响应的落地研究

基于需求预测的系统设计最终应用落地应该从以下几个方面考虑：

1) 生产运行：基于需求侧响应指导生产运行，使生产运行贴紧客户需求，保证生产运行的稳定性。

2) 经营管理：能源领域的管理层从宏观层面对需求侧和供应侧进行指导规划，形成自上而下的需求侧响应管理流程。

3) 安全供应：能源为不可再生资源，安全供应能够保证能源资产、基础设施、供应链、贸易路线等的安全。

4) 客户服务：能源领域需求侧响应的落地点为客户服务，需求侧响应即为对客户服务质量提升。

#### 6. 系统总体设计

基于需求侧响应的系统设计应包含数据层、分析层、应用层三个层面，其中数据层完成多源异构的海量数据的对接、整合、清洗与存储；分析层作为系统的大脑，提供对基于需求侧响应的各种模型与算法的封装；应用层从生产运行、经营管理、安全供应、客户服务几个维度去践行需求侧响应。系统总体设计图见下图1所示。

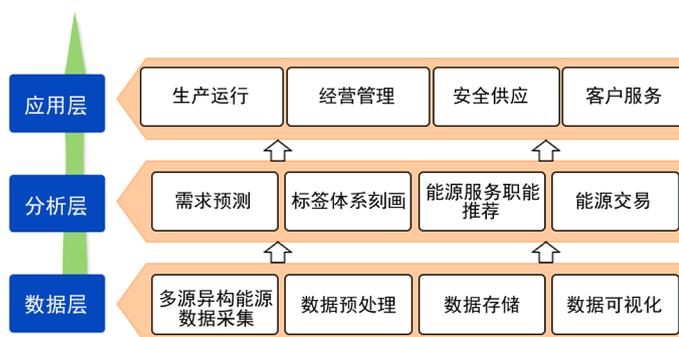


Figure 1. Figure of system framework design

图 1. 系统总体设计图

## 7. 结论综述

基于以上描述, 本文设计了一套基于需求侧响应的能源服务系统, 本系统通过对用户能源需求的精准预测, 为能源使用者提供能源服务, 以需求预测为基础, 以平衡供需平衡为目标, 达到双赢的目的, 从而提高能源供应的稳定性, 降低因能源需求不稳定造成的经济损失, 最终形成可持续发展, 自有生态的能源供应服务平台。

本文所论述的基于需求预测的能源需求侧响应系统在能源领域具有实际的指导意义, 在实践中能够贴合业务目标, 精准解决在需求侧响应过程中面临的各种问题。

本系统在上海市化学工业区的实践中, 取得了良好的成绩:

- 1) 在机组运行效率上, 提升汽轮机运行效率约 5%, 减低发电标煤耗 1 g/kWh, 增加高压抽汽供应量 10%;
- 2) 在蒸汽供应上, 减少蒸汽浪费约 5%, 减少热能损失约 2 吉焦/小时。

## 8. 结语

本文所述的基于需求侧响应的系统具有广泛应用性, 能够较好的应用于能源领域的需求侧响应过程中, 本文创新性提出客户间能源交易的理念, 在需求侧响应的解决方案具有开创性, 经过上海化学工业区的实践, 论证了本系统的可实现性, 本文所述系统可以在能源领域进行推广应用。

## 参考文献

- [1] 张娜, 王欢, 宋坤, 程孟增, 张明理, 叶鹏. 基于多能源需求响应的综合能源系统动态优化控制研究[J]. 电测与仪表, 2021, 1-14.
- [2] 赵兵兵. 基于大数据方法的能源互联网态势感知研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2017.
- [3] 廖华, 向福州. 中国“十四五”能源需求预测与展望[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(2): 1-8.