



同濟大學  
TONGJI UNIVERSITY



利用建筑分项计量监控平台进行商业楼宇需求响应控制策略与市场机制研究  
(总结报告)

**Implementation of Demand Side Management in Building Sector  
on the Electricity Sub-metering Platform**

同济大学

---

## 项目信息

项目资助号

Grant Number

G-1402-20095

项目期

Grant period

2014.03.01-2015.2.28

所属领域:

Sector

中国建筑节能项目

项目概述:

Project Discription

本课题的根本任务是在上海市长宁区的公共建筑分项计量平台下，通过对一组建筑的需求侧响应控制的成功实施，为上海市乃至全国树立一个需求侧响应在商业楼宇中应用的成功案例。

项目成员:

Project team:

同济大学、上海腾天节能技术有限公司、量云数据

关键词:

Key Word:

需求响应、商业楼宇、控制策略、响应平台、上海试点

---

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

---

## 摘要

本次上海市需求响应试点研究，在政策方面对于试点楼宇执行电力需求响应试点工程中实际削减的用电负荷，以负控终端检测到的数据为准，按照本市现行避峰电价政策执行补偿。即客户在指定的时间内主动削减用电负荷，给予每千瓦时 2.0 元人名币的补贴。黄浦区与长宁区发改委同意对辖区参与楼宇按照避峰电价政策补偿一比一配比奖励。

腾天节能技术有限公司拥有上海市最先完成区一级的监控平台，拥有项目区域内 5000 米以上的楼宇的分项计量监控，基于平台数据，便于完成楼宇用能情况分析。在项目试点过程中，克服种种困难，结合电网公司电力数据，南瑞需求响应信息发布平台，完成了需求侧集电商响管理的服务平台，该平台属于完全自主开发，包括响应事件的处理，信息的反馈与数据的对接等等，并在今年的试点工作中成功应用，为项目研究打下了良好的基础。

在项目进行期间组织 30 多家建筑用户进行需求响应试点工作培训，与用户签署框架协议，明确补贴办法，探讨响应策略；编制需求响应用户信息反馈调查表收集响应用户参与试点响应的意见及建议。

根据项目的计划，完成腾天公司平台上 30 多栋楼宇控制策略调研，制定了楼宇的需求响应事件中的控制策略，和用户商定后确定项目中切实可实施的策略。2014 年进行了两次试点实验，第一次需求响应试验中，参与楼宇共计 4 幢，其中自动需求响应 1 栋。第二次需求响应实验中，30 幢楼宇被分成两批轮动，第一批 15 栋楼宇响应时段为 13:00 至 15:00，第二批 15 栋楼宇响应时段为 14:30 至 16:00

第一次试点运行 - 需求响应事件时间：2014 年 7 月 22 日 13:30 至 15:30，为时 2 小时，参与楼宇共计 4 幢，其中自动需求响应 1 幢，事件参与可控负荷约 12MW，计划削减量 1.3MW，实际最高负荷降幅达到约 2MW。本次试点运行没有工业企业参加。试点运行正常稳定，没有客户抱怨。

第二次试点运行-需求响应事件时间：2014 年 8 月 29 日 13:00 至 16:00,为时 3 小时。该次求响应事件共计有 30 幢楼宇参与，其中自动需求响应 1 幢。计划响应目标 5MW，实际最高负荷降幅达到约 5MW。试点过程中，有 67%的参与楼宇认为“系统稳定，无异常”，28%的楼宇认为“舒适感略有影响”，有一个楼宇的用户有投诉，占 6%。第二次试点运行有 6 个工业企业参加，参与需求响应事件时段为：13:00 至 15:00,为时 2 小时，最高负荷降幅达到约 45MW，没有客户抱怨。

---

2015年上海市黄浦区的15家楼宇用户参与本次试验，并动态的申购了需求响应指标，其中商场1幢，酒店2幢，办公建筑10幢，综合建筑2幢，共降负荷4千千瓦，达到了预期效果。此次试验是在去年试点工作基础上的进一步深化，为未来推动和广泛开展电力需求侧管理和需求响应工作奠定了扎实基础。

在本次研究中，同济大学课题组基于理论研究和试点试验数据，完成了需求响应试点用户基本负荷基线的预测，并利用上海试点响应的数据进行校核和总结，最终作为今年上海试点工作用户补贴激励的计算依据；同时根据工业用户需求响应特点，结合负控数据采集情况，分析并总结了今年上海试点工业用户的补贴计算方法。另外，课题组在研究了适合中国国情的需求响应市场机制。

在试点项目实施过程中，项目组就市场交易机制的可能性进行了许多交流与探索，例如需求方、供应方及交易体系，提出了市场交易系统的初步构想；举办了一次国际研讨会。2014年7月28日请NRDC、RAP、Navigant三位国家专家进行了为其一天的培训、研讨会，探讨了上海需求响应市场化与市场交易机制的各种方案。对上海电力需求响应的潜力、价值及可能采用的其它需求响应激励机制进行了初步的探讨（研究仍在继续）效果评估。

搭建了一个需求响应信息平台系统，平台/客户端/运行管理流程，验证了需求响应系统的有效性；组织发动了共计64户试点用户（33户楼宇，31户工业企业，总的需求响应可控容量超过100兆瓦，验证了约50兆瓦的需求响应能力；验证了大型建筑分项计量能源监测系统在需求响应实施方面的可行性及特殊价值，大型商业建筑具有10-15%的高峰负荷削减能力；进行了需求响应市场化运作机制的初步研究，在需求响应过程中对客户各种反馈进行了认真的收集，获得了有价值的客户反馈意见，例如2元的补贴积极性不高、如果实施5-10倍的动态尖峰电价企业会很在意、客户间购买进行需求响应资源交易愿望等。楼宇客户如果需求响应的补贴标准如果能够提升到6-8元，则参加需求响应的积极性会明显增加；探索了需求响应实施中的一些技术创新，例如建筑预冷、多建筑轮动模式以及工业企业与商业建筑需求响应基线的确定方式等。开展了大量卓有成效的系统建设、试验和研究工作，形成了以需求响应管理平台、建筑楼宇电力需求响应试点、工业企业电力需求响应试点为核心的三个子项目，并将需求响应研究工作延伸到居民生活用电领域；实际验证了上海开展需求响应方法可行和有效，为下一步分析需求响应的成本和价值、开展市场化机制和政策研究打下了良好基础。

---

# 目 录

摘要.....	1
1. 上海市电力需求响应概述.....	4
1.1 需求响应工作的背景和意义.....	4
1.2 上海市供电及电网基本情况.....	4
1.3 上海市实施电力需求响应的必要性.....	5
1.4 上海市试点电力需求响应的工作基础.....	5
2.上海市需求响应试点工作的实施内容.....	6
2.1 试点工作的总体思路及目标.....	6
2.2 试点方案及流程.....	8
2.3 需求响应管理平台建设.....	10
2.4 楼宇建筑需求响应试点工作.....	12
3. 需求响应试点工作的总结与反思.....	13
3.1 需求响应试点工作的主要成就.....	13
3.2 需求响应试点工作中期待解决的问题.....	19
3.3 稳步推进上海市需求响应试点工作的有序开展.....	25

---

# 正文

## 1. 上海市电力需求响应概述

### 1.1 需求响应工作的背景和意义

电力需求响应（Demand Response, DR）是根据电力需求弹性的特点，利用市场经济的杠杆作用，在特定的短期时间内执行，快速调节电力供应与需求矛盾的解决方法。其目的是确保电网的稳定性、提高电力系统的资产利用率与运行效率、应对电网的突发事件、平衡新能源间歇性发电的波动以及帮助电网系统提高系统性节能减排的能力。

从宏观上看，电力需求响应的发展源于以下三个主要的因素：

- (1) 当前虽然经济增速放缓，但电力高峰或峰谷差的增长仍在继续，同时极端天气的频次有明显增加，需要大量的电力柔性调节能力；
- (2) 由于政府职能逐渐由管理型向服务型转变，过去作为电力高峰负荷主要调节手段，是以政府承担责任的强制性有序用电、拉闸限电的管理模式，随着社会服务水平的提高，这种模式已逐渐不适应社会的发展，需要寻求更科学、更有效的办法；
- (3) 空气质量与碳排放已成为社会关注的焦点。停止增加或减少位于城区内的发电容量或调峰电厂的排放、以及进一步提高发电的系统效率或节能减排，是不容置疑的发展趋势。需求响应不能解决电力系统平衡的所有问题，但却是缓解这些问题的被世界许多国家反复证明的有效手段。

### 1.2 上海市供电及电网基本情况

#### 1.2.1 经济实力迈上新台阶

上海地区生产总值在2006年达到1万亿元，2009年达到1.5万亿元，2012年达到20101.33亿元，2亿的GDP规模占全国的比重为4%左右，这样的经济规模在世界主要大城市排在第十位左右，在全国各大城市中排名第一位。

#### 1.2.2 经济转型取得新突破

上海GDP第一、第二产业的增加值分别同比增长0.5%、3.1%，第三产业增加值达到了12060.76亿元，增幅为10.6%，占全市GDP的比重首次达到60%，标志着上海市经济结构转型升级取得突破，以“四个中心”功能建设为核心的城

---

市综合服务能级进一步提升。2万亿的GDP规模占全国的比重为4%左右，这是上海以占全国0.07%的土地、1.7%的投资、1.8%左右的人口创造出来的，同时说明上海经济实力在稳步迈上新台阶，同时发展的质量也是比较高的。

### 1.3 上海市实施电力需求响应的必要性

上海市夏季电力高峰不断刷新、电力峰谷差不断加大，再加上要逐步加大清洁水电的外来电比例，电网的柔性负荷调节不足对电网安全运行带来很大挑战。

其次由于峰谷差不断加大，造成上海本地 1800 万千瓦发电厂运行效率降低，增加了能耗与排放。上海电力成本在国内已经较高，为解决每年不到 50 小时的高峰负荷而不断新建发电、输配电设施会造成上海电力成本的继续上升影响上海的综合竞争力，需求响应是解决上海电力问题的有效途径之一。

根据上海的实际情况以及国家电力高峰负荷调节的宏观发展趋势，国家发改委协同国家电网，于 2014 年初给上海经信委下达了实施电力需求响应试点任务，要求在 35℃ 以上高温日或电力供需紧张时，组织部分试点企业和大型楼宇用户实施需求响应试点，并对试点用户根据避峰情况按照上海市避峰电价补偿政策执行补偿。因此，上海电力需求响应试点工作从 2014 年开始进入筹备阶段。

### 1.4 上海市试点电力需求响应的工作基础

需求响应是通过在用户侧挖掘一定的可中断负荷资源，用于均衡用电负荷，改善负荷特性，提高电网安全水平。通过提高电网调峰能力，促进新能源利用，提高安全消纳西南水电等清洁能源的能力。同时又能提升电力节能减排水平，提高发电厂负荷率，实现节能清洁发电，减少调峰电厂和电网投资，提高电力设备利用率。

需求响应主要成本是实现用户端的信息化管理和市场化经济政策，同传统的增加电力供应满足高峰需求相比，具备投资省、收益大、社会边际效益大的特点。用户端信息化、智能化也是智能电网的重要发展方向，符合上海建设智慧城市的总体规划。发展需求响应是电力运行调节工作的改革创新，也符合党中央提出的坚持“问题导向”，进行市场化改革创新的原则。

上海市电网和用户端准实时通讯已基本实现，以负控临时限电作为有序用电的主要形式已有多年经验，用户的认知度、接受度和操作熟练程度较高。部分用户侧电能监控信息系统初步建成。上海需求响应科技基础较好，试点团队凝聚了国内外领先的一批专家，参与单位在人力、物力和其他资源上都给予了大力支持。用户对需求响应的接受度和社会环境较好，企业对节能减排的社会

---

责任感、对需求响应的理解支持和参与热情较高。因此，我们认为上海作为需求响应试点的基础较好，开展需求响应见效快、针对性最强。

按照国家发改委安排的需求响应试点任务，上海经信委组织上海电力、南瑞集团北京通信用电公司、同济大学以及其他社会力量，以美国能源基金会的支持项目为起点，凝聚了一批在电力节能领域国内领先的单位，汇集了一批国内外知名专家，按照“自愿众筹”模式开始了探索上海电力需求响应试点的新路子。

## 2.上海市需求响应试点工作的实施内容

### 2.1 试点工作的总体思路及目标

上海需求响应试点项目是一项系统工程，整个试点方案由政策与激励机制、客户动员开发、系统平台与客户端技术系统、运行/维护管理及中国特色创新研究五个方面组成。项目的实施涉及到上海电力、南瑞通信/用电分公司、商业大楼与工业企业客户等各方，有效的项目管理是项目成果的重要保障。

试点工作的总体思路是通过建立需求响应管理平台、用户侧需求响应系统和试点管理工作机制，在 35℃以上的高温日或电力供需紧张时，对不少于 30 户试点企业和 30 栋大型建筑，在市需求响应管理平台和用户需求响应系统的交互调控下，通过负控系统采取临时调节可中断负荷的形式，开展用户主动需求响应试点，有针对性的削减尖峰负荷。

试点工作主要分为以下三个阶段：

- 第一阶段：研究需求响应技术体系和试点实现方式；
- 第二阶段：试点并作需求响应的价值和市场要素分析；
- 第三阶段：市场策略设计和政策机制研究。

上海需求响应试点的工作涉及如下的 8 个方面要素：

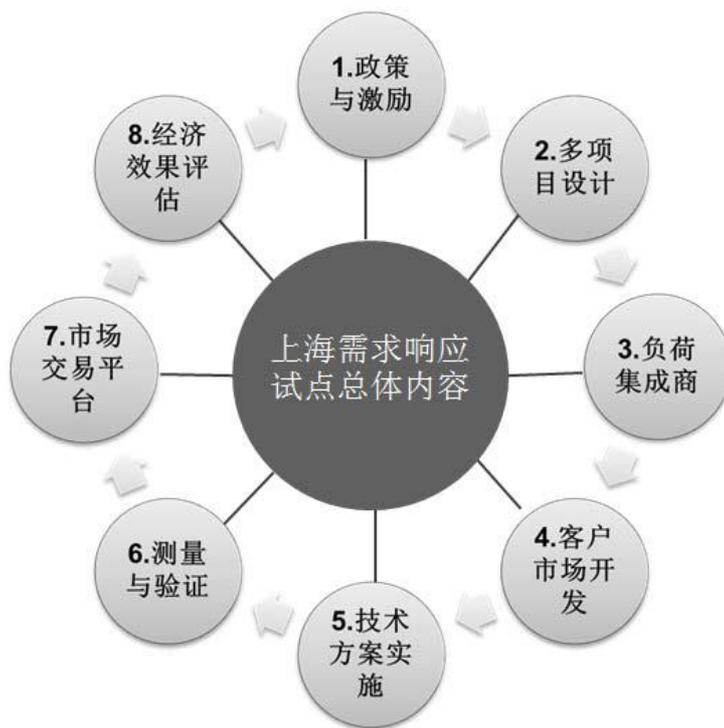


图1 上海需求响应试点工作要素

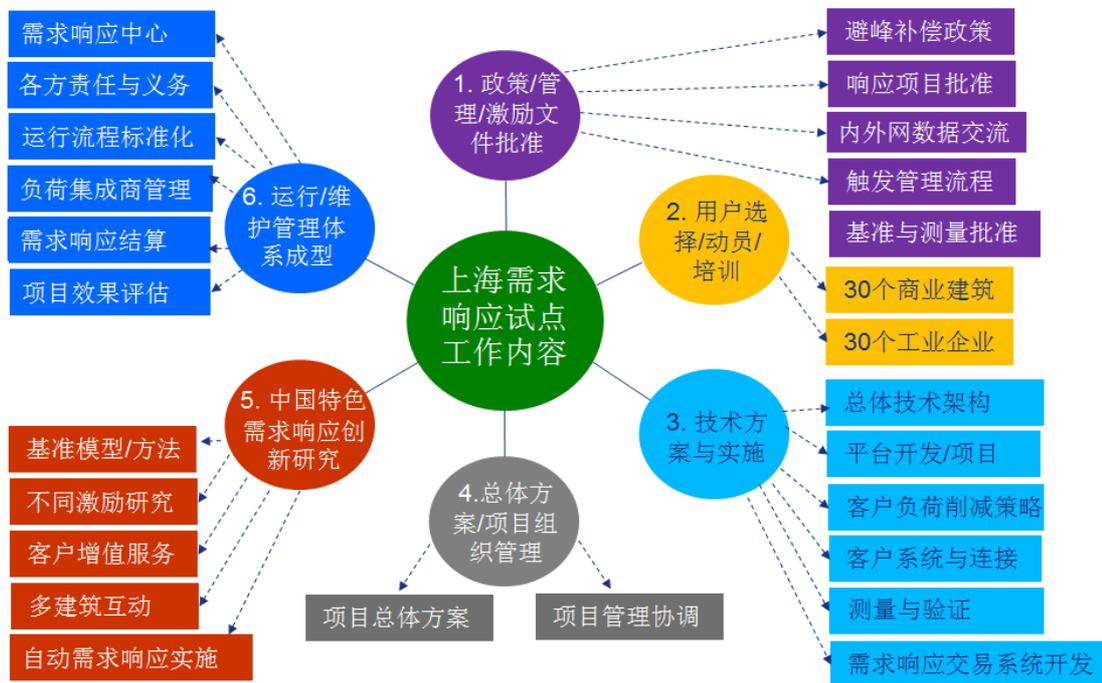


图2 上海需求响应试点详细工作内容

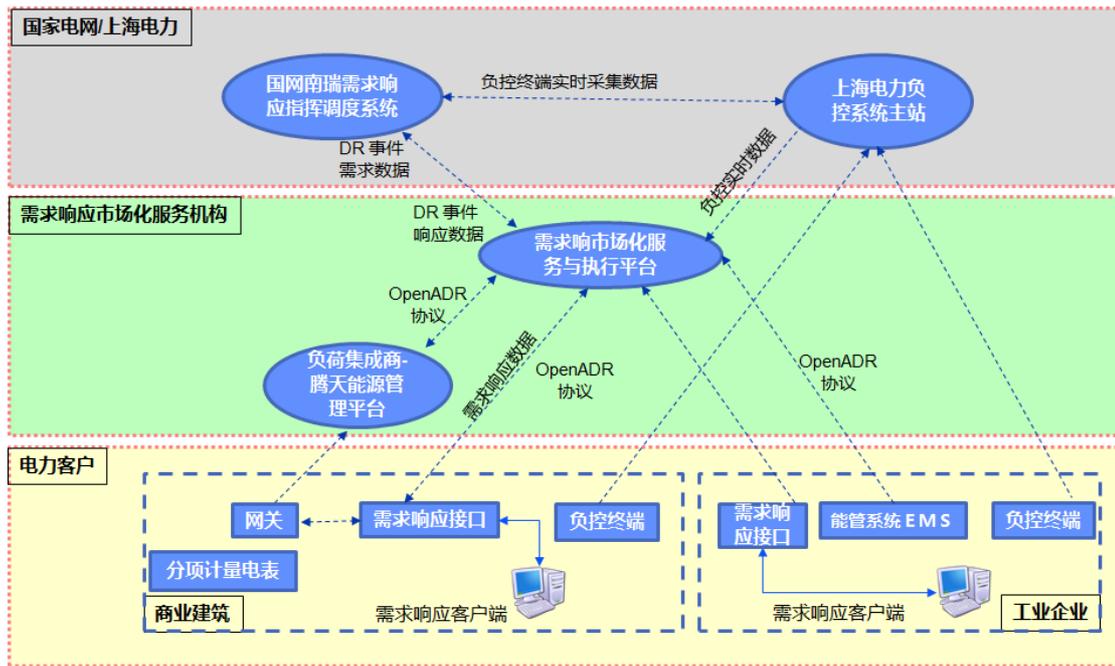


图3 上海需求响应试点工作基本架构

## 2.2 试点方案及流程

2014年初项目组正式成立，通过交流沟通，形成每周的工作会议机制，并把研究工作分为主要的三个阶段。

1-6月：试点准备工作就绪（政策机制、管理平台、用户培训、系统调试、机制研究等）；

7-8月：开展各种用户端响应方案试点和试点数据的分析研究；

9-12月：试点总结：市场机制，激励政策和推广复制模式等研究。



图4 上海需求响应试点的阶段划分与阶段工作内容

---

上海电力需求响应试点的基本流程如下：

(1) 电力高峰负荷削减要求的提出：当气温超过 35 度或需要实施电力需求响应的其它条件得到满足时，上海电力公司调度部门根据需要提出电力需求响应的削减负荷量，例如 5MW 或者 50MW，并确定起始时间与终止时间，例如 2 小时、4 小时与 8 小时事件。这些要求会传递到需求响应平台；

(2) 需求响应项目选取/响应事件设置：由需求响应中心、需求响应平台服务商或负荷集成商负责进行。具体任务是在需求响应管理平台上，根据可参与连接客户愿意参加需求响应的历史及现状，选定能够满足电力调度部门需要的峰值负荷削减要求的客户、按照客户能够接受的激励类型、项目类型推荐客户参与各种项目、共同削减高峰符合，设置需求响应的起始时间、结束时间等；

(3) 参与客户确认：在需求响应事件设置完成后，需求响应管理方会以各种方便的交流形式即时告知相关电力客户即将来临的需求响应事件，例如邮件、电话、短信、微信等。客户在接到通知后立即可以在需求响应客户端看到自己需要参加的需求响应事件，如果需要更改变化，可以自行调整，如果因为某一特殊情况企业不能参加这一需求响应事件，他们可以点击“本次不参加”按钮。系统默认值是参加；

(4) 需求响应事件运行：按照前面的过程，需求响应事件会按照预先设定的时间自动启动事件。在事件运行过程中，参与客户能够看到自己瞬时负荷削减情况（负荷削减的基准是与客户预先交流讨论同意的）。电网公司的用电信息采集系统或负荷控制系统能够记录需求响应期间每一客户的实时负荷数据，并能够根据基准线确定客户在这一需求响应整个事件实施过程中的负荷削减量或节能量；

(5) 客户需求响应负荷削减补贴兑现：电网公司根据客户参加需求响应事件的负荷削减量及补贴政策计算客户在一定时期参加需求响应所获得的总的补贴额，按照在电费单中扣除的办法实施补贴。在试点过程中，项目团队根据参与各方的实际情况，起草了需求响应试点运行的测试/运行流程，如图 5 所示，该试验流程主要分为 4 个主要部分：

- 参与各方条件准备就绪阶段
- 事件准备阶段
- 事件运行阶段
- 事件验证、结算、支付等后处理阶段

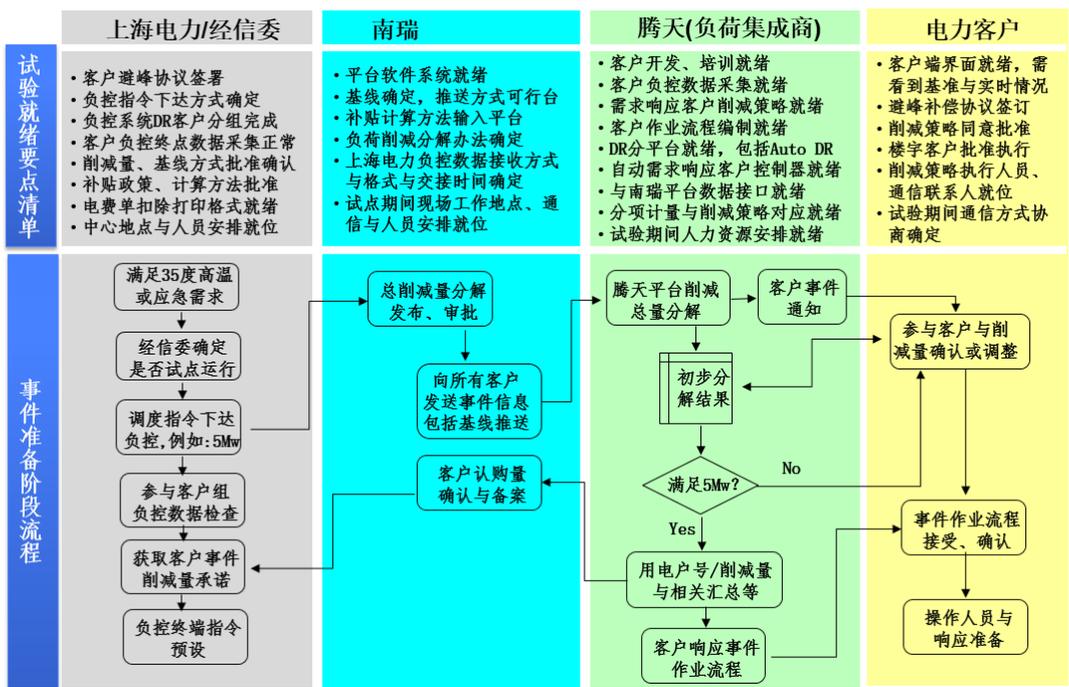


图5 上海需求响应试点运行的测试/运行流程

## 2.3 需求响应管理平台建设

### 2.3.1 南瑞需求响应平台建设

#### (1)分工与职责:

国家发改委制定电力需求响应的扶持政策，通过需求响应平台监督需求响应市场运作情况，上海电力公司对其进行业务运营，提供社会电能资源相关指标数据，上海经信委提供政策指导和运行监督。腾天负责楼宇客户的开发，同济大学负责商业建筑控制策略的制定与实施。

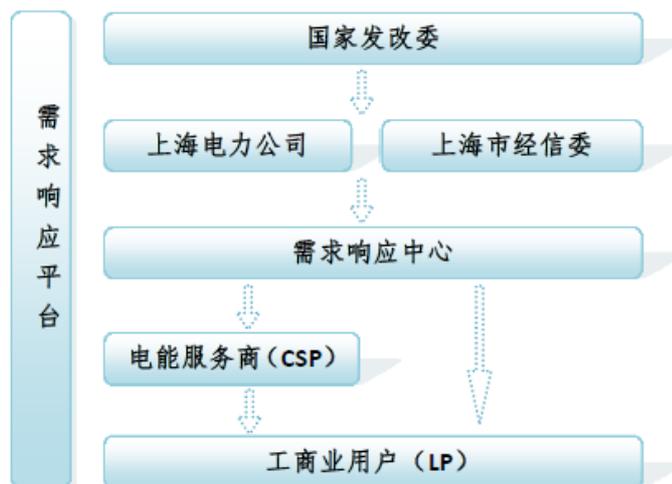


图6 需求平台流程执行单位间协作关系图

---

需求响应中心组织电能服务商（CSP）及大型工商业用户（LP）加入需求响应平台的需求响应计划，电能服务商吸收大型工商业用户（LP）、并有计划有步骤的逐步发展中小型用户加入该项目。从经济层面上，用户采用申领负荷量形式做出需求响应，根据用户负荷基线和绩效规则结算出对应的经济补偿；从技术层面上，需求响应中心委托电能服务商为用电用户安装需求响应终端装置和相关监控装置，由电能服务商负责维护装置的检测、通讯连接、数据采集和远程控制等相关工作。

## (2)平台建设内容:

**建立市场模式：**充分利用现有基础与优势，研究通过市场自主调节的方式实现电力资源的供需平衡，研究落实电力需求侧管理需求响应市场各方协作关系和运作模式，在满足社会能源服务需求的同时节约社会总资源的耗费。

**制定响应规则：**充分研究我国电力供需平衡的问题和现状，制定符合我国特色的电力需求侧管理需求响应规则，吸引用电用户积极主动加入国家电力需求侧管理需求响应平台。

**研发响应平台：**稳步开展上海市电力需求侧管理需求响应平台建设工作，落实上海市电力需求侧管理需求响应体系的组织架构、关键要素、运作模式、响应规则和配套措施，逐步建立和完善电力需求响应市场。

**加快试点和推广：**以重点省市试点为切入，整体推进国家电力需求侧管理需求响应平台建设，实现互联互通和数据共享，促使电力资源优化配置，推动行业管理精细化，促进决策支持科学化，推进服务个性化。

### 2.3.2 腾天需求响应服务终端平台

基于腾天区级建筑能源监测平台建立商业楼宇需求响应专项应用平台：商业楼宇需求响应专项应用平台主要完成将批量建筑里存在的零散的需求响应资源进行优化整合，并在需求响应的实施过程中进行有效的监控监管和及时的客户反馈，保证有效的响应电网调度侧的需求响应总量。

业务流程上平台对接国家需求侧管理平台从电力侧获得削减总量等计划信息，并及时将削减总量合理分解到具体的商业建筑响应资源上，将参与客户的关键信息反馈给电力侧，并将响应后的核算信息推送给参与客户。承担负荷集成角色。全新开发自动需求响应 ADR 服务端，在腾天建筑能源监测平台客户端增加需求响应功能模块，用户通过平台客户端可及时对当前任务执行情况进行自我监管和修正。

### 2.3.3 霍尼韦尔需求响应自动服务器

霍尼韦尔需求响应自动服务器(DRAS)通过建立电力公司和用户的双向互动系统实现了需求响应和实时电价的完全自动化。DRAS 支持不同的需求响应计划和费率，包括从简单的负荷缩减到复杂的分时电价、实时电价和需求竞价。DRAS 从电力公司接受到需求响应事件和费率信息后，将它们转变为标准的 OpenADR 信号并发送到用户侧的智能负荷控制器。智能负荷控制器接受到该信号后将根据预设的规则触发响应的动作。

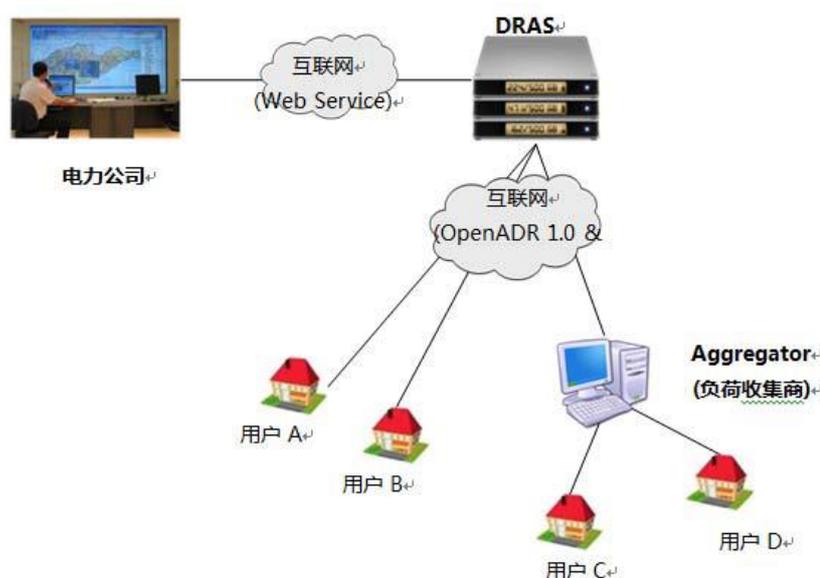


图7 霍尼韦尔需求响应自动服务器 (DRAS)

## 2.4 楼宇建筑需求响应试点工作

**客户开发：**通过现场调研和宣讲楼宇 80 幢左右，了解楼宇内的可操作性方案，制作并测试削减策略方案，最终确定试点的 33 幢楼宇并与之签署项目协议。形成了累计 33 客户，153 个具体消减策略，共开发约 11106kW 的响应资源。

**应用建设：**完成上述的基于腾天区级建筑能源监测平台建立商业楼宇需求响应专项应用平台服务端、客户端、多方接口的应用建设工作。通过在腾天区域建筑能效管理平台上增加设计用户需求管理、响应事件分发功能，自动响应与安全管理、响应策略分析与优化调度、数据管理与参考基线计算、客户应用工具、开放式接口等功能相关的 DR 应用支持，建立商业楼宇需求响应专项应用平台，实现对大量的楼宇个性响应策略进行统筹优化调度。

**试点响应：**2014 年 7 月 22 日，项目进行了第一次试点事件，该需求响应事件共计参与楼宇 4 幢，其中自动需求响应 1 幢，事件计划自当天 13:30 开始执行，15:30 结束，计划削减量 1320kW,实际削减量 1400kW。该次试点目标

---

是测试需求响应试点流程，以及发现试点过程中各个环节可能存在的问题。同时证明了商业楼宇需求响应实际可行性。

2014年8月29日，项目开展第二次试点，该需求响应事件共计参与30幢楼宇，其中自动响应1幢，响应当天30幢楼宇分两批分别参与试点，第一批自13:00开始，15:00结束，第二批自14:00开始，16:00结束，计划量5000kW，实际削减量4950kW。。该次试点目标是参与楼宇最大削减量测试以及测试一定时间段内削减量的稳定性。结果相当成功。(具体的分析见：附件1《需求响应在单体建筑中的实际实施报告》；附件2《需求响应在建筑群中的实际实施报告》)

### 3. 需求响应试点工作的总结与反思

#### 3.1 需求响应试点工作的主要成就

##### 3.3.1 试点工作的组织模式及需求响应业务模式

上海需求响应试点工作组织发动了共计64户试点用户（33户楼宇，31户工业企业），总的需求响应可控容量超过100兆瓦，验证了约50兆瓦的需求响应能力。建立了开展电力需求响应的工作机制与系统实施流程，开展了大量卓有成效的系统建设、试验和研究工作，形成了以需求响应管理平台、建筑楼宇电力需求响应试点、工业企业电力需求响应试点为核心的三个子项目，并将需求响应研究工作延伸到居民生活用电领域。

搭建了一个需求响应试点的生态系统，包括平台与客户端系统及需求响应实施的运行管理流程，验证了所建需求响应生态系统的有效性，为进一步分析需求响应的成本、价值、政策激励与市场化运作方法打下了良好的基础。验证了大型建筑分项计量能源监测系统以及企业能源管理系统在需求响应实施方面的可行性和特殊价值，大型商业建筑具有10-15%的高峰负荷削减能力，非连续性生产的工业用电需求响应潜力很大。

在整合上海电网和用电侧现有各项电能监测管理系统的基础上，初步搭建了电力需求响应智能网络，开发了一批需求响应应用，建立了需求响应管理和工作机制，成功进行了一系列系统调试和需求响应试验；进行了需求响应市场化运作机制的初步研究，在需求响应试点过程中对客户的各种反馈进行了认真的收集，获得了有价值的客户反馈意见，例如2元/千瓦时补贴积极性不高、如果实施5-10倍的动态尖峰电价企业会很在意、客户间购买需求响应资源交易愿望等。验证了需求响应实施中的一些技术创新，例如建筑预冷、多建筑轮动模式以及工业企业与商业建筑需求响应基线的确定方式等。

### 3.3.2 集电商作为中间服务机构不可或缺

在上海的试点中，腾天作为一个电力侧与楼宇用户的纽带，确立了一个负荷集成商的角色，起着非常积极的作用。

- (1) 腾天拥有 400 幢左右的大型建筑楼宇的实时用电数据，解决了电力公司目前无法提供用户实时电能数据的缺陷。
- (2) 腾天与平台内大部分楼宇用户保持着长期良好的关系，用户对我们有着较高的信任度。
- (3) 腾天拥有强大的团队，有能力承担市场推广及技术支持，同时由腾天承担楼宇的拓展工作，以市场方式调度客户参与需求响应的积极性，避免需求响应试点演变为有序有电的状况。

### 3.3.3 用户负荷基线研究取得进展

作为我国在建立需求响应市场的借鉴，研究通过对比分析美国几种典型的负荷计算方法中的特点及差异性，并结合上海市在 2014 年作为试点城市推进需求响应工作的数据，分析不同地区，不同方案的数据对结果的影响。结合上海的地区特性和气候特点，同时考虑工程应用的方便和理解，最终提出了上海需求响应试点的基本负荷的计算办法（如表 3 所示）。

表1 上海试点计算方法

基线方法	数据选择	数据排除	基线方法	修正方法
上海试点	响应事件日的前1 天为起点，再往前选择10 天的历史负荷数据为“数据窗口”。进行完“数据排除”后，分别以每天的【响应前2 小时均值】和【响应时段均值】的比值，选择【比值】最接近的5 天作为“典型日”。	响应日、响应时段内电耗小于平均用电量25%的日子（排除特小单点的值的影响）。	对最终确定的5天典型日的响应时段取每小时的负荷均值，作为响应当天的基本负荷。	响应事件发生前2 小时的负荷均值与所选典型日对应时段均值的比值，为气象调节因子。

在本次试点中，首次应用上海试点基线计算方法，通过人工典型试点项目核算，编程批量核算，最终通过专家一致认可，作为试点用户核算负荷，量化补贴的标准。

### 3.3.4. 响应用户的信息反馈的价值分析

为了进一步了解市场信息和用户对需求响应的理解，我们设计了调查问卷，对参与响应的用户进行了详细的问卷调研。根据过去的运行经验和历史数据，从企业/楼宇潜在的削峰能力、电价补贴或激励模式、快速响应能力、电力配套

---

设备改造意愿、信息交互方式、需求响应效果评估等多个方面进行问题设计，设计了包括近 20 个选择题用以涵盖以上内容进行调研。

从参与客户反馈的信息调研结果上看，建筑用户平均具备 5~10%的需求响应能力，如果能挖掘出更多的削峰潜力，用户参与需求响应的积极性较高，物业统一对接需求响应的实施过程。补贴方面大多数用户认为当前 2 元/kWh 的试点标准尚可理解，但希望需求响应的收益能高于总用电成本的 5%。若采用尖峰电价时，多数用户还是会考虑主动避峰。对于自动需求响应，约一半的用户支持，而另一半的用户还心存用电安全的疑虑，而几乎所有用户都有参与快速需求响应的能力。对于参与电力资源的市场交易，近一半的用户有需求，在中短期的需求响应机制方面，多数用户则没有确定的把握给予支持。

调研信息页同时也反映出当前存在的部分问题，用户对自身的需求响应的潜力评估不足，这需要在明确用户基本负荷核算方法的基础上，执行适合用户特点、有效的响应策略，最后对需求响应结果进行包括成本和收益评估。

### 3.3.5. 充分利用用户既有的能耗监测平台信息

目前全国已经初步形成大型公共建筑节能监管体系，特别是上海形成更细化 1+17+1 的架构，同时新建建筑必须建立能耗监测系统并接入 17 个区级能耗监测平台。以腾天的平台为例，目前腾天的平台在能耗监测管理和运维方面走在上海的前列，腾天分项计量平台已覆盖 400 个大型公共建筑，约 1600 兆瓦，数据颗粒度以 5 - 15 分钟的频率覆盖建筑所有大型用能负荷。利用既有平台资源，用户可以通过自身的历史数据积累挖掘潜在响应资源，同时通过实时数据及时得到需求响应的执行情况，帮助用户快速参与和辅助用户主动参与，是用户侧需求响应非常好的软硬件应用基础，同时需求响应也是用户平台非常好的价值补充，充分利用用户既有的能耗监测平台是一个多赢的方式。

### 3.3.6 电力需求响应交易模式与平台结构设计

#### (1) 用户认证流程

为保障需求响应计划的顺利开展，需要对使用需求响应平台的用户（CSP 和 LP）进行用户验证。用户验证流程包括网上注册、申报、信息初审、负荷能力考核、合约上传等 5 个步骤。如下图所示：

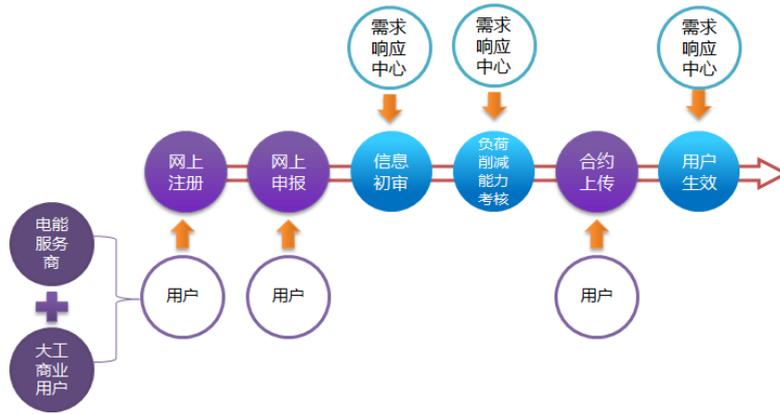


图8 用户认证流程

## (2)计划响应流程

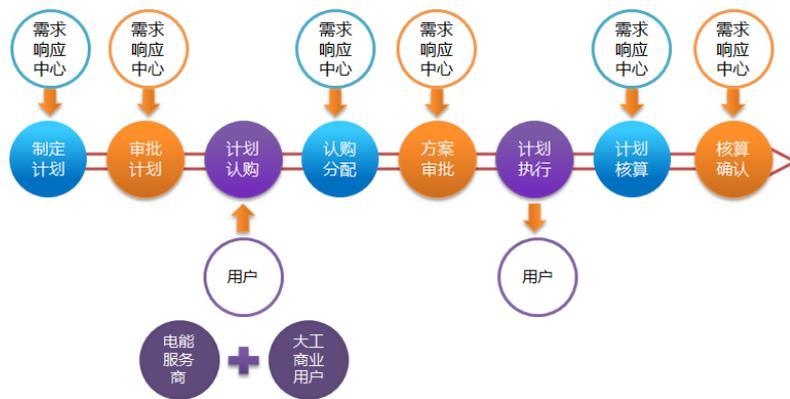


图9 计划响应流程

在计划执行完成后，由需求响应中心依据用户基线、实际负荷进行有效削减量核算及绩效考核打分，核算完成后用户可以查看结果。核算参数设置具体参阅“产品配置”，如图 10 所示参数：

产品信息					
产品名称：	20140722试点产品配置				
产品类型：	临时产品	补贴方式：	电费补贴	补贴价格(元/kWh)/数量(kWh)：	0
单次有效响应时间比(%)：	10	单次有效响应量比(%)：	10	单次响应正常浮动比(%)：	50
单次响应不足结算比(%)：	90	单次响应超限结算比(%)：	90	制定人：	需求响应中心
制定时间：	2014-07-22	修改人：	需求响应中心	修改时间：	2014-07-22

参数详解：  
 1、单次有效响应时间比：单次响应有效的最低持续时间，为计划执行时间段的百分比。  
 2、单次有效响应量比：单次响应有效的最低削减负荷量，为电能服务商认购量的一定比例。  
 3、单次响应正常浮动比：电能服务商单次响应量达标的浮动比，例如：浮动比10%，电能服务商认购量10kWh，电能服务商的响应量大于等于9kWh，小于11kWh时，按照正常补贴单价结算。  
 4、单次响应不足结算比：电能服务商单次响应量未达标的结算比率。如上：电能服务商响应量小于9kWh，按照正常补贴单价\*不足结算比结算。  
 5、单次响应超限结算比：电能服务商单次响应量超出正常结算上限的结算比率。如：电能服务商响应量大于11kWh，按照正常补贴单价\*超限结算比计算。

图10 核算配置界面

### (3)绩效规则

用户的绩效是由削减负荷持续时间内的每个测量周期累计计算得出，方法和指标如下：

测量步骤	要求
测量数据	需求响应中心每天或者更短时间周期内下载测量数据；
确定基线	需求响应中心为每个用户建立一个参考点或者消耗基线；消耗基线反映用户在没有事件发生时的电能消耗量；
评估绩效	需求响应中心决定用户每个测量周期内的绩效；绩效为预定量的百分比。

通过以上数据测量和绩效考核：用户在需求响应中心（平台）可以查询到过去三个月的实际测量数据；查询到过去 48 小时内的事件数据；

### (4)基线计算

依据不同用户类型、计划类型等实际负荷削减情况制定多套不同的基线计算方法。在计划执行前由需求响应中心依据对应规格计算不同用户的基线数值。

### (5)业务架构

上海市电力需求侧管理需求响应平台分别作为国家电力需求侧管理平台和省级电能服务管理平台的需求响应子系统，在国家级、省级两级集中部署，平台在用户侧安装需求响应终端和需求响应负荷监测终端，由省级需求响应子系统执行具体需求响应相关流程；国家级需求响应子系统侧重信息汇总和分析，并提供数据挖掘和辅助决策功能。如图 11 所示：

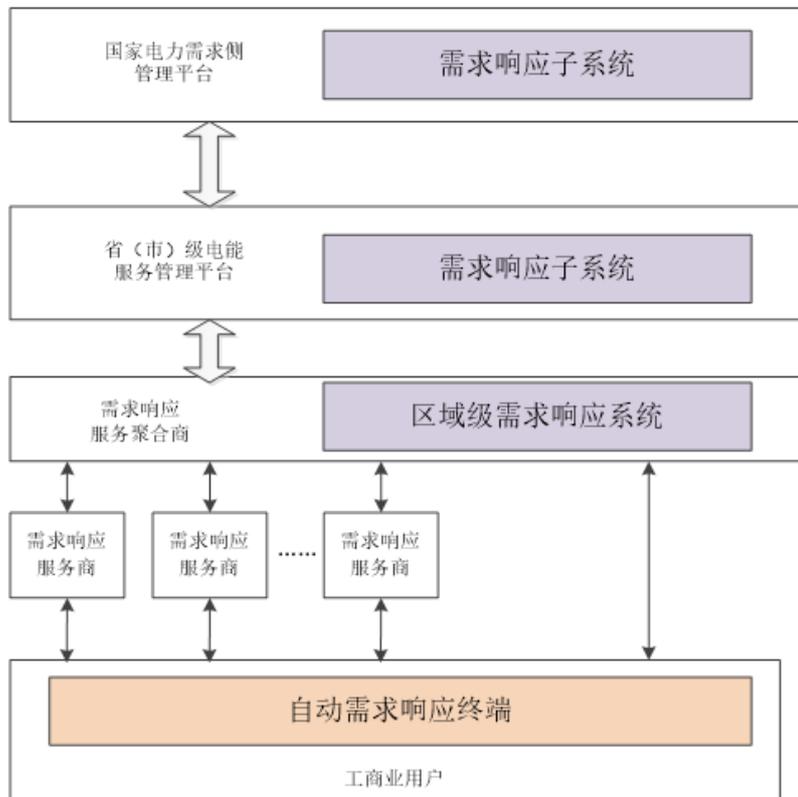


图11 需求响应管理系统

根据需求分析，上海市电力需求侧管理需求响应平台业务架构如下图 16 所示：



图12 业务架构图

业务域：包括需求响应业务开展的所有环节及功能，包括客户管理、产品管理、计划管理、绩效/核算管理等；

---

支撑域：平台管理域为负荷申领提供基础业务，例如：综合查询、权限管理、段兴通知等。

### (6)物理结构

平台的物理架构主要分为三层：末端的自动需求响应设备和需求响应负荷监测设备物理层，中间的数据传输层，和上端的业务应用层。

为了更好的管理平台的物理资源，搭建企业云为平台提供 IT 基础设施服务并对各种 IT 基础设施资源，包括计算资源、存储资源和网络资源等进行统一地规划和管理。

需求响应平台中的“用户级需求响应子系统”是安装在用户侧的系统，用来监测用户用电数据，并对需求响应设备进行管理，包括自动需求响应指令的发送、设备状态跟踪等。“用户级需求响应子系统”用来精确快速发现能源典型浪费和管理漏洞，实时监测预警通知；在自动需求响应事件发生后，触发自动需求响应，采取措施削减负荷。

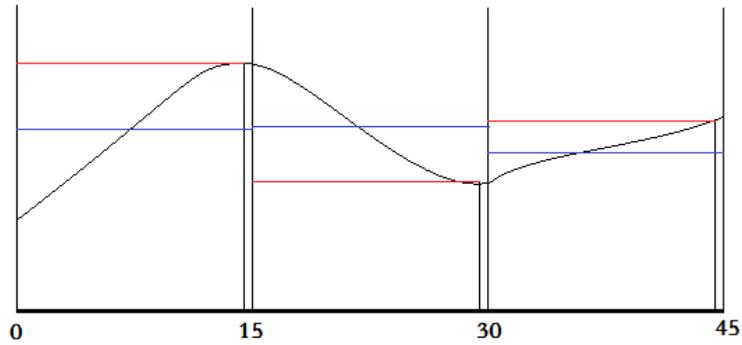
## 3.2 需求响应试点工作中期待解决的问题

### 3.2.1 电力负控数据的实时共享

#### (1) 计量问题

但随着研究的深入，发现负控中心计量的数据与用户自行计量的数据有不一致处，这个误差表现出随机性，按测量仪表的精度安装位置可能带来的误差估计有时偏差很大。经过调查与分析，我们看到很关键的因素在测量环节。在负控终端显示屏上显示该用户每分钟的平均功率（每分钟更新一次），同时将每 15 分钟间隔最后一分钟的平均功率传送到负控中心，记录作为这个用户的用电数据。经过实际数据的对比，这个数据往往与用户检测的 15 分钟平均功率数据有不小出入，误差可达 $\pm 5\%$ 个别点达 10%。

由于需求响应管理平台将来要面对几万到几十万用户，用户的数据不可能太密集，15 分钟一个数据点也是美国常用的方法，所以采用 15 分钟平均功率表征一个用户的负载，可能最能代表这个用户的电力负荷状况。而且 15 分钟平均功率的测量装置的要求比较低（时间同步精度），容易得到一致的数据。而 15 分钟时间段内一分钟平均功率方法，因为实际的测量时间只有一分钟，对这一分钟测量间隔的起始点和持续时间都会有很高的要求，即测量仪表必须具有较高的时间同步精度（通过时间同步保证每个仪表能在预定义的时间间隔进行测量），才能保证数据的一致性，而这在实践中很难办到或成本过高。



黑线—实际功率 红线—15 分间隔最后一分钟平均功率 蓝线—15 分钟平均功率

图13 负荷计量示意图

### (2) 计量的改进

将安装在用户现场的负控终端软件作很小的改动，使原先计量 15 分钟区间最后一分钟的平均功率改为计量整个 15 分钟区段的平均功率，即只要改为 15 分钟连续计数有功功率脉冲输入并除以 15 分钟就可得到 15 分钟平均功率。同样每 15 分钟计量一次和向负控中心报告一次。

我们接触到的电力用户，如果具有计量能力都计量 15 分钟平均功率，如果再增加测量时间段的同步功能（由于时间段长，同步精度要求相对较低，使用普通的串口校时功能也能得到 1 秒以内的精度），就很容易得到相似的负荷数据（误差范围可控的）。

### (3) 负荷测量仪表问题

用户端参加需求响应时需要计量数据的帮助，另行安装仪表面临高压回路施工的难度不太现实，从负控中心获得数据滞后过大，因此是否能考虑利用国网现安装在用户高压进线电能计量表的信号获得需求响应需要的有功功率数据。

电能表的有功功率脉冲输出端原连接到负控终端，现可串接一个脉冲—功率转换单元，（电能表是输出电流脉冲，串接一个光耦仅增加 2 伏压降）这不影响负控终端接收功率脉冲。电能表的脉冲输出端输出脉冲频率与电能表计量的有功功率成正比，脉冲—功率转换单元对这个脉冲进行计数（例如每一分钟间隔计数得到一分钟平均功率）得到平均功率值，计数间隔可以是 15 分钟，或先分成一分钟和 5 分钟，这样可以得到更细节的数据，提供给用户侧的需求响应程序。这时，用户得到的负荷数据是与负控中心的数据来自同一个源，如果能利用进线电能表上计量需量的 15 分钟边界信号，同步检测时间段则计量时间段也能完全重合，数据的一致性就不会再有问题。

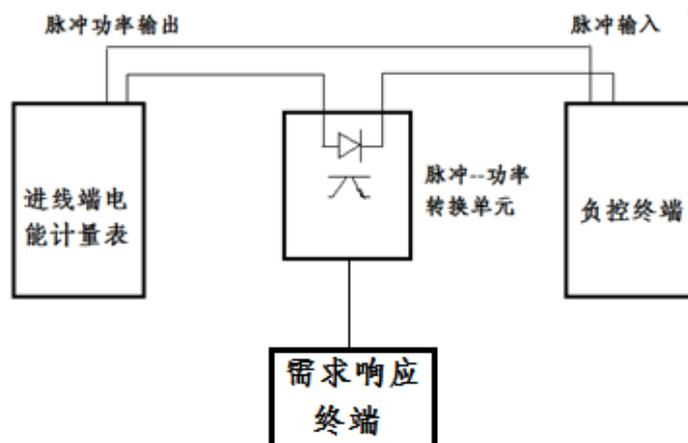


图14 从用户现有仪表引出进线有功数据示意图

#### (4) 就地处理或分散处理

由于用户是分散的，如果从用户现场得到数据传送到负控中心，负控中心将用户数据转送到需求响应平台，在需求响应平台对数据进行处理后提供分散各处的用户，由于数据量大、传输线路长，滞后大，用户只能看到几天以前的数据，集中处理是不合理的。解决办法是就地或分散存储、分散处理。通过分散处理提高响应速度和简化装置复杂性。云计算是适合需求响应这类应用要求的方法，但是依靠自己的能力一步到位实现云处理目前尚有困难，考虑目前需求响应需要的处理并不复杂，目前比较现实的方法可以通过在每个用户端安装的需求响应终端实现，再借助公网传输少量必要的管理数据。

基线计算方法应单独建立一个模块，该模块应可从网上下载更新。当用户参加一种需求响应产品时，可从需求响应平台下载对应的基线计算模块。激励的计算方法（用户端模拟计算，实际值应以平台计算为准）应是类似的可随产品下载更新。

如上面负荷计量仪表一节所述，用户的用能数据可以从电能表的脉冲输出得到，这个数据与负控中心（需求响应平台）是来自同一个源，它们是一致的，而这个数据就在用户侧本地，所以可以就地处理得到用户需要的基线和实时电能消耗数据。开放性通常是指设备之间的互联互通要求，通常需要采用开放通信协议来实现，对于需求响应应用，用户是很分散的，很难将它们限制在一个局域网内，所以主要考虑基于 Web 的广域通信。在规划系统架构时，各设备间的交互需按照普遍认可的标准实现，使各厂商或各时期开发的设备能互相连通。目前需参照的标准可能是 OpenADR 2.0, SEP 2.0, HTTP 等。

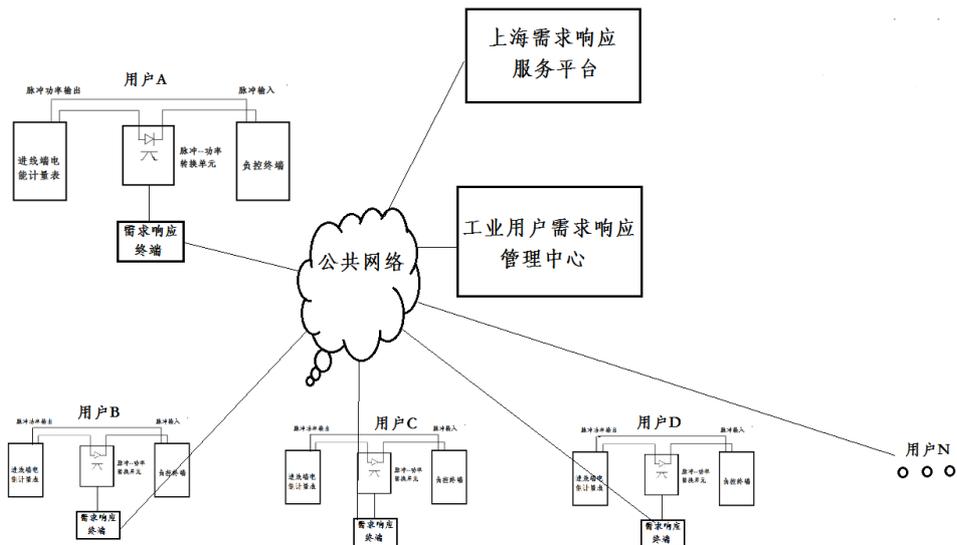


图15 可用的需求响应系统架构示意图

### 3.2.2 集电商合理的商业模式

在国外，负荷集成商 (aggregator) 在实施需求响应项目扮演电力公司和用户之间的角色。虽然电力公司也有直接与用户签署合同的需求响应项目，有些项目必须通过负荷集成商参与。负荷集成商为用户提供技术支持及培训，并设计不同类型用户组成的项目组合控制风险，以保证完成与电力公司签约的负荷削减量。在该机制下，负荷集成商应当获得需求响应项目的经济效益。

在上海的试点工作开展过程中，腾天能源科技公司扮演这类似国外负荷集成商的角色，但最大不同在于上海还没有机制允许腾天能源科技公司享受需求响应项目的效益。目前需求响应的补贴以扣除电费的方式提供给用户，负荷集成商无法获得补贴，没有动力吸引类似的服务商加入并形成一个行业。

如负荷集成商与电力公司签约合同开展需求响应项目在近期无法实现，第一步可以出台政策，要求指定类型用户必须与负荷集成商签约合同，参与需求响应项目。但开展此方式的前提为需求响应的经济效益空间足够大，用户和负荷集成商共同分享效益具有价值。集电商的商业模式，可以在需求响应逐步趋于成熟时，考虑以下策略：

#### (1) 尝试改变激励补贴方式：

- 激励补贴给与到集电商，由集电商统一安排分配。
- 激励补贴仍由电力公司直接发放到参与响应的用户，集电商作为响应工作的组织协调推广单位，由电力公司支付一定数额的客户开发和管理费用。

---

## (2) 从参与客户收取咨询服务费

参与响应客户对参与的细节及自身的能力无法确认的，由集电商提供方案制定；削减量确认；ADR 实施等咨询服务，并根据补贴量向客户收取相应费用。

## (3) 公共服务平台

- 提供一个开放的公共服务平台，电力公司与参与客户均以收费客户形式接入平台，并在平台上进行与电力需求相应有关的活动
- 建立负荷交易机制，提供客户之间的负荷交易，收取佣金。

### 3.2.3. 需求响应用户激励政策的深入探索

政策、法规、激励机制缺少推力：对电网公司的激励不足，缺少系统层面的国家或地方推进需求响应的政策、法规、目标与规划；对终端客户的激励强度不够，激励种类单一，只有每千瓦时 2.0 元的避风补偿政策，难以形成需求响应资源市场与商业模式；在电力规划方面，还没有将需求响应视为电力平衡的资源；参与各方对需求响应作为一种资源参与电力平衡与发电竞争的认识不足，需要加大力度宣传、教育。

上海电力负控终端 15 分钟负荷数据无法与试点参与单位共享，无法满足需求响应事件运行期间实时互动性的要求，客户看不到削减策略实施与削减效果的直接关系，影响了客户参与的积极性、需求响应的瞬时调节控制性。另外，不少商业建筑没有安装负控系统，有些安装的负控系统数据无法传输，使有潜力的客户无法发挥作用。

建筑的特性决定适当合理的降低用能负荷不会影响建筑内用户的舒适度，更不会因此减少建筑本身的经济产出，因此建筑将是需求响应最重要的参与者，但也由于建筑的特性，不可能像工业用户那样有非常大的削减空间，根据现行激励制度，建筑每参与一次需求响应的补贴数额将非常小，会较大程度减少建筑楼宇参与的积极性。

(1) 创新激励电价，提升电力需求管理内涵价值。为建立包括峰谷电价、尖峰电价、可中断电价、季节性电价等一系列有助于电力需求侧管理的电价体系，专门组织人员赴其他试点城市学习电价管理先进经验。为加快推进移峰填谷项目实施，我市根据先进城市经验和应用效果。

(2) 电价政策制定需国家大力支持。按照国家规定实行有利于节电的价格政策，我市将积极探索和建议省制定并完善有关电价政策，并希望在试点期内出

台上海市商业和非普工业峰谷电价政策和可中断负荷电价政策，鼓励电力用户合力调整用电负荷。但电价政策的制定和推动，需要国家大力支持。

(3) 企业自觉实施节电改造意愿有待提高。由于受国际、国内宏观因素影响，经济复苏不确定因素依然较多，企业考虑到运营压力和项目投资成本及回收期等，存在一定惯性忧虑，其自觉实施节电技术改造的意愿有待进一步提高。

### 3.2.4 需求响应市场化要素的培育与驱动机制

表 2 给出了上海 2014 年需求响应试点对形成需求响应市场的进展分析情况，从表中可以看出，上海试点在需求响应资源挖掘、集成方面取得了进展，也构成了需求响应资源的供应方，并且证明了上海商业楼宇需求响应的潜力。但是，在需求响应资源的需求方方面，除政府及政府补贴外，并没有找到需求响应资源交易的需求方。在政策法规更改潜力以及供需双方积极性互动机制方面基本没有什么进展，还需要政府政策的强力推动。

表2 上海2014 年电力需求响应形成需求响应市场的进展分析

宏观要素	形成需求响应市场的相关条件	上海项目状况	主要困难
需求响应资源挖掘具备条件	1 需求响应平台建立	实现	
	2 需求响应客户及客户端系统	实现	
	3 负荷集成商/电能服务商服务	实现	
	4 客户需求响应策略制定	实现	
	5 需求响应结果验证办法/渠道 (DSM平台)	实现	
需求响应资源产品	1 直接负荷控制/自动需求响应	实现	
	2 提前一天通知负荷削减	实现	
	3 当天通知负荷削减	实现	
	4 各种补偿负荷削减产品，例如错峰补偿	有进展	政策限制
	5 各种电价激励负荷削减产品，例如CPP	无进展	政策限制
需求响应产品需求方	1 电网公司	无进展	激励不够
	2 发电厂	无进展	政策与激励
	3 各级政府/发改委 (制定电力发展投资规划时)	无进展	需研究机制
	4 需求响应客户间交易/进入电力容量市场交易	探索中	政策与法规
需求响应产品供应方	1 独立终端电力用户	实现	
	2 负荷集成商/电能服务商	有进展	商业模式
	3 应急发电机组高峰期间投入运行	无进展	政策与法规
	4 新能源或储能企业联动	无进展	政策与法规
供需双方相互作用的机制/办法	1 从国家层面明确需求响应的地位和作用，制定需求响应的实施目标和行动计划	无进展	政策与法规
	2 将需求响应列入电力规划和运行计划	无进展	政策与法规
	3 需求侧管理(需求响应)专项资金，并完善电网公司激励机制	有进展	政策与法规
	4 建立需求响应节约量/用电权市场化机制和交易政策	无进展	政策与法规
	5 建立需求响应的投入与回报的平衡机制，采用电价附加收费冲抵投入	无进展	政策与法规
	6 允许地方对需求响应项目制定灵活多样的激励政策，电网公司要配合实施，参照CPP/RTP/PTR 等，给用户更多选择	无进展	政策与法规
	7 允许地方在需求响应实施过程中采用灵活多样的办法激励电能服务商与电力公司	无进展	政策与法规
	8 推动政府DSM平台的发展扩大，发挥它在计量、验证、数据存储与大数据分析的作用，统领与支撑需求响应的发展	有进展	政策与法规
	9 建议采用PPP市场化模式，建议下一步对实施PPP模式的条件进行进一步的研究	有进展	政策与法规

---

需求响应市场化是唯一可持续地推动需求响应的方式。用户必须看到需求响应的市场价值，并主动参与项目，使市场有效地运作。但是，建立可持续、有效运作的市场机制有几个重要要素和其工作开展步骤：潜力分析和经济效益：对上海需求响应的潜力进行充分的分析，并足够了解需求响应的经济效益。需求响应经济效益分析应包括对需求响应成本和益处的分析：谁该承担其成本，谁能享受其效益等一系列的问题要梳理清楚。上海试点工作的最难点在于成本效益分析，但基于国外数据分析，已开始简化的测算工作。随着相关数据的透明化，此工作将继续完善。

所有利益方的目的和其实现渠道要明确：所有参与方（利益方）的参与方式即要明晰，也提供某种激励机制。最主要的参与方包括政府、电力公司、电能服务商（负荷集成商）和用户，每家参与方应有明确的目的能够通过参与需求响应项目实现，尤其是用户和电力公司都需要获得经济效益。其他参与方包括高校、研究机构及国际合作单位，以负责研究、交流和协助工作。

可操作的市场设计方案：基于潜力和经济性分析结果、并确保各个参与方的积极参与方式后，需要做出可操作的市场设计。用户得到的经济效益必须与电力公司的经济效益连贯起来，电力公司把需求响应的效益与用户（或负荷集成商）分享。但是，这种方式又涉及到电力改革的重要一部分 - 电力公司的盈利模式转变。另一种是通过建立容量市场，允许大用户和负荷集成商竞标，该模式在欧美已在运作，可以借鉴国外经验。但是，这种方式需要准确的负荷预测模型与调度系统的独立运行。考虑到国内现有的条件与环境，可操作的市场设计只能从局部的试验开始，促进大环境的变化。

相关政策的监管制度的力量：相关政策和大环境的支持是必不可少的一个要素。首先，政策必须能够保证透明和公平的市场运作：市场机制必须使所有市场参与者能够回收成本，并享受参与需求响应的效益。基准线测算方法以及测量与验证方法必须由政府牵头征求所有参与方意见达成共识规定，并且政府必须建立严格的监管制度。

### **3.3 稳步推进上海市需求响应试点工作的有序开展**

#### **3.3.1. 试点工作实施效果评价**

需求响应看似简单，其实质是从传统的保障供应的供用电模式转变到用户主动参与电力平衡调节的供用电模式，是从电力发展以来对供用电模式的重大发展，具有重要意义，其地位可能仅次于储能和分布式新能源，对电力系统发展将产生重大影响。

---

政策依据不足：依据有序用电的规定，只有在预计缺电时才可以限电。而需求响应的根本目的是发挥削峰作用，成为一种电力平衡的资源。目前需求响应由于依据不足只能在有序用电政策下进行有限的试点，实施长时间主动削峰和需求响应资源化工作还缺乏依据，限制了需求响应发挥作用和市场交易机制建设。建议国家发改委以后逐步对需求响应的启动条件、发挥作用、考核等政策发文 26 明确，为将来需求响应发展扩大打好基础。

网络系统不健全：目前的条件下试点网络系统虽然能做到互联互通、交互调控，但管理平台容易建，用户侧系统和用户内部调控仍未普及，和实时快速自动响应的 openADR2.0 标准差距尚远。现有的系统依靠拼凑，功能原始，甚至部分环节依靠手工操作，不能支撑即时响应和智能化响应。用户端系统将是制约需求响应发展的首要障碍。建议明确要求各省提升负控标准支持 openADR2.0 标准，带动需求响应网络系统建设。

意识仍十分落后：需求响应工作仍未受重视，试点工作迟迟难以落实，支持配合敷衍了事。作为电力建设和运行管理中一个十分重要的指标，最大用电负荷仍受到追捧；由于近几年上海电力供应富余，不需要开展需求响应的思想很有市场，甚至有很多同志认为有序用电也不需要；热衷于有序用电行政化限电，有序用电由事先预计到有供电缺口渐渐向实时应急措施转变，导致对缺电无责任无压力，对需求响应无需求。因此，至上而下的统一思想和树立正确的价值导向十分必要。建议加强需求侧管理削减电力负荷的独立考核，对用电负荷创新高要考核管理，最大用电负荷要和电网建设运行管理脱钩。

另外我们在发动用户过程中发现，用户的节能意识和社会责任感很强，但由于用户内部的管理环节较长，用电管理人员和业主不能很好的沟通，导致用户动员困难或响应不能有效保障，严重影响市场信号表达和传导，在这种情况下的成功商业管理模式也是项目的重点研究内容。

激励机制严重缺失 本次试点仅有对有序用电限电补偿政策，导致试点限制在有序用电范畴内，制约了需求响应价值的资源化表达和需方市场的形成。需求响应离不开电力公司的支持和投入，并且也会影响用电量或峰谷电费，对电力公司在物质和荣誉上也要有奖励。我们将在试点成功后向市政府申请建立需求侧管理专项资金和工作机制。

国家发改委应在以下方面给予支持：申请国家电力需求侧管理综合试点城市，并希望在电价总水平不变的前提下支持上海价格机制创新方面先行先试，如研究尖峰电价和用户需求响应激励平衡机制，进行用电权市场交易试点，更加灵活的分时尖峰电价等。

---

### 3.3.2 巩固成果及推广示范的必要性

上海需求响应试点工作已经取得广泛的关注，其成果具备着一定的学习价值。从最早的研究探讨阶段到现在，试点工作的每个环节都经历了不同经验及挑战，最终显示出了需求响应在国内发展的巨大潜力。在整个过程中，国外的经验及教训起了重要参考作用，以设计并实施符合中国特有国情的需求响应项目。

巩固上海试点的成果及推广示范的工作具有几方面的重大意义：为上海自己今后更好的工作提供参考：上海试点项目组由来自不同单位的多数专家组成，每个成员经历的经验，观察到的细节有所不同。巩固成果的过程本身将提供一个回顾和总结的机会，为下一步工作更好地准备。给国内外相关人士提供参考：国内其他城市以提出打算开展基于“上海模式”的需求响应，并国外专家也在关注在国内第一个需求响应试点的成果和发展方向。

引起更广泛的关注将带动更大的力量，在全国范围开展需求响应。促进更广泛的交流：推广示范工作将为上海提供更多与国内外专家交流和学习的机会。任何机制都需要不停地完善的过程，上海需求响应今后完善的工作需要各领域专家的力量。

### 3.3.3 需求响应的实质是新资源的开发：虚拟能效电厂

2014年9月，财政部最近下发了《关于推广运用政府和社会资本合作模式有关问题的通知》。12月4日，中国财政部首次对外公布了总投资规模约1800亿元的30个政府和社会资本合作模式(PPP)示范项目，欢迎中外私营资本参与项目建设及运营，采用PPP模式是国家投资的主要方式之一。政府和社会资本合作模式（简称PPP模式）是在基础设施及公共服务领域建立的一种长期合作关系。通常模式是由社会资本承担设计、建设、运营、维护基础设施的大部分工作，并通过“使用者付费”及必要的“政府付费”获得合理投资回报；政府部门负责基础设施及公共服务价格和质量监管，以保证公共利益最大化。财政部要求开展项目示范，按照政府主导、社会参与、市场运作、平等协商、风险分担、互利共赢的原则，科学评估公共服务需求，探索运用规范的政府和社会资本合作模式新建或改造一批基础设施项目。考虑到国家发展的方向以及电力需求响应发展的需求与价值，课题组提出未来

上海建筑需求响应发展可以采用PPP模式，可以以长宁为起点，建议充分考虑社会1200栋分项计量的商业建筑，以他们为基础，参考腾天在试点中发挥的作用，建议建立分项计量商业建筑需求响应虚拟电厂，采用PPP的模式，为上海建立一定的柔性负荷调节资源，相关架构如下图所示。

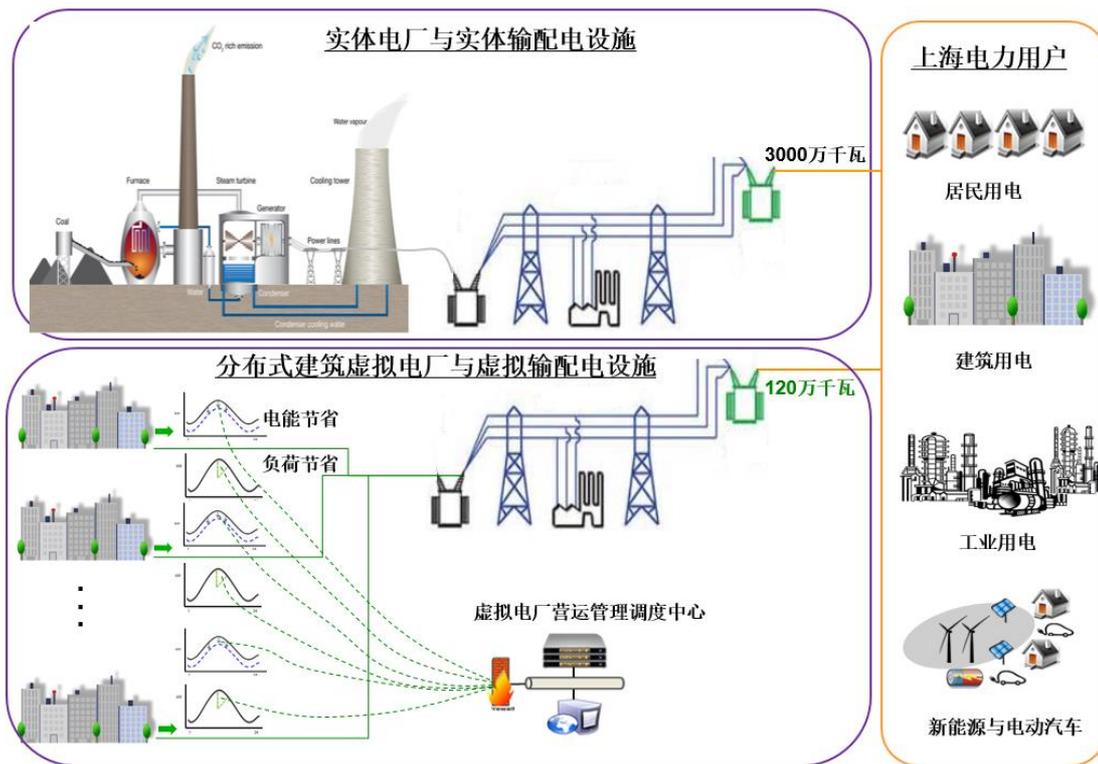


图16 需求响应虚拟电厂关系构架

### (1) 上海及长宁对建筑虚拟电厂的需求

- 低碳长宁建设需急需系统性抓手与规模项目；
- 长宁分项计量能源监测平台已成规模，需要体现更大的客户与社会价值，增加电力需求响应模块即可完成平台功能；
- 建筑能耗与高峰负荷快速增加，影响电网稳定运行；
- 上海大量使用外来电力，日常及电力高峰调峰能力严重不足，影响电网的稳定运行；
- 上海发电厂运行艰难，负荷率不高，30万机组调峰能耗高，污染大；
- 上海作为国际大都市，需要提升内涵，缩小与其他国际大都市的差距。

### (2) 长宁区率先建设建筑虚拟电厂的条件

长宁在能源分项计量平台监测管理方面走在上海的前列，腾天分项计量平台已覆盖 550 个 2 万平方米以上大型建筑，约 1600 兆瓦。

#### 3.3.4 试点工作推进过程中新方法的探索与研究

通过大量的调研及数据分析，因不同类型用户用电类型存在多元化，需求响应作为一种辅助方式应用于智能电网供电侧与需求侧之间互动来维持电力需

---

求平衡，因而它也应多元化而有不同的应用形式，在过程中实现多类型能源互动利用。

在用户端配置储能设备，使其在用电高峰放电、在用电低谷储电；户与户之间通过需求响应互动，在电价较高时选择储能供电，在电价较低时选择市电供电；户与户之间可以通过需求响应互动，将储电多的一方作为供电方为另一方供电；提高需求响应的激励强度，例如避风补偿标准提高到 8 元/千瓦以上，采用更加多样的激励政策，特别是电价激励政策，例如动态尖峰电价、直接负荷控制电价等。

电网公司智能电表、负控终端的数据资源对社会开放、与电力用户共享，允许负荷集成服务商及社会资源创新利用这些数据资源开展需求响应、节能减排及其它客户增值服务；允许需求响应补贴资金直接支付给负荷集成商，负荷集成商可以根据市场法则全权负责需求响应资源的挖掘利用，并与电力公司及终端客户进行市场化交易。

自动需求响应是需求响应的终极目标，自动需求响应能力的建设应该与智慧城市、智能用电设施建设联系起来，对于自动需求响应有条件的单位应给予一次性自动需求响应改造费用，逐渐建立更多的自动需求响应能力。自动需求响应国外给予最高 300 美元/千瓦的补贴，国内今后的自动需求响应也应该区别对待，实施差别性的补贴标准。同时，应尽快制定中国自动续期响应通信协议标准。

建立系统性的认证机制，允许通过认证的分项计量系统测量与验证需求响应结果，这主要是因为目前电网公司负控终端数据实时传输的局限性，同时目前有些电力客户并未安装负控终端（特别是商业建筑），还有一些客户安装了负控终端，但由于各种原因无法正常工作（例如在地下室的负控终端）。

建立需求响应的投入与回报的平衡机制，采用电价附加收费冲抵投入，上海应该建立需求响应专项资金池；允许地方在需求响应实施过程中采用灵活多样激励办法；推动政府 DSM 平台的发展，发挥其在计量、验证、数据存储与大数据分析的作用，统领与支撑需求响应的发展；建议采用 PPP 模式建立城市建筑、工业、居民需求响应虚拟电厂，推动城市需求响应的规模化发展。