



许鹏 教授 博士 博导

机械与能源工程学院

Peng Xu, Professor, PhD, PE, MBA

School of Mechanical Engineering

分项计量监控平台在商业楼宇需求响应中的应用

——建筑能耗分项计量数据与应用研讨会

石油



=

数据

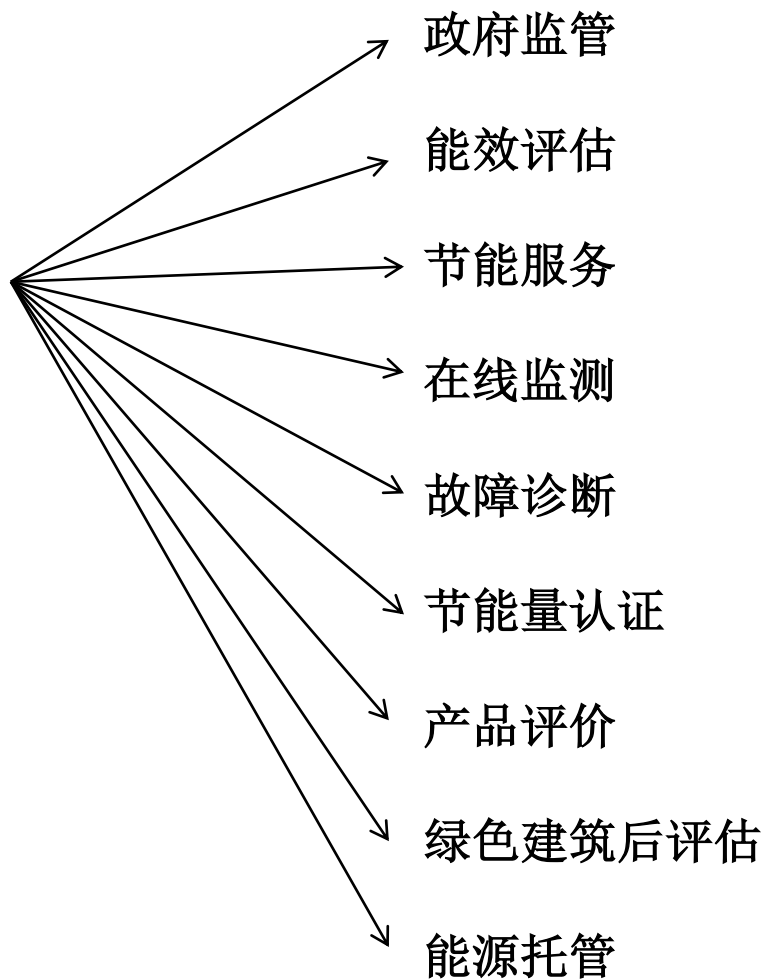
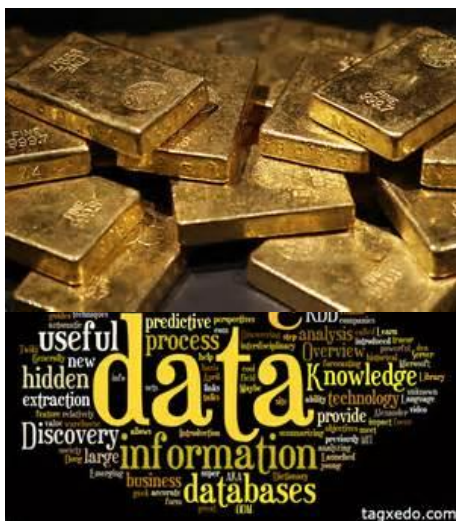


矿源、开采、提纯、运输、应用

分项计量平台

潜在的应用

一种可能



分项计量平台下的
需求响应

主要内容



商业楼宇需求响应背景

分项计量系统与需求响应对接

分项计量系统下的商业楼宇需求响应实例

商业楼宇需求响应背景

■ 什么是需求响应？

- ✓ **需求响应 (Demand Response, 简称DR)** 即电力需求响应的简称，是指当电力批发市场价格升高或系统可靠性受威胁时，电力用户接收到供电方发出的诱导性减少负荷的直接补偿通知或者电力价格上升信号后，改变其固有的习惯用电模式，达到减少或者推移某时段的用电负荷而响应电力供应，从而保障电网稳定，并抑制电价上升的短期行为。它是需求侧管理 (DSM) 的解决方案之一。

需求侧响应项目种类

市场导向型

(基于价格的需求侧响应)

- 分时段电价(TOU);
- 实时电价 (RTP);
- 极端峰值电价 (CPP);

系统导向型

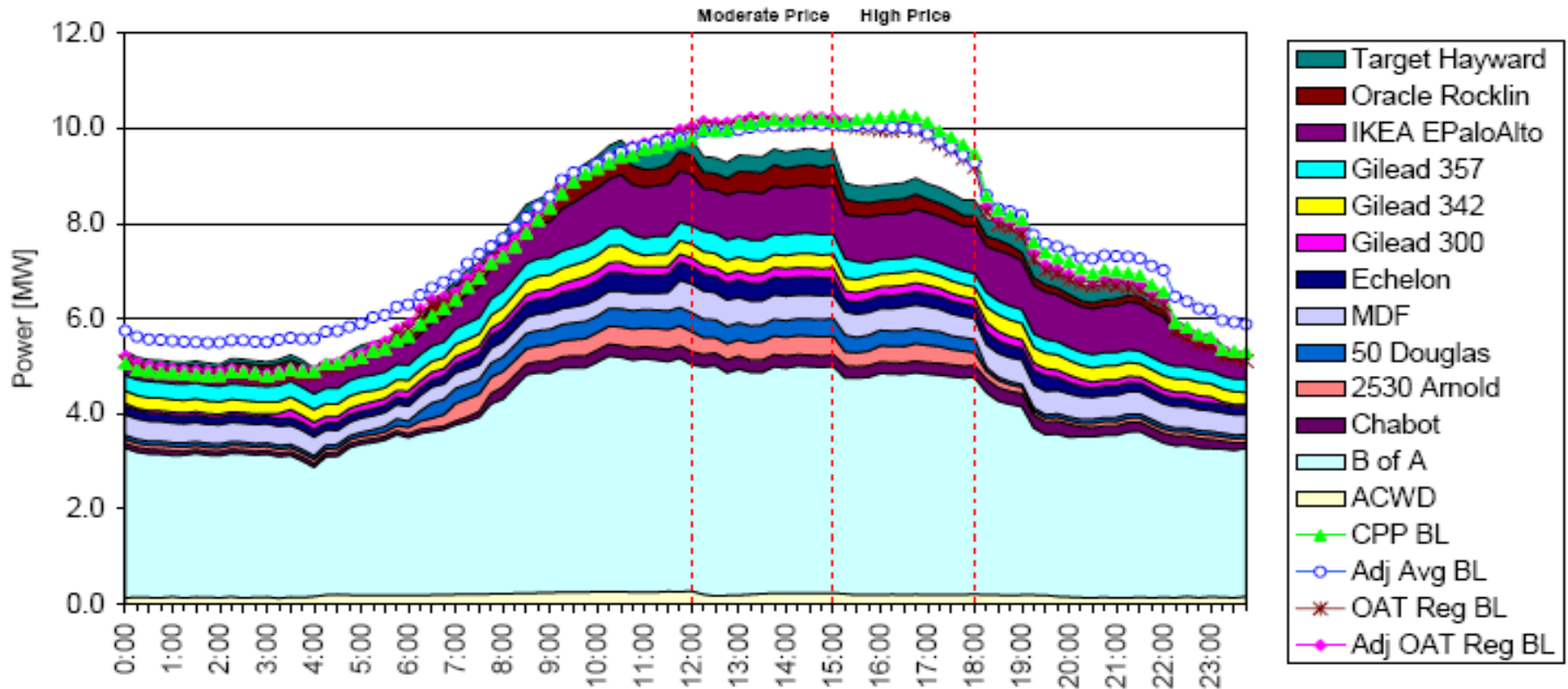
(基于激励的需求侧响应)

- 直接负荷控制;
- 可中断/缩减负荷服务;
- 需求侧竞价与容量回购;
- 紧急负荷项目;
- 容量市场需求侧响应项目;
- 辅助服务市场项目;

■ 需求响应国外经验

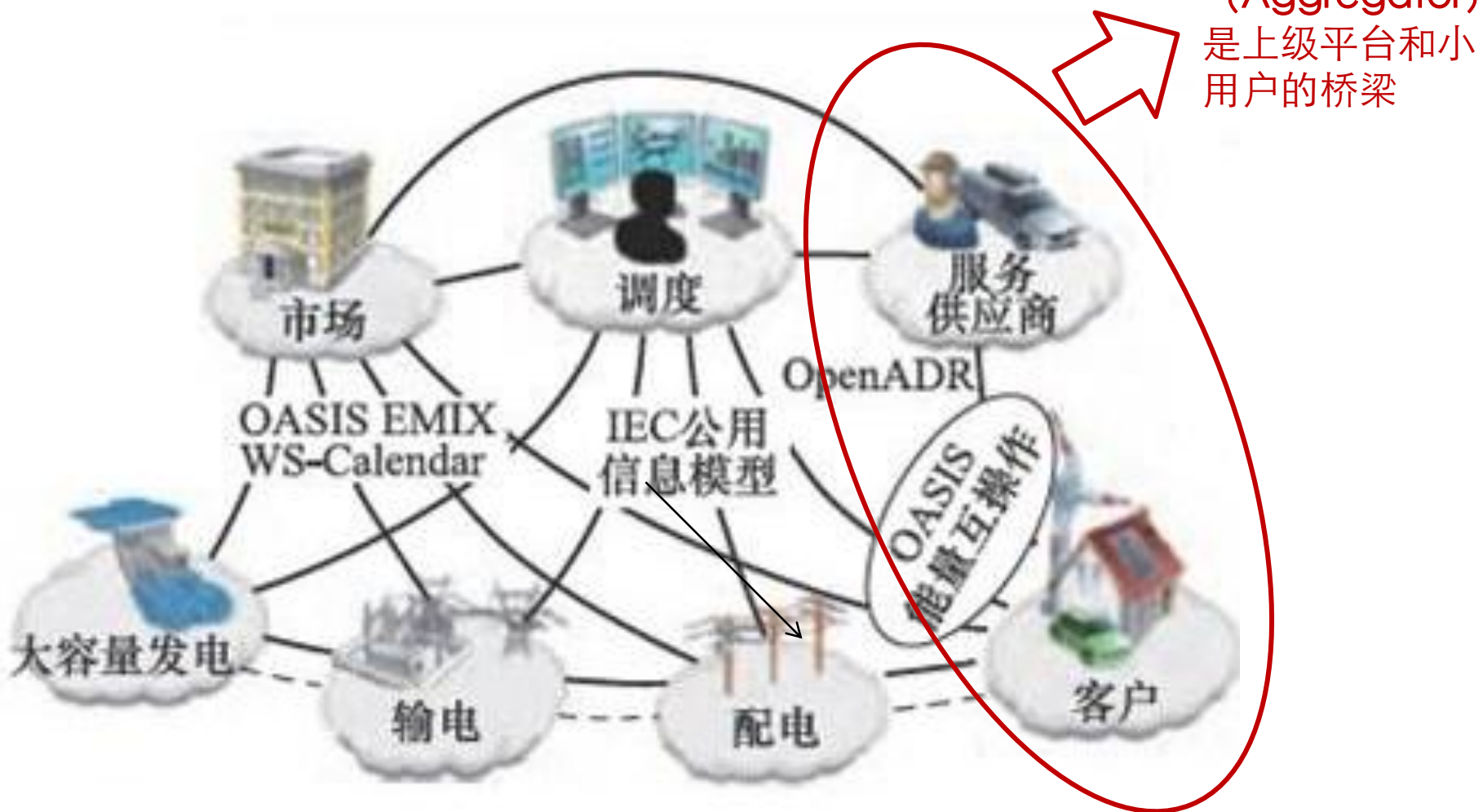
✓ 商业楼宇大规模DR的国外经验

Aggregated Demand, 6/23/2006 (OAT: 84 °F) - Zone 1&2, 13 sites



■ 需求响应国外经验

- ## ✓ 智能电网需求响应中各个角色的关系



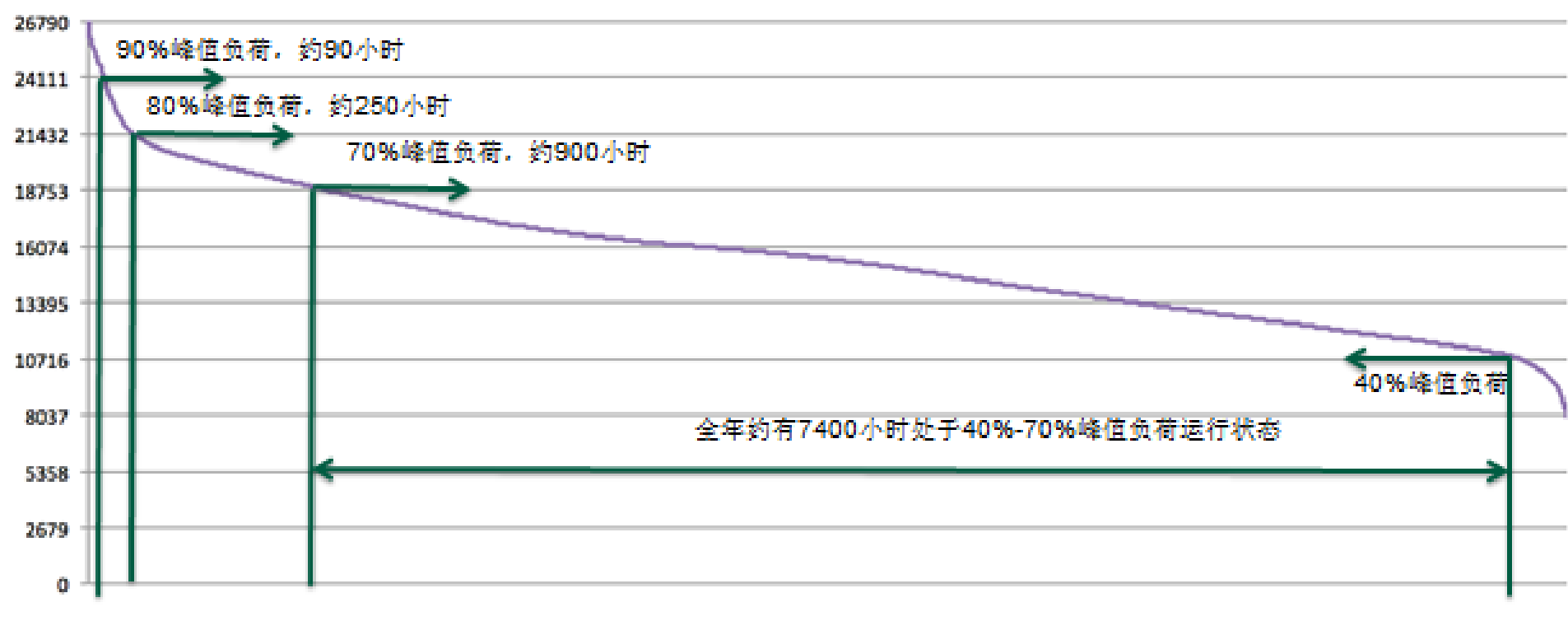
■ 需求响应国外经验

✓ 国外电力需求响应成功实例

- 2006 年美国加州的全部内陆地区 38℃以上的高温天气持续长达 10d，局部地区长达 21d，热风暴确实给加州电网造成了空前的压力，但加州却没有发生停电事故。这是因为电力需求响应的实施降低了电力负荷 1500MW。（若以补贴100美元/ MW计算，则用户侧包括负荷集成商可以获得补贴收益150000美元）
- 美国其他地区通过实施电力需求响应：
 - 新英格兰独立系统运行机构（New England ISO）服务区域降低负荷 530MW（用户侧收益可达~53000美元）
 - 爱克森电力公司(Exelon Corp) 服务区域降低负荷 1100MW（用户侧收益可达~110000美元）
 - 东北电力（Northeast Utility)降低负荷 95MW（用户侧收益可达~9500美元）
 - 美国中部能源公司（MidAmerican Energy)降低负荷 250MW（用户侧收益可~25000美元）
- 据调查统计，美国全国现行的电力需求响应项目的降低负荷总潜力可达 37500MW（用户侧收益可~3750000美元）

■ 中国为什么要进行需求响应？

✓ 峰谷差距明显 —— 上海为例，下图为近期电力负荷特征



■ 需求响应的经济效益

✓ 上海市需求响应效益计算

根据统计数据

①燃气轮机电厂平均造价为3000元/kW，燃煤电厂4500元/kW；电网建设费用约为1000元/kW；

②高峰时刻启用的“调峰电厂”煤耗约为380-500g/kWh，普通电厂机组为290g-340g/kWh；

③国外经验表明，高峰时刻较易实现减少10%的负荷需求（~270万千瓦），这部分负荷转移到谷时，总的销售电量基本不变。

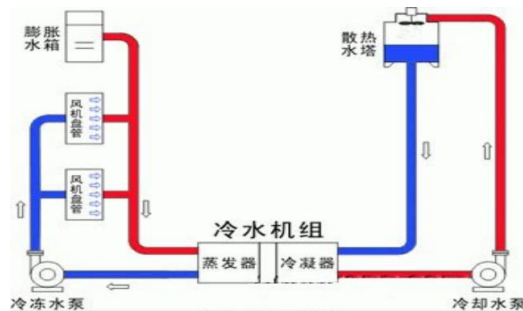
收益来源	收益结果 (CNY)
节约电厂建设投资	95亿
节约电网建设投资	27亿
高峰发电比低谷多耗煤50g/度，节约燃煤12万吨	1亿
原有的一些电厂转为热备份电厂，减少电厂热备份费用	2700万
合计	~123亿元

■ 需求响应后的电厂效益评估

电厂/机组名称	控股	装机容量	多售电量 (亿)	多收收益 (亿元)
上海漕泾电厂1.2号机	上海电力股份有限公司	2*1000MW	4.067	2.85
上海市石洞口第一电厂	中国华能集团	4*300MW	热备用	热备用
上海市石洞口第二电厂/1期	中国华能集团	2*600MW	2.44	1.708
上海市石洞口第二电厂/2期	中国华能集团	2*600MW	2.44	1.708
上海外高桥电厂/1期	上海电力股份有限公司	4*300MW	热备用	热备用
上海外高桥电厂/2期	上海电力股份有限公司	2*900MW	3.66	2.562
上海外高桥电厂/3期	上海电力股份有限公司	2*1000MW	4.067	2.85
上海吴泾热电厂	中电投	350MW	热备用	热备用
上海吴泾第二发电厂/1期	中电投	2*600MW	2.44	1.708
上海吴泾第二发电厂/2期	中电投	2*600MW	2.44	1.708

■ 商业楼宇怎样实现需求响应?

空调



- 全局温度重设
- 建筑蓄热体蓄冷
- 提高送风温度
- 预冷
- 关闭部分冷机

照明

- 暂停装饰照明
- 关闭部分照明



动力和其他



- 暂停部分动力设备
- 暂停部分电梯

■ 中国商业楼宇需求响应的外部条件

最新政策

大力支持

- ✓ 2012年《电力需求侧管理城市综合试点工作中央财政奖励资金管理暂行办法》：
 - 支持实施能效电厂和开展电力需求响应,
 - 提出需求响应的奖励标准
- ✓ 2015年《关于完善电力应急机制做好电力需求侧管理城市综合试点工作的通知》
 - 强化机制创新，实施需求响应

■ 中国商业楼宇需求响应的外部条件

市场环境

深化改革

- ✓ **长期垄断：** 国家电网公司作为发电企业的单一买方和用户侧的单一买方，承担了电力的输、配、售以及调度的全部职责，在购销两端形成了双重垄断
- ✓ **改革在继续：** 《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（国务院，2015） **电力市场不断开放，将更适合需求响应在中国的发展**

■ 中国商业楼宇需求响应的自身有利条件：分项计量

✓ 分项计量背景简介

全国背景

- 2000年中期开始兴建能耗监控和分项计量系统，用来管理和约束建筑能耗的快速增长。
- 截止目前为止，在中国主要的大中型城市，都已经启动了城市级别的分项计量监控平台。

上海背景

- 上海建成建筑能耗监测市级平台、17个建筑能耗监测区级分平台和1个市级机关办公建筑能耗分平台。
- 完成1400栋以上既有国家机关办公建筑和大型公共建筑用能分项计量装置的安装及联网。

■ 中国商业楼宇需求响应的自身有利条件：分项计量

✓ 分项计量平台实例展示



长宁区单体建筑能耗分项监控和管理平台示意图

分项计量系统与需求响应对接

■ 商业分项计量与需求响应对接优势

分项计量系统已在商业楼宇广泛实施

拓展分项计量平台应用的新领域

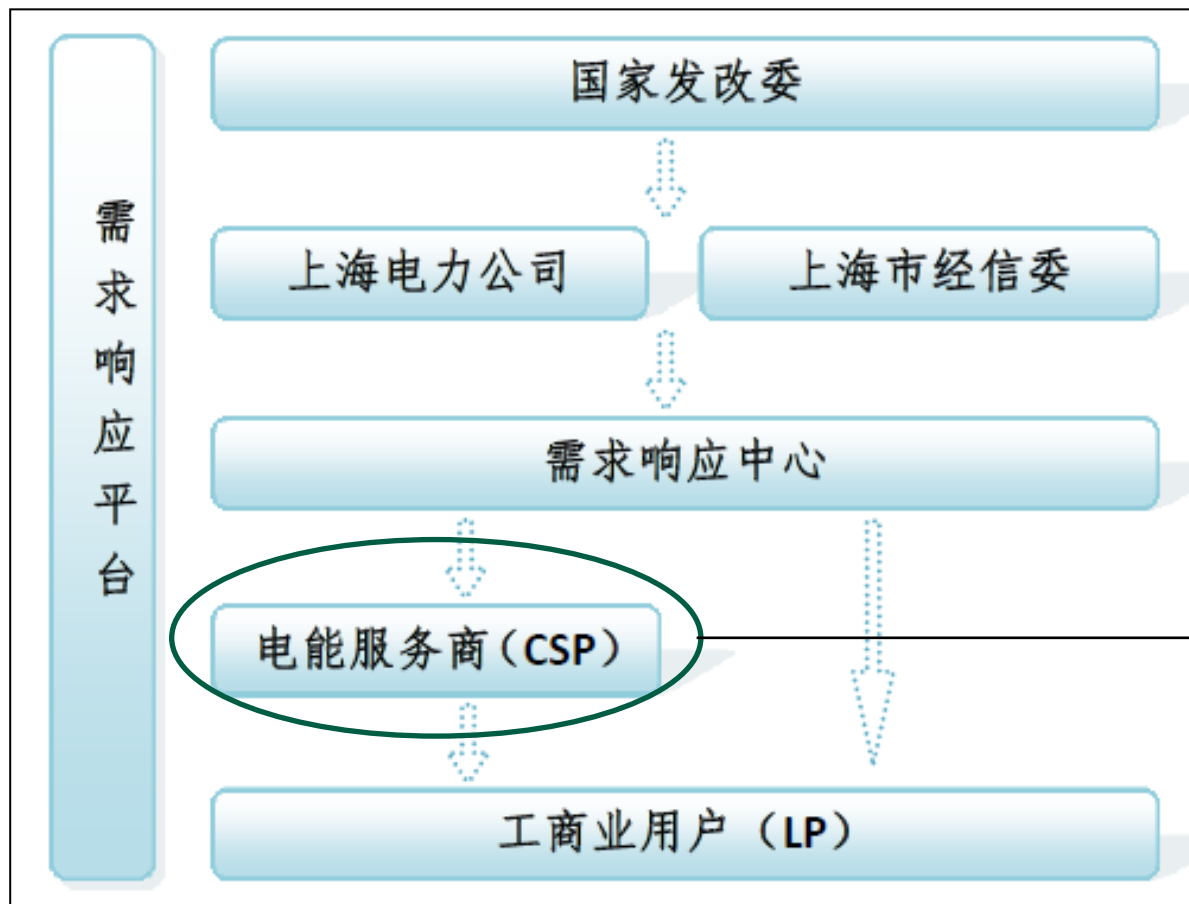
基于分项计量平台直接开发需求响应平台

分项计量的用户群为需求响应开发用户提供了便利

平台和用户可以监测建筑实时能耗数据

监测建筑需求响应控制策略的实施情况便于及时作出调整

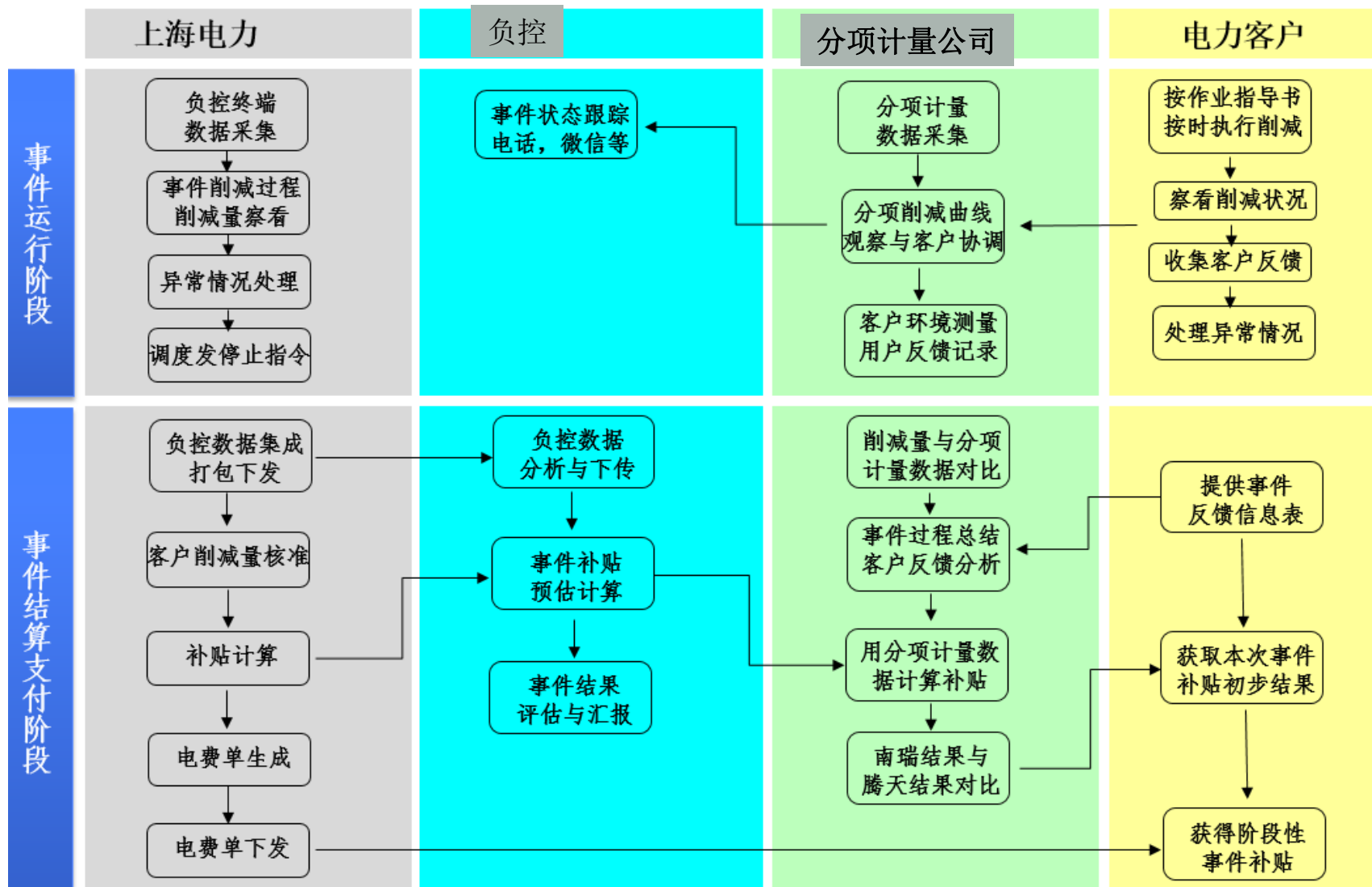
■ 商业分项计量平台在需求响应中的角色



基于分项计量平台建立商业楼宇需求响应专项应用平台：

- 优化整合零散建筑需求响应资源
- 有效监控监管和及时反馈客户
- 保证有效的响应电网调度侧的需求响应总量

■ 商业分项计量与需求响应对接实例



■ 分项计量平台下的需求响应负荷基线研发

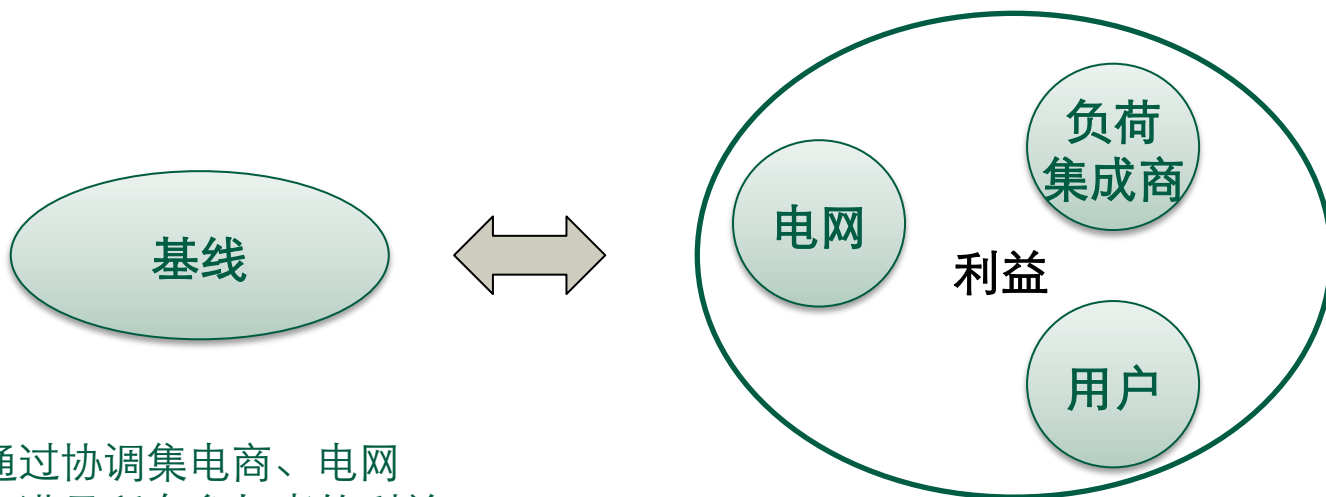
✓ 需求响应基线的重要意义

- 需求响应项目通过用户的电力消耗减少量激励电力用户
- DR的“基线”确定了资源的大小，是测量需求响应减少量的基本工具

DR确定了参与用户能得到的补偿量



参与DR的用户类型和数量

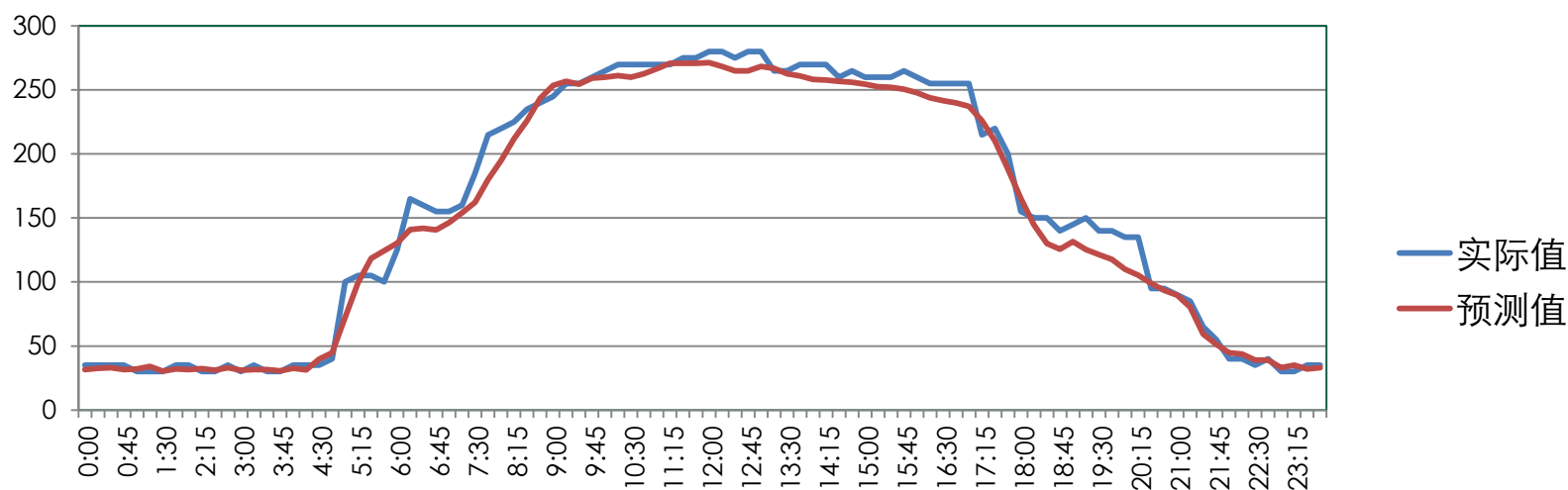


合理基线应通过协调集电商、电网和终端用户来满足所有参与者的利益

■ 分项计量平台下的需求响应负荷基线研发

✓ 基线确定实际上是确定同样情况下用户不参加需求响应时的负荷

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。



基线方法在某楼宇中的验证

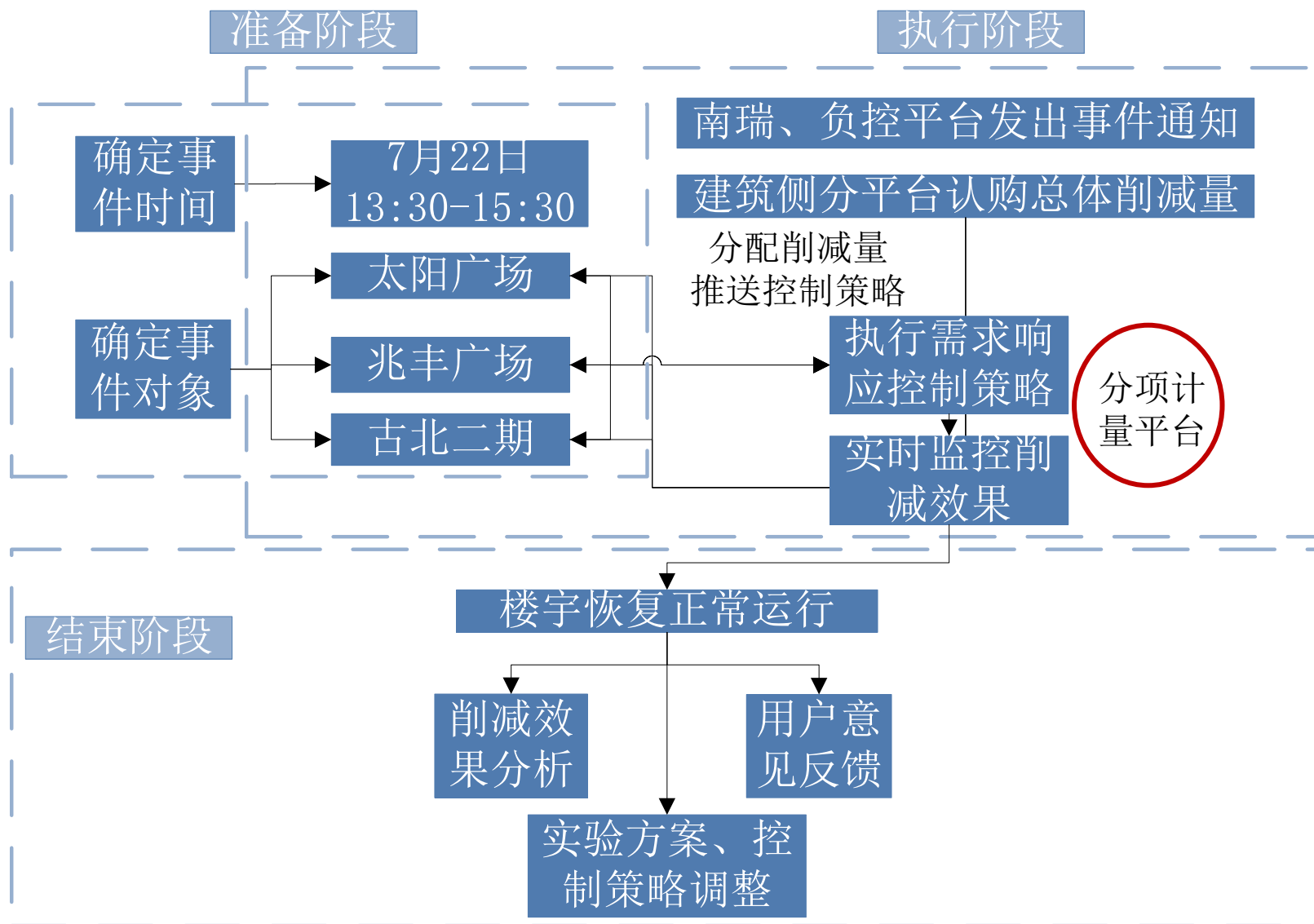
分项计量系统下的商业楼宇需求响应实例

■ 上海实例概况

- ✓ 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，组织试点企业和商业建筑用户实施需求响应试点，并暂时按照上海市避峰电价补偿政策执行补偿（即2元/kWh）
- ✓ 上海需求响应试点共开发33户商业楼宇，在2014年7月22日和8月29日进行了两次试点实验：
 - 第一次4栋楼宇参与
 - 第二次28栋楼宇参与



■ 需求响应在单体建筑中的实施实验

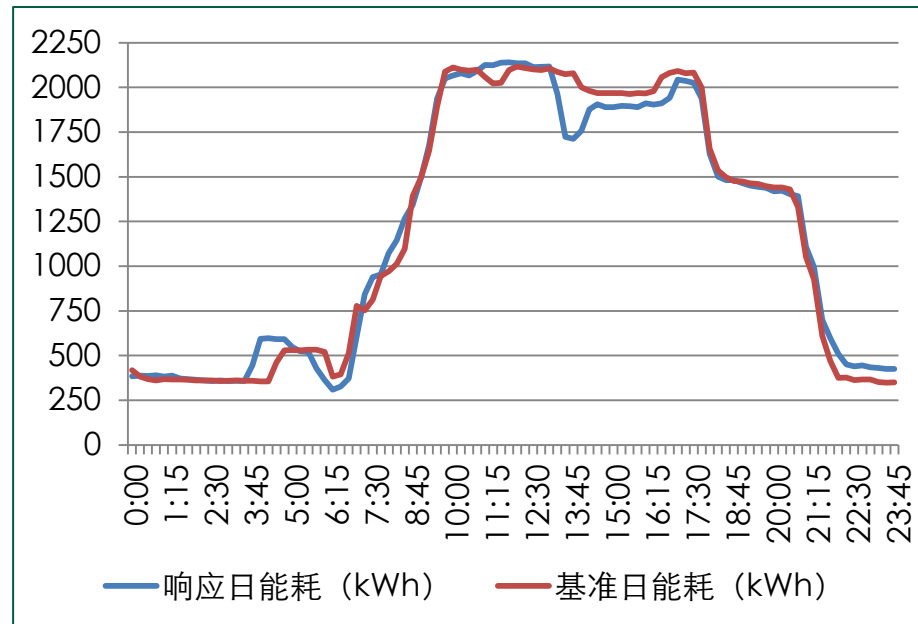


■ 古北二期

- 办公区域原本最高负荷时开2台504KW。现在改成1台504KW，1台314KW。
- 高、低区电梯各开八台，响应时各关掉四台。6部手扶梯各停1部下行扶梯。
- 生活水箱提前手动打满后切自动
- 商场区域原本开2台681KW现在改成开1台322KW，1台681KW。
- B2、B3、B4车库送排风关掉80%。每个15KW,每层12个。
- 非重要设备机房照明全部关闭。

分项计量平台监测数据

响应日时间	响应日能耗(kWh)	基准日能耗(kWh)	削减百分比
13:30	1722.6	2075	16.98%
13:45	1713.4	2079.6	17.61%
.....			
15:15	1897	1969.4	3.68%
15:30	1895.4	1963.2	3.45%
总量削减	16550.8	17973	7.91%
收益		2846	元

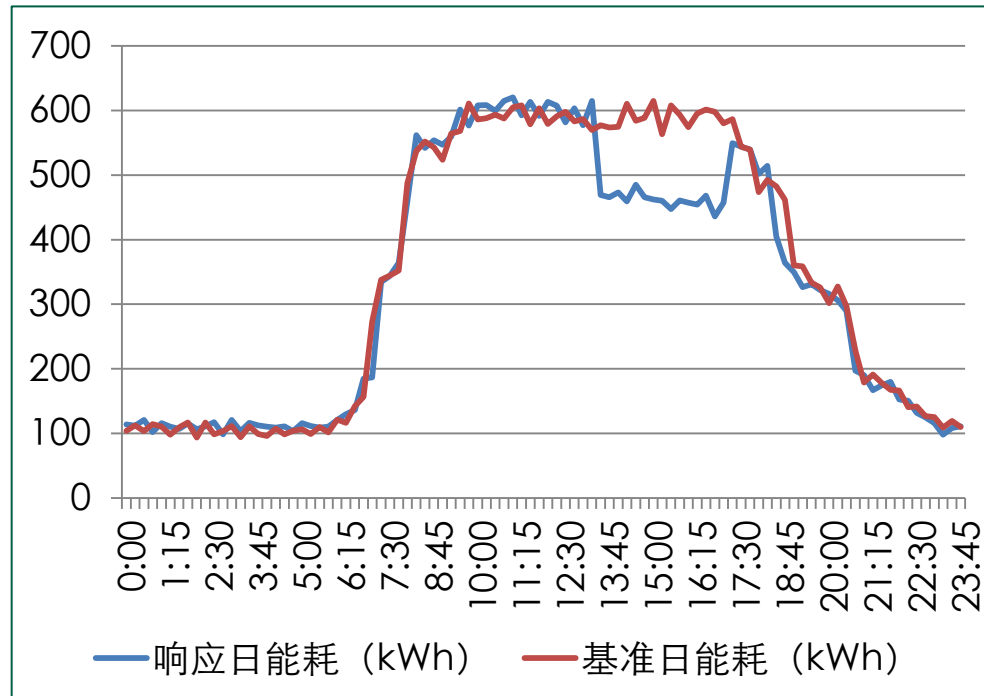


■ 兆丰广场

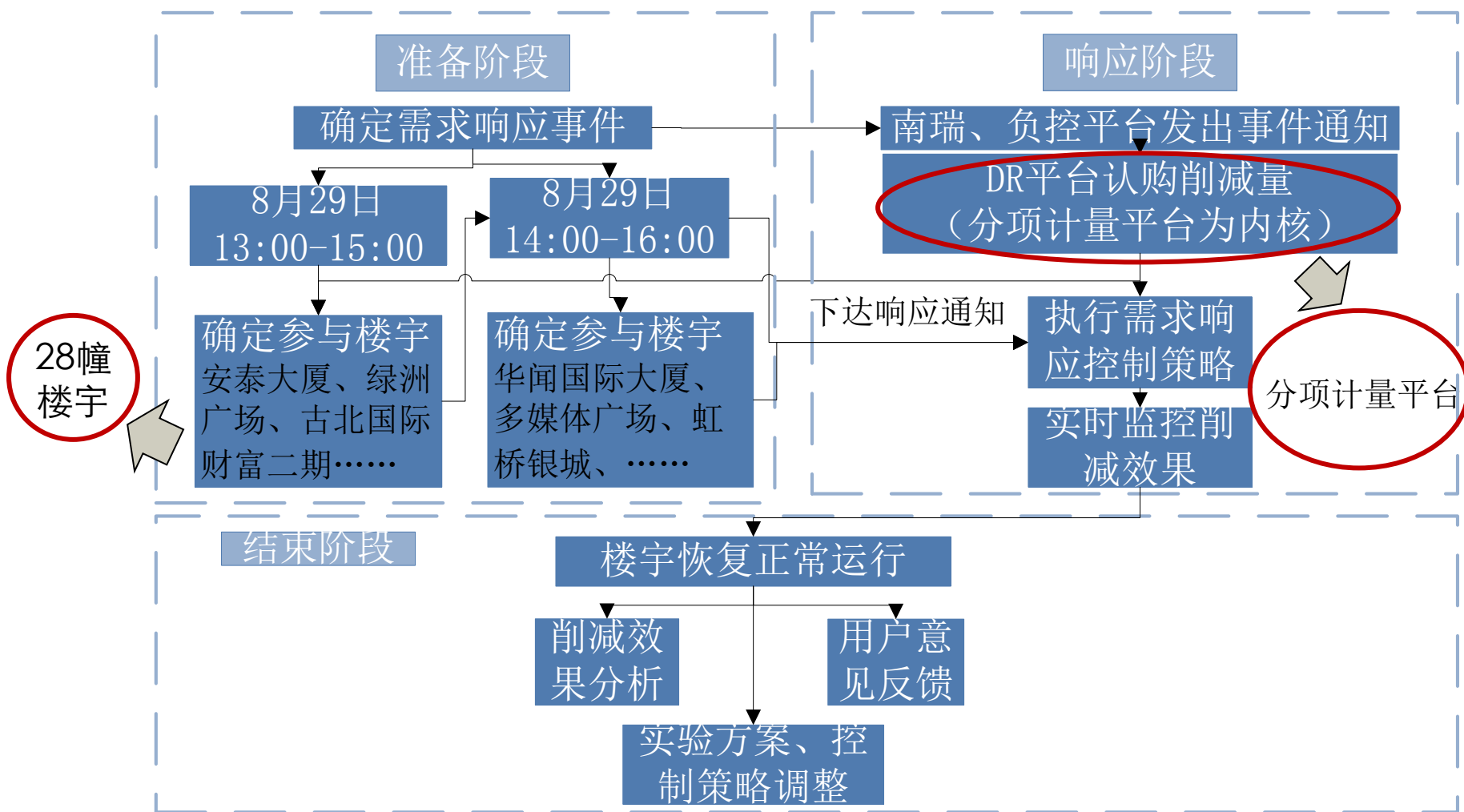
- 高峰时段利用燃气溴化锂冷水机组替代电制冷机组
- 在高峰时段，对于地下车库及后勤机电用房等非重要区域，暂时关闭通风系统
- 现有电制冷冷却塔为原有溴化锂机组配套
- 在高峰时段，通过楼控系统关闭部分影响不大的区域灯光

分项计量平台监测数据

响应日 时间	响应日 能耗 (kWh)	基准日 能耗 (kWh)	削减 百分比
13:30	469.1	577	18.70%
13:45	465.7	573.5	18.80%
.....			
15:15	460.2	563.4	18.32%
15:30	447.5	608	26.40%
总量 削减	4188	5294.7	20.90%
收益		2213.4	元



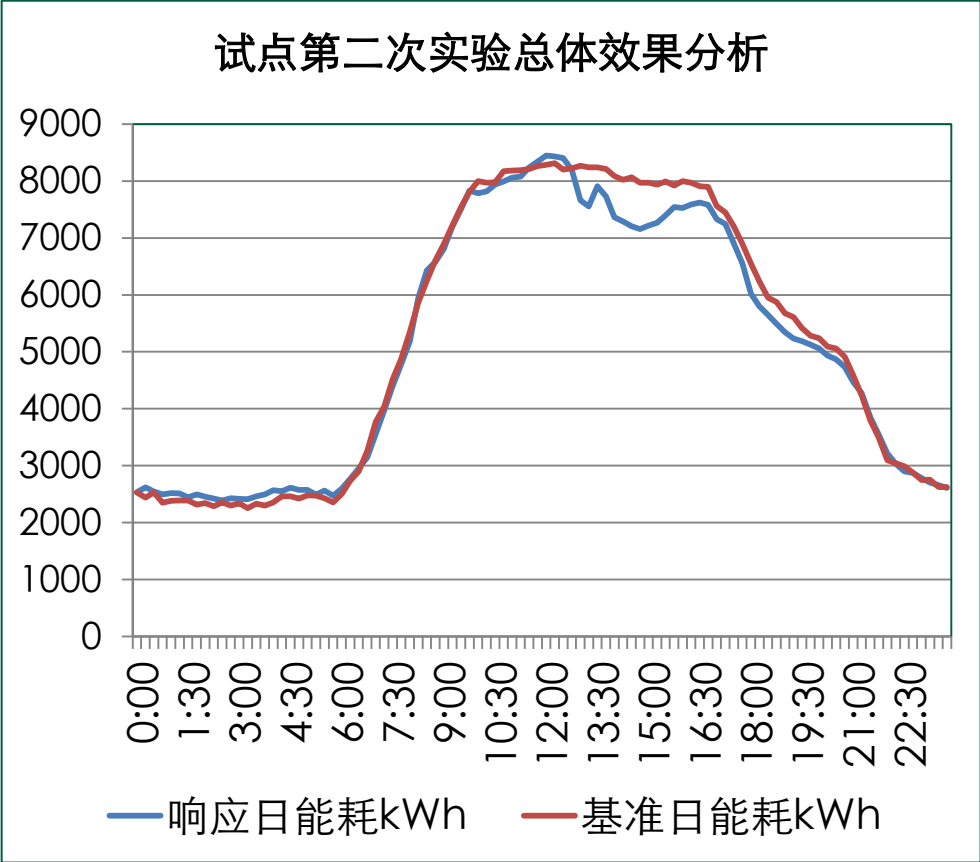
■ 需求响应在多个建筑中的联合实验



■ 所有参与建筑的总体需求响应效果

分项计量平台监测数据

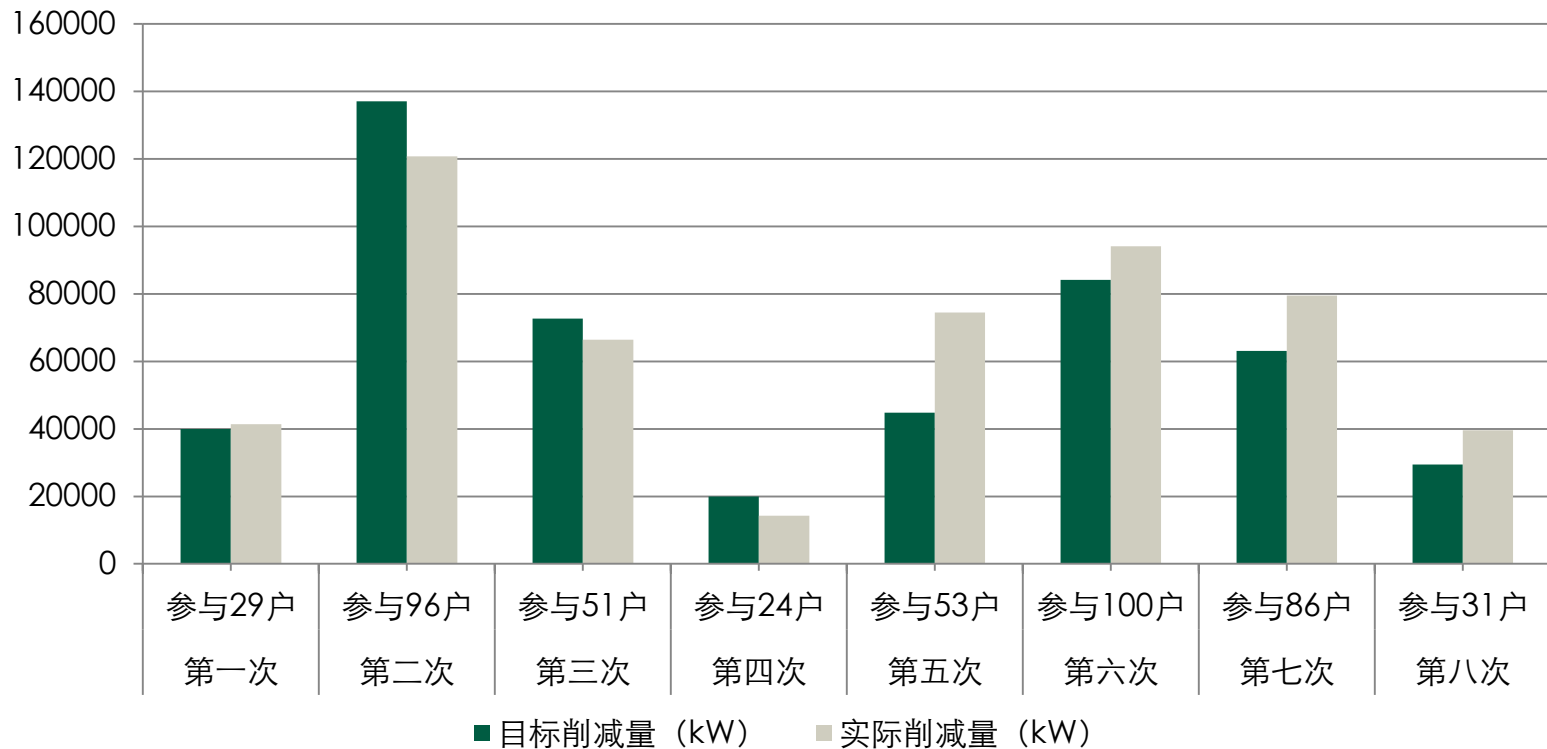
时间	响应日 能耗 (kWh)	基准日 能耗 (kWh)	削减量	削减 百分比
13:15	7552.89	8240.71	687.83	8.35%
13:30	7909.37	8237.85	328.49	3.99%
13:45	7730.29	8209.64	479.35	5.84%
.....				
15:15	7265.99	7936.57	670.57	8.45%
15:30	7394.74	7992.91	598.17	7.48%
15:45	7540.58	7917.72	377.15	4.76%
16:00	7527.14	8000.91	473.77	5.92%
总计	89150	96649	7499	7.76%
收益总计			14998	元



■ 其他地区实例

✓ 佛山试点

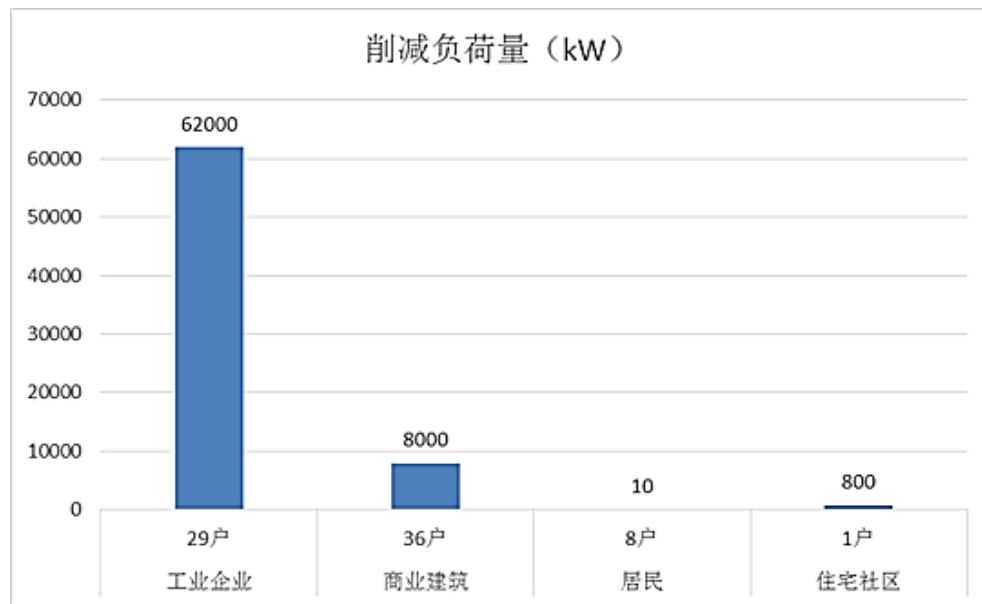
截止到目前为止，2015年佛山市共进行了8次需求响应实验，其中用户参与数最少的一次为29个，10月22日参与需求响应的用户高达100个。响应完成率最低一次为71%（第四次），最高的一次达到了166%（第五次）



■ 其他地区实例

✓ 北京试点

2015年8月12日11:00-12:00，北京市实施了全市范围内的电力需求响应工作，共有17家负荷集成商、74个用户参与。



✓ 苏州试点

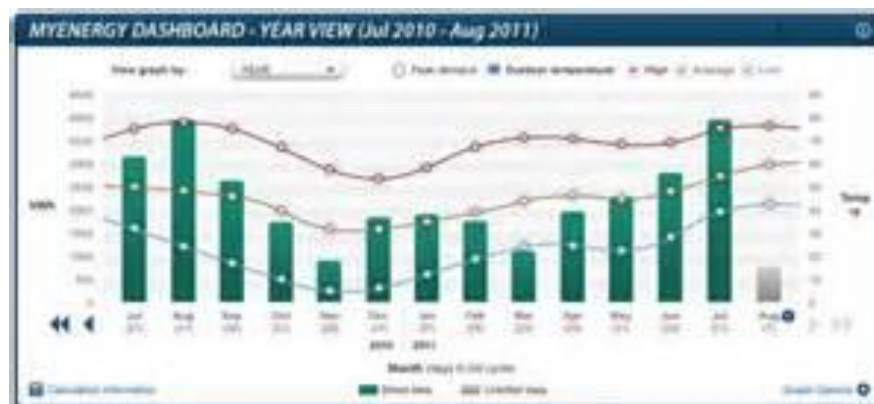
2015年7月30日下午14时至15时进行了首次需求响应实验，24个电力用户和5个负荷集成商参与响应本次实验，总计响应负荷23万千瓦。

总结

- 分项计量平台可以是中国商业建筑实施需求响应的有利条件：用户开发、控制策略制定、响应前后能耗监测等
- 需求响应是分项计量平台的重要应用领域
- 基于分项计量平台可以直接拓展商业楼宇需求响应平台
- 楼宇上级平台的管理者可以直接过渡到负荷集成商的角色，并有望通过参与需求响应直接获得收益

需求响应服务公司美国成功案例

Do your laundry or run the dishwasher at night, and pay nothing for your Energy Charges”.



INVOICE COMPARISON

I want to compare: Jan 2011, Jan 2010

	Jan 2011	Jan 2010	Increased/Decreased	% Change
Usage in Reading	22	15	7	+46%
Total Charges for Meter 01	\$1475.20	\$1115.20	\$360.00	+32%
kWh with Multiplier	2600	1670	930	+56%
Average kWh per Day	86.67	55.67	31.00	+56%
kWh with Multiplier	430	277	153	+55%
Average Outdoor Temperature	70°	70°	0°	0%
No. of Days Above 70°	17	15	2	+13%
No. of Days Below 70°	8	15	-7	-46%

Click to expand, Click to expand

Calculation Information

谢谢！

