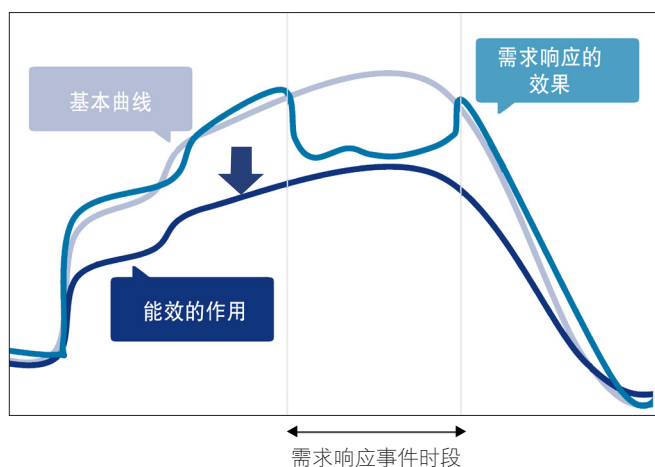


需求响应 Demand Response (DR)



因风暴和热浪等异常天气或发电厂的维修等原因，供电系统总会面临应付负荷高峰的挑战。但是，如果通过增建发电厂来满足高峰供电需求，不仅成本较高，对环境也会造成较大的损害。与中国传统的负荷控制和有序用电行政手段的目的相似，需求响应项目的目的是应对季节性和临时性的电力需求高峰。需求响应的运作方式与传统的负荷控制和有序用电最主要的差别在于用户的自愿参与及市场机制的支持。中国相关政府部门非常重视需求响应，2014年6月，国家发展和改革委员会正式宣布上海市为中国第一个需求响应试点城市。为充分发挥需求响应项目在中国电力发展改革过程中的重要作用，本文介绍需求响应的基本概念和国外经验，以供参考。

能效与需求响应



能效是指在维持现有的舒适性和生产力水平的同时，永久性的降低能耗。与此相比，需求响应是临时性、暂时性地减少电力负荷，以确保供电稳定及电网的安全。

需求响应的目的

- 维持电力系统的可靠性
- 推迟和 / 或替换对新增发电的需求
- 降低购电成本
- 减少环境污染

自然资源保护协会（NRDC 北京代表处）

地址：中国北京朝阳区东三环北路38号泰康金融大厦1706

电话：+86 (10) 5927-0688

网址：www.nrdc.cn

© Natural Resources Defense Council

♻️ Printed on recycled paper



需求响应项目分类

需求响应项目可分为两类：一种是以设计分时电价或季节性电价的方式鼓励用户参与项目（基于电价型需求响应），另一种是发生需求响应事件时，按用户侧削减的负荷量提供激励（基于激励型需求响应）。下表介绍了在美国实施的需求响应项目分类：

基于电价型需求响应项目		基于激励型需求响应项目	
分时/季节性电价	电价随一年中的不同季节或一天中的不同时段而变化。	直接负荷控制	用户同意电力公司直接进行负荷控制，并获得激励。
尖峰电价	尖峰时段额外提高电价。每年允许电力公司执行尖峰电价的时间受限制，如每年 9 至 15 天。	需求招标项目	电力批发市场价格较高时，用户可竞标进行负荷削减。
		紧急电力需求响应	电网不稳定造成的紧急情况下，用户削减负荷，并获得激励。
实时电价	电价不停地变化，通常是按小时调整，以响应电力批发市场的价格。	可中断负荷项目	用户同意根据要求削减负荷，并享受电费优惠。
		负荷容量市场项目	用户定期承诺削减负荷，作为系统容量替代品，并获得激励。 注：见本文最后的案例介绍的容量招标项目
辅助服务市场项目	电网系统运营商为项目实施方。 用户承诺削减负荷，以支持电网的稳定性，并从系统运营商处获得激励。 注：此项目被认为既是基于电价型的需求响应，又是基于激励型的需求响应。		

需求响应目标用户群

需求响应项目通常针对居民、商业及工业用户。有些电力公司还把工商业用户可按电力需求规模进一步细分，下面是美国加州太平洋天然气与电力公司 (PG&E) 的分类法为案例。

小型工商业用户	夏季高峰负荷需求低于 20 kW
中型工商业用户	夏季高峰负荷需求高于 20 kW，并低于 200 kW
大型工商业用户	夏季高峰负荷需求高于 200 kW

由于考虑实施项目的成本效益，大部分的需求响应项目仅针对大中型用户，以保证一定的负荷削减量。但是，各个地区的电力公司的需求响应项目有所不同，其实施模式及项目设计也各不相同。

需求响应实施模式

用户可直接向电力公司申请参与需求响应项目（电力公司提供的需求响应项目的详细内容见本文最后的案例介绍），或选择通过第三方——负荷集成商（aggregator）——参与需求响应项目。在美国，电力公司通常把一部分的需求响应项目外包给负荷集成商，并为用户提供指定集成商的名单，供用户参考。负荷集成商是电力公司和终端用户之间的第三方，提供需求响应相关技术支持，提高资源可靠性，并负责项目和用户管理。

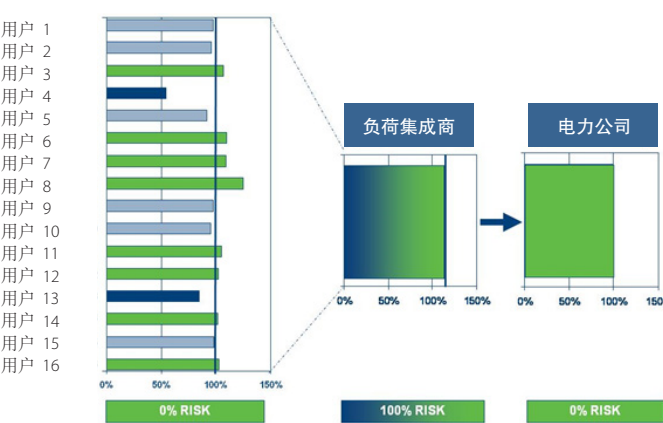
负荷集成商通过项目组合管理方式保持项目的多样性，并通过与专业性相结合的方式保证项目组合的整体实施效果。在整个实施过程中，负荷集成商承担 100% 的项目风险。

负荷集成商的运作模式 – 图 1



来源：EnerNOC

负荷集成商的运作模式 – 图 2



来源：EnerNOC

自动化需求响应
Automated Demand Response (ADR)

(全)自动化需求响应是指电力公司或负荷集成商给用户安装自动化控制设备并预先编程,使得在发生需求响应事件时不需要任何人工操作,以完全自动化方式启动预编程的系统,把负荷降下来。半自动需求响应是指系统收到电力公司发出的需求响应信息之后,用户手动启动预编程的系统。自动化需求响应可针对照明、暖通空调、电机、泵、风机和压空机技术而设计,且用户必须具备能源管理系统。电力公司为用户不仅提供技术支持,还提供激励。因多数用户愿意自己控制系统,通常不愿意参与自动化需求响应项目,电力公司提供的激励往往较高。按不同技术类型激励额度也大不相同,如美国加州太平洋电力与天然气公司(PG&E)提供的激励高达400美元/kW。

自动化需求响应项目激励

技术分类	激励(美元/kW)
半自动化需求响应	125
全自动化需求响应	200
新兴及先进技术:暖通空调	350
新兴及先进技术:照明	400

实施需求响应项目面临的挑战

- 虽然需求响应的削减高峰负荷的潜力和效果较显著,但其工作的开展仍然面临着下面几个方面的挑战:
- 监管方面的挑战:监管体制、市场运作方式和项目设计都会影响到监管工作。大多数监管方面的挑战来源于现有的政策影响需求响应作为一种资源。监管方面的挑战包括:
 - 测量与验证问题
 - 实施数据和信息沟通及分享有困难
 - 项目设计不够完善,实施效果不够理想
 - 相关利益方对需求响应项目的成本效益分析结果意见不一致
 - 电力批发市场和零售市场不协调
 - 经济利益方面的挑战:主要包括两种,其一是针对激励型需求响应项目,电力公司或负荷集成商提供的激励有限,不能够吸引用户参与需求响应项目;其二是针对电价型的需求相应项目,电价信号的影响力不够强。

- 技术方面的挑战:涉及到新类型的电表、设备、电表标准、通讯手段及策略等问题。
 - 缺乏高级量测体系(Advanced Metering Infrastructure, AMI)的支持
 - 相关扶持技术成本较高
 - 缺乏交互操作性和开放标准
- 其他挑战:
 - 用户对需求响应的意识不足,需要培训
 - 对需求响应效果的暂时性的担忧
 - 用户侧响应能力不足
 - 部分用户强烈反对

高级量测体系(AMI)

用来测量、收集、储存、分析和运用用户用电信息的完整网络和系统。

策略及建议

- 建立信息和经验的分享平台:项目设计及实施流程需要不断完善。相关方需要及时沟通,并分享信息和经验,完善下一步的工作。
- 不断培训用户,宣传需求响应项目的效益:需求响应项目成功的最关键因素是用户的主动积极参与。多数用户因不了解需求响应的益处而选择不参与,所以相关政府部门、电力公司或其他服务商,如负荷集成商等,应与用户密切合作,提供培训,并定时跟踪工作进展,这对提升用户对需求响应的意识非常重要。
- 完善交互操作性和开放标准:为建立高级量测体系,必须改善互操作性、通信协议的开放标准、电表数据传输标准等。
- 与节能减排政策结合:能效项目的目的是节能,而需求响应项目的目的削减高峰负荷。但它们之间存在着共同点:能效项目永久性地降低负荷,需求响应项目如果具备恰当的控制策略,也能有效地取得节能效果。因此,需求响应和节能减排政策的有效结合将带来增效作用。
- 需求响应作为资源纳入中长期计划:系统化的需求响应项目可被视作一种可靠、稳定的电力资源,与供电侧资源一起,共同满足电力负荷需求。



来源: CNSPHOTO 提供

案例介绍：美国加州太平洋电力与天然气公司 (PG&E)

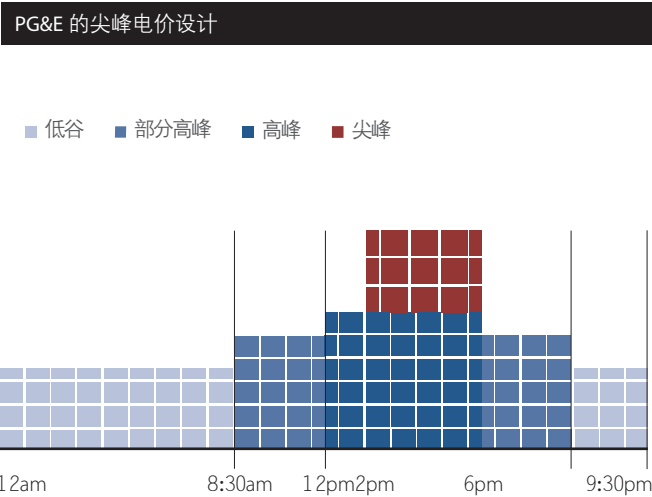
其提供的需求响应项目简介：

基于电价型需求响应项目		
尖峰电价项目 (Critical Peak Pricing, CPP)		
项目概述	- 加州公共事业委员会在全州范围要求的削减方案之一。 - 在分时电价的基础上，尖峰时段（下午 2 点到 6 点）增加额外的电价。每年 9 至 15 天的尖峰需求响应事件日。 - 用户提前一天收到通知。 - 参加此项目的用户在 5 月 1 日至 10 月 31 日期间可享受电费优惠。 - 用户随时选择退出。	
针对用户类型及要求	- 大型企业用户已从分时电价项目自动转到尖峰电价项目。 - 中小型企业用户将于 2014 年 11 月起自动转到尖峰电价项目。	
电价变动	以 2014 年夏季为准	
	时段	电价（美元 /kWh）
低谷	9:30 pm – 8:30 am	0.202
部分高峰	8:30 am – 12:00 pm 6:00 pm – 9:30 pm	0.229
高峰	12:00 pm – 2:00 pm	0.238
尖峰	2:00 pm – 6:00 pm	0.838

基于激励型需求响应项目 – PG&E 直接针对用户实施的项目									
可中断负荷项目 (Base Interruptible Program, BIP)									
项目概述	- 强制性负荷降低的可靠性项目 - 参与项目的用户预先决定其用电水平（Firm Service Level, FSL），用户每年 11 月份可调整 FSL 或选择退出								
针对用户类型及要求	- 月平均需求大于 100kW 的大型用户 - 在 30 分钟的预警时间内能够将负荷减少到 FSL - 用户必须拥有时间间隔测量仪（PG&E 可提供免费安装，前提是满足其他基本要求）								
激励和罚款	- 对未减少或减少量低于承诺的 FSL 的用户进行罚款，罚款标准为 6 美元 /kWh - 无论是否有中断情况都按月支付容量补偿。每月根据参与者因项目而降低的负荷量对其进行补偿 <table><tr><th colspan="2">预计负荷减少</th></tr><tr><td>等于或低于 500kW</td><td>8 美元 /kW</td></tr><tr><td>501kW 到 1000kW 之间</td><td>8.50 美元 /kW</td></tr><tr><td>等于或高于 1001kW</td><td>9 美元 /kW</td></tr></table>	预计负荷减少		等于或低于 500kW	8 美元 /kW	501kW 到 1000kW 之间	8.50 美元 /kW	等于或高于 1001kW	9 美元 /kW
预计负荷减少									
等于或低于 500kW	8 美元 /kW								
501kW 到 1000kW 之间	8.50 美元 /kW								
等于或高于 1001kW	9 美元 /kW								

需求招标项目 (Demand Bidding Program, DBP)	
项目概述	- 针对自愿的负荷降低进行奖励 - 提前一天通知（中午 12 点之前）
针对用户类型及要求	- 中到大型用户 (>50kW) - 投标最低要求为至少连续两个小时减少 10kW 的负荷 - 用户必须拥有时间间隔测量仪或智能电表
激励和罚款	- 每减少 1kWh 的负荷得到 0.5 美元的奖励，最多相当于标的的 150% - 没有罚款

选择性强制绑定限电 (Optional Binding Mandatory Curtailment, OBMC)	
项目概述	- 强制性降低负荷的可靠性项目 - 可发生在任何时间（包括周末和节日），次数及累计时间也没有限制。
针对用户类型及要求	- 在 15 分钟的预警时间内能够将负荷减少至基线负荷 85% 的水平 - 用户必须每年提交负荷降低计划 - 用户必须拥有时间间隔测量仪
激励和罚款	- 项目不提供经济激励，但可不参与 PG&E 的轮流中断供电计划 - 对未减少负荷或减少量低于预先承诺的用户进行罚款，罚款为 6 美元 /kWh - 一年之内第二次发生未减少负荷时自动退出，并在 5 年内不能参与该项目



基于激励型需求响应项目 – PG&E 通过负荷集成商实施的项目									
集成商管理的项目组合 (Aggregator Managed Portfolio, AMP)									
项目概述	- 负荷集成商为 PG&E 提供基于价格的需求响应 - 当天或提前一天通知 - 通常发生在 5 月 1 日至 10 月 31 日之间工作日的上午 11 点至下午 7 点的某个时间段 - 每年累计可长达 50 个小时								
针对用户类型及要求	- 针对商业、工业和农业用户 - 用户与负荷集成商直接联系参与项目 - 用户必须拥有时间间隔测量仪								
激励和罚款	基于负荷集成商和电力公司之间的双边合同								
容量招标项目 (Capacity Bidding Program, CBP)									
项目概述	- 基于其预先决定的负荷减少承诺和实际减少量，用户可获得奖励 - 该负荷减少承诺可按月调整，用户于每月 25 日前提交承诺 - 通常发生在 5 月 1 日至 10 月 31 日之间工作日的上午 11 点至下午 7 点的某个时间段 - 当天和提前一天通知： <table><tr><th>提前一天通知</th><th>当天通知</th></tr><tr><td>最多一天一次</td><td>最多一天一次</td></tr><tr><td>每月不超过 24 个小时</td><td>每月不超过 24 个小时</td></tr><tr><td>用户提前一个工作日下午 3 点之前收到通知</td><td>用户提前 2 个小时 45 分钟收到通知</td></tr></table>	提前一天通知	当天通知	最多一天一次	最多一天一次	每月不超过 24 个小时	每月不超过 24 个小时	用户提前一个工作日下午 3 点之前收到通知	用户提前 2 个小时 45 分钟收到通知
提前一天通知	当天通知								
最多一天一次	最多一天一次								
每月不超过 24 个小时	每月不超过 24 个小时								
用户提前一个工作日下午 3 点之前收到通知	用户提前 2 个小时 45 分钟收到通知								
针对用户类型及要求	- 针对商业、工业和农业用户 - 用户与负荷集成商直接联系参与项目 - 用户必须拥有时间间隔测量仪（PG&E 可提供免费安装，前提是负荷需求要达到 200kW） - 免费获得时间间隔测量仪的用户参与项目的时间必须满一年								
激励和罚款	基于负荷集成商和电力公司之间的双边合同								

参考文献

- ※ California ISO, "Demand Response and Energy Efficiency Roadmap: Maximizing Preferred Resources", December 2013
- ※ EPA, "Coordination of Energy Efficiency and Demand Response", January 2010
- ※ FERC, "A National Assessment of Demand Response Potential", June 2009
- ※ PG&E website, www.pge.com