

# 电力市场改革背景下用户侧需求响应机制优化研究

楼颖锋 刘光辉

国网绍兴供电公司 浙江省绍兴市 312000

**摘要:** 随着我国电力市场改革向纵深推进,传统以供给侧为主导的电力调度模式已难以适配新能源高比例并网的发展格局,用户侧需求响应作为实现电力供需动态平衡的关键手段,其机制设计的科学性直接影响电力市场运行效率,因此,本文重点研究电力市场改革背景下用户侧需求响应机制优化策略。文章首先明确用户侧需求响应的目标导向,进而总结了价格型与市场激励型两类主流响应机制的运作方式,最后从机制适配性、协同性、参与便利性等翻方面提出用户侧需求响应机制优化策略,为强化用户侧需求响应与电力市场的耦合程度提供理论参考与实践路径。

**关键词:** 电力市场改革; 用户侧需求响应; 机制优化

## 前言:

近年来,我国电力市场改革稳步推进,电力市场定价机制日趋灵活,在这一背景下,新能源发电的波动性特征对电力系统安全稳定运行提出了更高要求,单纯依靠供给侧调峰资源已难以满足电力系统实时平衡需求,用户侧资源的柔性调节潜力逐渐成为市场关注的焦点。用户侧需求响应通过引导用户根据电力市场信号调整用电行为,实现电力供需的动态匹配,不仅能够降低电力系统运行压力,还能为用户带来实际收益,然而,当前我国用户侧需求响应机制仍存在诸多问题,导致用户需求响应在电力市场中的作用未能充分发挥,与改革目标存在一定差距。基于此,本文结合电力市场改革背景,探索用户侧需求响应机制优化的有效路径,为完善电力市场体系提供借鉴。

## 1 用户侧需求响应目标

在电力系统中,用户侧需求响应是一项关键的机制,它鼓励电力用户在特定时期主动调整自己的用电模式,以此作为对电网状态或电价信号的回应,当电网供应紧张或需要维护稳定时,用户通过临时减少或改变用电来提供帮助,并因此获得经济补偿或电费优惠。在电力市场改革赋予用户更多选择权的背景下,其需求响应是用户优化自身用能成本、提升用电灵活性的主动选择<sup>[1]</sup>。对用户而言,用电成本是生产经营与日常生活中的重要支出项,尤其工业用户的电费占生产成本比重较高,商业用户与居民用户也对电费波动敏感。需求响应通过让用户根据价格信号或激励政策调整用电时段,能够直接降低用电成本,在电价低谷时段增加用电,

在电价高峰时段减少用电,通过错峰用电实现电费支出的精准控制。

## 2 常见的用户侧需求响应机制

### 2.1 价格型需求响应机制

该机制以价格信号为核心,通过电力价格的动态调整反映电力资源的稀缺程度,引导用户自发调整用电行为,利用价格杠杆的调节作用,将电力系统的供需状况传递给用户,促使用户在价格高峰时段主动减少用电、在价格低谷时段增加用电,实现负荷的削峰填谷。常见的价格型机制主要包括分时电价、峰谷电价与实时电价。分时电价根据一天中不同时段的负荷水平,将用电时段划分为高峰、平段、低谷三个区间,制定不同的电价标准,其特点是电价时段划分相对固定,用户能够提前预知电价变化,便于长期规划用电行为,适用于用电规律相对稳定的工业用户与商业用户<sup>[2]</sup>。价格型机制的优势在于运作成本较低,无需复杂的激励审核流程,能够覆盖广泛的用户群体,但响应效果更加依赖于用户对价格信号的敏感度。

### 2.2 市场激励型需求响应机制

电力市场运营机构或供电企业通过与用户签订响应合同,明确用户在特定时段的负荷调整义务与相应的激励标准,当电力系统出现供需紧张或需要新能源消纳支持时,启动需求响应,用户按照合同约定调整用电负荷后可获得相应的经济补偿。这类机制在于通过明确的激励承诺降低用户的响应风险,激发用户的参与积极性。常见的市场激励型机制包括需求响应合同、容量补偿与辅助服务市场参与等。需求

响应合同是最基础的激励形式,合同中明确约定响应时段、响应负荷量及补偿标准,用户在接到响应通知后按照约定调整负荷即可获得补偿,适用于负荷调整能力较强的工业用户与商业综合体。容量补偿机制则是针对用户长期保持负荷调整能力的一种激励,用户承诺在特定时期内具备一定的负荷削减能力,无论是否实际启动响应,均可获得容量补偿费用,能够保障用户长期参与需求响应的积极性。

### 3 电力市场改革背景下用户侧需求响应机制优化策略

#### 3.1 设计匹配用户用能特征的差异化机制

不同用户的用能规模与成本敏感度差异显著,若采用一刀切的响应机制,不仅难以满足用户需求,还会降低响应效果。因此,用户侧需求响应机制优化的挂件此在于精准匹配,根据用户类型设计贴合其用能特征的机制,让每个用户都能找到适合自己的参与方式。

工业用户的核心诉求是再不影响生产前提下降低成本,这类用户的用电负荷大,调整弹性集中在辅助设备或非关键生产环节,因此可设计实时电价+定向容量补偿的组合机制。一方面,实时电价根据市场供需动态更新,工业用户可通过企业能源管理系统实时获取电价信息,灵活调整非连续性生产工序,在电价低谷时段完成高耗能环节生产;另一方面,针对用户承诺的可削减负荷容量,给予定向容量补偿,例如,用户承诺在电网高峰时段可削减 500kW 负荷,无论当月是否实际启动响应,每月均可获得固定补偿,若实际参与响应,还可额外获得实时激励<sup>[3]</sup>。这种设计既保障了工业用户的生产稳定性,又通过补偿与激励提升了其参与积极性。

商业用户的用能特点是负荷波动与客流量、营业时间强相关,调整弹性主要集中在空调、照明、电梯等设施运行中,针对商业用户,其需求响应机制的设计优化可聚焦峰谷电价+场景化响应合同。峰谷电价采用“尖峰-高峰-平段-低谷”四时段划分,尖峰时段电价显著高于其他时段,引导商业用户在尖峰时段适度降低空调温度、关闭非主通道照明,同时,与用户签订场景化响应合同,根据商业场景特点约定响应方式,商场在周末客流高峰时不要求响应,仅在工作日非高峰时段启动响应,且响应通知提前 2 小时发送,让用户有充足时间调整设备运行。另外,激励标准与响应效果挂钩,如每削减 1kW 负荷可获得 1.2 元/kWh 补偿,若削减量超过约定值,则额外给予 10% 奖励。

居民用户电能消耗分散性较强,且单个负荷小,其响

应机制优化主要为设计阶梯分时电价将居民用电分为“高峰(8:00-22:00)、低谷(22:00-次日 8:00)”,且低谷电价仅为高峰电价的 50%,同时结合阶梯电量引导居民在低谷时段使用大功率家电,以此来控制能耗成本。

#### 3.2 建立价格与激励协同的双信号引导机制

当前用户侧需求响应机制常出现价格信号与激励信号冲突的问题,例如,用户在高峰时段已按峰谷电价支付高价电费,若同时接到需求响应激励通知,难以判断减少用电的收益是否覆盖高价电费损失。针对以上问题,在电力市场改革背景下,应实现价格与激励机制的协同并进,让两个信号同向发力、相互补充,帮助用户清晰判断收益<sup>[4]</sup>。

首先,实现激励标准与电价水平的动态挂钩。依托电力市场交易平台,设计激励标准自动计算模型,当实时电价超过基准电价的 1.5 倍时,自动触发需求响应激励,激励标准=(实时电价-基准电价)×1.2,即用户减少 1kWh 用电,不仅节省了“实时电价×1kWh”的电费,还能获得“(实时电价-基准电价)×1.2×1kWh”的激励,双重收益清晰可算。例如,基准电价为 0.6 元/kWh,实时电价升至 1.2 元/kWh,则激励标准=(1.2-0.6)×1.2=0.72 元/kWh,用户减少 1kWh 用电可获收益:1.2(节省电费)+0.72(激励)=1.92 元,远高于平段电价下的成本,让用户一目了然<sup>[5]</sup>。

其次,明确价格与激励的适用场景分工。将价格型机制定位为日常引导工具,通过固定的峰谷电价与阶梯电价等形式,帮助用户形成长期稳定的错峰用电习惯,将市场激励型机制定位为应急补充工具,仅在电力供需紧张或新能源消纳困难时启动,避免两类机制叠加导致用户决策混乱。例如,日常时段仅通过峰谷电价引导用户错峰,用户无需额外操作即可享受低谷电价优惠,当预测到次日出现高温天气时,提前 12 小时通过 APP、短信向用户推送应急响应预告,明确告知“次日 13:00-15:00 启动激励机制,参与用户每削减 1kWh 负荷可获 0.8 元补偿”,且该时段的峰谷电价仍正常执行。用户在该时段减少用电,既能节省高峰电价的电费,又能获得额外激励。

#### 3.3 搭建低门槛、高便捷的用户参与支撑体系

传统需求响应机制的门槛较高,工业用户需配备专业能源管理团队对接响应流程,商业用户需手动统计负荷削减量,居民用户需反复提交纸质材料,这些繁琐环节大幅降低了用户参与响应的意愿。因此,构建低门槛、高便捷的用户

参与支撑体系至关重要。

首先,推行全流程线上化操作,消除线下跑腿环节。针对所有用户开发统一的需求响应服务平台,用户只需一次注册认证即可完成全流程操作。工业用户通过平台对接企业能源管理系统,自动同步负荷数据,无需手动填报;商业用户在平台上可直接查看历史响应记录与收益明细,一键导出结算凭证;居民用户通过 APP 签署电子协议后,后续响应仅需点击“确认参与”即可,无需重复提交材料。

其次,通过技术赋能降低用户的专业门槛。对工业用户,平台提供负荷优化建议功能,结合用户的生产工艺数据与实时电价,自动生成最优用电方案,例如“今日 10:00–12:00 电价低谷,建议启动 3 号轧钢机,14:00–16:00 有激励,建议暂停 2 号水泵”,用户只需根据建议调整设备,无需自行分析市场信号;对商业用户,平台对接空调、照明等设备的智能控制系统,响应启动时可自动发送指令调整设备运行,用户只需提前在平台上设置允许自动调整的设备范围,即可实现自动设备调整;对居民用户,平台提供家电用电提醒功能,在低谷时段推送“当前电价低,可开启洗衣机、热水器”,在激励响应时段推送“参与响应,关闭空调 1 小时可获 2 元红包”。

### 3.4 联动新能源消纳场景

电力市场改革的重要方向之一是推动新能源高比例并网,而用户参与需求响应的过程,也可与新能源消纳结合,为用户创造除电费节省、激励补偿外的第三重收益,例如绿电积分、碳减排收益等,让用户在参与响应的同时,还能享受新能源发展带来的红利,进一步提升参与动力。首先,在平台上标注新能源消纳响应时段。即风电、光伏出力充足的时段,用户在这些时段可增加用电,不仅能享受低谷电价,还能获得绿电积分。绿电积分可用于两种用途,一是兑换实际权益,如工业用户可用积分兑换绿电认证证书,商业用户可用积分兑换电费抵扣券,居民用户可用积分兑换家电清洗服务;二是参与积分交易,平台定期组织绿电积分交易专场,新能源企业、环保组织等可收购用户手中的积分,用户可将积分变现,进一步降低了用能成本<sup>[6]</sup>。其次,将用户需求响应纳入碳减排核算体系,使用户分享碳收益。联合地方碳排

放权交易机构,制定用户需求响应碳减排核算方法,根据用户的负荷调整类型,计算其减少的碳排放量。用户的碳减排量可纳入个人或企业的碳账户,积累到一定规模后,可通过碳排放权交易市场出售,或用于抵消自身的碳排放配额。

结束语:总的来说,在电力市场改革持续深化与能源转型加速推进的双重背景下,用户侧需求响应已从辅助性手段发展为支撑新型电力系统稳定运行、提升市场运行效率的关键机制,其优化的重点应实现差异化设计,并协同价格与激励机制,形成机制合力。随着数字技术的快速发展,用户侧需求响应推动技术赋能,注重机制设计的精细化与智慧化发展,才能使用户侧需求响应在电力市场改革中发挥更大作用,为能源高质量发展提供坚实支撑。

### 参考文献:

- [1] 肖凯.考虑低碳需求响应的用户侧储能模式分析与优化[J].储能科学与技术,2024,13(06):1977–1979.
- [2] 张闯,董博,任胜楠.新型电力市场中电力批发市场与零售市场价格传导机制[J].电工技术,2023,(13):58–62.
- [3] 余蕾,岳超,车怡然,等.电价激励下电力负荷响应潜力评估研究——基于净负荷的广义负荷资源互动分析[J].价格理论与实践,2022,(08):154–159.
- [4] 代业明,高亚丽,尹慧,等.考虑售电商可再生能源补贴的电力市场综合需求响应机制研究[J].中国管理科学,2025,33(11):357–368.
- [5] 杨威,龚学良,曾智健,等.碳排放交易市场机制对电力市场的影响:基于碳价需求响应的电力市场用户行为分析[J].南方电网技术,2022,16(08):59–67.
- [6] 白雪敏,张如意,徐璐.电改背景下售电商分时电价优化策略研究——考虑用户侧价格型需求响应的分析[J].价格理论与实践,2021,(10):54–57+193.

### 作者简介:

楼颖锋(1988–),男,汉,浙江省诸暨市,学士,工程师,研究方向:变电主网施工安装

刘光辉(1984.8–),男,汉,山东省莱州市,学士,工程师,研究方向:配网规划建设