

向大型用户开启实时电价

基于北美实践经验的视角

睿博能源智库

前言¹

冬夏的用电高峰时常让电力系统面临供应不足的风险。除却发电机组免费提供的基本调峰外，利用分时电价引导用户错峰用电通常是一种经济的选择。自国家发展改革委在2021年7月发布《关于进一步完善分时电价机制的通知》以来，全国各省（区）已积极制定符合当地需求的分时电价。

分时电价在引导用户削峰填谷方面无疑有显著的效果。但在某些情况下，静态的价格机制可能无法很好地应对突发状况，如因极端天气引起的用电大幅增加，或因计划外的系统故障导致电力供应下降。这些情景下可能需要使用更“智能”的定价机制，以及时地反映系统在小时和分钟内的变化，从而使成本信号准确传递到消费侧。

精心设计的实时电价能揭示系统当前的供需和运行状况，使消费者能够根据实际的发电成本做出相应的用电调整²。对比不同的用户类型，大型用户在管理和控制用电方面具有更高的灵活性，也更容易适应实时电价机制。现今多个省份已有大工业用户通过直接参与电力现货市场接触到实时电价，但更多的用户则会通过售电公司获取所需电力，所支付的电价也大多是固定值或月度平均值等无法

¹ 本文主要由Tara Hamilton和陈晶盈撰写，感谢Max Dupuy，高驰，王轩，何泉对编辑本文的贡献。

² F. A. Wolak (2023). "Retail Market Regulation to Foster Active Consumer Participation in Wholesale Electricity Markets,"; <https://www.accc.gov.au/system/files/Presentation%20by%20Professor%20Frank%20Wolak%2C%20Stanford%20University.pdf>

体现系统实时状况的数值。通过售电公司向大型用户推行实时电价，使其部分电费暴露于价格信号，支持用户根据信号改变用电行为，则能为系统带来灵活性和安全保障，从而实现负荷灵活调节和资源优化。

实时电价在零售市场中的应用

在零售市场，售电公司可以通过某些方式，比如在售电套餐里包含一定比例适用实时电价的电量，让用户也接收到现货市场的电价信号。在美国，一些公用事业公司每小时（或每半小时甚至每刻）都会向电力用户发送基于发电边际成本制定的价格信号，拥有一定灵活性的电力用户会根据价格信号调节自身用电量。实时电价可以直接基于电能量批发市场中的日前电力市场或实时电力市场的价格信号定制。部分拥有区域输电组织(RTO)或独立系统运营商(ISO)的地区里³，实时电价会根据每小时的市场电价和节点边际电价(Locational Marginal Pricing)设定。没有电力市场的地方也可以采用实时电价，例如垂直一体化的公用事业公司会基于对自身发电边际成本的估算，向大型用户提供实时电价的选项⁴。

提前给用户实时电价信号（如基于日前市场电价）有机会引导更大幅度的价格响应⁵。虽然提前预测的实时电价仍存在时间偏差，可能无法完全反映天气、电力系统运行等实时因素，然而比起静态分时电价仍然可以更好地反映系统运行状况。

实行实时电价需要对用电量进行间隔计量，每小时记录一次（或多次）用电量。中国的大部分大型用户已经安装了智能电表，能够进行每小时多次的测量以支持实施分时电价和需量电价，这为推广实时电价提供了良好的基础。

实时电价相较于静态分时电价的优势

静态分时电价预设的高峰时段并不一定与实际的高发电成本时段相吻合，如此可能造成在需求突高、资源稀缺的情况下，发电成本远高于高峰时段电价，或者在天气温暖的日子里发电成本远低于高峰时段电价的情况。而实时电价可以通

³ 例如PJM, MISO, ISO-NE, CAISO, ERCOT, 和 SPP。

⁴ 该类估算一般基于实际或计划发电调度以及燃料成本。

⁵ 见脚注2，第28至31页。

过在更短时间间隔内拉开价差，激励电力负荷从供电成本较高的时段转移到供电成本较低的时段。通过错峰用电，实时电价能够鼓励电力资源自愿为系统提供灵活性服务，并减少低效率且高排放的发电机组投入使用，从而在短期内降低系统的供电成本。对于那些具有灵活用电能力的用户来说，他们获得了降低电费账单的机会。当错峰用电的规模达到一定程度，实时电价更有助于避免为满足高负荷时段而建设新的发电厂和电网设施，从而节省社会总的用电成本。

实时电价在北美的实际案例

随着上世纪70年代电力市场解除管制，实时电价在美国逐渐普及。目前，有12%的公用事业公司提供实时电价，涵盖了全美50个州。调查显示，通过实行实时电价能有效消减参与用户12%—33%的总峰值容量⁶。一定程度上，用户对价格信号的响应程度重现了“二八定律”，例如，根据调查，在纽约州的尼亚加拉莫霍克电力公司（NMPC）提供实时电价之后，大约20%的用户贡献了80%的高峰负荷削减⁷。其中，大型工商业提供的需求响应尤为显著⁸。

加拿大阿尔伯塔省的电力市场数据更具体地体现了用户的用电行为是如何随着实时电价的波动而变化的。在实时电价政策下，阿尔伯塔省的电力负荷能从系统层面上观察到高频率、高关联度的价格信号响应。在系统发电成本较高，导致实时电价同样升高的时段间，电力用户根据接收到的电价信号把需求降低至响应前50%到80%的负荷水平⁹。这种高水平的需求响应表明实时电价能够有效激励用户在供电成本较高的时段减少用电，实现对负荷的调节。

如何管理用户的用电成本波动

不论是在北美还是中国，市场各方都重点关注实时电价可能带来的用电成本波动风险及其对经济的影响。目前，保护市场各方及社会经济免受不确定性影响

⁶ G. Barbose, C. Goldman. (2004). *A Survey of Utility Experience with Real Time Pricing*. <https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/report-lbnl-54238.pdf>

⁷ G. Barbose, C. Goldman, R. Bharvirkar, N. Hopper and M. Ting. (2005). *Real Time Pricing as a Default or Optional Service for C&I Customers: A Comparative Analysis of Eight Case Studies*, 章节4.7. <https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/report-lbnl-57661.pdf>.

⁸ 需求响应在这里的定义更加广泛，指用价格手段来影响电力需求的任何项目。

⁹ 见图9；T. Brown, S. A. Newell, D. L. Oates and K. Spees. (2015). *International Review of Demand Response Mechanisms*. https://www.aemc.gov.au/sites/default/files/content/9207cd67-c244-46eb-9af4-9885822cefbe/Final-AEMC-DR-Report_International-Review-of-Demand-Response-Mechanisms.pdf.

的最佳方法是对冲策略。与金融化中长期合同同理，电力用户通过和售电公司或其他第三方签订交易合同，提前锁定某时间段内部分或全部电能量的价格，来规避价格的不确定性。

在默认情况下，电力用户以固定价格购买电能量，他们没有动力改变用电行为，负荷也不会根据系统状况发生改变。如果用户接收实时电价信号但无对冲策略，用户会根据价格信号调整负荷以应对价格的变动，消耗的电能量也会根据市场的实时电价收费。此类用户具有很强的削峰填谷能力，但其用电成本可能出现较大的波动：低电价日的用电成本会大幅降低，高电价日的用电成本也比固定成本高出许多。

相比之下，如果电力用户在响应实时电价的同时采取对冲策略，则能在提供需求响应的同时减少用电成本的波动。用户将支付合同签订的电量和费用，当用户对低电价响应提升用电量时，用户会按实时电价购买超出合同签订电量的负荷；反之亦然，当用户对高电价响应降低用电量时，合同对方将为负荷的差额给予用户补偿。这样的对冲策略相当于在给予用户用电灵活性的同时给特定电量上了个价格保险，减少价格波动影响的同时保留用户需求响应的动力，同时提高电力系统的稳定性和可靠性。

图1. 固定（对冲）价格与高电价和低电价日实时电价的示例对比

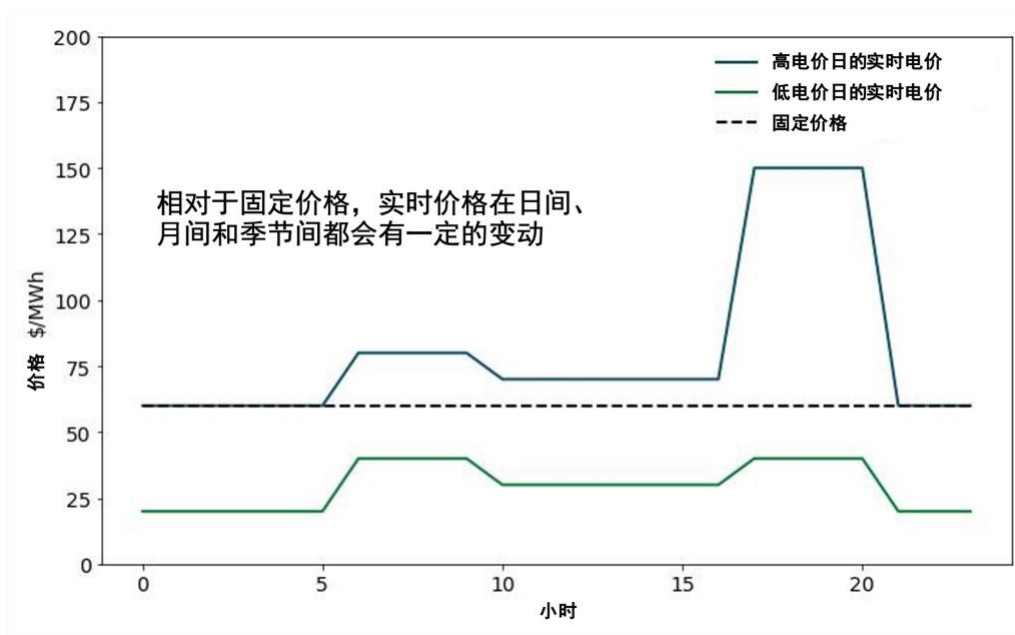
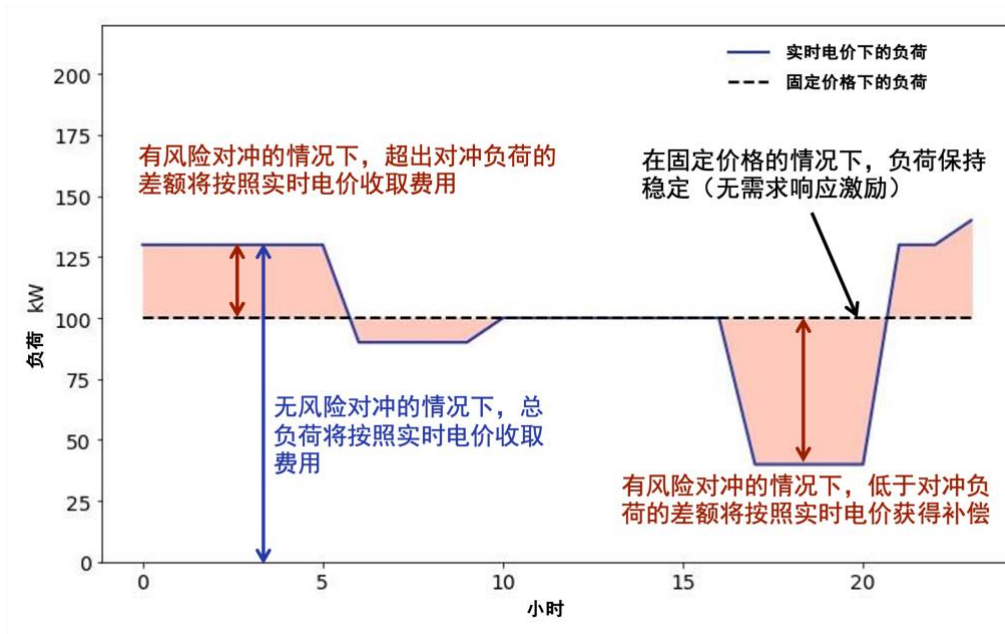


图2. 基于综合上述价格曲线的用户负荷曲线示例图



总结

为应对日渐增多的电力需求、不断深化的“双碳”目标和快速增长的新能源，需求响应将会在电力系统里拥有越来越重要的“戏份”。实时电价机制作为一种灵活高效的定价方式，可作为推广需求响应的又一重要方式，提升系统灵活性。

本文借鉴北美的实践经验，建议在现有分时电价的基础上，为有管控和调节用电能力的大型用户增加实时电价的选项，并通过风险对冲等方式提高这些用户管控价格波动风险的能力。在可再生能源占比不断攀升的背景下，实时电价机制有助于降低系统成本、实现经济和环境目标，并提升电力系统的灵活性和稳定性。



RAP[®]

Energy Solutions for a Changing World

Regulatory Assistance Project (RAP)[®]

Belgium · China · Germany · India · United States

CITIC Building, Room 2504

No. 19 Jianguomenwai Dajie
Beijing, 100004

中国北京市建国门外大街 19 号

国际大厦 2504 室

邮编: 100004

raponline.org

© Regulatory Assistance Project (RAP)[®]. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY-NC 4.0).