

# 完善分时电价设计，促进车网互动

高驰

睿博能源智库

分时电价是达成车网协同互动的重要手段<sup>1</sup>。2023年末，国家发展改革委等部门发布了《关于加强新能源汽车与电网融合互动的实施意见》（发改能源[2023] 1721号）。关于分时电价，该文件提出的重要目标如下：(1)“充电峰谷电价机制全面实施并持续优化……力争参与试点示范的城市2025年全年充电电量60%以上集中在低谷时段、私人充电桩充电电量80%以上集中在低谷时段。”(2)“鼓励针对居民个人桩等负荷可引导性强的充电设施制定独立的峰谷分时电价政策……力争2025年底前实现居民充电峰谷分时电价全面应用。”

分时电价通过发出不同时段差异化的价格信号，来促进电力用户削峰填谷，改善电网运行情况。目前，分时电价已经广泛覆盖了多数工商业用户，且各个省份通过研判分时电价对电网运行状态的影响，大多会常态化更新分时电价时段及价格，以更好适应电力系统的运行和发展。

近几年，电动汽车充电也开始采用分时电价，且覆盖范围不断扩大。电动汽车充电桩根据安装地点，大致可以分为公共桩和私人桩。公共桩通常设立在公共停车场、购物中心、服务区等地；而私人桩则主要安装在住宅区及企业停车场中<sup>2</sup>。许多省份在过去两年密集出台的相关文件中，已逐渐将多数公共充电桩充电价格纳入分时电价体系中。而私人桩，尤其是居民电动汽车充电，目

<sup>1</sup> 感谢陈晶盈、王轩、Max Dupuy、张树伟博士、以及何泉对本文撰写过程中提出的诸多有建设性的建议。

<sup>2</sup> 千际投行. (2024). 2024年中国充电桩行业研究报告. <https://dianyuan.ofweek.com/2024-04/ART-8321002-8420-30630790.html>

前主要还是以固定电价为主。有一些省份虽已推出居民电动汽车充电分时电价，但通常需要用户主动申请<sup>3</sup>。

伴随着电动汽车数量的增多，以及对用电量需求的增长，此时有必要考虑当前的分时电价能否更好助力车网互动以最大化电力系统的效益。目前一些省份的电动汽车分时电价设计带来的激励不足或过度，刺激了不理想的充电行为，对电网造成了不必要的负担。若要规避或缓解这类不当激励并更好地挖掘分时电价的潜力，我们应当回归原点，从分时电价的设计原则和方法出发，进一步优化当前设计。在之前的文章中，我们强调了常态化更新分时电价、统一分时电价设计方法以及加强用户理解的重要性<sup>4</sup>。在此基础上，本文将立足实践，从三个角度详解电动汽车充电分时电价设计下一步改进的方向。

## 改良分时电价的三个建议

### 1. 涵盖系统长期边际成本

目前多数省份的分时电价设计仍以负荷或净负荷为主要依据<sup>5</sup>。这一设计的主要逻辑是从省级电网整体角度出发，试图通过分时电价的价格信号拉平负荷曲线，减轻电网调用迎峰和调峰资源的负担。这一过程虽然可以从很大程度上降低电网运行的成本，但是负荷和净负荷曲线只能反映部分发电成本，无法体现其他系统成本。虽然在分时电价设计这方面不乏有成绩斐然的调整，但2015年电改9号文所指出的“现行电价管理……电价调整往往滞后成本变化，难以及时并合理反映用电成本”的问题尚待进一步攻关<sup>6</sup>。

与此同时，其他一些省份的分时电价参考了现货市场的分时电价信号，相较依照负荷的方法有一定的改进，然而，现货市场的电力价格目前也仅能反映电力系统的短期电能量成本，没有考虑电力供给的长期成本<sup>7</sup>。所谓的长期成本，是指在所有生产要素和资源都可以调整的情况下，为满足未来电力需求和保障电网稳定运行所需的全部成本。长期成本考虑了电力系统在扩建和优化过程中涉及的各项成本，包括新建发电容量和输配电容量等方面的费用<sup>8</sup>。当下由于市场采用控制价格上下限、容量成本额外补偿的思路，现货市场的电能量价格基本只能作为短期电能量成本的参考，无法反映发电容量成本。此外，由于分时电价参考的是各节点的加权平均值，抹除了输电阻塞的价格信号，因而也无法反映输电容量的价值。将长期成本纳入分时电价设计，有助于进一

<sup>3</sup> 例如，湖北省在2023年末推出居民电动汽车分时电价 [http://www.hb.sgcc.com.cn/html/main/col12/2023-12/19/20231219102147555119845\\_1.html](http://www.hb.sgcc.com.cn/html/main/col12/2023-12/19/20231219102147555119845_1.html)，湖南省在2023年中推出了居民电动汽车分时电价：[http://fgw.hunan.gov.cn/fgw/xxqk\\_70899/tzqg/202306/t20230630\\_29389249.html](http://fgw.hunan.gov.cn/fgw/xxqk_70899/tzqg/202306/t20230630_29389249.html)

<sup>4</sup> 关于统一电价设计方法，详见睿博能源智库。(2023). 分时电价设计：准确反映系统内在成本.南方能源观察. <https://mp.weixin.qq.com/s/Gu23dcqg21tWxaG1orVFtA>；关于常态化更新分时电价，可以详见高驰。(2022). 基于常规评估的分时电价动态调整思路.中国电力报. [https://mp.weixin.qq.com/s/qhf\\_BzyWhy6jpcBkgN9rQ](https://mp.weixin.qq.com/s/qhf_BzyWhy6jpcBkgN9rQ)

<sup>5</sup> 国家发改委。(2021). 关于进一步完善分时电价机制的通知. [https://www.ndrc.gov.cn/xxqk/zcxfb/tz/202107/t20210729\\_1292067.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxqk/zcxfb/tz/202107/t20210729_1292067.html?code=&state=123)

<sup>6</sup> 中共中央，国务院。(2015). 关于进一步深化电力体制改革的若干意见. [https://drc.qd.gov.cn/snyj/bmqf/content/post\\_3736970.html](https://drc.qd.gov.cn/snyj/bmqf/content/post_3736970.html)

<sup>7</sup> 山东省发改委。(2023). 关于进一步完善居民电动汽车充电桩分时电价政策的通知. [http://fgw.shandong.gov.cn/art/2023/7/31/art\\_91687\\_10407939.html](http://fgw.shandong.gov.cn/art/2023/7/31/art_91687_10407939.html)

<sup>8</sup> 睿博能源智库。(2023). 分时电价设计：准确反映系统内在成本.南方能源观察. <https://mp.weixin.qq.com/s/Gu23dcqg21tWxaG1orVFtA>

步扩大分时电价的影响深度，在目前优化电网短期运行的基础上扩大成果，挖掘分时电价优化电网未来投资的能力。

此外，若不对充电行为加以合理疏导，无序充电会产生巨额配电网扩容成本，而当前的分时电价设计还无法很准确地将未来配电网的扩容费用纳入分时电价的设计考量中。美国波士顿咨询公司（Boston Consulting Group）通过建立仿真模型，测算了支持电动汽车接入电网所需的各项成本，结果显示配电侧的升级成本大概占总成本的70%，而电能量成本和输电侧的升级成本则各占25%和5%<sup>9</sup>。虽然中国的电动汽车及配电网情况都与美国不尽相同，然而许多国家的经验都说明，配电网管理将极大地受益于合理、有序的充电模式。

虽然一些省份的分时电价已将输配电价涵盖在了价格浮动范围内，但输配电价主要针对的是存量输配电侧成本的回收，无法对增量输配电扩容起到引导作用<sup>10</sup>。比如，假设一个地区的用电高峰时段接近该地区配电设备容量上限，当前分时电价设计所提供的价格信号是无法反映这一情况的。目前有一些创新的电价设计方案，例如在加州的一项法案中（Assembly Bill 327），明确规定了该州的三大供电商需要上交配电网资源投资方案，并且在方案中需要提出新的电价设计方案，以达到配电网投资成本最小化的目标<sup>11、12</sup>。

## 2. 释放分时电价的空间信号

若要进一步发掘分时电价优化电网运行和投资的作用，分时电价的空间属性必须得到更好的彰显。所谓空间信号，是指分时电价反映各级电网阻塞及载荷等地理位置信息，采用彰显本地电网运行特性的价格信号。目前我国按照省级划分来执行分时电价，从分时电价设计的数据及成本汇集到监管归口机构，都是以省为基本单位进行的。这意味着分时电价所优化的各个方面都是按照汇总后的省级电网总体运行情况所设计的，无法顾及各个子电网独特的运行情况。

因此，可以考虑基于地方实际情况，制定相应的分时电价，同时惠及发电侧和配电侧：

- 从发电侧来说，统一的省级分时电价会导致电动汽车低谷扎堆充电，给电网造成新的负荷“高峰”，以及不必要的尖峰容量投资。目前在多省都出现了电动汽车在低谷期间扎堆充电的现象，一方面印证了分时电价对电动汽车充电行为的塑造能力，另一方面，不合理的负荷调整给电力系统运行造成了一定困难。例如，在某些省份，空调用电叠加电动汽车充电造成了“零点高峰”，亦即一天的用电高峰集中在深夜低谷电价时段开始的时点<sup>13</sup>。

将设计分时电价的任务分解到下级行政区，有利于缓解扎堆充电的情况。由于各地的负荷及净负荷峰谷特征都有所不同，其分时电价设计也会有些许不同，尤其是谷段的开始和结束时间。

<sup>9</sup> Sahoo, A. et al. (2019). The Costs of Rewiring Up the Grid for Electric Vehicles . <https://www.bcg.com/publications/2019/costs-rewiring-up-the-grid-for-electric-vehicles>

<sup>10</sup> 享能汇. (2022). 怎么看全国电网代购电价 | 输配电价该不该浮动? . <https://m.bjx.com.cn/mnews/20221128/1272369.shtml>

<sup>11</sup> Assembly Bill 327, Chapter 611, Section 8, Cal. Stat. (2013). [https://leginfo.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=201320140AB327](https://leginfo.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201320140AB327)

<sup>12</sup> 关于如何将配电网的投资成本反映到分时电价设计中，可以参考我们之前有关丹麦配电系统的研究，睿博能源智库(2022). 案例 | 丹麦配电系统如何利用分时电价，南方能源观察. <https://mp.weixin.qq.com/s/CIMflr4vFQd91G8H6p03iA> 以及德国的案例研究 <https://www.raonline.org/knowledge-center/distribution-planning-for-successful-energy-transition-electromobility/>

<sup>13</sup> 付美斌. (2024). 海南电网统调负荷首次突破800万千瓦. [https://www.cnr.cn/hn/jrhn/20240624/t20240624\\_526761928.shtml](https://www.cnr.cn/hn/jrhn/20240624/t20240624_526761928.shtml)

各地的电动汽车车主会响应当地的分时电价信号，汇总到省级时，原本全省扎堆充电的现象也会因此得到缓解。为方便执行，省级发改委可以会同省级电网公司推出分时电价设计的框架，甚至依据这个框架设计一个“分时电价计算器”，地方电力监管部门只需要统计并输入相应的数据即可输出一个分时电价推荐设计，在本地推出符合当地负荷特征的分时电价，最后设定的分时电价也可以按照本地情况和需要进行细节上的调整<sup>14</sup>。

- 从配电侧来说，以省为单位来设计的时间电价，对优化配电网运行及投资而言没有太大指导作用。国外研究表明，发电资源出力高峰，即负荷高峰并不一定和配电侧资源使用高峰在时间上重合<sup>15</sup>，甚至在一些情况下，大电网分时电价低谷时段引导的用户扎堆充电可能会给一些地区的配电网带来额外压力<sup>16</sup>。目前《配电网高质量发展行动实施方案（2024-2027年）》正在实施中，对于配电侧的可承载力，以及未来需要的配电方面的投资和分布式光伏、电动汽车等应当统筹考虑，设计更有前瞻性的地方分时电价<sup>17</sup>。

为了合理控制配电网的扩容成本，在理想情况下可以达成的电价设计甚至可以进一步细化分时电价的空间价值信号，增加反映本地配电网运行情况的分时电价，即将一个变电站或是馈线的供电区域作为分时电价的基本单位，在配电设施有过载风险的地区，根据充电桩在高峰时段的配电设施利用峰值，按比例在原有电价的基础上增加额外的配电系统扩容费<sup>18</sup>。目前需量电价的设计主要以成本回收为主，测算时大多只测量了用户自身的最高需量，没有将用户需量放在配电网的背景下讨论。本着“谁受益，谁承担”的原则，对配电网造成压力的部分，充电用户应该承担配电系统扩容的责任。这一电价设计不仅可以优化配电侧资源使用效率，还可以激励充电桩运营企业建设光储充一体化场站，减小配电侧压力。

### 3. 增强分时电价的时间信号

更加精准、有效的时变电价(time-varying tariff)可以在已有的分时电价基础上得到进一步的延伸。时变电价这一概念涵盖了所有随时间变化的非市场电价。实时电价<sup>19</sup>可以最大程度地反映电能成本的时间变化。然而，若综合考虑用户的接受度等因素，可以从较容易接受和管理的紧急尖峰电价（Critical Peak Pricing-Variable）以及紧急尖峰节电返利（Critical Peak Rebate）出发。与当前分时电价的固定尖峰时段不同的是，紧急尖峰电价没有事先固定的时段，而是类似日前响应，在电网调度预判到第二天电力系统供需情况较紧张时，通过日前通知电力用户第二天的**高价充电时段**来达到**重塑充电曲线**的作用。在美国实行紧急尖峰电价的地区，通常监管部门会规定调用次数的上限，而地方供电公司或区域调度中心<sup>20</sup>会决定何时需要调用紧急尖峰电价。

<sup>14</sup> 同8

<sup>15</sup> Olson, A. et al. (2023). Rate Design for the Energy Transition: Getting the Most out of Flexible Loads on a Changing Grid. Energy Systems Integration Group. <https://www.esig.energy/rate-design-for-the-energy-transition-getting-the-most-out-of-flexible-load-on-a-changing-grid/>

<sup>16</sup> Energy System Integration Group. (2023). Charging Ahead: Grid Planning for Vehicle Electrification. <https://www.esig.energy/grid-planning-for-vehicle-electrification/>

<sup>17</sup> 国家能源局. (2024). 配电网高质量发展行动实施方案（2024—2027年）. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202408/content\\_6969919.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202408/content_6969919.htm)

<sup>18</sup> Capper, P., Satchwell, A. (2022). EV Retail Rate Design 101. <https://escholarship.org/uc/item/99f5x0sj>

<sup>19</sup> 采用实时电价的用户不需要参与现货市场，但其电价会与现货市场的价格挂钩。关于更详细的描述，请参阅睿博能源智库. (2023). 北美实践：向大型用户开启实时电价. 南方能源观察. <https://mp.weixin.qq.com/s/vEFIZwCLppLYwExiMzV-PQ>

<sup>20</sup> 更严谨地来说是系统运营方，即system operators.

紧急尖峰电价和平价时段的费率比值通常较高，可以在**5: 1**到**12: 1**之间<sup>21</sup>。紧急尖峰电价结合智能化电动汽车的潜力很大。其原因有二：一是目前各平台充电APP的普及可以很方便地把带有时空信息的价格信号推送给用户。二是大部分电动汽车车主并不需要每日充电，用电弹性很高，可以在不影响出行体验的前提下提前或延后充电。如果考虑到临时提高电价对于消费者的负面影响，也可以考虑采用紧急尖峰节电返利，在用户允许减少充电功率时给予一定的补偿。

## 结论

作为电动汽车大国，中国目前无论是从电动汽车保有量还是增长势头都处于世界前列。这也意味着在有关电动汽车如何更加友好地接入电网这一问题上，中国将面临许多挑战。不过电动汽车带来的挑战并不是全新的——全球范围内建筑（采暖）电气化的过程为新兴负荷接入电网积累了许多经验和教训；而其中一个行之有效的工具就是分时电价。分时电价在当前是疏导电动汽车充电成本、重塑充电曲线最成熟且效果最明显的工具。本文从电动汽车分时电价现状出发，介绍了改进电动汽车分时电价下一步的一些具体改进方法。包括：

- 涵盖更广的系统长期成本，例如为反映配电侧长期成本，允许在省级分时电价的基础上增加反映本地配电网容量峰值的分时电价。
- 释放分时电价的空间信号。在各省统一的框架下，实施能够反映本地（市、区级）发用电及输电情况的分时电价设计。例如，可以由各省各自设计统一的计算方法，再交由各下属地区，根据本地电网运行数据制订有一定差异的本地分时电价。
- 增强分时电价的时间信号。例如，考虑采用更灵活的时变电价结构，如紧急尖峰电价或是紧急尖峰节电返利等设计，释放分时电价的空间信号。

本文主要的分析对象虽然是电动汽车的分时电价，许多结论也可以广泛应用于其他需求侧资源。当然，分时电价绝非唯一的负荷曲线塑造方式。市场机制、需求响应甚至虚拟电厂都将起到至关重要的作用。未来我们的另一篇文章会以自动充电控制为切入点，详解如何解锁电动汽车的充电灵活性。

---

<sup>21</sup> 同17.



---

Regulatory Assistance Project (RAP)<sup>®</sup>

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  
100004

---

+86 10 8526 2241

china@raponline.org  
**raponline.org**