

# 制定配电系统分时电价：支持系统灵活性，实现低成本电气化

## 丹麦经验

睿博能源智库

### 概述

世界各国的政策制定者都在考虑如何激发电力用户对价格变化的响应，而分时电价就是调动积极性的一项重要手段。随着电气化的发展，电力用户有越来越多的机会以低成本为电网灵活性作出贡献，并取代在高峰时期运行的不清洁且昂贵的化石燃料发电厂。这不仅有助于支持波动性风能和太阳能的发电并网，而且还可以管理并降低电网因适应电动汽车、热泵以及其他电气化等新增需求而升级的成本。

在世界范围，分时电价机制正在逐渐普及。时至今日，大部分国家的风时电价都是根据使用时间，将发电相关成本分摊到不同的时间段中，同时在各个时间平均分摊电网相关成本。本文的主题是将分时电价机制的概念延展到配电系统定价中。最近，一些国家和地区已经开始着手处理这一课题<sup>1</sup>。在此，我们关注到了丹麦电力市场正在发生的变化，丹麦在将分时电价用于配电系统定价机制中已先行一步，有些经验可圈可点，我们在此梳理了一些相关经验，也许对世界各地的政策制定者——比如负责实施和完善自2021年7月起全面在中国开展分时电价的同仁们——有所启发。

2021年，丹麦重新调整和修改了配电公司定价方法。据丹麦政府部门所述，此次修订的方法，即“电价模型3.0”，旨在支持向新型电网过渡，以满足不断增长的电动汽车

---

<sup>1</sup> 之前的文章中我们讨论过美国某州如何处理分时电价，包括将输配电价成本分摊到分时电价中。可见“为电力用户实施分时零售电价的国际视野和几点建议”，<https://www.raonline.org/knowledge-center/rap-time-varying-pricing-cn/>

和其他终端电气化的需求<sup>2</sup>。“电价模型3.0”建立在现有的分时电价基础上，完善并拓展了分时电价在丹麦的应用。它基于新的关于用电和能够体现“谁使用，谁支付”的数据，并利用了在丹麦已广泛部署的智能电表，以便可以按小时结算电费。

## 反映成本原则

按照反映成本的原则，电价的设计旨在令用户支付其使用电力系统时产生的成本。这也是长期以来，丹麦用于制定电价的核心准则。在“电价模型3.0”出现前，丹麦的分时电价机制反映了不同时间段的发电成本。而“电价模型3.0”完善了该准则的实施，它考虑到了一些配电系统成本，尤其是资本成本，也是基于时间而变化的（也就是说，成本每小时会根据天气，需求和其他等因素而波动）。配电系统是指终端用户和高压输电电网之间，由电线杆、电线和变电站组成的电力网络系统，配电系统成本包括资本成本，运行成本和维护成本。

通常，电力公司规划者根据系统在高峰时期变得堵塞（或即将变得堵塞）的迹象来评估对配电资产的投资需求。因此，配电系统繁忙的时间段决定了资本成本。配电系统中的小型用户（比如居民用户）个人使用量虽然不高，但却会因在高峰时期集中用电致使电网发生堵塞。正是这些时段的堵塞，最终决定了扩展电网的成本。分时电价可以激励用户转移用电需求时间，从而减少电网堵塞与扩展电网相关的资本成本。

“电价模型3.0”的开发是基于对丹麦配电系统用电模式的具体分析。此模型下，在一年或是一天中，当可能需要扩展电网来满足高用电需求或缓解电网堵塞时，配电电价会更高，而当可用的电网容量过剩时，配电价格会更低。这样一来，新的定价方法降低了配电系统的高峰用电需求，并缓解了堵塞情况，也因此避免了对配电网不划算的投资，从而提高了电网投资的长期效率。考虑到将来电动汽车，热泵，及其他终端用电需求的增长，这一定价模型会变得越发重要。

## 丹麦配电系统分时电价定价方法

“电价模型3.0”将分时电价的时间段和不同的配电价格同时应用到了居民和非居民用户类别中<sup>3</sup>。从经济的角度来看，根据用户类别划分分时电价至少在一定程度上是合理的，因为这些不同类别的用户通常会连入电网的不同部分（或不同的电压等级），而这些部分的成本也不尽相同（包括不同的资本、运行和维护成本）。理想情况下，配电系统的分时电价应根据所处不同位置的配电网特性量身定制（比如，两个城市的配电

---

<sup>2</sup> 本文借鉴了2022年1月电力公司Dansk Energi发布的文件（丹麦语）中对“电价模型3.0”的描述和讨论。“Principnotat tarifmodel 3.0” at <https://forsyningstilsynet.dk/media/10813/bilag-1.pdf>. TM 3.0.

<sup>3</sup> 在丹麦的非居民类别中，根据连接的类型和电压水平还划分了子类别。“电价模型3.0”对这些子类别各自采用的分时电价也做出了区别。

系统堵塞模式可能不尽相同)。然而，由于丹麦电力系统相对规模较小，并且在设计“电价模型3.0”时秉承简洁明了的原则，在全国不同地区的同一类用户都享受了相同的配电分时电价<sup>4</sup>。

“电价模型3.0”设计了3个时间段，每个时间段的配电网服务价格都不同，这3个时间段分别为：尖峰，高峰，非高峰。每个时间段的电价等于各时段的“比例因子”乘以现有的配电平均电价。例如，下图展示了居民用户的配电系统时间段和相应电价，这些时间段是根据详细的用电数据的综合分析确定的，数据包括丹麦的所有终端用户电表计数（均按小时计量和结算）。

“电价模型3.0”将所有资本成本都归算到尖峰和高峰时段中，按照这两个时间段中的用电需求量的水平来分摊，而非高峰时段则无需分摊。此外，基于简化，假设任意时刻用电对电网产生几乎相同的耗损，运行成本将被平均分摊到所有时间段。当前，对于居民用户来说，对供暖的需求是目前扩展居民配电系统的主因，也因此大部分的居民资本成本都分摊到了冬季用电高峰期，然而，丹麦政府部门指出，随着电动汽车普及率的提高，夏季用电高峰可能变得更重要。

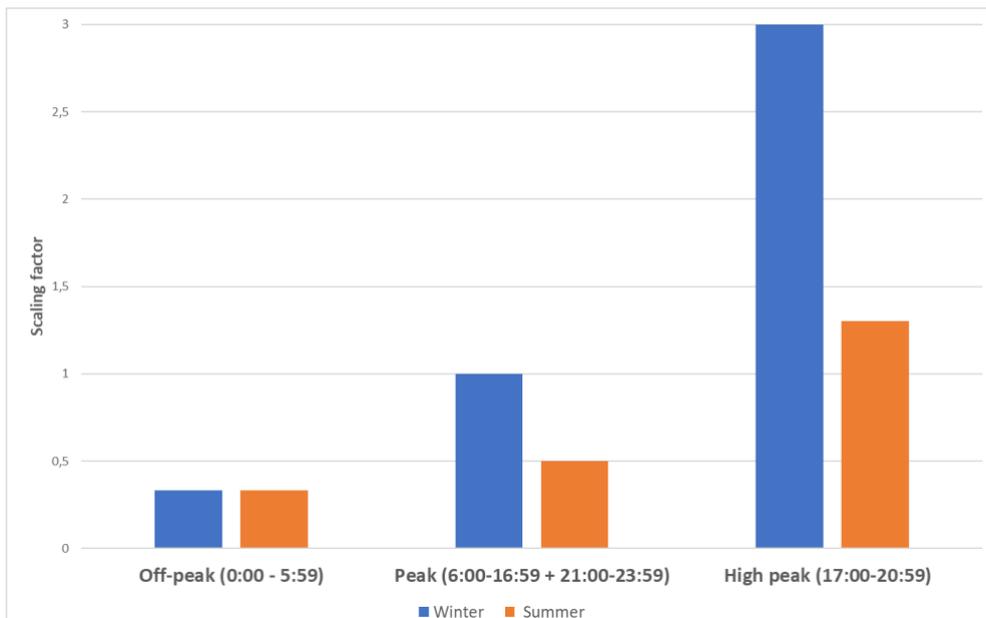
与其他用户相比，居民用户消耗了全国一半以上的电量。配电网中，服务居民用户的部分所承载的电力，往往用电波动很大，而服务非居民用户侧的波动则较小。居民用电高峰集中在一早一晚，冬季的尖峰要比夏季高。一天中的用电时间段可分为非高峰时段（电网利用率低于最大负载的60%）、高峰时段（电网利用率在60%~90%之间）和尖峰时段（电网利用率在90%以上）。

在“电价模型3.0”中，居民电价的“比例因子”（见图1）规定了配电系统电价在冬季尖峰期时是非高峰期的9倍，而在夏季尖峰期时是非高峰期的4倍。这一定价比例发出了明确的价格信号，鼓励用户将用电时间转移到一天中电网堵塞较少的时间段。

---

<sup>4</sup> 在一个地理面积很大的国家，最好认识到该国不同地区的配电网的特点。请注意，“电价模型3.0”根据统一的比例因子定义分时价格，这些比例因子与丹麦不同地理配电区域的现有配电电价相乘以得到分时电价。现有的配电电价水平根据每个配电区域的准许配电网收入而有所不同。

图1. “电价模型3.0”中用于居民用户的配电系统电价



相较之下，服务于非居民类别中大型用户的配电网，在使用和电力堵塞模式上与居民用户不同，反映出了这些企业的用电模式<sup>5</sup>。具体来说，这些用户用电相对稳定（至少是在平日），而非高峰时段则为夜间和周末，尖峰时段为冬季的工作日时间。配电分时电价的价格设计也包含了大型用户的用电模式。

## 结论

分时电价有助于实现清洁能源转型。放眼世界，关于此主题的讨论大多集中在通过分时电价反映发电成本。然而，将电网成本，尤其是配电系统的资本成本，分摊到分时电价中也同样重要。随着电动汽车，热泵，电动工业流程的蓬勃发展，配电分时电价将有助于管理配电系统成本。丹麦的“电价模型3.0”正是一个切实可行的例子。

丹麦发布了“电价模型3.0”定价方法的详细报告，有助于在该国建立公众对分时电价设计的理解和接受度。在此报告的基础上，企业可以评估未来分时价格设计可能的变化，以助力企业进行合理的投资规划。事实上，“电价模型3.0”并不是一个成品。相反，丹麦决策者表示，“电价模型3.0”将在5年内进行审查和调整，以确保分时电价随着电气化程度的提高仍能达到预期效果。如果电气化进展迅速，就更有必要经常审查分时电价机制。

<sup>5</sup> “电价模型3.0”中，非居民用户除了支付每千瓦时的配电分时电价外，还需支付容量电价。许多分析者，包括睿博能源智库(RAP)，认为容量电价（也被称为“需求电价”）并不是一个好的方法，即使是对大型用户，最好还是通过配电分时电价来回收全部配电成本。这是因为分时价格总能以一种更有针对性的方式来设计，以反映同期高峰需求。LeBel et al. (2020). *Demand Charges: What Are They Good For? An Examination of Cost Causation*. <https://www.raponline.org/knowledge-center/demand-charges-what-are-they-good-for/>



Energy Solutions for a Changing World

---

**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  
邮编: 100004  
[raponline.org](http://raponline.org)

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