

容量补偿机制怎样设计才能包 “容”万象

以需求侧资源提供容量为例

高驰

睿博能源智库

引言

2023年11月10日，国家发改委和国家能源局联合印发了《关于建立煤电容量补偿电价机制的通知》（发改价格〔2023〕1501号）¹。1501号文明确，为适应中国煤电功能加快转型需要，决定自2024年1月1日起，将煤电单一制电价调整为两部制电价，补偿实行全国统一标准，即每年每千瓦330元，补偿的力度为固定成本的30%至50%。随着2024年的到来，各地相继出台煤电容量补偿机制。

煤电容量电价出台的一大冀望是通过稳定煤电企业的收益预期，进而助益系统可靠性。然而，若要电力系统在确保可靠运行的同时，向着更加经济、环保的大方向前进，那么评估采购容量的流程就需要进一步改进。睿博能源智库关于容量补偿机制的改进建议²如下：

- 容量补偿机制应建立在资源充足性规划之上，量化容量目标，有针对性地采购容量；避免一刀切式的全面成本回收，尤其是针对不经济和高排放的煤电机组。
- 容量采购宜通过竞争机制降低成本，并且容量采购应平等对待包括需求侧资源在内所有可以提供容量的资源，不任意设置准入壁垒。

¹ 国家发展改革委员会，国家能源局. (2023). 国家发展改革委 国家能源局关于建立煤电容量电价机制的通知. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzqg/202311/t20231110_1361899.html

² 睿博能源智库. (2023). 容量补偿机制设计应如何“扬长避短”. https://www.raonline.org/knowledge-center/capacity-mechanisms-whitepaper_cn/

- 容量补偿机制应采取公平的绩效问责制，以统一标准量化每一个电力资源的容量贡献，对在系统紧张时无法提供电力的资源予以相应惩罚，同时要避免在设计市场规则时掺杂对某一类资源先入为主的歧视和偏见。

以上建议部分已被反映在了《关于建立煤电容量补偿电价机制的通知》中，例如对环保、能耗及灵活调节能力的要求，以及对容量电费考核的相关要求。这些容量补偿的限定性条件不仅给予容量资源足够的激励，促使其在关键时刻有动力听从调度安排，而且也给未来进一步调整容量补偿机制，使其更加适配于新型电力系统打下良好基础。

中国个别地区在改进容量补偿机制方面获得了可喜的进展。在2023年，在广东省发布的市场化需求响应实施细则中，详细规定了直控型可调节负荷竞争性配置交易（直控式需求响应）应如何进行，为需求响应资源参与容量市场作出了表率³。同年，国家能源局西北监管局发布的《西北电网灵活调节容量市场运营规则（征求意见稿）》也表示，允许储能及需求侧资源参与容量市场，尽管参与的具体细节仍有待补充⁴。

需求侧资源在中国也已有长足进展。近年来，一些需求侧资源试点开始开花结果：深圳、冀北和上海等地试点了具有一定规模的需求端资源聚合平台（虚拟电厂），验证了技术上的可行性并探索了市场实践⁵。同时，中央的政策也为需求侧资源的加速发展提供了关键的助力。国家发改委近期印发的《关于加强电网调峰和智能化调度能力建设的指导意见》提出，到2027年需求侧响应能力达到最大负荷的5%以上。

2023年出台的《电力需求侧管理办法》（发改运行规〔2023〕1283号）要求，“到2025年，各省需求响应能力达到最大用电负荷的3%—5%”，并进一步提出“支持符合要求的需求响应主体参与容量市场交易或纳入容量补偿范围”⁶。

那么，为何中国将需求响应纳入容量补偿范围？又该如何具体实施呢？

为解答这些问题，本文将先追本溯源，从根本上理顺“容量”这一概念的逻辑。之所以这样做，是因为目前有关容量的一些讨论在准确性上略有不足，致使一些先入为主的偏见影响了对系统全局的把握。当“容量”的逻辑理清了之后，文章接下来将简要解释美国的需求侧资源是如何借由容量市场发挥可靠性作用的。当然，选取这个例子绝非因为美国的容量市场设计毫无瑕疵；恰恰相反，美国的容量市场设计有许多不足，睿博能源智库的全球专家们已就此问题广泛参与业内讨论，并多次向欧美的政策制订者提出建议，希望扭转容量市场所造成的超额冗余容量，促进经济、清洁的能源转型⁷。

本文希望以“容量”的核心逻辑作为骨架，用具体的例子为其填充血肉，更好地阐释“容量”这一概念究竟是如何被反映到具体市场设计中的。本文虽有对需求侧资源参与容量市场的具体介绍，

3 广东电力交易中心. (2022). 广东省市场化需求响应实施细则（试行）. <https://news.bjx.com.cn/html/20220418/1218193.shtml>

4 国家能源局西北监管局. (2022). 关于公开征求《西北电网灵活调节容量市场运营规则（征求意见稿）》. <http://xbj.nea.gov.cn/website/Aastatic/news-237187.html>

5 自然资源保护协会(NRDC). (2023). 面向双碳的虚拟电厂技术支撑体系与商业模式研究. <http://www.nrdc.cn/Public/uploads/2023-11-20/655b21ecbf17d.pdf>

6 国家能源局. (2023). 电力需求侧管理办法（2023年版）. <https://www.ndrc.gov.cn/xxqk/zcfb/ghxwj/202309/P020230927316131533276.pdf>

7 详见睿博能源智库. (2023). 从欧美实践看容量补偿中的关键考虑因素. <https://www.raonline.org/knowledge-center/key-considerations-for-capacity-payment/>

也的确希望读者可以更好地了解需求侧资源是如何参与容量市场的，但更重要的是，笔者希望能够由点及面、由表及里，就如何改进中国容量补偿机制提供一些新思路。

容量，究竟是什么？

何为系统容量？系统容量其实是一个在直觉上看似容易理解，但细想却难以捉摸的概念。我们需要搞清楚系统容量和发电厂的标定容量有何区别？初步的定义可以将系统容量等同于发电厂的标定或铭牌容量，即一个发电厂在技术上经测试可以达成的最大出力值。然而，以燃气发电厂为例，其标定容量是否可以直接换算成系统容量呢？实则不然。2021年，美国得克萨斯州发生大规模停电事故，其中一个重要原因就是大规模天然气机组的下线，低温导致大约20吉瓦的天然气发电机组无法发电，在电力系统最需要容量的时候反而无法提供容量⁸。换言之，一个标定容量为200兆瓦的天然气机组并不能保证其在**系统最需要的时段**就能够满负荷地提供200兆瓦的电力。那么，将“系统紧张时刻”这一概念植入容量的定义中，可将其重新定义为：一个电力资源在系统需要的时段所能够为系统在保持供给与需求平衡这一方面所提供的贡献。这一概念也正是国内外学界和许多从业人士在前沿讨论中所采用的定义。

这个定义虽然更加精准、全面，但也让量化工作变得更加复杂。在这个定义下，一个电力资源的系统容量已经不是其自身所能够决定的，而是由电力系统内的资源配置，每一时刻的天气、负荷、甚至是突发的发电设备或是输电线故障等种种情况所共同决定的。按照这个逻辑，衡量一个电力资源的系统容量贡献值就需要对未来电力系统的紧张时段有所预判，并且依此来判定一个资源在紧张时段内提供给系统多少电力。目前在美国，许多专家学者仍在讨论如何更加精准地测算一个资源的容量贡献，并且一些区域电力市场也在申请更新相关的市场规则。这一过程仍然在不断改进和演化中⁹。

这个定义的一大优点在于其挑战了人们对“容量”这个词的固有理解。不仅是传统火电这样的发电侧资源可以提供系统容量，而是凡是在系统需要的时候能够做出贡献的资源，都可以提供一定的容量价值。例如，风电、光伏等可再生资源，以及包括能效资源和需求响应资源在内的需求侧资源都可以在一定时间内提供容量。只不过，发电侧资源是靠发电来为电网做出贡献，而需求侧资源是靠调节负荷曲线的形状来为电网做贡献。具体而言，需求侧资源可以在系统高峰期削减或是推迟电力需求，甚至是在系统发电过剩时增加电力需求。

需求侧资源如何提供系统容量

8 Hogan, M. and Scott, D. (2022). *Power Outages Rapid Response Toolkit*. <https://www.raonline.org/wp-content/uploads/2023/09/RAP-Power-Outage-Rapid-Response-Toolkit-12.2022.pdf>

9 例如，Energy Systems Integration Group (ESIG) 是美国专营电力行业转型的一个顶尖行业联盟，代表了目前美国电力业界的总体方向。ESIG在2021年发表了 *Redefining Resource Adequacy for Modern Power System* (<https://www.esig.energy/resource-adequacy-for-modern-power-systems/>)，并在2023年发表了 *Ensuring Efficient Reliability: New Design Principles for Capacity Accreditation* (<https://www.esig.energy/new-design-principles-for-capacity-accreditation/>) 两篇探讨容量贡献及容量市场设计的重量级的报告。对容量相关讨论感兴趣的读者，可以去仔细研读这两篇报告。

本文中所提及的“需求侧资源”主要是指用户端资源的总和，主要包括：需求响应、分布式资源、能效以及分布式储能。这一概念和国内常常提到的“虚拟电厂”一词有许多重叠之处。严格意义上说，虚拟电厂侧重于强调聚合分散资源是需求侧资源的一个重要分支和组织方式。不过，不论聚合与否，需求侧资源都可以提供绝大多数传统电厂所能够提供的服务，例如电量、调频、应急、以及容量服务。

需求侧资源所能够提供的系统容量，能像传统发电厂一样靠谱吗？许多人的固有印象是，传统发电厂都是可调度的资源，电网调度一声令下就可以快速做出反映；而需求侧资源则需要许多用户积极配合，而且电力需求的弹性也有限。怎么能确保在系统需要的时候，需求侧资源能够及时顶上呢？事实上，能够观测到的结果和这一固有印象恰恰相反——位于美国东北部的ISO-NE电力市场市场已采用需求侧资源作为容量资源，该区域市场在2023年统计了近五年内需求侧资源的表现，发现在系统对容量资源有需求的时段内，需求侧资源的停运率¹⁰只有4.0%，低于发电侧资源的6.4%¹¹。

除了运行可靠外，与传统资源相比，需求侧资源还有许多独特之处。第一，在“双碳”目标的大背景下，电力系统加速减碳势在必行，而需求侧资源在提供系统容量时是不会产生新的碳排放的。毕竟，需求侧资源主要是通过重塑电力需求曲线来缓解电网压力的，甚至能效类需求侧资源还可以达到长期减碳的效果；第二，需求侧资源在提供各项服务时不会给电力输配系统造成更多的压力，而发电侧资源系统贡献的一大局限，在于电必须要通过输配电系统才能够被运送至负荷中心。一旦关键输配管线出现阻塞，即使发电资源仍有出力空间，也无法将所需电力送达，而需求侧资源的容量贡献主要是通过直接削减电力需求达成的，并不受电网阻塞的影响；第三，比起专门为迎峰而建设的发电资源，需求侧资源往往更加经济，相比利用率较高的基荷负荷，迎峰发电资源通常发电小时数较少，导致大部分成本回收无法通过出售电力来完成，也正因如此才要靠容量价格回收成本，最终导致迎峰发电资源的容量成本格外高，而需求侧资源提供的容量就可以避免或是减少这些迎峰发电资源的建设，大幅降低容量成本，从而降低电力系统的总成本和电力用户需要支付的电费。

详解需求侧资源提供容量服务——以ISO-NE为例

美国新英格兰地区独立系统运营商ISO-NE公司，是主管区域电力市场及区域电网调度的组织，负责美国东北部六州的区域电网的调度及市场运营。该区域电网中的容量采购主要依靠容量市场完成。广义上说，容量市场的运行可以分为两步：第一，ISO-NE根据区域内的负荷情况、已有

10 文中所描述的停运率，准确地说是Weighted Average Equivalent Demand Forced Outage Rate (WAEFORd)，可以解释成“当电力系统需要时，某资源的平均停运率”，具体是指当某一个电力资源因故障或其他非计划原因导致该资源无法在系统需要时全额出力的概率，通常用来评估发电机组的可靠性和运行效率。

11 Saarela, H. and Kotha, M. (2023). *Proposed Installed Capacity Requirement (ICR) and Related Values*. https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2023/08/a03_2023_08_23_pspc_proposed_icr_related_values_for_fca18_final.pdf

容量、种种可能存在的随机故障风险等因素，通过建模仿真计算出若要达到目标系统可靠度¹²，各区域内所需要的系统容量总量；第二，ISO-NE会在容量市场中面向所有可提供系统容量的资源提前三年公开采购容量，直到达成目标容量总量¹³。提前三年采购容量主要是考虑到项目投资周期的长度，项目从容量市场中获得的资金可以成为融资的一部分。ISO-NE规定可以参加容量市场的资源包括：能效资源、储能、火电、抽水蓄能、集中式和分布式光伏及风电、外来电以及需求响应资源。在2024年容量市场的出清结果中，ISO-NE出清后新增的容量（排除掉外来电）约为1400兆瓦¹⁴，而需求侧资源的容量就占到了1085兆瓦¹⁵。从容量总量上来看，上述这几类非常规火电资源的总和也占到了系统容量总量的18%，并且这一比例在过去几年内呈上升趋势，其中，仅能效和需求响应资源就占到了8%左右¹⁶。值得注意的是，即使有越来越多的非常规火电资源成为容量提供者，美国的许多容量市场还是有一些准入规则上的障碍，导致需求侧资源无法公平地与火电竞争。

需求侧资源，以能否被调度为划分依据，大致可以分为被动和主动两种。被动需求侧资源主要包括能效（例如，提高建筑的隔热性能）、分布式资源等可以永久性地减少负荷的资源；主动需求侧资源则是指根据市场价格和调度信号在短期内重塑用电曲线的资源，主要包括负荷削减、自备发电机、自备储能等。睿博能源智库之前发表过关于被动需求侧资源参与容量市场的研究¹⁷。因此，本文剩余篇幅将延续之前的研究结果，详细介绍主动需求侧资源是通过什么机制来提供系统容量的。

主动需求侧资源参与容量市场的流程如下：

一、 递交相关资料

这一步的主要目的是让ISO-NE搜集容量市场运行的必要信息，并且通过审查初步筛选出合格的项目。其中，一些比较重要的信息包括：

- 容量削减预估值；
- 关键路径进度计划（**Critical Path Schedule**）：指项目关键节点的预计完成日期，例如许可证审批、项目融资、重大工地建设、主要设备交付及测试、调试、商业运营起始及停止提供容量服务的日期；
- 项目融资计划；

¹² 通常会设置为十年中仅有一天会有停电事故。

¹³ Wong, P. and Zeng, F. (2019). *Installed Capacity Requirement Development Webinar*. <https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2019/12/icr-development-workshop.pdf>

¹⁴ ISO-NE. (2024). *Forward Capacity Market 18 Results Summary*. <https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2018/05/fca-flow-diagram.pdf>

¹⁵ ISO-NE. (2024). *New England's Forward Capacity Auction closes with adequate power system resources for 2027/2028*. <https://isonewswire.com/2024/02/09/new-englands-forward-capacity-auction-closes-with-adequate-power-system-resources-for-2027-2028/>

¹⁶ ISO-NE. (2024). *ISO-NE files finalized capacity auction results*. <https://isonewswire.com/2024/02/21/iso-ne-files-finalized-capacity-auction-results/>

¹⁷ 关于能效资源如何参加容量市场，我们在另一篇文章，“能效资源：容量市场的又一参赛者”，中有详细解释。<https://www.raonline.org/knowledge-center/rap-ee-in-capacity-market/>

- **测量及验证计划：**该计划将详细阐释负荷基线以及具体的负荷削减将如何测量。ISO-NE提供了一些官方测量及验证计划准则，供申请人选择¹⁸。

获得这些信息后，ISO-NE会根据已报信息做初步分析，以确保该资源在当前的电力系统内可以提供期许的容量贡献¹⁹。经审批合格的企业将获得参与容量市场的资格。

如何测量一个需求侧资源的实际负荷削减？

需求侧资源参与任何市场都绕不开对该资源负荷削减的实际测算，而测算工作的第一步就是测算该资源负荷的基线，换言之，假设调度负荷削减的指令没有下达，那么原本的负荷曲线应该是什么样子的？

在ISO-NE中，负荷基线的测算大致分为两步。第一步，计算平均负荷基线，即计算出每一时刻中，与当前测算日负荷特征相似的最近十天的负荷的平均值。例如，假设当前基线测算日是工作日，就要找出距当前最近的十个工作日，再叠合这十条负荷曲线，取平均值，以计算每一时段负荷的平均值。周末、节假日基线的测算的思路也大致相同²⁰。

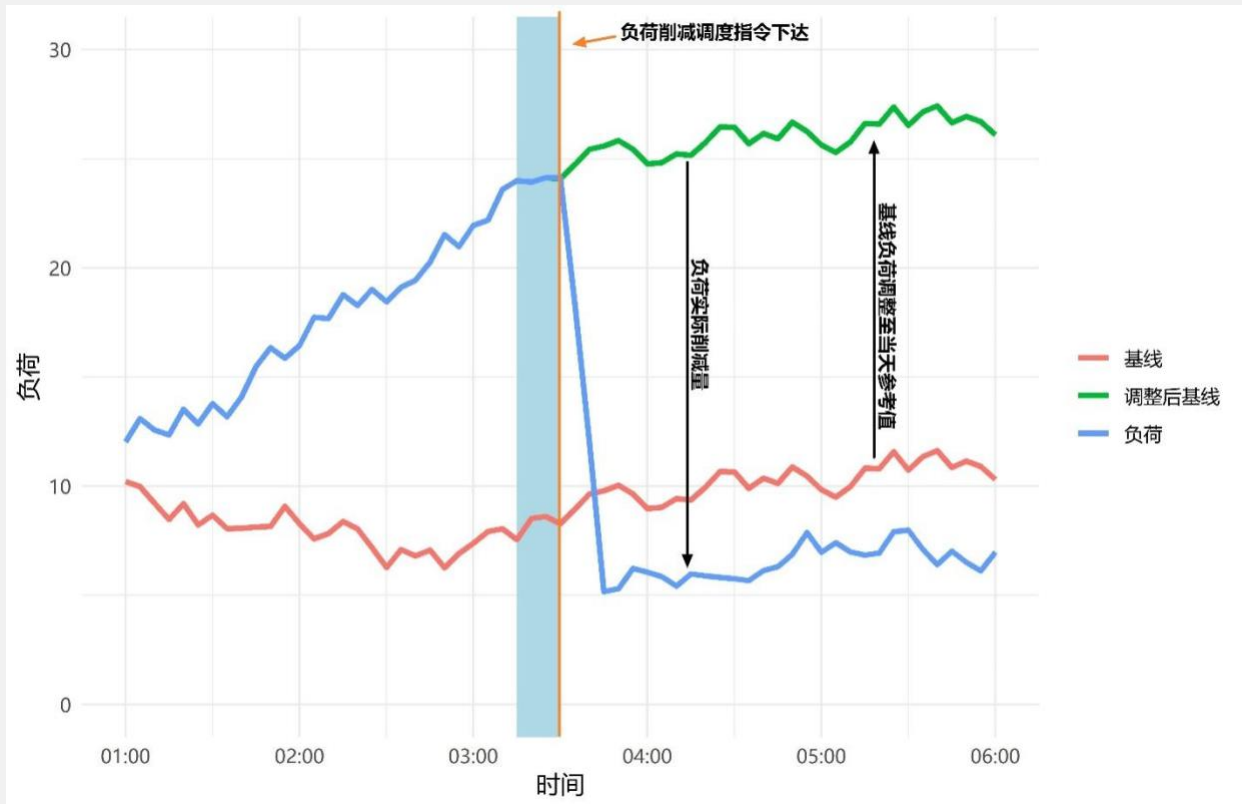
第二步，根据当天的实际情况，来调整平均负荷基线的起始点。首先，调度指令下达前15分钟这一时段会被设置为负荷参考时段（下图中淡蓝色矩形部分）。再以负荷参考时段为基准点，调整第一步得出平均负荷基线。具体而言，是先计算出在符合参考时段中当天负荷与负荷基线的差值，再根据这个差值上下平移第一步中得出的平均负荷基线，在当天负荷曲线的基础上接入平均负荷基线。这一设计主要是为了平衡当天负荷的独特性和历史负荷的普遍性。考虑到当天可能出现的特殊因素（例如天气）都会影响当天该负荷的资源曲线。

18 ISO-NE. (2014). ISO New England Manual for Measurement and Verification of Demand Reduction Value from Demand Resources. https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2017/02/mmvd_r_measurement-and-verification-demand-reduction_rev6_20140601.pdf

19 ISO-NE. (2024). Market Rule 1 Standard Market Design. III.13.1.4.1.1.3, https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/regulatory/tariff/sect_3/mr1_sec_13_14.pdf

20 ISO-NE. (2024). Market Rule 1 Standard Market Design. III.8.2. https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2014/12/mr1_sec_1_12.pdf

一旦当天的调整负荷基线计算完成，负荷削减的计算也就很简单了：从调度指令下达的那一刻起，计算每一时段中实际负荷和调整后的基线之差，就可以得出这次调度中需求资源的实际削减量。



二、 容量市场参与

ISO-NE首先需要通过系统充足性规划来确定目标所需的季度容量总量。为了能够模拟系统实际运行时的容量需求，ISO-NE 采用了更加复杂的电力系统仿真模型，GE MARS（General Electric Multi-Area Reliability Simulation Model），该模型囊括了当前系统已有的电力资源以及负荷，同时考虑了许多随机事件（例如机组故障），以此模拟全年每个小时电力系统的运行情况，以及保证一定电力可靠性水平所需的容量总量²¹、²²。

21 ISO-NE. (2021). Installed Capacity Requirement (ICR) Reference Guide. <https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2021/06/icr-reference-guide.pdf>.

22 关于如何将容量补偿机制建立在资源充足性规划之上，睿博能源智库曾介绍过美国和欧洲的经验。详见：王轩. (2024). 建立以资源充足性规划为基础的容量补偿机制. <https://www.raonline.org/knowledge-center/resource-links-to-capacity-payment/>. 除此之外，关于资源充足性规划，详见睿博能源智库. (2021). 电力现货市场风险管理：资源充足性规划. <https://www.raonline.org/wp-content/uploads/2023/09/rap-resource-adequacy-planning-memo-1.pdf>

ISO-NE明确了三年后需要的容量后会举办容量拍卖，有资格参与容量市场的电力资源会进行多轮竞价，直到采购容量达到所需容量总量区间之内²³。所有报价在最终出清价以下的资源都会从容量市场中得到补偿，并需要承担三年后标的容量季度的容量供应义务 (capacity supply obligation)。参与容量市场的资源包括并不仅仅是传统火电资源，也包括能效、储能、抽水蓄能、集中式和分布式光伏及风电、外来电以及需求响应资源。

三、 测试

若在容量季度来临时主动需求侧资源有容量供应义务，那么该资源需要进行测试，以确保其申报的容量可以达标²⁴。之所以会区分季节，是因为冬天和夏天两季用户的负荷特性有所不同，因此可以削减的容量弹性和数值也有一定差异。测试流程从最粗略的角度来讲，可以分为以下三步：

1. 需求侧资源向ISO-NE申请测试；
2. ISO-NE在五个工作日内，在未提前通知的情况下，向需求资源发布调度指令；
3. 需求资源在接到调度指令后开始削减负荷。待削减爬坡完成后，负荷要保持至少一个小时的持续负荷削减，该小时的负荷削减会成为测试评价的主要依据，测试结果会直接影响该资源在容量市场中可以投标的最大容量值。²⁵

测试结束后，需求侧资源运营商这一季度未来可以在容量市场中投标的总容量 (qualified capacity) 也会根据其麾下的所有需求侧资源的测试结果进行上调或下调。值得注意的是，测试的要求并不是针对需求侧资源的，而是面向所有可调度的容量提供资源的。

四、 容量交付

凡是获得容量补偿的需求响应资源都需要承担容量供应义务 (capacity supply obligation)，在三年后的容量目标季度中有义务要参与电能量日前市场和实时电能量市场，并随时准备调度，以此为系统提供容量市场出清时所承诺的容量。因此，在容量市场之外，需求响应资源还可以在日前市场和实时电能量市场中获得补偿。除此之外，ISO-NE还采用了“绩效问责制” (pay for performance) 的市场设计。所谓的绩效付费，是一种在系统紧张（例如备用容量告急）的情况下通过额外注入补偿资金以鼓励所有可用资源全力提供容量的设计。但若是该资源有容量供应义务，那么唯有超出容量供应义务的部分会获得补偿，而未达到容量供应义务的容量缺口，则会受到惩罚，将惩罚金额转让给在系统紧张时提供容量的电力资源²⁶。

²³ 更准确地说，ISO-NE会设置一个容量需求曲线，给不同备用容量水平一个不同的容量价格。最后容量市场的出清价是根据报价形成的供给曲线和ISO-NE官方设置的容量需求曲线的交点所决定的。

²⁴ Nichols, J. and Haag, K. (2018). Demand Response Auditing. <https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/2018/03/20180327-dr-auditing.pdf>

²⁵ ISO-NE. (2024). Market Rule 1 Standard Market Design. III.13.3.4.b, https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/regulatory/tariff/sect_3/mr1_sec_13_14.pdf

²⁶ ISO-NE. (2024). Market Rule 1 Standard Market Design. III.13.7.2. https://www.iso-ne.com/static-assets/documents/regulatory/tariff/sect_3/mr1_sec_13_14.pdf

对中国设计容量补偿机制的启发

本文主要以ISO-NE为例，为中国电力系统规划、采购容量资源提出了一些可供参考的例子。当然，ISO-NE的例子绝非完美，为更好适应新能源系统的特性，现行规则还有很多待完善之处²⁷。不过ISO-NE的例子为中国完善容量补偿机制提供了一些思路：

- 重新审视“煤电容量论”。亦即，唯有煤电才能够提供容量，而风电、光伏等波动性可再生能源都在“消耗”容量。实际上，并非只有煤电才可以提供系统所需容量。凡是能够在系统紧张时出力的资源，都可以为系统提供容量。除了传统火电以外，储能、能效、光伏及风能以及需求响应都可以为系统提供必要的容量，并且这些资源往往可以用更清洁、经济的手段来达成同等的容量需求。
- 容量采购需要建立在资源充裕度分析的基础上，并且容量采购的过程需要尽快通过竞争市场完成。世界上没有任何一个电力系统可以达到100%的可靠度，因此要测算可接受的电力可靠度的系统所需容量。容量采买或退役信号都必须服务于所需容量区间，不多也不少，防止出现过度激励和激励不足。
- 建立一套通用的容量贡献评价与采买标准。虽然本文主要是以需求响应为例，但上述参与容量市场的流程通用于所有其他资源。诚然，需求响应有一些资源特性较为独特，但评价其容量贡献的整体框架是统一而清晰的。当前的一些看法，例如只有煤电才可以提供容量，风电、光伏都必须要与煤电“打捆”才能够被使用，是不科学且不经济的²⁸。

²⁷ 例如，目前有讨论要完善不同资源的容量贡献（capacity accreditation），以及要设置距离目标容量年更近的容量拍卖。详见：ISO Newswire. (2024). ISO-NE recommends capacity market reforms. <https://isonewswire.com/2024/02/08/iso-ne-recommends-capacity-market-reforms/>; ISO Newswire. (2024). ISO-NE updating accreditation standards to ensure resource reliability. <https://isonewswire.com/2023/04/07/iso-ne-updating-accreditation-standards-to-ensure-resource-reliability/>.

²⁸ 张树伟. (2023). 为什么可再生能源的投资引发了煤炭的进一步扩张? <https://chinadialogue.net/zh/4/100032/>



Regulatory Assistance Project (RAP)[®]
Belgium · China · Germany · India · United States

CITIC Building, Room 2504
No.19 Jianguomenwai Dajie
Beijing, 100004

+86 10 8526 2241
china@raponline.org
raponline.org

中国北京市建国门外大街 19 号
国际大厦 2504 室
100004