

适合新型能源系统的灵活性 电力中长期金融合同

美国视角

睿博能源智库



引言

电力合同管理的相关政策、法规和市场机制对于电力系统的可靠性、效率、成本和排放都有着重大影响。这不仅在中国和美国，而且在世界其他国家都同样如此，特别是对那些致力于实现碳排放目标的国家来说更是如此。在2010年代初开始的工作基础上，中国国家发展和改革委员会和国家能源局最近颁布的政策文件中也呼吁要在电力中长期合同和履约机制方面继续发展。

发改委《关于做好2023年电力中长期合同签订履约工作的通知》（发改运行〔2022〕1861号）文件中要求“建立健全中长期合同灵活调整机制”，并“满足新能源对合同电量、曲线的灵活调节需求”。该文件还指出，国家的电力中长期合同管理办法应与新兴“试点”电力现货市场做好协调，包括“偏差结算价格机制”，这也是“金融合同”的一种形式。此外，国家能源局日前发布的《2023年能源工作指导意见》中也提出了要“积极稳妥推进电力现货市场建设，加强电力中长期、现货和辅助服务市场有机衔接”¹。这些规定的实施细节很重要，并且为了配合这些政策的实施，电力系统需要进一步制定各种灵活性的电力中长期合同。

事实上，一些省份已经宣布在中长期合同的签订中，要用金融合同来替代物理合同。截至2023年5月，中国已经在许多省级电力市场设计中采纳了金融合约。包括浙江、山西、山东、甘肃、广东、湖北、辽宁在内的许多省份都在其电力现货市场规则（或征求意见稿）中明确规定了当现货市场运行时，中长期合约仅作差价结算凭据，不作为调度依据。然而，目前有一些省份仍以中长期合约作为调度依据，并且对超出或不足的发电量进行考核，收取罚金。

其他国家关于金融合同签订的经验不仅有助于实施发改委和国家能源局最近出台的电力中长期合同政策要求，还会助力制定今后相关工作重心²。这篇短文着重介绍了签订金融合同的原则，并介绍了美国有竞争性能源市场的地区（我们将其简称为美国RTO市场地区）的实际经验，这些能源市场与中国正在建立的现货市场大致相似³。我们希望通过本文可以阐明一些政策和市场设计方案，这些方案有助于支持新能源、提高系统可靠性和效率，同时也能控制系统成本。我们主要的观点是，金融合同在提高系统效率、降低排

¹ 国家能源局.(2023年4月).关于印发《2023年能源工作指导意见》的通知.http://zfxxgk.nea.gov.cn/2023-04/06/c_1310710616.htm.

² 国家发展改革委 国家能源局.(2022年12月).关于做好2023年电力中长期合同签订履约工作的通知.https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202212/t20221222_1343756.html. 国家能源局综合司.(2022年11月).关于公开征求《电力现货市场基本规则（征求意见稿）》《电力现货市场监管办法（征求意见稿）》意见的通知.http://www.nea.gov.cn/2022-11/25/c_1310679693.htm. 这两个文件都讨论了对中长期合同和偏差结算价格机制的要求，到目前为止，中长期合同在中国签订的合同期限通常为一年或更短，尽管国家发改委的政策声明中要求“鼓励签署多年的中长期合同”。

³ RTO代表区域输电组织。在美国，它与ISO（独立系统运营商）几乎是一个同义词。

放、促进价格形成、完善系统灵活性以及可再生能源并网等方面，要优于物理合同。

物理合同

在过去，美国的一些电力市场使用过物理合同，但现已广泛认识到其存在的问题。物理合同要求只有当发电机组在规定的一段时间内将合同中指定的发电量发满时才能获得约定的收入，而过多的偏差会造成罚金。这种合同激励了机组尽量保证自己能够被系统运营商（即“调度中心”）调度，从而保障自己可以全额得到买方的支付款⁴。然而，这样做往往会偏离系统最优调度，致使其他更具经济性的发电资源被挤兑。物理合同会导致：

- **社会成本和碳排放的增加**
- **价格扭曲的形成**

每当系统运营商安排了一个高成本发电机组发电，取代了原本可按更低成本发电的电厂，全社会用电的成本就会增加。许多情况下，发电的边际成本与排放呈正相关。这是因为效率较低的发电机组往往需要使用更多的燃料。这既增加了边际成本，也加大了单位能源产出的排放量。

此外，物理合同还会削弱系统灵活运行的能力，这种灵活性对于支持波动性可再生能源发电至关重要。因为物理合同过早敲定了标的时间段的发电量，系统运营商在那时还远不能准确预测标的时段内的风力和光照强度。这些合同指定了特定的发电机组只能在规定的时间内发电，而这种不灵活的安排削弱了系统能够在短时间内利用突然出现（例如风力突然增强）的零（或近零）边际成本资源的能力。

金融合同

金融合同并不要求特定的发电机组根据实际发电量获得付款，而是通过现货市场价格进行结算。相较于物理合同的约束，发电厂不必一定按照先前商定的价格生产和销售能源。金融合同给了发电厂更大的灵活性，使其能够在以下两种途径中选取成本较低的一种获得履行合同所提供的能源：

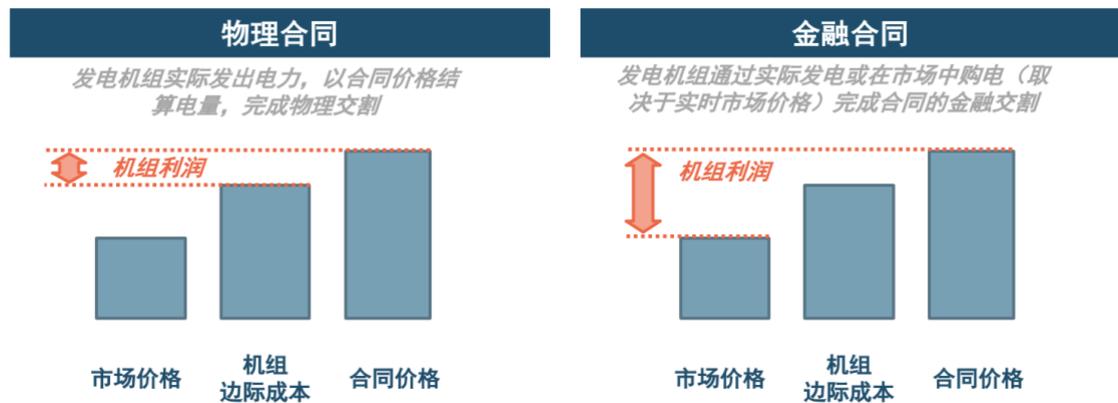
- 1) 自己发电；
- 2) 以现货市场价格从现货市场买电。

由于有了这种额外的选择，金融合同既降低了社会电力成本，又增加了发电厂的利

⁴ 物理合同以‘自调度’的形式存在于RTO市场中。

润。具体情况如下图所示：

图1: 金融合同、物理合同对比示意图



虽然有许多因素决定发电厂利润率，但几乎在所有情况中，金融合同下发电厂的利润率都不会低于物理合同下的利润率，这是因为发电厂可以在边际成本或市场价两者之间选择更低的成本。

金融合同的实际执行

在美国，一种常见的合同形式是购电协议（Power Purchase Agreement, or PPA）。金融购电协议合同通常被称为“虚拟”购电协议（Virtual Power Purchase Agreement, or VPPA）。自21世纪初以来，“虚拟”购电协议的签订出现了显著的增长并变得非常普遍，特别是在RTO市场地区⁵。

由于实施相对简单且适合通过跨境购电协议进行跨市场购电，“虚拟”购电协议一直备受欢迎⁶。在“虚拟”购电协议中，购电方同意以商定的价格（价格在合同签订时确定，在合同期限内不变）购买电力⁷。合同期限通常为多年期，通常十年或以上。开发商以市场价格清算能源，并将收入差额支付给购电方⁸。更具体来说：

- “虚拟”购电协议中的卖家通常是能源项目的开发商。他们通常负责建设、拥有并运营能源项目，并将产出的能源交付到指定节点。

⁵ Motse, K. (2022). *Power Purchase Agreements in the USA: The Pros and Cons of the PPA*. Climate Council. <https://climatecouncil.com/articles/power-purchase-agreements-in-the-usa-the-pros-and-cons-of-the-ppa/>

⁶ WBCSD. (2021). *Pricing Structure for Corporate Renewable PPAs*. <https://www.wbcsd.org/content/wbcsd/download/12227/182946/1>

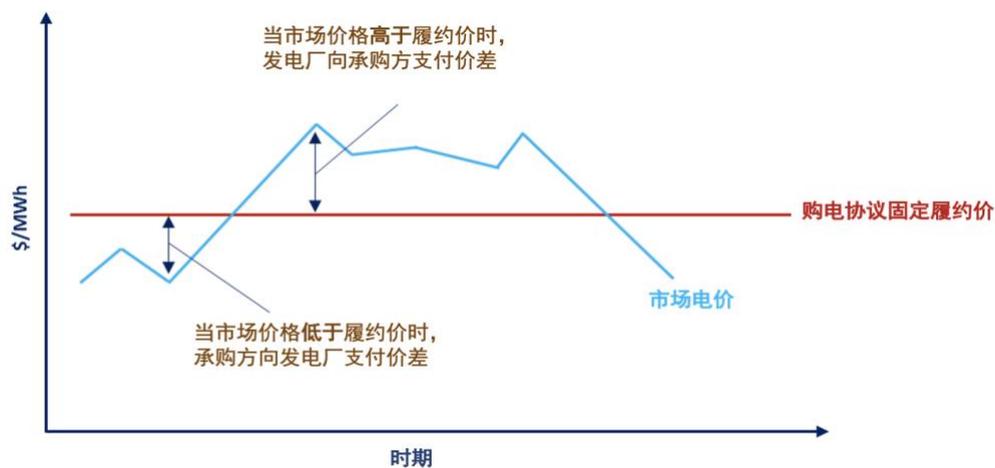
⁷ 同上。

⁸ 3 Degrees. (2018). *Renewable energy power purchase agreements*. <https://3degreesinc.com/resources/ppas-power-purchase-agreements/>

- 承购方同意向卖方以一个固定价格支付交付到特定地点的能源⁹。“虚拟”购电协议设定的固定价格是开发商将获得的保证价格，该价格不受市场价格浮动的影响。
- 卖方以市场价格生产和清算一个项目的能源。当浮动市场价格超过固定的“虚拟”购电协议价格时，开发商将多出的差额转付给承购方。当情况相反，市场价格低于固定价格时，承购方必须向开发商支付差额。

这类合同契约被称为差价合约（CfD）。这种合同可以保证卖方为其销售的电力得到事前商定的固定回报，这对寻求新项目融资的开发商来说至关重要。这些项目对某些特定买家更有吸引力：例如希望通过采购可再生能源来减少其环境足迹的企业组织，以及那些电力负荷广泛分散的买家。

图2: 差价合约



差价合约非常适用于RTO（电力现货市场）。这有两个重要的原因：首先，差价合约需要现货市场的流动性。在现货市场中，开发商可以将其电力直接出售给电网。第二，差价合约的经济效益取决于浮动市场价格与执行价之间的差异。RTO市场通常为竞争性市场，并受到严格的监测和监管¹⁰。因此，在竞争市场中，浮动市场价格通常不能被操纵，这为差价合约的财务结算创造了一个可靠的动态根基。

由于金融合同的双边性质，美国RTO运营商（调度中心）一般不对金融合同进行监测或跟踪。此外，美国的RTO运营商不需要评估或批准市场参与者之间的购电协议。此类

⁹ 这一地点通常是一个市场中心或项目母线。

¹⁰ 关于RTO市场监测和监管的讨论，请见睿博能源智库。(2022). 电力现货市场风险管理：发电运行成本分析、电力现货市场监测、市场力筛选和减缓. <https://www.raonline.org/knowledge-center/rap-spot-market-risk-management-final/>

合同的存在不会直接影响短期运营（调度）决策，因为这些合同不会影响单个发电厂在短期能源（现货）市场中的竞价投标（在竞争激烈、监管良好的现货市场，不论是否签订合同，投标都应反映每个机组的真实边际成本）。

执行差价合约鼓励发电厂按其边际成本进行经济投标，这样有助于实现最优的经济调度。这是因为低于其边际成本的任何出价都会增加其被调度并承担更高边际生产成本而非较低市场价格的可能性，而无论电厂自己发电或是在现货市场内购买电力都会履行其合同义务。相反，高于边际成本的投标将降低发电厂被调度的可能性，并可能迫使其通过购买更昂贵的现货市场能源而不是以较低的边际成本调度来履约合同义务。

此外，如上所述，许多RTO都有规则，要求发电机按其边际成本投标，以确保市场和系统调度能够高效、竞争性地运作。制定这些规则既是为了尽量减少自调度的发生¹¹，也是为了确保发电厂的出价不会高于其边际成本，防止它们施加市场力、过度提高价格¹²。

结论

自多省电力现货市场试运营以来，电力用户的一大隐忧在于电力现货市场价格波动对生产造成的影响。发现电力的商品价格，其实正是电力现货市场设计的目的之一。因此，比起抑制这些价格信号，更有效的处理方式是签订灵活的中长期合同来分摊风险，提前对冲可能的电价波动所造成的影响，同时尽量不限制电力现货市场的价格波动。换言之，这些合约既可以使现货市场发现的价格信号发挥效用，又可以让电力用户可以管理价格波动的风险。

采用金融合同可能提高电力系统的效益，包括降低系统总成本、减少排放、支持波动性可再生能源发电并网，以及完善价格信号。这些合同结构的优点在美国得到了广泛的认可，并被大多数传统能源和可再生能源电力合同所采用。这种方法的一个核心要素是：让签订合同的每个发电厂灵活地通过自发电或以当前现货市场价格从现货市场购电来履行合同。

发改委要求“建立和完善中长期合同的灵活调整机制”，并“满足新能源对合同电量、曲线的灵活调节需求”，而金融合同可以就此发挥重要作用。事实上，国家发展和改革委员会和国家能源局最近强调的“偏差结算价格机制”与美国和其他国家普遍采用的“差价合约”关系密切。这种灵活型合同方式的进一步发展将有利于中国电力行业的转型，有助于响应发改委关于“加强中长期与现货价格机制衔接”的号召，也将支持发改委对“因电力供需、电网安

¹¹ Orvis, R. Aggarwal, S. (2018). Refining competitive electricity market rules to unlock flexibility. *The Electricity Journal*, 31(5), 31-37. <https://energyinnovation.org/wp-content/uploads/2018/07/OrvisAggarwal-WholesaleMarketsFlexibility-June2018.pdf>

¹² FERC, Docket No. AD14-14-000, Staff Analysis in October 2014. *Price Formation in Organized Wholesale Electricity Markets*. https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/AD14-14-mitigation-rto-iso-markets_0.pdf

全、可再生能源消纳等原因需要调整生产计划的，优先通过市场化方式进行。”的要求。

最后，必须避免电力中长期合同市场机制和中长期合同政策中不必要的复杂性。在中国，中长期合同似乎还保留着很多“物理”合同的特征，特别是在跨省中长期电力交易的情况。地方政府和调度中心跟踪中长期合同并确保合同条款的履约也放大了其物理合同的特性。以物理合同为主的中长期合同签订不仅不适合现货市场环境，甚至还可能阻碍灵活的新型能源系统的形成。与其他国家一样，签订物理合同可能会提高系统成本，增加排放，扭曲价格信号，阻碍新能源并网发电。随着实现双碳目标工作的进行，新能源方面的挑战将变得越来越重要。因为电力中长期合同都是提前几周、几个月或几年签订的，所以必须有一种办法，能让合同的签订具有充分的灵活性，使合同条款能够进行接近乎实时的调整。进一步强调采用灵活的金融合同是应对这种挑战的一个好办法。



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).