

美国电力市场监管镜鉴

作者：Max Dupuy

睿博能源智库（RAP）¹

1. 概述

从概念上讲，电力市场可以被视为能够帮助实现政策目标的“工具”，包括改善调度，降低成本，降低排放以及发出合理的投资信号。但是，只有精心设计和规范管理的市场才能实现这些目标。美国和世界各地的电力市场都拥有详细的市场监管规则，没有这些规则将无法发挥作用。

本政策简介讨论了电力市场监管的几个重要方面：市场监测，缓解市场力以及确保有效的市场和调度的方法²。

电力市场容易受到发电商的操纵。单个市场主体（或一批市场主体）可能在电网局部获得垄断地位。即使假设这种垄断地位一次只持续一个小时，个别市场主体仍然能够大幅提高电价，对消费者造成重大损失。此外，还可能产生更高的系统排放。电力市场容易受到操纵的原因包括³：

- 电力供需必须分秒匹配而储能容量依然有限。这意味着，与其他商品市场不同，当竞争变弱时，没有储备电量可以进入市场。
- 输电限制可能会将市场主体（或一批市场主体）与其他竞争者隔离开来。
- 用电需求通常弹性低。终端用户通常不会因电网不断变化的状况而做出响应，部分原因是大多数终端用户的价格都不随时间变化。即使供电突然变得紧张，典型的终端用户也没有减少用电的动力，供电商能够发挥市场力作用。

¹ 本文的审阅成员包括Ruth Hare, Fredrich Kahl以及Frederick Weston。本文中文版由何泉和王轩负责翻译和校正。

² 本文是在睿博能源智库相关课题报告之基础上撰写而成。对于当前市场改革背景下的分析，请参见Dupuy, M.等（2018），《电力消费、需求及竞争性市场中美合作：对广东、吉林、江苏和上海的试点的建议》，下载链接：https://china.lbl.gov/sites/default/files/downloads/power_demand_consumption_competition_project_recommendations_report_final_cn.pdf

在本世纪初，致力于建立批发电市的背景下讨论这些问题，见睿博能源智库 Regulatory Assistance Project. (2003). *Market power and market monitoring: Critical issues for SERC and competitive wholesale markets*. Retrieved from <https://www.raonline.org/knowledge-center/market-power-and-market-monitoring-critical-issues-for-serc-and-competitive-wholesale-markets/>

³ Joskow, P. (2008). Lessons learned from electricity market liberalization. *The Energy Journal*. Retrieved from <https://economics.mit.edu/files/2093>

因此，在美国、欧盟和其他国家，市场监测和市场力问题在很长一段时间里都是市场政策、监管和设计中的重要主题。

考虑到中国电力行业的特殊发展历程，建立高效的电力批发市场显得十分重要也可能会面临更多挑战。多年来，中国电力行业的系统运行（调度）以及规划和投资流程并不高效，从而导致了不必要的高成本和高排放⁴。2015年，中共中央和国务院颁布了《进一步深化电力体制改革的若干意见》，开启了新一轮电改工作，其中包括强调“坚持市场化改革”，随后有八个省份致力于实施新的电力批发现货市场。

市场监测不仅包括对市场主体行为的逐日逐时检查，而且还包括为不断完善市场规则的持续努力，这些规则的变化将促进经济效率，竞争和支持政策目标（包括清洁能源目标）的实现。

在中国，市场监测对于以下方面尤其重要：1）确保新市场达到公平的、具有成本效益和合理的运行效果，包括具有最低成本的经济调度；2）随着市场经验的积累，微调市场规则；3）应对可变的可再生能源发电并网，储能和分布式资源的挑战；4）改善价格信号，使其对新资源的投资以及不必要和低效资源淘汰合理化。实际上，几个开展现货市场试点的地方政府部门已呼吁进一步制定市场监测和缓解市场力政策。我们希望本文可以为这项工作提供帮助。

本文主要概述了在中国当前电力行业改革形势下尤为重要的几个相关主题。此外，文中还提供了详细参考资料，引导感兴趣的读者索引有助于设计市场监测方法相关的详细示例和文献。我们在本文中强调的三个主题是：

- 市场监测的机制结构、权限和规则，包括建立独立的市场监测单位；
- 日常筛选和缓解市场力的流程；和
- 收集和评估有关单个发电商的运营成本和其他资源信息的框架。

最后，本文在中国正在进行的电力体制改革背景下对下一步市场监测工作提出了具体建议。

2. 市场监测：构架，权限，机构角色

中国几个试点省份正在建设的现货市场与覆盖美国约三分之二的“ISO / RTO”市场大致相似⁵。在ISO/RTO市场里，市场监测一直是重要的话题，自二十世纪90年代开始建立这些市场以来，市场监测方法便不断发展。本世纪初的加利福尼亚危机引起了人们对市场监测的广泛关注⁶，在该事件中，某些发电资源所有者行使了市场力，破坏了市场秩序，导致了大范围的停电⁷。

⁴ 睿博能源智库（2017），《美国电力市场设计与实施经验以及对中国的借鉴》，下载链接：<https://www.raonline.org/knowledge-center/electricity-wholesale-markets-us-experience-and-recommendations-for-china-cn/> and Kahrl, F. and X. Wang (2014), 《将可再生能源纳入中国电力系统：技术入门之系统运营》，下载链接：<https://www.raonline.org/knowledge-center/integrate-re-power-sector-operation-cn/>

⁵关于ISO/RTO (Independent System Operator / Regional Transmission Organization) 市场的更多信息, 详见Hurlbut, D., et al., (2015), 《可再生能源友好的电网发展策略：美国的经验以及对中国的借鉴》，下载链接：<https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66729.pdf>. 以及, Federal Energy Regulatory Commission. (2015). *Energy primer: A handbook of energy market basics*. Retrieved from <https://www.ferc.gov/market-oversight/guide/energy-primer.pdf>

⁶ 详见 Wolak, F. (2003). *Lessons from the California crisis*. Center for the Study of Energy Markets. Retrieved from <https://ei.haas.berkeley.edu/research/papers/CSEM/csemwp110.pdf>

⁷ 市场价格帽历来是ISOs/RTOs用来限制市场力的一种做法，但目前并不是限制市场力的“最佳做法”。我们将在以后的文章中更详细地讨论价格帽。也可见Dupuy, M. (2019), 《对“关于进一步推进电力现货市场建设试点工作的意见（征求意见稿）”的建议》，下载链接：<https://www.raonline.org/knowledge-center/comments-on-national-energy-administrations-advancing-electricity-spot-market-implementation-cn/>

美国联邦能源监管委员会（FERC）制定了总体要求，并接管了市场监测以及相关的应对市场力和执行问题。但是，大多数日常市场监测职责是由ISO / RTO实体执行的，它们在每个区域批发市场中充当系统和市场运营商。在1999年发布的法令中，FERC要求每个ISO / RTO制定详细的市场监测行动计划，递交FERC审查和批准⁸。每个ISO / RTO随后都遵守了该法令，并且都定期向FERC提交文件以更新其计划⁹。

2008年FERC发布的法令中，详细阐述了市场监测，并强调了独立市场监测部门（MMU）的作用。该法令特别要求ISO / RTO需拥有独立于其管理运行的MMU。在法令中，FERC还规定了独立MMU的一些“核心功能”¹⁰：

1. 评估现有和拟议的市场规则和市场设计元素，并向ISO / RTO的管理者、FERC、市场主体和其他利益相关者提出更改市场规则的建议。独立的MMU非常有效地发挥了这一作用，并为每个ISO / RTO中不断进行的讨论和规则完善做出了贡献。这很重要，因为需要根据市场表现和变化的情况不断重新评估市场规则。比如，近年来，随着储能资源成本的下降和储能能力的提高，独立的MMU、ISO / RTO、FERC和各种利益相关者已就如何改变市场规则以确保市场合理的补偿这些资源的各项功能，展开了具体探讨。市场规则由此发生了重要的变化，为储能资源与传统发电机组竞争建立了公平的竞争环境¹¹。
2. 至少每季度发布一次有关ISO / RTO市场表现的详细报告。除了为改变市场规则的讨论提供信息外，报告还是现有和潜在市场主体了解关于市场状况的重要信息来源，有助于提高市场的透明度和效率。通常，这些报告内容涉及到市场竞争力（包括发现和解决市场力的案例数量，即使市场力持续时间很短大约一小时），重要变量的趋势（包括价格、成本和系统状况）以及“关键主题”，例如，分布式和可再生资源所带来的发展。报告还总结了独立MMU关于市场设计和改善规则的建议，并讨论了ISO / RTO在满足先前建议方面所取得的进展。表1给出了如何找到每个MMU发布的报告的信息。
3. 为ISO / RTO中缓解市场力提供帮助。独立的MMU通常在设计自动化不断筛选非竞争性投标的过程中发挥作用（请参阅第3节）。这包括评估电网的哪些部分通常受约束，以及这些约束是否需要更密切的监测和更严格的市场力测试。它还通常包括协助确定特定发电机组和其他资源的“参考水平”成本（请参见第4节）。
4. 识别市场主体或ISO / RTO管理层的可疑违规行为。尽管独立的MMU没有权力对市场操纵或其他不法行为处以罚款，但它们有责任查明违规行为，并向FERC报告以进一步调查和执法。

⁸ Federal Energy Regulatory Commission, Docket No. RM99-2-000, Order No. 2000, Regional Transmission Organizations, December 20, 1999. Retrieved from <https://www.ferc.gov/legal/maj-ord-reg/land-docs/RM99-2A.pdf>

⁹ ERCOT与其他ISO / RTO的不同之处在于，它不受FERC管辖，因为按照《联邦电力法》规定，FERC负责监管州际能源交易。ERCOT则在德克萨斯州的边界内，ERCOT并未与其他州的电网同步互连。详见 <https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/rto/ercot.asp>。但是，ERCOT的经验与其他ISO / RTO相似：德克萨斯州立法要求ERCOT来监测市场，ERCOT已采用了与其他ISO / RTO相似的详细市场监测和缓解程序。

¹⁰ Federal Energy Regulatory Commission, Order 719 on October 17, 2008, pp.169-247. Retrieved from <https://www.ferc.gov/whats-new/comm-meet/2008/101608/E-1.pdf>

¹¹ Dupuy, M. and Porter, K. (2018). 《美国经验：储能资源如何直接参与现货市场竞争？》，下载链接：<https://www.raonline.org/blog/can-storage-resources-compete-directly-spot-markets-view-us-cn/>

每个ISO / RTO的详细市场和运营规则均需获得FERC的批准¹²，其中包括确保MMU具有独立地位的陈述。有几个ISO / RTO（作为FERC批准的市场监测计划的一部分）将独立监测功能外包给具有专业经验的咨询公司¹³。参见表1。如果独立的MMU由ISOs / RTO的员工（而非咨询公司员工）组成，则被称为“内部独立市场监测部门”¹⁴。但是，ISOs / RTO的管理层不能控制或者对其施加权力。例如，在称为SPP（西南电力库）的ISO / RTO中有一个内部MMU，经FERC批准的管理规则规定：“应授予市场监测机构完全的独立性，以开展为提供公正和有效市场监测所需的活动。”¹⁵此外，根据SPP规则，“市场监测机构在制定和完成报告时应具有完全的独立性，任何个人或实体都不得筛选、更改、删除或延迟市场监测机构的发现、结论和建议。”¹⁶

表1. 独立的市场监测机构 (MMU) 构架

ISO/RTO	构架	MMU 报告网址
California ISO	内部 MMU (ISO 员工)	http://www.caiso.com/market/Pages/MarketMonitoring/MarketMonitoringArchive/Default.aspx
Electric Reliability Council of Texas	外部 MMU (咨询公司)	https://www.potomaceconomics.com/markets-monitored/ercot/
Midcontinent Independent System Operator	外部 MMU (咨询公司)	https://www.misoenergy.org/markets-and-operations/independent-market-monitor2/
ISO New England	内部 MMU (ISO 员工) 和外部 MMU (咨询公司)	https://www.iso-ne.com/markets-operations/market-monitoring-mitigation/
New York ISO	外部 MMU (咨询公司)	https://www.nyiso.com/market-monitoring
PJM	外部 MMU (咨询公司)	http://www.monitoringanalytics.com/reports/PJM_State_of_the_Market/2019.shtml
SPP	内部 MMU (ISO 员工)	https://www.spp.org/markets-operations/market-monitoring/

FERC在2008年颁布的法令还要求ISO / RTO“向MMU提供途径，获取为完成其职责所需的充足的市场数据、资源和人员。”¹⁷特别是，ISO / RTO必须制定规则（同样要获得FERC批准）“使得MMU可以无权限访问（ISO / RTO）市场信息数据库。”¹⁸实际上，这意味着独立的MMU可以完全掌握来自市场主体以及关于系统运营商功能的详细信息。再次引用SPP示例，管理规则指出这包括¹⁹：

- 有关市场上所有单个报价/出价的完整数据。

¹² 针对每个ISO / RTO的这些FERC批准的规则（由于历史和立法原因，对于我们在此简短的讨论中并不十分重要）被称为ISO / RTO的“开放访问输电费率”（OATT）。尽管标题看似狭窄，但OATT涵盖了ISO / RTO功能的所有主要方面，包括系统操作规则，市场操作规则，市场监测计划，市场力缓解规则以及其他问题。每个ISO / RTO的OATT部分通常为数千页。每个OATT的当前版本可在ISO / RTO的网站获得。

¹³ Monitoring Analytics公司已签订合同，作为PJM的MMU。该公司的网站是<https://www.monitoringanalytics.com>。对于与咨询公司签约的所有其他ISO / RTO，Potomac Economics公司目前签约为独立的MMU。网站是<https://www.potomaceconomics.com/practice-areas/rto-market-monitoring/>

¹⁴ 每个ISO / RTO还具有非独立员工（即向ISO / RTO管理层报告的人员），他们被指派与独立市场监测机构互动，向独立市场监测机构提供数据并评估类似问题。

¹⁵ Southwest Power Pool. (2010; updated most recently February 5, 2020). *Market protocols: SPP integrated marketplace, revision 75*, Section 8.1.3. Retrieved from <https://www.spp.org/spp-documents-filings/?id=18162>

¹⁶ Southwest Power Pool, 2020, *Market protocols*, Section 8.1.7.

¹⁷ FERC Order 719.

¹⁸ FERC Order 719.

¹⁹ Southwest Power Pool. 2020, *Market Protocols*, Section 8.1.4.2.

- 有关单个出口卖出交易报价和进口买进交易出价的所有数据。
- “[发电和其他]资源的实际机组组合和调度……”
- 每个时期所有节点的边际电价和市场出清价格。
- 详细的平衡区运营数据。
- “SPP平衡授权区域’内外会影响供求的状况或事件，以及已售或将要出售的电力产品或服务数量和价格……”
- “有关输电服务和权利的信息，包括估计和发布‘可用的输电容量’或‘可用的关口容量’……输电系统的运营和维护……”
- “有关输电拥塞的性质和程度的信息。”²⁰

尽管独立的MMU需要向ISO / RTO和FERC报告与其职责相关的机密信息和数据点，但ISO / RTO规则中的保密条款通常会阻止公开披露可以追溯到单个市场主体的信息。另外，独立的MMU通常使用汇总的数据来报告与其任务相关的问题，这样就无法识别出单个市场主体了。

3. 检测和缓解市场力的程序

ISO / RTO规则包括用于预先检测和事先缓解（即，纠正）市场操纵的规定。这些详细的规则旨在即刻纠正市场主体提交或准备提交的、行使市场力报价或出价行为。在此过程中，ISO / RTO可以立即要求将这些报价或出价按照预先定义的规则“缓解”到适当的水平²¹。这样做是为了在市场出清价格受到影响之前减缓市场力的作用。此外，FERC有权对过去行使过市场力的市场主体进行调查和处罚²²。

为此，每个ISO / RTO都会发布规则，递交FERC审查和批准，这些规则将明确筛选市场力的测试，以及面对市场力应采取的具体措施。ISO / RTO市场监测规则要求对电网的频繁受限区域进行更细致的审查，并制定更严格的缓解标准。

评估市场力

评估市场力的两种主要方法是“结构性”方法和“行为与影响”方法²³。尽管可以将多种方法结合使用，但大多数ISO / RTO都侧重使用其中一种²⁴。

²⁰ SPP规则进一步规定，市场主体必须“保留至少三年的所有相关数据和信息（包括此处引用的列表），并要求将任何此类数据和信息立即提供给市场监测机构。”详见 Southwest Power Pool, 2020, *Market Protocols*, Section 8.1.12.3.

²¹ 例如，CAISO的OATT（第39.1节）规定：“……缓解措施仅授权通过以下明确的程序确定的特定行为的缓解。”缓解措施是在模型最后一次运行之前完成的，模型的最后一次运行会确定调度和节点边际价格。California Independent System Operator. (2019, September 28). *Fifth replacement FERC electric tariff*, Section 39.1. Retrieved from <http://www.caiso.com/rules/Pages/Regulatory/Default.aspx> (as “Combined Conformed Tariff”)

²² SPP的OATT（第8.1.1节）说：“更可取的方法是纠正市场效率低下和预先防止行使市场力，而不是事后惩罚违法者。”详见 Southwest Power Pool, 2020, *Market protocols*, Section 8.1.1.

²³ Federal Energy Regulatory Commission. (2014). *Staff analysis of energy offer mitigation in RTO and ISO markets*. Retrieved from <https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2014/AD14-14-mitigation-rto-iso-markets.pdf>

²⁴ 本节重点介绍日前和实时电量市场中的市场监测和缓解。ISO / RTO还具有针对容量市场和其他辅助服务市场的监测和缓解程序。

市场力存在潜力（“结构性”）

评估结构性市场力，需确定特定的市场主体何时会具有行使市场力的潜力。一些ISO / RTO考虑叠加的结构指标，例如Herfindahl-Hirschman指数（HHI），该指标量化了ISO / RTO市场或其子区域中发电所有权的集中程度²⁵。但是，HHI并未考虑到供需的实时波动会影响到行使市场力的机会，因此在监测市场力方面的作用有限。

还有一种更复杂的方法，即评估给定供电商在特定时间是否够“核心”。这些测试将供电商定义为拥有资源（例如发电）的实体。例如，拥有多个发电机组的公司将被视为单个供电商。核心供电商通常出现在用电需求高且电网受限的时间和地点 – 使得本地资源无法与电网其他区域所能提供的资源进行竞争。核心供电商测试内置于可自动持续运行的软件中，与市场运营软件并行运行（即测试不是由员工临时进行的）。

当需要在受限区域管理电网阻塞或满足负荷需求时，此时的供应商为“核心”供电商。例如，SPP定义了核心供电商的概念，如下所示：“在某些或全部小时数内，供应商必须增加或减少任何一种资源或部分资源的出力或运营储备来解决约束性输电限制时，此时的供应商为核心供应商。”²⁶

MISO的《2018年市场状况报告》中提供了核心供应商测试结果的示例，表明特定的供应资源在预先确定为“受限”的每个区域中“经常处于核心地位”，并且“结果表明当地市场力持续存在...并且缓解市场力措施仍然至关重要。”²⁷

另一个RTO -- PJM采取了一个更严格的版本，该版本测试了受限区域中三个最大的供应商为了保护系统稳定需要共同满足供电需求的程度²⁸。

对于强调结构性方法的ISO / RTO，如果供电商处于核心地位或未能通过预定测试表明其正面临竞争不足的情况，则将根据与那个发电机组运营成本估算的“参考水平”来降低其报价。

行为观察（“行为和影响”）

行为和影响测试是指为每个资源（比如每个发电机组）计算基于成本的参考水平，用此作为基准来评估资源的报价。报价要通过筛选进行以下的评估：1）报价是否超出参考水平预设的门槛（“行为”）；2）报价是否会对超过预设门槛的（当地）市场价格产生影响（“影响”）。如果两种情况下的答案都是肯定的，那么报价就会被消减²⁹。行为和影响方法也在频繁受限地区采用了更严格的阈值，尽管ISO / RTO在评估和分类受限的方法以及阈值级别的细节方面有所不同。

缓解市场力

原则上，缓解是指“使市场主体假设在面临可行的竞争情形下提供报价。”³⁰ 无论是“结构性”还是“行为/

²⁵ 例如，在一份近期MISO的独立MMU报告中发现，整个MISO的HHI整体较低，但在某些子区域较高。MISO (2019), “2018 State of the Market Report for the MISO Electricity Markets”, Prepared by Potomac Economics, available at: <https://www.misoenergy.org/markets-and-operations/independent-market-monitor2/>.

²⁶ Southwest Power Pool, 2020, *Market Protocols*, Section 8.2.2.7.1

²⁷ Potomac Economics, 2019, pp. 87-88.

²⁸ Bowring, J., and Josyula, S. (2015, July 22). *Overview of three pivotal supplier test* [Presentation]. Monitoring Analytics. Retrieved from <https://www.pjm.com/-/media/committees-groups/task-forces/gofstf/20150722/20150722-item-02-imm-tps-education.ashx>

²⁹ Federal Energy Regulatory Commission, 2014.

³⁰ Midcontinent Independent System Operator. (2020, February 10). *FERC electric tariff*, Section 65.2.1. Retrieved from <https://www.misoenergy.org/legal/tariff/>

影响”方法，都期望在资源或供电商未通过筛选测试的情况下将报价降低到一定水平。缓解是用缓解后的报价替换原报价。原则上，缓解后的报价是基于测算的参考水平，能够反映资源的运营成本。将在下一节讨论参考水平计算的细节问题。

检测和缓解市场力：总结

回顾一下，在ISO / RTO中，重点是提前纠正而不是事后惩罚。这就是缓解市场力的想法：在未通过预定义测试（“结构性”方法）或竞标未能通过“行为和影响”筛查的市场主体行使市场力之前，便对其报价进行调整。当然，也有针对已经发生的市场力而进行调查的结构。如前一节所述，独立的MMU负责确定市场主体或ISO / RTO管理层的可疑违规行为，并向FERC报告。尽管独立的MMU没有权力对市场操纵或其他不法行为处以罚款，但它们有责任查明违规行为，并向FERC报告以进一步调查和执法。

值得注意的是，大多数采用“行为和影响”方法的市场，通常报告很少有试图行使市场力的证据³¹。这不应被认为市场监测和制定缓解措施不重要。而是有理由认为，在缺乏良好的监测和缓解机制的情况下，市场主体会利用结构性机会³²。

4. 制定成本评估框架（参考水平）

ISO / RTO收集数据是为了估算发电机组运营成本的（“参考水平”）。ISO / RTO使用这些参考水平来判断市场是否具有竞争力以及是否有任何发电商正在行使市场力。参考水平还用于缓解市场力，确定报价应下降到的水平。

建立参考水平很重要，因此我们单做讨论。此节简要概述了制定这些参考水平所需收集到的信息³³。

ISO / RTO使用的基本方法相似，都包括计算下方框中描述的运营成本的决定因素。但是，具体方法存在差异。与单个发电商相关的数据通常不会公开，但它们可能会以汇总形式被用于公开的市场监测报告。

³¹ For example, see Potomac Economics, 2019.

³² 本节中描述的缓解方法并不是美国（或其他国家）采用的唯一解决市场力和市场效率低下的方法。在不同时期的各个司法管辖区，更广泛的方法包括实施价格上限，反托拉斯法，为降低主要发电所有者的市场份额而做出的努力，有时是通过要求出售其资产来实现的。这些方法的优缺点超出了本文讨论的范围。

³³ ISOs/RTO 发布了此议题的具体规则，详见see PJM (2019), *PJM Manual 15: Cost development guidelines*. Retrieved from <https://www.pjm.com/~media/documents/manuals/m15.ashx>

发电机运营成本的决定因素

净耗热率曲线

- 显示发电机在不同出力下的净热效率。

燃料价格

- 燃料价格可以基于合同交付价格或参考现货市场燃料价格加上运输成本。
- 燃料价格应以能量为单位（例如，在中国以元/千卡为单位）。
- 确定燃煤发电机组的燃料成本相对简单。诸如抽水蓄能发电等其他资源具有更复杂的成本决定因素。

可变的运营和维护（O&M）成本

- 包括随产出而变化的其他成本，包括用于定期维护的非资本支出以及运营中使用的化学品、水和其他投入的成本。

启动成本和空载成本

- 启动发电机组所需的燃料、化学品、水和其他投入的成本。

- 对于蒸汽装置，启动成本取决于锅炉的状况（热，温，冷）。
- 空载或最小负荷的成本是维持设备最低出力水平所需的燃料成本。

排放率

- 给定净出力水平（例如，度电kWh）或启动时的平均排放水平（例如，克SO₂或CO₂）。
- 排放随机组的净出力水平而变化，从而生成了排放率曲线。
- 排放率可以通过连续排放监测设备获得或使用燃料排放因子（例如，每千卡煤中的SO₂克数）乘以净耗热率曲线来计算。

排放价格

- 排放许可价或费用，以每单位排放的成本计算（例如，美元 / 吨CO₂）。

5. 对中国现货市场监管的结论与建议

一个有效的监管结构至关重要，为确保新的现货市场能够实现可观的效益，即：降低运营成本（改善调度），改善投资决策并减少排放。随着时间的流逝，这种监管结构可能需要进行调整和完善。一些现货市场试点省份已经在这方面采取了重要步骤。在此，我们为下一步的工作提供一些建议：

- 警惕资产风险 - 随着电力需求增长减缓，电力市场逐渐转向竞争性批发市场，以及太阳能、风电和储能成本持续下降，投资燃煤发电项目作为基荷容量将不会得到充分利用，且不符合经济性；考虑设定“基本原则”，即市场监管和市场监控应集中在支持最低成本的调度和支持清洁能源资源的公平竞争上。
- 建立具有明确规定的权利、责任和数据访问权限的独立市场监测机构。据了解广东省已经发布了为省级现货市场选择独立市场监测机构的公告。关键是要明确定义独立市场监测机

构的角色和职责，并确保他们有资源来执行任务。尤其是，有必要通过市场监测机构定期发布各省关于市场和运营结果的报告。这些报告应包括对市场竞争力评估（包括对电网受限区域的分析）和调度效率。报告还应包括为确保公平竞争环境而需要对任何市场规则做出改变的提议，包括为支持分布式能源和需求侧资源（包括需求响应）的提议。

- 制定和发布详细的组织架构和职责权利，以收集有关运营成本的数据，并基于该数据为每个资源创建“参考水平”并不断更新。广东已经开始这项工作然而还需要对这些程序进行完善。
- 制定和发布有关市场力筛选和缓解流程的详细规则。简而言之，对于如何计算和使用参考水平，以及关于缓解市场力的程序应该有非常明确的规则。在现货市场运作的最初几年，当竞争不足和市场设计问题可能很严重时，设置这些程序将特别重要。例如，在任何特定省份或地区鼓励发电资源区域整合的政策都可能导致竞争不足，但可以根据设计得当的参考水平价格来调整主要发电商的出价来一定程度的缓解这个问题。
- 建立市场集中度阈值和限制单个发电商拥有的市场容量份额（比如按照HHI）是有用的。山东省已经朝着这个方向发展。但这种做法还不够，因为当电网受限时，仍然存在着出现暂时性本地市场力的风险。因此，还需要更精准的测试，比如文中提到的“核心供应商”或者“行为和影响”测试。

数十年来，美国在这些领域已取得了很大进展，但尽管如此，仍在为“正确”制定市场监管的许多细节而努力，有时甚至会朝错误的方向迈出脚步。对中国而言，市场监管也将是一个持续的挑战，通过继续比较这一领域的经验，双方都将学到很多东西。



RAP[®]

Energy Solutions for a Changing World

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

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

北京市朝阳区建国门外大街 19 号
国际大厦 2504 100004
raponline.org