



清华大学

Tsinghua University

电力市场改革中 管制定价和竞争定价的协同机制



目 录



电力市场中的
管制定价



竞争定价的
品类与方式



竞争定价中的
价格管制



管制与竞争的
协同机制



电力市场中的管制定价

沉没成本分摊

- 沉没成本产生原因

- 计划体系下不同类型机组以**综合成本分别定价**，但市场中大多以**边际成本**为竞争标的**统一定价**
- 体系转轨下由于制度变迁导致**资产估价变化**，将产生沉没成本

- 沉没成本回收机制--- 美国市场转轨成本绝大部分通过附加费由用户承担

A. **动态余量费**: 每年回收金额 = (年初计算的成本回收价 (\$/MWh) - 市场价 (\$/MWh)) × 实际发电量 (MWh)

B. **固定附加费 (三种定价公式)**

I. **当前消耗附加费**: 每年回收金额=附加费率 (\$/MWh) × 实际发电量 (MWh)

II. **历史消耗附加费**: 每年回收金额=附加费率 (\$/MWh) × 历史发电量 (MWh)

III. **传输附加费**: 每年回收金额=附加费率 (\$/MWh) × 传输电量 (MWh)

以上附加费率，在电力体系从计划转向市场的时间节点，多由政府核定



电力市场中的管制定价

沉没成本分摊

从管制向市场化转轨四年后，美国电力公用事业公司沉没成本回收情况

公司	回收机制	初始沉没成本/美元	四年末成本余额/美元	成本回收典型特征
Pacific Gas & Electric, California	A.动态余量费	26亿 (拥有核电站与昂贵电力协议, 初始成本高)	66亿	成本未回收反增加
Southern California Edison, California	A.动态余量费	11亿	26亿	成本未回收反增加
Boston Edison Company, Massachusetts	B.固定附加费	9.75亿	7.14亿	成本回收率26.8%
Consolidated Edison Company of New York	B.固定附加费	Not Available	Not Available	通过售卖发电资产得到二倍的账面价值
Niagra Mohawk, New York	B.固定附加费	60亿 (拥有核电站与昂贵电力协议, 初始成本高)	35亿	成本回收率41.7%
PECO Energy Company, Pennsylvania	B.固定附加费	53亿 (拥有核电站与昂贵电力协议, 初始成本高)	52亿	成本回收率1.9%, 回收截止统计时点只进行了一年
Pennsylvania Power & Light Company, Pennsylvania	B.固定附加费	28亿	24亿	成本回收率14.3%, 回收截止统计时点只进行了一年



电力市场中的管制定价

行权合约

- 行权合约(vesting contract)

- 行权合约在电力行业放松管制时分配给现有发电商和售电商(零售商或者电网)的对冲合同，是一种强制回购的长期合约(如五年)，约定发电商按照固定价格将一定比例的电量卖给售电商。
- 行权合约通常是在放松管制前强加给各合同方，而不是在市场上自由协商，且需要监管机构批准。
- 行权合约作用为发电商和售电商提供金融对冲，免受放松管制初期市场价格波动的影响，特别是保障发电商在转轨后的收益，避免发电商在金融风险中破产。
- 行权合约可以为更成熟的电力市场提供过渡。以澳大利亚为例：

①澳大利亚维多利亚州放松电力管制前，电力供应处于供过于求的情况，放松管制初期的1996年和1997年，现货市场价格徘徊于边际燃料成本。行权合约保护发电机组在市场转轨后免受严重财务损失。

②澳大利亚南澳大利亚州于1998年底进入澳大利亚国家电力市场，当时可能出现发电量短缺和高度依赖其他州进口电力的情况。行权合约保护用户免受过高现货价格影响。



电力市场中的管制定价

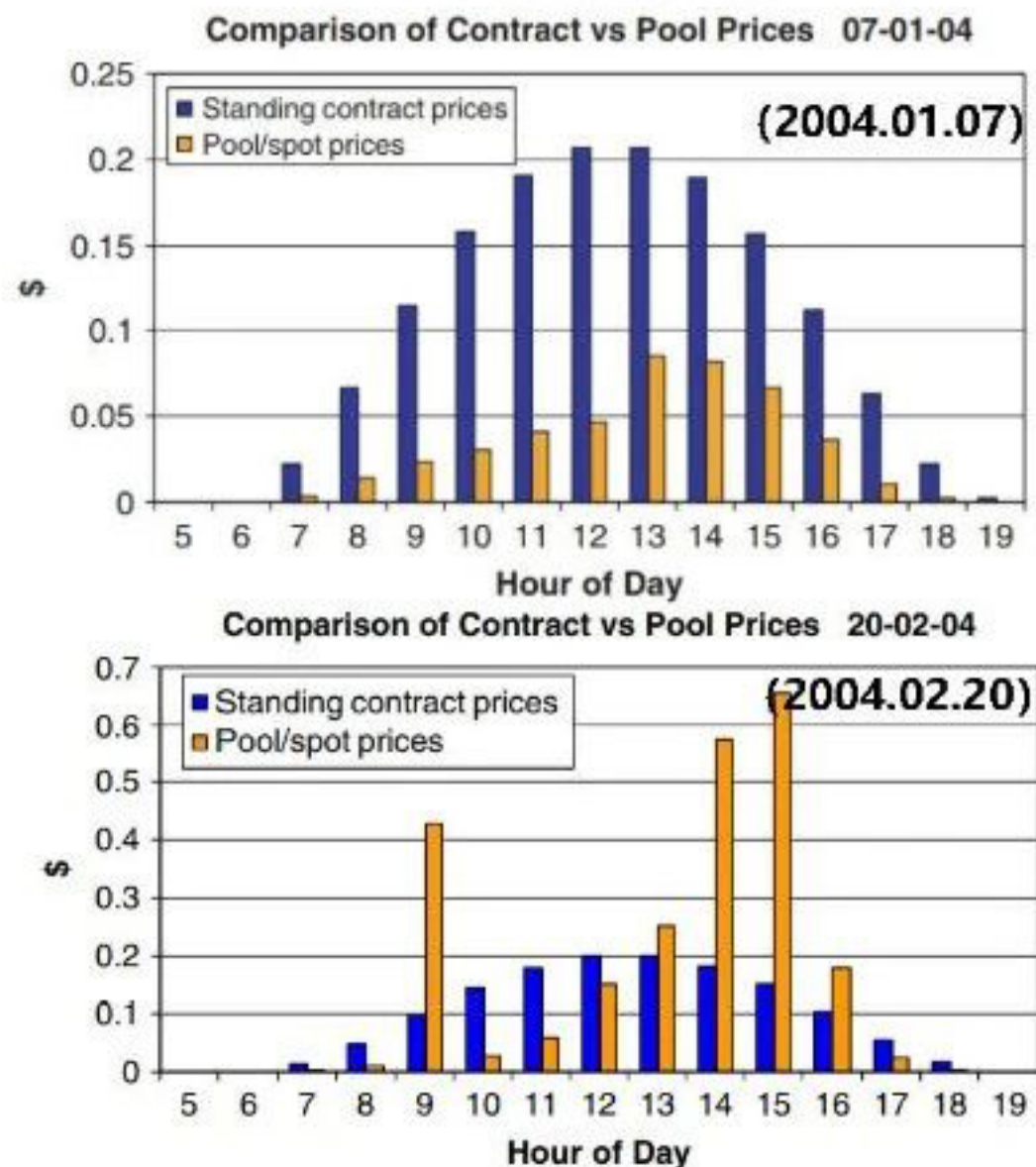
用户保底购电价格

• 自由选择供应商 v.s. 保底价格

- 保底供电是指政府指定的供电企业向特定用户提供的用电保障,保底供电的销售价格基于“合理成本+合理利润”确定,而不是“亏本供电”,以免“激励”消费者退出市场。
- 保底供电为规范、成熟的竞争性电力体制中的标准配置,由用户自主选择市场化的供电商或者保底供电。
- 以澳大利亚为例,其保底供电称为标准合约 (standing contract) 供电。截至2018年6月,27%的居民用户和38%的小商业用户选择保底供电,由监管机构设置价格上限。价格上限计算方法为:

过网费 + 零售商运营费用 + 零售商利润 (成本的10%)
- 在价格上限内,零售商设定高于平均成本的价格,该价格可能低于或高于现货市场价格(如图),但保护用户免受价格波动的影响。

澳大利亚某用户按保底价格和市场价格
结算电费情况对比





电力市场中的管制定价

新能源管制定价模式



各国新能源管制定价机制

价格机制	购买方	定价/量机构	典型国家
固定上网电价	电网公司	政府	德国
溢价机制（固定补贴）	政府（出资）	市场电价+政府	西班牙
招标电价	电网公司	竞价	法国
可再生能源配额	--	政府	美国、2017年前英国



电力市场中的管制定价

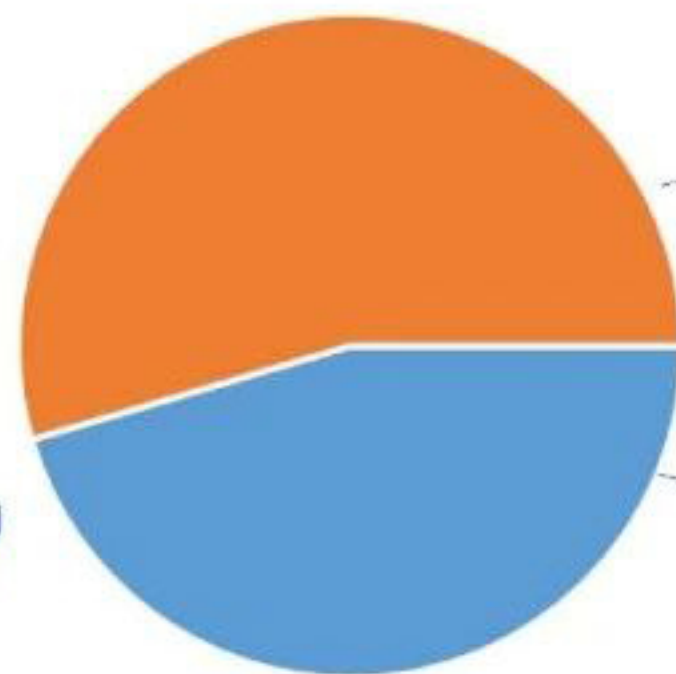
核电的市场化过程

法国核电市场化过程：

- ① 市场化之前，**国有核电企业**垂直一体化定价
- ② 电力体制改革初期，核电上网电价采用“**成本加利润**”执行以成本为基础的价格管制
- ③ 目前，法国核电基本完成市场化，核电机组主要参与**现货能量市场**和**辅助服务市场(调频)**

美国核电市场化过程：

- ① 市场化之前，**受管制核电企业**垂直一体化定价
- ② 电力体制改革后，**放开市场管制的州辖区内的核电进入自由市场（约45%的容量）**，可参与**现货市场、合约市场、辅助服务市场、容量市场**；其余州辖区内核电仍受到管制。



美国核电市场化情况

未放开市场州辖区内核电仍受到管制装机共54GW

放开市场州辖区内核电与其他电源共同参与市场，装机共45GW

美国核电装机参加市场方式

市场类型	参与方式
现货市场	主要参与日前市场，基本不参加实时市场
合约市场	与联邦政府签署长期PPA
容量市场	PJM中可通过发电容量竞拍获取发电权



电力市场中的管制定价

核电的市场化过程

• 我国核电定价三个阶段

①1991年-2013年：一站一价

1991年，我国大陆首台核电机组—秦山核电并网发电开始，我国开启了开发利用核电能源时代，因其“核”的特殊属性，以及核电站“**科技含量高、投入大、技术路线不同**”，核电的上网电价很长一段时间都是采用“一站一价”。

②2013年-2015年：标杆电价

2013年，《核电上网电价机制有关问题的通知》出台，完善核电上网电价机制，将“**个别定价**”改为“**标杆电价**”，打破了长期以来核电“温室成长”状态，促使中国核电步入成本控制时代，核电标杆电价的出台，促使核电在电力市场竞争中不断提升自身竞争力。

③2016年至今：标杆电价+市场化交易定价

2015年新一轮电改以来，核电电价逐步引入**双边协商定价和市场竞争价**机制。2017年，《保障核电安全消纳暂行办法》指明“**保障外的发电量，鼓励通过电力直接交易**等市场化方式促进消纳”。截至去年，已有**近40%**的核电规模通过市场化交易形成价格。

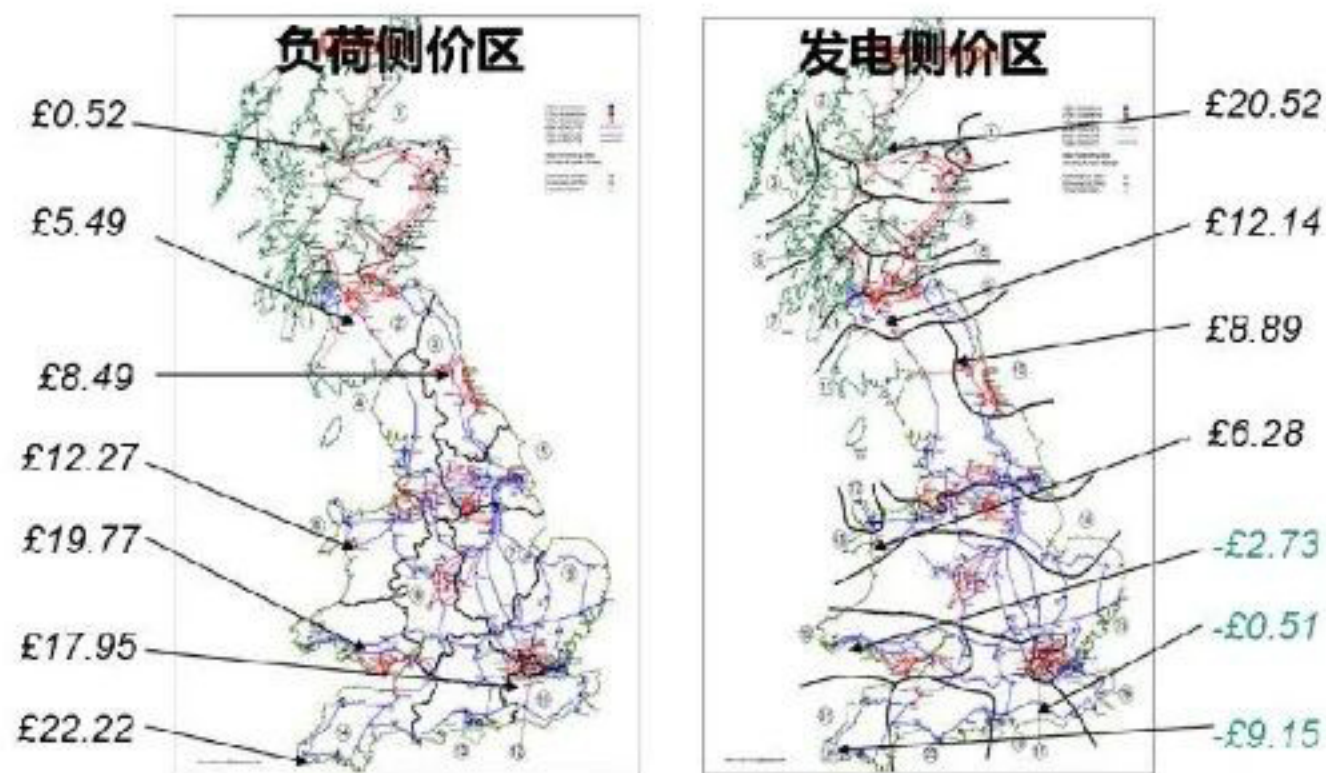


电力市场中的管制定价

输配电价的核定

英国输配电价特点:

- 输电价格采取**单一制容量电价**形式, 由发电侧和用户侧**双方支付输配电费** (27: 73)
- 输电价反映发电厂及电力用户位置信号; 配电价采取**分时定价**方式反映时间信号



2006/2007英国输电网输电价格情况

低压配电费

电量电费部分

电量电费 (峰时段)

电量电费 (平时段)

电量电费 (谷时段)

固定电费部分

容量电费

英国低压配电价格收费组成示意图

日期	峰时段	平时段	谷时段
周一至周五	16:00—19:00	07:30—16:00 19:00—21:00	00:00—07:30 21:00—24:00
周末	—	—	00:00—24:00
价格 (£/kWh)	0.0660	0.0149	0.0012

英国East Midlands配电价格分时示意图



电力市场中的管制定价

输配电价的核定

美国输配电价特点：

- 输电价格采取**单一制容量电价形式**，输配电费**全部由电力用户承担**
- 输电网和配电网都采取**基于线路使用程度和基于峰荷责任的邮票法共同定价**，部分程度上反映了地理位置信号，以美国PJM为例：

类别	级别	分摊方法
可靠性提升项目	区域级项目：电压等级 $\geq 500\text{kV}$ 或者双回 345kV ，造价 ≥ 500 万美元	50%线路成本通过分布因子法分摊至各子区域；50%线路成本通过负荷比例分摊至各子区域
	低电压等级项目：电压等级为单回 345kV 或 345kV 以下，造价 ≥ 500 万美元	100%线路成本通过分布因子法分摊至各子区域
	地区级项目：电压等级 200kV 以下，造价 < 500 万美元	100%线路成本由所在子区域分摊
市场效率类项目	区域级项目：电压等级 $\geq 500\text{kV}$ 或者双回 345kV ，造价 ≥ 500 万美元	50%线路成本通过负荷比例分摊至各子区域；50%线路成本由各子区域净负荷购电成本下降比例分摊
	低电压等级项目：电压等级为单回 345kV 或 345kV 以下，造价 ≥ 500 万美元	100%线路成本由各子区域净负荷购电成本下降比例分摊
	地区级项目：造价小于500万美元	100%线路成本由各子区域净负荷购电成本下降比例分摊



目 录



电力市场中的
管制定价



竞争定价的
品类与方式



竞争定价中的
价格管制



管制与竞争的
协同机制



竞争定价的品类与方式

中长期合约

优势：

- 实现对电力的“**虚拟存储**”
- 平稳**现货**市场价格，**规避**市场成员风险
- **弱化**市场力
- 提供**中长期**经济信号，反映电能的中长期供需关系

交易模式：

➤ 双边交易：

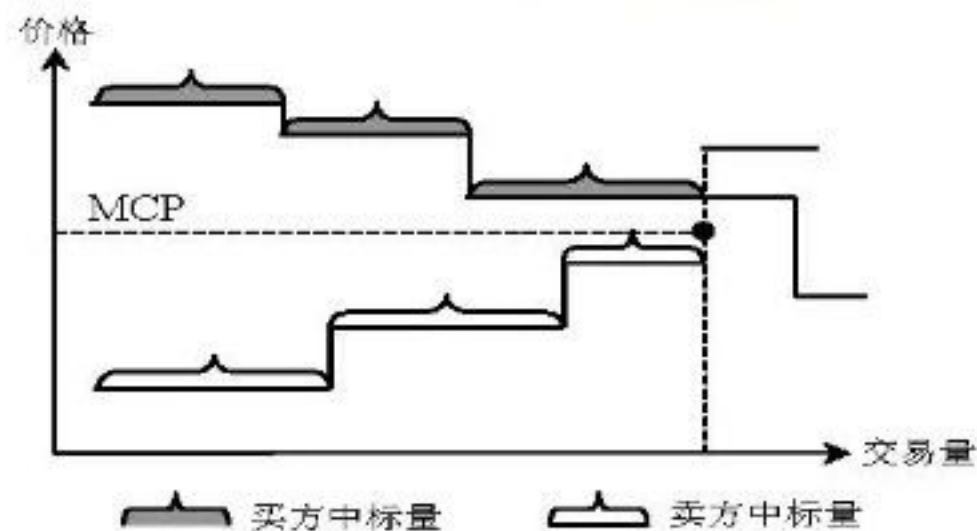
场外双边交易：发电商和用户**直接**签订电力交易协议，交易标的为电量、电价或用电曲线等。

场内集中竞价交易：基于电子交易平台，签署**标准化**合同模板

交易完成后，均需提交调度中心进行**安全审核**

➤ 集中交易：

由交易中心**统一**组织发电和用户申报量价，将报价**排序**后，按照**高低匹配**的原则生成交易结果
出清价格为供给与需求**双方平衡**时价格



➤ 挂牌交易：交易中心披露**电价**及**电量**需求后，组织发电商**申报**电量。按照**申报量比重**或按照**申报时间顺序**成交。

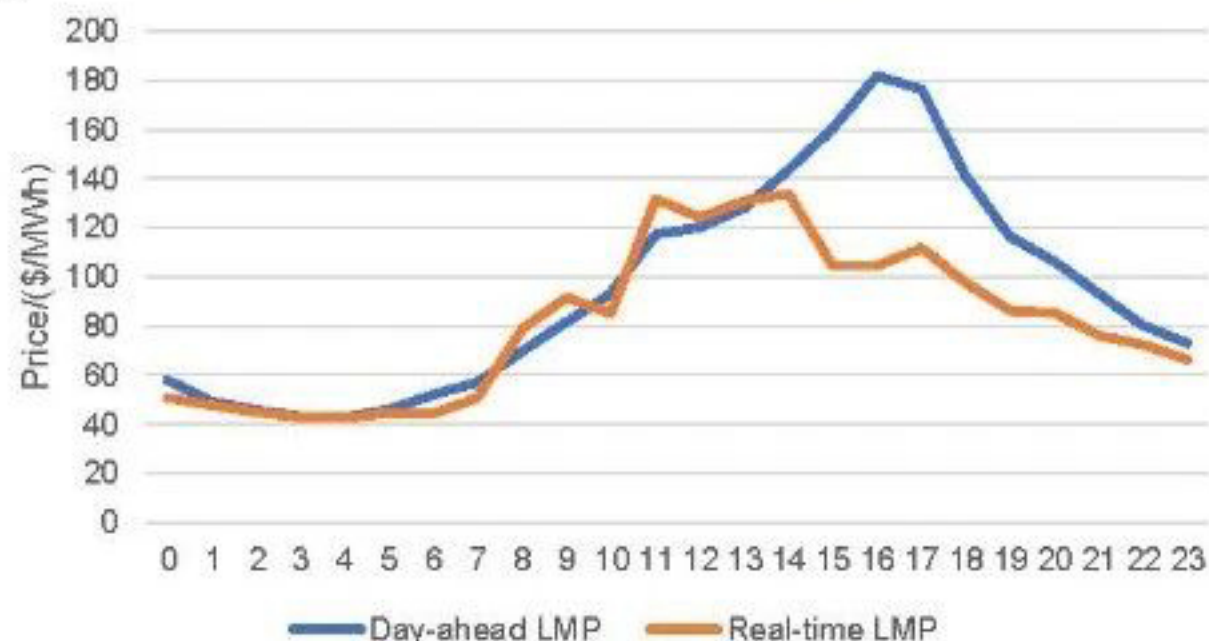


竞争定价的品类与方式

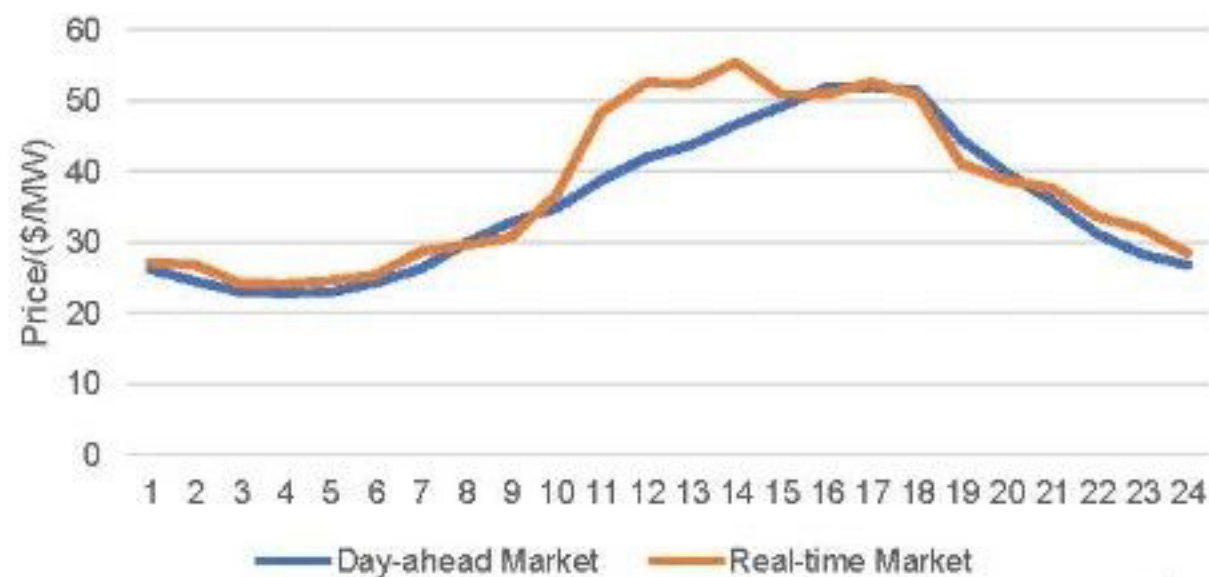
现货能量市场

• 基本介绍

- 能量市场主要分为**日前市场**和**实时市场**，通过竞争形成**分时**市场出清价格。
- 发电商申报供给价格曲线报价，市场根据需求预测进行出清，确定边际电价（增加1MW负荷所需的成本）
- 节点电价：某一节点的边际电价
- 区域电价：不常发生阻塞的一个区域的边际电价
- 系统电价：系统无约束出清时的边际电价



美国PJM市场能量市场典型价格曲线 (2022.07.01)



美国中部电力市场能量市场典型价格曲线 (2022.07.01)

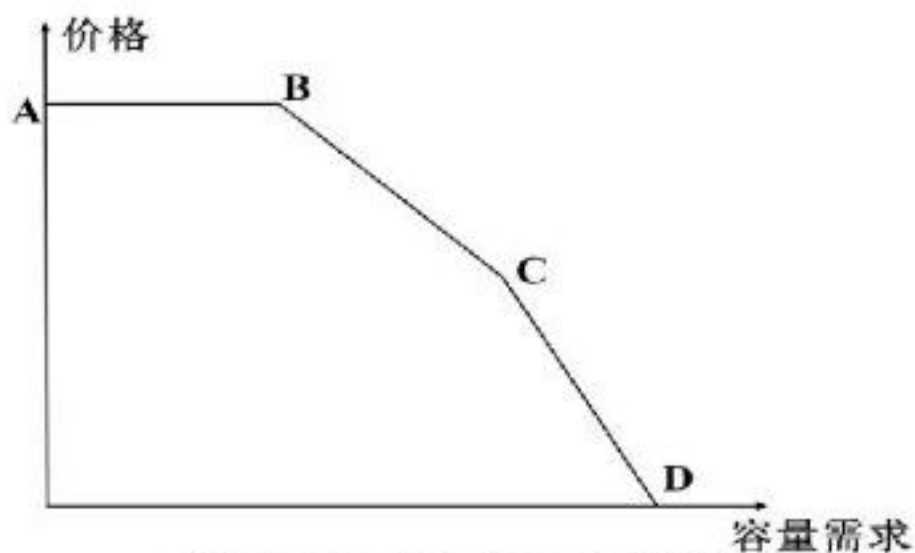


竞争定价的品类与方式

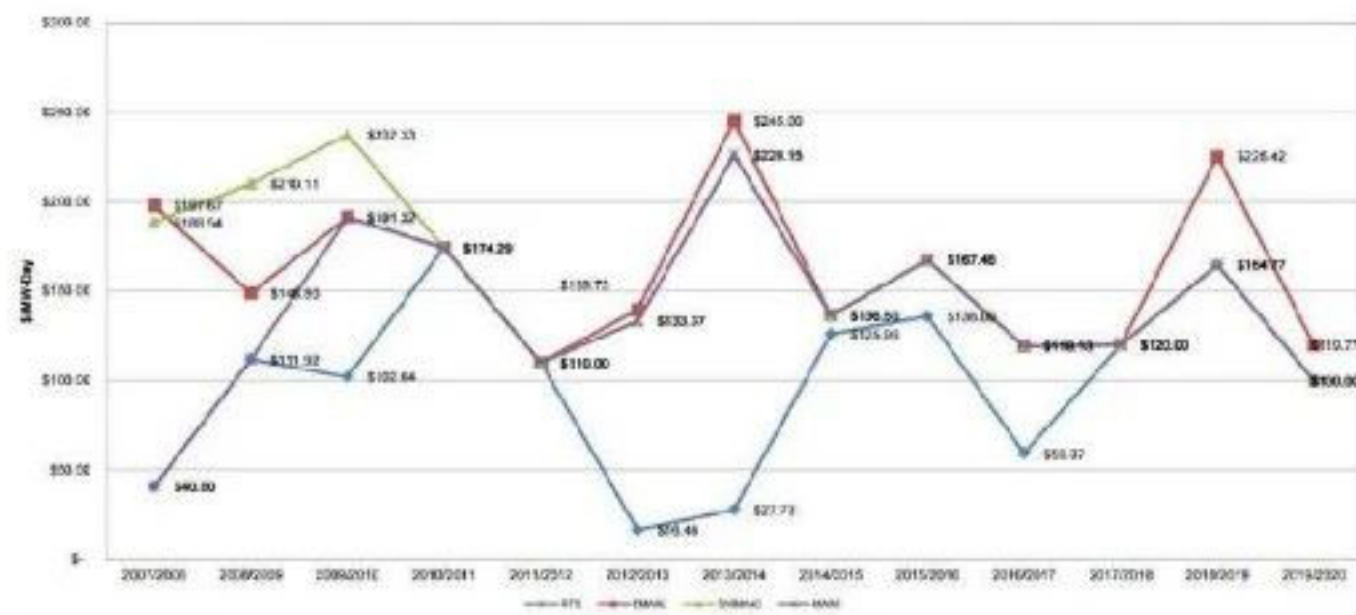
容量市场

• 基本介绍

- 集中式容量市场本质是一场**拍卖**，标的物是**有效装机容量**，单一买方为**市场组织者**（在美国为ISO，在欧洲为市场运营机构），卖方一般为容量资源，传统意义上为火电机组，近年来逐步囊括可再生能源、储能、需求侧响应等新型资源。
- PJM目前的容量价格水平约为20美元/(千瓦·年)



美国PJM市场容量需求曲线



2007-2019年间PJM四大区域基本容量拍卖市场出清价格变化



竞争定价的品类与方式

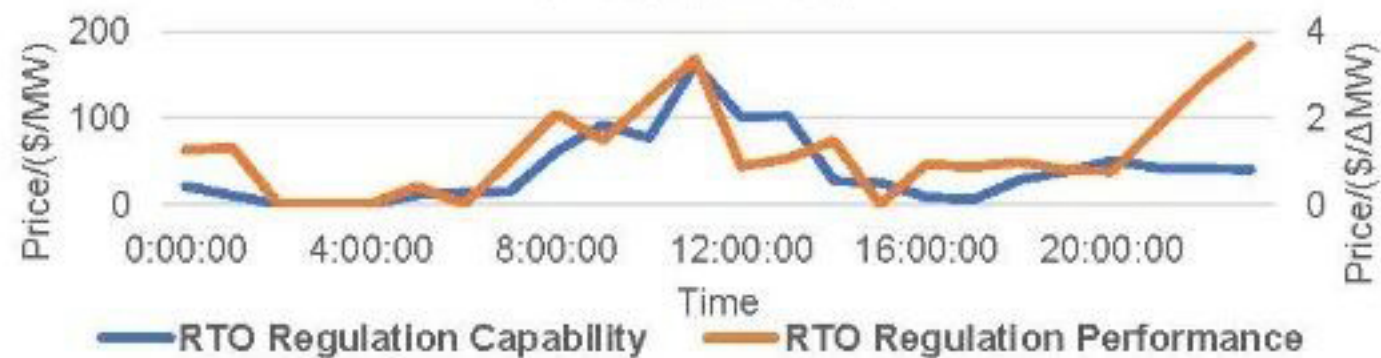
辅助服务市场

• 基本介绍

- 辅助服务：为维护电力系统的**安全稳定运行**，**保证电能质量**，由发电企业和电力用户所提供的**除正常生产电能以外的服务**，包括：**调频、备用、无功调节、黑启动**等。
- 调频和备用辅助服务：提前预留容量，并在被调用时产生电量



调频辅助服务



PJM调频辅助服务的日价格曲线



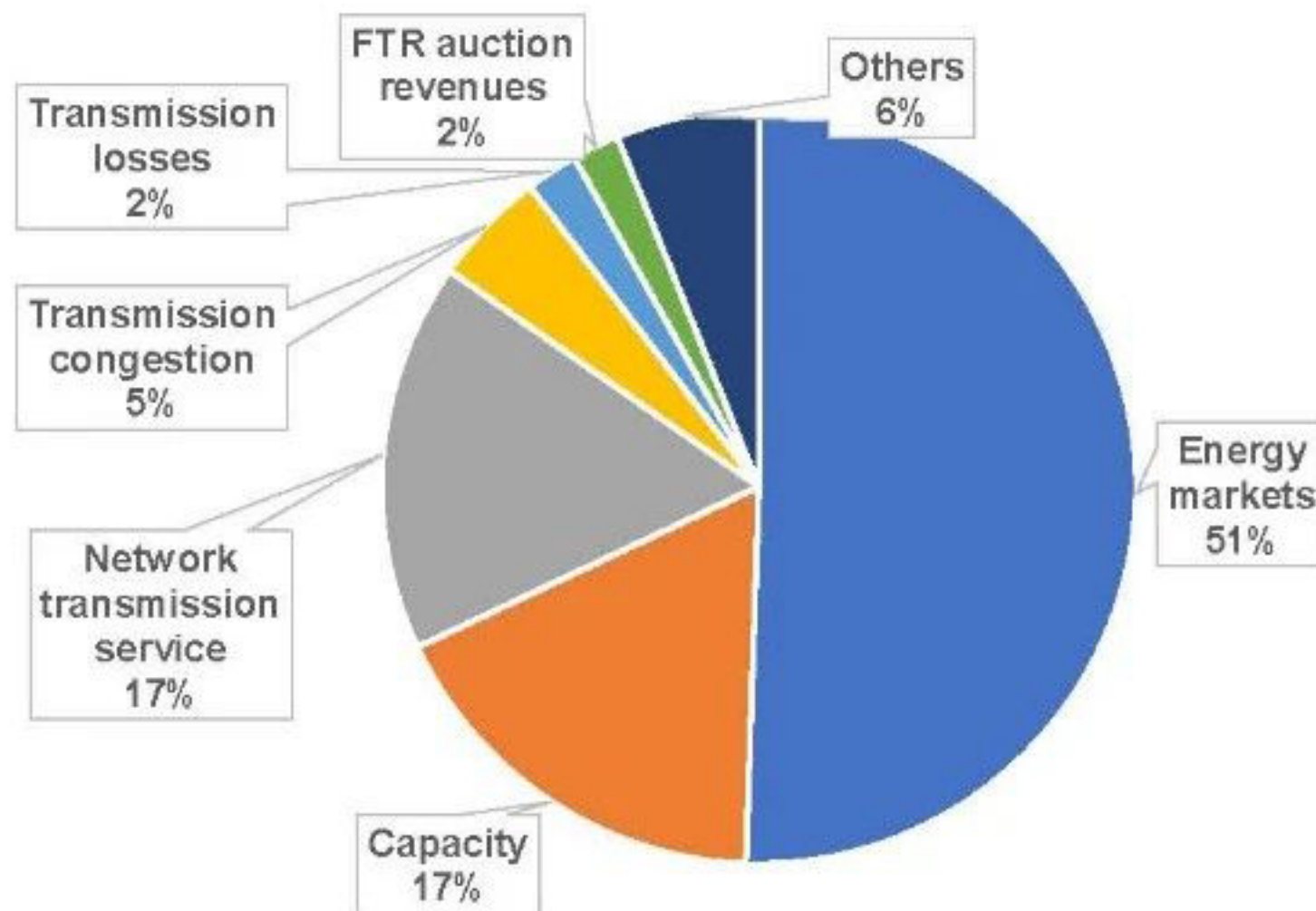
PJM备用辅助服务的日价格曲线



竞争定价的品类与方式

市场用户支付费用结构

- 市场用户支付费用组成结构：
 - PJM的费用结构比例中
 - 能量市场费用占比约一半 (51%)
 - 容量市场(17%)和输电费用(17%)占比其次，共34%
 - 金融输电权、辅助服务等占比很小



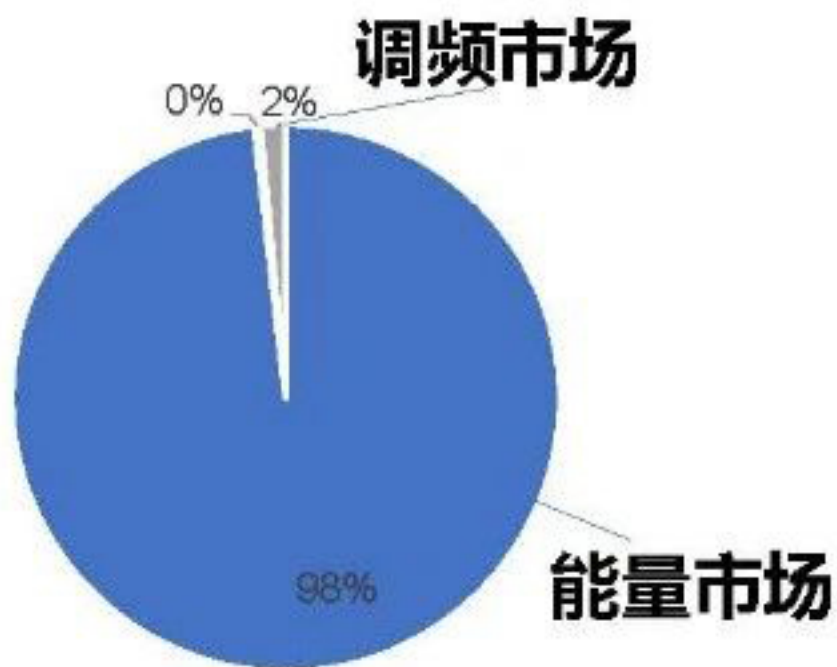
PJM各项业务的费用比例，2021年



竞争定价的品类与方式

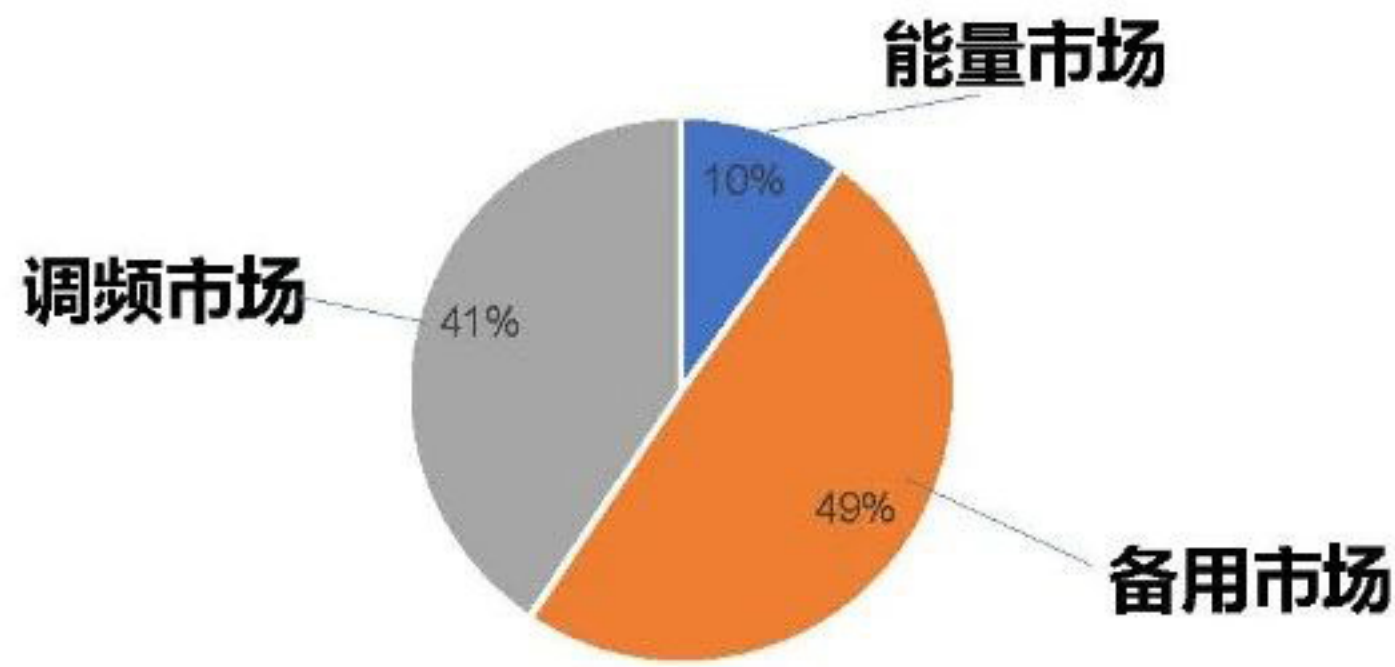
发电商的收入来源与结构

- 在电力现货市场中不同类型市场参与者的收入结构：
 - 传统火电机组的收入主要来自于**能量市场**
 - 储能电站的收入主要来自于**辅助服务市场**（调频、备用）



■ Energy ■ Ancillary (Reserve) ■ Ancillary (Regulation)

澳大利亚Tarong火电站收入结构，2019年



■ Energy (arbitrage) ■ Ancillary (Reserve) ■ Ancillary (Regulation)

澳大利亚Hornsdale储能电站收入结构，2019年



目 录



电力市场中的
管制定价



竞争定价的
品类与方式



竞争定价中的
价格管制



管制与竞争的
协同机制



竞争定价中的价格管制

市场力管控机制

- 控制市场力的主要方法分为两类：**事前监控机制 (Ex-Ante)** 与 **事后调查机制 (Ex-Post)**

事前监控机制

- 核心理念：**在事前考察市场主体在接下来的市场出清中是否具备动用市场力的能力。如有，则监管机构对其**报价或者报量进行限制**。
- 例：PJM三寡头测试。**在市场出清前根据份额比例进行判定，被判定为寡头的市场主体，市场组织者使用之前核算的成本替代市场主体的报价。
- 2021年，PJM市场中份额最大的主体在**77.5%**的日子内未能通过日前市场的三寡头测试。

事后调查机制

- 核心理念：**市场运行后对市场主体的市场行为进行调查。如果任何市场主体**动用市场力的行为**被调查出来，它们将受到惩罚。
- 例：市场主体超额收益分析。**考察市场出清结果，分析各个市场主体对于主要阻塞线路的影响与作用，考察其结算价格相对成本的收益。
- 2021年，PJM监测到，实时市场中**有1.5%的报价**相对其成本有超过150美元/兆瓦时的上浮。



竞争定价中的价格管制

发电主体成本核算

PJM市场中发电主体的成本核定

启动成本(\$/start)
= 启动燃料(MBTU/start)
× TFRC(\$/MBTU) × 性能系数
+ 厂用电(MWh)
× 厂用电价格(\$/MWh)
+ 启动维护成本加成(\$/start)
+ 启动额外劳动成本(\$/start)

空载成本(\$/h)
= 空载燃料(MBTU/h)
× 性能系数 × TFRC(\$/MBTU)

负载增量成本(\$/h)
= 出力水平(MW)
× 热耗率(MBTU/MWh)
× 性能系数 × TFRC(\$/MBTU)
+ VOM(\$/h)

启动成本

从关断状态到可接入
电力系统状态需要的成本



空载成本

在同步转速下维持
输出为0需要的成本



负载增量成本

在最小经济运行以上
所有能量区间的能量成本

热耗率

由机组的设计或者类似的机组
根据实际的机组数据修订得到

性能系数

基于实际消耗的总燃料或者每
月的抽样调查, 可用相似机组
平均性能系数代替

燃料成本

包括: 基本燃料成本、能量增
量成本、总成本

可变维护成本

为了保持良好的运行条件, 需
要付出的设备和人工费用



竞争定价中的价格管制

最高限价的确定

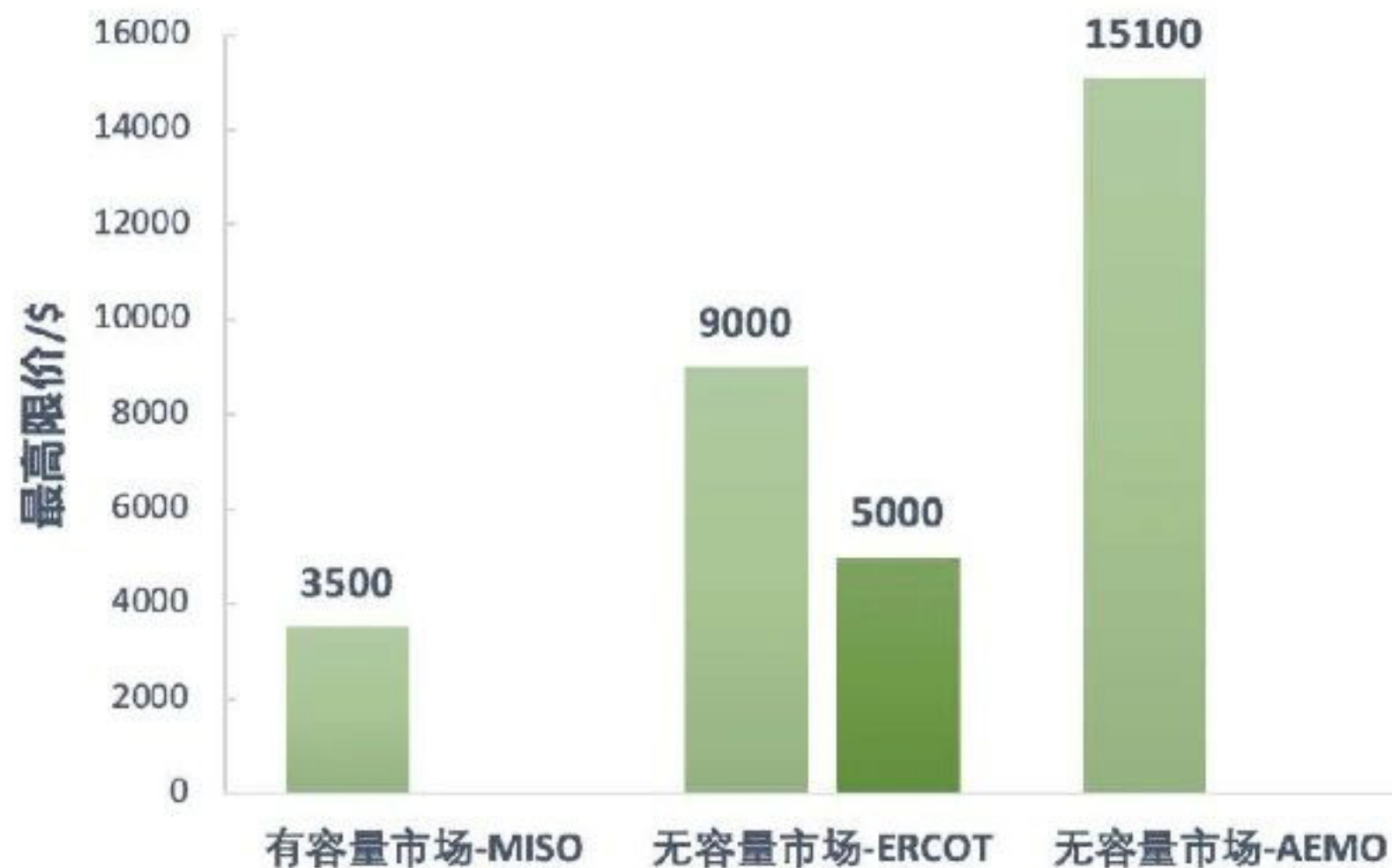
- 市场结构影响最高限价的决定
 - 没有容量补偿机制的市场结构下，较高的最高限价可支持电力设备在长生命周期内回收成本
 - 典型市场：美国德州ERCOT市场，澳大利亚AEMO市场
 - 高限价不意味不触顶，而一旦触顶会面临市场机制失灵+用户财务风险攀升的双重困难
 - 具备容量补偿机制的市场结构下，较低的最高限价可以引导电力设备对于容量市场的参与度
 - 典型市场：美国中部MISO市场.....



竞争定价中的价格管制

最高限价的确定

不同市场结构下的最高限价举例



- **有容量补偿机制的市场**最高限价较低，如MISO市场最高限价\$3500。
- **没有容量补偿机制的市场**最高限价较高，如AEMO市场最高限价\$15100，ERCOT当前市场限价\$5000。

- **最高限价会随能源与市场情况进行调整**
- 美国ERCOT市场最高限价于2022年1月1日由原\$9000下调至\$5000。因2021年二月中旬的冬季风暴Uri已经验证，能源紧急情况下过高的限价会带来巨大的成本。
- 英国Ofgem市场的能源最高限价于2022年4月1日由原£1277上调至£1971，该增长是由于过去6个月内天然气批发价格飞涨所致。



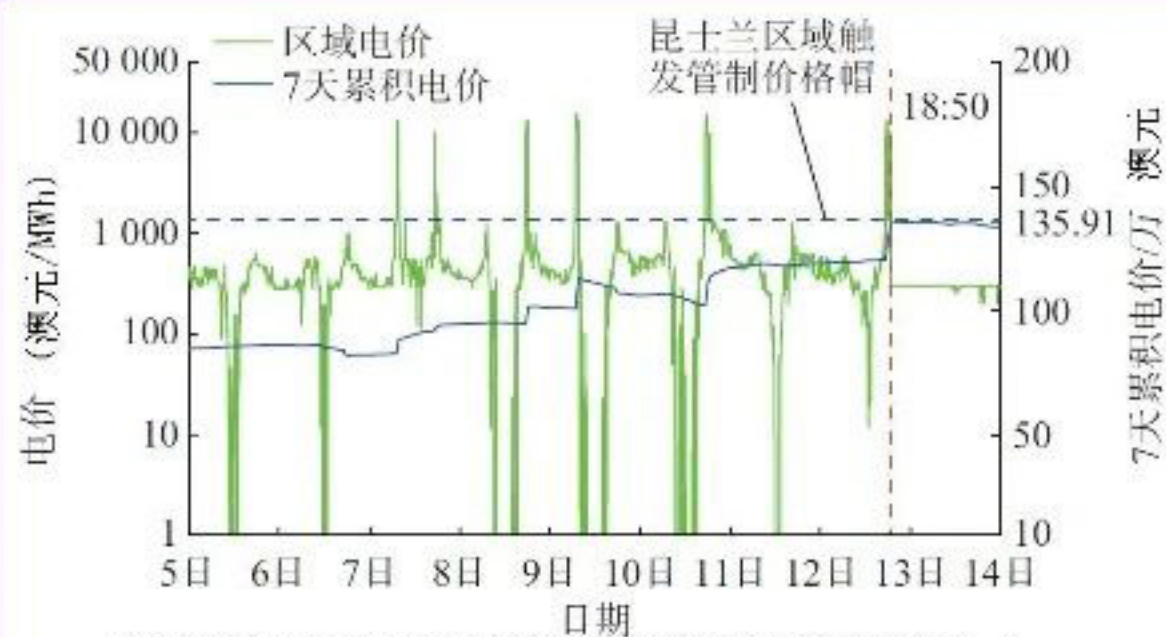
竞争定价中的价格管制

应急机制与市场干预

以澳大利亚NEM为例：

- **管制价格机制。**为了防止持续高电价破坏电力交易正常进行，当某区域过去2016个交易时段(等效为7天)的电价之和超过累积价格阈值时，NEM便会实施管制价格帽。2022年6月，管制价格帽为\$300/MWh，远低于非管制价格时期的最高限价\$15100/MWh。

- **现货市场暂停机制。**如果市场运营机构判定无法按照规定正常运行现货市场，则可以将其暂停。市场暂停后，NEM中的投标和调度仍然可以按原有规则进行，但价格不由出清决定，而是由过去28天历史价格决定。



2022年6月5日至13日NEM现货市场昆士兰区域电价和7天累积电价

2022年6月12日，澳大利亚国家电力市场(NEM)昆士兰区域触发**管制价格机制**；管制价格相对当时的发电成本过低，导致大量机组退出市场，出现电力短缺；为了保障电力供应，NEM与15日24日**暂停运行**，通过市场干预避免了大规模停电。



竞争定价中的价格管制

应急机制与市场干预

各国电力市场紧急状态应对措施

	澳大利亚 AEMO	美国PJM	欧洲 NordPool
供给不足 (预测)		预警提醒, 通知相关 方提前开机准备, 呼 吁全社会节约用电	无明确干预手 段
供给不足 (日前出 清)	通过 市场手段 减少电力备用 水平, 鼓励机 组进入市场、 鼓励大型用户 削减负荷	通过 市场手段 增加机 组紧急出力, 启动紧 急备用的离线机组, 削减价格敏感型需求, 削减负荷	激活备用资源, 重新报价, 削 减部分投标或 按比例削减需 求 投标 , 甚至 取消出清结果 以前一日的电 价为准
供给不足 (实时)		通过市场手段调用需 求侧响应资源	
备用不足 (实时)	激活可靠性和 紧急备用 交易 者机制 , 向机 组发送发电指 令	调用 市场备用资源 , 紧急报价紧急采购来 增加供给	由区域电网控 制
备用安全 不足 (实 时)	切负荷 运行	准备人工 切负荷 和电 压降低应对	

- 电力市场紧急状态通常指**电力供应预计会受到重大不利**影响的状态。
- 各电力市场的紧急状态应对手段可以分为**市场手段**和**非市场手段**:
 - 为应对紧急状态预警或一般紧急状态, 市场运营机构优先采用**市场手段**, 以减少对市场的干预, **保障自由竞争**;
 - 对于严重紧急状态, 则引入带有强制性的**非市场手段**, 为了**保障电力供应而牺牲市场的效率**。对于职责和结构不同的市场, 应对手段也有所不同。



目 录



电力市场中的
管制定价



竞争定价的
品类与方式



竞争定价中的
价格管制

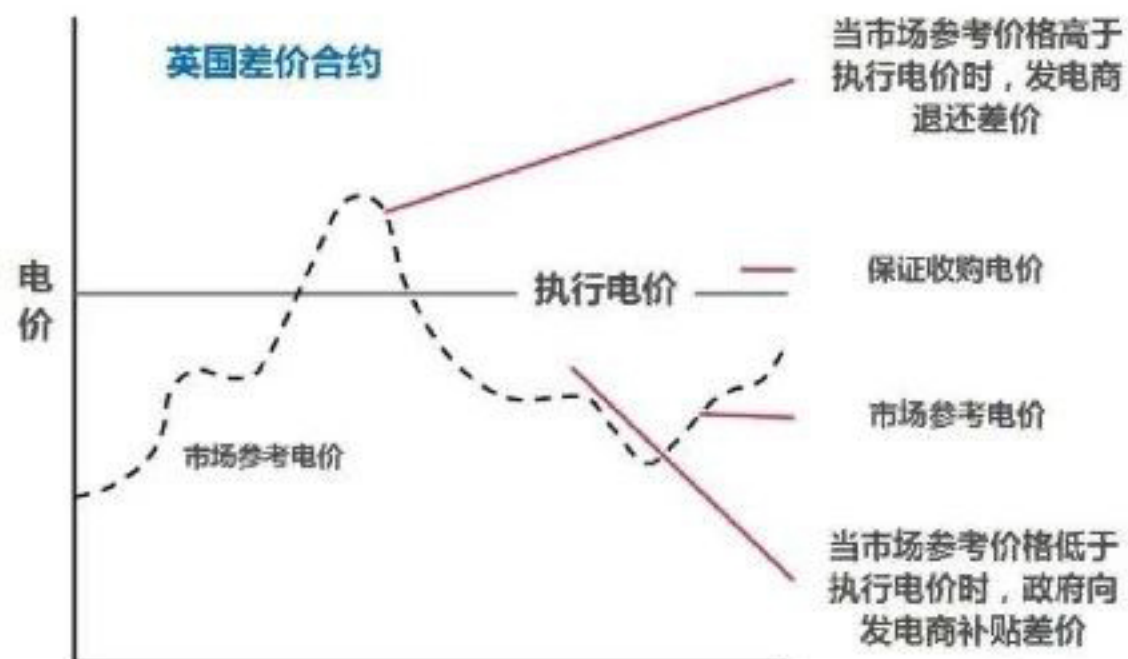


管制与竞争的
协同机制



管制与竞争的协同机制

为何竞争市场需要管制？



英国可再生能源差价合约示意图 来源：英国BEIS

可再生能源发电按差价合约规定的价格获得支付，其他资源按照市场出清价格获得支付。同样的电能生产存在“两种”价格。

同货不同价

经济学原理：外部性

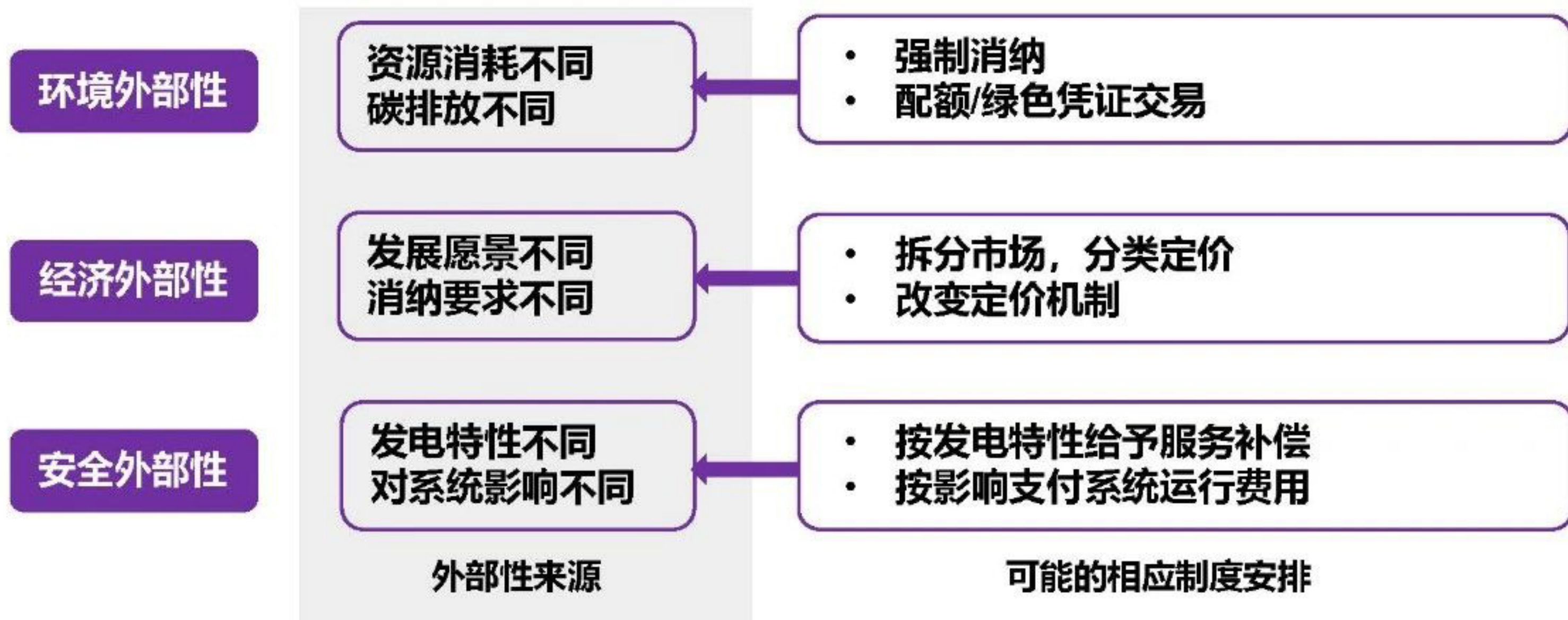
- 外部性是经济主体的经济活动对他人和社会造成的非市场化的影响，即经济主体从事经济活动时其成本与后果不完全由该行为人承担。
- 外部性可能导致市场失灵，即市场主体自由竞争时无法实现社会福利最大化。
- 解决外部性需要引入管制，对市场竞争加以限制。思路是让外部性内部化(internalize the externalities)，即通过制度安排，使经济主体经济活动所产生的社会收益或社会成本，转为经济主体的收益或成本。



管制与竞争的协同机制

为何竞争市场需要管制？

- 以可再生能源发电为例，需要通过制度安排解决外部性，区分其与传统电源的差异。





管制与竞争的协同机制

Power Purchase Agreement 长期购电协议PPA

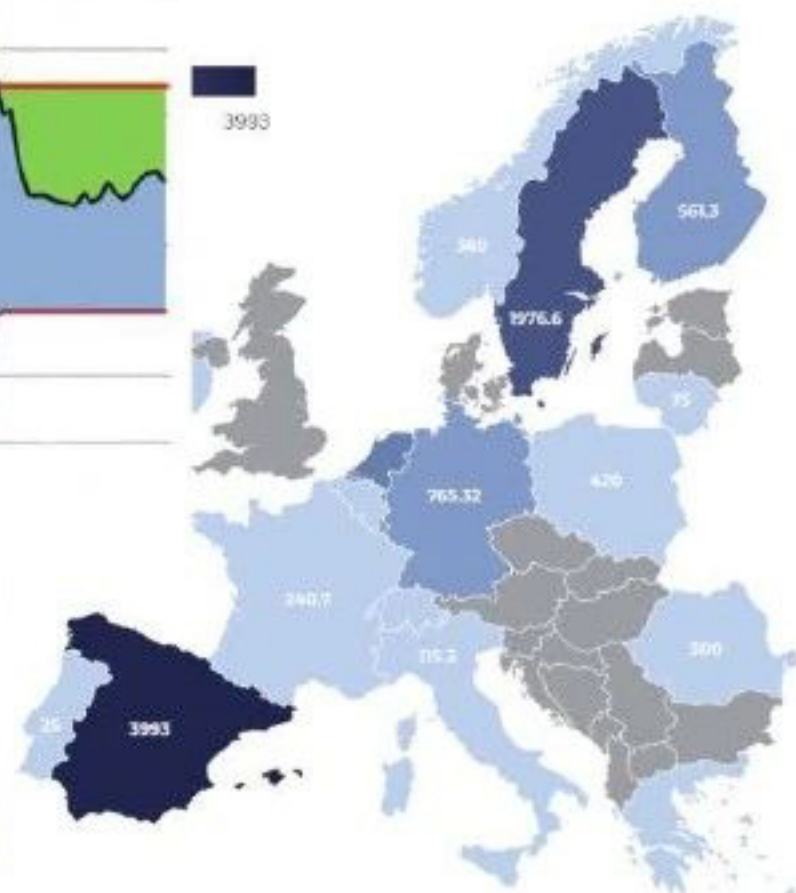
- 长期购电协议PPA (Power Purchase Agreement)
 - **基本定义**：广义上可以泛指用户与各种类型电源签订的长期购电协议。协议中规定了交易价格、交易量、交易期限、电力交付时段、考核措施、终止合约措施等内容
 - **协议效果**：协议保证了发电商发出的电能均以合约协议价格与用户进行结算，本质上属于多年期的双边协议
 - **协议期限**：时间范围为5-20年，大部分合约年限处于10-20年之间
 - **发电侧**：有利于发电商确定项目收益，降低收益风险，获得资本融资
 - **用户侧**：用户侧获得价格稳定的长期供电
 - **协议类型**：含有多种形式，它们根据买方、卖方和融资对手方需求的不同而相异。目前最具有代表性的就是无补贴可再生能源长期购电协议



管制与竞争的协同机制

Power Purchase Agreement 长期购电协议PPA

- 无补贴可再生能源PPA：企业与独立的电力生产商、公用事业公司或金融公司签署的协议，在约定期限内以固定价格承诺购买一定数量的可再生能源电力，同时得到等量的绿证。发电商和用户基于市场批发价格多退少补。
- 无补贴可再生能源PPA需求驱动因素：
 - 可再生能源补贴退坡
 - 新能源发电成本的下降
 - 用户侧对于绿电的购买意愿上升
- 两类无补贴可再生能源PPA作用机理：
 - 实体PPA由售电方和购电方直接签订，然后售电方再和电网公司沟通将电力输送给给购电方，一般两者会在同一个市场区域
 - 虚拟PPA则是一种由企业和售电方签署的金融差价合约，不需要位于同一区域，灵活性较高



2021年欧洲各国可再生能源PPA装机量

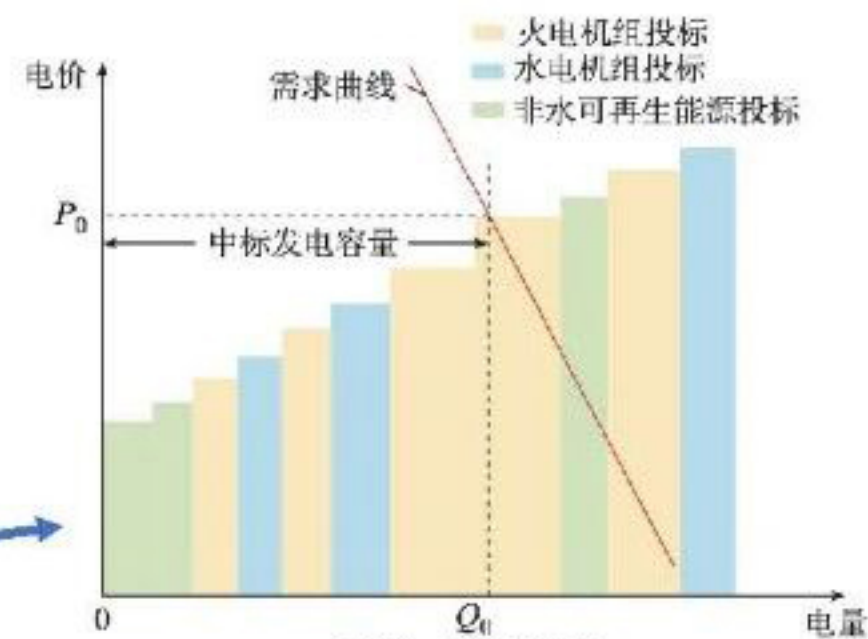


管制与竞争的协同机制

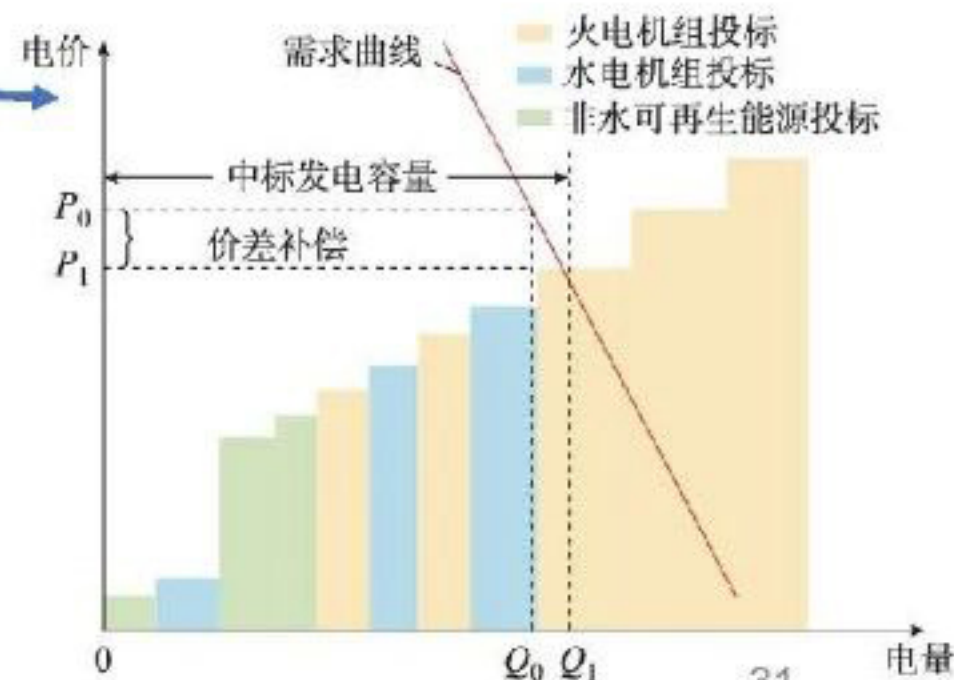
新能源参与现货能量市场

可再生能源参与市场机制

边界参与者	机制特征	典型国家
价格接受者	保量保价，不进入优化，按标杆电价（或市场电价）收购	/
常规报价者	保量竞价（报0价），进入优化 改变供需比	美国PJM、 澳大利亚
强制消纳-二次出清	竞量竞价	欧洲
非强制消纳-弃风光不考核		
市场分割	专项交易，传统能源与新能源分市场进行，需要统筹/配额	英国电改计划采用



(a) 第一次市场出清



(b) 触发保障性消纳机制后市场出清



管制与竞争的协同机制

容量市场

可再生能源较低的发电边际成本将导致市场中的能量价格持续处于低位，压缩各类型电源的收益空间。为确保电力系统中的充足容量供给，市场需要通过容量补偿机制，以保证各类机组获得合理的收益。

集中式容量补偿

- 集中平衡性质的补偿
- 市场组织者或监管机构根据电网情况，制定容量需求曲线
- 通过组织市场成员拍卖或监管机构直接核算的方式确定容量价格

可靠性期权

- 自行平衡性质的补偿
- 将电网对容量可靠性的需要分摊至各个主体，主体自行平衡

新能源如何参与

基于机组可信容量

- 新能源按照其峰荷时段的平均可用容量，在容量市场中获取相应的收益

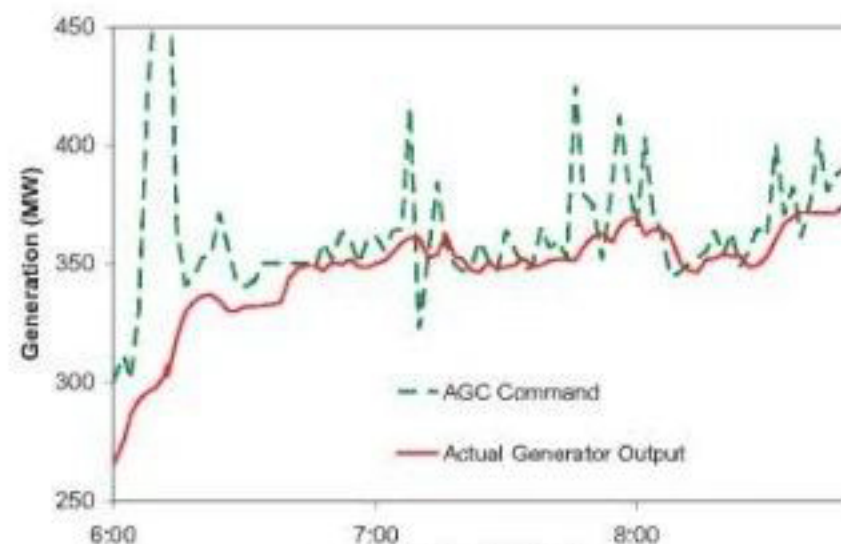
切分容量需求

- 在系统整体容量需求中，切分一部分容量需求给新能源机组

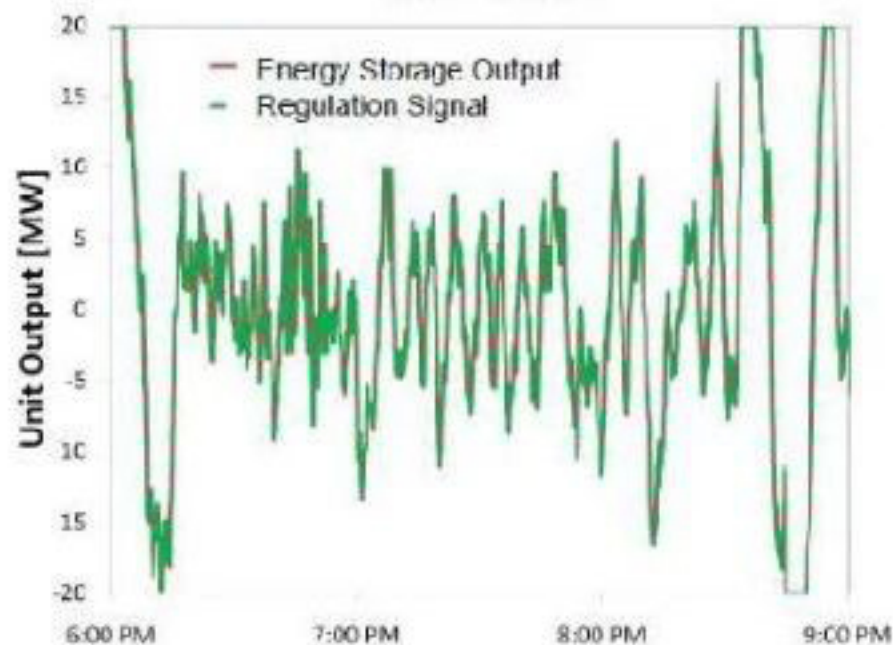


管制与竞争的协同机制

辅助服务市场



a.火电机组



b.储能系统

机组跟随调频响应信号情况

- 辅助服务市场**出清和定价**通常基于**资源提供辅助服务的性能**。如美国PJM调频市场基于调频性能得分(Performance Score), 其构成为:

$$\text{调频性能得分} = \text{相关度得分} + \text{延迟度得分} + \text{精度得分}$$

- 主要逻辑:

- ① 相比电量/容量等单一属性商品, 辅助服务需要**更多维度描述**; 例如, 调频既要求足够容量, 又对响应时间和跟随精度具有一定的要求。
- ② 辅助服务供应**充裕度的判定原则更复杂**; 例如, 备用需求量与系统的运行状态、资源的响应时间、系统安全性要求等因素有关。
- ③ 机组可以同时参与能量市场和辅助服务市场, 而后者**投资指向性不够明确**。高性能机组优先出清、收益更大, 可鼓励机组升级改造。



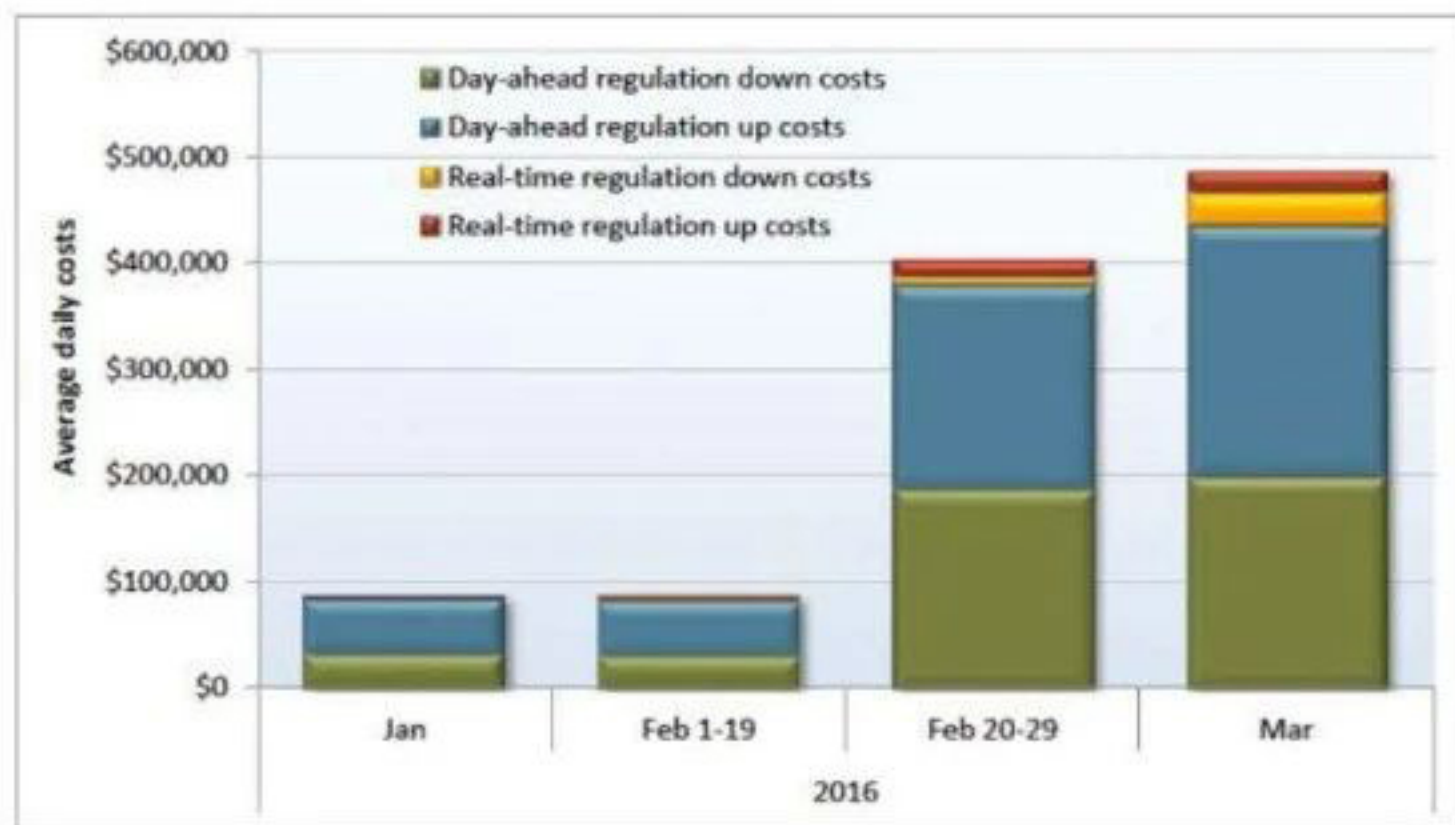
管制与竞争的协同机制

高比例可再生能源影响辅助服务需求

• 美国加州电力市场 CAISO

- 2016年2月，为了平衡高比例新能源接入系统导致的发电间歇性
- CAISO将其在日前市场与实时市场的每日调频需求从300-400MW提升至600-800MW，相当于翻了一倍
- 与此同时，日前上下方向的调频价格也翻了2倍，从\$5/MWh提升至\$15/MWh
- 在量价齐涨的背景下，CAISO调频服务费用激增（见右图）

Figure E.2 Average daily regulation procurement costs (January – March)



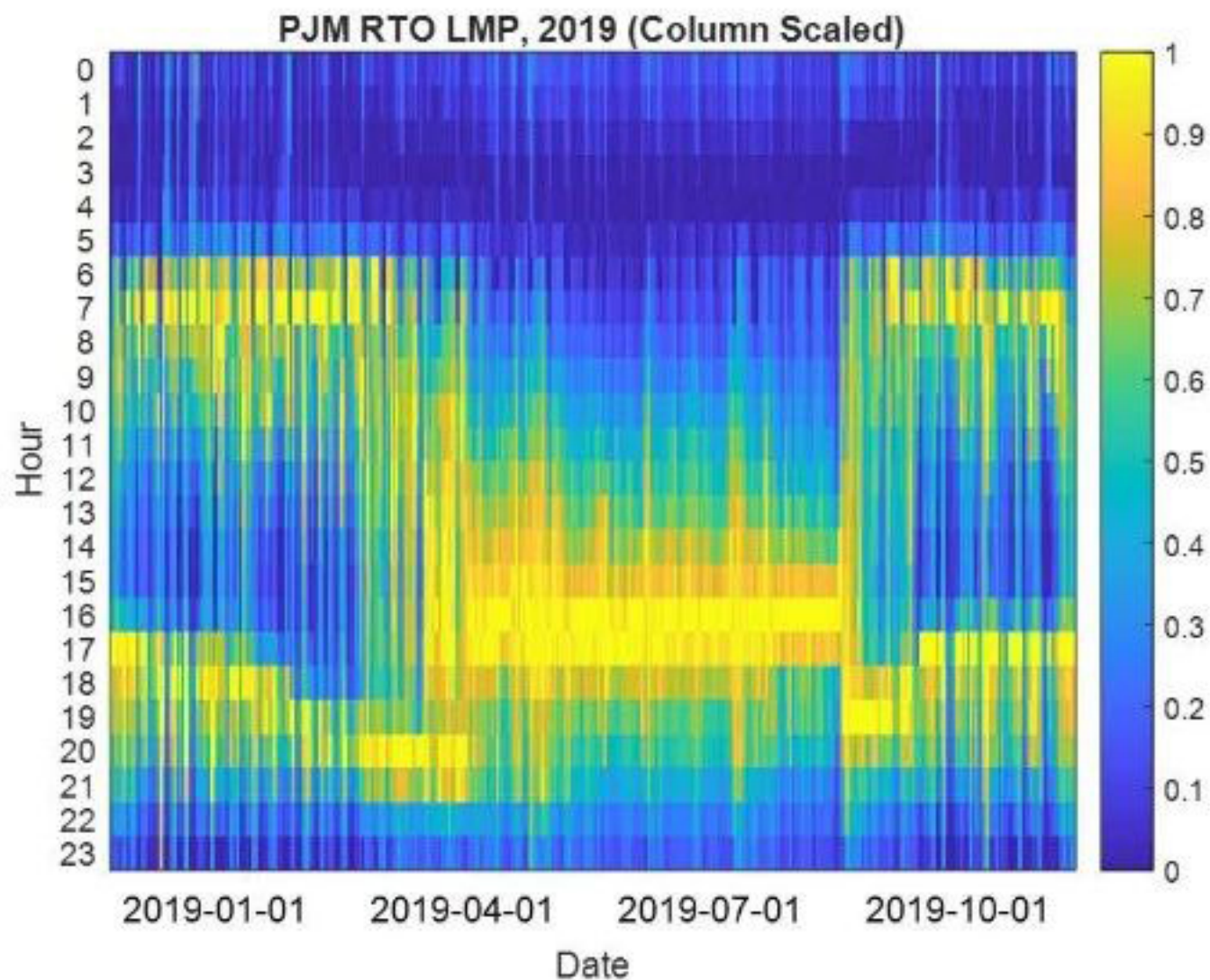
2016年初，CAISO调频辅助服务费用激增



管制与竞争的协同机制

变化的用户分时电价

- 每日电价峰谷差的情况
 - 横轴表示日期（365天），
 - 纵轴表示小时（24小时）
 - 黄色表示电价尖峰
 - 蓝色表示电价低谷
 - 电价峰谷出现时刻在不同日期略有不同！
- 在新型电力系统下，固定时段的分时电价可能产生扭曲的引导作用



美国PJM电力市场节点电价（列归一化）



结论与思考

- **Deregulation, 不是不要管制, 而是革新管制的方式。**
- **管制与竞争, 适用对象要分明, 应用边界要清晰, 在不同情况下会共存、会转化; 充分考虑国情, 具备条件时, 积极推动管制对象的竞争化定价。**
- **提高市场环节下的能源治理能力, 确定管制定价的应用场景与规则, 框定市场运行边界, 降低市场运行风险 (价格监测、市场力防控、最高限价等)**
- **适应新型电力系统建设的需要, 市场定价机制需逐渐提高差异化与精细化水平:**
 - **根据电源具体特点进行差异化定价, 如: 对新能源的容量贡献进行折算处理**
 - **定价机制应趋于精细化, 如: 用户动态分时电价、分时输配电价核定**



清华大学

Tsinghua University

谢谢！

请批评指正！