

第一讲：电力市场课程-绪论

- 我国电力市场的进程
- 什么是电力市场
- 对传统电力系统理论的挑战
- 本课程的主要内容
- 本课程的要求

电力市场课程-绪论



■ 我国电力市场的进程

■ 什么是电力市场

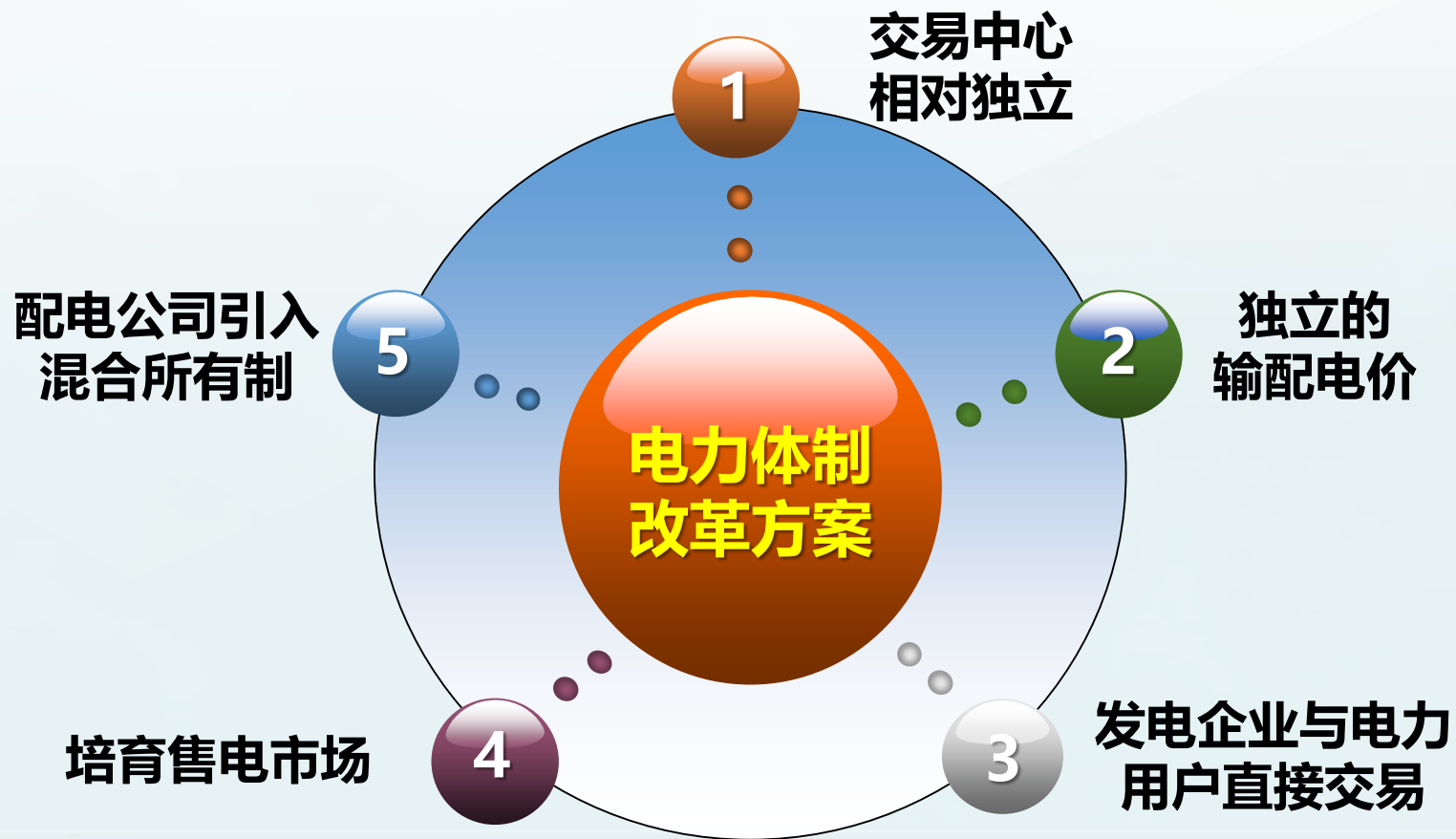
■ 对传统电力系统理论的挑战

■ 本课程的主要内容

■ 本课程的要求

我国电力市场的进程

我国新一轮电力体制改革有5大亮点



电力市场课程-绪论

- 我国电力市场的进程
- 什么是电力市场
- 对传统电力系统理论的挑战
- 本课程的主要内容
- 本课程的要求

电力市场的定义（ 1 ）

- 电力市场本质：还原电能商品的商品属性
 - 商品的成本取决于社会的平均必要劳动时间
- 电力体制改革的“体”的改革是
 - 网厂分离
 - 运营主体与投资主体相分离
 - 配售分离
 - 输配电投资多元化

电力市场的定义（ 2 ）

- 电力体制改革的“制”的改革是
 - 构建电力市场竞争平台
 - 发电与用电直接交易
 - 通过竞争发现价格，以价格引导电力分时分区的供需平衡，提升电网安全，引导电力行业投资

电力市场的定义（ 3 ）

- 电力市场最终实现如下效益
 - 以有限的资源生产更多的电能
 - 提升电能商品效用
 - 促进提升电网安全
 - 提升资源优化配置的水平

电力市场的内涵

1、市场结构

2、产权革命

3、市场竞争

4、市场准入

5、市场监管

电力市场的内涵

1. **市场结构：**通过对垄断的电力工业实行“网厂”分离、配售分离的重组，形成互相竞争的市场主体。
2. **产权革命：**推进混合所有制，引入民营资本（如股权基金）
3. **市场竞争：**对各市场成员提供的电力商品和服务，通过供需双方的报价，达到供需平衡，并形成反映市场供求关系、促进市场成员降低成本、引导电力投资的价格。

电力市场的内涵——市场准入

4. 市场准入：

- ① 市场的竞争的本质是市场成员通过报价获得市场份额；
- ② 考虑到发电、输电、配电业务涉及到国家的能源平衡、环境保护、交通运输、水资源和土地の利用，必须对市场的准入实行政府核准制度。

电力市场的内涵——市场监管

5. 在电力系统不同环节施行相应的市场监管：

- 必须建立政府对电力市场的有效监管，以保护电力市场中各市场成员的合法权利。
- 在发电环节，由于规模经济要求，市场成员的数量是有限的，成员具有一定的控制价格的能力，需要适度的监管；
- 在输配环节，仍然实行的垄断经营，需要加强监管；
- 在售电环节，竞争充分，放松监管。

电力市场的内涵——市场监管

■ 监管方式应包括：

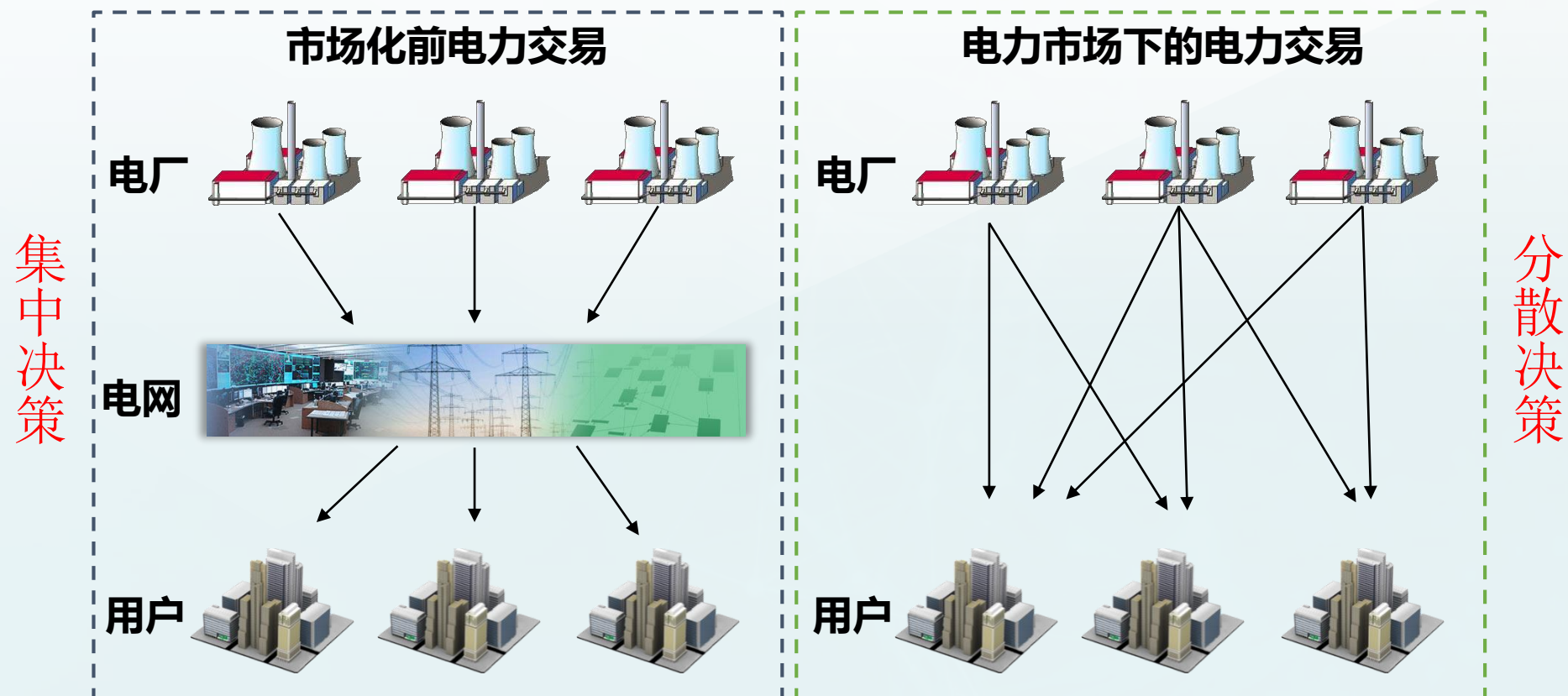
- 通过电力业务的特许经营权许可证制度，规定获得相关电力业务的市场成员的权利与义务；
- 制定和修改市场规则；
- 利用行政执法权处理各种市场中的违规和争议。

电力市场课程-绪论

- 我国电力市场的进程
- 什么是电力市场
- 对传统电力系统理论的挑战
- 本课程的主要内容
- 本课程的要求

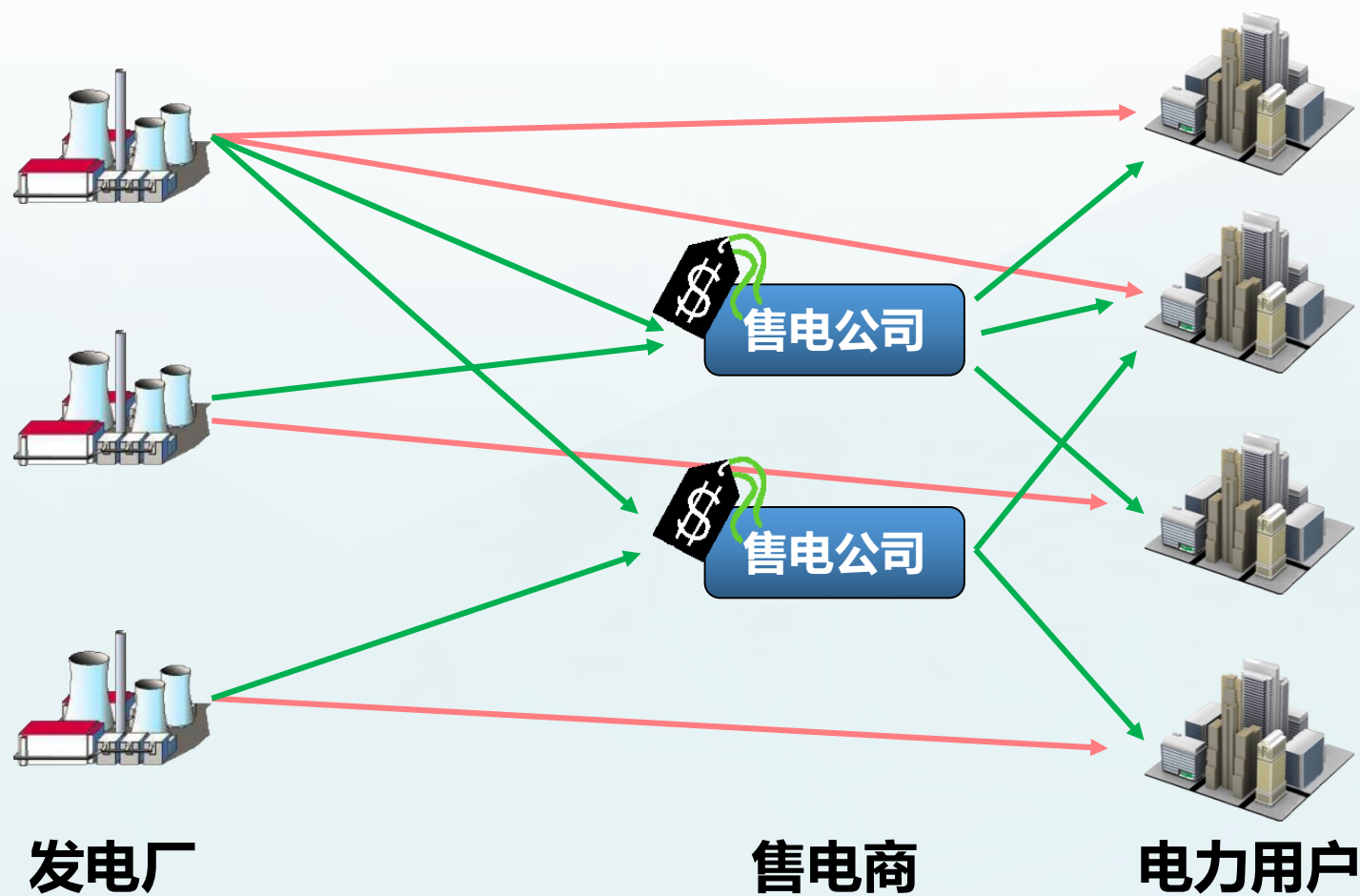
一、基于市场机制的分散化决策

大用户与电厂直接交易：



由集中决策转向分散决策，电网调度运行方式的重大转变

二、售电市场开放：培育售电零售市场主体



三、管制性的调度走向市场化调度

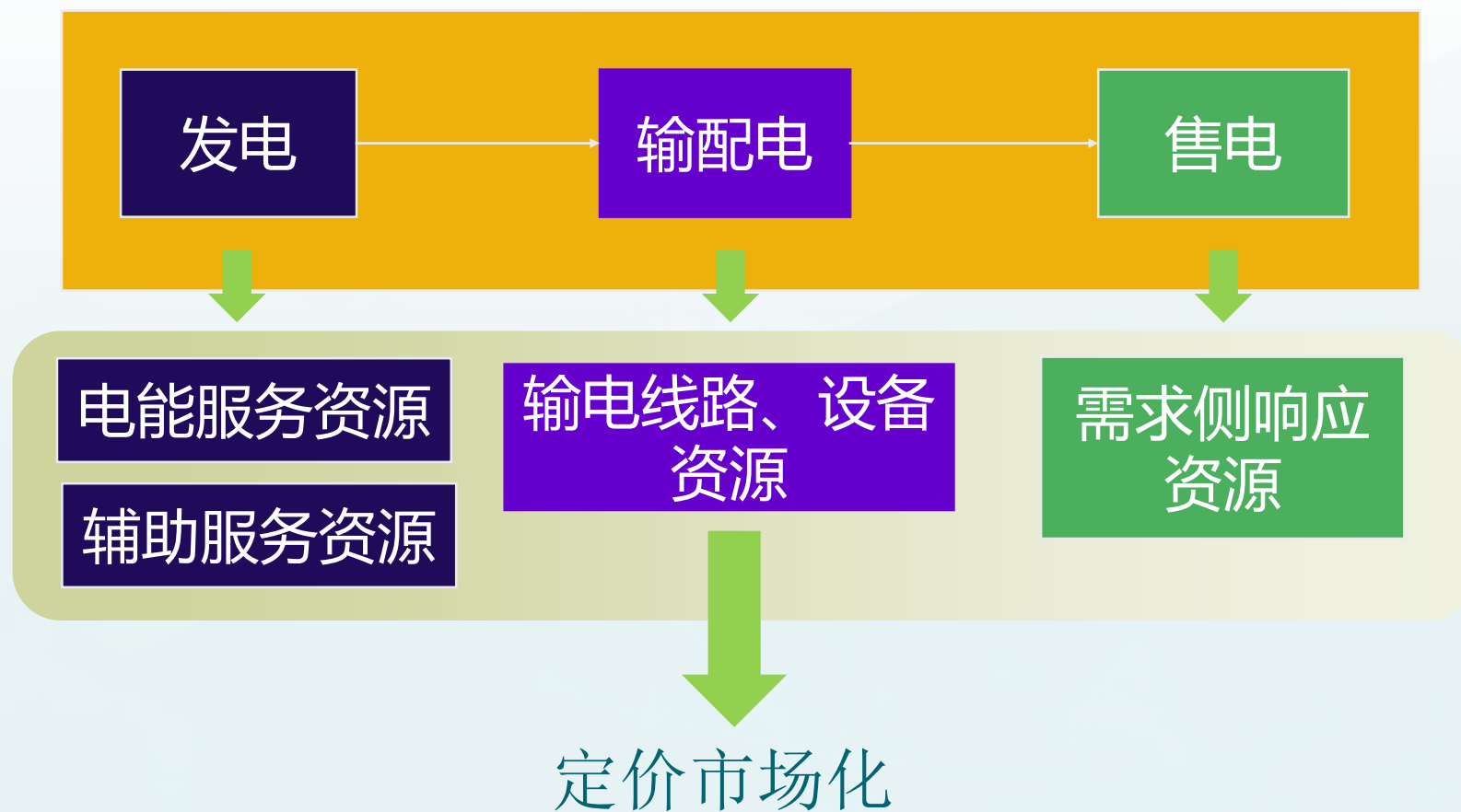


四、市场化要求规范化调度



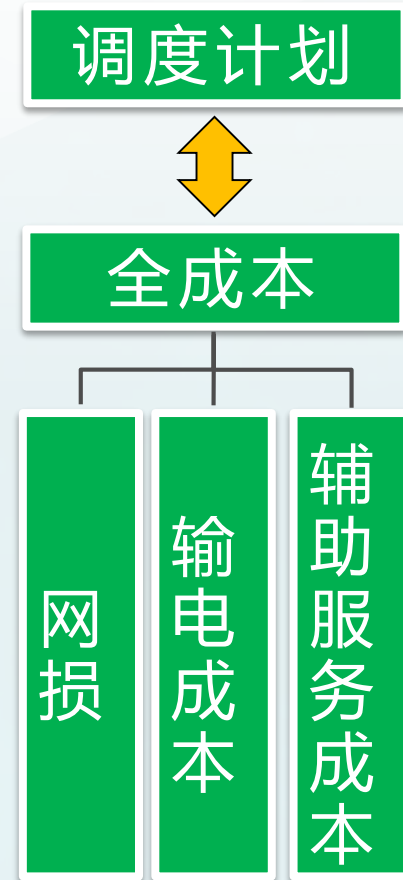
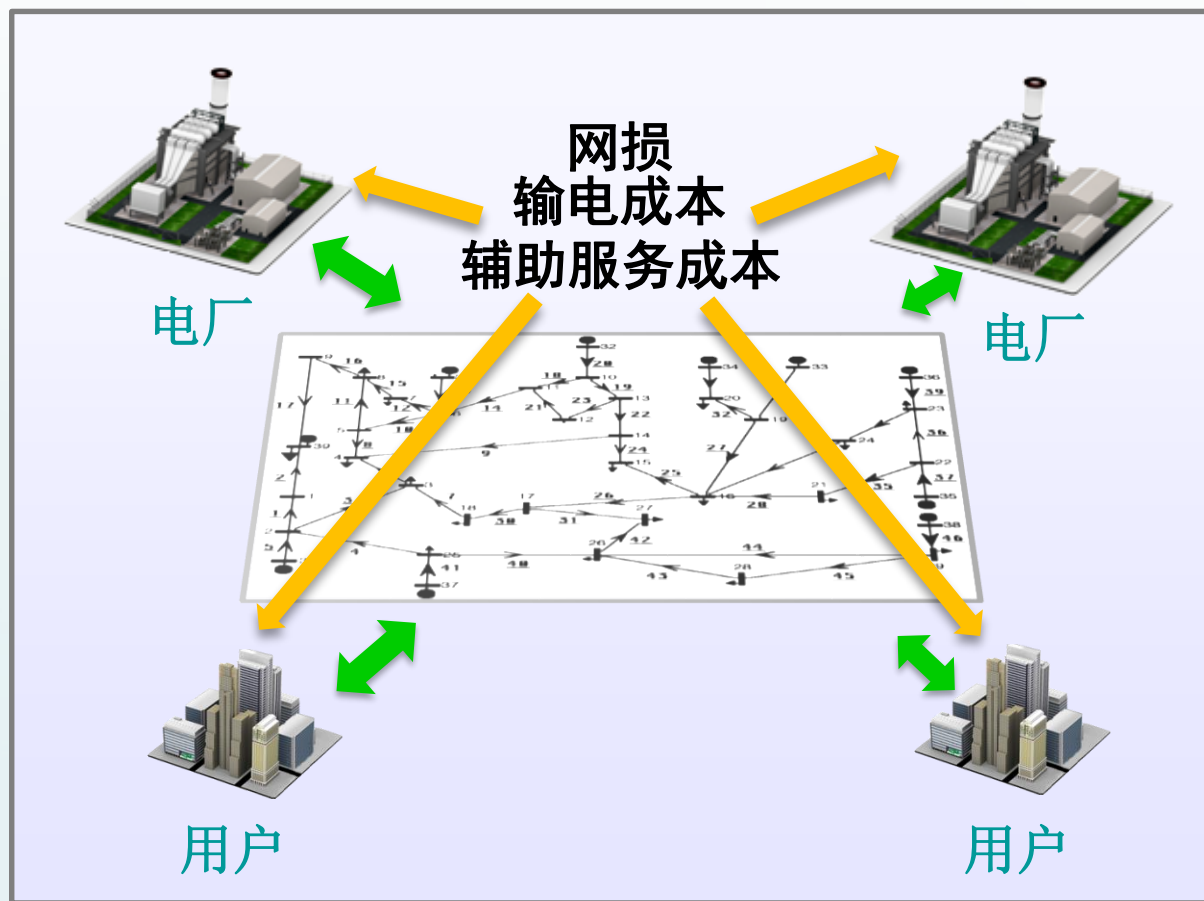
市场化是以规则为载体的制度安排，
电网调度是市场规则的执行者

五、迫切要求实现各种调度资源和手段定价的市场化

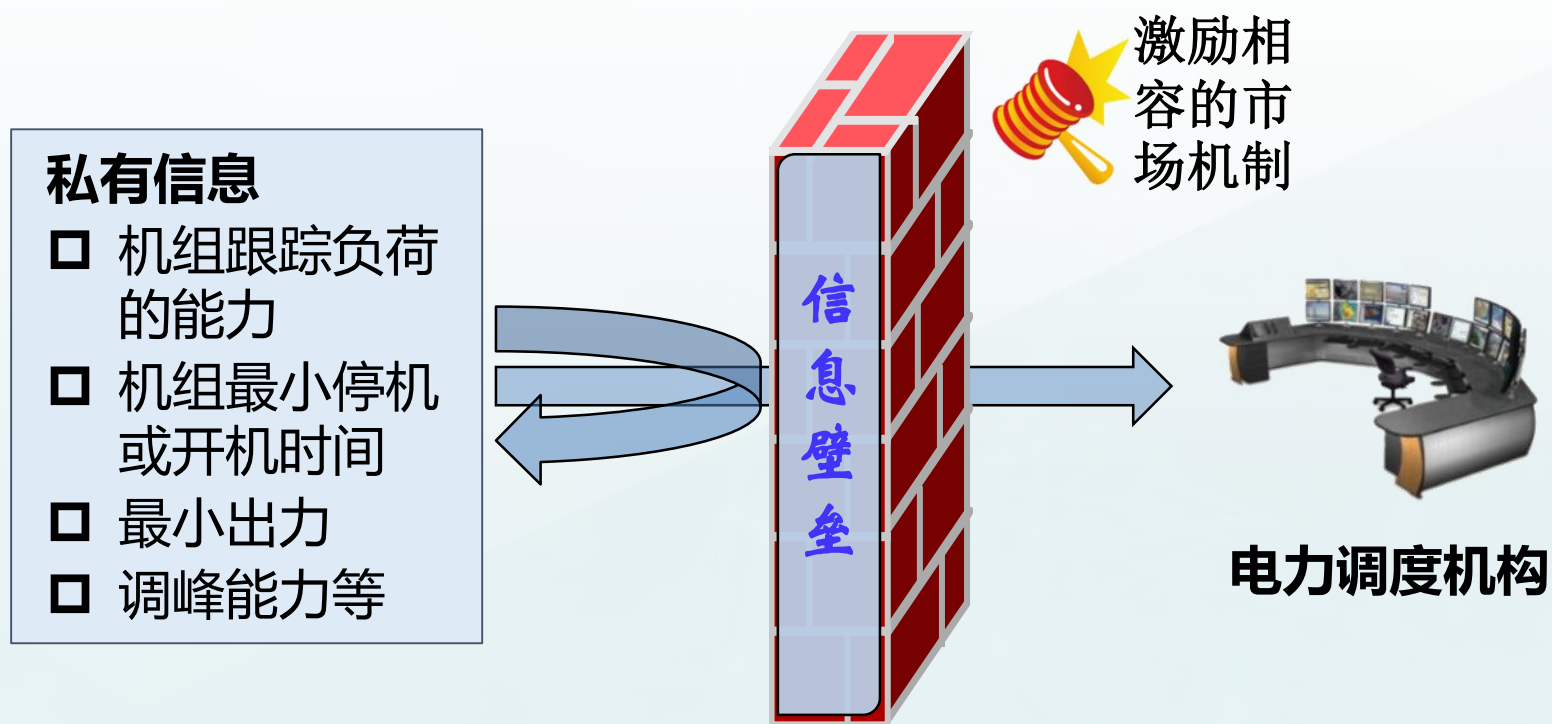


充分体现各类调度资源的市场价值！

六、迫切要求将发电、用电的外部成本内部化



七、以市场的方式消除发电、调度之间的信息不对称



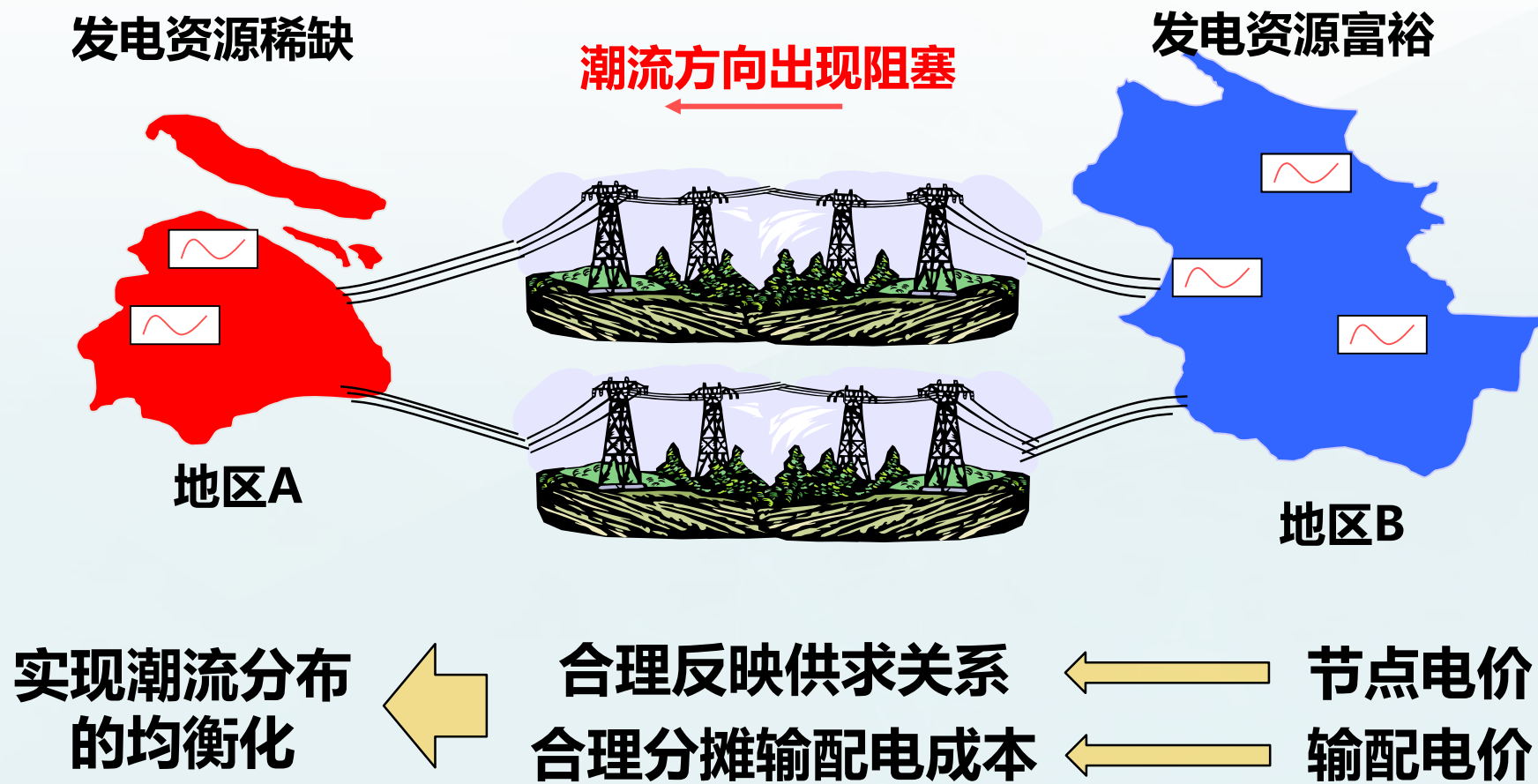
激励发电企业在逐利动机下基于真实的成本信息形成报价，充分反映机组跟踪负荷的能力、机组最小停机或开机时间、最小出力、调峰能力等约束条件的不同

八、实现透明、公正的信息披露

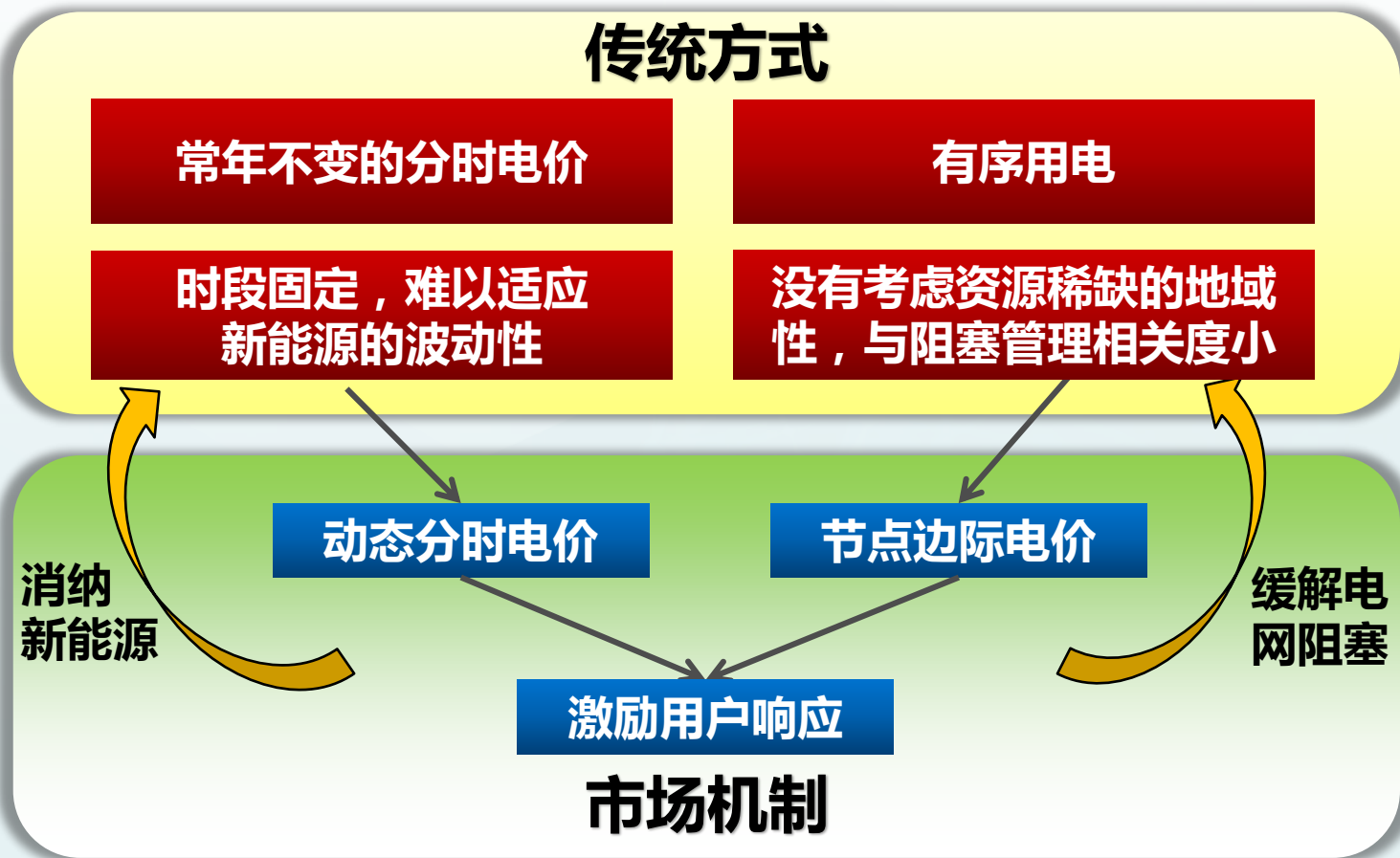
■ 信息披露的要求

- 按照市场规则披露所有能够影响交易公平性、满足监管要求的信息；
- 能够发布引导市场有序性、有效性和降低风险的信息；
- 能够发布发现市场规则缺陷和交易者违规的信息，更能够发布佐证交易组织者公正、公平的信息。

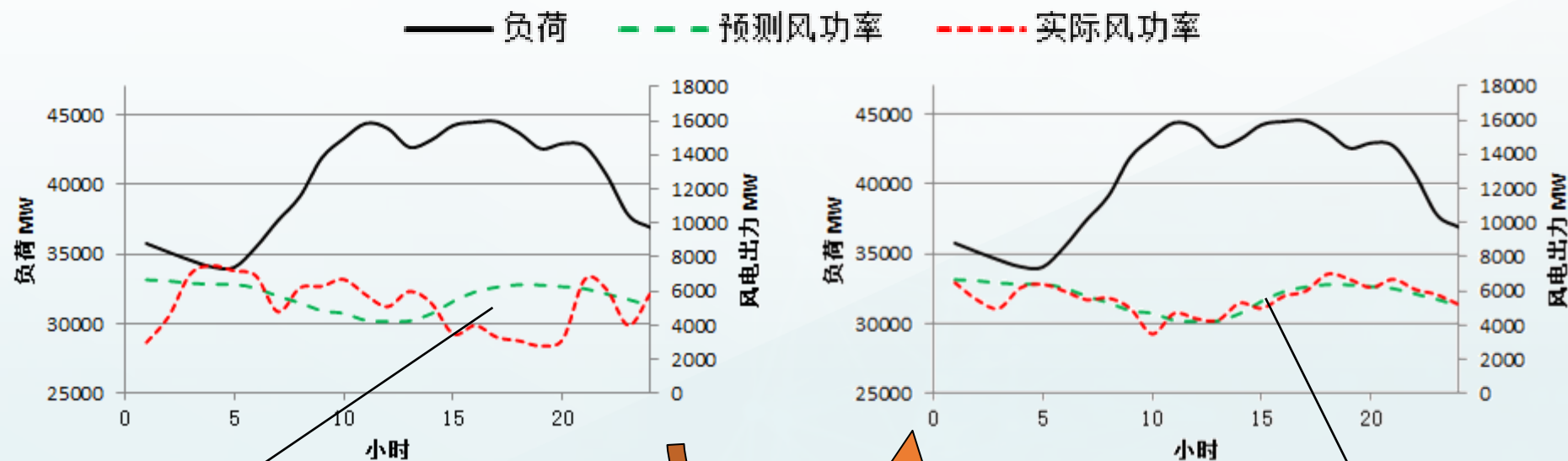
九、迫切要求以市场的手段提升大电网的安全性



十、能够以价格信号引导电力需求侧响应



十一、迫切要求以市场机制引导新能源发电消纳



新能源预测误差大

- **机制：由于预测误差所造成的额外辅助服务成本，由相应的风电厂商承担**

新能源预测误差显著减小

电力市场课程-绪论

- 我国电力市场的进程
- 什么是电力市场
- 对传统电力系统理论的挑战
- 本课程的主要内容
- 本课程的要求

经济理论

电价
机制

市场结构

市场体系

市场组织形式

交易方式

电力
监管

合同市场

日前市场

实时市场

发电权

辅助服务

输电权

金融市场

市场协调

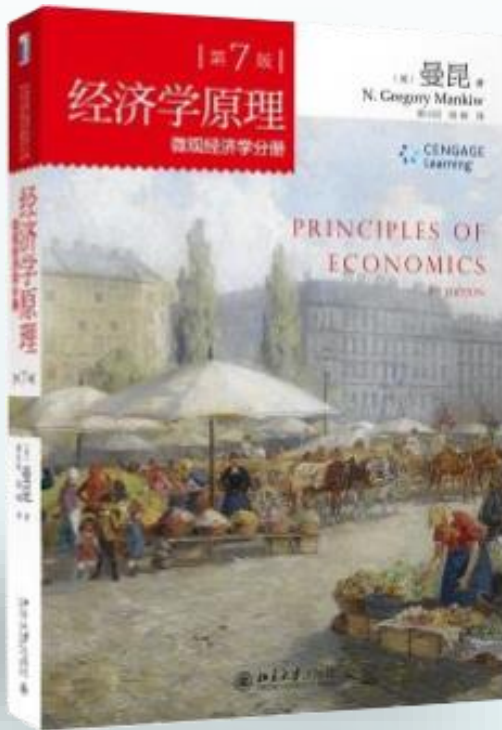
本课程的主要内容

1. 经济学基础
2. 电力市场结构、交易品种与交易方式
3. 电力中长期合约市场的交易模式与方法
4. 电力日前市场的交易模式与方法
5. 电力实时市场的交易模式与方法
6. 电力辅助服务市场的交易模式与方法
7. 电力期货市场
8. 输电定价理论与方法
9. 电力监管与市场监管指标体系

本课程的培养目标

1. 要求从微观经济学、宏观经济学、制度经济学、经济法的角度，重新审视发电、输电、售电的理论、方法；
2. 对电力系统新的生产方式有深刻的认识
3. 能够设计电力市场规则或参与市场交易
4. 要学会设计一种制度，从事生产、营销、调度
5. 电网公司是运行商，要学会如何管理电网公司，懂得企业发展战略、营销策略
6. 努力成为既懂经济又懂技术的复合型人才

参考书目



经济学原理——微观经济学分册
美 曼昆 著

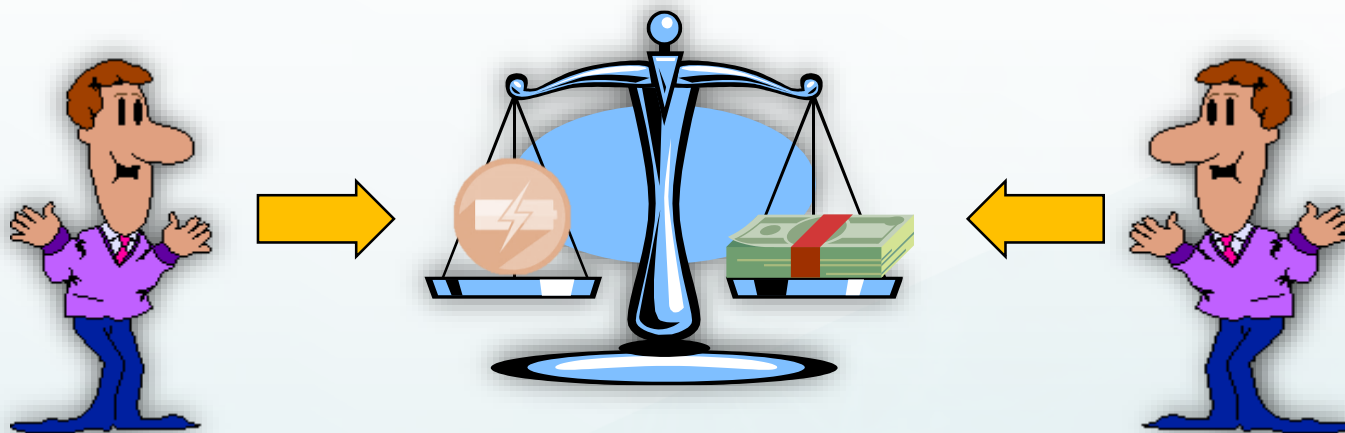
第二讲：电力市场经济学基础



- 什么是市场

- 电力市场机制设计的基本要求

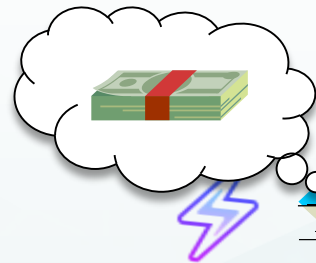
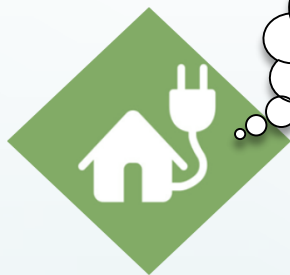
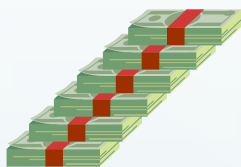
市场是什么



- 市场就是买者和卖者聚集在一起互相交易并决定商品价格和产量的机制。
- 解决了为谁生产、生产什么、如何生产的问题。

市场的运作

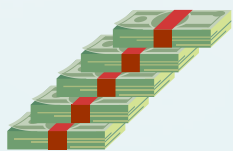
报价1 : 0.6



成本1 : 0.2



报价2 : 0.5



议价结果 : 0.4



成本2 : 0.3



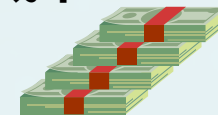
报价3 : 0.4



交易完成，消费者
获得商品，生产者
获得资金



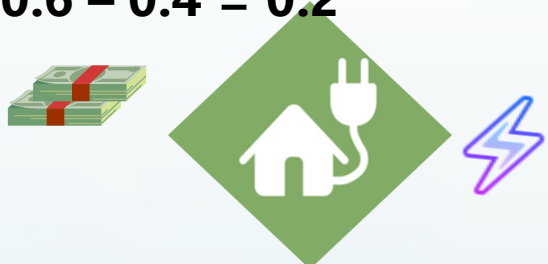
成本3 : 0.4



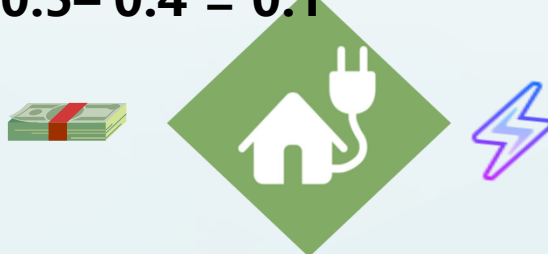
(价格单位 : ¥/kWh)

市场如何实现社会福利最大化

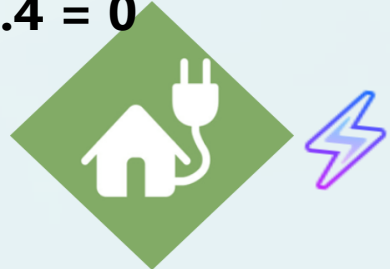
剩余1 : $0.6 - 0.4 = 0.2$



剩余2 : $0.5 - 0.4 = 0.1$



剩余3 : $0.4 - 0.4 = 0$



议价结果 : 0.4



剩余1 : $0.4 - 0.2 = 0.2$



剩余2 : $0.4 - 0.3 = 0.1$



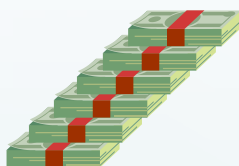
剩余3 : $0.4 - 0.4 = 0$



(价格单位 : ¥/kWh)

计划经济可能降低经济效率

报价1 : 0.6



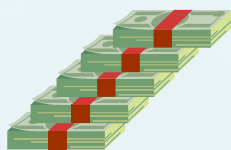
政府定价难以准确反映供求关系



成本1 : 0.2



报价2 : 0.5



- 定价为0.3将使得生产者无积极性



成本2 : 0.3



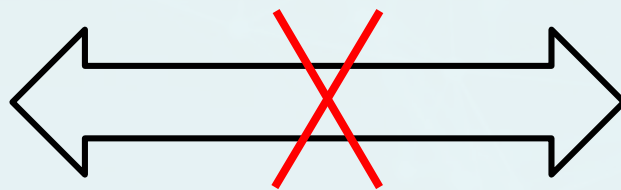
报价3 : 0.4



- 定价为0.5将减少消费者剩余



成本3 : 0.4

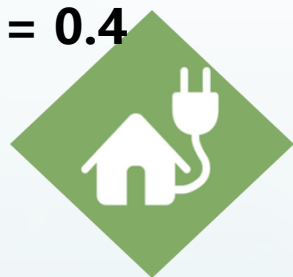
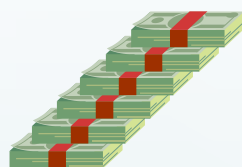


(价格单位 : ¥/kWh)

买方市场：“客大欺店”

供大于求

报价1: 0.60062 = 0.4



报价2: 0.5



报价3: 0.4



议价结果: 0.2

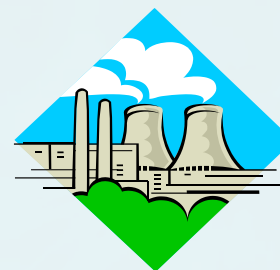
剩余成本0.20022 = 0



成本成交0.3



成本成交0.4

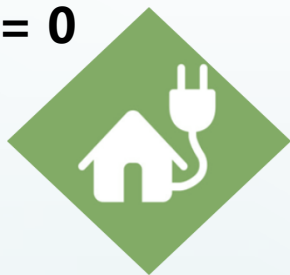
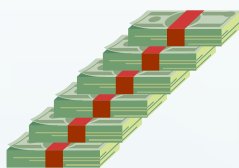


(价格单位: ¥/kWh)

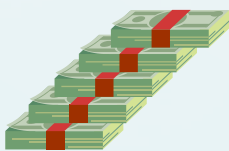
卖方市场：“店大欺客”

供不应求

报价10:0.6=0



报价成交0.5



报价成交0.4



剩余1成本6:0.2=0.4



成本2:0.3



成本3:0.4



议价结果: 0.6

(价格单位: ¥/kWh)

税收将减小社会福利

报价1: $0.3 - 0.2 - 0.1 = 0$

生产者、消费者剩余减小

剩余1: $0.2 - 0.1 = 0.1$



无税收时议价结果:
0.2



报价成交2



无法成交



报价成交2

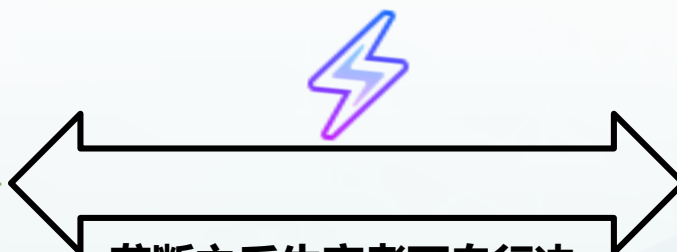
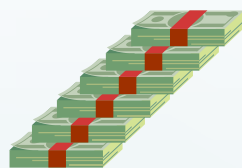


征税: 0.1

(价格单位: ¥/kWh)

垄断将扰乱市场的资源配置

报价1 : 0.6



垄断之后生产者可自行决定交易价格及数量
如生产者定价 : 0.6

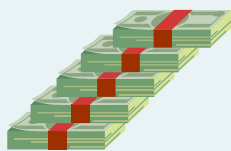


垄断 (或串谋)

成本1 : 0.2



报价2 : 0.5



成本2 : 0.3



报价3 : 0.4



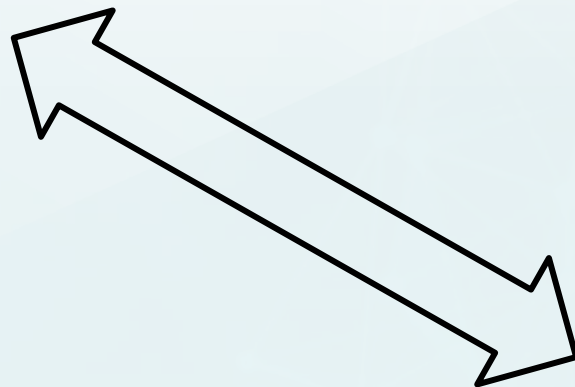
成本3 : 0.4



(价格单位 : ¥/kWh)

生产活动的外部性

报价：0.2



实际成本
 $0.12 + 0.05$

发电成本
0.12



污染成本
0.05

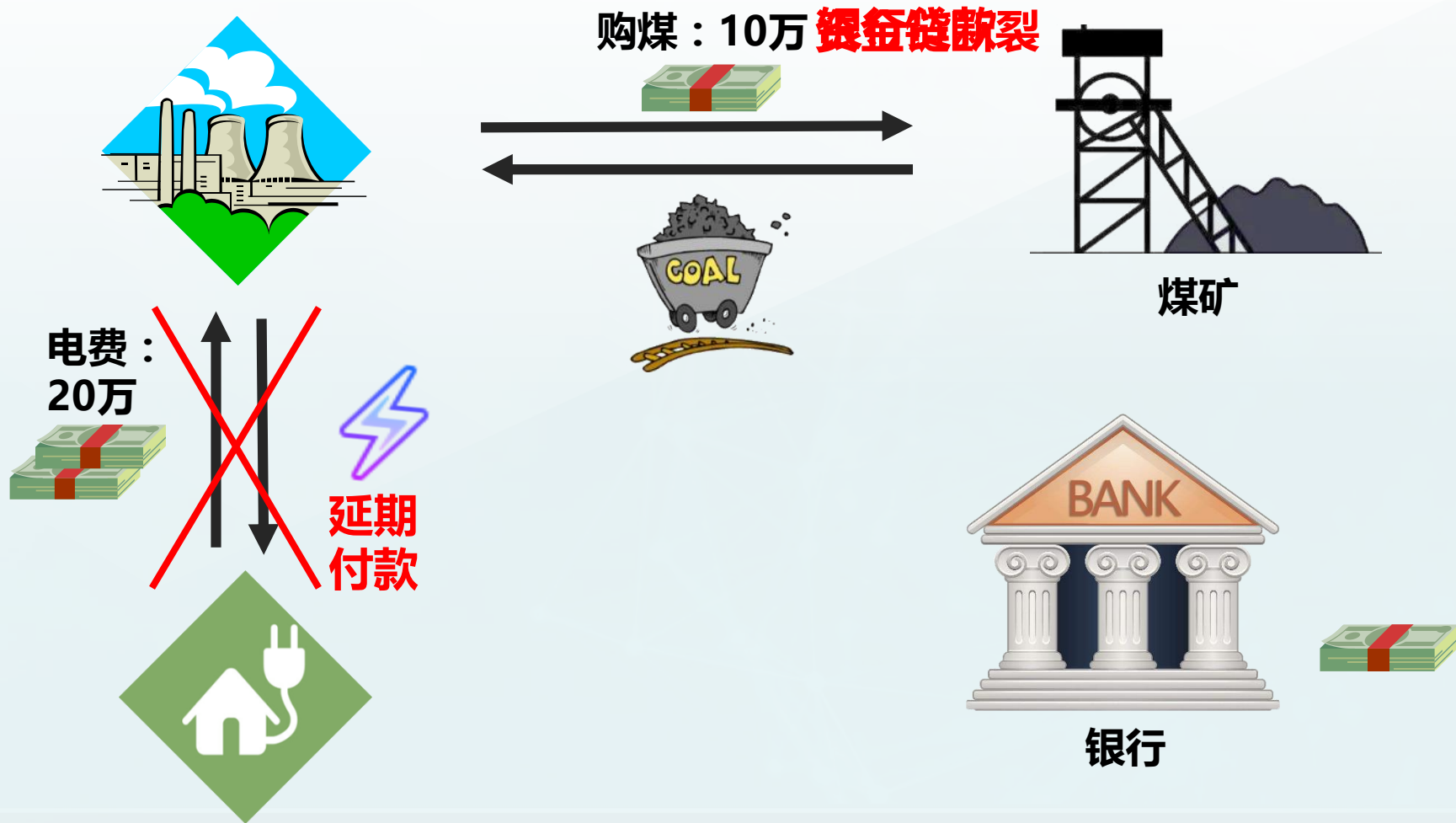


发电成本
0.15

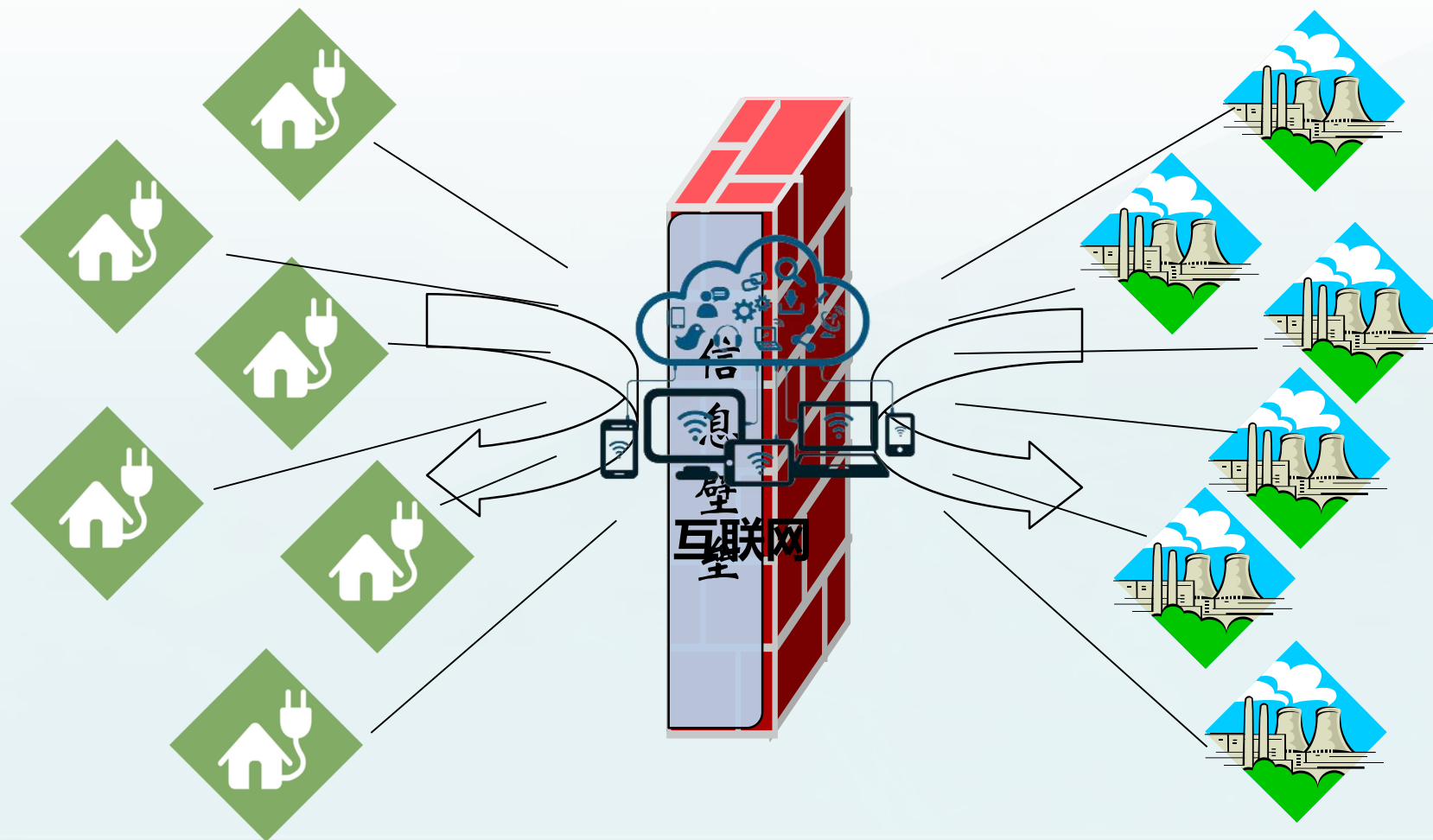


(价格单位：¥/kWh)

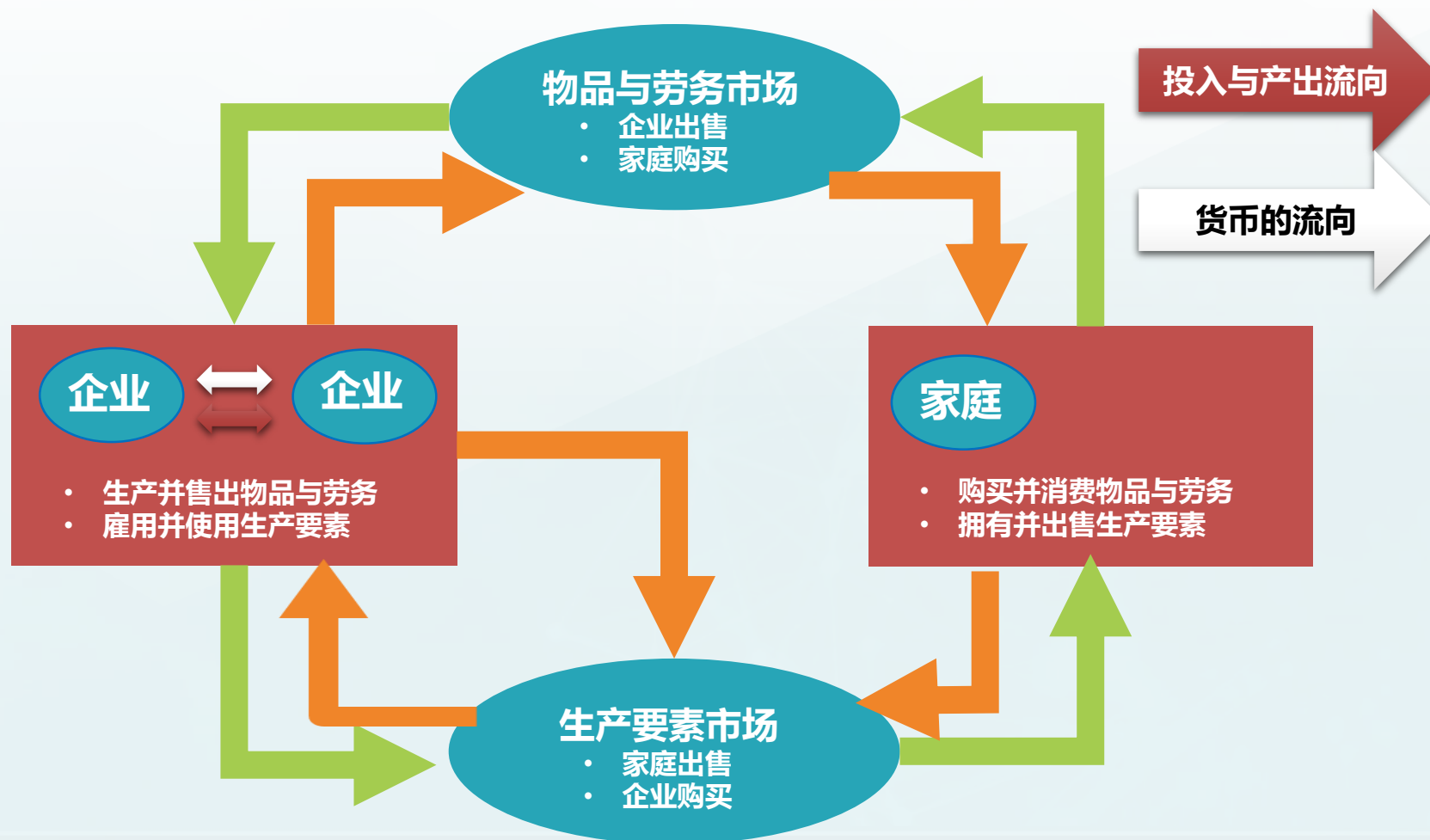
金融为生产消费提供资金



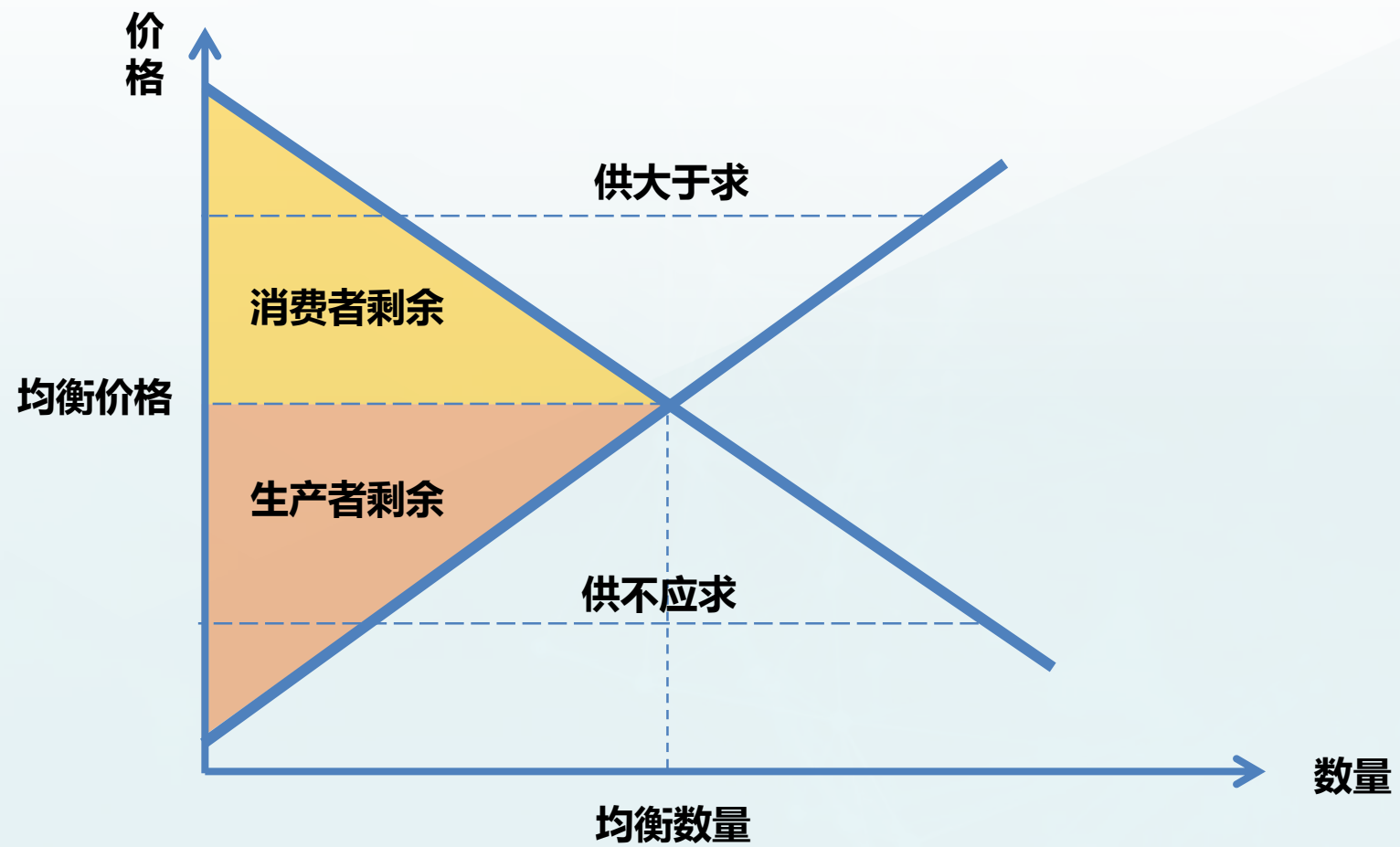
“互联网+”实现了供需精准匹配



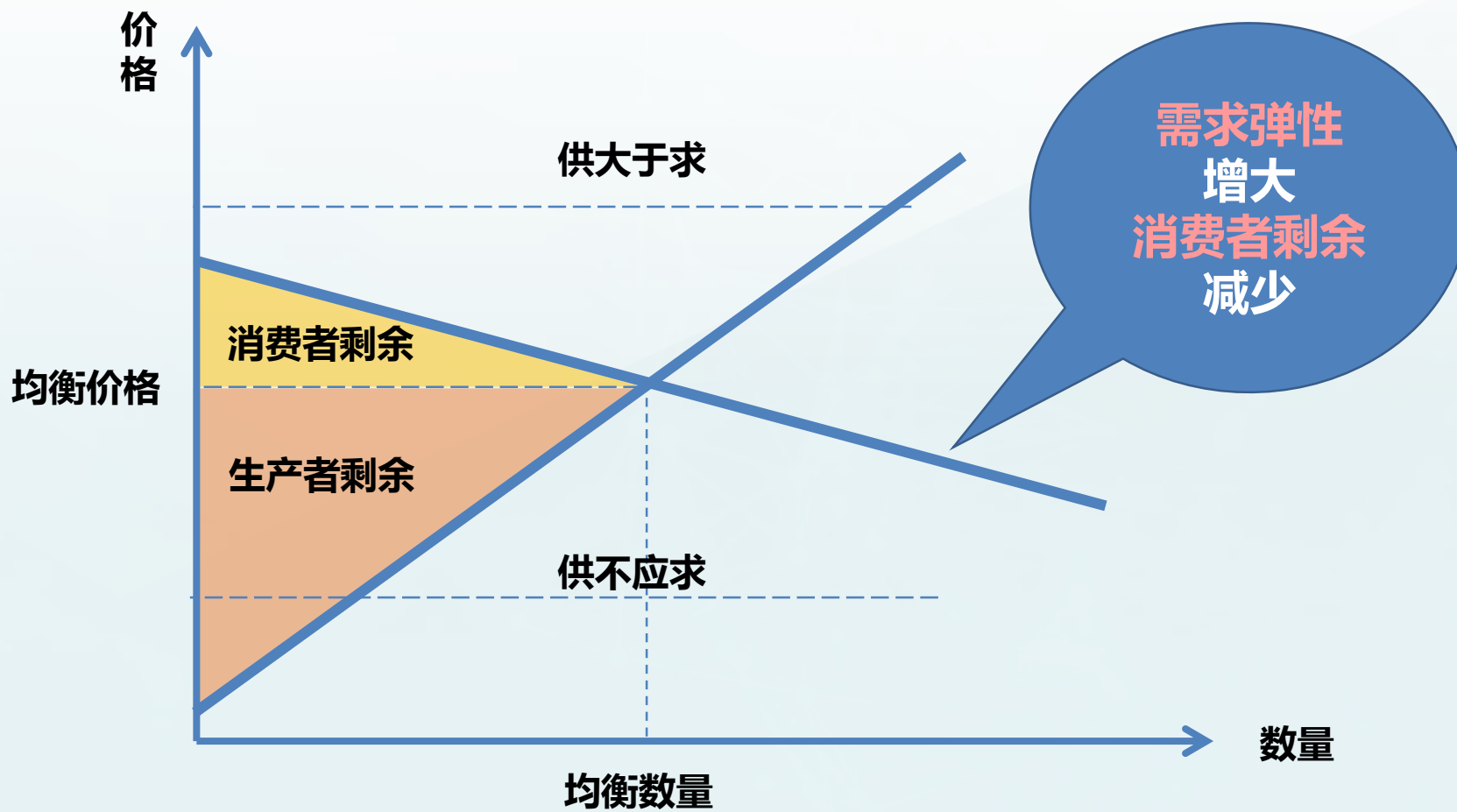
以循环流量图解释市场交易链



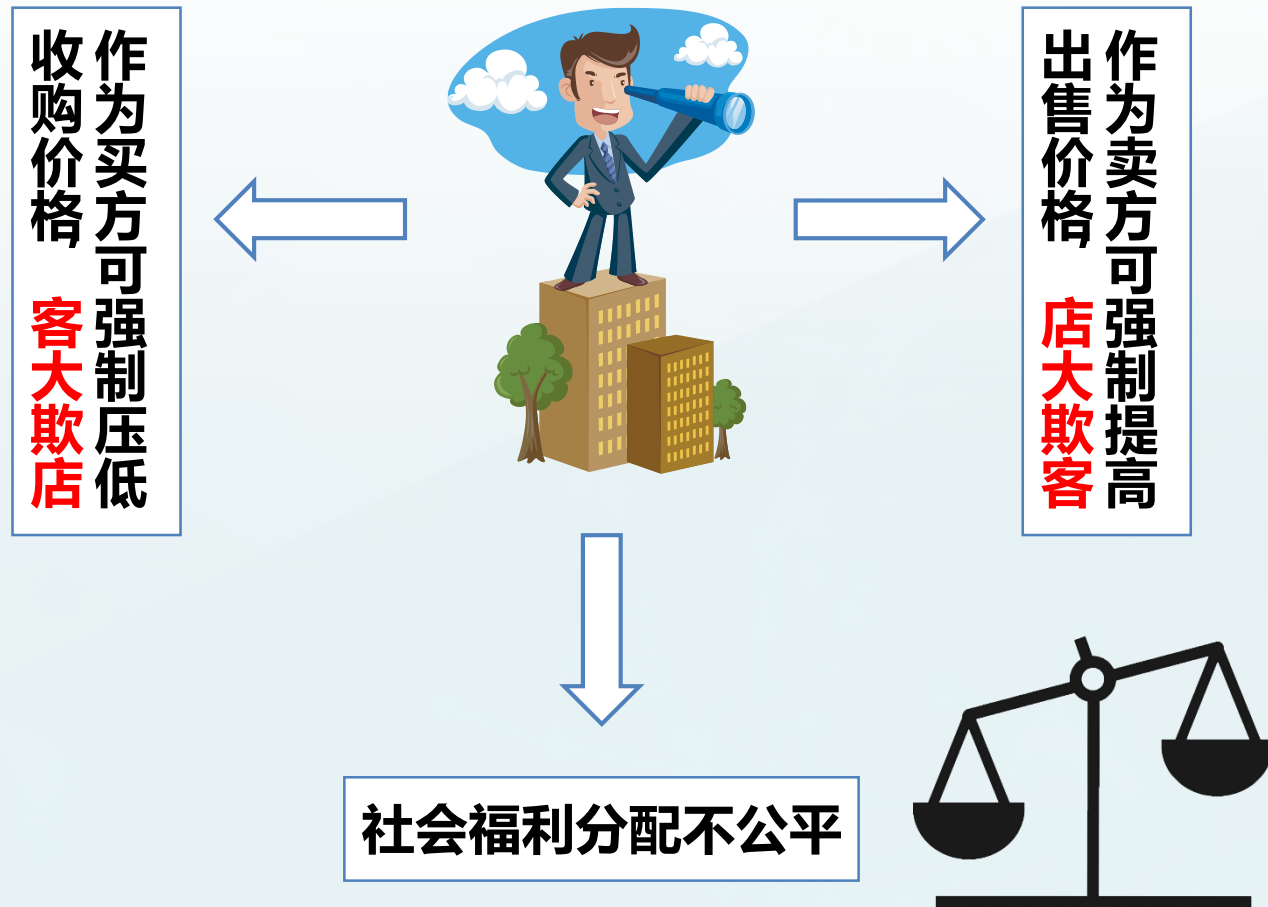
市场均衡过程



市场均衡过程



均衡价格受市场结构影响



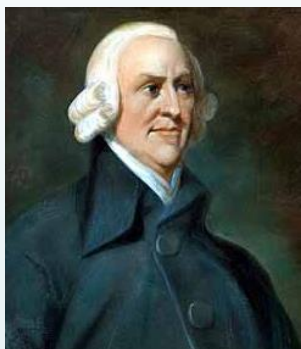
市场机制



主要是由市场的供求变化，通过竞争的方式引起价格、利率、汇率等上下自由波动，来引导资源向更加有效、更加合理的方向流动，实现全社会资源的优化配置。

市场机制设计理论

**市场是设计一种制度，
制度中隐藏着一只“看不见的手”**



亚当·斯密（Adam Smith），1723-1790年。经济学的主要创立者。提出分工理论、货币理论、价值论、分配理论、资本积累理论、赋税理论等。主要著作：《道德情操论》《国富论》

“看不见的手”是一个隐喻，亚当·斯密（Adam Smith）用来描述这样一种原理：经济参与者受利己心驱动，而市场中“看不见的手”指引这种利己心去促进总体的经济福利。



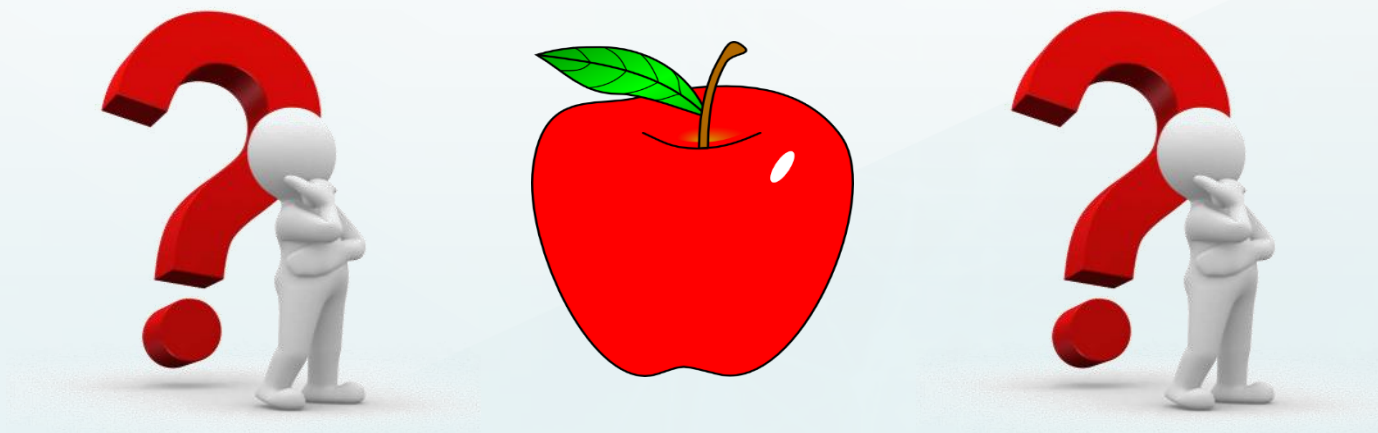
激励相容原理

- 什么是激励相容？

激励相容是指，参与者理性实现个体利益最大化的策略，与机制设计者所期望的策略一致，从而使参与者自愿按照机制设计者所期望的策略采取行动。

激励相容原理

- 激励相容的意义



两个人分苹果，怎样切才公平？

切苹果的人后选！

激励相容原理

■ 激励相容的含义

1) 任何一个参与者不能通过损害整体利益来获得个体利益。保证机制具备“损人不利己”的特征，假设每个参与者追求利益最大化，确保参与者没有损害整体利益的动力（激励），这是激励相容更本质的特征。

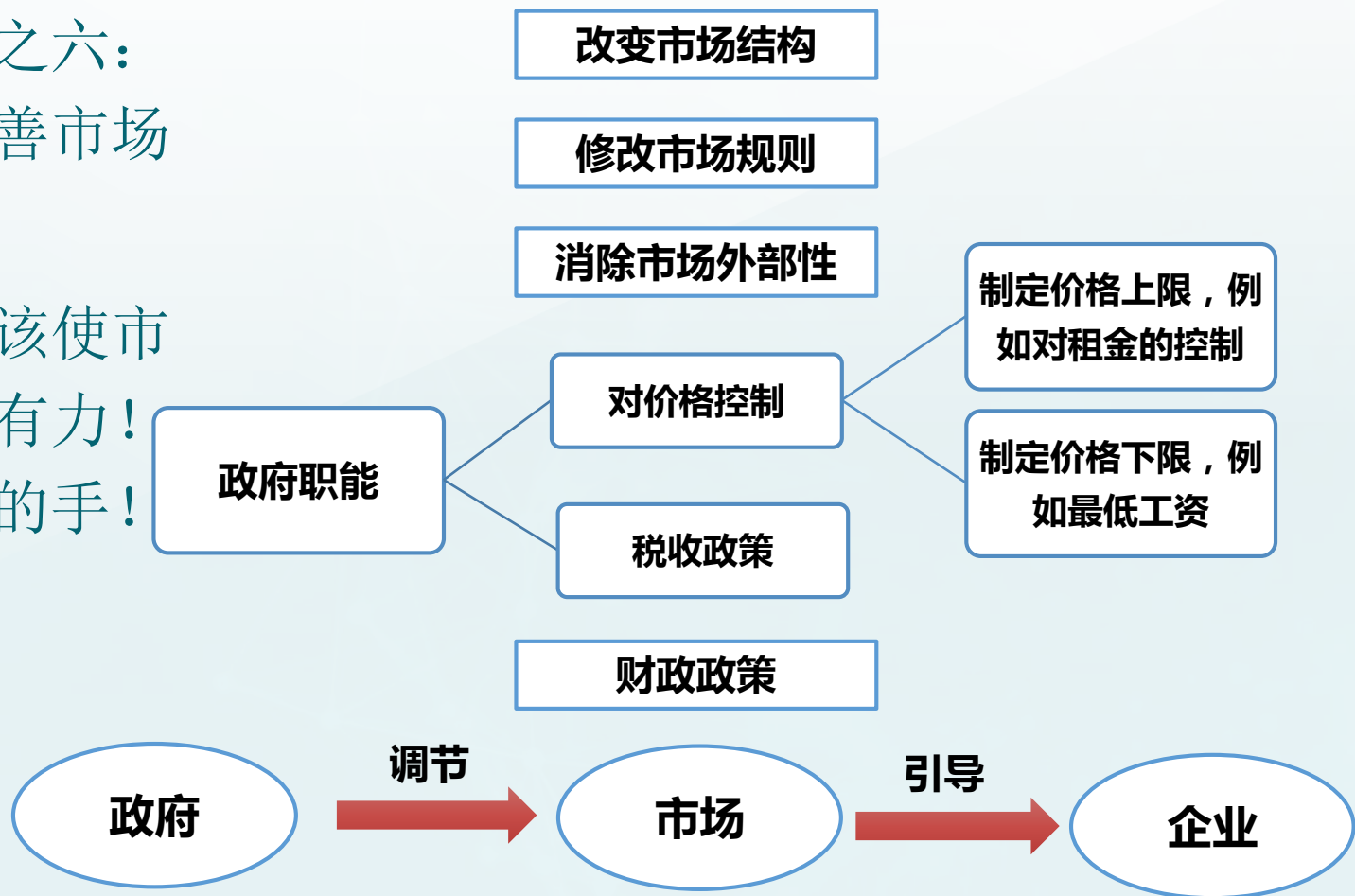
$$(f_{ij} - f_{ik})(F_{ij} - F_{ik}) \geq 0$$

2) 在其他参与者策略不变的情况下，如果当任何一个参与者的策略改变都成立下式，则称该机制满足个体利益与公共利益同向变化准则。

市场中政府的角色

- 经济学十大原理之六：
政府有时可以改善市场
结果。

- 政府有形的手应该使市
场无形的手更加有力！
而不是替代无形的手！

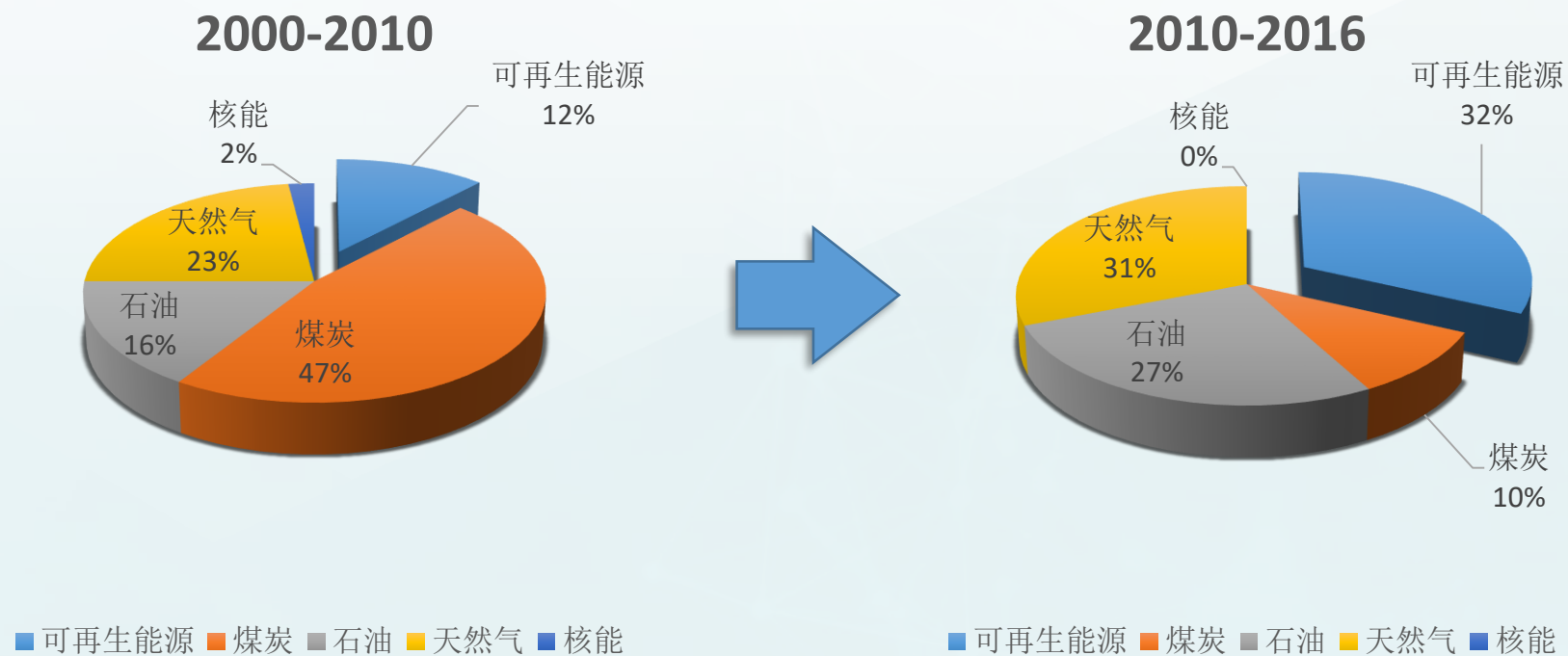


第二讲：电力市场经济学基础

- 什么是市场
- 电力市场机制设计的基本要求

1、能否促进能源结构的清洁化转型

全球能源需求增长比重变化



数据来源：IEA

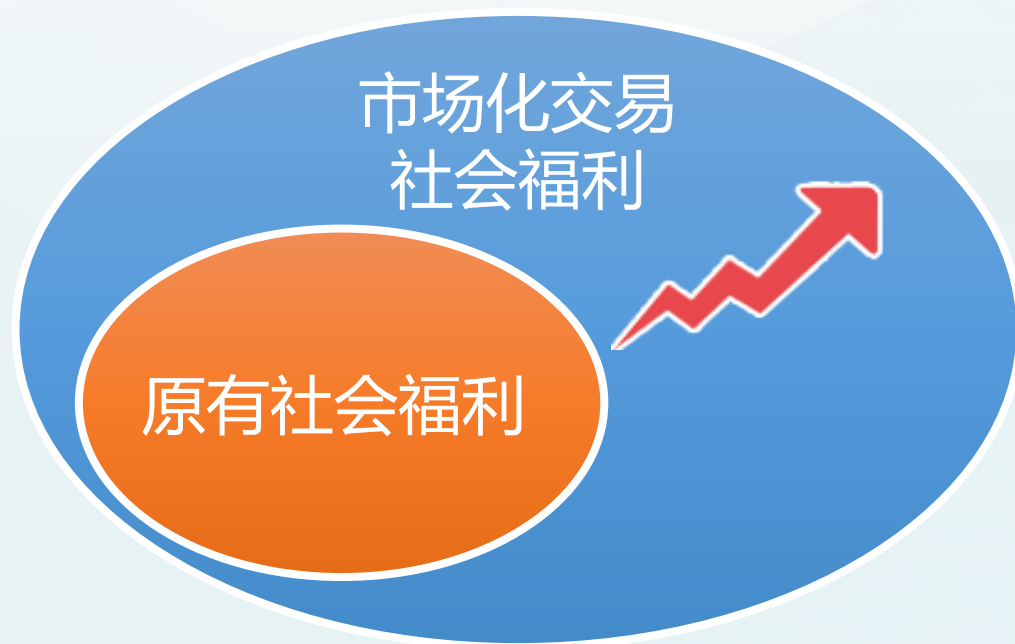
2、能否提高能源生产与消费的效率？

- 要通过市场竞争的方法来提升能源效率。



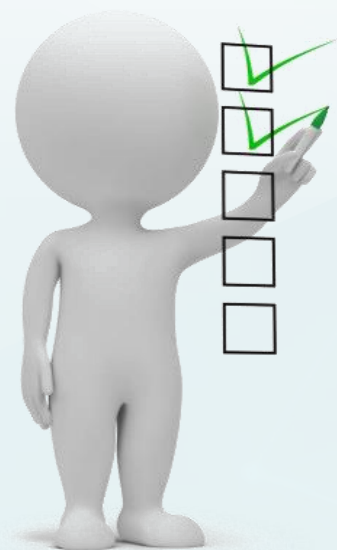
3、能否最大化社会福利？

- 电力市场决不是简单地降电价，而是通过市场交易发现最佳的交易量和价格，最大化社会福利。



4、能否给予市场充分的选择权？

■ 自由选择交易品种



中长期市场

二级市场

现货市场

辅助服务市场

电力期货期权

⋮

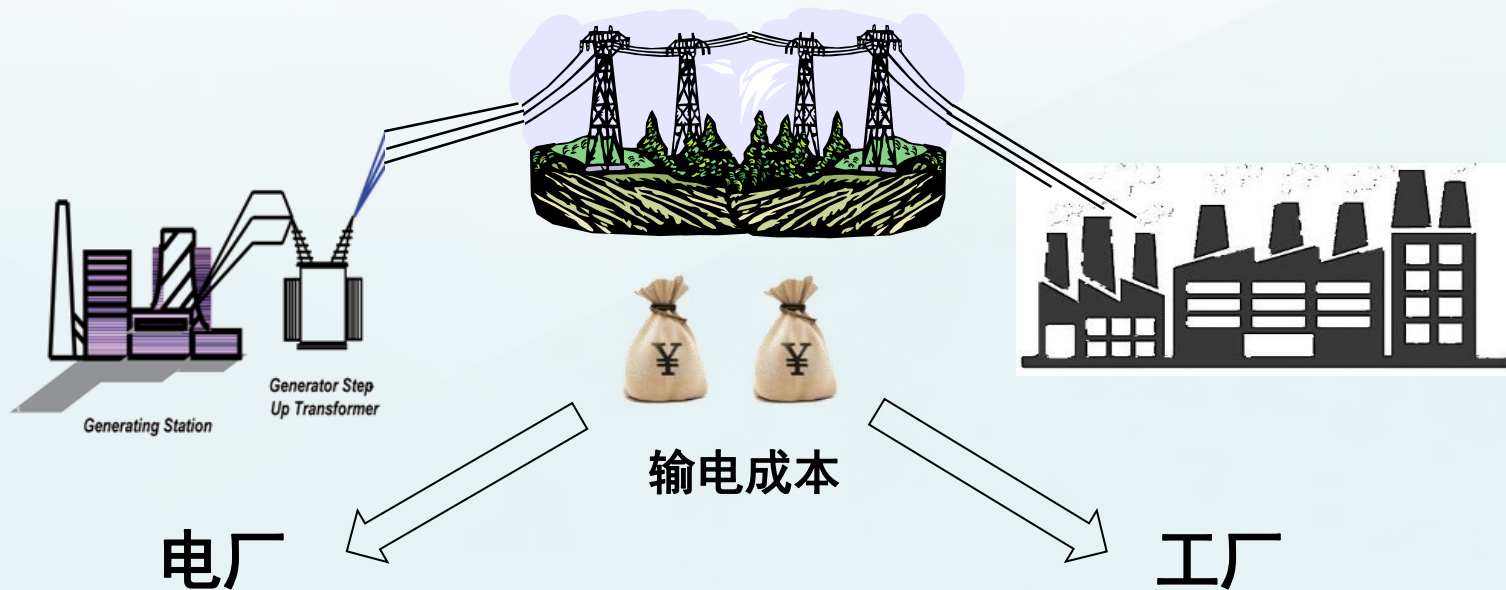
4、能否给予市场充分的选择权？

■ 自由选择交易范围



5、是能否形成合理的交易成本？

- 如何形成合理的过网费？

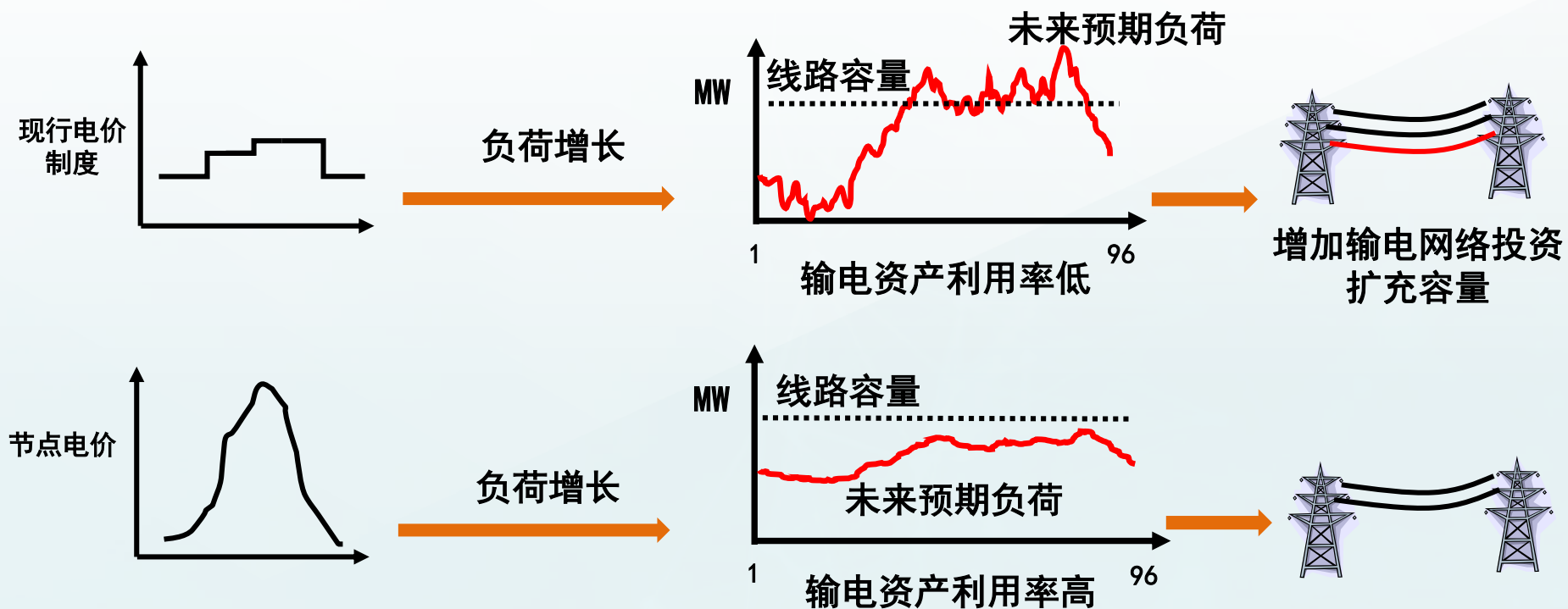


6、能否实现在更大范围的资源优化配置？

- 如何打破“市场壁垒”？

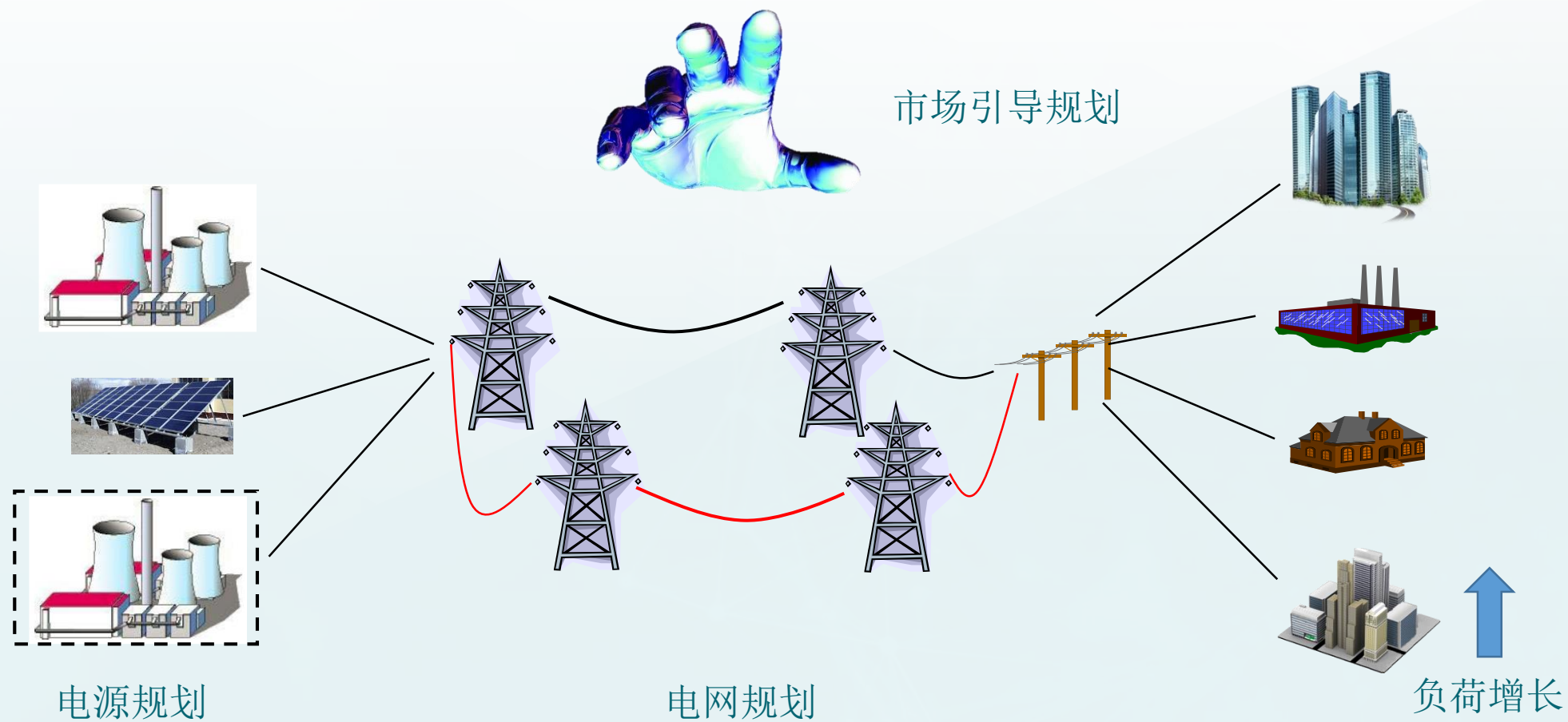


7、能否充分提高发输配电资产的利用效率？



只有这种效率的提高，才能降低电能生产、传输的成本，
获得改革的红利。

8、能否正确地引导电力规划？



第三讲：电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

市场结构（1）

- 是市场各组成部分之间的相互关系及比例；是市场上厂商与消费者的关系



市场结构（1）

- 市场结构的差异主要体现在：市场中的竞争者数量、竞争者规模、技术与成本条件以及进入和退出市场的难易程度等方面



竞争者数量



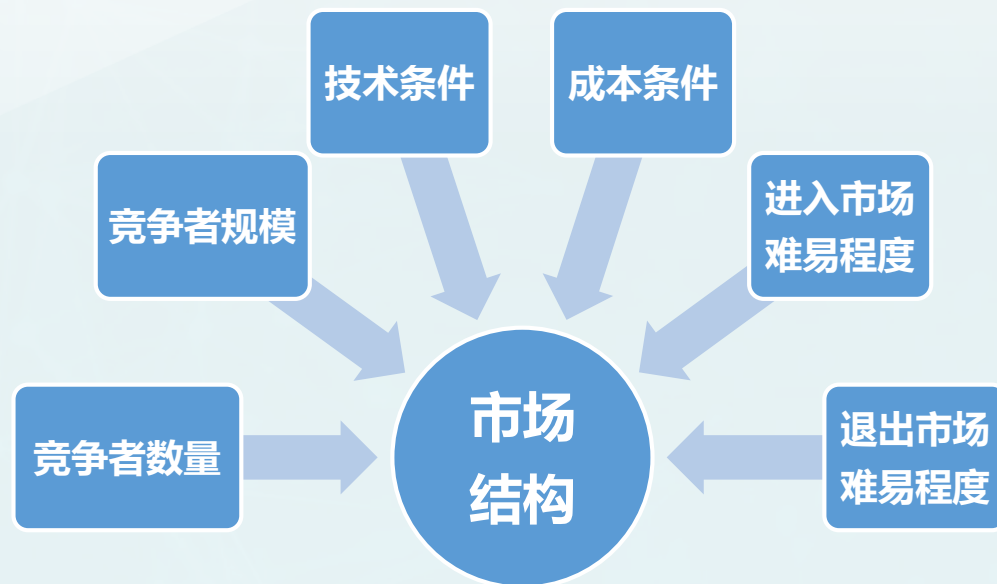
竞争者规模



技术与成本条件



进与出市场难易



市场结构（ 2 ）

- 市场结构本身的特性对市场效率产生重大影响

从完全垄断市场到完全竞争市场，市场中的垄断性逐渐削弱，竞争逐渐加强，由市场结构造成的结构性市场力依次削弱；

动用市场力的可能性也依次降低，垄断者通过动用市场力牟取超额利益的风险也越来越小，有利于提高市场效率。

市场结构（ 3 ）

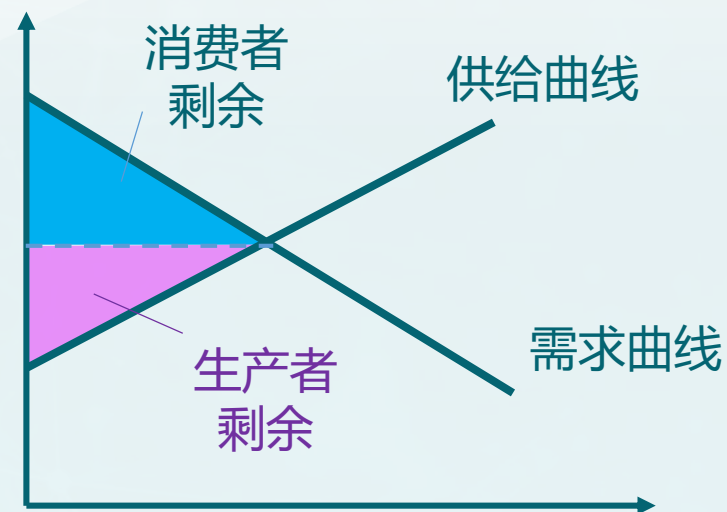
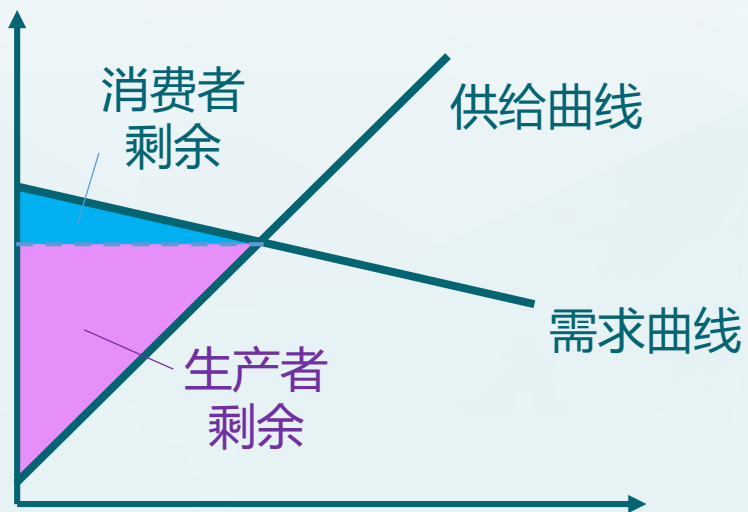
- 市场中供方与需方的结构对称性将对**市场效益**及其分配产生重大的影响。

市场效益：市场交易产生的社会福利

- 在**对称的市场结构**下，双方的博弈能力是相同的，有利于实现生产者与消费者剩余对称的市场均衡，有利于实现社会福利的最大化，有利于提高市场效率。

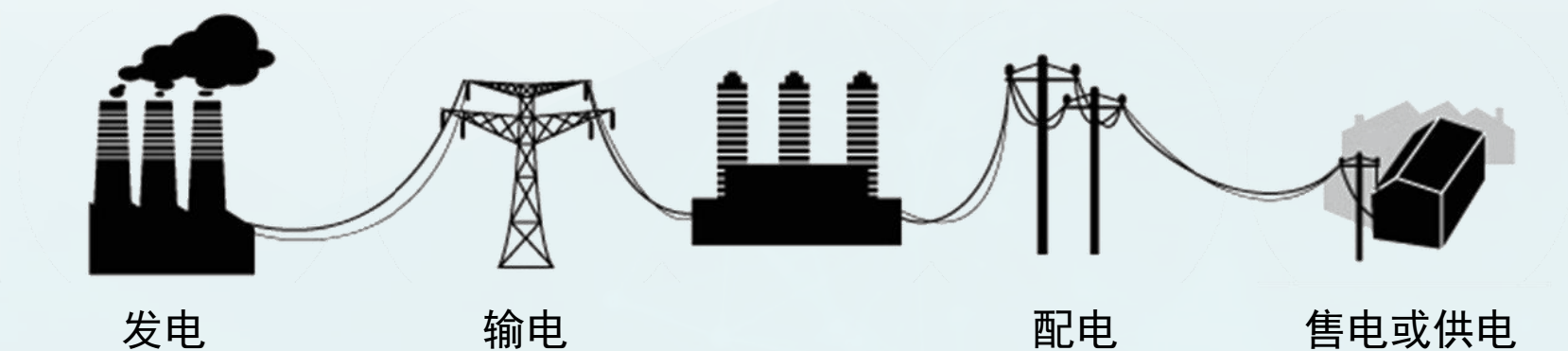
市场结构（ 3 ）

- 而在**不对称的市场结构**下，哪边市场力大，哪边得到的福利（生产者和消费者剩余）更多



市场结构（ 3 ）

- 电力市场有其自身的特点，电力工业由发电、输电、配电和售电（或供电）四个必不可少的环节构成，因此电力市场的结构就是这四个环节以及用户之间的相互关系。



电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构

- 纵向一体

- 单一买方

- 趸售竞争

- 零售竞争

- 电力市场体系

- 市场交易品种

- 市场交易方式

- 电力市场架构

纵向一体

- 定义：

又叫**垂直垄断**，是在电力放松管制之前普遍采用的电力市场结构。具体指在一个地区只有一个电力公司负责发电、输电、配电和售电。这是一个**完全垄断**的市场，用户没有选择的余地。

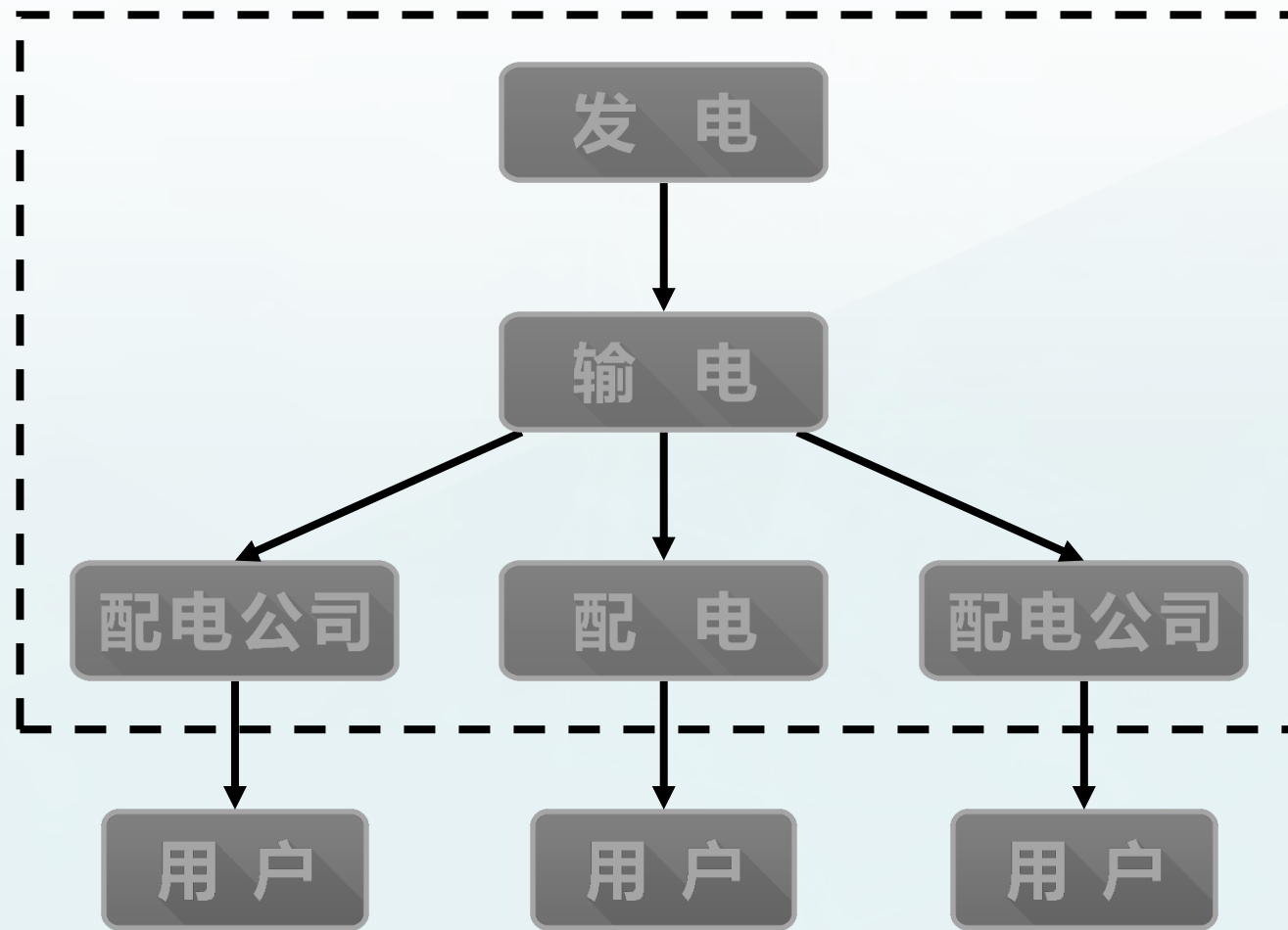
纵向一体

■ 特点：

- 1、纵向一体可以充分发挥规模经济效益
- 2、纵向一体的电力公司拥有电厂、电网的**完全信息**
- 3、电力工业纵向一体的最大经济优势就是几乎没有**交易成本**
- 4、纵向一体结构下，只有一家电力公司，也就无所谓**竞争**
- 5、纵向一体结构下的**电价**是**垄断定价**
- 6、垄断的电力公司无需承担任何**经营风险**

■ 问题：没有竞争就没有效率！

纵向一体



电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构

- 纵向一体

- 单一买方

- 趸售竞争

- 零售竞争

- 电力市场体系

- 市场交易品种

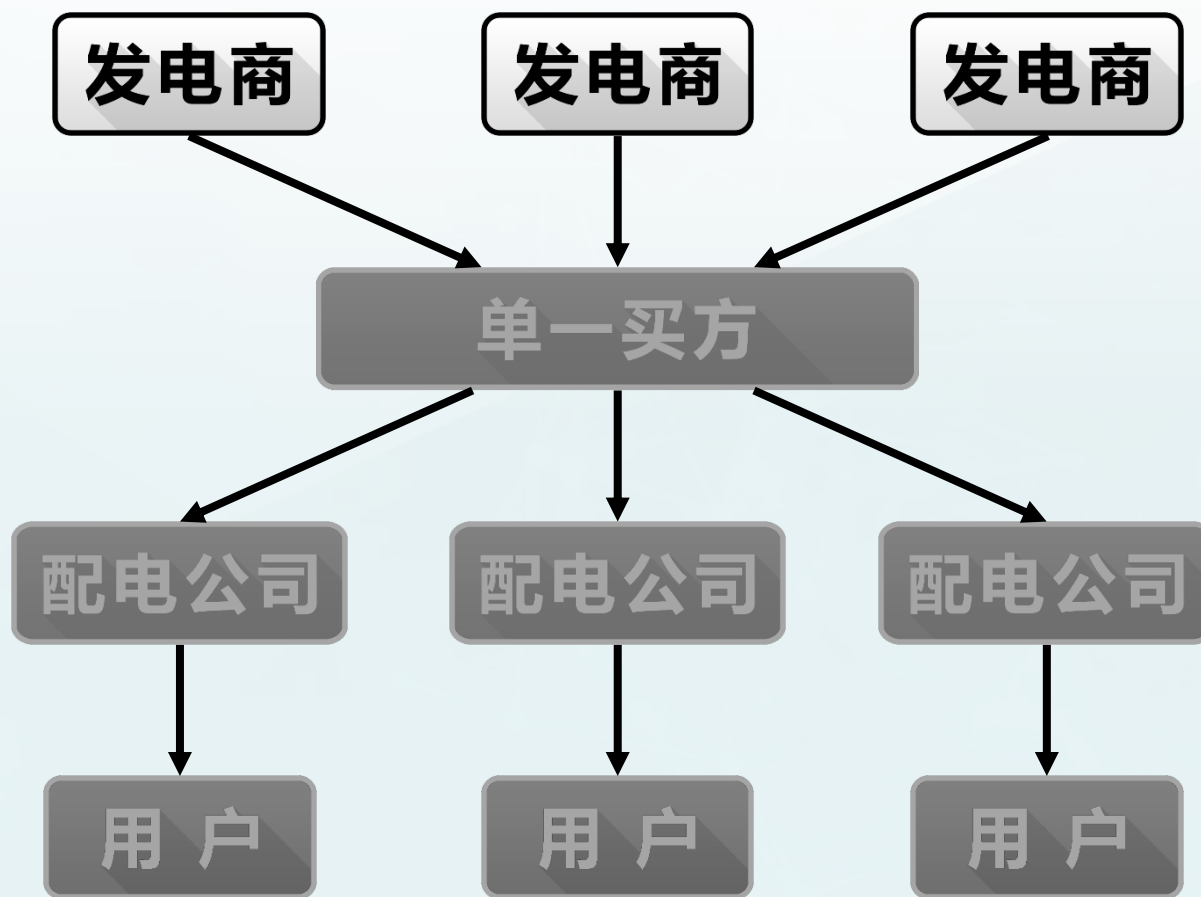
- 市场交易方式

- 电力市场架构

单一买方

- 定义：又叫**统一购买**，是指只有一个购电机构负责向发电商购电以满足负荷需求。这种情况下，发电环节独立出来，实现网厂分离，开始了发电竞争。而配电环节，仍然与输电一体
- 单一买方区别于纵向一体的最大特点：发电环节引入了**竞争机制**。
- 问题在于：竞争反映了供给弹性，没有考虑需求弹性

单一买方



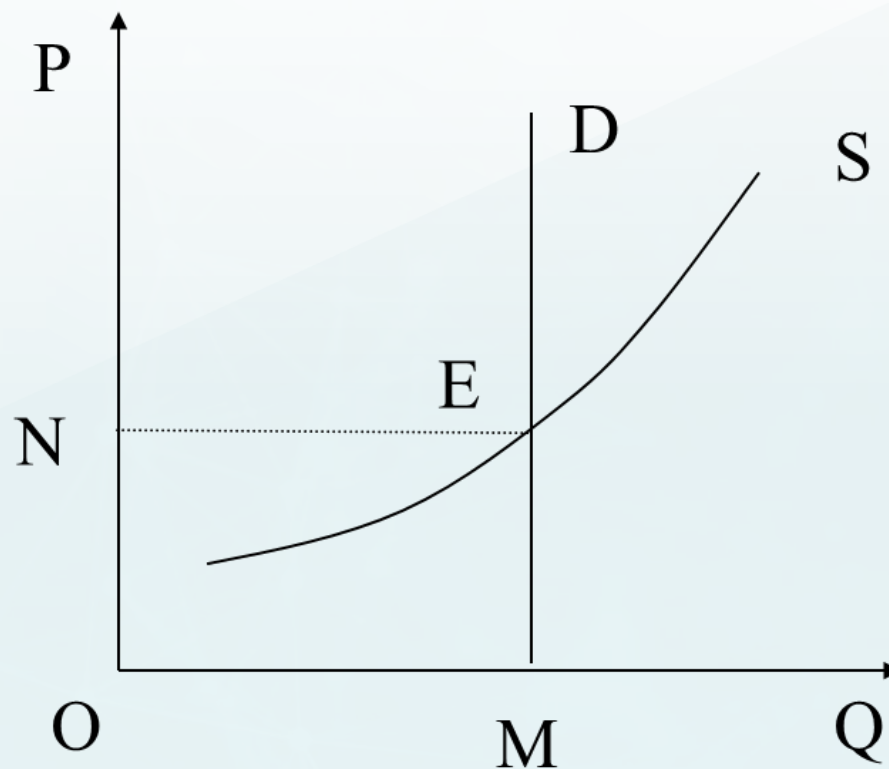
单一买方的市场均衡曲线

当 $D=S$ 时

$$P_d = P_s = P_E$$

ON为**均衡价格**(P_E)

OM为**均衡数量**



电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

趸售竞争

- 定义：又称**批发竞争**，在这种情况下，配电公司和大用户有选择发电商价格交易的权利，发电商可以把电卖给不同的配电公司或大用户
- 趸售竞争要求输电网必须向所有市场成员开放
- 趸售竞争使市场成员之间的交易更多也更频繁，其价值在于形成了**多买多卖**的市场
- 小用户没有选择权，仍然由当地的配电公司供电

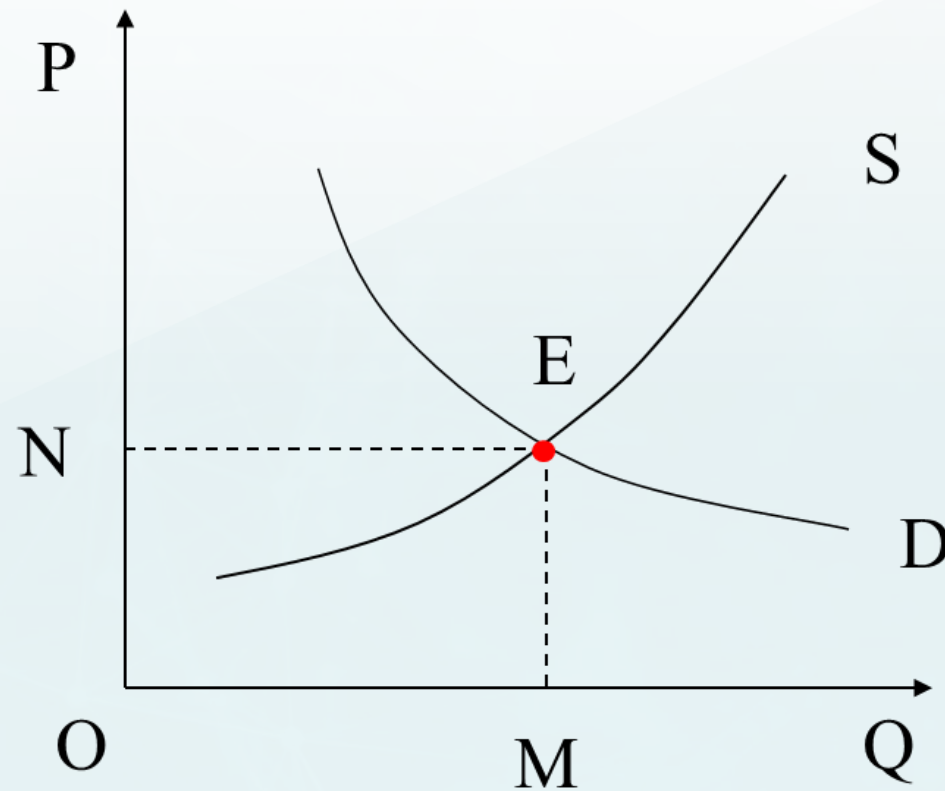
趸售竞争的市场均衡曲线

当 $D=S$ 时

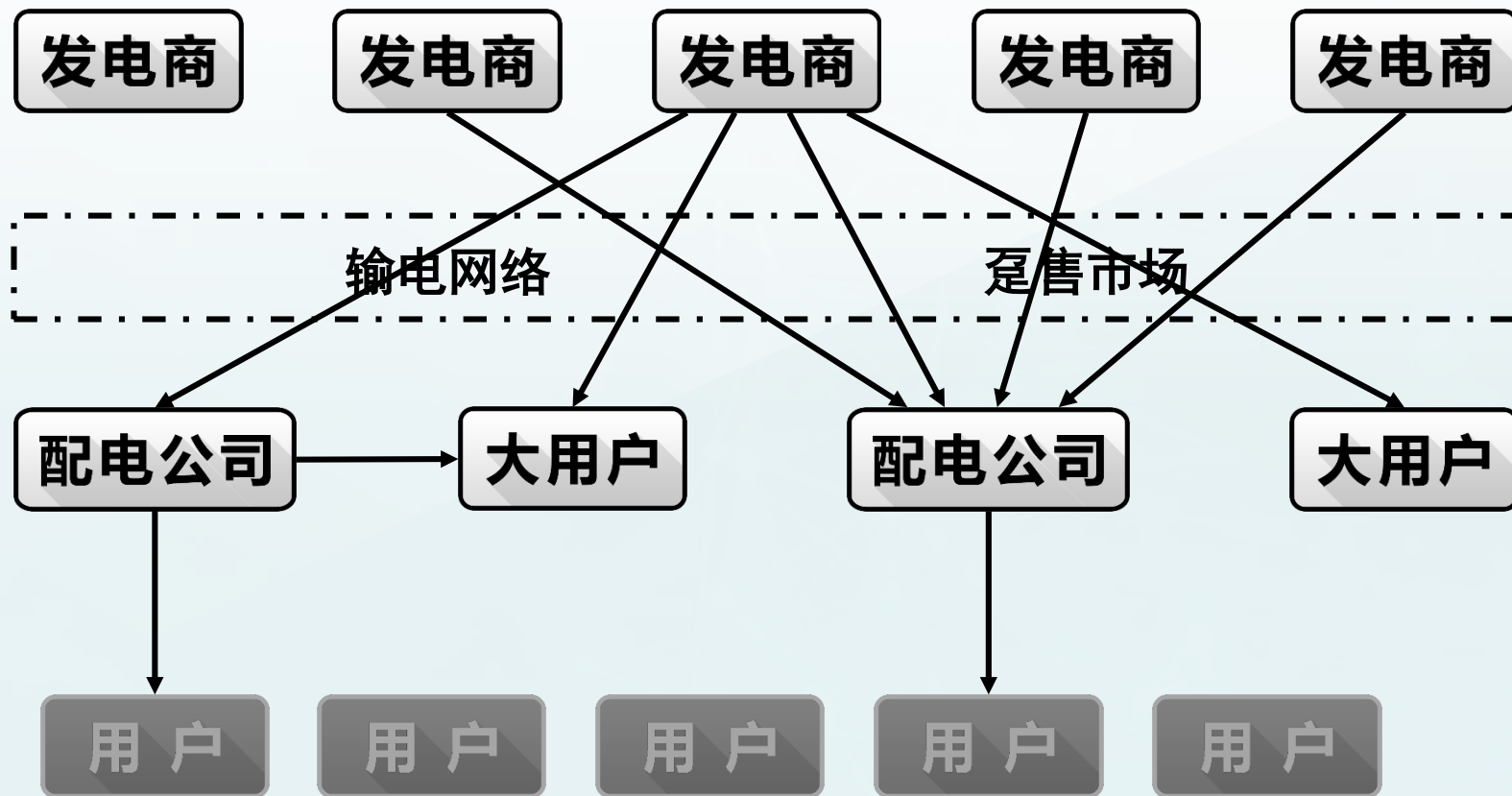
$$P_d = P_s = P_E$$

ON为**均衡价格**(P_E)

OM为**均衡数量**



趸售竞争



电力市场结构、交易品种与交易方式

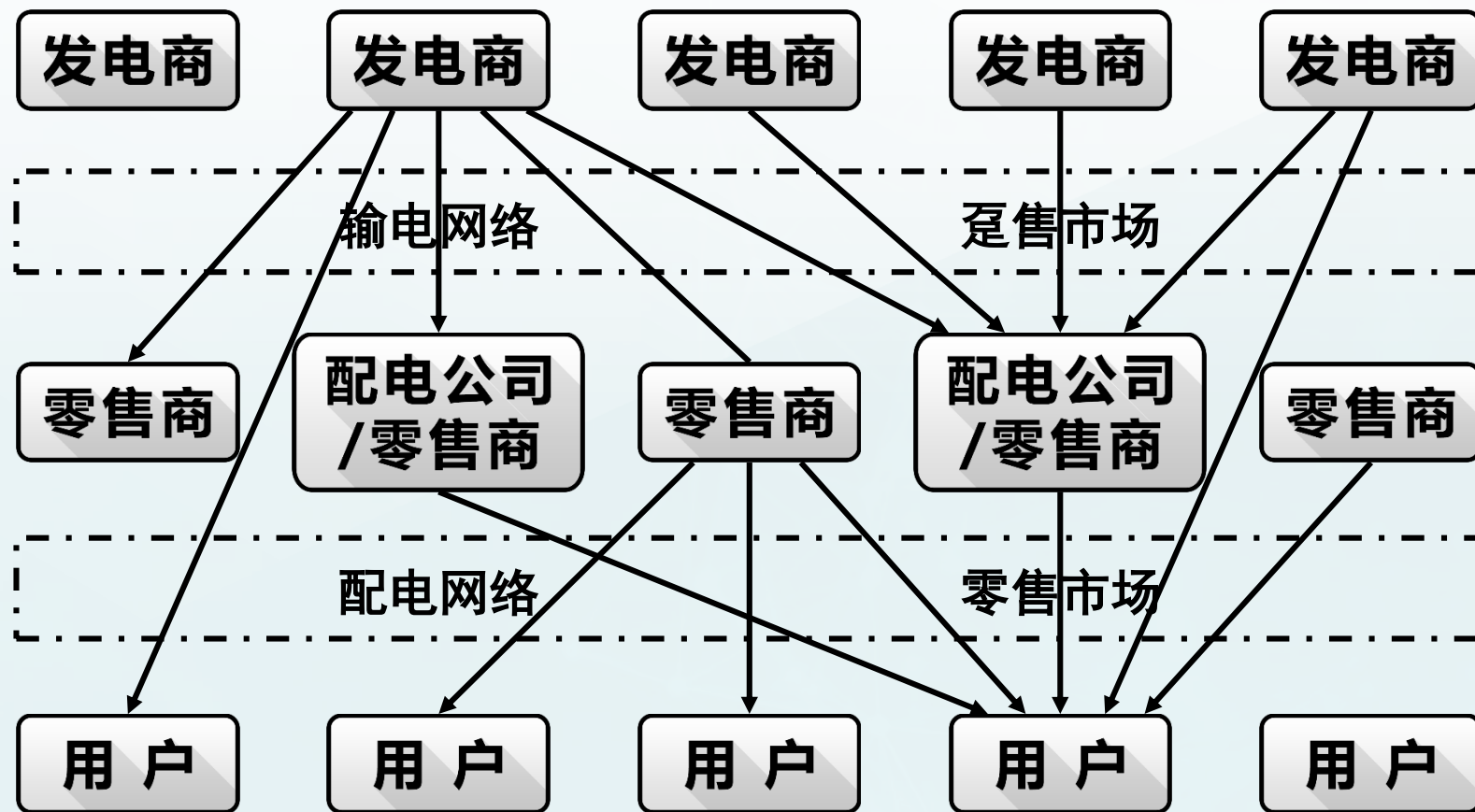
- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

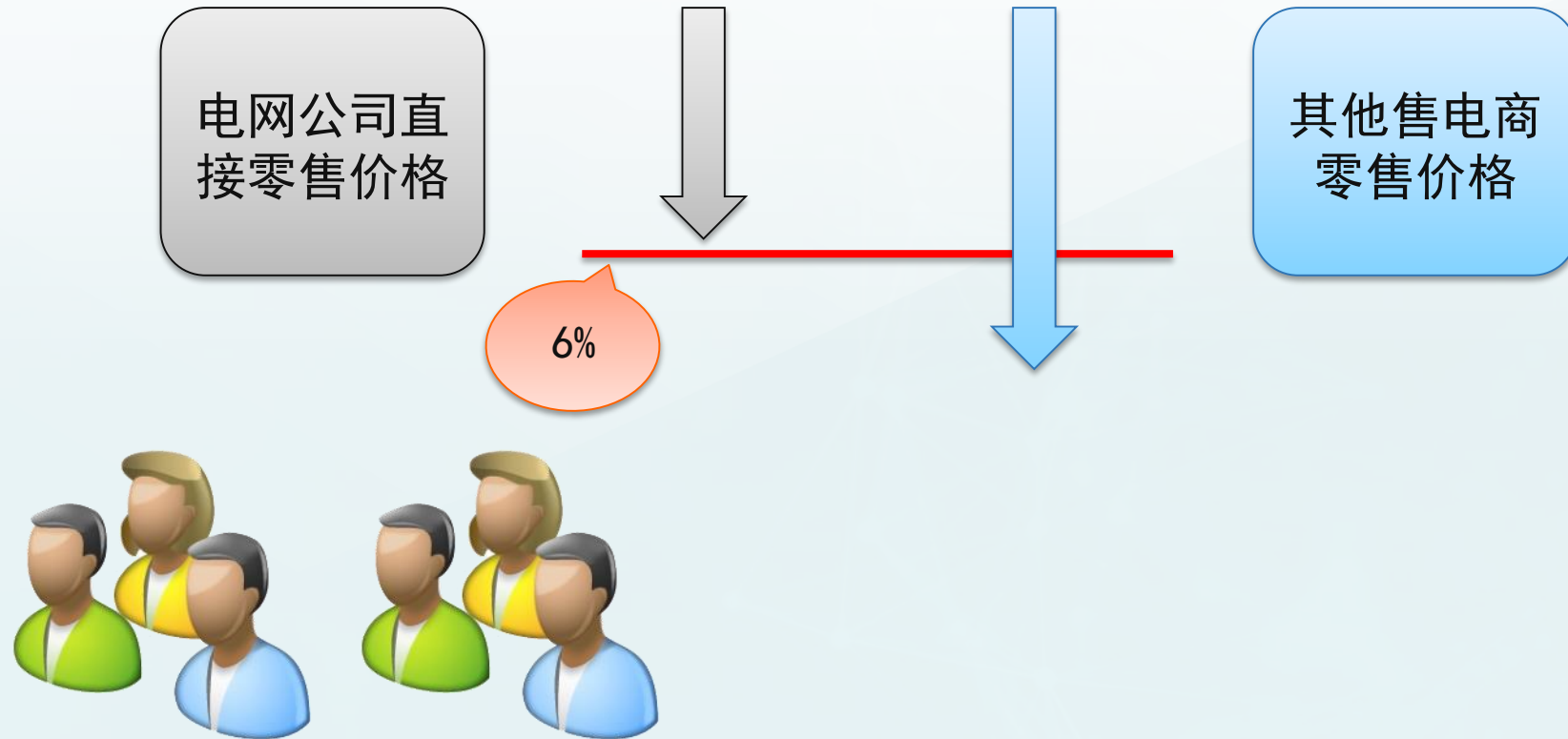
零售竞争

- 定义：允许所有的大小用户选择供电商——可以是售电商、配电公司甚至是发电商
- 售电商可以不拥有任何配电网络，只是将发电商的电转卖给用户。这就要求输电网和配电网同时向市场成员开放。
- 在零售市场上，允许发电商组建自己的零售公司
- 售电商实现了对小用户的代理，降低了小用户的交易成本

零售竞争



零售竞争的非对称监管

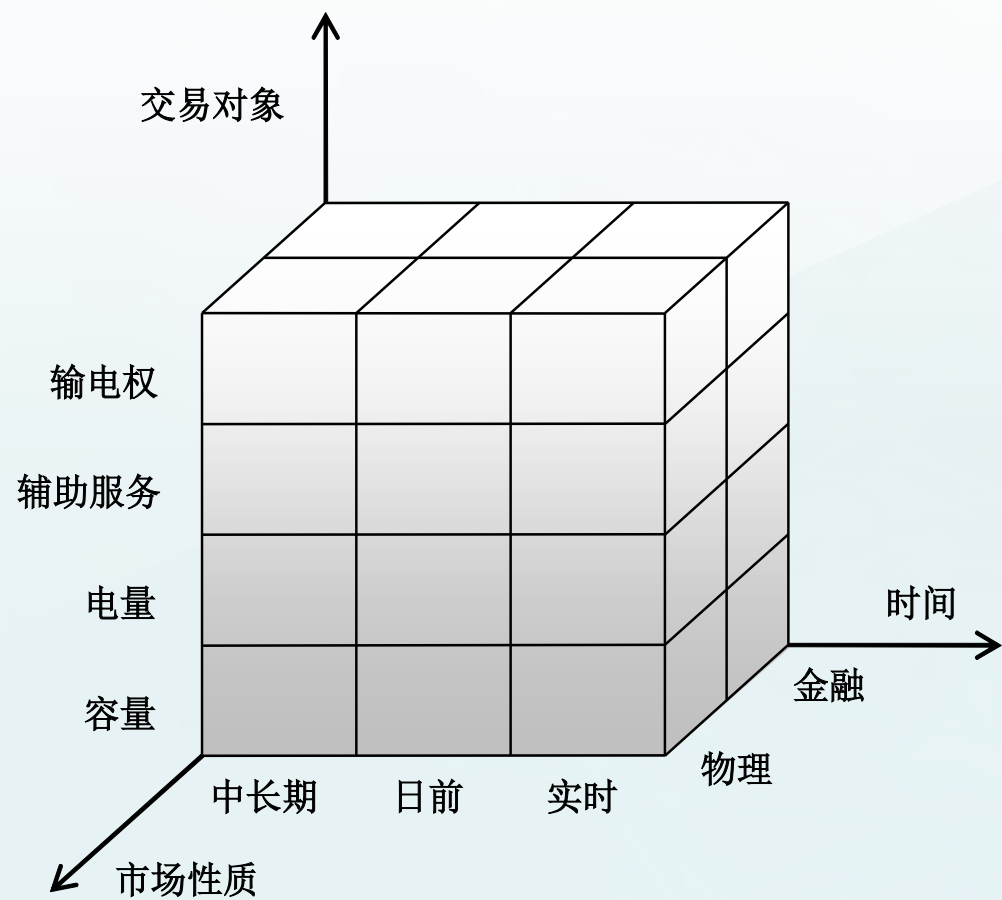


电力市场结构、交易品种与交易方式

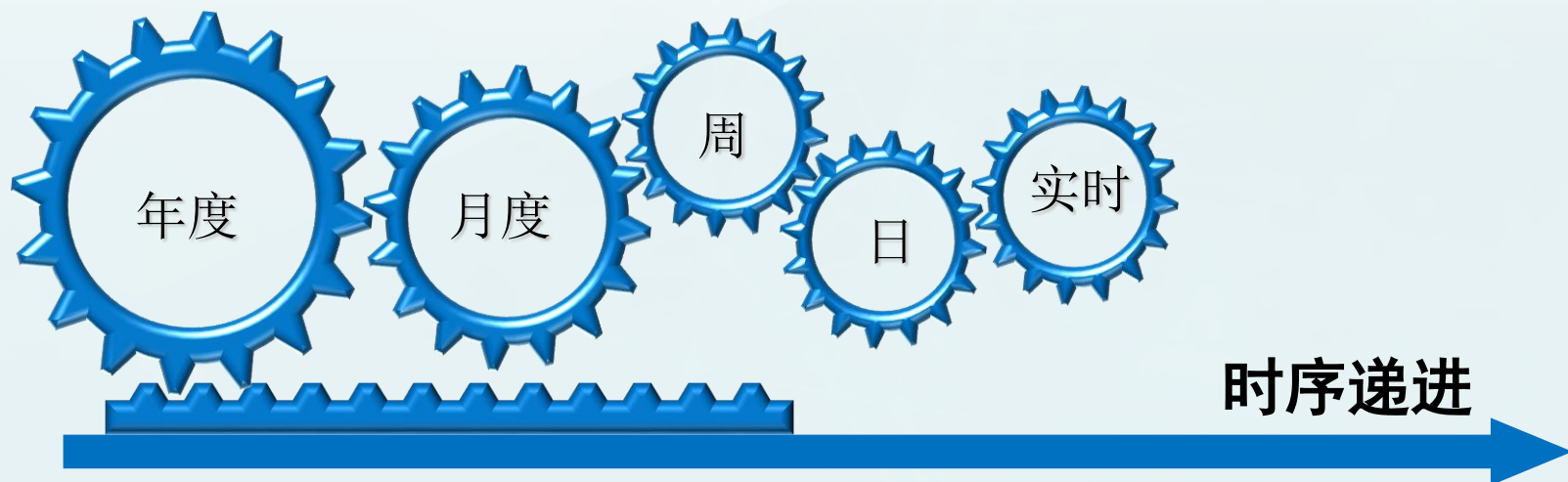
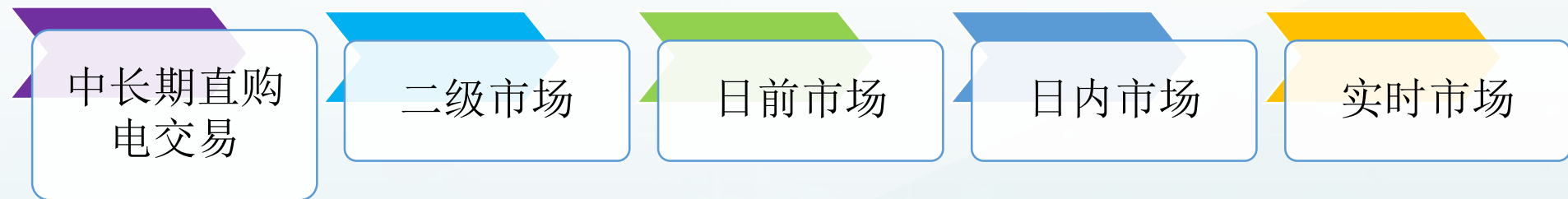
- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

电力市场体系



物理市场交易体系



电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

中长期市场——双边交易

- 定义：买卖双方根据自身特点决定其交易时间、地点、交易量和价格，可以通过进行面对面地谈判，也可以通过经纪人谈判，或在互联网平台上直接进行撮合交易。

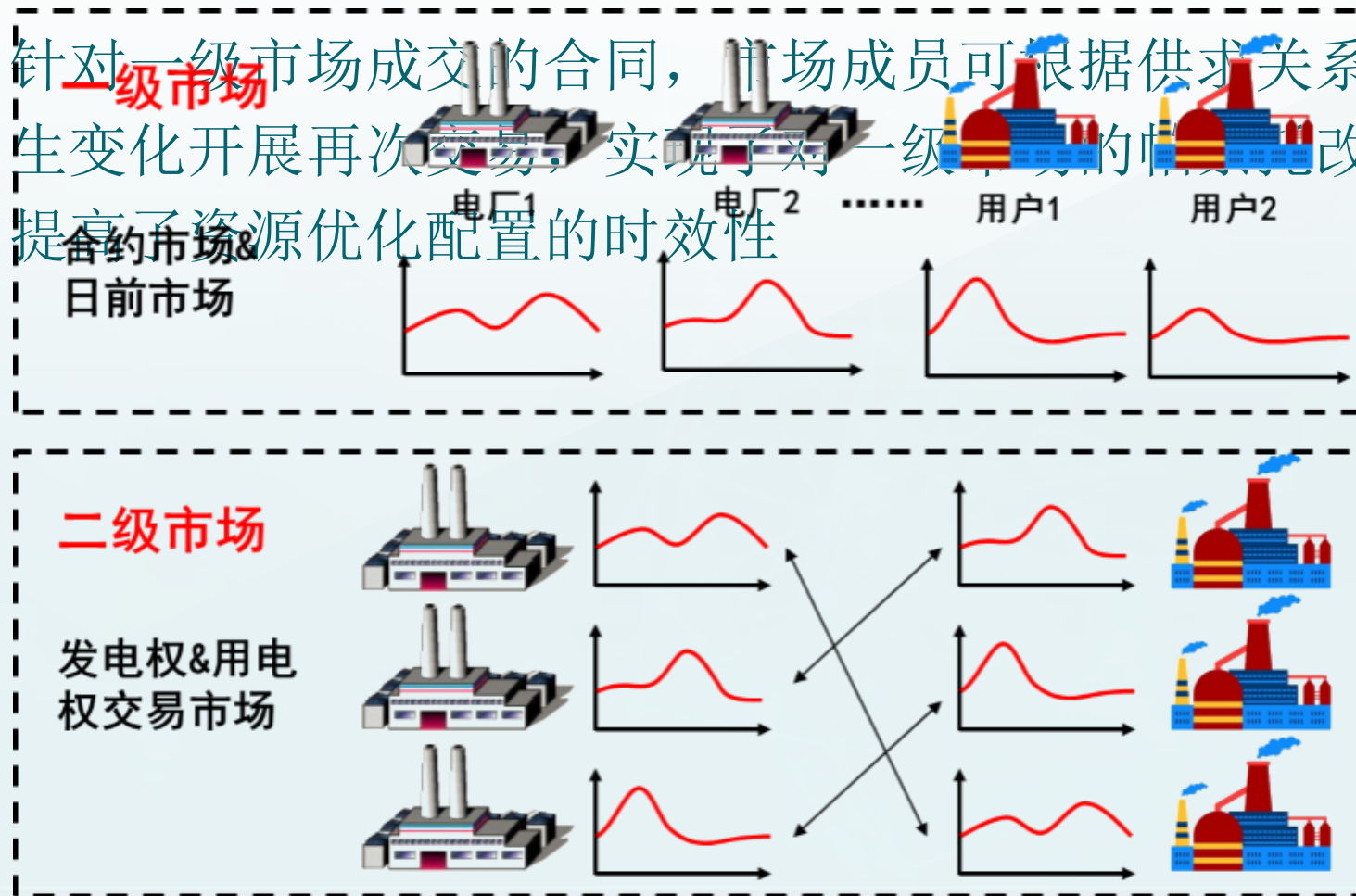


中长期市场——集中撮合交易

- 为什么开展集中交易？双边交易是连续开展的，但是中长期交割到来之前，需要为尚未成交的买卖双方，提供在一定时间内集中完成的交易类型，这就是集中交易
- 双边交易是局部交易，集中交易是全局交易。
- 交易的方式可以是撮合交易

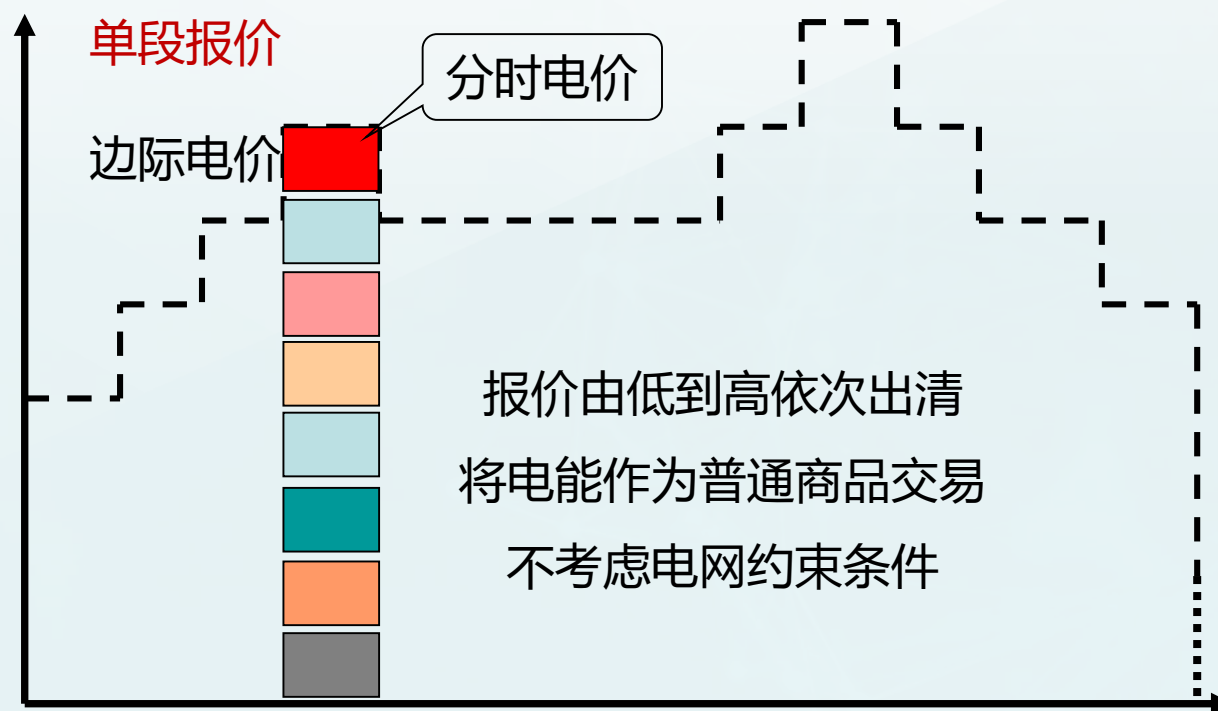
二级市场——基于特定时段的标准合约

- 针对一级市场成交的合同，市场成员可根据供求关系发生变化开展再次交易，实现了对一级市场的合约改进，提高了资源配置的时效性

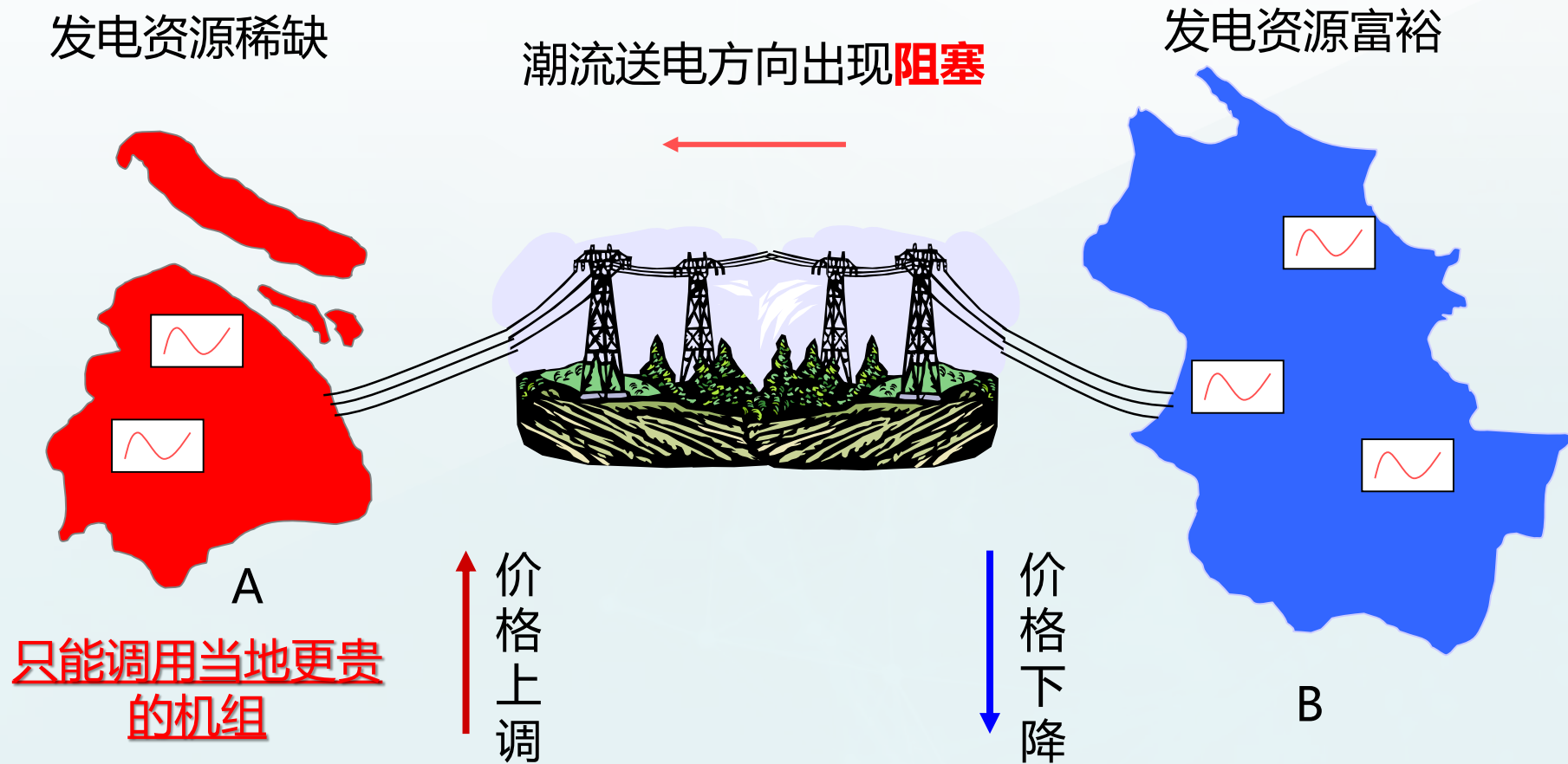


日前市场——无约束市场出清，分时电价

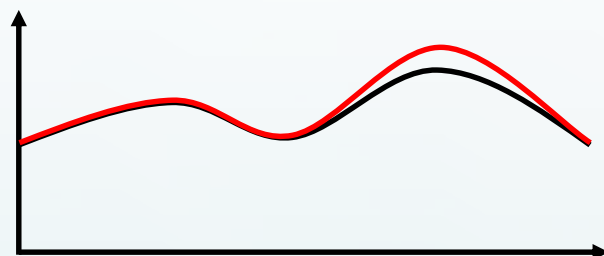
- 日前市场完成了中长期市场在现货市场的交割，并利用市场机制实现了日前供需偏差的分时市场均衡



日前市场——有约束交易计划，分区电价



实时市场

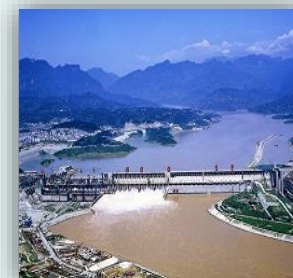


系统负荷预测（正偏差）

偏差反馈



火电厂

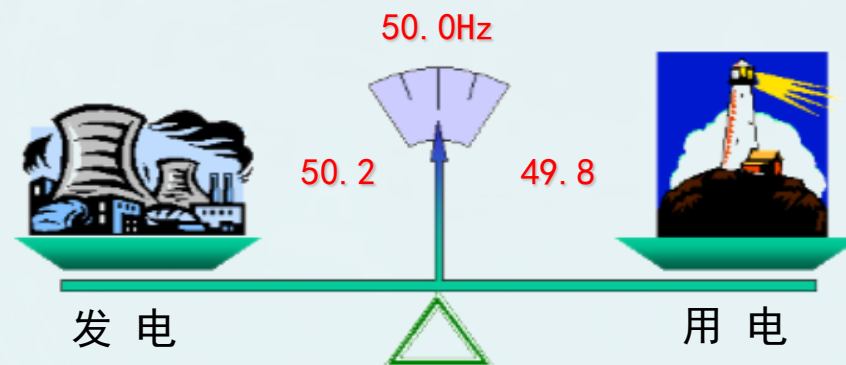
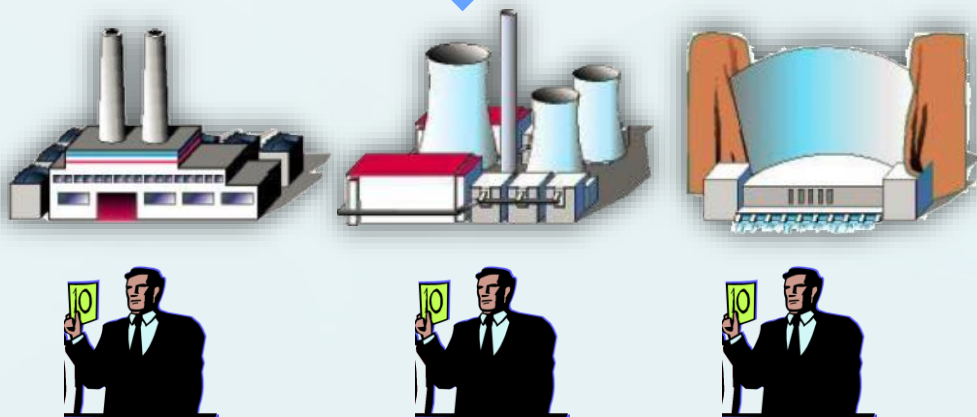


水电厂

实时市场完成了日前市场的交割，
并利用市场手段解决了实时与日
前市场偏差的市场均衡

辅助服务市场：以竞争发现调频/备用价格

市场运营机构



电力金融市场

- 功能：套期保值是电力市场**风险管理**和**价格发现**的有效手段。为了实现这一目标，保障电力市场的稳定性，应引入了金融交易。

交易主体

- ☐ 投资者
- ☐ 电力经纪人
- ☐ 电力自营机构
- ☐ 做市商

交易对象

- ☐ 远期合约
- ☐ 差价合约
- ☐ 期货合约
- ☐ 期权合约

交易机制

- ☐ 结算机制
- ☐ 信息披露机制
- ☐ 风险控制机制
- ☐ 价格形成机制

电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争

- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

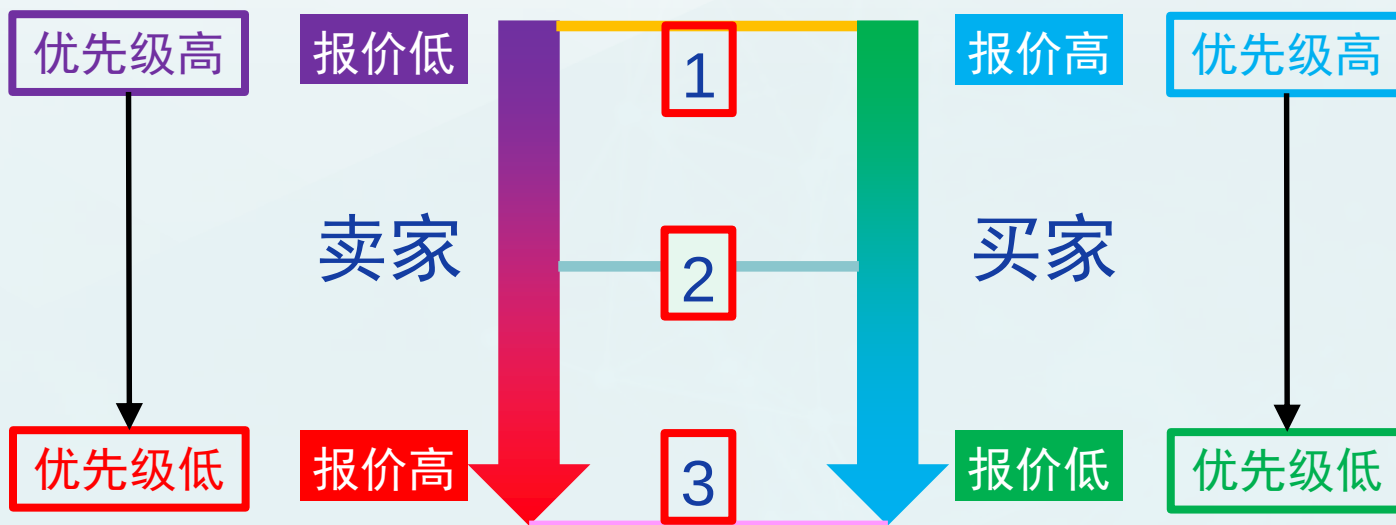
双边交易

- 电力调度交易结构组织买卖双方，以协商方式，确定交易曲线、交易价格
- 电力调度交易中心进行校核，通过校核的，双边交易意向协议才能成为正式的交易合同



集中撮合交易

- 定义：也称**高低匹配**，指买家按照报价由高到低依次排优先级；卖家按照报价由低到高依次排优先级；首先撮合优先级最高的买家和卖家，然后优先级次高的市场成员的交易方式



挂牌交易

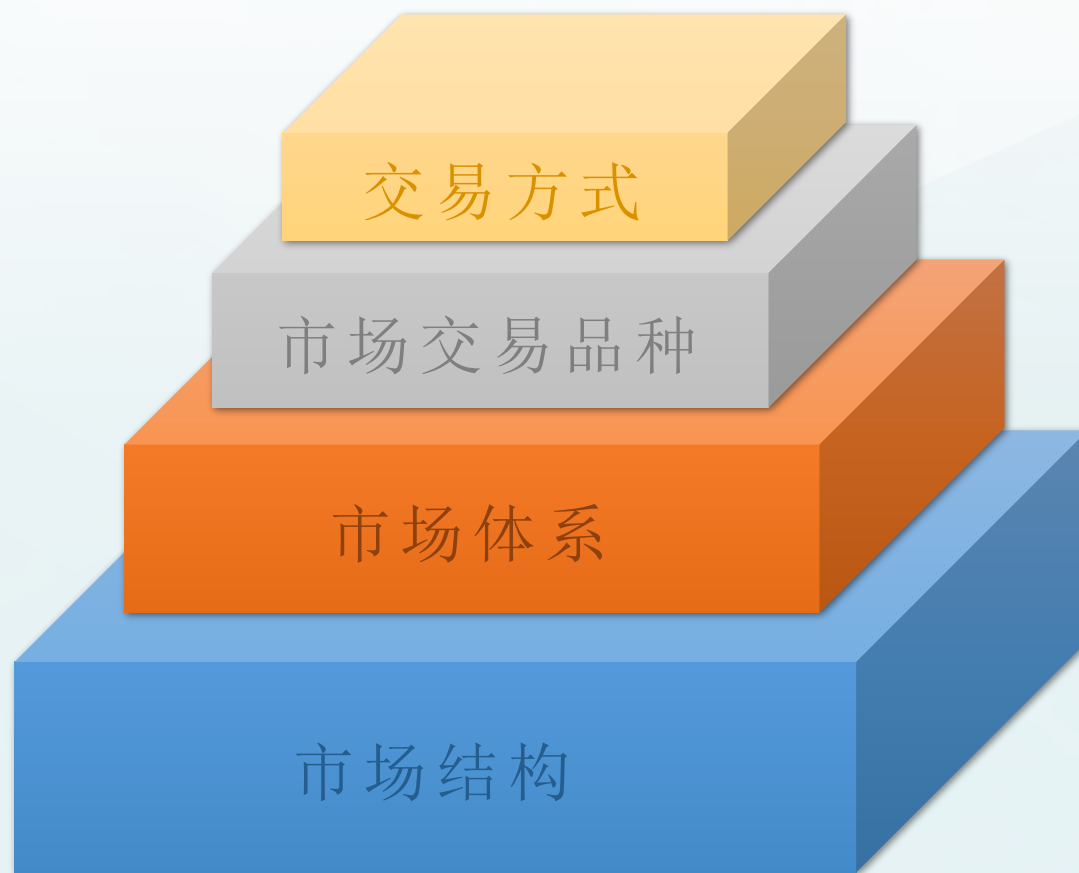
- 买方或卖方通过交易市场现货挂牌电子交易系统，将可供需商品的品种、规格等主要属性和交货地点、交货时间、价格等信息对外发布，邀请市场成员买或卖；要约分为买挂牌和卖挂牌交易。这种交易的特点是价格确定了，市场成员只报供或需的量，是价格的接受者。



电力市场结构、交易品种与交易方式

- 市场结构
- 纵向一体
- 单一买方
- 趸售竞争
- 零售竞争
- 电力市场体系
- 市场交易品种
- 市场交易方式
- 电力市场架构

电力市场的架构



第四讲：中长期合约电力市场

- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

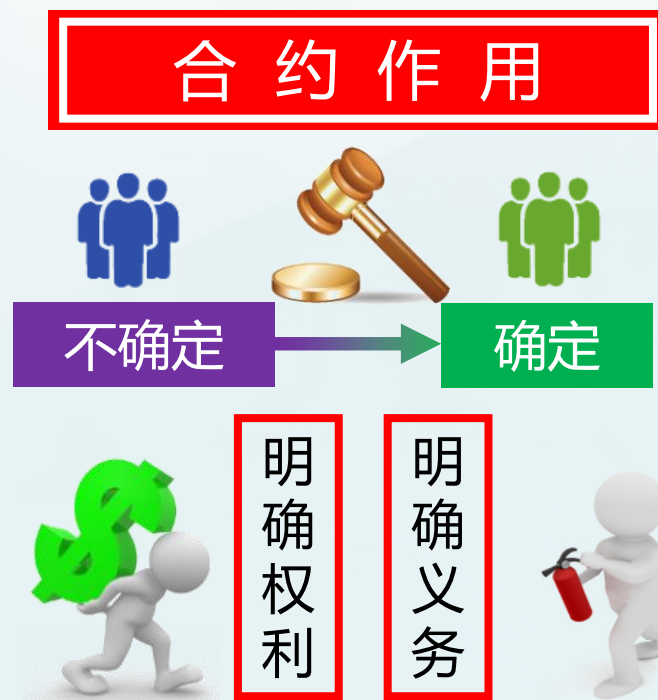
什么是合约市场

- 合约：是平等主体的自然人、法人、其它组织之间设立、变更、终止民事权利义务关系的协议。
- 合约的作用是变“不确定”为“确定”，即明确双方的权利与义务。



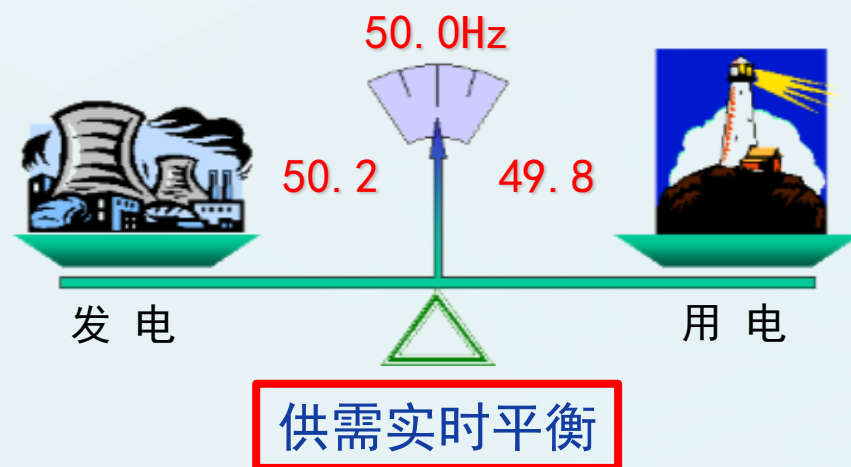
什么是合约市场

- 合约实现了确定性的交易链，实现了价值创造，实现了社会福利最大化，实现了使用价值转化为社会价值。



合约市场的作用

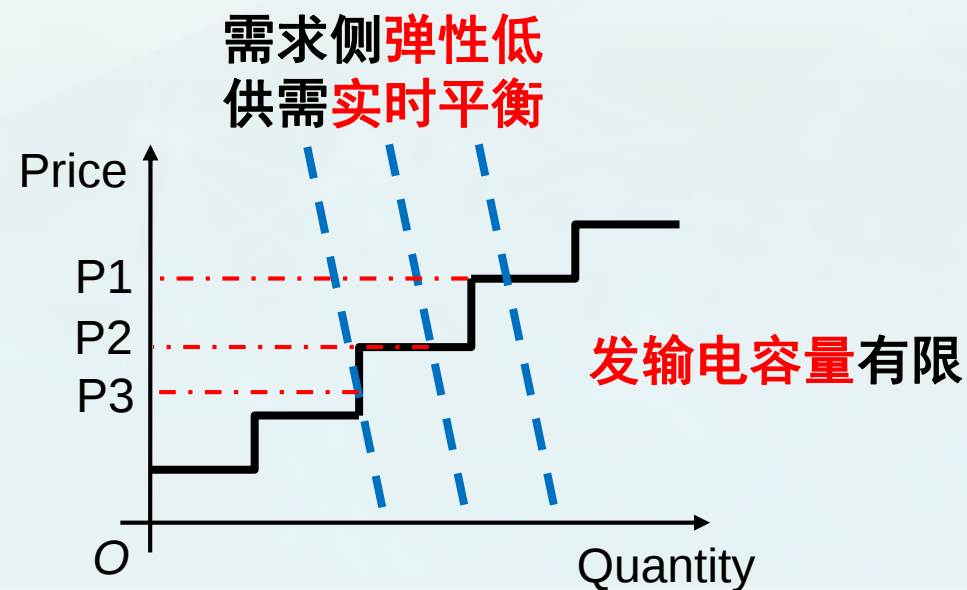
- 第一，平稳现货市场的价格。
- 电能不能大规模有效储存，并且要求供需之间瞬时平衡，需求的变化不能通过储存来平衡，因而电力市场的均衡价格呈现出类似于负荷变化的随机性。



合约市场的作用

- 第一，平稳现货市场的价格。
- 由于有限的机组发电容量和输电容量，以及较低的需求弹性，电力价格表现出强烈的尖峰和跳跃特性。

电力价格随机波动，
表现尖峰跳跃特性



合约市场的作用

- 第二，合约市场实现了电力的“虚拟存储”。



合约市场的作用

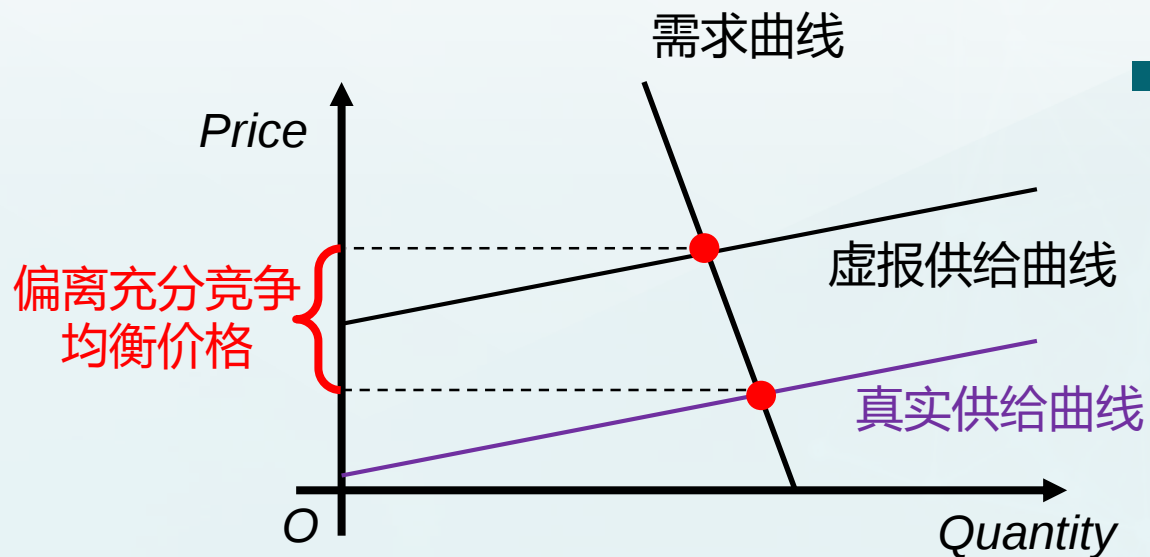
- 第三，防止电力市场中的部分发电商利用其市场力操纵电价。



**利用市场力
操纵均衡价**

合约市场的作用

- 第三，防止电力市场中的部分发电商利用其市场力操纵电价。



- 市场力，又称市场操纵力，表示生产者改变市场价格，使之偏离市场充分竞争情况下所具有的价格水平的能力

合约市场的作用

- 第四，提供中长期经济信号，反映电能的中长期供需关系。
- 电力市场的根本任务是通过市场交易，反映电能的供需平衡情况，指导资源优化配置。



合约市场的作用

- 第四，提供中长期经济信号，反映电能的中长期供需关系。
- 合约市场能够提供电力中长期供需平衡信号，指导市场成员制订检修计划、燃料购置计划，在时间和空间上合理配置发电资源。



中长期合约电力市场

- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

双边交易模式

中长期直
购电双/
多边市场

市场定位

- 给予市场成员充分的选择权
- 规避现货交易风险、锁定交易价格、保障基本收益

交易方式

- 场外双边交易 OR 场内集中竞价

合约类型

- 年度合约及以上
- 月度或多月合约

双边交易的方式

- 第一，场外交易。在电网安全约束条件下，部分发电商和用户（或配电公司、零售商）直接签订电力交易协议。交易的标的：电量、用电曲线、价格或者电量、标准用电曲线。



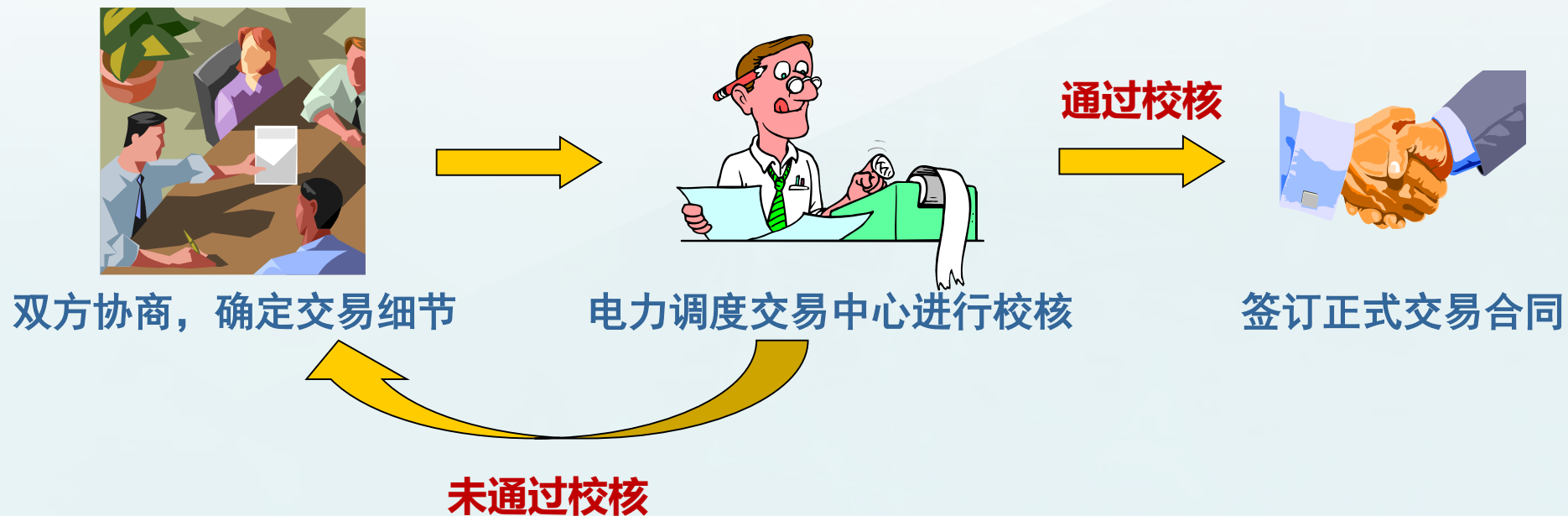
双边交易的方式

- 第二，场内交易。电子交易平台上的交易，提供各种供需的信息服务、标准合同模板、更广泛的选择交易对象。建设基于互联网+的双边交易平台。

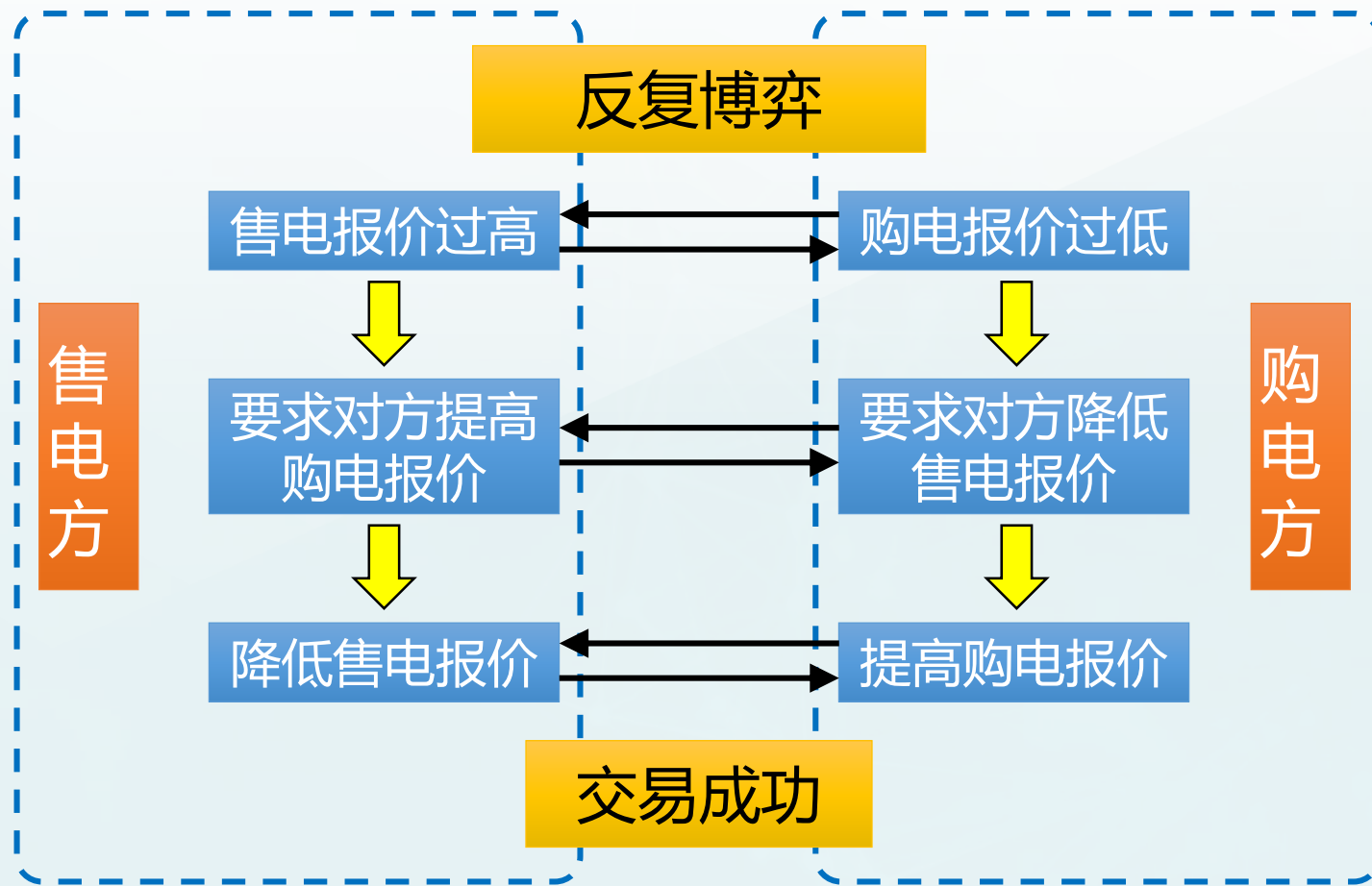


双边交易的方式

■ 第三，开展安全校核



双边交易的博弈过程



基于社会福利的安全校核机制

- 市场主体达成交易意向时，需提交至调度中心，调度中心安全校核后才可签订合约。若交易意向未能通过安全校核，需要裁减市场主体的合约。

基于社会福利的安全校核机制

- “先来先得” 的裁减方式：

找到几个对阻塞线路影响较大的合约对，根据“先来先得”的原则，按照上报交易意向的顺序，依次取消合约直至指定线路消除阻塞。

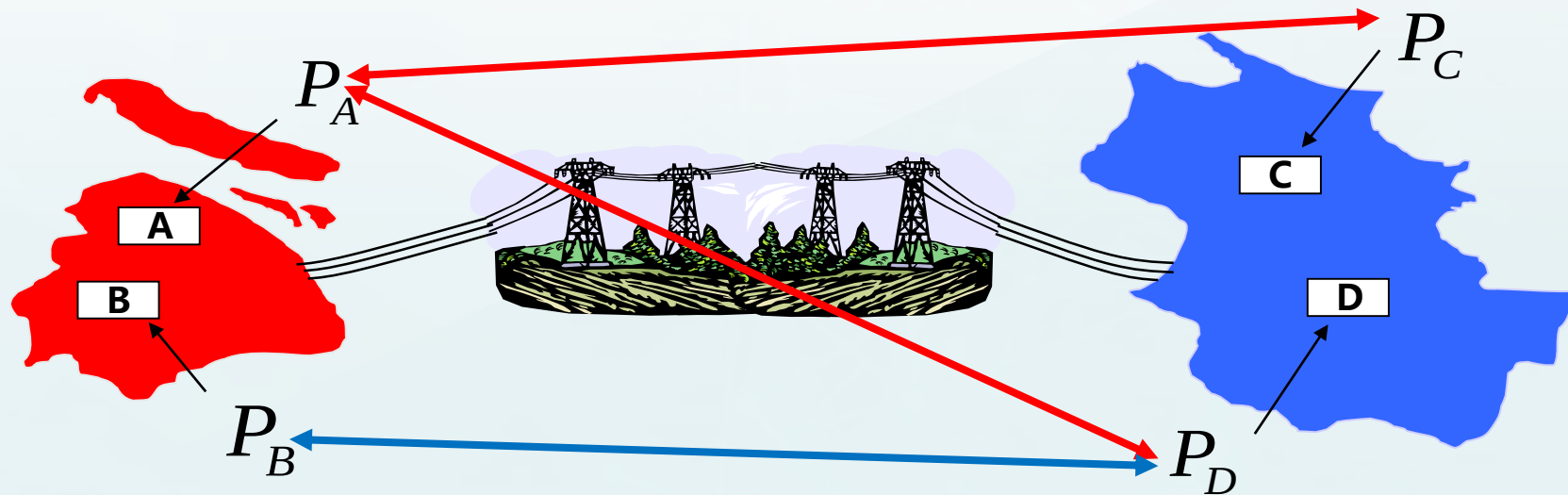
基于社会福利的安全校核机制

- “先来先得”裁减方式存在的问题：

将激励机组尽快上报合约，没有考虑如何利用输电资源的稀缺性，激励社会福利大的交易优先成交！

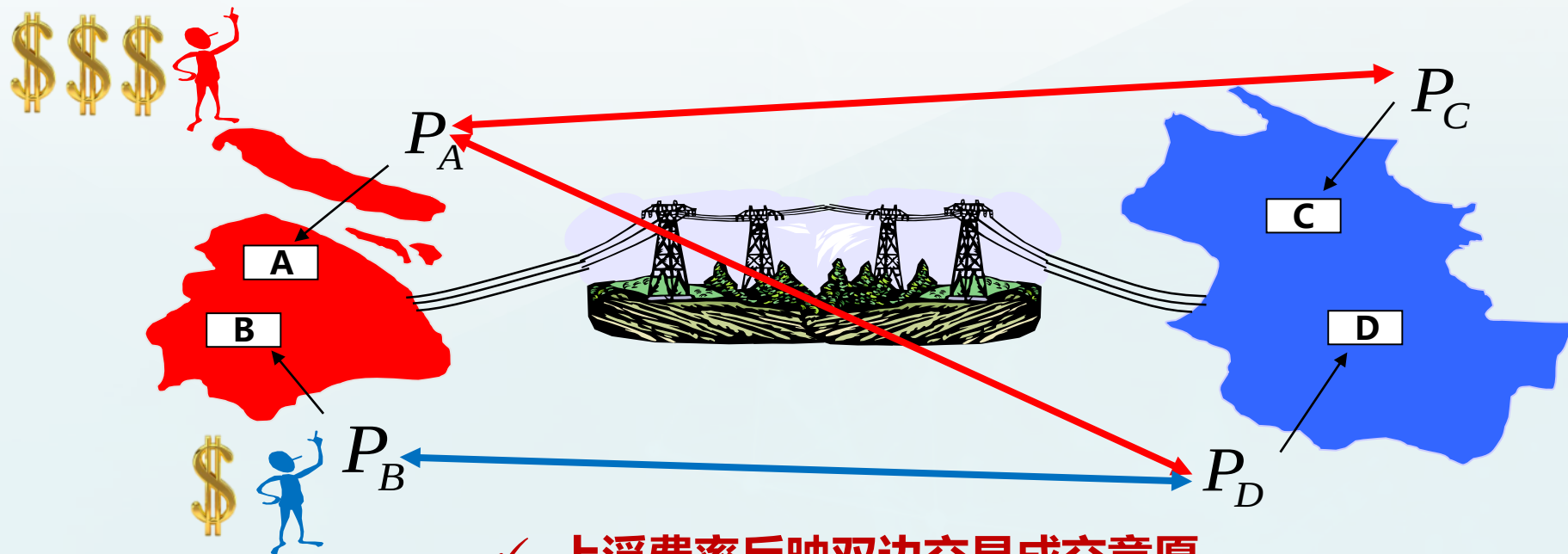
基于社会福利的安全校核机制

- 潮流无阻塞时：所有双边交易直接成交



基于社会福利的安全校核机制

- 潮流阻塞时：由市场成员申报允许上浮费率，按照上浮费率高低顺序优先通过双边交易。



- ✓ 上浮费率反映双边交易成交意愿
- ✓ 上浮费率高，该笔交易社会福利大，优先成交

中长期合约电力市场

- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

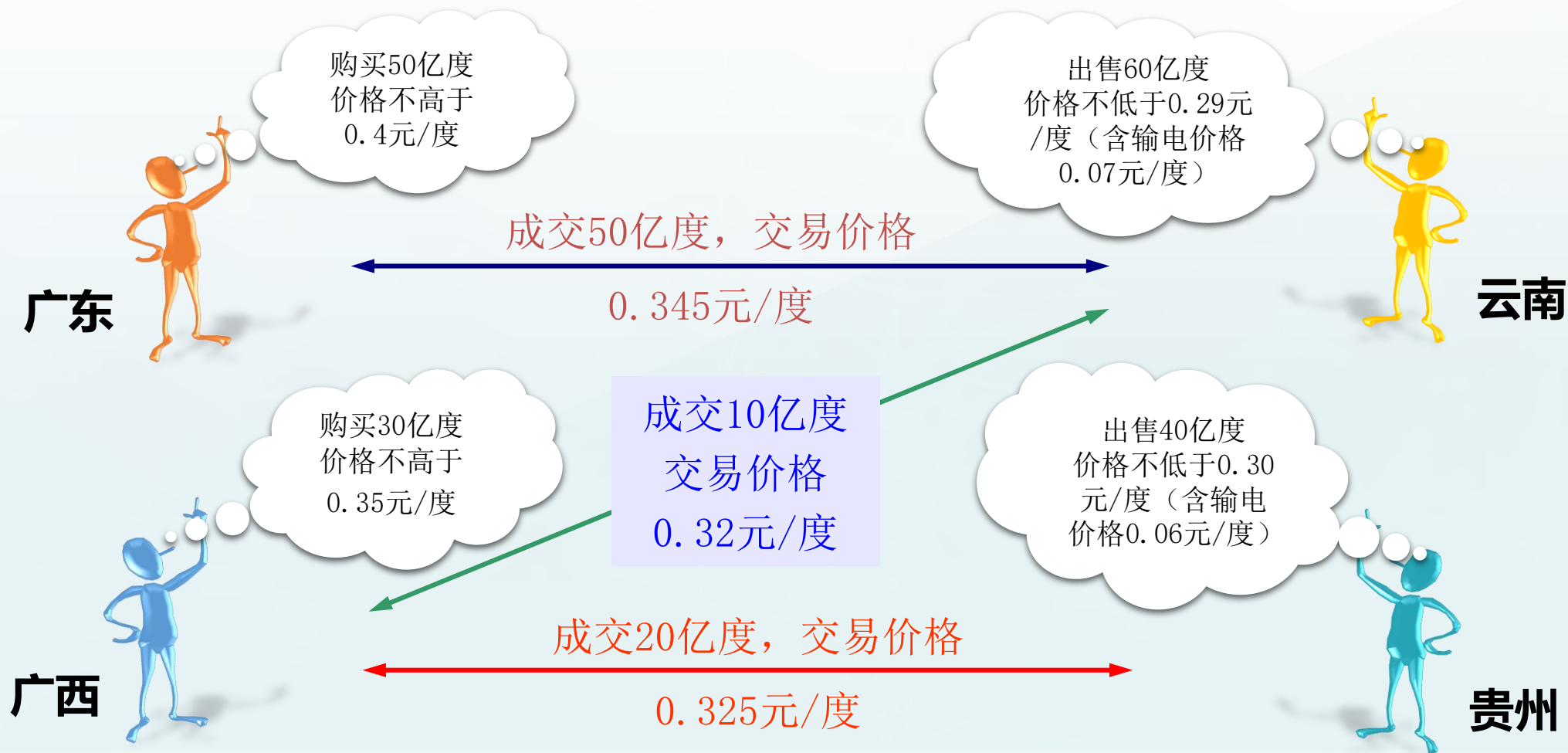
集中交易的标的

- 电量
- 标准化的合约曲线
- 价格
- 统一的价格浮动机制

集中交易（撮合形式）

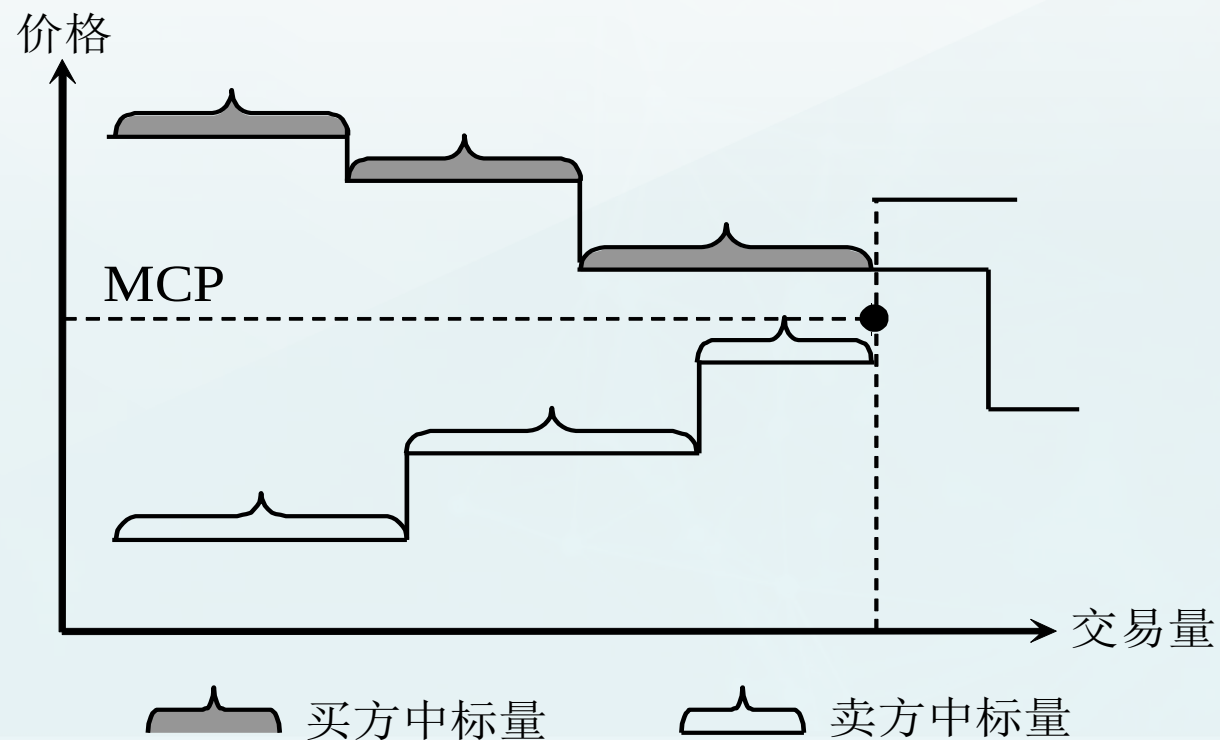
- 大用户作为市场成员，作为需求方，直接参与调度交易中心组织的电力市场的竞争，它的成交对象是不确定的。

集中交易（撮合形式）



撮合交易原理

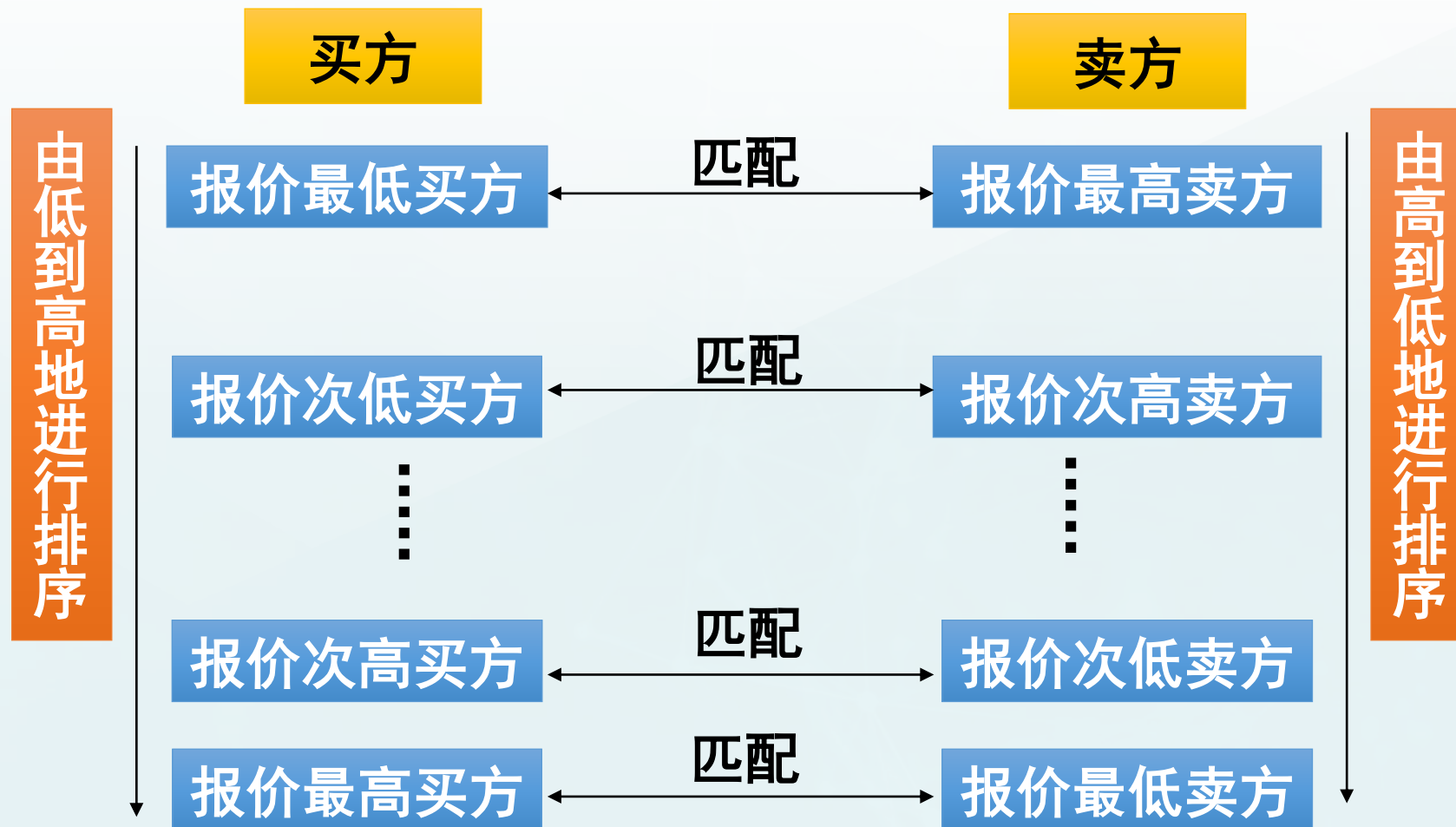
- 市场出清价格（Market Clearing Price, MCP），是指市场中实现供给与需求双方平衡时的价格，即均衡价格。



撮合交易流程

- 经纪人模式的交易可划分为以下几个步骤：
 1. 报价决策：卖方制定售电报价策略，买方制定购电价格的策略；
 2. 组织报价：买卖双方的价格及购售电的上限和下限；
 3. 报价排序：在各时段，根据卖方的报价，由高到低地进行排序；根据买方的报价，由低到高地进行排序；
 4. 交易匹配：交易的规则是高低匹配；
 5. 决定交易价格：在成交双方确定后，交易的价格为买卖双方报价的均价。

撮合交易流程

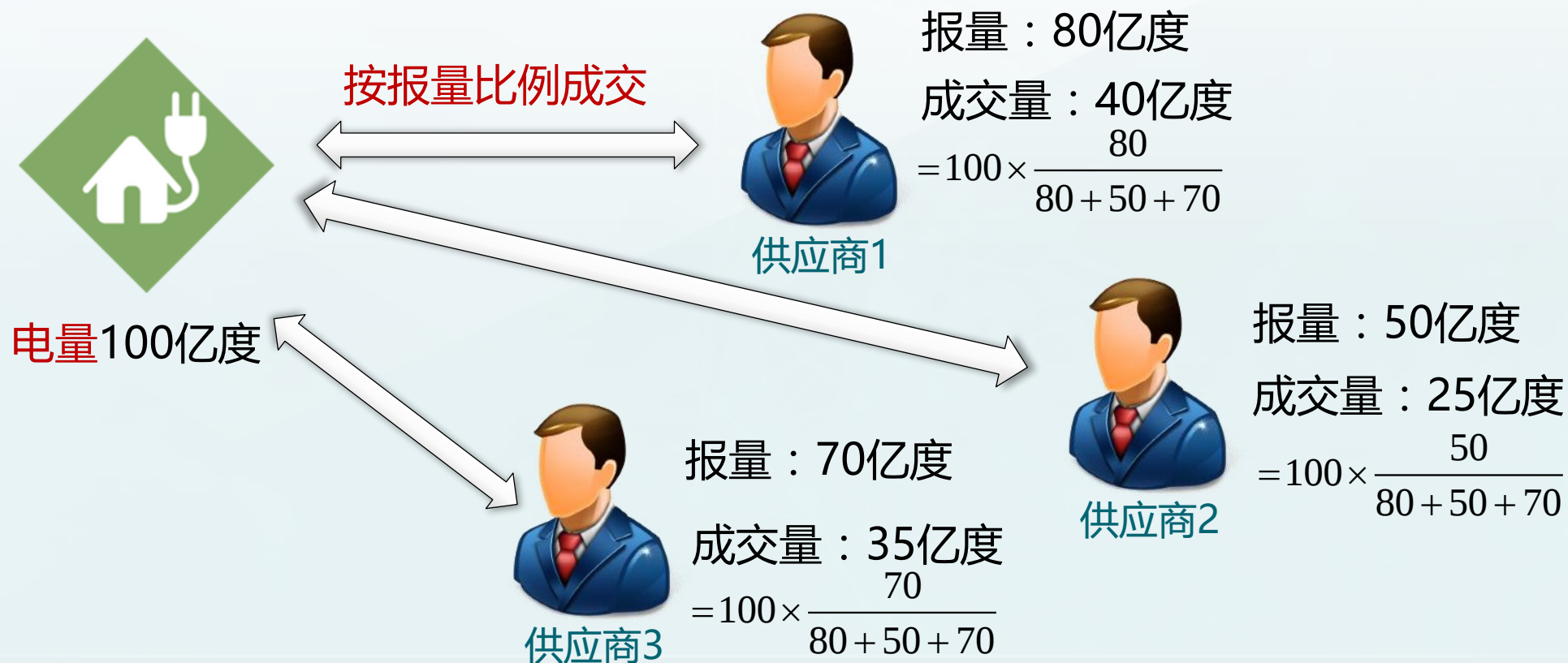


中长期合约电力市场

- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

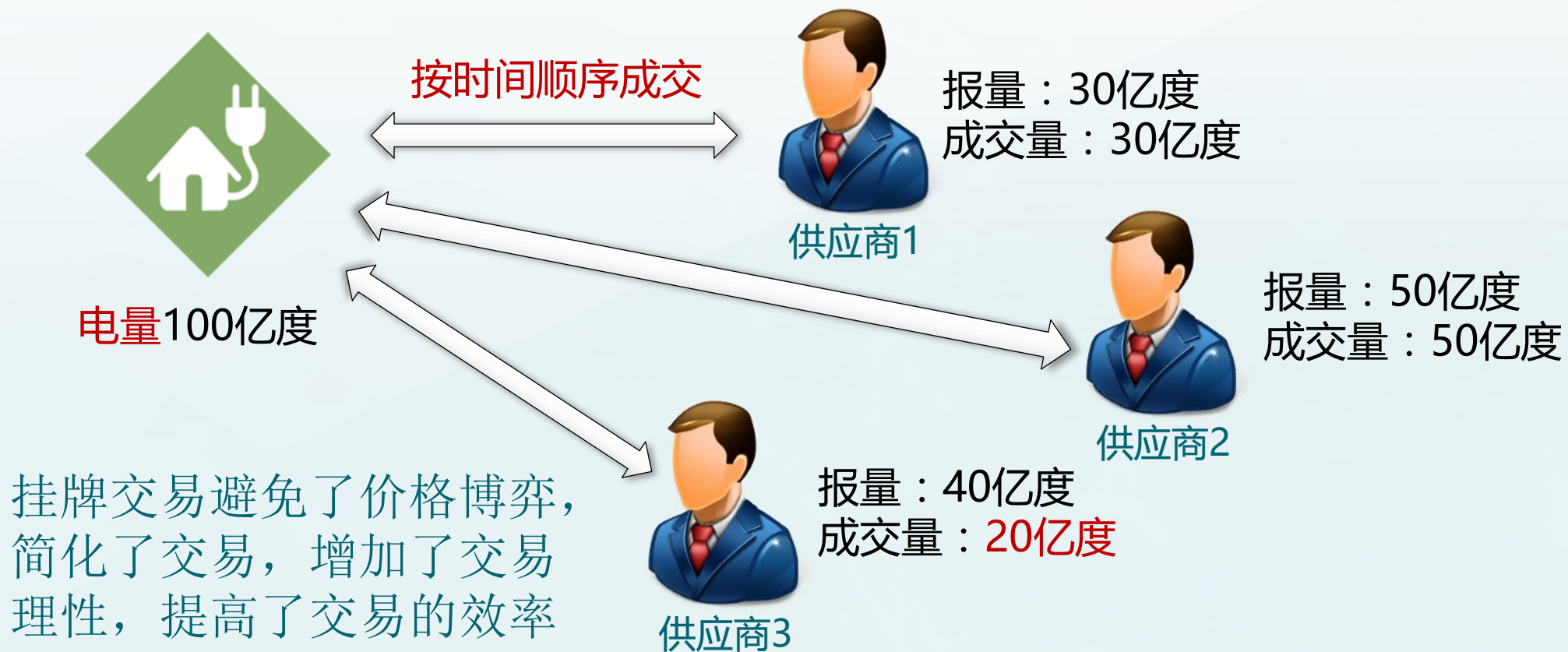
挂牌交易

- 挂牌交易——价格锁定，按申报量比重成交



挂牌交易

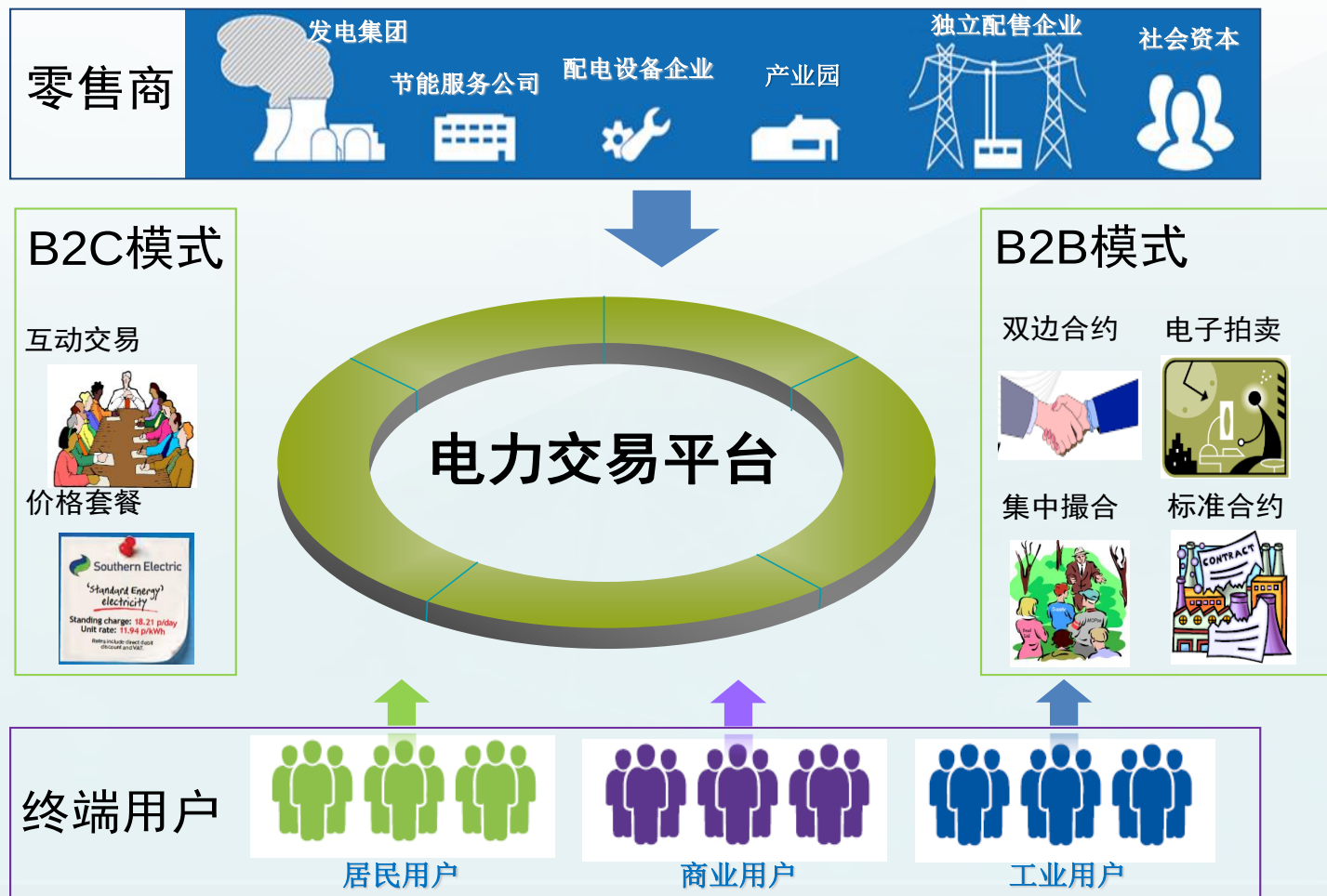
- 挂牌交易——价格锁定，按时间优先顺序成交



中长期合约电力市场

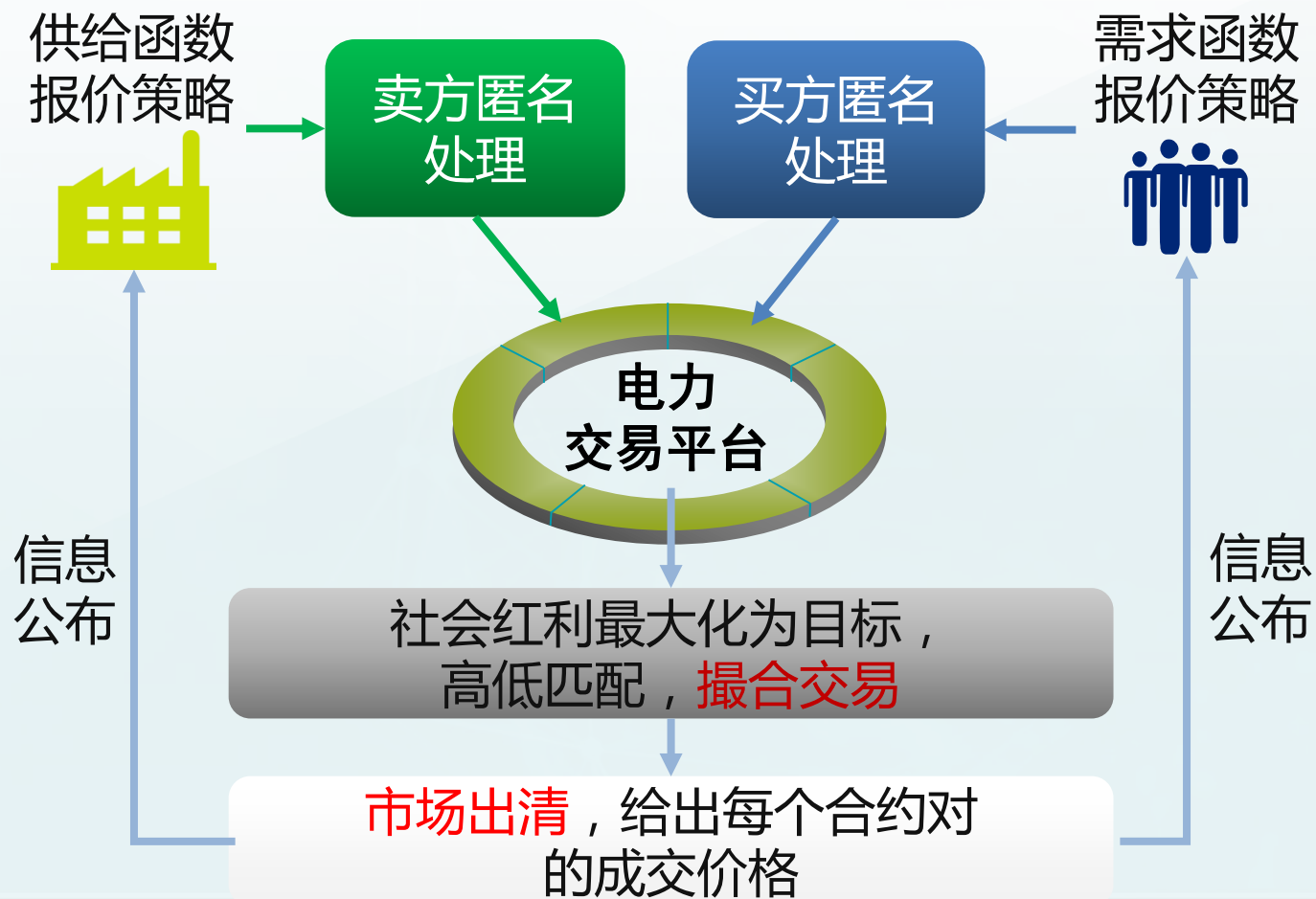
- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

互联网+中长期电力交易平台



如何提高市场公平性与效率

■ 交易流程



如何提高市场公平性与效率

■ 交易流程

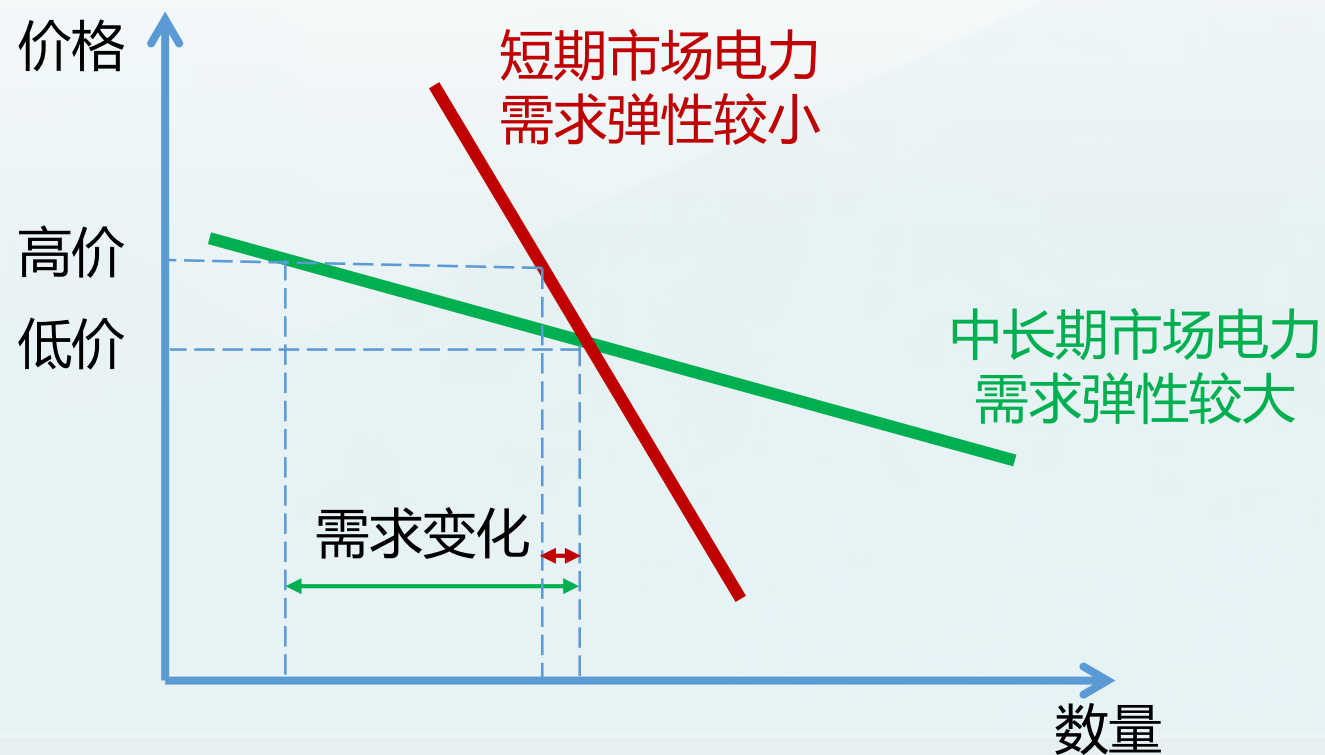
- 报价决策：卖方制定售电供给函数的报价策略，买方制定购电需求函数的报价策略；
- 匿名报价：所有市场在“互联网+”的市场交易平台上提交自身的报价策略，并以“匿名”的形式公布在交易中心的电子屏上；
- 撮合交易：各时段，按照撮合交易原则，社会红利最大化为目标，通过高低匹配，实现供需双边交易配对；
- 价格出清：符合要求的报价全部配对后，市场出清，以合约对买卖双方的均价为结算价格；
- 信息公布：交易完成后，交易机构将合约对的信息发给涉及的市场主体。

中长期合约电力市场

- 合约市场
- 双边交易模式
- 集中交易
- 挂牌交易
- 互联网+中长期电力交易平台
- 中长期交易优势

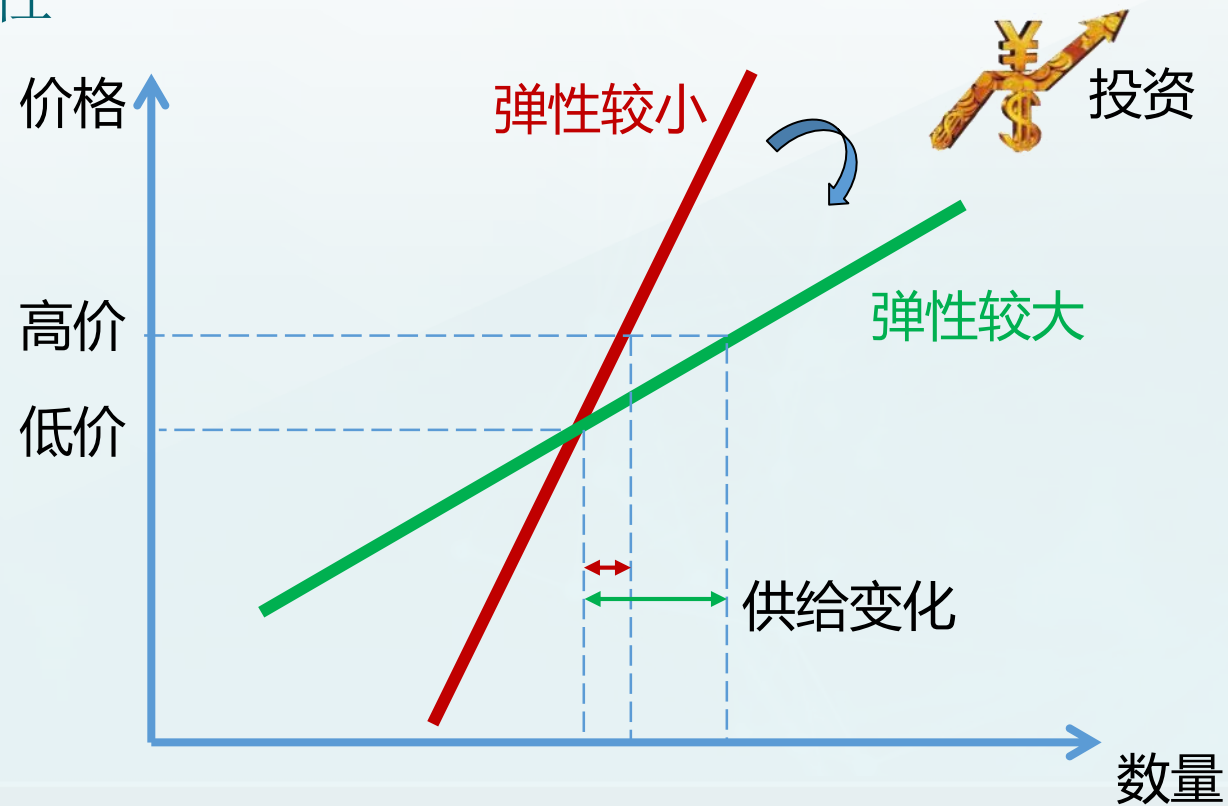
中长期交易优越性

- 第一，只有在中长期市场上，电力需求才能具备较强的弹性，有利于形成合理的价格



中长期交易优越性

- 第二，在中长期市场上，投资将极大地增加电力供给弹性



中长期交易优越性

- 第三，中长期市场能够弱化市场力



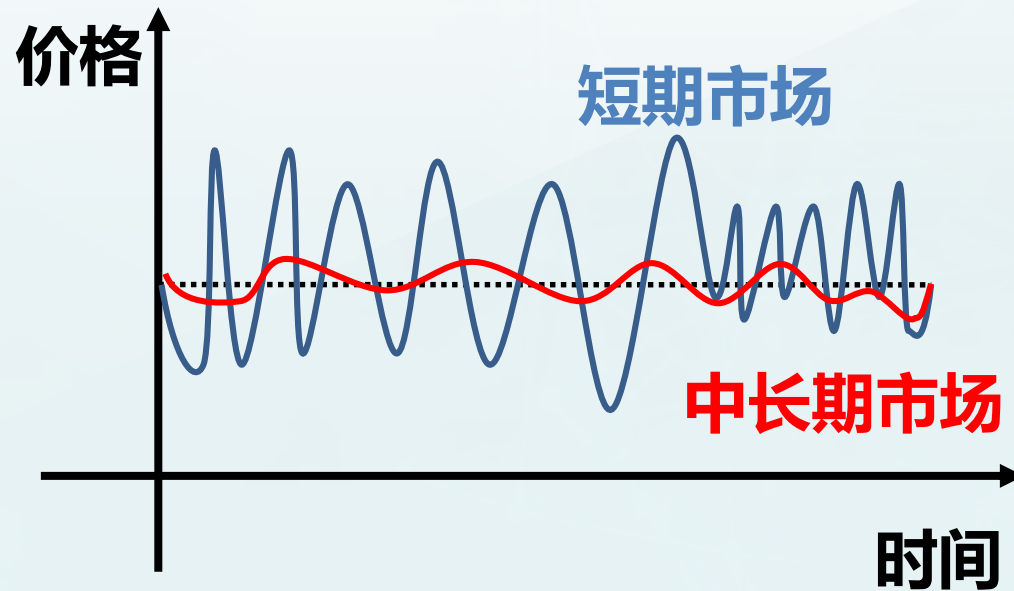
中长期交易优越性

- 第四，只有在中长期市场上，市场成员有足够的时间提升电力资源优化配置的深度和广度。



中长期交易优越性

- 第五，只有中长期市场才能保障电力价格的平稳性。



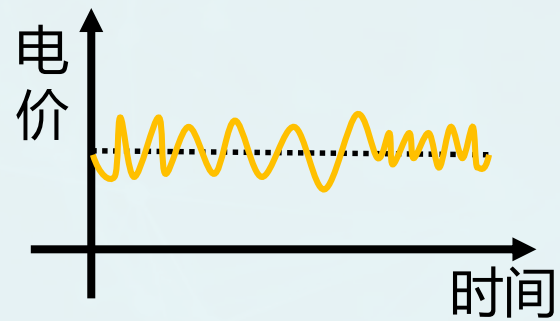
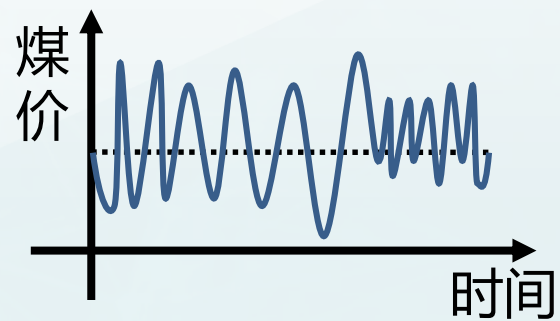
中长期交易优越性

- 第六，供需双方都有稳定未来供给与需求的预期。



中长期交易优越性

- 第七，为了规避燃料价格波动的风险，采用浮动价格机制。



中长期交易优越性

- 第八，采用电价与大用户产品价格的联动机制，实现供需风险共担、利益共享。



上一讲回顾：合约市场

一．合约市场？

二．合约电量市场类型

① 多年合同市场

② 年度合约市场

③ 月度合约市场

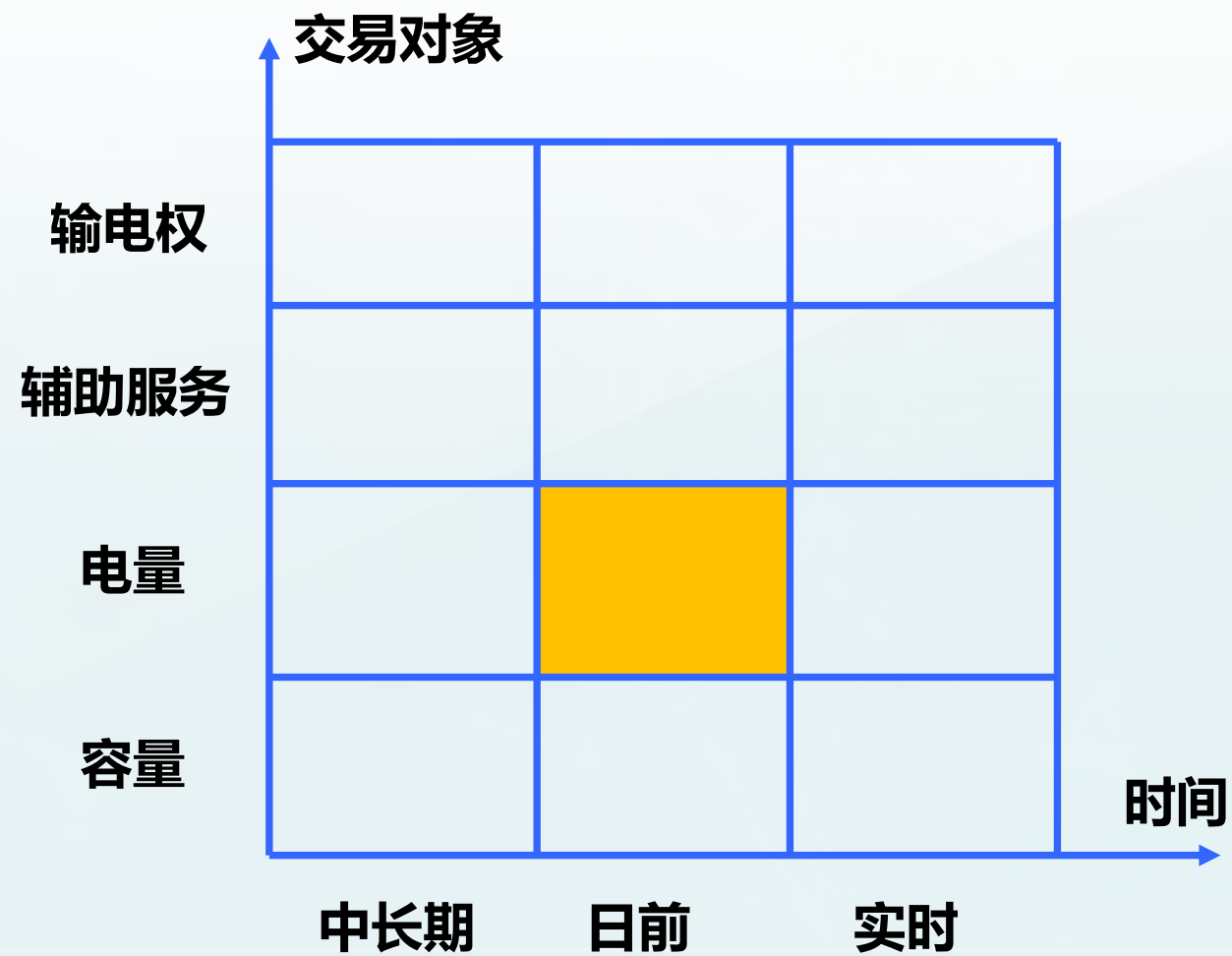
三．合约市场交易模式

① 双边交易

② 集中交易

③ 挂牌交易

今日开讲——日前市场



内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

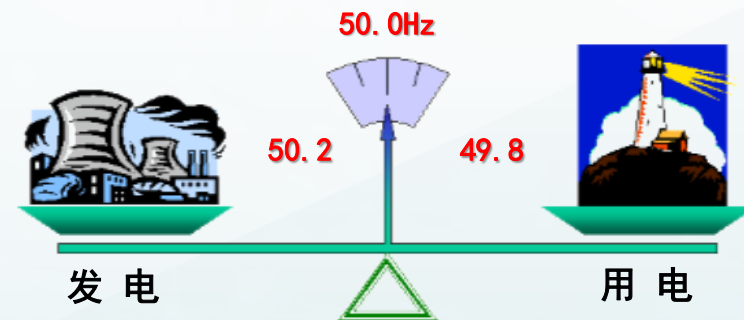
内容提要

- 
- 一. 设置日前市场的目的
 - 二. 日前市场的竞价空间
 - 三. 日前市场的报价
 - 四. 日前市场的市场出清
 - 五. 日前市场的数学模型
 - 六. 日前市场出清的市场均衡过程
 - 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
 - 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

设置日前市场的目的

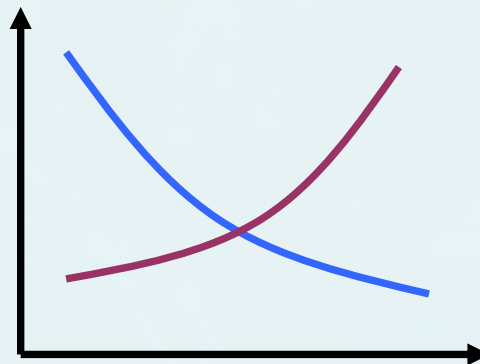
目的1

由交易中心每天组织，应对短期负荷不平衡



目的2

反映短期的供需平衡关系与生产成本；为长期合约市场提供价格风向标

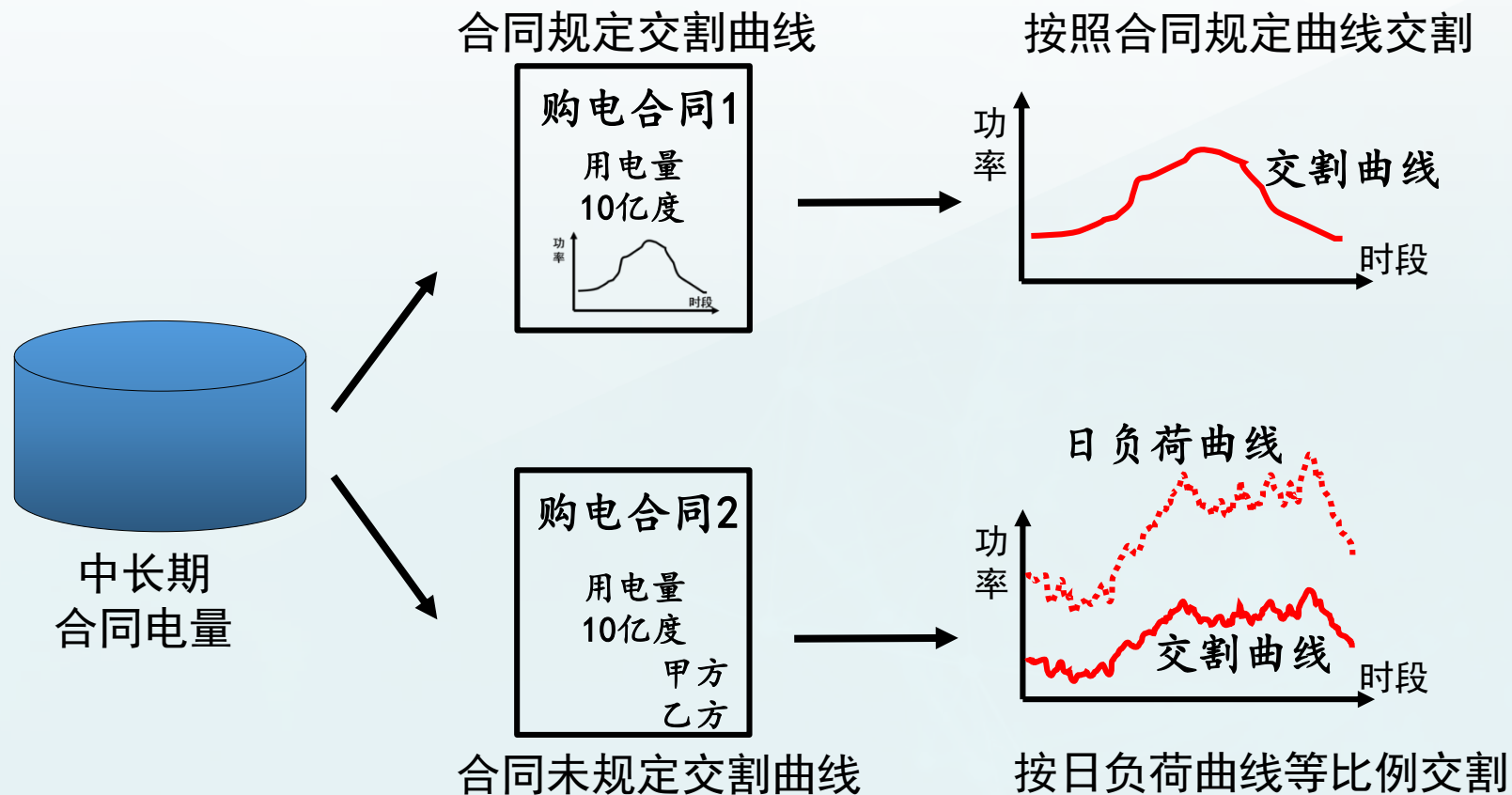


内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

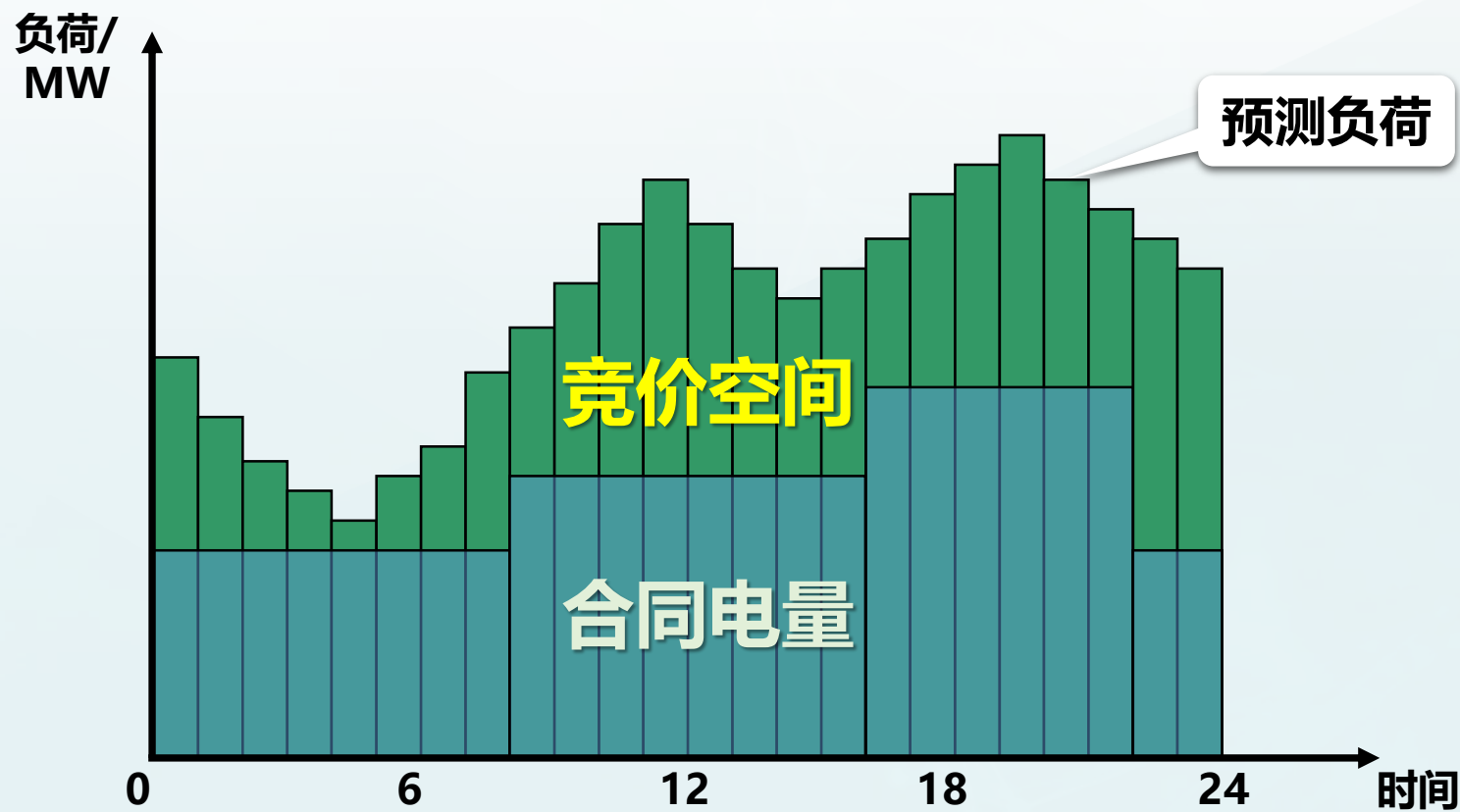
1、中长期合约在现货市场的交割

■ 中长期合同电量分解为曲线的两种方式

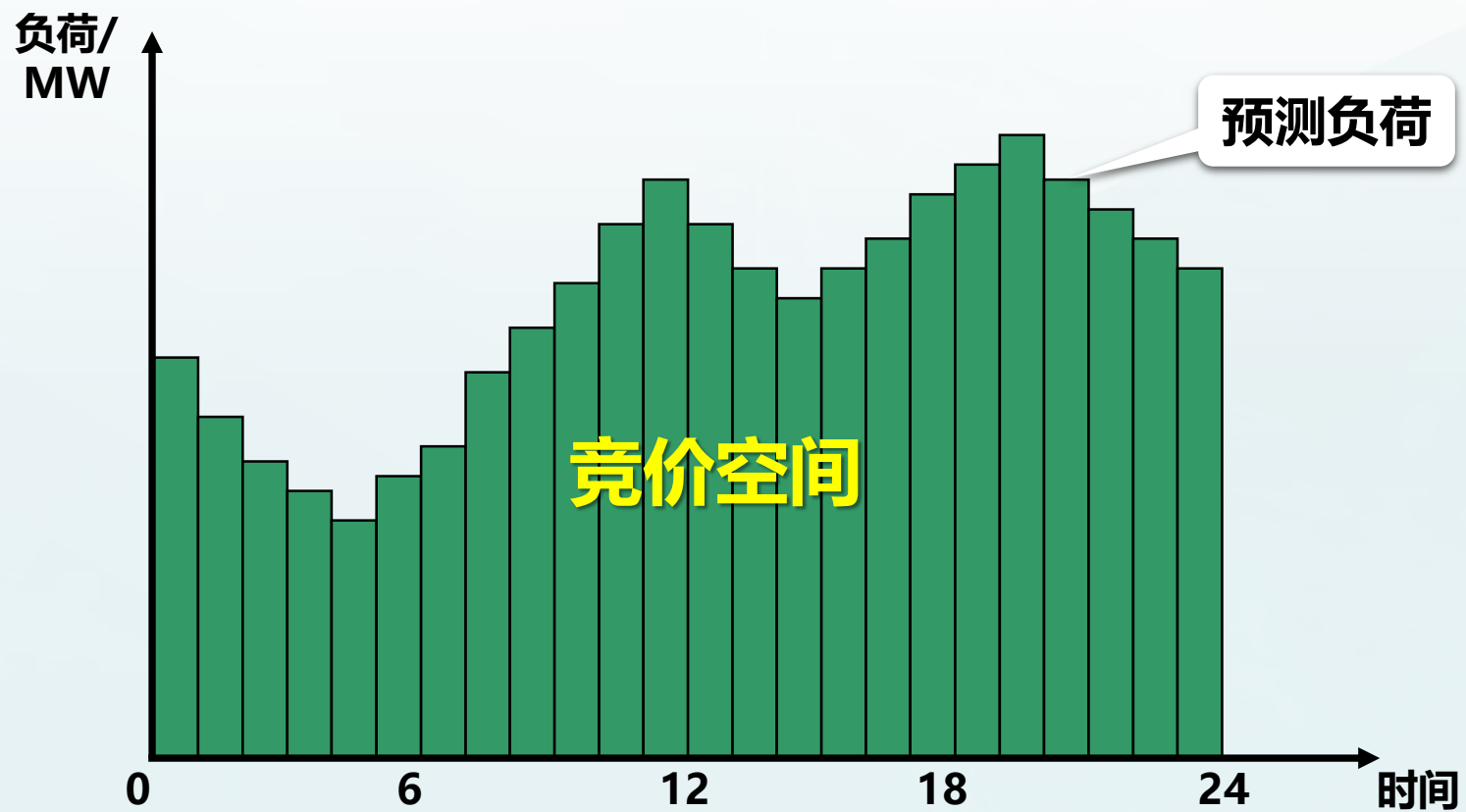


物理交割的日前市场部分竞价空间

- 预测短期负荷曲线减去合约发电计划为日前的竞价空间



日前市场全电量竞争空间



内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

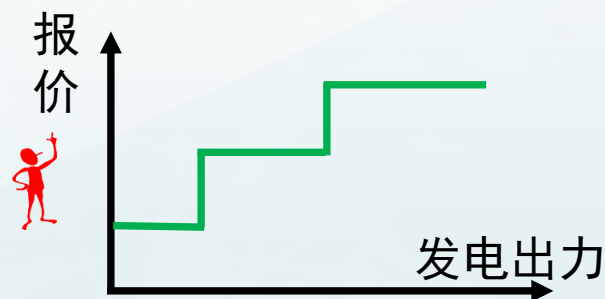
发电厂报价方式

■ 按报价曲线形状分类

➤ 单段报价



➤ 多段报价



上升型的多段报价：

- 随出力增加价格升高，反映了资源的稀缺性
- 市场成员通过逐步抬高报价试探市场价格。第一段报价低，保证基本中标电量；之后增加报价，谋求更多收益。

内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

日前市场的交易决策

1

无约束交易计划

2

有约束交易计划

日前市场的交易决策

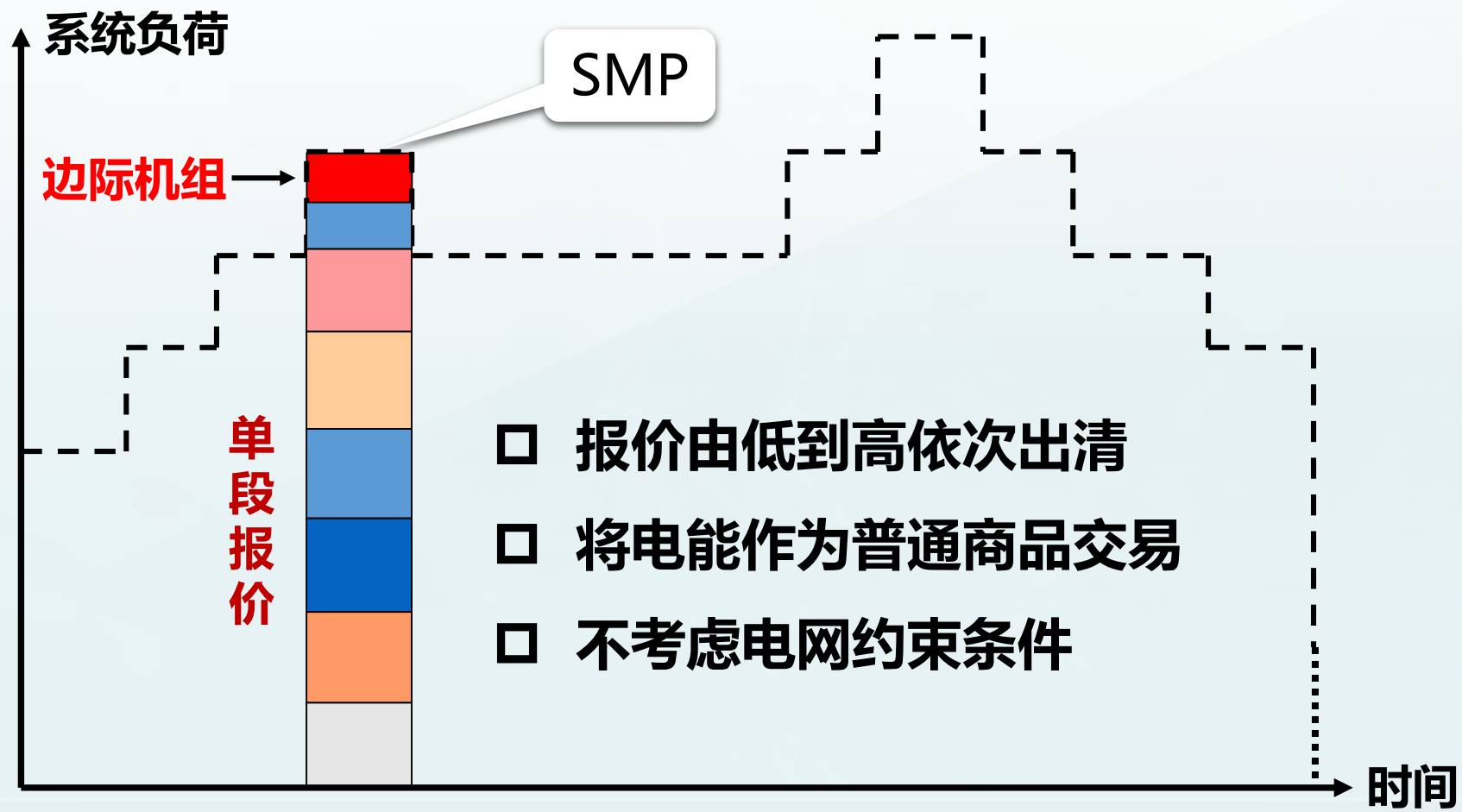
1

无约束交易计划

2

有约束交易计划

系统边际电价SMP (System Marginal Price)



日前市场的交易决策

1

无约束交易计划

2

有约束交易计划

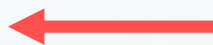
有约束交易计划——分区电价

发电资源稀缺

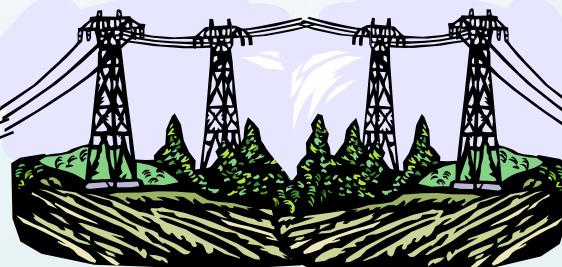


区域A

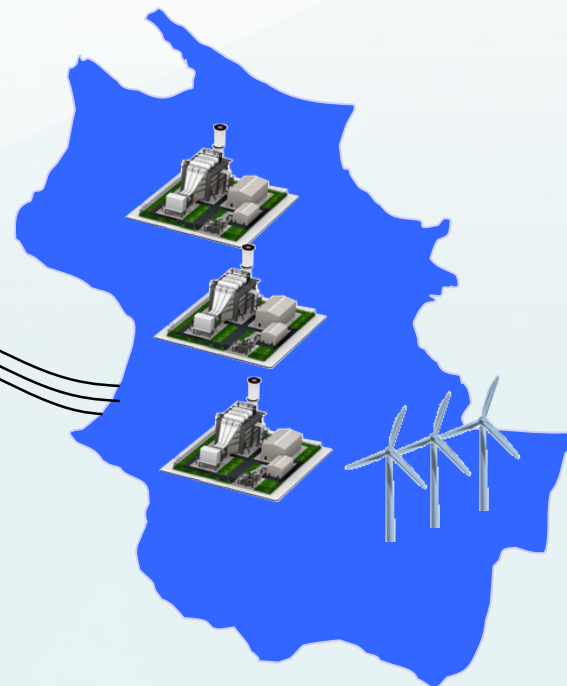
潮流方向出现阻塞



↑
价格上调



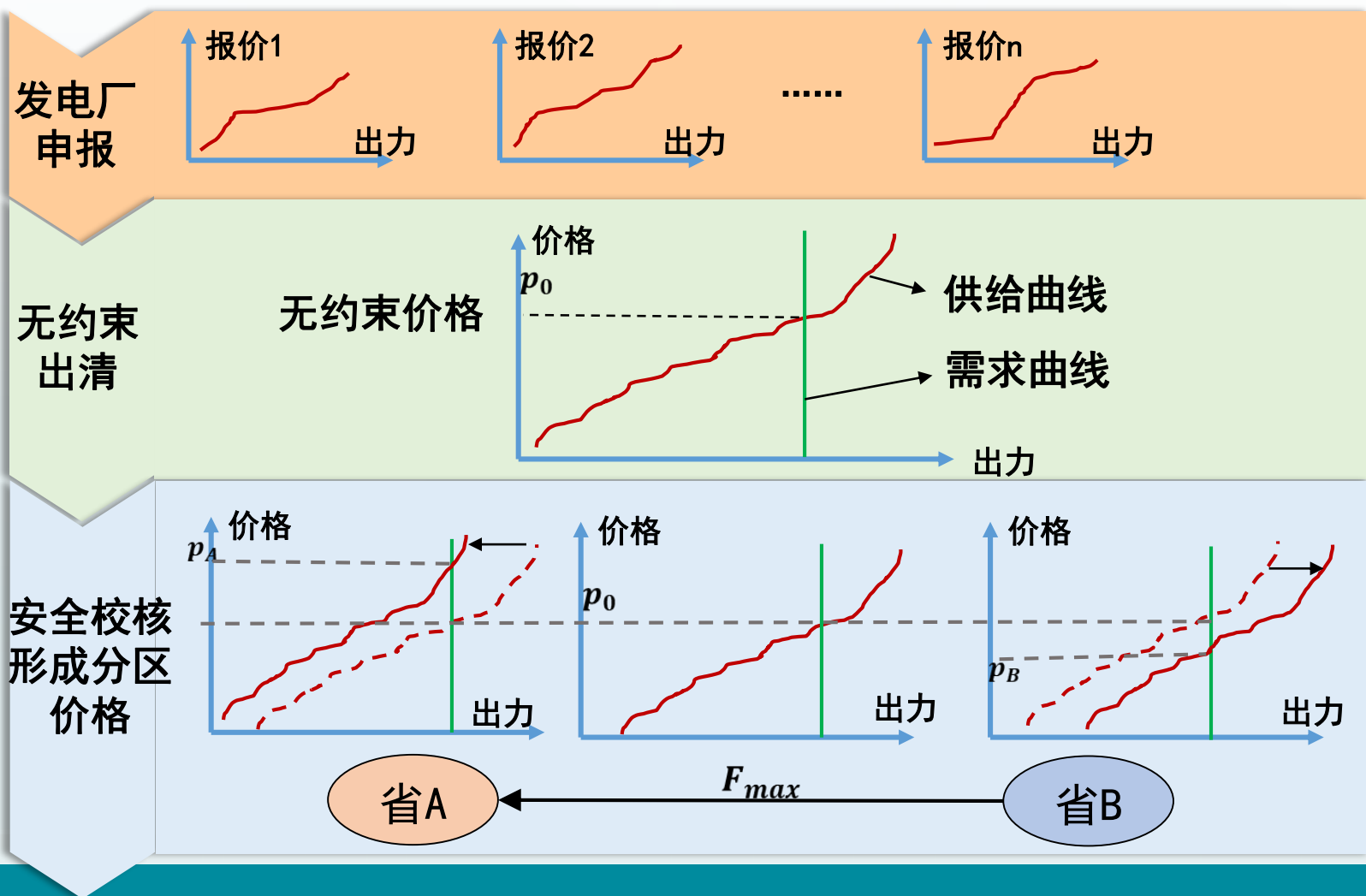
发电资源富裕



区域B

↓
价格下降

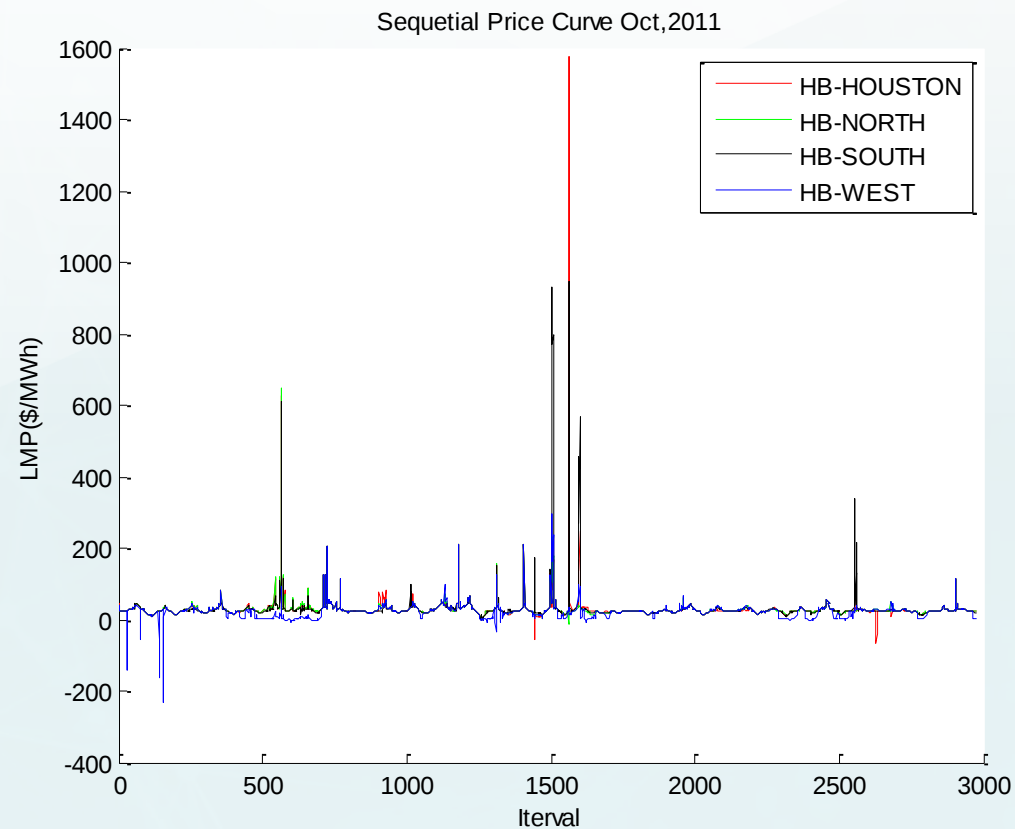
日前市场竞价经济学原理



节点电价实例：美国德州电力市场



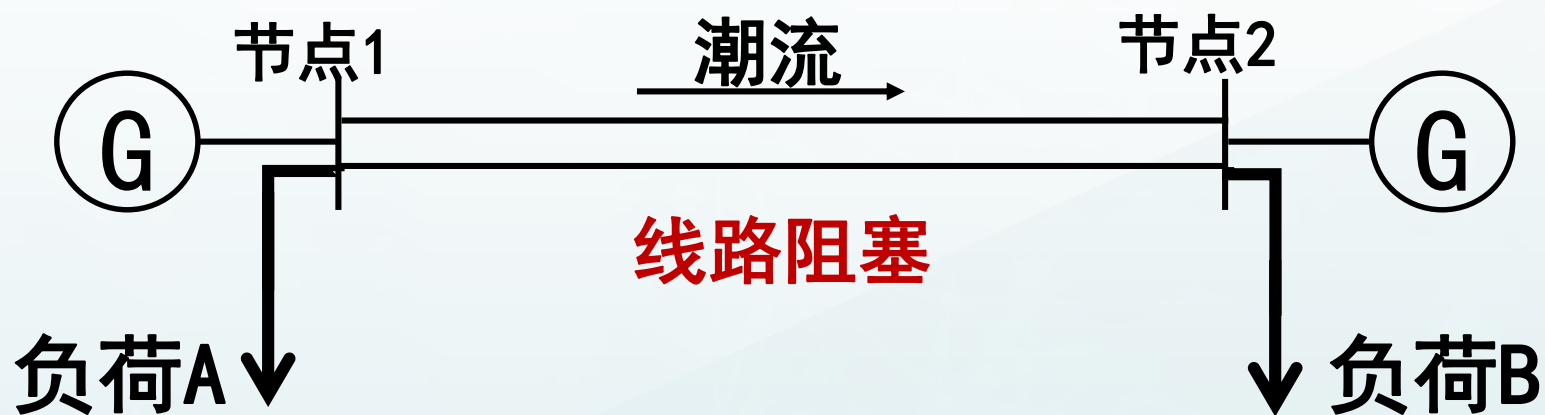
通过几个断面，电网被划分为
几个阻塞管理区 (Congestion
Management Zone)



节点电价

- 1982年MIT教授Schweppe提出节点电价理论。
- 定义：在满足当前输电网络设备约束条件下基于各类发电资源报价，在电价节点增加单位负荷需求时的边际成本。
- 节点电价的经济学意义是：在电网出现阻塞后，考虑输电损耗成本，而形成的局部市场均衡价格

节点电价的作用

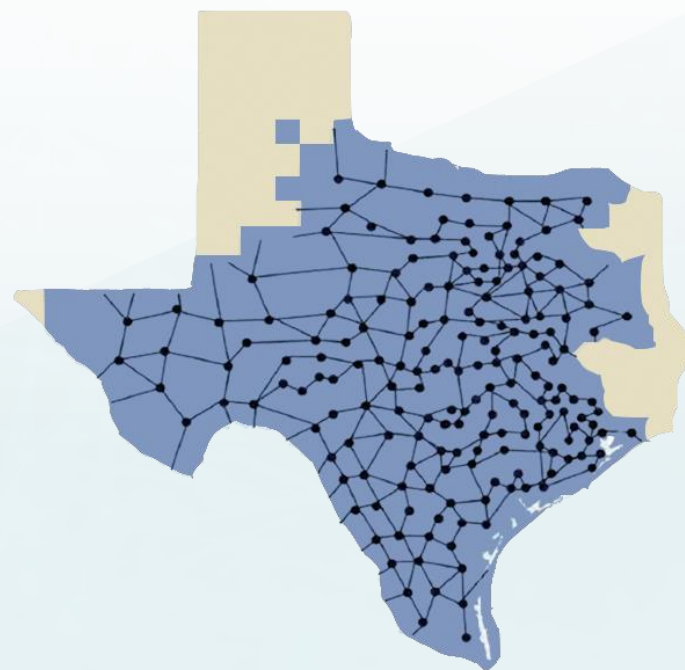


节点电价可以产生价格信号引导作用。对于节点电价比较高的地区，电力消费者会减少电能的使用，而对于节点电价比较低的地区，低价则鼓励用户多用电能。从而在一定程度上削弱两地间的输电阻塞。

节点电价实例：美国德州电力市场



通过几个断面，电网被划分为几个阻塞管理区



采用电网全模型，严格计算每个节点的**节点电价**

内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

日前市场的交易模型

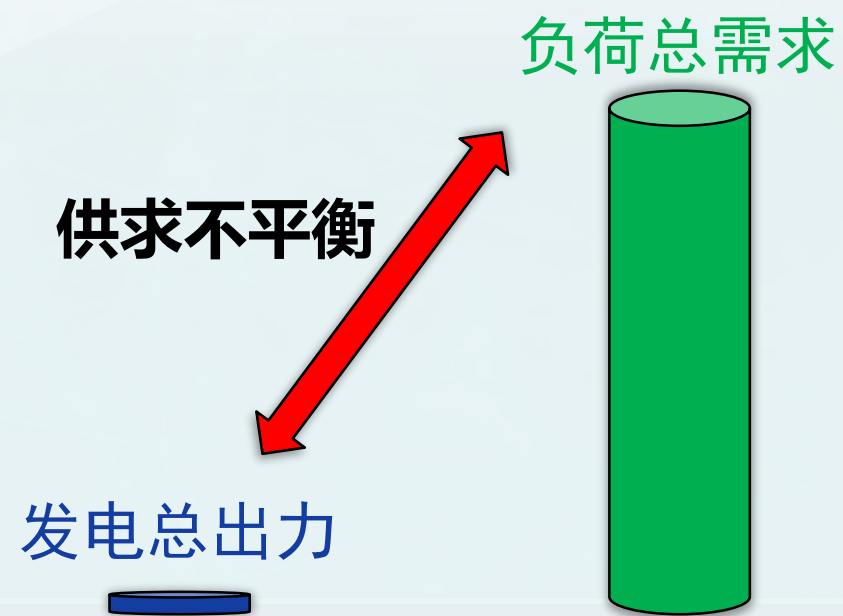
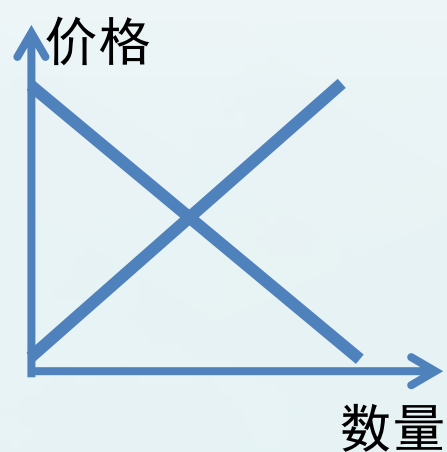
- 目标函数：追求各时段的购电费用之和最小
- 约束条件：
 - 系统有功平衡
 - 发电机最大和最小出力约束
 - 机组增减出力的速率约束
 - 直流潮流
 - 线路传输容量约束
 - 断面潮流限制
 - 发电合同电量约束；
 - 抽水蓄能能量平衡；
 - 水电厂供水约束条件；
 - 满足电厂与供电公司签订的供电合同。

内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

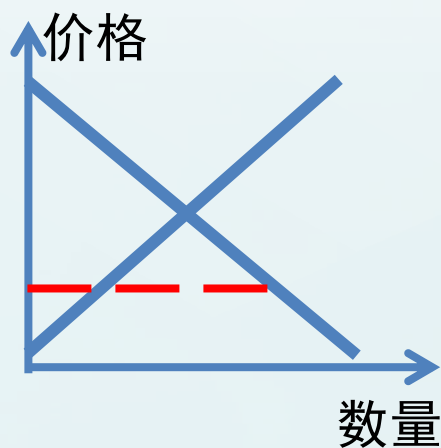
经济学家的方法

1. 从供求不平衡开始，发电总出力为零；

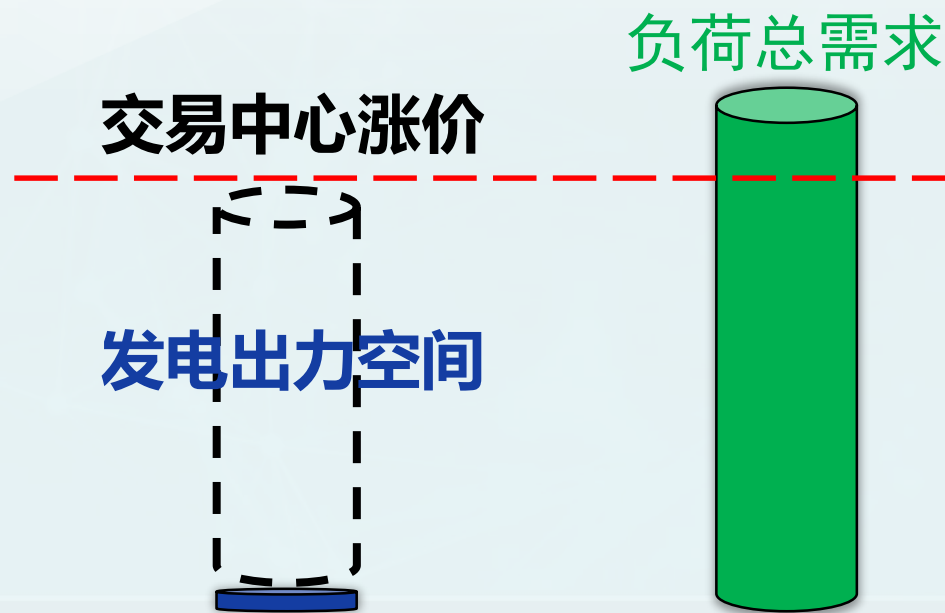


经济学家的方法

1. 从供求不平衡开始，发电总出力为零；
2. 供不应求，交易中心涨价，发布价格；



供不应求，提高价格



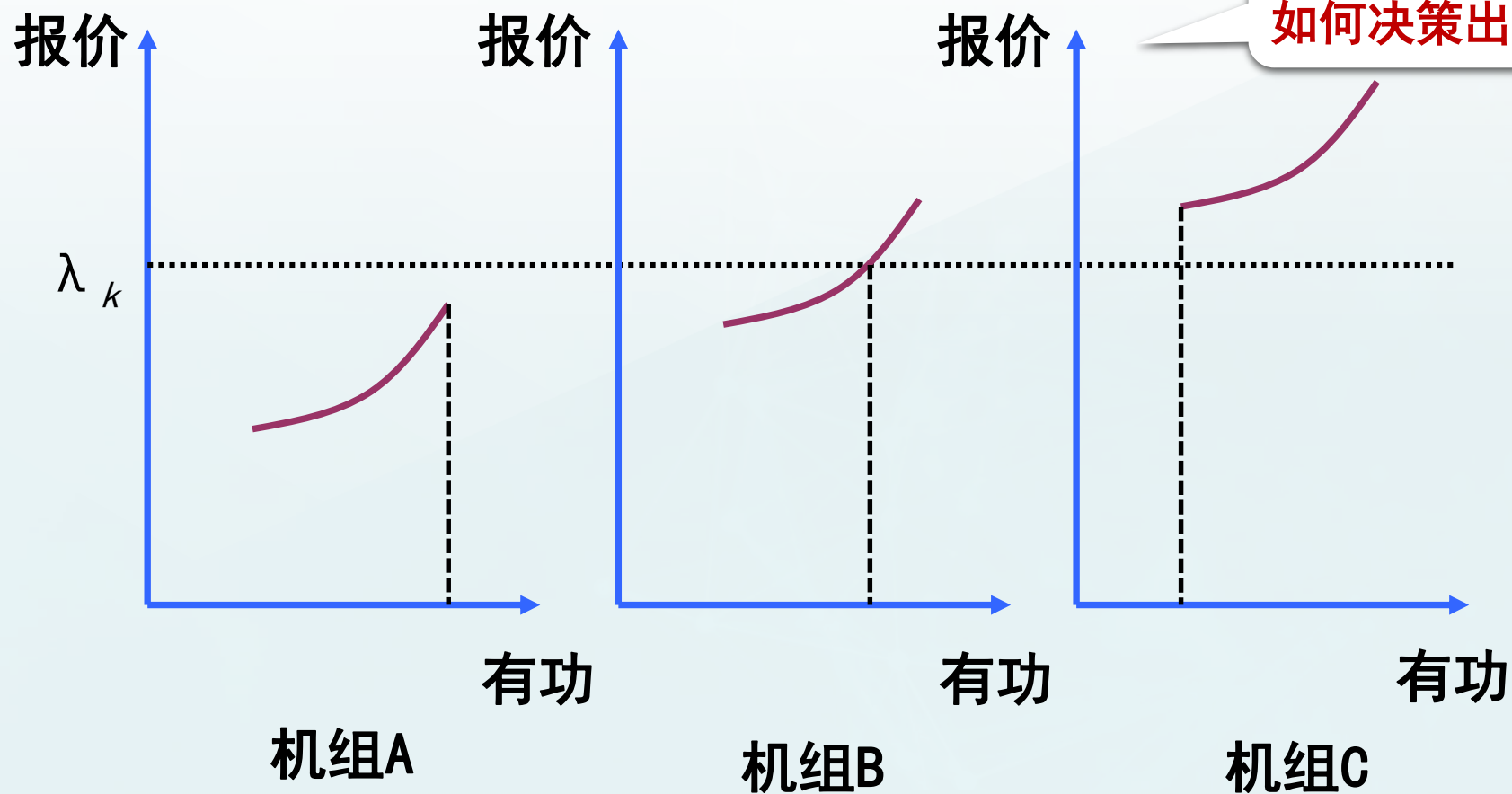
经济学家的方法

1. 从供求不平衡开始，发电总出力为零；
2. 供不应求，交易中心涨价，发布价格；
3. 各发电商以**自身利益最大化**为目标，根据交易中心发布的价格，计算自身的发电水平，上报交易中心；

发电商
目标函数：
最大化自身利益
变量：
发电水平
参数：
交易中心发布价格



发电商决策

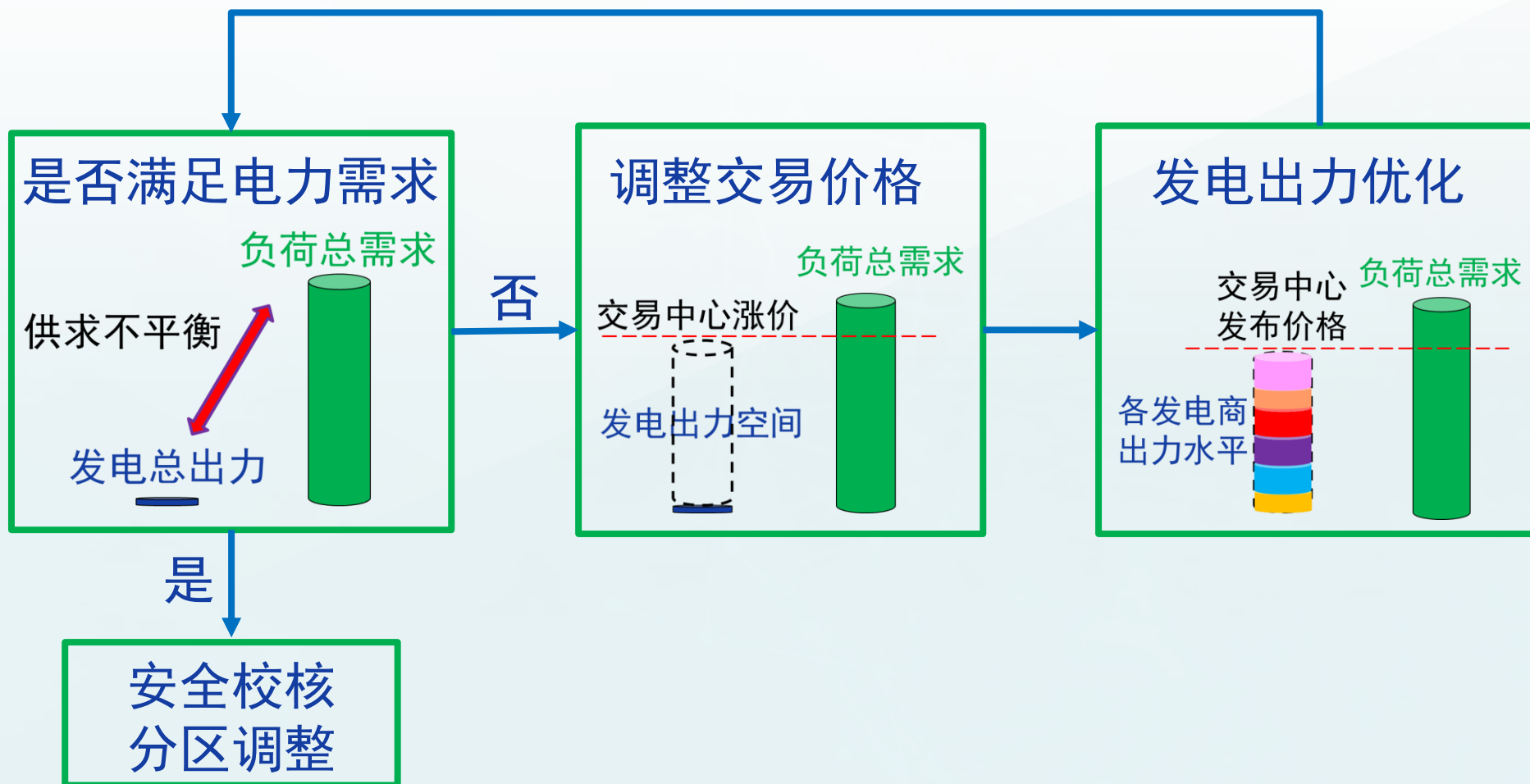


问题：这些机组将如何决策出力点？

经济学家的方法

4. 交易中心总加所有的发电商上报的发电，看电力需求是否得到了满足？如果满足，则进行安全校核，去步骤5；否则，去步骤2。
5. 根据各发电机组的出力，计算电网潮流，检验是否有越界的线路？有越界的线路，则进行分区，送端区域电价降低，受端区域电价上涨；去3。没有越界，结束价格调整。

经济学家的方法



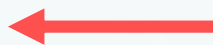
有约束交易计划——分区电价

发电资源稀缺



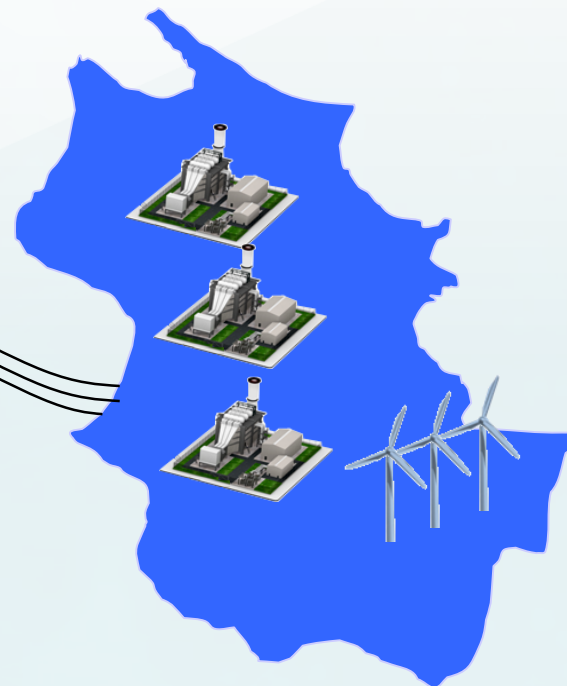
区域A

潮流方向出现阻塞



↑
价格上调

发电资源富裕



区域B

↓
价格下降

内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

Lagrange 松弛法

- 以单时段单节点（忽略时段下标）的简化模型为例。

$$\begin{array}{ll} \text{目标} & \min \left\{ \sum_{j \in NG} F_j(P_j) \right\} \\ \text{函数} & \\ \text{约束} & s.t. \\ \text{条件} & \begin{cases} \sum_{j \in NG} P_j = D \\ P_{j,\min} \leq P_j \leq P_{j,\max}, j \in NG \end{cases} \end{array} \quad (1)$$

- ✓ 固定 λ ，求（2）最小，则意味着以最小的成本增加发电机出力，直到第一项的边际成本等于 λ 。
- ✓ 不断地增加 λ ，直到发电机出力与负荷平衡。

该模型的Lagrange函数如下：

$$L(P_1, \dots, P_{NG}, \lambda) = \sum_{j \in NG} F_j(P_j) + \lambda \left(D - \sum_{j \in NG} P_j \right) \quad (2)$$

Lagrange 松弛法

- 问题(1) 与其对偶问题具有相同的解:

$$\max_{\lambda} \left\{ \min_{P_1, \dots, P_{NG}} \{L(P_1, \dots, P_{NG}, \lambda)\} \right\} \quad (3)$$

- 问题(3) 可进一步分解为主迭代:

主迭代

给定各机组出力,
关于 λ 求最大

$$\max_{\lambda} \{L(P_1^k, \dots, P_{NG}^k, \lambda)\} \quad (4)$$

λ^k ↓

↑ $P_1^k, \dots, P_{NG}^k$

子迭代

给定 λ , 关于各
机组出力求最小

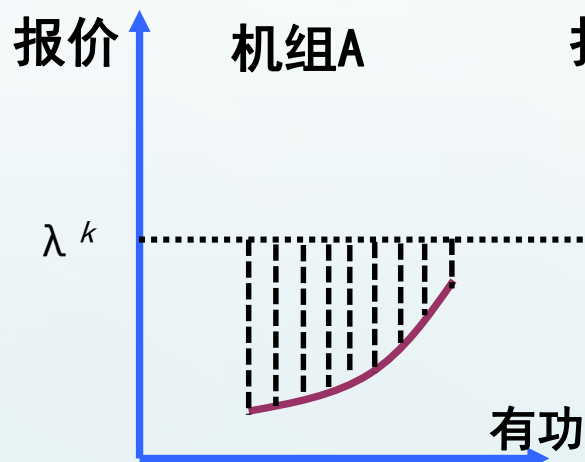
$$\begin{aligned} & \min_{P_1, \dots, P_{NG}} \{L(P_1, \dots, P_{NG}, \lambda^k)\} \\ & s.t. \quad P_{j,\min} \leq P_j \leq P_{j,\max}, j \in NG \end{aligned} \quad (5)$$

Lagrange 松弛法

子迭代：发电成本最小化

$$\min_{P_1, \dots, P_{NG}} \{L(P_1, \dots, P_{NG}, \lambda^k)\} \quad (5)$$

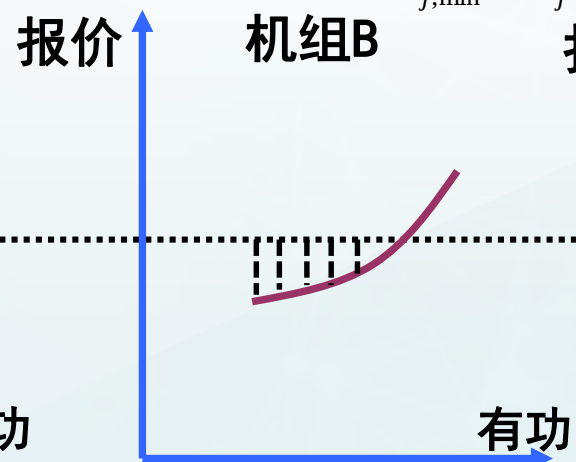
$$s.t. \quad P_{j,\min} \leq P_j \leq P_{j,\max}, j \in NG$$



$$dF_j/dP_j < \lambda^k$$

$$P_j = P_{\max,j}$$

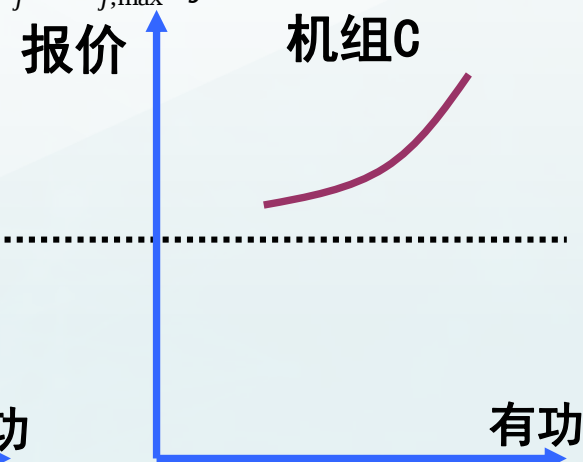
发电公司边际成本
小于市场价格，则
按最大出力发电



$$dF_j/dP_j = \lambda^k$$

$$P_{\min,j} < P_j < P_{\max,j}$$

发电公司在边际成本
等于市场价格处
发电。



$$dF_j/dP_j > \lambda^k$$

$$P_j = P_{\min,j}$$

发电公司边际成本
大于市场价格，则
按最小出力发电

Lagrange 松弛法

主迭代：调整 λ 消除不可行 $\max_{\lambda} \left\{ L(P_1^k, \dots, P_{NG}^k, \lambda) \right\} \quad (4)$

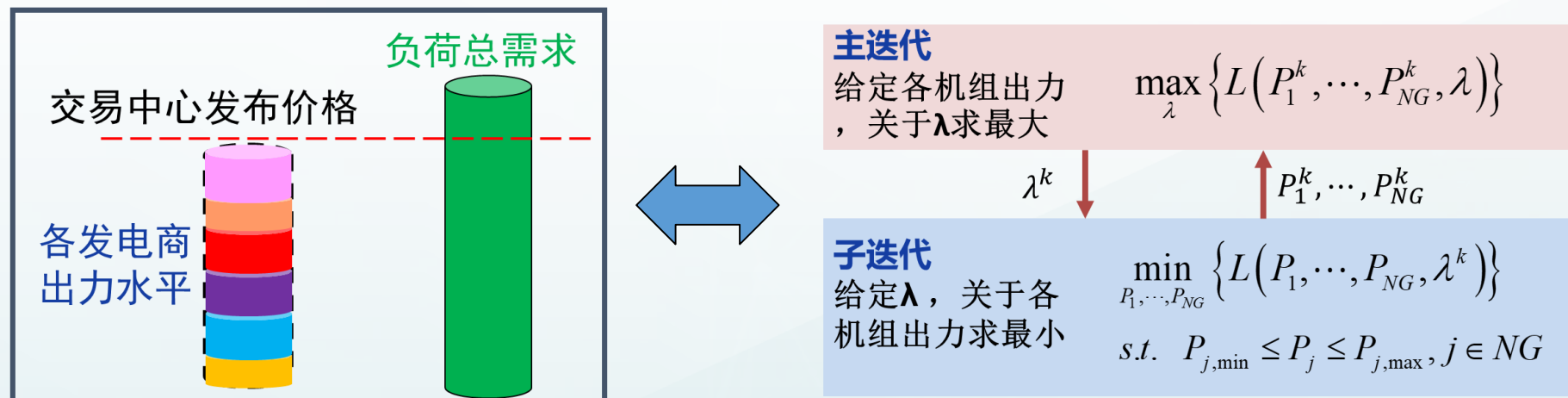
- 问题(4)可通过次梯度法求解, 如下式所示:

$$\lambda^{k+1} = \lambda^k + \alpha \cdot (D - \sum_{j \in NG} P_j) \quad (6)$$

(这里 α 是正的调整因子)

- 问题(6)通过缓慢改变 λ^k 消除不可行
 - 当 $(D - \sum P_j) > 0$, λ 增加引导机组增加出力
 - 当 $(D - \sum P_j) < 0$, λ 减少引导机组减少出力
 - 当 $(D - \sum P_j) = 0$, λ 达到最优点, 此时供需平衡, 发电成本最小

Lagrange 松弛法



计算机迭代求解优化问题，是程序中主迭代、自迭代交互信息、分别寻优的过程；而市场均衡则是各市场成员对价格作出响应、追寻自身效益最大化的过程，市场本身就是一个最优化的过程。

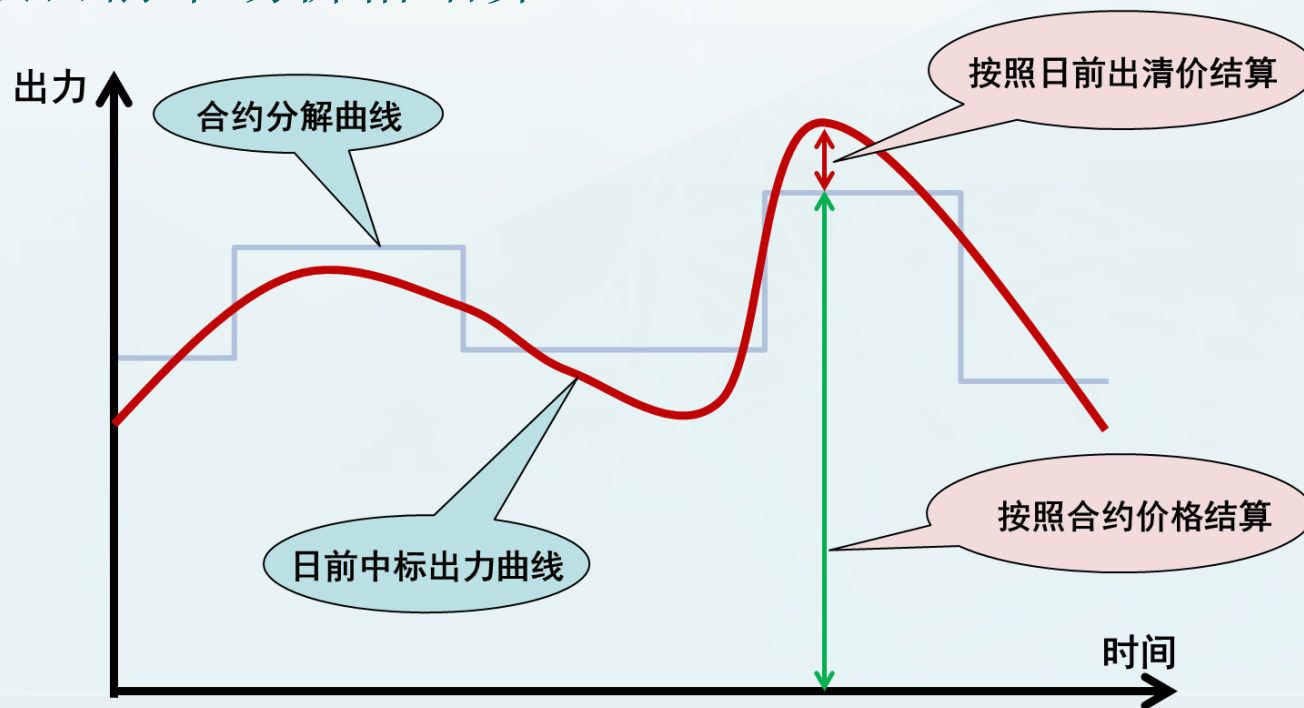
优化模型迭代求解过程与经济学家的做法不谋而合！

内容提要

- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 中长期合约与日前市场的结算
- 九. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

中长期合约的交割和结算

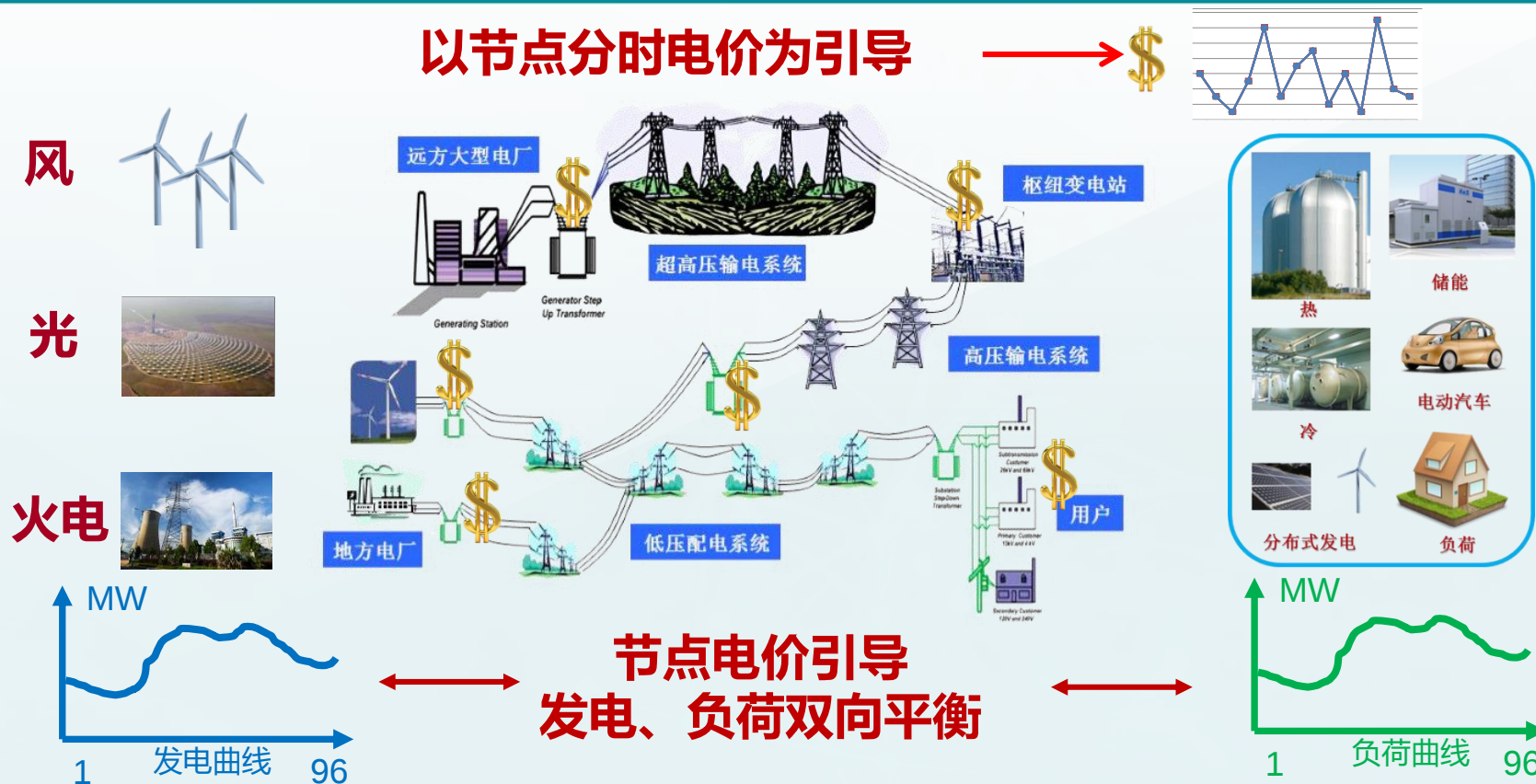
- 价差交割：日前市场全电量竞争。合约分解曲线按合约价格结算，合约曲线与日前中标曲线偏差部分按日前市场价格结算



内容提要

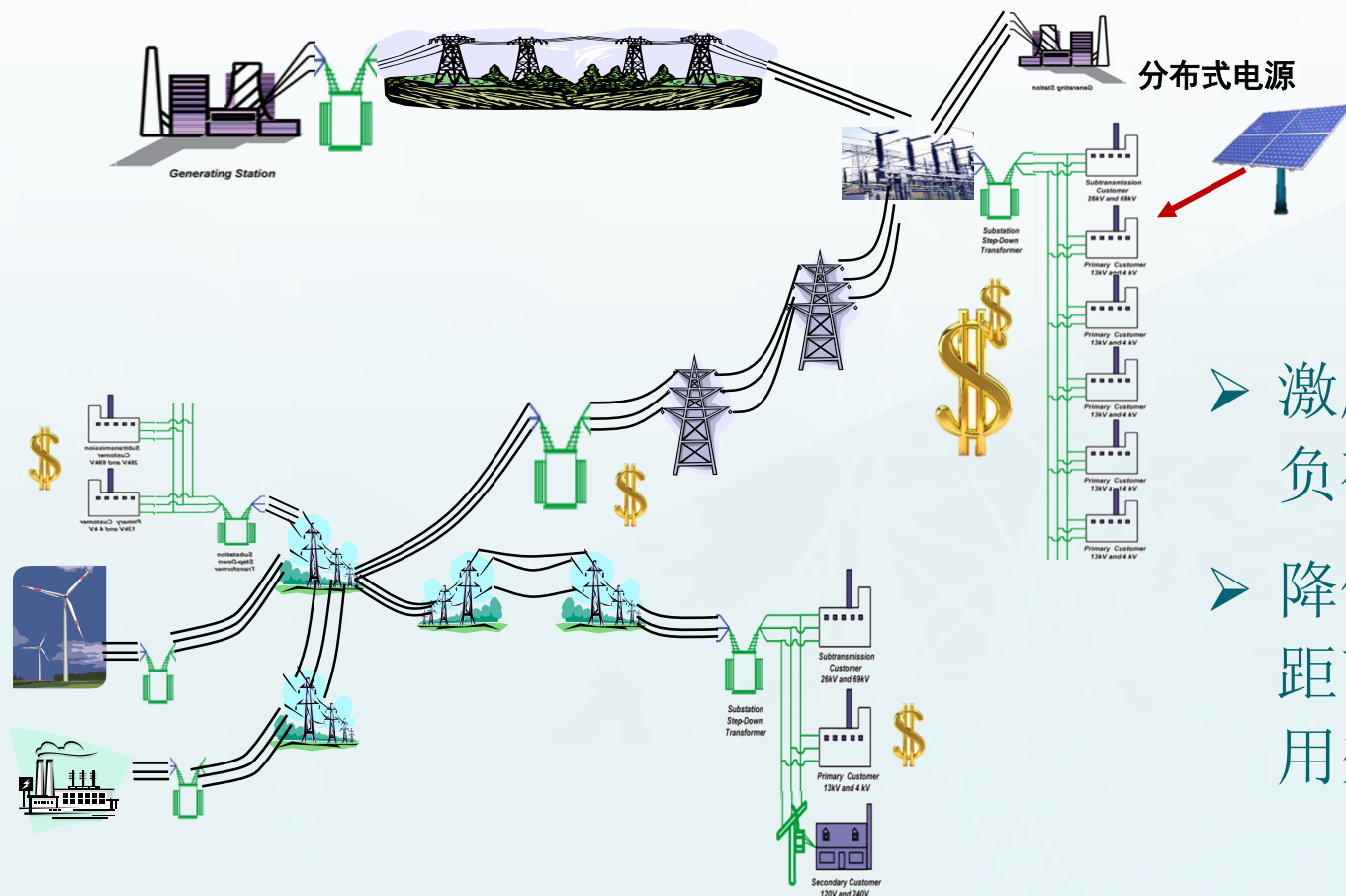
- 一. 设置日前市场的目的
- 二. 日前市场的竞价空间
- 三. 日前市场的报价
- 四. 日前市场的市场出清
- 五. 日前市场的数学模型
- 六. 日前市场出清的市场均衡过程
- 七. 日前市场出清的Lagrange松弛法
- 八. 日前市场在电力资源优化配置中的作用

意义1、以分时电价引导电网负荷时间分布



以时变的节点电价信号引导电网负荷在时间尺度的转移，促进新能源消纳

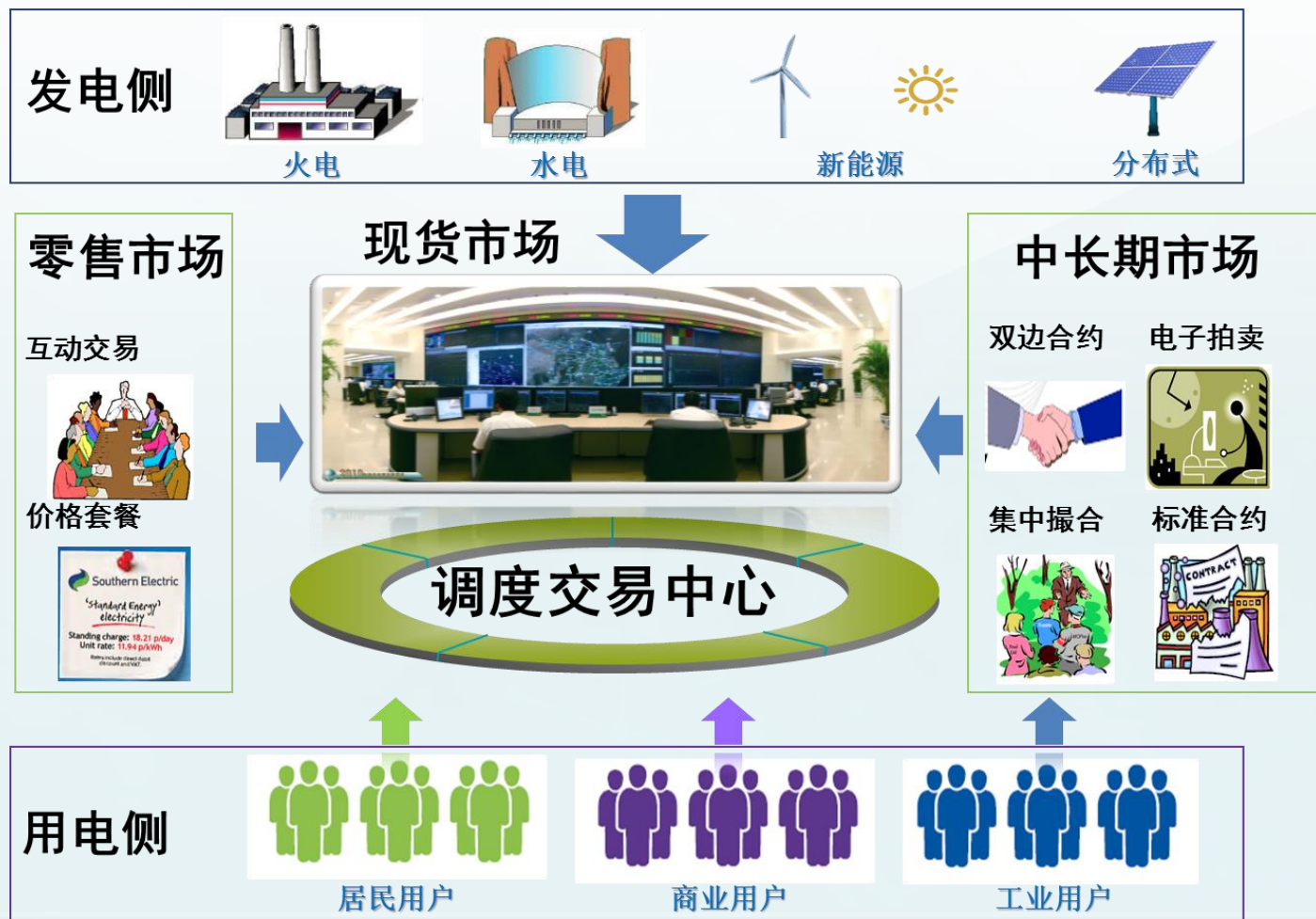
意义2、以节点电价引导电网负荷空间分布



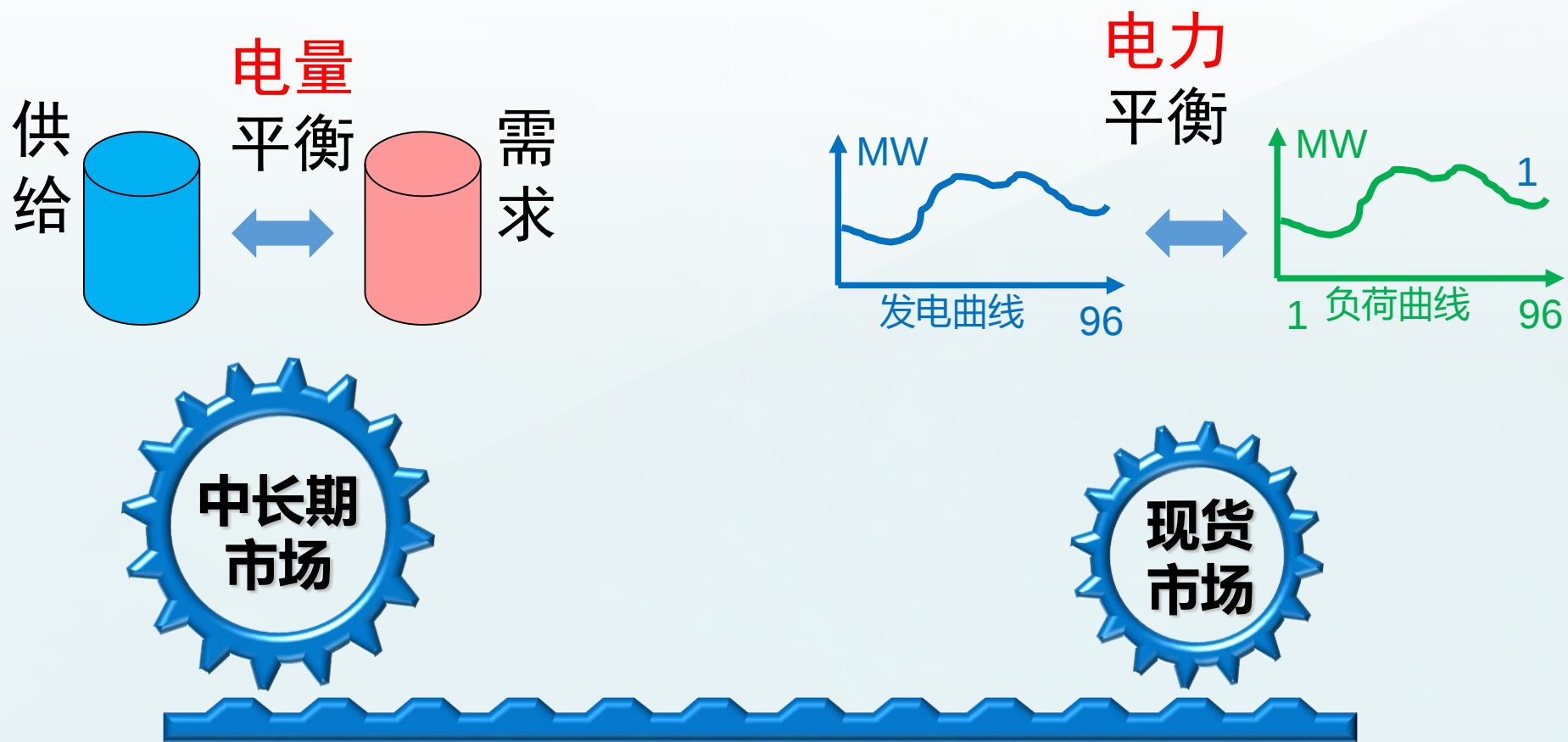
- 激励分布式电源发展或负荷转移
- 降低电厂和负荷的电气距离，提高电网资产利用效率

利用节点电价引导资源空间优化配置，提高资产利用效率

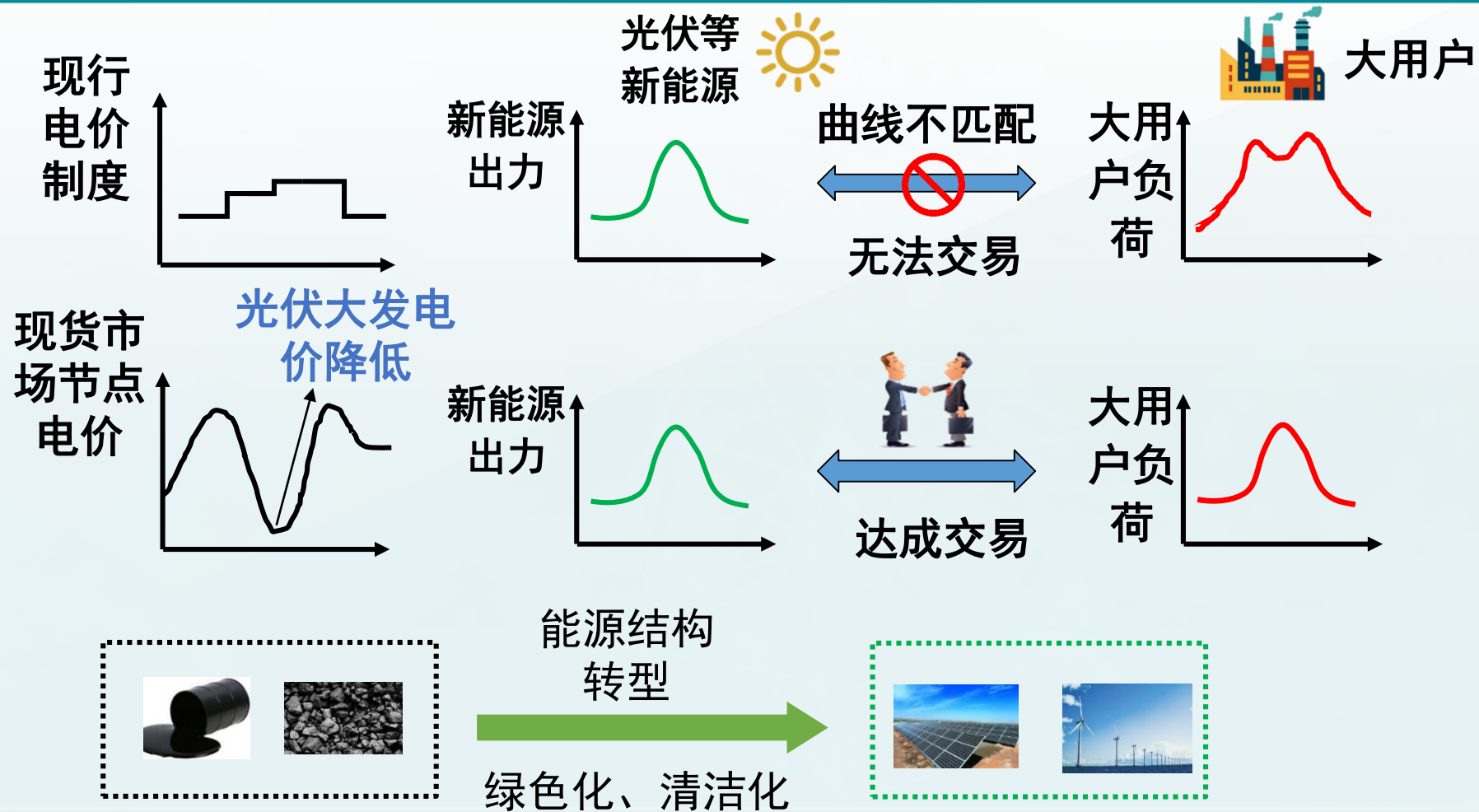
意义3、用新的市场模式代替传统的调度模式，实现电网调度运行决策的革命



意义4、中长期交易解决了电量供需均衡，只有现货才能解决电力供需的市场均衡

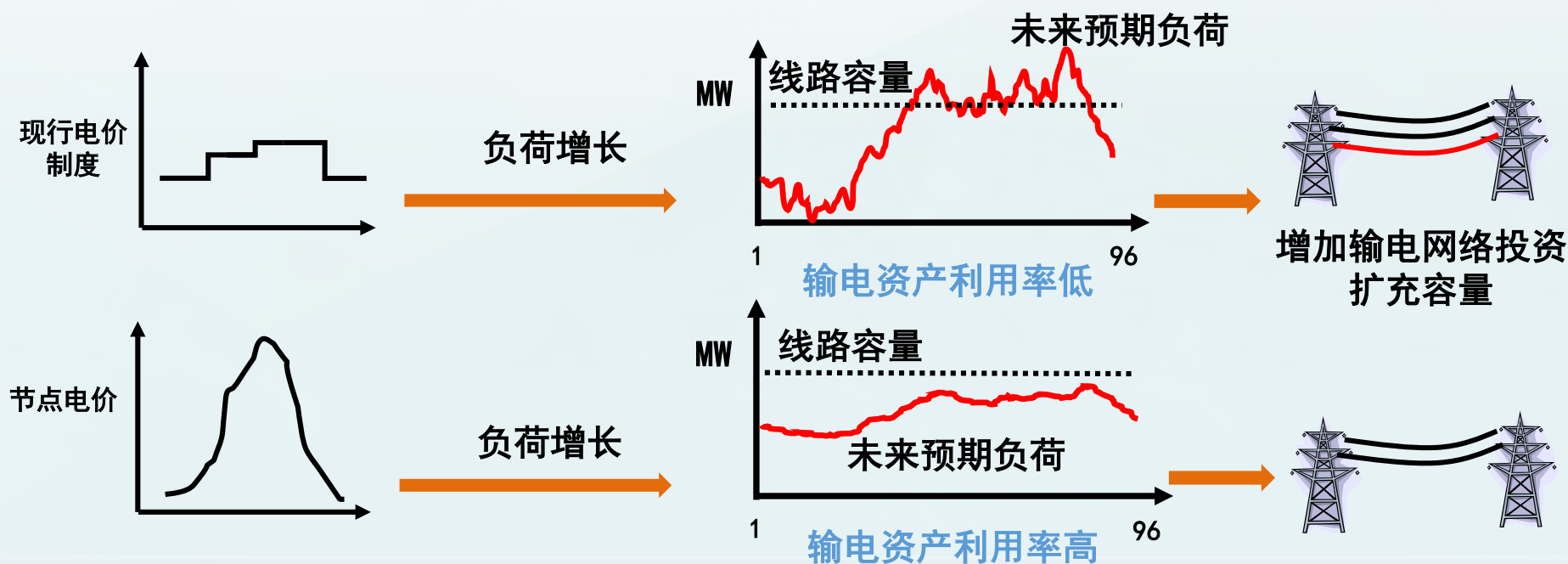


意义5、现货市场促进能源结构转型

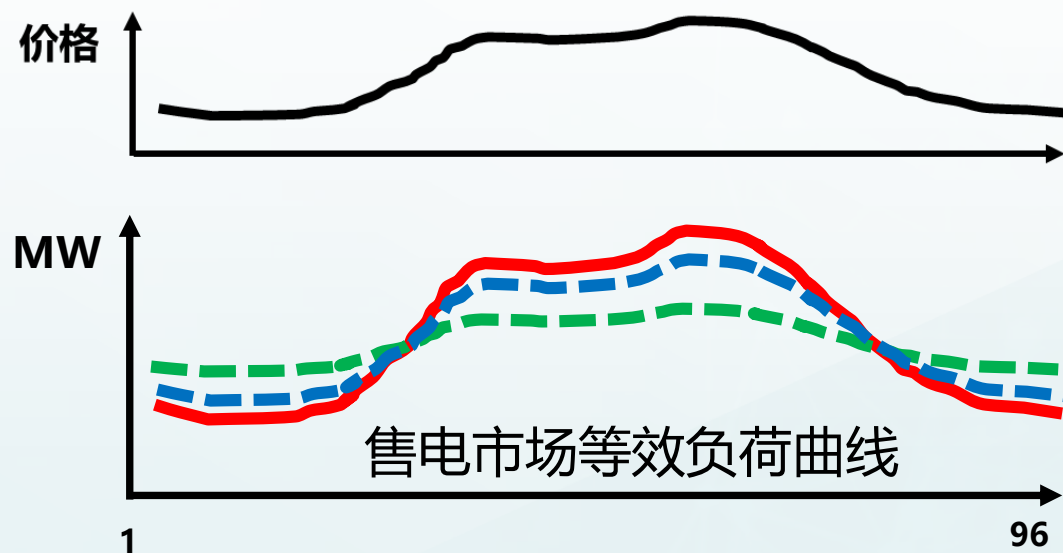


意义6、以市场的方式推进需求侧响应

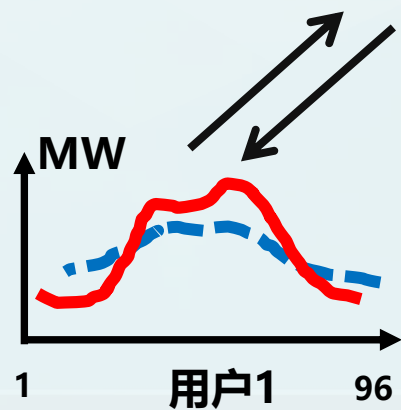
- 实现源网荷的互动，全面提升电力设备的利用率，分时节点电价实现电力供需在时空尺度上的优化配置。
- 利用现货市场给出的经济信号提高资产利用效率，延缓投资



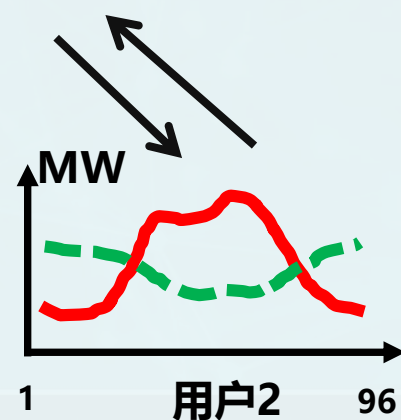
意义7、激活售电市场的活力，发挥售电市场价值，实现无序的用户变为有序的用户



引导用户以合理
地方式消费电能，
参与需求响应



按移峰贡献率
分配效益



内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

内容提要

- 
- 一. 什么是二级市场
 - 二. 为什么要开展二级市场交易
 - 三. 基于二级市场的自调度
 - 四. 发电权市场的交易模式
 - 五. 发电权交易约束
 - 六. 用电权交易
 - 七. 二级市场的作用
 - 八. 二级市场的案例

电力交易的二级市场

- **发电权**是电厂通过合约市场、日前市场所获得的发电初始合同。
- **用电权**是用户通过合约市场、日前市场所获得的用电初始合同。
- **二级交易市场**是按照一定的规则组织各发电厂和用户开展发电权与用电权交易的市场。

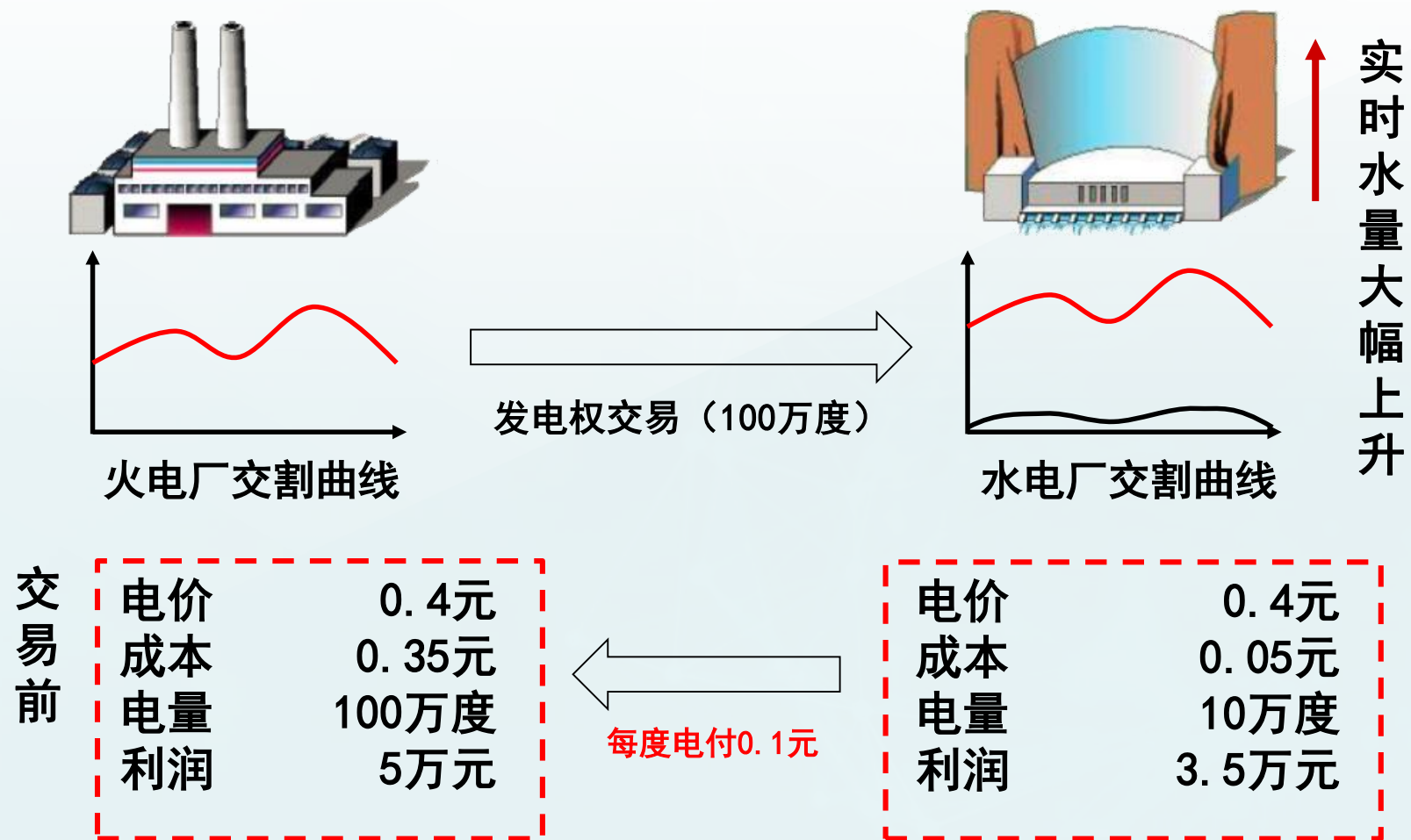
内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

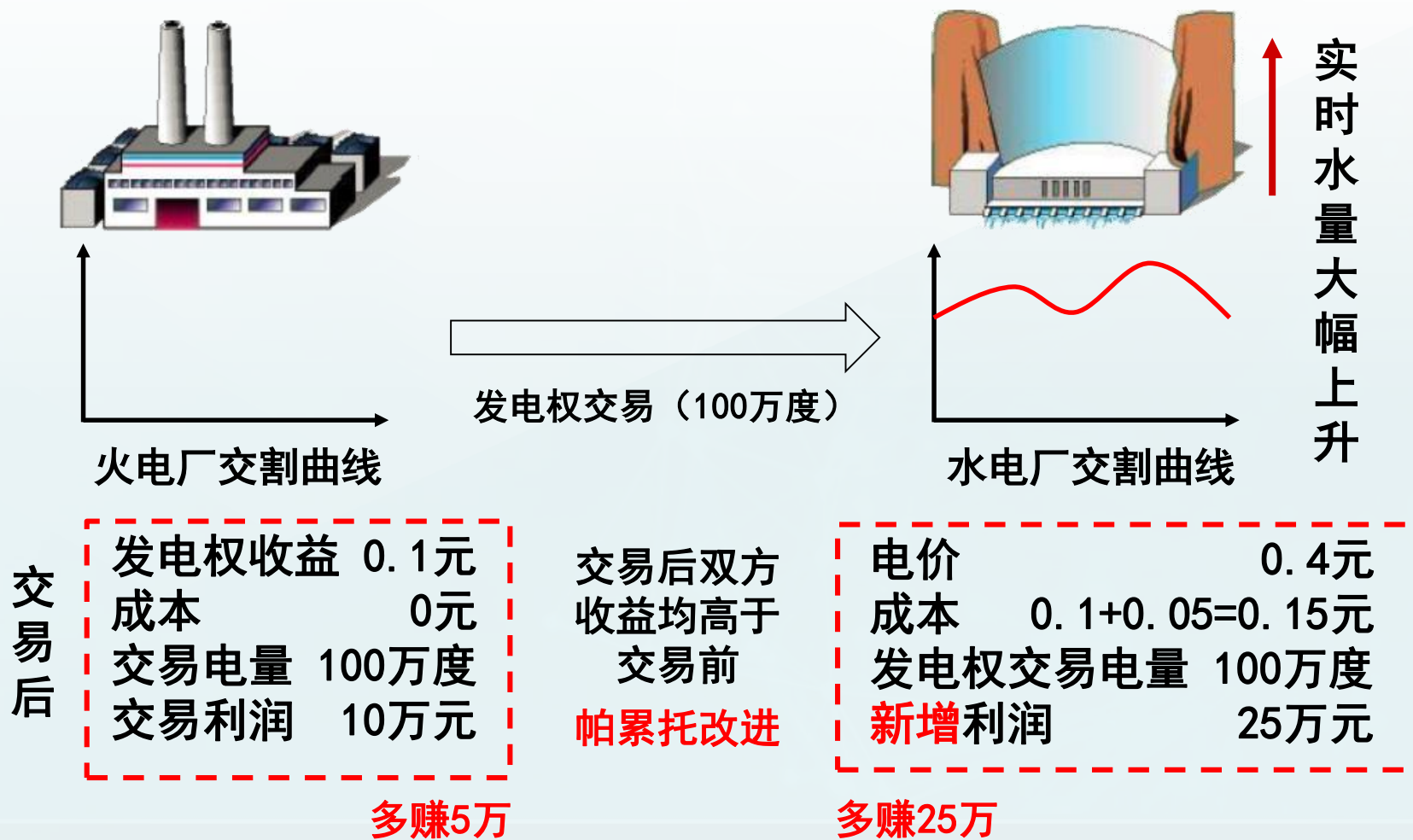
发电权交易降低了发电企业的违约风险



发电权交易利用市场机制实现水电和火电的互相补偿



发电权交易利用市场机制实现水电和火电的互相补偿



内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

基于发电权交易的电力市场交易组织

- 调度中心在出清模型中不考虑机组爬坡、机组容量等约束
- 机组通过基于发电权交易的自调度确保交易结果的执行



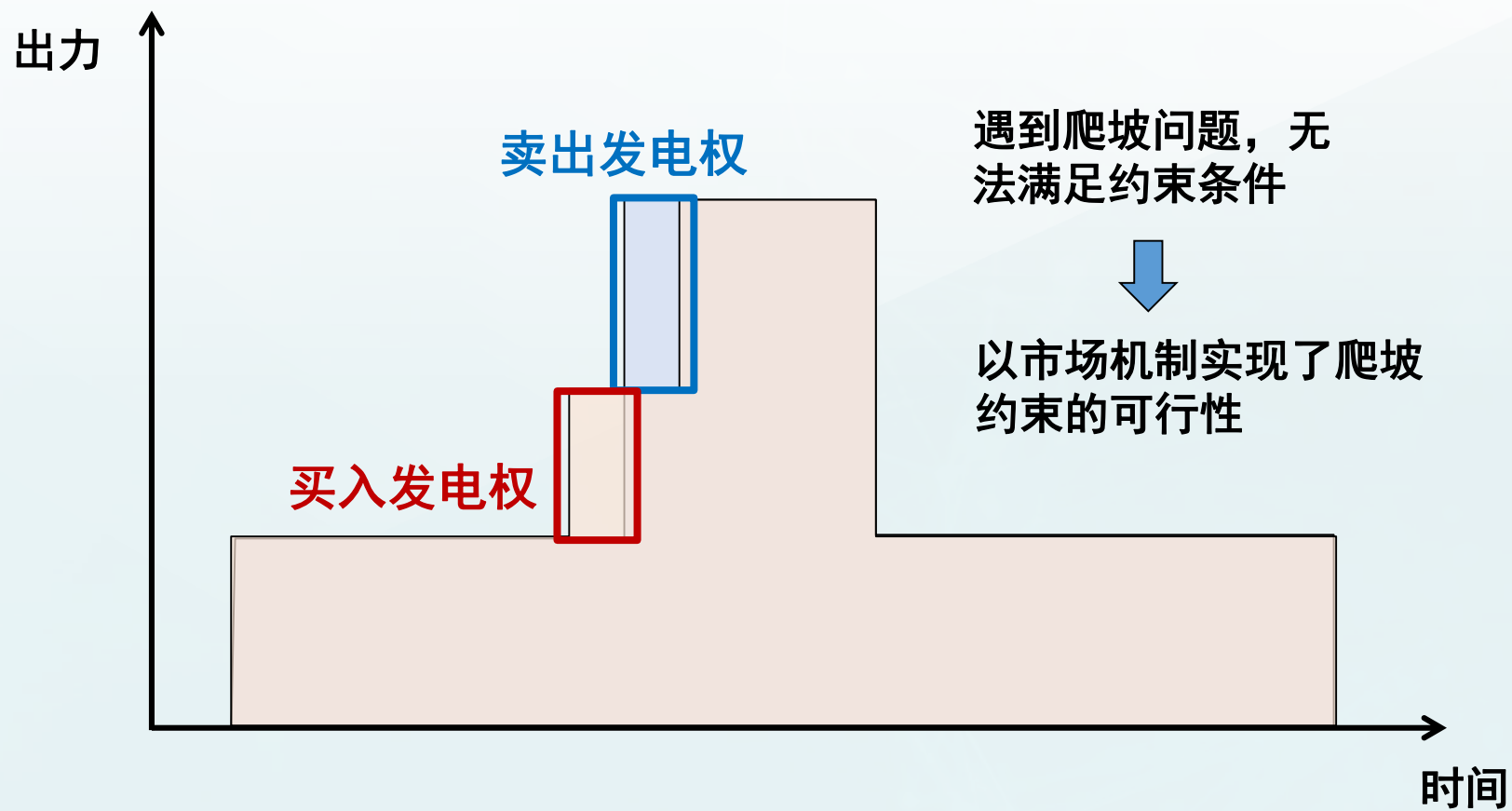
- ◆ 增强市场自由度
- ◆ 降低市场监管成本
- ◆ 利用价格信号引导约束弹性化

基于发电权交易的电力市场交易过程



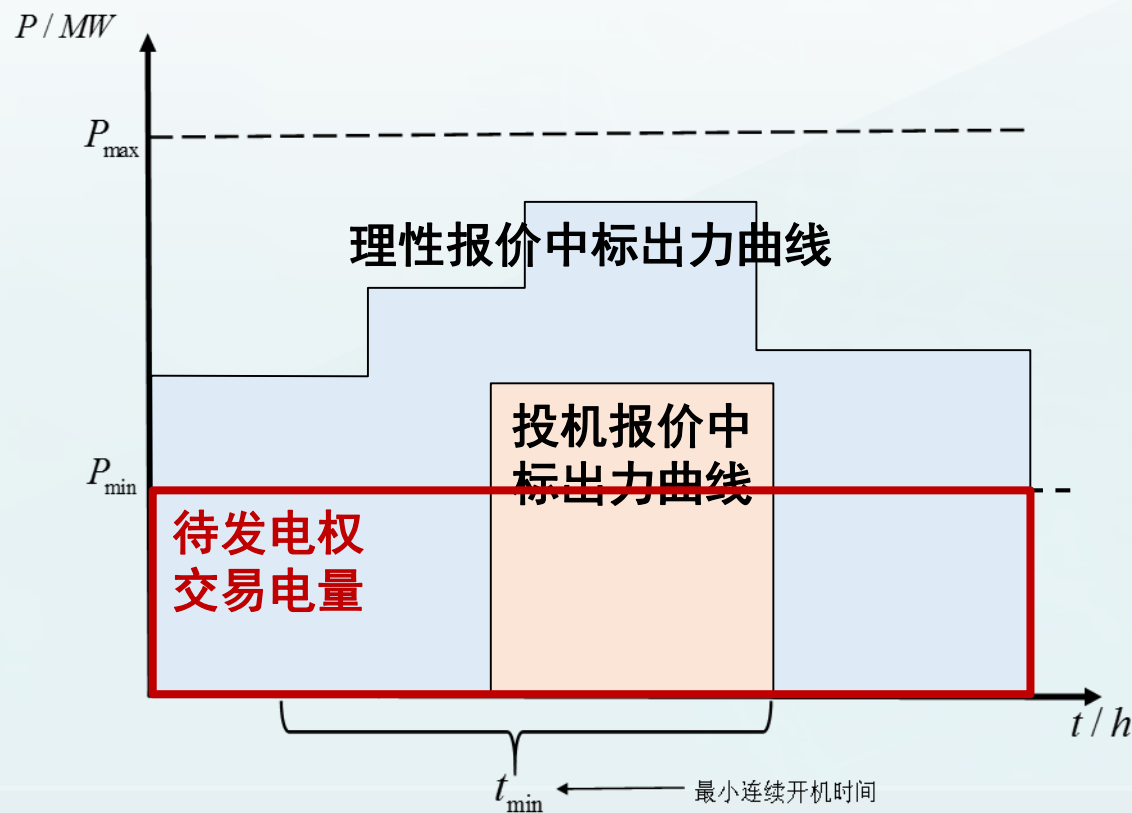
促进理性交易

利用发电权交易实现爬坡约束条件满足



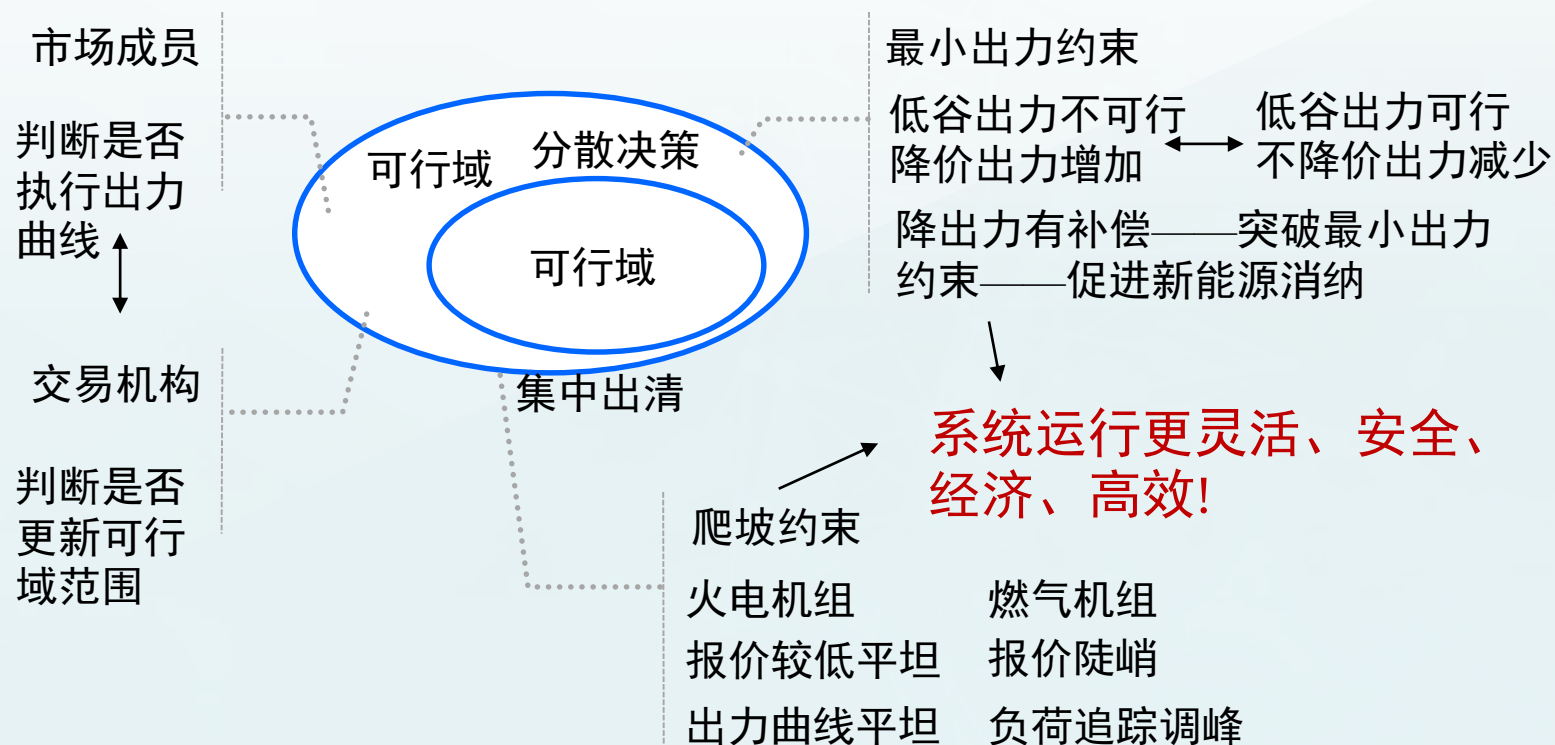
利用发电权交易实现机组出力约束条件满足

- 如果机组利用供求紧张进行非理性报价，则会出现高峰时段中标而低谷一个或多个时段不满足其出力约束而不可执行的情况，反而付出更高昂的经济成本



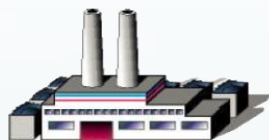
基于发电权交易的电力市场交易增加了约束的弹性化

- 市场交易探知真实可行域，价格引导约束松弛改善社会福利



传统电力市场市场交易过程

电厂上报数据



容量、爬坡、成本、最小开停机出力



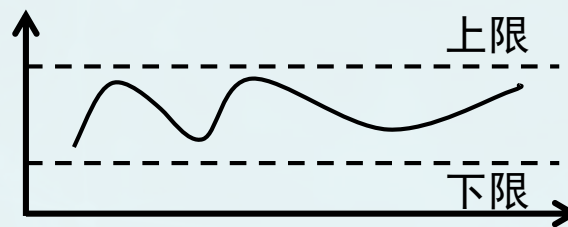
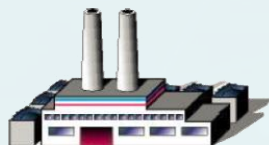
市场运行机构出清



调度出清
(有约束)



电厂得到可执行曲线

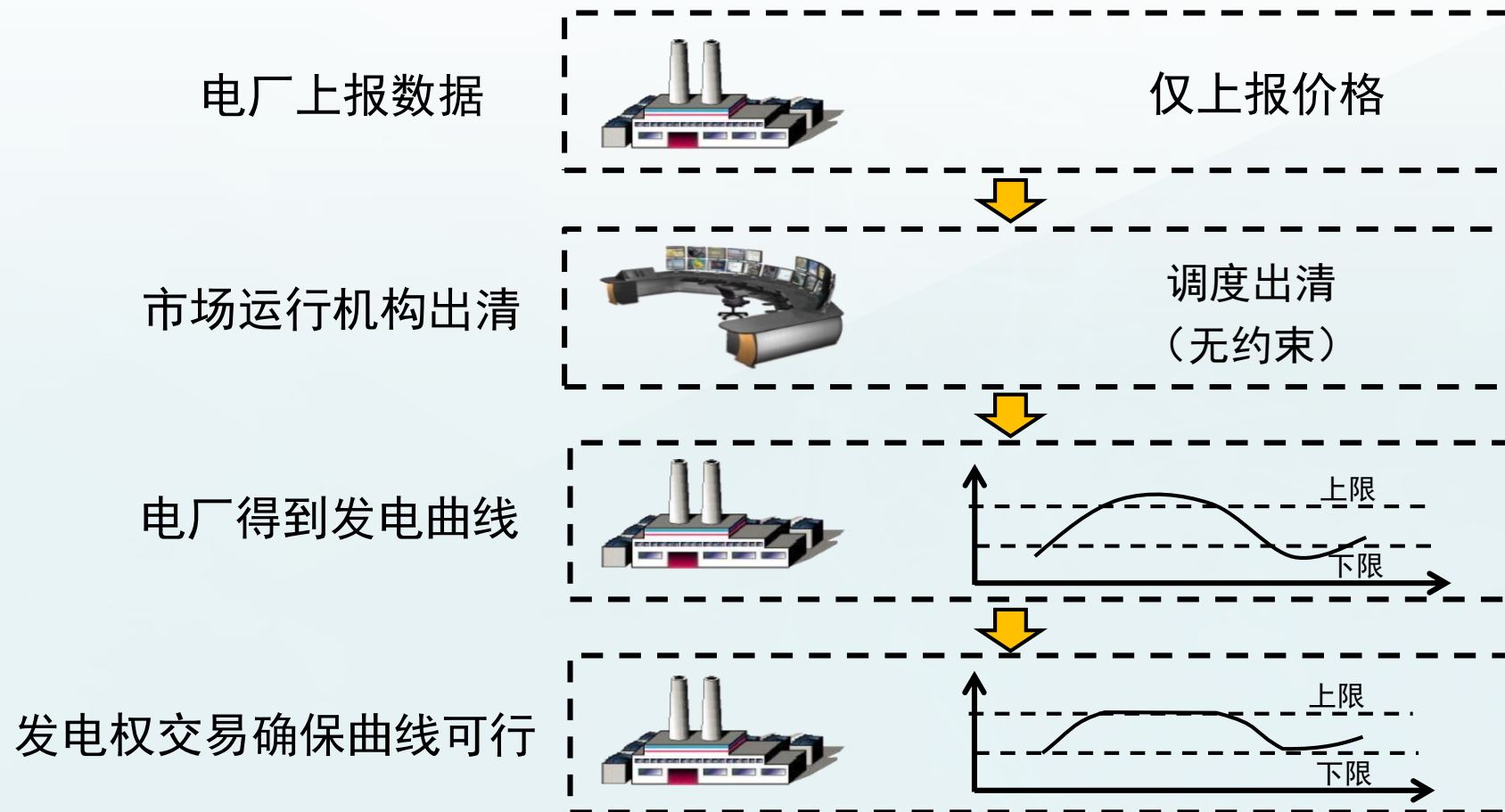


信息不对称

电厂可能瞒报数据

约束弹性的电力市场交易过程

基于发电权的市场组织方式

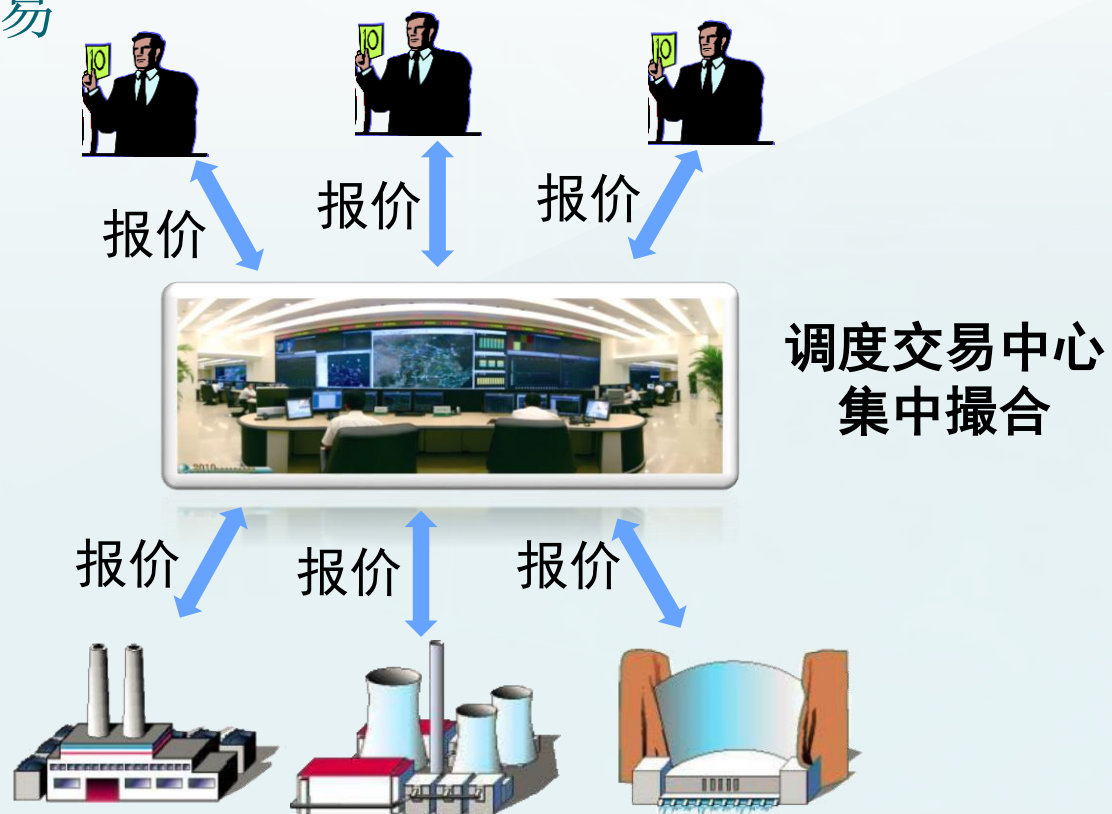


内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

发电权交易市场的交易模式

- 一种是经纪人交易模式，由电力市场运营机构开展集中撮合交易



发电权交易市场的交易模式

- 市场运营机构只是提供一个交易平台，由交易双方协商交易，由电力调度机构开展安全校核



内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

发电权交易中的市场约束

1. 在辅助服务市场中中标的发电公司，如AGC机组、备用服务机组，一般不参与发电权交易市场
2. 发电公司购入的发电权加上已经中标的出力不能超过其最大装机容量
3. 发电公司出售的发电权不能超过其已经中标的总出力

发电权市场的功能

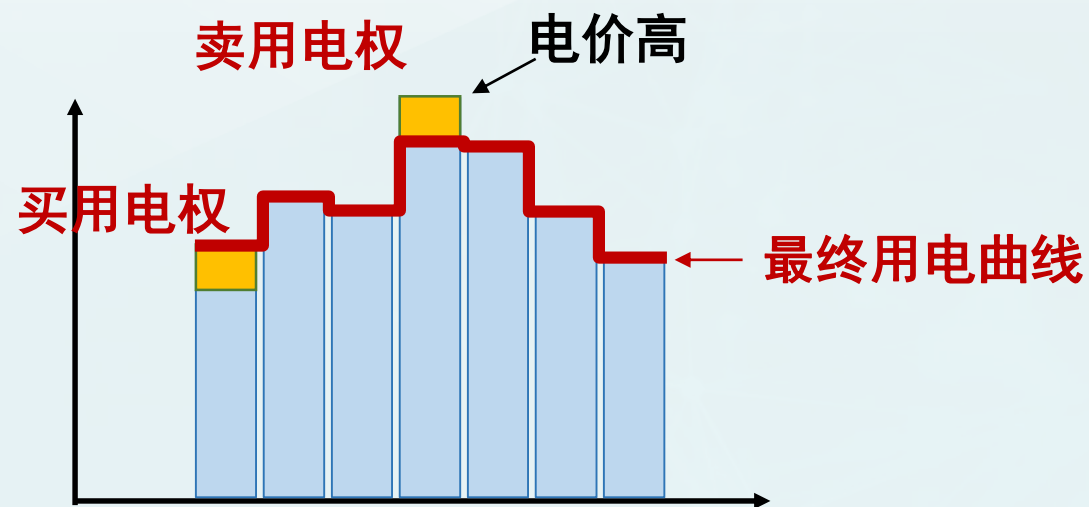
- ① 合约市场、日前是一级市场
- ② 二级市场提升了市场的流动性
- ③ 二级市场增强了资源优化配置的时效性
- ④ 二级市场为发电公司自调整发电计划提供了市场机制
- ⑤ 在发电设备出现故障时，二级市场为发电公司规避违约风险提供了交易平台
- ⑥ 二级市场调动了市场成员在一级市场上交易的积极性

内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

用电权交易市场

1. 用电权交易市场是消费者消除未来用电不确定性的市场
2. 用户在实际用电时，如何合同大于其实际需求，可在市场上出售用电权；
3. 用户在实际用电时，如何合同小于其实际需求，可在市场上购买用电权；
4. 用户可根据分时电价，优化自身的负荷曲线

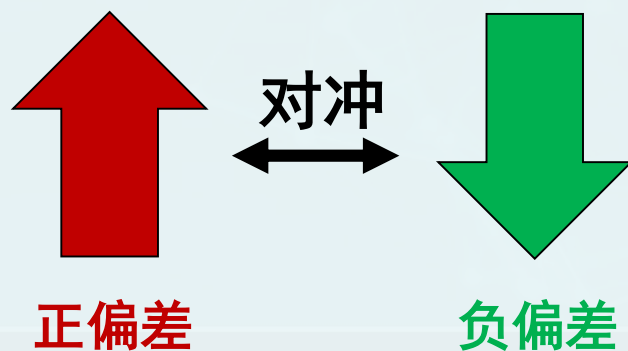


内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

二级市场作用

1. 用电权和发电权在统一平台上交易
2. 激励约束弹性化，扩大了交易的空间，实现了在更大范围内的资源优化配置。
3. 全面降低了在一级市场上交易的风险
4. 在二级市场上，用户多余的用电权可与发电企业的发电权对冲，实现金融意义下的电力平衡。



内容提要

- 一. 什么是二级市场
- 二. 为什么要开展二级市场交易
- 三. 基于二级市场的自调度
- 四. 发电权市场的交易模式
- 五. 发电权交易约束
- 六. 用电权交易
- 七. 二级市场的作用
- 八. 二级市场的案例

二级市场



- 时间范围：月前、周前至日前
- 目的：规避中长期交易的不确定性；提供调整发用电计划的机会

- 场内标准合约
- 场内集中竞价
- 电子交易平台

- 标准合约
- 基于时段的发电权和用电权
- 新型交易品种：块合同

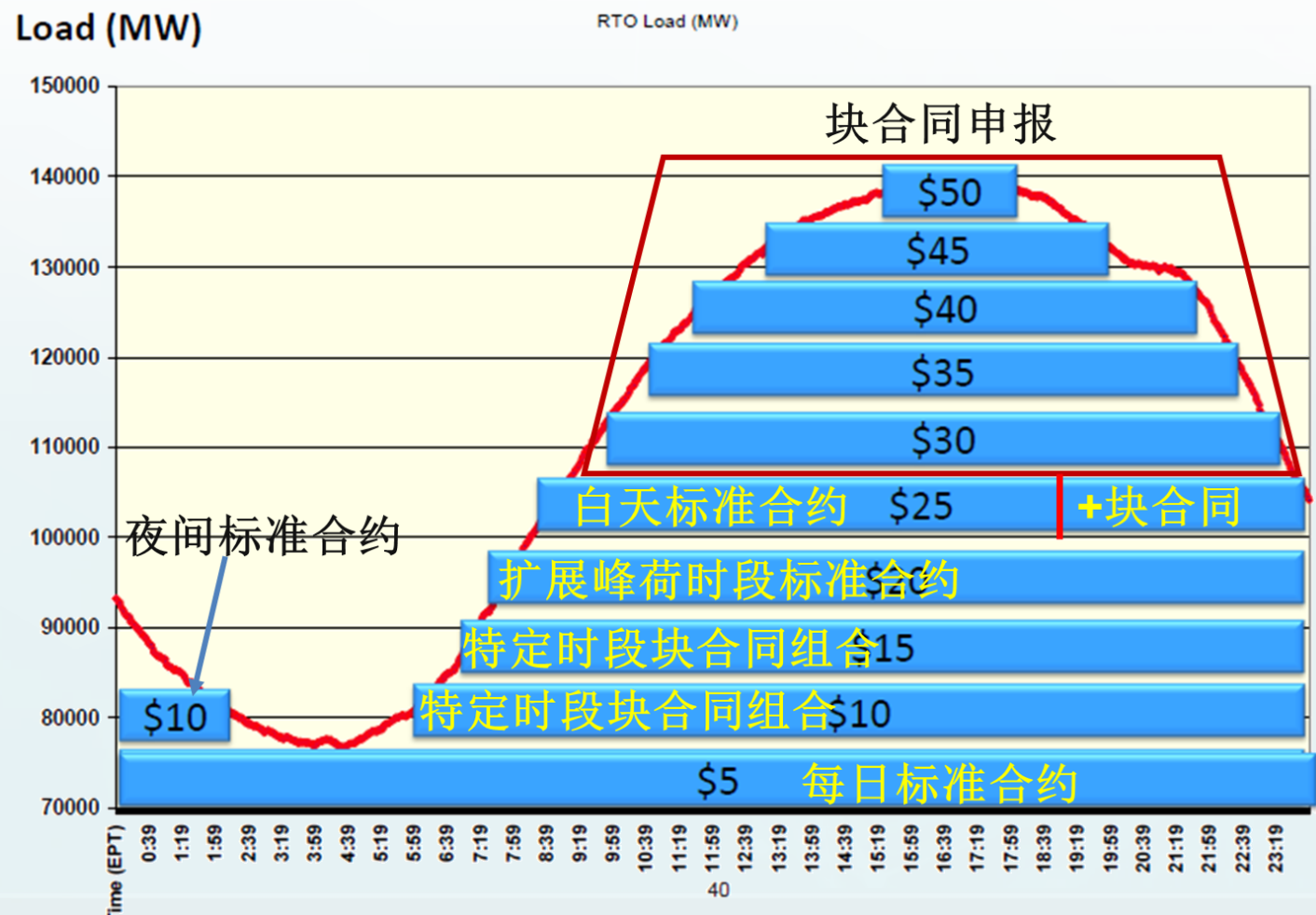
二级市场

■ 二级市场的标准合约（英国电力交易所）

- 半小时、1小时、2小时、4小时等标准格式的块合约
- 明确规定了交割时间，合约时长从8小时~168小时不等
- 例子：每周每日的负荷高峰或低谷段、白天和夜间特定时段等

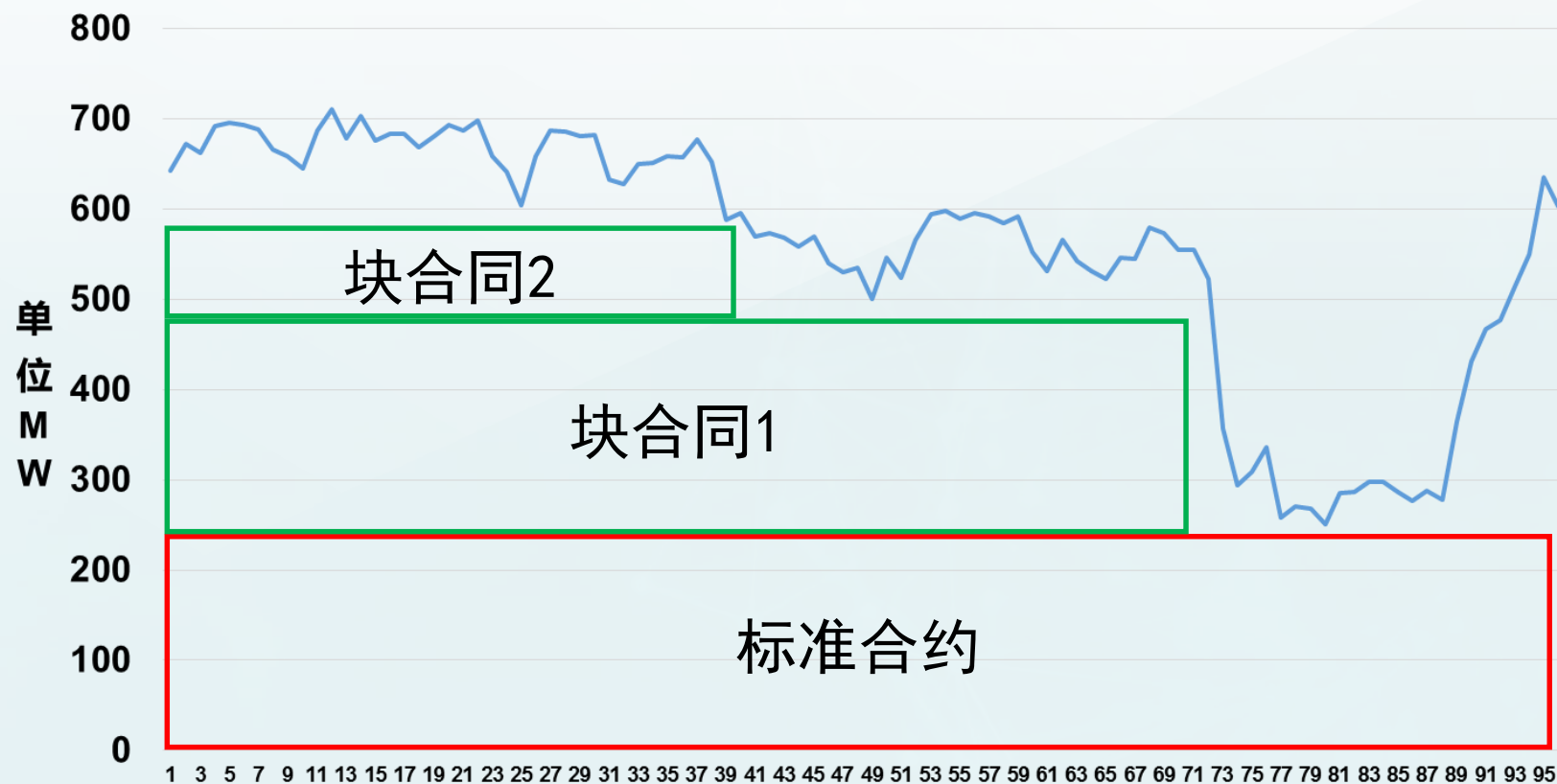
合约类型	覆盖时间	时长/h
一周	周一23:00 ~周日23:00	168
一周内白天	07:00~19:00 周一~周五	60
周末全天	23:00 周六~周日23:00	48
每日	23:00~次日23:00	24
白天	07:00~19:00	12
每日扩展峰荷时段	07:00~23:00	16
特定时段块合同	07:00~15:00	8
夜间	23:00~次日07:00	8

二级市场



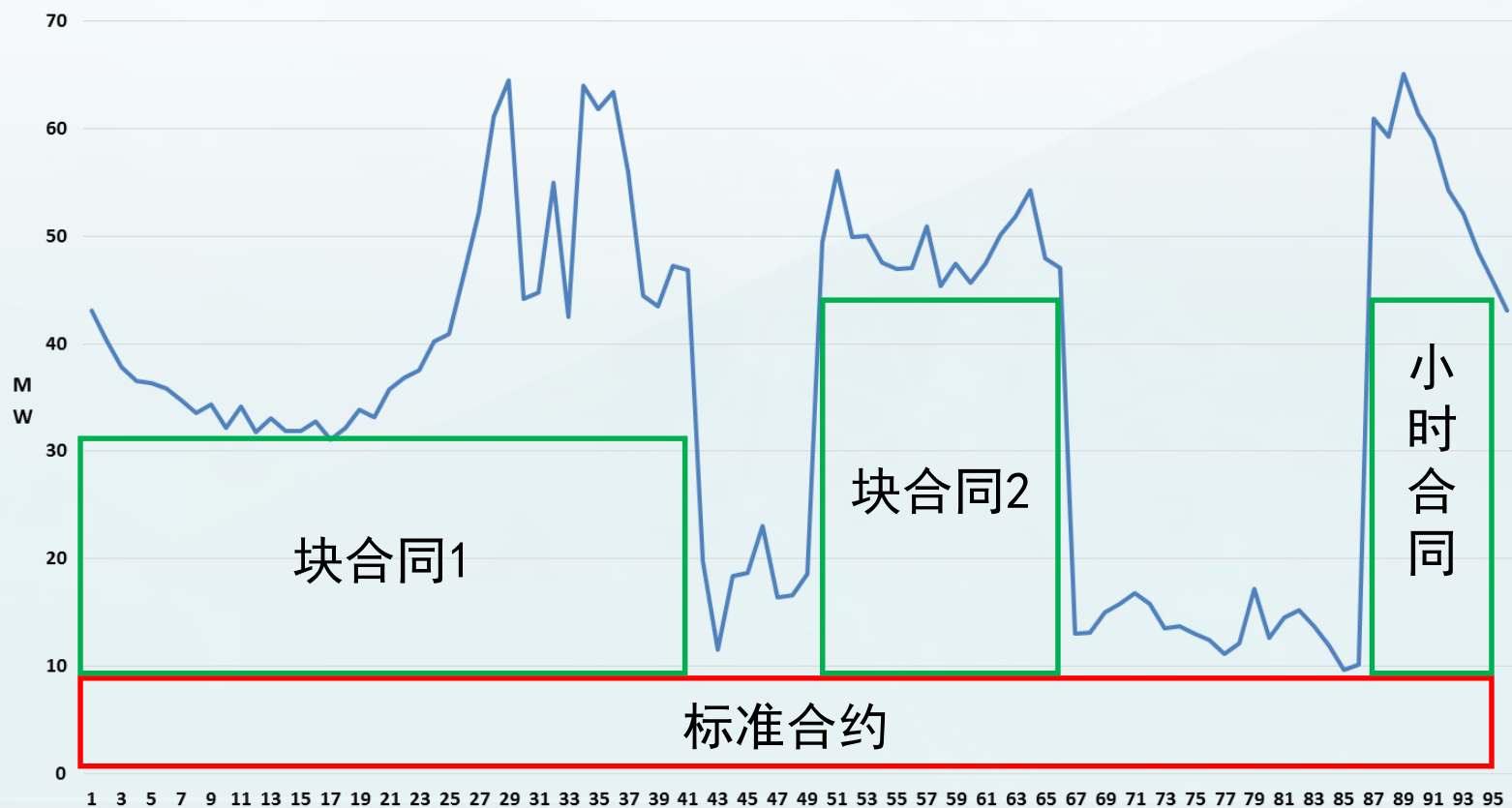
二级市场

典型机组日发电计划曲线



二级市场

铁合金冶炼行业大用户日负荷曲线



块合同含义及出清方法——应用于北欧电力交易所

块合同：通常需要申报一个发/用电量、一个价格和时段（需要持续一段时间），并且是整体接收或拒绝（All or Nothing）

示例：

第一阶段

先不考虑块合同之间的时段耦合约束，将其当作是**独立的每小时合同**，叠加入到总的供给和需求曲线当中，计算得到市场出清的均衡点

第二阶段

- 计算与所申报的块合同**相关时段的出清价格平均值**，并与块合同的**报价**进行比较来决定接受与否
- 发电块合同：报价**低于或等于**相关时段出清价格的平均值时**接收**
- 负荷块合同：报价**高于或等于**相关时段出清价格的平均值时**接收**

课程内容

一. 期货市场简介

二. 电力期货市场

课程内容



一. 期货市场简介

二. 电力期货市场

期货市场简介

1. 期货的由来
2. 期货的定义
3. 期货合约
4. 期货交易

期货市场简介

- 
1. 期货的由来
 2. 期货的定义
 3. 期货合约
 4. 期货交易

1. 期货的由来

背景

19世纪中期，美国芝加哥作为重要的粮食集散地，承担大量农产品的买卖交易。由于粮食生产特有的季节性，加之当时仓库不足，交通不便，粮食供求矛盾异常突出。

矛盾

收获季节：当地市场供大于求，交通恶劣无法疏散，仓库不足无法囤积，价格狂跌，农场主受损。

来年春季：粮食短缺，价格飞涨，消费者受损。

1. 期货的由来

解决方案

农场当地粮食经销商设立仓库，收获季节收购粮食囤积，来年发往外地出售。

意义

缓解了粮食供求的季节性矛盾。

1. 期货的由来

问题一

当地粮食经销商需承担巨大的粮食过冬的价格波动风险。

解决方案

“未买先卖”。当地经销商在购入粮食后立即与芝加哥的粮食加工商、销售商签订第二年春季的供货合同。

意义

以远期合约的方式确定销售价格并确保利润，以转移价格风险。

1. 期货的由来

问题二

芝加哥贸易商和加工商同样面临价格波动风险，故压低远期合约的交易价格。

解决方案

当地经销商寻找更广泛的买家，吸引了大量非粮食经销商参与远期合约倒卖。

意义

投机者的加入促使远期合约购买量增加，改善了当地经销商和农场主的收入。

1. 期货的由来

问题三

远期合约是双边合约，其商品品质、等级、价格、交货时间、交货地点等均根据双方具体情况所定，当交易双方和市场价格发生变化需要转让已签合同，则十分困难。

解决方案

1848年 第一个近代期货交易所—芝加哥期货交易所(CBOT)建立

1851年 芝加哥期货交易所引进了远期合约

1865年 推出标准化合约交易

1. 期货的由来

问题四

远期交易最终能否履约主要依赖于对方的信誉，使得远期交易存在巨大风险。

解决方案

1865年 芝加哥期货交易所实行保证金制度，向签约双方收取不超过合约价值10%的保证金作为履约保证。

1882年 芝加哥期货交易所允许以对冲方式免除履约责任。

1. 期货的由来

1883年 成立结算协会，为交易所会员提供结算工具

1925年 成立结算公司，交易所的所有交易需进入结算公司结算

意义

保证金制度促成了真正意义上的期货交易的诞生。

对冲的被允许则促进了投机者的加入，加大了期货市场流通性。

而现代结算公司的建立，则意味着期货市场的完整建立。

1. 期货的由来

大事记

- 远期合约
- 投机者参与
- 期货交易所建立
- 标准化合约
- 保证金制度
- 对冲机制
- 结算机构的建立

意义

- 锁定价格，转移风险
- 增加合约购买量
- 提供合约的集中交易场所
- 增加了合约的流通性
- 履约机制
- 期货市场流动性加大
- 期货市场的完整建立

1. 期货的由来

现代期货交易的产生和现代期货市场的建立，
是商品经济发展的必然结果！

期货市场简介

1. 期货的由来
2. 期货的定义
3. 期货合约
4. 期货交易

2. 期货的定义

期货合约：是指期货交易所统一制定的，经国家监管机构审批上市的，规定在将来某一特定时间和地点交割一定数量和质量的标准化合约。

期货交易：是指交易双方在期货交易所买卖期货合约的交易行为。

2. 期货的定义

“期货合约是标准化了的远期交易合约，期货市场是组织这些期货交易的场所。所有期货合约都是相同的，它们承担义务，在某一个未来的时期（或时间），在指定的地方，交付固定数量和质量某一商品。在交割前，期货合同可以继续持有、流动和通过合约对冲，并不鼓励商品实物的使用者进行商品交割。

2. 期货的定义

因此，对于快到交割期的期货合约，可采用以一项更远的合约加以置换或者以头寸相反的期货合约进行冲销；而商品使用者在时间上、地点上、数量和质量上所需要的商品都在现货市场中获得。”

——世界银行研

究报告（1994年5月）

2. 期货的定义

现货与期货市场比较

	现货市场	期货市场
交易对象	商品实货	期货合约
交易目的	以钱易货，实货所有权转移	与商品所有权有关的价格风险的转嫁
交易地点与方式	地点不定，买与卖一对一谈判	在交易所交易厅内公开竞价
保障	《合同法》	会员制、保证金制、价格波动限制、交易头寸限制及有关法规
商品范围	无限制	由交易所规定的品种有限

2. 期货的定义

1) 名词解释

- 多头 (long position) : 即合约的一方同意在将来的某个确定的日期以某个确定的价格购买标的资产时, 称这一方为多头。
- 空头 (short position) : 即与合约多头对应的另一交易方。它将同意在同样的日期以同样的价格出售标的资产。

2. 期货的定义

- 交割：在合约的双方同意的将来的某个确定日期内，合约空头方向合约多头方交付标的资产，合约多头方向合约空头方支付货款。
- 交割价格（delivery price）：合约中规定的特定价格称为交割价格。
- 期货价格（futures price）：根据市场中某种期货交易的不同成交价格，通过特定的计算方法得出的该期货标价。

2. 期货的定义

- 头寸：即交易者手中持有的合约空头（多头）的总数量。
- 平仓（closing out a position）：从事一个与初始交易头寸相反的头寸交易。

例如：投资者在10月12号买入了一个12月份小麦期货合约，他（她）可以在11月29号卖出一个12月份相同数量的小麦期货合约来实现平仓。而投资者的总损益反映了10月12号和11月29号之间期货价格的变化。

2. 期货的定义

- 保证金 (margin)：为了防止在期货合约的交易一方毁约给交易另一方带来的损失，减少违约风险，交易所会要求交易双方在签订合同后在特定的帐户（保证金帐户margin account）中存入一定数量的货款，这就是初始保证金 (initial margin)。

2. 期货的定义

- 盯市 (marking to market) : 在每天交易完成后, 保证金帐户中的资金会根据期货价格的变化进行一定的调整, 以反映该投资者的盈利和损失, 这就是盯市。
- 投机 (speculating) : 通过对合约的买空、卖空行为, 利用期货价格的变化获取利润。
- 套利 (arbitraging) : 同时参与不同两个或者多个市场的交易, 利用不同市场之间的价格差, 锁定一个无风险的收益。

期货市场简介

1. 期货的由来
2. 期货的定义
3. 期货合约
4. 期货交易

3. 期货合约

组成要素

1) 交易品种

如大豆、玉米、棉花、铜、石油、煤炭、天然气等。一般是影响国计民生的大宗商品

3. 期货合约

2) 交易数量和单位

每种商品的期货合约规定了统一的、标准化的数量和数量单位，统称“交易单位”。用期货市场的术语就是1手，也就是最小交易单位。

3) 最小变动价位

是指期货交易时买卖双方报价所允许的最小变动幅度，每次报价时价格的变动必须是这个最小变动价位的整数倍。

3. 期货合约

4) 每日价格最大波动限制

即涨跌停板，目的是阻止由于过度投机而造成的价格巨幅变化。

5) 合约月份（交割月份）

商品期货合约对进行实物交割的月份的规定，期货合约按合约月份来划分，如2003年11月黄大豆1号合约与2004年5月黄大豆1号合约。

6) 交易时间：

期货合约可进行交易的时间。

3. 期货合约

7) 最后交易日

是指期货合约停止买卖的最后截至时间，过了这个时间，就要停止合约的买卖，准备进行实物交割。

8) 交割时间： 即最后交割日。

9) 交割标准和等级

商品期货合约规定了统一的、标准的质量等级，交易所一般采用国家制定的商品质量等级标准，并规定期货交割的标准品、替代品。

3. 期货合约

10) 交割地点

期货合约中规定了为期货交易提供交割服务的指定交割仓库，以保证实物交割的正常进行。交割地点往往选择在该品种的集散地。

11) 保证金

指交易双方方向交易所缴纳的，用于履约担保的资金。

12) 交易手续费

买进或卖出期货合约时收取的费用。

3. 期货合约

期货的标准化

期货名称：大连商品交易所一黄大豆1号期货合约

交易品种：黄大豆1号

交易单位：10吨/手

报价单位：人民币

最小变动价位：1元/吨

涨跌停板幅度：上一交易日结算价的4%

合约交割月份：1, 3, 5, 7, 9, 11

交易时间：每周一至周五上午9:00~11:30, 下午13:30~15:00

3. 期货合约

期货的标准化

最后交易日：合约月份第十个交易日

最后交割日：最后交易日后七日(遇法定节假日顺延)

交割等级：具体内容见附表

交割地点：大连商品交易所指定交割仓库

交易保证金：合约价值的5%

交易手续费：不超过4元/手

交割方式：集中交割

上市交易所：大连商品交易所

3. 期货合约

附：大连商品交易所一黄大豆1号期货合约—品质技术要求

交割等级		纯粮率 最低指 标%	种 皮	杂 质 %	水份 %	气 味 色 泽	升 水 (人民 币 元 / 吨)	贴 水 (人民 币 元 / 吨)
标准品	三等黄 大豆	91.0	黄色混 有异色 粒 限 度 为 5.0%	1. 0	13. 0	正 常	-	-
替代品	一等黄 大豆	96.0					30	-
	二等黄 大豆	93.5					10	-
	四等黄 大豆	88.5					-	30

3. 期货合约

附：大连商品交易所—黄大豆1号期货合约—质量差异升扣价

质量 差异 升扣 价	项 目	质 量 标 准 %	允 许 范 围 %	质 量 差 异 % (高 +; 低 -)	升 扣 价 (元 / 吨)	备 注
	水 分	13.0	11, 1, 3 合约月份 <15.0 5, 7, 9 合约月份 ≤13.5	-1.0	+20	1. 升水升至 水份含量 12.0% 2. 低于 或高于标准 不足 1.0%不 计算升扣价
				+1.0	-55	
	杂 质	1.0	<2.0	-0.5	+10	低于或高于 标准不足 0.5% 不计算 升扣价
				+0.5	-30	

3. 期货合约

特点

- 期货合约的商品品种、数量、质量、等级、交货时间、交货地点等条款都是既定的，是标准化的，唯一的变量是价格。
- 期货合约是在期货交易所组织下成交的，具有法律效力，而价格又是在交易所的交易厅里通过公开竞价方式产生的；国外大多采用公开叫价方式，而我国均采用电脑撮合交易。

3. 期货合约

特点

- 期货合约的履行由交易所担保，不允许私下交易。
- 期货合约可通过对冲平仓了解履行责任。

3. 期货合约

远期合约与期货合约的比较

远期合约

- 两个交易对方之间私下签约
- 非标准化
- 需要买卖双方征信
- 通常有一个指定的交割日
- 在合约到期时结算
- 通常进行交割或最后现金结算

期货合约

- 在交易所内交易
- 标准化合约
- 由交易所负责
- 交割期限有个范围
- 每日结算
- 合约通常在到期日前平仓

期货市场简介

1. 期货的由来
2. 期货的定义
3. 期货合约
4. 期货交易

4. 期货交易

- A. 期货交易制度
- B. 期货价格与现货价格的关系
- C. 期货交易者及交易行为
- D. 期货交易的特点
- E. 期货交易的功能

A. 期货交易制度

■ 保证金制度

① 结算准备金

- 是交易所向会员或经纪公司向客户收取的、存入其专用结算帐户中为了交易结算而预先准备的资金，也是最初未被占用的保证金。
- 当结算准备金由于交易的实现而逐渐减少到低于规定的最低余额时，交易所将通知会员按时补足(追加)保证金，逾期未补足的，期货交易所可以对其强行平仓，直至可用资金达到规定的最低余额。

A. 期货交易制度

■ 保证金制度

② 交易保证金

- 是指会员或客户在其专用结算帐户中已被占用的，确保其持仓合约履行的资金，即当买卖双方交易成交后，按持仓合约的价值的一定比例向双方收取的交易初始保证金，以促使双方履约。
- 交易保证金一般为合约价值的5%~10%。当持仓合约进入其交割月份的第一个交易日起，比率将逐步提高以防止人为操纵市场。

A. 期货交易制度

■ 保证金制度

保证金制度既是有效控制期货交易风险的一种重要手段，也体现了期货交易特有的“杠杆效应”，即“以小博大”。

A. 期货交易制度

■ 平仓制度

① 合约对冲

- 当价格发生波动时，合约持有者希望在合约到期前转让给其它交易者，则应当进行与原有合约买卖方向相反的操作，如原来是多头，即买进合约，则应当做空头，即卖出合约以抵消原有的多头头寸。
- 对原有期货合约允许被对冲的时间是该合约的交割月份的最后交易日以前的任何一个交易日。
- 拟被平仓的原合约与申报的平仓合约的品名和交割月份应相同。

A. 期货交易制度

■ 平仓制度

② 实物交割

- 在期货合约到期后立即进行实物交割。买进合约者根据结算交付货款，按合约条款提取实货；卖出合约者交出实货，收取货款。
- 由于存在合约对冲，合约不断被转让，交易次数增多，因而到期实物交割所占总交易量的比例很小，亦即期货交易的交割率很小，一般为2%左右。

A. 期货交易制度

■ 平仓制度

平仓制度的实现，有利于交易流动性的增加，也促进了期货交易“买空卖空”的形成和风险投机交易者的进入。

A. 期货交易制度

■ 结算制度

- 结算原则：结算机构分别成为任何一笔交易的买方与卖方的“交易对手”，买卖双方成交后不再发生任何关系，皆有结算机构分别对交易者进行结算和接受与交发实货。
- 基本制度：逐日盯市，即每日结算无负债制度和保证金制度。每日执行帐面盈亏结算，当已交保证金不抵帐面亏损时，当事者应及时追加保证金，否则交易所有权强行平仓。

A. 期货交易制度

结算制度示例： 买入2手(10吨)铜， 成交价20,000元/吨, 已缴纳保证金10,000元

日序 (1)	活动 (2)	成交价 (3)	结算价 (4)	合约面值 (5)=(4)×数量	每日账上盈亏 (6)=本日(5)－上日(5)	账上结存 (7)=上日(7)+(6)	追加保证金 (8)	累计盈亏 (9)=((4)-(3))×数量
1	存入					10,000		
2	买入	20,000		200,000				
3	持仓		20,100	201,000	+1,000	11,000		+1,000
4	持仓		20,060	200,600	-400	10,600		+600
5	持仓		20,000	200,000	-600	10,000		0
6	持仓		19,800	198,000	-2,000	8,000	可暂不追加	-2,000
7	持仓		19,500	195,000	-3,000	5,000	4,750	-5,000
8	持仓		19,700	197,000	+2,000	11,750		-3,000
9	持仓		20,000	200,000	+3,000	14,750		0
10	持仓		20,200	202,000	+2,000	16,750		+2,000
11	持仓		20,400	204,000	+2,000	18,750		+4,000
12	持仓		20,500	205,000	+1,000	19,750		+5,000
13	平仓	20,550			+500	20,250		+5,500

A. 期货交易制度

结算制度示例：买入2手(10吨)铜，成交价20,000元/吨，已缴纳保证金10,000元

① 保证金的追加

当该合约帐上结存的资金超过应交初始保证金的75%以上时，可暂不追加，如前表的第5日。

② 平仓盈亏的计算

平仓盈亏 = (当日买进平仓成交价 - 上日结算价) × 数量
[+ 到上日止该合约的累计盈亏]

根据前表在第12日平仓：

平仓盈亏 = $(20,550 - 20,500) \times 10 + 5,000 = 5,500$ 元

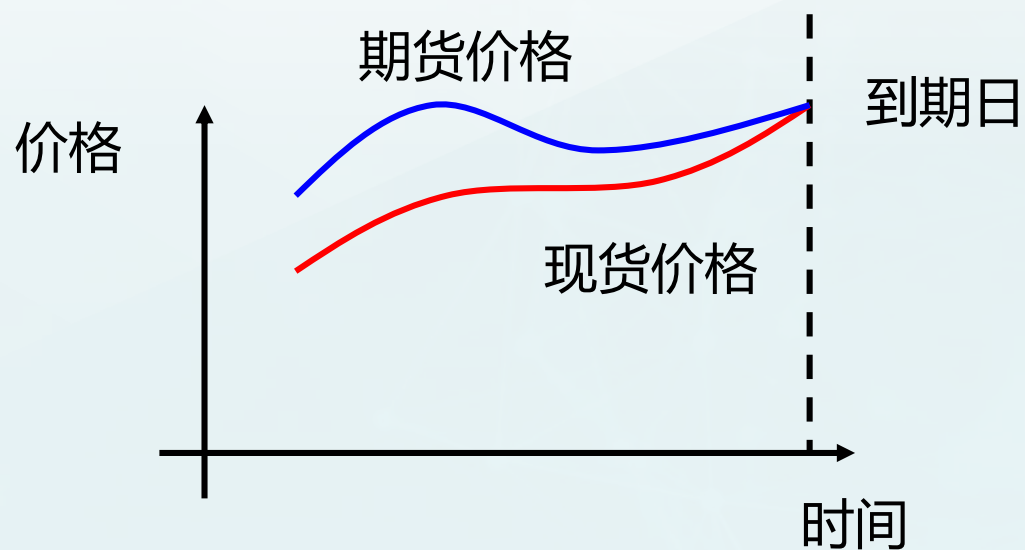
即该交易者通过合约对冲平仓，最终获利5500元，相对10000万元的保证金，资金回报率55%！。

4. 期货交易

- A. 期货交易制度
- B. 期货价格与现货价格的关系
- C. 期货交易者及交易行为
- D. 期货交易的特点
- E. 期货交易的功能

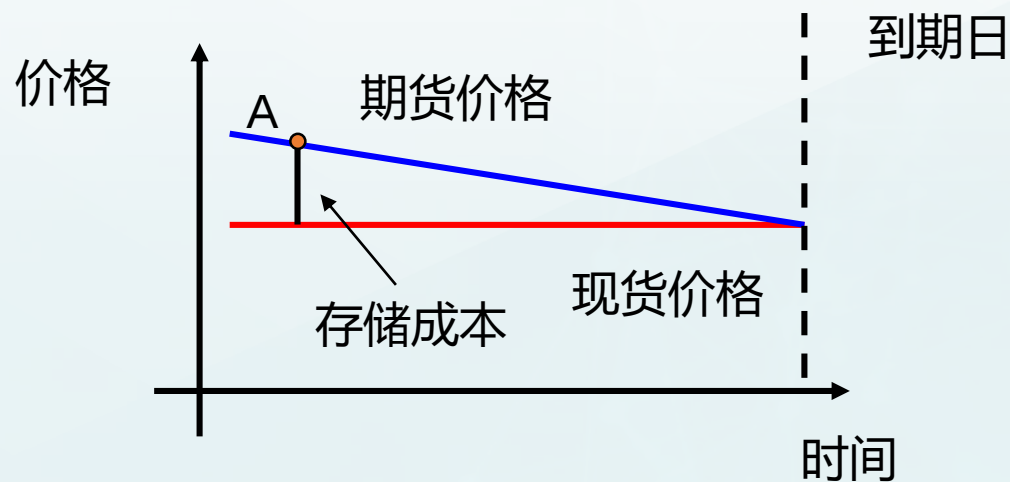
B. 期货价格与现货价格的关系

随着期货合约交割时间的逼近，期货价格收敛于现货价格。
当到达交割期限时，期货价格等于或非常接近于现货价格。



B. 期货价格与现货价格的关系

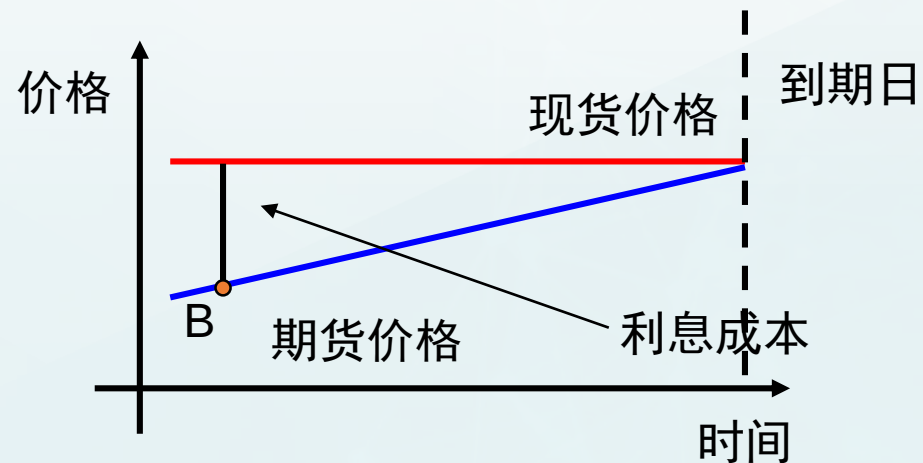
假设不计利息，原油存储成本与时间成正比，原油现货价格不变时，期货价格与现货价格的关系：



如果原油期货价格由A点上移，则可以立刻买入空头期货，同时买入等量现货原油，储存到期货到期日交割，必然会获利！

B. 期货价格与现货价格的关系

假设考虑利息，利息与借贷（储蓄）时间成正比，股指期货（以股票指数为交易对象的期货）没有存储成本，如果股指期货现货价格不变时，期货价格与现货价格的关系：

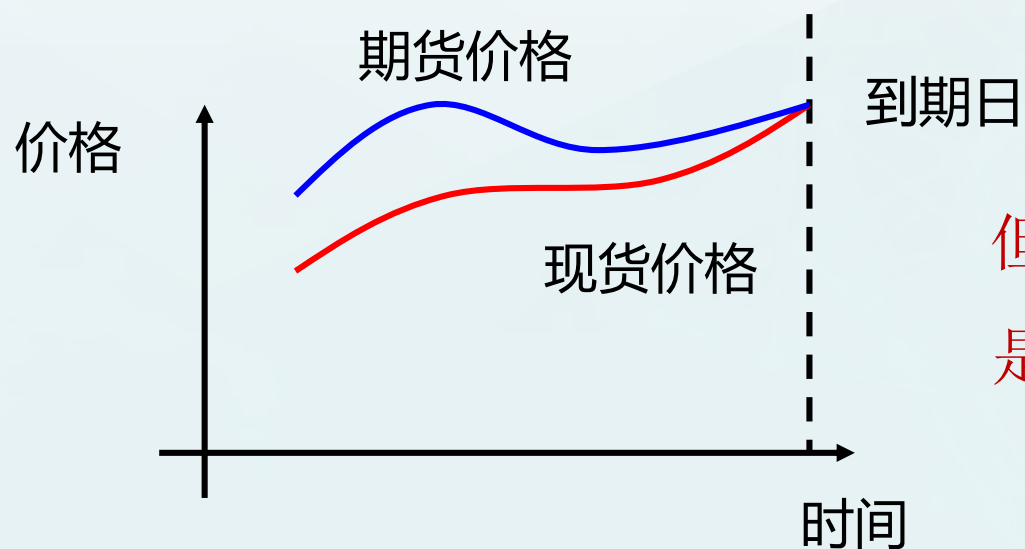


如果股指期货价格由B点下移，则可以立刻贷款买入多头期货，期货到期日交割，付清这段时间的利息之后，仍然有盈利！

B. 期货价格与现货价格的关系

实际交易中，贷款存在利率，期货一般存在存储成本，最重要的是**现货价格**是波动的，而且非常难以预测。

不同交易者对现货价格走势的不同预期，导致期货交易价格的不断波动。



但是期货与现货价格的趋同
是必然的！

4. 期货交易

- A. 期货交易制度
- B. 期货价格与现货价格的关系
- C. 期货交易者及交易行为
- D. 期货交易的特点
- E. 期货交易的功能

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

① 定义

- 套期保值是指把期货市场当作转移价格风险的场所，利用期货合约作为将来在现货市场上买卖商品的临时替代物，对未来买入或卖出商品的价格进行保险的交易活动。
- 套期保值者就是通过套期保值，将价格波动风险转移给投机者，能不同程度地回避风险，从而保障正常地生产、加工利润。
- 套期保值者眼中的期货相当于价格固定的合约！

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

② 基本特征

- 在现货市场和期货市场对同一种类的商品同时进行数量相等但方向相反的买卖活动，即在买进或卖出实货的同时，在期货市场上卖出或买进同等数量的期货，经过一段时间，当价格变动使现货买卖上出现的盈亏时，可由期货交易上的亏盈得到抵消或弥补。从而在“现”与“期”之间、近期和远期之间建立一种对冲机制，以使价格风险降低到最低限度。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

③ 基本原则

- 数量相同原则：即合约代表的标的资产量与需保值资产量相等。
- 时间相同或相近原则：即期货到期日与现货交易日相同或相近。
- 方向相反原则：即到期日的现货市场与期货市场交易方向相反。
- 品种相同原则：即期货合约代表的标的资产与需保值的资产的品种、质量、规格等方面相同。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

④ 示例：多头(买进)套期保值

一个铜材加工厂，1月份签定了6月交货的加工合同，加工期为一个月，需买进原料2,500吨，合同签订时铜原料价格较低，工厂欲以此为进货成本，而该厂又不愿早进原材料库存，决定5月份再买进。由于担心到时原料价格上升，故在期货市场做了多头(买进)套期保值：

现货市场	期货市场
1月X日 28,500 元/吨 (目标成本)	买进6月铜期货2,500吨 28,700 元/吨
5月X日 购入铜原料2,500吨 28,800 元/吨	卖出6月铜期货2,500吨 29,000 元/吨
到期日交易方向相反！	期货盈利 300 元/吨

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

④ 示例：多头(买进)套期保值

由前表分析可知，该厂以期货市场盈利300 元/吨 抵补了现货原料成本的上涨，则实际的购原料成本为

$$28,800 - 300 = 28500 \text{ 元/吨} = \text{目标成本}$$

- 达到了既定的保值目标，并且避免了库存及占用资金，降低了费用。
- 期货交易者也可以选择到期不平仓，实行实物交割的套期保值，此时原料购入价格等于初始期货价格28700元/吨。
- 实际上，由于交割较复杂，存在手续费等因素的影响，期货市场实物交割量非常小，大部分套期保值交易都以平仓交易结束。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

⑤ 示例：空头(卖出)套期保值

某粮油进出口部门，9月份购入美国大豆10,000吨，预计12月份将大豆售出，售价2,900 元/吨可确保其正常利润。由于预测大豆价格可能下降，于是做了空头保值。其价格情况及操作过程如下：

现货市场	期货市场
9月X日 进口大豆 (目标销售价格 2,900 元/吨)	卖出1月大豆期货10,000吨 3,100 元/吨
12月X日 出售大豆 2,600 元/吨	买进1月大豆期货10,000吨 2,800 元/吨
到期日交易方向相反！	期货盈利 300 元/吨

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

⑤ 示例：空头(卖出)套期保值

由前表分析可知，该粮油进出口部门以期货市场盈利300 元/吨 抵补了现货交易的损失，实际的销售价格为

$$2,600+300=2,900 \text{ 元/吨} = \text{目标销售价格}$$

达到了既定的保值目标。

当然期货交易者也可以选择到期不平仓，**实物交割**，此时原料出售价格等于初始期货价格3100元/吨。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套期保值者(hedgers)与套期保值(hedge)

⑥ 套期保值的作用

1. 回避现货价格波动带来的风险
2. 套期保值是期货市场价格发现的基础之一
3. 锁定相关品种的成本，稳定产值和利润
4. 可减少资金占用
5. 能够提前安排运输和仓储，降低储运成本
6. 提供购买和销售时机的更大选择性和灵活性
7. 能够提高企业借贷能力

C. 期货交易者与交易行为

■ 投机者(speculators)与投机(speculate)

① 定义

投机者就是只想赚取**价差**，根本没有实物需求的投资者。

投机交易有如下特点：

1. 以获利为目的
2. 不需实物交割而买空卖空
3. 承担风险，有盈也有亏
4. 经常利用合约对冲技术
5. 交易量一般较大，交易比较频繁
6. 交易方式多样化

C. 期货交易者与交易行为

■ 投机者(speculators)与投机(speculate)

② 分类

● 按操作方法不同划分

1. 多头投机：是指投资者预测期货行情将 $\uparrow$ 时买进期货合约，希望等它上涨后平仓获利。
2. 空头投机：是指投资者预测期货行情将 $\downarrow$ 而先卖出期货合约，希望等价格下跌后平仓获利。

投机者眼中的期货相当于允许双向买卖的股票！

● 按投机原理不同划分

1. 正常性投机：是指纯粹利用单个期货品种价格的波动进行投机。
2. 反常性投机：是指利用期货合约之间，现货和期货之间反常的价格关系进行投机，也就是所说的套利交易。

C. 期货交易者与交易行为

- 套利者(arbitrageurs)与套利

套利交易是利用期货和现货之间、期货合约间的价格关系来获利。通常的做法是在有价格相关关系的合约上同时开立正反两方面的头寸，期望在未来合约价差变动与己有利时再对冲获利。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套利者(arbitrageurs)与套利

② 分类

- 期现套利：是指现货商人在期货和现货市场间套利
- 跨市套利：在两个不同的期货交易所同时买进和卖出同一品种同一交割月份的期货合约，在未来两合约价差变动于己有利时对冲获利
- 跨期套利：在同一期货交易所同时买进和卖出同一品种不同交割月份的期货合约，在未来两合约价差变动于己有利时对冲获利
- 跨商品套利：在同一交易所同时买进和卖出同一交割月份的不同品种的期货合约

期现套利

- 是指某种期货合约，当期货市场与现货市场在价格上出现差距，从而利用两个市场的价格差距，低买高卖而获利。理论上，期货价格是商品未来的价格，现货价格是商品目前的价格，按照经济学上的同一价格理论，两者间的差距，即“基差”（基差=现货价格-期货价格）应该等于该商品的持有成本。一旦基差与持有成本偏离较大，就出现了期现套利的机会。其中，期货价格要高出现货价格，并且超过用于交割的各项成本，如运输成本、质检成本、仓储成本、开具发票所增加的成本等等。期现套利主要包括正向买进期现套利和反向买进期现套利两种

跨商品套利

- 在某些市场中，一些商品的关系符合真正套利的要求。比如在谷物中，如果大豆的价格太高，玉米可以成为它的替代品。这样，两者价格变动趋于一致。另一常用的商品间套利是原材料商品与制成品之间的跨商品套利，如大豆及其两种产品——豆粕和豆油的套利交易。大豆压榨后，生产出豆粕和豆油。在大豆与豆粕、大豆与豆油之间都存在一种天然联系能限制它们的价格差异额的大小。

跨商品套利

- 例如，一般来说，大豆价格上升（或下降），豆粕的价格必然上升（或下降），如果你预测豆粕价格的上升幅度小于大豆价格的上升幅度（或下降幅度大于大豆价格下降幅度），则你应先在交易所买进大豆的同时，卖出豆粕，待机平仓获利。反之，如果豆粕价格的上升幅度大于大豆价格的上升幅度（或下降幅度小于大豆价格下降幅度），则你应卖出大豆的同时，买进豆粕，待机平仓获利。

跨期套利

- 跨期套利就是在同一期货品种的不同月份合约上建立数量相等、方向相反的交易部位，最后以对冲或交割方式结束交易、获得收益的方式。
- 存在着：仓储费成本、交割手续费成本、资金占用利息成本

C. 期货交易者与交易行为

■ 套利者(arbitrageurs)与套

③ 原理

套利交易是在不同的合约（包括现货）上建立正反两方向的头寸，这两种合约有很强的价格联动性：

1. 两合约的价格大体受相同的因素影响，因而正常情况下理应价格变动趋势相同，但波幅会有差异。
2. 两合约间应存在合理的价差范围，在这个范围之外时受到了外界异常因素的影响，影响消除后会回复正常价差。
3. 两合约的价差变动有规律可循，价差运动方式可预测。

C. 期货交易者与交易行为

■ 套利者(arbitrageurs)与套利

③ 作用

1. 有利于被扭曲的价格关系回复正常水平
2. 抑止过度投机
3. 增强市场流动性，活跃远期市场

4. 期货交易

- A. 期货交易制度
- B. 期货价格与现货价格的关系
- C. 期货交易者及交易行为
- D. 期货交易的特点
- E. 期货交易的功能

D. 期货交易的特点

- 以小博大

期货交易无需支付合约的全额价值，只需支付一定比例的保值金，相当于把“投资资金”放大了10~20倍。用少量资金进行大宗买卖，极大地提高了资金使用效率，扩大了可能的利润空间。

- 双向交易

期货交易既可在未来行情看涨时买入，又可在未来行情看跌时卖出。这种双向交易机制为投资者提高了便利的双向投资工具。

- 交易便利

期货市场中买卖的是标准化合约，只有价格是可变因素。合约采用对冲方式了结义务。交易者可频繁进行交易。

D. 期货交易的特点

- 信息公开

期货交易通过公开竞价的方式使交易者在平等的条件下公平竞争。期货交易所会公布每个品种每个合约的成交情况，在信息上对大户和散户是无差别的。

- T + 0交易

投资者在期货交易中可即开即平，不像T+1的股票只能第二天卖出。资金利用率得到极大提高。

4. 期货交易

- A. 期货交易制度
- B. 期货价格与现货价格的关系
- C. 期货交易者及交易行为
- D. 期货交易的特点
- E. 期货交易的功能

E. 期货交易的作用

- 价格发现，形成公开的价格，对（现货）交易提供基准价格
- 价格风险转移，回避价格波动带来的风险
- 调节商品的供求，减缓价格波动
- 合理利用各种闲置资金，发挥资金运用机能
- 有利于资源合理配置

价格发现功能

- 在期货交易和期货市场产生以前，生产经营者主要是依据现货市场上的商品价格来进行决策的，根据现货价格的变动来调整自身的经营方向和经营方式等。由于现货交易多是分散的，生产经营者不易及时收集到所需要的价格信息，即使收集到现货市场反馈的信息，这些信息也是零散和片面的，其准确、真实程度较低，对于未来供求关系变动的预测能力也比较差。当用现货市场的价格指导经营决策时，现货价格的滞后性往往会造成决策的失误。

价格发现功能

- 自期货交易产生以来，发现价格功能逐渐成为期货市场的重要经济功能。所谓发现价格功能，指在一个公开、公平、高效、竞争的期货市场中，通过期货交易形成的期货价格，具有真实性、预期性、连续性和权威性的特点，能够比较真实地反映出未来商品价格变动的趋势。

课程内容

一. 期货市场简介

二. 电力期货市场

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

电力期货市场

- 
1. 电力期货的定义
 2. 电力期货的特点
 3. 电力期货交易
 4. 电力期货的功能
 5. 建立电力期货市场的必要条件
 6. 国外电力期货市场一览

1. 电力期货的定义

- 电力期货，是指以特定价格进行买卖，在将来某一特定时间开始交割，并在特定时间段内交割完毕，以电力期货合约形式进行交易的电力商品；
- 电力期货交易，是指电力期货合约的买卖；
- 电力期货交易的对象是电力期货合约，是在电力远期合约交易的合约基础上发展起来、高度标准化的远期合约；与远期合约相比，电力期货合约在交易所中交易，而且期货合约在交割前可以在交易所中自由交易。

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

2. 电力期货的特点

优秀期货品种的基本特性	电力商品的期货特性
必须是交易量大而且价格容易波动的商品	在实行电力市场化改革后，电价由市场竞争确定，必然会造成很大的价格波动。
必须是拥有众多的买者和卖者的商品	在电力市场化改革后，必然会产生较多的市场参与者，各种发电厂商和众多购售电商都会集中到期货市场中，通过公平竞争决定电力期货的价格
商品的质量、等级、规格容易划分确定	电力基本上是一种高度标准化的商品，各个地区的标准是相同的。在产品同质性方面，它将比农产品和石油等作为期货商品更具有优势。
必须是能储藏相当长时间并能方便进行运输的商品	电力是一种特殊的商品，实际上它并不存在储存变质的问题，其运输实际上也是比较方便的（排除网络阻塞等情况）

2. 电力期货的特点

■ 电力期货的特殊性

电力商品的独特属性：

- 电力商品不适合储存
- 电力的生产与消费必须同步，供求必须时刻保持平衡

这两个特点决定电力期货与普通期货交易相比有其特殊性：

① 电力期货的交割要持续一个时间段

期货合约是按交割月划分。一般电力期货合约每个日历月（1月1日—1月31日）均为交割月。金融资产（如股票指数、外汇、国库券）的期货可在交割月中的某一时刻瞬时结算（一般不交割，只结算账款）；普通商品的期货可在交割月中的某一天完成交割；而电力期货的由于具有不适合储存和生产消费瞬时同步的特点，其交割必须持续一个交割月。

2. 电力期货的特点

■ 电力期货的特殊性

② 电力期货价格与现货价格基差较大

由于电力系统的复杂性及电力的实时平衡要求，电力期货的现货交割要求电力期货在到期前的几个交易日内停止电力期货交易，因此，这几个交易日的电价波动风险将无法回避。而影响电力波动的因素很可能在期货平仓前没有被发现，如天气的突变、设备的故障等，因此期货价格与现货价格的基差将会很大，应用期货保值的效率会大大降低。

2. 电力期货的特点

■ 电力期货的特殊性

③ 电力期货合约的交割困难

电力期货的每一笔交割，都将对电力系统的运行状态产生影响，考虑到整个电力系统运行的安全性，所有电力期货合约的交割计划必须提交给系统调度者，由调度者根据安全第一的原则统一制定，在此原则下，并不能保证所有提交的交割计划全部被执行。此外，由于电力交割点较少，通常离大部分电力用户都很远，所以执行电力期货的交割通常还需承担很高的输电费用。

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

3. 电力期货交易

■ 电力期货交易的参与者

1. 电力生产商和电力用户

这两类人构成了电力期货市场的主题，主要从事套期保值、规避风险的业务，对电力生产商来说，其交易的目的主要是以最好的价格出售电力，对电力用户来说，其交易目的主要是以最好的价格购买电力。

2. 机构投资者

机构投资者，譬如对冲基金，加入市场的目的很明显，主要是从事投机业务，从能源价格的波动中获得投机利润。

3. 电力期货交易

■ 电力期货交易的参与者

3. 大量的中小投资者

同机构投资者一样，中小投资者参加交易的主要目的也是希望投机获益，由于期货交易过程中并不需要支付全部货款，只需缴纳一定比例的保证金，这种以小博大的获利机会将吸引大量的投资者。但是实际上，考虑到电力系统的稳定性，一份电力期货合约通常为一个月的高峰电量，其价格很高，即使是保证金也并非一般投资者可以承受，所以相对其它普通商品期货，电力期货市场的进入门槛要相对高一些。

3. 电力期货交易

■ 电力期货合约的设计

① 基本思想

1. 考虑电力每天的大需求量，应坚持大品种的设计思路。
2. 正确反映电力期货市场特点，有利于发挥价格发现和套期保值等基本经济功能。
3. 有利于风险控制。
4. 有利于吸引增量资金，适度活跃交易，增加市场流动性
5. 有利于吸引电力投资保值电力系统本身的稳步健康发展。

3. 电力期货交易

■ 电力期货合约的设计

② 合约设计

1. 涨跌停板额度：上一交易日结算价的 $\pm 5\%$

由于电力现货价格波动比较频繁，波动幅度大，一次涨跌停板幅度应较其它期货品种更大一些，有利于活跃交易。同时，为有效控制风险，电力期货交易的保值比例也应较高。因此，在合约中将涨跌停板幅度设为5%，交易保证金为10%，可抵御两个停板的风险。

2. 合约月份：1~12月

由于电力在每个月份基本都是大量生产和大量需求的，因此电力交割月份可连续设置交割月，即1~12月全部作为交割月。

3. 电力期货交易

■ 电力期货合约的设计

② 合约设计

3. 交割标准品：电力交割标准品质量应符合相应国家标准

电力是一种标准很严的产品，各地的电力一般都能较好地满足统一电能质量，在同质性方面电力较其它期货商品要好的多，且不存在其它替代品。

4. 交割方式：在交割月份内的大多数天数内，每天按一定量，平均交付

例如，每月按25天交付，峰荷合约每天交付16个小时（6a. m. ~10p. m. ），功率为1MW；谷荷每天交付8小时（10p. m. ~次日6a. m. ），功率为1MW。

3. 电力期货交易

■ 电力期货合约的设计

② 合约设计

5. 交割单位：由一个月中交割天数和每天交割电量所定

交割天数：可取20~27天

每天交割时间：峰荷6a. m. ~10p. m. 谷荷10p. m. ~次日6a. m.

每小时交割电量：可取1~2MWh，即功率1~2MW

峰荷交割单位：25个峰荷天为 $25\text{天} \times 16\text{小时} \times 1\text{MW} = 400\text{MW}$

谷荷交割单位：25个峰荷天为 $25\text{天} \times 8\text{小时} \times 1\text{MW} = 200\text{MW}$

6. 交割地点：需根据实际电网预选指定

通常选在负荷中心地超高压大型变电站。

3. 电力期货交易

■ 电力期货合约的设计

② 合约设计

7. 交易单位：峰荷时段400MW，在一个月内完成交割

谷荷时段200MW，在一个月内完成交割

8. 最小变动价位：0.1 元/MWh

9. 最后交易日：合约交割月份之前的几个交易日

10. 交易时间：每周一至周五 9:00~11:30, 13:00~15:00

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

4. 电力期货的功能

- 风险规避

利用期货交易的套期保值功能帮助电力市场参与者规避因电价高度波动而可能带来的巨大金融风险。

- 价格发现

电力期货市场的成交价格是由大量交易者公开竞争的结果，汇集了电力发、输、配、用各个环节交易对电力市场现状及走向的看法，有利于发现未来一段时间内比较准确、真实的电力价格水平。

4. 电力期货的功能

- 优化资源配置

电力期货市场可以优化资源配置，指导电力系统的远期规划。

- 提高效率

电力期货可以提高电力行业的营销效率。

- 抑止投机

电力期货有利于防止电力市场过度投机现象的出现。

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

5. 建立电力期货市场的必要条件

- 电力价格的自由波动性

建立完善的电力市场价格形成机制，是电力价格具备充分的自由波动性，是建立电力期货市场最为重要的前提条件之一。

- 平等的交易双方，市场主体的独立自主性

电力市场主体包括发电商、配电商、售电商、输电商、终端用户等。电力期货市场需要广泛的市场参与者，通过公平竞争决定电力期货的价格，只有保持市场主体的独立性才能根据市场的变化自主进行交易。

- 电力系统的稳定安全运行

电力期货的稳定安全运行，是保障电力期货交易正常进行的重要基础。

电力期货市场

1. 电力期货的定义
2. 电力期货的特点
3. 电力期货交易
4. 电力期货的功能
5. 建立电力期货市场的必要条件
6. 国外电力期货市场一览

6. 国外电力期货市场一览

交易所	市场	开始时间
纽约商业交易所 (NYMEX)	美国国内电力市场 加利福尼亚—俄勒冈边界电力市场(COB) 宾夕法尼亚、新泽西和马里兰(PJM)电力市场 保罗福德地区电力市场(PV) 亚利桑那洲电力市场	1996
芝加哥交易所 (COBT)	美国国内电力市场 Commonwealth Edison 田纳西峡谷地区	1996
北欧电力联营体 (Nord Pool)	斯堪的纳维亚(北欧)地区	1996
阿姆斯特丹电力 交易所(APX)	荷兰	1999

6. 国外电力期货市场一览

交易所	市场	开始时间
英国电力交易所 (UKPX)	英国	2000
欧洲能源交易所(EEX) /莱比锡电力交易所 (COBT)(2002年合并)	德国	2000
波兰电力交易所	波兰	2000
国际石油交易所(IPE)	英国	2000
自动化电力交易所	英国	2001
悉尼期货交易所	新南威尔士	
澳大利亚阿德里亚能源交易所(EXAA)	澳大利亚	2002

第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
- 三. 旋转备用市场
- 四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

第八讲：辅助服务市场



一. 什么是电力辅助服务

二. 调频辅助服务市场

三. 旋转备用市场

四. 调频、备用与能量市场的协同

五. 无功辅助服务

六. 黑启动辅助服务

1、什么是辅助服务？

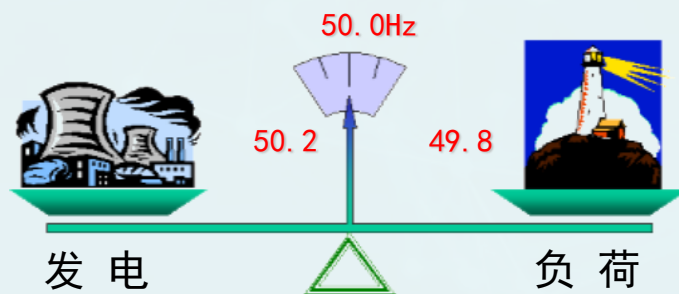
为维护电力系统的安全稳定运行，保证电能质量，由发电企业和电力用户所提供的除正常生产电能以外的服务，包括：调频、备用、无功调节、黑启动。



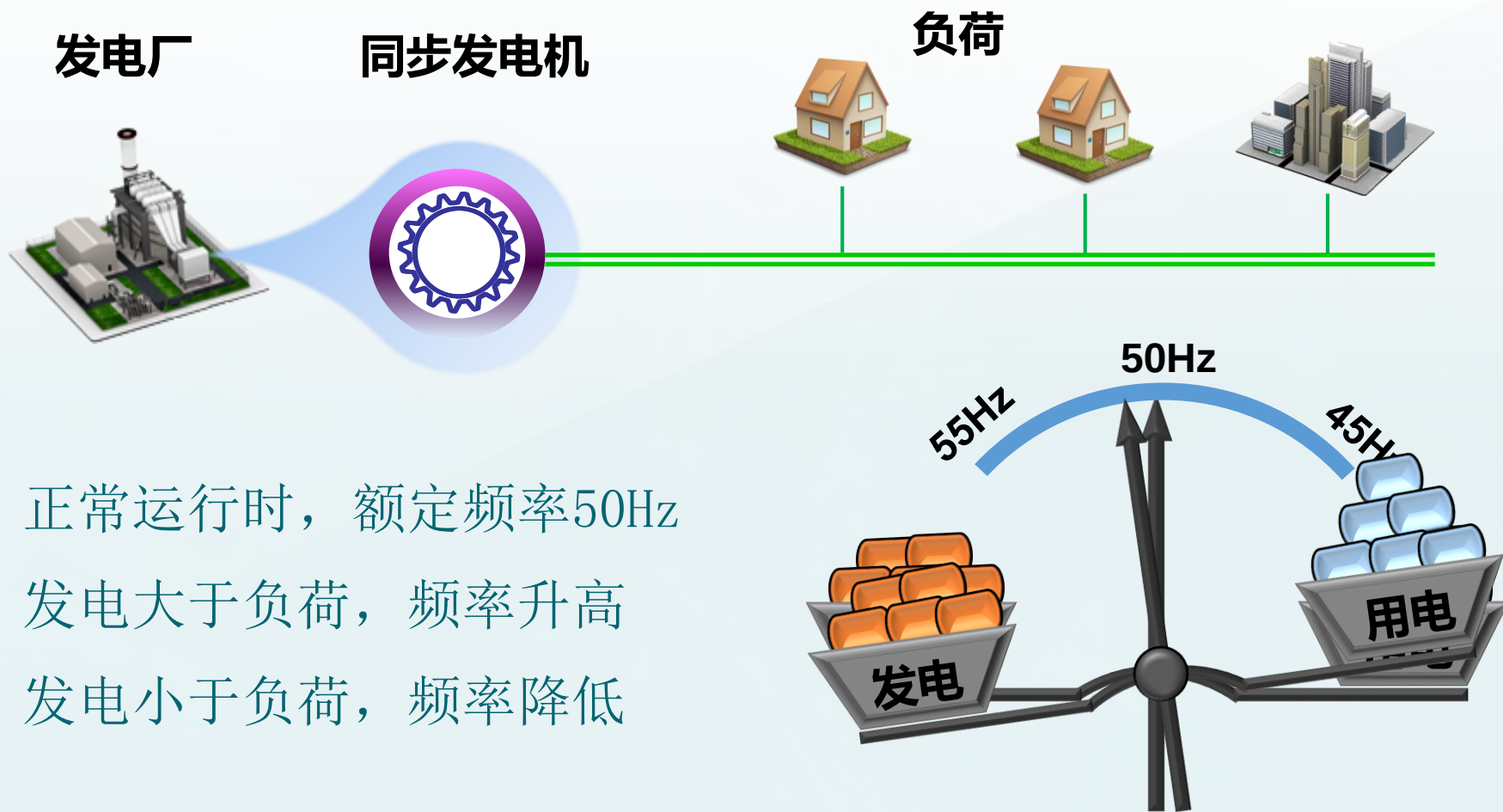
2、负荷跟踪与频率控制

(1) 产生频率偏差的原因

- 交流电力系统正常运行时，频率需维持在额定频率（中国50Hz，美国60Hz）附近。
- 由于负荷预测的偏差、新能源出力的波动、机组跳机等因素，系统运行时会出现短时的有功功率不平衡，造成频率偏离额定频率。



2、负荷跟踪与频率控制



2、负荷跟踪与频率控制

(2) 电力系统频率控制

- 具备自动发电控制（AGC）的发电机组或储能等接受电网调度的指令，跟踪负荷变化、将系统频率维持在允许的偏差范围内。

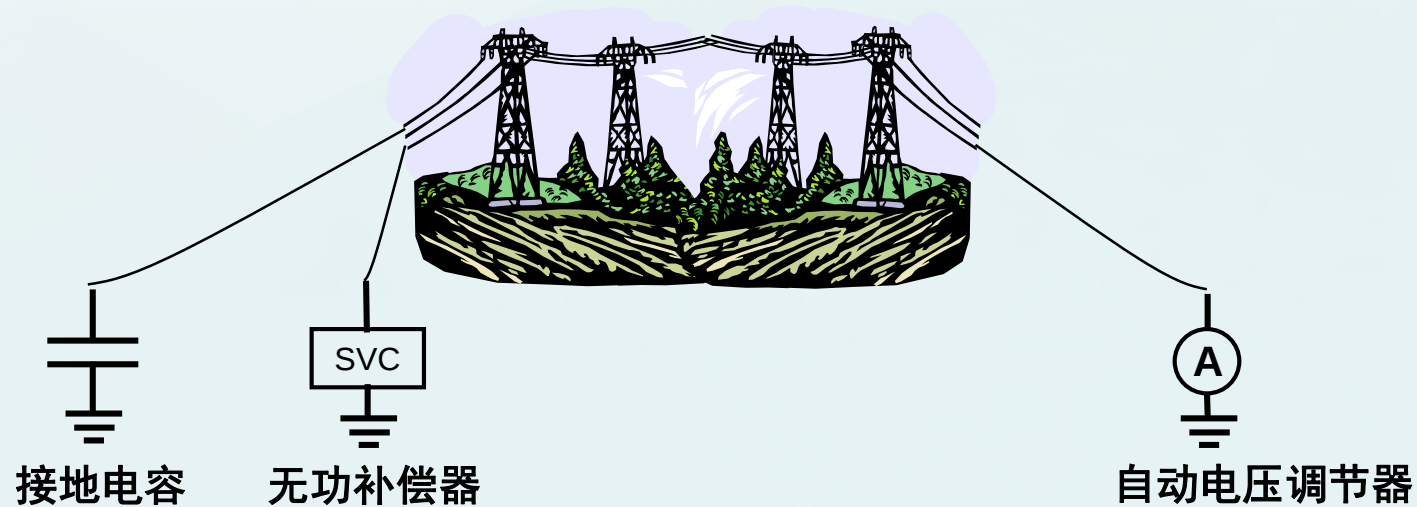
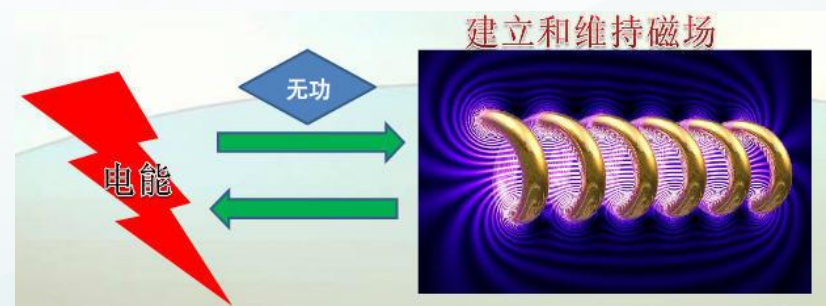
3、备用

- 电力发电应满足最大负荷需求，还应为负荷预测的误差、容量最大发电机的强迫停运和新能源发电的随机波动等预留备用。按照发电跟踪负荷的速度，可划分为：旋转备用、非旋转备用、替代备用。



4、无功电压支持

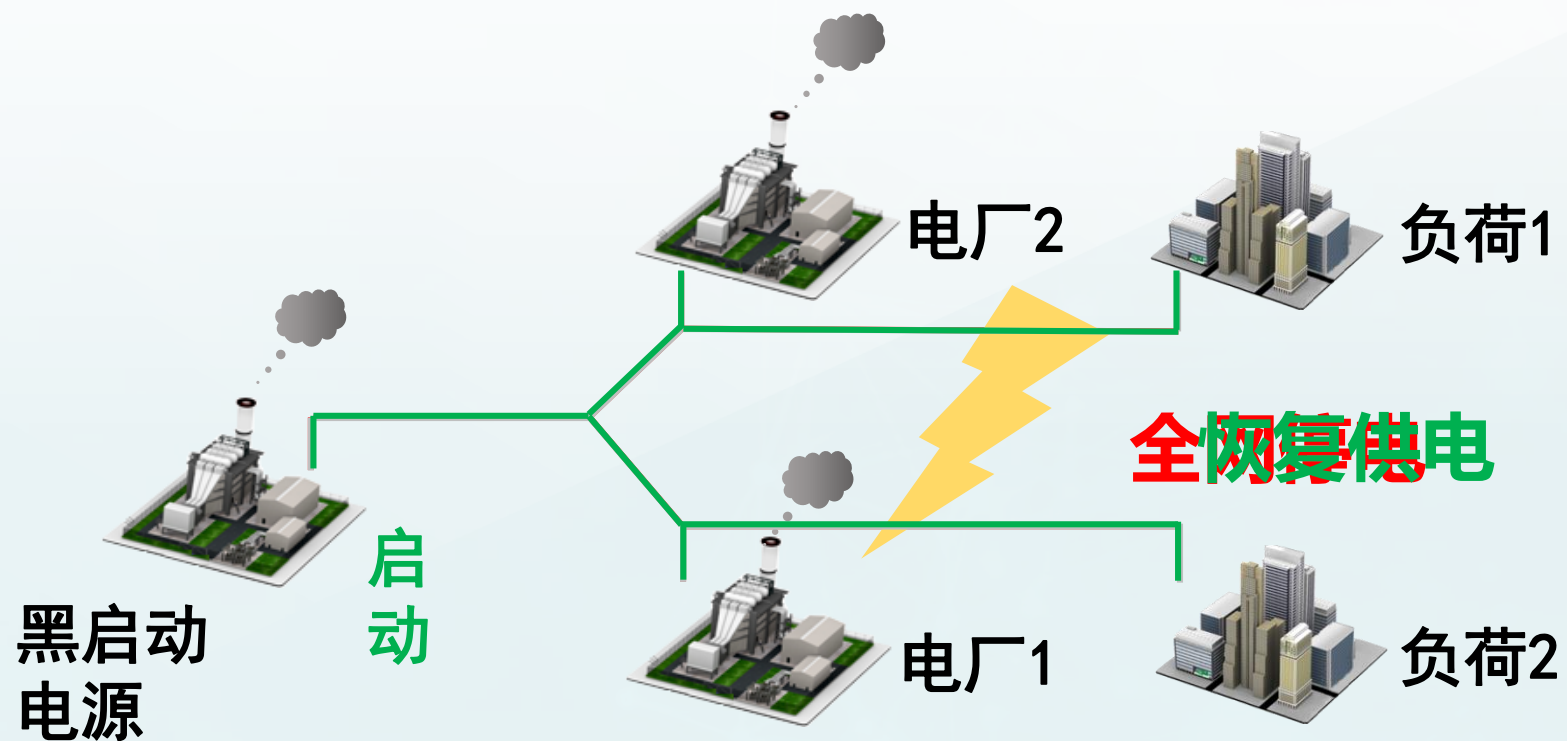
- 通过发电机或输电系统中的其他无功设备向系统注入或从系统吸收无功功率，以维持输电系统的电压在允许范围内。



5、事故后恢复服务：黑启动

- 整个电网因故障“全黑”而停运后，可以不依赖外来电源的帮助，通过启动系统中具有自启动能力的机组，为无自启动能力的机组提供厂用电，逐步扩大系统的恢复范围，最终实现整个系统的恢复。

5、事故后恢复服务：黑启动



5、事故后恢复服务：黑启动

- 电网的黑启动以电厂的黑启动为前提。
- 黑启动电厂应具备在没有外援厂用电的情况下自启动发电机的能力，例如柴油发电机。

6、辅助服务市场

- 调频和旋转备用需要预留一定在线容量，以保障发电和用电实时平衡；
- 辅助服务的经济学意义是放弃在电量市场上发电获利的机会，因而产生了机会成本。
- 辅助服务的本质是提前预留容量，并在被调用时产生电量。所以应通过辅助服务市场发现这一机会成本！

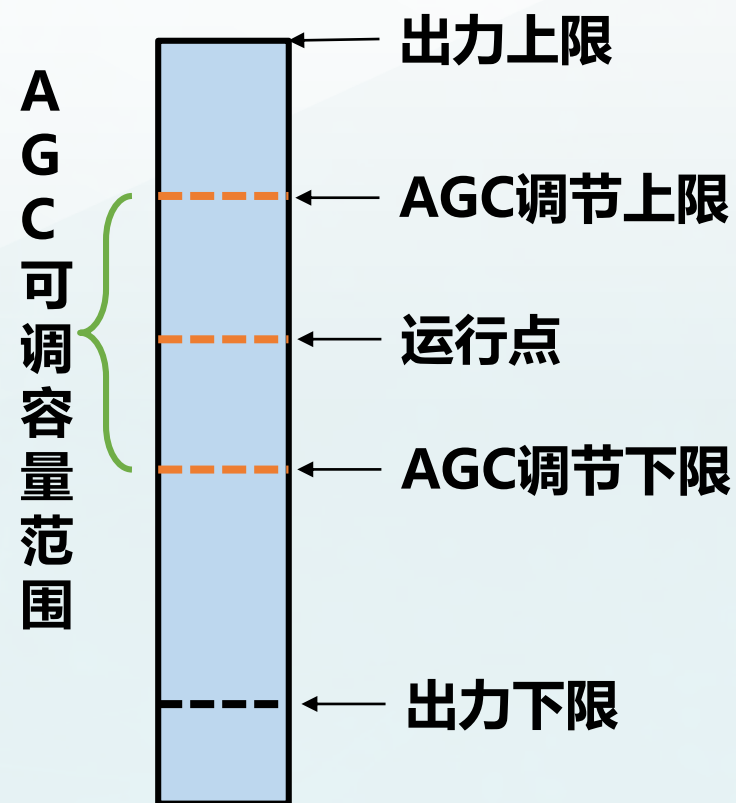
第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
- 三. 旋转备用市场
- 四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

1、发电机调频成本

(1) 预留调频容量的机会成本

- 市场成员在同一时间段，同一容量只能提供能量、调频和备用服务中的一种。
- 维持某项辅助服务能力，将导致机组在电量市场或其他辅助服务市场中获利机会的丧失，从而产生机会成本（容量成本）。

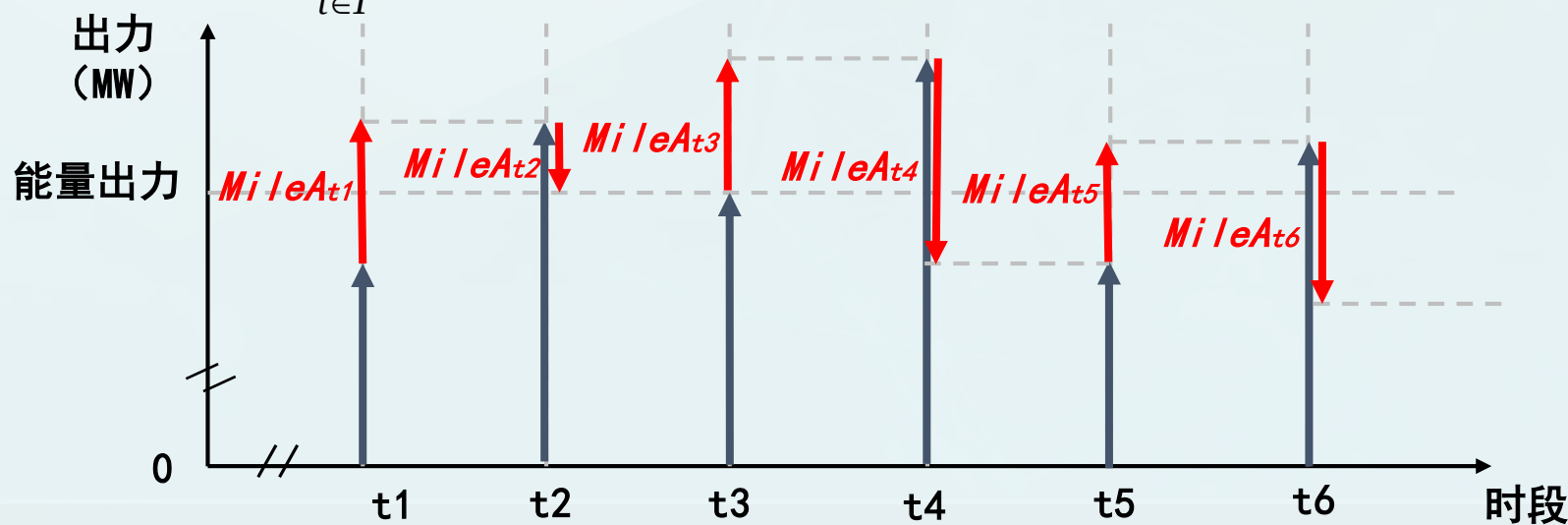


1、发电机调频成本

(2) 调频被调用时的里程费用

- 调频里程：发电机参与正/负调节“走过的路程之和”，等于在给定时间段内机组实际调频出力相邻两点差值的绝对值之和。

调频里程 = $\sum_{t \in T} |MileA_t|$ **反映了机组跟踪负荷的实际贡献**



2、调频性能比较

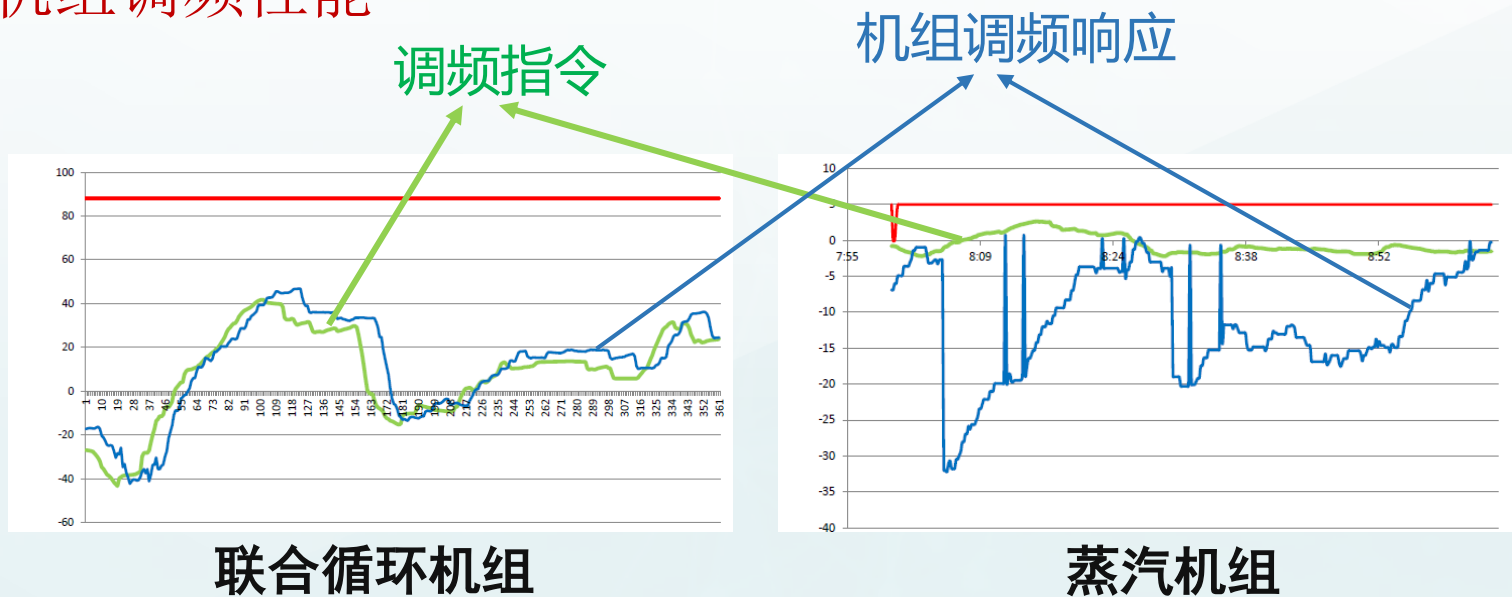
发电机组调频性能

性能指标构成：

- 相关度（Correlation）：调频资源的响应信号与其控制信号之间的相关性程度
 - 延迟度（Delay）：调频资源响应信号与其控制信号相关性最大点与实际控制信号点之间的时间延迟
 - 精度（Presicion）：调频资源响应信号与其控制信号之间差值的累积面积
-
- 将3个指标的加权平均作为发电机调频性能的度量。
 - 市场出清时，按照综合调频性能对发电机报价进行修正，使调频性能好的机组更易于中标。

2、调频性能比较

发电机组调频性能

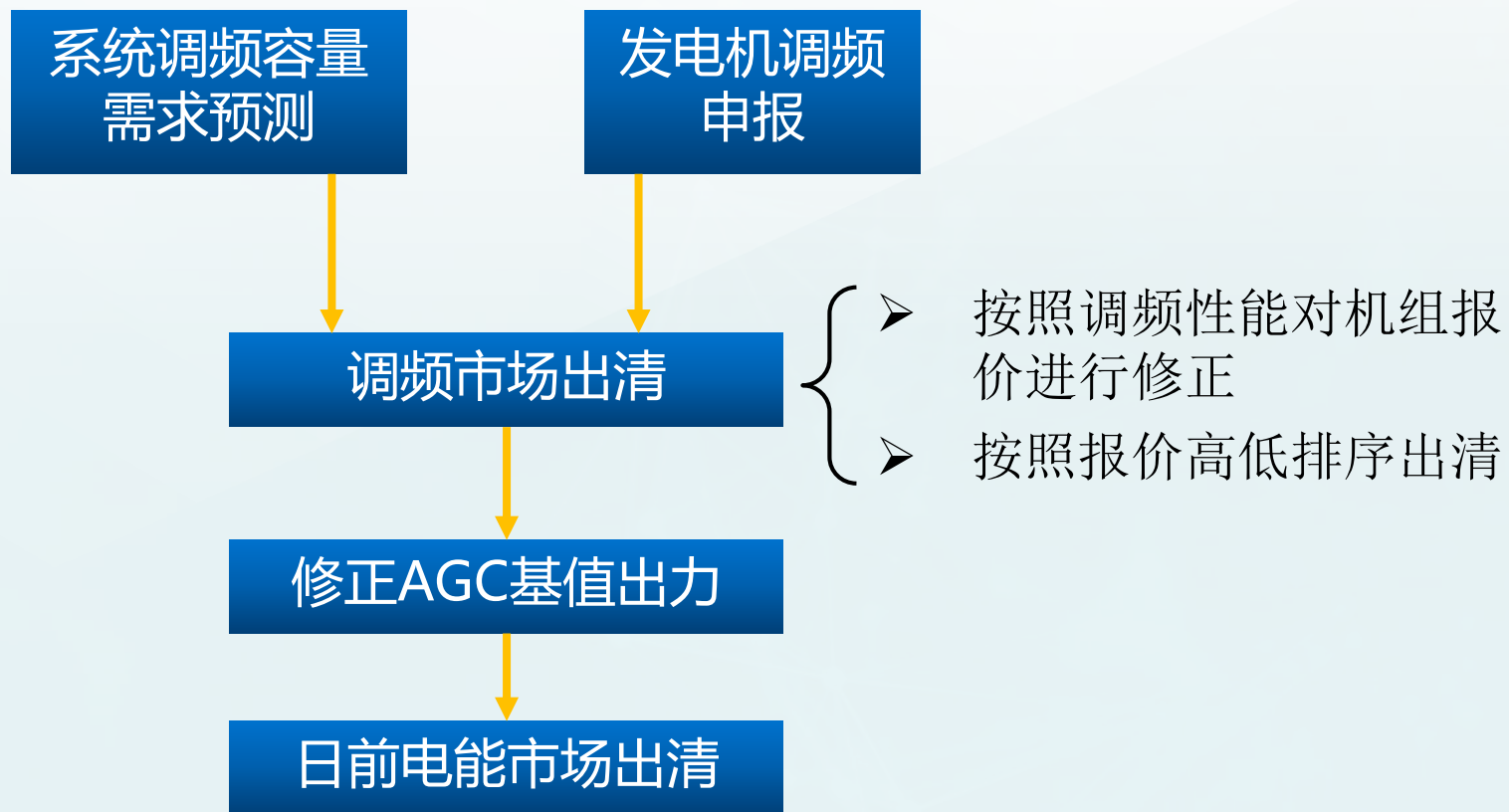


- 相关度：0.95
- 延迟度：0.66
- 精度：0.74
- 平均性能：0.78

- 相关度：0.56
- 延迟度：0.36
- 精度：0.004
- 平均性能：0.31

3、调频市场的组织

调频辅助服务市场组织



4、调频市场的流程

1) 调频市场的申报及调整

- 市场成员申报容量成本、里程成本；
- 按照成员提供调频服务的历史性能指标对其申报进行调整。

2) 市场出清与定价

- 按照调整后的（容量报价+里程报价）排序，优先调用报价低的资源直至满足市场需求。
- 市场容量价格、里程价格按边际出清得到。

3) 调频市场结算

- 成员总收益=容量收益+里程收益

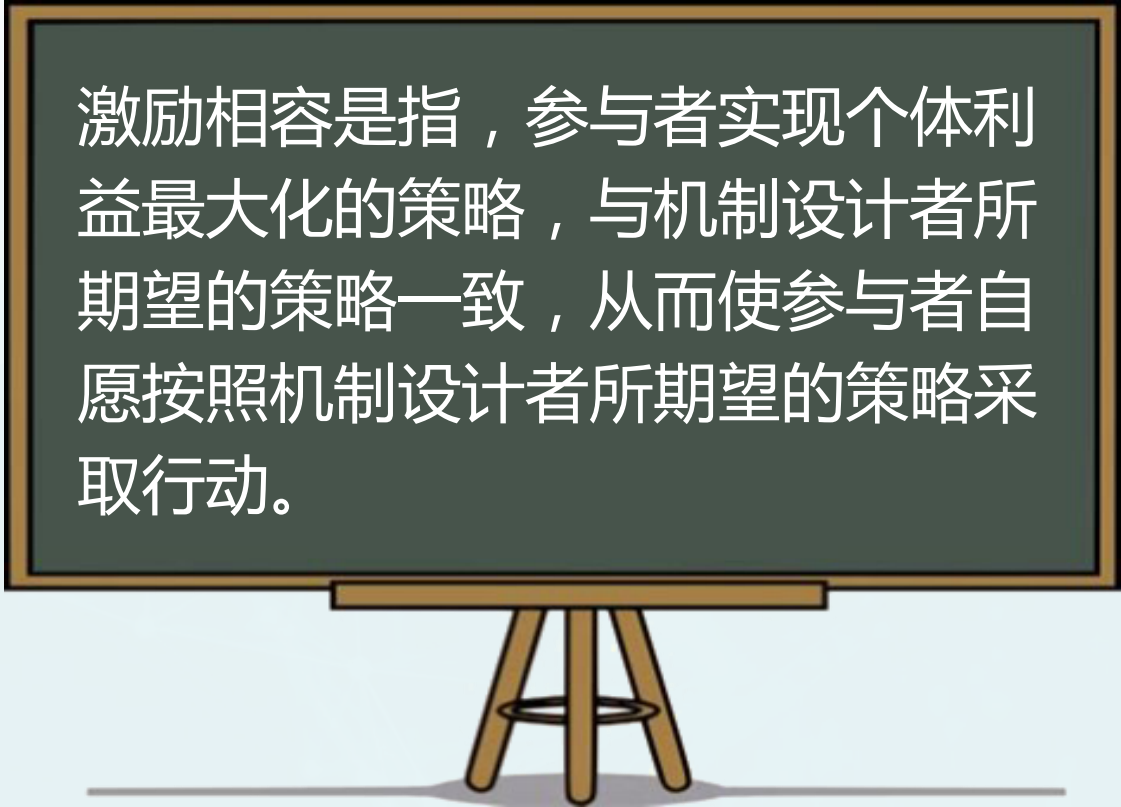
5、如何激励发电机申报真实调频成本？

- 问题：容量成本与里程成本是发电企业私有信息，调频市场存在信息不对称。
- 发电机可能谎报调频成本！

5、如何激励发电机申报真实调频成本？

激励相容的概念

回顾：什么是“激励相容原理”？



激励相容是指，参与者实现个体利益最大化的策略，与机制设计者所期望的策略一致，从而使参与者自愿按照机制设计者所期望的策略采取行动。

5、如何激励发电机申报真实调频成本？

满足激励相容原理的调频市场结算机制

- 机制设计：在调频市场上没有中标的发电企业按边际价格进行支付。支付给中标发电企业的费用在未中标的发电企业之间按照容量大小分摊。
- 效果：1) 激励发电企业申报真实调频成本；
2) 激励发电企业通过技术升级提升调频性能。

PJM调频市场实例

- PJM调频市场概况
- 调频需求确定
- 调频市场准入
- 调频市场的申报及调整
- 调频市场出清、定价与结算

1、PJM调频市场概况

■ 调频市场建设目的:

- 发现调频服务的市场价格信号
- 补偿市场成员因预留调频容量而未能发电的机会成本
- 激励市场成员提供调频服务

■ 市场运行概况

- PJM在小时前联合优化能量、调频和备用服务，并出清调频市场
- 市场成员在同一时间段，同一容量只能提供能量、调频和备用服务中的一种

1、PJM调频市场概况

PJM调频市场	
市场类型	集中竞价
结算周期	每小时
出清价格的计算频率	五分钟
主辅市场耦合	小时前电量、调频备用联合优化
价格成分	容量费用+性能费用+机会成本
价格机制	边际定价
价格帽	报价上限100\$/MW
需求容量	负荷的0.7%
是否允许需求侧响应参与	是
市场建立时间	2000年

PJM调频市场实例

- PJM调频市场概况
- 调频需求确定
- 调频市场准入
- 调频市场的申报及调整
- 调频市场出清、定价与结算

2、调频需求确定

■ 调频需求确定

- 谷荷时段（00:00~04:59）：调频需求为运行日预测负荷谷值的0.7%
- 峰荷时段（05:00~23:59）：调频需求为运行日预测负荷峰值的0.7%

■ 调频需求变化情况

- 2012年9月，PJM引入快速响应的调频资源，建立起基于性能的调频市场（Performance-based）
- 2012年10月，1.0%→0.9%→0.78%
- 2012年11月，0.78% →0.74%
- 2012年12月，0.74% →0.7%

2、调频需求确定

■ 调频需求分配

- PJM将系统运行所需的每小时调频服务总量分摊给各LSE承担，由此形成买方与卖方格局。
- 分摊比例是依据各LSE的总实时负荷峰值来确定。
- LSE可过以下方式来满足其调频义务：
 - 自调度(Self-schedule)
 - 双边交易
 - 进入调频市场购买

PJM调频市场实例

- PJM调频市场概况
- 调频需求确定
-  □ 调频市场准入
- 调频市场的申报及调整
- 调频市场出清、定价与结算

3、调频市场准入

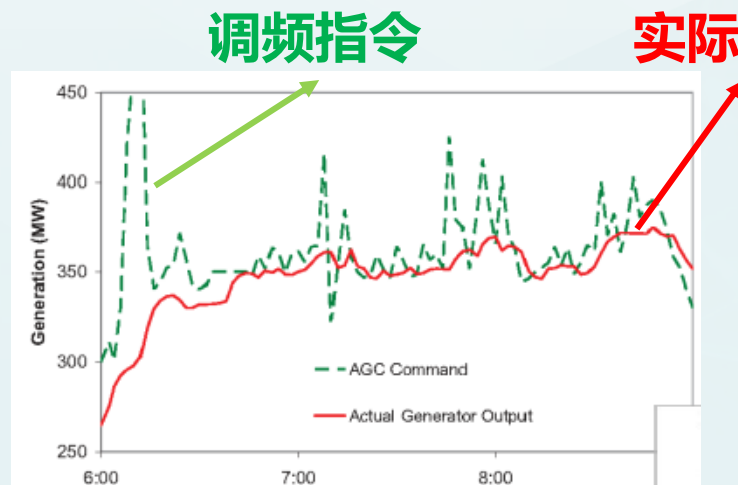
■ 可以参与调频市场的资源

- 爬坡受限的资源（RegA），提供传统/慢速调频
 - 发电机组：蒸汽机组、水电、燃气机组、联合循环机组等
- 能量受限的资源（RegD），提供动态/快速调频
 - 储能：电池、飞轮等
 - Behind-the-meter Storage：热水器、电池、插入式混合动力电动汽车等
 - 需求侧响应：变速泵，陶瓷储热器等

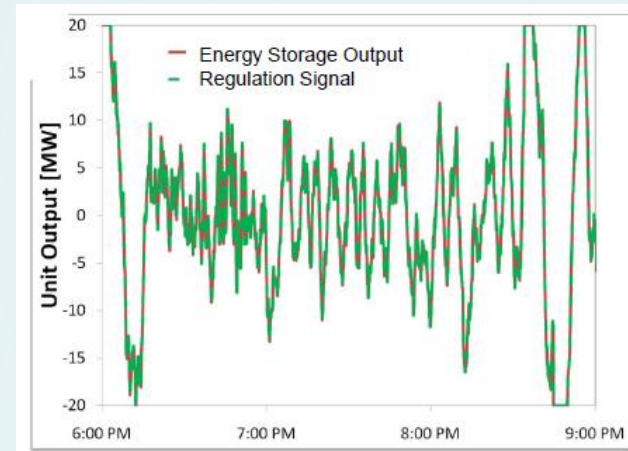
3、调频市场准入

■ 调频信号分类

- RegA: 传统/慢速调频响应信号
 - 响应时间在5min以内，性能较差
- RegD: 动态/快速调频响应信号
 - 响应时间只有几秒，能够频繁穿越零点，性能较好



火电机组跟踪RegA信号



储能跟踪RegD信号

PJM调频市场实例

- PJM调频市场概况
- 调频需求确定
- 调频市场准入
-  □ 调频市场的申报及调整
- 调频市场出清、定价与结算

4、调频市场的申报及调整

■ 调频双边交易申报：

- 由买方在eMKT系统中申报双边交易的调频容量
- 由卖方在eMKT系统中确认调频容量需求
- 双边交易数据的申报及确认需不晚于运行日当天的16:00

■ 调频市场时序：

- 调频报价及成本数据需在日前18:00前申报完毕，将用于次日全天24小时各时段
- PJM将于次日每小时出清一次调频市场

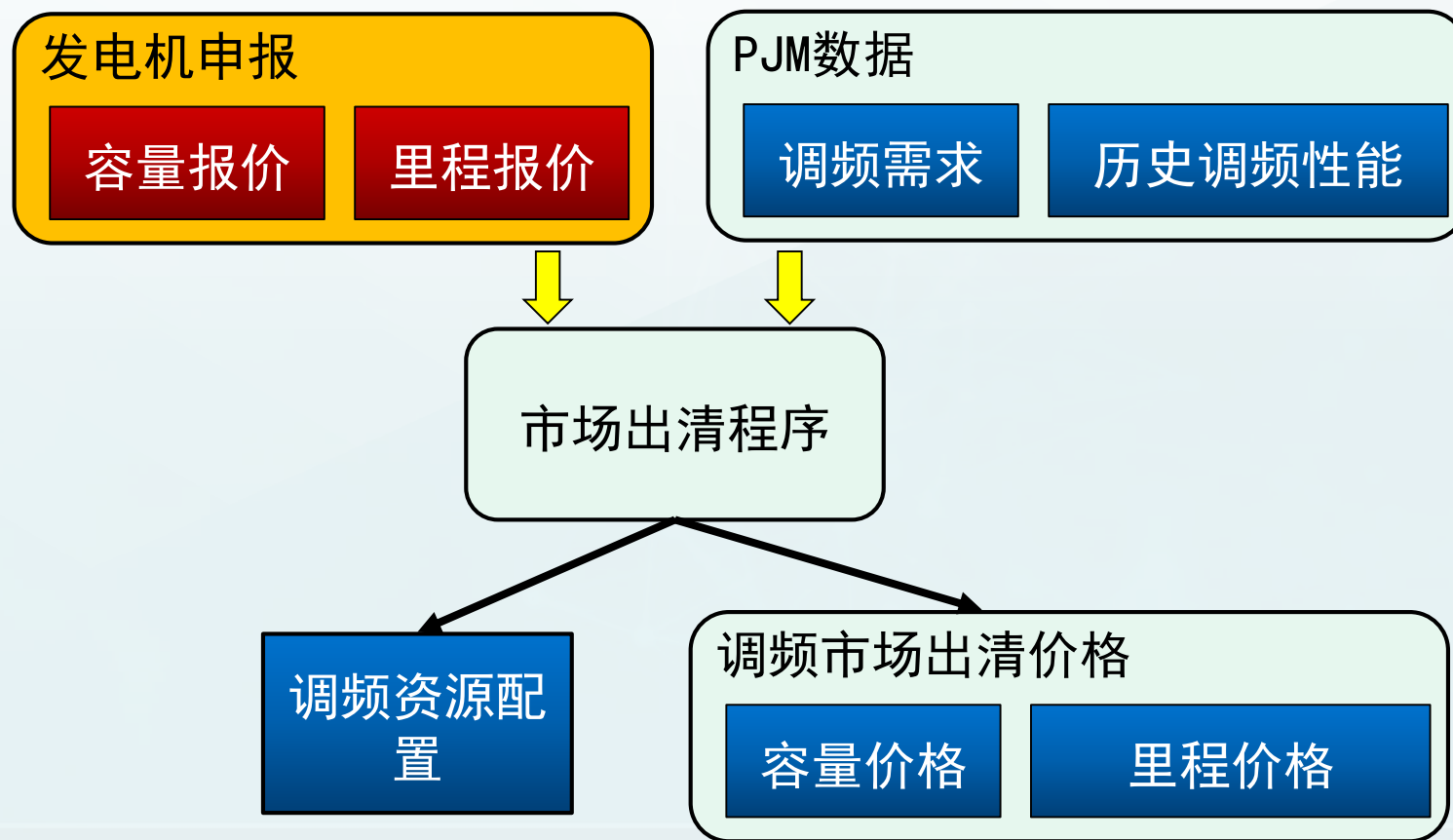


PJM调频市场实例

- PJM调频市场概况
- 调频需求确定
- 调频市场准入
- 调频市场的申报及调整
- 调频市场出清、定价与结算

5、调频市场出清、定价与结算

(1) 市场出清过程



5、调频市场出清、定价与结算

(2) 市场结算价格

- 调频市场每5min出清一次，每1h结算一次。
- PJM市场对1h内各次出清价格求平均值，作为该小时的结算价格。

5、调频市场出清、定价与结算

■ 市场结算：每小时一次

- 容量收益：该小时内的调频容量MW × 实际性能指标 × 容量因子 × 容量结算价格

**效益因子：将动态响应资源（RegD）转化为传统响应（RegA）的等效容量。PJM市场中：
1 RegD=3 RegA**

- 里程收益：该小时内的里程MW × 里程结算价格
- 总收益：容量收益+里程（性能）收益

第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
-  三. 旋转备用市场
- 四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

1、备用的分类

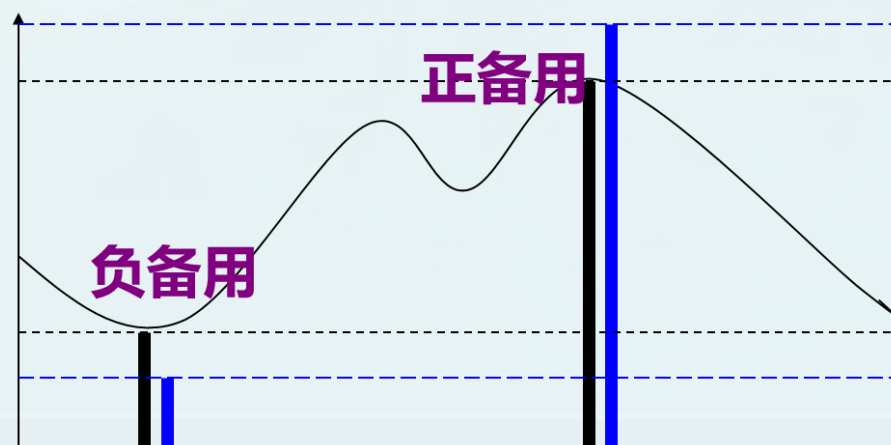
按照响应的速度

- 旋转备用：与系统同步运行的机组，10分钟内可以增加（调节）的备用容量。
- 非旋转备用：通常为几十分钟（30min）之内可以迅速开机并带负荷的机组。
- 替代备用：30或60分钟内可响应的慢速备用，通常为防止系统出现第二次意外事故而设置，所以系统的替代备用需求是维持机组 $N-2$ 安全约束所需的容量。系统的替代备用不应低于电网中的单机容量次高的机组。

1、备用的分类

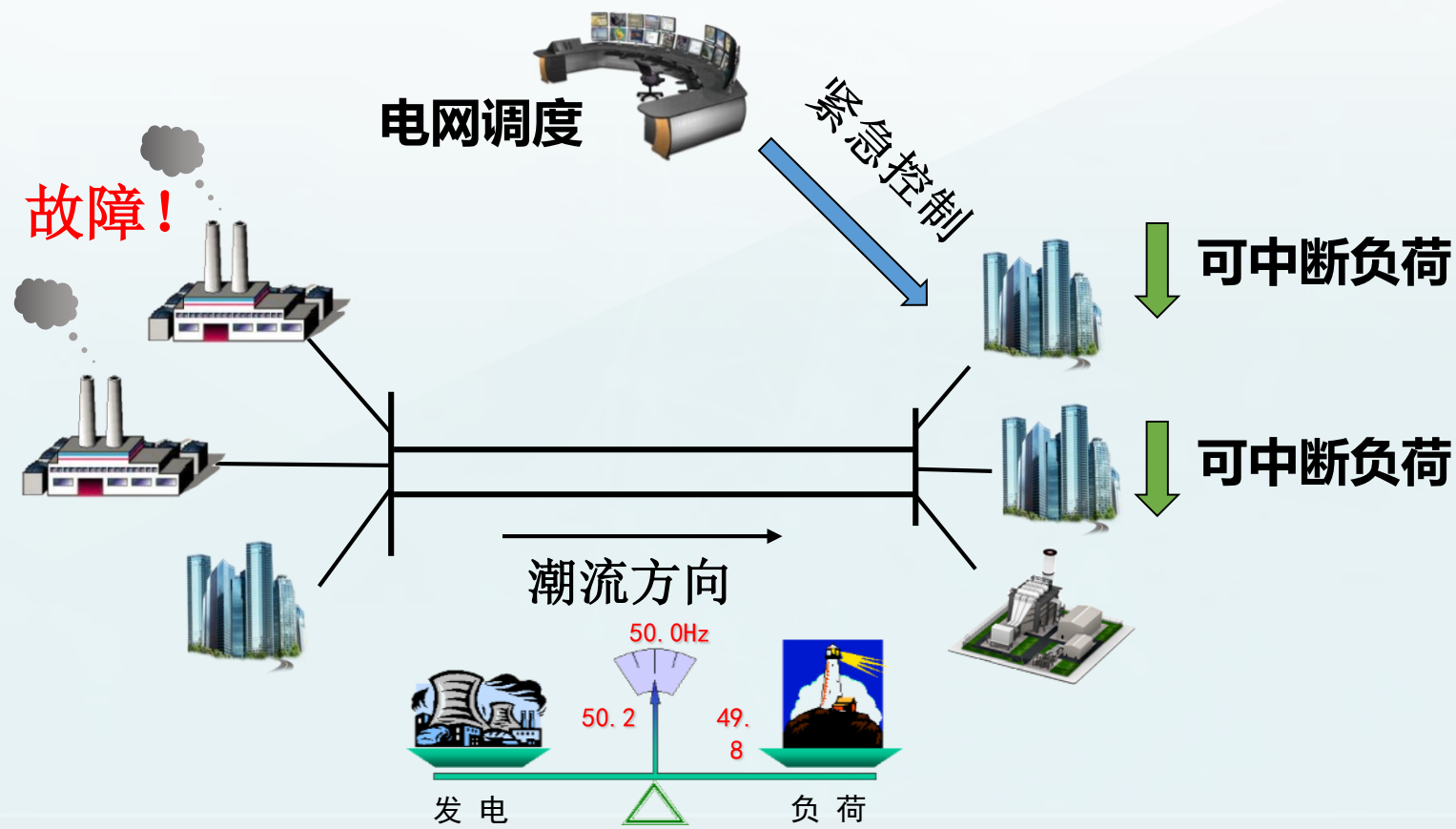
按照调整方向

- 正备用：发电机组出力小于其额定容量，而维持一定在线备用容量，以满足实时平衡的需求。需要支付两类相关价格：**容量价格和电量价格**。因此需要组织市场进行备用容量报价。
- 负备用：预留常规机组出力下调的空间，应对风电、光伏等新能源出力突然增加、或负荷预测偏差的情形。



2、可中断负荷提供备用

在紧急时刻切断部分负荷，相当于投入了备用机组。



备用机组与可中断负荷的报价

- 机组申报内容：
 - 单位备用容量—价格曲线；
 - 备用机组调节速率。
- 可中断负荷申报内容：
 - 可中断时间区间；
 - 中断提前预知时间；
 - 中断持续时间；
 - 中断负荷容量范围；
 - 中断负荷容量—价格曲线。

备用市场竞价原理

1. 备用市场竞价容量：需要满足常规的可靠性和安全性标准，系统正备用应该达到系统负荷的3—5%。应该在备用市场开始前公布系统需求。
2. 出于备用容量付费考虑，备用市场应与电量市场相分离。
3. 备用机组申报容量价格。
4. 对备用机组的排序，仅按备用容量价格作为排序的指标。
5. 备用市场的决策在日前有功电量市场交易结束之后开市。

备用市场的组织与交易决策

■ 市场组织

- 市场运营机构先公布计划交易日各时段的备用需求，发电厂和可中断用户同时进行备用申报与电量申报。

■ 备用市场的出清：

- 按照备用机组和可中断负荷的申报价格由低到高排序。
- 确定预留备用机组或可中断负荷、各主体中标的备用容量。
- 按照边际报价确定备用市场出清价格。

备用市场价格机制与结算

■ 机组报价限制措施：

- 最高限价
- 涨跌幅度限制

■ 备用机组的结算过程：容量结算与电量结算

- **容量结算**：当备用机组或可中断负荷在市场上中标后，交易中心其备用容量费用的支付：
$$\text{容量费用} = \text{购买的备用容量} \times \text{备用报价}$$
- **电量结算**：备用机组参与发电的过程中，交易中心对其发电量，按照实时市场的价格结算。

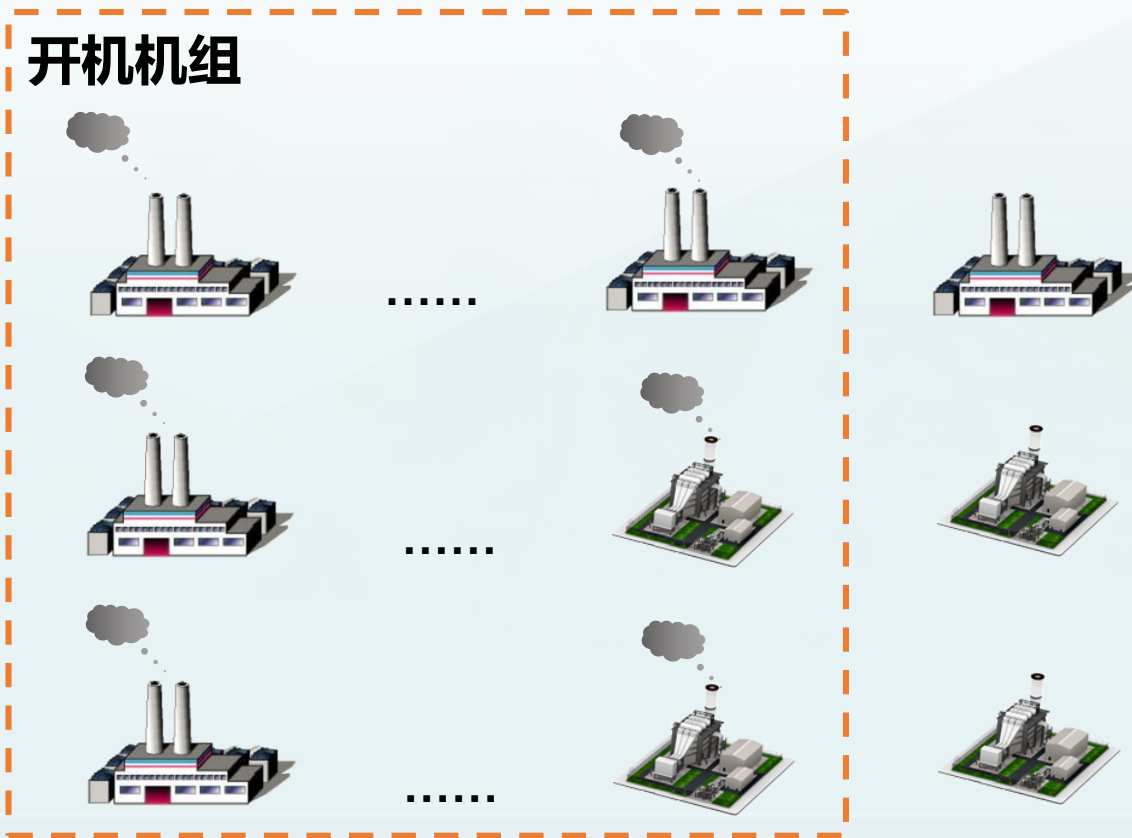
第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
- 三. 旋转备用市场
-  四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

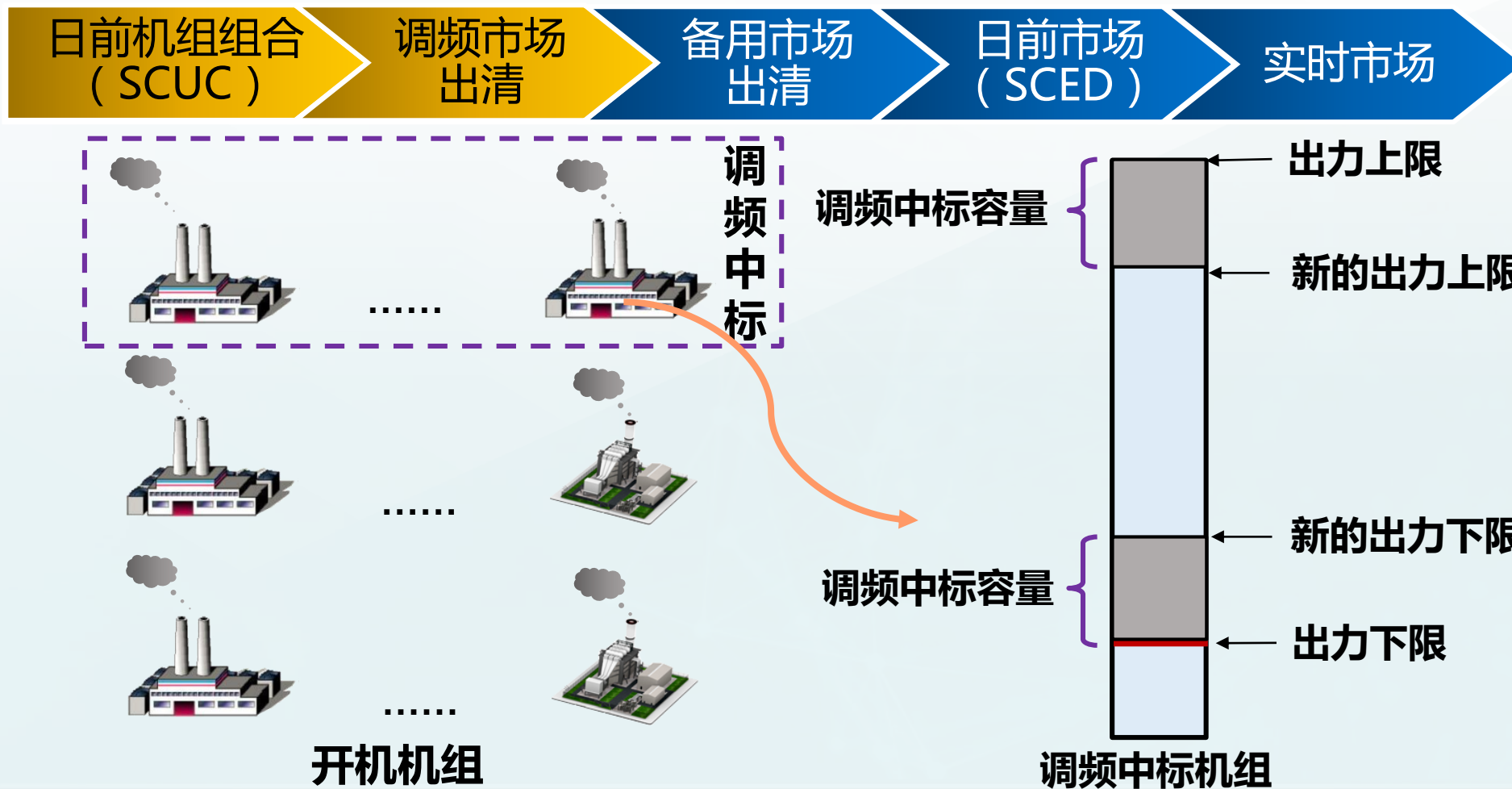
调频、备用与能量市场的协同



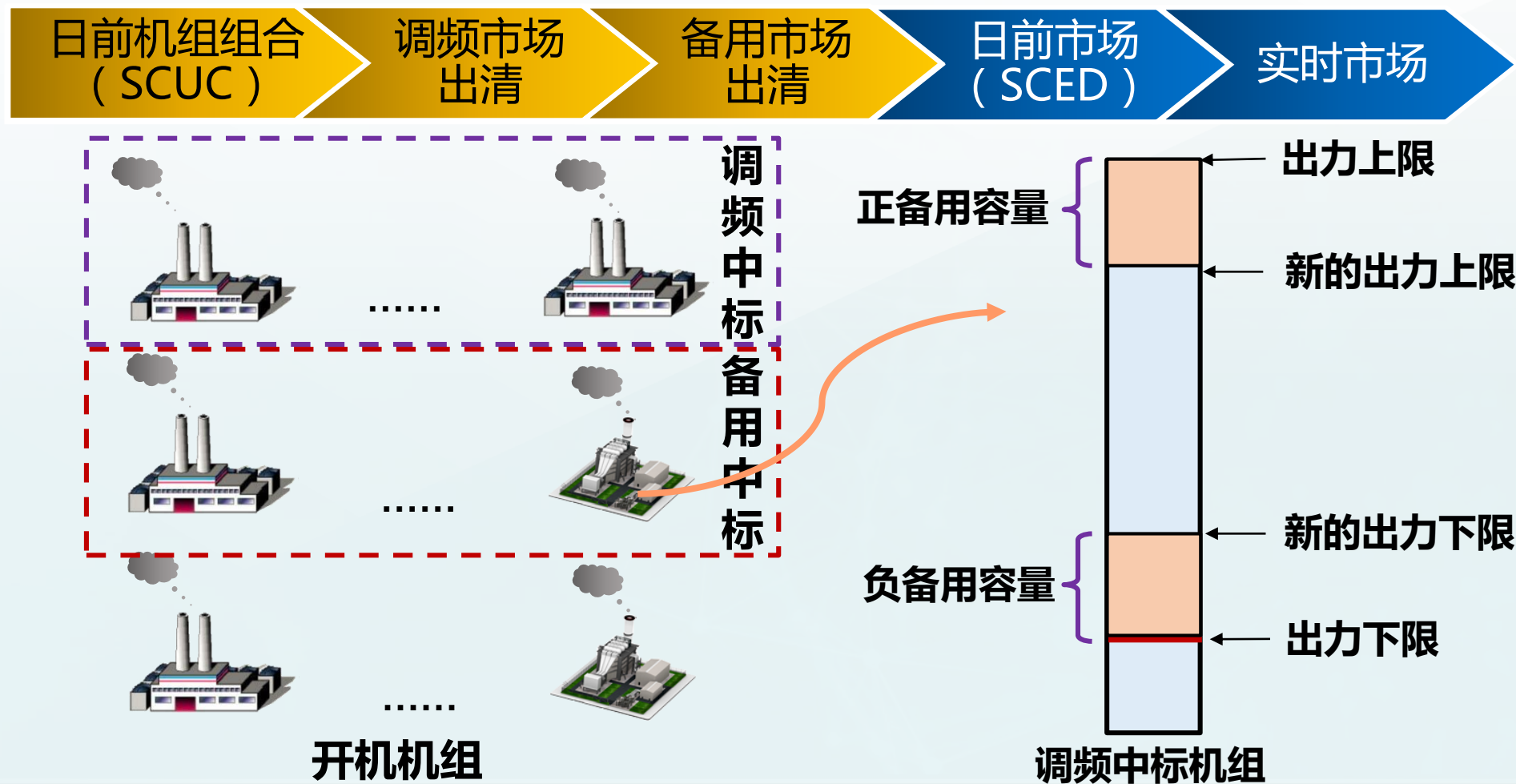
开机机组



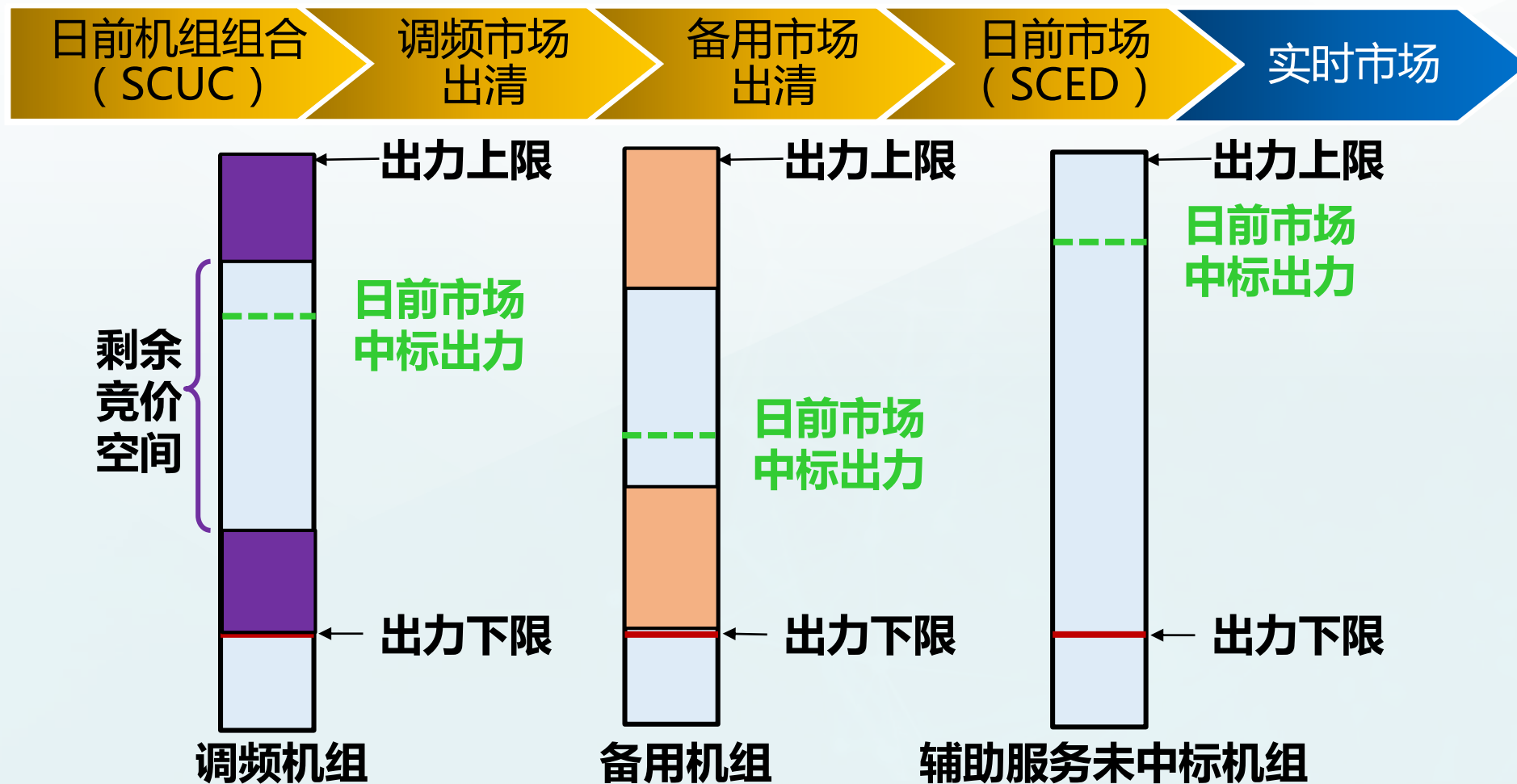
调频、备用与能量市场的协同



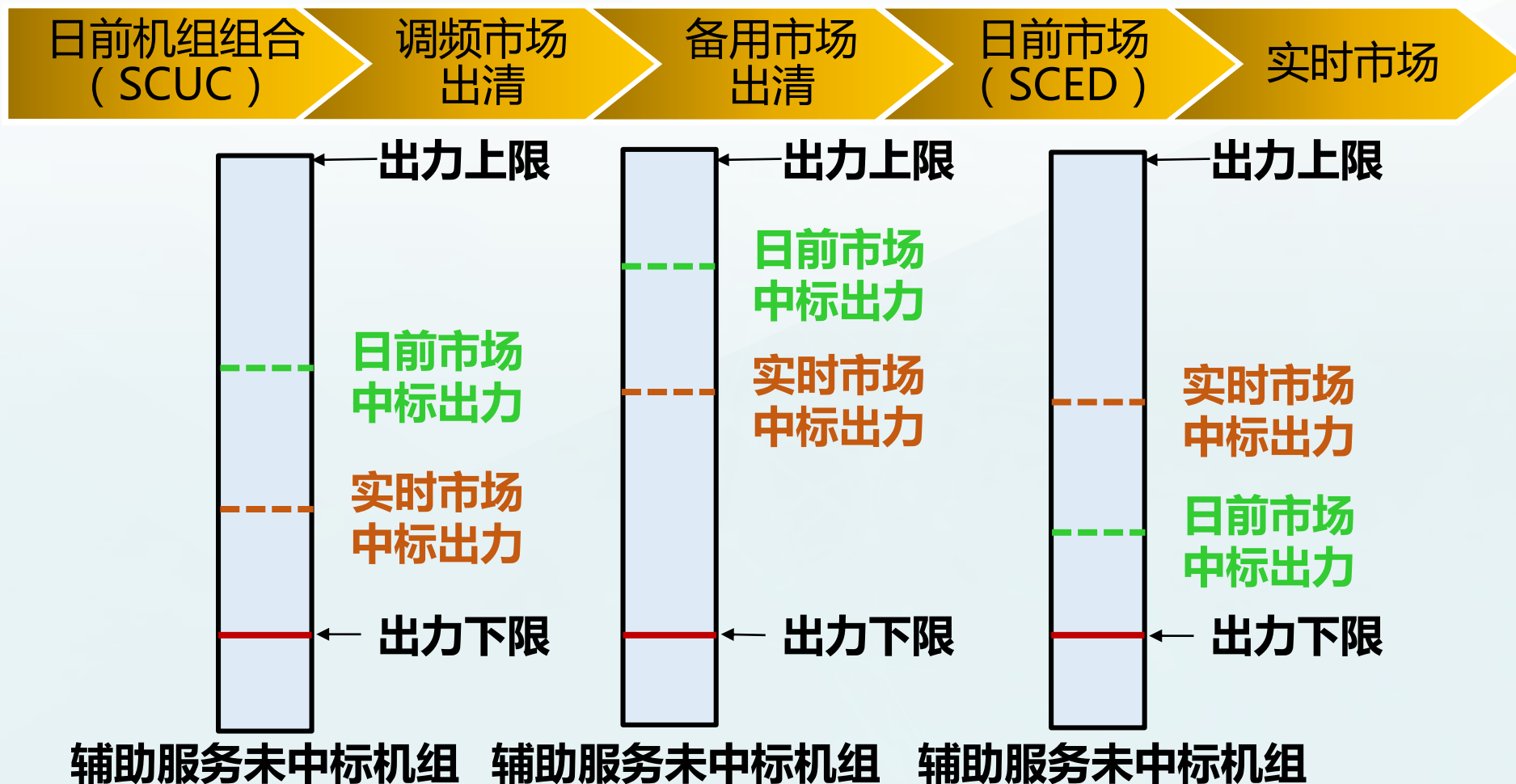
调频、备用与能量市场的协同



调频、备用与能量市场的协同



调频、备用与能量市场的协同



第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
- 三. 旋转备用市场
- 四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

1、无功服务的分类

1. **基本服务：**是指发电机组迟相功率因数在0.9至1范围内向电力系统注入无功功率，或进相功率因数在0.97至1范围内从电力系统吸收无功功率所提供的服务。
2. **有偿服务：**发电机组迟相功率因数低于0.90向电力系统注入无功功率或进相功率因数低于0.97从电力系统吸收无功功率所提供的服务。
3. 发电厂过量发无功时，将会造成容量占用，影响有功出力，在这种情况下，需要提供无功补偿的机组进行付费。

2、无功辅助服务补偿模式

1. 合理评估全网所需要的无功补偿费用。
2. 按机组容量的大小分摊补偿费用。
3. 按各机组在运行中对无功贡献率的大小，获得补偿。

PJM无功补偿服务

无功补偿	
市场类型	LSE的义务
结算周期	每年
成本构成	固定费用 (\$/month)+机会成本
价格类型	Regulated price
价格上限	无
费用来源	基于每月的负荷峰值由LSE支付
获益	发电机组和输电商
市场建立时间	1999. 09

机会成本 (Opportunity cost) 指的是当机组降低经济运行点来提供额外的无功功率时，如果LMP高于固定费用，机组将获得机会成本。

第八讲：辅助服务市场

- 一. 什么是电力辅助服务
- 二. 调频辅助服务市场
- 三. 旋转备用市场
- 四. 调频、备用与能量市场的协同
- 五. 无功辅助服务
- 六. 黑启动辅助服务

1、黑启动

- 电力调度机构根据系统安全需要，合理确定黑启动电源，并与黑启动机组所在并网发电厂签订黑启动技术协议（协议应约定黑启动技术性能指标要求，包括：黑启动机组的设备配置、机组响应时间等）；
- 签订协议后，并网发电厂须委托具备国家认证资质机构做黑启动试验合格，并经电力调度机构认可，将黑启动协议和黑启动试验合格报告报电力监管机构备案。

1、黑启动

- 提供黑启动服务的机组每半年自检一次进行黑启动试验，每两年委托具备国家认证资质机构做一次黑启动试验（机组大修后必须做一次黑启动试验），并经电力调度机构认可，报电力监管机构备案。

1、黑启动

1. PJM基于激励比率（Incentive rates）及与基于黑启动相关的成本（cost-based）来进行补偿：
 - ✓ 机组每年收益：{固定的黑启动成本+变动的黑启动成本+培训成本+（燃料储备和运输成本）} × （1+激励系数（Incentive Factor））
2. 提供黑启动服务主要是燃气轮机和水电机组
 - ✓ 要求：停机后90分钟内能再启动、能持续运行16小时。

课程内容

- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
- 四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

课程内容

- 
- 一. 电力监管的必要性及原则
 - 二. 电力监管方式
 - 三. 发电监管
 - 四. 售电监管
 - 五. 市场效率评估
 - 六. 信息披露制度

电力监管的必要性

1. 维护电力市场秩序
2. 保障电力系统安全运行
3. 依法保护电力投资者、经营者、使用者的合法权益和社会公共利益
4. 促进电力事业发展

电力监管的原则

- 电力监管应遵循鼓励竞争、促进发展和公开、公平、公正、高效的原则。
 1. 电力监管应代表社会公正利益，在电力企业和公众利益中，作出合理的平衡。
 2. 电力监管应不越位，不得干涉企业的生产管理。
 3. 坚持自律与监管相结合。
 4. 电力监管应遵循电力工业的特点，确保电力系统的安全。
 5. 监管工作本身应具有较高的效率，保持透明。

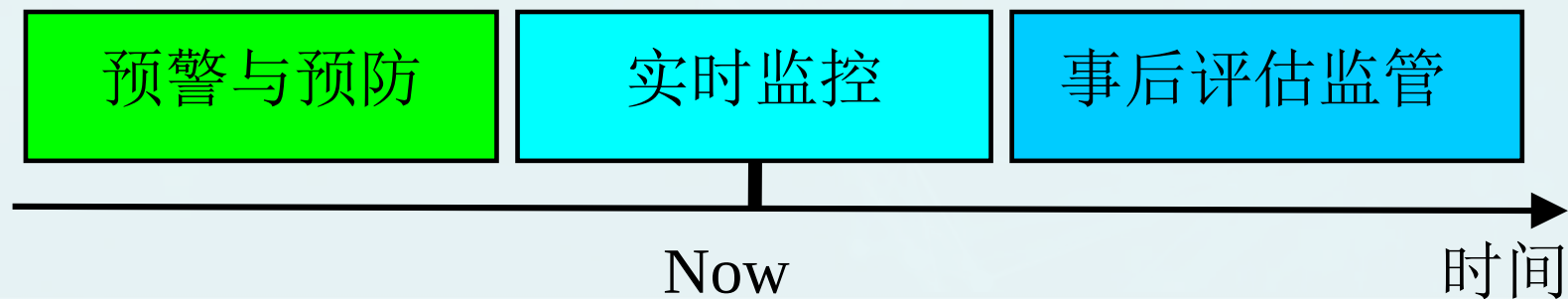
课程内容

- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
- 四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

电力监管的原则

- 根据监管时间分类，电力市场监管可以分为如下三种方式：

1. 预警与预防
2. 实时监控
3. 事后的评估分析与监管



预警与预防

- 预警与预防是对电力市场未来运营情况的分析与评估，并根据分析与评估结果，采取适当的措施，以保证电力市场的健康运营。
- 1. 对未来电力系统的可靠性、发电装机容量的充裕度、输配电容量的充裕度等方面的分析与评估。

预警与预防

2. 分析市场设计、市场规则、市场的开放程度等对未来条件的适应性。
 - 比如，随着市场竞争力度的加大，在市场规则中设计的对发电厂进行限制的条款是否放松；
 - 是否调整限价空间
 - 是否限制投机的空间

实时监控

- 电力市场的实时监控的主要目的：
 - 防范市场成员投机，保证系统的安全和市场秩序。
- 实时监控主要是对发电厂、电网公司、用户等市场成员个体的监管。
 - 对于发电厂，重点监管具有市场力的发电厂是否滥用市场力，对系统安全具有重要意义的电厂是否服从调度指令等。
 - 对于电网公司，主要监督电网公司是否无歧视开放电网，是否按照市场规则组织市场交易。

事后的评估分析与监管

- 事后评估与监管是对市场运营情况的全面的后评估。
 - 在微观层面，评估市场成员是否使用市场力，同时需要对使用市场力所造成的后果进行评估。
 - 在宏观层面，需要对市场效率、市场规则的适应性进行全面的分析。
- 事后评估与监管是电力市场监管的主要方式。

课程内容

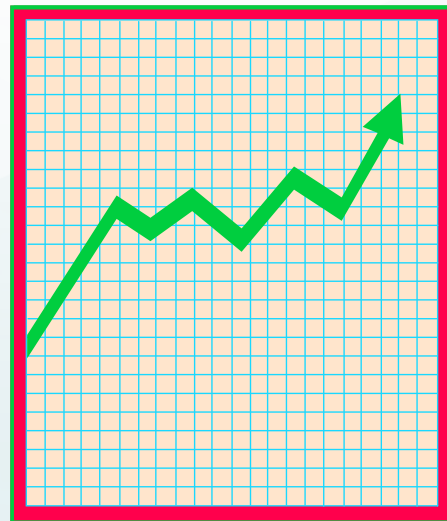
- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
- 四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

市场力监管

- 市场力的监管中，可将问题分解为如下3个层次的问题：
 - ① 是否拥有市场力以及市场力的大小；
 - ② 是否利用了市场力；
 - ③ 利用市场力危害市场有效竞争的程度。
- 核心：市场力

什么是市场力？

- 市场力 Market Power，有人译为“市场权力”、“市场势力”
- 市场成员在较长的时间内控制市场价格的能力
 - 较长的时间
 - 抬高价格，获取超额利润
 - 压低价格，阻止新成员进入



市场力与市场竞争

- 市场力并不总是有害的
 - 专利权就是一种市场力，特许垄断经营
 - 电力系统中，防止重复建设，使一些市场成员具有市场力（电网、电厂、供电）
- 完全消除电力市场中的市场力是不可能的
- 电力市场不可能是完全竞争的市场，电力市场监管的目标是“有效竞争”

发电公司主要的非竞争手段

- 经济缩减（中、短期）
- 物理缩减（中、短期）
- 阻碍新成员进入（远期）
- 形成价格联盟



经济缩减与物理缩减

■ 经济缩减(Economic Withholding)

—通过申报过高的价格，故意使可用容量不能中标，或者中标价格过高，导致市场供给紧张、价格上升

■ 物理缩减(Physical Withholding)

—通过谎报检修等形式，故意不向市场申报其可用容量，导致市场供给紧张、价格上升

市场力监管：HHI指数

- HHI指数是指市场成员市场份额的平方和

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

- 在完全垄断的行业，一个市场成员的市场份额为100%，那么HHI指数就是100的平方，为1万。
- 当市场中有无穷多个市场成员，每个市场成员的市场份额都足够小时，HHI指数接近0，如农产品市场。

HHI 指数

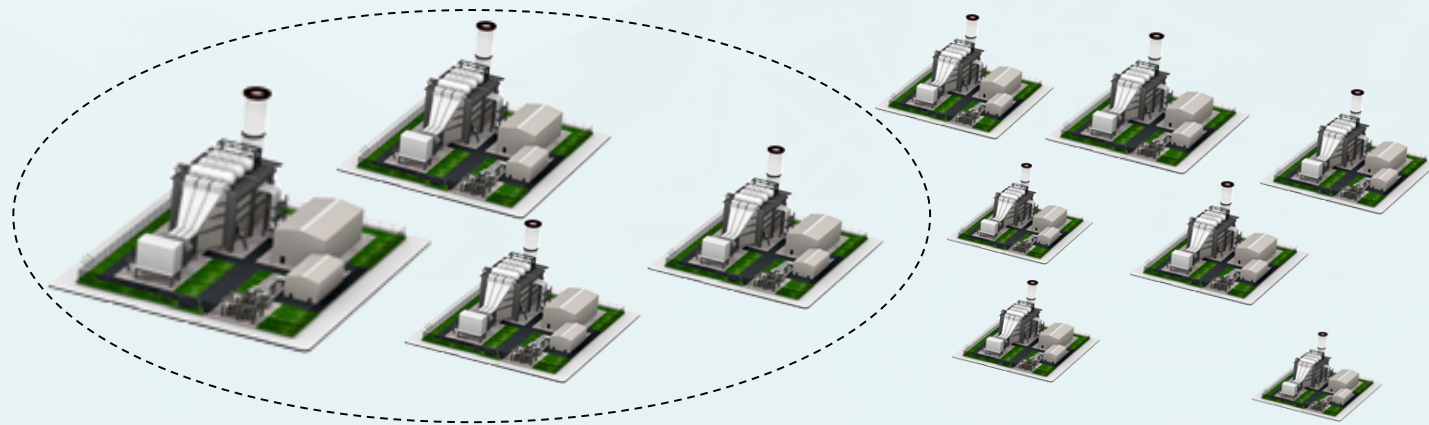
- 市场成员越多，市场份额越分散，HHI指数就越小，市场竞争就越有效。
- 国际上通用的指标是：
 - HHI低于1800时，市场竞争激烈；
 - 大于1800，小于2500时，是垄断竞争的，
 - 高于2500时，严重垄断，竞争不足。
- 在我国，发电企业经过2002~2003年的重组后，HHI指数约为1900，属于垄断竞争。

HHI 指数的缺陷

- 用HHI指数评估电力市场没有充分体现电力市场的特点。
- 比如，由于电力系统要求瞬时平衡，这可能使一些发电厂具有很大的市场力，HHI指数并不能反映这一点。
- 在国外曾经出现HHI指数在1500左右时，仍然出现了严重操纵市场的现象。

Top-m指标

- Top-m 指标是指市场中市场份额最大的 m 个发电集团所占的市场份额之和。
- 工业领域中一般取 $m=4$ ，当Top-4指标大于65时，表明市场具有寡头垄断的性质。



Top-m: 份额最大 m 个电厂的市场份额之和

发电商申报容量充足率指标BS

- 该指标是参与交易的各市场成员申报的最大供给电量之和除以最大需求电量之和

$$BS = \frac{\sum \text{最大供给电量}}{\sum \text{最大需求电量}}$$

- 反映了在市场交易中所有发电商申报容量的充裕程度，将有助于监管人员把握该次交易中的供需关系。
- BS是一个宏观评估指标，衡量市场的整体情况，BS越大，供给越充足，市场竞争越激烈。

发电商供给剩余系数RSI

- RSI是用以评估发电商在交易过程中所拥有市场控制力的监管指标，
- 其含义是在不考虑该发电商的情况下，市场的申报容量充裕度BS值，

$$RSI_i = \frac{\text{供给电量}_{\text{all}} - \text{供给电量}_i}{\text{需求电量}} \times 100\%$$

- 它反映了在该次交易中，市场对该发电商的依赖程度，其值越大说明市场对该发电商的依赖越小，该发电商的市场力越小；反之则越大。
- 当RSI值低于100%时，该发电商有操纵市场的能力。

市场力削弱

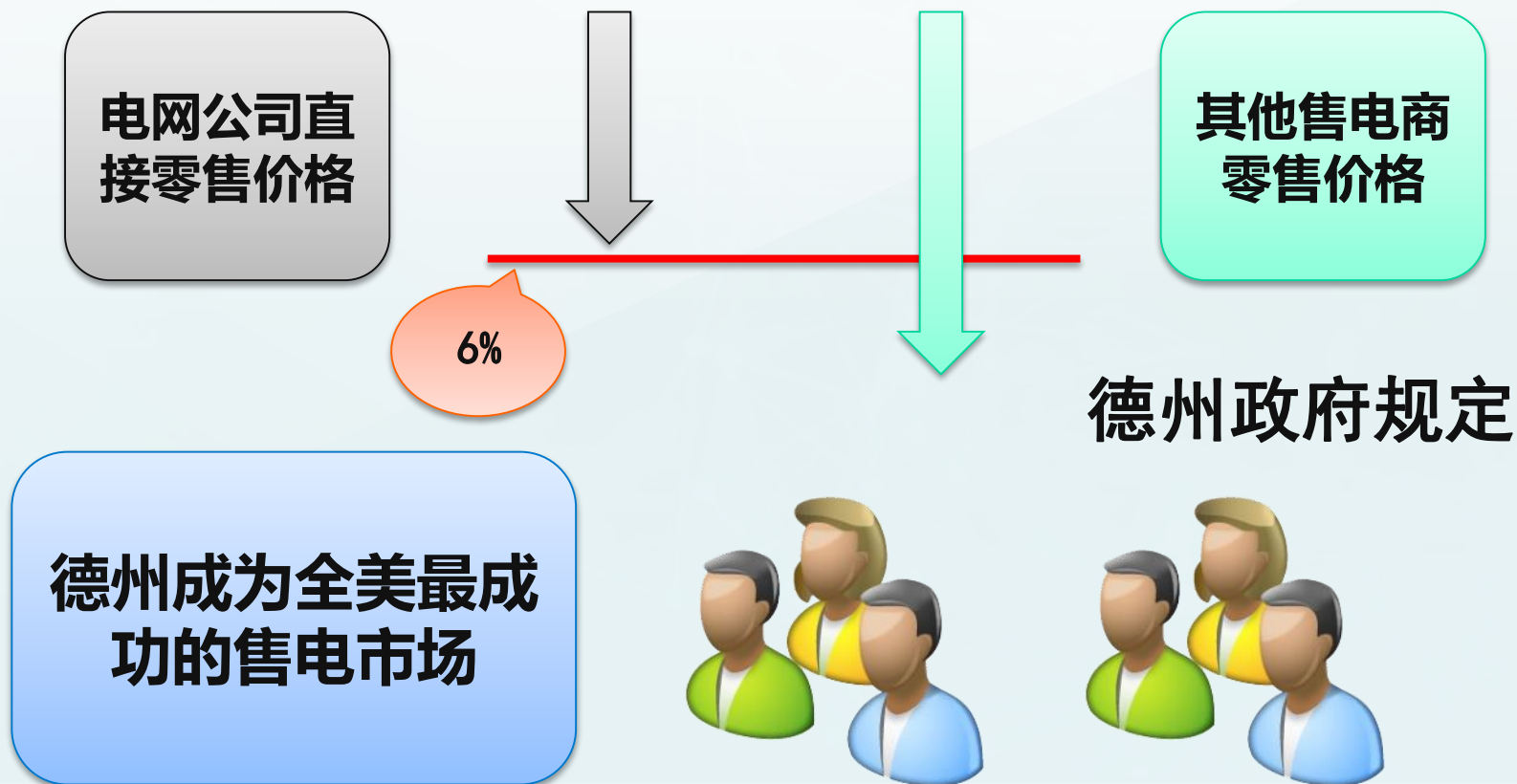
- 对具有市场力的市场成员限价
- 供不应求与供大于求情况下报价的涨跌幅度限制
- 供大于求的情况下，如果报价相同，历史上报价低的市场成员，可获得更多的份额！

课程内容

- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
-  四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

售电监管（非对称性监管）

■ 美国德州电力零售市场



电力零售市场——政府如何监管

- 监管售电主体的投诉量和被转换率（用户从该售电主体转换到其他售电主体），由电力监管部门收集并定期向电力用户公布；电力用户可据此判断服务质量较好的售电主体，更好地保证其用电安全和服务质量；
- 电力监管部门也可据此对不合格的售电主体进行警告、责令整改甚至吊销执照，从而规范市场秩序、确保市场健康发展。

课程内容

- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
- 四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

市场效率评估

■ 什么是市场效率？

- 现有电力资源优化使用（静态效益）
- 给出正确的经济信号，指导资源在相关行业流通（动态效益）
- 合理的电力价格，最大化社会福利（社会效益）
- 社会福利的分配

■ 提高市场效率是宏观监管的根本目的

市场设计导致市场低效率

- 制定规则时忽视电力工业的特点，如导致机组频繁启停，大容量火电机组开停机调峰
- 缺乏必要的风险规避措施和促进电源配合的措施，导致水电弃水，或者有调节能力的水电调峰量小
- 给出错误的激励，高成本、高污染机组大量发电
- 社会福利出现严重分配不公

课程内容

- 一. 电力监管的必要性及原则
- 二. 电力监管方式
- 三. 发电监管
- 四. 售电监管
- 五. 市场效率评估
- 六. 信息披露制度

电力市场信息披露的理论基础

- 信息经济学是研究信息不对称条件下市场成员博弈行为的理论。在信息不完全、不对称的情况下，信息资源的配置不能达到最佳状态，会引起逆向选择和道德风险。

电力市场信息披露的理论基础

- 建立电力市场信息披露制度：
 - 促进资源优化配置
 - 有效消除逆向选择
 - 有效防范道德风险
 - 交易机构市场公信力的内在要求

促进资源优化配置

- 信息论的奠基人香农（Shannon）给出了信息的明确定义：信息是用来消除随机不确定性的东西
- 信息是有价值的，可以帮助人们改善和优化决策
- 在信息不对称的情况下，决策者也是可以做出优化决策的，只不过这些优化选择相比于完全信息下的优化决策，不是最佳的！信息的不确定性使资源无法得到最大化利用，可能出现资源的错配，进而降低市场效率。

促进资源优化配置

- 如果市场组织者（调度交易机构）主动公布市场信息，真实有效的市场信息能够帮助市场成员做出最有利于自身利益的决策，使得市场资源流向资源利用价值最高的地方，让有限的资源产生最大的价值，市场的价格信号充分反映市场的供需形势，促进资源的优化配置。

有效消除逆向选择

- 逆向选择：由于信息不对称，信息劣势的一方难以顺利地做出买卖决策，价格便随之扭曲，失去平衡供求、促成交易的作用，进而导致市场效率的降低，信息不对称和市场价格扭曲产生劣质品驱逐优质品的现象。



有效防范道德风险

- 道德风险：在信息不对称的情况下，从事经济活动的个体在最大限度增进自身效用的同时作出不利于他人的行动。



有效防范道德风险

- 道德风险主要表现为交易机构工作人员等信息优势者的败德行为：有意或故意向公众提供过时的、缺陷的或者难以理解的信息；或私下向某市场成员泄露其他市场成员不知道的市场信息。
- 有效的信息披露能够使很多原本是内部隐蔽状态的信息变为向所有市场成员公开的信息，能够有效减少寻租空间、防范内幕交易。

交易机构市场公信力的内在要求

- 交易机构组织市场交易的可以认为是交易机构与所有市场成员之间达成了一项默认契约，契约内容为所有市场成员到交易机构处开展交易，交易机构按照公平、公正、公开的原则，组织所有市场成员完成市场交易。
- 交易机构主动公开信息是交易机构与市场成员达成的默认契约
- 信息公开也是交易机构自证自己完成契约的措施



电力市场信息披露

目的

分析市场制度和市场运行的特征和状态

揭示市场制度存在的问题

为政府有效地实施电力监管、市场运行部门调整运行策略、完善市场制度提供科学的依据

手段

市场指标体系

方法

通过对市场数据的统计和深层次的挖掘，形成反应市场结构、交易状况、市场效率、市场公平性、市场风险、市场外部性等若干数据主题的指标计算方法

理论基础

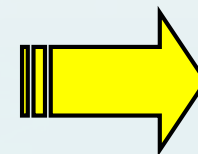
基于福利经济学、制度经济学和统计学的理论，通过统计计算市场模拟和市场运行的数据

意义

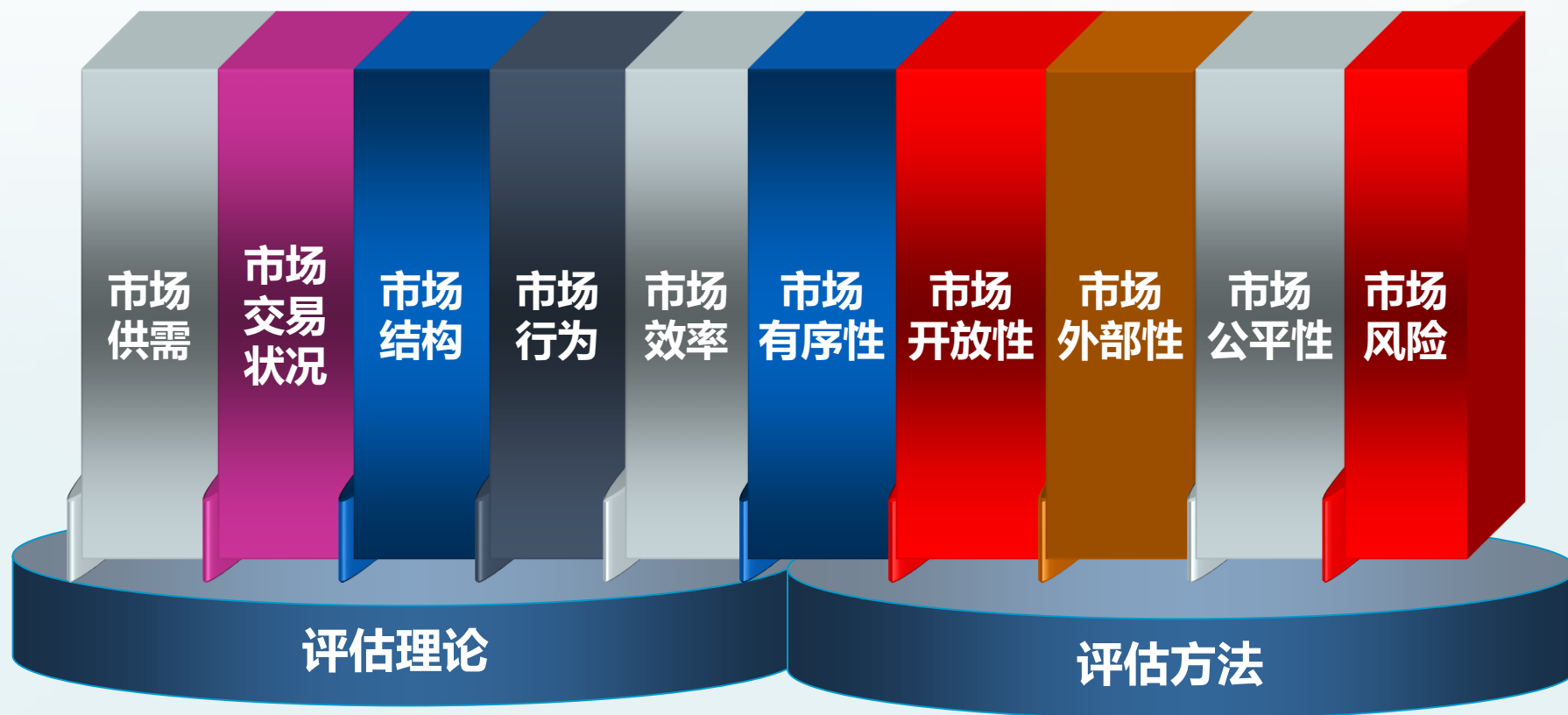
引导市场有效竞争

规避市场风险

提高资源优化配置水平



电力市场评估指标体系的框架



市场供需指标

□ 市场供给性指标

■ 反映市场供给能力：

- 竞价机组装机容量
- 竞价机组最大可发电量

■ 反映市场实际的交易供给申报状况

- 竞价机组申报的容量
- 竞价机组申报的电量

■ 反映市场供给状况

- 竞价机组申报的容量/竞价机组的装机容量
- 竞价机组的中标电量/竞价机组的最大可发电量

市场供需指标

□ 市场需求性指标

- 市场购电容量需求
- 市场购电电量需求
- 市场购电曲线的需求

□ 反映市场供需平衡状况

- 市场容量供需比
- 市场电量供需比



市场交易状况指标

□ 交易电量评估

- 年度、季度、月度、日前市场上的成交电量占全年总成交电量的比例
- 集中竞价、双边交易以及撮合交易等交易方式的成交电量占总成交量的比例
- 竞价电量占全年发电量的比例
- 火电竞价电量的比例
- 水电竞价电量的比例
- 大机组竞价成交电量的比例
- 小机组竞价成交电量的比例

市场交易状况指标

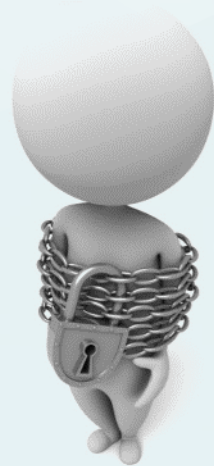
□ 交易电价评估

- 年、季、月、日交易市场上的市场出清电价、平均交易电价、最高和最低交易电价；
- 集中竞价、双边、撮合等各种交易方式的出清电价、平均交易电价最高和最低交易电价；
- 全年竞价成交电量的上网均价；
- 竞价电量的平均成交电价与非竞价机组平均发电价格对比指标；

市场交易状况指标

□ 交易电价评估

- 年度市场有约束和无约束出清电价和交易均价的差别;
- 月度市场有约束和无约束出清电价和交易均价的差别;
- 日前市场有约束和无约束出清电价和交易均价的差别;



市场交易状况指标

□ 交易电价评估

- 年度市场最高、平均、最低成交电价的趋势图、涨跌幅度；
- 月度市场最高、平均、最低成交电价的趋势图、涨跌幅度；
- 日前市场最高、平均、最低成交电价的趋势图、涨跌幅度；



市场结构

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

■ HHI指数

- HHI低于1800时，市场竞争激烈；
- 大于1800，小于2500时，是垄断竞争的，
- 高于2500时，严重垄断，竞争不足。

■ TOP-M指数

■ 市场购售电集中度对称性指数

市场开放程度

- 竞价机组比例
- 竞价电量比例
- 电网开放性指标



市场有序性

- 中长期成交电量占年度总成交电量的比例；
- 市场价格的涨跌幅度；
- 重要输电端面潮流的波动性 （波动性大则有序性差 ）
- 交易合同执行的违约率

市场行为

- 机组持留容量与电量的比例
- 机组报价的变化与供需关系变化的对比；
- 机组报价与市场平均电价的差别
- 发电机组作为边际机组的频率；
- 机组报价与无约束出清电价的差别；

市场行为

- 机组作为约束上机组的频率；
- 机组报价的变化趋势；
- 不同机组报价的相关性，以反映市场成员串谋的情况；
- 各机组成交电价对购电成本的贡献率；
- 各机组成交电量对购电成本的贡献率；

市场效率

- Lerner指数: $L = \frac{P - MC}{P}$
- 市场平均成交电价的变化与供求关系变化的对比
- 市场平均成交电价的变化与煤炭价格变化的对比
- 当前市场平均成交电价与历史的对比;

通过对价格与边际成本偏离程度的度量，反映市场中垄断力量的强弱。

市场效率

- 各区和各省（市）边际发电成本，反映跨区、跨省电力资源配置的水平。
- 跨区交易电量占各区域交易量的比重
- 跨省交易量占各省交易量的比重。

市场外部性

- 电网网损增加
- 发电煤耗指标;
- 污染排放指标;
- 落后地区电价上扬的幅度;
- 低效机组发电量的变化指标。



市场交易公平性

- 各发电机组的网损修正系数;
- 各发电机组分摊的输电成本;
- 各机组合约分解曲线与调度曲线之间的差别;
- 阻塞端面两端的各节点电价差别与发电机组最高与最低报价的对比;
- 约束上机组获得的利润;
- 约束下机组获得的补偿

市场风险评估

□ 价格、风险相关指标

- 价格涨幅的幅度指标，其中包括：最高、最低和平均交易价格；
- 价格涨幅与供求关系的对比关系；



市场风险评估

- 市场对电网安全裕度的影响指标
 - 电网主要传输端面的剩余传输容量的变化;
 - 统一负荷水平下潮流的波动性;
 - 市场竞争造成潮流分布的不均衡性
 - 电网主要传输端面出现阻塞的频率。

