

电力市场交易模式的现状与发展趋势

杜松怀

(中国农业大学电气信息学院)

摘要 介绍了电力工业放松管制后出现的新实体,详细分析了英国和美国加州的电力市场模式和最新发展,讨论了加州的电力危机,得到了一些启示。根据英国和加州电力市场的经验和教训,建议我国采用简化的市场结构;除独立省网外首先建立区域级电力市场进而建立国家级电力市场;市场交易种类多样化,避免过分依赖现货市场;成立PX和与NGC一体化的ISO;研究基于e-commerce的ISO的可行性。此外,针对诸如能源短缺、环保、市场监管、系统规划与投资、需求侧管理以及资源优化配置等问题提出了建议。

关键词 电力市场; 交易模式; 新实体; 电力库; 电子商务; 电力危机

中图分类号 TM 732

Situation and Development About Transaction Models of Power Markets

Du Songhuai

(College of Electricity and Information, CAU)

Abstract The new entities of power markets in deregulating of power industry was introduced. The models and evolution of British and California markets was analysed, and the energy crisis of California and the revelations to China were discussed in detail. Based on experiences of British and California markets, the author suggests that simplified market structure and more transaction types should be adopted; regional market and its organizations such as PX and NGC based ISO should be established; exorbitant dependence on spot market must be avoided; the feasibility of e-commerce based ISO should be researched. Moreover, some suggestions to problems such as energy shortage, environment protection, system planning and investment, demand-side management, and optimal distribution of resources are presented.

Key words power markets, transaction models, new entities, pool, e-commerce, power crisis

英国是世界上最早在电力行业引入竞争的国家之一,其第一阶段的Pool模式及新近推出的市场模式受到广泛的关注。美国加州的市场化改革起步较晚,但其市场模式独树一帜,一度受到我国许多学者的推崇。但是,在人们将注意力普遍关注到电力市场具体技术问题的时候,却出现了2个有影响的事件。一是英国电力市场的第2次改革,二是美国加州的电力危机。前

收稿日期: 2000-07-05

杜松怀,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)60信箱,100083

者是市场改革的主动行为,而后者则超出了人们的预料。它们在某种程度上会对我国的电力市场模式产生较大的影响。英国对原来的 Pool 模式做了重大的调整,但仍处于试验阶段。美国加州的情况则比较糟糕,2000 年夏季以来出现了严重的电力危机。这似乎给人一种电力市场变幻莫测的感觉,其实加州电力市场目前的窘境只是一个表象,不能据此否定改革的方向。

不同国家的市场模式各不相同,但都是将发电、输电和配电进行解耦,我国也不例外,而且明确了分 4 步走的市场改革战略。第 1 步:成立国家电力公司,撤销电力部(1997- 1998);第 2 步:实现政企分开和公司化改组,进行城乡电网改造,实施省为实体的厂网分开,竞价上网试点(1998- 2000);第 3 步:完成跨区和全国联网,实现统一调度(2001- 2010);第 4 步:分离发、输、配电环节,全面引入竞争机制(2010 年以后)。可以看出,我国的电力工业也已驶入电力市场改革的轨道。

本文中首先分析电力工业放松管制后产生的新实体,然后分析英国和美国加州的电力市场模式及最新进展,同时剖析了加州电力危机的根源及其影响,最后对我国电力市场的改革提出了建议。

1 电力工业重构产生的新实体

就世界范围而言,电力工业重构产生了许多新实体,它们取代了以往的垄断模式,并分别承担不同的功能。这些实体可以概括如下:1) 发电商 G (Generator); 2) 发电经纪商 PM (Power Marketer); 3) 电能交易中心 PX (Power Exchange); 4) 独立系统操作员 ISO (Independent System Operator); 5) 辅助服务供应商 AS (Ancillary Service Provider); 6) 电网拥有者 GC 或 TO (Grid Company or Transmission Owner); 7) 计划协调者 SC (Scheduling Coordinator); 8) 零售商 R (Retail Service Provider); 9) 配电商 D (Distribution Service Provider)。

各个实体分别处于系统中发电、输电和配电的不同环节。输电部分一般包括 GC, ISO, PX, SC 和 AS, 是最重要也是最复杂的环节。这些实体在不同国家会有不同的组合。例如,英国 Pool 模式中只有一个机构,即由国家电网公司 N GC 同时负责 ISO, PX 和 GC 的任务,市场中有 AS 但没有 SC。美国加州则相反,所有机构均有而且相互独立。

2 英国的电力市场模式

英国的电力工业在 1989 年以前为垄断阶段;1989 至 1997 年为电力市场改革运营阶段,采用强制型 Pool 模式;1997 年起酝酿新的市场机制和模式,进行第 2 次改革,并从 2000 年起开始运作。

2.1 英国的 Power Pool 运营模式

第 1 次改革后英国电力工业的基本情况如下:1) 发电侧:原中央发电局 C E G B 重组成 4 个部分^[1,2]:国家电网公司 N GC、国家电力公司 N P、国家发电公司 P G 和核电公司 N E。为防止少数发电公司垄断市场,现规定任何发电公司的容量不得超过系统总容量的 25%~ 30%,并且鼓励 IPP。2) 配电侧:成立 12 个地区电力公司 R E C,负责向终端用户供电。3) 用户侧:1998 起所有用户原则上均可自由选择供电商^[3,4]。4) 市场监管:成立电力管理办公室 O F G E M 和电力供应主管机构 D G E S。

市场交易包括电力库(Pool)及金融市场 2 部分。Pool 是电力市场的联营交易中心,

所有交易均需通过 Pool 进行。由于 Pool 的电能价格存在不确定性, 市场成员会面临很大的价格风险, 因此, 双方须通过签订金融差价合同 CFD 或 EFA (Electricity Forward Agreement), 共同抵御或承担价格风险。

经过 10 多年的运营, 发现 Pool 模式存在以下问题^[5]: 1) 定价过程复杂, 透明性差, 不能真正反映发电费用。2) 少数发电商的规模过于庞大, 容易出现个别发电商操纵市场的现象; 3) 需求侧很少参与, 未引入负荷价格弹性及可中断电价等。4) N GC 不仅拥有国家电网, 还集中了系统调度、市场运行、交易结算等大部分功能和权利, 不利于电力市场的公平、公正和公开。

2.2 英国电力市场的第 2 次改革

英国对电力市场进行了第 2 次改革, 引入了新的交易模式和运营方法, 从原理上克服了现有模式的许多缺点。新模式的主要特征如下:

引入新的市场交易体系。新模式中吸收了其他国家电力市场的经验, 设计了 3 大类市场: 1) 期货和期权合同市场。2) 现货市场。它有许多叫法, 如英国叫短期双边市场 (Short Term Bilateral Market), 挪威叫日前市场 (Day-ahead Market), 澳大利亚叫短期提前市场 (Short Run Ahead Market), 国内有人叫预调度计划等, 笔者建议统一叫做现货市场。3) 平衡市场。

剥离 NGC 的部分功能和权利。NGC 只负责平衡市场的实时调度与合同交易, 有利于电力市场的公正和高效运营。

加强用户侧的参与。如前所述, 旧模式中的用户基本上不参加市场竞争, NGC 仅利用现货市场的发电报价和负荷预测值, 在考虑网络约束的基础上修改发电计划进而实现电力系统的平衡。而在新模式中, 用户既可在期货、期权合同市场或现货市场中自由交易, 也可在平衡市场中与 NGC 签订平衡合同, 按照“系统不平衡价格”进行结算。

3 美国的电力市场

美国电力市场放松管制的目的是引入竞争和降低电价, 因此, 在进行电力工业重构时产生了许多新的实体, 如非赢利性的 PX 和 ISO。PX 的核心功能是提供一个电能交易的场所, 而 ISO 则是负责系统调度和安全运行。美国各州电力市场的改革情况及运营模式相差很大, 最有代表性的是以下 3 种模式: 1) PJM 电力市场模式。将 PX 和 ISO 合为一体, 提供优化的日前中央调度, 采用著名的区域边际定价法 (LBM P)。2) Nevada 和 ERCOT 电力市场模式。建立一个 ISA (Independent System Administrator), 与 CAO (Control Area Operator)、RTO (Regional Transmission Operator) 和 Market 相互协调。3) 加州电力市场模式。分别设立 PX 和 ISO 2 个独立的实体。PX 提供电能拍卖, ISO 提供电网控制、稳定运行以及辅助服务的功能。

3.1 加州的电力市场

加州于 1996 年通过了 AB 1890 法案, 组建 ISO 和 PX, 并于 1998 年正式启动电力市场的运营。加州电力市场的各个实体及其功能概括如下:

电力公司与发电公司。加州三大私人拥有的电力公司 (PG&E, SCE 和 SDG&E) 提供全州 75% 的电力, 其余 25% 由地方公共事业部门提供。发电公司可直接售电给用户、经销商或电力联营公司, 但所有交易必须通过 SC 或 PX 进行协调。

电力交易所 PX。CalPX 于 1998 年建立, 是世界上最大的电能交易市场, 也是加州电力工业放松管制的最为关键的组成部分。PX 的任务是: 1) 预测次日负荷。2) 负责远期和期货合同

管理。3) 运行日前市场 (Day-ahead market)、当日市场 (Day-of market) 和一小时提前市场 (Hour-ahead market); 根据市场参与者的投标 (Bids) 确定统一的市场清算价 MCP (Market clearing price); 与 ISO 交互工作, 确定每个成员的最终交易额及整个市场的交易计划。4) 市场信息 (如成交价格等) 发布与管理。5) 市场清算 (Clearing) 与结算 (Settlement)。

Ca ISO。Ca ISO 于 1997 成立, 其主要职能是: 1) 系统调度, 保持发供电实时平衡, 保证系统安全稳定运行; 2) 执行 PX 制订的现货市场 (日前市场、当日市场和一小时提前市场) 的交易计划; 3) 协调网络可用传输容量 (ATC) 的使用^[6], 负责拥堵管理; 4) 根据 SC 和 PX 提交的预测计划, 对辅助服务实行单一竞价拍卖, 安排和运行交易计划。

计划协调机构 SC。SC 的职责是: 1) 负责协调和安排发电调度、输电通道预留、为市场成员提供相应容量的电能; 2) 提交负荷预测结果及用户委托的次日或下一小时的交易计划 (含网损调整); 3) 提供辅助服务; 4) 负责支付 ISO 的费用以及与其他 SC 间的交易结算。

电网公司 GC。GC 的任务是输电规划、电网管理和运行维护, 并收取过网费。电网公司拥有加州 75% 的骨干输电网络, 覆盖加州面积的 3/4, 位居美国第二 (PJM 第一) 和世界第五。

配电公司。配电公司的职责是: 1) 通过 SC 或 PX 批发电量, 向用户供电; 2) 提供本地的输配电服务; 3) 负责电能计量和收取电费。

电力用户。所有用户均可直接购电, 可选择独立用户购电或作为结合负荷的一部分购电, 也可按双边合同或差价合同从本地电力零售商或发电商处购电。

电力服务提供商 ESP (Electric Service Provider)。撮合用户与供电商之间的电能买卖, 向用户收取电费和电费, 通过 SC 或 PX 安排负荷和发电计划, 向 SC 和供电商支付电费和辅助服务费。

3.2 加州的电力危机

2000 年夏季 (5 月) 以来加州出现了严重的电力危机。表现为 FERC 颁布了紧急令; ISO 频繁宣布能源警报 (Energy alert) 并实施轮流断电计划 (Rolling Blackouts); 2001-01-31 宣布停止 PX 的交易 (Trading Suspended); 2001-04-06 两家最大的电力公司 PG&E 和 SCE 申请破产; 2001-05-25 宣布关闭 PX 及其网站等。

导致加州电力危机的原因可归纳为以下几个方面: 负荷急剧增加, 而发电容量和系统备用容量严重不足; 存在输电瓶颈, 电力设施利用率过高, 没有调节余地^[7]; 改革法案具有负面影响。AB 1890 法案规定电力供应商必须由发电商批发电力, 再以不高于最高限价 (price caps) 的价格销售给用户, 其初衷是鼓励发电商竞争以降低电价。但自从电力危机以来, 电力批发价格远远高于销售价格, 导致电力公司资不抵债、申请破产。

加州的电力危机表明, 其电力市场的运作已经失败, 这是谁都不愿意看到的事实, 它在许多方面给我们带来了深刻的启示:

1) 仅仅依靠竞争不能解决诸如能源短缺、环境保护等问题, 建议我国仍应从宏观上进行控制和协调, 确保能源安全。

2) 放松管制的同时保持有限监管, 监管体制要灵活而且反映灵敏。建议我国只对输电环节实行“软限价 (Soft price caps)”或“范围限价”; 而对上网电价和销售电价则实行更为灵活的市场竞争机制。

3) 重视电力系统规划, 鼓励中长期电源投资。

- 4) 积极推行和实施负荷侧管理。
- 5) 重视区域调度, 实现大范围资源优化配置。

4 我国的电力市场

4.1 我国电力市场的层次结构

电力市场分为传统垄断型、买电型、批发型和零售竞争型^[8]4种类型。我国制订的电力市场分4步走的改革框架基本上也是按这一模式构思的, 但是对未来电力市场的层次结构及交易模式目前尚未形成共识。最初被认为较好的市场运营模式, 业已发现还存在严重弊端, 因此需要重新加以审视。

目前我国已有7个区域电网和5个独立的省网^[9, 10], 形成了国家级、大区、省级、地级和县级的五级电网调度体系, 实行纵向分层和分区控制^[11, 12]; 因此, 首先面临的是在哪些层次建立电力市场的问题。

一种观点是, 市场的规模越大其潜在效益也越大, 建立全国性的统一电力市场最有利于资源的优化配置。因此应首先全面放开输电市场, 建立一个国家级电力市场中心, 然后在各地区成立地区性交易市场^[13]。显然, 这种模式的物质基础是成立独立的国家电网公司和全国联网。理论和实践表明, 统一的电力市场模式适合于较小的国家或地区, 如英国、新西兰等; 而大国则应采用协调的、分层分区的电力市场。另一种较为普遍的观点是, 在现行调度体制基础上有计划地建立国家级、网级、省级、地区级和县级电力市场。其好处是层次清晰, 易于机构重组和管理。但缺点也比较明显, 由于层次过多, 受技术设备和各级市场权利的制约, 发电商、用户和电力交易中心之间自由选择的范围受到限制, 容易出现垄断。

针对上述情况, 近来有学者认为应减少中间层次, 简化市场结构^[14]。其思路是省为实体, 跨省电力公司缩减为ISO, 以县为基本单元, 取消地级电力市场。显然, 这样的方案需要与电网资产重组同步进行。

4.2 省级和区域级电力市场

最初人们认为省为实体是非常理想的市场运营模式, 因此国家也决定从1998年开始在6个试点实行省为实体的电力市场模拟运行, 但是, 近几年来所表现的成效却并不显著。相反, 地区垄断、省间经济壁垒、国有资产流失等问题日益突出。比如, 某缺电地区有外省 $0.2 \text{元} \cdot \text{度}^{-1}$ 的廉价电力不用, 而只用本地 $0.7 \text{元} \cdot \text{度}^{-1}$ 的高价电; 国家花巨资投入的水电项目及其配套的HVDC跨省输电走廊, 由于地区利益冲突无多少功率可送, 更谈不上实现经济功率输送, 从而造成宏观经济损失等。

笔者认为除独立省网外, 近期内应将以省为基础竞价上网的政策调整到大区范围进行, 即建立区域级电力市场, 进而逐步过渡到国家级的电力市场。区域级电力市场既可解决跨区电网规划、运行及资源调剂问题, 避免局部市场壁垒, 又可提高电力市场的稳定性和系统的安全性。如何建设区域级和国家级电力市场有待进一步研究。

4.3 我国电力市场运营模式的建议

1) 电网拥有者、系统调度员和市场操作员。鉴于加州和英国市场的经验和教训, 结合我国国情, 建议成立IPP、电网公司(NGC)和PX, 并采用ISO与NGC融为一体(以下简称ISO)的方案。

对运营模式的总体设计应遵循 3 个原则: a. ISO 负责安全、可靠地输电。 b. PX 负责可靠、经济、高效地运行市场; c. 输电与市场严格分离。

2) 市场种类多样化, 避免过分依赖现货市场。采用 Pool 与合同市场并存的模式。除平衡市场(实时市场)和现货市场外, 可以设置远期合同和期货合同市场, 从总体上稳定市场价格。根据国情, 目前暂不适合引入期权市场^[15]。至于辅助服务, 可采用比较简单的统一调度型运作模式, 待市场逐步完善时再行考虑建立专门的竞争性辅助服务市场。

3) 研究新的 ISO 运营模式。ISO 的运营模式有 2 种: 一是常见的基于 Pool 的 ISO, 如美国的 PJM ISO、NY ISO 和 Ca ISO; 二是最新提出的基于 e-commerce 的 ISO。笔者建议研究后一种模式的 ISO, 这对我国将来 ISO 的建设和运作提供了一种新的思路。

美国 APX 公司创始人 Ed Cazalet 对 2 种模式进行了比较, 认为与 Pool ISO 相比, e-commerce ISO 是一种先进的模式。Pool ISO 的缺点表现在: 1) 中央调度系统仍属垂直垄断。2) 安排预调度计划时未考虑系统备用和输电拥堵。为了解决这一问题, 必然要求 ISO 拥有和管理足够多的电能投标(即市场参与者提供的电能数量和价格)。这样有可能导致垄断, 进而要求增加相应的监管机构, 以维持电力市场的公平。3) 阻塞调度的价格由 Pool 根据竞标确定, 在调度上表现为高度随意和不可预测。以加州为例, 购电商在某时段承担每 MW·h 数百美元的阻塞费用, 当时的市场电价只有每 MW·h 30 美元, 但他对这笔费用的结算情况却一无所知, 只有等到交易结束才会知晓。为此, Pool ISO 只好用 CFD 金融合同力图减小交易的价格风险, 而 CFD 既复杂, 又不能全部保值。4) Pool ISO 的建设费用昂贵。Pool ISO 常常要以巨额投资把已有的多个调度区(控制区)合并, 才能运行中央优化调度程序。加州 1997 至 1998 两个年度用在 ISO 和 PX 的建设费用已经超过了 7 亿美元, 并使批发电力的成本增加了 5% 以上。

E-commerce ISO 则具有很多优点, 如: 1) 随着 Internet 的发展和电子商务的日趋成熟, 各种网上实时交易在技术上已不成问题, 并且可以简化电力市场的结构, 提高调度和运营的效率。2) 用 e-commerce 可以实现电能、输电权和辅助服务等多种“产品”交易, 由计算机实时、自动地根据出价和报价的次序进行排列形成双边合同。所有参与者都能在瞬间以匿名方式查阅这些排序或对其进行改进。3) 市场中的贸易以一系列期货交易的形式出现, 如年、月、日、小时、10 min 甚至更短间隔的期货交易。理论上说, 可以实现无间隙的连续贸易, 这也是其他商品市场无法比拟的。4) 市场的超短期运营能够降低系统对辅助服务备用容量的需求。实际上, 只要参与者的数量足够多, 10 min 及更短的交易必然使 ISO 安排的备用容量减少。5) 实施 e-commerce 市场的成本较低。

5 结束语

电力市场没有现成的、完全相同的模式。电力市场的开放性和发展性, 不仅说明它是世界各国共同面临的问题, 而且也说明它的实施必然是一个动态发展和不断完善的过程。英国的改革和美国加州严重的电力危机, 都充分证明了这一点。

合理的市场结构和交易模式是电力市场成功的必要条件, 也是促进电力工业持续健康发展的保证。根据英美两国电力市场的经验和教训, 建议我国采用简化的市场层次结构; 除独立省网外应该建立区域级电力市场进而建立国家级电力市场; 市场交易的种类多样化, 避免过分依赖现货市场, 如建立远期和期货市场、现货市场和平衡市场, 避免单一电价体系; 成立 PX 和

与NGC一体化的ISO;研究新的基于e-commerce的ISO运营模式的可行性。此外,在诸如能源短缺、环境保护、市场监管、系统规划与投资、负荷侧管理,以及区域资源优化配置等方面,要有技术上、经济上兼顾的措施,确保我国电力市场改革积极稳妥地向前发展。

参 考 文 献

- 1 李帆,朱敏,宋永华. 英国电力市场模式改革回顾与展望. 国际电力, 1999, 13(1): 55~ 59
- 2 李帆,朱敏. 英国电力市场及输电系统简介. 电力系统自动化, 1999, 23(2): 33~ 40
- 3 王广庆,蒋连海,马殿敏,等. 农村电力市场. 北京: 中国电力出版社, 1999. 280
- 4 曾鸣. 电力市场理论及应用. 北京: 中国电力出版社, 2000. 315
- 5 宋永华,孙锦鑫. 英国将推出电力市场的新模式. 电网技术, 1999, 23(8): 69~ 73
- 6 曾乃鸿. 国外电力市场和电能计量的发展. 华东电力, 1998, 26(9): 49~ 51
- 7 于尔铿,王功涛,赵豫,等. 美国电力市场的安全问题与区域输电组织. 电力系统自动化, 2001, 24(24): 14~ 16
- 8 曾鸣. 电力工业商业化运营与电力市场. 北京: 中国电力出版社, 1999. 53~ 76
- 9 Zhang B M. Development of power system control facilities in China. Electric Power System Research, 1998, 44(1): 27~ 33
- 10 蒋建民. 我国电网的发展趋势及电网新技术. 东北电力技术, 1998(1): 28~ 33
- 11 湖南电力调度中心, 国家电力调度通信中心编. 电网调度技术标准汇编(第一分册). 北京: 中国电力出版社, 2000. 32
- 12 刘友翔. 对建立中国电力市场的必要性及其框架的探讨. 合肥工业大学学报, 1997, 20(6): 125~ 131
- 13 戴彦,文福栓,韩祯祥. 电力系统市场化的影响和最新发展. 电力系统自动化, 1999, 23(2): 50~ 54
- 14 仲建中. 实荷电价理论与动态电力市场研究: [学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2000
- 15 沈瑜,夏清,康重庆. 中国电力市场模式的探讨. 电力系统自动化, 2000, 24(2): 6~ 9