UNIVERSITY OF CAMBRIDGE | Energy Policy Research Group

重构中国电力的供应行业：广东电力市场试点情况评价

EPRG 工作论文 < 1807 >

剑桥经济学工作论文 < 1818 >

迈克尔 G. 波利特

杨宗翰

陈浩

摘要 本文讨论了中国最大省份广东在中国国务院于2015年3月发布9号文件《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》以来所实施的电力行业改革。作者结合国际经验介绍了广东电力批发市场试点情况，讨论了广东的试点市场是如何运行的并将广东目前的市场设计与其他国家成功的电力市场做了对比，探讨了广东的改革是否为电力市场成功吸引了新的参与方，分析了改革对于电力行业企业运营和投资决定的影响，最后为中国政府深化电力行业改革提出了几个建议。

关键词 电力市场改革、国际经验、中国广东、工业电价

JEL Classification L94

联系人 m.pollitt@jbs.cam.ac.uk
出版日期 2018年2月
金融支持 ESRC Impact Acceleration Award and the 'In Search of 'Good' Energy Policy' Grand Challenge Project of Energy@Cambridge
www.eprg.group.cam.ac.uk

EPRG WORKING PAPER

重构中国的电力供应行业：
广东电力市场试点情况评价[1]

剑桥大学能源政策研究组
迈克尔 G.波利特、杨宗翰、陈浩

2018 年 2 月

[1] 作者感谢英国经济社会研究理事会(ESRC)“加速影响力奖励基金”（Impact Acceleration Award） 和剑桥大学能源研究网络(Energy@Cambridg)“寻求好的能源政策”大挑战项目 （ “In Search of ‘Good’ Energy Policy” Grand Challenge Project）的资助。特别感谢英国驻北京大使馆的 Christian Romig 和英国驻广州领事馆的 Roy He 在 2017 年 8 月为作者组织了为期一周的与利益相关方的交流。感谢电力行业的很多利益相关方提供了关于电力市场改革的信息和建议。还感谢参与剑桥大学能源政策研究组研讨会的一位匿名评议专家和其他参与者所提供的有价值的评论 。本文中的观点完全是作者本人的，不应视为代表与其相关的任何个人或机构的观点。

摘要

本文讨论了中国最大省份广东在中国国务院于 2015 年 3 月发布 9 号文件《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》以来所实施的电力行业改革。作者结合国际经验介绍了广东电力批发市场试点情况，讨论了广东的试点市场是如何运行的并将广东目前的市场设计与其他国家成功的电力市场做了对比，探讨了广东的改革是否为电力市场成功吸引了新的参与方，分析了改革对于电力行业企业运营和投资决定的影响，最后为中国政府深化电力行业改革提出了几个建议。

关键词：电力市场改革、国际经验、中国广东、工业电价

内容简介

广东是中国经济体量最大、最成功的省份。它最近开展了批发电力市场试点，发电企业和售电公司可以在市场上进行交易，为大的工业用户提供电力。本文的目的是评价广东的市场改革，并讨论广东的电力市场模式需要根据具体情况做出哪些调整。

本文重点关注的是广东的哪些试点经验既对广东本身也对全国其他地区有借鉴意义。文章根据中国各利益相关方的经验，说明了要对世界上最大的电力系统进行成功的改革需要解决哪些关键性问题。

根据对广东的试点市场及其影响的研究，我们对中国电力市场改革提出如下改进建议：

第一，需要认识到，随着市场改革和价格下降，发电资产将贬值。如有必要，应该对国有发电企业的资产进行重组，以增加竞争和分散资产损失。还可以考虑让电力用户承担竞争转型费，也就是从电力用户的受益中收取一部分，用于直接补偿发电企业的损失和资产贬值。

第二，广东需要发展为所有发电企业服务的日前市场，并且将此市场与电力调度结合起来。目前实行的部分月度市场已经成功地催生了一批新的市场参与者（售电公司），但是，月度市场并没有为运营和投资提供合适的价格信号。如果建立一个完整的日前市场，将难以避免地出现大爆炸式交易。这种大爆炸式交易方式也是英国和美国的电力批发市场曾经经历过的。

第三，有必要在一个省进行更全面的实验。要开展真正的电力市场试点，就应该有针对所有发电企业和电力用户的一整套电力批发市场。所谓的整套电力批发市场，应该既包括能源市场（包括年度、月度、日前和日内市场）也包括辅助服务市场（特别是频率和短期运行备用市场）。目前中国所有的电力市场试点都还没有做到这一点，包括广东。要想开展这样的全面试点，广东是一个很好的候选地，因为它的初始电价较高，而且电力行业在 GDP 中所占比重相对较小。

第四，中国电力市场改革走回头路的可能性比很多其他国家要大。其原因是过去五年的进展不大，而且电改本身也缺乏立法支撑。此次电改的基础是 2015 年 3 月份的国务院 9 号文件，但该文件没有法律效力，存在被撤销的可能性。考虑到中国的政

治周期更长了（10 年以上），所以改革需要有紧迫性。在英国，1987 年的大选确定了电力市场改革最多 5 年（实际时间只有 4 年）的实施时间表，而到了 1991 年，改革就已经基本完成了。这个例子说明，有必要在省级首先确立一个可行的试验计划，然后为全面改革制定一个有雄心的时间表。

目 录

一、引言.....6
二、背景.....8
1.广东省概况.....8
2. 广东电力行业规模.....11
三、电力市场的运行机制.....15
1. 国际背景.....15
2. 广东的电力市场.....17
四、新参与方.....20
1. 国际背景.....20
2. 广东能源市场的新参与者.....22
五、对调度的影响.....25
1.国际经验.....25
2.对广东省调度的影响.....26
六、改进建议.....28
1. 改革的总体印象.....28
2. 关于进一步改革的建议.....34
参考文献（英文）.....36
参考文献（中文）.....41
附：边际内竞价如何改变拍卖结果.....45

一、引言

2015 年 3 月，中国国务院发布了 9 号文件[2]，启动了新一轮电力体制改革。改革的重点是，为电力批发引入市场机制，为电力零售引入竞争机制，从而为工业用户降低电价[3]。

广东是中国经济体量最大、最成功的省份。2016 年，广东的出口、GDP、人口（1.08 亿）和电力消耗分别占全国的 25%、10.6%、7.8%和 9.5%[4]。广东的终端电价在中国相对较高（居民用电和大多数工商用电都是如此），需要从其他省引进电力[5]。广东省辖区内的深圳特区试点了一些新的市场机制，但这些机制还没有在全国范围内实施。

广东是中国国内电力市场改革的领头羊，而它所在的中国南方电网自从 2002 年建立以来也一直是中国电力系统里的一个具有活力和创新性的地区[6]。即使是在 9 号文件发布之前，深圳就已经在 2014 年开始了电力市场改革试点[7]，其内容包括建立独立的输配电价体系，并在某些发电企业和零售用户之间建立月度合约交易机制。2016 年，广州电力交易中心成立，促进了全省范围的电力交易[8]。

本文的目的是，结合国际经验描述并分析广东在引入电力批发和零售市场机制方面的进展。本文建立在我们前一篇文章（Pollitt, Yang and Chen, 2017）的基础之上。前篇文章谈及了中国电力市场改革的 14 个方面（更早的文章请见 Joskow, 2008 以及 Pollitt and Anaya, 2016），并在每个方面就如何降低工业用户的电价提出了一系列建议。在前篇文章中，我们强调了以下四个关键性建议：第一，改革电厂调度体制，以最大程度地降低系统成本；第二，改革输配电价体制，以激励电网降低成本；第三，对工

[2] 国务院 (2015)， 关于进一步深化电力体制改革的若干意见, 9 号文件，2015 年 3 月 21 日。
[3] 国务院 (2015)，另见 See also China5e Research Centre (2016) and China Daily (2017), ‘Nationwide electricity market reform expected by 2017’, Retrieved from: http://europe.chinadaily.com.cn/
[4] 数据来自国家统计局网站，http://www.stats.gov.cn/.
[5] 见 Cheng (2016)。
[6] Chau et al. (2011). 另见 Wen (2017).
[7] 中国国际发改委(2015)，“国家发展改革委关于深圳市开展输配电价改革试点” 发改价格【2014】2379 号 Retrieved from: http://jgs.ndrc.gov.cn/zcfg/201411/t20141104_639639.html
[8] 广州电力交易中心 (2017)， 南方区域跨区跨省月度电力交易规则（试行） https://www.gzpec.cn/main/index.do

业电价和居民电价进行再平衡，减小两者差距，以更好地反映服务的基础成本；第四，减少目前对于发电和电网的过度投资，以更好地反映电力系统的基本供求关系。

电力市场改革的成功与否，核心问题是首先要有运行良好的电力市场（Stoft，2002)。从理论上讲，如果发电企业和售电公司之间有适当的竞争，那么我们在前篇文章中提出的几个关键性建议应该会得以实现。因此，我们对于广东省电力市场改革的研究主要集中在以下几个问题：广东最近的改革到目前为止取得了哪些主要成果？市场试点是如何改变传统支付体系和电厂调度体系的？输配电价是如何计算以及如何监管的？市场试点是如何影响发电企业和电网企业内部的运营和投资决定的？在将区域间电力交易纳入电力市场方面，取得了哪些进展？在创建一个全面的电力市场体系方面，取得了哪些进展？

本文旨在评估改革进展以及广东是如何根据本地情况调整电力市场模式的。要创建一个完整的电力市场体系，说易做难，实际上全世界各个国家或地区都是根据本地情况开发自己的体系的（比如美国的 PJM 就与英国的市场不同）。本文说明了广东试点过程中的哪些经验既对本省也对中国其他地区有借鉴意义。文章根据中国各利益相关方的经验，说明了要对世界上最大的电力系统进行成功的改革需要解决哪些关键性问题。文章还对省一级改革的未来步骤提出了一些建议。希望本文能为目前关于中国应该如何具体实施电力行业改革的讨论做出一些贡献，并有助于相关人员根据中国具体情况进一步研究国际经验对于中国的借鉴意义。

本文其他部分的结构如下：第二部分将首先讨论广东电力市场改革的背景，包括广东电力系统的特点。第三部分将讨论广东电力市场试点的具体情况以及目前的市场设计是否适合其他地区的电力市场。第四部分将探讨广东在电力市场改革中引入新参与方的情况。第五部分将讨论电改对企业的运营和投资决策的影响。在第三至第五部分里，我们将介绍一些国际经验，以更好地分析广东电改到目前为止的成果。第六部分将根据目前的市场设计和改革效果，提出一些改进建议。

二、背景

1.广东省概况

图 1 广东省地图

图片来源: https://www.google.com.hk/search?newwindow=1&safe=strict&hl=zh-CN&tbm=isch&source=hp&biw=1280&bih=580&ei=JhM_Wr2ID4Ki0QSf97egAg&q=Guangdong+map&oq=Guangdong+map&gs_l=img.3...3260.5308.0.5834.5.5.0.0.0.0.89.241.3.3.0....0...1ac.1j4.64.img..2.2.167.0..0j0i30k1.0.lFwlxyuThfs#imgrc=EgKu__I1w56MVM

广东（见图 1）在整个中国的政策制定中起着重要作用[9]。它一直是推动市场机制的先行者，比如在完善法律和治理体系方面。省会广州是世界上人口最多的城市之一（约 2000 万，仅次于北京）。第二大城市深圳（人口 1200 万）也是一个国际性特大城市，位于香港对面，是中国的经济特区，它在 1979 年的时候还是一个只有 3 万人的集镇[10]。广东位于珠江三角洲（以及粤港澳大湾区），本区域的很大一部分出口就

[9] Bui et al. (2002)。另见 Andrews-Speed (2013).
[10] 另见 Xinhua Finance (2015)， “Shenzhen given nod to pilot new power transmission.” http://en.xfafinance.com/html/Industries/Utilities/2015/40163.shtml

通过珠江三角洲。深圳相对独立于广东省政府，有其自己的监管体制。该地区在治理方面发挥领导作用的例子包括：深圳是金融监管政策方面的先行者，而广州拥有中国三个知识产权法院中的一个[11]。广东在政治上对于全中国也很重要，中国共产党的很多中央高级领导人都曾经在广东省政府工作过。

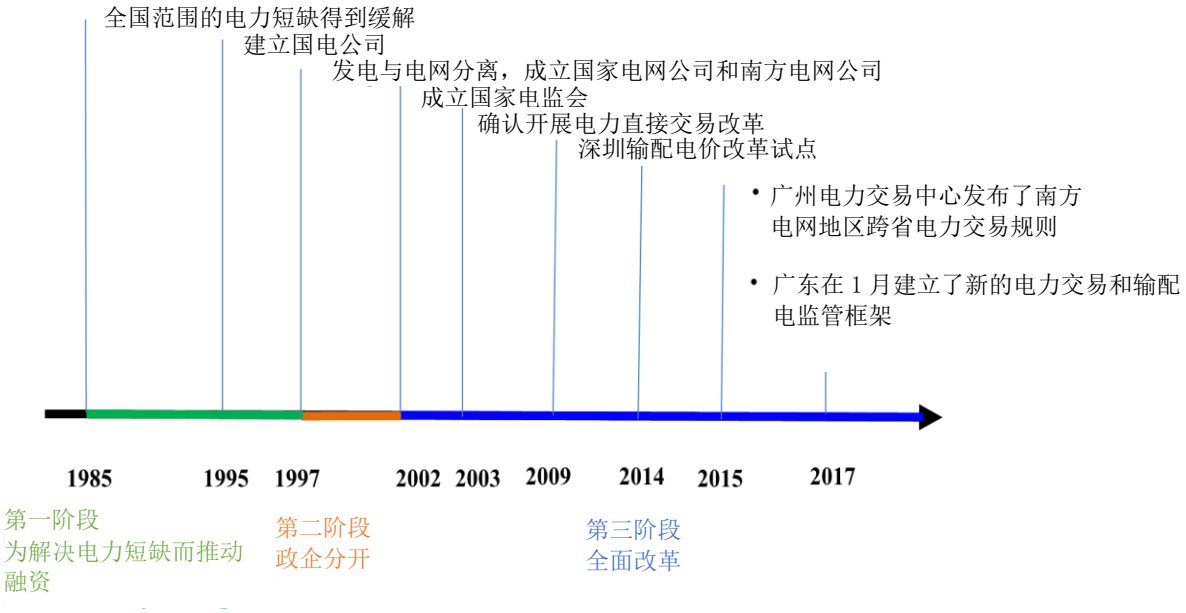
广东在 2012 年开始实施碳排放试点[12]， 是参与试点的两省五市之一。这七个试点地区的政府可以决定哪些行业参与试点。其中，只有广东对于排放许可的拍卖进行了试点。广州碳排放权交易所对三种产品进行交易：广东省碳排放配额（GDEA）、中国的核证减排量（CER）以及本省的 CER[13]。其中，10%的配额可以来自本省的 CER，30%可以来自其它省的 CER。试点开始时涵盖了电力、水泥、石化和钢行业，在 2016 年的时候又纳入了航空和造纸行业[14]。2017 年 12 月，中国政府宣布启动全国碳排放交易系统，将涵盖电力和热能行业[15]。碳价从 2013 年的每吨 60 元人民币降到了 2017 年的每吨 12 元人民币，这与欧盟碳排放交易体系中的碳价问题类似。纳入该体系的门槛是每年 2 万吨排放量。全国性市场的交易价格预计从开始时的每吨 30 元左右上升到 2030 年的每吨 200 元。人们认为试点市场和全国性市场将并存 3-5 年的时间，而不是将他们连接起来。广东碳市场试点的经验可以作为全国性市场设计的参考(见 Wang et al., 2016)[16]。在碳交易市场、电力市场以及可再生能源证书市场之间，有很多交叉的地方。Cheng et al. (2016)的分析表明，较高的碳价（比如每吨二氧化碳 10 美元）将导致广东用于发电的煤炭使用显著减少（并导致天然气的使用增加），另外，这还可能产生显著的空气污染防治协同效益(见 Cheng et al., 2016)。

广东只是中国的多个碳市场试点地区之一[17]。其他重要试点地区的覆盖面和价格情况各不相同。广东缺少便宜的天然气，用煤则需要长距离运输，所以电价高，因此，相对其他地区来说，广东的碳价对电价的提升作用更大[18]。图 2 是广东近年来经历的电改重要步骤的时间节点。

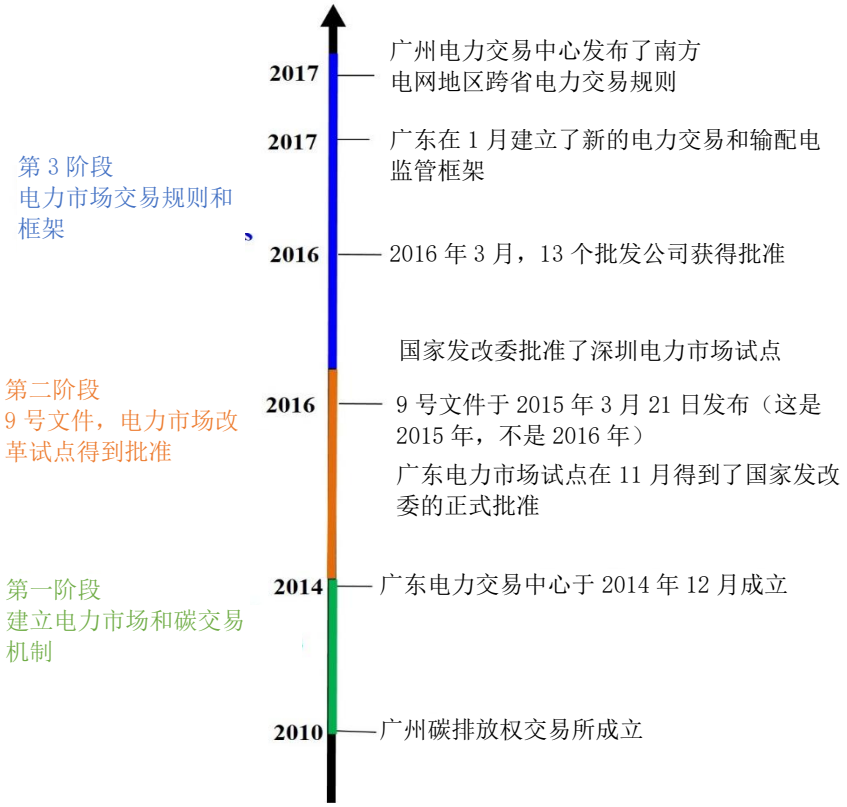
---

[11] 见 Cohen, R. (2015).
[12] Cheng et al. (2016).
[13] Cheng et al. (2016). 另见 Liu, D. (2017). “电力市场、碳排放权市场和绿色证书市场的协调发展。” Electricity market, carbon market and green certificate mechanisms development, Industry perspective, China Electrical Equipment Industry, 2017.07.
[14] 见 ICAP Status Report 2017.
[15] 见 Pike and Zhe (2017).
[16] Wang et al. (2016).
[17] 见 中国能源网 (2016); 中国国家发改委(2015)，“电力体制改革解读”。
[18] Zhang (2017). See also Zhang and Xu (2017)，“中国能源大省电力市场建设经验分析.” Electric Power, 2017, 50(4): 7-10.

图 2 广东电力行业改革的重要时间节点



来源：根据An Bo et al. (2015, p.6)整理.



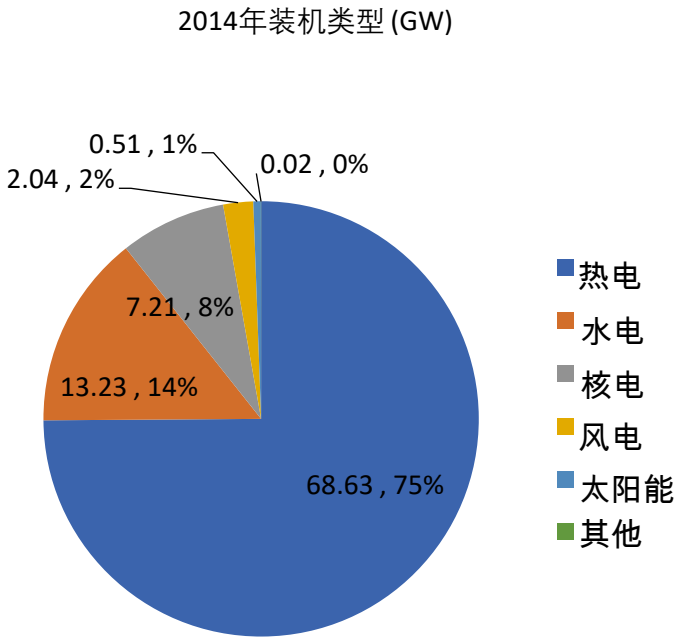
来源: 根据广东电力交易中心(2017b)的信息整理

广东的电力零售市场正在逐渐开放，其最大的（就电压水平来说）电力用户现在有机会从电力市场自己买电[19]。售电公司和发电企业的注册由经济和信息化委员会负责管理。月度电力批发市场在 2016 年 6 月正式启动。到 2017 年 8 月为止，310 家售电公司和 60 家发电企业在该市场注册，其中 101 家售电公司正在参与该市场[20]。

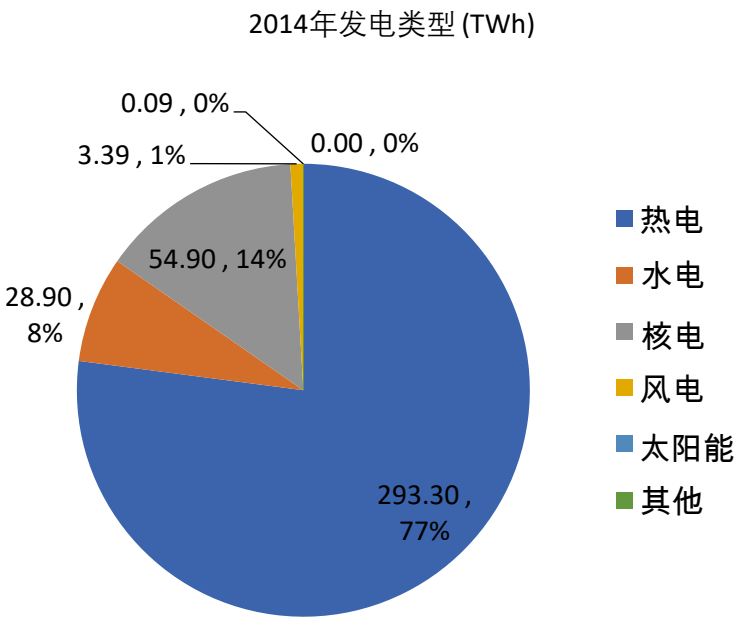
2. 广东电力行业规模

广东的电力行业规模巨大，见图 3。2014 年的发电总量是 380TWh，装机容量是 91GW（两者都比英国的规模大）。广东 2015 年的电力总需求是 531TWh，需要从相邻省份（特别是云南）引进大量电力。

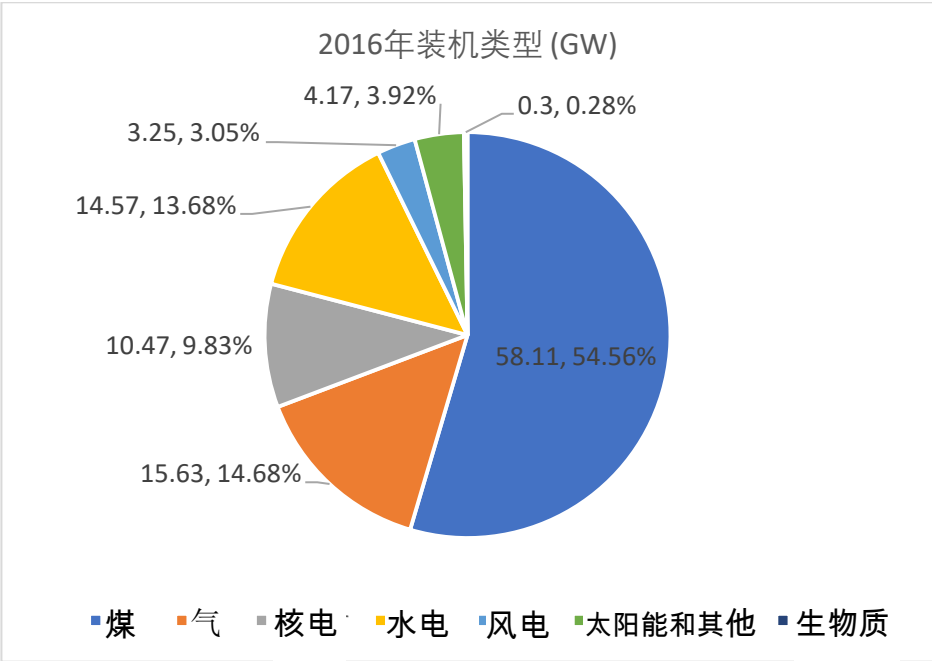
图 3 广东的电力行业规模



[19] 见 广东省人民政府 (2017)，“广东电力市场交易基本规则（试行）” http://www.nea.gov.cn/2017-01/20/c_135999956.htm
[20] 见广州电力交易中心 (2017b)。



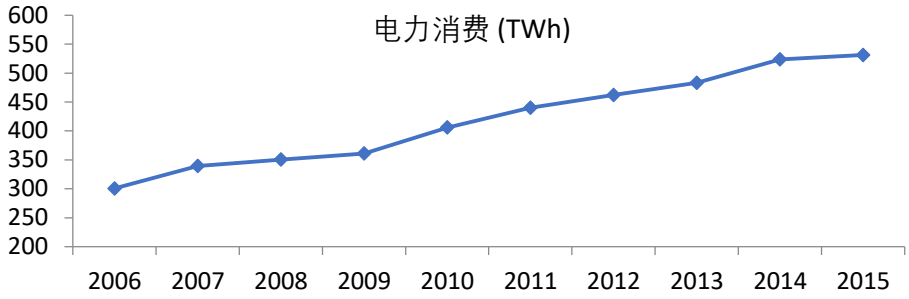
来源: 中国电力统计 (2015)



来源: 广东电力交易中心 (2017)

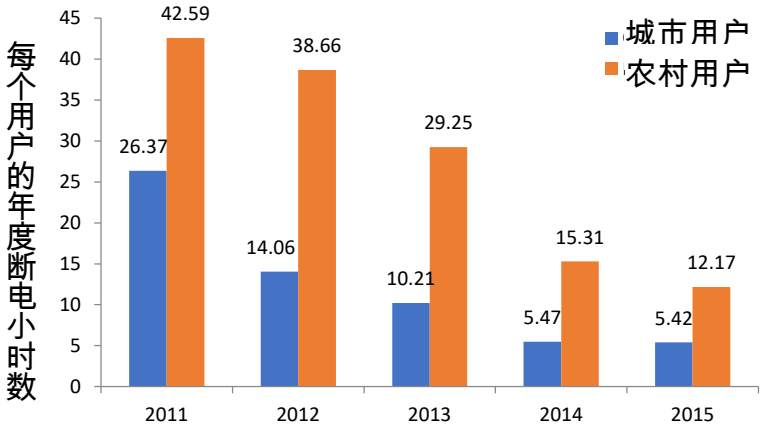
广东的电力需求一直在快速增长（见图 4）[21]，2006-2014 年的年增长率为 7.2%，2015 年降为 1.4%。新装机容量的建设速度在 2015 年为 10.15 GW，2016 年为 5.4 GW。电网也在继续扩张，2015 年新增线路 7274 公里（220KV 及以上），2016 年新增线路 4542 公里[22]。服务质量也从低水平快速提升（见图 5），城市中心地区尤其如此。

图 4 广东的电力需求



来源: 广东省政府统计数字(2016)。 http://www.gdstats.gov.cn/tjnj/2016/directory/content.html?07-04

图 5 广东的服务质量



来源: 中国南方电网 (2016) 。http://www.csg.cn/shzr/zrbg/

表 1 将广东与美国德克萨斯州的电价进行了对比。两者的差距说明了广东电改的驱动力：与美国等国际竞争对手相比，广东的工业电价很高。广东的终端工业电价比德克萨斯高得多。之所以有如此差距，部分原因是美国用于发电的天然气（德克萨斯的边际燃料）价格比广东用于发电的煤炭（广东的边际燃料）价格要低（其中的差

[21] 另见 Yang et al. (2017)， “广东电力市场需求侧响应交易机制研究.” Guangdong Electric Power, 30(5), 25-34.
[22] 2016 年，整个中国南方电网地区的电网投资达 775 亿元。

距约为双方工业电价之差 8.4 美分/千瓦时的 25%）。不过，德克萨斯和广东的工业电价之间的大部分差距并不能用成本差异来解释。表 1 还显示，广东的居民电价低于工业电价，也低于德克萨斯的居民电价。

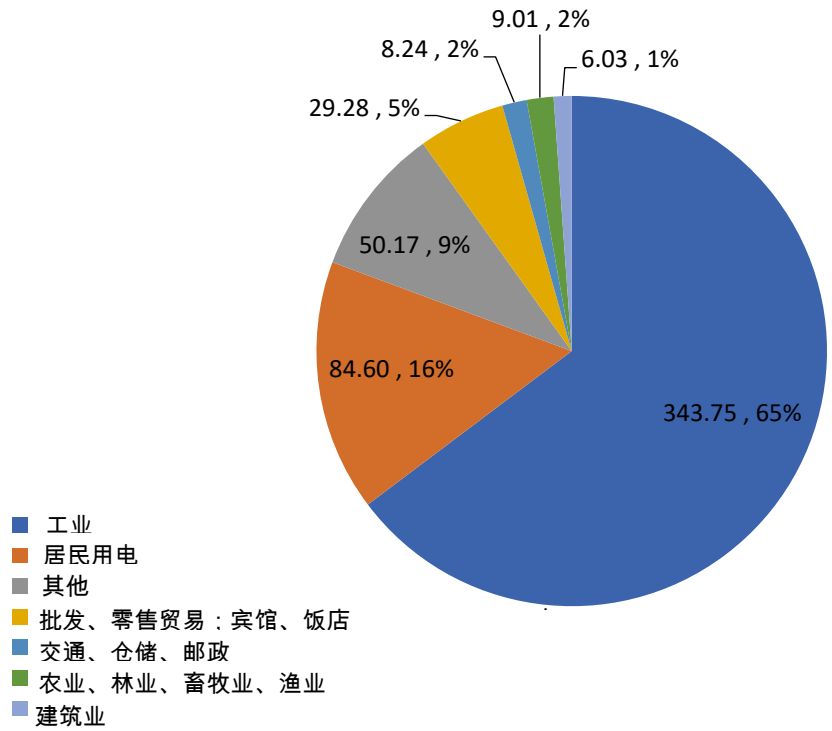
表 1 广东与德克萨斯的电价以及发电燃料价格对比

	工业电价 （美元 /千瓦时） 2015 年	用于发电的煤炭价格 （美元 /千瓦时） 2015 年	用于发电的天然气价格 （美元 /千瓦时） 2015 年	居民电价用 （美元 /千瓦时） 2015 年）
德克萨斯	0. 0554	0. 0161	0. 0094	0. 1167
广东	0. 1394	0. 0311	0. 0884	0. 1084
广东减去 德克萨斯	00. 0840 （高 152%）	0. 0150	0. 0790	−0. 0083 （低 7%）

来源: Fridley, David, Hongyou Lu, and Liu Xu. Key China Energy Statistics 2016. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017 （p.28）; 广东发改委网站： http://www.sz.gov.cn/szzt2010/zdlyzl/sfxx/bz/jg/index.htm; Zhang et al. (2013); EIA (2017); OECD energy price & taxes (pp.317-18); 1 美元 = 6.2284 人民币

广东的电力需求（见图 6）主要来自工业用户（65%），只有少部分来自居民用户（16%）。这与发达国家形成了鲜明对比，比如，在德克萨斯，37%的电力需求来自居民用户，而只有 28%来自工业用户。

图 6 广东 2015 年的电力需求来源（TWh）



数据来源: 广东政府统计(2016) http://www.gdstats.gov.cn/tjnj/2016/directory/content.html?07-04

三、电力市场的运行机制

1. 国际背景

很多发达国家的电力市场是逐步发展起来的，比如美国和英国。建立这些市场的初衷是两个基本概念："优先序调度"（merit order dispatch）和"电力库"（power pools）。像法国的 EdF 以及英格兰和威尔士的 CEGB 这样的垄断性发电企业，为了在任何时间都满足系统需求，会根据各电厂的边际运行成本对他们进行调度[23]。系统的边际成本指的是，在任一时间，系统为了满足电力需求，每多发 1MWh 的电所需要付出的成本。它也就等于系统为了满足电力需求中的最后 1MWh 而调度的成本最低的那个电厂的边际成本。在美国电力市场发展史上，地方性电力垄断企业在开始的时候会与垄断地区之外的其他发电企业进行电力交易，这样做的原因就是，由于不同发电系统的边际成本不同，所以边际成本低的系统可以向边际成本高的系统售电，这样双方都可获益。这种交易的平台就是"电力库"，这些电力库最终演变成了我们现在所看到的独立系统运营商（比如美国的 PJM, MISO 或 ERCOT）[24]。

这种电力库本身就是一种短期市场，可以为一小时或半小时之内的电厂运行提供指导。上世纪九十年代的电力市场改革使得电力市场得到了进一步发展，既有发电厂的所有权被拆分给多个业主，而且一些新的发电企业也进入了市场。因此，电力批发市场不仅可以使各系统相互之间进行电力交易，而且可以让用户从所有的个体电厂买电。电力市场不仅包括短期市场（日前市场），而且包括长期合约市场。而且电力市场的覆盖面从单纯的能源扩展到辅助服务，比如频率调整和容量管理。

Stoft (2002)探讨了一个完整的电力市场是什么样子[25]。比如，英国有双边能源合约市场（包括月度、年度以及其他期限）和短期能源平衡市场（最短为提前一小时），有辅助服务市场（比如频率和短期运行备用），还在最近建立了一个电力容量市场，也就是长期备用容量的市场。英国的这些市场是相互连接的，如果一个市场的供求平衡发生了变化，那么其他市场的价格会随之变动。中国在 2002 年的电力市场改革中，

[23] 见 Chick (2007, pp.57-83)，其中讨论了英国、法国和美国电力行业边际成本定价历史。
[24] 比如，可参看 Hurlburt et al. (2017)，其中讨论了 MISO 的经验对中国的借鉴意义。
[25] 见 Stoft (2002, pp.202-314)，其中讨论了完整的能源市场和辅助服务市场。

建立了两大电网企业和五大发电企业。Andrews-Speed et al. (2003) 建议，广东应该建立一个强制性的电力库[26]，然后在此基础上建立一个区域性电力市场。Zeng et al. (2004) 也探讨了对于广东来说完整的电力市场机制应该是什么样子[27]。

电力市场可以由系统运营商运营，也可以由独立实体运营。在美国，电力市场往往由独立系统运营商负责运营（他们本身不拥有发电设备以及零售或电网资产）。在欧洲，很多电力批发是通过独立的电力交易所进行交易的，这些交易所是金融交易平台，他们所拥有的电力系统其他环节的资产是有限的（当然有些交易所的股东中包括输电系统运营商）。欧洲各电力交易所之间进行了合并，其价格机制得到了越来越多的共同优化，这有助于提高整个欧洲的交易效率。现在，欧洲的几个区域性电力交易所通过一个统一的交易平台(EUPHEMIA)协调日前定价，这被称为“市场耦合”[28]。这种做法使得欧洲大约 85%的电力可以在没有任何跨境输电限制的情况下在给定时间点确定一天之后的批发价。

所谓有效率的电力市场价格，指的是价格能反映短期和长期的基本供求关系，并且可以作为短期运营和长期投资的良好指南。一些很好的分析表明，电力市场的拓展可以带来短期收益。比如，ACER (2017)的研究结果表明，市场耦合的过程使电向正确方向（也就是从低价格地区向高价格地区）流动的时间比例增加了[29]，而 Mansur and White (2012)的研究也表明，PJM 对于市场覆盖面积的拓展改善了它之前的边界地区的价格效率[30]。

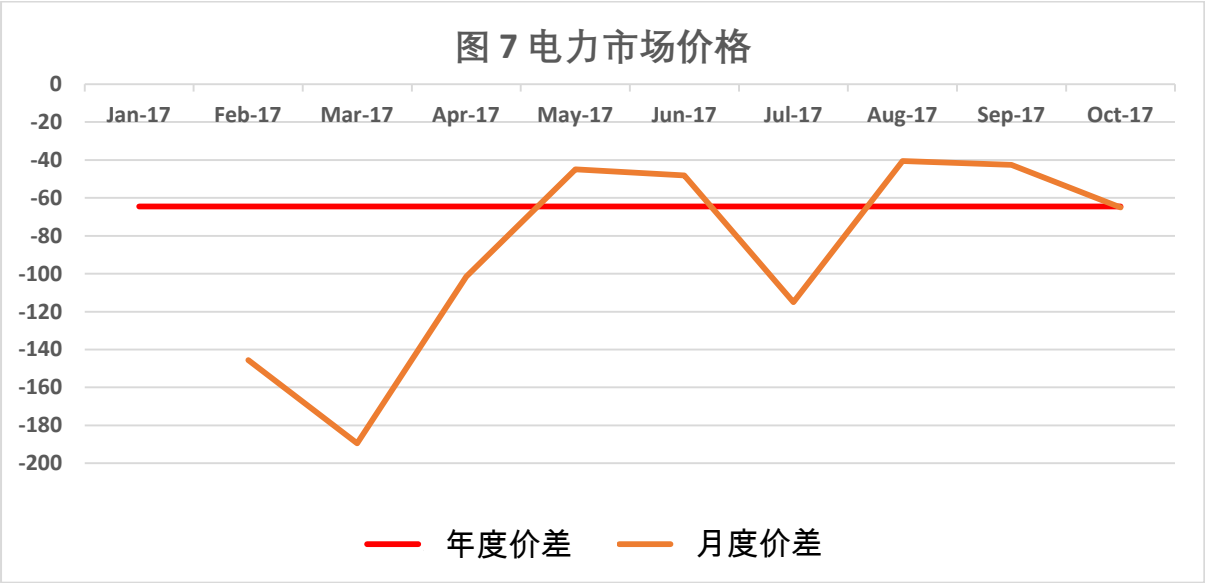
有一点非常重要：在一个电力市场里，发电企业和售电公司在电力市场中报价，最终形成出清价格，则每一个发电企业和售电公司都会得到那个出清价格（这指的是在统一价格的拍卖中）[31]。这是因为他们对于供和求的匹配都同样重要。任何其他结果都将鼓励他们在竞价过程中采取博弈策略，这将降低批发价定价过程的效率——而这个定价过程是决定市场中的哪些供应可以与哪些需求匹配的最好方式。

[26] Andrews-Speed et al. (2003).
[27] Zeng et al. (2004). 另见 Bessembinder and Lemmon (2002).
[28] 见 APX et al. (2013)，其中详细 介绍了 EUPHEMIA。
[29] 同上。
[30] Mansur and White (2012).
[31] 见 Stoft (2002, pp.93-106)，其中讨论了电力市场的拍卖设计 。他反对使用未经实验的市场设计。Stoft (2002, p.101)则讨论了电力拍卖市场中“报价即支付价”的方式可能优于“单一价格拍卖”的几种情况。如希望进一步了解歧视性价格拍卖与单一价格拍卖的区别，见 see Krishna (2010, pp.173-184)。

2. 广东的电力市场

广东目前的电力批发市场分为两部分。第一部分是每年一次的年度双边协商，涵盖了交易电量的 80%；第二部分是月度集中竞价，涵盖了交易电量的 20%。2017 年的市场交易总量是 110 TWh，其中大约 20 TWh 是在月度交易市场上的交易。这意味着只有 4%（即 20%的 20%）的电力总需求是通过月度交易市场得到满足的。（广东省电力消费总需求中只有 20%参与市场交易。）月度交易市场对售电公司的市场份额有一个 20%的限制，但年度交易市场对售电公司的市场份额没有限制。

广东电力市场上目前的所谓市场价，实际上只是与管制零售价格相比的价差。[32]。最大价差是-500 个基点（1 个基点=0.001 元/千瓦时）。当前的市场覆盖了 4000 个大型用户。典型的大型用户是像大通讯公司或金属工厂那样的企业。年度市场的价差大约是 64.5 个基点（0.0645 元/千瓦时），而月度市场的价差在此基础上上下波动（见图 7），而且这种波动已经体现在一天的不同时间里（峰、平均、谷），幅度为+/-0.3 元/千瓦时。2018 年，电力市场将覆盖 180 TWh 和所有的天然气、核电、风电和水电。南方电网将为发电企业所发的并提供给电网的所有电支付一个管制价格，而电力市场将决定一个发电企业愿意接受的、相比于管制价格的价差。



来源: http://mp.weixin.qq.com/s/CBdmpsVFppV1j2WskWnPNQ

[32] Li and Shen (2016)，Guangdong Electric Power Trading Center yesterday officially launched mainly act as a "matchmaker", Top News. 另见中国国家能源局南方监管局 (2015)，“广东省电力大用户与发电企业直接交易扩大试点工作方案”，http://nfj.nea.gov.cn/adminContent/initViewContent.do?pk=zwgk1492

南方电网利用电力市场，既为参与市场的发电企业售电确定价差，也为参与市场的零售商（售电公司）购电确定价差。它还根据与售电公司的协议为其支付零售利润[33]，这些支付款都体现在次月的帐中。这种做法意味着电网不必将输配电价分离出来。要想为所有用户都将输配电价分离出来是比较难的，因为在南方电网目前的零售价格体制之下，不同用户群体之间存在着隐性的交叉补贴。广东有一个特别问题是，珠江三角洲地区通过支付高电价为广东其他地区进行补贴。到 2017 年 8 月为止，广东还没有公布其输配电价。在公布之前，这需要得到国家发改委的批准[34]。然而，深圳已经公布了它的上网电价，原因是它有自己的输配电网，所以更容易计算基础成本[35]。

目前广东的所有电表都归南方电网所有。这降低了用户之间的潜在竞争和用户收益。如果电表所有权归用户或售电公司，那么他们将有动力更好地利用电表数据和电表设备，当然，那也意味着需要对电表的质量和连接进行规范，以防止欺诈。南方电网在广东供电行业仍占统治地位，2016 年的配电量为 829.7TWh，收入为 4730 亿元(约 710 亿美元)[36]。中国南方电网在财富 500 强中排名第 95 位。南方电网负责管理本行业所有的支付风险，因为它收取所有费用并分配给各市场参与方。

广东还有一个问题是有一些没有注册的自备电厂[37]。自备电厂可以规避电网的高收费以及向电网电收取的其他费用。这种发电主要来自污染严重的小火电厂。

电力市场改革的最终目标是开放市场，让所有工业和商业用户参与竞争，另外，居民用户也可以在自愿的基础上参与电力市场。电网价格每 3 年根据国家发改委的价格公式重新计算，该公式中包括了一个固定价格和一个通货膨胀调整系数。预计 2018 年底之前会启动一个电力现货市场[38]。到目前（2017 年 12 月）为止，还没有一个建立频率调节市场的时间表。将要建立的现货市场在其第一阶段可能是每小时的日前市场，

---

[33] Regulatory Assistance Project (RAP) (2016)。另见 Sung (2017). “广东电力市场改革和售电策略探讨.” Mechanical and Electrical Information, 2017 年 6 月, 89-90.

[34]《国家发展改革委关于广东电网 2017-2019 年输配电价的通知》(发改价格〔2017〕969 号)，http://shupeidian.bjx.com.cn/news/20171107/859803.shtml 另见“国家发展改革委 国家能源局关于印发《电力中长期交易基本规则（暂行）》” 发改能源〔2016〕2784 号，http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201701/W020170112319053238252.pdf 另见“国家发展改革委关于印发《省级电网输配电价定价办法（试行）》” 发改价格〔2016〕2711 号，http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/jggl/zcfg/201701/t20170104_834333.html

[35] “国家发展改革委关于深圳市开展输配电价改革试点” 发改价格【2014】2379 号，http://jgs.ndrc.gov.cn/zcfg/201411/t20141104_639639.html

[36] 1 美元 = 6.64 人民币

[37] 见中国电力企业联合会 (2017)，“告别无序竞争，电力市场呼吁售电专业化时代，” http://www.cec.org.cn/xinwenpingxi/2017-10-30/174433.html

[38] 中国国家发改委，“国家发展改革委关于印发《省级电网输配电价定价办法（试行）》” 发改价格〔2016〕2711 号，http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/jggl/zcfg/201701/t20170104_834333.html

涵盖 17%的能源，第二阶段可能将允许日内交易。现在还没有需求侧响应市场。有一种普遍看法是应该建立一个更接近于美国 PJM 的市场，而不是像欧洲那样的典型市场，还有一种建议是对节点定价（nodal pricing）进行试验[39]。我们注意到，中国至少从 2008 年起就已经对电力现货市场进行了规划，但现在还没有实现[40]。

[39] Tung and Huang (2017)， “美国 PJM 电力市场及对广东电力改革的启示”, Yunnan Electric Power, 2017, 45(1). 另见 Zhang et al. (2015), “售电侧市场放开国际经验及其启示" ，State Grid Energy Research Institute. http://www.aeps-info.com/aeps/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20151128001&flag=1&journal_id=aeps&year_id=2016

[40] 关于中国现货市场的最新进展，请见 http://www.nea.gov.cn/2017-09/05/c_136585412.htm。另见 Tsai et al. (2017)，“英国电改专家怎么看待中国电改，给了什么建议？ —— 专访剑桥大学能源政策研究所副所长迈克尔•波利特教授”。 http://www.eothinker.com/eo/show.php?itemid=569

四、新参与方

1. 国际背景

在很多发达国家，电力市场改革的一个重要影响是会导致主动参与（最广泛意义上的）电力交易的公司数量大大增加。批发市场建立的前提，是要建立独立的供给侧和需求侧，发电企业是供给侧，而售电公司是需求侧。要想让批发市场有效率地运行，就需要有多个发电企业和多个售电公司。如果只是一个大发电企业把电卖给一个大售电公司，那是不够的。因此，不论是美国还是欧洲，都开放了发电和零售，以引入竞争。

在这些国家，大的工商用户被允许自己联系零售商或供应商，甚至自己直接建立一个零售公司或交易公司。同样，发电企业也可以进入零售市场，直接获得终端电力用户。一些售电公司由新进入电力行业的第三方建立，这些第三方经常有天然气、通讯或金融市场的经验。其中最成功的第三方参与者是那些来自天然气行业的公司。比如，英国天然气公司（British Gas）是英国电力市场最大的新参与方，其所有用户中的一半是从其他供应商那里转投过来的。再如，法国燃气苏伊士集团(GdF-Suez）非常成功地进入了北欧的工商电力市场。

在英国，参与电力批发市场的发电企业和售电公司的数量增加了很多。在 1990 年的电力市场改革前夕，英国只有 14 个地区垄断性售电公司（也就是每个大用户对应一个售电公司）。当时只有两个区域性发电公司。在 1990 年电改后的市场中，则有 6 个发电企业（之前的英国中央电力局被拆分成了四个部分）和 14 个前地区垄断性售电公司。之前的燃气零售垄断企业（即英国天然气公司）立刻进入了零售市场，而中央电力局拆分出来的 4 个发电企业也寻求直接获得终端用户。新的发电公司也可以进入发电和零售市场。除了他们之外，还有独立的售电公司。到了 2017 年，英国的电力批发市场中有 149 家有许可证的发电企业和 68 家工商售电公司[41]，所以不论是发电还是零售的集中度都很低。

发电企业和售电公司需要承担较大的市场风险。发电企业需要承担固定成本和可变成本，这些成本需要通过销售收入来收回。而售电公司向用户卖电时，大多采用

[41] 见 Ofgem (2017)。

一年价格不变的方式，并且需要保证满足用户的所有用电需求。因此，不论是发电企业还是售电公司都面临着相当大的金融风险。电力批发价格的猛升可能导致售电公司破产，而猛降可能导致发电企业破产。因此，两类企业都希望为其大部分发电或销售谋求期限更长（1-2 年）的固定价格合约，来对冲头寸。不管短期市场中的交易电量比例是多少，这样的避险行为都会发生。在美国的 PJM 体系中，发电企业必须将所有电力在强制性的日前市场上进行交易；而在英国，发电企业在接近实时的平衡市场上只交易大约 5%的电。在英国，双边协约（也就是售电方和购电方直接达成的协约）占到所有交易协约的 90%左右[42]。

在欧洲和北美，售电公司和发电企业直接参与电力市场。售电公司还要管理自己的计费和收费系统。他们还必须支付政府税收、电费、电网价格以及批发成本。账务拖欠或记账错误的后果很严重，因为零售的利润（也就是总收入减去总外部成本）非常低，只有总收入的 5-10%左右。有的售电公司就是因为数据管理不善和账务问题而破产，比如英国独立能源公司（Independent Energy）在 2000 年的破产就是这样[43]。也有发电企业因为批发价太低而破产，比如英国能源公司（British Energy）[44] 和欧洲 TXU 公司（TXU Europe）[45] 2002 年在英国的破产就是如此。

开放的电力市场的另外一类新参与者是为电力用户管理能源成本的能源服务公司。这些公司有各种不同的商业模式，比如拥有自己的电力资产并以固定价格售电（就像传统的发电企业那样），或通过改善用电计量方式或发现最佳市场价格来管理用电成本[46]。很多能源服务公司是以 IT 为基础的企业，其关注点是将他们的所有客户的所有用电需求进行统筹考虑，在此基础上找到最优价格，然后与客户分享节约下来的成本。与传统的售电公司相比，能源服务公司一般来说不必承担完全的市场价格风险，而只是赚取服务费。

---

[42] 见 Ofgem (2016)，其中谈到，在英国，电力交易大多以 OTC 合约形式进行，而不是通过交易所。

[43] 见 M. Harrison, ‘Independent Energy collapses with customers still owing £119m in bills’, *The Independent*, 8 September 2000. Available at:
http://www.independent.co.uk/news/business/news/independent-energy-collapses-with-customers-still-owing-pound119m-in-bills-699827.html

[44] 见 Taylor (2007).

[45] 见 M. Harrison, ‘Generators exposed after collapse of TXU Europe’
The Independent, 20 November 2000. Available at:
http://www.independent.co.uk/news/business/news/generators-exposed-after-collapse-of-txu-europe-128536.html

[46] 关于欧洲情况的讨论，见 Marino et al. (2011)。

当然，批发市场并不是电力市场改革的全部。电力市场改革还需要为电网引入激励机制[47]。如果整个电力行业（既包括发电企业也包括电网）都有降低成本的压力，那么他们就有动力以竞争性的方式将电力供应外包，这将鼓励新的发电和电网资产的建立和运营[48]。这将创建或拓宽采购市场，现有的公司经常会剥离他们的建设业务，并且为新业务采用招标方式。例如，欧洲很多配电公司出售了他们的工程建设和 IT 业务板块，并且在提供电力服务方面更多采用了招标程序[49]。

2. 广东能源市场的新参与者

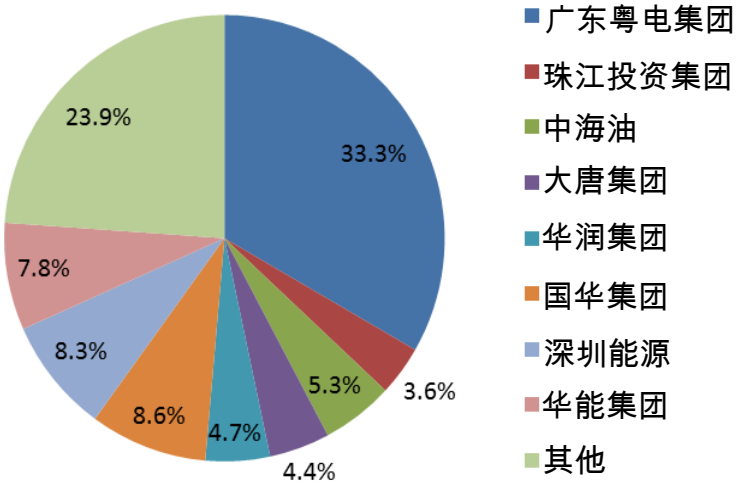
图 8A 是广东的装机容量份额情况，涵盖了所有发电；图 8B 是放开后的电力市场的份额情况。广东的电力批发市场正在吸引新的参与方。在 13 个最大的售电公司当中，3 个为非上市公司，10 个为上市公司[50]。例如，深圳深电能售电有限公司是一家非上市公司，成立于 2015 年 1 月 30 日，也就是在广东电力市场改革试点的决定宣布之后不久[51]。该公司的业务包括能源销售、能源和电力合同管理、软件、可再生能源项目、配网建设以及电力管理研究。其重点业务是大数据和 IT 管理，并拥有一个具有电力和 IT 两个行业背景的管理团队。它是第一个获得零售许可的公司。其核心运营业务是一个售电管理平台。该公司在电力批发市场中的零售市场份额约占 10%。它可以为零售客户提供一系列附加值服务，包括：电力系统应急响应、技术咨询、预防性测试、工程管理、价格监控、负荷控制、实时精准计量等。在这些服务项目当中，很多已经被包含在了目前的市场价差电费当中，但是最终该公司可能会对某些服务项目进行收费。未来，售电公司将能够通过数据挖掘和提供智慧能源和智慧电网解决方案等方式（而不是把重点放在解决资产问题上），提供附加值服务。通过数据挖掘，可以比较同一行业的不同用户，从而提出更好的节能建议。广东市场的参与者当中还包括华润集团（一个巨型集团公司），它于 2015 年 11 月成立了华润电力销售公司，提供能源和能效管理服务以及专业设备和维修服务[52]。零售公司有兴趣参与电网互联的竞争，

[47] 见 Jamasb and Pollitt (2007)。
[48] 见 Lohmann (2001)。
[49] 见 Hermann and Pond (2012)。
[50] 见 Wen (2017). Sung (2017). “广东电力市场改革和售电策略探讨.” Mechanical and Electrical Information, 2017 June, 89-90.
[51] 见深圳市深电能售电有限公司网站，http://www.sz-sess.com/index
[52] 见华润电力官网， http://www.cr-power.com/en/

他们可以藉此与南方电网公司竞争电网扩张业务。他们之所以有兴趣，是因为目前电网扩张业务的利润比发电的利润（就每太瓦时来说）要高得多。

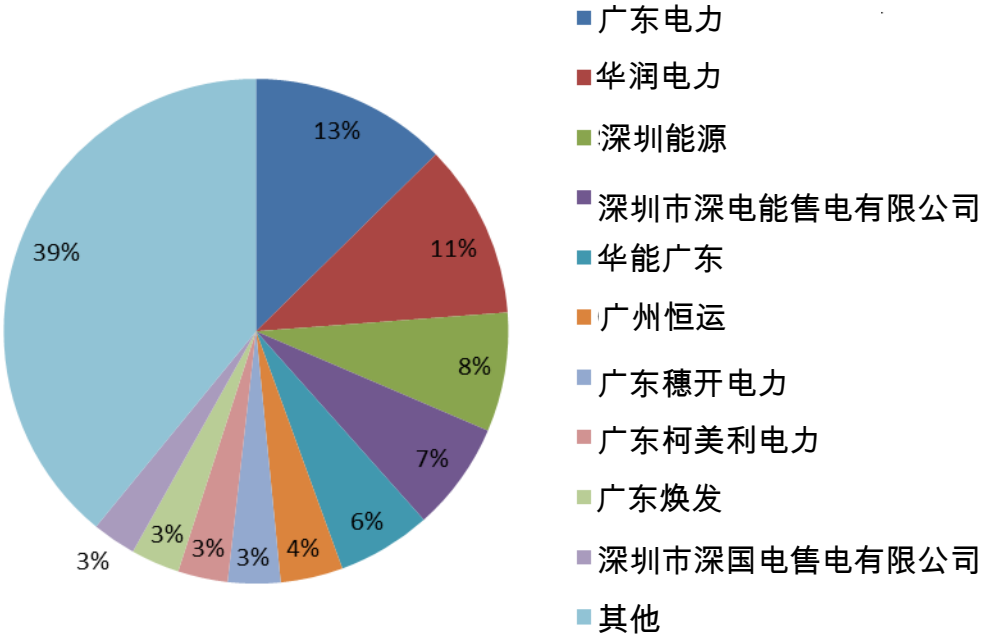
图 8 广东 2017 年的发电和零售市场份额

A. 装机容量份额



来源: http://mp.weixin.qq.com/s/CBdmpsVFppV1j2WskWnPNQ

B. 零售市场份额



来源：http://www.sohu.com/a/213958006_679911

目前，售电公司与电力用户签订的合同主要分为三种类型[53]。第一种是最低折扣合同，也就是售电公司在管制价格的基础上保证为用户提供一个固定折扣，这样，如果售电公司从批发市场上得到更好的价格，其中的价差就完全归售电公司所有。第二种是价差分享合同，也就是市场价差的 80%、90%或 95%归电力用户，其余部分归售电公司。第三种是结合式合同，也就是把第一种和第二种合同结合起来。在电力市场上，如果售电公司买入和卖出的电量不一致，就会产生失衡费，售电公司希望尽可能准确地平衡电的供给和需求，必须将失衡幅度控制在协约购买量的正负百分之二。售电公司在供需匹配时的失衡费被定为市场电价的+/5%。一些售电公司与其购电用户分担失衡风险，其他售电公司则在一定限度内独自承担风险。售电公司还可以为用户提供节能建议或投资等附加值服务。一些售电公司在平衡他们的协约购买量和实际月度需求量时可以做到非常准确（每个合约购买量的+/-3% 以内），而另外一些售电公司则很不准确（每个合约的误差可达+/-30%）。售电公司之间不能自行交易失衡量，但从 2017 年 6 月份开始，发电公司可以这么做。

中国电力市场改革的一个重要目标是为中国电力行业的国际化做准备。随着中国电力系统的成熟，中国国内对于电力设备的需求将减少，这将对电力系统的产能产生影响。一个战略性的应对方式是到国外寻求新市场（这也与中国的“一带一路”倡议相一致）[54]。另外，通过改革，一些企业将从现有企业中独立出来，这是有益处的，因为这将催生更高效的公司，他们更有能力在有竞争性的国际环境里赢得竞标合同（当然很可能要与其他中国公司竞争）。一个好例子是，中国能源工程集团广东电力设计院是一家工程和项目承包公司，负责电力项目的实施[55]。它于 2017 年从南方电网中独立出来，现在约 40%的业务在海外。

[53] 广东省人民政府 (2017)，“广东电力市场交易基本规则（试行）“。 http://www.nea.gov.cn/2017-01/20/c_135999956.htm; 广东省人民政府(2017)， “广东电力市场建设实施方案 ”。 http://dp.meizhou.gov.cn/show/index/630/15611; 另见 Shu et al. (2016).

[54] 中国国家发改委和国家能源局 (2016)， ” 电力发展“十三五”规划（2016-2020 年）” 2016 年 12 月 25 日。 http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201612/P020161222570036010274.pdf.

[55] 见广东电力设计院官网， http://www.cccme.org.cn/shop/cccme8977/index.aspx

五、对调度的影响

1.国际经验

建立覆盖面广的电力批发市场，会从两个方面对价格产生影响。

第一，由于现有价格面临竞争，所以发电企业和售电公司被迫在定价时更为准确地反映供求状况。在开始时的价格水平上，如果发电量比用电需求量大，那么价格将下降，因为发电企业和售电公司不得不通过降价让供求关系恢复平衡。也就是说，之前发电企业和售电公司的定价太高了。因此，市场将减少电力行业的寻租空间（或垄断力），这有助于提高配置效率。这种效果既可以在短期（日前）也可能在长期（月度）批发市场中体现出来。不过，也可能存在相反的情况：由于价格管制，导致售电公司和发电企业不得不定价偏低，导致供小于求。在这种情况下，批发市场将使得电价提高，从而纠正过低的定价[56]。

第二，批发市场有助于提升发电效率。这是因为，不论之前的系统是如何在不同电厂之间进行调度的，现在的系统运营商有更大的动力把发电任务首先分配成本最低的电厂[57]。批发市场使得电厂根据成本进行竞争，一个电厂与其他电厂相比只有成本足够低，才会被选择（也就是有运行的机会）。如果市场能够拓展到以前未被纳入的地区，那么必将引发电厂之间的价格竞争，报价低的电厂将首先得到调度。由于电厂能否得到调度取决于其市场报价是否有竞争力，所以每个电厂都会为了保持竞争力而积极降低成本。那些报价接近于市场价的电厂尤其如此。对于这些电厂来说，成本只要稍高或稍低，就可能会决定他们能否在批发市场上赢得供电合同，而如果从长期来看，这也决定着他们是继续生存还是关门。因此，市场的作用使得电厂有很强的动力降低成本（也就是提高发电效率）。而且，人们在进行投资时，只会投资于成本最低而且相对于未来市场的预期价格来说具有净现值的电厂。批发市场要想产生这样的效果，就似乎需要建立短期市场（通常是日前市场），这是因为，要想通过改善调度来节省成本，就应该通过有效率的实时运营来实现。不过，需要强调一点：如果初始

[56] 见 Pollitt (2004)，其中讨论了智利的情况。在智利， 电力批发市场价格自从 1982 年以来就一直起伏不定，主要是因为缺水。Parades (2003)讨论了智利的价格波动与公共服务之间的联系。

[57] 见 Newbery and Pollitt (1997)，其中讨论了英格兰和威尔士电力批发市场的建立对于电厂运营和投资效率的影响。

价格相对于市场上有竞争力的价格来说过低，那么批发市场将提高价格，这样，所有电厂都将得到更高的价格，这意味着更多的高成本电厂将得到调度。

因此，电力批发市场通过价格来影响电厂的调度，从而影响电厂的运营和投资效率。在欧洲（比如英国）的电力市场上，发电企业受到批发市场价格的影响，只调度那些成本最低的电厂。在美国，中央调度系统的运营商根据日前市场的报价来决定哪些电厂被调度。不论是欧洲还是美国，实际的调度情况与市场报价密切相关，基础市场价直接影响到调度决定。有一个一直在争论的问题是：中央调度和自我调度哪个更好？中央调度需要每个发电公司都进行自我优化，而且需要预测系统的其他运行任务。而自我调度系统的好处是，无论市场的支付规则是什么，发电公司在决定让哪些电厂运行的时候，都会将所有关于成本和合同执行的问题考虑在内。英国竞争与市场管理局最近得出了一个结论[58]：英国的自我调度系统和美国普遍使用的中央调度系统同样有效率。

不论在欧洲还是美国，市场扩展对于配置和生产的效率都很重要。欧洲国家之间的电网互联使得各国相互之间可以进行电力生产的配置优化，从而减少了整个系统的成本，而在美国的 PJM 中，市场扩展也使得之前实行独立调度的地区实现了电力生产配置优化。市场扩展可以增加独立市场内部的竞争，并且保证让整个市场区域内成本最低的电厂被调度[59]。

2.对广东省调度的影响

由于最近的电力市场改革，广东燃煤电厂的财务回报率受到了很大影响。根据 Ng (2016)的估计，燃煤电厂的回报率将从 2016 年的 9%降到 2018 年的 5%[60]。中电集团已经宣布，由于受电力市场改革的影响，其在中国南方的发电业务的利润急剧下降[61]。

中国南方电网地区有四级调度[62]：第一级是南方电网，包括从西到东的互联；第二级是省级电网；第三级是市（其中包括广州和深圳）；第四级是县，包括分布式

[58] CMA (2016, pp.183-188).
[59] 关于 PJM 市场拓展的效益分析，见 Mansur and White (2012)
[60] Ng, E. (2016).
[61] 见 China Light and Power Group (CLP) (2016).
[62] 见中国南方电网(2016)，企业社会责任报告， 2016 年，http://www.csg.cn/. 另见 Wang et al. (2006).

发电（例如小水电）。在广东，所有的煤电、部分天然气热电联产以及所有的核电都由省一级调度。

系统运营商的调度决策不直接受到批发市场合约的影响。目前的调度仍然沿用市场交易之前的规则，即以每个电厂被分配的运行时间为基础。（这与其他国家不同，前文讲过，在其他国家，调度受电力市场价格的影响。）发电企业知道自己在电力市场的协约执行情况，所以从理论上讲可以向系统运营商说明他们是否可以接受调度。而且，发电企业相互之间也可以进行电力交易。由于发电企业有强烈愿望匹配供应和需求，所以取得了一些节煤效果（因为企业会选择运行成本较低的燃煤电厂）。

这种调度方式可能被改革[63]。目前正在对两个模式进行测试：第一个是辅助测试，即电厂在是否运行的问题上需要遵守调度安排；第二个是电厂需要提前 5 天报告它是否可以运行。现在尚没有计划实施自我调度（前文讲过，自我调度有助于发电企业在调度过程中把市场协约执行情况考虑在内）。

跨省电力交易主要通过广州和北京两个电力交易中心进行[64]。 从云南到广东输送的电力，需要收取 0.45/0.35 元/千瓦时的输电费用（相对于支付给广东发电企业的价格来说，这是很高的）[65]。广东用电的 1/3 是从云南引进的。云南和广东的交易量取决于双方的协商，他们的交易虽然看上去使双方受益，但是每个省都会既有受益者也有受损者。在云南，燃煤发电企业的收入可能下降（因为广东燃煤电厂的竞争），而市场用户将支付更高的价格；而在广东，所有的发电企业都可能受损，而电力用户可能受益。云南有一个现货市场，但是其中 95%是水电，而且不太可能很快与广东实现完全互连[66]。

---

[63] 见 Ho et al. (2017).
[64] Zhang et al. (2014).
[65] 广东 2017 年给发电企业的电费是: 煤电 - 0.4505 元/千瓦时
(http://news.bjx.com.cn/html/20170418/820743.shtml); 天然气发电 - 0.745 元/千瓦时,
(http://shoudian.bjx.com.cn/news/20171010/854086.shtml); 风电 -0.61 元/千瓦时
(http://news.bjx.com.cn/html/20151215/691707-2.shtml); 太阳能 - 0.85 元 /千瓦时
(http://news.bjx.com.cn/html/20161227/799707.shtml).
[66] 见广东电力交易中心 (2017)，《南方区域跨区跨省月度电力交易规则（试行）》。
https://www.gzpec.cn/main/index.do。另见 Meng, T. Li, C. & Chang, T. (2016). “未来广东电力市场下实时调度规则思考，” Guangdong Science & Technology, 2016, 25(16)。

六、改进建议

1. 改革的总体印象

一个引人关注的问题是，广东不同地区的终端零售价格缺乏透明度。售电公司并不清楚他们的用户实际支付的最终价格是多少[67]。其原因是，终端价格仍然由南方电网负责。南方电网把广东分为六个主要的价格区域[68]（最开始是 71 个），同种类型的电力用户在不同区域需要支付的终端零售价差别较大。县级的终端电价也是不同的，特别是在珠三角地区和非珠三角地区之间，因为两类地区有不同的税和补贴。广东有 21 个市、19 种电价。在不同的价格区域，终端电价中的输配价部分从 0.1 到 0.2 元/千瓦时不等[69]。在终端电价的构成要素中，除了市场价差以外，还包括：发电指导价、上网电价、交叉补贴以及输配电价。

从改革的总体影响来看，垄断性的输配电价是一个重要方面。Pollitt et al. (2017) 讨论过，在电力改革对终端价格的总体影响中，激励性监管是一个重要因素。2017 年 1 月，国家发改委要求所有省公布单独的上网电价[70]。广东省发改委在 2017 年 11 月公布了它的价格，该价格将是 2017-2019 三年的固定名义价格[71]。2018 年 1 月，广东省发改委还宣布，为所有用户把输配电价降低 0.0233 元/千瓦时[72]。把这个降价幅度加上电力市场的价差-0.0645 元/千瓦时，意味着参与电力市场的所有用户的电价将下调 0.0878 元/千瓦时（在支付零售成本之前），相当于 0.0141 美元/千瓦时或 2015 年工业电价的 10%（见表 1）。

在广东，有三个部门对电力行业实施监管[73]：第一个是广东省发改委的经济和信息化委员会的电力处，负责电力市场以及市场参与者的许可证；第二个是省发改委

---

[67] 见 Shu et al. (2016). “基于优化理论市场化的日前电力市场机制设计”, Automation of Electric Power Systems. Vol. 40, No. 2.

[68] 除了深圳之外，广东还有 5 个价格区。

[69] 见国家能源局在 2017 年 11 月 13 日的官宣，“广东各价区输配电度电价最低-5.16 分/千瓦时”：http://www.nea.gov.cn/2017-11/13/c_136749039.htm.

[70] 见国家发改委 2016 年 12 月 22 日公布的价格改革文件 2016（2711），“省级电网输配电价定价办法（试行）”。http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201701/t20170104_834330.html

[71] 见广东省发改委价格改革文件 2017（498）号，“广东省发展改革委关于调整销售电价等有关问题的通知”。http://www.gzns.gov.cn/zwxxgk/zdlyxxgk/jghsf/201707/P020170726493877075556.pdf.

[72] 同上。

[73] 见广东省人民政府(2017)，“广东电力市场监管实施办法（试行）”。 http://www.nea.gov.cn/2017-01/20/c_135999956.htm. 另见 Sun and Su (2017). China, The Energy Regulation and Markets Review (Edition

的价格处，负责计算输配电价；第三个是国家能源局南方监管局，承担某些监督管理职责。这三个部门都有负责任对电力市场的竞争环境进行监测，但是，他们之间的职责分工似乎不够明确。而且，关于中国的《反垄断法》（中国关于竞争的一般法）是否适用于电力行业这个问题，目前还存在法律上的争议[74]。应该有一个独立的监管机构，负责发放市场参与者许可、进行市场设计调整、确定上网电价以及监测竞争环境。这样一个独立机构的优势是能够整合管理资源和经验，并提高监管能力。Pollitt et al.（2017）讨论了独立监管机构在其他国家的重要性以及是否适用于中国。Li and Yu（2017）指出，对电力行业监察体系进行司法改革，将有助于推进中国的电改[75]。

为电力系统引入新的售电公司，已经产生了三个积极效果。第一个是改善了人们对于电力产品的本质的理解，电力用户现在对于价格和能源管理问题更加敏感。第二个是政府更加理解从行政定价走向市场定价的意义。第三个是售电公司为用户提供的服务质量要好于南方电网的服务质量。

在广东，电厂所有权的集中度很高。其中，最大的发电企业粤电集团拥有 35%的装机容量市场份额，第二大的企业拥有 20%的份额。粤电集团是中国华能集团（中国最大的 5 家发电企业之一）的持股公司[76]，主要业务集中在南方电网地区。这不仅指总装机容量，也指发电量峰值。这说明，可能有必要让国有电厂之间实现资产交换，从而让他们在竞价过程中形成竞争。

广东当前的电力市场只覆盖了 20%的电力需求，占到了省内发电量的 30%，但对于燃煤电厂来说比例要高一些（可能 40%）。电力市场中的电的边际成本可能比实际发电的边际燃料成本要低一些，因为启动、关机和部分负荷都会带来成本。对于一个燃煤电厂来说，如果不能把电卖给电力市场，就可能需要减少发电量。如果这种情况会提高边际燃料成本（因为部分负荷的缘故），或要求一个电厂停机而另一个电厂开机（都是有成本的），那么报价最好比边际燃料成本低一些。

---

6), Edited by David L Schwartz, Law Business Research for a discussion of the government institutions overseeing the energy sector.

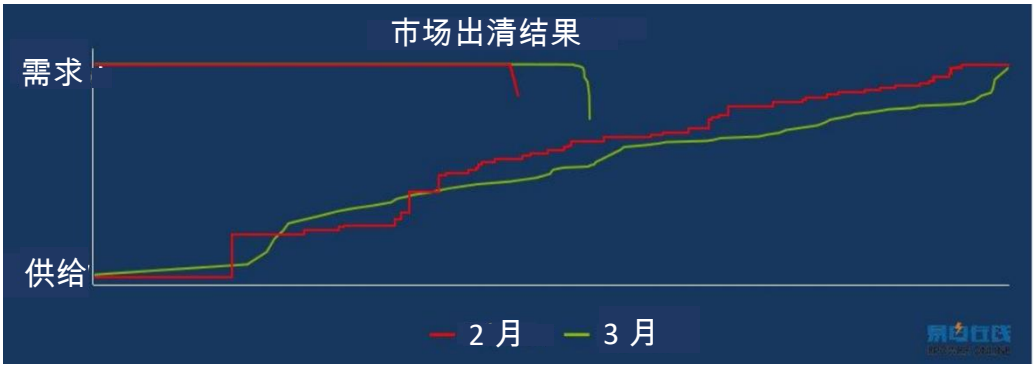
[74] 关于这个法是否适用于电力行业的第一个法律案例在 2017 年 6 月出现在山西。当时，监管者将这个法应用于几个发电企业，但是，发电企业对此提出了异议，因为他们认为电力行业并不是一个完全竞争市场。见 http://finance.sina.com.cn/roll/2017-08-08/doc-ifyitapp2997520.shtml; http://news.xinhuanet.com/2017-06/06/c_1121092318.htm; 以及 https://hk.saowen.com/a/ba4f85af87d5d5a78c9572a60e62b11de7ac497c60818c08dad5a55649576c81.

[75] Li and Yu (2017).

[76] 中国华能集团拥有粤电集团 24% 的股权，广东省人民政府拥有其余 76%的股权。 见 http://www.gdyd.com/site/yudean/gsjj/index.html

一个重要问题是，在一个部分放开的市场上，需求远大于供应[77]。这种情况导致售电公司在报价时只是为他们要购买的最终电量报出很小的价差，其目的是降低市场价格（下文将解释这是为什么）。月度供应曲线和需求曲线实际上并不发生交叉，比如，图 9 就是 2017 年 2 月和 3 月的供给曲线图[78]。

图 9 广州电力交易中心月度期货市场的初始市场出清结果



来源: E-Power (2016) and Zhang (2017)

https://www.linkedin.com/pulse/china-power-market-too-young-irrational-huiting-zhang/

市场成交价是根据一个公式计算出来的。该公式计算的是拍卖过程中中标者的价差电费。（价差指的是报价与管制价格之差，而价差电费就是价差乘以购售电量。）这不同于其他国家里多数电力批发市场的统一价格（市场均衡价格）拍卖。广东电力市场交易价格的具体计算方法是：首先，计算出购电方报价和供电方报价分别相对于管制价格来说的理论节约量（即价差电费），也就是总消费者剩余的面积和总生产者剩余的面积）；然后，使用这两个面积之和来计算出系统的价差电费[79]；最后，按照对半（50-50）的比例将价差电费平均分配给所有购电方和所有供电方。购电方将得到双方剩余总面积的一半，供电方也将得到双方剩余总面积的一半。他们得到的价格都比管制价格低，每方的价差电费就等于系统价差电费的一半。各购电方将根据他们各自在购电方总价差电费中所占的份额进行分配，各发电企业的价差电费也将根据他们

[77] 另见 Yang et al. 2017)，“广东电力市场需求侧响应交易机制研究”, Guangdong Electric Power, 30(5), 25-34. Pang, P. (2016)，“电力市场化改革背景下电力需求响应机制与支撑技术”, Guangdong Electric Power.

[78] Zhang (2017)对这个图有一个详细的评论。

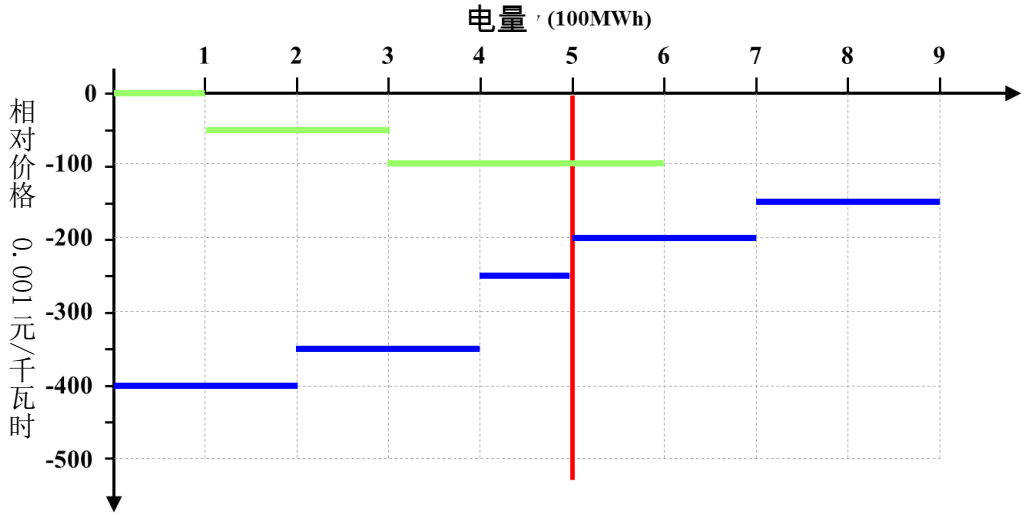
[79] 感谢 Phil Chen 在一个短文（”‘Clearing mechanism of Guangdong Power Market in 2016’）中对这个问题的解释。

分别在供电方总价差电费中的相对比例进行分配。图 10 用一个例子详细解释了这个计算方法。

图 10 市场出清和定价示意图

A. 售电公司 (绿色)的报价和发电企业（蓝色）的报价

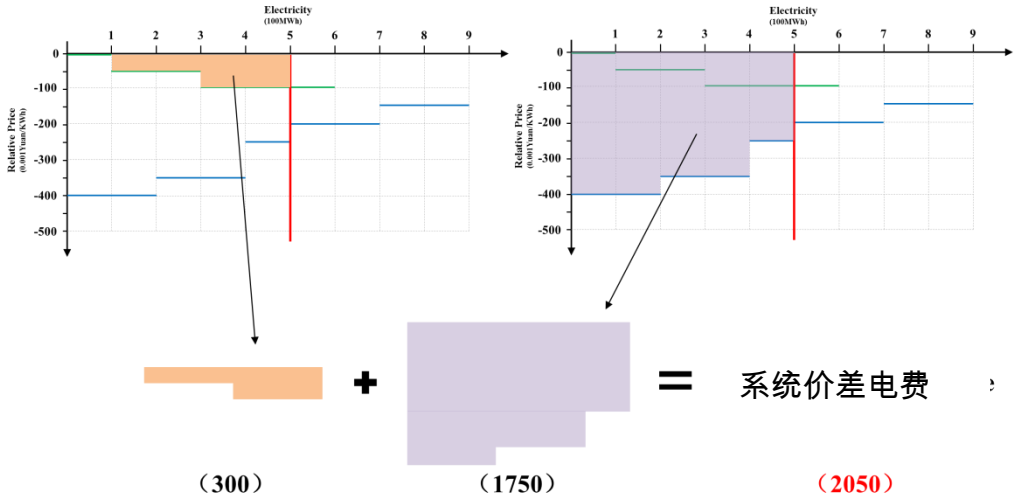
(红线表示最大交易量)



来源: Jing, Z., Chen, Z., and Zhu, J. (2018)

在图 A 中，有 3 个售电公司（购电方）和 3 个发电企业（供电方）在拍卖中中标。例如，发电企业中的最低报价是以-400 的相对价格供应 2 个单位的电量。市场出清价格应该是-200（供给曲线与固定交易量曲线的交叉点），而且所有售电公司都应该支付这个价格。

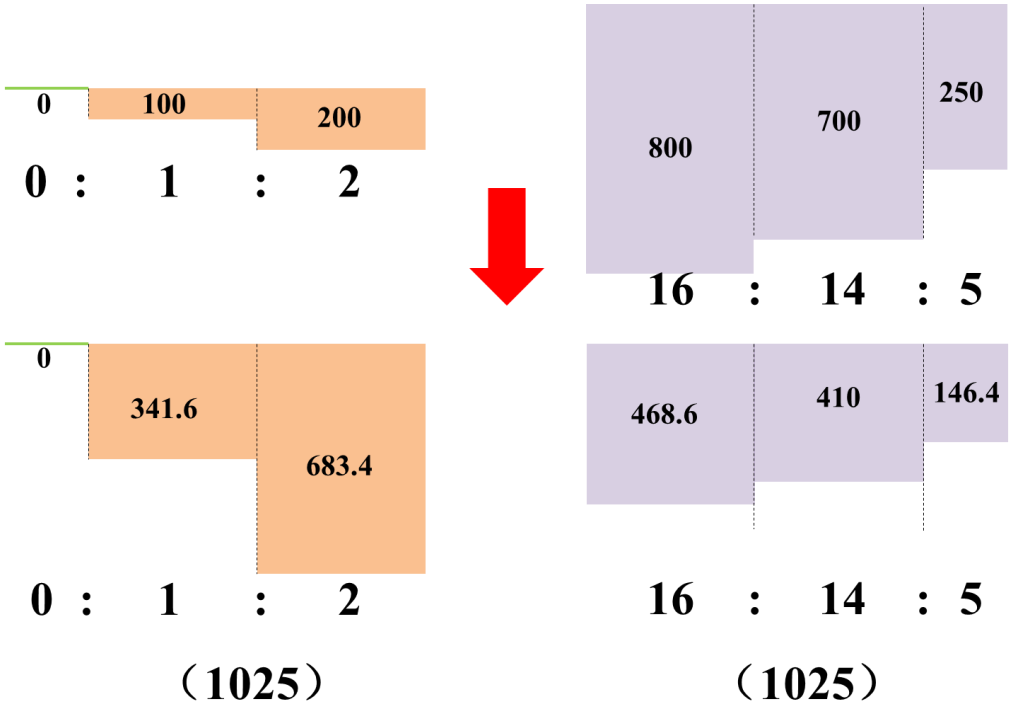
B. 计算系统价差电费



来源: Jing, Z., Chen, Z., and Zhu, J. (2018)

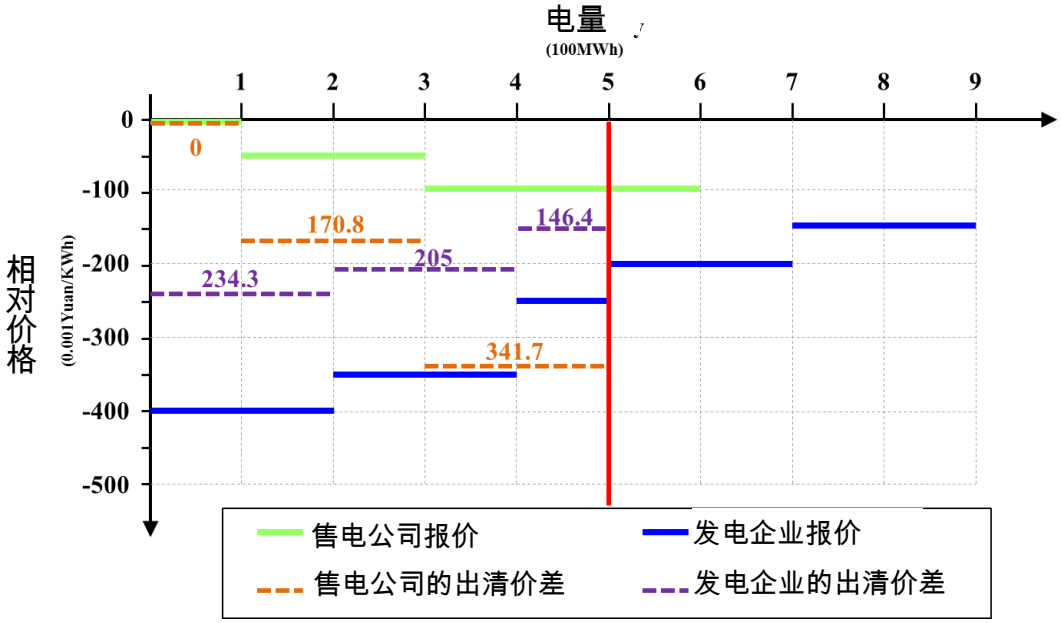
在图 B 中，总消费者剩余(300)用橙色表示，总生产者剩余(1750)用紫色表示。两者相加就是系统的价差电费(2050)。

C. 为中标者分配系统价差电费



来源: Jing, Z., Chen, Z., and Zhu, J. (2018)

D. 为中标的售电公司和发电企业计算最终价格



来源: Jing, Z., Chen, Z., and Zhu, J. (2018)

在图 C 中，系统的价差电费总额被对半分配给中标的售电公司和发电企业，然后，每个售电公司或发电企业再分别根据他们在总消费者剩余或总生产者剩余中的份额得到相应的价差电费。例如，在中标的售电公司当中报价第二低的那个公司的消费者剩余是 100，这等于总消费者剩余的 1/3 (= 100/300)，所以该公司分配到的价差电费是 1025 的 1/3 ，即 341.6。

在图 D 中，价差电费被转换成价格。计算方法是将每个中标公司或企业的价差电费除以它的购售量。例如，报价第二低的售电公司需要支付的价差是-170.8（即 341.6 除以 2）

最终结果显示，发电企业得到的价格比他们的报价要高，而售电公司支付的价格比他们的报价要低。一个重要问题是，边际内竞标者的竞价行为会影响市场定价结果，比如，在上图中，不论是报价-50 的售电公司（下文称“售电公司 2”）还是报价-400 或-350 的发电企业（下文分别称“发电企业 1”和“发电企业 2”），都能影响最终定价，尽管他们在边际内。

假设售电公司 2 当初的报价是-100，那么这将改变关于最终价格的所有计算，而售电公司 2 自己也可以支付更低的价格。同样，如果发电企业 1 当初的报价是-350，这也将改变对于最终价格的所有计算，而发电企业 1 自己也将得到更高的价格。（具体计算请见附件。）如果拍卖市场是经过良好设计的，那么这种情况是不应该出现的[80]。因为这会鼓励购电方调低报价、售电方调高报价，而不是鼓励他们进行真实报价。上文中图 9 所显示的就是由于购电方操纵报价而出现的一种情况。

一个更好的解决办法是，要认识到市场有供应剩余，因此，市场出清价格就是要出售的固定电量曲线与供给曲线的交叉点的价格（在本例中是-200）。这也是发电企业愿意为整个市场供电的价格。云南的拍卖也没有使用统一的市场出清价格[81]。云南的做法是，将购电方的最高报价和供电方的最低报价相匹配，然后计算出两个报价的平均值，这个平均值就是购电方要支付给售电方的价格[82]。这个方法鼓励购电方调低报价、售电方调高报价。

[80] 关于什么是良好的拍卖市场设计，见 Klemperer (2002) and Ausubel and Crampton (2011)。
[81] Feng (2016). “从云南方案看新电改隐患”, China Energy. http://www.cnenergy.org/yw/zc/201602/t20160205_270260.html.
[82] 见 Zhang (2017). 另见 Tung and Huang (2017)， “美国 PJM 电力市场及对广东电力改革的启示”, Yunnan Electric Power, 2017, 45(1).

广东的电力市场改革应该对相邻省份产生了影响。云南的电力零售价格很低[83]。如果有一个覆盖云南和广东的运行良好的电力市场，那么云南的水电企业应该得到高得多的批发电价。这个市场如果能够与南方其他省份（比如云南与贵州）进行电力交易，会有很大好处（见 Zhang et al., 2014)[84]。这将会提高云南电力市场的批发电价，并且有可能提高云南的零售电价。一种解决方案是，确定一种“水电效益费”，从水电站征收，用于为本省的上网用户降低输配电价。英国曾经在 1990 年的电力市场自由化改革中为苏格兰北部的电力用户使用过这个办法，延续了电力市场自由化之前从地方水电厂获取发电益处的办法[85]。这种做法将维护有效率的价格信号，同时使云南的电力用户不受损于电力市场改革的再分配效应。跨省交易应该利用参与交易的整个区域的供给和需求曲线来定价，而不是根据人为设定的交易量限制（与可用装机容量无关的限制）[86]。一个特别问题是，中央政府与各省在这个问题上是存在矛盾的。中央政府希望推进跨省交易，因为它看到了这样做的益处；但到了省一级，将既有受益者（比如广东的电力用户和云南的发电企业）也有受损者（比如广东的发电企业和云南的电力用户）。

2. 关于进一步改革的建议

第一，需要认识到，随着市场改革和价格下降，发电资产将贬值。如有必要，应该对国有发电企业的资产进行重组，以增加竞争和分散资产损失。还可以考虑让电力用户承担竞争转型费[87]，也就是从电力用户的受益中收取一部分，用于直接补偿发电企业的损失和资产贬值。

第二，广东需要发展为所有发电企业服务的日前市场，并且将此市场与电力调度结合起来。目前实行的部分月度市场已经成功地催生了一批新的市场参与者（售电公司），但是，月度市场并没有为运营和投资提供合适的价格信号。如果建立一个完整的日前市场，将难以避免地出现大爆炸式交易。这种大爆炸式交易方式也是英国和美

[83] 见 Feng (2016).
[84] Zhang et al. (2014).
[85] 见 DECC (2015, p.9).
[86] 广州电力交易中心(2017)，《南方区域跨区跨省月度电力交易规则（试行）》。https://www.gzpec.cn/main/index.do
[87] 美国加利福尼亚州有这样的经验，见 https://www.eia.gov/electricity/policies/legislation/california/assemblybill.html

国的电力批发市场曾经经历过的[88]。发电企业和电力用户可以利用长期合约来对冲金融头寸。

第三，有必要在一个省进行更全面的实验。要开展真正的电力市场试点，就应该有针对所有发电企业和电力用户的一整套电力批发市场。所谓的整套电力批发市场，应该既包括能源市场（包括年度、月度、日前和日内市场）也包括辅助服务市场（特别是频率和短期运行备用市场）。目前中国所有的电力市场试点都还没有做到这一点，包括广东。要想开展这样的全面试点，广东是一个很好的候选地，因为它的初始电价较高，而且电力行业在 GDP 中所占比重相对较小。上文曾对广东和美国德克萨斯做过比较，德克萨斯在美国的电力市场改革中走得比其他任何州都远[89]，其结果是该州的电价低而且可再生能源比重大。

第四，中国电力市场改革走回头路的可能性比很多其他国家要大。其原因是过去 5 年的进展不大，而且电改本身也缺乏立法支撑。此次电改的基础是 2015 年 3 月份的国务院 9 号文件，但该文件没有法律效力，存在被撤销的可能性[90]。考虑到中国的政治周期更长了（10 年以上），所以改革需要有紧迫性。在英国，1987 年的大选确定了电力市场改革最多 5 年（实际时间只有 4 年）的实施时间表，而到了 1991 年，改革就已经基本完成了[91]。这个例子说明，有必要在省级首先确立一个可行的试验计划，然后为全面改革制定一个有雄心的时间表。

[88] 见 FERC (2004)，其中讨论了美国建立独立系统运营商之后的相关问题。Henney (1994)讨论了英国在 1990 年 4 月 1 日建立电力库的背景。
[89] 进一步的讨论请见 Adib et al. (2013) 。
[90] 九号文件是一个政策文件，不是法律。一些地方政府表示他们不知道是否应该只是遵守政策文件而忽略现行的《电力法》（1996 年）的内容。因此，迫切需要根据九号文件的政策目标修改中国电力行业的现行法律框架。见中国电力企业联合会，http://news.bjx.com.cn/html/20161129/792530.shtml
[91] 关于英国的改革过程，见 Henney (1994 and 2011) 。

参考文献（英文）

Adib, P., Zarnikau, J. and Baldick, R. (2013). Texas Electricity Market: Getting Better. In F.P.Sioshansi (ed.), *Evolution of Global Electricity Markets*, Academic Press, pp.265-296.

APX – Belpex – EPEX Spot – Mercatoelettrico (GME)- Nord Pool Spot - OMIE OTE (PCR PXs) (2013). *EUPHEMIA Public Description PCR Market Coupling Algorithm*, Available at: http://www.apxgroup.com/wp-content/uploads/Euphemia-public-description-Nov-20131.pdf

An, B., Lin, W., Zhou, A., & Zhou, W. (2015), China's Market-Oriented Reforms in the Energy and Environmental Sectors, Paper presented at the *Pacific Energy Summit*, Retrieved from http://nbr.org/downloads/pdfs/ETA/PES_2015_workingpaper_AnBo_et_al.pdf

Andrews-Speed, P., Dow, S., Oberheitmann, A., Ramsay, B., Smith, V., & Wei, B. (2003). First steps in power sector reform: the case of China's Guangdong Province. *Utilities Policy*, 11(3), 169-183.

Andrews-Speed, P. (2013). Reform postponed. The evolution of China's electricity markets. *Evolution of Global Electricity Markets. New Paradigms, New Challenges, New Approaches*. Waltham, MA: Elsevier, 531-569.

Ausubel, L. and Cramton, P. **(**2011). *Auction design for wind rights*. Report to Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement., Available at: http://www.boem.gov/uploadedFiles/BOEM/Renewable_Energy_Program/Regulatory_Information/AusubelCramtonPaper1.pdf.

Bessembinder, H., & Lemmon, M. L. (2002). Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets. *The Journal of Finance*, 57(3), 1347-1382.

Bui, T., Yang, D., Jones, W., & Li, J. (Eds.). (2002). *China's economic powerhouse: economic reform in Guangdong Province*. Springer.

Chau, J., Noria Kia, N., Kilburn, M., & Lorrimar-Shanks J. (2011). An introduction to Guangdong's energy market - proposed and future solutions, Interconnection paper, Civil Exchange.

Cheng, B., Dai, H., Wang, P., Zhao, D., & Masui, T. (2015). Impacts of carbon trading scheme on air pollutant emissions in Guangdong Province of China. *Energy for sustainable development*, 27, 174-185.

Cheng, B., Dai, H., Wang, P., Xie, Y., Chen, L., Zhao, D., & Masui, T. (2016). Impacts of low-carbon power policy on carbon mitigation in Guangdong Province, China. *Energy Policy*, 88, 515-527.

Cheng, W. (2016). Power Retail Pilots Open in Guangzhou, Chongqing, China Energy Storage Alliance, Retrieved from: http://en.cnesa.org/featured-stories/2016/3/2/power-retail-pilots-open-in-guangzhou-chongqing

Chick, M. (2007). *Electricity and Energy Policy in Britain, France and the United States since 1945*, Cheltenham: Edward Elgar.

China Daily (2017). Nationwide electricity market reform expected by 2017, Retrieved from: http://europe.chinadaily.com.cn/

China Light and Power Group (CLP) (2016). Annual report, Retrieved from: https://www.clpgroup.com/en/investors-information/financial-reports/our-reports?year=2016

China State Council (2016). China to promote electricity pricing reform nationwide, Retrieved from: http://english.gov.cn/news/top_news/2016/03/29/content_281475317044513.htm

CMA (2016). *Energy Market Investigation, Final Report, 24 June 2016*, London: Competition and Markets Authority.

DECC (2015). *Hydro Benefit Replacement Scheme & Common Tariff Obligation Three year review of statutory schemes: consultation, December 2015*, London: Department of Energy and Climate Change.

Dupuy, M., & Xuan, W. (2016). *Wholesale Electricity Markets and Pricing in China: How is Reform Going?* Retrieved from: http://www.raponline.org/blog/wholesale-electricity-markets-pricing-china-reform-going/

Economic Development and Labour Bureau (2004). Updates of Guangdong's Electricity Market, Economic Development and Labour Bureau Hong Kong, Energy Advisory Committee.

Fan, J., Zhao, D., Wu, Y., & Wei, J. (2014). Carbon pricing and electricity market reforms in China. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(5), 921-933.

FERC (2004). *Staff Report on Cost Ranges for the Development and Operation of a Day One Regional Transmission Organization Docket no. PL04-16-000.* FERC, Washington, DC.

Guangdong Electric Power Development Co., Ltd. (2016). Annual Report, April 2017, Retrieved from: https://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2ocq_8vDXAhXIoqQKHRk7BNgQFggrMAA&url=http%3A%2F%2Fdisclosure.szse.cn%2Ffinalpage%2F2017-04-26%2F1203381388.PDF&usg=AOvVaw1ZAjpUgVPlpdc4IVAPG2km

Henney, A. (1994). A Study of the Privatisation of the Electricity Supply Industry in England and Wales, London: EEE Limited.

Henney, A. (2011). The British Electric Industry 1990-2010 The Rise and Demise of Competition, London: EEE Limited.

Hermann, C. and Pond, R. (2012). 'Concentration and Disintegration: Company Responses in the Electricity Sector and Consequences for Employment' in C.Hermann and J.Flecker (eds.), *Privatization of Public Services: Impacts for Employment, Working Conditions, and Service Quality in Europe*, New York: Routledge, pp.33-54.

Ho, M.S., Wang, Z. & Yu, Z. (2017). China's Power Generation Dispatch, RFF Report. Available at: http://www.rff.org/files/document/file/RFF-Rpt-ChinaElectricity.pdf

Hurlbut, D., Zhou, E., Bird, L., & Wang, Q. (2017). Transmission Challenges and Best Practices for Cost-Effective Renewable Energy Delivery across State and Provincial Boundaries (No. NREL/TP-6A20-67462). NREL (National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO (United States)).

International Carbon Action Partnership (ICAP) (2017). China - Guangdong pilot system, ETS Detailed Information, International Carbon Action Partnership. Available at: https://icapcarbonaction.com/en/status-report-2017

International Energy Agency (2016). *Re-powering markets: Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems*, IEA Publication.

Jamasb, T. and Pollitt, M. (2007). 'Incentive regulation of electricity distribution networks: lessons of experience from Britain' *Energy Policy*, 35(12): 6163-6187.

Jiang, K. & Woetzel, J. (2017). China's Renewable-Energy Revolution, Project Syndicate, August 21 2017, Available at: https://www.project-syndicate.org/commentary/china-renewable-energy-revolution-by-jiang-kejun-and-jonathan-woetzel-2017-08?barrier=accessreg

Joskow, P. L. (2008), Lessons Learned From Electricity Market Liberalization. *The Energy Journal, Special Issue. The Future of Electricity: Papers in Honor of David Newbery* 9-42.

Klemperer, Paul**. (**2002). 'What Really Matters in Auction Design', *Journal of Economic Perspectives* 16(1): 169-189, Available at: http://people.hss.caltech.edu/~jkg/what-matters.pdf.

Krishna, V. (2010), *Auction Theory, 2nd Edition*, Academic Press.

Ma, T. (2017). China's Ambitious New Clean Energy Targets, *The Diplomat*, January 2017 Retrieved from: https://thediplomat.com/2017/01/chinas-ambitious-new-clean-energy-targets/

Mansur, E.T. & White, M.W. (2012), *Market Organization and Efficiency in Electricity Markets*, Retrieved from: http://www.dartmouth.edu/~mansur/papers/mansur_white_pjmaep.pdf

Marino, A., Bertoldi, P., Rezessy, S. and Boza-Kiss, B. (2011). 'A snapshot of the European energy service market in 2010 and policy recommendations to foster a further market development', *Energy Policy*, 39 (10): 6190-6198.

Ng, E. (2016). Chinese power generators face tougher times as deregulation sparks competition, *South China Morning Post*.

Ngan, H. (2010), Electricity regulation and electricity market reforms in China. *Energy Policy*, *38*(5), 2142-2148.

Li, M. & Shen, T. (2016). Guangdong Electric Power Trading Center yesterday officially launched mainly act as a "matchmaker", *Top News*.

Li, Y., & Yu, J. Q. (2017). The Propulsion of China's Electricity-sold Side Reform. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, (apetc).

Lohmann, P. (2001). A 'hands-on' or 'hands-off' approach in electricity distribution; outsourcing of business processes in a HRM perspective, 16th International

Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2001. Part 1: Contributions. CIRED. (IEE Conf. Publ No. 482).

Newbery, D.M. and Pollitt, M.G. (1997). 'The restructuring and privatization of Britain's CEGB: was it worth it?', *Journal of Industrial Economics*, 45(3): 269-303.

Ofgem (2016). *Wholesale Energy Markets in 2016*, London: Ofgem.

Ofgem (2017). *State of the Energy Market 2017 Report*, London: Ofgem.

Paredes, R. (2003), 'Redistributive Impact of Privatization and the Regulation of Utilities in Chile', in C. Ugaz and C. Waddams Price (eds.), Utility Privatisation and Regulation – A Fair Deal for Consumers?, Aldershot: Edward Elgar.

Pollitt, M. (2004). 'Electricity reform in Chile: lessons for developing countries', *Journal of Network Industries*, 5(3-4): 221-262.

Pollitt, M.G. & Anaya, K.L. (2016). Can current electricity markets cope with high shares of renewables? A comparison of approaches in Germany, the UK and the State of New York, *The Energy Journal*, 37(Special Issue): 69-88

Pollitt, M., Yang, C-H. & Chen, H. (2017), *Reforming the Chinese Electricity Supply Sector: Lessons from International Experience*, EPRG Working Paper, No.1704. Available in Chinese at: http://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2017/03/1704_-Chinese-Version.pdf

PV Guangzhou (2016). Guangdong supports the reform & innovation market trading pilot of photovoltaic power generation, Renewable Energy Hub UK, Available at: https://www.renewableenergyhub.co.uk/Forum/solar-pv/guangdong-supports-the-reform-innovation-market-trading-pilot-of-photovoltaic/?PHPSESSID=fd1d961g1i9fu30uergqnpskr3

Regulatory Assistance Project (RAP) (2016). Wholesale Electricity Markets and Pricing in China: How is Reform Going? Energy Collective, Available at: http://www.theenergycollective.com/raponline/2389923/wholesale-electricity-markets-and-pricing-in-china-how-is-reform-going-2

Reinhold Cohen (2015). China's New Intellectual Property Courts, Reinhold Cohen IP Attorneys newsletters, Available at: http://www.rcip.co.il/en/article/chinas-new-intellectual-property-courts/

S&P Global Platts (2015). Rise in China's coal-fired capacity in 2014, 2015 may not boost thermal coal prices: UBS, Available at: https://www.platts.com/latest-news/coal/singapore/rise-in-chinas-coal-fired-capacity-in-2014-2015-21573872

Simens AG (2010). Greater reliability for southern China. Guizhou Power Grid Company, China, Simens AG Energy Sector, Available at: http://www.siemens.com/energy

Stoft, S. (2002), *Power system economics Designing Markets for electricity*. IEEE press.

Sun, M. & Su, H. (2017). China, *The Energy Regulation and Markets Review (Edition 6)*, Edited by David L Schwartz, Law Business Research.

Taylor, S. (2007). *Privatisation and Financial Collapse in the Nuclear Industry: The Origins and Causes of the British Energy Crisis of 2002*. Abingdon: Routledge.

Teng, F., Wang, X., & Zhiqiang, L. V. (2014). Introducing the emissions trading system to China's electricity sector: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, 75, 39-45.

Tian, Z. H., & Yang, Z. L. (2016). Scenarios of Carbon Emissions from the Power Sector in Guangdong Province. *Sustainability*, 8(9), 863.

Wang, C., Chen, H. R., Pan, W. L., & Xu, Z. (2006). Reliability and Economic Evaluation of the China Southern Power Grid. In *Power Systems Conference and Exposition*, 2006. PSCE'06. 2006 IEEE PES (pp. 854-859). IEEE.

Wang, W., Luo, Y., Xie, P., Luo, Z., & Zhao, D. (2016). The key elements analysis of Guangdong & Shenzhen ETS & tips for China national ETS construction. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 14(4), 282-291.

Wang, Z., Zhang, B., & Zhang, Y. (2012), Determinants of public acceptance of tiered electricity price reform in China: Evidence from four urban cities. *Applied Energy*, *91*(1), 235-244.

Wei, Y., Liu, L., Wu, G., & Zou, L. (Eds.). (2011), *Energy economics: CO2 emissions in China*. Springer Science & Business Media.

Xinhua Finance (2015). Shenzhen given nod to pilot new power transmission, Available at: http://en.xfafinance.com/html/Industries/Utilities/2015/40163.shtml

Xinhua Finance (2016a). China to deepen reform on electricity transmission, distribution pricing, Available at: http://en.xfafinance.com/html/Policy/2016/193415.shtml

Xinhua Finance (2016b). NDRC, NEA nods Chongqing, Guangdong for electricity sales reform piloting Available at: http://en.xfafinance.com/html/Industries/Utilities/2015/175938.shtml

Yu, D., Qiu, H., Yuan, X., Li, Y., Shao, C., Lin, Y., & Ding, Y. (2017). Roadmap of retail electricity market reform in China: assisting in mitigating wind energy curtailment. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 52, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Zeng, L., Zhang, C., Chen, L., & Xiang, X. (2004). Guangdong electric power market reform: options and impact. *Working Paper #33*, Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University.

Zhang, S. L., Sun, Y. M., Jing, Z. X., & He, Z. X. (2014). Research on transfer and replacement mechanism design of inter-provincial electricity treatment in South China electricity market. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 494, pp. 1695-1701). Trans Tech Publications.

Zhang, H. (2017). China Power Market: Too young, too irrational, Retrieved from: https://www.linkedin.com/pulse/china-power-market-too-young-irrational-huiting-zhang/

参考文献（中文）

Chen & Li (2016)，“正确认识广东电力市场交易规则（一）历史及现状”。http://chuansong.me/n/1112210748785

中国电力企业联合会 (2017)，“告别无序竞争 电力市场呼吁售电专业化时代”。http://www.cec.org.cn/xinwenpingxi/2017-10-30/174433.html

中国能源网(2016)，“中国电改试点进展政策研究与建议”，*China5e Research Centre Report*, Beijing。

中国国家发改委（2015)，“国家发展改革委关于深圳市开展输配电价改革试点”发改价格【2014】2379 号。http://jgs.ndrc.gov.cn/zcfg/201411/t20141104_639639.html

中国国家发改委(2016)，“国家发展改革委 国家能源局关于印发《电力中长期交易基本规则（暂行）》”发改能源〔2016〕2784 号。http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201701/W020170112319053238252.pdf

中国国家发改委(2017)，“国家发展改革委关于印发《省级电网输配电价定价办法（试行）》”发改价格〔2016〕2711 号。http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/jggl/zcfg/201701/t20170104_834333.html

中国广东省发改委(2017)，“广东省发展改革委关于调整销售电价等有关问题的通知”，2017（498）。http://www.gzns.gov.cn/zwxxgk/zdlyxxgk/jghsf/201707/P020170726493877075556.pdf

中国国家发改委和国家能源局(2016)，“电力发展十三五规划（2016-2020 年）”, 2016 年 12 月 25 日。http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201612/P020161222570036010274.pdf.

中国国家能源局(2014)，“广东省启动电力直接交易深度试点工作”, 2014 年 9 月 10 日。http://www.nea.gov.cn/2014-09/10/c_133632125.htm

中国国家能源局 (2016)，“国家能源局关于推进简政放权”, 2016 年 6 月 5 日。http:// zfxxgk.nea.gov.cn/auto81/201506/t20150610_1936.html.

中国国家能源局(2016)，“能源局下发关于征求做好电力市场建设有关工作的通知（征求意见稿）”，2016 年 3 月 24 日。http:// news.bjx.com.cn/html/20160325/719393.shtml.

中国国家能源局(2017)，“广东各价区输配电度电价最低-5.16 分/千瓦时”, 2017 年 11 月 13 日。http://www.nea.gov.cn/2017-11/13/c_136749039.htm

中国南方电网 (CSPG) (2015)，公司社会责任报告，2015 年。http://www.csg.cn/.

中国国务院 (2015)，“关于进一步深化电力体制改革的若干意见”, 9 号文件，2015 年 3 月 21 日。http://www.ne21.com/news/show-64821.html.

中国国家发改委(2015)，《电力体制改革解读》，人民出版社，2015 年 12 月 1 日，北京。

中国国家发改委(2016)，“省级电网输配电价定价办法（试行）”，国家发改委价格改革文件 2016（ 2711）, 2016 年 12 月 22 日。
http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201701/t20170104_834330.html

Feng, Y-C (2016)，“从云南方案看新电改隐患”, *China Energy*。
http://www.cnenergy.org/yw/zc/201602/t20160205_270260.html.

Feng, Y-C (2016)，“如何理解中国电力体制改革：市场化与制度背景”。
from: http://www.chinareform.org.cn/economy/price/refer/201611/t20161130_25845

广州电力交易中心 (2017a)，《南方区域跨区跨省月度电力交易规则（试行）》
https://www.gzpec.cn/main/index.do

广州电力交易中心(2017b)，“广东电力市场 2017 年半年报告”。
https://www.gzpec.cn/main/index.do

Jing Z., Chen, Z., and Zhu, J. (2018)，“中国电力市场月度竞价机制介绍与分析”，走进电力市场，华南理工大学荆昭霞教授等人的微信公众号

Liu, D. (2017)，“电力市场、碳排放权市场和绿色证书市场的协调发展.”Electricity market, carbon market and green certificate mechanisms development, Industry perspective, China Electrical Equipment Industry, 2017.07.

Ma, L. (2017)，“国网能源研究院马莉博士：关于中国电力市场建设的问题探讨”, State Grid Energy Research Institute, January 2017, Retrieved from:
http://shoudian.bjx.com.cn/news/20170103/801042.shtml

Meng, T. Li, C. & Chang, T. (2016)，“未来广东电力市场下实时调度规则思考”，GuangDong Science & Technology, 2016, 25(16).

Pang, P. (2016)，“电力市场化改革背景下电力需求响应机制与支撑技术，” Electric Power Demand Response Mechanism and Support Technology Under Electric Power Market Reform, Guangdong Electric Power

广东省人民政府 (2015)，“关于进一步深化电力体制改革的实施意见”
http://news.cnstock.com/news,bwkx-201509-3576660.htm

广东省人民政府 (2017)，“广东电力市场交易基本规则（试行）”http://www.nea.gov.cn/2017-01/20/c_135999956.htm

广东省人民政府(2017)，“广东电力市场监管实施办法（试行）”http://www.nea.gov.cn/2017-01/20/c_135999956.htm

广东省人民政府(2017)，“广东电力市场建设实施方案”
http://dp.meizhou.gov.cn/show/index/630/15611

广东省人民政府(2017)，“广东省有序放开发用电计划和推进节能低碳电力调度实施方案”
http://dp.meizhou.gov.cn/show/index/630/15611

广东省人民政府(2017)，“广东电力交易机构组建方案“”
http://dp.meizhou.gov.cn/show/index/630/15611

广东省人民政府(2017)，“广东省有序放开配电网业务实施方案”
http://dp.meizhou.gov.cn/show/index/630/15611

Pollitt, M., Yang, C-H. & Chen, H. (2017). “电力改革：国际经验与中国选择” Electricity Reforms: International Experiences and China’s Decision, *Financial Minds*, Vol. 2 Issue 4, July 2017, National Academy of Economic Strategy, Chinese Academy of Social Sciences.

Shu, C., Zhong, H. & Xia, Q. (2016). “基于优化理论市场化的日前电力市场机制设计’’ Day ahead Electricity Market Design Based on Market Interpretation of Optimization Theory, *Automation of Electric Power Systems*. Vol. 40, No. 2.

Shu, C. Zhong, H., Xia, Q., Tan, Y., Hu, J., Yeo, X. & Wang, Y. (2016). Monthly Elasticity of the Electricity Market Mechanism Design. Proceedings of the CSEE, 36 (3), 587-595.

中国国家能源局南方监管局(2015)，“广东省电力大用户与发电企业直接交易扩大试点工作方案” Retrieved from: http://nfj.nea.gov.cn/adminContent/initViewContent.do?pk=zwgk1492

Su, K., Yeo, S., Chang, T. & Kau, H. (2015). “广东电力市场交易系统设计与实现.” Design and Implementation of Guangdong Electric Power Market Trading System, Southern Power System Technology, Southern Power System Technology.

Sung, Y. (2017). “广东电力市场改革和售电策略探讨.”Guangdong electricity market reform and sale strategy, Mechanical and Electrical Information, 2017 June, 89-90.

Tan R.Y., & Zhao G.H (2016). *“中国能源监管探索与实践” China’s energy governance: foundation and practice*. People’s Publishing House.

Tsai et al. (2017). “英国电改专家怎么看待中国电改，给了什么建议？ —— 专访剑桥大学能源政策研究所副所长迈克尔 波利特教授” Interview with Professor Michael Pollitt, *Energy Observer*, Retrieved from: http://www.eothinker.com/eo/show.php?itemid=569

Tung, C. & Huang, S. (2017). “美国 PJM 电力市场及对广东电力改革的启示”Experiences in PJM Market in the United States: A Good Reference for the Power Market Reform in Guangdong Power Grid, *Yunnan Electric Power*, 2017, 45(1)

Wang, P. (2016), “深入推进 2017 电改 124 方案" China’s 2017 Electricity Sector Reform and the ‘124’ pathway, Retrieved from: http://shoudian.bjx.com.cn/html/20161128/792297.shtml

Wen, H. (2017). “广东试轨” Guangdong pilot, Energy Observer, 2017 February.

Xu, X. & Zou, Y. (2016). “碳交易机制对电力行业影响分析.” Analysis of Impact of Carbon Trading on Power Industry, *Ecological Economy*, Vol. 32. No.3 (March 2016).

Yang, C. (2017). “广东电力市场建设与实践.” Guangdong electricity markets design and practices, *China Power Enterprise Management (*5), 34-37.

Yang, W., Tseng, C., Wang, F. & Guo, M. (2017). “广东电力市场需求侧响应交易机制研究.”Research on Demand Response Trading Mechanism in Guangdong Electricity Market, *Guangdong Electric Power*, 30(5), 25-34.

Zeng, M. (2015), “七问新电改”. 中国电力企业管理, 9, 003. Seven key questions about China’s electricity sector reform, *China Electricity Industrial Management* 9, p.3

Zhang Lizi & Xu Chuanlong. (2017). “中国能源大省电力市场建设经验分析.” Electricity Market Construction Experience of Major Provinces of Energy in China. Electric Power, 2017, 50(4): 7-10.

Zhang et al. (2015), “售电侧市场放开国际经验及其启示" International Experience and Lessons in Power Sales Side Market Liberalization, State Grid Energy Research Institute. Retrieved from: http://www.aeps-info.com/aeps/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20151128001&flag=1&journal_id=aeps&year_id=2016

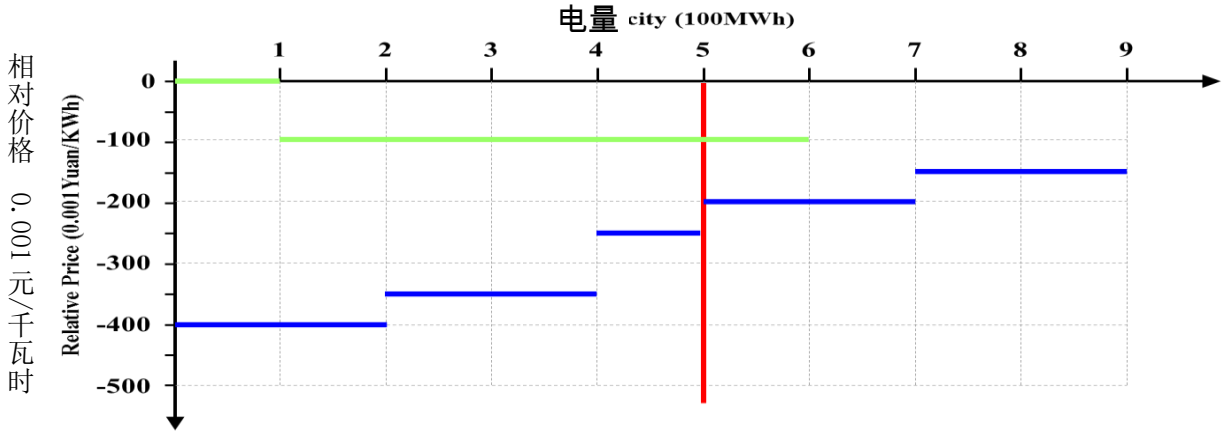
Zheng, X. (2016), “*突破"不可能三角" 中國能源革命的緣起、目標與實現路徑*” *China's Energy Trilemma: China's Energy Revolution, Goals and Reform Paths*. Beijing: Beijing Sciences Press.

附：边际内竞价如何改变拍卖结果

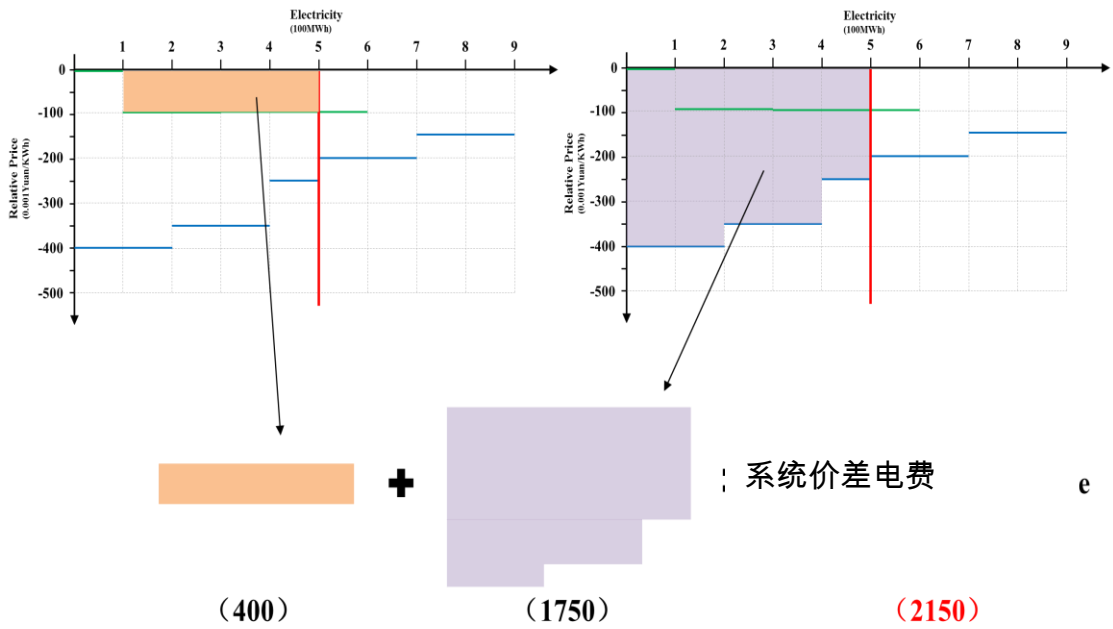
假设售电公司 2（它的欲购电量是第 2 和第 3 个单位）当初的报价是-100，而不是-50。那么，图 A1 至 D1 将会发生变化，售电公司 2 将获得更多的价差电费（具体计算请见图 A1 至 D1），它之前的价差电费是-170.8，现在将变成-268.8，而所有其他价格也将发生变化。

A1. 售电公司 (绿色)的出价和发电企业（蓝色）的报价

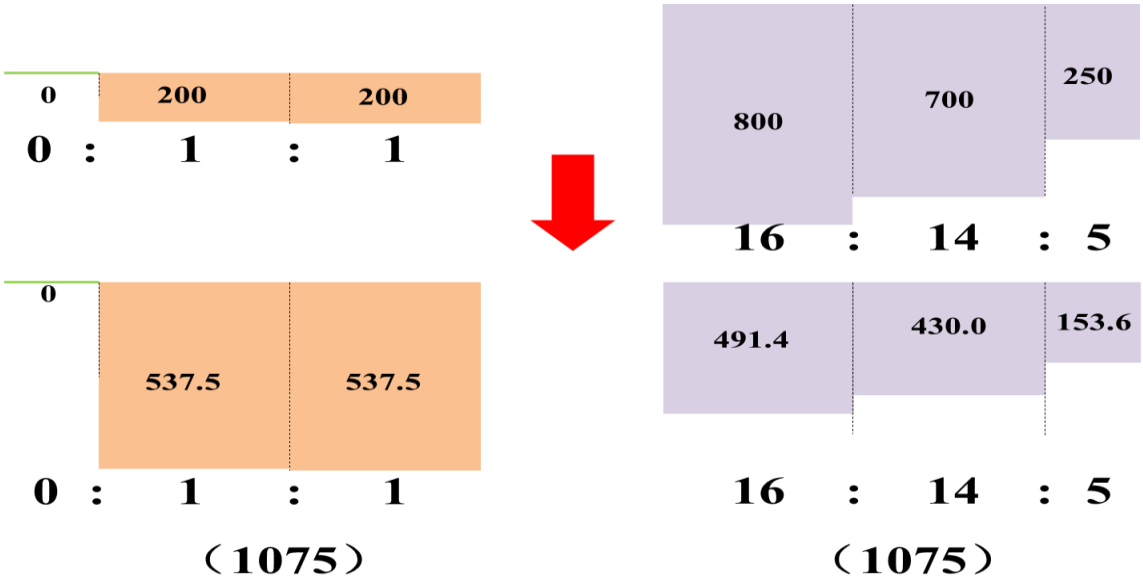
(红线表示最大交易量)



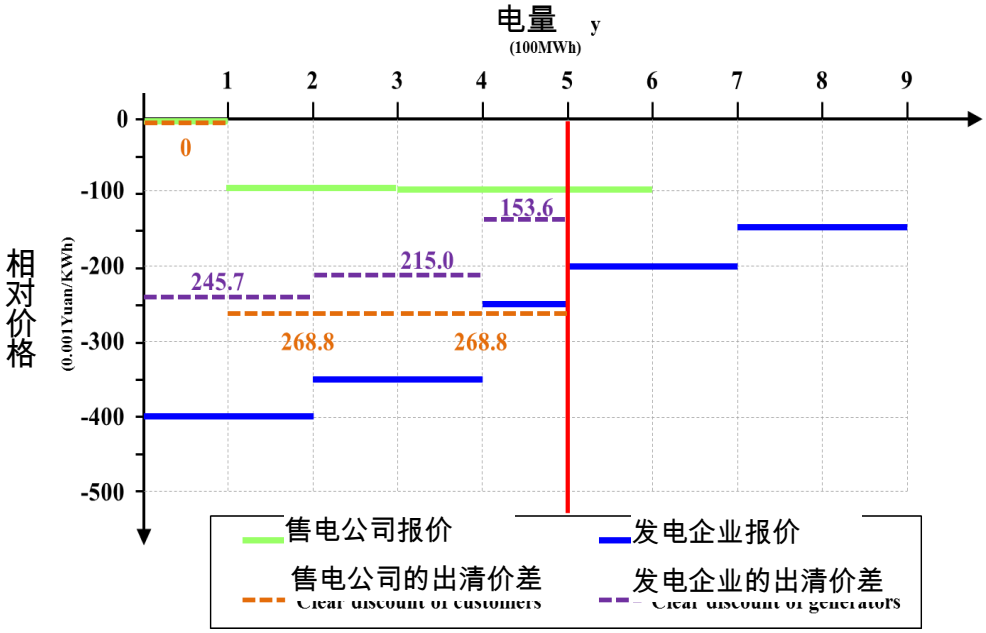
B1. 计算系统价差电费



C1. 为中标者分配系统价差电费

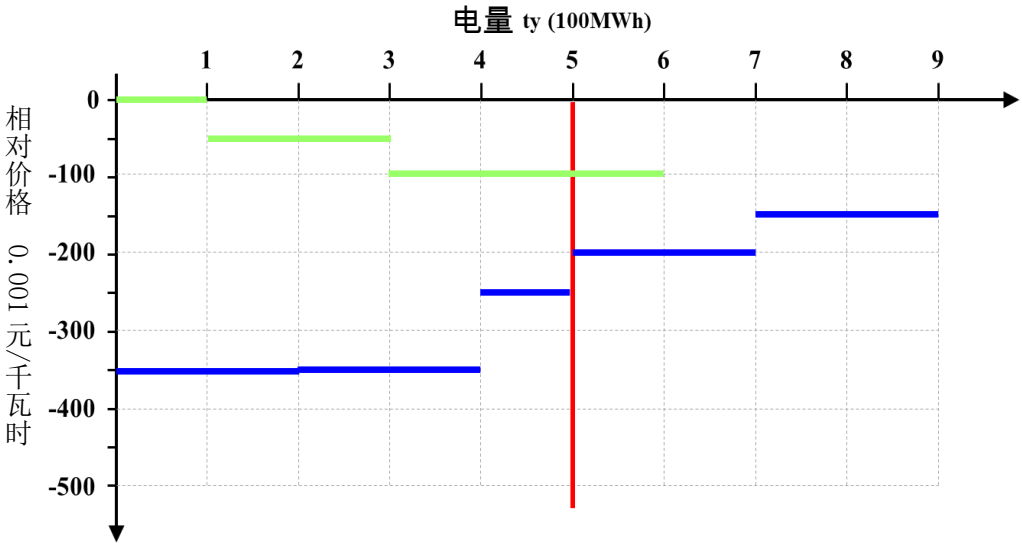


D1. 为中标的售电公司和发电企业计算最终价格

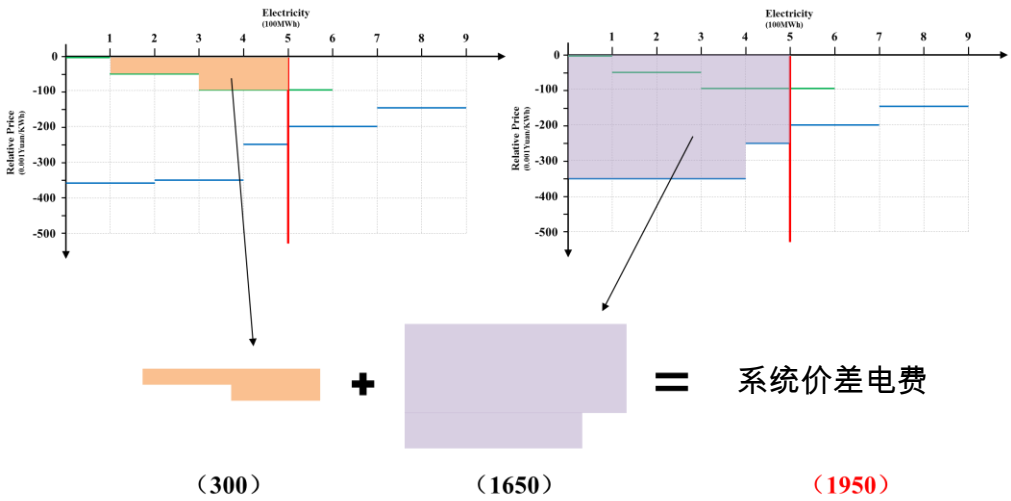


假如发电企业 1 当初的报价是-350，而不是-400，那么它将获得更高的电价（具体计算见图 A2 to D2）。发电企业 1 原先得到的价差电费是-234.3，但现在变成了-206.8，所有其他最终价格也都被改变了。

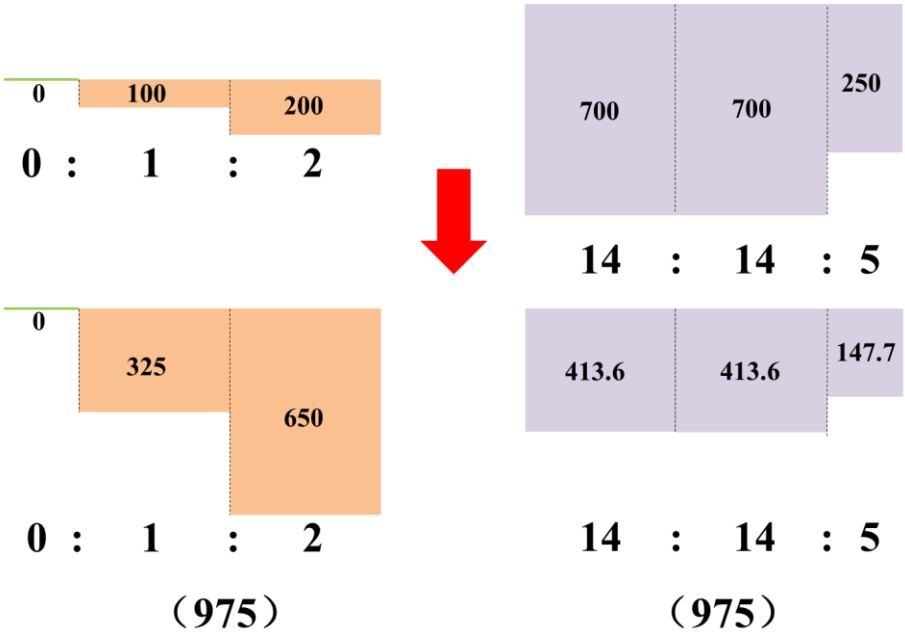
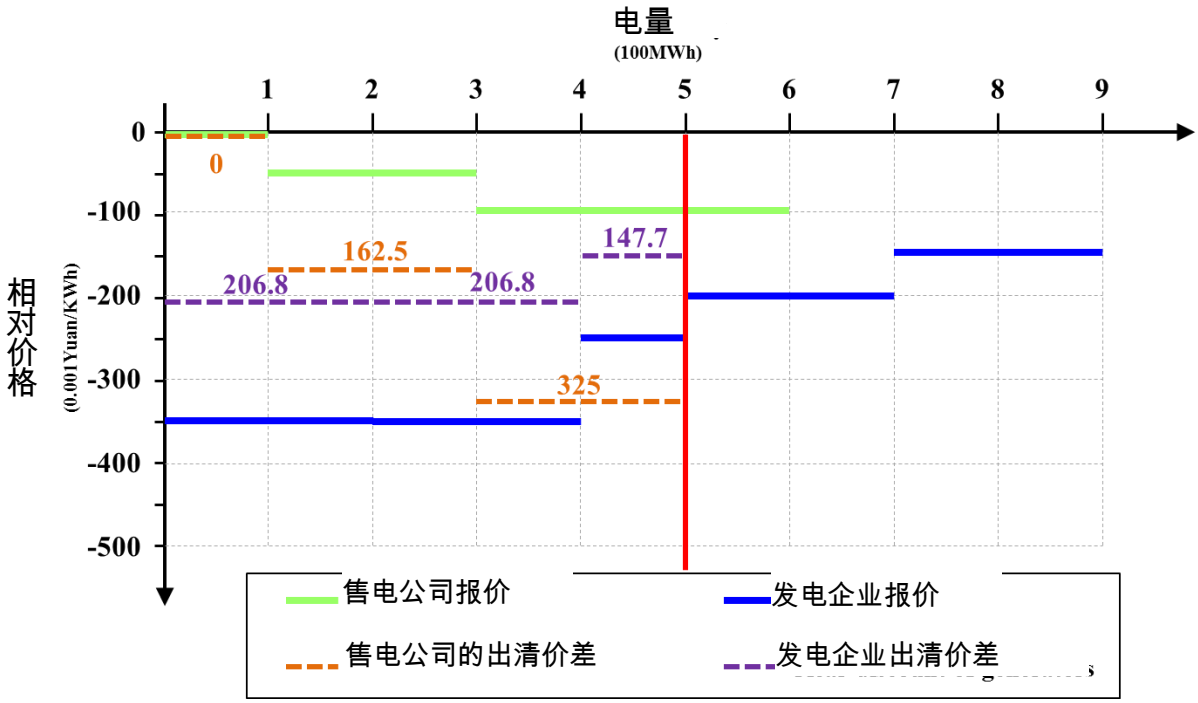
A2. 售电公司 (绿色)的出价和发电企业（蓝色）的报价
(红线表示最大交易量)



B2. 计算系统价差电费



C2.为中标者分配系统价差电费



D2. 为中标的售电公司和发电企业计算最终价格