

李国民◎著



网络扩展的规制与竞争研究 以输电网络扩展为例

WANGLUOKUOZHANDEGUIZHIIYU
JINGZHENGYANJIU
YISHUDIANWANGLUOKUOZHANWEILI

李国民◎著

目 录

网络扩展的规制与竞争研究 以输电网网络扩展为例

WANGLUOKUOZHANDEGUIZHUYU

JINGZHENGYANJIU

YISHUDIANWANGLUOKUOZHANWEILI

1.1 绪论	20
1.1.1 研究背景	20
1.1.2 研究意义	20
1.2 本文研究的思路和方法	26
1.3 本文的组织	29
2 输电网网络扩展的基本概念与理论	30
2.1 输电网网络扩展的概念和内涵	30
2.1.1 输电网网络扩展的概念	30
2.1.2 输电网网络扩展的内涵	31
2.2 输电网网络扩展的组织模式	32
2.2.1 输电网网络扩展的组织模式	32
2.2.2 输电网网络扩展的组织模式	33
2.3 输电网网络扩展的规制模式	34
2.3.1 输电网网络扩展的规制模式	34
2.3.2 输电网网络扩展的规制模式	35

图书在版编目(CIP)数据

网络扩展规制与竞争研究:以输电网络扩展为例/李国民著.

—南昌:江西人民出版社,2008.11

ISBN 978-7-210-03958-7

I. 网… II. 李… III. 输电—电力系统结构—研究

IV. TM721 TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169444 号

网络扩展规制与竞争研究:以输电网络扩展为例

作者:李国民

江西出版集团·江西人民出版社

发行:各地新华书店

地址:南昌市三经路 47 号附 1 号

编辑部电话:0791-6898965

发行部电话:0791-6898893

邮编:330006

网址:www.jxp-ph.com

E-mail:jxp-ph@tom.com web@jxp-ph.com

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

开本:880 毫米×1230 毫米 1/32

印张:6

字数:160 千字

印数:1-3000 册

ISBN 978-7-210-03958-7

定价:16.00 元

承印:江西省方芳印刷有限公司

赣人版图书凡属印刷、装订错误,请随时向承印厂调换

目 录

1 导论	1
1.1 问题提出	2
1.2 相关文献综述	7
1.2.1 国外研究情况	7
1.2.2 国内研究情况	16
1.2.3 简要评价	19
1.3 本文研究的主要问题和意义	20
1.3.1 主要研究问题	20
1.3.2 研究意义	20
1.4 本文研究的思路和方法	26
1.5 本文的创新	29
2 输电网络扩展的基本概念与理论	31
2.1 输电业务的物理特征和组织结构	31
2.1.1 电力行业的物理特征	32
2.1.2 电力行业改革与市场结构模式	33
2.1.3 电力交易模式	37
2.2 输电网络扩展的组织模式、定价机制与方法	39
2.2.1 输电扩展的组织模式	40
2.2.2 输电定价机制	42
2.3 输电规制理论与实践	44
2.3.1 传统的回报率规制模式	45
2.3.2 激励性规制	46

2.3.3	基于绩效规制政策	48
2.3.4	输电规制理论的应用	49
2.4	本章小结	51
3	外部性、节点定价与输电网络扩展:	
	基本分析框架	53
3.1	输电网络的外部性	54
3.1.1	输电网络环流的影响	54
3.1.2	外部性对网络的影响与解决方法	57
3.2	节点定价模型	59
3.2.1	模型设定	61
3.2.2	节点价格和输电价格	62
3.2.3	节点定价的缺陷	65
3.2.4	CP定价机制和区域定价	66
3.3	输电网络的长期扩展	70
3.3.1	节点定价与网络扩展:一个简单模型	70
3.3.2	输电网络扩展的可能性障碍	75
3.3.3	输电业务的长期费用	77
3.4	本章小结	78
4	输电网络的扩展:规制的视角	80
4.1	引言	81
4.2	输电公司模式下的网络扩展	83
4.2.1	输电网络扩展的外部性和边际价值	83
4.2.2	社会最优的网络扩展条件	85
4.2.3	对输电公司不补贴的网络扩展	85
4.2.4	没有预算约束的输电公司网络最优扩展	88
4.3	输电公司网络最优扩展的规制机制	89
4.3.1	最优网络扩展的补偿机制	89
4.3.2	拓展价格上限规制	90
4.4	本章小结	95

5 输电网络的扩展:竞争的视角	96
5.1 引言	96
5.2 金融输电权模型	98
5.2.1 金融输电权	98
5.2.2 可行性检验	101
5.3 长期金融输电权和输电投资	102
5.3.1 金融输电权配置的原则与方法	103
5.3.2 输电权的长期拍卖模型	105
5.4 商业输电投资的实践和问题	108
5.4.1 FTR和商业输电投资的实践	108
5.4.2 商业输电投资的规制与兼容性问题	111
5.5 本章小结	113
6 澳大利亚输电网络扩展案例:从规制到竞争的尝试	115
6.1 澳大利亚电力市场的基本特征	115
6.1.1 电力市场改革	116
6.1.2 电力市场的构成	120
6.2 澳大利亚输电网络扩展的价格机制	122
6.2.1 域定价机制及其存在的问题	123
6.2.2 输电固定成本的回收	127
6.3 澳大利亚输电投资	128
6.3.1 受规制的输电投资	128
6.3.2 商业输电投资:Directlink和Murraylink	130
6.4 澳大利亚输电扩展中规制与竞争方法的兼容性问题	132
6.4.1 商业输电投资的市场估计错误	133
6.4.2 评估受规制投资项目的制度缺陷	133
6.5 本章小结	135



7 我国输电网络的扩展:问题与对策	137
7.1 我国输电网络结构变化和输电定价机制的特点	139
7.1.1 我国输电网络组织结构变化	140
7.1.2 我国输电价格形成机制	143
7.2 我国电网建设现状、问题及其原因	148
7.2.1 我国电网建设现状	148
7.2.2 我国电网建设的滞后	151
7.2.3 输电网络投资不足的原因	154
7.3 加强我国电网建设的改革建议	156
7.4 本章小结	159
8 研究结论与展望	160
8.1 研究主要结论	160
8.2 研究展望	163
参考文献	165
后记	179

1 导 论

和其他网络产业如天然气、电信一样,电力产业自市场化改革以来,如何构建一个开放、公平的网络平台成为理论与实践中的关注焦点,因为开放公平的网络平台对这些网络产业其他竞争性环节的发展至关重要。然而,近年来从世界电力产业改革的实践经验和教训来看,电力产业改革的理论家和实践设计者似乎忽略了一个重要方面,即市场化改革后可能出现的输电网络容量投资不足问题。在最初的改革设计者看来,电力行业会提供充足的网络容量是理所当然的,并忽视了网络容量不足所带来的负面影响。但实践却事与愿违,如市场化改革比较早的欧美电力市场,输电网络容量投资不足近几年成为一种普遍趋势(Brunekreeft, 2005)。网络容量的不足影响着电力产业的竞争效果,并对电网安全构成潜在威胁,甚至可能导致严重危机,如2003年北美大停电事故。^①如何克服输电网络容量不足问题,已成为电力市场化改革以后一个新难题。

① 在2003年的北美大停电期间,美国、英国、丹麦、瑞士和意大利等先后出现了6次大面积的停电,将近1.12亿人受到停电的影响。大多数学者,如Kiesling(2004),认为这次大范围停电的一个重要原因就是电网系统的相对落后。

1.1 问题提出

最近二十多年来,许多历史上受规制的垂直一体化垄断性网络产业逐渐被民营化、重组以及放松规制(deregulation)。这些产业进行的改革被称之为市场化改革,其计划的核心是,把潜在的竞争部门从具有自然垄断特征的部门垂直分开,对竞争部门放松规制,而对垄断部门实行价格、网络接入、服务质量和准入等规制。电力行业也和这些传统的垄断性产业一样,在世界范围进行着市场化改革。自从1980年智利电力部门最初开始一场激烈的产业重组、私有化以来,60多个国家和地区开始了电力部门的改革。^①这些电力改革通常是通过在发电领域引入竞争,增加电力产业私有化程度,减少国有垂直一体化企业(即传统的组织模式)的绝对控制,以提高电力行业效率。

从世界范围来看,电力产业作为垄断性产业,其传统的垂直一体化结构从1878年爱迪生发明了电灯,1882年法国人 Marcel DePree 建立世界第一个电力系统以来,到1980年智利开始的电力改革,传统电力工业是发电、输电、配电和售电垂直一体化经营的垄断行业,其各个环节受到政府或其委任的监管机构的严格规制(Stoft, 2002)。电力行业的这种严格规制以及垂直一体化的垄断形式能够连续100多年,一方面是由于理论上没有一个替代规制的更好方法,另一方面,由于技术特性约束所赋予电力行业自然

① 电力改革在早期的一些国家和地区取得明显的成效,如英国自1990年开始电力工业的市场化改革,使得电力行业效率得到了明显的提高,电价降低,投资成本下降。1991年阿根廷进行全面的电力改革,将发电、输电和配电分开,引入大量外资建设电源,随后在输电环节引入商业性的投资,其国内的缺电的状况得到了快速的改善(Green, 2005)。这些先行电力市场化改革的成功案例,使得电力市场化改革浪潮很快就波及欧洲、北美、亚洲等国家和地区。

垄断性质决定的,如电力行业各环节在技术上难于协调,电力交易极其复杂和电力行业某些功能的自然垄断特性,这些电力特性决定了电力生产和交易必须在一个垂直一体化的组织里进行。

传统的垂直一体化电力结构给人类生产和生活提供稳定可靠的电力,然而,其不断出现的弊端促使电力市场化改革登上历史舞台。一方面,在传统规制模式下这种结构导致了一种低效率、高垄断的局面(Gilbert *et al.*, 1996)。尤其是,随着火电规模经济效益不断下降,一体化垄断性电力结构的弊端日益突出,如电力投资低效率、过度投资,以及成本居高不下等。这些弊端致使人们要求改革传统电力体制的呼声越来越高,以期电价降低,服务质量得到普遍提高。另一方面,随着发电技术的进步,小型发电机的出现,降低了电力生产的规模经济特性。^①此外,计算机技术的高速发展,缓解了过去发电和输电难于协调问题。更为重要的是,电力交易理论和实践中不断的制度创新,使得能够以市场机制替代电力行业中某些传统内部协调机制,从而使得电力行业市场化改革和电力竞争成为可能(Hunt, 2002)。

电力市场化改革一般模式为打破其垂直一体化结构,将发电、输电、配电和售电环节分开。输电、配电系统由于经济、地理和技术的原因,仍然具有自然垄断特性,继续保持垄断运行,而在发电侧和零售侧引入市场机制,促进竞争。

电力市场化改革在早期不少国家和地区取得了成功,但是,由于没有充分考虑到电力市场的独特性与复杂性,原先设计的市场化改革方案在实践了一段时间后,很快暴露出很多的问题,并导致许多电力市场出现电力事故和危机,如2000年美国爆发的加州电

① 20世纪80年代出现了联合循环燃气轮机(CCGT),它是燃气轮机及发电机与余热锅炉、蒸汽轮机共同组成的循环系统,将燃气轮机排出的功后高温乏烟气通过余热锅炉回收转换为蒸汽,再将蒸汽注入蒸汽轮机发电。与常规燃煤循环发电相比,其主要优点有:电厂的整体循环效率高、对环境污染极小、单位投资成本较低。

力危机(Joskow, 2001),英国的电力市场中大量的市场力所引起的效率与价格扭曲现象(Green *et al.*, 1992), 2003 年的北美大停电事故等(Kiesling, 2004)。

这些电力危机和几次北美电力事故,促使人们对电力市场化改革方案进行重新思考。有学者开始质疑世界银行提出的电力市场化“单一改革方案”,即打破其垂直一体化结构,将发电、输电、配电和售电环节分开,在输电和配电实行垄断,而在发电行业引入竞争(Xu, 2006)。^① 因为这种改革方案忽略了发达国家与发展中国家的制度差异,并且过分强调经济绩效,而对电力产业的物理和工程特征重视不够,忽略了发电环节和输电环节中可能广泛存在市场力(market power)问题,造成了电力价格和效率的扭曲,对输电投资激励不足,出现了输电设备陈旧老化、新建容量不足等问题,致使输电传输受阻、网络平稳性和可靠性变差,并影响电力竞争的效果。

电力市场化改革出现这些问题后,在实践中,多数国家开始充分考虑电力的物理特征,并根据自身的制度特征对电力改革政策进行了重新设计,如英国 2001 年开始引入新的电力交易规制安排(NETA),美国的联邦规制委员会(FERC)向各州推荐电力标准市场设计、地区输电组织(RTO)、电力储备容量市场等制度。

然而,不少学者认为,这些电力事故和危机不能说明电力市场化改革的方向是错误的,问题在于市场化环境下对垄断性的输电环节规制不当,输电环节没能为整个电力系统提供一个公平、可靠的竞争平台(Chao, 2006; Jamasb *et al.*, 2004; Williams *et al.*, 2006)。因为最近出现的电力事故很大程度上是和输电的网络陈

① 1992 年,世界银行改变了向电力改革的项目贷款政策,就是,所有向世行进行电力项目借款的国家都应该同意改变原来的“作为唯一的国家垄断的电力企业”,进行电力行业所有权、结构和规制的改革,并推荐一种基于英国电力改革经验的单一的电力改革模式:将发电、输电、配电和售电分开;对发电和售电进行私有化,增加竞争;对输电和配电进行规制(Xu, 2006)。



旧、容量不足有密切关系,这可能是由于对在市场化环境下,对输电网络的物理特征认识不够充分,以至于输配电环节政策没有形成足够激励促使输电网络投资。输电容量的不足导致电力市场力的出现、网络的不稳定、电力资源的供需失衡等。

其实,电力市场化改革以后,厂网分离,发电引入竞争,规制者面临的一个最大的挑战就是如何有效地对输电网络的规制与设计。输电规制的必要性主要来自两方面:一方面是因为它是自然垄断的,必须受到合适的规制,以保证电网使用者支付公平的价格,在公平的环境下竞争,并保证系统尽可能高效、可靠运行,确保有合适的投资。另一方面,输电所有者作为市场竞争的参与主体之一,必须提高效率,降低成本,同时也必须不侵犯其他主体的权益。

然而,由于输电网络复杂的物理特性,与传统的一体化电力公司的规制相比,市场环境下的输电规制难度很大。在市场化环境下,人们至今没有完全搞清楚其最佳输电业务规制模式(Hunt, 2002)。对于吸引新投资来说,其中最为关键的部分是系统运营机构的制度结构以及它与输电网络的所有权之间的关系:应该由谁拥有电网?由谁负责规划建设输电网络?在输电网容量不足时,谁来作出网络扩展的决策?谁支付这些扩展费用?新的输电权如何界定和分配?如果受规制的输电公司在线路扩展方面自身没有激励,那么如何决定输电网扩展的主体、时间和地点?由于输电网络特有的外部性、投资的大量性、规制承诺问题以及发电市场和输电相互影响等,使得这一系列问题至今没有得到很好的理论解答,以至于在实践中导致市场化改革后出现了输电网络投资不足困境。

因而,随着电力市场化改革深入和电力竞争程度的不断加深,如何制定一个有效的输电网络利用和扩展机制,有效地激励输电网络扩展,正成为在电力市场化的一个新挑战,并受到越来越多学者的注意(Abdala, 2004; Brunekreeft, 2005; Joskow *et al.*, 2005; Wu

et al., 2005)。

如何扩展输电网络,在我国当前电力市场改革过程中更是一个紧迫的问题。我国电力行业自从 2002 年确立市场化改革方向以来,这几年留给人们最为深刻的印象是电力短缺。但是由于电源盲目投资扩张,目前还没有完全走出缺电阴影的同时,却又出现了电力严重过剩的信号。出现这些问题,除了我国电力总需求和总供给波动造成的供需失衡外,一个重要原因是我国地区电网间有限的网络互联制约了地区电力间的交易。地区间出现输电容量约束,是由于传统的输电网络扩展模式在市场化改革中正面临着巨大的挑战,加上我国输、配电体制改革不到位,没有形成单独的输电价格,输电建设资金不足,造成了输电网络滞后,此外,我国电网投资体制落后,投资主体单一,也成为我国电网建设滞后的一个重要原因。因而,在我国电力行业改革的关键时期,如何建立适当的输电投资规制模式,为输电网络投资提供正确激励,这对于我国电力监管机构来说是一个新难题。

由此可见,电力市场化改革,一方面增加了电力行业竞争,提高了电力生产效率,促进了电力行业的发展;另一方面,由于原有传统的垂直一体化电力行业组织结构被打破,而新的产业组织结构没有完全得到优化,输电规制遇到新挑战,致使市场化环境下输电网络投资普遍出现不足的困境,并在世界许多国家和地区引起了一系列矛盾和问题。因而,如何在市场化环境下有效扩展输电网络,为整个电力行业提供一个公平、稳定的竞争平台,成为世界电力市场化改革后的一个关注焦点。^①

① 通常,输电网络扩展包括现有输电网络的改造升级和建设新输电线路。本书讨论的输电扩展主要是指新输电线路建设。

1.2 相关文献综述

长期以来,如何改善发电环节低效率和增加发电容量以满足日益增长的电力需求,一直为学者关注的重点,而对如何扩展输电网络问题研究不多。过去经济学文献中较多集中在对垂直一体化的电力公司规制研究方面,分析电力公司的价格、进入、行为等规制机制,而对市场竞争环境下输电网络扩展规制研究较少,并且很多规制机制没有考虑输电网络特殊物理性质,这些性质在传统一体化电力模式下对电力规制不会产生很大影响,但是在电力竞争市场中对规制机制的影响却很大。而对输电网络扩展研究,工科文献则过分强调输电物理性质,忽略网络扩展经济性。下面主要对已有的国内外关于输电网络扩展的研究文献进行简要的梳理和评述。

1.2.1 国外研究情况

由于输电网络任何局部变动都会对系统中其他部分产生影响,因此,如何有效扩展输电网络,一直是困扰电力系统的棘手难题。在垂直一体化的电力市场机构下,电力扩展是由一体化电力企业通过电力系统内部机制实行集中规划,使得系统总成本最小。关于输电长期扩展,国外文献中主要有三种方法:传统基于成本的集中规划法、激励性规制法和市场投资法。^①

(一) 传统基于成本的集中规划方法

在传统受规制的垄断环境下,垂直一体化电力企业有义务满足现有和将来所有电力需求。电力企业负责发电、输电、配电和零

^① Rosellon (2003a) 对稍早经济学文献中输电网络扩展机制与方法作了一个很好的综述,而 Woolf (2003) 对全球输电扩展成功经验进行深入分析。

售服务各个环节,以平稳合适的电价提供稳定可靠的电力供应。为了吸引输电投资,一般允许受规制的输电企业取得足够的收入,确保它在回收投资成本的基础上还可以实现一定投资回报率。电源投资通常为了保证预期需求能得到稳定供应。因而,传统输电网络扩展规划,是电力企业预测将来电力需求,执行发电和输电扩展计划,满足预期需求增长。这种集中规划方法往往是基于成本。电网集中规划扩展的典型过程是,先进行发电投资规划,然后进行输电规划。

输电扩展规划的目的是,确保输电投资尽可能有效率地满足日益增长的电力消费需求和必要的额外电力储备。输电扩展的必要性通常是简单地从保持电力可靠性方面考虑。输电扩展规划常视为一个最优化问题,即在满足可靠性约束下,使得目标成本极小化。在实际操作中,传统扩展规划分为三个步骤:首先,用一个简单的模型产生一些备选输电扩展规划方案;然后,对这些方案进行详细的收益成本分析;最后,进行相关技术分析确保方案实际可行(Wu *et al.*, 2005)。

目前,对于传统集中规划方法的研究,文献中主要分为两个方面:一是研究如何改善传统规划技术方法,采用更为先进的电力需求预测模型,以提高其预测的准确性,减少规划失误概率,这方面研究以工科研究者居多(Hirst *et al.*, 2002; Pratt, 2003);二是在市场环境下,传统规划法是否还有用,以及如何和其他输电网络扩展方法结合起来,以提高输电扩展水平,也就是说,在电力竞争环境下,传统的输电扩展集中规划方法能够扮演什么角色。有关这方面的研究,Baldick 和 Kahn(1993)对电力竞争环境下输电规划问题作了较为详细的分析,认为传统输电规划方法在市场环境下作用有限,但可以为电力发展提供总体发展战略,而 Buygi *et al.* (2004)认为,传统的集中规划方法在自由竞争电力市场仍然是必须的,并且他们在文章中提出了一个基于市场的新输电扩展规划方法。



由于输电网络相互影响性和存在规模经济效应,网络基于成本的集中规划有一定的必要,因为在竞争环境下网络投资还存在许多问题,如,(1)无效率的输电投资。在理论上,无效率的输电投资可能导致输电容量减少以及市场力出现;(2)输电网络的规模经济和搭便车问题,将致使输电网络市场化的商业投资有时难于获取利润,甚至成本回收都困难;(3)现有网络所有者激励不足问题,需要规划者采取合适的政策激励他们保持现有网络的更新和升级,以及和商业投资者的合作。

但是,在电力市场化环境下,应用基于成本集中规划方法还存在很多必要前提,如输电系统运营机构(TSO)必须准确预测到将来的发电需求和输电网络投资需求,并在任何时候,给定准确预测的负荷,计算最优调度,推导出电力现货价格。在这种情况下,地区边际定价将反映网络边际成本。假如发电不存在规模经济,那么竞争定价的标准理论意味着一组价格将为发电和负荷提供有效的投资信号。投资者将基于节电价格现在和将来价值进行地区投资决策。如果发电环节存在较大规模经济,那么发电厂建设的规模、地点与输电投资之间可能会出现协调问题。也就是说,在传统规划方法下,发电投资决策错误可能引起非常大的额外输电成本。

(二)激励性规制方法

在电力市场环境,文献中讨论最多的输电网络扩展方法是激励性规制方法。网络扩展的激励性规制方法,又叫受规制输电公司(Regulated TransCo)方法,该类方法使用激励性规制机制,让受规制的盈利性输电公司把电能价格(阻塞)信号和输电投资结合起来,进行有效的网络扩展投资。

由于输电网络特殊物理性质,一般垄断网络产业的最优扩展的规制方法难以应用,因此,设计输电网络扩展的规制机制时,在满足电网物理约束下,必须权衡输电的短期有效利用和长期网络扩展之间的关系。受规制输电公司方法的关键是,为输电公司设计一些规制机制,有效地激励输电公司维护和提高输电网络的容

量,将电力从发电端输送到消费端。一种可能的机制是使用传统的回报率规制,通过在电力消费者和发电商之间分摊的方式,补偿输电公司的网络投资成本,并允许一个公平的回报率。由于回报率规制固有的弊端,如规制者和输电公司之间的不对称信息、道德风险以及逆向选择等问题,这要求学者在理论上寻求更好的机制。

在一般经济学文献中,对激励性规制的研究主要是针对一般性的垄断性公司行为,而对于如何设计规制机制激励输电公司进行有效的输电网络扩展,文献则涉及不多。理论上,一个激励相容的输电规制机制,一方面必须激励输电公司进行有效的输电投资,另一方面在面临成本和需求信息不完全的情况下,必须允许输电公司获取足够的收益补偿其投资和运行成本。

在已有输电扩展的经济学文献中,输电网络扩展的激励性规制机制主要可以分为两大类:一是规制者对输电公司投资进行补贴,确保其不存在预算约束,能够获得正常的利润;另一类是不对输电公司投资进行补贴,而在给定的规制机制下输电公司根据利润最大化原则决定其投资决策。

在有补贴情况下,Gans 和 King(2000)在分析澳大利亚的输电规制机制时,比较早地建议采用增加剩余补贴机制(ISS)来引导输电公司在适当的时间进行有效率的输电网络投资,克服输电投资不足的困境,但他们在文献中没有给出正式的机制形式。Léautier(2000)正式提出了一个和 Gans 和 King 建议非常相似的基于剩余的激励规制机制。然而,在其激励机制中,Léautier 没有考虑输电公司如何回收其发生的成本,也没有讨论实践中的执行问题。相同的基于剩余的机制也出现在 Joskow 和 Tirole(2002)和 Morey(2003)的论文中。例如,Joskow 和 Tirole 的文章分析了一个简单的基于剩余的激励机制,该机制能够提供足够的激励扩展输电网络,其基本的思想是,规制者根据输电公司扩展网络所避免的调度成本给予奖赏,因而输电公司将考虑阻塞的整个社会成本。

不考虑政府补贴情况下,Vogelsang(2001)提出了一个两部收