

基于差别定价的电力市场输电服务定价研究

吴军, 涂光瑜, 罗毅, 罗朝春

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 输电服务的科学定价一直是电力市场需要解决的重要问题之一, 随着电力体制改革和电力市场建设发展的深入, 输电与配电侧的放开和引入投资逐渐被提上日程, 如何有效率地在电网营运中赢利并收回成本, 也是输电服务定价的作用和意义所在。文中提出在输电服务定价中引入次优定价和歧视性定价方法, 针对电力用户的不同需求弹性和支付意愿对输电服务采用不同的价格, 可以有效解决电力系统建设中输电网建设的一系列相关问题, 同时对电力网络安全稳定问题以及传输阻塞问题的解决都具有积极的作用。

关键词: 电力市场; 输电定价; 差别定价

中图分类号: TM73; F123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)11-0009-05

0 引言

从世界电力市场发展的轨迹来看, 虽然各国的国情不同, 但电力市场发展的基本规律是有迹可寻的, 即发电竞争、电网放开和用户管理。将输电服务从电力生产(发电)和消费(配电)中彻底分离出来, 单独为其定价和签订合同, 并在输电环节引入投资和竞争, 成为电力市场改革的一个最终目标和方向。

要实现完全意义上的输电侧放开, 其前提条件是:

- a 发电侧与售电侧的充分放开;
- b 电网中拥有独立的电网运营企业;
- c 在严格监管下进行适度竞争, 以期引入投资, 有效实现运营实体的多元化;
- d 在电网经济规划和负荷预测支持下的大电网的安全稳定性;
- e 合理有效的输电服务定价。

电价是影响电力工业发展的一个重要因素, 电力部门通过出售其唯一的产品(电能)来回收已投入的资金和筹集相当一部分扩展资金。对输电定价的基本要求是^[1]: 提供最优的价格信号促使输电资源最优使用; 提供尽可能低的输电价格, 削弱市场进口壁垒, 从而增加电力市场的竞争性; 提供正确的需求信号促使输电系统的良性发展。因此, 电价的高低直接关系到电力部门的利润, 从而影响到电力工业扩大再生产的能力及吸引外部投资的能力。

电力系统的固定成本有相当大一部分集中在输电网络的建设和改造上, 长期以来输电网络的规划和建设依赖国家公用事业建设投资, 如何在现有基

础上赢利并尽量减少国家直接投资成为电力部门改革与发展的一个重要课题。因此, 如何科学合理地制定输电服务价格成为输电侧放开的第一个首先必须解决的问题。

不同国家根据自身电力市场的不同发展模式及特点采取了不同的输电定价方式。输电费用的分摊方法总体上分为以下三类^[2]: 不以潮流为基础的方法, 如邮票法、合同路径法等; 以潮流灵敏度为基础的方法, 如边界潮流法、功率距离法、改进功率距离法、逆流免费法、基本容量法等; 以潮流跟踪为基础的方法, 如潮流跟踪法等。美国的 PJM、英国和欧盟的电力市场均采用邮票法确定输电电价; 澳大利亚电力市场的输电费用采用区域等效节点法; 北欧国家电力市场内部均采用节点电价, 两点之间的输电价格由这两点的电价之差决定, 但由于节点电价对实时计算要求太高, 所以目前实际上采用长期边际成本方法进行近似计算。我国的几个试运行的电力市场在输电定价上更倾向于采用节点电价法或地区输电定价法^[3-5]。

1 边际成本定价

我国电力市场改革化初期是建立大区电网的区域电力市场, 逐步发展大用户直接向发电企业购电。电力交易的主要形式是: 电网公司直接向发电公司(集团)购电, 然后通过自身电网向电力用户销售电能。电力用户的电价是发电电价、输电电价和配电电价三部分之和。一般总的配电服务费用按容量利用率平均分摊给各电力用户。因此, 输电定价方法将直接作用于区域电力市场各地用户的电价并影响其消费行为。

目前各国输电费用主要还是采用基于边际成本的定价方法。

正确的输电价格必须能真实反映输电的边际成本。输电边际成本包括以下几部分:边际线损(大于平均线损);输电约束费用(由于输电容量和技术约束使得发电厂不能按经济调度运行而造成的损失);边际容量成本(输电网中可能损失的负荷)。除此之外,输电价格还要包括固定成本补偿部分^[2,4]。

边际成本定价法是指在电力供求发生变化时,输电企业必须增加或减少输电量,并以因增加或减少输电量而引起的总成本的变动为基础确定输电费用价格。计算公式为:

$$P = MC, P = D(Q), MC = \frac{TC}{Q}$$

式中: P 为输电价格, MC 为边际成本, TC 为总成本增量, Q 、 Q 为输电量及其增量。

2 次优定价

在输电侧开放竞争的电力市场环境,对电力传输费用采用基于边际成本的定价可使社会福利最大,因此可称为最优定价法。但是由于政治、经济环境、垄断、恶性竞争以及地方保护等等原因,一些电网运营商可能不按边际成本定价,那么这种情况下就可采用次优定价。

举例说明,假设甲、乙两地有两条传输线路 A 和 B , 线路 A 为国家投资,投运时间长,无还贷压力,受垄断控制,输电费可以定得高于其边际成本,即 $P_A > MC_A$, 线路 B 为引入投资建设,投运时间短,还贷压力大,此时线路 B 是按边际成本定价,还是应该按另外的定价策略使社会福利最大化? 李普西和兰开斯特 (Lipsey and Lancaster, 1956/1957) 提出以下简单次优定价公式:

$$\frac{P_A - MC_A}{MC_A} = \frac{P_B - MC_B}{MC_B}$$

或

$$P_B = MC_B \cdot \frac{P_A}{MC_A}$$

式中: P_A 、 P_B 为线路 A 、 B 的输电费; MC_A 、 MC_B 为线路 A 、 B 输电服务的边际成本。

此公式很简单,当 $P_A = MC_A$, 即线路 A 按边际成本定价时,线路 B 也应该按边际成本定价,否则,线路 B 输电费用定价也应与边际成本有一定偏离,偏离水平与线路 A 保持一致。

上述情况在发电侧竞争中时有发生。例如,在发电能力冗余的情况下,某老火电厂为减少亏损争取上网,可能按低于边际成本价格报价,在这种情况下,同区域内另一新投产电厂若按边际成本报价,那么可能无法争取到上网发电的机会,因此也必须在某种程度上依照次优定价策略偏离边际成本进行报价。

3 差别定价与高峰定价

3.1 差别定价

由于电力行业初始投资巨大,尤其是电力骨干网络建设的成本相当高,因此电网企业平均固定成本远远大于平均可变成本。在运营一段时间后,输电服务的边际成本开始呈递减趋势,此时如依旧采用边际成本定价虽然可以获得最大社会福利,但是却使电网运营企业自身的利益受到损失从而面临亏损。

以图 1 为例,假设某区域新建电网具有垄断性质。在建成初期,如果采取利润最大化价格 ($MR = MC$, 价格为 P_{MR}), 可获得如图 1 阴影所示边际成本 MC 以上部分阴影。注意,不是平均成本 AC 以上部分。如采用边际成本定价 ($P = MC$, 价格为 P_{MC}), 该电网将具有边际成本 MC 以下部分阴影的亏损。如采用平均成本定价 (价格为 P_{AC}), 则虽然可以做到收支平衡,但是会有 $Q_{MC} - Q_{AC}$ 数量的用户因电价高于其支付能力而改变用电计划,换句话说,社会福利被削弱了。

在这种情况下,采用边际成本定价的方法实质上是一种福利性的决策——如果电网企业确实有财务亏损的话,只能依靠政府补贴或者财政拨款来实现收支平衡。

为减少或避免单纯的政府补贴,并且在电网建设中更多地引入投资,在寻找收支平衡的同时向赢利目标发展,应该科学地采用差别定价的方法进行输电费用定价。

所谓差别定价 (Price Discrimination, 简称 PD) 也称差别定价,在各国政府的具有一定垄断性质的涉及国计民生的公用事业的价格制定中普遍得到应用,如运输业、自来水、电信业以及电力行业等。随着各国对公用事业的放松管制并引入竞争,差别定价逐渐被人们所接受。

从本质上讲,差别定价就是收取“使用者愿意负担的费用”,即按照支付意愿收费。而我国现有的按工业用电、商业用电和居民用电等进行简单区分并进行定价的方法,忽略了不同用户对价格的承

受能力和承受意愿,并没有结合用户的价格弹性对价格进行科学地区分,属于对差别定价方法的简单化和形式化,或者本质上就是一种按用户类别进行区分的平均定价。

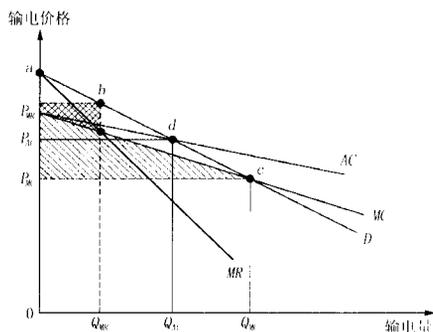


图 1 垄断条件下输电价格定价分析

Fig 1 Transmission pricing analysis under the circumstance of monopolization

在电网运营商可以识别每一个用户支付意愿的理想情况下,同样是数量 Q_{MC} 的输电量,采用差别定价可以比固定价格获取更大收益,如图 1 中三角形 acP_{MC} ,即全部的消费者剩余。经济学家 A·C·庇古称这为一级差别定价 (First-degree PD)。一级差别定价属于理想情况,在现实中很难做到。另两种常见的差别定价是二级差别定价 (Second-degree PD) 和三级差别定价 (Third-degree PD),前者是对用户进行分类分组定价,后者是对市场需求进行细分并定价^[6,7]。

我国电力市场改革化初期是建立大区电网的区域电力市场,逐步发展大用户直接向发电企业购电。电力交易的主要形式是:电网公司直接向发电公司(集团)购电,然后通过自身电网向电力用户销售电能。因此,对于各不同用户的差别价格也主要体现在输电费用上。

普遍采用较高的价格实现利润目标,或采用行政行为简单区分用户并实行不同价格,会导致实际社会福利减少,而如果能采用比较科学和有节制的差别定价方法,则可以保证电网企业有效率地实现利润最大化,并在有限时间内收回成本并促进和吸引投资。

输电服务运营商和配电服务运营商在收取差别输电和配电电价的同时,还可充实服务内容,细化服务价格,使某些层次的差别定价与服务细分价格极差之间的差别变得越来越模糊。应该承认,“不同质不同价”的观点更易于被电力用户所接受。对于电能商品本身、电能供给服务以及电能供应市场的

细分将促进高端服务的不断提升,从而激发部分电能用户的消费欲望,即提升了用户的需求和支付欲望,也就是说,客观上它同时具有增大消费者剩余和社会福利水平的作用,因为消费者剩余 = 支付意愿 - 价格。

3.2 拉姆齐定价法则 (Ramsey Rule)

在电力市场输电侧和配电侧逐步放开的进程中,输电和配电服务商必须针对不同的用户提供不同类型的服务,在区域内带有一定垄断性质的输电企业尤其要依据科学的差别定价原理制定输电价格,在政策范围内确保一定的利润空间,而不是盲目追求利润最大化,或者以固定价格忽视利润。经济学家鲍莫尔和布雷德福德 (Baumol and Bradford, 1970)证明,当不同类型需求相互独立(交叉弹性等于零)时,“次优”定价应该在各种服务的短期成本基础上再加上与服务的需求弹性成反比的附加额^[6]。当服务对象的需求高度缺乏弹性时,该附加额应取得相当大,反之,当需求接近完全弹性时,该附加额趋近于零,即可直接采用短期边际成本定价。假设某一区域电网可提供两种供电保障服务 A 和 B,则 A 和 B 的定价应该满足以下关系:

$$\frac{(P_A - MC_A)}{P_A} E_A = \frac{(P_B - MC_B)}{P_B} E_B$$

式中: P_A 、 MC_A 、 E_A 为 A 类供电保障服务的输电价格、边际成本、价格弹性; P_B 、 MC_B 、 E_B 为 B 类供电保障服务的输电价格、边际成本、价格弹性。

这就是拉姆齐定价法则 (Ramsey Rule, 1927),其含义为需求弹性越小,定价可以超出它的边际成本的比例就越大。拉姆齐定价实际上是一种差别定价,但当它并非为输电服务商获得垄断利润最大化,而仅仅是用于回收成本为目的的定价时,是一种在管制范围内允许的差别定价,同时在采用拉姆齐定价法则制定歧视性输电价格时,必须遵循以下四个原则:

- 1) 价格制定应首先考虑输电企业的投资及运营成本;
- 2) 在歧视性输电电价下电力用户的支出应少于固定价格时的总支出;
- 3) 不允许电力用户在输电边际成本以下获得输电服务;
- 4) 输电服务的增加应在边际成本等于支付意愿时停止。

在拉姆齐定价公式中,不同电能用户的需求应相互独立。但是如果它们之间的交叉弹性不等于零

或者不能忽略不计,从理论上讲,需要对公式进行修正,以保证各种输电服务的相对用户的数量与应用边际成本定价时假设的比例相一致。

3.3 高峰定价与传输阻塞管理

在电力系统运行当中,面临的重要问题之一就是传输阻塞问题。在电力市场中引入竞争机制,输电网络起着很重要的作用,但是在输电网络容量不足的情况下,就会经常出现阻塞现象,以致输电网络的管理者为了保证输电网络的可靠安全运行,不得不对电力的传输加以限制和约束。有了这些约束条件以后,一方面在一定程度上限制了远方发电业者进入本地电力市场,另一方面减少了本地电力市场发电业者的竞争对手。这两方面的共同作用最终将导致市场竞争机制的削弱,不仅发电业者和用户得不到好处,而且输电网络的管理者更得不到好处。由此看出,电力的自由传输与输电网的安全性之间存在着矛盾。在特定的输电网络下,如果过于强调电力的自由传输,就有可能引起系统崩溃;如果过于强调输电网络的安全性,发电业者会因此而失去市场,失去用户,失去利润。为此,解决好安全性与经济性间的矛盾,必须利用电价这一杠杆来对市场各成员进行协调。

正是出于对输电阻塞问题以及电网安全的考虑,分时电价的实质也就是对电价中输电服务这一部分的价格按照负荷曲线预测进行歧视性的制定,要求在高峰时段或者将要发生阻塞的网络上输电并使用电能的电力用户就必须支付额外的输电费用,也就成为了歧视性电价制定中的高峰定价问题。

假设同样针对工业用户,电力负荷的高峰期需求为 D_G ,非高峰期电量为需求为 D_F ,并且后者的价格弹性大于前者。这是因为高峰期的电能用户为电力保障度较高的工业大用户,他们对电能供应的稳定性和连续性要求较高,因此弹性较小;而低谷期的用户主要是可灵活安排生产计划的中小企业,他们对于电能供给的需求弹性则大得多,为便于分析,不考虑它们之间的交叉弹性。

3.3.1 统一定价法

从图 2(a)分析,如采用统一定价法(用 P_0 表示),它应不小于 MC ,为取得容许的利润,甚至可能等于或略大于 AC 。由于考虑了低谷时期的电网的运营成本,图中 P_0 统一价格导致低谷期出现了图 2(a)中高为 AB 的梯形面积的亏损,同时,在高峰时期会获得高为 CD 的梯形面积的赢利。如果,电网运营商企业按照盈亏平衡确定 P_0 ,就可以实现两个

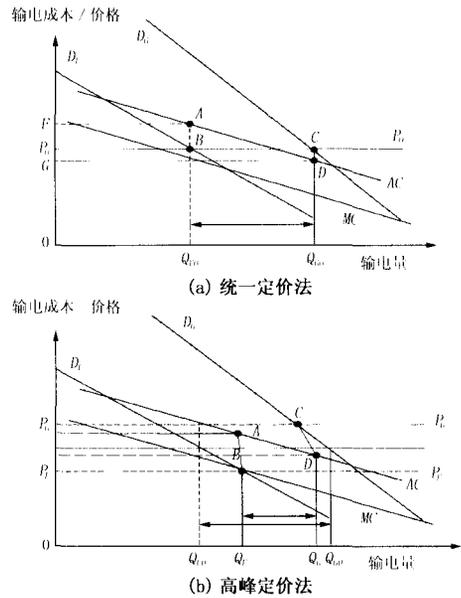


图 2 高峰定价法分析

Fig 2 Analysis of peak pricing methods

阴影面积相等,以高峰期的赢利来弥补非高峰时的亏损。但是,由于高峰电量需求与非高峰时期电量需求差距很大,导致按高峰时期需求建设的电网投资增大,使其在非高峰时段使用效率低下,导致社会效率的浪费和社会福利的损失。

3.3.2 高峰定价法

根据拉姆齐定价法则,高峰需求弹性小,采用对 MC 值较大的加成定价,即将输电价格从 P_0 提高到 P_G ;非高峰需求弹性大,采用接近(略高)于 MC 的值作为定价,即将输电价格从 P_0 降低到 P_F 。这样,前者的输电量从 Q_{F0} 增加到 Q_F ,后者输电量从 Q_{G0} 下降到 Q_G ,它们之间的价差从 $Q_{G0} - Q_{F0}$ 缩小为 $Q_G - Q_F$ 。与平均定价相类似,在收支平衡约束的条件下,因 P_F 的下降造成非高峰时期更多的亏损(图 2(b)中高为 AB 的梯形面积表示),可通过高峰期提高输电价格增加的利润(图 2(b)中高为 CD 的梯形面积表示)来弥补。但是,由于高峰输电量 Q_G 与非高峰时期输电量 Q_F 的差距减小,电网压力减小,相对降低了阶段电网投资和电网运营成本,缓解了传输阻塞,社会效率大大提高。同时由于降低了高弹性部分用户的输电价格,在收支平衡情况下,消费者剩余得以增加,社会福利得到了提高。

4 结语

电力行业发、输、配、供四个环节逐步放开是电力市场发展的必然方向,也是我国电力体制改革的

终极目标,不论改革后的电力系统具体运行规则和组织结构如何,电网调度人员或电网运营服务商都必须知道为用户提供输电服务的精确费用,而基于差别定价原理的输电定价是建立输电价格体系的科学的和重要的依据。但同时我们必须注意的是:

1) 输电公司的主要任务是提供输电服务并收取服务费用,而输电服务的定价必须严格参照实际输电成本,监管机构和用户都有权知道输电定价的科学依据。

2) 输电公司应该在为用户提供优质的输电服务基础上,从输电服务中获取最大的合理经济效益,因此运行人员必须确知运行决策对输电总费用的影响,及输电服务对系统安全的影响,电力系统运行的安全性和稳定性始终是放在第一位的。

3) 发电方、输电服务方和电力用户等都要求知道输电费用及其变化情况,以便使商业行为的总收入大于总费用,输电市场规范价格的制定必将推动电网运营商应用最先进科技和管理手段以提高生产效率,节约资源。

4) 输电电价的科学制定,对于输电侧放开,引导针对电网建设的投资的回收和赢利,缓和负荷压力,提高系统安全性和可靠性都具有十分积极的意义。

参考文献:

- [1] 汤振飞,唐国庆,于尔铿,等. 电力市场输电定价[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(10): 91-95
TANG Zhen-fei, TANG Guo-qing, YU Er-keng, et al. Power Market Transmission Pricing[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(10): 91-95.
- [2] 谢开,刘广一,于尔铿,等. 电力市场的输电服务之四——输电费用的分摊[J]. 电网技术, 1997, 21(7): 65-68
XIE Kai, LU Guang-yi, YU Er-keng, et al. Power Mar-

- ket Transmission Service, Part 4——Transmission Fee Allocation[J]. Power System Technology, 1997, 21(7): 65-68.
- [3] 王立华,王剑辉,谢传胜. 关于跨区送受电价格几个重要问题的探讨[J]. 华北电力技术, 2003, (10): 17-20
WANG Li-hua, WANG Jian-hui, XIE Chuan-sheng. Research on Trans-regional Power Transmission Prices[J]. North China Electric Power, 2003, (10): 17-20.
- [4] 任震,吴国丙,黄雯莹. 电力市场中输电问题的研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(1): 20-26
REN Zhen, WU Guo-bing, HUANG Wen-ying. Research on Power Transmission on the Electricity Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(1): 20-26.
- [5] 曾庆禹. 电力市场条件下的发输电规划协调与运行模式[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(5): 1-5.
ZENG Qing-yu. Generation/Transmission Expansion Planning Model and Operation Model in Power Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(5): 1-5.
- [6] 严作人,张戎. 运输经济学[M]. 北京:人民交通出版社, 2003.
YAN Zuo-ren, ZHANG Rong. Transportation Economics[M]. Beijing: China Communications Press, 2003.
- [7] Pindyck R S, Rubinfeld D L. 管理经济学(第三版)[M]. 北京:人民大学出版社, 1995.
Pindyck R S, Rubinfeld D L. Microeconomics, Third Edition[M]. Beijing: Renmin University of China Press, 1995.

收稿日期: 2004-09-22; 修回日期: 2004-11-28

作者简介:

吴军(1977-),男,博士研究生,主要从事电力市场与电力系统稳定控制研究; E-mail: luckyfool@263.net

涂光瑜(1941-),男,教授,博士生导师,长期从事电力系统运行与控制研究;

罗毅(1966-),男,副教授,研究方向为 EMS与 DMS.

Research of transmission pricing based on price discrimination in electricity market

WU Jun, TU Guang-yu, LUO Yi, LUO Zhao-chun

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: It is one of the most important issues that the scientific pricing for the transmission service in electricity market. With the development of the power system innovation and the electricity market construction, it will soon be on schedule that the opening and investment importing between the transmission and distribution side. It is also the function and meaning for the transmission service pricing that how to profit and take back the investment efficiently during the operating and managing of the power grid. Considering with the different demand elasticity and paying willing, the price discrimination method could be used in the transmission pricing and effectively settle a series of instances for the power grid constructing, and the method could also benefit for the security and stability on power grid and problem solving of transmission blocking.

Key words: electricity market; transmission pricing; price discrimination