

# 考虑综合输电价格和环保折价修正的撮合交易 数学模型研究

张森林

(中国南方电网公司电力交易中心, 广东 广州 510623)

**摘要:** 考虑输电价格和环保价格的撮合交易数学模型是区域电力市场交易竞价机制研究的重大课题, 它直接决定了竞价社会福利的特性和市场主体间的利益分配。对目前国内研究成果中跨省交易中考虑输电价格、输电损耗折价和环保因素的类PAB结算的区域电力市场月度撮合交易竞价机制不完善之处进行了修正, 合理解决了区域电力市场中输电价格和环保折价对竞争交易结算电价的影响, 从而建立了考虑综合输电价格和环保折价修正的撮合交易数学模型, 并通过分析具体算例阐述了该模型的合理性。

**关键词:** 撮合交易; 竞价机制; 电力市场

## Research on matchmaking tradeoff competition mechanism based on transmission price and environmental expenditure

ZHANG Sen-lin

(Electricity Trade Center, China Southern Power Grid Co., Ltd, Guangzhou 510623, China)

**Abstract:** Research on matchmaking tradeoff competition mechanism based on transmission price and environmental expenditure is the key issue of competition mechanism design in regional electricity market, because the social welfare and interest allocation of the parties are decided by competition mechanism directly. This paper presents an improvement on the PAB matchmaking tradeoff competition mechanism based on transmission price, loss and environment expenditure. With theoretical analysis, a new mathematical matchmaking tradeoff competition mechanism model is established, it reflects the transmission price and environmental expenditure in the competition results especially settlement tariff price considerably. The results of numerical example reveal the rationality of the proposed model in electricity market.

**Key words:** matchmaking tradeoff; competition mechanism; electricity market

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)24-0061-05

## 0 引言

电力市场撮合交易竞价机制是一种从证券、股票等金融市场中衍生出来的一种交易机制<sup>[1,2]</sup>。目前撮合交易竞价机制已在我国电力市场体系中得到广泛应用, 如南方区域电力市场的年度及月度竞价统一交易平台及江苏、河南等推行高耗能小机组向高效率大机组转让发电计划指标的发电权交易市场都采用了这种交易机制<sup>[3,4]</sup>, 正在建设中的华中和西北区域电力市场建设方案也建议采用这种交易机制<sup>[5,6]</sup>。撮合交易竞价机制之所以在电力市场中能有如此强的生命力, 在于其具有的丰富经济学意义, 体现了高效(社会福利最大化)和公平(社会福利平均

分配)的特性<sup>[7~9]</sup>。

文献[7]和文献[8]研究了区域电力市场中月度撮合交易的两种价格形成机制, 但其对输电价格和环保折价的处理不尽合理, 导致了区域内跨省交易购售电双方的结算电价没有完全体现市场的公平、公正特性。本文拟对其进行深入剖析, 提出合理的修正方案, 以最大程度地体现市场的公平、公正特性, 维护市场主体的合法利益。

## 1 目前国内研究成果中区域电力市场跨省交易购售电双方结算电价计算公式的不完善之处

### 1.1 输电价格

文献[8]中,输电价格为省内输电价格与省间输电价格的代数和。实际上,省间输电价格对应的结算电量是购电方的落地电量,省内输电价格对应的结算电量是售电方所在电网的出口电量。由于存在省间输电损耗,上述电量并不相同,因此将两个输电价格简单代数相加并不等同于本质意义上的综合输电价格。

### 1.2 环保价格

文献[8]中,环保价格对应了购电方的落地结算电量,但国家规定的环保价格却对应售电方的上网电量,即环保费用应按照售电方的上网电量来结算。实际上,在区域电力市场跨省交易中由于存在省内和省间输电损耗,购售双方的结算电量并不相同,这就导致了文献[8]在环保价格处理上出现偏差,造成的结果是:在跨省交易中,相同条件下,环保机组竞争力不如非环保机组,出现对环保机组不公平的情况;而且环保机组与非环保机组的结算价格的差值小于规定的环保价格。下面举例说明:

【例1】假设售电省内机组A和机组B是同时投产的同类型机组,惟一差别是环保设施安装运行情况。机组A安装了脱硫装置,国家批复电价250元/MWh;机组B未安装脱硫装置,国家批复电价235元/MWh,两者相差15元/MWh,为国家规定的环保价格。另外,假设售电省内输电价格47元/MWh,售电省和受电省间的省间输电价格92元/MWh,售电省内输电损耗率2.49%,售电省和受电省间的省间输电损耗率7.05%(由此可推导出综合输电损耗9.36%,计算公式详见文献[8]),受电省申报价格450元/MWh。

假设在竞争市场中,机组A、B都按照国家批复电价申报,按照文献[8]中折算电价计算公式,机组A、B报价折算到受电省的折算电价分别是:

$$P_{A折算} = 250 + 47 + 92 + 250 \times \frac{9.36\%}{1 - 9.36\%} = 414.8 \text{元/MWh}$$

$$P_{B折算} = 235 + 47 + 92 + 235 \times \frac{9.36\%}{1 - 9.36\%} + 15 = 413.3 \text{元/MWh}$$

按照文献[8]中成交电价计算公式,机组A、B成交电价分别是:

$$P_{A成交} = \frac{414.8 + 450}{2} = 432.4 \text{元/MWh}$$

$$P_{B成交} = \frac{413.3 + 450}{2} = 431.6 \text{元/MWh}$$

按照文献[8]中结算电价计算公式,机组A、B结算电价分别是:

$$P_{A结算} = 265.9 \text{元/MWh}$$

$$P_{B结算} = 251.6 \text{元/MWh}$$

显然,计算结果显示出非环保机组B的折算电价低于环保机组A的折算电价,非环保机组B的竞争力强于环保机组A,非环保机组B优先于环保机组A成交,这对环保机组A明显不公。另外,非环保机组B与环保机组A的结算电价之差仅为14.3元/MWh,低于国家规定的环保价格15元/MWh,这也对环保机组A不公。

因此,文献[8]中申报价格折算公式与结算价格计算公式存在不完善之处。

## 2 线损电价

为了对下文售电方申报电价折算公式组成分量进行说明,本节引入线损电价的概念及其计算公式。

假设售电方A向受电方B送电,售电方上网电量为 $Q_{上网}$ ,上网电价 $P_{上网}$ ;受电方落地电量为 $Q_{落地}$ ,购电价格为 $P_{落地}$ ;输电方的输电价格为 $P_{输}$ 。

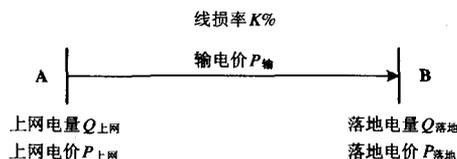


图1 线损电价形成示意图

Fig.1 Loss price model in electricity market

当售电方A向受电方B送电时,由于电能存在传输过程中存在损耗,受电方的落地电量 $Q_{落地}$ 小于售电方的上网电量 $Q_{上网}$ ,相应损耗率为:

$$K_{损耗} \% = \frac{Q_{上网} - Q_{落地}}{Q_{上网}}$$

由于受电方支付电费等于售电方所得上网电费与输电方所得输电费用之和(输电方按落地电量收取输电费用),则可有:

$$P_{落地} \times Q_{落地} = P_{上网} \times Q_{上网} + P_{输} \times Q_{落地}$$

经过化简后,可得出:

$$P_{落地} = P_{上网} \times \frac{1}{1 - K_{损耗} \%} + P_{输} =$$

$$P_{上网} + P_{输} \times \frac{K_{损耗} \%}{1 - K_{损耗} \%} + P_{输}$$

显然,受电方落地侧的购电电价并不等于售电

方的上网电价与输电电价之和,还多了一项

$$P_{\text{上网}} \times \frac{K_{\text{损耗}}\%}{1-K_{\text{损耗}}\%},$$

这主要是因为上网侧电量和落地侧电量存在损耗的原因。当  $K_{\text{损耗}}\%$  取国家有关部门核定的准许输电损耗率时,我们将

$$P_{\text{上网}} \times \frac{K_{\text{损耗}}\%}{1-K_{\text{损耗}}\%}$$

定义为售电方 A 送电给受电方 B 时的线损电价。

为促进输电方经济优化调度,降低输电损耗,一般情况下,由受电方按准许输电损耗率承担输电损耗,实际输电损耗率与准许输电损耗率的差异由输电方承担。

### 3 合理的跨省申报价格折算公式与结算价格计算公式

#### 3.1 推导的前提条件

合理的跨省申报价格与结算电价推导的前提条件应为:

(a) 购电方支付输电费用,承担输电损耗。按照国家规定,输电企业与购电企业按照相应资产产权分界点的电量结算输电费用。

(b) 由于目前国家政策尚未明确环保费用的收入方,故购电方暂不支付环保费用。

(c) 遵循购售电量平衡和电费收支平衡原则。

#### 3.2 推导综合输电价格计算公式

按照输电费用由购电方电网支付的原则以及输电费用收支平衡原则有:

(a) 购电方电网支付的输电费用:

$$P_{\text{输}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

(b) 省间输电方收取的省间输电费用:

$$P_{\text{省间输}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

(c) 售电方所在电网收取的省内输电费用:

$$P_{\text{售方网输}} \times Q_{\text{售方网出口}}$$

(d) 输电费用支出等于省间输电费用和省内输电费用收入之和:

$$P_{\text{输}} \times Q_{\text{购方落地}} = P_{\text{省间输}} \times Q_{\text{购方落地}} + P_{\text{售方网输}} \times Q_{\text{售方网出口}}$$

其中:  $P_{\text{输}}$  为购、售电方所在两省间的综合输电价格;

$P_{\text{省间输}}$  为购、售电方所在两省间的省间输电价格;

$P_{\text{售方网输}}$  为售电方所在省的省内输电价格;

$Q_{\text{购方落地}}$  为购电方电网关口计量点的落地电量;

$Q_{\text{售方网出口}}$  为售电方所在电网关口计量点的出口电量。

(e) 考虑到  $Q_{\text{购方落地}} = Q_{\text{售方网出口}} \times (1 - K_{\text{省间}}\%)$ ,

其中:  $K_{\text{省间}}\%$  为购、售电方所在省的省间网损率。

整理出输电价格计算公式为:

$$P_{\text{输}} = P_{\text{省间输}} + \frac{P_{\text{售方网输}}}{1 - K_{\text{省间}}\%}$$

#### 3.3 推导售电方申报价格折算公式

售电方申报价格折算指售电方的原始申报价格,经输电价格(省内和省间)和环保折价修正后,折算到异省区参与竞价排序的价格,它体现了竞争机组的竞争力,也是购电方电网需要支付的最低价格。

(a) 购电方电网需要支付的最低购电费用:

$$P_{\text{售方折算}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

(b) 售电方应收取的最低售电费用:

$$P_{\text{售方原始}} \times Q_{\text{售方上网}}$$

(c) 收取环保费用:  $P_{\text{环保}} \times Q_{\text{售方上网}}$

(d) 输电方(省内和省间)收取输电费用:

$$P_{\text{输}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

其中:  $P_{\text{售方原始}}$  为售电方的原始申报价格;  $P_{\text{售方折算}}$  为售电方的原始申报价格,经输电价格(省内和省间)和环保价格折价处理后,折算到异省区参与竞价排序的价格;  $Q_{\text{售方上网}}$  为售电方上网关口计量点的上网电量;  $P_{\text{环保}}$  为国家有关部门规定的环保电价。

(e) 根据电费收支平衡原则有:

$$P_{\text{售方折算}} \times Q_{\text{购方落地}} = P_{\text{售方原始}} \times Q_{\text{售方上网}} + P_{\text{环保}} \times Q_{\text{售方上网}} + P_{\text{输}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

(f) 考虑到  $Q_{\text{售方上网}} = Q_{\text{购方落地}} \times (1 - K_{\text{综合}}\%)$ ,

$$K_{\text{综合}}\% = 1 - (1 - K_{\text{售方网}}\%) (1 - K_{\text{省间}}\%),$$

其中:  $K_{\text{综合}}\%$  为购、售电方之间的综合网损率;

$K_{\text{售方网}}\%$  为售电方所在省的省内网损率;整理出售电方折算电价计算公式为:

$$P_{\text{售方折算}} = P_{\text{售方原始}} + P_{\text{售方原始}} \times \frac{K_{\text{综合}}\%}{1 - K_{\text{综合}}\%} + P_{\text{环保}} \times \frac{1}{1 - K_{\text{综合}}\%} + P_{\text{输}}$$

显然,售电方折算电价计算公式中

$$P_{\text{售方原始}} \times \frac{K_{\text{综合}}\%}{1 - K_{\text{综合}}\%}$$

即为前述线损电价。

故折算公式可变形为:

$$P_{\text{售方折算}} = P_{\text{售方原始}} + P_{\text{线损}} + P_{\text{环保}} \times \frac{1}{1 - K_{\text{综合}}\%} + P_{\text{输}}$$

其中： $P_{\text{线损}} = P_{\text{售方原始}} \times \frac{K_{\text{综合}}\%}{1 - K_{\text{综合}}\%}$  为线损电价。

### 3.4 推导结算价格计算公式

#### 3.4.1 购电方结算价格公式

由于目前国家政策尚未明确环保费用的收入方，故购电方暂不支付环保费用，依据电费收支平衡原则有：

$$P_{\text{购方结算}} \times Q_{\text{购方落地}} = P_{\text{成交}} \times Q_{\text{购方落地}} - P_{\text{环保}} \times Q_{\text{售方上网}}$$

整理上式得到：

$$P_{\text{购方结算}} = P_{\text{成交}} - P_{\text{环保}} \times \frac{1}{1 - K_{\text{综合}}\%}$$

#### 3.4.2 售电方所在电网结算价格公式

依据电费收支平衡原则有：

$$P_{\text{购方结算}} \times Q_{\text{购方落地}} = P_{\text{售方网出口结算}} \times Q_{\text{售方网出口}} + P_{\text{省间}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

整理上式得到：

$$P_{\text{售方网出口结算}} = (P_{\text{购方结算}} - P_{\text{省间}}) \times (1 - K_{\text{省间}}\%) = (P_{\text{成交}} - P_{\text{环保}} \times \frac{1}{1 - K_{\text{综合}}\%} - P_{\text{省间}}) \times (1 - K_{\text{省间}}\%)$$

#### 3.4.3 售电方结算价格公式

依据电费收支平衡原则有：

$$P_{\text{购方结算}} \times Q_{\text{购方落地}} = P_{\text{售方结算}} \times Q_{\text{售方上网}} + P_{\text{输}} \times Q_{\text{购方落地}}$$

整理上式得到：

$$P_{\text{售方结算}} = (P_{\text{购方结算}} - P_{\text{输}}) \times (1 - K_{\text{综合}}\%) = (P_{\text{成交}} - P_{\text{环保}} \times \frac{1}{1 - K_{\text{综合}}\%} - P_{\text{输}}) \times (1 - K_{\text{综合}}\%) - P_{\text{环保}}$$

## 4 算例

【例2】所有原始假定参数及计算结果见表1。机组A是环保机组，机组B是非环保机组，两者批复的上网电价相差15元/MWh，为国家规定的环保价格。

当机组A、B都按照各自批复电价申报时(机组A申报电价250元/MWh，机组B申报电价235元/MWh)，根据本文提出的折算电价计算公式，机组A、B的折算电价相等，具有相同的竞争力，但环保机组A的结算电价比非环保机组B的结算电价高15元/MWh，体现出了环保机组安装脱硫装置的竞争优势及经济效益。

当机组A、B都按照非环保机组B的批复电价申报时(申报电价均为235元/MWh)，根据本文提出的折算电价计算公式，环保机组A的折算电价比非环保机组B的折算电价低，体现出其竞争优势，且环保机组A的结算电价也比非环保机组B的结算电价高7.5元/MWh，体现出了环保机组安装脱硫装置的竞

争优势及经济效益。

表1 撮合交易算例

Tab.1 Numerical example of matchmaking tradeoff in regional electricity market

项目	机组B	机组A1	机组A2	备注
售电省电网内机组申报价格 /元·(MWh) <sup>-1</sup>	235	250	235	设定值
受电省电网申报价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	450	450	450	设定值
环保价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	15	0	0	设定值
售电省电网内输电损耗率/(%)	2.49%	2.49%	2.49%	设定值
省间损耗率/(%)	7.05%	7.05%	7.05%	设定值
售电省电网内输电价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	47	47	47	设定值
省间输电价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	92	92	92	设定值
综合输电价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	142.56	142.56	142.56	
综合输电损耗率/(%)	9.36%	9.36%	9.36%	
折算价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	418.39	418.39	401.84	
成交价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	434.2	434.2	425.92	
受电省电网成交量/MWh	0.91	0.91	0.91	
受电省电网结算价格/元·(MWh) <sup>-1</sup>	417.65	434.2	425.92	
售电省电网内机组成交量/MWh	1	1	1	设定值
售电省电网内机组结算价格 /元·(MWh) <sup>-1</sup>	249.32	264.32	256.82	
售电省电网出省电量/MWh	0.98	0.98	0.98	
受电省电网支付购电费/元	378.54	393.54	386.04	
省间输电方收取省间输电费/元	83.38	83.38	83.38	
售电省电网收取省内输电费/元	45.83	45.83	45.83	
售电省电网内机组收取售电费/元	249.32	264.32	256.82	
收取的总费用/元	378.54	393.54	386.04	
电费是否平衡?	平衡	平衡	平衡	

## 5 结语

本文对文献[8]所提出的考虑输电价格、输电损耗折价和环保因素类PAB结算的区域电力市场月度撮合交易竞价机制不完善之处进行了修正。采用本文所提出的修正算法，合理解决了区域电力市场中输电价格和环保折价对竞争交易特别是结算电价的影响。从我国区域电力市场建设的进程来看，由于撮合交易竞价机制在电力市场体系中的应用还不够成熟，因此下一步还需在实践中结合我国区域电力市场的具体运营状况及电力市场运营规则的要求，继续不断地对区域电力市场建设试点中发现的竞价机制设计问题加以修订和完善，以构建符合我国国情、开放

有序、健康发展的的电力市场竞争体系,更大程度地发挥市场在资源配置过程中的基础性作用。

### 参考文献

- [1] 李晓华.不同交易机制下证券市场价格形成过程比较分析[D].武汉:武汉大学,2005.  
LI Xiao-hua. A Comparative Analysis of Price Formation Process in Securities Markets Under Different Trading Mechanisms[D]. Wuhan: Wuhan University,2005.
- [2] 杨军.交易机制与股票价格波动性关系的实证研究[D].长沙:湖南大学,2005.  
YANG Jun. An Empirical Research on Trading Mechanism and Return Volatility[D]. Changsha: Hunan University,2005.
- [3] 国家电监会市场监管部.江苏、四川、河南、黑龙江开展发电权交易调研[J].中国电业,2007,(3):32-34.  
Market Regulatory Department of State Electricity Regulatory Commission.Survey on Generation Right Trade in Jiangsu,Sichuan,Henan,Heilongjiang provinces[J].China Electric Power,2007,(3):32-34.
- [4] 国家电监会.2006年度电力监管报告[R].2006年.  
State Electricity Regulatory Commission. Electricity Regulatory Report'2006[R].2006.
- [5] 华中电监局,华中电网公司.华中电力市场建设方案(草稿)[Z].2006.  
Central China Bureau of State Electricity Regulatory Commission, Central China Grid Company Limited. Construction Scheme of Central China Power Market(Draft)[Z].2006.
- [6] 西北电监局,西北电网公司.西北电力市场建设方案(草稿)[Z].2006.  
Northwest China Bureau of State Electricity Regulatory Commission, Northwest China Grid Company Limited. Construction Scheme of Northwest China Power Market(Draft)[Z].2006.
- [7] 张森林.区域电力市场中月度撮合交易竞价机制研究(一)考虑输电价格和输电损耗折价MCP结算机制[J].继电器,2006,34(10):50-54.  
ZHANG Sen-lin. Research on Matchmaking Tradeoff Competition Mechanism in Regional Electricity Market, Part One, a MCP Competition Mechanism Based on Transmission Price and Loss[J]. Relay, 2006, 34(10):50-54.
- [8] 张森林.区域电力市场中月度撮合交易竞价机制研究(二)考虑输电价格、输电损耗折价和环保因素的类PAB结算机制[J].继电器,2006,34(11):66-70.  
ZHANG Sen-lin. Research on Matchmaking Tradeoff Competition Mechanism in Regional Electricity Market, Part Two, a PAB Competition Mechanism Based on Transmission Price, Loss and Environmental Expenditure[J]. Relay, 2006,34(11):66-70.
- [9] 夏清,孙正运.考虑交易成本的区域市场撮合交易模型[J].电网技术,2005,29(17):1-4.  
XIA Qing, SUN Zheng-yun. Application of High-low Match Methods to Regional Electricity Market Considering Transaction Costs [J]. Power System Technology, 2005,29(17):1-4.

收稿日期:2007-04-05

作者简介:

张森林(1978-),男,工学硕士,主要从事南方电网电力电量交易的管理工作和电力市场竞价交易机制理论、电力市场分析等方面的研究。E-mail:zhangsenlin\_csg@126.com

(上接第54页 continued from page 54)

- LIU Pei-pei, ZHU Yong-li, HUANG Min. Research and Realization of Object Oriented Electrical Telecontrol Communication System[J]. Journal of North China Electric Power University, 2004, 31(5): 59-62.
- [2] DL/T 634—1997 远动设备及系统 第5部分:传输规约 第101篇 基本远动任务配套标准[M].北京:中国电力出版社,1997.  
DL/T634—1997,Telecontrol Equipment and System Part 5: Transmission Protocols Section 101 Relevant Standard of Basic Telecontrol Task[M].Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [3] 黄焯明,芦东昕,谢世波.一种面向通信设备的嵌入式软件平台[J].中兴通讯技术,2004,10(4):37-40.  
HUANG Hua-ming, LU Dong-xin, XIE Shi-bo. A Communication Equipment Oriented Embedded Software Platform[J].Zhongxing Communication Technology, 2004, 10(4): 37-40.
- [4] 胡明,周有庆,王永辉.一种新型电力系统通信网关的研制[J].继电器,32(10):63-66.  
HU Ming, HOU You-Qing, WANG Yong-hui. Research on a New Communication Gateway of Electrical System[J]. Relay, 32(10): 63-66.

收稿日期:2007-04-28

作者简介:

汪璐(1981-),女,硕士研究生,主要研究方向为自动控制领域的通信系统;E-mail:luwang@mails.tsinghua.edu.cn

吉吟东(1962-),男,副研究员,主要研究方向为自动控制理论及应用、电力系统自动化;

孙新亚(1964-),男,副研究员,主要研究方向为电力系统自动化。