

# 华中电网区域电力市场 电能交易撮合系统的设计与实现

杨建华, 肖达强, 唐学军, 张维  
(华中电网有限公司, 湖北省 武汉市 430077)

## Design and Implementation of Electric Energy Matchmaking Transaction System in Central China Regional Electricity Market

YANG Jian-hua, XIAO Da-qiang, TANG Xue-jun, ZHANG Wei  
(Central China Grid Company Limited, Wuhan 430077, Hubei Province, China)

**ABSTRACT:** In this paper the functions and design scheme of the trans-regional electric energy matchmaking transaction system that has been put into operation in Central China Power Grid are presented. The matchmaking principle adopted in this system and its implementation are expounded. In this system an advanced three-layer structure, J2EE system and pure browser/server mode as well as Oracle database management system are used. Combining with actual condition of Central China regional power network and considering the linking with existing transaction modes, the general matchmaking algorithm is extended in respect of determination of quotation point of market main body, conversion of quotations and the calculation of concluded electricity prices. This transaction platform is favorable to bring the superiority of regional power network into play, and to improve the publicity and management efficiency of trans-province and trans-regional electric energy transaction.

**KEY WORDS:** regional electricity market; electricity energy; matchmaking transaction

**摘要:** 介绍了已在华中电网投入运行的跨地区电能竞价撮合系统的功能及设计方案, 阐述了系统所采用的撮合原理及其实现流程。该系统采用先进的 3 层构架、J2EE 体系和纯浏览器/服务器模式以及 Oracle 数据库管理系统, 结合华中区域电网实际情况, 考虑了与现有交易模式的衔接, 在市场主体报价点的确定、报价的折算和成交电力电价的计算等方面对一般撮合算法进行了拓展。该交易平台有利于发挥区域电网优势和提高跨省跨区电能交易的透明度和管理效率。

**关键词:** 区域电力市场; 电能; 撮合交易

## 0 引言

华中电网处于全国电网的中心地带, 所跨地域

资源分布很不均匀, 三峡电力和西部水电都要经华中电网输送到全国其他地区。近两年华中电网跨省跨区交易电量大幅增长, 区域电网优化资源配置的功能得到了充分发挥。华中电网跨省跨区交易原来采用传统的电话协商方式, 交易工作量大, 效率较低, 特别是出现多卖方和多买方时存在竞争协商困难的问题, 一定程度上制约了交易规模的扩大。

按照国家电网公司建设三级电力市场体系的总体要求, 跨省、跨区交易是华中电网的重要职责。为充分发挥区域电网优势, 规范华中电网跨省、跨区电能交易, 提高交易效率, 华中电网电力交易中心组织开发了华中电网电能交易撮合系统软件, 作为华中电网跨地区的电能交易撮合平台<sup>[1]</sup>。本文主要介绍该电能交易撮合系统的总体结构和功能, 结合撮合原理阐述电能交易流程以及系统应用效果。

## 1 系统结构

### 1.1 总体思路

竞价交易平台软件的设计原则<sup>[2-4]</sup>有如下几点:

1) 立足国家电网电力市场建立的需要和华中电网区域电力市场建立的需要, 结合交易中心和技术中心有关专家近几年的研究成果, 充分体现交易的灵活性、规范性, 对业务模型进行全面提升。

2) 依据华中电网的现行规定, 并结合电力计划编制的需要, 确保系统的稳定过渡。

3) 结合华中电网信息化建设和平台建设的实际<sup>[5]</sup>, 并紧密结合目前已经规划的总体设计方案、

数据规划方案和已经开发的系统(包括华中公司的计划编制系统、华中公司网站和门户系统等)。

4) 采用最先进的信息技术建设和开发平台软件, 确保系统的稳定性、开放性和统一性。

### 1.2 网络体系结构

系统采用先进的 3 层架构和纯浏览器/服务器模式, 开发平台先进, 符合国网公司“SG186”工程对应用系统的统一规范, 具体包括:

1) 根据华中电网的实际情况, 用户交互采用 J2EE 平台<sup>[6]</sup>, 和网局目前的门户系统保持一致, 并和门户系统实现单点登录。

2) 本系统不仅采用 Oracle 作为数据存储系统, 而且充分利用 Oracle 数据库的优势, 使用过程化语言 PL/SQL 编写存储过程, 以实现后台的集中撮合。这样可以充分利用存储过程而不需要和外界交互信息, 撮合效率高, 速度快。

3) 系统的设计工具采用 Sybase 公司的 PowerDesigner10.0。PowerDesigner<sup>[7]</sup>提供了物理数据模型和概念数据模型的建模工具, 新增加了对象建模功能, 并提供一组实用的报表生成工具。

4) 采用 Eclipse 来进行系统开发。插件机制使得 Eclipse 具有开放式可扩充的结构。Eclipse 提供给用户开放的平台、平等参与的机会以及需要遵守的总体规则, 体现了一种主观能动的态度。

5) 系统安全管理采用了角色和用户管理方法, 可以针对不同的用户组提供不同的使用权限, 权限管理功能较强, 数据安全性好。各省(市)电力公司采用数字证书通过互联网访问系统, 兼顾了系统的实用性和安全性, 系统、网站和门户之间的具体关系如图 1 所示。认证中心(certification authority, CA)系统由最终用户、注册中心(registration authority, RA)管理员、CA 管理员、注册中心、认证中心等构成, 如图 2 所示。图中: CRL 为证书吊销列表服务; LDAP 为轻量级目录访问协议; KMC 为知识管理。

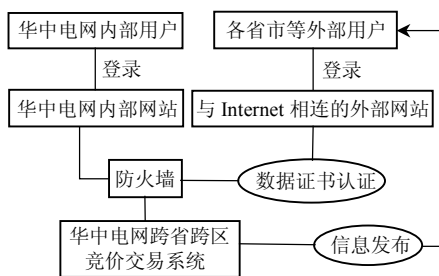


图 1 电能交易撮合系统、网站和门户之间的关系

Fig. 1 The relationship among the electricity trading and matchmaking system, Web site and portal

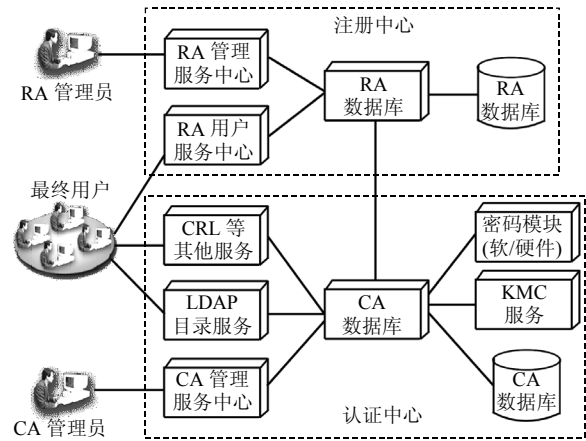


图 2 认证中心和注册中心结构

Fig. 2 The structure of the CA and RA

## 2 系统功能分析与实现

### 2.1 交易规则

交易撮合完全基于时段进行, 时段是交易撮合的最小单元, 每天可以分为多个时段, 每个时段又可以由不连续的时间段组成, 这样极大地提高了交易撮合的灵活性。为保证交易撮合所用时段的统一性, 减少不确定性, 在进行每次交易报价前由交易中心统一制定交易时段, 交易主体必须按照交易中心制定的交易时段进行报价。交易品种分为年度、月度、短期和单笔挂牌交易 4 种。

目前省间交易由购售电双方与华中电网公司协商进行, 电力、电量和电价通常以售电关口为准。将竞争机制引入跨省交易后, 由于省(市)公司在报价时并不能确定自己的成交对象, 因此市场主体只能在市场规则规定的报价点申报电力、电量和电价。在跨省交易中, 在各交易主体都设置一个报价点。对于跨区交易<sup>[8]</sup>, 撮合地点选在售电侧关口。

### 2.2 撮合原理

#### 2.2.1 交易撮合方法

由于市场主体<sup>[9]</sup>的报价点不同, 交易撮合中需要将市场主体的报价进行折算后再计算价差。

在跨区交易中, 交易系统统一在售电侧计算价差并进行匹配。因此在进行购售电双方的价格匹配前, 应针对确定的售电方, 将购电方在购电侧申报的电力、电量和电价在考虑输电线路损和输电价格后折算到售电侧, 计算公式为

$$Q'_{\text{购电}} = \frac{Q_{\text{购申报}}}{1 - L_{\text{跨省}}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{购电}} = \frac{Q_{\text{购申报}}}{1 - L_{\text{跨省}}} \quad (2)$$

$$P_{\text{购电}} = P_{\text{购申报}}(1 - L_{\text{跨省}}) - P_{\text{跨省输}} \quad (3)$$

式中： $Q'_{\text{购电}}$ 、 $Q_{\text{购电}}$ 、 $P_{\text{购电}}$  分别是购电方折算到售电侧的电力、电量和电价； $Q'_{\text{购申报}}$ 、 $Q_{\text{购申报}}$ 、 $P_{\text{购申报}}$  分别是购电方申报的电力、电量和电价； $P_{\text{跨省输}}$ 、 $L_{\text{跨省}}$  分别为跨省输电价和线损率。

价差是购电方与售电方价格<sup>[10]</sup>在交易关口的比较，即购电方折算后的价格与售电方申报价格之差。价差大于或等于零的购电方与售电方之间形成一个有效匹配对<sup>[11]</sup>，从价差最大的匹配对开始撮合，具体过程如图 3 所示。在一个时段撮合结束后，进行下一个时段的撮合<sup>[12]</sup>，直到全部撮合完成为止。下面介绍一个交易匹配对撮合成交后，其成交电力、电量和电价的计算方法<sup>[13]</sup>。

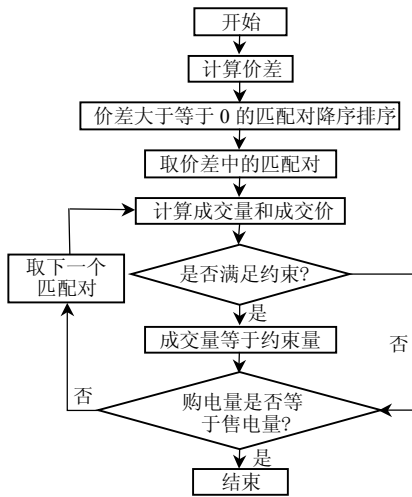


图 3 单时段撮合过程

Fig. 3 Matchmaking process in a single time period

设  $P_{\text{售申报}}$ 、 $Q_{\text{售申报}}$  分别为售电方申报的电价、电量， $P_{\text{售成交}}$ 、 $Q_{\text{售成交}}$ 、 $P_{\text{购成交}}$ 、 $Q_{\text{购成交}}$  分别为售电方在售电侧(售电报价关口)的成交价、电量和购电方在购电侧(购电报价关口)的成交价、电量，则有

$$Q_{\text{售成交}} = \min \left( Q_{\text{售申报}}, \frac{Q_{\text{购申报}}}{1 - L_{\text{跨省}}} \right) \quad (4)$$

$$Q_{\text{购成交}} = Q_{\text{售成交}}(1 - L_{\text{跨省}}) \quad (5)$$

成交电力的计算完全类似。为了计算成交价，按照平均分配价差的原则有

$$P_{\text{售成交}} - P_{\text{售申报}} = P_{\text{购申报}} - P_{\text{购成交}} \quad (6)$$

且购电成交价和售电成交价存在如下关系

$$P_{\text{购成交}} = \frac{P_{\text{售成交}} + P_{\text{跨省输}}}{1 - L_{\text{跨省}}} \quad (7)$$

由式(6)(7)可求得售电成交价(售电侧)为

$$P_{\text{售成交}} = \frac{(1 - L_{\text{跨省}})(P_{\text{售申报}} + P_{\text{购申报}}) - P_{\text{跨省输}}}{2 - L_{\text{跨省}}} \quad (8)$$

将式(8)代入式(7)可求得购电成交价(购电侧)，即

$$P_{\text{购成交}} = \frac{P_{\text{售申报}} + P_{\text{购申报}} + P_{\text{跨省输}}}{2 - L_{\text{跨省}}} \quad (9)$$

购电方支付的购电费为

$$F_{\text{购电}} = P_{\text{购成交}} Q_{\text{购成交}} = P_{\text{售成交}} Q_{\text{售成交}} + Q_{\text{售成交}} P_{\text{跨省输}} \quad (10)$$

售电方收取的售电费为

$$F_{\text{售电}} = P_{\text{售成交}} Q_{\text{售成交}} \quad (11)$$

电网公司收取的输电费为

$$F_{\text{跨省}} = Q_{\text{售成交}} P_{\text{跨省输}} \quad (12)$$

### 2.2.2 交易流程及交易状态的设置

为区分交易的进度必须设置交易状态，不同状态表示不同的进度。本系统设置了立项、报价申请、撮合期、撮合结束、校核通过和交易完成等 6 个状态，整个交易流程及状态配置如图 4 所示。具体步骤为：1) 立项状态表示交易已经立项，在此状态下可以进行时段、输电费、线损和容量等各种约束条件的配置；2) 全部约束条件配置好后，交易进入报价申请状态，用户可以进行报价申请；3) 报价结束后，将交易的状态转入撮合期，交易撮合在撮合期完成；4) 撮合结束后，安全校核员对撮合结果进行安全校核，如果校核结果符合约束条件，交易转入安全校核通过状态，否则需进行必要的修正；5) 交易撮合结束后发布交易结果，用户只有在交易完成状态才能查询交易结果并打印交易单。

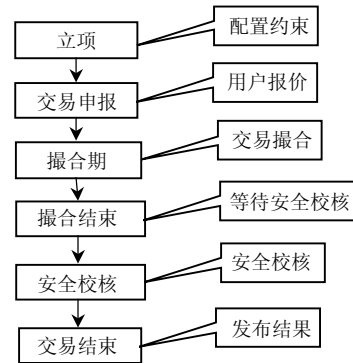


图 4 交易流程及状态配置

Fig. 4 Trading flow and configuration state

目前系统采用事前安全约束的方法，即规定各市场主体的报价中电力曲线必须符合电网安全约束，因而撮合结果也一定满足安全约束。

### 2.3 系统功能分析

系统实现了交易的流程化管理，每个交易具备

多个状态,交易处在不同阶段时用户对各模块的处理权限不同,从而对交易行为进行有效的控制。交易系统<sup>[13-14]</sup>包含的功能模块简介如下:

1) 交易配置管理模块。该模块主要进行交易立项以及对各种参数进行配置,为交易申报和集中撮合做好准备。其功能包括交易立项、时段配置、线损配置、输电费配置、输送容量配置、最高/最低限价配置、交易流程管理、基本线路及复合线路配置和结算电量折算率配置等。

2) 交易管理模块。这是本系统的核心模块,包括交易申报、申报查询、交易撮合和成交查询 4 个子模块。

3) 信息发布模块。该模块用于华中电网交易中心对访问该系统的用户公开发布有关交易启动、交易结果等信息,还包括公告栏信息的维护等。

4) 交易主体管理模块。本系统对供方采取统一管理,需方则可以主动登录自己的信息,经网络管理者核实其真实性后确认为正式的信息。本模块包括用户注册和交易中心确认两部分。

5) 交易意向管理。该模块提供界面以便各交易主体向交易中心提交交易意向,其功能包括交易意向申报和交易意向申报查询。

6) 系统管理模块。该模块包括任务定义和角色及权限管理两部分功能。其中任务定义是指定义系统中各个功能模块及其链接的页面。对于功能任务,其权限的最小单元不是功能模块,而是深入到功能模块中的操作(即方法),这样不仅增强了权限管理的控制能力,也增加了权限控制的灵活性。

另外,系统提供各种方法来实现华中电网电力交易中心和各交易主体之间的信息交流<sup>[15]</sup>,包括信息发布、公告、交易意向申报、交易申报和成交结果查询等。

## 2.4 系统应用效果

华中电网区域电能交易撮合系统已经开发完成并投入使用。系统自投运以来已成功撮合多笔交易<sup>[16]</sup>。例如:2007年3月底,在组织4月的月度交易时,湖北省电力公司从4家申报者中以最低价购得一笔全月100MW一条线的电力交易;4月8—12日,江西电网因检修等原因需要从省外购电150MW,华中电网电力交易中心随即启动撮合系统,在几家省(市)电力公司的竞争中,河南省电力公司获得了150MW的送电空间;华中电网公司为解决区域内火电厂发电任务不足、利用小时数偏低的问题,通过主动沟通,向国家电网公司争取到4月

增送南方电网的800MW电力份额,在这个透明的电能交易平台上向六省(市)电力公司交易中心发布信息,得到了他们的积极响应,最终4家申报者分别获得了一定的送电空间。

## 3 结论

华中电网区域电能交易撮合系统既可以满足区域电网内跨省电能竞价交易的需要,也可用来与区外进行电能交易。系统所采用的交易撮合算法允许对线损率、输电费和可用输送容量等交易相关参数进行调整设置,具有很强的灵活性,并且考虑了多条跨省联络线的约束控制以及新系统与华中电网现有交易模式的衔接,在市场主体报价点的确定、报价折算、成交电力电价的计算等方面实现了对一般撮合算法的拓展和创新。

该交易系统研制成功后,改变了以前靠电话反复协调和人工计算方式的交易办法,提高了电能竞价交易的效率,有利于促进区域电力市场的发展以及资源的优化配置。

## 参考文献

- [1] 姚建刚,章建,银车来. 电力市场运营及其软件开发[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 白晓民,张毅,钟金,等. 互联网商业化运行(一):电能交易的几个基本问题[J]. 电网技术,1998,22(2):55-59.  
Bai Xiaomin, Zhang Yi, Zhong Jin, et al. Interconnected power system commercial operation part I: Essential problems in electric power transaction[J]. Power System Technology, 1998, 22(2): 55-59(in Chinese).
- [3] 白晓民,钟金,张毅,等. 互联网商业化运行(二):电能分类、输电服务和利益分配方法[J]. 电网技术,1998,22(3):33-38.  
Bai Xiaomin, Zhong Jin, Zhang Yi, et al. Interconnected power system commercial operation part II: energy classification, ancillary service and benefit allocation[J]. Power System Technology, 1998, 22(3): 33-38(in Chinese).
- [4] 白晓民,钟金,张毅,等. 互联网商业化运行(三):交易模拟系统与交易分析方法[J]. 电网技术,1998,22(4):60-65.  
Bai Xiaomin, Zhong Jin, Zhang Yi, et al. Interconnected power system commercial operation part III: the transaction simulation system and methods of transaction analysis[J]. Power System Technology, 1998, 22(4): 60-65(in Chinese).
- [5] 尚金成,黄永皓. 电力市场技术支持系统设计与关键技术研究[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [6] 张龙,刘连臣,张霖,等. 基于J2EE的电子商务自动撮合系统研究及实现[J]. 计算机工程与应用,2003,32:216-219.  
Zhang Long, Liu Lianchen, Zhang Lin, et al. A study and realization on automatic match system in e-commerce platform based on J2EE frame[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 32: 216-219(in Chinese).

- [7] 曹炜. PowerDesigner 工具集及其应用[J]. 上海电力学院学报, 1999, 15(3): 24-30.  
Cao Wei. PowerDesigner and its application[J]. Journal of Shanghai Institute & Electric Power, 1999, 15(3): 24-30(in Chinese).
- [8] 白晓民, 钟金, 张毅, 等. 一种水火电系统输电交易分析方法[J]. 中国电机工程学报, 1998, 18(3): 163-168.  
Bai Xiaomin, Zhong Jin, Zhang Yi, et al. A method for transaction analysis of hydro-thermal system[J]. Proceedings of the CSEE, 1998, 18(3): 163-168(in Chinese).
- [9] Ferrero R W, Rivera J F, Shahidepour S M. Application of games with incomplete information for pricing electricity in deregulated power pools[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(1): 184-189.
- [10] 姚建刚, 唐捷, 李西泉. 发电侧电力市场竞价交易模式的研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(5): 78-83.  
Yao Jiangan, Tang Jie, Li Xiquan. Research on bidding mode in a generation-side power market[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(5): 78-83(in Chinese).
- [11] 刘宝华, 栾凤奎, 单葆国, 等. 基于发电侧与销售侧峰谷电价联动的输配电监管方法研究[J]. 电网技术, 2006, 30(S2): 19-23.  
Liu Baohua, Luan Fengkui, Shan Baoguo, et al. Electricity transmission regulation method based on mutual change between generation side and distribution side considering time factor [J]. Power System Technology, 2006, 30(S2): 19-23(in Chinese).
- [12] 唐亮贵, 陈代杰. 基于 Multi-agent 的撮合交易系统体系结构[J]. 计算机工程, 2003, 29(15): 166-168.  
Tang Lianggui, Chen Daijie. Structure of multi-agent making match tradeoff system[J]. Computer Engineering, 2003, 29(15): 166-168(in Chinese).
- [13] 于尔铿, 周京阳, 张学松. 电力市场竞价模型与原理[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(1): 24-27.  
Yu Erkeng, Zhou Jingyang, Zhang Xuesong. Bidding model and bidding principle for power markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(1): 24-27(in Chinese).
- [14] 姚建刚. 区域电力市场竞价交易结构与模式的探讨[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(22): 23-26.  
Yao Jiangan. Discussion on bidding frame and mode of regional electricity market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(22): 23-26(in Chinese).
- [15] 杜松怀. 电力市场交易模式的现状与发展趋势[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(4): 56-62.  
Du Songhuai. Situation and development about transaction models of power markets[J]. Journal of China Agricultural University, 2001, 6(4): 56-62(in Chinese).
- [16] 曹琰, 杨建华. 透明电能交易平台现身华中电网[N]. 华中电力报, 2007-04-13(1).



杨建华

收稿日期: 2007-12-12。

作者简介:

杨建华(1966—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统运行及电力市场的运行分析工作, E-mail: yjh@ccpg.com.cn;

肖达强(1964—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统运行及电力市场的运行管理工作;

唐学军(1963—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力市场的运行研究工作;

张维(1964—), 男, 高级工程师, 从事电力市场的研究工作。

(编辑 李兰欣)

(上接第 85 页 continued from page 85)

- ancillary service in regional electricity market[J]. Water Resources and Power, 2008, 26(3): 188-191(in Chinese).
- [11] 林笃学. 福建电网水火电联合经济调度的探讨[J]. 福建电力与电工, 2001, 21(3): 54-57.  
Lin Duxue. Research on hydro-thermal dispatching coordination in fujian network[J]. Fujian Power and Electrical Engineering, 2001, 21(3): 54-57(in Chinese).
- [12] 蔡华祥, 高孟平, 谢一工. 云南电网水火电联合经济运行决策系统研究与应用[J]. 云南电业, 2005(12): 31-32.  
Cai Huaxiang, Gao Mengping, Xie Yigong. Research on operation system of hydro-thermal dispatching coordination in yunnan network [J]. Yunnan Electric Power, 2005(12): 31-32(in Chinese).
- [13] 孙正运, 裴哲义, 夏清. 减少水电弃水调峰损失的措施分析[J]. 水力发电学报, 2003(4): 1-7.  
Sun Zhengyun, Pei Zheyi, Xia Qing. Analysis of the measures to reduce the discharge loss of a hydropower station for the peak & valley balance in the flood season[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2003(4): 1-7(in Chinese).
- [14] 温权, 薛年华. 华中电网弃水成因与对策[J]. 水电能源科学, 2001, 19(2): 54-56.  
Wen Quan, Xue Nianhua. The causes of the spill and strategies in central China power network[J]. Hydroelectric Energy, 2001, 19(2): 54-56(in Chinese).
- [15] 蔡建章, 蔡华祥, 吴东平. 水电站弃水电量计算探讨[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(17): 64-65.  
Cai Jianzhang, Cai Huaxiang, Wu Dongping. Calculation method for hydropower station's abandoning energy[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(17): 64-65(in Chinese).



张森林

收稿日期: 2007-08-14。

作者简介:

张森林(1978—), 男, 博士研究生, 主要从事电力市场竞价交易机制及双边交易理论、电力市场分析等方面的研究, Email: zhangsenlin\_csg@126.com。

(编辑 张玉荣)