

# 火电机组年合同电量的编制与分解算法研究

张力<sup>1,2</sup>, 刘俊勇<sup>1</sup>, 刘继春<sup>1</sup>, 刘嘉佳<sup>1</sup>, 吴志云<sup>1</sup>, 温丽丽<sup>1</sup>

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039)

**摘要:** 在传统调度、完全市场、限量竞价三种模式下, 提出了火电机组年合同电量的编制与分解算法。算法从兼顾电网调度公平性和经济性的角度出发, 以发电-负荷平衡、最大/最小发电量、机组检修计划等条件为约束, 对火电机组的年合同电量进行编制和分解。算法通过调整各种模式下交易电量的市场份额以适应市场交易机制的变化, 并对不同机制下的年合同电量提出了相应不同的编制与分解算法, 具有较强的适用性和适度的前瞻性。某地方电网算例验证了该算法的实用性和有效性。  
**关键词:** 年合同电量; 传统调度模式; 完全市场模式; 限量竞价模式; 编制算法; 分解算法

## Study on scheduling and resolution algorithm of annual contract volume for thermal power units

ZHANG Li<sup>1,2</sup>, LIU Jun-yong<sup>1</sup>, LIU Ji-chun<sup>1</sup>, LIU Jia-jia<sup>1</sup>, WU Zhi-yun<sup>1</sup>, WEN Li-li<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China;  
2. School of Electrical Engineering and Information, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** A scheduling and resolution algorithm of annual contract volume for thermal power units is proposed, which is applied on traditional distribution, complete market, competitive bidding with limited electricity quantity mode. The algorithm considers both impartiality and economy of the grid power dispatch and is restricted by the balance between generation and load, maximal/minimum power generation, maintain schedule, etc. The algorithm accordingly adapts the share of transaction electricity energy on different modes to the variety of transaction mechanism, and proposes different scheduling and resolution methods to transaction electricity energy on different mechanism, which is applicable and prefigure. The data of power grids in an area is simulated to show that the algorithm is feasible and available.

This project is supported by National Basic Research Program of China (973 Program) (No.2004CB217905).

**Key words:** annual contract volume; traditional distribution mode; complete market mode; competitive bidding with limited electricity quantity mode; scheduling algorithm; resolution algorithm

中图分类号: TM73; F123.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)04-0064-06

## 0 引言

随着电力体制改革的不断深化, 我国电力工业逐步向市场化迈进, 而市场化的第一步就是发电侧开发, 即“厂网分开”。在这种情况下, 电力市场的交易主要发生在发电商和电网之间, 交易机制采取厂网双方预先签订购售电合同和竞价上网形式, 或者两种形式并存。从电网的角度来看, 如何确定电厂(特别是火电机组)的年合同电量, 成为厂网双方各种交易形式的关键。

目前, 我国各省网公司普遍采用的是传统调度模式, 这种模式是在考虑电网安全约束的前提下, 以确保同类型火电机组全年购电合同水平相当(或全年利用小时数相当)并考虑各种综合修正因素为目标, 它对保证电网的发电-负荷平衡, 减小调峰压力也是很有利的。

随着市场的不断开放和交易机制的不断完善, 在计划模式中逐步进行市场竞价交易。过渡时期, 省网公司将考虑采用厂网双方预先签订购售电合同和竞价上网并存的交易形式来确定年电量合同, 即限量竞价模式。这种模式是以兼顾电网安全

**基金项目:** 973 国家重点基础研究发展计划专项资助项目 (2004CB217905)

运行的合理性与经济性为目标的。

当电力工业市场化机制最终建立后,省网公司将完全开放年合同市场,进行规范的市场竞价交易来确定年电量合同,即完全市场模式。这种模式是以电网购电成本最小为目标。

在确定年度电量合同的基础上,如何将各火电机组的年合同电量进行合理分解同时兼顾系统安全约束得到机组月度发电计划也是电网优化调度、降低购电成本,从而进一步提高电网安全经济运行水平,增加电网公司经济效益的重要问题。

基于上述问题,本文提出了在传统调度、完全市场、限量竞价三种模式下,火电机组年合同电量的编制与分解算法。算法流程如图1所示。

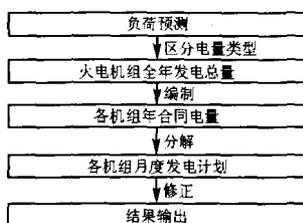


图1 火电机组年合同电量的编制与分解算法流程

Fig.1 Flow of scheduling and resolution algorithm of annual contract volume for thermal power units

### 1 编制算法

考虑发电—负荷平衡、机组年最大/最小发电量等约束条件,在传统调度、完全市场、限量竞价三种模式下对火电机组年发电总量进行编制,得到各机组年合同电量。

假设上年末,某电网共有 $n$ 台火电机组,机组额定容量为 $Q_{Ni}$ ,最大有功出力为 $P_{i,max}$ ,最小有功出力为 $P_{i,min}$ , $i=1,2,\dots,n$ 。本年度,全网共有 $m$ 台新机组并网运行,新投运机组额定容量为 $Q_{Nj}$ ,投运时间为 $X_j$ 月 $Y_j$ 日,其中 $X \in [1,12], Y \in [1,31]$ ,最大有功出力为 $P_{j,max}$ ,最小有功出力为 $P_{j,min}$ , $j=n+1, n+2,\dots, n+m$ 。

#### 1.1 确定火电机组年发电总量及市场份额

年前,根据负荷预测得到系统全年发电总量,扣除水电年发电总量(由丰水期、枯水期不同水文特性综合考虑确定)、年跨区域外送电量以及预留电量(一般占电网年发电总量的15%~20%)等后,得到系统火电机组的年发电总量 $w_h$ 。

为了更好地区分传统调度、完全市场、限量竞价三种模式,将火电机组的年发电总量 $w_h$ 分为两部分:年基数电量 $w_{h1}$ 和年竞价上网电量 $w_{h2}$ 。

$$\begin{cases} W_{h2} = \lambda \times W_h \\ W_h = W_{h1} + W_{h2} \end{cases} \quad (1)$$

式中 $\lambda$ 为竞价上网电量占年发电总量的百分比,即竞价电量的市场份额:

- 1)  $\lambda=0$ 时,  $W_{h1} = W_h$ , 即传统调度模式;
- 2)  $\lambda=100\%$ 时,  $W_{h2} = W_h$ , 即完全市场模式;
- 3)  $0 < \lambda < 100\%$ 时, 即限量竞价模式,  $\lambda$ 通常取10%~20%。

调度中心可以通过 $\lambda$ 的变化对编制模式进行选择调整。

#### 1.2 传统调度模式

传统调度模式下,年合同电量的编制是通过火电机组年利用小时数相等或相当,并考虑各种综合因素进行修正或调整后进行编制,以确保各同类型机组年合同电量水平相当。算法步骤如下:

- 1) 按照投运时间对新机组进行容量折算,得到折算后新机组的额定容量 $Q'_{Nj}$ ,最大/最小有功出力为 $P'_{j,max}/P'_{j,min}$ 。
- 2) 将系统等效为单机模式(包含所有固有机组和折算后的新投运机组),确定系统火电机组的年平均利用小时数 $T_p$ 。
- 3) 初步确定每台火电机组的年合同电量 $Q_i$ , $i=1,2,\dots,n+m$ 。

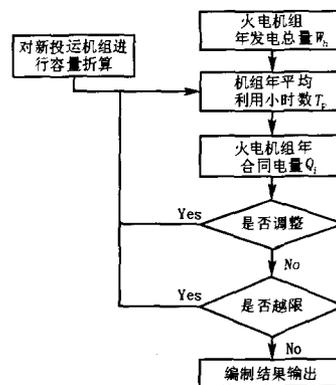


图2 传统调度模式下年合同电量编制流程

Fig.2 Flow of scheduling algorithm of annual contract volume on traditional distribution mode

4) 出于对电网安全经济运行的综合考虑,调度管理人员可对个别机组的年合同电量初步编制结果进行修正或调整,调整后的机组不再参加全网年合同电量的编制。

5) 对于不满足年最大/最小发电量约束条件的机组,根据越限量多少排队调整其年合同电量等于约束限制的边界电量,调整后的机组不再参加全网

年合同电量的编制。

6) 编制结果输出, 得到传统调度模式下火电机组的年合同电量  $Q_i, i=1,2,\dots,n+m$ 。算法流程如图 2 所示。

### 1.3 完全市场模式

完全市场模式是在规范的市场竞价交易机制下, 将市场需求的的全部电量作为竞价电量来进行年合同电量编制。但由于我国大部分地区仍采用“一机一价”的电价形式, 电厂(机组)执行由发改委核定的单一电价。因此在完全市场模式下, 采用单一电价排队法对火电机组年合同电量进行编制, 同时考虑约束条件, 使电网购电成本达到最小。算法步骤如下:

1) 读取火电机组申报数据: 上网电价  $p_i$ 、年竞价电量  $E_i$ , 并按照申报电价由低到高的顺序对机组进行排队(注: 同一电价的机组按编号由小到大排列);

2) 按照电价排队顺序购买电量, 直至满足发电一负荷平衡, 得到边际电价  $p_{av}$  及其对应的边际机组;

3) 由边际电价  $p_{av}$  得到系统边际电量, 按照边际机组申报的年竞价电量比例对边际电量进行编制, 得到边界机组年合同电量  $E'_i$ 。

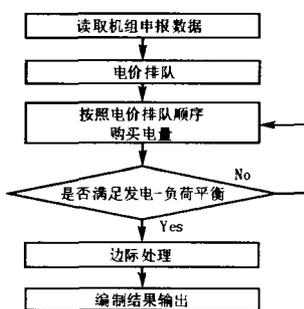


图 3 完全市场模式下年合同电量编制流程

Fig.3 Flow of scheduling algorithm of annual contract volume on complete market mode

4) 编制结果输出。完全市场模式下, 火电机组年合同电量  $Q_i$  为:

$$Q_i = \begin{cases} E_i, & p_i < p_{av} \\ E'_i, & p_i = p_{av} \\ 0, & p_i > p_{av} \end{cases} \quad (2)$$

算法流程如图 3 所示。

### 1.4 限量竞价模式

限量竞价模式是将市场需求的一部分电量(通常为 10%~20%)作为竞价电量进行火电机组年合

同电量的编制, 剩余的电量则按照传统调度模式进行机组年合同电量的编制<sup>[3]</sup>。算法步骤如下:

1) 调节  $\lambda$  的大小, 分别确定年基数电量  $w_{h1}$  和年竞价电量  $w_{h2}$  的市场份额。

2) 对于年基数电量  $w_{h1}$ , 编制算法同“传统调度模式”, 得到各机组在年基数电量下的编制结果  $Q_{i1}$ 。

3) 对于年竞价电量  $w_{h2}$ , 编制算法同“完全市场模式”, 得到各机组在年竞价电量下的编制结果  $Q_{i2}$ 。

4) 将各机组在年基数电量下的编制结果  $Q_{i1}$  和在年竞价电量下的编制结果  $Q_{i2}$  两部分相加, 得到火电机组在限量竞价模式下的年合同电量  $Q_i$ 。算法流程如图 4 所示。

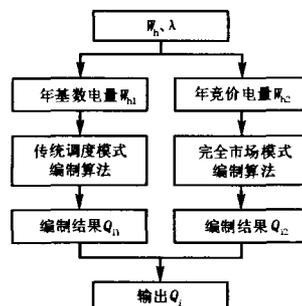


图 4 限量竞价模式下年合同电量编制流程

Fig.4 Flow of scheduling algorithm of annual contract volume on competitive bidding with limited electricity quantity mode

### 1.5 约束条件

1) 发电一负荷平衡约束

最基本的线性等式约束条件, 系统要满足发电一负荷平衡, 编制得到的合同电量要满足负荷需求。

$$W_h = \sum_{i=1}^{m+n} Q_i \quad (i=1,2,\dots,n+m)$$

2) 安全最小发电量约束

出于安全考虑, 由电网设定各电厂(机组)年安全最小发电量  $Q_{i,min}$ , 约束形式为线性不等式下限约束。

$$Q_{i,min} \leq Q_i \quad (i=1,2,\dots,n+m)$$

3) 最大发电量约束

通过机组最大有功出力设定机组的年最大发电量  $Q_{i,max}$ , 约束形式为线性不等式上限约束。

$$Q_i \leq Q_{i,max} \quad (i=1,2,\dots,n+m)$$

## 2 分解算法

在编制得到系统各火电机组年合同电量的基础上, 根据全网典型月负荷曲线将机组年合同电量分解到月, 得到各机组年合同电量基础上的月度发电计划, 同时考虑系统发电-负荷平衡、机组月最大/最小发电量、机组检修计划等约束条件对分解结果进行修正<sup>[1]</sup>。

假定  $k$  表示月份,  $k=1,2,\dots,12$ 。不考虑机组随机停运和负荷随机波动, 确定性机组年合同电量分解算法步骤如下:

1) 由编制算法得到系统各火电机组在不同模式下的年合同电量  $Q_i$ 。

2) 由负荷预测得到的典型月负荷曲线并扣除水电月发电总量 (由丰水期、枯水期不同水文特性综合考虑确定)、月跨区域外送电量以及预留电量等确定月负荷预测火电发电总量  $W_{Lk}$ 。

3) 确定各机组年合同电量占系统火电机组年发电总量的比例  $Q_i/W_k$ 。

4) 根据月负荷预测电量和各机组年合同电量所占比例, 得到各火电机组年合同电量基础上的月度发电计划  $Q_{ik}$ 。

### 2.1 新投运机组及机组检修计划修正模型

在分解算法中, 可以将新投运机组按照机组检修计划模型进行处理, 即新机组投运前的时间可以看作机组检修期, 处理方法同检修计划模型。

火电机组一般每年都有几次检修, 这将对厂网双方合同执行产生影响。但电厂通常会在年初向电网提交机组检修计划, 这样调度中心能够在机组年合同电量基础上协调安排其月度发电计划。

假定机组  $i, i=1,2,\dots,n+m$ , 在第  $k$  月检修  $t_{ik}$  天, 第  $k$  月共  $T_k$  天,  $k=1,2,\dots,12$ 。检修计划对分解结果的修正步骤如下:

1) 根据负荷曲线分解合同电量后, 考虑检修计划, 把检修期内的合同电量均匀分配到该机组的其它时段, 以保证机组自身年合同总量不变。

2) 由于机组检修期内不分配合同电量, 所以当月分解得到的机组合同电量总和不能满足当月的负荷需求。将该月发电-负荷不平衡电量按照容量比例分摊到本月未检修的其它机组。

3) 由于本月未检修的机组承担了当月发电-负荷不平衡电量, 因此在其之后的正常运行时段内应相应均匀地扣除本月多承担的电量, 以保证机组自身年合同总量不变。

4) 循环步骤 2)~3), 直至第 12 月结束。修正流程如图 5 所示。

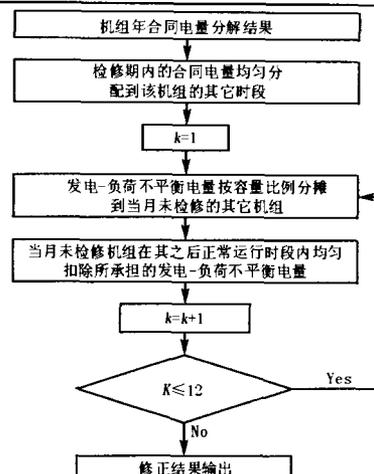


图 5 检修计划对年合同电量分解结果的修正流程

Fig.5 Amendatory flow of resolution result of annual contract volume by maintenance schedule

### 2.2 月最大/最小发电量约束模型

出于电网安全考虑, 根据机组最大/最小有功出力设定火电机组月最大/最小发电量  $Q_{ik,max}/Q_{ik,min}$ , 并对机组年合同电量分解结果进行约束修正:

$$Q_{ik,min} \leq Q_{ik} \leq Q_{ik,max} \quad (i=1,2,\dots,n+m)$$

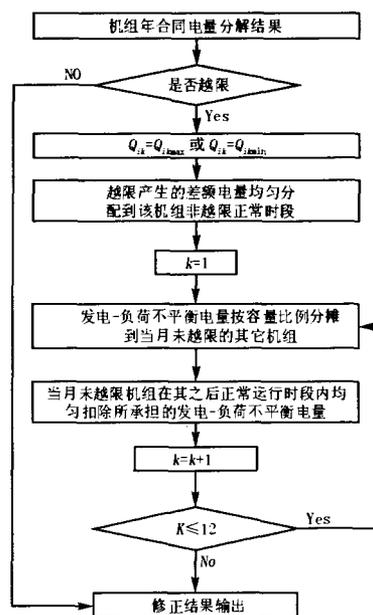


图 6 月最大/最小发电量对年合同电量分解结果的修正流程

Fig.6 Amendatory flow of resolution result of annual contract volume by monthly maximal/minimum power generation

机组月最大/最小发电量约束对分解结果的修正步骤如下:

1) 若机组年合同电量分解结果不满足月最大/最小发电量约束限制, 则令其结果相应地等于其月

发电量的极限值。

2) 由于对越限机组当月发电量的调整, 故将其越限所产生的差额电量均匀分配到该机组非越限的正常运行时段内。

3) 由于机组越限, 所以当月分解得到的机组合同电量总和不能满足当月的负荷需求。将该月发电一负荷不平衡电量按照容量比例分摊到本月未越限的其它机组 (注意不平衡电量值的正负)。

4) 由于本月未越限机组承担了当月发电一负荷不平衡电量, 因此在其之后的正常运行时段内相应均匀地扣除本月多承担的电量, 以保证机组自身年合同总量不变。

5) 循环步骤 3)~4), 直至第 12 月结束。修正流程如图 6 所示。

### 2.3 算法流程

分解算法流程如图 7 所示。

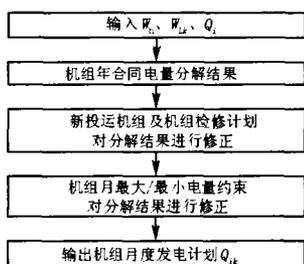


图 7 火电机组年合同电量分解流程

Fig.7 Flow of resolution algorithm of annual contract volume for thermal power units

### 3 仿真算例

表 2 不同模式下火电机组年合同电量的分解结果

Tab.2 Resolution result of annual contract volume for thermal power units on different modes

| 电厂 机组 | 火电机组年合同电量基础上的月度发电计划 /MW·h |            |            |     |            |            |            |     |            |            |            |     |            |
|-------|---------------------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|-----|------------|
|       | 传统调度模式                    |            |            |     | 完全市场模式     |            |            |     | 限量竞价模式     |            |            |     |            |
|       | 一月                        | 二月         | ...        | 十二月 | 一月         | 二月         | ...        | 十二月 | 一月         | 二月         | ...        | 十二月 |            |
| A     | 1                         | 0.00       | 0.00       | ... | 6 838.81   | 0.00       | 0.00       | ... | 8 252.02   | 0.00       | 0.00       | ... | 8 338.02   |
|       | 2                         | 21 725.30  | 21 846.60  | ... | 21 932.80  | 22 051.50  | 22 541.20  | ... | 22 045.70  | 19 107.10  | 19 621.30  | ... | 18 890.60  |
|       | 3                         | 15 308.20  | 15 385.50  | ... | 15 834.00  | 17 334.50  | 17 647.60  | ... | 18 245.10  | 13 609.80  | 13 967.40  | ... | 13 734.20  |
| B     | 4                         | 16 420.80  | 16 493.70  | ... | 16 101.50  | 18 456.20  | 18 749.30  | ... | 18 072.30  | 16 577.70  | 16 888.40  | ... | 16 164.40  |
|       | 5                         | 0.00       | 0.00       | ... | 6 570.58   | 0.00       | 0.00       | ... | 7 364.38   | 0.00       | 0.00       | ... | 6 632.53   |
| C     | 6                         | 56 489.80  | 56 761.30  | ... | 54 574.80  | 28 258.00  | 30 354.30  | ... | 21 657.00  | 50 724.20  | 52 115.90  | ... | 47 771.10  |
| D     | 7                         | 151 396.00 | 152 144.00 | ... | 152 856.00 | 163 645.00 | 166 855.00 | ... | 164 531.00 | 149 432.00 | 152 739.00 | ... | 149 572.00 |
| E     | 8                         | 188 295.00 | 173 916.00 | ... | 205 347.00 | 195 902.00 | 175 971.00 | ... | 212 150.00 | 196 150.00 | 176 792.00 | ... | 214 399.00 |
| F     | 9                         | 0.00       | 0.00       | ... | 28 016.70  | 0.00       | 0.00       | ... | 31 751.70  | 0.00       | 0.00       | ... | 28 281.80  |
|       | 10                        | 29 991.30  | 30 144.60  | ... | 30 121.50  | 33 978.50  | 34 573.10  | ... | 34 124.10  | 34 025.10  | 34 567.80  | ... | 34 410.10  |
| 总计    |                           | 479 626.40 | 466 691.70 | ... | 538 193.70 | 479 625.70 | 466 691.50 | ... | 538 193.30 | 479 625.90 | 466 691.80 | ... | 538 193.80 |
| 预测电量  |                           | 479 625.47 | 466 691.59 | ... | 538 193.38 | 479 625.47 | 466 691.59 | ... | 538 193.38 | 479 625.47 | 466 691.59 | ... | 538 193.38 |

以某地方电网模拟数据为例: 上年末, 系统共 A~F 六个电厂 7 台火电机组; 本年度, 新增 3 台机组 (#1、5、9) 并网运行, 已知投运时间。已知: 火电机组基本参数, 申报数据, 最大/最小发电量, 检修计划, 系统负荷预测曲线等。年初, 由负荷预测并扣除水电发电量、外送电量以及预留电量得到火电机组年发电总量为 5 000 000 MW·h。

在传统调度、完全市场、限量竞价三种模式下, 火电机组年合同电量编制结果见表 1。

表 1 不同模式下火电机组年合同电量的编制结果

Tab.1 Scheduling result of annual contract volume for thermal power units on different modes

| 电厂 机组  | 火电机组年合同电量/MW·h |              |              |
|--------|----------------|--------------|--------------|
|        | 传统调度           | 完全市场         | 限量竞价         |
|        | A 机组 1         | 54 404.43    | 63 517.80    |
| 机组 2   | 209 848.00     | 212 800.00   | 188 863.20   |
| B 机组 3 | 149 891.40     | 168 000.00   | 134 902.30   |
|        | 机组 4           | 149 891.40   | 168 000.00   |
| 机组 5   | 6 570.58       | 7 364.38     | 6 632.53     |
| C 机组 6 | 599 565.70     | 306 202.50   | 539 609.10   |
| D 机组 7 | 1 558 871.00   | 1 680 000.00 | 1 540 266.00 |
| E 机组 8 | 1 798 697.00   | 1 864 800.00 | 1 864 800.00 |
| F 机组 9 | 172 477.80     | 193 315.10   | 174 104.00   |
|        | 机组 10          | 299 782.80   | 336 000.00   |
| 总计     | 5 000 000.11   | 4 999 999.78 | 4 999 999.63 |

在编制得到系统各火电机组年合同电量的基础上, 根据全网典型月负荷曲线将机组年合同电量分解到月。在不同模式下, 火电机组年合同电量分解结果见表 2。

从计算结果可看出:

- 1) 三种模式下均满足年、月发电一负荷平衡。
- 2) 三种模式下每台火电机组(除去新投运机组)发电量曲线都和全网负荷曲线保持一致, 发电量曲线叠加后依然保持一致。
- 3) 在三种模式下, 从综合水火电联合优化的角度看, 参与年合同市场的火电机组都起到了削峰填谷作用, 调峰任务有很大缓解。

#### 4 结束语

针对我国电力工业不断深化改革, 电力市场逐步建立和完善的特点, 提出了一种在不同模式下火电机组年合同电量编制与分解算法, 并给出完整详细的算法流程。依照该算法设计的经济调度系统已在现场试运行, 证明切实可行。

通过本文, 需要进一步讨论的问题:

- 1) 水火电配合的问题。特别是在丰水期、枯水期水文特性差别较大的时候, 如何进一步考虑水火电联合优化中机组电量的编制与分解。
- 2) 在保证顺利完成年合同电量的基础上, 按照预测负荷曲线, 如何将年合同电量进一步分解到每一天的每一时段, 以达到削峰填谷的作用。
- 3) 如何建立月合同市场和日合同市场, 并如何综合年合同电量得到日发电计划以及实时发电计划(48或96个交易日)。
- 4) 算法与机组实际发电量的配合问题, 即如何对发电计划进行滚动修正。

#### 参考文献

- [1] 余志文, 郭晓忠, 于尔铿, 等. 发电侧电力市场中合同电量的一种实现方法[J]. 中国电力, 2000, 33(11): 76-78.  
YU Zhi-wen, GUO Xiao-zhong, YU Er-keng, et al. A Method to Implement Contracts in Generation Deregulated Power Market[J]. Electric Power, 2000, 33(11): 76-78.
- [2] 于尔铿, 韩放, 谢开, 等. 电力市场[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

- [3] 尚金成, 黄永皓, 夏清, 等. 电力市场理论研究与应  
用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.  
SHANG Jin-cheng, HUANG Yong-hao, XIA Qing, et al. Research on Electricity Market Theory and Its Applications[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [4] 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 Er-keng, ZHOU Jing-yang, ZHANG Xue-song. Bidding Model and Bidding Principle for Power Markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(1): 24-27.
- [5] Steinberg M J, Smith T H. Economic Loading of Steam Power Plants and Electric Systems[M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1943.
- [6] 王锡凡. 关于我国电力市场的研究[J]. 中国电力, 2000, 33(1): 6-8, 97.  
WANG Xi-fan. Study Topics of Power Market in China[J]. Electric Power, 2000, 33(1): 6-8, 97.
- [7] 戴铁潮, 张丹. 确定性合约电量分解算法在浙江发电市场的应用[J]. 华东电力, 2000(10): 7-9, 59.  
DAI Tie-chao, ZHANG Dan. Application of Resolving Computation of Decisive Contract Electric Energy in Zhejiang Generation Power Market[J]. East China Electric Power, 2000(10): 7-9, 59.
- [8] 沈瑜, 夏清, 康重庆. 中国电力市场模式的探讨[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(4): 6-9.  
SHEN Yu, XIA Qing, KANG Chong-qing. A Novel Model for Restructuring of Electric Power Industry in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(4): 6-9.
- [9] 李其智, 任震, 余志文. 基于合同电量滚动分解算法的合同管理系统[J]. 广东电力, 2000, 15(3): 76-78, 81.  
LI Qi-zhi, REN Zhen, YU Zhi-wen. The Contract System Basing Contract Rolling Method[J]. Guangdong Electric Power, 2000, 15(3): 76-78, 81.

收稿日期: 2006-10-13

作者简介:

张 力(1982-), 男, 硕士研究生, 从事电力市场等方面研究; E-mail: zhangli.xhu@163.com  
刘俊勇(1963-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事电力市场等领域的研究。

(上接第 63 页 continued from page 63)

- [8] 朱法华, 王志轩. 经济手段在火电厂 SO<sub>2</sub> 污染控制中的应用[J]. 电力环境保护, 2001, 17(2).  
ZHU Fa-hua, WANG Zhi-xuan. Application of Economical Measures to the SO<sub>2</sub> Pollution Control in Coal-fired Power Plants [J]. Electric Power Environmental Protection, 2001, 17(2).

收稿日期: 2006-09-25; 修回日期: 2006-10-13

作者简介:

周英彪(1968-), 男, 副教授, 从事煤燃烧领域的应用基础研究;  
贺广中(1981-), 男, 硕士, 从事机组启停优化研究。  
E-mail: heguangzhongmail@163.com