

# 电力市场定价机制对不同类型机组配置结构的影响

吕 魁<sup>1</sup>, 胡汉辉<sup>1</sup>, 胡绪华<sup>1,2</sup>

(1. 东南大学集团经济与产业组织研究中心, 江苏省南京市 210096; 2. 江苏大学财经学院, 江苏省镇江市 212013)

**摘要:** 电力市场中的定价机制主要包括电力交易所一部制电价和电力库两部制电价 2 种。定价机制不仅对总装机容量产生影响, 也会使机组的类型配置偏离社会最佳组合, 最终导致总发电成本的上升。在完全竞争的电力市场中, 研究了 2 种定价机制对不同类型发电机组配置结构的影响, 发现电力库模式中的容量费用会导致峰荷机组的过度投资, 而附加费用和高峰需求的不确定性会导致基荷机组的过度投资。

**关键词:** 机组配置; 一部制电价; 两部制电价; 容量费用; 附加费用; 电力市场

**中图分类号:** TM73; F123.9

## 0 引言

电力市场化改革的目标之一是使政府垄断和价格控制减至最小, 尽可能采用市场机制来确定电力价格。现行的电力市场定价机制包括电力交易所模式的一部制电价和电力库模式的两部制电价 2 种机制<sup>[1]</sup>。一部制电价只含能量市场的出清价, 不含附加费用, 而两部制电价是在市场出清价的基础上增加容量费用。学者们对定价机制对装机容量的影响进行了深入研究。文献[2]认为须建立容量费用的机制以最终保证长期电力供应的充裕性。文献[3]认为单一的能量电价能正确引导发电商对装机容量的投资。此外, 文献[4]分析了装机容量市场的价格水平对发电容量的影响。文献[5]在考虑限电损失和停电风险的基础上研究了最优装机容量问题。文献[6]分析了国内装机容量的过度投资行为。文献[7]在歧视定价和统一定价模式下分析了生产者的总利润、消费者剩余和整个社会福利。文献[8]基于实物期权理论, 研究了单一电价、容量费用及容量市场对装机容量的影响。到目前为止, 研究定价机制对发电机组配置结构影响的文献还不多见。

为了适应变化的电力需求, 发电机组通常分为基荷机组、腰荷机组、循环机组和峰荷机组等<sup>[9]</sup>。不同类型的机组其成本结构不同, 如果机组的配置结构与负荷需求相适应, 则发电产生的社会总成本将会最少。在电力市场发电侧已引入竞争机制的情况下, 显然不同的价格机制会影响发电厂商对不同类型机组的投资选择。

本文分别探讨了电力库和电力交易所模式对装机容量和不同类型机组容量配置结构的影响, 并与社会最佳装机容量和容量配置结构相对比; 进一步分析了当高峰需求存在波动性时, 考虑启动成本时电力库模式的附加费用对不同类型机组的容量配置结构的影响。

## 1 模型假设和问题简化

为分析方便, 不失一般性, 本文假设有 2 种发电机组, 一是基荷机组, 二是峰荷机组。这种分类足以讨论问题的本质, 更细的分类只是增加讨论过程的复杂性, 并不改变结论。每类机组的平均成本为<sup>[11]</sup>:

$$A = \frac{F}{f} + C \quad (1)$$

式中:  $F$  为发电机组的固定投资按机组寿命分期偿还的折旧成本;  $C$  为边际成本;  $f$  为归一化的发电持续时间, 指单位装机容量在 1 a 中用于发电的时间除以 1 a 总时间(8 760 h), 也反映了单位装机容量在 1 a 中被调用的概率。

基荷与峰荷机组固定成本间的关系为  $F_b > F_p$ , 而可变成本间的关系为  $C_b < C_p$ , 各种机组的  $f \leq 1$ ; 下标 b, p 分别指基荷机组、峰荷机组。

现实情况中, 基荷机组与峰荷机组的成本间存在以下关系:

$$C_p - C_b > F_b - F_p \quad (2)$$

在需求方面, 假设归一化持续负荷曲线如图 1 所示。图中,  $Q$  为用电量,  $Q_1$  为基本电力需求, 小于  $Q_1$  的负荷持续时间覆盖全年。假设社会用电最高需求为  $Q_4$ 。  $Q_2$  至  $Q_3$  段负荷为高峰需求, 由峰荷机组提供;  $f_p$  为峰荷机组的最大持续时间, 也是基荷机组提供电力的最小持续时间; 而  $Q_3$  至  $Q_4$  段负荷

收稿日期: 2008-02-26; 修回日期: 2008-03-19。  
国家自然科学基金资助项目(70473013)。

超过了总装机容量,为尖峰需求,对应的时间是失负荷时间 $f_s$ 。

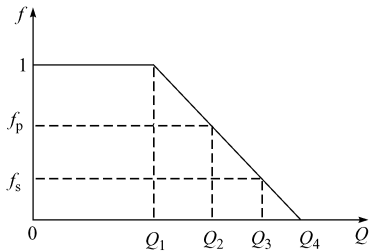


图1 归一化的持续负荷曲线  
Fig.1 Normalized load duration curve

负荷曲线由图中数据可得方程:

$$f = \begin{cases} 1 & 0 \leq Q < Q_1 \\ \frac{Q_4 - Q}{Q_4 - Q_1} & Q_1 \leq Q \leq Q_4 \end{cases} \quad (3)$$

## 2 社会最佳装机容量

当需求一定时,机组总成本最小化即为社会最优解。根据文献[1]中利用筛选曲线确定机组配置的方法可知,当峰荷机组的平均成本小于或等于基荷机组的平均成本时,即 $A_p \leq A_b$ 成立时,机组的总成本最小。取等式并结合式(1)可得基荷机组最优发电时间为:

$$f_p = \frac{F_b - F_p}{C_p - C_b} \quad (4)$$

当发电时间大于 $f_p$ 时调用基荷机组,发电时间小于 $f_p$ 时调用峰荷机组,这样发电机组的总成本最小。

由式(1)、式(4)可得基荷机组的社会最佳装机容量为:

$$Q_2 = Q_4 - \frac{F_b - F_p}{C_p - C_b} (Q_4 - Q_1) \quad (5)$$

失负荷时间 $f_s$ 为:

$$\frac{F_p}{f_s} + C_p = V_L \quad (6)$$

式中: $V_L$ 为失负荷价值,指用户为避免停电而愿意支付的保险金<sup>[10]</sup>,以中断单位负荷时用户损失的价值<sup>[11]</sup>表示,代表社会多用1单位电量的边际收益。

式(6)等号左边为峰荷机组的平均成本,代表社会多投资1单位发电容量产生的边际投资成本。当式(6)成立时,得到社会最佳的失负荷时间。由式(3)、式(5)和式(6)可解得峰荷机组最佳装机容量为:

$$Q_3 - Q_2 = \left[ \frac{F_p - F_b}{C_p - C_b} - \frac{F_p}{V_L - C_p} \right] (Q_4 - Q_1) \quad (7)$$

由式(5)、式(7)得社会最佳总装机容量为:

$$Q_3 = Q_4 - \left[ \frac{F_p}{V_L - C_p} \right] (Q_4 - Q_1) \quad (8)$$

## 3 电力库模式容量费用的影响

### 3.1 英国电力库模式定价规则

在英国电力库模式的运行规则下,对中标机组采用两部制电价,包括系统边际价格和容量费用<sup>[10]</sup>,其公式为:

$$S_R = S_{MP} + L_{OLP}(V_L - S_{MP}) \quad (9)$$

式中: $S_{MP}$ 为系统边际价格; $L_{OLP}$ 为失负荷概率,其意义同 $f_s$ ,由规划编制者根据预测的负荷量和可用发电量计算得到<sup>[10]</sup>。

当发电投资达到长期均衡时, $L_{OLP}$ 即为负荷量超过总装机容量 $Q_3$ 的概率。假设发电侧是完全竞争状态,竞价机制可保证电厂以其实际边际成本报价。对于非中标机组,在电力库模式下,只要是可用机组,虽不能获得电能费用,但可获得容量费用<sup>[6]</sup>。

### 3.2 峰荷机组固定投资的回收

在电力库模式下,因为有容量费用作为对固定投资的补偿,在完全竞争条件下,理想状态下不产生尖峰电价。因此,峰荷机组刚好可以回收固定投资的长期均衡条件为:

$$F_p = L_{OLP}(V_L - C_b)(1 - f_p) + L_{OLP}(V_L - C_p)f_p \quad (10)$$

式(10)等号左边为峰荷机组的固定投资,等号右边为峰荷机组通过容量费用获得的收益。等号右边第1项为负荷小于 $Q_2$ 和 $S_{MP} = C_b$ 时产生的期望容量费用;第2项为负荷大于 $Q_2$ 和 $S_{MP} = C_p$ 时峰荷机组获得的期望容量费用。

### 3.3 基荷机组固定投资的回收

与分析峰荷机组类似,基荷机组刚好可以回收固定投资的均衡条件为:

$$F_b = L_{OLP}(V_L - C_b)(1 - f_p) + L_{OLP}(V_L - C_p)f_p + (C_p - C_b)f_p \quad (11)$$

式(11)等号右边为基荷机组通过容量费用和稀缺租金获得的收益。等号右边第1项和第2项的意义同式(10);第3项为 $S_{MP}$ 由 $C_b$ 上升为 $C_p$ 后,基荷机组因系统边际价格上涨而获得的稀缺租金。

由式(10)、式(11)和式(3)可得电力库模式下长期均衡时基荷机组和峰荷机组的容量分别为:

$$Q_{2w} = Q_4 - \frac{F_b - F_p}{C_p - C_b} (Q_4 - Q_1) \quad (12)$$

$$Q_{3w} - Q_{2w} = \left[ \frac{F_b - F_p}{C_p - C_b} - \frac{F_p}{V_L - C_b - (F_b - F_p)} \right] \cdot (Q_4 - Q_1) \quad (13)$$

式中:下标 $w$ 说明是电力库模式下的解。

### 3.4 电力库模式与社会最佳装机容量比较

对比式(12)、式(13)和最佳装机容量式(5)、式(7)可知,峰荷机组的装机容量偏离了社会最佳装机容量。偏离量为:

$$(Q_4 - Q_1) \frac{F_p(F_p - F_b + C_p - C_b)}{(V_L - C_b - F_b + F_p)(V_L - C_p)} > 0 \quad (14)$$

现实中,  $V_L > C_b + F_b$  和  $V_L > C_p$ , 分母大于0。由式(2)可知分子大于0, 式(14)成立。

式(14)说明电力库模式的容量费用对于发电投资的激励超过社会最佳状态, 这将导致电费中容量费用的支出份额增加。事实上, 1990年后英国电力库运行期间产生的容量费用大幅增长<sup>[11]</sup>。这一时期, 装机容量增长和发电成本下降, 但电费反而增加, 与容量费用的补偿方式有一定关系。

### 4 电力交易所一部制电价的影响

电力交易所是一个不使用(整体化)附加费用的集中市场, 中标机组的收入等于系统的边际报价, 不对机组的容量费用进行额外补偿<sup>[1]</sup>。仍只考虑完全竞争的市场结构。当用电量  $Q < Q_2$  时,  $S_{MP} = C_b$ ; 当用电量  $Q_2 < Q \leq Q_3$  时,  $S_{MP} = C_p$ ; 当用电量  $Q > Q_3$  时, 可以近似认为发电的边际成本直线上升, 达到价格上限。价格上限的设定在理想状态下为  $S_{cap} = V_L$ 。

在上述电力交易所定价模式下, 可得峰荷机组回收固定成本的长期均衡条件为:

$$F_p(Q_3 - Q_2) = f_s(S_{cap} - C_p)(Q_3 - Q_2) \quad (15)$$

由式(15)、式(3)可得总装机容量  $Q_3$  为:

$$Q_3 = Q_4 - \left[ \frac{F_p}{V_L - C_p} \right] (Q_4 - Q_1) \quad (16)$$

基荷机组回收固定成本的均衡条件为:

$$F_b Q_2 = (S_{cap} - C_b) f_s Q_2 + (C_b - C_p) f_p Q_2 \quad (17)$$

由式(15)、式(16)和式(3)可得基荷机组与峰荷机组的装机容量为:

$$Q_2 = Q_4 - \frac{F_p - F_b}{C_p - C_b} (Q_4 - Q_1) \quad (18)$$

$$Q_3 - Q_2 = \left[ \frac{F_p - F_b}{C_p - C_b} - \frac{F_p}{V_L - C_p} \right] (Q_4 - Q_1) \quad (19)$$

式(18)、式(19)与式(5)、式(7)中社会最佳机组配置结构一致。电力交易所模式的单一制定价在完全竞争市场中, 可以给出正确的经济信号, 引导发电厂对发电机组类型进行合理配置。

美国的得州电力市场使用类似电力交易所的机制, 其电力市场运行总体上是一个稳定、健康、公平

的市场<sup>[12]</sup>。但同时, 美国的加州电力市场也采取了类似的单一制定价, 却经历了一场严重危机<sup>[13]</sup>, 这种定价机制之外仍有其他因素对电力市场的运行至关重要。通过对模型分析及实际案例对比, 说明电力交易所模式不失为一个值得参考的改革模式, 在一定的条件下, 单一制定价方式不仅可以使发电厂回收固定投资, 而且可以给出适当的经济信号, 产生最佳的机组配置结构。

### 5 需求不确定性、启动成本和附加费用对机组配置结构的影响

当考虑发电机组的启动成本时, 电力供应边际成本表现出非凸性。在美国 PJM 电力库模式下, 发电厂可以递交“三部分”多维投标, 即启动成本投标、空载成本投标和电量投标<sup>[7]</sup>。电量投标按节点边际电价出清, 这类似于系统边际价格。一旦一个发电机组提供服务, 电力库将以附加费用的形式保证其他成本的回收。该电力库模式与英国电力库模式不同之处在于没有容量费用, 但为弥补其他成本, 设置了附加费用。当需求的高峰期存在随机波动时, 这种以附加费用来补偿启动成本(暂不考虑空载成本)的方法, 对电力投资存在一定的导向性作用。

假设基荷机组的启动成本为  $B_c$ 。按每天启动1次计算, 而峰荷机组假设不存在启动成本。在不存在随机波动的情况下, 竞争性发电厂投资的长期均衡为:

$$\begin{cases} F_b + \frac{B_c}{24} = (S_{cap} - C_b) f_s + (C_p - C_b) f_p \\ F_p = f_s (S_{cap} - C_p) \end{cases} \quad (20)$$

可得出每天的高峰需求和尖峰需求的期望时间为:

$$\begin{cases} D_p = \frac{24F_b + B_c - 24F_p}{C_p - C_b} \\ D_s = \frac{24F_p}{S_{cap} - C_p} \end{cases} \quad (21)$$

如果当天高峰需求和尖峰需求分别为  $D_p$  和  $D_s$ , 对基荷机组的调用可补偿固定成本和启动成本, 则不产生附加费用。

假设1d中高峰需求的持续时间  $t_p$  符合某一概率分布, 概率密度函数为  $g_p(t_p)$ , 其期望值为  $D_p$ 。尖峰需求的持续时间  $t_s$  是一个条件分布, 即存在高峰需求的条件下, 才有可能发生尖峰需求。假设条件概率密度函数为  $g_s(t_s | t_p)$ , 则开机当天基荷机组的期望收益为(推导见附录A):

$$R = \iint_{B_c, y} (B_c - y) g_s(t_s | t_p) g_p(t_p) dt_s dt_p + \iint g_s(t_s | t_p) g_p(t_p) dt_s dt_p \quad (22)$$

式中:  $y = (C_p - C_b)t_p + (S_{cap} - C_p)t_s$

式(22)等号右边第1项表明,当高峰需求和尖峰需求的持续时间不够长、启动成本大于稀缺租金时,由电力库向发电厂商支付附加费用以补偿启动成本,第2项则是基荷机组获得的稀缺租金的期望值。

期望收益随需求波动而变化的趋势见图2,具体计算结果见附录A。

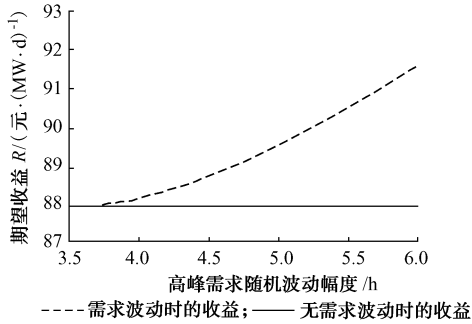


图2 预期收益与高峰需求不确定程度

Fig. 2 Expected revenue vs. peak-demand uncertainty

图2中,水平线是不存在随机波动时基荷机组开机后的收益,上升曲线是需求存在随机波动时基荷机组的期望收益。由于存在附加费用,需求的随机波动越大,基荷机组的期望收益越大,势必导致基荷机组的投资偏离最佳装机容量。

## 6 结语

在电力市场环境下,发电侧即使达到完全竞争的市场结构,但定价机制不同,仍将会引起发电机组的配置结构发生变化,进而导致偏离社会最佳的机组配置。而需求的不确定性进一步导致发电机组类型的不合理配置,造成社会资源的低效率配置。本文只考虑了完全竞争市场下的情形,没有涉及发电厂商的博弈、规划编制者信息不完全以及配电网商参与电力竞价等对不同类型机组配置结构的影响。这些现实问题将对机组类型配置造成什么影响,还有待进一步探索,其研究结果对电力改革的实践具有更多的指导意义。

附录见本刊网络版(<http://www.aeps-info.com/aeps/ch/index.aspx>)。

## 参考文献

- [1] STOFT S. 电力系统经济: 电力市场设计. 宋永华, 刘俊勇, 王秀丽, 译. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [2] 文福拴, 吴复立, 倪以信. 电力市场环境下的发电容量充裕性问题. 电力系统自动化, 2002, 26(19): 16-22.  
WEN Fushuan, WU Fuli, NI Yixin. Generation capacity adequacy in the deregulated electricity market environment.

Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(19): 16-22.

- [3] OREN S S. Capacity payments and supply adequacy in competitive electricity markets// Proceedings of the 7th Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning, May 24-26, 2000, Curitiba, Brazil.
- [4] 王勇, 钟志勇, 文福拴, 等. 发电装机容量市场适当价格水平的确定. 电力系统自动化, 2005, 29(9): 5-10.  
WANG Yong, ZHONG Zhiyong, WEN Fushuan, et al. Determination of appropriate price level in installed capacity market. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(9): 5-10.
- [5] 赖业宁, 薛禹胜, 高翔, 等. 发电容量充裕度的风险模型与分析. 电力系统自动化, 2006, 30(17): 1-6.  
LAI Yening, XUE Yusheng, GAO Xiang, et al. Risk model and analysis of generation capacity adequacy. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(17): 1-6.
- [6] 汪拥军, 文福拴, 孙东川. 电源过度投资的博弈分析. 电力自动化设备, 2007, 27(2): 20-23.  
WANG Yongjun, WEN Fushuan, SUN Dongchuan. Analysis of over-investment in generation capacity based on game theory. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(2): 20-23.
- [7] 汪拥军, 文福拴, 孙东川. 基于价格歧视的区域差别电价机制. 电力自动化设备, 2007, 27(3): 10-13.  
WANG Yongjun, WEN Fushuan, SUN Dongchuan. Regional electricity pricing mechanism based on price discrimination. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(3): 10-13.
- [8] 王勇, 文福拴, 钟志勇, 等. 基于实物期权理论的发电投资决策和容量充裕性评估. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 1-9.  
WANG Yong, WEN Fushuan, ZHONG Zhiyong, et al. Real option based approach for generation investment decision making and generation capacity adequacy analysis. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 1-9.
- [9] 周定山. 西方国家电力体制改革实践及经验教训. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [10] 国家电力监管委员会. 欧洲、澳洲电力市场. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [11] ROQUES F, NEWBERY D M, NUTTALL W J. Generation adequacy and investment incentives in Britain: from the Pool to NETA, Working Paper [EB/OL]. [2007-12-20]. <http://www.econ.cam.ac.uk/publications/index.html>.
- [12] 国家电力监管委员会. 美国电力市场. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [13] 文福拴, DAVID A K. 加州电力市场失败的教训. 电力系统自动化, 2001, 25(10): 1-5.  
WEN Fushuan, DAVID A K. Lessons from electricity market failure in California. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(10): 1-5.

吕 魁(1974—), 男, 通信作者, 博士研究生, 主要研究方向: 产业组织和产业规划. E-mail: heart008008@yahoo.com.cn

胡汉辉(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 集团经济和产业组织研究中心主任, 主要研究方向: 产业组织和产业规划、集团经济. E-mail: huhh@seu.edu.cn

胡绪华(1978—), 男, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向: 集团经济。

(下转第107页 continued on page 107)

- [6] 朱炳铨, 任雁铭, 姜健宁, 等. 变电站自动化系统实现 IEC 61850 的过渡期策略. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 54-57.  
ZHU Bingquan, REN Yanming, JIANG Jianning, et al. Strategy for implementation of IEC 61850 in substation automation system during transitional period. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 54-57.
- [7] 范建忠, 沐连顺, 战学牛, 等. 基于 IEC 61850 标准的变电站监控系统数据建模. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 43-48.  
FAN Jianzhong, MU Lianshun, ZHAN Xueniu, et al. Data modeling for substation SCADA system based on IEC 61850 standard. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 43-48.
- [8] 童晓阳, 李岗, 陈德明, 等. 采用 IEC 61850 的变电站间隔层 IED 软件设计方案. 电力系统自动化, 2006, 30(14): 54-57, 81.  
TONG Xiaoyang, LI Gang, CHEN Demin, et al. IEC 61850 based software design scheme of bay level IED in substations. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(14): 54-57, 81.
- [9] 罗钦, 段斌, 肖红光, 等. 基于 IEC 61850 控制模型的变电站防误操作分析与设计. 电力系统自动化, 2006, 30(22): 64-65.  
LUO Qin, DUAN Bin, XIAO Hongguang, et al. Analysis and design of anti-maloperation for substation based on control model in IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(22): 64-65.
- [10] 高湛军, 潘贞存, 卞鹏, 等. 基于 IEC 61850 标准的微机保护数据通信模型. 电力系统自动化, 2003, 27(18): 43-46.  
GAO Zhanjun, PAN Zhencun, BIAN Peng, et al. A data communication model for microprocessor protection based on IEC 61850 standard. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(18): 43-46.

黄坚明(1965—), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 继电保护。

黄春红(1970—), 女, 通信作者, 高级工程师, 主要研究方向: 电网调度自动化。E-mail: ddhch@xmp.com.cn

(上接第 26 页 continued from page 26)

## Impacts of Different Pricing Mechanisms on Unit Allocation Structure in the Electricity Market

*LÜ Kui<sup>1</sup>, H U H anhui<sup>1</sup>, H U X uhua<sup>1,2</sup>*

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** The pricing mechanism in the electricity market mainly includes two kinds of mechanisms, one single price in power exchange and another two-part tariff in power pool. The pricing mechanisms have effects on total installed capacity, and may make the unit allocation structure deviate from the social optimum to finally cause the total generation cost rising. This paper analyzes the impacts of two pricing mechanisms on the generation unit allocation structure in a complete competition electricity market. The results show that the capacity payment can lead to the over investment in peak units, while uplift and the uncertainty of peak demand lead to the excessive investment in basement units.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 70473013).

**Key words:** unit allocation; single price; two-part tariff; capacity payment; uplift; electricity market

(上接第 93 页 continued from page 93)

## Design and Application of Software Integration Service Model for Wind Farm Management

*D UAN Bin, ZOU Jichang, SU Yongxin, ZHU Jieqiong*

(Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** In the large-scale wind farm, wind turbines and monitoring control systems involved in more than one supplier end up with a number of incompatible systems. This causes operational difficulties and makes it hard to maintain and manage. Some aspect of IEC 61400-25 standard is followed in this paper, such as the information model, the information exchange model, and the method for mapping to Web services. A Web services based integrated service model for the wind farm monitoring is designed. The communication problems between heterogeneous wind turbines and servers are discussed in the model. Then the methods about how to define wind farm Web services interface and security communication are given out. Through engineering implementation and model analysis, it is demonstrated that the work in this paper could provide reference and experience to resolve some problems, such as unified monitoring of heterogeneous wind turbines and integration management.

This work is supported by National Nature Science Foundation of China (No. 50677058) and the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2007AA012476).

**Key words:** IEC 61400-25; Web services; wind farm; wind turbines; integration monitoring and control