

# 电力定价策略的多目标优化模型及其应用

刘连理<sup>1</sup>, 李庆<sup>1</sup>, 顾运<sup>1</sup>, 李换琴<sup>2</sup>, 陈磊<sup>3</sup>

(1. 西安交通大学电子与信息工程学院, 710049, 西安; 2. 西安交通大学数学与统计学院, 710049, 西安;

3. 西安交通大学热流科学与工程教育部重点实验室, 710049, 西安)

**摘要:** 针对电力定价问题,综合考虑了电力生产过程中的能源利用效率、能源消费等多方面的影响,建立了以最大经济效益和最小环境污染为目标的多目标优化模型。该模型采用用电需求与电价的协整分析表征一定电力定价策略下的消费者行为,采用成本利润模型表征生产者行为,以消费者和生产者行为模型为约束条件。若将环境污染排放量最小的目标转化成约束条件,则多目标问题转化为单目标优化模型求解。在当前电力定价的邻域附近选择一系列定价策略,求解约束条件子模型,得到不同电价模式下经济效益,选择使得经济效益最大的电力定价即为模型最优解。以电力短缺最为严重的 2008 年以及 2009、2010 年为例,计算出电价分别为 569.72、580.19、598.14 元/(MW·h),均高于实际各年度的平均销售电价,由此可见电力定价应适当上涨。此外,经济社会参数的变化对最优定价策略有明显的影响:排污量限制收紧 10%,最优电价将上涨 1.09%;GDP 增长率升高 1 个百分点,最优电价将上涨 1.08%;单位生产成本升高 1 个百分点,最优电价将上涨 0.74%。

**关键词:** 电力定价;多目标优化;协整分析;成本利润模型

**中图分类号:** O29;O221.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2013)10-0115-06

## Multi-Objective Optimization Model with Application to Electricity Pricing

LIU Lianli<sup>1</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, GU Yun<sup>1</sup>, LI Huanqin<sup>2</sup>, CHEN Lei<sup>3</sup>

(1. School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. School of Mathematics and Statistics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 3. Ministry of

Education Key Laboratory of Thermo-Fluid Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** Considering the effects of energy efficiency and energy consumption on electricity pricing, a multi-objective programming model is constructed and the maximal economic benefit and minimal environmental pollution are taken as the objective functions. Co-integration analysis is performed for modeling the consumer behavior, and cost-profit model is chosen to measure the producer behavior, which serve as the constraint conditions of the multi-objective programming model. The minimal environmental pollutant can be transferred into a constraint condition, the multi-objective programming model thus becomes a single objective one. Various electricity pricing strategies are selected from the neighborhood of current electricity pricing, and economic benefit is calculated by sub-models of constraint conditions. The strategy at the maximal economic benefit is the optimal solution. The optimal electricity prices in 2008, 2009 and 2010 get to 569.72, 580.19 and 598.14 yuan/(MW·h), respectively, all higher than the current prices,

so electricity price ought to be raised appropriately. It reveals that cutting down the limit of pollutant emission by 10%, the optimal price rises by 1.09%; increasing GDP growth rate by 1%, the optimal price ascends by 1.08%; and raising unit production cost by 1%, the optimal price goes up by 0.74%.

**Keywords:** electricity pricing; multi-objective optimization; co-integration analysis; profit-cost model

近年来,我国出现的季节性能源短缺使得能源问题成为一个热点话题。合理的能源定价对合理利用能源、促进经济发展和环境保护有重要影响。一方面,能源定价过高将抑制企业产能,阻碍经济发展;另一方面,能源价格过低将导致资源滥用和环境污染,降低能源生产商的生产积极性,对经济社会长期发展的负面影响不容忽视<sup>[1]</sup>。同时,经济全球化导致的全球能源市场联动更增加了能源定价问题的复杂性。因此,合理的能源定价对我国经济社会长期稳定发展有重要影响。

针对亚洲多个发展中国家的相关数据分析指出,能源定价与经济增长、能源消费之间存在着因果关系<sup>[2]</sup>。文献[3]从环境保护角度研究了能源定价问题;文献[4-5]研究了能源定价对能源利用效率的影响;文献[6]就能源定价对能源消费的影响进行了研究;文献[7]基于我国1995~2005年度的数据分析对能源价格变动和经济增长之间的实证关系进行了研究;文献[8]研究了石油价格对我国各经济变量的影响。上述研究主要集中在能源定价对社会环境影响的某一特定方面,对能源定价策略对社会经济环境各方面带来的综合复杂影响并未统一考虑,无法给出兼顾社会各方面效益的合理的能源定价指导方案。文献[9]提出了一种发展中国家电力管理的框架模式;文献[10]定性分析了我国自1978年以来的电力定价改革成果和进一步的改革目标,指出在电力定价尚未放开由市场主导的情况下,政府主导的定价机制应能及时反映市场供需变化,鼓励竞争和技术革新;文献[11]在一个假想的自给自足的城市系统中,分别采用CO<sub>2</sub>排放量和消费者花费描述能源定价带来的环境影响和经济影响,建立多目标优化模型,给出了Pareto最优的能源定价策略,但模型采用了大量简化假设,如封闭城市系统,单个能源供应商供应城市全部能源等,难以对实际社会背景下能源定价问题的复杂影响进行充分考虑。

本文在上述文献研究的基础上,以电力资源为研究对象,综合考虑电力定价策略对电力生产过程中的能源利用效率,能源消费等多方面的影响,建立

多目标优化模型,给出了2008~2010年度的最优定价策略,并与当前我国电力市场状况和相关研究机构对未来电力定价的建议进行对比,验证了模型的正确性和合理性。

## 1 电力定价的多目标优化模型

合理的电力定价策略应当以最优的社会环境综合效应为目标。近年来,我国的电价改革一直致力于在促进经济社会发展的同时满足环境保护的要求<sup>[10]</sup>。因此,最优电力定价策略可建模为多目标优化问题。能源定价是通过收取费用的方式赋予消费者和生产者在生产和使用能源过程中的环境 and 经济责任<sup>[2]</sup>,合理的能源定价应符合市场经济的发展规律,引导消费者合理消费,刺激生产并鼓励生产者进行技术革新<sup>[10]</sup>。因此,电力定价的社会环境效应可通过电力定价对消费者和生产者的影响来体现。对前者建立消费者行为模型,对后者建立生产者行为模型,综合两个子模型的求解结果评估电力定价对经济社会环境产生的多方面影响,如图1所示。

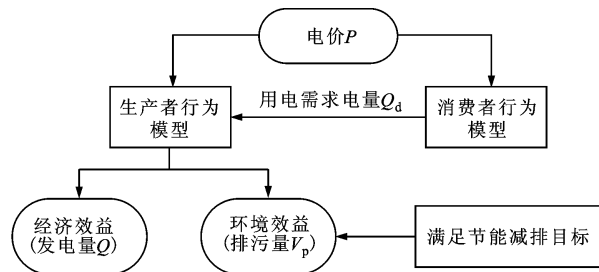


图1 电力定价与经济环境变量的关系

### 1.1 消费者行为模型

消费者的消费行为受到价格和自身消费能力的影响。Johansen 协整检验<sup>[12]</sup>的结果表明:用电需求、GDP(反映消费能力)和销售电价之间存在协整关系,即销售电价和GDP的变化将影响到用电需求的变化,且3个变量之间存在长期稳定的均衡关系。因此,本文根据文献[12]并利用1994~2010年相关统计数据<sup>[13-14]</sup>,建立了用电需求、GDP和销售电价的长期均衡关系,表示为

$$I_{Nqt} =$$

$$0.770\ 2\ I_{Nqt-1} - 0.057\ I_{Npt} + 0.135\ 5\ I_{Ngt} + 0.049$$

(1)

式中:  $I_{Nqt}$  为当年用电需求增长率;  $I_{Nqt-1}$  为前一年用电需求增长率;  $I_{Npt}$  为当年平均销售电价增长率;  $I_{Ngt}$  为当年 GDP 增长率。

## 1.2 生产者行为模型

一般地,生产者追求利润最大化。该利润由消费量、价格和生产成本共同决定。电力资源为生活必需品,是一种特殊的商品,消费量和价格有其自身的特点。一方面,在任何定价策略下,其消费量都不会低于一定限额(满足基本生活的电力消费);另一方面,政府干预对能源价格有明显影响,因此能源价格不会无限制上涨。此外,企业生产过程中的技术革新能够提高生产效率,降低企业成本增加盈利。合理的能源定价政策将鼓励企业通过改进生产工艺增加利润。

在我国,电力资源为国有资源,电力生产过程在很大程度上受政府引导。但是,对于电力资源的生产者,即处在供电系统末端的各发电企业,包括华能等国有企业和小规模私营电厂,其生产行为依然与利益直接挂钩。根据相关报道<sup>[10,15]</sup>,一些发电企业在利润过低甚至长期亏损的情况下,采用消极停产方式避免亏损,成为导致供电缺口的重要原因。因此,电力定价对生产者的影响可以转换为在满足基本消费需求 and 政府价格限制条件下的利润最大化问题。发电企业利润包括出售电力带来的利润和技术进步带来的利润两部分,其中技术革新带来的利润增长可以通过建立知识存储模型描述<sup>[4]</sup>。以利润最大化为优化目标,基本用电需求和定价范围为限制条件,可以建立成本利润模型描述发电企业的生产行为。图 2 描述了生产者生产行为的各变量之间的关系。

1.2.1 企业利润计算 生产成本分为生产活动成本和技术投资两部分,其中技术投资将在一定程度上降低生产活动成本。因此,生产总成本可表示为

$$C = \frac{QP_r}{1+\eta} + R \quad (2)$$

式中:  $Q$  为能源产量;  $P_r$  为单位生产成本;  $R$  为技术投资;  $\eta$  表征技术投资带来的成本下降。

对参数  $\eta$  的估算可以通过能源生产效率的提高来衡量。煤炭是我国电力生产采用的最主要的能源<sup>[13]</sup>,根据文献[4],采用单位 GDP 消耗一级能源量(煤耗)衡量能源效率,则有

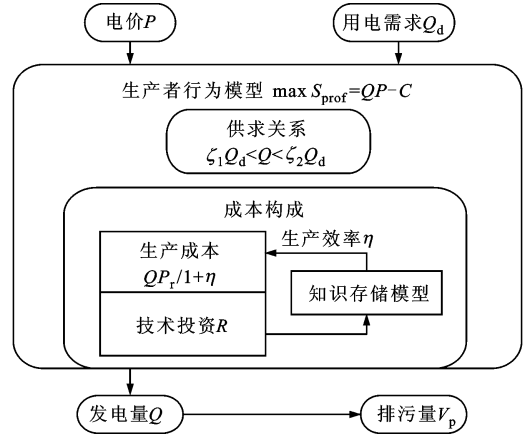


图 2 生产者行为模型

$$\eta = (E_t - E_{t-1}) / E_t \quad (3)$$

式中:  $E_t$ 、 $E_{t-1}$  分别为第  $t$  年、 $t-1$  年的能源效率。

为定量估算能源利用效率,建立知识存储模型<sup>[4]</sup>,选择用历年的研发经费间接地推算技术知识存量,由知识存量预测能源利用效率。技术研发具有迟滞性、时效性和外溢性<sup>[14]</sup>。第 1 年的技术经费投入到第  $t'$  年时,才会全部转化为技术知识存量。随着时间的推移,技术将逐渐被淘汰,即存在腐化率  $\delta$ 。另外,一项技术进步将导致其他新技术的产生,用技术外溢率  $\phi$  衡量。据此,建立知识存储模型

$$T_0 = \frac{R_{0-t'}}{r + \delta - \phi} \quad (4)$$

$$T_t = T_{t-1}(1 - \delta + \phi) + R_{t-t'} \quad (5)$$

式中:  $T_0$  表示基准年的技术知识积累量;  $R_t$  表示当年的技术研发经费投入量。

由文献[4,16]可知,当  $t' = 3$ 、 $\phi = t'$  时,知识累积  $T$  与能源利用效率  $E$  的关系为

$$\ln E_t = -0.379 \ln T_t + 4.705 \quad (6)$$

1.2.2 电力企业生产的限制条件 由于电力商品的特殊性,电力生产受到政府的直接调控,需满足以下基本限制条件。

(1) 产量与社会需求基本持平

$$\zeta_1 Q_d \leq Q \leq \zeta_2 Q_d \quad (7)$$

式中:  $Q_d$  为社会用电需求量;  $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$  为反映社会接受程度的参数。

(2) 生产需满足相应环境保护要求

$$V_p \leq V_s \quad (8)$$

式中:  $V_s$  为相应国家标准限制排污量;  $V_p$  为企业排污量,与企业产量成正比,单位生产排污量随技术投资而减少,即

$$V_p = Q\gamma / (1 + \eta) \quad (9)$$

式中:  $\gamma$  为单位生产排污量。

(3) 企业技术投资额度限制。企业技术投资决策受企业自身经营状况和资金实力限制, 表示为

$$R \leq \xi_3 S_{\text{prof}} \quad (10)$$

式中:  $S_{\text{prof}}$  为企业年度利润。

1.2.3 生产者行为优化模型 根据生产者追求利润最大化的优化目标和前述的约束条件, 可得能源生产者行为的优化模型如下

$$\begin{aligned} \max S_{\text{prof}} &= QP - C \\ \text{s. t. } \left\{ \begin{array}{l} C = \frac{Q}{1+\eta} P_r + R_t \\ \ln E_t = -0.379 \ln T_t + 4.705 \\ \eta = \frac{E_t - E_{t-1}}{E_t} \\ T_t = T_{t-1} + R_{t-3} \\ V_p = \frac{Q\gamma}{1+\eta} \leq V_s \\ \zeta_1 Q_d \leq Q \leq \zeta_2 Q_d \\ R_t \leq \zeta_3 S_{\text{prof}} \end{array} \right. \quad (11) \end{aligned}$$

### 1.3 电力最优定价的多目标优化模型

电力定价的最终目标是最大社会效益, 包括经济效益和环境效益两部分。电力生产直接为其他经济部门的发展提供支持, 因此经济效益可由发电总量体现, 环境效益则由企业生产过程中的排污量体现, 因此电力定价既要考虑经济效益最大化又要考虑环境效益最大化, 本文建立的多目标优化模型为

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \max Q \\ \min V_p \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} P = \arg \max QP - C \\ C = \frac{Q}{1+\eta} P_r + R_t \\ \ln E_t = -0.379 \ln T_t + 4.705 \\ \eta = \frac{E_t - E_{t-1}}{E_t} \\ T_t = T_{t-1} + r_t \\ I_{\text{Nqt}} = 0.770 2 I_{\text{Nqt-1}} - 0.057 I_{\text{Npt}} + 0.135 5 I_{\text{Ngt}} + 0.049 \\ \zeta_1 Q_d \leq Q \leq \zeta_2 Q_d \\ R \leq \zeta_3 S_{\text{prof}} \end{array} \right. \quad (12) \end{aligned}$$

## 2 最优定价模型求解

### 2.1 多目标优化模型转化为单目标优化模型

由于目前企业生产大部分以满足国家制定的节能减排指标为目标, 节能减排工作依然面临许多困难, 超额完成的情况非常少<sup>[17-18]</sup>。因此, 环境效益

目标可由国家制定的污染物排放标准体现, 在生产者模型中, 发电企业排污量约束条件等价于能源定价环境效益, 由此可将企业污染排污量最小的目标转化成约束条件。于是, 上述多目标问题转化为单目标优化, 同时根据消费者模型和生产者模型提出的约束条件

$$\begin{aligned} \max Q & \\ \text{s. t. } \left\{ \begin{array}{l} P = \arg \max QP - C \\ C = \frac{Q}{1+\eta} P_r + R_t \\ \ln E_t = -0.379 \ln T_t + 4.705 \\ \eta = \frac{E_t - E_{t-1}}{E_t} \\ T_t = T_{t-1} + r_t \\ V_p = \frac{Q\gamma}{1+\eta} \leq V_s \\ I_{\text{Nqt}} = 0.770 2 I_{\text{Nqt-1}} - 0.057 I_{\text{Npt}} + 0.135 5 I_{\text{Ngt}} + 0.049 \\ \zeta_1 Q_d \leq Q \leq \zeta_2 Q_d \\ R \leq \zeta_3 S_{\text{profit}} \end{array} \right. \quad (13) \end{aligned}$$

### 2.2 参数确定

我国最严重电荒时期的电力缺口约为 4 000 万  $\text{kW} \cdot \text{h}$ <sup>[19]</sup>, 约占实际发电量 (约 3 亿  $\text{kW} \cdot \text{h}$ ) 的 13.3%。因此, 取  $\zeta_1 = 0.9$ ,  $\zeta_2 = 1.1$ 。

电力行业的减排主要指标为  $\text{SO}_2$  排放量。参考我国“十一五”期间制定的电力企业减排指标和电监会、能源局、发改委发布的历年电力企业节能减排情况通报, 确定环境效益指标  $V_s$ 。

### 2.3 最优定价方案

由于本文建立的优化模型包含子优化模型, 因此利用文献[11]的方法, 首先对子模型进行求解。固定电价, 以发电量为决策变量, 求得在该定价模式下使得企业利润最大的发电量。考虑到政策的连续性, 电力定价不会在大范围内剧烈波动。因此, 在当前电力定价的邻域附近选择一系列定价策略, 重复对子模型的求解, 得到在不同电价模式下的发电量, 选择使得发电量最大的电力定价即为模型的 Pareto 最优解, 即最优电力定价。

以电力短缺状况最为严重的 2008 年以及 2009、2010 年为例, 使用 lingo 软件求解优化模型。得到 2008~2010 年电力资源最优定价、生产量、社会需求和净产值 (经济效益) 如表 1 所示。2008~2010 年度实际平均销售电价分别为 523.45、534.29、571.44 元/ $\text{MW} \cdot \text{h}$ ; 实际用电量分别为 34 349.95 ×

$10^9$ 、 $35\,874\times 10^9$ 、 $41\,998.8\times 10^9$  kW·h。由此可见,最优定价略高于实际定价,可通过提高销售电价的方式刺激企业生产的积极性,增加电力产量。除用电短缺最为严重的 2008 年外,2009 年和 2010 年的电价增长率(1.82%和 3.09%)均低于实际增长率(2.07%和 6.95%),可实现销售电价更加平稳的增长。

表 1 2008~2010 年定价策略

年份	销售电价 /元·(MW·h) <sup>-1</sup>	电力需求量 /10 <sup>9</sup> kW·h	电力生产量 /10 <sup>9</sup> kW·h
2008	569.72	34 943.02	35 641.88
2009	580.19	37 113.23	37 855.56
2010	598.14	39 969.70	40 769.10

结合电力市场的实际情况,2008 年在夏季用电高峰期全国多个地区出现“电荒”现象。相关研究指出,电力定价过低是导致“电荒”现象的一个重要原因<sup>[13]</sup>。如 2010 年度电力监管报告<sup>[13]</sup>指出,从 2008 年开始,全国 5 大发电集团(华能、大唐、华电、国电、中电投)火电,连续 3 年累计亏损分别都在 85 亿元以上,合计亏损达 600 多亿元,导致部分发电企业尽可能地少发电或不发电,电价上涨在近年内势在必行,这与本文结论一致,验证了模型的合理性。

2.4 经济社会参数对电力定价策略的影响

在求解最优定价模型的基础上,改变模型中的经济社会参数重新求解,评估这些参数变化对模型求解结果(2008~2010 年平均销售电价)的影响,结果如表 2 所示。

表 2 经济社会参数对电力定价策略的影响

参数	参数变化比/%	最优电价变化比/%
$V_p$	-10	1.09
$I_{Ngt}$	1	1.08
$P_r$	1	0.74

从表 2 可以看出,经济社会参数的变化对最优定价策略有明显的影响,其中排污量限制收紧 10%,最优电价将上涨 1.09%,GDP 将增长率升高 1 个百分点,最优电价将上涨 1.08%;单位生产成本将升高 1 个百分点,最优电价将上涨 0.74%。

3 结 论

本文针对电力资源定价问题,综合考虑电力定价策略对电力生产过程中的能源利用效率,能源消费等多方面的影响,建立了以最大经济效益和最小

环境污染为目标的多目标优化模型。通过求解该模型得到了以下结论。

(1)电力定价对消费者行为存在直接影响,电力价格与用电需求之间存在长期均衡关系,电力定价调整幅度变化 5.7%,将导致用电量变化 1%。此外,经济社会相关参数的变化对最优电力定价也存在影响。单位生产成本上涨 1%,最优电价上涨 0.74%;排污量限制收紧 10%,最优电价上涨 1.09%。说明节能减排的成本需要由消费者和生产者共同承担,电力定价需要体现技术革新成本,以鼓励技术革新。

(2)本文以电力短缺最为严重的 2008 年以及 2009、2010 年为例给出了最优定价策略,分别为 569.72、580.19、598.14 元/(MW·h),均高于实际各年度的平均销售电价,由此可见电力定价应适当上涨,以刺激电力企业生产积极性。该结果与相关能源经济研究结果相印证,证实了模型的正确性和有效性。

(3)经济社会参数的变化对最优定价策略有明显的影响。排污量限制收紧 10%,最优电价将上涨 1.09%;GDP 增长率将升高 1 个百分点,最优电价将上涨 1.08%;单位生产成本将升高 1 个百分点,最优电价将上涨 0.74%。

参考文献:

[1] PINDYCK S R, ROTEMBERG J J. Dynamic factor demands and the effects of energy price shocks [J]. The American Economic Review, 1983, 73(5): 1066-1079.

[2] ADJAYE J A. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries [J]. Energy Economics, 2000, 22: 615-625.

[3] VISCUSI K, MAGAT W, CARLIN A. Environmentally responsible energy pricing: fourth draft [M]. Durham, NC, UK: Duke University, 1992: 7-21.

[4] 龙如银,李仲贵. 技术进步与能源强度关系的实证研究 [J]. 华东经济管理, 2009, 23(4): 36-39.

LONG Ruyin, LI Zhonggui. An empirical study on the relationship between technology progress and energy intensity [J]. East China Economics in Management, 2009, 23(4): 36-39.

[5] 杭雷鸣,屠梅曾. 能源价格对能源强度的影响 [J]. 数量经济技术经济研究, 2006(12): 93-100.

HANG Leiming, TU Meizeng. The impacts of energy prices on energy intensity [J]. Journal of Quantitative

- &. Technical Economics, 2006(12): 93-100.
- [6] 张琳. 能源消费与经济增长关系的实证研究 [D]. 西安: 西北大学, 2011.
- [7] 杨柳, 李力. 能源价格变动对经济增长与通货膨胀的影响 [J]. 中南财经政法大学学报, 2006, 157(4): 51-55.  
YANG Liu, LI Li. The impacts of energy price on economy development and inflation [J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law, 2006, 157(4): 51-55.
- [8] 刘强. 石油价格变化对中国经济影响的模型研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2005(3): 16-27.  
LIU Qiang. Impacts of oil price fluctuation to China economy [J]. Journal of Quantitative & Technical Economics, 2005(3): 16-27.
- [9] VOLLANS G E. Restructuring the regulatory framework in developing countries [J]. Energy Economics, 2004, 12(2): 171-191.
- [10] EDWARDS T J. China's power sector restructuring and electricity price reform [J]. Asia Papers, 2012, 6(2): 3-30.
- [11] AKI H, OYAMA T, TSUJI K. Analysis of energy pricing in urban energy service: systems considering a multiobjective problem of environmental and economic impact [J]. IEEE Transactions on Power System, 2003, 18(4): 1275-1282.
- [12] 程瑜, 张粒子. 销售电价与用电需求的协整建模分析 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(7): 118-121.  
CHENG Yu, ZHANG Lizi. The co-integration analysis on energy tariff and power demand [J]. Proceedings of CSEE, 2006, 26(7): 118-121.
- [13] 国家统计局. 中国统计年鉴 [EB/OL]. [2012-05-27]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [14] 国家电力监管委员会. 电价执行及电费结算监管年度报告 [EB/OL]. [2012-05-27]. <http://www.gov.cn/gzdt/>.
- [15] 国家电力监管委员会. 电力监管年度报告 [EB/OL]. [2012-05-27]. <http://www.gov.cn/gzdt/>.
- [16] 徐国泉, 姜照华. 技术进步、结构变化与美国能源效率的关系 [J]. 科学学与科学技术管理, 2007, 28(3): 104-107.  
XU Guoquan, JIANG Zhaohua. The relationship among technology progress, structure change and energy efficiency of US [J]. Science of Science and Management of S&T, 2007, 28(3): 104-107.
- [17] 解振华. 2011年节能减排目标未能实现, 后四年压力大 [EB/OL]. [2012-05-27]. [http://news.xinhuanet.com/renshi/2012-05/27/c\\_1231965131.htm?prolongation=1](http://news.xinhuanet.com/renshi/2012-05/27/c_1231965131.htm?prolongation=1).
- [18] 江国成. 7省区未能完成2007年目标, 节能减排还需百倍努力 [EB/OL]. [2012-05-27]. [http://news.xinhuanet.com/fortune/2008-08/01content\\_8](http://news.xinhuanet.com/fortune/2008-08/01content_8).
- [19] 王志轩. 今年最大电力缺口4000万千瓦 [EB/OL]. [2012-05-27]. [http://news.xinhuanet.com/fortune/2012-02/27/c\\_122757537.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2012-02/27/c_122757537.htm).

### [本刊相关文献链接]

- 吴雄, 王秀丽, 崔强. 考虑需求侧管理的微网经济优化运行. 2013, 47(6): 90-96. [doi:10.7652/xjtuxb201306016]
- 陈旭, 王伊卿, 孙琨, 等. 高速列车车厢夹层板断面结构的多目标优化. 2013, 47(1): 62-67. [doi:10.7652/xjtuxb201301013]
- 李黎, 管晓宏, 赵千川, 等. 网络生存适应性的多目标评估. 2010, 44(10): 1-7. [doi:10.7652/xjtuxb201010001]
- 刘小民, 张文斌. 采用遗传算法的离心叶轮多目标自动优化设计. 2010, 44(1): 31-35. [doi:10.7652/xjtuxb201001008]
- 雷鸣雳, 冯祖仁. 内变量参数辨识的灰色电价预测模型. 2009, 43(8): 85-89. [doi:10.7652/xjtuxb200908018]
- 曾勇红, 刘柱, 王锡凡, 等. 基于参数调整策略的水电厂长期电量优化分配. 2008, 42(8): 1010-1014. [doi:10.7652/xjtuxb200808018]
- 张爱民, 张杭, 谢美娟, 等. 一种电子设备电磁敏感性的仿真建模与优化设计方法. 2008, 42(6): 688-692. [doi:10.7652/xjtuxb200806009]
- 尚荣华, 焦李成, 马文萍, 等. 求解多目标0/1背包问题的克隆选择算法. 2008, 42(2): 156-160. [doi:10.7652/xjtuxb200802007]
- 王云, 张伏生, 陈建斌, 等. 电力系统多目标无功优化研究. 2008, 42(2): 213-217. [doi:10.7652/xjtuxb200802019]
- 曾勇红, 王锡凡, 冯宗建. 基于混合自回归滑动平均潜周期模型的短期电价预测. 2008, 42(2): 184-188. [doi:10.7652/xjtuxb200802013]

(编辑 杜秀杰)