基于用户价格响应和满意度的峰谷分时电价决策模型

丁 伟[1]，袁家海[1]，胡兆光[2]

(1. 华北电力大学工商管理学院，北京市 102206；2. 国电动力经济研究中心，北京市 100761)

摘要：峰谷分时电价是电力需求侧管理(DSM)的重要手段之一，合理地制定峰谷电价水平是其实施的关键。在了解用户实行的峰谷电价历史数据的基础上，提出建立用户的电价响应矩阵以反映用户对峰谷分时电价的响应；并建立用户满意度模型，综合考虑用户用电方式的满意度和电费支出的满意度。给出了基于用户价格响应和满意度的峰谷分时电价优化决策模型。最后给出一大工业用户数据验证了文中方法的有效性。

关键词：需求侧管理；峰谷分时电价；用户价格响应矩阵；用户满意度

中图分类号：TM73；F123.9

0 引言

需求侧管理(DSM)是通过价格信号引导电力消费者采取合理的用电结构和方式的一种手段，在一些国家已经取得了一定成果[1]。采用分时电价是DSM的重要途径之一，其中峰谷分时电价是分时电价的最主要组成部分。其最基本思想是体现电能在负荷高峰时作为短缺商品的价值，运用价格杠杆的作用引导终端用户的用电行为，提高电网安全性以及负荷率水平，引导用户根据自身生产方式的可调节性和利益改变用电方式，进而影响系统负荷。其核心是合理地确定峰谷电价水平，提供充足有效的价格信号。峰谷电价比太高将导致用户对电价响应过度，峰谷时段产生了较大的漂移，甚至产生峰谷倒置，调峰失败的同时电网经济利益受损。峰谷电价比太低又会使用户响应不足，无法达到峰谷电价制定的预期效果。所以，有效地测量和量化用户对峰谷分时电价的响应是十分必要的。另一方面，制定峰谷分时电价时应充分考虑用户对该政策的满意度，较高的峰谷电价比虽然可以引起用户的充分响应，达到削峰填谷的目的，但是会导致用户对该项政策的满意度下降，甚至会影响电力公司的社会形象。因此，制定合理的峰谷分时电价应充分考虑用户的响应和满意度双重因素，寻找二者以及其他系统目标之间的均衡点。

在现有的峰谷分时电价模型中，文献[2]定性地提出峰谷分时电价的大用户响应的经济计量模型，但未能给出定量的描述。文献[3]提出了一种含有用户对分时电价反应度分析的分时电价模型，得到了最优化的峰谷时段划分及其相应的分时电价定价方法，但没有考虑用户满意度。文献[4]建立了考虑用户满意度的DSM价格决策模型，但未能考虑用户电费支出的变化。

本文在上述文献的基础上，从理论上进一步进行探讨，利用用户峰谷电价的历史数据，提出用户电价弹性矩阵的方法测量用户峰谷分时电价的响应，并将用户的满意度分为用电方式满意度和电费支出满意度两方面进行评价，从用电方式的改变和经济性两方面衡量用户的满意度，将二者综合考虑，对用户的峰、平、谷价格进行优化决策。

1 用户对峰谷分时电价响应的测量

为计算用户峰谷分时电价响应矩阵，本文的假设有：①用户是理性的，在可能的情况下追求自身利益最大化或最小化用电成本；②按照各时段负荷自身的特性以及相互之间的相关性，确定并已知峰谷时段的划分；③峰谷电价政策已经实施了一定的时间，用户对其响应已经平稳。

1.1 峰谷电价用户响应矩阵

用户响应的行为体现在调整企业内部的用电时段，分时段地改变用电方式[5~7]。为了量化用户对峰谷分时电价的响应，引用电价弹性矩阵[8,9]来表示用户的价格需求弹性。峰谷分时电价的价格弹性是指各峰谷平时段价格的变动所引起的电量的变动，即在一定的时间段内，用电量变化率与相应的电价变化率之比。

用户对电价的响应表现为单时段响应和多时段响应。单时段响应指的是用户决定某时段的用电量只与本时段的电价变化有关。其通常发生在用户该时段的可变电量中非必需用电情况下。多时段响应是指用户决定某一时段的用电量受其他时段电价的影响，原用电量在各时间段内重新分配，将电量从电价较高的时段转移到电价相对较低的时段。这种用

收稿日期：2005-05-24；修回日期：2005-06-27。

户响应通常与用户的生产类型以及生产班制有关[10]。

定义电价的自弹性系数 ρ_{ii} 表示用户对峰谷分时电价的单时段响应:

$$\rho_{ii}=\frac{\Delta Q_i/Q_i}{\Delta P_i/P_i} \tag{1}$$

$$\Delta Q_i=\int[f_{\mathrm{TOU},t}(P_{\mathrm{p}},P_{\mathrm{s}},P_{\mathrm{v}})-f_t(P_t)]\mathrm{d}t \tag{2}$$

$$\Delta P_i=P_{\mathrm{TOU},i}-P_i \tag{3}$$

式中:ΔQ_i 为 i 时段用户实行峰谷分时电价前后的电量变化值;ΔP_i 为 i 时段用户实行峰谷分时电价前后的电价变化值;$P_{\mathrm{TOU},i}$ 为 i 时段的峰谷分时电价;P_i 为 i 时段未实行峰谷电价前的电价;P_{p},P_{s},P_{v} 分别为峰、平、谷时段的电价;$f_{\mathrm{TOU},t}(P_{\mathrm{p}},P_{\mathrm{s}},P_{\mathrm{v}})$ 为实行峰谷分时电价后 t 时刻的用户负荷,它是峰平谷各时段的电价的函数;$f_t(P_t)$ 为未实行峰谷分时电价时 t 时刻的用户负荷,它是 t 时刻电价 P_t 的函数。

若 $\Delta P_i=0$,则 i 时段用户的自弹性系数为 0。

定义交叉弹性系数 ρ_{ij} 表示用户对峰谷分时电价的多时段响应:

$$\rho_{ij}=\frac{\Delta Q_i/Q_i}{\Delta P_j/P_j} \tag{4}$$

式中:i 和 j 代表不同的时间段。

若 $\Delta P_j=0$,则 i 时段用户的交叉弹性系数为 0。

通过上述定义,可得如下的电价弹性矩阵 $\boldsymbol{E}$:

$$\boldsymbol{E}=\begin{bmatrix}\rho_{11} & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1n}\\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{2n}\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & \rho_{nn}\end{bmatrix} \tag{5}$$

式中:n 为时段数。

1.2 峰谷分时电价用户响应度模型

根据式(5)可以求出实行峰谷电价后用户用电量变化率列向量:

$$\begin{bmatrix}\Delta Q_1/Q_1\\ \Delta Q_2/Q_2\\ \vdots\\ \Delta Q_n/Q_n\end{bmatrix}=\frac{1}{n}\boldsymbol{E}\begin{bmatrix}\Delta P_1/P_1\\ \Delta P_2/P_2\\ \vdots\\ \Delta P_n/P_n\end{bmatrix} \tag{6}$$

继而得出实行峰谷分时电价后的用电量为:

$$\begin{bmatrix}Q_1'\\ Q_2'\\ \vdots\\ Q_n'\end{bmatrix}=\frac{1}{n}\begin{bmatrix}Q_1 & & & \\ & Q_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & Q_n\end{bmatrix}\boldsymbol{E}\begin{bmatrix}\Delta P_1/P_1\\ \Delta P_2/P_2\\ \vdots\\ \Delta P_n/P_n\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}Q_1\\ Q_2\\ \vdots\\ Q_n\end{bmatrix} \tag{7}$$

式中:Q_i' 为实行峰谷分时电价后 i 时段的用电量。

式(7)即为本文所建立的用户反映度模型。

1.3 响应度模型的修正

通过式(7)得到的用户反映度模型虽然可以较为接近实际情况,但并没有考虑用户在一定的时段内负荷并不是总能够自由调整的,存在一定的固定负荷比率这一现实约束,而且受设备运转能力限制还存在负荷上限。而由式(7)计算出来的 Q_i' 有可能大于该时段的最大负荷,或小于该时段的固定负荷。应对式(7)进行修正:

$$Q_i'^{*}=\begin{cases}Q_{\mathrm{F}i} & Q_i'<Q_{\mathrm{F}i}\\ Q_i' & Q_{\mathrm{F}i}\leqslant Q_i'<Q_{\max i}\\ Q_{\max i} & Q_{\max i}\leqslant Q_i'\end{cases} \tag{8}$$

式中:$Q_i'^{*}$ 为实行峰谷分时电价后 i 时段的用电量修正值;$Q_{\mathrm{F}i}$ 为 i 时段的固定负荷;$Q_{\max i}$ 为 i 时段的最大负荷。

2 用户满意度函数

用户满意度是电力营销的概念,在制定峰谷分时电价时,应充分考虑用户对峰谷分时电价制定的满意度。峰谷分时电价价差过大,引起用户生产方式发生较大幅度的改变,会导致用户对实行峰谷分时电价产生抵制情绪,其满意度下降,影响电力公司的社会形象。因此,在制定峰谷分时电价时应充分考虑用户满意度。本文定义的用户满意度从用户用电方式满意度和电费支出满意度两个不同方面进行衡量。用电方式的满意度是衡量用户用电方式的变化量的指标,电费支出满意度是衡量用户电费支出的变化量的指标。

2.1 用户用电方式满意度

在未实行峰谷电价之前,用户按照最适合自己的生产方式安排用电方式,此时用户的用电方式满意度最大。实行峰谷电价后,用户做出响应,改变用电方式以追求较小的电费增加量。这时用电量在时间轴上进行了重新组合,形成新的用户负荷曲线。本文定义用户用电方式的满意度是建立在调整电量与原负荷曲线的差值基础之上的,具体表示为:

$$\varepsilon=1-\frac{\int_0^{23}|f_{\mathrm{TOU},t}(P_{\mathrm{p}},P_{\mathrm{s}},P_{\mathrm{v}})-f_t(P_t)|\mathrm{d}t}{\int_0^{23}f_t(P_t)\mathrm{d}t} \tag{9}$$

式中:$\int_0^{23}|f_{\mathrm{TOU},t}(P_{\mathrm{p}},P_{\mathrm{s}},P_{\mathrm{v}})-f_t(P_t)|\mathrm{d}t$ 为实行峰谷分时电价的用户各时段用电量变化值;ε 为用户用电方式满意度。

式(9)体现了用户用电方式的改变以及用户用电量的变化情况,即舒适和充足性。用电方式满意度与用户的生产班制、工艺调整能力等因素有关。在实行峰谷分时电价后,不考虑用户用电量的大幅度变化(成倍增长)时,用户实行峰谷分时电价的满意度 $\varepsilon\in[0,1]$。当用户未改变各时段用电量时,用户满意度最大,其值为 1;用户用电方式即各时段的用电量改变越大,其满意度越低;在用户完全不用电

的极端情况下,用户满意度为0。

值得注意的是,在上述用户用电方式满意度函数中并没有考虑因改变用电方式而发生的费用,如调整生产工艺而带来的其他成本的增加、储能设备的购置费用等。对于不同行业用户和同一行业中的不同用户来讲,这部分费用是否发生以及大小都有很大的差别,很难量化。但它体现了用户参与峰谷分时电价的主观意愿,可以在用户价格响应矩阵中有所体现。这部分费用的发生直接导致用户用电方式发生变化,使 ε 偏离1。所以在这里不再对这些费用进行考虑。

2.2 用户电费支出满意度

峰谷分时电价制定的原则之一就是用户实行峰谷分时电价后的电价总体水平不变。以峰、平、谷电价比为3∶2∶1为例,若要实现电价总体水平不变,峰时段电量与谷时段电量必须相等。而当峰时段电量大于谷时段电量时,则电价总体水平就会上升而超过原来的电价水平;当谷时段电量大于峰时段电量时,则电价总体水平就会降低而低于原来的电价水平。实际工作中,峰谷时段电量正好均衡相等的情况是很难达到的,而较多的情况是峰谷时段电量不均衡,峰时段用电量大于谷时段用电量。因此,如果用户不是按照峰谷电价比来安排用电量,其电费支出会受到很大的冲击。本文定义的用户电费支出满意度是衡量用户电费支出的变化量的指标,具体表示为:

$$\theta = 1 - \frac{C(P_p, P_s, P_v) - C(P_0)}{C(P_0)} \tag{10}$$

式中:θ 为用户电费支出满意度;$C(P_0)$ 为未实行峰谷分时电价时用户的电费支出,它是原电价 P_0 的函数;$C(P_p, P_s, P_v)$ 为实行峰谷分时电价后用户的电费支出,它是峰平谷各时段的电价的函数。电费支出满意度与用户的产品产值电耗等因素有关。

2.3 用户综合满意度的测量

综合以上分析,用户的综合满意度应是用电方式满意度和电费支出满意度的加权平均数。本文给出的用户综合满意度模型为:

$$R = \gamma_1 \varepsilon + \gamma_2 \theta \tag{11}$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 1 \tag{12}$$

式中:R 为用户的综合满意度;γ_1 为用户用电方式满意度的权值;γ_2 为用户电费支出满意度的权值。

γ_1, γ_2 对于不同的用户设置不同值,以体现不同用户对用电方式改变和电费支出的重视程度的不同。如对于电费在企业生产成本中占很大比重的用户,电费支出满意度的权值较大;而对于生产时间以及作业工序要求较为严格的用户,用电方式满意度的权重就应该较大。

由于对于重视程度的描述本身就是一个含有主观因素较多的模糊判断,具体计算时可以根据用户自身对二者的主观描述进行赋值。本文的赋值方法见表1,其中 A, B 代表 ε 或 θ。

表1 模糊描述的赋值方法

Table 1 Method of evaluation based on fuzzy logic

模糊描述	赋值[A, B]
A 与 B 同等重要	[0.5,0.5]
A 比 B 稍重要	[0.6,0.4]
A 比 B 明显重要	[0.7,0.3]
A 比 B 很重要	[0.8,0.2]
A 比 B 极端重要	[0.9,0.1]

3 基于用户响应和满意度峰谷分时电价决策模型

本文所采用的是多目标规划模型,以峰谷平时段电价为变量,平衡实现削峰填谷和使用户满意度最大化的目的,即实现日负荷曲线最大峰荷最小化、日负荷曲线峰谷差最小化的目的,同时又达到用户的满意度最大化。目标函数为:

$$\min(\max Q'^{*}) \tag{13}$$

$$\min(\max Q'^{*} - \min Q'^{*}) \tag{14}$$

$$\max R \tag{15}$$

约束条件为:

$$\begin{cases} P_{\min} \leqslant P_{\mathrm{TOU}} \leqslant P_{\max} \\ Q_i', Q_i'^{*}, R \end{cases} \tag{16}$$

式(13)表示最小化系统最大负荷,式(14)表示最小化系统负荷峰谷差,式(15)表示最大化用户满意度,式(16)设定了峰谷分时电价的变化区间。

由于目标函数相互冲突,进行计算时,找不到同时满足式(13)~式(15)的最优解,使用Pareto解进行求取。Pareto解是一种有效解,指不牺牲其他目标函数的前提下不可能改进任何一个目标函数。求解时可采用设定权值法、目标函数法等方法。本文采用设定权值法,将目标函数转化为单目标规划:

$$\min\left(\lambda_1 \frac{\max Q'^{*}}{\max Q} + \lambda_2 \frac{\max Q'^{*} - \min Q'^{*}}{\max Q - \min Q} - \lambda_3 R\right) \tag{17}$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1 \tag{18}$$

式中:$\max Q$ 和 $\max Q - \min Q$ 分别代表未实行峰谷电价前的最大负荷和峰谷差,用 $\max Q'^{*}/\max Q$ 和 $(\max Q'^{*} - \min Q'^{*})/(\max Q - \min Q)$ 计算的目的是为了将其取值范围设定为1左右,以便与 R 在同一水平上进行比较,避免因为数值上相差过大带来的影响。$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 分别代表式(13)~式(15)的权值。

具体计算时,由于式(13)和式(14)体现的都是

用户对系统削峰填谷的贡献,可以将二者设为相同的权值,即可将上述单目标规划转化为如下形式:

$$\min\left[\frac{\omega_1}{2}\left(\frac{\max Q'^{*}}{\max Q}+\frac{\max Q'^{*}-\min Q'^{*}}{\max Q-\min Q}\right)-\omega_2 R\right] \tag{19}$$

$$\omega_1+\omega_2=1 \tag{20}$$

式中:ω_1,ω_2 分别代表用户对系统削峰填谷的贡献以及自身满意度的权重。

ω_1,ω_2 取值对式(19)的优化结果会有一定的影响,对于不同行业取值也不尽相同。如对于峰谷差较大的用户或耗电量占系统较大比例的用户,ω_1 取值可大些;而对于电价较为敏感,用电满意度的下降会引起社会较强烈反映的用户,如居民用户,ω_2 取值应较大。可以看出 ω_1,ω_2 仍然是含有主观因素较多的模糊判断,具体计算时可以根据电网企业对二者的主观描述进行赋值,如可以根据拉闸限电表中的次序设定,方法同表 1 所示。

4 算例

本文以某用户实际负荷数据验证方法有效性。表 2 列出在实行峰谷分时电价前后该用户平均用电量变化情况,其中未实行峰谷电价前系统电价为 0.40 元/(kW·h),实行峰谷电价后用户的峰平谷电价分别为 0.59 元/(kW·h),0.42 元/(kW·h),0.27 元/(kW·h)。峰谷时段划分为:23:00～7:00 为谷段,8:00～11:00 以及 18:00～23:00 为峰段,7:00～8:00 以及 11:00～18:00 为平段。

表 2 某用户实行峰谷电价前后平均负荷变化情况
Table 2 A user's average load before and after time-of-use pricing

时段	实行前负荷/MW	原峰谷电价方案/MW	时段	实行前负荷/MW	原峰谷电价方案/MW
0	27.2	30.2	12	32.9	32.5
1	29.6	32.2	13	32.3	31.9
2	29.1	31.0	14	32.4	31.9
3	29.4	32.6	15	32.8	32.5
4	29.2	32.8	16	33.1	32.8
5	30.7	33.2	17	33.2	32.8
6	30.3	34.1	18	34.1	33.5
7	30.1	33.9	19	34.5	33.9
8	34.2	33.7	20	35.2	33.8
9	33.6	32.9	21	33.9	32.5
10	34.1	33.8	22	32.3	30.4
11	33.7	33.4	23	29.1	32.3

该用户为大工业用户,在 8:00～17:00 每小时的固定负荷为 31 MW。全天每小时负荷上限为 35 MW。峰谷分时电价的区间为[0.20,0.70]。由于其为三班制生产,工艺流程调整较为容易,且产品产值电耗较高,因此设定 $\gamma_1=0.2$,$\gamma_2=0.8$;其负荷占系统负荷比例较大,且在拉闸限电表中位置较靠前,因此设定 $\omega_1=0.7$,$\omega_2=0.3$。

用户电价弹性矩阵为 24 阶方阵,限于篇幅,本文不再列出。经计算得出用户的峰平谷电价优化结果分别为 0.59 元/(kW·h),0.40 元/(kW·h),0.20 元/(kW·h)。未实施峰谷分时电价前以及两峰谷分时电价方案的负荷曲线如图 1 所示。

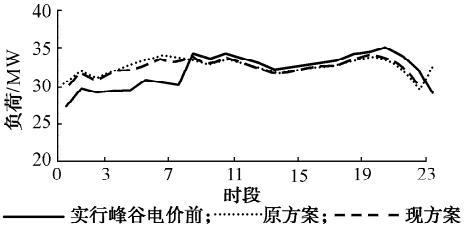

图 1 用户实行两峰谷电价方案的负荷曲线
Fig. 1 Comparison between different pricing scenarios

实行峰谷电价前的最大负荷为 35.2 MW,最大峰谷差为 8 MW,原峰谷电价方案的最大负荷为 34.1 MW,最大峰谷差为 4.7 MW,现峰谷电价方案的最大负荷为 34.142 MW,最大峰谷差为 4.319 MW。前后两方案的满意度比较见表 3。

表 3 用户实行两峰谷电价方案的满意度比较
Table 3 Comparison of users satisfaction index between two time-of-use pricing scenarios

用户满意度	原峰谷电价方案	现峰谷电价方案
用电方式满意度	0.949 9	0.957 7
电费支出满意度	0.906 9	0.983 1
综合满意度	0.915 5	0.978 0

原方案的用户满意度较低,现方案在综合满意度方面有了较大的提高。而且,用户的电费支出满意度接近 1,说明用户的电费支出与未实行峰谷电价前比较变化很小。虽然表面上与原方案相比各时段电价水平下降了,但供电公司仍有较小幅度的获利。在这种情况下,最大负荷接近原方案,最大峰谷差、用户用电方式满意度和电费支出满意度指标均优于原方案。充分说明了现方案在多数方面优于原方案,达到了供电公司与用户双赢的目的。

5 结语

本文引入用户电价响应矩阵的方法对用户实行峰谷分时电价的响应进行了描述,并建立了基于用户用电方式满意度和电费支出满意度的用户综合满意度模型,结合二者建立了峰谷分时电价决策模型。

通过算例验证了该模型的有效性。该模型结合了需求侧管理和电力市场营销的概念，把客户服务的理念引入电力企业的工作中。

但是可以看出，该模型是建立在用户峰谷分时电价的响应恒定的假设基础上的，当峰谷电价比例调节很大时，这种假设值得商榷。而且还存在一定的约束，如需要掌握用户峰谷分时电价的历史数据和固定负荷情况。对于前者，在已经实施一段时间峰谷分时电价的地区可以较好地解决，但是对于未实行过峰谷分时电价的地区其应用难度较大，通常需要对主要的工业用户进行走访拿到第一手数据后可以实现，或者通过对现实情况进行智能仿真实现。对于后者，需要掌握用户的用电方式并进行分析计算，通常可以通过制定固定负荷的比率来解决。

参考文献

[1] 胡兆光. 需求侧管理在中国的应用. 电力系统自动化，2001，25(1)：41—44.
HU Zhao-guang. Application of Demand Side Management to China. Automation of Electric Power Systems，2001，25(1)：41—44.

[2] 李扬，王治华，卢毅，等. 峰谷分时电价的实施及大工业用户的响应. 电力系统自动化，2001，25(7)：45—48.
LI Yang，WANG Zhi-hua，LU Yi et al. The Implementation of Peak and Valley Time Price for Electricity and the Response of Large Industries. Automation of Electric Power Systems，2001，25(7)：45—48.

[3] 丁宁，吴军基，邹云. 基于 DSM 的峰谷时段划分及分时电价研究. 电力系统自动化，2001，25(17)：10—15.
DING Ning，WU Jun-ji，ZOU Yun. Research of Peak and Valley Time Period Partition Approach and TOU Price on DSM. Automation of Electric Power Systems，2001，25 (17)：10—15.

[4] 李晖，康重庆，夏清. 考虑用户满意度的需求侧管理价格决策模型. 电网技术，2004，29(23)：1—6.
LI Hui，KANG Chong-qing，XIA Qing. Price Based Decision Making for Demand Side Management Considering Customer Satisfaction Index. Power System Technology，2004，29(23)：1—6.

[5] ROOS J G，LANE I E. Industrial Power Demand Response Analysis for One-part Real-time Pricing. IEEE Trans on Power Systems，1998，13(1)：159—164.

[6] DAVID A K，LI Y Z. Consumer Rationality Assumptions in the Real-time Pricing of Electricity. IEE Proceedings-C，1992，139(4)：315—322.

[7] RASANEN M，RUUSUNEN J，HAMALAINEN R P. Identification of Consumers' Price Responses in the Dynamic Pricing of Electricity. In：Proceedings of 1995 IEEE International Conference on Systems，Man and Cybernetics，Vol 2. New York(NY，USA)：1995. 1182—1187.

[8] SHEEN J N，CHEN C S，WANG T Y. Response of Large Industrial Customers to Electricity Pricing by Voluntary Time-of-use in Taiwan. IEE Proceedings-C，1995，142(2)：157—166.

[9] 秦祯芳，岳顺民，余贻鑫. 零售端电力市场中的电量电价弹性矩阵. 电力系统自动化，2004，28(5)：16—24.
QIN Zhen-fang，YUE Shun-min，YU Yi-xin. Price Elasticity Matrix of Demand in Current Retail Power Market. Automation of Electric Power Systems，2004，28(5)：16—24.

[10] 易文，刘志祥. 大工业用户运用峰谷电价参与电网削峰填谷的实践. 电力需求侧管理，2003，5(6)：25—28.
YI Wen，LIU Zhi-xiang. The Role of TOU for Large Industry Consumers Participating Power Grid Peak Shaving and Valley Filling. Power DSM，2003，5 (6)：25—28.

丁　伟(1978—)，女，博士研究生，研究方向为电力经济、电力市场。E-mail：dingwei8079@sohu.com

袁家海(1979—)，男，博士研究生，研究方向为电力经济。

胡兆光(1955—)，男，总经济师，博士生导师，长期从事电力技术经济、智能工程方面的理论研究工作。

Time-of-use Price Decision Model Considering Users Reaction and Satisfaction Index

DING Wei[1]，*YUAN Jia-hai*[1]，*HU Zhao-guang*[2]

(1. North China Electric Power University，Beijing 102206，China)

(2. State Power Economic Research Center，Beijing 100761，China)

Abstract: Time-of-use price is one of the most important means in demand side management (DSM) and the key is to set electricity price profile reasonable. This paper introduces the method of users reaction matrix to reflect the consumers' response in terms of historical time-of -use price data，and then users satisfaction index model to integrate the electricity consumption manner satisfaction index and the electric cost expenditure satisfaction index. Furthermore，the time-of-use price decision-making model with users reaction matrix and satisfaction index is presented. Finally，data from some large industrial consumer have proven the effectiveness of the method proposed.

Key words: demand side management；time-of-use price；users reaction matrix；users satisfaction index