

# 售电市场中售电量的风险分析

康重庆<sup>1</sup>, 庄彦<sup>2</sup>, 胡江溢<sup>3</sup>, 贾俊国<sup>3</sup>, 林弘宇<sup>3</sup>

(1. 电力系统及发电设备控制和仿真国家重点实验室(清华大学电机系), 北京市海淀区 100084; 2. 国网北京经济技术研究院, 北京市 宣武区 100761; 3. 国家电网公司营销部, 北京市 西城区 100031)

## Risk Analysis on Electricity Sales in Power Sale Market

KANG Chong-qing<sup>1</sup>, ZHUANG Yan<sup>2</sup>, HU Jiang-yi<sup>3</sup>, JIA Jun-guo<sup>3</sup>, LIN Hong-yu<sup>3</sup>

(1. State Key Lab of Control and Simulation of Power Systems and Generation Equipments (Dept. of Electrical Engineering, Tsinghua University), Haidian District, Beijing 100084, China; 2. State Power Economic Research Institute, Xuanwu District, Beijing 100761, China; 3. Marketing Department of State Grid Corporation of China, Xicheng District, Beijing 100031, China)

**ABSTRACT:** Power sale market is the analysis object of power marketing. Affected by many uncertain factors, the future electricity sales of the electric corporation have great uncertainty. The risk sources and their influences on power sale market were analyzed, and a risk analyzing method, which is based on sequence operation theory, was brought out. A numeric example was given to demonstrate the method. Furthermore, the paper discussed the essence of risk analysis issue of power sale market and its revelation to power marketing, and proposes the application process of this method. This paper has reference value in predicting potential risk of power sale market and making risk prevention strategy in advance.

**KEY WORDS:** power market; marketing; electricity sales; risk analysis; sequence operation theory

**摘要:** 售电市场是电力营销的分析对象。售电市场受到众多不确定因素的影响,使得电网企业未来的售电量存在较大的不确定性。分析了售电市场中风险的来源及其影响,以售电量为着眼点,提出基于序列运算理论的售电市场风险分析方法,通过算例对该方法进行了直观的说明。进一步探讨了售电市场中此类风险分析问题的实质及其对于电力营销工作的启示,提出了该方法的实用化操作过程。该方法对于预估售电市场的潜在风险、提前制定风险防范策略具有重要的参考价值。

**关键词:** 电力市场; 营销; 售电; 风险分析; 序列运算理论

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(50777031); 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-07-0484)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (50777031).

## 0 引言

电力市场营销是电网企业的重要工作内容之一<sup>[1-2]</sup>。在电力供需矛盾逐步缓和、替代能源竞争日益激烈的情况下,电力营销工作日益受到密切的关注<sup>[3-5]</sup>,因此,做好售电市场的分析与预测,把握市场脉搏,成为市场营销工作者关注的焦点。其中,售电量、售电收入和售电均价等指标是反映市场经营效果和未来走势的关键<sup>[6-7]</sup>。

市场分析与预测的基本思路是根据历史数据规律给出售电量等指标的预测值。虽然预测过程中已经考虑了经济、气象等因素的影响<sup>[8-9]</sup>,但是仍然有很多因素无法在预测模型中体现,预测人员往往需要根据已经掌握的市场最新动向<sup>[10-11]</sup>,结合自身的经验,人为地对预测结果进行一定量的重新调整。然而,由于这些因素对售电量影响的不确定性,要给出一个确定的数值是很困难的。比较可行的做法是给出考虑了不确定因素影响的情况下,售电量的概率分布<sup>[12]</sup>。这实际上从确定性判断走向了风险分析<sup>[13]</sup>。

从市场角度看,风险分析是众多市场关心的问题,售电市场也不例外。受到众多不确定因素的影响,使得电网企业未来的售电量存在很大的不确定性,同时,由于售电量的不确定性,表征企业经营效果的售电均价、售电收入等关键指标也是不确定的。如何量化这种不确定的程度,掌握售电市场各关键指标未来的可能分布,使电网企业对售电市场可能面临的各种局面有所准备,对电力营销工作有着重要价值。良好的售电风险分析,有助于营销人

员对未来售电市场可能出现的各种情况心中有数，为发现并且防范风险提供重要参考。

本文分析了售电市场中众多不确定因素可能对未来发展造成的潜在风险，然后以售电量风险分析为例，建立了基于序列运算理论<sup>[14-15]</sup>的售电市场风险分析方法，可以计算未来市场中售电量的期望值和标准差，并进一步用风险度的概念定性地衡量售电市场的风险。采用同样的思路，可以研究售电收入和售电均价等指标的风险分析方法。

## 1 售电市场风险因素分析

售电量与用电量是密切相关的，导致售电市场风险的不确定因素主要有以下几点：

1) 自然因素导致的风险。主要指气候条件、自然灾害等因素对售电量产生的影响。例如，夏季气温的高低对居民生活用电量有着显著影响。

2) 经济发展水平导致的风险。用电量增长和经济增长是正相关的。一般来说，经济发展势头好，用电量增长也快；反之，用电量增长缓慢甚至萎缩。

3) 经济结构调整导致的风险。用电结构是与经济结构高度相关的。随着我国经济结构的调整，用电结构也处在不断变化中，即使总售电量相同，用电结构不同也会导致售电收入和售电均价发生变化。

4) 电价调整导致的风险。电价在原来基础上浮动，以及分时电价、季节性电价等电价政策的执行，势必影响到用户的用电行为，对电网企业的售电情况产生影响。尤其是用电结构中高耗能行业占据较大比重的地区，高耗能销售电价的调整，可能对该地区的总体售电产生严重冲击。

5) 电网企业竞争对手导致的风险。电网企业主要面临 2 大类竞争对手：①企业自备电厂、孤立电网、地方电厂，在全社会的用电需求相对固定的情况下，这些电源在电能市场所占的份额越大，则电网企业的售电空间越小，并且这些电源主要受到降雨等因素的影响，其发电计划有着很大的随机性；②煤炭、石油、天然气等替代能源对终端能源市场的争夺，当这些能源的使用价格、可用量或者营销策略发生变化时，也势必影响到用户对电能的需求。

6) 行业或企业经营状况变化或生产计划突变导致的风险。行业整体经营状况的好坏，大型用电企业的进入或退出，以及大型用电企业生产计划的重大调整等，都将对电网企业的售电情况产生很大

的影响。

7) 电网企业经营发展战略变化导致的风险。电网企业某项营销措施的推行、营业区域的划转、大用户直购电的实施等，也将给电网企业的售电情况带来明显的变化。

无论哪种不确定因素，对电网企业的影响最终都可以体现在售电量、售电收入和售电均价等关键指标上。

## 2 总体思路

假设由市场预测给出各个售电类别售电量和总售电量的初始预测值，并且预计未来的售电市场将受到若干不确定因素的影响，导致售电量与市场预测的结果存在较大偏差。由于不同用户群体受这些因素影响的程度和特点是不同的，同时这种不同还将影响到售电收入和售电均价的水平，因此有必要从每一类售电类别出发，分析不确定因素对每个类别的影响。

售电量风险分析的总体思路如下：

1) 通过对营销经营环境的密切跟踪，以及用户调查等手段，筛选出若干可能对未来售电市场产生较大影响的因素。

2) 从用户的用电用途出发，分析各个售电类别受各不确定因素影响的特点。对于那些受影响程度并不显著的类别，可以直接采用市场预测的结果，不必对其售电量进行重新估计；对于那些受影响程度较大的类别，通过综合分析各个不确定因素的影响程度，给出该类别售电量的重新估计值。由于影响因素的不确定性，该重新估计值为满足一定分布的随机变量。

3) 用各类别售电量的重新估计值对总售电量的初始预测值进行修正，从而得到总售电量的重新估计值，该值也为满足一定分布的随机变量。

下面分析子类别售电量的重新估计值对总售电量进行修正的计算方法。

## 3 子类别的不确定性对总售电量的影响模型

### 3.1 随机变量的序列化描述

在售电量分析中，总售电量的初始预测值 $Q^0$ 、每个售电类别 $j$ 售电量的初始预测值 $Q_j^0$ ，以及每个售电类别 $j$ 售电量的重新估计值 $Q_j$ 都可以当作随机变量。其中，确定型变量可以当作随机变量的特例。在运用序列运算理论以前，首先必须将各个随机变量序列化。下面以总售电量的初始预测值 $Q^0$ 为例，

描述随机变量的序列化过程。

取离散化步长 $\bar{q}$ 对 $Q^0$ 进行离散化,记 $Q^0$ 对应的概率性序列为 $a(i)$ 。假设 $Q^0$ 的最大可能取值为 $q_{\max}^0$ ,则 $a(i)$ 的长度 $N_a$ 为:

$$N_a = [q_{\max}^0 / \bar{q}] \quad (1)$$

式中 $[x]$ 为不超过 $x$ 的最大整数。

离散化后的总售电量共有 $N_a+1$ 个状态,其中第 $i$ 个状态对应的售电量为 $i\bar{q}$  ( $0 \leq i \leq N_a$ ),对应的序列点取值 $a(i)$ 代表第 $i$ 个状态对应的概率。 $a(i)$ 根据 $Q^0$ 的分布给出,并有:

$$\sum_{i=0}^{N_a} a(i) = 1 \quad (2)$$

以上序列化过程完成了对总售电量概率空间的完全划分。当 $Q^0$ 是一般的随机型变量,其取值有一定的分布,则序列 $a(i)$ 包含了一系列非零点,每个点的数值都有 $0 \leq a(i) \leq 1$ 。

特别地,如果 $Q^0$ 是确定型变量,即 $Q^0=q^0$ ,则 $a(i)$ 为单位序列,长度为

$$N_a = [q^0 / \bar{q}] \quad (3)$$

$a(i)$ 只在 $i=N_a$ 点取值,且 $a(N_a)=1$ 。

用同一个离散化步长,对各个 $Q_j^0$ 和 $Q_j$ 进行序列化,得到对应的概率性序列为 $a_j(i)$ 和 $b_j(i)$ 。

### 3.2 总售电量的修正模型

假设售电市场有 $S$ 个重新估计的子类别,并已经用其中的 $r$  ( $0 \leq r \leq S-1$ )个子类别对总售电量进行了修正,记修正后的总售电量为 $Q^{(r)}$ ,对应的概率性序列为 $b^{(r)}(i)$ ,长度为 $N_b^{(r)}$ ,下一步用类别 $j$ 售电量的新估计值 $Q_j$ 对 $Q^{(r)}$ 进行修正,得到第 $r+1$ 次修正后的总售电量 $Q^{(r+1)}$ ,其对应的概率性序列为 $b^{(r+1)}(i)$ 。修正的具体方法如下:

1) 从第 $r$ 次修正得到的总售电量 $Q^{(r)}$ 中,扣除类别 $j$ 售电量的初始预测值 $Q_j^0$ ,得到的剩余售电量记为 $Q_{\text{temp}}^{(r)}$ ,其对应的概率性序列为 $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 。从概率性序列来执行卷差运算:

$$b_{\text{temp}}^{(r)}(i) = b^{(r)}(i) \ominus a_j(i) \quad (4)$$

以 $i_{br}$ 、 $i_{aj}$ 、 $i$ 分别表示 $b^{(r)}(i)$ 、 $a_j(i)$ 、 $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 的序号,从卷差运算的定义有

$$b_{\text{temp}}^{(r)}(i) = \begin{cases} \sum_{i_{br}-i_{aj}=i} b^{(r)}(i_{br}) \cdot a_j(i_{aj}), & 1 \leq i \leq N_b^{(r)} \\ \sum_{i_{br} \leq i_{aj}} b^{(r)}(i_{br}) \cdot a_j(i_{aj}), & i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

在 $i \neq 0$ 时, $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 表示 $Q^{(r)}$ 取值减去 $Q_j^0$ 取值等

于 $i\bar{q}$ 的概率之和;在 $i=0$ 点, $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 表示 $Q^{(r)}$ 取值小于等于 $Q_j^0$ 取值的概率之和。由于总售电量第 $r$ 次修正结果 $Q^{(r)}$ 包含了类别 $j$ 的初始预测值 $Q_j^0$ ,因此 $Q^{(r)}$ 取值小于等于 $Q_j^0$ 取值的概率为零,即 $b_{\text{temp}}^{(r)}(0)=0$ 。因此, $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 代表了总售电量 $Q^{(r)}$ 扣除类别 $j$ 售电量初始预测值 $Q_j^0$ 之后,剩余售电量对应的概率性序列。

2) 在剩余售电量 $Q_{\text{temp}}^{(r)}$ 中加上类别 $j$ 售电量的新估计值 $Q_j$ ,得到第 $r+1$ 次修正后的总售电量 $Q^{(r+1)}$ ,其对应的概率性序列为 $b^{(r+1)}(i)$ 。从概率性序列来看,即执行卷和运算

$$b^{(r+1)}(i) = b_{\text{temp}}^{(r)}(i) \oplus b_j(i) \quad (6)$$

以 $i_{\text{btemp}}$ 、 $i_{bj}$ 、 $i$ 分别表示 $b_{\text{temp}}^{(r)}(i)$ 、 $b(i)$ 、 $b^{(r+1)}(i)$ 的序号,从卷和运算的定义有

$$b^{(r+1)}(i) = \sum_{i_{\text{btemp}}+i_{bj}=i} b_{\text{temp}}^{(r)}(i_{\text{btemp}}) \cdot b_j(i_{bj}), \quad i=0,1,\dots,N_b^{(r)}+N_{bj} \quad (7)$$

因此, $b^{(r+1)}(i)$ 表示 $Q_{\text{temp}}^{(r)}$ 取值加上 $Q_j$ 取值等于 $i\bar{q}$ 的概率之和。

特别地,令 $Q^{(0)}=Q^0$ , $b^{(0)}(i)=a(i)$ ,即第一次修正是在总售电量的初始预测值基础上进行的。

循环执行以上1)~2)步,当所有重新估计的子类别对总售电量的修正都完成后,即得到总售电量的最终估计值,记最终得到的总售电量的概率性序列为 $b(i)$ ,长度为 $N_b$ ,有

$$b(i) = b^{(S)}(i) \quad (8)$$

需要指出的是,前文的分析中,售电量的重新估计值均直接以总量的形式给出。实际上,电力市场营销人员有时倾向于给出不确定因素导致的售电量增量。例如,电价调整导致下一个月高耗能行业售电量降低2~4亿kW·h时的可能性为80%,可以做出诸如此类的估计。此时,可以在增量离散化过程中做出特殊处理,然后采用类似的方法进行分析。

## 4 总售电量的风险分析

在计算了考虑不确定因素的总售电量分布以后,可以用风险度的概念来衡量电网企业的售电量风险。风险度是对风险的概率特性进行量化的一种表示方式,有多种定义方法,本文沿用将概率分布标准差与期望值的比值作为风险度的定义。记总售

电量的期望值为 $\mu_Q$ ，标准差为 $\sigma_Q$ ，则售电量风险度 $R_Q$ 可定义为

$$R_Q = \frac{\sigma_Q}{\mu_Q} \times 100\% \quad (9)$$

在总售电量的期望值 $\mu_Q$ 相同情况下，售电量分布的标准差 $\sigma_Q$ 越大，则实际售电量远离期望值的概率越大，售电量风险度 $R_Q$ 越大，电网企业的售电量风险也越大；反之，风险越小。售电量风险度相当于把绝对风险进行了无量纲标准化处理，能够较好地判定售电量风险的大小。

由总售电量的概率性序列  $b(i)$ ，可以求得总售电量的期望值 $\mu_Q$ 和方差 $\sigma_Q^2$ ，有

$$\mu_Q = \sum_{i=0}^{N_b} \bar{q} i b(i) \quad (10)$$

$$\sigma_Q^2 = \sum_{i=0}^{N_b} b(i) \cdot (\bar{q} \cdot i - \mu_Q)^2 \quad (11)$$

图 1 给出了售电量风险分析的整体算法流程。

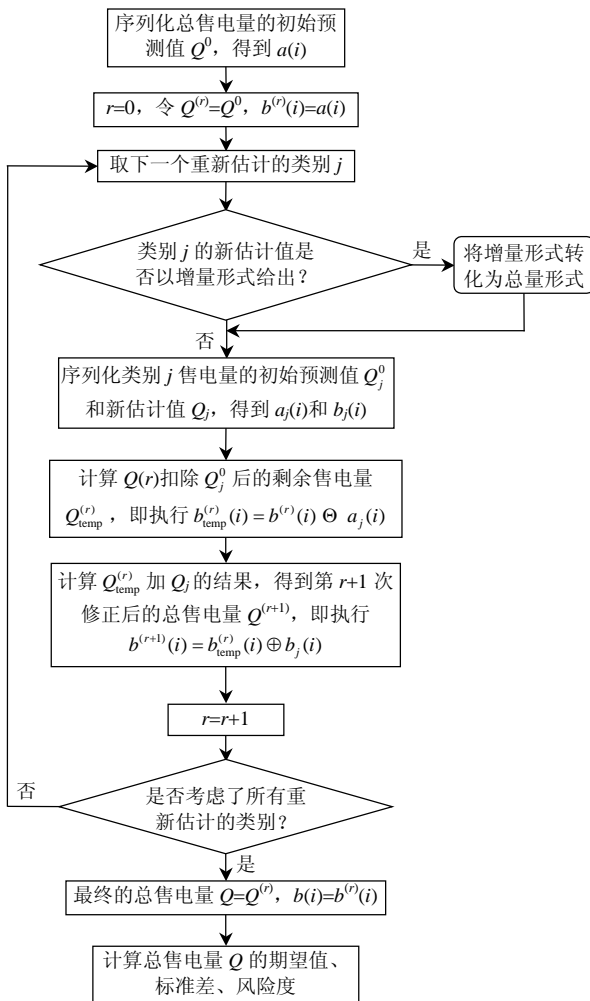


图 1 售电量风险分析的整体算法框图

Fig. 1 Algorithm diagram of electricity sales risk analysis

## 5 算例

### 5.1 原始数据

按照国家电网公司售电市场分析预测指标体系的分类方式，将全部售电量分为 8 大类：大工业、非普工业、农业、非居民、居民、商业、趸售、其他。假设在不确定因素影响下，各售电类别的售电量服从正态分布，营销人员给出每个类别售电量以期望值为中心的 95% 置信区间，如表 1 所示。其中，第 3 列给出了各类别售电量的初始预测结果，第 4~5 列分别给出两套考虑了不确定因素以后，各类别售电量的新估计值。

表 1 售电量的初始预测值及不确定因素下的新估计值  
Tab. 1 Initial and new estimated values of electricity sales

类别 序号 $j$	类别 名称	初始预测值 $Q_j^0$ / 亿 kW·h	重新估计值 $Q_j$ / 亿 kW·h	
			情景 1	情景 2
1	居民	40	[38,46]	[39,45]
2	趸售	30	[26,34]	[28,32]
3	大工业	70	[58,70]	[61,67]
4	农业	25	[23,27]	[24,26]
5	非普工业	15	—	—
6	非居民	30	—	—
7	商业	35	—	—
8	其他	15	—	—

本算例中，售电量的初始预测值给出的是确定型结果，总售电量等于各类别售电量之和，有 $Q^0=260$  亿 kW·h。其中，子类别 5~8 受不确定因素的影响很小，因此后续对总售电量的修正中，仅考虑子类别 1~4。

由于正态分布的 95% 置信区间为 $[\mu-1.645\sigma, \mu+1.645\sigma]$ ，则 2 种情景下子类别 1~4 售电量的期望值和标准差如表 2 所示。

表 2 子类别 1~4 售电量新估计值的期望值和标准差  
Tab. 2 Expectation values and standard deviations of new estimated electricity sales of sectors 1~4

类别 $j$	情景 1		情景 2	
	期望值/ 亿 kW·h	标准差/ 亿 kW·h	期望值/ 亿 kW·h	标准差/ 亿 kW·h
1	42	2.432	42	1.824
2	30	2.432	30	1.216
3	64	3.647	64	1.824
4	25	1.216	25	0.608

由上表可以看到，情景 1 和 2 中，各子类别售电量的新估计值有着相同的期望值，但是情景 2 各类别的标准差均小于情景 1，即情景 2 下各类别售电量的不确定程度要低于情景 1。

### 5.2 序列化过程

取离散化步长 $\bar{q}=0.5$  亿 kW·h，将子类别 1~4 售

电量的初始预测值和新估计值序列化。由于本例中初始预测值均为确定型数值，则概率性序列 $a(i)$ 、 $a_1(i)$ 、 $a_2(i)$ 、 $a_3(i)$ 和 $a_4(i)$ 均为单位序列。

由正态分布的性质可知，99.74%的数值落在距均值 $3\sigma$ 的范围内，即

$$P(\mu - 3\sigma \leq X \leq \mu + 3\sigma) = 0.9974$$

则售电量的新估计值的99.74%置信区间如表3所示。

表3 子类别1~4售电量新估计值的99.74%置信区间  
Tab. 3 99.74% confidence intervals of new estimated electricity sales of sectors 1~4

类别 $j$	情景1/亿 kW·h	情景2/亿 kW·h
1	[34.704,49.296]	[36.528,47.472]
2	[22.704,37.296]	[26.352,33.648]
3	[53.059,74.941]	[58.528,69.472]
4	[21.352,28.648]	[23.176,26.824]

记各类别售电量99.74%置信区间的上限和下限为 $q_{j,\min}$ 和 $q_{j,\max}$ ，并且有

$$N_{bj,\min} = [q_{j,\min} / \bar{q}]$$

$$N_{bj} = [q_{j,\max} / \bar{q}]$$

则令各子类别售电量新估计值对应的概率性序列为

$$b'_j(i) = \begin{cases} 0, & i=0,1,\dots,N_{bj,\min}-1 \\ \frac{\bar{q}}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} e^{-\frac{(\bar{q}-i)^2}{2\sigma_j^2}}, & i=N_{bj,\min}, N_{bj,\min}+1, \dots, N_{bj} \end{cases}$$

在以上计算过程中，可能出现 $u_j = \sum_{i=0}^{N_{bj}} b'_j(i) \neq 1$ 的现象，因此需要对 $b'_j(i)$ 的各点取值作一定量的补偿修正，具体的方法是计算 $u_j$ 和1的差值，并将该差值均匀地分摊到序列 $b'_j(i)$ 的每个非零点上，即

$$\Delta b'_j = (1 - u_j) / (N_{bj} - N_{bj,\min} + 1)$$

$$b_j(i) = b'_j(i) + \Delta b'_j, \quad i = N_{bj,\min}, N_{bj,\min} + 1, \dots, N_{bj}$$

$b_j(i)$ 为 $Q_j$ 对应的概率性序列，满足 $\sum_{i=1}^{N_{bj}} b_j(i) = 1$ 。

图2展示了情景1下，售电类别1~4售电量新估计值的离散概率分布。其中， $Q$ 为售电量，亿kW·h； $b$ 为售电量的离散化概率。

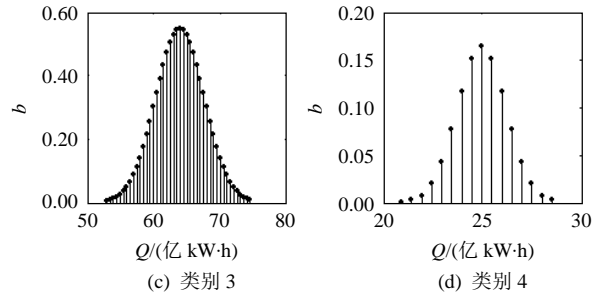
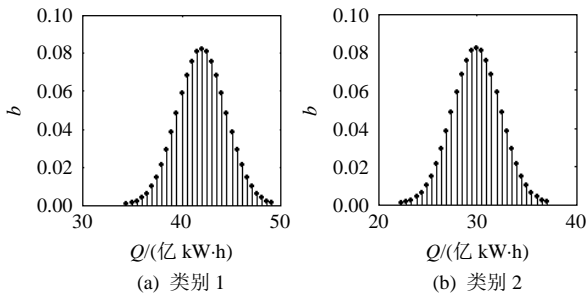


图2 子类别1~4售电量新估计值的离散概率分布  
Fig. 2 Discrete probability distributions of new estimated electricity sales of sectors 1~4

图3展示了情景1和2下，子类别1售电量新估计值的离散概率分布。

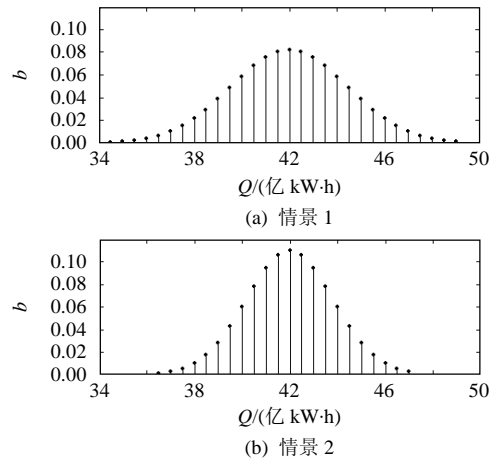


图3 情景1、2下子类别1售电量新估计值的离散概率分布

Fig. 3 Discrete probability distributions of new estimated electricity sales of sectors 1 under scenarios 1 and 2

由此可以验证，情景1的不确定性较情景2高。

### 5.3 售电量风险的量化

图4、5分别展示了情景1下，修正后的总售电量的概率分布和累积概率分布。其中， $c$ 代表总售电量的累积概率。

修正后总售电量的期望值、标准差和风险度如表4所示。

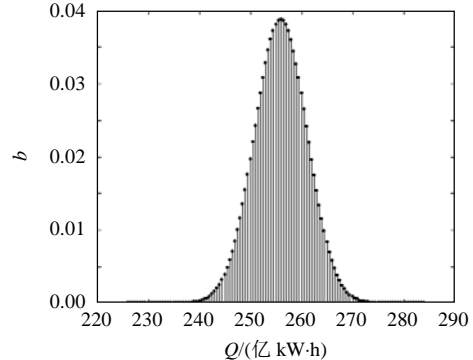


图4 情景1下修正后总售电量的离散概率分布  
Fig. 4 Discrete probability distributions of total electricity sales after revision, under scenario 1

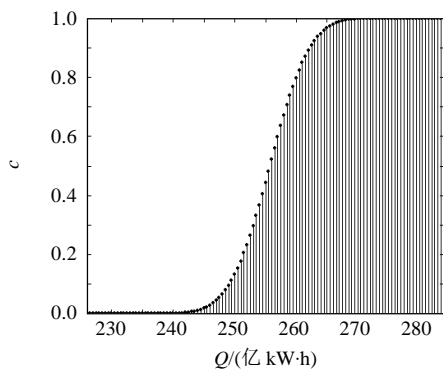


图 5 情景 1 下修正后总售电量的累积概率分布  
Fig. 5 Cumulative probability distributions of total electricity sales after revision, under scenario 1

表 4 修正后总售电量的期望值、标准差、风险度  
Tab. 4 Expectation value, standard deviation and risk degree of total electricity sales after revision

情景	期望值/亿 kW·h	标准差/亿 kW·h	风险度/%
1	255.978 1	5.110 8	2.00
2	255.979 3	2.888 5	1.13

由上表可以看到，2 种情景下总售电量的期望值是几乎相等的，子类别售电量标准差越大，则总售电量的标准差越大，风险度越大。

算例中的概率密度函数均使用正态分布，这只是一中示范性过程。在其他类型的概率分布函数的情况下，也可以做类似的计算。

## 6 售电量风险分析的实用化

### 6.1 风险分析的实质与启示

1) 从总量来看，售电量的初始预测值给出的是确定型结果，总售电量为 260 亿 kW·h。而在考虑市场所面临的不确定因素之后，2 种情景下总售电量的期望值约为 256 亿 kW·h。这里的 4 亿 kW·h 的差别(约占 1.5%)，正是不确定因素所导致的售电市场中潜在的负增量。

2) 从子类别来看，子类别 5~8 受不确定因素的影响很小，因此在计算过程中不予分析。这些类别包括商业及其它类别，在电力营销人员调查其生产计划之后，其售电量基本可以保证，对未来总售电量的影响很小，几乎可以忽略由其引起的风险。

3) 子类别 1 为居民生活用电。由于对未来温度、湿度等气候因素无法准确把握，使得该类别的售电量存在如图 2 所示的不确定性，并最终对总售电量带来一定的风险。

4) 子类别 2 为趸售电量。假定所分析的地区属于小水电装机较多的情形。由于未来降雨量情况无法准确预测，趸售区小水电发电量有较大的变化

区间，因此对主网的用电需求也呈现一个区间分布，这个不确定性导致了一定程度的售电风险。

5) 子类别 3 为高耗能比例较大的大工业中用电。其售电量的期望值较大，但是标准差也较大，表明该行业受国家节能减排政策的影响较大，营销人员对该行业的把握程度也较低。实际上，可以从算例中情景 1 的分析得到，该行业对于总售电量的风险的贡献率最大。

6) 子类别 4 为农业用电量。电价因素是一个重要方面，例如，受国家宏观调控政策影响，农村种植业和养殖业由非普电价改为执行农业电价，降低了经营成本，可以刺激农村电量的增长，但是，由于未来排灌用电无法准确预计，仍然导致该类别存在如图 2 所示的不确定性。

### 6.2 风险分析的实用化

实用化的几个关键环节如下：

1) 对于全体售电类别，根据所掌握的市场调研情况，做出恰当的划分。每个类别都可以归结为确定性类别或不确定性类别之中的一个。

2) 对于确定性类别，认为其售电风险几乎可以忽略不计。

3) 对于不确定性类别，逐一分析该类别售电量的影响因素，并量化地表示其影响程度。

4) 在类别划分过程中，不必拘泥于现有的售电分类方式，而是要根据影响局部受影响的程度不同进行划分。例如，大工业类别中，可以将高耗能售电量作为一类，其他部分作为另外一类。

5) 量化的计算过程，可以按照各个售电类别逐一进行，并且不受先后顺序的影响，这在序列运算理论中已经得到证明。

6) 在实际操作中，应分析各个类别对总售电量的风险贡献率，有助于在营销工作中抓住主要矛盾，在风险最大的几个主要售电类别上采取有针对性的营销策略，从而有效地规避售电市场的风险。

## 7 结论

售电量是电力营销最关注的指标。在各种不确定因素的影响下，电网企业未来的售电量也存在一定的不确定性，这种不确定性是售电市场风险的具体表现。本文首先分析了售电市场的主要风险因素及其影响特点，而后基于序列运算理论，提出了考虑不确定因素影响下，总售电量的修正方法，并通过风险度指标，量化衡量了在不确定因素影响下，售电量的分布偏离期望值的程度。最后，本文进一

步探讨了售电市场中此类风险分析问题的实质及其对电力营销工作的启示,提出了该方法的实用化操作过程。这些分析方法有助于营销人员发现售电市场的潜在风险,为售电风险的防范奠定了基础。

## 参考文献

- [1] 陈进行. 国家电网公司 2006 年营销工作重点[J]. 电力需求侧管理, 2006, 8(2): 1-4.  
Chen Jinhang. Major marketing works of State Grid Corporation in 2006[J]. Power Demand Side Management, 2006, 8(2): 1-4(in Chinese).
- [2] 王相勤. 电力营销实时信息系统建设的实践与思考[J]. 电网技术, 2006, 30(4): 1-5.  
Wang Xiangqin. Practice and consideration of power marketing real-time information system[J]. Power System Technology, 2006, 30(4): 1-5(in Chinese).
- [3] 王志刚, 曲巍, 黄爱颖. 天津市电力公司售电市场实时预测分析系统建设及应用[J]. 电力需求侧管理, 2007, 9(1): 48-51.  
Wang Zhigang, Qu Wei, Huang Aiyong. Construction and application of electric selling real-time forecasting analyzing system of tianjin electric power company[J]. Power Demand Side Management, 2007, 9(1): 48-51(in Chinese).
- [4] 刘文霞, 王志强, 毛辉, 等. 数据集成技术在电力营销数据分析系统中的应用[J]. 电网技术, 2004, 28(18): 70-74.  
Liu Wenxia, Wang Zhiqiang, Mao Hui, et al. Application of data integration technology to electric power marketing data analysis system[J]. Power System Technology, 2004, 28(18): 70-74(in Chinese).
- [5] 靳越, 苑津莎, 孙娜. 基于数据仓库技术建立电力营销系统[J]. 华东电力, 2006, 34(1): 61-63.  
Jin Yue, Yuan Jinsha, Sun Na. Application of data warehouse technology to power marketing[J]. East China Electric Power, 2006, 34(1): 61-63(in Chinese).
- [6] 徐玮, 康重庆, 揣小勇. 基于不确定型电力电量平衡的电网企业购电成本分析[J]. 电网技术, 2006, 30(21): 15-20.  
Xu Wei, Kang Chongqing, Chuai Xiaoyong. Electricity purchasing cost calculation based on uncertain analysis of power supply-demand balancing for power grid corporation[J]. Power System Technology, 2006, 30(21): 15-20(in Chinese).
- [7] 卢志刚, 张炜, 王新华, 等. 多目标多层次模糊综合评价在电力企业运营状况评价中的应用[J]. 电网技术, 2002, 26(2): 54-57.  
Lu Zhigang, Zhang Wei, Wang Xinhua, et al. Application of multi-object multi-layer fuzzy comprehensive evaluation of economic operation situation of electric power enterprise[J]. Power System Technology, 2002, 26(2): 54-57(in Chinese).
- [8] 李翔, 吴景龙, 梁亚丽, 等. 基于状态空间模型的电力需求增长率分析[J]. 电网技术, 2005, 29(4): 60-65.  
Li Xiang, Wu Jinglong, Liang Yali, et al. Analysis on power demand growth rate based on state space model[J]. Power System Technology, 2005, 29(4): 60-65(in Chinese).
- [9] 侯勇, 张荣乾, 谭忠富, 等. 基于模糊聚类和灰色理论的各行业与全社会用电量关联分析[J]. 电网技术, 2006, 30(2): 46-50.  
Hou Yong, Zhang Rongqian, Tan Zhongfu, et al. Correlative analysis of power consumption for various industries to whole society based on fuzzy clustering and grey theory[J]. Power System Technology, 2006, 30(2): 46-50(in Chinese).
- [10] 杨文举. 我国产业结构与区域经济发展差距关系的实证分析[J]. 生产力研究, 2005(3): 166-167, 189.  
Yang Wenju. Practical analysis on regional economic growth in association with industry structure[J]. Productivity Research, 2005(3): 166-167, 189(in Chinese).
- [11] 袁家海, 丁伟, 胡兆光. 电力消费与中国经济发展的协整与波动分析[J]. 电网技术, 2006, 30(9): 10-15.  
Yuan Jiahai, Ding Wei, Hu Zhaoguang. Analysis on cointegration and co-movement of electricity consumption and economic growth in China[J]. Power System Technology, 2006, 30(9): 10-15(in Chinese).
- [12] 康重庆, 杨高峰, 夏清. 电力需求的不确定性分析[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(17): 14-19, 39.  
Kang, Chongqing, Yang, Gaofeng, Xia Qing. Analysis of the uncertainty of electric power demand[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(17): 14-19, 39(in Chinese).
- [13] Kang Chongqing, Bai Lichao, Xia Qing, et al. Incorporating reliability evaluation into the uncertainty analysis of electricity market price[J]. Electric Power Systems Research, 2005, 73 (2): 205-215.
- [14] 康重庆, 夏清, 相年德. 序列运算理论及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 1-40.
- [15] 康重庆, 白利超, 夏清. 概率性序列及其运算理论[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2003, 43(3): 322-325.  
Kang Chongqing, Bai Lichao, Xia Qing. Probabilistic sequence and its operation theory[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2003, 43(3): 322-325(in Chinese).



康重庆

收稿日期: 2009-03-27。

作者简介:

康重庆(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力市场、负荷预测、电力规划、低碳电力技术等, cqkang@tsinghua.edu.cn;

庄彦(1983—), 女, 硕士, 研究方向为电力市场; 胡江溢(1968—), 男, 高级工程师, 从事电力营销的研究和管理工作;

贾俊国(1965—), 男, 高级工程师, 从事电力营销的研究和管理工作;

林弘宇(1976—), 男, 高级工程师, 从事电力营销的研究和管理工作。

(编辑 吕鲜艳)