

文章编号: 1000-6788(2009)05-0092-06

电力消费及其影响因素: 基于非参数模型的研究

陈文静¹ 何刚²

(1. 暨南大学 经济学院, 广州 510632; 2. 华中科技大学 经济学院, 武汉 430074)

摘要 基于半参数模型和非参数模型研究了电力消费系统中各影响因素的线性以及非线性的影响效应, 其结论表明: 我国经济的快速增长、人口因素和经济结构都是影响我国电力消费的重要因素; 电力价格指数对电力消费需求的影响效应并不是很大, 不足以抵消上述因素所引致的电力消费的快速增长; 而且我国的能源利用效率虽然在不断提高, 但仍然还处于一个比较低的水平.

关键词 电力消费; 影响因素; 半参数模型; 非参数模型

中图分类号 F407. 2

文献标志码 A

Electricity consumption and its impact factors: Based on nonparametric model

CHEN Wen-jing¹, HE Gang²

(1. College of Economics, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract This paper estimates the linear and nonlinear effect of the factors which influence electricity consumption based on the semi-parametric and nonparametric model. The conclusions are as follows: The economic growth, population and economic structure are important factors impact on the electricity consumption. The impact of the electricity price index is fewer than the above factors on the electricity consumption and the result is the growth of the electricity consumption. Furthermore, the utilized efficiency of electricity in China is still stay at low level.

Keywords electricity consumption; impact factors; semi-parametric model; non-parametric model

1 引言

目前, 我国经济正处于工业化进程的一个重要发展阶段, 随着经济的持续快速发展、经济结构的转型调整以及人们生活的现代化水平不断提高, 电力消费需求也随之急剧增加. 重要的是, 今后我国经济是否能够持续保持健康快速的和谐发展, 实现我国的中期和长期规划发展目标, 电力消费需求的安全保障是一个关键问题. 因此, 对我国电力消费需求系统及其影响因素进行分析是一个重要的研究课题.

影响电力消费的因素有许多, 比如经济增长水平、经济发展的阶段、经济结构的特征、电力价格、能源利用效率以及人们生活的现代化水平等诸多影响和制约因素, 而且这些影响因素与电力消费之间的影响效应和影响机制非常复杂, 所以电力消费系统是一个值得探究的一个复杂系统. 因此, 国内许多学者已经基于不同

收稿日期: 2007-12-24

资助项目: 国家自然科学基金 (70571026)

作者简介: 陈文静 (1977-), 女, 汉, 云南昭通人, 暨南大学经济学院统计系讲师, 研究方向为计量经济学前沿理论及其应用.

的研究方法从多个角度分析和考察了我国的电力消费系统。如林伯强基于协整和误差纠正模型研究中国电力消费及其影响因素的长期需求模型和短期动态波动^[1]。林伯强在三要素的生产函数框架下, 基于协整和误差纠正模型考察了我国电力消费与经济增长的长期均衡关系和短期动态调整过程^[2]。林伯强基于协整方法分析了电力短缺对经济增长的影响, 并阐述了电力短缺的主要原因以及电力发展的短期和长期发展战略^[3]。肖兴志考察了对我国电价和电力产业实行规制的效果, 他认为规制措施在统计意义上显著地提高了电力产业总量和效率, 降低了价格水平和垄断利润, 总体上的规制效果是明显的^[4-5]。林伯强基于中国电力工业的发展历程, 分析了电力市场改革过程中的配套措施及其宏观效应, 他指出国有企业的高度集中是电力行业发展许多基本问题的根源以及国有企业改革的重要性^[6]。林伯强研究了提高电价和限电这两种措施对不同工业行业 and 不同地区造成的影响, 他认为电力短缺对工业的直接影响远大于电力供给成本, 而且在工业化水平较高、较为发达的省份, 电力短缺的影响不一定会更大^[7]。

由上述可见, 这些研究的实证研究方法都主要是基于线性系统的协整理论和误差修正模型以及因果关系检验, 或者是基于简单的线性回归模型进行考察。然而, 我们要强调的是, 电力消费是一个复杂的系统, 其影响因素对电力消费的影响可能是线性的或者非线性的, 这时基于线性设定系统的协整理论、误差纠正模型、因果关系检验以及简单的时间序列回归分析可能会存在较大的误差。鉴于此, 本文则考虑建立非参数模型来考察各影响因素与电力消费之间的关系。由于非参数模型主要是基于样本数据本身的特征来进行估计, 并不事先把模型假定为线性或非线性且不涉及到参数的估计, 这可以在一定程度上避免模型错误设定和参数估计偏误问题。因此, 笔者在本文中则考虑基于非参数模型来分析各因素对电力消费的影响, 以期得出更为合理的结论和解释。

2 变量定义和数据特征

本文考虑了如下几个影响电力消费系统的因素: 经济增长水平、总人口水平、经济结构、价格指数、能源利用效率改进, 分别用 Y_t 、 N_t 、 M_t 、 P_t 和 EF_t 来表示。经济增长水平 (即国内生产总值) 是影响电力消费需求的最为重要因素, 近年来的经济持续快速增长是电力消费急剧增加的主要驱动力。电力价格指数也是影响电力消费需求的另一重要变量, 即采用当年的电力工业出厂价格指数, 但只能收集到 1980 年之后的统计数据, 之前的电力价格指数只好采用商品零售物价指数来代替。经济结构的变化, 特别是电力消费量较大的工业产业结构的变化会对电力需求产生较大的影响, 因此本文考虑采用工业总产值所占国内生产总值的比重来表示经济结构的变化, 从而分析经济结构的变化对电力消费的影响。能源利用效率的改进即定义为能源消费/GDP, 也就是单位 GDP 所消耗的能源, 利用效率越高, 则该值越小。此外, 总人口水平也是电力消费系统中不可忽略的重要影响因素。本文所选取的数据样本大小为 1952-2006¹, 且对各变量进行取对数后再进行分析。

从上述变量的趋势图²可以看出, 电力消费量、经济增长水平、总人口这些变量在考察的样本期间都具有显著的线性上升趋势, 而电力消费价格指数、能源利用效率和经济结构变量的变化趋势图则相对不规则一

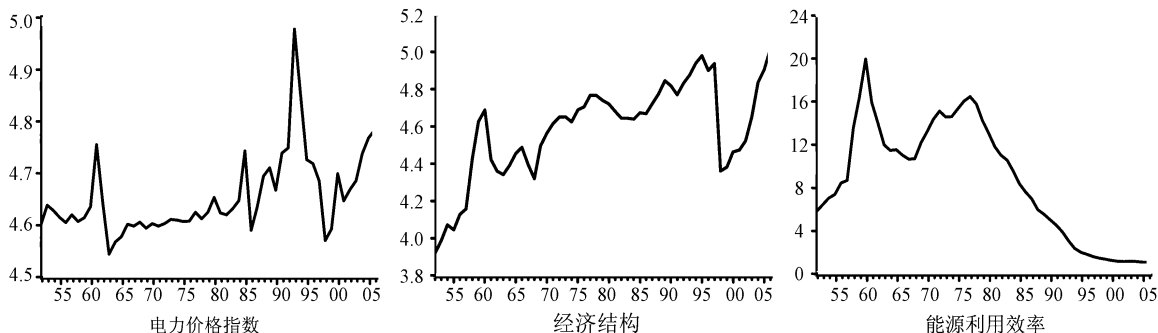


图 1

1. 数据来源: 根据《中国统计年鉴》(各年) 和《新中国 55 周年统计资料汇编》整理计算所得。
2. 为节省篇幅, 这里只报告电力价格指数、能源利用效率和经济结构的变化趋势图形, 其他省略。

些. 鉴于此, 本文将考虑把具有明显上升趋势的经济增长水平和总人口作为参数部分考虑, 且这两个变量的预期符号为正, 即经济的快速增长和总人口的增加会引致电力消费的增加. 对于变化趋势不规则的电力价格指数、能源利用效率和经济结构变量, 由于这些变量对电力消费的影响并非简单的线性关系, 而又难以用具体的非线性模型加以刻画, 因此考虑把这些变量作为非参数部分, 进而建立半参数模型进行实证研究.

3 非参数模型估计及其结论解释

根据上述分析, 我们可以建立半参数模型^[8-9], 即:

$$Q_t = \beta_Y Y_t + \beta_N N_t + g(P_t, M_t, EF_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

其中, Q_t 为电力消费总量, Y_t 为经济增长水平, N_t 为总人口, P_t 为电力价格指数, M_t 表示经济结构的变化, EF_t 表示能源利用效率的改进³. 为方便后面的计算矩阵表述, 我们把 (1) 式简写为:

$$Q_t = B'Z_t + g(X_t) + \varepsilon_t \quad (2)$$

其中 $Z_t = (Y_t, N_t)$, $X_t = (P_t, M_t, EF_t)$, B 是参数部分的待估系数向量, $g(\cdot)$ 是非参数部分的待估的未知函数, ε_t 是均值为零的随机误差序列, $E(\varepsilon_t/Z_t, X_t) = 0$, $Var(\varepsilon_t/Z_t, X_t) = \sigma_\varepsilon^2$, 其中 $\sigma_\varepsilon^2 = Var(Y_t/Z_t, X_t)$. 需要说明的是, 半参数模型没有含有常数项, 这是因为有常数项时模型不可识别, 不能惟一估计出常数项和未知函数 $g(\cdot)$, 所以把常数项并到未知函数 $g(\cdot)$ 中去, 这时的模型 (2) 才可以识别, 可惟一估计出参数向量 B 和未知的函数 $g(\cdot)$.

我们采用最小二乘局部线性估计来对半参数线性回归模型 (2) 进行估计, 其估计过程可以分四步进行: 第一步, 先设 B 已知, 基于模型 $Q_t - B'Z_t = g(X_t) + \varepsilon_t$, 得到 $g(x)$ 的局部线性估计 $\hat{g}(x, B)$. 第二步, 基于参数模型 $Q_t = B'Z_t + \hat{g}(X_t, B) + v_t$, 得到 B 的最小二乘估计 \hat{B} . 第三步, 得到 $g(x)$ 的最终估计 $\hat{g}(x) = \hat{g}(x, \hat{B})$. 第四步, 调整窗宽 h_n 直到获得满意的结果. 上述是半参数线性回归模型 (2) 的基本估计思路, 而待估的参数向量 B 和非参数函数 $g(x)$ 的局部线性估计的矩阵表达式为:

$$\begin{aligned} \hat{B} &= (\tilde{Z}'\tilde{Z})^{-1}\tilde{Z}'\tilde{Q} \\ \hat{g}(x) &= S'(x)(Q - \hat{B}Z) \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $\tilde{Z} = (I - S)Z$, $Z = (Z_1, \dots, Z_n)'$, $\tilde{Q} = (I - S)Q$, $Q = (Q_1, \dots, Q_n)'$,

$$S = [S(X_1), \dots, S(X_n)]', S(x)' = e_1'(X_x'W_xX_x)^{-1}X_x'W_x, e_1 = (1, 0, \dots, 0)'$$

$X_x = (X_{x,1}, \dots, X_{x,n})'$, $X_{x,i} = (1, (X_i - x)')$, $W_x = \text{diag}\{K_h(X_1 - x), \dots, K_h(X_n - x)\}$. 其中 $K(\cdot)$ 是核函数, 本文选用的是 Epanechnikov 核, 即 $K(u) = 0.75(1 - u^2)I(|u| \leq 1)$, 核权函数为 $K_h(X_t - x) = h^{-1}K((X_t - x)h^{-1})$, 窗宽 h 不仅控制了半参数线性回归模型中非参数函数的局部线性估计效果, 而且同时也控制了模型参数部分的最小二乘估计的效果. 基于上述估计矩阵, 经多次调试后选定的窗宽为 $h = -400 + 30000 * i/55$, 选取原则为使模型估计的均方误差 $MSE\{\hat{m}(\cdot)\} = Var\{\hat{m}(\cdot)\} + [Bias\{\hat{m}(\cdot)\}]^2$ 为最小. 半参数模型的估计结果: 参数部分的估计弹性系数为 $\hat{\beta}_Y = 0.8749$, $\hat{\beta}_N = 0.5017$.

为了进一步分析, 笔者基于电力价格指数、经济结构和能源利用效率这三个不规则的影响因素建立非参数模型进行变窗宽局部线性估计, 估算非参数模型中各影响因素的电力消费弹性系数. 重要的是, 基于非参数模型估计的弹性与线性回归分析中估计的弹性系数具有很大的不同, 那就是该弹性系数对应于每个样本点都在变化, 而不同于 OLS 估计的一个均值弹性. 当然, 基于每期都在变化的弹性系数, 更加符合于现实经济的分析. 价格指数和能源利用效率的非参数模型如下:

$$Q_t = g(P_t, M_t, EF_t) + \varepsilon_t \quad (4)$$

记 $X_t = (P_t, M_t, EF_t)$, 核权函数和窗宽的选取原则同上. 首先采用非参数核估计求出解释变量的密度函数 $\alpha(X_i)$, 变窗宽函数 $h_n = h/\alpha(X_i)$. 非参数函数的变窗宽局部线性估计矩阵为:

$$\hat{g}_n(x, h_n, \alpha) = e_1'(X_x'W_{x,\alpha}X_x)^{-1}X_x'W_{x,\alpha}Q \quad (5)$$

3. 在模型估计的过程中, 首先将这些变量进行取对数处理, 因此所估计的参数就是弹性系数.

其中 $e_1 = (1, 0, \dots, 0)'$, $X_x = (X_{x,1}, \dots, X_{x,n})'$, $X_{x,i} = (1, (X_i - x))'$, $W_{x,\alpha} = \text{diag}\{K_{h_n/\alpha(X_i)}(X_1 - x), \dots, K_{h_n/\alpha(X_n)}(X_n - x)\}$, $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)'$. 基于估计矩阵 (5), 调试后选定的窗宽为 $h = -100 + 900 * i/55$, 我们可以同时估计出非参数的函数值 $\hat{g}_{non}(P_t, M, EF_t)$, 以及电力价格指数、经济结构变化和能源利用效率在每一期的电力消费弹性系数 ($\hat{\beta}_P$ 、 $\hat{\beta}_M$ 和 $\hat{\beta}_{EF}$). 笔者基于 GUASS 软件编写程序估计半参数和非参数模型^[10], 其计算结果见表 1, 下面我们将对非参数模型估计得出的结果进行解释和分析其经济含义.

首先, 我们分析半参数模型中的参数部分的估计弹性的经济含义. 经济增长所导致的电力消费弹性系数为 0.8749, 该系数的含义是在保持其它因素不变的条件下, 一个单位的经济增长将会导致电力消费增长 0.8749 个单位, 这表明我国电力消费需求的急剧增加, 很大程度上主要是由于我国经济的快速增长而引致的. 该值稍大于林伯强采用电力消费系统的样本数据并基于线性设定的协整检验方程所估计的弹性系数 0.856. 这主要是因为本文的半参数模型估计主要是基于数据本身的特征, 并不是基于某种设定的线性或非线性模型进行的估计, 在考虑了电力消费中的非线性影响机制后, 其经济增长所导致的影响效应会不相同. 而人口增长所导致的电力消费弹性系数则比较小, 其值为 0.5017, 其含义是在保持其它影响因素不变的情况下, 人口增加一个单位会导致电力消费增加 0.5017 个单位. 这说明在我国电力消费系统中, 人口因素的影响效应

表 1 非参数部分的函数估计及其弹性系数估计

年份	$\hat{\beta}_M$	$\hat{\beta}_P$	$\hat{\beta}_{EF}$	年份	$\hat{\beta}_M$	$\hat{\beta}_P$	$\hat{\beta}_{EF}$
1952	0.4873	-0.5188	0.07867	1980	0.4868	-0.5186	0.0816
1953	0.4933	-0.5186	0.0684	1981	0.4938	-0.5187	0.0681
1954	0.4909	-0.5202	0.0667	1982	0.4925	-0.5205	0.0659
1955	0.4882	-0.5205	0.0660	1983	0.4912	-0.5211	0.0646
1956	0.4854	-0.5193	0.0688	1984	0.4862	-0.5202	0.0672
1957	0.4958	-0.5276	0.0702	1985	0.4860	-0.5193	0.0692
1958	0.4881	-0.5183	0.0708	1986	0.4877	-0.5183	0.0707
1959	0.4869	-0.5186	0.0819	1987	0.4871	-0.5186	0.0816
1960	0.4933	-0.5186	0.0682	1988	0.4940	-0.5188	0.0680
1961	0.4913	-0.5203	0.0664	1989	0.4935	-0.5206	0.0656
1962	0.4891	-0.5205	0.0656	1990	0.4923	-0.5215	0.0646
1963	0.4856	-0.5194	0.0684	1991	0.4868	-0.5206	0.0665
1964	0.4942	-0.5262	0.0699	1992	0.4860	-0.5196	0.0690
1965	0.4878	-0.5183	0.0708	1993	0.4879	-0.5183	0.0708
1966	0.4870	-0.5186	0.0818	1994	0.4875	-0.5186	0.0796
1967	0.4935	-0.5186	0.0682	1995	0.4941	-0.5188	0.0679
1968	0.4916	-0.5203	0.0663	1996	0.4949	-0.5208	0.0652
1969	0.4895	-0.5207	0.0653	1997	0.4934	-0.5219	0.0647
1970	0.4856	-0.5196	0.0682	1998	0.4875	-0.5211	0.0658
1971	0.4925	-0.5249	0.0697	1999	0.4861	-0.5199	0.0688
1972	0.4878	-0.5183	0.0708	2000	0.4885	-0.5183	0.0709
1973	0.4869	-0.5186	0.0819	2001	0.4883	-0.5187	0.0714
1974	0.4937	-0.5187	0.0681	2002	0.4942	-0.5188	0.0679
1975	0.4921	-0.5204	0.0661	2003	0.4969	-0.5211	0.0653
1976	0.4908	-0.5209	0.0648	2004	0.4953	-0.5227	0.0649
1977	0.4859	-0.5200	0.0676	2005	0.4887	-0.5217	0.0651
1978	0.4861	-0.5192	0.0693	2006	0.4863	-0.5204	0.0686
1979	0.4877	-0.5183	0.0707				

注: 由于本文主要关心的是各影响因素对电力消费的影响效应, 因此只报告了各影响变量的电力消费弹性系数的估计值, 而省略了基于半参数和非参数模型的函数估计值.

也是比较大的,特别是随着城镇人口的增加以及城镇建设的现代化水平不断提高,电力消费也会随之增加.但是相对于经济增长过程引致的电力消费而言,人口因素所消费的电力是比较少的,而且这与现实经济的消费情况是相符合的.

非参数部分的弹性系数估计值在每一期都会有所不同,这反映了这些影响因素在不同时期对电力消费的不同影响效应.表 1 的结果表明,经济结构的电力消费弹性系数的变动范围为 0.48–0.50,我们把经济结构定义为工业总产值所占国内生产总值的比重,这就意味着工业特别是重工业是电力消费的一个主要影响因素,工业企业特别是重工业企业的增加会使电力消费增加,因此本文估计的经济结构的消费弹性系数为正.目前我国正处于工业化进程的重要发展阶段,为提高经济的增长效率和优化经济结构,正在调整经济结构,而且重视提高工业特别是重工业的电力利用效率和生产效率.同时,电力价格指数的弹性系数的 -0.50 – -0.53 ,这表明电力价格指数的上升一个单位,根据经济学中的需求法则,电力消费会相应下降 0.50–0.53 个单位.但是我国电力消费量一直具有较强的上升趋势,电力价格的变化对电力消费量的影响不是很大,这主要是由于我国处于工业化进程中的经济快速发展和城市快速建设以及人民生活水平不断提高的阶段,需要消耗大量的电力能源,所以价格的上升并不会导致电力消费的急剧下降,反而由于经济的快速增长、城镇化的现代化水平快速提高以及城镇人口增多而导致电力的消费急剧增加.此外,能源利用效率的弹性系数的取值范围为 0.06–0.09,这意味着能源利用效率提高一个单位,则电力消费可以减少 0.06–0.09 个单位.本文把能源利用效率定义为能源消费/GDP,也就是单位 GDP 所消耗的能源,利用效率越高,则该值越小,从而消费的能源也就越少,从而弹性系数应该为正.而且从该弹性的大小变化趋势可以判断,我国的能源利用效率虽然在不断提高,但还处于一个比较低的水平,因为能源利用效率越高,所减少的电力消费就应该越多.因此,我国在工业化进程中,国家和企业都应该加大对技术创新的投入,重视提高能源利用效率和改进节能措施,这样可以提高生产效率且降低成本,提高产品的竞争能力,也可实现经济的可持续发展.

4 主要结论和启示

本文基于我国电力消费系统 1952–2006 年期间的样本数据,考虑到电力价格指数、经济结构和能源利用效率与电力消费之间可能存在的非线性关系,笔者建立半参数模型并估计了线性参数部分的经济增长和人口因素的电力消费弹性系数以及非线性因素的非参数函数估计.进一步,对存在非线性关系的电力价格指数、经济结构和能源利用效率建立非参数模型,并利用变窗宽局部线性估计来测算了各影响因素的电力消费弹性系数及其函数估计值.主要结论如下: 1) 经济增长的电力消费弹性系数为 0.8749,人口因素的电力消费弹性系数为 0.5017.这表明我国近年来的电力消费急剧增加主要是由于经济的快速增长和工业化进程所引致,且人口因素也是电力消费的一个重要影响因素. 2) 经济结构的电力消费弹性系数的变动范围为 0.48–0.50,这意味着在我国经济快速发展和工业化进程中,工业特别是重工业是影响我国电力消费的一个主要因素. 3) 电力价格指数的弹性系数的 -0.50 – -0.53 ,电力价格指数的上升不足以抵消经济快速增长等因素引致的电力消费的增加. 4) 能源利用效率的弹性系数的变化范围为 0.06–0.09,这意味着我国的能源利用效率还处于一个比较低的水平.

因此,在我国今后的工业化进程中,要实现我国经济的持续快速增长,一定要采取有效措施保证电力消费得到安全保障.在生产方面,国家和企业都应该加大对发电技术的改进和开发的科研投入,加速开发利用天然气、太阳能和风能等清洁能源用于发电,优化我国的电力产业结构.在消费方面,优化经济结构,逐渐淘汰高耗能、高污染和低效率的重工业企业,通过引进和开发新技术来改进和提高工业特别是重工业企业的能源利用效率,而且,应该加强企业和个人的节能意识,尽量避免不必要的浪费现象发生.当然,电力价格的定价机制也需要不断完善,以加快电力行业发展以保证我国工业化进程中的电力消费需求,促进我国经济的持续快速发展.

参考文献

- [1] 林伯强. 结构变化、效率改进与能源需求预测 —— 以中国电力行业为例 [J]. 经济研究, 2003(5): 139–143.

- Lin B Q. Structural changes, efficiency improvement and electricity demand forecasting[J]. *Economic Research Journal*, 2003(5): 139-143.
- [2] 林伯强. 电力消费与中国经济增长: 基于生产函数的研究 [J]. *管理世界*, 2003(11): 18-27.
Lin B Q. Electricity consumption and economic growth in China[J]. *Management World*, 2003(11): 18-27.
- [3] 林伯强. 电力短缺、短期措施与长期战略 [J]. *经济研究*, 2004(3): 139-143.
Lin B Q. Power shortage, short-run response, and long-run consideration[J]. *Economic Research Journal*, 2004(3): 139-143.
- [4] 肖兴志. 对中国电价规制效果的一种验证 [J]. *统计研究*, 2005(9): 36-38.
Xiao X Z. The test of regulation effect of electricity price[J]. *Statistical Research*, 2005(9): 36-38.
- [5] 肖兴志. 中国电力产业规制效果的实证研究 [J]. *中国工业经济*, 2006(9): 38-45.
Xiao X Z. An empirical study on the regulatory effectiveness in China's electricity sector[J]. *China Industrial Economics*, 2006(9): 38-45.
- [6] 林伯强. 中国电力工业发展: 改革进程与配套改革 [J]. *管理世界*, 2005(8): 18-27.
Lin B Q. The growth of China's electrical industry: The reform process, and reforms that fit each other[J]. *Management World*, 2005(8): 18-27.
- [7] 林伯强. 中国电力发展: 提高电价和限电的经济影响 [J]. *经济研究*, 2006(5): 115-126.
Lin B Q. Power sector development in PRC: Impact of tariff increase and blackout[J]. *Economic Research Journal*, 2006(5): 115-126.
- [8] Hardle W, Muller M, Sperlich S, et al. *Nonparametric and Semi-parametric Models*[M]. www.quantlet.com.
- [9] 叶阿忠. *非参数计量经济学* [M]. 南开大学出版社, 2003.
Ye A Z. *Nonparametric Economics*[M]. Nankai University Press, 2003.
- [10] 林光平. *计算计量经济学——计量经济学家和金融分析师 GAUSS 编程与应用* [M]. 清华大学出版社, 2003.
Lin G P. *Computational Econometrics: GAUSS Programming for Econometricians and Financial Analysts*[M]. Tsinghua University Press, 2003.