

能源结构的 Logistic 模型及其预测

徐健, 赵柳榕, 王济干 (1. 河海大学商学院, 江苏南京 210098; 2. 江苏大学非线性科学研究中心, 江苏镇江 212013)

摘要 为合理、科学地对能源结构进行调整和优化, 提出了能源结构的 Logistic 模型。由统计检验估计法, 对模型中的经济增长系数及煤的需求最大缺口量进行了预测估计, 并考虑了在能源结构中, 油气的消费变化对煤炭消费的影响。依据中国统计年鉴 2007 年数据, 定量地分析了未来 20 年能源结构的发展趋势, 并提出了相关的能源对策。

关键词 能源结构; Logistic 模型; 统计检验估计法; 预测; 能源对策

中图分类号 F302.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)31-13477-02

Logistic Model of Energy Structure and Its Prediction

XU Jian et al (School of Business, Hhai University, Nanjing, Jiangsu 210098)

Abstract In order to adjust and optimize the energy structure reasonably and scientifically, Logistic model of energy structure was put forward. By using statistical test estimation method, the economic growth coefficient and the largest shortfall of coal demand in this model were predicted and estimated. And the effects of the consumption changes of oil and gas on the coal consumption in energy structure were taken into account. Based on the data of China Statistical Yearbook in 2007, the development trend of the energy structure in the coming 20 years was quantitatively analyzed. And some related energy countermeasures were put forward.

Key words Energy structure; Logistic model; Statistical test estimation method; Prediction; Energy countermeasures

能源在国民经济、社会发展及建设和谐、资源节约型社会等方面具有举足轻重的作用, 世界各国都将能源列为非常重要的问题给予高度重视^[1]。我国“十五”能源发展战略是, 在保障能源安全的前提下, 把优化结构作为能源工作的重中之重, 努力提高能源效率, 保护生态环境, 加快西部开发。可见, 能源结构的调整和优化是当前及未来相当长一段时期内我国能源战略的核心。自 20 世纪 90 年代以来, 尽管我国一次能源消费构成中的煤炭比重下降趋势比较明显, 由 1990 年的 76.2% 下降为 2002 年的 66.1%, 但我国能源结构长期存在的过度依赖煤炭的问题并没有得到根本解决^[2]。因此, 研究如何合理地调整能源结构的问题具有相当重要的意义。

多年来, 国内外一些权威机构及专家对能源系统模型开展了大量的研究。国际应用系统分析研究所(IASA) Messner 等研究开发了 MESSAGE 模型, 用于研究中长期能源系统规划、能源政策分析和情景发展的动态线性规划模型^[3]。Felix B. Dayo 等应用 MESSAGE 模型研究了为增加天然气消费, 尼日利亚能源系统 2010 年以前的最优消费结构^[4]。A. Lehtila 等应用 EFOM 模型再现了芬兰的生物能利用、热电联产发电、污染物排放以及能源的最终消费, 并为国家制定 CO₂ 减排政策提供了信息支持^[5]。Michael Messenger 应用 MEDEE 模型研究了未来西欧能源消费结构和能源强度的改变主要是因为实际能源价格的上涨^[6]。国内, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所、中国国务院发展研究中心、张中祥等分别应用 CGE 模型来研究中国能源、环境与经济之间的互动影响^[7-12]。Waiying Chen 应用 MARKAL-MACRO 能源环境经济模型分析了中国 2050 年以前 CO₂ 的边际减排成本、GDP 损失率、碳排放减少比率的变化范围^[13]。Badei Guo 应用 LEAP 模型研究了未来中国能源系统的发展情景及能源需求^[14]。Mi Sun 等研究了能源供需系统及其动力学特征^[15]。但上述模型很少对能源结构要素之间的变化影响作深入的研究。

由于 Logistic 模型具有数学上的简单性和明显的现实

性, 能很好地刻画能源消费量与经济增长的反馈机制^[16], 笔者建立了一个能源结构的 Logistic 模型, 分析了能源结构变化对经济的影响, 并以 2006 年为基准年, 预测未来 20 年能源结构的发展趋势, 提出相关的能源对策。

1 模型的建立

能源结构 Logistic 模型的表达式为 $\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K})$ (1)

其中, $x_0 = x|_{t=0}$ 。

由 $\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K})$, 可得: $\frac{dx}{x(r - \frac{rx}{K})} = dt$, 即 $(\frac{1}{x} +$

$\frac{\frac{r}{K}}{r - \frac{r}{K}x}) dx = r dt$, 两边同时积分可得:

$\ln|x| - \ln|r - \frac{r}{K}x| = rt + C$ 为该方程的通解, 其中 C 为任意常数。

由初始条件 $x_0 = x|_{t=0}$, 确定常数 C

由 $\ln|x_0| - \ln|r - \frac{r}{K}x_0| = C$ 可得: $C = \ln \left| \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} \right|$

则满足初始条件的原方程的解为:

$\ln \left| \frac{x}{r - \frac{r}{K}x} \right| = \ln e^{rt} + \ln \left| \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} \right| = \ln \left| e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} \right|$

即 $\frac{x}{r - \frac{r}{K}x} = e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0}$, 可得 $x = e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} r - \frac{r}{K}x$

$e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} \frac{r}{K}x$

则 $x(1 + e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} \frac{r}{K}) = e^{rt} \frac{x_0}{r - \frac{r}{K}x_0} r$

求得 $x = \frac{1}{\frac{e^{-rt}(r - \frac{r}{K}x_0)}{rx_0} + \frac{1}{K}} = \frac{1}{\frac{1}{K} + \frac{e^{-rt}(1 - \frac{1}{K}x_0)}{x_0}} =$

$$\frac{K}{1 + e^{-rt}(\frac{K}{x_0} - 1)}$$

式中, r 为经济增长系数, K 为能源的需求最大缺口量。

为了估计方程, 设 $Y = \ln \frac{K-x}{x}$, $\frac{K}{x_0} - 1 = e^a$, 对(1) 进行变形, 得到下列线性方程 $Y = a - rt$ (2), 对参数 a 和 r 进行估计。

由于在样本数据 $\{x_t\}$ 已知的情况下, 包含着 K 的信息。因此, 合理的参数估计方法是: 以样本数据为依据, 以判定系数 R^2 或回归标准误差 SER 为标准来确定需求最大缺口量 K , 然后得到相应参数^[17]。

由于在能源结构模型中, 油气的消费变化影响着煤炭消费, 因此, 笔者基于上述模型加以改进, 建立模型 $\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K}) - b(y+z)$, 其中弹性系数 b 可由相关定义求得^[18], 定义

$$b = \frac{\% \frac{(y+z)}{(y+z)}}{\% \frac{x}{x}}$$

2 对系数 a 、 r 和 b 的估计及相关预测

由表1 可见, 煤炭消费总量总体处于上升趋势, 但由于能源开采与能源消费必须同经济和环境协调发展, 同时又受技术进步等因素的影响, 实际消费量必然呈“S”型递增轨迹。

表1 1978~2006 年中国煤炭、石油和天然气消费量统计

Table 1 The consumption statistics of coal, petroleum and natural gas in China during 1978-2006

年份 Year	煤炭 Coal	石油 Petroleum	天然气 Natural gas
1978	40 400.8	12 971.7	1 828.6
1980	43 518.6	12 476.9	1 868.5
1985	58 125.0	13 112.6	1 687.0
1990	75 211.7	16 384.7	2 072.8
1991	78 978.9	17 746.9	2 075.7
1992	82 641.7	19 104.8	2 074.2
1993	86 646.8	21 110.7	2 203.9
1994	92 052.8	21 356.2	2 332.0
1995	97 857.3	22 955.8	2 361.2
1996	103 794.2	25 010.6	2 501.1
1997	98 801.2	28 110.8	2 342.6
1998	92 020.9	28 426.0	2 908.7
1999	92 477.2	30 245.8	2 810.4
2000	93 938.9	32 144.3	3 325.3
2001	95 513.7	32 792.6	3 723.2
2002	100 641.4	35 520.5	3 946.7
2003	119 693.2	38 847.8	4 549.7
2004	138 194.4	45 319.6	5 283.9
2005	155 255.3	47 183.2	6 291.1
2006	170 911.4	50 239.1	7 388.1

根据表1, 确定未来20 年 K 的大概取值范围 [250 000, 300 000] (万t 标准煤), 利用计算机选点计算, 得到表2 的回归分析结果。

由表2 可知, 当 $K=300 000$ 时, 判定系数 $R^2=0.912 6$ 拟合度最高, 此时 $x_t = \frac{300 000}{(1 + e^{-0.668 9t})}$ 。由定义 $b =$

$\frac{\% \frac{(y+z)}{(y+z)}}{\% \frac{x}{x}}$ 和表1 中数据, 可以计算出 $b=0.835 2$ 。

表2 Logistic 模型的回归分析

Table 2 The regression analysis of Logistic model

K	R^2	a	r
250 000	0.834 6	- 0.000 0	0.567 4
260 000	0.857 2	- 0.000 0	0.584 0
270 000	0.875 3	- 0.000 0	0.603 2
280 000	0.890 0	- 0.000 0	0.624 1
290 000	0.902 2	- 0.000 0	0.646 1
300 000	0.912 6	- 0.000 0	0.668 9

3 能源对策

随着我国能源供求总量不足矛盾的缓和, 能源结构性矛盾已上升为主要矛盾。从资源、社会经济和环境协调发展的角度出发, 我国的能源结构必将存在以煤为主转为煤炭和油气为主, 一次电力作为替代能源的趋势。因此, 我国能源结构调整应注意以下几点:

3.1 深度利用煤炭资源 重视国产大型火电机组的发展, 提高煤炭利用效率, 同时加强清洁煤技术开发, 控制环境污染。加强煤转油技术开发, 提高石油储备量。

3.2 进一步加快水电建设 我国河流纵横, 小水电潜力很大, 且投资少, 见效快, 适于分散建设, 有利于解决广大农村能源需要, 还可替代一部分农村薪柴和煤炭消耗, 减轻对生态环境的破坏, 应加快发展。

3.3 积极发展核电 核电是清洁、安全、高效的能源, 它在增加我国能源供给、减排温室气体方面具有重要作用。我国核原料较丰富, 有发展潜力, 今后传统能源减产时核电应在能源发展战略中占有重要地位。

3.4 高度重视新能源和可再生能源的开发和利用 我国新能源和可再生能源资源非常丰富。由于受技术和建设成本的制约, 目前新能源和可再生能源还难以发挥主要作用, 但随着技术的进步和经济的发展, 新能源和可再生能源的作用将越来越大, 并最终替代常规能源成为能源主角。因此, 高度重视新能源和可再生能源的研究、开发和利用是一项重要的能源发展战略。

参考文献

- [1] 胡兆光. 创立具有我国特色的能源发展之路[J]. 中国能源, 2006, 28(2): 10-13.
- [2] 《中国能源发展报告》编委会. 中国能源研究报告[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006: 20-37.
- [3] IASA ECS Modeling Framework[EB/OL]. (2004-09-04) [2008-08-01]. <http://www.iasa.ac.at/Research/ECS/docs/models.htm>.
- [4] FELIX B DAYO, ANTHONY O ADEGBULUGBE. Utilization of nigerian natural gas resource: Potentials and opportunities[J]. Energy Policy, 1988, 16(2): 122-130.
- [5] LEHILA A, PIRLA P. Reducing energy related emissions: Using an energy systems optimization model to support policy planning in finland[J]. Energy Policy, 1996, 24(9): 805-819.
- [6] MICHAEL MESSENGER. A high technology low energy demand for western europe[J]. Energy, 1981, 6: 1481-1503.
- [7] 郑玉歆, 樊明太. 中国CGE 模型及其政策分析[M]. 北京: 社会文献出版社, 1999.
- [8] 武亚军, 宣晓伟. 环境税经济理论及对中国的应用分析[M]. 北京: 北京经济科学出版社, 2002.
- [9] ZHANG Z X. Microeconomic effects of CO₂ emissions limits: A computable general equilibrium analysis for china[J]. Journal of Policy Modeling, 1998, 20(2): 213-250.
- [10] ZHANG Z X, FOLMER H. Economic modeling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions[J]. Energy Economics, 1998, 20(1): 101-120.

绘制洗脱曲线图。由图3可见,蓝色葡聚糖2000的洗脱体积为60 ml,其洗脱体积可以认为是层析柱的外水体积 V_0 。

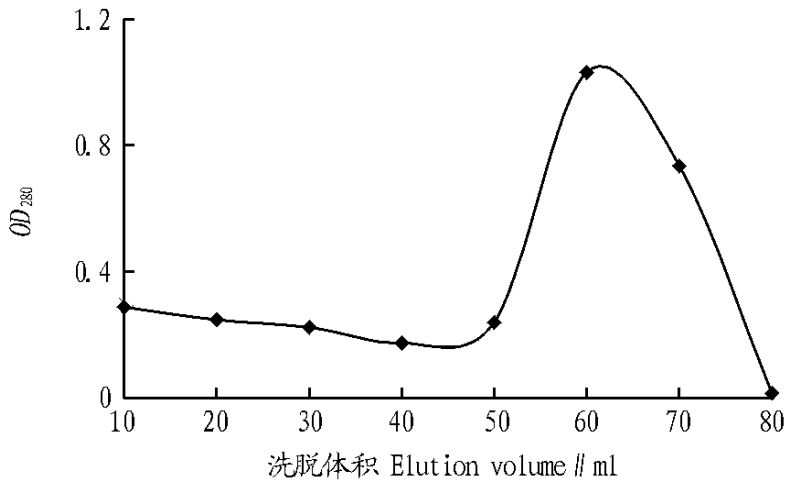


图3 蓝色葡聚糖2000层析柱洗脱曲线

g.3 The elution curve of blue dextran 2000 with chromatography column

2.3.2 样品洗脱曲线。浓度4.0 mg/ml的螺旋藻蛋白木瓜蛋白酶的酶解液、杆菌肽、阿斯巴甜、L-酪氨酸经Sephadex G-25葡聚糖凝胶层析柱层析,得到螺旋藻蛋白木瓜蛋白酶的酶解液洗脱曲线如图4所示。

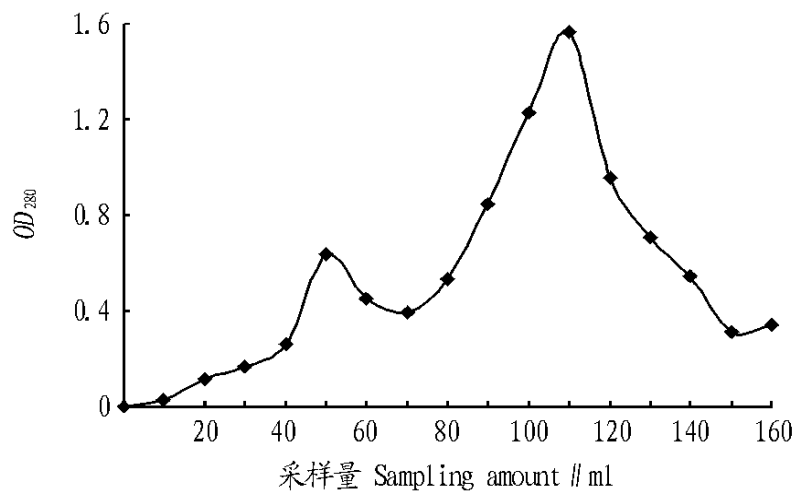


图4 螺旋藻蛋白木瓜蛋白酶水解液洗脱曲线

Fig 4 The hydrolysate elution curve of spirulina protein by papain

2.3.3 标准品标准曲线。根据表4得出各标准品的log M (y)与 V_e/V_0 (x)的标准曲线方程为:

$$y = -1.407x + 4.696 \quad (2)$$

由此标准曲线可以计算螺旋藻蛋白水解液多肽的相对分子量,2种多肽物质的分子量分别为2992和231 Da。余奕珂等研究表明,2~3个氨基酸分子组成的寡肽有很好的吸收性能,与多肽(10~51个氨基酸)能够完整地通过肠道吸收,作

表4 各标准物的相对分子量与洗脱体积

Table 4 The relative molecular weight and elution volume of each standard substance

标准物 Standard substance	M	log M	V_e ml	V_e/V_0
杆菌肽 Bacitracin	1450.00	3.161	80	1.333
阿斯巴甜 Aspartame	294.30	2.469	95	1.583
L-酪氨酸 L-tyrosine	181.26	2.258	104	1.733

为生物活性肽在组织水平上引起机体的生物学效应^[10]。

3 结论

(1) 比较木瓜蛋白酶、胰蛋白酶、风味蛋白酶、碱性蛋白酶对螺旋藻蛋白的水解度,水解度最大的酶制剂是木瓜蛋白酶。

(2) 木瓜蛋白酶水解螺旋藻蛋白最适宜的工艺参数为温度55℃,酶与底物比0.4%,时间3h,pH值6.0,其水解度为82.6%。

(3) 采用Gy-Gy-Tyr-Arg四肽标准品比色测定,多肽物质含量为5.44 mg/ml。木瓜蛋白酶的酶解液经Sephadex G-25葡聚糖凝胶层析柱层析得到2个洗脱峰:第1个洗脱峰对应物质成分为被木瓜蛋白酶水解的多肽,分子量为2992 Da;第2个洗脱峰对应物质的主要成分为小分子肽或单个氨基酸分子,分子量为231 Da。

参考文献

- [1] 徐惠娟,徐桂花.螺旋藻的营养保健功效[J].农业科学研究,2005,26(1):89-92.
- [2] 徐霞,马海乐.微波对螺旋藻蛋白质酶解促进作用的研究[J].食品科技,2004(2):18-20.
- [3] WILLIAM J LAH, STEVEN D BRAUM. Enzymatic production hydrolysates for food use[J]. Food technology, 1994, 44: 68-71.
- [4] 冯志彪,张伟,李冬梅.螺旋藻蛋白质水解液的精制[J].食品工业,2002(3):3-4.
- [5] 管正学.保健食品开发生产技术问答[M].北京:中国轻工业出版社,2000:145-146.
- [6] 郭兴凤.蛋白质水解度的测定[J].中国油脂,2000,25(7):176-177.
- [7] KATARZYNA WROBEL, SASI S. Kannankumarath Kezi niez Wobal Joseph. Hydrolysis of proteins with methanesulfonic acid for improved HPLC/MS determination of seleno methionine in yeast and nuts [J]. Anal. Board. Chem, 2003, 375: 133-138.
- [8] 龚钢明,周小理.酶法水解荞麦蛋白的研究[J].食品工业,2004(5):14-15.
- [9] 郑丽,汪秋宽.扇贝加工废弃物蛋白酶解及其酶解产物分子量分布的研究[J].大连水产学院学报,2006(4):6-9.
- [10] 余奕珂,胡建恩,白雪芳,等.以猪血为蛋白源的生物肽的研究进展[J].化学物理通讯,2004,50(5):46-58.

(上接第13478页)

- [11] ZHANG Z X. Can china afford to commit itself an emissions cap? An economic and political analysis[J]. Energy Economics, 2000, 22(6): 587-614.
- [12] ZHANG Z X, BARANIN ANDREA. What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income [J]. Energy Policy, 2004, 32(4): 507-518.
- [13] CHEN WY. The costs of mitigating carbon emissions in china: Finding from china MARKAL MACRO modeling [J]. Energy Policy, 2005, 33(7): 885-896.
- [14] GUO BL, WANG YJ, ZHANG A L. China's energy future: Leaptod applica-

tion in china [R]. East Asia Energy Futures (EAEF) / Asia Energy Security Project Energy Paths Analysis/ Methods Training Workshop, 2003.

- [15] SUN M, TIAN L X, FU Y. An energy resources demand-supply system and its dynamical analysis [J]. Chaos, Solitons and Fractals, 2007, 32(1): 168-180.
- [16] 傅瑛,田立新.江苏能源消费Logistic模型的统计检验估计法及预测[J].江苏理工大学学报,2001,3(1):17-19.
- [17] 成定平,屈国胜. Logistic模型中资源存量的统计检验估计法[J].数量经济技术经济研究,1998(10):77-79.
- [18] J·M伍德里奇.计量经济学导论:现代观点[M].北京:中国人民大学出版社,2003:630-633.