

黑龙江省全要素能源效率分析

胡彩梅

(黑龙江科技学院 经济管理学院, 哈尔滨 150027)

摘要: 本文运用基于 DEA 的非参数 Malmquist 生产率指数法, 测算并分解了 1978—2008 年黑龙江省全要素生产率, 并运用规模收益可变的 BC² 模型测算出其全要素能源效率。研究表明: 黑龙江省全要素能源效率水平偏低, 平均值仅为 0.1909, 但呈迅速上升的态势; 全要素生产率呈恶化的态势, 通过对 Malmquist 指数分解, 可看出这种恶化主要是因为其技术效率出现退化。基于这些结论, 本文从降低能源消耗和利用可再生能源两个方面提出了提升黑龙江省能源效率的建议。

关键词: 全要素能源效率; 技术效率; 规模效率; Malmquist 生产率指数

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2010)10-0049-04

随着全球经济一体化进程的加快, 人们对能源的需求日益增加, 能源发展承受着满足经济社会发展需求和减轻环境污染的双重压力。目前, 中国的能源利用效率低于世界平均水平。据英国石油公司 (BP) 的统计, 2008 年中国能源消费量占世界总量的 17.7%, 而 GDP 总量却仅占世界的 4%。提升能源效率对于提高经济效益和经济的总体竞争力、实现可持续发展具有重要意义。

由于按能源消耗与经济产出之间的比例关系测算能源效率的单要素能源效率测算方法并不十分合理, 因此, 许多学者提出利用全要素能源效率 (total factor energy efficiency) 来测度能源效率。根据 Hu 和 Wang 的研究, 所谓全要素能源效率指的是在其他要素保持不变的前提下, 按照最佳生产实践, 一定产出所需的最少能源投入量与实际投入量的比值^[1]。

黑龙江省是老工业基地, 工业占全省经济的半壁江山, 经济增长主要依靠工业的拉动。而长期以来, 其工业发展主要依赖于资源和能源的消耗, 从而形成了高能耗的产业结构。2008 年黑龙江省万元 GDP 的能耗为 1.290 吨标准煤, 而同期全国平均水平为 1.102 吨标准煤, 其能源利用效率低于全国平均水平。

目前, 关于黑龙江省全要素能源效率及其变化趋势的研究很少。本文运用 DEA 的非参数 Malmquist 指数法测算并分解了 1978—2008 年黑

龙江省全要素生产率的变动情况, 并基于投入导向型规模报酬可变的 DEA 模型对黑龙江省全要素能源效率进行测算, 以期挖掘节能潜力, 探索节能减排的有效措施。

1 研究方法 with 数据选择

1.1 DEA 模型

DEA 方法是美国著名的运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等学者于 1978 年在“相对效率评价”概念基础上发展起来的一种新的系统分析方法, 该方法是一种多指标投入和多指标产出的有效性综合评价方法。Charnes、Cooper 和 Rhodes 在 1978 年所提出的研究规模报酬不变的模型是最基本的 DEA 模型, 被称为 C²R 模型^[2]。为了对 DMU 的有效性进行较简单的判别, Charnes 和 Cooper 引入了非阿基米德无穷小量的概念, 以使用线性规划的单纯形方法求解模型, 对决策单元进行一次性判别。C²R 模型假设规模收益不变, 将规模效率和纯技术效率合并为技术效率。模型如式 (1) 所示。

$$\begin{aligned} & \min [\theta - \alpha(e^T S^- + e^T S^+)] \\ & \text{s. t. } \begin{cases} -\sum_{j \in J} X_j \lambda_j + \theta X_0 - S^- = 0 \\ \sum_{j \in J} Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j \in J \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式 (1) 中: θ 表示技术效率值; X_j 和 Y_j 分别表

收稿日期: 2010-07-21

基金项目: 黑龙江省教育厅 2010 年度人文社会科学研究项目“基于节约型社会的黑龙江省经济增长与能源消费关系研究” (11554182)

作者简介: 胡彩梅 (1982—), 女, 山东郯城人, 黑龙江科技学院讲师, 吉林大学技术经济及管理专业博士研究生, 研究方向: 技术、经济、社会协调发展。

示投入向量和产出向量; λ 表示 DMU 的线性组合向量; S^- 表示投入过剩, 即剩余变量; S^+ 表示产出不足, 即松弛变量。

用不变规模报酬模型进行效率测评时, 必须假定各决策单元处于最佳生产规模, 否则所测得的效率值中就包含规模效应的影响。为测算生产单元的纯技术效率水平, Banker、Charnes 和 Cooper^[3] 提出了可变规模报酬(BC²)模型, 该模型在 C²R 模型的基础上添加了 $\sum \lambda = 1$ 的约束。本文分别分析能源利用的技术效率、规模效率和纯技术效率, 所以选取 BC² 模型进行分析。

1.2 Malmquist 生产率指数

用来考察全要素生产率增长的 Malmquist 指数 (M) 通过距离函数 (distance function) 的比率计算求得, 距离函数是技术效率的倒数。设 (x_t, y_t) 和 (x_{t+1}, y_{t+1}) 分别为第 t 期和第 $t+1$ 期的投入产出关系。投入产出关系从 (x_t, y_t) 向 (x_{t+1}, y_{t+1}) 的变化就是生产率的变化。生产率的变化不仅取决于技术水平的变化, 还受到技术效率变化的影响。技术效率就是生产技术的利用效率, 即生产前沿面和实际产出量之间的距离; 技术水平的变化就是生产前沿面的移动。利用距离函数可以计算技术效率和技术进步。

Malmquist 指数的定义为:

$$M = \frac{D_{t+1}^v(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^v(x_t, y_t)} \cdot \left[\frac{D_t^v(x_t, y_t)}{D_t^v(x_t, y_t)} / \frac{D_{t+1}^v(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^v(x_{t+1}, y_{t+1})} \right] \cdot \sqrt{\frac{D_t^c(x_t, y_t)}{D_{t+1}^c(x_t, y_t)} \cdot \frac{D_{t+1}^c(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^c(x_{t+1}, y_{t+1})}} \quad (2)$$

式(2)中, $D^c(x, y)$ 代表规模报酬不变下的距离函数; $D^v(x, y)$ 代表规模报酬可变下的距离函

数。式(2)中的第一项为纯技术变化率, 第二项为规模效率变化, 第三项为技术变化水平。第一项与第二项的乘积为技术效率。当 $M > 1$ 时, 全要素生产率进步; 当 $M < 1$ 时, 全要素生产率退步; 当 $M = 1$ 时, 全要素生产率不变。

1.3 数据选择

鉴于学界普遍认可以能源、资本和劳动作为经济增长模型中的投入要素, 本文也沿用该思路, 利用能源、资本和劳动的数据作为投入数据, 产业增加值为产出数据。

(1) 能源投入。以黑龙江省每年的能源消耗量为基础数据, 单位为万吨标准煤。数据来源于《黑龙江统计年鉴 1991》和《黑龙江统计年鉴 2009》。

(2) 资本投入。资本投入用黑龙江省每年的物质资本存量来表示。物质资本存量采用学界普遍认同的永久库存法计算。计算公式为:

$$K_t = K_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t \quad (3)$$

式(3)中, K_t 为第 t 年的物质资本存量, δ_t 为折旧率, I_t 为第 t 年固定资本形成总额。

根据张军等^[4]的研究结果, 折旧率设为 9.6%。由于统计年鉴中缺少 1990 年以前的固定资产投资价格指数, 因此以投资隐含平减指数替代, 计算公式为:

某年固定资本形成总额指数 = [某年固定资本形成总额(当年价格) / 某年投资隐含平减指数] / 基期固定资本投资形成综合(当年价)。

本文以 1978 年为基期, 所求得的 1990 年以后的投资隐含平减指数与统计年鉴中公布的固定资产投资价格指数非常接近, 差异浮动范围基本在 10% 以内。主要年份投资隐含平减指数如表 1 所示。

表 1 代表性年份投资隐含平减指数与固定资产投资价格指数

年份	投资隐含平减指数 (以 1978 年为基期)	固定资产投资价格指数 (以 1978 年为基期)	年份	投资隐含平减指数 (以 1978 年为基期)	固定资产投资价格指数 (以 1978 年为基期)
1979	101.26		1995	309.91	272.83
1983	107.03		2000	314.98	295.54
1990	150.49	150.49	2005	345.46	324.17
1991	161.76	161.78	2008	401.85	377.00

(3) 劳动投入。本文使用年末社会从业人员总量数据作为生产中的劳动力投入, 单位为万人。数据来源于《黑龙江统计年鉴 1991》和《黑龙江统计年鉴 2009》。

(4) 产出数据。以历年全省国内生产总值为基础数据, 单位为亿元, 为了与资本存量价格保持一致, 以 1978 年为基期进行折算。数据来源于《黑龙江统计年鉴 2009》。

2 黑龙江省全要素能源效率分析

2.1 全要素生产率指数变动分析

本文基于投入导向型规模报酬可变的 DEA 方法测算了黑龙江省 1978—2008 年全要素生产率指数(Malmquist 指数)、技术效率指数、纯技术效率指数、规模效率指数以及技术进步指数, 具体如表 2 所示。Malmquist 指数、技术效率指数和技术进步指数的变化趋势如图 1 所示。

从表 2 和图 1 可以看出, 1978—2008 年黑龙江省全要素生产率指数平均增长率为 - 3. 4%, 全要素生产率呈恶化的趋势。进一步分析可知, 这种恶化主要是源于技术效率出现了退化, 其平均增长率为 - 0. 4%。这种退化在 1993—1994 年和 1999—2004 年之间表现得非常明显。1993—1995 年、2001—2002 和 2003—2004 年的 Malmquist 指数大于 1, 增长的动力均来自于技术进步。

从规模收益情况来看, 在这 31 年间有 8 年能源消费的规模收益是固定不变的; 有 10 年的规模收益是递减的, 即要想获得等比例的产出必须消耗更多的投入; 有 13 年规模收益是递增的, 即增加投入比例, 能够得到更加多的产出。在最近几年规模收益呈递减的趋势。

2.2 全要素能源效率

Hu 和 Wang 较早地提出利用 DEA 测算全要素能源效率, 并将其定义为在保持其他要素不变的前提下, 按照最佳生产实践, 特定的产出所需要的最

少能源投入量与实际投入量的比值^[1]。即:

$$TFEE = \frac{E_{\text{目标}}}{E_{\text{实际}}} \quad (4)$$

该定义包含了除能源要素投入以外的其他要素(资本和劳动力)对能源效率的影响。由于实际能源消费总量大于或等于目标值, 因此 TFEE 的值在 0 ~ 1 之间。TFEE 的值越接近于 1, 说明其效率越高, 反之若接近于 0, 则表明其能源消费的效率越低^[5]。由输入导向型的 DEA 模型测算出的黑龙江省全要素能源效率如表 3 所示, 其变化趋势如图 2 所示。

从表 3 和图 2 可以看出, 1978—2008 年间黑龙江省全要素能源效率总体水平偏低, 平均值仅为 0. 969, 20 世纪 70 年代和 20 世纪 80 年代全要素能源效率特别低。但是从总体上来看, 黑龙江省全要素能源效率呈上升趋势, 尤其在 2003 年以后上升比较迅速。

表 2 1978—2008 年黑龙江省 Malmquist 指数及其分解

年份	技术效率指数	纯技术效率指数	规模效率指数	规模收益	技术进步指数	Malmquist 指数
1978—1979	1. 000	1. 000	1. 000	不变	1. 011	1. 011
1979—1980	1. 000	1. 000	1. 000	不变	0. 965	0. 965
1980—1981	0. 992	1. 000	0. 992	递减	0. 967	0. 959
1981—1982	0. 974	0. 974	1. 000	不变	0. 991	0. 965
1982—1984	0. 994	0. 997	0. 997	递增	0. 976	0. 970
1983—1984	0. 985	0. 988	0. 997	递增	0. 997	0. 982
1984—1985	1. 000	1. 000	1. 000	不变	0. 917	0. 917
1985—1986	0. 965	0. 965	1. 000	不变	0. 987	0. 952
1986—1987	0. 955	0. 958	0. 997	递增	1. 032	0. 986
1987—1988	0. 992	1. 000	0. 992	递减	0. 978	0. 970
1988—1989	0. 993	0. 995	0. 998	递增	0. 993	0. 986
1989—1990	1. 000	1. 000	1. 000	不变	0. 976	0. 976
1990—1991	0. 994	1. 000	0. 994	递减	0. 977	0. 971
1991—1992	0. 983	1. 000	0. 983	递减	0. 946	0. 930
1992—1993	0. 950	0. 951	0. 998	递增	0. 892	0. 847
1993—1994	0. 855	0. 875	0. 977	递增	1. 184	1. 012
1994—1995	0. 945	0. 953	0. 992	递增	1. 073	1. 014
1995—1996	1. 000	1. 000	1. 000	不变	0. 942	0. 942
1996—1997	0. 983	0. 986	0. 998	递增	1. 009	0. 992
1997—1998	0. 979	1. 000	0. 979	递减	0. 992	0. 971
1998—1999	0. 952	0. 995	0. 957	递减	0. 974	0. 927
1999—2000	0. 921	0. 926	0. 994	递增	0. 936	0. 862
2000—2001	0. 830	0. 861	0. 964	递增	1. 193	0. 990
2001—2002	0. 848	0. 882	0. 961	递增	1. 212	1. 028
2002—2003	0. 886	0. 915	0. 968	递增	1. 094	0. 969
2003—2004	0. 883	0. 919	0. 961	递增	1. 258	1. 111
2004—2005	1. 000	1. 000	1. 000	不变	0. 943	0. 943
2005—2006	0. 974	0. 976	0. 998	递减	0. 967	0. 942
2006—2007	0. 963	0. 964	1. 000	不变	0. 996	0. 959
2007—2008	0. 978	0. 983	0. 995	递减	0. 991	0. 969
平均值	0. 960	0. 970	0. 990		1. 012	0. 966

表 3 1978—2008 年黑龙江省全要素能源效率

年份	TFEE	年份	TFEE	年份	TFEE	年份	TFEE
1978	0.0476	1986	0.0931	1994	0.1591	2002	0.2936
1979	0.0484	1987	0.1046	1995	0.1711	2003	0.2991
1980	0.0519	1988	0.1129	1996	0.1887	2004	0.3510
1981	0.0564	1989	0.1187	1997	0.2012	2005	0.3762
1982	0.0643	1990	0.1244	1998	0.2231	2006	0.4054
1983	0.0691	1991	0.1311	1999	0.2396	2007	0.4748
1984	0.0764	1992	0.1388	2000	0.2621	2008	0.5322
1985	0.0794	1993	0.1502	2001	0.2725	平均值	0.1909

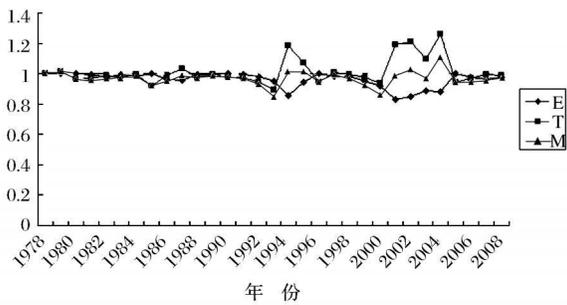


图 1 1978—2008 年黑龙江省 Malmquist 指数及其分解图

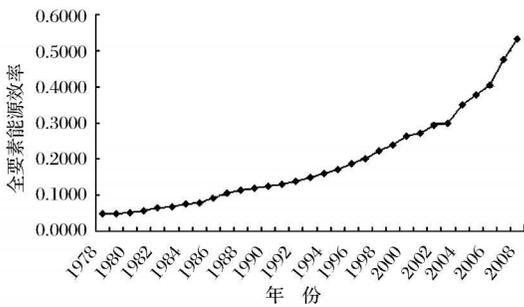


图 2 1978—2008 年黑龙江省全要素能源效率变化趋势图

3 结论

本文基于 1978—2008 年间黑龙江省的数据,运用基于 DEA 的非参数 Malmquist 指数法分解和测算了其全要素生产率和全要素能源效率,得出的结论如下:

从总体上看,黑龙江省全要素能源效率水平偏低,平均值仅为 0.1909,但呈现迅速上升的趋势,还

有很大的节能空间。全要素生产率呈恶化的趋势,通过对 Malmquist 指数的分解,可以看出这种恶化主要是因为技术效率出现了退化。王群伟的研究结果显示,技术进步对全要素能源效率提高的贡献比较有限,而技术效率的贡献则非常明显^[5]。因此,黑龙江省应更加重视技术效率的提高。由于近年来规模报酬呈现递减趋势,说明当前的能源消耗已经达到了一个临界状态(粗放经济效应),因此改变粗放型发展模式,走集约型经济是符合现阶段的发展要求的。

政府可以通过政策诱导、经济刺激和法律规范等措施,优化行业结构,大力发展信息产业、电子商务、通信设备等产业,降低能源消耗强度,达到降低能源消耗的目的。同时,加大可再生能源尤其是生物质能源的利用,黑龙江省是农业大省,有大量农作物秸秆和森林废弃物,其利用前景非常广阔。

参考文献

- [1] HU J L, WANG S C. Total factor energy efficiency of regions in China[J]. Energy Policy, 2006(17): 3206-3217.
- [2] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(26): 429-444.
- [3] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [4] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估计: 1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [5] 王群伟, 周德群. 中国全要素能源效率变动的实证研究[J]. 系统工程, 2008, 26(7): 75-80.

Analysis on Total Factor Energy Efficiency in Heilongjiang Province

Hu Caimei

(College of Economics and Management, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: Using the DEA based non parametric Malmquist productivity index method, this paper calculates and decomposes total factor productivity of Heilongjiang during 1978-2008, and then calculates the total factor energy efficiency by BC² model based on variable returns to scale. The main conclusions are as follows: the level of total factor energy efficiency is low, and the average value is 0.1909, but it presents a rapidly rising trend; the total factor productivity takes on a decreasing trend, and the main reason is that technical efficiency gets worse by decomposing the Malmquist index. According to these conclusions, it gives some policy recommendations on improving energy efficiency from aspects of decreasing energy consumption and utilizing renewable energy resources.

Key words: total factor energy efficiency; technical efficiency; scale efficiency; Malmquist index