

经济持续增长和能源安全背景下 液态生物质燃料的发展研究^{*}

——基于燃料乙醇弥补汽油缺口的视角

范 英 吴方卫 张锦华

(上海财经大学财经研究所 上海 200434)

内容提要 本文通过构建能源缺口假定下的产出影响模型,分析了能源供给不足造成的经济影响,并从燃料乙醇弥补汽油的角度探讨了中国发展液态生物质燃料缓解能源缺口影响的效应。研究表明,高增长下的中国经济若兼顾能源安全问题,将可能导致原油供给缺口的出现;若仅保证能源安全,能源供给不足势必引起经济增长放缓;要同时保证能源安全和经济持续增长需通过寻求有效的替代能源弥补缺口。

关键词 能源安全 经济增长 能源供给 生物质能源 燃料乙醇

一、引 言

传统能源是不可再生能源,在工业革命后被人类大量消耗。面对传统能源的有限储量和社会经济发展对能源的高强度需求,世界各国都将目光转向替代能源的开发和利用,通过能源多元化战略缓解传统能源对社会经济发展的限制。例如,以西欧、北美和日本为代表的核能发电、以中国和南美为代表的水力发电、以巴西为代表的甘蔗燃料乙醇、以美国为代表的玉米燃料乙醇和以欧盟为代表的生物柴油等,这些国家都逐步开始将可再生能源用于日常经济社会生活。

能源是影响经济增长的重要因素,但中国的能源安全问题不容乐观。中国正处于工业化和城市化快速发展时期,能源的充足供给对顺利完成经济社会转型至关重要。然而,能源有效供给不足和外部价格传导是中国能源安全问题不容忽视的两个方面。中国的能源消费自改革开放以来快速增长,原油消费面临严重的进口依赖,2010年中国原油表观消费量首次突破4亿吨,进口原油达2.39亿吨,对外依存度已经突破50%,因而原油的正常供给容易受到国际政治环境的影响^{*},另外,由于中国没有国际石油的定价权,大量原油输入国内导致的价格传导效应十分明显,国际原油价格波动会影响中国国民经济运行的成本。

传统能源中的石油最有可能首先被开采完毕,寻求石油产品(汽油和柴油)的替代品逐渐成为一种国际趋势,这为液态生物质燃料的发展开辟了空间。中国的液态生物质燃料产业仍处于起步阶段,

^{*} 项目来源:国家社会科学基金项目(编号:11BJY062)、上海市自然科学基金项目(编号:09ZR1420300)、上海市哲学社会科学规划课题(编号:2010BJB007)、上海财经大学研究生创新基金项目(编号:CXJJ2010302)

^{*} 以日本、韩国及其外围列岛构成的中国外海第一岛链对石油海运造成阻隔之势;马六甲海峡是中国航海贸易运输的主要咽喉,从该海峡运输的石油占总进口石油的4/5以上。近期美国在东南亚(特别是泰国)的势力渗透更是试图掐住马六甲海峡这个咽喉,若遭遇紧张国际形势,中国的原油输入将直接影响能源安全和国民经济运行

但社会经济发展需要能源的不断投入, 中国政府逐步重视液态生物质燃料产业的发展, 并颁布了《可再生能源中长期发展规划》, 提出到 2020 年生物燃料乙醇年利用量达到 1000 万吨, 生物柴油年利用量达到 200 万吨。由此可见, 世界范围的能源局势和中国经济发展为液态生物质燃料的发展提供了空间, 因此研究发展液态生物质燃料对社会经济的影响刻不容缓。

二、文献综述和背景分析

(一) 能源消费与经济增长

国内外学者在能源对经济增长的重要性方面做了长期研究。Davis 和 Haltiwanger(2001) 通过分析油价波动对创造就业和失业的影响, 发现石油价格和货币政策造成的失业作用要比创造就业的作用大得多; 能源缺口对产业的影响程度不一, 能源密集型产业较非能源密集型产业更易受到供给影响 (Leet 和 Ni 2002); 关于能源(电力消费)与 GDP 增长的因果性关系已有较为成熟的研究成果 (J. Kraft 和 A. Kraft, 1978; Akarca 和 Long, 1980; Yu 和 Hwang, 1984; Erol 和 Yu, 1987), 协整分析成为主要方法, 后 Johansen 方法迅速成为研究能源与经济增长之间关系的主要方法的关键工具 (Johansen 和 Juselius, 1992; Cheng 和 Lai, 1997)。就中国经济与能源的研究而言, 于全辉和孟卫东(2008) 基于面板数据分析了能源与经济增长之间的关系, 指出中国在此方面存在明显地区差异, 东部经济增长较依赖能源投入; 赵涛等(2009) 利用嵌入能源消费的 C-D 函数模型, 推导并实证研究了能源与经济增长之间相互依存、相互影响的辩证关系; 林伯强和王锋(2009) 研究了能源价格上涨对中国一般价格水平的影响, 指出各类能源(特别是原油)价格上涨导致指数上涨幅度最大的是 PPI, 可能引起成本推进型的通货膨胀。上述研究勾画了能源供给现状和价格影响, 但未考虑能源缺口对经济运行的影响, 龚志民(2006) 从可持续发展角度出发粗略测算了能源缺口给经济发展带来的负面影响。

(二) 燃料乙醇产业发展的社会经济影响

中国的燃料乙醇产业发展初期主要以陈化粮为原料进行生产, 由于粮食安全等原因逐步转移到利用非粮能源作物和纤维素为原料生产。这个过程中众多学者从不同角度对生物质燃料特别是燃料乙醇产业发展的社会经济影响进行了分析。对粮食安全影响方面, 黄季焜等(2009)、张锦华和吴方卫(2008)、吴方卫等(2009) 指出发展以粮食作物为原料的生物质能源产业对中国的粮食安全存在影响, 但影响幅度结论不一; 周曙东等(2009) 利用 CGE 模型分析美国利用玉米为原料生产燃料乙醇将抬高国际粮食价格, 提高生产生活成本。但是随着粮食安全的隐患出现和中国陈化粮储备减少, 以非粮能源作物特别是纤维素为原料生产生物质燃料更具科学性 (张锦华和吴方卫, 2008; 黄季焜等 2009; 吴方卫等 2009)。丁一(2007) 分析了发展液态生物质燃料对缓解中国石油安全的贡献情况, 指出在国际石油危机和中国能源需求背景下, 发展液态生物质燃料能够一定程度弥补中国对石油的高度依赖, 但是面对该产业在中国的发展现状, 需要在科技、原料种植、生产和消费方面做出巨大努力。曹历娟(2009) 利用一般均衡方法分析发展生物质能源对中国粮食安全和能源安全影响, 指出如果利用玉米生产燃料乙醇, 那么中国的粮食安全问题将出现, 而且发展玉米乙醇并不能从根本上解决能源问题, 只是一定程度上缓解汽车用汽油需求的压力, 使用秸秆、薯类等非粮食产品生产生物质能源能有效解决能源问题和粮食安全问题。

(三) 生物质燃料产业发展的依据: 对争论的解释

国内外关于液态生物质燃料的争论由来已久, 涉及能源利用率、碳平衡以及对社会经济的影响 (与粮争地和与人争粮) 等方面。具体而言包括如下方面: 第一, 现阶段液态生物质燃料补充石油产品是否是缓解原油进口安全威胁的唯一途径; 第二, 全面发展液态生物质燃料是否会引起稀缺的耕地资源的无效配置; 第三, 若全面推广液态生物质燃料是否会引起燃料使用机械设备的技术改进和替换

问题;第四,液态生物质燃料较传统能源是否具有优越的成本收益率。明确回答上述问题是后续研究的重要前提。

首先,石油产品(汽油和柴油等)不能被煤炭直接替代,电力替代(如电动汽车)的可能性在短期来看也不高*。这是因为,以液态能源为动力的发动机已经广泛深入社会生活,以液态生物质燃料作为替代品具有较好的可持续性,巴西、美国和欧盟等国家和地区的液态生物质燃料利用给出了很好证明**。各国的液态生物质燃料产业的发展充分利用了当地的资源禀赋(如巴西蔗糖产量居世界首位,美国的玉米产量世界第一)。在中国发展各类能源作物的生产来生产液态生物质燃料同样存在广阔的空间与可行性。

其次,我国发展液态生物质燃料特别是燃料乙醇,原料来源开始由粮食向非粮作物过渡,即通过边际土地的开发和发展非粮作物来避免“与粮争地”(张锦华和吴方卫,2008)。2007年出台的《可再生能源中长期发展规划》中明确提出不再增加以粮食为原料的燃料乙醇生产能力,合理利用非粮生物质原料生产燃料乙醇,扶持以木薯、甘薯、甜高粱等为原料的燃料乙醇技术。在这个前提下,中国液态生物质燃料的发展不会对有限耕地的配置造成负面影响。

第三,发展液态生物质燃料将可能对相关产业产生外部性影响。液态生物质燃料在生产和利用过程中的正负外部性并存。正外部性包括,在能源安全约束和经济持续增长背景下,当石油供给出现缺口时,液态生物质燃料弥补汽油和柴油不足所带来的社会经济收益;在非粮能源作物种植、原料搜集和燃料利用过程中具有在固碳释氧、保持水土、温室气体减排等方面的生态溢出。而负外部性指的是,生产液态生物质燃料过程中的能源消耗以及燃料推广使用过程中形成的社会成本,甚至包括原料种植对生态环境的可能影响。涉及生物质燃料负外部性问题的既有研究还没有明确结论(吴伟光等,2009),特别是从正负外部性角度的全面分析不多。从宏观经济层面分析,中国正处于能源需求的关键阶段,增长对中国而言十分重要,虽然液态生物质燃料的生产成本较传统能源没有优势,甚至略高于传统能源,表面上不具有竞争力,但是正是由于液态生物质燃料发展存在外部性,发生了市场失灵现象,只要充分分析该产业对社会经济作用机理,理清正外部性和负外部性的综合影响,通过政府补贴等手段就可以达到既能弥补能源缺口又能健康发展液态生物质燃料产业的目地,而国外生物质燃料利用较好的国家就是良好例证。

三、原油缺口下的经济增长

(一) 模型选择和基本假定

资本和劳动是公认的投入要素,经典的柯布一道格拉斯生产函数将其纳入产出模型,能源作为实物质本的一种,可将其从资本中分离出来形成三要素生产函数进行分析,该方法已被学术界广泛应用(林伯强,2003;王立勇,2008;吴利学,2009)。本文建立包括能源投入在内的经济增长模型,用于分析能源缺口对产出的影响:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}E^{\eta} \quad (1)$$

其中, A 表示全要素生产率, K 表示资本存量, L 表示劳动力投入, E 表示原油投入; α 、 β 、 η 分别表示资本存量、劳动力投入和能源投入的产出弹性。

* 电动汽车发展的瓶颈主要集中于电池容量和能量管理。电动汽车的电池技术经历了三代发展,目前主要采用以燃料电池为主的电池,但核心技术还需要进一步提升;能量管理方面,电动汽车的普及需要建立庞大的电池充电和更换服务网店,类似现有的加油站,而如今的此类配套设施还没有推广实现

** 目前巴西的汽车均使用100%生物乙醇或22%~25%的混合乙醇汽油;欧盟出台政策将生物柴油使用混合比例到2020年提高至10%;美国更是通过立法明确了燃料乙醇作为替代燃料的社会地位

可以预见,到本世纪中叶中国经济将保持持续增长,能源消费同步增加将成为不争的事实。然而中国的能源供给存在风险,特别是依赖外部输入的原油最引人关注,如果从国民经济安全的角度考虑,限定原油对外依存度上限时原油的供需缺口就必然出现,并影响到国民经济产出。

原油缺口对产出的影响可以分为两种情形,一是原油缺口出现后直接引起相关产业产出的变动,而暂时没有对资本和劳动的配置产生影响;二是原油缺口出现后不仅影响产出,也引起资本和劳动要素配置的变化。在本模型分析时,假定:全要素生产率不因原油缺口发生变动以及要素的生产弹性不变。

(二) 原油缺口对经济增长的影响

设总量生产函数为:

$$Y_0 = AK_0^\alpha L_0^\beta E_0^\eta \quad (2)$$

当原油缺口出现时,总量生产函数则为:

$$Y_1 = AK_1^\alpha L_1^\beta E_1^\eta \quad (3)$$

原油缺口出现时与未出现原油缺口产出存在如下关系:

$$\Delta Y = Y_0 - Y_1; \Delta E = E_1 - E_0 \quad (4)$$

(3) 与(2) 式相比得到:

$$\frac{Y_1}{Y_0} = \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^\alpha \left(\frac{L_1}{L_0}\right)^\beta \left(\frac{E_1}{E_0}\right)^\eta \quad (5)$$

将(4) 代入(5) 整理可得:

$$\frac{Y_0 - \Delta Y}{Y_0} = \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^\alpha \left(\frac{L_1}{L_0}\right)^\beta \left(\frac{E_0 - \Delta E}{E_0}\right)^\eta \quad (6)$$

(6) 式中 ΔY 是关于 ΔE 的函数,原油作为要素投入直接影响相关产业产出状态与水平,原油缺口的出现可以视为产出减少的诱因,同时原油缺口的出现还将通过其他要素的同步下降间接影响产业的总体产出,为方便分析,设定原油缺口 ΔE 对其余要素的间接影响十分微小。

(6) 式两边同时对 ΔE 求导,整理可得:

$$\Delta Y = Y_0 - \frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} (E_0 - \Delta E) \quad (7)$$

$$\text{其中, } \frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} = \eta \cdot \frac{Y_0 - \Delta Y}{E_0 - \Delta E} > 0 \quad (8)$$

通过(8) 式可知,原油缺口对经济影响具有负作用($\frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} > 0$) ,随着原油缺口的增加,影响产出减少的幅度越来越大,原油不足的负效应逐步增强。

(7) 式还可表示为:

$$\Delta Y = \left[Y_0 - \frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} \cdot E_0 \right] + \frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} \cdot \Delta E \quad (9)$$

定义产出的原油缩减系数,即 $\theta = \frac{\partial \Delta Y}{\partial \Delta E} / \eta$,表示原油总量或者原油缺口变动对产出减少的反应程度,反应程度越小,表明产业对原油需求调整能力越低,原油需求依赖越大,原油不足所带来的产出减少越明显;而产出的原油缩减系数由单位原油缺口对产出减少的影响与原油的产出弹性比值所决定,产出弹性 η 越大,经济对原油的依赖程度越高,原油替代能力越差,原油对产出的影响越为明显。

原油缺口对产出的影响如(9)式,由此可知,由于经济持续增长以及原油安全的限制,产生的原油缺口(ΔE)通过两个效应降低产出:第一,缩减效应((9)式的前半部分)。原油完全供给的产出 Y_0 与原油需求缩减幅度之差,其中原油需求缩减幅度是由原油需求量乘上原油缩减系数。产出越高,产出缩减基数越大,原油产出弹性越大,原油缩减幅度越大。第二,缺口效应((9)式的后半部分)。原油缺口通过产出的原油缩减系数放大缩减效应,但是,此效应对原油产出弹性的反应呈反向变动趋势,原油产出弹性越大,缺口效应越温和,体现出一定的经济内部调节能力,即通过其他要素的调整缓解因原油缺口增大导致的经济运行缓慢现象。

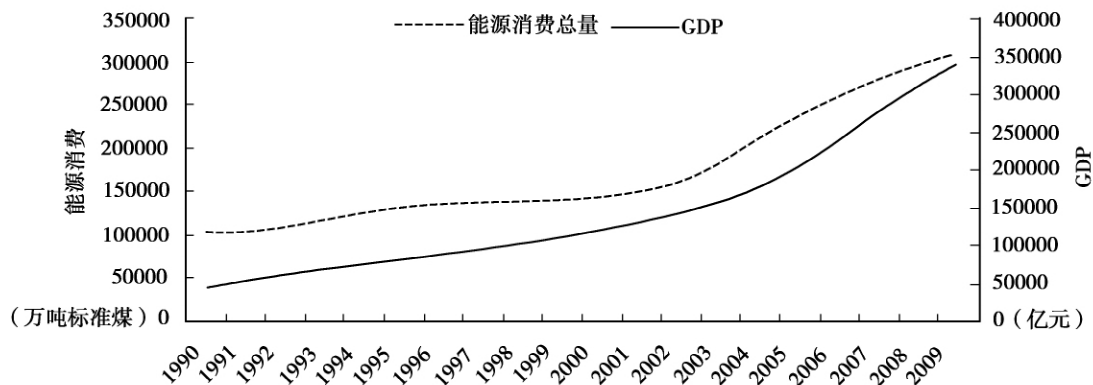
不考虑原油缺口对要素的影响,产出减少受到缩减效应和缺口效应共同影响。缩减效应与经济总量有关,经济总量越大,缩减效应越明显,对原油不足的反应越剧烈;原油缺口通过产出的原油缩减系数放大缺口效应,原油产出弹性越大,缺口效应越温和,但这部分的产出减少比例较小,说明经济体内部存在一定的调节能力。

四、预期原油缺口和燃料乙醇补充——一个模拟分析

原油供给不足和外部价格输入都会对相关产业产生影响,从中国的能源自给情况来看,原油进口形势难以逆转,高度的对外依赖致使能源安全威胁愈发凸显。面对居高不下的对外依存度,中国正经历原油供给缺口和石油价格威胁的双重考验,从本质上说,需要在经济快速增长和能源安全中寻求结合点,如何在能源安全保障的前提下快速发展经济是目前亟待研究的课题。为研究原油缺口对产出的影响,笔者从原油供给角度出发,尝试分析在原油对外依存度限定而导致的供给不足出现时的经济运行变动情况,以期研究原油对产出的现实影响。

(一) 原油消费历史现状及未来走势预测

1. 历史现状。1990年以来,中国国民经济产出呈现明显上升态势,GDP从1990年的4.3万亿元增长至2009年的34万亿元,尤其是2005年之后的GDP增长速度加快(见图1)。在这个过程中,能源消费也急剧增加,1990年的能源消费总量仅为9.8亿吨标准煤,2009年已达30.6亿吨标准煤。能源作为经济增长的重要要素,其增长趋势反映了对产出的贡献作用。同时,在能源消费结构中,原油消费是仅次于煤炭的第二大能源,所占比重在2000年前后达到高峰,虽然其后有所降低,但一直稳定在20%左右变动。

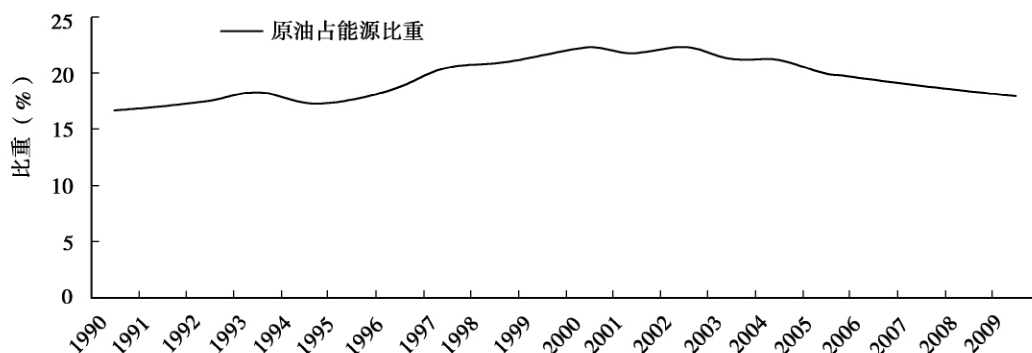


数据来源:1991—2010年《中国统计年鉴》

图1 能源消费和产出变动趋势

2. 未来走势预测。中国正处于工业化和城市化的快速推进阶段,即使保守估计,中国经济还可

以再快速增长 30 年(何晓萍等,2009) 2008 年、2009 年和 2010 年中国 GDP 增长率分别为 9.6%、9.3% 和 10.1%*, 在 2008 年国际金融危机影响下,中国的经济增长并未放缓。假定中国到 2020 年的 GDP 增长率保持在 9% 就可以估算出中国 GDP 趋势数据。



数据来源: 1991—2010 年《中国统计年鉴》

图 2 能源结构中原油所占比重变动趋势

中国 1990—2009 年原油强度总体上处于逐步下降趋势,这归因于技术进步引起的能源利用效率的提高,1990 年原油强度为 0.264 万吨/亿元,2009 年下降到 0.111 万吨/亿元,20 年间保持每年 4.4% 的下降速度。

假定中国到 2020 年的原油强度保持以每年 4.4% 的速度下降,利用预测的 GDP 数据可知未来中国原油需求量^{**}。按照中国经济增长对原油的需求,到 2020 年的原油需求将接近 6 亿吨。

表 1 中国原油需求预测

年份	GDP (亿元)	原油强度 (万吨/亿元)	原油需求 (万吨)	年份	GDP (亿元)	原油强度 (万吨/亿元)	原油需求 (万吨)
2010	371152.5	0.106	39342	2016	622459.9	0.081	50419
2011	404556.2	0.101	40860	2017	678481.3	0.077	52243
2012	440966.3	0.097	42774	2018	739544.6	0.074	54726
2013	480653.3	0.093	44701	2019	806103.7	0.071	57233
2014	523912.1	0.089	46628	2020	878653.0	0.068	59748
2015	571064.2	0.085	48540				

(二) 原油消费和经济运行

与原油消费有关的总量生产函数为:

* 2010 年 GDP 增长率官方未给出修订后数据,仅供参考

** 国际原油价格对中国原油市场产生冲击,并且原油价格的持续上升将影响中国 GDP。但国际原油价格波动的影响因素还包括政治关系和区域稳定等,对未来世界原油价格的预测较难实现,并且这部分内容不是本文的研究重点,故在预测中国未来原油需求时只考虑原油强度这一指标

$$Y = AK^\alpha L^\beta E^\eta \tag{10}$$

原油绝大部分用于石油化工,石油产品中的汽油和柴油主要用于交通运输,由于复杂的能源利用结构,单纯考虑原油消费对整体经济的影响较困难,需进行必要的前提假设和数据处理。

1. 前提假设。(1) 假定原油在能源中的比重为 20%,利用该比重处理与原油配置的资本、劳动以及产出等变量的相应取值;(2) 总量生产函数中的技术不变,产出弹性不变;(3) 规模报酬不变。

2. 数据处理。所用数据来自于对应年份的《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。

(1) Y 的选择与处理。产出 Y 选取全国国内生产总值的 20%,选取年份为 1990—2009 年。

(2) K 的估算。目前对固定资本存量的估算方法很多,本文使用以永续存盘法为基础的计算公式:

$$K_t = K_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t \tag{11}$$

其中 t 表示具体年份, K 表示资本存量, I 表示投资, δ 表示折旧率。要测算历年 K 值,需先确定基年(1990 年)的资本存量以及对应每年的投资和折旧率。基年资本存量是使用 Young(2000)方法,即用 1990 年固定资产形成除以 10% 得到;每年的投资使用对应年份固定资产投资总额;折旧率采用张军和章元(2003)计算得出的经济折旧率 9.6%。所涉及的价值均使用可比价格。在全国资本存量的基础上用 20% 进行折减。

(3) L 的选取。劳动力投入使用参与三次产业就业人口总数的 20%。

(4) E 的选取。利用 1990—2009 年的原油消费总量。

3. 结果。能源投入 E 的生产弹性约为 0.38,随着经济对能源的需求不断加强,能源要素的产出弹性折射出能源对经济的重要作用。

表 2 国民经济运行方程系数估计结果

变量	参数	T 统计量
A	0.4231	15.15
α	0.6695	13.94
β	-0.0500	3.81
η	0.3832	3.81

Adjusted R2 = 0.991392 F = 978.9655 D - W = 1.699

(三) 原油缺口对产出的影响程度

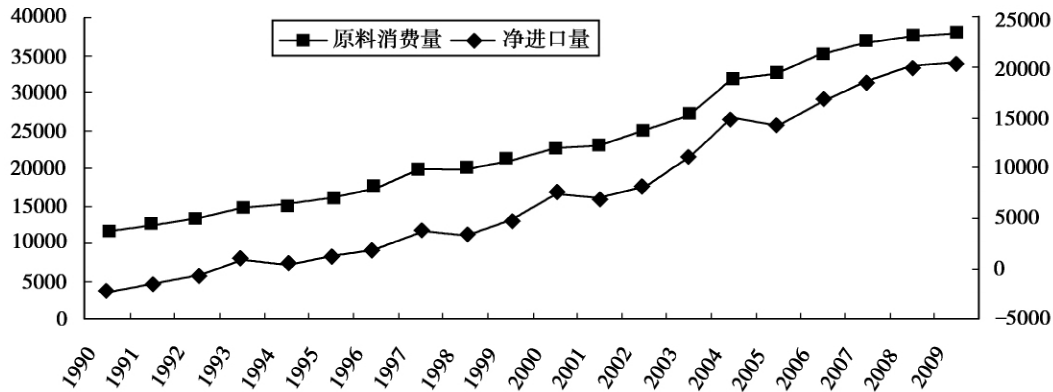
1. 测算模型。假定短期内能源供给不足的传导效应具有滞后性,可大致估算出原油缺口出现时的产出减少量。假定短期内原油缺口出现时其余要素变动较小,可得到产出减少的估计公式:

$$\Delta Y = [1 - (\frac{E_0 - \Delta E}{E_0})^\eta] \cdot Y_0 \tag{12}$$

其中 E_0 是原油充足供给时的消费量, Y_0 是原油供给充足时的总产出, η 是能源产出弹性。

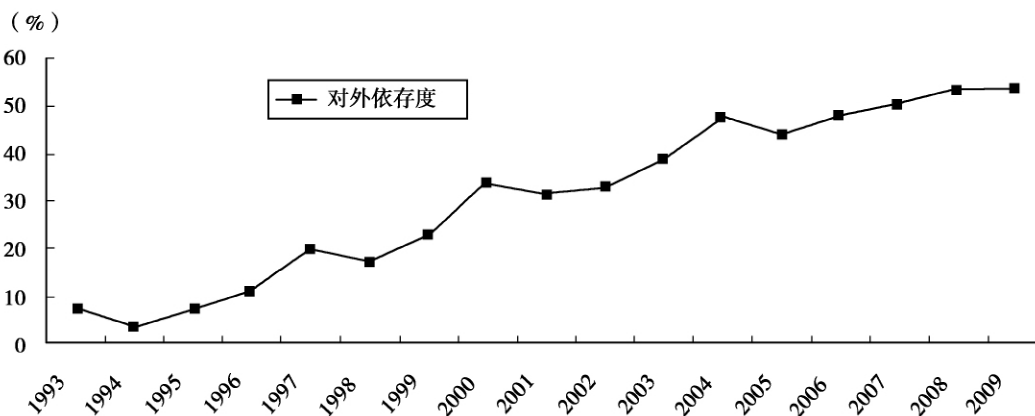
2. 原油供给安全和对外依存度。中国原油消费数量不断上升,2009 年达到 3.8 亿吨。中国原油国内产量一直维持较稳定的水平,较大幅度提升国内产能很难实现,因此,随着中国经济发展对原油需求的加剧,从国际进口原油成为唯一选择。2003 年中国原油净进口量首次超过 1 亿吨,到 2009 年已经历史性突破 2 亿吨,对外依存度已经高达 53%。在煤炭和电力充分自给的情况下,中国原油供

给出现不容忽视的潜在危险。居高不下的能源强劲需求以及无法逆转的大量进口导致中国的经济增长面临原油供给安全问题。



数据来源: 1991—2010年《中国统计年鉴》

图3 中国原油消费和进口情况 (万吨)



数据来源: 1991—2010年《中国统计年鉴》

图4 中国原油对外依存度

3. 原油缺口与产出影响。从图4可知,中国的原油消费对进口的依赖不断加大,而国内的生产水平一直维持稳定状态(消费量和进口量差额),假定国内原油供给量稳定在2亿吨水平,并假定原油对外依存度的安全警戒值为55%(情形1)、58%(情形2)和60%(情形3),进行原油缺口估算。鉴于国民产出的非季节性,故选用Holt-Winters的无季节模型,利用(11)式对与原油对应的产出进行预测。从表2可知,在55%、58%和60%原油对外依存度限制下,中国分别将于2013年、2015年和2016年出现原油缺口。在60%原油对外依存度限定下,原油缺口于2020年将达到9700万吨左右。

利用(12)式对原油缺口下的经济产出减少进行预测,发现在55%原油对外依存度约束下,产出减少幅度最大,在2018年将接近1万亿元,到2020年达到1.4万亿元;在较宽松的能源安全前提下(60%原油对外依存度)2020年的产出减少也将达到8500亿元以上。

表3 不同对外依存度下原油缺口预测 (万吨)

年份	原油需求	国内产量	原油缺口			年份	原油需求	国内产量	原油缺口		
			情形1	情形2	情形3				情形1	情形2	情形3
2010	39342	20000	—	—	—	2016	50419	20000	5975	2800	419
2011	40860	20000	—	—	—	2017	52243	20000	7799	4624	2243
2012	42773	20000	—	—	—	2018	54726	20000	10282	7107	4726
2013	44700	20000	256	—	—	2019	57233	20000	12789	9614	7233
2014	46628	20000	2184	—	—	2020	59748	20000	15304	12129	9748
2015	48540	20000	4096	921	—						

表4 原油缺口下的产出减少

年份	原油需求 (万吨)	产出水平 (亿元)	情形1 (亿元)	产出减少情形2 (亿元)	情形3 (亿元)
2010	39342	73831.6	—	—	—
2011	40860	79561.9	—	—	—
2012	42773	85292.2	—	—	—
2013	44700	91022.6	198.7	—	—
2014	46628	96752.9	1747.5	—	—
2015	48540	102483.2	3376.3	743.6	—
2016	50419	108213.5	5064.4	2324.3	342.8
2017	52243	113943.8	6789.3	3942.8	1884.4
2018	54726	119674.1	9099.3	6162.0	4037.8
2019	57233	125404.4	11490.5	8464.5	6276.2
2020	59748	131134.7	13946.4	10833.4	8582.2

(四) 燃料乙醇弥补汽油的贡献

当原油缺口出现时对产出造成影响,若使用燃料乙醇来弥补汽油缺口则可以在一定程度上缓解汽油缺口的负面作用。从原油提炼石油产品过程可知,在中国1吨原油可提炼0.215吨汽油和0.394吨柴油,成品油率63.7%以上。利用汽油在石油产品中的比重可以计算用燃料乙醇弥补汽油缺口缓解产出减少的幅度。中国汽油消费到2014年将突破1亿吨,到2020年将上升至接近1.3亿吨;在55%、58%和60%的原油对外依存度限定下,中国分别于2013年、2015年和2016年出现汽油缺口;到2020年,即使是60%对外依存度下的汽油缺口也将突破2000万吨;若用燃料乙醇弥补汽油缺口将带来可观的收益,2020年在55%、58%和60%的原油对外依存度限定下的产出贡献分别达到3000亿元、2300亿元和1800亿元。

表5 燃料乙醇弥补汽油缺口的产出贡献

年份	汽油需求 (万吨)	55% 对外依存度		58% 对外依存度		60% 对外依存度	
		汽油缺口/ 燃料乙醇补充量 (万吨)	产出贡献 (亿元)	汽油缺口/ 燃料乙醇补充量 (万吨)	产出贡献 (亿元)	汽油缺口/ 燃料乙醇补充量 (万吨)	产出贡献 (亿元)
2010	8458.6	—	—	—	—	—	—
2011	8784.9	—	—	—	—	—	—
2012	9196.4	—	—	—	—	—	—
2013	9610.7	55.1	42.7	—	—	—	—
2014	10025.1	469.5	375.7	—	—	—	—
2015	10436.2	880.6	725.9	198.1	159.9	—	—
2016	10840.1	1284.6	1088.8	602.0	499.7	90.1	73.7
2017	11232.3	1676.7	1459.7	994.2	847.7	482.3	405.1
2018	11766.2	2210.6	1956.3	1528.6	1324.8	1016.2	868.1
2019	12305.2	2749.6	2470.5	2067.1	1819.9	1555.2	1349.4
2020	12845.9	3290.4	2998.5	2607.8	2329.2	2095.9	1845.2

五、主要结论与政策启示

利用原油缺口假定下的产出影响模型分析原油缺口对产出的影响可知,不考虑原油缺口对要素的影响,由原油缺口造成的产出减少幅度与经济总量有关,经济总量越大其缩减效应越明显,对原油供给不足的反应越剧烈;原油缺口通过产出的原油缩减系数放大缩减效应,原油产出弹性越大其缺口效应越温和,反映出经济内部有一定的调节能力。

在经济增长和对外依存度限定下测算原油缺口对产出的影响发现,在55%、58%和60%原油对外依存度限制下,中国分别将于2013年、2015年和2016年出现原油缺口。在60%原油对外依存度限定下,原油缺口于2020年将达到9700万吨。原油缺口的显现对产出的影响较明显,在60%原油对外依存度情形下,2020年因原油供给不足造成的产出减少将达到8500亿元。

从分析结果可知,可以通过发展燃料乙醇产业来适当补充汽油供给缺口,保障相关产业发展和人民消费。到2020年,情形1(55%原油对外依存度)所引致的社会收益高达3000亿元,情形2和情形3所引致的社会收益也分别达到2300亿元和1800亿元。

因此,要缓解中国因原油供给不足造成的经济影响,发展液态生物质燃料产业可以在一定程度上缓解石油缺口的出现所造成的经济损失。但从中国对燃料乙醇产业的发展规划《可再生能源中长期发展规划》分析,到2020年燃料乙醇规划产量为2000万吨,仍然无法完全弥补汽油缺口。在55%原油对外依存度限定下,2018年的汽油缺口已经超过2000万吨,即使是在60%的对外依存度下,2020年的汽油缺口也超过2000万吨。所以需要出台更加细致可行的发展规划以促进发展燃料乙醇产业。

考虑到粮食安全问题,必须大力发展以木薯和甜高粱为代表的农作物以及纤维素为原料的非粮燃料乙醇产业。研究表明,中国通过开发边际土地发展能源作物和合理利用农作物秸秆(纤维素)生产燃料乙醇具有十分广阔前景,仅从木薯开发角度保守估计,在适合木薯生长的广西、广东、海南、福建、云南五省份约有荒草地、裸土地、后备宜林宜农宜牧荒山荒地等未利用土地2亿亩。若开发1/5

的比例,则种植面积至少为4000万亩,按亩产2吨计算,收获8000万吨木薯,在保证现有木薯淀粉生产水平下可生产燃料乙醇约1000万吨(王文泉等,2006),将大大填补中国汽油缺口带来的损失。但是在中国,生物质燃料产业的发展需要考虑成本,特别是边际土地开发和纤维素乙醇的科技研发,国家应考虑发展液态生物质燃料的社会总体收益,大幅度提高该产业的补贴,设立财政专项资金,在边际土地开发方面实施类似退耕还林的优惠政策,秸秆回收方面建立健全搜集、运输、销售等产业链条,加快发展中国非粮液态生物质燃料产业。

参 考 文 献

1. Akarca, A. T. and Long, T. V. On the Relationship between Energy and GNP: A Re-examination. *Journal of Energy and Development*, 1980, 5
2. Cheng, B. L. and Lai, T. W. An Investigation of Cointegration and Causality between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan. *Energy Economics*, 1997, 19: 435 ~ 444
3. Davis, S. J. and J. Haltiwanger. Sectoral Job Creation and Destruction Response to Oil Price Changes. *Journal of Monetary Economics*, 2001, 48: 465 ~ 512
4. Erol, Ü. and Yu, E. S. H. On the Causal Relationship between Energy and Income for Industrializing Countries. *Journal of Energy and Development*, 1987(13): 113 ~ 122
5. Johansen, S. and Juselius, K. Testing Structural Hypotheses in a Multivariate Cointegration Analysis at the Purchasing Power Parity and the Uncovered Interest Parity for the UK. *Journal of Econometrics*, 1992, 53: 211 ~ 244
6. Kraft, J. and Kraft, A. On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 1978(3): 401 ~ 403
7. Lee, K. and S. Ni. On the Dynamic Effects of Oil Price Shocks: A Study Using Industry Level Data. *Journal of Monetary Economics*, 2002, 49: 823 ~ 852
8. Young Alwyn. Gold into Base Metals Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period. NBRE Working Paper 2000: 7856
9. Yu, E. S. H. and Hwang, B. K. The Relationship between Energy and GNP: Further Results. *Energy Economics*, 1984(6): 168 ~ 190
10. 曹历娟. 发展生物质能源对我国粮食安全和能源安全影响的一般均衡分析——以燃料乙醇为例. 南京农业大学博士学位论文, 2009
11. 丁一. 生物质液体燃料对我国石油安全的贡献. 河南农业大学博士学位论文, 2007
12. 龚志民. 基于我国能源缺口模型的能源可持续发展探析. *能源技术与管理*, 2006(1): 113 ~ 115
13. 何晓萍, 刘希颖, 林艳苹. 中国城市化进程中的电力需求预测. *经济研究*, 2009(1): 118 ~ 130
14. 黄季焜, 仇焕广, Michiel Keyzer, Erika Meng, Wim van Veen. 发展生物燃料乙醇对我国区域农业发展的影响分析. *经济学(季刊)*, 2009(2): 727 ~ 742
15. 林伯强. 电力消费与中国经济增长: 基于生产函数的研究. *管理世界*, 2003(11): 19 ~ 27
16. 林伯强, 王锋. 能源价格上涨对中国一般价格水平的影响. *经济研究*, 2009(12): 66 ~ 79
17. 王立勇. 东北三省 R&D 投入对潜在产出贡献率的比较研究——基于面板数据的经验分析. *中国软科学*, 2008(4): 81 ~ 87
18. 王文泉, 叶剑秋, 李开绵, 朱文丽. 中国木薯酒精生产现状及其产业发展关键技术——广西、海南木薯考察报告. *热带农业科学*, 2006(26): 44 ~ 49
19. 吴方卫, 沈亚芳, 张锦华, 许庆. 生物燃料乙醇发展对中国粮食安全的影响分析——基于“与粮争地”的视角. *农业技术经济*, 2009(1): 21 ~ 29
20. 吴利学. 中国能源效率波动: 理论解释、数值模拟及政策含义. *经济研究*, 2009(5): 130 ~ 142
21. 吴伟光, 仇焕广, 黄季焜. 全球生物乙醇发展现状、可能影响与我国的对策分析. *中国软科学*, 2009(3): 29 ~ 39
22. 于全辉, 孟卫东. 基于面板数据的中国能源与经济增长关系. *系统工程*, 2008(6): 68 ~ 72
23. 赵涛, 尹彦, 李恒煜. 能源与经济增长的相关性研究. *西安电子科技大学学报(社会科学版)*, 2009(1): 33 ~ 39
24. 张军, 章元. 对中国资本存量的再估计. *经济研究*, 2003(7): 35 ~ 43

责任编辑 张宁