生物燃料乙醇产业发展的影响因素研究——基于美国月度数据的VAR模型分析

邢斐，吴晓杰，易文钧

(华中科技大学，武汉430074)

[摘要]本文以相对成熟的美国生物燃料乙醇产业为例，选取1982年1月至2014年12月的月度数据，通过构建多变量VAR模型分析影响生物燃料乙醇产业发展的因素。研究结果表明：燃料乙醇产量与玉米价格、汽油价格、GDP、温室气体排放量之间存在着长期稳定的均衡关系；汽油价格和GDP对燃料乙醇产量有正向冲击效应且滞后期长，玉米价格和温室气体排放量对燃料乙醇产量有负向冲击效应并在长期中逐渐收敛为0；政策扶持因素对燃料乙醇产量有显著正向影响；在长期中汽油价格和GDP对燃料乙醇产量的影响较大，而玉米价格和温室气体排放量的影响小。

引言

生物燃料乙醇是以玉米、高粱、甘蔗等生物质为原料，通过降解、发酵处理获得的可再生液体燃料，可以完全或部分替代汽油使用，是石油基液体燃料的绿色替代品。早在20世纪70年代，美国、巴西等国家出于对能源安全、环境保护和刺激农村经济等方面的考虑开始大力倡导和扶持燃料乙醇产业，将其视为实现能源结构多样化的重要途径。随后的几十年间，燃料乙醇由于其“碳中性”的特质以及良好的理化性质成为各国争相发展的清洁能源，目前有超过40个国家生产和销售燃料乙醇，2014年全球总产量达到892.5亿升，年平均增长率超过16%。

我国燃料乙醇产业起步较晚，始于2000年，经过十多年的发展取得了长足进步。全国燃料乙醇产量从2002年的2.90亿升增加至2014年的29.5l亿升，增长超过10倍，成为继美国、巴西之后的第三大燃料乙醇生产国。在车用燃料市场，截至2015年底已有6个省份全境使用乙醇汽油E10，另有5个省份的27个城市部分推广，全国燃料乙醇与汽油的平均掺混比例为2.3%。中国于2007年建成首个非粮乙醇生产厂，目前以木薯、甜高粱、玉米芯等为原料的非粮乙醇年产量已达6.39亿升，在发展“1.5代”乙醇方面处于世界领先地位。

虽然我国燃料乙醇产业取得了一定成绩，但与美国、巴西相比差距明显。2014年中国燃料乙醇产量占全球总产量的比例仅为3%，远远落后于美国和巴西分别达60%和20%的占比。发展燃料乙醇产业是解决我国现阶段能源短缺、空气污染等问题的有效途径，是实现我国经济在“十三五”期间向绿色转型升级的必要选择。要推动燃料乙醇产业发展，必须首先明确影响其发展的重要因素，从而才能有针对性的提出发展建议。

对于产业发展影响因素的研究，许多学者是将燃料乙醇和生物柴油综合起来，不加区分的研究整个生物燃料产业。如Jupesta等(2011)的研究表明对于印度尼西亚来说，政策法令是促使生物燃料国内需求量增加的重要原因，而全球环境改变增加了该国生物燃料的出口。Moyo等(2013)梳理了津巴布韦生物燃料产业发展的历程，指出缺少相应的产业政策是该国生物燃料产业发展不理想的主要原因。向涛等(2014)的研究表明耕地资源、人均国民收入对生物燃料消费比重有正向影响，以人均国民收入为中介变量则农作物单产和碳排放也会对生物燃料消费比重造成影响。

针对燃料乙醇产业，Karmarkar—Deshmukh和Pray(2009)的研究表明原油价格和联邦政府的科研补贴对美国燃料乙醇产业的科技进步有显著的正向影响。Deogratias等(2011)通过构建因果关系图发现玉米产量、玉米价格、政府税收优惠、原油价格等因素对美国燃料乙醇产业有影响。而Andr é 和Yony(2014)认为在巴西汽油和燃料乙醇既是相互替代品又是互补商品，且在短期内汽油价格冲击对燃料乙醇需求的影响大于乙醇自身价格冲击。

总的来说，目前专门针对燃料乙醇产业发展影响因素的研究不多，且现有研究成果多为定性分析，具有一定的局限性。本文尝试构建包括燃料乙醇产量、政策扶持、玉米价格、汽油价格、GDP和温室气体排放量等变量的VAR模型对发展较为成熟的美国燃料乙醇产业进行分析，探究燃料乙醇产业发展的驱动因素，希望能为我国燃料乙醇产业发展带来一定的启示。

1研究方法及变量选取

1.1研究方法

本文采用含有外生变量的VAR模型对美国燃料乙醇产业发展的影响因素进行研究，并运用脉冲响应函数和方差分解两种方法对变量之间的动态关系进行分析。含T个变量、滞后P期的VAR模型如下：

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \cdots A_p y_{t-p} + BX_t + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \cdots, T$$

其中，y_t 为 k 维内生变量向量，X_t 是 d 维外生变量向量，p 为滞后阶数，T 为样本个数，$k \times k$ 维矩阵 $A_1, \cdots, A_p$ 和 $k \times d$ 维矩阵 B 是 VAR 模型的系数矩阵，ε_t 为 k 维扰动向量。

1.2变量选取

美国燃料乙醇产业是在20世纪70年代石油危机之后起步，迄今已走过近40年，特别是经过最近十多年的快速发展，美国燃料乙醇产业在产量、产能、市场、技术等方面都处于全球领先水平。2014年，美国生产燃料乙醇达542.77亿升，占全球总产量的60%，高居世界首位。因此，本文选取发展较为成熟的美国燃料乙醇产业为例，采用1982年1月至2014年12月的月度数据对燃料乙醇产业发展的影响因素进行实证分析。所用数据均来源于美国能源信息网(EIA)和美国商务部网站。

(1)燃料乙醇产量EP(1000加仑)。本文选取美国燃料乙醇月度产量作为衡量产业发展程度的指标。

(2)玉米价格cP(美元／蒲式耳)。原料成本是燃料乙醇生产过程中最大的成本支出，占比达85%，原料价格决定了乙醇企业的盈利水平。

虽然近年来美国致力于发展纤维素乙醇，但玉米仍是其重要原材料，每年有95%以上的燃料乙醇产白玉米。因此，玉米价格波动直接影响着燃料乙醇产业的发展。

(3)汽油价格GP(美元／加仑)。汽油价格的变动对燃料乙醇供应量有双向影响。一方面，燃料乙醇对汽油有替代效应，汽油价格上升会使燃料乙醇供给曲线右移；另一方面，由于现阶段燃料乙醇是以乙醇汽油混合物的形式使用，燃料乙醇与汽油之间又存在互补效应，汽油价格上升会增加乙醇汽油生产成本，导致燃料乙醇使用量降低。可见，原油市场与生物燃料市场关系紧密，汽油价格的波动影响着燃料乙醇产业的发展。

(4)国民生产总值GDP(10亿美元)。GDP是一国经济发展水平的衡量指标，其对燃料乙醇产业的影响体现在：①GDP反映了全社会可提供的资源数量，是产业发展的基础；②经济增长伴随着能源消耗增加，GDP与能源消耗之间存在显著的因果关系。美国GDP为季度数据，首先利用Eviews6.0软件对数据进行频率转换处理，将季度GDP转换成月度GDP。

(5)温室气体排放量GHG(百万吨)。改善空气质量，减少温室气体排放是一些国家发展生物燃料的一个重要原因。欧盟“可再生能源指令”规定到2020年生物燃料在化石燃料中的混合比例达到10%以实现2020年温室气体排放量比1990年减少20%的目标；加拿大政府要求从2011年起国内销售的车用燃料中必须添加一定比例生物燃料，减少交通部门的碳消耗量。

(6)政策扶持D。对于美国燃料乙醇产业的快速发展一直存在着“政策驱动”说，即认为政府的高额补贴是燃料乙醇发展的核心驱动力。为了考察政策因素对燃料乙醇产业的影响，本文设定虚拟变量D，以美国“可再生燃料标准”(RFS)开始实施的时间2006年1月为分界线，令虚拟变量D在2006年1月之前为0，在2O06年1月及之后为1。虚拟变量D在VAR模型中为外生变量。

为了消除可能存在的异方差，本文对除虚拟变量D以外的指标均进行对数化处理，用LEP表示燃料乙醇产量，LCP表示玉米价格，LGP表示汽油价格，LGDP表示国民生产总值，LGHG表示温室气体排放量。

2计量检验及实证分析

2.1平稳性检验

在进行VAR估计之前首先要对内生变量的平稳性进行检验。本文采用增广的迪基——富勒(ADF)检验来判断燃料乙醇产量LEP、玉米价格LCP、汽油价格LGP、国民生产总值LGDP、温室气体排放量LGHG等时间序列的平稳性。

表 1　ADF 单位根检验结果

变量	ADF 统计量	临界值(5%)	结　论	变量	ADF 统计量	临界值(5%)	结　论
LEP	2.809293	－1.941653	非平稳	D (LEP)	－5.473626	－2.868868	平　稳
LCP	－0.519422	－1.941630	非平稳	D (LCP)	－11.99501	－2.868657	平　稳
LGP	－1.348054	－1.941632	非平稳	D (LGP)	－15.48037	－2.868676	平　稳
LGDP	2.224528	－1.941655	非平稳	D (LGDP)	－2.873837	－2.868888	平　稳
LGHG	1.125218	－1.941657	非平稳	D (LGHG)	－5.429419	－2.868908	平　稳

注：D ( )代表一阶差分。

LGHG5个变量序列在5%的显著性水平下都是非平稳序列；一阶差分以后，D(LEP)、D(LCP)、D(LGP)、D(IGDP)和D(LGHG)在95%的置信区间内都是平稳的，即各变量的一阶差分具有平稳性，5个序列均为一阶单整I(1)。

2.2VAR模型估计

虽然经过差分的时间序列平稳，但是差分过程损失了变量的长期信息也改变了变量的经济意义，因此本文选用原变量序列LEP、LCP、LGP、LGDP和LGHG以及外生变量D构建VAR模型。

在进行VAR回归估计之前先确定模型的滞后阶数。由于togL、LR、FPE、AIC、SC和HQ等定阶方法得出的最优滞后阶数并不一致，综合考虑各项评价指标并经过多次尝试，最终确定滞后阶数为13阶，建立模型VAR(13)。

利用Eviews6.0对模型VAR(13)做回归估计，得到整个模型的拟合优度为0.997，表明模型的拟合效果较好。在VAR(13)模型中，虚拟变量D对乙醇产量的影响系数为0.035374，t统计量为1.56017，远大于10%显著性水平下的临界值，故说明在RFS实施前后乙醇产量确实存在差别。且虚拟变量系数为正，表明政策扶持对乙醇产量有正向影响，即RFS对美国燃料乙醇产业发展给予了支持。

对于建立的VAR模型必须要保证其稳定性，如果模型不稳定，会影响脉冲响应函数和方差分解的分析结果。本文利用AR根来检验模型的稳定性，即若VAR(13)模型所有根模的倒数小于1，即全部位于单位圆内则模型稳定。

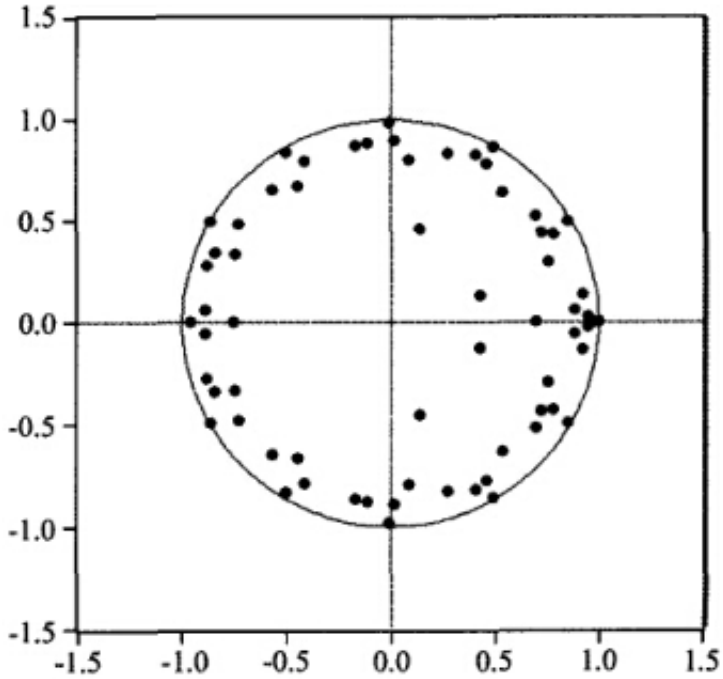

图 1　VAR 模型的 AR 特征多项式逆根图

如图1所示，所有的AR根模的倒数都落在了单位圆内，因此所构建的VAR(13)的模型是稳定的。

2.3Johansen协整检验

由上文的平稳性检验可知，LEP、LCP、LGP、LGDP和LGHG5个变量都是一阶单整序列，满足协整检验的前提条件。在已构建的VAR模型的基础上，采用Johansen协整法对各变量进行检验，以确定5个变量之间是否具有长期均衡关系，结果如下：

表 2　VAR 模型的 Johansen 协整检验

虚拟假设 协整向量个数	特征值	迹统计量	临界值(5%)	P 值
None*	0.081629	80.39631	69.81889	0.0056
At most 1	0.054586	47.78245	47.85613	0.0508
At most 2	0.049133	26.28384	29.79707	0.1204
At most 3	0.017502	6.988001	15.49471	0.5790
At most 4	0.000588	0.225209	3.841466	0.6351

注：*表示在 5%的显著性水平下拒绝原假设。

如表2所示，在5%的显著性水平下拒绝无协整关系的原假设，接受最多一个协整向量的假设，表明LEP、LCP、IGP、LGDP和IGHG5个变量在95%置信区间内有且只有一个协整关系。

2.4脉冲响应函数分析

经过检验，VAR(13)模型平稳且存在协整关系，可以对其进一步进行脉冲响应函数分析和方差分解。脉冲响应函数刻画了变量之间动态的影响过程。为了研究影响燃料乙醇产业发展的因素，本文观察了玉米价格、汽油价格、GDP以及温室气体排放量4个变量在受到随机扰动项一个标准差的冲击后在当期和未来200期里对燃料乙醇产量变动的影响。

2.4.1玉米价格冲击对燃料乙醇产量的动态影响

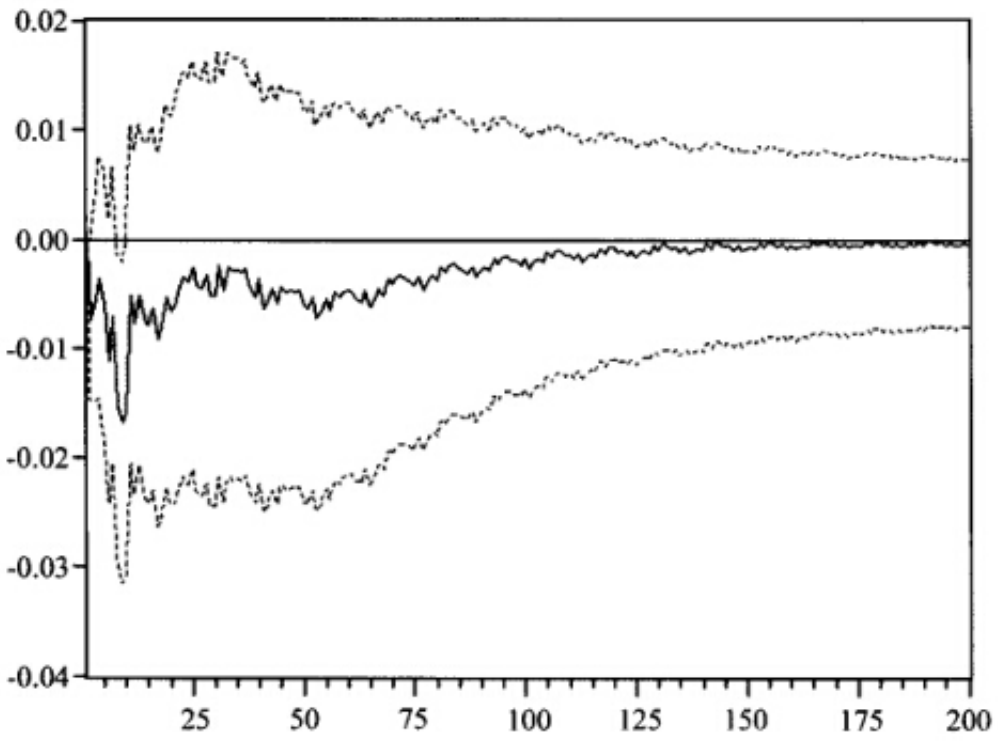

图 2　LEP 对 LCP 的脉冲响应

如图2所示，在当期给玉米价格一个标准差的正向冲击后乙醇产量急剧下降，在第10期达到负向最小值一0．016，随后逐渐收敛为0。总体来说，玉米价格对乙醇产量有滞后效应，玉米价格的增加会引起乙醇产量在短期内快速下降，但在长期中这种影响越来越弱。作为美国燃料乙醇的主要原料，玉米的价格上升挤压了乙醇企业的利润空间，引起产量下调。

2.4.2汽油价格冲击对乙醇产量的动态影响

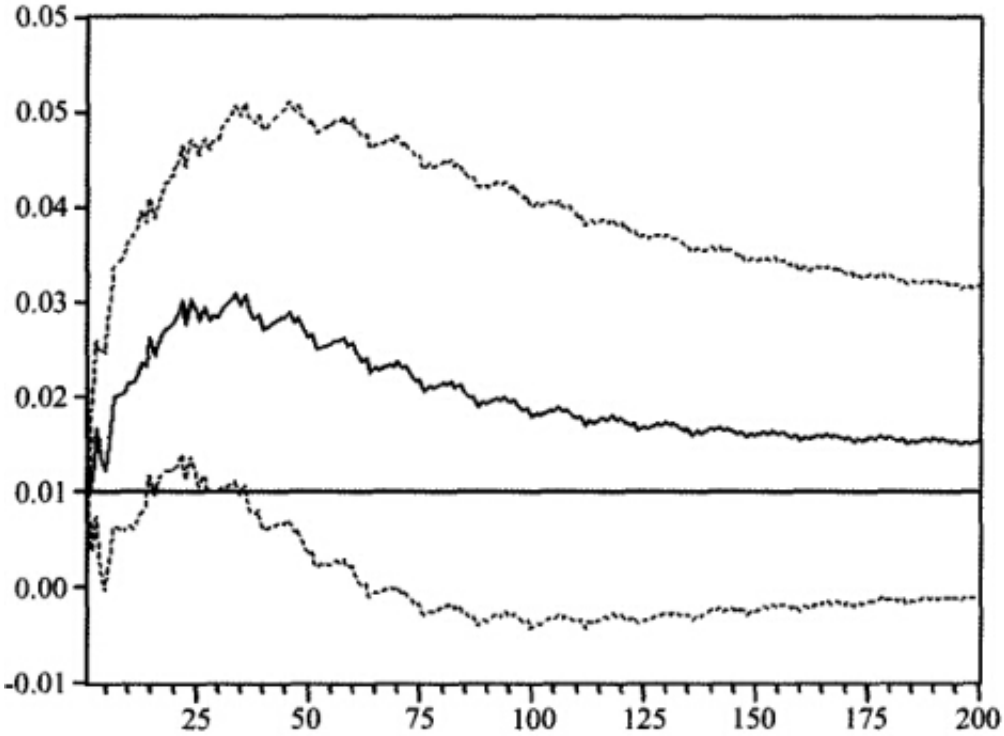

图 3　LEP 对 LGP 的脉冲响应

如图3所示，在当期给汽油价格一个标准差的正向冲击后乙醇产量短期内呈现稳定上升态势，在第35期达到正向最大值0.02，随后逐渐收敛，150期以后基本稳定在0.005的水平。这表明，在短期内汽油价格对乙醇产量的滞后效应明显，汽油价格的上升导致乙醇产量增加，长期中这种影响持续存在。美国乙醇汽油的掺混比例较高，除了各州广泛使用的E10、El5，高浓度乙醇汽油E85也已经进入终端市场，燃料乙醇对汽油的替代效应大于互补效应。

2.4.3国民生产总值冲击对乙醇产量的动态影响

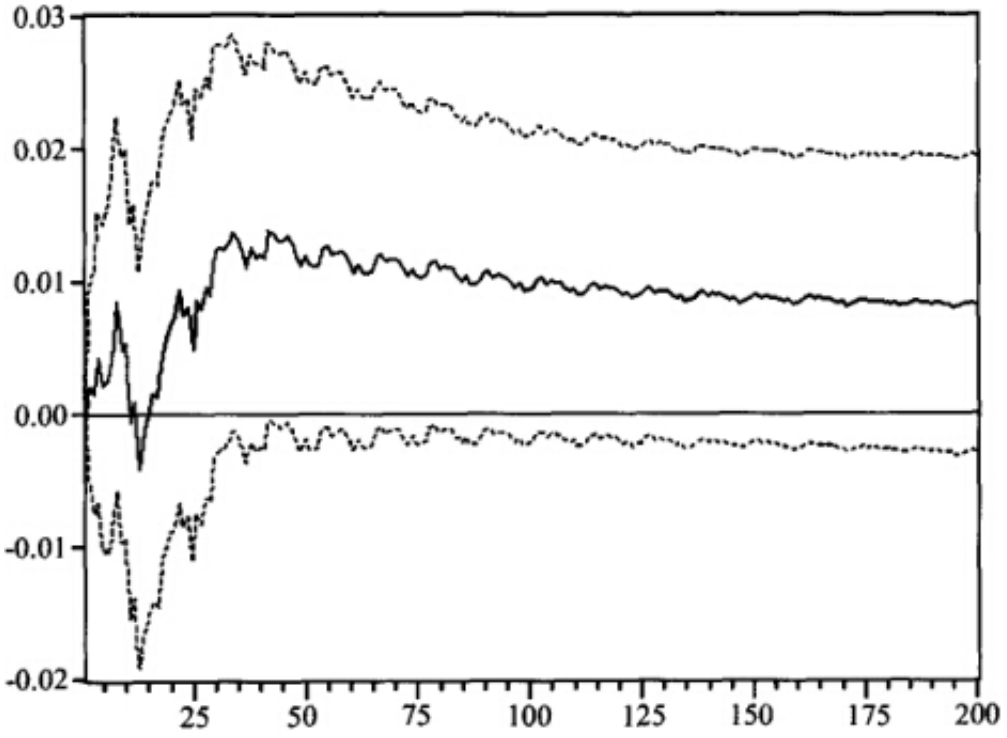

图 4　LEP 对 LGDP 的脉冲响应

如图4所示，在当期给国民生产总值一个标准差的正向冲击后乙醇产量短期内上下波动，在第l3期达到负向最小值一0．004，随后该效应回调，超过零边界变成正效应并最终稳定在0．008的水平。总体而言，乙醇产量对国民生产总值的变动产生正向响应，并在长期中持续。国民生产总值对燃料乙醇产业既有支撑作用又有带动作用，GDP增加会促使燃料乙醇产量上升。

2.4.4温室气体排放量冲击对乙醇产量的动态影响

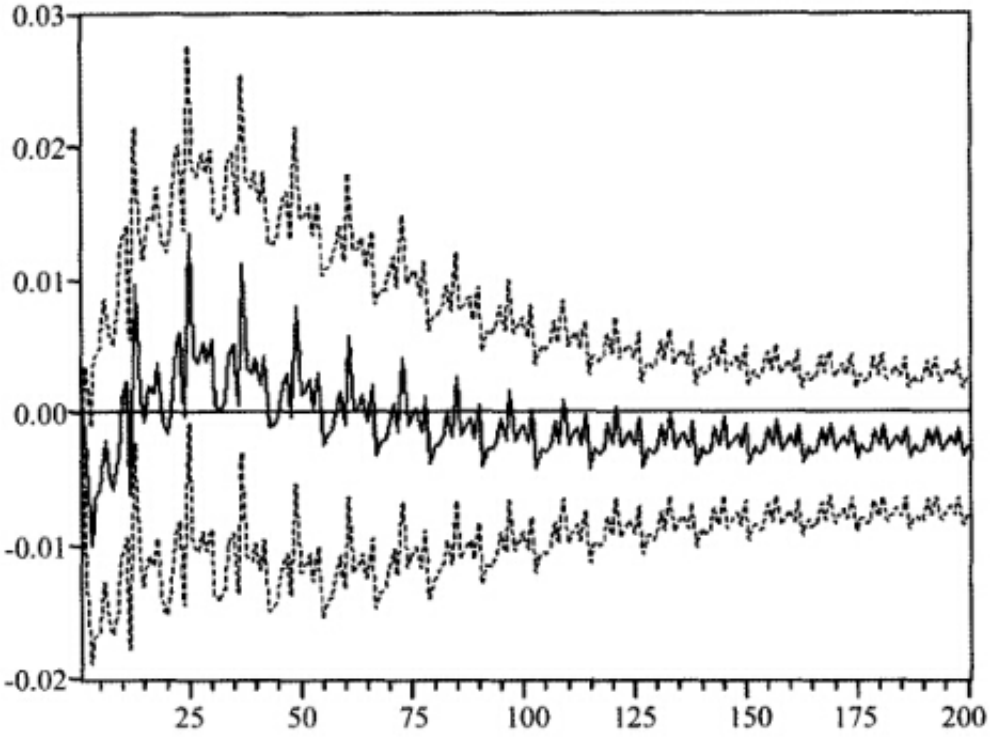

图 5　LEP 对 LGHG 的脉冲响应

如图5所示，在当期给温室气体排放量一个标准差的正向冲击后乙醇产量波动剧烈，在开始阶段冲击效应为负，在第2期达到负向最小值-0.01，随后该效应回调，超过零边界变成正效应，第25期达到正向最大值0.014，随后逐渐收敛。温室气体排放量对乙醇产量在长期中有微弱的负向影响，这与预期不同。或许是因为温室气体排放量对生物燃料的影响是间接的，要通过民众的环保意识、能源集团的政治博弈以及政府行为等复杂因素的传导，最终效果出现偏差。

2.5方差分解分析

本文应用方差分解分析了每个结构冲击对变量的贡献度，进而评价不同结构冲击的重要性。基于已建立的VAR(13)模型，对乙醇产量进行方差分解，以描述玉米价格、汽油价格、GDP以及温室气体排放量等因素在乙醇产量动态变化中的相对重要性。

表 3　方差分解表

时期	预测标准误差	LEP	LCP	LGP	LGDP	LGHG
1	0.066484	100.0000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.083076	98.91671	0.797205	0.024897	0.062672	0.198516
3	0.100355	97.49697	0.846676	0.456033	0.068191	1.132129
…	…	…	…	…	…	…
98	0.270791	52.27395	4.090422	28.31401	13.54842	1.773192
99	0.271137	52.16491	4.087353	28.34571	13.63034	1.771688
100	0.271434	52.06413	4.082768	28.36648	13.71761	1.769014

注：LEP、LCP、LGP、LGDP 和 LGHG 列分别表示各变量对乙醇产量方差预测误差值的贡献度，单位是%。

由表3可知，乙醇产量在第一期只受自身波动的影响，玉米价格、汽油价格、GDP和温室气体排放量对乙醇产量的冲击(即对预测误差的贡献度)在第二期才显现出来，且这种冲击相对于乙醇产量自身的影响非常微弱，随后呈现逐期增强态势。到了第100期，乙醇产量的波动52.1%由自身解释，28.4%由汽油价格解释，13.7%由国民生产总值解释，4.1%由玉米价格解释，1.8%由温室气体排放量解释。相比其他变量，汽油价格对乙醇产量的预测方差贡献度最大，这

表明在研究期内汽油价格是推动乙醇产量变动的主要原因。其他变量的贡献度相对较小，尤其是温室气体排放量的方差贡献率几乎可以忽略，这与脉冲响应函数的分析结果一致。GDP对乙醇产量的预测方差贡献度几乎是玉米价格的两倍，说明GDP对乙醇产量的影响比玉米价格要大，一国经济实力的增强可以弥补成本增加对乙醇产业发展造成的损失。

3结论与启示

本文利用1982年1月到2014年12月的月度数据，通过构建包含乙醇产量、玉米价格、汽油价格、GDP、温室气体排放量以及政策支持因素的VAR模型，分析了影响美国燃料乙醇产业发展的因素。通过实证分析得到如下结论：

(1)燃料乙醇产量与玉米价格、汽油价格、GDP、温室气体排放量之间存在着长期稳定的均衡关系。汽油价格和GDP对乙醇产量有正向冲击作用，汽油价格和GDP的增加在短期内会对带动乙醇产量上升，长期中这种带动作用持续存在；玉米价格对乙醇产量有负向冲击作用，玉米价格增加使得乙醇产量在短期内快速下降，随后逐渐收敛为0；温室气体排放量的冲击对乙醇产量的影响总体为负，增加温室气体排放量会使乙醇产量在长期中有所下降。

(2)政策扶持因素对燃料乙醇产量有显著正向影响。VAR模型估计结果显示政策扶持变量对乙醇产量的回归系数为正，在10%的水平下显著，这表明“可再生燃料标准”(RFS)的实施促进了美国燃料乙醇产业发展，政策扶持是燃料乙醇产业快速发展的驱动力。

(3)在长期中汽油价格和GDP对燃料乙醇产量的影响较大，而玉米价格和温室气体排放量的影响小。方差分解的结果显示，燃料乙醇产量在短期内主要是受自身波动的影响，玉米价格、汽油价格、GDP和温室气体排放量在短期内对乙醇产量的冲击都非常微弱，随后逐期增强；在长期中，原油价格和GDP是燃料乙醇产量变动的主要因素，玉米价格和温室气体排放量对燃料乙醇产量变动的贡献度较小。

综上所述，政策扶持、汽油价格以及GDP对燃料乙醇产业的发展影响较大，玉米价格以及温室气体排放量的影响相对较小。结合我国产业发展的实际情况，作者认为对美国燃料乙醇产业发展因素的研究对我国发展燃料乙醇产业有以下启示：

(1)以法律为保障对燃料乙醇消费进行政府管制。我国燃料乙醇产业尚处于发展初期，产业规模小，市场竞争力不强，对此可以借鉴美国发展经验，对燃料乙醇做出强制使用指令。具体来说，在合理制定产业发展规划的基础上对原油生产商、进口商等责任商提出燃料乙醇年度使用量的具体要求，规定各责任商在当年必须完成一定量的燃料乙醇使用责任。并建立监督系统，追踪各责任商的完成情况，对没有完成年度责任量的企业进行罚款。

(2)加大对纤维素乙醇的研发支持。考虑到我国的资源情况，未来燃料乙醇产业应以纤维素乙醇为主要发展方向，加大对纤维素乙醇的研发支持。政府应加大对纤维素乙醇专项科研经费的投入力度，鼓励和支持燃料乙醇企业的技术研究和自主创新；大力推动创新型人才引进计划，建立纤维素乙醇专家库；促进产学研深度合作，支持发展一批由企业主导、科研院所和高校参与的产业技术创新联盟，实施一批具有强劲带动作用的产业化项目。

(3)提高公众对燃料乙醇的认知，促进终端消费。乙醇汽油作为车用燃料在我国推广使用的时间不长，公众对乙醇汽油了解不多，不利于燃料乙醇产业发展。针对这种情况，首先应加大对燃料乙醇的宣传，利用媒体渠道提高燃料乙醇曝光率。宣传着重说明乙醇汽油在动力性能、平均油耗等方面与普通汽油差别不大，打消部分消费者对乙醇汽油的疑虑，同时还要强调燃料乙醇在治理空气污染等方面的积极作用。其次政府可以联合燃料乙醇生产商、混配商等相关企业利用消费补贴、低价促销等手段吸引消费者。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/111740.html