

影响我国碳排放量因素分析与低碳经济的路径选择

杨桂元, 李 璐

(安徽财经大学 统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030)

摘要:利用 1978—2008 年数据建立 VAR 模型, 分析中国经济发展水平、经济结构、能源结构、能源效率和碳排放量之间动态的变动关系, 找出降低碳排放量的最为关键的三个要素。在对中国未来低碳经济发展展望的基础上, 指出发展低碳经济的路径选择。

关键词:低碳经济; 向量自回归 (VAR); 环境库兹涅茨曲线

中图分类号:F224.0;F205 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2011)01-0071-06

全球气候变暖是当今社会关注的热点话题。我们必须应对气候变暖带来的挑战, 发展低碳经济成为应对全球气候变暖的重要战略选择。所谓低碳经济, 就是以低能耗、低污染、低排放为基础的经济发展模式, 实质是能源高效利用、清洁能源开发、追求绿色 GDP 的问题, 其核心是能源技术和减排技术创新、产业结构调整 and 制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变^[1]。

环境库兹涅茨曲线 (Environment Kuznets Curve, EKC) 在发达国家和新兴工业化国家得到很好的验证, 但在发展中国家可能会呈现不同的形态。陈飞和诸大建以上海为例进行实证分析, 利用低碳城市评价指标进行定量化研究上海城市发展过程中的碳排放量, 主要从建筑、生产和交通领域进行了分析^[2]; 于荣和朱喜安针对能源消耗导致的碳排放量进行核算, 通过协整分析和因果关系分析, 建立我国的经济效率指标, 并提出合理建议^[3]; 邹秀萍等在能源消耗导致的碳排放核算的基础上, 利用 1995—2005 年中国 30 个省市的面板数据定量分析了各地区碳排放量与经济发展水平、产业结构、能源效率之间的关系, 从各地区碳排放量对平均碳排放量的偏离量的大小, 发现中国碳排放存在显著的东南部低中部高西北部低的空间分布格局^[4]。

国内外已有相关文献对碳排放量和经济发展水平的关系进行研究, 但是经济社会的发展是由各方面因素共同影响的结果, 其结构和关系是很复杂的, 高

碳排放量也不能仅仅由一个相关因素就可以解释, 它们之间也并非就是简单的因果关系, 将诸多相关的因素纳入到一个系统中考虑它们动态的变动情况也是前人所未有研究过的。本文将利用向量自回归 (Vector Autoregression, VAR) 模型探索中国改革开放以来 30 多年碳排放量与经济发展水平、经济结构、能源结构和能源效率之间的关系, 以史鉴今, 提出有利于未来中国低碳经济发展的政策建议。

1 基于 VAR 模型的碳排放量影响因素分析

为了研究影响碳排放的因素, 利用 VAR 模型对相关因素进行协整分析、脉冲响应分析。VAR 是基于数据的统计性质建立模型, 把系统中每一个内生变量作为系统中所有内生变量的滞后值的函数来构造模型, 将单变量自回归模型推广到由多元时间序列变量组成的“向量”自回归模型。其核心思想是不考虑经济理论而直接考虑经济变量时间序列之间的关系, 避开了结构建模方法中需要对系统中每个内生变量关于所有内生变量滞后值函数建模的问题, 通常用来预测相关时间序列系统和研究随机扰动对变量系统的动态影响。

1.1 时间序列的平稳性检验

本文选择了经济发展水平、经济结构、能源结构、能源效率作为解释变量, 以碳排放量作为被解释变量, 为了进行弹性分析, 对每个变量取自然对数, 样本区间为: 1978 年—2008 年。其中, 经济发展水平 X_1 采用 GDP 数据表示, 经济结构 X_2 为第二产业占总

收稿日期:2010-12-07

基金项目:安徽财经大学研究生创新基金项目 (ACYC2009063); 安徽省教育厅人文社会科学研究项目 (2009sk130)

作者简介:杨桂元 (1957—), 男, 安徽萧县人, 安徽财经大学教授, 硕士生导师, 研究方向: 数量经济学; 李璐 (1987—), 女, 安徽淮南人, 安徽财经大学数量经济学专业硕士研究生, 研究方向: 数量经济学。

产值的百分比,能源结构 X_3 为煤炭占能源消耗总量的比重,能源效率 X_4 为每单位 GDP 所消耗的能量(单位:吨/万元)。

本文利用 Eviews6.0,采用 ADF 检验方法对所筛选的变量进行平稳性检验,结果见表 1。

表 1 ADF 平稳性检验结果

序列	检验类型(c,t,k)	ADF 检验值	1%显著水平	5%显著水平	10%显著水平	结论
$\ln X_1$	(c,0,7)	-0.215 2	-3.689 2	-2.971 9	-2.625 1	非平稳
$\ln X_2$	(c,t,7)	-2.487 4	4.309 8	-3.574 2	-3.221 7	非平稳
$\ln X_3$	(c,0,7)	-0.507 9	-3.670 1	-2.964 0	-2.621 0	非平稳
$\ln X_4$	(0,t,7)	-1.573 4	-2.647 1	-1.952 9	-1.610 0	非平稳
$\ln Y$	(c,0,7)	-0.443 3	-3.711 5	-2.981 0	-2.629 9	非平稳
$\Delta \ln X_1$	(c,0,7)	-3.195 4	-3.711 5	-2.981 0	-2.629 9	平稳
$\Delta \ln X_2$	(0,0,7)	-3.944 5	-2.647 1	-1.952 9	-1.610 0	平稳
$\Delta \ln X_3$	(0,0,7)	-3.535 7	-2.647 1	-1.952 9	-1.610 0	平稳
$\Delta \ln X_4$	(c,7)	-4.510 7	-3.689 2	-2.971 9	-2.625 1	平稳
$\Delta \ln Y$	(c,0,8)	-3.378 5	-3.724 1	-2.986 2	-2.632 6	平稳

经检验,时间序列 $\ln X_1, \ln X_2, \ln X_3, \ln X_4, \ln Y$ 均为非平稳序列,经过一阶差分之后都平稳,也就是说,在 5%的水平下,它们是一阶单整的 $I(1)$ 序列,所以可以进行下面的协整分析。

1.2 协整分析

协整检验主要是判断变量间是否存在长期均衡关系。目前主要有两种方法:一是 $E-G$ 两步法,由 Engle 和 Granger 在 1987 年提出的基于协整回归残差的两步法检验;二是 Johansen 协整检验,由 Johansen 和 Juselius 提出的基于 VAR(向量自回归)方法的协整系统检验^[5]。需指出的是, $E-G$ 两步法只适用于单一的协整关系的估计和检验,多变量协整关系检验通常采用 Johansen 协整检验法。为了克服多变量和小样本条件 $E-G$ 两步法参数估计的不足,本文采用 Johansen 协整检验。

如表 2,从零假设 $H_0:r=0$ 开始,似然函数的值为 108.0623,超过 5%显著性水平的临界值 69.8189,表明应拒绝零假设的 $H_0:r=0$,接受 $r=1$ 备择假设,说明变量之间存在长期均衡关系。依据检验结果,可建立 $\ln X_1, \ln X_2, \ln X_3, \ln X_4, \ln Y$ 之间的协整方程。通过参数估计,即得:

$$\ln Y = -0.9667 \ln X_1 + 0.0281 \ln X_2 + 0.3480 \ln X_3 - 0.9498 \ln X_4$$

(1)

表 2 协整检验结果

原假设	特征值	似然函数	5%显著性水平	p
无	0.825 7	108.062 3	69.818 9	0.000 0
至多一个	0.599 9	57.397 6	47.856 1	0.004 9
至多二个	0.490 1	30.835 6	29.797 1	0.037 8
至多三个	0.264 8	11.303 8	15.494 7	0.193 5
至多四个	0.078 9	2.382 7	3.841 5	0.122 7

从(1)式可知,碳排放量与经济发展水平、能源效率呈反向变化,与经济结构、能源结构呈正方向变化。因为各个变量均是以对数的形式引入的,所以每个变量前的系数都是该变量对于碳排放量的变化弹性。其中 GDP 每增长 1%,将会引起碳排放量下降 0.966 7%,这说明经济发展对碳排放量的影响(减排)较为明显,在中国出现这种变动趋势非常鼓舞人心,它表明中国未来的减排路径至少不会以降低经济增长为代价;能源效率每增长 1%,将会引起碳排放量下降 0.949 8%,这说明提高能源效率可以降低碳排放量;第二产业占总产值的比重每增长 1%,将会引起碳排放量增长 0.028%,这与二产自身结构有密切关系,但是它对碳排放影响并不是非常大;煤炭占能源消耗总量的比重每增长 1%,将会引起碳排放量增长 0.348 0%,由于煤炭燃烧释放的碳是化石燃料中最高的,所以这个结论从另一个侧面也证实了这样一个事实。

1.3 Granger 因果检验

时间序列间有时可能会出现伪相关问题,即经济意义表明几乎没有联系的序列却可能计算出较大的相关系数,因此通常采用 Granger 因果检验考察变量之间的因果关系。下面对经济发展水平、经济结构、能源结构、能源效率与碳排放量之间进行 Granger 因果关系检验。

根据赤池信息准则(AIC)确定各变量的滞后阶数,对各个变量的因果关系检验结果如表 3 所示。

因果关系检验结果表明:在 5%显著性水平、最优滞后阶数为 2 的情况下,经济发展水平、经济结构、能源结构和能源效率均是碳排放量的原因。因此,所

建立的协整方程(1)能够反映经济发展水平、经济结构、能源结构和能源效率对碳排放量的影响。

表 3 Granger 因果关系检验结果

	Obs	F-Statistic	Prob.
LN X_1 does not Granger Cause LNY	29	3.512 7	0.024 0
LN Y does not Granger Cause LN X_1		1.154 8	0.332 0
LN X_2 does not Granger Cause LNY	29	3.972 6	0.016 1
LN Y does not Granger Cause LN X_2		1.925 5	0.167 7
LN X_3 does not Granger Cause LNY	29	4.246 4	0.012 7
LN Y does not Granger Cause LN X_3		3.932 7	0.033 3
LN X_4 does not Granger Cause LNY	29	3.420 3	0.026 1
LN Y does not Granger Cause LN X_4		2.861 3	0.076 8

1.4 脉冲响应函数

脉冲响应函数用于衡量来自随机扰动项的一个标准差冲击对内生变量当前和未来取值的影响,能够比较直观地刻画出变量之间的动态交互作用及其效应。

图 1 是基于 VAR(1)和渐近解析法模拟的脉冲响应函数曲线,横轴代表响应函数的追踪期数,纵轴代表因变量对解释变量的响应程度。图 1 中实线为脉冲响应函数,代表了因变量对响应变量的冲击的反应,虚线表示正负两倍标准差偏离带。在模型中,我们将响应函数的追踪期数设定为十年。

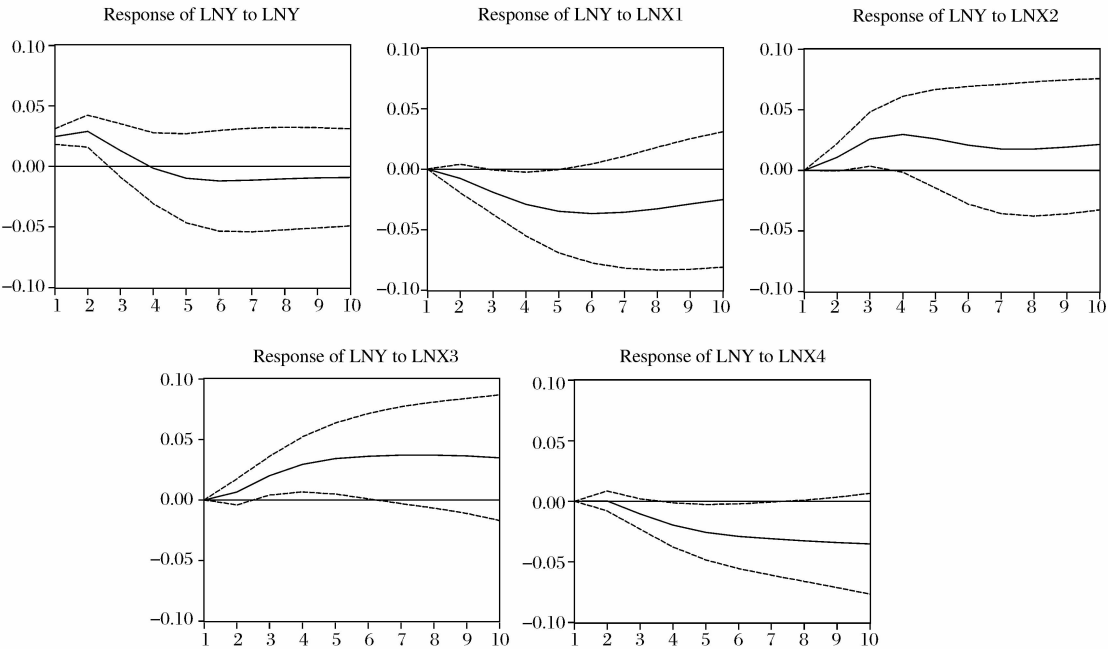


图 1 脉冲响应图

由图 1 中第 1 幅图可以观察到碳排放量对自身的一个标准差新息立刻有较强的反应,并且这种反应长期持续下去,5 年后这种反应相对稳定。从第 2 幅图可知,碳排放量对经济发展水平标准新息的脉冲反应一直为负值,5 年内变化较为明显,之后数值趋于稳定。这说明碳排放量对经济发展水平变化的反应是稳定的,经济发展程度越高,碳排放量就越少。从第 3 幅图来看,碳排放量对经济结构的脉冲反应一直为正值,反应程度先是增大后减少,7 年后趋于平稳。第 4 幅图中,能源结构在短期内对碳排放量产生正方向的影响,煤炭消耗量的增加会促使碳排放量的增长,从两倍标准差偏离带可以较为清楚地看到影响趋势日益放大,所以说能源结构对碳排放量的影响不容小觑。从第 5 幅图可以看出碳排放量对能源效率的

一个标准差新息的反应,在前 2 期,反应较小,几乎为零。从第三期开始,这种反应明显地为负值,并将长期持续下去。综上所述,经济发展水平、能源效率与碳排放量呈反向变化,经济结构、能源结构与碳排放量呈正方向变化。这与协整方程(1)的结果是完全一致的。

1.5 方差分解

方差分解的主要思想是把系统中每个内生变量的波动按其成因分解为与各方程新息相关联的组成部分,从而了解各新息对模型内生变量的相对重要性。方差分解从另一个角度描述了系统的动态特征。如果说脉冲响应函数是追踪系统对一个变量冲击的效果,那么方差分解则是将系统的均方误差分解成各个变量冲击所做的贡献。

表 4 方差分解结果

Period	S. E.	LN _Y	LN _{X1}	LN _{X2}	LN _{X3}	LN _{X4}
1	0.024 6	100.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2	0.040 8	86.777 6	3.691 4	6.894 2	0.002 5	2.634 3
3	0.058 1	47.773 0	12.691 0	23.064 1	3.272 6	13.199 3
4	0.079 7	25.433 3	20.047 1	26.158 4	7.775 2	20.586 0
5	0.100 9	16.850 0	24.518 2	23.008 1	11.299 4	24.324 3
6	0.119 3	13.054 8	27.027 4	19.426 3	13.937 4	26.554 1
7	0.135 2	10.882 3	28.027 5	16.826 4	16.100 1	28.162 9
8	0.149 0	9.434 5	27.906 7	15.240 7	18.042 1	29.375 9
9	0.161 1	8.408 3	27.073 2	14.458 8	19.867 9	30.191 8
10	0.172 0	7.661 6	25.890 9	14.251 4	21.596 3	30.599 8

由表 4 可以看出,碳排放量、经济发展水平、经济结构、能源结构和能源效率对碳排放量的方差贡献率分别是 7.661 6%、25.890 9%、14.251 4%、21.596 3% 和 30.599 8%,其中经济发展水平和能源效率对碳排放量的影响较大,其次就是能源结构,这与脉冲响应函数分析结果完全吻合,再次表明中国减排工作的重心在三个方面:加快经济发展、提高能源效率、优化能源结构。

2 中国未来碳排放预测

从 VAR 模型的分析结果中看到,经济发展水平是影响碳排放量最为显著的一个因素,即经济增长和碳排放量有着最为密切的关系。据研究资料显示,环境库兹涅茨曲线在发达国家和新兴工业化国家得到很好的验证,但在发展中国家可能会呈现别的形态。但是随着经济的发展,碳排放量的增长趋势应该是有一定的规律。改革开放三十多年来,中国曾经走过的碳排放量—经济增长轨迹是客观存在的,通过对历史数据的分析研究这个轨迹,对于我们了解中国低碳经济水平,预测未来的低碳经济发展有至关重要的作用。

2.1 碳排放库兹涅茨曲线拟合和低碳经济发展水平分析

利用中国 1978 年到 2009 年碳排放量与 GDP 的数据作出折线图,如图 2 所示。中国历史的碳排放量基本上是随着经济增长而增长的,大趋势是正向变动,只是每个不同的发展阶段变动程度不同而已。

改革开放初期,每单位 GDP 增长所引起的碳排放量是这 32 年里最大的,当时的第二产业占比达到近 50%,这种粗放型的工业类型对碳排放量产生了巨大的影响。经过十几年的高碳排放历程,能源利用技术也得到一定程度地发展,二产比例有所降低,每单位经济增长的碳排放量速度增长开始变缓。到 1997

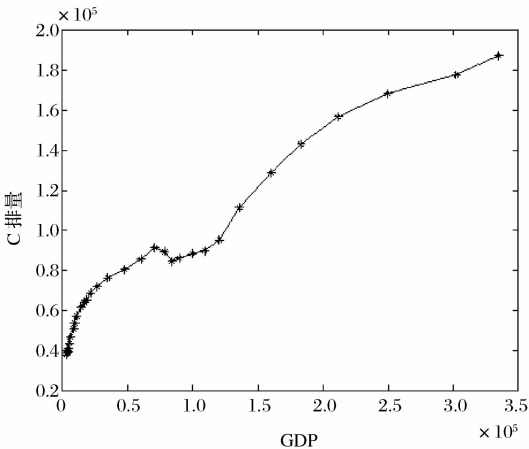


图 2 1978 年—2009 年 C 排放量与 GDP 关系图
数据来源:中国统计局

年和 1998 年两年,碳排放量竟然逐年下降,下降幅度分别为 2%和 5%。此后 4 年经济持续增长的同时碳排放量以缓慢的速度上升。从 2003 年年至今,中国经济迅猛发展,人民生活生产对能源需求量大幅度增加,在没有低碳经济发展模式的情况下,这个阶段的碳排放量上升趋势异常明显。

依照以往环境经济学家的研究成果,随着一个社会由低级到高级发展,其经济水平也不断提高,碳排放量将会呈现倒 U 型曲线。也就是说,经济发展初期需要人类向大自然不断索取甚至是破坏,付出一定的环境代价,正如碳排放量在初期增速较大;而经济社会进入了相对发达的阶段,人类智力水平和工业技术水平都有很大程度的提高,在追求物质生活的同时也考虑精神生活和未来可持续发展,此时的碳排放量会相对于经济发展变得平稳;最后,人类社会高度发达,经济的增长完全满足人类生活需要的同时可以反哺社会环境,为曾经付出的沉重的环境污染代价进行弥补,这个时候就会出现经济增长的同时伴随着碳排

放量下降的状态。

这样看来,中国过去 32 年里走的都是以环境破坏,高碳排放换取经济发展的过程,并且现有数据表示中国还未进入碳排放平缓过渡期。一方面由于中国是处于高速发展的发展中国家,自身的产业结构不合理、能源效率水平低等因素制约经济增长模式;另一方面,一些发达国家利用中国低成本劳动力和低价资源在中国设立大量制造业生产基地,大大地增加了我国的碳减排负担。

由 VAR 模型的分析结果显示,持续经济增长、调整产业结构以及降低煤炭在能源燃料中的使用量是降低中国碳排放的重要手段。现在中国的高碳经济现实也从侧面说明中国的能源效率不高,产业结构不合理,经济发展模式并不科学。

2.2 中国低碳经济发展展望

根据历年中国碳排放量与经济增长的数据,加之中国政府承诺的“2020 年单位 GDP 的碳排放要降低 40%~45%”,未来中国的减排压力很大,需要通过征收碳税、发展低碳技术、参与国际 CDM 项目等手段全面、全力减排,以实现中国对国际社会的承诺。我们可以选择的主要有两种低碳经济发展模式,一种如图 3 所示,明显的“倒 U 型”曲线发展途径,另一种如图 4 所示,开口向下的二次曲线发展途径。前者对近几年的减排压力较小一些,也符合国内外大多数学者对环境与经济发展之间规律的认识;后者需要极强的政策手段和持续的经济实力补充。事实上,近两年的社会各界已经在积极努力创造符合低碳经济发展路径实现的条件。

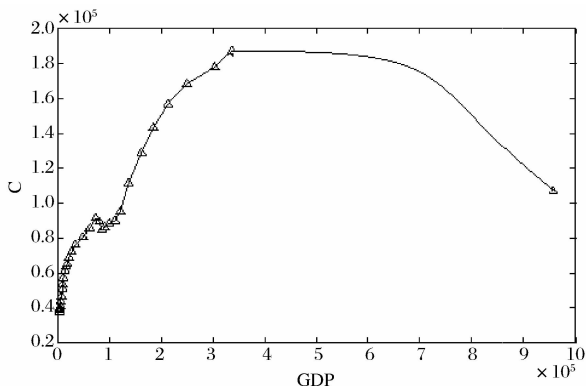


图 3 倒 U 型曲线发展

在全国政协十一届三次会议被列为大会的第一号提案的,由九三学社提交的“关于把握机遇,走中国特色低碳发展道路的提案”,被列为第二号提案的台盟中央提交的“关于推进我国低碳产业发展的提案”都倡导低碳的生产、生活方式,提出中国不仅要主动

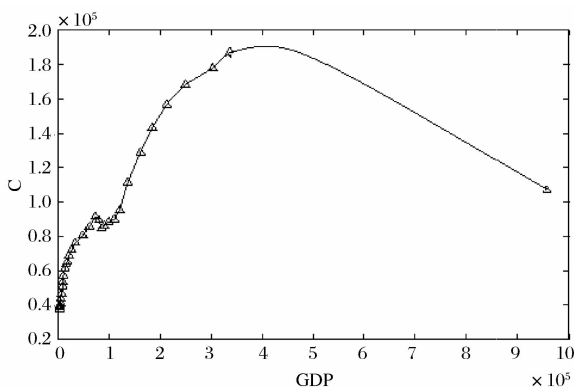


图 4 二次曲线发展

注:未来经济数据按照中国 GDP 在不剔除通货膨胀因素下以每年 10% 速度增长设定

解决气候问题的,还要在新一轮全球经济竞争中赢得先机。国民经济研究所所长樊纲也表示,要赶在美国之前征收碳关税,利用所得税收补贴自己的企业,以达到企业优化产业结构、提高能源利用率走上良性发展的道路。2010 年,国家发改委和财政部有关课题组经过调研,最终形成了“中国碳税税制框架设计”的专题报告。课题组表示,我国碳税比较合适的推出时间是 2012 年前后,并且提出征税形式——采用定额税率形式,这是由于采用二氧化碳排放量作为计税依据,需要采用从量计征的方式;在税收转移支付上,他们建议应该利用碳税重点对节能环保行业和企业进行补贴。除此之外,各省也已经在酝酿对企业提供节能扶持资金。即将出台的《新兴能源产业发展规划》预计累计投资 5 万亿元,带动整个产业发展。

这些都表明中国政府带头实行中国低碳经济发展的第一步战略步伐,从宏观上整体把握全局,拉开了未来低碳经济增长的序幕。本文基于本文第一部分中的数量分析结果,提出有针对性的政策建议,辅助中国开展税制的同时,更有效的减少碳排放。

3 政策建议

中国未来经济增长要转变发展方式,以一种低碳的、可持续的方式保持高速增长,调整经济结构、创新经济发展模式、加快新兴产业发展是未来至少十年经济工作的重大任务和主攻方向。从 VAR 模型分析结果可以知道,大力发展经济、提高能源效率、改善能源结构依次是降低碳排放实现我国低碳经济发展的最为有效的三个途径。

为实现我国低碳经济发展,首先要创新观念,搭建和绘制低碳经济发展总框架和路线图。发展低碳经济,必须立足于当前经济发展阶段和资源禀赋,认真审视低碳经济的内涵和发展趋势,将提高能源效率

和转变能源结构纳入生态文明建设的行动纲领和建设框架,从战略规划、科技创新、示范带动、教育宣传等方面系统推进,形成具备清晰阶段目标和优先行动计划的路线图。

其次,提高能源效率,构建低碳产业支撑体系。积极发展火电减排、新能源汽车、节能建筑、循环经济等,大力发展电子信息(软件)、文化创意等低碳产业和服务业。加强有机食品、绿色食品和无公害食品基地的建设。积极推进低碳科技服务业、旅游业等现代服务业发展。

再次,科技创新,优化能源结构。技术创新是低碳经济的核心之一,也是低碳经济快速发展的重要途径。引导风险投资,鼓励企业开发低碳先进技术;加快现有低碳技术推广和应用以及关键低碳技术的自主创新;加快风能、太阳能等发展重点领域、关键技术的突破和成果的推广,将为推进低碳经济发展、加快经济转型提供有力支撑。整个低碳经济可以按照图 5 划分为三个板块进行细化发展。

最后,积极打造“低碳经济发展区”、“低碳工业园区”,全力打造低碳产业发展平台。编制低碳经济发展区、低碳工业园区总体规划,积极开展低碳经济的产业和园区试点工作,建立低碳经济产业示范园,逐

步建立低碳产业支撑体系。

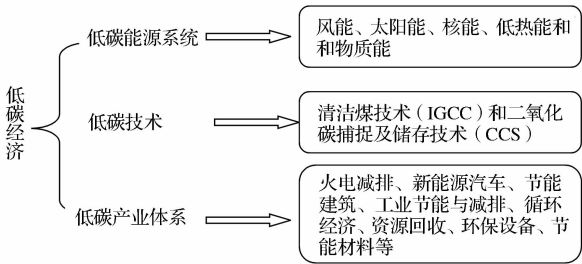


图 5 低碳经济核心板块

参考文献

[1]郭高,高建华.“低碳经济”概述及其在中国的发展[J]. 经济视角,2009(3):45—46.

[2]陈飞,诸大建.低碳城市研究的理论方法与上海实证分析[J]. 城市发展研究,2009(10):71—79.

[3]于荣,朱喜安.我国经济增长的碳排放约束机制探微[J]. 统计与决策,2009(13):99—101.

[4]邹秀萍,陈劲锋.中国省级区域碳排放影响因素的实证分析[J]. 前沿论坛,2009(3):34—37.

[5]高铁梅.计量经济分析方法与建模[M]. 北京:清华大学出版社,2006.

Factors of China's Carbon Emission and Way of China's Low-carbon Economy

YANG Gui-yuan, LI Lu

(School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu Anhui 233030, China)

Abstract: Based on statistical data during 1978 and 2008, the article studied specifically the dynamic relationship among economy growth, economic structure, energy structure, energy efficiency and carbon emission, in order to identify the most three important factors infecting carbon emission. Therefore, we utilize the low-carbon economic development of China's future prospects to choose the way of a low carbon economy.

Key words: low-carbon economy; Vector Autoregression(VAR); Environment Kuznets Curve (EKC)