

# 东北地区碳排放与产业结构关系的实证研究

——基于1995—2012年数据分析

李绍萍, 郝建芳, 王甲山

(东北石油大学 石油经济与管理研究所, 黑龙江 大庆 163318)

**[摘要]** 近年来,作为老工业基地的东北地区由于高耗能的重工业比重较大,经济发展过度依赖第二产业,在经济高速发展的同时,碳排放量也在逐年增加,成为全国碳排放的重灾区。产业结构不合理问题已经成为制约该区域低碳经济发展的主要瓶颈。采用协整分析,基于东北地区1995—2012年碳排放强度和产业结构的时间序列数据,对东北地区碳排放与产业结构的关系进行实证研究,得出东北地区碳排放与产业结构存在长期均衡关系,且第二产业发展是碳排放量增加的主要原因。东北地区应降低第二产业比重,大力发展第三产业和绿色农业;开发利用低碳技术,实现设备低碳升级;提高新型能源替代率,改变化石能源为主的能源消耗格局。

**[关键词]** 东北;碳排放;产业结构;能源结构

**[中图分类号]** X321 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-5595(2014)05-0019-06

伴随着经济的高速发展,气候变暖已成为当今全球性的环境问题。大气中的温室气体尤其是CO<sub>2</sub>的增加是造成全球气候环境变化的一个重要因素,对人类的生存和社会经济的可持续发展产生了严重威胁。<sup>[1]53</sup> 改革开放以来,中国经济的飞速发展消耗了大量煤炭、石油、天然气等化石能源,在快速工业化进程中,中国CO<sub>2</sub>排放将保持快速增加态势。<sup>[2]</sup> 控制CO<sub>2</sub>的排放是目前应对全球气候变暖问题的重要任务,对于促进社会经济可持续发展、加快转变经济发展方式以及推进新的产业革命具有重要意义。东北地区作为经济发展大区,为中国经济增长做出了巨大贡献,但由于高耗能产业所占比重较大,能源消费以煤炭、石油等化石能源为主,能源利用效率较低,已经成为全国碳排放的重灾区。其巨大的碳排放量除了与经济迅速增长、能源结构单一、人口增多等因素有关外,还与第二产业比重过大等不合理的产业结构有关。因此,结合东北实际情况,分析东北地区碳排放与产业结构关系,提出有利于东北地区碳减排的产业结构优化对策,对于东北地区节能减排、发展低碳经济显得尤为必要。

## 一、相关文献回顾

对能源碳排放与产业结构关系的研究一直是学术界关注的焦点,国外的学者从不同的角度对碳排放与产业结构进行了研究,戴利提出国家在调整产业结构时应该注意减少能耗大、污染强的产业,增加能耗小且污染低的产业。<sup>[3]</sup> 米勒和布莱尔利用投入产出的方法对工业生产过程中能源消耗和污染物排放进行了实证分析,为优化产业结构提供了研究依据。<sup>[4]</sup> 渡边千寻分析了产业结构的调整对碳排放量及能源消费的重大影响,结果表明其影响程度为20%。<sup>[5]</sup> Craig M. Meisner对发展中国家1987—1995年的数据实证研究发现,第一产业的发展减少了一国的CO<sub>2</sub>排放,而第二产业比重的增加却导致CO<sub>2</sub>排放增加。<sup>[6]</sup> Fisher-Vanden等对中国能源消耗进行了研究,<sup>[7]</sup> Cole等对中国工业污染进行了研究,他们认为,第二产业是中国能源消耗和CO<sub>2</sub>排放最重要的组成部分。<sup>[8]</sup> Liu Chunmei等基于美国、英国等5个国家1970—2006年的数据,对碳排放和产业结构比重建立回归模型,指出不同产业对CO<sub>2</sub>排放强度的影响是不同的,第三产业可以降低CO<sub>2</sub>排放强

**[收稿日期]** 2014-01-28

**[基金项目]** 国家社科基金一般项目(12BJY076);黑龙江省教育厅人文社会科学研究项目(12522001)

**[作者简介]** 李绍萍(1964-),女,吉林双辽人,东北石油大学石油经济与管理研究所教授,博士,从事区域、可持续发展及其财税政策研究。

度,但是相反,第一、第二产业的增长则使 CO<sub>2</sub> 排放增强,且第二产业的效果更为明显。<sup>[9]</sup>

与国外学者研究的成果相比,国内学者对碳排放与产业结构的研究起步较晚,庄贵阳指出,在技术水平一定的情况下,不同的产业结构将会导致不同的碳排放量。<sup>[10]</sup>金乐琴和刘瑞认为要实现节能减排的目标除了进行结构调整外,还需要推行技术改革。<sup>[11]</sup>李姝和姜春海认为实现低碳经济迫切需要调整产业结构。<sup>[12]</sup>关于如何实现产业结构调整问题,李宏岳和陈然认为可以通过发展节能降耗型产业体系来调整产业结构,从而实现低碳经济快速发展。<sup>[13]</sup>王可强采用对比分析的方法定性研究了我国产业结构的历史、现状和未来发展趋势,提出了优化产业结构的对策和建议。<sup>[14]</sup>牛鸿蕾、江可申认为中国工业发展的高能耗、高碳排特征依然明显,工业增加值比重与碳排放量显著正相关。<sup>[15]</sup>据此,适当控制工业发展规模、有效降低工业行业的碳排放强度成为一项重要任务。

从现有的文献研究来看,目前大多是以国家的宏观背景为前提,而不同的地区受历史、资源、技术等条件限制,其碳排放与产业结构关系有所不同,并且在研究碳排放和产业结构关系时忽略了能源结构和技术结构的重要影响。本文以东北地区为研究样本,通过碳排放与产业结构的实证分析,从产业、能源、技术等方面提出建议,以促进东北地区低碳经济快速发展。

## 二、东北地区碳排放与产业结构状况

东北地区作为重工业发展的代表区域,在经济发展的同时,碳排放量也一直居于全国前列。本文结合分析需要选择了大量的样本。样本期间为1995—2012年;产业结构是指各产业的构成及各产业之间的联系和比例关系。本文通过第一、第二、第三产业占GDP的比值反映东北地区的产业结构状况,数据来源于历年《中国统计年鉴》。

中国目前尚没有官方公布的碳排放量数据,碳排放量数据无法直接获得,因此需要根据能源消费量或其他方法间接计算得到。<sup>[15]</sup>在各种参考文献中,对于不同的碳源测算,分别用到实测法、物料衡算法、排放系数法、模型模拟法、系统仿真法、决策树法、生命周期法等。<sup>[16]</sup>在这几种方法中,实测法的监测往往是对环境总体要素而言的,且安装成本相对较高;系统仿真方法设定条件较多,不容易被广泛接受;而排放系数法虽然计算结果不是十分精准,但其采用的数据可以通过统计年鉴得到,有较强适用性和高效性,目前被广泛运用于各种研究。本文采用排放系数法测算 CO<sub>2</sub> 的排放量。因为化石能源消

费是 CO<sub>2</sub> 排放的主要来源,是造成环境变化与污染的关键因素,因此本文测算碳排放量主要考虑煤炭、石油和天然气。CO<sub>2</sub> 的计算公式为:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i P_i \times R_i$$

式中, $P_i$  为三种能源的消费量, $R_i$  为三种能源的碳排放系数; $i = 1, 2, 3$ , 分别为上述三种类型的能源。其中  $P_i$  的数据来源于历年《中国能源统计年鉴》、《2013年黑龙江统计年鉴》、《2013年吉林统计年鉴》和《2013年辽宁统计年鉴》。 $R_i$  的取值借鉴了国内外多篇文献的研究。由于原始数据中各种能源消费均为实物统计量,单位各不相同,不便于比较,因此在进行计算时首先需要将各种能源消费实物量按照一定的系数统一折算成标准统计量<sup>[17]</sup>,然后再乘以各自的碳排放系数,即可得到各种能源消费的碳排放量。各种能源的标准煤折算系数和碳排放系数见表1、表2。其中标准煤折算系数中,煤炭、石油和天然气的折算单位参考2012年的中国统计年鉴。

表1 各种能源标准煤折算系数

| 能源种类(kg标准煤) | 折算系数   |
|-------------|--------|
| 煤炭          | 0.7143 |
| 石油          | 1.4286 |
| 天然气         | 1.33   |

表2 各种能源碳排放系数

| 能源种类(t炭/吨标准煤) | 碳排放系数  |
|---------------|--------|
| 煤炭            | 0.7476 |
| 石油            | 1.5854 |
| 天然气           | 0.4479 |

通过查阅计算得到东北地区历年三个产业结构比例,并通过表1、表2可计算出东北地区1995—2012年的碳排放量,如表3所示。

表3 东北地区1995—2012年产业结构和碳排放量

| 年份   | 第一产业<br>比重(%) | 第二产业<br>比重(%) | 第三产业<br>比重(%) | 碳排放量<br>( $\times 10^4$ ) |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|
| 1995 | 18.0241       | 49.2031       | 32.7729       | 14691.49                  |
| 1996 | 18.8264       | 48.6583       | 32.5154       | 14956.56                  |
| 1997 | 16.8875       | 48.5300       | 34.5825       | 15616.15                  |
| 1998 | 16.8842       | 47.6507       | 35.4664       | 14566.52                  |
| 1999 | 15.1545       | 48.3106       | 36.5349       | 14759.80                  |
| 2000 | 13.1532       | 49.5803       | 37.2665       | 15967.72                  |
| 2001 | 13.1749       | 48.0532       | 38.7724       | 15792.27                  |
| 2002 | 13.1997       | 47.1602       | 39.6409       | 16163.21                  |
| 2003 | 12.6454       | 47.8073       | 39.5480       | 17989.82                  |
| 2004 | 13.4785       | 47.2909       | 39.2306       | 20004.07                  |
| 2005 | 12.7616       | 49.0181       | 38.2203       | 21888.49                  |
| 2006 | 11.9360       | 49.7558       | 38.3083       | 23141.19                  |
| 2007 | 12.0264       | 49.7400       | 38.2336       | 24637.12                  |
| 2008 | 11.6428       | 51.3065       | 37.0503       | 26202.19                  |
| 2009 | 11.4220       | 49.9028       | 38.6752       | 26775.73                  |
| 2010 | 10.6262       | 52.0312       | 37.3428       | 29127.35                  |
| 2011 | 10.7862       | 52.2857       | 36.9279       | 31454.44                  |
| 2012 | 11.2558       | 50.8048       | 37.9394       | 32300.91                  |

东北地区 1995—2012 年的产业结构与碳排放量趋势见图 1、图 2。由图 1 可以看出,东北地区的碳排放量呈持续上升状态。2003 年 10 月,中共中央、国务院下发《关于实施东北地区等老工业基地振兴战略的若干意见》(中发[2003]11 号),标志着实施振兴东北地区等老工业基地战略正式启动。图 1 中 2003 年以前东北地区碳排放量的增速较为平缓,只有小幅度波动,但在 2003 年振兴东北老工业基地战略实施以后,伴随着经济的高速发展,东北的碳排放量增速也在逐年增加。从图 1 的斜率可以看出,随着时间的推移,2003 年以后东北地区碳排放量增长幅度较大。由图 2 可以看出,1995—2012 年,东北地区第二产业占据着主要位置,维持在 48% 左右;第一产业的比重总体呈下降趋势,由 1995 年的 18% 降低到 2012 年的 11%;第三产业的比重整体呈上升趋势,但是增长速度较为缓慢,且到 2012 年与第二产业比重相比依然相差很大,以重工业为主的第二产业依然占主体地位,这也导致了能源的大量消耗,从而产生巨大的碳排放量。

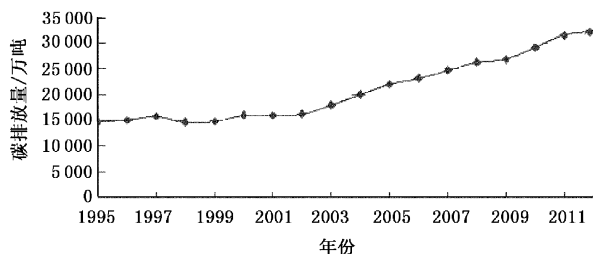


图 1 1995—2012 年东北地区碳排放量

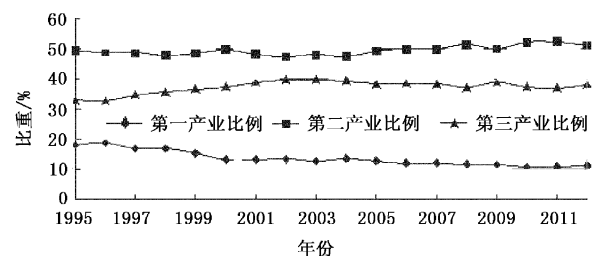


图 2 1995—2012 年东北地区碳排放量趋势

### 三、研究模型与方法

#### (一) 单位根检验

为了解决谬误回归,一般会利用平稳时间序列来建立回归方程,或者把一个非平稳时间序列转换成一个平稳时间序列,然后再对其进行回归。为了防止出现伪回归现象,首先需要对变量的时间序列进行平稳性检验。单位根检验主要用来判定时间序列的平稳性。如果一个时间序列的均值或者协方差函数随时间变化而变化,那么这个序列就是不平稳的时间序列。如果该时间序列经过一阶差分后变成平稳序列,则称一阶单整序列,记

为  $I(1)$ ;如果是经过  $n$  次差分后才平稳,则称为  $n$  阶单整序列,记作  $I(n)$ 。本文利用 Eviews6.0 软件对时间序列进行单位根检验。检验的原假设为:  $H_0: r=0$ ;  $H_1: r<0$ 。如果 ADF 值大于单位根检验临界值,则序列中含有单位根,反之,序列中不含有单位根。

#### (二) 协整分析

协整关系的概念是 20 世纪 80 年代由恩格尔(Engle)和格兰杰(Granger)提出的,基本思想是:如果两个或两个以上的非平稳时间序列(即含有单位根的时间序列)的线性组合能构成平稳的时间序列,则这些非平稳时间序列是协整的,即可说明这些变量之间存在长期的均衡关系。协整检验的核心是对回归方程的残差进行单位根检验,若残差序列是平稳序列,则表明方程的因变量和解释变量之间存在协整关系,否则不存在协整关系。<sup>[18]</sup> 协整检验可依据 Engle-Granger 方法进行,协整性检验主要有两种方法:即 EG 两步法和 Johansen 检验法(JJ 检验法)。本文采用 EG 两步法。第一步:利用最小二乘法估计模型并计算相应的残差序列。第二步:检验残差序列的平稳性,如果残差序列是平稳序列,则意味着变量之间存在着协整关系。

### 四、碳排放与产业结构关系的实证分析

#### (一) 数据收集

为了探究碳排放量和产业结构关系,本文选取的变量有:碳排放强度(CE)做因变量,第一产业比重( $S_1$ )、第二产业比重( $S_2$ )、第三产业比重( $S_3$ )作为自变量,此外由于能源消费也会影响到碳排放量,所以选择单位 GDP 能源消耗(NY)作为控制变量。其中碳排放强度是指单位国内生产总值(GDP)的  $CO_2$  排放量。在经济增长的同时,若单位 GDP 所带来的  $CO_2$  排放量下降,则地区实现了低碳发展模式。在实证分析之前,为避免变量数据的剧烈波动,消除数据序列的异方差,分别对各个变量取对数,分别用  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$ 、 $\ln(NY)$  表示,见表 4。

表 4 各变量对数序列

| 时间   | $\ln(S_1)$ | $\ln(S_2)$ | $\ln(S_3)$ | $\ln(CE)$ | $\ln(NY)$ |
|------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 1995 | -1.713463  | -0.709214  | -1.115569  | 0.908589  | 1.196707  |
| 1996 | -1.669912  | -0.720349  | -1.123457  | 0.777260  | 1.053784  |
| 1997 | -1.778596  | -0.722988  | -1.061823  | 0.705225  | 0.952866  |
| 1998 | -1.778793  | -0.741274  | -1.036585  | 0.570557  | 0.846877  |
| 1999 | -1.886875  | -0.727519  | -1.006902  | 0.526280  | 0.776340  |
| 2000 | -2.028507  | -0.701577  | -0.987074  | 0.491047  | 0.668489  |
| 2001 | -2.026858  | -0.732862  | -0.947461  | 0.404006  | 0.635226  |
| 2002 | -2.024973  | -0.751619  | -0.925309  | 0.345277  | 0.594927  |
| 2003 | -2.067874  | -0.737991  | -0.927655  | 0.346475  | 0.557180  |
| 2004 | -2.004077  | -0.748852  | -0.935713  | 0.318715  | 0.531512  |



续表

|      |           |           |           |           |           |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2005 | -2.058727 | -0.712981 | -0.961804 | 0.242141  | 0.405057  |
| 2006 | -2.125615 | -0.698044 | -0.959504 | 0.156364  | 0.338230  |
| 2007 | -2.118063 | -0.698361 | -0.961456 | 0.045003  | 0.247985  |
| 2008 | -2.150481 | -0.667352 | -0.992893 | -0.080866 | 0.130634  |
| 2009 | -2.169625 | -0.695093 | -0.949973 | -0.149012 | 0.095457  |
| 2010 | -2.241843 | -0.653327 | -0.985030 | -0.252489 | 0.005387  |
| 2011 | -2.226903 | -0.648446 | -0.996202 | -0.366477 | -0.115179 |
| 2012 | -2.184284 | -0.677179 | -0.969180 | -0.446427 | -0.198630 |

## (二) 实证分析

### 1. ADF 单位根检验

并不是任何研究变量间都会存在协整关系,只

表5  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  单位根检验结果

| 序列              | ADF 检验值 | 1% 显著水平 | 5% 显著水平 | 10% 显著水平 | 判断结论 |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|------|
| $\ln(CE)$       | 0.3214  | -3.8868 | -3.0522 | -2.6666  | 不平稳  |
| $\ln(S_1)$      | -1.5007 | -3.8868 | -3.0522 | -2.6666  | 不平稳  |
| $\ln(S_2)$      | 1.3630  | -3.8868 | -3.0522 | -2.6666  | 不平稳  |
| $\ln(S_3)$      | -2.3963 | -3.8868 | -3.0522 | -2.6666  | 不平稳  |
| $\ln(NY)$       | -0.5670 | -3.8868 | -3.0522 | -2.6666  | 不平稳  |
| $\ln(CE)$ 一阶差分  | -3.0887 | -3.9204 | -3.0656 | -2.6735  | 平稳   |
| $\ln(S_1)$ 一阶差分 | -4.4103 | -3.9204 | -3.0656 | -2.6735  | 平稳   |
| $\ln(S_2)$ 一阶差分 | -4.9016 | -3.9204 | -3.0656 | -2.6735  | 平稳   |
| $\ln(S_3)$ 一阶差分 | -3.6287 | -3.9204 | -3.0656 | -2.6735  | 平稳   |
| $\ln(NY)$ 一阶差分  | -3.8642 | -3.9204 | -3.0656 | -2.6735  | 平稳   |

### 2. 协整分析

经过 ADF 检验,  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  序列均为一阶平稳,符合协整检验的前提条件,协整检验可依据 Engle-Granger 方法进行:首先对序列  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  建立一元线性回归模型,这里采用普通最小二乘法

表6 残差序列  $L$  单位根检验结果

| 序列  | ADF 检验值 | 1% 显著水平 | 5% 显著水平 | 10% 显著水平 | 判断结论 |
|-----|---------|---------|---------|----------|------|
| $L$ | -2.8623 | -2.7081 | -1.9628 | -1.6061  | 平稳   |

### 3. 回归分析

由协整分析得出,因变量与解释变量存在长期协整关系,令  $\ln(CE) = \beta_1 \ln(S_1) + \beta_2 \ln(S_2) + \beta_3 \ln(S_3) + \beta_4 \ln(NY) + c$ 。其中  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$  分别是  $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  的系数,  $c$  是常数项。对  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  五列数据进行最小二乘法回归分析,建立回归方程,得到如下回归方程:

$$\ln(CE) = 1.1716 \ln(S_1) + 4.9442 \ln(S_2) + 3.4509 \ln(S_3) + 1.0598 \ln(NY) + 9.0203$$

根据回归分析的结果,  $\beta_2$  和  $\beta_3$  的 P 值都为 0,通过了 t 检验,说明第二产业比重、第三产业比重对碳排放量的影响较为明显。且  $R^2 = 0.9966$ ,接近于 1,说明模型的拟合优度比较高。从回归方程中可以看出,第一产业每增加 1%,将带动单位 GDP 碳排放量增加 1.1716%;第二产业每增加 1%,将带动

有时序变量均为非平稳变量,且同阶单整的情况下,协整检验才有意义。因此,分别对  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  进行序列的平稳性检验,其  $H_0$  假设为:  $\ln(CE)$ 、 $\ln(S_1)$ 、 $\ln(S_2)$ 、 $\ln(S_3)$  和  $\ln(NY)$  均存在一个单位根。如果序列不平稳,一般先进行差分再做 ADF 检验继续判断其平稳性,如果多个变量同阶单整,则具备协整分析的前提。根据图 1,选择有截距没有时间趋势的模型。滞后期根据 SIC 的选择自动获取,分析结果如表 5 所示。选择 5% 的显著水平,则变量的一阶差分通过平稳性检验。

进行回归,之后生成一个残差序列  $L$ ,然后对残差序列进行 ADF 检验,结果如表 6 所示。在 5% 的显著水平下,残差序列  $L$  通过平稳性检验,说明在样本区间内,因变量与解释变量之间存在长期稳定的均衡关系,即产业结构调整影响碳排放量的变化。

单位 GDP 碳排放增加 4.9442%;第三产业每增加 1%,将带动单位 GDP 碳排放增加 3.4509%。可见产业结构的类型在一定程度上决定了  $CO_2$  的排放强度,第二产业的发展是东北地区碳排放增加的主要来源,同  $CO_2$  的排放强度呈现正相关性,第一产业、第三产业虽然也会带来碳排放量的增加,但影响远远小于第二产业。

## 五、结论与建议

### (一) 结论

综合分析结果可以看出,1995—2012 年,东北碳排放强度、第一产业比重、第二产业比重、第三产业比重和单位 GDP 能源消耗五个时间序列均不平稳,但对其进行一阶差分后序列都显示平稳,具备协整分析的前提。EG 协整检验中,进行普通最小二乘法回归后,残差在 5% 的显著性水平下平稳,说明碳排放强度与产业结构之间存在协整关系,即长期

均衡关系。由各变量所建的回归方程表明:在长期均衡关系中,第一产业每增加1%将带动单位GDP碳排放增加1.1716%,第三产业每增加1%将会使单位GDP碳排放增加3.4509%。第二产业比重对碳排放强度的贡献弹性是4.9442,即第二产业比重每升高1%,碳排放强度会上升4.9442%,在三次产业中第二产业对碳排放的影响最大,说明1995—2012年,第二产业占绝对优势的产业结构是东北地区碳排放量增加的主要驱动因素,而低碳环保的第三产业比重偏低且发展缓慢,第一产业中的绿色农业、林业等碳汇优势未得到充分有效发挥。因此,调整产业结构,实现产业低碳化发展,必将成为东北地区低碳经济发展的核心任务。

## (二) 对策建议

东北地区产业结构调整应遵循“高碳改造、低碳升级和无碳替代”的思路进行,即通过降低高碳排放的第二产业比重实现节能减排,运用新材料、新装备、新工艺升级原有设备提高能源利用效率,开发利用新能源改变以化石能源为主的能源消耗结构。

一是降低第二产业比重,大力发展第三产业和绿色农业。首先,降低重工业比重。第二产业在东北地区经济发展中长期占据主导地位,而且过度依赖制造业、石油化工等高碳排放的重工业。建议通过严格限制高耗能重工业项目上马、淘汰能源消耗量大的落后产能等措施降低重工业比重,尽快消除工业高碳特征,逐步实现节能减排目标。其次,大力发展低污染、低排放的第三产业。东北地区2012年第三产业比重为37.94%,低于全国平均水平。应加速发展高新技术产业、现代服务业、环保产业等新兴产业,以减缓对重工业的过度依赖。建议鼓励不同发展水平和发展阶段的省市,根据其自身技术水平和资源优势选择发展具有地方特色的替代产业。如辽宁省的沈阳市可以利用技术优势发展信息传输与计算机软件产业,大连市可以通过设立自由贸易区发展金融业;黑龙江省可以利用哈尔滨工业大学等高校、科研院所的高科技优势发展高端电子信息、航空航天技术产业。再次,利用资源和地域优势发展绿色农业、林业等绿色产业。东北地区地处松辽平原,耕地连片,土壤肥沃,可以利用高科技手段,将其打造成全国绿色商品粮基地、绿色食品生产加工产业基地;加大植树造林、退耕还林还草力度,加强草原、湿地、沼泽保护力度,发挥森林、绿色植被以及草场滩涂的碳汇功能。

二是开发利用低碳技术,实现设备低碳升级。东北地区是老工业基地,很多工业设备陈旧落后,加

之缺少低碳生产技术的研发应用,导致能源利用效率低,与沿海地区相比,同样的经济产出要消耗更多的能源,产生更多的碳排放量。建议东北地区加大投资力度,及时实施设备更新,积极引进低排放、低污染、低能耗的设备,充分开发、利用低碳技术改造并尽快淘汰落后设备,实现低碳升级,提高能源利用效率,从而在保证经济发展的基础上减少碳排放量。

三是提高新型能源替代率,改变以化石能源为主的能源消耗格局。不同的能源种类,碳排放强度存在很大差异。原煤、焦煤等化石能源的碳排放系数最高,太阳能、风能、地热能等新型能源则属于零碳能源。在东北地区能源消耗结构中,煤炭大约占70%左右,石油和天然气分别占23%和2%左右,清洁的新型能源开发利用严重不足。而东北地区全年日照时数为2200~3000h,辐射量在5016~5852MJ/m<sup>2</sup>,属于太阳能较丰富地区;理论可开发利用和技术允许开发的风能资源储量分别为377.9GW、29.7GW,占全国的12%左右。<sup>[19]</sup>建议东北地区充分利用区域优势,因地制宜地开发利用丰富的太阳能、风能、地热能等新型优质能源,提高无碳能源替代率,降低化石能源的消耗比重,减少碳排放量,实现低碳发展。此外针对能源消费结构不合理现状,应积极研究开发新能源技术,发展低碳和无碳能源,促进能源供应的多样化,这是减少CO<sub>2</sub>排放的重要途径。<sup>[20]</sup>

## [参考文献]

- [1] 牛鸿蕾,江可申.中国产业结构调整碳排放效应——基于STIRPAT扩展模型及空间面板数据的实证研究[J].技术经济,2013(8).
- [2] 郭朝先.产业结构变动对中国碳排放的影响[J].中国人口·资源与环境,2012(7):15-20.
- [3] 赫尔曼·戴利.超越增长:可持续发展的经济学[M].诸大建,胡圣,译.上海:上海译文出版社,2001.
- [4] Miller R E, Blair P D. Input-output Analysis: Foundations and Extensions [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1985:200-227.
- [5] Chihiro Watanabe. Systems Option for Sustainable Development-effect and Limit of the Ministry of International Trade and Industry's Efforts to Substitute Technology for energy [J]. Research Policy 1999,28(7):719-749.
- [6] Debabrata Talukdar, Craig M Meisner. Dose the Private Sector Help or Hurt the Environment Evidence from Carbon Dioxide Pollution in Developing Countries[J]. World Development, 2001,29(5):827-840.
- [7] Karen Fisher-Vanden, Gary H Jefferson, Ma Jingkui, et al. Technology Development and Energy Productivity in China [J]. Energy Economics,2006,28(5-6):690-705.

- [8] Matthew A Cole, Robert Elliott, Shanshan Wu. Industrial Activity and the Environment in China: An Industry-level Analysis [J]. *China Economic Review*, 2008, 19 (3): 393-408.
- [9] Liu Chunmei, Duan Maosheng, Zhang Xiliang, et al. Empirical Research on the Contributions of Industrial Restructuring to Low-carbon Development [J]. *Energy Procedia*, 2011(5): 834-838.
- [10] 庄贵阳. 中国经济低碳发展的途径与潜力分析[J]. *国际技术经济研究*, 2005(3): 8-12.
- [11] 金乐琴, 刘瑞. 低碳经济与中国经济发展模式转型[J]. *经济问题探索*, 2009(1): 84-87.
- [12] 李姝, 姜春海. 战略性新兴产业主导的产业结构调整对能源消费影响分析[J]. *宏观经济研究*, 2011(1): 36-40.
- [13] 李宏岳, 陈然. 低碳经济与产业结构调整[J]. *经济问题探索*, 2011(1): 66-71.
- [14] 王可强. 基于低碳经济的产业结构优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [15] 李迎. 基于碳排放的湖北省产业结构优化研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.
- [16] 张维阳, 段学军. 经济增长、产业结构与碳排放相互关系研究进展[J]. *地理科学进展*, 2012(4): 442-450.
- [17] 陈莹. 中国产业结构对碳排放影响的实证研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
- [18] 蒋毅一, 徐鑫. 中国产业结构现状对碳排放的影响及调整对策研究[J]. *科技管理研究*, 2013(12): 23-31.
- [19] 李绍萍, 王倩, 王玉翠. 东北地区发展低碳经济的SWOT分析及战略组合[J]. *哈尔滨商业大学学报: 社会科学版*, 2013(3): 40-46.
- [20] 朱臻, 严燕, 邱保印. 产业经济发展对碳排放影响的实证分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2012, 29(4): 606-610.

[责任编辑: 张岩林]

## The Empirical Study of Relations Between Carbon Emissions and Industrial Structure in the Northeast Area: Based on Data Analysis of 1995–2012

LI Shaoping, HAO Jianfang, WANG Jiashan

(*Institute of Petroleum Economy and Management, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China*)

**Abstract:** In recent years, with the rapid development of economy, as old industrial base, the northeast area has become the country's major carbon emissions region because the high energy consumption of heavy industry accounts for a larger proportion and the economic development relies on the second industry, as a result, the carbon emissions are also increasing year by year, and the industrial structure problems seriously restricted the economic development of the northeast area. This paper analyzes the relationship between carbon emissions and industrial structure in the northeast area based on the co-integration analysis and the series data of carbon emissions intensity and the industrial structure from 1995 to 2012. There is a long-term equilibrium relationship between carbon emissions and industrial structure in the northeast area and the development of the second industry is the main reason for the increase of carbon emissions. Finally, on the basis of the empirical analysis, it puts forward measures and suggestions mainly including reducing the proportion of second industry, developing the third industry and green agriculture, developing and making use of the low carbon technology, upgrading low carbon equipment, improving the new energy substitution rate, and changing the fuel consumption pattern based fossil energy.

**Key words:** the northeast area; carbon emission; industrial structure; energy structure