学校代码：10378 密级：

分类号：



硕 士 学 位 论 文

我国区域碳排放影响因素研究

学 号： 20132207185

学生姓名： 刘倩

学位类别： 经济学硕士

专业名称： 统计学

研究方向： 经济统计

导师姓名： 陈晓玲教授

二○一五年十二月

School code ：10378 Security： Classification：

**Research on the influential factors of regional carbon emissions in China**

Student ID： 20132207185

Name： Liu Qian

Degree category： Master of Economics The professional name：Statistics

Research direction ： Economic Statistics Tutor’s name： Professor Chen Xiaoling

December, 2015

独创性声明

本人郑重声明：本人所呈交的学位论文，是在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写的作品，也不包含为获得安徽财经大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中标明并表示了谢意。

本声明的法律后果由本人承担。

论文作者（签名）： 年 月 日

学 位 论 文 使 用 授 权 书

本论文作者完全了解学校关于保存、使用学位论文的管理办法及规定，即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权安徽财经大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入学校有关数据库和授权学校研究生处与中国知网和万方数据签订收录协议及收录并由作者本人享有、承担相应的权利和义务，也可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存或汇编本学位论文。

注：保密学位论文，在解密后适用于本授权书。

作者签名： 年 月 日

摘要

随着经济全球化进程的加快，环境问题尤其是气候变暖逐渐成为一个全球性的问题。我国是一个经济快速增长的发展中国家，在经济增长的同时也带来了大量的温室气体排放。由于我国地区经济发展不平衡、能源和资源分布不均等，这些导致了不同地区的二氧化碳排放量存在差异。现如今我国又面临着降低二氧化碳减排成本和促进区域经济平衡发展的双重任务，鉴于此，我们需要正确把握我国二氧化碳排放的驱动因素及其在不同地区之间的作用差异，分析碳排放与经济增长的动态关系，并且寻求不同地区低碳减排的路径。为此本文所做研究如下：

本文首先对我国30个省（市）2000-2012年的二氧化碳排放量进行估算，采用的是碳排放系数法，然后利用聚类分析划分出不同的区域，针对不同的区域衡量碳排放差异及其随时间的演变过程。随后利用面板数据模型分析方法，分别建立长期均衡模型和误差修正模型，分析碳排放的影响因素在不同地区的影响程度差异。研究表明：（1）人均产出无论是在长期还是短期都对碳排放有显著的正向驱动作用；（2）在不同区域中，产业结构的影响作用在长期和短期明显不同；（3）尽管能源利用效率、能源消费结构和外商直接投资在长期内对碳排放都有显著影响，但在短期内的影响程度则不同；（4）代表城镇化水平的城镇人口比重对碳排放的驱动作用不显著。然后本文运用状态空间模型，从全国的角度来研究我国二氧化碳排放量和经济增长之间的动态关系，结果显示二氧化碳的产出弹性系数总体上呈现倒“N”形状。最后根据实证研究的结果，结合低碳减排机制的发展与演变，从区域差异视角和全国总体视角分别提出针对不同区域的低碳减排政策建议。

**关键词：**碳排放；状态空间模型；影响因素

1

**Abstract**

With the acceleration of economic globalization, environmental issues, especially the global warming have gradually became global problems. China is a developing country with rapid economic growth and the growth also brings large of greenhouse gas. Under the double pressure from international and domestic social, China puts forward its own carbon dioxide reduction targets. Due to the level of economic development and energy resources, different regions have different carbon dioxide emissions. It is a major task for us to reduce the total cost of emission dioxide reductions while promote balanced regional socio-economic development. We should correctly grasp the specific factors affecting China's carbon dioxide emissions and its various differences, analysis the dynamic relationship between carbon emissions and economic growth, seek the paths to reduce carbon emissions of different regions. Therefore, we do the work as follows.

In this paper, we use carbon emission coefficient to estimate carbon dioxide emissions and do cluster analysis of 30 provinces (municipalities) in our country from 2000 to 2012. Dividing those 30 provinces (municipalities) into different regional, then measuring their difference and evolution of carbon emission. Then using the panel data model, the long-term equilibrium model and the error correction model to analyze the factors affecting carbon emissions in the different regional. All the research shows that: (1) Per capita output has a significant role of carbon emissions in the long-term and short-term, (2) The influences of industrial structure in different regions are distinct in the long-term and short-term, (3) Energy efficiency, energy consumption structure and foreign direct investment have a significant impact on carbon emissions in the long run but the degree of influence is different in the short term; (4) The proportion of urban population which represents the level of urbanization have no significant impact on carbon emissions. Then we use the state-space model to study the dynamic relationship between Chinese carbon dioxide emissions and economic growth from the perspective of the national level. The results show that the elasticity coefficient of GDP to carbon dioxide first down then up and continue to decline after the Reforming and Opening. However, since China has entered into a new round of economic growth, the elasticity coefficient rise

I

Again and exhibit inverted" N" shape on the whole. Finally, according to the results of empirical research and the development and evolution reduction mechanism, we put forward policy recommendations of low-carbon emission in different regions from the perspective of regional differences and overall national.

**Key words**: Carbon emissions; State-space model; Factors analysis

II

目 录

[摘要](#_Toc686600924) 3

**[Abstract](#_Toc686600925)** 3

[第一章 引言](#_Toc686600926) 7

[第一节 选题背景和研究意义](#_Toc686600927) 7

[一、选题背景](#_Toc686600928) 7

[二、研究意义](#_Toc686600929) 7

[第二节 文献综述](#_Toc686600930) 7

[一、碳排放影响因素研究](#_Toc686600931) 8

[二、碳排放与经济增长之间关系研究](#_Toc686600932) 8

[第三节 本文的研究方法和框架](#_Toc686600933) 9

[一、本文的研究方法](#_Toc686600934) 9

[二、本文的研究框架](#_Toc686600935) 9

[第四节 本文的创新与不足之处](#_Toc686600936) 10

[一、本文的创新](#_Toc686600937) 10

[二、本文的不足之处](#_Toc686600938) 10

[第二章 区域碳排放影响因素理论分析](#_Toc686600939) 11

[第一节 经济发展对碳排放影响的相关理论](#_Toc686600940) 11

[一、环境库兹涅茨曲线](#_Toc686600941) 11

[二、经济发展影响碳排放的途径](#_Toc686600942) 11

[第二节 能源对碳排放影响的相关理论](#_Toc686600943) 12

[一、能源经济理论](#_Toc686600944) 12

[二、能源对碳排放的影响机制](#_Toc686600945) 12

[第三节 城镇化对碳排放影响的相关理论](#_Toc686600946) 12

[一、城镇化的内涵](#_Toc686600947) 12

[二、城镇化对碳排放的影响机制](#_Toc686600948) 13

[第四节](#_Toc686600949) **[FDI](#_Toc686600949)**[对碳排放影响的相关理论](#_Toc686600949) 13

[一、“波特假说”](#_Toc686600950) 13

[二、“污染避难所假说”](#_Toc686600951) 13

[三、产品生命周期理论](#_Toc686600952) 13

[第五节 本章小结](#_Toc686600953) 14

[第三章 区域碳排放影响因素的实证分析](#_Toc686600954) 14

[第一节 我国二氧化碳排放现状](#_Toc686600955) 14

[第二节 碳排放量的估算及区域的划分](#_Toc686600956) 18

[一、我国各省（市）碳排放量的估算](#_Toc686600957) 18

[二、各省（市）碳排放量分析](#_Toc686600958) 20

[三、区域的划分](#_Toc686600959) 21

[四、各个区域的特点](#_Toc686600960) 23

[第三节 我国区域碳排放影响因素模型设定](#_Toc686600961) 23

[一、区域碳排放影响因素模型设定](#_Toc686600962) 23

[二、数据来源及变量说明](#_Toc686600963) 25

[第四节 区域碳排放影响因素模型的实证分析](#_Toc686600964) 26

[一、面板数据的单位根检验](#_Toc686600965) 26

[二、面板数据模型的协整检验](#_Toc686600966) 31

[三、面板模型的选择](#_Toc686600967) 33

[四、区域碳排放影响因素实证分析](#_Toc686600968) 36

[第四章 碳排放与经济增长的状态空间模型](#_Toc686600969) 42

[第一节 状态空间模型](#_Toc686600970) 42

[第二节 碳排放与经济增长动态关系的实证分析](#_Toc686600971) 43

[一、数据来源与说明](#_Toc686600972) 43

[二、数据的平稳性检验和协整检验](#_Toc686600973) 43

[三、状态空间模型实证分析](#_Toc686600974) 46

[第五章 基本结论与政策建议](#_Toc686600975) 47

[第一节 基本结论](#_Toc686600976) 47

[第二节 政策建议](#_Toc686600977) 48

[参考文献](#_Toc686600978) 49

3

# 第一章 引言

## 第一节 选题背景和研究意义

### 一、选题背景

温室气体大量排放是导致全球气候变暖的主要原因，而人类活动所产生的温室气体又主要来源于化石燃料（煤、石油、天然气）的燃烧。目前全球面临的重大环境问题就是气候变化，但这归根究底是一个发展的问题。尤其是工业革命以来，随着科学技术的进步，人类利用能源发展经济的能力越来越强，能源的大规模开发及利用对经济社会的发展尤其是工业化起到了重要的推动作用。化石能源在生产消费中产生的二氧化碳、二氧化硫等有害气体对环境产生严重的影响，加上化石能源的不可再生性，这都给我们人类今后的生产和生活带来严峻的挑战。由此，不得不使政府和经济学家们对经济增长与环境资源的关系以及它的可持续性等提出诸多解决之道。然而，控制和减缓二氧化碳的排放不只是一两个国家所能够解决的问题，这需要世界各国的共同努力。1992年，联合国环境与发展大会表决通过了《联合国气候变化框架公约》，该公约成为首个国际间合作应对全球气候变暖和控制二氧化碳等温室气体排放的国际性公约，它使得国际间合作控制温室气体排放的进程向前迈进了一大步。在该协议中，各缔约国正式制定了具有法律效力的减排目标：它要求主要工业发达国家在2008-2012年期间将温室气体的排放量在1990年基础上平均减少5.2%，而发展中国家在此阶段内则可以不承担减排义务。《联合国气候变化框架公约》虽确定了控制温室气体排放的具体目标，但是没有明确发达国家温室气体的量化减排指标。2005年生效的《京都议定书》明确了世界各国在2012年之前的温室气体减排任务。2009年，世界气候大会在哥本哈根召开，各国元首商讨了《京都议定书》一期承诺到期后的后续方案，主要确定了2012年后发达国家减排指标和时间表。各国就减排的核心问题，如减排计划、资金和技术支持等方面基本上达成一致，同时各个国家也就减排目标做出了承诺。

改革开放三十多年来，随着我国经济的飞速增长，二氧化碳的排放量也在逐年增加，根据世界银行世界发展指标（WDI）的统计资料显示，2006①年我国在二氧化碳排放总量上位居世界首位，己经超越美国。我国现阶段的基本国情

①不同资料显示的中国成为第一大二氧化碳排放国的时间可能不同。

1

是经济发展在很长的一段时间内仍然是一个不变的主题。我国之前的经济发展模式是“高能耗、高排放、高污染”的粗放型模式，这种不合理的发展模式导致在未来的一段时间内，我国的经济主要会受能源供给压力和环境问题的制约。随着社会经济的发展、工业化水平的提高、城镇化水平和人民生活水平的提高，我国未来的能源消费量和二氧化碳的排放量仍将会持续增加。我国在减排问题上一直坚持发达国家与发展中国家负有共同但有区别的责任，随着后京都时代的来临，我国节能减排的压力将会越来越大。在哥本哈根气候大会上，我国曾承诺到2020年二氧化碳排放量与GDP的比值比2005年时下降40%-45%。

对于正在快速发展的中国而言，要想实现我们在哥本哈根大会上所承诺的大幅降低二氧化碳排放的目标，需要克服种种困难。我国正处在社会经济的高速发展、工业化水平不断提升、城镇化水平和人民生活水平逐步提高的发展阶段，加上我国能源消费结构仍以煤炭为主，并且国内的能源利用效率低，低碳技术较差等等，这些都对我国实现低碳减排的目标造成了很大的困难。特别需要说明的是，我国在实现低碳减排的同时还要解决依赖于经济增长的很多问题，比如解决就业、扶贫和区域差异等问题。所以，我国减少二氧化碳排放和经济的快速发展之间必然存在着一定的矛盾。中国降低二氧化碳排放量是在既保持经济稳步增长又要协调各种矛盾的低碳减排。

### 二、研究意义

为了低碳减排目标的实现，使得我国经济与环境相协调发展最终实现可持续发展的战略目标，探究我国二氧化碳排放的驱动因素具有重要的理论和现实意义。

近年来，全球气候逐渐恶化导致极端天气频繁出现，空气中二氧化碳等温室气体不断增加是导致温室效应的罪魁祸首。怎样在保证人们的生产生活不受影响的条件下减少二氧化碳排放，尽可能降低温室效应带来的危害是世界上每一个国家义不容辞的责任。中国向国际社会表明减排的态度和目标，不仅有利于树立自己在国际上的正面形象和拓展发展空间，也是我国转变济发展方式的需要。中国作为一个正在崛起的新兴大国，更应该在节能减排方面做出努力和贡献；我国自改革开放以来，经济规模和增长速度大幅度提高，取得了举世瞩目的成就。但由于经济增长方式不合理，我国付出了巨大的资源和环境代价。我国的这种“高能耗、高排放、高污染”的经济增长方式与环境的承载能力之间的矛盾日趋突显，逐渐将经济发展方式转变向“低能耗、低排放、低污染”，发展低碳经济，这与我国现阶段制定的可持续发展道路和经济发展目标是一致的。

但是我国不同地区经济发展水平，自然资源，技术水平等诸多方面都存在

2

着一定的差异，二氧化碳排放的驱动因素固然有着不同程度的影响作用。我国的低碳减排一定要在控制总量的基础上下协调不同地区的经济发展，避免区域差距的扩大。因此明确我国二氧化碳排放影响因素的地区差异，对于政府制定可持续发展战略和实施节能减排的政策方面有着重要的参考价值。

## 第二节 文献综述

近年来由于温室效应导致的环境问题越来越严重，已经严重影响人类的正常生活秩序。为此国内外学者做了很多这方面的研究，用以探寻解决之道。本节主要从碳排放的影响因素研究和碳排放与经济增长之间的关系研究两方面进行阐述。

### 一、碳排放影响因素研究

近年来，由于碳排放量①不断攀升导致的气候问题日益突出，这使得国外学者对碳排放及其影响因素的研究越来越重视。Copeland，Taylor（1994）通过建立数学模型对影响环境质量的因素进行分析，研究得出的结论是贸易相对自由的发达国家（北方）对缓和环境污染有很大的作用，而发展中的国家（南方）则会有使环境恶化的影响，即“污染庇护所假说”；而贸易相对自由化有助于缓和环境问题，同时对收入差距有一定的促进作用②。Ang，Zhang，Choi（1998）认为工业部门总产出的增长拉高了二氧化碳排放，而能源强度对二氧化碳排放的作用则是相反的，其研究是采用的是对数平均权重分解法（LMDI），研究对象是对我国工业部门的二氧化碳排放量③。Liu，Fan，Wu et al（2007）运用同样的方法对同样的问题进行研究，结果显示产业结构对二氧化碳的排放有抑制作用，而经济发展和能源强度则能够促进二氧化碳排放④。Ma C、D I Stern（2007）改变研究方法，首次将生物质能作为二氧化碳排放的影响因素，研究得出生物

①现有文献提到碳排放量时一般有三种含义：一是二氧化碳中碳的含量，最具权威的数据来自于美国能源部橡树岭国家实验室二氧化碳信息分析中心（The Carbon Dioxide Information Analysis Center，简称

CDIAC）；二是二氧化碳的排放量，国际能源署（International Energy Agency, 简称IEA）、美国能源信息署(Energy Information Administration, 简称EIA)、世界银行一般公布的二氧化碳排放数据，该数据是第一种数据的3.667倍；三是温室气体排放量，碳排放量不只是计算二氧化碳，而是把二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（N2O）、全氟化碳（PFCs）、氢氟碳化物（HFCs）、六氟化硫（SF6）6 类温室气体都包含在内。如果不特殊说明，本文所指的碳排放（总）量就是第二种含义，即二氧化碳排放量。

②Copeland B. R., M. S. Taylor, North-South Trade and the Environment [J]. Quarterly Journal of Economic,1994, (3):755-787.

③Ang B W, Zhang F Q, Choi K H. Factorizing changes in energy and environ-mental indicators through decomposition [J]. Energy, 1998, 2(6):489-495.

④ Liu L, Fan Y, Wu G, Wei Y. Using LMDI method to analyze the change of china's industrial CO2 emissions

From final fuel use an emoirical analysis[J]. Energy Policy, 2007, 35(11):5892-5900.

3

质能对碳排放量有着明显的正向驱动作用①。Fan，Liu Lan-cui, Wu Gang, et al

（2007）将研究对象换成二氧化碳强度来对中国碳排放强度的影响因素分析，实证分析显示能源强度、能源结构对二氧化碳排放量都有影响，并且排放总量在不断增加的同时碳排放强度却在逐渐下降②。也有一些国外学者认为人口因素也可以用来解释二氧化碳排放量的增加。关于这方面最经典的研究是Ehrlich和Holdren（1971）的研究，他们提出的IPAT模型，该模型认为人口数量和人均收入、技术进步等都是影响环境质量的主要因素③。Ratnakar Pani和Ujjaini

Mukhopadhyay（2010）使用1992-2014年的114个国家的样本数据，应用LMDI分解技术对碳排放影响因素进行分析，研究表明，在一段时间内产出效应的波动最大，人口的影响作用不随时间改变。研究还发现尽管在中上等收入国家，比如欧洲和中亚地区，经济的高速发展已经在很大程度上减少了碳排放，但是在北美、东亚太平洋和南亚地区，收入增加的同时明显伴随着大量二氧化碳的排放，除了一些碳排放量较低的大国，研究所选取的影响因素对碳排放都有正向驱动作用，但是能源效率的影响并不显著④。

为了制定出切实可行的减排政策，尽快实现我国低碳减排的目标和发展低碳经济，国内学者也在不断探究二氧化碳排放的影响因素。徐国泉，刘则渊，姜照华（2006）采用我国1995-2004年间的样本数据分析能源结构、经济发展等因素对我国碳排放的影响，研究结果表明，经济发展以指数增长的形式对碳排放产生影响，能源结构和能源效率对人均碳排放的抑制作用呈现倒“U”形状⑤。宁学敏（2009）研究了我国1988-2007年碳排放量与对外贸易之间的关系，得出短期出口增长能够使碳排放量增加，并且得出二者具有相互促进作用的结论⑥。郭朝先（2010）采用LMDI分解法对此也有研究，结果表明经济规模的扩张能够促进碳排放量的增长，产业结构和能源结构的影响作用有限，而提高能源使用效率能够有效抑制碳排放量的增长⑦。刘华军、赵浩（2012）利用基尼系数和分组分解法测算我国二氧化碳排放系数并进行研究，研究表明：中国的二氧化碳排放量存在不平衡的地区差异，这种差异表现出增加的趋势，但

①Ma C, D I Stern. China's Carbon Emissions 1971-2003[R]. Rensselaer Working Papers in Economics, Number 0706,2007.

②Fan, Liu Lan-cui, Wu Gang, et al. Changes in carbon intensity in China: Empirical findings From 1980-2003[J]. Ecological Economics, 2007, 62:683-691.

③ Ehrlich PR, Holdren JP, Impact of population growth[J]. Science, 1971(171):1212-1217.

④Ratnakar Pani, Ujjaini Mukhopadhyay. Identifying the major players behind increasing globle carbon dioxide erissions: a decomposition analysis[J]. The Environmentalist., 2010,30(2),183-205.

⑤徐国泉，刘则渊，姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析[J]. 中国人口・资源与环境, 2006, 16(6)：158-161.

⑥宁学敏. 我国碳排放与出口贸易的相关关系研究[J]. 生态经济, 2009，（11）：51-54.

⑦ 郭朝先.中国碳排放因素分解：基于LMDI分解技术[J]. 中国人口・资源与环境, 2010, 20(12)：4-9.

4

是在统计上不显著①。佟昕等（2015）在对我国碳排放影响因素分析时，基于2000-2011年的样本数据，利用灰色模型GM（1,1）预测了未来9年我国的碳排放量，该研究结果显示：反映经济发展水平和能源消耗的各因素对碳排放量有促进作用，其中人口和产业结构的影响较大，技术进步则能够在很大程度上抑制二氧化碳的排放②。

部分研究还集中在使用省域数据对碳排放影响因素进行分析的，李国志等

（2010）选用人口规模、经济发展和技术水平等因素，利用STIRPAT模型对不同区域的二氧化碳排放影响因素进行研究。研究表明在二氧化碳排放量不断增长的情况下，区域间的差异也在继续扩大。各个影响因素在不同区域的弹性不同，人口因素在中排放区域对二氧化碳排放具有消极影响，但是在低排放区域和高排放区域具有积极作用，在不同区域中技术进步的弹性系数都为正，相对而言，在低排放区域弹性系数最大③；李忠明、孙耀华（2011）在IPAT公式的基础上，利用我国1999-2008年的数据对省域碳排放进行分析。结果显示不同因素在各省作用大小不同，但总体来说各省碳排放总量都在增加④。对碳排放进行省域聚类分析的比较少。任志娟（2014）从多远统计视角利用多指标面板聚类分析方法，选用能够反映能源消耗和经济状况的指标，利用2003-2010年的样本数据对全国30个省（市）划分为区域，然后对划分的五个区域进行区域差异分析和减排机制研究⑤。

由此可见，学者对于碳排放的影响因素中所选取的指标主要由经济效应、能源结构效应、能源效率效应和人口因素等。国内外学者关于这方面的研究大都集中在影响因素及其路径研究上，并且所作的分析比较全面，但是很难从行业和区域的角度寻求低碳减排的理论指导。

### 二、碳排放与经济增长之间关系研究

探究二氧化碳排放和经济增长是否遵循“环境库兹涅茨曲线假说”

（Environmental Kuznets Curve, EKC）是目前关于这方面的主流研究。描述二者关系的环境库兹涅茨曲线（EKC）是由经济学家古斯曼和克鲁格（Grossman &

Keuger，1991）提出来的，主要描述了环境质量会随着经济水平的发展先恶化而

① 刘华军，赵浩．中国二氧化碳排放强度的地区差异分析[J]．统计研究，2012（6）：46-50.

②佟昕，陈凯，李刚. 中国碳排放影响因素分析和趋势预测[J]. 东北大学学报（自然科学版）, 2015, 36(2): 297-300.

③李国志，李宗植. 中国二氧化碳排放的区域差异和影响因素研究[J]. 中国人口・资源与环境, 2010, 20(5)：22-27.

④李忠民，孙耀华. 基于IPAT公式的省际间碳排放驱动因素比较研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(2)：39-42.

⑤ 任志娟．中国碳排放区域差异与减排机制研究[D]．北京：首都经济贸易大学，2014.

5

后有所改善的经济现象①。从理论的角度考虑，由污染物的扩散性和累积效应，它影响的范围广泛，是全球性的，在碳排放和经济增长之间存在倒U关系的可能性不大。

国外环境库兹涅茨曲线的研究较早，但得到的结论却各不相同。部分研究在接受EKC假说的前提下，利用截面数据来拟合二次或三次曲线，在此基础上算出临界点收入；但是有些学者提出这种方法只有应用在单个国家或者地区时才有意义（Roberts and Grimes 1997），对所有国家（地区）采用截面或综列数据暗含了这些国家遵循相同的发展路径，这显然是不合理的②。Selden and Song

（1994）采用面板数据模型对环境质量和人均收入之间关系进行研究，结果显示，它们之间存在着倒U型的EKC曲线③。对于环境库兹涅茨曲线的研究，有些学者的研究结论和这些大有不同，Friedl and Getzner（2003）对奥地利1960-1999 年的样本数据进行研究发现经济水平和环境质量之间存在着立方关系④。Richmond and Kaufmanm（2006）对世界经济发展组织的成员国和非成员国进行研究，结果表明成员国的二氧化碳和收入之间存在由转折点的EKC曲线，而非成员国则不存在这种曲线关系。

国内对经济增长和环境质量的研究起步较晚，部分的研究结果表明经济增长与碳排放之间并非都是呈现倒“U”关系。付加锋等（2008）从生产和消费视角分析1990-2004年间44个国家是否存在环境库茨涅兹曲线（EKC），研究显示单位GDP 和二氧化碳排放量呈现出显著的倒“U”形状⑤。许广月和宋德勇

（2010）基于我国省域面板数据进行研究，结果表明在经济发达的东部和中部地区存在环境库兹涅茨曲线，而相对落后的西部地区经济发展和碳排放量之间则不存在倒“U”曲线⑥。刘艳丽（2015）从一个新的视角研究经济增长和环境质量之间动态关系，研究表明在我国城镇化约束下，城镇化不仅可以促进经济增长，也能降低二氧化碳排放。随着城镇化水平的提高，二者之间具有明显的促进关系，但是当城镇化达到一定程度时，由于产业结构升级和能源消费结构变化，二氧化碳排放量的增加会对经济产生阻碍作用⑦。

①Grossman, M and Kreuger,. Economies impacts of a North American free trade agreement[J]. NBER Working Paper. 1991: 391.

②Roberts JT, Grimes P. E.. Carbon intensity and economy development 1962-1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve[J]. World Development, 1997, 25: 191-198.

③Selden T. M. and Song D.,1994," Enviromental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions", JournalofEnviromentalEconomicAnd Management, vol.27, PP.147-162.

④Friedl B., Getzner M.,2003." Determinants of CO2 emissions in a small open economy". Ecological Eeonomscs, vol. 45(l). PP.133-148.

⑤ 付加锋， 高庆先， 师华定. 基于生产与消费视角的CO2 环境库茨涅兹曲线的实证研究[J]. 气候变化研

究进展, 2008, (6):15-20.

⑥许广月，宋德勇. 中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究：基于省域面板数据[J]. 中国工业经济, 2010(5)：74-81.

⑦ 刘艳丽. 城镇化约束下的二氧化碳排放与经济增长关系分析[J]. 统计与决策, 2015，（18）：145-148.

6

由学者们的分析可见，经济发展和碳排放之间的关系呈现出不同的形状，这可能跟各个国家的环境、政策和产业等的不同有关系，即使是同一个国家，这些政策也不是一成不变的，这些都会影响到所做研究的结果。碳排放与经济发展之间的关系是复杂的，这些研究的结论只能作为我们分析二者间的关系的一个参考。

## 第三节 本文的研究方法和框架

### 一、本文的研究方法

（1）研究考虑了空间相关性，对经济增长和二氧化碳排放的动态关系做出了分析。

（2）在进行区域间二氧化碳排放因素分析时，采用了面板数据模型，建立了长期均衡方程，刻画了各个因素与人均碳排放量的长期均衡关系；建立误差修正模型，给出了短期动态关系。并在此基础上进行区域比较，给出针对不同区域的政策建议和指导方针。

### 二、本文的研究框架

第一部分引言：对本文的选题背景和研究意义进行阐述，引出温室效应的影响和国际上对于二氧化碳排放问题的关注，并对国内外相关文献进行了综述，简介研究框架。

第二部分从理论角度分析了关于碳排放影响因素的研究来源，结合我国的实际国情确定本文研究的影响因素，为本文的研究提供理论支撑。

第三部分我国区域碳排放影响因素的实证分析：本章首先介绍了我国近年来的二氧化碳排放现状，对我国2000-2012年的二氧化碳排放总量做出估算；

采用聚类方法将我国30各省（市）划分为四个区域，然后利用面板数据建立长期均衡模型和误差修正模型，研究各个因素的长期和短期作用。

第四部分二氧化碳排放与经济增长的状态空间模型：本节分析国内生产总值对二氧化碳排放量的动态影响，运用变参数的状态空间模型研究二者间的动态关系。

第五部分结论及政策建议：对实证分析结果进行分析并提出相应的政策建议，最后在总体宏观上为我国经济的低碳发展提出指导意见。

本文的研究路线如图1-1所示：

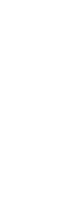
7



长期均衡模型



误差修正模型



实证分析

图1-1 研究路线图



碳排放影响因素理论分析

区域碳排放影响因素实证分析

碳排放与经济增长关系研究

相关研究成果综述

主要结论和政策建议



状态空间模型

## 第四节 本文的创新与不足之处

### 一、本文的创新

国内对碳排放与经济增长、碳排放影响因素的文献众多，结论各有不同，但是对于省域数据进行此类的研究不多。本文在以往文献研究的基础上，结合我国目前的二氧化碳排放和经济现状，在研究二氧化碳影响因素时，考虑了体现城镇化水的城镇人口比重这一指标，研究我国城镇化进程对碳排放量的影响；在进行区域间二氧化碳排放因素分析时，不仅研究了各个因素长期影响，同时也给出了短期动态关系；在研究碳排放和经济增长关系时，从空间相关性的角度对二者的动态关系做了分析。

8

### 二、本文的不足之处

本文虽然力求对所研究问题分析透彻完整，但是由于自身写作水平有限，难免会有不周全之处。本文的不足之处：

（1）本文研究所使用的样本数据较多，多种渠道搜集数据和资料比较困难，因此收集和整理数据资料是本文写作的一大难点。

（2）指标体系不够完善。本文遵循数据准确性和可得性原则，可能造成所选指标不够全面。

（3）由于个人写作水平有限，文章结构和理论系统性还有待提高。

9

# 第二章 区域碳排放影响因素理论分析

## 第一节 经济发展对碳排放影响的相关理论

### 一、环境库兹涅茨曲线

诺贝尔经济学奖获得者西蒙库兹涅茨（Simon Kruznets）在1955年提出了关于收入分配的库兹涅茨曲线（KC）：“倒U假说”。在1991年美国经济学家

G. Grossman和A. Kureger首次将库兹涅茨理论运用到环境领域。环境的库兹涅茨理论表述为经济增长和环境污染之间会呈现出倒“U”型的关系，即环境质量随着经济的发展会表现出先恶化然后好转的趋势。在这之后，库兹涅茨曲线在环境问题中的运用越来越广泛。

环境库兹涅茨曲线（EKC）这一概念是在1993年由Panayotou提出，该假说认为经济增长与环境污染之间表现为“倒U型”的曲线关系，并将其划分为三个阶段：在某个区域的经济发展初期，由于经济快速发展和人口增长的需要，人们通常会以牺牲环境为代价来获取经济稳步发展；等到经济发展到一定水平，以科学技术为主的产业对经济起着巨大的驱动作用，技术水平的不断进步也使治污能力提高，污染物的排放也在逐步减少，到了一定稳定阶段后环境与经济会相互协调发展。

环境库兹涅茨曲线的内在假定是政府无需干预环境政策，市场会自动调节环境污染问题。但是在完全没有政府政策干预的情况下，任由市场自动调节的情况而达到均衡发展的进程会明显延长，这在很多研究中都有体现。这是因为在无政府政策干预之下的市场经济体制会导致要素价格扭曲进而导致技术进步障碍，然后会对环境和经济产生不利影响。而在现阶段，环境质量低下最明显的表现就是温室效应，这是以二氧化碳为代表的温室气体大量排放造成的。这也是本文选择二氧化碳排放作为环境质量指标的原因。

### 二、经济发展影响碳排放的途径

在1991年，G. Grossman和A. Kureger揭示了经济发展对环境质量的影响途径：“规模效应”对环境质量的影响主要表现在两个方面：一方面是经济规模不断扩大需要消耗更多的资源，从而造成环境质量下降；另一方面在在经济规模和人们生活水平不断提高的同时人们对良好生活环境也有了要求，愿意牺牲一定的代价换取更好的生活环境。“技术效应”对环境质量影响表现在提高了生

10

产效率和能源的使用效率，并且治污技术不断地开发利用，有效地减少污染排放进而使环境质量提高。“结构效应”的影响表现在经济结构从之前的农业经济向能源资源密集型重工业转变，虽然加速经济发展却导致了环境污染，但是随着经济逐渐向低污染的服务业和知识密集型产业转变，经济结构发生变化，碳排放水平逐渐降低，环境质量得到改善。这些影响途径可以具体地划分出很多影响因素，但是有一些因素是比较重要的，在探讨经济发展与碳排放的关系时必须要考虑。

#### （一）经济增长对碳排放的影响

一个国家或地区经济发展的重要衡量标志是经济增长，经济增长是经济发展的直接表现。根据环境库兹涅兹曲线，在经济增长的过程中需要消耗大量的化石能源，产生大量的污染物，我们可以判断一个国家的环境质量随着经济工业化和经济增长而逐渐下降。随着经济不断发展，以科学技术为主的产业对经济起着巨大的驱动作用，技术的不断进步也使治污能力提高，污染物的排放也在逐步减少，碳排放也不断减少。近年来发展中国家的经济快速增长，二氧化碳排放在迅速增加，在未来一段时间内需要有足够的碳排放空间使经济水平达到发达国家的水平。所以在经济不断增长的同时，碳排放量也在不断地积累。

#### （二）产业结构对碳排放的影响

经济的不断发展必然会使产业结构发生变化，产业结构的变化必然会影响二氧化碳的排放。以工业为主的第二产业是二氧化碳排放的主要产业，第二产业占总产值的比重越高，对环境的威胁越大，二氧化碳排放也就越多。产业结构的不断调整是同经济发展阶段相适应的。在经济发展的过程中，劳动力会由以农业为主的第一产业转向以工业为主的第二产业，随着经济的继续扩张和发展，以服务业为主的第三产业占据主导地位，在这个过程中碳排放在总量上会不断增加，但是在增长速度上会有所减缓。经济越发达的国家和地区，第一产业规模越小，第二、第三产业规模越大，相对来讲第二产业比重较大的国家碳排放量也越大，即第二产业比重与碳排放存在正向相关关系。随着产业结构的调整和发展，经济系统的碳排放也会随之发生变化。我国处在经济快速发展阶段，跟经济发达国家相比，我国的产业结构是以工业为主的第二产业占总产值的比重相对较高，这就决定了在一定程度上我国碳排放量水平较高。

#### （三）城市化水平对碳排放的影响

一个国家和地区的城市化水平与该国的经济发展程度密切相关，在中国城镇化是基于中国当前的基本国情和发展现状发展起来的。城镇化是农业发展的必然结果、是社会经济发展的产物、是平衡区域发展差距的必然选择。我国正处于城市化的初期，必将会投入大量的能源资源进行基础设施建设，在这个过

11

程中必将大大增加二氧化碳的排放。同时人们生活习惯的改变也会增加二氧化碳的排放量。

#### （四）技术水平对碳排放的影响

技术水平的提高是经济发展对社会进步最大的贡献，科学技术不仅是经济发展的内在动力，也是人类社会发展的动力。在保护环境和治理环境污染方面，技术水平发挥了显著有效的作用，改善了环境质量，降低碳排放。在维持当前经济快速发展的状态下，技术进步通过开发清洁技术、提高能源利用效率、降低单位产出能耗等手段，减少了经济在发展的过程中对环境的损害，从根本上有效的解决我国高能耗和高污染问题。

在关于经济发展如何影响环境的研究越来越多，尤其是近年来随着温室效应对全球人民的生产和生活产生了重大不利影响。还有很多其他的影响因素，比如工业结构、对外贸易等等，但是由于有些数据的难以准确的查找，对实证分析缺乏数据支持。

## 第二节 能源对碳排放影响的相关理论

### 一、能源经济理论

能源经济学的主要研究任务是为国家有针对性的制定能源发展方针和规划政策提供实证和理论依据，是理论研究和实践相结合的产物。

从具体研究内容来讲能源经济主要研究以下几个方面：（1）关于能源价格和能源供求、能源结构等关系的研究，即能源价格冲击的研究；（2）能源价格对技术创新的诱导和激发作用，最终是否能够提高能源利用率，即诱导技术创新的研究；（3）研究能源市场供需状况怎样受微观经济个体（家庭、企业）的消费行为影响，即微观主体对能源消费的影响；（4）能源价格波动如何影响能源期货市场，即能源期货市场研究；（5）探究能源对经济、产业结构和环境的影响，主要是构建模型对动态关系进行分析研究，即能源消费和环境的均衡关系研究。从具体发展历程来讲能源经济主要经历了三个阶段：第一阶段是1920年之前，研究对象主要是具体的能源（如煤炭、石油等）的开发和有效利用阶段，这一阶段形成了能源工业经济学；第二阶段是在1970年左右，主要关注的

是能源消费和经济增长的相互关系；第三阶段是20世纪80年代以后，开始关注由于能源的开发和利用对外部生态环境的影响以及对经济发展的长期作用。从系统角度来讲，能源消费、经济增长和碳排放是一个相当复杂的整体，能源作为生产要素之一投入到经济建设中，以此促进经济增长。与此同时由于能源

12

消费会使生态环境遭到污染，碳排放量增加，这样能源消费、经济增长和碳排放三者间就形成了一个复杂的系统，且这个系统是能源、环境和经济关系的一个典型的子系统。

由于经济的发展和社会的进步，全球各个领域都发生了巨大的变化。在能源方面，清洁技术的使用和新能源的开发逐渐改变着人们的生活习惯和生活环境。我国在能源领域的研究主要集中在：能源消费和经济增长的关系、能源的优化配置、能源价格体制、能源使用和环境污染的关系、能源消费的产业结构和能源战略等，这些研究在我国经济快速发展、工业化和城镇化进程以及污染治理等方面都有着非常重要的意义。

### 二、能源对碳排放的影响机制

环境是一种非常重要的资源，可以把它理解为土地、水、空气等单个要素以及他们以不同方式组合在一起的环境状态，这是环境的自然资源属性；也可以理解成自然界吸收、消化和净化环境污染的能力，这是环境的资源属性。由此可见，人们的生活和工作场所是由环境系统提供，环境系统还为经济系统提供物质和能量保障，可以直接对经济发展起到推动作用。但是当经济系统的发展导致资源枯竭和生态环境，超过环境系统的承载能力，这是环境系统就会反作用于经济系统，阻碍经济的发展。能源为经济发展提供动力，经济增长在很大程度上依赖于能源消费，并且经济增长又能进一步带动能源的大量消耗。但是这种正向的作用只有在能源消费和经济增长之间保持在合理的范围内才会产生，否则经济发展就会受到严重的阻碍。同样，在能源消费的过程中，如果不合理大量开发和粗放使用，不仅会造成不可再生能源的枯竭，还会对生态环境造成不可逆转的毁坏。环境一旦遭到污染，污染物会以气体污染的形式造成酸雨、温室效应等，以液体和固体的形式污染生活必需的物资，造成城市质量下降。

能源消费、经济增长和碳排放三者相互作用，形成一个复杂的系统。在能源消费的过程中，尤其是那些能够产生大量污染物的能源在消耗的过程中，虽然有助于经济发展和社会进步，但是也在很大程度上破坏了环境，增加了碳排放。在协调经济快速发展和生态环境的关系方面，我们要努力做到协调发展。其中高效利用能源和使用清洁能源是我们今后要关注的重点。探究能源消费与经济增长的关系和能源消费与碳排放的作用机制，对今后我们更好的发展经济，制定能源发展战略和节能减排都有着重要的意义。

可持续发展是一个新的发展观念，它的基本观念是在保持适度经济发展和实现经济结构优化的同时保证资源的可持续利用和良好的环境保护。可持续发

13

展理论充分体现出了作为经济发展重要物质基础的能源、作为人类赖以生存的空间环境和人们生活水平保障的经济三者之间的密切关系，即能源、环境和经济增长是一个相互影响的系统，这个系统内部间的协调发展是实现可持续发展的关键。

## 第三节 城镇化对碳排放影响的相关理论

### 一、城镇化的内涵

城镇化又被称为城市化，是农业发展的必然结果、是社会经济发展的产物、是平衡区域发展差距的必然选择。由于不同学科的研究对象和出发点不同，他们对城镇化的定义也不相同。地理学将城镇化定义为人口在地域空间的转移过程，主要包括新城镇区的形成、城镇空间扩张和城镇布局的集约化和高效化；人口学认为城镇化的主要表现是农村人口向城镇转移的过程；经济学则认为城镇化是技术发展、产业结构调整和社会发展到一定程度时，社会由以农业活动为主的乡村型社会向以工业和服务业为主的城市新社会转换的过程。因此，城镇化不仅仅是城镇在地域上的集中和扩张的过程，也不仅仅是简单的农业人口转化为城镇人口，也包括生活方式的改变、基础设施的完善、人类社会文明的发展。

不同学科对城镇化的内涵理解不同，所以学者们在做研究时选取不同的指标对城镇化水平进行衡量。最常见的衡量方法是人口比重法，它包括非农人口比重法和城镇人口比重法。非农人口比重是指非农业人口在总人口中所占的比重，虽然用非农人口比重这一指标能够较好的体现该地区或国家的人口结构关系、准确把握城镇化的进程，但是这一方法的难点在于不能够清楚地界定农业人口和非农业人口；城镇人口比重是指城镇人口占总人口的比重，由于城乡人口易区分、以及该方法简单易用，所以城镇人口比重法衡量城镇化水平在很多研究中得到了广泛的应用。还有些学者采用与城镇化关系密切的指标衡量城镇化水平，比如地区产出状况和产业结构等。这些方法都各有利弊，目前在国内外广泛使用的通常是单一指标法，所以本文采用城镇人口比重法衡量城镇化水平。

基于中国当前的基本国情和发展现状，城镇化是农业发展的必然结果、是社会经济发展的产物、是平衡区域发展差距的必然选择，中国必须坚定不移地走城镇化道路。目前我国的能源结构主要以煤炭为主，随着城镇化建设的推进，必然会需要消耗大量的能源和资源，这在很大程度上会加剧环境污染。我国在

14

发展经济的同时，低碳减排政策和战略转型目标绝对不能动摇。因此，我国要在保障发展的前提下实现低碳减排，寻求经济发展和环境保护二者间得平衡点。

### 二、城镇化对碳排放的影响机制

城镇化对碳排放的作用机制相当复杂，这种作用机制涉及到很多方面。城镇化主要通过经济水平、产业结构调整和消费结构变化等方面对碳排放产生间接影响。

#### （一）经济水平对碳排放的影响

从经济学的角度来看，城镇化是技术发展、产业结构调整和社会发展的一定程度时，社会由以农业活动为主的乡村型社会向以工业和服务业为主的城市新社会转换的过程，尤其是指资本和劳动力等生产要素的的转换。城镇化和经济水平之间的作用是相互的，城镇化能够促进经济水平的提高，经济水平的提高反过来能够加快城镇化的进程。本节主要阐述城镇化通过促进技术进步、投资增加和人力资本积累等方面来影响经济水平，进而对碳排放产生一定的影响。

城镇化具有技术进步效应，城镇的聚集效应使城镇拥有对技术创新有利的资源条件和社会环境，从而能够促进技术创新，技术进步能够提高经济效率，进而提升经济水平。城镇聚集了高智商人才，便于知识的交流从而推动技术创新。城镇汇聚了专业化的企业，有利于资源和信息共享，产生正向的外部效应。技术进步通过开发清洁技术从而降低单位产出的碳排放和提高能源利用效率进而减少碳排放两种途径影响碳排放。技术进步在使经济规模扩大的同时会使能源消费需求增加，这在一定程度是也会使碳排放增加。城镇化会对投资增加产生乘数效应，由于城镇化，农村的富余劳动力会向城镇聚集，这不仅会是住房需求增加，还会使进入城镇的人们消费水平增加。我国的经济发展以投资和消费增长为主导，城镇化必然会通过投资增加促进经济发展，增加能源消耗，从而促进碳排放。新古典经济学的内生经济理论认为人力资本的形成和积累会形成技术扩散和知识外溢。城镇化提高了更多的就业机会，使居民对人力资本投资的意愿增加；城镇化提高了居民收入，促进人们对教育的投资，加速资本的积累。人力资本的积累又会促进技术创新和技术扩散，从而提高能源利用率和开发新能源，加快经济增长方式转变，从而减少能源消耗和碳排放。

#### （二）产业结构调整对碳排放的影响

城镇化过程促进了非农产业的发展，促使该地区的产业结构由农业向以工业为主的第二产业和以服务业的为主的第三产业升级，从而大幅促进经济增长。城镇化实际上也是产业集聚和升级的过程。以服务业的为主的第三产业在整个产业结构的比重越高也就意味着城镇化水平越高。这两个产业对城镇化扩张具

15

体表现为：工业的发展促进城镇数目及规模的增加，第二产业促进城镇化进程量的增加；服务业的发展完善了城镇基础设施和提升人民的生活质量，第三产业则是促进产业结构质的提升。城镇化通过产业的聚集效应和规模效应加快了产业结构升级，使生产资源流向附加值较高的产业。作为物质生产部门的第一产业和第二产业，生产技术对其能源消耗量和消费结构有着较大的影响。第三产业作为非物质生产部门，大都是劳动密集型和知识密集型产业，对能源的需求相对较低。由于城镇化，目前还兴起了一些如电子、信息和生物等的低碳产业，这些产业在生产过程中碳排放量非常低。

#### （三）消费结构变化对碳排放的影响

城镇化对居民消费结构的影响主要体现在改变消费观念。随着城镇化进程的加快，越来越多的农村居民转移到城镇，由于居住环境的改变，人们对商品能源比如煤炭、石油和天然气等的需求增加。随着城镇居民收入水平的提高，城镇居民的消费特征逐渐渗透到农村，居民除日常的基本消费外还对汽车、旅游和电子设备等的消费需求增加，从而增加了消费用能，进而促进碳排放。在城镇化进程中由于工业规模递增效应导致经济快速发展，使得居民生活水平和消费能力不断提高，这在一定程度上会吸引更多地农村剩余劳动力向城镇转移，不断推动城镇化的发展。

## 第四节 **FDI**对碳排放影响的相关理论

### 一、“波特假说”

“波特假说”核心观点是：企业在严格的环境规制下会积极地进行清洁产品的研发创新和生产活动。Perkins和Neumayer（2008）利用动态面板数据模型对114个国家的碳排放进行分析，实证结果显示了外商直接投资通过提高能源利用效率，产生技术溢出效应，从而减少碳排放量①。

跨国公司在技术水平、研发能力等方面都跟本土企业有着很大的差别，从这个角度考虑，经济发达国家的对外投资可以给东道国的本土企业带来先进的技术水平和优秀的研发能力，进而形成清洁生产。生产技能的提升和产业结构的优化都依赖于技术进步，这也有利于环境保护，降低碳排放。“波特假说认为”外商直接投资不仅能够带来技术转移，还会给被投资国带来明显的技术溢出效应，产生竞争效应和示范效应。外商直接投资不仅能够促进科技人才交流，促

① R. Perkins, E. Neumayer, " Fostering Environment-efficiency through Transnational Linkages?

Trajectories of CO2 and SO2,1980-2000," Environment and Planning, Vol.40, No.12(2008), pp.2970-2989.

16

进本土企业开展研发创新活动，还能为设备更新提供资金支持，同时也能带动本土企业主动学习先进的技术和管理经验，提升自身竞争水平。此外，外商直接投资还能通过专业化分工促进全球生产经营和污染治理的规模效应。

### 二、“污染避难所假说”

发展中国家在接受外商直接投资时虽然促进了经济增长，但是也给自身带来了巨大的能源和环境压力，比如能源日益枯竭和环境急剧恶化等。“环境避难所假说”理论是由Walter和Ugelow最早提出的，该假说认为外商直接投资的规模效应会带来环境恶化①。“污染避难所假说”认为发展中国家环境管制标准较低，发达国家环境管制要求较为严格，环境管制标准的差异会使各国在环境成本上有很大的不同。

“污染避难所假说”解释外商直接投资流入的一个重要原因就是环境规制标准的差异。该假说基于经典的国际贸易理论，在赫克歇尔-俄林模型中引入了环境要素。由这个分析框架得出发达国家环境资源比较稀缺，环境管制标准较高，生产成本和环境成本也相对较高；相反，欠发达地区的环境要素丰富，环境规制门槛低，对污染物的排放限制较少，环境成本相对较低。企业在追求利润最大化时会将污染密集型的产业转移到那些欠发达的国家，这样发达国家通过外商直接投资的形式将环境污染和碳排放直接输送到被投资国。此外，由于经济的压力，许多发展中国家也会主动降低这种碳排放标准来谋求经济的发展。有些国家为了吸引外资会以牺牲环境为代价。这样对于外资公司来讲可以使用低廉的劳动力和原材料提升经济利润的同时降低了环境成本。在这种情形下，发展中国家就很可能以牺牲生态环境为代价换取经济的发展，成为污染避难所。

从理论上来讲较高的环境规制标准会使生产成本和环境成本提高，为了追求利润最大化，投资方会实施跨境污染转移，将高排放产业转移到经济欠发达地区，使这些经济欠发达地区逐步成为污染的聚居地，成为发达国家的“污染避难所”。较高的环境规制标准提高了生产成本，投资会聚集到环境规制薄弱的国家，从而就产生了“污染避难所”。外商直接投资还会产生规模效应，这些外资的流入会促进被投资国的经济活动，需要更多资源的投入，也会产出更多的污染物，使这些地区的生态环境状况更加恶劣。

### 三、产品生命周期理论

产品生命周期理论是用产品生命周期的变化来解释跨国公司产业转移的现象，是由美国学者雷蒙德弗农在研究跨国公司的投资行为的基础上创立的。他

① J. Water, Judith Ugelow. Environment Policies in Developing Countries [J]. Ambin, 1979, 8 (23).

17

认为一个新的产品的产生要经过四个阶段，即引进期、成长期、成熟期和衰退期。在这个过程中，由于经济条件、技术水平等客观条件的差异，不同的国家经历的时间和过程肯定存在着差异。由于技术水平的差异，不同的国家在这期间会存在一个时差，而恰恰是这个时差决定了这一产品在不同市场上的竞争能力。

从产业结构和产业升级的角度来研究，处在产品生命周期理论衰退期的产品大都是不存在技术优势、污染密集和能源消耗量大的产品。为了优化产业结构和产业升级，获得最大利润和降低生产成本，有条件的国家会发展产业的国际转移。这些处于衰退期的高污染行业的转移就会将目标聚集在那些有着相对投资优惠政策的低收入国家和地区。根据产品生命周期理论，我们可以对产品的各个阶段进行分析并预测发展趋势，为寻求下一个目标市场做准备。

伴随着衰退产业的国际转移对被转移国家造成的生态污染更值得关注。发达国家在进行新一轮的产业结构和产业升级时，他们会通过外商直接投资的形式大规模地将高能耗和高污染的产业转移到经济欠发达地区和国家，毋庸置疑，这些变化将对东道国的生态环境造成很大的负面影响。对于发展中国家来说，为了发展经济，他们吸收外资的准入门槛很低，这也在一定程度上促进了发达国家的产业转移，进而导致对自身国家的环境破坏。

外商直接投资对碳排放区域内产生技术溢出效、示范效应和竞争效应，提高该地区的技术水平使碳排放量减少；经济发达国家又通过外商直接投资本国的碳排放转移，以此降低国内碳排放，增加东道国的碳排放量。外商直接投资会对东道国的碳排放产生正向作用的同时也会产生消极的作用。

## 第五节 本章小结

通过本章之前的分析，我们可以看出在经济发展、能源、城镇化和外商直接投资对碳排放的影响作用中，有一些具体的因素是互相关联的，比如经济发展、技术进步和产业结构等。在我国，邓吉祥等（2014）将人口规模、经济发展、能源强度和能源结构作为碳排放总量的影响因素，经济发展对碳排放影响为正并且程度最大；能源强度对碳排放有最强负影响；人口规模对包含直辖市的区域的碳排放有较大的正向影响；对经济结构调整活跃地区，能源强度对碳排放有较强的抑制作用①。根据前人的研究成果，鉴于我国近年来城镇化进程的加快，必将会伴随着大规模的基础建设，这些都会大大增加二氧化碳的排放。

① 邓吉祥，刘晓，王铮．中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解[J]．自然资源学报，2014

（2）：189-200.

18

因此本文在前人研究的基础上将衡量城镇化进程的城镇人口比重这一指标也列入了影响因素。有前文分析可知二氧化碳的排放同经济增长和能源消费的关系密不可分，因此本文中我们所选取的二氧化碳排放的影响因素主要由经济增长、产业结构、能源效率、能源结构、城镇人口比重和外商直接投资这六个。

（1）经济增长通常用一国人均国民生产总值来表示。经济的发展离不开各种能源资源的使用，这必然会导致二氧化碳排放的增加。经济增长规模越大，能源消费也越大，二氧化碳的排放也随之增加。

（2）产业结构对二氧化碳排放的有着重要影响。为物质生产部门的第一产业和第二产业，生产技术对其能源消耗量和消费结构有着较大的影响。第三产业作为非物质生产部门，大都是劳动密集型和知识密集型产业，对能源的需求相对较低。我国正处于工业化经济的中期阶段，优化产业结构可以有效地减少碳排放。

（3）能源强度即单位产出能耗，衡量能源利用效率。技术进步水平越高，使用能源时的浪费越少，效率越高。反之则会带来大量能源浪费和二氧化碳排放。

（4）能源消费结构对二氧化碳排放有着重要影响。在经济建设的过程中需要投入大量的能源资源，所使用的能源含碳量决定着我国的碳排放量。一直以来我国的能源消费都是以煤炭为主，这必然导致碳排放量的增加。虽然近年来我国也在逐渐开发和使用新能源，但同发达国家相比，我国还存有很大的减排空间。

（5）在城市化的进程中，必然会投入更多的能源资源进行基础设施建设，这必然会大大增加二氧化碳的排放。城市化也改变着人们的生活习惯，加大了能源消费量，进而使二氧化碳排放量增加。

（6）根据外商直接投资影响碳排放的理论，较高的环境规制标准会使生产成本和环境成本提高，为了最求利润最大化，投资方会实施跨境污染转移，将高排放产业转移到经济欠发达地区，使这些经济欠发达地区逐步成为污染的聚居地，成为发达国家的“污染避难所”。我国处于经济发展的重要时期，需要引进大量的外资进行经济建设，这些对二氧化碳排放都有显著的影响。

19

# 第三章 区域碳排放影响因素的实证分析

## 第一节 我国二氧化碳排放现状

我国是世界上最大的发展中国家，在经济快速增长的同时伴随着大量的化石能源消耗，由此产生的二氧化碳量也是急剧增加。根据世界银行WDI数据库的资料显示我国在2006年的碳排放量超过美国的5753.15百万吨，成为世界上

二氧化碳排放量最大的国家。图3-1给出了我国从1960年以来的二氧化碳排放

总量，可以看出，近年来我国的二氧化碳排放量迅速增长，尤其2002年起增长更为迅速。

9,000

CO2

8,000

7,000

6,000

5,000

4,000

3,000

2,000

1,000

0

60 65 70 75 80 85 90 95 00 05 10

图3-1 我国1960-2010年各年份的CO2排放总量（单位：百万吨）

数据来源：世界银行WDI数据库

我国二氧化碳排放的现状如下分析：

1.目前，我国的二氧化碳排放量在世界上居首位。我国在2010年的二氧化碳排放量为8533.018百万吨，占到世界排放总量的25%。随着经济的增长，能源需求量的不断增加，我国二氧化碳排放总量还将增加，据国际能源机构预测，

20

中国和印度将成为未来世界碳排放量增加的主要来源国。

表3-1 2010年世界主要国家碳排放指标比较

| 国别 | 碳排放总量  （百万吨） | 人均碳排放量  （吨/人） | GDP 碳排放强度  （千克/美元） | 能源的碳排放强  （吨/吨标准油） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 世界 | 46649.36 | 6.295 | 0.884 | 3.380 |
| 中国 | 8533.018 | 5.943 | 3.794 | 4.404 |
| 美国 | 7832.194 | 21.474 | 0.543 | 3.925 |
| 俄罗斯 | 3536.099 | 11.708 | 4.242 | 3.854 |
| 日本 | 3253.517 | 9.634 | 0.341 | 3.410 |
| 印度 | 3611.042 | 2.323 | 3.831 | 3.080 |
| 加拿大 | 756.884 | 15.876 | 0.746 | 3.674 |
| 英国 | 739.176 | 9.418 | 0.531 | 3.516 |
| 德国 | 987.291 | 10.700 | 0.490 | 3.567 |

数据来源：世界银行WDI数据库

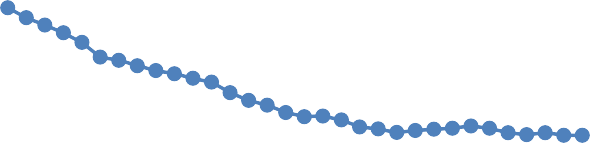
2.我国人均碳排放量同发达国家相比较低。我国的二氧化碳排放总量较大，但是由于我国人口众多，相对来讲人均二氧化碳排放量较低，跟世界碳排放平均水平相近。由表3-1可知，在2010年我国的人均碳排放水平为6.295吨/人，还不到美国、俄罗斯和日本等经济发达国家人均碳排放水平的一半。

3.我国单位产出的碳排放强度较高，但是在逐年降低。在过去一些年间，随着我国经济的发展和技术的进步，我国对产业结构和能源结构进行了适当的调整，使得GDP碳排放强度有所下降。图3-2表示我国1990-2012年以来的

GDP碳排放强度的变动趋势图，虽然在2003年左右有所回升，但是总体呈现出不断下降的趋势。由于我国在进一步发展低碳经济，所以长期来看这一指标将会继续降低。

21

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |



碳排放强度(购买力）

3.0000

2.0000

1.0000

0.0000

1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

图3-2 我国1990-20012年GDP碳排放强度变动

4. 能源的碳排放强度指的是单位能源消耗所产生的二氧化碳排放量，跟世界上其他国家相比，我国能源的碳排放强度比较大，超出了世界的平均水平。由表3-1可以看出，2010年我国的能源强度水平比世界平均水平高出4.024%，这是由于我国的能源结构中煤炭比重较大，而煤炭的碳排放系数也比较大。虽然近年来对煤炭能源的消费量有所下降，但是其主导地位未曾改变，所以会出现能源的碳排放强度较高。

## 第二节 碳排放量的估算及区域的划分

### 一、我国各省（市）碳排放量的估算

对于碳排放量测算国际上暂没有统一的方法。我国现有的各种统计资料并不直接提供地区和行业层面的二氧化碳排放量的数据，现有的文献在计算地区二氧化碳排放量的数据时主要有两种方法：一种是按照分地区的能源平衡表中的各个地区的煤合计，油品合计和天然气的消费总量来计算二氧化碳排放量，用各种能源的消费总量乘以对应能源的碳排放系数，得到每一个地区的二氧化碳排放量（刘明磊等2011；蒋金荷2011）①。这种方法相对粗糙，因为煤和油品中有各种具体不同类型的细分能源，其碳排放系数都是不相同的，将其不加细分的用一种能源的碳排放系数去计算，会有较大误差。另一种方法是按照分地区能源平衡表上的28种一次能源的终端消费量来计算二氧化碳排放量，但是在选择具体细分能源时有所不同。由于考虑到数据的可得性及精确性，本文采用《2006年IPCC国家温室气体清单指南》②介绍的方法1对我国30个省市区

（除西藏、港澳台地区）的二氧化碳排放量进行测算③。测算对象分为化石燃料

① 蒋金荷．中国碳排放量测算及影响因素分析[J]．资源科学，2011，33（4）：597-604.

②IPCC.2006," Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume2 Energy", httP: // [www. ipcc-nggip. iges. or. jp/public/2006gl/](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/) vol 2. html.

③ 赵耀昌， 我国碳排放影响因素的实证分析[D]．大连：东北财经大学.2011

22

燃烧和水泥生产过程的排放两部分。其中化石燃料燃烧选取2000-2012年间各省的煤炭、各类石油、焦炭和天然气消费量进行测算，水泥生产过程则选取2000-2012年间的各地区水泥总产量进行测算。具体计算方法如下：

化石燃料燃烧的CO2 排放=建议碳排放系数×燃料使用 量

（3.1）

水泥生产过程的碳排放=水泥生产量×熟料的排放因子×75%

（3.2）

其中建议碳排放系数=原始排放系数×我国热值×碳氧化因子；熟料的排放因子=0.52吨CO2每吨熟料。

表3-2 CO2排放系数表

| 能源名称 | 标准煤系数  （kgce/kg） | 单位热值含碳量  （t-c/TJ） | 碳氧化率 | CO2 排放系数  （kg-CO2/kg 或  kg-CO2/m3) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 煤炭 | 0.7143 | 26.37 | 0.94 | 1.900 3 |
| 焦炭 | 0.9714 | 29.42 | 0.93 | 2.860 4 |
| 煤油 | 1.4716 | 19.9 | 0.99 | 3.017 9 |
| 汽油 | 1.4716 | 18.6 | 0.99 | 2.925 1 |
| 柴油 | 1.4753 | 20.2 | 0.99 | 3.095 9 |
| 燃料油 | 1.5286 | 21.1 | 0.98 | 3.170 5 |
| 天然气 | 1.3300 | 15.32 | 0.99 | 2.162 2 |

数据来源：IPCC（2006）及国家气候变化对策协调小组办公室和《省级温室气体清单编制指南》

各个省市的各种能源消费量均来自于《中国能源统计年鉴》，水泥生产过程的碳排放量的数据来源于《中国水泥年鉴》。通过计算可以得到我国30个省（市）

2000-2012年碳排放量的数据，由于西藏数据缺失，不包含在内。

23

### 二、各省（市）碳排放量分析

利用（3.1）式和（3.2）式计算出2000-2012年我国30个省（市）的碳排放量数据，我们分别从以下几个方面对各省（市）的碳排放量进行分析。

碳排放总量

1200000

1000000

800000

600000

400000

200000

0

1.各省市二氧化碳排放总量及其变化趋势

天津

河北 ft西内蒙古辽宁吉林黑龙江上海江苏浙江安徽福建江西 ft东河南湖北湖南广东广西海南重庆四川贵州云南陕西甘肃青海宁夏新疆

图3-5 各省市2000年-2012年碳排放总量（单位：万吨）

数据来源：《中国水泥年鉴》（2001-2013 年）、《中国统计年鉴》、各省统计年鉴（2001-2013年）

对于各省市的CO2排放状况，通过图3-5可以看出：各省（市）碳排放总量差异较大，我们可以根据碳排放量多少将全国划分为四类地区，一类是碳排放总量600000万吨以上的地区，包括ft东、ft西等7省，是高排放的地区。一

类是较高排放量地区，碳排放量在400000万吨至600000万吨之间的包括内蒙

古、浙江等2省；第三类是碳排放量在200000万吨至400000万吨之间的中等

排放量地区，包括黑龙江、上海、云南、安徽等12省；一类是碳排放量在200000

万吨以下，是碳排放量较低的地区，包括江西、青海、广西等9个省（市），海

南省在所有30个省（市）中排放量最小。

2.各省市碳排放强度及其变化趋势

24

图3-6 各省市2000年-2012年碳排放强度均值

碳排放强度均值

14

12

10

8

6

4

2

0

北京

天津

河北 ft西内蒙古辽宁吉林黑龙江上海江苏浙江安徽福建江西 ft东河南湖北湖南广东广西海南重庆四川贵州云南陕西甘肃青海宁夏新疆

全国各省份的碳排放强度差异较大，如图3-6，碳排放强度均值在6吨/万元以上的有5个省份，依次是ft西、甘肃、宁夏、内蒙古、贵州；河北、云南、

新疆等8省碳排放强度均值在4吨/万元到6吨/万元之间；天津、浙江、江西、湖北、ft东等12个省份的碳排放强度均值在2~4吨/万元；北京、江苏、福建、广东等4个省（市）的碳排放强度均值不到2吨/万元，江苏省最小，仅为0.79吨/万元。

人均碳排放量均值

20

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

3.各省市区人均碳排放量及其变化趋势分析

北京

天津河北 ft西内蒙古辽宁吉林黑龙江上海江苏浙江安徽福建江西 ft东河南湖北湖南广东广西海南重庆四川贵州云南陕西甘肃青海宁夏新疆

图3-7 各省市2000年-2012年人均碳排放量均值

在人均碳排放上全国各省份的差异也较大，如图3-7，全省人均碳排放均值在10吨/人以上的有天津、ft西等6各省市，其中ft西的人均碳排放均值高

达17.74 吨/人；北京、河北等12个省（市）的人均碳排放均值在6 吨/人~10

25

吨/人之间；福建、湖南、湖北等5个省（市）的人均碳排放均值在4吨/人~6

吨/人；安徽、江西等7个省（市）的人均碳排放均值在4吨/人以下，广西的

人均碳排放均值最小，为2.95 吨/人。

综上，我们选用碳排放总量，碳排放强度和人均碳排放这三个指标考察了我国各省（市）碳排放量的差异，有些省份碳排放比较接近而有些省份差异较大。接下来我们对30个省（市）的碳排放进行区域划分，进而考察不同区域的碳排放差异及其变化。

### 三、区域的划分

我们用聚类分析方法对我国30个省市的碳排放进行区域划分。聚类分析就是对样本数据进行分类，使得相似度较大的数据聚集，而相似度较小的数据分成不同的类别。运用聚类分析可以实现对数据的分类，以便于发现不同数据的潜在特征。

在划分碳排放区域时，我们除了单纯考虑碳排放量的差异外，还要考虑影响碳排放量差异的经济因素，能源消耗因素，人口因素等等。我们要选取合理的指标能综合反映各个地区的碳排放情况、经济发展水平以及能源消耗水平等。在指标的选取上现有文献的做法有所区别，其中孙欣（2010）①年提出了全面反映地区或者企业节能减排效率的指标体系评价法，提出了所选取的指标既能反映能源效率和污染排放效率，也能反映节能水平和污染排放减少水平，还应该能反映经济发展质量状况。但是由于数据可得性和研究问题的不同，考虑到我国现在处于二氧化碳减排工作初期，暂且忽略现有各个地区在节能方面做出的努力，剔除了速度指标，最后我们选取了人均GDP、人均二氧化碳排放、单位

GDP能耗、单位GDP二氧化碳排放量、第二产业增加值占GDP比重这5个指标来反映我国各个省份的碳排放情况，具体指标和数据选取2010 年我国内地

30各省市自治区的人均GDP、人均二氧化碳排放、单位GDP能耗、单位GDP二氧化碳排放量、第二产业增加值占GDP比重作为指标来进行聚类分析，具体指标和数据来源如表3-3。

表3-3 省份碳排放聚类评价指标

| 指标名称 | 指标计算 | 数据来源 |
| --- | --- | --- |
| 人均二氧化碳排放 | 碳排放总量/人口数量 | 人口数据来源于  《中国统计年鉴》 |
| 单位GDP二氧化碳排放 | 碳排放总量/2000年不变价GDP | 碳排放总量按本章 |

① 孙欣．如何测度节能减排效率[J]．中国统计，2010（2）：50-51.

26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 第一节方法计算 |
| 能源强度 | 能源消耗总量/以2000年不变价  格计算的 GDP | 中国能源统计年鉴》  《中国统计年鉴》 |
| 人均GDP | 以2000年不变价格计算 | 《中国统计年鉴》 |
| 第二产业比重 | 第二产业占GDP比重 | 《中国统计年鉴》 |

在进行K均值聚类时，选取初始K值为4，就是说把全国省份分为4类，根据所选取的5个指标，将中国内地30个省份（西藏除外）分为四个区域如表所示：

表3-4 省份聚类结果

| 类别 | 包含省份 |
| --- | --- |
| 第一类 | 上海、北京 |
| 第二类 | 浙江、江苏、安徽、江西、福建、河南、黑龙江、吉林、湖北、四川、重  庆、贵州、ft西、云南、青海、甘肃、新疆 |
| 第三类 | 广西、广东、海南、湖南 |
| 第四类 | 河北、ft东、ft西、宁夏、内蒙古、辽宁、ft东 |

### 四、各个区域的特点

第一类区域为上海和北京。这类地区的特点经济水平最发达、人均GDP最高，人均碳排放量较高并且这类地区的碳排放强度和单位GDP能耗最低。该区域是我国政治、经济、文化最发达的区域，早已形成以低碳环保的现代服务业和高科技产业为主要经济支柱的产业结构模式。该区域碳排放水平主要受居民生活方式影响，在该区域应该倡导低碳生活方式，转变传统工业文明的消费观念。

第二类区域有浙江、江苏、安徽、江西、福建、河南、黑龙江、吉林、湖北、四川、重庆、贵州、ft西、云南、青海、甘肃、新疆这17个省区，它囊括了中国绝大多数省区，是我国主要的经济发展区域。这类地区人均收入水平低，经济处在不断发展中，工业比重仍会增加，这会使工业碳排放在将来会不断增长。在该类地区，应该注重产业结构优化，提高技术水平和开发新能源等减缓在经济发展过程中的二氧化碳排放量。

第三类区域是广东、海南、湖南、广西，这一区域的主要特点是石油、天然气和电力等比重较大，而产生二氧化碳较多的煤炭比例较低；工业占三产业比重不大，人均二氧化碳排放少。海南、广西是旅游和生态农业大省，工业比重很小；广东省是我国改革开放的前沿地区，产业结构逐渐升级。

第四类区域包括河北、ft西、宁夏、ft东、内蒙古、辽宁、ft东。这些各

27

省（市）是高排放地区，都是能源消费大省，二氧化碳排放量也较大。这些地区工业占比非常高，并且基本都是煤炭资源的重要产地，在能源消费中主要使用的是产生二氧化碳较多的煤炭，这些特殊因素导致了这些地区能源强度高，二氧化碳排放量大。煤炭资源在未来相当长的时期内还是该地区的最重要的能源资源，该地区在低碳减排方面最重要的是努力提升煤炭资源的利用效率，开发清洁能源，减缓二氧化碳排放的速度。

通过以上分析可以知道，中国省域间的碳排放量差异很大，正确把握造成这些差异的原因对于制定和实施有效的减排政策具有非常重要的意义。

## 第三节 我国区域碳排放影响因素模型设定

### 一、区域碳排放影响因素模型设定

由前面第二章的分析和数据的可获得性，本文最终选取了产出水平、产业结构、能源效率、能源结构、城镇人口比重和外商直接投资这六个因素，以我国30个省市2000-2012年的面板数据来构建碳排放影响因素的基本模型，用以分析我国碳排放量及其影响因素。

*it*

*CO* 2*it*

*F**GDP*

，*INDU*

*It*, *EC*

*It*, *ECSit*

，*UR*

*It*, *FDIit* 

*it*

（3.3）

公式（2.3）中CO2表示各省（市）的人均碳排放量，GDP，INDU，EC，

ECS，UR，FDI分别表示人均产出、产业结构、能源利用效率、能源结构、城镇人口比重和外商直接投资，**表示随机误差项，反映除上述影响因素外其他

因素对人均二氧化碳排放的影响。i表示各省（市）的编号（i=1,2,…30），t表示各年份（n=1, 2, …13）。

为了消除各个变量在数量级上存在的差异导致的错误，我们首先将数据进行对数变换，得到新的模型公式：

*it*

*it*

*LNCO* 2*it*

*F**LNGDP*

，*LNINDU*

*It*, *LNEC*

*It*, *LNECSit*

，*LNURit*

，*LNFDIit*

 **

（3.4）

对各个变量进行对数变换可能会消除变量之间存在的异方差，不会影响各个变量之间的协整关系；而且还对数变化使计算简捷，而且能够直接得到各变量的弹性系数。

协整理论及其方法是Engle与Granger在1987年提出了的：虽然一些经济

28

变量本身是非平稳序列，但是他们的线性组合有可能是平稳序列，这为非平稳序列的建模提供了另一种途径。如果两个变量之间是协整，从长远来看这些变量应该具有均衡关系，那么他们之间的短期非均衡关系可以由一个误差修正模型来表述，这就为误差修正模型的建立和估计提供了理论支持。所以要建立误差修正模型，首先对变量进行平稳性检验和协整检验，确定变量之间的协整关系，即长期均衡关系，并在此基础上由残差序列来构建误差修正项，然后将误差修正项看作一个新的解释变量，和其它能够反映短期波动的解释变量一起建立短期模型，即误差修正模型。传统的经济模型通常想要描述的是变量之间的“长期均衡”关系，而实际经济数据一般是“非均衡过程”产生的，因此误差修正模型就是要用数据的动态非均衡过程来逼近经济理论的长期均衡过程，这也是其基本思想。

通过上述方法建立我国区域碳排放影响因素的长期均衡模型和误差修正模型，根据3.4式，建立我国四类区域的面板数据模型如下：

长期均衡模型：

*LNPCO* 2*j*, *it*

*J* 1

*J* 2*LNPGDPj*, *it*

*J* 3*LNINDU j*, *it*

*J* 4*LNEC j*, *it*

*J* 5*LNECSj*, *it*

（3.5）

*J* 6*LNURj*, *it*

*J* 7*LNFDIj*, *it*

*J*, *it*

其中，j表示不同的区域（j=1,2,3,4），i表示不同的省份，t表示不同的时期。各变量前的系数*j* 2，*j* 3，*j* 4，*j* 5，*j* 6，*j* 7分别表示人均产出、产业结构、能源结构、能源利用效率、城镇人口比重和外商直接投资对地区碳

排放量影响的弹性系数，反映的是人均二氧化碳排放量对各个变量变动的敏感

程度。

长期均衡模型建立后对其进行估计，得到残差序列。检验残差序列是否平稳，如若平稳，说明因变量和解释变量之间存在长期协整关系，回归方程是合理的。也即说明可以用残差序列作为误差修正项：



*J*, *it*

*LNPCO* 2*j*, *it*

*J* 1*j* 2 *LNPGDPj*, *it*

*J* 3 *LNINDU j*, *it*

*J* 4 *LNEC j*, *it*



*J* 5 *LNECSj*, *it*

（3.6）



*J* 6 *LNURj*, *it*



*J* 7 *LNFDIj*, *it*

进而我们可以建立误差修正模型（ECM）：

*LNPCO* 2*j*, *it*

 *j* 1

*J* 2*LNPGDPj*, *it*

*J* 3*LNINDU j*, *it*

*J* 4*LNEC j*, *it*

*J* 5*LNECSj*, *it*

*J* 6*LNURj*, *it*

*J* 7*LNFDIj*, *it*

*J*, *it*1

*J*, *it*

29

（3.7）

其中j表示不同的区域（j=1,2,3,4）, i表示各个的省份，t表示不同的时期。各个变量的差分项代表各变量的短期波动，各个变量差分项前的系数反映的是人均二氧化碳对各个变量短期波动的敏感程度，**是误差修正项的系数，反映系统对偏离长期均衡状态的调整速度，通常被称为调整系数。

从模型（3.5）到模型（3.7）构建了我国不同区域人均二氧化碳排放量变动的动态模型，从短期看，人均二氧化碳排放量的变动不仅由各个变量的短期波动所决定，还受到系统对长期均衡的偏离程度影响。

### 二、数据来源及变量说明

根据第二章的理论分析和数据的可得性，本文最终选取2000-2012年的面板数据进行分析，以人均GDP来衡量经济发展水平，为了消除价格的影响，产出水平以2000年的价格进行平减。实证模型所选取的指标的名称、涵义和计算方法如下：

表3-5 碳排放影响因素指标

| 解释变量 | 指标 | 数据来源 |
| --- | --- | --- |
| 产出规模（PGDP） | 人均 GDP（单位：万元/人） | GDP 以 2000 年不变价格计算 |
| 产业结构（INDU） | 第二产业占 GDP 比重（%） | 直接来于《中国统计年鉴》 |
| 能源利用效率（EC） | 能源消费量与 GDP 的比重  （吨标准煤/万元） | 能源数据来源于《中国能源年鉴》  GDP 以 2000 年不变价格计算 |
| 能源消费结构（ECS） | 煤炭占到能源的比重（%） | 数据来源于《中国能源年鉴》 |
| 城市化水平（UR） | 城镇人口占总人口的比重（%） | 直接来于《中国人口与就业统计  年鉴》 |
| 外商直接投资（FDI） | 外商直接投资额/GDP(%) | 数据来源于《中国统计年鉴》  美元按当年汇率折算 |

## 第四节 区域碳排放影响因素模型的实证分析

面板数据也被称为平行数据，指的是在一段时间内跟踪同一组“个体”的数据，是时间序列数据和横截面数据相结合的一种数据类型。由于面板数据同时具有截面和时间两个维度，所以面板数据能够更多地提供个体动态信息。相对于时间序列数据和横截面数据在分析和建模时具有很多优点：（1）面板数据的样本容量通常比较大，能够增加模型的自由度同时减少变量间的共线性，进而

30

可以提高估计量的精确度；（2）利用面板数据建立模型，可以获得变量的更多动态信息，可以建立并检验更接近现实行为的模型并且能够进行深入的分析；

（3）面板数据可以弥补使用一维数据模型时无法估计的影响，可以从多方面对某一经济现象进行解释。

在建立面板数据模型时，首先要对各个变量进行平稳性检验，若变量都为平稳则可直接进行模型估计；否则需要进行协整检验，以确定变量之间是否存在长期协整关系，存在协整关系才可以进行估计。在使用面板数据模型时还存在模型选择问题，只有选择符合情况的面板数据模型才能有效避免模型设定错误所出现的误差。

### 一、面板数据的单位根检验

同时间序列建模一样，为避免虚假回归的产生，面板数据只有在数据平稳的情况下才能进行回归估计。所以在用面板数据进行分析之前一定要检验所选样本数据的平稳性，即进行单位根检验。目前对于单位根检验得方法较多，不同的方法必须在相应的软件中使用。在EVIEWS中，关于单位根检验的方法分为两类，一类是LLC检验和Breitung检验，这两种方法在相同根的情况下使用；另一类检验方法有Im-Pesaran-Skin（IPS）检验、Fisher-ADF和Fisher-PP检验，这三种方法是在不同根的情况下使用。我们在两类方法中各选一种方法样本数据中的变量进行单位根检验，在进行检验时LNPCO2、LNPGDP、LNEC、LNECS和LNFDI这五个变量采用含截距项和趋势线的检验式，而LNINDU和LNUR采用只含截距项的检验式。检验结果如下表3-6至表3-9：

表3-6 第一类区域单位根检验结果

| 区域 | | 第一类区域 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指 | 标 | LNPCO2 | LNPGDP | LNINDU | LNEC | LNECS | LNUR | LNFDI |
| 水平值 | LLC 检验 | -2.57 | 0.55 | 0.03 | -0.66 | -0.49 | -2.87 | 1.26 |
|  | IPS 检验 | -0.59 | 1.87 | 1.48 | 0.19 | 0.53 | -1.03 | 0.02 |
| 一阶 | LLC 检验 | -4.50 | -3.07 | -4.14 | -4.96 | -2.60 | -2.48 | -4.26 |

31

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 差分 | IPS 检验 | -2.69 | -2.03 | -2.09 | -2.01 | -2.08 | -3.21 | -1.75 |

表3-7 第二类区域单位根检验结果

| 区域 | | 第二类区域 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指 | 标 | LNPCO2 | LNPGDP | LNINDU | LNEC | LNECS | LNUR | LNFDI |
| 水平值 | LLC 检验 | -2.04 | -5.59 | -2.20 | 5.00 | -4.18 | -3.61 | -7.54 |
|  | IPS 检验 | 0.71 | -0.86 | 1.75 | 5.19 | -1.55 | 3.31 | -3.77 |
| 一阶差分 | LLC 检验 | -10.31 | -4.71 | -7.65 | -7.22 | -10.56 | -8.50 | -9.04 |
| IPS 检验 | -5.11 | -3.66 | -6.20 | -5.16 | -6.13 | -5.79 | -3.72 |

表3-8 第三类区域单位根检验结果

| 区域 | | 第三类区域 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指 | 标 | LNPCO2 | LNPGDP | LNINDU | LNEC | LNECS | LNUR | LNFDI |
| 水平值 | LLC 检验 | 0.36 | -2.66 | -0.59 | -0.40 | 2.25 | -1.38 | -2.57 |
|  | IPS 检验 | 0.32 | -0.37 | 0.72 | 1.73 | -0.37 | 1.23 | -0.29 |
| 一阶差分 | LLC 检验 | -3.99 | -2.05 | -3.99 | -5.47 | -9.58 | -5.99 | -5.80 |
| IPS 检验 | -2.94 | -2.15 | -2.93 | -2.78 | -6.84 | -3.33 | -3.17 |

表3-9 第四类区域单位根检验结果

| 区域 | | 第四类区域 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | | LNPCO2 | LNPGDP | LNINDU | LNEC | LNECS | LNUR | LNFDI |
| 水平  值 | LLC 检验 | -1.79 | 0.98 | -2.38 | -2.38 | -0.96 | -4.31 | -3.35 |
| IPS 检验 | 0.88 | 1.65 | -0.36 | -0.19 | 1.07 | 0.36 | -0.59 |
| 一阶差分 | LLC 检验 | -5.47 | -2.58 | -3.82 | -4.92 | -7.15 | -6.17 | -5.62 |
| IPS 检验 | -2.62 | -4.04 | -2.74 | -1.97 | -4.63 | -4.59 | -3.17 |

由上表的检验结果可以看出，尽管所用的检验方法不同，但是从总体来看能够得到的基本结论是：各个区域所选变量的水平值基本没有通过单位根检验，而其一阶差分值在5%的显著性水平下都通过了单位根检验，即在各个区域内，各个变量的一阶差分是单整的。

### 二、面板数据模型的协整检验

样本数据的单位根检验结果显示四类区域的各个变量均为一阶单整的，因此为了避免建立面板数据模型时出现一些问题，我们有必要对人均二氧化碳排

32

放量和其各个影响因素进行协整检验。关于面板数据的协整检验方法主要由两大类，其中一类是建立在E-G二步法基础上Pedroni检验和Kao检验；另一类是Johansen协整检验。

Pedroni（1999）在E-G二步法的基础上提出了以协整方程的回归残差为基础的面板数据的协整检验方法，这种方法需要构造七个统计量中来对数据进行检验。其中主要用来检验同质面板数据的协整关系的有面板方差率统计量

（Panel v-Statistic）、面板** 统计量（Panel rho-Statistic）、面板PP统计量（Panel

PP-Statistic）和面板t统计量（Panel ADF-Statistic），这些称为维度内检验；另一种情形主要用来检验异质面板数据协整关系，其构造的三个统计量分别是：

组间**统计量（Group-rho-Statistic）、组统计量（Group PP-Statistic）和组间 t

统计量（Group ADF-Statistic）。

Kao检验是根据DF检验和ADF检验的原理，对相同系数的变截距模型的残差序列进行平稳性检验。如果检验结果表明残差序列平稳，则说明变量间存在协整关系，该检验方法构建的统计量渐进服从标准正态分布。

我们采用上述协整检验的方法对四个区域所选择的变量进行协整检验，运用Eviews得出检验结果如表3-10：

表3-10 协整检验结果

| 检验方法 | 统计量名 | 第一类区域  统计量值（p 值） | 第二类区域统计量值  （p 值） | 第三类区域统计量值  （p 值） | 第四类区域统计量值  （p 值） |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Panel v-Statistic | -1.9017(0.044) | -2.7802(0.0084) | -2.9255(0.055) | -1.4742(0.1346) |
| Panel rho-Statistic | 1.2843(0.174) | 4.0740(0.0001) | 3.4752(0.0010) | 2.9737(0.0048) |

33

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Panel PP-Statistic | -13.7110(0.000) | -14.4015(0.000) | 2.4595(0.0194) | -3.4831(0.0009) |
| Pedroni  检验 | Panel ADF-Statistic | -3.6673(0.005) | -9.1307(0.0000) | 2.2233(0.0033) | -3.3059(0.0017) |
| Group-rho-Statistic | 2.1041(0.0436) | 5.7940(0.0000) | 4.1075(0.0001) | 4.6413(0.0000) |
|  | Group PP-Statistic | -13.2600(0.0000) | -20.1125(0.000) | -2.2741(0.030) | -5.6744(0.0000) |
|  | Group ADF-Statistic | -3.1370(0.029) | -9.6659(0.0000) | 0.8914(0.2681) | -3.0494(0.0038) |
| Kao 检验 | ADF | -3.7425 (0.0003) | -9.4584(0.0000) | -4.8105(0.000) | -3.1708(0.0008) |

由表3-10的检验结果可以看出，在5%的置信水平下，四类区域基本都通过了Pedroni检验和Kao检验，所以在5%的执行水平下都可以拒绝原假设，也就是说四类区域人均二氧化碳排放和各影响因素变量之间存在协整关系。因此，我们可以利用所选用的面本数据样本选择合适的模型进行建模分析。

### 三、面板模型的选择

在利用面板数据进行碳排放影响因素分析之前，我们首先要对面板数据模型的设定形式进行检验。面板数据模型通常来讲主要有三种类型，分别是无个体影响的不变系数模型、变截距模型和变系数模型。

面板数据模型简化形式如下式：

*yi*

（3.8）

*i*

*xii*

*i*

，i=1,2,…, N

无个体影响的不变系数模型的单方程回归形式可以写成：

*Yi* **

（3.9）

*Xi *

*i*

，i=1,2,…, N

在该模型当中，假设截面成员上即无个体影响也没有结构变化，即对于各截面方程，截距项**和系数向量**均相同。对于该模型，将各个截面成员的时间序列数据堆积在一起作为样本数据，利用普通最小二乘法便可求出参数**和系数向量**的一致有效估计。

变截距模型的单方程回归形式可以写成：

*yi**i*

*Xi *

*i*

，i=1,2,…, N

（3.10）

在该模型中，我们假设在截面成员上存在个体影响而无结构变化，并且个

34

体影响可以用截距项*i*（i=1, 2, …, N）的差别来说明，即在该模型中各截面成员

*i*不同，而系数向量**相同。该模型是面板数据模型中最常见的一种形式，其中的个体影响又分为固定影响和随机影响两种情形，根据个体影响的不同形式，变截距模型又分为固定影响变截距模型和随机影响变截距模型，二者的区别在于截距项是否包含反映模型中被忽略的、反映个体差异的随机变量项。

变系数模型的单方程回归形式可以写成：

*yi**i*

*xii*

*i*

，i=1,2,…, N

（3.11）

在该模型中，假设在截面成员上既存在个体影响又存在结构变化，即在允许个体影响有变化的截距项来说明的同时还允许系数向量依截面成员的不同而变化用以说明截面成员之间的结构变化。

在对面板数据模型进行估计时，样本数据包含截面、时期、变量3个维度上的信息。如果模型形式设定有偏差，估计结果会与所要模拟的现象偏离甚远。因此建立面板模型的第一步就是要检验样本数据究竟符合哪种面板数据模型形式。常用的模型检验方法有F检验和Hausman检验。

F检验主要检验如下两个假设：

*H* 1: **1 =**2 =…=*N*

*H* 2:**1 =**2 =…=*N*

**1 =**2 =…=*N*

如果接受*H* 2则可以认为样本数据符合模型（3.9），是不变系数模型，无需

进行进一步的检验；如果拒绝假设*H* 2，则需检验假设*H* 1。如果接受假设*H* 1，则认为样本数据符合模型（3.10），是变截距模型，反之，则认为样本数据符合

（3.11），是变系数模型。

构造的F统计量分别为：

~

*S*3

*F* 

*S*1/*N*1*k*

1

*F**N*

1*k*

1, *N**T*

*k*1

2

（3.12）

*S*1 /*NT**N**k*

1

35

*S*2*S*1/*N*

~

*F* 

1*K* 

*F**N*

1*K*, *N**T*

*k*1

1 *S* /*NT*

1

（3.13）

*N**k*

1

其中，*S*1、*S*2、*S*3分别为变参数模型、变截距模型和不变参数模型估计的残差平方和；k 为模型中解释变量的个数；T 为面板数据中时间序列的期数；

N为截面个体个数。

（2）Hausman检验

Hausman（1978）等学者认为在变截距模型当中应该总是把个体影响处理为随机的，主要原因是固定影响模型将个体影响设定为跨截面变化的常数是的分析过于简单，并且从实践的监督看在估计模型是会失去较多的自由度，但是相对于固定影响模型，在随机影响模型中假设随机变化的个体影响与模型中的解释变量不相关，而实际过程中这一假设可能会不满足而导致估计结果出现不一致。因此在确定固定影响还是随机影响时，一般地做法是：先建立随机影响模型，然后检验该模型是否满足个体影响与解释变量不相关的这个假设，如果满足，则将模型确定为随机影响的形式，反之，将模型确定为固定影响的形式。对于如何检验模型中个体影响与解释变量是否相关，Hausman（1978）提

出来一种较为准确的统计检验方法：Hausman检验。该检验的原假设时：随机影响模型中个体影响与解释变量不相关。检验过程中构造的统计量（W）形式如下：

 '  

*W* *b*



 ** 



1*b*



 ** 





其中，*b*为固定效应模型中估计出的回归系数，**为随机效应模型中估计



出的回归系数，为固定效应模型和随机效应模型中估计的回归系数之差的方

差。在个体影响与解释变量不相关的原假设下，该统计量W 服从自由度为 k

的卡方分布，k为模型中解释变量个数。

我们运用上述模型检验方法，分别对全国四类区域的样本数据来进行模型选择。由于变系数模型在实证分析中适用条件较为复杂，再结合本文所探究的是碳排放影响因素区域间的对比，所以每个区域内的各个省（市）应当使用相同系数模型进行估计，这样我们只需要考虑前两种模型选择问题。下表给出了计算得到F统计量和Hausman检验结果：

36

表3 -11 四个区域模型的F统计量和Hausman检验结果

| 统计量值 | 第一类区域 | 第二类区域 | 第三类区域 | 第四类区域 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| F2 统计量 | 3.1581  (2.91) | 4.1560  (1.35) | 2.2352  (2.03) | 1.9946  (1.69) |
| W 统计量 |  | 29.9358 |  | 10.2361 |

有上表F统计量的检验结果可知，四类区域都拒绝了原假设，也就是说对于是四类区域建立面板数据模型是都应该选择变截距模型。由上表的Hausman检验的W统计量可以判断第二类区域和第四类区域应该选用固定效应的变截距模型，第一类区域和第三类区域由于不符合使用Hausman检验的条件，不能使用Hausman检验来确定具体的模型形式。一般来讲，如果是研究考虑的是样本自身的效应而不必考虑到总体的效应的话，应该选用固定效应模型；否则应采用随机效应模型以更好地进行分析。结合本文具体的研究内容，我们对第一类区域和第三类区域选择固定效应的变截距模型，这样也可以避免由于模型中缺少一些变量而导致估计结果不一致，拟合效果可能更好一些。

### 四、区域碳排放影响因素实证分析

#### （一）区域碳排放影响因素的长期均衡模型

有前文的分析，本节利用样本数据对我国四类区域碳排放及其影响因素建立长期均衡模型，选用的是固定效应的变截距面板模型。为了消除不同地区样本数据的异方差和同期相关对估计有效性的影响，我们选择广义最小二乘法对所建立的模型进行估计。模型估计结果如下表3-12列出。

从表中数据可以看出，四个区域长期均衡模型的调整*R* 2都很高，说明模型拟合效果较好。也就是说我们所选取的人均产出、产业结构、能源强度、能源结构、城镇人口比重和外商直接投资者六个影响因素是合理的。

37

表3-12 长期均衡模型估计结果

| 解释变量 | 第一类区域 | 第二类区域 | 第三类区域 | 第四类区域 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C | -0.842  (-1.133) | -2.329  (-6.070) | -4.398  (-2.192) | -3.023  (-1.701) |
| LNPGDP | 1.030  (18.646) | 1.025  (38.207) | 0.812  (5.510) | 0.708  (12.151) |
| LNINDU | 0.039  (0563) | 0.576  (1.700) | 0.278  (0.874) | 0.040  (0.151) |
| LNEC | 0.693  (3.344) | 0.9213  (20.409) | 0.574  (6.279) | 1.344  (9.515) |
| LNECS | 0.5139  (11.299) | 0.623  (16.415) | 0.384  (0.951) | 0.842  (2.602) |
| LNUR | -0.021  (-1.22) | -0.030  (-0.395) | 0.241  (0.980) | 0.078  (0.378) |
| LNFDI | 0.0084  (2.296) | 0.0063  (1.857) | 0.0200  (4.457) | 0.0059  (1.593) |
| Adjusted R2 | 0.9984 | 0.9848 | 0.9141 | 0.9603 |
| DW 值 | 2.0200 | 1.9108 | 1.9629 | 1.7498 |

由上表我们可以看出各个变量在不同的区域对人均二氧化碳排放量的长期影响程度不同，我们来考察四类区域人均碳排放量的影响因素：

（1）在不同区域人均二氧化碳排放量的影响因素中，人均GDP的正向驱动作用非常显著。在四类区域中，第四个区域的产出弹性较小，而第一、第二和第三类区域的产出弹性相似。我们根据所划分的区域中的城市可以看出，第四类区域属于人均二氧化碳高排放区域。这四类地区的人均产出每增加1%，将使得各个区域的人均二氧化碳排放量增加1.030%，1.025%，0.812%，0.708%。这是因为在高排放区域中，持续的经济发展给二氧化碳的减排工作造成了巨大的压力，且在高排放区域中总体的产出基数较其他三类区域要小，所以第四类区域GDP弹性最小。其他三类区域包含了我国中东部地区的大部分省市，这些地区产出基数较大，人均产出每增加一个百分点就将带来更多的能源消费，这样必然会导致排放较多的二氧化碳。

（2）在四类区域中，只有第二类区域的产业结构变动对于人均二氧化碳排放量的影响是显著的，对其它区域的影响都不显著。第二类区域的第二产业比

38

重每降低1%，人均二氧化碳排放量将会下降0.576%。

（3）能源强度，也即能源利用效率对各个区域的人均二氧化碳排放量的影响都非常显著，能源强度对人均二氧化碳排放的影响程度大小排序依次为：第四类区域，第二类区域，第一类区域和第三类区域。尤其对第四类区域而言，能源强度每降低1%，人均二氧化碳排放将会降低1.344%。

（4）优化能源消费结构可以适当降低人均二氧化碳排放。煤炭在能源消费总量中所占比重对人均二氧化碳排放量具有正向拉动关系。煤炭消费比重对第二类区域影响最大，其次是第一类区域和第四类区域，对第三类区域的影响最小。第三类区域属于人均二氧化碳排放量较低的区域，煤炭消费比重每下降1%，该区域的人均二氧化碳排放量将会降低0.623%，比第二类区域的碳排放量低

0.349个百分点。目前我国的能源消费仍以煤炭为主，第二类区域的省（市）经济处在快速发展阶段并且这些省（市）能源消费总量基数大，对能源的需求量也大，煤炭比重每降低1个百分点就能减少相对较多的煤炭消费量，从而能够减少的二氧化碳排放量也越多。而第四类区域的省份在我国煤炭储量相对比较丰富，煤炭能源的消费量占到总能源消费量的四分之三，没有充分发挥一些优质能源的替代作用。由此可知，优化能源消费结构、使用清洁能源、减少含碳量较高的能源的消费比重能够有效地减缓和控制我国各省（市）的碳排放量。

（5）城镇人口比重（UR）的增加并没有带来人均二氧化碳排放量的上升，在有些区域反而对碳排放量而有反向作用，但是这种作用不显著。城镇人口比重代表着我国城镇化的程度，在城镇化的进程中，必将会投入大量的水泥、钢筋等生产资料进行基础设施建设，这些进而会增加二氧化碳的排放。随着我国城镇化进程的加快，在所选的样本数据中各个省份的城镇人口数量都有显著增加，特别是海南、重庆等地区。但是在我国现阶段，可能由于一些城市的城镇化进程还停留在户籍改革的层面，城镇人口比重这一指标对二氧化碳排放的影响还未真正体现出来。

（6）外商直接投资对人均二氧化碳排放的推动作用显著但是弹性系数最小的，这说明相对来讲，FDI对人均二氧化碳排放的影响作用最小。四类区域比较，第三类区域的外商直接投资弹性系数较大，这是因为在第三类区域中的四个省份都是有着丰富的人力资源和土地资源，并且经济相对不发达，外商直接投资大多用于以服务业为主的第三产业，这些行业的碳排放量相对较小。

#### （二）区域碳排放影响因素的误差修正模型

在上述的分析中我们基本可以确定区域人均二氧化碳排放与人均产出、产业结构、能源强度、能源结构、城镇人口比重和外商直接投资的长期均衡关系，接下来我们可以来构建误差修正模型模型，利用这个模型进一步来描述人均二

39

氧化碳排放和这些影响因素之间的短期行为。根据长期均衡模型和（3.4）式生产误差修正项ECM，然后根据误差修正模型（3.5）式得到模型估计结果如下表3-13：

表3-13 误差修正模型估计结果

| 解释变量 | 第一类区域 | 第二类区域 | 第三类区域 | 第四类区域 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C | -0.0012  (-0.0886) | -0.0022  (-0.1234) | 0.0568  (0.4275) | -0.0153  (-0.2678) |
| LNPGDP | 0.9069  (8.8591) | 0.9453  (6.0512) | 0.88373  (5.280) | 0.6420  (2.132635) |
| LNINDU | 0.1285  (1.5489) | 0.0960  (0.8725) | 0.0020  (0.0027) | 0.1173  (0.3339) |
| LNEC | 0.705863  (1.391722) | 0.6948  (11.6064) | 0.684746  (5.834657) | 0.8019  (3.5951) |
| LNECS | 0.4316  (6.0357) | 0.5344  (11.6064) | 0.6117  (2.3764) | 0.6673  (2.6452) |
| LNUR | -0.3888  (-2.1898) | 0.0785  (0.4136) | -0.1919  (-0.3274) | 0.4234  (1.2891) |
| LNFDI | 0.0094  (0.4988) | 0.0035  (0.3196) | -0.1236  (1.0529) | -0.0099  (0.4169) |
| ECM | -0.436876  (-6.7414) | -0.4212  (-7.3016) | -0.6582  (-4.0171) | -0.3860  (-4.2458) |
| DW 值 | 2.3136 | 1.5496 | 1.9311 | 1.4269 |
| Adjusted R2 | 0.9502 | 0.6633 | 0.718480 | 0.6922 |

（1）从短期来看，人均产出对人均二氧化碳排放依然具有明显的驱动作用。特别是对第二类区域，也就是人均二氧化碳排放量处于中等水平的区域的影响相对于其他区域更为显著，对第四类区域的影响作用最小。该影响因素的弹性系数相对于其他的影响因素系数较高，说明在短期内二氧化碳排放量在很大程度上依然受产出的影响。

（2）短期内产业结构的变动对人均二氧化碳的排放没有产生明显的影响作用。这是因为完成调整产业结构的调整需要一个过程，在前期基本上属于政策和设施的调整阶段，等到调整好之后发挥作用，对二氧化碳的排放的影响作用才显现出来，这就是我们前面所分析的长期效应。

（3）短期内能源强度对第四类区域也即高排放区域的影响最大，在这些区

40

域，能源利用效率的提高能够大大降低二氧化碳排放。所以在短期内节能技术的投入，提高能源利用效率能够有效减少该区域二氧化碳排放。

（4）能源消费结构对第四类区域的影响最大，弹性系数为0.6673，其次是第三类区域，弹性系数为0.6117，这说明在短期内，当能源结构调整时，相对来说第三类区域和第四类区域对这一变化的调整速度更快。这说明，使用含碳较低的清洁能源的同时降低含碳量较高的化石能源的使用，优化能源消费结构，可以再短期内有效降低二氧化碳排放。

（5）在短期内城镇人口比重对人均二氧化碳排放的作用不显著，这和在长期均衡模型中的分析结果相似。城镇化是一个很漫长的过程，等到我国各省基本实现城镇化的目标后，城镇人口比重的增加肯定会引起人均二氧化碳排放的增加。

（6）外商直接投资的短期波动对第三类区域有显著的影响，对其他区域的回归系数很小且均不显著。这说明在短期内，外商在直接投资对二氧化碳排放量较低的区域影响作用显著。对于该地区来说，降低外商之间投资占产出的比例，优化外商投资结构，将资金更多应用到高新技术产业，可以减少二氧化碳排放。

（7）由分析的结果可知，第三类区域即低碳排放区域在短期波动的影响下调整到长期均衡的速度最快。四类区域误差修正项前面的系数都为负，说明当二氧化碳排放量偏离长期均衡值时，误差修正项会按照一定的速度在短期内进行调整，这是长期均衡会对短期波动产生逆向调整。

#### （三）实证分析结果总结

本节采用固定效应的变系数模型对二氧化碳的驱动因素分区域进行分析。建立长期均衡模型分析了所选取的六个因素对人均碳排放的影响程度，结果显示六个变量对二氧化碳排放影响程度大小在长期内是不一致的，但是人均产出是人均二氧化碳排放的主要驱动因素；并且能源利用效率、能源结构和外商直接投资在长期内也有着显著的驱动作用，但是外商直接投资的影响作用较小；在长期中产业结构影响作用在第二类区域才有所体现。随后本节建立了差修正模型，利用这个模型进一步来描述人均二氧化碳排放和这些影响因素之间的短期行为，研究结果表明在短期内各个因素的影响作用和长期有所不同。无论在长期和短期，人均产出的弹性系数都相对较大，说明在短期内二氧化碳排放量在很大程度上依然受产出的影响；短期内能源强度对第四类区域即高二氧化碳排放区域有显著影响，说明这一区域区产业结构的变动比敏感；无论在哪一个区域，能源利用效率和城镇人口比重的短期作用都不显著。就所划分的区域来说，每个因素在不同的区域影响作用大小不尽相同，但是总体趋势是一样的。

41

误差修正模型的估计结果显示，第三类区域对长期的逆向调整速度最快，系统恢复到均衡状态的速度也最快。

通过本节的分析可知，我国各地区二氧化碳排放量差异较大，各个变量在不同区域对二氧化碳排放的影响方向是一致的，但影响作用大小不同。通过分析我们能够更准确的把握碳排放影响因素的作用机制，这有利于今后我国在发展低碳经济的过程中，针对不同区域制定不同的节能减排方针。

42

# 第四章 碳排放与经济增长的状态空间模型

在相关理论分析和文献回顾的基础上，本章从全国层面对经济增长与二氧化碳排放间的关系进行实证分析。由已有文献可知，EKC假说的检验结果对数据类型、回归模型以及计量方法的选择均较为敏感，因此，接下来同时结合我国的时间序列数据对我国二氧化碳排放与经济增长之间的关系进行经验估计，并对碳排放EKC假说是否成立进行了计量检验。具体而言，本章运用1960-2010年的时间序列数据采用变参数的状态空间模型对两者间动态关系进行实证分析。

## 第一节 状态空间模型

在大多数计量经济学文献中，状态空间模型（state space model）通常用来估计不可观测的时间变量，如理性预期、测量误差、长期收入等。许多时间序列模型，包括典型的线性回归和ARIMA模型都可以写成状态空间模型的特例形式，并可以估计参数值。

利用状态空间形式表示动态系统有两个优点：第一，状态空间模型将不可观测的变量并入可观测的模型并与其一起最终得出估计结果；第二，状态空间模型是利用有效的迭代算法-卡尔曼滤波（Kalman filter）。卡尔曼滤波可以用来估计多种模型，如单变量和多变量的ARMA模型、马尔科夫转换模型和变参数模型等。

状态空间模型一般包含两部分，即量测方程或信号方程和状态方程或转移方程。前者主要是用来描述不可观测变量和可观测变量之间动态关系的，而状态方程用来描述状态变量基于现在和过去最小信息集来表述的动态特征的，系统未来的行为则可以通过现在的状态和未来的信息来描述。

定义“量测方程”或者“信号方程”为：

*Yt* 

*Ztt*

*dt*

 *t* ， t=1,2,..., T (4.1)

式中：*yt*是包含k个经济变量的k×1维可观测向量，*Zt*表示k×m矩阵，

43

表示不用刻观测的变量，*t*为m×1维的状态向量，*t*表示k×1向量，是均值为0，协方差矩阵为*Ht* 的连续的不相关扰动项。

一般地，*t* 的元素是不可观测的，可以用一阶马尔科夫（Markov）过程来表示。定义转移方程或称状态方程为：

*t**Ttt*1

*ct*

 *Rtt* ， t=1,2,..., T (4.2)

式中：*TT*表示m×m向量，是反映状态向量的动态变动的动态系数向量，

*ct*是m×1的常数向量，*Rt*表示m×g矩阵，*t*表示g×1向量，是均值为0，协方差矩阵为*Qt*的连续的不相关扰动项。

状态空间模型的两个基本的假定是：（1）初始状态向量的均值和协方差矩

阵为已知；（2）在所有时间区间上，扰动项*ut*和*t*相互独立，而且它们和初始状态**0也不相关。

量测方程中的矩阵*Zt*，*dt*，*Ht*与转移方程中的矩阵*Tt*, *ct*，*Rt*, *Qt*统称为

系数矩阵。一般情况下都假定它们为非随机的。因此尽管它们能随时间改变，但都是可以预先设定的。它们一般依赖于未知参数的集合，这些未知的参数被称之为超参数，状态空间模型估计一个重要的过程就是估计这些超参数。超参数的估计一般是通过极大似然估计的方法得到，求解出超参数的极大似然估计量后，带入系统矩阵，就可以用卡尔曼滤波来估计状态空间模型。

由以上分析，我们可以建立可变参数模型的状态空间的表示：

量测方程：*y*

 *x* '**  *z*'**  ** ， t=1,2,…, T (4.3)

*T* t *t* t t

状态方程：*t*

*t*1

 *t*, t=1,2,…, T (4.4)

'0

** 2

0

,**

~ *N*

,1

（4.5）

*T* t0  0

**2

2

其中，式（3.3）中，*xt*是具有变系数的解释变量的集合，*t*是可变参数向量，即为状态变量，*zt*是具有不变系数的解释变量的集合。式（4.4）说明可

变参数*t*的变动服从一阶自回归过程，式（4.5）给出了随机扰动项的基本假定。

44

## 第二节 碳排放与经济增长动态关系的实证分析

### 一、数据来源与说明

本节对碳排放和经济增长的动态关系进行研究，我们选取二氧化碳排放总量和国内生产总值（GDP）两个指标。样本数据选用1960-2010年的年度数据，中国二氧化碳排放总量数据来自于世界银行WDI数据库，单位是万吨；GDP数据来自《中国统计年鉴》，并按照1960年的价格进行平减，单位为亿元人民币。

### 二、数据的平稳性检验和协整检验

时间序列数据是平稳的序列时才能建立回归模型，否则会产生虚假回归而出现错误，所以检验数据是否平稳是建模的首要任务。我们通常用单位根检验来验证数据是否平稳，本文采用ADF单位根检验方法对我国的二氧化碳排放总量、实际GDP数据进行检验，结果如表4-1。

表4-1 变量的平稳性检验

| 指标 | T 统计量 | 1%显著水平 | 5%显著水平 | 10%显著水平 | P 值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| LNCO2 | -0.478726 | -3.571310 | -2.922449 | -2.599224 | 0.8864 |
| LNGDP | 1.976373 | -3.568308 | -2.921175 | -2.598551 | 0.9998 |
| D(LNCO2) | -5.534904 | -3.571310 | -2.922449 | -2.599224 | 0.0000 |
| D(LNGDP) | -8.037358 | -3.571310 | -2.922449 | -2.599224 | 0.0000 |

由上表可以看出：各变量的检验结果都不能通过平稳性检验，而一阶差分值在1%的显著性水平下通过了检验，也就是说二氧化碳序列和GDP序列是一阶单整的。

解决非平稳时间序列建模的方法之一是采用变量的一阶差分值，这样可以消除变量的非平稳趋势，这会使时间序列数据失去其原有的经济意义，但是协整理论可以有效解决这一难题。由以上分析可知，二氧化碳总量和实际GDP都是一阶单整的，先要判断而这是否存在协整关系。我们分别用基于模型回归系数的Johansen协整检验和基于回归结果的协整检验方法对样本数据进行检验。

#### （一）**Johansen**协整检验

Johansen协整检验是基于模型回归系数的检验方法，检验结果如下表4-2。

45

表4-2 协整检验结果

| 原假设 | 特征值 | 迹统计量 | 5%的临界值 | P 值 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 无协整向量 | 0.4326 | 26.139 | 29.493 | 0.0190 |
| 至多 1 个协整向量 | 0.0435 | 2.1392 | 12.841 | 0.6437 |

由检验结果可知，显著性水平为5%时不能拒绝“至多存在1个协整向量”的原假设，可以拒绝“无协整向量存在”的原假设。这说明二者存在并且只存在一个协整向量，也就是说二者存在协整关系。

既然二氧化碳排放总量和实际GDP之间存在协整关系，下面就对二者间的协整关系进行检验。首先建立二氧化碳排放总量和实际GDP的协整关系模型，表示二氧化碳排放总量和实际GDP间的长期均衡关系，得到结果如下：

*LNCO* 2*t*

（4.6）

1.570.66*LNGDPt*

SE (0.1752) (0.0195)

*R* 2 

0.9595

#### （二）基于回归结果的协整检验

然后对估计的残差*et*进行ADF单位根检验。检验所得结果如表4-3所示：

表4-3 对残差的协整检验结果

| 变量 | t 统计量 | 1%的显著水平 | 5%的显著水平 | 10%的显著水平 | P 值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| et | -2.599224 | -2.922449 | -2.571310 | -2.396727 | 0.0412 |

由检验结果可以看出，在5%的显著性水平上，残差序列是平稳的，这个结果进一步验证了二氧化碳排放量同GDP之间存在着长期协整关系。

综合本节的分析，我们可以得出我国二氧化碳排放和经济增长之间存在长期均衡关系。由估计结果（4.6）式可以看出，经济增长明显可以使二氧化碳的排放量增加，对碳排放量有着显著的正向驱动作用。从具体数量关系上分析，产出每增加1%，我国碳排放总量会相应增加0.66%。由于目前我国仍处于经济高速发展时期，正处在工业化和城镇化进程不断加快的时期，仍然需要大量能源资源进行经济建设。在未来一段时间内，我国的产业结构仍会以工业为主，能源消费结构中煤炭比重依然较大，拉动经济增长的投资还是以固定资产投资为主，这些必然会使二氧化碳排放量持续增加。近年来我国虽然在进行经济增长模式转变，但这不是一朝一夕能够完成的，需要很长的一个过渡时期。在保证经济增长的同时进行经济增长方式的转变，这会使未来一段时间内我国二氧化碳排放量不会有所降低。

46

### 三、状态空间模型实证分析

上一节我们用固定系数的最小二乘法估计了我国二氧化碳排放和GDP之间的长期均衡关系，但自由于改革开放以来，我国无论是在经济政策还是经济增长方式上都发生了很大的变化，因此固定参数模型不能很好地将这些变化表现出来。所以我们采用能够反映二者之间动态关系的时变参数的状态空间模型，对二氧化碳排放量和GDP之间的动态关系进行研究更为恰当。

我们构建的状态空间模型如下：

量测方程：

（4.7）

*LNCO* 2*t*

*c*(1)*sv*1*LNGDPt*

*t*

状态方程：

（4.8）

*Sv*1*c*(2) **

*sv*1(1)*t*

用Eviews6.0进行估计，所用数据为我国1960-2010年的二氧化碳排放总量数据和实际GDP数据，得到状态空间的估计结果如下：



*LNCO* 2*t*1.1920*sv*1*LNGDPt**t*

（4.9）

(7.66)

*Sv*1 

（4.10）



0.0800.8870*sv*1(1)*t*

(2.34) (82.86)

其中sv1是时变参数，表示的是实际GDP对二氧化碳排放的弹性系数的动态变动，sv1随时间变动的趋势如图4-1.

SV1F

.75

.74

.73

.72

.71

.70

.69

.68

.67

.66

60 65 70 75 80 85 90 95 00 05 10

图4-1 GDP对二氧化碳排放的弹性系数

47

由分析结果和图4.1可以看出，我国的经济增长明显拉动了二氧化碳的排放，对碳排放有显著的驱动作用。根据动态分析的结果，二氧化碳的产出弹性系数呈现出类似倒“N”的曲线形状。这是因为在1960-1968年期间，我国经历了自然灾害和文化大革命等时间，这段时间使我国的经济收到了严重的打击，抑制了经济增长速度，这些导致了弹性系数的下降；从1969年以后，由于我国在

政治上步入正轨，经济状况有所改善，在这10年间，我国的经济发展速度加快，

实行工业化致使工业产业发展迅速，弹性系数在1979年左右达到最高峰；1978年改革开放以来，我国经济结构和经济增长方式都发生了很大的变化，低碳环保的第三产业发展迅速，有效降低了含碳量较高的能源资源的使用，经济增长方式逐渐改善，不再单纯的依靠重工业发展经济，这些在发展经济的同时都有效的减少了二氧化碳的排放。同时由于改革开放我国也引进了先进的低碳技术环境智力的技术，在一定程度上使用新能源，这些进一步降低了碳排放量。在

2002年之后我国的国内投资剧增，尤其是对固定资产的投资大大促进了高耗能产业的发展，这些会带来更多地二氧化碳排放，在弹性系数曲线的具体表现就在其在2002年以后再次上升。总体而言，在1960-2010年间，我国二氧化碳的产出系数的均值为0.7，即产出每增加1%，二氧化碳排放量将会增加0.7%左右，这和前文的分析结果基本一致。

我国自建国以来，随着经济结构和经济增长方式的转变，这些因素对二氧化碳排放有着不可直接观测的影响。本章在探究我国经济增长对二氧化碳排放的动态影响时采用时变参数的状态空间模型。实证结果显示，在1978年前先降后升，1978年以后总体上有下降的趋势，这些跟我过1960-2010年的实际国情和经济发展状况相符。我国在未来面临的二氧化碳排放形式依然非常严峻：由于我国目前的经济增长方式还未有效的转变，投资依然是促进经济发展的方式，第二产业比重依然很高，这些都会增加二氧化碳的排放量。

48

# 第五章 基本结论与政策建议

## 第一节 基本结论

本文通过建立面板数的长期均衡模型和误差修正模型来研究碳排放影响因素的驱动作用，随后又运用时变参数的状态空间模型对碳排放和经济增长的动态关系进行分析，通过实证分析得到以下结论：

本文建立长期均衡模型分析了所选取的六个因素对人均碳排放的影响程度，结果显示六个变量对二氧化碳排放影响程度大小在长期内是不一致的，但是人均产出是人均二氧化碳排放的主要驱动因素；并且能源利用效率、外商直接投资和能源结构在长期内也有着显著的驱动作用，但是这三个因素的作用大小不一，其中外商直接投资的影响作用较小；在长期中产业结构影响作用在第二类区域才有所体现。随后本节建立了误差修正模型，这个模型可以进一步来描述人均二氧化碳排放和这些影响因素之间的短期关系，通过分析发现在短期内各个因素的影响作用和长期有所不同。无论在长期还是短期，人均产出的弹性系数都相对较大，说明在短期内二氧化碳排放量在很大程度上依然受产出的影响；短期内能源强度对第四类区域即高二氧化碳排放区域有显著影响，说明这一区域区产业结构的变动比敏感；无论在哪一个区域，能源利用效率和城镇人口比重的短期作用都不显著。在区域对比结果上，各影响因素对不同区域的短期影响与长期影响大体相似，具体差别体现在影响程度的大小上。第一类和第四类区域中，产出水平、能源强度和能源结构长期影响最大；在第二类区域中，对二氧化碳排放的长期影响作用较大的是能源消费结构和第二产业比重这两个因素；第三类区域属于二氧化碳排放量较低的地区，研究发现除产出水平外，其余各个变量的长期影响系数都较小。

本文通过建立变参数状态空间模型分析了经济增长对二氧化碳排放的动态作用机制后发现：GDP对二氧化碳的排放有直接影响，经济增长的同时二氧化碳的排放量也有很大幅度的提高。根据动态分析的结果，实际GDP的弹性系数呈现出类似倒“N”的曲线形状。这是因为在1960-1968年期间，我国经历了自然灾害和文化大革命等事件，在这一期间我国的经济受到了严重的打击，经济增长速度被抑制了，这些都导致了弹性系数的下降；从1969年以后，由于我国在

政治上步入正轨，经济状况有所改善，在这10年间，我国的经济发展速度加快，

49

实行工业化致使工业产业发展迅速，弹性系数在1979年左右达到最高峰；1978年改革开放以来，我国经济结构和经济增长方式都发生了很大的变化，低碳环保的第三产业发展迅速，有效降低了含碳量较高的能源资源的使用，并且经济增长方式逐渐改善，不再单纯的依靠重工业发展经济，这些在发展经济的同时都有效的减少了二氧化碳的排放。同时由于改革开放我国也引进了先进的低碳技术，在一定程度上开发和使用新能源，进一步降低了碳排放量。在2002年我国进入了一个新的发展时期，带来更多地二氧化碳排放量，在弹性系数曲线的具体表现就在其在2002年以后再次上升。

## 第二节 政策建议

通过对我国碳排放量及各省（市）碳排放量的影响因素的分析可知：我国碳排放总量仍在持续增长，各省（市）的具体排放量差异很明显。我国离实现经济低碳发展的目标还有很长距离，我国必须立足于基本国情，实事求是地探究出实现低碳减排的实用方案。上文的实证结果指出碳排放的各影响因素的作用有地区差异，经济增长、产业结构、能源强度和能源结构对我国各省（市）碳排放的有着重要影响。所以我们从下几个方面入手制定节能减排政策：

首先以划分的区域来讲，根据聚类的结果划分出来四类区域，第一类区域包括北京和上海两个城市，第二类区域包括江苏、浙江、安徽、福建等17个省

（市），第三类区域包括广东、海南、湖南、广西四个省（市），第四类区域包括河北、ft西、宁夏等7个省（市）。从之前我们关于各个省市变量的分析和所划分的城市来看，第一类城市的特点属于经济水平最发达、人均GDP最高；人均碳排放量也较高；单位GDP能耗最低。这些地区基础设施较为完善，产业结构较为合理，未来一段时期内应继续优化产业结构，适度调整重工业比重，帮助企业改进生产技术，逐步提高能源强度，积极引导企业开发利用新能源，有效降低煤炭在一次能源中所占的比重，力争提早走上经济增长与节能减排并存的科学发展之路。第二类区域包含的省（市）包含了中国大部分的经济大省，这些地区人均碳排放和单位GDP能耗基本都处于中等水平，对于这些地区的低碳减排措施应该从提高技术进步，加快产业结构升级上实施。第三类区域的省（市）人均碳排放量相对来讲最少，经济处于中等水平，对这类区域来讲，合理利用外资，进一步调整产业结构维持并降低现在的碳排放水平。从划分到第四类区域的省（市）来看，这些区域人均排放和单位GDP能耗跟全国其他区域相比属于最高水平。对这些区域来说，降低碳排放强度的关键在于提高能源效率和改善能源消费结构。

50

其次我国在低碳经济的发展道路上，既有潜力又有压力，形势相当严峻。根据我国碳排放的现状和我们所做的分析，在制定节能减排政策时要综合考虑多方面的因素：

（一）利用技术进步促进各个省（市）的经济健康可持续增长。科学技术是促进经济增长的关键性生产力。从产品改良到机器设备更新，从降低能耗到提高资本操纵等都依赖科技进步，科学有效的降低物资与劳动投入的同时实现能源节约。因为我国各省（市）科技水平和经济发展水平不同，各省政府要根据本省的实际情况，着重培养和积极引进高素质人才，为地区经济发展提供智力支持；鼓励、支持并有序引导企业进行新技术的研发与运用，加大科研投入，转变经济增长方式。

（二）调整各省（市）的产业结构，促进低碳产业发展。产业布局对我国碳排放的有着极其重要的影响，其中第二产业比重过高是我国碳排放量居高不下的直接根源，应尽快调整第二产业比重，促进产业结构优化升级，大力发展低碳产业是减少碳排放量的重要措施。我国要结合自身，大力发展新能源，削减对高污染能源的耗损；大力发展高端制造产业，改变现有的产业结构。调整三大产业的结构比例，加速发展低碳环保的第三产业发展，提高产业节能、降耗和治污的水平，提高可持续发展能力。针对我国各省市经济发展水平明显有差异，政府需要因地制宜，制定不同的产业结构调整方案。东部地区经济较为发达，应重点发展第三产业和战略性新兴产业；中西部地区经济发展相对落后，应提高技术水平，坚持走新型工业化道路，开发利用新能源，寻求可持续发展之路。

（三）提高能源利用效率，分地区优化能源结构。能源利用效率对我国的碳排放有显著的驱动作用，目前煤炭是我国主要消费能源，此外还有石油和天然气，其中煤的含碳量是最高的。因此需要优化能源消费结构，以清洁能源代替高污染能源，降低二氧化碳的排放量。由于各省（市）能源消费结构不同，应该分地区对能源消费结构进行调整和优化。比如水力资源丰富的湖北、重庆可以充分利用水力发电；西北地区可以充分利用风能发电以及太阳光的热能；农村地区的沼气等生物能源也应该充分利用起来；新疆、ft西、内蒙古等地区的煤炭和石油储量丰富，但在使用过程中会带来严重污染，且在短期内这些省份的能源消费结构难以有质的转变，因此需要新能源政策的引导和支持。

（四）建立区域间能源合作机制。由于区域间经济发展不平衡导致一些高耗能、高污染的企业聚集在中西部地区，建立区域能源合作机制能有效缓解高污染、高能耗企业聚集带来的环境问题。这就需要寻求合作的各地方政府形成利用共同体，更加注重考虑整体和长远的利益，打破行政区域的限制。不仅如

51

此，还需要各方政府促进不同区域间资源配置和要素流动，促进区域共同市场的形成。各省（市）政府还应根据自身的实际情况建立激励机制、强化约束机制，组建完善二氧化碳排放检测体系的协调机构，对各省（市）二氧化碳减排工作进行考核。

（五）加强各省（市）减排政策的制定和完善。我国政府应加快制定相关法律法规的制定，加快完善适宜低碳经济发展的市场环境。在完善现有的节能标准系统的基础上，拟定高耗能、高污染行业的能耗限额标准，提高能效准入门槛。强化节能减排的相关立法执法工作，确保行业法规和产业政策得到落实。此外，各省政府应立足于本省碳排放的实际情况，明确各级政府在低碳减排工作中的职能定位，因地制宜地制定减排政策，并能够有效实施；要广泛宣传节能减排的种种好处，帮助全民建立并提高环保意识。

52

参考文献

[1]邓吉祥，刘晓，王铮．中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解

[J]．自然资源学报，2014(2):189-200.

[2] 杜婷婷, 毛锋, 罗锐. 中国经济增长与CO2 排放演化探析[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(2): 94-99.

[3] 郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于LMDI分解技术[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 20(12): 4-9.

[4] 付加锋, 高庆先, 师华定. 基于生产与消费视角的CO2 环境库茨涅兹曲线的实证研究[J]. 气候变化研究进展, 2008, (6): 15-20.

[5] 高鹏飞, 陈文颖. 碳税与碳排放[J]． 清华大学学报(自然科学版), 2002（42）:

1335 -1338.

[6] 高铁梅. 计量经济分析方法与建模[M]. 第一版. 北京: 清华大学出版社, 2006.

[7] 蒋金荷． 中国碳排放量测算及影响因素分析[J]． 资源科学, 2011, 33（4）:

597-604.

[8] 李国志, 李宗植． 二氧化碳排放决定因素的实证分析—基于70个国家（地区）面板数据[J]. 数理统计与管理, 2011（4）: 585-593.

[9] 李跃辉, 蒋盼． 中国碳排放量影响因素研究--基于省级面板数据的分析[J] 经济问题, 2012(4): 49-52.

[10] 刘小川, 汪曾涛． 二氧化碳减排政策比较以及我国的优化选择[J]． 上海财经大学学报, 2009(8): 73-89.

[11]刘华军，赵浩．中国二氧化碳排放强度的地区差异分析[J]．统计研究, 2012

（6）:46-50.

[12]刘艳丽. 城镇化约束下的二氧化碳排放与经济增长关系分析[J]. 统计与决策, 2015，(18)：145-148.

[13]梅林海，杨慧. 基于Kaya公式的中国碳排放因素的灰关联分析[Z]. 云南财经大学学报, 2011，(4)：66-70.

[14]李国志， 李宗植. 中国二氧化碳排放的区域差异和影响因素研究[J]. 中国

53

人口资源与环境, 2010, 20(5):22-27.

[15]李忠民，孙耀华. 基于IPAT公式的省际间碳排放驱动因素比较研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(2)：39-42.

[16]宁学敏. 我国碳排放与出口贸易的相关关系研究[J]. 生态经济, 2009，(11)：51-54.

[17]潘佳佳， 李廉水. 中国工业二氧化碳排放的影响因素分析[J]. 环境科学与

技术, 2011, 34(4):86-92.

[18] 任静. 碳排放影响因素研究综述[J]. 资源与产业, 2015, 17(1): 79-83.

[19]任志娟．中国碳排放区域差异与减排机制研究[D]．北京：首都经济贸易大学，2014.

[20]宋德勇，卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口资源与环境, 2009, 19(3)：18-24.

[21] 孙欣．如何测度节能减排效率[J]．中国统计，2010（2）：50-51.

[22]佟昕，陈凯，李刚. 中国碳排放影响因素分析和趋势预测[J]. 东北大学学报（自然科学版）, 2015, 36(2): 297-300.

[23]童彦，华红莲，张碧星，闫伟华. 云南省环境库兹涅茨特征研究[J]. 环境保护科学, 2007(6)：26-32.

[24]王锋，吴丽华，杨超．中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]．经济研究，2012（2）:123-136.

[25]魏一鸣，刘兰翠，范英，吴刚．中国能源报告（2008）:碳排放研究[M]．科学出版社, 2008。

[26]许广月，宋德勇. 中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究：基于省域面板数据[J]. 中国工业经济, 2010(5)：74-81.

[27]杨嵘，常烜钰，基于LMDI的西部地区碳排放因素分解[J]. 资源与产业, 2012, 14(2): 172-179.

[28]徐国泉， 刘则渊， 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析[J]. 中

国人口资源与环境, 2006, 16(6):158-161.

[29]闫云凤，杨来科. 中国出口隐含碳增长的影响因素分析[J]. 中国人口资源与环境，2010, 20(8)：48-52.

[30]查冬梅，周德群. 地区能源效率与二氧化碳排放的差异性---基于Kaya因素分解[J]. 系统工程, 2007, 25(11)：65-71.

[31]张彬，姚鄉，刘学敏. 基于模糊聚类的中国分省碳排放初歩研究[J]. 中国人口资源与环境, 2011（01）。

[32]赵耀昌， 我国碳排放影响因素的实证分析[D]．大连：东北财经大学. 2011

54

[33]《国家环境保护“十二五”规划》前期研究对外委托课题成果摘要.环境保护部规划财务司、环境规划院编著[M]．中国环境科学出版社, 2012。

[34] IPCC.2006," Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume Energy", httP: // [www. ipcc-nggip. iges. or. jp/public/2006gl/](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/) vol 2. html.

[35] Ang B W, Zhang F Q, Choi K H. Factorizing changes in energy and environ-mental indicators through decomposition[J]. Energy, 1998, 2(6):489-495.

[36] Ang B W, Pandiyan G. Decomposition of energy-induced CO2 emissions in Manufacturing [J]. Energy Economics,1997,19(3):363-374.

[37] Copeland B. R., M. S. Taylor, North-South Trade and the Environment[J]. Quarterly Journal of Economic, 1994, (3):755-787.

[38] Coondoo, D. Dinda, S. Causality between income and emission: a country group-specific economics. 2002, 40:351-367.

[39] Friedl B., Getzner M.,2003." Determinants of CO2 emissions in a small open economy". Ecological Eeonomscs, vol. 45(l). PP.133-148.

[40] Fan, Liu Lan-cui, Wu Gang, et al. Changes in carbon intensity in China: Empirical findings From 1980-2003[J]. Ecological Economics,2007,62:683-691.

[41] Galeotti M. and Lanza A., 1999," Desperately Seeking (Environmental) Kuznets", Working PaPer, CRENOS,199901.

[42] Galeotti M., Lanza A. and Pauli F.,2006,"Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions: ARobustness Exercise, Ecological Economics, vol.57. PP.152-16.

[43] Grossman, M and Kreuger,. Economies impacts of a North American free trade agreement[J]. NBER Working Paper. 1991: 391.

[44] Ehrlich PR, Holdren JP, Impact of population growth[J]. Science, 1971(171):1212-1217.

[45] James C. Cramer, Population Growth and Local Air Pollution: Methods, Models, and Results[J]. Population and Development Review, 2002, (28):22-52.

[46] J. Water, Judith Ugelow. Environment Policies in Developing Countries [J]. Ambin, 1979, 8 (23).

[47] Liu L, Fan Y, Wu G, Wei Y. Using LMDI method to analyze the chang of china's industrial CO2 emissions from final fuel useI an emoirical analysis[J]. Energy Policy, 2007, 35(11):5892-5900.

[48] Ma C, D I Stern. China's Carbon Emissions 1971-2003[R]. Rensselaer Working Papers in Economics, Number 0706,2007.

[49] Roberts JT, Grimes P. E.. Carbon intensity and economy development 1962-1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve[J]. World Development, 1997, 25: 191-198.

55

[50] Richmond, A. K and Kaufmann, R. K., 2006," Is there a tuming Point in the relationship Between income and energy use and/or Carbon Emissions" Ecological Econoic, vol. 56(2), PP.176-189.

[51] Ratnakar Pani, Ujjaini Mukhopadhyay. Identifying the major players behind increasing globle carbon dioxide erissions: a decomposition analysis. [J]. The Environmentalist., 2010, 30(2):183-205.

[52] Wang Can., Chen Jinjing., Zou Ji, Decomposition of Energy-related CO2 Emissions in China: 1957-2000[J]. Energy,2005,30(1):73-83.

[53] Selden T. M. and Song D., 1994," Enviromental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions", JournalofEnviromentalEconomicAndManagement, vol.27, PP. 147-162.

[54] Sun J W. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model [J]. Energy Economics, 1988, 200(1):85-100.

56

致 **谢**

光阴似箭、岁月如梭，在论文即将完成之际，我两年半的研究生生活也接近尾声，转眼间我就要完成在安徽财经大学的学习生涯而离开这个美丽的校园。回顾种种，诸多不舍。我感到非常幸运，在安徽财经大学本科毕业后成为本校研究生，在这期间充满了艰辛和彷徨，但是更多的是收获和欢乐。美丽的校园和浓厚的师生情将永远铭刻在我内心深处，成为我人生中最美好的一段回忆。饮水思源，我要感谢的人实在太多，在他们的帮助和照顾下我才能顺利完成学业。

首先要感谢我的导师陈晓玲教授，本篇论文从选题的确定到论文的最终完成，陈晓玲老师都给予了大量指导和帮助。陈老师平时工作比较忙，但她在百忙之余，逐项指明我的论文中的错误和需要修改的地方，这使我的论文不断得到改善。一直以来，陈老师以渊博的专业知识、和严谨的工作作风、宽以待人的处事态度、诲人不倦的高尚师德，都深深地感染和激励着我。在此谨向陈老师两年多以来的支持和关心表示最诚挚的敬意和由衷的感谢。

其次，我也万分感谢统计与应用数学学院的余华银教授、张焕明教授、宋马林教授、陈年红教授、马成文教授、夏万军教授、王玉梅教授、卢二坡教授等硕士研究生导师和学院的其他老师在我研究生期间给予的指导和帮助，衷心感谢各位老师。

再次，感谢一直以来关心着我的家人和男朋友，他们在精神上给了我极大的支持，一直包容和鼓励着我，感谢他们默默的付出；同时还非常感谢周围的朋友和同学，因为他们，我的研究生生活充满欢乐。

最后，感谢答辩评委老师在百忙之中对我毕业论文进行耐心的的点评和指正，祝愿各评委老师以及本院全体师生身体健康、工作顺利！

刘倩

57

2015年12 月

58

**读研期间科研成果**

刘倩， 陈晓玲. 中国能源消费与经济增长相互关系的研究[J]. 铜陵学院学报, 2015，（2）：

13-15.

59