

秦昌才 著

碳排放： 理论、价格与机制设计

Carbon Emissions

The Theory, Price and Mechanism Design



经济科学出版社
Economic Science Press

X51
1074



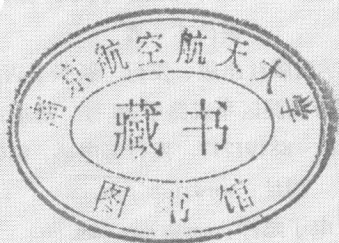
NUAA2013084392

X51
1074-1

秦昌才 著

碳排放： 理论、价格与机制设计

Carbon Emissions
The Theory, Price and Mechanism Design



经济科学出版社
Economic Science Press

2013084392

图书在版编目 (CIP) 数据

碳排放：理论、价格与机制设计/秦昌才著. —北京：
经济科学出版社，2013. 7

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3718 - 7

I. ①碳… II. ①秦… III. ①二氧化碳 - 排气污染物 -
污染控制 - 研究 - 中国 IV. ①X511.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 195612 号

责任编辑：王 娟

责任校对：杨 海

版式设计：齐 杰

责任印制：李 鹏

碳排放：理论、价格与机制设计

秦昌才 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编部电话：010 - 88191217 发行部电话：010 - 88191522

网址：www. esp. com. cn

电子邮件：esp@ esp. com. cn

天猫网店：经济科学出版社旗舰店

网址：http://jjkxcbs. tmall. com

北京京鲁创业科贸有限公司印装

787 × 1092 16 开 10.5 印张 200000 字

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3718 - 7 定价：26.00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换。电话：010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

3002800108

序

全球温室气体减排，特别是碳减排已是全球共识。1992年6月联合国环境与发展大会签署了《联合国气候变化框架公约》，要求最终将大气中温室气体的浓度稳定在可保证全球可持续发展的水平。1997年通过的《京都议定书》进一步为发达国家规定了在减少温室气体排放起始阶段的具体减排目标。中国政府一直积极对待和参与全球碳减排合作，批准了包括《京都议定书》在内的多个国际公约。在2009年的联合国气候变化峰会上，中国政府提出，争取到2020年单位国内生产总值的二氧化碳排放量，即碳排放强度，比2005年下降40%~45%。宏伟的减排目标与承诺必须有科学的理论及实证分析作为依据，这就要求我们必须科学地分析碳排放问题！

作者分别从研究方法、责任模式、交易机制、价格影响因素、碳排放权的初始配置等几个方面，比较系统地分析了碳排放问题。限于作者知识水平与研究能力的限制，书中难免有些不准确甚至于错误的地方，敬请各位读者指正！最后，感谢我的导师对外经济贸易大学刘树林教授为我选定了这样一个研究方向，并对具体研究工作所作的辛勤指导；感谢我的学生厉成燕、唐媛桢、苏娜、龙凤云所作的工作，感谢经济科学出版社王娟编辑严谨而高效的工作成就了此书！

作者于山东
二零一三年夏

目 录

第一章 碳排放研究方法专题	1
第一节 碳排放研究方法综述	1
第二节 我国产业完全碳排放研究	12
第二章 碳排放责任研究与机制设计专题	30
第一节 碳排放责任模式研究	30
第二节 碳排放的激励机制设计	38
第三节 扩大生产者责任研究	44
第三章 碳价格影响因素研究专题	56
第一节 影响因素一般分析	56
第二节 碳价格影响因素实证研究	63
第四章 碳交易机制研究专题	85
第一节 碳排放交易理论基础	85
第二节 碳交易储存机制研究	95
第三节 中国碳交易市场研究	102
第五章 碳排放权的初始配置专题	113
第一节 碳排放权初始配置理论研究	113
第二节 碳排放权初始配置的实践	121
第六章 碳排放与经济增长研究专题	141

第一章

碳排放研究方法专题

国内外学者在碳排放问题上的研究使用了诸多方法，大体上可以分为五类：指数分解分析方法、结构分解分析方法、Kaya 等式及变形 STIRPAT 方法、环境库兹涅茨曲线以及其他研究方法等。基于这些方法，研究者对碳排放问题进行了科学的分析和解读。本章对各研究方法和结论进行了综述和比较研究，并基于投入产出分析方法，利用我国的相关数据，对中国的产业完全碳排放做了实证研究。

第一节 碳排放研究方法综述

全球温室气体减排，特别是碳减排已是全球共识。1992 年 6 月联合国环境与发展大会签署了《联合国气候变化框架公约》，要求最终将大气中温室气体的浓度稳定在可保证全球可持续发展的水平。1997 年通过的《京都议定书》进一步为发达国家规定了在减少温室气体排放起始阶段的具体减排目标。中国政府一直积极对待和参与全球碳减排合作，批准了包括《京都议定书》在内的多个国际公约。在 2009 年的联合国气候变化峰会上，中国政府提出，争取到 2020 年单位国内生产总值的二氧化碳排放量，即碳排放强度，比 2005 年下降 40% ~ 45%。

但是宏伟的减排目标与承诺必须有科学的理论及实证分析作为依据，这就要求我们必须科学地分析碳排放问题。首当其冲的问题是哪些因素决定了碳排放。各因素对碳排放的作用是正向的还是负向的。本节将国内外学者在碳排放影响因素方面的研究成果加以梳理，以期回答上

述两个问题。结构是第一部分为碳排放研究方法的比较，从方法的角度看碳排放因素分解；第二部分为研究结论比较分析，从结论的角度看碳排放因素分解；第三部分为结论。

一、碳排放研究方法的比较

国内外学者在碳排放的影响因素方面的研究大体上可以分为五类方法：指数分解分析方法、结构分解分析方法、Kaya 等式及变形 STIR-PAT 方法、环境库兹涅茨曲线以及其他研究方法等。当然，各种方法不是完全独立的，交叉使用在同一篇文献中也是常见的。

（一）指数分解分析方法

指数分解分析（Index Decomposition Analysis, IDA）是国际上能源与环境问题政策的制定中广泛使用的一种方法。其基本原理是将碳排放计算公式表示为几个因素指标的乘积，并根据确定权重的不同方法进行分解，以确定各个指标的增量份额。在碳排放方面使用的主要有对数平均权重分解与权重自我调整分解两种方法。

1. 对数平均权重分解法（LMDI）。昂（Ang B W）等（1998）在比较了简单平均分解法（SAD）和鲍德（Boyd G A）（1988）的方法之后，提出了一种利用对数平均公式作为因素权重的分解方法——对数平均权重分解法（Logarithmic Mean Weight Divisia Index Method, LMDI）。此方法的优点是不产生余值，允许数据中包含零值。基本原理有两种，一种是乘法分解，一种是加和分解。

宋德勇、卢忠宝（2009）使用的是前一种分解方法——乘数分解，其基本原理如下：

$$V = \sum_i V_i = \sum_i X_{1i} X_{2i} \cdots X_{ni} \quad (1-1)$$

其中， V 为碳排放总量， V_i 为碳排放分量， X_{ki} ， $k=1, \dots, n$ 为决定碳排放的分解因素令相对变化量：

$$D = \frac{V^t}{V^0} = \frac{\sum_i X_{1i}^t X_{2i}^t \cdots X_{ni}^t}{\sum_i X_{1i}^0 X_{2i}^0 \cdots X_{ni}^0} = D_{X1} D_{X2} \cdots D_{Xn}$$

V^0 , V^t 分别代表基期与当期的碳排放总量, 二者的相对变化可以表示成 X_{ki} , $k=1, \dots, n$ 的某些函数的连乘, 其中各分解因素为:

$$D_{xk} = \exp \left\{ \frac{\sum_i (V_i^t - V_i^0) / (\ln V_i^t - \ln V_i^0)}{(V^t - V^0) / (\ln V^t - \ln V^0)} \ln \left(\frac{X_{ki}^t}{X_{ki}^0} \right) \right\}$$

这样, 碳排放的决定问题顺理成章的得到了解决。

朱勤等 (2009) 使用的则是后一种加和分解, 其基本原理如下:

$$\text{令} \quad D = V^t - V^0 = D_{x1} D_{x2} \cdots D_{xn} \quad (1-2)$$

$$\text{则} \quad D_{xk} = \sum_i \left(\frac{(V_i^t - V_i^0)}{(\ln V_i^t - \ln V_i^0)} \ln \left(\frac{X_{ki}^t}{X_{ki}^0} \right) \right)$$

由于以上两种方法都利用对数平均公式作为因素权重, 因此称为对数平均权重分解法 (LMDI)。

当昂提出 LMDI 方法以后, LMDI 方法成为应用最为广泛的方法, 格林等 (Greening et al., 1993) 以及格林 (2004) 分别分析了 10 个 OECD 国家的制造业、运输业、居住和私人交通等部门的二氧化碳排放强度分解; 清华大学王灿等 (2005) 利用 LMDI 方法分析了我国 1957 ~ 2000 年间的二氧化碳排放的变化因素; 以魏一明为首的研究小组 (2007) 采用 LMDI 方法对 1998 ~ 2005 年我国工业最终消费能源导致的二氧化碳排放量进行因素分析; 徐国泉等 (2006) 基于碳排放量的基本等式, 采用 LMDI 方法建立中国人均碳排放的因素分解模型, 定量分析了 1995 ~ 2004 年间能源结构、能源效率和经济发展等因素的变化对中国人均碳排放的影响; 主春杰等 (2006) 运用 LMDI 法对中国部分省份、区域能源消费导致的二氧化碳排放量进行了分解分析。

2. 权重自我调整分解法 (Adaptive - Weighting Divisia, AWD)。
AWD 分解方法是由新加坡学者刘 (Liu) 和昂等在 1992 年首先提出来的。它是一个先求微分再求积分的过程, 并假设各参数为单调函数, 并最终求解各单项积分作为二氧化碳排放各因素变化率的权重。其基本原理如下:

$$V = \sum_i V_i = \sum_i X_{1i} X_{2i} \cdots X_{ni} \quad (1-3)$$

两边关于时间求导, 得到碳排放的瞬时增长率

$$\frac{dV}{dt} = \sum_i \frac{dV_i}{dt} = \sum_i \sum_j X_{1i} \cdots \frac{dX_{ji}}{dt} \cdots X_{ni}$$

两边除以总量 V ：

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} \frac{1}{V} &= \frac{d(\ln V)}{dt} = \sum_i \frac{dV_i/dt}{V} = \sum_i \sum_j X_{ji} \cdots \frac{dX_{ji}}{dt} \frac{1}{X_{ji}} \frac{X_{ji}}{V} \cdots X_{ni} \\ &= \sum_i \sum_j X_{ji} \cdots \frac{d(\ln X_{ji})}{dt} \frac{X_{ji}}{V} \cdots X_{ni} = \sum_i W_i \sum_j \frac{d(\ln X_{ji})}{dt}\end{aligned}$$

其中权重 $W_i = \frac{V_i}{V}$

将上式两边做 $[0, T]$ 上的定积分，根据积分中值定理：

$$\int_0^T \frac{d(\ln V)}{dt} dt = \sum_i \int_0^T W_i \sum_j \frac{d(\ln X_{ji})}{dt} dt = \sum_i W_i(t^*) \sum_j \ln \frac{X_{ji}^T}{X_{ji}^0}$$

则有
$$\frac{V^T}{V^0} = \prod_i \exp \left[W_i(t^*) \sum_j \ln \frac{X_{ji}^T}{X_{ji}^0} \right]$$

其中 $W_i(t^*)$ 为权重 $W_i = \frac{V_i}{V}$ 在时刻 $t^* \in (0, T)$ 时的函数值，其计算可以使用 LMDI 方法：

$$W_i(t^*) = \frac{L(V_i^T, V_i^0)}{L(V^T, V^0)} = \left(\frac{V_i^T - V_i^0}{\ln V_i^T - \ln V_i^0} \right) / \left(\frac{V^T - V^0}{\ln V^T - \ln V^0} \right)$$

由于它利用了一个时间段间的函数微分，而非简单的求平均值，因此这一方法得出的结果相比于其他的方法余值最小，最接近于现实。但是由于这种方法计算过程相当复杂，在实际应用中并不如 LMDI 方法广泛。

法国学者李 (Lee Shipper) 采用 AWD 方法对 13 个 IEA 国家的二氧化碳排放趋势进行了因素分解，认为对于大多数国家来讲，能源强度和能源消费结构可以解释大部分的二氧化碳排放强度变化，而产出结构和排放系数的贡献作用不大。魏一明研究组采用 AWD 方法对我国 1980 ~ 2003 年间的能源消费引起的二氧化碳排放强度和原材料部门的最终消费能源引起的二氧化碳排放强度进行了实证分析；王锋等 (2010) 利用此方法把 1995 ~ 2007 年间中国能源消费的二氧化碳排放增长率分解为 11 种驱动因素的加权贡献，并对驱动因素进行了分类分析。

(二) 结构分解分析法 (Structure Decomposition Analysis, SDA) 之投入产出 (IO) 法

结构分解分析方法在碳排放问题上的应用，较多的是投入产出方

法。投入产出分析 (Input-output Analysis) 方法是由美国经济学家瓦西里·列昂惕夫创立的, 能够全面反映经济体系内部各部门之间投入产出的相互依存关系。能源消耗分为直接消耗和间接消耗, 碳排放也分为直接碳排放和间接碳排放, 如能源消耗直接产生碳排放, 某些工业过程还会产生隐含碳排放, 即碳的间接排放。这就要求使用一个全面反映部门间能源需求关系、有利于完全碳排放计算的分析方法。于是投入产出分析方法作为科学的分析完全关系的工具, 自然的被引入了碳排放的研究过程。其基本原理如下:

根据投入产出基本分析公式 $X = (I - A)^{-1}Y$, 构造碳排放分析公式:

$$C = E(I - A)^{-1}Y \quad (1-4)$$

其中 E 为国内产出的直接碳排放, $(I - A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵, Y 为最终需求, C 为完全碳排放。

国外学者中, 矢部信子 (Nobuko Yabe, 2004) 对日本, 谢弗和莱亚尔 (Schaeffer and Leal, 1996)、托马西姆和马查多 (Tolmasquim and Machado, 2003)、马查多等 (Machado et al. 2001) 分别对巴西, 桑切斯和杜阿尔特 (Sánchez - Chóliz and Duarte, 2004) 对西班牙, 利兹 (Lenzen, 1998) 对澳大利亚, 蒙赫、塔西和纳塔尼卡 (Mongelli, Tassielli and Notarnicola, 2006) 对意大利, 姆佩蒂 (Mukhopadhyay, 2004) 对印度利用投入产出分析方法做了碳排放的研究。国内学者中, 陈红敏 (2009) 分析了 2002 年中国各部门最终消费和使用中的隐含碳排放; 魏本勇等 (2009) 从最终需求的角度评估了 2002 年中国进出口贸易中国家和部门的碳排放。齐晔 (2008) 分析了进出口商品的隐含碳排放。宾和哈里斯 (Bin Shui and Robert C. Harriss, 2006) 考察了中美贸易中的碳排放; 刘红光等 (2010) 利用非竞争性投入产出框架, 建立了区域碳排放结构分析模型, 从最终需求 (消费) 的角度衡量碳排放及其区位转移; 余慧超、王礼茂 (2009) 建立了基于国际商品贸易的碳排放转移模型, 分别作了中美两国间相互出口碳排放及碳转移的分析。李小平等 (2010) 运用中国 20 个工业行业与 G7 和 OECD 等发达国家的贸易数据做了比较研究。

但投入产出分析方法在碳排放研究上的重要贡献, 应该是对开放经济国际贸易问题的研究, 这就是著名的“碳泄露”问题的研究。全球化的社会大分工, 使得发达国家将大量的高碳排放产业转移给了发展中

国家，以减少国内的碳排放。而发展中国家为了发展自己的经济，往往主动或者被动地接受这一国际转移。由于发展中国家产业技术水平较低、能耗水平较高，生产同样的消费品会比发达国家排放更多的二氧化碳，这就使得全球碳排放总量一直处于隐形的增长过程中。计算国际间对外贸易过程中产生的隐含碳，既是在国家间区分碳减排责任大小的公平依据，更是全球一体化减排的内在要求。因此国内外学者将投入产出分析用于此方面的研究较多。

(三) KAYA 等式及变形 STIRPAT 方法

日本学者卡亚 (Kaya, 1990) 在 IPCC 的工作报告中提出了碳排放分解 KAYA 等式，其基本原理是：

$$C = \frac{C}{E} \frac{E}{Y} \frac{Y}{P} P \quad (1-5)$$

其中，C 为碳排放量，E 为一次能源消费量，Y 为国内生产总值，P 为人口数。此等式将环境影响、人口规模、人均财富和对环境破坏的技术水平联系在一起，反映了人类经济活动对环境压力的影响，属于被广泛认可的“IPAT”经济环境方程。

冯相昭 (2008) 利用 Kaya 等式对 1971 ~ 2005 年期间中国的二氧化碳碳排放进行了无残差分解；朱勤等 (2009) 基于扩展的 Kaya 恒等式建立因素分解模型，应用 LMDI 分解 (加和) 方法对能源消费碳排放进行因素分解。

但由于 Kaya 等式只能反映各变量之间的等比例影响，因此约克等 (York, 2003) 在 IPAT 基础上建立了 STIRPAT (Stochastic Impacts By Regression on Population, Affluence, And technology) 模型，其基本形式如下：

$$I_i = a P_i^b A_i^c T_i^d \quad (1-6)$$

该模型保留了“IPAT”模型的乘法结构，把人口 P、人均财富 A 和技术 T 三个主要因素作为环境变量的决定因素。约克 (York, 2003)、池 (Shi, 2003) 利用 STIRPAT 模型研究了碳排放量和人口之间的关系，其中迪亚塔和约克 (Dieta and York) 认为，人口对碳排放量的弹性系数接近 1；而池认为人口对碳排放量的弹性系数在 1.41 与 1.65 之间。李齐云等 (2009) 利用偏最小二乘法 (Partial Least Squares) 建立

了 STIRPAT 模型, 采用 1978 ~ 2008 年的相关数据从整体上对我国碳排放进行了定量分析。

(四) 环境库兹涅茨曲线 (EKC)

20 世纪 90 年代初, 格罗斯曼 (Grossman) 和库瑞奇 (Kruege) 研究发现经济增长初期环境污染程度较轻, 但污染程度随着人均收入的增加趋于严重; 当人均收入达到一定程度后, 环境污染反而随着人均收入的增加而减少, 用曲线表示的话则形如一条倒 U 型的曲线。帕纳 (Panayotou) 借用著名经济学家库兹涅茨对经济增长与人均收入分配关系研究所得到的倒“U”型曲线关系, 将该曲线称为“环境库兹涅茨曲线 (EKC)”。

早期的 EKC 拟合模型是简单的二次多项式, $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$, 随后, 还有三次函数模型 $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$ 。杜婷婷等的研究表明三次曲线方程较之标准型的环境库兹涅茨二次曲线方程更能显示中国数十年来经济发展与二氧化碳排放之间的相依关系。

胡初枝、黄贤金等 (2008) 基于 EKC 模型, 采用平均分配余量的分解方法, 构建中国碳排放的因素分解模型, 定量分析 1990 ~ 2005 年经济规模、产业结构和碳排放强度对碳排放的贡献; 许广月、宋德勇 (2010) 利用 1990 ~ 2007 年的时序数据及全国东中西部 (11、7、9) 共 27 个省的 GDP、碳排放数据做区域性经济增长 (GDP、人均 GDP) 与碳排放 (碳排放量、人均碳排放量、碳排放弹性) 关系的差异分析; 宋涛等基于 EKC 假设, 对我国 1960 ~ 2000 年人均二氧化碳排放量与人均 GDP 之间的关系进行了实证研究, 发现人均排放量与人均 GDP 之间存在长期协整关系, 呈现倒 U 型环境库兹涅茨曲线关系。

(五) 其他研究方法

计量经济学的回归分析方法在碳排放与某些因素的相关关系的研究上面有一定的应用。

如宁学敏 (2009) 基于协整理论和误差修正模型对我国 1988 ~ 2007 年碳排放量和商品出口之间的关系进行研究。周亚敏等 (2010) 利用北京市 1985 ~ 2007 年的相关数据, 借助 EViews6.0 和 Excele 等工具, 逐项分析了各类环境指标与人均 GDP 之间的实证关系。许广月等 (2010) 实证分析了出口贸易、经济增长与碳排放量之间的动态关系。

牛叔文等（2010）以亚太八国为对象，运用面板数据模型，分析 1971 ~ 2005 年间能耗、GDP 和二氧化碳排放的关系。宋帮英等（2010）采用地理加权回归（GWR）技术引入空间效应，发现 GWR 模型比 OLS 模型具有明显优势。

从以上对各种研究方法的基本原理可以看出，投入产出方法主要是分析对外贸易等外部因素对碳排放的影响，环境库兹涅茨曲线则着重分析经济发展因素对碳排放的影响，而计量分析方法更多的是从相关关系的角度衡量碳排放的影响因素。指数分解分析、KAYA 等式及变形 STIRPAT 方法则使用确定性的数理公式，将各影响因素逐一进行分解，对碳排放问题的说明更加明确。从数据使用上来讲，指数分解分析、KAYA 等式及变形 STIRPAT 方法、环境库兹涅茨曲线、计量经济学的回归分析方法使用的大多是时间序列数据。受限于数据的获取以及分析问题的需要，结构分解分析使用的是基年横截面数据，如表 1-1 所示。

表 1-1

比 较

文献	数据期间（年）	研究方法
宋德勇、卢忠宝（2009）	1990 ~ 2000（中国）	LMDI
朱勤等（2009）	1980 ~ 2007（中国）	
王灿等（2005）	1957 ~ 2000（中国）	
徐国泉等（2006）	1995 ~ 2004（中国）	
温景光（2008）	1996 ~ 2007（中国）	
魏一明等（2007）	1980 ~ 2003（中国）	AWD
王锋等（2010）	1995 ~ 2007（中国）	
冯相昭（2008）	1971 ~ 2005（中国）	Kaya
李齐云等（2009）	1978 ~ 2008（中国）	STIRPAT
Bruyn、Bergh 和 Opschoor	1960 ~ 1993 （新西兰、西德、英国和美国）	EKC
胡初枝、黄贤金等（2008）	1990 ~ 2005（中国）	
许广月、宋德勇（2010）	1990 ~ 2007（中国）	
宋涛等	1960 ~ 2000（中国）	
宁学敏（2009）	1988 ~ 2007（中国）	计量分析
周亚敏等（2010）	1985 ~ 2007（北京）	
牛叔文等（2010）	1971 ~ 2005（亚太八国）	

二、研究结论比较分析

我们将使用以上研究方法的文献的研究结论总结如表 1-2 所示：

表 1-2 方法与结论比较

	一级因素	二级因素	文献结论	研究方法
碳排放	技术因素	碳排放强度 (碳排放效率)	宋德勇、卢忠宝（2009）（不显著）；王灿等（2005）（显著正效应）；魏一明等（2007）（不显著）	LMDI
			Lee Shipper（不显著）；魏一明（显著）	AWD
			胡初枝、黄贤金等（2008）（不显著）	EKC
		能耗强度 (能源效率)	Ang B W 等（1998）（正效应）；宋德勇、卢忠宝（2009）（正效应）；魏一明等（2007）（显著正效应）；徐国泉等（2006）（显著正效应）；主春杰等（2006）（显著正效应）；温景光（正效应）	LMDI
			Lee Shipper（显著）；王锋等（2010）（显著正效应）	AWD
			冯相昭（2008）（正效应）	KAYA
	结构因素	能源结构	宋德勇、卢忠宝（2009）（不显著）；魏一明等（2007）（不显著）；徐国泉等（2006）（显著正效应）；温景光（正效应）	LMDI
			Lee Shipper（显著）；魏一明（显著）	AWD
		产出结构	朱勤等（2009）（不显著）；魏一明等（2007）（不显著）	LMDI
			Lee Shipper（不显著）	AWD
			胡初枝、黄贤金等（2008）（显著正效应）	EKC
	规模因素	经济规模	Ang B W 等（1998）（显著负效应）；宋德勇、卢忠宝（2009）（负效应）；朱勤等（2009）（显著负效应）；徐国泉等（2006）（显著负效应）；温景光（显著负效应）	LMDI
			王锋等（2010）（显著负效应）	AWD
			冯相昭（2008）（显著负效应）	KAYA
			Bruyn、Bergh 和 Opschoor（显著负效应）；胡初枝、黄贤金等（2008）（显著负效应）	EKC
		人口规模	王锋等（2010）（显著负效应）	AWD
			冯相昭（2008）（显著负效应）	KAYA
			York 等（2003）、Shi（2003）（显著负效应）；李齐云等（2009）（显著负效应）	STIRPAT

需要说明的是，从各文献的结论来看，碳排放取决于能源消耗的程度、效率以及能源结构、经济发展阶段（经济存量、人口存量等）、产业结构等众多因素。我们将碳排放的影响因素分为两个层次，定义为两级因素：将碳排放强度、能耗强度归结为技术因素；将能源结构、产出结构因素归结为结构因素；将经济规模、人口规模因素归结为规模因素。称对碳排放起抑制作用的为正效应，相反，称之为负效应。“显著”来自于各文献的研究结论，不完全等同于统计学上经过样本检验的“显著”概念。

从表 1-1 可以看出，技术因素的碳排放强度、能耗强度两个因素对碳排放的作用都是正效应，这说明实际数据表明着眼于节能减排的技术改进措施确实起到了效果。碳排放强度方面，说明化石能源充分燃烧的技术应该是得到了提高，碳排放强度有所下降。能耗强度方面，说明能源消耗得到了足够重视，能耗强度显著下降，从而对碳排放有显著的抑制作用。这得利于我国政府为主导、市场为基础、企业为主体，全社会共同参与以全面推进节能减排的大环境。

节能减排政策的重要突破方向为结构低碳化调整，因此结构因素都应该呈现对碳排放的抑制作用，因此表中出现的都是正效应。但无论能源结构还是产出结构，正效应大多都不显著。合理的解释是近几年的能源向低碳方向缓慢发展，结构有所多元而合理；但由于新能源技术替代过程存在时间问题，替代成本问题是个客观存在；产业调整有个过程，经济结构调整并不能一蹴而就，具有一定的惯性，从而呈现的是并不显著的正效应。

规模因素呈现负效应，应该是情理之中。伴随着经济发展的能源的消耗，边际上可能有所下降，总量意义上一定是增加的。特别是发展中国家，发展经济是第一位的，技术落后、产业结构高耗能、高排放，调整缓慢、甚至不可能，这就决定了经济产出的增长必然伴随着高碳排放。以我国为例，中国是世界上最大的发展中国家，也是近三十年发展最快的国家。从 1978 年到 2007 年，中国国内生产总值由 3645 亿元增长到 24.95 万亿元，年均实际增长 9.8%，是同期世界经济年均增长率的 3 倍多，2008 年经济总量超过德国，跃居世界第三。与之相对应的是中国的能源消耗和碳排放量也显著的增加。中国的能源总消费在 1978 年为 5.71 亿吨标准煤，2000 年达到了 13.03 亿吨标准煤，年平均

增长率为 3.8%，比全球同期能源增长率 1.5% 多了将近一倍还多。2007 年，中国二氧化碳排放总量达到 67.2 亿吨，占世界排放总量的 24.3%，超过美国，成为世界第一大碳排放国。人口规模因素对碳排放的影响是清一色的显著负效应。根据荷兰环境评估局的 2009 年度全球环境研究报告（2010），2009 年中国人均碳排放 6.1 吨，比 2008 年增加 9%，而 1990 年中国的人均碳排放仅为 2.2 吨。基于我国农村能源消费远低于城市水平、农村能源消费刚性需求必然存在的现状，随着小康社会的全面推进，我国居民特别是农村居民生活用能和碳排放必将面临较高的压力。

三、结论

通过对几种研究方法的比较研究，可以发现除去本身原理显而易见的区别之外，更大的区别在于研究碳排放问题的角度不同。指数分解分析方法，无论是 LMDI 还是 AWD，偏重于从技术和结构的角度的研究碳排放的影响因素，这样可以对能源、碳排放、产出等各方面的动态关系做详细的情景模拟和分析。Kaya 等式及其变形则从经济、社会发展的角度研究，将人类的经济活动对环境的压力在一个或确定或随机的方程中做了直接的反映。而结构分解分析的投入产出法着眼于国家层面衡量完全碳排放，既可以分析一国经济体内部的完全碳排放，又可以通过对外贸易的角度分析国际碳排放、转移和泄漏问题，有利于国家或国际层面的碳减排目标、政策的制定和碳减排责任的区分与合作。环境库兹涅茨曲线与计量经济回归分析方法则重点研究碳排放与某（些）因素的相关关系。

通过对使用上述研究方法的文献的研究结论的比较，我们将碳排放的影响因素分为技术因素、结构因素和规模因素三个一级因素，分别包括碳排放强度、能耗强度；能源结构、产业结构；经济规模、人口规模六个二级因素。研究发现，技术因素、结构因素对碳排放是显著的抑制作用，这说明继续加强节能减排技术的研发和推广，继续推进结构低碳化方向调整是节能减排的应有之义；只有这样，才能抵消人口规模基数大、经济增长速度不放缓对碳排放造成的显著负效应。

第二节 我国产业完全碳排放研究

一、引言

全球气候变暖已是一个不争的事实，以二氧化碳为主体的温室气体排放是最大的原因。温室气体减排，特别是碳减排已是全球共识。在2009年的联合国气候变化峰会上，中国政府提出，争取到2020年单位国内生产总值的二氧化碳排放量，即碳排放强度，比2005年下降40%~45%。宏伟的减排目标与承诺的实现依赖于具体的产业政策与贸易政策；而行之有效的产业与贸易政策需要科学的识别各产业的碳排放程度。

碳排放，主要来自于化石能源的消费。能源消耗分为直接消耗和间接消耗。所谓直接消耗，是指最终产品的直接生产过程对能源的消耗，而间接消耗则是指生产最终产品所需要的中间产品的生产过程对能源的消耗。两个能耗过程都会伴随着碳的排放，分别称为直接碳排放和间接碳排放。本书将二者之和定义为各产业部门生产最终产品的完全碳排放。完全碳排放量的计算要求使用一个全面反映部门间能源需求关系的分析方法。投入产出分析能全面反映经济体系内部各部门之间投入产出的相互依存关系，自然可用于碳排放的研究过程。

使用投入产出分析方法研究碳排放的国外文献很多，学者们分别分析了日本、巴西、西班牙、澳大利亚、意大利和印度的碳排放情况（Nobuko Yabe, 2004；Schaeffer and Lealde sá, 1996；Tolmasquim and Machado, 2003；Machado et al., 2001；Sánchez - Chóliz and Duarte, 2004；Lenzen, 1998；Mongelli et al., 2006；Tassielli and Notarnicola, 2006；Mukhopadhyay, 2004）；在国内，陈红敏（2009）分析了2002年中国各部门最终消费的隐含碳排放；魏本勇等（2009）从最终需求的角度评估了2002年中国进出口贸易中国家和部门的碳排放。齐晔（2008）分析了进出口商品的隐含碳排放。宾和哈里斯（2006）考察了中美贸易中的碳排放；刘红光等（2010）利用非竞争性投入产出框架，建立了区域碳排放结构分析模型，从最终需求（消费）的角度衡量碳排放及其区位转移；余慧超和王礼茂（2009）建立了基于国际商品贸易的碳排放转移模型，分别作了中美两国间相互出口碳排放及碳转移的分