

# 基于泰尔熵指数的区域碳排放差异研究

唐建荣, 王清慧

(江南大学 商学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 碳排放的区域差异研究,对各地区碳减排任务的合理分配及碳减排目标的顺利实现具有重要意义。基于泰尔熵指数系统分析了我国碳排放的区域分布特征及差异化程度,探索了中国东部、中部和西部不同区域碳排放效率的差异及成因。研究结果表明:中国碳排放整体呈现出人均碳排放量增加、碳排放强度降低的走向;碳排放效率总体呈现出东高西低,中部改善迅速的态势;中国各区域碳排放效率长期存在差距,西部地区的减排行为对中国整体的碳减排目标实现举足轻重。为中国碳减排任务的合理分解提供了经济及政策建议。

**关键词:** 碳排放强度; 人均碳排放; 泰尔熵指数; 区域差异

**中图分类号:** F062.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2013)04-0021-07

国内外学者已对碳排放量与人口和经济增长之间的关系做了大量的理论与实证研究。Sun (2005)认为碳强度是评价国家能源政策和碳减排效果的一个合适指标<sup>[1]</sup>;Ying Fan(2007)提出碳排放强度主要受能源强度、能源消费结构以及产业结构等因素的影响,其中能源强度的影响效应最明显,产业结构的影响效应较小<sup>[2]</sup>;张雷(2003)研究了国家经济发展与碳排放的关系,认为经济和能源两者的多元化的演进最终促使国家完成高碳燃料为主向低碳燃料为主的转变<sup>[3]</sup>;王铮和朱永彬(2008)分析了我国各省区的碳排放总量、碳排放强度以及人均碳排放,认为碳排放较高的省份集中在消费结构以煤为主的地区和第二产业比重较大的地区<sup>[4]</sup>。杜克锐(2011)通过对中国1995—2009年各个地区的碳排放效率进行测算,认为碳排放效率存在比较大的地区差异,而且这种差异还会继续扩大,地区差异始终是中国减排政策实践中应当考虑的因素<sup>[5]</sup>。

各种研究表明,碳排放量与经济发展以及人口之间存在着密不可分的关系。目前关于碳排放的研究主要集中在碳排放的影响因素分析,而比较中国各地区之间碳排放差异的理论研究为数不多,作为很多政策规划的先决条件,研究碳排放的区域差异具有重要意义。中国幅员辽阔,地区间的人口、经济都存在很大差距,不平衡现象明显,各地区的碳排放状况因此也存在很大差异。本文基于泰尔熵指数,从碳排放效率和人均碳排放两个角度,系统分析了中国碳排放的区域分布特征及差异化程度,为中国

制定低碳经济政策提供参考。

## 一、研究方法与数据说明

### (一)模型与方法

研究从碳排放强度与人均碳排放两方面分析中国区域碳排放的差距,碳排放强度计算式和人均碳排放的计算式如下

$$\text{碳排放强度(人均碳排放)} = \sum_j C_{ij} / \sum_j N_{ij} \quad (1)$$

泰尔系数或称泰尔熵标准最早由荷兰著名经济学家 H.Theil 于 1967 年提出,Theil 利用信息理论中的熵概念衡量收入的不平等性并据此作为测定收入差距的指标;泰尔熵指数将总体差异分解为组间差异和组内差异,其思路显然也适用于中国区域之间碳排放效率的差异分析。该数值越大说明区域间不均衡程度越大,计算式如下

$$\begin{aligned} T_p &= \sum_i \left( \frac{C_i}{C} \right) T_{pi} + \sum_i \left( \frac{C_i}{C} \right) \ln \left( \frac{C_i/C}{N_i/N} \right) \\ &= \sum_i \left( \frac{C_i}{C} \right) T_{pi} + T_{br} \\ &= T_{wr} + T_{br} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T_{pi} &= \sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C_i} \right) \ln \left( \frac{C_{ij}/C_i}{N_{ij}/N_i} \right) = \sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C_i} \right) \ln \left( \frac{C_{ij}/C_i}{C_i/N_i} \right) \\ &= \sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C_i} \right) [\ln(C_{ij}/N_{ij}) - \ln(C_i/N_i)] \end{aligned} \quad (3)$$

式(1)、式(2)和式(3)中, $C$ 为全国碳排放总量; $C_i$ 为区域*i*内的碳排放总量; $C_{ij}$ 为区域*i*内*j*省的碳排放

收稿日期: 2013-01-17

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(08BYJ060);教育部人文社科基金资助项目(11YJAZH084)

作者简介: 唐建荣(1964—),男,教授,博士,E-mail:tangjianrong703@yahoo.com.cna

量。在计算碳排放强度及碳排放强度泰尔熵指数时,  $N$  为全国 GDP 总量;  $N_i$  表示区域  $i$  的总 GDP;  $N_{ij}$  为区域  $i$  内  $j$  省的 GDP。在计算人均碳排放与人均碳排放泰尔熵指数时,  $N$  为全国人口总数;  $N_i$  表示区域  $i$  的总人口;  $N_{ij}$  为区域  $i$  内  $j$  省的人口数;  $T_p$  表示总体碳排放差距;  $T_{ur}$  表示区域内碳排放差距;  $T_{br}$  表示区域间碳排放差距;  $T_{pi}$  分别表示区域  $i$  内碳排放差距。

## (二) 样本选取与数据来源

文章选取了 2002—2010 年间中国 30 个省市(不含西藏自治区)的数据作为样本区间。按照现有的东部、中部、西部地区分类, 将 30 个省市划分如下: 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南; 中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖

南; 西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆、广西、内蒙古。

能源消费数据来自《中国能源统计年鉴》(2002—2011); GDP 数据来自《中国统计年鉴》(2001—2011), GDP 以 2000 年的价格为基期; 人口数据来自《中国统计年鉴》(2001—2011); 各省碳排放数据是在各省能源消费数据的基础上利用式(4)估算而得。碳排放量  $C$  计算公式如式(4)所示; 碳排放强度及人均碳排放如式(1)所示

$$C_{jt} = \sum_s E_{jst} * \eta_s \quad (4)$$

式中,  $E_{jst}$  为  $j$  省第  $t$  年第  $s$  种一次能源消费量;  $\eta_s$  为第  $s$  类能源的碳排放系数。文章计算使用的各省市一次能源消费数据及其碳排放系数如表 1 所示。

表 1 各能源及其碳排放系数

能源种类	碳排放系数	能源种类	碳排放系数
柴油	0.592 1	汽油	0.553 8
煤炭	0.755 9	原油	0.585 7
焦炭	0.855 0	燃料油	0.618 5
煤油	0.571 4	天然气	0.448 3

数据来源: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories。

## 二、碳排放差异及成因

### (一) 碳排放的总体特征分析

#### 1. 碳排放强度总体特征

文章选取 2002—2010 年间各地区一次能源消费数据, 应用式(4)计算得到各区域的总碳排放量, 通过式(1)最终得到各地区的碳排放强度数据如表 2 所示。

表 2 2002—2010 年各区域碳排放强度

地区	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
东部	1.061	1.065	1.086	1.157	1.111	1.058	0.980	0.924	0.894
中部	1.790	1.814	1.835	1.880	1.826	1.732	1.572	1.448	1.388
西部	1.711	1.896	1.987	2.015	2.168	1.941	1.860	1.807	1.732
全国	1.355	1.390	1.421	1.477	1.460	1.368	1.272	1.202	1.160

数据来源: 《中国能源统计年鉴》(2002—2011), 《中国统计年鉴》(2001—2011)。

由表 2 数据可以发现: 全国的碳排放强度 2002—2006 年整体上波动并不明显, 碳排放效率没有显著改善; 2006 年以后全国碳排放强度呈梯度递减趋势, 减速显著, 说明碳排放效率有了显著改善。进一步观察发现, 东部地区和中部地区的碳排放强度从 2002 年开始就呈现明显的下降趋势, 而西部地区的碳排放强度从 2006 年开始才呈现下降趋势。显然, 西部地区是导致全国平均碳排放强度居高不下的主要原因。此外, 中国碳排放效率在空间上分布也很不均匀; 东部地区的碳排放强度长期远远低于中部和西部。

中国碳排放强度在 2002—2010 年间总体呈现东低西高, 中部地区改善明显的态势。其原因主要

源于区域的资源禀赋、经济发展、产业结构以及能源利用效率的差异<sup>[6]</sup>。技术进步是降低碳排放强度最有效的方式, 东部地区经济较为发达, 产业结构调整早, 技术进步速度快, 碳排放强度因此呈现明显的递减走势; 中、西部地区工业产业结构以重工、化学、能源工业为主, 经济增长依赖于能源的消耗。降低中西部地区的碳排放强度, 需要提高资源利用效率。

#### 2. 人均碳排放总体特征

人均碳排放消除了不同地区人口密度对总排放的影响, 其空间差异比较因此更具可比性。通过式(1)和式(3)可以计算得到 2002—2010 年各区域人均碳排放数据如表 3 所示。

表3 2002—2010年各区域平均人均碳排放

地区	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
东部	1.466	1.650	1.901	2.276	2.461	2.649	2.701	2.790	2.972
中部	1.266	1.413	1.603	1.879	2.063	2.236	2.278	2.342	2.549
西部	0.957	1.174	1.387	1.596	1.944	1.994	2.149	2.358	2.605
全国	1.258	1.439	1.660	1.958	2.189	2.336	2.414	2.529	2.739

数据来源:《中国能源统计年鉴》(2002—2011),《中国统计年鉴》(2001—2011)。

从时间上观察,全国以及各区域的人均碳排放从2002年开始持续上升,且各个区域的上升幅度都比较大,涨幅超过200%,其中整体上升速度最快的区域是西部地区,9年间涨幅达到了272%。西部地区的人均碳排放出现明显增加是在2006年,此前西部地区的人均碳排放远低于其他两个区域,此后西部地区人均碳排放开始快速增加;东部地区和中部地区的人均碳排放年增长速度相差无几。从空间上观察,东中西三大区域的人均碳排放存在很大差距,但空间不均衡有缩小的态势。在2002—2010年这段时间内,东部地区的人均碳排放始终最高;中部地区人均碳排放上升速度与东部地区基本一致;西部地区的人均碳排放从2009年以后迅速超越中部地区,且有追赶上东部地区人均碳排放的趋势。显然,西部地区是导致全国人均碳排放加速上升的主要原因。从统计数据观察,各地区的人均碳排放增长速度远高于人口增长速度。由于人口的可变性非常小,降低人均碳排放就需要从降低碳排放量入手。

综上所述,碳排放强度与人均碳排放的走向从总体特征来看正好完全相反:全国碳排放强度逐步走低但人均碳排放却节节攀高。这一态势表明虽然

全国碳排放量在持续增加但碳排放效率也稳中有升,反映出中国在经济发展的同时碳减排工作亦收效显著。尤其在2006年后,全国碳排放强度降速增加而人均碳排放升速放缓,这显然与“十一五”前后国家实施的低碳经济政策有关<sup>[7]</sup>。此外,从碳排放强度和人均碳排放两个角度都可以发现,我国碳排放效率存在明显的区域差距:相较于碳排放强度排序西部>中部>东部,人均碳排放的排序是东部>中部>西部。产生这种现象的原因是:从经济发展来看,东部地区的经济发展水平远高于中部地区;从人口数量来看,中部地区大多是人口相对密集的省份,不同的计量基数使碳排放状况从时间和空间观察有所不同。但不论是从时间观察还是从空间观察,从碳排放强度角度分析或是从人均碳排放角度分析,都可以得出这样一个结论:西部地区的减排行为对我国整体的碳减排目标实现起关键性作用。

## (二)碳排放的区域差异分析

### 1.碳排放强度的差异分析

选取2002—2010年间的各省(市、自治区)的碳排放量和GDP数据,应用式(2)及式(3)计算得到衡量中国碳排放强度地区差距的泰尔熵指数如表4所示。

表4 碳排放强度差距泰尔熵指数

年份	$T_p$ (总体碳排放强度差距)	$T_{in}$ (区域内碳排放强度差距)	$T_{br}$ (区域间碳排放强度差距)	组内贡献率	组间贡献率
2002	0.184	0.152	0.032	0.827	0.173
2003	0.194	0.156	0.038	0.805	0.195
2004	0.179	0.140	0.039	0.781	0.219
2005	0.169	0.136	0.033	0.804	0.196
2006	0.192	0.149	0.042	0.779	0.221
2007	0.170	0.132	0.037	0.780	0.220
2008	0.170	0.131	0.039	0.771	0.229
2009	0.169	0.129	0.040	0.761	0.239
2010	0.166	0.127	0.039	0.764	0.236

2002—2010年,中国碳排放强度的总体差距在缓慢缩小,但2006年是值得注意的一年:2006年总体碳排放强度差距 $T_p$ 、区域内碳排放强度差距 $T_{in}$ 和区域间碳排放强度差距 $T_{br}$ 均达到最高值;2006年后,总体碳排放强度差距 $T_p$ 的减小速度加快,区

域内的碳排放强度差距 $T_{in}$ 也明显快速降低,但区域间碳排放强度差距 $T_{br}$ 无显著变化。这说明区域内碳排放强度差距在逐渐缩小,而区域间碳排放强度差距无显著变化。此外,通过组内贡献率和组间贡献率分析可知,各年度的区域内碳排放强度差距 $T_{in}$

对整体差距  $T_p$  的贡献率始终在 80% 左右, 各区域内部差距是造成全国总体差距的主要原因。泰尔熵指数分析显示中国区域间的碳排放强度差距始终存在。在今后的工作中, 需要更加关注各个区域的合作与交流, 中国低碳经济追求的不仅是碳排放效率

提高, 更是各区域低碳经济的协同发展。

## 2. 人均碳排放的差异分析

通过 2002—2010 年间各省份的碳排放量和人口数据, 应用式(2)及式(3)可以计算得到衡量中国人均碳排放地区差距的泰尔熵指数如表 5 所示。

表 5 人均碳排放差距泰尔熵指数

年份	$T_p$ (总体碳排放强度差距)	$T_{ur}$ (区域内碳排放强度差距)	$T_{br}$ (区域间碳排放强度差距)	组内贡献率	组间贡献率
2002	0.164	0.150	0.014	0.916	0.084
2003	0.162	0.153	0.009	0.944	0.056
2004	0.144	0.136	0.008	0.943	0.057
2005	0.140	0.129	0.010	0.926	0.074
2006	0.157	0.152	0.005	0.966	0.034
2007	0.132	0.125	0.007	0.948	0.052
2008	0.134	0.129	0.005	0.963	0.037
2009	0.129	0.125	0.004	0.972	0.028
2010	0.128	0.125	0.003	0.980	0.020

表 5 数据说明, 中国人均碳排放的总体差距在 2002—2010 这 9 年间逐步缩小, 在 2006 年有一个小幅度的波动。其中缩小幅度最大的是区域内人均碳排放差距  $T_{ur}$ , 从 2002 年的 0.014 下降到 2010 年的 0.003。虽然在 2006 年  $T_p$ 、 $T_{ur}$ 、 $T_{br}$  值最高, 但从 2006 年开始, 总体人均碳排放差距  $T_p$  和区域间人均碳排放差距  $T_{br}$  下降速度加快, 这与 2006 年后人均碳排放增速放缓有关, 还与人口的流动有一定关系。2005 年以后中西部向沿海转移的流动人口态势由过去的隐性转变成显性, 人口迁移变化对差异的形成起了推波助澜的作用。

泰尔熵指数表明, 中国碳排放情况存在明显的区域差异, 而且从碳排放强度角度和人均碳排放角度衡量的区域差距程度一致: 整体差距  $T_p$  均在 0.1 至 0.2 之间; 区域内差距  $T_{ur}$  均在 0.12 至 0.16 之间; 且区域内部差距  $T_{ur}$  是总体碳排放差距  $T_p$  的主要组成部分; 不同之处在于二者的  $T_{br}$  相差甚远。中国碳排放强度与人均碳排放的区域差距在 2002—2010 年同步缩小, 且自 2006 年后缩小速度加快, 这与“十一五”之后一系列的碳减排政策的实施密切相关。由此可见, 实现减排目标, 发展低碳经济, 政策杠杆的作用不容忽视。

## 3. 区域内碳排放差异分析

从上文分析中可知, 区域内部差距是形成中国碳排放总体差距的主要动力。因此我们进一步利用式(3)分解式(2)中的  $T_{ur}$ , 得到衡量区域内部碳排放差距的泰尔熵指数  $T_{pi}$ , 客观地反映各区域内部存在

差距的大小以及各区域内部碳排放差异的特征。

通过式(3)将表 3 碳排放强度泰尔熵指数中的  $T_{ur}$  进一步分解得到  $T_{pi}$ , 即区域  $i$  内碳排放效率差距如表 6 所示。

表 6 分区域碳排放强度差距泰尔熵指数  $T_{pi}$

年份	东部	中部	西部
2002	0.086 8	0.263 8	0.117 6
2003	0.085 3	0.258 4	0.150 9
2004	0.086 8	0.216 0	0.137 5
2005	0.098 2	0.199 3	0.127 1
2006	0.098 5	0.204 0	0.175 2
2007	0.100 7	0.181 7	0.129 0
2008	0.101 2	0.167 5	0.140 5
2009	0.101 5	0.162 8	0.138 2
2010	0.096 4	0.154 8	0.148 4

表 6 数据说明, 2002—2010 年 9 年间, 东部地区的碳排放强度差距在三个区域中始终最小且变动幅度很小; 而中部地区碳排放强度差距最大且其差距缩小显著; 另外, 不同于东部地区及中部地区比较平稳的变化规律, 西部地区的碳排放强度差距泰尔熵指数变化频繁, 在 2006 年达到峰值, 随后又继续浮动, 碳排放强度差距没有明显增加或减小趋势。

将表 5 中的人均碳排放泰尔熵指数中的  $T_{ur}$  进行分解, 运用式(2)得到  $T_{pi}$ , 即得到衡量人均碳排放地区内差距的泰尔熵指数如表 7 所示。

表7 分区域人均碳排差距泰尔熵指数  $T_{pi}$ 

年份	东部	中部	西部
2002	0.091	0.249	0.124
2003	0.079	0.253	0.155
2004	0.074	0.213	0.147
2005	0.072	0.190	0.161
2006	0.068	0.194	0.252
2007	0.064	0.174	0.179
2008	0.067	0.154	0.214
2009	0.067	0.137	0.212
2010	0.072	0.126	0.219

表7数据说明,东部地区的区域内人均碳排放差距变化幅度不大,且远小于其他两个区域;中部地区的泰尔熵指数始终高于东部地区和西部地区,同时减小速度快;而西部地区的人均碳排放差距在波动中有增加的趋势。

泰尔熵指数  $T_{pi}$  表明,碳排放强度和人均碳排放在各区域内省市之间均存在差距,而以碳排放强度计算的各区域内差距低于以人均碳排放计算的各区域内差距。另外,碳排放角度和人均碳排放角度衡量各区域内部碳排放差距  $T_{pi}$  的结果具有相似性:东部地区碳排放差距最小,有小幅波动,并无明显增加趋势;中部地区的碳排放差距在2006年前最大,差距逐年递减;西部地区的碳排放差距频繁波动,并在2006年迅速超越中部地区,成为碳排放差距最大的地区。形成上述现象的原因是:东部地区各省市的经济发展快,产业结构较相似,能源利用效率高;中部地区跨越的地理空间广,且其内部各省(市、自治区)碳排放情况差异大;西部地区产业结构调整慢,无法实现碳排放差距的稳步缩小。这说明,中国的碳减排目标能否实现取决于西部地区

的碳减排工作进展情况。

### (三)碳排放差异成因分析

中国碳排放效率存在明显的区域差距,虽然碳排放效率有逐渐提高的趋势,但整体差距仍无显著缩小。结合中国实际情况与其他研究,总结造成中国区域间碳排放效率差距的主要原因如下:

1. 经济发展水平落差大。中国的经济发展速度很快,但全国的经济发展并不均衡。经济发展政策决定着各地区的碳排放效率。经济发展速度较慢的地区如中西部地区,尤其是西部地区,其经济发展方式是投资型发展,属于高能源消耗的发展方式,因此其碳排放效率始终低于东部地区;而东部地区经济较为发达,经济发展方式向高效利用资源方式转变,碳排放效率一直高于其他地区。

2. 碳减排技术应用规模小。高效利用能源的技术以及经验的获取需要相对高额的成本,大部分地区不愿投入此类成本。西部地区的高新技术产业较少,因此其碳减排技术进步缓慢,碳排放效率无法快速提高;中部地区还在产业结构调整过程中,投入到技术进步及学习碳减排经验的精力有限,影响了该地区碳排放效率的提升;东部地区高新技术企业多,技术进步升级速度快,但由于没有强制性规定要求必须使用某种低碳生产或低碳消费技术,因此无法大范围利用碳减排技术。

3. 产业结构升级速度快。一个国家的碳排放强度和产业结构密切相关<sup>[8]</sup>。通过计算2002—2009年的产业结构优化率ISR(第二产业与第三产业之和占总GDP比率)以及产业结构升级率ISU(第三产业与第二产业比值)来观察中国产业结构调整进程,结果如表8所示。

表8 2002—2009年中国区域产业结构调整变动趋势

年份	东部地区		中部地区		西部地区	
	ISR	ISU	ISR	ISU	ISR	ISU
2002	0.898	0.836	0.823	0.760	0.803	0.960
2003	0.908	0.774	0.837	0.743	0.806	0.876
2004	0.909	0.720	0.830	0.688	0.805	0.811
2005	0.919	0.787	0.838	0.769	0.823	0.918
2006	0.925	0.783	0.851	0.740	0.838	0.848
2007	0.929	0.801	0.856	0.727	0.840	0.809
2008	0.930	0.790	0.856	0.683	0.844	0.751
2009	0.933	0.883	0.864	0.731	0.863	0.814
2010	0.940	0.880	0.870	0.670	0.870	0.730

数据来源:《中国统计年鉴》(2003—2011)。

表8数据表明东部、中部及西部地区的产业结构优化率不断增加,但是中部地区和西部地区的产业结构升级率却逐年降低。产业结构的快速调整也

影响了碳排放格局,经济转型的压力导致东部地区的很多产业向中部及西部地区转移,而这些产业大多是高能耗、高排放、高污染的企业。因此,西部地

区逐渐超越中部地区成为碳排放量最大、排放强度最高的地区。产业结构升级不仅仅改变了碳排放区域格局,更加剧了各地区的碳排放效率参差不齐的状况。

4.碳减排合作交流平台少。目前中国的碳减排合作交流平台少,且活跃度不是很高。各地由于完成目标而无暇他顾,因此区域间在如何减少碳排放,提高碳排放效率的工作经验方面缺乏沟通。这不仅影响全国碳减排工作的协调进行,更进一步加剧了各地区之间的碳排放效率差距。建立健全碳减排工作的沟通平台,可以帮助各个地区在碳减排工作上寻求帮助,对促进区域内与区域间的减排交流工作、缩小区域碳排放效率差距尤为重要。

5.区域碳排放政策变化多。宏观调控是碳减排工作顺利进行的前提,考虑到各地区经济发展、产业结构及自然禀赋等条件的差异,各地区的碳排放政策也不尽相同。指导政策的不同与实施效果的偏差导致碳减排成果与预期效果有一定差距。虽然我国“十一五”期间对碳减排工作安排合理,且任务完成度较高,但是从西部地区不容乐观的碳排放情况来看,碳排放政策还需要继续细化并加大实施力度<sup>[9]</sup>。

### 三、结论及政策建议

中国碳排放整体呈现出人均碳排放量增加、碳排放强度持续降低的走向;碳排放效率总体呈现出东高西低,中部改善迅速的态势。结合泰尔熵指数的分析,中国各区域碳排放效率长期存在差距,但整体差距从碳排放强度及人均碳排放角度看都在缩小。其中,东部地区内部碳排放差距最小;中部地区内部差距稳步缩小;而西部地区内部差距有拉大的趋势,需要重点关注。

1.量身定制碳足迹核算新方法。中部地区及西部地区的碳排放强度及人均碳排放始终居高不下的原因,主要因为多是能源输出地,大量的煤炭、矿产等资源从这两大地区输出。目前没有能源消费追踪体系,包括本文在内的大部分研究应用一次能源消费数据计算当地碳排放量,这种计算方式不尽合理。为了更准确地掌握各地的碳排放量,应该实行“谁消费谁买单”的形式计算碳排放量。

2.因地制宜制定碳减排新政策。将人均碳排放与碳排放强度的整体特征及泰尔熵比对可以得出这样一个结论:经济和人口都在一定程度上影响了碳排放,但是经济对碳排放的影响力更大。区别化对待自然禀赋不同、经济发展阶段不同的地区,将

粗略的碳减排指标精细化,不仅可以推动碳减排工作的协调发展,还可以保证碳减排行为的持续进行。从经济上看,中西部地区处于寻求经济快速发展阶段,近年来碳排放量不断增加,但碳排放效率没有明显提高,而东部地区拥有足够的财政能力进行技术创新和产业升级,可以加快碳减排工作。在减排政策制定上,可以对发达地区实行强制性减排,对欠发达地区实行发展性减排。

3.集思广益寻求碳减排技术新突破。碳排放强度的整体特征及泰尔熵指数显示出各区域碳排放强度显著降低,整体及区域内差距明显缩小,尤其是2006年以后,碳排放强度降低明显,这很大程度上得益于“十一五”期间强制减排措施的实施。完成中国的碳减排目标,通过技术手段提高效率是根本之道。中国在碳减排方面的经验远不及发达国家经验丰富,通过已有的国际间碳交易平台我们发现,关键性的碳减排技术基本掌握在发达国家手中,而获取关键性的碳减排技术需要高额的费用,使得众多亟待减排的地区对碳减排技术的利用望而却步<sup>[10]</sup>。为了减少在碳减排技术上的财政支出,中国需要提高自主创新能力,通过市场机制与政策激励双管齐下,促进中国自主碳减排技术的发展,而必要时也应引进发达国家减排技术。

4.推动产业结构调整新思路。中国各区域的产业结构优化程度不断增加,但是中部地区及西部地区的产业结构升级率却不断走低,这无疑会影响中国区域碳排放格局<sup>[11]</sup>。通过产业结构调整提高碳排放效率并缩小区域间碳排放差距,具体来说,东部地区加快产业升级速度,加大对高新技术产业的投入,以此促进技术水平提高,并发掘新能源与碳减排方式,从而向中西部地区提供碳减排技术支援。与此同时,中西部地区要转改结合,一方面要赶超东部地区经济发展速度,一方面要进行产业结构转型。

5.构建碳减排合作新机制。泰尔熵指数分析显示中国各区域间及区域内部均存在碳排放效率差距。而差距的缩小不仅仅需要依靠国家的宏观调控,更需要各区域相互配合<sup>[12]</sup>。具体来说,东部地区有提高能源利用效率、降低碳排放强度的经验及技术,中部和西部地区有投资环境与发展空间,促成东部和中西部地区的合作,有利于全国碳减排,实现碳排放差距缩小。区域内的碳减排合作可以由内部各省份共同制定减排目标,并拟定具体措施,加强各方有关环境质素、自然资源、生态环境及可持续发展事宜的合作磋商及交流,以完成整个区域碳

减排目标。区域间的碳减排合作可以效仿国际间的碳排放合作,建立区域间的碳排放交易平台,转让碳排放技术与经验。

6.建立区域转移支付新制度。西部地区的减排行为对中国碳减排目标的实现具有关键性作用,全国碳排放强度及人均碳排放的升高趋势在西部地区。西部地区的碳减排活动始终没有明显进步的根本原因在于其经济发展不足以支撑高成本的减排行为。在财政制度上,应该增加对西部地区的投入

力度。另外,需要建立并健全各地政府之间的横向财政转移支付制度,促进东部地区对西部及中部地区提供财政帮助,并加大财政的转移支付力度,尽量避免中部地区和西部地区以高能耗方式促进经济发展<sup>[13]</sup>,而这种转移支付制度的建立需要各方的全力配合。中央政府可以通过税收、财政补贴等直接财政优惠方式来加大对西部地区的财政支持力度,东部地区可以通过直接投资、间接投资、技术投资等财政转移方式支援西部地区的碳减排工作。

#### 参考文献:

- [1] Sun J W. The decrease of CO<sub>2</sub> emission intensity is decarbonization at national and global levels[J]. Energy Policy, 2005, 33(8): 975-978.
- [2] Fan Ying, Liu Lancui, Wu Gang. Changes in carbon intensity in China: empirical findings from 1980—2003 [J]. Ecological Economics, 2007 (62): 683-691.
- [3] 张雷. 经济发展对碳排放的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 629-637.
- [4] 王铮, 朱永彬. 我国各省区碳排放量状况及减排对策研究[J]. 战略与决策研究, 2008(23): 109-115.
- [5] 杜克锐, 邹楚沅. 我国碳排放效率地区差异影响因素及收敛性分析——基于随机前沿模型和面板单位根的实证研究[J]. 浙江社会科学, 2011(11): 32-43.
- [6] 王火根, 沈利生. 中国经济增长与能源消费关系研究——基于中国 30 省市面板数据的实证检验 [J]. 统计与决策, 2008(3): 125-129.
- [7] 胡初枝, 黄贤金. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源与环境. 2008, 18(3): 38-42.
- [8] 李健, 周慧. 碳排放强度与产业结构的关联分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(1): 9-14.
- [9] 李涛, 傅强. 中国省际碳排放效率研究[J]. 统计研究, 2011, 28(7): 62-70.
- [10] 唐建荣, 张白羽, 浦徐进. 中国碳减排的技术路径及政策建议——基于经典估计贝叶斯平均(BACE)法的实证研究[J]. 当代财经, 2011(11): 30-38.
- [11] 张雷, 黄园浙. 中国碳排放区域格局变化与减排途径分析[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 211-217.
- [12] 唐建荣, 张白羽, 王育红. 基于 LMDI 的中国碳排放驱动因素研究[J]. 统计与信息论坛, 2011, 26(11): 19-25.
- [13] 卫倩倩, 刘富华. 中国东中西部的金融发展与区域产业结构调整研究[J]. 经济研究导刊, 2012(33): 79-84.

## An Analysis on the Differences of Regional Carbon Emission in China Based on Theil Index

TANG Jianrong, WANG Qinghui

(School of Business, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**Abstract:** The study on the regional carbon emission differences is important to the reasonable allocation of the regional carbon emission reduction task and the smooth realization of the carbon emission reduction targets. The paper is based on the Theil index, which systematically analyzes the regional carbon emission distribution characteristics and differences, exploring the cause and effect of the carbon efficiency of the eastern, central and western regions. The results show that: China carbon emission efficiency is not evenly distributed in space; the per unit GDP carbon emission and per capita carbon emission have significant differences; the western area is the main region that contributes to the high national average carbon intensity which means it's crucial to realize the western carbon emission targets. According to study above, the paper provides recommendations for reasonable carbon emission reduction task allocation and effective economic policies.

**Key words:** carbon emission intensity; per-capita carbon emission; theil index; regional difference

[责任编辑: 箫姚]