

Analysis of Influencing Factors of Greenhouse Gases Based on LMDI Model

—China, South Korea, Japan

Yuting Huang, Bingjie Lin

North China Electric Power University, Beijing
Email: 18811591377@163.com, 18401689045@163.com

Received: Apr. 16th, 2017; accepted: Apr. 27th, 2017; published: Apr. 30th, 2017

Abstract

Global warming has long been an indisputable fact, but the current emission reduction measures and related policies are lack of specificity and direction. Scientific and effective control of CO₂ (carbon dioxide) emissions to understand its mechanism is particularly important. At present, more and more research, but there are deficiencies. This article has improved from all aspects, and has overcome many shortcomings of the existing literature. Based on the LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index) model, this paper chooses the authoritative data as reference, and makes a comparative analysis of the factors affecting each stage. I tries to find out the reasons behind the changes of CO₂ emission factors in China, Japan and Korea from different perspectives, and hopes to study the impact factors of CO₂ emission from Japan and Korea to draw lessons from energy saving and emission reduction at present.

Keywords

Greenhouse Gas, LMDI Model, China, South Korea, Japan

基于LMDI模型的温室气体影响因素分析

—以中国，日本，韩国为例

黄雨婷，林冰婕

华北电力大学，北京
Email: 18811591377@163.com, 18401689045@163.com

收稿日期：2017年4月16日；录用日期：2017年4月27日；发布日期：2017年4月30日

摘要

全球气候变暖早已是不争的事实, 然而目前的减排措施及相关政策都缺乏特异性和方向性。要科学有效地控制CO₂ (二氧化碳)排放弄清其机理尤为重要。目前研究越来越多, 但都存在不足。本文从各个方面加以改进, 从最大程度上克服了已有文献的诸多不足。本文的研究主要基于LMDI (对数均值迪氏指数分解法方法), 选取权威数据作为参考, 对计算结果各阶段的影响因素进行了对比分析, 从多角度探究了中日韩CO₂排放影响因素变动背后的相关原因, 同时希望通过研究日本和韩国二氧化碳排放的影响因素能对我国现阶段节能减排产生借鉴作用。

关键词

温室气体, LMDI模型, 中韩日

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 分析背景

温室气体具有全球分布的均质性, 它的增加对气候和生态系统都会产生负面影响, 而气候变化是当今人类社会面临的共同挑战。工业革命以来的人类活动, 特别是发达国家大量消费化石能源所产生的二氧化碳累积排放, 导致大气中温室气体浓度显著增加, 加剧了以温升为主要特征的全球气候变化。气候变化对全球自然生态系统产生显著影响, 温度升高、海平面上升、极端气候事件频发, 给人类的生存和发展带来严峻挑战。

2015年12月12日, 《联合国气候变化框架公约》近200个缔约方在巴黎气候变化大会上一致同意通过《巴黎协定》, 为2020年后全球应对气候变化行动做出安排。而“国家自主贡献(Intended Nationally Determined Contributions/INDC)”是2015年年底在巴黎达成的气候协议的重要组成部分, 是各方根据自身情况确定的应对气候变化的行动目标。到目前为止, 中国、日本、韩国向《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)提交了自主贡献预案, 二氧化碳的减排承诺是其中的重点和核心, 一切减排措施都是围绕着其减排承诺值来实施的。

各个国家发展水平存在差异, 实现减排承诺预案中的减排目标需要各国在多领域多层面上取得节能减排的显著成效。但不同区域面临的经济发展与碳减排矛盾具有不同的特性, 因此有必要深入了解各国各区域碳排放的主要影响因素, 并量化分析其影响效应和作用强度, 评估各种因素在各国碳排放中的贡献程度, 找出促进或者抑制碳排放的关键因素, 为因地制宜地制定节能减排政策提供科学依据。我们选取出了东北亚国家中具有代表性的中国, 日本和韩国三个国家, 并选取了从1980~2013年的数据, 将其分为1980~1990, 1990~2000, 2000~2013三个阶段, 对其二氧化碳排放影响因素进行深入的分析和探讨。

2. LMDI 模型分析

在碳排放变化影响因素分解研究领域, 对数均值迪氏指数分解法(logarithmic mean Divisia index method, LMDI)因具备诸多优良的特性而得到了广泛的应用, 该方法不但能够消除不能解释的残差项, 而且能够处理数据中的0值问题, 还具有计算过程简单、所得分解结果直观的特点, LMDI方法可以使模型结果具有

更强的说服力。

LMDI 分解模型选取人口、GDP、能源强度、能源结构碳强度为碳排放的四个分解因素，具体原因如下：

2.1. 人口对二氧化碳排放的影响

三国总人口占世界人口的 38.32%，从上世纪末本世纪初以来，人口的增长速度逐渐变缓，从图 1 中可以看出，人口自然增长率经历了 20 世纪 90 年代的短暂波动之后逐渐缓慢下降，但人口数量仍然不断增长，截止 2013 年，三国家总人口数量已达 27.53 亿人，三国人口的增长趋势见图 1。人口的增加意味着对能源、交通以及一些生活必需品的需求不断增大，而一次能源消费中化石能源占了绝大部分，从而加大了二氧化碳的排放；另外，人类活动会加大对林地的破坏程度，客观上会加大二氧化碳的排放力度。因此，人口增长所带来的二氧化碳排放量仍会保持一定规模的增长，而且不可避免。

2.2. 经济增长对二氧化碳排放的影响

目前，中韩日经济的增长对能源、原材料、交通运输的需求压力较大，在今后相当长的一段时间内，高耗能行业仍是三国国家的基础产业。随着这些国家工业化的不断推进，大规模的基础设施建设对高耗能产品的需求也不断增加，伴随着高耗能产品产量的持续增长，二氧化碳的排放量也不断的增长。

从发达国家发展历程可以看出，工业化国家经济发展与碳排放关系一般都需要经历碳排放强度、人均碳排放量和碳排放总量的三个倒 U 形曲线。当一个国家处于倒 U 形曲线左侧的爬升阶段时，经济的增长不可避免的带来二氧化碳排放的增多，该国处于经济增长和二氧化碳排放减少的两难困境中；当该国国家处于倒 U 形曲线右侧的下降阶段时，该国即会走出该困境，经济增长的同时二氧化碳排放量降低。下图为三个国家人均排放量与人均 GDP 的关系趋势图(图 1~图 3)。

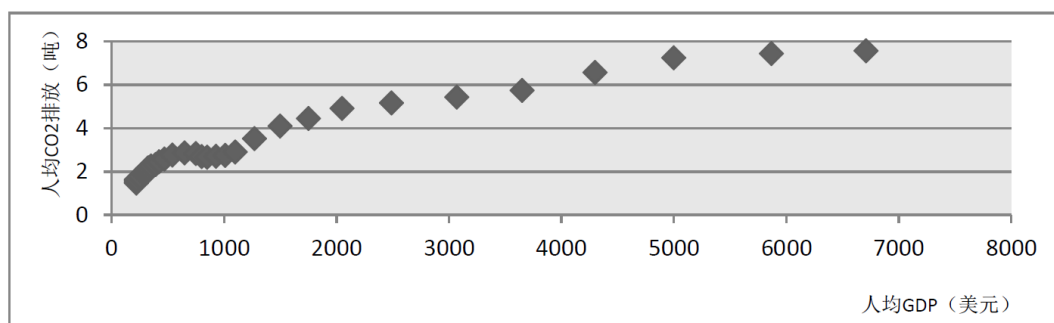


Figure 1. China's per capita emissions and per capita GDP trend chart

图 1. 中国人均排放量与人均 GDP 的关系趋势图

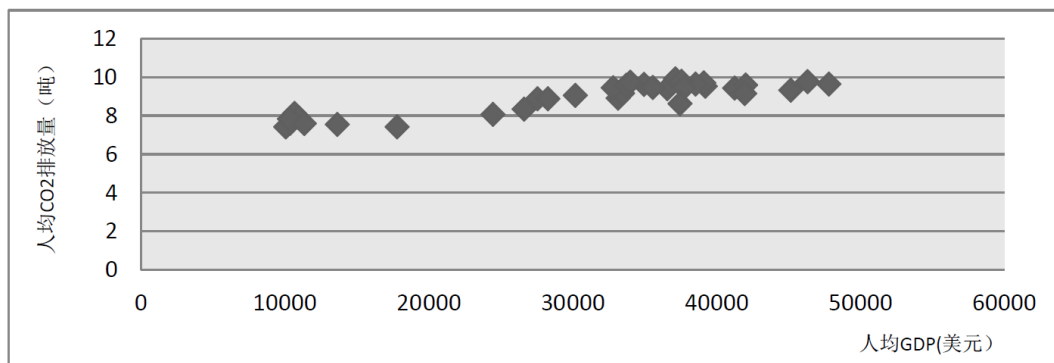


Figure 2. Japan's per capita emissions and per capita GDP trend chart

图 2. 日本人均排放量与人均 GDP 的关系趋势图

2.3. 能源强度对二氧化碳排放的影响

能源强度即单位 GDP 一次能源消费量, 是衡量一个国家或地区能源使用效率的重要指标之一。它反映经济对能源的依赖程度, 包括经济结构、经济体制、技术水平、能源结构等。能源强度与能源消费量呈正比, 与经济增长成反比。

能源消费强度的变化分解为经济结构性变化和能源效率变化。能源强度的下降可能是由于高耗能的产业比重下降, 也可能是由于生产同一单位产品能源消耗减少, 前者称为经济结构性变化, 后者是能源效率变化。中韩日对能源的需求量较大, 经济的持续发展和能源的稀缺性使得提高能源的使用效率、降低单位产值的能源消耗成为它们需要解决的重要问题。图 4 为三个国从 1980~2013 年的能源强度变化趋势图, 中国的能源强度显著下降, 韩国、日本能源强度相对稳定但总体下降。

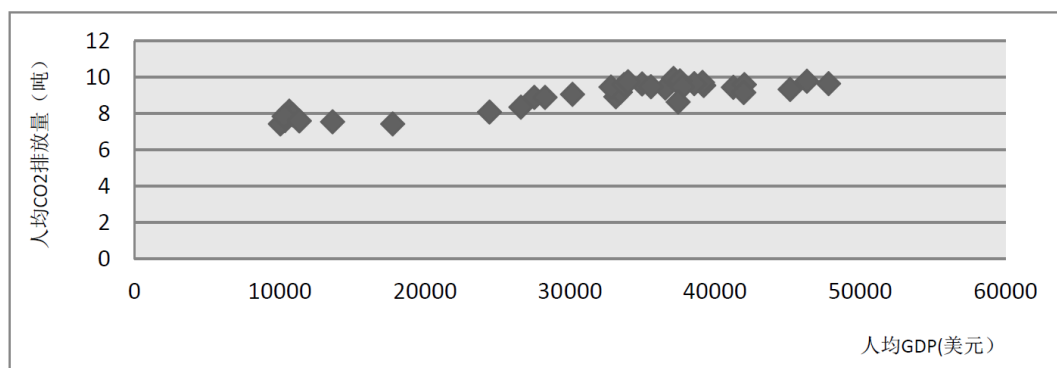


Figure 3. Trends between per capita emissions in Korea and per capita GDP
图 3. 韩国人均排放量与人均 GDP 的关系趋势图

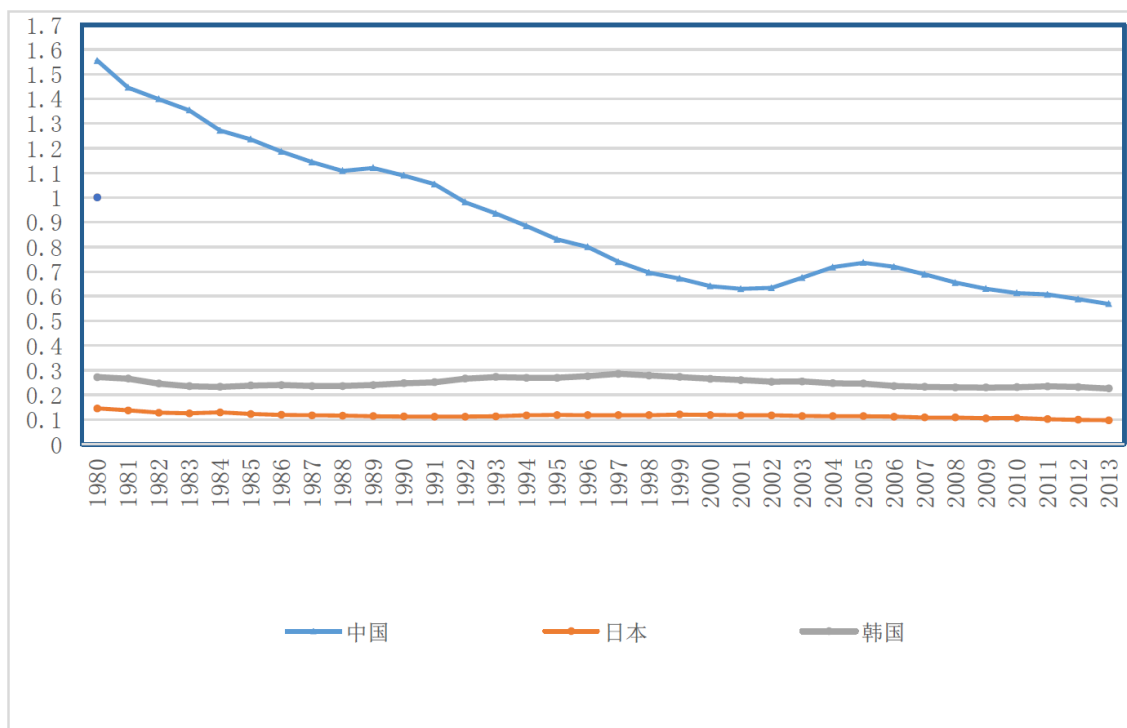


Figure 4. Trends in Energy Intensity in China, Korea and Japan in 1980-2013 (Unit: kg Oil Equivalent/USD)
图 4. 1980~2013 年中韩日能源强度的变化趋势图(单位: kg 油当量/美元)

2.4. 能源结构碳强度对二氧化碳排放的影响

能源结构碳强度是指单位一次能源消费产生的二氧化碳排放量。由于煤炭、天然气、石油三种化石能源的二氧化碳排放系数不同,能源结构碳强度是衡量一次能源消费结构的清洁程度(或优化程度)的指标。能源消费过程中产生了严重的环境污染问题,已经成为了阻碍人类社会经济可持续发展的刚性约束条件。降低以煤炭资源为主的单一能源结构,积极发展水电、核电、太阳能等清洁能源,降低碳排放水平,促进人类能源与环境的可持续发展刻不容缓。

3. 模型设定

运用 LMDI 模型对数据进行处理,将不同阶段不同国家的 CO₂ 排放分解成一次能源消费碳强度、能源强度、人均 GDP、人口四个因素,并计算各因素对 CO₂ 排放量增减的具体影响和贡献率,然后对计算结果进行对比分析,找出影响各阶段 CO₂ 排放量的主要因素以及各因素在不同阶段起到的不同作用。LMDI 的加法公式表达如下:

$$\Delta C = C_t - C_0 = \Delta C_{POP} + \Delta C_{GDP_pc} + \Delta C_{e_int} + \Delta C_{c-int}$$

其中 C_t 和 C_0 分别为第 t 期和基期的能源消费碳排放量, ΔC_{POP} 表示人口变化引起的 CO₂ 排放增量,称为人口规模效应; ΔC_{GDP_pc} 表示人均 GDP 变化引起的 CO₂ 排放增量,称为经济规模效应; ΔC_{e_int} 表示为能源强度变化引起的 CO₂ 排放增量,称为能源强度效应; ΔC_{c-int} 表示一次能源消费碳强度变化引起的 CO₂ 排放增量,称为能源结构碳强度效应。[1]各分解参数公式见表 1。

Table 1. Breakdown parameters for LLDI

表 1. LMDI 的分解参数

	变量	LMDI 公式
人口	Pop	$\Delta C_{POP} = \frac{CT - CO}{LnCT - LnCO} Ln\left(\frac{PT}{PO}\right)$
人均 GDP	GDP _{pc}	$\Delta C_{GDP_pc} = \frac{CT - CO}{LnCT - LnCO} Ln\left(\frac{gT}{g0}\right)$
能源强度	e _{int}	$\Delta C_{e_int} = \frac{CT - CO}{LnCT - LnCO} Ln\left(\frac{eT}{e0}\right)$
一次能源消费碳强度	c-int	$\Delta C_{c-int} = \frac{CT - CO}{LnCT - LnCO} Ln\left(\frac{cT}{c0}\right)$

其中 $g = \frac{GDPPPP}{POP}$, $e = \frac{TPEC}{GDPPPP}$, $c = \frac{CO_2}{TPEC}$ (TPEC 表示一次能源消费量, CO₂ 表示二氧化碳排放量, POP 表示人口总量, GDP 表示国民生产总值)

Table 2. Decomposition results of LMDI carbon emissions from 1990 to 2013 Unit: million tonnes

表 2. 1990~2013 年三国 LMDI 碳排放因素分解结果(单位: 百万吨)

国家	1980~1990				1990~2000				2000~2013			
	ΔC_{pop}	ΔC_{GDP_pc}	ΔC_{e_int}	ΔC_{c_int}	ΔC_{pop}	ΔC_{GDP_pc}	ΔC_{e_int}	ΔC_{c_int}	ΔC_{pop}	ΔC_{GDP_pc}	ΔC_{e_int}	ΔC_{c_int}
中国	267.9	1239.8	633.6	126.1	268.8	2193.6	1423.9	37.2	431.0	6242.8	-674.9	-281.1
日本	52.1	381.5	243.3	-11.3	28.3	95.2	58.6	-74.8	4.7	120.7	-240.1	193.1
韩国	20.3	143.4	-16.8	-40.8	29.6	186.1	23.3	-39.0	33.0	226.4	-81.0	-37.9

4. 测算结果及分析

4.1. 数据及结果

如表 2, 根据世界发展银行数据库和 BP 数据库的可得性与准确性, 选取中韩日三国的四个基础数据, 分别为 CO₂ 排放量、人口、GDP 和一次能源消费量。将时间序列 1980~2013 年划分为三个阶段: 1980~1990, 1990~2000, 2000~2013, 运用公式计算三个阶段人口、人均 GDP、能源强度和一次能源消费量碳强度分别对二氧化碳排放的贡献值和贡献率(其中贡献率等于效应贡献值的绝对值与各效应贡献值绝对值总和的比值) [2] [3]。

由于各因素处于波动状态, 因此通过横向柱状图来更直观的表达各个国家各效应对二氧化碳排放的贡献率, 三个阶段三国能源消费碳排放各因素贡献率见图 5、图 6 和图 7。

4.2. 数据分析

4.2.1. 总体碳排放分析

除中国以外, 日本、韩国皆处于发达国家行列。从图 8 可以推测, 在这三十年的变化中, 对于东北亚地区碳排放总量影响最大的是经济效应, 其原因在于东北亚作为和欧盟, 北美一起并列为当今世界最发达的三大区域, 其中大部分国家自上世纪以来紧追时代潮流, 自上世纪末以来在世界经济猛速发展的浪潮中及时调整国内经济发展政策, 积极扩大对外交流, 在这三十年的变化中, 凭借着优越的地理位置、良好的经济发展环境、逐渐完善的基础设施等条件使得东北亚成为对全球经济格局产生重要影响力的区域。从上图可明显看出, 另一方面, 能源强度效应对于东北亚地区碳排总量的抑制作用最为明显, 东北亚地区在这三十年的经济变化中, 由于经济总量的提升, 大力带动科技的进步, 进而使得能源利用效率的不断提高, 从而东北亚地区的能源强度效应对于碳排总量的抑制作用愈加明显。

4.2.2. 具体国家分析

(1) 中国

通过绘制中国三十年间雷达图(图 9 及图 10), 可以看出, 人口这一因素对碳排放的贡献率变化较为平缓, 占比呈下降趋势, 从 1980~1990 最初十年的 11.8% 下降到 2000~2013 年的 5.6%; 从经济效应来看,

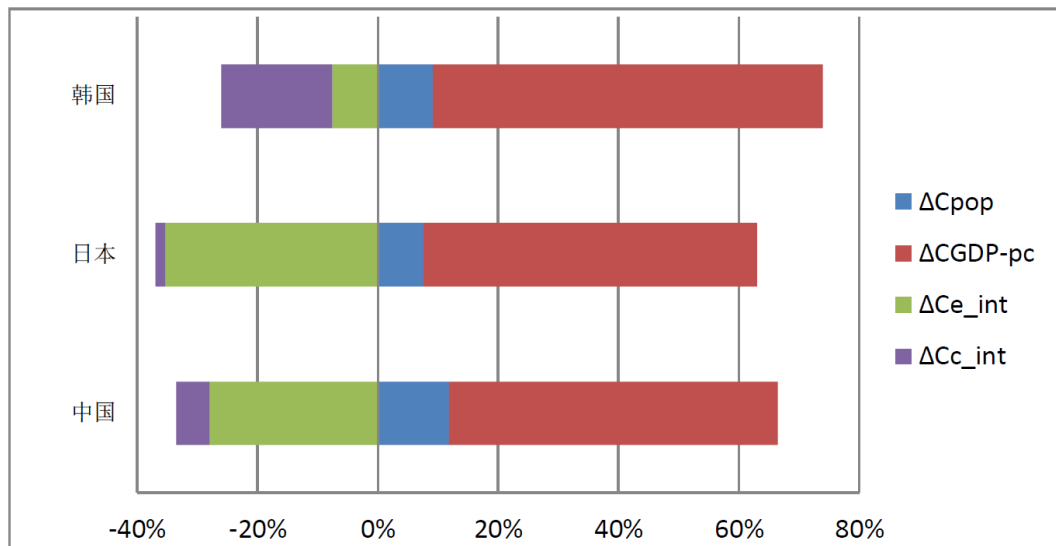


Figure 5. 1980-1990 contribution rate of energy consumption in China, Korea and Japan

图 5. 1980~1990 中韩日能源消费碳排放贡献率

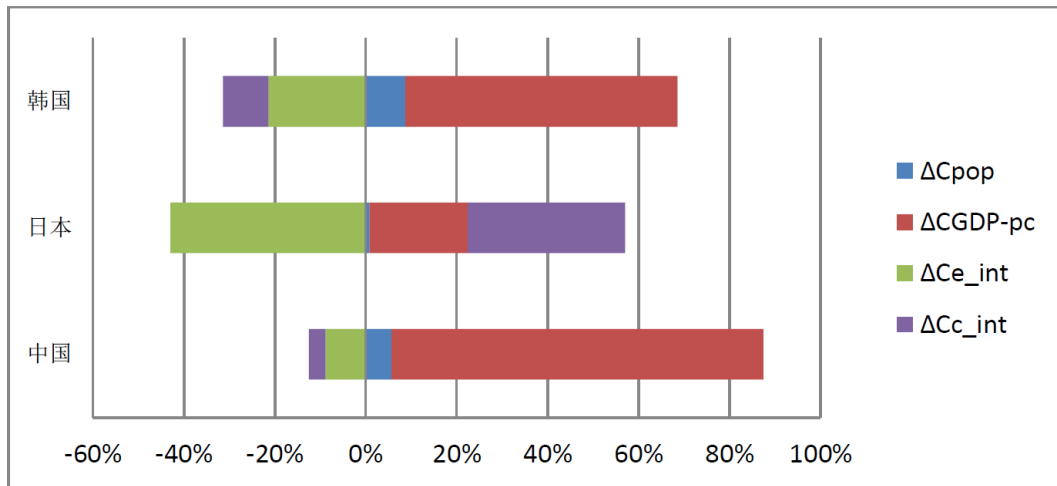


Figure 6. 1990-2000 China and South Korea energy consumption carbon contribution rate
图 6. 1990~2000 中韩日能源消费碳排放贡献率

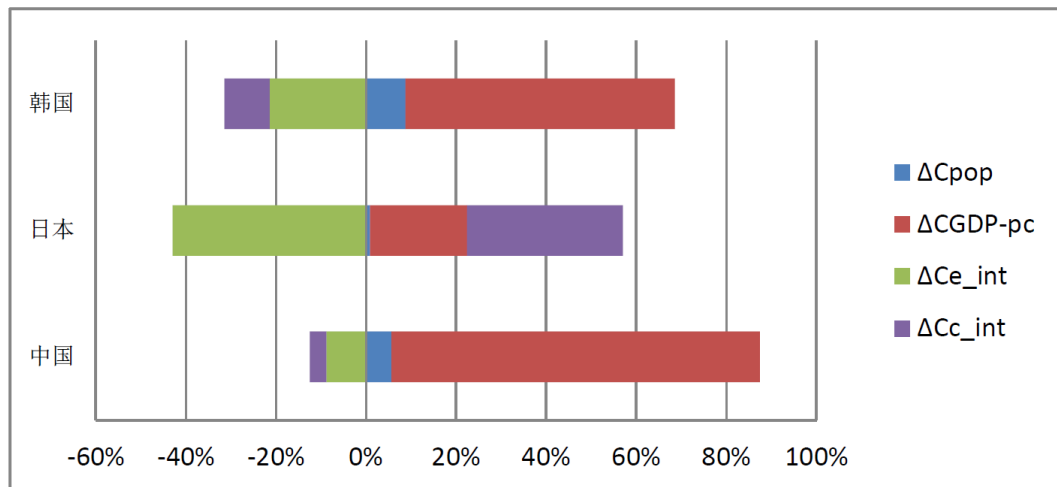


Figure 7. 2000-2013 China and South Korea energy consumption carbon contribution rate
图 7. 2000~2013 中韩日能源消费碳排放贡献率

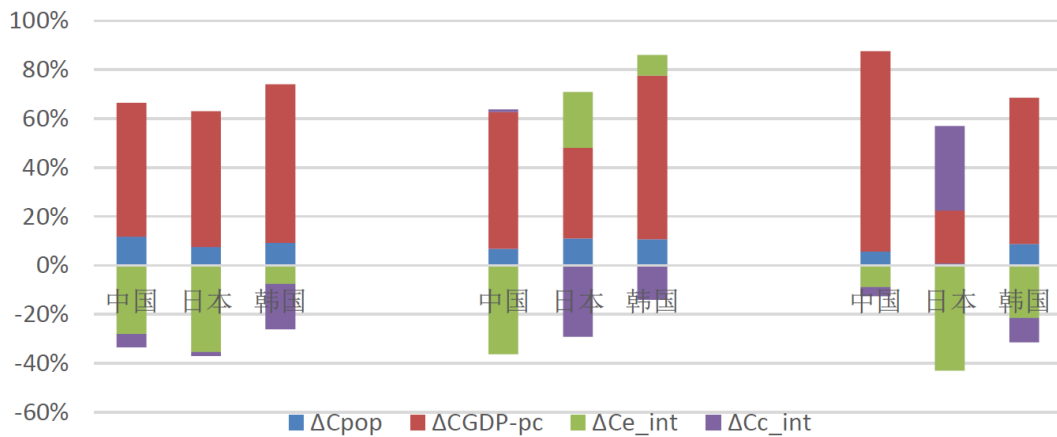


Figure 8. South Korea and Japan three-stage carbon emission decomposition
图 8. 中韩日三阶段碳排放分解

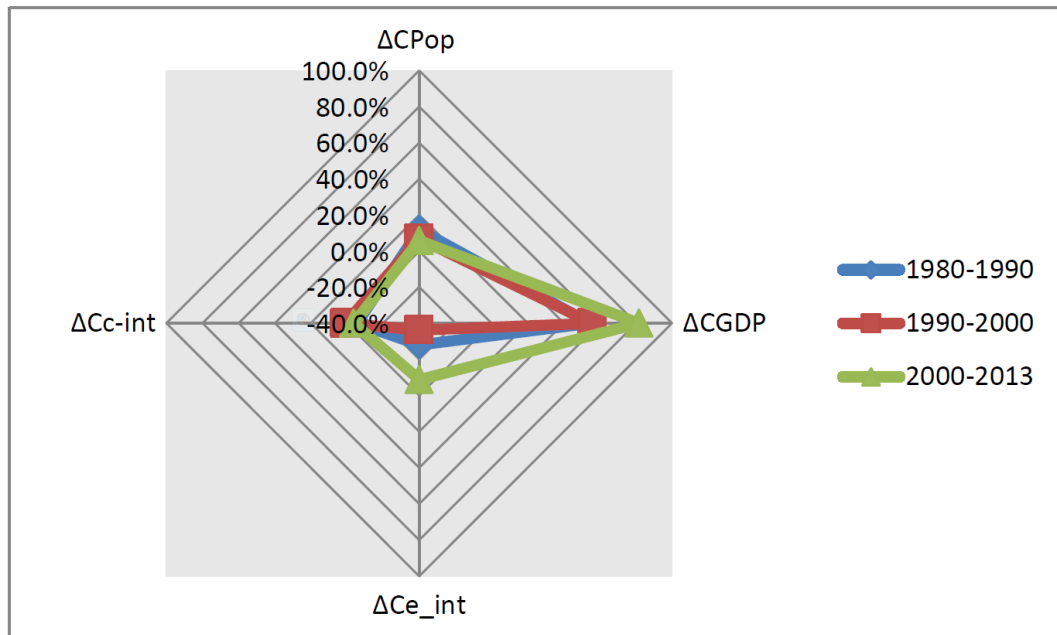


Figure 9. China radar chart
图 9. 中国雷达图

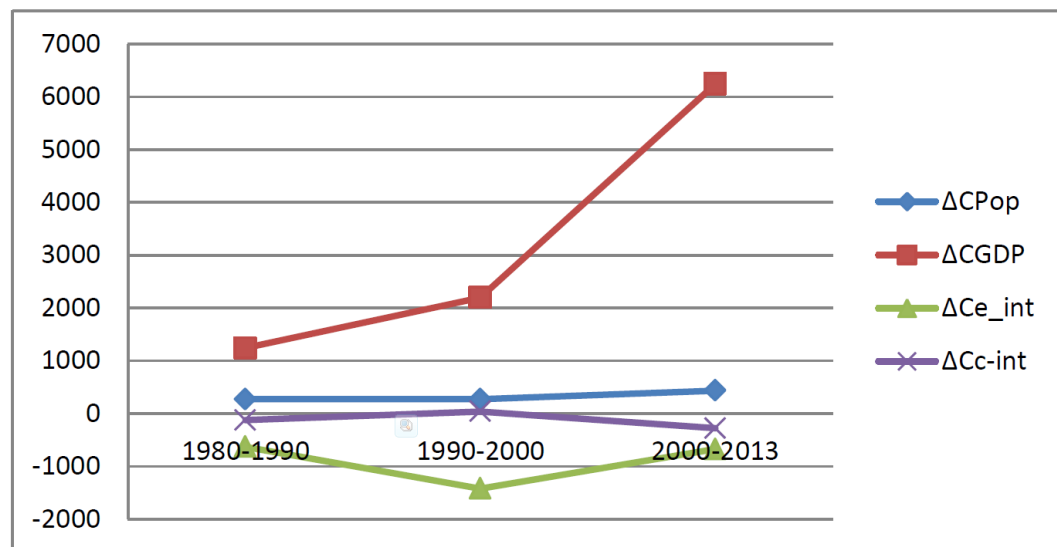


Figure 10. China line chart
图 10. 中国折线图

三十年间, GDP 对碳排放的贡献率增长较快, 同时也一直都是影响碳排放的主要因素, 1980~1990 最初十年的贡献率为 54.7%, 占比重大, 到 2013 年为止上升到 81.8%; 作为发展中国家的中国经济发展潜力巨大, 预计以后经济效应对于碳排放的贡献值会进一步增加; 而能源强度效应由-27.9%变到-8.8%可以看出能源强度效应在四项指标的趋势中对碳排放的影响显著减小, 且对于碳排放的负增长有持续减小的趋势, 说明了中国的经济发展方式还是以粗放型为主, 以能源的消耗带动经济的发展, 同时也说明了我国经济发展方式过慢跟不上经济的发展, 我国应该加快转变经济发展方式, 发展绿色能源, 提高可再生能源和绿色电力的比重, 减少能源利用中的二氧化碳排放; 从能源结构碳强度效应来看, 其在碳排

放总量中所占正的贡献值的比值偏低, 从-5.6%到-3.7%, 预计在今后的发展中会继续出现负值, 这对于二氧化碳的排放产生会起到一点的抑制作用[4] [5]。

(2) 日本

从图 11, 图 12 可以看出, 对于日本这个国家, 人均 GDP 这一因素对碳排放的贡献率逐年下降, 1980~1990 最初十年的贡献率为 55.4%, 占比重较大, 到 2013 年为止下降到 21.6%, 可能是由于亚洲金融危机爆发, 日本经济再遭重创, 导致经济规模效应整体趋于弱化。而人口这一因素对碳强度的影响在 2000~2013 阶段下降为 0.8%, 这是由于近年来人口生育率下降造成的, 而日本的生育率在近年来一直处于较低水平, 甚至出现了负值, 因此可以推测在未来一段时间日本人口将继续保持零增长甚至负增长。由于人口的增长势必会引起更大的能源消耗和更多的温室气体排放, 所以如果单从二氧化碳减排的角度来说, 日本人口的变化趋势对日本乃至全人类都是有利的。能源强度和一次能源消耗量对碳排放的影响在 1980~1990 期间都是负数, 由此也可以看出日本的对于能源这一方面的控制力度还是很大的。但是能源强度在 1990~2013 出现了正值, 之后又变为负数, 而且负影响逐渐变大, 是由于日本产业政策的改革导致的能源强度虽有一定起伏但总体来说还是对二氧化碳有抑制的作用。而一次能源消耗碳强度则是对碳排放的影响从 2000 年来就变为正值, 并且还有上升的趋势, 是因为在二氧化碳增加当中, 一次能源消耗量占比减少[6]。

(3) 韩国

从图 13 及图 14 可知, 人口对韩国碳排放的影响一直稳定在一个较低的水平; 同时, 经济发展对于韩国碳排放的贡献值逐步增加, 自 1980 年到 2013 年呈现直线增长的趋势, 经济发展是韩国人均碳排放量快速增长最主要的原因。但是从占比来看, 经济发展对于韩国碳排放的贡献率从 1980~1990 年的 64.8% 增加至 1990~2000 年的 66.93%, 而在 2000~2013 年又开始减小至 59.9%, 这可能与 2011 年前后世界经济危机形势下韩国经济发展受到牵连。另外, 韩国的能源强度变化对减少碳排放量的贡献值在这三个阶段先增后降, 同时贡献率还由负到正又到负, 这主要也是由于金融危机和产业调整的影响, 比起其他因素影响因素非常小。而一次能源消费量碳强度对碳排放的影响始终处于一个负影响, 但 1980~2013 年影响有所下降, 相对于经济发展对增加韩国人均碳排放的贡献值相比, 减少作用有限, 因此无法阻止韩国人均碳排放快速增长的趋势。这也说明了近年来能源结构对于韩国贡献率作用并不显著, 说明韩国没有进行有力的措施来降低碳排放或者能源结构没有得到明显优化。而能源效率对于抑制碳排放的贡献率从

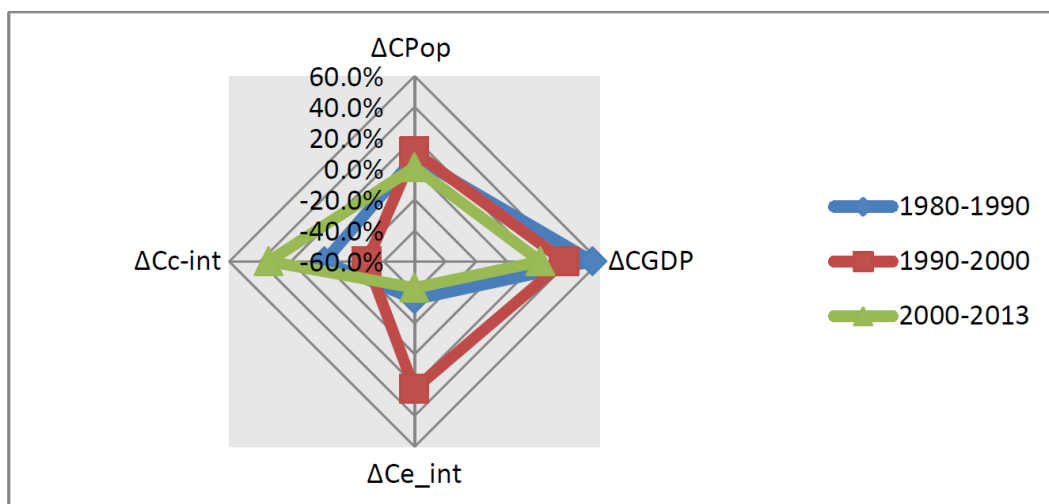


Figure 11. Japanese radar map

图 11. 日本雷达图

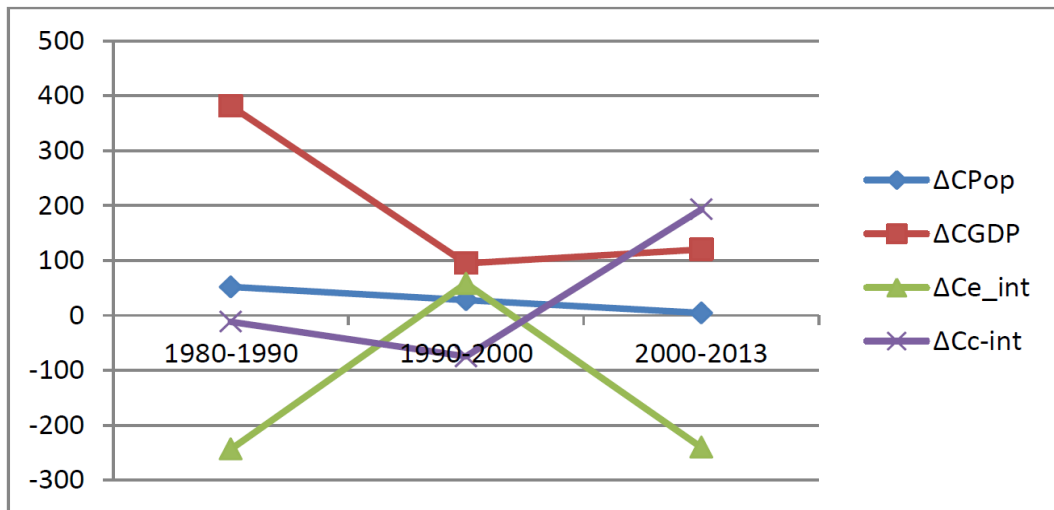


Figure 12. Japanese line chart
图 12. 日本折线图

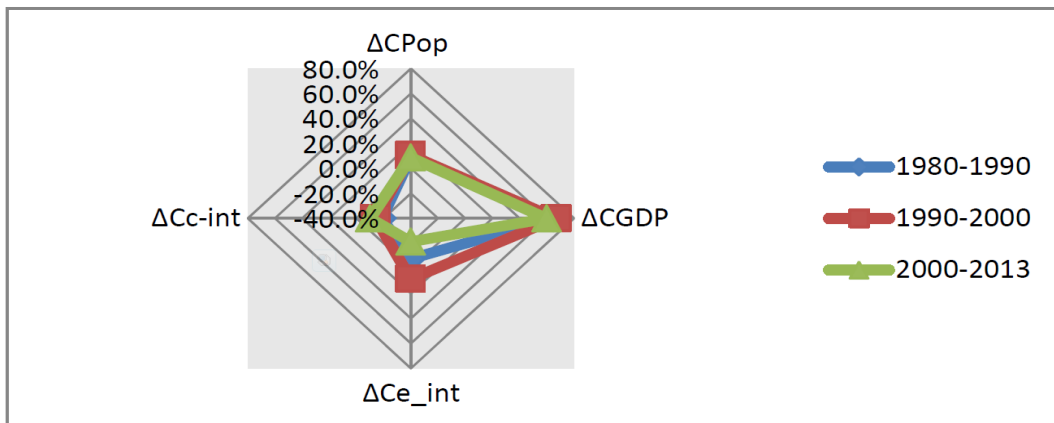


Figure 13. Korean radar map
图 13. 韩国雷达图

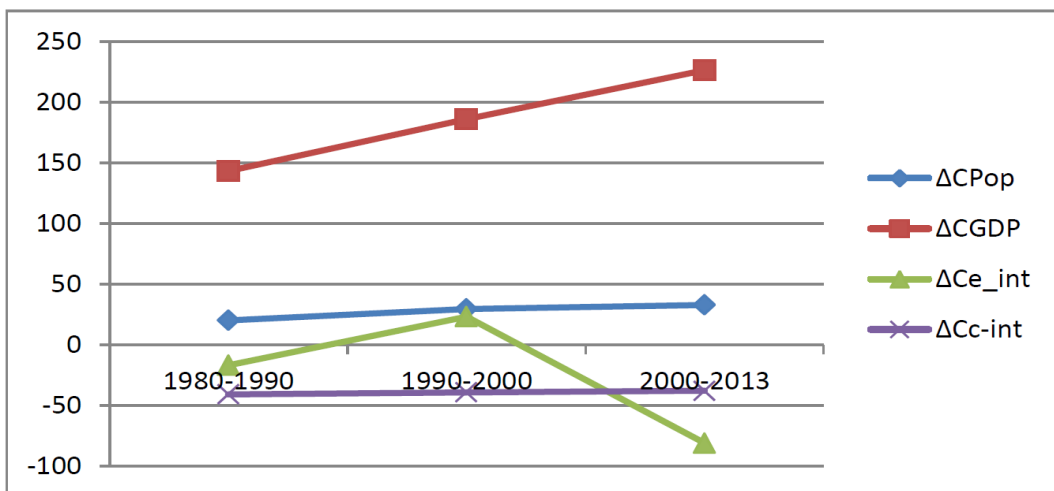


Figure 14. Korea line chart
图 14. 韩国折线图

2000 年开始有了一定提高, 说明韩国在减排工作有一定的贡献。在近年来, 能源效率的提高是抑制韩国碳排放的最主要的原因。首先能源结构(这里指的是煤炭、石油、天然气三种化石燃料)的变化对韩国碳排放有抑制作用, 但是这种作用不显著。随着能源效率对碳排放的抑制作用越来越显著, 但是仍然不足以抵消经济增长对碳排放的促进作用, 导致韩国碳排放仍然处于稳步增长阶段, 但是增速变小[7]。

然而, 我国幅员辽阔, 省份众多, 各个地区自然地理环境、经济发展情况差异较大, 发展政策也不一样, 或许仅仅将整个中国与韩国对比不尽完善, 因此我从我国的众多行政区中选出与韩国隔海相望的山东省来与韩国进行对比。山东省的一次能源消费构成以原煤、原油为主, 作为清洁能源的天然气和电力所占比重极小。原煤和原油比重在一次能源消费中始终保持在 95% 以上, 长期占据主导地位, 并且这种主导地位在短时期内很难改变; 作为清洁能源的天然气和电力在一次能源消费构成中长期处于较低水平, 没有得到重视和合理利用。而原煤、原油在消费过程中产生了大量的二氧化碳, 山东省的二氧化碳排放长期主要是由经济发展过程中的能源消耗拉动的, 换言之, 就是主要由人均 GDP、能源强度和一次能源消费量碳强度拉动。随着近些年来山东省制定了一系列清洁能源政策, 能源强度和一次能源消费量碳强度的影响力逐渐下降, 而 GDP 增长对碳排放始终呈现一个正向的增长的拉动作用, 山东省未来在节能减排发展绿色经济的道路上仍需努力。随着经济的发展和科学技术的发展, 人口增长在二氧化碳排放过程中的影响日趋微小。综上, 山东省的经济发展方式仍有很大的上升空间, 在节能减排的道路上还有很长的路要走[8]。

5. 对我国未来 CO₂ 减排工作的启示

中日韩三国同处亚洲东部, 历史文化传统高度相似。中国是亚洲最大的发展中国家其发展过程中遇到的诸多问题和呈现出的一系列特点都能从邻近的发达国家找到对应, 而日本和韩国是亚洲较为发达的国家其发展过程中取得的成就和遭遇的失败都值得中国借鉴。在 CO₂ 的排放及控制问题上我国尤其应该对照日本和韩国在相应时期呈现出的特点和采取的措施制定符合我国国情的相关政策以尽量少走弯路。但是在进行借鉴的时候我们必须克服盲目性也就是要把借鉴建立在充分的相似性论证之上。

我国正处于快速工业化的过程中虽然控制经济增长能最有效地控制 CO₂ 排放但明显不可取。因此对于我国当前的 CO₂ 减排工作应该注重提高能源的利用效率降低能源强度和 CO₂ 强度。

参考文献 (References)

- [1] 郭朝先, 等. 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(12): 5-6.
- [2] Paula, S. and Bhattacharya, R.N. (2004) CO₂ Emission from Energy Use in India: A Decomposition Analysis. *Energy Policy*, 32, 585-593.
- [3] IPCC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/in-dex.html>
- [4] 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(2): 9-11.
- [5] 佟金萍, 马剑锋, 仇蕾. 中国能源强度变动的分解与影响因素[J]. 系统工程, 2009, 27(10): 25-31.
- [6] 万启富. 基于 LMDI 模型的日本二氧化碳排放影响因素分析[N]. 吉林大学环境与资源学院, 2011 年 6 月.
- [7] 赵涛, 崔日浩. 韩国碳排放足迹的动态变化及因素分解[N]. 天津大学管理与经济学部.
- [8] 牛犇. 能源发展与山东省可持续发展研究[N]. 山东师范大学, 2016 年 6 月 10 日.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ccrl@hanspub.org