

The Empirical Study about the Impact of Industrial Structure Upgrade on Carbon Emissions Intensity in China

Qingqing Zhang¹, Guangxing Zhang², Weiya Chen¹

¹Wuhan Institute of Technology, Wuhan

²Wuhan University, Wuhan

Email: 578720339@qq.com, 654781654@qq.com

Received: Jul. 29th, 2013; revised: Aug. 28th, 2013; accepted: Sep. 15th, 2013

Copyright © 2013 Qingqing Zhang, Guangxing Zhang. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This study measured the change in value of China's inter-industry structure between 1979-2012 by Moore model and used carbon emission intensity to represent the structural change of carbon emission. In addition, this paper studied the relationship between the inter-industry structure change and carbon intensity variable through correlation test and Granger Causality Test. Research results show that there is correlation between the two variables, and carbon emission intensity leads to the change of inter-industry structure because of real GDP factor and has a strong hysteresis effect. However, the upgrade of inter-industry structure is not the Granger reason of structural optimization of carbon emissions. Industrial upgrade includes inter-industry and intra-industry, and this paper excludes the factor of inter-industry structure, so the follow-up study of carbon structure optimization should start with the intra-industry upgrade.

Keywords: Moore Model; Structure Upgrade between Different Industries; Carbon Emission Intensity; Empirical Analysis

我国产业间结构升级对碳排放强度影响的实证研究

张青青¹, 张光兴², 陈伟亚¹

¹武汉工程大学, 武汉

²武汉大学, 武汉

Email: 578720339@qq.com, 654781654@qq.com

收稿日期: 2013 年 7 月 29 日; 修回日期: 2013 年 8 月 28 日; 录用日期: 2013 年 9 月 15 日

摘 要: 运用 Moore 模型测度了我国 1979~2012 年的产业间结构变动值, 采用碳排放强度来表示碳排放的结构性变动, 并通过相关性检验与 Granger 因果关系检验来研究产业间结构变动与碳排放强度变量之间的关系。结果表明: 二者之间存在一定相关性, 碳排放强度由于受实际 GDP 因素的影响会导致我国产业间结构变动, 并且有较强的滞后效应; 而我国产业间结构升级不是碳排放量结构性优化的 Granger 原因。产业升级包含产业间和产业内的, 本文否定了产业间结构因素对碳排放强度的影响, 故后续研究碳排放结构的优化应从产业内升级着手。

关键词: Moore 模型; 产业间结构升级; 碳排放强度; 实证研究

1. 引言

产业间结构升级是指产业间结构从低级形态向高级形态转变的过程或趋势。产业间结构升级可以定义为资本和劳动力在产业间合理的流动后整体资源利用效率的提升,而整体资源利用效率的提升主要反映能源分配与利用上,最后可以用我国二氧化碳排放量的增长指标来反映。而碳排放量的变动也可以分解为总量变动和结构性变动,本文剔除了碳排放量的总量变动,即将碳排放量除以实际 GDP,得到碳排放量的结构性变动,本文用碳排放强度来定义该变动。Sachs, J. (1994)在研究中国与俄罗斯转轨经济绩效时提出,中国经济的高速增长是落后的二元经济快速转型的产物,二元经济转型导致的产业结构升级是中国经济增长的核心源^[1]。剔除总量性的增长,我国经济发展主要是结构性增长,这种快速增长促使我国资源配置利用效率增加,而碳排放强度是否会随着我国产业间结构的变动而改善或恶化,这值得去研究,本文主要探讨产业间结构变动与碳排放结构性变动即碳排放强度之间的关系。陈兆荣(2011)采用 Moore 结构变动指数,测度出我国 1978~2010 年产业间结构高级化变动指数,并使用 Granger 因果关系检验、脉冲响应函数及方差分解等方法实证分析了我国产业结构高级化变动与碳排放量波动的动态关系^[2]。但该文中产业结构高级化变动值采用的是累计值,而碳排放量指标直接根据各年能源消费总量计算得出,并未进行处理,前者为累计变动,后者为每年碳排放情况,前者为结构性变化,后者未消除总量变化,包含总量增长和结构性增长,二者指标的选取不一致,得出的结论也因此值得商榷。徐大丰(2010)研究得出我国碳排放主要来自第二产业,其中的 98%来自工业^[3];刘红光(2010)研究发现建筑业和机械设备制造业是我国碳排放量最主要根源^[4],这更表明了针对产业间结构变动对碳排放强度影响的质疑研究的重要性。

本文在此基础上,运用 Moore, J.H. (1987)对产出结构变动的测量方法,测量我国产业结构的变动值^[5]。采用每年的产业间结构变动值,用该期与前一期的产业状态向量角表示,并且定义了方向,这样更加精确的反映每年的产业间结构变动情况。对于碳排放量指标,本文选取的是单位实际 GDP 的二氧化碳排放量,即碳排放强度,其剔除了总量增长,重点研究结构性

增长。这样研究产业间结构变动与碳排放量二者关系,指标选择上力求一致,研究我国产业间结构变动对碳排放结构性变动的结论才更加准确。

2. 产业间结构升级模型与碳排放强度指标

2.1. 产业间结构升级模型

Moore, J.H. (1987)提出对产出结构变化的测量方法,以二维向量为例,如图 1 所示, x_1 与 x_2 为两种商品, y_1 与 y_2 分别为基期和报告期的生产可能性曲线, P 为基期的产出, Q_1 为报告期的产出, l_1 为 y_1 在 P 点的切线, l_2 为斜率与 l_1 相同并经过 Q_1 的直线, Q 、 P_1 分别为 l_1 、 l_2 与直线 OQ_1 、 OP 的交点。从图 1 可知,基期产出 P 与报告期产出 Q_1 之间变化可以用 PQ_1 向量来表示,而向量 PQ_1 可以分解为 PP_1 向量与 P_1Q_1 向量。由于 l_1 与 l_2 平行,且 PP_1 垂直于 l_1 ,所以 PP_1 向量为基期与报告期产出变化的总量增长部分,即 OP_1/OP 为产出增长率,显然, OP_1/OP 等于 OQ_1/OQ ,这表明对 x_1 与 x_2 其总量上产出增长率是一致的。而在同样产出增长率情况下,基期和报告期产出的变化,就来源于报告期产出结构的调整,亦即 x_1 与 x_2 两种商品的构成的变化,在图 1 中用 P_1Q_1 向量来表示这种结构上的变化,而在数学上可以用 θ 来衡量 P_1Q_1 向量, θ 定义为基期和报告期向量的矢量角,即为产出结构变化值。

运用这个方法,我们也可以测量产业间结构变化值。将产业分为 n 个部门,构成 n 维向量,对这 n 个部门来说,经济的增长是相同的,而基期和报告期所

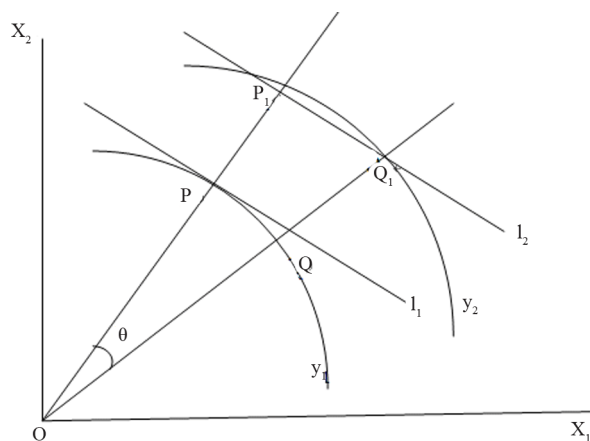


Figure 1. Two dimension sketch map of the Moore model
图 1. Moore 模型二维示意图

处的状态不同,来源于这 n 个部门每个部门的权重不同,亦即产业间结构的不同。因此,同样可以使用基期和报告期两组向量的夹角 θ 来度量这种状态的变化,即产业间结构变化值。计算公式:

$$M_i = \cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_i}{\left[\sum_{i=1}^n P_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{i=1}^n Q_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

其中, M_i 为产业间结构变化值,也就是 Moore; P_i 为基期的第 i 个产业的产业增加值; Q_i 为报告期的第 i 个产业的产业增加值。

θ 值为矢量角,也就是基期和报告期产业间结构的变化夹角。通过对 θ 定义正负值,我们可以确定每一年产业间结构变化的大体方向,之所以是大体方向,是因为我们构建的三维向量的矢量角是二维向量,所以两年矢量角的变化值不是每年变化值的简单加和,而是在正负方向上的向量投影加和。而且这样才能准确并较为精确的计算结构变化的速率,即 θ 矢量角变化速率。这里对 θ 的正值定义为优化调整,负值为恶化调整,最初开始期为 1978 年,发现 1978 年到 1979 年第一产业占比增加,故定义初始值为负值。

2.2. 碳排放强度指标

由于目前缺乏碳排放量的直接检测数据,当前多数碳排放量研究都是基于能源消费量、能源碳排放系数等进行估算。本文参考张雷等^[6]、李艳梅等^[7]、胡初枝等^[8]基于一次能源消费总量和一次能源碳排放系数的估算方法,综合比较,对碳排放量采用以下公式进行估算:

$$c = \frac{C}{RGDP} = \frac{\sum_i \frac{E_i}{E} \times \frac{C_i}{E_i} \times E}{RGDP} = \frac{\sum_i e_i \times \rho_i \times E}{RGDP} \quad (2)$$

其中, c 是碳排放强度, C 是碳排放总量, $RGDP$ 表示按 1990 年不变价格计算的实际 GDP, E 表示能源消费总量, E_i 为第 i 种能源的消费量, C_i 为第 i 种能源消费的碳排放量, e_i 表示第 i 种能源占能源消费总量比例, ρ_i 为第 i 种能源的碳排放系数。由于探讨的是我国的产业间结构升级对碳排放强度的影响,所以 ρ_i 的取值采用国家发展和改革委员会能源研究所确定的各类能源排放系数(见表 1)。

2.3. 数据整理

本文计算了 1979 年到 2012 年我国产业间结构变化值(1978 年为基期),并根据 1979~2012 年各年能源消费总量、实际 GDP 计算出我国 1979~2012 年的碳排放强度。

从表 2 和图 2 中可以看出我国碳排放强度是在不断下降的,即我国碳排放量结构是在不断优化改善的。

从表 2 和图 3 中可以看出我国产业间结构调整的

Table 1. The carbon emission coefficient of different kinds of energy

表 1. 各类能源的碳排放系数

项目	石油	煤炭	天然气	水电、核电
Pi (t 碳/万 t 标准煤)	0.5825	0.7476	0.4435	0

资料来源:国家发展和改革委员会能源研究所,中国可持续发展能源暨碳排放情景分析[R],2003。

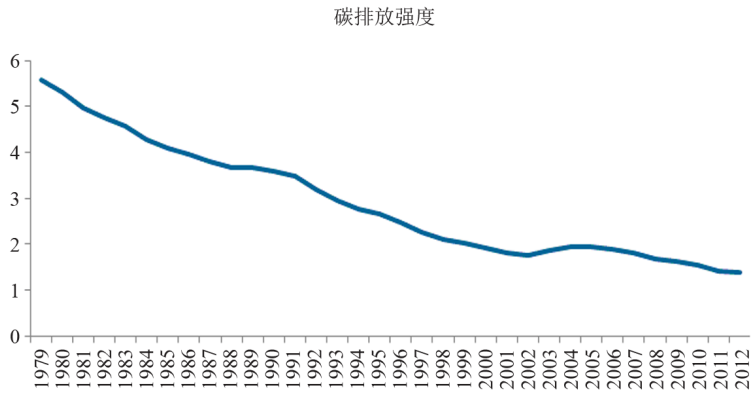


Figure 2. Carbon emission intensity value from 1979 to 2012 in China
图 2. 我国 1979~2012 年碳排放强度值

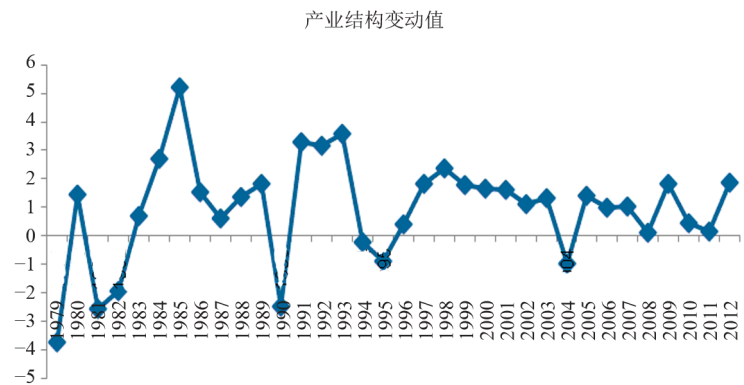


Figure 3. Intel-industry structure change value from 1979 to 2012 in China
图 3. 我国 1979~2012 年产业间结构变动值

Table 2. Intel-industry structure change value and carbon intensity value from 1979 to 2012
表 2. 1979~2012 年产业间结构变化值与碳排放强度值

年份	碳排放强度值	产业间结构变动值	年份	碳排放强度值	产业间结构变动值
1979	5.580807	-3.71299	1996	2.476374	0.411769
1980	5.319555	1.447363	1997	2.25793	1.831811
1981	4.972979	-2.53133	1998	2.093675	2.387781
1982	4.758889	-1.91665	1999	2.016367	1.78868
1983	4.558494	0.684523	2000	1.909219	1.677286
1984	4.275619	2.706212	2001	1.799267	1.609546
1985	4.081922	5.200134	2002	1.750244	1.128091
1986	3.960006	1.553977	2003	1.855006	1.318865
1987	3.807998	0.605246	2004	1.952085	-0.94987
1988	3.673397	1.386909	2005	1.943152	1.428887
1989	3.672048	1.849879	2006	1.89217	1.011173
1990	3.595642	-2.449	2007	1.794207	1.053588
1991	3.471671	3.283249	2008	1.681897	0.116831
1992	3.191438	3.179038	2009	1.618572	1.821479
1993	2.960456	3.563799	2010	1.530559	0.449731
1994	2.760265	-0.20161	2011	1.402949	0.153876
1995	2.648192	-0.87578	2012	1.369656	1.865254

资料来源：原始数据源自《中国统计年鉴 2012》，以上数据为按照模型、mm 公式计算和处理后的结果。

幅度在不断减小，而且大部分年份都是正向调整，即朝着产业间结构升级方向调整。

我国的产业间结构与碳排放结构都是朝着优化改善的方向调整，二者之间是否存在必然联系，是产业间结构变动影响碳排放结构变动还是反之，这需要进一步对二者之间的关系进行定性和定量的分析。

3. 我国产业间结构升级与碳排放强度关系实证研究

3.1. 产业间结构升级与碳排放强度定性测度

由于碳排放强度指标为碳排放量除以实际 GDP，数据之间的波动与异方差有效地减小，产业间结构升

级指标采用的是每年的产业间结构变动值，存在正负方向调整，而且所得数据波动较小，因此碳排放强度变量与产业间结构变动变量都不需要使用对数化处理。用 CI 来表示碳排放强度变量，IS 来表示产业间结构变动变量吗。本文主要使用 HP 滤波来分解碳排放强度 CI 和产业间结构变动值 IS 序列的趋势要素，最后得到两序列时序图(图 4)。

从图 4 中可以看出我国碳排放强度与产业间结构变动值之间呈现如下特征：第一，碳排放强度波动比较大，产业间结构变动波动逐渐趋向稳定，这说明我国产业间结构调整幅度逐渐减小，而其对碳排放强度的影响增大。第二，碳排放强度序列波动频率较小，产业间结构波动频率较大，这说明我国产业间结构调整在逐渐加快。第三，用 Eviews 软件进行初步数据分析，得出碳排放强度与产业间结构变动之间的相关系数为-0.5072，这表明两者之间存在着一定的内在关系。而这种关系究竟是碳排放强度变量影响产业结构变动变量，还是产业结构变动变量影响碳排放强度变量，是二者互相影响，还是二者之间只是存在伪回归

问题，这需要进一步对其进行 Granger 因果关系检验。两个经济变量 X、Y 的 Granger 因果关系检验定义为在包含了变量 X、Y 的过去信息的条件下，对变量 Y 的预测效果要优于只单独由 Y 的过去信息对 Y 进行的预测效果，即变量 X 有助于解释变量 Y 的将来变化，则认为变量 X 是引致变量 Y 的格兰杰原因。其检验原理是通过一个变量的滞后项是否包括在另一个变量的方程中来判断，其前提条件是时间序列必须具有平稳性，否则会出现伪回归问题。因此本文先采用 ADF 检验分别对各指标时间序列的平稳性进行检验。

3.2. 产业间结构变动与碳排放强度关系定量分析

3.2.1. 变量平稳性检验

本文采用 ADF 进行单位根检验，滞后阶数按照 SIC 准则选择，检验结果如表 3 所示。

检验结果显示，CI 的 ADF = -2.18268，绝对值分别小于不同检验水平的 3 个临界值，相伴概率 p 值 =

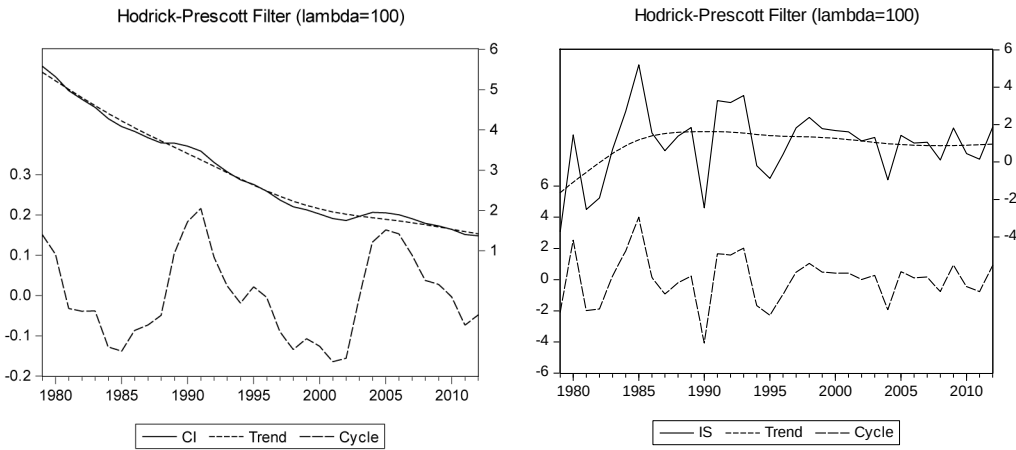


Figure 4. The HP filter trend and cycle diagram of CI sequence and IS sequence
图 4. CI 和 IS 序列 HP 滤波趋势和周期图

Table 3. The inspection results of the unit root about variables
表 3. 变量单位根检验结果

变量	检验类型 (C, T, P)	ADF 值	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值	相伴概率 p 值	5%下 平稳性
CI	(C, T, 2)	-2.18268	-3.65373	-2.95711	-2.617434	0.21608	否
IS	(C, T, 0)	-5.354997	-3.646342	-2.954021	-2.615817	0.00010	是
HPCI	(0, 0, 1)	-3.563365	-3.65373	-2.95711	-2.617434	0.0124659	是
HPIS	(0, 0, 0)	-5.687183	-3.646342	-2.954021	-2.615817	0.00004	是

0.21608, 远超过 10%, 所以碳排放强度序列接受原假设, 存在单位根, 该时间序列不平稳。消除趋势后的碳排放强度 HPCI 序列的 ADF = -3.563365, 绝对值大于 5%、10%水平临界值, 相伴概率 p 值为 0.0124659, 远小于 5%, 接近 1%, 在 5%水平下该序列是平稳的。产业间结构变动 IS 序列和消除趋势后的产业间结构变动 HPIS 序列的 ADF 值的绝对值都分别大于不同检验水平下的 3 个临界值, 其相伴概率 p 值也远小于 1%, 在 1%的水平下都是平稳的。因此, 在稍放宽条件下, 可以对序列 HPCI、HPIS 进行 Granger 因果关系检验。

3.2.2. 格兰杰检验

对变量 HPCI、HPIS 进行因果关系检验, 选取 1~6 阶滞后期, 显著性水平为 5%, 检验结果见表 4。

检验结果表明, 在 5%的显著性水平下, 滞后期长度为 3~6 时, 碳排放强度是产业间结构变动的 Granger 原因, 在滞后期长度为 1~2 时, 碳排放强度不是产业间结构变动的 Granger 原因。而在滞后期长度为 1~6 时, 产业间结构变动都不是碳排放强度的 Granger 原因。

由于碳排放强度包含实际 GDP 因素, 而实际 GDP 的增长包含了产业间结构性的增长, 因此会很大程度上导致产业间结构变动, 碳排放强度改善是产业间结

构升级的 Granger 原因, 而且存在很强的滞后效应, 而产业间结构升级不是碳排放量结构性优化的 Granger 原因。结合以上分析, 得出产业间结构变动反过来不会导致剔除了总量增长的碳排放量指标的结构性增长。而这显然与陈兆荣(2011)所得出的结论不相符合, 本文选择的指标碳排放强度与产业间结构变动具有一致性, 都是结构性因素, 这样的指标选择能更好的反映出两者之间的关系, 得出的结论也与实际符合。

4. 结论

本文根据 Moore 模型, 对我国 1979~2012 年的产业间结构变动值进行了测度, 并且定义了方向, 以精确的数据反映每年产业间结构变动情况, 同时对我国碳排放量结构变动即碳排放强度进行了测量, 并使用 HP 滤波分解出了产业间结构变动与碳排放强度序列的趋势要素, 利用 Granger 因果关系检验分析了我国产业间结构变动与碳排放强度之间的关系。实证研究结果表明, 我国产业间结构优化不是碳排放结构优化的原因, 即我国产业间结构升级不是导致我国碳排放强度减小的原因, 产业间的结构性变动不是我国 1979~2012 年碳排放结构性改善的主要因素。本文研究结合前人成果, 可以间接看出我国产业内的优化升级能够改善我国碳排放的结构。

Table4. Granger causality test results of HPCI sequence and HPLS sequence
表 4. HPCI 和 HPIS 序列 Granger 因果关系检验结果

滞后期	Granger 因果性	观察值	F 统计量	相伴概率 p	结论
1	HPIS → HPCI	33	2.629219767	0.115377883	接受
	HPCI → HPIS	33	0.041056407	0.840797023	接受
2	HPIS → HPCI	32	2.240217765	0.125852235	接受
	HPCI → HPIS	32	1.984003062	0.157065941	接受
3	HPIS → HPCI	31	0.95293399	0.430837804	接受
	HPCI → HPIS	31	4.843212413	0.008951558	拒绝
4	HPIS → HPCI	30	2.712998044	0.057674387	接受
	HPCI → HPIS	30	5.284720796	0.00418034	拒绝
5	HPIS → HPCI	29	1.610946578	0.207737266	接受
	HPCI → HPIS	29	5.81556766	0.002290463	拒绝
6	HPIS → HPCI	28	1.85660811	0.154984084	接受
	HPCI → HPIS	28	4.539532767	0.008106143	拒绝

本文之所以要探讨碳排放强度指标,是因为碳排放强度能真实的反映出一国的碳排放水平,单位实际GDP 的碳排放量能够很大程度上反映整体能耗比和资源利用情况,仅仅总量的变化并不能很好地说明一国的“低碳”或“高碳”情况,碳排放的结构性变化才是发展低碳经济亟需考虑的。产业升级包含产业内和产业间,本文研究结论否定了产业间因素对碳排放优化的影响,因此,后续研究如何减小碳排放强度应从产业内的结构优化升级着手。

参考文献 (References)

- [1] Sachs, J., Woo, W.T., Fischer, S., et al. (1994) Structural factors in the economic reforms of China, Eastern Europe, and the former Soviet Union. *Economic Policy*, 1, 102-145.
- [2] 陈兆荣 (2010) 我国产业结构高级化与碳排放量关系的实证研究. *Journal of Hubei University of Economics*, 4, 77-81.
- [3] 徐大丰 (2010) 我国碳排放的结构分析. *经济纵横*, 8, 76-78.
- [4] 刘红光, 刘卫东, 唐志鹏 (2010) 中国产业能源消费碳排放结构及其减排敏感性分析. *地理科学进展*, 6, 670-676.
- [5] Moore, J.H. (1978) A measure of structural change in output. *Review of Income and Wealth*, 24, 105-118.
- [6] 张雷, 黄园渐, 李艳梅, 等 (2010) 中国碳排放区域格局变化与减排途径分析. *资源科学*, 2, 211-217.
- [7] 李艳梅, 张雷 (2008) 中国居民间接生活能源消费的结构分解分析. *资源科学*, 6, 890-895.
- [8] 谭丹, 黄贤金, 胡初枝 (2008) 我国工业行业的产业升级与碳排放关系分析. *四川环境*, 2, 74-78.