

产业结构调整 and 碳排放量耦合分析 ——以上海为例

叶红雨, 许小东
(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 为准确把握产业结构调整 and 碳排放量的动态关系,通过构建灰色系统理论模型,选取上海市 2001—2011 年度碳排放量和三次产业的产值,运用灰色关联度的研究方法,具体分析了产业结构调整 and 碳排放量之间的关联关系. 首先计算出上海市 2001—2011 年的碳排放量,然后结合这 11 年的三次产业产值,运用灰色关联度分析法分析了两者之间的关联关系. 结果表明,上海第三产业和碳排放量的关联度最大,第一产业和碳排放量的关联度最小. 此外,结合能耗强度的相关研究成果对结论进行分析,分别从政府、企业和社会的角度对上海市发展低碳经济提出了建议.

关键词: 产业结构; 产业结构调整; 碳排放量; 上海

中图分类号: F 061.3 **文献标志码:** A

Correlation Analysis of Industrial Structure Adjustment and Carbon Dioxide Emissions in Shanghai

YE Hong-yu, XU Xiao-dong
(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The carbon dioxide emission in Shanghai from the year 2001 to 2011 was computed, and its correlation with the three economy sectors was analyzed by using the Grey Relational Analysis method. The results show that the correlation coefficient between tertiary industry and carbon emission is the biggest, while that between primary industry and carbon emission is the smallest. The suggestions from the angles of politics, economy as well as society to foster a low-carbon economy in Shanghai were put forward based on energy cost intensity analysis.

Key words: industrial structure; industrial structure adjustment; carbon dioxide emissions; Shanghai

随着社会经济的发展及人类对能源的开发利用,温室气体大量排放,全球温度持续上升,环境问题日益突出. 2003 年,英国能源白皮书《我国能源的

未来: 创建低碳经济》最早提出了低碳经济的概念^[1]. 随后,世界上许多国家也都将低碳经济作为未来发展的战略选择. 中国是一个发展中国家,温室气

收稿日期: 2013-10-08
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71073103)
第一作者: 叶红雨(1970-),女,副教授. 研究方向: 企业创新、产业创新与升级. E-mail: yhy7620@163.com

体的排放量一直位居世界前列.作为一个负责任的大国,2009 年联合国气候大会上,我国提出了到 2020 年我国单位国内生产总值 CO₂ 的排放量比 2005 年下降 40%~45% 的目标.目标任重而道远,作为中国的经济中心和国际化大都市的上海,在这个目标的实现过程中理应先行一步.

低碳经济既是一种经济形态,又是一种发展模式.它是在市场经济基础上,通过制度与政策的制定和创新,形成长期稳定的引导和激励机制,促进提高能效技术、推动可再生能源利用技术和温室气体减排技术的创新,以缓解气候变化带来的不利影响,并构建新的可持续发展经济^[2].国际上我国背负着承诺降低碳排放量义务的压力,国内也面临着碳排量减排的压力,能源减少和生态安全也面临着威胁.因此,中国走低碳经济之路势在必行^[3].

上海作为中国低碳试点城市,许多学者对于实现上海低碳经济进行了研究.帅通等^[4]通过对上海市能源消耗、GDP 增长及产业结构变化相关数据进行了分析,结果表明能源结构变动是上海碳排放量下降的原因.徐大丰^[5]通过产业关联实证研究表明,对碳排放影响力较强的产业进行结构调整,既能实现降低碳排放,又能实现持续的经济增长.但目前而言,很少有学者将第一、第二、第三产业产值和碳排放量联系起来,考察不同的产业结构与碳排放量之间的动态变化.本文运用灰色关联度分析法,对上海三次产业的产值和碳排放量进行了耦合分析,同时结合能耗强度的相关研究成果,得出结论并提出了相应建议.所谓的耦合是指两个或两个以上的系统或运动方式间通过各种相互作用和影响,以致联合的现象,是在各子系统间的良性互动下,相互依赖、

相互协调、相互促进的动态关联关系^[6-7].耦合分析就是系统或运动方式间的关联度分析.能耗强度是能源消耗量和国民生产总值的比值,反应了能源利用的经济产出效率.研究表明,产业结构不同,能耗强度也不同^[8].

1 碳排放量的测定

对于碳排放量,我国并没有给出官方的统计数据.关于碳排放量的计算方法,国内外很多学者进行了研究.20 世纪末,文献[9]提出了 KAYA 模型,他认为一个国家或地区的碳排放量受到人口、人均 GDP、单位 GDP 能源强度及单位能耗碳排放量 4 个因素影响,碳排放量等于这 4 个因素值的乘积.付加锋^[10]以各类燃料消费量为基础,通过碳足迹的跟踪,进而估算出碳排放量.国内更多的学者则是通过估算各类燃料的碳排放系数,再结合燃料的消费量,对碳排放量进行测算,但现在国内外对于各类燃料的碳排放系数并没有统一的数值^[6,11].

CO₂ 是温室气体的主要来源,其对温室效应的贡献大约占全部温室气体的 50%^[10].经济的发展离不开能源的消耗,能源的消耗会导致 CO₂ 的排出.本文中所计算的碳排放量仅指化石能源(主要指煤、石油、天然气)消耗导致的 CO₂ 的排放量.所有数据都来自于上海市统计年鉴(2012).能源消耗总量是把使用的各种能源去除重复消费后折算成标准煤后再进行计算得出的.鉴于数据的可获得性,本文在已知能源消耗总量的基础上,根据消耗 1 kg 标准煤可以排出 CO₂ 约 2.493 kg^[12],计算出 2001—2011 年的各年的碳排放量,如表 1 所示.

表 1 上海 2001—2011 年各项指标
Tab.1 Indicators of Shanghai from 2001 to 2011

时间/年	人口/万人	GDP 总量/亿元	人均 GDP/(万元·人 ⁻¹)	能源消耗总量/万 t 标准煤	碳排放量/万 t
2001	1 668.33	5 210.12	3.12	5 049.20	12 587.66
2002	1 712.97	5 741.03	3.35	5 419.71	13 511.34
2003	1 765.84	6 694.23	3.79	5 866.09	14 624.16
2004	1 834.98	8 072.83	4.40	6 464.10	16 115.00
2005	1 890.26	9 247.66	4.89	7 250.80	18 076.24
2006	1 964.11	10 572.24	5.38	7 797.53	19 439.24
2007	2 063.58	12 494.01	6.05	8 510.70	21 217.18
2008	2 140.65	14 609.87	6.82	8 852.62	22 069.58
2009	2 210.28	15 046.45	6.81	9 002.21	22 442.51
2010	2 302.66	17 165.98	7.45	9 835.31	24 519.43
2011	2 347.46	19 195.69	8.18	9 880.79	24 632.81

2 三次产业结构产值和碳排放量的关联度分析

2.1 研究方法

灰色系统理论^[13-14]最早由华中理工大学邓聚龙教授于1982年提出.灰色系统理论认为人们对事物的认识具有广泛的灰色性,即信息不完全性和不确定性,部分信息已知,部分信息未知.灰色关联度理论是灰色系统理论的重要组成部分.关联度就是事物之间、各要素之间关联性大小的量度.灰色关联度分析就是在信息不完全和不确定的情况下,通过动态观察,使事物之间、各要素之间的关系清晰化,从而为系统的发展和结构变化进行量化.

2.2 模型的建立

2.2.1 确定参考序列和比较序列^[15-16]

选取上海市的碳排放量、第一、第二、第三产业产值4个变量.把碳排放量作为参考序列(母序列),记为

$$X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\}$$

式中, n 为时间序列长度,选取 $n = 11$; $X_0(1) \sim X_0(n)$ 分别代表 2001—2011 年碳排放量.

把三次产业的产值作为比较序列(子序列),记为

$$X_i = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\}$$

式中, $i = 1, 2, 3$; $X_i(1) \sim X_i(n)$ 分别代表 2001—2011 年第 i 产业的 GDP.

2.2.2 灰色相对关联度计算

首先,计算出母序列和子序列的始点化值,记为

$$X_0^0 = \{X_0(1) - X_0(1), X_0(2) - X_0(1), \dots, X_0(n) - X_0(1)\} = \{X_0^0(1), X_0^0(2), \dots, X_0^0(n)\}$$

$$X_i^0 = \{X_i(1) - X_i(1), X_i(2) - X_i(1), \dots, X_i(n) - X_i(1)\} = \{X_i^0(1), X_i^0(2), \dots, X_i^0(n)\}$$

则灰色相对关联度为

$$\zeta_{0i} = \frac{1 + |S_0| + |S_i|}{1 + |S_0| + |S_i| + |S_i - S_0|} \quad (1)$$

其中

$$|S_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X_0^0(k) + 0.5X_0^0(n) \right|$$

$$|S_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X_i^0(k) + 0.5X_i^0(n) \right|$$

2.2.3 灰色绝对关系度计算

首先,计算母序列和子序列的初值像,记为

$$X'_0 = \{X_0(1)/X_0(1), X_0(2)/X_0(1), \dots, X_0(n)/X_0(1)\} = \{X'_0(1), X'_0(2), \dots, X'_0(n)\}$$

$$X'_i = \{X_i(1)/X_i(1), X_i(2)/X_i(1), \dots, X_i(n)/X_i(1)\} = \{X'_i(1), X'_i(2), \dots, X'_i(n)\}$$

其次,计算初值像的始点化像,得

$$X''_0 = \{X'_0(1) - X'_0(1), X'_0(2) - X'_0(1), \dots, X'_0(n) - X'_0(1)\} = \{X''_0(1), X''_0(2), \dots, X''_0(n)\}$$

$$X''_i = \{X'_i(1) - X'_i(1), X'_i(2) - X'_i(1), \dots, X'_i(n) - X'_i(1)\} = \{X''_i(1), X''_i(2), \dots, X''_i(n)\}$$

则灰色绝对关联度为

$$\eta_{0i} = \frac{1 + |S'_0| + |S'_i|}{1 + |S'_0| + |S'_i| + |S'_i - S'_0|} \quad (2)$$

其中

$$|S'_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X''_0(k) + 0.5X''_0(n) \right|$$

$$|S'_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X''_i(k) + 0.5X''_i(n) \right|$$

2.2.4 灰色综合关联度计算

灰色绝对关联度是母序列 X_0 和子序列 X_i 相对于始点变化绝对量之联系的表征,两者相似程度越高,灰色绝对关联度越大,反之就越小.灰色相对关联度是母序列 X_0 和子序列 X_i 相对于始点变化速度之联系的表征,两者速度变化越接近,灰色相对关联度越大,反之就越小.灰色综合关联度是灰色绝对关联度和灰色相对关联度的加权和.记为

$$\epsilon_{0i} = \theta \zeta_{0i} + (1 - \theta) \eta_{0i} \quad (3)$$

式中, θ 为加权系数,反映的是绝对关联度和相对关联度的关心程度.一般情况下,认为绝对关联度和相对关联度同等重要,取 $\theta = 0.5$.

2.2.5 关联度排序

根据值的大小排列关联度的先后顺序.当 $\theta = 0.5$ 时,两因素的关联度大于 0.6,认为其关联性显著.

2.3 数据的计算和结论分析

表 1 和表 2 给出了上海市 2001—2011 年的各项指标,将数值代入式(1),得三次产业和碳排放量的相对关联度为

$$\zeta_{01} = 0.76, \zeta_{02} = 0.76, \zeta_{03} = 0.72$$

由式(2)可得三次产业和碳排放量的绝对关联度为

$$\eta_{01} = 0.50, \eta_{02} = 0.62, \eta_{03} = 0.76$$

由式(3)可得三次产业和碳排放量的综合关联度为

$$\epsilon_{01} = 0.63, \epsilon_{02} = 0.69, \epsilon_{03} = 0.74$$

可以看出, $\epsilon_{03} > \epsilon_{02} > \epsilon_{01}$. ϵ_{01} , ϵ_{02} 和 ϵ_{03} 的关联度系数都大于 0.6,说明三次产业和上海市的碳排放量

都显著关联。

结合能耗强度相关研究结果,对上海产业结构和碳排放量之间的关联度结果进行分析,得出如下结论:

a. 第三产业和上海碳排放量的关联度最高,说明第三产业已经成为上海碳排放的主要来源. 2001—2011 年上海市第三产业国民生产总值增长了 5 倍,在国民生产总值的比重也由 2001 年的 21%增长到 2011 年的 45%,已经成为上海市的主导产业,但 2007 年以后出现了缓慢增长的趋势. 第三产业的不断发展导致能源需求量的不断增长,使碳排放量也不断增加. 但这并不意味着上海应该减缓第三产业的发展,低碳经济除了要考虑碳排放量外,还要考虑产业的经济性问题. 第二产业、第一产业、第三产业的能耗强度依次降低^[8]. 这意味着消耗相同的能源,第三产业能产生更多的国民生产总值,说明大力发展第三产业有利于低碳经济的实现.

b. 第二产业和上海碳排放量的关联度居中,说明第二产业不是影响上海碳排放的主要产业. 从表 2 可以看出,以 2007 年为分界线,2007 年以前上海第二产业增长迅速,2007 年以后上海市第二产业增长缓慢,甚至在 2009 年出现负增长. 上海第二产业以钢铁冶炼、汽车制造等重工业为主,这些产业普遍

具有高能耗、高排放、高污染的特点. 第二产业的迅速发展,可以增加国民经济的产值,但同时也会导致碳排放量的迅速增加以及对环境的污染和破坏. 另外第二产业能耗强度最高,迅速发展也会阻碍低碳经济的实现. 结合表 1 和表 2 可以看出,上海第二产业在国民生产总值中的比重在不断下降,这和上海转变经济增长方式是分不开的. 通过以上分析可以看出,第二产业和上海市碳排放量有较高的关联度,所以上海应进一步降低第二产业的比重,同时优化其内部结构.

c. 第一产业和上海碳排放量的关联度最低,说明第一产业发展对碳排放量的影响并没有第二产业和第三产业大. 从表 2 可以看出,第一产业的产值每年也在增加,但相对于总产值来说,第一产业的比重在不断下降. 第一产业主要是农业. 农业生产过程中之所以会导致碳排放的增加,主要因为现在有农业生产过程中使用化肥、利用机械耕种收割以及处理农业废弃物的过程中都需要消耗能源,且现在的技术水平使得农业生产过程中大多以消耗化石能源为主. 农业的能耗强度在三次产业中居于中间的位置,但由于耕地面积所限,上海实现低碳经济不适宜大力发展农业,但可以采用一定的措施减少农业生产中的碳排放量.

表 2 上海 2001—2011 年三次产业产值及增长率表
Tab.2 Three industrial GDP and growth rate of Shanghai from 2001 to 2011

时间	第一产业		第二产业		第三产业	
	产值/亿元	增长率/%	产值/亿元	增长率/%	产值/亿元	增长率/%
2001	78.00	1.72	2 403.18	8.85	2 728.94	9.73
2002	79.68	2.15	2 622.45	9.12	3 038.90	11.36
2003	81.02	1.68	3 209.02	22.37	3 404.19	12.02
2004	83.45	3.00	3 892.12	21.29	4 097.26	20.36
2005	90.26	8.16	4 381.20	12.57	4 776.20	16.57
2006	93.81	3.93	4 969.95	13.44	5 508.48	15.33
2007	101.84	8.56	5 571.06	12.09	6 821.11	23.83
2008	111.80	9.78	6 085.84	9.24	7 872.23	15.41
2009	113.82	1.81	6 001.78	-1.38	8 930.85	13.45
2010	114.15	0.29	7 218.32	20.27	9 833.51	10.11
2011	124.94	9.45	7 927.89	9.83	11 142.85	13.32

3 建议和对策

首先,政府在实现低碳经济的过程中起着引导作用,可以通过政策和资金促进产业结构调整,实现鼓励低碳发展和限制高碳发展的目的. 上海要继续加强发展第三产业,利用上海建设“四个中心”的机

遇,积极发展现代服务业. 制定专门的金融业发展战略和规划,鼓励各大金融机构加快低碳金融服务产品的创新,如对推出低碳建筑的企业以及购买低碳建筑的消费者提供优惠贷款,对新能源汽车提供优惠贷款计划等促进金融业的发展. 抓住自由贸易区在上海成立的契机,完善基础条件的建设,保障基础公共服务供给,进一步推动上海贸易业在国际上的

地位.在降低第二产业在国民总产值中的比重的同时,优化其内部结构.上海的交通运输设备制造业具有良好的基础,要抓住机遇,加快发展交通运输设备制造业,重点抓好钢铁、化工、电力等行业,淘汰落后产能的同时,积极运用高新技术和低碳技术改造这些传统行业.以产业转型升级需求为导向,进一步加快生产性服务业发展,进而提升制造业产能、提高企业的核心竞争力.分离和外包非核心的业务,向价值链高端延伸,促进我国产业逐渐由生产制造型向生产服务型转变.推行低碳农业生产方式,在农业发展过程中改变传统农业低层次原料的生产方式,改善农业投入动力机制,在实践中通过推广低碳化肥使用以及开发生物质能发展低碳农业,减少农业的碳排放量.

其次,企业是实现经济增长的主体,也是能源消耗的主体.要使上海低碳背景下的产业结构调整得以实现,必须使企业树立低碳经济的理念,加强低碳技术的研发和低碳技术人才的培养.企业要把自主研究和技术引进结合起来,利用好上海的科技优势,增强自主创新能力,加强国际间的交流合作,推动新能源技术、碳捕获和碳埋存及清洁生产等节能减排技术的研发和创新.建立适当的人才激励机制,通过创造吸引人才的企业氛围,提供有利于实现其自身价值的工作环境及健全的薪酬激励体制等措施,加强低碳技术人才的培养,为低碳技术的发展提供智力支持.

最后,个人对于低碳经济的实现也有着重大的影响.个人要树立新的消费观,倡导绿色消费模式,自觉树立起环境保护意识和绿色消费意识,转变过去“高碳”的消费习惯,主动抵制浪费行为,开展适度消费,逐步形成节约资源和保护环境的生活方式和消费模式.选择低碳的出行方式,对于近距离出行,尽量避免产生碳排放,可以选择步行或者自行车出行,这既有利于碳排放量的减少,也有利于人们的健康.对于远距离的出行,可以选择公共交通如公交、地铁为主要出行工具,避免汽车带来的环境污染.

参考文献:

- [1] 李影.低碳经济背景下缓解能源约束途径[J].经济问题,2011(11):32-37.
- [2] 袁男优.低碳经济的概念内涵[J].城市环境与城市生态,2010,23(1):43-46.
- [3] 庄贵阳.中国经济低碳发展的途径与潜力分析[J].国际技术经济研究,2005,8(3):8-12.
- [4] 帅通,袁雯.上海市产业结构和能源结构的变动对碳排放的影响及应对策略[J].长江流域资源与环境,2009,18(10):885-889.
- [5] 徐大丰.低碳经济导向下的产业结构调整策略研究——基于上海产业关联的实证研究[J].华东经济管理,2010,24(10):6-9.
- [6] 王修华,王翔.产业结构升级与低碳经济发展的耦合研究[J].软科学,2012,26(3):29-32.
- [7] 李明,王晓鸣.农村生态住区建设系统灰色关联度耦合模型[J].华中科技大学学报(城市科学版),2010,27(2):53-57.
- [8] 孙起生.低碳经济与县域产业结构优化[M].北京:经济科学出版社,2011.
- [9] Costanza R. What is ecological economics? [J]. Ecological Economics,1989(1):1-7.
- [10] 付加锋.低碳经济理论与中国实证分析[M].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [11] 包颖,侯建明.基于低碳经济的我国产业体系构建研究[J].商业研究,2011(3):139-145.
- [12] 巩斌.经济可持续发展之“低碳”路径选择分析——以安徽为例[J].科技与经济,2012,23(2):80-83.
- [13] 刘思峰,谢乃明.灰色系统理论及其应用[M].4版.北京:科学出版社,2008.
- [14] 孙继佳,蒋健,严广乐,等.基于灰色系统理论的中医五脏系统分析[J].上海理工大学学报,2009,31(6):572-580.
- [15] 齐志强,张干,齐建国.进入WTO前后中国制造业部门结构演变研究——基于制造业部门与工业整体经济增长的灰色关联度分析[J].数量经济技术经济研究,2011(2):52-63.
- [16] 王英.基于灰色关联理论的FDI和中国区域经济发展差距研究[J].系统工程理论与实践,2010,30(3):426-430.

(编辑:董伟)