

产业经济发展对碳排放影响的实证分析

朱 臻, 严 燕, 邱保印, 黄 敏

(浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 依赖于传统能源消费的经济增长往往带来巨大的碳排放。对于强调“十二五”经济转型的浙江省, 需要探讨经济增长方式与碳排放的关系, 从而探索基于减排目标的可持续经济发展之路。本研究基于产业-能源消费和能源-碳排放 2 个基本判断模型, 运用 1990-2009 年相关数据分析了浙江省产业发展、能源消费结构以及碳排放之间的关系。结果表明: 浙江省产业结构演进与能源消费之间存在着显著的正相关关系, 而能源消费结构的变动则对浙江省碳排放影响不明显。基于此, 笔者提出了基于减排目标的协调能源利用与产业经济增长的政策建议, 即开发新能源技术, 促使能源消费结构不断多元化; 加强工业企业节能技术改造, 提高能源利用效率; 积极发挥经济优势, 引导金融机构为低碳产业服务。图 2 参 11

关键词: 生态经济学; 碳排放; 能源消费; 产业结构; 浙江省

中图分类号: F062.2; S7-0 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2012)04-0606-05

An empirical analysis of the impacts of industry economic development on carbon emission

ZHU Zhen, YAN Yan, QIU Bao-yin, HUANG Min

(School of Economics and Management, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The economic growth which relies on the traditional energy consumption will lead to huge carbon emission. It's essential to study the relationship between economic growth mode and carbon emission, and maintain sustainable economic development on the basis of carbon emission reduction for Zhejiang Province which aims at economy transition in the 12th Five-year Plan. On the basis of two models including industry-energy consumption model, and energy-carbon emission model, this paper used the data during 1990-2009 to analyze the relationship among industry development, energy consumption structure and carbon emission in Zhejiang Province. The results indicated that there was a significant positive correlation between the industrial structure evolution and energy consumption but an insignificant impact of changes in energy consumption structure on carbon emission in Zhejiang. The authors proposed emission cuts-oriented policies on integrating energy utilization and industry economic growth, i.e., developing new energy technologies, promoting diversified energy consumption structure, enhancing the transformation of energy-saving technologies of industrial enterprises, improving energy utilization efficiency, making use of economic advantages and guiding the financial organizations to serve low-carbon industries. [Ch, 2 fig. 11 ref.]

Key words: ecological economics; carbon emission; energy consumption; industrial structure; Zhejiang Province

人口数量的快速增长以及社会经济活动的不断加强所导致的碳排放对大气二氧化碳浓度的提高和全球气候变化起到了决定性的影响和作用^[1-2]。特别是工业化革命 200 多年来, 以依赖矿物能源消费的经

收稿日期: 2011-08-21; 修回日期: 2011-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71073148); 浙江省哲学社会科学规划项目(10CGYD31YBQ); 浙江省科技计划项目(2010C25069); 教育部人文社会科学一般项目(10YJC790096)

作者简介: 朱臻, 讲师, 硕士, 从事资源与环境经济研究。E-mail: zhuzhen8149278@126.com

济快速增长方式对碳排放的增加起了决定性的作用^[3]。中国作为世界上最大的碳排放国，成为了全球关注的焦点。“十二五”期间，节能减排以及相应的指标分配必将给经济发达的省份带来巨大的压力。作为改革开放的先行者，近 30 a 浙江省取得了令人瞩目的成就，2009 年，浙江省国内生产总值(GDP)总值超过 2.2 万亿元，人均 GDP 达到 44 335.00 元，位居全国第一，但由于其经济快速发展依赖于能源消费，其主要能源消费总量占到全国的 4.5%，消费总量位居全国第 9 位，同时也是碳排放总量较高的省份。浙江特有的资源供给和环境容量不足等弱势在强调减排的“十二五”期间必将得以放大，因此，研究经济增长与碳减排的关系显得尤为重要。目前，国内外学者已对此进行了一定的研究，如 Kaya^[4]认为一个国家(或地区)二氧化碳排放量增长，主要取决于 4 个因素的贡献：人口、人均 GDP、能源强度(单位 GDP 能耗)和能源结构。国内学者如高卫东^[5]和张雷^[6]运用产业-能源消费和能源-碳排放 2 个基本判断模型分析了产业发展与碳排放的关系。

1 模型和数据来源

1.1 产业结构演进：产业-能源关联模型

进入工业化社会后，无论国家还是地区如浙江省，GDP 增长的自然资源投入要素组成发生了根本性的变化。建立在大规模矿产资源开发和加工制造业为主的工业社会生产创造出了一种与传统农业社会完全不同的物质能量转换机制。在这种新机制下，产业结构和产品结构多元化构成了现代社会生产的基本特征。社会经济发展阶段的进步也可以通过产业经济结构的变化和升级体现出来^[7]。衡量这种经济结构演进加快的一个重要指标是产业结构多元化。通常用百分比或类似的比值来表达这种产业结构的多元化。尽管这种方法比较直观，但在进行经济发展、能源消费以及碳排放 3 种相互关系和作用方面的分析时则显得过于肤浅，因而无法准确地把握其间的能量交换方式和准确地量度这种方式的变化过程。据此，引用张雷^[6]的研究成果，采用产业结构多元化系数作为评价浙江省产业结构的演进。具体而言，就是以浙江省的第一产业的产出作为基准值，以此作为第二产业和第三产业产出状况的评价，然后将评价结果相加，最终得出产业结构多元化系数。根据这一思路，可以将产业结构多元化系数表达为以下公式：

$$E_{SD} = \sum (P/P, S/P, T/P)。 \quad (1)$$

式(1)中， P 为第一产业产出， S 为第二产业产出， T 为第三产业产出， E_{SD} 为浙江省产业结构多元化演进系数，值域可从 1 到无穷大。新的生产方式需要新的资源投入保障，大规模的矿产资源开发和消费成为浙江省产业结构演进的必要条件，而矿产资源的消费又势必带来大规模的碳排放。引用高卫东^[5]模型，利用《中国能源统计年鉴》^[8]《浙江省统计年鉴》^[9]等资料，收集 1990–2009 年浙江省的产业结构和能源消费数据，运用产业-能源关联模型分析产业发展与一次能源消费两者的相关作用，以此评价浙江省社会经济发展阶段对于浙江省能源消费所带来的碳排放的影响。其数学表达方式为：

$$E_{EI} = \frac{E_U}{E_{SD}}。 \quad (2)$$

式(2)中， E_{EI} 为产业能源关联系数； E_U 为浙江省一次能源消费，这里的一次能源消费包括煤炭、原油和天然气三大主要一次能源。

1.2 能源消费结构：能源-碳排放关联模型

世界历史表明，作为国家工业化的初始能源矿种，煤炭在整个能源消费过程中的主导地位持续了 2 个多世纪之久。只是进入到 20 世纪 50 年代后，随着国家经济的发展和财富积累程度的提高，石油和天然气开始取代煤炭的传统能源主导地位，并且持续至今。无论是发达国家还是发展中国家，除了程度的差异之外，国家能源消费结构的变化均如此。能源消费结构的变化带来了碳排放的变化。有关资料显示，20 世纪 60 年代以来发达国家与发展中国家碳排放增长趋势的差异是由各国能源消费结构变化的结果所造成的，能源消费结构中由于煤炭消费比重的下降可以导致碳排放出现减缓趋势。在煤炭这类传统能源矿种主导的前 210 多年，全球碳排放量增长为最快，年递增速度达到 3.1%，在石油和天然气这类现代能源矿种占据主导的后 30 多年，全球碳排放年递增速度下降到 2.1%^[10]。因此，能源消费结构的变化直接影响到碳排放的程度。

能源消费结构变化同样可以使用与产业结构变化相同的多元化系数方法进行量度。所不同者,能源消费结构变化系数是国家工业化最初的主导矿种作为基准,以此进行后续矿种的替代状况评价,然后将评价结果进行累积相加,最终得出能源消费整体变化系数。能源消费结构变化系数的基本公式可表达为:

$$C_{EEI} = \frac{C_{OE}}{E_{USD}} \quad (3)$$

式(3)中, C_{EEI} 为能源消费结构变化系数; C_{OE} 为浙江省年碳排放总量; E_{USD} 为浙江省一次能源消费结构变化系数。 E_{USD} 的计算公式为:

$$E_{USD} = \sum \left(\frac{C}{C}, \frac{O}{C}, \frac{G}{C}, \frac{H}{C} \right) \quad (4)$$

式(4)中, C 为浙江省煤炭消费, O 为浙江省石油消费, G 为浙江省天然气消费, H 为浙江省水力、核能及太阳能等所转化的电力消费。使用浙江省和全国 1990-2009 年 19 a 时间序列数据分析和比较。 E_{USD} 的值域可以从 1 到无穷大。

2 结果与分析

2.1 浙江省产业结构演进与能源消费的关系分析

笔者运用产业结构多元化系数,使用浙江省 1990-2009 年的时间序列数据对浙江省产业结构进行分析(图 1)。可以发现浙江省的产业结构多元化系数从 1990 年的 4.02 增加到 2009 年的 19.61,增加了近 4 倍,可以发现 19 a 间,浙江省产业结构的多元化演进明显。

运用二次非线性模型(拟合回归效果最好, R^2 最高)拟合浙江省一次能源消费总量和产业结构多元化系数之间的关系,得到拟合方程为:

$$y = -15.91x^2 + 1167.23x - 526.4 \quad (5)$$

式(5)中, x 为产业结构多元化系数, y 为一次能源总量, $R^2 = 0.982$ 。

根据拟合方程,可知:①浙江省产业结构演进速率与一次能源消费增长长期保持紧密的关系。这种产业-能源关联相关系数紧密保持在 0.98 以上。大规模的矿产资源和消费已经成为浙江省工业化过程中产业结构多元化的必要条件。②浙江省产业结构的多元化程度与一次能源消费增速基本保持一致。从 1990 年到 2009 年,浙江省产业结构多元化系数增加了近 4 倍,而一次能源消费量则增加了近 5 倍,即浙江省一次能源消费增长的产业结构演进整体影响力是非常明显的。浙江省一次能源消费每增加 108 t 标准煤,产业结构多元化系数就能增加 10 个单位,远高于国内平均水平,与 20 世纪世界先进水平接近。据张雷^[6]研究,1900-1998 年,英、美、法、德 4 个发达国家,一次能源消费每增加 108 t 标准煤,国家产业结构多元化系数可以增加 3~15。充分说明浙江省进入工业化后期,随着产业结构多元化的变化和 GDP 增速的加快,矿物能源消费的强度应出现明显的减缓,甚至下降。因此推进产业结构的变迁,可以直接减缓浙江省一次能源消费,从而减少不必要的碳排放。

2.2 能源消费结构与碳排放的关系分析

根据能源消费结构变化系数结算,浙江省的能源消费结构变化系数从 1990 年的 1.34 提高到 2009 年的 1.68,提高了 25.07%(图 2),而 20 世纪 60 年代后,英、美等发达国家的能源消费结构系数已经突破 2.0,因此,与发达国家相比,浙江省的能源消费结构多元化水平仍然存在着巨大的差距。浙江省能源消费结构变化系数从 1990 年的 1.34 增加到 2009 年为 1.68,而同时期全国能源消费结构变化系数则从 1.35 增加到 1.44,可见,浙江省的能源消费结构系数高于全国水平,充分说明浙江省在能源消费结构多元化方面领先全国。

使用二次非线性模型(拟合回归效果最好, R^2 最

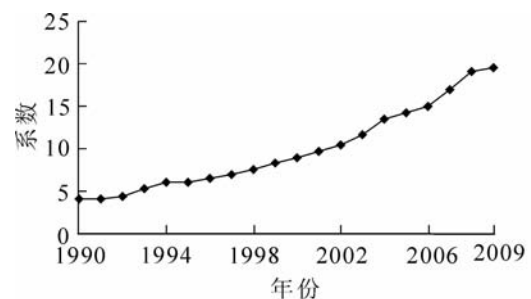


图 1 1990-2009 年浙江省产业结构多元化系数演进

Figure 1 Evolution of Industrial Structure coefficient in Zhejiang from 1990 to 2009

高)拟合 1990–2009 年浙江省碳排放和能源消费结构系数之间的关系, 得到拟合方程为:

$$y=142.333x^2-348.482x+217.66。 \quad (6)$$

式(6)中, x 为能源消费结构系数, y 为碳排放, $R^2=0.845$ 。可以发现, 浙江省能源消费结构变化的确与浙江省碳排放密切相关(相关系数达到 0.8 以上), 且能源消费结构变化与碳排放增长轨迹呈刚性化趋势(即曲线斜率越来越大)。1990–2009 年间, 浙江省能源消费结构系数每年递增 1.2%, 而碳排放每年递增 9.9%。一般而言, 能源消费结构系数的增加代表着能源消费结构的多样化, 特别是煤炭等传统能源比例下降意味着可以减缓碳排放, 因此, 20 世纪 50 年代以来发达国家的能源消费结构与碳排放拟合曲线往往呈下降趋势; 而浙江省则明显不同, 拟合曲线呈加速上升趋势。说明虽然浙江省能源消费结构逐渐呈现多样化, 但是由于一次能源消费总量提升(1990–2009 年间每年递增 10.56%), 而且煤炭的比例虽然从 1990 年的 74.43% 下降到 2009 年的 59.06%, 但仍占一半以上, 因此碳排放仍然呈明显上升趋势。因此, 浙江省的能源消费结构虽然在不断优化, 但是由于能源需求的旺盛, 仍然无法避免大量的碳排放, 即能源消费结构对于碳减排的推动影响不明显。

3 政策建议

3.1 开发新能源技术, 促使能源消费结构不断多元化

针对目前由于能源消费结构变化系数提升幅度较小导致推动碳减排成果甚微的分析结果, 应积极研究开发新能源技术, 发展低碳和无碳能源, 促进能源供应的多样化, 这是减少二氧化碳排放的重要途径。浙江省应注重清洁能源的开发和利用, 浙江的经济实力和科研实力位居全国前列, 资金较为充裕, 科研人员和研究机构众多, 高新科技企业发展迅速, 这表明浙江在清洁技术生产上已经占据了资金和人力资本的优势。从技术发展方向来看, 应优先发展太阳能技术、风能、生物质能技术和新型电池技术等已具备一定发展基础的新兴能源产业。如太阳能产业, 以杭州为基地大力发展太阳能光伏产业(包括太阳能光伏模块及组件、太阳能取暖系统工程及再生能源产品和应用等)。又以风能为例, 浙江省海岸线总长约 6 500 km, 全省大多数海岛平均风速在 $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上, 年平均有效风速时数约 6 000 h 以上, 全省可开发利用的风能资源约 164 万 kW。

3.2 加强工业企业节能技术改造, 提高能源利用效率

大量工业企业是碳排放的主要源头, 国家目前已经大力提倡工业节能, 并且严格控制高耗能、高污染行业过快增长, 鼓励发展低能耗、低污染的先进生产能力。浙江省资源短缺, 因此应注重考虑提高能源利用效率, 以较少的能源消耗, 创造更多的物质财富。建议省政府设立节能专项资金, 通过贴息、补助、奖励等方式, 引导企业和社会资金加大对节能技术研发和技术改造的投入; 加快节能服务市场体系建设, 如发展从事企业能源审计、检测及清洁生产审核的中介服务机构, 为企业节能减排改造项目提供技术咨询和服务。

3.3 积极发挥经济优势, 引导金融机构为低碳产业服务

国内外银行积极参与低碳经济, 渣打银行、美国银行、汇丰银行等欧美金融机构, 国内如兴业银行等已做出了一些有益的尝试, 通过发展“绿色信贷”来应对全球气候变化问题^[11]。中国目前的融资模式仍以间接融资为主, 银行贷款仍是主要的融资渠道, 而银行从风险收益的角度, 对低碳产业的贷款发放缺乏内在需求, 主要原因在于很多降低碳排放的项目都属于技术改造项目, 它给企业带来的是费用的减少而不是收益的增加, 因此, 对银行缺乏吸引力。为此, 需要政府制定鼓励政策, 引导商业银行增加低碳的借款投放。浙江省可以在全国率先提出改革尝试, 对金融机构实行“环境力”评估体系, 指导绿色信贷。浙江省可以充分利用民间资本充裕的优势, 继续积极引导民间资金建设地方性的碳基金, 可采用政府出资设立为主, 逐步引进市场机制的做法, 利用碳基金既可以投资企业节能减排等项目, 也可以开展

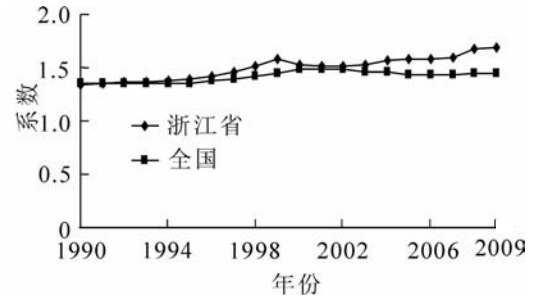


图 2 1990–2009 年浙江省和全国能源消费结构变化系数

Figure 2 Comparison of energy consumption between Zhejiang and China from 1990 to 2009

植树造林等增汇项目。

参考文献:

- [1] HOUGHTON J T. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [2] International Energy Agency. *World Energy Outlook 1996* [R]. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 1996.
- [3] MARJOLEIN B A, ROTMAS J. Uncertainty in perspective [J]. *Global Environ Changes*, 1998, **6** (2): 121 – 157.
- [4] KAYA Y. *Impact of Carbon Dioxide Emission on GNP Growth Interpretation of Proposed Scenarios* [R]. Paris: Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies working Group, IPCC, 1989.
- [5] 高卫东, 姜巍, 谢辉. 经济发展对中国能源碳排放空间分布的影响[J]. *辽宁工程技术大学学报: 自然科学版*, 2009, **28** (2): 296 – 299.
GAO Weidong, JIANG Wei, XIE Hui. Effect of economic development on energy carbon emission distribution [J]. *J Liaoning Technol Univ Nat Sci*, 2009, **28** (2): 296 – 299.
- [6] 张雷. 经济发展对碳排放的影响[J]. *地理学报*, 2003, **58** (4): 629 – 637.
ZHANG Lei. Economic development and its bearing on CO₂ emissions[J]. *Acta Geogr Sin*, 2003, **58** (4): 629 – 637.
- [7] 苏东水. *产业经济学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 20.
- [8] 浙江省统计局. 1990–2009年浙江省社会经济统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009: 10 – 30.
- [9] 国家统计局能源统计司. 2000–2009年中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009: 10 – 20.
- [10] MARLAND G, BODEN T A, ANDRES R J. Global, regional, and national fossil fuel CO₂ emission, 2001 [EB/OL]. 2001-12-05[2011-03-12]. <http://www.cdiac.esd.ornl.gov>.
- [11] 屠畅棣. 浙江省低碳经济发展的金融支持政策[J]. *浙江金融*, 2010 (6): 19 – 20.
TU Changlu. The financial support policies of low-carbon development in Zhejiang [J]. *Zhejiang Finance*, 2010 (6): 19 – 20.