

区域低碳经济发展目标及实施方案^{*}

——以长三角地区为例

胡剑锋,马诗慧

(浙江理工大学 经济管理学院,浙江 杭州 310018)

摘要:文章基于当前国际社会的压力和我国政府已经做出的承诺,本着“高歌稳进”的思想,以长三角地区为例,实证分析了1995—2009年碳排放的区域特征,并采用情景模拟的方式研究了2050年前区域低碳经济的发展目标,通过影响因素分析和灰色关联度测算,提出了实现低碳目标的主要路径和具体方案。研究表明,我国长三角地区的碳排放总量逐年攀升,工业比重和煤类能源消费比重过大,碳排放强度较低的优势正在逐步削弱。今后40年,长三角地区的减排压力较大,其碳排放强度下降的“五年目标”应相对平稳,大体可以在17%—19%之间进行选择。而要实现这一目标,短期内主要应加大产业结构调整的力度。从长三角现有工业结构看,积极鼓励文教体育用品制造业、工艺品等行业的发展,同时适度限制造纸及纸制品业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、塑料制品业等行业的规模,将有利于实现区域低碳经济目标。

关键词:低碳经济;发展目标;实施方案;长三角地区

中图分类号:F127;F062.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2012)03-0081-12

一、问题的提出

全球气候变暖对人类提出了巨大的挑战,它已超出了单纯的科学范畴而成为一个全球性的政治问题(国务院发展研究中心课题组,2009)。作为《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的缔约方,我国政府已郑重向全世界宣布,到2020年,单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%—45%。由此可见,低碳经济不仅是一个理论问题,也是一个实践问题(庄贵阳等,2011)。

2010年8月,国家发改委启动了我国5省8市的低碳经济试点工作。为此,发展区域低碳经济成为了当前理论研究和实践探索的一个热点。譬如,刘薇(2010)、赵涛和刘朝(2011)以及王好和赵艾凤(2010)等分别探讨了北京市、

收稿日期:2011-10-21

基金项目:国家自然科学基金(70773107);国家社会科学基金(08BJY066、08AJY031);浙江省研究生创新科研项目(YK2010058)

作者简介:胡剑锋(1965—),男,浙江永康人,浙江理工大学经济管理学院教授;

马诗慧(1987—),女,湖北应城人,浙江理工大学经济管理学院博士生。

天津市和重庆市发展低碳经济的重点方向或基本路径;刘传江(2010)、郭志达(2010)等分析了区域低碳经济的制约因素与应对策略;黄伟和沈跃栋(2010)提出了长三角低碳经济发展思路,李金良等(2010)则研究了珠三角(广东)外向型低碳经济发展模式。这些研究大多基于对低碳经济的理解或对区域现实问题的判断而得出相应的结论。遗憾的是,有关结论和政策建议基本大同小异,不外乎发展第三产业、调整能源结构、开发节能技术、提高低碳意识等。这说明研究者对区域碳排放特征的了解不够深入,而且与实证研究方法运用不当也不无相关。同时,几乎所有的研究都有意无意地回避了一个关键性问题,即如何确定区域的发展目标。如果不能明确低碳经济的总体目标和阶段目标,就无法制定区域中长期发展规划和路线图。当然,无论是国家还是区域,低碳目标的确定都是一个复杂的工程,不仅要考虑国际社会的压力和本国的责任,也要顾及自身的发展要求、技术水平和资金承受能力等。因此,尽管陈昌智(2010)曾多次呼吁“应早日制定国家中长期低碳经济发展规划”,^①但至今这个规划仍迟迟难以出台。其实,国家发展规划的制定需要有更多的区域目标和经验研究作为依据。可是我国学者通常习惯于等待中央政府确定宏观目标及其方案,学术界应改变这种自上而下的思维模式。

本文以长三角为例,采用实证分析方法,探讨区域低碳经济发展目标、主要路径及具体方案,以期为其他地区乃至全国制定和实施低碳经济发展规划提供参考依据和分析方法。

二、长三角地区的碳排放特征

长江三角洲是我国经济最活跃、综合实力最强的区域,主要包括江苏南部、上海和浙江北部的平原地区。2008年,国务院正式将长三角扩大到两省一市,即江苏省、浙江省和上海市,本文所述的“长三角”就是指这一广义概念。讨论长三角的低碳发展目标及其方案,首先必须分析该区域碳排放的历史变化规律和现实状况,而碳排放量的估算则是本文研究的起点和基础。

国内外关于碳排放的估算方法,主要有清单编制法、实测法、物料衡算法、模型法等。本文采用目前通用的IPCC(2006)温室气体清单编制方法,对长三角地区1995—2009年的碳排放量及其结构进行测算,^②并分析其区域特征。具体的估算方法如下:

$$C = \sum_i [(E_i \times \alpha \times CC_i) 10^{-3} - \beta] \times COF_i \quad (1)$$

其中,C表示碳排放量; E_i 表示第*i*种能源的消费量; α 表示转化因子,主要是指将第*i*种能源转化成标准煤,再转化为热量单位; CC_i 表示单位第*i*种能源的碳含量; β 表示非燃碳,即排除在燃料燃烧以外的原料和非能源用途中的碳; COF_i 表示碳氧化因子,即碳被氧化的比例,通常该值为1,表示完全氧化。

本文采用的有关能源消费数据和能源转化系数分别来自《中国能源统计

年鉴》中的“能源平衡表”及其附录的“参考系数表”。考虑到“能源平衡表”中的能源分类不是很合理,本文在统计时做了一些调整。^⑤长三角 GDP 和常住人口数据分别来自于《浙江统计年鉴》、《江苏统计年鉴》和《上海统计年鉴》。为了剔除价格因素对 GDP 的影响,本文以 1995 年为基期,采用实际 GDP 进行运算。1995—2009 年长三角能源消费结构、碳排放总量和人均碳排放量的测算结果如表 1 所示。

表 1 1995—2009 年长三角能源消费结构、碳排放总量和人均碳排放量

年份	能源消费 (10 ⁴ t)	煤类能源 (10 ⁴ t)	比例 (%)	油类能源 (10 ⁴ t)	比例 (%)	气类能源 (10 ⁴ t)	比例 (%)	热、电及其他 (10 ⁴ t)	比例 (%)	碳排放总量 (10 ⁴ t)	人口 (万人)	人均碳排放 (t/人)
1995	20 258.73	17 455.84	86.16	2 511.38	12.40	0.19	0.001	291.32	1.44	12 028.31	12 756.39	0.94
1996	20 811.96	17 936.31	86.18	2 732.81	13.13	0.16	0.001	142.68	0.69	12 641.47	12 827.59	0.99
1997	20 872.16	17 822.31	85.39	2 935.83	14.07	0.21	0.001	113.81	0.55	12 573.22	12 888.12	0.98
1998	20 934.54	17 651.72	84.32	3 031.88	14.48	0.01	0.000	250.93	1.20	12 862.35	12 945.24	0.99
1999	21 431.74	18 010.15	84.03	3 164.99	14.77	1.41	0.007	255.19	1.19	13 291.86	13 001.65	1.02
2000	23 170.91	18 514.23	79.90	3 802.69	16.41	0.31	0.001	853.68	3.68	13 892.79	13 328.78	1.04
2001	22 367.31	19 234.86	86.00	2 846.19	12.72	3.31	0.015	282.95	1.27	13 510.62	13 361.33	1.01
2002	25 283.90	20 512.86	81.13	4 326.59	17.11	1.01	0.004	443.44	1.75	15 619.28	13 445.96	1.16
2003	28 537.95	22 571.36	79.09	4 973.75	17.43	5.61	0.020	987.23	3.46	17 563.54	13 511.05	1.30
2004	33 827.84	27 201.69	80.41	5 787.48	17.11	14.05	0.042	824.62	2.44	21 043.33	13 588.37	1.55
2005	40 469.50	32 746.62	80.92	6 352.66	15.70	32.73	0.081	1 337.49	3.30	25 021.76	13 732.76	1.82
2006	44 141.82	36 183.48	81.97	6 875.81	15.58	69.90	0.158	1 012.63	2.29	27 787.09	13 897.58	2.00
2007	49 309.99	39 445.91	80.00	7 197.65	14.60	90.66	0.184	2 575.78	5.22	30 169.68	14 063.36	2.15
2008	52 884.90	40 955.19	77.44	7 395.73	13.98	110.83	0.210	4 423.15	8.36	31 708.26	14 187.54	2.23
2009	54 904.04	41 252.61	75.14	7 942.04	14.47	116.04	0.211	5 593.35	10.19	32 859.46	13 841.38	2.37

由表 1 可知,1995—2009 年长三角地区的碳排放体现出如下一些特征:

第一,从时间序列看,长三角碳排放总量呈现逐年递增的趋势。具体来说,碳排放总量除 2001 年略有下降外,其他年份均呈现增长的趋势,并具有明显的阶段性特征。其中,1995—2000 年属平稳增长阶段,碳排放量的增幅较小;2001 年因基础能源消费,特别是油类能源的消费量锐减,碳排放有所降低;2002—2009 年则处于高速增长阶段,增幅几乎都在 10% 以上。到 2009 年,碳排放总量已为 1995 年的 2.73 倍。

第二,从行业结构看,各行业的碳排放量比重具有很大的差异(如图 1 所示)。农林牧副渔、工业、建筑业、交通运输、批发零售、生活消费和其他各行业的碳排放比例均值分别为 3.23%、75.57%、1.05%、8.58%、2.00%、6.76% 和 2.80%。显然,工业的碳排放量占绝大部分比重且呈现快速增长的趋势。2009 年,工业碳排放量在 1995 年的基础上增长了 2 倍多,这是拉动长三角碳排放总量快速增长的主要动力。

第三,从能源消耗看,具有明显的结构特征。煤类能源消费所产生的碳排放占总量 75% 左右,而油类、气类、热电及其他能源碳排放占比的均值分别为 20.92%、0.62% 和 2.92%。可见,正是煤类能源消耗总量的扩大推动了长三角地区碳排放总量的不断攀升。

第四,从碳排放强度和人均碳排放看,具有明显的地域性特征(如图 2 所示)。与全国同期数据比较,长三角人均碳排放量始终高于全国平均水平,差

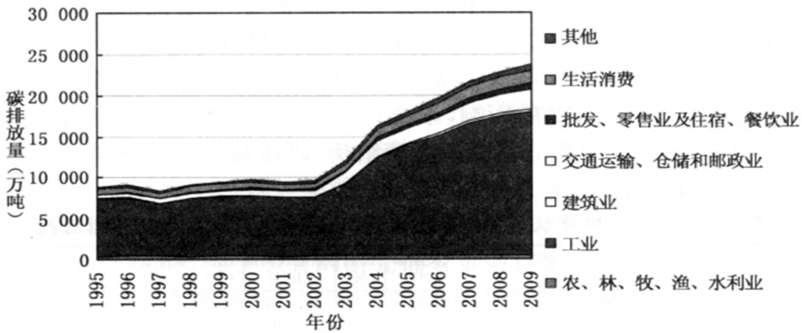


图1 1995—2009年长三角各行业碳排放量变化情况

距也越来越大。这与该地区人均 GDP 较高及其增幅较大有关。从碳排放强度看,其绝对数值却明显低于全国同期平均水平,且都呈现递减的态势。这说明长三角地区的能源利用效率高于全国平均水平,并且总体处于优化状态。但值得关注的是,近几年两者之间的差距正在逐步缩小。

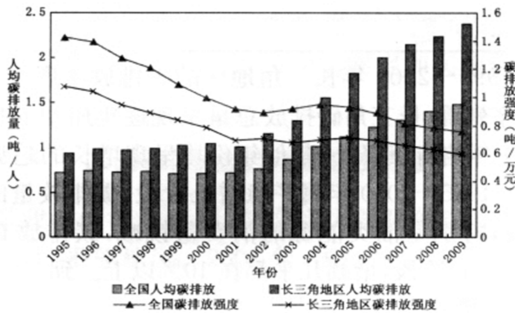


图2 1995—2009年长三角人均碳排放和碳排放强度及其与全国平均水平的比较

三、长三角低碳经济目标的情景模拟分析

低碳目标的制定不仅要考虑历史和现状,还要预测未来的走势。目前国内采用的碳排放预测工具,主要有模型分析和情景模拟两种。模型分析可以描述影响碳排放的经济、社会和技术等因素的作用机制,并表征这些因素的参数。而情景模拟是对未来经济、社会和技术发展路径的预期,不同预期赋予模型参数不同的数值,将参数输入模型就可以进行碳排放预测(姜克隽等, 2009)。本文将基于未来 GDP 增长趋势,结合三种不同的碳强度变化情景,利用碳强度的公式对长三角碳排放的未来变化趋势进行模拟,以期对该地区未来的碳排放情况有全面的把握,为该地区的目标确定提供参考依据。碳排放

的公式为：

$$C=G \times (C/G)=G \times C_g \quad (2)$$

其中, G 为 GDP, C_g 为碳排放强度。长三角地区未来的 GDP 数据参照我国经济发展三步走战略, 以及该地区产值与我国 GDP 总量之间的关系进行测算。^④碳排放强度则分别按照以下 3 种情景的 12 个参考标准进行预测：

(1) 基于我国碳强度“五年计划”的情景(情景 1)。1980 年以来, 我国的碳排放强度一直处于下降的趋势。1980—2010 年, 碳排放强度基本上每 5 年下降 20% 左右。因此, 本文“五年计划”情景的第一种假设(情景 1.1)是: 未来长三角的碳排放强度变化将延续这一趋势, 即 2011—2050 年碳强度每 5 年降低 20%。此外, 考虑到目前长三角仍处于工业化和城市化的快速发展时期, 短期内碳强度减少幅度可能相对较小。但是随着生产力的提高和新能源等低碳技术的发展应用, 今后碳强度的降幅将会进一步加快。为此, 本文“五年计划”情景的另一种假设(情景 1.2)为: 2011—2020 年碳强度每 5 年下降 15%, 2021—2035 年每 5 年下降 20%, 2036—2050 年每 5 年下降 25%。

(2) 基于发达国家历史碳强度变化规律的情景(情景 2)。假设 2050 年前长三角地区碳强度的变化遵循一些发达国家的历史规律。根据有关资料, 发达国家的碳排放变化基本上体现出指数函数的递减趋势, 主要发达国家每年的碳强度降幅分别为: 美国 1.34%, 德国 2.39%, 英国 1.69%, 日本 1.2%, G8 国家(不含俄罗斯)平均为 1.18%(中国科学院学部咨询专题组, 2009)。

(3) 基于 2050 年碳强度假设的情景(情景 3)。假定长三角地区的碳减排同样呈指数递减的趋势, 并且到 2050 年碳强度降至主要发达国家 2005 年的水平。根据这一假定, 长三角地区的碳强度年均下降速率分别为 3.62%(按美国标准, 以下简写国家名)、4.10%(德国)、4.53%(英国)、5.27%(日本)和 4.10%(G8 国家)(中国科学院学部咨询专题组, 2009)。

为了方便比较并考虑到图示的清晰度, 本文将情景 1 和情景 2 及情景 1 和情景 3 的各种预测结果分别在图 3 和图 4 中进行对比。

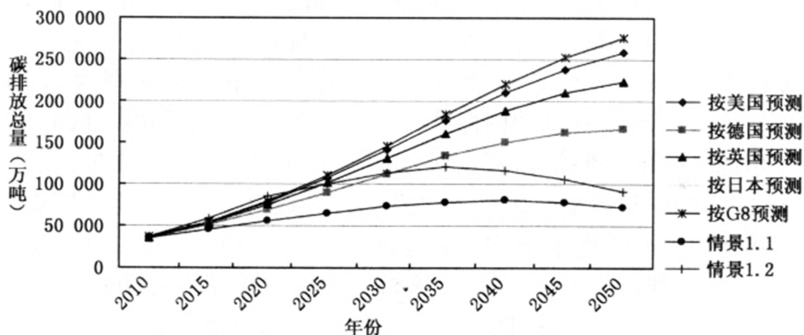


图 3 基于情景 1 和情景 2 的长三角未来碳排放变化趋势模拟

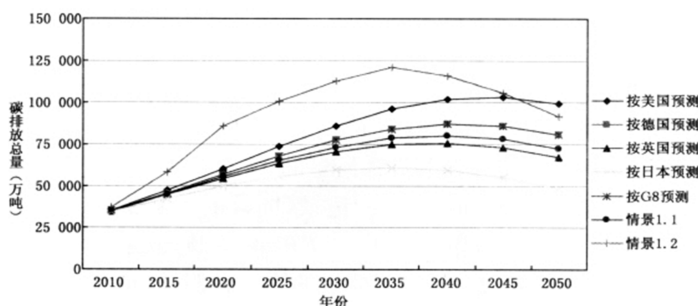


图4 基于情景1和情景3的长三角未来碳排放变化趋势模拟

图3显示,基于情景2的5种预测结果普遍高于情景1。除了德国标准外,基于其他国家标准的预测结果均没有出现拐点,其碳排放总量始终处于持续增长的趋势。而且,到2050年碳排放总量都超过了15亿吨,有的甚至接近30亿吨。由此可见,以发达国家的历史数据来确定长三角地区的碳减排目标是不够的,长三角地区必须采取更大的减排力度。

图4显示,基于情景3和情景1的各种预测结果相对比较接近,最终都能将年碳排放总量控制在10亿吨以内;同时,基本上都呈现先增后减的趋势,情景1的拐点大致在2035年左右,而情景3的拐点大多出现在2045年前后。不过,如果按照情景1.2“先低后高”的方案执行,拐点处的年排放量会比较大。这说明今后长三角地区的碳减排目标最好不要采用幅度较大的“低开高走”方案,前后期目标之间应相对平稳一些。图4还显示,即使按照最高的日本标准执行,到2050年长三角地区的碳排放量也不可能低于2010年的水平。这从一定程度上说明“我国政府不认同国际组织提出的2050年绝对量减排的协议内容”(潘家华,2010)是符合客观事实的,因为长三角地区是中国的一个缩影。

长三角地区低碳目标的一个刚性约束条件就是我国政府已经做出的2020年承诺,这可以说是长三角地区必须达到的基本要求。由于“十一五”期间我国已实现单位GDP能耗下降19.1%的目标,今后10年还必须完成碳排放强度降低20.9%—25.9%,换算为碳强度年均下降速率则为2.32%—2.96%。显然,情景2中的德国标准(2.39%)就在这一范围内。假如今后40年长三角地区按此标准执行,那么到2050年其年碳排放量大约在16.7亿吨。按其1995—2009年占全国比重的均值15.3%进行推算,则那时中国的年碳排放量将达到109亿吨,折合成二氧化碳约为400亿吨。再按二氧化碳占温室气体75%计算,则相当于排放温室气体533亿吨。这个数字是IPCC提出的“到2050年要实现2℃温升控制目标,全世界的温室气体排放总量只能有200亿吨”的2.67倍。这肯定是难以让国际社会所接受的。然而,假如按情景3的日本标

准或英国标准执行,那么每5年的降幅分别为23.7%和20.7%。从中国的历史和现实观察,超过20%的减排目标是非常困难的,除非有重大的科技创新。潘家华(2010、2011)曾多次强调,发展低碳经济“不宜激进、猛进,要高歌稳进”。因此,长三角地区的碳减排目标可以考虑参照情景3的美国标准或德国和G8国家(不含俄罗斯)标准来制定。按照前者标准,每5年的降幅为16.8%,到2050年的年碳排放量约为10亿吨;而按后者标准,每5年的降幅是18.9%,2050年碳排放量约为7.2亿吨。为此,本着积极、稳妥的态度,今后长三角的“五年碳减排目标”可以在17%—19%之间进行选择。如果因一些客观原因需要定得低点,那么也不能低于16%。正如情景1.2所示,过低的起点不仅会给今后增加较大的减排压力,也会出现较高的峰值。

四、长三角发展低碳经济的主要路径

探索碳减排的主要路径,势必需要先了解碳排放的影响因素及其水平。目前碳排放影响因素的分析主要有两种思路:一是定性设定相关的影响因素,然后运用关联分析法、线性回归等方法衡量各个因素与碳排放量之间的关系;二是先运用数学恒等式将碳排放量进行拆分,将其分解为若干相关联的因素,然后运用分解分析法对这些因素进行分解,量化它们的贡献率。第一种思路的优势是可以分析多个影响因素与碳排放量之间的关系,但是无法把碳排放量的变化完全分解到各个因素中,因此只能得到各影响因素与碳排放量之间的一个关联度。第二种思路则能很好地弥补第一种思路的缺陷,通过数学恒等式的变形可将碳排放量的变化完全分解到所拆分的因素中,从而可衡量各个影响因素的贡献率(刘红光和刘卫东,2009)。为此,本文采取第二种思路分析长三角地区碳排放的影响因素。

本文首先借用Kaya提出的Kaya恒等式,然后参考Wu等(2005)提出的“三层完全分解法”和王锋(2010)的改进“两层分解法”,把产业结构(各产业产值在GDP总量中的比重)这一变量引入原始恒等式,建立能够表征产业结构、能源消费、经济增长以及人口增长因素的扩展的Kaya恒等式:

$$C = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 C_{ij} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \frac{E_{ij}}{E_i} \frac{E_i}{Y_i} \frac{Y_i}{Y} \frac{Y}{P} P \quad (3)$$

其中,C为二氧化碳排放量,E为能源消费量,Y为国内生产总值,P为人口,i和j分别指产业i和第j种能源。由于各类能源排放强度因素 $F_{ij} = C_{ij}/E_{ij}$,即产业i消费第j种能源的碳排放量,能源结构因素 $S_{ij} = E_{ij}/E_i$,即产业i消费的第j种能源在该产业消费的所有能源中的份额,能源强度因素 $I_i = E_i/Y_i$,即产业i单位产值的能源消耗,产业结构因素 $H_i = Y_i/Y$,即产业i产值在总产值中的比重,以及经济发展因素 $R = Y/P$,即人均GDP,人均碳排放量可以写为:

$$A = C/P = \sum_i \sum_j F_{ij} S_{ij} I_i H_i R \quad (4)$$

由(4)式可知,人均碳排放量 A 的变化来自于 F_{ij} 的变化(能源排放强度)、 S_{ij} 的变化(能源结构)、 I_i 的变化(能源强度)、 H_i 的变化(产业结构)和 R 的变化(经济发展)。

本文采用 Ang 等(1998)提出的对数平均权重分解法(Logarithmic mean weight division index method,简称 LMDI),把(4)式替换成简单算术平均权重的计算方式(该方法具有不产生余值且允许数据中包含零值等优势)。这样,第 t 期相对于基期的人均碳排放量的变化就可分别转换为如下的加法形式和乘法形式:

(1)加法形式

$$\begin{aligned} \Delta A &= A^t - A^0 = \sum_i \sum_j F_{ij}^t S_{ij}^t I_i^t H_i^t R^t - \sum_i \sum_j F_{ij}^0 S_{ij}^0 I_i^0 H_i^0 R^0 \\ &= \Delta A_F + \Delta A_S + \Delta A_I + \Delta A_H + \Delta A_R + \Delta A_{rsd} \\ &= \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln(F_{ij}^t / F_{ij}^0) + \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln(S_{ij}^t / S_{ij}^0) + \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln(I_i^t / I_i^0) \\ &\quad + \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln(H_i^t / H_i^0) + \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln(R_i^t / R_i^0) + \Delta A_{rsd} \end{aligned} \quad (5)$$

其中, $W_{ij}^* = (A_{ij}^t - A_{ij}^0) / \ln(A_{ij}^t / A_{ij}^0)$

$$\begin{aligned} \Delta A_{rsd} &= \Delta A - (\Delta A_F + \Delta A_S + \Delta A_I + \Delta A_H + \Delta A_R) \\ &= A^t - A^0 - \sum_i \sum_j W_{ij}^* \left(\ln \frac{F_{ij}^t}{F_{ij}^0} + \ln \frac{S_{ij}^t}{S_{ij}^0} + \ln \frac{I_i^t}{I_i^0} + \ln \frac{H_i^t}{H_i^0} + \ln \frac{R_i^t}{R_i^0} \right) \\ &= A^t - A^0 - \sum_i \sum_j W_{ij}^* \ln A_{ij}^t / A_{ij}^0 = A^t - A^0 - \sum_i \sum_j (A_{ij}^t - A_{ij}^0) = 0 \end{aligned}$$

(2)乘法形式

$$\begin{aligned} D &= A^t / A^0 = D_F D_S D_I D_H D_R D_{rsd} \\ &= \exp(W \Delta A_F) \times \exp(W \Delta A_S) \times \exp(W \Delta A_I) \times \exp(W \Delta A_H) \\ &\quad \times \exp(W \Delta A_R) \times D_{rsd} \end{aligned} \quad (6)$$

其中, $W = (\ln A^t - \ln A^0) / (A^t - A^0)$

$$\begin{aligned} D_{rsd} &= D / (D_F D_S D_I D_H D_R) = (A^t / A^0) [1 / e^{w(\Delta A_F + \Delta A_S + \Delta A_I + \Delta A_H + \Delta A_R)}] \\ &= (A^t / A^0) [1 / e^{(\ln A^t - \ln A^0)}] = (A^t / A^0) \left[1 / \left(\frac{A^t}{A^0} \right) \right] = 1 \end{aligned}$$

在(5)式和(6)式中, ΔA_F 和 D_F 为能源排放强度因素, ΔA_S 和 D_S 为能源结构因素, ΔA_I 和 D_I 为能源强度因素, ΔA_H 和 D_H 为产业结构因素, ΔA_R 和 D_R 为经济发展因素, ΔA_{rsd} 和 D_{rsd} 为分解余量。(5)式中的 ΔA_F 、 ΔA_S 、 ΔA_I 、 ΔA_H 、 ΔA_R 和 ΔA_{rsd} 分别为各影响因素变化对人均碳排放变化的贡献值,都是有单位的实值。而(6)式中的 D_F 、 D_S 、 D_I 、 D_H 和 D_R 分别为各影响因素变化对人均碳排放的贡献率。计算结果(数据略)表明,在四个影响因素中,能源结构、能源强度和产业结构对长三角地区人均碳排放量的影响为负,即属于抑制碳排放量增长的因素;而经济增长的影响则为正,属于拉动碳排放量增长的因素。显然,经济增长对人均碳排放量增长的拉动作用非常大,而其他三个因素

的抑制能力总体较弱。这就是导致长三角地区人均碳排放量持续攀升的内在原因。从三个抑制因素看,2004年以来能源结构的抑制作用逐年增大,说明能源结构正在逐步优化;2002年前能源强度的贡献率上下波动,之后却不升反降,这可以进一步解释图2的区域特征,即“长三角的能源强度与全国平均的差距正在逐年缩小”;而产业结构的贡献率几乎没有大的变化。从理论上讲,控制经济增速、优化能源和产业结构、提高能源效率等都可以减少CO₂的排放量。然而,事实表明简单抑制经济增长并不可取,而大幅降低能源强度或优化能源结构又必须依靠技术进步。因此,在科技尚未取得重大突破前,长三角地区发展低碳经济的路径主要是调整产业结构。而目前长三角地区产业结构贡献率较小的现实,也从另一侧面说明结构调整蕴藏着巨大的空间。

五、长三角工业部门的结构调整方案

上述分析表明,工业部门占长三角碳排放总量的大半江山,因此探讨工业部门的结构优化问题显得特别有意义,这可以作为长三角地区碳减排的一个重要抓手。为了探讨长三角工业部门的结构调整方案,本文采用灰色关联度的分析方法,测算长三角工业内部各行业的发展与碳排放量和地区经济发展之间的关联度。具体的运算程序如下:

设长度相同的系统行为序列为 $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots)$, 其中 X_0 为基准序列,其他为对比序列。 X_i 的初值为:

$$\begin{aligned} X'_i &= (x_i(1)/x_i(1), x_i(2)/x_i(1), \dots, x_i(n)/x_i(1)) \\ &= (x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(n)); i=1, 2, \dots \end{aligned}$$

X' 的始点零化像为:

$$\begin{aligned} X^0_i &= (x'_i(1) - x'_i(1), x'_i(2) - x'_i(1), \dots, x'_i(n) - x'_i(1)) \\ &= (x^0_i(1), x^0_i(2), \dots, x^0_i(n)) \end{aligned}$$

则有:

$$\begin{aligned} |S_0| &= \left| \sum_{k=2}^{n-1} x^0_i(k) + x^0_i(n) \right| / 2; |S_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x^0_i(k) + x^0_i(n) \right| \\ |S_i - S_0| &= \left| \sum_{k=2}^{n-1} (x^0_i(k) - x^0_0(k)) + (x^0_i(n) - x^0_0(n)) \right| / 2 \end{aligned}$$

由此, X_0 与 X_i 的灰色相对关联度可表示为:

$$R = (1 + |S_0| + |S_i|) / (1 + |S_0| + |S_i| + |S_i - S_0|) \quad (7)$$

把有关数据代入(7)式,可以得到各行业的关联度(见表2)。

所谓低碳经济,应该是一种高增长、低排放的发展模式。因此,区域发展低碳经济的基本思路是:大力鼓励与经济发展关联度较大的低碳行业,严格控制与经济发展关联度较小的高碳行业。对于与经济发展关联度较大的高碳行业,如果能采取有效措施降低碳排放,这些行业可以积极发展;否则,应予以限制。而对于与经济发展关联度较小的低碳行业,要视实际情况而定。譬如,如

果能提供大量的就业岗位,也可考虑发展。

表2 长三角工业部门各行业与经济总量和碳排放量之间的关联度

行业	与经济总量关联度	与碳排放关联度	行业	与经济总量关联度	与碳排放关联度
煤炭采选业	0.9274	0.9458	医药制造业	0.9628	0.9819
黑色金属矿采选业	0.8287	0.8329	化学纤维制造业	0.8956	0.9105
有色金属矿采选业	0.9222	0.9418	橡胶制品业	0.9166	0.9329
非金属矿采选业	0.9528	0.9728	塑料制品业	0.9343	0.9547
其他采矿业	0.9320	0.9159	非金属矿物制品业	0.9453	0.9311
农副食品加工业	0.9464	0.9481	黑色金属冶炼及压延加工业	0.8743	0.8842
食品制造业	0.9889	0.9563	有色金属冶炼及压延加工业	0.8342	0.8382
饮料制造业	0.9114	0.9310	金属制品业	0.9247	0.9424
烟草制品业	0.9866	0.9553	通用设备制造业	0.9360	0.9072
纺织业	0.9106	0.9308	专用设备制造业	0.9251	0.9401
纺织服装、鞋、帽制造业	0.9571	0.9778	交通运输设备制造业	0.9466	0.9599
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	0.9624	0.9770	电气机械及器材制造业	0.8849	0.8958
木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	0.9116	0.9256	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	0.8874	0.9063
家具制造业	0.8963	0.8687	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.9037	0.9169
造纸及纸制品业	0.9237	0.9629	工艺品及其他制造业	0.9851	0.9495
印刷业和记录媒介的复制	0.9974	0.9595	废弃资源和废旧材料回收加工业	0.5747	0.5559
文教体育用品制造业	0.9632	0.9341	电力、热力的生产和供应业	0.8343	0.8363
石油加工、炼焦及核燃料加工业	0.9349	0.9570	燃气生产和供应业	0.8655	0.8681
化学原料及化学制品制造业	0.8968	0.9089	水的生产和供应业	0.9211	0.8819

表2显示,当前长三角地区应积极鼓励文教体育用品制造业(0.9632和0.9341)、工艺品及其他制造业(0.9851和0.9495)等行业的发展。同时,要注意控制造纸及纸制品业(0.9237和0.9627),石油加工、炼焦及核燃料加工业(0.9347和0.9570),塑料制品业(0.9343和0.9547),交通运输设备制造业(0.9466和0.9600)等行业的规模。

六、简短结论

发展区域低碳经济既是一项重要的政治任务,也是自身可持续发展的必然选择。本文利用实证分析方法研究了长三角地区的碳排放特征、低碳目标、减排路径以及工业部门的结构调整方案。对过去15年碳排放量及其结构的分析表明,长三角地区的碳排放与我国整体情况类似,具有一些共同的特征。譬如,排放总量逐年攀升,工业比重和煤炭能源消费比重过大,等等。相对而言,长三角地区的碳排放强度低于全国平均水平,但近几年两者的差距正在逐步缩小,这应该引起高度重视。

如果只是为了完成我国政府已做出的2020年承诺,那么今后10年长三角地区的碳排放强度只要达到年均下降2.32%—2.96%即可。然而,基于情景模拟的分析表明,从长远看仅仅以此为目标是远远不够的,并且以“低开高走”方案来制定发展规划也不可行。今后40年,长三角地区低碳经济的发展目标必须相对稳定,并且要保持一定的高度。本着“高歌猛进”的思想,其每个“五年目标”大体可以在17%—19%之间进行选择,一般不宜低于16%。而要实现这个艰巨的目标,当前主要应调整产业结构,尤其要加大工业部门的结构

调整力度。积极鼓励发展文教体育用品、工艺品等与经济关联度较大的低碳产业,合理控制造纸、石油加工、炼焦及核燃料加工、塑料制品、交通运输设备制造等产业的发展规模,对长三角地区发展低碳经济具有重要的现实意义。

* 感谢中国科学院石敏俊教授、日本国立法人山口大学陈礼俊教授、加拿大舍布鲁克大学副教授何浩博士、美国内布拉斯加大学奥马哈分校助理教授倪金兰博士等对本文提出的有价值的评论、建议或批评。当然文责自负。

注释:

①可参见“陈昌智:应早日制定国家中长期低碳经济发展规划”,<http://news.xinhuanet.com/politics/2010-03-01>。

②IPCC(2006)提供的碳排放核算是直接根据“表观消费量”中的能源消费数据核算的,而不计算热力和电力。在能源平衡表中,“表观消费量”等于“加工转化量”、“终端消费量”和“平衡差额”之和,其中“终端消费量”是按农林牧副渔等部门进行划分。为了获得行业结构分析所需数据,本文采用后三者之和来测算碳排放量。

③在《中国能源统计年鉴》的平衡表中,能源被分为四类共20种。但是我们认为这种分类方式不能真正体现长三角地区的能源结构,因此在统计时对平衡表中的能源分类做了部分调整。具体而言,先把“终端消费量”和“平衡差额”这两大块的能耗数据按“煤类能源”、“油类能源”和“气类能源”进行整合,然后将“加工转化量”中的“发电”、“供热”统计到“热电及其他能源”,把“洗选煤”、“炼焦”、“煤制品加工”归入“煤类能源”,把“炼油”和“制气”分别计入“油类能源”和“气类能源”。

④按照我国经济发展三步走战略,我国未来GDP增长率将呈现递减的趋势(见表3)。对历年全国与长三角地区GDP增长率间的关系进行研究发现,两者之间存在正相关性。我们在参考未来中国GDP增长率变化趋势的基础上,推算长三角地区的GDP增长率,从而得到2050年前长三角地区GDP的预测值。

表3 中国经济发展三步走战略的GDP增长趋势

年份	GDP(千亿元, 2005年不变价格)	年增长率
2005	183	0.118687
2010	291	0.097207
2020	650	0.083682
2030	1 291	0.071029
2040	2 100	0.049855
2050	2 992	0.036035

数据来源:姜克隽等(2009)。

主要参考文献:

- [1]国务院发展研究中心课题组.全球温室气体减排:理论框架和解决方案[J].经济研究,2009,(3):4-13.
- [2]郭志达.辽宁低碳经济的制约因素与应对策略[J].环境保护科学,2010,(2):109-111.
- [3]黄伟,沈跃栋.长三角发展低碳经济的思考[J].上海电力,2010,(1):13-16.
- [4]姜克隽,胡秀莲,庄幸,等.中国2050年低碳情景和低碳发展之路[J].中外能源,2009,(6):1-7.
- [5]李金良,黄紫华,张慧,等.珠三角(广东)外向型低碳经济发展模式初探[J].特区经济,2010,(9):22-24.
- [6]刘传江.低碳经济发展的制约因素与中国低碳道路的选择[J].吉林大学社会科学学报,2010,(3):146-152.
- [7]刘红光,刘卫东.中国工业燃烧能源导致碳排放的因素分解[J].地理科学进展,2009,28(2):285-292.
- [8]刘薇.北京发展低碳经济的路径探析[J].商业研究,2010,(9):160-164.
- [9]潘家华.节能减碳需要高歌猛进[J].中国经贸导刊,2011,(9):11-13.

- [10]潘家华. 低碳转型的背景与途径——从哥本哈根会议说起[J]. 阅江学刊, 2010, (4): 85-89.
- [11]王峰, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010, (2): 123-136.
- [12]王好, 赵艾凤. 重庆发展低碳经济的路径探析[J]. 科技经济市场, 2010, (11): 41-42.
- [13]赵涛, 刘朝. 天津市低碳经济发展路径研究与分析[J]. 西安电子科技大学学报(社会科学版), 2011, (2): 31-36.
- [14]庄贵阳, 潘家华, 朱守先. 低碳经济的内涵及综合评价指标体系构建[J]. 经济学动态, 2011, (1): 132-136.
- [15]Ang B W, Zhang F Q, Choi K. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition[J]. Energy, 1998, 23(6): 489-495.
- [16]Wu L, Kaneko S, Matsuoka S. Driving forces behind the stagnancy of China's energy-related CO₂ emission from 1996 to 1999: The relative importance of structural change, intensity change and scale change[J]. Energy Policy, 2005, 33(3): 319-335.

Regional Low-carbon Economic Development Goal and Implementation Plan: A Case Study of the Yangtze Delta Region

HU Jian-feng, MA Shi-hui

(School of Economics and Management, Zhejiang Sci-tech University,
Hangzhou 310018, China)

Abstract: On the basis of the pressure from the international society and Chinese government's commitments, this paper takes the Yangtze delta region as an example and empirically studies the regional characteristics of carbon emissions from 1995 to 2009. It employs the method of scenario simulation to study regional low-carbon economic development goal before 2050 and puts forward the routes to low-carbon economy through factor analysis and grey correlation estimation. The results indicate that the overall carbon emissions in the Yangtze delta region are increasing yearly; industry percentage and coal consumption percentage are too huge; the advantage of comparatively low density of carbon emissions in the Yangtze delta region is constantly weakening. In the next 40 years, the Yangtze delta region will encounter the great pressure on the reduction in carbon emissions and its five-year goals for reducing carbon emissions should be stable, varying from 17% to 19%. In the short run, the Yangtze delta region should expend huge efforts in adjusting industrial structure. As for the existing industrial structure in the Yangtze delta region, it should actively encourage firms to invest in culture, education, sports goods and crafts, and moderately restrict the sizes of paper-making and paper products, oil processing, coking, nuclear fuel processing, plastic products manufacturing industries in order to realize the regional low-carbon economic goal.

Key words: low-carbon economy; development goal; implementation plan; the Yangtze delta region (责任编辑 许柏)