

Shanghai Carbon Emission Reduction Footprint, by SINO Carbon Intensity Index

Mingwei Huang, Jianke Guo

Shanghai TEPIA Environment Protection Co., Ltd., Shanghai
Email: huangmw@tepia.com.cn, guojk@tepia.com.cn

Received: Apr. 28th, 2013; revised: May 16th, 2013; accepted: Jun. 1st, 2013

Copyright © 2013 Mingwei Huang, Jianke Guo. 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: SINO Carbon Intensity Index is an index system which is expressed as the carbon dioxide emission per GDP and is designed to promote emission reduction. The index can effectively reflect the changes on carbon emission intensity in different administrative regions in time series. This paper discusses the influencing factors of carbon emission intensity of Shanghai from 2005 to 2011, based on industrial structure, energy intensity, energy structure and policy & economic environment. It outlines activities accordingly to advance emission reductions in Shanghai. The result shows that the energy-saving target and low-carbon policy of Shanghai promoted the adjustment of energy structure, the optimization of industrial structure and the decreasing of energy intensity; and then pushed forward the declining of carbon emission intensity of Shanghai and $X_{sh,y}$ in recent years. While the economic crisis, “4 Trillion Yuan Economic Stimulus Plan”, Expo 2010 Shanghai China and other major economic events and activities were the independent external factors which influenced the $X_{sh,y}$ obviously.

Keywords: Shanghai; SINO Carbon Intensity Index; Carbon Emission Intensity; Carbon Emission Reduction

从中碳强度指数看上海碳减排的足迹

黄明蔚, 郭建科

上海太比雅环保有限公司, 上海
Email: huangmw@tepia.com.cn, guojk@tepia.com.cn

收稿日期: 2013年4月28日; 修回日期: 2013年5月16日; 录用日期: 2013年6月1日

摘要: 中碳强度指数是为全国节能减排行业提供一个以单位 GDP 二氧化碳排放量为载体的指数系统, 可有效反应时间序列上地区碳排放强度的变化。本文从产业结构、能源强度、能源结构、政策及经济环境等几个方面, 探讨了 2005 至 2011 年上海市碳排放强度的影响因素, 并在此基础上提出了促进上海碳减排活动的建议。分析结果表明, 上海市的节能目标和低碳政策, 对能源结构调整、产业结构优化和能源强度下降都起到了推动作用, 进而促成了近几年来上海市碳排放强度和上海市碳强度指数($X_{sh,y}$)的持续下降。而经济危机、“4 万亿元刺激经济方案”、以及 2010 年上海世博会等重大经济事件和活动, 也作为独立的外部因素对 $X_{sh,y}$ 起到了重要影响。

关键词: 上海; 中碳强度指数; 碳排放强度; 碳减排

1. 引言

自 20 世纪 70 年代以来, 区域气候变暖已为全世界各领域学者关注的焦点。大多数学者认为温室效应

加剧是造成全球变暖的重要原因, 而人类活动则是加剧温室效应的重要驱动因子。2005 年《京都议定书》第一承诺期生效以来, 欧洲发达国家开始通过强制碳

减排措施使全球二氧化碳排放控制在一定范围内。

2009 年底，国务院会议确定了“到 2020 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%”的 CO₂ 减排目标，作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，这是中国政府首次正式对外宣布控制温室气体排放的行动目标。2011 年 12 月，国务院正式印发《“十二五”控制温室气体排放工作方案》，全面部署未来 5 年我国控制温室气体排放的各项工作任务。该方案是国务院首次颁布的关于控制温室气体排放工作的重大政策文件，明确了“十二五”时期控制温室气体排放的主要目标，并首次把单位生产总值二氧化碳排放下降指标作为约束性指标分解到地方，对推动我国绿色低碳发展具有里程碑式的重要意义。

上海地处长江三角洲前沿，是中国最大的经济中心和贸易港口、全国最大的综合性工业城市，也是全国重要的科技、贸易、金融和信息中心，因此其碳排放指标的落实和碳金融市场的建设受到国内外广泛关注。

本文将上海市碳排放强度通过指数量化为“碳强度指数”，揭示其时间变化特征；并从产业结构、能源强度、能源结构、政策及经济环境等几个方面，探讨分析其主要的因素；在此基础上为今后上海市碳减排事业发展提出对策和建议。

2. 上海市碳强度指数分析

2.1. 中碳强度指数概念

中碳强度指数是以“2020 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%”的减排目标为基准，以各省、自治区、直辖市每年的 GDP 指标和能源消耗数据为计算依据，为全国节能减排行业提供一个以单位 GDP 二氧化碳排放量为载体的指数系统，可有效反应时间序列上地区碳排放强度的变化情况。省级行政区作为政府发展规划的具体执行和监督部门，研究其碳排放强度变化，对寻找减排技术路线和对策，进而实现全国的控制目标具有重要意义。

中碳强度指数数据采用了我国主要能源消耗大类——煤、石油、天然气、汽油、柴油、燃料油等——的能源消费情况，以我国各省级行政区 2005 年 CO₂

排放与 GDP 比为基数，从而计算出每年 CO₂ 排放与 GDP 比与 2005 年的减排百分比。

2012 年底，中碳强度指数首次在中碳指数网 (<http://www.sinocarbonindex.com/index.htm>) 发布。现已包含了 2005 至 2011 年全国各省级行政区(港澳台除外)的碳强度指数数据，指数计算的原始数据采集自《中国能源统计年鉴》^[1]和《中国统计年鉴》^[2]。本指数将随时根据最新统计数据进行了修订。

2.2. 2005 至 2011 年上海市碳强度指数

根据中碳强度指数网的数据，2005 至 2011 年上海市碳强度指数 ($X_{sh,y}$) 如表 1 所示：

图 1 将上海市碳强度指数 ($X_{sh,y}$) 和中国碳强度指数 ($X_{cn,y}$) 进行了对比。两组数据整体下降趋势一致；且 $X_{sh,y}$ 远小于 $X_{cn,y}$ 。图 2 是 2011 年全国各省级行政区碳强度指数对比，显然上海的碳排放强度在全国省级行政区中处于较低水平，这说明上海市控制 CO₂ 排放的工作处于全国领先。

2.3. 上海市碳强度进步情况

为体现地区碳排放强度每年继上一年度的下降幅度，本文将前后两年碳强度指数 ($X_{n,y}$) 作为变量计算碳强度进步情况 ($I_{n,y}$)：

$$I_{n,y} = 1 - \frac{X_{n,y}}{X_{n,y-1}} \quad (1)$$

$X_{n,y}$ —— 第 y 年，区域 n 的碳强度指数；

Table 1. SINO Carbon Intensity Index of Shanghai from 2005 to 2011 (Based on Sinocarbon Index Website)
表 1. 2005 至 2011 年上海市碳强度指数(据中碳指数网)

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$X_{sh,y}$	0.24	0.12	0.05	0.06	-0.02	-0.01	-0.03

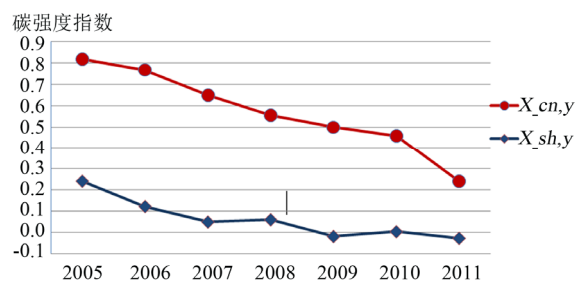


Figure 1. SINO Carbon Intensity Index of China and of Shanghai (Based on Sinocarbon Index Website)
图 1. 中国碳强度指数和上海市碳强度指数(据中碳指数网)

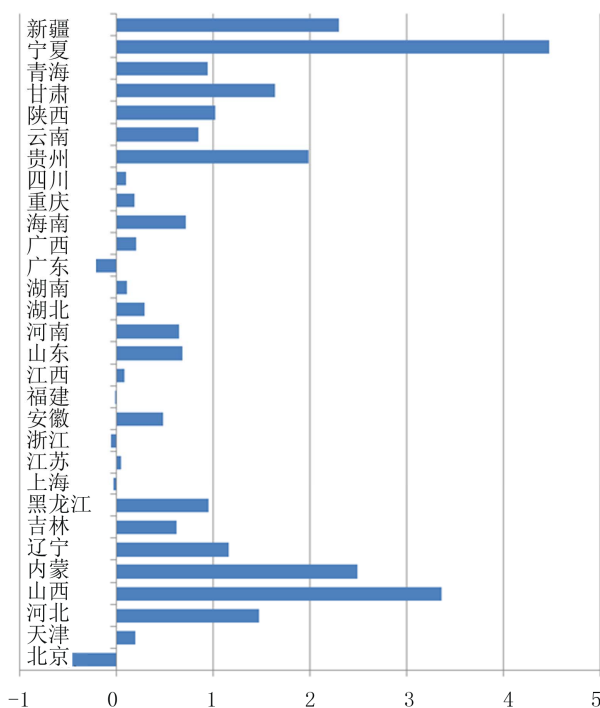


Figure 2. SINO Carbon Intensity Index of administrative regions (Based on Sinocarbon Index Website)
图 2. 全国各省级行政区碳强度指数对比(据中碳指数网)

$I_{n,y}$ ——第 y 年, $X_{n,y}$ 比上一年进步的百分比。

图 3 是中国碳强度进步情况 ($I_{cn,y}$) 和上海市碳强度进步情况 ($I_{sh,y}$) 的对比。图 3 显示, $I_{cn,y}$ 均为正值, 但在 2007~2010 年间逐年递减; $I_{sh,y}$ 则有一定波动, 在 2008、2010 年两年出现负值。这说明中国碳排放强度近 6 年中一直在下降, 但 2008、2009、2010 年下降趋势减缓。而上海市碳排放强度在总体下降趋势下, 却在 2008、2010 年两年出现了小幅上升(表 2)。

3. 影响上海市碳排放强度的产业结构和能源利用因素分析

本文选择上海市的产业结构、能源强度、能源结构等三个影响因素, 分析其分别对上海市碳排放强度和上海市碳强度指数 ($X_{sh,y}$) 的影响。

3.1. 三次产业结构

3.1.1. 上海市三次产业结构分析

本文根据《上海统计年鉴》^[3]发布的上海市三次产业生产总值, 计算三次产业占比情况如表 3 所示。

表 3 数据显示, 上海市第三产业的生产总值占比最大, 且总体呈上升趋势, 截至 2011 年第三产业占

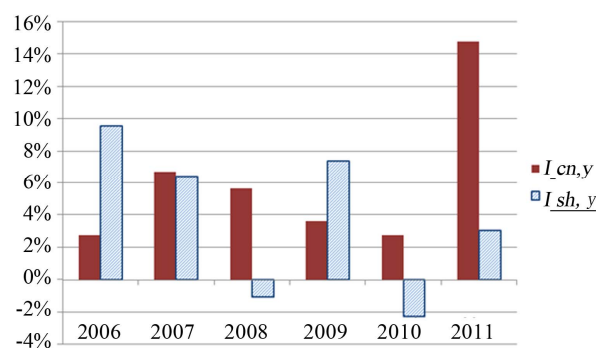


Figure 3. The progression of carbon emission intensity of China and of Shanghai
图 3. 中国和上海市碳强度进步情况对比

Table 2. The progression of carbon emission intensity of Shanghai from 2005 to 2011
表 2. 2005 至 2011 年上海市碳强度进步情况

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$I_{sh,y}$	-	9.58%	6.46%	-1.02%	7.40%	-2.27%	3.06%

Table 3. The proportion of three industries of Shanghai from 2005 to 2011 (Based on Shanghai Statistical Yearbook)
表 3. 2005 至 2011 年上海市三大产业占比(《上海统计年鉴》)

年份	第一产业	第二产业	第三产业
2005	0.98%	48.59%	50.42%
2006	0.90%	48.51%	50.59%
2007	0.84%	46.59%	52.58%
2008	0.79%	43.25%	55.95%
2009	0.76%	39.89%	59.36%
2010	0.66%	42.05%	57.28%
2011	0.65%	41.30%	58.05%

比已近 6 成; 第二产业占比总体呈下降趋势, 但在 2010 年有所反弹; 第一产业占比小于 1%, 且逐年下降。

上海作为国内重要的工业聚集区, 其第二产业尤其是工业所占的生产总值较大。以往研究认为, 从排放量看, 上海市 CO_2 排放第一的是第二产业; 2008 年上海市终端能源消费 CO_2 的排放中, 第二产业即占了 59%^[4]。图 4 是第二产业占比和 $X_{sh,y}$ 进行对比分析, 结果显示: 近年来, 第二产业占比和 $X_{sh,y}$ 都呈现下降趋势; 在 2010 年, 两者都出现反弹上升。这主要是因为全球经济危机以后, 国家出台的“4 万亿元经济刺激方案”对第二产业起到了明显的拉动作用, 而这一变化也导致了上海市碳排放强度的反弹。

现在上海已经走到了后工业化的门槛上, 随着

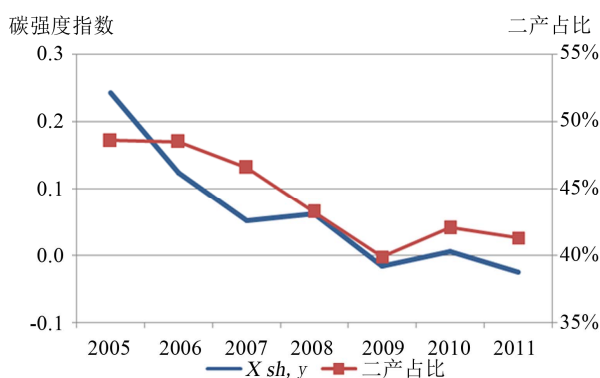


Figure 4. SINO Carbon Intensity Index of Shanghai and the proportion of secondary industry
图 4. 上海市碳强度指数和第二产业占比

“两个中心”的建设，第三产业的比重必将进一步提高，产业结构调整对碳强度减排的贡献有望提升^[5]。

3.1.2. 钢铁石化行业对碳减排的影响

联合国环境规划署在对上海市的重点排放行业进行分析时认为，黑色金属冶炼及压造加工业，交通运输、仓储及邮政业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学原料及化学制品制造等四大行业的 CO₂ 排放量远高于其它行业^[4]。本文也选取了钢铁、石化这两个高耗能行业的关键指标，分析其对上海市碳减排的影响(图 5)。

钢铁、石化作为上海的重点行业，在工业生产总产值及 CO₂ 排放量上，都是重要的组成部分。图 5 中所列的是上海市成品钢材产量、石油化工及精细化工制造业工业总产值两个指标，其中石化行业总产值折算成 2005 年不变价。成品钢材产量在 2008 年有小幅下降，但 2010 年提升迅速，其产量比 09 年上升了 13.5%。而石化行业产值则是在 2009 年经历大幅下跌后，又在 2010 年迅速上涨了 27.4%。这是因为 2008 年全球经济危机后，我国第二产业受到了较大影响、产量下滑；而之后政府提出的“4 万亿元经济刺激方案”则对第二产业起到了拉动作用，在 2010 年使这两个支柱产业都迅速得到恢复。这也使得该年第二产业占比上升，并进而导致了上海市碳排放强度指数 $X_{sh,y}$ 的升高。

3.2. 能源强度

能源强度($e_{n,y}$)是指在消费终端，单位国民生产总值所消耗的能源数量，不计加工转换过程、运输和输

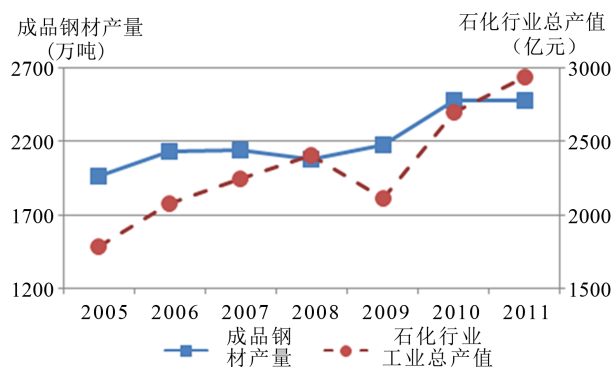


Figure 5. Output of steel end-product and gross industrial output value of petrochemical and fine chemical industry (Based on Shanghai Statistical Yearbook)
图 5. 成品钢材产量及石油化工及精细化工制造业工业总产值(据《上海统计年鉴》)

配损失能源的碳排放^[6,7]。即：

$$e_{n,y} = E_{n,y} / G_{n,y} \quad (2)$$

$e_{n,y}$ ——第 y 年，产业 n 的能源强度；

$E_{n,y}$ ——第 y 年，产业 n 的能源终端消费量， t 标准煤；

$G_{n,y}$ ——第 y 年，产业 n 的国民生产总值，万元。

以往的研究认为，在引起上海市碳排放强度下降的要素中，能源强度的下降起主要作用^[5,8]。能源终端消费量和国民生产总值数据采自《上海统计年鉴》^[3]；其中笔者比照《中国统计年鉴》^[2]的 GDP 不变价数据，将区域 GDP 折算成 2005 年不变价，从而剔除价格变动因素。本文对上海市能源强度 $e_{sh,y}$ 、第二产业能源强度 $e_{2nd_ind,y}$ 和第三产业能源强度 $e_{3rd_ind,y}$ 进行了分析对比，2005~2011 年间三者的能源强度如图 6 所示。

如图所示， $e_{2nd_ind,y}$ 的数值最高，而 $e_{3rd_ind,y}$ 值仅为 $e_{2nd_ind,y}$ 的一半。这说明了第二产业的能源强度最高，即单位生产总值需要更大的能源消耗量。以上三个数据整体呈现下降趋势，其原因主要有以下三点：

- 1) 产业内部能源结构优化，低碳能源使用比例上升；
- 2) 工业内部的行业结构不断优化，高耗能企业的关停和转移，制造业内部高附加值、低能耗的行业(如电子、机械等行业)比例增加^[7]；
- 3) 技术进步导致的单位能耗下降等。2009 年 $e_{sh,y}$ 和 $e_{3rd_ind,y}$ 明显下降后，在 2010 年有所回升，这也与 $X_{sh,y}$ 的下降趋势和碳排放强度在 2010 年的反弹相一致，其原因可能是 2010 年世博会期间，交通运输需求猛增，导致了第三产业能源强度的反弹。

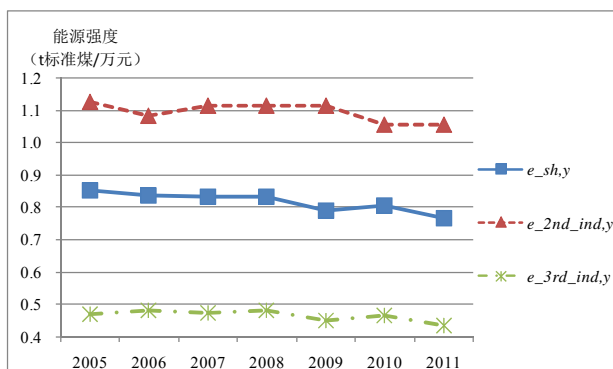


Figure 6. Energy intensity of Shanghai (Based on Shanghai Statistical Yearbook)
图 6. 上海市能源强度(据《上海统计年鉴》)

3.3. 能源结构

3.3.1. 上海市能源结构分析

近年来上海市能源结构的调整主要体现在 2 个方面：1) 天然气和外来电力对传统化石能源的部分替代；2) 石油相对于煤炭的比例大幅提高^[5]。

本文对上海市的煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气等 8 类燃料，按照其在 2005 至 2010 年 CO₂ 排放量占比，进行了数据分析。各类燃料的 CO₂ 排放量等于燃料消耗量乘以 CO₂ 排放因子。本文选取了《中国能源统计年鉴》^[1]中所列的 8 类能源逐年的消费量作为燃料消耗量。CO₂ 排放因子计算方法参照 IPCC 发布的《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》^[9]中的计算方法。各类燃料的 CO₂ 排放量计算公式如下：

$$E = \sum \sum AC_i \times NCV_i \times CC_i \times O_i \times 44/12 \quad (3)$$

E ——CO₂ 排放量；

i ——能源品种；

AC ——能源消耗量；

NCV ——低位热值；

CC ——含碳量；

O ——氧化率；

44/12——C 转换为 CO₂ 的系数。

其中，各燃料的低位热值来自于《中国能源统计年鉴 2010》^[1]，各燃料的潜在排放因子来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》^[9]卷 2。本文据此计算出上海市各类燃料 CO₂ 排放量占比如表 4 所示。

从表 4 数据中，可以筛选出上海市 CO₂ 排放比例最高的三类燃料分别为：煤炭、原油和燃料油。其 CO₂

Table 4. The proportion of CO₂ emission of each fuel in Shanghai
表 4. 上海市各类燃料 CO₂ 排放量占比

种类	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
煤炭	43.20%	42.04%	41.58%	41.21%	40.15%	40.65%	41.31%
焦炭	7.65%	7.99%	8.66%	8.03%	7.65%	7.40%	7.16%
原油	26.09%	24.41%	22.30%	23.97%	23.88%	23.96%	23.39%
汽油	2.90%	3.41%	3.85%	4.08%	4.69%	4.57%	5.07%
煤油	3.25%	3.83%	4.21%	4.34%	4.78%	4.94%	4.82%
柴油	4.32%	4.79%	5.13%	5.46%	6.20%	5.97%	6.08%
燃料油	10.82%	11.39%	11.69%	10.29%	9.72%	8.91%	7.85%
天然气	1.77%	2.14%	2.58%	2.62%	2.92%	3.61%	4.32%

排放比例总和占比超过了上海市 CO₂ 排放的 72%，是上海市 CO₂ 排放的主要来源。

3.3.2. 煤炭、原油、燃料油占比对碳减排的影响

设上海市煤炭、原油、燃料油三类燃料 CO₂ 排放比例的总和为变量 N_y ，设 N_y 每年的下降幅度为 ΔN_y ，表 5 是 2005~2011 年 N_y 及 ΔN_y 值。而 N_y 及 ΔN_y 值的变化情况，可以反映出上海市能源结构的变化。

本文对 $X_{sh,y}$ 及 N_y 进行分析发现，两组数据呈极显著的线性正相关($r = 0.98$, $p < 0.01$)。说明能源结构的变化对上海碳排放强度有明显的影响作用，即能源结构多元化会导致地区从高碳燃料为主向低碳燃料为主的转变^[10]，从而降低上海的碳排放强度。而上海市能源结构调整在整体上起到了缓解碳排放强度提高的作用，并且这种作用越来越强^[8]。

本文对 $I_{sh,y}$ 及 ΔN_y 进一步对比分析发现， ΔN_y 在 2006、2007、2009 和 2011 年在 1.3%~2.5%左右。而 2008 年及 2010 年， ΔN_y 出现两次明显下降，而此时 $I_{sh,y}$ 也为负值。该一致性同样表明，能源结构变化是上海市碳排放强度的重要影响因素。

3.3.3. 电力消费

电力是二次能源和清洁能源，因此在消费终端使用电力时，在使用地不会产生额外的 CO₂ 排放。因此，外省市调入电力到上海时，可以视为上海将这一部分能耗产生的 CO₂ 排放从本市转移到了外地。

2007 至 2011 年上海市电力消费量及外省市调入电量如图 7 所示。随着城市化进程持续、经济产业发展、以及人民生活水平的不断提升，近年来上海的电力消费每年递增；尤其在 2010 年，世博会的召开使

Table 5. N_y and ΔN_y from 2005 to 2010
表 5. 2005-2010 年 N_y 及 ΔN_y

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
N_y	80.10%	77.84%	75.57%	75.47%	73.76%	73.51%	72.55%
ΔN_y	-	2.83%	2.92%	0.13%	2.26%	0.33%	1.31%

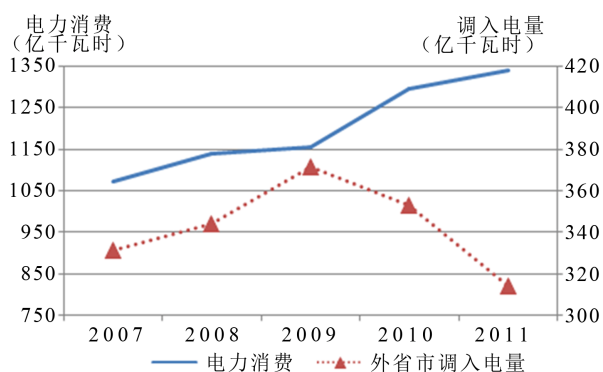


Figure 7. Power consumption of Shanghai and the redeployment of electricity from other administrative provinces (Based on Shanghai Statistical Yearbook)

图 7. 上海市电力消费量及外省市调入电量(《上海统计年鉴》)

得电力消费总量有了较大的提升。

上海市近年来对煤电产业进行了布局调整,发电容量不断扩容:外高桥第三发电厂 2 台 100 万千瓦超超临界机组于 2008 年并网发电;上海漕泾电厂 2 台 100 万千瓦超临界机组也于 2010 年投产。因此 2009 年以后,上海市的调入电量连续两年下降;随着 2010、2011 两年上海市发电量大幅增加,也会导致上海市 CO₂ 排放量的增加。

4. 政策及经济环境对碳减排的影响分析

4.1. 上海市低碳政策

上海市“十一五”规划纲要确定了到 2010 年全市万元 GDP 综合能耗比“十五”期末下降 20% 的目标;对高能耗劣势企业实施淘汰制度,并配套制定了一系列的产业结构调整办法。在市“十二五”规划中,再次明确了上海单位 GDP 二氧化碳排放下降 19%;单位 GDP 能耗下降 18% 的目标。

2012 年 7 月,《上海市人民政府关于本市开展碳排放交易试点工作的实施意见》发布,上海市作为全国 7 个碳排放交易试点之一,将依托上海环境能源交易所建立交易平台,建设交易系统,组织开展交易。现阶段上海市碳排放交易首批试点企业数量在 197

家,宝钢、上海石化等高耗能企业均在名单之列。

近十年来上海市的节能目标和低碳减排目标,使得产业结构不断调整、第三产业比例上升,产业内部能源结构优化,高耗能企业关停、转移,技术进步导致单位能耗下降。进而促成了近几年来上海市碳排放强度和上海市碳强度指数($X_{sh,y}$)的持续下降。

4.2. 全球经济危机及“4 万亿元刺激经济方案”对碳减排的影响

2007 年美国爆发的次贷危机,引发了世界各国经济增速放缓,失业率激增,一些国家开始出现严重的经济衰退,演变成全球性的经济危机。受国际经济危机影响,我国 GDP 增速在 2009 年第一季度最低,且我国外贸进出口额也下跌至谷底;2008 年第四季度,高耗能产业的投资额也出现大幅下降^[1]。

为应对全球经济危机的影响,国务院于 2008 年 11 月 9 日提出了“4 万亿元刺激经济方案”,即从 2009 年 1 月 1 日起,国家配置 4 万亿元投资以拉动内需。投资的领域则主要集中在铁路、公路、电厂、房地产等基础设施工程。

由世界自然基金会(WWF)和国务院发展研究中心资源与环境政策研究所共同编制的《中国经济刺激计划对气候和能源的影响》于 2010 年 3 月编撰完成^[1]。该报告指出,4 万亿投资的 81% 都投向了新建住宅和基础设施建设,带动了大量的钢铁、有色金属和水泥等高耗能产业的增长。

根据报告的模型分析,4 万亿投资将首先使建筑业受益,其次会传导到设备制造业、钢铁、有色金属和水泥行业,最后会对能源需求带来提升。报告指出,在 4 万亿投资的推动作用,预计中国 2010 年二氧化碳排放将略高于预期,短期形成小的峰值。而长期来讲,4 万亿投资对二氧化碳减排起到了积极地贡献,预计从 2014 年起排放将显著下降。

4.3. 上海世博会对碳减排的影响

2010 年上海世界博览会(Expo 2010)于 2010 年 5 月至 10 月在上海举行。上海世博会以“城市,让生活更美好”为主题,总投资达 450 亿人民币,创造了世界博览会史上最大规模记录。同时 7308 万的参观人数也创下了历届世博之最。

上海世博会是第一个正式提出“低碳世博”理念

的世博会，并在会展期间发布了《低碳世博总体方案》。根据方案，上海市将借鉴世博会低碳理念指导城市未来发展，对世博会汇聚的全球先进低碳环保理念和实践案例进行认真解读，结合城市功能布局、能源、产业、交通、建筑、废弃物处置利用等现状和发展的分析，逐步付诸实施。

此外，作为保障世博会的工作，江浙沪两省一市的环保部门编制启动了“2010年上海世博会长三角区域环境空气质量保障联防联控措施”，加强合作沟通，严格控制污染物排放^[12]。内容包括：加速推进燃煤电厂脱硫工程建设；对全市重点环境风险源企业开展安全巡查，对钢铁、化工、建材、船舶等行业进行全面整治；一旦预报出现高污染日，石化、钢铁、化工、焦化、水泥等工业重点源将采取限产、限污等措施。世博会期间，上海市环境空气质量达十年同期最佳，优良率及一级天数均创历史新高。

2010年上海世博会作为上海市的一项重大活动，为上海带来了大量的投资和人流。一方面，由于世博会建设、运行，以及参观人流的导入，消耗了大量的能源，直接导致了CO₂排放的增加，这也可能是2010年上海市能源强度和碳强度指数反弹的影响因素之一。另一方面，世博会低碳理念的传导和实施，也对上海市今后的碳减排工作起到了宣传推广和促进作用。而世博会期间为保证环境空气质量而实行的一系列限产、限污措施，则是通过高耗能企业(如水泥、焦化)的减产，而减少了一定数量的CO₂排放。

5. 结论及展望

根据中碳指数网公布的上海市碳强度指数($X_{sh,y}$)可见，上海市碳排放强度总体呈下降趋势，且其碳减排工作在全国省级行政区中处于领先水平。作为我国经济发展领先的大都市，上海市的既有实践和政策制定，可以给全国范围内的碳减排工作提供有益参照。

5.1. 上海市碳强度指数的主要影响因素

近年来上海市碳排放强度总体呈下降趋势，其主要影响因素包括：

- 能源结构的调整，即能源结构的多元化发展；
- 产业结构的不断优化，尤其是第二产业占比的下降、高耗能产业和落后产能的调整；以及

- 能源强度的持续下降，即提高能源利用效率、降低单位产出能源消耗。

碳排放强度的下降得益于上海市“十一五”和“十二五”规划中，确定了明确的节能目标和低碳减排目标。在政策推动下，上海市的节能减排措施得以有效实施，并最终促成了以上三个条件的形成。

而在2008、2010两年，上海市碳强度指数($X_{sh,y}$)出现了小幅回升。这是因为：受经济危机、“4万亿元刺激经济方案”等重要宏观要素的影响，在2008年及2010年，反应上海市能源结构的指标 ΔN_y 出现两次下降；第二产业占比在2010年出现反弹波动；而上海市能源强度($e_{sh,y}$)和第三产业能源强度($e_{3rd_ind,y}$)在2010年也有所反弹。

5.2. 工作展望

本文的分析说明，一系列行之有效的节能减排政策在上海市的碳减排工作中起到了至关重要的作用。在今后的碳减排工作中，政府需要加强政策制定和引导，包括：1) 保障产业结构持续优化、控制高耗能企业的CO₂排放；2) 促成能源结构多元化发展、进一步提高天然气和一次电力等低碳能源在能源结构中的使用比例；3) 改进生产技术、提高能源利用效率等。

而在政策引导之后，上海市还需配套有效的市场机制、完善的行业标准及法律手段推动碳减排工作。如正在引入的CO₂排放总量控制制度及碳减排交易，也将为上海市的碳减排工作带来新的挑战 and 机遇。

此外，宏观经济环境变化和重大社会活动对上海市的碳减排工作也会造成短期影响，也需要政府和相关单位及时做好预期评估和工作调整。

参考文献 (References)

- [1] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴(2011)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴(2012)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [3] 上海市统计局. 上海统计年鉴(2005-2012)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005-2012.
- [4] 廖振良, 史娇蓉, 李怀正等. 上海市碳排放交易机制及发展战略研究报告[R]. 上海: 联合国环境规划署——同济大学环境与可持续发展学院, 2012.
- [5] 朱聆, 张真. 上海市碳排放强度的影响因素解析[J]. 环境科学研究, 2011, 22(1): 20-26.
- [6] 林艳君, 冯春萍. 上海市产业结构变化对能源强度的影响[J]. 能源研究与信息, 2006, 22(1): 30-35.

从中碳强度指数看上海碳减排的足迹

- [7] 赵敏, 张卫国, 俞立中. 上海市能源消费碳排放分析[J]. 环境科学研究, 2009, 22(8): 984-989.
- [8] 郭运功, 林逢春, 白义琴等. 上海市能源利用碳排放的分解研究[J]. 环境污染与防治, 2009, 31(9): 68-72, 81.
- [9] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [URL], 2006.
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/index.html>
- [10] 龙蔚淋. 上海市能源消耗、碳排放与经济增长关系的实证分析[D]. 上海师范大学, 2012.
- [11] 世界自然基金会, 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所. 中国经济刺激计划对气候和能源的影响[R]. 北京: 世界自然基金会, 2010.
- [12] 新华网. 长三角六措施区域联防污染 保障世博“蓝天白云”[URL], 2010.
http://news.xinhuanet.com/2010-10/09/c_12642273.htm