

# 太仓市二氧化碳排放量估算及影响因素分析

牛冬杰<sup>1</sup>, 李 杨<sup>1</sup>, 高 燕<sup>2</sup>, 朱志良<sup>1</sup>

(1. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 太仓市环保局, 江苏 太仓 215400)

**摘要:** 研究依据 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南中的方法对 2003—2008 年江苏太仓市一次能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量进行了估算, 并利用 Kaya 恒等式进行了分解分析, 同时计算了 2003—2008 年当地的单位国内生产总值(GDP) CO<sub>2</sub> 排放量(来自一次能源消耗); 结果表明 2003—2008 年当地一次能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放总量呈上升趋势, 而单位 GDP CO<sub>2</sub> 排放量呈现倒 U 型曲线; 经济的发展和能源效率是影响排放量的主要因素, 而发展清洁能源、改善能源结构则是未来当地降低由能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量、实现低碳生态发展模式的重要战略选择。

**关键词:** 二氧化碳排放; Kaya 恒等式; Laspeyres 分解; 能源; 太仓

**中图分类号:**

**文献标识码:** A

## Calculation of Carbon Dioxide Emission in Taicang and Its Influencing Factors

NIU Dongjie<sup>1</sup>, LI Yang<sup>1</sup>, GAO Yan<sup>2</sup>, ZHU Zhiliang<sup>1</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Taicang Environmental Protection Bureau, Taicang 215400, China)

**Abstract:** A calculation of carbon dioxide emission from primary energy consumption in Taicang City of Jiangsu Province from 2003 to 2008 was conducted with the method in 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Then Kaya Identity was used to make a decomposition of the calculation result. The carbon dioxide intensity per GDP during 2003—2008 was also calculated. The decomposition results indicate that the local carbon dioxide emission appears an uptrend during 2003—2008 while the carbon dioxide intensity per GDP shows a reserved U shaped curve, and the economic development and the energy efficiency are the main factors which affect the emission amount. Developing clean energy and improving the energy structure are the important strategic choices for the carbon dioxide emission reduction in Taicang.

**Key words:** CO<sub>2</sub> emission; Kaya Identity; Laspeyres Decomposition; energy; Taicang City

对于 CO<sub>2</sub> 排放量影响因素的分析, 国内外学者相继开发了许多模型。例如分析环境影响因素的通用方法 IPAT 模型、针对温室气体排放的 ImPACT 模型<sup>[1]</sup>, IPAT 模型的随机形式—STIRPAT 模型<sup>[2]</sup>等, 这几种模型都具有各自的局限性<sup>[3-4]</sup>。日本学者提出的 Kaya 恒等式因针对性强相对应用较为广泛, 国外有学者曾应用 Kaya 恒等式对中国(1971—2003 年)<sup>[5]</sup>、奥地利、捷克斯洛伐克<sup>[6]</sup>的碳排放进行了分析, 还有学者对法国、德国、英国及日本的中长期能源减排情景进行了分析<sup>[7]</sup>。国内林伯强、蒋竺均利用 Kaya 恒等式通过研究指出能源强度、产业结构和能源消费结构都对我国 CO<sub>2</sub> 排放量有显著影响, 特别是工业能源强度<sup>[8]</sup>。也有研究表明 1971—2005 年中国约 89% 的 CO<sub>2</sub> 减排量来源于单位 GDP 能耗的降低<sup>[9]</sup>。

本文针对影响太仓市一次能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量的因素进行分析, 为未来太仓市 CO<sub>2</sub> 减排工作实施提供决策支持。采用 IPCC2006 国家温室气体清单能源卷中化石燃料固定源燃烧产生的温室气体排放量的计算方法, 首先对 2003—2008 年太仓市的一次能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量进行估算, 然后借助 Kaya 恒等式从人口数量、经济发展水平(以人均 GDP 表示)、能源强度以及能源结构 4 个方面分析了 2003—2008 年期间各因素对太仓市的一次能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量的影响, 并对当地的能源发展以及碳减排工作提出一定的建议。

## 1 研究方法

### 1.1 碳排放量估算方法

收稿日期: 2010-12-02

第一作者: 牛冬杰(1973—), 女, 副教授, 工学博士, 主要研究方向为固体废物管理规划以及资源化技术。E-mail: samcathy@126.com

通讯作者: 朱志良(1964—), 男, 教授, 工学博士, 主要研究方向为环境化学与化工。E-mail: zzl@tongji.edu.cn

CO<sub>2</sub> 排放量估算方法参考 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南。碳排放量的具体计算公式是

CO<sub>2</sub> 排放量=燃料消耗量×碳排放因子  
式中:CO<sub>2</sub> 排放量指燃烧某种燃料排放的 CO<sub>2</sub> 量;燃料消耗量以燃烧燃料所释放出的能量衡量;碳排放因子指某种燃料的 CO<sub>2</sub> 缺省排放因子,其包含碳氧化因子,假设为 1。

## 1.2 Kaya 恒等式

该模型由日本学者 Yoichi Kaya 提出,与其他模型相比,Kaya 恒等式在分析 CO<sub>2</sub> 排放量的影响因素方面更具针对性,是一种定量的分析 CO<sub>2</sub> 排放的模型,该恒等式通过数学公式将人口、经济水平、能源消耗与人类活动产生的碳排放量结合起来。本文选取 Kaya 恒等式对影响太仓市 2003—2008 年间一次能源消耗所产生的 CO<sub>2</sub> 排放量的因素进行分析,如

$$F = P \cdot (G/P) \cdot (E/G) \cdot (F/E) = Pgef \quad (1)$$

式中: $F$ 、 $P$ 、 $G$ 、 $E$  分别代表 CO<sub>2</sub> 排放量、人口数量、地区生产总值、一次能源消费总量,而  $g$ 、 $e$ 、 $f$  分别代表人均 GDP、能源强度和能源结构碳强度。

## 1.3 Laspeyres 分解

利用 Laspeyres 分解模型对式(1)中左侧的 4 个影响碳排放的驱动力因素进行分析。将碳排放量  $F$  视为 4 个变量的函数,即

$$F = \phi(P, g, e, f) \quad (2)$$

其微分形式为

$$dF = d\phi(P, g, e, f) = \left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{g,e,f} dP + \left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)_{P,e,f} dg + \left(\frac{\partial F}{\partial e}\right)_{P,g,f} de + \left(\frac{\partial F}{\partial f}\right)_{P,g,e} df + r \quad (3)$$

在这种微分形式中, $dF$ 、 $dP$ 、 $dg$ 、 $de$ 、 $df$  都是无穷小的变量,而很多情况下这种变量是有限的,所以式(3)可以写为

$$\Delta F = \Delta\phi(P, g, e, f) = \left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{g,e,f} \Delta P + \left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)_{P,e,f} \Delta g + \left(\frac{\partial F}{\partial e}\right)_{P,g,f} \Delta e + \left(\frac{\partial F}{\partial f}\right)_{P,g,e} \Delta f + r \quad (4)$$

分别以“0”和“ $t$ ”代表基年和任一年,则式(4)

$$\Delta F = F^t - F^0 = \phi(P^t, g^t, e^t, f^t) - \phi(P^0, g^0, e^0, f^0) \quad (5)$$

$$\Delta P = P^t - P^0 \quad \Delta g = g^t - g^0 \quad \Delta e = e^t - e^0 \quad \Delta f = f^t - f^0$$

式(4)的右边是偏微分形式,  $\left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{g,e,f}$ ,  $\left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)_{P,e,f}$  和  $\left(\frac{\partial F}{\partial f}\right)_{P,g,e}$  分别代表了其角标所含的三种因素不变的情况下,碳排放量的变化率。

忽略式(4)中的残差  $r$ ,式(4)可以转化为

$$\Delta F = (\Delta F)_P + (\Delta F)_g + (\Delta F)_e + (\Delta F)_f \quad (6)$$

式(6)表示了在所选定的时间内,分别由于各因素的变化导致的碳排放量的变化总量。

其中,

$$(\Delta F)_P = \left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{g,e,f} \Delta P = g^0 e^0 f^0 (P^t - P^0) \quad (7)$$

$$(\Delta F)_g = \left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)_{P,e,f} \Delta g = P^0 e^0 f^0 (g^t - g^0) \quad (8)$$

$$(\Delta F)_e = \left(\frac{\partial F}{\partial e}\right)_{P,g,f} \Delta e = P^0 g^0 f^0 (e^t - e^0) \quad (9)$$

$$(\Delta F)_f = \left(\frac{\partial F}{\partial f}\right)_{P,g,e} \Delta f = P^0 g^0 e^0 (f^t - f^0) \quad (10)$$

具体计算过程以 2003—2004 年为例:以 2003 年为基年,将当年相应的具体数值分别代入式(7)—(10),以式(7)为例,即

$$(\Delta F)_P = \left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{g,e,f} \Delta P = g^{2003} e^{2003} f^{2003} (P^{2004} - P^{2003})$$

按上述方法可分别计算得到 2003—2004 年间的  $(\Delta F)_P$ 、 $(\Delta F)_g$ 、 $(\Delta F)_e$ 、 $(\Delta F)_f$ 。其他年份以此类推。

## 1.4 数据来源与参数选取

根据碳排放量估算方法,由太仓市各类一次能源的消费量(见表 1<sup>[10-15]</sup>)及其相应的低位热值和 CO<sub>2</sub> 排放因子(见表 2<sup>[16]</sup>),即可估算各类能源的 CO<sub>2</sub> 排放量。各类能源的折标系数见表 3<sup>[17]</sup>,表示单位质量或体积的某种能源折算为具有等量热值的标准煤的质量。

表 1 2003—2008 太仓市一次能源消费量

Tab.1 Taicang's primary energy consumption during 2003—2008

| 年份   | 原煤/t       | 焦炭/t  | 天然气/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 汽油/t  | 煤油/t | 柴油/t   | 燃料油/t  | 液化石油气/t |
|------|------------|-------|------------------------------------|-------|------|--------|--------|---------|
| 2003 | 2 815 537  | 2 893 | —                                  | 7 828 | 1678 | 13 381 | 20 133 | 3 535   |
| 2004 | 4 947 206  | 3 614 | —                                  | 6 871 | 164  | 26 346 | 27 704 | 7 708   |
| 2005 | 6 980 142  | 2 748 | —                                  | 8 666 | 229  | 27 079 | 27 958 | 6 429   |
| 2006 | 11 120 527 | 3 023 | 156                                | 9 558 | 432  | 30 608 | 40 251 | 5 384   |
| 2007 | 12 358 891 | 3 813 | 1 450                              | 8 751 | 163  | 30 581 | 43 436 | 4 652   |
| 2008 | 13 093 511 | 3 001 | 3 470                              | 7 951 | 212  | 30 038 | 34 120 | 4 322   |

表 2 各类能源排放因子及低位热值

Tab.2 Emission factors and low-calorific value of different energy sources

| 参数   | 原煤     | 焦炭      | 天然气    | 汽油     | 煤油     | 柴油     | 燃料油    | 液化石油气  |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 排放因子/ $\text{kg} \cdot \text{TJ}^{-1}$                                   | 94 600 | 107 000 | 56 100 | 69 300 | 71 500 | 74 100 | 77 400 | 63 100 |
| 低位热值/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}$ | 20 908 | 28 435  | 38 931 | 43 070 | 43 070 | 42 652 | 41 816 | 50 179 |

表 3 能源折标系数

Tab.3 Energy conversion coefficients

| 能源    | 原煤/t    | 焦炭/t    | 燃料油/t   | 汽油/t    | 煤油/t    | 柴油/t    | 液化石油气/t | 天然气/ $10^4 \text{m}^3$ |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------|
| 标煤量/t | 0.714 3 | 0.971 4 | 1.428 6 | 1.471 4 | 1.471 4 | 1.457 1 | 1.714 3 | 12.143                 |

将表 1 中各能源的消耗量按表 3 所列的转换系数相应的转为标准煤并计算一次能源消耗总量,列于表 4. GDP 以及人口指标也见于表 4<sup>[13-15]</sup>,其中,2003—2005 年常住人口数据为估值.

表 4 2003—2008 年太仓市一次能源消耗、经济及人口指标

Tab.4 Taicang's total primary energy consumption, GDP and population; 2003—2008

| 年份   | 一次能源总消耗量/t | GDP/ $10^9$ 元 | 常住人口/ $10^4$ 人 |
|------|------------|---------------|----------------|
| 2003 | 2 082 255  | 210.00        | 49.7           |
| 2004 | 3 638 832  | 248.22        | 55.5           |
| 2005 | 5 092 092  | 295.00        | 57.0           |
| 2006 | 8 074 254  | 366.63        | 58.92          |
| 2007 | 8 976 970  | 440.27        | 65.81          |
| 2008 | 9 509 679  | 528.02        | 67.11          |

$\text{CO}_2$  排放量加和,得到 2003—2008 年太仓市一次能源消耗产生的  $\text{CO}_2$  排放总量,结果见图 1.

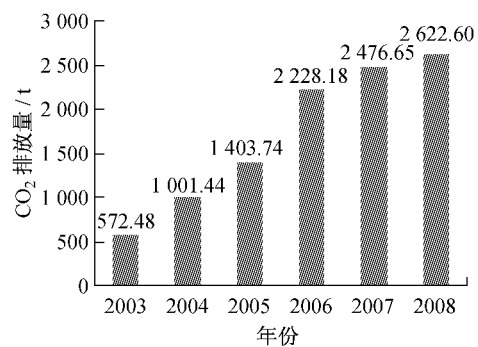


图 1 太仓市一次能源消耗产生的  $\text{CO}_2$  排放总量: 2003—2008 年(单位: $10^4 \text{t}$ )

Fig. 1 Taicang's annual total  $\text{CO}_2$  emission from primary energy consumption; 2003—2008 ( $10^4 \text{t}$ )

## 2 结果与分析

### 2.1 $\text{CO}_2$ 排放量估算

根据表 1 中所列的太仓市 2003—2008 年一次能源消耗量以及表 2 中所示的各能源的排放系数以及低位热值,按照 IPCC2006 国家温室气体清单中的估算方法,计算可得 2003—2008 年太仓市一次能源的  $\text{CO}_2$  排放量,结果列于表 5. 将每年各类能源的

由图 1 可见:2003—2008 年,太仓市由一次能源消耗产生的  $\text{CO}_2$  排放量逐年增加,但增长速度有所放缓.这与近年来太仓市经济迅速发展,对能源的需求与消耗不断增加有很大的关系.

### 2.2 Laspeyres 分解结果与分析

利用表 4 中所列的各项指标以及 Laspeyres 分解方法对图 1 所示的  $\text{CO}_2$  总排放量进行逐年分解.在分解计算过程中,分别以前一年为基准年,即  $\Delta F = F^{n+1} - F^n$ . 分解结果如图 2 所示.由图 2 可以看到,

表 5 2003—2008 年太仓市一次能源消耗  $\text{CO}_2$  排放量(单位: $10^4 \text{t}$ )

Tab.5 Taicang's annual  $\text{CO}_2$  emission from primary energy consumption; 2003—2008 ( $10^4 \text{t}$ )

| 年份    | 2003   | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     |
|-------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 原煤    | 556.88 | 978.51   | 1 380.60 | 2 199.53 | 2 444.46 | 2 589.76 |
| 焦炭    | 0.88   | 1.10     | 0.84     | 0.92     | 1.16     | 0.91     |
| 天然气   | —      | —        | —        | 0.34     | 3.17     | 7.58     |
| 汽油    | 2.34   | 2.05     | 2.59     | 2.85     | 2.61     | 2.37     |
| 煤油    | 0.52   | 0.05     | 0.07     | 0.13     | 0.05     | 0.07     |
| 柴油    | 4.23   | 8.33     | 8.56     | 9.67     | 9.67     | 9.49     |
| 燃料油   | 6.52   | 8.97     | 9.05     | 13.03    | 14.06    | 11.04    |
| 液化石油气 | 1.12   | 2.44     | 2.04     | 1.70     | 1.47     | 1.37     |
| 总量    | 572.48 | 1 001.44 | 1 403.74 | 2 228.18 | 2 476.65 | 2 622.60 |

2003—2008年间,由能源强度和GDP的变化对CO<sub>2</sub>排放量的影响最为显著.下面分别对各个因素进行分析.

(1) 能源强度的影响:2003—2008年太仓市能源强度的变化率的趋势可见图3.同时根据图2可知,在2003—2006年间,能源强度的变化对CO<sub>2</sub>排放量的贡献是正值,而2007—2008年则是负值.这说明了能源强度与CO<sub>2</sub>排放量呈现负相关的关系.能源强度升高表明利用效率的下降,会导致能源消耗量的增长,最终导致了当地CO<sub>2</sub>排放量的增长.而根据图3,2006—2008年,太仓市能源强度的变化率均为负值,说明能源强度保持下降,这表明能源利用效率获得提升,分析原因可能与近年来当地开展了环保模范城、生态示范区、生态市等一系列创建活动使得节能工作取得了一定成效有关.

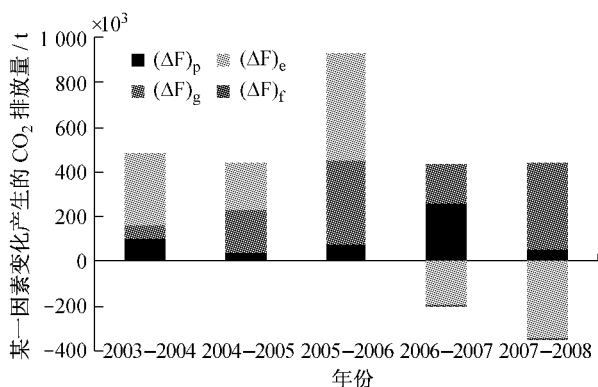


图2 太仓CO<sub>2</sub>排放量变化Kaya方法分解结果

Fig.2 Decomposition result of Taicang's carbon dioxide emission with Kaya Identity

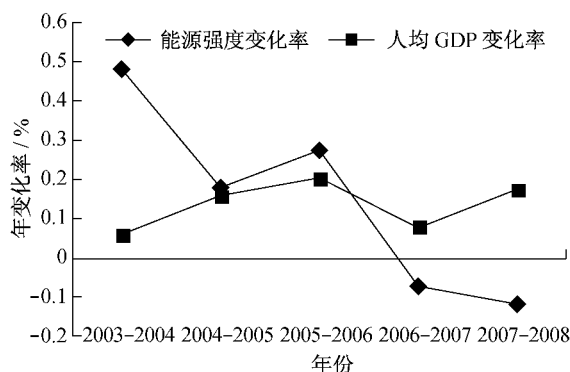


图3 2003—2008年太仓市能源强度、人均GDP的年变化率

Fig.3 Changing rate of energy intensity and per-capita GDP: 2003—2008

(2) 人均GDP的影响:2003—2008年太仓市人均GDP对CO<sub>2</sub>排放量的影响也始终为正值.对比图2中人均GDP对CO<sub>2</sub>排放量的贡献值与图3中人均GDP的年均变化率可以发现,二者呈正相关的关

系.人均GDP的增长意味着经济与人口的发展,这势必导致能源消费的增长.

(3) 人口的影响:近年来,太仓市凭借经济的发展、环境的改善以及其优越的地理优势,吸引了越来越多的外来人口.这导致了太仓市常住人口的不断增长.根据图3可以看到,人口的增长对CO<sub>2</sub>排放量的影响始终是正值,但其贡献相对能源强度和人均GDP较小.

(4) 能源结构碳强度的影响:在图3显示的分析结果中,该因素对CO<sub>2</sub>排放量的贡献相对其他3个因素很小.

### 2.3 单位GDP CO<sub>2</sub>排放量

根据2003—2008年太仓市GDP总量和一次能源消耗所产生的CO<sub>2</sub>排放量计算可得到其单位GDP的CO<sub>2</sub>排放量,结果见图4.

根据图4可以看到,2003—2006年太仓市单位GDP CO<sub>2</sub>排放量逐年增加,随后至2008年出现缓慢下降趋势.这表明在经济发展同时,当地单位GDP CO<sub>2</sub>排放量初步得到控制;从这个角度看,当地减排工作已取得一定成效,但与我国政府提出的目标还有很大差距.分析原因可能与近年来当地针对工业企业尤其是重点能耗企业大力推行节能减排有一定关系.

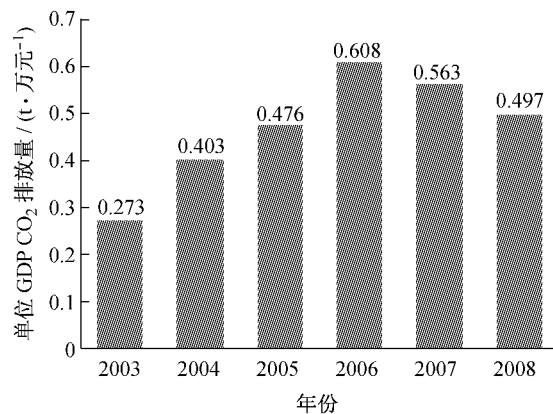


图4 2003—2008年太仓市单位GDP CO<sub>2</sub>排放量

Fig.4 Carbon dioxide intensity per GDP: 2003—2008

## 3 讨论

根据CO<sub>2</sub>排放量的估算和影响因素的分析,从三个方面对当地碳减排的驱动力进行进一步的讨论.

(1) 能源利用效率的提高有利于CO<sub>2</sub>的减排.加快技术改革,提高能源利用效率将对碳减排起到促进作用.一般以能源强度(单位GDP能耗)来衡量

能源效率,很多国家和地区的发展经验已证实:能源强度会经历一个先上升后下降的过程,即能源强度曲线呈现倒U型。2003—2008年太仓市单位GDP能耗也经历了先上升后下降的过程,但目前其单位GDP能耗水平与国际先进水平相比仍有差距。所以在未来一段时间内,提高能效仍将会是促进当地CO<sub>2</sub>减排的主要途径。但从长远来看,在现实条件下,单位GDP能耗很难持续下降,到达一定程度后将需要非常高的成本才能进一步提高能源效率。

(2) 人口因素在太仓市CO<sub>2</sub>排放贡献中,始终占据一定的比例。太仓市地处江苏省东南部、长江口南岸,南邻上海,西连昆山,北接常熟;由于优越的区位优势和经济迅速发展以及环境的改善,太仓市吸引了越来越多的外来人口;2008年,其城市化率达到56.75%(按常住人口)。所以理论上通过控制人口规模、限制人口增长速度对减少CO<sub>2</sub>排放量也具有一定的意义,但实际的可行性需要进一步研究分析确定当地人口发展对促进GDP增长的正收益大还是对增加CO<sub>2</sub>排放量的负作用大。

(3) 改变能源结构对CO<sub>2</sub>减排起着重要的作用。建议未来太仓考虑通过发展清洁能源、改变能源利用结构以降低能源结构碳强度实现CO<sub>2</sub>减排。在太仓当地,主要的清洁能源有生物质能、太阳能和风能;目前当地的生物质能的利用已有一定规模,垃圾焚烧发电、秸秆气化、禽畜粪便发酵是其主要的生物质能利用方式;风能主要集中在长江沿岸,但当地港区的发展现状及规划限制了其风能的发展,所以大规模开发利用风能的潜力不大;相比较而言,太阳能是未来太仓市最具发展潜力的清洁能源,至2008年在太仓农村已有3万户居民使用了太阳能,占全市农户的40%,但其开发利用成本相对较高,替代常规能源的比例也是有限的。

## 4 结语

2003—2008年太仓市一次能源消耗所带来的CO<sub>2</sub>排放总量保持增长,但增长速度已经减慢:2003—2006年,当地平均的CO<sub>2</sub>排放总量年增长率为57.9%,2006—2008年已下降至8.5%;同时单位GDP CO<sub>2</sub>排放量在2006年达到峰值后也出现下降趋势,2006—2008年平均下降率为9.57%。能源强度和经济发展水平则是影响当地一次能源消耗产生的CO<sub>2</sub>排放量的两个主要因素,值得注意的是能源强度对其贡献量已从正值转变为负值。

当前太仓仍处在迅速发展时期,经济发展与CO<sub>2</sub>减排二者不可偏颇。CO<sub>2</sub>减排虽然重要,但为了减排而放弃经济发展的战略却是不现实的,经济的发展是改善生态环境的重要保障。但“先污染后治理”的模式也是不可取的。因此,建议当地可以适当放缓经济发展速度,提高经济发展的质量以实现发展和环境保护的双赢,通过技术改革和创新进一步提高能效、发展清洁能源,多种手段并用实现单位GDP CO<sub>2</sub>排放量的进一步下降,同时也应采取一定措施对排放总量进行控制。

## 参考文献:

- [1] Waggoner P E, Ausubel J H. A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, 99(12): 7860.
- [2] Dietz T, Rosa E A. Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology [J]. *Human Ecology Review*, 1994, 1: 277.
- [3] 刘兰翠. 我国二氧化碳减排问题的政策建模与实证研究[D]. 合肥:中国科学技术大学管理学院, 2006.  
LIU Lancui. Policy modeling for China's CO<sub>2</sub> emissions reduction and its empirical analysis[D]. Hefei: University of Science and Technology of China. The School of Management, 2006.
- [4] York Richard, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts [J]. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 351.
- [5] MA Chunbo, Stern D I. Biomass and China's carbon emissions: a missing piece of carbon decomposition [J]. *Energy Policy*, 2008, 36(7): 2517.
- [6] Gingrich S, Kuskova P, Steinberger J K. Long-term changes in CO<sub>2</sub> emissions in Austria and Czechoslovakia—identifying the drivers of environmental pressures [J]. *Energy Policy*, 2011, 39(2): 535.
- [7] Kawase R, Matsuoka Y, Fujino J. Decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emission in long-term climate stabilization scenarios [J]. *Energy Policy*, 2006, 34(15): 2113.
- [8] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J]. *管理世界*, 2009(4): 27.  
LIN Boqiang, JIANG Zhujun. Prediction and analysis of the environmental Kuznets Curve for CO<sub>2</sub> in China [J]. *Management World*, 2009(4): 27.
- [9] 冯相昭, 邹骥. 中国CO<sub>2</sub>排放趋势的经济分析[J]. *中国人口资源与环境*, 2008(03).  
FENG Xiangzhao, ZOU Ji. Economic analysis of CO<sub>2</sub> emission trends in China [J]. *China Population, Resources and Environment*. 2008, 18(3): 43.
- [10] 太仓市统计局. 太仓市统计年鉴2004[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.  
Bureau of Statistics of Taicang. Taicang statistics yearbook 2004[M]. Beijing: China Statistics Press, 2004.