

江苏省温室气体排放情景分析研究

徐铨辉^{1, 2} 魏星^{1, 2} 叶仁文¹ 刘永红¹¹

(1. 江苏省布鲁斯达低碳研究中心, 江苏 南京 210019;

2. 江苏省星霖碳业股份有限公司, 江苏 南京 210019)

【摘要】: 通过对江苏省 2000–2015 年温室气体排放进行测算分析, 结合江苏省人口增长、经济发展、产业结构、能源结构及中长期发展规划, 对江苏省“十三五”及中长期温室气体排放进行了情景分析, 测算得出在强化低碳情景下江苏温室气体排放将在 2026 年达峰, 并提出了江苏中长期温室气体控排的政策方案。

【关键词】: 温室气体 情景分析 LMDI 分解模型 江苏

【中图分类号】: X21 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1673–288X(2018)06–0149–05

江苏作为我国经济最发达的地区之一, 目前正处于建设新型工业化道路的重要时期。2000 年以来江苏能源消费总量年均增长 8.7%, 以化石燃料为主的能源结构决定了温室气体排放的增加。2015 年江苏省能源消费总量达到 30235.30 万 t 标准煤, 能源消费产生的二氧化碳排放量达到 63322 万 t, 是 2000 年排放量的 3.5 倍。随着江苏工业经济加快发展, 能源消费总量不断增加, 能源供应全面紧张; 同时, 碳排放量急剧增长, 生态环境恶化, 影响到人民群众的生活及健康。因此, 江苏省开展节能减碳工作势在必行。

1 研究进展

吴尧萍^[1]等通过对江苏省未来能源需求分析, 采用 LEAP 模型构建了能源需求系统, 得出了参照情景和可持续情景下的 2010–2050 年能源需求, 并进行了碳排放核算。聂锐^[2]等通过不同情景的比较, 认为低碳情景是江苏能源–经济–社会协调发展最合适、最现实的方案。邢红^[3]等借助趋势外推模型和 ARMA 模型预测江苏省 2020 年能源消费量约为 4.5 亿 t 标准煤, 碳排放量将达到 3.7 亿 t。李广众^[4]等从环境库兹涅茨曲线(EKC)视角出发, 使用联立方程法对截至 2020 年的江苏省二氧化碳排放水平进行了预测。学者们从能源消费领域着手对江苏的温室气体排放进行了分析预测, 在分产业部门排放或排放分解较为欠缺, 本次研究通过对分产业部门的历史排放计算+情景分析相结合的方法, 预测江苏中长期温室气体排放趋势, 提出相应的政策措施。

2 研究方法

2.1 LMDI 分解模型

由日本学者 Kaya 提出的碳排放分解的数学恒等式, 即 Kaya 公式^[8]。其基本形式如下:

¹项目资助: 中国清洁发展机制基金 2014 年度赠款项目: 江苏省“十三五”控制温室气体排放工作方案研究(2014006)

作者简介: 徐铨辉, 硕士, 低碳咨询工程师, 主要研究方向为应对气候变化、能源工业、节能低碳

通讯作者: 魏星, 硕士, 低碳咨询工程师, 主要研究方向为应对气候变化、规划研究、节能低碳

引用文献格式: 徐铨辉, 魏星, 叶仁文, 等. 江苏省温室气体排放情景分析研究 [J]. 环境与可持续发展, 2018, 43(6): 149–153.

$$C = \frac{C}{E} \cdot \frac{E}{GDP} \cdot \frac{GDP}{P} \cdot P \quad (1)$$

式中,C、E、GDP、P 分别表示碳排放量、能源消费量、国内生产总值、人口规模。

Kaya 公式最重要的思想是,通过分解可以定性的挖掘碳排放影响因素之间的关系。本次研究重点分析产业部门的碳排放情况,对 Kaya 公式进行了拓展,结果如下:

$$\begin{aligned} C_t &= \sum_i C_{it} \\ &= \sum_i \sum_j ef_t^j \cdot E_{it}^j \\ &= \sum_i \frac{G_t}{P_t} \cdot \frac{G_{it}}{G_t} \cdot \frac{E_{it}}{G_{it}} \cdot \left(\sum_{j=1}^f ef_t^j \cdot \frac{E_{it}^j}{E_{it}} \right) \cdot P_t \\ &= \sum_i g_t \cdot ins_{it} e_{it} \cdot es_{it} \cdot p_t \end{aligned} \quad (2)$$

式中,C 表示由于能源消耗引起的 CO₂ 排放量;ef 表示能源碳排放系数;E 表示能源消费量;G 表示地区生产总值;P 为区内常住人口;g 为人均地区生产总值;ins 为单个产业部门对地区的生产总值贡献比重;e 为单个产业部门能耗强度;es 表某个产业部门某一种能源的消耗比重。在上标和下标的表示中,t 表时期,i 表部门,j 为能源类别。上标和下标联合表示一个完整的意义,如 C_{it} 表示 t 时期 i 部门能源消费引起的 CO₂ 排放量。

在式(2)中,首先把一个省份的碳排放总量分解成五个驱动力:能源结构 $\left(\sum_j ef_t^j \cdot \frac{E_{it}^j}{E_{it}} \right)$, 能源效率 $\left(\frac{E_{it}}{G_{it}} \right)$, 产业结构 $\left(\frac{G_{it}}{G_t} \right)$, 经济水平 $\left(\frac{G_t}{P_t} \right)$ 和人口(P)。

借鉴 Ang(2005)的 LMDI 方法,并结合上述拓展的 Kaya 公式从 t 时期(表示基期)到 t+1 时期(变化期),CO₂ 排放量的变化△C 可分解为:

$$\Delta C = \Delta C_g + \Delta C_{ins} + \Delta C_e + \Delta C_{es} + \Delta C_p \quad (3)$$

由 LMDI 分解法原理,其可以将总 CO₂ 排放变化量完全分解为变化因素贡献的变化而无残差。则产业部门 CO₂ 排放变化的各驱动因素贡献量分解如下:

$$\Delta Cg = \sum_i W_i \ln \frac{g_t}{g_0} \quad (4)$$

$$\Delta Cins = \sum_i W_i \ln \frac{ins_{it}}{ins_{i0}} \quad (5)$$

$$\Delta Ce = \sum_i W_i \ln \frac{e_{it}}{e_{i0}} \quad (6)$$

$$\Delta Cp = \sum_i W_i \ln \frac{P_{it}}{P_{i0}} \quad (7)$$

其对变化因素的权重函数可通过下式计算：

$$W_i = \frac{C_{it} - C_{i0}}{\ln C_{it} - \ln C_{i0}} \quad (8)$$

2.2 情景预测分析

2.2.1 基本框架

本次研究通过预测经济增长、政策执行以及技术升级等参数变量导致的未来不同的情景,从而模拟分析各个情景下有区别的能源需求和低碳发展趋势路径。情景分析基本框架如图 1 所示。

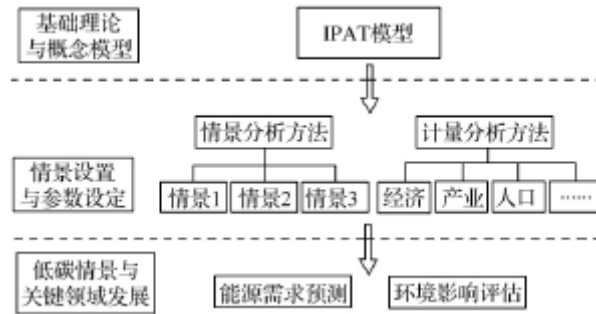


图 1 情景分析基本框架

2.2.2 模型结构

基于 Kaya 公式,分析模型可以表达为如下关系式:

$$C_t = P_t \times A_t \times (E/GDP)_t \times (\sum_{i=1}^n E_i/E) \times E_i \quad (9)$$

式中, 式中 C_t 表示 t 期区域的 CO_2 排放总量; P_t 表示 t 期年末总人口数; A_t 表示人均 GDP; E 表示能源消费总量; (E/GDP) 表征 t 期能源强度, $\sum_{i=1}^n E_i/E$ 表征的是第 i 类能源占能源消费总量的比例及能源结构; K_i 是第 i 类能源的碳排放系数。

将 t 期与基期区域的 CO_2 排放负荷情况相比较, 假设人口增长率是 α , 人均 GDP 年均增长率是 β , 能源强度下降率为 γ , 代表能源技术进步程度, 用 δ 表征能源结构的变化率。另, 能源的碳排放系数 K_i 是一个相对稳定的常数, 除非有重大的技术变革发生, 否则一般不会发生较大变化, 本研究将其作为常数。模型 t 期与基期各影响因素关系如下:

$$P_t = P_0 \times (1 + \alpha) \quad (10)$$

$$A_t = A_0 \times (1 + \beta) \quad (11)$$

$$\left(\frac{E}{\text{GDP}}\right)_t = \left(\frac{E}{\text{GDP}}\right)_0 \times (1 - \gamma) \quad (12)$$

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E}\right)_t = \left(\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E}\right)_0 \times (1 - \delta) \quad (13)$$

2.2.3 数据来源

各品种能源消耗数据、工业产品产量数据来源于主要来自 2001-2016 年的《江苏省统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》及《中国统计年鉴》等官方公布的资料。为了避免价格水平变化对经济增量产生的影响, 研究以 2000 年为基期, 其他年份的经济数据均转化为 2000 年可比价。

在计算 CO_2 排放量过程中, 化石能源碳排放因子采用 IPCC 方法和省级指南中相关的缺省值; 工业生产过程排放因子采用《IPCC 国家温室气体清单指南 2006》和《省级温室气体清单编制指南》所提供的缺省值。

3 CO_2 排放量分析

本研究结合《国家温室气体排放清单编制法 2006》计算了江苏省 2000-2015 年能耗相关的 CO_2 排放和主要工业产品生产过程 CO_2 排放, 结果如图 2 所示。从分行业的角度, 工业领域 CO_2 排放量占比最大, 约占总排放量的 80%, 其次是交通运输仓储和邮政业; 从总量趋势分析, 2000-2015 年江苏 CO_2 排放量保持增长趋势, 2014 年江苏省 CO_2 排放量最大为 6.35 亿 t, 约为 2000 年的 3.5 倍; 从增长率分析, 2004、2005 年增速最大(达 28%), 2015 年增速为 -0.8% (淘汰落后产能、能源结构、产业结构优化调整、传统产业转型升级等综合作用的结果)。

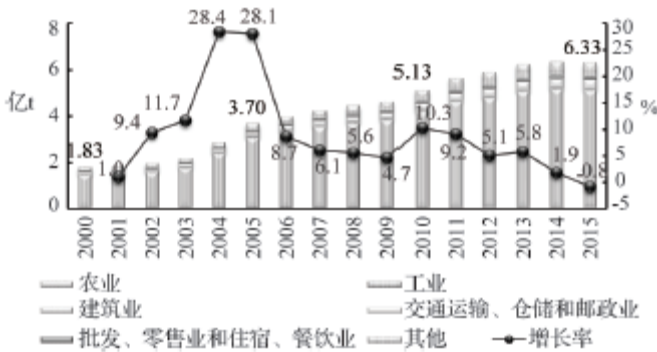


图 2 江苏省 2000-2015 年分行业 CO_2 排放变化

江苏与全国人均 CO_2 排放单位 GDPCO_2 排放对比图如图 3 所示, 从图 3 中可以看出, 2000-2015 年江苏人均 CO_2 排放单位 GDPCO_2 排放变化趋势与全国基本保持一致, 人均 CO_2 排放量仍然保持增长态势, 单位 GDPCO_2 排放量呈现加速下降趋势; 2000-2003 年江苏

人均CO₂排放量与全国人均CO₂排放量基本相当,2004-2005年江苏人均CO₂排放量迅速增长并超出全国平均值约1t/人,2013-2015年江苏人均CO₂排放量高于全国人均CO₂排放量20%左右;2000-2015年江苏单位GDPCO₂排放量始终低于全国平均值,约为后者60%~70%。

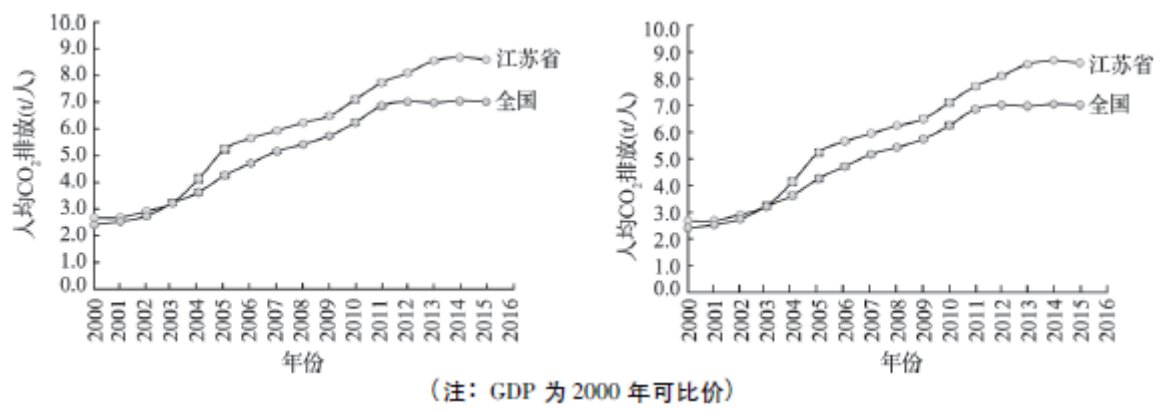


图3 江苏与全国人均CO₂排放单位GDPCO₂排放对比图

4 情景分析

4.1 情景设定

情景分析的边界为江苏省行政区划边界,基准年为2015年,目标年为2020、2025、2030年。

参考国家发改委能源研究所^[6]对我国碳排放的情景分析,并考虑江苏省的经济发展和能源需求状况,根据低碳社会发展各个不同阶段,基于Kaya公式,并结合计量分析的方法,构建适用于研究对象的分析框架,有效结合定量分析和定性分析,设定3种情景:基准情景、低碳情景和强化低碳情景。

4.2 参数设置

对江苏省在基准情景(BAU)、低碳情景(LC)和强化低碳情景(ELC)下的人口、人均GDP、能源强度和能源结构等参数进行预测。对各参数在不同情境下的趋势预测主要结合三点:历史变化情况、现有出台主要政策的延续性以及未来的可能变化。

(1)人口参数:综合考虑政策、社会经济发展以及资源环境承载力等因素,参考人口历史自然增长率和相关规划,确定预测期户籍人口自然增长率以及区域净流入人口,进而分析常住人口增长率,经综合分析后得到年末常住人口数。

(2)经济参数:主要依据国内外的经验发展和江苏对于自身经济增长的规划设计,综合考虑产业定位、发展动能等特点,以及未来可能实现的经济增长速度规模和产业结构分布特征来设置。江苏经济正处于转型换挡期,随着经济总量的不断扩大,未来经济增速将呈现阶梯式下降的特征。

(3)能源消耗与结构参数:主要考虑未来江苏省能源强度的下降预期,在历史发展分析的基础上,并结合《江苏省国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》和《江苏省“十三五”能源发展规划》对江苏省的能耗下降目标指标体系的要求来综合设置。

4.3 情景预测结果

在 BAU 情景下,江苏省 2016-2030 年间持续处于增长状态,且增长放缓较慢;LC 情景下,2016-2023 年期间,排放仍处于缓慢的增长状态,其后增长的幅度很小,但仍处于增长阶段,说明在此情景下江苏省还是无法在 2030 年之前实现达峰,达不到我国承诺在 2030 年左右达峰并尽早实现的目标,况且江苏省作为全国经济发达的大省,应尽可能早地实现达峰;在 ELC 情景下,江苏省 CO₂ 排在“十三五”期间和“十四五”初期,碳排放增长大幅度放缓,基本可实现在 2026 年左右达峰,并在其后保持缓慢的下降态势。江苏省温室气体排放情景预测如图 4 所示。

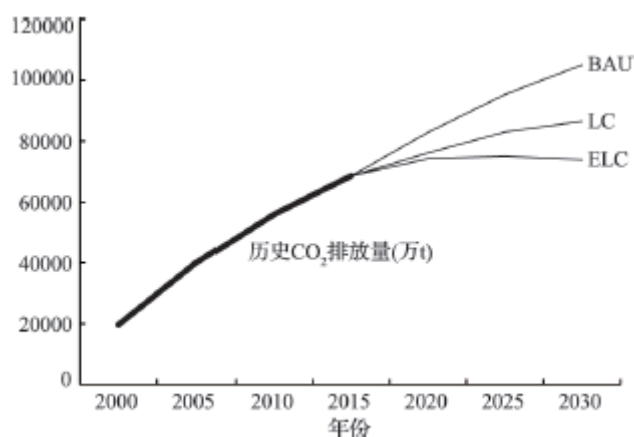


图 4 江苏省温室气体排放情景预测

5 结论

(1) 2000-2015 年江苏 CO₂ 排放量总体保持快速增长的趋势,2014 年江苏省 CO₂ 排放量为 6.35 亿 t,约为 2000 年的 3.5 倍;分行业看,工业领域 CO₂ 排放量占比最大,其次是交通运输仓储和邮政业。

(2) 2000-2015 年江苏人均 CO₂ 排放量仍然保持增长态势,单位 GDP CO₂ 排放量呈现加速下降趋势;2000-2015 年江苏单位 GDP CO₂ 排放量始终低于全国平均值,而人均 CO₂ 排放量高于全国平均值。

(3) 在 BAU、LC 情景下,江苏省 2016-2030 年间碳排放保持增长状态,无法在 2030 年之前实现达峰;在 ELC 情景下,江苏省 CO₂ 排在“十三五”期间和“十四五”初期,增长大幅度放缓,基本可实现在 2026 年左右达峰,而后出现缓慢下降。

6 政策建议

江苏省要积极谋划中长期温室气体控制的战略部署,寻求最优化的低碳发展路径。

首先,应推动实现全省产业结构、能源结构和区域结构的低碳化变革,有效控制工业、建筑、交通、农业等重点领域排放,打造高端引领的创新增长极,形成省域率先达峰的引领和示范,形成绿色低碳可持续发展的新动能,实现经济增长和碳排放完全脱钩。在新能源、智能电网、绿色新材料、低碳交通等领域重点布局实施,最终实现经济低碳、高端化发展。

其次,要将温室气体排放基础数据统计纳入政府统计指标体系,进一步完善相关统计报表制度,改进统计数据汇总方式。逐步建立温室气体排放核算的专职工作队伍和基础统计队伍,提升相关机构和企业的统计核算能力,建立长效协同工作机制,实现碳强度核算和温室气体清单编制工作的常态化、规范化,定期核算碳强度目标完成情况。

最后,要健全低碳发展相关法律法规、体制机制、政策体系、标准规范,创新相关财税、投资、价格、金融等政策机制,加强市场约束机制,推进气候友好技术研发和推广应用能力,强化低碳人才队伍建设,提升全社会应对气候变化的认知水平和能力,强化低碳试点项目的示范与引领作用,因地制宜推广实施。

作为全国经济发展的领头兵、低碳发展的先行者,江苏是经济大省和碳排放大省,节能降碳任务重,有责任和义务为全国达峰目标的实现提供强有力支撑,要在低碳经济上投入大量的人力和物力,能耗需求控制更加严格和稳定,各项政策措施行动计划的规范性和执行力更强,建设低碳大省、加快发展低碳新经济,促进经济结构优化,推动增长动力转换,分阶段、分部门、分区域逐步推进温室气体总量控制,尽早实现碳达峰,为我国 2030 年达峰目标的实现起到示范带动作用。

参考文献:

- [1]吴尧萍,王远,林晓梅,等.江苏省能源需求预测及二氧化碳减排研究[J].长江流域资源与环境,2013,22(7):908-914.
- [2]聂锐,张涛,王迪.基于 IPAT 模型的江苏省能源消费与碳排放情景研究[J].自然资源学报,2010,25(9),1557-1564.
- [3]邢红,赵媛.江苏省能源消费趋势预测及其碳排放研究[J].特区经济,2013(9):39-42.
- [4]李广众,王树海.江苏省经济增长的碳排放估算及预测[J].南京邮电大学学报(社会科学版),2011,13(9):27-34.
- [5]国家发展和改革委员会能源研究所课题组.中国 2050 年低碳发展之路:能源需求暨碳排放情景分析[M].北京:科学出版社,2009:41-75.
- [6]宋伟轩.长江沿岸 28 个城市的低碳化发展评价[J]地域研究与开发,2012,30(1):139-144.
- [7]秦军,唐慕尧.基于 Kaya 恒等式的江苏省碳排放影响因素研究[J].生态经济,2014,30(11):53-56.
- [8]Kaya Y.Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. Presented at the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris [Z]. 1990.