

## 广州市碳排放达峰分析\*

孙 维<sup>1,2,3,4</sup>, 余卓君<sup>1,2,3,4</sup>, 廖翠萍<sup>1,2,3†</sup>

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510640; 2. 中国科学院可再生能源重点实验室, 广州 510640;  
3. 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室, 广州 510640; 4. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:** 本文对城市达峰值的规律以及峰值研究方法进行了梳理, 研究广州市碳排放峰值时先对广州市碳排放影响因素进行分解分析, 随后基于相关规划对广州市的碳排放峰值进行了情景分析。结果表明, 经济增长和人口规模是促进广州市碳排放的两个主要因素。经济增长是最重要的影响因素, 未来人口增长将不会是碳排放增长的主要影响因素。产业结构、能源强度和碳排放系数都是减缓广州市碳排放的影响因素, 其中能源强度的减排贡献度最大。未来广州市能源消费总量将持续增加, 在高经济增速的情况下, 广州市至 2030 年仍未达到碳排放峰值; 在较低经济增速的情况下, 广州市在 2020 年左右便可实现碳排放峰值。要实现碳排放达峰, 必须引导合理的能源消费需求, 加大节能力度; 加快产业转型, 大力发展低碳技术; 大力发展天然气和新能源。

**关键词:** 能源消费量; 碳排放; 峰值目标; 广州市

中图分类号: TK-9; X321

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095-560X.2016.03.013

## Analysis of Carbon Emission Peak in Guangzhou

SUN Wei<sup>1,2,3,4</sup>, YU Zhuo-jun<sup>1,2,3,4</sup>, LIAO Cui-ping<sup>1,2,3</sup>

(1. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Key Laboratory of Renewable Energy, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

3. Guangdong Provincial Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangzhou 510640, China;

4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** This paper summarizes the regular characteristics of the regional carbon emission peak and related models. Guangzhou's carbon emissions are decomposed by Logistics Mean Division Index (LMDI) method and analyzed under different scenarios based on the relevant planning. The results show that economic growth and population are two main factors affecting the increase of carbon emission in Guangzhou. Economic growth is the most important factor, but the population will not be a major factor in future anymore. Industrial structure, energy intensity and carbon intensity are the major factors to mitigate carbon emission, in which energy intensity makes the maximum contribution. Energy consumption in Guangzhou will continue to increase in future. In the case of high economic growth, Guangzhou will not reach the peak of carbon emission by 2030; in the case of low economic growth, Guangzhou's carbon emission will peak in 2020. The carbon emission will probably peak only when certain aspects are improved such as guiding reasonable energy needs, enhancing energy saving intensity, accelerating industrial restructuring, developing low-carbon technologies and more natural gas and new energy utilization.

**Key words:** energy consumption; carbon emission; peak goal; Guangzhou

## 0 前 言

确定积极合理可实现的碳排放峰值目标是应对气候变化的战略选择, 也有利于促进经济发展方式向绿色低碳转型, 实现可持续发展。近期我国承诺在 2030 年左右达到峰值并争取尽早达峰, 为努力实

现这个目标, 全国不同地区根据自己的实际情况提出了相应的峰值目标, 为全国碳排放达峰奠定基础。广州市作为低碳试点城市之一, 试点建设涉及经济社会、资源环境等多个领域, 目前广州虽进入工业化后期 (三产比重为 65%<sup>[1]</sup>), 但投资项目驱动、外贸加工依赖、资源环境破坏的经济发展模式仍未改

\* 收稿日期: 2015-09-29 修订日期: 2015-12-15

基金项目: 中国清洁发展机制基金赠款项目

† 通信作者: 廖翠萍, E-mail: liaocp@ms.giec.ac.cn

变。制定合理的峰值目标，可倒逼广州探索建立适合自己发展阶段的低碳发展模式，通过低碳对接国际经济产业转移与创新提升。此外，广州市一次能源资源匮乏，煤炭、石油、燃气全部依赖外调。控制碳排放峰值可以倒逼能源结构调整、减少能源对外部调入的依赖，同时有助于缓解广州脆弱的生态环境压力。

## 1 碳排放达峰的一般规律

碳排放问题是一个新的经济现象和地学现象，影响其达峰的因素众多。总体上来说，一个区域何时达到碳排放峰值与当地社会发展阶段、经济发展模式和用能方式紧密相关。但新增一个高耗能项目，公民节能环保意识的转变甚至对一个节能低碳产品的支持都会对整个碳排放峰值产生影响。世界上部分发达国家已跨越碳排放峰值，路径不同，各国碳排放达峰时的主要参数见表 1。可以看出，一般而言一国的碳排放强度峰值、人均 CO<sub>2</sub> 排放峰值和

碳排放总量峰值会先后依次出现，碳排放强度峰值可能出现反复现象（如日本），当人口增速很低（德国当时为 0.7%），人均 CO<sub>2</sub> 排放峰值和碳排放总量峰值可能同时出现。碳排放峰值可早于能源消费峰值提前达到（如英国）。

碳排放峰值一般出现在经济增长速度较低、人均 GDP 较高时。一个国家碳排放量增长率可以近似表示为该国的 GDP 年增长率与碳强度年下降率之差，当 GDP 年增长率大于碳强度年下降率时，一个国家的碳排放总量处于增加阶段。发达国家碳排放达峰时 GDP 年增长率不超过 3%，而此时人均 GDP 也相对较高。此外，由于城市化工业化阶段的能源消费特征是增长快和能源需求刚性，经济快速增长会推动城市化进程，城市化进程会提高整体能源消费水平，由于城市化与工业化基本同步，城市化进程中的工业化特征体现为高耗能产业迅速发展，也意味着能源消费较快。所以，社会发展阶段到达工业化后期是碳排放达峰的一个前提。

表 1 各国碳排放达峰时的主要参数比较<sup>[1]</sup>

Table 1 Comparison of main parameters of national carbon emission peak

国家	碳排放强度峰值出现的年份	人均碳排放峰值年份	碳排放总量峰值年份	能源消费总量峰值年份	工业部门终端能耗峰值年份	人均碳排放峰值水平/(t/人)
美国	1917	1973	2007	2007	1973	22.2
英国	1883	1973	1975	2001	1973	11.7
德国	1917	1980	1980	1985	1973	13.4
日本	1917, 1973	2005	2007	2004	1973	9.5

## 2 现有碳排放峰值研究方法

碳排放峰值模型是对碳排放趋势进行模拟预测，属于能源经济环境系统模型。现有的碳排放峰值模型主要有：EKC 模型、STIRPAT 模型、最优经济增长模型、CGE 模型、LEAP 模型、MARKAL-MACRO 模型和 IPAC 模型等<sup>[3-9]</sup>。此外，有关能源强度、能源需求、能源结构模拟预测的模型都可被应用到碳排放峰值建模当中。

在选择模型或建模过程中，需要注意：（1）尽量避免使用统计模型。因为统计模型是对历史统计规律的总结，而碳排放预测是一个新的经济现象和地学现象，过去的无法完整反映这一特征，依靠统计模型很可能导致局部经验规律抹杀事物发展的本来真相，导致错误。（2）建模过程中保证经济

增长是重要的前提。这是因为碳排放趋势最大决定因素是经济增长需求，经济增长决定了碳排放的需要。仅仅从技术进步可能性预测未来碳排放趋势以及考虑减排可能性是不科学的<sup>[10]</sup>。（3）模型中的弹性、参数需要根据当地情况进行校准，取值会对结果造成很大影响，地方在研究各自碳排放峰值时需要把更多的精力放在这些模型之外的实际调研工作当中。总结来说，构建模型来预测碳排放峰值是必要的。但即使采用复杂的能源、环境和经济耦合模型，也只是对未来各种政策下的发展趋势和情景进行模拟，难以进行准确的预判。我们研究碳排放峰值目标，是为了探究一个可行的紧迫的减排目标，并以此为导向，“倒逼”现有的经济社会发展方式向绿色低碳发展<sup>[2]</sup>。

### 3 广州市碳排放现状及驱动因素

广州市终端能源消费主要由煤炭、油品和电力构成,由于资源贫乏,本地区能源消费需求主要靠能源的外省调入和国外进口来满足。根据历年《广州统计年鉴》各类能源消费数据,参考《广东省企业二氧化碳排放信息报告指南(试行)》中的排放因子,广州市2013年碳排放为15 123万t。由此,2013年碳排放强度为1.13 t/万元,人均碳排放达11.7 t,详见表2。

为评估广州市碳排放主要驱动因素,利用对数平均 Divisia 因素分解法(LMDI)分解技术<sup>[11]</sup>对广州市产业碳排放进行分解,结果如表3和表4所示。根据乘法分解方法,2005年到2013年,广州市三

次产业碳排放增长1.46倍。其中,经济增长导致碳排放增长1.88倍。其次是人口规模,其导致碳排放增长1.35倍。这两个因素促进了碳排放的增加。能源强度下降使碳排放保持在原来的0.67倍的水平上。广州市产业结构及能源结构的调整也减缓了碳排放的增加,分别使碳排放保持在原先的0.922倍和0.926倍水平。根据加法分解方法,2005年到2013年,广州市三次产业碳排放量增加了4 768万t。由经济增长因素增加碳排放7 953万t,贡献率为166.7%。由人口增长因素增加碳排放3 814万t,贡献率为79.9%。由产业结构和能源结构因素分别减少碳排放1 021万t和963万t,贡献率分别为-21.4%和-20.2%。由能源强度下降因素减少碳排放5 014万t CO<sub>2</sub>,贡献率为-105%。

表2 广州市碳排放现状

Table 2 Carbon emissions in Guangzhou

年份	GDP (亿元, 2005年价)	终端能源消费量 /万t标煤	碳排放总量 /万t	碳排放强度 /(t/万元)	人均碳排放 /(t/人)
2005	5 154.2	3 913	10 355	2.00	10.9
2010	9 713.3	5 911	12 956	1.33	11.2
2013	13 331.7	6 862	15 123	1.13	11.7

表3 2005-2013年广州市产业碳排放因素分解(乘法)

Table 3 Decomposition of Guangzhou's industrial carbon emissions from 2005 to 2013 (multiplication)

	时间	人口规模	人均GDP	产业结构	能源强度	碳排放强度
乘法	2005-2010	1.34	1.40	0.96	0.76	0.91
	2010-2013	1.02	1.35	0.96	0.88	1.01
	2005-2013	1.35	1.88	0.92	0.67	0.93

表4 2005-2013年广州市产业碳排放因素分解(加法)

Table 4 Decomposition of Guangzhou's industrial carbon emissions from 2005 to 2013 (addition)

时间	碳排放变化 / 万t					贡献率 / %				
	人口规模	人均GDP	产业结构	产业能源强度	碳排放强度	人口规模	人均GDP	产业结构	产业能源强度	碳排放强度
2005-2010	3 358	3 943	-423	-3 226	-1 051	129	151.6	-16.2	-124	-40.4
加法 2010-2013	229	4 187	-583	-1 817	-83	11.8	216.6	-30.2	-94	-4.3
2005-2013	3 814	7 653	-1 021	-5 014	-963	79.9	166.7	-21.4	-105	-20.2

因此,经济增长和人口规模是促进广州市碳排放的两个主要因素。经济增长是最重要的影响因素,“十一五”和“十二五”期间贡献率分别为151.6%和216.6%。“十二五”以来广州市人口增长趋缓,年均增速为0.6%,因此贡献率下降为11.8%,未来

人口增长将不会是碳排放增长的主要影响因素。产业结构、能源强度和单位能耗的碳排放强度都是减缓广州市碳排放的影响因素,其中能源强度的减排贡献度最大。考虑到经济增长对广州市碳排放的重要影响作用,下面分高、低两个经济增速情景对广

州市未来的碳排放趋势进行预测。

#### 4 广州市碳排放达峰的情景分析

“十一五”期间，广州市地区生产总值年平均增长13.5%，而“十二五”前半期平均为11.1%，2014年和2015年降为8.6%和8.3%，由此“十二五”广州市地区生产总值年均增速为10%，与“十一五”相比下降了3.5个百分点。近年我国经济增速放缓，步入新常态，广州市经济发展也过渡到中速发展阶段，考虑到经济增长的不确定因素，设置高、低两个增速情景，如表5所示。

本文认为，能源强度下降是技术进步和产业结构调整共同作用的结果。如果经济产出因技术进步存在

随时间增加的指数增长，那么能源强度也存在随时间增加的指数下降趋势。广州市一产和三产能源强度下降速率较小，2013年分别保持在0.54 t标煤/万元和0.35 t标煤/万元左右。二产能源强度由1.15 t标煤/万元下降到0.64 t标煤/万元，呈指数递减趋势，拟合结果为： $y = 1.222e^{-0.065t}$  ( $R^2 = 0.9995$ )，式中 $t$ 指时间，以2005年为第一年，即 $t = 1$ ，以此类推。总体上看，广州市能源强度下降明显，由2005年的0.76 t标煤/万元降到2013年的0.52 t标煤/万元，呈指数递减趋势，拟合结果为： $y = 0.7897e^{-0.042t}$  ( $R^2 = 0.9992$ )。据此趋势，2020年和2030年将分别达到0.4 t标煤/万元和0.28 t标煤/万元左右，如表6所示。由此，广州市未来能源需求量如表7所示。

表5 广州市社会经济发展现状及预测

Table 5 Social economic development in Guangzhou and forecast in future

年份	高增速情景		低增速情景	
	地区生产总值/亿元	GDP 年均增长率/%	地区生产总值/亿元	GDP 年均增长率/%
2005	5 154.23	/	5 154.23	/
2010	9 708.30	13.5	9 708.30	13.5
2015	1 5635.30	10.0	15 635.30	10.0
2020	22 446.50	7.5	20 923.57	6.0
2025	30 038.50	6.0	26 074.58	4.5
2030	38 337.58	5.0	30 227.58	3.0

表6 广州市产业能源强度现状及预测 (单位: t/万元)

Table 6 Industrial energy intensity in Guangzhou and forecast in future (unit: t / 10<sup>4</sup> yuan)

年份	能源强度	一产能源强度	二产能源强度	三产能源强度
2005	0.76	0.53	1.15	0.38
2010	0.61	0.55	0.82	0.37
2013	0.52	0.54	0.64	0.35
2020	0.40	0.53	0.42	0.32
2025	0.32	0.52	0.33	0.30
2030	0.28	0.50	0.21	0.26

表7 广州市能源消费现状及未来能源需求量 (单位: 万 t 标煤)

Table 7 Energy demand in Guangzhou and forecast in future (unit: 10<sup>4</sup> tce)

年份	高增速情景	低增速情景
2005	3 917	3 917
2010	5 922	5 922
2015	7 817	7 817
2020	8 978	8 369
2025	9 612	8 545
2030	10 734	8 668

不同能源品种的碳排放系数存在很大的差异，根据《广东省企业二氧化碳排放信息报告指南(2014版)》提供的排放因子，单位低位发热量的油品和天然气的碳排放分别是煤炭的76.2%和58%，外购电排放是本地燃煤发电的84.85%。还有广州市本地发展的新能源对广州市碳排放达峰有重要作用。在能源需求持续增长的情况下调整能源结构是实现碳排放峰值的重要途径。因此，需要考虑各品种能源消费量在总能源消费中所占的比例，即考虑能源结构对最终碳排放的影响。广州市主要品种能源消费

现状如下。

煤,广州市煤炭消费总量已经达到峰值。2010年煤炭消耗 2 134 万 t, 2013 年降低至 1 989 万 t, 年均下降 50 万 t。其中发电用煤基本保持不变, 在 1 000 万 t 左右。2013 年广州市燃煤电厂平均发电煤耗约为 306 g 标煤/(kW·h), 根据《广州燃煤电厂超洁净排放改造工作方案》, 随着燃煤电厂升级改造的推进, 2020 年可达到 300 g 标煤/(kW·h)。到 2020 年广州电力自给率将从 40% 提高到 50% 左右, 燃煤发电占本地装机比例从 78% 下降到 60%。

天然气, 广州市天然气消费量正快速增加。其中, 发电用天然气约 12 亿 m<sup>3</sup>, 根据《广州市热电联产及分布式能源发展规划》, 2020 年将完成热电联产项目 78 MW, 分布式能源项目 1 281 MW, 新增天然气耗量 25 亿 m<sup>3</sup>。生活用气从 2010 年的 6 亿 m<sup>3</sup> 增长到 2013 年的 12 亿 m<sup>3</sup> 左右, 年均增长率为 30% 左右。

油, 油品消费量也在缓慢增加。2011 年到 2013 年广州市油品消费年均增长率为 5.8% 左右, 2013 年消费总量达到 2 500 万 t 标煤左右。按此增速, “十三五” 期间将突破 3 000 万 t 标煤。

水能, 广州市有非统调地方水电厂上百座, 装机容量 167 MW, 2013 年发电量为 5.23 亿 kW·h。未来广州市水电发展潜力不大。

太阳能, 广州市现有 10 kV 上网光伏电站一座,

装机容量 1.41 MW。根据《广州市分布式光伏发电发展规划》, 2015 年前规划装机容量约 800 MW, 2020 年前规划装机容量约 1 200 MW。根据广州市全年平均日照时数为 1 581.3 h, 2 000 MW 光伏发电装机完成后, 年上网电量为 19.2 亿 kW·h。

电力, 广州市 2013 年用电总量为 710.7 亿 kW·h, “十二五” 以来年均增速为 3.5%。当前电力自给率为 40% 左右, “十三五” 期间自给率是进一步提高还是降低, 将对广州市的碳排放总量产生很大影响, 后文将分情景分析。

考虑设置三个情景:

(1) 基准情景。保持煤炭当前消费总量不变, 新能源发展规模也保持不变; 油品、天然气、外购电消费按当前增速增长。

(2) 政策情景。减少煤炭消费总量; 控制油品消费增速, 在 2020 年左右达峰随后缓慢下降; 大力发展天然气, 努力提高天然气占比; 提高外购电占比; 依规划发展本地新能源装机容量(主要是光伏), 提高占比。

(3) 强化政策情景。进一步减少煤炭和油品两种化石能源消费总量; 加快天然气发展步伐; 进一步提高外购电占比和本地新能源装机容量。

不同经济增速下分情景的能源结构参数设置值见表 8 和表 9, 相应的碳排放总量变化趋势如图 1 和图 2。

表 8 高经济增速下的能源结构参数设定表(单位: 万 t 标煤)

Table 8 Energy structure parameter under high speed economic growth (unit: 10<sup>4</sup> tce)

情景	年份	煤	油	天然气	外购电	其他(其中: 新能源)	总量
现状	2013	2 016	2 490	253	1 312	790 (103)	6 862
	2015	2 016	2 900	495	1 616	790 (103)	7 817
	2020	2 016	3 306	713	2 153	790 (103)	8 978
基准情景	2025	2 016	3 606	900	2 300	790 (103)	9 612
	2030	2 016	4 328	1 100	2 500	790 (103)	10 734
	2020	1 800	3 200	900	2 228	850 (160)	8 978
低碳情景	2025	1 600	3 100	1 200	2 822	890 (200)	9 612
	2030	1 400	3 000	1 400	3 944	940 (250)	10 734
	2020	1 800	3 000	1 000	2 328	850 (160)	8 978
强化低碳情景	2025	1 500	2 900	1 300	2 972	940 (250)	9 612
	2030	1 300	2 800	1 500	4 144	990 (300)	10 734

注: 广州市消费量较大的能源品种为煤炭、焦炭、汽油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气和外购电力, 其他项是这些能源品种消费总量与广州市能源消费总量的差值, 主要包括其他消费量很少的煤制品、油品和热力。本文认为这个差值在未来保持不变。

表 9 低经济增速下的能源结构参数设定表 (单位: 万 t 标煤)

Table 9 Energy structure parameter under low speed economic growth (unit: 10<sup>4</sup> tce)

情景	年份	煤	油	天然气	外购电	其他 (其中: 新能源)	总量
现状	2013	2 016	2 490	253	1 312	790 (103)	6 862
	2015	2 016	2 900	495	1 616	790 (103)	7 817
基准情景	2020	2 016	3 000	713	1 850	790 (103)	8 369
	2025	2 016	3 050	763	1 926	790 (103)	8 545
	2030	2 016	3 100	776	1 986	790 (103)	8 668
	2020	1 800	3 000	700	2 019	850 (160)	8 369
低碳情景	2025	1 600	2 800	800	2 475	870 (180)	8 545
	2030	1 400	2 800	900	2 678	890 (200)	8 668
强化低碳情景	2020	1 800	2 800	800	2 119	850 (160)	8 369
	2025	1 500	2 600	1 000	2 555	890 (200)	8 545
	2030	1 300	2 500	1 200	2 738	930 (240)	8 668

注: 广州市消费量较大的能源品种为煤炭、焦炭、汽油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气和外购电力, 其他项是这些能源品种消费总量与广州市能源消费总量的差值, 主要包括其他消费量很少的煤制品、油品和热力。本文认为这个差值在未来保持不变。

在高经济增速下, 广州市能源需求总量大, 并且在快速增加。由于广州市资源匮乏, 本地可发展新能源规模有限, 因此只有通过加大煤、油、气、电的外购量来满足未来的能源需求增量。要尽早实现碳排放峰值, 原则是减少煤、油两种化石能源的消费量, 增大天然气和外购电的消费比例。但从图 1 的结果来看, 三种情景下广州市的碳排放总量至 2030 年都未达到峰值, 基准情景下 2030 年的碳排放总量约为 2.2 亿 t CO<sub>2</sub> 当量, 即使在强化政策情景下, 如此大规模地购入天然气和电力也只是将总量降低至 2 亿 t 左右, 而无法实现峰值。

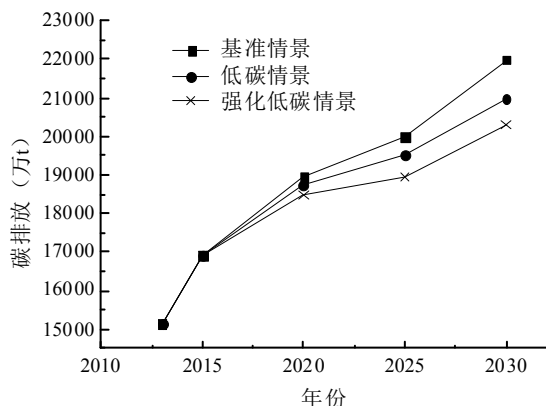


图 1 高经济增速下分情景碳排放总量趋势  
Fig. 1 The trend of carbon emissions under high speed economic growth in Guangzhou

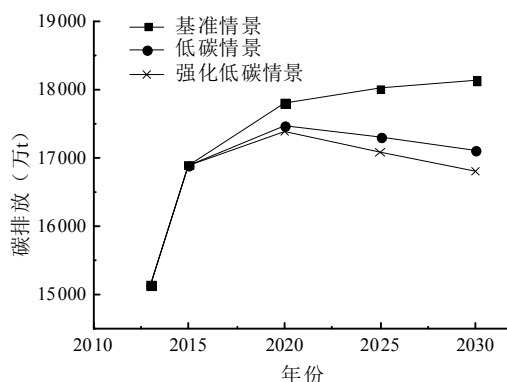


图 2 低经济增速下分情景碳排放总量趋势  
Fig. 2 The trend of carbon emissions under low speed economic growth in Guangzhou

而在低经济增速情景下, 虽然广州市能源消费总量仍在增加, 但增量很小。适当进行能源消费结构的优化, 便可在 2020 年左右基本保持碳排放总量不变甚至下降。基准情景下, 广州市到 2030 年仍未达碳排放峰值, 2030 年碳排放总量约达到 1.81 亿 t; 政策情景下, 广州市在 2020 年左右实现碳排放峰值, 峰值量为 1.76 亿 t 左右; 强化政策情景下, 峰值量进一步降低至 1.74 亿 t。

## 5 结 论

(1) 一个城市的碳排放何时能达峰值与当时的经济增速紧密相关。发达国家达峰时经济增长缓慢

( $<3\%$ ), 能源消费量基本趋于稳定。就广州而言, 未来通过技术进步和产业结构调整等手段, 可实现的能源强度年下降率大约为  $3\% \sim 4\%$ , 当经济增速超过  $4\%$  时, 能源消费总量将持续增加, 此时要实现碳排放达峰, 需要付出更大的努力, 也面临更大困难。从上文的分析结果来看, 高经济增速下广州市至 2030 年仍未达到碳排放峰值。

(2) 能源结构的低碳化是实现碳排放达峰的重要保障。主要为控制煤炭和油品两种化石能源的消费总量, 努力增加天然气和电力消费占比, 大力发展新能源。但广州市本地可发展的新能源十分有限, 主要是分布式光伏, 根据规划到 2020 年能替代 60 万 t 标准煤左右, 体量很小。广东省正在扩大西电购入量, 新增核电装机容量, 未来广州市外购电排放因子将逐步降低, 通过提高外购电占比是广州市满足未来新增电力需求和降低碳排放总量的一个重要手段。

(3) 进行上述讨论的重要前提是, 到 2020 年广州市能源强度达  $0.4 \text{ t/万元}$ , 2030 年达到  $0.28 \text{ t/万元}$ 。这是两个很合理的取值, 分别比 2005 年的能源强度下降了  $47.4\%$  和  $63\%$ 。为保证这个能源强度下降幅度, 需要: ①引导合理的能源消费需求, 加大节能力度, 抑制能源服务的极速扩张; ②优化调整经济结构和工业结构, 选择节能型的消费结构; ③加快技术研发和创新, 推进终端用能部门能源效率水平的提高。

(4) 总体而言, 在经济增速趋缓的形势下, 若积极引导合理的能源消费需求, 加大节能力度; 加快产业转型, 大力发展低碳技术; 大力发展天然气和新能源, 广州市便可在 2020 年左右达到碳排放峰值。广州市实现碳排放峰值的重点和难点在于能源需求总量在持续增长, 而作为一个大都市, 自身可发展的新能源体量十分有限, 优化能源结构的方式只能依靠提高天然气和外购电量。未来广州市能否实现碳排放尽早达峰可能还得看居民生活方式的转变情况, 以及其转型升级的步伐。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2014 广州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [2] 何建坤.  $\text{CO}_2$  排放峰值分析: 中国的减排目标与对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2013.12.001.
- [3] YORK R, 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): 351-365. DOI: 10.1016/S0921-8009(03)00188-5.
- [4] 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): 27-36.
- [5] 朱永彬, 王铮, 庞丽, 等. 基于经济模拟的中国能源消费与碳排放高峰预测[J]. 地理学报, 2009, 64(8): 935-944. DOI: 10.3321/j.issn:0375-5444.2009.08.004.
- [6] 岳超, 王少鹏, 朱江玲, 等. 2050 年中国碳排放量的情景预测——碳排放与社会发展 IV [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(4): 517-524.
- [7] 迟春洁, 于渤, 张弛. 基于 LEAP 模型的中国未来能源发展前景研究[J]. 技术经济与管理研究, 2004(5): 73-74. DOI: 10.3969/j.issn.1004-292X.2004.05.038.
- [8] 周伟, 米红. 中国能源消费排放的  $\text{CO}_2$  测算[J]. 中国环境科学, 2010, 30(8): 1142-1148.
- [9] 姜克隽, 胡秀莲, 庄幸, 等. 中国 2050 年的能源需求与  $\text{CO}_2$  排放情景[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(5): 296-302. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1719.2008.05.008.
- [10] 王铮, 朱永彬, 王丽娟, 等. 中国碳排放控制策略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [11] 郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(12): 4-9. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2010.12.002.

## 作者简介:

孙 维 (1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事低碳技术与政策方面的研究。

余卓君 (1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事低碳技术与政策相关模型研究。

廖翠萍 (1966-), 女, 博士, 研究员, 硕士生导师, 主要从事能源经济与政策方面的研究。