

广东省能源消费碳排放分析及碳排放强度影响因素研究

田中华*,杨泽亮,蔡睿贤 (华南理工大学电力学院,广东 广州 510640)

摘要: 根据省级能源统计和温室气体核算规则,计算分析了 2005~2012 年广东省能源消费碳排放和碳排放强度变化,并应用对数平均迪氏指数法对计算期的碳排放强度变化进行因素分解,定量分析了各产业(部门)能耗强度、产业结构、能源消费结构和能源碳排放系数对广东省碳排放强度变动的影响.结果表明:2005~2012 年,广东省能源消费 CO₂ 排放量年均增长 6.28%,单位 GDP 碳排放累计下降 27%,各产业(部门)能耗强度下降是推动碳排放强度下降的主要原因;净外购电力的碳排放系数下降及用作原材料石油消费比重上升也有利于单位 GDP 碳排放下降;产业结构和能源消费结构总体上朝着不利于碳排放强度下降的趋势发展;生活能源消费年均增速低于 GDP 年均增速,有利于地区碳排放强度下降.

关键词: 广东; 能源消费; 碳排放强度; 因素分解

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2015)06-1885-07

Analysis of Guangdong carbon emissions from energy consumption and the driving factors of its intensity change.

TIAN Zhong-hua*, YANG Ze-liang, CAI Rui-xian (School of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China). *China Environmental Science*, 2015,35(6): 1885~1891

Abstract: Based on the provincial energy statistics and the rules of greenhouse gas (GHG) accounting, the CO₂ emissions and its carbon intensity change from energy consumption in Guangdong Province in the period of 2005 to 2012 were analyzed in this study. Using the method of Logarithmic Mean Divisia Index, the driving factors that were behind the intensity change were investigated, which included the sectoral energy intensity, industrial structure, energy consumption structure and carbon emission co-efficients. Results showed that Guangdong's CO₂ emissions from the energy use increased by 6.3% annually, while the carbon intensity (by unit GDP) decreased 27% during the period. The CO₂ intensity decrease should be attributed mainly to the declining of the energy consumption intensity across the industrial sectors. Other factors that contributed to the CO₂ intensity reduction included the drop of the carbon content of the net imported electricity and the increased share of the petroleum consumption that was used as raw material. Other factors such as the industrial structure and the energy structure, were developed in a direction that lifts the CO₂ intensity of the province, while the factor of the household energy consumption contributed the opposite, with a growth rate lower than that of the GDP.

Key words: Guangdong; energy consumption; CO₂ emissions intensity; driving factor analysis

2009 年,我国提出 2020 年单位国内生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 40%~45%作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划,并制定相应的统计、监测、考核办法.广东省作为国家低碳试点省份,提出 2020 年全省单位生产总值 CO₂ 排放比 2005 年降低 45%以上的总目标.因此,以 2005 年为基准期,分析广东省 CO₂ 排放强度变化动态和影响因素是非常必要.

目前,全国层面的碳排放研究文献较多^[1-2],从区域层面开展有关省市的碳排放研究也逐渐成为热点^[3-6],刘继森等^[7]对广东经济增长与碳排

放之间的关系进行回归分析;宋佩珊等^[8]采用结构分解法对广东能源消费碳排放增长进行因素分析;苟少梅等^[9]、陈铭泽等^[10]分别采用 LMDI 方法分析了能源结构、能源效率和经济发展对广东省碳排放的影响及作用程度.与国家层面的研究相比,针对广东的研究在数据计算方法和准确性以及因素分解的深度方面都有待加强.

收稿日期: 2014-10-16

基金项目: 英国外交部中国繁荣项目基金“协助中国省市节能减排能力建设”;能源基金会(G-1309-18987)

* 责任作者,高级工程师, zhtian80@hotmail.com

准确的碳排放计算是开展碳排放研究的基础.与 2011 年国家发展和改革委员会印发的《省级温室气体清单编制指南(试行)》^[11]规定的原则相对照,已有的研究主要有以下不足:一是根据《广东能源统计年鉴》^[12]中的一次能源消费量计算碳排放.该统计口径仅考虑以一次能源形式消费的量,包括原煤、原油、天然气和一次电力(省内非火力发电和净外购电力),仅占全省能源消费总量的 80%左右,以此计算得出的碳排放数据明显偏低;二是以《中国能源统计年鉴》^[13]的广东能源平衡表(实物量)计算,未计算电力调入调出的碳排放,也未扣除用作原材料消耗的能源.广东省净外购电量已占全社会用电量的 25%左右,用作原材料的石油制品占工业石油消费量的 41%,忽略这两个因素,不能科学反映广东省的实际情况,得出的数据也与国家考核广东省单位 GDP 碳排放下降的数据有明显偏差.在分析内容方面,已有的研究多是针对碳排放增长的加法分解,没有对单位 GDP 碳排放变动的乘法分解,针对产业部门和居民生活能源消费的没有考虑电力和热力的间接碳排放,缺乏碳排放强度变动的深入分析.

对数平均迪氏指数分解法(LMDI)具有分解结果没有残差项等优点,在碳排放研究中被广泛应用^[14].本文根据文献[11]规定的原则,在科学计算 2005~2012 年广东省能源消费 CO₂ 排放的基础上,选取 LMDI 分解法开展碳排放强度的因素分解,并尝试在以下几个方面深化因素分解分析:一是根据能源统计归口,分别考虑产业部门(第一产业、工业、建筑业和第三产业)和居民生活(部门)的能源消费对广东省碳排放的影响因素.二是在能源种类方面,根据能源平衡表 30 种能源的来源,将其分为煤炭、石油、天然气、其他能源和净外购电力来分析,可以更为科学评估各产业(部门)能源消费结构变化.三是深入分析了各产业部门对单位 GDP 碳排放变动的能耗强度、产业结构、能源消费结构和能源碳排放系数的影响因素以及对应的政策和技术措施.

1 能源消费碳排放计算方法及数据来源

1.1 碳排放总量计算方法

文献[11]明确了省级能源消费碳排放应包括省区市境内不同燃烧设备燃烧不同化石燃料的活动与电力调入(出)CO₂间接排放之和,计算如下:

$$C = C_D + C_P \quad (1)$$

式中: C 为能源消费 CO₂ 排放量,t; C_D 和 C_P 分别为省内直接 CO₂ 排放和电力调入(出)CO₂间接排放.

省内直接 CO₂ 排放计算是基于各种化石燃料的表观消费量,与各种燃料品种的单位发热量、含碳量,以及燃烧各种燃料的主要设备的平均氧化率,并扣除化石燃料非能源用途的固碳量等参数得到,公式如下:

$$C_D = \sum_m (E_{Bm} - E_{Mm}) \cdot N_m \cdot A_m \cdot O_m \cdot \frac{44}{12} \quad (2)$$

式中: E_{Bm} 为第 m 种燃料的表观消费量,t 或 m³; E_{Mm} 为第 m 种燃料的非能源用途的固碳量(即用作原材料的消耗量),t 或 m³. N 为燃料的平均低位热值,GJ/t 或 GJ/m³; A 为燃料的单位热值含碳量,tC/TJ; O 为燃料的碳氧化率,%;44/12 为碳到二氧化碳的换算系数.

根据《能源统计报表制度》^[15]的规定:各种能源表观消费量等于加工转换损失量(投入量减去产出量)、运输和输配损失与终端消费量之和.除火力发电和供热是由燃料燃烧的热能转化为电能和热能,其他加工转化过程多为燃料的物理分选和提炼,燃烧量很小,可忽略不计;因此在计算碳排放时,某能源的表观消费量的加工转换损失量只计算火力发电和供热投入量.运输和输配损失的能源由于没有发生燃烧,不计碳排放.终端消费部门是能源消费的主体,分为第一产业、第二产业(工业和建筑业)、第三产业和生活消费 4 个部门.在终端能源消费量中,焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气、以及热力等回收能行对应的消耗来自回收过程,为避免重复计算,予以减去.化石燃料非能源用途的固碳量是指工业用于原料和材料的能源,没有以燃烧的形式将碳排放到大气中,而是固定到产品中,在计算碳排放时予以减去.

电力调入调出所带来的 CO₂ 间接排放量等于省区市境内电力调入或调出电量、乘以该调入或调出电力所属区域电网平均 CO₂ 排放因子.广东是所在南方电网的最大受电端,是电力净购入

省份, CO₂ 间接排放计算如下:

$$C_p = Q_{ep} \times EF_{\text{south}} \quad (3)$$

式中: Q_{ep} 为净外购电量, MW·h; EF_{south} 为南方电网平均 CO₂ 排放因子, tCO₂/(MW·h).

1.2 分产业(部门)碳排放计算

地区能源消费是由生产性消费和居民生活消费组成, 生产性消费按产业可划分第一、二、三产业, 第二产业包括工业和建筑业, 考虑工业占全社会能耗比重最大, 本文在分析时, 将工业、建筑业与第一、三产业并列分析.

电力和热力最终由各产业和居民生活消费, 分产业(部门)碳排放等于终端消费直接排放与消费的电力和热力的间接排放之和, 广东省能源平衡表共涉及 30 种能源, 根据其来源, 可将 30 种能源进一步合并为煤炭、石油、天然气、外购电力及其他能源, 各产业(部门)对应的碳排放计算公式下:

$$C_{ji} = C_{di} + Q_j \cdot \alpha_i + H_j \cdot \beta_i \quad (4)$$

式中: C_{di} 为第 j 产业(部门)消费的煤炭、石油、天然气和其他能源引起的直接 CO₂ 排放量, 不同种类的能源用下标 i 代表. Q_j 为第 j 产业(部门)的电力消费量, α_i 为单位全社会用电量对应的煤炭、石油、天然气、其他能源和净外购电力的 CO₂ 排放. 单位全社会用电量对应的煤炭、石油、天然气的 CO₂ 排放分别等于火力发电投入的煤炭、石油、天然气的 CO₂ 排放量除以全社会用电量; 其他能源等于 0. 单位全社会用电量对应的净外购电力引起的间接 CO₂ 排放等于净外购电力折算的 CO₂ 排放量除以全社会用电量. H_j 为第 j 产业(部门)的热力消费量, β_i 为单位供热量对应的煤炭、石油、天然气和其他能源的 CO₂ 排放量, 等于供热投入的第 i 种能源对应的 CO₂ 排放量除以热力产出量.

1.3 数据来源

本文计算的能源消耗数据主要来自文献[13]的广东能源平衡表(实物量).

广东省净外购电量当年数据来源于文献[13]的广东能源平衡表(实物量)中外省(区、市)调入量电力, 等于全社会用电量减去省内发电量. 2010~2012 年的南方电网平均 CO₂ 排放因子分别采用国家发展和改革委员会发布的《2010 年中

国区域及省级电网平均二氧化碳排放因子》^[16]和《2011 年和 2012 年中国区域电网平均二氧化碳排放因子》^[17]中对应年度的数据. 根据文献[16]规定的方法计算得到 2005~2009 年的南方电网平均 CO₂ 排放因子分别为 0.714、0.695、0.669、0.584 和 0.593 tCO₂/(MW·h).

终端能源消费的燃料含碳量和碳氧化率采用参考文献[11]有关数值和推荐的缺省值.

2 单位 GDP 碳排放因素分解模型

单位 GDP 碳排放(碳排放强度)计算如下:

$$CI = C / GDP = \sum_i \sum_j (EI_j \cdot S_j \cdot R_{ij} \cdot f_{ij}) \quad (5)$$

式中: CI 为碳排放强度, tCO₂/万元; GDP 采用 2010 年可比价; EI_j 为第 j 产业(部门)单位增加值能耗, tce/万元, 等于第 j 产业(部门)的能源消费量除以第 j 产业(部门)的增加值(2010 年可比价), 如果 j 表示居民生活, 则等于居民生产能源消费量除以 GDP ; S_j 为第 j 产业(部门)增加值占 GDP 比重; R_{ij} 表示第 i 种能源消费占第 j 产业(部门)能源消费的比重; f_{ij} 表示第 j 产业(部门)的第 i 种能源的碳排放系数, 等于第 i 种能源的 CO₂ 排放量除以消费量折标准煤值(等价值), tCO₂/tce.

采用对数平均权重法(LMDI), 则第 t 与 $t-1$ 年的碳排放强度变动可分解如下:

$$\begin{aligned} \Delta CI &= CI^t - CI^{t-1} = \Delta CI_{EI} + \Delta CI_S + \Delta CI_f + \Delta CI_R \\ \left\{ \begin{aligned} \Delta CI_{EI} &= \sum_i \sum_j \omega_{ij} \times \ln \frac{EI_j^t}{EI_j^{t-1}} \\ \Delta CI_S &= \sum_i \sum_j \omega_{ij} \times \ln \frac{S_j^t}{S_j^{t-1}} \\ \Delta CI_f &= \sum_i \sum_j \omega_{ij} \times \ln \frac{f_{ij}^t}{f_{ij}^{t-1}} \\ \Delta CI_R &= \sum_i \sum_j \omega_{ij} \times \ln \frac{R_{ij}^t}{R_{ij}^{t-1}} \\ \omega_{ij} &= \frac{CI_{ij}^t \times R_{ij}^t - CI_{ij}^{t-1} \times R_{ij}^{t-1}}{\ln(CI_{ij}^t \times R_{ij}^t) - \ln(CI_{ij}^{t-1} \times R_{ij}^{t-1})} \end{aligned} \right. \quad (6) \end{aligned}$$

式中: ΔCI 为碳排放强度变化; ΔCI_{EI} 为能耗强度因素; ΔCI_S 为产业结构因素; ΔCI_R 为能源消费结

构因素; ΔCI_f 为碳排放系数因素.

各因素的贡献率计算如下:

$$\eta_k = \Delta CI_k / \Delta CI \times 100\% \tag{7}$$

式中: η_k 为产业(部门)能源强度、产业结构、能源消费结构和碳排放系数对总碳排放强度变动的贡献率.

将各产业(部门)的各因素加和并除以总的变动数,得到各产业(部门)的贡献率如下:

$$\lambda_j = \sum \Delta CI_{kj} / \Delta CI \times 100\% \tag{8}$$

式中: λ_j 为第 j 产业(部门)的对碳排放强度变动的贡献率.

3 广东省碳排放特征分析

3.1 CO₂ 排放总量

2012 年,广东能源消费 CO₂ 排放达到 5.57 亿 t,其中省内和净外购电力折算 CO₂ 排放分别为 5.02 和 0.52 亿 t.2005~2012 年,广东能源消费 CO₂ 排放年均增长 6.5%,省内和净外购电力折算 CO₂ 排放年均分别增长 6.3%和 9.1%.

2012 年终端部门、火力发电、供热和净外购电分别占排放总量的 47.4%、40.5%、2.7%和 9.4%.与 2005 年相比,终端部门和火力发电分别下降 0.78 和 2.26 个百分点,供热和净外购电分别上升 1.60 和 1.44 个百分点(图 1).

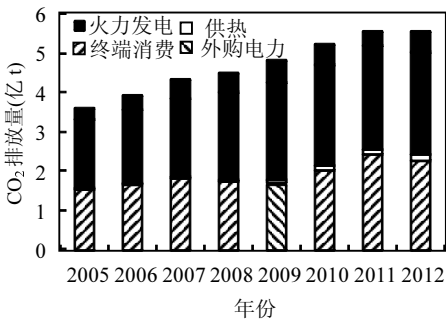


图 1 2005~2012 年广东省能源消费碳排放
Fig.1 Guangdong CO₂ emissions from energy consumption from 2005 to 2012

3.2 分产业(部门)能源消费碳排放情况

从分产业(部门)来看:工业所占比重最高,2012 年达到 62.4%,其次为第三产业,占比达

到 20.4%,居民生活占 13.0%,建筑业和第一产业分别占 2.5%和 1.7%.从 2005~2012 年变化趋势来看:工业和第一产业占比分别下降 2.6 和 1.0 个百分点,居民生活、建筑业和第三产业分别上升 1.6、1.5 和 0.5 个百分点(图 2).

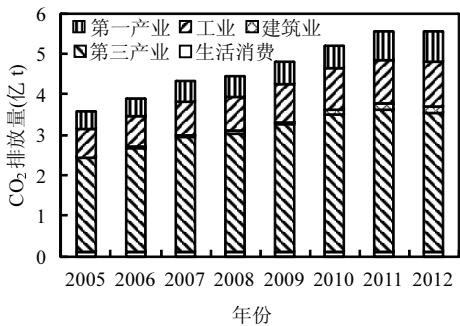


图 2 2005~2012 年广东省分产业部门碳排放
Fig.2 Guangdong CO₂ emissions from energy consumption presented by industrial segments and household from 2005 to 2012

3.3 单位 GDP 碳排放

以 2010 年可比价 GDP 计算,2012 年广东省单位 GDP 碳排放为 1.01tCO₂/万元,比 2005 年下降 27.2%,其中“十一五”期间累计下降 18.6%,2011~2012 年分别下降 3.0%和 7.7%.

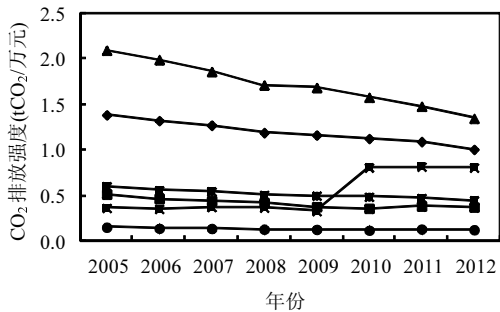
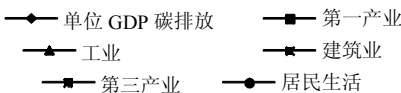


图 3 2005~2012 年广东省能源消费碳排放强度
Fig.3 Guangdong CO₂ emissions intensity presented by industrial segments and household from 2005 to



从 2012 年产业(部门)碳排放强度来看:工业最高,达到 1.35tCO₂/万元;其后依次为:建筑业

0.81tCO₂/万元;第三产业 0.45tCO₂/万元;第一产业 0.38tCO₂/万元.单位 GDP 居民生活能源消费 CO₂ 排放为 0.13tCO₂/万元.

从 2005~2012 年各产业(部门)碳排放强度变动幅度来看:工业降幅最大,达到 35.6%,其后依次为:第一产业下降 27.3%,第三产业下降 25.2%,居民生活下降 16.8%;建筑业不降反升 120%,详见图 3.

4 单位 GDP 碳排放因素分解结果及讨论

4.1 碳排放强度因素分解结果

根据式(6)计算得出 2006~2012 年广东省单位 GDP 碳排放同比变动的产业(部门)能耗强度、产业结构、能源消费结构和碳排放系数以及累积效应见表 1.

2012 年,广东省单位 GDP 碳排放比 2005 年下降 0.378tCO₂/万元,其中各部门能耗强度变动累计推动碳排放强度下降 0.376tCO₂/万元,贡献率达到 99.5%.各能源碳排放系数下降累计推动碳排放强度下降 0.065tCO₂/万元,贡献率达到 17.2%.产业结构变动推动碳排放强度累计上升了 0.052tCO₂/万元,对碳排放强度下降的贡献率达到-13.8%.能源消费结构变动推动碳排放强度累计上升 0.011tCO₂/万元,对碳排放强度下降贡献率达到-2.9%,各因素贡献率详见图 4.

从分产业(部门)来看:2005~2012 年,工业、第三产业、生活用能、第一产业和建筑业对广东碳排放强度下降的贡献率分别为 71.7%、18.6%、7.1%、5.5%和-2.9%,详见图 5.

工业对广东省碳排放强度下降贡献最大,从工业的 4 个影响因素分析:单位工业增加值能耗下降对地区碳排放强度下降贡献最大,工业碳排放系数变动次之,工业结构和工业能源消费结构总体上推高了地区碳排放强度.

4.2 能耗强度因素讨论

“十一五”以来,广东省大力推进节能工作,取得了显著成效,2012 全省单位 GDP 能耗为 0.532tce/万元,比 2005 下降 23.9%.分产业来看,工业下降最快,累计降幅达到 32.2%,第三产业累计下降 23.1%,第一产业仅下降 0.24%,建筑业不

降反升 127%.

表 1 2006~2012 年广东单位 GDP 碳排放同比变动因素分解结果(×10⁻³tCO₂/万元)

Table 1 Sectoral breakdown of the driving factors to Gungdong CO₂ emissions intensity changes (year-on-year) from 2006 to 2012 (×10⁻³tCO₂/10⁴yuan)

项目	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合计
第一产业	-3	-2	0	-2	-1	1	0	-8
工业	-23	-46	-53	-38	-42	-49	-46	-298
建筑业	0	1	0	-1	15	0	0	15
第三产业	-19	-8	-10	-3	-7	-10	-6	-63
生活消费	-12	-3	-2	-2	-12	12	-3	-21
小计	-58	-59	-65	-46	-46	-46	-55	-376
第一产业	-3	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-12
工业	22	22	14	-6	16	5	-3	69
建筑业	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-4
第三产业	-1	-1	-1	2	-3	0	3	-1
生活消费	0	0	0	0	0	0	0	0
小计	17	17	11	-4	12	03	-3	52
第一产业	0	0	-1	0	0	0	0	0
工业	-3	21	-12	05	10	10	-19	13
建筑业	0	0	0	0	1	0	0	0
第三产业	0	3	-5	0	1	3	-4	-2
生活消费	0	2	-4	1	2	2	-3	-1
小计	-2	26	-21	6	14	15	-27	11
第一产业	0	0	0	0	0	0	0	-1
工业	-19	-33	-2	20	-18	-6	3	-55
建筑业	0	0	0	0	0	0	0	0
第三产业	0	-1	-2	-1	1	0	-1	-5
生活消费	0	-1	-2	-1	1	0	-1	-4
小计	-19	-35	-6	18	-17	-7	0	-65
合计	-63	-50	-82	-26	-38	-34	-84	-378

生活用能对单位 GDP 能耗下降的影响主要取决于生活用能增速与 GDP 增速的比值.2005~

2012 年,广东省居民生活用能年均增长 9.1%,比 GDP 年均增速低 2.4 个百分点.2012 年,广东省人均年生活用能达到 363.5kgce/人,与满足在合理消费水平生活条件下的人均能源消费量还有较大差距^[18],还将保持较快增长.随着经济发展进入新常态,如居民生活能源消费继续保持较高增速,将成为地区单位 GDP 能耗下降的重要阻力,必须予以足够重视.

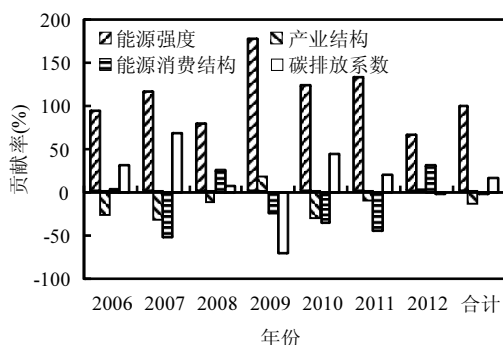


图 4 2005~2012 年各因素对广东单位 GDP 碳排放同比变动的贡献率

Fig.4 Percentage of contribution to Guangdong's carbon intensity change (year year) by the driving factors from 2005 to 2012

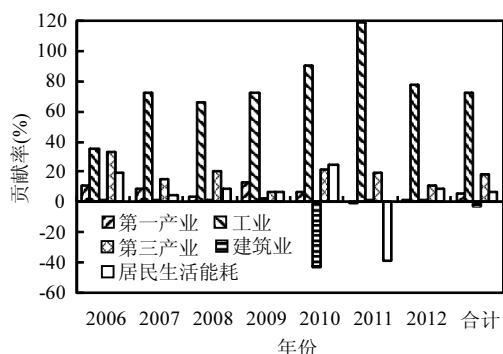


图 5 2005~2012 年各产业和居民生活能耗对广东碳排放强度同比变动贡献率

Fig.5 Percentage of contribution to Guangdong's carbon intensity change (year year) by the industrial segments and household

4.3 碳排放系数因素讨论

煤炭、石油和天然气的碳排放系数相对固定,因此,除工业石油消费因受用作原材料的能源消

费占总能源消费比重变化而变化较大外,其他行业的不同能源的碳排放系数相对固定.

2005~2012 年,工业用油品的碳排放系数累计下降 31%,主要是由于广东省石油化工行业快速发展,2012 年,用作原材料的石油制品为 1002 万 tce,占工业石油消费量的 41%,累计增长 194%.以石油化工行业的最重要基础原料乙烯产量来看,2005 年,广东省的乙烯产量仅为 56.17 万 t,2012 达到 234.74 万 t.如果广东省规划的 1 亿 t 炼油能力完全投产,将至少增加 300 万 t 的乙烯生产能力,相应增加超过 1000 万 tce 用于原材料的石油消耗,此部分消耗虽然不计算碳排放,但是对地区节能目标将形成巨大压力.

2012 年,南方电网平均 CO_2 排放因子为 $0.5271\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,比 2005 年下降 26.2%,根据当年火力发电煤耗计算,2012 年广东省净外购电力的碳排放系数为 $1.65\text{tCO}_2/\text{tce}$,比 2005 年下降 21.6%.2012 年,广东省内能源平均碳排放系数为 $2.13\text{tCO}_2/\text{tce}$,比净外购电力碳排放系数高 29%,增加净外购电力有利于广东省碳排放强度下降.但是应避免将净外购电力碳排放计算为 0,放大外购电对区域碳排放强度下降的作用,误导政策决策.

4.4 产业结构因素讨论

工业的能耗强度和碳排放强度远高于第三产业、建筑业和第一产业.2005~2012 年,广东省 GDP 年均增长 11.5%,其中第一产业、工业、建筑业和第三产业的年均增速分别为 4.1%、12.7%、7.7%、和 11.2%.工业增加值增速高于 GDP 增速,工业增加值占地区生产总值的比重总体上升,因此,三产结构变动并不利于地区能耗强度和碳排放强度下降.

在按照经济系统层次构建方式对 GDP 能耗进行逐层次分解过程中,每个层次均存在结构因素和效率因素影响.有关研究表明:2005~2012 年,广东省 39 个工业行业单位工业增加值能耗均实现了大幅下降,将各行业工业增加值能耗影响因素进一步分解,则行业内部结构调整起到了重要作用^[19].

4.5 能源消费结构因素讨论

2012 年,广东省能源消费的碳排放因子从高

到低依次为煤炭、石油、净外购电力和天然气,其他能源为 0.2005~2012 年,油品占能源消费总量比重下降了 14.5 个百分点。与此同时,煤炭、天然气、其他能源和净外购电力占能源消费比重分别上升 4.0、4.9、2.3 和 3.3 个百分点。从油品消费用途来看:用于火力发电的燃料油快速下降。2012 年,广东省火力发电燃料油消耗为 67 万 tce,比 2005 年减少 1272 万 tce,彰显了广东省大力推进“上大压小”,尤其是关停燃油机组,开展燃煤机组无油点火改造等工作的节能减排成效。总的来看,能源消费结构变化对碳排放强度下降影响程度较小,也从侧面反映了能源消费结构低碳化进程缓慢。

5 结论

5.1 2005~2012 年,能源强度下降和碳排放系数变化推动了广东省碳排放强度下降,产业结构调整和能源消费结构变化减缓了碳排放强度下降幅度。如果仅从第一产业、工业、建筑业和第三产业层面分解,得出产业结构变动不利于地区节能和碳排放强度下降。但是对工业各行业的增加值能耗进行因素分解,则各行业内部的结构调整是推动行业增加值能耗下降的重要因素。在未来制定相关节能低碳政策时,既要关注行业节能技术进步,更要加大力度推进行业内部结构调整和优化。

5.2 在现行的省级能源核算和碳排放核算规则下,应客观辩证分析净外购电力对地区节能和碳排放强度下降目标的贡献。作为原材料的能源消费并不带来碳排放,未来在制定和分析地区和企业节能和碳排放强度下降目标时,应区分对待。

5.3 2005~2012 年,工业、第三产业、生活用能、第一产业和建筑业对广东单位 GDP 能耗下降的贡献分别为 62.2%、18.8%、9.4%、8.1%和 1.5%。未来应进一步深化工业节能低碳工作,全面推进非工领域节能低碳工作,大力倡导低碳生活方式和商业模式,采取有效措施,避免生活能源消费过快增长。

参考文献:

[1] 范丹.中国能源消费碳排放变化的驱动因素研究—基于

LMDI-PDA 分解法 [J]. 中国环境科学, 2013,33(9):1705-1713.

[2] 周伟,米红.中国能源消费排放的 CO₂ 测算 [J]. 中国环境科学, 2010,30(8):1142-1148.

[3] 谢士晨,陈长虹,李莉,等.上海市能源消费 CO₂ 排放清单与碳流通图 [J]. 中国环境科学, 2009,29(11):1215-1220.

[4] 赵敏.上海市终端能源消费的 CO₂ 排放影响因素定量分析 [J]. 中国环境科学, 2012,32(9):1583-1590.

[5] 陈操操,刘春兰,汪浩,等.北京市能源消费碳足迹影响因素分析—基于 STIRPAT 模型和偏小二乘模型 [J]. 中国环境科学, 2014,34(6):1622-1632.

[6] 冯蕊,朱坦,陈胜男,等.天津市居民生活消费 CO₂ 排放估算分析 [J]. 中国环境科学, 2011,31(1):163-169.

[7] 刘继森,颜雯晶.广东省经济增长与碳排放的关系研究 [J]. 广东外语外贸大学学报, 2010,21(2):19-4.

[8] 宋佩珊,计军平,马晓明.广东省能源消费碳排放增长的结构分解分析 [J]. 资源科学, 2012,34(3):551-558.

[9] 苟少梅,王长建,张利,等.1990-2010 年广东省能源消费的碳排放驱动因素分析 [J]. 热带地理, 2012,32(4):389-394+401.

[10] 陈铭泽.基于 Divisia 分解法的碳排放因素分解研究—以广东省为例 [J]. 安徽农业科学, 2011,(1):6640-6642.

[11] 国家发展和改革委员会办公厅.省级温室气体清单编制指南(试行) [Z]. 北京:国家发展和改革委员会, 2011.

[12] 广东省统计局,国家统计局广东调查总队.广东统计年鉴 2006-2013 [M]. 北京:中国统计出版社, 2013.

[13] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴. 2006-2013 [M]. 北京:中国统计出版社, 2013.

[14] Ang B W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? [J]. Energy Policy, 2004,32(9): 1131-1139.

[15] 国家统计局.能源统计报表制度 [EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjzd/gjtjzd/201501/t20150105_663439.html.

[16] 国家发展和改革委员会应对气候变化司.2010 年中国区域及省级电网平均二氧化碳排放因子 [R]. 北京:国家发展和改革委员会, 2013.

[17] 国家发展和改革委员会应对气候变化司.2011 年和 2012 年中国区域电网平均二氧化碳排放因子 [R]. 北京:国家发展和改革委员会, 2014.

[18] 顾鹏,马晓明.基于居民合理生活消费的人均碳排放计算 [J]. 中国环境科学, 2013,33(8):1509-1517.

[19] 田中华,陈健,张磊,等.广东省单位 GDP 能耗行业分解研究 [R]. 广州:广东省节能监察中心, 2012.

作者简介: 田中华(1980-),女,河南洛阳人,高级工程师,博士,主要从事能源战略和节能低碳政策研究.发表论文 10 余篇。