

GUANGDONGSHENG SHENGTAI WENMING
Yu DITAN FAZHAN LANPISHU(2016)

广东省生态文明与低碳发展 蓝皮书(2016)

张捷 主编 傅京燕 副主编

SPM

南方出版传媒
广东人民出版社

广东省生态文明与低碳发展蓝皮书(2016)

GUANGDONGSHENG SHENGTAI WENMING
Yu DITAN FAZHAN LANPISHU

张捷 主编 傅京燕 副主编

SPM

南方出版传媒
广东人民出版社
· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

广东省生态文明与低碳发展蓝皮书. 2016 / 张捷主编. —广州: 广东人民出版社, 2016. 11

ISBN 978 - 7 - 218 - 11372 - 2

I. ①广… II. ①张… III. ①生态文明—研究报告—广东—2016 ②低碳经济—区域经济发展—研究报告—广东—2016

IV. ①X321.265 ②F127.65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 260818 号

GUANGDONGSHENG SHENGTAI WENMING YU DITAN FAZHAN LANPISHU

广东省生态文明与低碳发展蓝皮书 (2016)

张捷 主编 傅京燕 副主编

 版权所有 翻印必究

出版人: 肖风华

责任编辑: 钟菱 王红星

封面设计: 奔流

责任技编: 周杰 黎碧霞

出版发行: 广东人民出版社

地址: 广州市大沙头四马路 10 号 (邮政编码: 510102)

电话: (020) 83798714 (总编室)

传真: (020) 83780199

网址: <http://www.gdpph.com>

印刷: 广州佳达彩印有限公司

开本: 787 mm × 1092 mm 16

印张: 19 字数: 330 千

版次: 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定价: 40.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社 (020 - 83795749) 联系调换。

暨南大学资源环境

与可持续发展研究所简介

暨南大学资源环境与可持续发展研究所（IRESD）成立于2011年4月，2011年底成为广东省普通高校人文社会科学重点研究基地，是一个跨学科整合学术资源的研究平台。IRESD的主要学科支撑是暨南大学应用经济学、理论经济学及管理学等高层次学科群系。经过数年的建设，IRESD初步形成了三个稳定的研究方向：气候变化与低碳发展、区域生态文明与可持续发展、资源可持续利用与循环经济。气候变化与低碳发展方向主要研究中国华南地区低碳转型的战略规划和政策体系，碳排放权交易及其经济 and 环境影响，低碳政策设计及其对区域经济增长、能源结构、产业结构的影响，低碳政策对企业经营及其技术进步的影响，低



碳城市与低碳交通等；区域生态文明与可持续发展方向主要研究区域生态文明制度建设和政策规划，主体功能区政策与区域协调发展，生态补偿机制设计与生态服务价值评估，生态产业发展的体制机制设计等；资源可持续利用与循环经济方向主要研究资源有效利用的经济和技术政策，能源结构优化的机制和政策，循环经济与产业园区规划，清洁生产与企业社会责任等。

IRES D 的主要特色和优势是：第一，文理交叉的跨学科优势。平台的研究人员分别来自暨南大学经济学院、管理学院、产业经济研究院、城市与区域经济研究中心、环境学院、生命科学与技术学院等不同学科领域，在以跨学科研究为特点的资源环境经济学领域具有强大的学科交叉优势。2015 资环所组织申报并获批了国家社科基金重大项目“我国重点生态功能区市场化生态补偿机制研究”（首席专家张捷教授），2013 年以来获得关于碳排放权交易和水资源产业管理等政策研究国家自然科学基金面上项目 8 项；第二，国际化优势。IRES D 自建立伊始即坚持走国际化的道路，大力开展各种形式的国际合作与交流。迄今为止，平台已承担了中澳理事会、英国外交部中国繁荣战略基金（SPF）、美国能源基金会（EF）等国际合作项目。第三，服务地方经济社会发展。2012 年 10 月暨南大学与民进广东省委合作，以 IRES D 为基础，共同创建了广东低碳与可持续发展研究院，主要为广东省的低碳发展提供决策咨询服务。通过各类项目的研究和提供咨询及培训服务，IRES D 的影响力正在逐步扩大，已经成为广东省重要的环境经济及政策智库，对广东经济的转型升级和生态文明建设提供了智力支撑。

目 录

碳排放峰值研究

时间约束条件下能源消费碳排放峰值预测研究
——以广东省为例 2

广东省控排行业的碳峰值情景预测分析 50

广东省火电行业碳排放与峰值预测 66

碳排放许可市场研究

美国区域温室气体行动(RGGI)碳交易体系初始配额总量设置的
动态调整与启示 84

全国碳市场配额有偿分配的广东实证研究 100

广东碳市场流动性的测度及影响因素分析 123

广东省排污权交易有偿使用初始价格定价研究 153

生态补偿与主体功能区研究

碳汇造林成本收益与林业碳汇市场供需研究

——以广东长隆碳汇造林项目为例 182

广东省主体功能区规划配套环保政策研究 197

我国重化工业产业调整与转移对区域碳排放差异的影响

——基于偏离份额分析法的实证研究 209

文献汇编

2015 年广东国家低碳省试点工作要点 232

关于广东省主体功能区规划的配套环保政策 238

广东省环境保护条例 245

广东省 2016 年度碳排放配额分配实施方案 265

广东省 2015 年度碳排放配额分配实施方案 269

广东省 2014—2015 年节能减排低碳发展行动方案 273

广东省 2016 年节能减排工作要点 283

广东省东江水系水质保护条例 286

广东省排污许可证管理办法 292

碳排放峰值研究

时间约束条件下能源消费碳排放峰值预测研究

——以广东省为例

林金钱 张捷 谢子雄 伍亚^①

〔摘要〕首先,本文利用LMDI分解法对广东省碳排放的影响因素进行了分析,结果表明分解出的五个因素(不包括二氧化碳排放系数因素)对广东省碳排放的影响程度绝对值从大到小依次为:经济发展、能源强度、人口规模、能源结构、产业结构。在这五个因素中,经济发展为最大的促进碳排放因素,能源强度为最大的抑制碳排放因素。其次,本文基于拓展的STIRPAT模型,设定了六种情景,利用2001—2014年的数据对广东省2015—2040年的全社会碳排放进行了预测,通过对比分析发现中增长强减排情景为最优情景,该情景下广东省碳排放2025年达峰,峰值大小为6.3亿吨。再次,考虑到工业碳排放的重要性,本文同样基于STIRPAT模型,设定了三种情景,对广东省珠三角、东西两翼以及粤北三个地区的工业碳排放进行了预测,结果表明,减排情景为最合理的碳排放情景,该情景下,三个地区工业达峰时间分别为:2021年、2024年和2026年,峰值大小分别为:3.5亿吨、0.8亿吨、0.7亿吨。

〔关键词〕碳排放;LMDI分解法;STIRPAT模型;达峰年份;峰值

一、绪论

(一) 前言

冰川融化、海平面上升以及热浪等极端天气使得世界各国越来越重视减

① 〔作者简介〕林金钱(1991—),男,江西上饶人,暨南大学经济学院,暨南大学资源环境与可持续发展研究所,硕士研究生,研究领域:环境经济, E-mail: 819458216@qq.com。张捷(1953—),男,重庆人,暨南大学经济学院,暨南大学资源环境与可持续发展研究所,教授,经济学博士,研究领域:国际经济、产业经济和环境经济, E-mail: tzjie@jnu.edu.cn。谢子雄,男,台湾人,暨南大学经济学院,暨南大学资源环境与可持续发展研究所,讲师,经济学博士,研究领域:经济预测和环境经济, E-mail: txiezixiong@jnu.edu.cn。伍亚(1983—),女,湖南邵阳人,暨南大学经济学院,暨南大学资源环境与可持续发展研究所,讲师,经济学博士,研究方向为能源经济理论与政策, E-mail: wuya830906@163.com。

少温室气体排放。在温室气体中,二氧化碳浓度高且稳定,贡献了近 70% 的温室效应。此外,二氧化碳是受人类活动影响最大的温室气体,因此,世界各国达成共识:合理地控制和减少二氧化碳排放是应对全球气候变暖的最主要对策。1997 年 12 月,《京都议定书》首次以法规形式来限制温室气体排放,其制订标志着全世界给予气候变暖足够的重视并开始行动。2014 年 11 月,中国与美国联合发表了《中美气候变化联合声明》,我国在此份声明中表示中国计划将在 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值并且努力争取尽早达峰,同时计划到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重上升到 20% 左右的水平。在 2015 年举行的巴黎气候大会上,习近平主席表示,中国到 2030 年二氧化碳排放强度与 2005 年相比要下降 60%~65%。

作为我国经济发展的领头羊,广东省虽然采取了一系列低碳减排措施,但历年的碳排放总量仍居高不下。可想而知,在全国 2030 年左右达到碳排放峰值的大背景下,广东省所承担的减排压力非常大。鉴于广东是碳排大省,因此能否控制住广东省二氧化碳排放,对于全国能否在 2030 年左右实现二氧化碳排放峰值目标具有很大影响。从这个角度来说,广东省全省的二氧化碳排放峰值理论上应该出现在 2030 年之前,至少不能超过 2030 年,这样才能给全国范围内的二氧化碳减排目标的实现提供保证。要在规定的时期内(2030 年之前)实现二氧化碳排放峰值,广东省在优化产业结构及能源结构、提高能效、碳交易等方面的规划及政策制定就显得至关重要。二氧化碳排放受到哪些因素影响、保持多快的经济增长速度、产业结构转型升级进展如何、能源结构优化速度如何等,均事关广东省能否在 2030 年之前达到二氧化碳峰值。为了达到峰值目标,广东省要采取什么样的措施?措施是否可行?这些问题的研究具有极大的现实意义。

本文利用 LMDI 分解法对广东省碳排放的影响因素进行了分解,同时基于拓展的 STIRPAT 模型,分别对广东省全社会碳排放以及区域工业的碳排放进行预测研究。

(二) 文献综述

关于二氧化碳排放量影响因素的研究。朱勤等(2009)在 Kaya 恒等式的基础上进行了一定的拓展,从而构建分解模型,利用 LMDI 分解方法对我国 1980—2007 年间的碳排放进行了因素分解,研究发现各因素对碳排放的贡献率绝对值从大到小依次为:经济产出效应、能源强度效应、人口规模效应、产业结构效应、能源结构效应。LMDI 分解法虽然能够得出各个因素对碳排放

的贡献率,但却不能像 STIRPAT 模型一样得到各影响因素的弹性系数。在国家层面,李国志等(2010)与陈志建等(2012)均利用 STIRPAT 模型,分析了人口、人均收入、技术对二氧化碳排放的影响。前者依据二氧化碳排放量将全国分为低中高排放区域,同时对三种排放区域进行比较,研究发现同一影响因素在不同排放区域的弹性系数是不一样的;而后者从地理差异角度,利用地理加权回归方法(GWR)对回归系数进行局域分解得到区域差异化的回归系数,得到了与李国志等(2010)一样的结论。在省域层面,也有学者利用 STIRPAT 对影响二氧化碳排放的因素进行了分析,徐丽娜等(2013)利用 1990—2010 年的时间序列数据对资源型省份山西省实证分析了资源型省份碳排放的驱动力,研究发现:人口富裕度、产业结构、能源效率、城市化是资源型省份碳排放的主要影响因素。Ping Wang 等(2013)则对广东省的碳排放影响因素进行了分析,与徐丽娜等(2013)不同的是, Ping Wang 等(2013)将服务化水平以及贸易开放度加入到了 STIRPAT 模型中。除了 LMDI 与 STIRPAT 模型之外,翟石艳等(2014)利用广东省 1987—2011 年的能源经济对外贸易样本数据,采用 ARDL 模型(自回归分布滞后模型)定量研究对外贸易、能源结构和碳排放之间的关系。

关于二氧化碳排放量预测的研究。对于碳排放预测较常用的是环境库兹涅茨模型。林伯强等(2009)通过对二氧化碳库兹涅茨曲线(EKC)进行预测,结果发现我国的碳排放的拐点在 2020 年左右,在此之后,碳排放量与人均收入呈反比。但是如果先预估一次能源需求和能源消费结构,再预测中国的二氧化碳 EKC 曲线,结果却表明到 2040 年,中国的二氧化碳 EKC 曲线都未出现倒 U 型。朱永彬等(2009)在内生经济增长模型 Moon Soon 基础上对传统的 EKC 理论进行改进,首先得到了最优经济增长率与能源强度之间存在倒 U 曲线关系的必要条件为能源的产出弹性小于 0.5。接着将投入产出分析得到的反映技术进步的能源强度代入模型,对中国未来经济增长路径进行了预测,同时得到了最优增长路径下的能源消费走势,进而通过对能源消费结构和不同能源品种的碳排放系数的预测和估计,以及对分品种能源碳排放的汇总计算得到了中国未来能源消费所产生的总的碳排放走势。近些年渠慎宁等(2010)、张乐勤等(2012)和王宪恩等(2014)使用“自上而下”的 STIRPAT 模型进行预测研究。渠慎宁等(2010)、王宪恩等(2014)都利用历史数据建立 STIRPAT 预测模型,并通过设置不同的发展情景来得到不同的预测结果,渠慎宁等(2010)在国家层面提出政策建议,王宪恩等(2014)则针对吉林省的低碳发展做了可控性研究。张乐勤等(2012)与前两者的不同之处在于,

他在 STIRPAT 分析驱动因子的基础上,运用灰色 GM (1, 1) 模型进行预测。与“自上而下”的 STIRPAT 模型相反的“自下而上”的 LEAP 模型也有学者使用。刘慧等 (2011) 通过构建 LEAP 模型设定基准情景 (BAU), 低碳经济政策情景 (LES), 以及进一步推进低碳发展的国际合作与技术转移情景 (ICS) 三种政策情景对江苏省未来中长期能源需求与二氧化碳排放强度进行分析, 提出我国地方层面实现 2020 年二氧化碳减排目标所需要的发展路径与对策; 冯悦怡等 (2012) 利用和刘慧 (2011) 类似的方法, 对 2007—2030 年北京市能源需求、能源结构和碳排放的发展趋势进行了分析。还有一些研究使用了其他的预测方法。陈文颖等 (2004) 建立了中国 MARKAL - MACRO 模型, 并以此对中国未来能源发展与碳排放的基准方案以及碳减排对中国能源系统的可能影响进行研究; 姜克隽等 (2009) 选择了 IPAC 模型组中的 3 个模型: IPAC - CGE 模型、IPAC - AIM/技术模型和 IPAC - Emission 模型, 对我国 2050 年前的能源与温室气体排放情景进行分析; 李晓明等 (2010) 以能源消费基本规律为基础, 根据人均累积 CO_2 排放、人均 CO_2 排放以及 CO_2 排放强度三个指标, 研究了英国、美国、法国、日本、中国等典型国家 CO_2 排放的历史轨迹, 全面预测了未来 20 年全球及我国 CO_2 排放量; 杜强等 (2013) 在“碳排放量与能源消费成正比”假设的基础上, 利用 Logistic 模型对 2011—2020 年间我国 30 个省区碳排放进行了预测。

关于工业层面碳排放研究。谭丹等 (2008) 使用灰色关联度方法对我国产业发展和工业行业碳排放两者之间的关系进行了研究, 发现两者存在密切联系。陈诗一 (2011) 研究发现, 碳排放强度波动性下降的主要且直接决定因素是能源强度降低或者能源生产率的提高, 同时发现能源结构以及工业结构对碳排放强度的影响程度较小。陈诗一 (2009) 构建了我国工业 38 个二位数行业的投入产出面板数据库, 使用超越对数分行业生产函数估算了工业全要素生产率变化, 同时也对绿色增长进行了核算, 结果表明我国工业已经实现了以技术驱动为特征的集约型增长方式的转变, 能源与资本是除了技术以外推动工业增长的主要动力。邵帅等 (2010) 对 STIRPAT 模型进行了改进, 研究结果表明上海市工业行业二氧化碳排放量和强度与劳均产出之间呈现出“N 型”曲线, 煤炭消费比重对碳排放规模和强度有明显的促进效应, 研发强度和能源效率对则表现为限制效应。何小钢等 (2012) 采取与邵帅等类似的方法发现我国工业行业碳排放和强度与劳均产出之间同样呈现出“N 型”, 而不是传统的“倒 U 型”EKC。何小钢等 (2011) 在拓展的“污染排放需求—供给”模型基础上对工业 36 个行业碳排放研究后发现: 能源使用、物质资本

密度以及外资比重都与行业碳排放成正相关,企业平均规模、人力资本密度、全要素生产率与行业碳排放成负相关,中国工业研发投入未能显著减少排放,而环境规制对行业碳排放并未产生显著影响。郭朝先(2014)用经济核算法估算了我国2010—2050年工业碳排放的潜力,发现工业可通过结构减排和强度减排两个维度来实现减排。杨顺顺(2015)基于修正的投入产出模型和双比例平衡法(RAS法),对我国23个工业部门碳排放研究后发现:我国能耗碳排放超过84%来自工业部门,强度减排和总量减排的重点部门有所趋同,不同部门应负有共同的减排责任。

以上对全社会碳排放及工业碳排放的研究大都是在国家层面,对于省域层面的研究还是较少,具体到广东省全社会碳排放的预测研究以及广东省内分区域工业碳排放预测研究则更少。

二、广东省碳排放影响因素分析

本章利用LMDI模型对广东省碳排放的影响因素进行分析,得到各个因素对碳排放的影响程度,并进一步区分促进碳排放的影响因素和抑制碳排放的影响因素。

(一) LMDI 研究方法

指数分解法(IDA)较常见的三种分解法为:Laspeyres指数分解法、平均迪氏指数分解法、费雪指数分解方法。Ang(2004)对Divisia因素分解法和Laspeyres因素分解法进行了比较分析,发现对数平均迪氏指数法(LMDI)在实用性和解释性上优于Laspeyres因素分解法。该方法没有残差,而且能够处理出现零值的情况。最开始,对数平均迪氏分解法(LMDI)是能源经济学中最为常用的定量估算影响因素分解的方法。随着低碳概念的兴起,LMDI分解法也被广泛用于碳排放影响因素分解的实证研究。LMDI的基本原理是将一个特定变量(本文中为碳排放)分解成若干变量的乘积,从而将特定变量的变化转化为若干变量变化的组合,以此分析各变量对特定变量的影响程度。

(二) 广东省碳排放因素 LMDI 分解

本文将广东省的碳排放分解为六个影响因素:碳排放系数、能源结构、能源强度、产业结构、经济发展水平以及人口规模。即:

$$CE = \sum_{ij} CE_{ij} = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{E_i} \times \frac{E_i}{G_i} \times \frac{G_i}{G} \times \frac{G}{P} \times P = \sum_{ij} Q_{ij} ES_{ij} EI_{ij} IS_{ij} AP \quad (2.1)$$

式 (2.1) 中 CE 代表碳排放; E_{ij} 代表第 i 产业第 j 种能源的消费量, E_i 代表第 i 产业的能源消费总量; G_i 代表第 i 产业的增加值, G 代表全省 GDP; P 代表全省年末常住人口。其中, Q_{ij} 代表第 j 种能源的排放系数, 表征碳排放系数; ES_{ij} 代表第 j 种能源消费量占第 i 产业能源消费总量的比例, 表征能源结构; EI_i 代表第 i 产业单位增加值的能源消费量, 表征能源强度。 IS_i 代表 i 产业增加值占 GDP 的比重, 表征产业结构; A 代表人均 GDP, 表征经济发展水平; P 代表人口, 表征人口规模。变量列表见表 2-1。

表 2-1 LMDI 模型各变量含义及单位

变量名称	符号	含义	单位
二氧化碳排放量	CE	化石能源燃烧所产生的碳排放	万吨
人口	P	年末常住人口数	万人
经济总量	G	地区生产总值	亿元
人均收入	A	地区生产总值/年末常住人口	元/人
能源消费量	E	化石能源消费量	万吨标准煤
能源强度	EI	能源消费总量/GDP	吨标准煤/万元
能源结构	ES	各能源消费量/能源消费总量	%
产业结构	IS	各产业增加值/GDP	%
CO ₂ 排放系数	Q	各能源碳排放/各能源消费量	吨二氧化碳/吨标准煤

根据 LMDI 分解模型, 定义 $0-t$ 期的碳排放变化量即总效应为 ΔCE , 在此期间的碳排放系数效应为 ΔC_Q , 能源结构效应为 ΔC_{ES} , 能源强度效应为 ΔC_{EI} , 产业结构效应为 ΔC_{IS} , 经济发展水平效应 ΔC_A , 人口规模效应 ΔC_P 。总效应等于后六者之和, 即:

$$\Delta CE = CE_t - CE_0 = \Delta C_Q + \Delta C_{ES} + \Delta C_{EI} + \Delta C_{IS} + \Delta C_A + \Delta C_P \quad (2.2)$$

式 (2.2) 右边各效应可以表示为:

$$\Delta C_Q = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^t - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^t - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{Q_{ij}^t}{Q_{ij}^0} \quad (2.3)$$

$$\Delta C_{ES} = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^t - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^t - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{ES_{ij}^t}{ES_{ij}^0} \quad (2.4)$$

$$\Delta C_{EI} = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^t - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^t - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{EI_{ij}^t}{EI_{ij}^0} \quad (2.5)$$

$$\Delta C_{IS} = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^{\tau} - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^{\tau} - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{IS_{ij}^{\tau}}{IS_{ij}^0} \quad (2.6)$$

$$\Delta C_A = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^{\tau} - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^{\tau} - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{A_{ij}^{\tau}}{A_{ij}^0} \quad (2.7)$$

$$\Delta C_P = \sum_{ij} \frac{CE_{ij}^{\tau} - CE_{ij}^0}{\ln CE_{ij}^{\tau} - \ln CE_{ij}^0} \times \ln \frac{P_{ij}^{\tau}}{P_{ij}^0} \quad (2.8)$$

(三) 数据计算及说明

1. 碳排放计算

由于碳排放量的测算比较复杂, 尽管气候变化受到世界各国的广泛关注, 关于国家或地区的碳排放量仍然缺乏统一的官方数据。一般碳排放计算方法有生命周期法 (life cycle assessment, LCA)、投入产出法 (input-output, I-O)、碳足迹计算器法及联合国政府间气候变化委员会 (International Panel on Climate Change, 简称 IPCC) 公布的《国家温室气体排放清单指南》碳排放计算指南法等多种方法。研究能源或气候的国际机构通常根据化石能源的消费量估算国家或地区的 CO₂ 排放量, 因此本研究将采用 IPCC 碳排放计算指南法。

IPCC 于 1996 年提供了估算化石燃料燃烧排放 CO₂ 的计算方法, 并在 2006 年进一步修正完善, 具体公式为:

$$CE = \sum_{j=1}^n E_j \times NCV_j \times CEF_j \times COF_j \times \frac{44}{12} \quad (2.9)$$

其中, CE 为二氧化碳排放量, E 为能源消费量, NCV 为能源的平均低位发热值, CEF 为单位热值含碳量, COF 为碳氧化因子 (根据 IPCC, 该值通常为 1), 44/12 为二氧化碳与碳化学分子量的比率, 表示能源的种类。运用公式 (2.9) 时, 需要特别注意的是能源种类的选取。为避免一次能源与二次能源的重复计算, 同时也为避免遗漏能源转换过程的损失量, 因此应当利用一次能源的消费量来估计碳排放的总量。

理论上, 在统计年鉴中一次能源消费总量应该与分行业的能源消费总量相等, 然而在《广东省统计年鉴》中这两者不相等, 本文的处理办法是首先选用分行业能源消费表中的数据, 然后选用一次能源消费总量的数据, 利用 1990—2014 年的数据计算广东省碳排放。经过计算, 广东省历年碳排放如图 2-1 所示。

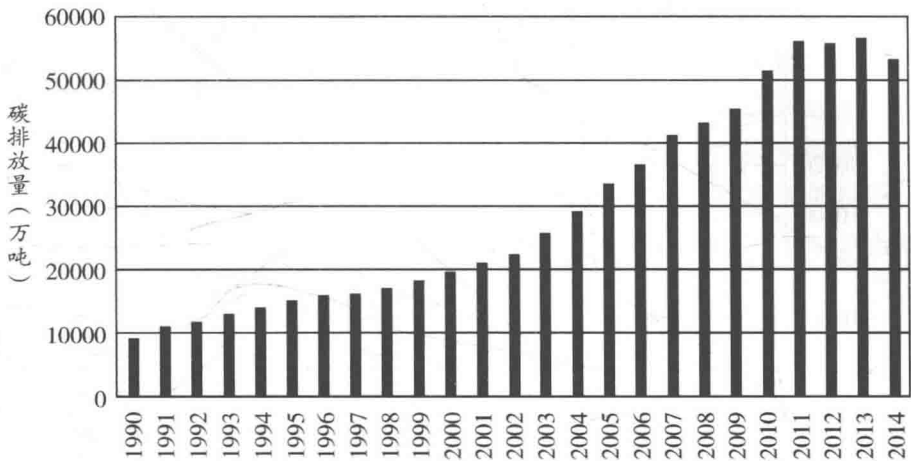


图 2-1 广东省历年碳排放量

2. 数据说明

表 2-1 中变量所代表的数据皆来自历年的《广东省统计年鉴》，模型中所用 GDP 数据皆为以 2005 年为不变价的实际 GDP。计算人均 GDP 时所用的常住人口数据为取年初及年末的平均常住人口数。LMDI 模型中所用的产业碳排放数据是根据分行业能源消费数据计算，虽然有完整的广东省一次能源消费数据，但是由于广东省 1997 年之前无分行业的能源消费数据，这就导致无法得到 1997 年之前各产业的碳排放数据，而 2015 年的能源数据也还未公布，因此代入 LMDI 模型中计算的碳排放数据长度为 1997—2014 年。

(四) 分解结果分析

将 1997—2014 年的相关数据分别代入式 (2.3) 至式 (2.8)，我们可以得到广东省“九五”期间 (1997—2000 年)、“十五”期间 (2001—2005 年)、“十一五”期间 (2006—2010 年)、“十二五”期间 (2011—2014 年) 以及 1997—2014 年间各影响因素对碳排放的贡献程度。其中每种能源的碳排放系数保持相对稳定，因而 CO₂ 排放系数效应为零，即 $\Delta CQ = 0$ 。具体结果见表 2-2 及图 2-2。

表 2-2 不同影响因素对 1997—2014 年广东省碳排放的影响程度

时期	碳排放变化量	影响因素 (万吨二氧化碳排放量)				
		人口规模	经济发展	能源强度	能源结构	产业结构
1997—2000 年	3549	1896	4284	-2447	236	-420
2001—2005 年	12555	1374	14221	-3343	-2123	2426
2006—2010 年	14972	5017	14605	-4452	755	-953
2011—2014 年	-2802	1132	8018	-5247	-3616	-3089
1997—2014 年	37314	9853	48731	-17405	-2943	-922

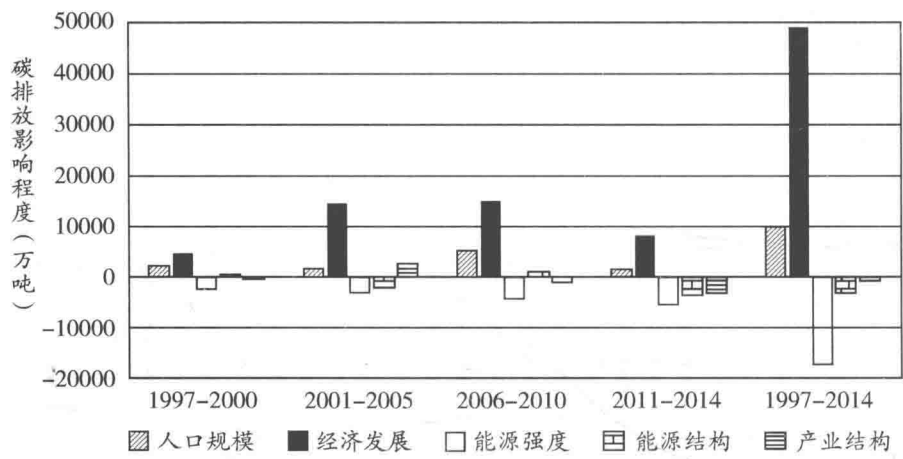


图 2-2 不同影响因素对 1997—2014 年广东省碳排放的影响程度

从 LMDI 分解的结果我们可以看出，经济发展和人口规模在各个时期对广东省的碳排放皆表现为促进效应，即提高了碳排放量，其中经济发展水平的促进效应明显大于人口所带来的促进效应。在“十二五”时期之前经济发展水平的促进效应呈逐期上升态势，“十二五”期间则有所下降，这可能跟“十二五”期间经济增速明显放缓有关。人口规模的促进效应在各时期则有所起伏。能源强度在各个时期对广东省的碳排放表现为抑制效应即减少了碳排放量，且抑制效应逐期增大。能源结构在“九五”及“十一五”期间表现为促进效应，其余两时期表现为抑制效应，总体来看表现为抑制效应。产业结构除了在“十五”期间表现为促进效应，其他时期皆表现为抑制效应，总体上也表现为抑制效应。从绝对值上来看，各因素对碳排放的影响程度从大到小依次为：经济发展，能源强度，人口规模，能源结构，产业结构。

1. 人口规模

人口规模的扩大是能源消费增加的重要诱因。马晓微（2006）认为广东省属于能源资源相对匮乏、人口处于高速增长的高密度地区，人口的高增长使得人与能源的矛盾不断加剧。人口规模一定程度上反映了经济发展规模及水平，特别是广东省珠三角地区每年吸引大量劳动力流入，劳动力扩张的背后是产业规模的扩大，而产业规模的扩大必然会导致能源消费需求的增加。1997—2014 年历年人口增长率变化如图 2-3 所示，图中虚线为趋势线，可以看到 2001—2014 年广东省常住人口增长率的整体水平低于 1991—2000 年。虽然有部分年份增长率波动较大，如 2010 年人口增长率高达 8.33%，在这一年广东省常住人口超过 1 亿，但是总体上来看，广东省人口增长率呈现下降趋势。分时期来看，“八五”期间广东省年均人口增长率为 3.08%；“九五”期