

碳交易总量控制视角下的上海碳排放现状研究

苏颖, 廖振良, 朱小龙

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要:利用碳交易手段,从经济学角度进行总量控制和降低减排成本,成为当前世界各国实现碳减排目标的重要途径。在碳交易机制中,总量控制是有效降低温室气体排放的基础。本文从气候变化和碳交易政策设计的角度出发,以上海市为例,采用 IPCC 方法学,对 2008 年至 2015 年以来上海市不同产业、行业的碳排放量进行核算与分析。结果表明,2008 年至 2015 年间,上海市能源消费碳排放量基本稳定在 2.0~2.4 亿吨 CO₂ 之间,碳排放主要来自二、三产业中黑色金属冶炼及压延加工业等行业,这与当前上海市碳交易机制管控范围基本一致。

关键词:碳排放量,碳交易,上海

中图分类号:X831

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)05-0055-06

STUDY OF SHANGHAI CARBON EMISSIONS IN THE PERSPECTIVE OF TOTAL AMOUNT CONTROL IN CARBON TRADING

SU Ying, LIAO Zhen-liang, ZHU Xiao-long

(College of Environmental Science and Engineering, Tongji University,
Shanghai, 200092, China)

Abstract: It becomes an important way to achieve the goal of carbon emissions reduction in the world by means of carbon trading, which can control the total emission and reduce the cost economically. In the carbon trading mechanism, the total amount control is the foundation that ensures the greenhouse gas emissions reduction. In the perspective of climate change and carbon trading policy design, taking Shanghai as an example and using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, we calculate and analysis the carbon emissions amount among different industries and sectors from 2008 to 2015. The results show that: 1)the amount of carbon emissions from energy consumption ranges between 2.0 million and 2.4 million tons of CO₂ during 2008-2015; 2)the second industry and third industry, such as the smelting and manufacturing of the black metal sector, contribute to the majority of emission amount, which is consistent with the current control scope of carbon trading mechanism in Shanghai.

Key words: carbon emissions amount, carbon trading, Shanghai.

1 前言

1.1 研究背景

全球气候变化已经引起国际社会的广泛关注,采取有效措施减少二氧化碳在内的温室气体排放已成为环境、政治、经济领域共同关注的焦点。国际能源署(IEA)的报告显示,2014年全球碳排放总量为324亿吨,比2013年增长0.8%,中国的碳排放量占28%^[1]。中国碳排放情况对于应对全球气候变化具有重要影响。在国内,我国处于产业升级、能源转型发展的关键期,了解我国碳排放现状,对制定碳减排目标,倒逼国内能源结构优化具有重要意义。

碳交易以其市场化手段,经济减排的模式,成为我国碳减排的关键手段^[2]。自2016年3月起,我国先后成立了8个全国碳能力建设中心。2016年7月,全国碳市场能力建设(上海)中心正式成立,旨在将上海碳交易试点阶段的经验和做法传送给非试点地区,积极发挥辐射作用,解决全国碳市场发展中存在的基础能力不足的实际问题^[3]。反观上海市现有经验,虽然目前已经基本完成了碳交易试点的制度搭建,但总量设定还存在明显不足。具体来讲:从碳交易角度出发,上海市目前并没有对近年的碳排放总量进行分析,还未形成宏观层面的总量设定方案,这不利于碳交易机制和其他节能减排政策相协调,实现控制排放的目的。

碳交易机制的总量设定从根本上约束了机制覆盖的排放实体的碳排放总量上限,也决定了可供分配的排放配额总量。当前,全国碳排放总量和配额分配方案还未正式发布。本研究将以上海市为例,从碳交易总量控制的角度出发,分析上海市碳排放现状,对上海市试点期间碳交易的总量设定进行分析,并为全国碳市场发展提供借鉴。

1.2 碳排放量研究现状

碳排放量核算是一个复杂、系统的过程。Stechemesser等^[4]基于对129篇文献资源的系统性综述将碳排放量核算分为了基于国家/区域层面的核算、基于产品/服务层面的核算、基于企业/组织层面的核算以及基于项目层面的核算。本研究所讨论的碳排放量是指宏观层面上的国家或区域碳排放量。在该层面上,当前最为权威的核算方法是联合国政府间气候变化委员会颁布的《2006年IPCC国家温室气体清单指南》(以下简称

“IPCC指南”)。

我国官方以IPCC指南为依据,结合我国能源消费现状,在两次气候变化信息通报中分别公布了1996年和2005年的国家温室气体清单,并于2017年初,发布《中国气候变化第一次两年更新报告》,公布了2012年排放清单^[5]。众多学者针对中国部分省市的碳排放量情况做了大量研究。Geng等^[6]和Liu等^[7]均对中国不同年份各省份的碳排放情况进行了估算,并运用因素分解对各省市和行业间的排放差异做了比较分析。徐佳奕^[8]通过分析湖北省2011年化石燃料燃烧部分的清单,指出我国未来省级温室气体排放清单编制要坚持以IPCC方法学为主,并进一步提高数据收集能力。Geng、Zhang、Liu等人^[9-11]对北京、上海等城市的能源消耗和碳排放情况进行了比较。Liu等^[11]在研究北京、上海、天津和重庆的温室气体排放清单基础上,运用对数平均迪氏指数法(Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI)对4座城市1995-2009年间温室气体排放量变化进行了动因分析。此外,刘兆龙等^[12]估计了2005-2012年北京和上海的终端碳排放总量,并从经济总量、能源结构、产业结构等方面入手,利用LMDI模型讨论影响碳排放量的因素,指出上海市在能源结构调整,增加清洁能源消费比率的同时,还应重点发展第三产业,促进产业结构调整,降低碳排放。

从针对上海市碳排放的研究情况来看,赵倩^[13]和Wang等^[14]均参照IPCC指南对上海市的温室气体排放清单做了详细研究。在赵倩的研究中,综合考虑了CO₂、CH₄和N₂O三种温室气体的直接和间接排放,建立上海市1996年-2008年的排放清单。Zhao等^[15]和Chen等^[16]则重点针对上海市的产业碳排放,运用LMDI法研究了上海市产业碳排放的变化特征和驱动因素。郭运功^[17]从特大城市温室气体排放的特征研究的角度出发,对上海市温室气体排放现状和排放特征进行研究,并进行排放趋势预测及减排潜力研究。应辉^[18]基于上海1985-2013年数据,分析了城市化水平与碳排放量间的正相关关系,并指出城市化率每提高1%,碳排放量随之提高4.26%。

总的来看,现有研究对碳排放量的核算和分析主要集中在制定排放清单、碳排放的变化特征以及影响因素等方面,并不是从碳交易机制设计

的角度来核算碳排放量,并进一步为总量设定提供参考的。而碳交易过程中总量设定的覆盖范围有其特殊性,当前研究获得的数据无法直接应用于碳交易总量控制。

我国也积极开展了从气候变化和碳交易政策设计角度出发的碳排放情况统计工作。2011 年中科院启动了战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(简称“碳专项”),该专项集成多种技术途径,获取排放数据,直接服务于我国温室气体排放清单的编制和国家报告的撰写。当前,碳专项已通过调研测试,得到了中国各化石燃料的含碳量和各行业氧化因子^[9]。

政策方面,2013 年 5 月 20 日,国家发改委与国家统计局印发了《关于加强应对气候变化统计工作的意见的通知》,指导各省区及直辖市建立完善温室气体排放统计核算制度,加强应对气候变化统计工作。上海市结合本市特点,布置了《应对气候变化综合统计报表制度》,根据《应对气候变化统计工作方案》有序开展温室气体排放统计核算工作。

综上,从碳交易的角度出发,核算碳排放总量等基础数据是研究碳交易试点机制建设的一项重要任务,对制定宏观层面的总量设定方案,完善各试点的机制建设,以及建设国家层面的碳市场、实现对国际的减排承诺具有重要意义。

2 研究方法

2.1 研究范围

碳交易机制的覆盖范围明确了碳交易机制的管控边界。研究覆盖范围,将有助于进一步进行总量设定,从而实现控制碳排放的环境目标。上海市碳交易试点机制在设计时遵循了“抓大放小”的原则,仅将年排放量达到一定规模(工业行业 2 万吨以上,非工业行业 1 万吨以上)的企业纳入交易。涵盖的温室气体种类仅限于 CO₂,覆盖的碳排放来源主要是能源利用导致的碳排放,以及少量工业生产过程中的碳排放。

为了解各行业碳排放总体情况,对碳交易机制的覆盖范围进行分析,本研究从能源终端消费量出发,计算各行业的碳排放量,并不仅限于规模以上的企业。此外,工业生产过程碳排放量较少,故只考虑能源消耗的碳排放量。本研究的研究范围为:上海市 2008–2015 年能源消耗产生的碳排放

量。

2.2 上海市能源消耗碳排放量计算方法

IPCC 指南是国际认可的方法学,被各国广泛应用于温室气体排放清单编制工作中。能源消耗碳排放量的计算方法可概括为参考方法和部门方法(包括分部门计算的一般方法和分部门计算的优良方法)。上海市目前并没有建立起一个比较完备的基于排放设施的数据体系,且本研究并不是以计算上海市精确碳排放量为目的,因此采用计算较为简单的参考方法,自上而下得出上海市碳排放量。

参考方法是由一个国家(地区)的各种矿物燃料的表观消费量,与各燃料品种的单位发热量、含碳量以及消耗各种燃料的主要设备的平均氧化率,并扣除矿物燃料非能源用途的固碳量等参数综合计算而得。主要公式如下:

$$E = \sum_i \cdot \sum_j AC_{ij} \cdot NCV_j \cdot CC_j \cdot O_j \cdot \frac{44}{12} \quad (1)$$

式中, E : 能源消耗 CO₂ 排放总量;

i : 不同部门;

j : 消耗的能源种类;

AC : 能源消耗量;

NCV : 平均低位发热量, PJ / (10⁴t 或 10⁸m³);

CC : 单位热值的含碳量, t-C/TJ;

O : 碳氧化率(%);

44/12: 为二氧化碳与碳的相对分子质量比。

(1) 式中, 对于一个确定的能源种类, NCV (平均热值)、 CC (含碳量)、和 O (碳氧化率) 均为常数, 因此, 可以把式中的常数项合并, 将其简化为:

$$E = \sum_i \cdot \sum_j AC_{ij} \cdot EF_j \quad (2)$$

式中, EF_j 为该种能源的二氧化碳排放因子。活动数据方面, 数据来自上海市历年能源统计年鉴^[20]中的上海能源平衡表(标准量)和分行业终端能源品种消费量(实物量), 本研究在考虑直接排放和间接排放时, 全部以终端消费加以考虑, 即电力热力部门的碳排放为自用部分产生的碳排放, 其他行业的碳排放除各一次能源消费产生的碳排放外, 还包括其消耗电热量在生产过程中产生的碳排放。这符合上海市碳交易试点时期各企业碳排放量核算的范围。

IPCC、国家发改委、国家统计局以及基于中国实际调研获得的碳排放数据库等机构在计算碳排放过程中,均提供了相应的碳排放因子。国家发改委、国家统计局和中国碳排放数据库的碳排放因子虽然是根据中国的实际情况得出,但均针对特定的年份调研得到的,我国能源结构变化很大,这些排放因子无法在某一时间段中完全适用。本研究的目的并不是计算精确的上海市碳排放量,故选择 IPCC 所提供的排放因子缺省值。需要指出的是,IPCC 对能源的分类与我国能源分类并不完全一致,本文所选择的参数值((b),(c),(d)列)来自《Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China》一文的附件二(碳排放因子根据(b)-(d)列参数计算得到),具体数据见表 1。

表 1 各类能源碳排放因子

能源种类 (a)	低位热值 PJ / (10 ⁴ or 10 ⁶ m ³) (b)	含碳量 (t-C/TJ) (c)	氧化率 (%) (d)	二氧化碳排 放因子(Mt CO ₂ / Mt 煤) (e)	二氧化碳排放因子 (MtCO ₂ /10 ⁴ ·10 ⁶ m ³ , etc.) (f)
原煤	0.28200	25.80000	98	2.71	1.62
洗精煤	0.26700	26.80000	98	2.82	2.04
焦炭	0.28200	29.20000	98	3.07	2.88
焦炉煤气	1.88000	12.10000	99	1.29	11.53
其他煤气	1.88000	12.10000	99	1.29	5.96
其他焦化产 品	0.43000	25.80000	99	2.74	2.52
原油	0.42300	20.00000	99	2.13	3.00
汽油	0.44430	18.90000	99	2.01	2.93
煤油	0.43800	19.50000	99	2.07	3.04
柴油	0.43000	20.20000	99	2.15	3.09
燃料油	0.40400	21.10000	99	2.24	3.17
液化石油气	0.47300	17.20000	99	1.83	3.13
炼厂干气	0.49500	15.70000	99	1.67	3.34
其他石油制 品	0.40000	20.00000	99	2.12	3.03
天然气	3.44000	25.30000	99	1.63	21.61

注:上海市能源统计年鉴中,平衡表采用标准量进行统计,分行业终端能源消费采用实物量进行统计,故表中两列碳排放因子分别用于按产业分类和分行业分类计算。

3 结果

根据上述方法及数据,计算得出 2008 年至 2015 年上海市能源消费碳排放总量。总体来说,2008 年至 2015 年,上海市能源消费碳排放量相对平稳,基本保持在 2.0~2.4 亿吨 CO₂ 之间,除 2010 年比 2009 年增长 13.3% 以外,其余年份变化幅度均在 10% 以内。如表 2 和图 1 所示。

表 2 2008~2015 年上海市能源消费碳排放量情况(单位:万吨)

年份	第一产业	第二产业	第三产业	生活消费	总量
2008	156.97	12283.85	6804.70	1799.15	21044.67
2009	126.25	11682.08	6911.93	1783.97	20504.23
2010	129.79	13662.88	7488.19	1947.43	23228.29
2011	135.42	14013.35	7595.29	2125.68	23869.75
2012	140.43	13252.42	7762.67	2205.35	23360.87
2013	148.55	13347.20	7790.68	2340.30	23626.73
2014	133.94	11943.69	7443.35	2001.36	21522.33
2015	132.08	11783.25	7743.89	2122.20	21781.42

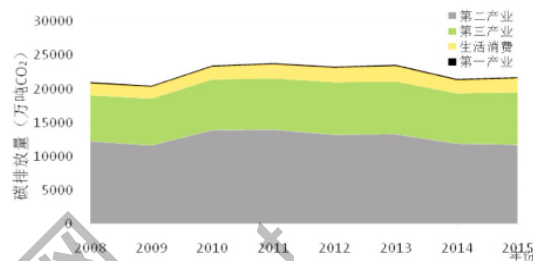


图 1 2008 年至 2015 年上海市能源消耗碳排放量情况

从各产业排放量占比来看,第二产业的排放量占主导地位,其排放量超过了其他产业部门排放量总和;第三产业的排放量位居第二,在排放总量中占比约为三成左右。随后是生活消费和第一产业所导致的碳排放量,其中第一产业的排放量很小,占排放总量的不到 1%。目前以工业等为代表的生产经营性部门所导致的碳排放量是上海市碳排放总量的主要来源。变化趋势方面,第三产业、生活消费占比呈增长趋势,其中第三产业增长更加明显,第二产业整体呈下降趋势,但变化幅度不大,具体见图 2。

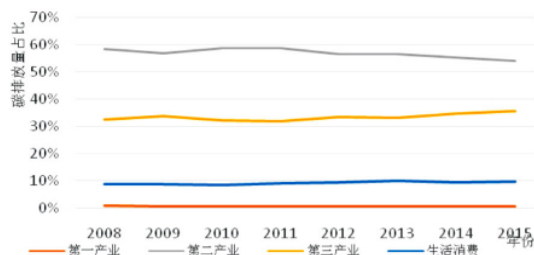


图 2 2004 年至 2013 年各行业碳排放量占比情况

对二、三产业中的子行业部门的能源消耗碳排放量进行计算,得出碳排放量较大的 13 个行业(为了增加各年份间的可比性,将塑料和橡胶工业合并,实际包含了 14 个行业),结果见图 3。从分析结果来看,二、三产业的排放主要集中于黑色金属冶炼、交通运输储运、石油加工等少数行业部门。

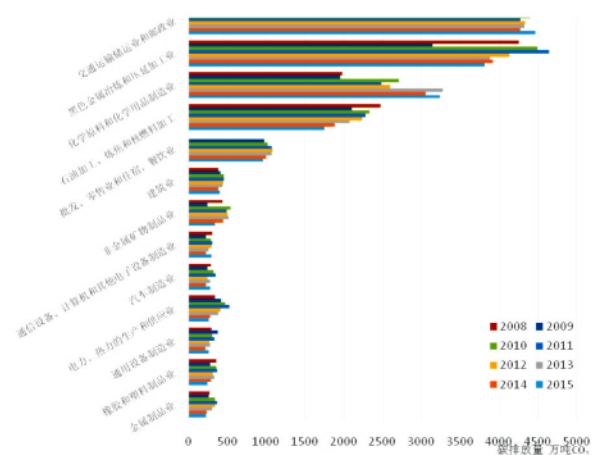


图3 2008年至2015年上海市高碳排放行业能源消耗碳排放量情况

4 讨论

4.1 上海市碳排放情况

在试点期间,上海市碳排放量相对降低。但是,由于试点时间仅三年,本文核算的最近年份恰好是试点阶段的最后一年(之前计划于2016年启动全国碳交易市场),因此对于上海市实行碳交易机制是否减少了碳排放量,无法建立直接的联系。实际上,上海市碳交易试点主要以摸索机制建设为主要目的,并不是降低碳排放,因此本文并不考虑上海市碳交易试点在减排量上的成果,但各产业的占比及变化趋势对碳交易的覆盖行业有较大影响。就上海市而言,第三产业、生活消费占比呈逐渐增大,第二产业整体呈下降趋势,这就意味着在今后设定上海市碳交易覆盖的行业时,应当注重第三产业和生活消费中的部分,尤其是增长较快的第三产业。

4.2 上海市高排放行业分析

试点期间,上海市碳交易机制覆盖的行业包括:17个工业和非工业领域行业,相比其他试点,上海市碳交易试点覆盖行业较多,特别是包括了航空、港口、机场、铁路等排放较大但控排难度也较大的行业^[21]。通过上述对二、三产业中子行业部门的能源消耗碳排放量进行分析,碳交易机制基本覆盖了实际排放较大的行业,见图4,但仍有建筑业、电子设备制造业等高碳排放行业暂未完全纳入。此外,虽然交通运输储运业和邮政业的排放量较大、连续多年位居前列,但是在能源统计年鉴中的交通运输储运业和邮政业作为一个行业大

类,覆盖范围很广,目前只是将其中的运输站点和航空运输产生的排放纳入交易。

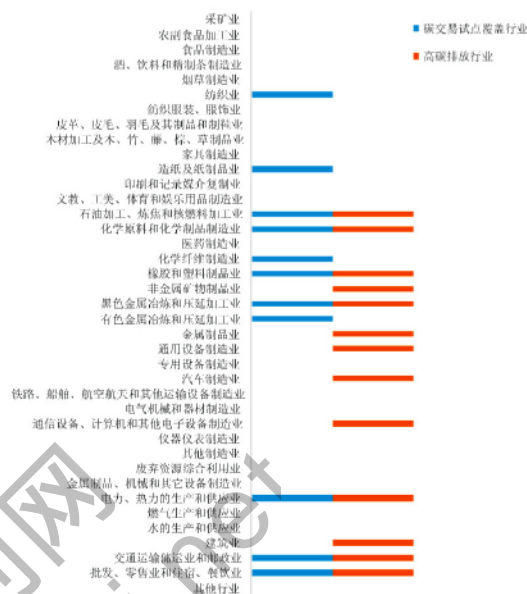


图4 上海市碳试点覆盖行业与高碳排放行业对比

4.3 试点期间总量设定方法分析

试点时期,上海市碳交易的排放总量控制是先通过盘点所有试点企业在2009-2011年的碳排放情况,对不同行业,采用历史排放法或行业基准法分别确定每家企业在试点期间的配额数量,再将所有试点企业的配额数量加总,“自下而上”地形成。一方面,采用这种总量计算方法可以减少企业对超额排放的担忧,另一方面,可以让企业尽快在实际交易运行中掌握碳交易规则,并积极参与进来。目前,全国碳排放总量和配额分配方案获得批准,在全国碳市场建立之初,将继续采用这种自下而上加和获得排放总量的方式,只有各地企业先熟悉交易过程,并从中获得收益,才能实现真正意义上的全国碳市场。建立全国碳市场的目的是为了实现在碳减排,但碳减排的根本途径来自于技术进步^[22]。因此,在碳交易的总量设定时,应当注重碳交易机制与碳减排技术的协调,缩短实现碳减排目标的时间。

5 结论及建议

2008年至2015年,上海市能源消费碳排放量基本稳定在2.0~2.4亿吨CO₂之间,碳排放量的主要来源为二、三产业的生产经营活动。其中,第二产业排放量最大,第三产业排放量呈上升趋势。

二、三产业的碳排放量高度集中在黑色金属冶炼及压延加工业等少数行业,这与当前上海市碳交易机制管控范围基本一致。当前上海市碳交易机制管控的排放量主要是二、三产业的能源消耗碳排放,主要来自于上游的生产、经营部门。针对本文的研究结果及分析,提出以下建议:

就城市发展程度而言,上海市已经进入后工业化阶段,其能源利用结构与我国大部分城市并不相同。在今后全国碳市场运行的基础上,作为之前的碳交易试点,上海市等试点不能仅仅提供已有经验,应该继续加强新机制的创新与改革。比如:率先将更多高碳排放的行业纳入交易体系、尝试从顶层设定碳排放总量等。

全国碳市场启动初期,应当采用当前这种“自下而上”加和的方式获得碳交易总量,有助于在企业间推行碳交易。但这种方案对促进碳减排目标最终实现来说,并不是最合理的方式。因此,在碳市场正式运行之后,应进一步调整总量设定方案。

参考文献

1. IEA. CO₂ emissions from fuel combustion 2016 HIGHLIGHTS. IEA [R]. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2016.html>, 2016-10.
2. 李佐军. 中国碳交易市场机制建设[M]. 北京: 中共中央党校出版社, 2014.
3. 上海环境能源交易所. 全国碳市场能力建设(上海)中心建立. http://www.cneecx.com/detail.jsp?main_colid=214&top_id=213&main_artid=7197, 2016-07-12.
4. Stechemesser K, Guenther E. Carbon accounting: a systematic literature review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2012, 36:17-38.
5. 国家发展改革委应对气候变化司. 我国首次提交气候变化两年更新报告. <http://www.cechina.gov.cn/Detail.aspx?newsId=66099>, 2017-01-24.
6. Geng Y, Tian M, Zhu Q, et al. Quantification of provincial-level carbon emissions from energy consumption in China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(8):3658-3668.
7. Liu Z, Geng Y, Lindner S, et al. Uncovering China's greenhouse gas emission from regional and sectoral perspectives [J]. *Energy*, 2012, 45(1):1059-1068.
8. 徐佳奕. 湖北省温室气体排放清单编制方法研究[J]. *科技展望*, 2015(32):49.
9. Geng Y, Peng C, Tian M. Energy Use and CO₂ Emission Inventories in the Four Municipalities of China[J]. *Energy Procedia*, 2011, 5(1):370-376.
10. Zhang J, Guo R. Analysis of Energy Use and Related Carbon Emissions in Beijing and Shanghai[J]. *Applied Mechanics & Materials*, 2013, 291-294:1365-1369.
11. Liu Z, Liang S, Geng Y, et al. Features, trajectories and driving forces for energy-related GHG emissions from Chinese mega cities: The case of Beijing, Tianjin, Shanghai and Chongqing [J]. *Energy*, 2012, 37(1):245-254.
12. 刘兆龙, 邱坦, 单吉堃. 北京和上海终端能源碳排放量影响因素研究[J]. *安徽农业科学*, 2015(28):250-253.
13. 赵倩. 上海市温室气体排放清单研究[D]. 复旦大学, 2011.
14. Wang Y, Ma W, Tu W, et al. A study on carbon emissions in Shanghai 2000-2008, China [J]. *Environmental Science & Policy*, 2013, 27:151-161.
15. Min Z. Decomposing the influencing factors of industrial carbon emissions in Shanghai using the LMDI method.[J]. *Energy*, 2010, 35(6):2505-2510.
16. Chen W, Zhu D. Decomposition of Energy-related CO₂ Emissions from Shanghai's Industries and Policy Implications[J]. *Chinese Journal of Population Resources & Environment*, 2013, 10(3):40-46.
17. 郭运功. 特大城市温室气体排放量测算与排放特征分析[D]. 华东师范大学, 2009.
18. 应辉. 上海城市化进程对碳排放量影响的实证研究 [J]. *商*, 2014(40):48-48.
19. 魏伟, 任小波, 蔡祖聪, 等. 中国温室气体排放研究——中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”之排放清单任务群研究进展 [J]. *中国科学院院刊*, 2015(6): 839-847.
20. 上海市统计局. 上海市能源统计年鉴[J]. 2009-2016.
21. 张昕, 范迪, 桑懿. 上海碳交易试点进展调研报告[J]. *中国经贸导刊*, 2014(24):63-66.
22. 孙宁. 如何实现碳减排约束下的经济增长——人力资本的碳减排效应分析[J]. *闽江学刊*, 2014(5):40-47.