

引用格式:赵永斌,丛建辉,杨军,等.中国碳市场配额分配方法探索[J].资源科学,2019,41(5):872-883.[Zhao Y B, Cong J H, Yang J, et al. An innovative allowance allocation method in China's unified national emissions trading scheme[J]. Resources Science, 2019, 41(5): 872-883.] DOI: 10.18402/resci.2019.05.05

中国碳市场配额分配方法探索

赵永斌^{1,2},丛建辉^{2,3},杨军^{1,2,3},张艺璇³

(1. 山西大学晋商学研究所,太原 030006;2. 山西大学绿色发展研究中心,太原 030006;

3. 山西大学经济与管理学院,太原 030006)

摘要:区域碳排放不平衡是中国统一碳市场配额分配方法设计需要考虑的特殊背景,而历史法和基准线法无法解决由该背景导致的“鞭打快牛”效应和“拔苗助长”效应,亟需探索适用于中国碳市场的配额分配方法。本文首先梳理了碳配额分配的相关研究,发现在中国碳市场,历史法存在固定基年和滚动基年选择的两难,基准线法存在“一产品一基准值”原则取舍的两难。其次,基于“共同但有区别的减排责任原则”提出一种配额分配方法——历史—基准趋近法。最后,分别采用历史法、基准线法和历史—基准趋近法进行配额试分配并进行比较。结果显示,历史—基准趋近法不仅可以同时避免“鞭打快牛”效应和“拔苗助长”效应,而且具有良好的政策目标协同性,在控排系数公平性、分配结果精准性和减排成本可行性3个方面均优于另外2种配额分配方法,有效降低了区域经济发展不平衡加剧的风险。研究结论表明,历史—基准趋近法较适用于区域排放不平衡的情形,可作为中国统一碳市场启动初期配额分配方法选择和优化的参考。

关键词:碳市场;配额分配;区域碳排放不平衡;公平性;历史—基准趋近法;中国

DOI:10.18402/resci.2019.05.05

1 引言

在应对气候变化的政策、技术、法律、市场等多种途径中,碳市场在理论和实践层面均被证明为一种低成本、高效率的温室气体减排手段^[1,2]。碳排放配额(下称“配额”)分配是碳市场运行的基础和核心环节,不同的配额分配方法意味着不同的减排成本和减排收益,关乎碳市场运行的成败^[2,3]。配额分配方法的选取,往往是新兴碳市场设计之初争论的焦点^[3-5]。中国于2017年底正式启动全国统一碳市场,其基本逻辑是将电力等行业碳排放量控制目标设为上限、形成总量配额,再分配到各省(市、区)。不过,采用何种配额分配方法向各区域分配配额,仍然在谨慎论证。

目前在全球碳市场和中国试点碳市场采用较

多的是“历史法(Historical Emissions Method)”和“基准线法(Benchmarking Method)”,尽管2种方法在碳市场运行中发挥了较大作用,但其分别表现出的“鞭打快牛”效应(即先进的企业分得的配额反而更少)和“拔苗助长”效应(即与基准值差距较大的企业,不得不在短期内大量购买配额或被迫减少产出)也备受诟病。特别是,由于中国各区域行业发展程度不一致、技术水平有区别,导致同一行业在不同区域的碳排放差异较大,区域间碳排放不平衡问题尤为突出^[4,6,7]。在此背景下,统一按照历史法或基准线法分配配额可能会加剧中国区域发展的不平衡^[1,8]。针对上述问题,本文研究团队在2017年提出了“历史—基准趋近法”的初步构想^[9],但并未对该方法的可行性作出系统化理论阐述,也未对其理

收稿日期:2018-09-08;修订日期:2018-12-06

基金项目:山西省软科学研究计划项目(2017041029-2);山西省哲学社科规划课题(2017054026);世界银行市场伙伴准备基金项目(P145586)。

作者简介:赵永斌,男,山西阳泉人,博士生,主要研究方向为区域开放与绿色发展。E-mail:zhaoyongbin1992@163.com

通讯作者:丛建辉, E-mail:congjianhui@sxu.edu.cn

2019年5月

论效果进行实证化模拟验证。本文在进一步梳理现有配额分配方法理论实质基础上,对“历史一基准趋近法”进行了理论完善和细节改进。除更为翔实的介绍了该方法的设计理念和基本思路外,还使用中国分省分行业碳排放数据,展示了该方法的具体步骤,模拟了碳配额试分配过程,并从控排系数公平性、分配结果精准性和减排成本可行性3个方面,将试分配结果与历史法和基准线法作了比较。本研究旨在完善历史一基准趋近法的分配理论与方法体系,丰富中国统一碳市场的配额分配方案思路选择,降低统一性环境经济政策对区域间平衡发展的不利影响。

2 碳排放配额分配方法的研究综述

碳配额分配方法可以分为有偿分配(Paid Allocation)和免费分配(Free Allocation)2类。关于有偿分配的研究主要围绕行业适用范围、行业竞争力影响和经济影响等方面展开^[10,11]。作为有偿分配的主要形式,拍卖具有碳价发现功能,可以提升碳市场运行效率,又可体现“谁排放谁买单,排多少买多少”的公平性原则,被认为是最理想的配额分配方式^[12]。不过,拍卖会引发企业减排成本迅速上升,且部分行业由于存在国家指导价格,无法将此成本传到下游行业或消费者(如电力行业),有损行业竞争力,甚至降低碳市场整体效率^[10,13]。因此,免费分配仍然是碳市场启动初期广泛采用的碳配额分配方法。

免费分配主要包括历史法和基准线法。其中,历史法依据企业或设施(下统称企业)的历史排放分配碳配额,分配结果更加接近企业所需,易于被控排企业接受^[14]。历史法对数据要求相对简单,适用于生产工艺复杂、分工序能源计量准确性较低的行业^[5]。但历史法存在“鞭打快牛”效应,不利于激励先进企业技术创新^[15],且易造成配额超发,进而导致交易价格低迷,影响碳市场运行效率^[3]。此外,由于新建企业缺乏历史排放数据,历史法难以在既有企业和新建企业之间统一^[5]。基准线法根据产品或行业的排放基准(平均值或先进值)和企业自身产出确定碳配额数量,适用于产品同质性高、技术水平差异较小的行业。在“一产品一基准值”原则下,

先进企业能获得相对富裕的碳配额,将富余部分出售可获得减排收益,从而避免了“鞭打快牛”效应,也可激发企业进行减排技术研发升级^[5]。但是,若碳市场所覆盖区域存在较大的行业内排放差异,基准线法的实施将对落后企业形成“拔苗助长”效应^[9]。此外,基准线法对数据要求高,不仅要严格划分产品类别,而且要求企业将不同产品产生的碳排放区分开,导致基准值的确定异常繁琐^[5]。

目前,全球约有60个国家或者地区启动了碳市场^[16],但由于每个碳市场的数据基础和排放现状不同,采用的免费配额分配方法也不尽相同。

在免费配额分配方法中国化应用的讨论中,理论界将碳排放区域间差异问题^[4,7,9]、配额分配与减排政策目标协同问题^[17,18]视为全国统一碳市场配额分配方案设计需要重点考虑的两大问题。段茂盛^[4]基于区域排放差异提出一种中央—地方两级管理的配额分配方案,即配额分配方法统一由中央制定,并给出区域(行业)调整系数的选择范围,以此减轻区域碳排放差异的影响;李峰等^[19]认为调整系数的应用会增加企业与政府讨价还价的余地,应适当限制有争议的各类调节系数的使用;何建坤^[18]从新时代低碳发展战略的视角,提出碳市场要把各项节能减排的指标和考核加以统筹考虑;张希良^[17]也主张将配额分配与单位GDP的CO₂排放下降目标结合起来,并阐释了该目标与碳配额总量设定、配额分配方法的内在数量关系。

在对历史法的应用研究中,学者对先期减排奖励、基年选择等关键问题进行了讨论。在如何体现先期减排绩效问题上,欧盟的经验是引入过程排放、燃料因子、供热因子和废弃物供热奖励等多种修正因子,使历史法可体现不同设施的减排潜力差异^[20];熊灵等^[21]通过归纳研究,证实了历史法在中国试点碳市场应用存在“鞭打快牛”效应,认为应该考虑企业的先期减排绩效;齐绍洲等^[5]建议使用“过去若干年的碳强度(单位产品或产值的CO₂排放量)下降率”等指标体现企业的减排绩效。在基年选择问题上,存在“滚动基年”和“固定基年”之争。Grubb等^[22]基于欧盟碳市场的发展现状,认为滚动基年会使已采取减排行动的企业在下一基年获得的碳配

额更少,不利于激励企业进行减排(下称“激励陷阱”),应该采用固定基年;而齐绍洲等^[5]认为固定基年的碳配额无法满足发展中国家经济高速增长和企业规模扩张所需的碳排放空间(下称“发展约束”)。导致历史法在中国碳市场应用存在基年选择的两难。

在对基准线法的应用研究中,多数学者认为基准线法有助于体现公平效率,但并不适用于基础数据不全、区域排放不平衡的现状。曹静等^[23]主张在基准线法的应用中适度考虑行业差异,以兼顾不同行业的减排压力和发展需求。熊灵等^[21]梳理发现,中国部分试点碳市场根据行业设定基准值,忽视了行业内产品的多样性,部分试点在同种产品设置多个基准值,变相保护了落后企业,认为应该加快数据积累,遵循“一产品一基准值”原则,科学制定基准值;杨军等^[9]从中国行业碳排放省际差异出发,指出该原则可能会对中国中西部地区的控排行业带来“拔苗助长”效应。尽管可以突破“一产品一基准值”原则,针对同种产品的不同生产设施分别设置基准值,以规避“拔苗助长”效应,但又会出现另一种“鞭打快牛”效应——采用基准线法后,部分先进设施获得的碳排放配额反而更少。以火电行业为例,按照《全国碳交易市场配额分配方案(讨论稿)》^[24]中的算法,在冷却方式、供热比相同情况下,每供电1 MW,超超临界1000 MW机组要比亚临界300 MW机组少分得0.12 t的CO₂配额,此时先进机组在碳市场不再具备优势,落后机组也没有了技术升级的激励。事实上,只要同种产品同类设施的基准值超过一条,就会出现“鞭打快牛”效应。可见,基准线法在区域碳排放差异较大的中国碳市场应用存在“一产品一基准值”原则取舍上的两难。

还有部分学者提出一些新的分配方法。叶飞^[25]基于“共同但有区别的责任原则”,构建了基于双寡头竞争市场的碳配额分配策略,主张实施阶段式递

进减排机制;李钢等^[26]从物质资本存量内涵的碳排放角度,提出一种基于基础设施、生产设备、居民住宅等耐用消费品碳资本存量的分配方案,这2种方案均未考虑到减排政策目标约束。杨军等^[9]基于对中国碳市场特征的审视,提出了“历史—基准趋近法”的初步设想,但未明确具体如何执行。

综上所述,国内外学者在免费配额分配的中国化应用方面取得了丰硕的成果,也达成了一些共识:区域碳排放差异和减排政策目标约束是中国碳市场建设的两大特殊背景。在此背景下,如何合理体现先期减排奖励,避免“鞭打快牛”效应,如何据实选定基年,避免“激励陷阱”和“发展约束”的两难,如何在坚持“一产品一基准值”原则下避免“拔苗助长”效应,是中国碳市场配额分配方法设计需要考虑的关键问题。然而,当前并没有一种配额分配方法可以全部解决上述问题,并具有较好的减排政策目标协同性,因此,开发适合中国全国碳市场的配额分配方法十分必要。

3 历史—基准趋近法设计理念与分配思路

3.1 “历史—基准趋近法”的设计理念

长期以来,中国实行了差异化的区域发展政策和减排策略,导致当前区域间碳排放不平衡问题显著。本文选取2014年具有行业能源消费总量统计的16个省(直辖市、自治区)作为样本,运用各省(市、区)统计年鉴中分行业的能源消费数据和中国工业统计年鉴的产值数据¹⁾,根据IPCC提供的方法^[27],核算了拟纳入碳市场的造纸、石化、化工、建材、钢铁、有色、电力等7个重点排放行业(下称“重点行业”)的碳强度省际差异,结果如图1所示。

图1横坐标轴按地理经度(综合考虑经济发展水平)由东向西排列,可以看出,除电力行业外,化工、钢铁等6个行业的碳强度均存在明显的东西差异,相应地,其减排潜力和减排成本也存在较大的

1)中国工业统计年鉴中的产值数据统计口径为规模以上企业,各省(市、区)分行业能源消费数据兼有规模以上和全口径,考虑到本文涉及的7个重点行业均为资本密集型行业,市场准入门槛高,单个企业规模一般较大,规模以上企业几乎包含了该行业所有产出,也即囊括了该行业绝大多数的能源消费。如,山西省统计年鉴中“主要年份主要工业产品产量”数据显示,本文7个重点行业规模以上产出均占全部产出的94%以上,电力、钢铁、有色等行业为99%以上,其他省(市、区)的情况类似。为了避免数据口径统一过程中由于方法误差或其他主观因素等造成误差扩大,本文未对7个重点行业能源消费数据进行数据口径的统一。

2019年5月

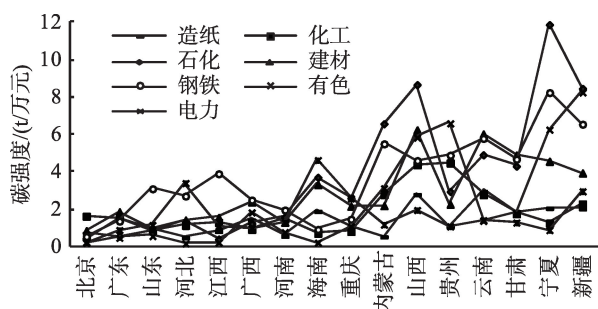


图1 2014年中国重点行业的省际碳排放差异

Figure 1 Inter-provincial differences in carbon intensity of key carbon emission industries in China, 2014

区域差异,由此出现了“鞭打快牛”效应和“拔苗助长”效应。本文认为出现这2种不良效应的根本原因是现有配额分配方法没有体现“共同但有区别的责任原则”,具体表现为:历史法在同一行业内执行相同的控排系数,虽然作到共同减排,但没有区别对待企业的减排成本和减排潜力;基准线法情景下,虽然企业执行的控排系数因企业而不同,但在结果上,优于基准值的企业将无减排责任,无法作到共同减排。

综合以上分析,历史—基准趋近法坚持企业层面的“共同但有区别的减排责任原则”,其基本理念为:首先,参与碳市场的每个控排企业均有减排责任,共同参与减排行动。其次,由于先期减排努力和贡献不同,企业的边际减排成本和减排潜力也不尽相同,每个企业承担的减排责任也应有所区别。在分配结果上,企业承担的减排责任应与其减排成本、减排潜力相契合。具体来说,排放水平较为先进的企业应承担较少的减排责任,相反地,“先期减排欠账”的企业应承担更多的减排责任。

3.2 “历史—基准趋近法”的主要思路

“历史—基准趋近法”的核心在于基年的选择和行业(产品,以下统称行业)基准值的确定。首先,国家选取未来某个特定年份作为基年,并根据未来的发展预期和碳排放控制目标,制定各行业的目标基准值。其次,碳交易主管部门根据企业自身历史碳强度与目标基准值的差距,并线性确定每个企业的年度控排系数。年度控排系数、历史碳强度和本期产量之积即为企业当年应核准的碳配额数量。最后,到基年当年,所有企业均趋近于目标基

准值,国家减排目标随即实现。详细流程如下:

(1)选取基年。选取国家碳排放控制目标(R),并将其对应节点年份(T)作为配额分配基年,当期(t)到基年的时间间隔称为缓冲期($s, s=T-t+1$)。

(2)确定基年的行业基准值(r_m , m 表示行业)。由国家根据重点行业碳强度现状、减排潜力和产业结构调整等政策目标,确定各行业在基年需要达到的碳强度值,并将其作为基年的行业基准值。若企业当前碳强度低于该基准值,则按此基准值分配碳配额,高于该基准值的企业继续按以下步骤确定碳配额数量。

(3)确定企业在缓冲期内各年度的控排系数 α_{mnt} (n, t 分别表示企业和年份,为 $1-\alpha_{mnt}$ 年度碳强度下降率)。控排企业根据基准值与上一年度碳强度($e_{mn(t-1)}$)的比值,先确定缓冲期内的总体控排系数:

$$g_{mns} = r_m / e_{mn(t-1)} \quad (1)$$

进而确定 t 年度控排系数:

$$\alpha_{mnt} = \sqrt[s]{g_{mns}} = \sqrt[s]{r_m / e_{mn(t-1)}} \quad (2)$$

(4)确定企业当年应核准发放的碳配额数量(EA_{mnt})。控排企业根据当年产品产量或产值(p_{mnt})、历史排放强度和年度控排系数确定企业碳配额数量:

$$EA_{mnt} = p_{mnt} \times e_{mn(t-1)} \times \alpha_{mnt} = p_{mnt} \times e_{mn(t-1)} \times \sqrt[s]{r_m / e_{mn(t-1)}} \quad (3)$$

历史—基准趋近法可以较好地解决文献综述部分提出的3个问题。首先,面向未来选取基年考虑了经济发展预期,可以消除“发展约束”;该基年与碳排放控制目标相结合,从而具有较强的政策协同性。其次,制定未来的基准值,既可坚持“一产品一基准值”原则,又给企业一个较低但可以实现的碳强度目标,将对所有企业形成减排激励,避免了“激励陷阱”。最后,根据式(2),具有先期减排行动的企业,其碳强度与基准值差距较小,将执行较小的年度碳强度下降率,避免了“鞭打快牛”效应,而缓冲期的存在则有效缓解了“拔苗助长”效应。该方法的另一个优点是容错率高,假设 r'_m 为 r_m 的预测值,则实际控排系数与预测控排系数之比可表示

为 $\sqrt{s/r_m/r_m'}$, 可以证明, s 越大该比值越趋近于 1, 即预测误差对当期的影响越小。

需要注意的是, 由于未来基年发展情景存在不确定性, 所以行业基准值需要根据经济发展实际进行定期调整。基准值的调整和企业自身减排行动均会改变企业下一期碳强度与基准值的差异, 所以企业的年度控排系数也不是固定的。

4 基于“历史—基准趋近法”的配额试分配

4.1 选定基年

“60—65 目标”和“达峰目标”²⁾ 是中国在应对气候变化框架下的 2 个关键政策目标。根据何建坤^[28] 的测算, 在努力的低碳情景下, 中国可在 2030 年前后实现碳排放达峰。因此我们将这两大目标所契合的 2030 年作为配额分配的基年, 对 2015 年进行配额试分配, 缓冲期为 16 年 (2015—2030 年)。

4.2 确定重点行业基准值

鉴于对细分行业发展情景预测研究较少且可比性较差, 为避免直接对细分行业预测的主观性, 本文首先对 2030 年宏观发展情景和排放情景作预估, 然后依次确定工业和重点行业的碳强度下降率。

4.2.1 预估基年经济发展和排放情景

本文以中国公开统计数据、政策文件为依据, 参考已有研究, 选取经济总量、产业结构、碳排放控制目标等方面的相关指标 (详见表 1), 对 2030 年经济发展和排放情景进行预估。其中, 2005—2015 年的数据均来自中国统计年鉴或根据年鉴数据计算, 单位 GDP 碳排放 (C_{GDP}) 和单位工业增加值碳排放 (C_{AVI}) 均采用 IPCC 提供的方法进行核算^[27]。缓冲期内 GDP 增长率和产业结构的参数设定参照中国社科院相关研究^[29]。设定 2015—2020 年、2020—2025 年和 2025—2030 年 3 个阶段的 GDP 年均增长率分别为 6.46%、5.62% 和 4.92%。对于 2030 年工业增加值 (AVI) 在第二产业中的份额 (S_{IS}), 首先根据《建筑业发展“十三五”规划》^[30] 中设定年均 5.5% 增长率, 预测 2020 年建筑业所占份额, 进而求得 2020 年的 S_{IS} 为 82.24%, 在城市化和房地产行业发展速度放缓、中国制造 2025 战略推进的背景下, 设定 S_{IS} 在 2020—2030 年期间以年均 0.91% 的速度增加, 至 2030 年达到 90.00%, 恢复到 2008 年 (4 万亿投资) 前的水平。2020 年和 2025 年制造业增加值率 ($VARM$) 的参数设定依据《中国制造 2025》^[31] 中规定的“2020 年和 2025 年的 $VARM$ 分别比 2015 年提升 2

表 1 2030 年中国经济发展和碳排放情景预估结果

Table 1 Estimation results of China's economic development and carbon emission scenarios in 2030

指标	2005 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
GDP 增长率 (五年均值) (GR_{GDP})/%	—	—	6.46	5.62	4.92
GDP/万亿元	27.04	68.64	93.87	123.38	156.86
第二产业增加值占比 (S_S)/%	46.90	42.00	36.50	33.80	31.80
第二产业增加值 (AVS)/万亿元	12.68	28.83	34.26	41.70	49.88
工业增加值/第二产业增加值 (S_{IS})/%	88.74	81.58	82.24	87.00	90.00
工业增加值 (AVI)/万亿元	11.34	23.52	28.18	36.28	44.89
工业增加值率 ($VARI$)/%	42.63	21.30	—	—	26.50
制造业增加值率 ($VARM$)/%	0.194	0.205	0.225	0.245	0.265
单位 GDP 碳排放 (C_{GDP})/(t/万元)	2.16	1.35	1.15	0.93	0.76
单位工业增加值碳排放 (C_{AVI})/(t/万元)	3.66	3.05	2.38	1.83	1.43
社会排放总量 (C_{GDP})/亿 t	58.41	92.66	107.95	114.74	118.48
工业碳排放量 (C_i)/亿 t	41.45	71.80	81.59	66.46	64.15

注: 表中所有增加值和产值的数值均用 2015 年价格表示。

2)《巴黎协定》中国国家自主贡献目标规定“到 2030 年, 中国单位 GDP 的 CO_2 排放将比 2005 年下降 60%~65%, CO_2 排在 2030 年左右达到峰值并争取尽早达到峰值”。

2019年5月

个百分点和4个百分点”,考虑到技术进步难度,本文进一步设定2030年 $VARM$ 比2015年提高6个百分点。单位工业增加值碳排放(C_{CAVI})计算,首先依据《中国制造2025》^[31]中规定2020年和2025年的 C_{CAVI} 分别比2015年下降22%和40%,再参考郭朝先^[32]相关研究,设定2026—2030年 DR_{CAVI} 累计下降22%。根据“60—65”目标设定2030年单位GDP碳排放(C_{GDP})比2005年下降65%。基于上述参数和假定,预估结果见表1。

如表1所示,到2030年,GDP总量将达到156.86万亿,第二产业增加值占比下降到31.80%,受益于《中国制造2025》^[31]政策,在第二产业内部,工业增加值比重上升至90.00%的水平,制造业增加值率也将达到26.50%,单位GDP碳排放下降至0.76 t/万元。社会碳排放总量为118.48亿t CO₂,这与何建坤^[29]在努力减排情景下的预测结果相近。工业碳排放量为64.15亿t CO₂,占社会碳排放的54.14%,比2005年下降16.82个百分点。

4.2.2 确定工业和重点行业在基年的排放基准

随着制造业增加值在工业增加值中所占比重不断提升,工业增加值率($VARI$)越来越趋近于制造业增加值率。根据中国统计年鉴中的增加值数据和产值数据测算,2015年制造业增加值占工业增加值的比重为86%,比2005年提升33个百分点。相应地,该时段内 $VARI/VARM$ 从2.24下降至1.04。基于中国制造2025战略不断推进和采矿业所占份额不断下降的预期,本文假定到2030年制造业所占份额将进一步加大, $VARI/VARM$ 更趋近于1。

据此,本文以 $VARM_{2030}$ 近似替代 $VARI_{2030}$,求得2030年工业总产值(OVI_{2030})为169.41万亿,进而求得2030年工业碳强度为0.38 t/万元,比2015年下降42%。

为了预估2030年重点行业的碳强度,本文先假定所有重点行业在缓冲期内的碳强度下降率均为42%,在此基础上,根据各个重点行业的减排潜力进行调整。假定减排潜力与先期减排大小成反比,则减排潜力调整系数(AC_m)可表示为:

$$AC_m = \frac{1}{ES_m} = \frac{C_{C/OVI}}{C_{C/OVm}} \quad (4)$$

式中: $C_{C/OVm}$ 表示2005—2015年行业 m 的碳强度下降率, $C_{C/OVI}$ 表示同时期整个重点行业碳强度下降率,二者之比即为行业 m 的先期减排的大小(ES_m)。

重点行业 m 在2016—2030年期间期望的碳强度下降率即为0.42 AC_m ,由此得到造纸、石化、化工、建材、钢铁、有色、电力7个重点行业在2030年的目标基准值分别为0.50 t/万元、0.45 t/万元、0.92 t/万元、1.10 t/万元、1.52 t/万元、0.54 t/万元、0.51 t/万元。

在行业基准值确定之后,重点行业即可根据式(2)、(3)确定年度控排系数、进行配额分配。为便于比较,分配结果将和其他2种方法的分配结果一并列示于下一部分。

5 配额分配方法的综合比较

选取控排系数、误差比例、减排成本3个指标,比较基准线法、历史法³⁾和历史—基准趋近法3种方法的分配结果,以检验历史—基准趋近法在公平性、精准性和可行性等方面是否具有优势。

5.1 计算3种方法的分配结果

我们将历史法和基准线法的配额分配公式简化如式(5)和式(6)所示:

$$C_{mn}^{历史} = e_{mn2014} \times K_{m2015} \times P_{mn2015} \quad (5)$$

$$C_{mn}^{基准} = E_{m2015} \times P_{mn2015} \quad (6)$$

式中: $C_{mn}^{历史}$ 、 $C_{mn}^{基准}$ 分别表示历史法和基准线法下 m 行业 n 企业2015年应核准的配额数量, e_{mn2014} 表示企业2014年的碳强度, P_{mn2015} 表示2015年的产值, K_{m2015} 表示2015年行业 m 在历史法下的控排系数,根据《“十三五”控制温室气体排放工作方案》^[33]规定,“十三五”期间单位工业增加值碳排放下降22%,假设该时段内线性下降,设定年度控排系数为0.95, E_{m2015} 表示2015年行业 m 在基准线法下的行业基准值,考虑到政策目标的协同性, E_{m2015} 由16个样本区域的碳强度加权平均后,再乘以0.95而得。最终求得2015年造纸、石化、化工、建材、钢铁、有色、电力的行业

3)按照配额分配参照标准的不同,历史法又可分为历史排放法和历史强度下降法,前者参考基年碳排放总量进行配额分配,后者依据基年碳排放强度确定配额数量。配额试分配中所指历史法的含义为后者。

基准值分别为1.02 t/万元、1.45 t/万元、1.59 t/万元、1.62 t/万元、2.99 t/万元、1.12 t/万元、1.29 t/万元。

3种分配方法分别按照式(5)、(6)、(3)进行配额分配,结果如表2所示,限于篇幅,只列示行业层面的配额总量。

可以看出,历史一基准趋近法的分配结果与前2种方法相近,且在减排潜力较大的石化、电力行业中表现出明显偏紧,有助于引导减排潜力大的行业发挥其减排潜力。

5.2 控排系数公平性比较

控排系数是企业本期执行的碳强度标准与上一期实际碳强度之比,该系数大于1表示配额宽松,小于1则面临减排压力。由上节可知,历史法的控排系数统一为0.95,在这里重点对比基准线法和历史一基准趋近法的控排系数差异。基准线法下控排系数 $K_{mn2015}=E_{m2015}/e_{mn2014}$,历史一基准趋近法的控排系数(α_{mn2015})根据式(2)计算。2种方法控排系数的计算结果如图2所示。

不难发现,基准线法下,东部省域多数行业控排系数均大于1,而西部省(市、区)多数小于1,且东西差异较大,东部省(市)基本无减排压力,而西部省(市、区)减排压力巨大。历史一基准趋近法则熨

平了地区间控排差异,同时,各省(市、区)控排系数均在1左右,上下浮动不超过16%,整体呈现东高西低的趋势,与中国减排潜力的西高东低相适应。

以造纸业为例,相较于基准线法,历史一基准趋近法使山西、云南两地的控排系数从35.9%、33.9%提升为89.7%、89.4%,显著减轻了“拔苗助长”效应。同时,山东、江西在基准线法下无减排责任,但在历史一基准趋近法下,将分别执行96.3%、96.6%的控排系数,体现了共同但有区别的减排责任原则,但减排压力明显小于山西和云南,避免了“鞭打快牛”效应。

5.3 分配结果精准性比较

碳配额分配结果的精准性关乎企业对碳市场的认可度。本文用配额分配的误差与实际产生碳排放量之比来反映配额分配的精准性,该比值的绝对值越小,表示分配结果越精准,反之则存在较大误差,最终的对比结果如图3所示。横轴采用多层分类标签标识,下层为按东西排列的省(市、区)名称,上层为各省(市、区)内部的重点行业类别,纵轴表示不同地区、行业的误差比例。

由此可以看出,基准线法下,东部地区部分行业存在巨量的配额盈余,中部地区盈亏总体不明

表2 3种配额分配方法的行业配额总量对比

Table 2 Comparison of total allowances of three allocation methods

行业碳配额/亿t	造纸	石化	化工	建材	钢铁	有色	电力
历史法	0.760	2.578	6.050	5.264	8.906	3.525	4.175
基准线法	0.757	2.708	6.205	5.315	9.120	3.469	4.203
历史一基准趋近法	0.758	2.500	5.965	5.350	8.916	3.388	4.081

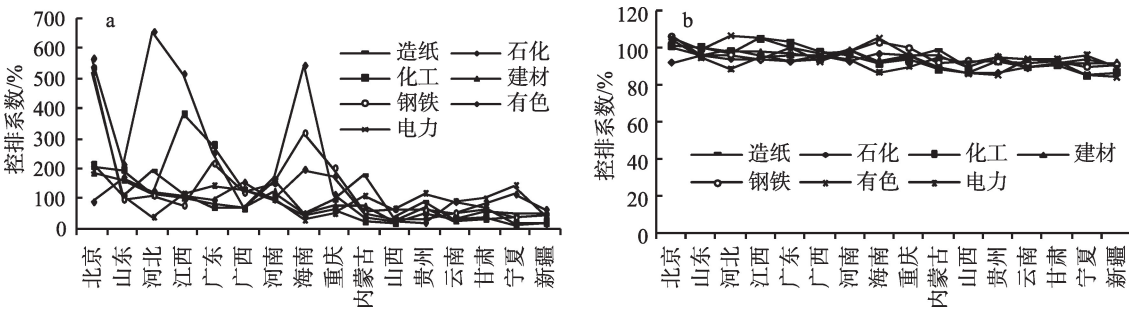


图2 基准线法(a)和历史一基准趋近法(b)的控排系数对比

Figure 2 Comparison of control coefficients of carbon emissions of benchmarking method (a) and grandfathering-benchmarking approaching method (b)

2019年5月

显,而西部地区多数行业存在较大配额缺口,配额分配结果的精准性较差。若全面采用基准线法进行配额分配,西部地区将会向东部大量购买配额或压缩产量,这会削弱西部地区控排企业参与碳市场的积极性,也将加剧东西发展的不平衡。而历史法和历史—基准趋近法下,分配误差大大减小,且东西各行业的误差分布比较均匀和随机,避免了对西部地区的“拔苗助长”,易于被控排企业接受。同时,尽管历史—基准趋近法与历史法的误差相近,但前者通过向前取基期并遵循“一产品一基准值”原则的方式,避免了“鞭打快牛”。

5.4 减排成本可行性比较

尽管碳市场的运行可以降低全社会减排的总成本,但在中国区域碳排放不平衡背景下,减排成

本的区域差异和区域经济影响是中国启动碳市场必须考虑的可行性问题。我们假设碳配额价格为300元/t(实际上,碳价高低的选取不会影响对区域减排成本的相对大小和比例),从绝对成本和相对成本2个方面考察3种方法的区域减排成本差异。绝对成本为某省(市、区)7个行业的配额缺口总量与碳价之积,相对成本是绝对成本与地区生产总值的比值。减排成本比较结果如图4所示。

从绝对减排成本来看,基准线法将使东部地区多数省市获得较大的减排收益,而西部地区则存在基本等量的减排成本流出,东西发展不平衡因此加剧。而历史—基准趋近法与历史法背景下,几乎所有省(市、区)都需要承担减排成本,但减排成本省际分布比较均匀且不存在明显的区域间资金流

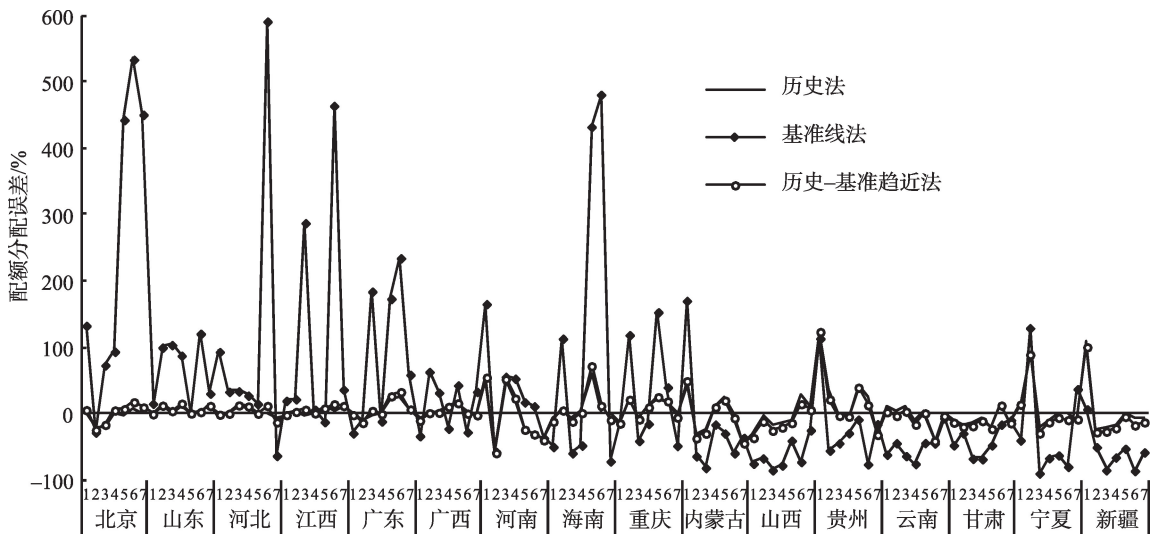


图3 3种配额分配方法分配误差比例对比

Figure 3 Comparison of allocation error ratios of three allowance allocation methods

注:横轴1~7分别代表造纸、石化、化工、建材、钢铁、有色、电力行业。

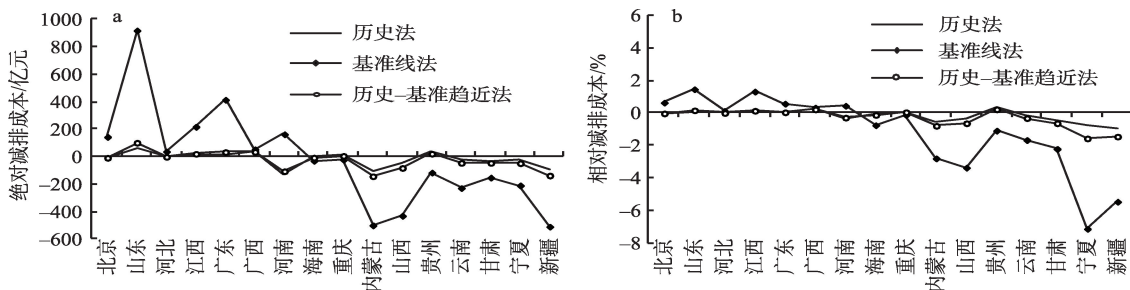


图4 16个样本省域绝对减排成本(a)和相对减排成本(b)对比

Figure 4 Comparison of absolute emission reduction costs (a) and relative emission reduction costs (b) of 16 regions

动。在这种情况下,只有在履约期内达到了既定控排目标的企业,方可结余配额用于出售获利,反之则会付出成本,符合碳市场设立的目的。

从相对减排成本上看,由于中国东西经济体量差异较大,基准线法的减排成本对东西部的影响程度截然不同:东部地区虽然减排收益可观,但对地区生产总值的影响不超过1.5%;而部分西部地区省(市、区)减排成本将会达到5%以上,如宁夏、新疆两省区别达到了7.1%和5.4%,可行性较低。相比之下,历史一基准趋近法和历史法的减排成本对东部省市影响微弱,对西部省(市、区)的影响也控制在2%以内,较基准法大幅下降。另外,考虑到西部地区减排潜力较大,可通过技术升级等手段来避免部分减排成本,历史一基准趋近法对西部地区经济发展的影响将会更小。

6 结论与讨论

本文首先对现有的免费碳配额分配方法进行了比较研究,在此基础上,改进了历史一基准趋近法的配额分配模型,并在行业层面进行试分配,验证了该方法在公平性、精准性和成本可行性方面的优势。形成了历史一基准趋近法完整的分配理论与方法体系。研究结论如下:

(1)在中国全国统一碳市场中,若采用历史法进行配额分配,东部地区更容易受到“鞭打快牛”的不良影响;若实施基准线法,将对西部地区带来“拔苗助长”效应;这些影响在石化、钢铁、化工、建材、有色等行业表现的尤为明显,这是由中国区域碳排放不平衡背景决定的。在此背景下,历史法的关键环节——基年选取将面临两难境地:若采取固定基年,将限制中国未来发展的碳排放空间,形成发展约束;若实行滚动基年,则不利于激励企业采取减排行动,形成激励陷阱;同样,基准线法的核心要义——“一产品一基准值”原则的取舍也面临两难抉择:坚持该原则将对中西部地区重点行业形成“拔苗助长”效应,加剧东西发展的不平衡、不协调,而放弃该原则,对同种产品设置多条基准线,先进生产工艺又将面临“鞭打快牛”。由此可见,历史法和基准线法均不适用于中国区域碳排放不平衡的现状。

(2)历史一基准趋近法面向未来选取基期,既

能考虑未来发展所需的排放空间,消除了“发展约束”,又可依据“一产品一基准值”原则设定目标基准值,消除该原则取舍的两难。此外,历史一基准趋近法依据企业当前排放水平与目标基准值的差距,线性确定缓冲期内的年度控排系数,实际上是按照企业的减排潜力来确定未来的控排系数,对所有企业形成有效激励,消除了“激励陷阱”。因此,该方法可以从原理上克服现有方法的各种不足。

(3)从行业层面的试分配结果来看:①历史一基准趋近法分配配额考虑减排潜力,使每个企业执行的控排系数与其减排潜力相适应,相对其他2种分配方法更具公平性,且在作到共同减排的前提下,同时避免了“鞭打快牛”和“拔苗助长”的问题。②历史一基准趋近法分配配额考虑历史排放,因此分配结果与实际排放接近,且分配误差在东西部各行业中分布相对均匀、随机,不会出现基准线法下“东部配额显著盈余,西部配额显著不足”的现象,分配结果相对精准,容易被控排企业所接受。③由于历史一基准趋近法的分配误差较小且分布随机,其减排成本总体不大,且均匀分布于样本区域,明显的碳资产自西向东流动不复存在,碳市场也能真正发挥作用,避免成为利益再分配的工具,因此可行性较高。

综合而言,本文认为历史一基准趋近法比较适合中国碳市场启动初期区域排放不平衡的基本国情。此外,该方法提供了一种“趋同”的配额分配思路,不仅有助于缩小中国区域间碳排放差异,为基准线法的全面应用奠定基础,而且在构建全球碳市场的过程中,面对更大的国际碳排放差异,该思路不失为一种可行的配额分配方法制定框架。

对基准年情景不确定性的优化是本方法后续研究的重点内容,尽管在2015年行业分配结果上表现出与其他2种方法配额总量的一致性,但对未来情景的准确预测仍是历史一基准趋近法有效应用的前提。

参考文献(References):

- [1] 范英. 中国碳市场顶层设计: 政策目标与经济影响[J]. 环境经济研究, 2018, 3(1): 1-7. [Fan Y. Top-level design of China's carbon market, 2018, 3(1): 1-7.]

2019年5月

- bon market: Policy objectives and economic impacts [J]. *Journal of Environmental Economics*, 2018, 3(1): 1-7.]
- [2] Peace J, Juliani T. The coming carbon market and its impact on the American economy[J]. *Policy & Society*, 2009, 27(4): 305-316.
- [3] 宣晓伟, 张浩. 碳排放权配额分配的国际经验及启示[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(12): 10-15. [Xuan X W, Zhang H. International experiences and lessons of carbon emission permit allocation method[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(12): 10-15.]
- [4] 段茂盛, 庞韬. 全国统一碳排放权交易体系中的配额分配方式研究[J]. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2014, 67(5): 5-12. [Duan M S, Pang T. Key issues in allowance allocation in China's future unified national emissions trading scheme[J]. *Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science)*, 2014, 67(5): 5-12.]
- [5] 齐绍洲, 王班班. 碳交易初始配额分配: 模式与方法的比较分析[J]. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2013, 66(5): 19-28. [Qi S Z, Wang B B. Initial allowances allocation in carbon trading: Comparison of modes and methods[J]. *Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science)*, 2013, 66(5): 19-28.]
- [6] 姚晔, 夏炎, 范英, 等. 基于环境生产技术效率的中国2030年区域减排目标路径研究[J]. *资源科学*, 2017, 39(12): 2335-2343. [Yao Y, Xia Y, Fan Y, et al. The pathway of Chinese regional carbon emission in 2030: A research based on ZSG environmental production technology efficiency[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2335-2343.]
- [7] 王文举, 李峰. 我国统一碳市场中的省际间配额分配问题研究[J]. *求是学刊*, 2015, 42(2): 44-51. [Wang W J, Li F. Study on quota distribution among provinces in our unified carbon market [J]. *Seeking Truth*, 2015, 42(2): 44-51.]
- [8] Qin Q, Liu Y, Li X, et al. A multi-criteria decision analysis model for carbon emission quota allocation in China's east coastal areas: Efficiency and equity[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 168: 410-419.
- [9] 杨军, 赵永斌, 丛建辉. 全国统一碳市场碳配额的总量设定与分配: 基于碳交易三大特性的再审视[J]. *天津社会科学*, 2017, (5): 110-114. [Yang J, Zhao Y B, Cong J H. The cap setting and allowance allocation of unified national carbon market: A review based on three properties of emissions trading scheme[J]. *Tianjin Social Sciences*, 2017, (5): 110-114.]
- [10] Burtram D, Kahn D, Palmer K. CO₂ allowance allocation in the regional greenhouse gas initiative and the effect on electricity investors[J]. *Electricity Journal*, 2006, 19(2): 79-90.
- [11] 袁永娜, 石敏俊, 李娜. 碳排放许可的初始分配与区域协调发展: 基于多区域CGE模型的模拟分析[J]. *管理评论*, 2013, 25(2): 43-50. [Yuan Y N, Shi M J, Li N. Analysis of regional assignment of carbon emission permits and its impacts on regional development in China: Based on a multi-regional computable equilibrium model[J]. *Management Review*, 2013, 25(2): 43-50.]
- [12] Crantom P, Kerr S. Tradeable carbon permit auctions: How and why to auction not grandfather[J]. *Energy Policy*, 2002, 30(4): 333-345.
- [13] 李继峰. 电价管制会显著降低碳交易效率[N]. *中国能源报*, 2014-11-03(04). [Li J F. Tariff Control Will Significantly Reduce the Efficiency of Carbon Trading[N]. *China Energy News*, 2014-11-03(04).]
- [14] Gagelman F. The Influence of the Allocation Method on Market Liquidity, Volatility and Firms' Investment Decisions[A]. Antes R, Hansjürgens B, Letmathe P. *Emissions Trading*[C]. New York: Springer, 2008.
- [15] Woerdman E, Arcuri A, Clò S. Emissions trading and the polluter-pays principle: Do polluters pay under grandfathering?[J]. *Review of Law & Economics*, 2008, 4(2): 565-590.
- [16] 孙永平. 全球气候治理视域下的中国碳市场[N]. *光明日报(理论版)*, 2018-02-27(15). [Sun Y P. China's Carbon Market under the Perspective of Global Climate Governance[N]. *Guangming Daily (Theoretical Version)*, 2018-02-27(15).]
- [17] 张希良. 国家碳市场总体设计中几个关键指标之间的数量关系[J]. *环境经济研究*, 2017, 2(3): 1-5. [Zhang X L. The quantitative relations of some key indicators in China's national emission trading system design[J]. *Journal of Environmental Economics*, 2017, 2(3): 1-5.]
- [18] 何建坤. 新时代应对气候变化和低碳发展长期战略的新思考[J]. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2018, (4): 13-21. [He J K. New idea on China's long-term strategy of addressing climate change and low-carbon development for new era[J]. *Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science)*, 2018, (4): 13-21.]
- [19] 李峰, 王文举. 中国试点碳市场配额分配方法比较研究[J]. *经济与管理研究*, 2015, (4): 9-15. [Li F, Wang W J. Comparative research on quota allocation methods in China's pilot carbon market[J]. *Research on Economics and Management*, 2015, (4): 9-15.]
- [20] Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management. National Allocation Plan for Austria Pursuant to Sec. 11 of the Austrian Emission Allowances Trading Act (EZG) for the Period 2008-2012 [EB/OL]. (2007-06-29)[2018-09-08]. http://www.emissionshandelsregister.at/fileadmin/site/emission-handel/pdf/enAT_NAP2_2008-2012.pdf.
- [21] 熊灵, 齐绍洲, 沈波. 中国碳交易试点配额分配的机制特征、设计问题与改进对策[J]. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2016, 69(3): 56-64. [Xiong L, Qi S Z, Shen B. The comparative features, problems and improvement measures of allowance allocation

- mechanism of China's carbon trading pilots[J]. Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science), 2016, 69(3): 56–64.]
- [22] Michael G, Christian A, Martinpersson U. Allowance allocation in the European emissions trading system: A commentary[J]. Climate Policy, 2005, 5(1): 127–136.
- [23] 曹静, 周亚林. 行业覆盖、市场规模与碳排放权交易市场总体设计[J]. 改革, 2017, (11): 126–135. [Cao J, Zhou Y L. Industrial coverage, market scale and overall design of trading market of carbon emission right[J]. Reform, 2017, (11): 126–135.]
- [24] 中国能源网. 碳交易市场配额分配方案征集意见中, 电力行业预分配比例暂定 70%[EB/OL]. (2017–06–02)[2018–03–06]. http://www.cnenergy.org/hb/tpf/201706/t20170602_444547.html/. [China Energy Network. Quota Allocation Scheme of Carbon Trading Market In Soliciting Opinions, the Pre-allocation Proportion of Power Industry Is Tentatively Set at 70%[EB/OL]. (2017–06–02) [2018–03–06]. http://www.cnenergy.org/hb/tpf/201706/t20170602_444547.html/.]
- [25] 叶飞, 令狐大智. 双寡头竞争环境下的碳配额分配策略研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(12): 3038–3046. [Ye F, Linghu D Z. Carbon quota allocation policy in duopoly[J]. Systems Engineering–Theory & Practice, 2015, 35(12): 3038–3046.]
- [26] 李钢, 廖建辉. 基于碳资本存量的碳排放权分配方案[J]. 中国社会科学, 2015, (7): 66–81. [Li G, Liao J H. A scheme for allocating carbon emission permits on the basis of carbon capital stocks [J]. Social Sciences in China, 2015, (7): 66–81.]
- [27] Paustian K, Ravindranath N H, Amstel V A R. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R]. Hayama: IPCC, 2006.
- [28] 何建坤. CO₂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. [He J K. Analysis of CO₂ emissions peak: China's objective and strategy[J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(12): 1–9.]
- [29] 李雪松, 娄峰, 张友国. “十三五”及 2030 年发展目标与战略研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2016. [Li X S, Lou F, Zhang Y G. Research of "Thirteenth Five-Year Plan" and 2030 Development Goals and Strategy[M]. Beijing: Social Sciences Literature Publishing House, 2016.]
- [30] 住房和城乡建设部. 住房和城乡建设部关于印发建筑业发展“十三五”规划的通知[EB/OL]. (2017–05–03)[2018–03–25]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/t20170503_231715.html/. [Ministry of Housing, Urban and Rural Development. Circular of the Ministry of Housing, Urban and Rural Construction on Issuing the 13th Five-Year Plan for the Development of Construction Industry [EB/OL]. (2017–05–03)[2018–03–25]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/t20170503_231715.html/.]
- [31] 国务院. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知[EB/OL]. (2015–05–19)[2018–03–27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.html/. [State Council. Circular of the State Council on the Issuance of Made in China 2025[EB/OL]. (2015–05–19)[2018–03–27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.html/.]
- [32] 郭朝先. 中国工业碳减排潜力估算[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 13–20. [Guo C X. Estimation of industrial carbon emission reduction potential in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(9): 13–20.]
- [33] 国务院. 国务院关于印发“十三五”控制温室气体排放工作方案的通知[EB/OL]. (2016–11–04)[2018–04–08]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-11/04/content_5128619.html/. [State Council. Circular of the State Council on the Issuance of the 13th Five-Year Plan of Work for the Control of Greenhouse Gas Emissions [EB/OL]. (2016–11–04) [2018–04–08]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-11/04/content_5128619.html/.]

An innovative allowance allocation method in China's unified national emissions trading scheme

ZHAO Yongbin^{1,2}, CONG Jianhui^{2,3}, YANG Jun^{1,2,3}, ZHANG Yixuan³

(1. Shanxi Institute of Business Studies, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. Research Center for Green Development, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

3. School of Economics and Management, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The imbalance of regional emissions is a peculiarity for China's unified carbon market. However, neither grandfathering method nor benchmarking method can avoid punishing good performers and applying too much pressure on poor performers. By examining existing research on allowance allocation, we found that in China's carbon market, the grandfathering method faces a dilemma of choosing a fixed-base-year or a rolling-base-year, and the benchmarking method faces a dilemma of whether to apply the principle of "one benchmark for one product." Based on the principle of common but differentiated responsibility for emission reduction, this study proposed a new method of allowance allocation, that is, grandfathering-benchmarking approaching method. Then, using this method to simulate the allowance allocation and comparing the result with the methods of grandfathering and benchmarking alone, the results show that the grandfathering-benchmarking approaching method not only can avoid punishing good performers and applying too much pressure on poor performers, but also work in coordination with carbon reduction target. Comparing with the other two methods, its emission control coefficient is fair, the allocation result is more accurate, and the cost of emission reduction is more acceptable. It has better performance in reducing the risk of worsening regional economic imbalance. The conclusion of the study shows that grandfathering-benchmarking approaching method can deal with the situation of strong regional emission disparity. It can be used as a reference for the selection and optimization of allowance allocation method in the initial stage of China's unified carbon market.

Key words: carbon market; allowance allocation; imbalance of regional emissions; fairness; grandfathering-benchmarking approaching method; China