

欧盟碳排放权交易体系第三阶段改革 对碳价格的影响

齐绍洲 王 薇*

摘要:欧盟碳排放权交易体系第三阶段改革成效显著,研究其关键改革政策对碳市场的影响,将为我国的碳市场建设提供一定的经验借鉴。本文选取了第三阶段三项主要改革政策——配额总量递减、折量拍卖、市场稳定储备机制作为评估对象,以第三阶段欧盟碳配额期货价格的日度数据为被解释变量,三大改革政策为解释变量,采用时间序列协整模型和向量误差修正模型对各因素的影响作出评估。研究表明,各项改革政策都与碳配额期货价格呈正向协整关系,通过改善市场供求失衡状况,有效推动了第三阶段碳价格的提高,对减排企业形成了长效的激励和约束,提高了欧盟碳排放权交易体系的运行效率。因此,我国在建立和完善碳排放权交易体系进程中,要根据本国情况合理设置配额总量和配额分配方式,设置配额柔性调整机制,不断提高市场流动性,促进碳价格的提高,保证碳排放权交易市场的稳定发展。

关键词:欧盟碳排放权交易体系;第三期改革;碳价格

一、引言

为了促进节能减排,减缓气候变暖,世界各国都在不断探索控制温室气体排放的有效策略。欧盟自1991年发布第一个限制二氧化碳(CO₂)排放并提高能源效率的共同体战略以来,采取了许多限制温室气体减排的举措,其中,欧盟碳排放权交易体系(EU ETS)发挥着巨大作

*齐绍洲,武汉大学气候变化与能源经济研究中心、碳排放权交易湖北省协同创新中心、武汉大学欧洲问题研究中心,邮政编码:430072,电子信箱:cneuus@126.com;王薇(通讯作者),武汉大学经济与管理学院世界经济系,邮政编码:430072,电子信箱:577021081@qq.com。

本文系国家自然科学基金重大项目子课题“我国碳排放权交易体系的总量设定与配额分配方法评价与完善”(18ZDA107)和2018年国家重点研发计划“气候变化风险的全球治理与国内应对关键问题研究”课题5“我国重点行业与地区碳配额分配方法与能力建设”(2018YFC1509005)的阶段性研究成果。感谢匿名审稿专家的修改意见,文责自负。

用。EU ETS是欧盟气候变化政策的一个基石,是欧盟应对气候变化、降低温室气体排放量的重要工具。它建于2005年,是目前规模最大、碳交易量占比最高的碳排放权交易体系。EU ETS计划分为四个阶段,第一阶段为2005–2007年,第二阶段为2008–2012年,第三阶段为2013–2020年,第四阶段为2020–2030年。就欧盟排放交易体系而言,碳价格是促使企业节能减排的重要推动力。对于控排企业而言,更高的碳排放价格会为它们提供一种激励,促使它们进行经营改革、能源转型和研发投资,以降低产出的碳排放强度,从而减少碳排放。EU ETS的前两个阶段,由于经济冲击和制度设计不合理,配额供求失衡导致碳价格始终在低位徘徊,降低了市场参与者的积极性,严重影响了EU ETS的减排效率。

为了有效提高碳价格,欧盟通过实施三大改革政策,对第三阶段的制度进行了全面的调整。第一,配额总量线性递减。配额总量决定了碳排放权的总供给,第三阶段,欧盟委员会采取统一制定配额分配方案的模式,配额总量大幅降低且逐年递减。2013年为20.84亿吨配额,之后每年线性减少1.74%,从而确保2020年的配额总量比2005年减少21%。第二,折量拍卖。它是欧盟排放权交易体系应对不断增长的盈余的一项短期措施,即将9亿吨排放配额的拍卖从2014–2016年推迟至2019–2020年,这些折量拍卖不会降低配额总拍卖量,但会改变该阶段拍卖量的分配。被折量拍卖的配额将被放进市场稳定储备机制中,通过减少短期市场供给量来改善市场平衡。第三,市场稳定储备机制,它是解决配额供给过剩的一项长期措施。当流通中的配额总量高于8.33亿吨时,12%(到2023年将上升为24%)的配额供给将从未来的拍卖中撤出并存入市场储备中。当流通中的配额低于4亿吨时,再从MSR中释放1亿吨配额重新投入市场。

随着第三阶段改革的不断深入,欧盟碳价格稳步上涨,逐渐稳定在25欧元/吨左右。从图1可以看出,第三阶段欧盟碳市场价格整体呈上升趋势。自2013年1月实施总量递减政策以来,碳价格开始稳步上升。2014年2月实施折量拍卖政策,碳价格在一个月由4.57欧元/吨上升至6.90欧元/吨。自2018年2月宣布将于2019年启动市场稳定储备机制(Market Stability Reserve, MSR)以后,碳价格一路攀升,从2018年2月的8.93欧元/吨上涨到2018年12月的24.67欧元/吨,上涨幅度达到176%。2019年1月市场稳定储备机制开始实施,碳价格继续上涨并于2019年底达到25欧元/吨。因此,可以初步判断改革政策对碳价格有一定的正向影响。

碳价格是碳市场发展的风向标,改革能否促使市场形成一个足够高且稳定的碳价格信号,也在一定程度上反映了改革的成效。当前,我国全国碳市场建设还处于配额分配等核心制度要素设计的关键阶段,如何通过改革,不断对碳市场的制度进行调整,发挥碳价格信号引导节能减排行动与投资的核心功能是当前面临的一大难题。因此,研究EU ETS第三阶段改革对碳价格的影响,总结欧盟碳排放权交易体系改革的经验教训,将对我国碳市场建设有一



图1 欧盟碳配额(EUA)期货结算价

数据来源:欧洲气候交易所。

定的参考价值和借鉴意义。

二、文献综述

碳排放权交易市场作为一项环境政策工具,它的作用主要有两个方面:第一是为了控制温室气体排放总量,实现低成本减排;第二是希望通过合理的碳配额定价,促使企业改进生产方式,投资绿色低碳技术,提高能效,实现能源的低碳转型。因此,一个足够高且稳定的碳配额价格信号尤为重要。如果碳配额价格波动太大或者长期过低,将会打击市场参与者的信心,从而降低其减排意愿。不少研究表明,碳价格能在一定程度上影响减排效率。Perthuis和Trotignon(2014)指出,碳排放权交易体系的运行效率取决于其对短期排放能力以及长期环境投资行为的影响。就欧盟碳排放权交易体系而言,这种影响的推动力应该来自碳价格。Yu(2011)利用企业层面的数据,分析了2005年和2006年参与EU ETS对瑞典发电企业盈利能力的影响,研究结果显示欧盟碳排放权交易体系对其2005年的盈利能力没有任何重大影响,但2006年配额供求失衡以及不允许配额跨期使用造成的欧盟碳配额价格暴跌,对企业盈利能力产生了严重的负面影响。Widerberg和Wrake(2009)研究了2005年至2008年瑞典碳价格对二氧化碳排放强度的影响,发现合理的高碳价格能在一定程度上促进二氧化碳减排。Pettersson和Lundmark(2012)使用里昂惕夫模型,对第二阶段八个纳入欧盟碳排放权交易体系的西欧国家的电力部门数据进行分析发现,如果配额价格提升至90美元,那么仅通过能源转型就能使二氧化碳排放量降低2%(以2004年为基准年,相当于18Mt的二氧化碳)。除此之外,高

碳价格还能推动企业能源转型和低碳创新技术的发展,提高长期减排效率(Borghesi et al., 2012; Calel & Dechezlepretre, 2016)。

但是,碳价格不是由监管者主观确定的,而是市场交易过程的结果。供需决定价格,如果配额发放过多,配额市场供大于求,必然导致碳价格的持续低迷。不少学者在综合考虑了能源价格、宏观经济状况、工业生产水平、非电力行业的表现以及清洁发展机制(CDM)和联合履约机制(JI)的可用性的前提下,发现EU ETS前两阶段配额发放总量远远超过实际排放量,配额市场供过于求(Ahman & Holmgren, 2009; Abrell et al., 2011)。配额盈余导致碳价格低迷,企业减排意愿薄弱,阻碍了碳市场的有序运作,使其无法以成本效益原则实现更严格的减排目标,严重影响了减排效率。截至目前,大量文献对EU ETS前两阶段的制度改革进行了研究,发现总量设置过高以及配额分配方式不合理,是导致配额市场供过于求的主要原因(Grubb & Klinsky, 2014; Brouwers et al., 2016; Sebastian, 2019)。配额总量设置过高会导致初始配额分配过量,免费分配又进一步造成了企业自主减排积极性降低,市场配额供过于求,配额价格持续低迷,进而导致了整个系统减排效率的降低(Kemfert et al., 2006; Neuhoff et al., 2006; Ellerman & Buchner, 2008; Convery et al., 2008; Abrell et al., 2011)。由于配额稀缺性不足会导致碳价格的持续低迷,因此,有学者建议通过制度改革将碳价格提升至合理的区间,如考虑使用价格底线,以及通过改革配额分配方法来恢复碳配额的稀缺性(Perthuis & Trotignon, 2014; Branger et al., 2015)。

第三阶段改革试图通过减少市场配额供给,提高需求来提升碳价格。随着总量上限的收紧、折量拍卖的引入以及市场稳定储备机制的实施,欧盟碳排放交易体系从根本上发生了变化,碳价格逐步上涨并于2019年末升至30欧元/吨。英国能源资讯网站Edie Net预测,由于供需关系变化和季节性天然气价格波动,欧盟碳价格将在2021年达到50欧元/吨,2019-2023年平均碳价格将达到35-40欧元/吨。种种迹象表明,欧盟第三阶段改革,使得碳价格正逐渐从低迷中复苏。有学者认为,配额总量的线性递减改变了市场对于配额供给的预期,是驱动碳价格上涨的主要原因(Martin et al., 2011)。另有学者对MSR对价格和排放路径的影响进行了事前评估,认为MSR本身会影响配额盈余,提高市场价格,并增加价格波动(Richstein et al., 2015)。

截至目前,关于欧盟碳排放权交易体系第三阶段的改革研究主要集中在单个政策本身,或者运用时间序列协整模型研究能源价格、核证减排量(Certified Emission Reductions, CERs)价格、宏观经济指标、突发事件与碳价格之间的相互作用(Creti et al., 2012; 朱帮助, 2014; Soliman & Nasir, 2019),而鲜少关注第三阶段的制度改革对碳价格的影响及作用机理。特别地,由于市场稳定储备机制实施时间较短,目前还没有学者对市场稳定储备机制的实施对碳价格的影响进行研究。基于此,本文将从改革政策层面研究第三阶段改革对碳配额价格的影响,

从而说明改革的有效性。本文的数据覆盖了第二阶段末期以及自市场稳定储备机制实施之初到目前的期货价格的所有数据,将碳期货价格作为被解释变量,第三阶段改革中三种主要的政策措施作为解释变量(配额总量递减、折量拍卖、市场稳定储备机制),选取能源价格、工业生产指数、CER价格等作为模型的控制变量,建立多元线性回归模型,采用协整技术和向量误差修正模型,通过量化解释变量对欧盟碳排放权交易体系中配额价格的实际影响,深入剖析各种改革政策影响碳价格的作用机制。随后基于中国碳市场的现状及问题,结合欧盟碳市场改革的经验教训,对中国碳市场的建设提出政策建议。

本文的边际贡献主要在于:第一,本文研究的是第三阶段改革对欧盟碳配额价格的影响。目前学者关于第三阶段改革的研究主要集中在其减排效率上,而鲜少从政策改革角度来探讨第三阶段碳价格大幅上涨的原因。本文通过定量分析,研究改革对碳配额价格影响的作用机理,弥补了现有文献对第三阶段政策改革研究的不足。第二,本文通过定量分析,肯定了市场稳定储备机制的有效性,说明了设置配额柔性调整机制的必要性,对今后中国碳市场的建设具有一定的参考价值。

三、变量选取与模型构建

(一)变量选取

本文选取第三阶段欧盟碳配额期货价格的日度数据作为被解释变量,第三阶段三项主要改革措施(配额总量递减、折量拍卖、市场稳定储备机制)为解释变量,欧盟工业生产指数、长期国债收益率、核证减排量价格、能源价格作为控制变量,具体变量说明及数据来源如下:

1.被解释变量

本文选取欧盟碳配额(EU-ETS Allowances, EUA)期货价格作为被解释变量。之所以选择欧盟碳配额期货价格,是因为在欧盟碳市场交易中,期货交易所占份额最大。此外期货市场具有价格发现功能,通过公开竞争和自由买卖形成公众所接受的均衡价格,并随着市场信息的变化不断调整均衡价格,因此比现货价格更能准确地反映真实供求状况,并能在一定程度上预测价格变化趋势(Chevalier et al., 2009; Martin et al., 2011)。欧盟碳排放配额期货价格数据取自欧洲能源交易所的日度数据,时间为2012年1月1日至2019年12月1日。

2.解释变量

本文所关注的解释变量是第三阶段改革中影响配额供求的三项主要改革措施,包括:(1)配额总量递减(*cap*),即以2013年配额总量为基准,每年线性减少1.74%,于2013年1月起实施。(2)折量拍卖(*auction*),即2014年将9亿吨排放配额的拍卖从2014-2016年推迟至2019-2020年,于2014年2月起实施。(3)市场稳定储备(*msr*),即2019年到2023年间,24%的剩余配额将放入MSR中(第四阶段的正常比例为12%),2023年后MSR中超过上一年度拍卖

数量的配额将全部失效。该政策于2019年1月1日施行。三项政策均用虚拟变量表示,改革实施前设为0,改革实施以后设为1。本文预期三项改革措施都对碳价格具有正向影响。

3.控制变量

控制变量主要用于分离其他可能因素对碳价格的影响。参考现有关于碳价格形成机制的相关文献(Mansanet-Bataller et al, 2011; Creti et al., 2012; 朱帮助, 2014; Soliman & Nasir, 2019), 本文控制变量如下:(1)欧盟工业生产水平,用欧盟工业生产指数(*ipi*)来表示,数据来源于欧洲统计局提供的月度数据。工业生产水平会影响控排企业的实际碳排放量,工业生产水平越高,碳排放量越大,对碳配额的需求就越高(Hintermann, 2010; Chevallier, 2011)。(2)核证减排量价格(*cer*),取自 Wind 数据库提供的日度数据。已有研究(Jules et al., 2016)认为, CER 和 EUA 期货价格具有很高的关联度, CER 价格的波动会加剧 EUA 期货交易过程中的风险。(3)长期国债收益率,取自 Wind 数据库提供的日度数据。国债收益率能反映一个国家的偿债风险,从而影响经济状况和人们对经济前景的预期,经济下行会导致生产投资活动减少,碳排放权需求减少从而降低 EUA 价格。(4)能源价格,本文主要选择煤炭、石油和天然气三种能源价格。二氧化碳的排放与能源的使用直接相关,而主要的化石能源又包括石油、天然气和煤炭,已有研究证实(Hintermann, 2010; Maydybura & Andrew, 2011)能源市场与碳市场之间存在着天然的价格传导机制。本文的石油价格(*brent*)采用洲际交易所(ICE)布伦特原油期货价格;煤炭价格(*coal*)采用德国欧洲能源交易所(EEX)三港煤炭期货价格;天然气价格(*gas*)选用 ICE 英国天然气期货价格。选择的样本区间与被解释变量和解释变量一致,为 2012 年 1 月至 2019 年 12 月。本文的主要变量含义及描述性统计见表 1。

表 1 主要变量含义及描述性统计

变量	含义	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnEUA</i>	碳价格	2,042	2.068179	0.564956	0.993252	3.393501
<i>lncer</i>	核证减排量价格	2,042	-1.13991	1.037583	-4.60517	1.633154
<i>lngas</i>	天然气价格	2,042	3.874653	0.268067	3.185526	4.352984
<i>lnbrent</i>	石油价格	2,042	4.273669	0.351376	3.327909	4.838027
<i>lncoal</i>	煤炭价格	2,042	4.302774	0.223757	3.770459	4.701389
<i>lnipi</i>	工业生产指数	2,042	4.615414	0.038395	4.554824	4.680185
<i>lnndr</i>	长期国债收益率	2,042	0.475691	0.563847	-1.27297	1.444563
<i>auction</i>	折量拍卖	2,042	0.736533	0.440622	0	1
<i>msr</i>	市场稳定储备	2,042	0.116063	0.320379	0	1
<i>cap</i>	总量递减	2,042	0.332321	0.873653	0	1

(二)模型构建

参照 Zhu 等(2019)、Creti 等(2012)和朱帮助(2014)的做法,本文采用协整模型、向量误差

修正模型和Newey-West估计来研究改革政策对碳价格的影响。

一些经济变量之间存在长期均衡关系,这种均衡关系意味着没有任何内部机制破坏经济体系中的均衡。如果变量在受到一定干扰后,偏离其长期均衡,则其将在下一个阶段通过均衡机制调整重新回到均衡点。尽管很多经济变量本身不是平稳序列,但它们的线性组合可能是平稳的。这种线性组合称为协整方程,此时可以通过回归来确定变量之间相互依赖的定量关系。该方法基于以下公式:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

通过积分变换,可以得到:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \Pi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

其中 $\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I$, $\Gamma_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$, Δy_{t-i} 是由一组 $I(0)$ 变量组成的向量组。当且仅当 Πy_{t-1} 是由 $I(0)$ 变量组成的向量组时, Δy_t 平稳序列。此时, $y_{1, t-1}, y_{2, t-1}, \dots, y_{k, t-1}$ 之间存在协整关系。当 Π 的秩满足 $0 < r < k$ 时,则意味着存在 r 个协整关系。此时存在两个秩为 r 的 $(k \times r)$ 阶向量 α 和 β 满足:

$$\Pi = \alpha \beta' \quad (3)$$

将(3)放入(2)中得到:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \alpha \beta' y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

式(4)称作协整向量矩阵。其中 y_t 表示被解释变量, y_{t-i} 表示各解释变量和控制变量。如果能证明时间序列为同阶单整的平稳序列,那么就可以利用协整分析对变量进行回归。根据本文所选变量构建协整回归模型,对模型中的非虚拟变量进行自然对数处理,以便消除异方差的影响,回归模型可以初步定为:

$$\ln EUA = C + \alpha \ln cer + \beta \ln gas + \gamma \ln brent + \omega \ln coal + \varepsilon \ln ipi + \zeta \ln ndr + \eta cap + \theta auction + \mu msr + \delta \quad (5)$$

对上述模型进行OLS回归,并检验残差平稳性(AE-G两步法),即可得到各变量的回归系数。但是在进行回归分析之前,需要对各非虚拟变量进行协整分析,验证变量间是否存在长期稳定的均衡关系,避免产生伪回归。基于稳健性的考虑,我们在后文的稳健性检验中也将辅助性地采用Newey-West估计、变更控制变量、更换核心解释变量以及向量误差修正模型(VECM Representation)对模型进行再次估计。

四、协整回归及结果分析

(一) 平稳性检验

首先,为了检验变量的平稳性,需要对非虚拟变量进行单位根检验。本文采用ADF对本进行平稳性检验,因为引入虚拟变量并不会影响变量之间的协整关系,因此仅对非虚拟变

量进行检验。结果如表2所示,其中(C,t,L)分别表示常数项(有设为1,无设为0),时间趋势项(有设为1,无设为0)和滞后阶数。检验发现变量都存在单位根,为非平稳序列。对变量作一阶差分,然后再次进行单位根检验,发现其在1%的显著水平上都拒绝了存在单位根假设,即这些变量均为一阶单整平稳序列。因此,可以对变量进行协整关系的分析。

表2 平稳性检验结果

ADF	D.lnEUA	D.lncer	D.lngas	D.lnbrent	D.lncoal	D.lnipi	D.lnndr
-3.43(1%)	(C,t,24)	(C,t,25)	(C,t,25)	(C,t,25)	(C,t,25)	(C,t,25)	(C,t,25)
-2.86(5%)							
-2.5(10%)	-10.259	-9.237	-6.777	-7.494	-8.121	-11.406	-6.472
结论	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳
ADF	lnEUA	lncer	lngas	lnbrent	lncoal	lnipi	lnndr
-3.43(1%)	(C,t,L)	(C,t,L)	(C,t,L)	(C,t,L)	(C,t,L)	(C,t,L)	(C,0,0)
-2.86(5%)							
-2.5(10%)	-0.629	-2.956	-2.064	-1.539	-1.532	-1.012	-1.731
结论	不平稳	不平稳	不平稳	不平稳	不平稳	不平稳	不平稳

(二) 协整回归

本文采用AE-G两步法来验证各变量之间是否存在长期稳定的协整关系。首先以lnEUA为被解释变量,其余变量为解释变量进行OLS回归。随后,再对残差项进行ADF检验。OLS回归结果如表3所示,其中,P值为0,R²为0.86,表示模型的拟合优度高。对残差序列进行ADF单位根检验,检验结果如表4所示,结果显示在1%的显著性水平下拒绝了有单位根的假设,残差序列是平稳,因此可以认为变量之间存在协整关系。

表3 OLS 回归结果

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
lncer	0.029034	0.007917	3.67	0.000
lngas	1.374251	0.037419	36.73	0.000
lnbrent	0.747077	0.033113	22.56	0.000
lncoal	-1.61528	0.055534	-29.09	0.000
lnipi	11.00295	0.328788	33.47	0.000
lnndr	-0.12654	0.021173	-5.98	0.000
auction	0.533677	0.024497	21.79	0.000
msr	0.754812	0.027134	27.82	0.000
cap	0.746328	0.025705	29.03	0.000
常数项	-50.0177	1.422179	-35.17	0.000
R ²	0.8587			
调整的R ²	0.8581			
F	1372.47			
P值	0.0000			

表4 残差单位根检验

Dickey-Fuller 单位根检验	检验统计量	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值
Z(t)	-6.213	-3.43	-2.86	-2.57
Z(t)的 MacKinnon 近似 P 值= 0.0000				

自变量之间可能存在多重共线性,因此利用相关系数矩阵和方差膨胀因子进行检验,检验结果如表5和表6所示。所有相关系数均小于0.8,自变量的方差膨胀因子均小于10,表明自变量之间没有共线性问题存在。因此,根据上述回归结果,协整模型可以写为:

$$\ln EUA = -50.018 + 0.0290 \ln cer + 1.374 \ln gas + 0.747 \ln brent - 1.615 \ln coal + 11.003 \ln ipi - 0.127 \ln ndr + 0.534 \ln auction + 0.755 \ln msr + 0.746 \ln cap \quad (6)$$

表5 相关系数检验

	<i>ln cer</i>	<i>ln gas</i>	<i>ln brent</i>	<i>ln coal</i>	<i>ln ipi</i>	<i>ln ndr</i>	<i>ln auction</i>	<i>ln msr</i>	<i>ln cap</i>
<i>ln cer</i>	1.0000								
<i>ln gas</i>	0.1352	1.0000							
<i>ln brent</i>	0.2719	0.6971	1.0000						
<i>ln coal</i>	0.1934	0.7828	0.6114	1.0000					
<i>ln ipi</i>	-0.2632	-0.3462	-0.5862	-0.0271	1.0000				
<i>ln ndr</i>	0.4606	0.6504	0.7137	0.5147	-0.7103	1.0000			
<i>ln auction</i>	-0.5509	-0.6057	-0.7248	-0.4291	0.6903	-0.7502	1.0000		
<i>ln msr</i>	-0.1392	-0.3588	-0.1194	-0.2978	0.4095	-0.5819	0.2167	1.0000	
<i>ln cap</i>	-0.7342	-0.2964	-0.4757	-0.3855	0.4044	-0.5518	0.6358	0.1378	1.0000

表6 方差膨胀因子检验

自变量	VIF	1/VIF
<i>ln ipi</i>	7.18	0.139242
<i>ln coal</i>	6.96	0.143704
<i>ln ndr</i>	6.42	0.155683
<i>ln brent</i>	6.1	0.163912
<i>ln auction</i>	5.25	0.19046
<i>ln gas</i>	4.53	0.220532
<i>ln msr</i>	3.41	0.293631
<i>ln cap</i>	3.29	0.304073
<i>ln cer</i>	3.04	0.328822
Mean VIF	5.13	

(三)回归结果分析

本文主要关注政策变量(虚拟变量)。由表3的回归结果可以看出,三项改革措施折量拍卖(*auction*)、市场稳定储备(*msr*)、总量递减(*cap*)的协整系数分别为0.534、0.755和0.746,p值均为零,说明三项改革措施对碳配额价格均有着显著的正向影响,推动了第三阶段碳价格的上涨,从而说明第三阶段改革的有效性。且折量拍卖的回归系数小于总量递减和市场稳定储备,说明总量递减政策和市场稳定储备机制对EUA价格的正向影响更大,效果更好。

从控制变量来看,p值为零,回归系数均显著。其中,核证减排量价格(*cer*)、天然气价格(*gas*)、工业生产指数(*ipi*)的系数为正,煤炭(*coal*)和长期国债收益率(*ndr*)的系数显著为负,这也与预期相符。核证减排量交易和碳配额交易都反映了整个碳交易市场的活跃程度,因此变动趋势大致相同。工业生产指数越高表示生产活动产生的碳排放量越多,对碳配额的需求越高,从而提升碳价格。现阶段电力行业是EUA的主要需求方,煤炭作为发电燃料其成本要比天然气和石油低,但每单位煤炭发电要比天然气和石油发电排放更多的二氧化碳。当煤炭价格上升时,人们会更倾向于选择天然气或石油发电,从而对碳排放权的需求减少,EUA价格下降;反之,当天然气或石油的价格上升,人们倾向于选择煤炭发电,导致对碳排放权的需求增加,从而提高EUA价格。长期国债收益率上升意味着国家主权信用下滑,即国家的偿债风险提高,国债收益率越高,说明人们对这个政府的财务状况很担忧,对他们未来的还款能力表示怀疑。因此国债收益率上升,说明宏观经济不景气,经济下行从而导致EUA价格的降低。由上述回归结果可以初步判定配额总量递减、折量拍卖、市场稳定储备机制都对欧盟碳配额价格的上涨起到了推动作用,符合理论预期。下面,为了验证回归结果的稳健性,本文将通过Newey-West估计、变更控制变量、更换核心解释变量以及VECM误差修正模型进行稳健性检验。

(四)稳健性检验

1.对内生性问题的处理

本文的内生性问题来自于因变量与自变量的双向因果关系。EUA价格的高低,可能会影响人们对能源种类和核证减排量使用量的选择,进一步影响能源价格和CER价格。为此,本文将三种能源价格和CER价格作滞后一期处理,基于企业更愿意选择当前价格较低的能源燃料进行生产,而不同能源燃料的排放系数存在差异,企业上一期对能源燃料的选择会影响未来对碳排放权的需求,从而对下一期的碳价格产生影响,但是当期的碳价格却无法对上一期的能源价格产生影响。CER和EUA期货价格具有很高的关联度,上一期CER价格的波动会加剧当期EUA期货交易过程中的风险,从而影响EUA价格,但当期EUA价格无法对上一期CER价格产生影响。由此控制因变量对自变量的影响,缓解内生性问题。在将三种能源价格和CER价格进行滞后一期处理后重新对前文中的计量模型进行回归,结果如表7所示。

表7 内生性稳健性检验(能源价格和CER价格滞后一期)

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
lncer	0.029623	0.007965	3.72	0.000
lngas	1.363145	0.037559	36.29	0.000
lnbrent	0.758812	0.033085	22.93	0.000
lncoal	-1.60866	0.055667	-28.9	0.000
lnipi	11.0231	0.329622	33.44	0.000
lnndr	-0.13426	0.021297	-6.3	0.000
auction	0.529563	0.024465	21.65	0.000
msr	0.748302	0.027014	27.7	0.000
cap	0.745126	0.025885	28.79	0.000
常数项	-50.1392	1.425999	-35.16	0.000
R ²	0.8580			
调整的R ²	0.8574			
F	1363.85			
Prob > F	0.0000			

在进一步控制了潜在的内生性问题后,三项政策的回归系数仍然显著为正,且与前文的回归结果系数值基本一致,控制变量回归系数的符号也与前文相同,说明前文的实证结论是稳健的,即第三阶段政策改革对碳价格的正向影响是明显的。

2. Newey-West估计

为了得到稳健的标准误的结果,可以对式(5)进行Newey-West估计回归。Newey-West估计法仍然使用OLS来估计回归系数,但使用“异方差自相关稳健的标准误”,即存在自相关与异方差的情况下也成立的稳健标准误。截断参数取值按 $p = n^{1/4} \approx 6.7$,因此Newey-West估计量的滞后阶数取7。为了考察Newey-West估计对截断参数的敏感性,取滞后阶数为9再重新估计得到回归方程,两个回归结果如表8和表9所示。由表可知,无论滞后阶数取7还是9,Newey-West标准差变化不大,比较稳健。观察表8和表9的回归结果发现,三项改革政策(auction、msr、cap)的回归系数与表3符号相同,大小基本一致,从而证明前文实证的稳健性,政策改革对EUA价格有显著的正向影响。

表8 Newey-West回归(滞后7阶)

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
lncer	0.029034	0.017893	1.62	0.105
lngas	1.374251	0.114318	12.02	0.000
lnbrent	0.747077	0.089531	8.34	0.000
lncoal	-1.61528	0.126766	-12.74	0.000
lnipi	11.00295	0.912512	12.06	0.000
lnndr	-0.12654	0.045193	-2.8	0.005
auction	0.533677	0.063536	8.4	0.000

续表 8 Newey-West 回归(滞后 7 阶)

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
<i>msr</i>	0.754812	0.072164	10.46	0.000
<i>cap</i>	0.746328	0.051675	14.44	0.000
常数项	-50.0177	4.105104	-12.18	0.000
F	213.08			
Prob > F	0.0000			

表 9 Newey-West 回归(滞后 9 阶)

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
<i>lncer</i>	0.029034	0.019646	1.48	0.140
<i>lngas</i>	1.374251	0.125459	10.95	0.000
<i>lnbrent</i>	0.747077	0.098112	7.61	0.000
<i>lncoal</i>	-1.61528	0.138984	-11.62	0.000
<i>lnipi</i>	11.00295	1.006244	10.93	0.000
<i>lnndr</i>	-0.12654	0.049611	-2.55	0.011
<i>auction</i>	0.533677	0.069954	7.63	0.000
<i>msr</i>	0.754812	0.079466	9.50	0.000
<i>cap</i>	0.746328	0.056622	13.18	0.000
常数项	-50.0177	4.532709	-11.03	0.000
F	176.44			
Prob > F	0.0000			

3. 变更控制变量和核心解释变量

经济景气指数(*eci*)可以反映企业的生产经营状况和当前经济的基本走势,因此,可以用经济景气指数来替换工业生产指数(*ipi*)和长期国债收益率(*ndr*)重新考察 OLS 回归结果的稳健性。欧盟经济景气指数取自 Wind 数据库提供的月度数据。回归结果如表 10。

表 10 变更控制变量的 OLS 回归

lnEUA	回归系数	标准差	t	P>t
<i>lncer</i>	0.063308	0.009516	6.65	0.000
<i>lngas</i>	1.284213	0.045398	28.29	0.000
<i>lnbrent</i>	0.093731	0.030769	3.05	0.002
<i>lncoal</i>	-0.59261	0.054714	-10.83	0.000
<i>lneci</i>	2.83781	0.206917	13.71	0.000
<i>auction</i>	0.64014	0.03599	17.79	0.000
<i>msr</i>	1.501816	0.02041	73.58	0.000
<i>cap</i>	0.76991	0.037786	20.38	0.000
常数项	-13.7846	0.86137	-16.00	0.000
R ²	0.7885			
调整的 R ²	0.7876			
F	947.22			
Prob > F	0.0000			

此外,市场对即将实施市场稳定储备机制的预期也会对碳价格有影响,因此可以替换核心解释变量 msr 为 $Ymsr$,时间跨度为2012年1月至2018年12月,也就是MSR正式实施之前,用同样的方法进行回归,以考察上述回归结果的稳健性。回归估计如表11所示。可以看出主要解释变量折量拍卖($auction$)、市场稳定储备机制($Ymsr$)以及总量递减政策(cap)的回归系数显著为正,分别为0.346、0.877和0.705。

表 11 替换核心解释变量的 OLS 回归

$\ln EUA$	回归系数	标准差	t	P>t
$\ln cer$	0.009893	0.006437	1.54	0.124
$\ln gas$	0.686406	0.033658	20.39	0.000
$\ln brent$	0.480382	0.027877	17.23	0.000
$\ln coal$	-1.16167	0.04762	-24.39	0.000
$\ln ipi$	4.769382	0.330831	14.42	0.000
$\ln ndr$	-0.18304	0.015953	-11.47	0.000
$auction$	0.346063	0.018885	18.32	0.000
$Ymsr$	0.876792	0.018953	46.26	0.000
cap	0.705292	0.021001	33.58	0.000
常数项	-19.4009	1.489273	-13.03	0.000
R^2	0.9050			
调整的 R^2	0.9046			
F	2150.74			
Prob > F	0.0000			

由以上回归结果可以看出,变更控制变量和更换核心解释变量之后,各控制变量和核心解释变量的系数符号和大小基本一致,证明了回归结果的稳健性。表11的回归结果还表明,市场对即将实施市场稳定储备机制的预期($Ymsr$)同样对碳配额价格有着显著的正向影响。

4. 向量误差修正模型回归

用AE-G两步法进行回归虽然可以证明变量之间的长期均衡,但是因为该方法是分两步进行的,第一步估计的误差很可能会被带到第二步中,导致回归结果并不十分有效。因此,作为对比,本文将在AE-G两步法回归的基础上,利用Johansen极大似然检验再次考察变量间的均衡关系。Johansen极大似然估计法(MLE)根据向量自回归(Vector Autoregression Model)模型推导出向量误差修正模型,并用条件MLE估计出VECM中的长期参数。向量自回归模型可以用 $VAR(p)$ 表示:

$$y_t = \alpha + \delta t + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

其中, y_t 代表模型内生变量组成的向量, t 为所研究的样本数, p 表示滞后阶数, 一般根据 SC、AIC 和似然比检验统计量 LR 取值最小的准则来确定。根据式 (7), 令 $\phi(L) = I_n - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p$, $\Gamma_0 = -\phi(1)$, 可推导出对应的向量误差修正模型 (VECM):

$$\Delta y_t = \alpha + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

假设协整秩为 h , 则系数矩阵 Γ_0 必须满足 $\text{rank}(\Gamma_0) = h$ 。Johansen 的 MLE 方法是对 $H_0 : \text{rank}(\Gamma_0) = 0$ 和 $H_1 : \text{rank}(\Gamma_0) > 0$ 进行似然比检验, 在确定协整秩 h 后, 对 VECM 模型中所有参数进行估计。

由表 2 对变量的平稳性检验结果判定, 非虚拟变量均为一阶单整。为了利用 VECM 模型进一步验证变量之间的均衡关系, 首先需要根据 VAR 模型, 通过检验确定其滞后阶数。然后利用 Johansen 极大似然估计法来检验变量之间是否存在协整关系。检验结果如表 12 和表 13 所示。由表 12 可知, 根据 FPE、AIC 和 HQIC 准则, 确定模型的滞后阶数为 2。由表 13 可知, 迹统计量为 149.8544, 大于在 5% 的显著性水平下的临界值 136.61, 拒绝了不存在协整关系的原假设, 即变量之间存在长期稳定的均衡关系。

表 12 滞后阶数的检验

滞后阶数	LL	LR	df	P 值	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2087.84	-	-	-	3.10E-10	-2.04204	-2.03496	-2.02274
1	36407.7	68640	49	0.000	7.60E-25	-35.6739	-35.6172	-35.5194*
2	36508.7	202.17	49	0.000	7.2E-25*	-35.725*	-35.6188*	-35.4354
3	36549.4	81.338*	49	0.003	7.30E-25	-35.7168	-35.561	-35.2921
4	36577.4	56.052	49	0.227	7.40E-25	-35.6962	-35.4909	-35.1364

注: * 代表不同准则所确定的滞后阶数。

表 13 协整秩迹检验

秩	迹统计量	5% 临界值
0	149.8544	136.610
1	96.8907*	104.940
2	63.9334	77.740
3	37.3127	54.640

注: * 表示在 5% 显著性水平上接受原假设。

根据上述数据平稳性检验和协整分析结果, 可以对变量之间的均衡关系进行实证分析。使用 Johansen 的 MLE 方法估计 VECM 模型, 去掉不显著的变量, 得到各变量间的回归模型如下:

$$\ln EUA = 0.139 \ln cer + 1.812 \ln gas + 1.164 \ln brent - 2.272 \ln coal + 13.848 \ln nipi + 0.380 \ln ndr + 0.582 \ln auction + 0.759 \ln msr + 0.664 \ln cap \quad (9)$$

由回归结果可以看出,主要解释变量配额总量递减政策、折量拍卖政策以及市场稳定储备机制政策对碳价格均有显著的正向影响,表明三项改革政策的实施都促进了碳价格的上涨,符合理论预期。控制变量中,除煤炭价格的回归系数为负外,其他变量的回归系数均为正,表明除煤炭价格之外的控制变量均对碳价格有一定的正向影响。对比AE-G两步法和MLE方法的回归结果可以发现,两种方法对政策影响的估计结果相同,均显著为正,且系数的估计值非常接近,从而说明三项改革确实对碳价格有着显著的正向影响。接下来,本文将根据上述回归结果,结合第三阶段的碳价格趋势,进一步探讨政策改革影响碳价格的作用机理。

五、政策对碳价格影响的作用机理

回归结果显示,配额总量递减政策、折量拍卖政策以及市场稳定储备机制政策都与欧盟碳价格呈长期正向协整关系。为了进一步探讨政策对碳价格影响的作用机理,本文将从供求角度,分别对三项改革政策进行评估。

(一) 配额总量递减政策降低配额总供给

实证分析表明,配额总量递减政策对碳价格产生了显著的正向影响,即总量上限收紧确实提升了碳配额价格。通过减少整个市场的配额供给,设定更严格的减排目标提高市场需求,从而保证了碳配额的稀缺性,增加其价值。在EU ETS的前两个阶段,第一阶段由于缺少碳排放历史数据,导致配额总量设定过松,各国发放的碳配额总量远远超过实际的碳排放量。第二阶段虽然对配额发放设定了较为严格的减控措施,但是欧债危机的爆发使得欧盟工业萧条,产量降低导致的碳排放量的减少远远超过预期。前两个阶段巨大的供求失衡问题,导致配额价格自发放之初一路下跌,始终在个位数徘徊。强制减排政策是碳排放权交易体系的基础,而配额总量设定是减排政策的核心。减排总量一旦被确定,就意味着此阶段的配额总供给就确定了,如果总量设定过松,必然导致整个阶段的供大于求,交易价格持续走低。因此在第三阶段,欧盟实施配额总量递减政策,通过设定更为严格的减排目标,从而大大降低碳配额的分配总供给量,改善欧盟整体碳配额供给失衡的情况。碳价格能反映市场供求状况,更重要的是,它可以对减排企业形成激励和约束。如果国家分配的碳配额量远远高于减排企业的实际排放量,那么将大大影响减排效果和碳交易体系的稳定运行。配额总量递减政策在设定减排目标来控制配额总量时,综合考虑了宏观经济指标、企业减排成本,同时对国际信用的使用加以限制,增加控排企业以增加配额需求,多个方面共同发力,严格控制配额总供给,改善配额供求失衡状况,保证配额的稀缺性从而保证了碳

价格。

(二) 折量拍卖减少短期市场供给

折量拍卖同样促进了碳价格的提高。虽然配额总量递减能很大程度减少各国的配额总供给,但是正如前文所提到的那样,总量一旦被设定,就意味着整个阶段的配额供给不能修改。尽管在设定之初会综合考虑经济走势、减排成本、国际环境等各种因素,但也只是对未来的预期判断。譬如第二阶段正是因为没有预期到欧债危机的爆发及其对工业生产的影响,导致在总量上限已经有所降低的情况下依然出现了大量的配额盈余。因此,一个能够灵活调整市场配额供求关系的机制必不可少。折量拍卖政策调整了短期市场配额供给,通过推迟本应拍卖的配额的拍卖时间,减少短期内的市场配额供给,改善配额供求失衡情况。事实证明,2014年实施折量拍卖之后,的确对市场上的配额供给量产生了一定影响,并在短期内提高了碳价格。但是应当注意的是,折量拍卖影响的是短期市场均衡,长远看并不能对总供给产生较大冲击。此外,出于对碳泄漏风险的考量,折量拍卖政策在制定之初就遭到了欧盟能源和工业委员会的反对,以至于这项决策虽然是在2012年提出的,但是经过反复修改直到2014年2月才终于尘埃落定。尽管折量拍卖是为了提振市场,但是却让人们欧盟气候政策的信誉提出了质疑。而短期内对供给的巨大调整很可能冲击到市场功能,因此折量拍卖只是极端情况下的短期调控措施,不应该频繁使用。

(三) 市场稳定储备机制调控市场配额供求

市场稳定储备机制推动了碳价格的上涨。协整分析显示,市场稳定储备机制的实施对碳价格产生了显著的正向影响。预期MSR同样对碳价格有显著的正向影响,甚至比MSR正式实施的影响更大一些。这是因为市场稳定储备机制,能够灵活调控市场配额供求,从而提升碳价格。为了解决长期的供给过剩问题,欧盟于2018年提出要从2019年开始实施市场稳定储备机制。作为一项长期控制配额盈余的措施,其通过将一定量的配额放进市场储备中,调节市场供给。合理的储备规模能避免政府配额的过度供给,通过储备吞吐调节,保障了欧盟碳交易市场的平稳运行,提升碳价格的同时也降低了碳价格的波动性。与折量拍卖不同的是,MSR的储备量是基于特定的规则的,在2019–2023年将24%的配额放入MSR。而当市场上的流通配额量低于4亿吨,又会从中释放1亿吨配额。如此一来就为市场建立了灵活调节供给的长效机制,通过建立完善配额储备体系,发挥储备“蓄水池”功能,稳定市场供应。此外,由于MSR的储备规则是事先确定的,这就减少了制度的不确定性对市场造成的冲击。基于对今后即将面临的供给短缺的预期,在欧盟宣布于2019年实施MSR之后,碳价格就已经从2017年5月的4.38欧元/吨上涨到2018年8月的18.28欧元/吨,上涨幅度达到310%。2019年正式实施之后更是一度达到30欧元,这与此前学者对能起到激励和约束企业,促进能源转型的碳价格预期价格相当,说明了市场稳定储备机制的有效性。

六、研究结论与启示

(一) 研究结论

本文基于欧盟碳配额期货价格、配额总量递减政策、折量拍卖政策、市场稳定储备机制以及其他控制变量,利用协整技术、向量误差修正模型和Newey-West估计,评估了第三阶段改革的三项政策措施对碳配额价格的影响,研究结论如下。

第一,配额总量递减政策对碳价格有正向影响。回归结果显示,配额总量递减政策的系数显著为正,表明总量上限收紧确实有效提升了碳配额价格。配额总量设定是减排政策的核心,总量一旦被确定,就意味着此阶段的配额总供给就确定了,如果总量设定过松,就会导致整个阶段的供大于求。配额总量的递减意味着更严格的减排目标和更紧缺的配额供给,从而保证了碳配额的稀缺性,提高了其价格。

第二,折量拍卖政策推动了碳价格的提高。折量拍卖政策的回归系数显著为正,表明折量拍卖对碳价格有积极的影响。如前所述,总量一旦被设定,就意味着整个阶段的配额供给量不能修改,而配额的需求会受到宏观经济状况、重大突发事件以及国际政治环境等一系列因素的影响,这就给碳配额价格带来了极大的不确定性。而折量拍卖能够推迟本应拍卖的配额的拍卖时间,减少短期内的市场配额供给,从而提升碳价格。但折量拍卖政策只是欧盟应对不断增长的配额盈余的一项短期措施,并不能对配额的总供给产生较大的影响,且短期内对供给的巨大调整很可能冲击到市场功能,因此该项措施不能频繁使用。

第三,市场稳定储备机制能够推动碳价格的上涨,回归系数显著为正表明MSR的实施对碳价格产生了积极的影响。市场稳定储备机制通过将一定量的配额放进市场储备中,充分发挥储备吞吐调节作用,灵活调整市场配额供求关系,解决了配额长期的供给过剩问题,有效地提高了碳配额价格。

综上所述,第三阶段改革的三项措施都对碳价格有积极的影响,通过改善市场供求失衡状况,有效推动了第三阶段碳价格的提高,对减排企业形成了长效的激励和约束,提高了欧盟碳排放权交易体系的运行效率。

(二) 对中国的启示

当前中国试点碳市场运行比较平稳,全国碳市场建设仍处于徘徊阶段。欧盟碳市场第三阶段改革和价格稳步回升到理想区间,为中国试点碳市场的发展完善和全国碳市场的建设和推进提供不少启示:

第一,要对核心政策要素设计长期机制,让市场形成长期稳定的预期。比如总量线性递减系数、配额拍卖范围、比例和时间表、市场稳定储备机制等等,减少政策不确定性,引导控排企业和投资者的长期决策和行动。

第二,分阶段线性递减配额总量并公布递减系数和时间表。在总量设置方面,要吸取EU ETS前两个阶段的经验教训,在考虑外部经济冲击和本国经济发展状况的基础上,合理设置减排目标和配额分配总量,避免出现供给过剩的局面。总量设计要充分考虑本国经济增长、技术进步以及外部经济冲击的影响,设计动态偏紧的调整机制。另外,针对不同的行业,要考虑到行业减排潜力、减排成本差异、国际竞争力和碳泄露等问题,设计不同的控排系数。

第三,从“祖父法”向行业基准线法过渡,分阶段扩大拍卖范围和线性递增拍卖比例。欧盟的经验表明,采用“祖父法”向企业分配配额,违背了污染者付费原则,从而高排放企业可以因为高排放,获得比低排放企业更多的配额,导致高排放企业更不愿意进行减排投资,也打击了低排放企业进一步减排的积极性。但是考虑到历史数据缺乏等问题,在碳市场建立初期,可以先以“祖父法”为主,降低政策推行阻力,同时考虑企业减排绩效,提高企业减排积极性。随着碳市场发展日渐成熟,特别是数据质量的可获得性和质量的提高,渐进过度到以行业基准线为主的配额分配方法,确保分配公平与效率。此外,要逐步适当提高拍卖比例,分阶段扩大拍卖范围,公布拍卖线性递增系数、范围和时间表,充分发挥市场机制的作用,在提高企业能源转型积极性的同时,提高市场流动性,促进有效碳价格的形成。

第四,设置配额柔性调整机制。欧盟碳市场第一、二阶段持续的供大于求,导致碳价格的持续低迷,因此欧盟的多项改革始终是为了解决市场上配额供求失衡的问题。而市场稳定储备机制的实施,使得欧盟碳市场摆脱了碳价格持续低迷的境况,提升碳价格的同时也保证了碳价格的稳定性。因此,一项能够灵活调整配额供给的制度必不可少。我国在建立碳市场之初,应该借鉴EU ETS的市场储备机制制度,设置配额储备机制,灵活调整配额,将多余配额存入储备机制中,避免市场上出现大量的配额盈余,保证碳价格处在合理水平。只有这样才能在不断减排的同时,激励企业能源转型。

参考文献:

- [1] 朱帮助. 国际碳市场价格驱动力研究——以欧盟排放交易体系为例[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2014, 16(03): 22-29.
- [2] Abrell, J., F. Ndoye, and G. Zachmann. Assessing the Impact of the EU ETS Using Firm Level Data[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2011, 43(1): 63-101.
- [3] Ahman, M. and K. Holmgren. New Entrant Allocation in the Nordic Energy Sectors: Incentives and Options in the EU ETS[J]. *Climate Policy*, 2009, 9(4): 423-440.
- [4] Borghesi, S., G. Cainelli, and M. Mazzanti. Brown Sunsets and Green Dawns in the Industrial Sector: Environmental Innovations, Firm Behavior and the European Emission Trading[R]. 2012.
- [5] Branger, F., J. P. Ponsard, O. Sartor, et al. EU ETS, Free Allocations, and Activity Level Thresholds: The Devil Lies in the Details[J]. *Journal of the Association of Environmental & Resource Economists*, 2015, 2(3): 401-437.
- [6] Brouwers, R., F. Schoubben, C. Van Hulle, et al. The Initial Impact of EU ETS Verification Events on Stock

Prices[J]. *Energy Policy*, 2016, 94(94): 138–149.

[7] Calel, R. and A. Dechezlepretre. Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2016, 98 (1): 173–191.

[8] Chevallier, J. The Impact of Nonlinearities for Carbon Markets Analyses[J]. *International Economics*, 2011, 126(2): 131–150.

[9] Convery, F., D. Ellerman, and C. D. Perthuis. The European Carbon Market in Action: Lessons from the First Trading Period[J]. *Journal for European Environmental and Planning Law*, 2008, 5(2): 215–233.

[10] Creti, A., P. A. Jouvét and V. Mignon. Carbon Price Drivers: Phase I Versus Phase II Equilibrium? [J]. *Energy Economics*, 2012, (34): 327–334.

[11] Ellerman, A. D. and B. K. Buchner. Over-Allocation or Abatement? A Preliminary Analysis of the EU ETS Based on the 2005–2006 Emissions Data[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2008, 41(2): 267–287.

[12] Grubb, M. and S. Klinsky. *Decarbonising the World's Economy*[M]. London: Imperial College Press, 2014.

[13] Hintermann, B. Allowance Price Drivers in the First Phase of the EU ETS[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2010, (59): 43–56.

[14] Chevallier, J., P. A. Jouvét, P. Michel, and G. Rotillon. Economic Consequences of Permits Allocation Rules [J]. *Économie Internationale*, 2009, 120: 77–90.

[15] Jules, S. K., A. Nsouadi, and M. Terraza. Time–Frequency Analysis of the Relationship Between EUA and CER Carbon Markets[J]. *Environmental Modeling & Assessment*, 2016, 21(2): 279–289.

[16] Kemfert, C., M. Kohlhaas, P. T. Truong, and A. Protsenko. The Environmental and Economic Effects of European Emissions Trading[J]. *Climate Policy*, 2006, 6(4): 441–55.

[17] Mansanet–Bataller, M., J. Chevallier, M. Herve–Mignucci, et al. EUA and sCER Phase II Price Drivers: Unveiling the Reasons for the Existence of the EUA–sCER Spread[J]. *Energy Policy*, 2011, (9): 1056–1069.

[18] Martin, R., M. Muûls, and U. Wagner. Climate Change, Investment and Carbon Markets and Prices: Evidence from Manager Interviews[R]. 2011.

[19] Maydybura, A. and B. H. Andrew. A Study of the Determinants of Emissions Unit Allowance Price in the European Union Emissions Trading Scheme[J]. *The Australasian Accounting Business and Finance Journal*, 2011, 5 (4): 123–142.

[20] Neuhoff, K., K. K. Martinez, and M. Sato. Allocation, Incentives and Distortions: The Impact of EU ETS Emissions Allowance Allocations to the Electricity Sector[J]. *Climate Policy*, 2006, 6(1): 73–91.

[21] Perthuis, C. D. and R. Trotignon. Governance of CO₂ Markets: Lessons from the EU ETS[J]. *Energy Policy*, 2014, 75: 100–106.

[22] Pettersson, F and R. Lundmark. Fuel Switching and Climate and Energy Policies in the European Power Generation Sector: A Generalized Leontief Model[J]. *Energy Economics*, 2012, 34(4): 1064–1073.

[23] Richstein, J. C., E. J. L. Chappin, and L. De Vries. The Market (in–) Stability Reserve for EU Carbon Emission Trading: Why It Might Fail and How to Improve It[J]. *Utilities Policy*, 2015, 35: 1–18.

[24] Sebastian, S. Decoupling the EU ETS from Subsidized Renewables and Other Demand Side Effects: Lessons from the Impact of the EU ETS on CO₂ Emissions in the German Electricity Sector[J]. *Energy Policy*, 2019, (1): 15–30.

[25] Soliman, A. M. and M. A. Nasir. Association Between the Energy and Emission Prices: An Analysis of EU Emission Trading System[J]. *Resources Policy*, 2019, 61: 369–374.

[26] Widerberg, A. and M. Wrake. The Impact of the EU Emissions Trading System on CO₂ Intensity in Electricity Generation[R]. 2009.

[27] Yu, H. The EU ETS and Firm Profits: An Ex–post Analysis for Swedish Energy Firms[R]. 2011.

[28] Zhu, B. Z., S. X. Ye, D. Han, et al. A Multiscale Analysis for Carbon Price Drivers[J]. *Energy Economics*, 2019, 78: 206–216.

The Impact of the Phase III Reform of European Union Emissions Trading System on Carbon Allowance Price

Qi Shaozhou^{a,b,c} and Wang Wei^d

(a: Climate Change and Energy Economics Research Center of Wuhan University; b: Center of Hubei Cooperative Innovation for Emissions Trading System; c: Center for European Studies, Wuhan University; d: Department of World Economics, Economics and Management School of Wuhan University)

Abstract: Reforms of the third phase of the European Union Emissions Trading System has achieved significant effectiveness. Studying the impact of its key reform measures on the carbon market will provide some experience for China's carbon market construction. This paper focuses on the effectiveness of the three main reform measures in the third phase, that are linear reduction of emission cap, Back-loading of auctions, Market Stability Reserve. Taking the daily data of the EU ETS allowances futures price in the third phase as the explained variable, the three major reform measures are explanatory variables. The time series cointegration model and vector error correction model are used to make a assessment on the impact of various factors. The results of the study show that the various reform measures have a positive co-integration relationship with the EU ETS allowances futures price. By improving the market imbalance between supply and demand, the carbon price in the third phase has been effectively raised, long-term incentives and constraints have been formed for covered enterprises. Therefore, in the process of establishing and developing the carbon emissions trading system, China should set the emission cap and design carbon allowance allocation methods reasonably according to China's conditions, set up a flexible carbon allowance adjustment mechanism, continuously improve market liquidity, and thus ensure the stable development of the carbon emissions trading market.

Keywords: EU ETS; Phase III Reform; Carbon Allowance Price

JEL Classification: Q51, Q58

(责任编辑:朱静静)