

魏琦 金卓然

# 化石能源价格变动对中国碳交易价格的影响研究

**内容提要:**化石能源燃烧产生的二氧化碳是碳排放的主要来源,因此化石能源价格变动是碳配额交易价格变动的重要影响因素之一。基于2013年11月至2017年12月的数据,通过建立回归模型实证分析化石能源价格变动对碳市场交易价格的具体影响。研究结果表明,化石能源价格的变动与北京碳交易所市场碳配额市场交易价格之间存在一定的正相关;煤炭以及石油价格的上涨均能促进碳配额交易价格上涨,其中石油价格变动引起的碳配额交易价格变动相对于煤炭价格变动引起的碳交易价格变动影响效果较小。

**关键词:**化石能源 碳排放权 碳交易市场 碳配额交易价格 欧盟碳交易数据

2018年11月世界气象组织发布的《温室气体公报》显示:2017年全世界二氧化碳平均浓度高达405.5ppm,相比工业革命前增加了约146%。国内外大量理论研究和探索经验都证实碳配额交易是限制温室气体排放的高效市场机制。中国从2013年起陆续在北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳等7个地区开放了碳交易试点,全国性碳市场也于2017年12月底正式启动。中国对化石能源进口依存度较高,而化石能源作为重要的国家战略储备资源,其价格上涨容易引起成本推动的输入型通货膨胀,从而引起碳交易价格发生波动。因此,研究化石能源价格变动对中国碳交易价格的影响显得尤为重要。

## 一、相关研究文献评述

国内外学者对化石能源价格与碳交易价格之间的关系进行了大量研究。Mansanet Bataller M(2005)等运用2005年碳交易的场外交易远期价格数据,对其重要影响因素进行了实证研究,认为能源价格是引起场外碳市场价格变化的主要因素。Kanen J. L. M(2006)通过实证研究发现,引起天然气价格变化的最主要因素是石油价格,而天然气价格波动会正向引起电价发生波动,从而影响碳价正向发生变化,得出石油价格变化会最终引起碳价变化的结论。Convery FJL和Redmond L(2007)通过研究发现,由于发电商在发电时可以控制使用不同的化石燃料,化石能源市场与碳交易市场存在一定的内在传导机制,化石能源价格变动与碳价之间存在着密切联动关系,表现为能源价格会导致碳价发生正相关变动。Alberola等(2007)通过建立多元回归模型,在欧盟碳排放交易体系下,论证了影响

2005-2007年期间工业生产部门二氧化碳配额交易的现货价格的因素,证明了天然气、原油和电力价格与欧盟排放配额价格之间具有正相关关系,而煤炭价格与欧盟排放配额价格之间存在负相关关系。

国内学者对引起欧盟碳配额交易价格变动的主要因素也进行了很多深入研究。张跃军、魏一鸣(2008)运用协整理论研究了长期和短时间内,EUETS碳期货交易价格和能源价格之间的相互关系,发现2005-2007年时间段内能源价格与碳期货价格之间的相关关系较弱,2008-2012年期间内能源价格与碳期货价格之间存在长期均衡关系,并认为能源价格变化是推动2008-2012年期间碳价格变化的重要原因。王双英等(2011)得出EUETS的碳交易量及交易价格随国际石油价格增加而上升的重要结论。邹亚生、魏薇(2013)系统地分析了碳排放核证减排量的现货价格的影响要素,研究结果表明:气候因素、宏观经济因素和长短期价格发现功能是影响CERs市场交易价格变动的主要因素。陈欣(2016)等对中国七个碳交易试点的运行价格进行线性回归分析,认为对碳交易价格产生负相关的因素主要是采购经理指数(PMI)和煤炭价格。赵立祥、胡灿(2016)发现,市场环境是碳交易价格的最主要影响因素,政策因素和气候变化是碳交易价格的主要影响因素,能源价格对碳交易价格影响效果不明显。

综上所述,国内外学者的研究成果大部分基于欧盟碳市场数据来研究化石能源价格与碳交易价格的关系,但鲜有学者就化石能源价格变动对于中国碳配额交易价格的影响进行研究。本文以北京碳交易所为例,利用回归分析法,主要研究化石能源价格的变化与我国碳交易价格的关系。

## 二、化石能源价格变动对碳交易价格形成及影响机理分析

碳交易是为了维持全球可持续发展,降低二氧化碳排放所采用的市场机制,其交易的基本原理即把二氧化碳排放权作为一种商品,在碳配额一定的情况下,碳排放权需求方通过签订合同、履约支付等方式从另一方获得二氧化碳排放权,需求方可将买入的排放权用以达成自身减排目标从而维持可持续发展。从整体上来看,碳交易价格会受到市场供求关系以及社会因素、季节因素等多种重要因素的影响。化石能源的有限性和社会生产对其硬性需求决定了碳排放额度的稀缺性,而碳交易的均衡价格是市场供给和需求共同决定的。碳交易作为一种目前减排市场主流的金融性交易方式,其价格波动性很强,容易受到来自化石能源市场价格发生变动引起的冲击。

《BP世界能源展望(2016版)》预测,2014-2035年的全球能源需求预计增长34%,化石能源仍将是未来二十年的主流能源需求,满足60%的能源需求预增量。在减排条件的约束下,化石能源燃烧产生的二氧化碳数量增加,市场上二氧化碳排放量超标的企业会根据已有的碳配额购买多余的额度,最终将导致碳市场的交易价格发生一定的变化。

碳交易是能源市场化程度发展到较高阶段的产物,经济的发展导致化石能源市场和碳市场之间存在着较为紧密的关联,当能源市场上价格发生变动时会引起碳交易市场上产生连锁效应。根据经济学中的供给和需求的关系相关原理,商品价值决定市场价格,而价格决定供给和需求,调节市场需求的平衡;反过来,市场上的供给和需求又反作用于价格,支配并影响市场价格的形成和变化。当化石能源市场上的需求增加时,会引起化石能源市场的价格发生变化,与此同时,碳排放量会有所增加,企业会采取碳交易的方式积极履行自身的减排责任,从而导致碳交易市场上的需求增加,最终引起碳交易价格发生波动。

根据价格理论可知,市场的供给和需求是决定商品价格的基础。化石能源价格影响碳价格的过程主要可以从两个方面进行分析。

一是化石能源价格变化的替代效应。假定消费者收入情况未发生变化,当化石能源商品价格上涨时,且其它商品价格保持不变时,相对价格(化石能源商品价格/其它商品价格)就会上升,化石能源商品相较于其他商品而言则会更加昂贵,消费者如果还要购买此类能源商品就会增加额外支出。在相同的满足程度条件下,相对价格变化使消费者购买其他商品来替代化石能源商品,而消费者的行为选择又会直接导致化石能源商品消费量的减少和其他商品消费量的增加,化石能源商品消费量将会下降。

二是化石能源价格变化的收入效应。在消费者收入既定的情况下,当化石能源价格上涨,等量货币的购买力随之下降,将导致消费者实际购买力的下滑。另外,由于不同行业的生产技术存在着差异性,因此生产部门对化石能源商品的需求量也就不尽相同;当化石能源商品价格发生变动时,不同行业所受到的冲击程度也就不一样,不同行业的碳排放权需求导致生产部门进行能源消费结构调整,进而影响到生产过程中碳排放总量的变化。

## 三、化石能源价格变动对中国碳交易价格影响的实证分析

### (一)基本假设

首先,模型假设在已建立碳配额交易市场机制框架下,按照减排单位的基期碳排放量确定各单位配额分配额度。其次,模型假设一定时间内减排单位减排的技术水平不变。再次,模型假设在选定研究时间范围内宏观政策稳定。

天然气价格对碳交易价格的影响相对于煤炭、石油来说表现较不明显,本文重点研究煤炭价格和石油价格对我国碳交易价格的影响。

同时,本文采取了煤炭价格和石油价格的月均价以达到统一处理的目的,为了降低不同数量单位对数据的影响,使数据更加稳定,并削弱模型中数据的异方差性,对不同时期的碳交易价格、煤炭价格和石油价格数据进行取对数处理。本文主要对我国碳交易价格和煤炭、石油价格之间进行回归模型分析,建立回归模型如下:

$$\ln Y_t = \alpha_t + \beta_1 \ln(P_{ct}) + \beta_2 \ln(P_{st}) + \varepsilon_t$$

其中  $t$  表示不同时期,在本文中时间范围为2013年11月至2017年12月,  $Y_t$  表示北京碳交易所的碳配额交易价格,  $P_{ct}$  表示煤炭价格,  $P_{st}$  是石油价格,  $\alpha_t$  是常数项,  $\varepsilon_t$  是随机扰动项。  $\ln Y_t$  表示北京碳交易所的碳交易价格的对数,  $\ln P_{ct}$  是煤炭价格的对数,  $\ln P_{st}$  是石油价格的对数。

### (二)数据来源

1.碳配额交易价格数据。价格的样本数据选取为北京碳交易所2013年11月-2017年12月的碳交易价格月均价。样本具体取自于中国碳交易网站上K线数据,并用符号  $Y_t$  表示。

2.煤炭价格数据。煤炭价格数据选取大连商品交易所的焦煤期货价格,样本数据为其价格的月均价,用符号  $P_{ct}$  表示。

3.石油价格。石油价格基于西德克萨斯轻质原油(WTI)价格,样本数据取自wind数据库,用符号  $P_{st}$  表示。

### (三)实证结果

1.变量平稳性检验。鉴于时间序列数据存在平

稳性问题，因此运用 ADF 检验法对每个变量分别进行平稳性检验，得出的结果汇总如表1 所示。

表 1 ADF 单位根检验

变量	检验类型 (C,T,H)	ADF 值	临界值			结论
			1%	5%	10%	
$\Delta \ln Y_t$	(1,0,0)	-8.388	-3.574	-2.923	-2.600	一阶差分 平稳***
$\Delta \ln P_{ct}$	(0,0,2)	-2.642	-2.616	-1.948	-1.612	一阶差分 平稳***
$\Delta \ln P_{st}$	(1,0,0)	-4.825	-3.574	-2.924	-2.600	一阶差分 平稳***

其中，“\*\*\*”表示在 1%的水平下通过检验。

根据 ADF 平稳性检验结果可以得出以下结论，序列  $\ln Y_t, \ln P_{ct}, \ln P_{st}$  均为一阶差分平稳序列，即均是一阶单整序列，即  $\ln Y_t \sim I(1), \ln P_{ct} \sim I(1), \ln P_{st} \sim I(1)$ 。

2.变量的协整分析。由于  $\ln Y_t, \ln P_{ct}, \ln P_{st}$  均是一阶单整序列，所以还需要对变量进行协整性检验，来确定变量之间是否存在协整关系。本文运用 Engle-Granger 协整检验，得出检验结果如表 2 所示。

表 2 OLS 法回归结果

变量	系数	t 统计量	Prob.
C	1.709	5.483	0.0000
$\ln P_{ct}$	0.176	4.108	0.0002
$\ln P_{st}$	0.171	4.863	0.0000
R-squared	0.532		
Adjusted R-squared	0.513		
F-statistic	26.763		
Prob(F-statistic)	0.000		
Durbin-Watson stat	0.973		

表 2 回归分析显示，两个自变量  $\ln P_{ct}, \ln P_{st}$  显著性水平都低于 0.05，表示通过最小二乘法估算出的回归系数显著，自变量对因变量具有预测作用。通过 OLS 法得到的估计的回归方程为：

$$\ln Y_t = 1.709 + 0.176 * \ln(P_{ct}) + 0.171 * \ln(P_{st}) + e_t$$

本文运用 OLS 法做出的估计方程中  $R^2$  为 0.532，表明该回归模型拟合较好。本文得到的结果表明 D-W 检验接近 2，认为回归残差不具有严重的序列自相关问题。

为了检验回归残差的平稳性，对上述通过最小二乘法回归得到的残差序列  $e_t$  采用 ADF 检验，得出结果如表 3 所示。

表 3 残差序列平稳性检验估计结果

ADF 检验统计量	t 值	显著性
	-4.099	0.0001

由表 3 得出：在 5%的显著性水平下，ADF 检验统计量的 t 值小于临界值，表示残差序列  $e_t$  是平稳序列且不存在单位根，变量  $\ln Y_t, \ln P_{ct}, \ln P_{st}$  之间存在协整关系。

3.模型回归及修正。由于 Engle-Granger 协整检验结果显示变量  $\ln Y_t, \ln P_{ct}, \ln P_{st}$  之间具有协整关

表 4 修正后的回归分析结果 (5%的显著性水平)

变量	系数	t 统计量	Prob.
C	0.001	0.135	0.894
$d \ln P_{ct}$	-0.005	-0.037	0.970
$d \ln P_{st}$	0.103	0.864	0.392
ECM(-1)	-0.006	-2.214	0.032
R-squared	0.110		
Adjusted R-squared	0.049		
Durbin-Watson stat	1.964		

系，因此需要建立误差修正模型 (ECM) 来继续考察其短时间内若干偏离均衡如何回复到均衡状态。本文运用 Eviews 对模型进行回归修正，得出修正后的回归结果如表 4 所示，其中  $d \ln P_{ct}$  表示  $\Delta \ln P_{ct}, d \ln P_{st}$  表示  $\Delta \ln P_{st}, ECM(-1)$  表示  $e_{t-1}$ 。

修正后的估计的回归方程为：

$$\Delta \ln Y_t = 0.001 - 0.005 * \Delta \ln(P_{ct}) + 0.103 * \Delta \ln(P_{st}) - 0.006 e_{t-1}$$

修正后的方程中的差分项体现了短期波动的影响，碳配额交易价格的短期变动体现在三个部分：一部分是短期煤炭价格波动的影响，另一部分是短期石油价格波动的影响，还有一部分是碳交易价格偏离长期均衡的影响。误差修正项的系数表示对偏离长期均衡的调整程度的大小。本文得出的系数为 -0.006，表示当碳交易价格在短时间内波动偏离长期均衡时，将以 (-0.006) 的调整力度将碳交易价格从不均衡状态拉回至均衡水平。

4.Granger 因果关系检验。本文运用 Eviews9.0 分别检验了滞后 1、2 期的煤炭月均价  $\ln P_{ct}$ 、石油月均价  $\ln P_{st}$  与碳交易价格  $\ln Y_t$  之间是否存在 Granger 因果关系，得到结果如表 5。

表 5 Granger 因果关系检验

零假设	滞后期	F 统计量	伴随概率	检验结果
$\ln P_{ct}$ 不是 $\ln Y_t$ 的格兰杰原因	1	4.776	0.034	拒绝
$\ln Y_t$ 不是 $\ln P_{ct}$ 的格兰杰原因		3.099	0.085	拒绝
$\ln P_{st}$ 不是 $\ln Y_t$ 的格兰杰原因		0.118	0.732	接受
$\ln Y_t$ 不是 $\ln P_{st}$ 的格兰杰原因	2	3.062	0.087	拒绝
$\ln P_{ct}$ 不是 $\ln Y_t$ 的格兰杰原因		1.435	0.249	接受
$\ln Y_t$ 不是 $\ln P_{ct}$ 的格兰杰原因		0.839	0.439	接受
$\ln P_{st}$ 不是 $\ln Y_t$ 的格兰杰原因	2	0.334	0.718	接受
$\ln Y_t$ 不是 $\ln P_{st}$ 的格兰杰原因		1.251	0.296	接受

Granger 因果检验的原假设为  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$ ；备择假设为  $H_1: \beta_1, \beta_2$  至少有一个不为零。在给定的显著性水平为 0.1 且是 1 阶滞后的情况下，结果表明在  $\ln P_{ct}$  和  $\ln Y_t$  之间存在双向 Granger 原因， $\ln P_{st}$  不是  $\ln Y_t$  的 Granger 原因，而  $\ln Y_t$  是  $\ln P_{st}$  的 Granger 原因，即表示煤炭价格滞后一期值对于碳交易价格具有一定的预测能力，石油价格的滞后一期数据对于碳交易价格数据不具有预测能力。在 2 期滞后的条件下， $\ln P_{ct}$  和  $\ln P_{st}$  均不是  $\ln Y_t$  的 Granger 原因，即表示滞后 2 期的石油和煤炭价格对碳交易价格数据不具有预测能力。

因此得出结论：煤炭价格的一阶滞后数据和北京交易所的碳交易价格之间互为 Granger 因果关系，石油价格与北京碳交易所的碳排放权交易价格之间不存在 Granger 因果关系，即滞后一期的煤炭价格的对于碳交易价格具有一定的预测能力，石油价格的一阶滞后数据对于碳交易价格不具有预测能力。主要原因在于参与碳交易市场的主体类型对于石油市场价格变动反应较不敏感。由于我国实行碳交易市场开放日期较晚，市场上的碳交易主体对碳

市场的运行机制没有更深入的了解,从具体的样本数据中也可以看出,北京碳交易所的成交额主要集中在上半年,而在下半年的交易量较小且经常出现交易中断或停滞现象,这可能是由于石油市场与北京碳交易所碳交易市场之间的信息传导机制存在一定的障碍,从而导致碳交易市场上的交易主体对石油价格变动的反应敏感性较弱。

#### 四、结论与建议

通过理论和实证分析得到两点结论:(1)化石能源价格的变动与北京碳交易市场碳交易价格之间有线性相关关系,并表现为正相关关系。(2)煤炭价格与北京交易所的碳交易价格具有双向的 Granger 因果关系。本文根据以上结论提出如下建议:

1.完善能源储备体系,稳定能源市场价格。当前中国正处在碳市场建设的初期阶段,应积极借鉴发达国家建设碳市场过程中的经验,完善国内能源储备体系,以平衡未来化石能源市场波可能引起的碳市场价格的剧烈变动,在能源价格剧增或下跌时通过降低或增加能源贮存以平衡能源价格从而稳定碳市场的交易价格。

2.促进碳市场信息透明化。我国应尽快建立相应的政策及法律法规,以促进各个碳交易市场的信息的流动。首先,国家应该制定相关法律法规规定二氧化碳排放标准额度以及排放管理、监控及管理,并对高碳排放量企业规定碳排放额度。其次,国家应采取一些积极性的政策鼓励企业主动参与市场碳交易,从而扩大碳交易市场上企业数量并提升内部效率和降低交易成本,促进碳市场的信息和价格透明化,有助于碳市场的健康运行。再次,中国目前处于碳交易市场全面建设的初期,国家应尽快出台

相应的相关财税和会计政策,统一各地对碳排放权交易的财税和会计政策,降低交易的税务和会计风险,促进规范碳交易的市场运作状况。

3.重视能源结构的优化调整。一方面,为了坚持可持续发展,国家应该重视对常规化石能源的供应结构的优化调整,严格控制化石能源总量的过度消耗,使得含碳量较高的化石能源终端消费的比重减少,并计划地从国际市场上进购天然气、液化石油气等其他相对优质的清洁能源用以弥补我国对化石能源的刚性需求。另一方面,通过提高在能源领域的技术进步,进一步降低化石能源燃烧产生的二氧化碳排放量。

4.密切关注国际形势、积极参与国际碳交易市场。中国在国际上有着举足轻重的地位,每年的碳排放量在世界总排放量中占据很大的比例。我国应在结合本国国情的基础上,建设合理的中国碳交易体系的同时,加强与国际上其他国家之间的交流与合作,紧密关注国际形势,抓住发展的机遇,争取在国际碳博弈中获得相应的主动权。

参考文献:

- [1]Kanem,J.L.M.Carbon Trading and Pricing[M].London:Environmental Finance Publications, 2006.
  - [2]Mansanet Bataller M, Pardo Tornero . The Effects of National Allocation Plans on Carbon Markets[J]. Social Science Electronic Publishing, 2007.
  - [3]Convery F J, Redmond L. Market and Price Developments in the European Union Emissions Trading Scheme[J]. Review of Environmental Economics & Policy, 2007(1).
  - [4]Emilie Alberola,Julien Chevallier,Benot Chèze. Price drivers and structural breaks in European carbon prices 2005 - 2007[J].Energy Policy,2007(2).
  - [5]张跃军、魏一鸣.化石能源市场对国际碳市场的动态影响实证研究[J].管理评论, 2010(6).
  - [6]王双英、李东、王群伟.国际石油价格对世界碳交易市场的影响研究[J].价格理论与实践,2011(3).
  - [7]邹亚生、魏薇.碳排放权核证减排量(CER)现货价格影响因素研究[J].金融研究,2013(10).
  - [8]陈欣、刘明、刘延.碳交易价格的驱动因素与结构性断点——基于中国七个碳交易试点的实证研究[J].经济问题,2016(11).
  - [9]赵立祥、胡灿.我国碳排放权交易价格影响因素研究——基于结构方程模型的实证分析[J].价格理论与实践,2016(7).
- (作者单位:兰州理工大学)

### Study on the impact of changes in fossil energy prices on China's carbon trading prices

**Abstract:**The carbon dioxide produced by burning fossil energy is the main source of carbon emission, so the change of fossil energy price is one of the important factors influencing the change of carbon quota trading price. Based on the data from November 2013 to December 2017, a regression model was established to empirically analyze the impact of changes in fossil energy prices on carbon market transaction prices. The results show that there is a positive correlation between the change of fossil energy price and the trading price of carbon quota in Beijing carbon exchange market. The increase of coal and oil price can promote the increase of carbon quota trading price, and the change of carbon quota trading price caused by the change of oil price is less effective than the change of carbon trading price caused by the change of coal price.

**Keywords:**Fossil energy;The price of carbon cap-and-trade;Price changes