

中国碳市场一体化程度研究 ——基于中国试点省市样本数据的分析

谢晓闻^{1,2}, 方 意³, 李胜兰¹

(1. 中山大学 岭南学院, 广东 广州 510275;
2. 广州越秀集团有限公司 博士后科研工作站, 广东 广州 510623;
3. 中央财经大学 金融学院, 北京 100081)

摘要:构建全国统一的碳市场迫在眉睫,深入研究中国碳市场的一体化程度问题能够为全国统一碳市场的构建提供理论支持。文章以中国试点省市碳市场数据为样本,基于价格传导机制视角,利用最新发展的有向无环图(DAG)等方法首次探讨了中国碳市场的一体化程度问题。研究结果表明:中国碳市场在一体化方面已取得一定成果,但整体一体化程度依然有待提高;湖北碳市场和广东碳市场影响其他试点省市碳市场的程度更高,中国碳市场局部中心化趋势凸显。文章从滚动时间窗口角度进一步论证了上述实证结果的稳健性。在此基础上,首次构建中国碳市场价格传导理论框架,通过经济基础说和市场传染说等理论进一步分析了中国碳市场之间相互影响的传导机理,并详细解释了中国碳市场整体一体化程度不高和局部中心化凸显的内在原因,可为全国统一碳市场的启动提供理论与实证支撑。基于上述实证结果,文章从五个方面给出了相关政策建议。

关键词:碳市场一体化; 价格传导机制; 有向无环图

中图分类号:F403 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2017)02-0084-13

DOI:10.16538/j.cnki.jfe.2017.02.006

一、引 言

全球气候变暖是人类迄今为止共同面临的最大环境问题,解决该问题的根本措施在于减少二氧化碳等温室气体的排放。目前,控制二氧化碳排放的手段主要有两种:一种是以碳税为代表的直接管制手段,另一种是以碳排放权交易为代表的市场化手段。由于后者更贴近市场需求,该手段已成为全球范围内应对气候变化的主流方式。作为全球最大的温室气体排放国,中国面临的资源供给压力、环境污染及生态恶化等问题日益严重,但碳市场发展却较为滞后,直到2013年,中国才开始启动碳交易试点工作。

根据国家发展与改革委员会(简称国家发改委)的总体规划,全国统一碳市场的建设主要分三步:2014—2017年为前期准备阶段;2017—2020年为全国统一碳市场的正式启动阶段;2020年以后,全国统一碳市场将进入快速运行阶段。上述规划表明,中国碳交易试点的主要目的在于先行先试,为全国统一碳市场的构建积累经验和铺平道路。建设全国统一碳

收稿日期:2016-06-01

基金项目:中国博士后科学基金面上资助项目(2015M580711)

作者简介:谢晓闻(1985—),男,湖南永州人,中山大学岭南学院和广州越秀集团有限公司联合培养博士后;

方 意(1986—)(通讯作者),男,湖北黄冈人,中央财经大学金融学院讲师;

李胜兰(1960—),女,山东济南人,中山大学岭南学院教授,博士生导师。

市场不仅是党中央、国务院的战略部署,同时也是我国节能减排的实际需要。当然,部分国家一开始就建立了全国性或地区性统一碳市场,如欧盟和新西兰等。欧盟是目前全球最大和最成熟的碳市场,不管是交易规模,还是体制机制建设,我国与欧盟的差距都很大,而且欧盟一开始就一步到位地建成了碳期货市场。但也有一些国家与中国类似,只在部分国内地区建立了碳市场,如美国和日本等,这些碳市场如今也在快速发展中。近几年来,中国各试点省市碳市场的运行情况如何?是否已经具备构建全国统一碳市场的基础?全国统一碳市场建立之后,哪些省市适合打造成为全国统一碳市场现货市场的中心呢?根据国家相关部委和业内权威人士的指示和相关讲话,未来可能在七个试点省市碳市场中选定一个或若干个碳市场,将其建设成为整个国家的碳市场现货市场中心。因此,在 2017 年即将启动建设全国统一碳市场的背景下,深入研究中国碳市场一体化程度问题,一方面可以检验各试点省市碳市场的成效,为构建全国统一碳市场提供经验基础;另一方面还可以为我国建设碳市场现货市场中心提供相关建议。

中国碳市场起步较晚,现有碳市场的相关实证研究主要集中于欧盟碳市场,而欧盟碳市场并未进行碳交易试点,几乎没有文献研究欧盟碳市场的一体化问题。大部分实证文献主要关注以下几个方面:一是研究了欧盟碳市场内的价格联动问题,如 Wagner 和 Uhrig-Homburg(2009)研究发现,欧洲碳期货价格对碳现货价格具有价格引导功能。王玉和郇志坚(2012)的研究结果表明,EUA 与 CER 之间具有长期的均衡关系,但后者居于主导地位,并基于中国是全球 CER 市场的最大供应者,建议中国构建全国统一的 CER 场外交易平台。二是研究了欧盟碳市场与其他市场间的价格联动问题(刘纪显等,2013),如张跃军和魏一鸣(2010)探讨了化石能源市场对欧盟碳市场的动态影响问题,研究表明,油价冲击对欧盟碳价影响最为显著,天然气和煤炭次之。三是研究了欧盟碳市场的有效性问题(2010),如 Montagnoli 和 Vries(2010)利用有效市场假说(EMH)研究了欧盟碳排放权交易体系的有效性问题,发现第一阶段市场效率低下,第二阶段市场效率有所上升。

后来,随着中国碳市场的发展,有学者开始研究中国碳市场,但由于碳市场价格数据匮乏,几乎没有学者利用碳价数据进行实证研究,目前关于国内碳市场的研究主要集中于理论探讨和体制机制设计等方面(尹应凯和崔茂中,2010;王瑶和刘倩,2010;谭志雄和陈德敏,2012;涂永前,2012;杜莉和李博,2012;杜莉等,2013)。代表性的有:杜莉和张云(2013)基于欧盟经验探讨了中国碳市场总量控制交易的分配机制设计问题,结果表明,中国应将基准排放作为分配原则,通过 100% 的拍卖方式建立健全分配机制的配套政策安排。同时,也有学者研究了中国碳市场的其他问题(杨波等,2010;林柏强和李爱军,2012;石敏俊等,2013),如曹军新和姚斌(2014)从银行信贷视角分析了碳减排与金融稳定的关系,发现从减排弹性较大和减排成本较低的行业开始碳减排,能够最小化其对银行资产质量的冲击。

综上所述,虽然迄今几乎没有相关文献研究中国碳市场的一体化程度问题,但随着中国即将构建全国统一碳市场,有关中国碳市场一体化程度问题的实证研究又显得非常重要。目前,关于市场一体化的研究文献较多存在于金融市场,从理论上看,常见的研究方法主要包括价格法、*Feldstein-Horioka* 法、欧拉方程法、制度限制法和动态计量分析方法等(郭灿,2004),如早期学者主要采用 VAR 模型等方法对全球股市的一体化特征进行量化测度,发现全球股市间的价格联动性逐渐增强、区域间联系不断加深(Eun 和 Shim,1989;King 和 Wadhwani,1990)。随着计量技术的发展,学者们开始用越来越前沿的计量方法来测度全球股市的一体化特征(Yang 等,2006;Wang 等,2007)。由于有向无环图分析(DAG)方法不需

要任何先验假设,仅基于数据的残差方差——协方差矩阵就能测度变量扰动项之间的同期因果关系,这能有效规避传统的 *Choleski* 分解和 *Bernanke* 分解的缺陷,且基于 DAG 结果的 SVAR 方法相对于传统的 *Granger* 因果检验和一般的 VAR 方法均具有较为明显的优势,故本文借鉴金融市场一体化的研究思路,利用上述方法首次量化测度了中国碳市场的一体化程度问题。本文的创新点主要为:①基于价格传导机制视角利用碳交易数据首次研究了中国碳市场的一体化程度问题,发现目前中国碳市场整体一体化程度不高,但局部中心化趋势凸显,文章从滚动时间窗口维度对实证结果进行了稳健性检验。②首次构建了中国碳市场价格传导理论框架,基于经济基础说和市场传染说等理论深入分析了中国碳市场之间相互影响的传导机理,并详细解释了中国碳市场整体一体化程度不高和局部中心化凸显的内在原因,可为全国统一碳市场的构建提供理论与实证支撑。

本文的研究安排如下:首先,利用前沿的金融时间序列方法研究中国试点省市碳市场一体化程度,并通过现货市场数据和滚动窗口检验方法对实证结果作进一步稳健性分析;其次,基于价格传导机制,构建一个中国碳市场价格传导理论框架阐述实证结果背后的理论机理,进而论述一体化程度的形成缘由。

二、实证研究

(一)DAG 方法介绍。传统的 *Granger* 因果检验方法主要注重检验统计上的显著性,检验结果对滞后期非常敏感,滞后期不同,检验结果也会发生变化。更为重要的是,*Granger* 因果关系并不具有经济意义上的显著性,更多的是时间上的“先于”关系。为解决这一问题,Pearl(1995)和 Spirtes 等(2000)较早提出了有向无环图方法(*Directed Acyclic Graph*, DAG),该方法能够检验变量间与时间先后顺序无关的因果关系。同时,该方法的另一优势在于能够检验多个变量之间的相互影响关系,这能克服多数传统计量方法只能研究双变量之间关系的局限。

有向无环图方法的基本原理就是通过扰动项之间的无条件相关系数及偏相关系数来判定所需研究变量之间是否存在同期因果关系,通俗地讲,该方法就是以有向边的方向来表示代表变量之间同期因果关系的指向性。具体而言,对于 X 和 Y 两个变量之间的关系存在以下几种情况:若其他条件不变,X 的变化直接引起了 Y 的变化,则存在 X 单向影响 Y 的同期因果关系,即“ $X \rightarrow Y$ ”;Y 的变化直接引起了 X 的变化,则存在 Y 单向影响 X 的同期因果关系,即“ $Y \rightarrow X$ ”;X 和 Y 的变化能直接引起彼此的变化,则两者之间存在双向的同期因果关系,即“ $X \leftrightarrow Y$ ”;X 和 Y 可能会存在同期因果关系,但方向不确定,即“ $X—Y$;X 和 Y 变量之间也有可能是独立的,不存在任何同期因果关系。

在具体操作过程中,本文基于 Spirtes 等(2000)提出的 PC 算法,可以得到能够直观描绘出研究变量之间同期因果关系的有向无环图。该算法先假设所有研究变量之间都有一条相连的边,但方向未知,即完全无向图。然后,通过去边(*elimination*)和定向(*orientation*)两个步骤判定研究变量之间的同期因果关系。去边时,该算法主要是检验每两个研究变量之间的无条件相关系数(或称 0 阶偏相关系数),该系数若显著,则保留相连的边,否则剔除相连的边,并将其检验至 $N - 2$ 阶偏相关系数。在检验显著性的过程中,本文主要采用了 *Fisher's z* 统计检验量,具体如下:

$$z(\rho[i, j | k]n) = \frac{1}{2}(n - |k| - 3)^{\frac{1}{2}} \times \ln\{(1 + \rho[i, j | k]) \times (1 - \rho[i, j | k])^{-1}\} \quad (1)$$

在上式中, n 代表研究变量的数量, $\rho[i, j | k]$ 是指以 k 个变量为条件, 变量 i 和 j 的偏相关系数, $|k|$ 表示条件变量的数量。

在定向时, 该算法主要基于“相邻(*adjacent*)”和“隔离集(*supset*)”等剔除两个研究变量间无向连线时的条件变量的集合。具体表述为: 假设 X 和 Y , Y 和 Z 分别相邻, 但 X 和 Z 不相邻, 假设 Y 不在 X 和 Z 的分离集里面, 则有向无环图结果为: $X \rightarrow Y \leftarrow Z$ 。

(二) 样本说明。国家发改委于 2011 年 10 月 29 日正式批准北京、天津、上海、重庆、广东、湖北和深圳等 7 省市开展碳交易试点工作, 各试点省市区于 2014 年 6 月底前顺利启动碳排放权试点交易。鉴于重庆碳市场自试点以来, 交易日过少, 故将其剔除。在其他 6 个试点省市区中, 湖北启动时间最晚, 时间为 2014 年 4 月 2 日, 故本文样本区间为 2014 年 4 月 2 日至 2015 年 10 月 23 日。由于碳市场交易活跃度有待提升, 部分碳市场出现交易日数据缺失或不完全一致现象。在处理该类型数据时, 学术界通常有两种方法: 一是直接剔除缺失或不完全一致的数据(Hamao 等, 1990; 封思贤等, 2010), 二是将上一个交易日的数据代替缺失或不完全一致的数据(Chen 等, 2002; 潘越, 2008; 周璞和李自然, 2012)。由于本文所使用数据样本期不长, 故借鉴第二种方法进行处理。依据样本数据缺失程度, 使用周度平均数据代替日度数据(由于样本期有限, 采用月度数据会导致样本量过少)。相对于日度数据而言, 周度数据几乎每周都有交易, 且波动性更好, 更能反映碳市场的真实运行情况, 样本量也符合要求, 故使用周度数据更加合理。

本文以北京(BJEA)、广东(GDEA)、湖北(HBEA)、上海(SHEA)、深圳(SZEA)和天津(TJEA)碳市场配额成交均价分别作为各自碳市场价格的代表变量, 湖北碳市场的价格数据来自于湖北碳排放权交易中心, 其他省市区的数据均来自于 WIND 数据库。在具体研究时, 变量间价格关联程度越高, 说明中国碳市场一体化程度越高; 大部分变量间关联程度越高, 说明中国碳市场整体一体化程度越高; 只有个别变量影响其他变量的程度更高, 则说明中国碳市场局部中心化趋势凸显, 反之亦然。本文主要运用 *Tetrad III* 和 *WinRats 7.0* 软件编制程序进行实证分析。

(三) 平稳性及协整检验。本文采用 ADF 检验方法对各试点省市碳市场配额成交均价时间序列进行平稳性检验, 以保证上述时间序列不会出现虚假回归问题, 检验结果表明, 北京、广东、湖北、上海、深圳和天津碳市场配额成交均价等时间序列的水平值都不能拒绝“存在单位根”的原假设。而一阶差分检验的结果表明, 上述变量均在 1% 的显著性水平下拒绝了“存在单位根”的原假设。由此可知, 上述六个变量均为非平稳的 $I(1)$ 过程, 本文将对其进行 Johansen 协整检验, 以判定变量之间的均衡关系。在选择 VAR 模型最优滞后期时, 由于 SC 和 HQ 准则都为 1, 故本文选择的最优滞后期为 1 期(最大滞后期为 8 期)。Johansen 协整检验结果表明, 无论数据空间有线性趋势, 还是无线性趋势, 协整向量个数均为 1, 故存在协整关系, 本文以数据空间有线性趋势建立计量模型。同时, 基于数据空间无线性趋势建模得到的结果与数据空间有线性趋势得到的结果非常一致。^①

(四) 同期因果关系及方差分解。由于 BJEA、GDEA、HBEA、SHEA、SZEA 和 TJEA 六个时间序列存在一个协整关系, 因而本文基于它们的水平值构建 VECM 模型, 最大滞后期设为 8 期。根据 VAR 模型的滞后期长度选择判定准则(FPE、AIC 准则), 最终选择滞后期为 2 期(VAR 为 2 期, VECM 差分项为 1 期), 并基于此得到 VECM 模型的残差方

^① 限于篇幅, 平稳性及协整检验具体实证结果并未给出, 若读者有兴趣, 可向作者索取。

差——协方差矩阵：

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 5.37 & & & & & \\ -2.35 & 17.58 & & & & \\ -0.13 & 0.72 & 1.52 & & & \\ -0.21 & 0.73 & -0.01 & 4.34 & & \\ -1.12 & 2.60 & -0.10 & -0.01 & 9.47 & \\ -1.05 & 2.62 & 0.37 & -0.11 & 1.35 & 4.58 \end{bmatrix} \quad (2)$$

在 20% 置信度水平下, 基于 TETRAD III 软件, 本文利用 Scheines 等(1996) 编制的 PC 算法程序得到上述变量间的有向无环图结果, 具体如图 2 所示。

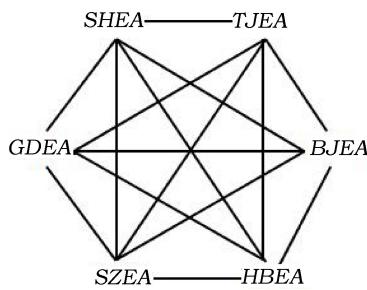


图 1 无向完全图

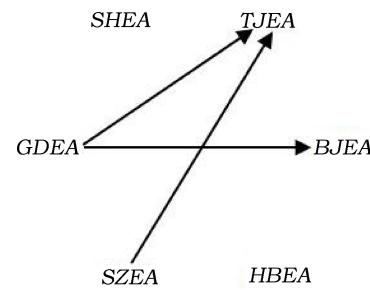


图 2 有向无环图

由图 2 可知, 广东碳市场配额价格存在影响北京和天津碳市场配额价格的同期因果关系, 深圳碳市场配额价格存在影响天津碳市场配额价格的同期因果关系, 湖北和上海碳市场配额价格与其他碳市场之间均不存在任何同期因果关系。上述 DAG 结果表明, 中国各试点省市碳市场之间存在一定的相互关联关系, 说明在一体化过程中已取得一定成果, 这为全国统一碳市场的构建奠定了一定的基础, 但整体一体化程度有待提高。

为检验上述结果的合理性, 本文对其进行 Sims 似然比检验, 结果表明, Sims 卡方统计量值为 10.41, 显著性水平为 0.58, 这说明在 20% 的显著性水平下我们无法拒绝“过度约束为‘真’”的原假设, 因而所施加的约束是合理的。当然, DAG 结果仅能初步判断上述六个碳市场配额价格之间的相互影响关系, 它们之间最终相互影响关系的确立需要以 DAG 方差分解结果为依据。为进一步研究 BJEAA、GDEA、HBEAA、SHEA、SZEAA 和 TJEAA 等变量之间的相互影响程度及动态影响机制, 本文将基于 DAG 结果对上述变量进行预测方差分解分析, 结果如下:

表 1 中国各试点省市碳市场配额价格预测方差分解结果

单位: %

预测期	BJEAA	GDEA	HBEAA	SHEA	SZEAA	TJEAA	BJEAA	GDEA	HBEAA	SHEA	SZEAA	TJEAA
BJEAA 的方差分解							SHEA 的方差分解					
1	92.52	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
2	92.03	4.65	2.09	0.00	0.77	0.46	0.03	0.09	0.11	99.70	0.04	0.02
20	66.46	2.13	19.76	0.00	7.31	4.33	0.08	0.22	0.25	99.31	0.09	0.06
30	66.19	2.14	19.93	0.00	7.37	4.37	0.11	0.33	0.39	98.95	0.14	0.08
GDEA 的方差分解							SZEAA 的方差分解					
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
2	0.34	97.81	1.16	0.00	0.43	0.26	0.13	0.39	0.46	0.00	98.93	0.10
20	0.84	94.62	2.85	0.00	1.06	0.63	0.32	0.91	1.07	0.00	97.46	0.24
30	1.34	91.47	4.53	0.00	1.67	0.99	0.49	1.41	1.66	0.00	96.08	0.36

续表 1 中国各试点省市碳市场配额价格预测方差分解结果

单位：%

预测期	BJEA	GDEA	HBEA	SHEA	SZEA	TJEA	BJEA	GDEA	HBEA	SHEA	SZEA	TJEA
HBEA 的方差分解							TJEA 的方差分解					
1	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	0.00	0.00	2.02	88.78
2	0.52	1.49	96.96	0.00	0.65	0.39	0.00	9.24	0.00	0.00	2.00	88.76
20	1.30	3.72	92.40	0.00	1.62	0.96	0.00	9.26	0.00	0.00	1.99	88.75
30	2.07	5.95	87.84	0.00	2.60	1.54	0.00	9.28	0.00	0.00	1.98	88.74

由上表可知，在对 BJEAN 的预测方差分解中，BJEA 在第 1 个预测期，BJEA 自身对其影响最大，GDEA 对其影响次之，其他变量对其没有影响。随着预测期的增大，HBEA 对 BJEAN 的影响逐渐增大，在第 30 个预测期，影响程度高达 19.9%。在对 GDEA 的预测方差分解中，无论是第 1 个预测期，还是第 30 个预测期，GDEA 自身对其影响均为最大，HBEA 在第 30 个预测期对 GDEA 的影响次之。在 HBEA 的预测方差分解中，HBEA 在第 1 个预测期仅受自身的影响，其他试点碳市场配额价格均对其无任何影响。随着预测期的延长，SZEAN、GDEA、SHEA 和 TJEA 均对其产生了一定的影响，但广东碳市场对其影响最大，上海碳市场则甚为微弱。在对 SHEA 的预测方差分解中，第 1 个预测期的预测方差分解结果与 HBEA 在第 1 个预测期的预测方差分解结果相同，在第 30 个预测期，HBEA 和 GDEA 在其他试点碳市场配额价格中对其影响相对较大，其他则相对较小。在对 SZEAN 的预测方差分解中，在第 1 个预测期，SZEAN 仅受自身的影响，随着预测期的延长，HBEA 成为继自身之后影响 SZEAN 最大的变量，GDEA 次之。在对 TJEA 的预测方差分解中，其他碳市场配额价格对 TJEA 的影响均相对较小，但广东碳市场在第 30 个预测期对其影响相对较大。

因此，从上述预测方差分解结果来看，中国各试点省市碳市场之间存在一定的相互影响关系，表明中国碳市场在一体化方面已取得一定成效，这为即将构建的全国统一碳市场奠定了基础，但整体一体化程度依然有待提高。同时，各试点省市碳市场之间的紧密程度不一，呈现出局部中心化的趋势，即湖北和广东碳市场具有全国碳市场中心的潜力。

综观湖北碳市场和广东碳市场，在一级市场方面，广东碳市场位居全国第一、世界第三，2014 年、2015 年和 2016 年度配额总量分别高达 4.08 亿吨、4.08 亿吨和 3.86 亿吨，湖北碳市场位居全国第二。在二级市场方面，无论是交易总量，还是交易总额，湖北碳市场均位居全国首位，广东碳市场次之。同时，在累计日均成交量、投资者数量和省外引资金额等主要市场指标方面，湖北碳市场亦均位居全国第一，而广东碳市场也有出色表现。在碳市场体制机制建设方面，广东碳市场和湖北碳市场均走在了市场前列，如广东碳市场和湖北碳市场率先启动碳排放配额现货远期交易，为中国碳市场的发展和创新开了先河。2016 年 3 月 28 日，国内首单（非标准）碳配额远期交易在广东碳市场成功交易；同年 4 月 27 日，湖北碳市场推出全国首个碳排放权现货远期交易产品，上线交易当日成交量为 680.22 万吨，成交金额高达 1.5 亿元。此外，2015 年 4 月，国务院在《中国（广东）自由贸易试验区总体方案》中明确提出，在广东省自贸区研究设立以碳排放为首个品种的创新型期货交易所，这意味着国家可能在政策层面助力将广东省碳市场打造成为全国碳市场中心。

（五）稳健性检验。为防止出现结构突变，基于时间窗口的稳健性检验主要是通过有向无环图（DAG）技术识别 VECM 模型得出的结论在样本内是否稳健。借鉴杨子晖（2008）和赵胜民等（2011）学者的经验，本文将基于 DAG 结果进一步进行递归方差分解分析。以 2014 年 4 月 2 日至 2014 年 4 月 6 日的第一周为基期，作第一次方差分解分析，并将其作为

第1周的实证结果;第二次滚动窗口向后延展一周,并将其作为第2周的实证结果,逐个样本进行类推直至整个样本期末,并把每次回归的第30期方差分解结果绘成下图(横坐标为影响期数,纵坐标为影响程度)。

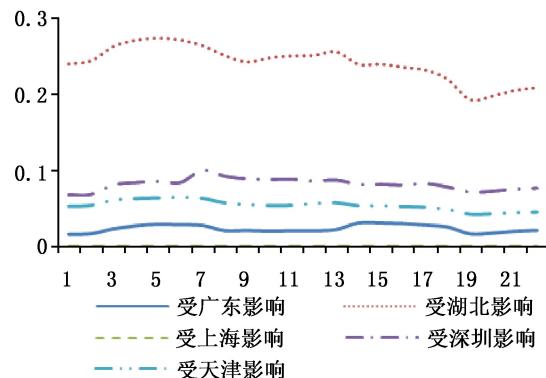


图3 北京碳市场配额价格递归方差分解图

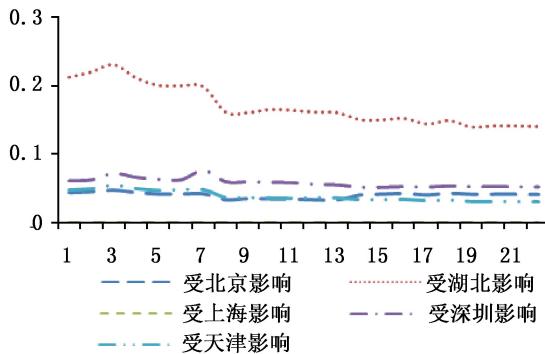


图4 广东碳市场配额价格递归方差分解图

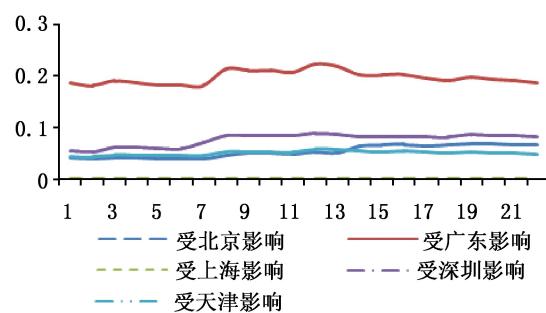


图5 湖北碳市场配额价格递归方差分解图

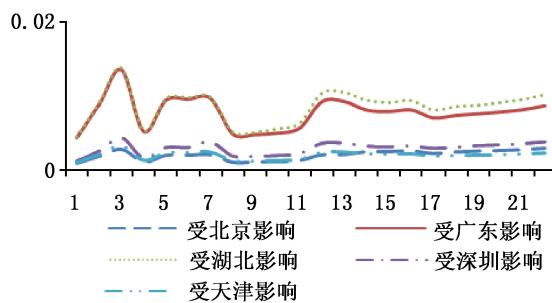


图6 上海碳市场配额价格递归方差分解图

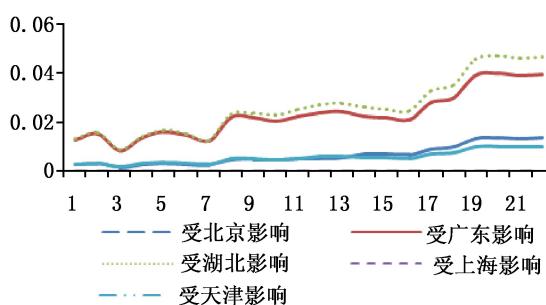


图7 深圳碳市场配额价格递归方差分解图

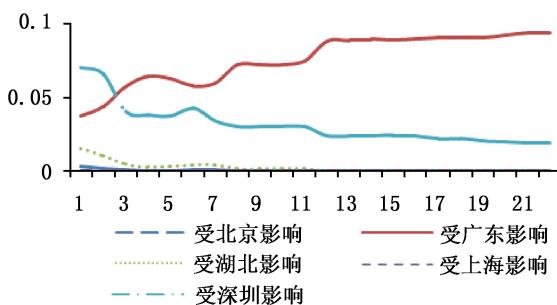


图8 天津碳市场配额价格递归方差分解图

从图3到图8可以看出,中国各试点碳市场之间存在一定程度的联系,但湖北碳市场和广东碳市场影响其他碳市场更多一些,这与前文预测方差分解结果基本一致,即中国碳市场在一体化方面已取得一些效果,但整体一体化程度仍需加强,并呈现出局部中心化趋势。具体来说,北京碳市场、广东碳市场、上海碳市场和深圳碳市场的配额价格受湖北碳市场配额价格影响最大;广东碳市场对湖北碳市场和天津碳市场的影响程度最高,对上海碳市场和深圳碳市场的影响程度略小于湖北碳市场,故湖北碳市场和广东碳市场在整个试点省市碳市

场中居于相对主导的地位。综上所述,递归预测方差分解结果进一步证实了前文实证结论的稳健性。从动态发展趋势来看,广东碳市场影响上海碳市场、深圳碳市场和天津碳市场的程度逐渐加强,而湖北碳市场影响北京碳市场、广东碳市场和天津碳市场的程度略有下降,但对深圳碳市场和上海碳市场的影响程度略有提升。

三、中国碳市场价格传导机制分析

前文对中国碳市场的一体化程度进行了量化研究,下文将试图构建一个中国碳市场价格传导理论框架。在该框架下,通过经济基础说(*Economic Fundamentals Hypothesis*)和市场传染说(*Market Contagion Hypothesis*)等理论对实证结果背后的传导机理进行深入探讨。

(一)构建中国碳市场价格传导理论框架。在构建中国碳市场价格传导理论框架之前,有必要对碳市场的市场体系进行阐述。与传统金融市场不同,碳市场主要包括一级市场(又称分配市场)、二级市场(又称现货市场)和三级市场(又称衍生品市场),其中一级市场主要负责碳配额的总量设定和初始分配,主要功能在于创设碳配额;二级市场从事碳配额的现货交易,基础价格发现和资源流转通常发生在该市场;三级市场则交易碳期货、碳期权及其他碳金融衍生品,作用在于价格发现、套期保值和规避风险等。目前,中国只开展了一、二级市场试点,暂未建立三级市场。

经过研究,本文构建的中国碳市场价格传导理论框架如图9所示。在该框架下,中国各试点省市碳市场之间的价格传导主要有图9中①和②两种路径,中国各试点省市碳市场内部的价格传导主要有图9中传导路径③。同时,各省市之间的实体经济和金融市场分别各自双向影响,且各省市内实体经济与金融市场也是紧密联系、互相影响的。

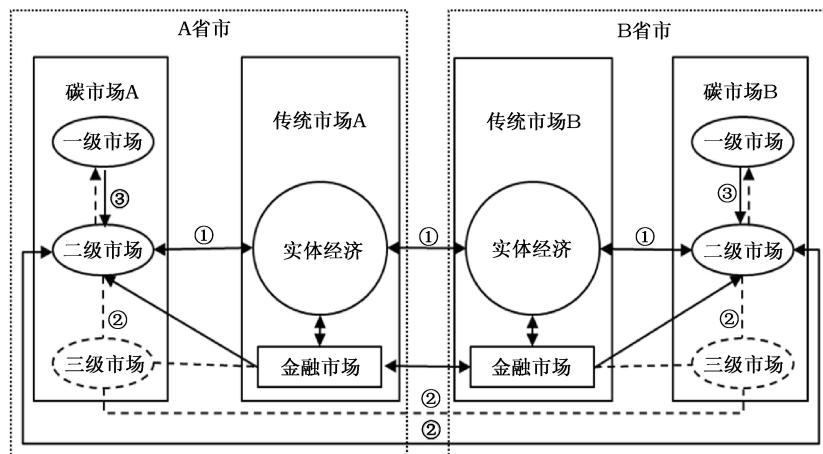


图9 中国碳市场价格传导理论框架

注:实线表示目前可以传导的路径,虚线表示目前暂不能传导的路径。

(二)中国碳市场具体价格传导路径分析。本文依次重点研究①、②、③三条价格传导路径,以进一步解释前文实证结果。路径①和②发生在各试点碳市场二级市场之间,路径③发生在各自碳市场内一、二级市场之间。

1. 基本面传导路径分析

路径①对应的是基本面传导路径,该路径可由经济基础说进行解释。经济基础说认为,各市场间经济基本面的紧密程度决定了碳市场紧密程度的高低。为更好地分析该传导路径,本文首先建立经济模型对其传导可行性进行理论分析,然后再具体探讨该传导路径。从定义看,碳配额是在限额与交易机制下,由主管机关确定和分配的允许控排企业向大气中排放的温室气体的数量。由于其本身具有稀缺性,从更深层次的角度可将其认为是一种生产

要素。现代西方经济学认为,生产要素主要包括劳动、资本、土地和企业家才能等,随着社会的发展和科技的进步,技术和信息等也被视为相对独立的生产要素,生产要素的内涵越来越丰富。控排企业在生产过程中排放一定量的温室气体需要支付一定额度的碳配额,就本质而言,碳配额可近似为控排企业投入的生产要素,这类似于劳动或资本等。

为力求简单清晰,假设第*i*个地区某一行业(比如第二产业的钢铁行业)的生产函数为 $Y_i = f(K_i, L_i, C_i)$,其中, Y_i 为该地区该行业的总产出, K_i 为投入的总资本品数量, L_i 为投入的劳动数量, C_i 为投入的碳配额数量。假设该地区该行业的生产函数为规模报酬不变,根据欧拉定理,可以得到:

$$P_i Y_i = K_i R_i + L_i W_i + C_i P_i^C \quad (3)$$

其中, P_i 为该地区该行业产成品的名义价格(如钢铁价格), R_i 为资本品的收益(名义利率), W_i 为名义工资, P_i^C 为该地区该行业的碳配额价格。

由于国内不同地区同行业价格大致相同(不考虑市场摩擦),且不同地区该行业的资本和劳动高度流动,故 $P_i = P_j = P$, $R_i = R_j = R$, $W_i = W_j = W$ 。因此,当第*i*个地区该行业碳配额价格发生变化时(比如 $P_i^C \uparrow$),厂商在利润最大化的条件下,必然会降低对碳配额的需求,增加对资本品和劳动的需求,从而第*i*个地区的资本品和劳动价格都会上涨。由于资本品和劳动等生产要素在第*i*个地区与第*j*个地区之间可以高度流动,第*j*个地区的资本品和劳动价格会随之上涨。在给定产出品价格保持不变的条件下,其必然会增加对碳配额的需求(假设该地区初始碳配额供需均衡),从而第*j*个地区的碳配额价格会上涨,即 $P_j^C \uparrow$ 。

当然,上述模型考虑的是市场完全无摩擦的情形。若市场间存在一定的摩擦,即使各碳市场配额价格不趋同,价格走势也会具有较高的一致性,故该模型也适用于市场存在摩擦的情形。由此可以看出,中国试点省市碳市场配额的价格可以通过经济基本面进行传导。

由于碳配额可以近似为一种生产要素,它会在一定程度上影响本市场相关行业的价格。从图9可以看出,各省市传统市场相关行业的价格传导非常顺畅,故本省市碳市场配额价格的波动经由本省市传统市场相关行业价格,很容易传导至另一省市传统市场相关行业的价格,并进而引起另一省市碳市场配额价格的波动。从该传导路径看,碳市场间相关行业联系越紧密,价格传导会越顺畅。从中国各试点省市碳市场所覆盖行业来看,所有试点省市碳市场基本上均包括钢铁和电力等高耗能行业,且上述行业价格传导非常顺畅(若不同市场间存在套利机会,市场会自发进行调节)。由此可见,经济基本面传导路径在理论上非常顺畅有效。基于这一逻辑,中国碳市场整体一体化程度理应较高,但现实并非如此,这是否意味着路径①存在问题?通过进一步研究发现,中国碳市场一体化程度不高的根源主要在于碳市场本身。中国碳市场由政府创设,碳市场本身的体制机制建设相对滞后于碳市场的内在发展需求,导致中国碳市场一体化程度不高,故中国碳市场一体化程度有进一步加强的内在经济动因。而目前中国碳市场体制机制建设存在的问题有:各试点省市碳市场之间缺乏链接机制,市场紧密程度有待加强;碳配额监测、报告、核查体系标准不统一,碳配额公信力不足;市场流动性匮乏,核心功能发挥不足;法律法规体系建设亟待完善,制度约束力有待加强。

同时,基于经济基本面的传导路径(路径①),某碳市场对碳配额的需求越大(市场话语权相对较高),该碳市场配额价格的波动越会对其他碳市场配额价格产生较大影响。从中国试点省市碳市场产业结构看,它们类似的产业结构使得各试点省市的经济基本面联系更加紧密。具体而言,第一产业占比都很低,大多在5%以下;第二产业占比相对次之,大多在30%—50%之间;第三产业占比为所有产业中最高,大多在40%—70%之间。众所周知,碳

配额的需求与经济体的产业结构高度相关,不同产业对碳配额的需求存在巨大差异,第二产业对碳配额的需求远远大于其他产业,所以第二产业占比越高,对碳配额的需求则越大。湖北、广东和天津的第二产业占比较高,由于湖北和广东碳市场的GDP总量相对更大,上述两个市场对碳配额的需求也相对更大,进而使得上述两个市场配额价格波动对其他碳市场会产生较大的影响,故经济基础说在一定程度上能较好地解释中国碳市场呈现出局部中心化趋势这一结果。

2. 消息面传导路径分析

路径②对应的是消息面传导路径,该路径有两条:一条是由某碳市场的二级市场直接传导至另一碳市场的二级市场,另一条是由某碳市场的二级市场先传导至本市场的三级市场,然后通过本市场的三级市场传导至另一碳市场的三级市场,最后传导至另一碳市场的二级市场。该路径可由市场传染说进行解释,市场传染说侧重于从行为金融学角度探究各市场间的影响情况,当某一碳市场发生剧烈波动时,由于其他碳市场存在信息不对称,“羊群效应”和“趋同效应”等容易使得这种波动传染到其他碳市场上,最终各碳市场之间的相互影响关系会得到加强。由于中国碳市场仍处于建设初期,总体成熟程度依然不高,市场对有效信息的辨别能力较弱,这在较大程度上了制约了消息面传导路径的效率。从图9可知,中国碳市场的三级市场并没有建立,因而通过三级市场进行传导的路径暂时无效,这影响了市场传染说的解释力度,故完善中国多层次碳市场体系能够有效提高中国碳市场一体化的程度。因此,该假说在一定程度上较好地解释了中国碳市场一体化程度不高的原因。

3. 碳市场内价格传导路径分析

路径③对应的是各试点省市碳市场内一、二级市场碳配额价格内部传导的路径。为探讨一级市场碳配额价格是否会对二级市场碳配额价格产生影响,鉴于广东碳市场是全国首个探索部分配额实行有偿分配的试点市场,本文以该碳市场为例,通过事件研究法进行分析。一级市场的价格主要是拍卖价格,二级市场的价格则为交易日价格,本文分析的基本原理为:一级市场的拍卖日期由政府规定,并不依赖于二级市场的运行情况,因而具有严格的外生性和随机性;满足随机游走要求的二级市场价格,在任意选定的交易日前后,价格走势应该具有较强的随机性,而不应该有系统性的偏离。如果有系统性的偏离,表明其受到一级市场价格的“锚定”影响。本文以政府拍卖前后三个交易日平均价格与一级市场拍卖价格之差的绝对值为指标,若政府拍卖后三个交易日均价与一级市场拍卖价格之差的绝对值经常小于拍卖前三个交易日均价与一级市场拍卖价格之差的绝对值,则说明二级市场价格受到一级市场价格的“锚定”影响。在分析过程中,采用如下模型:

$$\Delta P = \left| \frac{P_{t \pm 1} + P_{t \pm 2} + P_{t \pm 3}}{3} - P_t \right| \quad (4)$$

在式(4)中, ΔP 表示前后三个交易日均价与一级市场价格之差的绝对值, $P_{t \pm 1}$ 、 $P_{t \pm 2}$ 和 $P_{t \pm 3}$ 分别表示拍卖日后和拍卖日前第1、2和3个交易日的价格, P_t 表示拍卖日的配额价格。

经过数据处理,结果如图10所示。从图10可以看出,相对于拍卖前的二级市场价格,大多数拍卖后的二级市场价格更加接近于一级市场的拍卖价格,这充分说明广东碳市场二级市场受到了一级市场的“锚定”影响。因此,虽然目前广东碳市场二级市场相对较弱,但强大的一级市场依然能够使其在整个碳市场中具有重要的影响力,这也在一定程度上说明为什么广东碳市场会对其他碳市场影响较大,故经济基础说能够进一步解释中国碳市场局部中心化凸显的趋势。当然,随着碳市场的发展,未来二级市场价格也可能会较大程度地影响

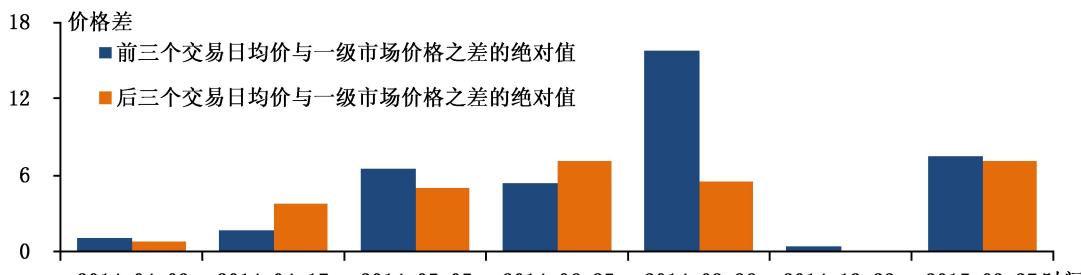


图 10 广东碳市场一级市场拍卖对二级市场影响结果

一级市场的定价,这犹如在目前的股票市场上,二级市场价格走势会在较大程度上影响一级市场的定价。

综上所述,路径①较好地解释了中国碳市场出现局部中心化趋势的原因,路径②和③较好地解释了中国碳市场整体一体化程度不高的原因,经济基础说和市场传染说等理论均能对本文的实证结果提供较好的理论支撑。从传导效果看,不同的传导路径在市场发展的不同阶段发挥着不同的作用,且传导路径的方向也可能发生变化。在碳市场建立初期,由于市场基础薄弱,经济基本面传导路径占主导作用。随着中国碳市场的发展和多层次碳市场体系的完善,特别是碳衍生品市场的建立,消息面传导路径的作用会越来越大。同时,本文认为,碳市场更加成熟之后,碳市场二级市场的价格可能会较大程度地影响一级市场的定价。由此可见,目前中国碳市场的价格传导仍以经济基本面(经济基础说)路径为主。未来,随着碳市场的进一步成熟,上述所有传导路径会更加通畅。

四、结论与政策建议

中国试点省市碳市场运行已两年有余,深入研究中国碳市场的一体化程度可以较好地量化测度目前中国碳市场的发展现状,为全国统一碳市场的构建提供一定的经验支持。实证研究发现,对于中国碳市场而言,各试点省市碳市场之间整体相互影响关系不是很强,说明中国试点省市碳市场一体化程度不高,这可能是由各试点省市碳市场之间缺乏链接机制、碳配额MRV体系标准不一致和法律法规体系亟须完善等原因造成。湖北碳市场和广东碳市场相对于其他试点省市碳市场而言,对其他试点省市碳市场影响程度较高,因而市场定价能力相对更强,具有成为全国碳市场中心的潜力,因为上述两个碳市场在市场规模和体制机制等方面都具有相对优势。为挖掘实证结果背后的理论机理,本文基于价格传导机制视角首次构建中国碳市场价格传导理论框架对前文实证结果进行了合理解释,在解释过程中,主要采用基本面传导路径分析、消息面传导路径分析和碳市场内价格传导路径分析三种方式。其中,第一种方式对中国碳市场出现局部中心化趋势能够进行较好地解释,而第二种和第三种方式能较好地解释中国碳市场整体一体化程度不高的现状。

为切实提升中国碳市场的一体化程度,有效清除构建全国统一碳市场前进道路上的障碍,基于前文实证和理论分析,本文建议:(1)从完善各市场间的体制机制入手,提高中国碳市场的一体化程度。从中国碳市场价格传导理论框架来看,各市场间基本面传导路径比较顺畅,但碳市场本身的体制机制落后于碳市场的内在发展需求,从而使得中国碳市场整体一体化程度有待加强。在具体构建完善的体制机制时,首先应建立统一的法律体系、统一的登

记注册系统和统一的核定、核查方法，这也是建立统一市场的主要标志。中国碳市场目前一体化程度不高的一个重要原因就在于缺少一部全国性的法律作为市场构建的基础，这部法律应涵盖减排目标、控排对象、配额分配和登记核查等主要内容。在这部法律框架下，构建一个全国性碳配额登记注册系统。此外，中国政府还应该建立一套行之有效的碳排放量核定核查方法，尽可能保证碳市场交易的公平性、公正性和公开性。（2）在打造全国碳市场现货市场中心时，可优先考虑湖北碳市场和广东碳市场。实证结果表明，湖北碳市场和广东碳市场对其他试点省市碳市场的影响程度较高，从而使得中国试点省市碳市场呈现局部中心化趋势，这意味着上述两个碳市场具有成为中国碳市场现货市场中心的潜力，而前文中关于湖北碳市场和广东碳市场的市场规模和体制机制的论述进一步佐证了上述潜力的存在。同时，也不能忽视的是，从动态发展趋势来看，广东碳市场的影响力在逐渐提升，而湖北碳市场稍有下降，但最终全国现货市场中心的确立须依当时的具体情况而定。（3）加快发展中国碳衍生品市场。从中国碳市场价格传导理论框架和实证结果可以发现，中国碳市场整体一体化程度不高的一个重要原因在于中国缺少碳衍生品市场，即碳衍生品市场的缺失影响了消息面传导路径的效率，从而导致中国碳市场整体一体化程度不高。目前，我国金融市场的传统发展路径是先发展现货市场，再发展期货市场，而欧盟的经验表明，碳期货现货市场的建立并不存在一成不变的顺序，而应由市场的现实需求推动及决定。由于碳排放权自身固有的远期交易、天然标准化等特殊属性，在建设碳现货市场时，我国可以同步或加快推进碳期货市场建设，以碳期货市场的发展反推碳现货市场的发展，进而使得中国碳市场更加成熟。

主要参考文献：

- [1]曹军新,姚斌.碳减排与金融稳定：基于银行信贷视角的分析[J].中国工业经济,2014,(9): 97—108.
- [2]杜莉,张云.我国碳排放总量控制交易的分配机制设计——基于欧盟排放交易体系的经验[J].国际金融研究,2013,(7): 51—58.
- [3]杜莉,张云,王凤奎.开发性金融在碳金融体系建构中的引致机制[J].中国社会科学,2013,(4): 103—119.
- [4]郭灿.金融市场一体化程度的衡量方法及评价[J].国际金融研究,2004,(6): 28—33.
- [5]林伯强,李爱军.碳关税的合理性何在? [J].经济研究,2012,(11): 118—127.
- [6]刘纪显,谢赛赛.欧盟 EUA 与 CER 两个市场之间的溢出效应研究[J].华南师范大学学报(社会科学版),2014,(1): 110—119.
- [7]石敏俊,袁永娜,周晟吕,等.碳减排政策：碳税,碳交易还是两者兼之[J].管理科学学报,2013,(9): 9—19.
- [8]涂永前.碳金融的法律再造[J].中国社会科学,2012,(3): 95—113.
- [9]王玉,郇志坚.欧盟碳排放权交易市场的价格发现和波动溢出研究[J].中国人口·资源与环境,2012,(5): 244—249.
- [10]杨子晖.财政政策与货币政策对私人投资的影响研究——基于有向无环图的应用分析[J].经济研究,2008,(5): 81—93.
- [11]尹应凯,崔茂中.国际碳金融体系构建中的“中国方案”研究[J].国际金融研究,2010,(12): 59—66.
- [12]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): 34—41.
- [13]赵胜民,方意,王道平.金融信贷是否中国房地产、股票价格泡沫和波动的原因——基于有向无环图的分析[J].金融研究,2011,(12): 62—76.
- [14]Chen G, Firth M, Rui O M. Stock market linkages: Evidence from Latin America[J]. Journal of Banking & Finance, 2002, 26(6): 1113—1141.
- [15]Eun C S, Shim S. International transmission of stock market movements[J]. Journal of Financial and

- Quantitative Analysis, 1989, 24(2): 241—256.
- [16] Hamao Y, Masulis R W, Ng V. Correlations in price changes and volatility across international stock markets[J]. The Review of Financial Studies, 1990, 3(2): 281—307.
- [17] Joyeux R, Milunovich G. Testing market efficiency in the EU carbon futures market[J]. Applied Financial Economics, 2010, 20(10): 803—809.
- [18] Montagnoli A, Vries F P D. Carbon trading thickness and market efficiency[J]. Energy Economics, 2010, 32(6): 1331—1336.
- [19] Uhrig-Homburg M, Wagner M W. Futures price dynamics of CO₂ emission allowances: An empirical analysis of the trial period[J]. The Journal of Derivatives, 2009, 17(2): 73—88.
- [20] Yang J, Guo H, Wang Z. International transmission of inflation among G-7 countries: A data-determined VAR analysis[J]. Journal of Banking & Finance, 2006, 30(10): 2681—2700.

The Study on the Integration Degree in China's Carbon Market: Analysis Based on the Sample of Pilot Provinces and Cities

Xie Xiaowen^{1,2}, Fang Yi³, Li Shenglan¹

(1. Lingnan (University) College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Post Doctoral Research Station, Guangzhou Yuexiu Group Co., Ltd., Guangzhou 510623, China;

3. School of Finance, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)

Abstract: The construction of a unified national carbon market is imminent, and the deep study of the integration degree in China's carbon market can provide theoretical support for the construction of a unified national carbon market. Based on the carbon market data of pilot provinces & cities and from a perspective of price transmission mechanism, this paper studies the integration degree in China's carbon market for the first time by the newly developed directed acyclic graph method. It comes to the results as follows: firstly, there have been some achievements in the integration of China's carbon market, but the integration level still remains to be improved; secondly, carbon markets in Hubei and Guangdong provinces have deeper impacts on those in other pilot provinces and cities, and thus the local central trend of China's carbon market is highlighting. From a perspective of rolling time window, it further confirms the robustness of the empirical results above. On this basis, this paper firstly constructs the theoretical framework of China's carbon market price transmission, and further analyzes the transmission mechanism of interaction among the carbon markets through economic fundamentals hypothesis and market contagion hypothesis, and explains the internal reasons for overall low integration degree in China's carbon market and the highlighting local central trend in detail, to provide a theoretical and empirical support for starting up a unified national carbon market. Based on these empirical results above, this paper makes some relevant policy suggestions in five aspects.

Key words: integration of carbon market; price transmission mechanism; directed acyclic graph

(责任编辑 石头)