

# 基于多元线性回归的碳配额价格 预测模型研究

纪钦洪\*, 孙洋洲, 于航, 郭雪飞, 孙玉平, 刘 强  
(中海油研究总院新能源研究中心, 北京 100028)

**摘要:**借助 SPSS 软件工具研究多元线性回归的广东碳配额价格预测模型,进行皮尔森相关性分析,多重共线性检验以及回归检验,建立了三元线性回归碳配额价格预测模型。模型回归碳价分析和预测精度评价结果表明,回归碳价与碳配额成交价整体吻合度较好,平均绝对百分误差小于 10%,验证了碳配额预测模型的有效性和准确性,可为碳配额价格预测提供借鉴和参考。

**关键词:**碳配额价格;多元线性回归分析;预测模型

中图分类号:F205

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2018)04-0220-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2018.04.051

## Study on forecast model of carbon emission quota price based on multiple linear regression analysis

Ji Qin-hong\*, Sun Yang-zhou, Yu Hang, Guo Xue-fei, Sun Yu-ping, Liu Qiang  
(New Energy Research Center, CNOOC Research Institute Co., Ltd., Beijing 100028, China)

**Abstract:** The multiple linear regression analysis on forecast model of carbon emission quota price in Guangdong province is studied by using SPSS software tool. On the basis of Pearson correlation analysis, multi-collinearity test and regression test, a ternary linear regression forecast model for carbon emission quota price is established. The results from model regression analysis of carbon emission quota price and evaluation on prediction accuracy show that the regressed carbon emission quota prices exhibit wholly a better fitness with actual transaction prices, with the mean absolute percentage error less than 10%. The validity and accuracy of the prediction model of carbon emission quota price is therefore verified, which can supply important references for prediction of carbon emission quota price.

**Key words:** price of carbon emission quota; multiple linear regression analysis; forecast model

作为全球应对气候变化的积极参与者和贡献者,我国政府正稳步推进碳排放权交易市场的建设。2013年6月,深圳启动了全国首个碳排放权交易试点。随后上海、北京、广东、天津、湖北、重庆等省市相继启动了碳排放权交易试点。截至2016年12月31日,全国7个碳排放权交易试点一、二级市场配额累计总成交量超过3.91亿t,累计总成交额超过95.16亿元<sup>[1]</sup>。

国内碳排放权交易试点已运行了4年,为即将启动的全国统一碳排放权交易市场积累了经验。然而未来全国统一碳排放权交易市场能否正常运行关键在于碳产品的合理定价。碳价波动正逐渐引起投资者的重视。2014年以来国内研究碳价的热度有所上升。文献调研了解到,多数研究以7个碳交易试点地区的交易数据为基础,重点研究碳价形成机制、碳价波动的影响因素、碳价波动趋势与规律等。文献指出能源价格、宏观经济、汇率、碳交易政策以及生态环境是引起碳价波动的核心因素<sup>[2-8]</sup>,这与欧盟碳排放权交易体系碳价波动的影响因素趋同<sup>[9-10]</sup>。另外国内7个碳交易试点市场碳价波动的

影响因素还存在显著地区差异性<sup>[2,6]</sup>。现有预测碳价的文献并不多,主要的预测方法有回归分析法、灰色系统法、BP神经网络法、供求时序法等<sup>[11]</sup>。试点阶段国内碳市场运行不稳定,所积累的样本数据量有限,因此难以找到适合我国区域性碳交易市场价格波动特性的价格预测模型,进行准确的碳价预测。随着全国统一碳排放权交易市场碳交易频率和活跃度的增强,交易价格及其波动曲线将更加吸引投资者,有必要开展碳价预测模型研究,为碳市场交易者提供科学的决策工具。

本文中以广东碳配额价格为研究对象开展碳价预测模型研究,采用SPSS软件工具优化模型自变量,获得了基于多元线性回归的广东碳配额价格预测模型,并进行了相关分析和预测精度评价分析,检验碳价预测模型的有效性。

## 1 碳价预测模型的建立

### 1.1 变量的选取

多元线性回归模型是以相关性原理为基础的,通过多个自变量的优化组合来预测因变量,并将因

收稿日期:2017-09-26

作者简介:纪钦洪(1982-),男,博士,高级工程师,主要从事环保与节能减排技术研究,通讯联系人,010-84525282,jiqh@cnooc.com.cn。

变量表示成自变量的线性组合,如式(1)所示:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k + \varepsilon \quad (1)$$

式中, $k$ 是未知参数个数; $a_0$ 为回归常数; $a_1, a_2, \dots, a_k$ 为回归系数; $\varepsilon$ 为随机误差。

变量的选取是碳价预测模型研究的基础工作。广州碳排放权交易所是广东省政府唯一指定的碳排放配额有偿发放及交易平台,目前已将电力、水泥、钢铁、石化、造纸和民航6个行业纳入碳排放管理,涉及控排企业246家,累计成交配额和成交金额居全国首位。7个碳交易试点地区中广东的经济总量和结构、能源消费总量和结构、碳市场活跃度、样本数据量等方面具有代表性,有利于模型研究。因此本文中选取广东碳配额成交价作为模型因变量,并选取2014年1月1日至2017年6月30日广州碳排放权交易所交易品种GDEA的1046个交易价格作为研究样本数据。

碳价影响因素错综复杂。为了减少遗漏自变量可能带来的预测偏差,建立预测模型时尽量引入较多的自变量,但模型中保留对碳价影响小的自变量

不仅增加收集处理数据的工作量,而且导致回归方程不稳定,不能准确表达碳价与自变量之间的关系,降低预测准确度,因此优化自变量显得非常重要。结合已有研究文献,本文中选择了国际市场能源价格指数 $x_1$ 、WTI原油期货结算价 $x_2$ 、制造业采购经理指数 $x_3$ 、沪深300指数 $x_4$ 、美元对人民币汇率 $x_5$ 、欧元对人民币汇率 $x_6$ 和广州空气质量指数 $x_7$ 作为碳价预测模型的初始自变量。对应碳价预测初始模型为 $y = a + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7$ ,其中 $y$ 表示广东碳配额价格, $a$ 为常数项, $a_1, a_2, \dots, a_7$ 为回归系数。

## 1.2 样本数据来源

模型数据来源的权威性对模型研究及模型预测结果的准确性起到关键作用。本文中碳价预测模型所有变量数据来源于世界银行、美国能源信息署、国家统计局、国家外汇管理局等权威机构。所有变量数据选取时段都是2014年1月1日至2017年6月30日,并统一采用月度数据,数据处理后碳价预测模型各变量实际输入数据样本数都是42个(表1)。

表1 模型样本数据

时间	$y$ 广东碳配额成交价格/(元·t <sup>-1</sup> )	$x_1$ 国际市场能源价格指数(2010=100%)/%	$x_2$ WTI原油期货结算价/(美元·桶 <sup>-1</sup> )	$x_3$ 制造业采购经理指数/%	$x_4$ 沪深300指数	$x_5$ 美元对人民币汇率	$x_6$ 欧元对人民币汇率	$x_7$ 广州空气质量指数
2014年1月	60.0	126.4	94.9	50.5	2224.1	610.4	831.8	122.8
2014年2月	60.0	130.6	100.7	50.2	2247.2	611.3	836.8	72.3
2014年3月	61.7	127.9	100.5	50.3	2147.1	613.6	848.3	84.4
2014年4月	64.1	128.4	102.0	50.4	2204.0	615.5	850.0	74.3
2014年5月	69.3	129.0	101.8	50.8	2148.4	616.4	846.4	61.8
2014年6月	64.1	131.5	105.2	51.0	2150.6	615.6	836.9	74.4
2014年7月	54.6	126.9	102.4	51.7	2204.8	615.7	834.3	86.4
2014年8月	49.4	121.2	96.1	51.1	2350.2	616.1	820.6	77.8
2014年9月	40.2	116.6	93.0	51.1	2420.0	615.3	794.7	76.3
2014年10月	30.0	106.2	84.3	50.8	2443.7	614.4	779.9	97.3
2014年11月	24.6	96.4	75.8	50.3	2590.2	614.3	766.0	72.4
2014年12月	28.9	78.6	59.3	50.1	3247.2	612.4	756.2	78.6
2015年1月	23.4	63.1	47.3	49.8	3543.3	612.7	713.6	88.4
2015年2月	20.7	70.4	50.7	49.9	3440.8	613.4	698.8	79.8
2015年3月	23.5	68.1	47.9	50.1	3745.3	615.1	668.7	60.8
2015年4月	24.2	72.2	54.6	50.1	4491.9	613.0	662.6	75.5
2015年5月	24.1	77.8	59.4	50.2	4772.5	611.4	683.9	59.1
2015年6月	16.7	76.3	59.8	50.2	4989.6	611.6	687.1	56.9
2015年7月	15.7	68.8	50.9	50.0	4016.7	611.7	674.6	65.5
2015年8月	16.7	59.5	42.9	49.7	3719.0	630.6	701.9	88.0
2015年9月	16.9	59.7	45.5	49.8	3285.0	636.9	716.2	79.5
2015年10月	15.5	59.7	46.3	49.8	3494.8	634.9	713.3	70.5
2015年11月	15.1	55.2	42.9	49.6	3718.0	636.7	684.4	64.8
2015年12月	15.8	47.8	37.3	49.7	3730.2	644.8	701.6	69.1
2016年1月	17.0	40.5	31.8	49.4	3178.5	655.3	712.5	65.1
2016年2月	15.8	41.2	30.6	49.0	2998.4	653.1	722.3	58.3

续表

时间	$y$ 广东碳配额成交价格/(元·t <sup>-1</sup> )	$x_1$ 国际市场能源价格指数(2010=100%)/%	$x_2$ WTI 原油期货结算价/(美元·桶 <sup>-1</sup> )	$x_3$ 制造业采购经理指数/%	$x_4$ 沪深 300 指数	$x_5$ 美元对人民币汇率	$x_6$ 欧元对人民币汇率	$x_7$ 广州空气质量指数
2016 年 3 月	15.2	47.3	38.0	50.2	3122.1	650.6	723.4	77.9
2016 年 4 月	13.2	51.1	41.1	50.1	3210.2	647.6	734.0	65.9
2016 年 5 月	14.7	56.6	46.8	50.1	3100.6	653.2	738.3	65.3
2016 年 6 月	11.7	59.4	48.8	50.0	3130.5	658.7	739.8	59.7
2016 年 7 月	9.7	56.6	44.8	49.9	3231.8	667.7	738.5	74.5
2016 年 8 月	11.9	57.6	44.8	50.4	3290.2	664.7	744.9	82.4
2016 年 9 月	13.7	58.2	45.2	50.4	3279.1	667.2	747.7	75.9
2016 年 10 月	10.9	63.7	49.9	51.2	3323.9	674.4	740.6	51.3
2016 年 11 月	11.6	59.4	45.9	51.7	3430.7	683.8	738.5	76.1
2016 年 12 月	12.7	68.4	52.2	51.4	3386.8	691.8	729.3	85.1
2017 年 1 月	17.5	68.9	52.6	51.3	3349.0	689.2	731.8	78.1
2017 年 2 月	14.8	69.4	53.5	51.6	3430.2	687.1	730.9	74.7
2017 年 3 月	15.2	65.3	49.7	51.8	3454.6	689.3	736.7	81.2
2017 年 4 月	14.9	67.1	51.1	51.2	3477.2	688.5	738.3	82.7
2017 年 5 月	15.2	64.3	48.5	51.2	3408.8	688.3	760.4	88.9
2017 年 6 月	13.7	64.2	45.2	51.7	3571.9	680.2	763.9	55.7

### 1.3 相关性分析

皮尔森相关系数  $r$  能精确地反映 2 个变量线性相关程度,  $r$  的绝对值越大表明相关性越强。通常相关系数  $r$  的绝对值在 0.70~0.99 为高度相关, 在 0.40~0.69 为中度相关, 在 0.10~0.39 为低度相关。采用 SPSS Statistics 22 软件工具对数据进行皮尔森相关性分析, 判断自变量与广东碳配额成交价格的相关强度, 计算结果见表 2。

表 2 皮尔森相关性分析

自变量	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
与广东碳配额成交价格的相关性 $r$	0.939	0.935	0.746	-0.712
自变量	$x_5$	$x_6$	$x_7$	
与广东碳配额成交价格的相关性 $r$	-0.611	0.828	0.289	

通过皮尔森相关性分析可知, 国际市场能源价格指数、WTI 原油期货结算价、制造业采购经理指数、沪深 300 指数、欧元对人民币汇率与广东碳配额成交价格的相关系数值在 0.70~0.99, 判断这些自变量与广东碳配额成交价格具有高度相关性。美元

对人民币汇率与广东碳配额成交价格具有中度相关性, 而广州空气质量指数与广东碳配额成交价格相关性较弱。考虑碳价模型预测精度, 先剔除自变量  $x_7$  广州空气质量指数。

### 1.4 初始模型的建立

在皮尔森相关性分析基础上, 借助 SPSS 软件工具建立碳价预测初始模型, 计算模型回归系数、 $R$  值、 $F$  值以及  $t$  值, 获得模型回归方程  $y = 149.776 + 0.994x_1 - 0.711x_2 - 4.725x_3 + 0.001x_4 - 0.04x_5 + 0.135x_6$ , 并进行模型回归检验(表 3、表 4)。回归检验结果表明, 初始模型的自变量与碳价的线性关系明显, 模型整体可靠性较高。共线性诊断发现初始模型输入变量  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_6$  的容差都小于 0.1, 且方差膨胀因子 VIF 都大于 10(表 3), 说明模型存在多重共线性问题, 特别是变量  $x_1$  和  $x_2$ , 这将影响初始模型回归系数的准确性和  $t$  检验结果, 进而影响碳价预测结果。综合模型共线性分析和  $t$  检验结果, 进一步剔除对碳价影响较弱的自变量  $x_4$  沪深 300 指数和  $x_5$  美元对人民币汇率。

表 3 初始模型系数

模型	非标准化系数		$t$ 值	显著性	共线性统计	
	$B$ 值	标准误差			容差	VIF
常量	149.776	83.234	1.799	0.081	—	—
国际市场能源价格指数	0.994	0.369	2.693	0.011	0.006	178.635
WTI 原油期货结算价	-0.711	0.479	-1.486	0.146	0.005	193.772
制造业采购经理指数	-4.725	2.212	-2.136	0.040	0.251	3.980
沪深 300 指数	0.001	0.003	0.497	0.622	0.169	5.901
美元对人民币汇率	-0.040	0.073	-0.544	0.590	0.135	7.393
欧元对人民币汇率	0.135	0.057	2.370	0.023	0.068	14.681

表 4 初始模型回归检验

检验项目	结果与分析
相关系数检验	$R$ 值=0.966, $R^2=0.934$ , 调整后 $R^2=0.922$ 。在自由度 $n-2=40$ 和显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 查阅相关系数临界值表, $R_{0.05}=0.304$ , $R$ 值=0.966>0.304= $R_{0.05}$ , 表明变量 $x$ 与 $y$ 之间的线性关系成立。
回归方程 $F$ 检验	$F$ 值=81.902。在显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 自由度 $n_1=6, n_2=n-n_1-1=35$ , 查阅 $F$ 分布表, $F_{6,35}=2.34-2.42$ , $F$ 值=81.902>2.34-2.42= $F_{6,35}$ 。在 $\alpha=0.05$ 的显著性检验水平上, 回归方程通过 $F$ 检验, 表明碳价预测初始模型整体可靠性较高。
回归系数 $t$ 检验	在显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 自由度= $n-7=35$ , 查阅 $t$ 分布表 $t(0.025, 35)=2.0301$ 。软件计算出 $t_0=1.799, t_1=2.693, t_2=-1.486, t_3=-2.136, t_4=0.497, t_5=-0.544, t_6=2.370$ 。 $t_1, t_3$ 和 $t_6$ 的绝对值均大于 $t(0.025, 35)$ , 通过 $t$ 检验, 说明国际市场能源价格指数、制造业采购经理指数和欧元对人民币汇率对碳价影响显著。而 $t_4, t_5$ 的绝对值远小于 $t(0.025, 35)$ , 不能通过检验。结合共线性诊断, $t_2$ 的绝对值与 $t(0.025, 35)$ 比较接近, 未能通过 $t$ 检验, 可能与模型多重共线性有关。

1.5 模型修正

国际市场能源价格指数和美国 WTI 原油期货结算价存在较强的关联性和共线性, 国际市场能源价格指数能更全面地体现能源价格, 为此进一步剔除自变量  $x_2$  美国 WTI 原油期货结算价, 并保留  $x_1, x_3$  和  $x_6$  作为修正模型的自变量。SPSS 软件计算碳

价预测修正模型回归系数、 $R$  值、 $F$  值以及  $t$  值, 获得模型回归方程  $y = 200.404 + 0.514x_1 - 5.459x_3 + 0.082x_6$  (表 5、表 6)。修正模型回归检验各项结果明显优于初始模型。各输入变量容差均大于 0.1, 且方差膨胀因子 VIF 都小于 10 (表 5), 表明碳价预测修正模型不存在多重共线性关系, 模型稳定性更好。

表 5 修正模型系数

模型	非标准化系数		$t$ 值	显著性	共线性统计	
	$B$ 值	标准误差			容差	VIF
常量	200.404	58.336	3.435	0.001	—	—
国际市场能源价格指数	0.514	0.049	10.415	0.000	0.310	3.223
制造业采购经理指数	-5.459	1.202	-4.544	0.000	0.843	1.186
欧元对人民币汇率中间	0.082	0.027	2.986	0.005	0.293	3.411

表 6 修正模型回归检验

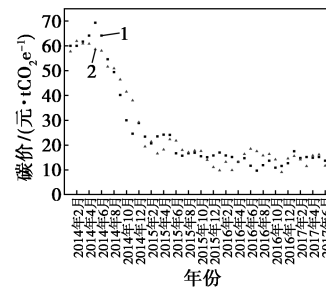
检验项目	结果与分析
相关系数检验	$R$ 值=0.964, $R^2=0.929$ , 调整后 $R^2=0.923$ 。在自由度 $n-2=40$ 和显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 查阅相关系数临界值表, $R_{0.05}=0.304-0.325$ , $R$ 值=0.964>0.304-0.325= $R_{0.05}$ , 表明变量 $x_1, x_3, x_6$ 与 $y$ 之间的线性关系成立。
回归方程 $F$ 检验	$F$ 值=164.53。在显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 自由度 $n_1=3, n_2=n-n_1-1=38$ , 查阅 $F$ 分布表, $F_{3,38}=2.84-2.92$ , $F$ 值=164.53>2.84-2.92= $F_{3,38}$ 。在 $\alpha=0.05$ 的显著性检验水平上, 回归方程通过 $F$ 检验, 且碳价预测修正模型整体可靠性更高。
回归系数 $t$ 检验	在显著水平 $\alpha=0.05$ 下, 自由度= $n-4=38$ , 查阅 $t$ 分布表 $t(0.025, 38)=2.0244$ 。软件计算出 $t_0=3.435, t_1=10.415, t_3=-4.544, t_6=2.986, t(0.025, 38)=2.0244$ 。 $t_1, t_3, t_6$ 的绝对值均大于 $t(0.025, 38)$ , 通过 $t$ 检验, 表明国际市场能源价格指数, 制造业采购经理指数, 欧元对人民币汇率显著影响碳价。

2 修正模型验证分析

2.1 回归碳价分析

基于碳价预测修正模型回归方程  $y = 200.404 + 0.514x_1 - 5.459x_3 + 0.082x_6$ , SPSS 软件计算出 2014 年 1 月—2017 年 6 月修正模型的回归碳价, 并与广东碳配额实际成交价格进行对比分析。

从图 1 看出修正模型回归碳价与广东碳配额实际成交价的总体变化趋势基本一致, 但也有偏差较大的月份。如每年 6—8 月回归碳价与碳配额实际成交价的相对误差都较大。这很可能是广东省要求每年 6 月 20 日前控排企业和单位应当完成配额清



1—碳配额成交价; 2—回归碳价

图 1 回归碳价与碳配额实际成交价趋势分析

缴工作, 因此多数控排企业在 6 月份以前就完成履约, 导致每年 6—8 月份碳市场出现潮汐现象, 碳价

回落明显。这也说明碳交易政策和控排企业的履约行为对碳价产生明显影响。

2015 年 12 月—2016 年 3 月国际油价跌至碳价预测模型数据选取时段内的最低点,模型回归碳价真实反映当时国际市场能源价格的变化,但这段时间广东碳配额实际成交价相对稳定。这可能与控排企业履约期日渐临近,碳配额交易需求较强有关,另一方面也可能碳配额实际成交价未能及时反映国际市场能源价格的变化,存在一定时滞性。

另外 2016 年 10 月—2016 年 12 月回归碳价明显高于碳配额实际成交价。初步分析认为可能是当时市场普遍认为 2017 年全国统一碳市场将启动,但已有的存量碳配额在全国碳市场启动后如何对接处理的政策并不明朗,为此碳市场参与者多选择出售手中的碳配额变现,导致市场供求关系失衡,碳价走低。收集 2016 年 10 月—2016 年 12 月广州碳排放权交易所的碳配额成交量,发现该段时间碳配额成交量是 2015 年同期的 6~8 倍,这也证实上述分析是正确的。总体上,剔除政策因素和控排企业周期性履约行为的影响,回归碳价与碳配额实际成交价整体吻合度较高。

## 2.2 预测精度评价

评价修正模型的碳价预测精度,采用平均误差 ME、平均绝对误差 MAD、平均相对误差 MPE 以及平均绝对百分误差 MAPE 等指标进行分析。依据 2014 年 1 月—2017 年 6 月修正模型回归碳价与广东碳配额成交价进行核算,平均误差  $ME = -0.005$ ; 平均绝对误差  $MAD = 3.64$ ; 平均相对误差  $MPE = 0.029$ ; 平均绝对百分误差  $MAPE = 18.36\%$ 。剔除政策因素的干扰,修正模型回归碳价与碳配额成交价的平均绝对百分误差 9.57%,小于 10%。因此本研究建立的碳价预测修正模型的预测精度较高,对碳市场碳价预测具有借鉴意义和参考价值。

## 2.3 碳价预测

根据世界银行、国家统计局以及国家外汇管理局发布的 2017 年 7 月和 2017 年 8 月最新国际市场能源价格指数、制造业采购经理指数以及欧元对人民币汇率数据,采用研究建立的碳价预测修正模型,预测出相应的碳价,并与 2017 年 7 月和 8 月广东碳配额实际成交价进行对比,结果如表 7。从预测结果看,模型预测碳价略高于碳配额实际成交价,主要可能是 7、8 月份广东碳市场处于潮汐周期,市场碳配额需求少,配额成交价明显回落,而修正模型未能反映碳市场潮汐现象带来的影响。

表 7 修正模型实际预测碳价

时间	$x_1$ 国际市场能源价格指数/%	$x_3$ 制造业采购经理指数/%	$x_6$ 欧元对人民币汇率	预测碳价/(元·t <sup>-1</sup> )	碳配额实际成交价/(元·t <sup>-1</sup> )
2017 年 7 月	62.3	51.4	779	14.2	12
2017 年 8 月	65	51.7	788.6	14.5	12.5
2017 年 9 月					

## 3 结论

应用多元线性回归方法研究碳价预测模型。借助 SPSS Statistics 22 软件工具进行皮尔森相关性分析、多重共线性检验、自变量优化以及模型修正,建立了三元线性回归碳价预测模型,回归方程  $y = 200.404 + 0.514x_1 - 5.459x_3 + 0.082x_6$ , 确认了国际市场能源价格指数、制造业采购经理指数和欧元对人民币汇率是影响模型预测碳价的重要自变量。模型回归碳价与广东碳配额实际成交价整体吻合度较好,研究发现,政策因素和控排企业周期性履约行为对广东碳配额实际成交价影响较大。排除政策因素的干扰,模型回归碳价与碳配额成交价的平均绝对百分误差小于 10%,具有较好的预测精度。

## 参考文献

- [1] 广州绿石科技股份有限公司.中国碳市场分析[Z].2017.
- [2] 蒋凡.中国碳排放权价格调控机制研究——基于我国 6 个碳排放试点的灰色关联分析[J].中国集体经济,2017,(14):44-45.
- [3] 周天芸,许锐翔.中国碳排放权交易价格的形成及其波动特征——基于深圳碳排放权交易所的数据[J].金融发展研究,2016,(1):16-25.
- [4] 周建国,刘宇萍,韩博.我国碳配额价格形成及其影响因素研究——基于 VAR 模型的实证分析[J].价格理论与实践,2016,(5):85-88.
- [5] 齐绍洲,赵鑫,谭秀杰.基于 EEMD 模型的中国碳市场价格形成机制研究[J].武汉大学学报,2015,68(4):56-65.
- [6] 王倩,路京京.中国碳配额价格影响因素的区域性差异[J].浙江学刊,2015,(4):162-168.
- [7] 郭文军.中国区域碳排放权价格影响因素的研究——基于自适应 Lasso 方法[J].中国人口·资源与环境,2015,25(S1):305-310.
- [8] 丁洋.基于 GEN 方法的国内碳价格的影响因素研究——以深圳碳排放权交易所的碳配额价格为例[J].时代金融,2015,(12):291-292.
- [9] Bunn Derek W, Fezzi Carlo. Interaction of European carbon trading and energy prices[Z]. FEEM Working Paper, 63. 2007.
- [10] Alberola Emilie, Chevallier Julien, Chèze Benoît. European carbon prices fundamentals in 2005-2007: The effects of energy markets, temperatures and sectorial production [Z]. EconomiX Working Paper, 2007-33.
- [11] 曾悦.碳期货定价方法及价格预测技术综述[J].新型工业化,2017,7(2):81-88. ■