

交易咨询资格号：
证监许可[2012]112

碳排放权品种
专题报告

2023 年 4 月 26 日

分析师

姓名：孔天赐

宏观与股指期货分析师

期货从业资格：F3076208

投资咨询资格：Z0018014

联系电话：15317929928

E-mail: kongtc@ztqh.com

客服电话：400-618-6767

公司网址：www.ztqh.com

摘要

■ VAR 模型表明，碳价对原油价格以及动力煤价格变化的影响并不显著，但动力煤期货对碳价变化存在单向格兰杰因果关系。进一步的，脉冲响应检验得出我国碳排放价格与传统能源价格之间的关联性主要是动力煤期货对碳价存在短期的负向影响，随后这一现象会逐步收敛。不过，从冲击影响时长角度来看，碳排放价格对传统能源期货的影响时间长于传统能源价格的冲击对碳价的影响时间，说明了两市场间价格信息的传导存在不对称性，价格信息从传统能源市场向碳市场传导更加直接、通畅。此外，方差分解分析内部贡献因素，碳价格受到自身的影响最大且存在一定惯性，这也与实际交易活跃度有限相关，原油和动力煤期货价格的贡献度整体较弱，也体现出一定的滞后性，贡献度上动力煤的影响程度相对高于原油，与实际中碳市场发电行业为主的格局相对应。

中泰期货研究所



中泰期货服务号



■ 风险提示：碳排放市场建设推进力度不及预期、技术创新风险加剧

我国碳排放权价格与传统能源期货价格关联的实证研究

——碳排放权专题报告（十二）

- 碳排放权价格与传统能源价格之间关系的研究，国内外已屡见不鲜，例如 Chevallier 等研究指出欧盟碳价与石油、天然气价格呈现出负相关；荀玺蓉等研究发现传统能源价格与碳价格之间存在非线性关系，且价格信息从传统能源市场传导至碳市场的机制更加顺畅，同时印证出国内碳试点市场与传统能源市场之间的价格关系要比欧盟市场偏弱等。
- 本文基于 VAR（向量自回归）模型，锚定国内较活跃的三大试点碳市场价格与代表性传统能源期货品种价格，测算其内在关联。

一、数据的选择与提取

- 考虑到全国碳排放权交易市场 2021 年 7 月份成立，可用样本数量偏少，所以选取成立时间较早、活跃程度相对较高的湖北、深圳、广东三个试点碳市场价格作为观察项（三市场累计成交量占全部试点市场的 78%），并以每个市场成交量占三个市场总量的比重为权重，最后结合每个市场日均碳结算价计算加权平均价格（VWAP）公式为：

$$VWAP = w_{HB}P_{HB} + w_{SZ}P_{SZ} + w_{GD}P_{GD}$$

- 石油、煤炭为碳排放的主要来源，选取上海国际能源交易中心的原油期货（SC）结算价以及郑商所动力煤期货（ZC）结算价作为传统能源价格衡量指标。
- 考虑到上期所原油期货上市时间为 2018 年 3 月 26 日，以及三大试点市场价格可得性，确定时间区间为 2018 年 4 月 11 日至 2023 年 4 月 18 日，并将缺失数据进行剔除，最终数据总量为 923 个。

二、VAR 模型的构建

- 同一系统下不同变量间可能存在着理论上的相互依赖关系，为了更好的探究内在关联，构建 VAR 模型进行多变量预测。

（一）理论模型构建

- $y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t$
- 其中， p 为模型的滞后阶数， y_t 为 k 维矩阵， ε_t 为 k 维误差项， $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ 分别为 $k \times k$ 维系数矩阵。

（二）单位根检验

- VAR 模型首先需要满足单位根检验，因此进行 ADF 平稳性检验。
- Eviews 结果显示，除 SC 外，VAWP 和 ZC 的 P 值均大于 0.05%，即为不稳定序列。因此，对此三项进行一阶差分并定义 dVAWP、dSC、dZC，再对三者进行 ADF 检验。结果显示，三项 P 值均拒绝原假设（P 值 < 0.05），即一阶差分稳定且均为一阶单整序列。

图表 1: ADF 单位根检验结果

| 变量 | Level 检验 | | | 一阶差分检验 | | |
|------|-----------|---------|-----|-----------|---------|----|
| | ADF 的 t 值 | P 值 | 结论 | ADF 的 t 值 | P 值 | 结论 |
| VAWP | 0.1496 | 0.9692 | 不稳定 | -18.03581 | 0.0000* | 稳定 |
| ZC | -1.6621 | 0.4503 | 不稳定 | -29.2951 | 0.0000* | 稳定 |
| SC | -3.0889 | 0.0278* | 稳定 | -12.7771 | 0.0000* | 稳定 |

来源: Eviews, 中泰期货整理

(三) 协整检验

- 协整检验能够判断模型内部各变量之间是否存在长期均衡关系，但协整的必要条件为同阶单整。通过单位根检验已经得出三个变量为一阶单整序列，所以可以进行协整检验。
- Johansen 检验结果表明，三个变量的特征根迹检验统计量均小于 0.05，因此 dVAWP、dZC、dSC 之间存在协整关系，即存在长期均衡关系。

图表 2: Johansen 协整检验结果

| 原假设 | 特征值 | 迹统计量 | 5%的临界值 | P 值 |
|----------|--------|----------|---------|--------|
| 0 个协整向量 | 0.3996 | 993.5215 | 29.7971 | 0.0001 |
| 至多一个协整向量 | 0.2794 | 529.7922 | 15.4947 | 0.0001 |
| 至多两个协整向量 | 0.2252 | 231.8853 | 3.84147 | 0.0000 |

来源: Eviews, 中泰期货整理

(四) 滞后阶数确定

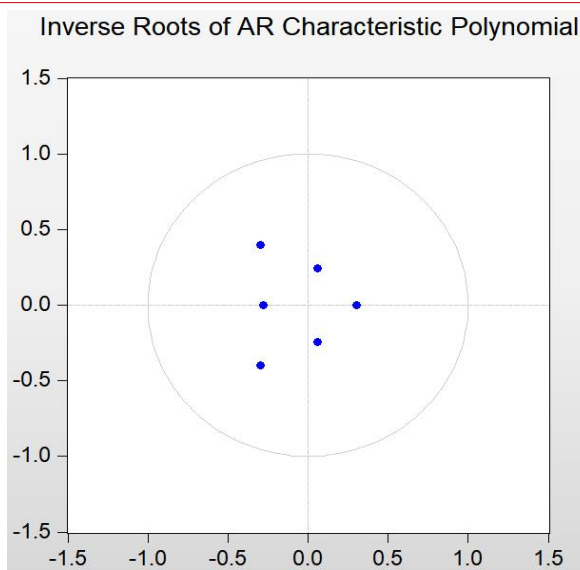
- 构建 VAR 模型需要确定滞后阶数，最佳滞后期是模型平稳运行的关键。
- Eviews 结果显示，当滞后阶数为 2 阶时“*”号最多，因此构建 VAR (2) 模型进行实证研究，并对模型进行稳定性检验。
- AR 根检验结果显示，模型点全部位于单位圆内，参数具有稳定性。

图表 3: 滞后期确定结果

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | -10472.07 | NA | 190124. | 22.9716 | 22.9874 | 22.9777 |
| 1 | -10374.45 | 194.3803 | 156545. | 22.7773 | 22.8406 | 22.8015 |
| 2 | -10332.94 | 82.3841* | 145772.* | 22.7060* | 22.8169* | 22.7483* |

来源: Eviews, 中泰期货整理

图表 4：AR 根检验结果



来源：Eviews，中泰期货整理

（五）VAR（2）模型方程式

- Eviews 结果显示，VAR（2）方程分别为：
- $dVAWP = -0.5228 \cdot dVAWP(-1) - 0.2350 \cdot dVAWP(-2) - 0.0004 \cdot dSC(-1) - 0.0012 \cdot dSC(-2) - 0.0081 \cdot dZC(-1) - 0.0230 \cdot sZC(-2) + 0.1217$
- $dSC = 0.3015 \cdot dVAWP(-1) + 0.2713 \cdot dVAWP(-2) + 0.0220 \cdot dSC(-1) + 0.0872 \cdot dSC(-2) + 0.2318 \cdot dZC(-1) + 0.0436 \cdot dZC(-2) + 0.3370$
- $dZC = -0.1761 \cdot dVAWP(-1) - 0.3504 \cdot dVAWP(-2) + 0.0128 \cdot dSC(-1) - 0.0076 \cdot dSC(-2) + 0.0355 \cdot dZC(-1) - 0.0342 \cdot dZC(-2) + 0.2223$

（六）格兰杰因果关系检验

- 协整检验确定了参数间存在着长期均衡关系，但统计学上的因果关系需要通过格兰杰因果关系检验来印证。
- 基于 VAR(2)模型的格兰杰因果关系检验结果显示，在 dVAWP 方程中，dVAWP 作为被解释变量对解释变量 dSC 和 dZC 进行格兰杰因果检验，其中 dZC 的联合统计量值是 14.7898，对应 P 值小于 0.05，构成对 dVAWP 的格兰杰因果关系，但在 dZC 方程中 dVAWP 的 P 值为 0.1190，不构成对 dZC 的格兰杰因果关系。（其余格兰杰因果关系不做展开。）
- 因此，碳价对原油期货价格以及动力煤期货价格变化的影响并不显著，但动力煤期货对碳价变化存在格兰杰因果关系，即动力煤期货每变动 1%，碳价格 1 阶和 2 阶条件下将会反方向变化约 0.81%、2.3%。这与我国燃煤发电导致碳排放高企的现实相互印证，无论是试点碳市场还是全国统一碳市场，均是从纳入发电企业开始的，同时在不考虑其他条件下，动力煤价格越低，企业燃煤发电越经济对碳排放配额的需求越多，从而推高碳价。

图表 5：格兰杰因果检验结果

| Equation | Excluded | Chi2 | df | Prob. |
|----------|----------|---------|----|----------------|
| dVAWP | dSC | 0.2061 | 2 | 0.9021 |
| | dZC | 14.7898 | 2 | 0.0006* |
| | ALL | 11.5058 | 4 | 0.0214 |
| dSC | dVAWP | 0.8562 | 2 | 0.6517 |
| | dZC | 10.9145 | 2 | 0.0043* |
| | ALL | 11.5058 | 4 | 0.0214 |
| dZC | dVAWP | 4.2572 | 2 | 0.1190 |
| | dSC | 0.9324 | 2 | 0.6274 |
| | ALL | 5.1218 | 4 | 0.2750 |

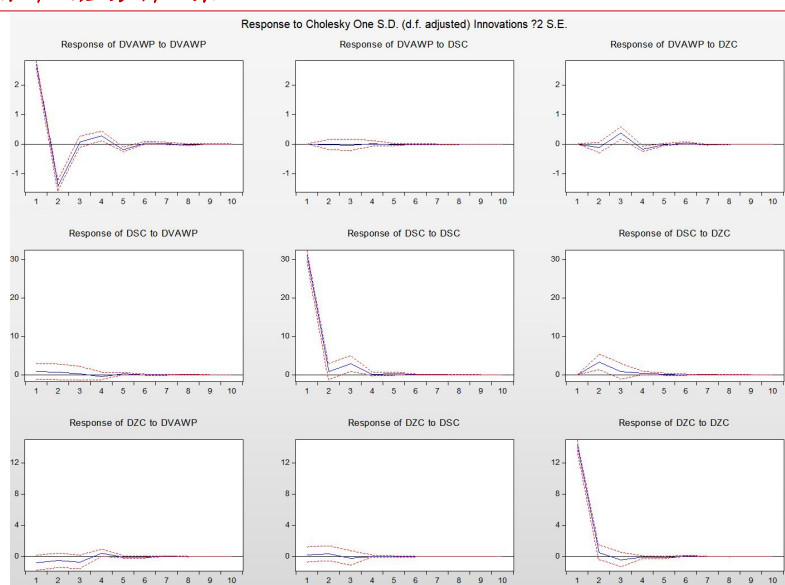
来源：Eviews，中泰期货整理

三、VAR 模型脉冲响应和方差分解等分析

（一）脉冲响应

- 评价 VAR 模型结果的第二个统计手段是对系统施加外生冲击，然后观测冲击对内生变量的影响。
- 统计结果显示，上期所原油价格一个冲击对碳排放价格有一个极其微小的负影响，并且在 7 期左右基本消失，而郑商所动力煤期货一个冲击下初始影响甚微，到第二期时率先出现负影响，在第三期时由负转正并产生最大响应值，随后影响逐步下降重新出现负影响，最后约在 8 期左右收敛消失。说明无论是原油期货价格还是动力煤期货价格对碳排放价格大多会有微幅的负影响且持续时间整体偏短，碳排放价格对传统能源期货价格影响相对有限，但冲击的影响时间长于传统能源价格的冲击对碳排放的影响时间，说明了两市场间价格信息的传导存在不对称性，价格信息从传统能源市场向碳市场传导更加通畅。

图表 6：脉冲响应分析结果



来源：Eviews，中泰期货整理

（二）方差分解

- 方差分解是分析影响内生变量的结构冲击的贡献度。
- 通过各个变量对碳价格的贡献度进行分析，结果显示，在 1-10 期的范围内，碳价格受到自身的影响最大，随后小幅减弱，在前 5 期受到自身的影响均在 98% 以上，第 6 期开始趋于稳定，说明碳排放价格存在一定惯性，这也与实际交易活跃度有限相关。原油和动力煤期货价格的贡献度整体较弱，也体现出一定的滞后性，贡献度上动力煤的影响程度相对高于原油，与实际中碳市场发电行业为主的格局相对应。

图表 7：方差分解结果

| Variance Decomposition of DVAWP: | | | | |
|----------------------------------|--------|----------|---------|--------|
| Period | S.E. | DVAWP | DSC | DZC |
| 1 | 2.6965 | 100.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 2 | 3.0423 | 99.8528 | 0.00195 | 0.1453 |
| 3 | 3.0678 | 98.2717 | 0.01069 | 1.7176 |
| 4 | 3.0849 | 98.0025 | 0.01843 | 1.9790 |
| 5 | 3.0906 | 98.0047 | 0.02112 | 1.9742 |
| 6 | 3.0912 | 97.9844 | 0.02117 | 1.9944 |
| 7 | 3.0913 | 97.9792 | 0.02122 | 1.9996 |
| 8 | 3.0914 | 97.9792 | 0.02125 | 1.9996 |
| 9 | 3.0914 | 97.9790 | 0.02125 | 1.9997 |
| 10 | 3.0914 | 97.9789 | 0.02125 | 1.9998 |

来源：Eviews，中泰期货整理

四、结论

- VAR 模型表明，碳价对原油价格以及动力煤价格变化的影响并不显著，但动力煤期货对碳价变化存在单向格兰杰因果关系。进一步的，脉冲响应检验得出我国碳排放价格与传统能源价格之间的关联性主要是动力煤期货对碳价存在短期的负向影响，随后这一现象会逐步收敛。不过，从冲击影响时长角度来看，碳排放价格对传统能源期货的影响时间长于传统能源价格的冲击对碳价的影响时间，说明了两市场间价格信息的传导存在不对称性，价格信息从传统能源市场向碳市场传导更加直接、通畅。此外，方差分解分析内部贡献因素，碳价格受到自身的影响最大且存在一定惯性，这也与实际交易活跃度有限相关，原油和动力煤期货价格的贡献度整体较弱，也体现出一定的滞后性，贡献度上动力煤的影响程度相对高于原油，与实际中碳市场发电行业为主的格局相对应。

免责声明：

中泰期货股份有限公司（以下简称本公司）具有中国证券监督管理委员会批准的期货交易咨询业务资格（证监许可〔2012〕112）。本报告仅限本公司客户使用。

本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的交易建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。市场有风险，投资需谨慎。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了本公司在最初发布该报告当日分析师的判断，是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可在不发出通知的情况下发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与本公司其他业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。本公司并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。

本报告的知识产权归本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何方式进行复制、传播、改编、销售、出版、广播或用作其他商业目的。如引用、刊发、转载，需征得本公司同意，并注明出处为中泰期货，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。