

棉花基差非线性特征和均值修复机制研究

非线性特征影响基差在无套利空间与套利空间的均值修复速度

■ 姚禹

研究背景

我国期货市场经过三十多年的发展,已经成为现货企业规避价格风险以及投资者进行杠杆交易的重要金融市场之一。期货价格以现货价格为标的,定价公式为 $F_t = S_t e^{r(T-t)}$ 。其中, F_t 表示在 t 时刻所计算出的均衡期货价格,即理论价格; S_t 表示在 t 时刻的现货价格; r 表示以连续复利计算的在 T 时刻到期的无风险利率; q 表示以连续复利计算的股息收益率; T 表示该期货合约的到期日(T, t 均以年表示)。

一般来说,考虑到仓储成本、运输费用等现货持有成本以及投机资金的推动作用,期货实际价格通常与理论价格相异,并围绕现货价格上下波动。霍布鲁克·沃金(Holbrook Working)于1953年在《期货交易与套期保值》一文中,首次将现货价格与期货实际价格的差额定义为基差(Basis)。

理论上,根据期货价格定价公式,当期货合约到期,即当 $T-t=0$ 时, F_t 与 S_t 应当相等,基差为0。然而,事实情况却并非如此。基差这种非线性特征现象的存在,对市场中利用基差回归思维进行套利的参与者而言困难重重。作为连接期货与现货市场的关键相对性价格指标,研究基差的非线性特征成因及其影响因素、探讨基差均值修复机制在当前市场机制中是否依然有效,对套期保值者规避基差风险、套利者发现有效套利空间具有重要意义。

理论分析

传统有效市场理论认为,在健全的市场环境中,价格走势已经充分反映市场中一切有价值的信息。然而,在金融市场各资产标的的价格时间序列中,多数存在“尖峰厚尾”、周期性、非对称性修复等特征,但这些特征无法通过有效市场理论进行解释。

Cornell曾提出持有成本定价模型对基差的非线性特征进行描述。当基差运行轨迹脱离无套利空间时,并非表明一定存在套利机会,只有当套利的利润可以完全覆盖相关交易成本,套利交易活动才能够有效进行,套利交易活动的存在才能够推动基差向均值修复。如果以传统有效市场理论为前提假设,那么该基差修复过程将会是一种匀速运动的状态。不过,在资本市场实际运转的过程中,受多种因素的影响,基差将会在无套利空间与有效套利区间的“自由空间”中来回波动,导致基差向均衡状态回归,从而呈现出非匀速的修正状态。最终,基差的动态调整将呈现出非对称性以及非匀速性等非线性特征。

在行为金融理论中,市场中的反馈机制是造成基差动态调整呈现非线性特征的主要因素之一。当外生因素对资本市场无冲击影响时,资本市场将处于均衡状态,资产价格将围绕价值波动。然而,在现实市场中,外生因素无时无刻不在对资本市场造成冲击,造成资产价格以非线性运动路径来应对外生因素的冲击,并以非匀速状态向均值修正。具体来看,由于市场参与者的投机与套期保值行为具有反馈性,从而导致标的资产价格的波动也具有反馈性,反馈流程如下图所示。

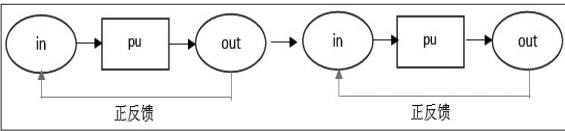


图4 金融资产价格运行反馈模式

图中,in表示资产价格受到外生因素冲击的影响;pu表示市场参与者对于资产价格变化的反应;out表示资本市场接收到市场参与者反应之后的价格变化。

由图可明显看出,当市场受到外生因素的冲击时,其价格变化又会成为下一次资产价格变化的影响因素,并继续影响市场参与者的决策,从而加剧资产价格进一步波动。对于市场中的正反馈交易者,其认为市场中这种趋势性的反馈机制将持续往复,故其在资产价格上涨时,选择购入资产推动价格进一步上涨;在资产价格下跌时,选择卖出资产推动价格进一步下跌。当资本市场不断受到外生因素的冲击时,资产价格逐渐脱离其价值而运动到新的价格位置中。同时,由于目前资本市场信息的不充分性,部分市场参与者所掌握的信息存在偏差,而导致市场参与者之间具有异质性特点,这会造成不同投资者对相同外生因素冲击所做出的反应具有差异性,最终导致资产价格波动存在一定程度的偏差。基差作为对标的资产相对价格的描述,故呈现出非线性的特征。

在市场信息传递效率方面,期货市场与现货市场的表现完全不同。因期货市场资产价格具有及时性、预期性,参与者具有广泛性等先天性优势,故期货市场信息传递效率远高于现货市场信息传递效率。因此,即使受到同一外生因素的刺激,期货市场价格波动幅度与现货市场价格波动幅度也并不相等,此时基差波动幅度将会扩大。当基差运动脱离无套利空间并能覆盖交易成本时,市场套利交易者便会介入基差套利推动基差向均值修复。

若以传统有效市场理论前提下的持有成本模型确定期货理论价格,则只能局限于利用初级的线性模型来研究基差时间序列的动态调整过程,这无法有效解释基差时间序列动态调整所呈现非线性的特征成因。因此,基于传统有效市场理论下的线性模型,对期货基差的非线性特征分析并无研究价值,线性模型只能描述均值修复的特征,而无法分析期货基差均值修复的过程。

在实际交易中,交易成本的差异与市场参与者的异质性,使得期货基差序列的动态调整表现为非线性特性。期货基差偏离均衡值的程度越大,向均衡值调整的速度就越快,所以两者成正相关关系。在实际交易中还存在交易噪音,使得期货基差序列的非线性调整特征愈显著。因此,本文选择非线性模型对期货基差序列的非线性特征进行实证分析,并对基差序列动态调整的过程进行描述。



在ESTAR模型中,转换函数 $H(S_t, \gamma, c)$ 可表示为 $H(S_t, \gamma, c) = 1 - \exp[-\gamma(S_t - c)^2]$, $\gamma > 0$ 。

为便于与LSTAR模型中转换函数图像相比较,假定 $c=0$, S_t 取值范围为 $[-5, 5]$,当 γ 分别取1、2、3时,该转换函数图像如上图所示。

由图可知,当 S_t 趋于 c 时,该转换函数逼近于0;当 S_t 远离 c 时,转换函数将接近于1。在这两种情况下,ESTAR模型将会退化成为拥有不同自回归系数的自回归模型。如同上文ESTAR模型,当 γ 越大,图像所呈现出的效果就越陡峭。同时,可明显观测出,ESTAR模型中转换函数的图像是关于 $S_t=c$ 对称。因此,可以通过该模型对基差价格序列的波动对称性进行分析。当基差价格序列运行轨迹偏离正常空间时,金融市场所面临的基差套利空间是一致的,所以基差套利参与者根据套利情况作出的反应是相同的。

本文以2018年至2022年棉花期货连续合约收盘价为样本,为匹配期货交割标的,现货指数选取指标为3128B中国棉花价格指数,二者差额作为基差。

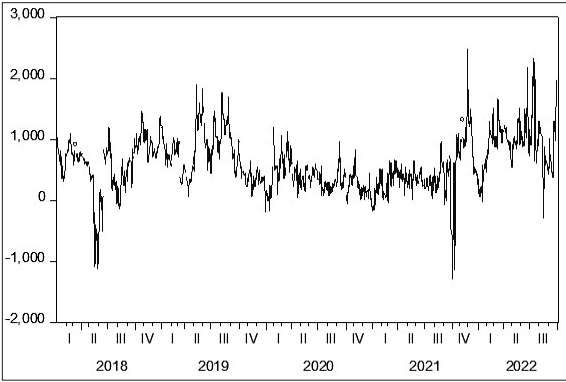


图5 棉花基差趋势

从图中明显看出,近4年来,我国棉花基差呈现出明显的波动性特征,其最低点曾突破-1000点,最高点则一度超越2000点,总体在箱体空间内宽幅波动,具有典型的非线性特点。因此,由上文所介绍的STAR模型可以对棉花基差的非线性形式进行有效描述。本文首先对基差时间序列(Y_t)进行ADF检验,确认数据的平稳性,结果如下表所示。

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.473467	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.435937	
	5% level	-2.863895	
	10% level	-2.568075	

表1 棉花基差ADF检验结果

由ADF检验结果可知,t值为-6.473467,小于1%水平下的-3.435937,且p值为0,即已经拒绝原基差序列存在单位根的假设,故 B_t 是平稳序列。接下来,为确定样本序列中确实存在非线性特点更好地对数据进行拟合,我们需要对 Y_t 序列进行非线性检验。本文首先对 Y_t 序列建立线性AR(p)模型。根据AIC最小准则,由表能够确定最小滞后阶数为1。

滞后阶数	AIC值
1	13.54341
2	13.91236
3	14.13577
4	14.2875
5	14.38747
6	14.4703
7	14.52722
8	14.58444
9	14.631
10	14.67577

表2 棉花基差ADF检验结果

因此,我们可以定义线性AR(1)模型 $Y_t = \omega_0 + \omega_1 Y_{t-1} + \epsilon_t$ 。故对棉花基差 Y_t 序列的STAR模型,可以写作 $Y_t = (\mu_0 + \alpha_1 Y_{t-1}) + (\mu_1 + \beta_1 Y_{t-1})H(Y_t, t-d, \gamma, c) + \epsilon_t$ 。

上式中 d 表示延迟参数。当变量间存在非线性关系时,平滑转换系数才能够被有效识别。因此,可以通过检验模型是否存在转换特征,即转换函数是否为常数,来确定模型非线性的存在性。故本文原假设 $H_0: \gamma = 0$,即模型中不存在非线性效应;备择假设 $H_1: \gamma \neq 0$,即模

型中存在非线性效应。因此,需要对转换函数 $H(S_t, \gamma, c)$ 在原假设下进行一阶泰勒展开,得到辅助回归函数 $Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-1} \times Y_{t-d} + \beta_3 Y_{t-1} \times Y_{t-d}^2 + \beta_4 Y_{t-1} \times Y_{t-d}^3 + \epsilon_t$ 。

本文通过线性检验的方法得到F统计值以及相对应的p值,然后找到其中具有较大且显著的F统计值,并且是拒绝线性原假设的延迟参数 d 值。本文对原假设进行Wald检验来计算F统计值,非线性检验结果如下表所示。

延迟参数d	1	2	3	4	5
F-Statistic	3.68	2.978	3.284	3.125	2.779
Probability	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0009

表3 非线性检验结果

由表可知,当延迟参数 $d=1$ 时,F值最大,且P值为0,可以判断F检验拒绝原假设,证明序列存在非线性特征。对于LSTAR模型与ESTAR模型的选择,由于样本基差数据呈现明显的非对称特征,故本文选取二机制LSTAR模型进行研究分析。因此,结合上文得出的结果,给出LSTAR模型的形式如下:

$$Y_t = (\psi_{1,0} + \psi_{1,1} Y_{t-1})H_1 + (\psi_{2,0} + \psi_{2,1} Y_{t-1})H_2 + \epsilon_t$$

$$H_1 = H(Y_{t-1}, \gamma, c) = [1 + \exp(\gamma(Y_{t-1} - c))]^{-1}$$

$$H_2 = 1 - H_1$$

接下来,通过利用非线性最小二乘法对上述模型进行估计,令 γ 初始值为1, c 初始值等于样本均值,最终得到参数估计结果。

参数	估计值	标准差	t统计量	p值
$\psi_{1,0}$	-0.08912	0.003415	-0.514616	0.0125
$\psi_{1,1}$	0.61389	0.141351	4.131561	0.0000
$\psi_{2,0}$	0.08319	1.341355	0.124166	0.0000
$\psi_{2,1}$	0.25215	0.425243	0.135167	0.0399
γ	6.23419	0.001541	-0.1435146	0.0167
c	0.91341	0.123516	0.1251461	0.0297

表4 参数估计结果

由表可以看出,参数模型检验的结果均是显著的,说明对参数的估计值为合理。转换函数的大小表示基差序列在偏离无套利区间时的转换速度以及过渡稳定性。通过上表的数据可知,郑棉转换参数 $\gamma = 6.23419$,且P统计值为0.0167,说明参数检验结果是显著的。因此,郑棉基差序列波动都存在非线性调整的特征。

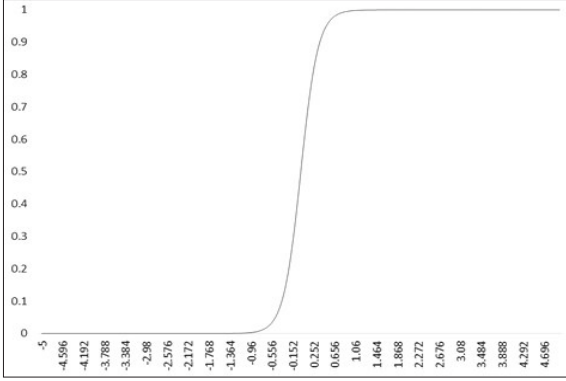


图6 模型估计γ值

通过转换参数 γ 数值的大小,能够进一步评判在期货交易市场中市场参与者需要付出相关交易成本的相似程度,二者具有正相关性。换言之,当 γ 值越高,对样本内的棉花期货市场参与者的交易相关成本相似程度就越高,即当相同的外生变量对期货市场进行冲击时,不同交易者所付出的相关交易成本具有高度的相似性。正是存在这种较小的成本差异性,套利行为才会更活跃。因此,基差在无套利与套利空间之间的转变会更迅速。

不过,在本文所构建的模型中,转换函数的阈值 $c = 0.91341$,与对称时 $c=0$ 不相等,证明基差对期货基差偏离均衡价格的调整是不对称的。基差对其偏离均衡价格调整的非对称现象,说明交易者对基差交易活动的成本仍有一定差异性,造成基差序列的波动出现偏离情况,所以表现出不对称的现象。

假设期货市场上无有效套利空间,基差变动可由STAR模型中线性部分来表示,基差运动是沿着特定方向线性运作。如果在金融市场正常运行过程中受到外生因素变量的冲击作用,基差的变动则受到STAR模型中非线性部分和线性部分共同因素的影响。对于非线性部分而言,则是推动基差打破线性运动方向,即非线性部分是促进基差在无套利空间内外运动的主要因素。参数 $\psi_{1,1}$ 与 $\psi_{2,1}$ 的数值大小决定期货基差在无套利空间内外动态调整的快慢。其中, $\psi_{1,1}$ 的数值大小控制基差均值修复快慢,即在无套利区间内运行的调整速度,则决定基差在无套利区间外的均值返还速度,也就是基差序列在突破原运行趋势的调整速度。

在上文实证检验的结果中, $\psi_{1,1} = 0.61389$, $\psi_{2,1} = 0.25215$,表明棉花基差序列具有明显的均值返还特点。同时, $\psi_{1,1} > \psi_{2,1}$,证明无套利区间内的均值修复速度大于区间外的均值修复速度。

结论建议

本文以棉花基差为例,对其非线性特征及均值修复情况进行实证分析,发现其呈现明显的非线性运动特征。同时,受到市场套利交易的推动作用,基差运动存在均值修复机制,但均值修复分为无套利区间内的均值修复与套利区间内的均值修复两种情况。本文通过实证检验得知,棉花基差在无套利区间内的均值修复速度明显快于套利区间内的均值修复速度。因此,对基差套利交易者而言,其获利的时间被迫得到延长,所付出的资金成本将有所上升。对套期保值者而言,判断基差无套利区间的内外临界值无疑具有重要意义。当基差序列发散时,对卖空套保而言,无疑是进场的最佳时机,反之则利于多头套保。

整体来看,基差波动会对期货套期保值与套利交易的效果产生深远影响。通过对基差非线性与均值修复的深入研究可知,其对发挥期货市场价格发现功能、保障期货市场运行的稳定性等具有重要的指导意义。

(作者单位: 华安期货)