



FUTURE

CTA 专题研究系列之六：商品跨品种套利策略

摘要：

商品的跨品种套利是指基于期货品种的基本面逻辑关系中分析价差强弱，或是运用数理方法寻找价差变化的规律，在买入或卖出一种金融资产的同时卖出或买入另一种相关的金融资产从中利用价差获得套利的过程。

通过相关性分析，发现菜粕-豆粕、菜油-豆油、棕榈油-豆油、螺纹钢-热卷、焦煤-焦炭、铜-锌、聚乙烯-PP、橡胶-20 号胶等品种对具有较高的相关性。对于主力合约移仓换月时的价格跳空问题，我们使用前复权价对主力合约进行平滑化处理。

菜油-豆油、螺纹钢-热卷品种对的策略表现相对较好，对应的年化收益分别为 9.07%、8.31%。菜油-豆油品种的回撤和波动相对较大。后续可以基于价差的动量指标进行识别，在发现相关品种价差出现趋势性行情后进行反向操作，直到相关趋势性行情结束，通过这种方式可以一定程度上减少方向错误导致亏损不断放大的可能性。

期市有风险

入市需谨慎

光大期货研究所

金融工程研究团队

撰写日期：

2023 年 7 月 21 日

CTA 专题研究系列之六：商品跨品种套利策略

一、商品跨品种套利介绍

商品的跨品种套利、跨期套利以及跨市场套利为常见的三种商品期货套利策略，商品的跨品种套利与商品的跨期套利类似，属于根据仓储理论衍生出来的套利策略。根据卡尔多的仓储理论，商品的期货价格是由商品的现货价格、仓储费用和便利收益决定的。总体来说，商品跨品种套利就是指在买入或卖出一种金融资产的同时卖出或买入另一种相关的金融资产从中利用价差获得套利的过程。其中这两个资产具有比较稳定的相关性，两个资产的价差或者价比会维持在一定的水平之内，当市场发现某些变化之后，两个资产的价差或者价比会偏离正常的均衡区间，此时买入相对被低估的资产，卖出相对被高估的资产，在价差或者价比回到正常的区间之后进行平仓，从而获取资产被错误定价的收益。

一般来说，商品的跨品种套利可以分为替代商品套利和产业链套利，其中相关商品套利是指处于同一类别或者可替代的商品，例如农产品中的豆油和菜籽油、棕榈油或者，能化中焦煤和焦炭，钢材中的螺纹钢和热卷等，不同品种能够实现作用相同或者相近，使得品种在消费领域会出现重合，从而品种之间存在替代性，品种与其替代品价格会出现此消彼长的现象。当某种商品的市价太高时，消费者会采用相对便宜的替代品，进而降低其购买量。如果这两种商品的供给情况不发生变化，那么高价的产品将会降价，其替代产品的价格会上涨，从而两种商品的价差又会回到原来的水平。产业链套利以产业链上下游的生产关系为基础的跨品种套利，比如大豆及豆制品产业链中的大豆和豆粕、豆油、黑色系期货产业链中的螺纹钢和铁矿石、原油产业链中的石油和沥青、能源化工产业链甲醇和聚丙烯等，尽管处于同一产业链上的期货品种不一样，但是其市场供给需求状况却存在着同一性。当上游产品涨价时会推动下游产品价格的上升，因此上下游产品的价差应当保持在一个比较均衡的水平。当某个商品基本面发生变化出现快速上涨或

者下跌,而期货所在产业链上其他商品期货的价格并未发生同样快速的上涨或者下跌,导致产业链中商品期货之间的价差改变从而偏离合理水平。这时可以从期货品种的基本面逻辑关系中分析价差强弱,或是运用数理方法寻找价差变化的规律,从而进行跨品种套利操作。

二、商品跨品种套利策略设计

首先,我们可以根据品种在给定历史区间的相关性,选择相关性较高的品种作为套利品种的备选。为了保证套利策略的可靠性,在选择统计套利的品种时,需要品种之间具有稳定的价格关系,因此需要进一步对备选的套利品种的期货价格做稳定性检验,判断品种对的价格序列是否处于一种均衡关系,只有处于长期均衡关系的资产组合才能够符合跨品种套利所需要的条件。具体操作就是用 ADF 检验判断所选取的样本数据是否平稳,再用 E-G 两步法检验数据的协整关系,当两组数据具备长期均衡关系时,构建相应的跨品种套利组合。最后我们设计交易策略,主要是对策略参数的设计,包括组合配比、交易信号的触发等进行设置。

商品期货的跨品种套利是以品种对价差的均值回复为基础,利用两者的价差来构造套利区间。具体来说,通常的做法是获取固定时间内的样本数据,然后对样本数据做 OLS 回归构建回归方程,通过回归所获得残差序列计算得到固定的均值,并根据这个方程的回归估计参数以及商品期货的价格计算出新的价差,通过比较新价差和固定均值的偏离程度获取套利机会。但是这个方法实际上不是很客观,因为在长期均衡关系中,商品期货基本面信息的改变可能会导致两个商品期货的均衡关系发生改变,这并不仅仅是指两者的均衡关系不成立,还有可能是两者之间的价差以及回归方程的参数发生改变,从而导致前后均值差异较大。如果交易策略还是按照初始回归方程的系数设计相关的策略参数以及计算新的价差,在这种情况下可能会有错误的套利信号产生,致使策略出现错误套利。

为了提高策略的可靠性,本报告将采用变动的均值和系数来设定策略参数,也就是在移动时间窗口内构建回归方程以更新参数。具体操作是策略在进行交易

判断之前先获取前一段时间 t (t 在回测中取 60 个交易日) 的期货价格为样本数据, 再对获取的数据做 OLS 回归估计构建回归方程, 根据该方程实时计算价差序列和新价差。在这个过程中, 样本数据会根据交易的时间一直进行更新, 从而使得策略参数能够得到及时地调整。具体而言就是, 假设两个商品期货 X 、 Y 的对数价格序列分别为 LGX 和 LGY , 当其为同阶单整的序列时, 对 LGX 和 LGY 进行滚动 OLS 回归估计后, 可计算出残差序列如下:

$$resid = LGY - \alpha - \beta \times LGX$$

残差序列 $resid$ 即商品期货 X 和期货 Y 的价差序列。当 $resid$ 偏离均值时, 可以进行交易。根据均值回复理论, 如果 $resid$ 向上偏离均衡值, 应当做空价差, 也就是做空被高估的商品期货品种 Y , 同时做多被低估的商品期货品种 X , 反之, 如果 $resid$ 向下偏离均衡值, 可以做多价差。对于均衡值, 报告参考 Vidyamurthy 的思想以固定参数设计阈值, 设定最大收益的交易边界阈值为正负 2 倍标准差。另外当 $resid$ 回复至均值范围时, 就做平仓操作。但并不是所有的套利组合的价差在偏离均值后都能够按照期望回复至均值附近, 也有可能一直偏离, 甚至到组合间不存在协整关系。面对以上情况, 就还需要设置相应的止损条件以控制风险, 止损边界的阈值设置为正负 3 倍标准差。

最后, 根据仓位情况以及新价差 $resid'$ 的大小做开仓判断, 具体操作如下:

当处于空仓的状况时: 如果价差 $resid'$ 的上穿开仓点, 即 $resid'$ 的大于 $2 \times std(resid)$ 且小于 $3 \times std(resid)$ 时, 认为在此刻期货 Y 被高估期货 X 被低估, 所以应当做多期货合约 X 做空期货合约 Y 。如果价差 $resid'$ 的下穿开仓点, 即 $resid'$ 小于 $-2 \times std(resid)$ 且大于 $-3 \times std(resid)$ 时, 认为期货 X 被高估期货 Y 被低估, 所以应当做多期货合约 Y 做空期货合约 X 。

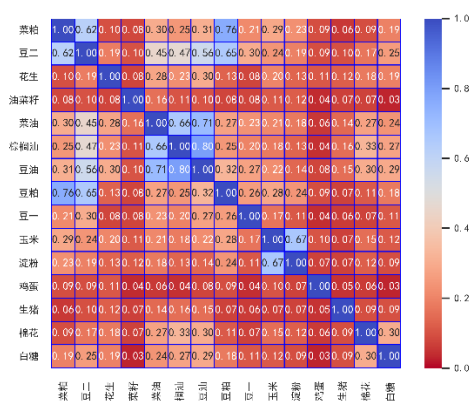
当处于非空仓的状况时: 如果价差 $resid'$ 的绝对值处于 $(0, 2 \times std(resid))$ 的区间内, 本文认为此时价差 $resid'$ 处于均衡状态, 不存在套利机会, 所以需要対目前所持仓做反向平仓的操作。如果价差 $resid'$ 的绝对值大于 $3 \times std(resid)$, 可以认为此时组合的协整关系可能不成立, 均值回复的特征大概率不会出现, 所

以需要对当前的仓位做止损平仓操作。

三、商品跨品种套利策略回测

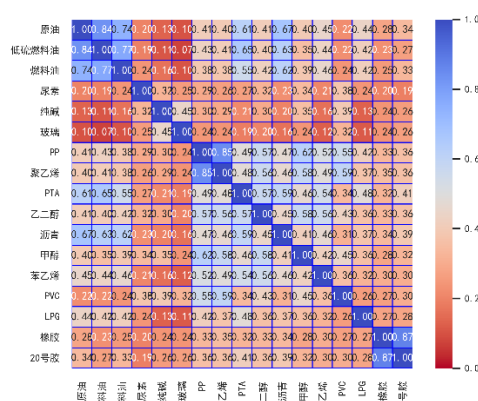
首先，我们进行品种对筛选，我们将四大期货交易所上市的相关品种按照黑色、有色、能化、农产品进行划分，并根据这些品种 2018 年至 2022 年 5 年的交易数据进行相关性分析，并绘制热力图，具体如下所示：

图表 1：农产品品种相关性分析



资料来源：Wind、光大期货研究所

图表 2：能化品种相关性分析

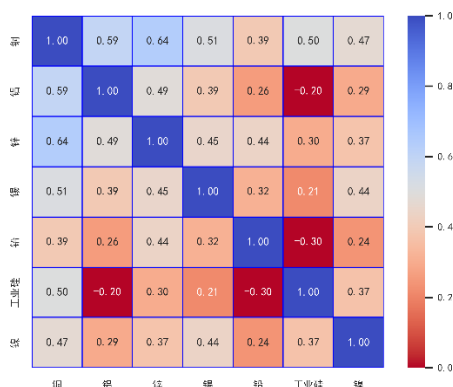


资料来源：Wind、光大期货研究所

从农产品品种相关性分析图中可以看到菜粕-豆粕、菜油-豆油、棕榈油-豆油具有较高的相关性，并且在基本上这几个品种对具有明显的替代性，因此不论是从统计学还是逻辑推理角度，这三个品种对都属于比较好的跨品种套利对。从能化品种相关性分析图中可以看到聚乙烯-PP、橡胶-20号胶具有较高的相关性，同样这两个品种对也具有一定的替代性。

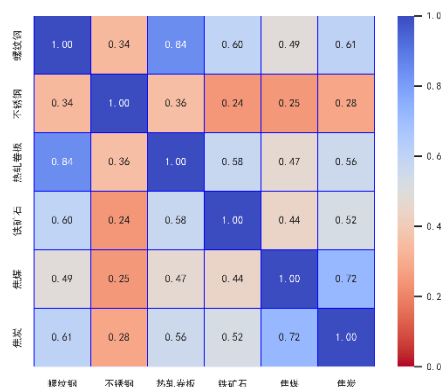
下图绘制了有色品种和黑色品种的相关性分析图，从有色品种相关性分析图中可以看到铜-锌具有较高的相关性，从黑色品种相关性分析图中可以看到螺纹钢-热卷、焦煤-焦炭具有较高的相关性，同样这几个品种对也具有一定的替代性。

图表 3：有色品种相关性分析



资料来源：Wind、光大期货研究所

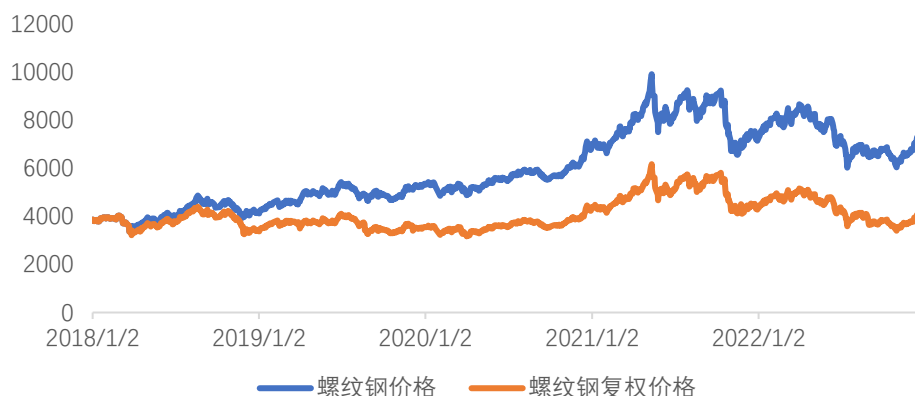
图表 4：黑色品种相关性分析



资料来源：Wind、光大期货研究所

对于主力合约的价格，考虑到主力合约存在移仓换月的情形，在主力合约移仓换月时往往会出现价格跳空的情况，对此我们使用换月当天新主力合约收盘价相较于前收盘价的涨跌幅作为主力合约的涨跌幅，从而对主力合约的价格进行平滑化处理，我们以螺纹钢价格为例，图 5 分别展示了原始的主力合约价格以及经过调整后的主力合约价格。从图中我们看到经过复权调整后的螺纹钢主力合约价格的变化幅度更小、更加平滑。

图表 5：螺纹钢主力合约价格



资料来源：Wind、光大期货研究所

图表 6：ADF 检验

品种名称	初始 ADF t 统计量	差分 ADF t 统计量	t 统计量参照
菜粕	-0.07697	-6.69164	'1%' : -3.4383, '5%' : -2.8651, '10%' : -2.5687
豆粕	0.621236	-6.85229	
菜油	-0.38565	-32.9712	
豆油	-0.30238	-20.7198	
棕榈油	-0.59499	-7.27344	
螺纹钢	-1.37259	-10.7798	
热轧卷板	-1.2893	-6.82463	
焦煤	-0.9756	-7.51258	
焦炭	-1.02436	-8.71787	
铜	-0.83354	-23.4486	
锌	-1.29216	-36.1807	
聚乙烯	-2.45857	-35.576	
PP	-2.42661	-35.6671	
橡胶	-3.44421	-36.0605	
20 号胶	-2.3976	-18.2048	

资料来源：Wind、光大期货研究所

图表 6 统计了我们选取的 16 个品种的 ADF 检验的结果，表中最右边表示在指定水平下的临界值，以 1% 为例，当 t 统计量的值小于 -3.4383 时有 99% 的把握拒绝原假设，换句话说就是有 99% 的把握说时间序列是平稳的。从图表中我们可以看到在 10% 分位数的情况下只有橡胶通过了平稳性检验，对 15 个品种的复权价格进行一阶差分后都在 1% 分位数的情况下通过了平稳性检验。

之后，我们检验选定的 7 个品种对的协整关系，具体的结果如下表所示：

图表 7：协整检验

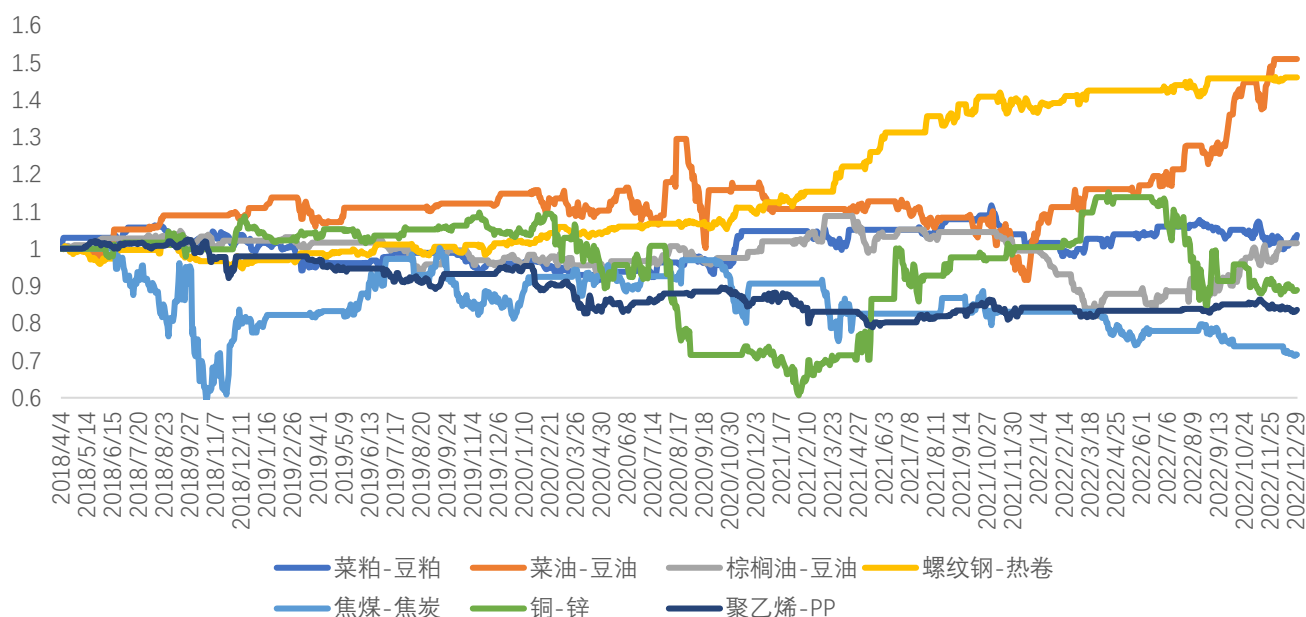
品种对	菜粕-豆粕	菜油-豆油	棕榈油-豆油	螺纹钢-热卷	焦煤-焦炭	铜-锌	聚乙烯-PP
t 统计量	-1.8085	-2.2904	-2.1638	-3.9175	-4.1859	-2.9298	-2.2599
p 值	0.6256	0.3783	0.4431	0.0094	0.0038	0.1278	0.3937
参照	'1%': -3.9055, '5%': -3.3412, '10%': -3.0479						

资料来源：Wind、光大期货研究所

从协整检验的结果来看，在整个时间周期内仅螺纹钢-热卷、焦煤-焦炭以及铜锌通过了协整检验，在统计学上具有协整关系。

根据调整后的相关品种的主力合约价格，按照前文设置的买入和卖出规则、则，我们对可能有效的七个品种对进行回测，不同品种对的净值曲线如下所示：

图表 8：策略净值曲线



资料来源：Wind、光大期货研究所

从图中不难看出，螺纹钢-热卷品种对的策略净值比较稳健，表现相对较好。

菜油-菜粕品种对的套利交易整体表现也较好，期间由于方向错误出现了一定的回撤。

图表 9：策略表现

品种对	菜粕-豆粕	菜油-豆油	棕榈油-豆油	螺纹钢-热卷	焦煤-焦炭	铜-锌	聚乙烯-PP
累计收益	3.19%	50.95%	1.52%	46.02%	-28.39%	-11.10%	-16.37%
年化收益	0.66%	9.07%	0.32%	8.31%	-6.80%	-2.45%	-3.70%
最大回撤	13.93%	29.27%	24.80%	6.76%	40.85%	44.72%	23.03%
年化波动率	8.48%	14.82%	10.30%	6.82%	26.31%	23.70%	8.80%
年化夏普率	0.08	0.61	0.03	1.22	-0.26	-0.1	-0.42
胜率	51.01%	52.05%	49.07%	55.70%	51.05%	49.22%	50.34%
盈利平均收益	0.54%	1.07%	0.70%	0.50%	1.58%	1.38%	0.52%
亏损平均收益	-0.55%	-0.96%	-0.66%	-0.46%	-1.71%	-1.33%	-0.58%

资料来源：Wind、光大期货研究所

上表统计了七个品种对的回测表现，从表中可以发现菜油-豆油、螺纹钢-热卷品种对的策略表现相对较好，对应的年化收益分别为 9.07%、8.31%。菜油-豆油品种的回撤和波动相对较大。后续可以基于价差的动量指标进行识别，在发现相关品种价差出现趋势性行情后进行反向操作，直到相关趋势性行情结束，通过这种方式可以一定程度上减少方向错误导致亏损不断放大的可能性。

免责声明

本报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性、可靠性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，并不构成任何具体产品、业务的推介以及相关品种的操作依据和建议，投资者据此作出的任何投资决策自负盈亏，与本公司和作者无关。