

## OU 过程下的期货跨期套利

### 内容摘要:

#### ■ 利用 OU 过程拟合跨期价差的均值回复特性

在流动性充足的情况下，期货品种不同合约的价格具有较强的协整关系，即按一定比率构建的跨期价差序列是稳态的，且通常具有均值回复的性质，据此可利用带有自回归和均值回复特性的 OU 过程来拟合跨期价差进行套利。

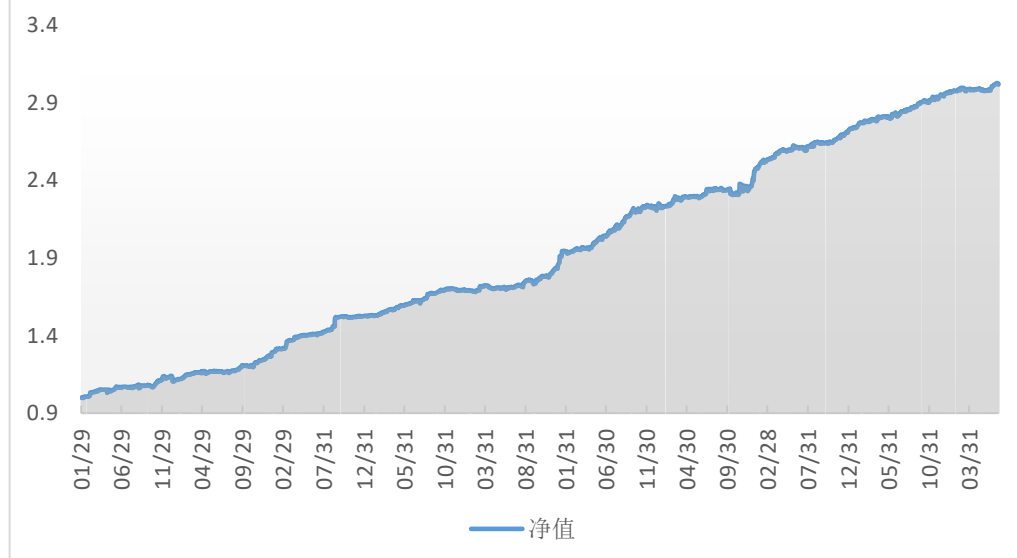
#### ■ 股指和有色金属的跨期价差在该方案下套利效果较好

从测试数据来看，获得较好套利效果的跨期价差组合多数为股指期货和有色金属的品种，单个品种的跨期套利胜率最高的是 IH 次月-IH 当季，胜率达到 64.67%；收益风险比最高的是 AL 近月-AL 连一，达到 2.13；收益回撤比最高的是 ZN 近月-ZN 连一，达到 3.67。

#### ■ 多个跨期价差的套利组合策略表现优异

考虑通过构建多个跨期价差套利组合的方式来提高资金的利用率，根据每日的交易信号构建等权重组合，将资金全部投入到产生信号的价差中；组合策略日胜率为 58.48%，年化收益率为 11.62%，年化波动率为 4.26%，最大回撤为 3.26%。

组合策略回测净值（2010-2019）



**风险提示：**本报告策略模拟使用历史收盘价数据，仅代表历史情况，且实际交易价格和成本可能有偏差。

投资咨询业务资格：

证监许可【2012】669号

量化组

刘宾

0755-83212741

liubin@citicsf.com

从业资格号 F0231268

投资咨询号 Z0000038

陈舜尧

0755-83217712

chenshuniao@citicsf.com

从业资格号 F3029712

投资咨询号 Z0014219

邹天舒

021-60812993

zoutianshu@citicsf.com

从业资格号 F3027249

投资咨询号: Z0014379

肖璋瑜

0755-82723054

xiaozhangyu@citicsf.com

从业资格号 F3034888

投资咨询号 Z0014561

## 目 录

内容摘要 .....	1
一、 基本原理 .....	3
二、 策略构建 .....	3
2.1 确定合约的资金比率.....	3
2.2 确定 OU 过程的参数 .....	4
2.3 确定交易信号 .....	4
三、 回溯测试 .....	5
3.1 效果较好跨期组合 .....	5
3.2 套利组合构建.....	6
四、 策略风险和改进方向 .....	6
免责声明 .....	8

## 图表目录

表 1 效果较好的跨期组合.....	5
图 1 跨期价差套利组合策略回测净值（2010-2019） .....	6

## 一、基本原理

期货跨期套利是按一定比例同时买入和卖出同一期货品种下的近期和远期合约，以赚取合约之间价差收益的交易方式。在流动性充足的情况下，期货品种不同合约的价格具有较强的协整关系，即按一定比率构建的跨期价差序列是稳态的，且通常具有均值回复的性质，据此可利用带有自回归和均值回复特性的 OU 过程来拟合跨期价差进行套利。

### ■ Ornstein-Uhlenbeck 过程

OU 过程是描述均值回复特性的一种随机模型，其动态可表示为：

$$dx_t = \theta(\mu - x_t)dt + \sigma dW_t$$

其中参数 $\mu$ 表示模型下的均值， $\theta > 0$ 表示均值回复的速率， $\sigma$ 表示瞬时波动率， $W_t$ 表示维纳过程。当 $x_t < \mu$ ，模型的趋势项 $\theta(\mu - x_t)$ 为正值，促使 $x_t$ 增加以向均值 $\mu$ 靠近；反之， $x_t > \mu$ 时，模型的趋势项 $\theta(\mu - x_t)$ 为负值，促使 $x_t$ 减少以向均值 $\mu$ 靠近。

该模型下， $t$ 时刻的模型均值 $E(x_t) = x_0 e^{-\theta t} + \mu(1 - e^{-\theta t})$ ，方差 $Var(x_t) = \frac{\sigma^2}{2\theta}(1 - e^{-2\theta t})$ ；当 $t \rightarrow \infty$ 时，模型达到均衡状态，均衡均值 $\mu_{eq} = \mu$ ，均衡方差 $\sigma_{eq}^2 = \frac{\sigma^2}{2\theta}$ 。

## 二、策略构建

跨期套利组合的构建首先需要确定交易的合约，由于跨期套利需要同时持有不同合约的多头和空头，要求两个合约都具有较好的流动性，以确保可以同时建仓。确定合约后，利用 OU 过程的跨期套利策略构建可以分为 3 个步骤：（1）确定合约的资金比率；（2）估计 OU 过程的参数；（3）评估价差偏离均值的程度，确定交易信号。

### 2.1 确定合约的资金比率

确定合约的资金比率即确定跨期套利投资组合中近期和远期合约的资金权重，该权重会影响到两个合约之间的价差计算。通常情况下，资金比率 1:1 的跨期套利组合即可取得较好的效果，因为同一品种下的不同合约受到相同的风险因子影响，1:1 的比率即可对冲掉大部分的风险因子暴露，使得跨期价差在一个相对稳定的范围内波动。但是，当跨期合约的期限差距较大时，1:1 的比率可能无法很

好地对冲掉风险因子的暴露，这时候则需要对两个合约的资金比率进行估计，以更好地对冲共同风险因子的敞口。

资金比率估计常用的方法是最小二乘法，令  $r_{\text{近期}}$  和  $r_{\text{远期}}$  分别同一品种的近期合约和远期合约的历史收益率序列，可构建：

$$r_{\text{近期}} = \alpha + \beta r_{\text{远期}} + \xi$$

则在跨期套利投资组合中，近期合约和远期合约的资金权重分别为  $\frac{1}{1+\beta}$  和  $\frac{\beta}{1+\beta}$ 。同时，价差  $x_t$  可表示为：

$$x_t = \sum_j^t \xi_j$$

## 2.2 确定 OU 过程的参数

将 OU 过程写成离散的形式可以得到：

$$x_{t+1} = \theta\mu + (1 - \theta)x_t + \varepsilon_{t+1}, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

可以发现离散形式下的 OU 过程是一个 AR(1) 的模型，令价差  $x_t$  拟合 AR(1) 模型得到：

$$x_{t+1} = a + bx_t + \varepsilon_{t+1}, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

则有：

$$\theta = 1 - b$$

$$\mu_{eq} = \mu = a/(1 - b)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{\text{Var}(\varepsilon)}{2\theta}}$$

由于 OU 过程模型中限定均值回复速率  $\theta > 0$ ，当  $b \geq 1$  时说明所使用的历史数据不具有均值回复的特性，这种情况下可考虑利用 AR(1) 模型拟合价差序列。

## 2.3 确定交易信号

利用 z-score 来确定交易信号，令：

$$z_t = \frac{x_t - \mu_{eq}}{\sigma_{eq}}$$

当 $z_t > 1$ 时，认为当前价差偏高，可做空价差组合；当 $z_t < -1$ 时，认为当前价差偏低，可做多价差组合；当 $z_t$ 处于-1至1之间时，则认为价差在正常波动范围内，不进行交易。

### 三、 回溯测试

依据第二节中介绍的策略构建方式，我们对多个流动性相对较好的品种进行了测试，所取样本为2010年1月4日至2019年7月19日期间的日度收盘价数据，更换合约日的收益率按旧合约的收益率计算，交易和滑点成本按资金的1%%计算双边费用，不考虑杠杆。

实际情况中，跨期价差的均值并不是一个长期的稳定状态，因此我们分别利用20天、60天、120天和240天的样本进行循环建模，构建交易信号。

#### 3.1 效果较好跨期组合

测试获得效果较好的跨期组合如下表1所示：

表1 效果较好的跨期组合

价差	建模样本长度	胜率	年化收益率	年化波动率	最大回撤	收益风险比	收益回撤比
IF 当季-IF 下季	20	58.34%	2.68%	1.95%	3.89%	1.38	0.69
IC 当月-IC 次月	120	57.69%	2.17%	1.38%	1.20%	1.58	1.82
IC 当季-IC 下季	60	58.38%	5.26%	3.59%	3.36%	1.47	1.56
IH 次月-IH 当季	20	64.67%	3.89%	2.41%	1.98%	1.61	1.97
CU 近月-CU 连一	20	59.52%	7.76%	3.67%	3.09%	2.11	2.51
AL 近月-AL 连一	20	61.48%	6.07%	2.84%	2.67%	2.13	2.28
ZN 近月-ZN 连一	60	57.14%	7.08%	4.00%	1.93%	1.77	3.67
PB 连一-PB 连二	20	55.31%	2.75%	2.77%	3.55%	0.99	0.78
SC 连一-SC 连二	60	52.04%	7.53%	6.65%	5.19%	1.13	1.45
AG 主力-AG 次主力	60	56.03%	6.87%	6.61%	8.91%	1.04	0.77
HC 主力-HC 次主力	20	55.15%	4.47%	4.80%	8.98%	0.93	0.50
I 主力-I 次主力	20	58.34%	2.68%	1.95%	3.89%	1.38	0.69
V 主力-V 次主力	120	57.69%	2.17%	1.38%	1.20%	1.58	1.82

数据来源：中信期货研究部

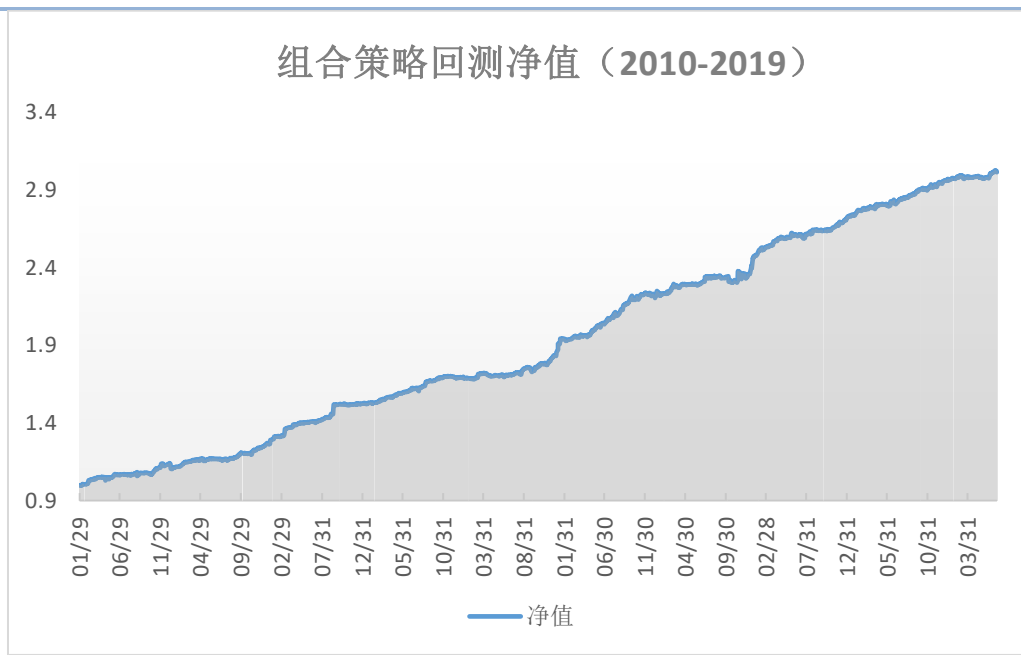
以上数据来看，获得较好套利效果的跨期价差组合多数为股指期货和有色金属的品种，单个品种的跨期套利胜率最高的是IH次月-IH当季，胜率达到64.67%；收益风险比最高的是AL近月-AL连一，达到2.13；收益回撤比最高的是ZN近月-ZN连一，达到3.67。

实际上，在我们的策略框架下，单个跨期价差产生套利信号的比率大多在 30% 到 40% 之间，即 100 个交易日大约仅有 30 到 40 个交易日持有价差组合，资金利用率不高。

### 3.2 套利组合构建

考虑通过构建多个价差套利组合的方式来提高资金的利用率。利用表 1 中价差，根据每日的交易信号构建等权重组合，将资金全部投入到产生信号的价差中，这样操作下来后回测期间产生信号的比率提高到了 95% 左右，组合策略日胜率为 58.48%，年化收益率为 11.62%，年化波动率为 4.26%，最大回撤为 3.26%，获得净值曲线如下图 1 所示。

图1 跨期价差套利组合策略回测净值（2010-2019）



数据来源：中信期货研究部

## 四、策略风险和改进方向

以上跨期套利策略利用 OU 过程拟合期货合约的跨期价差，并根据价差偏离 OU 模型均值的程度构建反转的交易信号。整个过程中，假设条件是跨期价差是符合 OU 过程的，即稳态和均值回复的。实际情况可能不符合该假设，或者不是持续稳定地符合该假设，这是以上策略产生回撤和对部分品种失效的主要原因。

因为合约之间的资金比率影响价差的计算，该比率是影响假设条件（稳态和均值回复）成立与否的一个直接因素。理论上来说，两个具有协整关系的资产价格序列的趋势项通常受多个相同的风险因子影响，但对风险的暴露程度不同。资金比率则是协调两者风险暴露程度的对冲比率，以尽可能对冲共同的风险因子暴

露，形成市场中性的组合，则价差序列具有较好的统计特性。得益于跨期套利交易的是同一品种的期限价差，利用 $\beta = 1$ 或最小二乘法得到的 $\beta$ 进行对冲即可获得较好的套利效果，但该比率的确定方式仍有进一步改进的空间，可考虑卡尔曼滤波和因子分析等方式。

此外，由于市场和基本面的不断变化，价差序列会存在异方差性，可考虑结合 GARCH 模型对 OU 过程进行优化。最后，以上策略中构建交易信号的 z-score 阈值为 1，对该参数进行优化后可能获得更好的效益。





## 免责声明

除非另有说明，本报告的著作权属中信期货有限公司。未经中信期货有限公司书面授权，任何人不得更改或以任何方式发送、复制或传播此报告的全部或部分材料、内容。除非另有说明，此报告中使用的所有商标、服务标记及标记均为中信期货有限公司的商标、服务标记及标记。中信期货有限公司不会故意或有针对性的将此报告提供给对研究报告传播有任何限制或有可能导致中信期货有限公司违法的任何国家、地区或其它法律管辖区域。

此报告所载的全部内容仅作参考之用。此报告的内容不构成对任何人的投资建议，且中信期货有限公司不因接收人收到此报告而视其为客户。

中信期货有限公司认为此报告所载资料的来源和观点的出处客观可靠，但中信期货有限公司不担保其准确性或完整性。中信期货有限公司不对因使用此报告及所载材料而造成的损失承担任何责任。此报告不应取代个人的独立判断。中信期货有限公司可提供与本报告所载资料不一致或有不同结论的报告。本报告和上述报告仅反映编写人的不同设想、见解及分析方法。本报告所载的观点并不代表中信期货有限公司或任何其附属或联营公司的立场。

此报告中所指的投资及服务可能不适合阁下，我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。此报告不构成投资、法律、会计或税务建议，且不担保任何投资及策略适合阁下。此报告并不构成给予阁下的私人咨询建议。

中信期货有限公司2019版权所有并保留一切权利。

## 深圳总部

地址：深圳市福田区中心三路8号卓越时代广场（二期）北座13层1301-1305、14层

邮编：518048

电话：400-990-8826

传真：(0755)83241191

网址：<http://www.citicsf.com>