



商品期货配对交易系列（三）跨期配对交易策略实证与分析

华泰期货研究所 量化组

罗 剑

量化组组长

✉ luojian@htfc.com

从业资格号：F3029622

投资咨询号：Z0012563

报告摘要：

本报告为商品期货配对交易系列的第三篇，运用市场常用跨期配对策略对国内期货品种的跨期配对交易实证，包括分析选择国内期货品种进行跨期配对交易适应性，并运用多重均衡水平与多周期构建跨期配对交易策略框架。

测试结果发现，跨期配对策略收益取决于跨期价差的波动特性和均值收敛方式，采用多重均衡水平与多周期能够提高跨期价差均衡水平及波动性的预估，最终进行多品种跨期配对组合能够有效获得稳定利润，改善传统跨期协整统计套利的绩效。

商品期货配对交易系列（一）（二）介绍配对交易的理论基础和配对交易策略设计框架后，本报告将对国内期货的配对交易进行实证，设计国内品种套利策略，寻找市场的配对交易机会。

按照《商品期货配对交易系列（二）配对交易策略设计》中期货配对交易策略的分类，可以分为基于统计套利的配对交易策略和基于基本面的配对交易策略，本报告首先利用基于统计套利的配对交易策略中的**跨期配对交易**进行实证。

跨期配对交易是期货市场最常用的配对交易策略之一，主要利用期货品种的不同到期月份合约价差的变化，在价差偏离历史统计数据的均衡水平时，买入偏离均衡价格水平被低估的期货合约，卖出偏离均衡价格水平被高估的期货合约，持有组合等待价差回归均衡水平后获利。

商品期货的标的物现货长时间持有需要支付仓储费、损耗费、保险费等持仓成本，所以套利定价模型下不同到期日的商品期货价格应该满足 T_1 至 T_2 时间内 ($T_2 > T_1$)，无风险利率 r_f 与持仓成本 m 的连续复利调整，所以商品期货的理论定价公式如下：

$$F_{T_1, T_2} = S_{T_1} e^{[r_f + m](T_2 - T_1)} \quad (1.1)$$

为了方便计算，本报告的定义不同到期日的期货合约跨期价差计算公式如下：

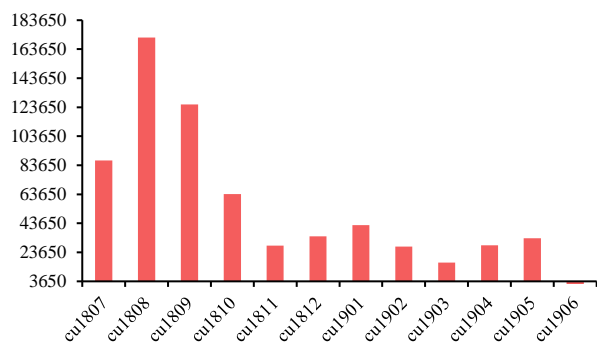
$$\text{跨期价差} = \ln F_{T_2} - \ln F_{T_1} \quad (1.2)$$

一、跨期配对交易合约选择

跨期配对交易一般选取同一品种不同到期日的合约，由于不同到期日的合约对应现货标的一致，影响跨期价差的因素包括无风险利率、仓储成本和远近合约的便利收益差反映的库存和供求关系。

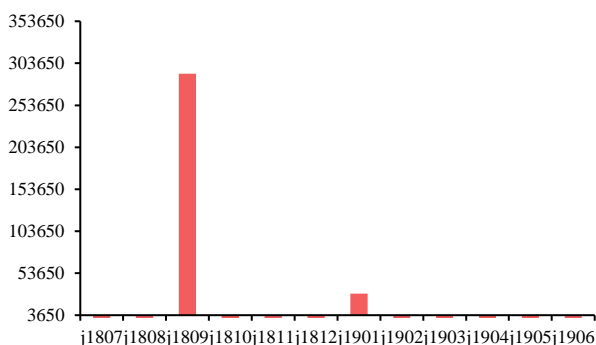
首先考虑实际交易的可行性，选择期货品种跨期配对交易需要选择成交量最活跃的两个合约配对，所以必须确定期货品种跨期合约主力合约与次主力合约的切换规律。从图 1、图 2 发现不同品种的考虑持仓量的可交易合约分布并不相同，基本金属板块以铜期货合约为代表，主力合约与次主力合约每个月都将切换，而黑色系的焦炭、焦煤通常主力合约依次分布于 1 月、5 月和 9 月合约，大概每 4 个月切换一次主力和次主力合约。

图 1: 2018 年 6 月 29 日铜期货合约持仓量分 单位: 手



数据来源: 华泰期货研究所

图 2: 2018 年 6 月 29 日焦炭期货合约持仓量 单位: 手



数据来源: 华泰期货研究院

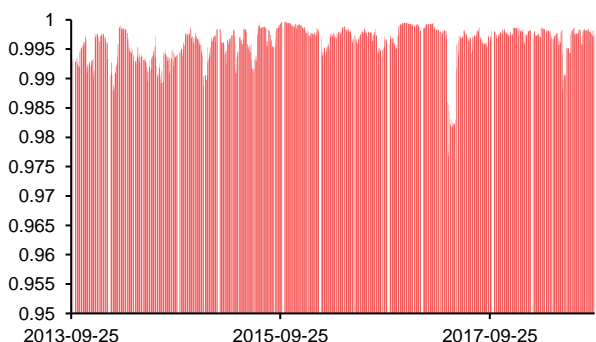
再者, 考虑主力合约与次主力合约的相关性情况, 本报告研究的为同品种的主力合约与次主力合约, 所以合约标的一致, 只有当短期供需出现异常或资金推动等突发事件影响, 价差才会产生短暂偏离。

图 3: 铜期货合约连二连三合约价格走势 单位: 元/吨



数据来源: 华泰期货研究所

图 4: 铜期货合约连二连三合约 20 日滚动相关性

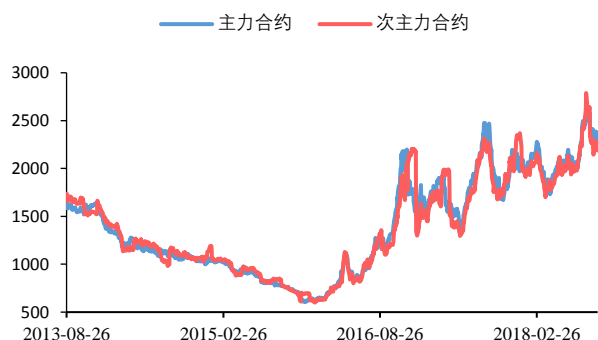


数据来源: 华泰期货研究院

铜期货在国内市场上市时间较长, 主力合约与次主力合约一般相隔 1 个月, 且交割制度相对完善, 所以无论从走势还是相关性都非常接近, 回溯过去 5 年价格走势, 图 3 的铜期货合约连二连三合约的走势基本重合, 而整体收益率相关性也达到 0.99 以上, 滚动 20 日收益率相关性也达到 0.98 以上。

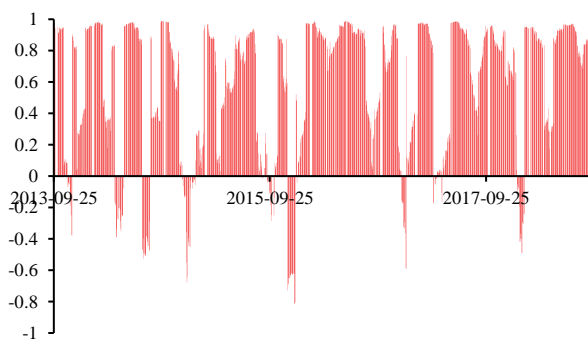
其它跨期配对交易品种的价差其实并非全部与铜期货一致, 具有非常高的相关性关系, 可以发现像焦炭期货的主力合约与次主力合约分别为 1 月交割、5 月交割和 9 月交割, 分别相差 4 个月, 所以焦炭期货的主力合约与次主力合约受基本面因子的供需影响较大, 从图 5、6 的焦炭期货价格走势与 20 日滚动相关性都不如铜期货的跨期价差相关性高, 但是正因为长期走势接近, 短期相关性存在一定程度偏离, 反而焦炭期货可能提供更多的跨期配对交易的机会。

图 5: 焦炭期货主力合约与次主力合约价格走势



数据来源: WIND 华泰期货研究所

图 6: 焦炭主力合约与次主力合约 20 日滚动相关性



数据来源: WIND 华泰期货研究院

波动率因素

品种跨期价差的波动率也是跨期配对交易选择的考量因素之一, 由于配对交易为双边合约交易, 产生的滑点和手续费为单腿交易策略的双倍。不考虑挂单算法, 考量跨期品种价差的收敛的目标收益应至少覆盖出入场的两个单边交易对价成交成本, 即交易合约 4 个最小变动价格, 且应包括策略成交手续费成本。

以沪铜期货为例子, 假设沪铜价格为 50000, 最小变动价位为 10 元/吨, 交易所最新手续费为开仓成交金额万分之 0.5 的手续费, 即对价成交滑点为 4×10 元/吨, 手续费为 12.5 元。在最差情况下, 沪铜期货跨期价差需要偏离 5 个最小变动价位, 策略才可能盈利。

二、跨期配对交易策略设计

在完成跨期配对交易的合约选择后, 需要完成构建跨期配对交易的均衡价差水平和入场出场信号规则

线性组合方程

$$\log(\text{Price}_{a,t}) - \beta \log(\text{Price}_{b,t}) = \mu + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

通过回归方程 (2.1) 的右边等式得到均衡水平 μ 和期望为零的 ε_t , 为了确保时间序列呈均值回复特征, 配对价差将在均衡水平 μ 附近来回摆动, 线性关系的确定保证了他们的均衡水平 μ 稳定。

构建均衡价差水平

构建均衡价差水平为跨期配对交易策略设计最重要的环节之一, 根据前文《商品期货配对交易系列 (二) 配对交易策略设计》采用不同回溯周期的公式 (2.1) 中的残差 ε_t 滚动 N 日均值作来构建跨期配对交易的均衡水平。

入场出场信号规则

利用配对交易的跨期价差回归方程的残差 ε_t 序列的标准差判断偏离程度作为入场依据，标准差可以定义的数学计算公式如下：

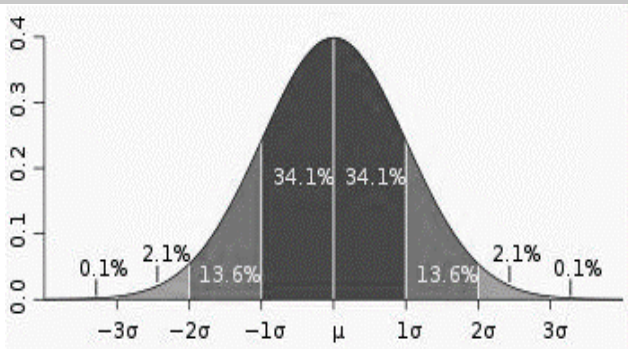
$$\sigma(r) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (2.2)$$

再构造 z-score 亦称为标准分数，是一个数与平均数的差再除以标准差的过程，可以表示一个分数距离平均数的相对标准距离，具体公式如下：

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.3)$$

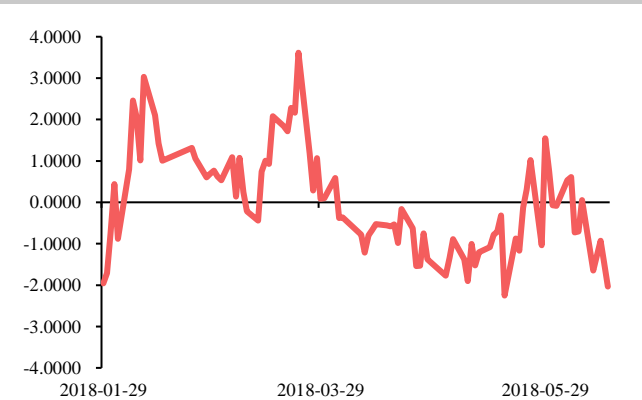
其中 μ 为总体均值， $x - \mu$ 为离均差， σ 表示总体标准偏差。

图 7：正态分布标准差概率图



数据来源：网络图片 华泰期货研究所

图 8：z-score 标准分数图



数据来源：Wind 华泰期货研究院

配对权重设置

根据配对交易的市场中性要素，本次测试采用市值中性，买入相等金额的多头头寸与空头头寸构建组合。

回溯周期的选择

由于以标准差作的 z-score 作为入场的基准水平，所以在回溯的周期选择上应选择较长回溯周期，以回溯较多的样本数量预估准确的品种波动率和均衡水平。

三、跨期配对交易测试

本报告测试采用分钟级别 K 线拟合交易，由于跨期交易为双腿合约，实际计算撮合按实际市场的挂单的 ask 和 bid 的价格与挂单量采用触碰成交的计算，并以下面测试环境进行回测：

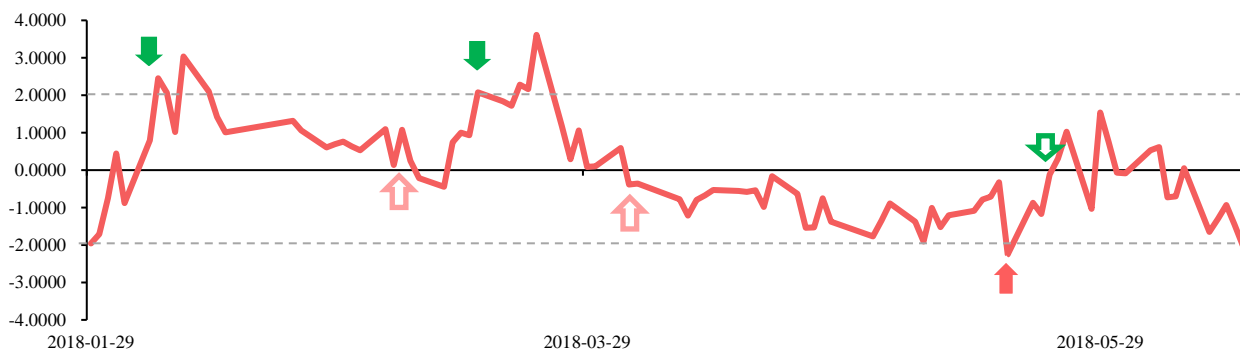
模拟测试资金：1000 万

杠杆倍数：不采用杠杆倍数

手续费：单边万分之 3

按上文的跨期配对交易选择标准和策略设计，首先构造一个最基本的 z-score 标准分数策略框架，具体图 9 所示，确定历史均值水平，上下两倍标准差为判断价差偏离异常的标准，当价差大于或小于 ± 2 倍标准差时入场，预估价差将向均值收敛，并在均值水平出场。

图 9: z-score 标准分数策略框架



数据来源：华泰期货研究所

测试采用了 60 分钟 K 线拟合，回溯周期采用 450 根和 900 根 60 分钟 K 线数据，按焦炭的交易时间粗略拟合为回溯 30 日和 60 日数据样本，具体测试结果如图 10 和图 11 所示，回溯 30 日与 60 日的历史区间，年化收益分别为 17.30%和 25.06%，但回溯 30 日的波动率及最大回测较大，主要原因本次测试并未加入止损，同时在合约流动性上，由于焦炭远月 1701 合约并未吸引太多流动性，导致次主力合约仍为接近交割期的焦炭 1605 合约，所以从图 12 可以发现，主力焦炭 1709 合约与次主力焦炭 1705 合约价差在 2016 年 3 月份后，由于临近交割出现异常变化，导致策略大幅度亏损。

图 10: 60 分钟 K 线回溯 450 周期的策略表现 ($\pm 2\sigma$)

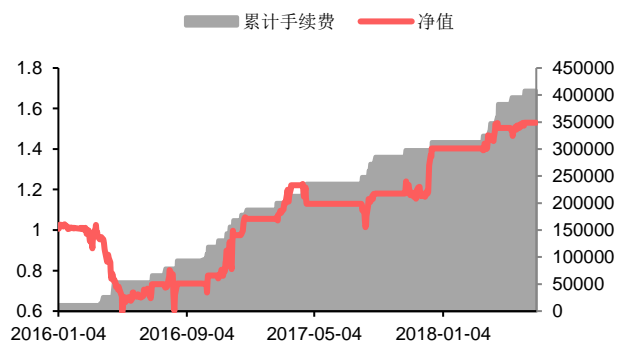
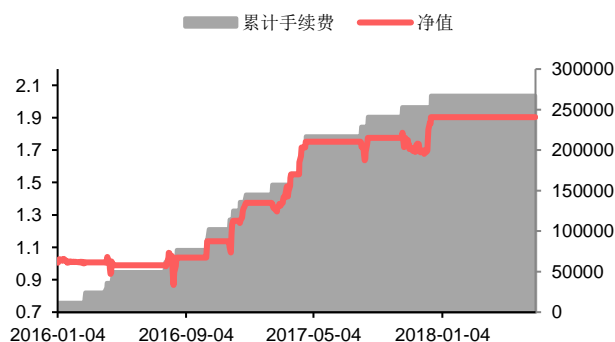
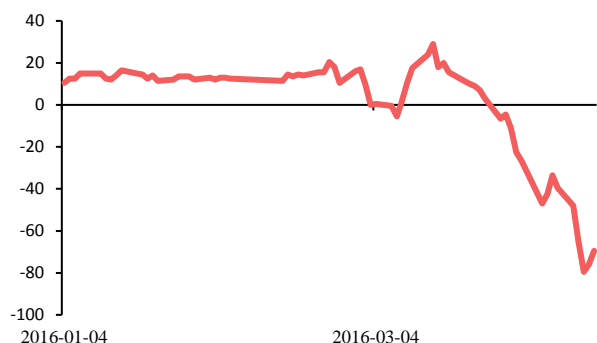


图 11: 60 分钟 K 线回溯 900 周期的策略表现 ($\pm 2\sigma$)



数据来源：华泰期货研究所

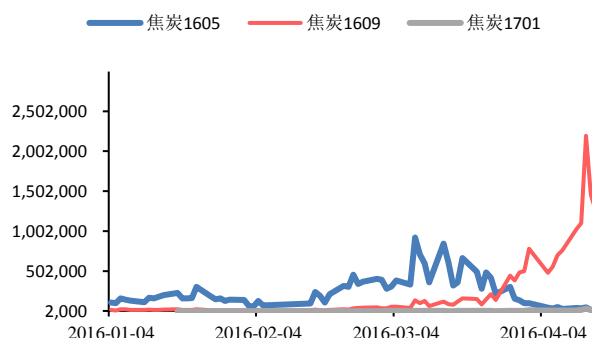
图 12: 焦炭 1605 合约与焦炭 1609 合约价差走势



数据来源：华泰期货研究所

数据来源：华泰期货研究院

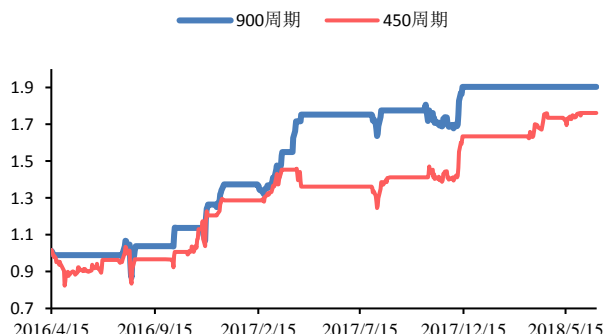
图 13: 2016 年 1 月至 2016 年 4 月焦炭合约成交量



数据来源：华泰期货研究院

焦炭的次主力合约从 2016 年 4 月份之后才逐渐切换至远月的焦炭 1701 合约后，从图 10、11 基础跨期配对策略净值上看，后续策略收益并未出现极端亏损情况，所以从跨期配对合约净值分析，需要考虑流动性因素及其交割月份临近对期货合约价格的影响。

图 14: 剔除合约流动性异常时期策略净值



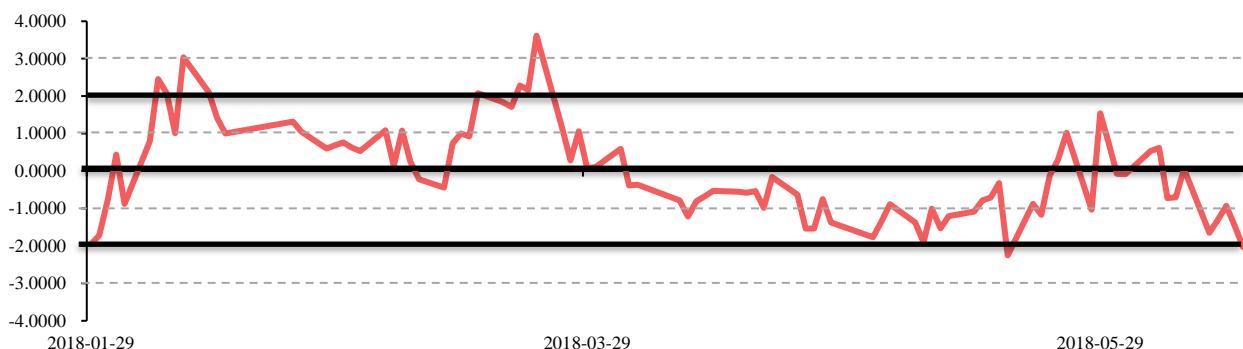
数据来源：华泰期货研究所

图 14 为剔除合约流动性异常时期的策略净值，回溯 30 日和 60 日历史窗口样本数据的收益率分别提升至 25.52% 和 29.31%，且最大回撤和净值波动率都有所减小。

多重均衡水平优化

考虑均衡水平对于配对交易策略的收益起决定性作用，可将设置多重均衡水平应对真实均衡水平的漂移。如图 15 z-score 标准分数图，在原本只设定 0 为均衡水平，入场择时为 z-score 超过 ± 2 水平，收敛至 0 附近出场，从观测期 2018 年 1 月至 2018 年 6 月只有 3 次机会。若考虑同时将 z-score 值 ± 2 也同时设为均值水平，在 z-score 值 ± 2 均衡水平上平移 ± 1 倍标准差作为入场时点，大大增加了观测期间的获利机会。

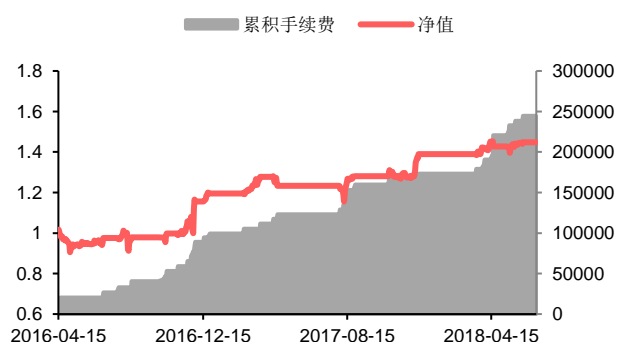
图 15: z-score 标准分数策略框架



数据来源：华泰期货研究所

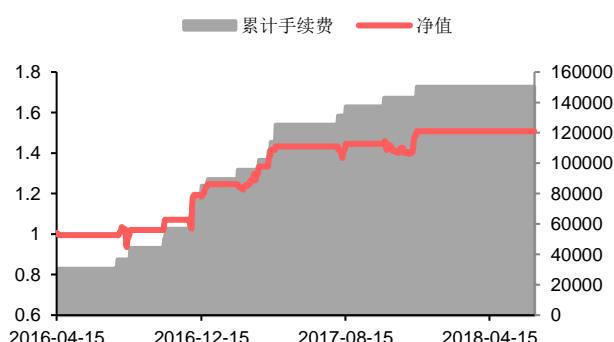
同样排除合约流动性异常时期，测试回溯 30 日 450 根 K 线样本和 60 日 900 根 K 线的样本策略数据，除了设定 z-score 为 0 的均衡水平，分别增加±2倍标准差为均衡水平，且偏离±2倍标准差均衡水平的±1倍标准差入场，多重均衡水平策略的年化收益分别为 16.42%和 18.79%，最大回撤和波动率均有所降低，夏普比率略微提高。

图 16: 多重均衡水平回溯 450 周期的策略 单位：净值



数据来源：华泰期货研究所

图 17: 多重均衡水平回溯 900 周期的策略 单位：净值



数据来源：华泰期货研究院

表 1: 普通跨期配对交易策略 vs 多重均衡水平配对交易策略

单位：净值

450 周期

900 周期

	普通跨期配对	多重均衡配对	普通跨期配对	多重均衡配对
年化收益	25.52%	16.42%	29.31%	18.79%
标准差	24.09%	14.83%	18.57%	11.78%
最大回撤	-19.30%	-10.94%	-18.69%	-9.59%
夏普比率	1.05961	1.107321	1.578294	1.595012

数据来源：华泰期货研究所

免责声明

此报告并非针对或意图送发给或为任何就送发、发布、可得到或使用此报告而使华泰期货有限公司违反当地的法律或法规或可致使华泰期货有限公司受制于的法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则所有此报告中的材料的版权均属华泰期货有限公司。未经华泰期货有限公司事先书面授权下，不得更改或以任何方式发送、复印此报告的材料、内容或其复印本予任何其它人。所有于此报告中使用的商标、服务标记及标记均为华泰期货有限公司的商标、服务标记及标记。

此报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作查照之用。此报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而华泰期货有限公司不会因接收人收到此报告而视他们为其客户。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被华泰期货有限公司认为可靠，但华泰期货有限公司不能担保其准确性或完整性，而华泰期货有限公司不对因使用此报告的材料而引致的损失而负任何责任。并不能依靠此报告以取代行使独立判断。华泰期货有限公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表华泰期货有限公司，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。此报告并不构成投资、法律、会计或税务建议或担保任何投资或策略适合或切合阁下个别情况。此报告并不构成给予阁下私人咨询建议。

华泰期货有限公司2018版权所有。保留一切权利。

● 公司总部

地址：广东省广州市越秀区东风东路761号丽丰大厦20层、29层04单元

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com