



创新跨品种套利策略：原木与螺纹钢（上）

研究院量化组

研究员

李逸资

☎0755-23887993

✉liyizi@htfc.com

从业资格号：F03105861

投资咨询号：Z0021365

高天越

☎0755-23887993

✉gaotianyue@htfc.com

从业资格号：F3055799

投资咨询号：Z0016156

李光庭

☎0755-23887993

✉liguangting@htfc.com

从业资格号：F03108562

投资咨询号：Z0021506

联系人

黄煦然

☎0755-23887993

✉huangxuran@htfc.com

从业资格号：F03130959

投资咨询业务资格：

证监许可【2011】1289号

摘要

作为跨品种套利研究的上篇，本文以螺纹钢（RB）与原木（LG）为研究对象，从市场结构与数据特征出发，详细介绍了样本处理与统计检验的方法。螺纹钢与原木在产业属性和供需逻辑上较难发现直接联系，但量化检验结果显示二者在价格层面呈现出显著的协同性与稳定的长期均衡关系。这种“表面无关、实则联动”的特征为跨品种套利提供了独特机会，也说明市场结构中存在超越基本面关联的统计性交易空间。在本篇我们通过对价格联动性、交叉相关、长记忆特征及不同行情下的超额相关性进行系统分析，验证了螺纹钢与原木在统计意义上的稳定协同关系。研究结论为后续在协整框架下构建具体套利策略提供了坚实的理论与方法论基础。

核心观点

- 显著正向联动：**螺纹钢与原木价格序列呈现较为明显正相关，具备跨品种套利的可行性。
- 长期持续性：**二者交叉相关具有显著长记忆性，关系并非短期偶然。
- 不同行情下特征：**上涨阶段的超额相关性更强，但统计检验未发现显著的上/下行不对称。
- 研究定位：**本文作为上篇，侧重理论与统计验证，为下篇的协整检验、交易策略设计与实证回测打下基础。

目录

摘要	1
核心观点	1
背景介绍	3
■ 原木市场概览.....	3
■ 原木合约基本情况.....	3
■ 螺纹钢市场概览.....	4
■ 螺纹钢合约基本情况.....	5
数据处理	6
■ 合约标的的选择.....	6
■ 交易区间的选择.....	7
实证研究	8
■ 线性相关性.....	8
■ 交叉相关性.....	9
■ 超额相关性.....	12
总结	17

图表

图 1:螺纹钢主力复权处理 单位: 元/吨.....	7
图 2:原木主力复权处理 单位: 元/立方米.....	7
图 3:螺纹钢成交持仓统计 单位: 手.....	7
图 4:原木成交持仓统计 单位: 手.....	7
图 5:螺纹钢&原木价格 单位: 元/吨&元/立方米	9
图 6:螺纹钢&原木价格散点图 单位: 元/吨&元/立方米	9
图 7:螺纹钢&原木交叉相关性 单位: 无.....	10
图 8:螺纹钢&原木交 DCCA 分析 单位: 无.....	11
图 9:动态窗口下的超额相关性分析 单位: 无.....	14

表 1:大连商品交易所原木期货合约 单位: 无	4
表 2:上海期货交易所螺纹钢期货合约 单位: 无	5
表 3:超额相关性 单位: 无.....	13
表 4:超额相关性检验 单位: 无.....	15

背景介绍

■ 原木市场概览

原木是木材工业的核心初级产品，广泛应用于建筑、家具、装修以及造纸等领域，是连接林业资源与下游终端消费的重要中间品。按照树种分类，原木主要分为**针叶原木**与**阔叶原木**。其中针叶原木因标准化程度高、价格集中度高、耐腐蚀性好而被选为期货标的，目前我国市场主要依赖进口供应。

在进口结构中，辐射松居于绝对主导地位。2023年我国进口辐射松1721万m³，占针叶原木进口总量的61.2%，主要来自新西兰，且新西兰供应量占比超过90%。其次为云杉和冷杉，2023年合计进口587万m³，占比20.9%，主要来源于欧洲。国内部分树种如杉木、马尾松等虽具备一定规模，但因出材率低、材径较小，主要用于人造板和纸浆等中低端用途。

从产业链看，原木市场可划分为**上游林场—中游贸易—下游加工—终端应用**。上游以海外人工林为主，例如新西兰辐射松人工林实行高度规模化与标准化经营，形成了稳定的全球供应体系。中游贸易环节主要通过沿海及内河港口完成进口与分销，其中日照岚山港、太仓港为核心集散地。下游加工包括锯切、旋切、刨切和切片等工序，最终应用于**建筑口料（约占70%）、人造板（约占20%）、造纸及包装**等领域。

■ 原木合约基本情况

大连商品交易所自2024年11月18日起正式挂牌交易原木期货，交易代码LG。合约设计充分考虑了原木现货贸易的行业特点，**交易单位为90立方米/手**，对应下游企业常见的单批采购规模。报价单位为人民币元/立方米，最小变动价位设定为0.5元/立方米。合约月份涵盖1、3、5、7、9、11月，匹配行业淡旺季特征（2、8月淡季未设置合约），交易时间为上午9:00-11:30、下午13:30-15:00，目前暂不设夜盘。合约涨跌停板幅度为上一交易日结算价的6%，上市首日为基准价的12%，**保证金水平为合约价值的8%**。

在交割制度上，原木期货采取**厂库交割与车板交割并行**的方式，不设传统仓库交割，以降低检验成本与质量风险。交割标准品为辐射松，材长要求3.85-5.8米，检尺径平均需36-46cm，单根不低于28cm，且对节子比例、腐朽深度、裂纹延伸均有严格要求。替代品包括云杉、冷杉、铁杉、柳杉、花旗松、马尾松、火炬松等针叶原木，按质量差异设定升贴水。质量检验采用挑战式检验机制，每手90立方米为一个批次，买方最多可提出三次检验申请，费用由过错方承担。

风控制度方面，原木期货执行严格的持仓限额：一般月份客户限仓1500手，当单边持

仓总量超过 3 万手时，限仓比例为 5%；进入交割前一个月后限仓为 300 手，交割月进一步缩减至 60 手，以防范市场操纵和交割风险。同时，合约实行信息披露制度与升贴水调整机制，期权合约同步推出，并采用“近密远疏”的挂牌原则，以增强近月流动性。

表 1:大连商品交易所原木期货合约 | 单位：无

报价单位	元（人民币）/立方米
最小变动价位	0.5 元/立方米
涨跌停板幅度	上一交易日结算价的 4%
合约月份	1、3、5、7、9、11 月
交易时间	上午 9:00-11:30，下午 13:30-15:00，以及交易所规定的其他交易时间
最后交易日	合约月份倒数第 4 个交易日
最后交割日	最后交易日后第 3 个交易日
交割等级	大连商品交易所原木交割质量标准（F/DCELG001-2024）
交割地点	大连商品交易所原木指定交割仓库、指定车板交割场所
最低交易保证金	合约价值的 5%
交割方式	实物交割
交易代码	LG
上市交易所	大连商品交易所

数据来源：大连商品交易所，华泰期货研究院

■ 螺纹钢市场概览

螺纹钢是带有肋纹的钢筋，属于热轧带肋钢筋的一类。其表面分布有横肋、纵肋或螺旋肋，相较于光圆钢筋具备更强的机械咬合力，广泛用于钢筋混凝土结构中。由于抗拉强度高、附着力强、耐疲劳性能好，螺纹钢成为建筑结构中最重要钢材品种之一，是房地产与基建行业的核心原材料。在现货流通中，螺纹钢主要按直径和长度规格分类，常见直径范围为 6-50mm，其中 16-25mm 的规格为市场主流。**螺纹钢是我国钢铁行业最具代表性的长材品种**，占据钢材消费总量的 40%以上，其价格波动往往

成为钢铁市场整体走势的重要风向标。

我国螺纹钢生产企业高度集中，华东、华北、华中地区的钢厂产量占据主导地位。消费端则与房地产施工、基建项目直接挂钩，需求具备明显的季节性特征：春秋两季施工旺季需求旺盛，冬季受气候影响需求偏弱，价格波动具有周期律。从产业链结构看，螺纹钢上游主要包括铁矿石、焦煤、焦炭等原材料，中游为钢厂生产环节，下游则与房地产施工、基建投资及制造业需求高度相关，因此其市场表现与宏观经济周期紧密挂钩。

■ 螺纹钢合约基本情况

螺纹钢期货是上海期货交易所的重要黑色系品种，交易代码为 RB，自上市以来一直是市场最具流动性的钢材期货。合约交易单位为 10 吨/手，报价单位为人民币元/吨，最小变动价位为 1 元/吨。合约月份覆盖 1-12 月，全年均有可供交易的合约，交易时间为上午 9:00-11:30、下午 13:30-15:00，夜盘亦可由交易所根据市场情况设定。涨跌停板幅度为上一交易日结算价的 $\pm 3\%$ ，最低保证金比例为 5%。

在交割制度方面，螺纹钢期货实行实物交割，交割单位为 300 吨/仓单，以整数倍进行交割。交割品须为同一生产企业、同一牌号、同一规格、同一长度（9m 或 12m 定尺）的注册品牌产品，且生产日期不超过连续十日。仓单需由交易所指定仓库验收并出具，允许 $\pm 3\%$ 的溢短范围。

表 2:上海期货交易所螺纹钢期货合约 | 单位：无

交易品种	螺纹钢
交易单位	10 吨/手
报价单位	元（人民币）/吨
最小变动价位	1 元/吨
涨跌停板幅度	上一交易日结算价 $\pm 3\%$
合约月份	1-12 月
交易时间	上午 9:00-11:30，下午 1:30-3:00 和交易所规定的其他交易时间
最后交易日	合约月份的 15 日（遇国家法定节假日顺延，春节月份等最后

交易日交易所可另行调整并通知)	
交割日期	最后交易日后连续二个工作日
交割品级	标准品：符合国标 GB1499.2-2024 《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》HRB400E 牌号的 $\Phi 16\text{mm}$ 、 $\Phi 18\text{mm}$ 、 $\Phi 20\text{mm}$ 、 $\Phi 22\text{mm}$ 、 $\Phi 25\text{mm}$ 螺纹钢。
交割地点	交易所指定交割仓库
最低交易保证金	合约价值的 5%
交割方式	实物交割
交易代码	RB
上市交易所	上海期货交易所

数据来源：上海期货交易所，华泰期货研究院

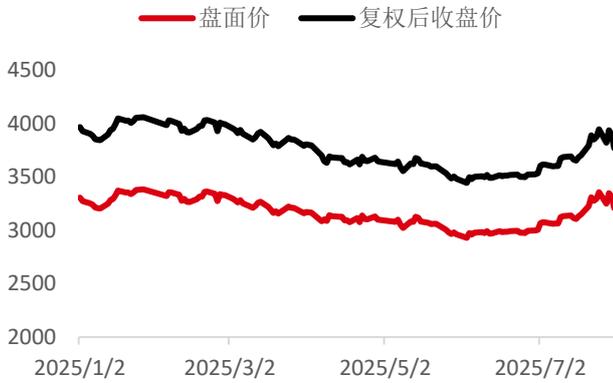
数据处理

本研究关注的两个标的为螺纹钢（RB）与原木（LG）。二者产业属性并不相同，但在量化特征层面呈现出值得研究的跨品种关系。我们通过对成交量、持仓量及历史价格序列的统计检验发现，螺纹钢与原木在一定区间内具有较强的相关性与协整特征，为跨品种套利提供了潜在空间。因此，本研究从量化视角出发，将螺纹钢与原木作为组合标的的展开分析。

交易标的的合约选择

我们选择主力合约作为代表。原因在于螺纹钢和原木各月份合约在临近交割月时流动性分布不均衡，若直接使用固定远期或近期期限的合约进行对比，会产生明显的偏差。因此，我们基于“成交最活跃、流动性最充足”的原则，构建了螺纹钢和原木的主力合约价格序列。虽然螺纹钢与原木的主力合约在不同时间点到期日并不相同，但主力合约能够充分反映两品种最具代表性的市场交易信息。为了消除主力合约切换带来的价格跳跃问题，我们采用**后复权方式**对螺纹钢与原木的主力合约价格序列进行处理，从而保证时间序列的连续性与可比性。

图 1:螺纹钢主力复权处理 | 单位: 元/吨



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

图 2:原木主力复权处理 | 单位: 元/立方米



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

交易区间的选择

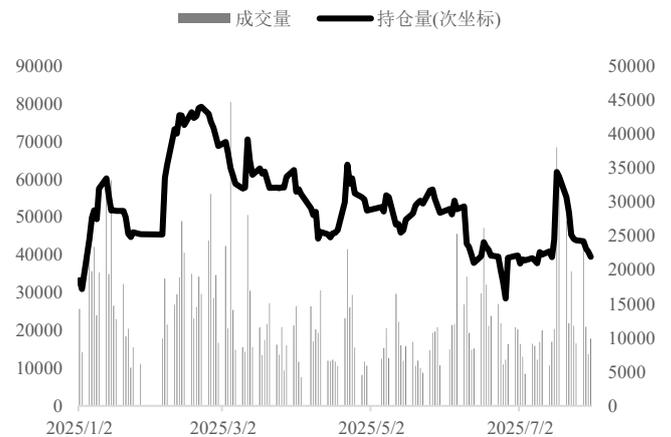
为保证样本可比与数据质量, 本次研究区间设定为 2025/01/02-2025/07/31。原木合约于 2024/11/18 上市, 考虑上市初期的流动性磨合与微观结构噪声, 起始点选择在 2025 年初, 该区间内 LG 与螺纹钢 (RB) 均能提供连续的主力合约日度数据。全样本采用交易日口径, 节假日及无交易日不做插补, 在该区间内两个品种的主力合约均有健康的流动性表现。

图 3:螺纹钢成交持仓统计 | 单位: 手



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

图 4:原木成交持仓统计 | 单位: 手



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

实证研究

统计套利的思路是，先确认两种资产的价格关系在历史上有“可预期的范围”，当前偏离这个范围较大时，再做配对交易。针对螺纹钢（RB）与原木（LG），本研究在测试区间内，按主力合约后复权收盘价进行检验，判断是否具备可交易的统计关系。核心判断点如下：

- 价格序列高度相关：**两品种的日度价格/收益在多数时段保持同向运动，相关性在波动放大或情绪扰动阶段亦不显著失配，能够体现出较好的短期同步性与联动性。
- 同涨同跌且关系长期稳定：**这种同步并非阶段性偶发现象，在不同市场环境与时节切换中仍能持续出现同涨同跌的共振，相关关系随时间维持相对稳定，不易发生结构性断裂。
- 存在长期协整以保障价差回归：**两者之间应有相对稳定的长期均衡锚，短期偏离属于波动噪声。价差围绕均值上下摆动并具有回归特征，偏离扩大后具备回到合理区间的内在动力。

■ 线性相关性

图 5 展示了螺纹钢与原木在 2025 年初至 7 月期间的价格走势。两者在大方向上具有高度一致性，阶段性波动亦表现出较强的同步性，尤其是在 3 月至 6 月的下行过程中，两条价格曲线基本保持同向波动。

图 6 进一步给出了两者对数价格的散点分布及线性拟合结果。可以看到，散点呈现出明显的线性聚集特征，表明螺纹钢与原木价格之间存在长期稳定的线性关系。

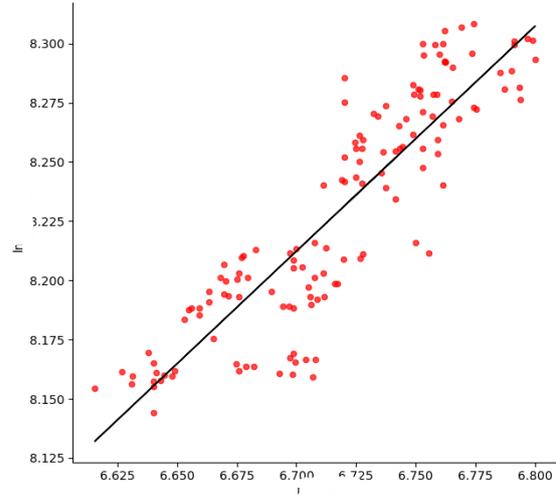
从价格走势和对数散点回归结果来看，螺纹钢与原木之间呈现出较为显著的线性关系。两者价格在阶段性波动中保持较强同步性，对数价格的线性拟合结果也显示出明显的长期协动特征。这为我们进一步探讨两者之间是否存在稳定的协整关系提供了直观依据。后续我们将结合统计检验方法，评估这种长期均衡关系的稳健性，并据此衡量跨品种套利的可行性。

图 5:螺纹钢&原木价格 | 单位: 元/吨&元/立方米



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

图 6:螺纹钢&原木对数价格散点图 | 单位: 元/吨&元/立方米



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

■ 交叉相关性

在定性判断方面, 本文参考 Podobnik (2009) 提出的交叉相关统计量 $Q_{cc}(m)$, 用于检验螺纹钢 (RB) 与原木 (LG) 日度收益率在不同滞后期下是否存在长期交叉相关性。传统的 Pearson 相关系数只能度量两个序列在单一时点上的线性关系, 而 $Q_{cc}(m)$ 通过对不同滞后阶的相关性进行累计, 能够从时间序列的动态角度刻画跨品种之间的联动性。这一方法的核心思想在于: 如果两个资产在长期内存在稳定的协同运动, 则其不同滞后尺度下的归一化互相关项应显著偏离零, 并在统计意义上通过 χ^2 检验。

设 x_t, y_t 分别为两资产的去均值收益序列, 样本长度为 N , 定义在滞后 i 下的归一化互相关为:

$$X_i = \frac{(\sum_{k=i+1}^N x_k y_{k-i})}{\sqrt{(\sum_{k=1}^N x_k^2 * \sum_{k=1}^N y_k^2)}} * \left(\frac{N}{(N-i)} \right)$$

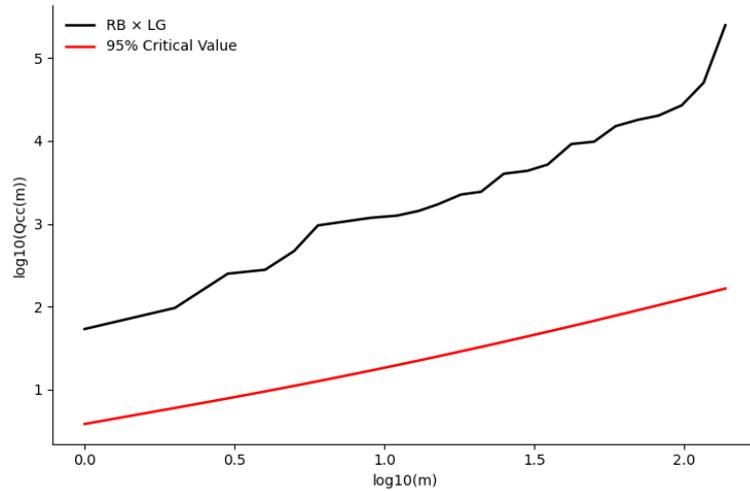
其中 $\frac{N}{N-i}$ 为有限样本校正项。

则交叉相关统计量定义为:

$$Q_{cc}(m) = N^2 \sum_{i=1}^m X_i^2$$

在原假设 (无长期相关) 下, $Q_{cc}(m)$ 近似服从自由度为 m 的 $\chi^2(m)$ 分布。

图 7:螺纹钢&原木交叉相关性 | 单位: 无



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

图 7 中黑线表示统计量 $\log_{10}(Q_{cc}(m))$, 红线为对应的 $\chi^2(m)$ 95% 临界值曲线。结果显示, 黑线在大部分区间内均显著高于红线, 表明 RB 与 LG 的收益序列之间存在长期稳定的交叉相关性; 同时, 随着滞后期 m 的增加, 统计量整体呈现快速上升并持续超过显著性阈值, 说明两市场的联动不仅体现在短期, 更在中长期尺度上同样显著。

在**定量判断**方面, 本文参考 Podobnik 和 Stanley(2008)提出的去趋势交叉相关分析 (DCCA) 方法, 用于检验螺纹钢 (RB) 与原木 (LG) 收益序列在不同滞后期下是否存在长期交叉相关性

首先, 我们构建累积偏离量序列

设两资产的去均值收益序列分别为 x_t, y_t , 样本长度为 N , 定义累积量:

$$X(t) = \sum_{k=1}^t (x_k - \bar{x}), Y(t) = \sum_{k=1}^t (y_k - \bar{y}), t = 1, 2, \dots, N$$

随后将累积量序列 $X(t), Y(t)$ 分为 (N/s) 个长度为 s 的不重叠片段, 为了避免数据末尾被舍弃, 再从序列另一端反向切分, 得到总共 $2N_s$ 个片段。

其次, 我们进行去趋势与协方差计算

对每个片段, 采用 Loess 回归或多项式回归估计局部趋势, 计算去趋势后的协方差:

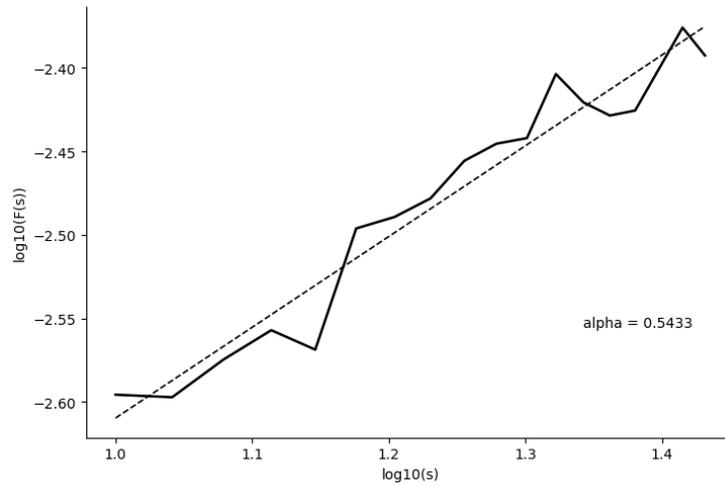
$$F^2(s, \lambda) = \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{\{j=1\}}^s [X_{\{(\lambda-1)s+j\}} - \tilde{X}_{\{(\lambda-1)s+j\}}][Y_{\{(\lambda-1)s+j\}} - \tilde{Y}_{\{(\lambda-1)s+j\}}]$$

最后采取波动函数聚合，所有片段的协方差均值作为尺度 s 下的波动函数：

$$F(s) = \sqrt{\left(\frac{1}{2N_s}\right) \sum_{\{\lambda=1\}}^{\{2N_s\}} F^2(s, \lambda)}$$

在 log-log 坐标下，若 $F(s)$ 与 s 呈幂律关系： $F(s) \sim s^\alpha$ ，则 α 为 DCCA 指数，用于衡量两个序列的交叉相关性质。

图 8: 螺纹钢&原木 DCCA 分析 | 单位: 无



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

图 8 展示了螺纹钢与原木价格序列的 DCCA 分析结果。从图中可以观察到，黑色实线在对数坐标系下表现出较为清晰的上升趋势，回归拟合得到的斜率 $\alpha \approx 0.54$ ，高于 0.5 的临界水平。这表明两者之间的交叉相关性不仅存在，而且具有一定的持续性和长记忆特征。

螺纹钢与原木的关系在定性与定量分析中均表现出显著相关性：定性检验结果显示，两者收益序列在大多数滞后期下均超过 95% 置信区间临界值，证明其长期交叉相关性显著，进一步的 DCCA 定量分析表明，拟合斜率 ≈ 0.54 ，高于 0.5，说明两者存在一定的持续性和长记忆特征，这为后续协整检验及跨品种套利研究奠定了实证基础。

■ 超额相关性

在研究金融市场中不同资产在不同行情下的联动性时，常规的相关系数往往不足以刻画尾部风险的共振。为此，可以采用超额相关性（Exceedance Correlation）方法（Ruan,2016;Hong,2007），该方法能够衡量当两个资产的收益同时超越某一给定阈值时，它们的联动强度，从而检验市场在大涨或大跌中的同步性。

超额相关性考察的是：当两个资产的收益序列超过（或低于）某一阈值 c 时，它们是否仍然保持较强的线性关系。如果在不同波动下相关性显著存在，则说明二者风险暴露具有同步性。

在计算超额相关性之前，我们对两组收益序列进行了波动配平处理，以消除不同品种波动水平差异的影响。具体做法是：先对原始收益进行 z-score 标准化，采用滚动 30 日的窗口与 EWMA10 日的半衰期的方式估计均值与波动率，再将收益转化为标准化序列。这样可以在动态窗口计算中保持两个品种的波动尺度一致，使超额相关性指标更具可比性和稳定性。

具体步骤为，首先将两个资产的收益序列 R_{1t}, R_{2t} 标准化为均值为零、方差为一的序列：

$$R_{1t} = \frac{(r_{1t} - \bar{r}_1)}{\sigma_{r1}}, R_{2t} = \frac{(r_{2t} - \bar{r}_2)}{\sigma_{r2}}$$

这里的标准化处理（波动配平）消除了不同市场波动水平的差异，使得阈值在两序列之间具有可比性。

其次，对于给定阈值 c ，当两个收益同时超过该阈值时，计算条件均值与条件方差：

$$\hat{\mu}^{1+}(c) = \left(\frac{1}{T_c^+} \right) \sum_{t=1}^T [R_{1t} \cdot I(R_{1t} > c, R_{2t} > c)]$$

$$\hat{\mu}^{2+}(c) = \left(\frac{1}{T_c^+} \right) \sum_{t=1}^T [R_{2t} \cdot I(R_{1t} > c, R_{2t} > c)]$$

$$\hat{\sigma}^{1+}(c)^2 = \left(\frac{1}{(T_c^+ - 1)} \right) \sum_{t=1}^T [(R_{1t} - \hat{\mu}^{1+}(c))^2 \cdot I(R_{1t} > c, R_{2t} > c)]$$

$$\hat{\sigma}^{2+}(c)^2 = \left(\frac{1}{(T_c^+ - 1)} \right) \sum_{t=1}^T [(R_{2t} - \hat{\mu}^{2+}(c))^2 \cdot I(R_{1t} > c, R_{2t} > c)]$$

其中, $I(\cdot)$ 为指示函数, 若条件成立则取 1, 否则为 0, T_c^+ 表示样本中同时满足 $R_{1t} > c, R_{2t} > c$ 的次数。

在极端条件下, 对收益再进行一次标准化 (波动配平后的条件标准化):

$$\hat{X}_{1t}(c) = \frac{(R_{1t} - \hat{\mu}_1^+(c))}{\hat{\sigma}_1^+(c)} \hat{X}_{2t}(c) = \frac{(R_{2t} - \hat{\mu}_2^+(c))}{\hat{\sigma}_2^+(c)}$$

最终的超额相关性定义为:

$$\hat{\rho}^+(c) = \left(\frac{1}{T_c^+} \right) \sum_{t=1}^T \hat{X}_{1t}(c) \hat{X}_{2t}(c) * I(R_{1t} > c, R_{2t} > c)$$

同理, 可以定义下尾 (即同时小于 $-c$) 的超额相关性:

$$\hat{\rho}^-(c) = \left(\frac{1}{T_c^-} \right) \sum_{t=1}^T \hat{X}_{1t}(c) \hat{X}_{2t}(c) * I(R_{1t} < -c, R_{2t} < -c)$$

表 3: 超额相关性 | 单位: 无

涨跌方向	涨跌方向阈值	超额相关性	样本量
Down	-1.20	0.2017	4
Down	-1.00	-0.0592	6
Down	-0.80	0.0393	11
Down	-0.60	0.1017	15
Down	-0.40	0.1291	18
Down	-0.20	0.3119	24
Down	-0	0.3538	33
Up	+0	0.5241	34
Up	+0.20	0.4558	25
Up	+0.40	0.3927	18

Up	+0.60	0.4579	14
Up	+0.80	0.7133	10
Up	+1.00	0.5053	4

数据来源：天软，华泰期货研究院

在本文中，我们基于波动配平后的收益序列，选取对称的分位点作为阈值进行超额相关性检验，下行部分取-1.2至0，上行部分取0至+1.0，间隔为0.2，以刻画不同幅度涨跌下的相关性变化。结果显示，当收益同时下跌时（Down），相关性整体较弱，大多数阈值下仅在0.1-0.35之间，表明下行市场中两品种的联动性有限，而在收益同时上涨时（Up），超额相关性显著增强，多个阈值下超过0.4，部分甚至达到0.7以上，显示出上涨阶段的同步性强于下跌阶段。

图9：动态窗口下的超额相关性分析 | 单位：无

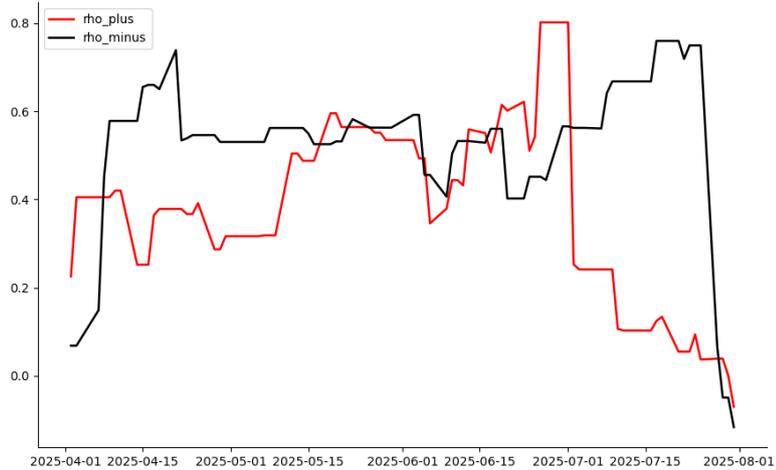


图9展示了动态窗口下上涨与下跌时的超额相关性变化。可以看到，大部分时间内上涨超额相关性（rho_plus）与下跌超额相关性（rho_minus）均保持在0.4-0.6左右，说明两品种在涨跌阶段都有一定同步性。但整体趋势上，上涨超额相关性在6月初至7月中短暂高于下跌超额相关性，表明此阶段上涨联动更强，而在4月中、5月末及7月下旬，下跌超额相关性更占优势，说明下跌时同步性更明显。进入7月底后，两者均快速下降，显示出市场联动性整体减弱。整体来看，两品种的超额相关性存在阶段性差异，但没有长期一边倒的格局，上下行的强弱关系会随市场环境动态切换。

为了更严格地检验超额相关性在上涨与下跌情形下是否对称，我们引入 Hong(2007)提出的统计量 J_p 。该方法通过比较上行相关性估计值 $\rho^+(c)$ 与下行相关性估计值 $\rho^-(c)$ 的差异，来判断是否存在显著的不对称性。其统计量定义为：

$$J_p = T (\rho^+ - \rho^-)^T \Omega^{-1} (\rho^+ - \rho^-)$$

其中：

- T 表示样本容量；
- $\rho^+(c)$ 与 $\rho^-(c)$ 分别是阈值 c 下的超额相关性估计；
- Ω 是由不同阈值对应的协方差结构估计得到的权重矩阵，用于修正相关性的依赖性。

在大样本条件下，Hong 证明了该统计量渐近服从自由度为 m 的卡方分布（其中 m 为所选择的阈值个数）。

基于该统计量，原假设和备择假设设定为：

$$H_0: \rho^+(c) = \rho^-(c), \forall c \geq 0$$

$$H_1: \rho^+(c) \neq \rho^-(c), \text{ for some } c \geq 0$$

即：

- 原假设 H_0 表示在所有阈值下，上行和下行的超额相关性完全对称；
- 备择假设 H_1 则意味着在至少某个阈值上，存在显著的不对称性。

如果计算得到的 J_p 超过了给定显著性水平下的卡方分布临界值，则拒绝原假设，说明超额相关性存在不对称性，反之则认为在统计意义上没有发现不对称。

表 4:超额相关性的对称检验 | 单位：无

统计量	统计值
有效阈值个数 p	4
使用的阈值 c	[0.0, 0.2, 0.4, 0.6]
J_p	5.5976

$\chi_{0.80}$	5.9886
$\chi_{0.90}$	7.7794
$\chi_{0.95}$	9.4877
$\chi_{0.99}$	13.2767
p-value	0.2313
bootstrapp-value	0.1676

数据来源：天软，华泰期货研究院

从结果来看，检验统计量 $J_p=5.5976$ ，无论是理论卡方分布的近似 p-value (0.2313) 还是 bootstrapp-value (0.1676)，都远大于常用的显著性水平 0.05。由此我们不能拒绝原假设，说明在给定的阈值范围内，上涨与下跌阶段的超额相关性并不存在显著的不对称性。

总结

作为跨品种套利研究的前置部分，本文从市场特征出发，系统梳理了数据处理、统计检验与联动性分析的全过程。在对螺纹钢（RB）与原木（LG）的价格关系进行多维度验证后，可以得到以下结论，为下篇的套利策略设计奠定了坚实的理论支撑：

- 高度正相关性：** RB 与 LG 在价格走势上保持显著的正向联动，具备可操作的套利关系。
- 长期持续性：** 两品种交叉相关具有稳定的长记忆特征，说明协同关系并非短期偶然波动。
- 不同市场下的特征：** 超额相关性表现出“同涨时更强、下跌时相对弱”的态势，但整体未形成统计意义上的结构性不对称。

综上，本文通过理论和统计实证层面的分析，为下一步开展 RB-LG 价差协整、配对交易与动态风险对冲研究提供了逻辑前提与方法论基础。下篇将进一步在套利模型的构建与检验层面展开，验证策略的可行性与稳健性。

免责声明

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、结论及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，投资者并不能依靠本报告以取代行使独立判断。对投资者依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰期货研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

华泰期货有限公司版权所有并保留一切权利。

公司总部

广州市天河区临江大道1号之一2101-2106单元 | 邮编：510000

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com