



创新跨品种套利策略：原木与螺纹钢（下）

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

在上篇已从相关性、长记忆与超额相关性证实螺纹钢与原木存在稳定协同后，下篇进一步在协整框架下验证二者的长期均衡，并据此构建等价值配比的统计套利策略。在样本期内取得年化收益 15.93%、夏普 2.85 的回测表现，最大回撤仅-1.84%且开仓胜率为 60.56%，交易成本冲减后策略仍具备稳健的风险调整收益。

核心观点

- 协整显著、价差可回归。螺纹钢与原木对数价格的协整残差在 1%水平下平稳，价差围绕均衡锚波动，具备均值回归交易基础。
- 策略设计与配比：以残差 z 分数为触发，等价值配比确定手数，统一采用收盘价，设定手续费 0.03%，执行“T+1 开，T+2 平”以保证可操作与回测一致性。
- 参数与表现：在 $X \in [8,80]$ 、 $K \in [0.1,2.0]$ 网格中， $X=25$ 、 $K=0.8$ 最优。回测期年化 15.93%、夏普 2.85、最大回撤-1.84%、胜率 60.56%，信号触发占比约 50.71%，成本影响可控。

目录

摘要	1
核心观点	1
实证研究	3
■ 长期均衡.....	3
策略构建	6
■ 策略构建逻辑.....	6
■ 参数设定.....	7
■ 交易设定.....	8
■ 手数配比.....	8
■ 等价值配比.....	8
■ 参数遍历.....	10
■ 最佳策略.....	10
总结	14

图表

图 1:协整关系图 单位: 无.....	6
图 2:不同参数组合的等价值配比策略夏普 单位: 无.....	10
图 3:最佳策略表现 单位: 无.....	11
图 4:交易成本对策略的影响 单位: 无.....	11
表 1:平稳性检测 单位: 无.....	4
表 2:格兰杰因果检测 单位: 无.....	5
表 3:回归效果对比 单位: 无.....	5
表 4:螺纹钢与原木套利策略回测表现 单位: 无.....	12

实证研究

在前期研究中，我们已对螺纹钢与原木的价格关系进行了系统检验，结果显示二者存在显著且稳定的联动特征，为后续开展跨品种套利研究提供了坚实的理论依据。

本篇的研究重心在于进一步考察二者之间是否存在长期均衡关系。若价差在偏离后能够表现出均值回归特性，则可为统计套利策略的构建与执行提供基础。本文将围绕协整关系的验证、价差模型的设定以及策略回测展开分析，从实证层面检验螺纹钢与原木跨品种套利的可行性与稳健性。

■ 长期均衡

在统计套利的框架下，仅仅依赖价格序列的短期相关性不足以支撑稳定的交易策略。关键在于，二者的价格差若在出现显著偏离后能够回归到某种长期均衡水平，才具备构建协整套利的可能性。换言之，需要验证螺纹钢与原木的价格序列之间是否存在协整关系，以保证价差序列满足均值回归特征，从而为后续套利建模提供基础。

学界通常认为协整关系是一种比相关性更强的约束形式，它意味着两个非平稳时间序列在长期中共享一个稳定的均衡路径。协整的存在不仅可以用于预测另一市场的合理价格区间，同时也揭示了价格偏离背后的均衡修复机制。

协整关系检验：

按照 Engle 和 Granger(1987)的方法，如果两个非平稳时间序列的线性组合残差是平稳的，则说明二者存在协整关系。为此，我们构建如下变量：

螺纹钢对数价格：

$$\ln P_t^{\{RB\}} = \ln(\text{adj_close_RB})$$

原木对数价格：

$$\ln P_t^{\{LG\}} = \ln(\text{adj_close_LG})$$

其日对数收益定义为：

$$r_t^i = \ln P_t^i - \ln P_{t-1}^i, i \in \{RB, LG\}$$

在正式做协整检验之前，需要先对价格序列进行平稳性测试（ADF 检验）。如果原始对数价格序列不平稳，而其一阶差分序列平稳，则满足 $I(1)$ 条件，可进入协整分析。

表 1:平稳性检测 | 单位: 无

	$\ln P_t^{RB}$	$\ln P_t^{LG}$
<i>DF</i>	-1.36	-1.28
<i>P - VALUE</i>	(0.60)	(0.64)
取一阶差值后		
<i>DF</i>	-12.47***	-11.85***
<i>P - VALUE</i>	(0.00)	(0.00)

注: ***表示在 1%显著性水平下显著, **表示在 5%显著性水平下显著, *表示在 10%显著性水平下显著

数据来源: 天软, 华泰期货研究院

检验结果显示, 螺纹钢与原木的对数价格序列均未能通过平稳性检验, 说明二者在水平层面上存在明显的随机游走特征, 价格走势具有非平稳性。在对序列进行一阶差分后, ADF 检验显著拒绝单位根假设, 表明差分后的收益率序列具备平稳性。

表 2:格兰杰因果检测 | 单位: 无

	<i>RB</i>	<i>LG</i>
<i>RB</i>	-	3.56** (0.03)
<i>LG</i>	0.77 (0.46)	-

注: 表格内为 F 统计值, 括号内数字代表 P 值, 星号代表显著性水平, *, **, *** 分别代表 10%, 5%, 1% 的显著性水平。

数据来源: 天软, 华泰期货研究院

格兰杰因果检验结果表明, 在样本期内, 原木对螺纹钢在 5%显著性水平上存在单向的格兰杰因果关系, 即原木价格的历史信息能够对螺纹钢价格的未来走势提供一定的预测力, 这说明原木在二者的联动关系中具有一定的先行性, 为后续套利策略构建提供了方向性参考。

在完成平稳性与因果关系检验后，进一步需要通过协整回归来刻画螺纹钢与原木之间的长期均衡关系。具体方法上，首先建立 OLS 模型，以螺纹钢的对数价格作为被解释变量，原木的对数价格作为核心解释变量，形式如下：

$$\ln P_t^{RB} = \alpha + \beta_1 \ln P_t^{LG} + \varepsilon_t$$

表 3:回归效果对比 | 单位：无

R^2	0.786
残差平稳性检测 DF	-3.56*** (0.01)

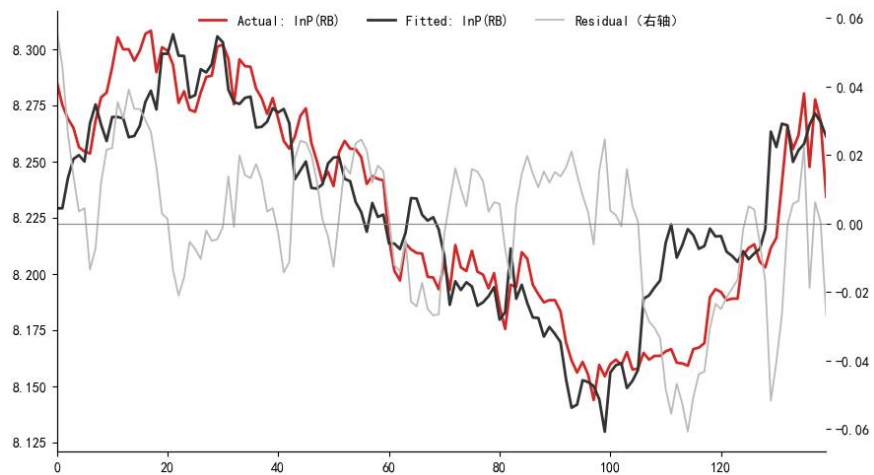
注：括号内数字代表 P 值，星号代表显著性水平，*、**、*** 分别代表 10%、5%、1% 的显著性水平。

数据来源：天软，华泰期货研究院

协整回归结果显示，螺纹钢与原木之间的协整关系具有高度显著的特征，残差均通过 ADF 检验，在 1% 的显著性水平下拒绝原假设，说明价差序列平稳，二者确实存在长期均衡关系。

核心结论可得，螺纹钢与原木之间存在稳健的协整关系，价差具备均值回归特征。

图 1:协整关系图 | 单位：无



数据来源：天软，华泰期货研究院

图 1 展示了螺纹钢与原木的协整回归拟合效果。红线为螺纹钢的实际对数价格，黑线

为回归方程的拟合值，二者走势基本保持一致。灰线为残差序列，围绕零轴上下波动，未表现出趋势性漂移，显示出差具备均值回归特征。

策略构建

在前文的协整分析基础上，我们能够推算螺纹钢与原木之间的合理价差区间，并据此构建跨品种套利交易。当价差的波动显著偏离长期均衡状态时，残差序列将释放交易信号，从而为捕捉套利机会提供操作依据。

策略构建逻辑

当回归模型得到的残差 ε_t 偏离均值超过一定阈值时，代表螺纹钢与原木的价格关系暂时失衡。若残差显著为正，则说明螺纹钢相对原木存在高估，策略方向为**做空螺纹钢、做多原木**。若残差显著为负，则意味着螺纹钢相对原木被低估，交易方向则为**做多螺纹钢、做空原木**。

其判别公式为：

$$\varepsilon_t = \ln P_t^{RB} - \alpha - \beta \ln P_t^{LG}$$

触发条件：

$$\varepsilon_t - \overline{\varepsilon_t^X} > K \cdot \sigma(\varepsilon_t^X) \Rightarrow \text{空螺纹钢, 多原木}$$

$$\varepsilon_t - \overline{\varepsilon_t^X} < K \cdot \sigma(\varepsilon_t^X) \Rightarrow \text{多螺纹钢, 空原木}$$

其中：

- $\overline{\varepsilon_t^X}$ 为回看X日残差均值
- $\sigma(\varepsilon_t^X)$ 为残差在窗口期内的标准差
- K 为倍数阈值系数，用于定义信号强弱

■ 参数设定

为了将残差偏离的程度量化并操作化，本文引入了两个核心参数：**观察窗口 (X)** 与 **阈值倍数 (K)**，二者共同决定交易信号的敏感度与触发频率。

观察窗口：

观察窗口的设定决定了残差均值与波动的计算区间。

- 较短的窗口：能够更快捕捉市场短期异常，但容易受到噪音干扰。
- 较长的窗口：能够平滑掉短期冲击，信号更稳健，但反应速度较慢。

阈值倍数：

阈值倍数用于刻画残差相对波动的显著性程度。

- 若 K 取值较小：信号触发频率高，可捕捉到更多价差波动，但误判风险较大。
- 若 K 取值较大：信号触发更为严格，交易次数减少，但每次交易的可靠性更强。

窗口长度 X 与阈值倍数 K 并非独立，而是相互作用，因此，后续研究会通过系统的参数遍历与回测，来寻找一组较优的 K, X 参数组合，使策略在信号有效性与交易成本之间取得动态均衡。

■ 交易设定

在具体的交易规则设计中，本文对信号生成与执行细节进行了统一约束：首先，信号在**交易收盘后**根据当日的模型残差计算得出，若偏离超过阈值则触发开仓指令。

其次，交易在**次一交易日 (T+1) 开仓**，并在**T+2 收盘前平仓**，以保证策略执行的可行性和回测一致性。持仓周期固定为**1 个交易日**，避免长时间暴露带来的额外风险。价格采用**收盘价**作为成交基准，并统一设置**0.03% 的手续费**，确保模拟结果更贴近实际市场环境。

回测区间设定为**2025 年 1 月至 2025 年 7 月底**，以此检验策略在样本期内的稳定性与收益表现。

■ 手数配比

在前文已经明确了**多空信号的触发条件**以及**开平仓执行时点**的基础上，进一步需要界定螺纹钢与原木的**持仓手数配比方式**。这一步骤决定了当在螺纹钢合约上建立一个单

位仓位时，原木合约的对冲仓位应如何设定。本文主要以**等价值配比**为策略构建方法，即以合约名义价值相等为原则，依据两品种的价格与合约乘数进行换算，推导出需要配置的对冲手数。

■ 等价值配比

等价值配比是一种基于合约名义价值的持仓配比方法。其核心思想是：先根据合约价格与乘数计算单手名义价值，再通过对比大小，得到最小整数化的配比关系，并结合资金规模进行放大，从而确定每次建仓的手数。

具体方法如下：

首先，计算单手名义价值：

$$\text{螺纹钢单手名义价值} = \text{螺纹钢收盘价} \times \text{螺纹钢合约乘数}$$

$$\text{原木单手名义价值} = \text{原木收盘价} \times \text{原木合约乘数}$$

以 2025 年 7 月 1 日的收盘数据为例：

1 手螺纹钢合约的名义价值：

$$3003 \times 10 = 30,030 \text{ 元}$$

1 手原木合约的名义价值：

$$787 \times 90 = 70,830 \text{ 元}$$

根据计算结果，1 手原木的名义价值大约相当于 2.36 手螺纹钢。为了保证组合的名义金额对等，最小整数配比应设定为**螺纹钢:原木=3:1**。即当交易策略发出信号时，若在原木上开仓 1 手，则需在螺纹钢上反向开仓 3 手，以保证整体持仓的名义规模均衡。

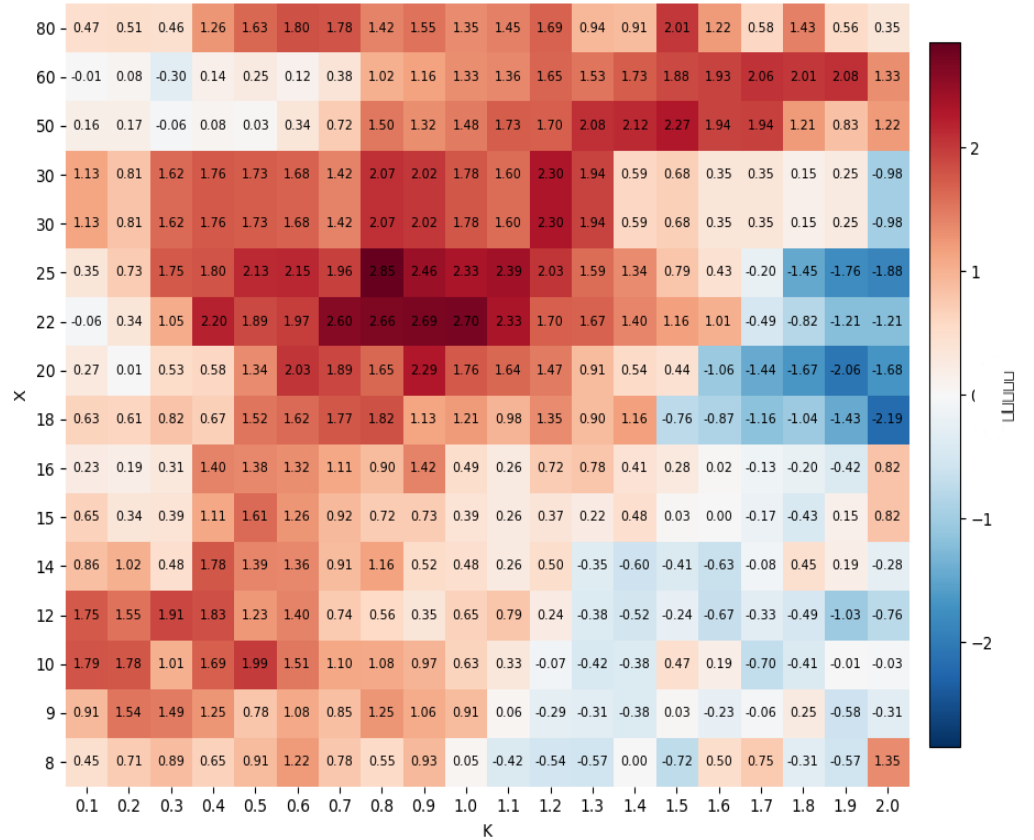
在实际策略运行中，本研究采用的等价值配比不仅仅停留在“最小配比”层面，而是结合资金规模进一步进行放大。具体而言，先以收盘价计算出最小等价值配比，再根据可用资金规模确定放大倍数，进而推导出实际下单手数。这种处理方式既保持了跨品种套利的均衡性，也能使资金利用率最大化。

需要指出的是，等价值配比在真实市场中难以实现完全精确。合约价格的波动、保证金比例的差异以及市场流动性等因素，都会对手数配比产生扰动。但在回测与实盘策略中，等价值配比依然是保证套利组合对冲效果、提升收益稳定性的重要手段。

■ 参数遍历

在确定交易所需的主要设定之后，我们进一步采用参数遍历的方法，对等价值配比策略进行稳健性检验。具体而言，考虑到回测区间，我们将滚动观测窗口 X 的取值区间设定为 8 至 80 个交易日，阈值倍数 K 的取值范围设定为 0.1 至 2.0 倍标准差，逐一计算不同参数组合下策略在统一回测区间内的夏普比率，以此作为衡量策略表现的核心指标。

图 2:不同参数组合的等价值配比策略夏普 | 单位: 无



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

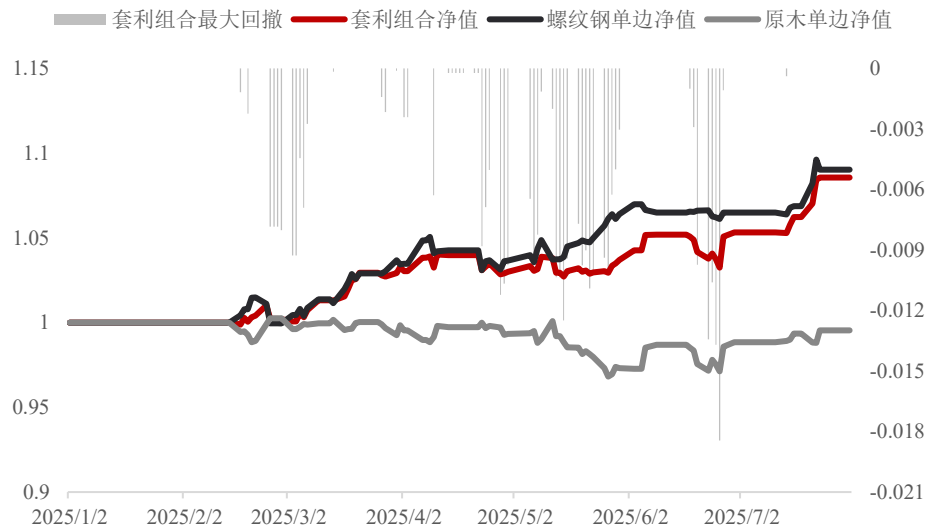
最佳策略

由参数遍历的结果可以看出，当开仓信号的触发条件设定为 $X=25$ ， $K=0.8$ 时，策略表现最佳：

- 当残差 $\varepsilon_t - \text{滚动 25 日均值} > 0.8 \times \text{滚动 25 日标准差}$ → 做空螺纹钢、多原木
- 当残差 $\varepsilon_t - \text{滚动 25 日均值} < 0.8 \times \text{滚动 25 日标准差}$ → 做多螺纹钢、空原木

此时的策略在回测期内取得了最高的夏普比率，拿到了最优的风险调整后收益表现。

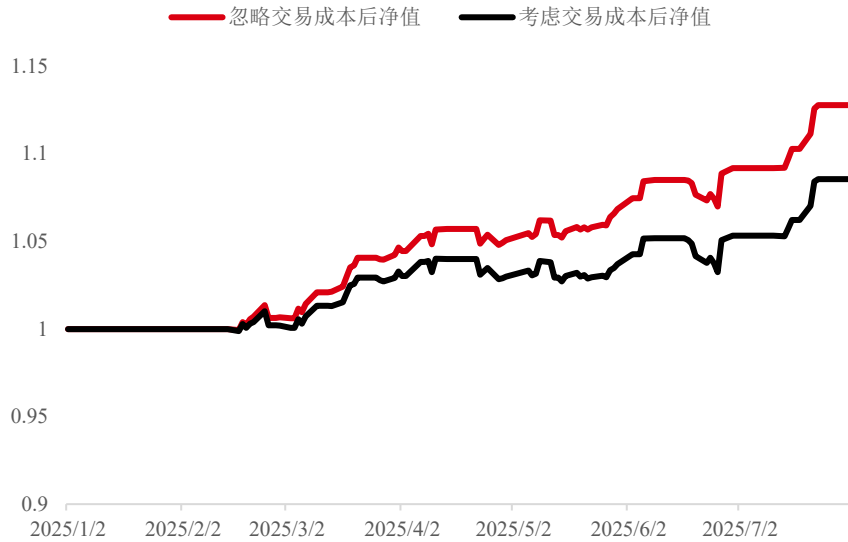
图 3: 最佳策略表现 | 单位: 无



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

为了对交易产生的成本有更直观的了解，图 4 还原了忽略滑点手续费可获得的套利收益。整体上看，策略开仓信号触发的比例为 50.71%，交易成本在可接受的范围内。

图 4: 交易成本对策略的影响 | 单位: 无



数据来源: 天软, 华泰期货研究院

表 4: 螺纹钢与原木套利策略回测表现 | 单位: 无

回测区间	区间收益	年化收益	夏普比率	Sortino 比率	最大回撤	信息比率	开仓胜率
2025.01.03- 2025.07.31	8.56%	15.93%	2.85	3.58	-1.84%	2.85	60.56%

数据来源: 天软, 华泰期货研究院

从表 3 的结果来看, 螺纹钢与原木等价值配比套利策略在 2025 年 1 月至 7 月的回测区间内整体表现稳健。策略区间累计收益为 **8.56%**, 折算年化收益约 **15.93%**。风险调整后的表现同样亮眼: 夏普比率为 **2.85**, 而 Sortino 比率达到 **3.58**, 说明策略在下行波动受限的条件下获取了更高的风险报酬。最大回撤仅 **-1.84%**, 回撤控制效果较好。逐笔开仓胜率约 **60.56%**, 在多数交易中策略能够实现正收益。

总结

上篇报告通过相关性、长记忆和非对称性分析，确认了原木与螺纹钢在产业逻辑与价格表现上的紧密联动，为跨品种套利提供了统计与基本面支撑。本篇则进一步在协整框架下验证两者长期均衡关系。在最优参数下，策略实现了年化收益近 16%、夏普比率接近 3 的表现，且回撤控制良好。

更重要的是，本篇完成了从统计关系识别→协整均衡锚定→策略落地执行的闭环，形成与上篇的呼应。研究显示，螺纹钢与原木跨品种套利不仅存在理论上的均值回归基础，也具备现实交易的风险调整收益优势。未来的研究方向将聚焦于跨期稳健性验证、动态配比机制与微观结构优化，以进一步提升策略的适应性与收益稳定性，为跨品种套利的体系化研究提供延展路径。

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