

商品期货配对交易系列（一）配对交易的理论

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：

配对交易从 1980s 诞生于 Nunzio Tartaglia 在摩根士丹利领导的由数学家、物理学家和计算机科学家的量化科研团队，随着计算机和时代的发展成为投资者熟悉的策略类型，但很多投资者并未真正理解配对交易的核心逻辑和市场适用条件。

本报告为配对交易系列报告开篇，帮助投资者梳理套利交易理论基础，并在期货的配对交易中解释配对交易的三大要素，从根本上理解配对交易的概念和策略设计原则，解释配对交易在实际运用中的风险与收益源，为投资者更好关注后续系列报告中推出的配对交易策略设计、配对交易中统计套利实证和配对交易中基本面套利的实证等系列报告作基础铺垫。

一、配对交易的起源

根据 Andrew Pole （2007）记载配对交易起源于 Nunzio Tartaglia 在摩根士丹利领导的由数学家、物理学家和计算机学家的量化科研团队，致力于利用领先的统计科学技术开发可自动交易的量化套利策略。

Ganapathy Vidyamurthy （2004）提及 1985 年，计算机技术尚未普及，每日的价格数据仍需要通过专门的工具收集记录，所以当时的交易系统属于集合了前沿的软硬件配置。Nunzio Tartaglia 在摩根士丹利的团队其中一种配对交易的策略为交易定义好的走势一致股票对，当股票对两者价差不正常时候参与交易，并采取等待价差回归正常时获利，最终在 1987 年取得了巨大的成功。

但是，据记载 Nunzio Tartaglia 在摩根士丹利的团队在 1989 年解散，团队成员的身影散落至各大基金交易公司，包括 D.E.Shaw 和 Double Alpha 两家著名基金公司的创始人也是 Nunzio Tartaglia 的助手。之后，Nunzio Tartaglia 在摩根士丹利的团队的解散也同时将配对交易的方法扩散，随着计算机技术的进步与普及，配对交易也进入个人投资者的眼帘。

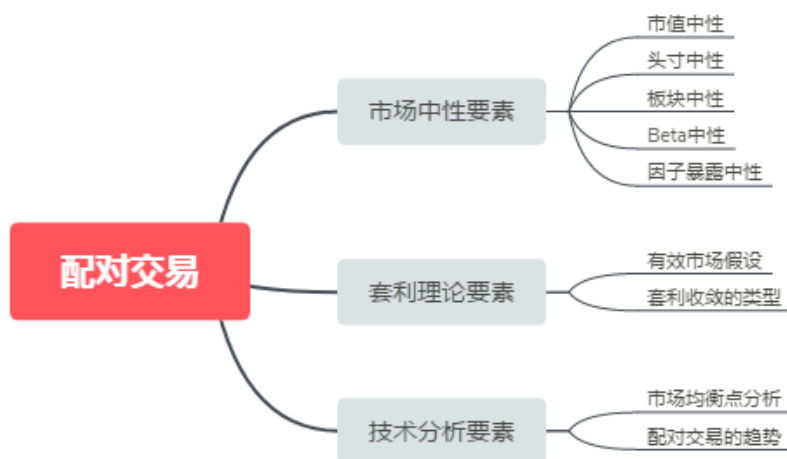
二、配对交易的三大核心要素

Douglas S. Ehrman （2006）将**配对交易**定义为：

配对交易是一种试图寻找两家（类）具有相同特征的股票（资产）超出两家（种）股票（资产）历史价格水平关系的无方向性和相对价值的投资策略。这种交易策略倾向于买入低估值股票（资产），卖出高估值的股票（资产），维持市场中性的头寸。

根据配对交易的定义列举配对交易策略的三大要素包括，**市场中性要素**、**套利理论要素**和**技术分析要素**。

图 1：配对交易的三大核心要素



数据来源：Douglas S. Ehrman （2006），华泰期货研究所

(一) 市场中性要素

从 Douglas S. Ehrman (2006) 对配对交易的定义中，可以发现配对交易是一种市场中性策略，而且是一种只包含两种资产的特殊市场中性策略。市场中性要素作为配对交易的最核心要素，为了更好理解配对交易的基础，首先将对市场中性策略进行阐述。

从**定性的角度**出发市场的中性策略可以定义为：

市场中性策略是一种包含多头头寸和空头头寸两类资产或者组合，主要收益源得益于多头头寸与空头头寸的收益的加权之和，且收益源与多头头寸与空头头寸的相互关系相关。

从**定量的角度**出发市场的中性策略可以定义为：

市场中性策略是一种与市场收益关系中性，即策略组合的收益与市场收益的情况不相关。

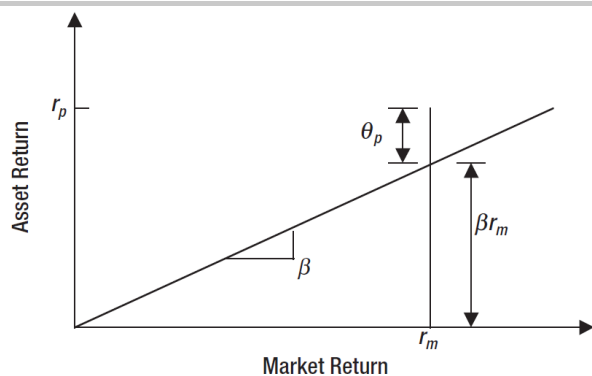
可将上述定量角度的市场中性策略定义利用资本资产定价模型 (Capital Asset Pricing Model, CAPM) 的概念具体公式化，CAPM 模型中的证券市场线 SML 概念将资产或组合收益分为市场或系统性收益和残差或非系统性收益，见公式 2.1.

$$r_p = \beta r_m + \theta_p \quad (2.1)$$

$$\beta = \frac{\text{cov}(r_p, r_m)}{\text{var}(r_m)} \quad (2.2)$$

其中 r_p 为策略组合收益， r_m 为市场收益， β 为组合与市场收益 r_m 的杠杆系数，即 βr_m 可作为策略组合收益中可以被市场收益 r_m 解释的部分， θ_p 则为残差，即策略组合收益中不能被市场收益 r_m 解释的部分，且 θ_p 的均值符合一致性预期假设为 0。

图 2: 市场中性策略组合的证券市场线



数据来源：Douglas S. Ehrman (2006)，华泰期货研究所

根据公式 2.1 把策略组合收益分为市场收益解释部分和非市场收益解释部分，当策略组合的 β 为 0 时，策略组合收益等于 θ_p ，且策略组合收益为市场收益非线性组合可解释的残差部分，即当构造策略组合的整体 β 为 0 时，策略为市场中性策略。

市场中性策略除了可以构造与市场基准保持 β 中性的策略，还可以从其它的中性原则出发，包括不仅限于市值中性策略、头寸中性策略、板块中性策略和因子暴露中性策略等，详见表 1。市场中性策略最终的目的是将希望保持中性的目标利用多空进行对冲。

表 1: 市场中性策略分类

市值中性	头寸中性	板块中性	Beta 中性	因子暴露中性
市值中性策略是最常见的中性策略，买入相等金额的多头头寸与空头头寸构建组合	头寸中性策略需要交易相等数量份数的多头头寸和空头头寸构建组合	板块中性策略将依据板块构建板块内部的中性策略，防止构建市场中性策略时对某些板块暴露过于集中	Beta 中性策略构造与市场基准 Beta 值为零的市场中性策略，无论市场涨跌依然可以获得多头与空头头寸组合的超额利润	因子暴露中性策略将不局限于板块或者市场基准，以某类超额收益的有效因子中性构建多头与空头头寸。

数据来源：Douglas S. Ehrman (2006)，华泰期货研究所

市场中性策略误区：

市场中性策略被部分投资认为是无风险策略，但从上述市场中性策略的定义和构造方法可以发现，无论那种市场中性策略并非对冲所有风险，只是对冲某部分市场的风险暴露或者系统性风险。

(二) 套利理论要素

根据配对交易的最基本定义总结，是在市场上寻找错误定价，通过买入资产头寸同时卖出另一资产头寸获得利润。参考金融市场理论基石——有效市场假说，在国内外学者研究配对交易的相关文献都有提及，包括 Douglas S. Ehrman (2006) 和 Ganapathy Vidyamurthy (2004) 也论证有效市场假说的重要性。

有效市场的条件是：

- (1) 投资者都利用可获得的信息力图获得更高的报酬；
- (2) 证券市场对新市场信息的反应迅速而准确，证券价格能完全反应全部信息；
- (3) 市场竞争使证券价格从旧的均衡过渡到新的均衡，而与新信息相应的价格变动是相互独立的或随机的。

有效市场假说将市场划分为弱式有效市场、半强式有效市场和强式有效市场，具体定义和分类见表 2。从有效市场假说的定义和前提条件，只要市场价格一旦出现错误定价或者

偏离内在价值，市场套利者将抓住机会迅速买入或卖出资产知道价格回归合理水平。1976年，美国学者斯蒂芬·罗斯在《经济理论杂志》中便以有效市场理论为基础，用数学方法推演出了套利定价模型（APT）。

表 2: 有效市场假说分类

	弱式有效市场	半强式有效市场	强式有效市场
定义	市场价格已充分反映出所有过去历史的证券价格信息，包括股票的成交价、成交量，卖空金额、融资金额等；	价格已充分反映出所有已公开的有关公司营运前景的信息。这些信息有成交价、成交量、盈利资料、盈利预测值、公司管理状况及其它公开披露的财务信息等。假如投资者能迅速获得这些信息，股价应迅速作出反应。	价格已充分地反映了所有关于公司营运的信息，这些信息包括已公开的或内部未公开的信息。
推论	如果弱式有效市场假说成立，则股票价格的技术分析失去作用，基本分析还可能帮助投资者获得超额利润。	半强式有效假说成立，在市场中利用基本面分析则失去作用，内幕消息可能获得超额利润。	没有任何方法能帮助投资者获得超额利润，即使基金和有内幕消息者也一样

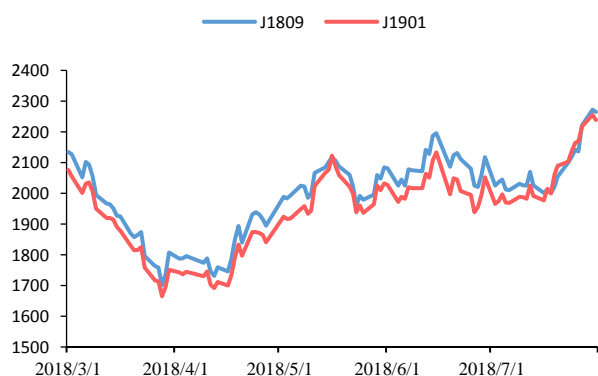
数据来源：Douglas S. Ehrman（2006），华泰期货研究所

但后来有效市场假说和套利定价模型由于部分市场现象难以解释，例如市场动量因子的有效现象、市场趋势的存在，也受到很多市场投资者的质疑，随而产生了行为金融理论作为补充。

市场存在套利交易机会

无论如何，市场的确存在套利机会或资产价格的偏离现象，说明在市场价格产生偏离或者存在套利机会的时候，并未能完全反映市场的全部信息，即在配对交易中，两类资产或者组合偏离它们原有的均衡关系。

图 3: 焦炭 1809 与焦炭 1901 期货价格走势 单位：元/吨



数据来源：Wind，华泰期货研究所

图 4: 焦炭 1809 与焦炭 1901 期货价差走势 单位：元/吨



数据来源：Wind 华泰期货研究院

收敛性为配对交易的重要特征

前文提到的市场中性是配对交易框架的重要要素，而收敛性则是配对交易的重要特征、获得收益的源动力。配对交易的头寸是建立在投资者认为市场价格出现相对的偏离，且认为价格将收敛于投资认为的市场的合理价格或相对关系。

配对交易中收敛特征的分类

为了更好的理解配对交易的收益源，将配对交易中收敛特征可分为绝对收敛、理论收敛和隐含收敛。

表 3: 配对交易隐含收敛特征分类

	绝对收敛	理论收敛	隐含收敛
定义	绝对收敛常见于指数套利、期现套利等，价差随着时间变化或到期日的临近，金融衍生品价格将收敛于标的物的价格	理论收敛主要由基本面逻辑提供支持，在假定的条件情况保持不变下，存在收敛的趋势，但同时受风险因子影响，有可能不出收敛的情况。	隐含收敛在偏离历史价差均值水平或均衡相对价值关系水平，在未来一段时间内向历史均值水平或均衡相对价值关系水平收敛。

数据来源：Douglas S. Ehrman（2006），华泰期货研究所

绝对收敛特征

若以指数期货解释绝对收敛特征，可以从沪深 300 期货合约看出，沪深 300 期货以沪深 300 指数为标的物，并且最终交割为现金交割。

表 4: 沪深 300 指数期货合约

沪深 300 股指期货合约表

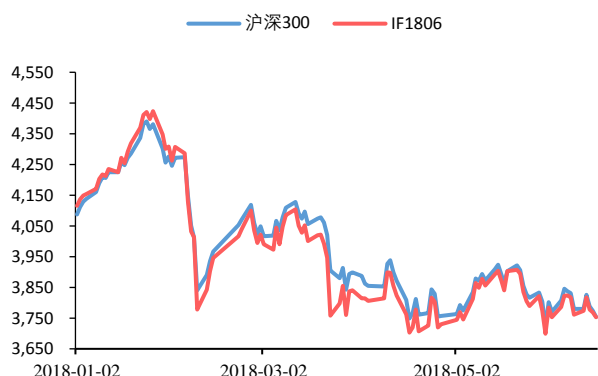
合约标的	沪深 300 指数	最低交易保证金	合约价值的 8%
合约乘数	每点 300 元	最后交易日	合约到期月份的第三个周五，遇国家法定假日顺延
报价单位	指数点	交割日期	同最后交易日
最小变动价位	0.2 点	交割方式	现金交割
合约月份	当月、下月及随后两个季月	交易代码	IF
交易时间	上午：9:30-11:30，下午：13:00-15:00	上市交易所	中国金融期货交易所
每日价格最大波动限制	上一个交易日结算价的 $\pm 10\%$		

数据来源：中国金融期货交易所 华泰期货研究所

沪深 300 指数期货的现金交割方式计算方式根据《中国金融期货交易所沪深 300 股指期货合约交易细则》第六次修订版本，沪深 300 指数期货合约最后现金交割结算价为最后交易日的指数最后 2 小时的算术平均价格，且计算结果保留至最后两位小数。

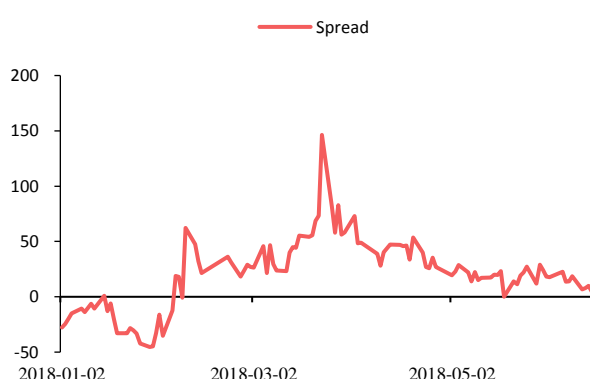
图 5、6 的沪深 300 指数与沪深 300 指数期货的走势与价差水平的变化，正体现了由于沪深 300 指数期货合约设置的标的物与现金交割原则，随着临近交割日到来，沪深 300 指数期货价格将收敛于它合约设定标的沪深 300 指数。

图 5: 沪深 300 指数与沪深 300 指数期货走势



数据来源: Wind, 华泰期货研究所

图 6: 沪深 300 指数与沪深 300 指数期货价差



数据来源: Wind 华泰期货研究院

符合商品交易所交割标准的期货同样具有与指数期货类似收敛特征，由于商品交易所实施实物交割，期货价格在临近交割时向现货价格收敛，但收敛的目标价格应为现货价格加上交割成本，并且在绝对价格的收敛精度不如指数期货。

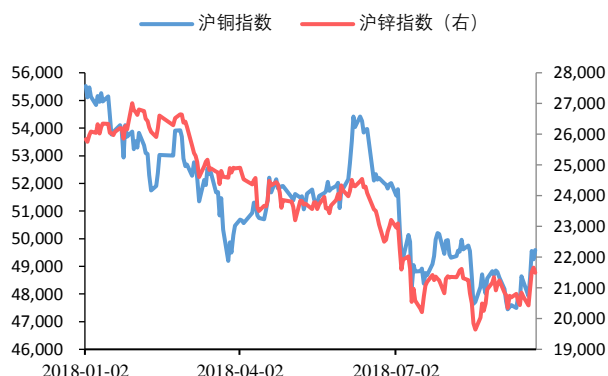
理论收敛特征

理论收敛特征是从基本面逻辑出发，在假设不变条件下，存在理论收敛的趋势，但同时也受风险因子的影响，造成最终结果可能不收敛的情况，例如产业套利中产业利润水平、生产工艺配方和上下游产业情况等均可能成为产业套利不收敛的风险因子。

隐含收敛特征

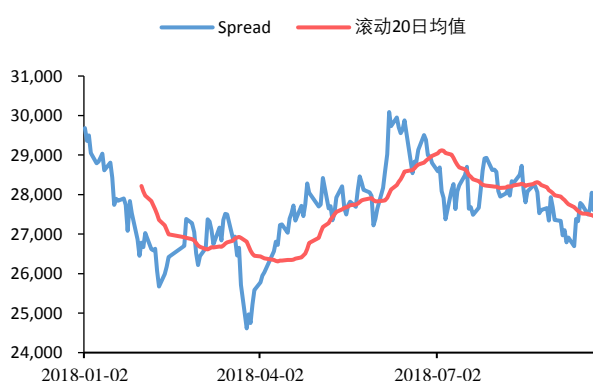
隐含收敛特征从定义中得知，当价格产生偏离的时候，最终会向投机者预设的均衡价格水平收敛，包括由历史均值计算均衡价格或相对价值的均衡水平。具体可以参考图 7、8 的跨品种价格走势和价差收敛特征。

图 7: 沪铜指数与沪锌指数的价格走势 单位: 元/吨



数据来源: Wind, 华泰期货研究所

图 8: 沪铜指数与沪锌指数的比值走势 单位: 元/吨



数据来源: Wind 华泰期货研究院

由于铜与锌同属基本金属板块, 价格受某些基本金属共同因子影响程度类似, 但同时品种自身也存在相对独立的噪音信息会影响各自价格水平, 跨品种价差水平在既定的历史均值水平上下范围波动, 当价差偏离均值一定范围, 就会产生隐含收敛特征。基于隐含收敛特征将收敛于市场所有投资参与者共同决定的真实均衡价格, 所以实际收敛效果取决于均衡价格水平的预估。

收敛特征的风险

上述三种收敛特征, 除了绝对收敛特征以外, 理论收敛和隐含收敛特征都属于非确定收敛类型, 所以对于配对交易投资者来说, 最大的风险是不收敛性。以隐含收敛特征交易者来说, 他们建立配对交易头寸基于相信配对价差的偏离是短暂行为, 随着时间推移将向交易者设定的均衡价格收敛, 但预估的均衡价格水平并非实际市场均衡价格, 存在不收敛的风险。

(三) 技术分析要素

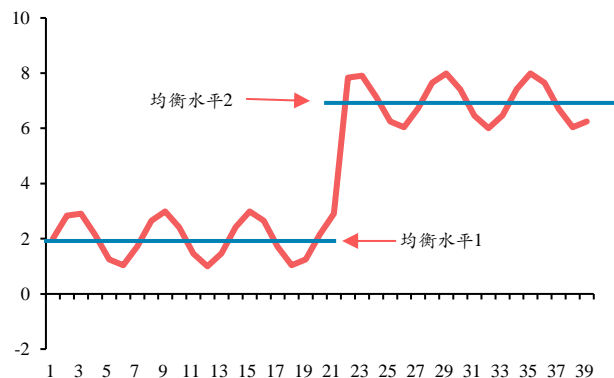
技术分析要素主要用于如何将市场中性要素和套利理论要素应用在历史回溯与真实交易中, 将理论转化实际操作, 包括**配对交易的市场均衡点**和**配对交易的价差趋势**。

配对交易的市场均衡点

均衡水平的确定是配对交易中的技术分析终极目标之一, 根据配对交易的定义和配对交易的市场中性要素和套利理论要素, 配对交易利用价格偏离, 买入低估值股票(资产), 卖出高估值的股票(资产), 维持市场中性的头寸, 所以确定价格均衡水平关系到资产价格是否真实偏离和偏离程度, 即为配对交易交易的核心之一。

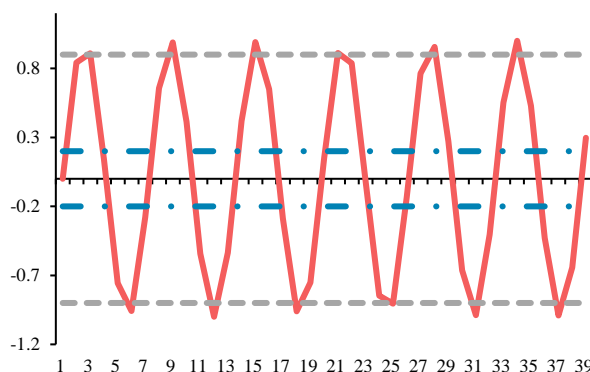
图 9 可知，假设配对交易的市场均衡价格受配对品种或组合的重要属性影响，例如股票的主营范围变更，期货的交割标的标准变化，市场均衡点由均衡水平 1 变为均衡水平 2。投资者如果还按均衡价格 1 进行配对交易，策略将无法获得利润。

图 9：配对交易的市场均衡点



数据来源：Wind，华泰期货研究所

图 10：配对交易的价差趋势



数据来源：Wind 华泰期货研究院

配对交易的价差趋势

除了确定价格均衡水平，错误价格偏离的趋势程度及其收敛时间选择，决定了配对交易的效用。假设投资者能够确定真实价格的均衡水平，把握正确的配对交易价差趋势，有利于提高配对交易策略实际效用，即配对交易择时的选择。

从图 10 总可得，假设投资者能正确估计均衡价格在零值附近，但如果错误估计价差的趋势，在偏离 0.2 的时候就判断价差趋势收敛，将比正确的偏离程度 0.9 附近，效率大为降低，虽然最终价格水平将回归至均衡价格零值附近，但大部分时间在承担错误判断价差趋势的偏离损失。

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