

# 中美股市跨市场配对交易实证分析<sup>\*</sup>

徐 杰<sup>1</sup>,周志中<sup>2</sup>

(<sup>1,2</sup>上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030)

**摘要:**量化交易的核心思想是用数学模型替代主观判断,通过挖掘历史数据,来开发一套正期望值的交易信号系统,配对交易是典型的量化交易策略。配对交易是基于统计套利,利用了两个资产的短暂价格偏离,进行风险对冲以获取两个资产的 Alpha 收益。由于中美经济关联度很大,两国股市间存在着联动性,基于此,本文根据配对交易的思想在中美股市进行跨市场交易。本论文贡献在于提出了以往甚少研究的跨市场配对交易策略,并通过实证研究证明了该策略具有一定的有效性。

**关键词:**量化投资;配对交易;算法交易;中美金融市场联动

**JEL 分类号:**G11 **中图分类号:**F830.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-1428(2019)08-0026-05

**DOI:**10.13910/j.cnki.shjr.2019.08.003

在经济全球化的今天,美国作为世界最大的经济体,它的政治活动和经济政策成为影响中国股市走势的重要因素。近年来,中美股市的联动性不断增强,不论是政治经济政策的发布还是宏观数据的公布,对中美股市的影响方向几乎相同。

在外部环境影响愈发严重的情况下,单一研究国内股票市场的量化选股模型,效果往往并不理想。而通过量化的方法挖掘美国股市和中国股市的内在联系,对传统的量化投资模型进行改进,则是全球化背景下一个新的研究热点。本论文旨在利用中美股市内在联系,根据配对交易的思想在中美股市进行跨市场交易,在 A 股做多的同时在美股做空 A 股的配对美股,来避免 A 股市场的做空限制。实证研究证明该策略具有一定的有效性。

量化投资模型在国内有着很长的发展历史。其相关量化基金的投资策略大致可以分为两类:判断趋势型和判断波动率型。其中,判断波动率型投资策略是通过套利的办法,试图消除系统性风险,来赚取稳健的收益。虽然从理论上很多量化模型都可以取得显著的收益,但由于客观条件的限制,很多模型的实际表现并不尽如人意。

配对交易是常用的判断波动率型投资策略,主要是基于两只股票的价差来盈利。配对交易的基本原理是:两个具有高度协整关系的股票,股价价差长期来看会比较稳定,但稳定性有时会因投资者的不理性交易而打破,导致价差扩大。而配对交易就是利用价差的扩大来操作交易:同时建立多头和空头头寸,卖空相对高估的股票,买入相对低估的股票,等待价差收

<sup>\*</sup> 本研究受国家自然科学基金资助,基金号依次为:71771148、71371121、71531010、71421002。

收稿日期:2019-03-16

作者简介:徐杰(1993-),男,上海交通大学安泰经济与管理学院在读硕士;

周志中(1975-),男,博士,上海交通大学安泰经济与管理学院副教授。

敛;价差收敛后,同时将多空头寸平仓,就可以获得收益。举例来说,农业银行和中国银行的股票价差长期以来比较稳定,可以作为配对股票。假如农业银行股价短时间大幅上涨,使得二者的价差偏离了均值,则在融券卖出农业银行股票的同时融资买入中国银行股票,当价差回归均值时同时平仓。配对交易模型的缺陷在于,在A股市场实现做空非常艰难,主要有以下原因:做空工具不丰富、资金无法灵活进出、投资门槛高及交易限制多。由于A股市场中诸多的卖空限制,融券标的稀少,极大影响了配对交易的应用价值。因此需要在实现策略上进行改进。

随着中美两国之间经济联系日益紧密,美国股市对中国股市的影响越来越大。尤其是QDII实施后,美国股市对中国股市产生持续影响。从投资者的角度出发,通过研究中美股市之间的内在联系,将配对交易思想应用到跨市场投资中,可以尽量消除配对交易的缺陷,提高选股策略的表现和可行性。中美股市跨市场配对交易策略的核心思想是,寻找中美股市间具有高度协整关系的股票进行配对。具体操作步骤为:通过使调仓日前一个月内的标准化的中美股票价格序列间的平方距离最小化来选取相应的配对,并将平方距离最小的配对股票定义为“相似”股票。计算调仓日前一个月内的标准化的“相似”股票的价差均值和调仓当日标准化股票价差,并用两者的差值来反映A股目前的低估程度,并产生交易信号。当产生交易信号时,持有“相似股票”中的A股,卖空“相似股票”中的美股,保持这样的头寸直到交易信号消失或在当月的交易期结束后退出交易,然后在下一个调仓日重复上述过程。

本文选取A股与美股市场的股票为样本,通过跨市场进行配对交易来构建投资组合,并检验其在2016年至2018年的市场表现,探讨该策略的投资风险和可行性。经过实证分析,跨市场的配对交易策略在近3年都取得了稳定的超额收益,说明了策略具有一定的有效性和稳健性。

## 一、文献综述

通过对现有文献的梳理,相关研究主要集中在四个方面。

### 1. 量化投资

量化投资是运用现代统计学和数学的方法,从大量的历史数据中寻找并获得超额收益的一种投资策略。投资者通过计算机程序,严格按照这些策略所构建的数量化模型进行投资并形成回报。

目前,常见的量化投资策略大致有以下几种(表1)。

表1 量化投资策略分类

| 类型  | 方法     | 具体策略             |
|-----|--------|------------------|
| 判断  | 量化选股   | 多因子、风格轮动、行业轮动等   |
| 趋势型 | 量化择时   | 趋势追踪、市场情绪、时变夏普率等 |
|     | 股指期货套利 | 期限套利、跨期套利等       |
| 判断波 | 商品期货套利 | 期限套利、跨期套利、跨市场套利等 |
| 动率型 | 统计套利   | 配对交易、股指套利、融券套利等  |
|     | 期权套利   | 转换套利与反向套利、跨式套利等  |

其中,判断趋势型是一种高风险、高收益的投资方式,如果判断大盘或者个股的趋势是向上则做多,反之则做空。如果是盘整的话,则高抛低吸。判断波动率型则是一种统计套利的投资方式,也叫作对冲交易。

### 2. 配对交易

配对交易的主要原理是:如果两只股票具有较高的相关性且在未来时期继续保持,一旦两只股票的走势产生背离,且这种背离在未来会得到纠正,那么就可能产生套利的机会。配对交易的理论基础是统计套利,而经过市场验证,我国A股市场弱有效性不成立,存在统计套利。因此如果没有卖空限制,配对交易是可以在A股市场获利的。

配对交易主要有最小化偏差平方和方法、协整方法和随机价差方法。

最小化偏差平方和方法,是用与给定股票价格时间序列的价差平方和最小的股票构成股票对,相应的阈值是配对股票价差序列的样本标准差的二倍,超过阈值则进行交易。

协整法是通过利用资产之间的协整关系,对配对交易使用参数化交易规则。Engle and Granger(1987)用协整理论为配对交易建立一个参数化的模型,而Vidyamurthy(2004)则尝试将这个模型应用到规则交易中。

随机价差法是Elliott et al.(2005)提出,运用随机价差模型进行配对交易。这种方法抓住了配对交易的核心即均值回复性,并且由于该回复具有连续性,因此可以用于预测。

### 3. 中美股市的相依性

研究股市相依性的方法主要有以下几类:第一类是基于协整理论的方法,Engle and Granger(1987)采用协整理论揭示了时间序列变量间的长期稳定关系。第二类是基于Copula理论的尾部相依性分析法,Jondeau和Rockinger(2006)运用student-t copula对欧美股市间的相关性进行了分析。第三类是基于马尔科夫机制的转换法。Kim, Nelson和Startz(1998)运用三状态Markov模型,对美国股市月收益数据的生成过程进行了研究。除此之外,还可以对基础方法进行整合,

吴鑫育等(2018)利用基于 Markov 机制转换 Copula 模型,对中国股票市场的波动率聚集性进行了研究。

西村友作(2009)通过实证分析,发现中国股票市场对美国股票市场有单方向波动溢出效应。王一帆等(2011)发现,QDII 实施后中美股市间存在长期稳定均衡关系,而且在金融危机后美国股市对中国股市具有单向影响关系。赵若瑜(2017)则通过研究中国内地、美国、英国、日本以及中国香港地区股市之间的关系,发现上证综合指数与道·琼斯指数、伦敦金融时报指数、日经 225 指数和香港恒生指数之间存在协整关系,即中国内地股票市场与上述四种指数为代表的国际股票市场存在联动性。

这些研究加深了我们对中美股市间协整关系的理解,也是下文利用美国股市标的并在中国股市实现配对交易的文献基础。

## 二、实证分析

A 股市场融资融券卖空进行限制,是导致配对交易作用受限的主要原因。2015 年的“股灾”,使得限制甚至禁止融券卖空的声音甚嚣尘上。此后,很多大中型券商暂停了融券券源供给,上海证券交易所和深圳证券交易所将融券交易规则从 T+0 改为 T+1,很大程度上对融券卖空进行了限制。因此我们需要研究,在这些限制客观存在的情况下,在 A 股市场进行配对交易的方法。

我们尝试通过挖掘中美股市的相关性,来进行统计套利。由于 A 股市场中融券标的稀缺,很多情况下我们难以进行传统意义上的配对交易,因此我们希望进行跨市场配对交易,在容易做空的美股市场进行做空,在 A 股市场进行做多。

### 1. 股票配对

配对交易在资本市场的作用已经得到市场验证,我们采用最小化偏差平方和这种非参数化的方法进行股票配对。为了提高策略的可解释性,我们在同行业内股票中对中美股票进行配对。股票行业划分的依据是 Wind 一级行业,具体如下表所示。

表 2 Wind 一级行业列表

| 行业代码 | 行业名称 | 行业代码 | 行业名称 |
|------|------|------|------|
| 10   | 能源   | 35   | 医疗保健 |
| 15   | 材料   | 40   | 金融   |
| 20   | 工业   | 45   | 信息技术 |
| 25   | 可选消费 | 50   | 电信服务 |
| 30   | 日常消费 | 55   | 公用事业 |

在同一行业内,计算每一只 A 股的配对美股。首先我们要规定一个配对的形成期,即选取多久的时间

长度进行股票配对。确定形成期后,我们需要将股票价格序列进行数据标准化。设定股票 i 的价格序列为  $\{P_{it}\}$ ,标准化的方法为:

$$P_{it}^* = \frac{P_{it} - E(P_{it})}{\sigma_i} \quad (1)$$

$E(P_{it})$ 和  $\sigma$  分别为  $P_{it}$  的期望值与标准差。其中:

$$E(P_{it}) = \frac{\sum_{t=1}^N P_{it}}{N} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (P_{it} - E(P_{it}))^2}{N}} \quad (3)$$

数据标准化后,我们要确定形成期和交易期。形成期指选取多久的时间长度进行配对距离计算,交易期指选取多久的时间长度进行交易。以每个交易日前一个月做为形成期,按月调仓,采用最小化偏差平方和的方法来进行配对。对每只 A 股 i,计算它与美股 j 的配对距离 d。形成期内 A 股的股价序列为  $\{C_{it}\}$ ,美股的股价序列为  $\{U_{jt}\}$ ,则具体计算公式如下:

$$d = \sum_{t=1}^N (C_{it} - U_{jt})^2 \quad (4)$$

选取配对距离最小的美股,作为给定 A 股的配对股票,并记录配对距离,部分配对数据见表 3。

表 3 中美股市股票配对表

| 配对日期       | A 股代码     | 美股代码   | 配对日期       | A 股代码     | 美股代码   |
|------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|
| 2018-02-01 | 600847.SH | WPRT.O | 2018-02-01 | 600074.SH | RENN.N |
| 2018-02-01 | 600420.SH | BASIO  | 2018-02-01 | 002456.SZ | RENN.N |
| 2018-02-01 | 600289.SH | WSTGO  | 2018-02-01 | 600679.SH | REVG.N |
| 2018-02-01 | 300497.SZ | ADVMO  | 2018-02-01 | 002618.SZ | RENN.N |
| 2018-02-01 | 002139.SZ | RENN.N | 2018-02-01 | 300381.SZ | VVUS.O |
| 2018-02-01 | 002583.SZ | LKM.N  | 2018-02-01 | 300684.SZ | CTSH.O |
| 2018-02-01 | 600091.SH | FRTA.O | 2018-02-01 | 002090.SZ | PLUG.O |
| 2018-02-01 | 603938.SH | FRTA.O | 2018-02-01 | 002076.SZ | CTRN.O |
| 2018-02-01 | 002478.SZ | FRTA.O | 2018-02-01 | 002418.SZ | PVH.N  |
| 2018-02-01 | 600388.SH | MG.N   | 2018-02-01 | 002758.SZ | CELC.O |
| 2018-02-01 | 002571.SZ | PIR.N  | 2018-02-01 | 601668.SH | IIIN.O |
| 2018-02-01 | 300256.SZ | VERIO  | 2018-02-01 | 000663.SZ | GHC.N  |
| 2018-02-01 | 000913.SZ | HOV.N  | 2018-02-01 | 601009.SH | HDB.N  |
| 2018-02-01 | 002609.SZ | GRVY.O | 2018-02-01 | 601998.SH | CPTA.O |
| 2018-02-01 | 000952.SZ | ODT.O  | 2018-02-01 | 600654.SH | PDFS.O |

### 2. 股票选择

在每个调仓日期,按照股票配对的结果,通过配对距离对 A 股市场的三千多只股票进行排序,选取配对距离最小的股票,作为当月的配对股票。

### 3. 交易信号计算

在交易期内,每个交易日 A 股 i 标准化之后的股价为  $C_i$ ,配对美股 j 标准化之后的股价为  $U_j$ ,该交易

日前 25 天内 A 股的股价序列为 $\{C_{it}\}$ , 美股的股价序列为 $\{U_{jt}\}$ , 则交易信号  $m$  的计算方法为:

$$m = (\ln U_j - \ln C_i) - E(\ln U_j - \ln C_i) \quad (5)$$

其中  $\ln U_j - \ln C_i$  表示调仓日配对美股  $j$  与 A 股  $i$  的股价对数的价差,  $E(\ln U_j - \ln C_i)$  表示形成期内配对美股  $j$  与 A 股  $i$  的股价对数价差的期望值, 计算公式如下:

$$E(\ln U_j - \ln C_i) = \frac{\sum_{t=1}^N (\ln U_{jt} - \ln C_{it})}{N} \quad (6)$$

当  $m > 0$  时产生交易信号, 表示 A 股处于相对低估状态, 美股处于相对高估的状态, 持有 A 股头寸, 并同时卖空配对美股头寸。保持这样的头寸, 直到  $m < 0$  或者交易期结束退出交易。

#### 4. 模型回测

本研究的股票数据取自 Wind 资讯网, 时间区间选取 2018 年 1 月到 12 月, 股票样本选取 A 股以及美国纽交所以及纳斯达克上市的全部股票。模型表现如表 4 所示。

表 4 2018 年配对模型多空收益

| 月份 | A 股代码     | 美股代码   | 多头(%)  | 空头(%) | 总收益(%) |
|----|-----------|--------|--------|-------|--------|
| 1  | 000599.SZ | SBGL.O | 4.06   | 0.50  | 2.28   |
| 2  | 600847.SH | WPRT.O | 5.74   | 5.51  | 5.625  |
| 3  | 600733.SH | HHS.N  | 0.00   | 8.72  | 4.36   |
| 4  | 300536.SZ | LDL.N  | -5.10  | 3.34  | -0.88  |
| 5  | 002354.SZ | TESS.O | 1.68   | 0.85  | 1.265  |
| 6  | 300509.SZ | MIDD.O | -12.50 | 0.94  | -5.78  |
| 7  | 600525.SH | RTN.N  | -0.02  | 4.98  | 2.48   |
| 8  | 000557.SZ | ULH.O  | -2.47  | -6.30 | -4.385 |
| 9  | 000063.SZ | CSGP.O | 2.55   | 1.93  | 2.24   |
| 10 | 300684.SZ | EGAN.O | 3.35   | 0.00  | 1.675  |
| 11 | 600309.SH | TRQ.N  | 3.51   | 18.80 | 11.155 |
| 12 | 300237.SZ | NOC.N  | -1.72  | 4.81  | 1.545  |
| 累计 |           |        | -0.92  | 44.08 | 21.58  |

从表中可以得出, 中美股市配对模型是可获利的技术策略。该模型在 12 个交易日里有 9 个月取得了正的收益, 总收益达到了 21.58%。

#### 5. 稳健性检验

我们在 2016 年和 2017 年用同样的策略进行投资组合构建, 并统计中美股市配对模型在 2016 年到 2017 年的累计收益情况。具体模型表现如表 5 和表 6 所示。

表 5 2016 年配对模型多空收益

| 月份 | A 股代码     | 美股代码  | 多头(%) | 空头(%) | 总收益(%) |
|----|-----------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 002508.SZ | EAT.N | 10.61 | -0.52 | 5.045  |
| 2  | 601328.SH | LFC.N | 1.57  | -0.53 | 0.52   |
| 3  | 000985.SZ | AKS.N | 2.96  | 0.21  | 1.585  |
| 4  | 300536.SZ | LDL.N | -2.98 | 7.41  | 2.215  |
| 5  | 603028.SZ | OLN.N | 6.84  | 0.16  | 3.5    |

|    |           |        |       |       |        |
|----|-----------|--------|-------|-------|--------|
| 6  | 600546.SH | CHKR.N | -0.97 | 14.04 | 6.535  |
| 7  | 002516.SZ | GME.N  | 1.18  | 5.01  | 3.095  |
| 8  | 000429.SZ | JASN.O | -1.46 | 3.56  | 1.05   |
| 9  | 000738.SZ | GSH.N  | -8.34 | 5.97  | -1.185 |
| 10 | 600738.SH | NATH.O | 3.35  | -3.85 | -0.25  |
| 11 | 600673.SH | FBR.N  | -1.56 | -1.24 | -1.4   |
| 12 | 600750.SH | MNK.N  | 5.72  | -4.17 | 0.775  |
| 累计 |           |        | 16.92 | 26.05 | 21.485 |

表 6 2017 年配对模型多空收益

| 月份 | A 股代码     | 美股代码   | 多头(%) | 空头(%) | 总收益(%) |
|----|-----------|--------|-------|-------|--------|
| 1  | 000063.SZ | HNRG.O | 3.61  | -0.97 | 1.32   |
| 2  | 300517.SZ | TRMD.O | 1.32  | -2.66 | -0.67  |
| 3  | 600377.SH | COL.N  | 0.33  | 1.36  | 0.845  |
| 4  | 300536.SZ | LDL.N  | 10.03 | 4.74  | 7.385  |
| 5  | 600103.SH | DRD.N  | -1.97 | 5.75  | 1.89   |
| 6  | 000078.SZ | SCPH.O | -2.37 | 3.42  | 0.525  |
| 7  | 603203.SH | WCN.N  | 0.00  | 1.05  | 0.525  |
| 8  | 600971.SH | ENB.N  | 3.33  | 0.93  | 2.13   |
| 9  | 002886.SZ | WLK.N  | 3.02  | -5.74 | -1.36  |
| 10 | 002594.SZ | HLN    | -0.81 | 1.78  | 0.485  |
| 11 | 002475.SZ | ORCL.N | 4.46  | -0.79 | 1.835  |
| 12 | 300199.SZ | ATHX.O | -0.72 | 2.17  | 0.725  |
| 累计 |           |        | 20.23 | 11.04 | 15.635 |

从模型表现来看, 中美股市配对模型在 2016 年到 2017 年都取得了稳定的收益, 且和 2018 年的表现相近, 说明模型有一定的稳健性。

### 三、结论与展望

我们通过最小化偏差平方和方法, 在同行业内将美股和 A 股进行配对, 通过计算股价对数价差的变动来判断交易信号, 进而在 A 股做多的同时在美股做空 A 股的配对美股, 以避免 A 股市场的做空限制, 并获取稳定的收益。

通过实证分析, 中美股市配对策略是有效的。在 2016、2017、2018 这三年, 配对模型分别取得了 21.485%、15.635%、21.58% 的收益。

本文通过对跨市场配对策略的研究, 利用中美股市的协整关系进行跨市场配对交易, 既集成了配对交易的优点, 又考虑了美国股市对 A 股市场的影响, 为统计套利开拓了新思路。

通过挖掘不同市场股票间的内在联系来指导投资, 还有很多可以继续探索的方向。我们利用中美股市的关联性研究了跨市场配对交易的有效性, 而中欧股市是否存在类似的关联效应还未进行深入研究。这些都是未来值得研究的课题。

参考文献:

[1]吴振翔,陈敏.中国股票市场弱有效性的统计套利检验.系统工程理论与实践,2007(2):92—98.

[2]Gatev E, Goetzmann W N, Rouwenhorst K G. Pairs Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule [J]. Review of Financial Studies, 2006,19 (3):797—827.

[3]Engle R F, Granger C W J. Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing [J]. Econometrics, 1987(55):251—276.

[4]Vidyamurthy G. Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis [M]. Chichester:John Wiley&Sons, 2004.

[5]Elliott R J, van der Hoek J, Malcolm W P. Pairs Trading. Quantitative Finance, 2005 5(3):271—276.

[6]Eric J, Michael R. The Copula-GARCH Model of Conditional Dependencies: An International Stock

Market Application [J]. Journal of International Money and Finance, 2006, 25(5):827—853.

[7]Chang J K, Charles R N, and Richard S. Testing for Mean Reversion in Heteroskedastic Data Based on Gibbs-sampling-augmented Randomization[J]. Journal of Empirical Finance, 1998, 5(2):131—154.

[8]吴鑫育,李心丹,马超群.中国股票市场的波动率聚集性研究——基于 Markov 机制转换 Copula 模型的实证分析[J]. 系统管理学报, 2018, 27(4):644—650.

[9]西村友作.中美两国股票市场联动性研究——基于 CCF 检验法的新证据[J]. 经济评论,2009(2): 43—49.

[10]赵若瑜.我国股票市场指数与国际股票市场主要指数的联动性研究——基于协整分析.时代金融,2017(14):156—157.

(责任编辑:万阿俊)

(上接第 25 页)

参考文献:

[1]白重恩,钱震杰.国民收入的要素分配:统计数据背后的故事[J].经济研究,2009(3):27—41.

[2]白重恩,钱震杰.我国资本收入份额影响因素及变化原因分析[J].清华大学学报,2009(4):137—147.

[3]白重恩,张琼.中国生产率估计及其波动分解[J].世界经济,2015(12):3—28.

[4]CCER“中国经济观察”研究组.我国资本回报率(1978~2006)[J].经济学(季刊),2007(3):723—758.

[5]方文全.中国的资本回报率有多高? [J].经济学(季刊),2012(2):521—540.

[6]黄先海,杨君,肖明月.资本深化、技术进步与资本回报率:基于美国的经验分析[J].世界经济,2012(9):3—20.

[7]贾润崧,张四灿.中国省际资本存量与资本回报率[J].统计研究,2014(11):35—42.

[8]孙文凯,肖耿,杨秀科.资本回报率对投资率的影响:中美日对比研究[J].世界经济,2010(6):3—24.

[9]吴国培,王伟斌,张习宁.新常态下的中国经济增长潜力分析[J].金融研究,2015(8):46—63.

[10]俞俏萍.经济均衡发展视野的“脱实向虚”治理[J].改革,2017(4):70—79.

[11]张勋,徐建国.中国资本回报率的驱动因素[J].经济学(季刊),2016(4):1081—1112.

[12]Bai, C; Hsieh, C. and Qian, Y. "The Return to Capital in China", Brookings Papers on Economic Activity,2001(2):61—88.

[13]Hall, R., and D. Jorgenson. "Tax Policy and Investment Behavior", American Economic Review, 1967,57(3):329—388.

[14]Holz A. "New Capital Estimates for China", China Economic Review, 2006,17(2):1—185.

[15]Kuijs, L. "Investment and Saving in China", World Bank Policy Research Working Paper 3636,June 2005.

[16]Kuijs,L.,and B.Hofman."Letters to the Editor of The Wall Street Journal Asia",The Wall Street Journal Asia,September 6th,2006.

[17]Lewis,W.A,"Economic Development with Unlimited Supplies of Labour",Manchester School,1954,22.

[18]Shan Weijian. "The World Bank's China Delusions."Far Eastern Economic Review,2006,169(9):12—17.

(责任编辑:万阿俊)