

沪深 300 指数优化复制方法的实证研究 ——基于股指期货的正向套利实验模拟视角

周新辉

(上海立信会计学院 金融学院, 上海 201600)

摘要:股指期货套利是现货价格与期货合约价格走势趋于一致并在到期日合而为一的重要因素,是股指期货功能得以有效发挥的一个基本条件。文章主要探讨了股指期货正向套利下的沪深 300 指数优化复制方法问题,并在基于 Matlab7.0 优化工具箱的编程环境下,将绝对偏差平均值作为目标函数的优化值,以二次序贯规划法(SQP)进行优化求解,对影响套利的主要成本以及研究所使用的主要性能评测指标——超额累积收益率 BHAR 和跟踪误差从实际操作角度进行了研究论证,并在此基础上,提出了一些相应的政策建议。

关键词:优化复制;沪深 300 指数;正向套利;BHAR;跟踪误差

中图分类号:F830.91 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2009)03-0038-08

一、引言

股指期货除具备套期保值、价格发现等基本功能外,同时还具有投机、套利等资产配置功能。指数套利不仅有利于股指期货功能的充分发挥,也是投资者运用股指期货进行套期保值、规避系统性风险的前提条件。

在运用股指期货进行期现套利操作中,现货的选择显得尤为重要。由于现实的证券市场是有摩擦的,而且标的指数的成分股数量庞大,实际操作中完全复制方法往往难以完全实现,因此,如何构建一个切实可行的现货组合,尽可能拟合标的指数的收益走势,对于充分发挥股指期货的基本功能显得非常重要。本文将沪深 300 指数为标的,采用定性和定量相结合的优化抽样方法,以超额累积收益率 BHAR 和跟踪误差 TE 作为指数复制性能的主要评价指标,对股指期货正向套利下的沪深 300 指数优化复制方法进行实证分析研究。

期现套利是指利用股指期货和现货之间的价差进行套利。期现套利主要可分为正向套利和反向套利两种操作策略。其中,股指期货正向套利是指当投资者发现股指期货市场价格高于期货合约的理论价格,便可卖空被高估的

收稿日期:2008-12-20

作者简介:周新辉(1970—),女,湖南湘潭人,上海立信会计学院金融学院讲师。

股指期货合约,而买入相对应的现货部分,等两者的价格收敛时实行平仓交易,从而可以锁定近乎无风险的套利收益;股指期货反向套利则正好相反。在我国目前现实的市场环境中,因股票市场卖空机制不充分,造成反向套利策略受限。虽然国内融券业务即将实施,但相比期货市场,股票市场上的卖空机制仍然受到诸多条件限制,因此国内推出股指期货合约后,期现套利机会将主要局限于正向套利。鉴于此,在市场不具备完全的融券机制前提下,本文将主要考虑股指期货的正向套利情况。

关于指数复制方法问题,国外很早就对此进行了深入的研究。目前,关于股指期货指数复制的方法大体可以分为两大类:一类是完全复制法,另一类是不完全复制,或称为优化复制。由于实际操作中,现实的证券市场是有摩擦的,而且标的指数的成分股数目庞大,使得完全复制法往往难以完全实现,如对于沪深 300 指数的全样本复制而言,由于市场交易中存在股票停牌、涨停等因素的影响,实际操作中不可能瞬时买入沪深 300 指数的全体样本证券。因此,目前关于指数复制问题的研究中较多的是对优化复制方法的研究。

二、指数复制与套利的基础理论分析

(一) 指数复制的优化和评价指标

1. 超额累积收益率 BHAR。评价指数复制性能的标准一般有两个:一是跟踪误差的风险成本,二是超额累积收益率。超额累积收益率 BHAR(Buy-and-Hold Abnormal Return)可定义为组合累积收益相对于同期目标指数累积收益的差值。在股指期货正向套利头寸建立后,头寸的盈亏不仅取决于套利时确定的套利价差,而且取决于复制组合与股指期货合约走势的相对强弱。复制组合与沪深 300 指数走势的强弱对比可以采用超额累积收益率 BHAR 这一指标来进行量化。BHAR 值始终不小于零,表示复制组合不弱于沪深 300 指数的走势,复制组合性能好;否则,则显示复制组合的性能较差。

2. 跟踪误差 TE。跟踪误差也是衡量指数复制性能的一个重要标准,一般而言,复制组合与目标指数的跟踪误差越小、跟踪精确度越高,则该复制方法表现越佳。对于指数复制投资组合的优化,努力实现跟踪误差最小化是指数复制的首要目标。目前相关研究中,关于跟踪误差 TE(Tracking Error)的定义很多,这里仅列出实证研究使用的跟踪误差定义。首先定义复制组合收益率与标的指数收益率的差值,计算公式:

$$E_t = \sum_{i=1}^N w_i r_t^i - R_t = \sum_{i=1}^N \left[\frac{P_t^i q_i}{\sum_{i=1}^N P_t^i q_i} \right] \times \left[\frac{P_t^i}{P_t^{i-1}} - 1 \right] - \frac{P_t}{P_t^{t-1}} - 1 \quad (1)$$

其中: E_t 为 t 日复制组合收益率与标的指数收益率的差值; w_i 是第 i 种股票在复制组合中的投资权重; r_t^i 为第 i 种股票 t 日的算术平均收益率; R_t 分别

为标的指数 t 日的收益率; N 为复制组合的证券个数; p_i^t, p_i^{t-1} 分别为第 i 种股票 t 日和 $t-1$ 日的收盘价; q_i 为第 i 种股票的投资数量; P_t^i, P_{t-1}^i 分别为标的指数 t 日和 $t-1$ 日的收盘价。采用二次序贯规划法进行优化时,可以采用上述均方差、绝对偏差或向下绝对偏差等跟踪误差的量化方法作为目标函数的优化指标。这里,绝对偏差均值反映了复制组合与标的指数二者收益率之间的实际差额,这一指标优化的复制组合,其后期性能通常比较好。鉴于此,在下面的指数复制实证研究中我们将主要采用绝对偏差平均值这一指标来进行跟踪误差 TE 的度量与优化。

(二) 股指期货的 CCM 模型与正向套利上限

1. 股指期货的 CCM(持有成本定价)模型。研究期现套利的根本在于如何对股指期货进行合理定价。目前,国内外大部分的套利文献都以持有成本理论与期货预期理论来构建股指期货的套利模型,其中持有成本模型是使用最广泛的定价模型。CCM 模型需要一定的假设条件,它包括:(1)借贷利率相同且维持不变;(2)无逐日盯市的保证金结算风险;(3)无税收和交易成本;(4)卖空股指成分股无限制;(5)股利发放时间、数量确定,无股利不确定风险;(6)股指成分股可无限分割;(7)期货和现货头寸均持有到期货合同到期日。

在上述假设条件构成的理想市场条件下,股指期货连续复利形式的持有成本定价模型为:

$$\hat{F}_{t,T} = S_t \times e^{(r-q)(T-t)} \quad (5)$$

其中: $\hat{F}_{t,T}$ 为股指期货在 t 日的理论价值,交割日为 T ; S_t 为 t 日的股指价格; r 为无风险利率; q 为连续分红率; $T-t$ 为 t 日到 T 日时间的年化值。

2. 股指期货的正向套利上限。理论上,当股指期货价格高于理论价格时即出现正向套利机会时,投资者可卖出期货、买入现货,并持有到期,在到期日或到期日前出现的有利情况下将股指期货头寸与现货头寸同时平仓了结;当股指期货价格低于理论价格时即出现反向套利机会时,投资者可买入股指期货并卖出现货,在到期日或到期日前出现的有利情况下同时了结期货与现货头寸。但在实际交易操作中,交易是需要成本(TC)的,这就导致正向套利的合理价格上移,反向套利的合理价格下移,从而形成一个套利区间。只有当期指实际交易价格高于套利区间上限时,正向套利才能有效进行;反之,当期指实际交易价格低于区间下限时,反向套利才能有效进行。鉴于在我国目前的 market 环境中,市场不具备完全的融券机制,市场卖空机制不充分,因而反向套利策略受限,国内推出股指期货合约后,期现套利的机会也将主要局限于正向套利。

运用上述持有成本定价模型,我们可以通过股指期货的理论价格来推算正向套利的区间上限。考虑正向套利情况,买入现货瞬间,理想状态下复制组

合点数 P_t (即用复制组合的市值除以单个指数点的价格) 应该等价于指数价格, 但实际上由于交易成本、冲击成本以及复制组合与沪深 300 指数之间跟踪误差的存在, 买入复制组合的实际对应指数点位应大于当时的指数价格, 其值可以由式(6)给出:

$$P_t = S_t (1 + 2C_{trd} + C_{stk} + C_{te}) \quad (6)$$

其中: P_t 为 t 日买入现货对应的股指价格; C_{trd} 为交易成本; C_{stk} 为冲击成本; C_{te} 为跟踪误差成本, 也可以称为风险成本。这里, 交易成本为双向, 主要包括: 印花税, 过户费、经手费、证管费等, 如对于股票交易, 其双向交易成本约为 25 基点左右。

由式(5)和式(6), 我们可以得出股指期货正向套利的上限, 即式(7):

$$\hat{F}_{t,T} = S_t (1 + 2C_{trd} + C_{stk} + C_{te}) \times e^{[\max(r, r_b) - q](T-t)} \quad (7)$$

其中: r 为无风险利率, r_b 为融资利率, 如果融资成本高于无风险利率, 则应取融资利率作为时间成本; 相反, 如果融资成本低于无风险利率, 则应取无风险利率作为时间成本。显然, 当股指期货市场价格高于式(7)的 $\hat{F}_{t,T}$ 时, 则存在正向套利机会, 此即为股指期货的正向套利上限。

3. 指数复制的冲击成本 SC。利用股指期货进行套利操作时, 套利头寸必须迅速构建完成, 否则期货合约价格与标的指数价格的关系会发生变化, 而短期间买入复制组合的所有证券, 会暂时造成市场供需失衡, 进而影响证券价格变化, 使得最后成交价与事先确定的买入价不一致, 产生买卖价差, 即市场冲击成本。合适地控制市场冲击成本将是股票套利成功的关键之一。冲击成本可以分为理论冲击成本和实际冲击成本:

$$\text{理论冲击成本可定义为: } SC = 0.5 \times \sum_{i=1}^N \frac{T_i}{P_i} \times w_i$$

$$\text{实际冲击成本可定义为: } SC = \sum_{i=1}^N \left(\frac{B_i - P_i}{P_i} \right) \times w_i$$

其中: SC 为冲击成本; T_i 为第 i 种证券价格的最小变动单位, 股票为 0.01 元, ETF 基金为 0.001 元; P_i 为第 i 种证券的价格; w_i 为第 i 种证券在组合中的投资比重; B_i 为第 i 种证券买入时的成交价格; 当买入证券数量不大于卖一数量时, 成交价格为卖一价; 大于卖一数量但不大于卖一和卖二数量之和时, 成交价格为卖二价, 依此类推; 如果购买证券数量大于 5 档卖盘总量, 成交价格为 $P_i + 2 \times 5 \times T_i$ 。

三、沪深 300 指数优化复制方法的实证研究

指数优化复制法又可进一步细分为分层抽样和优化抽样两种, 由于分层抽样复制法在两个步骤上分别结合了完全复制法和优化复制法的特点, 因此,

本研究将主要采用该方法。

(一)研究前提。

1. 基础数据的选择与鉴定。本实证研究所使用的基础数据全部来源于某知名券商金融工程数据库。沪深 300 指数和样本证券的每日收益数据区间为 2005/1/4—2006/12/29,以证券收益为算术平均收益,在复制组合建仓日,组合样本证券完全来源于当日沪深 300 指数的样本证券。我们按照沪深 300 指数公开的指数计算方法和样本证券编制计算得到一个 300 指数的仿真指数,发现该仿真指数与真实指数高度吻合,表明该仿真指数收益率完全可以作为沪深 300 指数收益率的替代(见图 1),相关基础数据非常可靠。

2. 累积超额收益率 BHAR 的观测区间。使用超额累积收益率 BHAR 作为复制组合性能表现的首要评价指标,其关键在于观测天数如何确定。由 2000 年到 2006 年上海证券交易所近月交易天数和出现频次的统计(见图 2)可见,20 个交易日和 25 个交易日出现的频次最高,考虑远、近月合约的转化时间,选择 30 个交易日测量复制组合 BHAR 的数值较为合适。因此,我们的观测区间将以组合构建后的 30 个交易日为单位,建立 4 组观测区间,各样本区间的选择详见表 2。

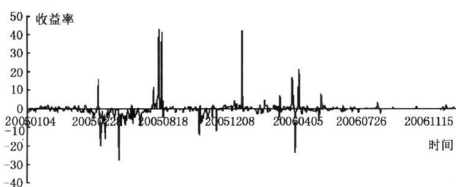


图 1 仿真指数超额收益率走势

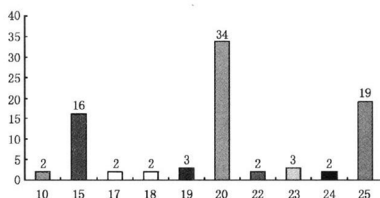


图 2 股指期货(仿真)近月合约交易天数和频次

表 2 累积超额收益率的样本观测区间

观测区间	开始日期	结束日期	开始点数	结束点数	涨跌%	描述
Zon I	20060707	20060818	1 410.429	1 267.866	-10.11	指数下跌
Zon II	20060721	20060901	1 356.033	1 318.099	-2.80	指数横盘
Zon III	20060901	20061020	1 318.099	1 440.182	9.26	指数上涨
Zon IV	20061117	20061229	1 562.084	2 041.047	30.66	指数大涨

(二)复制组合的构建。考虑样本证券与指数间的相关性、市值大小、行业分布等因素,我们采用分层抽样方法构建了相关性组合、市值组合、行业组合和 ETF 组合四种复制组合。同时,我们通过对不同证券数量构成的四类复制组合在各观测区间 BHAR 的统计分析和实证发现,选取 20 只证券构成的复制组合性能走势相对较好而且稳定(见图 3)。基于上述分析,我们分别选取 20 只证券构成四类复制组合,各复制组合的描述详见表 3。

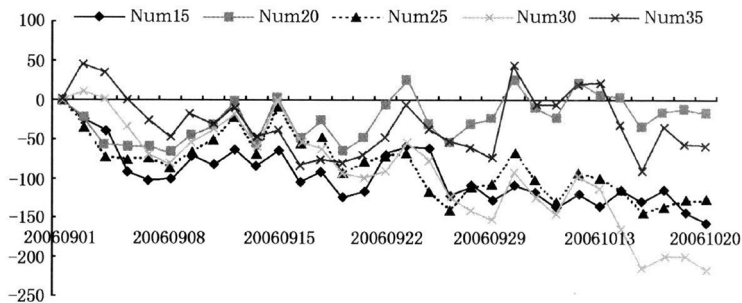


图 3 市值组合在区间 Zone III 的不同证券数量的性能表现

表 3 各复制组合的构建时间与构建方法

复制组合	构建日期	复制组合的构建方法
相关组合	20060707	当日沪深 300 样本证券中与指数相关性最差的 20 只股票组成
市值组合	20060721	当日沪深 300 样本证券中市值最大的 20 只股票组成
行业组合	20060901	当日沪深 300 样本证券 21 个行业中市值最大的股票组成
ETF 组合	20061117	以 50ETF 和深 100ETF 按 70% 和 30% 的投资比例构成

(三) 实证结果

1. 性能表现。实证表明,四大复制组合中除行业组合性能表现普遍较差外,其余三大复制组合在不同观测区间的性能表现各有千秋,性能表现较好的情况为:ETF 组合在观测区间 II、III,相关性组合在观测区间 II、IV,市值组合在观测区间 III、IV;性能表现较差的情况为:市值组合在观测区间 II、ETF 组合在观测区间 IV。最差情况时负的超额累积收益率 BHAR 可达-200 基点以上,这表明跟踪误差的风险成本非常高。

2. 跟踪误差成本 TEC。研究发现,在观测区间 I、II,四个组合在建仓前 30 个交易日的向下绝对偏差均值普遍大于建仓后 30 个交易日;而在观测区间 III、IV,大部分组合的跟踪误差均是建仓前小于建仓后,这表明建仓前的跟踪误差基本可以大致作为复制组合建仓后风险成本的一个估计值(见表 4)。同时,实证中观测到四大复制组合中跟踪误差有达-200 基点的 BHAR,这表明套利中的跟踪误差风险成本不可小觑。

表 4 复制组合建仓前后 30 日的跟踪误差比较

观测区间	相关性组合(BP)		市值组合(BP)		行业组合(BP)		ETF 组合(BP)	
	建仓前	建仓后	建仓前	建仓后	建仓前	建仓后	建仓前	建仓后
Zone I	63.43	31.41	69.74	30.17	46.69	29.80	34.51	23.74
Zone II	42.88	34.24	38.25	36.38	33.05	21.43	24.19	23.42
Zone III	30.12	32.54	33.57	26.62	21.87	26.31	23.42	26.59
Zone IV	24.11	55.45	31.14	24.50	21.58	31.85	24.33	30.43

3. 冲击成本 SC。我们基于 2006 年 7 月 20 日到 12 月 29 日期间 5 分钟的约 5 000 笔分时数据,分别计算各复制组合的理论冲击成本和实际冲击成本后发现:对于 500 万元左右的现货,平均冲击成本 SC 约在 20—70 基点左右;对于同样市值的复制组合,ETF 组合的实际冲击成本最高。同时,比较发现,实际冲击成本大大高于理论计算的数值,如对于市值组合,实际冲击成本(19 基点)是理论冲击成本(7 基点)的近 3 倍。

四、基本结论与政策建议

(一)结论。通过上述对沪深 300 指数优化复制方法的实证研究,我们得出如下主要结论:(1)复制组合建仓后走势较好,在四个复制组合中,相关性组合、市值组合和 ETF 组合的性能表现较为接近,均可作为股指期货正向套利的现货部分;在采用优化复制法进行期指现货指数复制时,可以选取沪深 300 指数样本中 20 只股票,或 50ETF 和深 100ETF 构成的组合等作为沪深 300 股指期货正向套利的现货部分;(2)组合优化时,优化指标采用绝对偏差平均值的复制组合建仓后走势较好,单个证券投资权重最小为 1%,最大不超过 20%;(3)采用 ETF 组合套利时,可以采取逐步建立套利头寸的策略,以降低现货部分的冲击成本;(4)影响股指期货正向套利的四个成本中,冲击成本具有一定的不确定性,但风险相对较小,而跟踪误差的风险最大,是期现套利风险防范的重点。

(二)政策建议

1. 支持并鼓励股指期货套利活动。无论股市在上涨期间还是下跌期间,股指期货正向套利引发的程序交易都有利于现货市场和期货市场价格稳定。鼓励机构投资者利用股指期货进行套期保值,有利于充分发挥股指期货的避险功能。

2. 建议证券交易所尽早开设程序交易,便于一篮子股票的同时报价和快速成交。鉴于一篮子股票交易和管理的复杂程度,迫切需要程序交易的支持,即股票交易不再是只能对单个股票进行交易,而是可以对多种股票进行“打包”,用一个交易指令同时进行多种股票的买卖。

3. 加强对套利活动和套利资金的监管。机构投资者进行套利操作时,由于风险和收益均比较低,其往往会动用大规模资金建立套利头寸,一旦套利头寸持有过程中出现亏损且超过事先确定阈值,瞬间解除头寸将对现货和期货两个市场产生很大冲击,造成意外震动。

4. 股指期货是一把双刃剑,其既可以作为套期保值的工具,同时也可以成为投机者们疯狂的投机工具,管理层应在合适的时机谨慎推出。在目前全球性金融危机还未得以缓和的情况下,一旦指数期货推出,大部分机构可能会倾向于通过指数期货来建立空头套保仓位,从而可能导致期指更大幅度的下跌。

参考文献:

- [1] Roll R. A mean/variance analysis of tracking error[J]. Journal of Portfolio Management, 1992, 18(4): 13—22.
- [2] Yao D D, Zhang S Z, Zhou X Y. Tracking a financial benchmark using a few assets [R]. Working Paper, <http://www.ssrn.com>, July 2003:6—30.
- [3] Rudolf M, Wolter H J, Zimmernann H. A linear model for tracking error minimization [J]. Journal of Banking & Finance, 1999, 23(1):85—103.
- [4] Beasley J E, Meade N, Chang T J. An evolutionary heuristic for the index tracking problem[J]. European Journal of Operational Research, 2003, 148(3): 621—643.
- [5] 陈春锋,陈伟忠.指数优化复制的方法、模型与实证[J].数量经济技术经济研究,2004,(12):33—45.
- [6] 张琪.我国指数基金绩效实证分析[J].南开经济研究,2002,(6):25—32.

An Empirical Study on Shanghai and Shenzhen 300 Index Optimum Replication: Based on the Perspective of Experimental Simulation about the Positive Arbitrage of Index Futures

ZHOU Xin-hui

(Financial Institute of Shanghai Lixin University of Commerce, Shanghai 201600, China)

Abstract: Stock index futures arbitrage plays an essential part in stock index futures function. This paper mainly discusses about the Shanghai and Shenzhen 300 index optimum replication method under the positive arbitrage of index futures. Based on the optimization toolbox Matlab7.0 programming environment and as the average absolute deviation as the optimization objective function value, the paper researches about the major impacts on arbitrage costs and the main indicators of performance evaluation such as the BHAR (Buy-and-Hold Abnormal Return) and tracking error from the perspective of the practical operation. On this basis, a number of corresponding policies are recommended.

Key words: optimum replication; Shanghai and Shenzhen 300 Index; positive arbitrage; BHAR; tracking error.

(责任编辑 许 柏)