

分类号_____

U D C _____

密级_____

编号 10736

西北师范大学

硕士学位论文

(专业学位)

基于 ETF 和期权的股指期货期现套利比较分析

研究生姓名: 张静

指导教师姓名、职称: 何红霞 副教授

实践指导教师姓名、职称: _____

专业学位类别: 金融专硕

专业学位领域: 资本市场

专项计划: _____

二〇二一年三月

西北师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文是本人在导师的指导下独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。因本学位论文引起的法律后果完全由本人承担。

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期： 年 月 日

西北师范大学学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解西北师范大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的纸质版和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权西北师范大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，可以公开学位论文的全部或部分内容。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：

签字日期： 年 月 日

目录

摘要	I
Abstract	II
1 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.1.2.1 理论意义	2
1.1.2.2 实践意义	2
1.1.3 研究目的	3
1.2 相关文献综述	3
1.2.1 国外相关研究综述	3
1.2.1.1 股指期货定价及其与现货的关系	3
1.2.1.2 股指期货套利的影响因素	4
1.2.1.3 期现套利的具体策略	4
1.2.2 国内相关研究综述	6
1.2.2.1 期现套利的可行性	6
1.2.2.2 股指期货套利的影响因素	6
1.2.2.3 期现套利中现货组合的构建	7
1.2.3 文献评述	8
1.3 研究思路与方法	8
1.3.1 研究思路	8
1.3.2 研究方法	9
1.4 论文的创新和不足	9
1.4.1 论文的创新	9
1.4.2 论文的不足	10
2 股指期货套利的相关概念与理论	10
2.1 套利的相关概念	10
2.2 期现套利的基本理论	11
2.2.1 持有成本理论	11
2.2.2 统计套利理论	11
2.2.3 现货的拟合和构建	12
3 沪深 300 股指期货介绍	13
3.1 沪深 300 股指期货的相关概念	13
3.1.1 沪深 300 指数	13
3.1.2 沪深 300 股指期货	13
3.2 沪深 300 股指期货的基差及其波动	14
3.2.1 基于高频数据的基差波动特点	14

3.2.2 沪深 300 股指期货基差波动的影响因素.....	16
3.3 沪深 300 股指期货期现套利策略的应用现状.....	18
4 沪深 300 股指期货期现套利策略设计.....	18
4.1 利用 ETF 拟合现货的套利策略.....	19
4.1.1 ETF 的跟踪误差测算.....	19
4.1.2 ETF 与沪深 300 股指期货之间的基差分析.....	20
4.1.3 无套利区间的影响因素.....	21
4.1.4 无套利区间的推导.....	22
4.1.5 交易的金额与合约份数.....	24
4.2 利用期权拟合现货的交易策略.....	25
4.2.1 期权合约的选择.....	25
4.2.2 期权合成标的资产与股指期货的基差分析.....	26
4.2.3 套利过程中的成本分析.....	27
4.2.4 无套利区间的推导.....	27
4.2.5 交易金额与合约份数.....	29
4.3 套利过程的算法描述.....	29
4.3.1 交易信号的判断.....	29
4.3.2 交易的规则.....	30
5 结果分析与比较.....	33
5.1 套利效果比较分析.....	33
5.1.1 套利的收益对比分析.....	34
5.1.2 套利的次数对比分析.....	34
5.2 相关建议及展望.....	36
参考文献.....	39
致谢.....	41
附录 A 期现交易的实证的程序 (MATLAB R2017b).....	42
附录 B 期现交易的时间和收益.....	48

摘要

2019 年 12 月 23 日，我国沪深 300 股指期货上市，这是国内金融衍生品市场发展的又一个重要的里程碑，作为新的衍生工具，股指期货的上市丰富了国内股指期货证券市场的种类，更给国内的资本市场添加了更加灵活的策略投资工具，对于机构投资者来说，未来不仅有单边的多头市场，还可以利用股票现货、股指期货、期现基差、股指期货之间的组合进行套利，无论市场处于下跌趋势还是行情出现了较大的波动，都能衍生出多样的套利组合和盈利模式，这使得市场参与者从过去的简单关注涨跌及规模，转向了热情参与市场长期投资、优化市场生态结构等更深的层次。

本文以沪深 300 股指期货作为分析对象来对股指期货的期现套利进行研究，创新性引入沪深 300 股指期货的组合来对现货拟合，再分别用 ETF 和期权作为现货标的与股指期货进行套利分析，以期对期现套利策略进行补充和完善，为投资者提供可靠稳定的投资收益的组合。

首先，本文对国内外期现套利策略的发展进行了整理和归纳，在前人研究的基础上，发现了期现套利策略中存在的不足：现货标的的拟合有待进一步地寻找和优化。然后对股指期货套利涉及的理论进行了详细的分析，选择用持有成本理论作为基础进行套利策略的设计。接下来对沪深 300 股指期货及其相关概念做了进一步的梳理，本文的重点也是核心部分即分别用 ETF 和期权组合来拟合现货进行套利，在实证分析中，具体选择华泰柏瑞沪深 300ETF 和 2020 年 6 月到期的股指期货组合作为现货与 IF2006 合约进行套利，观察现有的套利机会，综合考量现实交易过程中存在的各种影响因素，推导出无套利区间，进而运用 MATLAB 编写策略程序，统计出交易的次数和方向，计算其相应的收益率，最后将这两种套利的结果进行分析和比较。

本文通过对高频数据的观察和分析，发现目前我国股指期货市场上仍然存在套利机会，也反映我国市场有效性的缺失，不利于股指期货套期保值和价格发现功能的发挥。在最终套利收益的对比分析中也发现：因期权同股指期货一样能够运用杠杆交易撬动更多的资金，故其资金的使用效率更高，用股指期货组合来拟合现货进行套利，其无论从成本还是套利空间都要优于 ETF，用期权合成现货更适合期现套利的策略。

关键词：沪深 300 股指期货；期现套利；高频数据；ETF；期权

Abstract

On December 23, 2019, China's Shanghai and Shenzhen 300 stock index options were listed. This is another important milestone in the development of the domestic financial derivatives market. As a new derivative, the listing of stock index options has enriched the types of domestic stock index securities markets. Added more flexible strategic investment tools to the domestic capital market. For institutional investors, there will not only be a unilateral long market in the future, but also a combination of stock spot, stock index futures, futures basis, and stock index options. Arbitrage, regardless of whether the market is in a downward trend or the market fluctuates greatly, it can derive a variety of arbitrage combinations and profit models, which makes market participants from the simple focus on the rise and fall and scale in the past to enthusiasm to participate in the long-term market Investment, optimization of market ecological structure and other deeper levels.

This article uses CSI 300 stock index futures as the analysis object to study the futures arbitrage of stock index futures, innovatively introduces a combination of CSI 300 stock index options to fit the spot, and then uses ETF and options as the spot target and stock index futures respectively. Arbitrage analysis, with a view to supplement and improve the current arbitrage strategy, to provide investors with a reliable and stable portfolio of investment income.

First of all, this article sorts out and summarizes the development of futures arbitrage strategies at home and abroad. On the basis of previous studies, we find the shortcomings in the futures arbitrage strategy: the spot target fit needs to be further searched and optimized. Then it analyzes the theories involved in stock index futures arbitrage in detail, and chooses to use the cost of holding theory as the basis to design the arbitrage strategy. Next, the CSI 300 stock index futures and related concepts are further sorted out. The focus of this article is also the core part, which is to use ETF and option combinations to fit the spot for arbitrage. In the empirical analysis, specifically choose Huatai Bairui Shanghai and Shenzhen The combination of 300ETF and stock index options expiring in June 2020 is used as a spot and IF2006 contract for arbitrage, observing the existing arbitrage opportunities, comprehensively considering various influencing factors in the actual trading process, deriving the no-arbitrage interval, and then using MATLAB to compile The strategy program counts the number and direction of transactions, calculates

the corresponding rate of return, and finally analyzes and compares the results of these two types of arbitrage.

Through the observation and analysis of high-frequency data, this paper finds that there are still arbitrage opportunities in my country's stock index futures market, which also reflects the lack of market effectiveness in my country, which is not conducive to the function of stock index futures hedging and price discovery. In the comparative analysis of the final arbitrage returns, it is also found that because options can use leveraged trading to leverage more funds like stock index futures, the use of funds is more efficient. The stock index option portfolio is used to fit spot arbitrage, regardless Both cost and arbitrage space are better than ETFs, and using options to synthesize spot is more suitable for future arbitrage strategies.

key words: CSI 300 stock index futures; futures arbitrage; high-frequency data; ETF; options

1 引言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

2010年4月16日，沪深300股指期货在中国金融期货交易所正式推出，2015年2月9日国内首个股票期权上证50ETF期权上市，同年4月，中金所又推出上证50和中证500股指期货。时隔四年，2019年12月23日，上交所沪深300ETF期权（标的为华泰柏瑞沪深300ETF）、深交所沪深300ETF期权（标的为嘉实沪深300ETF）、中金所沪深300股指期货在同一天正式挂牌交易，共同开启了中国金融衍生品发展的新时代。

我国期货乃至衍生品市场相对于国外市场起步较晚，发展尚不成熟，存在较多理论与实务脱节等问题。以2020年2月10日数据为例，中证500股指期货最远交割月份合约与中证500股指基差将近达到300个点，而沪深300和上证50股指期货与其各自现货也均存在较大基差，理论与实际偏差较大。在传统理论中，期货和现货是可复制的，期货价格一般为现货价格加上各种持仓成本。但由于我国现货市场存在很大的卖空限制，虽然在2010年我国股市就开启了融资融券试点，在2019年8月9日沪深交易所公布的修订版的《融资融券实施细则》中规定将除科创板外的A股融资融券标的股由950只扩大至1600只，但其数目仍约占A股总数的40%左右，且我国融资融券要求门槛较高（个人客户融资融券开通条件：满足6个月的证券交易经验，开户必须满20个交易日，且最近20个交易日的日均证券类资产不低于50万元。）许多中小投资者被拒之门外，而就机构投资者而言，根据中国证监会网站公布的信息中，中国证券市场上目前具有融资融券资格的证券公司共有国信证券等25家，占券商总数的不到五分之一，其融资融券利率分别高达8.6%/年和10.6%/年。因此，我国期货与现货存在着现货多头可复制而现货空头难以复制的制度约束，期货价格由全体看多者和全体看空者共同决定，而现货价格由全体看多者与部分看空者决定，不能反映全体参与者的真实想法，使得现货价格被相对高估。

在股指期货市场中，当其市场价格和理论价格具有一定的偏差时，就可以运用期现套利策略来获取超额收益。期现套利交易对股指期货市场的发展十分重要，它能够纠正期货与现货价格之间的偏差，提高市场的流动性，也有利于期货发挥价格

发现功能，对促进市场合理定价、完善市场发展发挥着重要的作用。期现套利策略一般可分为正向套利和反向套利，在我国股指期货刚推出之际，国内学者们的研究大多以正向套利为主，而自 2015 年发生股灾以后，我国市场频现股指期货贴水，创造了许多反向套利的机会，但由于国内融资融券还未全面放开，现货市场存在很大的卖空限制，这使得期现套利中的反向套利空间大打折扣。因此，怎样更为准确的寻找和拟合期现套利的现货，从而使得套利策略更为有效，是目前还尚未解决的问题。

综上所述，虽然我国股指期货推出已有十年之久，但市场上还尚且存在着一定的套利机会，因此，怎样设计、补充和完善股指期货期现套利策略，值得继续深入研究。

1.1.2 研究意义

1.1.2.1 理论意义

期货和期权作为基本的衍生品，其不仅具有套期保值、价格发现的基本功能，而且还为各类型的投资者提供了大量的投资和管控风险的工具。沪深 300 股指期货在我国上市将十年之际，2019 年底我国又同时正式推出了沪深 300 股指期权和沪深 300ETF 期权，丰富了我国场内衍生品交易品种，为投资者提供了更加多样化、便捷化的投资产品和服务，为各种衍生品套利及套期保值策略提供了更加完善的工具，也为股指期货期现套利提供了拟合度更好的现货产品。因此，本文在对前人的研究进行总结的基础上，确定以沪深 300 股指期货为研究对象，考虑到现实交易过程中存在的各种成本因素，构建出具有可操作性的期现套利的交易模型，并利用计算机技术进行数据的处理，丰富了国内对于股指期货量化交易策略的研究。在现货构建上，本文创新性使用期权拟合现货来对策略进行改进和优化，继承和发展了股指期货期现套利策略，也以期能为股指期货投资者提供一定的理论指导。

1.1.2.2 实践意义

从现实角度来看，自我国股指期货推出以来，期货期现套利策略一直是学者们尤其是各机构投资者研究的热门问题。股指期货套利不但关乎投资者的利益，同时也从侧面反映了股指期货市场的有效性和市场成熟程度，因此对股指期货套利交易的研究分析为监管者也提供了重要的参考基础。由于我国股指期货市场发展还不及欧美市场，成熟度还有所欠缺，市场上还存在着一定的套利机会，投资者也可以利用期现套利赚取收益。此外，期现套利还可使股指期货和现货得到合理的定价，

增加市场的流动性。因此本文旨在加深对于股指期货期现套利策略的探讨和研究，意义重大。

基于以上原因，本文主要对股指期货的期现套利策略进行研究，重点提出用 ETF 基金和期权来分别构造现货的套利进行对比，最后分析得出结论，也以此检验我国股指期货市场定价效率和套利情况，为市场投资者和金融监管者提供一定的参考。

1.1.3 研究目的

在股指期货期现套利的现货买卖中，沪深 300 指数本身是无法交易的，而股指期货、股指期权给市场提供了买卖指数的机会，股票股指期权是管理股票现货投资的基础性风险管理工具，随着我国资本市场的发展和完善，市场参与者利用金融期权进行风险管理的需求日趋强烈，股指期权的推出，有助于进一步完善资本市场风险管理体系，丰富避险工具，增强市场长期投资信心，改善市场生态结构，更好服务资本市场发展。尤其是沪深 300 股指期权的上市为投资者提供了更多的交易机会，由于期权非线性收益特点，通过买卖股指期权可以合成标的，因此可以将其组合与股指期货形成的无风险套利机会进行分析，为期现套利策略提供新的现货标的。本文在前人研究的基础上，以持有成本理论为依据，考虑现实交易过程中影响无套利区间的众多因素，推导出无套利区间，进而分别用 ETF 和期权来拟合现货进行套利，然后借助计算机程序对样本数据进行实证分析，对策略实际的套利能力进行检验，得出套利的相关结论，补充、完善和发展股指期货期现套利策略。

1.2 相关文献综述

1.2.1 国外相关研究综述

1.2.1.1 股指期货定价及其与现货的关系

股指期货定价是自股指期货推出以来被一直关注的问题，近年来，国外对于股指期货研究的重点又多放在了有关股指期货市场定价效率、股指期货与股票指数之间的关系等方面。Fung 和 Lam（2004）认为股指期货定价错误率与理论价值之间的关系可以反映投资者的反应是否过度，投资者的情绪（悲观或乐观）是影响期现套利收益的重要因素。股指期货、股指期权等衍生品市场的产品价格都对其标的产品市场价格具有领先引导功能（如 Seung Oh Nam, 2010）对韩国的股指期货与

股指期货市场进行了仔细的研究，他使用的分别是 10 分钟、5 分钟和 1 分钟的高频交易数据，对股指现货、股指期货与股指期货这三者间的价格先后变动关系进行了分析研究，结论是股指期货、股指期货都具有价格发现作用，这可能是由衍生品市场较低的交易费用和保证金交易导致的杠杆作用所引发的。而在有关股指期货套期保值和套利等方面的研究中，Richie 与 Gleason (2017) 在对标普股指期货与标普 ETF 的日内数据作为研究对象进行的套期保值交易中发现，不管用 ETF 还是股票指数来表示现货，定价都会存在偏差，其中使用股票指数会产生正向偏差，而使用 ETF 作为现货则产生反向偏差，12 个月中波动率越大的月份与之对应偏差也越大，如果交易成本变高，用 ETF 作为现货可以让偏差小一些。新兴市场中期货市场与现货市场短期套利有效，而长期来看，套利则是无效的 (Bialkowski & Jakubowski, 2008)。

1.2.1.2 股指期货套利的影响因素

国外对于影响股指期货套利因素的研究认为，套利成本、市场波动、资金量的限制等因素都会影响到股指期货的套利润。Brennan 和 Schwartz (1990) 利用无套利区间模型对期现套利区间进行确定，在此基础上将借贷利率、税收、股息率考虑进去，推出了更加切合实际适用范围更加广泛的无套利区间。Hemler&Longstaff (1991) 在考虑了时变利率和市场波动两个影响因素的基础上，推导出了股指期货套利策略的封闭式定价区间，在这个区间模型的基础上，策略的实证结果显示该策略可行。Henker 和 Martens (2005) 研究认为交易费率的降低能有效提高美国股指期货市场的期现套利规模。Chung (2012) 研究发现，交易费率、交易时滞、卖空机制等都会对股指期货期现套利的上下边界及交易规模产生影响。Delong和Shleifer (2013) 对金融市场套利交易进行了详细的研究，他们认为由于套利成本的存在、可以使用的资金量并不是一成不变等因素都会对现实的套利行为产生影响，所以股指期货的套利交易存在一定程度的风险。

1.2.1.3 期现套利的具体策略

由于国外的股指期货市场比国内起步更早也更为成熟，所以在套利交易的模型和策略上，国内也多数是在国外的基础上借鉴并发展，下面对国外在股指期货套利模型和策略的研究成果进行归纳总结。

股指期货期现套利的交易策略主要包括持有成本策略（无风险套利交易策略）和统计套利交易策略。

1. 持有成本策略

Cornell & French (1983) 以股指期货定价模型为研究切入点, 最终设计出股指期货的持有成本模型, 该模型认为在假设处于理想状态市场的前提下, 现货价格考虑无风险利率下的时间成本, 扣除股息率就能得到期货理论价格, 并且他们运用持有成本定价模型计算了美国 S&P500 股指期货和 NYSE 股指期货价格的理论价格, 实证结果表明用此模型计算的理论价格显著大于实际价格。至此康奈尔和弗伦奇的持有成本模型不仅成为了股指期货定价的经典模型, 后人有关股指期货定价以及套利的研究大多也是基于此进行一定的改进和修正。Klemkosky & Lee (1991) 考虑了交易成本、季节性股利支付和借贷利率不等等因素, 并以“融资买入现货指数, 卖出股指期货合约”的策略确定价格上限, 以“买入股指期货合约, 贷出卖空现货指数所得”的策略确定价格下限, 也推导出一个无套利区间定价模型。Neal (1996) 用 S&P500 指数期货的高频数据进行实证分析, 分别进行正向操作和反向操作, 发现在市场上正向操作的套利机会多于反向操作的套利机会。HsuWang (2004), 在 Cornell & French 的持有成本策略上进行改善, 认为 Cornell & French 的持有成本策略对于现实市场环境交易是不适用的, 因此他在持有成本策略的基础上, 加入了价格期望这一因素, 构建出不完美市场上的无套利区间定价, 以此为基础建立持有成本套利策略。Hemler (2009) 对市场波动性和时变利率等因素进行了详细考虑, 并把它们纳入对模型的建造中, 作者创造性地提出了针对股指期货的封闭式均衡定价模型, 通过计算, 作者得出股票现货市场价格领先于股指期货市场价格的波动, 也就是具有价格指导作用, 套利空间因此也会受到影响。

2. 统计套利策略

统计套利是将套利建立在对历史数据进行统计分析的基础之上, 估计相关变量的概念分布, 并结合基本面数据进行分析以用于指导套利交易。相比于无风险套利, 统计套利增加了一些风险, 但是由此获得的套利机会可能将多于无风险套利。Ganapathy Vidymurthy (2004), 利用统计套利的思想, 加上协整方法, 对股票进行配对套利, 通过统计分析利用协整系数表示配对股票间的相互价格关系, 结果说明统计套利策略是有一定套利机会的, 并且他认为统计套利是在相对价值的核心上构成的套利策略。Gate, Goetzmann 和 Rouwenhorst (2006), 以统计套利中的一价定律为理论依据, 对股票进行选取, 按照股票差值平方和最小的配对方法, 以历史标准差的 2 倍为开平仓阈值, 最终得出 11% 的平均年化收益率。Thomaidis (2015) 把神经网络技术有效地运用到了统计套利中, 在神经网络的基础之上利用 GARCH 模型对价差交易的机会进行了论证分析。

1.2.2 国内相关研究综述

1.2.2.1 期现套利的可行性

理论上讲，股指期货与现货价格具有趋同性，且由于场内期货合约本身具有规范性的特点，股指期货合约在到期日未平仓时则必须按照现货指数价格进行交割，使得期货价格和现货价格在偏离一定程度时强制收敛，这也为股指期货期现套利提供了一定的制度保障，在国内近年的研究中：吴奕霖和肖莉（2018）以恒生股指期货日内 5 分钟高频数据以及相应的恒生 ETF 为研究对象，考虑了市场的交易制度，分析它们间进行日内高频期现套利的盈利性，协整分析证明股指现货与期货间存在着长期均衡关系，他们利用误差修正模型对短期波动进行拟合分析，文章最后实现了预期的股指期货期现套利收益率。高爽和王联欣（2018）采用 5 分钟高频数据来计算沪深 300 股指期货和股票价格指数它们的波动率，证明了这二者有着密切的相关性。余臻、许桐桐和彭珂（2019）运用四维 IS 模型测度了上证 50 指数、上证 50 股指期货、上证 50ETF、上证 50ETF 期权这四个市场的价格发现信息份额。结论是，这四个市场间存在价格互相引导的功能，并且长期来看是均衡的。章娅薇（2019）根据持有成本定价模型，对实证分析中的成本因素进行更新，使得套利效果更加接近实际市场状况，在验证持有成本模型的可行性后，根据基差的波动，将套利操作放在不同环境下进行收益和风险的回测分析；最后发现，我国股指期货市场上存在套利机会，也反映我国市场有效性缺失，不利于股指期货套期保值和价格发现功能的发挥。在套利收益的分析中发现，随着市场的逐渐成熟，高频数据能更好地捕捉到套利机会，套利成本对套利收益的影响较大，套利成本的增加会极大减少套利空间。

上述研究均可看出，我国股指期货与现货价格在多数情况下联系比较紧密，二者存在长期的均衡关系，大致上呈协同变动，且我国市场有效性缺失，使得市场存在一定的套利机会，这也一定程度上证明了股指期货期现套利理论的现实可行性。

1.2.2.2 股指期货套利的影响因素

国内的研究中，学者在前人研究的基础上不断深化相关的研究，不断完善影响因素对套利的过程所起的作用，对于影响无套利区间的现实因素总结起来主要有卖空机制、交易成本、冲击成本、融资融券利率等。刘岚，马超群（2013）根据资金来源不同，将套利分为自有资金套利与融资融券套利两类，据此计算两类套利的无套利区间，套利交易分析结果表明，部分合约反向套利机会远大于正向套利，套利机会呈单边趋势。杨申振（2015）通过对无套利区间的成本因子进行分析，在基

础上较为准确的推导出了股指期货的无套利区间，运用 MATLAB 编写正向、反向的套利交易策略的程序，统计出交易的次数和方向，从而计算出相应的收益率，最后通过比较市场中的一般利率情况，为投资者提供出较为可靠稳定的收益投资组合。彭雅哲（2016）通过对 2013—2015 年沪深 300 股指期货定价偏差的影响因素及期现套利机会研究中发现，沪深 300 指数的收益率、波动率、标的股票成交量、投资者情绪等都影响股指期货价格偏差。李艾（2019）以沪深 300 股指期货期现套利为例，综合考虑了交易成本、卖空机制、保证金管理等因素，对股指期货期现套利策略进行了相应的优化，希望能够提升投资收益的水平。王良、刘潇等（2020）构建了基于 Netlogo 的金融资产交易仿真系统，综合考虑了套利过程中的 ETF 基金双重交易机制、冲击成本、平仓成本、交易者类型等影响因素，通过数理建模量化分析了 EFT 基金的跨市套利以及期现套利过程；发现在股指期货期现套利中反向套利机会出现的次数、最长持续时间、瞬时套利平均收益和连续套利机会均高于正向套利的。

1.2.2.3 期现套利中现货组合的构建

目前国内进行期现套利的研究中，所构造的现货组合主要有两种方法：一种是采用完全复制法和抽样复制的方法来复制股票指数；另一种方法是利用 ETF 或其组合来构建现货。彭程（2011）选取了三种现货构造方法，分别是传统的指数基金、挑选几十只成分股用于复制沪深 300 以及 ETF 指数基金，并对它们进行比较，实证结果表明，采取行业间分层配置的办法来对现货进行构造最好，它的成本最低、流动性最好。而李海星（2017）通过规划求解合理的权重，用 100ETF、180ETF 和 300ETF 三支 ETF 的组合来复制沪深 300 现货指数，并且考虑了 ETF 允许做空和不允许做空的情况，发现 ETF 允许做空时的累计收益率和年化收益率更高。王良，秦隆皓等（2018）利用无套利区间分析方法，构建了高频数据条件下基于 ETF 基金组合的股指期货套利模型，并对自有资金投资者及融资融券投资者的期现套利过程进行了分析。实证研究发现中国股指期货市场的正向套利机会多于反向套利机会，期现套利过程中的错误定价率较高，表现出非均衡性；融资融券的费率较高使得该类型投资者的无套利区间较大，而该做空机制的引入在一定程度上抑制了市场的过度套利行为。石勇（2019）同时采用完全复制法和抽样复制法来构建现货组合，最后经过实证得到，2018 年的市场上仍有期现套利的机会，两种现货组合都有着比较理想的套利收益，且建议反向套利使用抽样复制的方法，正向套利使用 ETF 基金作为现货组合进行套利。袁艺（2019）对中证 500 股指期货期现套利的研究中，重点在 ETF 对股指的跟踪误差以及交易中的冲击成本等因素做了详细的分析，选

择南方中证 500ETF 作为现货参与套利，并在最后简单对比了用中证 500ETF 和上证 50ETF 期权组合分别作为现货来进行期现套利的结果，发现了构造能够卖空的现货组合对充分实现期现套利的收益空间很重要，且提出当未来推出中证 500ETF 的期权时，套利机会可以更进一步的深入挖掘。

1.2.3 文献评述

通过以上的研究可以发现：首先，国内外对于股指期货的定价及其与现货关系的研究中表明，在大多数的市场中，股指期货定价与其理论价格还是存在一定的偏差，股指期货与现货的价格大体上呈现协同变动的趋势，股指期货的套利在短期内有效，而长期来看是无效的。其次，国内外对于股指期货期现套利的交易策略主要可以分为持有成本策略和统计套利策略，统计套利相比于无风险套利可能会获得稍多的套利收益，但由于其交易信号是建立在对历史数据的分析之上，因此也大大增加了其套利的风险。最后，在国内股指期货期现套利的现货构建上，学者们大多采用复制股票现货或者直接采用 ETF 来构建现货的方式。

综上所述，由于国内股指期货市场相较国外发展迟缓，不够完善和成熟，股指期货的理论价格与实际价格存在一定偏差，因此也为期现套利提供了一定的套利空间；国内外对于股指期货套利因素的研究大多能够一脉相承地继承和参考，但因各自研究的侧重点不同，使其各自的研究中影响因素的考虑不够全面；在期现套利具体策略的研究上，国内学者也多直接采用 ETF 来拟合现货，由此使得期现策略的反向套利结果不尽人意。因此，本文针对以上还未完善的问题，综合考虑现实套利中的各种影响因素，重点用期权来拟合现货，并通过与 ETF 拟合现货的收益结果进行比较，优化和完善股指期货期现套利策略。

1.3 研究思路与方法

1.3.1 研究思路

本文首先介绍持有成本等相关的理论，为后文的写作打下理论基础，接着运用文献研究法查找、归纳和整理相关的资料，阐述国内外就股指期货期现套利的研究进展，分析现有策略中存在的缺陷和不足，从而确定后面需要改进和创新的地方。

其次，本文将套利策略分为两大类：用 ETF 拟合现货的套利和用期权拟合现货的套利，并在前人研究的基础上全面考虑现实套利过程中的影响因素，具体包括冲击成本、交易成本、跟踪误差、融资融券利率、保证金、相关税费等，从而推导出

与我国实际情况相符的无套利区间模型，并利用计算机程序来判断具体的进仓和平仓信号，借助 MATLAB 进行程序化交易。

最后，从交易的收益、套利次数等方面对套利的结果进行对比，总结全文结论，提出相关建议及对今后研究的展望。

1.3.2 研究方法

研究方法方面，本文拟采用规范性理论研究、文献研究法、实证分析和对比分析等互相结合的研究方式，将传统的理论模型与实证检验法相结合，运用真实价格数据进行回测，以确保全文实证分析的合理性与可行性。

1. 规范性理论研究：主要包括股指期货及套利交易的相关理论，重点分析持有成本理论下的无风险套利理论。

2. 文献研究法：查找、阅读与论文相关的书籍，更好地掌握相关理论，通过对相关文献的搜集和梳理，发现现有研究中存在的不足，对此进行改进。

3. 实证分析法：针对传统的定价模型，进行详细分析，并结合实际市场存在的成本因素构建出其无套利区间，然后根据期货波动确定交易策略。利用 MATLAB 编写程序，基于所选实证区间，对期市和现市的价格数据进行分析，在符合交易规则的操作下，对沪深 300 股指期货期现交易策略的获利能力进行实证分析和检验。

4. 对比分析法：在期现套利策略的评估中，将 ETF 和期权拟合现货的套利结果进行对比，得出结论。

1.4 论文的创新和不足

1.4.1 论文的创新

1. 国内的学者针对我国股指期货期现套利的研究主要是采用 ETF 作为现货，但由于我国卖空机制受到一定的限制，使得反向套利的结果差强人意，因此，本文利用期权平价理论，创新性引入沪深 300 股指期权来构建现货标的。

2. 对用 ETF 拟合现货进行的期现套利与期权拟合现货的套利过程和结果进行比较，得出可以改进的空间。

1.4.2 论文的不足

本文在套利模型的选择上主要选用了持有成本模型进行策略的设计，而未涉及统计套利；因本文研究的重点在期现套利的现货拟合上，因此在分析套利过程中的影响因素时，有些指标的量化可能会直接参考前人常使用的量化方法而没有过多深入的挖掘其他方法。

2 股指期货套利的相关概念与理论

2.1 套利的相关概念

套利是指人们利用暂时的在相关市场或者相关合约之间的价差变化，通过同时买进或者卖出相同或者相关的商品或者期货合约，以赚取其中的价差收益的交易行为。套利利用的是市场的价格失衡关系，因此当市场价格关系向正常状态回归时，投资者就可以通过买卖对冲头寸而赚取一定的净利润。在期货市场中，套利和投机都是除了对冲之外的两种主要的交易形式，两者又都属于广义的投机范畴，而相比于投机，套利更是一种风险相对低、收益较稳定的投资方式，比较适合追求稳定收益的投资者，随着国内金融市场品种的逐渐增加和投资者水平的不断提高，套利交易作为一种重要的交易方式，已经受到越来越多的投资者的关注。

从套利活动的操作方式来看，套利可分为跨期套利、跨市场套利、跨品种套利和期现套利，前三种也被称为价差套利。

跨期套利是指在同一交易所同时买进和卖出同一品种的不同交割月份的期货合约，以便在未来两个合约价差变动于投资者有利时再对冲获利。跨期套利三种主要的交易形式分别是：牛市套利、熊市套利和蝶式套利。

跨市套利是指再两个不同的期货交易所同时买进和卖出同一品种同一交割月份的期货合约，以便再未来两合约价差变动于己有利时再对冲获利。由于涉及不同的交易所，交易者需同时考虑两个市场的情形和影响因素，因此跨市场套利的风险及操作难度比其他套利交易的难度更大。

跨品种套利是指在同一交易所同时买进和卖出同一交割月份的不同品种的期货合约，选择的两种不同的合约应该在价格变动上有较强的联动性，跨品种套利可分为相关商品套利和可转换商品套利。

而本文要研究的期现套利是通过期货市场与现货市场之间不合理的价差做套利交易，进行低买高卖获利。期现套利交易同样属于一种对冲交易机制，具体操作则是分别在现货市场以及期货市场建立方向完全相反、数量相当的头寸，期现套利

一般分为正向套利和反向套利；正向套利是指当现货指数被低估、期货合约被高估时，投资者通过买入现货而卖出期货合约建立套利头寸，在将来基差趋于正常时再卖出现货、同时将期货合约平仓或者交割，以此获得套利利润；而反向套利则正好相反，大量的期现套利有助于期货价格的合理回归，期现套利可以促使期货发挥引导现货价格的作用，使现货、期货的定价都更加合理，即使存在偏差也能够及时纠正。另外，由于期现套利一般会涉及大量的投资者，他们的套利行为可以盘活市场，提高市场的活跃度，使市场的有效性得以保证。

2.2 期现套利的基本理论

期货套利从很早开始就有人在研究，各种新的理论知识和研究方向一直在更新。那么关于期现套利交易主要有两种基本的理论：持有成本理论和统计套利理论。

2.2.1 持有成本理论

Cornell 和 French 在 1983 年最早提出了著名的持有成本定价理论，这一模型也是后来研究股指期货期现套利最广泛使用的理论基础。根据持有成本理论，股指期货价格和股价指数之间的关系为： $F_t = S_t(1+r)^{(T-t)} - D_{T,t}$

上述等式被称为无套利条件等式。其中， F_t 为当 t 时刻股指期货合约的理论价格， S_t 为当前股价现货指数， r 为无风险收益率， T 为期货合约到期日， D 为 t 至 T 时间段内持有股票指数组合所获得的股息，方程意味着当期限结构为水平时， t 到 T 时段的任何时刻期货价格和现货价格等价，这个模型是建立在假定资本市场是完美的基础上的，即理论价格，根据股指期货理论价格确立无套利区间。但后来随着市场不断发展，研究的不断深入，发现理论价格和实际价格总是存在差距，因此新的研究又考虑了更多市场因素，在实际的市场中，除了股息外，市场还存在各种摩擦，交易成本、制度因素以及冲击成本等都会对价格产生影响，持有成本策略则是在综合考虑交易成本、市场冲击成本、融资融券利率、卖空机制等因素的影响下，推导出符合现实实际情况的无套利区间，以此来判断进出场的条件来进行套利。相比于统计套利策略以历史数据为模型基础的分析，持有成本策略则是考虑所有因素之后对风险进行了锁定，在一定程度上可以说是无风险的套利，因此，本文主要运用的是持有成本策略。

2.2.2 统计套利理论

统计套利则是根据统计学，利用统计方法，例如协整检验，对一组有相关性

的数据进行分析。理论上来说，这组数据是具有价差的，并且价差处在一个相对稳定合理的区间里，当价差出现波动突破了稳定区间，这时就可以进行套利。也就是利用统计方法量化数据并构建模型，捕捉价格波动的异常变化，从价差的异常变化中获得回报具体的统计理论是一价定律和均值回复性，理论的前提均是与配对资产间有着高匹配度的相关性、价差之间具有均值回复性。一价定律根据上述前提来说，两个配对资产是有高度的相关性的，那么两个资产的价格趋势也具有相同的变化趋势；均值回复性更好的体现了统计套利的本质，也就是说两个配对资产价格在以均值为中心线，在中心线的上下来回波动，当价差高于中心线或低于中心线时，回复性使得其价差回归至中心线，这时平仓获得一定的收益利润。根据上文所述，要进行统计套利，那么选取的资产价格序列的走势上具有一致性，并且之间要有稳定均衡的长期关系。

对比上述两种策略，综合来看，持有成本策略是在考虑了一定的持有成本影响因素的基础上，建立了一种区间定价模型的策略，降低了策略风险，但是由于各个影响因素的综合使得能够获得的套利空间下降；而统计套利则相反，是具有一定的策略风险，在一定风险的承担下获得相对较高的收益。由此，本文基于之前学者对策略研究的相关理论，选择风险较低、收益稳定的持有成本策略进行研究和完善。

2.2.3 现货的拟合和构建

由于本文期现套利选择的标的是股指期货，在进行期现套利的现货交易中，无法对股票指数直接进行买卖，因此就需要寻找适当的标的对股指现货进行复制，目前研究对于现货复制主要有两种方法，一种是采用全部复制法和抽样复制的方法来复制股票指数，另一种方法是利用 ETF 来构建现货。那么在具体的实施中，如果通过买卖成分股股票的方法来复制现货组合，想要选取全部的成分股来进行操作是非常困难且不切实际的；其次，根据我国市场对于的交易制度的规定，抽样复制的方法也是不可取的，因为要以各个准确权重来买卖相对应的股票数量，其不仅要考虑单只股票股息的发放，如遇上某些成分股停牌或者退市，那么又要重新再构建新的权重来进行现货的组合，交易成本巨大。

总之复制成分股的方法缺点多于优点，实用性不强，难以在现实中操作。因此目前学者们多采用指数衍生品 ETF 来构建现货，其优点是 ETF 的交易便捷化、高度透明化、资金有效性高等特点，但 ETF 构造的现货也有其一定的局限性，尤其在期现的反向套利中，选择的 ETF 若不能进行融资融券交易时，就会使得反向套利的操作难以进行，且融资融券的成本较大时会使得其套利空间大大缩小，影响套利的收益，因此本文重点来寻找新的现货标的——股指期货来对现货进行拟合，并对

期权和 ETF 分别拟合现货的套利结果进行比较，以此来对期现套利交易策略做进一步的发展和完善。

3 沪深 300 股指期货介绍

沪深 300 股指期货在我国三大股指期货中最早推出，目前发展已较为成熟，但在经济形势下跌、股市低迷、市场行情波动较大时，沪深 300 股指期货价格较多时候低于现货指数，伴随着市场下跌行情，较远月份的期货合约与指数之间的基差越大，由于不确定性因素越多，期货交割日较远的合约的定价比近月份合约呈现出更大的不合理性，因此，我们可以看到市场上仍然存在一定的期现套利机会。尤其是自 2020 年年初以来，受疫情影响宏观经济整体处于下跌趋势，疫情对经济、股市和期货市场等均产生了一定影响，沪深 300 股指期货在多数时期处于贴水状态，这与股指期货刚推出不久时的升水状态形成鲜明对比，因此，本文选择与现货基差较大的沪深 300 股指期货进行研究，更具代表性，本章就从沪深 300 股指期货的相关概念、股指期货的基差以及期现套利策略目前的应用现状等方面对沪深 300 股指期货做详细介绍。

3.1 沪深 300 股指期货的相关概念

3.1.1 沪深 300 指数

沪深 300 指数，代码为 000300，是由沪深证券交易所于 2005 年 4 月 8 日联合发布的反映 A 股市场整体走势的指数，沪深 300 指数是由上海和深圳证券交易所市值大、流动性好的 300 只 A 股作为样本编制而成的成份股指数，具有良好的市场代表性。它的推出，丰富了市场现有的指数体系，增加了一项用于观察市场走势的指标，有利于投资者全面把握市场运行状况，也进一步为指数投资产品指数衍生产品创新和发展提供了基础条件。

3.1.2 沪深 300 股指期货

沪深 300 股指期货是在中国金融期货交易所挂牌上市的以沪深 300 指数为标的的期货合约，沪深 300 股指期货自 2010 年 4 月 16 日正式上市至今已有将近十年的时间，在资源配置、风险对冲、稳定市场方面起到了积极的作用。

表 1 沪深 300 股指期货合约

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

数据来源：中金所官网

3.2 沪深 300 股指期货的基差及其波动

沪深 300 股指期货期现套利中套利的结果与基差密切相关，为进一步做好实证分析，本节就对沪深 300 指数与沪深 300 股指期货之间的基差波动情况做进一步的详细分析，以及分析基差波动的影响因素，为后面的期现套利实证分析打好基础。在量化交易中，由于日数据没有很好的连续性，套利机会转瞬即逝，不利于观测和把握，股指期货期现套利策略进行实证研究时，较少的数据不能很好地反映交易过程中的信息，数据频率越高，丢失的信息就会随数据数量的增加而减少。为更好地进行实证分析，提高数据频率，来增加信息可靠度，因此本文使用 5 分钟高频数据进行分析。

3.2.1 基于高频数据的基差波动特点

沪深 300 股指期货包括当月、下月、当季以及下季四个同时在每个交易日进行交易的合约，为了方便分析基差波动，我们选择四种合约的连续性合约数据，下面将沪深 300 股指期货的这四种合约的价格变动情况进行分析。现取沪深 300 股指期货和沪深 300 价格指数从 2019 年 11 月 20 日到 2020 年 06 月 30 日的每日的收盘价作为分析对象，研究其价格走势，观察现货和期货之间的变化趋势。



图 3.1 沪深 300 股指期货与沪深 300 指数价格走势

由图 3.1 可以看出，沪深 300 指数的四种期货合约的价格走势变动与沪深 300 价格指数走势变动十分相似，当现货价格与期货价格间的基差扩大时，套利机会应运而生。由于期货价格是在指数现货的基础上发生变动的，所以当基差扩大时会吸引大量投资者进行套利交易，直至基差缩小达到稳定状态。从图 1 可以看出，从 2019 年 11 月底到 2020 年 6 月底 7 个月时间里，股票指数处于较大的波动范围，在 2020 年 2 月春节刚过开盘后，受疫情等影响三大股指全线下跌，2 月到 3 月初市场出现回升，3 月底，由于国际市场的动荡，全球经济低迷，美股期货市场的熔断等一系列影响，我国沪深 300 指数在 3 月底又跌回至 3500 点，在下跌的熊市阶段，股指期货也随之迅速下跌，由于期货配置资产的杠杆效应，其下跌速度甚至超过了股指的下跌。在 3 月过后股票指数缓慢上升时，股指期货也有着同样的变动趋势。

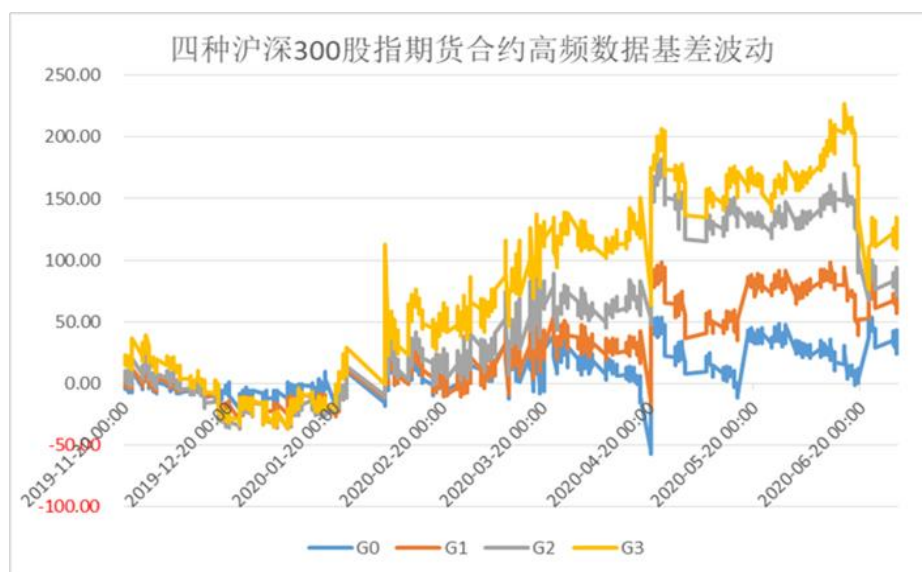


图 3.2 四种沪深 300 股指期货合约 5 分钟高频数据的基差波动

总体上来说,不管在下跌阶段还是上涨阶段,股指期货的价格变动都与股票指数保持着高度一致性。由于每种期货合约它们的内在期限结构都不一样,所以它们与现货间的基差也不同,如上图 3.2 所示, G0 表示沪深 300 股指期货当月合约的高频基差, G1 表示下月合约的高频基差, G2 表示当季合约的高频基差, G3 表示下季合约的高频基差。可以发现,四种沪深 300 股指期货合约的基差在此 7 个月时间内也出现了较大的波动趋势,在短期时间内,高频数据的基差序列有很强的回复性即波动迅速波动剧烈且可以在极短时间内回复到正常水平,通常来说,高频数据可以克服低频数据的缺陷,反映更多的交易信息,因此本文后续的实证研究都是基于 5 分钟的高频数据。由上图可看出,股指期货在多数情况下处于较大的贴水状态,且在 2 月底到 6 月这段时间内基差不断扩大,较大波动幅度的基差为期现套利提供了良好的套利机会。由于四种期货合约都有着各自不同的到期日,从图可以很明显地看出,基差水平与合约到期日成正比,即股指期货合约的到期日越久,它的基差相应的也就越大。此外,从图中还可以看出,在整个基差波动周期内,不管基差为正还是为负,都无法朝着一个方向持续上涨或者下跌,当基差达到一定水平时,就会向着相反的方向回归,即使在基差比较大的情况下,临近合约交割日期,股指期货由于强行平仓制度也使得期现货价格趋于一致,而这也正是期现套利的一个重要的理论基础。

3.2.2 沪深 300 股指期货基差波动的影响因素

影响沪深 300 股指期货基差波动的因素主要包括期货合约市场的成熟度、沪深 300 指数的走势、到期日以及成交量等。每个因素对基差波动的方向和大小起到很大的作用,同时其中的作用机制也是不同的。下面针对以上四种影响因素是如何对基差产生的影响做出简要分析。

1. 期货市场的发展情况:

一般来说,在期货市场刚起步的阶段,其相对应的基差水平波动也会较大,成交量也随之提高,市场中的投机气氛强烈,交易者慢慢增多,随着市场中多方向的投资者使得期货价格与现货价格的关系趋于稳定。我国沪深 300 股指期货从上市至今,市场发展虽逐渐成熟,但面临外部环境变动时,期货定价还是出现了较大偏差,市场还是呈现出较大的波动趋势,因此对其深入研究具有重大意义。

2. 沪深 300 指数的走势:

观察沪深 300 股指期货和基差的走势可知,在现货指数较为平稳的 11 月、12 月,基差也在 0 上下处于较小的波动,当现货指数随着外部环境波动较大时,基差也会反向扩大、波动剧烈,总而言之,基差会随着现货指数的波动而波动。

3. 到期日：

根据中国金融期货交易所《沪深 300 指数期货合约》的规定，以每一个合约月份的第三个星期五作为股指期货最后的交割日，如果遇到法定节假日冲突可进行延缓。随着交易时间的推移，股指期货最后交易日的临近给市场的预期结果越来越明确，基差的波动也会趋于稳定，此时是否能够得到套利利润需要投资者仔细观察。首先，从持有成本的角度考虑，单个距离合约到期日时间越长，持有的成本就会越高；不同合约到期日的距离越长，相对基差水平就越大。投机者对距离到期日时间较长的期货合约有超额收益的预期，从而在波段行情中基差波动往往呈现出单方向的趋势拉动。其次，距离期货合约到期日时间较长，若进行交易在未达到平仓要求的时候，持有头寸的时间周期会相对较长，占用资金的时间就会丧失资金的机会成本。在快到到期日时，股指期货和股票指数的基差就会逐渐缩小，到期时，主力合约发生改变后，成交量会在新的合约上增加，新的基差波动就会加大，因为主力合约的变化转移会影响到未到期的股指期货的基差，所以成交量的变化就体现着主力合约正在发生着转移，投资者经过分析之后就可以了解到获得利润的机会。

4. 成交量：

成交量是判断市场活跃度的重要指标，反映了市场的活跃度和流动性。在成交量较大时，市场的活跃度会明显的提高，从期现与成交量的关系分析，当期现价差处于不合理的价位时，如果有较大的成交量，市场参与者增多，套利或投机的资金增加，说明有足够的资金或将不合理的期现价差推向合理化，反之，如果市场上交易量不够活跃，那么即使出现不合理的期现价差，没有足够的参与者和资金，基差将很难回归到正常水平。

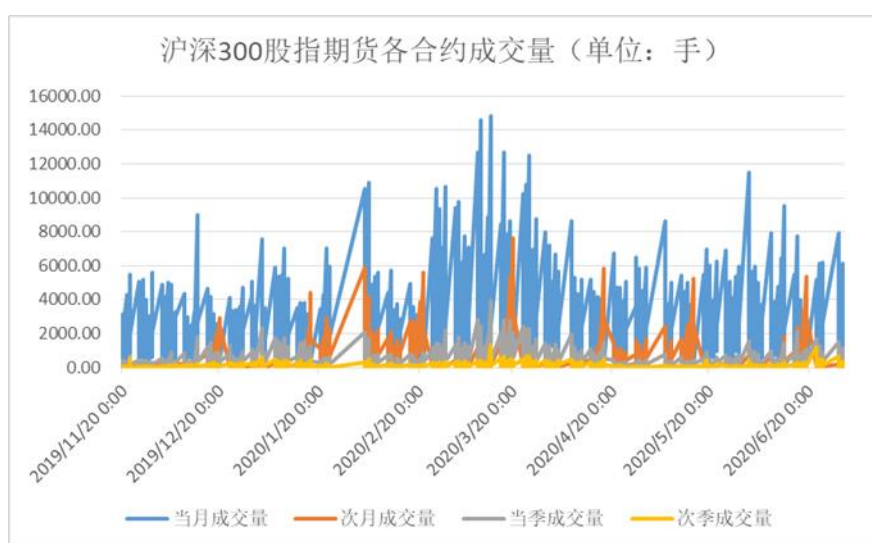


图 3.3 沪深 300 股指期货各合约成交量

如上图 3.3，结合图 3.2 基差走势可以看出，在 2 月底到 4 月底这段时间内，虽然股指期货与股票指数之间存在着较大的正向基差，但相对较大的成交量使得基差能够在相对小的范围内波动，而对比 4 月底到 6 月底这段时间内，成交量的下降很难让较大的基差迅速得到回归。综上，基差的变动受多种因素的影响，对基差的分析有助于对期现套利的机会做初步的判断。

3.3 沪深 300 股指期货期现套利策略的应用现状

股指期货在推出以来，交易策略的研究和应用也接踵而来，我国衍生品市场自 2010 年沪深 300 股指期货首次推出以来，市场也逐步走向成熟，2018、2019 年以来市场较为平稳的状态下，各期货公司应用于股指期货的一些较为广泛的策略主要有：Alpha 策略、跨期套利策略、期现套利策略以及一些比较中性的套期保值策略等，在股指期货期现套利策略的研究中，策略逐步完善，考虑到实际市场的发展和成本因素的变化，在对交易成本、冲击成本等一系列影响因子的综合考虑下，运用 ETF 来进行期现套利的交易策略也逐步完善，但在期现套利的反向套利机会中，由于我国股票卖空机制的限制，现货卖空也收到抑制，导致反向套利的结果不尽人意，因此寻找更为适合的股指期货期现套利的现货标的至关重要。2019 年 12 月 23 日，沪深 300 股指期权在中金所正式上市，结束了以往的仿真交易模式，沪深 300 股指期权的上市为投资者提供了更多套利策略的交易机会，特别是可以用其组合来重新构造现货，然后与股指期货形成无风险套利的机会，这也为股指期货期现套利中现货的拟合提供了新的思路。

2020 年年初以来，国内外经济受宏观事件的扰动，证券、期货市场行情也受到了冲击，以沪深 300 为标的物的金融产品在定价上出现较大偏差，存在很好的套利机会。资产增值要建立在增产保值的基础上，单边投资面临的风险较大，现在市场上风险远大于收益，本文通过研究现实中的股指期货期现套利来计算收益，以此获得的无风险收益的套利机会不失为一种好的投资选择。

4 沪深 300 股指期货期现套利策略设计

前面一章对沪深 300 股指期货及其相关情况做了分析，那么此章就重点对期现套利策略进行设计，由于沪深 300 指数只是反映相应成分股走势的价格指数，而非直接可交易的证券品种，故进行期现套利就必须构建一个现货标的来复制股价指数，本文选用 ETF 和期权来分别拟合股指，将具体的套利过程进行详细分析，

并在第五章将套利的结果进行对比。在期现套利实证分析中，其步骤主要分为三步：（1）选取现货标的，构造现货组合；（2）分析无套利区间的影响因素，求解无套利区间，确定交易规模；（3）执行套利交易，统计套利的频率、套利的空间和收益率。

4.1 利用 ETF 拟合现货的套利策略

ETF (Exchange Traded Fund)称为交易型开放式指数基金，又称为交易所交易基金，它既有开放式基金随时申购和赎回的特点，又可以像封闭式基金那样在二级市场中进行交易，是一个被动投资标的指数成分股的混合基金，ETF 跟踪标的指数而间接投资于标的指数成分股，实现了指数投资的证券化，从而使得投资者能使用较小的资金和较低的成本来跟踪指数。

ETF 还具有如下交易规则：当日二级市场中买入的股票，可在同日用于向一级市场申购基金份额，所申购的基金份额同一天不能赎回，但是可以在二级市场中卖出(间接实现了股票“T+0”操作)；当天在二级市场买入的基金份额，只能在一级市场中赎回而无法直接卖出，同样地当日赎回的一篮子股票可以卖出，但不得再次在一级市场中申购基金份额(间接实现了基金的“T+0”操作)；可见虽然 ETF 在单独的一级市场或二级市场不能实行“T+0”操作，但是通过两个市场间的配合，可以实现间接“T+0”操作，故首先用 ETF 来拟合现货进行套利。

沪深 300 指数由于其成分股范围广、市值占比大、流动性好，因此有 A 股“晴雨表”之称，以沪深 300 指数 ETF 基金也成为国内外机构投资者投资 A 股最方便、有效的选择之一。在目前市场上交易的 ETF 中，本文选取了华泰柏瑞沪深 300ETF 和嘉实沪深 300ETF，这两只 ETF 均于 2012 年上市，是上市最早、成交量及流动性最好的两只沪深 300ETF，下面将对两只 ETF 从相关性 & 跟踪误差等方面进行比较，选取与沪深 300 股票指数相关度最高的 ETF 作为套利的现货标的。为方便后文对 ETF 和期权分别拟合现货的实证结果进行对比，综合考虑，本文后续的时间区间均选取从 2019 年 12 月 23 日到 2020 年 6 月 19 日的 5 分钟收盘价数据，共 5711 个。

4.1.1 ETF 的跟踪误差测算

跟踪误差一般指组合收益率与基准收益率（指数收益率）之间的差异的收益率的标准差，衡量基金管理风险的重要指标，一般来说，跟踪误差越小，基金经理的管理能力越强。在期现套利中，跟踪误差是指构造的现货拟合标的指数的偏离度，即跟踪偏离度的标准差，其根据历史的收益率差值数据来描述拟合现货与标的指

数之间的密切程度，同时揭示拟合现货的收益率围绕标的指数收益率的波动特征。

目前现实多采用回归残差法来测算跟踪误差，这种方法首先对股指收益率与拟合的现货收益率进行线性回归，再将残差的标准差当做跟踪误差，跟踪误差的计算公式一般为：

$$TE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (e_t)^2}{T-1}}$$

首先，对选取的华泰柏瑞沪深 300ETF 和嘉实沪深 300ETF 的每 5 分钟收盘价与沪深 300 指数的 5 分钟收盘价数据取价格对数，之后再进行一阶差分，之后会发现所谓的一阶差分就是收益率，处理后得到的收益率公式为：

$$R_t = LN(P_t/P_{t-1})$$

通过 Eviews 对每个对数序列分别进行稳定性检验，结果显示均为平稳的时间序列，然后建立回归模型，测算出的结果如下表：

表 4.1 ETF 基金跟踪误差

ETF 基金	华泰柏瑞沪深 300ETF	嘉实沪深 300ETF
与 000300 的相关系数	0.943264	0.940490
跟踪误差	0.000766	0.000778

从表中可以看出，华泰柏瑞沪深 300ETF 和嘉实沪深 300ETF 的跟踪误差均在 0.2% 的基金投资目标之内，对比可得无论从与沪深 300 指数相关性还是跟踪误差来看，华泰柏瑞沪深 300ETF 都要优于嘉实沪深 300ETF，本文最终确定选取华泰柏瑞沪深 300ETF 来对沪深 300 指数进行复制。

4.1.2 ETF 与沪深 300 股指期货之间的基差分析

由于考虑到股指期货在实际的期现套利过程中，合约频繁的移仓换月涉及到的众多现实考量因素，且本文的最终目的是要对 ETF 和期权分别拟合现货的结果进行对比，因此为了使套利实证过程更为方便清晰，本文直接采用华泰柏瑞沪深 300ETF 和沪深 300 股指期货 IF2006 合约进行套利分析，下文的期权合约也直接采用 IF2006 合约来进行。

本文实证部分为了与下文期权拟合现货的套利结果进行比较，选取沪深 300 股指期货 IF2006 合约与华泰柏瑞沪深 300ETF 从 2019 年 12 月 23 日到 6 月 19 日的 5711 个 5 分钟高频数据作为样本，沪深 300 股指期货 IF2006 合约上市交易的时间为 2019 年 10 月 21 日，合约到期日为 2020 年 6 月 19 日。

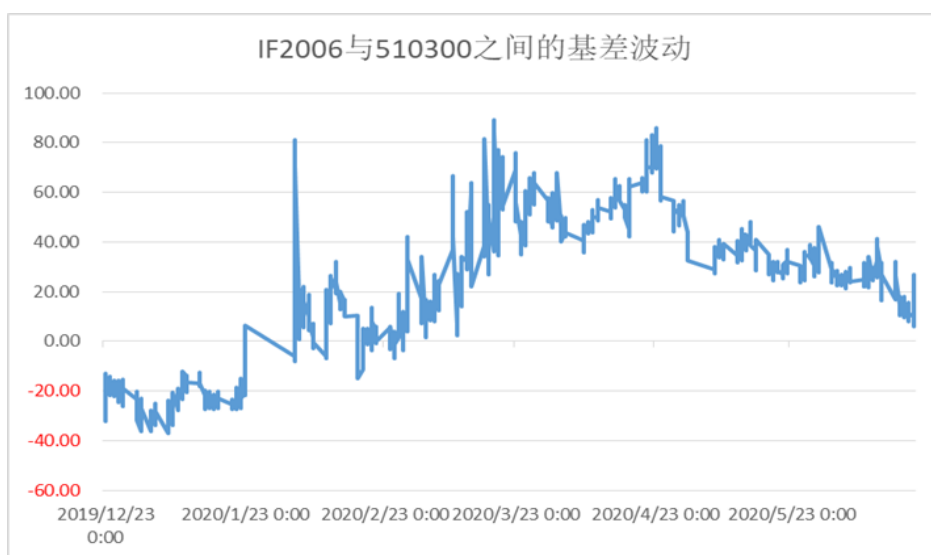


图 4.1 IF2006 与 510300 之间的基差波动

上图 4.1 是基于 IF2006 合约与 510300ETF 的高频数据的基差波动，从基差的走势可以看出，在 2019 年 12 月到 1 月底这段时间，IF2006 股指期货与 ETF 的基差为正，IF2006 合约的价格出现了升水，存在正向套利的机会。从 2 月份开始股指期货的基差均处于正向的状态，因此可以推测可能在 2 月之后会出现较多的反向套利机会，就 3 月中旬到 5 月底这段时间，IF2006 合约相对处于贴水的状态，反向套利的机会较多。而从基差范围来看，IF2006 与 510300ETF 之间的价差大致处于 $(-40, 90)$ 的范围之内，其中正向基差的空间要远高于负基差套利的空间。

4.1.3 无套利区间的影响因素

以上小节对期现套利选取的数据进行了较为详细的统计检验，接下来对套利过程中的成本因素进行分析，进而推导无套利区间。

1. 交易费用：ETF 现货买卖的成本包括佣金、印花税和过户费，由于印花税和过户费都不收取，故不考虑。佣金参照各个期货公司的标准，一般为成交金额的 0.02%，不足 5 元的收取 5 元，买卖双方双向收费。因此这里将现货买入和卖出的交易费用 C_{bs} 和 C_{ss} 定为 0.02%。

根据中国金融期货交易所规定，沪深 300 股指期货的交易手续费标准为万分之 0.23，平今仓收取费标准为万分之 3.45，因套利交易数据采取日内 5 分钟高频，考虑到日内平仓，将手续费平均所得为 0.035%，故将买入和卖出期货的成本 C_{bf} 和 C_{sf} 定为 0.035%。

2. 股息：ETF 样本股股息发放周期较长且差异较大，不确定性因素较多，而本

文套利期间又属于短周期持有，故不将其列入交易成本影响因素之中。

3. 期货保证金：中金所规定的沪深 300 股指期货的最低交易保证金 M_f 为合约价值的 8%。

4. 融资利率：在正向套利时，投资者需要以无风险利率借入资金买入现货并做空期货，同时支付相关的各种交易费用。资本套利成本可以参考两个数据：一是银行间同业拆借市场利率水平；二是贷款基准利率。本文选取样本时间内的 Shibor(6 个月)作为融资的无风险利率，根据上海同业拆借利率官网，算出样本期内（2019 年 12 月底到 2020 年 6 月）的平均利率为 2.1%。

5. 融券成本：在进行反向套利时，要先进行融券，再卖空现货标的获得资金，扣除掉相关的各种交易费用后若有剩余，投资者就会以无风险利率将其借出或者投资其他的金融产品以获取额外稳定的收益。向券商申请融券，相当于借入资金购买标的，因而也产生相应的融券利息。融券费率是指投资者通过融券业务借来证券所需要付出的资本利息。融券保证金比例指投资者通过融券业务，向证券公司借到证券然后卖出时所需交付的保证金占融到股票的市值的比例。本文根据《融资融券试点交易规则》规定，设定融券保证金为 50%，融券年利率为 10.6%。

6. 冲击成本：是指市场上进行大规模交易时未必能以预定价位成交，只能高买低卖撮合成交导致的额外成本，冲击成本被认为是机构大户难以摆脱的致命伤，当大量迅速购买股票时，要使购买指令迅速成交，基本都是采用市价委托的指令，会按着卖方成交价成交，就会导致价格一直上升，因此会比预定成本高出不少，这也是套利不可避免的额外成本。

冲击成本的大小既与委托交易的数量有关，也与市场的流动性大小有关，市场流动性越小，冲击成本越大。冲击成本一般可用价格冲击指数来衡量，其衡量一定金额的交易对市场价格的冲击程度，因此价格冲击指数越高，意味着瞬间购买一定金额的股票所造成的冲击成本越高。

由于冲击成本受多种因素的影响，而本文研究的重点也不是冲击成本，且在样本期内股指期货和 ETF 现货成交量均较大，因此在前人研究的基础上，简单地采用静态冲击成本，将 ETF 冲击成本假定为 0.15%^①，股指期货冲击成本设定为 0.1%，总的冲击成本为 0.25%。

4.1.4 无套利区间的推导

对于期现套利来说，需要在考虑套利成本的基础上分析出相关的无套利区间。

①杨玉红，股指期货市场冲击成本实证研究[D].青岛大学,2014.

魏平、梁晨，股指期货冲击成本测算与实证研究[J].中国人民大学财政金融学院,2013.

以区间的上下界作为判断套利的相关依据，若期货的价格位于上下界之间，那么处于没有套利的状态，若期货价格超出了这个区间的上下界，那么便可以进行套利交易。对此，本节利用期现套利交易的现金流推导出股指期货的无套利区间：

设置 t 为开仓的时间， T 为期货合约平仓交易的时间， S_t 为 t 时现货的价格， S_T 为 T 时现货的价格， F_t 为 t 时刻股指期货的价格， F_T 为 T 时股指期货的价格， M_f ：期货保证金率， M_s ：融券保证金率， r_1 ：贷款的利率（投资者借入资金的利率）， r_2 ：融券利率， C_{bs} ：买入现货的总交易成本率， C_{ss} ：卖出现货的总交易成本率， C_{bf} ：买入股指期货的总交易成本率， C_{sf} ：卖出股指期货的总交易成本率，其中总交易成本包括了交易费用、跟踪误差以及冲击成本，而交易费用又具体包含了佣金、过户费和印花税等， $slip$ 为冲击成本。

根据无风险套利区间确定的成本因素，对于交易费用的设定如下：

表 4.2 基于 ETF 的无套利区间的影响因素

成本因素	交易操作成本				借贷利率	期货保证金率	融券保证金率	融券利率	冲击成本
	买入现货	卖出现货	买入期货	卖出期货					
符号	C_{bs}	C_{ss}	C_{bf}	C_{sf}	r_1	M_f	M_s	r_2	$slip$
数值	0.0002	0.0002	0.00035	0.00035	0.021	0.08	0.5	0.106	0.002

5

则期现套利中正向套利的现金流量表如下：

表 4.3 ETF 与股指期货正向套利现金流表

t 时刻	现金流	T 时刻	现金流
买入现货	$-S_t(1+C_{bs})$	卖出现货	$S_T(1-C_{ss})$
卖出股指期货的成本	$-F_t C_{sf}$	买入股指期货平仓	$F_T - F_t(1+C_{bf})$
支付股指期货保证金	$-F_t * M_f$	回收保证金	$F_T * M_f$
借款	$S_t(1+C_{bs}) + F_t * (C_{sf} + M_f)$	还款	$-[S_t(1+C_{bs}) + F_t * (C_{sf} + M_f)](1+r_1)^{(T-t)}$
净现金流	0	投资收益	$F_t(1+M_f) - F_T * C_{bf} - S_T * C_{ss} - [S_t(1+C_{bs}) + F_t * (C_{sf} + M_f)](1+r_1)^{(T-t)}$

由上表 4.3 可知，现在时刻净现金流等于 0，根据无套利原理，未来反向平仓时投资收益应该与现在相同也应等于 0，令 $F_T = S_T = S_t(1+r_1)^{(T-t)}$ ，求得的股指期货在 t 时刻的价格即为无套利区间的上限：

$$F_{up} = \frac{S_t[(1 + C_{bs} + C_{ss} + C_{bf})(1 + r_1)^{T-t}]}{1 + M_f - (M_f + C_{sf})(1 + r_1)^{T-t}}$$

同理，在反向套利过程中考虑到融券业务和融券成本，相关的现金流量如下表：

表 4.4 ETF 与股指期货反向套利现金流表

t 时刻	现金流	T 时刻	现金流
融券卖空现货	$S_t(1 - C_{ss})$	买入现货平仓	$-S_T(1 - C_{bs})$
融券成本	$-S_t(M_s + r_2)$	收回保证金	$S_t * M_s$
买入股指期货	$-F_t(1 + C_{bf})$	卖出股指期货平仓	$F_T(1 - C_{sf}) - F_t$
支付股指期货保证金	$-F_t * M_f$	收回期货保证金	$F_t * M_f$
借出余额	$-[S_t(r_2 + M_s + C_{ss}) - F_t * (M_f + C_{bf})]$	回收借出余额	$[S_t(1 - r_2 - M_s - C_{ss}) - F_t * (M_f + C_{bf})](1 + r_1)^{(T-t)}$
净现金流	0	投资收益	$S_t M_s - S_T C_{bs} - F_T C_{sf} - F_t + F_t M_f + [S_t(1 - r_2 - M_s - C_{ss}) - F_t * (M_f + C_{bf})](1 + r_1)^{(T-t)}$

同理，当 T 时刻的投资收益等于 0 时，令 $F_T = S_T = S_t(1 + r_1)^{(T-t)}$ ，就可求得股指期货期现套利的无套利区间下限：

$$F_{down} = \frac{S_t[(1 - r_2 - C_{ss} - C_{bs} - C_{sf})(1 + r_1)^{T-t}]}{1 - M_f + (M_f + C_{bf})(1 + r_1)^{T-t}}$$

以上就是股指期货期现套利的无套利区间，上下限用区间表示为 $[F_{down}, F_{up}]$ 。若现实交易的股指期货价格落在此区间之外时，就可以触发期现套利。

4.1.5 交易的金额与合约份数

一般来说，投资者的交易规模由期现货的保证金比例和拥有的资金两部分所决定，另外还有投资者的风险偏好可以调整整体资金的使用率。当资金的使用率较高时，交易的规模能够相对的扩大，在交易过程中则具有较大的利润，放大了整体的收益率，但是使得交易的风险明显的增加；而反之，在资金的使用率较低时，交易规模就相对降低，会使利润降低，从而使整体的收益率下降，但也减少了期货交易过程中期货合约因保证金不足而爆仓的风险。

在套利本金的计算中，本文假设投资者使用自有资金进行投资，并用足融资融券的最大杠杆以减少必须付出的自有资金量，则本文套利过程中的交易规模主要由两部分构成：一部分是进行期货合约的交易，影响其交易资金使用量的因素有期货合约的基准价格 F_x ，保证金比例 M_f ，合约乘数 N 以及持仓比例，另一部分在现货市场中影响现货资金使用量的因素有：现货的基准价 S_x ，现货合约乘数 M ，合约份数 L 。

为了保证整个交易的持续进行，本文选择沪深 300 股指期货在样本期 2019 年 12 月 23 日到 2020 年 6 月 19 日的最高价 4240.6 作为基准 F_x ，保证金 M_f 为 8%，沪深 300 股指期货的合约乘数 N 为 300，考虑到期货合约在亏损较大时可能出现的爆仓风险，同时考虑到无风险套利交易适合风险中性者与风险厌恶者，因此将期货持仓仓位设定为半仓，即 $1/2$ 仓位交易，现货沪深 300ETF 同样采取样本期间的最高价 4.218 作为基准 S_x ，合约乘数 M 为 1000，合约份数 L 为 300，因此期货合约在只交易一手的情况下，整个套利交易的资金使用量（本金） B 计算如下：

$$B = F_x * M_f * N * 2 + S_x * M * L$$

算出初始资金使用量为 1468948。

4.2 利用期权拟合现货的交易策略

4.2.1 期权合约的选择

我国沪深 300 股指期货自 2010 年上市以来，标志着我国资本市场风险管理体系建设迈出了第一步，然而，一个完整的资本市场风险管理体系应当包括期货市场和期权市场，经过近十年的发展，单一的金融期货品种已经无法满足我国资本市场未来规模的进一步扩大、结构的进一步优化和功能的有效发挥，2019 年 12 月 23 日，我国金融衍生品市场迎来具有里程碑意义的一天，中金所沪深 300 股指期货以及上交所、深交所沪深 300ETF 期权三大金融期权新品种同时上市，使得我国金融市场衍生品风险管理工具箱持续地充实扩大。

如前文第三、四章所分析，自 2019 年底疫情开始，以沪深 300 为标的物的金融产品定价上出现较大偏差，存在很好的套利机会，尤其是 2020 年年初以来证券、期货市场受宏观事件的扰动，市场上股指期货多时间处于贴水状态，存在大量的反向套利机会。以 ETF 拟合现货标的的期现正反向套利中，正向的套利成本更高，但容易实现，而反向套利虽然成本低，但往往会受到股票市场、融资融券市场的各种规则限制，很能保证交易的实施，且在反向套利中，融券资金在缴纳保证金

之后，剩余资金很难被挪用购买或者投资于其他市场或产品，使得反向套利资金难以充分利用，这也是目前各期货公司在期现套利策略运用过程中的一个难点，目前我国融资融券制度虽然可以实施，理论上可以执行反向套利，但实际操作中投资者会往往面临着券源不足或者制度限制等问题。

依据期权平价公式： $c + Ke^{-r(T-t)} = p + S$ ，变形可合成如下的标的资产：

$S = c - p + Ke^{-r(T-t)}$ ， $-S = -c + p - Ke^{-r(T-t)}$ ，其中， c 是看涨期权的价格， K 是其行权价格， r 是利率， T 是时间， p 是看跌期权的价格， S 即为合成的标的资产的价格，因此，可以通过买入看涨、卖出看跌相同行权价格和到期月份的期权合约来构造现货多头，并通过卖出看涨、买入看跌期权来构造现货的空头，然后再分别与股指期货多头进行期现套利。

4.2.2 期权合成标的资产与股指期货的基差分析

沪深 300 股指期权和沪深 300 股指期货都是以沪深 300 指数为标的的衍生产品，理论上其价格均与沪深 300 指数有密切的关系，因此本文选择与上文 ETF 套利中的股指期货相同的到期月份——2020 年 6 月份到期的 IO2006-C-4000.CFE 和 IO2006-P-4000.CFE 合约来合成标的资产，则合成标的资产与股指期货 IF2006 合约之间的基差走势如下图所示：



图 4.2 期权合成标的资产与 IF2006 合约的高频基差

上图 4.2 是期权合成的现货 S 与股指期货 IF2006 合约之间的基差走势，对比 ETF 与股指期货的基差可看出，期权合成现货的价差波动性明显更大，其基差范围（-300，600）要明显大于 ETF 与股指期货合约的价差，除了在 3 月到 5 月初基差明显正向之外，其余月份基差波动较为平均，且其能够在较大的波动之后迅速回归为零。期权合成标的资产的价格波动幅度虽然剧烈，但期权价格的波动又会始终围绕着 IF2006 合约价格，这其中的原因除了期权高频数据的间断性交易之外，也说明了股指期权和股指期货这两个相同标的的合约在不同的市场中其现实价格的较大差异，因此可利用他们之间的价差开展套利交易。

4.2.3 套利过程中的成本分析

在前文提到，在 ETF 反向套利中，投资者融券卖出 ETF 获得的资金，扣除掉相关的各种交易费用后若有剩余，投资者就会以无风险利率将其借出或者投资其他的金融产品以获取额外收益，但在现实交易中，受到各种融资融券制度约束，投资者很难将资金再次利用出去，只能存放在账户中来弥补亏损的保证金，且投资者也面临一定的是否能够融到现券的风险。而股指期权的平仓交易制度能够避免 ETF 的融券风险，其相对股票和 ETF 来说建仓成本更低，平值合约一般几百块甚至几十块就能买入一张，且其建仓方式更加丰富，即便是有高波动，我们可以利用低仓位来对冲风险，下面就对期权拟合现货的套利过程中的成本因素进行分析：

1. 交易成本：沪深 300 股指期货交易手续费 C_f 如前文所述为 0.035%，沪深 300 股指期权交易手续费 C_o 为 15 元/手。

2. 期权保证金：中金所规定的股指期货交易保证金 M_f 为合约价值的 8%，沪深 300 股指期权的合约保证金调整系数为合约价值的 12%。

3. 无风险利率 r ：同样选取样本时间内的 6 个月的年化 Shibor 利率，平均值为 2.1%，这里为了和 ETF 套利保持一致，均按照日单利计息。

4. 冲击成本 $ship$ ：为了简便，将股指期权和股指期货冲击成本都设定为 0.1%，总的冲击成本为 0.2%。

4.2.4 无套利区间的推导

这里首先计算套利的总成本，然后推导无套利区间，考虑到沪深 300 股指期权卖方需要缴纳的保证金详细计算公式（股指期权卖方需要缴纳的保证金 \approx 期权合约的报价 \times 合约乘数 $+$ 沪深 300 指数当日收盘价 \times 合约乘数 \times 合约保证金调整系数）较为复杂，因此在套利过程中简化期权合成标的资产保证金的比例 M_s ，在尽可能满

足套利成本的情况下设置为 16%；因为沪深 300 股指期货的合约乘数为每点 300 元，而沪深 300 股指期权的合约乘数为每点 100 元，所以股指期货与期权拟合标的资产的交易比例 1:3，因此，结合期权平价公式构造的现货标的的公式，可将期权拟合现货套利交易的成本参数设定如下：

表 4.5 期权合成现货与 IF2006 套利的成本参数

成本 因素	交易操作成本				借贷利 率	期货保 证金率	期权拟 合现货 的保证 金率	冲击 成本
	买入现货	卖出 现货	买入 期货	卖出 期货				
符号	C_{bs}	C_{ss}	C_{bf}	C_{sf}	r	M_f	M_s	slip
数值	0.9 (=15*3*2/100) 元/手	0.9 元 /手	0.00 035	0.00 035	0.021	0.08	0.16	0.00 2

可以大致测算出在股指期货只交易一手的情况下的交易成本，在正向套利中，买入现货组合卖空期货，则正向套利的交易成本 $\Pi_1 = (M_f * F_t + M_s * S_t) * r * (T - t) + C_{sf} * F_t + C_{bs}$ ，而在反向套利中，卖出现货组合买入期货合约，则反向套利成本 $\Pi_2 = (M_f * F_t + M_s * S_t) * r * (T - t) + C_{bf} * F_t + C_{ss}$ ，因此可构造如下套利模型：

表 4.6 套利场景的分析

场景	交易类别	期权合成标的资产	期货
$K(1+r)^{T-t} + c - p < F_t(1+r)^{T-t} - \Pi_1$	正向套利	标的资产多头 (买认购、卖认沽)	期货空头
$K(1+r)^{T-t} + c - p > F_t(1+r)^{T-t} + \Pi_2$	反向套利	标的资产空头 (买认沽、卖认购)	期货多头

表格 2 套利场景的分析

由上表可计算出期现套利的上下限分别为：

$$F_{up} = \frac{S_t[1 + M_s * r * (T - t)] + C_{bs}}{(1 + r)^{T-t} - M_f * r * (T - t) - C_{sf}}$$

$$F_{down} = \frac{S_t[1 - M_s * r * (T - t)] - C_{ss}}{(1 + r)^{T-t} + M_f * r * (T - t) + C_{bf}}$$

4.2.5 交易金额与合约份数

沪深 300 股指期权的买方不需要缴纳保证金，只需交纳权利金即期权的市场价格，而期权买方则需要按照一定规则缴纳相应的保证金，本文在用期权拟合现货的期现套利交易中，期权买卖双方一样都可以随时主动平仓来避免爆仓的风险，在一次套利交易完成之后主动平仓，完成合约的对冲。

为了保证整个交易的持续进行，这里依然选择沪深 300 股指期货在样本期 2019 年 12 月 23 日到 2020 年 6 月 19 日的最高价 4240.6 作为基准 F_x ，保证金 M_f 为 8%，合约乘数 N 为 300，同时期权拟合的现货 S 同样采取样本期间内的最高价（经计算为 4326.65）作为基准 S_x ，保证金 M_s 为 16%，合约乘数 N 为 100，合约份数 L 为 3，考虑到期权和期货合约在交易过程中可能出现的爆仓风险，将两者的持仓仓位均设定为 1/3 仓位，即把本金扩大 3 倍，因此期货合约在只交易一手的情况下，整个套利交易的资金使用量 B 为：

$$B = F_x * M_f * N * 3 + S_x * M_s * N * L * 3$$

算出初始资金使用量为 928360.8 元。

4.3 套利过程的算法描述

4.3.1 交易信号的判断

综合前面的分析，股指期货合约的现实交易价格与套利机会的关系可表示为：若是 $F_t \in [F_{down}, F_{up}]$ 则不存在套利机会，若 $F_t \in (F_{up}, +\infty)$ 则可以进行正向套利，若是 $F_t \in (-\infty, F_{down})$ 则可以进行反向套利，详细步骤如下图：

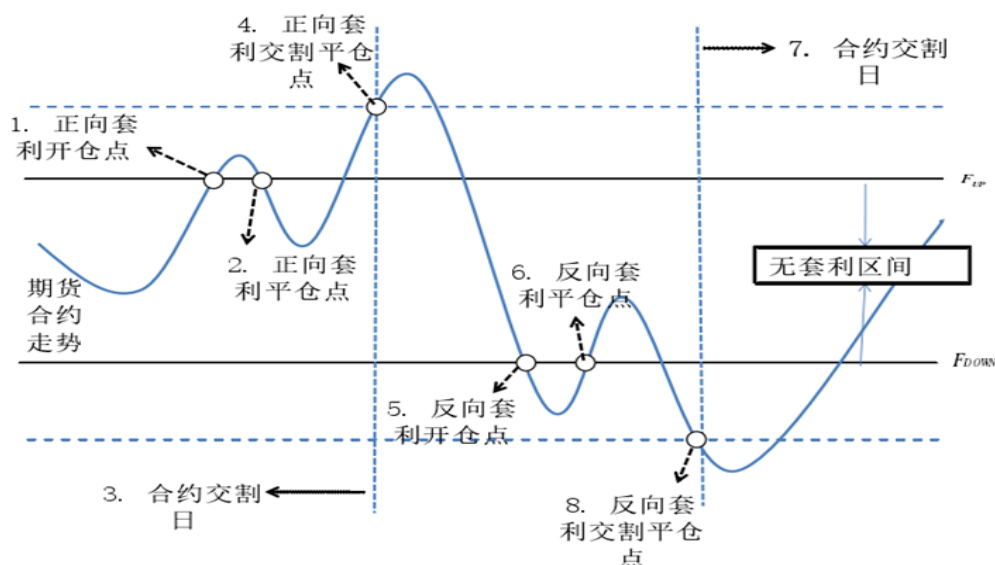


图 4.3 套利信号的判断

从上图 4.3 可以看出，当期货合约的价格走势上穿或者下穿无套利区间时，进而进行建仓就可能实现期现套利的机会：当期货价格穿过无套利区间上限，达到正向套利开仓点 1 时，则存在正向套利机会，这时即可买入现货，卖出股指期货，卖出期货合约，当期货价格下降至无套利区间上限的时候，即达到正向套利平仓点 2 时，就要进行正向套利平仓，即卖出现货指数，并且买入期货合约平仓，而如果在正向套利操作之后，遇到合约交割日 3 时期货价格还未下降到区间上限之下即正向套利交割日平仓点 4，则选择交割日交割或者平仓止损。相反，在反向套利条件下，当期货价格穿过无套利区间下限，达到反向套利开仓点 5，则实行反向套利交易的建仓，即以融券方式卖出现货指数，同时买入股指期货合约，当期货合约的价格降落到无套利下限，到达点 6 时，就要进行反向套利平仓，买入现货并还券，卖出期货合约，而如果遇到合约交割日 7，则在交割日止损平仓。以上期现套利交易是在高频数据的基础上不断重复的，由计算机自动把握每次的套利机会。

4.3.2 交易的规则

上面在交易信号判断时已经较为详细地用文字阐述了交易的操作，这里用图表加以总结：

表 4.7 交易的规则

交易类别	头寸建仓	建仓操作	头寸平仓	平仓操作	收益
正向套利	正向开仓线	买现货卖期货	正向平仓线	买期货卖现货	正收益
	正向开仓线	买现货卖期货	正向止损线	期货交割	负收益
反向套利	反向开仓线	买期货卖现货	反向平仓线	买现货卖期货	正收益
	反向开仓线	买期货卖现货	反向止损线	期货交割	负收益

接下来将对算法交易过程中的变量进行赋值：

F_{up} ：无风险套利区间上限，

F_{down} ：无风险套利区间下限，

F_{ou} ：正向开仓时的期货开仓价格，

F_{od} ：反向开仓时的期货开仓价格，

F_{cu} ：正向平仓时的期货平仓价格，

F_{cd} ：反向平仓时的期货平仓价格，

S_{ou} ：正向开仓时的现货开仓价格，

S_{od} ：反向开仓时的现货开仓价格，

S_{cu} ：正向平仓线的现货平仓价格，

S_{CD} : 反向平仓时的现货平仓价格,
 N_{OU} : 上线开仓次数,
 N_{CU} : 上线平仓次数,
 N_{OD} : 下线开仓次数,
 N_{CD} : 下线平仓次数,
 D_{OU} : 上线开仓时间,
 D_{CU} : 上线平仓时间,
 D_{OD} : 下线开仓时间,
 D_{CD} : 下线平仓时间,
 R_{BULL} : 正向套利的累计收益,
 R_{BEAR} : 反向套利的累计收益,
 $Position$: 当前的持仓情况, -1 为正向套利持仓, 1 为反向套利持仓, 0 为空仓。

算法交易的流程如下:

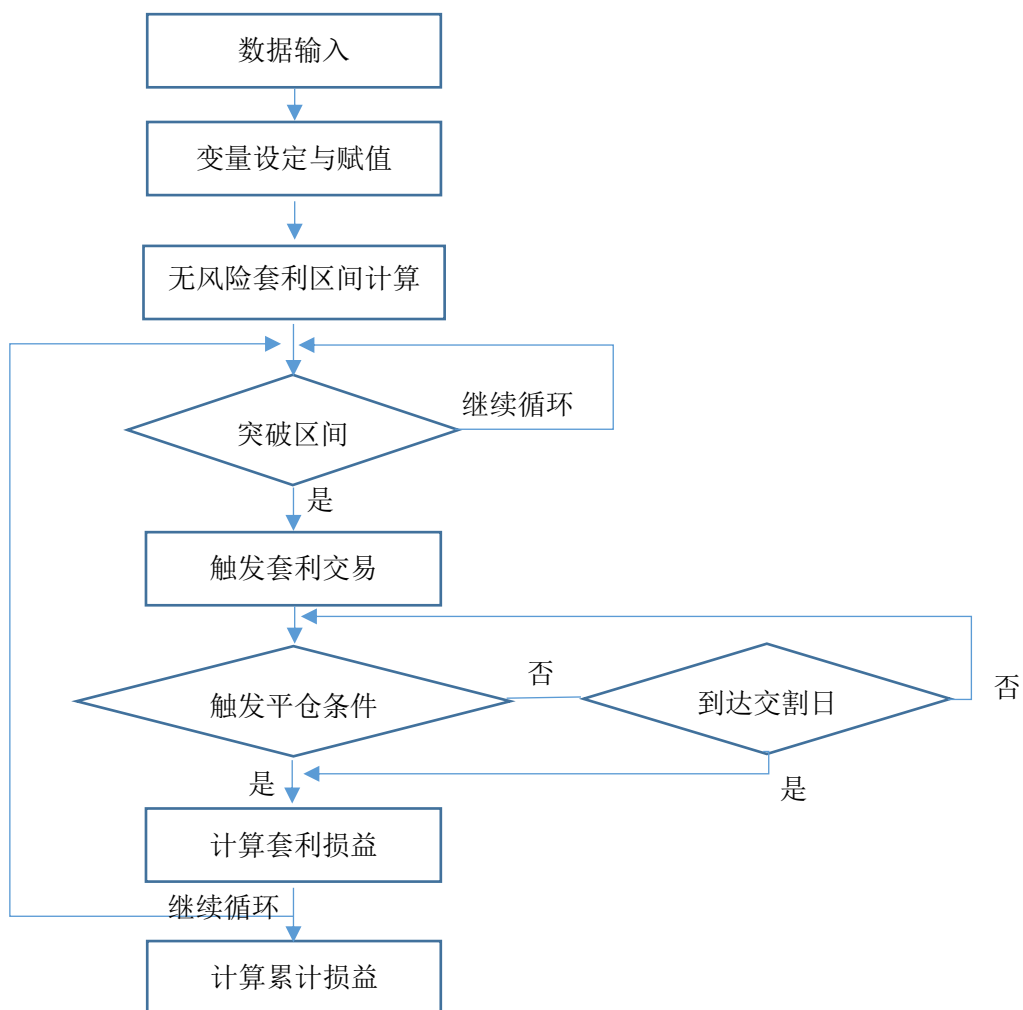


图 4.4 算法交易流程图

首先，从第一个数据开始，遍历期货价格序列并计算无风险套利区间，分为以下几种情况：

1. 若 $F_t > F_{up}$ ，即期货价格高于无风险套利正向开仓线且持仓情况 Position 为 0 时，买入开仓价格为 S_{ou} 的沪深 300ETF，同时卖出开仓价格为 F_{ou} 的沪深 300 股指期货合约，并将当前持仓状态 Position 记录为-1，同时需要考虑到实际成交时冲击成本对套利结果的影响，由于 ETF 是现货买入，因此开仓价格要在现货价格基础上加上一个冲击成本，而卖出股指期货则是开仓价在股指期货价格基础上减去一个冲击成本，冲击成本 slip 的数值设置如前文；以及记录本次交易的总开仓成本 C_{ou} ，为期货和现货交易的成本之和，即买入现货的交易成本率乘以现货开仓价格加上卖出股指期货的交易成本率乘以期货的开仓价格。

$$\begin{aligned} S_{ou} &= S_t + \text{slip} \\ F_{ou} &= F_t - \text{slip} \\ C_{ou} &= C_{bs} * S_{ou} + C_{sf} * F_{ou} \end{aligned}$$

2. 当 $F_t < F_{up}$ 时，即期货价格低于正向套利的开仓线且目前持仓状况 Position 为-1 时，那么就进行平仓操作，卖出沪深 300ETF 买入期货合约，平仓价格分别为 S_{cu} 和 F_{cu} ，交易后当前的持仓情况 Position 应该重置为 0，即为空仓状态，以及记录本次平仓成本 C_{cu} ，最后，计算出此次套利交易的收益 R_{cu} ，为现货收益加上期货收益再减去建仓成本和平仓成本，其中现货收益等于正向套利现货平仓价减现货开仓价，期货收益为正向套利期货开仓价减去期货平仓价。

$$\begin{aligned} S_{cu} &= S_t - \text{slip} \\ F_{cu} &= F_t + \text{slip} \\ C_{cu} &= C_{ss} * S_{cu} + C_{bf} * F_{cu} \\ R_{cu} &= (F_{ou} - F_{cu}) + (S_{cu} - S_{ou}) - C_{ou} - C_{cu} \end{aligned}$$

3. 若当前持仓情况 Position 为-1，即为正向套利持仓，但期货合约到达交割日，那么进行交割操作或者平仓止损，即对持有头寸根据结算价进行头寸了结，并且进行现金交割，买入期货卖出现货，平仓价或者交割价分别为 S_{cu} 和 F_{cu} ，由于是按结算价进行平仓，因此平仓价格再不考虑滑点（冲击成本）的情况，交易结束后将持仓情况 Position 重置为 0，同时记录本次平仓成本和收益。

$$\begin{aligned} S_{cu} &= S_t \\ F_{cu} &= F_t \\ C_{cu} &= C_{ss} * S_{cu} + C_{bf} * F_{cu} \\ R_{cu} &= (F_{ou} - F_{cu}) + (S_{cu} - S_{ou}) - C_{ou} - C_{cu} \end{aligned}$$

4. 若 $F_t < F_{down}$ ，即期货价格突破无风险套利区间下限，且当前的持仓情况

Position 为 0 时，执行反向套利，买入价格为 F_{0D} 的沪深 300 股指期货，卖出价格为 S_{0D} 的 300ETF，开仓，同时买入上证 50 期货合约，由于是执行反向套利，买入股指期货，故开仓价要在股指期货价格基础上加上一个冲击成本，而 ETF 是现货卖出，开仓价则在现货价格基础上减去冲击成本。交易后，当前的持仓 Position 应设为 1，并记录此次的开仓成本 C_{0D} ，等于卖出现货的交易成本率乘以现货开仓价加上买入股指期货的交易成本率乘以期货开仓价。

$$F_{0D}=F_t+\text{slip}$$

$$S_{0D}=S_t-\text{slip}$$

$$C_{0D}=C_{ss}*S_{0D}+C_{bf}*F_{0D}$$

5. 当 $F_t > F_{\text{down}}$ 时，即期货价格大于无风险套利反向开仓线，且当前持仓情况为反向套利持仓 1 时，进行平仓操作，买入沪深 300ETF 指数，同时卖出沪深 300 期货合约，平仓价格分别为 S_{CD} 和 F_{CD} 。结束后重置当前持仓情况 Position 为 0，记录本次平仓成本 C_{CD} 和套利交易的收益 R_{CD} ，平仓成本和收益的计算与前面类似。

$$F_{CD}=F_t-\text{slip}$$

$$S_{CD}=S_t+\text{slip}$$

$$C_{CD}=C_{bs}*S_{CD}+C_{sf}*F_{CD}$$

$$R_{CD}=(F_{CD}-F_{0D})+(S_{0D}-S_{CD})-C_{0D}-C_{CD}$$

6. 若当前持仓情况 Position 为 1 且当前日期为持有合约交割日，那么就对持有头寸根据结算价进行交割平仓止损，平仓价格也无需考虑冲击成本（即滑点）的情况，最后重置当前持仓情况 Position 为 0，即为空仓状态，并记录本次平仓成本 C_{CD} 和获利情况 R_{0D} 。

$$F_{CD}=F_t$$

$$S_{CD}=S_t$$

$$C_{CD}=C_{bs}*S_{CD}+C_{sf}*F_{CD}$$

$$R_{CD}=(F_{CD}-F_{0D})+(S_{0D}-S_{CD})-C_{0D}-C_{CD}$$

5 结果分析与比较

5.1 套利效果比较分析

将沪深 300 股指期货与沪深 300ETF、沪深 300 股指期货与沪深 300 股指期权设定的交易成本参数分别代入交易的程序中，在交易算法执行后，得到期现套利交易的结果，汇总如下：

表 3 套利的结果对比

数据	套利组合	套利方式	交易次数	盈利次数	累计收益（元）	合计收益（元）	年化收益率
ETF 拟合	IF2006 与	正向套利	8	7	9096	76056	10.36%
现货	510300	反向套利	30	23	66960		
期权拟	IF2006 与	正向套利	6	5	150702	367362	79.14%
合现货	期权组合	反向套利	2	2	216660		

5.1.1 套利的收益对比分析

从表 5.1 可以看出，在 ETF 和期权分别拟合现货的沪深 300 股指期货期现套利交易中，期权拟合现货的总收益率要远远大于 ETF 作为现货的套利收益，从 2019 年 12 月 23 日到 2020 年 6 月 19 日这段样本期间内，ETF 正向套利获利 9096 元，反向套利获利 66960 元，总收益为 76056 元，年化收益率为 10.36%，而期权组合作为现货的正向套利获利 150702 元，反向套利获利 216660 元，总收益为 367362 元，年化收益率为 79.14%，这也印证了前文在基差分析中，期权组合 S 与股指期货的价差范围要远大于 ETF 与股指期货合约之间的基差范围，因此期权组合作为现货能够获得更好的套利利润。具体在 ETF 拟合现货的套利中，由于 510300 与 IF2006 合约之间正基差的频率远多于负基差的频率，因此反向套利的收益也要大于正向套利收益，但在反向套利中，融券卖出现货 ETF 时需要更高的（10%）的融券利率，这样也会使得反向套利的收益大打折扣，总而言之，期权拟合现货的套利策略比 ETF 作为现货的套利策略具备更大的套利空间。

5.1.2 套利的次数对比分析

从套利交易的次数上看，在 2019 年 12 月 23 日到 2020 年 6 月 19 日这段样本期间内，ETF 作为现货的总交易次数为 38 次，其中正向套利的次数为 8 次，盈利 7 次，反向套利的次数为 30 次，盈利 23 次；期权拟合现货的总交易次数为 8 次，其中正向套利 6 次，获利 5 次，而反向套利次数 2 次获利 2 次。在两次套利过程中，反向套利的总次数还是多于正向套利次数，这与前文股指期货在样本期间内贴水、期现货之间较大的正基差的现状相吻合，尤其在 2020 年 3 月之后的一段时间，期货市场受到外部宏观环境的影响，其相对现货指数、ETF 和期权都出现了较大的正基差，因此也使得期现套利时反向套利的机会更多一些。

如表 5.2 为样本期间内全部数据的交易时间的汇总表，从表中可以看出，2019

年 12 月至 2020 年 6 月这段时间中每个月无风险套利交易的次数（包括正向套利和反向套利）以及月度的收益情况：

表 4 套利次数对比

交易组合	套利方式	对比	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
ETF 拟合现货	正向套利	套利次数	7	1	0	0	0	0	0
		套利收益	6039	3057	0	0	0	0	0
	反向套利	套利次数	0	0	3	10	17	0	0
		套利收益	0	0	14580	37620	14760	0	0
期权拟合现货	正向套利	套利次数	1	1	0	1	0	3	0
		套利收益	17037	22437	0	64257	0	46962	0
	反向套利	套利次数	0	0	1	1	0	0	0
		套利收益	0	0	134640	82020	0	0	0

1. 从每个月的交易次数上看，期现套利的无风险套利机会主要出现在 12 月、2 月 3 月以及 4 月，6 月份的套利次数为 0，从 2020 年上半年沪深 300 股指期货的整体走势来看，2019 年 12 月沪深 300 股指期货较现货呈现升水状态，但随着疫情的出现 1 月份股市和期货市场都出现了一定程度下跌，2 月份稍微有所反弹之后 3 月又受到国际期货市场影响跌入最低点，期间沪深 300 股指期货的价格变动较大，同时也伴随着期货理论价格与实际价格较大的偏差，存在较多套利机会。在 6 月份之后，股市和期货市场均出现了新的增长点，伴随着 IF2006 和 6 月到期期权的交割，期货市场的基差也逐渐回归。

2. 从每个月的收益情况上看，ETF 正向套利的机会出现在 12 月份和 1 月份，其中 12 月份套利次数为 7 次，套利收益分别为 6039 和 3057，在 ETF 反向套利中，套利机会出现在 2、3、4 月份，反向套利总收益为 66960；在期权拟合现货的套利

中，12月、3月和5月均出现了正向套利的机会，套利收益为150702，远大于ETF正向套利的收益，反向套利机会则出现在了2、3月期货市场下跌的熊市期间，其中3月份出现的套利交易从3月13日开仓一直延续到5月11日平仓，合约持有时间较长，这是因为在股指期货市场处于熊市期间时，投机力量的减弱以及期货和期权合约的保证金与每日交易手数的限制，导致市场出现了不合理的期现基差也很难快速回归。因此，无风险套利交易策略适合行情快速反转市场，这样能够增加不合理期现基差出现的次数，增加交易机会，同时需要较大的投资和投机力量的推动，即需要较大的成交量，这样能够使得不合理的期现货之间的基差幅度较大，并且能够快速回归，回归幅度较大，这样收益情况可能就会更加可观。

5.2 相关建议及展望

2019年底我国三大沪深300股指期权上市，本次金融期权的扩容，是继2010年4月沪深300股指期货上市，2015年2月上证50ETF期权上市，2015年4月上证50、中证500股指期货上市之后，境内金融衍生品市场发展的又一个重要里程碑，我国金融期权再添新品种，衍生品市场进入新发展阶段。股票股指期权是管理股票现货投资的基础性风险管理工具，随着我国资本市场的进步发展和完善，市场参与者利用金融期权进行风险管理的需求日趋强烈，在当前推出股指期权，有助于进一步完善资本市场风险管理体系，丰富避险工具，增强市场长期投资信心，改善市场生态结构，促进股票市场稳定健康发展。

本次扩容市场时期期待已久的，股指期权和股指期货作为场内市场的基础产品，互相配合共同形成完整的现代金融衍生品场内市场风险管理体系。作为我国首只ETF期权，上证50ETF期权于2015年2月9日上市，近5年来交易运行平稳，风控措施有效，市场定价合理，投资者参与理性，市场规模稳步增长，经济功能逐步发挥，在培育市场、培养人才、积累经验等方面为扩大试点打下了基础。而沪深300股指期权和ETF期权的上市更有助于沪深两市投资者开展套期保值和风险对冲，提高市场定价能力、流动性和稳定性。丰富金融机构的投资策略，给证券和期货公司经纪业务增加了新的创收渠道，金融衍生产品推出有助于做大基础产品的规模，提高流动性和机构投资者占比。

本文在对沪深300股指期货与现货的基差进行分析的基础上，综合考虑现实套利过程中的影响因素，从而分别用ETF和期权来拟合现货进行套利交易，最后将结果进行对比。通过前文的比较分析，期权合约在期现套利交易中具备更多优势，结合期权合约和期货合约共有的标准合约的交易制度，其一是，期权的保证金交易对比ETF能够撬动更大的杠杆，使得资金使用效率更高，其二，在反向套利中，期

权的平仓交易能够避免股票市场的制度约束，不用像 ETF 那样需要考虑是不是能够融到现券的风险，因此，期权拟合现货的套利机会和空间都要优于 ETF，用期权合成现货更适合期现套利的策略。其次，综合以上的分析，股指期货期现套利策略更适用于市场活跃度高、成交量大和投机力量强的市场情况。因为这样能在很短的时间内使不合理的基差回归到合理的区间，而且通常基差回归的幅度还比较大，套利交易的获利情况也会更加可观。

目前，沪深 300 股指期货市场发展已经不断成熟，交易制度逐步完善，但在套利过程中，也需要投资者能够改变被动状态，采取主动的态度，对成本进行科学合理控制，及时优化套利策略，从而实现预期效果，提升投资收益水平。文章虽然就期现套利策略进行了较为全面的分析，并对实证分析结果中的交易次数、套利收益率等做了较为详细分析，但是在一些方面还是有继续改进的空间，因此这里就股指期货期现套利做进一步的策略优化措施建议：

1. 主动选择期现价差。以往的期现套利方式强调在期现价差大于无套利区间的情况下，在期货市场和现货市场做等量反向买卖，进而锁定基差。然而现阶段市场中的期现价差大都落在无套利区间范围中，在这种情况下，以往的期现套利就无法满足要求。所以，这就需要改变以往的建仓策略，结合预期情况，可以先在一个市场进行买入或者卖出，在预期价差符合要求的情况下，再在另一个市场进行反向买入或者卖出，从而锁定价差。

2. 提前平仓。提前平仓具有积极作用，主要体现在以下几方面：第一，能够避免在期货交割过程中无法关闭现货头寸的风险；第二，能够提高获利机会，在套利头寸中增加获利可能性；第三，在交割前最开始的定价错误有可能出现逆转，甚至产生反向的定价偏差，这时要是提前结束套利操作，就能够获得额外的收益，这是没有风险的；第四，能够减少交易成本，由于指数现货买卖只是一次来回交易，因此，对于提前平仓的套利者，他们可以选择用更低的成本进行反向套利。

3. 滚动套利。在标准套利中，期货合约到期时持有的指数现货头寸就要进行平仓，但是在一些情况下，可以只把期货头寸平掉，对于还能继续持有的现货头寸，能够进行新一轮套利。比如，一个期货合约到期，其他指数期货合约体现有套利空间，且方向和之前操作的期货合约一致，这种情况下，就不用把手中持有的指数现货平仓，可以对有套利机会的远期合约进行买入或者卖出，以此来套利。套利者在一个期货合约到期时，就能够用较低的成本实现滚动套利，从而降低股票现货头寸构建的冲击成本以及交易费用。

4. 提前平仓与滚动套利相结合。在一次套利中，在期货合约还未到期之前平仓，且在另一期货合约上进行一样的新仓，确保指数现货头寸维持不变。比如，第一次

操作中，中途期货合约的价格出现逆转反向偏差，且后面的合约价格偏差方向和前面的期货合约最初偏差方向一致，定价偏差比较大，在这种情况下，如果可以提前结束头寸，且进行滚动套利，那么就能够获得利益；还有一种情况，可以进行这种操作，就是前一个期货合约中途定价未出现反向偏差，但是后一个期货合约定价偏差方向一样，覆盖的交易成本后超出前面合约套利利润。可以看到，总利润就是将初期套利利润、提前结束套利利润和延迟结束套利利润进行相加，得出的利润就是股指期货期现套利的总体利润。

参考文献

- [1]王良,刘潇,秦隆皓,黄珍. 基于 Netlogo 的中国 ETF 基金套利研究[J]. 管理工程学报, 2020, 34(01):164-176.
- [2]李艾. 股指期货期现套利成本分析[J]. 中国管理信息化, 2019, 22(18):134-135.
- [3]余臻、许桐桐、彭珂. 上证 50 指数与衍生品市场价格的发现能力[J], 2019.01:108-116
- [4]陈有为,冯楠. 基于高频数据阈值协整模型的上证 50 股指期货期现套利研究[J]. 经济研究导刊, 2019(14):118-119+128.
- [5]章娅薇. 股指期货期现套利策略研究[D]. 北京交通大学, 2019.
- [6]马萌. MATLAB 量化金融分析基础与实战[M]. 机械工业出版社, 2018 年.
- [7]吴奕霖,肖莉. 高频数据下基于恒生指数的期现套利实证分析[J]. 中国市场, 2018(14):39-40+53.
- [8]任若恩,王超. 基于股指期权的股指期货交易风险管理[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2018, 31(02):75-83.
- [9]张亮,梁雷超等. 期权交易入门与进阶[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017 年.
- [10]吕鹰飞,张贺. 沪深 300 股指期货套利风险控制与监测研究[J]. 长春金融高等专科学校学报, 2017(03):24-31.
- [11]张雨. 股指期货期现套利研究[J]. 知识经济, 2017(06):52+54.
- [12]彭雅哲. 股指期货定价偏差及影响因素分析[J]. 经济研究参考, 2016(40):109-111.
- [13]刘佩芝,尹伊林,苏雪慧. 中证 500 股指期货的期现套利实证研究[J]. 兴义民族师范学院学报, 2016(02):1-6.
- [14]赵梵. 我国股指期货期现套利研究[J]. 合作经济与科技, 2016(06):46-47.
- [15]丁晓微. 沪深 300 股指期货套利及其实证研究[J]. 商, 2016(04):178-179.
- [16]卓金武&周英. 量化投资: MATLAB 数据挖掘技术与实践[M]. 电子工业出版社, 2015 年.
- [17]蔡文娟,肖秀娟. 沪深 300 股指期货与 ETF 的期现套利[J]. 贵州商业高等专科学校学报, 2015, 28(02):11-15.
- [18]胡江来 国泰君安期货. 股指期货基差和价差的运行特征[N]. 期货日报, 2015-03-30(003).
- [19]冯佳,祝锦波. 分级基金和股指期货统计套利实证分析[J]. 时代金融, 2015(08):124-125.
- [20]吴云. 股指期货中的 ETF 期现套利方法[J]. 现代经济信息, 2015(04):286.
- [21]胡瑶. 股指期货期现套利风险及控制[J]. 现代经济信息, 2015(03):299+310.
- [22]左璐 永安期货. 股指期货与沪深 300ETF 期现套利实战研究[N]. 期货日报, 2015-01-26(003).
- [23]王晴. 基于协整理论的沪深 300 股指期货期现套利研究[J]. 全国商情(经济理论研究), 2015(08):72-73.
- [24]王晋忠. 衍生金融工具[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2014 年.

- [25]丁鹏. 量化投资——策略与技术[M]. 电子工业出版社, 2014 年.
- [26]陈艳, 褚光磊. 股指期货套利交易的风险度量——基于沪深 300 股指期货交易数据的实证分析[J]. 管理现代化, 2014, 34(04):86-88.
- [27]倪耀琦. 基于统计套利协整策略的沪深 300 期现套利[J]. 中外企业家, 2014(35):4-5.
- [28]刘岚, 马超群. 中国股指期货市场期现套利及定价效率研究[J]. 管理科学学报, 2013, 16(03):41-52.
- [29]Cornell B, French K. The pricing of stock index futures[J]. Journal of Futures Markets, 1983, 3(01):1-14.
- [30]MJ Brennan, ES Schwartz. Arbitrage in Stock Index Futures[J]. The Journal of Business, 1990, 63(1): 7-31.
- [31]Hemler ML, Longstaff FA. General Equilibrium Stock Index Futures Prices: Theory and Empirical Evidence[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 1991, 26(3): 287-308.
- [32]Neal R, Direct Tests of index arbitrage models[J]. The Journal of Financial and Quantitative Analysis, 1996, 31(4): 541-562.
- [33]Hsu Hsinan, Janchung Wang, The Pricing Model of Stock Index Futures in Imperfect Markets and Analysis of Price Expectation[J]. Journal of National ChengKung University, 1998(33): 355-381.
- [34]Fung K W, Lam K. Overreaction of index futures in Hong Kong [J]. Journal of Empirical Finance, 2004, 11(3):331-351.
- [35]Ganapathy Vidymurthy, Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis[J]. New Jersey, 2004.
- [10]Gate, Goetzmann, Rouwenhorst, Rouwenhorst, Pairs Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule[J]. Review of Financial Studies, 2006(19): 79-82.
- [36]Bialkowski J, Jakubowski J. Stock index futures arbitrage in emerging markets: Polish evidence [J]. International Review of Financial Analysis, 2008, 17(2):363-381.
- [37]Henker T, Martens M. Index futures arbitrage before and after the introduction of sixteenths on the NYSE[J]. Journal of Empirical Finance. 2005, 12(3):353-373.
- [38]Hemler. General Equilibrium Stock Index Futures Prices: Theory and Empirical Evidence[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2009, 26(3): 287-308.
- [39]Seung Oh Nam. An empirical analysis of the price discovery and the pricing bias in the KOSPI200 stock index derivatives markets[J]. International Review of Financial Analysis, 2010, 398-414.
- [40]Chung Y P. A transactions data test of stock index futures market efficiency and index arbitrage profitability[J]. Journal of Finance, 2012, 46(5):1791-1809.
- [41]Delong and Shleifer. Noise Trader Risk in Financial Markets[J]. Journal of Political Economy, 2013, 98:703-738.
- [42]Thomaidis. Forecasting Stock Index Futures Price Volatility[J]. The Financial Review, 2015, 93-104.
- [43]Richie and Gleason. Index Arbitrage between futures and ETFs: Evidence on the limits to arbitrage from S&P500 Futures and SPDRS[J]. Energy Policy, 2017, 122.

致谢

时光荏苒，岁月如梭，转眼间我已在母校西北师范大学度过了近七年的时光，如今快要毕业了，回首过往，才发觉时间飞逝、青春匆匆。从本科到读研，从懵懂到成熟，在母校的时间记录了自己这七年的成长经历，有收获有成长，有汗水也有泪水，有欢乐有心酸，有美好也有遗憾，而这些都将成为我人生中最宝贵的财富，在毕业论文完成之际，我谨向所有关心、帮助和支持过我的师长、同学和家人表示最衷心的感谢和最美好的祝福！

幸入师大，得遇良师，首先要感谢我的研究生导师何红霞老师，导师有着渊博的专业学识、严谨的治学态度和诲人不倦的高尚师德，从毕业论文的选题、开题、预答辩直到论文的最终完成，都给予了我耐心的修改和指导，有时候老师批改论文到半夜，一字一句都作了认真详细的批注，尽量不让我们落下进度。老师不仅传授我们知识，还经常教导我们做人做事的方式，当然，她也会在我们的每个关键节点督促和帮助我们，学习和论文如此，实习和工作也是如此，在我为找工作和论文撰写而焦虑的时刻，老师给予了我莫大的支持和鼓励，衷心感谢导师对我的谆谆教导和悉心关怀，在以后的工作和生活中也希望成为像她那样美丽优雅独立智慧的女性。

其次感谢经济学院的每一位老师，他们很多在我本科的时候就是我的代课老师，很专业并且很敬业，读研期间更是加深了我们彼此的了解，每一位老师都如同我们的长辈一样爱护、教导着自己的学生，七年来，这里就像我的家，记录着我在这个校园经历过的点滴。同样要感谢的还有我的几个最好的朋友、我的室友、师兄师姐还有我的同班同学，在学习上我们互帮互助，在生活中也成为了彼此最长久的伙伴，还有从本科到研究生阶段一直都在一起的同窗，这里封存了我们七年来的珍贵的友谊，愿我们都记得彼此最温暖的笑容，愿我们的友谊天长地久。

最后，要深深地感谢我的家人，呵护我成长的父母、我的妹妹以及疼我的爷爷奶奶，成长的每一个脚印都印证了他们对我的期望和无私的关爱，感谢父母含辛茹苦的养育，更感谢他们对我精神上的支持和教导，当我遇到困难的时候，他们总是第一个给我勇气和鼓励，尤其是我的母亲，她耐心坚韧的性格一直深深影响着我，母亲虽平凡，但她是我一生的榜样。感谢家人对我无条件的支持，你们坚定了我追求人生理想的信念，你们是我的铠甲，让我无惧风霜，是我的避风港，是我最坚实的后盾，“谁言寸草心，报得三春晖”，你们永远健康快乐就是我最大的心愿。

附录 A 期现交易的实证的程序 (MATLAB R2017b)

1. ETF 作为现货套利的程序:

```
clear;
clc;
[num,txt,row]=xlsread('C:\Users\Desktop\数据.xls');
sample=raw;
Time=datestr(sample(:,1));
f=cell2mat(sample(:,2));
s=cell2mat(sample(:,3));
r1=0.021;
C_ss=0.0002;
C_bf=0.00035;
M_f=0.08;
C_sf=0.00035;
C_bs=0.0002;
M_s=0.5;
r2=0.106;
slip=0.0025;
upline=zeros(1,1);
downline=zeros(1,1);
l=length(f);
OpenDate_up=[];
OpenDate_down=[];
CloseDate_up=[];
CloseDate_down=[];
OpenNum_up=0;
OpenNum_down=0;
CloseNum_up=0;
CloseNum_down=0;
OpenPriceF_up=zeros(1,1);
ClosePriceF_up=zeros(1,1);
OpenPriceS_up=zeros(1,1);
```

```

ClosePriceS_up=zeros(1,1);
OpenPriceF_down=zeros(1,1);
ClosePriceF_down=zeros(1,1);
OpenPriceS_down=zeros(1,1);
ClosePriceS_down=zeros(1,1);
Position=0;
slip=0.0025;
for i=1:l
upline(i,1)=(s(i,1)*(1+C_bs+C_ss+C_bf)*(1+r1)^(Time(i,1)/360))/(1-
(M_f+C_sf)*(1+r1)^(Time(i,1)/360)+M_f);
downline(i,1)=(s(i,1)*(1-r2*(Time(i,1)/360)-C_ss-C_bs-
C_sf)*(1+r1)^(Time(i,1)/360))/(1+(M_f+C_bf)*(1+r1)^(Time(i,1)/360)-
M_f);
if f(i,1)>upline(i,1) && Position==0
OpenNum_up=OpenNum_up+1;
OpenDate_up=[OpenDate_up;{Time(i,1:end)}];
upline_temp(OpenNum_up)=upline(i,1);
Position=1;
OpenPriceF_up(OpenNum_up)=f(i,1)-slip;
OpenPriceS_up(OpenNum_up)=s(i,1)+slip;
elseif f(i,1)<downline(i,1) && Position==0
OpenNum_down=OpenNum_down+1;
OpenDate_down=[OpenDate_down;{Time(i,1:end)}];
downline_temp(OpenNum_down)=downline(i,1);
Position=-1;
OpenPriceF_down(OpenNum_down)=f(i,1)-slip;
OpenPriceS_down(OpenNum_down)=s(i,1)+slip;
elseif Position==1 && f(i,1)<upline_temp(OpenNum_up)
CloseNum_up=CloseNum_up+1;
CloseDate_up=[CloseDate_up;{Time(i,1:end)}];
ClosePriceF_up(CloseNum_up)=f(i,1)+slip;
ClosePriceS_up(CloseNum_up)=s(i,1)-slip;
Position=0;

```

```

elseif Position==-1 && f(i,1)>downline_temp(OpenNum_down)
CloseNum_down=CloseNum_down+1;
CloseDate_down=[CloseDate_down;{Time(i,1:end)}];
ClosePriceF_down(CloseNum_down)=f(i,1)-slip;
ClosePriceS_down(CloseNum_down)=s(i,1)+slip;
Position=0;
end
end
OpenPriceF_up=OpenPriceF_up(1:CloseNum_up,1);
OpenPriceS_up=OpenPriceS_up(1:CloseNum_up,1);
OpenPriceF_down=OpenPriceF_down(1:CloseNum_down,1);
OpenPriceS_down=OpenPriceS_down(1:CloseNum_down,1);
OpenDate_up=OpenDate_up(1:CloseNum_up,:);
OpenDate_down=OpenDate_down(1:CloseNum_down,:);
ClosePriceF_up=ClosePriceF_up(1:CloseNum_up,1);
ClosePriceS_up=ClosePriceS_up(1:CloseNum_up,1);
ClosePriceF_down=ClosePriceF_down(1:CloseNum_down,1);
ClosePriceS_down=ClosePriceS_down(1:CloseNum_down,1);
cumsum_up=cumsum(OpenPriceF_up-ClosePriceF_up+ClosePriceS_up-
OpenPriceS_up);
cumsum_down=cumsum(OpenPriceS_down-ClosePriceS_down+ClosePriceF_down-
OpenPriceF_down);
sum_up=(OpenPriceF_up-ClosePriceF_up+ClosePriceS_up-OpenPriceS_up);
sum_down=OpenPriceS_down-ClosePriceS_down+ClosePriceF_down-
OpenPriceF_down;

```

2. 期权拟合现货套利的程序:

```
clear;
clc;
[num, txt, raw]=xlsread('C:\Users\ Desktop\数据 3.xls');
sample=raw;
Time=datestr(sample(:,1));
f=cell2mat(sample(:,2));
s=cell2mat(sample(:,3));
r=0.021;
C_ss=0.9;
C_bf=0.00035;
M_f=0.08;
C_sf=0.00035;
C_bs=0.9;
M_s=0.16;
slip=0.002;
upline=zeros(1,1);
downline=zeros(1,1);
l=length(f);
OpenDate_up=[];
OpenDate_down=[];
CloseDate_up=[];
CloseDate_down=[];
OpenNum_up=0;
OpenNum_down=0;
CloseNum_up=0;
CloseNum_down=0;
OpenPriceF_up=zeros(1,1);
ClosePriceF_up=zeros(1,1);
OpenPriceS_up=zeros(1,1);
ClosePriceS_up=zeros(1,1);
OpenPriceF_down=zeros(1,1);
ClosePriceF_down=zeros(1,1);
```

```

OpenPriceS_down=zeros(1,1);
ClosePriceS_down=zeros(1,1);
Position=0;
slip=0.0025;
for i=1:l
upline(i,1)=(s(i,1)*(1+M_s*r*(Time(i,1)/360))+C_bs*(Time(i,1)/360))/((
1+r)^(Time(i,1)/360)-M_f*r*(Time(i,1)/360)-C_sf*(Time(i,1)/360));
downline(i,1)=(s(i,1)*(1-M_s*r*(Time(i,1)/360))-
C_ss*(Time(i,1)/360))/((1+r)^(Time(i,1)/360)+M_f*r*(Time(i,1)/360)+C_s
f*(Time(i,1)/360));
if f(i,1)>upline(i,1) && Position==0
OpenNum_up=OpenNum_up+1;
OpenDate_up=[OpenDate_up;{Time(i,1:end)}];
upline_temp(OpenNum_up)=upline(i,1);
Position=1;
OpenPriceF_up(OpenNum_up)=f(i,1)-slip;
OpenPriceS_up(OpenNum_up)=s(i,1)+slip;
elseif f(i,1)<downline(i,1) && Position==0
OpenNum_down=OpenNum_down+1;
OpenDate_down=[OpenDate_down;{Time(i,1:end)}];
downline_temp(OpenNum_down)=downline(i,1);
Position=-1;
OpenPriceF_down(OpenNum_down)=f(i,1)-slip;
OpenPriceS_down(OpenNum_down)=s(i,1)+slip;
elseif Position==1 && f(i,1)<upline_temp(OpenNum_up)
CloseNum_up=CloseNum_up+1;
CloseDate_up=[CloseDate_up;{Time(i,1:end)}];
ClosePriceF_up(CloseNum_up)=f(i,1)+slip;
ClosePriceS_up(CloseNum_up)=s(i,1)-slip;
Position=0;
elseif Position==-1 && f(i,1)>downline_temp(OpenNum_down)
CloseNum_down=CloseNum_down+1;
CloseDate_down=[CloseDate_down;{Time(i,1:end)}];

```

```

ClosePriceF_down(CloseNum_down)=f(i,1)-slip;
ClosePriceS_down(CloseNum_down)=s(i,1)+slip;
Position=0;
end
end
OpenPriceF_up=OpenPriceF_up(1:CloseNum_up,1);
OpenPriceS_up=OpenPriceS_up(1:CloseNum_up,1);
OpenPriceF_down=OpenPriceF_down(1:CloseNum_down,1);
OpenPriceS_down=OpenPriceS_down(1:CloseNum_down,1);
OpenDate_up=OpenDate_up(1:CloseNum_up,:);
OpenDate_down=OpenDate_down(1:CloseNum_down,:);
ClosePriceF_up=ClosePriceF_up(1:CloseNum_up,1);
ClosePriceS_up=ClosePriceS_up(1:CloseNum_up,1);
ClosePriceF_down=ClosePriceF_down(1:CloseNum_down,1);
ClosePriceS_down=ClosePriceS_down(1:CloseNum_down,1);
cumsum_up=cumsum(OpenPriceF_up-ClosePriceF_up+ClosePriceS_up-
OpenPriceS_up);
cumsum_down=cumsum(OpenPriceS_down-ClosePriceS_down+ClosePriceF_down-
OpenPriceF_down);
sum_up=(OpenPriceF_up-ClosePriceF_up+ClosePriceS_up-OpenPriceS_up);
sum_down=OpenPriceS_down-ClosePriceS_down+ClosePriceF_down-
OpenPriceF_down;

```

附录 B 期现交易的时间和收益

1. ETF 作为现货套利的结果

表 B.1 正向套利结果

开仓时间	IF2006合约 的开仓价格	510300.SH的开 仓价格	平仓时间	IF2006合约 的平仓价格	510300.SH的平 仓价格	平仓盈亏	累计盈亏
'23-Dec-2019 09:40:00'	4048.1975	4016.0025	'23-Dec-2019 10:50:00'	4032.4025	4006.9975	6.79	6.79
'23-Dec-2019 10:55:00'	4032.3975	4007.0025	'23-Dec-2019 11:00:00'	4020.2025	3997.9975	3.19	9.98
'23-Dec-2019 11:05:00'	4011.7975	3992.0025	'23-Dec-2019 13:55:00'	4006.8025	3989.9975	2.99	12.97
'23-Dec-2019 14:00:00'	4006.1975	3987.0025	'23-Dec-2019 14:15:00'	3999.0025	3981.9975	2.19	15.16
'23-Dec-2019 14:40:00'	3995.9975	3979.0025	'23-Dec-2019 14:45:00'	3994.0025	3974.9975	-2.01	13.15
'23-Dec-2019 14:55:00'	3985.3975	3966.0025	'23-Dec-2019 15:00:00'	3980.8025	3963.9975	2.59	15.74
'24-Dec-2019 09:35:00'	3995.7975	3974.0025	'24-Dec-2019 09:40:00'	3987.4025	3969.9975	4.39	20.13
'24-Dec-2019 09:45:00'	3986.3975	3968.0025	'23-Jan-2020 14:30:00'	3982.2025	3973.9975	10.19	30.32

表 B.2 反向套利结果

开仓时间	IF2006合约 的开仓价格	510300.SH的开 仓价格	平仓时间	IF2006合约 的平仓价格	510300.SH的平 仓价格	平仓盈亏	累计盈亏
'03-Feb-2020 10:50:00'	3594.7975	3653.0025	'03-Feb-2020 13:05:00'	3614.5975	3681.0025	-8.2	-8.2
'03-Feb-2020 13:10:00'	3616.5975	3684.0025	'03-Feb-2020 13:25:00'	3654.9975	3703.0025	19.4	11.2
'03-Feb-2020 13:30:00'	3643.5975	3696.0025	'04-Feb-2020 09:35:00'	3704.9975	3720.0025	37.4	48.6
'09-Mar-2020 09:40:00'	3977.3975	4029.0025	'09-Mar-2020 10:25:00'	3984.5975	4037.0025	-0.8	47.8
'09-Mar-2020 10:30:00'	3977.9975	4040.0025	'10-Mar-2020 09:35:00'	4005.9975	4012.0025	56	103.8
'12-Mar-2020 10:15:00'	3885.5975	3938.0025	'12-Mar-2020 10:30:00'	3886.9975	3935.0025	4.4	108.2
'13-Mar-2020 09:35:00'	3701.7975	3762.0025	'13-Mar-2020 09:40:00'	3724.3975	3772.0025	12.6	120.8
'13-Mar-2020 09:45:00'	3741.9975	3797.0025	'13-Mar-2020 09:55:00'	3749.1975	3808.0025	-3.8	117
'13-Mar-2020 10:00:00'	3749.5975	3807.0025	'13-Mar-2020 10:20:00'	3762.7975	3812.0025	8.2	125.2
'13-Mar-2020 10:25:00'	3763.3975	3820.0025	'13-Mar-2020 10:30:00'	3783.9975	3837.0025	3.6	128.8
'13-Mar-2020 10:40:00'	3782.1975	3833.0025	'13-Mar-2020 10:45:00'	3784.7975	3832.0025	3.6	132.4
'13-Mar-2020 11:05:00'	3774.5975	3835.0025	'13-Mar-2020 13:05:00'	3884.5975	3913.0025	32	164.4
'16-Mar-2020 13:15:00'	3761.7975	3813.0025	'16-Mar-2020 13:20:00'	3767.3975	3809.0025	9.6	174
'16-Mar-2020 13:40:00'	3727.9975	3780.0025	'07-Apr-2020 09:45:00'	3732.5975	3773.0025	11.6	185.6
'08-Apr-2020 14:15:00'	3716.9975	3765.0025	'08-Apr-2020 14:50:00'	3717.5975	3764.0025	1.6	187.2
'09-Apr-2020 13:15:00'	3728.1975	3777.0025	'09-Apr-2020 13:30:00'	3730.1975	3779.0025	0	187.2
'09-Apr-2020 13:35:00'	3730.1975	3779.0025	'09-Apr-2020 13:40:00'	3733.1975	3781.0025	1	188.2
'09-Apr-2020 13:45:00'	3734.5975	3783.0025	'09-Apr-2020 14:00:00'	3736.3975	3785.0025	-0.2	188
'09-Apr-2020 14:05:00'	3736.3975	3786.0025	'10-Apr-2020 10:15:00'	3737.9975	3792.0025	-4.4	183.6
'10-Apr-2020 10:20:00'	3751.9975	3808.0025	'17-Apr-2020 09:35:00'	3771.9975	3817.0025	11	194.6
'17-Apr-2020 13:40:00'	3787.9975	3838.0025	'17-Apr-2020 13:45:00'	3790.1975	3840.0025	0.2	194.8
'17-Apr-2020 13:55:00'	3790.1975	3841.0025	'28-Apr-2020 11:30:00'	3794.3975	3841.0025	4.2	199
'28-Apr-2020 13:10:00'	3776.7975	3828.0025	'28-Apr-2020 13:15:00'	3781.9975	3833.0025	0.2	199.2
'28-Apr-2020 13:20:00'	3788.7975	3841.0025	'28-Apr-2020 13:30:00'	3790.5975	3840.0025	2.8	202
'28-Apr-2020 14:00:00'	3785.3975	3837.0025	'28-Apr-2020 14:05:00'	3788.1975	3837.0025	2.8	204.8
'28-Apr-2020 14:10:00'	3783.9975	3836.0025	'28-Apr-2020 14:15:00'	3785.9975	3836.0025	2	206.8
'28-Apr-2020 14:25:00'	3786.3975	3838.0025	'29-Apr-2020 09:45:00'	3790.7975	3841.0025	1.4	208.2
'29-Apr-2020 10:00:00'	3791.3975	3846.0025	'29-Apr-2020 10:05:00'	3796.9975	3848.0025	3.6	211.8
'29-Apr-2020 10:10:00'	3800.3975	3853.0025	'29-Apr-2020 10:20:00'	3803.9975	3857.0025	-0.4	211.4
'29-Apr-2020 10:25:00'	3804.3975	3860.0025	'30-Apr-2020 09:35:00'	3843.1975	3887.0025	11.8	223.2

2. 期权拟合现货套利的结果

表 B.3 正向套利结果

开仓时间	IF2006合约 的开仓价格	期权合成标的 的开仓价格	平仓时间	IF2006合约 的平仓价格	期权合成标的 的平仓价格	平仓盈亏	累计盈亏
' 23-Dec-2019 09:40:00'	4048.1975	3958.6525	' 03-Feb-2020 09:35:00'	3688.2025	3655.4475	56.79	56.79
' 03-Feb-2020 09:40:00'	3680.1975	3637.2525	' 03-Feb-2020 10:50:00'	3594.8025	3626.6475	74.79	131.58
' 17-Feb-2020 11:05:00'	4021.5975	3793.6525	' 13-Mar-2020 09:35:00'	3701.8025	3688.0475	214.19	345.77
' 11-May-2020 09:45:00'	3946.3975	3908.0525	' 12-May-2020 11:25:00'	3897.0025	4012.4475	153.79	499.56
' 12-May-2020 11:30:00'	3895.9975	3860.2525	' 22-May-2020 09:35:00'	3848.4025	3816.2475	3.59	503.15
' 22-May-2020 09:40:00'	3847.5975	3808.0525	' 22-May-2020 13:20:00'	3795.4025	3755.0475	-0.81	502.34

表 B.4 反向套利结果

开仓时间	IF2006合约 的开仓价格	期权合成标的 的开仓价格	平仓时间	IF2006合约 的平仓价格	期权合成标的 的平仓价格	平仓盈亏	累计盈亏
' 03-Feb-2020 10:55:00'	3594.3975	4027.4525	' 17-Feb-2020 11:00:00'	4014.3975	3998.6525	448.8	448.8
' 13-Mar-2020 09:40:00'	3724.3975	3958.6525	' 11-May-2020 09:40:00'	3950.3975	3911.2525	273.4	722.2