

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 15420131152028

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

商品期货跨品种统计套利策略研究

Statistical Arbitrage Strategy Analysis of Cross Variety in
Commodity Futures

曾 沙

指导教师姓名: 曾五一 教授

专业名称: 统 计 学

论文提交日期: 2016 年 2 月

论文答辩时间: 2016 年 4 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

近年来,我国经济不断发展,金融市场环境也不断改善,使得国内商品期货市场迅速发展,引起了全世界的广泛关注。同时,此次股市剧烈波动中,国内期货市场运行正常,并拟推出期货新品种——期权期货,这进一步表明我国已经拥有比较完善的期货市场环境及健全的期货交易体制。然而即使在这种情况下仍然无法避免期货交易所存在的各种风险,主要包括经济全球化和期货交易本身所具有的金融风险,以及期货投资者投资失误所带来的风险等。所以,如何在获取较为稳定的收益的同时控制期货交易的风险,成为期货投资者们所关注的问题。

统计套利策略是一种基于市场中性假设的具有较低风险的交易策略。该策略主要是通过两方面来减少交易风险:首先,统计套利策略重点关注期货品种之间的内部关系,忽略市场环境的影响,从而减少整个期货市场波动所带来的市场风险;而另一方面,统计套利策略通过历史价格序列对未来价格波动做出预测,减少对投资者主观判断的依赖。

本文首先对统计套利的背景、理论基础及其相关模型等进行了较为详细的梳理,再以基本面方面具有较强相关性的铁矿石和螺纹钢为目标交易品种,并对铁矿石和螺纹钢之间的协整关系进行了拟合。为了减少短期波动对铁矿石和螺纹钢之间的长期均衡关系的影响,本文采用误差修正模型对协整方程进行了修正,从而得出了铁矿石与螺纹钢的实际套利比例。

在成功的构建了资产组合的基础上,本文分别采用 GARCH 模型和 O-U 过程构建统计套利策略,并计算出不同模型下的交易信号。最后,本文在铁矿石和螺纹钢之间进行了实证检验,证明了统计套利策略在国内期货市场具有一定的可行性。

本文从理论和实证两个角度论证了统计套利策略在国内商品期货跨品种套利方面的可行性。相信随着国内期货交易策略的发展和期货市场的完善,统计套利策略一定会在国内期货市场跨品种套利方面得到更为广泛的应用。

关键词: 统计套利; GARCH 模型; O-U 模型

Abstract

In recent years, with the continuously rapid development of the Chinese economy and gradual improvement of the capital market environment, the domestic commodity futures market's rapidly develop and then receives much attention from investors all over the world. On the meanwhile, in this financial crisis, domestic futures market operated normally, and rolled out a new variety of futures-options. These demonstrates that we have a perfect futures market environment and a robust system of futures trading rules. However, even in this situation, it is impossible to completely avoid various unforeseen financial risks which will be brought by the financial globalization or liberalization, the futures transaction itself and mistakes took by futures investors. So seeking a good way to secure a stable income with a low risk have become the target of futures investors.

Statistical arbitrage is a low-risk arbitrage strategy which is based on the market neutral assumption. This strategy ignore the impact of the market environment and focus on the relationship between futures to reduce the market risks brought by the futures market volatility. On the meanwhile, the statistical arbitrage strategy uses the historical price series to make the forecast to future price series and doesn't depend on the investors' subjective judgment. In these ways, it can avoid the transaction risk in some extent.

In this article, basing on the retrospection of relevant background, research theories and model building methods of statistical arbitrage, we choose iron ore future and screw thread steel future which have correlation in the fundamental plane. And we get co-integration relationship between iron ore future and screw thread steel future. In order to reduce the short-term fluctuation influence for long-term

equilibrium relationship between iron ore future and screw thread steel future, we use ECM model to correct the co-integration relation, and get the trade proportion of iron ore future and screw thread steel future.

On the basis of successfully build a portfolio, we respectively use GARCH model and O-U model to build the statistical arbitrage and calculate the trading signals. Finally, the empirical research of strategies of statistical arbitrage for iron ore future and screw thread steel future prove the domestic feasibility of statistical arbitrage strategies .

From the viewpoint of theoretic and empirical research, statistical arbitrage strategies are eligible in cross verity arbitrage of domestic commodity futures. With the development of transaction strategies and futures market in China, the popularity of statistical arbitrage strategy can be seen in the near future.

Key Words: Statistical Arbitrage; GARCH Model; O-U Model

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 选题背景及意义	1
1.2 论文结构安排	3
1.3 本文可能的创新点	4
第 2 章 统计套利及其研究现状	5
2.1 中国期货市场的有效性研究	5
2.2 统计套利	6
2.3 文献综述	9
第 3 章 相关理论与方法介绍	13
3.1 平稳序列及单整序列	13
3.2 平稳性检验	14
3.3 协整及误差校正 (ECM) 模型	16
3.4 GARCH 模型及其检验方法	20
3.5 0-U 过程	22
第 4 章 构建统计套利策略	24
4.1 选取交易对象	24
4.2 构造交易组合	25
4.3 确定交易信号	25
4.4 设置止损信号	28
4.5 套利绩效	29
第 5 章 统计套利策略实证研究	30
5.1 交易对象的选取及数据处理	30
5.2 建立协整关系及套利比例	32
5.3 计算交易信号	37
5.4 样本内统计套利	40
5.5 样本外模拟套利	43

第 6 章 结论	47
6.1 研究结论	47
6.2 研究不足及展望	48
参考文献	50
附 录 0-U 过程中相关推导过程	54

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chapter1 Introduction	1
1.1 Research Background and Significance	1
1.2 Structure	3
1.3 Possible Innovation	4
Chapter2 Statistical Arbitrage and Research Status	5
2.1 Effective Research of Chinese Futures Market.....	5
2.2 Statistical Arbitrage	6
2.3 Literature Review	9
Chapter3 Related Methods and Theories	13
3.1 Stationary and Integration of Sequence	13
3.2 Test for Stationary	14
3.3 Co-integration and Error-correction Model.....	16
3.4 GARCH Model and the ARCH Test	20
3.5 O-U Process	22
Chapter4 Construct of Statistical Arbitrage	24
4.1 Select Transaction Objection	24
4.2 Construct Trading Protfolio	25
4.3 Ascertain Trading Signals	25
4.4 Set Stop Signals	28
4.5 Evaluate Strategy	29
Chapter5 Test of the Statistical Arbitrage Strategy	30
5.1 Select Transaction Objection and Handle Data.....	30
5.2 Set Up Co-integration and Arbitrage Ratio.....	32
5.3 Calculate Trading Signals	37
5.4 Simulated Arbitrage within Sample	40
5.5 Simulated Arbitrage outside Sample	43
Chapter6 Conclusion	47

6.1 Research Conclusion	47
6.2 Deficiencies and Improvement	48
Reference	50
Appendix Related Deduction of O-U Process.....	54

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第1章 绪论

1.1 选题背景及意义

随着商品经济的不断发展，金融市场的日益完善，三大金融交易体系逐渐形成，分别是为：外汇市场、期货市场以及股票市场，其中，期货市场在市场经济中发挥着风险规避、价格发现等作用。

国内期货市场始于 1988 年，经历了试点、清理整顿及规范发展三个阶段，这近三十年的发展使得国内期货市场的交易规模不断扩大，监管体系不断健全，市场功能不断完善。如今，期货市场的两大基本功能（风险规避和价格发现功能）都在国内市场经济中发挥着积极作用，另一方面，国内期货市场也指导着相关现货市场的生产、消费及流通三大过程，促进着国内现货市场的发展。2014 年，国内期货市场的累计成交量达到 25.06 亿手，而累计成交额高达 291.99 万亿元，分别同比增长 21.54%、9.16%，这两项指标均创下了国内期货市场的最高纪录；2015 年 1-7 月，国内期货市场的累计成交量是 20.84 亿手，累计成交额是 434.72 万亿元，分别同比增长 65.15%、216.70%。^[1]

然而，与国外成熟期货市场相比，国内期货市场仍存在着可交易的品种较少、市场监管模式较为单一等许多不可忽视的问题，这些问题不仅制约了国内期货市场的进一步发展，也加大了期货投资者的系统风险。另一方面，随着经济全球化进程的加速，国际金融环境也对国内期货市场产生着重要影响。2008 年，全球性金融危机的爆发使得国际大宗商品价格波动剧烈，而国内期货市场各合约价格也因此出现了大幅波动。2012 年，全球金融衍生品交易低迷，场内期权、期货交易量同比下降 15.3%，创下金融危机后新低。为防止金融风险的继续恶化，各国监管政策变化剧烈，加大了市场的不确定性，也进一步增加了期货投资者的市场风险。

因此，对于期货投资者来说，如何有效的降低交易风险，获得稳定、低风险的收益是一个急需解决的问题。目前国内期货市场上主要的投资分析方法有技术分析法及基本面分析法两种。技术分析法以市场行为完全真实地反映市场价格、市场价格的变化具有趋势性及重复性这三个假设为基础。技术分析法认为市场价

格的变化完全反映了影响市场价格的因素的相关变动，且市场价格变化趋势具有一定的延续性，会持续影响到未来价格的变动。因此，技术分析法主要依赖于历史市场价格序列，并通过分析影响价格变化的相关指标来预测未来市场价格的走向。而基本面分析法主要依据期货品种的基本情况及其内在价值，对影响期货价格的相关因素（主要包括：供给、需求、经济周期、金融货币、政治及突发事件等）进行分析，从而决定投资策略。技术分析法及基本面分析法都是利用各种分析手段预测期货价格未来走向并判断其当前市场价格与内在价值之间是否存在偏差，以此制定相应的投资策略。从国内期货市场建立以来，这两种投资分析方法就作为主流分析方法被广大投资者采用。然而随着国内期货市场的不断发展，投资者也慢慢回归理性，在获取收益的同时也越来越关注投资风险的控制与规避，以套利为主的投资方式也受到越来越多的投资者的青睐。

期货套利通常指同时买入或卖出两种具有相关关系的期货合约，并在某一时间将两种期货合约同时平仓的交易方式。传统的套利主要是比价套利和价差套利，主要通过两种期货合约的价格比或者价格差的波动进行投资，主要依赖于投资者的期货交易经验，而没有坚实的理论基础。而统计套利是一种主要依赖于量化分析模型的投资策略，选取在基本面方面具有关联性的期货合约，并利用统计模型评估目标期货合约价格波动相关性并模拟其长期均衡关系。根据目标期货合约之间的长期均衡关系，期货合约之间的价差通常围绕其长期均值上下波动，具有均值回复的特性，所以，当价差偏离均值一定程度时开仓，待价差回归均值附近时平仓。相比于传统单向交易策略，统计套利策略更多关注于目标期货合约之间的内在联系，减少了市场环境对投资策略的影响，在一定程度上规避了系统风险。因此，在同杠杆率下，统计套利策略带来的风险明显小于传统的单向交易策略，而与无风险套利相比，统计套利策略以较低风险为成本得到了更多的交易机会，增加了获利能力。

统计套利是由摩根士丹利（Morgan Stanley, NYSE: MS）的塔塔里亚团队（Nunzio Tartaglia）研发的，并以匹配交易的方式应用于 Morgan Stanley's Black Box。该交易策略应用于市场后取得了令人瞩目的成绩，使得以统计套利为基础的投资理念迅速风靡整个欧洲市场。如今，统计套利策略已成为国际金融市场最主要的投资策略。

反观国内市场，统计套利的研究和应用却才刚刚开始。2012年3月15日，国泰君安证券资产管理公司推出的“君享成长”产品，是国内市场首个以统计套利为基础的基金产品，其设计采用了日内短线操作、高频操作及统计套利等思想，截止2014年4月30日，其累计收益率达到了8.35%，远远超过其他同期量化产品。另一方面，相对于近年来大量的统计套利策略在股票市场及股指期货市场上的研究及应用，商品期货统计套利的研究文献数量有限，而其中对于商品期货跨期套利的关注也远远高于商品期货跨品种套利。

本文将首先介绍统计套利相关理论及模型，并根据统计分析方法构建在国内商品期货市场跨品种统计套利方面行之有效的交易策略，并对其进行实证检验，希望能够对统计套利策略在国内期货市场跨品种套利的实际运用提供有益的参考。

1.2 论文结构安排

本文将从理论和实证两个方面对商品期货跨品种统计套利的方法及策略进行研究，文章的结构安排如下：

第一章绪论：对本文的选题背景及意义、结构安排、可能存在的创新点进行介绍；

第二章先对我国商品期货市场的有效性进行分析，再对统计套利的相关理论进行介绍，包括：统计套利的定义、理论背景、类型及常用的策略，最后对统计套利在国内外的研究历史及现状进行简要的叙述；

第三章对统计套利策略相关理论及方法进行梳理：对后文构建统计套利策略的过程中将要涉及到检验方法及模型进行简单的梳理及介绍，主要包括：平稳性检验、协整关系、ECM模型、GARCH模型、O-U过程等；

第四章构建统计套利策略：主要利用协整模型、ECM模型、GARCH模型、O-U过程等方法构建统计套利的实际策略。主要包括：选取统计套利交易对象、构造交易组合、建立交易信号、设置止损信号、评估交易结果等；

第五章检验统计套利策略：本章把第四章构建的统计套利策略运用到期货市场中进行检验，得出其最终收益，并分析统计套利策略在中国期货市场上的有效性；

第六章结论：在理论及实证分析之后，总结本文的研究结果，并进一步展望统计套利策略在中国期货市场的发展前景。

1.3 本文可能的创新点

本文可能存在以下两个方面的创新：

(1) 以往的研究主要是把统计套利策略应用于国内股票市场、股指期货市场以及商品期货市场期现套利上，而本文将统计套利策略应用于国内商品期货市场跨品种套利方面，并对其有效性进行检验。

(2) 不同于以往的静态统计套利方法，本文采用动态统计套利的方法，在样本外模拟交易过程中，及时更新数据，并根据最近数据实时更新 GARCH 模型及 O-U 模型，得到最新交易信号，避免了样本外数据和模型出现较大的偏差的情况，增加了收益的稳定性。

第 2 章 统计套利及其研究现状

在实际应用中，市场一定程度的无效性是统计套利应用的先决条件。因此，本章开篇先归纳总结我国期货市场有效性方面的相关研究，并以此探究我国期货市场上套利空间存在的可能性，而后对统计套利的定义、理论背景、类型及其常用策略进行简单介绍，最后根据国内外的研究历史及现状进行文献总结。

2.1 中国期货市场的有效性研究

1965 年，萨缪尔森（Samuelson）^[2]首次提出了有效市场的现代理论，根据其理论：市场信息有效的前提下，如果价格变动完全反映了市场参与者的所有信息和期望，那么价格变化将是难以预测的。同年，法玛（Fama）^[3]指出：有效的金融市场是指市场现行价格真实的反映了影响价格的所有因素，未来价格是不可预测。即在具有有效性的市场上，投资者无法获得超越市场的利润。但是，在现实生活中，并不存在完全有效的期货市场，因此，存在这样一些投资者，他们充分借助市场的非完全有效性来获得超额利润。此类借助市场非完全有效性以获得低风险乃至基本无风险的投资收益的方式受到许多投资者的青睐。

统计套利本身并不依赖于市场环境，相反，作为一种市场中性的投资策略，其获得低风险、稳定收益主要是通过数学模型对目标组合现行价格中可能存在的错误定价进行挖掘。市场一定程度的无效性是统计套利得以应用的基础，接下来本文将会对国内期货市场有效性的相关研究进行总结。

根据股票市场有效性划分理论，可以把期货市场有效性划分为弱势有效、半强有效及强势有效市场三个层级。弱势有效市场是指在期货市场上现行价格已完全真实地反映了历史信息，不会发生错误定价的情况，同时，历史信息不会对未来期货价格产生影响。相较于弱式有效，半强有效要求期货市场价格不仅反映了历史信息也反映了期货市场公开信息。因此，在半强有效市场上，公开信息并不能给投资者带来额外的利润。而市场有效性的最高表现形式是强势有效性，此时，所有可能信息均被市场价格反映，投资者无法获得超额利润。^[4]

一般而言，对期货市场的有效性检验即是对其弱势有效性的检验，如果能够

证实国内期货市场并不满足弱势有效性，那么就说明国内期货市场是无效的。

侯晓鸿、曾继民、李一智（2000）^[5]利用自相关系数法对国内期货市场进行了有效性的检验，并证实了国内商品期货市场并未达到弱有效性，可以利用历史数据对期货价格未来走向进行预测。

鲁瑞荣（2005）^[6]利用 Johansen 市场拟合检验方法对大豆期货和小麦期货价格序列进行检验，发现从长期来看，大豆期货市场和小麦期货市场均未达到弱势有效。

龚国光、刘依庆（2008）^[7]采用单位根检验及方差比检验对天然橡胶的每日收盘价进行检验，发现价格序列并不符合随机游走过程，天然橡胶期货市场并不具有弱势有效性。

孙伟（2011）^[8]根据市场分形假说检验国内期货市场的有效性。文中对期货市场的五种具有代表性的合约：郑棉、郑麦、沪铝、沪铜、连豆进行了检验，最后得出国内期货市场并不能达到弱势有效性的要求这一结论。

陈刚、唐衍伟、徐修德（2012）^[9]利用游程检验、序列相关性检验和单位根检验对 2005 年-2011 年国内铝和铜期货的有效性进行了检验，发现铝、铜期货市场的价格序列并不符合随机游走过程，市场并未达到弱有效性。

从这些文献可知，国内商品期货市场并未达到弱势有效性，满足统计套利策略实施的前提条件，可以利用统计套利策略在国内商品期货市场上进行交易。

2.2 统计套利

在国内商品期货市场并未达到弱势有效性的前提下，本节主要对统计套利的理论背景、定义、类型及常用的统计套利策略进行介绍。

2.2.1 统计套利的理论背景

统计套利并不过分地依赖于市场环境，作为一种市场中性的投资策略，其获得低风险、高稳定性收益主要是通过数学及统计模型来挖掘目标组合中可能存在的错误定价信息。

统计套利的基本假设是均值回复原则，即如果资产组合价格的时间序列具有平稳性，其均值固定不变，那么从长期来看，资产组合价格最终会回复到其均值

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.