

硕士学位论文

基于动量和反转策略的程序化交易系统研究

Research on the program trading system based on
momentum and reversal strategy

学科专业 工商管理硕士

专业领域

作者姓名 王金益

指导教师 饶育蕾 教授

中南大学

2017年5月

中图分类号 F830

学校代码 10533

UDC 005

学位类别 专业学位

硕士学位论文

基于动量和反转策略的程序化交易系统研究 Research on the program trading system based on momentum and reversal strategy

作者姓名： 王金益
学科专业： 工商管理硕士
专业领域：
研究方向： 金融工程
二级培养单位： 商学院
指导教师： 饶育蕾 教授

论文答辩日期 _____ 答辩委员会主席 _____

中南大学

2017年5月

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指导教师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了论文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中南大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我共同工作的同志对本研究所作的贡献均已在论文中作了明确的说明。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

作者签名：_____ 日期：_____年___月___日

学位论文授权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解中南大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版；本人允许本学位论文被查阅和借阅；学校可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用复印、缩印或其它手段保存和汇编本学位论文。

保密论文待解密后适应本声明。

作者签名：_____ 指导教师签名_____

日期：_____年___月___日 日期：_____年___月___日

基于动量和反转策略的程序化交易系统研究

摘要：随着计算机技术的快速发展，投资者大量利用信息技术辅助交易，基于程序化交易系统的投资交易方式成了信息技术和投资交易交叉融合的一种新趋势。

动量和反转效应被发现和证明在全世界的金融市场中长期而广泛的存在。动量和反转策略模型，分别采用动量和反转因子构建特定的投资组合，这样的组合因投资者持续的行为偏差或承担了风险而可获得相应的收益补偿。本文选用动量和反转策略模型，研究构建一个可应用的程序化交易系统。

本文首先透过有效市场假说和行为金融相关理论及其他原理，分析了选用动量和反转效应对构建交易系统获取收益的理论支持；其次基于这些基本理论和相关原理，构建了程序化交易系统的策略模型，实证验证了因子策略模型的有效性；再次，通过统计检验选择优化的组合策略，构建出基于动量和反转策略的程序化交易系统的原型；最后，利用国内 A 股行情数据进行回溯测试检验和参数优化，结合风险控制和资金管理进一步优化交易系统，通过外推检验确认成功构建一个可应用于交易实践的程序化交易系统。

图 12 幅，表 12 个，参考文献 69 篇

关键词：交易系统；程序化交易；动量策略；反转策略

分类号：F830

Research on the program trading system based on momentum and reversal strategy

Abstract: With the rapid development of computer technology, a large number of investors use information technology to assist trading. The program trading system based on investment transactions has become a new trend of integration of information technology and investment transactions.

Momentum and Reversal effects have been found and proved to exist in the world for a long time. Momentum and Reversal strategy, respectively, the use of momentum and Reversal factors to build a specific portfolio, such a combination of investors because of persistent behavioral bias or take the risk and the corresponding expected return. In this paper, the momentum and Reversal strategy model is used to build an application programming system.

Firstly, through the theory of Efficient Market Hypothesis and Behavioral Finance and other principle, analyzes the momentum and reversal effect on the construction of the trading system to gain theoretical support; secondly, the basic theory and based on the principle of constructing strategy model of program trading system, and proves the validity factor strategy model; thirdly, combination by statistical test selection optimization, construct the program trading system momentum and reversal strategy based on the prototype; finally, through testing and optimizing the parameters of the domestic A stock market data, combined with the risk control and capital management to further optimize the trading system, through the extrapolation test confirmed the success of construction of a transaction can be applied to practice the program trading system.

There are 12 figures, 12 tables and 69 references in this paper.

Keywords: Program Trading System; Programming Trade; Momentum Strategy; Reversal Strategy

Classification: F830

目 录

1 绪论.....	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的与意义	3
1.2.1 研究目的.....	3
1.2.2 研究意义.....	4
1.3 国内外研究现状	4
1.3.1 程序化交易系统相关研究.....	4
1.3.2 动量策略和反转策略的相关研究.....	8
1.4 研究思路、内容与方法	11
1.4.1 研究思路.....	11
1.4.2 研究内容.....	12
1.4.3 研究方法.....	13
1.5 本文创新点	14
2 相关理论基础.....	15
2.1 动量效应和反转效应	15
2.2 因子投资原理	18
2.3 程序化交易系统原理	20
3 构建动量和反转策略的策略模型.....	25
3.1 策略模型基本要素	25
3.2 策略因子的选择	26
3.3 数据的预处理	27
3.4 策略模型构建内容	29
3.4.1 确定形成期和持有期.....	29
3.4.2 决策过程和计算.....	29
3.5 策略模型的有效性验证	33
3.5.1 动量效应的验证.....	33
3.5.2 反转效应的验证.....	35
4 构建动量和反转策略的程序化交易系统.....	37
4.1 交易系统设计流程	37
4.2 动量策略投资组合优选及检验	39
4.3 反转策略投资组合优选及检验	40
4.4 确立关键步骤及其参数	43

5 程序化交易系统的回溯测试和外推检验.....	46
5.1 拟定评测指标体系	46
5.2 交易系统的回溯测试和参数优化	48
5.2.1 动量策略的回溯测试和参数优化.....	48
5.2.3 反转策略的回溯测试和参数优化.....	50
5.3 交易系统的外推检验	52
6 结论和展望.....	55
6.1 结论	55
6.2 不足与展望	56
参考文献.....	57
致 谢.....	61

1 绪论

1.1 研究背景

随着计算机技术的快速发展,金融市场投资者大量利用信息技术辅助交易和管理,基于程序化交易系统的投资交易方式成了信息技术和投资交易交叉融合的一种新趋势。

程序化交易的起源和发展,得益于美国计算机信息技术的兴起,得益于美国发达的金融市场,宽松自由的制度环境,所以从上世纪70年代问世至今,已在各交易市场得到广泛应用,据美国市场的统计有70%以上的交易是由程序化交易完成的,以美国纽约证券交易所(NYSE)2015年为例,每周程序化交易量占总成交量平均在25.2%(图1-1),美国期货市场可以达到70%甚至还更高,美林、摩根、高盛、巴克莱资本银行、德意志银行、花旗等大的投行机构,都是程序化交易最主要的投资者。西蒙斯便是其中最家喻户晓的典型代表,在他的领导下,文艺复兴科技公司管理的旗舰产品大奖章基金(Medallion Fund)(成立于1988年),从1988年以来年均回报率高达34%,如果考虑含入该基金5%的管理费用和另外40%的收益提成,大奖章基金每年的收益率超过60%,比索罗斯的量子基金(22%)和巴菲特的伯克希尔·哈撒韦(20%)同期的年均回报率都要高出10个百分点,与同期标准普尔500指数的年均回报率相比也高出20多个百分点。即使在2008年金融危机重创金融市场之时,善于程序化交易的大奖章基金回报率依然可以高达80%。

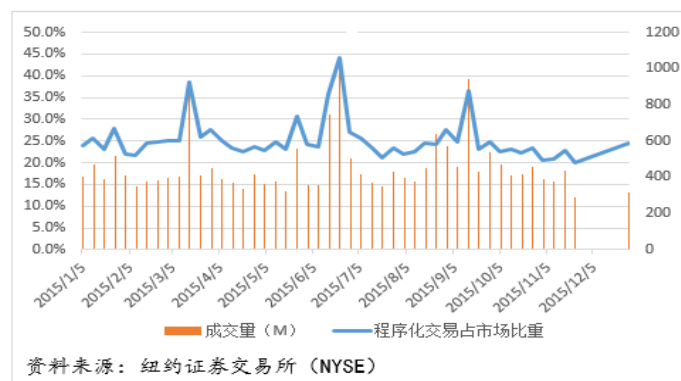


图 1-1 纽约证券交易所(NYSE)程序化交易周报告 (2015)

中国国内资本市场起步较晚,开始于改革开放后的90年代初,经过20多年的发展,股票投资交易已经成为了国内机构和个人投资者直接参与资本市场的主要投资形式。根据证券登记结算公司发布的《中国结算统计月报》(2015年06月),截止2015年6月末,A股期末账户数中,个人投资者有2.25亿户,占总账户数比重

高达99.66%，自然人持有股票市值在1万元以下的占比20.52%，1万-10万的占比48.16%，10万-50万金额的占23.44%（图1-2），50万以下合计占有92.12%，尽管这期间机构投资者的数量也在快速发展，但时至今日A股市场参与者还是显著个人投资者居多的典型的散户市场。市场参与者结构缺乏专业化、规模化，加上市场产品不完善，可量化和对冲的金融衍生品缺乏，以及市场制度环境上的缺陷和约束，导致程序化交易在中国的起步比较晚，与国外相比还存在着较大差距，而且交易主要集中在国内期货市场。程序化交易的成交量占总的市场成交量、程序化交易投资者的数量占投资者总数的比例都较低。

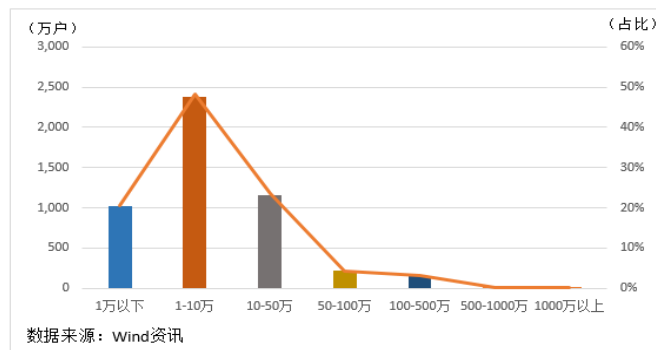


图 1-2 A 股账户持有市值分布图 (2015.06)

随着国内资本市场快速发展，近年来，逐步形成了多层次、更全面的市场体系。一方面，市场结构更加合理，可投资金融产品日渐丰富。除了稳定成熟的上海主板、深圳主板、中小板，又进一步发展出创业板、新三板及各类地方股权交易市场。股票、债券、基金，以及商品期货、金融期货、期权等各类金融衍生品全面发展，市场规模越来越大（图 1-3）。另一方面，国内资本市场不断的对外开放，融入国际市场的步伐加快，沪港通、深港通已先后开通，沪伦通、沪台通也在不断推进。国内投资者根据不同风险偏好、不同资产规模、不同期限的投资需求可以选择着眼国内市场，也可方便的配置国外资产，投资渠道也越来越完善。国内市场在 2010 年融资融券制度以及沪深 300 股指期货的推出之后，相继在 2015 年 2 月 50ETF 期权合约品种上市，2015 年 4 月再添上证 50 及中证 500 股指期货品种，期间还有各类 ETF 基金、分级基金等可交易金融产品日益丰富，国内证券市场已经逐渐的成为一个可量化、可对冲（套利）的市场。

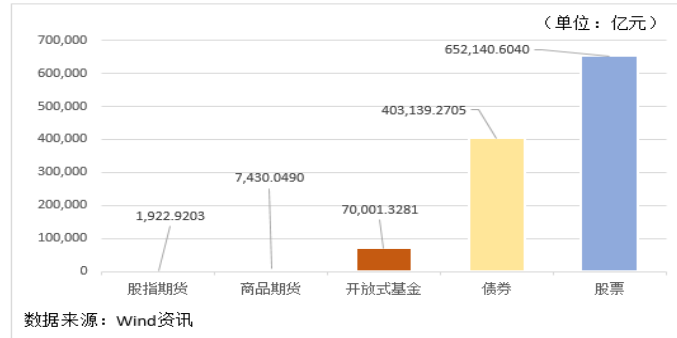


图 1-3 A 股市场总规模 (2015.06)

大环境已在悄然改变, 资本市场和产品越来越多, 影响市场行情的因素也进一步增多而变得更加复杂, 再加上国内投资者逐步与国际更成熟的市场投资者同台竞争, 国外大投行、机构投资者拥有成熟的程序化交易系统辅助投资交易, 在量化、对冲、套利、算法、高频等方面占尽各种优势, 多数的投资者仅凭借以往经验进行手工操作主观交易, 已难以适应这种发展的格局和趋势。因此, 为适应当下这样的市场现状, 国内投资者有必要了解和利用基于程序化交易系统的量化投资交易方式, 利用程序化交易系统辅助投资者进行投资决策与交易, 帮助投资者克服负面情绪和人性固有的弱势, 提高资金管理和风险管理水平。

1.2 研究目的与意义

本文研究基于动量和反转策略的程序化交易系统, 对国内市场动量和反转效应相关领域的理论研究, 以及动量和反转策略这两个典型因子的投资策略在国内市场的理论应用, 做了进一步的拓展和补充的作用, 为国内广大的个人和机构投资者使用系统交易方法替代人工主观交易, 树立量化投资观念, 提供非常有价值的借鉴意义。

1.2.1 研究目的

本文以研究和构建程序化交易系统为契机, 探讨如何将基于动量效应的动量策略和基于反转效应的反转策略作为系统的策略模型, 导入动量和反转因子应用在以此模型为核心的交易系统之中, 并进行一系列的相关分析、研究、检验, 希望达到以下几个目的:

(1) 通过程序化交易系统以及动量策略和反转策略的梳理分析, 进一步的丰富国内相关领域理论的应用研究。

(2) 透过对动量效应和反转效应的分析研究和检验, 结合国内 A 股市场实际状况和程序化交易系统实践经验, 改进动量和反转策略策略模型的计算方法, 尝试更好的获取策略模型优化投资组合方式, 探讨研究更贴近市场的应用

方式。

(3)引导投资者树立程序化交易的观念,以更好的回避市场的系统性风险,回避主观交易不可避免的人性弱势,为投资者提供一个应用于国内市场日常投资交易实践的程序化交易系统应用设计流程,藉此发现更多的市场投资交易机会,增强资产管理的能力,提高与国际投资者同台竞技的核心竞争力。

1.2.2 研究意义

从理论研究意义的角度来看,程序化交易系统方面的应用研究较为缺乏,对动量策略和反转策略的研究,也多数是在实证验证阶段,在理论应用方面的研究很少。本文引入选用动量反转因子的动量策略和反转策略,作为程序化交易系统的策略模型,从国内市场实际出发,很好的丰富和拓展了基础理论在真实市场场景中的应用研究。

从现实意义上看,国内多层次的资本市场已经逐步建立完善,沪港通、深港通已先后开通,沪伦通、沪台通也在不断推进,投资者可投资的渠道越来越多,市场和产品更加丰富合理,即有金融期货,也陆续推出指数期权、商品和个股期权,可量化、套利和对冲时代已经来临。为适应当下这样的市场格局和趋势,创造更多投资交易机会,增强竞争优势,进一步降低风险,提高投资收益,研究和使用的一个基于动量效应的动量策略和基于反转效应的反转策略的程序化交易系统,一方面,可以让国内投资者更好的认识、了解和使用程序化交易系统,了解因子投资方式,规避和利用主观交易存在的认知和行为偏差,更好的避免决策失误,让计算机不带情绪的执行投资者既定的投资策略;另一方面,藉由程序化交易系统做好投资管理,提高资产管理能力,增强国内投资者在量化、对冲、套利等方面的竞争力,为投资者提供一个获取持续稳定收益的投资实践,具有很好的现实参考价值。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 程序化交易系统相关研究

程序化交易系统的兴起源于上世纪 70 年代欧美发达国家市场,发达国家金融市场发展迅速,制度环境宽松自由,计算机信息技术应用面广,因此,在程序化交易系统及其策略模型的理论和应用研究方面有着深厚的积累,并形成了一系列有代表性的理论体系以及大量的应用性研究的著作和文献。在市场实践中,也发展出一批具有代表性的,适应性好,稳健优秀的程序化交易交易平台和交易系统,比如理查德·丹尼司著名的海龟交易系统,基司·费城创建的 Aberration 交易系统,佩特罗司公司开发的 Andromeda 交易系统,理查德·赛登

博格的 R-Breaker 交易系统等等，都是几十年来公开的，能持续稳定获利的交易系统。这些优秀的程序化交易系统简约、高效、适应性强，能同时支持多个金融市场、多个产品交易，也多能很好的执行资金头寸管理和风险控制，并能长期获得稳定的收益率。2011 年第四季度美国权威投资交易杂志《Futures Truth Magazine》发布的交易系统排名显示，前三名交易系统的年均收益率都在 200% 之上（表 1-1）。欧美、亚洲日本、韩国很多大的投行和机构投资者，非常重视程序化交易系统的研究和开发，以确保自己的产品能长期稳定地战胜市场，获得持续丰厚的回报。国外交易市场上也发展出许多成熟的程序化交易系统的开发和运行平台如 Trade Station、MultiCharts、eSignal、MT4（MT5）等。国内的程序化交易系统虽然起步较晚，但在 2010 年 4 月中金公司股指期货推出市场前后，相关程序化交易的研究与应用进展很快，也形成一定的积累，涌现了许多执行程序化交易系统的商业平台，如龙软 DTS、TB 开拓者、文华财经赢智、金字塔决策交易系统、易盛等。

表 1-1 国外十大著名的交易系统

交易系统名称	时间框架	策略类型	适用市场
Aberration	长线	趋势	多市场
Andromeda	长线	趋势	多市场
Brix	长线	趋势	多市场
Checkmate	中线	趋势	多市场
Dollar Trader	长线	趋势	外汇
Golden SX	长线	趋势	多市场
R-Breaker	日内	趋势+反转	股票指数
Ready-Set-Go	长线	趋势	多市场
STC S&P Daytrade	日内	趋势+反转	股票指数
Trendchannel	长线	趋势	外汇、国债

资料来源：《Futures Truth Magazine》，2011 年 10 月

国内、国外相关程序化交易系统的一些有代表性的著作、文献很多，理论基础的指导丰富，应用研究性强，通过分析整理，综合阐述其代表性观点如下：

布鲁斯·巴布科克（Bruce Babcock，1989）《高级技术分析——交易系统的原理、构建与实战》（The Dow Jones-Irwin Guide to trading system），本书深入解说交易系统的原理，开发和构建的流程与方法，引导创建各种难度的交易系统，并根据市场实际成果验证；重点阐述了交易系统资金管理这个成功的关键要素；教你识别系统对市场的适用性，敏锐察觉新的投资逻辑理念以及培育开发新的交易系统的力量^[1]。本著作的观点方法带你形成完整的应用性很强的交易系统开发能力。

佩里·J·考夫曼（Perry J Kaufman，1998），《交易系统与方法》（Trading Systems and Methods），定义了交易系统的基本概念法则，数据处理与索引，以及统计检验在交易系统模型中的应用，从技术分析角度研判趋势。本书的发表

被认为是交易系统理论框架初步形成的标志^[2]。

佩里 J·考夫曼(Perry J Kaufman, 2006),《精明交易者》(Smarter Trading: Improving Performance In Changing Markets),从应用的角度出发,探析要应对市场和交易的变化所带来的冲击和风险,应该怎样去选择和构建交易系统,怎样执行获利平仓,怎样止损以应对反向价格波动,规避系统性风险,并使用交易系统去追踪当前市场趋势,最终如何构建形成在很大市场和产品范围内适用的、可以适应市场变化的自动交易策略及系统^[28]。

柯蒂司·费司(Curtis M Faith, 2007),《海龟交易心法》(Way of the Turtle: The Secret Methods that Turned Ordinary People into Legendary Traders),介绍了著名的海龟交易系统,以及其顺势而为的基本策略法则。柯蒂司·费司通过他自己 20 年前参与的“海龟计划”实验的实际经验,说明一个优秀的交易员完全可以通过后天的正规训练培养而成。交易员只要自己坚持一个良好的交易系统,持之以恒,坚守策略法则,克服自己内心的弱点,最终都可以取得很好的稳定收益^[29]。

安德鲁·波尔(Andres Pole, 2007),《统计套利》(Statistical Arbitrage: Algorithmic Trading Insights and Techniques),统计套利是一类著名的程序化交易,波尔在书中详细运用数学和统计学原理,详细论述了一些时间系列策略模型,介绍了国外发达国家对冲基金的相关策略原理,主张利用概率的优势进行投资交易,利用程序化交易系统赢得市场先机,非常值得国内投资者借鉴^[30]。

理查德 L·威斯曼(Richard L Weissman, 2007),《机械交易系统》(Mechanical Trading Systems: Pairing Trader Psychology with Technical Analysis),从机械交易系统的定义,以及时间框架的选择开始,应用数理技术的分析模式,阐述如何构建各类基于技术指标的程序化交易系统的方法,以及详细的研究和开发过程和对交易系统的分析,强调在程序化交易系统中不可或缺的价格风险管理。理查德·威斯曼在本书中额外重视分析影响交易投资者的心理因素^[31]。

范 K·撒普(Van K Tharp, 2007)的《通往财富自由之路》(Trade Your Way to Financial Freedom),阐述了完整的交易系统的开发步骤,强调交易系统必须选择有效的理念作为基础,必须去适应市场大环境,对交易系统的入市(市场时机选择)、止损、退市、获利和头寸管理,以及最后对系统的评估这几个关键部分都进行了详细的探讨,并提出实践解决办法。作者范 K·撒普本人拥有 15 年的交易商和投资顾问从业经历,是国际公认的交易心理学排名第一的大师和著名的研究者,本著作亦被认为是构建程序化交易系统的经典指南^[32]。

戴维·阿伦森(David Aronson, 2015)《实证技术分析——用科学化方法锁定交易信号》(Evidence-Based Technical Analysis: Applying the Scientific Method

and Statistical Inference to Trading Signals), 提倡在投资交易的技术分析领域, 必须利用科学正确的方法, 依靠统计分析手段去衡量、求证和检验交易系统及其策略模型的有效性和显著性等, 教授如何使用数据挖掘方法做客观的技术分析, 怎么去解释和处理数据挖掘的偏差。科学系统严谨的在书中论述了在交易系统中如何将信号进一步法则化, 使得交易系统在利用传统技术分析时, 能上升到更高的一个层次, 对研究和开发一个持续稳定盈利策略模型的交易系统, 很有学习和启发的实践价值^[33]。

近年来, 随着国内的研究学者在交易系统、量化交易方面的学习积累, 也开始了程序化交易系统相关的理论和应用方面的研究。国内 1998 年波涛的《系统交易方法》, 分析了交易系统的基本结构, 设计的基本步骤和检验方法, 提出如何对交易系统进行优化和噪音控制, 以及怎样进行后期的检测和维护, 详细阐述了计算机技术指标和基本分析模型在一个交易系统的应用, 作者波涛是较早的在国内提出交易系统理论的先行者^[35]。丁鹏(2012)在《量化投资——策略与技术》中阐述了量化投资的策略和理论, 详细描述了国内外市场中各种典型的量化交易选股模型与选股策略。通过金融交易市场中的实证运用的案例, 详细列举了主流程序化交易模型的种类及其多种方法。这种详细概括交易系统策略模型的概念、模型、方法、理论、原理、实证的研究为国内程序化交易的学习与发展, 以及程序化策略模型的研究与应用提供了极有价值的现实参考^[36]。

李海根(2013)研究了高频交易系统的整体框架, 对高频交易系统和技术实现进行较深入的分析, 设计了应用于高频交易系统的计算机系统硬件组成和包括投资策略模块设计、风险管理模块设计以及执行模块设计的高频交易系统软件组件。然后通过实证的回溯测试验证了交易系统的策略可行性以及系统性能, 构造出能适用一般投资者程序化交易需要的完整的程序化交易系统^[37]。李邸(2014)用经典交易策略, 论述了程序化交易从投资盈利的稳定性、长期交易平均亏损概率、决策判断模式等方面, 具有确实的优越性^[38]。张家铭(2014)利用程序化交易的建模思想, 对价差系列做动态处理, 充分利用最新的市场数据, 进行协整检验后确认具有价差服从均值回复的特性, 利用这种特性构建策略模型, 计算捕捉交易信号, 构造一套基于统计套利为策略的程序化交易系统^[39]。孙亮(2012)探讨了股指期货投资策略的程序化交易系统。研究现阶段国内股指期货市场和程序化交易的方法方向, 列举有代表性的投资理念及交易指标, 评估自定义投资指标, 了解检测其适用环境, 并提出改进方法方向^[40]。王若舟(2012)根据国内市场中存在的动量效应, 构建了自上而下的 α 动量策略和基于这个 α 动量策略的交易系统, 并尝试用等权分仓、基于凯利公式和基于文斯公式办法, 对程序化交易系统的资金管理提出更好的适用参数并进行

改进，设计出比较可靠的程序化交易系统^[41]。刘祥亮（2013）从实证角度对程序化交易系统的经典策略模型进行分析检验，证明程序化交易在国内应用可行，并利用数据挖掘中的聚类分析相关理论，建立以此为策略模型的程序化交易系统，取得较好收益率^[42]。

1.3.2 动量策略和反转策略的相关研究

几十年来，国内外学者对动量策略和反转策略两种投资策略大量的的研究和应用，得益于 De Bondt 和 Thaler（1985，1987）^{[3][4]}对反转效应的研究发现以及 Jegadeesh、Titman 对动量效应的研究发现。De Bondt 和 Thaler（1985）用经过芝加哥大学（CRSP）编制后的 1926 年 1 月到 1982 年 12 月期间纽约证券交易所（NYSE）普通股每月的收益数据，将前 36 个月形成期内累积收益率排前面的 35 只股票（或 50 只、或靠前的一半数量）构造成为赢者组合（Winner Portfolio, W），同期将排在末端的 35 只股票（或 50 只、或靠底的一半数量）构造成为输者组合（Loser Portfolio, L），然后在接下来的 1、12、13、18、24、25、36、60 个月测试期比较这两个投资组合的收益情况。在长达半个世纪的数据回溯测试后，每次交易平均输者组合 L 的累计收益率可以超过市场基准指数 19.6%，而赢者组合 W 的累计收益则比市场基准指数低 5%。这样一来，利用这一做法构造出的反转策略（L - W），每次交易回合就可以获得平均 24.6% 的超额累计收益 $[ACAR_{L,36} - ACAR_{W,36}]$ ，并且经过检验后结果具有统计显著性，他们把这种现象称为反转效应，相对应的投资策略被称为反转策略^[3]。Jegadeesh 和 Titman（1993）用美国市场 1965 年至 1989 年 NYSE 和 AMEX 证券交易所提供的股票交易数据，根据每一只股票过去一二三四季度的收益结果按其从高到低的顺序进行排序，买入收益率置前的、一定数量（或一定比例）的股票组合成为赢者组合，在同一时间，又卖出收益率垫底的一定数量（或一定比例，与买入数量相同）的股票组合成为输者组合，并同样持有一至四个季度，共得 16 组投资策略组合。他们的研究发现，每一组策略中赢者组合减去输者组合（成为零成本组合策略）的异常收益都是正的，而且经过统计检验大多数是显著的，平均每年可以达到 12% 的异常收益，其中以形成期 4 个季度，持有期 1 个季度的策略组合最终取得的收益最佳，其每月可有 1.31% 的异常收益，针对美国市场的这项研究也就确认了市场中动量策略可以获得异常收益，这种现象即是动量效应^[5]。国内外很多学者对动量效应的实证研究多数从价格动量和盈余动量两种角度出发，用股价或财务信息指标作为检验动量效应的选股因子，以此作为研判买入前期收益高的一组股票，并在同一时间卖出前期收益低的一组股票，基于这种方法赢取异常收益的交易策略，这种就称为动量投资策略，即动量策略。经过研究和应用的发展，动量策略还发展出行业、交易量、风格等几类主

要投资策略方向。

在反转和动量效应被发现以后,很多国家研究者纷纷针对效应的存在机理,收益的来源,以及市场中相应投资策略有效性等进行大量的理论拓展和实证性的相关研究,国外和国内均以实证验证反转以及动量策略在相应市场的有效性研究居多。在前期一系列研究的基础上 Conrad 与 Kaul(1998) 将项目选取的数据范围再度拓广,又重新研究分析了美国股票市场 1926 至 1989 年度之间的数据,实证检验设定的 120 种策略组合,其持有期设置为 1 个月到 36 个月,结果只有 55 个的策略组合有显著收益,其中动量策略 30 个,反转策略 25 个,在成功的策略组合里,发现如果短期持有期为 1 个月内和长期持有期 3-5 年,则输者组合的表现好于赢者组合,反转效应的收益表现则更加好;而在设置为 3-12 个月中期持有期时,市场却呈现出了完全不一样的现象,过去的赢者组合表现得甚为突出,在这期间要显著优于输者组合^[6]。1998 年以德国、法国与英国在内的欧洲 12 个国家主要的资本市场上世纪 70 年代到 90 年代中期数据作为研究对象,仔细研究过后 Rouwenhorst 认真分析结果,认为动量效应在中期内欧洲各国市场上普遍存在,赢者组合会比输者组合每月多出超过 1% 的收益,市场投资者更容易倾向于使用动量策略去交易,更热衷于投资过去一段时间收益表现更为出色的股票^[7]。在这之后下一年他 (Rouwenhorst, 1999) 又将研究的对象转向新兴国家的市场,重点对近二十个发展中国家新兴市场的一千七百多只股票的动量效应进行了研究,分析这些新兴国家的市场中动量策略的投资表现,最终得出结论认为,这些交易市场里小市值股票的动量投资策略的收益显然高于大市值股,同时价值风格的投资策略也显然多于成长风格相关策略;再一步研究还发现若当中形成期和持有期参数都设置为 6 个月的策略组合,则在其中的六个国家相应策略均表现的非常优秀^[8]。除了结合风格特征,同时考量交易量因素影响也是许多研究者研究的方向,以 Lee 和 Swaminathan (2000) 为例,他们选用 1965 至 1995 年度间美国市场的股票数据深入研究,在至少两年的形成期里以收益率和交易量进行排序,并形成与之对应的几种投资组合,结果分析表明一年以内(视为中期)交易量较高,成交活跃的动量组合其收益率明显较高,说明考量成交量因素的策略组合显著有效,而对于这样策略两年至三年的长期检验结果,分段表现却也不同;最终认为美国市场在中期会呈现出反应不足现象,而在长期却会呈现为反应过度现象,考量了交易量因素条件的投资策略,可获得更显著而持续的收益^[9]。为扩大研究范围 Jegadeesh 和 Titman (2001) 基于前期研究的成果,追增上世纪九十年代一些新的股票及其数据作为分析对象,采用之前同样的方法,结果表明,在研究方法未变,数据扩增的情况下,市场的动量策略依旧显著而有效^[10]。Hameed 和 Kusnadi (2002) 在研

究亚洲六个国家新兴市场数据时, 设置了 3 个月到 6 个月的持有期, 结果表明持有期为 6 个月的组合收益最为明显, 结果认为相比美国市场, 亚洲国家市场动量策略的超常收益较小, 但是统计检验的结果仍就显著^[11]。Hon 和 Tonks(2003) 根据 1955 至 1996 年这四十多年的英国市场股票数据, 发现在英国市场动量效应在头 20 年期间表现的并不显朗, 但是后 20 年间也就是到了 1976 年之后, 明显呈现出动量效应^[12]。

国内的对于动量策略和反转策略的研究起步较晚, 但是近十多年来也加快了速度, 对比国外的一些研究结论经验方法, 结合国内市场状况, 在各方面视角上也提供了很多的实证检验方向和研究方法, 也逐渐积累了很多研究成果。这些成果在基础理论拓展方面较弱较少, 主要也集中在实证研究分析反转和动量策略的收益来源、形成机理以及相应投资策略的有效性及其可赢取收益的证据分析。

为证明沪深交易市场的动量和反转效应王永宏与赵学军(2001)将 1993 年之前上市交易的全部股票作为研究样本, 碍于数据长度的现状, 动量策略的形成期定义使用了非重叠的方法, 而反转策略则使用重叠的方法, 以 1、3、6、9、12 个月形成期和持有期构建 25 组策略投资组合, 然后用 1993 到 2000 年期间市场信息数据进行实证分析, 结果表明发现我国沪深交易市场中 1 年之内的动量效应并不显著, 动量策略的收益不理想, 而以 1 到 3 年为中期或者长期的反转效应显著, 利用反转投资策略在国内可以轻松博取异常收益^[44]。在考量交易量影响因素的情况下朱战宇、吴冲锋与王承炜(2004)按月线周期划分, 对国内 A 股 1994 到 2001 年的行情与交易数据进行研究和分析表明, 交易量低的动量组合可以获利, 而交易量高的赢者组合则会呈现出反转现象, 但是在国内当下存在卖空限制制度的情况下, 即使有反转效应依旧无法兑现获利; 而如果不考虑交易量因素的影响, 仅仅考量单独的价格动量, 则与王永宏赵学军研究的结论一致, 认为市场检出的动量效应不明显^[45]。杨德勇与王家庆(2013)通过 A 股的周度数据和月度数据研究, 结果认为国内 A 股市场在短期内存在显著的反转效应, 而在中长期赢者组合和输者组合都能取得显著的超额累积收益^[46]。

在动量与反转策略收益来源与机理方面马超群和张浩(2005)做了实证方面深入研究, 选取国内 A 股市场 1995 到 2001 年完整七年的收益数据作为样本, 最终表明 A 股市场的动量效应也没有显著呈现, 而能显著呈现的是十二个月以上的中期和长期的反转现象, 因此反转投资策略可以获得超额收益; 他们进一步的研究表明反转收益不是来自传统金融理论下的那种对非理性的风险补偿, 而是一种行为金融框架下阐释的那种来自于市场上投资者所表现出来的反应过度现象^[47]。国内学者也对国外市场展开研究, 赵振全、苏治与丁志国(2005)采

用国外经典的累计超额收益率计算方法为计算基础,数据选用英美日 1996 年 1 月底之前上市交易的各成分股以及国内所有的沪深 A 股,以 1996 年 1 月到 2003 年 12 月之内的月周期数据作为分析对象,结论也说明动量和反转策略均可获得收益,各市场均呈现输者组合来自于过度反应而赢者组合则来自于反应不足的现象^[48]。学者肖峻、王宇熹与陈伟忠(2006)以各主要风格作为动量研究的切入方向,结论认为传统金融理论框架下风险补偿的阐述,无法给予风格动量获得收益的缘由做强有力的支撑,基于风格的主要动量策略仍可以赢得很好的正向套利,采用市值风格较大的投资策略的赢者组合,中期可以获得显著的 Alpha 收益^[49]。

把市场分阶段进行研究的张强、杨淑娥与戴耀华(2007)依据 1997 年初到 2004 年底的月度周期数据,将市场的牛熊阶段分开进行研究,发现结果与完整区间的表现完全不同;牛市区间 3 月到 12 月的动量策略要获取超额收益较为困难,因为这区间赢者的动量明显而输者则反转明显,而熊市则输者的趋势明显。长期而言卖出牛市赢者同时买入牛市输者,在后续阶段的熊市可以获得可观的超额收益^[50]。刘晓磊(2011)也分阶段研究了动量策略对股市的适用性,结果表明动量策略适用牛市^[51]。王登元(2011)从行业动量的角度也证实,在牛市中使用行业动量策略可以赢得可观的收益^[52]。

以上国内外研究者的研究来自于不同国家、不同地区、不同类型的市场,从价格动量、交易量、行业动量风格特征等方面进行各自独立的实证研究,分析了动量和反转策略的形成机理、利润来源以及有效性检验和策略超额收益的实证证据,各结果表明在各市场上存在的动量效应和反转效应不是个别市场中偶然的现象,不是数据偶合的结果,这种异像在市场上的普遍存在,为动量策略和反转策略在市场中的投资交易提供了超额利润的来源基础。因此,各国的投资者一直不断的研究动量策略和反转策略在市场中的有效性,并优化选用适用于当前市场的投资组合参数。

1.4 研究思路、内容与方法

1.4.1 研究思路

本文通过理论与实际相结合,尝试研究一个基于动量策略和反转策略的程序化交易系统。动量策略和反转策略是基于金融市场动量效应和反转效应现象提出的一种投资交易策略。研究者大量的研究已证明,动量效应和反转效应在全世界的金融市场上广泛而长期的存在,尽管从被发现至今都已经过去几十年,但是动量策略和反转策略获取超额收益的现象并没有减少或者消失。因此,研

究这样的一套程序化交易系统，将动量策略和反转策略导入系统，作为本文研究的程序化交易系统的策略模型，就有了现代金融理论作最好的支撑，然后依托程序化交易这一方法路径，结合程序化交易既可以规避主观交易缺陷，克服人的行为上的弱点，避免交易损失风险，又可以放大交易视野，增加投资机会，提高效率的优势，为投资者带来更好的投资决策参考支持。研究技术路线图见以下图（图 1-4）：

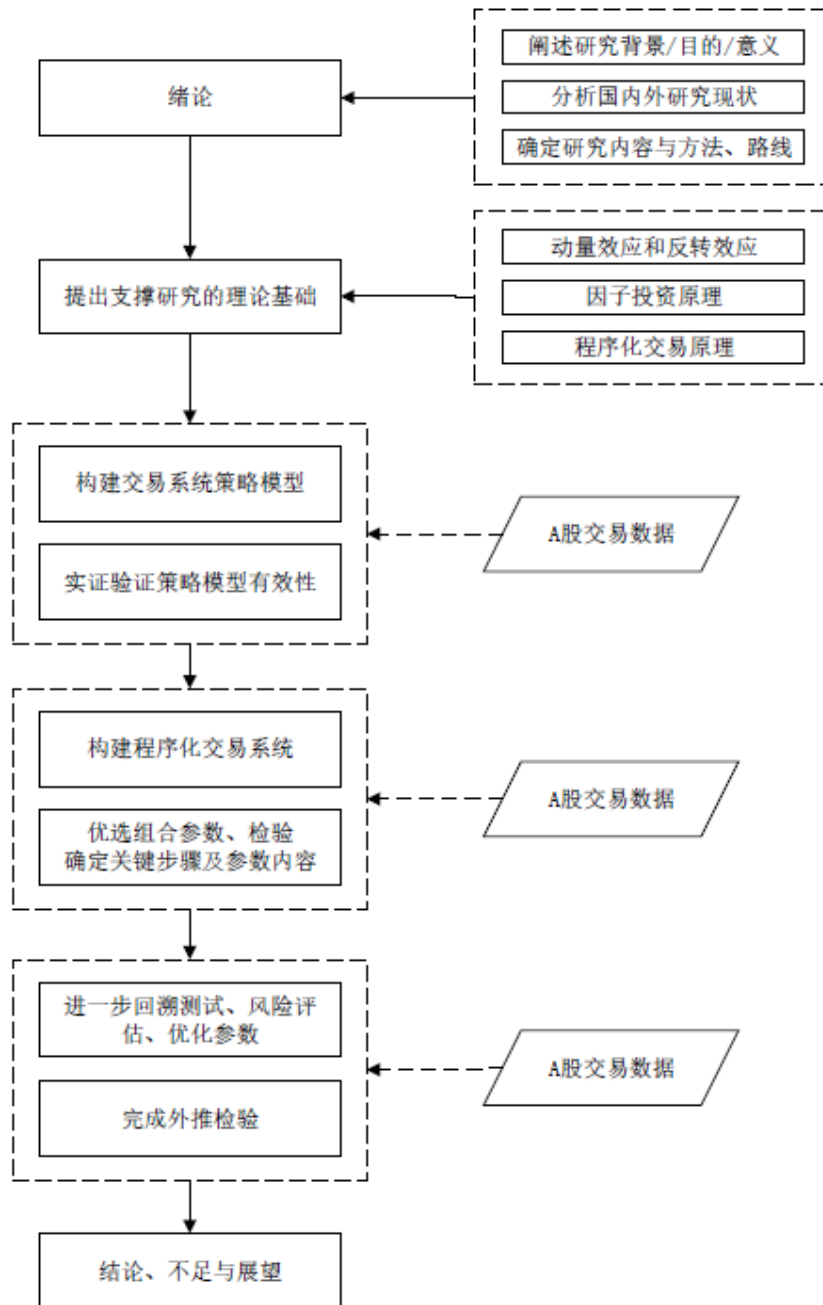


图 1-4 研究技术路线图

1.4.2 研究内容

本文研究内容主要分为如下几大部分进行：

第一章绪论，阐述当前国内外市场情景，特别国内市场的现状出发，分别就主题研究的意义、国内外当前的研究做论述分析，提出了自己的应用研究内容和研究方法。

第二章理论基础，从提出并分析本研究所依据的相关的理论基础出发，经由有效市场假说，再到行为金融理论框架视角，逐步的阐述动量效应和反转效应的相关理论形成及其形成机理，分析说明了策略模型的收益来源，再结合因子投资原理和程序化交易系统原理，从理论上为程序化交易系统做可靠的理论支撑。

第三章开始构建基于动量策略和反转策略的策略模型，选择策略模型对应的动量（反转）因子，进行市场交易数据的初始化和标准化等预先的加工处理，利用国内 A 股创业板历史数据对动量效应和反转效应进行有效性验证，确认国内 A 股创业板存在动量效应和反转效应。

第四章规划构建程序化交易系统的完整设计流程与关键步骤，利用第三章已经验证的动量策略和反转策略策略模型的各有效的参数组合，进一步的优化选择，通过统计检验验证筛选，选出适合对应市场的动量策略和反转策略的最佳组合参数，并验证确认最佳参数的科学有效性。

第五章针对交易系统进行回溯测试、评估、优化以及外推检验。针对第四章构建的交易系统选取的动量策略和反转策略的策略组合参数，利用创业板数据进行回溯测试，并结合资金管理和风险控制的评价测试结果，确定适合本交易系统的最优的资金头寸分配参数和风险控制参数，再利用沪深 300 作为外推市场数据对整个程序化交易系统运行进行确认，以确认其更全面的真正适用 A 股市场行情。目的是根据资金头寸分配管理，风险控制指标的调优，优化系统参数，进一步提高所构建的程序化交易系统的持续稳定的获利能力，以取得更好的收益。

最后对本研究做一个结论总结，提出不足之处及进一步研究的展望，基于此研究，希望对国内机构和个人投资者对利用程序化交易系统进行投资交易做一个有价值的参考。

1.4.3 研究方法

(1) 文献研究法。通过收集研究动量策略和反转策略相关基础理论，因子投资以及程序化交易相关研究，检索知网、万方、维普数据库以及 Bing、Google 学术搜索等，搜集研究本课题所需的国内外文献资料；充分利用本地图书馆及学院资料室进行纸质书籍和期刊、券商和机构的研究报告、内部资料文献进行资料的查阅，并及时做好归纳和整理，为本文的研究提供理论基础和应用数据的保证。

(2) 实证研究法, 通过国内 A 股二级市场的真实交易数据, 实证验证了程序化交易系统策略模型的有效性, 程序化交易系统的可行性及其具有的优越性, 拓展了动量和反转效应, 及其对应的投资应用的动量和反转策略, 在程序化交易系统领域的理论及应用的研究。

(3) 跨学科研究法, 本课题研究动量效应、反转效应以及相对应的动量策略和反转策略这两个投资交易策略, 涉及到金融(行为金融)、投资学科领域知识积累, 同时要使得这个策略模型成为一个实用的程序化交易系统, 必须研究和开发实现交易系统的对国内行情数据的采集、加工、存储、分析、统计检验、回溯测试、风险评估、监控和最终的部署和实作运行, 涉及到的是计算机科学与技术系统研发的知识和技能, 本文在研究过程中基于 Visual Studio 进行 C Sharp 程序的编写开发、调试运行, 运用到网络通讯、数据库、多线程技术和分布式的规划实现等技术, 最终完成一个完整统一可实用运行的程序化交易系统, 均由本人所具备的相关交叉学科知识和技能单独去完成实现。

(4) 数量研究法, 在验证动量效应和反转效应的有效性时, 根据交易数据运行结果, 结合了相关的统计检验计算方法分析各投资策略组合收益率的显著性问题, 使得验证策略模型的有效性时, 有限样本对总量的预测和解释更加科学准确。

1.5 本文创新点

本文利用日常实际工作中构建程序化交易系统的经验, 研究探讨构建一套适合国内 A 股二级交易市场可正向盈利的程序化交易系统, 将对基础理论的分析研究应用于工作实践, 做到理论指导实践。本文涉及到的创新主要包含如下几个方面:

(1) 交易系统中以基于动量和反转效应的动量和反转策略, 作为程序化交易系统的核心策略模型, 将标准金融理论及行为金融的基础理论及其投资策略引入应用于日常投资交易实践当中。

(2) 实证验证交易系统策略模型, 有别于传统的计算方法, 改进数量计算和金额以及相关收益率的计算方法, 更贴合于实际运作状况。

(3) 在构建交易系统过程中, 对策略模型进行了更多角度、更充分数据的实证分析和科学的统计检验, 得出更有适应性、更优化的投资组合参数。交易系统构建之后进行必要回溯测试和风险指标系统评估并进一步优化改进, 再加上外推数据的检验, 多方位更有保障本交易系统在实践应用中能够稳定正向盈利。

2 相关理论基础

2.1 动量效应和反转效应

Momentum,在金融经济学领域译为动量,也称惯性,因此,动量效应(Momentum Effect),通常又被称为“惯性效应”,是资本市场上常见的异象,指的是资产价格具有延续原来运动方向的惯性,即过去一段时间表现较好的资产,未来一段时间仍然表现的较好^[43],即“强者恒强”;过去一段时间表现较差的资产,未来一段时间仍然表现的较差,即“弱者恒弱”。相反的,在前期较长时间内持续表现较差的资产,其后阶段价格走势往往会出现较大的逆转,具有要回到正常水平的趋向(reversal to mean),这种现象,则称为反转效应(Reversal Effect)。反转效应和动量效应的发现得益于始于 De Bondt 和 Thaler(1985,1987)^{[3][4]}和 Jegadeesh 和 Titman (1993)^[5]的研究。

随着全世界大量学者对动量效应和反转效应研究的进展,发现它们具有这样一些基本特征:第一,普遍性。研究者理论和实践证据证明,动量效应和反转效应在全世界资本市场广泛存在,而且被发现几十年来,伴随着研究的进展并没有逐渐消失,仍旧持续存在。其次,横截面差异性。基于动量效应和反转效应所获取的超额收益,在不同的资本市场和不同性质的股票中表现并不一致。第三,成因的多样性复杂性。动量效应与反转效应被发现与市场中的行业、盈余、风格等都有相关性。

对于动量与反转效应的成因及其获得收益的由来,传统金融理论与行为金融学理论分别从各自的角度提出了的考量依据。

从传统金融学角度看,Fama与French(1996)一直认为,当前的因子模型中缺乏可以解释动量效应所对应的风险因子,如果能找到这相对应的因子,那么动量效应就会失去获得的超额收益的来源,也就无法利用其动量策略获取异常收益。当前情况下动量策略即使在经过F-F三因子定价模型做出相应的风险调整之后,其赢者相比输者的组合仍然可以高出每个月1.74个点的收益;作为有效市场假说的创立人,始终认为这之间并不矛盾,仅仅需要继续找寻相应的风险因子。又有支持者认为,采用动量投资策略所取得的超额收益,并非CAPM模型或者Fama三因素模型中的共同因子所导致,因时而变的共同因子和数据挖掘,才是动量效应成因及其收益来源^[17]。Jegadeesh和Titman指出,股票的高收益取决于对未来的高预期,所以,构建的赢者组合含入了预期高收益的高风险股票^[5]。Conrad和Kaul认为动量策略带来的超额收益,或出自预期收益的横截面的变化,而不是

任何股票收益都可以预期的时间系列的变化^[6]。Chordia和Shivakumar(2002)的研究也表明, 动量策略的利润来自于因时而变的预期收益,与商业周期相关联, 源于由滞后的宏观因素, 属理性风险补偿^[21]。Bulkley和Nawosah (2009)认为动量效应及其利润来源, 源于非条件预期收益下的横截面变量^[22]。

行为金融理论则放宽了理性人的假设, 从投资者实际心理现象与行为视角出发, 认为动量效应和反转效应的成因来源于投资者不同的心理偏差所造成对信息的过度反应、反应不足的异象, 国外已经发展出一些经典的模型来解释, 有BSV、DHS以及HS模型(饶育蕾、盛虎, 2010)^[54]。此外, 正反馈和羊群效应也通过其特定的方式导致了动量及反转现象的呈现。以上这些考查动量与反转效应成因的代表性的理论模型具体如下:

(1) BSV 模型

Barberis, Shleifer和Vishny (1998)^[13]认为, 投资者通常会犯两种常见的偏差, 一种是代表性偏差(representative bias), 代表性偏差或又称相似性偏差(similarity bias), 即投资者对数据的总体特征缺乏足够的认识, 以为最近的信息最能代表今后的趋势, 并带着这种错误思维去思考和决策, 从而导致了其对市场新信息的过度反应, 股票价格出现反转, 呈现反转效应; 另一种是保守性偏差(conservatism bias), 保守性偏差导致投资者对新信息的反应不充分, 认为这些信息的强度不够, 当前股价的变化只是一种暂时现象, 没有基于当前所发生的变化状况及时而充分的进行修正, 在最后发现收益和之前估算有差异时, 投资者才来考虑做出进一步的调整, 从而导致反应不足, 使得股票价格短期内表现出动量效应。

(2) DHS 模型

Daniel, Hirshleifer和Subrahmanyam (1998)^[14]的研究认为, 市场中那些掌握有信息的投资者(informed)在做出投资交易决策时通常易犯有两种偏差。其一是过度自信(overconfidence), 投资者在过度自信的影响下, 正向的私人信息被赋予更高的权重, 从而导致股价被推动到远离内在价值的水平, 引起了反应过度, 伴随着股票价格的持续性上涨或者持续性的下跌。随着包含噪声的公共信息陆续到来, 股票价格被逐步修正, 待到公共信息越来越多时, 股票价格由反应过度逐步反转。其二是自我归因偏差(biased self-attribution), 投资者在自我归因偏差的影响下, 如果私有信息和公共相同, 完全符合预期, 自我信心将大大增强。如果私有信息和公有相左时, 则不予以重视, 会选择去忽视它。所以当事件的发生与投资者的行为一致时, 投资者自信满满, 当发生的事件与投资者行为不一致时, 投资者认为那都是外在的噪声。所以, 在过度自信和自我归因偏差这两种偏差的作用下, 股票价格在短期内存在着动量效应, 而长期则表现为反转效应。

(3) HS 模型

该模型由Hong and Stein (1998)^[15]提出,在学术研究领域又被称为统一理论模型(unified theory model)。统一理论模型没有从考量认知偏差角度入手,着重研究不同类型的投资者间的相互作用机制。该模型假定市场上有两种有限理性的参与者,一类是信息观察者(News Watchers),信息观察者不根据当前和过去的历史价格信息进行预测,而是基于了解和观察到的对股票未来基本情况有影响的信息做出理性预测。另一类是动量交易者(Momentum traders),动量交易者则相反,他们可以根据历史的价格信息做出研判。信息观察者掌握的股票基础信息逐渐扩散到市场中存在一个时滞,在信息刚刚到达市场时仅有部分反映到股票价格中去,而动量交易者对新的信息反应不足,因而导致股价动量效应。随着这些私有基础信息在这两类投资者之间逐步扩散,动量交易者变成知情交易者,并开始对私有信息做出反应,动量效应逐渐减少,直到过度反应而出现反转效应。这样,两类投资者的相互作用机制就导致了市场存在动量效应和反转效应。模型认为反应过度与反应不足归因于股票基本价值信息的逐渐扩散,而不包含对投资者刺激和流动性需要等其它因素,信息扩散慢的股票,其动量效应或反转效应高于信息扩散快的股票。

(4) 正反馈模型

该理论模型代表是 DeLong, Shleifer, Summers 和 Waldman (1990)^[16]研究的模型,它把市场投资者划为两类,一类叫理性交易者,它有足够的 ability 轻易取得资讯,其他类别交易者的交易行为它也能掌握,都在它的预判之中。另一类称为正反馈交易者,是善于“追涨杀跌”噪声交易者。他们盯着市场动静,发现股价一有异动即会跟风买卖。当一发现股价上涨时,立马跟着买入,当发现股价下跌时,随即跟着卖出。当理性交易者收到利好消息时,抢先放量买入,随即将股价拉到能反应此利好的价位之上,于是就呈现出反应过度的现象,而在这时价格的上涨推动正反馈交易者接着也追涨买入该股票,即便理性投资者已经获利了结,从而就导致股价进一步上升,出现动量效应现象。因而,呈现这种动量效应的原因在于理性交易者的抢先放量买入引起了正反馈交易者的跟风,于是在本来就反应过度的情况下,又因有人抢筹而继续持续的过度反应着,就是所谓的“赢者‘继续’赢”,“输者‘继续’输”。但在长期,股价最终还是会向其内在的价值方向发生反转。“羊群效应”即反应了这种模型的特征,在信息高度不对称的环境下,市场投资者无法获得其他人的私有信息,但可以通过观察他人的买卖行为来推定其获得的私有信息,因而容易产生这种群体压力的非理性行为,部分投资交易者的过度反应或者反应不足,引起其他投资者的注意,其他投资者做出与之一致的研判和行为,进一步可能致使市场全盘出现过度反应

或者反应不足的现象。这种投资者的羊群行为也是动量效应和反转效应的成因。

2.2 因子投资原理

由于某些特定的因素（因子）存在，市场中资产的表现会相当大程度的趋同，例如量价、行业、规模或者利率变化等，因子投资就是利用因子这种特性，通过构建一定的因子模型的基本假设，认为市场中相似的资产必定会有相对应的回报的一种投资方法。用传统金融理论框架看，因子投资是通过一定因子的风险暴露以取得相应的风险补偿，而在行为金融理论框架下，投资者并非完全理性，会持续的表现认知和决策的行为偏差，因而相应的因子就能持续的获得收益。一般地，因子可以分成两个大类，一类是基本面因子，另一类是技术面因子，进一步的细分，可以再分为估值、成长、动量反转、盈利性、现金流与资产配置，以及技术面等几个因子细类，这些因子构成一系列因子体系。常见的单因子模型和多因子模型就是都是为了发现并挖掘出这样的因子，从中确定收益率随着因子变化的关联敏感程度。单个资产的多因子模型用公式可以表示为：

$$r_i = \sum_{k=1}^K x_{ik} f_k + u_i \quad \text{公式(2-1)}$$

其中的 x_{ik} 为第 k 个因子的风险暴露， f_k 为第 k 个因子的预期收益率，该系数可以通过多元分析获得， u_i 为第 i 个资产非因子收益率。基于各类因子的因子投资具有灵活性、低成本、透明性、分散性，不但具有异常收益能力的主动投资的手段，而且还拥有被动投资那种成本很低又灵活方便的配置方式，同时很好的规避和解决主动投资过程中遇到的风险管理以及风格飘逸等问题。投资者管理风险只须对因子暴露做相应的风险控制，通过投资因子指数即可完成资产配置，而不再需要去考虑分配给不同的主动管理者，这种投资方式对传统投资业界理念产生很大的影响。

（1）因子投资的发展和理论形成

“因子”的最初来源于套利定价理论 APT (Arbitrage Pricing Theory)，由 Ross (1976) [19] 提出，该理论表明可以用一系列的市场因子以及宏观经济因子的函数来表示市场中股票的预期收益。最初的 CAPM 理论框架是以假设市场有效为前提，描述的是一种市场的均衡状态，但不要求残余收益与其是不相关的。之后威廉·夏普基于这种理论又进行了延伸，提出了单因子风险模型，单因子风险模型其实是 CAPM 的一个公式变形，却假设了残余收益是不相关的。随着研究的进展，学者们逐渐发现，相似的资产在市场上总会表现出某些共同的特点，

逐步总结出了套利定价模型（APT），套利定价模型认为资产的预期收益等于一些系统性因子的线性组合，但这些因子是什么，却并未说明。套利定价模型的提出是为了用来预测股票预期收益的，后来逐渐就演变成了当下的多因子模型。Fama-French（1993）^[24]提出包括市场因子、规模因子以及价值因子的三因子模型，成为多因子模型相关的比较典型的理论。Carhart（1997）^[20]又构建了包含四因子的多因子模型，在 F-F 三因子模型之上增加了另一个因子—动量因子。近些年来，各国学术研究者深入地挖掘财务信息与报表，不断有人提出新的因子进行组合。随着信息技术和大数据的发展，用非传统的一类因子，如股票及关键词在特定媒介上的出现频率，还有与情绪相关的比如市场股票关键词在搜索引擎上的点击率等等因子逐渐增多，这类最新的相关研究涉及高频领域以及大数据，都已在逐步展开。

系统性风险（Systematic Risk）和特异性风险（Idiosyncratic Risk）是投资股票获得收益的来源构成。这个理论威廉·夏普已经在上个世纪六十年代发表的资本资产定价理论（CAPM，1964）^[18]阐明。系统性风险的意思就是投资者应该得到的承担这种必要风险的补偿，它无法避免和分散，是一种暴露于市场的风险。而特异性风险是单只股票特有的残余风险，投资者可以避免承担这一部分残余风险，最终形成单一因子模型。与 CAPM 不同的是，Ross 提出的套利定价理论 APT 多因子模型，这种多因子投资的挑战在于，如何去构建适合的多因子模型。不一样的时间周期和所处的环境可能要求必须通过不断的调整因子的组合去适应，因此，APT 也无法确定具体的因子都有哪些。著名的 Barra 风险模型中，含有风险溢价和普通因子，因为它关注解释模型收益与风险计量，反观 F-F 三因子模型，以区分相关的股价的影响要素为目的，因而采用的均为风险溢价类的因子。风险溢价因子可以长期的持续的产生溢价，但无法很好的解释风险。市场中的主动管理者通过构建这类因子即可以获得超额收益，比如可以通过构建价格反转或者价格动量来获取其对应的超额收益，基于这类因子的因子投资就是期许通过风险溢价因子以获取持续稳定的超额收益。因子投资时多个因子组合模型的构建方法也可以很灵活，可采用了不同的方法估计因子的预期收益并建立对应的因子组合。

（2）因子收益的成因

有效市场假说的观点认为，市场是完全有效的，投资者是理性的，因子的收益来自其不能被投资组合分散的系统性风险而得到的补偿。比如经济增长率以及通货膨胀等宏观面和价值、动量、规模等因子相关，而小公司因为其抗风险能力弱，透明性更差以及其本身所具有的流动性也更差等缘由，都决定了这些相关因子必须要得到更好的风险补偿。

行为金融学理论的角度认为,像过度自信、过度反应、反应不足、损失厌恶等等呈现出来的异象,是因为市场投资者持续表现出认知和行为上的系统性偏差导致。如果这类投资者越多,对于理性投资者的套利的代价变得越大,因子的异象就越持续越显著,这就是对应的因子的超额收益的来源,投资者可以以此获得投资交易的获利机会。

还有观点认为有些由于行业制定的法规限制了准入,或者行政部门的监管导致了有较高门槛,都可能导致相应因子获得收益。例如,市场上投资者的投资期限不同,更多数的投资者偏向持有短期内流动性更好的股票资产(比如持有3年5年),因此,对于少数的投资者,在较长的持有周期内持有低流动性股票,即可获得更高的风险溢价(比如持有10年以上)。

常见的因子都有一系列不同的理论支撑,使用因子投资其收益的未来持续性考量,也就源于以上对于收益来源驱动的理解。传统金融理论认为,因子承担着不可分散,无法回避的风险,因而因子的收益一直存在,这是持有“系统性风险”投资者的出发点。对行为金融理论支持者而言,投资者的行为偏差不可回避,而相应的理性投资者套利成本高昂,则因子的收益也能保持持续有效。只要规则限制还在,对那些对于市场存在“限制条件”的投资者而言,相关因子就能保持持续稳定的收益。

2.3 程序化交易系统原理

本文研究的程序化交易系统,既不是指国内市场上投资者的客户端下单交易系统,也不是券商会员与交易所间的交收系统,而是一种基于计算机程序来分析和处理投资交易策略,由交易策略中分析投资机会,选择市场和投资标的,并由计算机系统自动执行资金入场、出场、风险控制和资金头寸分配的一套投资交易决策规则体系。有别于人工的主观交易,是一种科学的系统交易方法。程序化交易系统融合了投资交易理念和信息技术的方法,充分利用通讯技术和计算机的优势,辅助投资交易管理。

随着计算机技术的飞速发展,金融市场基础设施的日益完善,市场上各类投资者派别林立,各执各的生存法则。传统的技术分析、基本面分析、心理分析都已经有了成熟经典的交易系统。市场上也逐步发展出更高级、更复杂的交易系统,如基于神经网络、人工智能等技术,基于混沌理论、分型理论、行为金融理论等学术理论,也逐步形成交易系统派别。程序化交易系统朝着投资过程工程化、科学化、数量化方向快速发展演化。从程序化交易系统的各种分类,可以分析并阐述各类程序化交易系统的理论逻辑和实现原理:

基于技术分析的程序化交易系统角度看，各类系统按交易理念划分，有趋势追踪类交易系统、震荡交易类交易系统、高频交易类交易系统。按持有头寸时间周期分，有日内交易系统、短线交易系统、中线交易系统、长线交易系统。按决策依据方法来源来分，有各种根据技术指标和 K 线形态图形识别的各类程序化交易系统。按技术分析理论基础分，有道氏理论类交易系统、波浪理论类交易系统等。基于技术分析的交易系统之所以流行，是因为技术分析的三大假设的理论基础和应用已经很成熟。

从交易系统的策略模型的角度来分，常见的交易系统类型有：量化策略交易系统、套利策略交易系统、算法策略交易系统等。各类型划分及其实现原理如下：

量化策略交易系统以量化相关的策略作为交易系统策略核心，常见有量化选股、量化择时的策略方向，量化策略研究挑选最合适的投资组合，使得投资的风险分散可控，而收益最大化，风险和收益达到很好的平衡考量。以量化选股策略来看，策略模型常见的有动量反转策略模型、行业轮动策略模型、风格轮动策略模型、多因子策略模型、资金流策略模型、趋势策略模型、情绪指数策略模型。量化择时更倾向研判每段行情的走势和发展阶段，再给予相应的左右侧交易投资，这类方向的策略模型常见的有赫斯特指数策略模型、SVM 策略模型、趋势类择时策略模型、情绪类择时策略模型、牛熊更替策略模型、情绪类择时策略模型、马尔科夫链策略模型等。量化策略交易系统是机构主流的交易系统，在程序化交易中尤为重要，国内券商金融工程团队，主要研究的策略模型，大部分都是基于量化策略的策略模型。量化策略的策略模型，有成熟的量化投资理论以及基于因子的因子投资办法支撑，慢慢成为一个量化策略的一个主流方向。

套利策略交易系统一般有统计套利、跨期套利、期现套利以及跨市场套利等。这类策略模型收益率不高，但胜率和稳定性很高。套利策略模型的基础原理是市场上的资产的价格会短期会波动，但会逐步回归均衡价值水平。统计套利是基于不同产品间的相关性进行投资交易的一种方式，当两市场产品价格偏离到较大的幅度，到达小概率区间时进行反向对冲，直到产品价格回到正常均衡水平区间再出场，以规避系统性风险，并基于此带来的获利机会的一种套利策略模型。跨期套利是研判资产不同时间可能带来的价格偏离的机会进行投资交易的策略模型，这类偏离如期货远期和即期之间、不同远期之间可能的价格偏离。期限套利利用期货和市场上现货间的价差，跨市场套利是利用不同金融市场间价格短期波动市场间价格偏离的机会进行投资交易的策略模型。

算法策略交易系统是利用计算机系统的优势，分析和处理速度快的特点，基于交易市场制度和环境的规则和条件，规划出最有利的订单报价及订单执行的一种交易策略模型。这类交易系统已经在市场上得到广泛的应用，尤其是国外的投行、大的投资机构。

各程序化交易系统分类，一般具有各自对应的参考逻辑和理论基础，有了基础理论支撑，才有获得稳定收益的来源。随着程序化交易系统的朝着工程化、量化方向发展迅速，在利用计算机优势的同时，也因为非主观交易，也带来一些问题。因此，利用程序化交易系统这种交易方法，除了关注实现的逻辑和理论基础，还要注意这种投资交易方法的一些特征：

(1) 客观性一致性。利用程序化交易系统进行投资过程的分析、决策和交易，可以有效的克服人的主观因素的影响，即有效的克服人的贪婪、恐惧、侥幸、迟疑、情绪化对投资过程中的分析、决策和交易的各种影响，使得交易按照策略模型能够客观一致的执行，不打折扣。用行为金融的角度看，程序化交易系统可以很好的辅助投资过程管理，避免选股、买入、持股、卖出环节中的因人的非理性而引起的各种认知和决策的偏差。投资者不是理性经济人，即使其专业技能素养水平很高很好，也难免一时受人的贪婪、欲望、杂念等影响而降低了投资过程的专业敏感度，恐惧、偏见难免会动摇投资者的信心和自律，最终使得投资者的决策交易过程有了各种偏离计划的错误判断，导致了不必要的决策失误和投资损失。程序化交易系统没有人的情感因素，胜不骄败不馁，它只会根据事先在交易策略模型里面定制的一些列规则，毫不偏差的分析决策并发出指令。什么品种有交易机会，是否可以交易，什么时候入场，什么时候出场，使用多少头寸，亏损了该如何应对，程序化交易系统都有了明确的数量化的决策支持，可以有效的克服人类情绪的非理性影响，规避人性的弱点，提高投资决策交易的胜算。

(2) 速度快。程序化交易系统，因为是基于计算机基础之上的应用领域，因而伴随着计算机的飞速发展，程序化交易系统也跟着更新换代，速度和效率都大大提升。因为计算速度快，所以诞生了很多难以想象的高频交易，有的高频交易，凭借人的主观观察能力，无法识别观察到的，但是计算机可以很轻松的捕捉到机会。西蒙斯带领的文艺复兴科技公司，正式利用这种计算机的快速处理能力，捕捉到了那些微小的交易机会，取得了连续 20 多年每年 34% 的辉煌成绩。

(3) 效率高。计算机可以高效处理的信息量大，信息面广，同一时间可以管理处理多个不同区域的市场、多种产品、多种策略。投资者在设定好相应的逻辑给程序化交易系统之后，计算机可以不知疲倦的按照人类设定的逻辑不折

不扣的值守，可以 7x24 小时不间断的工作，持续高效率的完成各种指令任务，这一点也是人的能力所不能及。因为计算速度和效率，可以同时监控分析多个市场和产品的交易机会并决策处理，进一步拓宽了投资交易的广度和深度，使得投资者有更好的盈利可能。专业的投资管理公司，其程序化交易系统，可同时管理运行着几百甚至几千个交易策略。

(4) 风险控制和资金管理能力强。程序化交易系统因为计算机的处理速度快，处理的信息量大而广，所以，首先，它能从海量信息中第一时间发现到风险因素的到来，其次，一旦发现风险点，马上按照约定的逻辑及时的处理，不会忧郁，不会后悔，不带情绪。这正是人类扮演风险控制角色所需要的“心理特质”，具备这样的特质控制风险，才能有效的化解风险，使得投资者投资的损失降低最小的可能。同时，因为有了强大的信息处理能力，程序化交易系统可以很好的做出投资组合，既能有效的规避化解系统性风险，也有效的提高稳定盈利的可能性，所以，大凡机构投资者，其投资交易过程都离不开程序化交易系统的辅助，程序化交易系统成了他们必不可少的决策交易的工具。

(5) 无法规避策略风险。程序化交易系统的交易策略，其入场、出场、止损、止盈、资金管理等方方面面的规则逻辑，均来源于投资者主观投资交易的经验和见识，难免会有主观局限性，在这些规则逻辑转成程序化交易策略代码执行时，会有潜在的未知的风险存在，这种不确定的风险，只有在触发后才可能排查和封堵，至于风险引发的代价有多大，很难预先估算。美国长期资本管理公司就因为程序未能考量到市场的流动性枯竭问题，一下把公司推到破产的命运，中国的光大乌龙事件两秒内产生两万多张非预期的市价委托单，也是因为策略程序的问题，皆是源于原先不可预知的策略风险。程序化交易策略从策略的产生到策略的执行，会因为程序代码的功能逻辑和技术上的 BUG（缺陷）而带来预想不到的结果。

(6) 无法规避运营风险。程序化交易系统在部署运行后，可能因为服务器的负载、通讯通道的堵塞、网络的故障、设备的故障、外围支持的宕机等问题，而导致程序化交易系统在数据接收、指令收发等环节发生偏差或者执行错误，而造成系统的中断或者延迟，导致了不可估量的风险。另外，运营过程中，可能由于人为的违规操作、舞弊、不守制度流程等纪律问题或主观破坏、黑客的蓄意入侵等，导致运维过程中发生数据信息被盗窃、丢失、损坏、被篡改的可能，发生安全信息的泄露，或者系统的停滞等不可预知风险，进一步也给投资者带来无法预计的损失。

(7) 无法规避政策风险。程序化交易系统因为其速度快、效率高，使用程序化交易系统的投资者，相比主观交易手动作业的投资者，具有了显著的优势。

程序化交易在有效的提高市场效率、增加市场流动性的同时，也引来了市场上的主观交易者或者管理机构指责的声音，在美国市场上，人们数次把市场灾难的首要罪责推给程序化交易，认为程序化交易导致并加剧了市场波动风险。国内 2015 年 6 月份的市场下跌，证监会随即指出是程序化交易导致了股指期货的快速下跌，引发了市场的系统性风险。所以事后，程序化交易容易在政策层面上被加以严厉的限制，以至于大大提高了程序化交易系统的执行成本，导致很多的交易策略无法获得正向收益，投资者无法继续运营，使用程序化交易系统的投资者也无可奈何，很多专门交易股指期货的策略资金，要么转到新加坡市场，要么改为交易普通的商品市场，要么只能直接关门，政策何时松绑或者恢复，还遥遥无期。日本也有类似的事件，最后前后用了 8 年时间才恢复股指期货的正常交易。美国的市场也经历过类似事件，但今天其多个交易所还是积极鼓励使用程序化交易系统做投资交易。所以说，来自市场管理者的政策性的行政限制，可能给程序化交易系统带来不可估量的风险，带来巨大的成本。

(8) 运营成本高。投资者要使用程序化交易系统，首先自己必须要有专门的程序化交易相关专业能力或者配备相关的人才或者购买第三方公司的服务支持，这些人还要根据市场状况，不断的学习、培训，不断的适应新的市场状况趋势，这都要投资者持续的投入去确保程序化交易系统可以正常的运营，这直接增加了投资者的管理费用和成本。另外，要投资服务器硬件设备、网络设施、通讯技术还有阶段性的设备更新置换，也增加了投资者的支出。这些开支加大了应用程序化交易系统的门槛，容易把一些中小投资者挡在门外。

综上所述，实现利用程序化交易系统辅助投资交易和管理，一方面交易系统策略模型要选用具有稳定可靠的逻辑和理论基础，另一方面，也要注意计算机带来优势的同时，可能同时带来新的问题，不可忽视资金管理和风险控制。明白了程序化交易系统的原理，将更加有利于在实际交易中使用好程序化交易系统，取得更好的投资预期。

3 构建动量和反转策略的策略模型

动量策略和反转策略模型，都旨在通过构建特定的股票组合，使得投资组合完全暴露动量（反转）这一风险因子，以获得相应的风险溢价补偿，或因投资者持续的行为偏差导致动量（反转）因子的持续收益。而构建这样一个基于动量策略和反转策略的程序化交易系统，其核心是构建其投资组合的策略模型。因此，要确定这样的策略模型能否使得投资组合取得组合收益来源，有必要对策略模型进行前期的检验确认。虽然国内外的研究者已经证明动量效应和反转效应在多个市场长期而广泛的持续存在，但对于国内的 A 股市场，尚须用自己的研究方法先行确认动量效应和反转效应的有效存在。鉴于当前国内外学者对于动量和反转策略的研究，不论是研究解释其异常收益来源，还是针对动量和反转效应作的实证检验，主要集中的研究方法，常采用和参考 Jegadeesh 和 Titman 一样的样本重叠抽样办法，去构造赢者组合、输者组合、赢者和输者零成本套利组合这样一些组合，进而检验这样的投资组合在市场中取得超额收益等。所以接下来，在确认动量效应和反转效应的有效存在时，拟出本交易系统的策略模型所据有的要素，确定策略形成期和持有期，制定决策过程和计算方法，按步骤构造出一个完整的交易系统策略模型，并用它初步针对国内 A 股市场分别对动量效应、反转效应进行实证检验。

3.1 策略模型基本要素

针对本程序化交易系统的具体内容研究，构造相应的投资策略模型所构成的基本要素拟有以下几个方面：

(1) 策略因子。选定一定的风险因子作为程序化交易系统策略的策略因子，策略因子可以是价格因子，也可以是财务指标信息。Jegadeesh 和 Titman 的研究，主要使用的策略因子是价格因子，吴世农、吴超鹏（2003）^[56]的研究，用的价格因子和盈余因子，基于此计算价格或盈余收益率高低。

(2) 样本数据。构造样本数据，主要看研究者要着力研究的市场，国外还是国内，是股票、商品期货、金融期货还是其他产品，是沪深 300、上证 180、中证 500 还是全样本数据等。选定样本方向，再根据需要考虑是否剔除不必要的样本，如 ST、连续停牌、异常波动、特别原因等诸如此类，但是如有剔除则应考量幸存者偏差等的具体影响。数据可从万得 Wind 金融终端、东财 Choice 金融终端、国泰君安 CSMAR 数据库，或上证、深证交易所提供的数据服务获

得。

(3) 形成期。或叫观察期。动量效应或者反转效应，需一定的时间累计，以形成动量（或者叫惯性）的大小和方向。因此，动量策略和反转策略，均考虑一定的累计形成期间，持有期的累计计算单位周期按时间框架的粗细粒度来分，常见的有日、周、月、年。研究者以月、周线数据为基础所做研究和实证检验的较多。另外，大周期数据可以由小周期累计获得，比如周的计算，有的直接取周数据，有的用每日数据累计成周数据，可以提取更精确数据，也更容易处理期间异常，作为风险控制或者资金管理所用等等。

(4) 持有期。因为动量效应，前期涨势良好的资产，还将继续延续良好的表现，所以，有一个持有期间来累计反应出其动量的持续作用。持有期与形成期采用同样的时间框架和样本数据。

(5) 延迟期。有的研究者（Lehmann、Chan）为了避免买卖差价效应（bid-ask bounce）或者超前滞后效应（lead-leg effect），认为延迟的价格，重新形成了共同的作用因素或者再次反应了公司信息。在形成期和持有期之间必须留出一定的延迟期间（delayed period）。

(6) 排序抽样。买卖的标的，根据形成期内的策略因子进行正向到反向的排序，然后根据排序结果，取出一定的比例的数量（比如，赢者组合取前 10%，输者组合取前 10% 作为投资标的，或者各取 20% 等等）或者固定数量（赢者组合取排序前 10 只股票，输者组合取最后 10 只股票，或者 20 只等等），作为投资组合的标的。

综合上面各个要素，动量策略和反转策略表示为（公式 3-1）：

$$S_{t_1+t_2+t_3} = (F_{t_1}, D_{t_2}, H_{t_3}) \quad \text{公式(3-1)}$$

其中一次的策略交易周期 $T=t_1+t_2+t_3$, F 表示 t_1 时间内得到的形成期，在 F 形成期内根据样本的策略因子进行由高到低的排序，排序结果中各取 Top (n) 和 Bottom(n)，即在排名靠前和排名靠后的结果中，各取一定比例或一定数量的产品作为本次交易的投资标的。D 为设定一定时间的延迟期 t_2 ，根据不同市场，不同的市场阶段，研究人员和应用投资者根据需要设定是否中间需有一定的延迟间隔期间。H 表示根据排序靠前和靠后取得的标的进行交易之后，持有 t_3 时间，再平仓出场了结。

3.2 策略因子的选择

程序化交易系统的核心在于构建策略模型，而策略模型需要先选定一定的量化因子，作为策略模型的收益来源。

作为策略因子可以是价格因子，也可以是财务指标信息，策略因子常可以分为这样几个类别：规模因子（总市值、流通市值等）、盈利因子（净资产收益率 ROE、ROA、每股收益、每股净资产）、估值因子（市盈率 PE、市净率 PB、市现率 PCF、市销率 PS）、流动性因子（换手率、成交量、成交金额等）、质量因子（主营业务比率、资产负债率、长期资本负债率、存货周转率）、交易因子（收盘价、开盘价、涨跌幅等）。

本文研究的程序化交易系统，基于动量策略和反转策略，因此，其构建策略模型时，选定动量及动量反转作为策略模型的因子。在行为金融理论认为市场中的投资者并非完全理性，会持续表现出行为偏差，因而这两个因子可以持续的获得利润。传统金融理论认为，市场是完全有效，投资者是理性的，因子暴露于系统性风险中，投资者应该得到承担这部分风险的补偿。这是我们选择动量（反转）因子作为程序化交易系统策略模型因子的逻辑和理论基础。

3.3 数据的预处理

历史会重演，是技术分析的一个基本假设，投资者要评估、计算当前和今后的收益与风险，只能基于历史数据去计算和测评。然而“历史不会简单重演”，过去不代表未来，公司历史的业绩表现，并不代表今后一定可以持续。以往相关性低的因子，可能由于某种原因变得相关性高，因子的风格会发生改变，因子的属性可能发生根本性变化。要解决此等问题，还得依赖历史数据，只不过一定要拉长时间区间，对因子选取完整而充分的样本，横跨牛熊市场阶段，以提高统计检验的显著性。所以，数据的选择显得非常的重要。本研究以市场数据和基本面的数据为主，其中市场数据一般是可以每日获取的，而基本面数据一般是一个季度甚至半年以上。尤其要注意到一些数据的跳跃，如资产规模的突变，缺失的价格数据等；此外，还要尤其注意公司的特殊事件，如资产重组，这些都会导致数据的不连续，都需要加以处理和优化。

新兴的创业板市场的成长性好、市值规模小，加上国内市场投资者散户绝对居多，投资交易行为追涨杀跌、炒概念跟风之类风气盛行，整体波动率较高，这些市场特征更易使得动量策略和反转策略趋向显著有效，更容易实证检验。因此构建本交易系统，策略模型和回溯测试，选用的数据为以 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日的国内 A 股创业板日交易复权价格数据作为基础数据同时，外推检验则选用 2005 年 4 月 8 日（沪深 300 指数发布日）到 2010 年 12 月 31 日的数据进行测试，沪深 300 成分股标的均根据实际每个阶段调入调出后的当期标的，不剔除 ST 及停牌和合并股票。从价值角度检验动量策略和反转策略的适用性。

在构建程序化交易系统过程中，其交易数据需要经过标准化的加工处理清洗，方法有很多，比如可以通过排序，然后分布在(0,1)之间，也可以用高斯标准化的方法，因情况而定。这样的目的可以进行更好的进行统计检验，交易结果和基准指数也有更准确的比对结果。以此同时，更需要注意的是，构建交易系统和策略模型时容易因数据的加工处理不当而掉入常见的构建误区，导致实战过程中发生估计偏离，因此在数据预先处理时，还需要注意规避以下几个典型的数据处理问题（罗崑，2016）^[66]：

（1）幸存者偏差（Survivorship bias）。那些表现不佳，被ST、*ST、PT和退市的个股往往被剔除在数据样本之外，交易系统构只是使用了现存的成分股进行实证检验和回溯测试，这样就导致投资组合收益高估，结果看似理想，但在实际运用时未来哪些企业表现不佳当时并不可预知，也就拉低了投资组合收益预期，其带来的结果和实际结果可能就完全相反。

（2）前视偏差（Look-ahead bias）。交易系统策略模型检验和测试所使用的财务数据信息或者复权行为等，可能使用的是经过修正调整后的终值，但在实际作业时终值却不可知，使用的当前值与终值可能存在关键差异，将可能使得策略模型失效，对交易系统及测试结果产生不可估量影响。

（3）讲故事（The sin of storytelling）。针对特定的历史数据或区间进行测试，策略模型这阶段表现良好，因子看似非常有效，但是到了另一个阶段或者拉长使用样本时间区间，对未来预判几乎没用，其相关性和因果性逻辑关系很难分析界定，结论完全不同，良好的表现原因在于股票池及数据区间高度拟合。

（4）数据挖掘（Data mining and data snooping）。数据挖掘可发掘难以主观发现的因子，但若原有数据信息量未达到海量，数据噪音的影响，都可能导致结果发生偏差，因子几乎无效。没有源于经济金融基础理论、有效市场假说、行为金融理论等领域知识清晰的逻辑和理论支撑的模型因子，进行样本外外推测试时结果都可能完全不同。数据挖掘终究是为理论支撑寻找实际验证的结果。

（5）异常值（Outliers）。数据的标准化处理可能对策略模型的结果表现产生显著的影响。对极值不做预处理，则往往会影响回归结果，但是处理后又可能结果会差异很大。因为在异常值数据信息里，可能含有有用的信息，也可能不含有用的信息。就如价格动量因子，用原始数据时策略模型的表现，往往要远高于标准化数据信息时去除异常值的表现，说明异常值数据包含了很价值的信息，如果直接处理去除，则代价是损失一大部分收益。因此，针对异常值标准化处理，很多情况下是对数据先进行微观层面的聚合处理之后再来计算总的的数据指标。

3.4 策略模型构建内容

3.4.1 确定形成期和持有期

本文研究办法所用的样本检验基于重叠抽样的办法，因此本交易系统策略模型的研究办法对各时间周期采用如下约定：

(1) 假定总的买卖次数为 n 次，则在交易系统策略模型的每个交易周期中，形成期 F 的采样时间为 f ($f=1, 2, 3\dots F$) 天，持有期 H 的持有时间为 h ($h=1, 2, 3\dots H$) 天。

(2) 第 i 次交易周期设为 i ($i=1, 2, 3\dots n$)。

(3) 第 i 次交易的形成期 F_i 采样的时间为 T_i^f 天，则第 i 次持有期 H_i 的计算从 T_i^f+1 天开始，即 T_i^f+1 交易日开盘价买入，并持续持有组合头寸，直至第 h 个交易日收盘全部卖出，故第 i 此交易的持有期 H_i 为 T_i^h 。

(4) 下一个交易周期为第 $i+1$ 次，第 $i+1$ 次持有期 H 为 T_{i+1}^h ， T_{i+1}^h 从 T_i^h+1 天开始，而第 $i+1$ 次交易周期的形成期 F 即 T_{i+1}^f 从 T_{i+1}^h-1-h 天开始，即第 $i+1$ 次交易的持有期 H_{i+1} 在第 i 次持有期 H_i 的下一个交易日，前后两次交易间的持有期 H 依次衔接，前后形成期 F 视参数设置的需要，向前可有重叠采样，具体如下图例（图 3-1）所示：

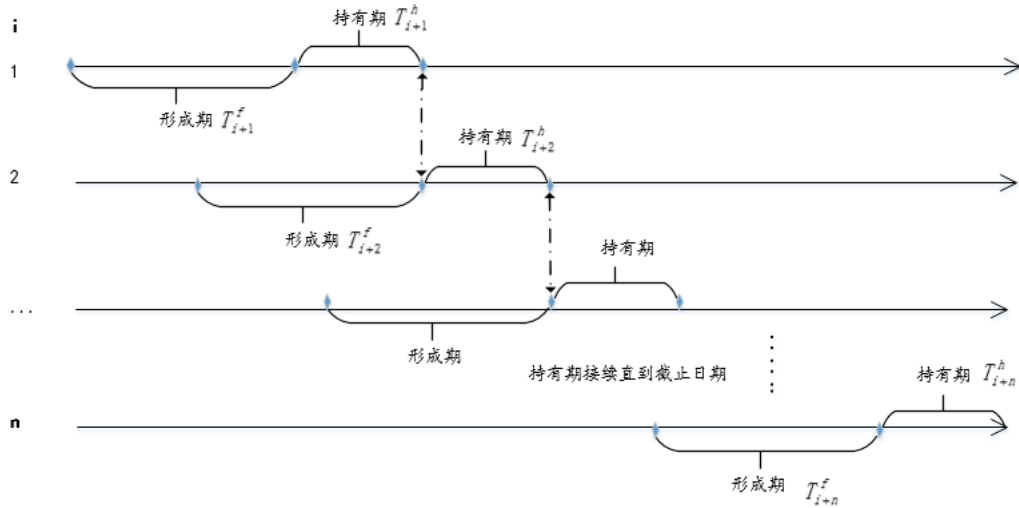


图 3-1 各交易周期形成期和持有期衔接

注：如考虑延迟期 D ，则延迟期在形成期 F 和持有期 H 间交易日依次连续衔接

3.4.2 决策过程和计算

确定完策略模型相关要素后，接下来需进一步确定资金投入、交易的市场和对象、使用的参数组合以及策略模型，藉由这些要素而进行的决策处理过程，还有使用的计算规则等等，构建成为完整可执行的交易系统的交易策略模型。

(1) 参数组合。根据形成期 F 和持有期 H ，策略模型分别拟定不同的参数，

分别以 $F(F = 5, 10, 15, 20, 30, \dots, 180, 240)$ 天和 $H(H = 5, 10, 15, 20, 30, \dots, 180, 240)$ 天(对应于1周, 两周, 3周, 一个月, 一个半月, 两个月, ..., 半年, 一年), 形成不同的形成期和持有期的参数组合, 即交易策略的投资组合 (F_i, H_j) , 共有 144 组参数。

(2) 交易市场和交易对象。本文的动量策略和反转策略基础上的程序化交易系统, 交易的市场考察的是基于国内 A 股的二级交易市场, 以及其上所有流通交易的股票作为交易系统策略模型决策分析和实际交易的对象。A 股市场又可以针对性的分为基于沪深 300、创业板、中小板、上证 50、中证 500, 中证 800 等指数样本股票, 这样的好处, 是可有好的基准指数组作为参照, 或者像沪深 300、上证 50、中证 500 可以构造有对冲功能的程序化交易系统。

(3) 入场和出场时机。每个交易周期交替形成期和持有期, 在每一个持有期第一个交易日以开盘价买入, 持有期最后一个交易日收盘价卖出, 如此的滚动循环, 发生风险控制信号或其他退出条件亦可退出, 比如设定了适当的止盈。

(4) 确定交易系统初始投入资金及其分配, 初始投入资金额记为 A_0 。投资组合一次可以抽取纳入购买的股票为 n 只。每一次交易周期, 资金总额等权分配, 根据 n 只平均配置。本周期持有期的可供分配的资金额度, 就是上一个交易周期的持有期期末的资金额度。

(5) 累计收益率计算。策略模型在形成期对所有样本股票逐日列举计算累计每日收益, 直至形成期结束, 得到样本中每只股票在本期间的最终累计收益率。单只股票的到期末为止, 最终累计收益率的计算方法如下(公式 3-2):

$$R_{i,f} = \frac{P_{i,f}}{P_{i,1}} - 1 \quad \text{公式(3-2)}$$

计算公式(3-2)中, $R_{i,f}$ 表示股票 i 的在形成期 f 交易日收盘后的期末累计收益率, $P_{i,f}$ 表示股票 i 在 f 交易日的收盘价格, $P_{i,1}$ 表示股票 i 在形成期期初当日的开盘价格, 此处使用当日的开盘价格而不是收盘价格。

(6) 可买入数量的计算。国内 A 股市场, 可买入数量为 1 手等于 100 股的整数倍为可买入数量, 因此, 实际在买入过程中有影响, 必须考虑在内。在这里验证动量效应和反转效应的有效性时, 资金头寸的分配采用等权金额进行处理, 每一次形成期后的下一个交易日即持有期首日, 每一只股票分配到等额的资金以开盘价的买入头寸。最大可买入数量按以下计算办法取得:

$$Q_{i,h} = \left\lfloor \frac{A_{h-1}}{P_{i,h,1} \times n \times 100} \right\rfloor \times 100 \quad \text{公式(3-3)}$$

$Q_{i,h}$ 表示在持有期初始当日每次入场交易时第 i 只股票可买到的实际数量, A_{h-1} 为第 i 只股票本次分配到的可买入金额, 为上一个交易周期的期末资金额,

$P_{i,h,1}$ 为本次交易周期进入持有期当天的开盘价, n 为每次买入的股票只数。

$$R_{w,h} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{w,i,h} \times Q_{w,i,h}}{A_0} - 1 \quad \text{公式(3-4)}$$

$R_{w,h}$ 为持有期赢者组合的累计收益率, $P_{w,i,h}$ 表示赢者组合中第 i 只股票的持有期的收盘价格, $Q_{w,i,h}$ 表示第 i 只股票在本持有期已经买入的头寸数量, A_0 为本交易系统策略模型最初一次性投入赢者组合的总金额。

$$R_{l,h} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{l,i,h} \times Q_{l,i,h}}{A_0} - 1 \quad \text{公式(3-5)}$$

$R_{l,h}$ 为持有期输者组合的累计收益率, $P_{l,i,h}$ 表示输者组合中第 i 只股票的持有期的收盘价格, $Q_{l,i,h}$ 表示第 i 只股票在本持有期已经买入的头寸数量, A_0 为本交易系统策略模型最初一次性投入输者组合的总金额。

(7) 市场基准指数的计算。在交易系统内, 国内 A 股市场的基准指数设置如下: 投资 A 股全系列的样本股票采用的基准指数为上证综合指数, 投资样本为沪深 300 的股票, 基准指数设置为沪深 300 指数, 投资样本为中小板的股票, 基准指数设置为中小板指数, 投资样本为创业板的股票, 基准指数设置为创业板指数。这样设置的好处就是更加贴合市场真实状况, 交易系统若能战胜对应的基准指数, 其优势才能真正的体现出来。

$$R_{m,h} = \frac{P_{m,h}}{P_{m,1}} - 1 \quad \text{公式(3-6)}$$

$R_{m,f}$ 表示基准指数在持有期的累计收益率, $P_{m,f}$ 对应持有期当前基准指数的收盘点位, $P_{m,1}$ 对应当前基准指数的期初点位。

(8) 构造动量和反转投资组合。在每一个形成期 F 期间内, 根据股票在此期间的累计收益率由高到低进行排序, 取排名靠前的前 n 只股票作为一个组合, 称为赢者组合 W , 取排名最后的前 n 只股票作为另一个组合, 即输者组合 L 。因国内 A 股交易制度限制卖空制度以及融券制度的局限性的考量, 本交易系统策略模型及实际交易的动量组合取赢者组合, 反转组合取输者组合。

(9) 每日收益率的计算。研究常见的计算形成期和持有期累计超额收益的计算方法一般有三种, 最常见的是由 De Bondt 及 Thaler 提出的加法累计超额收益率方法(Arithmetic Returns Calculation Method,简称 AR 法); 加法对数累计超常收益率法(Logarithmic Returns Calculation Method,简称 LR 法), 主要对价格取对数后再做相减, 得到对收益率的近似估计; 还有一种是 Gishan Dissanaike 提出的乘法累积超常收益率法(Multiplicative Returns Calculate-On Method,简称

MR 法)。本文近根据程序化交易系统的实际状况, 只做动量效应和反转效应的有效性确认, 因此, 直接采用的办法是计算每日收益率。在持有期 H 内, 针对赢者组合和输者组合中的股票, 逐日的计算整个组合的每日收益率, 方便后续作实证检验的统计样本数据来源。

$$DR_{w,h} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{w,i,h} \times Q_{w,i,h}}{\sum_{i=1}^n P_{w,i,h-1} \times Q_{w,i,h-1}} - 1 \quad \text{公式(3-7)}$$

$DR_{w,h}$ 为持有期内赢者组合每日收益率, $P_{w,i,h}$ 为持有期赢者组合内的第 i 只股票在 h 交易日的收盘价, $Q_{w,i,h}$ 表示第 i 只股票在本持有期已经买入的头寸数量, $P_{w,i,h-1}$ 为持有期内赢者组合在 h 的前一个交易日的收盘价, $Q_{w,i,h-1}$ 表示第 i 只股票在本持有期的 h 前一个交易日已经持有的头寸数量。

$$DR_{l,h} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{l,i,h} \times Q_{l,i,h}}{\sum_{i=1}^n P_{l,i,h-1} \times Q_{l,i,h-1}} - 1 \quad \text{公式(3-8)}$$

$DR_{l,h}$ 为持有期内输者组合的每日收益率, $P_{l,i,h}$ 为持有期输者组合内的第 i 只股票在 h 交易日的收盘价, $Q_{l,i,h}$ 表示有期输者组合内的第 i 只股票在本持有期已经买入的头寸数量, $P_{l,i,h-1}$ 为持有期内输者组合在 h 的前一个交易日的收盘价, $Q_{l,i,h-1}$ 表示有期输者组合内的第 i 只股票在本持有期的 h 前一个交易日已经持有的头寸数量。

(10) 超额累计收益率的计算。对于超额收益率, 采用市场调整法。在实证验证动量效应和反转效应在国内的 A 股二级交易市场是否有效是否适用时, 实证的量化指标以每一组参数最终获得的超额累计收益率作为评估参考的标准。赢者组合超额累计收益率如下:

$$CAR_{w,h} = R_{w,h} - R_{m,h} \quad \text{公式(3-9)}$$

$CAR_{w,h}$ 表示赢者组合的超额累计收益率, $R_{w,h}$ 为赢者组合的持有期累计收益率, $R_{m,h}$ 为选定的基准指数的持有期收益率。而输者组合超额累计收益率:

$$CAR_{l,h} = R_{l,h} - R_{m,h} \quad \text{公式(3-10)}$$

$CAR_{l,h}$ 表示输者组合的超额累计收益率, $R_{l,h}$ 为输者组合的持有期累计收益率, $R_{m,h}$ 为选定的基准指数的持有期收益率。

(11) 交易周期接续。一次交易周期完成, 进入下一个交易周期, 前一个交易周期的持有期下一个交易日为下一个持有期首日, 即下一轮交易周期的开

仓入场日，下一个交易周期的形成期，为下一个周期的持有期日期往前推。重复上面的步骤和计算，直至持有期到达测试数据的结束日期。

3.5 策略模型的有效性验证

尽管国内外学者在理论和实证研究上，已经证明在全世界各个市场上动量效应和反转效应广泛而长期的存在，但对于其在国内的 A 股市场是否适用，适用度如何，有必要对 A 股市场动量效应和反转效应进行有效性测试检验，如果动量和反转效应在市场中存在，所构建交易系统理论支撑才有应用的价值和机会，交易系统才有获得超额收益的来源基础，这也是构建一个程序化交易系统策略模型是否初步可行，交易系统是否拥有持续正向盈利期许的基本步骤。下面，针对动量效应和反转效应，基于国内 A 股市场做相应的有效性检查验证。

3.5.1 动量效应的验证

验证动量效应的样本，以 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日的国内 A 股创业板日交易复权价格数据作为基础数据，共 1214 个交易日，检索有效日线数据 425838 条。测试数据首个交易日（2011 年 1 月 4 日）正常上市交易的创业板股票有 153 只，截止日 2015 年 12 月 31 日正常上市的创业板股票有 492 只。

依据策略模型要素，取以 F ($F=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240$) 天交易数据作为形成期， H ($H=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240$) 天作为持有期，在形成期 F 期间内，按累计收益率从高到低进行排序，选取累计收益率最高的前 10 只股票作为一组，标记为赢者组合 W ，并且验证这个赢者组合 W 在持有期 H 期间内的组合收益。考量创业板市场的流动性特征，如果前 10 只股票有流动性问题，不符合实际情景下的买卖条件个股，将剔除并依次选满 10 只为止。考量 A 股制度不方便单边做空的限制，这里不考虑构建输者组合 L 。最后将这样的动量策略组合记为动量组合 (F, H)。

以超额累计收益率作为衡量动量组合 (F, H) 的收益标准，超额累计收益率是基于动量策略股票组合的累计收益率相对于创业板指数 (399006) 同期间累计收益率的差额。这里基准指数不采用上证综合指数或者沪深 300 指数作为基准指数，是因为创业板指数更能反映创业板块的同期间特性。

动量效应验证测试步骤如下：

(1) 构建股票池。形成期第一个交易日开始检索当日所有在上市交易的创业板股票进入待选股票池，剔除未上市 60 个交易日 (3 个月) 的新上市交易股票。直至形成期结束，每一个交易日重复检索，新入选的股票补入股票池，并

计算累计收益。

(2) 形成期排序。形成期结束，计算股票池所有股票的累计收益率，并按累计收益率由大到小进行排序。

(3) 构建动量策略组合 (F, H)。形成期结束，下一个交易日进入持有期。持有期根据排序后的股票池，剔除当日已经涨停和非正常交易的股票。以开盘价格买入累计收益率排名靠前的 10 只股票。

(4) 计算收益。直至持有期截止日，每一交易日计算动量组合 (F, H) 的每日收益率和超额累计收益率。

(5) 持有期结束，下一个交易日开始进入下一个交易周期，重复上面 (1) - (4) 的步骤，直至整个测试到达截止日期。测试结果如下表 (表 3-1)：

表 3-1 动量组合(F,H)超额累计收益率(%)

形成期 持有期	形成期					
	5天	10天	15天	20天	30天	40天
5天	-83.76	-94.23	-75.61	-7.86	149.09	284.57
10天	-132.14	-114.61	-154.01	-147.16	-19.97	168.85
15天	-121.27	-94.66	-106.39	-126.77	3.03	-2.27
20天	-151.85	-94.67	-69.18	-80.27	159.76	99.50
30天	-125.08	-71.51	-81.07	-15.87	39.39	194.69
40天	-155.64	-21.60	82.58	0.79	-33.39	-139.32
60天	-65.50	22.28	67.98	-5.10	101.11	158.47
80天	-108.72	-131.14	176.00	30.38	36.62	-2.34
100天	54.23	2.48	-9.20	-0.71	108.98	89.55
120天	-39.83	-1.64	-34.24	209.02	118.01	22.78
180天	28.75	34.08	79.43	43.48	70.38	251.17
240天	-63.94	-131.69	-95.02	-38.75	-108.92	-92.23

形成期 持有期	形成期					
	60天	80天	100天	120天	180天	240天
5天	311.55	280.90	400.71	241.45	169.00	296.41
10天	39.14	17.40	157.81	48.61	78.72	152.48
15天	35.25	0.34	154.52	34.30	-4.76	126.34
20天	-54.11	111.22	59.58	-40.87	48.07	8.40
30天	-87.43	106.34	82.44	-69.23	-98.31	9.68
40天	179.89	32.13	34.28	-74.66	-25.18	-102.53
60天	-50.70	141.87	15.92	-96.11	-106.26	-171.91
80天	53.99	-82.20	14.82	-29.87	-62.99	-115.69
100天	-46.94	-23.14	-33.83	-20.42	-44.13	9.51
120天	113.24	168.13	214.06	-8.65	-94.08	-46.37
180天	42.32	116.85	-61.18	-128.25	-27.96	226.20
240天	2.02	-86.06	110.86	-6.75	111.07	4.34

测试结果从取得的超额累计收益率显示，创业板 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日存在明显的动量效应。测试期间，创业板指数有 142%-262% 的收

益率增长，因此，测试出来 144 个策略组合有 71 个超额累计收益率为正，最高的动量组合（100，5）策略 1114 个交易日累计达到 400.71%，年化 25.71% 的超额收益，胜率 55.16%，夏普率 1.11，证明国内 A 股市场创业板存在动量效应。

3.5.2 反转效应的验证

验证反转效应样本，以 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日的国内 A 股创业板日交易复权价格数据作为基础数据，共 1214 个交易日，检索有效日线数据 425838 条。测试数据首个交易日（2011 年 1 月 4 日）正常上市交易的创业板股票有 153 只，截止日 2015 年 12 月 31 日正常上市的创业板股票有 492 只。

依据策略模型要素，取以 F ($F=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240$) 天交易数据作为形成期， H ($H=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240$) 天作为持有期，在形成期 F 期间内，从高到低按累计收益率进行排序，选取累计收益率最低的后 10 只股票为一组，将这组合标记为输者组合 L ，并验证这个输者组合 L 在持有期 H 期间内的组合收益。考量创业板市场流动性特征，如前 10 只股票有流动性问题，不符合实际情景下的买卖条件个股，将剔除并依次选满 10 只为止。考量 A 股制度不方便单边做空的限制，这里不考虑构建赢者组合 W 。最后，将这反转策略组合记为反转组合 (F, H)。

以超额累计收益率作为衡量反转组合 (F, H) 的收益标准，超额累计收益率是基于反转策略股票组合的累计收益率相对于创业板指数（399006）同期间累计收益率的差额。这里基准指数不采用上证综合指数或者沪深 300 指数作为基准指数，是因为创业板指数更能反映创业板块的同期间特性。

按以下测试步骤验证反转效应：

(1) 构建股票池。形成期第一个交易日开始检索当日所有在上市交易的创业板股票进入待选股票池，剔除未上市 60 个交易日（3 个月）的新上市交易股票。直至形成期结束，每一个交易日重复检索，新入选的股票补入股票池，并计算累计收益。

(2) 形成期排序。形成期结束，计算股票池所有股票的累计收益率，并按累计收益率由大到小进行排序。

(3) 构建反转策略组合 (F, H)。形成期结束，下一个交易日进入持有期。持有期根据排序后的股票池，剔除当日已经涨停和非正常交易的股票。以开盘价格买入累计收益率排名靠后的 10 只股票。

(4) 计算收益。直至持有期截止日，每一交易日计算反转组合 (F, H) 的每日收益率和超额累计收益率。

(5) 持有期结束，下一个交易日开始进入下一个交易周期，重复上面 (1)

- (4) 的步骤, 直至整个测试到达截止日期。

测试结果如下表 (表 3-2) :

表 3-2 反转组合(F,H)超额累计收益率(%)

形成期							
持有期	5天	10天	15天	20天	30天	40天	
5天	222.40	584.58	571.98	532.35	632.20	781.80	
10天	363.98	89.78	184.13	139.58	143.27	280.49	
15天	-45.09	-66.60	180.74	148.71	248.59	125.78	
20天	255.23	91.75	148.16	147.44	147.44	105.52	
30天	51.64	-17.51	293.18	115.25	198.11	33.23	
40天	54.60	-17.45	16.01	112.65	15.29	227.50	
60天	165.10	-49.00	202.01	66.28	33.88	34.55	
80天	7.37	-21.52	122.21	30.42	37.39	60.60	
100天	-50.95	-80.47	-5.60	-20.33	-15.53	49.48	
120天	32.25	60.29	158.84	87.60	-7.09	-33.54	
180天	82.27	11.92	350.71	72.50	10.36	-48.60	
240天	-47.23	4.18	220.49	25.78	-7.22	-1.20	

形成期							
持有期	60天	80天	100天	120天	180天	240天	
5天	844.30	1199.19	1047.07	987.83	479.56	493.16	
10天	217.43	549.12	450.23	380.51	180.81	297.21	
15天	440.57	501.29	240.04	395.67	273.80	253.63	
20天	127.61	496.71	292.71	326.87	131.45	141.76	
30天	149.51	208.41	63.76	134.53	118.36	217.34	
40天	63.53	266.52	101.02	153.43	11.18	66.32	
60天	95.23	87.43	-55.45	216.29	116.94	143.31	
80天	154.98	174.79	-31.91	80.87	-8.48	60.65	
100天	59.21	119.31	116.23	3.17	-66.67	77.35	
120天	-39.67	-33.29	-108.18	95.55	33.09	75.26	
180天	67.24	-32.39	-131.70	-41.36	42.53	135.63	
240天	-20.37	73.89	-34.50	30.98	213.25	67.22	

以上测试结果从取得的超额累计收益率显示, 创业板 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日存在明显的反转效应。期间创业板指数有 142%-262% 的收益率增长, 因此, 测试出来 144 个反转组合策略有 116 个超额累计收益率为正, 最高的反转组合 (80, 5) 策略 1134 个交易日累计达到 1199.19%, 年化 54.36% 的超额累计收益, 胜率 56.39%, 夏普率 1.77, 证明国内 A 股创业板市场存在反转效应。

综上验证, 国内 A 股创业板市场存在动量效应和反转效应, 动量和反转效应在国内 A 股创业板市场有效, 采用动量策略和反转策略均可以获得显著收益。

4 构建动量和反转策略的程序化交易系统

本文研究的程序化交易系统的核心——策略模型已经构建完成。在纳入交易系统的这个策略模型之后，接下来需确定设计本交易系统所涵盖的基本流程及各阶段属性。针对策略模型筛选的有效的组合参数，通过使用统计检验，用科学方法做进一步的优化选择，选出最优组合参数，并检验组合参数的有效性。进一步确立基本流程中的关键步骤，明确交易系统投资交易的市场和产品、入场规则、出场规则、风险控制、资金管理步骤的具体内容对象，以及相应的参数取值等。完成之后，本程序化交易系统的应用设计完成原型已经形成。

4.1 交易系统设计流程

程序化交易系统设计可规划概括为以下几个基本流程步骤：提出交易策略模型，策略模型的程序化，检验策略模型理论，策略模型参数的优选，交易系统回测检验和评估优化，交易系统的外推检验，运行和维护

(1) 提出策略模型。一个程序化交易系统，最重要的核心就是策略模型。策略模型可能依据一定的原理、理论、经验、方法等选定特定的因子或者因子组合。前提是这样的因子其来源的逻辑理念可量化为一定的逻辑规则，可以转换成计算机程序可以理解的各种逻辑和参数。在策略模型里面，一般必须含入这样的一些逻辑规则：确定交易市场和产品标的，明确入场和出场规则，必要的风险控制，一定的资金管理功能。

(2) 策略模型的程序化。策略模型要运行于程序化交易系统，让交易系统按模型的逻辑法则来决策和处理，需要将策略模型涵盖的法则编制成计算机程序代码，或者编制成为指定交易系统平台上约定的脚本，以至于可以在对应的环境中运行，并根据策略模型约定的规则逻辑辅助交易，进行各种决策和计算，处理各出场、入场、止盈、止损指令。

(3) 检验策略模型理论。策略模型来源于一定的理论、原理、方法、经验。编写完成成为程序化之后，即可对指定市场和对象挑选样本数据，检验策略模型理论、原理、方法、经验对指定的市场和产品是否真正有效、是否稳定持续，是否科学准确，是否可以作为辅助好投资交易。一般需要使用统计检验的方法或者实盘数据测试验证确认的办法。

(4) 策略模型参数优选。策略模型经过检验验证后，应根据检验验证的结果，优选出良好的策略组合参数，这样的策略组合参数应能给交易系统带来期

许的收益。参数的优选不能过度的匹配拟合，最简单的参数才有更长久的适用性。

(5)交易系统回测检验。这一个环节是将优选参数放到真实的环境数据中，模拟真实的交易状况，考虑可能发生的各种费用，比如交易印花税和券商经纪佣金等。再根据实际状况比对适用的风险控制，是否进行资金头寸的管理等。每次检验都有相应的评估报告，有一定的风险指标体系对交易结果进行测评。根据研究的结果，再针对性的优化策略参数，以期得到最终完整可行的程序化交易系统。

(6)交易系统的外推测试。外推测试就是利用构造交易系统之外的真实样本数据，再一次实证测试检验已经完成的程序化交易系统是否适用真实的交易场景。这是最后的确认把关，完成之后，程序化交易系统就可以交由实做，真正的去辅助投资者交易。

(7)运行和维护。基于特定策略模型的程序化交易系统完成之后，交由投资者根据真实的需要辅助投资交易，在这过程中，可能还有未知未发现的系统缺陷，或者策略逻辑考量不周全，或者出现新的市场状况需要重新考量交易系统等。这些都需要根据实际状况对程序或平台脚本再编码修改，修正缺陷，增加功能，然后重复必要的流程环节，进一步的检验测试，不断优化直达到程序化交易系统可以真正稳定可靠的辅助交易的要求。至于本环节的内容，无需做特定的研究分析。

程序化交易系统的设计流程如下图（图 4-1）：

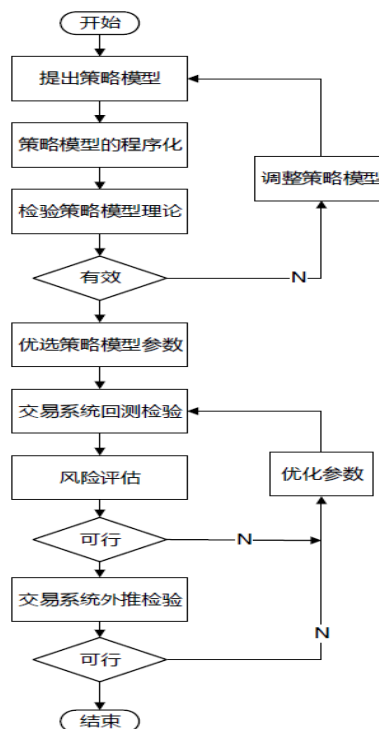


图 4-1 程序化交易系统设计流程

4.2 动量策略投资组合优选及检验

在前章动量策略模型构建的 144 个动量组合策略中,有 71 个获得超额收益,程序化交易系统要进一步检验动量策略的在国内市场的有效性,检验组合策略获取收益的能力,并优选出合适的动量组合。

因此,使用创业板 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日日交易复权价格数据,对这些动量组合策略进行统计方法处理,根据形成期和持有期形成的超额收益率进行假设检验,检查每个形成期 F 和持有期 H,是否具有稳定可靠的获利能力,通过 t 值检验,挑选整体稳定且显著的动量组合策略参数。

动量组合的形成期经过检验得到的结果如下表(表 4-1)

表 4-1 形成期动量效应参数检验结果

形成期 检验值	5天	10天	15天	20天	30天	40天
p-value	0.0017	0.0073	0.5354	0.6679	0.0485	0.0457
t-stat	-4.1266	-3.2852	-0.6398	-0.4408	2.2183**	2.2524**
形成期 检验值	60天	80天	100天	120天	180天	240天
p-value	0.1972	0.0611	0.0231	0.6562	0.8565	0.4361
t-stat	1.3726	2.0855*	2.6385**	-0.4576	-0.1852	0.8083

注: *为10%的显著水平, **为5%的显著水平, ***为1%的显著水平

形成期检验的结果当形成期时间为 30 天、40 天、80 天、100 天,这几个形成期的动量效应明显,容易获得超额利润。另外,随着形成期的增加,在 5 日到 100 天,动量效应上升趋势,也就是表明,短期到中期 5 个月间,随着形成期累计计算时间的拉长,动量效应有明显的更加显著的趋势,在形成期 120 天,对应六个月交易日之后,动量效应不再显著,基本消失。

表 4-2 持有期动量效应参数检验结果

持有期 检验值	5天	10天	15天	20天	30天	40天
p-value	0.0109	0.8255	0.7533	0.9896	0.7398	0.5125
t-stat	3.0561**	0.2258	-0.3222	-0.0133	-0.3407	-0.6768
持有期 检验值	60天	80天	100天	120天	180天	240天
p-value	0.9738	0.4862	0.6347	0.1235	0.0979	0.1847
t-stat	0.0336	-0.7206	0.4887	1.6681	1.8084*	-1.4153

注: *为10%的显著水平, **为5%的显著水平, ***为1%的显著水平

持有期检验的结果(表 4-2),当持有期时间为 5 天、180 天时,动量效应

明显,尤其是持有期为5天(1周)。另外,随着持有时间的拉长,在5天-80天(4个月)间,动量效应显著下降,但是持有头寸在120天(6个月)和180天(9个月)间,动量效应又显著呈现。说明,持有创业板头寸在短期(5天或1周)或持有至中期180天(9个月)的动量效应较为明显,动量策略容易获得超额利润。

综上形成期和持有期的检验,取得7组动量组合(30,5)、(40,5)、(80,5)、(100,5)、(30,180)、(40,180)、(80,180)。为进一步验证动量策略在A股市场的有效性,根据这7组动量组合针对2011/01/01-2015/12/31创业板测试样本的验证结果,每个组合所取得的超额累计收益率及每日收益率的进行再次检验,统计检验结果见下表(表4-3)。

表4-3 动量组合参数超额累计收益率及检验结果

验证结果 动量组合(F,H)	超额累计收益率(%)	t-stat	p-value
(30,5)	149.09	1.8587*	0.0633
(40,5)	284.57	2.1641**	0.0307
(80,5)	280.90	2.2544**	0.0244
(100,5)	400.71	2.4771**	0.0134
(30,180)	70.38	1.7232*	0.0851
(40,180)	251.17	2.1646**	0.0306
(80,180)	116.85	2.0413**	0.0414

注:*为10%的显著水平,**为5%的显著水平,***为1%的显著水平

从结果来看,7个动量组合策略参数动量效应都显著呈现,其中,(40,5)、(80,5)、(100,5)、(40,180)、(80,180)都达到5%的显著水平,特别是(100,5)p值为0.0134,已经靠在1%的显著水平上,结果进一步表明A股市场存在动量效应,动量策略在A股市场有效。而本程序化交易系统选取的动量组合为(40,5)、(80,5)、(100,5)、(40,180)、(80,180)。其中(100,5)组合取得的超额累计收益率最高,达到400.71%,选作本研究程序化交易系统动量策略的最优组合。

4.3 反转策略投资组合优选及检验

前章构建反转策略模型时所构建的144个反转组合策略中,有116个获得超额收益,交易系统要进一步检验反转策略的在国内市场的有效性,检验策略组合获取收益的能力,并优选出合适的反转组合。

因此,使用创业板2011年1月1日至2015年12月31日日交易复权价格数据,对这些反转组合策略进行统计方法处理,根据形成期和持有期形成的超

额收益率进行假设检验，检查每个形成期 F 和持有期 H，是否具有稳定可靠的获利能力，通过 t 值检验，来挑选整体比较稳定且显著的反转组合策略参数。

反转组合的形成期经过检验得到的结果如下表(表 4-4):

表 4-4 形成期反转效应参数检验结果

形成期 检验值	5天	10天	15天	20天	30天	40天
p-value	0.0375	0.3585	0.0008	0.0118	0.0460	0.0637
t-stat	2.3641**	0.9583	4.6116***	3.0122**	2.2486**	2.0615*
形成期 检验值	60天	80天	100天	120天	180天	240天
p-value	0.0264	0.0120	0.1148	0.0154	0.0127	0.0008
t-stat	2.5619**	3.0029**	1.7124	2.864**	2.972**	4.5363***

注：*为10%的显著水平，**为5%的显著水平，***为1%的显著水平

形成期检验的结果，当形成期时间为 5 天、15 天、20 天、30 天、40 天、60 天、80 天、120 天、180 天、240 天，形成期的反转效应明显，轻易获得超额利润。除去 10 天、100 天、40 天，其余形成期时间参数 t 值均大于 2，呈现显著的反转效应，特别为 15 天，t 值 4.6116 达到高度显著水平。因此，当组合参数的形成期为 5 天、15 天、20 天、30 天、40 天、60 天、80 天、120 天、180 天、240 天时，反转效应在创业板普遍而显著的存在，反转策略可以获得超额收益。

表 4-5 持有期反转效应参数检验结果

持有期 检验值	5天	10天	15天	20天	30天	40天
p-value	0.0000	0.0000	0.0009	0.0001	0.0004	0.0050
t-stat	8.6387***	6.7527***	4.4849***	5.8121***	5.0696***	3.4944***
持有期 检验值	60天	80天	100天	120天	180天	240天
p-value	0.0052	0.0158	0.4491	0.2370	0.2399	0.1155
t-stat	3.4706***	2.8515**	0.7849	1.2506	1.2425	1.7089

注：*为10%的显著水平，**为5%的显著水平，***为1%的显著水平

持有期检验的结果（表 4-5），当持有期时间为 5 天、10 天、15 天、20 天、30 天、40 天、60 天、80 天时，反转效应呈现明显。其中 5 天、10 天、15 天、20 天、30 天 t 值分别为 8.6387、6.7527、4.4849、5.8121、5.0696，均在低于 0.1% 的高度显著水平，40 天、60 天 t 值 3.4944、3.4706，在 0.5%-1% 间的非常显著水平，80 天 t 值 2.8515，也在 5% 的显著水平上。因此，当组合参数的持有期为 5 天、10 天、15 天、20 天、30 天、40 天、60 天、80 天时，反转效应在创业板普遍而显著的存在。另外，随着头寸持有时间的拉长，在 5 天（1 周）

-240天（1年）间，反转效应显著下降（图4-2）。

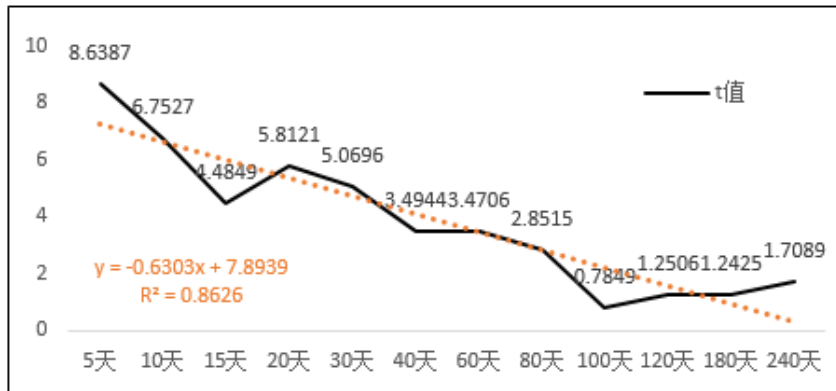


图4-2 反转组合显著性随持有期加长而下降

综上形成期和持有期的检验状况，得到超额累计收益率为正的反转组合有（5，5）、（5，10）、（5，20）、（15，5）、（15，30）、（15，60）、（20，5）、（30，5）、（30，15）、（60，5）、（60，10）、（60，15）、（80，5）、（80，10）、（80，15）、（80，20）、（80，30）、（80，40）、（120，5）、（120，10）、（120，15）、（120，20）、（120，60）、（180，5）、（180，15）、（240，5）、（240，10）、（240，15）、（240，30）共29组，为进一步验证反转策略在A股市场的有效性，根据这29组动量组合针对2011/01/01 - 2015/12/31 创业板测试样本的验证结果，每个组合的所取得的每日收益率进行再次检验，统计检验结果见表4-6。

从再次检验的结果看，有5组组合参数没通过检验，5组组合达到10%可能显著水平，11组组合达到5%的显著水平，5组组合达到1%的非常显著水平，3组组合达到0.1%的高度显著水平。结果进一步表明A股市场存在高度显著的反转效应，反转策略在A股市场显著有效。

通过超额累计收益率表现及每日收益率的t值检验，选取1%非常显著水平和0.1%高度显著水平的8组组合作为程序化交易系统反转策略的组合参数，即：（15，5）、（20，5）、（30，5）、（60，5）、（80，5）、（80，10）、（80，20）、（120，5），其中表现最优的是（80，5）组合。

表 4-6 反转组合参数超额累计收益率及检验结果

验证结果 反转组合 (F, H)	超额累计收益率 (%)	t-stat	p-value
(5, 5)	222.40	1.7169*	0.0863
(5, 10)	363.98	2.3382**	0.0195
(5, 20)	255.23	1.998**	0.0459
(15, 5)	571.98	2.9458***	0.0033
(15, 30)	293.18	2.1399**	0.0326
(15, 60)	202.01	1.7362*	0.0828
(20, 5)	532.35	2.8196***	0.0049
(30, 5)	632.20	3.1292***	0.0018
(30, 15)	248.59	1.9959**	0.0462
(60, 5)	844.30	3.4392****	0.0006
(60, 10)	217.43	1.7367*	0.0827
(60, 15)	440.57	2.5476**	0.0110
(80, 5)	1199.19	3.8065****	0.0001
(80, 10)	549.12	2.7555***	0.0060
(80, 15)	501.29	2.566**	0.0104
(80, 20)	496.71	2.6684***	0.0077
(80, 30)	208.41	1.5848	0.1133
(80, 40)	266.52	1.8502*	0.0646
(120, 5)	987.83	3.3821****	0.0007
(120, 10)	380.51	2.1624**	0.0308
(120, 15)	395.67	2.1442**	0.0322
(120, 20)	326.87	1.9768**	0.0483
(120, 60)	216.29	1.4764	0.1401
(180, 5)	479.56	2.2402**	0.0253
(180, 15)	273.80	1.6204	0.1055
(240, 5)	493.16	2.1866**	0.0290
(240, 10)	297.21	1.6658*	0.0961
(240, 15)	253.63	1.4795	0.1393
(240, 30)	217.34	1.3564	0.1753

注：*为10%的显著水平，**为5%的显著水平，***为1%的显著水平，****为0.1%的显著水平

4.4 确立关键步骤及其参数

构建一套可实用的程序化交易系统，其完整的的组成中应包含的关键步骤有：选择策略模块、确定市场和产品、确定入场、出场规则、设定风险控制和实施资金管理，这些关键步骤确定下来，明确了各步骤内容对象，一套程序化交易系统的框架就基本完成。上面一章已经完成交易系统核心模块--策略模型的构建，这里再明确确定其余步骤。各关键步骤确定如下：

(1) 选择策略模型。策略模型是程序化交易系统的核心，基于动量策略和反转策略的程序化交易系统，动量和反转策略即为策略模型，在前面章节已经对策略模型进行了研究与检验，交易系统的策略模型的决策过程和计算方法等，即按对策略模型的研究实施运行。对交易系统的回溯测试和外推检验，将取动量策略最优组合（100，5）和反转策略最优组合（80，5）作为代表性的组合。

(2) 确定市场和产品。在当前国内投资者可交易的资本市场里面，已经涵盖有股票、债券、基金、外汇以及商品期货金融期货、期权等衍生产品市场，各市场规模、投资者结构、市场流动性、交易制度和产品属性，都有很大差异，因此，要使得程序化交易系统取得最佳的收益，确定交易系统适用的投资市场是很重要的决定。A 股市场主要是指在上海证券交易所的主板和深圳交易所的主板、中小板和创业板上市的股票市场，根据成分股市场指数划分，又有常见的沪深 300、中证 500、中证 800、上证 50、上证 180 等，比如沪深 300、上证 50、中证 500。在资本资产定价模型假设下，理性的投资者持有的风险资产必须是整个市场的股票组合，但在实际运用中整个市场组合往往是用上面的基于成分股市场指数来替代。这些特定的市场指数市场常被用来做股指期货对冲的交易系统选定的投资市场，还有融券标的股票，也常被纳入作为对冲系统的投资市场。基于动量策略和反转策略的程序化交易系统，研究的策略模型均以 A 股二级交易市场进行，A 股二级交易市场已经验证存在动量效应和反转效应，其市场规模和流动性也非常的好，因此，选定 A 股二级交易市场，作为本系统的投资交易市场。

创业板创立初衷，是为中小企业尤其高新技术企业提供融资途径，一方面市场的大多数股票的市值小，波动率较高，一方面上市企业又有着良好的预期，成长性很好，市场容易给予较高估值，具有较明显的小盘股效应，也容易有动量效应和反转效应。从创业板 2009 年 10 月开市首批 28 只股票 1445 亿市值总额开始，整个市场的上市企业数量很快增长，至回溯测试选取的数据的首个交易日（2011 年 1 月 4 日），正常上市交易的创业板股票已经有 153 只，截止日 2015 年 12 月 31 日正常上市的创业板股票有 492 只，已经具备很好的规模。因此，本程序化交易系统选取创业板上的股票作为投资标的产品。

(3) 确定入场规则。入场时机依据策略模型，根据策略模型，动量策略和反转策略在经过一定的形成期 F 之后，下一个交易日开盘即以开盘价格入场。交易系统选定的动量组合是(100，5)，反转组合（80，5），即动量策略在形成期 100 天之后，下一个交易日即开仓入场，进入持有期，持有 5 个交易日，再下一个交易日再开仓入场下一个交易周期。动量策略取形成期 100 天内收益率排前的 10 只或其他若干只股票进行入场交易。反转组合在形成期 80 天之后，

下一个交易日即开仓入场，进入持有期，持有 5 个交易日，再下一个交易日再开仓入场下一个交易周期。反转策略取形成期 80 天内收益率排后的 10 只或其他若干只股票进行入场交易。这是交易系统入场的时机。

(4) 确定出场规则。出场时机依据策略模型，根据动量策略和反转策略策略模型，在经过一定的形成期 F 之后，进入持有期 H ，在持有期最后一个交易日收盘时收盘出场。交易系统选定的动量组合是 $(100, 5)$ ，反转组合 $(80, 5)$ ，即动量策略和反转策略组合里的股票，在持有期 5 天到期后，收盘时全部清仓出场，这是交易系统主要的出场时机。

还有另一种出场时机，交易系统若加了对风险控制的条件，如固定额度法的止损，那么组合里面股票截止当日收盘亏损幅度超过设定的止损参数，那提前收盘时出场，跌停板股票顺延处理。

(5) 设置风险控制。在交易系统里面设置风险控制，主要适当的去控制交易过程的止损，防止资金回撤太深，发生不可逆的风险。控制止损有很多方法，固定金额、固定点数、固定比例、关键技术位、移动止损等等。这里将根据动量策略和反转策略模型特性采用适用的固定比例止损即可。简单原则拟合度不高，适用性较好。回溯测试之后，将通过研究比较确定一个合适的固定比例，因为动量策略和反转策略的组合持有期都为 5 天，结合 A 股涨跌停幅度限制特点，因此，后续章节会以 5%、8%、15% 三个固定止损档次进行测试比较分析，确定交易系统最适合的止损比例。

(6) 实施资金管理。在根据形成期收益率进行由高到低排序后，动量组合取出的前若干只股票和反转策略取出的后若干只股票，交易系统将根据等权处理。等权重的做法比较简单，这种做法认为投资组合中的股票具有同等的重要性，这种做法构建简单，而且经过大量研究者实证组合表现也不会太差，所以容易被人接受而广泛使用，Jegadeesh 也建议用等权处理办法构建动量组合。因此，交易系统在一个交易周期等权分配买入持有卖出出场之后，下个交易周期将根据最后获得的总权益再全额等权分配给投资组合的各只股票。

另外，在等权处理的基础上，考量加大股票组合的数量对动量策略和反转策略收益及其他风险指标的影响。在 10 只组合的基础上，再考量组合持有 20、30、50、60、80 只的情况，比较分析股票组合数量对收益及各风险指标的影响，确定交易系统最适合的股票组合数量。

5 程序化交易系统的回溯测试和外推检验

完成原型研究设计，程序化交易系统在交付实施之前，还需经过严格的回溯测试，对优选的动量组合和反转组合参数，以及资金管理和风险控制的设计参数，通过拟定一系列的评测指标体系，让程序化交易系统综合运行并进行定向评测，根据回溯测试结果评估，再次挑选资金头寸及风险控制的最优运行参数。然后再结合另一独立市场进行的外推检验，并最终确定可以交付实践应用的完整的程序化交易系统。

5.1 拟定评测指标体系

本交易系统的回溯测试检验的过程，拟定针对性的风险评测指标体系，在交易系统指定维度对关键指标进行客观系统的评估，利用程序化计算机强大的运算能力，获得详细的评测报告，并根据评测结果，调整优化参数，进一步的优化本程序化交易系统。

交易系统拟定的评测指标如下：

(1) 累计收益率。反应交易系统测试期间可获得的最终收益比率，计算过程扣减交易成本和费用，通过本指标直接衡量交易系统是否有正向盈利的可能。

$$R_{\text{Cumulative}} = \frac{P_{\text{end}}}{P_{\text{start}}} - 1 \quad \text{公式(5-1)}$$

P_{end} 为最终账户股票资产和资金余额的总净值， P_{start} 初始账户资金总净值。

(2) 年化收益率。将累计收益率年化计算，以利于不同系统、不同回测之间进行比较分析，在一定程度上更直观的反应交易系统的获利能力。

$$R_{\text{Annualized}} = \left(\frac{P_{\text{end}}}{P_{\text{start}}} \right)^{\frac{250}{n}} - 1 \quad \text{公式(5-2)}$$

n 为回测交易的日期总数。

(3) 超额累计收益率。交易系统获得的累计收益，扣减基准指数收益而最终得到的累计收益率。对于一个国内量化交易系统而言，用它衡量的是可以跑赢上证综合指数或者其他指定的基准指数的能力，就是交易系统用本指标衡量获得超额收益的能力。（见公式 3-9、3-10）

(4) 收益波动率 (Volatility)。可用来测量资产的风险大小，也叫标准差，交易系统用它来衡量收益率波动程度的大小，又或者说是衡量收益率的稳定程度，值越大表示波动幅度越大，也就表示交易系统的承担的风险越高。

$$\begin{aligned} \text{Volatility}_t &= \sqrt{\frac{250}{t-1} \sum_{i=1}^t (R_i - \bar{R}_t)^2} && \text{公式(5-3)} \\ &= \sigma_t \end{aligned}$$

R_i 为每日收益率, \bar{R} 为 t 个交易日个每日收益率的均值, t 为回溯测试的日期数或第几个交易日。

(5) 夏普比率 (Sharpe Ratio)。夏普比率是常见的风险指标, 衡量交易系统在承担单位风险时可获得的超额回报率, 是总收益率高于同期无风险收益的部分。一般情况下, 夏普比率越高, 交易系统承担单位风险所获得的超额回报率就越高。

$$\text{SharpeRatio}_t = \frac{R_{A,t} - R_{f,t}}{\sigma_{V,t}} \quad \text{公式(5-4)}$$

$R_{A,t}$ 表示年化收益率, $R_{f,t}$ 表示当期无风险利率, 本交易系统取同期银行一年期固定利率 2.75, $\sigma_{V,t}$ 表示收益年化标准差率, 即公式 5.3 的收益波动率。

(6) 最大回撤 (Max Drawdown)。描述测试周期内交易系统收益率下降幅度的最大深度, 反应交易系统投资后可能出现的最坏时刻的一种状况, 等于投资周期内波段高点到低点回撤的最大值。

$$\text{MaxDrawdown}_t = \max \left(1 - \frac{P_x}{P_y} \right) \quad \text{公式(5-5)}$$

y 在 x 之后。

(7) 交易次数。本交易系统设置交易次数指标, 为了考量作为 t 值检验的样本数量做个参考, 交易次数样本数量越多, 代表 t 值统计结果更可靠。至于对手续费和滑点影响的衡量, 因为交易系统不是高频, 比较次要。以每一个交易周期, 即一个形成期和一个持有期算一次交易。

(8) 胜率。作为交易系统每次交易获得正向收益次数的占比, 一般胜率越高表示交易系统表现越好。在本交易系统里仅作交易次数合并参考, 作为一个动量策略和反转策略的胜率, 不能太低, 也无须太高, 但需要关注。

(9) 盈亏比。指的是在经过一系列扣除成本的交易之后, 盈利交易的平均每次盈利与亏损交易平均每次亏损的比值, 交易系统用此衡量可盈利的期许, 一般情况下, 盈亏比应该高于 1: 1, 盈亏比和胜率越高, 则交易系统的盈利能力越好。

5.2 交易系统的回溯测试和参数优化

回溯测试 (backtesting) 指的是将市场的风险计量方法或者交易系统的估算结果与真实交易发生的状况进行比较, 以检验计量方法或者策略模型的是否准确和稳定可靠, 并据此对交易系统进行调整和优化改进。

A 股市场存在动量效应和反转效应, 这在针对策略模型在创业板的测试已经表明, 并且经过检验得到动量策略的最佳组合 (100, 5) 和反转策略的最佳组合 (80, 5), 接下来针对动量策略采用 (100, 5) 组合参数及针对反转策略采用 (80, 5) 组合参数进行回溯测试, 回溯测试中考量了交易印花税和佣金。

5.2.1 动量策略的回溯测试和参数优化

构建交易系统动量策略回溯测试, 其入场和出场规则、决策和计算方法构建步骤与动量效应的验证相同, 交易的市场和产品标的为 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日创业板所有股票, 以其日交易复权价格数据作为测试数据, 以形成期 100 天 (5 个月)、持有期 5 天 (1 周) 即组合参数组合 (100, 5) 和资金等权买入形成期前 10 只股票作为赢者组合 W, 并加入对交易过程中印花税和佣金的考量, 以买入时万分之三佣金, 卖出时千分之一印花税和万分之三佣金计算交易成本, 构建动量策略的回溯测试。

考量交易成本之后, 交易系统的动量策略取得 403.72% 的累计收益率, 年化 43.74%, 相对于基准指数创业板指数 225.64% 的收益率有 178.07% 的超额收益, 年化超额收益 13.4%, 波动率 47.52%, 夏普比率 0.86, 最大回撤 68.76% (2015 年 9 月 15 日)。首次开仓入场时间是 2011 年 6 月 3 日, 总交易次数 223 次, 胜率 54.26%, 盈亏比 1.04。



图 5-1 动量策略交易系统资金曲线图 (未使用风险控制)

对这个回溯测试结果分析可以看出（图 5-1），在未设置风险控制情况下，资金回撤的幅度很大，最低发生在 2015 年 9 月股灾期间，达到 68.76%，说明风险程度很高投资者很难接受，实盘时压力偏大。同时盈亏比 1.04: 1 偏小，不利于稳定盈利。虽然(100, 5)最终取得年化 13.4%超额收益，但基于动量策略这种风险程度太高，盈利不稳定时，还需要考量风险控制和资金头寸的分配进一步优化。

为此，针对动量策略在初期未设置止损的风险控制时这些评测指标的问题，交易系统对动量策略做进一步做以下两个方面优化考量：

（1）从风险控制角度去考量，综合考虑组合参数持有期为 5 天以及 A 股交易制度涨跌幅限制，设置了 5%、8%、15%的固定止损档，通过对比择优，以优化处理动量策略回撤问题。

（2）调整投资组合数量方式，按动量组合数量以 10、20、30、50、60、80 只观察分析，对风险指标的优化作用，由于仍按资金等权方式处理，调整投资组合数量也就调整了资金头寸的投入，从而从资金管理角度来考量优化动量策略。

根据 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日创业板日复权价格交易数据与交易系统调整的参数，再次一一回溯测试，对比初始指标和 18 组经过调整后的评测指标，得到结果如下表（表 5-1）：

表 5-1 动量策略组合（100, 5）回溯测试评测报告

评测指标 组合数、止损	累计收益%	年化收益%	超额收益%	波动率%	夏普比率	胜率%	盈亏比	最大回撤%	交易次数	最大回撤 日期
10 未止损	403.72	43.74	178.07	47.52	0.86	54.26	1.04	68.76	223	2015-09-15
10 5%	994.91	71.10	769.26	40.85	1.67	50.22	1.70	35.86	223	2015-07-08
10 8%	779.15	62.88	553.51	43.39	1.38	53.36	1.35	40.18	223	2015-07-08
10 15%	635.27	56.48	409.63	45.89	1.17	54.26	1.16	55.81	223	2015-09-15
20 5%	608.39	55.17	382.74	38.15	1.37	52.47	1.51	37.82	223	2014-05-19
20 8%	570.81	53.29	345.16	40.73	1.23	55.61	1.27	38.15	223	2015-07-08
20 15%	495.70	49.26	270.06	43.40	1.13	55.61	1.13	53.59	223	2015-09-15
30 5%	671.31	58.16	445.67	37.20	1.48	51.12	1.71	34.58	223	2014-05-19
30 8%	639.17	56.66	413.52	39.86	1.35	54.71	1.40	37.66	223	2015-07-08
30 15%	579.79	53.74	354.15	42.57	1.19	56.05	1.17	52.57	223	2015-09-15
50 5%	631.65	56.30	406.01	35.83	1.49	53.36	1.54	32.08	223	2015-07-08
50 8%	638.45	56.63	412.81	38.50	1.39	54.71	1.39	37.34	223	2015-07-08
50 15%	542.33	51.80	316.69	41.09	1.19	56.95	1.12	51.21	223	2015-09-15
60 5%	610.48	55.28	384.84	35.43	1.48	52.02	1.61	31.23	223	2015-07-08
60 8%	610.98	55.30	385.34	38.06	1.37	54.26	1.40	36.45	223	2015-07-08
60 15%	529.29	51.10	303.65	40.67	1.18	56.50	1.14	49.79	223	2015-09-15
80 5%	605.03	55.01	379.39	34.93	1.49	53.36	1.54	28.91	223	2015-07-08
80 8%	643.96	56.89	418.31	37.55	1.44	56.95	1.28	35.34	223	2015-07-08
80 15%	530.63	51.18	304.98	40.08	1.20	57.85	1.09	48.92	223	2015-09-15

对比的结果分析表明，在组合数量一定的情况下，止损比例越小，波动率越小，资金回撤越小，胜率越小，盈亏比越大，夏普比率也越高。而在止损比例一定的情况下，组合数量越大，波动率越小，资金回撤越小，其余指标未有显著趋势。组合数量越多，越有利于控制回撤风险，组合数量对盈亏比的影响

也不显著。综合其他收益率评测指标，权衡利弊，采用组合数量设置为 10 只，固定止损设置为 5%，其回撤 35.86% 提升不少，且可以达到夏普比率 1.67，盈亏比 1.7: 1，超额累计收益率 769.26%，年化超额 40.76%，有着明显的优势。

经过对比优化之后，动量策略的止损参数设置为固定比率 5%，投资组合数量设置为 10 只。其回溯测试后，得到的资金曲线图，相比初始时和基准指数（创业板指数）的曲线图走势如下（图 5-2）。可以见到，动量策略在牛市阶段表现强劲，但如果不进行风险控制，则熊市回撤幅度也很大，设置固定止损可以有效的防止动量策略在熊市阶段资金回撤。经过优化风险控制 and 资金管理的组合参数（100，5）实证回溯测试表现很好。

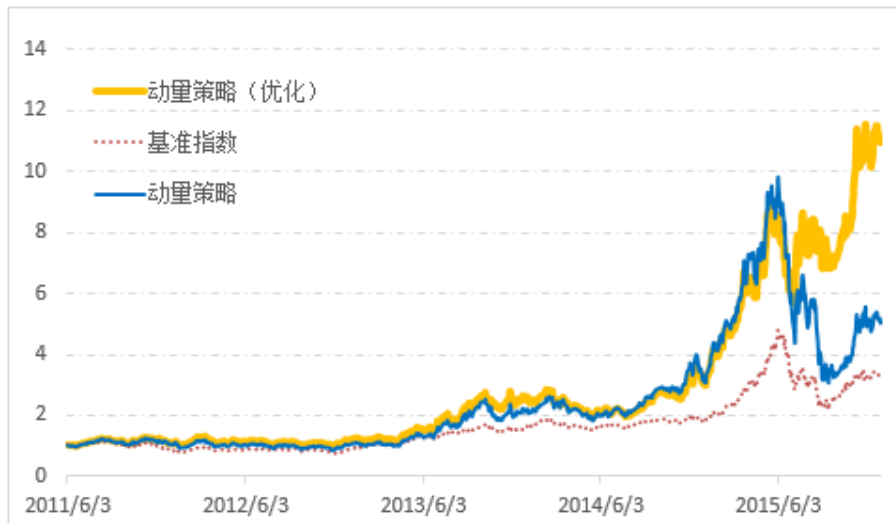


图 5-2 动量策略交易系统资金曲线图（优化对比）

5.2.3 反转策略的回溯测试和参数优化

构建交易系统反转策略回溯测试，其入场和出场规则、决策和计算方法构建步骤与反转效应的验证相同，交易的市场和产品标的为 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日创业板所有股票，以其日交易复权价格数据作为测试数据，以形成期 80 天（4 个月）、持有期 5 天（1 周）即组合参数组合（80，5）和资金等权买入形成期前 10 只股票作为输者组合 L，并加入对交易过程中印花税和佣金的考量，以买入时万分之三佣金，卖出时千分之一印花税和万分之三佣金计算交易成本，构建反转策略的回溯测试。

交易系统的反转策略同样在考量交易成本之后，取得 954.81% 的累计收益率，年化 68.10%，相对基准指数创业板指数 198.20% 的收益率有 756.61% 的超额累计收益，年化超额收益 40.86%，波动率 44.32%，夏普比率 1.47，最大回撤 47.08%（2015 年 7 月 8 日）。首次开仓入场时间是 2011 年 5 月 6 日，总交易次数 227 次，胜率 54.63%，盈亏比 1.48。反转策略初始的资金曲线图如下图（图 5-3）：



图 5-3 反转策略交易系统资金曲线图（未使用风险控制）

反转策略回溯测试结果也表明，不设止损情况下，资金回撤的幅度偏大，最低发生在 2015 年 7 月股灾期间，达到 47.08%，虽比前面无风控的动量策略表现好些，但回撤将近一半风险程度还是偏高，投资者实盘压力大。基于这种考量，同样需要对风险控制和资金管理参数尝试进一步优化。

为此，针对反转策略同样做两个方面优化尝试：

(1) 设置了 5%、8%、15% 的固定止损档，通过对比择优，以期优化处理反转策略回撤问题。

(2) 调整投资组合数量方式，按反转组合数量以 10、20、30、50、60、80 只去观察分析各数量组对风险指标的优化作用，买入组合仍按资金等权方式处理，以调整投资组合数量方式设置资金管理，以优化反转策略。

根据 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日创业板日复权价格交易数据与交易系统调整的参数一一回溯测试，对比反转策略初始指标和 18 组经过调整后的评测指标，得到结果如下表（表 5-2）。

对比的结果分析表明，在组合数量一定的情况下，止损比例越小，夏普比率和盈亏比越高，胜率和资金回撤越小，三个止损档中 8% 的收益水平显的最高。而在止损比例一定的情况下，组合数量越大，波动率越小，盈亏越小。在组合数量为 20 只时，夏普比率、胜率、盈亏比、最大回撤以及各项收益指标都显得更优。为此，采用组合数量为 20，止损设置为 8%，作为优化的资金管理和风控参数。当组合数量为 20，止损设置为 8% 档时，最大资金回撤 35.68%，夏普比率 1.9，超额累计收益率达到 1054.12%（年化 50.32%），说明此时反转组合（80，5）有很明显的优势。

表 5-2 反转策略组合 (80, 5) 回溯测试评测报告

评测指标		累计收益%	年化收益%	超额收益%	波动率%	夏普比率	胜率%	盈亏比	最大回撤%	交易次数	最大回撤日	最大回撤期
组合数、止损	10 未止损	954.81	68.10	756.61	44.32	1.47	54.63	1.48	47.08	227	2015-07-08	
	10 5%	1066.59	71.87	868.39	39.25	1.75	49.34	2.14	36.34	227	2012-01-05	
	10 8%	1149.12	74.48	950.92	41.05	1.74	53.74	1.73	39.52	227	2012-01-05	
	10 15%	983.67	69.10	785.47	43.02	1.54	54.63	1.48	41.74	227	2015-07-08	
	20 5%	1221.50	76.66	1023.30	37.28	1.98	54.19	1.85	32.33	227	2012-01-05	
	20 8%	1252.32	77.56	1054.12	39.18	1.90	55.95	1.64	35.68	227	2012-01-18	
	20 15%	1140.43	74.22	942.23	41.10	1.73	57.71	1.37	37.22	227	2015-09-15	
	30 5%	1018.34	70.28	820.14	36.60	1.84	55.07	1.74	31.61	227	2012-01-05	
	30 8%	1044.65	71.16	846.45	38.53	1.77	56.39	1.57	36.77	227	2012-12-03	
	30 15%	960.40	68.30	762.19	40.42	1.62	58.59	1.30	37.48	227	2015-07-08	
	50 5%	842.40	63.98	644.19	35.79	1.70	54.19	1.72	31.84	227	2012-12-03	
	50 8%	869.62	65.01	671.42	37.60	1.65	55.51	1.55	36.71	227	2012-12-03	
	50 15%	775.77	61.35	577.57	39.54	1.48	55.51	1.40	38.83	227	2015-07-08	
	60 5%	769.07	61.07	570.87	35.43	1.64	54.63	1.66	31.86	227	2012-12-03	
	60 8%	795.75	62.15	597.54	37.18	1.59	55.51	1.54	36.23	227	2012-12-03	
	60 15%	712.79	58.71	514.59	39.15	1.42	56.39	1.34	38.68	227	2015-07-08	
	80 5%	732.12	59.54	533.91	35.07	1.61	55.07	1.64	34.65	227	2012-12-03	
	80 8%	731.42	59.51	533.22	36.93	1.53	56.39	1.47	38.84	227	2012-12-03	
	80 15%	669.46	56.81	471.25	38.86	1.38	56.83	1.31	39.34	227	2012-12-03	

反转策略在优化比对后，其止损参数设置为固定比率 8%，投资组合数量设置为 20 只。其回溯测试后，得到的资金曲线图，相比初始时和基准指数（创业板指数）的曲线图走势如下（图 5-4）。反转策略在牛市阶段表现强劲，熊市回撤幅度也不会太大，再经过设置固定止损和调整组合数量，又进一步把熊市阶段的资金回撤从 47.08%提升到 35.68%，全程收益也得到有效提升。经过优化风险控制和资金管理的组合参数 (80, 5) 实证回溯测试表现非常好。

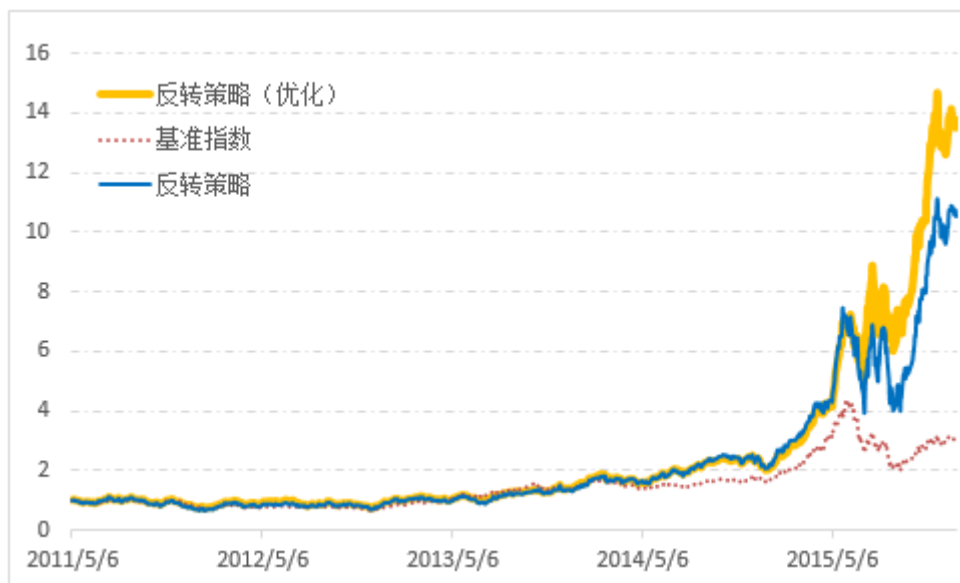


图 5-4 反转策略交易系统资金曲线图 (优化对比)

5.3 交易系统的外推检验

至此，基于动量策略和反转策略的程序化交易系统已经构建完成。然而一个实用的程序化交易系统，在其应用之前，一般必须进行交易系统的外推检验

(多重市场检验)。外推检验一般在交易系统各参数检验优化并固定之后, 采用设定好的这些参数, 再对构建策略模型的样本外的数据进行测试, 这种采用样本外数据可以提供数据挖掘的法则绩效, 可以进一步确认对未来绩效的无偏估计^[33]。外推检验根据其评测结果与原有的评测进行比对, 确保结果与构建交易系统时的评测没有发生根本性的变化, 能有一致性的盈利预期, 才可以进一步将交易系统付诸实践。

依外推检验的数据来源划分, 外推检验可分为前推检验和后推检验。波涛^[35]认为, 外推检验特别是针对多重市场的检验, 所采用的数据以构建交易系统同期数据或者后期数据更佳, 主张使用同期或后期检验。也有的学者认为, 为避免组合参数的敏感性, 外推检验可采用的前推检验的办法, 前推检验仍是针对金融市场交易应用上的一种数据分割方法, 推荐使用。考夫曼 (Kaufman)^[26]、(帕尔多 (Pardo)^[27]、德拉·马萨 (De La Maza)、卡茨 (Katz) 和麦克米克 (McCormick) 认为可用前推检验。不管前推检验, 还是同期或后期的检验, 外推检验最重要的是其检验的样本数据要有相对于交易系统构建数据的独立性, 只要数据保持其独立性, 即可加强对程序化交易系统及其策略模型的应用效果确认。

沪深 300 成分股与创业板股票相比, 规模较大, 流动性好, 波动率小, 特性与风格和创业板股票不同, 因此, 可作为交易系统进行外推检验的独立市场。采用沪深 300 的 2005 年 4 月 8 日 (沪深 300 指数发布日) 到 2010 年 12 月 31 日的数据进行测试 (沪深 300 成分股根据实际每个阶段调入调出后), 基准指数采用同期沪深 300 指数。

动量策略采用动量组合 (100, 5), 赢者组合取形成期累计收益排名前 10 只股票, 设置 5% 的止损幅度。反转组合采用反转组合 (80, 5), 输者组合取形成期累计收益率排名后 20 只股票, 设置 8% 的止损幅度。外推检验测试结果如下表 (表 5-3):

表 5-3 动量策略和反转策略外推检验评测表

评测指标 策略模型	累计收益%	年化收益%	超额收益%	波动率%	夏普比率	胜率%	盈亏比	最大回撤%	交易次数	最大回撤 日期	基准累计%	基准年化%
动量 (100, 5) 5%止损, 10只组合	260.19	28.04	29.50	35.85	0.70	53.08	1.05	58.13	260	2008-11-04	230.69	25.95
反转 (80, 5) 8%止损, 20只组合	829.46	52.73	583.42	37.65	1.32	57.20	0.96	53.50	264	2008-11-04	246.03	26.59

动量策略策略模型使用外推检验结果, 表现不太理想, 虽然截止最终日期取得 260.19% 的累计收益, 相比沪深 300 指数有着 29.5% 的超额累计收益, 但是, 夏普比率 0.7, 最大回撤仍达到 58.13%。进一步对每日收益和资金曲线分析发现 (图 5-5), 动量策略在大部分的时间内, 跑不赢沪深 300 指数, 取得超

额收益的能力弱。因此，本程序化交易系统对动量策略策略模型及其策略组合（100，5）外推检验的结果与创业板的回溯检验结果差异较大，还需进一步观察检验，所以，认为动量策略选用动量组合（100，5），并设置风险控制固定5%的止损，以及设定股票组合数量为10只参数构建的程序化交易系统尚不稳定，需要进一步观察和分析检验在创业板的状况，稳健者不宜立即投入投资交易实践。

相比动量策略策略模型，交易系统的反转策略使用外推检验结果非常理想。最终取得583.42%的超额累计收益，夏普比率1.32。考量沪深300的成分股，相对于创业板具有规模大波动小特点，而且规模效应差异明显，反转策略在沪深300仍能取得这样的收益，表现甚佳。可以认定针对创业板的反转策略选用反转组合（80，5），并且设置风险控制固定8%的止损幅度，设置股票组合数量为20只，用这些参数构建的程序化交易系统，可以应用于实际投资交易实践。



图 5-5 动量与反转策略交易系统外推检验资金曲线图

6 结论和展望

6.1 结论

本文分析研究了动量和反转效应，并以此作为研究动量和反转策略策略模型及交易系统的理论基础和逻辑支持。通过实证证明国内 A 股市场存在动量和反转效应，并检验了动量和反转策略在国内 A 股创业板市场的有效性。基于此为前提，构建了一套适合国内 A 股市场交易的程序化交易系统，作为动量和反转策略在国内市场量化投资自动交易的一种应用实践。研究过程借鉴国内外学者的研究方法，从利于构建适合实际运用的程序化交易系统的角度，优化改进了策略模型的决策和计算办法，利用国内 A 股二级市场创业板 2011 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日的日加权价格数据，作为程序化交易系统和策略模型研究和回溯测试的样本数据，并用沪深 300 的数据进行程序化交易系统外推检验。各环节结论如下：

(1) 通过构建策略模型及投资组合参数的优化选择，结果表明，A 股市场存在动量效应和高度显著的反转效应，动量策略和反转策略在 A 股创业板市场均显著有效。有 5 组动量策略组合和 8 组反转策略组合可以作为交易系统的投资组合参数，其中动量和反转策略分别以 (100, 5) 和 (80, 5) 组合表现最优。

(2) 通过构建、回测评估交易系统以及参数优化表明，考量交易费用之后，动量策略和反转策略仍取得不错收益。动量组合 (100, 5) 和反转组合 (80, 5) 均可以通过设定风险控制和调整组合数量再行优化。经过优化之后，动量组合 (100, 5) 的回撤提升到 35.86%，夏普比率 1.67，超额年化收益 40.76%，设置固定止损幅度为 5%，组合数量为 10 只时，交易系统表现最佳。反转策略组合 (80, 5) 经过优化之后，最大资金回撤 35.68%，夏普比率 1.9，超额年化收益 50.32%，交易系统在设置固定止损幅度 8%，组合数量为 20 只时，交易系统表现最佳。

(3) 在使用沪深 300 进行外推检验时发现，动量策略组合 (100, 5) (5% 止损, 10 只组合数量) 只取得 29.5% 的超额累计收益，且大部分时间跑不赢沪深 300 指数，与其在创业板的表现差异较大，表明动量策略组合 (100, 5) 交易系统还须进一步观察。而反转策略组合 (80, 5) (8% 止损, 20 只组合数量) 外推检验的结果，仍取得 583.42% 的超额累计收益，年化收益 52.73%，夏普比率 1.32，考量沪深 300 与创业板之间规模、波动率、流动性差异，这个表现甚佳，因此认为，反转策略构建的程序化交易系统很成功，可以付诸应用实践。

6.2 不足与展望

伴随着计算机基础技术、通讯技术及大数据、人工智能的快速发展，人工智能将推动程序化交易出现一种新的应用趋势，完全程序化的量化投资交易、智能投顾将逐步的替代大部分的基金经理现有的工作职责。资本市场千变万化，程序化交易系统还需要紧紧跟随技术革新不断的迭代升级。因此，尽管本程序化交易系统应用研究设计已经完成，但是难免尚有不足。

(1) 本文在程序化交易系统优化过程中，针对风险控制和资金管理的办法比较粗放，风险控制不够灵活，资金管理尚不够细化量化，可能导致交易系统面临较大的回撤风险。

(2) 仅采用动量（反转）因子较为单一，单一因子模型对阶段性的市场环境识别不够，对系统性风险的对冲能力不足。

面对交易系统当下的不足，未来还需从以下几个方面进行优化改进，让程序化交易系统的应用研究再上一台阶：

(1) 使用特定的模型或算法比如文斯或者凯利公式，加强交易系统的资金管理功能；评测和采用专业的风险控制模型；使用多因子组合以有效的对冲系统性市场风险，加强对市场黑天鹅的防范。

(2) 动量和反转策略要有自反馈及自动调整的功能，自动识别动量（反转）因子分阶段的有效性，做到在牛市、熊市、震荡市分阶段市场中动态调整使用更适用的因子或多因子组合，提高对市场的应变能力，降低程序化交易系统的后期维护的负担。

(3) 动量和反转策略在现实投资交易中的适用性很强，动量与反转因子可以跟价值、规模、行业因子等风格类因子组成各种组合策略，形成基于轮动策略的量化选股交易系统，可以结合成交量继续研究更好的策略模型。

如何根据不同市场、不同时期选择不同的因子和多因子组合，如何更加细致对策略模型因子回归、统计和检验，如何紧随行业技术革新进行迭代升级，与时俱进构建更加实用的应用系统，这些都值得在今后继续对程序化交易交易系统的理论和应用做进一步的研究。

参考文献

- [1] Bruce Babcock. The Dow Jones-Irwin Guide to Trading System[M]. McGraw-Hill, 1989.
- [2] Perry J Kaufman. Trading Systems and Methods[M]. John Wiley & Sons, 1998.
- [3] De Bondt W., Thaler R.. Does the Stock Market Overreact?[J]. The Journal of Finance, 1985, 40(3): 793-805.
- [4] De Bondt, W., Thaler, R.. Further evidence of investor overreaction and stock market seasonality[J]. The Journal of Finance, 1987, 42: 557-581.
- [5] Narasimhan Jegadeesh and Sheridan Titman. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency[J]. The Journal of Finance, 1993, 48(1): 65-91.
- [6] ConraJ and Kaul.G. An Anatomy of Trading Strategies[J]. Review of Financial Studies, 1998, 11: 489-519.
- [7] K.Geert Rouwenhorst. International Momentum Strategies[J]. The Journal Of Finance, 1998, 53(1): 267-284.
- [8] K.Geert Rouwenhorst. Local return factors and turnover in emerging stock markets[J]. The Journal of Finance, 1999, 54(4): 1439—1464.
- [9] Charles M.C.Lee, Bhaskaran Swaminathan. Price Momentum and Trading Volume[J]. Journal of Finance, 2000, 55: 2017-2069.
- [10] Jegadeesh N, Titman S. Profitability of Momentum Strategies: An Evaluation of Alternative Explanations[J]. The Journal of Finance, 2001, 56(2): 699-720.
- [11] Allaudeen Hameed, Yuanto Kusnadi. Momentum Strategies: Evidence from Pacific Basin Stock Markets[J]. The Journal of Financial Research, 2002, 25(3): 383-397.
- [12] Hon Mark T. and Tonks Ian. Momentum in the UK stock market[J]. Journal of Multinational Financial Management, 2003, 13(1): 43-70.
- [13] Barberis, N., A. Shleifer and R. Vishny. A Model of Investor Sentiment[J]. Journal of Financial Economics, 1998, 49: 307-343.
- [14] Daniel, K., D. Hirshleifer and A. Subrahmanyam. Investor Psychology and Security Market Under- and Overreactions[J]. Journal of Finance, 53: 1839-1885.
- [15] Hong, H. and J. Stein. A Unified Theory of Underreaction, Momentum Trading and Overreaction in Asset Markets[J]. Journal of Finance, 1999, 54(6): 2143-2184.
- [16] DeLong J, Shleifer A, Summers L, et al. Noise Trader Risk in Financial

- Markets[J].Journal of Political Economy,1990,98(4):703-738.
- [17]Fama E., K. French.Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalie[J].Journal of Finance,1996,51:55-84.
- [18]William F. Sharpe.A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk[J].The Journal of Finance,1964,19(3):425-442.
- [19]Stephen A. Ross.The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing[J].Journal of economic theory,1976,13:341-360.
- [20]Carhart Mark M..On Persistence in Mutual Fund Performance[J].Journal of Finance,1997,52:57-82.
- [21]Chordia.T,Shivakumar.L..Momentum,business cycle and time-varying expected returns[J].The Journal of Finance,2002,57(2):985-1019.
- [22]Bulkley G.,Nawosah V.Can the cross-sectional variation in expected stock returns explain momentum?[J].Journal of Financial and Quantitative Analysis,2009,44:777-794.
- [23]Fama, E. F.. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work[J].Journal Of Finance,1970,25:383-417.
- [24]Fama,Eugene F.,Kenneth R.French.Common risk factors in the returns on stocks and bonds[J].Journal of Financial Economics,1993,33:3-56.
- [25]Fama,Eugene F.Multifactor portfolio efficiency and multifactor asset pricing[J].Journal of Financial and Quantitative Analysis,1996,31:441-465.
- [26]Perry J. Kaufman.New Trading Systems and Methods[M].Wiley,2005
- [27]Robert Pardo.Design,Testing and Optimization of Trading Systems[M].Wiley,1992:108
- [28]佩里 J 考夫曼.精明交易者[M].广东经济出版社,2006.
- [29]柯蒂司 费司,刘利泽.海龟交易心法[M].中国人民大学出版社,2007.
- [30]安德鲁 波尔.统计套利[M].机械工业出版社,2007.
- [31]理查德 L.威丝曼.机械交易系统[M].木亦译.广东经济出版社,2007.
- [32]范 K.撒普.通向财务自由之路[M].机械工业出版社,2008.
- [33]戴维.阿伦森.实证技术分析[M].机械工业出版社,2015.
- [34]维克托 斯波朗迪,专业投机原理[M].机械工业出版社,2010.
- [35]波涛.系统交易方法[M].经济管理出版社,1997.
- [36]丁鹏.量化投资-策略与技术[M].北京:电子工业出版社,2012.
- [37]李海根.高频交易系统的研究与设计[D].广州:华南理工大学,2013.

- [38]李邕.程序化交易策略研究[D].济南:山东大学,2014.
- [39]张家铭.基于程序化交易的统计套利研究[D].济南:山东大学,2014.
- [40]孙亮.基于股指期货投资策略的程序化交易系统研究[D].北京:北京邮电大学,2012.
- [41]王若舟.基于 Alpha 动量的交易系统设计[D].南京:南京大学,2012.
- [42]刘详亮.程序化交易系统开发方法及应用[D].济南:山东大学,2013.
- [43]陈蓉,陈焕华,郑振龙.动量效应的行为金融学解释[J].系统工程理论与实践,2014,34(3):613-622.
- [44]王永宏,赵学军.中国股市“惯性策略”和“反转策略”的实证分析[J].经济研究,2001,6:56-61.
- [45]朱战宇,吴冲锋,王承炜.股市价格动量与交易量关系:中国的经验研究与国际比较[J].系统工程理论与实践,2004,2:1-8.
- [46]杨德勇,王家庆.我国A股市场动量效应与反转效应的实证研究[J].江西财经大学学报,2013,5:54-62.
- [47]马超群,张浩.中国股市价格惯性反转与风险补偿的实证研究[J].管理工程学报,2005,2:64-69.
- [48]赵振全,苏治,丁志国.“动量交易策略”与“反转交易策略”国际实证比较研究[J].中国软科学,2005,1:120-125.
- [49]肖峻,王宇熹,陈伟忠.中国股市风格动量实证研究[J].财经科学,2006(3).
- [50]张强,杨淑娥,戴耀华.中国股市动量策略和反转策略的实证分析[J].华东经济管理,2007,4:46-50.
- [51]刘晓磊.动量交易策略在国内股市的适用性实证分析[J].中国证券期货,2011,7:47-48.
- [52]王登元.中国股市中的行业动量效应研究[D].复旦大学,2011.
- [53]周琳杰:中国股票市场动量投资策略盈利性研究,世界经济,2002,8.
- [54]饶育蕾,盛虎.行为金融学[M].北京:机械工业出版社,2010:210.
- [55]谭小芬,林雨菲.中国A股市场动量效应和反转效应:实证研究及其理论解释[J].金融评论,2012,1:93-102.
- [56]吴世农,吴超鹏.我国股票市场“价格惯性策略”和“赢余惯性策略”的实证研究[J].经济科学,2003,4:41-50.
- [57]蒋瑛昆,杨喆.程序化交易的模型和应用[R].国泰君安证券研究所,2012,10:23-25.
- [58]刘盈江.ETF基金投资交易系统研究[D].上海:复旦大学,2011.
- [59]冯丹.基于行为金融的反向投资策略和动量交易策略分析[D].成都:西南财经

- 大学,2013.
- [60]宋景峰.基于行为金融的证券投资策略分析[D].复旦大学,2008.
- [61]孙盛东.基于通道突破思维的程序化交易模型的构建及应用研究[D].北京:中国海洋大学,2013.
- [62]李子睿.量化投资交易策略研究[D].天津:天津大学,2013.
- [63]王彦.期货程序化交易系统的开发与应用[D].济南:山东大学,2012.
- [64]吴琛.我国证券市场行为金融投资策略研究[D].长沙:湖南大学,2003.
- [65]彭蕾.中国证券化市场程序化交易研究[D].成都:西南财经大学,2005.
- [66]罗 崧 . 德 银 量 化 札 记 : 初 级 量 化 矿 工 常 掉 的 七 个
“坑”[EB/OL].<http://mt.sohu.com/20160920/n468761861.shtml>,2016-09-20.
- [67]张利平.基于多因子模型的量化选股[D].石家庄:河北经贸大学,2014.
- [68]坑雯竹.基于多因子模型的量化选股及绩效分析[D].大连:东北财经大学,2015.
- [69]朱世清.多因子选股模型的构建与应用[D].济南:山东财经大学,2015.

致 谢

三年时光飞逝，临近毕业之时，首先，我要深深感谢我的导师饶育蕾老师。撰写论文期间，从选题、开题、写作，一直到定稿，始终得到了饶老师的悉心指导和关怀，老师花了很多时间精力，给出大量详实中肯的修改意见，师恩永远铭记在心，谨在此向恩师表达我最真挚的感激和敬意！老师深厚的学术造诣，严谨的治学风格，和融向上的处事态度还将不断激励着我前行。

其次，要感谢各阶段的评审老师及专家们，谢谢你们提出的宝贵意见，让我能在论文研究撰写中不断的得到成长。

感谢师妹黄露露及所有的饶门兄弟姐妹细致热心的帮助，感恩一起学习和成长的点滴时光。

最后，感谢我的爱人和小孩，是你们的宽容和爱意，支持和勉励，给予了我无尽的力量，吾将继续携手共创明日的幸福与辉煌。