

配对交易在指数增强中的应用及 高频改进

——2012年冬季金融工程研究之二

证券分析师

研究支持

杨国平 A0230511040014 丁一 A0230112070010

2012.12



主要内容

1. 基于配对交易的指数增强策略概述
2. 沪深300指数增强策略设计
3. 回测及分析
4. 高频环境下的配对交易策略

1.1 为什么不直接做配对交易？

- 目前大部分专业机构投资者无法参与融资融券
 - 特殊法人机构无法开立信用账户
 - 开户需满18个月限制——新产品根本无法运作
 - 需将资产托管到券商
 - 存在法律障碍或者需要相关部门出台操作细则
- 即使能够参与融资融券，卖空存在较多限制
 - 卖空报升规则，熊市阶段效果不佳
 - 融券交易不活跃，占比不足3%
 - 券源有限，规模难以做大
 - 融券成本居高不下
 - 转融券T+1，套利机会稍纵即逝

目前大部分专业机构投资者无法参与融资融券

表1：专业机构投资者参与融资融券的障碍

机构	障碍
券商资管、 保险公司、 基金专户、 QFII	1、不存在法律障碍，但仍需相关部门出台操作细则。
	2、特殊法人机构账户目前无法开立信用证券账户
	3、开户时间18个月
	4、托管机构为商业银行
公募基金	1、基金法规定基金财产不得向他人贷款或者提供担保，不得从事承担无限责任的投资
	2、特殊法人机构账户目前无法开立信用证券账户
	3、开户时间18个月
	4、托管机构为商业银行
社保基金	1、《全国社会保障基金投资管理暂行办法》禁止社保基金投资管理人从事可能使社保基金委托资产承担无限责任的投资
	2、特殊法人机构账户目前无法开立信用证券账户
	3、开户时间18个月
	4、托管机构为商业银行
券商自营	1、无法到其他证券公司申请开展融资融券业务
	2、转融通开放后是否允许向证金公司借券开展融券业务
	3、特殊法人机构账户目前无法开立信用证券账户
私募-集合资金信托计划	《信托公司管理办法》明确规定不得以信托财产提供担保，《信托公司管理办法》由中国银监会颁布，修改、解释工作相对较为复杂，预计短期内信托账户开展融资融券业务难度很大
私募基金—合伙制	开户时间18个月

资料来源：申万研究

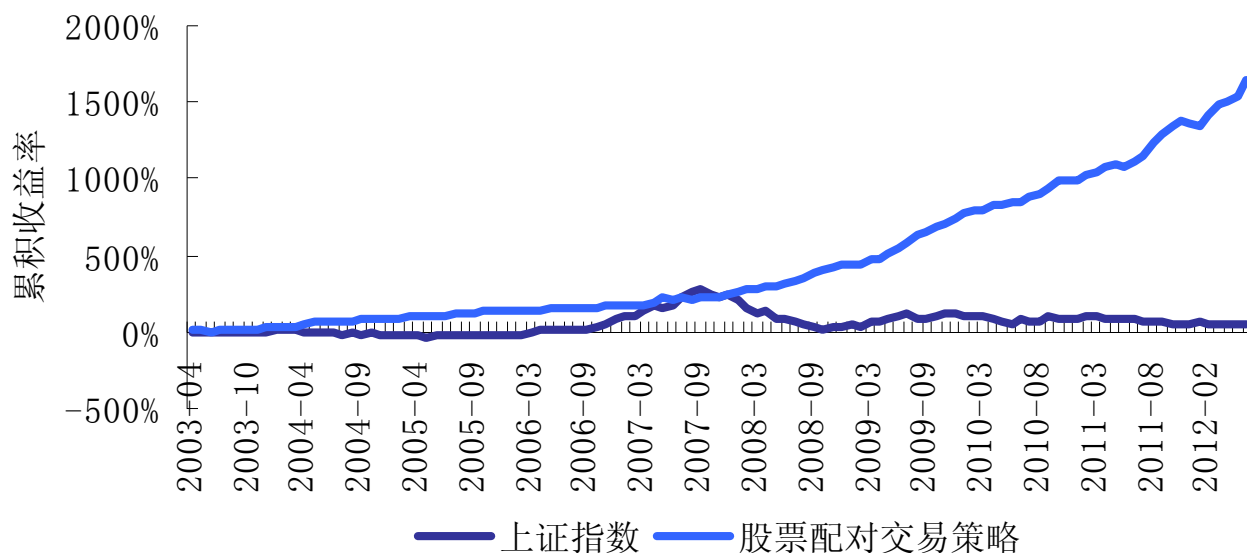
1.2 配对增强的特点

- 增强型指数化投资的目标是在可接受的偏差范围内跑赢标的指数，关键在增强部分的投资策略
- 传统的主动增强的方法：个股优化、行业/风格优化以及两者的结合
- 指数增强既可以依赖投资经理的经验判断也可以通过量化的方法实现
- 配对增强是基于纯量化的个股优化，有如下特点：
 - 基于协整价差均值回复原理选择相对高估和低估的股票
 - 同一行业中的股票替换，存在精确的配比系数
 - 程序化交易，严格遵循历史统计规律
 - 同行业的股票替换，配对结束恢复初始权重配置

1.3 配对交易是稳定、可行的增强方法

- 在113个投资月份中，共100个月份获得正收益，13个月份亏损
- 最大回撤1.78%，平均月收益率为2.59%

图1：房地产开发行业配对交易累积收益图



资料来源：申万研究

主要内容

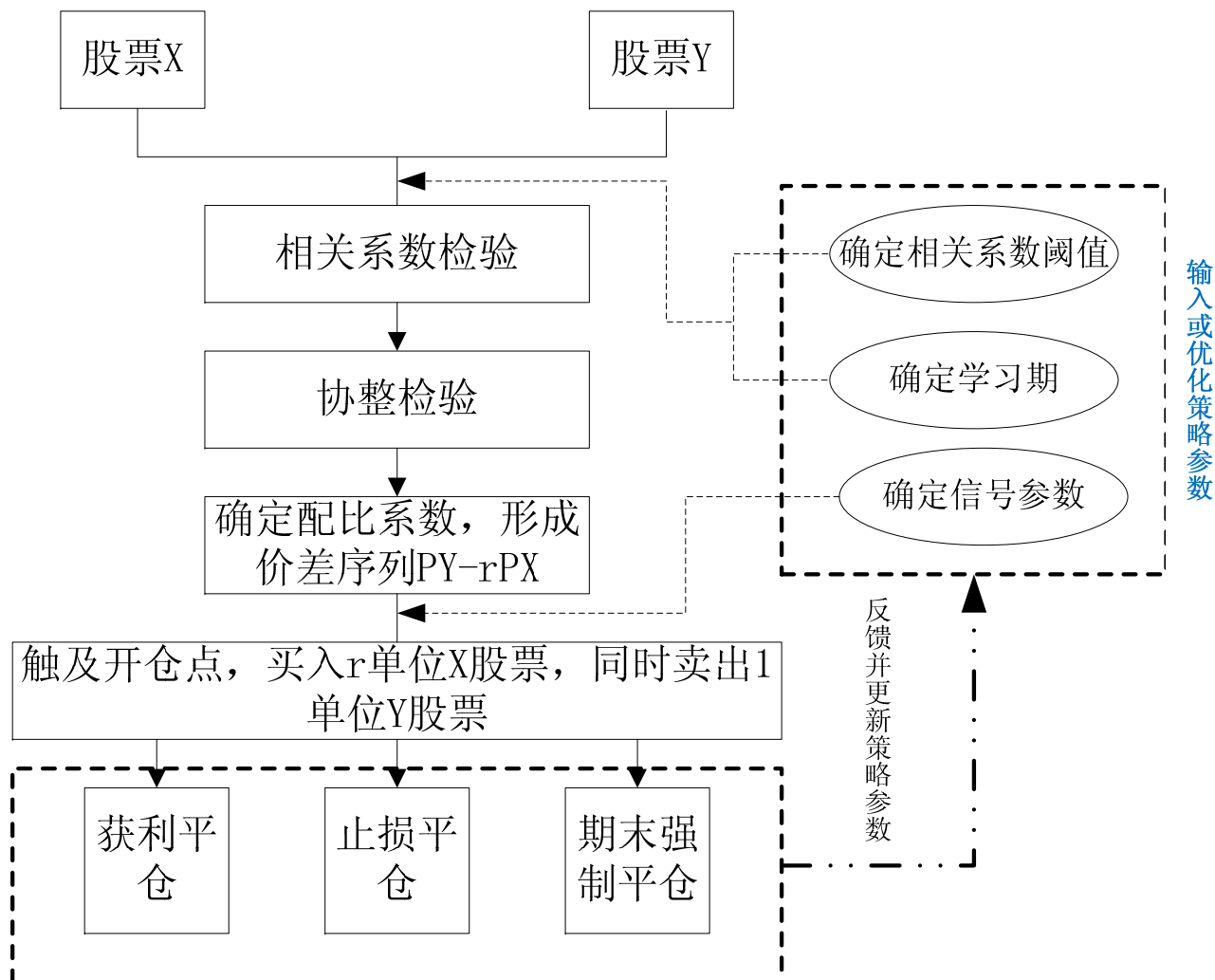
1. 基于配对交易的指数增强策略概述
2. 沪深300指数增强策略设计
3. 回测及分析
4. 高频环境下的配对交易策略

2.1 样本数据和模型说明

- 样本空间：沪深两市全部A股股票
- 数据区间：2005年7月1日至2012年6月30日每日收盘价
- 完全按照沪深300指数的权重构建组合，每半年调整一次成分股
- 配对交易涉及多头买入和空头卖出，空头股票只能是增强部分的指数成分股票，多头股票是同一行业中的任意股票，不限制在指数成分股中
- 每20个交易日作为一个增强周期，每期结束组合权重恢复至和标的指数完全一致

2.2 配对增强流程

图2：配对交易流程图



资料来源：申万研究

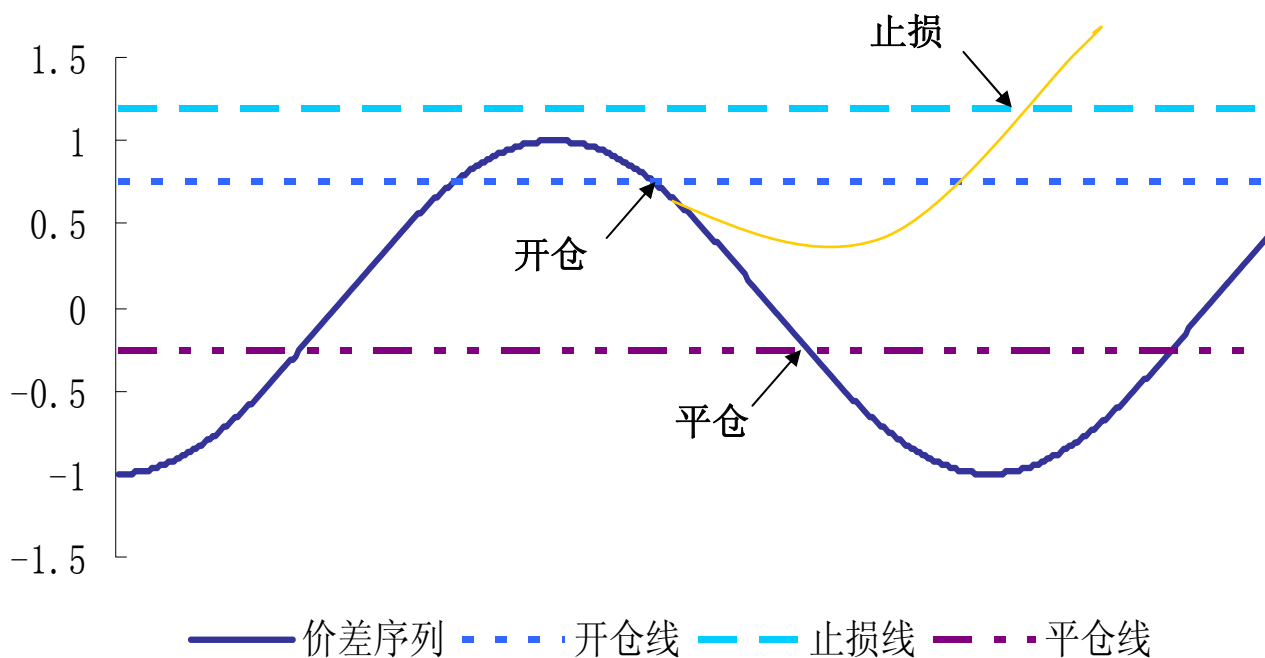
2.3 配对参数

- 配对交易分为学习期和投资期，学习期进行股票配对，寻找满足协整关系的股票对
 - 实证研究发现学习期长短对配对结果没有实质性影响，本模型取3个月（60工作日）
 - 研究发现股票对的协整关系易被打破，投资期不宜过长，取1个月为宜，即为本模型的增强期
- 学习期进行相关系数和协整检验，相关系数阈值取0.8
- 投资期最后3个交易日不开仓
- 投资期涉及开仓、平仓和止损三个信号参数，以股票对价差在学习期中的标准差作为投资期信号参数的衡量标准
- 实证发现2倍左右标准差开仓、-2倍标准差平仓、2.1倍标准差止损配对效果较好

2.4 增强期开平仓规则

- 回落阶段开仓能有效规避一部分发散股票对
- 判断方法：前一收盘价差高于开仓线且当日收盘价差低于开仓线

图3：增强期开平仓示意图



资料来源：申万研究

主要内容

1. 基于配对交易的指数增强策略概述
2. 沪深300指数增强策略设计
3. 回测及分析
4. 高频环境下的配对交易策略

3.1 模型评判标准

- 增强型指数化投资是在跟踪和增强之间的平衡
- 衡量跟踪精确度的指标
 - 跟踪误差
- 衡量增强程度的指标
 - 打赢比例
 - 超额收益
- 综合衡量跟踪和增强的指标
 - 信息比率
- 模型的目标：在可接受的跟踪误差内最大程度地提高超额收益

3.2 回测参数说明

■ 模型回测涉及如下指标：

■ 增强比例：

- 平衡跟踪精确度和增强程度的重要指标

■ 开仓参与比例：

- 类似于配对交易中的资金分配问题，该指标用以事先确定每次满足开仓条件时增强部分有多大比例用于开仓
- 该指标过大将增加冲击成本，并导致后续协整对无法开仓，过小将起不到应有的增强效果

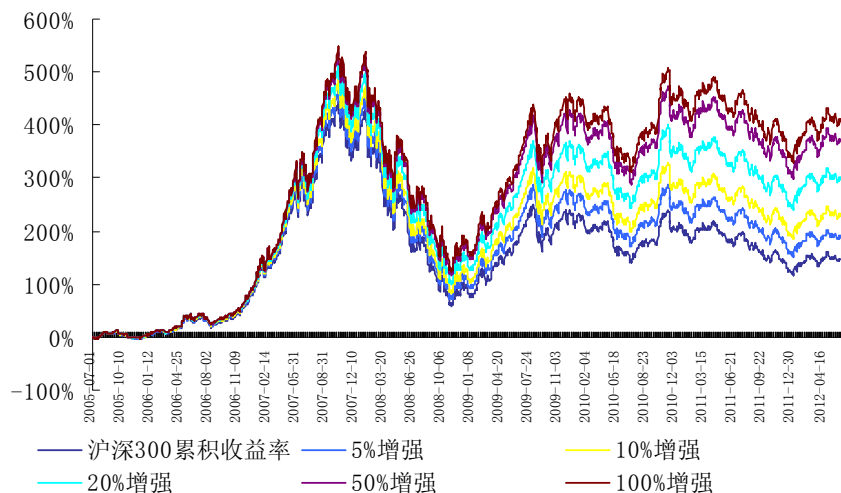
■ 交易成本：

- 交易成本，尤其是冲击成本是决定配对交易收益和市场容量的重要变量
- 实际的交易成本难以精确衡量，因此事先给定成本并做敏感性分析

3.3 增强比例平衡跟踪误差和超额收益

- 增强比例越高，跟踪误差越大
- 增强比例越高，超额收益越高
- 实际增强比例低于设定增强比例，并随着设定增强比例的提高减速增长
- 考虑到实际增强比例不高，兼顾交易成本对超额收益的侵蚀，本模型设定100%增强比例

图4：不同增强比例的累积收益率



资料来源：申万研究，未计交易成本

表2：不同增强比例的表现统计

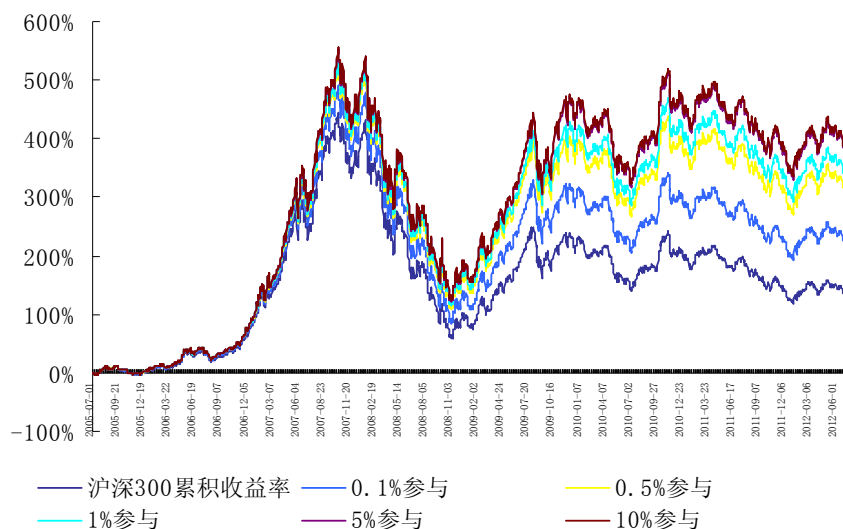
增强比例	跟踪误差 (年)	打赢比	超额收益 (年)	IR	实际增强 比例
5%	0.47%	65.08%	2.26%	4.67	3.03%
10%	0.91%	65.49%	4.23%	4.44	5.51%
20%	1.47%	66.26%	7.10%	4.57	8.77%
50%	2.09%	65.78%	9.70%	4.34	12.20%
100%	2.84%	66.14%	10.86%	3.59	13.96%

资料来源：申万研究，未计交易成本

3.4 开仓参与比例的影响

- 参与比例越高，跟踪误差越大，增强效果越明显
- 参与比例越高，实际增强比例越高
- 95%的成分股权重不足1%，参与比例由1%提高到5%时，跟踪误差显著提高，信息比率显著下降，但实际增强比例和超额收益增长幅度不大，因此模型采用1%的开仓参与比例

图5：不同开仓参与比例的累积收益率



资料来源：申万研究，未计交易成本

表3：不同开仓参与比例的表现统计

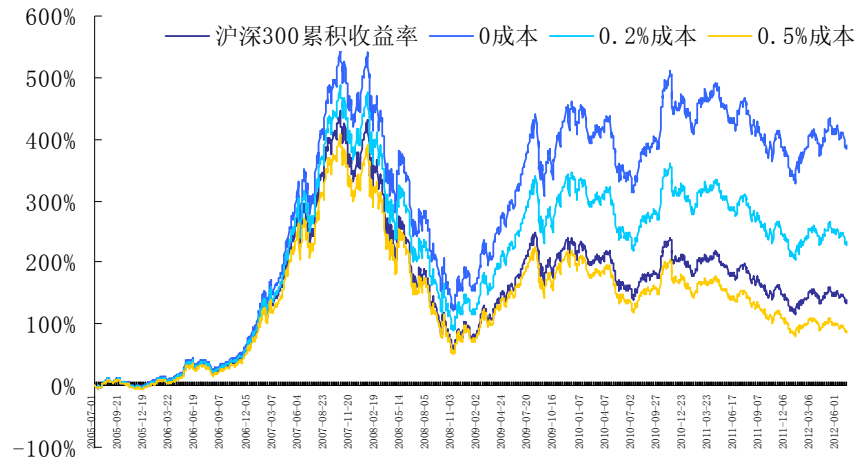
开仓参与比例	打赢比	超额收益 (年)	跟踪误差 (年)	IR	实际增强比例
0.10%	64.73%	4.67%	1.05%	4.24	6.51%
0.50%	64.79%	8.41%	2.08%	3.81	12.20%
1%	64.14%	9.38%	2.82%	3.13	13.96%
5%	63.55%	10.81%	5.79%	1.78	16.18%
10%	63.84%	10.96%	5.88%	1.78	16.37%

资料来源：申万研究，未计交易成本

3.5 交易成本不容忽视

- 打赢比例随交易成本的提高而降低
- 跟踪误差受交易成本影响较小
- 交易成本每提高万分之五，年超额收益约减少1.5%

图6：不同交易成本下的累积收益率



资料来源：申万研究

表4：不同交易成本下的表现统计

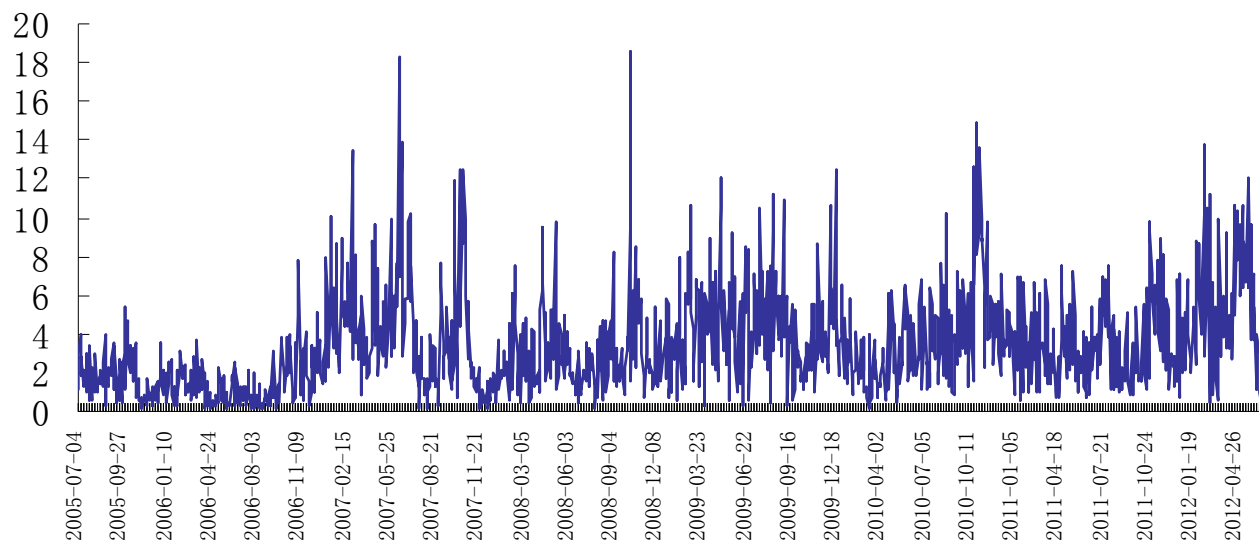
交易成本 (万分之 一)	IR	打赢比	跟踪误差 (年)	超额收益 (年)
0	3.60	66.08%	2.83%	10.90%
5	3.13	64.14%	2.82%	9.38%
10	2.65	62.14%	2.82%	7.87%
15	2.19	61.14%	2.80%	6.39%
20	1.73	59.44%	2.78%	4.96%
30	0.79	57.03%	2.73%	2.16%
50	-1.21	47.85%	2.63%	-3.25%

资料来源：申万研究

3.6 交易成本分析

- 日均换手率为3.42%
 - 频繁配对换仓导致的高换手率是交易成本敏感度高的根本原因
- 交易成本中仅有6%来自成分股调整

图7：日换手率（单位：%）

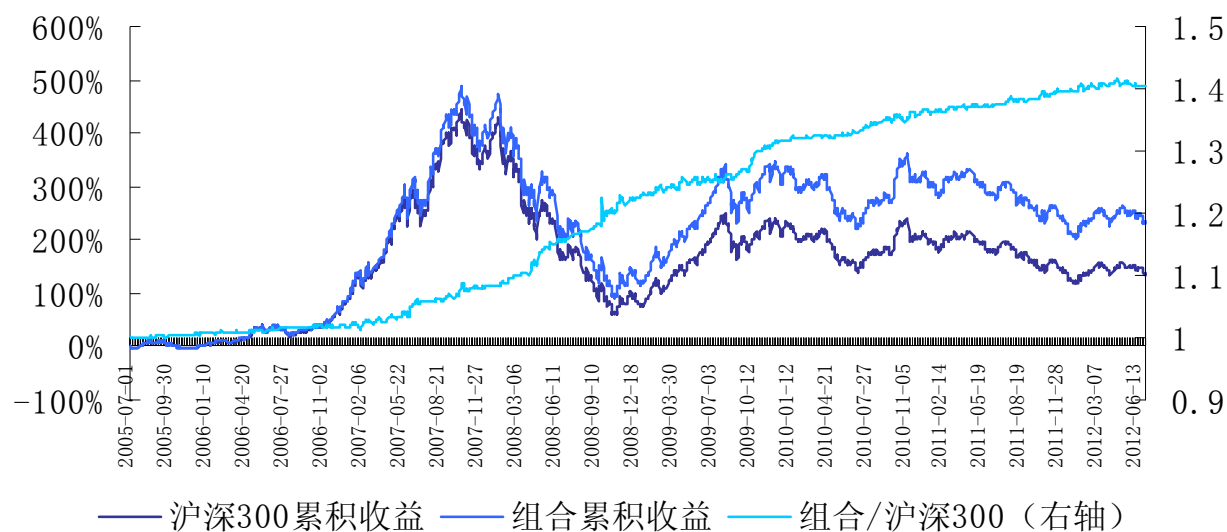


资料来源：申万研究

3.7 回测结果

- 自05年下半年以来，配对增强模型能在较小的跟踪误差下实现较好的增强效果
- 在0.2%的单边成本下，配对增强的跟踪误差为2.78%，年超额收益为4.96%，增强最大回撤2.85%

图8：100%增强、1%开仓参与比例、0.2%交易成本下的模型表现



资料来源：申万研究

3.8 不同阶段的策略表现

■ 市场阶段划分：

- 牛市阶段：2006.11.23-2007.10.16；熊市阶段：2007.10.17-2008.11.6；触底反弹阶段：2008.11.7-2009.8.4；震荡下行阶段：2009.8.5-2012.6.29

■ 指数波动率越高，跟踪误差和超额收益越高

- 牛市和熊市阶段的收益率和跟踪误差明显高于震荡市阶段
- 波动率越高，股票交易越活跃，反转效应越明显

表5：不同市场阶段模型表现

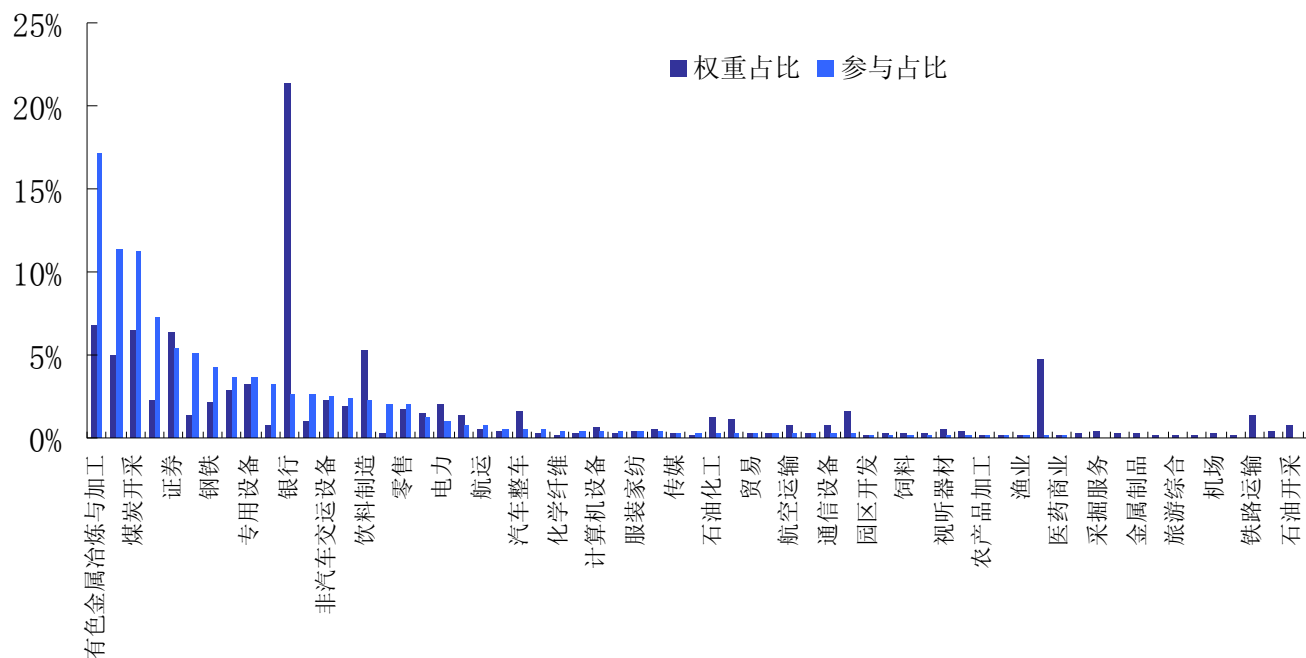
	沪深300指数波动率	IR	打赢比	跟踪误差 (年)	超额收益 (年)
牛市	35.44%	2.48	56.94%	2.63%	6.71%
熊市	44.69%	1.94	63.85%	5.33%	10.75%
触底反弹	33.47%	1.91	59.89%	3.00%	5.87%
震荡下行	24.16%	2.03	58.32%	1.77%	3.65%

资料来源：申万研究

3.9 沪深300行业参与占比与权重不匹配

- 参与度最高的前5个行业占比52.4%，权重占比只有26.9%
- 银行业权重占比高达21.4%，参与占比只有2.6%

图9：沪深300增强二级行业参与占比与权重占比比较

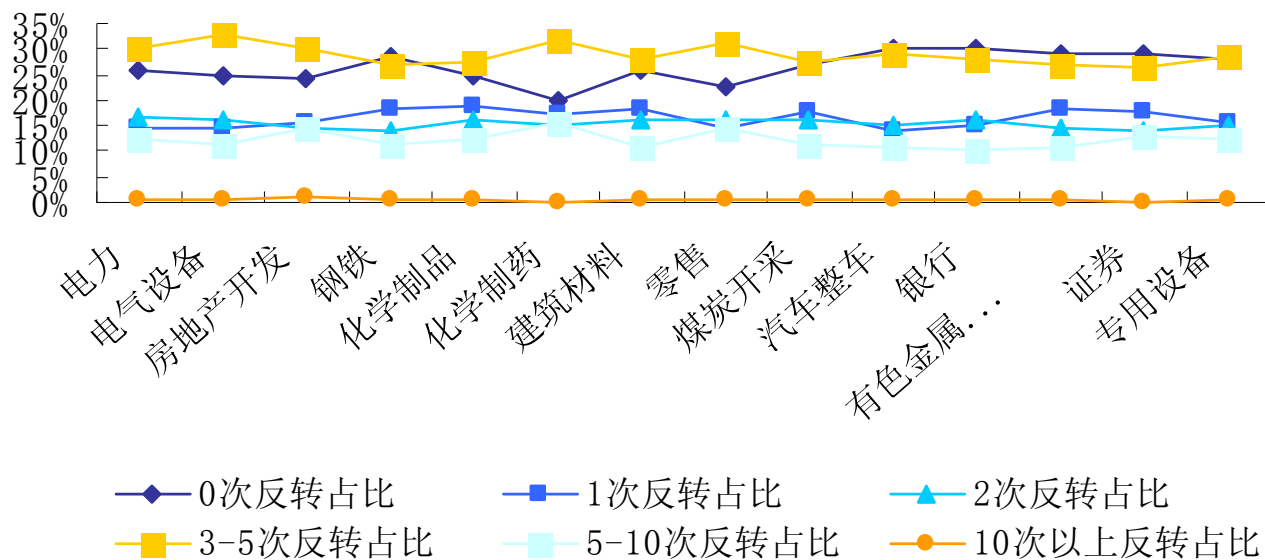


资料来源：申万研究，权重日期为2012年1月31日，行业参与占比=行业协整对数/全部协整对数

3.10 反转效应行业差距不明显

- 反转效应越明显，配对效果越佳
- 实证发现反转效应行业间差距不明显

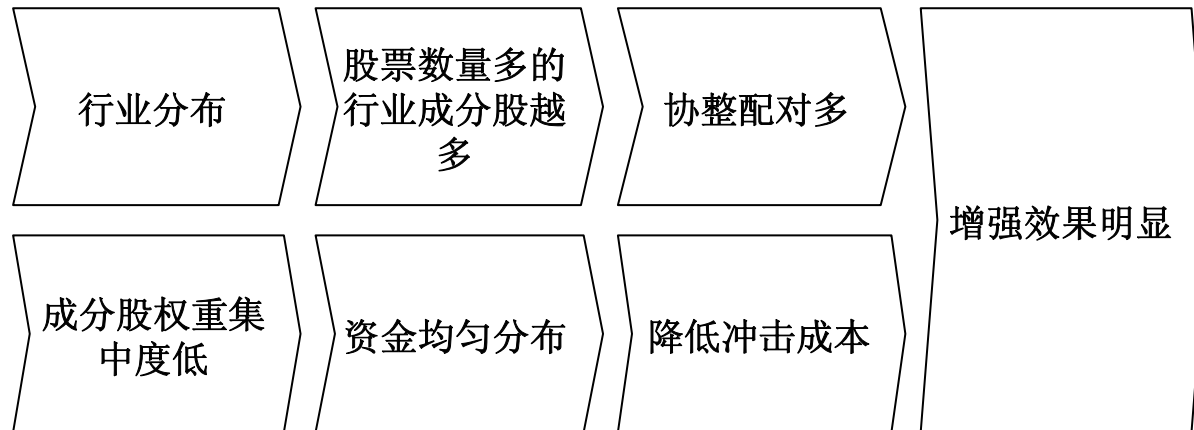
图10：反转效应行业间比较



资料来源：申万研究

3.11 成分股权重和行业分布影响配对增强效果

- 多次重复进行是配对交易获得稳定收益的基础，因此需要有足够的协整股票对
 - 实证表明房地产开发和有色金属冶炼与开发等股票数量多的行业配对效果较好，银行等行业结果不理想
- 冲击成本是侵蚀利润的重要原因，应尽量避免资金集中在少数几只股票上



3.12 哪些指数适合配对增强？

■ 以沪深300指数和中证500指数为例

- 沪深300金融服务行业权重明显较大，与股票数量不匹配
- 中证500行业权重分布和股票数量分布比较匹配

图11：沪深300行业权重和股票数量分布

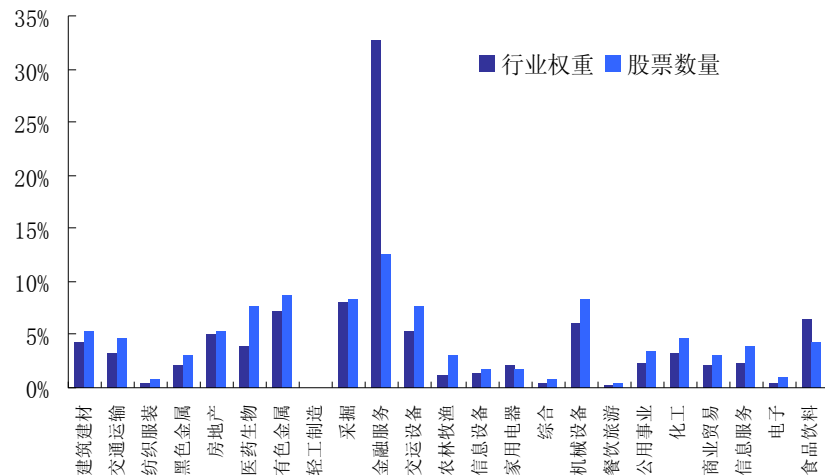
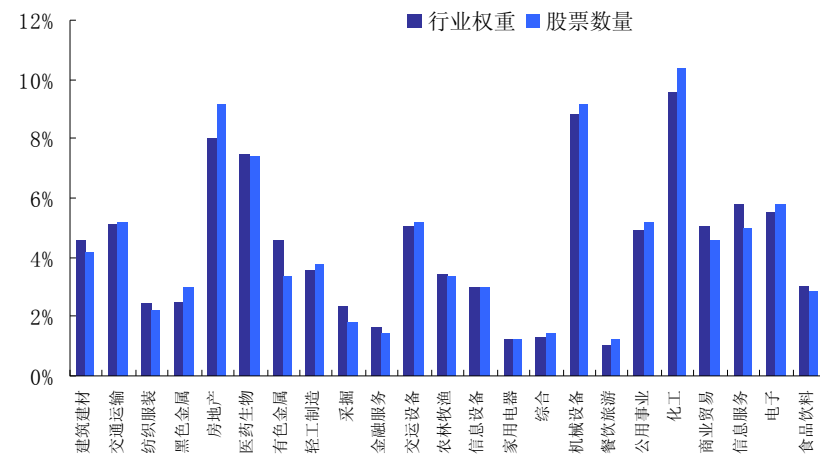


图12：中证500行业权重和股票数量分布



资料来源：申万研究，两个指数权重数据日期均为2012年1月31日

3.13 沪深300增强和中证500增强比较

- 相比沪深300，中证500增强打赢比例和超额收益有较大幅度的提高
- 中证500增强的跟踪误差高于沪深300增强
- 2012年上半年沪深300增强和中证500增强的月均协整对数分别为2243对、4333对
- 中证500增强的协整和配对次数更多，但由于每对权重小于沪深300，日换手率并无明显差异

表6：沪深300增强和中证500增强表现统计

	IR	打赢比	跟踪误差 (年)	超额收益 (年)	实际增强 比例	日换手率
中证500	1.26	62.50%	3.78%	4.89%	15.52%	2.93%
沪深300	1.34	55.56%	1.60%	2.20%	17.24%	3.20%

图13：沪深300和中证500增强相对标的指数的表现

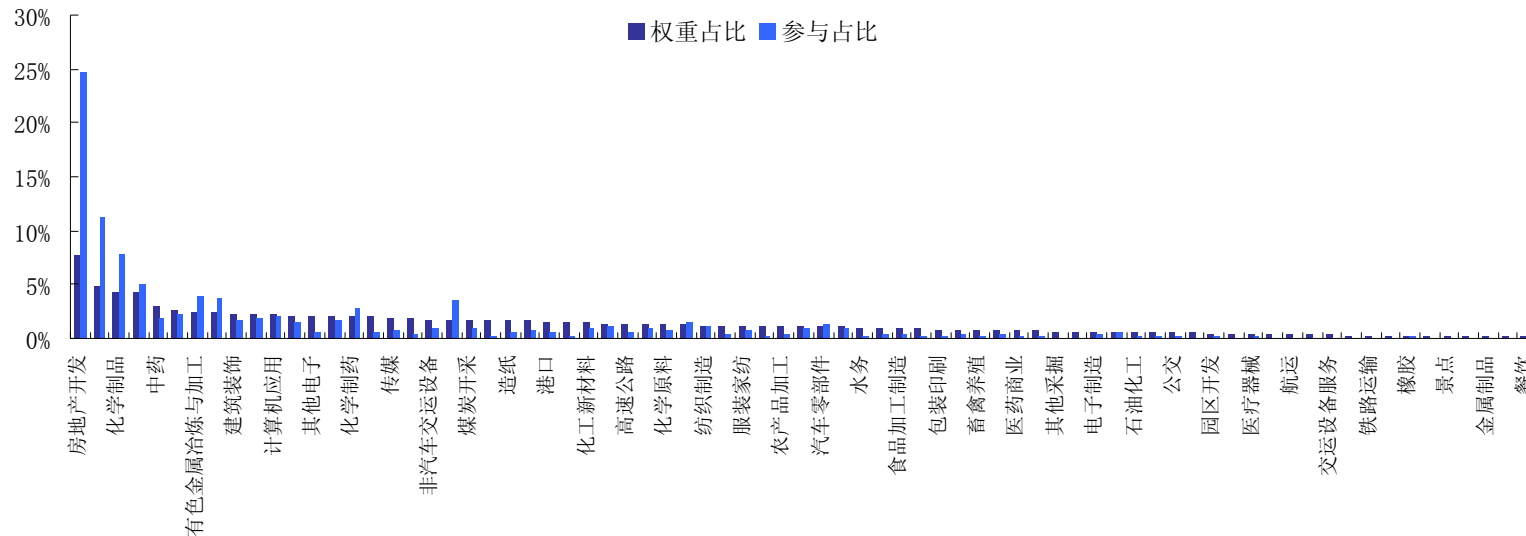


资料来源：甲力研究

3.14 中证500指数更适合配对增强

- 中证500增强的权重占比和参与占比更匹配
- 中证500指数更适合进行配对增强

图14：中证500增强二级行业参与占比与权重占比比较



资料来源：申万研究

3.15 小结

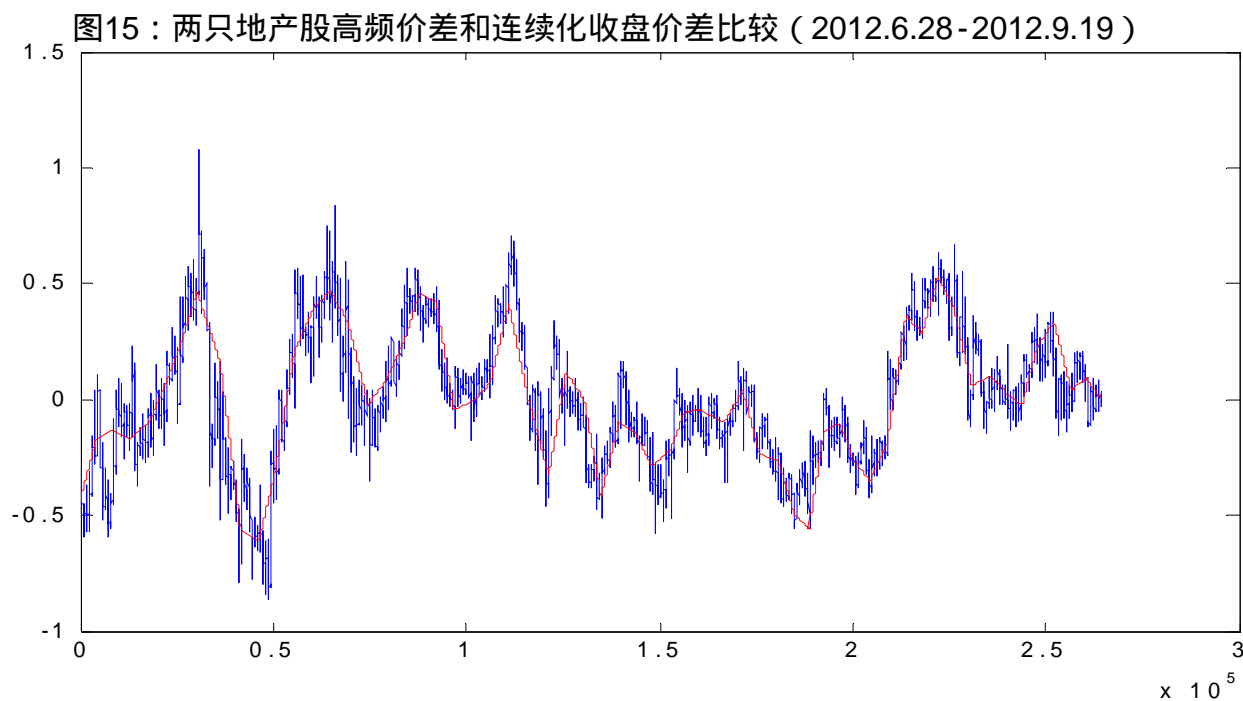
- 以配对交易的原理进行指数增强有效回避了卖空限制
- 配对交易能获得较高且稳定的收益，因此适合做指数增强
- 配对增强受到增强比例、开仓参与比例以及交易成本等因素的影响，回测结果显示在有效控制交易成本且选择合适的强制比例和开仓参与比例的前提下，配对增强能在可接受的跟踪误差内取得不错的增强效果
- 配对交易成功的关键在于多次重复进行和有效控制成本，不同指数特性造成不同指数的配对增强效果存在差异，股票数量和权重集中度低的指数更适合配对增强

主要内容

1. 基于配对交易的指数增强策略概述
2. 沪深300指数增强策略设计
3. 回测及分析
4. 高频环境下的配对交易策略

4.1 高频数据比日数据包含更多信息

- 3个月学习期含60个日数据，26万左右的高频数据
- 高频数据：离散性、跳跃性、日内频繁波动
- 高频数据比收盘数据包含更多信息：日内最大、最小值、日内形态等

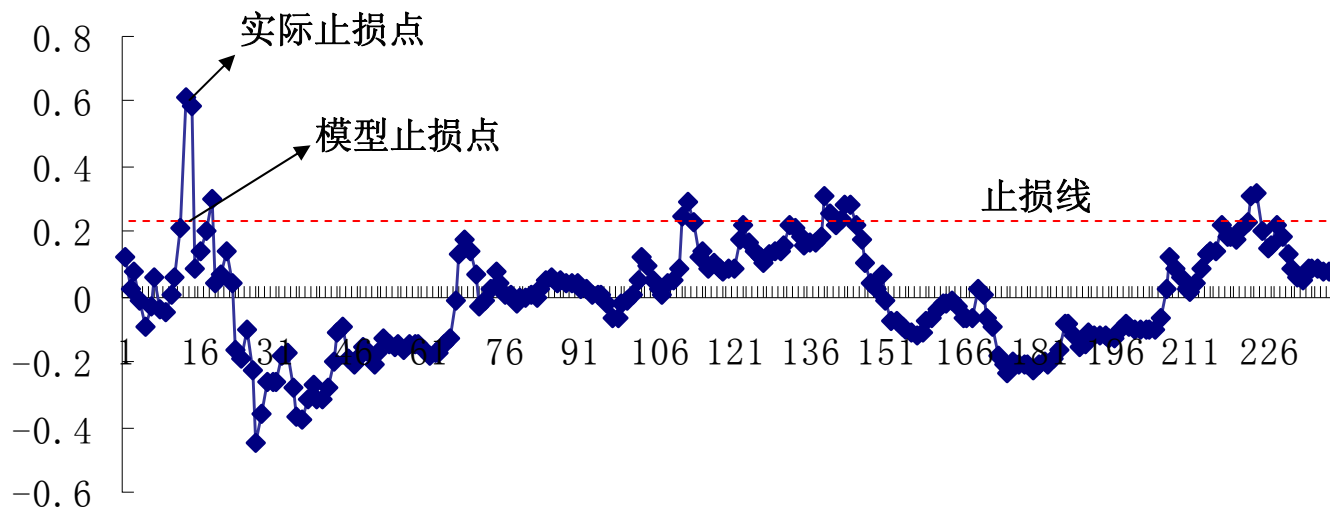


资料来源：申万研究

4.2 高频环境下原有模型失真

- 原有模型采用日收盘价进行回溯测试，并连续化处理，即根据当日收盘价判断协整价差是否满足开平仓条件，并假设恰好在信号点成交
- 收盘价差低于止损线，模型不止损平仓，即使平仓，实际亏损高于模型亏损
- 开仓、止盈也会出现类似的情况，造成失真的原因是忽略了数据的离散性和日内形态

图16：收盘价遗漏止损信号的例子



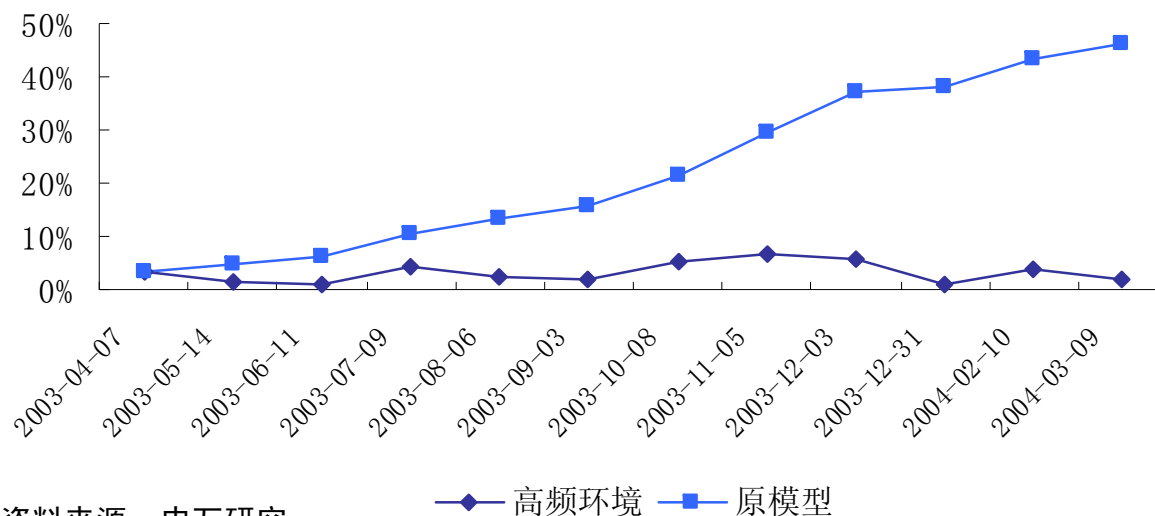
资料来源：申万研究

—◆— 日内价差

4.3 原模型在高频环境下的测试结果

- 成功率由31.28%下降到17.36%
- 平均最大单次亏损由2.55%提升到9.94%
- 年化收益率由46.12%下降到2%

图17：原模型和低频环境下的累积收益率



4.4 高频环境下模型参数的改进——严格止损

- 高频环境下需对模型规则和模型参数做些改进，本文对参数进行改进
- 问题1：高频数据的频繁波动导致低止损点策略的止损频率提高
 - 当价差序列在开仓点附近震荡时，极易触及止损点
 - 严格止损是策略获得稳定收益的关键
- 参数调整方法：
 - 继续采用低止损点措施，止损点控制住开仓点以上0.1倍标准差
 - 将单次最大亏损由10%下调到2%，即只要亏损扩大到2%立即止损，哪怕未触碰到止损线
- 在2.2倍标准差的开仓条件下，将最大亏损控制从10%下调到2%时，最大回撤由2.65%降到0.13%，年化收益率由2%提高到11.96%

4.5 高频环境下模型参数的改进——提高开仓点

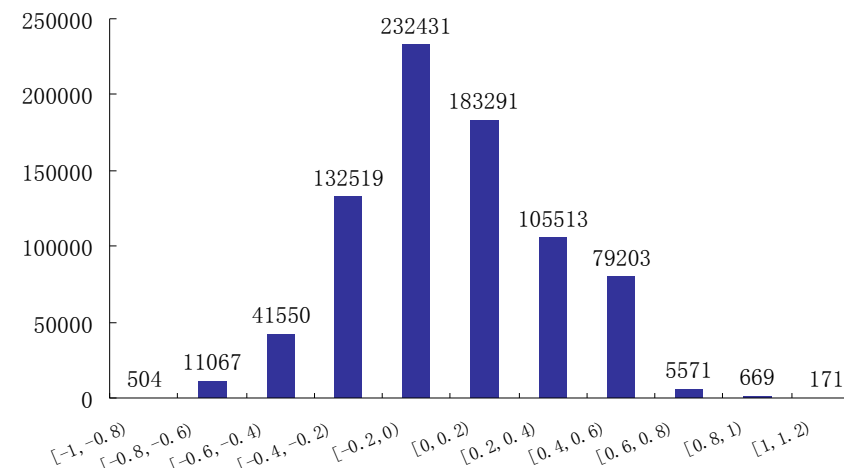
- 问题2：高频环境中价差突破2倍标准差的概率大大提高
 - 采用日数据60天中有3天价差绝对值大于2倍标准差，高频数据有13天
 - 考虑到协整稳定性较低，实际投资期突破2倍标准差的概率更大
- 参数调整方法：提高开仓点，在开仓率的单次收益之间取得均衡

表7：日数据和高频数据特征统计

	数据量	最大值	最小值	标准差
日收盘价	60	0.53	-0.61	0.28
高频数据	264164	1.08	-0.87	0.28

资料来源：申万研究

图18：两只地产股高频价差分布图

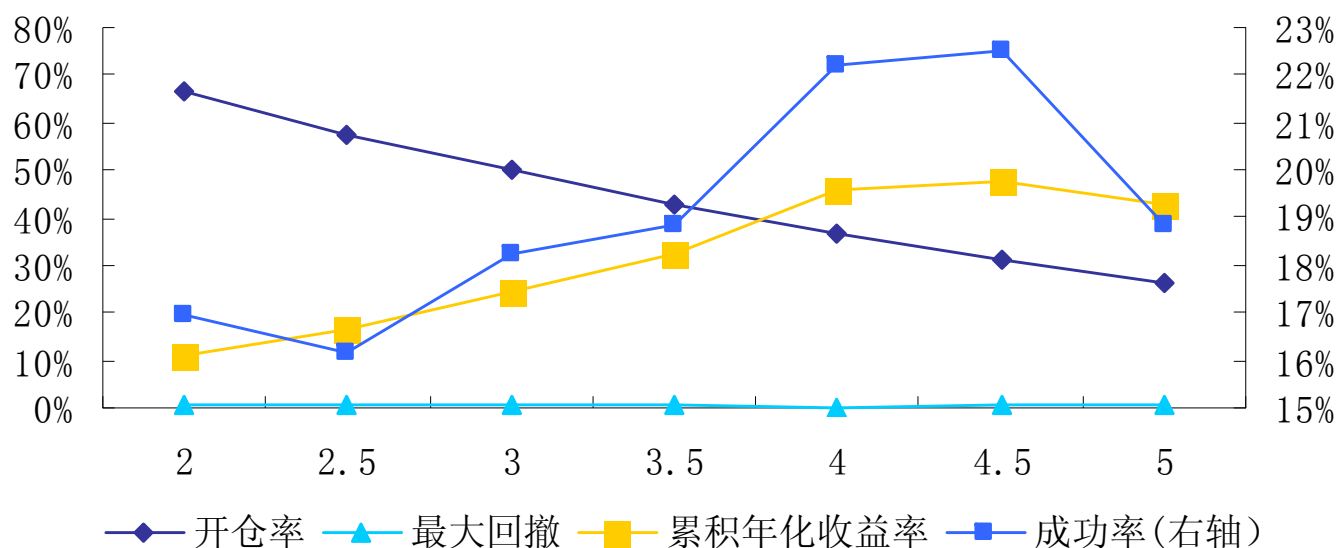


资料来源：申万研究，数据日期2012.6.28-2012.9.19

4.6 高频环境下开仓点以4倍标准差为宜

- 随着开仓点的提高，开仓率逐渐降低，成功率逐渐提高，整体收益率得到提升
- 最大回撤在可接受范围内
- 开仓点从2倍提高到4倍标准差的过程中，每提高0.5倍，年收益率提升5-7%，高于4倍标准差时，年收益率无显著增加，甚至下滑

图19：不同开仓点下的模型表现



资料来源：申万研究

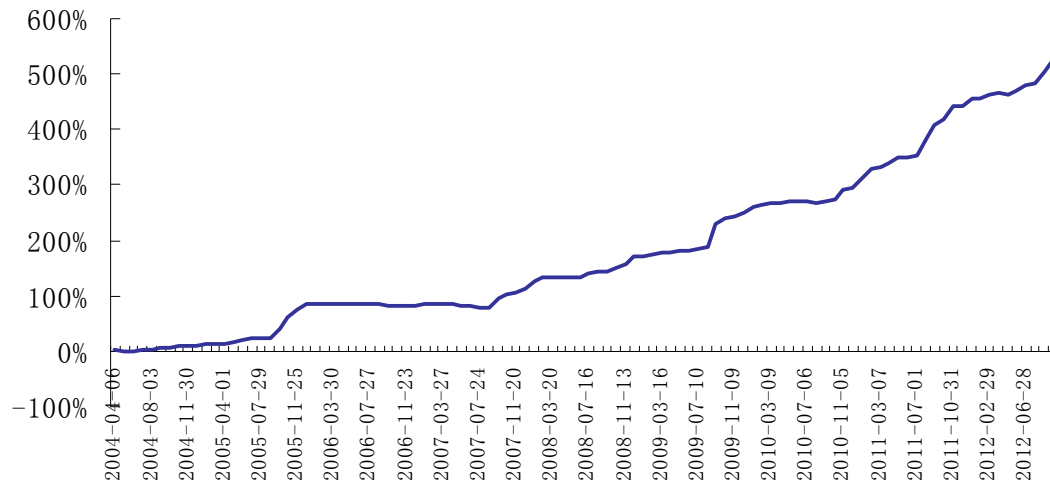
4.7 模型参数和规则说明

- 样本空间：房地产开发行业所有股票前复权日内数据
- 数据区间：2003年1月1日至2012年10月31日，2003年1月至2004年3月作为样本内数据优化参数，2004年4月至2012年10月作为样本外数据测试模型
- 模型规则：3个月学习期内使用日收盘数据进行协整检验，信号指标采用学习期内日收盘价差的标准差，投资期20+10个交易日，回落阶段开仓，出现止损不再开仓
- 模型参数：
 - 相关系数阈值：0.8
 - 开仓点：4倍标准差；平仓点：-2倍标准差；止损点：4.1倍标准差
 - 单次最大亏损控制：2%

4.8 测试结果

- 104个月中，79个月获得正收益
- 最大回撤4.87%，平均月收益率为1.83%，累积年化收益率为23.6%
- 夏普比率为2.15
- 高频换手率与原模型接近，原模型单边交易成本每调高万五，累积年收益率减少3%-5%，因此高频环境下，交易成本超过千三时将无收益

图20：配对模型在高频环境下的累积收益率



资料来源：申万研究

4.9 高频模型与原模型比较

表8：高频模型与原模型统计数据

指标	高频环境	原模型	指标	高频环境	原模型
开仓点	4	2.2	波动率	2.95%	2.04%
平仓点	-2	-2	夏普比率	0.62	1.77
止损点	4.1	2.3	累积年化收益率	23.60%	52.67%
单月最大收益	15.70%	9.52%	平均协整对数	161.06	161.06
单月最大亏损	-1.60%	-0.48%	平均开仓对数	49.00	43.04
总月数	104	105	平均获利对数	7.00	13.22
获利月数	79	103	平均亏损对数	42.00	30.04
亏损月数	25	2	开仓率	30.42%	26.72%
连续最长亏损月数	5	1	平均成功率	16.20%	31.28%
连续最大亏损	-4.87%	-0.48%	平均单次最大收益	28.89%	23.70%
均值	1.82%	3.61%	平均单次最大亏损	-2.42%	-2.55%

资料来源：申万研究

高频模型与原模型比较

■ 以月内数据看，高频环境下

- 开仓率更高——高频数据的波动性
- 成功率大幅降低近50%——数据波动性造成的止损率提高
- 平均最大单次收益率有所提高，但不如开仓点提高的幅度——只有极少数获利股票对碰到止盈线，大部分是期末强制平仓的
- 平均最大单次亏损略有减少，但大于2%——高频数据的离散性

■ 以月度数据看，高频环境下

- 最大单月收益显著变大——提高开仓点的结果
- 最大单月亏损显著变大——月内成功率大幅下降，且单次亏损未能有效控制的结果
- 上述两个因素导致模型的稳定性下降，体现在月收益波动率明显放大

高频模型与原模型比较

■ 以月度数据看，高频环境下

- 获利月数减少，平均收益率减半，最大回撤大幅提高——根本原因是高频数据特征造成的月内成功率下降，亏损难以控制

■ 以整体效果看，高频环境下

- 月夏普比率由1.77降到0.62——收益率降低，波动率变大
- 累积年化收益率由52.67%萎缩到23.6%

4.10 小结与建议

- 高频数据比日数据包含更多的信息，基于日数据设计的配对交易模型在高频环境下失真
- 本文采用提高开仓点和加强止损两道措施对模型参数进行优化，前者可以降低止损频率同时提高单次收益水平，后者能够控制单次止损的损失
- 即使采取了上述参数优化措施，模型的回测结果依然不理想，体现在收益率波动率明显变大，年化收益率明显降低，如果不能有效控制交易成本，该模型将完全失效
- 配对交易的基本原理是具有长期均衡关系的两只股票，其协整价差一定是均值回复的，其核心是均值回复
- 配对交易不是高频交易，与高频交易不同，高频数据的高波动、离散等特性是“噪音”，因此，单单对模型的参数进行优化是不够的，需要根据高频数据的特征重新设计或优化交易规则，如何最大程度地过滤掉日内“噪音”，抓住价差运动的“大趋势”是问题的关键！

信息披露

证券分析师承诺

杨国平：衍生品研究

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

与公司有关的信息披露

本公司在知晓范围内履行披露义务。客户可通过 compliance@swsresearch.com 索取有关披露资料或登录 www.swsresearch.com 信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及关联公司持股情况。

法律声明

本报告仅供上海申银万国证券研究所有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司 <http://www.swsresearch.com> 网站刊载的完整报告为准，本公司并接受客户的后续问询。

客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示，本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。市场有风险，投资需谨慎。

若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

申万研究·拓展您的价值

SWS Research • CHINA Value Revealed

上海申银万国证券研究所有限公司

杨国平
yanggp@swsresearch.com

丁一
dingyi@swsresearch.com