

## 相关研究

《地产行业复苏中的投资机遇》

2022.12.16

《浙商基金贾腾：质量价值投资坚守者，以实业眼光评估企业 IRR》2022.12.15

《疫后复苏新机遇——论疫情防控优化对交运板块的影响》2022.12.15

分析师:冯佳睿

Tel:(021)23219732

Email:fengjr@haitong.com

证书:S0850512080006

分析师:余浩淼

Tel:(021)23219883

Email:yhm9591@haitong.com

证书:S0850516050004

# 高频策略交易成本的分析和预测

## 投资要点:

- 本文根据海内外的实践经验，将交易成本分为价格走势、价格波动、买卖价差、盘口流动性、限价单成交概率五个组成部分。它们对不同类型算法交易策略的影响有显著差异，同时，各自的预测难度也相去甚远。因此，深入探究每个组成部分对成本的作用机制，分析哪些部分是可预测的，哪些又相对难以预测，对更为精准地预测交易成本非常重要。
- 不同 TWAP 交易策略的成本影响因素有所差异。基于 TWAP 的纯市价单策略的影响因素为，价格波动、买卖价差、盘口流动性。基于 TWAP 的限价单优先策略的影响因素为，价格波动、买卖价差、盘口流动性、限价单成交比例。
- 分别预测价格波动、买卖价差与盘口流动性，再将它们汇总，可获得纯市价单策略的成本预测。相比简单的滑点方式，该预测方法既可以灵活地反映交易金额对成本的影响，又可以显著地区分不同股票交易成本的差异，从而使策略回测更加符合实际。
- 在预测限价单优先策略的成本时，要对限价成交和强制市价成交两部分单独进行，再按限价单成交比例合成。但该比例较难预测，从本文的示例来看，倘若限价单成交比例大幅低于实际，将导致更多的成交是遵循纯市价策略的成本预测方法，从而引入了本不该有的价差成本与盘口流动性成本。同时，更高的市价单成交占比也会显著推高盘口流动性成本，使预测成本更保守。
- 对于交易频率较高的量化策略而言，理论上美好的策略能否付诸实践，很多时候都依赖于更准确的交易成本估计。例如，在构建量化组合时，我们可以把每个想交易的股票的成本预测当作惩罚项加入优化目标，取代简单的统一滑点惩罚，从而尽可能避免回测结果和样本外的应用效果有较大差距。
- 风险提示。市场系统性风险、模型误设风险、有效因子变动风险。

## 目 录

1. 交易成本的组成与定义 .....	5
1.1 价格走势 .....	5
1.2 价格波动 .....	6
1.3 买卖价差 .....	6
1.4 盘口流动性 .....	7
1.5 限价单成交概率 .....	8
2. 不同交易策略的成本预测方法与效果 .....	8
2.1 不同交易策略的成本影响因素 .....	8
2.2 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测 .....	9
2.2.1 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测方法 .....	9
2.2.2 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测效果 .....	11
2.3 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测 .....	13
2.3.1 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测方法 .....	13
2.3.2 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测效果 .....	13
3. 总结 .....	15
4. 风险提示 .....	15

## 图目录

图 1	分时段收益保留比例的全市场均值（2021.06-2022.09）	6
图 2	开盘半小时内收益保留比例的均值与波动率（2021.06-2022.09）	6
图 3	开盘半小时内市价成交的额外成本（2021.06-2022.09）	7
图 4	开盘半小时内承担不同额外成本所能获得的即时成交量占比（2021.06-2022.09）	7
图 5	限价单成交概率与分钟涨跌幅的相关性（2021.06-2022.08）	8
图 6	开盘半小时内分钟价格波动的平均预测误差（2021.06-2022.09）	9
图 7	开盘半小时内分钟买卖价差的平均预测误差（2021.06-2022.09）	10
图 8	开盘半小时内盘口流动性的平均预测误差（2021.06-2022.09）	10
图 9	纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 100 万元）	11
图 10	纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 1000 万元）	11
图 11	纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 5000 万元）	11
图 12	纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 1 亿元）	11
图 13	限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 100 万元）	14
图 14	限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 1000 万元）	14
图 15	限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 5000 万元）	14
图 16	限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 1 亿元）	14

## 表目录

---

表 1 纯市价单策略的成本预测效果（2021.07-2022.09） .....	12
表 2 主要宽基指数纯市价单策略的成本预测误差汇总（2021.07-2022.09） .....	12
表 3 主要宽基指数成分股的限价单成交比例（2021.07-2022.09） .....	13
表 4 限价单优先策略的成本预测效果（2021.07-2022.09） .....	14
表 5 主要宽基指数限价单优先策略的成本预测误差汇总（2021.07-2022.09） .....	15

## 1. 交易成本的组成与定义

随着量化策略交易频率的逐步升高，以及单个标的交易金额随整体管理规模的上升而增大，交易成本对投资收益的影响变得愈发不可忽视。传统的简单滑点方式估计交易成本，已越来越难适应高频换仓与大金额下单的场景。因此，如何更好地预测交易成本，在整个量化策略的设计中正在占据越来越重要的地位。

结合海内外的实践经验，我们认为，一笔交易的成本通常可以分解为以下 5 个组成部分：

- 价格走势；
- 价格波动；
- 买卖价差；
- 盘口流动性；
- 限价单成交概率。

上述 5 个组成部分对不同类型算法交易策略的影响有显著差异，同时，不同组成部分的预测难度也相去甚远。

### 1.1 价格走势

从绝对收益角度来看，价格走势对于交易成本的影响往往最为显著，逆势交易所支付的成本远超其他成本的组成部分。假设昨日收盘后，我们综合各类信息打算在今日对投资组合进行调仓。那么，这个调仓的交易过程相当于买入相对看好的股票，卖出相对看空的股票。交易的目标便是保证所交易标的尽可能保留当日涨跌幅，从而接近策略的理论效果，因为策略理论上是按昨日收盘价调仓的。

于是，我们可定义收益保留比例为：

$$RevenueRatio = \left( \frac{ClosePrice}{TradePrice} - 1 \right) / \left( \frac{ClosePrice}{PreClosePrice} - 1 \right)$$

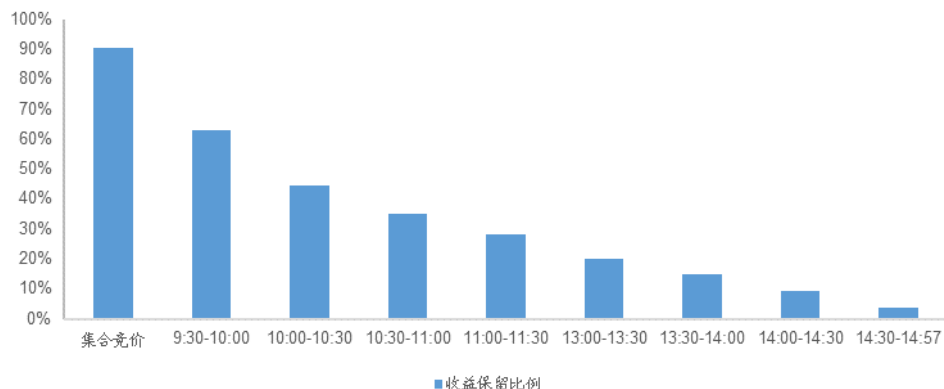
即，成交价（TradePrice）相对今收盘价的收益率与前收盘价相对今收盘价的收益率之比。为避免歧义，上述定义暂不考虑前收盘价和今收盘价相等的情形。该比值越大，代表交易的保留收益越高。若比值大于 1，则代表从交易中获取了超额收益；若比值小于 1，则代表交易过程产生了损失。

将全天的交易时段从集合竞价开始，以半小时为周期进行划分。其中，集合竞价为第一个单独的交易时段。考察每个时段内以每秒的 TWAP 交易，所得的全市场股票的平均收益保留比例，结果如图 1 所示。

从集合竞价开始，随着交易时段的延后，收益保留比例单调下降。平均而言，在集合竞价时段完成交易，能保留当日 90% 的收益率；而到了开盘后半小时，收益保留比例快速下降至 60%；如果在每日的最后一个小时交易，仅能保留当日 10% 的收益率。

因此，我们认为，在不考虑市场和个股流动性的前提下，越靠近开盘交易，就越有可能实现预期的策略效果。推广到日内信号型策略，越靠近信号触发时点交易，就有更大概率实现交易信号的逻辑，获取对应的预期收益。

图1 分时段收益保留比例的全市场均值（2021.06-2022.09）



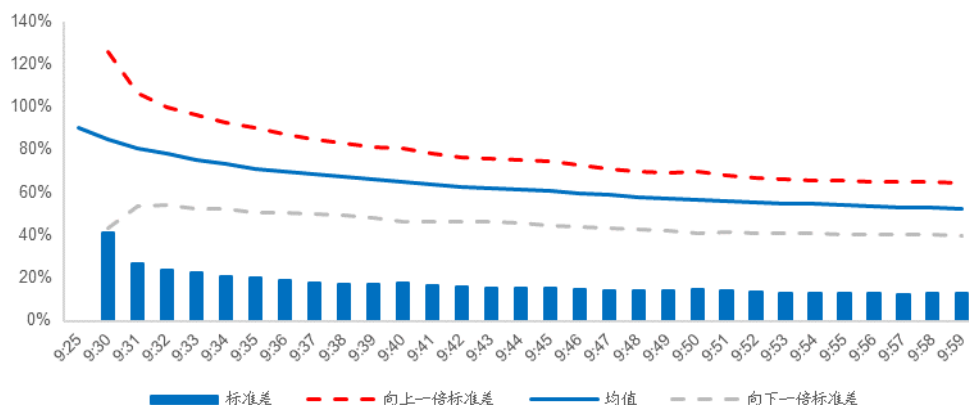
资料来源：Wind，海通证券研究所

## 1.2 价格波动

假设每分钟都以每秒的 TWAP 成交，我们进一步考察开盘半小时内（包括集合竞价）的平均收益保留比例（图 2）。同样地，在首个半小时内，也是越靠近开盘成交，收益保留比例越高。平均而言，从 9:30 的 80% 左右单调递减至 9:59 的 50% 左右。

然而，由于越靠近开盘，分钟内成交价的波动也越剧烈，因此，收益保留比例的不确定性就会大幅提高。如下图所示，开盘第一分钟内，收益保留比例的波动率就高达 40%；即使是开盘后的第 5 分钟，波动也高达 20% 以上。

图2 开盘半小时内收益保留比例的均值与波动率（2021.06-2022.09）



资料来源：Wind，海通证券研究所

由此可见，价格波动的幅度对收益保留比例有着重要影响。越靠近开盘时段交易，就越有可能遭遇较大的价格波动，造成收益保留比例大幅降低，甚至带来额外的交易成本。因此，在成本预测过程中，除了价格走势，还需纳入价格波动这一要素。

## 1.3 买卖价差

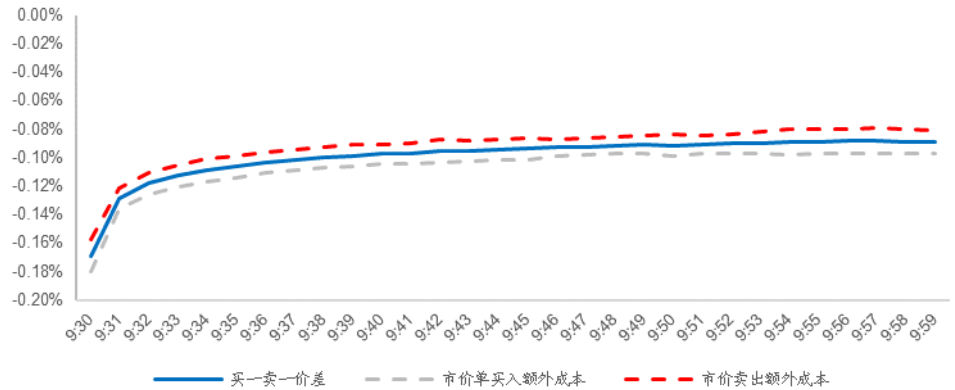
在前两个小节中讨论交易成本影响因素时，我们都假设交易是按 TWAP 完成的，这其中并未考虑主动买入或主动卖出的情形。当分钟内出现单边行情，即在单边上涨过程中买入或在单边下跌过程中卖出，想要完成交易就必须下市价单。那么，以每秒的 TWAP 作为期望的成交价，必然会在一定程度上低估交易成本。

因此，我们认为，买卖价差也是交易成本的一个重要组成部分，而它产生的影响可以通过如下这个简单的例子予以说明。



假设开盘后半小时内，每分钟的交易都以市价单，即对手方最优价格完成，那么最终的交易成本相对每秒 TWAP 成交的交易成本的增幅，如下图中的虚线所示。平均而言，市价单成交将增加 8-18 个 bps 的额外成本。而且，越靠近开盘，成本的增幅越大。例如，开盘第一分钟，市价单成交的额外成本接近 2%。

图3 开盘半小时内市价成交的额外成本（2021.06-2022.09）



资料来源：Wind，海通证券研究所

观察上图，我们还发现，市价单买入或卖出产生的额外成本的均值约等于买一卖一价差。因此，我们可以通过预测买卖价差，估计市价单成交的额外成本。

当然，完全以市价单成交是非常极端的情形，但实际交易都由限价单完成同样很难实现。故我们要承担多少市价单的额外成本，就与交易时的盘口流动性息息相关。

## 1.4 盘口流动性

以上三个交易成本的组成部分——价格走势、价格波动与买卖价差，只考虑了价格对交易成本的影响。当我们需要交易的量很小，同时市场流动性又很充足时，只考虑这三个因素已经足够。然而，当我们的单笔下单量较大，而市场流动性又不足时，那就有可能在价格之外产生非价格因素的额外成本。

下图一般被称为**盘口流动性表**，它展示了开盘后半小时内，承担不同额外成本下，全市场股票每分钟所能即时成交的量占其自由流通股本比例的均值。其中，红色和绿色分别代表委卖和委买盘口。≤0.5%表示承担 0.5%以内非价格因素的额外成本，所能获得的即时成交量占比。

图4 开盘半小时内承担不同额外成本所能获得的即时成交量占比（2021.06-2022.09）

	9:30	9:31	9:32	9:33	9:34	9:35	9:36	9:37	9:38	9:39	9:40	9:41	9:42	9:43	9:44	9:45	9:46	9:47	9:48	9:49	9:50	9:51	9:52	9:53	9:54	9:55	9:56	9:57	9:58	9:59
≤-5.0%	0.34%	0.36%	0.38%	0.41%	0.43%	0.44%	0.46%	0.48%	0.49%	0.50%	0.51%	0.52%	0.53%	0.54%	0.55%	0.55%	0.56%	0.57%	0.58%	0.59%	0.58%	0.59%	0.60%	0.60%	0.61%	0.61%	0.62%	0.62%	0.62%	0.63%
≤-4.5%	0.31%	0.32%	0.35%	0.37%	0.39%	0.40%	0.42%	0.43%	0.45%	0.46%	0.46%	0.47%	0.48%	0.49%	0.50%	0.50%	0.51%	0.52%	0.52%	0.53%	0.53%	0.53%	0.54%	0.55%	0.55%	0.55%	0.56%	0.56%	0.56%	0.57%
≤-4.0%	0.27%	0.29%	0.32%	0.33%	0.35%	0.36%	0.38%	0.39%	0.40%	0.41%	0.42%	0.42%	0.43%	0.44%	0.45%	0.45%	0.46%	0.46%	0.47%	0.48%	0.47%	0.48%	0.48%	0.49%	0.49%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.51%
≤-3.5%	0.24%	0.26%	0.28%	0.29%	0.31%	0.32%	0.33%	0.35%	0.36%	0.37%	0.37%	0.37%	0.38%	0.39%	0.40%	0.40%	0.40%	0.41%	0.42%	0.42%	0.42%	0.42%	0.43%	0.43%	0.44%	0.44%	0.44%	0.45%	0.45%	0.45%
≤-3.0%	0.21%	0.22%	0.24%	0.26%	0.27%	0.28%	0.29%	0.30%	0.31%	0.32%	0.32%	0.33%	0.33%	0.34%	0.34%	0.35%	0.35%	0.36%	0.36%	0.37%	0.36%	0.37%	0.37%	0.38%	0.38%	0.38%	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%
≤-2.5%	0.18%	0.19%	0.21%	0.22%	0.23%	0.24%	0.25%	0.26%	0.27%	0.27%	0.27%	0.28%	0.28%	0.29%	0.29%	0.30%	0.30%	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%
≤-2.0%	0.15%	0.16%	0.17%	0.18%	0.19%	0.20%	0.21%	0.21%	0.22%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.24%	0.24%	0.24%	0.25%	0.25%	0.25%	0.26%	0.25%	0.26%	0.26%	0.26%	0.27%	0.27%	0.27%	0.27%	0.27%	0.27%
≤-1.5%	0.12%	0.13%	0.14%	0.14%	0.15%	0.16%	0.16%	0.17%	0.17%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.19%	0.19%	0.19%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%
≤-1.0%	0.09%	0.09%	0.10%	0.11%	0.11%	0.12%	0.12%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%
≤-0.5%	0.06%	0.07%	0.07%	0.07%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.09%	0.09%	0.09%	0.09%	0.09%	0.09%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%
0%	0.04%	0.04%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%
0%	0.04%	0.04%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
≤-0.5%	0.06%	0.07%	0.07%	0.08%	0.08%	0.09%	0.09%	0.09%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
≤-1.0%	0.09%	0.10%	0.11%	0.12%	0.13%	0.13%	0.14%	0.14%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.16%	0.16%	0.16%	0.17%	0.17%	0.17%	0.17%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.19%	0.19%	0.19%	0.19%	0.19%	0.19%	0.19%
≤-1.5%	0.12%	0.14%	0.15%	0.16%	0.17%	0.18%	0.19%	0.20%	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%	0.22%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.24%	0.24%	0.25%	0.25%	0.24%	0.25%	0.25%	0.26%	0.26%	0.26%	0.27%	0.27%	0.27%
≤-2.0%	0.16%	0.17%	0.20%	0.21%	0.22%	0.23%	0.24%	0.26%	0.27%	0.27%	0.27%	0.28%	0.28%	0.29%	0.30%	0.30%	0.30%	0.31%	0.31%	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%	0.33%	0.34%	0.34%	0.34%	0.35%	0.35%	0.35%
≤-2.5%	0.19%	0.21%	0.24%	0.26%	0.27%	0.29%	0.30%	0.31%	0.33%	0.33%	0.33%	0.34%	0.35%	0.36%	0.36%	0.37%	0.37%	0.38%	0.38%	0.39%	0.39%	0.39%	0.40%	0.40%	0.41%	0.42%	0.42%	0.43%	0.43%	0.43%
≤-3.0%	0.23%	0.25%	0.28%	0.30%	0.32%	0.34%	0.35%	0.37%	0.39%	0.40%	0.40%	0.41%	0.41%	0.42%	0.43%	0.43%	0.44%	0.45%	0.46%	0.46%	0.46%	0.46%	0.47%	0.48%	0.49%	0.49%	0.50%	0.50%	0.51%	0.51%
≤-3.5%	0.26%	0.29%	0.33%	0.35%	0.37%	0.39%	0.41%	0.43%	0.45%	0.46%	0.46%	0.46%	0.48%	0.49%	0.50%	0.50%	0.51%	0.52%	0.53%	0.54%	0.53%	0.53%	0.54%	0.55%	0.56%	0.57%	0.57%	0.58%	0.58%	0.59%
≤-4.0%	0.30%	0.33%	0.37%	0.40%	0.42%	0.44%	0.46%	0.48%	0.50%	0.52%	0.52%	0.53%	0.54%	0.55%	0.56%	0.57%	0.58%	0.59%	0.60%	0.61%	0.60%	0.61%	0.62%	0.63%	0.64%	0.65%	0.66%	0.66%	0.66%	0.66%
≤-4.5%	0.34%	0.37%	0.41%	0.44%	0.47%	0.50%	0.52%	0.54%	0.56%	0.57%	0.58%	0.58%	0.60%	0.61%	0.63%	0.63%	0.64%	0.65%	0.66%	0.66%	0.67%	0.68%	0.69%	0.70%	0.71%	0.72%	0.73%	0.74%	0.74%	0.74%
≤-5.0%	0.37%	0.41%	0.45%	0.49%	0.52%	0.55%	0.57%	0.59%	0.62%	0.63%	0.63%	0.64%	0.66%	0.67%	0.69%	0.70%	0.71%	0.72%	0.73%	0.74%	0.74%	0.74%	0.76%	0.77%	0.78%	0.79%	0.80%	0.81%	0.81%	0.81%

资料来源：Wind，海通证券研究所

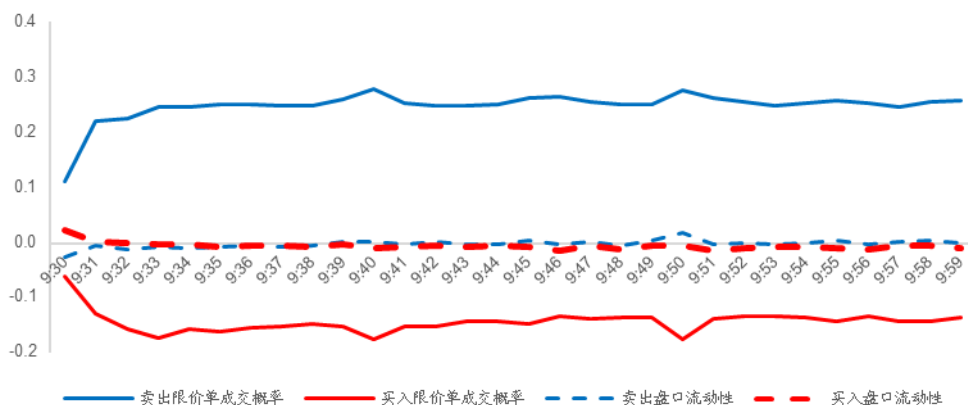
从时间维度来看，越靠近开盘，流动性越差。此时，想要获得相同的成交量，需要负担更多的额外成本；或者说，承担相同的额外成本，获得的成交量更少。从同一时刻上的买卖对比来看，买盘的流动性一般优于卖盘。故绝大多数情况下，卖出股票所需付出的额外成本更小。

## 1.5 限价单成交概率

上文介绍的四个因素未必都会影响交易成本。例如，若所有成交都以限价单完成，那么，买卖价差和盘口流动性就与成本无关，价格走势和价格波动是唯二的决定因素。实际上，限价单成交概率决定了前四个因素中的哪几个会对成本产生影响，所以我们可以将它视为第五个因素。

然而，预测限价单成交概率也绝非易事。但可以想见，它与股价的涨跌应当有着较强的相关性。定义下一个 3 秒内，1 档盘口以外委托单的成交量为限价单成交量，与全天成交量的比值为限价单成交概率的近似。它与同分钟的涨跌幅及 1 档盘口流动性的相关性如下图所示。不论是买入还是卖出，限价单成交概率与分钟涨跌幅的相关性约是它与盘口流动性相关性的 20 倍以上。

图5 限价单成交概率与分钟涨跌幅的相关性（2021.06-2022.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

## 2. 不同交易策略的成本预测方法与效果

### 2.1 不同交易策略的成本影响因素

从拆单方法来看，算法交易可分为 TWAP 与 VWAP 两类；而从拆单后的下单模式来看，可分为纯市价单与限价单优先两类。两两组合，可得以下四种算法交易类型。

1. 基于 TWAP 的纯市价单策略
2. 基于 TWAP 的限价单优先策略
3. 基于 VWAP 的纯市价单策略
4. 基于 VWAP 的限价单优先策略

这四种算法交易模式的复杂度由简入难，其成本的影响因素也由少到多。

首先，VWAP 拆单相较 TWAP 拆单可以在理论上更加贴近当日成交状况。尤其是当下单金额较大时，可以尽可能避免流动性不足导致的额外成本。但 VWAP 拆单需要预测当日的成交分布，因而预测准确率也会对成本产生较大影响。

其次，限价单优先的下单策略相较纯市价单策略，理论上会更节省成本。理想状态



下，如果所有订单均以限价单成交，则完全不需要承担 1.3 节中介绍的买卖价差成本。但由 1.5 节可知，限价单成本节省的效果与其成交概率正相关。限价单成交的概率越高，买卖价差成本的节省效果越好；限价单成交概率越低，除了无法节省买卖价差成本外，还可能需要承担更高的盘口流动性成本。

为降低成本预测的复杂度，我们假定下文交易成本的测算均以 TWAP 理论成交价为基准，暂不考虑 VWAP 成交的情形。

理论上，价格走势是成本的首要影响因素，这也是我们在介绍成本的组成部分时，把它第一个提出来的原因。不过，对价格走势的判断也是收益预测模型关注的核心。因此，为避免引入更复杂的模型和更多的不确定性，我们暂不考虑价格走势对成本的影响。这样一来，不同 TWAP 交易策略的成本影响因素可以归纳为，

- 基于 TWAP 的纯市价单策略：价格波动、买卖价差、盘口流动性。
- 基于 TWAP 的限价单优先策略：价格波动、买卖价差、盘口流动性、限价单成交比例。

## 2.2 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测

### 2.2.1 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测方法

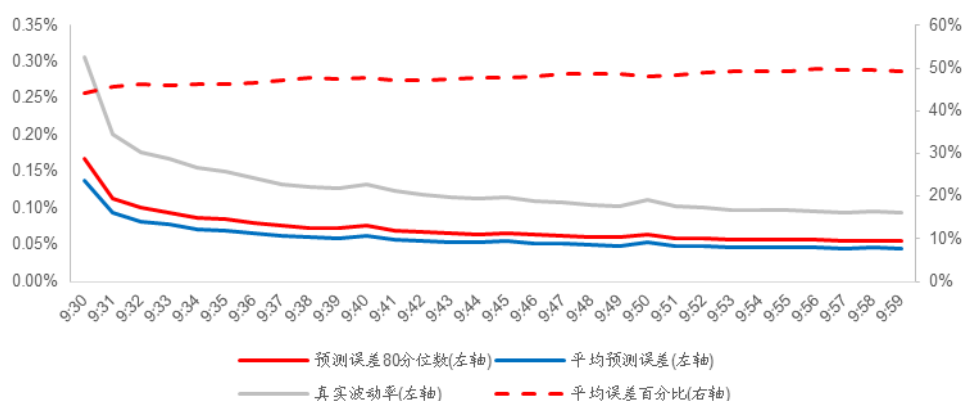
基于 TWAP 的纯市价单策略只受价格波动、买卖价差和盘口流动性影响，故我们只需分别预测这三个因素。

我们定义，价格波动导致的成本约等于分钟成交价相对前收盘价收益率的标准差。

$$VolCost = SD \left( \frac{TradePrice}{PreClose} - 1 \right)$$

由于收益率的波动有聚集性，因此预测第 i 分钟的波动率时，我们使用了过去五个交易日的第 i 分钟价格波动的滑动平均作为预测值。如下图所示，开盘后的一分钟，全市场股票价格波动的平均预测误差（预测误差：预测值和真实值之差的绝对值，下同）的均值为 14bps，80%分位数为 17bps，均为 10 点前峰值。随后，平均预测误差的均值逐步下降至 4bps 左右，80%分位数也同步下降至 5bps 左右，并同时保持稳定。虽然开盘后的误差较大，但平均误差百分比始终在 44%至 50%之间，与交易时段无关。

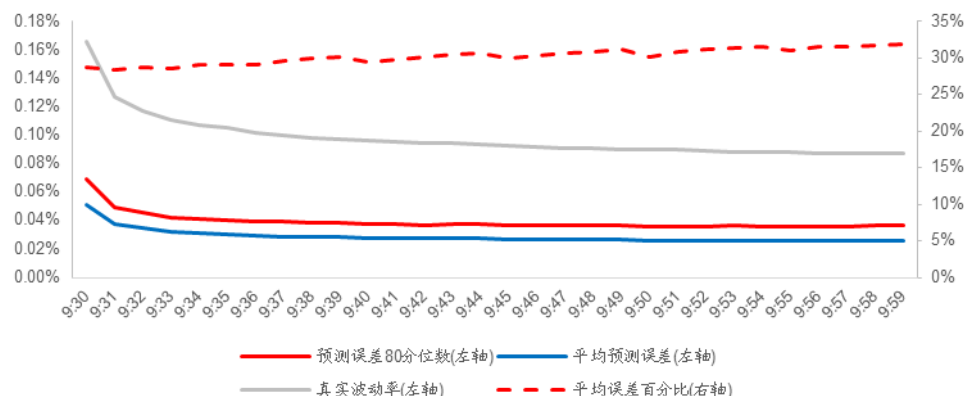
图6 开盘半小时内分钟价格波动的平均预测误差（2021.06-2022.09）



资料来源：Wind，海通证券研究所

我们用同样的方式预测买卖价差，即，取过去 5 个交易日同一分钟内买卖价差的均值作为当日该分钟买卖价差的预测。如下图所示，买卖价差的预测精度显著优于价格波动，平均预测误差的均值在 2-6bps 之间，平均误差百分比在 28%-32%之间。

图7 开盘半小时内分钟买卖价差的平均预测误差 (2021.06-2022.09)



资料来源：Wind，海通证券研究所

与前面两个因素的预测效果相比，盘口流动性的预测效果则要差得多。如下图所示，不同时间上的平均误差百分比都在40%以上。尤其是在买一和卖一（额外成本=0‰）处，平均误差百分比将达到60%，甚至70%以上。

图8 开盘半小时内盘口流动性的平均预测误差 (2021.06-2022.09)

	9:30	9:31	9:32	9:33	9:34	9:35	9:36	9:37	9:38	9:39	9:40	9:41	9:42	9:43	9:44	9:45	9:46	9:47	9:48	9:49	9:50	9:51	9:52	9:53	9:54	9:55	9:56	9:57	9:58	9:59
<=5.0‰	52.2%	51.2%	51.5%	51.7%	52.2%	52.2%	52.5%	52.8%	53.2%	53.2%	52.9%	53.4%	53.6%	53.8%	54.0%	53.8%	53.8%	54.0%	54.0%	54.0%	53.5%	54.0%	54.1%	54.2%	54.3%	54.3%	54.5%	54.6%	54.6%	54.8%
<=4.5‰	53.0%	52.0%	52.2%	52.4%	52.9%	52.9%	53.2%	53.5%	53.9%	53.9%	53.6%	54.1%	54.3%	54.5%	54.7%	54.5%	54.5%	54.8%	54.8%	54.8%	54.2%	54.8%	54.9%	55.0%	55.0%	55.1%	55.3%	55.4%	55.4%	55.6%
<=4.0‰	53.8%	52.8%	53.0%	53.1%	53.6%	53.6%	53.9%	54.3%	54.6%	54.6%	54.3%	54.8%	55.1%	55.2%	55.4%	55.3%	55.3%	55.5%	55.5%	55.5%	55.0%	55.6%	55.7%	55.8%	55.8%	55.9%	56.1%	56.2%	56.2%	56.4%
<=3.5‰	54.6%	53.6%	53.7%	53.9%	54.3%	54.3%	54.7%	55.0%	55.4%	55.4%	55.1%	55.6%	55.9%	56.1%	56.3%	56.1%	56.2%	56.4%	56.4%	56.4%	55.8%	56.5%	56.6%	56.7%	56.8%	56.8%	57.1%	57.2%	57.2%	57.4%
<=3.0‰	55.4%	54.4%	54.5%	54.7%	55.1%	55.1%	55.5%	55.9%	56.3%	56.3%	55.9%	56.5%	56.8%	57.0%	57.2%	57.0%	57.1%	57.4%	57.4%	57.4%	56.8%	57.5%	57.6%	57.8%	57.8%	57.9%	58.1%	58.3%	58.3%	58.5%
<=2.5‰	56.3%	55.3%	55.3%	55.5%	56.0%	56.0%	56.4%	56.8%	57.3%	57.3%	56.9%	57.5%	57.8%	58.0%	58.3%	58.0%	58.2%	58.5%	58.5%	58.6%	57.9%	58.7%	58.9%	59.0%	59.1%	59.1%	59.4%	59.5%	59.5%	59.8%
<=2.0‰	57.2%	56.2%	56.2%	56.4%	56.9%	57.0%	57.5%	57.9%	58.4%	58.4%	58.0%	58.7%	59.0%	59.3%	59.5%	59.3%	59.5%	59.8%	59.9%	60.0%	59.2%	60.2%	60.3%	60.5%	60.6%	60.6%	60.9%	61.1%	61.1%	61.4%
<=1.5‰	58.2%	57.1%	57.2%	57.4%	58.0%	58.1%	58.7%	59.2%	59.7%	59.7%	59.3%	60.0%	60.4%	60.8%	61.0%	60.8%	61.1%	61.5%	61.5%	61.7%	60.8%	62.0%	62.1%	62.3%	62.5%	62.4%	62.7%	63.0%	63.0%	63.3%
<=1.0‰	59.3%	58.1%	58.1%	58.5%	59.2%	59.3%	60.0%	60.7%	61.2%	61.3%	60.8%	61.6%	62.1%	62.5%	62.9%	62.6%	62.9%	63.5%	63.6%	63.7%	62.8%	64.1%	64.3%	64.6%	64.8%	64.6%	65.0%	65.3%	65.4%	65.7%
<=0.5‰	60.7%	59.4%	59.4%	59.8%	60.5%	60.7%	61.5%	62.4%	63.0%	63.1%	62.6%	63.5%	64.0%	64.5%	65.0%	64.8%	65.2%	65.7%	65.9%	66.2%	65.1%	66.4%	66.8%	67.1%	67.6%	67.2%	67.8%	68.2%	68.2%	68.6%
0‰	64.1%	63.3%	63.2%	63.5%	64.2%	64.5%	65.5%	66.4%	67.1%	67.1%	66.7%	67.4%	68.1%	68.7%	69.3%	69.1%	69.5%	70.1%	70.5%	70.8%	69.5%	70.8%	71.4%	71.8%	72.2%	71.9%	72.6%	73.1%	73.0%	73.5%
0‰	61.7%	60.4%	60.2%	60.7%	61.3%	61.6%	62.1%	62.9%	63.6%	64.0%	64.2%	64.6%	65.1%	65.5%	65.9%	65.8%	66.2%	66.4%	66.9%	67.3%	67.3%	68.0%	68.2%	68.3%	68.4%	68.7%	69.1%	69.2%	69.5%	69.9%
<=0.5‰	59.2%	57.9%	57.7%	58.4%	59.1%	59.4%	59.9%	60.6%	61.3%	61.6%	61.7%	62.2%	62.6%	62.9%	63.3%	63.3%	63.7%	63.8%	64.3%	64.6%	64.5%	65.4%	65.4%	65.5%	65.4%	65.7%	66.1%	66.1%	66.5%	66.8%
<=1.0‰	58.3%	57.2%	56.8%	57.5%	58.1%	58.3%	58.7%	59.2%	59.8%	60.1%	60.1%	60.6%	60.8%	61.0%	61.3%	61.4%	61.7%	61.8%	62.2%	62.5%	62.4%	63.1%	63.0%	63.0%	63.0%	63.0%	63.4%	63.4%	63.7%	64.1%
<=1.5‰	57.4%	56.2%	55.7%	56.2%	56.6%	56.8%	57.1%	57.4%	57.9%	58.1%	58.1%	58.6%	58.7%	58.9%	59.1%	59.1%	59.3%	59.4%	59.7%	60.0%	59.9%	60.5%	60.4%	60.3%	60.2%	60.3%	60.5%	60.5%	60.8%	61.1%
<=2.0‰	56.4%	55.1%	54.5%	54.8%	55.2%	55.2%	55.4%	55.7%	56.1%	56.2%	56.2%	56.6%	56.7%	56.8%	56.9%	56.9%	57.1%	57.2%	57.5%	57.7%	57.6%	58.1%	57.9%	57.9%	57.8%	57.8%	57.9%	57.9%	58.1%	58.4%
<=2.5‰	55.4%	54.0%	53.3%	53.5%	53.8%	53.8%	53.9%	54.1%	54.4%	54.5%	54.5%	54.9%	54.9%	54.9%	55.0%	55.0%	55.1%	55.2%	55.4%	55.6%	55.6%	56.0%	55.8%	55.7%	55.6%	55.6%	55.7%	55.7%	55.9%	56.0%
<=3.0‰	54.4%	53.0%	52.2%	52.3%	52.5%	52.4%	52.5%	52.7%	52.9%	52.9%	52.9%	53.3%	53.3%	53.3%	53.3%	53.3%	53.3%	53.5%	53.6%	53.8%	53.8%	54.1%	53.9%	53.8%	53.7%	53.6%	53.8%	53.7%	53.9%	54.0%
<=3.5‰	53.4%	52.0%	51.1%	51.1%	51.3%	51.1%	51.2%	51.3%	51.5%	51.5%	51.5%	51.8%	51.8%	51.8%	51.8%	51.8%	51.7%	51.8%	52.0%	52.2%	52.1%	52.4%	52.2%	52.0%	51.9%	51.9%	52.0%	52.1%	52.2%	52.4%
<=4.0‰	52.5%	51.0%	50.1%	50.1%	50.2%	50.0%	50.0%	50.1%	50.2%	50.2%	50.2%	50.5%	50.4%	50.4%	50.4%	50.4%	50.3%	50.4%	50.5%	50.7%	50.6%	50.8%	50.6%	50.5%	50.4%	50.4%	50.5%	50.4%	50.5%	50.6%
<=4.5‰	51.6%	50.1%	49.2%	49.1%	49.1%	48.9%	48.8%	49.0%	49.1%	49.0%	49.0%	49.3%	49.2%	49.2%	49.2%	49.1%	48.9%	49.0%	49.2%	49.3%	49.2%	49.4%	49.2%	49.1%	49.0%	49.0%	49.0%	49.0%	49.1%	49.1%
<=5.0‰	50.8%	49.2%	48.3%	48.1%	48.1%	47.9%	47.8%	47.9%	48.0%	47.9%	47.9%	48.1%	48.1%	48.0%	48.0%	48.0%	47.7%	47.8%	47.9%	48.0%	48.0%	48.1%	47.9%	47.8%	47.7%	47.7%	47.7%	47.7%	47.7%	47.8%

资料来源：Wind，海通证券研究所

有了这三个要素的预测，纯市价单策略相对于同时段 TWAP 的成本可写为，

$$Cost_{min} = VolCost_{min} + DiffCost_{min} + SheetLiqCost_{min}$$

其中， $VolCost_{min}$  表示价格波动成本， $DiffCost_{min}$  表示买卖价差成本， $SheetLiqCost_{min}$  表示盘口流动性成本。

但需要注意的是，图 6-8 展示的预测都假设每秒交易 1 次，即每分钟交易 60 次。但在实际交易中，囿于网络延迟、柜台处理能力不足等因素，很难实现每秒交易。因此，真实的成本也将受到交易次数的影响。

我们假设每分钟的交易次数为  $n$  ( $n \leq 6$ )，那么价格波动成本变为在样本数为  $N$  ( $N = 60$ ) 的总体中抽取  $n$  个样本后，这些样本的标准差：

$$VolCost_{min} = \beta * \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} * \left( \frac{PreVolCost_{min}}{\sqrt{n}} \right)$$

其中， $PreVolCost_{min}$  为上文预测的分钟波动率。 $\beta$  是一个经验参数，代表投资者对市场

环境的判断。如果认为流动性较差，抽样价格将会较大幅度偏离 TWAP，那么可以适当调高 $\beta$ ；反之，较小的 $\beta$ 代表投资者有信心接近 TWAP。若 $\beta = 0$ ，则表明不存在价格波动成本。显然，当其他变量相同时，分钟内的下单次数越多，价格波动成本越低。例如，每分钟交易 6 次的价格波动成本大约仅为交易 1 次的 39% ( $= 3/\sqrt{59}$ )。

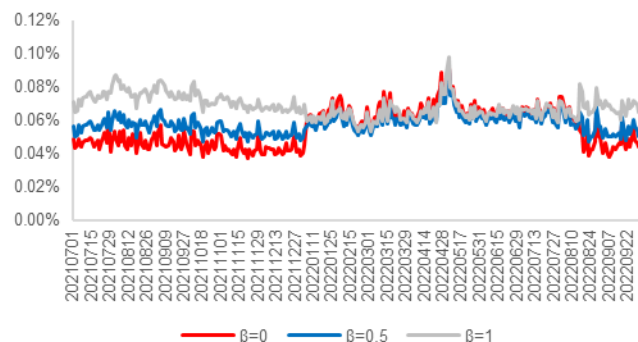
需要注意的是，有关价格波动成本和买卖价差成本的预测，本节都提出了简洁的方法。但对于盘口流动性成本，我们只通过图 8 展示了预测误差，并未给出具体的预测方式。这是因为，盘口流动性成本通常无法用一个简单的公式描述。常见的做法是，事先基于历史交易数据，绘制类似图 4 的盘口流动性表；随后根据交易量和交易时间，查表获得盘口流动性成本。

## 2.2.2 基于 TWAP 的纯市价单策略的成本预测效果

我们以沪深 300、中证 500、中证 1000 三个主流宽基指数的 1800 只成分股作为研究对象，采用纯市价单策略，以每个股票分别交易 100 万、1000 万、5000 万和 1 亿元进行买卖模拟测试。考察 2021.07-2022.09 期间，不同交易金额下，预测的成本和利用真实行情模拟撮合的成本之间的差异。

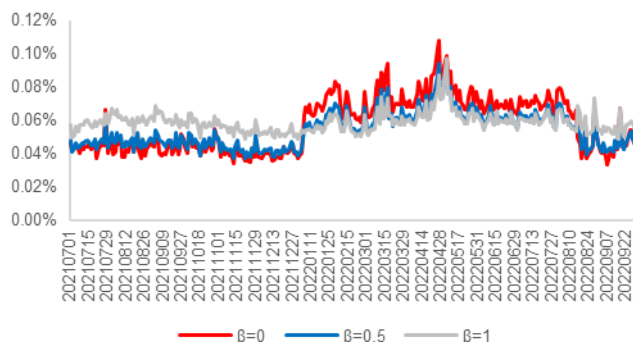
如以下 4 图所示，随着单个股票交易金额的上升，预测误差也逐渐扩大。但是，选择合适的 $\beta$ ，却可以获得相对更优的效果。当交易金额较低时（图 9-10），较小的 $\beta$ 可使预测成本更贴近真实值；一旦交易金额较高（图 11-12），较小的 $\beta$ 对应的预测误差反而更大。此时，调高 $\beta$ ，更加保守地预测成本是相对合理的选择。

图9 纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 100 万元）



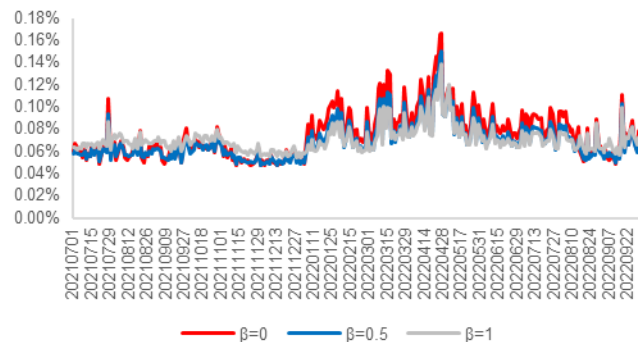
资料来源：Wind，海通证券研究所

图10 纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 1000 万元）



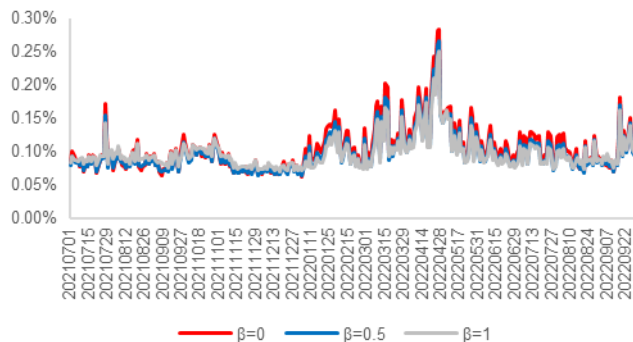
资料来源：Wind，海通证券研究所

图11 纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 5000 万元）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图12 纯市价单策略的成本预测误差（每个股票 1 亿元）



资料来源：Wind，海通证券研究所

除了成交金额，不同时段的预测误差也有明显的差异。例如，2021 年 12 月至 2022 年 4 月，市场下跌幅度较大，成交量也明显萎缩。在此期间，不同交易金额的成本预测精度普遍下降，预测误差相比其余时期大幅上升。



相比简单的滑点方式，上文介绍的预测方法既可以灵活地反映交易金额对成本的影响，又可以显著地区分不同股票交易成本的差异，从而使策略回测更加符合实际。

下表展示了不同交易金额和 $\beta$ 下，使用本文方法和滑点方式的成本预测误差。首先，当交易金额较小时（100 万元或 1000 万元），滑点方式不失为一种简单却行之有效的预测。其平均误差与本文方法的结果并无显著区别。但当交易金额较大时（5000 万元或 1 亿元），滑点方式相比本文方法的预测精度就要差很多了。

表 1 纯市价单策略的成本预测效果（2021.07-2022.09）

		平均误差	误差 IC	误差 IC 的离散系数
100 万元	$\beta=0$	0.056%	0.341	0.311
	$\beta=0.5$	0.058%	0.338	0.266
	$\beta=1$	0.069%	0.323	0.230
	滑点（0.1%）	0.063%	-	-
1000 万元	$\beta=0$	0.058%	0.396	0.288
	$\beta=0.5$	0.054%	0.400	0.251
	$\beta=1$	0.059%	0.396	0.218
	滑点（0.1%）	0.056%	-	-
5000 万元	$\beta=0$	0.075%	0.623	0.103
	$\beta=0.5$	0.070%	0.625	0.095
	$\beta=1$	0.071%	0.620	0.090
	滑点（0.1%）	0.103%	-	-
1 亿元	$\beta=0$	0.105%	0.718	0.043
	$\beta=0.5$	0.099%	0.719	0.040
	$\beta=1$	0.099%	0.716	0.038
	滑点（0.1%）	0.188%	-	-

资料来源：Wind，海通证券研究所

其次，预测成本与真实成本之间较高的 IC 则表明，本文的预测方法对不同股票的真实交易成本有较好的截面区分度。尤其是随着交易金额的提升，本文方法捕捉股票间交易成本差异的能力也在逐渐增强。

第三，和图 9-12 的结论一致，参数 $\beta$ 也会影响预测误差。从我们的回测结果来看， $\beta$ 取 0.5 在 4 种不同交易金额下都是相对较优的选择。

进一步分别在三个主流宽基指数的成分股内，按照指数权重分配交易金额后（总交易金额=第二列的金额\*成分股数量，下同），再计算成本预测误差，结果如下表所示。

表 2 主要宽基指数纯市价单策略的成本预测误差汇总（2021.07-2022.09）

		滑点（0.1%）	$\beta=0$	$\beta=0.5$	$\beta=1$
沪深 300	100 万元	0.079%	0.043%	0.049%	0.063%
	1000 万元	0.060%	0.031%	0.033%	0.044%
	5000 万元	0.040%	0.033%	0.035%	0.045%
	1 亿元	0.042%	0.040%	0.038%	0.045%
中证 500	100 万元	0.065%	0.051%	0.056%	0.068%
	1000 万元	0.053%	0.053%	0.051%	0.059%
	5000 万元	0.075%	0.064%	0.059%	0.062%
	1 亿元	0.136%	0.083%	0.076%	0.078%
中证 1000	100 万元	0.072%	0.067%	0.069%	0.081%
	1000 万元	0.063%	0.071%	0.066%	0.072%
	5000 万元	0.128%	0.093%	0.085%	0.084%
	1 亿元	0.238%	0.128%	0.120%	0.117%

资料来源：Wind，海通证券研究所

对于成分股流动性很好的沪深 300 指数，较小的 $\beta$ 通常都对应更小的预测误差；对于流动性不如沪深 300 的中证 500 指数，当交易金额较大时，更保守的 $\beta$ （0.5 或 1）设定，可以减小预测误差；而对于流动性在三者中最差的中证 1000 指数，除非每个股票的交易金额较小，如，100 万，否则我们都应该选择较大的 $\beta$ 参数来预测成本。

## 2.3 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测

### 2.3.1 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测方法

限价单优先策略是指，先尽可能以限价单形式成交，再将未成交部分以市价单强制成交。所以，在预测成本时，也要对限价成交和强制市价成交两部分单独进行，再按成交比例合成。由于限价成交部分的成本只与价格波动有关，因此，最终的预测成本为，

$$Cost_{min} = Weight_{l,min} * VolCost_{l,min} + Weight_{m,min} * (VolCost_{m,min} + DiffCost_{min} + SheetLiqCost_{min})$$

其中， $VolCost_{l,min}$ 与 $VolCost_{m,min}$ 分别代表限价单和市价单的价格波动成本，它们的计算公式相同，但下单次数  $n$  会随不同的下单策略变化。 $Weight_{l,min}$ 与 $Weight_{m,min}$ 分别代表限价单和市价单的成交占比，具体数值由下单策略、股票价格走势等多重因素决定。而由前文可知，该参数的预测难度很大，故后文将通过人为设定，对其进行简化。

### 2.3.2 基于 TWAP 的限价单优先策略的成本预测效果

首先，我们将限价单优先策略设定为，对于每分钟的欲交易量  $m$ ，在前半分钟先尝试三次限价单成交。第一次下单量为  $m/3$ ，后两次下单量为  $m/3$  加上前序下单的未成交部分；后半分钟则将前半分钟的未成交部分等分为 3 份，分三次以市价成交。

随后，我们对中证 800+中证 1000 的成分股，并假设每个股票的交易金额为 100 万、1000 万、5000 万和 1 亿元，采用等权或按指数权重再分配交易金额两种方式，分别利用限价单交易策略进行买卖模拟测试，得到的限价单成交比例如下表所示。

表 3 主要宽基指数成分股的限价单成交比例（2021.07-2022.09）

		买入	卖出	买卖均值
1800 只股票等权	100 万元	55.2%	52.9%	54.0%
	1000 万元	41.8%	39.2%	40.5%
	5000 万元	25.1%	23.1%	24.1%
	1 亿元	17.8%	16.4%	17.1%
沪深 300 (指数权重分配)	100 万元	73.1%	74.6%	73.8%
	1000 万元	63.4%	65.9%	64.7%
	5000 万元	45.1%	48.3%	46.7%
	1 亿元	34.3%	37.4%	35.9%
中证 500 (指数权重分配)	100 万元	58.5%	60.2%	59.4%
	1000 万元	45.4%	47.8%	46.6%
	5000 万元	26.7%	28.7%	27.7%
	1 亿元	18.4%	19.8%	19.1%
中证 1000 (指数权重分配)	100 万元	58.0%	60.4%	59.2%
	1000 万元	41.7%	44.7%	43.2%
	5000 万元	22.4%	24.3%	23.4%
	1 亿元	14.8%	16.0%	15.4%

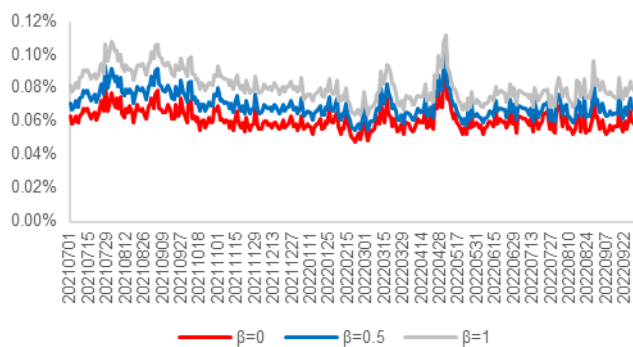
资料来源：Wind；海通证券研究所

同样的交易金额，买入和卖出的限价单成交比例并无显著差异；但不论是哪个指数或何种交易金额分配方式，随着交易金额的上升，限价单成交比例都显著下降。若按指数权重分配交易金额，则金额大小和成分股流动性的影响更甚。同样是从 100 万变为 1 亿，沪深 300 的买卖平均成交比例仍有 36%，而中证 500 和中证 1000 均不足 20%。



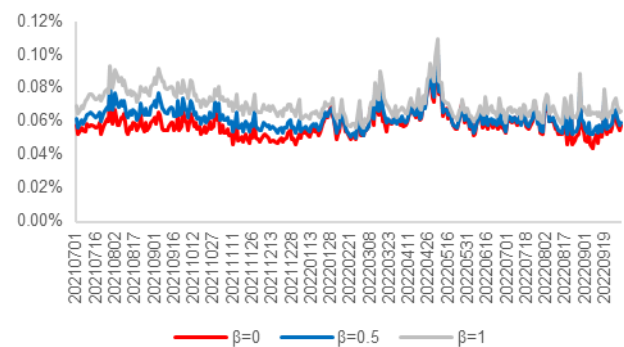
参考上表中等权交易的测算结果，我们假定每只股票的交易金额为 100 万、1000 万、5000 万和 1 亿时，对应的限价单成交比例为 50%、40%、20%和 10%，那么在 2021.07-2022.09 期间计算得到的交易成本预测误差如以下 4 图所示。

图13 限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 100 万元）



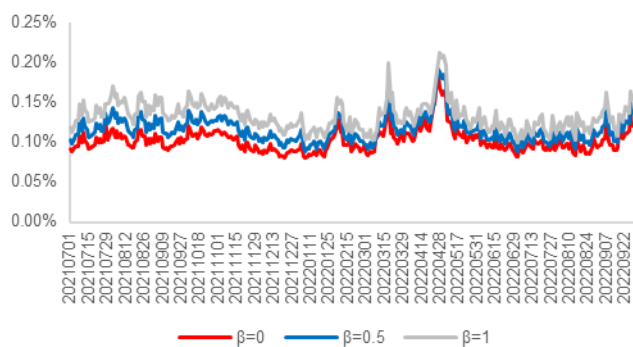
资料来源：Wind，海通证券研究所

图14 限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 1000 万元）



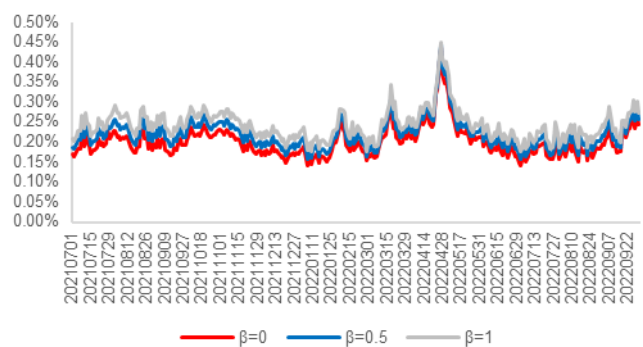
资料来源：Wind，海通证券研究所

图15 限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 5000 万元）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图16 限价单优先策略的成本预测误差（每个股票 1 亿元）



资料来源：Wind，海通证券研究所

与纯市价策略相比，限价单优先策略的预测误差更高，但β对误差的影响程度则要更低。可能的原因是，人为设定的限价单成交比例与实际情况存在差异，使得β对预测结果的影响能力变弱。

下表进一步展示了限价单优先策略在不同β和交易金额下的平均预测误差。和简单的滑点方式相比，本文方法的预测虽然精度相对更高，但却明显不及表 1 中的纯市价策略。这是因为，根据模拟撮合的结果，我们设定的限价单成交比例远低于实际，导致更多的成交是遵循纯市价策略的成本预测方法，从而引入了本不该有的价差成本与盘口流动性成本。同时，更高的市价单成交比例也会显著推高盘口流动性成本，使成本预测更保守。

表 4 限价单优先策略的成本预测效果（2021.07-2022.09）

		平均误差	误差 IC	误差 IC 的离散系数
100 万元	β=0	0.061%	0.249	0.241
	β=0.5	0.070%	0.216	0.263
	β=1	0.081%	0.190	0.297
	滑点（0.1%）	0.082%	-	-
	β=0	0.058%	0.421	0.159
1000 万元	β=0.5	0.062%	0.390	0.159
	β=1	0.071%	0.358	0.179
	滑点（0.1%）	0.070%	-	-

5000 万元	$\beta=0$	0.103%	0.734	0.043
	$\beta=0.5$	0.116%	0.731	0.043
	$\beta=1$	0.133%	0.725	0.044
	滑点 (0.1%)	0.149%	-	-
1 亿元	$\beta=0$	0.201%	0.721	0.051
	$\beta=0.5$	0.220%	0.719	0.050
	$\beta=1$	0.242%	0.716	0.050
	滑点 (0.1%)	0.305%	-	-

资料来源: Wind, 海通证券研究所

我们进一步根据指数权重分配交易金额, 计算三个主流宽基指数成分股交易成本的平均预测误差。如下表所示, 相较于简单滑点法, 本文方法在限价单优先策略中对成本预测误差的改善, 尤其是在交易金额较大时, 明显不及表 2 中的纯市价单策略。

表 5 主要宽基指数限价单优先策略的成本预测误差汇总 (2021.07-2022.09)

		滑点 (0.1%)	$\beta=0$	$\beta=0.5$	$\beta=1$
沪深 300	100 万元	0.103%	0.062%	0.074%	0.088%
	1000 万元	0.086%	0.045%	0.058%	0.072%
	5000 万元	0.056%	0.070%	0.088%	0.108%
	1 亿元	0.051%	0.111%	0.132%	0.156%
中证 500	100 万元	0.090%	0.062%	0.073%	0.086%
	1000 万元	0.070%	0.055%	0.064%	0.077%
	5000 万元	0.088%	0.096%	0.111%	0.131%
	1 亿元	0.186%	0.176%	0.198%	0.223%
中证 1000	100 万元	0.093%	0.074%	0.085%	0.099%
	1000 万元	0.075%	0.070%	0.077%	0.088%
	5000 万元	0.166%	0.126%	0.141%	0.161%
	1 亿元	0.358%	0.235%	0.256%	0.280%

资料来源: Wind, 海通证券研究所

### 3. 总结

交易成本是投资过程中的重要一环, 本文根据海内外的实践经验, 将其分为价格走势、价格波动、买卖价差、盘口流动性、限价单成交概率五个部分, 它们对于不同交易策略的影响程度也各不相同。因此, 深入探究每个组成部分对成本的作用机制, 分析哪些部分是可预测的, 哪些又相对难以预测, 对更为精准地预测交易成本非常重要。

本文通过两个基于 TWAP 的纯市价单和限价单优先策略, 展示了交易成本的预测方法, 并将其与简单的滑点方式进行了对比。对于纯市价单策略, 由于不涉及成交概率这一较难预测的因素, 故最终的成本预测误差显著优于滑点方式; 而对于限价单优先策略, 限价单成交概率的预测准确性很大程度上决定了最终的成本预测效果。我们认为, 虽然本文介绍的这两种方法都对市场和预测过程做了诸多简化, 有效性有待商榷, 但仍不失为研究交易成本预测的一个良好起点。

对于交易频率较高的量化策略而言, 理论上美好的策略能否付诸实践, 很多时候都依赖于更准确的交易成本估计。例如, 在构建量化组合时, 我们可以把每个想交易的股票的成本预测当作惩罚项加入优化目标, 取代简单的统一滑点惩罚, 从而尽可能避免回测结果和样本外的应用效果有较大差距。当然, 交易成本的预测还有很多不同的应用场景, 这也是我们未来研究的一个重要方向。

### 4. 风险提示

市场系统性风险、模型误设风险、有效因子变动风险。

## 信息披露

### 分析师声明

冯佳睿 金融工程研究团队  
余浩淼 金融工程研究团队

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 法律声明

。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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。

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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，海通证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经海通证券研究所书面授权，本研究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。如欲引用或转载本文内容，务必联络海通证券研究所并获得许可，并需注明出处为海通证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，海通证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

## 海通证券股份有限公司研究所

路 颖 所长  
(021)23219403 luying@haitong.com邓 勇 副所长  
(021)23219404 dengyong@haitong.com荀玉根 副所长  
(021)23219658 xyg6052@haitong.com涂力鑫 所长助理  
(021)23219747 tll5535@haitong.com余文心 所长助理  
(0755)82780398 ywx9461@haitong.com

## 宏观经济研究团队

梁中华(021)23219820 lzh13508@haitong.com  
应稼珊(021)23219394 yjx12725@haitong.com  
李 俊(021)23154149 lj13766@haitong.com  
侯 欢(021)23154658 hh13288@haitong.com  
联系人  
李林芷(021)23219674 llz13859@haitong.com  
王宇晴 wyq14704@haitong.com

## 金融工程研究团队

冯佳睿(021)23219732 fengjr@haitong.com  
郑雅斌(021)23219395 zhengyb@haitong.com  
罗 蕾(021)23219984 ll9773@haitong.com  
余浩淼(021)23219883 yhm9591@haitong.com  
袁林青(021)23212230 ylp9619@haitong.com  
黄雨薇(021)23154387 hyw13116@haitong.com  
张耿宇(021)23212231 zgy13303@haitong.com  
联系人  
郑玲玲(021)23154170 zll13940@haitong.com  
曹君豪 021-23219745 cjh13945@haitong.com

## 金融产品研究团队

倪韵婷(021)23219419 niyt@haitong.com  
唐洋运(021)23219004 tangyy@haitong.com  
徐燕红(021)23219326 xyh10763@haitong.com  
谈 鑫(021)23219686 tx10771@haitong.com  
庄梓恺(021)23219370 zzk11560@haitong.com  
谭实宏(021)23219445 tsh12355@haitong.com  
江 涛(021)23219819 jt13892@haitong.com  
张 弛(021)23219773 zc13338@haitong.com  
联系人  
吴其右(021)23154167 wqy12576@haitong.com  
滕颖杰(021)23219433 tyj13580@haitong.com  
章画意(021)23154168 zhy13958@haitong.com  
陈林文(021)23219068 clw14331@haitong.com  
魏 玮(021)23219645 ww14694@haitong.com  
舒子宸 szc14816@haitong.com

## 固定收益研究团队

姜珮珊(021)23154121 jps10296@haitong.com  
王巧喆(021)23154142 wqz12709@haitong.com  
孙丽萍(021)23154124 slp13219@haitong.com  
张紫睿 021-23154484 zzr13186@haitong.com  
联系人  
王冠军(021)23154116 wgj13735@haitong.com  
方欣来 021-23219635 fxl13957@haitong.com  
藏 多(021)23212041 zd14683@haitong.com

## 策略研究团队

荀玉根(021)23219658 xyg6052@haitong.com  
高 上(021)23154132 gs10373@haitong.com  
李 影(021)23154117 ly11082@haitong.com  
郑子勋(021)23219733 zzx12149@haitong.com  
吴信坤 021-23154147 wxk12750@haitong.com  
联系人  
余培仪(021)23219400 ypy13768@haitong.com  
杨 锦(021)23154504 yj13712@haitong.com  
王正鹤(021)23219812 wzh13978@haitong.com  
刘 颖(021)23214131 ly14721@haitong.com

## 中小市值团队

钮宇鸣(021)23219420 ymniu@haitong.com  
潘莹练(021)23154122 pyl10297@haitong.com  
王园沁 02123154123 wyq12745@haitong.com

## 政策研究团队

李明亮(021)23219434 lml@haitong.com  
吴一萍(021)23219387 wuyiping@haitong.com  
朱 蕾(021)23219946 zl8316@haitong.com  
周洪荣(021)23219953 zhr8381@haitong.com  
李姝醒 02163411361 lsx11330@haitong.com  
联系人  
纪 尧 jy14213@haitong.com

## 石油化工行业

邓 勇(021)23219404 dengyong@haitong.com  
朱军军(021)23154143 zjj10419@haitong.com  
胡 歆(021)23154505 hx11853@haitong.com  
联系人  
张海榕(021)23219635 zhr14674@haitong.com

## 医药行业

余文心(0755)82780398 ywx9461@haitong.com  
郑 琴(021)23219808 zq6670@haitong.com  
贺文斌(010)68067998 hwb10850@haitong.com  
朱赵明(021)23154120 zzm12569@haitong.com  
梁广楷(010)56760096 lgk12371@haitong.com  
孟 陆 86 10 56760096 ml13172@haitong.com  
联系人  
周 航(021)23219671 zh13348@haitong.com  
彭 婷(010)68067998 pp13606@haitong.com  
肖治键(021)23219164 xzj14562@haitong.com

## 汽车行业

王 猛(021)23154017 wm10860@haitong.com  
房乔华 021-23219807 fqh12888@haitong.com  
刘一鸣(021)23154145 lym15114@haitong.com

## 公用事业

戴元灿(021)23154146 dyc10422@haitong.com  
傅逸帆(021)23154398 fyt11758@haitong.com  
吴 杰(021)23154113 wj10521@haitong.com  
联系人  
余玖翰(021)23154141 ywh14040@haitong.com

## 批发和零售贸易行业

李宏科(021)23154125 lhk11523@haitong.com  
高 瑜(021)23219415 gy12362@haitong.com  
汪立亭(021)23219399 wanglt@haitong.com  
曹蕾娜 cln13796@haitong.com  
联系人  
张冰清 021-23154126 zbk14692@haitong.com

## 互联网及传媒

毛云聪(010)58067907 myc11153@haitong.com  
陈星光(021)23219104 cxg11774@haitong.com  
孙小雯(021)23154120 sxw10268@haitong.com  
联系人  
崔冰睿(021)23219774 cbr14043@haitong.com  
康百川(021)23212208 kbc13683@haitong.com

## 有色金属行业

陈晓航(021)23154392 cxh11840@haitong.com  
甘嘉尧(021)23154394 gjy11909@haitong.com  
陈先龙 cxl15082@haitong.com  
联系人  
郑景毅 zjy12711@haitong.com  
张恒浩(021)23219383 zhh14696@haitong.com

## 房地产行业

涂力鑫(021)23219747 tll5535@haitong.com  
谢 盐(021)23219436 xiey@haitong.com  
联系人  
曾佳敏(021)23154399 zjm14937@haitong.com

<b>电子行业</b> 李 轩(021)23154652 lx12671@haitong.com 肖隽翀(021)23154139 xjc12802@haitong.com 华晋书 (021)23219748 hjs14155@haitong.com 薛逸民(021)23219963 xym13863@haitong.com 联系人 文 灿(021)23154401 wc13799@haitong.com	<b>煤炭行业</b> 李 淼(010)58067998 lm10779@haitong.com 王 涛(021)23219760 wt12363@haitong.com 吴 杰(021)23154113 wj10521@haitong.com 联系人 朱 彤(021)23212208 zt14684@haitong.com	<b>电力设备及新能源行业</b> 房 青(021)23219692 fangq@haitong.com 徐柏乔(021)23219171 x bq6583@haitong.com 联系人 姚望洲(021)23154184 ywz13822@haitong.com 柳文韬(021)23219389 lwt13065@haitong.com 吴锐鹏 wrp14515@haitong.com 马菁菁 mj14734@haitong.com
<b>基础化工行业</b> 刘 威(0755)82764281 lw10053@haitong.com 张翠翠(021)23214397 zcc11726@haitong.com 孙维容(021)23219431 swr12178@haitong.com 李 智(021)23219392 lz11785@haitong.com 李 博 lb14830@haitong.com	<b>计算机行业</b> 郑宏达(021)23219392 zhd10834@haitong.com 杨 林(021)23154174 yl11036@haitong.com 于成龙(021)23154174 ycl12224@haitong.com 洪 琳(021)23154137 hl11570@haitong.com 联系人 杨 蒙(0755)23617756 ym13254@haitong.com 杨昊翊 yhy15080@haitong.com	<b>通信行业</b> 余伟民(010)50949926 ywm11574@haitong.com 杨彤昕 010-56760095 ytx12741@haitong.com 联系人 夏 凡(021)23154128 xf13728@haitong.com 徐 卓 xz14706@haitong.com
<b>非银行金融行业</b> 何 婷(021)23219634 ht10515@haitong.com 任广博(010)56760090 rgb12695@haitong.com 孙 婷(010)50949926 st9998@haitong.com 联系人 曹 锐 010-56760090 ck14023@haitong.com 肖 尧(021)23154171 xy14794@haitong.com	<b>交通运输行业</b> 虞 楠(021)23219382 yun@haitong.com 罗月江 (010) 56760091 lyj12399@haitong.com 陈 宇(021)23219442 cy13115@haitong.com	<b>纺织服装行业</b> 梁 希(021)23219407 lx11040@haitong.com 盛 开(021)23154510 sk11787@haitong.com 联系人 王天璐(021)23219405 wtl14693@haitong.com
<b>建筑建材行业</b> 冯晨阳(021)23212081 fcy10886@haitong.com 潘莹练(021)23154122 pyl10297@haitong.com 申 浩(021)23154114 sh12219@haitong.com 颜慧菁 yhj12866@haitong.com	<b>机械行业</b> 赵玥炜(021)23219814 zyw13208@haitong.com 赵靖博(021)23154119 zjb13572@haitong.com 联系人 刘绮雯(021)23154659 lqw14384@haitong.com	<b>钢铁行业</b> 刘彦奇(021)23219391 liuyq@haitong.com
<b>建筑工程行业</b> 张欣劼 18515295560 zxx12156@haitong.com 联系人 曹有成 18901961523 cyc13555@haitong.com 郭好格 13718567611 ghg14711@haitong.com	<b>农林牧渔行业</b> 巩 健 gj15051@haitong.com	<b>食品饮料行业</b> 颜慧菁 yhj12866@haitong.com 张宇轩(021)23154172 zyx11631@haitong.com 程碧升(021)23154171 cbs10969@haitong.com 联系人 张嘉颖(021)23154019 zjy14705@haitong.com
<b>军工行业</b> 张恒晖 zhx10170@haitong.com 联系人 刘砚菲 021-2321-4129 lyf13079@haitong.com 胡舜杰(021)23154483 hsj14606@haitong.com	<b>银行行业</b> 林加力(021)23154395 ljl12245@haitong.com 联系人 董栋梁(021) 23219356 ddl13206@haitong.com 徐凝碧(021)23154134 xnb14607@haitong.com	<b>社会服务行业</b> 汪立亭(021)23219399 wanglt@haitong.com 许樱之(755)82900465 xyz11630@haitong.com 联系人 毛弘毅(021)23219583 mhy13205@haitong.com 王祎婕(021)23219768 wyj13985@haitong.com
<b>家电行业</b> 陈子仪(021)23219244 chenzy@haitong.com 李 阳(021)23154382 ly11194@haitong.com 朱默辰(021)23154383 zmc11316@haitong.com 刘 璐(021)23214390 ll11838@haitong.com	<b>造纸轻工行业</b> 郭庆龙 gq13820@haitong.com 高翩然 gpr14257@haitong.com 吕科佳 lkj14091@haitong.com 联系人 王文杰 wwj14034@haitong.com	

## 研究所销售团队



## 深广地区销售团队

伏财勇 (0755)23607963 fcy7498@haitong.com  
蔡铁清 (0755)82775962 ctq5979@haitong.com  
辜丽娟 (0755)83253022 gulj@haitong.com  
刘晶晶 (0755)83255933 liujj4900@haitong.com  
饶伟 (0755)82775282 rw10588@haitong.com  
欧阳梦楚 (0755)23617160  
oymc11039@haitong.com  
巩柏含 gbh11537@haitong.com  
滕雪竹 0755 23963569 txz13189@haitong.com  
张馨尹 0755-25597716 zxy14341@haitong.com

## 上海地区销售团队

胡雪梅 (021)23219385 huxm@haitong.com  
黄诚 (021)23219397 hc10482@haitong.com  
季唯佳 (021)23219384 jiwj@haitong.com  
黄毓 (021)23219410 huangyu@haitong.com  
李寅 021-23219691 ly12488@haitong.com  
胡宇欣 (021)23154192 hyx10493@haitong.com  
马晓男 mxn11376@haitong.com  
邵亚杰 23214650 syj12493@haitong.com  
杨伟昕 (021)23212268 yyx10310@haitong.com  
毛文英 (021)23219373 mwy10474@haitong.com  
谭德康 tdk13548@haitong.com  
王祎宁 (021)23219281 wyn14183@haitong.com  
张歆钰 zxy14733@haitong.com  
周之斌 zzb14815@haitong.com

## 北京地区销售团队

殷怡琦 (010)58067988 yyq9989@haitong.com  
董晓梅 dxm10457@haitong.com  
郭楠 010-5806 7936 gn12384@haitong.com  
杨羽莎 (010)58067977 yys10962@haitong.com  
张丽莹 (010)58067931 zlx11191@haitong.com  
郭金焱 (010)58067851 gjy12727@haitong.com  
张钧博 zjb13446@haitong.com  
高瑞 gr13547@haitong.com  
上官灵芝 sglz14039@haitong.com  
姚坦 yt14718@haitong.com

## 海通证券股份有限公司研究所

地址：上海市黄浦区广东路 689 号海通证券大厦 9 楼  
电话：(021) 23219000  
传真：(021) 23219392  
网址：www.htsec.com