

金融工程

证券研究报告

2019 年 01 月 01 日

海外文献推荐 第 69 期

高频交易策略的风险测度与微调

本文通过构建高频交易模型和 3 种风险测度指标（最终 PnL（Profit and Loss）的方差，最终仓位的方差和持有期仓位的方差），分析了高频交易中，限制条件（资金量和最终仓位）对策略收益和风险的影响。文中表明，这些指标提供的信息使高频交易者能够微调其策略，以便将预期利润与不同的仓位风险指标（也代表资金和仓位约束）进行权衡。我们注意到我们提出的风险指标通用于高频交易策略，而不仅限于此处讨论的特定交易策略。

作者

吴先兴 分析师
SAC 执业证书编号：S1110516120001
wuxianxing@tfzq.com
18616029821

相关报告

- 1 《金融工程：金融工程-海外文献推荐 第 68 期》 2018-12-26
- 2 《金融工程：金融工程-海外文献推荐 第 67 期》 2018-12-19
- 3 《金融工程：金融工程-海外文献推荐 第 66 期》 2018-12-12

风险提示：本报告基于相关文献，不构成投资建议。



内容目录

高频交易策略的风险测度与微调	3
1.简介	3
2.模型	3
2.1 目标函数	3
2.2 最优化策略	4
2.3 参数分析	6
2.4 风险测度指标构建	10
3.结论	12

图表目录

图 1: The optimal spreads as a function of time for various inventory levels and $T = 10$	6
图 2: The optimal spread at $q = 0$ as a function of time for various levels of ϕ and α	6
图 3: the optimal sell spread depends on the maximum amount of shares q	7
图 4: The optimal spreads as a function of time for various inventory levels	7
图 5: Inventory drift $\mu(q)$ for each level of inventory with equal and unequal arrival rate of market orders.	8
图 6: Strategy and inventory sample paths over a 2- and 300-second interval.	9
图 7: The effects of the penalty parameter ϕ and the terminal liquidation cost α on the risk-return profiles.	11
图 8: Mean and Standard Deviations of the PnL, Lifetime Inventory, and Terminal Inventory	12

高频交易策略的风险测度与微调

文献来源：A´LVARO CARTEA, SEBASTIAN JAIMUNGAL. RISK METRICS AND FINE TUNING OF HIGH-FREQUENCY TRADING STRATEGIES [J]. Mathematical Finance, Vol. 00, No. 0 (xxx 2013), 1–36.

推荐理由：CARTEA & JAIMUNGAL (2013) 通过最大化高频交易商最终收益，在考虑资金量和持有仓位的限制的情况下，得到了最优买卖报价，并以此作为标准构建高频交易策略：当市场报价高于最优卖价时，卖出以减少仓位；当市场报价小于最优买价时，买入以增加仓位。然后作者构建了 3 种风险度量指标（最终 PnL 的方差，最终仓位的方差和持有期仓位的方差）来评估高频交易策略的风险，并且分析了策略中参数与策略收益和风险的联动关系，为高频交易者调整其策略提供了参考。

另外，文中提出的 3 个风险指标具有普适性，可用于多种高频交易策略，而不仅限于文中构建的特定交易策略

1.简介

CARTEA & JAIMUNGAL (2013) 通过最大化高频交易商最终收益，在考虑资金量和持有仓位的限制的情况下，得到了最优买卖报价，并以此作为标准构建高频交易策略：当市场报价高于最优卖价时，卖出以减少仓位；当市场报价小于最优买价时，买入以增加仓位。然后作者构建了 3 种风险度量指标（最终 PnL 的方差，最终仓位的方差和持有期仓位的方差）来评估高频交易策略的风险，并且分析了策略中参数与策略收益和风险的联动关系，为高频交易者调整其策略提供了参考。

我们的论文在两个方向上为文献做出了贡献：首先，我们提出了针对高频交易策略设计的风险指标。目前的现有风险指标旨在用于更传统的投资策略，并且无法为高频交易提供正确的决策工具和风险控制；其次，在我们的模型中，资产基本价值的变化是由信息流和市场订单的到来驱动的，这一点更符合实际情况。

2.模型

2.1 目标函数

文中假定交易资产的市场价格 S_t 满足

$$(2.1) \quad dS_t = \sigma dW_t + \int_{\mathbb{R}_+^2} \gamma_1 [\mu^+(dy, dt) - \mu^-(dy, dt)],$$

其中， $(W_t)_{0 \leq t \leq T}$ 是标准布朗运动， σ 为正常数， $\mu^\pm(dy, dt)$ 为 $\mathbb{R}_+^2 \times [0, T]$ 上的泊松随机测度，且独立于 $(W_t)_{0 \leq t \leq T}$ 。

高频交易者财富 X_t 满足随机差分方程：

$$(2.2) \quad dX_t = (S_{t-} + \delta_t^+) dN_t^+ - (S_{t-} - \delta_t^-) dN_t^-,$$

其中， S_{t-} 是 t 时刻之前的市场价格， $S_{t-} + \delta_t^+, S_{t-} - \delta_t^-$ 分别为高频交易商报出的卖价和买价 ($\delta_t^\pm > 0$)， N_t^\pm 是一个计数过程，分别表示成交的卖出/买入订单数， $q_t = N_t^- - N_t^+$ 表示 t 时刻总仓位。

高频交易者寻找最优 δ_t^\pm ，以使预期最终收益最大化。考虑到持仓量的限制，因此优化目标函数为：

$$(2.3) \quad H(t, x, q, S) = \sup_{(\delta_s^\pm)_{t \leq s \leq T} \in \mathcal{A}} \mathbb{E} \left[X_T + q_T(S_T - \alpha q_T) - \phi \sigma^2 \int_t^T q_s^2 ds \mid X_{t-} = x, q_{t-} = q, S_{t-} = S \right],$$

其中, T 为策略的最终时刻, 第一项 X_T 为最终财富总额, $-\alpha q_T$ 为对最终持仓量偏离 0 的惩罚 (由于为避免大单成交对价格产生冲击, 交易商希望将策略最终仓位控制在较低水平), $\phi \geq 0$ 为整个策略存续期间对仓位的惩罚 (由于资金量有限, 交易商希望仓位保持在较低水平, 通过高频买卖来获取收益)。

2.2 最优化策略

求解上述目标函数, 得到 HamiltonJacobi-Bellman (HJB) equation (see, e.g., Fleming and Soner 2006, chapter V):

$$\begin{aligned}
 (2.4) \quad 0 = & \partial_t H + \frac{1}{2} \sigma^2 \partial_{SS} H - \phi \sigma^2 q^2 \\
 & + \lambda^+ \sup_{\delta^+} \left\{ e^{-\kappa^+ \delta^+} \mathbb{E}(H(t, x + (S + \delta^+), q - 1, S + \epsilon^+) - H) \right. \\
 & \quad \left. + (1 - e^{-\kappa^+ \delta^+}) \mathbb{E}(H(t, x, q, S + \epsilon^+) - H) \right\} \\
 & + \lambda^- \sup_{\delta^-} \left\{ e^{-\kappa^- \delta^-} \mathbb{E}(H(t, x - (S - \delta^-), q + 1, S - \epsilon^-) - H) \right. \\
 & \quad \left. + (1 - e^{-\kappa^- \delta^-}) \mathbb{E}(H(t, x, q, S - \epsilon^-) - H) \right\},
 \end{aligned}$$

subject to the terminal condition

$$(2.5) \quad H(T, x, q, S) = x + q(S - \alpha q),$$

其中, x, S, q 均为 t^- 期数据; $e^{-\kappa^\pm \delta^\pm}$ 为买卖报单成交的概率; λ^\pm 表示市场订单到达率; 等式左边第二项表示资产价格的扩散, 第三项表示整个策略存续期对持仓量的惩罚项, 第四项表示卖单成交对最优化函数的冲击, 第五项表示买单成交对最优化函数的冲击。

为了解 HJB 方程, 根据最终约束式 (2.5), 假设 H 的形式为

$$(2.6) \quad H(t, x, q, S) = x + q(S - \alpha q) + h_q(t),$$

其中, $h_q(t)$ 为保留价格 (reservation price, Ho and Stoll (1981))。

令 ε^\pm 表示 市场报价到达时交易商报价的平均跳跃, 将式 2.6 代入 HJB 方程, 得到

$$(2.7) \quad \phi \sigma^2 q^2 = \begin{cases} \partial_t h_q + \lambda^+ \sup_{\delta^+} \{ \varepsilon^+ q + e^{-\kappa^+ \delta^+} (\delta^+ - \varepsilon^+ - \alpha(1 - 2q) + h_{q-1} - h_q) \} \\ \quad + \lambda^- \sup_{\delta^-} \{ -\varepsilon^- q + e^{-\kappa^- \delta^-} (\delta^- - \varepsilon^- - \alpha(1 + 2q) + h_{q+1} - h_q) \}, & q \neq \underline{q}, \bar{q}, \\ \partial_t h_q + \lambda^+ \sup_{\delta^+} \{ \varepsilon^+ q + e^{-\kappa^+ \delta^+} (\delta^+ - \varepsilon^+ - \alpha(1 - 2q) + h_{q-1} - h_q) \} - \varepsilon^- \lambda^- q, & q = \bar{q}, \\ \partial_t h_q + \lambda^- \sup_{\delta^-} \{ -\varepsilon^- q + e^{-\kappa^- \delta^-} (\delta^- - \varepsilon^- - \alpha(1 + 2q) + h_{q+1} - h_q) \} + \varepsilon^+ \lambda^+ q, & q = \underline{q}, \end{cases}$$

subject to $h_q(T) = 0$ which allows us to solve for the optimal feedback controls, in terms of $h_q(t)$, as shown in the proposition below.

因此, 最优反馈控制方程为:

$$(2.8a) \quad \delta^{+*}(t, q) = \frac{1}{\kappa^+} + \varepsilon^+ + \alpha(1 - 2q) - h_{q-1}(t) + h_q(t), \quad q \neq \underline{q},$$

and

$$(2.8b) \quad \delta^{-*}(t, q) = \frac{1}{\kappa^-} + \varepsilon^- + \alpha(1 + 2q) - h_{q+1}(t) + h_q(t), \quad q \neq \bar{q}.$$

可以看到，报价价差 δ^\pm 可以分成 4 个部分： $1/\kappa^\pm$ 为风险中性机构在不考虑时间限制（ $T \rightarrow \infty$ ）和持仓量限制时的最优策略； ε^\pm 表示市场报价到达时交易商报价的平均跳跃；

$\alpha(1 \pm 2q)$ 保证了特定报价下仓位不会偏离最优持仓太多，因为在 T 时刻会有清偿成本； $-\dot{h}_{q-1}(t) + \dot{h}_q(t)$ 控制了每个时刻的持仓量。

$\dot{h}_q(t)$ 的计算过程如下所示：

PROPOSITION 2.2 (Solving Reduced Value Function). *If $\kappa^+ = \kappa^- = \kappa$, then write $h_q(t) = \frac{1}{\kappa} \ln \omega_q(t)$ and stack $\omega_q(t)$ into a vector $\boldsymbol{\omega}(t) = [\omega_{\bar{q}}(t), \omega_{\bar{q}-1}(t), \dots, \omega_{\underline{q}}(t)]'$. Further, let \mathbf{A} denote the $(\bar{q} - \underline{q} + 1)$ -square matrix whose rows are labeled from \bar{q} to \underline{q} and whose entries are given by*

$$(2.9) \quad \mathbf{A}_{i,q} = \begin{cases} q \kappa (\varepsilon^+ \lambda^+ - \varepsilon^- \lambda^-) - \phi \sigma^2 \kappa q^2, & i = q, \\ \lambda^+ e^{-\kappa(\frac{1}{\kappa} + \varepsilon^+ + \alpha(1-2q))}, & i = q - 1, \\ \lambda^- e^{-\kappa(\frac{1}{\kappa} + \varepsilon^- + \alpha(1+2q))}, & i = q + 1, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Then,

$$(2.10) \quad \boldsymbol{\omega}(t) = e^{\mathbf{A}(T-t)} \mathbf{1},$$

where $\mathbf{1} = [1, \dots, 1]'$ is a $(\bar{q} - \underline{q} + 1)$ -dim vector of ones.

至此，得到了最优报价模型。

2.3 参数分析

论文中，作者没有使用真实数据，而是通过随机数进行模拟，以此来分析模型参数 $q, \phi, \alpha, \lambda^\pm, \bar{q}, -q$ 与策略效果的关系。

模拟条件设置如下： $T = 10s, \kappa^\pm = 25, \sigma = 1$ ，市场订单（market orders）到达时，中间价格（midprice）以 0.1 的概率跳动 $1/25$ ，0.9 的概率不发生变化，因此

$$\mathbb{E}[\epsilon^\pm] = \epsilon^\pm = 1/250$$

清偿惩罚（Liquidation Penalty） α

图 1: The optimal spreads as a function of time for various inventory levels and $T = 10$.

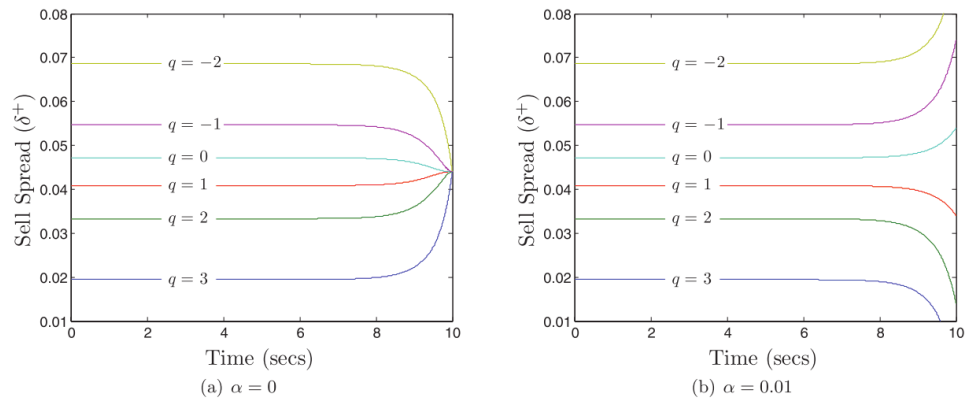


FIGURE 3.1. The optimal spreads as a function of time for various inventory levels and $T = 10$. The remaining model parameters are: $\lambda^\pm = 2, \kappa^\pm = 25, \epsilon^\pm = \frac{1}{250}, \bar{q} = -q = 3, \phi = 0, \sigma = 0.1$. Only the sell-side is shown as the buy-side is similar.

资料来源：Mathematical Finance，天风证券研究所

首先，在 a,b 两幅图中，随着仓位的减少，卖价差则增大，原因是当仓位很低时，需要更高的价格，才愿意继续卖出。

其次，在 $\alpha = 0, t \rightarrow T$ 时，若 $q_t < 0$ ，则最优化策略 δ^+ 减小；若 $q_t > 0$ ，则最优化策略 δ^+ 增大；在 $\alpha = 0.01, t \rightarrow T$ 时，由于惩罚项，交易者希望将仓位控制在 0 附近，当 $q_t < 0$ 时，需要更高的价格高频交易商才愿意继续卖出，当 $q_t > 0$ 时，交易商会选择降低报价，以增加成交的概率。

零仓位限制下 α 和 ϕ 的影响

图 2: The optimal spread at $q = 0$ as a function of time for various levels of ϕ and α .

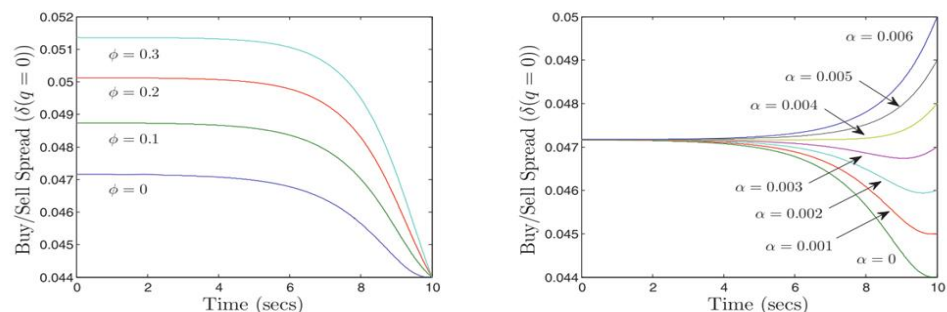


FIGURE 3.2. The optimal spread at $q = 0$ as a function of time for various levels of ϕ and α . The remaining model parameters are: $T = 10, \lambda^\pm = 2, \kappa^\pm = 25, \epsilon^\pm = \frac{1}{250}, -q = \bar{q} = 3$, and $\sigma = 0.1$. In the left panel $\alpha = 0$ and in the right panel $\phi = 0$.

资料来源：Mathematical Finance，天风证券研究所

图 a 显示，若控制最优仓位为 0，随着整个策略存续期内仓位惩罚参数的增加，买卖价差均增大，原因是，增加买卖价差，降低了成交的可能性，使得仓位控制在较低水平。但随着 $t \rightarrow T$ ，买卖价差均降低，这种单调递减行为是自然的，因为没有最终仓位惩罚（ $\alpha = 0$ ），并且过程惩罚（ ϕ ）没有时间来限制策略。

图 b 显示, 随着 α 的增加, 买卖价差逐渐增大, 以降低成交的概率, 控制最后仓位处于较低水平; 另外, 在 $\alpha \leq 0.003$ 时, 我们可以看到, 最有价差呈现先降后升的形状, 这是因为在距离 T 较近时, 仍有时间完成一轮买卖循环, 因此可以保持仓位在较低水平; 二很接近 T 时, 没有充足的时间完成一轮买卖, 所以买卖价差会升高以降低成交的概率, 从而有利于控制仓位在较低水平。

持有仓位上下限 ($\bar{q}, -q$) 的影响

图 3: the optimal sell spread depends on the maximum amount of shares q

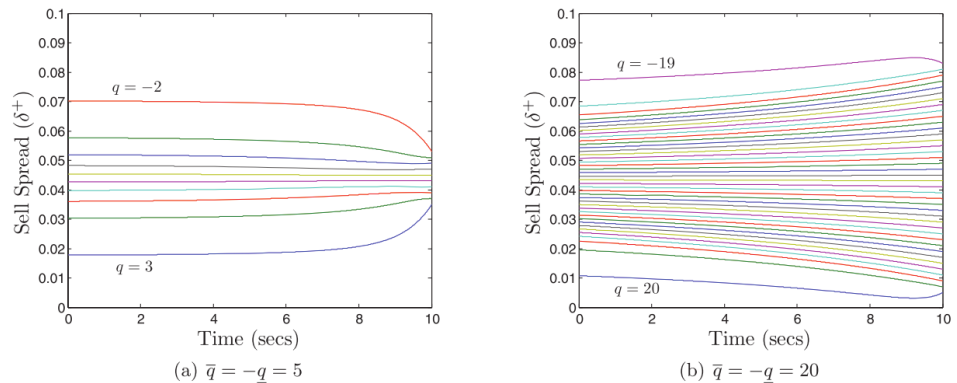


FIGURE 3.3. The optimal spreads as a function of time for two inventory levels and maximal positions with $T = 10$. The remaining model parameters are: $\lambda^{\pm} = 2$, $\kappa^{\pm} = 25$, $\varepsilon^{\pm} = \frac{1}{250}$, $\phi = 0$, $\sigma = 0.1$, and $\alpha = 0.001$.

资料来源: Mathematical Finance, 天风证券研究所

比较图 a 和 b 可以看出, 当最大仓位限制增加时, 在接近 T 时刻, 买卖价差不会有明显变化; 另外, 我们观察到较大 q 的影响是减少仅相差一个库存单位的最佳差价之间的差异 (右图中相邻两条线之间间隔小于左图)。

买卖市场订单不对称 ($\lambda^+ \neq \lambda^-$)

图 4: The optimal spreads as a function of time for various inventory levels

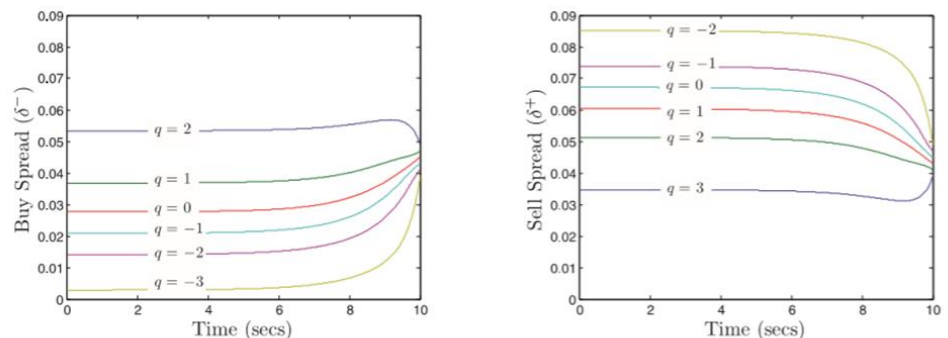


FIGURE 3.4. The optimal spreads as a function of time for various inventory levels when buy market orders are more likely $\lambda^+ = 6$, $\lambda^- = 4$. The remaining model parameters are: $T = 10$, $\kappa^{\pm} = 25$, $\varepsilon^{\pm} = \frac{1}{250}$, $\bar{q} = -\underline{q} = 3$, $\phi = 0$, $\sigma = 0.1$, and $\alpha = 0.001$.

资料来源: Mathematical Finance, 天风证券研究所

这里假定市场买入报单多于卖出报单, 即 $\lambda^+ = 6, \lambda^- = 4$ 。比较 a,b 两图可以看出: 在所有库存水平上, 卖出报单的价差均高于买入报单的价差, 这与假设中 $\lambda^+ > \lambda^-$ 相一致。原因在于此时为买方市场, 需要更高的价格, 高频交易商才愿意卖出。

仓位的均值回归：速度和水平

图 5：Inventory drift $\mu(q)$ for each level of inventory with equal and unequal arrival rate of market orders

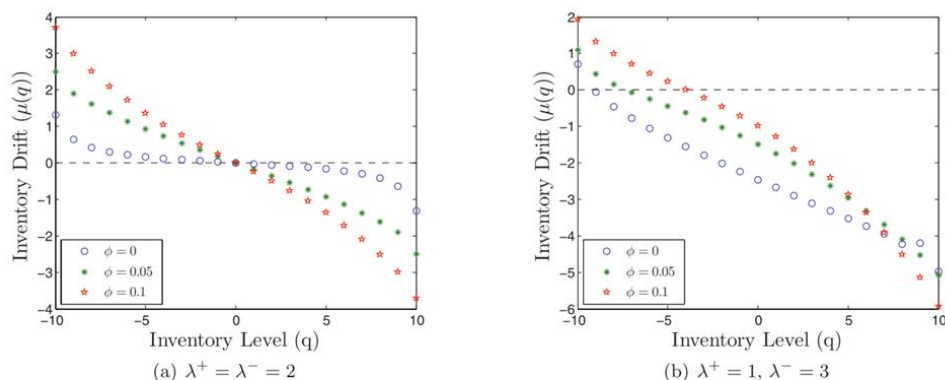


FIGURE 3.5. Inventory drift $\mu(q)$ for each level of inventory with equal and unequal arrival rate of market orders, $\bar{q} = -\underline{q} = 10$, $\alpha = 0$, $\varepsilon^\pm = \frac{1}{250}$, and $\kappa^\pm = 25$, and the strategy is far away from expiry.

资料来源：Mathematical Finance，天风证券研究所

在上图中，假定策略远未到期。

从图中可以观察到，仓位的平均漂移量取决于市场的对称程度 λ^+, λ^- 和持仓惩罚项 ϕ 。

在对称的市场中（图 a），仓位为零时，仓位漂移为 0；仓位为正时，仓位漂移为负，仓位为负时，仓位漂移为正。因此，在对称的市场中，高频交易者的仓位是均值回归的。此外，漂移量的回复的速度取决于持仓惩罚项， ϕ 越大，回复越快。

在非对称的市场中，此处为空头市场，均值回复点在负的仓位处，这是由于价格下行的压力，高频交易者仓位为负。另外， ϕ 越大，均值回复点越接近 0。

模拟结果展示

图 6: Strategy and inventory sample paths over a 2- and 300-second interval

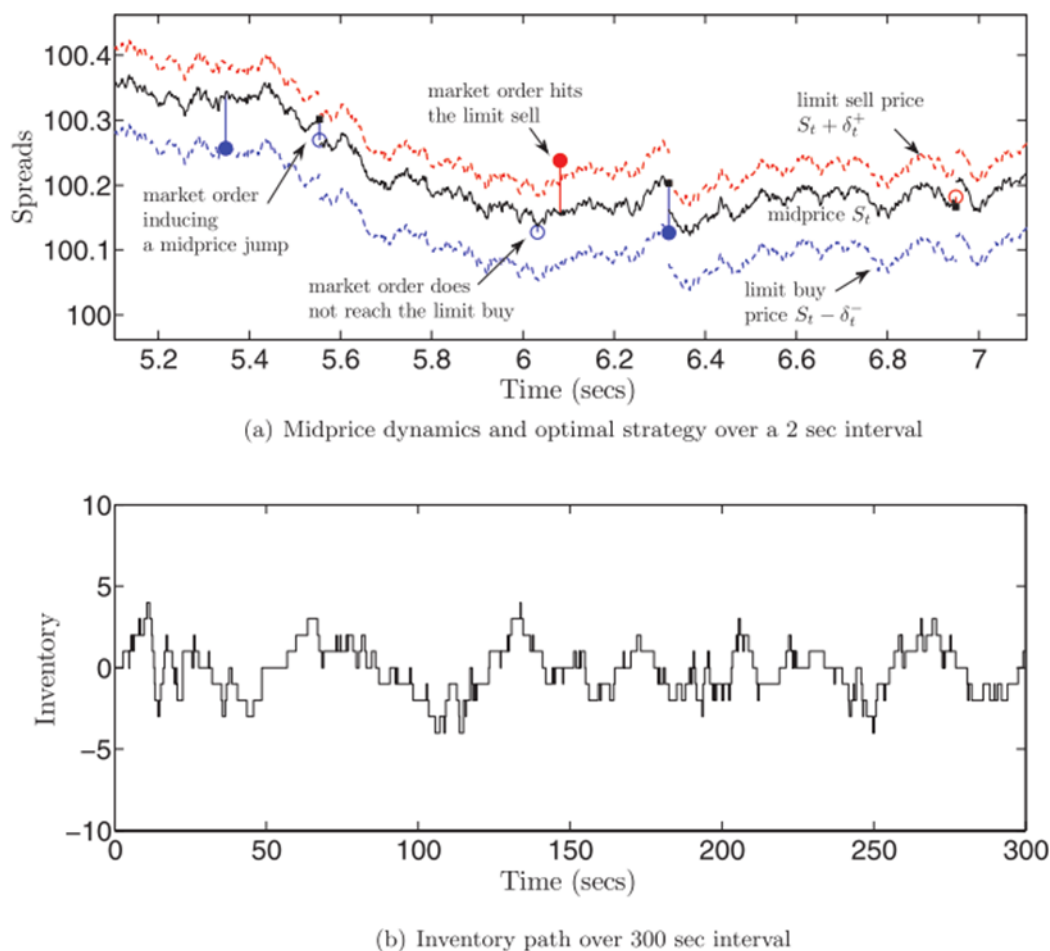


FIGURE 3.6. Strategy and inventory sample paths over a 2- and 300-second interval, respectively. The model parameters are $\kappa^\pm = 25$, $\lambda^\pm = 2$, $\epsilon^\pm = \frac{1}{25}a^\pm$ where a^\pm are independent Bernoulli r.v. with success prob of $\frac{1}{10}$, $\sigma = 0.1$, $\bar{q} = -q = 10$, $S_0 = 100$, $\phi = 0.1$, and $\alpha = 0.001$. Filled circles indicate market orders that hit/lift the limit order, unfilled circles indicate orders that did not reach the post limit order.

资料来源: Mathematical Finance, 天风证券研究所

图 a 是 2 秒内市场价格和买卖报价的变化图, 图 b 是 300s 内仓位的变化图。

2.4 风险测度指标构建

作者构建了 3 种风险测度指标,以更全面的衡量高频交易策略的风险,分别是最终 PnL 的方差,最终仓位的方差和持有期仓位的方差。此外,这 3 个风险指标具有普适性,可用于多种高频交易策略,而不仅限于文中构建的特定交易策略。

风险指标

1. Variance of terminal PnL:

$$(4.1) \quad \mathcal{R}^1(t, x, q, S) \triangleq \mathbb{V}_t[X_T^* + q_T^*(S_T - \alpha q_T^*)].$$

2. Variance of terminal inventory:

$$(4.2) \quad \mathcal{R}^2(t, q) \triangleq \mathbb{V}_t[q_T^*].$$

3. Variance of lifetime inventory:

$$(4.3) \quad \mathcal{R}^3(t, q) \triangleq \sum_{n \in \{\underline{q}, \dots, \bar{q}\}} (n - \langle q^* \rangle_{t,q})^2 \mathbb{Q}_n(t, q),$$

where $\langle q^* \rangle_{t,q} = \sum_{n \in \{\underline{q}, \dots, \bar{q}\}} n \mathbb{Q}_n(t, q)$ and

$$(4.4) \quad \mathbb{Q}_n(t, q) \triangleq \mathbb{E}_t \left[\frac{1}{T-t} \int_t^T \mathbb{I}\{q_s^* = n\} ds \right],$$

第一个是最终收益的方差,第二个是最终仓位的方差,第三个是整个策略存续期内仓位的方差。接下来,利用这三个风险指标和收益的关系来微调高频交易策略。

高频交易的预期收益边界和风险测度

图 7: The effects of the penalty parameter ϕ and the terminal liquidation cost α on the risk-return profiles.

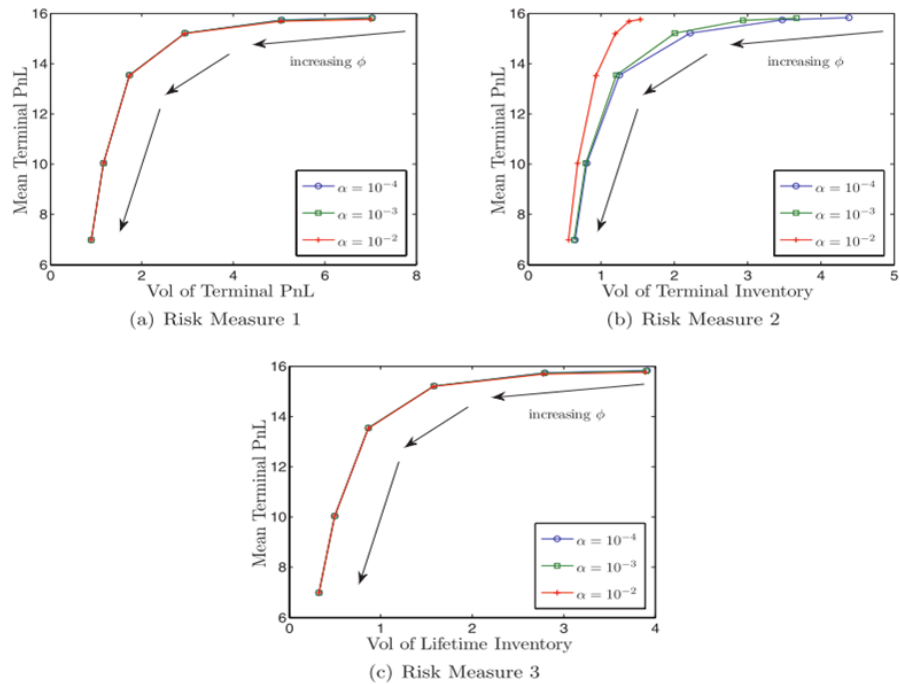


FIGURE 5.1. The effects of the penalty parameter ϕ and the terminal liquidation cost α on the risk-return profiles. Each point corresponds to $\phi = \{0, 0.01, 0.1, 1, 5, 10\}$. The investment horizon $T = 300$ seconds and the remaining model parameters are $\kappa^\pm = 25$, $\lambda^\pm = 2$, $\epsilon^\pm = \frac{1}{25}a^\pm$ where a^\pm are independent Bernoulli r.v. with success prob of $\frac{1}{10}$, $\sigma = 0.1$, $\bar{q} = -\underline{q} = 10$, and $S_0 = 100$.

资料来源: Mathematical Finance, 天风证券研究所

上图分别展示了平均收益和三个风险指标之间的权衡关系。从中可以看到，随着 ϕ 的增加，策略的收益和风险均降低。值得关注的是，在一定的范围内调整 ϕ ，收益仅下降较小的幅度，而风险有一个较大程度的下降。

从 a,c 两图可以看到， α 的变化对收益和风险无影响；b 图中， α 较小时，对策略的收益和风险影响较小，而当 α 较大时，在收益不变的情况下，风险有一个较显著的下降。比较而言， ϕ 对收益风险影响更大。

综上，我们可以根据上述结论，通过微调 ϕ 和 α 来进一步选择最优策略。

收益、最终库存、存续期库存的分布

图 8: Mean and Standard Deviations of the PnL, Lifetime Inventory, and Terminal Inventory

TABLE 5.1

Mean and Standard Deviations of the PnL, Lifetime Inventory, and Terminal Inventory from Following the Optimal Policy with $\kappa^\pm = 25$, $\epsilon^\pm = \frac{1}{25}\alpha^\pm$ where α^\pm Are Independent Bernoulli r.v. with Success Prob of $\frac{1}{10}$, $\bar{q} = -\underline{q} = 10$, $\sigma = 0.1$, and $T = 300$ Seconds as the Penalty Parameter ϕ and Liquidation Cost Parameter α Vary

Panel A

Symmetric market: $\lambda^+ = 2, \lambda^- = 2$

	PnL			Lifetime inventory			Terminal Inventory		
	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$
$\alpha = 0$	15.776 (7.10)	15.210 (2.97)	12.392 (1.52)	0.008 (3.92)	-0.000 (1.59)	-0.000 (0.74)	0.002 (4.75)	-0.017 (2.20)	-0.006 (0.95)
$\alpha = 0.001$	15.802 (7.13)	15.170 (2.94)	12.375 (1.54)	0.007 (3.89)	-0.000 (1.59)	-0.000 (0.74)	0.005 (3.54)	-0.017 (1.98)	-0.006 (0.93)
$\alpha = 0.01$	15.716 (7.02)	15.201 (2.96)	12.368 (1.52)	0.007 (3.85)	-0.000 (1.58)	-0.000 (0.74)	-0.008 (1.51)	0.001 (1.26)	-0.003 (0.80)

Panel B

Asymmetric market: $\lambda^+ = 1, \lambda^- = 3$

	PnL			Lifetime inventory			Terminal inventory		
	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$	$\phi = 0$	$\phi = 0.1$	$\phi = 2$
$\alpha = 0$	31.596 (15.58)	22.338 (7.52)	10.524 (1.54)	-8.640 (1.45)	-3.886 (1.61)	-0.127 (0.74)	-7.143 (1.89)	-1.523 (2.16)	0.259 (0.94)
$\alpha = 0.001$	31.547 (15.69)	22.415 (7.54)	10.566 (1.54)	-8.631 (1.46)	-3.883 (1.61)	-0.127 (0.74)	-6.023 (2.05)	-1.288 (1.96)	0.244 (0.93)
$\alpha = 0.01$	31.317 (15.70)	22.361 (7.49)	10.534 (1.52)	-8.592 (1.52)	-3.874 (1.61)	-0.128 (0.74)	-2.272 (1.63)	-0.620 (1.28)	0.163 (0.81)

资料来源: Mathematical Finance, 天风证券研究所

设定不同的 α 和 ϕ 的值, 分别模拟 10000 次, 得到收益和仓位的均值与标准差如上表。

表 A 部分可以看出, 在对称的市场中, 随着 α 和 ϕ 的增大, 收益均逐渐下降, 这与上文中的结论一致; 策略整个存续期的仓位以及最终仓位均接近于零。交易者可以参考上表选择合适的参数, 以进一步优化其策略。

表 B 可以看出, 在不对称的市场中, 整体收益要高于对称市场, 但策略整个存续期的仓位以及最终仓位也均高于对称市场。

总体来看, α 变化只对最终仓位影响较大, 对收益和存续期库存影响不大; 而 ϕ 的影响占主导地位。

3.结论

本文通过构建高频交易模型和 3 中风险测度指标, 分析了高频交易中, 限制条件(资金量和最终仓位)对策略收益和风险的影响。文中表明, 这些指标提供的信息使高频交易者能够微调其策略, 以便将预期利润与不同的仓位风险指标(也代表资金和仓位约束)进行权衡。我们注意到我们提出的风险指标通常用于高频交易策略, 而不仅限于此处讨论的特定交易策略。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号	湖北武汉市武昌区中南路 99	上海市浦东新区兰花路 333	深圳市福田区益田路 5033 号
邮编：100031	号保利广场 A 座 37 楼	号 333 世纪大厦 20 楼	平安金融中心 71 楼
邮箱：research@tfzq.com	邮编：430071	邮编：201204	邮编：518000
	电话：(8627)-87618889	电话：(8621)-68815388	电话：(86755)-23915663
	传真：(8627)-87618863	传真：(8621)-68812910	传真：(86755)-82571995
	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com