

金融工程

证券研究报告

2020 年 10 月 15 日

期权投资策略系列之一：300ETF 期权套利，从理论到实践

作者

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

王喆 分析师
SAC 执业证书编号：S1110520060005
wangzhe@tfzq.com

相关报告

- 1 《金融工程：金融工程-市场情绪一览 2020-10-14》 2020-10-14
- 2 《金融工程：金融工程-市场情绪一览 2020-10-13》 2020-10-13

期权无风险套利可以分为边界套利、垂直价差套利、凸性套利、平价套利以及盒式套利等等。本文采用高频数据对上交所上市的沪深 300ETF 期权 2019 年 12 月 23 日上市以来的套利收益进行了测算。经测算，垂直价差套利、凸性套利以及盒式套利三种套利方式在套利次数以及整体套利收益上均高于边界套利以及平价套利。

回测期间，边界套利机会共出现 78 次。2020 年 2 月 3 日、2 月 4 日以及 3 月 2 日边界套利的年化收益中位数均达到了 30% 以上。300ETF 期权的边界套利机会以下边界套利为主，而由于借助融券进行期权套利的可操作性较低且成本高昂，认沽期权下边界套利机会占比（19%）远低于认购期权下边界套利机会占比（81%）。

垂直价差套利机会共出现 1,191 次。2020 年 1 月 22 日、3 月 2 日、6 月 24 日、7 月 22 日以及 7 月 23 日垂直价差套利的年化收益中位数均达到了 50% 以上。占比约 24.3%（共 833 次）的垂直价差套利的年化收益大于 50%。垂直价差上边界套利机会占比（84%）大幅高于垂直价差下边界套利机会占比（16%）。

凸性套利机会共出现 3,426 次。2020 年 1 月 22 日、6 月 24 日以及 7 月 23 日凸性套利的年化收益中位数均超过了 45%。其中，7 月 23 日的年化收益中位数甚至达到 95%。从分类上看，认沽期权凸性套利机会与认购期权凸性套利机会的占比基本持平，认沽期权占比稍高达 53%。

回测期内所出现的平价套利机会共 125,979 次。300ETF 期权上市后的 1 个月内存在着较为稳定但收益较低的平价套利机会，2020 年 2 月 3 日、2 月 4 日开盘后出现的平价套利非年化收益达到 2.5% 左右，年化收益约为 30%。根据测算，99.9% 的平价套利非年化收益集中在 0-1% 区间内。在所有平价套利机会中，94% 的机会为正向平价套利，而由于涉及到融券操作，反向平价套利机会相对较少，出现次数仅占全部平价套利机会的 6%。

回测期内出现的盒式套利机会共 651 次。共有 9 天出现了盒式套利机会，其中 3 月 9 日的盒式套利年化收益最高，为 23.7%。

此外，本文还对几类期权套利之间的相关关系、期权套利监控的优化方法、期权组合策略保证金制度、期权套利期间标的资产发生分红的情况以及期权套利的相关风险等问题进行了说明。本文构建了期权套利的提前平仓交易策略，策略在回测期共实现了 19.92% 的收益，最大回撤为 0.09%，年化夏普率 1.44、年化 Calmar 比率为 243.35。

风险提示：基于历史数据，市场环境变化风险，模型失效风险，期权交易流动性风险，交易对手方违约风险。

内容目录

1. 无风险套利方式及收益.....	6
1.1. 边界套利	7
1.1.1. 认购期权价格超过上边界	8
1.1.2. 认购期权价格低于下边界	8
1.1.3. 认沽期权价格超过上边界	8
1.1.4. 认沽期权价格低于下边界	9
1.1.5. 边界套利案例	10
1.1.6. 边界套利收益测算	10
1.2. 垂直价差套利	12
1.2.1. 认购期权垂直价差超过上边界	12
1.2.2. 认购期权垂直价差低于下边界	13
1.2.3. 认沽期权垂直价差超过上边界	13
1.2.4. 认沽期权垂直价差低于下边界	14
1.2.5. 垂直价差套利案例	14
1.2.6. 垂直价差套利收益测算	15
1.3. 凸性套利	17
1.3.1. 认购期权凸性套利	18
1.3.2. 认沽期权凸性套利	18
1.3.3. 认沽期权凸性套利案例	19
1.3.4. 凸性套利收益测算	19
1.4. 平价套利	21
1.4.1. 正向套利（转换套利）	22
1.4.2. 反向套利（反向转换套利）	22
1.4.3. 平价套利案例	23
1.4.4. 平价套利收益测算	23
1.4.5. 盒式套利	25
1.4.6. 盒式套利案例	26
1.4.7. 盒式套利收益测算	27
2. 期权套利优化	29
2.1. 不同期权套利之间的关系	29
2.1.1. 单只期权边界套利机会与垂直价差边界套利机会	29
2.1.2. 垂直价差套利机会与凸性套利机会	30
2.1.3. 正向套利、反向套利机会与盒式套利机会	31
2.2. 套利监控替代方案	31
2.2.1. 垂直价差套利监控替代方案	31
2.2.1.1. 认购期权被高估	31
2.2.1.2. 认购期权被低估	32
2.2.2. 凸性价差套利监控替代方案	33
2.2.2.1. 认购期权被高估	33

2.2.2.2. 认购期权被低估	34
2.3. 保证金占用减免	35
3. 标的资产分红	37
3.1. 期初卖空标的	38
3.1.1. 认购期权下边界套利	38
3.1.2. 反向套利（反向转换套利）	38
3.2. 期初买入标的	38
3.2.1. 认购期权上边界套利	39
3.2.2. 认沽期权下边界套利	39
3.2.3. 正向套利（转换套利）	39
3.3. 其他情况	39
4. 期权套利策略构建与回测	39
5. 期权套利相关风险	42
5.1. 标的卖空的限制	42
5.2. 强平风险	42
5.3. 违约风险	42
5.4. 行权风险	42
6. 总结	43

图表目录

图 1：认购期权价格边界	7
图 2：认沽期权价格边界	7
图 3：认沽期权下边界套利示例	10
图 4：沪 300ETF 期权边界套利非年化收益	10
图 5：沪 300ETF 期权边界套利非年化收益分布	11
图 6：沪 300ETF 期权边界套利年化收益按日度	11
图 7：沪 300ETF 期权边界套利年化收益分布	11
图 8：沪 300ETF 期权边界套利机会分类占比	11
图 9：认购期权价格曲线	12
图 10：认沽期权价格曲线	12
图 11：认沽期权垂直价差上边界套利示例	15
图 12：沪 300ETF 期权垂直价差套利非年化收益	15
图 13：沪 300ETF 期权垂直价差套利非年化收益分布	16
图 14：沪 300ETF 期权垂直价差套利年化收益按日度	16
图 15：沪 300ETF 期权垂直价差套利年化收益分布	16
图 16：垂直价差套利机会分类占比	17
图 17：认购期权价格曲线	17
图 18：认沽期权价格曲线	17
图 19：凸性套利价差变化	19
图 20：沪 300ETF 期权凸性套利非年化收益	20

图 21: 沪 300ETF 期权凸性套利非年化收益分布	20
图 22: 沪 300ETF 期权凸性套利年化收益按日度	21
图 23: 沪 300ETF 期权凸性套利年化收益分布	21
图 24: 凸性套利机会分类占比	21
图 25: 期权平价关系	22
图 26: 平价套利价差示例	23
图 27: 沪 300ETF 期权平价套利非年化收益	24
图 28: 沪 300ETF 期权平价套利非年化收益分布	24
图 29: 沪 300ETF 期权平价套利年化收益按日度	25
图 30: 沪 300ETF 期权平价套利年化收益分布	25
图 31: 平价套利机会分类占比	25
图 32: 盒式套利价差示例	27
图 33: 沪 300ETF 期权盒式套利非年化收益	27
图 34: 沪 300ETF 期权盒式套利非年化收益分布	28
图 35: 沪 300ETF 期权盒式套利年化收益按日度	28
图 36: 沪 300ETF 期权盒式套利年化收益分布	28
图 37: 盒式套利机会分类占比	29
图 38: 认购期权边界套利与垂直价差套利	30
图 39: 认沽期权边界套利与垂直价差套利	30
图 40: 认购期权垂直价差上边界套利与凸性套利	30
图 41: 认购期权垂直价差下边界套利与凸性套利	31
图 42: 认购期权被高估时的垂直价差套利	32
图 43: 认购期权被低估时的垂直价差套利	33
图 44: 认购期权被高估时的凸性套利	34
图 45: 认购期权被低估时的凸性套利	35
图 46: 股票期权组合策略保证金制度流程	36
图 47: 认购凸性套利组合拆分	36
图 48: 认沽凸性套利组合拆分	36
图 49: 盒式套利组合拆分	37
图 50: 期权套利持有到期策略净值	40
图 51: 期权套利提前平仓策略净值	41
图 52: 沪深 300 股指 K 线图	42
表 1: 期权无风险套利分类表	6
表 2: 认购期权上边界套利	8
表 3: 认购期权下边界套利	8
表 4: 认沽期权上边界套利	9
表 5: 认沽期权下边界套利	9
表 6: 沪 300ETF 期权边界套利机会分类收益	12
表 7: 认购期权垂直价差上边界套利	13
表 8: 认购期权垂直价差下边界套利	13

表 9: 认沽期权垂直价差上边界套利	14
表 10: 认沽期权垂直价差下边界套利	14
表 11: 垂直价差套利机会分类收益统计	17
表 12: 认购期权凸性套利	18
表 13: 认沽期权凸性套利	19
表 14: 凸性套利机会分类收益统计	21
表 15: 平价正向套利	22
表 16: 平价反向套利	23
表 17: 平价套利机会分类收益统计	25
表 18: 盒式套利 1	26
表 19: 盒式套利 2	26
表 20: 盒式套利机会分类收益统计	29
表 21: 股票期权组合策略保证金制度	35
表 22: 期权套利提前平仓策略收益风险指标	41

期权品种的数量是标的数量的十倍甚至百倍以上，由于期权的定价难度较高，本身就很容易出现定价错误的情况，当市场处于高波动率的行情下，期权价格更容易出现错估，此时通过构造相应期权组合便可进行期权无风险套利，在几乎无需承担风险的前提下，通过“低买高卖”在交易中获得稳定的收益。

期权无风险套利可以分为边界套利、垂直价差套利、凸性套利、平价套利以及盒式套利等等。本文采用高频数据对上海证券交易所上市的沪深 300ETF 期权的套利收益进行了回测。经过测算，自 300ETF 期权上市以来，垂直价差套利、凸性套利以及盒式套利三种套利方式在套利机会的出现次数以及整体套利收益上均高于边界套利以及平价套利，下表对几类主要的期权无风险套利方式进行了汇总。随后，本文将对每类套利方式的原理以及回测收益进行详细阐述，并同时几类期权套利之间的相关关系、期权套利监控的优化方法、期权组合策略保证金制度、期权套利期间标的资产发生分红的情况以及期权套利的相关风险等问题进行说明。

表 1：期权无风险套利分类表

套利名称	分类	套利条件	操作	保证金减免
单只期权 边界套利	认购期权上边界套利	$c > S$	卖出 c , 买入 S (备兑开仓, Covered Call)	有
	认购期权下边界套利	$c < \text{Max}(S - Ke^{-rT}, 0)$	买入 c , 卖出 S	无需保证金
	认沽期权上边界套利	$p > K$	卖出 p	
	认沽期权下边界套利	$p < \text{Max}(Ke^{-rT} - S, 0)$	买入 p , 买入 S (保险策略, Protective Put)	无需保证金
垂直价差 套利	认购垂直价差上边界套利	$c_1 - c_2 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$	卖出 c_1 , 买入 c_2 (认购熊市价差, Bear Call Spread)	有
	认购垂直价差下边界套利	$c_1 - c_2 < 0$	卖出 c_2 , 买入 c_1 (认购牛市价差, Bull Call Spread)	有
	认沽垂直价差上边界套利	$p_2 - p_1 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$	卖出 p_2 , 买入 p_1 (认沽牛市价差, Bull Put Spread)	有
	认沽垂直价差下边界套利	$p_2 - p_1 < 0$	卖出 p_1 , 买入 p_2 (认沽熊市价差, Bear Put Spread)	有
期权凸性 套利	认购凸性套利	$\frac{c_1 - c_2}{K_2 - K_1} < \frac{c_2 - c_3}{K_3 - K_2}$	买入 1 份 c_1 , λ 份 c_3 , 卖出 $(1 + \lambda)$ 份 c_2 , $\lambda = \frac{K_2 - K_1}{K_3 - K_2}$ (认购蝶式价差, Butterfly Call Spread)	有
	认沽凸性套利	$\frac{p_2 - p_1}{K_2 - K_1} < \frac{p_3 - p_2}{K_3 - K_2}$	买入 1 份 p_1 , λ 份 p_3 , 卖出 $(1 + \lambda)$ 份 p_2 , $\lambda = \frac{K_2 - K_1}{K_3 - K_2}$ (认沽蝶式价差, Butterfly Put Spread)	有
期权平价 套利	正向套利/转换套利	$c - p > S - Ke^{-rT}$	买入 p , 买入 S , 卖出 c (转换套利, Conversion Spread)	
	反向套利/反向转换套利	$c - p < S - Ke^{-rT}$	卖出 S , 卖出 p , 买入 c (反向转换套利, Reverse Conversions)	
	盒式套利	$c_1 - p_1 + K_1e^{-rT} \neq c_2 - p_2 + K_2e^{-rT}$	当 $c_1 - p_1 + K_1e^{-rT} > c_2 - p_2 + K_2e^{-rT}$, 买入 c_2, p_1 , 同时卖出 c_1, p_2 , 反之, 买入 c_1, p_2 , 同时卖出 c_2, p_1 (盒式价差, Box Spread)	有

资料来源：上交所、深交所、天风证券研究所

1. 无风险套利方式及收益

本文采用上交所沪深 300ETF 期权以及华泰柏瑞沪深 300ETF 2019 年 12 月 23 日开盘至 2020 年 7 月 31 日收盘之间连续竞价时段的 tick 数据测算期权无风险套利收益。期权买卖

价差常常偏高，因此本文采用对手买一价或卖一价进行测算。

期权套利涉及多项交易成本。首先，期权交易佣金包括券商收取的开仓、平仓手续费、交易所的经手费、结算公司的交易结算和行权结算费用等等。其次，ETF 期权对标的证券的交易涉及到 ETF 交易手续费，如果需要卖空标的，还涉及到融券相关费用。

此外，无风险套利的原始设定为借入资金购买期权或标的并获取无风险收益，而在实际操作中，套利机会往往稍纵即逝，采用借入资金的方式进行套利并不现实，因此往往采用自有资金进行投资，套利活动中占用的资金包括购入期权和标的资产的费用，以及卖出期权所需要缴纳的保证金费用，而由于资金本身也有一定的机会成本，因此，在投资中可以设定一个最低的收益水平，只有在无风险套利的收益超过最低收益率要求的时候才进行开仓。

本文中，收益测算所采用的参数如下：

- ✓ 期权手续费为 15 元/张（卖出开仓不收取手续费）；
- ✓ 300ETF 手续费 0.1%；
- ✓ 300ETF 融券成本为年化 8.6%，融券保证金比例为 100%；
- ✓ 期权开仓保证金根据交易所规定计算，保证金占用资金设为期权开仓保证金金额的 120%；
- ✓ 300ETF 以及 300ETF 期权的冲击成本均设置为 0.5%；
- ✓ 无风险利率为前一交易日 1 周 SHIBOR 利率；
- ✓ 采用对手方最优价格委托机制，买入价格为卖一价，卖出价格为买一价。

1.1. 边界套利

根据期权定义，认购期权与认沽期权的价格满足如下不等式：

认购期权价格范围：

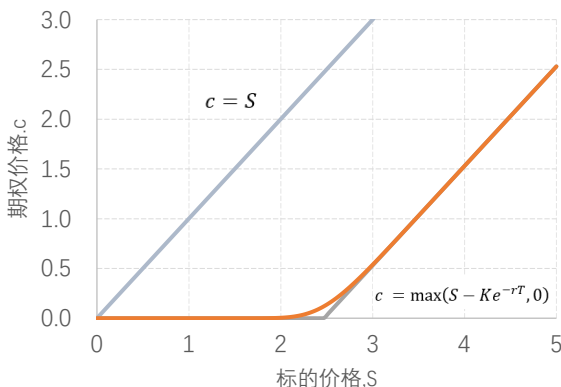
$$\max(S - Ke^{-rT}, 0) < c < S$$

认沽期权价格范围：

$$\max(Ke^{-rT} - S, 0) < p < K$$

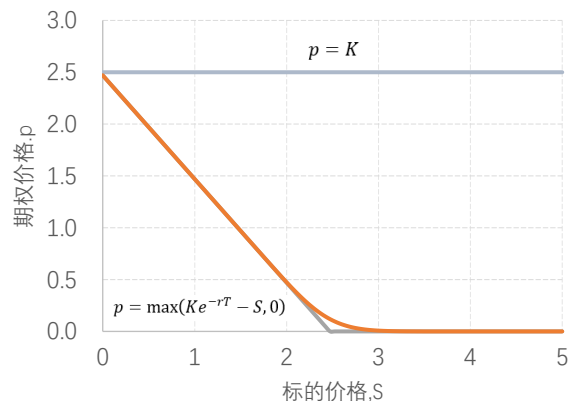
下图中展示了期权价格曲线的上下边界，一旦认购期权或认沽期权价格超过理论上下边界水平，便可利用期权价格的错误定价进行无风险套利，也就是进行期权的边界套利。

图 1：认购期权价格边界



资料来源：天风证券研究所

图 2：认沽期权价格边界



资料来源：天风证券研究所

边界套利一共分为四种情况，即认购期权价格超过上边界、认购期权价格低于下边界、认沽期权价格超过上边界以及认沽期权价格低于下边界。

1.1.1. 认购期权价格超过上边界

在时刻 $t = 0$ ，认购期权价格一旦超过了上边界 ($c > S_0$)，可通过卖出认购期权 (c) 的同时买入对应的期权标的 (S_0) 进行无风险套利 (Covered Call)。当期权到期，若 $S_T > K$ ，买方向行权，投资者以价格 K 卖出所持有的标的，投资者收益折现到 $t = 0$ 时刻为：

$$Ke^{-rT} + c - S_0$$

若 $S_T < K$ ，期权不执行，投资者收益折现到 $t = 0$ 时刻为：

$$S_T e^{-rT} + c - S_0$$

而由于 $c > S_0$ ，在不考虑费用的情况下，无论 T 时刻 S_T 处于何种水平，投资者至少可以获得 $c - S_0$ 的正收益。

表 2：认购期权上边界套利

	$t = 0$	$t = T$	
操作\价格关系	$c > S_0$	$S_T < K$	$S_T > K$
卖出 c	c		$K - S_T$
买入 S	$-S_0$	S_T	S_T
现金流	$c - S_0$	S_T	K
收益合计	$c - S_0$	$(c - S_0)e^{rT} + S_T$	$(c - S_0)e^{rT} + K$

资料来源：天风证券研究所

1.1.2. 认购期权价格低于下边界

在时刻 $t = 0$ ，认购期权价格一旦低于下边界 ($c < \max(S_0 - Ke^{-rT}, 0)$)，若 $c < 0$ ，投资者可直接买入认购期权 c 获取无风险套利，然而期权价格小于 0 的情况几乎不会发生。更多情况下，若 $0 < c < S_0 - Ke^{-rT}$ ，投资者可通过买入认购期权 c 的同时融券卖出标的资产 S_0 进行无风险套利。期权到期时，若 $S_T > K$ ，投资者行权，以价格 K 买入标的，并归还所借标的，将该投资者的收益折现到 0 时刻，为：

$$S_0 - c - Ke^{-rT}$$

若 $S_T < K$ ，期权不执行，投资者购入 S_T 归还所借标的， $t = 0$ 时刻投资者收益为：

$$S_0 - c - S_T e^{-rT}$$

由于 $S_T < K$ ，

$$S_0 - c - S_T e^{-rT} > S_0 - c - Ke^{-rT}$$

而由于 $0 < c < S_0 - Ke^{-rT}$ ，在不考虑费用的情况下，无论 T 时刻 S_T 处于何种水平，投资者至少可以获得 $-c + S_0 - Ke^{-rT}$ 的正收益。

表 3：认购期权下边界套利

	$t = 0$	$t = T$	
操作\价格关系	$c < \max(S_0 - Ke^{-rT}, 0)$	$S_T < K$	$S_T > K$
买入 c	$-c$		$S_T - K$
卖出 S	S_0	$-S_T$	$-S_T$
现金流	$S_0 - c$	$-S_T$	$-K$
收益合计	$S_0 - c$	$(S_0 - c)e^{rT} - S_T$	$(S_0 - c)e^{rT} - K$

资料来源：天风证券研究所

1.1.3. 认沽期权价格超过上边界

在时刻 $t = 0$ ，认沽期权价格一旦超过了上边界 ($p > K$)，可通过卖出认沽期权 p 获取

无风险套利机会。期权到期时，若 $S_T > K$ ，认沽期权买方不行权，投资者赚取期权费用，若 $S_T < K$ ，认沽期权买方行权，投资者以价格 K 买入标的，并以 S_T 卖出标的，投资者在 $t = T$ 时刻的收益为：

$$S_T - K + pe^{rT}$$

由于 $S_T > 0, p > K$ ，将投资者收益折现到 $t = 0$ 时刻：

$$S_T e^{-rT} - K e^{-rT} + p > p - K e^{-rT} > 0$$

因此在不考虑各项费用的情况下，无论期权标的的市场价格如何变动，只要标的的价格不为负数，投资者均可获取正收益。

表 4：认沽期权上边界套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$	
	$p > K$	$S_T < K$	$S_T > K$
卖出 p	p	$S_T - K$	
现金流	p	$S_T - K$	
收益合计	p	$pe^{rT} + S_T - K$	pe^{rT}

资料来源：天风证券研究所

1.1.4. 认沽期权价格低于下边界

在时刻 $t = 0$ ，认沽期权价格一旦低于下边界 ($p < \max(Ke^{-rT} - S, 0)$)，若 $p < 0$ ，投资者可直接买入认沽期权获取无风险收益，然而期权价格小于 0 的情况几乎不会发生。更多情况下，若 $0 < p < Ke^{-rT} - S$ 投资者可以通过买入认沽期权 p 同时买入标的 S 获取无风险收益 (Protective Put)。期权到期时，如果 $S_T > K$ ，投资者作为期权买方放弃执行期权，并将期初购买的标的以 S_T 出售，所获收益为：

$$S_T - pe^{rT} - S_0 e^{rT}$$

由于 $S_T > K$ ，可知：

$$S_T - pe^{rT} - S_0 e^{rT} > K - pe^{rT} - S_0 e^{rT}$$

折现到 $t = 0$ 时刻为：

$$Ke^{-rT} - p - S_0$$

由于 $p < Ke^{-rT} - S$ ，则 $Ke^{-rT} - S - p > 0$ 。

当 $S_T < K$ ，投资者执行期权，将期初购买的标的以价格 K 出售，所获收益为：

$$K - pe^{rT} - S_0 e^{rT} > 0$$

折现到 $t = 0$ 时刻为：

$$Ke^{-rT} - p - S_0$$

因此，不考虑各项费用的情况下，无论标的的价格如何变动，投资者至少将获得 $Ke^{-rT} - p - S_0$ 的正收益。

表 5：认沽期权下边界套利

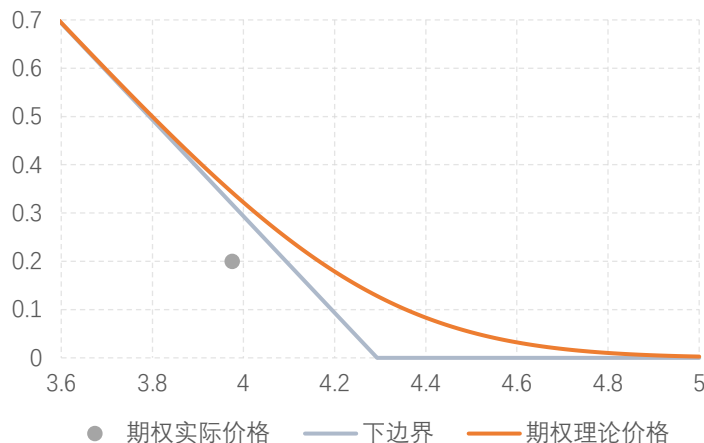
操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$	
	$p < \max(Ke^{-rT} - S_0, 0)$	$S_T < K$	$S_T > K$
买入 p	$-p$	$K - S_T$	
买入 S	$-S_0$	S_T	S_T
现金流	$-p - S_0$	K	S_T
收益合计	$-p - S_0$	$(-p - S_0)e^{rT} + K$	$(-p - S_0)e^{rT} + S_T$

资料来源：天风证券研究所

1.1.5. 边界套利案例

2020年3月到期执行价格为4.3的沪深300ETF认沽期权合约1002169.SH在3月2日9:31:05的卖一价为0.20，此时标的卖一价约为3.972，若进行套利，在剔除各项交易成本之后的最低年化收益率将达到30.6%，非年化收益率为2.18%，期权合约以及现货合约在类似水平的报价维持时长约1分钟，随后卖一价回到约0.3的水平，套利机会消失。

图3：认沽期权下边界套利示例



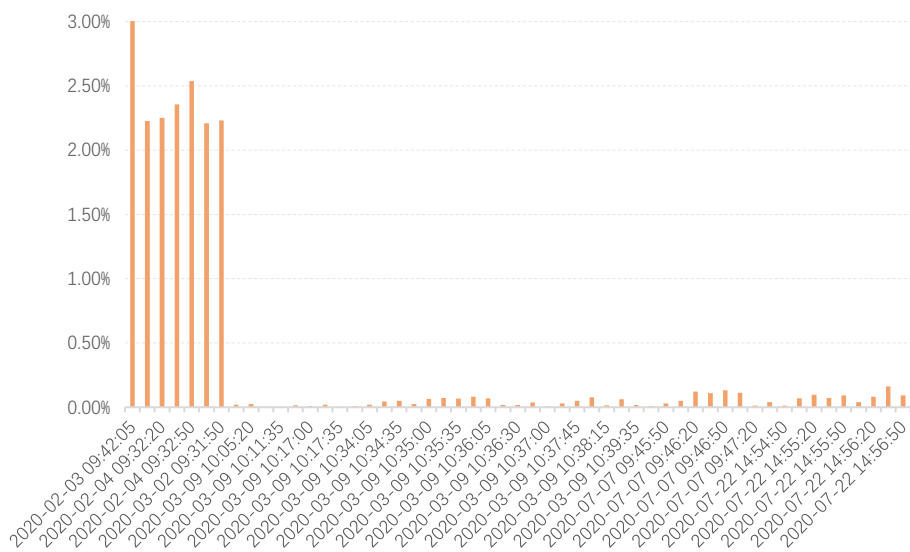
资料来源：天风证券研究所

1.1.6. 边界套利收益测算

出现上边界套利的机会通常意味着期权价格已经大幅偏离理论价格，相对而言，下边界套利相较于上边界套利出现的频率更高。下边界套利中，认购期权的下边界套利涉及到在期初卖空标的，由于融券的成本较高、券源较少，在极端行情或特殊时期融券难度更是进一步增大，因此认购期权的下边界套利机会几乎很少出现，即使在出现认购期权下边界套利机会的情况下，进行套利操作的难度也更高。

下图对300ETF期权上市以来的边界套利收益进行了测算，可以看到2020年2月3日至3月2日之间出现的边界套利机会的收益较高，非年化收益均达到2%以上。

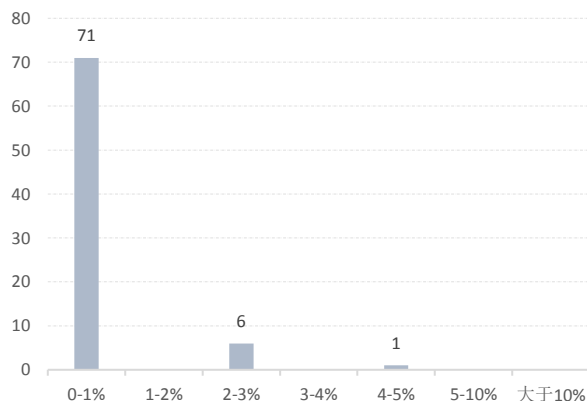
图4：沪300ETF期权边界套利非年化收益



资料来源：上交所，天风证券研究所

在回测期间，边界套利机会共出现78次，其中71次套利机会的非年化收益在1%以下，6次收益在2-3%之间，只有1次套利机会的收益达到了4%以上。

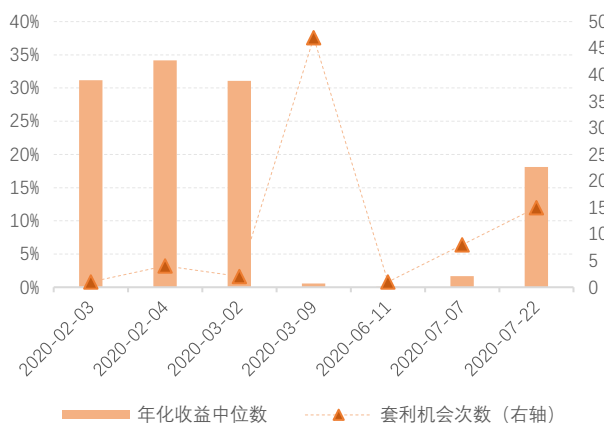
图 5：沪 300ETF 期权边界套利非年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

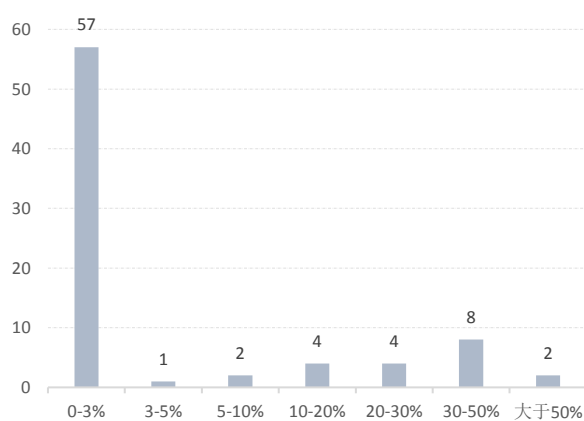
分日度看，回测期内共有 7 天出现了边界套利机会，其中，2 月 3 日、2 月 4 日以及 3 月 2 日边界套利的年化收益较高，年化收益中位数均达到 30% 以上。从收益分布上看，共有 57 次（占比约 73.1%）边界套利的年化收益在 0%-3% 之间。

图 6：沪 300ETF 期权边界套利年化收益按日度



资料来源：上交所，天风证券研究所

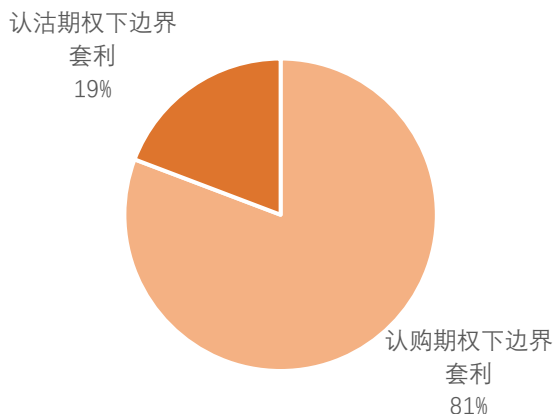
图 7：沪 300ETF 期权边界套利年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

回测期内，所有出现的边界套利机会均为下边界套利机会，而由于借助融券套利的可操作性较低且成本高昂，认沽期权下边界套利机会占比（19%）远低于认购期权下边界的套利机会占比（81%）。

图 8：沪 300ETF 期权边界套利机会分类占比



资料来源：上交所，天风证券研究所

回测期内认沽期权下边界套利的年化收益中位数达到了 2.76%，非年化收益中位数达到 0.13%，均高于对应的认购期权下边界套利收益中位数。

表 6：沪 300ETF 期权边界套利机会分类收益

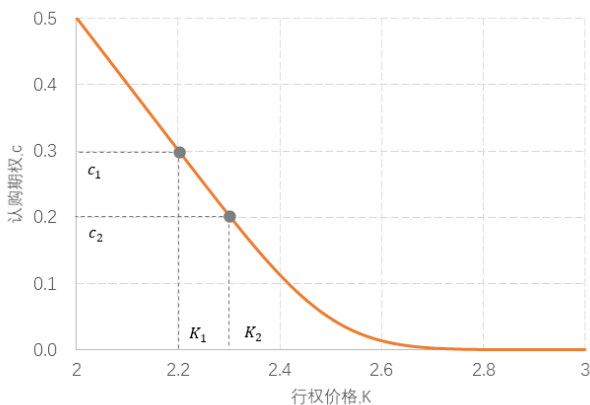
	非年化收益率中位数	年化收益率中位数	套利机会次数
认购期权下边界套利	0.03%	0.85%	63
认沽期权下边界套利	0.13%	2.76%	15

资料来源：上交所，天风证券研究所

1.2. 垂直价差套利

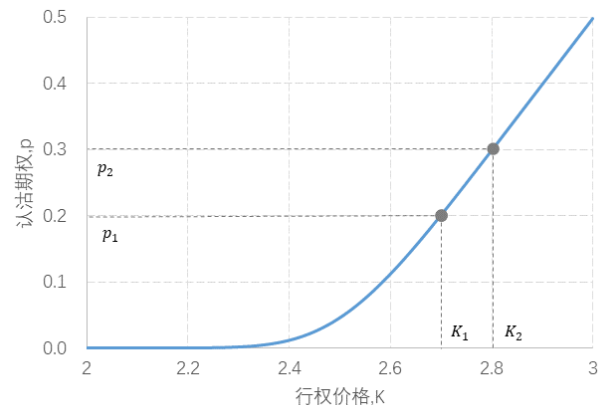
认购期权价格随执行价格的上升呈现单调递减的趋势，而认沽期权的价格随着执行价格的上升呈现单调递增的趋势。

图 9：认购期权价格曲线



资料来源：天风证券研究所

图 10：认沽期权价格曲线



资料来源：天风证券研究所

根据期权价格之间以及期权执行价格之间的关系，我们可以得到期权垂直价差的上下边界：

认购期权价差边界：

$$0 < c_1 - c_2 < (K_2 - K_1)e^{-rT}$$

认沽期权价差边界：

$$0 < p_2 - p_1 < (K_2 - K_1)e^{-rT}$$

两个认购期权或认沽期权的价差一旦超过了上边界或下边界，便可通过构建熊市价差组合或牛市价差组合进行套利，具体情况分为认购期权价差超过上边界、认购期权价差超过下边界、认沽期权价差超过上边界以及认沽期权价差超过下边界四种情况。

1.2.1. 认购期权垂直价差超过上边界

认购期权的垂直价差一旦超过了上边界 ($c_1 - c_2 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$)，投资者可通过构建认购期权熊市价差组合进行套利，具体操作为卖出 c_1 的同时买入 c_2 。行权当日，若 $S_T > K_2$ ， c_1 与 c_2 同时执行，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现收益为：

$$(K_1 - K_2)e^{-rT} + c_1 - c_2$$

$$\text{而 } (K_1 - K_2)e^{-rT} + c_1 - c_2 = c_1 - c_2 - (K_2 - K_1)e^{-rT} > 0$$

若 $K_1 < S_T < K_2$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现收益为：

$$(K_1 - S_T)e^{-rT} + c_1 - c_2$$

$$\text{而：} (K_1 - S_T)e^{-rT} + c_1 - c_2 > (K_1 - K_2)e^{-rT} + c_1 - c_2 > 0$$

若 $S_T < K_1$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现收益为：

$$c_1 - c_2$$

而 $c_1 - c_2 > c_1 - c_2 - (K_2 - K_1)e^{-rT} > 0$

因此，不考虑各项费用的情况下，无论期权标的价格如何变动，投资者收益均将为正。

表 7：认购期权垂直价差上边界套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$		
	$c_1 - c_2 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
卖出 c_1	c_1		$-S_T + K_1$	$-S_T + K_1$
买入 c_2	$-c_2$			$S_T - K_2$
收益	$c_1 - c_2$		$-S_T + K_1$	$K_1 - K_2$
收益合计	$c_1 - c_2$	$(c_1 - c_2)e^{rT}$	$(c_1 - c_2)e^{rT} + K_1 - S_T$	$(c_1 - c_2)e^{rT} + K_1 - K_2$

资料来源：天风证券研究所

1.2.2. 认购期权垂直价差低于下边界

认购期权垂直价差一旦低于下边界 ($c_1 - c_2 < 0$)，投资者可通过构建认购期权的牛市价差组合，即买入 c_1 的同时卖出 c_2 获取无风险收益。期权到期时，若 $S_T > K_2$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现值为：

$$(K_2 - K_1)e^{rT} + c_2 - c_1$$

由于 $K_2 - K_1 > 0$ ，且 $c_2 - c_1 > 0$ ：

$$(K_2 - K_1)e^{rT} + c_2 - c_1 > 0$$

若 $K_1 < S_T < K_2$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现收益为：

$$(S_T - K_1)e^{-rT} + (c_2 - c_1) > 0$$

若 $S_T < K_1$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的折现收益为：

$$c_2 - c_1 > 0$$

因此，不考虑各项费用的情况下，一旦认购期权垂直价差低于下边界，通过构建牛市价差组合，无论期权标的价格如何变动，投资者均将获得正收益。

表 8：认购期权垂直价差下边界套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$		
	$c_1 - c_2 < 0$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
买入 c_1	$-c_1$		$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 c_2	c_2			$-S_T + K_2$
收益	$c_2 - c_1$		$S_T - K_1$	$K_2 - K_1$
收益合计	$c_2 - c_1$	$(c_2 - c_1)e^{rT}$	$(c_2 - c_1)e^{rT} + S_T - K_1$	$(c_2 - c_1)e^{rT} + K_2 - K_1$

资料来源：天风证券研究所

1.2.3. 认沽期权垂直价差超过上边界

认沽期权垂直价差一旦超过上界 ($p_2 - p_1 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$)，投资者可以通过卖出 p_2 的同时买入 p_1 构建牛市价差组合。

若 $S_T > K_2$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益折现值为：

$$p_2 - p_1$$

而 $p_2 - p_1 > p_2 - p_1 - (K_2 - K_1)e^{-rT} > 0$

若 $K_1 < S_T < K_2$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益折现值为：

$$(S_T - K_2)e^{-rT} + p_2 - p_1$$

而 $(S_T - K_2)e^{-rT} + p_2 - p_1 > (K_1 - K_2)e^{-rT} + p_2 - p_1 = p_2 - p_1 - (K_2 - K_1)e^{-rT} > 0$

若 $S_T < K_1$ ，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益为：

$$(K_1 - K_2)e^{rT} + p_2 - p_1$$

而 $p_2 - p_1 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$ ，所以 $(K_1 - K_2)e^{rT} + p_2 - p_1 = p_2 - p_1 - (K_2 - K_1)e^{rT} > 0$ 。

表 9：认沽期权垂直价差上边界套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$		
	$p_2 - p_1 > (K_2 - K_1)e^{-rT}$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
买入 p_1	$-p_1$	$-S_T + K_1$		
卖出 p_2	p_2	$S_T - K_2$	$S_T - K_2$	
收益	$p_2 - p_1$	$K_1 - K_2$	$S_T - K_2$	
收益合计	$p_2 - p_1$	$(p_2 - p_1)e^{rT} + K_1 - K_2$	$(p_2 - p_1)e^{rT} + S_T - K_2$	$(p_2 - p_1)e^{rT}$

资料来源：天风证券研究所

1.2.4. 认沽期权垂直价差低于下边界

认沽期权垂直价差一旦低于下边界， $(p_2 - p_1 < 0)$ ，投资者可以通过买入 p_2 的同时卖出 p_1 构建熊市价差组合。

当 $S_T > K_2$ 时，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益折现值为：

$$p_1 - p_2$$

而 $p_2 - p_1 < 0$ ，所以 $p_1 - p_2 > 0$

当 $K_1 < S_T < K_2$ 时，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益折现值为：

$$(K_2 - S_T)e^{-rT} + p_1 - p_2$$

由于 $S_T < K_2$ ，所以 $(K_2 - S_T)e^{-rT} > 0$ ，又 $p_2 - p_1 < 0$ ，所以 $(K_2 - S_T)e^{-rT} + p_1 - p_2 > p_1 - p_2 > 0$

当 $S_T < K_1$ 时，投资者在 $t = 0$ 时刻的收益折现值为：

$$(K_2 - K_1)e^{-rT} + p_1 - p_2$$

由于 $K_1 < K_2$ ，所以 $(K_2 - K_1)e^{-rT} + p_1 - p_2 > p_1 - p_2 > 0$ 。

表 10：认沽期权垂直价差下边界套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$		
	$p_2 - p_1 < 0$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
卖出 p_1	p_1	$S_T - K_1$		
买入 p_2	$-p_2$	$K_2 - S_T$	$K_2 - S_T$	
收益	$p_1 - p_2$	$K_2 - K_1$	$K_2 - S_T$	
收益合计	$p_1 - p_2$	$(p_1 - p_2)e^{rT} + K_2 - K_1$	$(p_1 - p_2)e^{rT} + K_2 - S_T$	$(p_1 - p_2)e^{rT}$

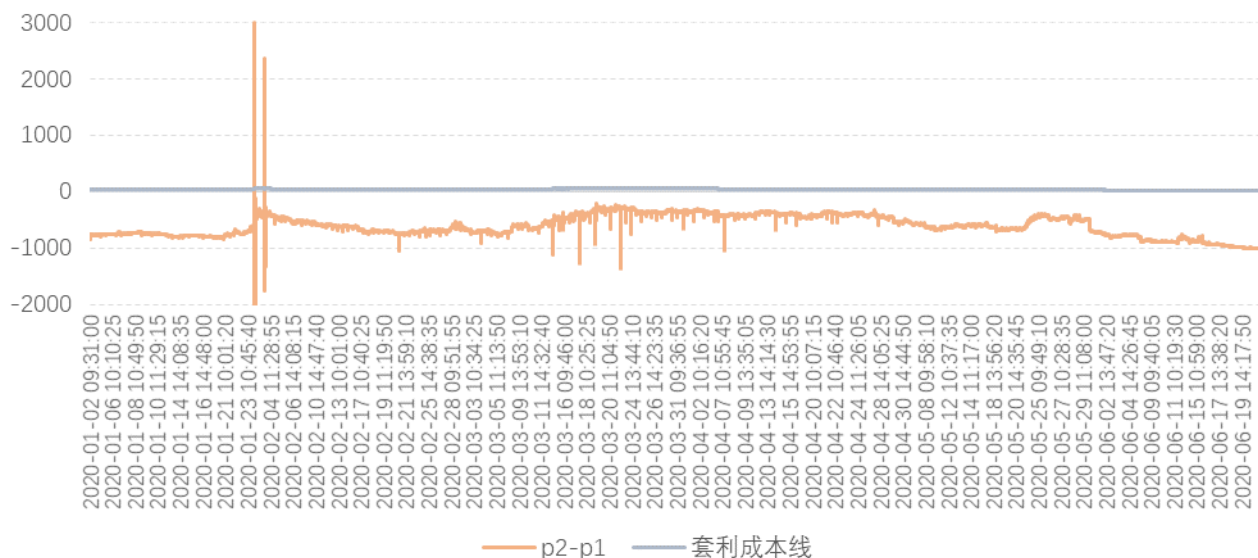
资料来源：天风证券研究所

1.2.5. 垂直价差套利案例

下图展示了 2020 年 1 月至 2020 年 6 月，到期日为 2020 年 6 月 24 日的两只沪深 300ETF 期权合约（沪 300ETF 购 2020 年 6 月 3.8, 10002182.SH 以及沪 300ETF 沽 2020 年 6 月 3.9，

10002183.SH) 价差的 5s 级时间序列以及对应的套利成本线。套利机会出现于 2 月 3 日以及 2 月 4 日开盘后不久, 套利时长分别持续 5 分钟左右, 两次套利的年化收益均达到了 20% 以上。

图 11: 认沽期权垂直价差上边界套利示例

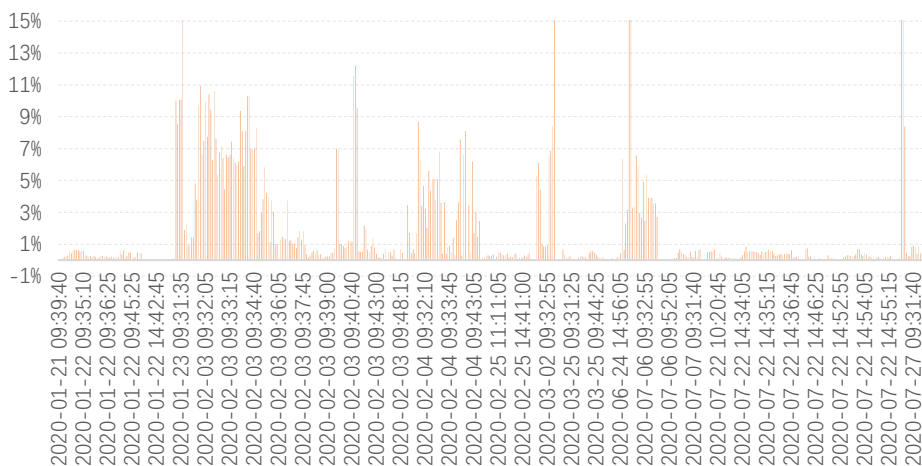


资料来源: 上交所, 天风证券研究所

1.2.6. 垂直价差套利收益测算

与边界套利机会相比, 垂直价差套利在回测期内出现的套利机会更多, 总数达到 1,191 次。1 月 22 日收盘前、2 月 3 日、2 月 4 日、7 月 3 日以及 7 月 23 日开盘后出现的套利机会的非年化收益相对较高。

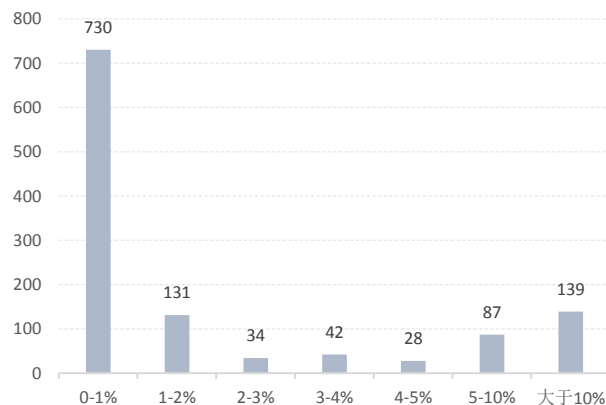
图 12: 沪 300ETF 期权垂直价差套利非年化收益



资料来源: 上交所, 天风证券研究所

共有 730 次 (占比约 61.2%) 垂直价差套利的非年化收益集中在 0-1% 区间内, 有 226 次 (占比约 18.9%) 垂直价差套利的非年化收益大于 5%。

图 13：沪 300ETF 期权垂直价差套利非年化收益分布

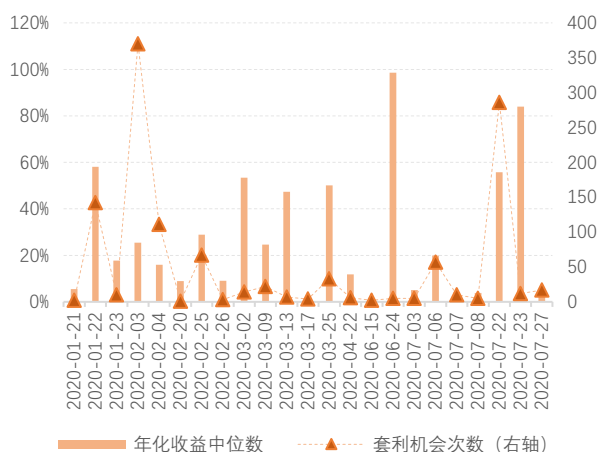


资料来源：上交所，天风证券研究所

在回溯期内，共有 23 天出现了垂直价差套利机会，2020 年 1 月 22 日、3 月 2 日、3 月 25 日、6 月 24 日、7 月 22 日以及 7 月 23 日垂直价差套利的年化收益中位数均达到了 50% 以上。6 月 24 日套利的年化收益中位数最高，为 98.6%，当天共出现 5 次套利机会，2 月 3 日出现的套利机会次数最多，共 370 次，年化收益中位数为 25.4%。

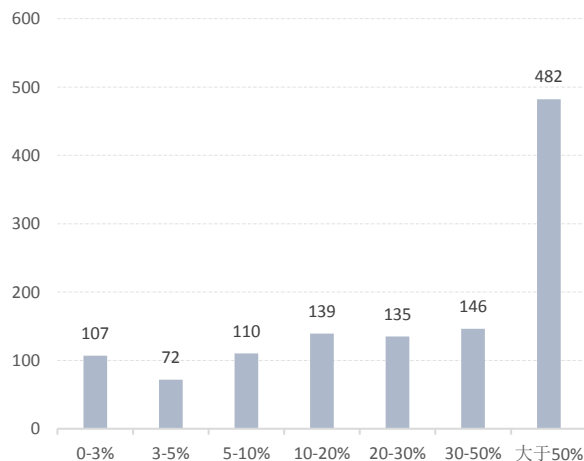
共有 482 次（占比约 40.4%）垂直价差套利的年化收益大于 50%。

图 14：沪 300ETF 期权垂直价差套利年化收益按日度



资料来源：上交所，天风证券研究所

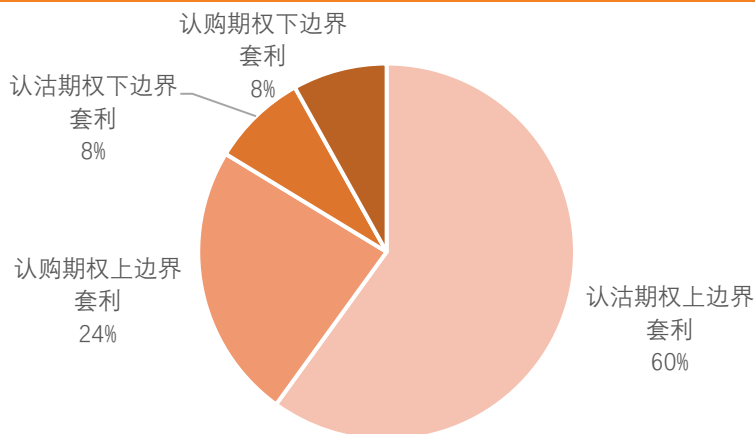
图 15：沪 300ETF 期权垂直价差套利年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

从分类来看，垂直价差的上边界套利机会次数大大高于下边界套利机会次数，其中，认沽期权垂直价差上边界套利的次数占比最高，达到了 60%，认购期权垂直价差上边界套利次数的占比达 24%。认沽期权垂直价差下边界套利以及认购期权垂直价差下边界套利的占比均为 8%。

图 16：垂直价差套利机会分类占比



资料来源：上交所，天风证券研究所

垂直价差上边界套利的年化收益整体高于垂直价差下边界套利的年化收益，认沽期权与认购期权的垂直价差上边界套利年化收益分别为 39.3%以及 33.7%，而认沽期权与认购期权的垂直价差下边界套利年化收益略低，分别为 22.3%和 17.4%。

表 11：垂直价差套利机会分类收益统计

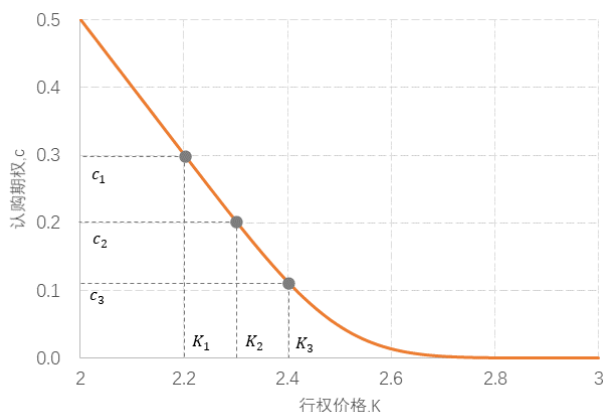
	非年化收益率 中位数	年化收益率中 位数	套利机会次数
认沽期权垂直价差上边界套利	1.00%	39.25%	622
认购期权垂直价差上边界套利	0.17%	33.66%	246
认沽期权垂直价差下边界套利	1.76%	22.30%	85
认购期权垂直价差下边界套利	3.90%	17.41%	84

资料来源：上交所，天风证券研究所

1.3. 凸性套利

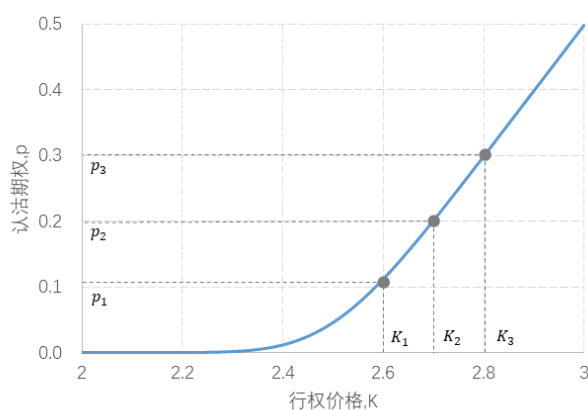
根据下图可以发现，期权的价格曲线呈现下凸的特性，也就是说如果假设价格连续的情况下，期权价格曲线的二阶导数应该大于 0。

图 17：认购期权价格曲线



资料来源：天风证券研究所

图 18：认沽期权价格曲线



资料来源：天风证券研究所

因此，我们可以得到认购期权的凸性关系：

$$\frac{c_1 - c_2}{K_2 - K_1} > \frac{c_2 - c_3}{K_3 - K_2}$$

以及认沽期权的凸性关系：

$$\frac{p_2 - p_1}{K_2 - K_1} < \frac{p_3 - p_2}{K_3 - K_2}$$

1.3.1. 认购期权凸性套利

令 $\lambda = (K_2 - K_1)/(K_3 - K_2)$ ，一旦认购期权的凸性被打破，期权的价格曲线不再呈现凸性形态，即 $c_1 + \lambda c_3 < (1 + \lambda)c_2$ ，投资者可通过买入 1 份 c_1 以及 λ 份 c_3 ，同时卖出 $(1 + \lambda)$ 份 c_2 进行套利。

在 $t = 0$ 时刻，投资者的收益为： $(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3$ 。

期权到期时 ($t = T$)，若 $S_T > K_3$ ，三只认购期权均会被执行，投资者的收益为：

$$(1 + \lambda)K_2 - \lambda K_3 - K_1$$

即：

$$K_2 - K_1 - \lambda(K_3 - K_2)$$

而 $\lambda = (K_2 - K_1)/(K_3 - K_2)$ ，因此上式变为：

$$K_2 - K_1 - \frac{K_2 - K_1}{K_3 - K_2}(K_3 - K_2) = 0$$

若 $K_2 < S_T < K_3$ ， c_1 以及 c_2 将会被执行， c_3 则不会被执行，投资者在 $t = T$ 时刻的收益为：

$$(1 + \lambda)K_2 - K_1 - \lambda S_T$$

由于 $S_T < K_3$ ，所以 $-\lambda S_T > -\lambda K_3$ ，因此 $(1 + \lambda)K_2 - K_1 - \lambda S_T > (1 + \lambda)K_2 - K_1 - \lambda K_3 = 0$ ，因此投资者的收益将大于 $(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3$ 。

若 $K_1 < S_T < K_2$ ， c_1 将会被执行， c_2 以及 c_3 则不会被执行，投资者在 $t = T$ 时刻的收益为：

$$S_T - K_1 > 0$$

若 $S_T < K_1$ ，三只认购期权均不会被执行，投资者在 $t = T$ 时刻的收益为 0。

因此，不考虑各项费用，无论期权到期后 S_T 价格如何，投资者在 T 时刻的收益均大于等于零，投资者将至少获得 $t = 0$ 时刻所获得的收益： $(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3$ 。

表 12：认购期权凸性套利

	$t = 0$	$t = T$			
操作\价格关系	$c_1 + \lambda c_3 < (1 + \lambda)c_2$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$K_2 < S_T < K_3$	$S_T > K_3$
买入 1 份 c_1	$-c_1$		$S_T - K_1$	$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 $(1 + \lambda)$ 份 c_2	$(1 + \lambda)c_2$			$(1 + \lambda)(K_2 - S_T)$	$(1 + \lambda)(K_2 - S_T)$
买入 λ 份 c_3	$-\lambda c_3$				$\lambda(S_T - K_3)$
收益	$(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3$		$S_T - K_1$	$(1 + \lambda)K_2 - K_1 - \lambda S_T$	$(1 + \lambda)K_2 - \lambda K_3 - K_1$
收益合计	$(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3$	$[(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3]e^{rT}$	$[(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3]e^{rT} + S_T - K_1$	$[(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3]e^{rT} + (1 + \lambda)K_2 - K_1 - \lambda S_T$	$[(1 + \lambda)c_2 - c_1 - \lambda c_3]e^{rT}$

资料来源：天风证券研究所

1.3.2. 认沽期权凸性套利

若认沽期权的凸性关系被打破，即 $p_1 + \lambda p_3 < (1 + \lambda)p_2$ ，投资者可通过买入 1 份 p_1 以及 λ 份 p_3 ，同时卖出 $(1 + \lambda)$ 份 p_2 进行无风险套利。此时，投资者的收益为 $(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3$ 。

期权到期时 ($t = T$)，若 $S_T > K_3$ ，三只期权均不执行，投资者在行权时刻的收益为 0。

若 $K_2 < S_T < K_3$, p_3 将被执行, p_1 以及 p_2 不会被执行, 投资者在 $t = T$ 时刻的收益为:

$$\lambda(K_3 - S_T) > 0$$

若 $K_1 < S_T < K_2$, p_3 以及 p_2 将被执行, p_1 不会被执行, 投资者的收益为:

$$S_T + \lambda K_3 - (1 + \lambda)K_2$$

而 $S_T + \lambda K_3 - (1 + \lambda)K_2 > K_1 + \lambda K_3 - (1 + \lambda)K_2 = 0$

若 $S_T < K_1$, 三只期权均会被执行, 投资者在 $t = T$ 时刻的收益为:

$$K_1 + \lambda K_3 - (1 + \lambda)K_2 = 0$$

因此在不考虑其他费用的情况下, 无论到期后 S_T 价格如何, 投资者将至少获得 $(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3$ 的收益。

表 13: 认沽期权凸性套利

	$t = 0$	$t = T$			
操作\价格关系	$p_1 + \lambda p_3 < (1 + \lambda)p_2$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$K_2 < S_T < K_3$	$S_T > K_3$
买入 1 份 p_1	$-p_1$	$K_1 - S_T$			
卖出 $(1 + \lambda)$ 份 p_2	$(1 + \lambda)p_2$	$-(1 + \lambda)(K_2 - S_T)$	$-(1 + \lambda)(K_2 - S_T)$		
买入 λ 份 p_3	$-p_3$	$\lambda(K_3 - S_T)$	$\lambda(K_3 - S_T)$	$\lambda(K_3 - S_T)$	
收益	$(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3$		$S_T + \lambda K_3 - (1 + \lambda)K_2$	$\lambda(K_3 - S_T)$	
收益合计	$(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3$	$[(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3]e^{rT}$	$[(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3]e^{rT}$	$[(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3]e^{rT}$	$[(1 + \lambda)p_2 - p_1 - \lambda p_3]e^{rT}$

资料来源: 天风证券研究所

1.3.3. 认沽期权凸性套利案例

下图展示了 10002171.SH, 10002178.SH 以及 10002179.SH 三只认购期权所组成的蝶式套利价差以及套利成本线, 三只期权的到期日均为 2020 年 6 月 24 日, 执行价格分别为 3.6、4.3 以及 4.4, 组合在 2 月 3 日、2 月 4 日以及 3 月 2 日均出现了套利机会。年化收益率为 1%-5%, 非年化收益率在 0.5%-2% 之间。

图 19: 凸性套利价差变化



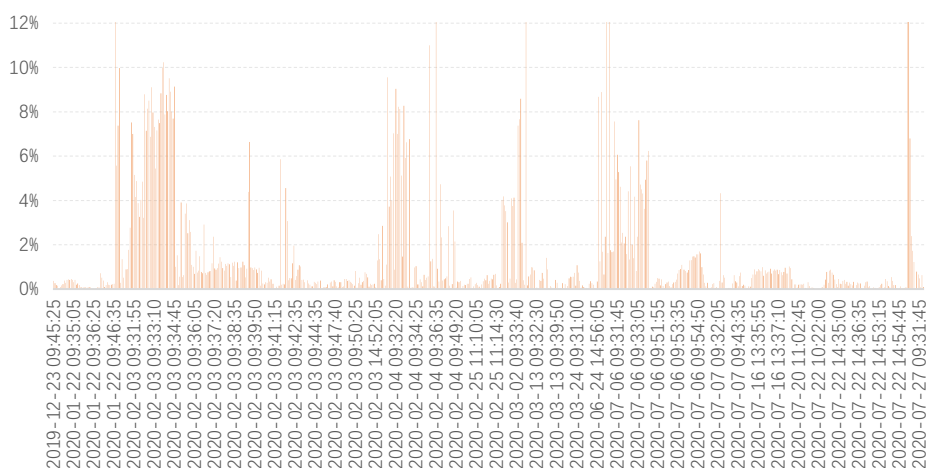
资料来源: 上交所, 天风证券研究所

1.3.4. 凸性套利收益测算

回溯期内的凸性套利机会共 3,426 次。2020 年 1 月 22 日、2 月 3 日、2 月 4 日、2 月

9 日以及 7 月 6 日开盘后出现的凸性套利收益相对较高。

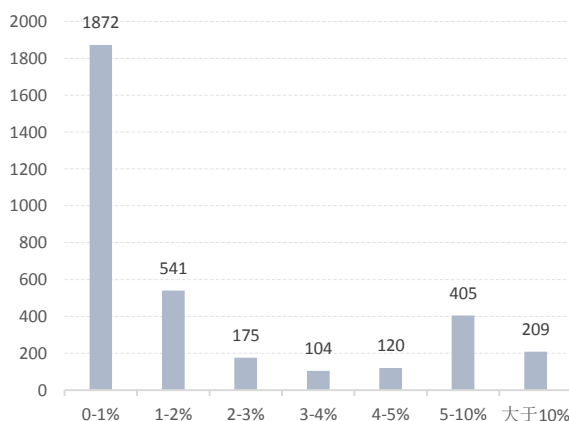
图 20：沪 300ETF 期权凸性套利非年化收益



资料来源：上交所，天风证券研究所

共有约 1,872 次（占比约 54.6%）套利的非年化收益集中在 0-1% 区间内，614 次（占比约 17.9%）凸性套利的非年化收益大于 5%。

图 21：沪 300ETF 期权凸性套利非年化收益分布

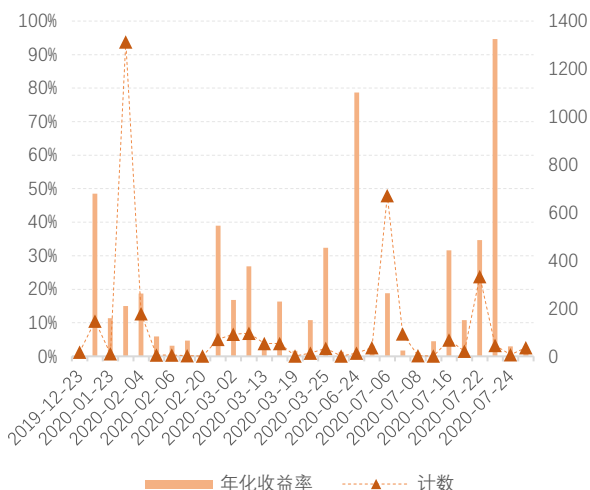


资料来源：上交所，天风证券研究所

在回测期内，共有 30 天出现了凸性套利机会，2020 年 1 月 22 日、6 月 24 日以及 7 月 23 日凸性套利的年化收益中位数均超过了 45%。其中，7 月 23 日的年化收益中位数甚至达到 95%，当天共出现 45 次套利机会。凸性套利在 2 月 3 日出现的机会次数最多，共 1,313 次，当天凸性套利的年化收益中位数为 15%。

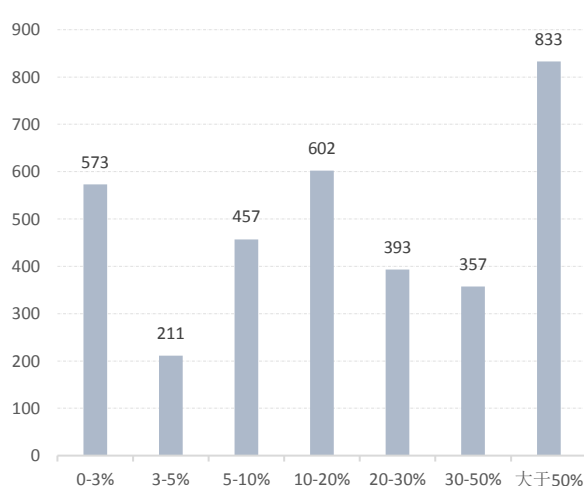
占比约 24.3%（共 833 次）垂直价差套利的年化收益大于 50%。

图 22：沪 300ETF 期权凸性套利年化收益按日度



资料来源：上交所，天风证券研究所

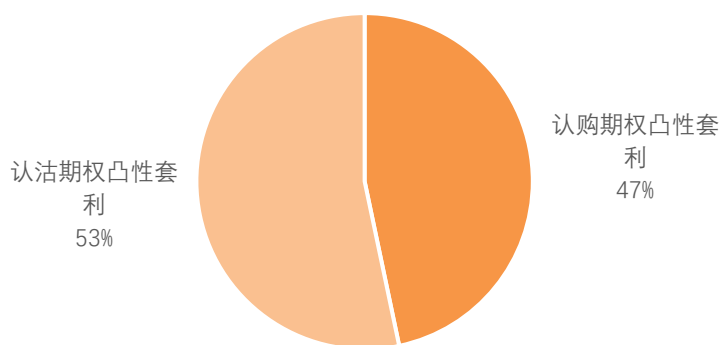
图 23：沪 300ETF 期权凸性套利年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

从分类上看，认沽期权凸性套利机会与认购期权凸性套利机会的占比基本持平，认沽期权占比稍高，达 53%。

图 24：凸性套利机会分类占比



资料来源：上交所，天风证券研究所

从收益来看，认沽期权凸性套利的年化收益率中位数（22.16%）与非年化收益率中位数（0.87%）均高于认购期权凸性套利。

表 14：凸性套利机会分类收益统计

	非年化收益率中位数	年化收益率中位数	套利机会次数
认购期权凸性套利	0.63%	14.72%	1600
认沽期权凸性套利	0.87%	22.16%	1826

资料来源：上交所，天风证券研究所

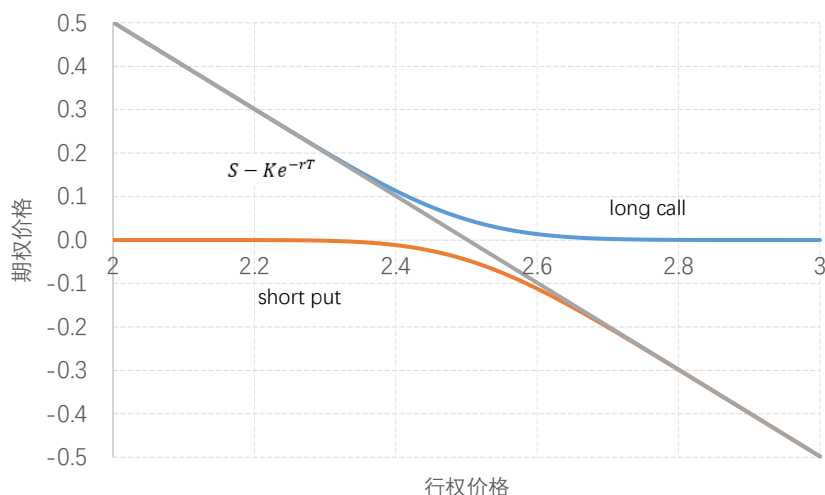
1.4. 平价套利

下图绘制了 c ， $-p$ ，以及 $S - Ke^{-rT}$ 三者之间的价格关系。可以看到认购期权、认沽期权、标的资产价格以及执行价格之间存在如下等式关系：

$$c - p = S - Ke^{-rT}$$

以上等式也被称为期权平价公式，一旦以上等式关系被打破，将会存在平价套利机会。

图 25：期权平价关系



资料来源：天风证券研究所

1.4.1. 正向套利（转换套利）

如果 $c - p > S - Ke^{-rT}$ ，投资者可以通过买入认沽期权 p ，买入期权标的 S ，同时卖出认购期权 c 进行正向平价套利。

期权到期后，若 $S_T < K$ ，看涨期权不行权，看跌期权行权，投资者以期初买入并持有的标的 S 以价格 K 卖出行权。若 $S_T > K$ ，看跌期权不行权，看涨期权行权，投资者以 K 卖出期初买入并持有的标的 S 。

如果不考虑其他交易费用，无论到期标的资产价格如何变动，折现到 $t = 0$ 时刻，投资者将至少获得 $c - p - S_0 + Ke^{-rT}$ 的收益。

表 15：平价正向套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$	
	$c - p > S_0 - Ke^{-rT}$	$S_T < K$	$S_T > K$
买入 p	$-p$	$K - S_T$	
卖出 c	c		$K - S_T$
买入 S	$-S_0$	S_T	S_T
现金流	$c - p - S_0$	K	K
收益合计	$c - p - S_0$	$(c - p - S_0)e^{rT} + K$	$(c - p - S_0)e^{rT} + K$

资料来源：天风证券研究所

1.4.2. 反向套利（反向转换套利）

当 $c - p < S - Ke^{-rT}$ 时，投资者可以通过融券卖出标的 S ，卖出认沽期权 p ，同时买入认购期权 c 进行反向期权平价套利。

期权到期时，若 $S_T < K$ ，看涨期权不行权，看跌期权行权，投资者以价格 K 买入标的，将所得标的还给融券借出方。若 $S_T > K$ ，看跌期权不行权，看涨期权行权，投资者以价格 K 买入标的的证券，将所得标的的证券还给融券借出方。

不考虑其他费用的情况下，期权到期后，无论标的资产价格如何变动，投资者至少会获得 $S_0 - Ke^{-rT} - c + p$ 的收益。反向平价套利由于需要卖空标的资产，涉及到对标的资产的融券操作，考虑到融券成本以及在极端行情或特殊时期融券难度加大，相对正向平价套利来说，进行反向平价套利的空间较小。

表 16：平价反向套利

操作\价格关系	$t = 0$	$t = T$	
	$c - p < S_0 - Ke^{-rT}$	$S_T < K$	$S_T > K$
卖出p	p	$-K$	
买入c	$-c$		$-K$
卖出S	S_0		
现金流	$p + S_0 - c$	$-K$	$-K$
收益合计	$p + S_0 - c$	$(p + S_0 - c)e^{rT} - K$	$(p + S_0 - c)e^{rT} - K$

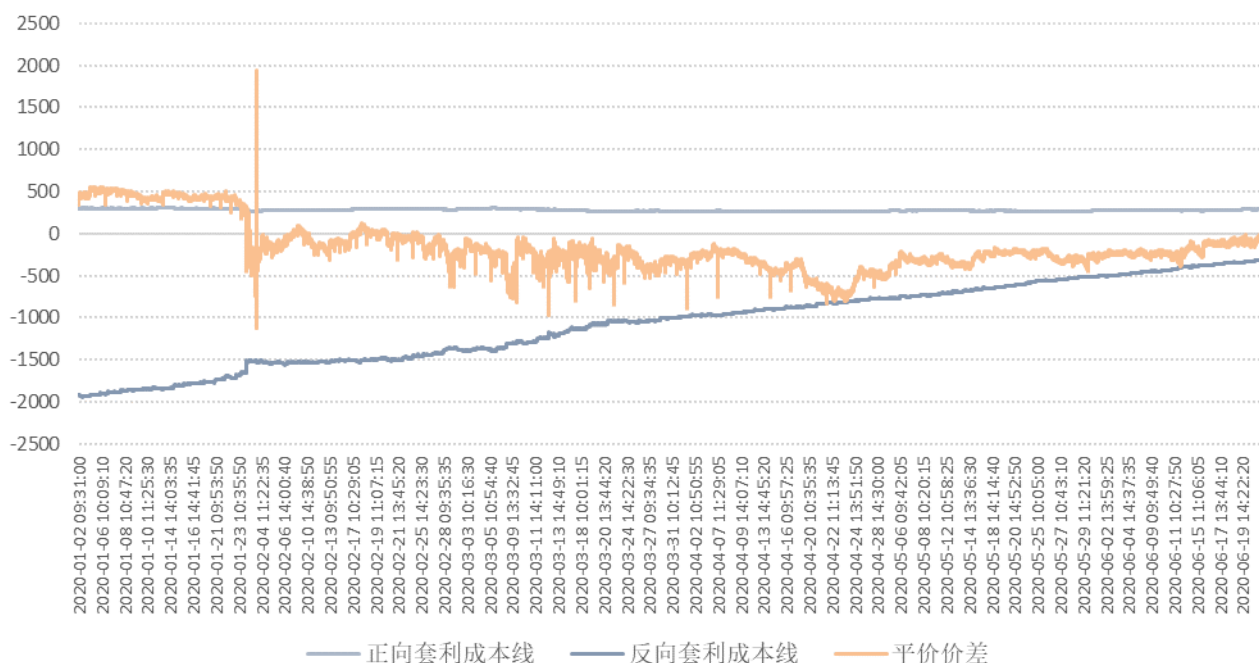
资料来源：天风证券研究所

1.4.3. 平价套利案例

下表展示了 2020 年 1 月至 2020 年 6 月，到期日为 2020 年 6 月 24 日执行价格为 3.8 元的两只 300ETF 期权合约（沪 300ETF 购 2020 年 6 月 3.8，10002173.SH 以及沪 300ETF 沽 2020 年 6 月 3.8，10002182.SH）平价价差的时间序列以及对应的正向套利、反向套利的成本水平，当价差超过正向或反向套利的成本线时便出现了无风险套利机会。可以看到，反向套利的成本大幅高于正向套利的成本，这是由于反向套利需要进行卖空操作，因此相比正向套利，反向套利的成本中还增加了融券成本，随着到期日的邻近，融券成本逐渐降低，反向套利成本也随之减小。

2020 年 2 月 3 日大盘大幅低开，同日认沽期权 10002182.SH 价格大幅高开，当日涨幅达 311.36% 以上，并于 2 月 4 日大幅下跌，跌幅达 -41.38%，认购期权 10002173.SH 也于 2 月 3 日大幅低开，当日跌幅达 -51.86%，2 月 4 日上涨 18.26%。由于市场中非理性因素的存在，2 月 4 日两组期权与现货之间出现了较为明显的平价套利机会，时间从 9:34:10 持续至 9:36:35，期间该组期权套利平均最低年化收益达到 2.8%。

图 26：平价套利价差示例

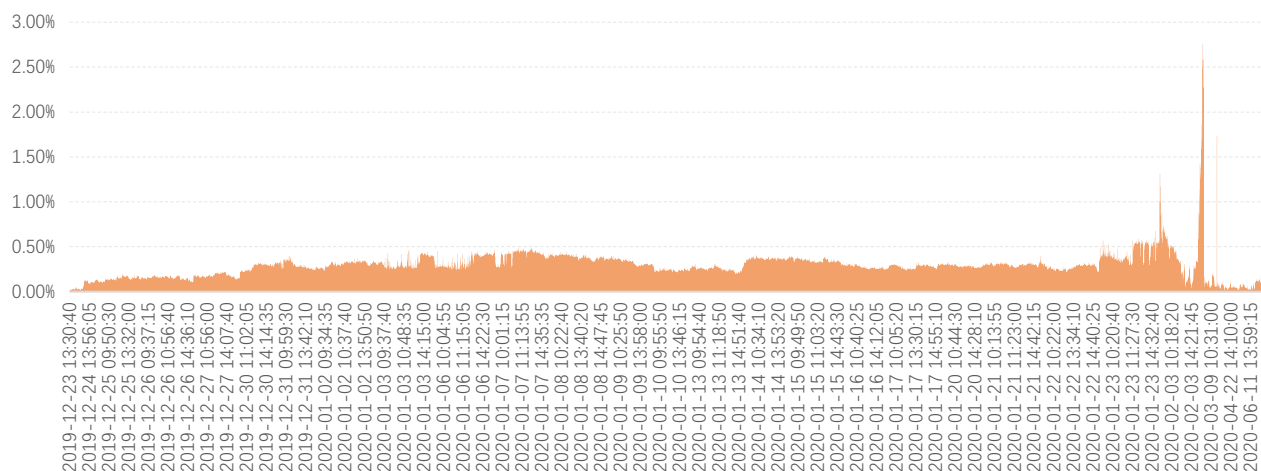


资料来源：上交所，天风证券研究所

1.4.4. 平价套利收益测算

回溯期内所出现的平价套利机会共 125,979 次。300ETF 期权上市后的 1 个月内存在着较为稳定但收益极低的平价套利机会，2020 年 2 月 3 日、2 月 4 日开盘后出现的平价套利收益相对较高，非年化收益达到 2.5% 左右。

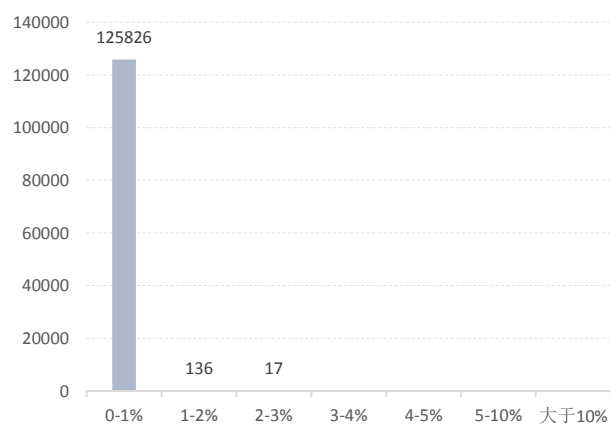
图 27：沪 300ETF 期权平价套利非年化收益



资料来源：上交所，天风证券研究所

共有约 125,826 次，占比 99.9% 的平价套利非年化收益集中在 0-1% 区间内，共 136 次平价套利非年化收益分布在 1-2%，共 17 次平价套利非年化收益分布在 2-3% 区间内。

图 28：沪 300ETF 期权平价套利非年化收益分布

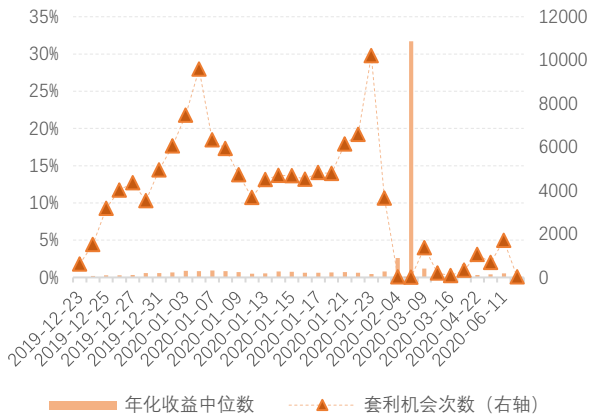


资料来源：上交所，天风证券研究所

在回溯期内，共有 34 天出现了平价套利机会，3 月 2 日的平价套利年化收益中位数相对较高，为 31.7%，当天共出现 3 次平价套利机会。而平价套利在 1 月 23 日出现的套利机会数量最多，总共 10,208 次，当天平价套利的年化收益中位数为 0.47%。

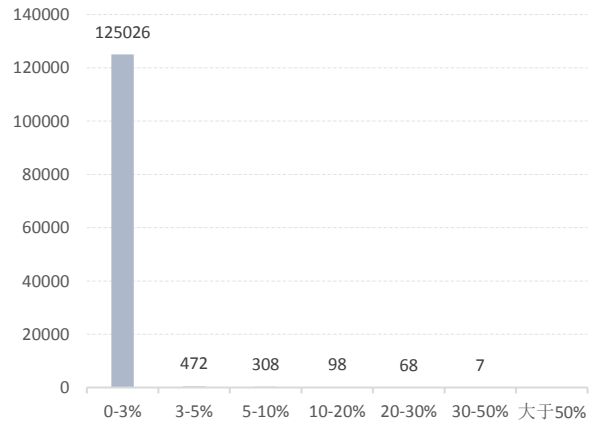
有 99.2% 的平价套利收益位于 0-3% 区间内，总数达到 125,026 次，平价套利出现的频率随着收益区间的升高逐渐下降。

图 29：沪 300ETF 期权平价套利年化收益按日度



资料来源：上交所，天风证券研究所

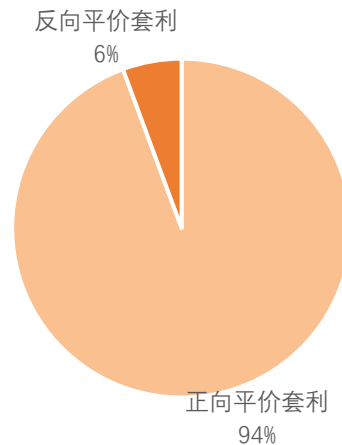
图 30：沪 300ETF 期权平价套利年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

在所有平价套利机会中，94%的机会为正向平价套利，而由于涉及到融券操作，反向平价套利机会相对较少，出现次数仅占全部平价套利机会的 6%。

图 31：平价套利机会分类占比



资料来源：天风证券研究所

从收益来看，平价套利整体收益偏低，正向平价套利的年化收益中位数为 0.65%，反向平价套利的年化收益中位数为 0.68%。

表 17：平价套利机会分类收益统计

	非年化收益率中位数	年化收益率中位数	套利机会次数
正向平价套利	0.28%	0.65%	118,885
反向平价套利	0.06%	0.68%	7,094

资料来源：上交所，天风证券研究所

1.4.5. 盒式套利

盒式套利也被称作箱体套利，与正向套利或反向套利类似，盒式套利也利用了期权平价公式。所不同的是，盒式套利通过判断同一到期日、不同行权价格的两组合成期权组合所合成的现货价格之间的差距寻找套利机会。

一旦 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} \neq c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ ，便出现了盒式套利机会。若 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} < c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ ，投资者买入 c_1 以及 p_2 ，同时卖出 c_2 以及 p_1 进行套利。

期权到期时，当 $S_T > K_2$ ，两只看涨期权均会被执行。投资者以 K_1 买入标的证券，以 K_2 卖出标的证券，获得 $K_2 - K_1$ 的收益，而 $K_2 - K_1 > 0$ 。当 $K_1 < S_T < K_2$ ， c_1 与 p_2 将会被行权，投资者以 K_1 买入标的证券，以 K_2 卖出标的证券，同样将获得 $K_2 - K_1$ 的收益。当 $S_T < K_1$ ， p_1 与 p_2 将会被行权，投资者将获得 $K_2 - K_1$ 的收益。

因此, 不考虑其他成本, 无论到期现货价格如何, 投资者至少将获得 $c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT} - c_1 + p_1 - K_1 e^{-rT}$ 的收益。

表 18: 盒式套利 1

	$t = 0$	$t = T$		
操作\价格关系	$c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT}$ $< c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
买入 c_1	$-c_1$	$S_T - K_1$		
卖出 p_1	p_1	$S_T - K_1$		
卖出 c_2	c_2	$-S_T + K_2$		
买入 p_2	$-p_2$	$K_2 - S_T$	$K_2 - S_T$	
收益	$c_2 - p_2 - c_1 + p_1$	$K_2 - K_1$	$K_2 - K_1$	$K_2 - K_1$
收益合计	$c_2 - p_2 - c_1 + p_1$	$[c_2 - p_2 - c_1 + p_1]e^{rT}$ $+K_2 - K_1$	$[c_2 - p_2 - c_1 + p_1]e^{rT}$ $+K_2 - K_1$	$[c_2 - p_2 - c_1 + p_1]e^{rT}$ $+K_2 - K_1$

资料来源: 天风证券研究所

当 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} > c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$, 投资者通过买入 c_2 以及 p_1 , 同时卖出 c_1 以及 p_2 进行套利。

期权到期时, 当 $S_T > K_2$, 两只认购期权均会被行权, 投资者以 K_2 买入标的证券, 以 K_1 卖出标的证券。当 $K_1 < S_T < K_2$, c_1 与 p_2 将会被行权, 投资者以 K_1 卖出标的证券, 以 K_2 买入标的证券。当 $S_T < K_1$, 两只认沽期权会被执行, 投资者以 K_2 买入标的证券, 以 K_1 卖出标的证券。

无论价格如何变动, 投资者到期现金流为 $K_1 - K_2$, 将行权日所获得的收益折现到 $t = 0$ 时刻, 投资者的现金流为 $(K_1 - K_2)e^{-rT}$ 连带期初投资者开仓所获得的收益: $c_1 - p_1 - c_2 + p_2$, 投资者在 $t = 0$ 时刻的收益为: $c_1 - p_1 - c_2 + p_2 + (K_1 - K_2)e^{-rT} > 0$ 。

表 19: 盒式套利 2

	$t = 0$	$t = T$		
操作\价格关系	$c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT}$ $> c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$	$S_T < K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T > K_2$
卖出 c_1	c_1	$K_1 - S_T$		
买入 p_1	$-p_1$	$K_1 - S_T$		
买入 c_2	$-c_2$	$S_T - K_2$		
卖出 p_2	p_2	$S_T - K_2$	$S_T - K_2$	
收益	$c_1 - p_1 - c_2 + p_2$	$K_1 - K_2$	$K_1 - K_2$	$K_1 - K_2$
收益合计	$c_1 - p_1 - c_2 + p_2$	$[c_1 - p_1 - c_2 + p_2]e^{rT}$ $+K_1 - K_2$	$[c_1 - p_1 - c_2 + p_2]e^{rT}$ $+K_1 - K_2$	$[c_1 - p_1 - c_2 + p_2]e^{rT}$ $+K_1 - K_2$

资料来源: 天风证券研究所

1.4.6. 盒式套利案例

下图为 2020 年 2 月 4 日至 2020 年 3 月 24 日, 到期日均为 2020 年 3 月 25 日的四只期权组成的盒式套利组合价差 5s 时间序列。盒式套利组合分别由执行价格为 3.3 元的认购期权 10002315.SH 以及认沽期权 10002318.SH, 以及执行价格为 3.7 元的认购期权 10002154.SH 以及认沽期权 10002163.SH 组成。四只期权组成的套利组合在 2 月 4 日、3 月 4 日、3 月 17 日以及 3 月 19 日均出现了套利机会, 持续时长不超过 4 分钟。

图 32：盒式套利价差示例

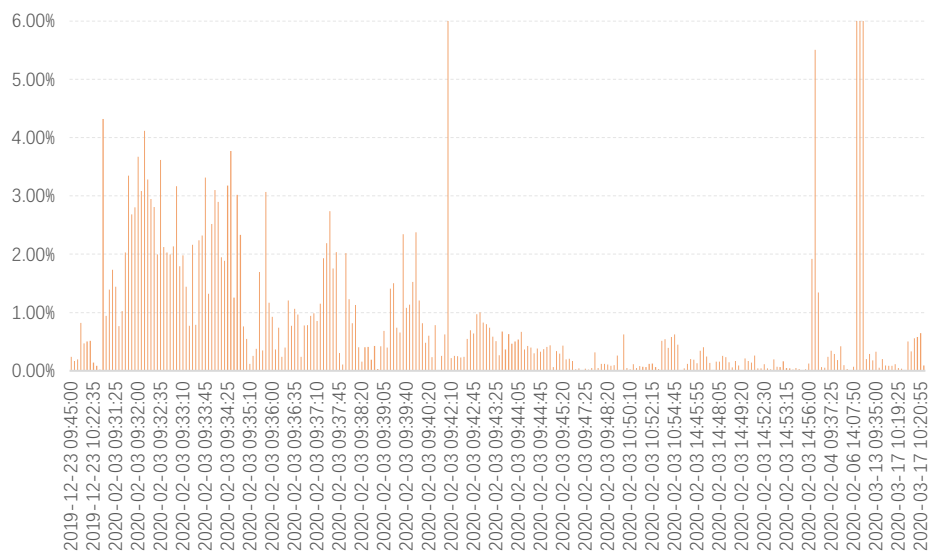


资料来源：天风证券研究所

1.4.7. 盒式套利收益测算

回溯期内所出现的盒式套利机会共 651 次。2019 年 12 月 23 日开盘，2020 年 2 月 3 日开盘以及收盘，2 月 4 日开盘，以及 3 月 9 日开盘所出现的盒式套利机会收益相对较高，非年化收益大多在 2% 以上。

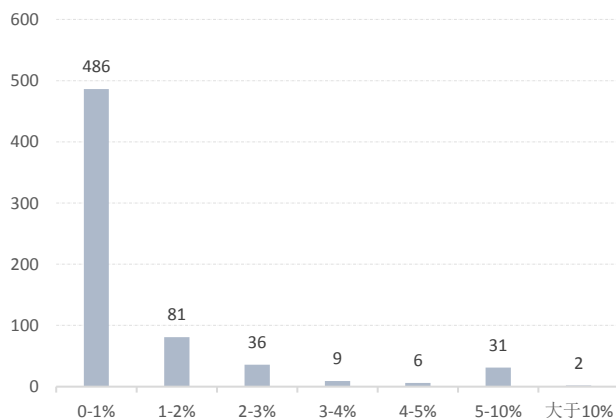
图 33：沪 300ETF 期权盒式套利非年化收益



资料来源：上交所，天风证券研究所

占比 74.7% (约 486 次) 的盒式套利非年化收益集中在 0-1% 区间内，有 81 次盒式套利机会的非年化收益分布在 1-2%，36 次盒式套利机会的非年化收益分布在 2-3% 区间内。

图 34：沪 300ETF 期权盒式套利非年化收益分布

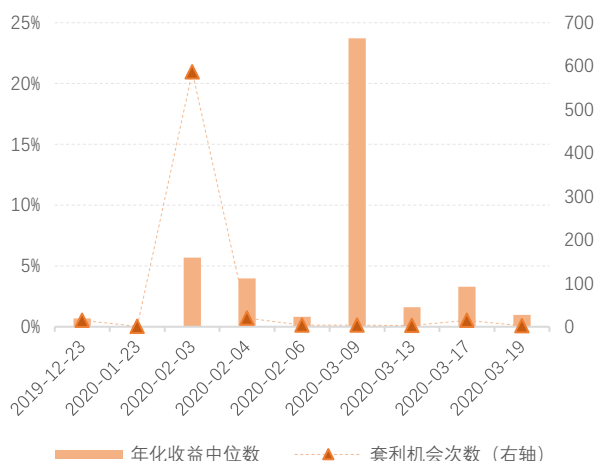


资料来源：天风证券研究所

在回测期内,共有 9 天出现了盒式套利机会,其中年化收益中位数最高的一天为 23.7%,出现在 3 月 9 日,当天共出现 4 次套利机会。盒式套利在 2 月 3 日出现的套利机会次数最多,总共 587 次,当天平价套利的年化收益中位数为 5.67%。

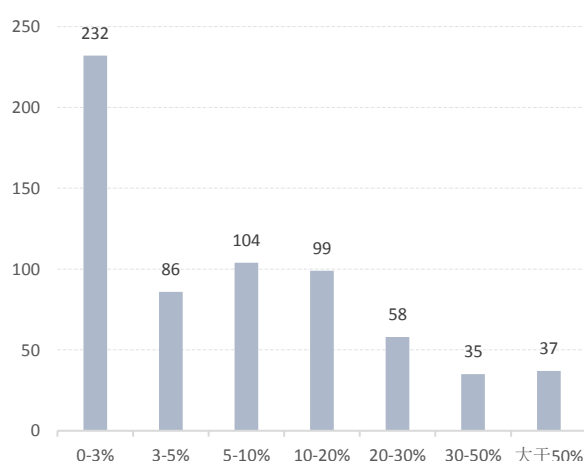
有 47.7% (232 次) 的盒式套利年化收益位于 0-3% 区间内, 13.2% (86 次) 的盒式套利年化收益位于 3-5% 区间内。

图 35：沪 300ETF 期权盒式套利年化收益按日度



资料来源：上交所，天风证券研究所

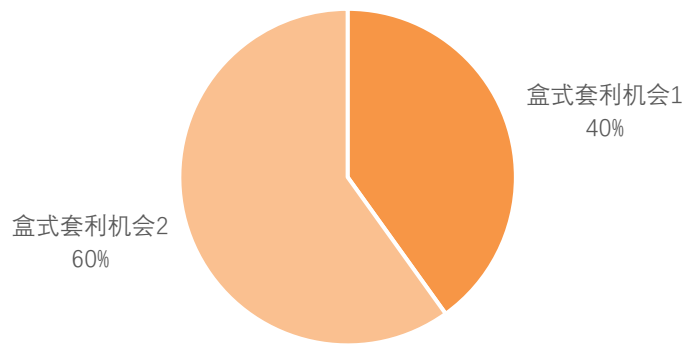
图 36：沪 300ETF 期权盒式套利年化收益分布



资料来源：上交所，天风证券研究所

我们将 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} < c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ 情况下所出现的套利机会称作盒式套利机会 1, 将 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} > c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ 情况下所出现的套利机会称作盒式套利机会 2。

图 37：盒式套利机会分类占比



资料来源：上交所，天风证券研究所

从收益来看， $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} < c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ （盒式套利机会1）情况下所出现的套利收益总体高于 $c_1 - p_1 + K_1 e^{-rT} > c_2 - p_2 + K_2 e^{-rT}$ （盒式套利机会2）情况下所出现的套利收益，盒式套利机会1的年化收益中位数达到了10.37%，非年化收益中位数为0.75%，而对于盒式套利机会2中，这两个数字分别为3.8%以及0.29%。

表 20：盒式套利机会分类收益统计

	非年化收益率中位数	年化收益率中位数	套利机会次数
盒式套利机会1	0.75%	10.37%	261
盒式套利机会2	0.29%	3.80%	390

资料来源：上交所，天风证券研究所

盒式套利本质上是两组期权合约之间的套利，只有在期权价格不满足平价公式的情况下才会出现盒式套利，而盒式套利的绝对收益 \leq 所选两组平价套利绝对收益之和，因此在不考虑可操作性的前提下，盒式套利的性价比并不如平价套利高。

然而在实际交易中，有可能会出现融券难的情况，同时从套利成本考虑，期权是保证金交易，其占用的资金小于现货买卖所占用的资金。此外，由于不涉及现货交易，盒式套利受到期权与现货之间折溢价的影响较小，同时操作也更加便捷。

2. 期权套利优化

2.1. 不同期权套利之间的关系

根据测算结果不难发现，不同类别的套利机会之间具有一定的相关性，2020年2月3日，2月4日市场情绪波动剧烈，几类套利方式都同时出现了较多的套利机会。我们进一步发现，当某只期权的边界被触发的同时，可能同时会触发相关期权组合的垂直价差边界套利；而当垂直价差的边界套利被触发的情况下，也有可能会触发凸性套利；当正向套利或反向套利机会出现的时也可能出现盒式套利机会。

2.1.1. 单只期权边界套利机会与垂直价差边界套利机会

某只期权触发了单个期权的下边界套利， $c_2 \leq S - K_2 (S > K_2)$ ，此时如果 c_1 没有触发下边界套利的情况下：

$$c_1 - c_2 - (K_2 - K_1) \geq c_1 + K_2 - S - (K_2 - K_1) = c_1 - (S - K_1) > 0$$

也就是 $c_1 - c_2 > K_2 - K_1$ ，触发了垂直价差的上边界套利。

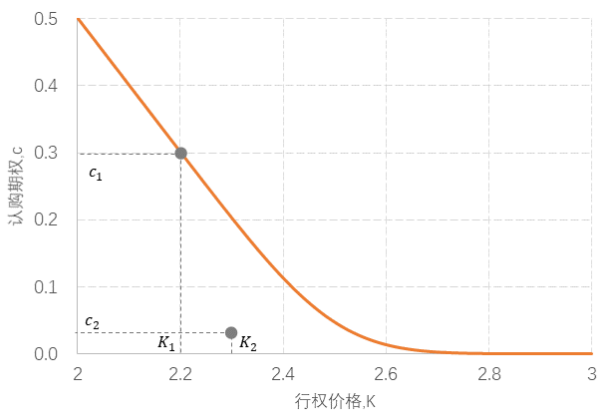
如果某只期权触发了单个期权的上边界套利（ $c_2 \geq S$ ）， c_1 没有触发单个期权的上边界套利的情况下：

$$c_1 - c_2 \leq c_1 - S < 0$$

也就是 $c_1 - c_2 < 0$ ，触发了垂直价差的下边界套利。

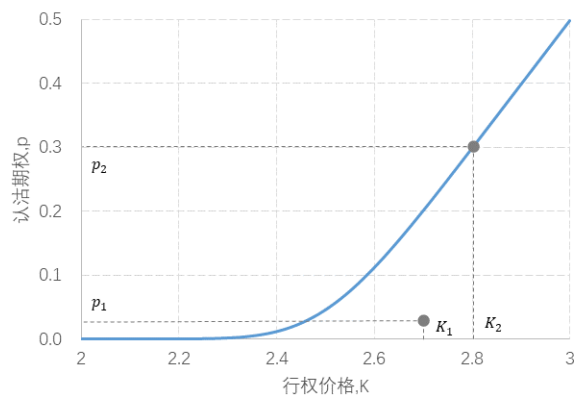
同理，对于认沽期权来说，如果 p_1 触发了单个期权下边界套利， p_2 未触发下边界套利，则 p_1 和 p_2 可形成垂直价差上边界套利组合。而当 p_2 触发了单个期权上边界套利，同时 p_1 未触发单个期权上边界套利， p_1 和 p_2 可同时构成垂直价差下边界套利组合。

图 38：认购期权边界套利与垂直价差套利



资料来源：天风证券研究所

图 39：认沽期权边界套利与垂直价差套利



资料来源：天风证券研究所

2.1.2. 垂直价差套利机会与凸性套利机会

如果某两只期权(设为 c_2 和 c_3)触发了垂直价差的上边界套利，即： $c_2 - c_3 > K_3 - K_2$ ，则可能会同时触发 c_1 、 c_2 和 c_3 三只期权的凸性套利。如果利用 c_1 、 c_2 和 c_3 三只期权进行蝶式套利，

$$(\lambda + 1)c_2 - c_1 - \lambda c_3 = c_2 - c_1 + \lambda(c_2 - c_3)$$

假设 c_1 和 c_2 两只期权未触发垂直价差上套利边界，则 $c_1 - c_2 < K_2 - K_1$ ，也就是 $c_2 - c_1 > K_1 - K_2$ ，上式可变为：

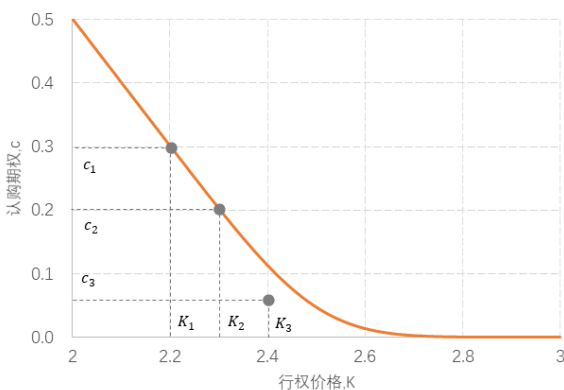
$$c_2 - c_1 + \lambda(c_2 - c_3) > K_1 - K_2 + \lambda(K_3 - K_2)$$

而 $\lambda = (K_2 - K_1)/(K_3 - K_2)$ ，则：

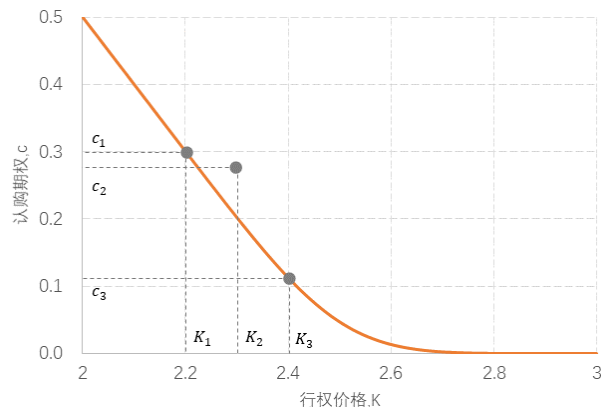
$$K_1 - K_2 + \lambda(K_3 - K_2) = K_1 - K_2 + \frac{K_2 - K_1}{K_3 - K_2}(K_3 - K_2) = 0$$

因此， $(\lambda + 1)c_2 - c_1 - \lambda c_3 > 0$

图 40：认购期权垂直价差上边界套利与凸性套利



资料来源：天风证券研究所



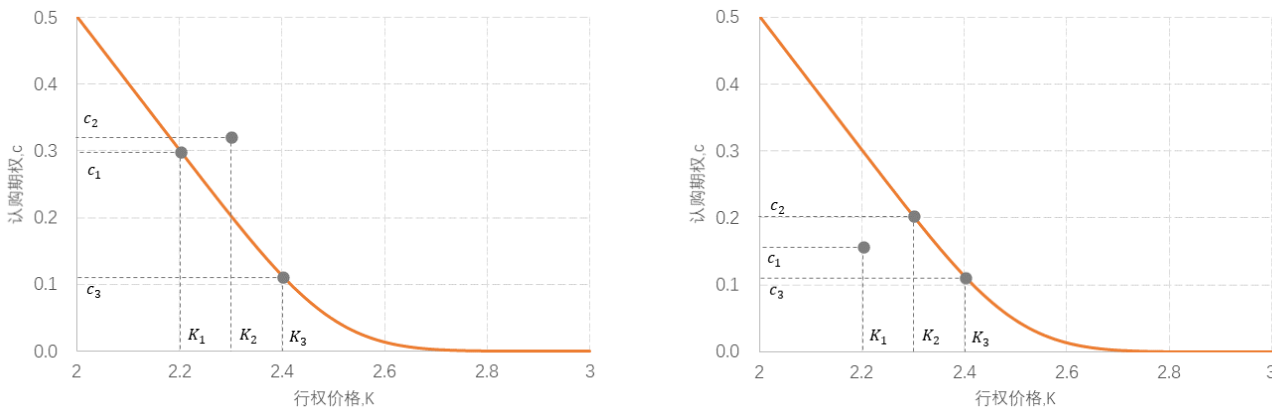
另外，如果两只期权（ c_1 和 c_2 ）触发了垂直价差的下边界套利，即： $c_1 - c_2 < 0$ ，则可能会同时触发 c_1 、 c_2 和 c_3 三只期权的凸性套利，通过三只期权构建蝶式套利组合，即：

$$(\lambda + 1)c_2 - c_1 - \lambda c_3 = c_2 - c_1 + \lambda(c_2 - c_3)$$

假设 c_2 和 c_3 两只期权未触发垂直价差下套利边界， $c_2 - c_3 > 0$ ，则：

$$c_2 - c_1 + \lambda(c_2 - c_3) > 0$$

图 41：认购期权垂直价差下边界套利与凸性套利



资料来源：天风证券研究所

2.1.3. 正向套利、反向套利机会与盒式套利机会

对于期权执行价格为 K_1 的认购期权 c_1 以及认沽期权 p_1 来说，由于期权平价公式为： $c_1 - p_1 + K_1 = S$ ，也就是可以通过一组执行价格相同的认沽期权、认购期权组合复制现货价格，当出现单个期权的平价套利机会时，复制的现货价格与实际现货价格出现了价差，记为 spd_1 ，而此时只要另外一组期权的现货价格与实际价格之间的价差不等于 spd_1 ，便会同时出现盒式套利机会。

2.2. 套利监控替代方案

由于期权套利本身原理简单、容易复制，因此在套利机会出现时，尽快发现机会并触发下单的速度就变得十分重要。边界套利、平价套利以及盒式套利的套利监控优化空间较小，而对于垂直价差套利以及凸性套利来说，一旦个别期权合约价格出现错估，可通过测算相邻合约收益发现机会并迅速下单。我们假设 c_1, c_2, \dots, c_n 和 p_1, p_2, \dots, p_n 分别表示行权价格为 k_1, k_2, \dots, k_n 的认购期权以及认沽期权的合约价格， k_1, k_2, \dots, k_n 为依次上升的期权行权价格。

2.2.1. 垂直价差套利监控替代方案

如果由于个别期权错误定价并触发了垂直价差套利机会，相邻期权所取得的套利收益最大，这种情况下只需要对相邻两只期权进行测算即可。

2.2.1.1. 认购期权被高估

假设由于认购期权 c_i 价格被高估，此时如果期权价格曲线上的其他期权合约价格在正常范围内，此时若触发垂直价差套利， c_i 与相邻期权 c_{i+1} 所组成的组合获得的垂直价差上边界套利绝对收益最大， c_i 与相邻期权 c_{i-1} 所组成的组合获得的垂直价差下边界套利绝对收益最大。

c_i 与相邻期权 c_{i+1} 所组成垂直价差上边界套利组合的收益为： $c_i - c_{i+1} - (K_{i+1} - K_i)$ 。假设 c_{i+n} ，其中 $n = 2, 3, \dots, etc.$ 为执行价格大于 c_{i+1} 的期权，则 c_i 与 c_{i+n} 所组成的垂直价差期权的套利组合收益为： $c_i - c_{i+n} - (K_{i+n} - K_i)$ ，因此相邻期权 c_i 与 c_{i+1} 的套利组合收益与 c_i 和 c_{i+n} 的套利组合收益之差为：

$$c_i - c_{i+1} - (K_{i+1} - K_i) - (c_i - c_{i+n} - (K_{i+n} - K_i))$$

$$= c_{i+n} - c_{i+1} + K_{i+n} - K_{i+1}$$

由于假设除 c_i 之外其他期权合约价格均在正常范围内，因此 c_{i+n} 与 c_{i+1} 之间的关系满足 $c_{i+1} - c_{i+n} < K_{i+n} - K_{i+1}$ ，因此：

$$c_{i+n} - c_{i+1} + K_{i+n} - K_{i+1} > 0$$

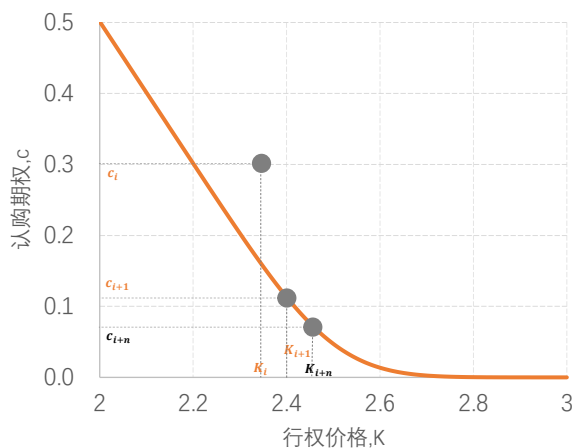
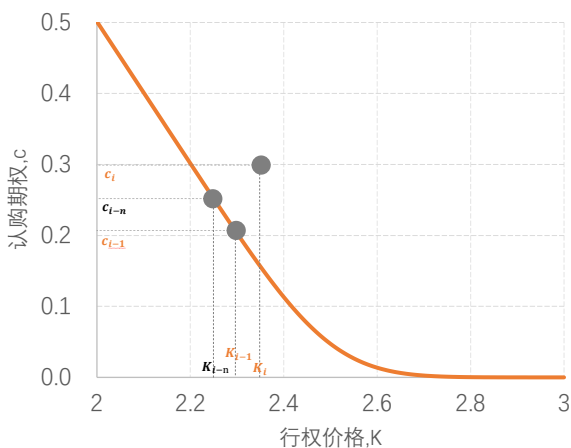
也就是说 c_i 与 c_{i+1} 所组成的套利组合的收益大于 c_i 和 c_{i+n} 所组成的套利组合的收益。

此外， c_i 与相邻期权 c_{i-1} 所组成垂直价差下边界套利组合的收益为： $c_i - c_{i-1}$ ， c_i 与非相邻期权 c_{i-n} ($n = 2, 3, \dots, \text{etc.}$) 所组成垂直价差下边界套利组合的收益为： $c_i - c_{i-n}$ ，其中 c_{i-n} 为执行价格小于 c_{i-1} 的期权，两个组合的收益之差为：

$$c_i - c_{i-1} - c_i + c_{i-n} = c_{i-n} - c_{i-1}$$

由于假设除 c_i 之外其他期权合约价格均在正常范围内，因此 $c_{i-n} - c_{i-1} > 0$ ，所以相邻期权 c_i 与 c_{i+1} 所组成的套利组合收益最大。

图 42：认购期权被高估时的垂直价差套利



资料来源：天风证券研究所

2.2.1.2. 认购期权被低估

假设由于 c_i 价格被低估，此时如果期权价格曲线上的其他期权合约价格在正常范围内，若触发垂直价差套利机会， c_i 与相邻期权 c_{i+1} 所组成的组合获得的垂直价差下边界套利绝对收益最大， c_i 与相邻期权 c_{i-1} 所组成的组合获得的垂直价差上边界套利绝对收益最大。

c_i 与相邻期权 c_{i+1} 所组成垂直价差下边界套利组合的收益为： $c_{i+1} - c_i > 0$ ， c_i 与非相邻期权 c_{i+n} ($n = 2, 3, \dots, \text{etc.}$) 所组成垂直价差下边界套利组合的收益为： $c_{i+n} - c_i$ ，其中 c_{i+n} 为执行价格大于 c_{i+1} 的期权，两个组合的收益之差为：

$$c_{i+1} - c_i - c_{i+n} + c_i = c_{i+1} - c_{i+n}$$

由于假设除 c_i 之外其他期权合约价格均在正常范围内，因此 $c_{i+1} - c_{i+n} > 0$ ，所以相邻期权 c_{i+1} 与 c_{i+n} 所组成的套利组合收益最大。

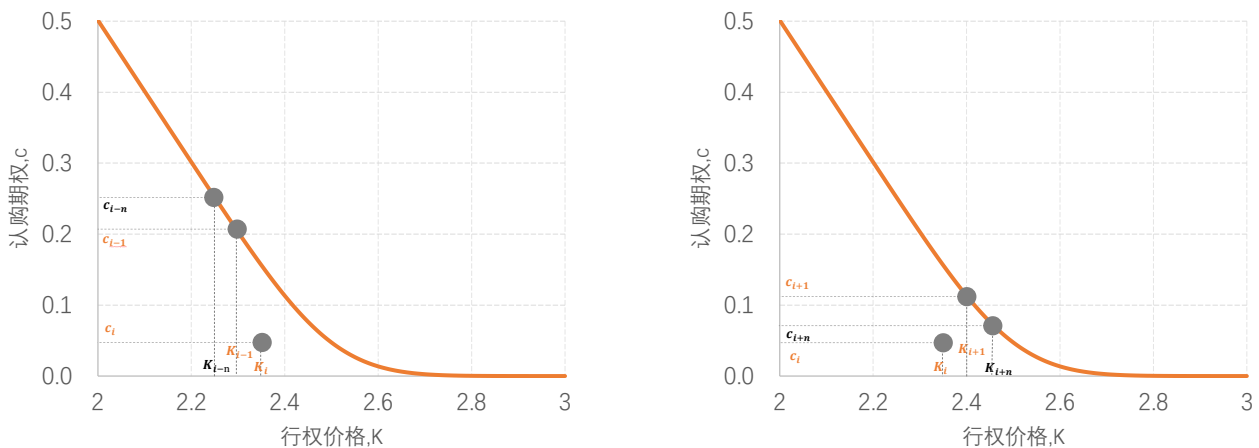
此外， c_i 与相邻期权 c_{i-1} 所组成垂直价差上边界套利组合的收益为： $c_{i-1} - c_i - (K_i - K_{i-1})$ 。假设 c_i 与非相邻期权 c_{i-n} ($n = 2, 3, \dots, \text{etc.}$) 所组成垂直价差上边界套利组合的收益为： $c_{i-n} - c_i - (K_i - K_{i-n})$ ，其中 c_{i-n} 为执行价格小于 c_{i-1} 的期权。两个组合的收益之差为：

$$\begin{aligned} & c_{i-1} - c_i - (K_i - K_{i-1}) - (c_{i-n} - c_i - (K_i - K_{i-n})) \\ &= c_{i-1} + K_{i-1} - c_{i-n} - K_{i-n} \end{aligned}$$

由于假设除 c_i 之外其他期权合约价格均在正常范围内，因此 $c_{i-n} - c_{i-1} < K_{i-1} - K_{i-n}$ ，所以 $c_{i-1} + K_{i-1} - c_{i-n} - K_{i-n} > 0$ ，因此相邻期权 c_i 与 c_{i-1} 所组成垂直价差上边界套利组合

的收益最大。

图 43：认购期权被低估时的垂直价差套利



资料来源：天风证券研究所

同样我们可以证明在一定条件下，相邻的认购期权所组成的垂直价差套利组合收益最大，由于篇幅关系不再赘述。

2.2.2. 凸性价差套利监控替代方案

如果由于个别期权错误定价触发了凸性价差套利机会，相邻三只期权所组成的蝶式套利组合所获得的绝对收益最大，因而该情况下只需要对相邻三只期权进行测算即可。

2.2.2.1. 认购期权被高估

假设由于 c_i 被高估，触发了 c_{i-1} 、 c_i 、 c_{i+1} 三者之间的凸性套利机会，此时， c_{i-1} 、 c_i 、 c_{i+1} 三者组成的蝶式套利组合的收益可表示为：

$$\frac{c_i - c_{i+1}}{K_{i+1} - K_i} - \frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}}$$

假设存在 c_{i-m} 以及 c_{i+n} ， m 和 n 均为大于等于 1 的整数， c_{i-m} 、 c_i 、 c_{i+n} 三者组成的蝶式套利组合的收益可表示为：

$$\frac{c_i - c_{i+n}}{K_{i+n} - K_i} - \frac{c_{i-m} - c_i}{K_i - K_{i-m}}$$

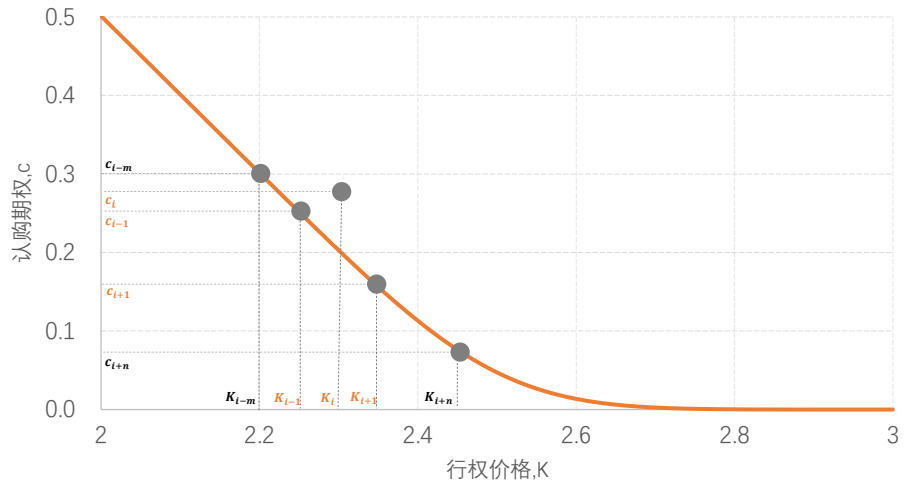
当 $m > 1$ ，若 c_{i-m} 、 c_{i-1} 、 c_i 三者不存在凸性套利机会，则 $\frac{c_{i-m} - c_i}{K_i - K_{i-m}} > \frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}}$ ，当 $m = 1$ ，

$\frac{c_{i-m} - c_i}{K_i - K_{i-m}} = \frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}}$ ，因此， $\frac{c_{i-m} - c_i}{K_i - K_{i-m}} \geq \frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}}$ ，同理， $\frac{c_i - c_{i+1}}{K_{i+1} - K_i} \geq \frac{c_i - c_{i+n}}{K_{i+n} - K_i}$ ，因此：

$$\frac{c_i - c_{i+1}}{K_{i+1} - K_i} - \frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} \geq \frac{c_i - c_{i+n}}{K_{i+n} - K_i} - \frac{c_{i-m} - c_i}{K_i - K_{i-m}}$$

因此，由于 c_i 被高估，相邻期权 c_{i-1} 、 c_i 、 c_{i+1} 三者之间的蝶式套利组合收益最高。

图 44：认购期权被高估时的凸性套利



资料来源：天风证券研究所

2.2.2.2. 认购期权被低估

假设由于 c_i 被低估，触发了 c_{i-2} 、 c_{i-1} 、 c_i 三者之间的凸性套利机会，此时， c_{i-2} 、 c_{i-1} 、 c_i 三者组成的蝶式套利组合的收益可表示为：

$$\frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} - \frac{c_{i-2} - c_{i-1}}{K_{i-1} - K_{i-2}}$$

假设存在 c_{i-m} 以及 c_{i-n} ， $m > n \geq 1$ ， m 和 n 均为整数， c_{i-m} 、 c_{i-n} 以及 c_i 三者之间所组成的蝶式套利组合的收益可表示为：

$$\frac{c_{i-n} - c_i}{K_i - K_{i-n}} - \frac{c_{i-m} - c_{i-n}}{K_{i-n} - K_{i-m}}$$

当 $n > 1$ ，假设 c_{i-n} 、 c_{i-1} 定价在正常范围内，则 $\frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} > \frac{c_{i-n} - c_i}{K_i - K_{i-n}}$ ，当 $n = 1$ ， $\frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} =$

$\frac{c_{i-n} - c_i}{K_i - K_{i-n}}$ ，因此， $\frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} \geq \frac{c_{i-n} - c_i}{K_i - K_{i-n}}$ 。

此外，若 c_{i-m} 、 c_{i-n} 、 c_{i-2} 、 c_{i-1} 定价在正常范围内，期权价格曲线在该区间内的二阶

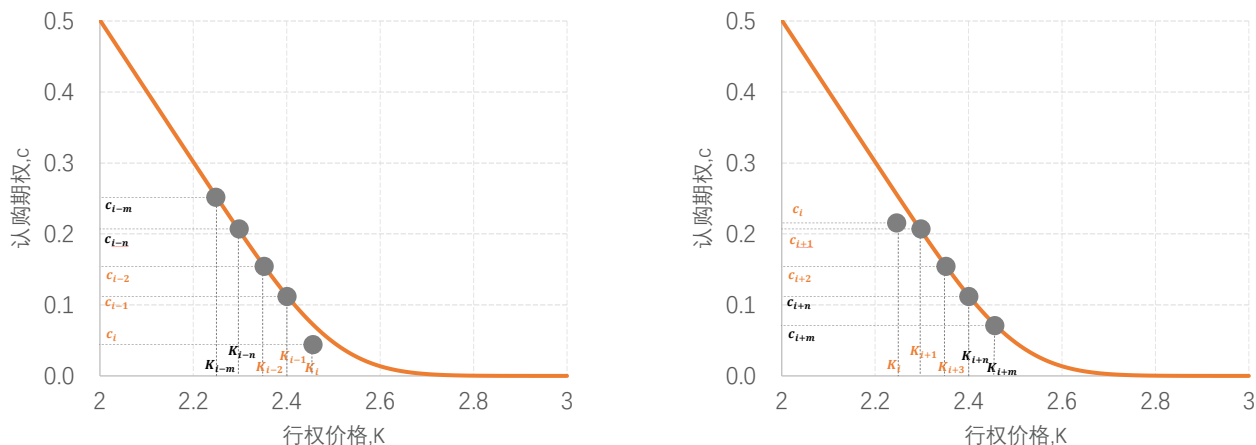
导数小于零，因此 $\frac{c_{i-m} - c_{i-n}}{K_{i-n} - K_{i-m}} \geq \frac{c_{i-2} - c_{i-1}}{K_{i-1} - K_{i-2}}$ 。

因此，

$$\frac{c_{i-1} - c_i}{K_i - K_{i-1}} - \frac{c_{i-2} - c_{i-1}}{K_{i-1} - K_{i-2}} \geq \frac{c_{i-n} - c_i}{K_i - K_{i-n}} - \frac{c_{i-m} - c_{i-n}}{K_{i-n} - K_{i-m}}$$

因此，在上述情况下，由于 c_i 被低估，相邻的 c_{i-2} 、 c_{i-1} 、 c_i 三只期权之间的凸性套利收益最大。

图 45：认购期权被低估时的凸性套利



资料来源：天风证券研究所

同理，我们可以证明存在 c_{i+m} 以及 c_{i+n} ， $m > n \geq 1$ ，与 c_{i+m} 以及 c_{i+n} 相比， c_i 与相邻的 c_{i+2} 、 c_{i+1} 所组成的蝶式套利组合的收益最大。此外，对于认沽期权，通过类似的方法也可以证明，在一定条件下，相邻期权所组成的蝶式套利组合的收益最大。

2.3. 保证金占用减免

期权卖出开仓需要缴纳保证金，继 2019 年 11 月推出了沪深 300ETF 期权合约之后，上交所和深交所同时推出了股票期权组合策略保证金制度，以帮助投资者部分或全部减免指定组合中的开仓/维持保证金，提高资金使用效率，降低交易成本。在进行无风险套利的过程中，投资者可以利用交易所推出的股票期权组合策略保证金制度，降低保证金的占用。

根据上交所《上海证券交易所、中国证券登记结算有限责任公司股票期权组合策略业务指引》以及深交所《深圳证券交易所、中国证券登记结算有限责任公司股票期权组合策略业务指引》，对于以下情况可以对义务仓的开仓保证金进行全部或部分减免。

表 21：股票期权组合策略保证金制度

组合策略名称	策略描述	开仓\维持保证金 (减免前)	开仓\维持保证金 (减免后)	组合策略自动解 除时间
认购牛市价差	由一个认购期权权利仓与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位的认购期权义务仓组成，其中义务仓的行权价格高于权利仓的行权价格	义务仓保证金	0	合约到期日前第二个交易日日终 (E-2 日)
认购熊市价差	由一个认购期权权利仓与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位的认购期权义务仓组成，其中义务仓的行权价格低于权利仓的行权价格	义务仓保证金	行权价差 × 合约单位	合约到期日前第二个交易日日终 (E-2 日)
认沽牛市价差	由一个认沽期权权利仓与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位的认沽期权义务仓组成，其中义务仓的行权价格低于权利仓的行权价格	义务仓保证金	行权价差 × 合约单位	合约到期日前第二个交易日日终 (E-2 日)
认沽熊市价差	由一个认沽期权权利仓与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位的认沽期权义务仓组成，其中义务仓的行权价格高于权利仓的行权价格	义务仓保证金	0	合约到期日前第二个交易日日终 (E-2 日)
跨式空头	由一个认购期权义务仓与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位、相同行权价格的认沽期权义务仓组成	双边义务仓保证金	保证金较高方保证金 + 保证金较低方合约前 结算价 × 合约单位	合约到期日日终 (E 日)

组合策略名称	策略描述	开仓\维持保证金 (减免前)	开仓\维持保证金 (减免后)	组合策略自动解 除时间
宽跨式空头	由一个较高行权价格的认购期权义务仓，与一个相同合约标的、相同到期日、相同合约单位、较低行权价格的认沽期权义务仓组成	双边义务仓保证金	保证金较高方保证金+ 保证金较低方合约前 结算价×合约单位	合约到期日日终 (E日)

资料来源：上海证券交易所，深圳证券交易所，天风证券研究所

投资者在交易时段开仓时，按单一合约缴纳保证金。开仓后，投资者可在盘中（9:30-11:30、13:00-15:15）构建组合策略指令，将多个成分合约的持仓构建成一个组合策略持仓。交易所对构建组合策略申报确认后，会将多余保证金实时退还给投资者。

然而，为防范合约到期日组合中单个合约被指派行权时保证金不足的风险，中国结算在E日前第二个交易日（E-2日）日终对价差组合进行自动解除，再进行所有持仓的对冲操作，并根据对冲后的持仓情况收取维持保证金；对于跨式和宽跨式空头组合策略，中国结算在合约到期日（E日）日终对组合策略自动解除，再进行所有持仓的对冲操作、行权指派和保证金收取。

图 46：股票期权组合策略保证金制度流程

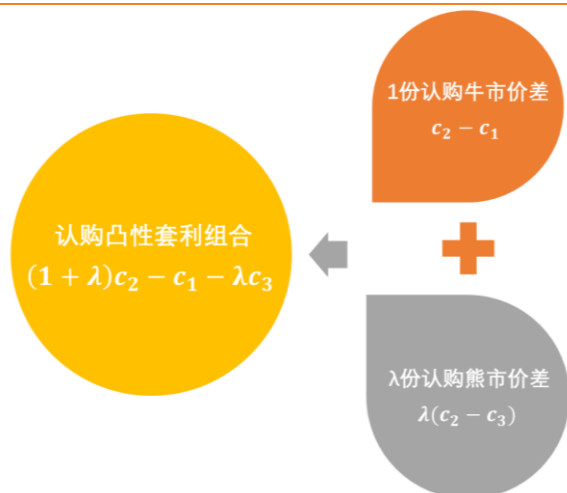


资料来源：天风证券研究所

也就是说投资者在采用组合策略策略保证金制度的情况下，在组合开仓当天以及E-2日前后几日内，仍需要保证账户中具有足额的保证金，然而在组合策略申报成功之后至期权到期E-2日期间，投资者仍然可以享受到全额或部分保证金的减免。

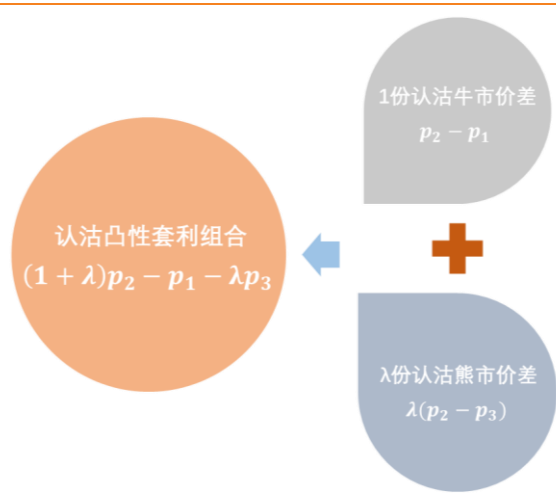
在前面介绍过的组合策略中，垂直价差套利的四种情况均可以享受全额或部分的保证金减免，此外，认购凸性套利组合可以拆成1份认购牛市价差组合和λ份认购熊市价差组合，认沽凸性套利可以拆成1份认沽牛市价差以及λ份认沽熊市价差，投资者在形成套利组合之后可以分别进行组合策略申报，中途如果需要平仓，只要向交易所申请解除两个价差组合策略之后再行平仓即可。

图 47：认购凸性套利组合拆分



资料来源：天风证券研究所

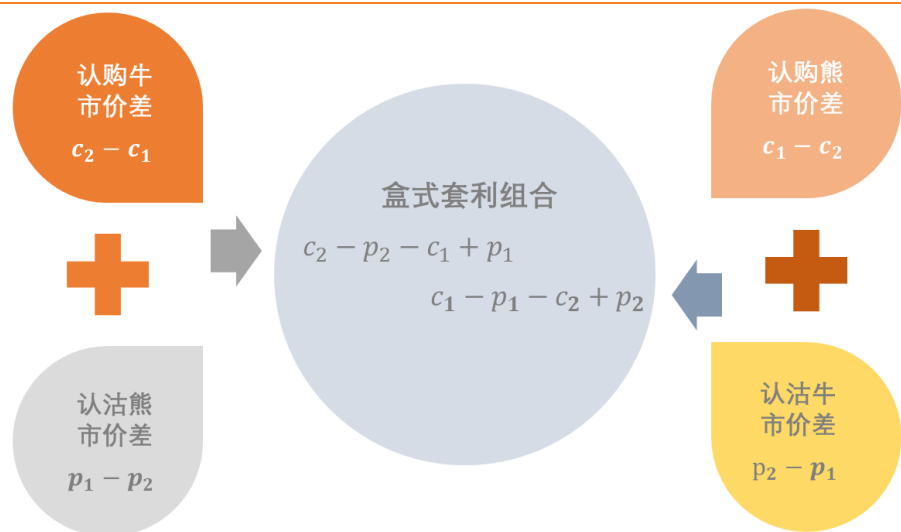
图 48：认沽凸性套利组合拆分



资料来源：天风证券研究所

同样，1 份盒式套利组合可以拆解成 1 份认购熊市价差和 1 份认沽牛市价差，或者 1 份认购牛市价差和 1 份认沽熊市价差，同样也可以享受到保证金的全额或部分减免。

图 49：盒式套利组合拆分



资料来源：天风证券研究所

此外，交易所交易主机于每日日终对同一合约账户持有的同一期权合约的权利仓和义务仓进行自动对冲。对于同时采用多种套利策略的投资者来说，该机制也可以从一定程度上为投资者减少部分保证金占用。

最后，上交所和深交所还推出了对于备兑开仓组合减免保证金的条款，备兑开仓是指投资者在持有标的 ETF 且卖出开仓认购期权后，可以申请将合约标的进行锁定之后，将普通的卖出开仓转为备兑开仓。由于备兑开仓用合约标的作为全额保证金，交易所在确认指令之后会实时增加投资者的保证金日间余额。

3. 标的资产分红

对于分红所引起的期权合约调整，上交所主要参照欧洲、香港和韩国等市场的做法进行调整，主要包括两个方面：一是合约金额（名义价值，即合约单位行权价格）不变，二是调整后合约市值与调整前接近，对合约单位与行权价格同时按比例调整，调整后合约市值与调整前基本接近：

$$unit_{Adj} = unit \times \frac{S_{\tau-1}}{S_{\tau-1} - q}$$

$$K_{Adj} = K \times \frac{unit}{unit_{Adj}} = K \times \frac{S_{\tau-1} - q}{S_{\tau-1}}$$

其中， $unit_{Adj}$ 代表调整后的合约单位， $unit$ 为原合约单位（即 10000 份）， τ 为除息日， $\tau - 1$ 代表除息日前一交易日， $S_{\tau-1}$ 为除息日前一交易日标的证券的收盘价， q 代表每份基金份额分红。 K_{Adj} 代表调整后的行权价格， K 为原行权价格。

沪深 300ETF 期权上市至今，华泰柏瑞沪深 300ETF（510300.SH）暂未发生分红，嘉实沪深 300ETF（159919.SZ）曾进行过 1 次分红，除息日为 2020-09-14。50ETF 期权上市至今，华夏上证 50ETF（510050.SH）曾进行过 4 次分红，除息日分别为 2016-11-29，2017-11-28，2018-12-03 以及 2019-12-02。

对于不同类型的期权套利来说，如果在套利组合存续期间发生分红，期权套利到期收益的调整方式也有所不同。

3.1. 期初卖空标的

认购期权下边界套利以及反向转换套利中需要在期初对标的证券进行融券卖出，对于每份期权套利组合来说，若在套利期间发生分红，在红利到账日套利者需要以现金方式向证券公司补偿现金红利，即 $unit \times q$ 。两类套利方式到期收益的具体计算调整如下：

3.1.1. 认购期权下边界套利

到期日，进行认购期权下边界套利的投资者根据标的资产价格以 S_T (若 $S_T < K_{Adj}$) 或者 K_{Adj} (若 $S_T > K_{Adj}$) 买入标的资产，并归还证券公司对应数量的标的证券，剩余标的资产用于冲抵红利到账日所补偿的现金红利。对于期权下边界套利来说，当 $S_T < K_{Adj}$ ，认购期权买方不执行期权，套利者以 S_T 买入合约单位为 $unit$ 的标的资产用以归还证券公司，剩余资金用于冲抵对证券公司的现金补偿， $t = T$ 时刻套利者的现金流为：

$$-S_T - q \times e^{r(T-\tau)}$$

认购期权下边界套利在 $t = T$ 时刻的最终收益变为：

$$(S_0 - c)e^{rT} - S_T - q \times e^{r(T-\tau)}$$

其中， S_T 为分红后 $t = T$ 时刻实际的标的资产价格。

当 $S_T > K_{Adj}$ ，认购期权买方执行期权合约，套利者以 K_{Adj} 买入单位为 $unit_{Adj}$ 的标的资产，并将其中 $unit \times K_{Adj}$ 部分的标的资产归还证券公司，剩余标的资产以价格 S_T 卖出，所获资金用于冲抵红利到账日对证券公司的现金红利补偿 $unit \times q$ ， $t = T$ 时刻的现金流为：

$$-\frac{S_{\tau-1}}{S_{\tau-1} - q} \times K_{Adj} + \left(\frac{S_{\tau-1}}{S_{\tau-1} - q} - 1 \right) \times S_T - q \times e^{r(T-\tau)}$$

整理得：

$$\frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times S_T - K - q \times e^{r(T-\tau)}$$

认购期权下边界套利在 $t = T$ 时刻的最终收益变为：

$$(S_0 - c)e^{rT} + \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times S_T - K - q \times e^{r(T-\tau)}$$

3.1.2. 反向套利（反向转换套利）

对于反向转换套利，无论到期日资产价格如何，投资者均将以价格 K 买入标的资产。套利期间若标的资产发生分红，行权价格以及合约单位均会发生同比例的变动，当 $t = T$ ，投资者以价格 K_{Adj} 买入单位为 $unit_{Adj}$ 的标的资产，并将其中 $unit \times K_{Adj}$ 部分的标的资产归还证券公司，剩余标的资产以价格 S_T 卖出，所获资金用于冲抵红利到账日对证券公司的现金红利补偿 $unit \times q$ ， $t = T$ 时刻的现金流为：

$$\frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times S_T - K - q \times e^{r(T-\tau)}$$

反向转换套利在 $t = T$ 时刻的最终收益变为：

$$(p + S - c)e^{rT} + \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times S_T - K - q \times e^{r(T-\tau)}$$

3.2. 期初买入标的

需要在期初买入标的资产的套利方式包括认购期权上边界套利、认沽期权下边界套利以及转换套利。在红利到账日，每份存续期间的期权套利组合将会获得金额为 $unit \times q$ 的现金红利，同时，标的资产现货价格、相关期权到期行权价格以及期权合约单位均会进行

相应调整。

3.2.1. 认购期权上边界套利

红利到账日, 投资者获得现金股利 $unit \times q$, 由于分红导致所持有的标的资产数量下降, 投资者需要重新补足标的的证券以确保账户中具有充足的备兑证券, 以避免被强行平仓的风险, 需要补充的标的资产数量为 $unit \times q / (S_{\tau-1} - q)$ 。在实际操作中, 由于国内 ETF 基金 T+1 的交易模式, 投资者需要最迟于红利到账日的前一交易日购入 ETF, 因此投资者在 $t = \tau - 1$ 时刻的现金流为: $-unit \times S_{\tau-1} \times q / (S_{\tau-1} - q)$ 。

在到期日, 根据标的资产价格情况, 认购期权买方选择执行或不执行期权, 投资者分别以价格 K_{Adj} 或 S_T 卖出所持有的标的的证券, 认购期权上边界套利的投资者在 $t = T$ 时刻的收益分别调整为:

$$(c - S)e^{rT} + S_T \frac{S_{\tau-1}}{S_{\tau-1} - q} + q \times e^{r(T-\tau)} - S_{\tau-1} \times \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times e^{r(T-\tau+1)}$$

或:

$$(c - S)e^{rT} + K + q \times e^{r(T-\tau)} - S_{\tau-1} \times \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times e^{r(T-\tau+1)}$$

3.2.2. 认沽期权下边界套利

对于认沽期权下边界套利来说, 即使交易所没有强制性要求, 投资者也需要及时补充买入标的的证券, 以降低期权组合的风险敞口。在到期日, 据标的资产价格情况, 投资者作为认沽期权买方选择执行或不执行期权, 投资者分别以价格 K_{Adj} 或 S_T 卖出所持有的标的的证券, 因此在 $t = T$ 时刻的套利收益分别调整为:

$$(-p - S)e^{rT} + S_T \frac{S_{\tau-1}}{S_{\tau-1} - q} + q \times e^{r(T-\tau)} - S_{\tau-1} \times \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times e^{r(T-\tau+1)}$$

或:

$$(-p - S)e^{rT} + K + q \times e^{r(T-\tau+1)} - S_{\tau-1} \times \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times e^{r(T-\tau+1)}$$

3.2.3. 正向套利 (转换套利)

在正向套利中, 无论到期期权价格如何, 投资者均需要以价格 K 卖出所持有的标的, 在期权组合存续期间内如果标的发生分红, 投资者需要补足标的的证券, 以降低期权组合的风险敞口。因此, 在到期日投资者进行套利所获得的最终收益调整为:

$$(c - p - S)e^{rT} + K + q \times e^{r(T-\tau+1)} - S_{\tau-1} \times \frac{q}{S_{\tau-1} - q} \times e^{r(T-\tau+1)}$$

3.3. 其他情况

对于其他期权套利方式来说, 由于不涉及期初买入或卖出资产标的的证券, 期权套利收益的调整并不复杂, 到期日对于投资者需要以 S_T 买入或卖出标的的证券的情况, 到期收益公式中, 该项调整为 $-S_T \times S_{\tau-1} / (S_{\tau-1} - q)$ 或 $S_T \times S_{\tau-1} / (S_{\tau-1} - q)$, 对于投资者需要以价格 K_{Adj} 买入或卖出标的的证券的情况, 由于根据交易所规定, 合约单位与行权价格同时按比例调整, 合约市值不变, 到期收益公式中该项无需进行调整, 根据到期执行期权买入或卖出标的的证券的情况, 该项仍然保持为 $-K$ 或 K 。

4. 期权套利策略构建与回测

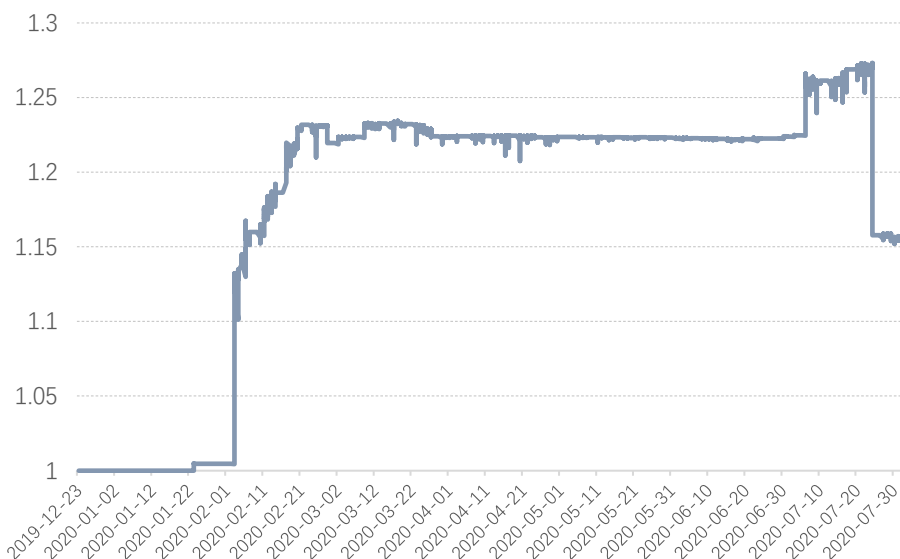
根据前文的收益测算可以发现, 垂直价差套利、凸性套利以及盒式套利所出现的套利机会次数以及收益相对较高, 并且三种套利方式建仓时主要在期权市场内进行交易, 不涉

及现货市场交易，操作相对简便，因此本文主要针对这三种套利进行策略的构建。

本文对所有上市交易期权监测垂直价差、凸性以及盒式套利机会，在扣除相关交易成本之后测算套利组合预期年化收益，当预期年化收益大于前一交易日一周 SHIBOR 利率时才考虑建仓，策略的初始资金为 1,000 万元，当剩余可使用资金量不足以建仓时则停止建仓。采用交易对手方卖一价、卖一量、买一价、买一量，以套利机会出现时间早晚为优先顺序进行建仓，当套利机会同时出现时则采用流动性为优先的原则进行建仓。

本文首先采用对期权持有到期的方式并计算策略收益，策略净值如下。

图 50：期权套利持有到期策略净值

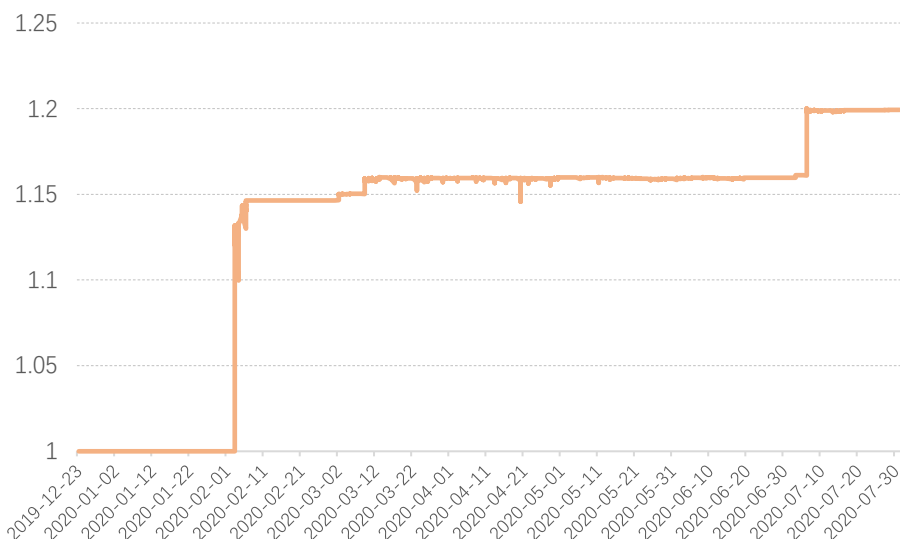


资料来源：上交所，天风证券研究所

上图中，策略虽然在 6 月底的净值达到了 1.25 以上，取得了自 19 年 12 月起累计 25% 以上的收益，然而策略在 2020 年 7 月 24 日发生了大幅回撤，当日策略净值跌幅接近 -9%。究其原因，是由于部分期权组合于 7 月 22 日到期，行权过程中所买入的标的证券沪深 300ETF 直到 7 月 24 日才能够卖出，而 7 月 24 日市场发生大跌，沪深 300 指数日跌幅度达到了 -4.39%，策略也因此遭受了较大损失。

国内上市的 ETF 股指期货均为欧式期权，到期实物交割。300ETF 期权的行权机制为 T 日申报行权，T+1 日行权交割，而 300ETF 本身为 T+1 的交易机制，因此投资者直到 T+2 日才能交易标的资产 ETF。期权行权无法进行日内交易的情况下，投资者将面临为期两日的风险敞口，如果标的资产走势的不确定性扩大，投资者可能会面临较高的套利损失。因此，在实际操作中，期权往往不会持有到期。本文因此进一步改变期权交易策略，在建仓后对期权组合价差进行实时监控，当平仓收益能够覆盖平仓手续费以及冲击成本时，则及时进行平仓，若平仓收益为负，则等待价差收敛时进行平仓，如果始终未出现平仓信号则在期权到期前进行强制平仓，下图为回测期间策略的净值走势。

图 51：期权套利提前平仓策略净值



资料来源：上交所，天风证券研究所

可以看到，相比持有到期策略，提前平仓策略的收益增长更加稳健。虽然由于提前平仓导致组合错失了 2 月 3 日至 2 月底期间的获利机会，但是提前平仓也同样为组合带来了一定的保护，避免了 7 月 24 日的大幅回撤。期权套利提前平仓策略在回测期共实现了 19.92% 的收益，最大回撤为 0.09%，年化夏普率 1.44、年化 Calmar 比率为 243.35。

表 22：期权套利提前平仓策略收益风险指标

累计收益率	最大回撤	年化收益波动率	年化夏普率 (Sharpe)	年化卡玛比率 (Calmar)
19.92%	0.09%	13.56%	1.44	243.35

资料来源：上交所，天风证券研究所

此外，提前平仓会大大缩短期权保证金的占用时间，资金的使用效率因此会有所提高，并进一步提高套利潜在的收益率。

一般来说，当市场发生黑天鹅事件或波动率增大的情况下期权套利收益将有大幅度提高。在回测时间范围内，2020 年 2 月 3 日以及 7 月 6 日两日所带来的套利机会构成了回测期内套利收益的主要来源。2 月 3 日为 2020 年春节长假后的第一个交易日，由于长假期间疫情因素，市场当日大幅低开，上证综指近千股跌停，期权市场波动剧烈，套利机会大规模出现；7 月 6 日，沪深 300 指数暴涨 5.67%，沪深两市总成交额突破 1.5 万亿大关，期权市场中也出现了大幅价格错估，并带来了多组套利机会。

图 52：沪深 300 股指 K 线图



资料来源：Wind，天风证券研究所

整体来看，期权套利策略具有较高胜率和较低的参与率。通过将期权组合持有期收益率与沪深 300 指数收益率进行对比，期权提前平仓策略的胜率达到了 55.9%。在 2019-12-23 至 2020-7-31 整个回测期间共 147 个交易日中，策略仅在其中的 11 天进行了建仓操作，共构建了 143 组期权套利组合。

5. 期权套利相关风险

5.1. 标的卖空的限制

在边界套利中的认购期权下边界套利以及期权平价套利中的反向套利中涉及到卖空标的证券的操作，而在实际操作中融券费率较高，并且融券券源较为稀少，因此，这两种套利操作在实际应用中受到的限制较大。实际操作中即使出现套利机会，也可能面临无券可融的情况，导致错失套利机会。

5.2. 强平风险

卖出期权涉及到保证金交纳的问题，保证金由开仓保证金以及维持保证金组成，当标的期权价格发生变化导致期权亏损出现，投资者需要在及时补充维持保证金，如果资金没有按时到账，则会面临期权交易被强平的风险。因此，在进行无风险套利的过程中需要预留足够的资金，并保持对账户的监控，一旦需要提高维持保证金的情况，要及时交纳，避免被强行平仓。

5.3. 违约风险

上证 50ETF 期权以及沪深 300ETF 期权均为场内期权交易，由于中央对手方（CCPs）以及保证金的存在，一般来说出现交易对手违约的概率并不高，然而也需要考虑在行权日期权义务方无法履约的潜在风险，做好一定的风险应对措施。

5.4. 行权风险

若到期时标的价格正好等于执行价格，则期权套利将面临一定的风险，因为在该种情况下，认购或认沽期权的义务无法确认是否被指派，投资者行权与否的决定在行权当日的 15:30 之前，而被指派与否的结果则在行权当日晚间发布，由于存在一定的时间差，而投资者同时作为期权的义务方以及权利方，如果投资者对作为义务方的合约履约，但作为权

利方的合约对手未能履约，则投资者需要另行寻找标的证券保证顺利履约。此时，投资者的收益将受到当时标的证券的市场价格影响，产生损失。

6. 总结

期权无风险套利可以分为边界套利、垂直价差套利、凸性套利、平价套利以及盒式套利等等。本文采用高频数据对上交所上市的沪深 300ETF 期权 2019 年 12 月 23 日上市以来的套利收益进行了测算，经测算，垂直价差套利、凸性套利以及盒式套利三种套利方式在套利次数以及整体套利收益上均高于边界套利以及平价套利。

回溯期间，边界套利机会共出现 78 次。2020 年 2 月 3 日、2 月 4 日以及 3 月 2 日边界套利的年化收益中位数均达到了 30% 以上。300ETF 期权的边界套利机会以下边界套利为主，而由于借助融券进行期权套利的可操作性较低且成本高昂，认沽期权下边界套利机会占比（19%）远低于认购期权下边界套利机会占比（81%）。

垂直价差套利机会共出现 1,191 次。2020 年 1 月 22 日、3 月 2 日、6 月 24 日、7 月 22 日以及 7 月 23 日垂直价差套利的年化收益中位数均达到了 50% 以上。占比约 24.3%（共 833 次）的垂直价差套利的年化收益大于 50%。垂直价差上边界套利机会占比（84%）大幅高于垂直价差下边界套利机会占比（16%）。

凸性套利机会共出现 3,426 次。2020 年 1 月 22 日、6 月 24 日以及 7 月 23 日凸性套利的年化收益中位数均超过了 45%。其中，7 月 23 日的年化收益中位数甚至达到 95%。从分类上看，认沽期权凸性套利机会与认购期权凸性套利机会的占比基本持平，认沽期权占比稍高达 53%。

回溯期内所出现的平价套利机会共 125,979 次。300ETF 期权上市后的 1 个月内存在着较为稳定但收益极低的平价套利机会，2020 年 2 月 3 日、2 月 4 日开盘后出现的平价套利非年化收益达到 2.5% 左右，年化收益约为 30%。根据测算，99.9% 的平价套利非年化收益集中在 0-1% 区间内。在所有平价套利机会中，94% 的机会为正向平价套利，而由于涉及到融券操作，反向平价套利机会相对较少，出现次数仅占全部平价套利机会的 6%。回溯期内出现的盒式套利机会共 651 次。共有 9 天出现了盒式套利机会，其中 3 月 9 日的盒式套利年化收益最高，为 23.7%。

此外，本文还对几类期权套利之间的相关关系、期权套利监控的优化方法、期权组合策略保证金制度、期权套利期间标的资产发生分红的情况以及期权套利的相关风险等问题进行了说明，并构建了期权套利的提前平仓交易策略，策略在回溯期共实现了 19.92% 的收益，最大回撤为 0.09%，年化夏普率 1.44、年化 Calmar 比率为 243.35。

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