

衍生品

## 期权定价套利掘金

2015年09月10日

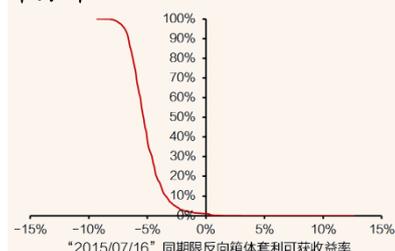
### ETF期权套利的操作细节与收益估算

#### 同期限反向箱体套利可获收益率日内走势



资料来源：天软科技、招商证券

#### 同期限反向箱体套利日内收益率分布



资料来源：天软科技、招商证券

期权的定价套利（非统计套利）属于静态套利，不受定价模型的约束。静态套利主要基于期末现金流的关系，只涉及期初和期末的现金流匹配情况，持仓期间不会有动态调仓。等效远期价格套利为静态套利的一种。本文结合 50ETF 期权的操作实务规则，分析了平价套利、同期限箱体套利、跨期箱体套利这三类可转化为等效远期价格套利的操作细节与收益估算，并且对每种套利方式的收益率作了统计分析。

- 衍生品在市场中最重要的两个职能是定价和风险管理。衍生工具的定价、套利机制与复制技术是紧密相连的，套利机制是衍生工具定价有效的硬约束，而衍生工具的可复制又是套利机制实现的基础。
- 期权作为一类非线性衍生工具，它的复杂性和灵活性都要比期货高，因此会有多种多样的期权策略随之产生。期权的定价套利（非统计套利）属于静态套利，不受定价模型的约束。静态套利主要基于期末现金流的关系，只涉及期初和期末的现金流匹配情况，持仓期间不会有动态调仓。
- 等效远期价格套利是基于配对期权隐含的标的远期价格、标的本身隐含的远期价格、同标的期货合约价格之间差异的一种静态套利。
- 本文主要结合 50ETF 期权的操作实务规则，从基本原理、操作细节、现金流、收益估算、具体案例方面分析了平价套利、同期限箱体套利、跨期箱体套利这三类可转化为等效远期价格的套利，并且对每种套利方式案例当天的收益率进行了统计分析。

叶涛

021-68407343

yetao@cmschina.com.cn

S1090514040002

研究助理

赵月娟

zhaoyuejuan@cmschina.com.cn

## 正文目录

一、等效远期价格.....	5
二、平价套利操作细节与收益估算.....	5
2.1 平价套利原理.....	5
2.2 正向平价套利组合建仓方式比较.....	6
2.2.1 “融资买入 ETF 份额”而非“普通证券账户买入 ETF 份额”.....	6
2.2.2 “申购 ETF 份额”而非“买入 ETF 份额”.....	7
2.2.3 “认购期权备兑开仓”而非“认购期权保证金卖出开仓”.....	7
2.3 正向平价套利组合收益估算.....	7
2.3.1 正向平价套利组合建仓日现金流.....	7
2.3.2 正向平价套利组合行权日现金流.....	8
2.3.3 正向平价套利组合行权交收后现金流.....	8
2.3.4 正向平价套利计算说明.....	8
2.3.5 正向平价套利组合.....	9
2.4 反向平价套利组合收益估算.....	10
2.4.1 反向平价套利组合建仓日现金流.....	10
2.4.2 反向平价套利组合行权日现金流.....	10
2.4.3 反向平价套利组合行权交收后现金流.....	10
2.4.4 反向平价套利计算说明.....	11
2.4.5 反向平价套利组合.....	11
三、同期限箱体套利操作细节与收益估算.....	12
3.1 同期限箱体套利原理.....	12
3.2 同期限箱体套利组合行权申报与行权指派.....	14
3.3 同期限正向箱体套利组合收益估算.....	14
3.3.1 同期限正向箱体套利组合建仓日现金流.....	14
3.3.2 同期限正向箱体套利组合行权日现金流.....	14
3.3.3 同期限正向箱体套利组合行权交收后现金流.....	15
3.3.4 同期限正向箱体套利计算说明.....	16
3.3.5 同期限正向箱体套利组合.....	16
3.4 同期限反向箱体套利组合收益估算.....	17

3.4.1 同期限反向箱体套利组合建仓日现金流.....	17
3.4.2 同期限反向箱体套利组合行权日现金流.....	18
3.4.3 同期限反向箱体套利组合行权交收后现金流.....	18
3.4.4 同期限反向箱体套利计算说明.....	19
3.4.5 同期限反向箱体套利组合.....	19
四、跨期箱体套利操作细节与收益估算.....	20
4.1 跨期箱体套利原理.....	20
4.2 正向跨期箱体套利组合收益估算.....	22
4.2.1 正向跨期箱体套利组合建仓日现金流.....	22
4.2.2 正向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流.....	22
4.2.3 正向跨期箱体套利组合近期合约行权交收后现金流.....	23
4.2.4 正向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流.....	23
4.2.5 正向跨期箱体套利组合远期合约行权交收后现金流.....	23
4.2.6 正向跨期箱体套利计算说明.....	23
4.2.7 正向跨期箱体套利组合.....	24
4.3 反向跨期箱体套利组合收益估算.....	25
4.3.1 反向跨期箱体套利组合建仓日现金流.....	25
4.3.2 反向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流.....	25
4.3.3 反向跨期箱体套利组合近期合约行权交收后现金流.....	26
4.3.4 反向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流.....	26
4.3.5 反向跨期箱体套利组合远期合约行权交收后现金流.....	27

## 图表目录

图 1: 正向平价组合.....	6
图 2: 反向平价组合.....	6
图 3: 正向平价套利可获收益率的日内走势.....	9
图 4: 正向平价套利日内收益率分布.....	9
图 5: 反向平价套利可获收益率的日内走势.....	12
图 6: 反向平价套利日内收益率分布.....	12
图 7: 同期限正向箱体组合.....	13
图 8: 同期限反向箱体组合.....	13

图 9: 同期限正向箱体套利可获收益率的日内走势 .....	17
图 10: 同期限正向箱体套利日内收益率分布 .....	17
图 11: 同期限反向箱体套利可获收益率的日内走势 .....	20
图 12: 同期限反向箱体套利日内收益率分布 .....	20
图 13: 正向跨期箱体组合 .....	21
图 14: 反向跨期箱体组合 .....	21
图 15: 正向跨期箱体套利可获收益率的日内走势 .....	25
图 16: 正向跨期箱体套利日内收益率分布 .....	25
表 1: 正向平价套利盘口数据 .....	9
表 2: 反向平价盘口数据 .....	11
表 3: 同期限正向箱体盘口数据 .....	16
表 4: 同期限反向箱体盘口数据 .....	19
表 5: 正向跨期箱体盘口数据 .....	24

## 一、等效远期价格

衍生品在市场中最重要两个职能是定价和风险管理。衍生工具定价的是交易双方都认同的“公允”交易方式的确定，关于定价通常又有 2 种情况，其一、对合约条款要素的确定；其二、对合约价值的确定。比如，期货合约的定价是关于到期交割价格的确定，即对合约条款要素的确定；期权合约的定价是关于到期收益现值的确定，即对合约价值的确定。当然，以上两者也并不是完全对立，在场外交易中对于同一类合约，对合约条款要素的确定与对合约价值的确定可以相互转换。

衍生工具的定价、套利机制与复制技术是紧密相连的，套利机制是衍生工具定价有效的硬约束，而衍生工具的可复制又是套利机制实现的基础。

期权作为一类非线性衍生工具，它的复杂性和灵活性都要比期货高，因此会有多种多样的期权策略随之产生。其中，期权的静态套利不受定价模型的约束，只基于到期收益函数，持仓期间不会有动态调仓。等效远期价格套利是基于配对期权隐含的标的远期价格、标的本身隐含的远期价格、同标的期货合约价格之间差异的一种静态套利。

从本质上而言，平价套利是配对期权隐含的无套利远期价格与标的资产无套利远期价格之间的套利；同期限箱体套利是同期限、不同行权价的配对期权隐含的无套利远期价格之间的套利；跨期箱体套利是不同期限的配对期权隐含的无套利远期价格之间的套利。本文主要基于上海证券交易所和中国结算发布的有关期权的实务规则，研究了平价套利、同期限箱体套利与跨期箱体套利这三大类等效远期价格套利的套利原理、操作细节与收益估算算法。

## 二、平价套利操作细节与收益估算

### 2.1 平价套利原理

同一标的资产且到期日与行权价格完全相同的一对认购期权与认沽期权的瞬时交易价格隐含了该时刻标的资产在对应到期日的无套利远期价格。

$$\begin{cases} C_E = (S_E - X)^+ \\ P_E = (X - S_E)^+ \end{cases} \Rightarrow C_E - P_E = S_E - X \quad \text{式(1)}$$

$$\Rightarrow \tilde{F}_{E|t}(X) = (C_t - P_t) \exp(r_f(E-t)) + X$$

标的资产的瞬时交易价格本身也隐含了该时刻标的资产在相同到期日的无套利远期价格。

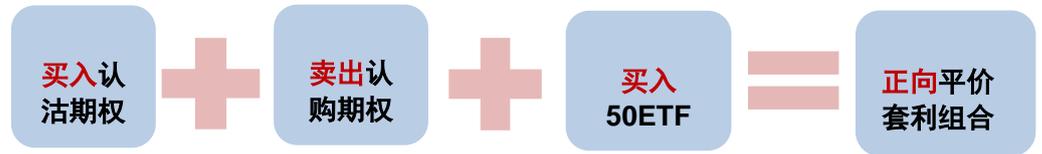
$$\tilde{S}_{E|t} = S_t \cdot \exp(r_f(E-t)) \quad \text{式(2)}$$

平价套利源于同一时刻配对期权所隐含的标的资产无套利远期价格与标的资产本身所隐含的无套利远期价格的差异（足够大）。平价套利也可以视为基于配对期权可实现的一种期现套利。

#### (1) 正向平价

当配对期权所隐含的标的资产无套利远期价格（明显）高于标的资产本身所隐含的无套利远期价格时，我们可以“卖出开仓认购期权”+“买入开仓认沽期权”合成标的资产的远期空头，锁定相对较高的远期卖出价格，并“买入标的资产”构造正向套利组合。

图 1: 正向平价组合

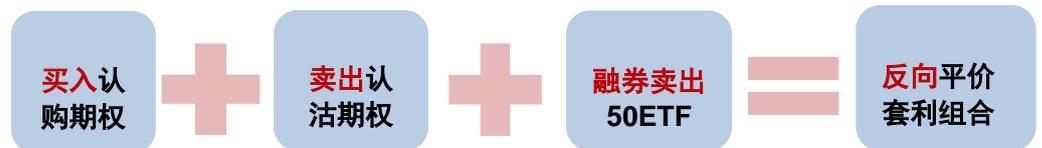


资料来源：招商证券

## (2) 反向平价

当配对期权所隐含的标的资产无套利远期价格（明显）低于标的资产本身所隐含的无套利远期价格时，我们可以“买入开仓认购期权”+“卖出开仓认沽期权”合成标的资产的远期多头，锁定相对较低的远期买入价格，并“融券卖出标的资产”构造反向套利组合。

图 2: 反向平价组合



资料来源：招商证券

## 2.2 正向平价套利组合建仓方式比较

### 2.2.1 “融资买入 ETF 份额”而非“普通证券账户买入 ETF 份额”

(1) 通过信用证券账户融资买入相比于通过普通证券账户买入等量 ETF 份额最多可节省 60% 的资金占用（折算率上限 90%，融资保证金比例下限 60%，正向杠杆上限 2.50 倍）。

(2) 不仅需要额外支付融资利息，而且需要监控维持担保比例。

(3) 作为担保物提交的 ETF 份额以及融资买入的 ETF 份额在融资买入负债了结前无法从信用证券账户划转至普通证券账户，因而导致：融资买入的 ETF 份额不能用于认沽期权权利仓行权申报；不能用于认购期权备兑开仓；不能用于认购期权义务仓行权指派时合约标的的给付。

综上所述，相比“融资买入 ETF 份额”而言，“普通证券账户买入 ETF 份额”是更好的选择。

## 2.2.2 “申购 ETF 份额”而非“买入 ETF 份额”

“申购 ETF 份额”主要涉及以下五个方面的操作细节：

- (1) 总体收益是“正向套利”与“ETF 溢价套利”的叠加。
- (2) 可用于认沽期权权利仓行权申报。
- (3) 可用于认购期权备兑开仓。
- (4) 可用于认购期权义务仓行权指派时合约标的的给付。
- (5) 普通投资者期权合约的限仓标准与 ETF 的最小申购、赎回单位的匹配。

## 2.2.3 “认购期权备兑开仓”而非“认购期权保证金卖出开仓”

(1) 普通证券账户买入的 ETF 份额以及申购的 ETF 份额当日即可用于备兑交割锁定，当日即可用于认购期权的备兑开仓，无需交纳开仓保证金与监控认购期权维持保证金的波动。未到期的备兑证券也可用于其他先行到期的保证金开仓认购期权合约行权指派时合约标的的给付。

(2) 若正向套利组合到期时认沽期权处于实值状态，用于认购期权备兑开仓而被交割锁定的 ETF 份额不能用于认沽期权权利仓的行权申报。因此，投资者只能在行权日通过普通证券账户买入或者申购足量的 ETF 份额用于行权申报。为了锁定自行权日至行权交收完成时段内 ETF 份额的价格波动风险，投资者还需融券卖出等量的 ETF 份额，然后再将普通证券账户内备兑到期的 ETF 份额划转至信用证券账户，通过直接还券了结行权日的融券卖出负债。

因此，两种方式对比下，“认购期权保证金卖出开仓”是更加稳妥、方便的选择。

## 2.3 正向平价套利组合收益估算

### 2.3.1 正向平价套利组合建仓日现金流

每单位正向平价套利组合（普通证券账户买入 ETF 份额+认购期权保证金卖出开仓）建仓日的现金流：

- (1) 以即时的卖一价  $S_t^{A1}$  通过普通证券账户直接买入合约单位  $N$  份 ETF 份额，每单位交易金额的成本合计为  $k_s$ 。
- (2) 以即时的买一价  $C_t^{B1}$  保证金卖出开仓 1 张认购期权，收取权利金并交纳保证金  $M_t^C$ 。
- (3) 以即时的卖一价  $P_t^{A1}$  买入开仓 1 张认沽期权，支付权利金。

则建仓日的现金流合计为：

$$NCF_t = -N \cdot S_t^{A1}(1+k_s) + N \cdot C_t^{B1} - N \cdot P_t^{A1} - M_t^C - TC \quad \text{式(3)}$$

其中， $TC$  为每张期权的交易成本，由于卖出开仓期权合约不收取交易手续费，因此只有买入开仓要缴纳交易手续费，后面的套利都按类似处理。

### 2.3.2 正向平价套利组合行权日现金流

每单位正向平价套利组合行权日现金流:

① 情形 1: 若 ETF 份额在行权日的价格  $S_E$  低于行权价格  $X$ , 则以持有的认沽期权权利仓与普通证券账户内匹配数量的 ETF 份额提交行权申报, 并支付行权费用。

② 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_E$  不低于行权价格  $X$ , 则以持有的认购期权义务仓等待日终行权指派, 普通证券账户内匹配数量的 ETF 份额作为行权交收日应付的合约标的。在行权指派结果确定之前, 认购期权义务仓对应的维持保证金不可用。

综合上述 2 种情形得到行权日现金流合计的保守估计 (情形 1):

$$NCF_E = -EC \quad \text{式(4)}$$

其中,  $EC$  为每张期权的行权费用。

### 2.3.3 正向平价套利组合行权交收后现金流

每单位正向平价套利组合行权交收后现金流 (对应行权情形 1):

行权日日终经行权申报数据有效性检查后进行行权指派, 行权交收日 ( $E+1$  日) 日终办理标的交割和资金交收,  $E+2$  日义务仓头寸对应的维持保证金可用, 行权交收所得的资金可用, 正向套利结束。

则行权交收后的现金流合计为:

$$NCF_{E+2} = N \cdot X + M_t^C \quad \text{式(5)}$$

正向平价套利组合 (资金加权年化) 收益率估算为:

$$r = -\frac{NCF_t + NCF_E + NCF_{E+2}}{NCF_t \cdot CD(t, E+2) + NCF_E \cdot CD(E, E+2)} \cdot 360 \quad \text{式(6)}$$

其中,  $CD(t_1, t_2]$  为给定时间窗口所含的自然日天数 (不含起点当日)。

### 2.3.4 正向平价套利计算说明

选取“2015/07/07”日内连续竞价时段的盘口数据作为基础数据, 当日期权合约挂牌数量为 140 ( $70 \times 2$ ) 个。参数设置为: ETF 交易成本 0.10%, 期权合约交易成本 10 元/张, 期权合约行权费用 5 元/张, 保证金预存安全系数 120%。

2015/07/07 日内连续竞价时段任意时刻均有 70 ( $17+13+23+17$ ) 个可选正向套利组合, 剔除因所需交易方向上挂单价、量不可操作的套利组合, 取有效套利组合中的最高收益率记为该时刻正向套利的可获收益率。

由可获收益率序列得到当日套利收益率的分布, 即大于或等于某个收益率的套利机会持续时长占当日连续竞价时段总时长的比例。

### 2.3.5 正向平价套利组合

2015年7月7日 09:30:42, 正向平价套利年化收益率达到 25.97%, 各合约盘口数据如下表:

表 1: 正向平价套利盘口数据

合约简称	买一价	买一量	卖一价	卖一量	最新成交价	开仓保证金
50ETF	2.672	1801	2.673	40237	2.673	
50ETF 购 8 月 2550	0.3506	1	0.4499	3	0.3642	7152.40
50ETF 沽 8 月 2550	0.0801	5	0.1002	1	0.1002	3434.00

资料来源: 天软科技、招商证券

每单位套利组合的构建方式为: “普通买入 100 手 50ETF” + “保证金卖出开仓 1 张 50ETF 购 8 月 2550” + “买入开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 2550”; 瞬时最大可操作单位为 1。

2015 年 7 月 7 日现金流:

$$-2.673 \times 10000 \times (1 + 0.10\%) + (0.3506 - 0.1002) \times 10000 - 7152.40 \times 120\% - 10 = -32845.61 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 26 日现金流:

$$= -5.00 \text{ (元)}$$

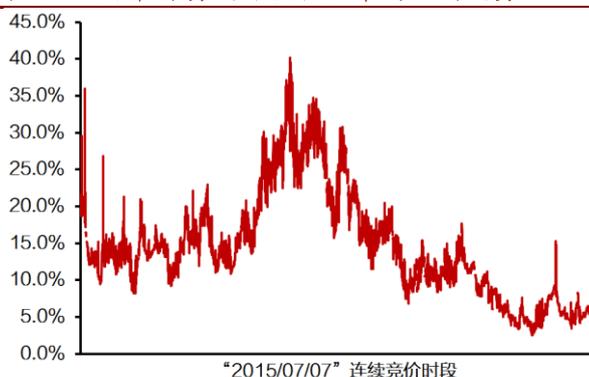
2015 年 8 月 28 日现金流:

$$2.55 \times 10000 + 7152.40 \times 120\% = 34082.88 \text{ (元)}$$

资金加权年化收益率:

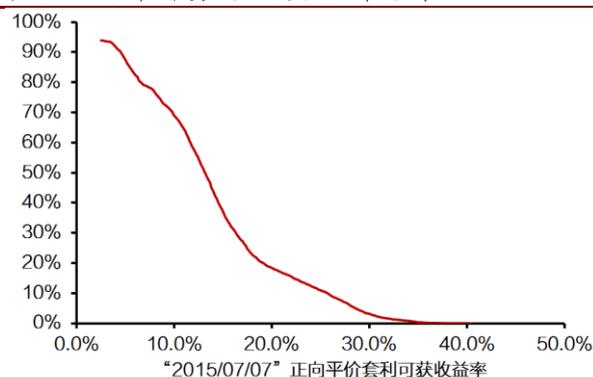
$$-360 \times (-32845.61 - 5.00 + 34082.88) \div (-32845.61 \times 52 - 5.00 \times 2) = 25.97\%$$

图 3: 正向平价套利可获收益率的日内走势



资料来源: 天软科技、招商证券

图 4: 正向平价套利日内收益率分布



资料来源: 天软科技、招商证券

## 2.4 反向平价套利组合收益估算

### 2.4.1 反向平价套利组合建仓日现金流

每单位反向平价套利组合的建仓日现金流:

(1) 以即时的买一价  $S_t^{B1}$  融券卖出  $N$  份 ETF 份额, 那么融券卖出交易前信用资金账户内所需存入的现金为  $M_t^S (N \cdot S_t^{B1})$ , 融券年化利率为  $r_s$ 。

(2) 以即时的卖一价  $C_t^{A1}$  买入开仓 1 张认购期权, 支付权利金。

(3) 以即时的买一价  $P_t^{B1}$  卖出开仓 1 张认沽期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^P$ 。

则建仓日的现金流合计为:

$$NCF_t = -M_t^S (N \cdot S_t^{B1}) - N \cdot C_t^{A1} + N \cdot P_t^{B1} - M_t^P - TC \quad \text{式(7)}$$

### 2.4.2 反向平价套利组合行权日现金流

每单位反向平价套利组合行权日现金流:

(1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格  $S_E$  高于行权价格  $X$ , 则在行权日收盘前备足现金  $N \cdot X$  用于认购期权权利仓的行权申报, 并支付行权费用。认沽期权义务仓对应的维持保证金不可用于认购期权权利仓行权申报所需行权资金的抵充。

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_E$  不高于行权价格  $X$ , 则以持有的认沽期权义务仓等待日终行权指派, 最晚在行权交收日 ( $E+1$  日) 收盘前向资金保证金账户内存入与行权指派数量匹配的应付交收资金, 对应的维持保证金可用于抵充。

综合上述 2 种情形得到行权日现金流合计的保守估计 (情形 1) 为:

$$NCF_E = -N \cdot X - EC \quad \text{式(8)}$$

### 2.4.3 反向平价套利组合行权交收后现金流

每单位反向平价套利组合行权交收后现金流 (对应行权情形 1):

$E+2$  日认沽期权义务仓对应的维持保证金可用, 行权交收所得的 ETF 份额用于提交担保物划转指令。 $E+3$  日提交直接还券指令了结建仓日的融券卖出负债,  $E+4$  日信用资金账户内的剩余现金 (期初存入现金 + 融券卖出成交金额 - 融券卖出交易成本 - 融券卖出应计利息) 解冻, 反向套利结束。

则行权交收后的现金流合计为:

$$NCF_{E+2} = M_t^P, NCF_{E+4} = M_t^S (N \cdot S_t^{B1}) + N \cdot S_t^{B1} (1 - k_s - r_s \frac{CD(t, E+3)}{360}) \quad \text{式(9)}$$

反向平价套利组合 (资金加权年化) 收益率估算为:

$$r = -\frac{NCF_t + NCF_E + NCF_{E+2} + NCF_{E+4}}{NCF_t \cdot CD(t, E+4) + NCF_E \cdot CD(E, E+4) + NCF_{E+2} \cdot CD(E+2, E+4)} \cdot 360$$

式(10)

### 2.4.4 反向平价套利计算说明

选取“2015/07/08”日内连续竞价时段的盘口数据为基础数据，当日期权合约挂牌数量为 140 (70×2) 个。参数设置为：ETF 交易成本 0.10%，期权合约交易成本 10 元/张，期权合约行权费用 5 元/张，净融券年利率 7.60% (360 天/年)，融券保证金比例 75%，保证金预存安全系数 120%。

2015/07/08 日内连续竞价时段任意时刻均有 70 (17+13+23+17) 个可选反向套利组合，剔除因所需交易方向上挂单价、量不可操作的套利组合，取有效套利组合中的最高收益率记为该时刻反向套利的可获收益率。

由可获收益率序列得到当日套利收益率的分布，即大于或等于某个收益率的套利机会持续时长占当日连续竞价时段总时长的比例。

### 2.4.5 反向平价套利组合

2015 年 7 月 8 日 14:20:57，反向平价套利年化收益率达到 13.17%，各合约盘口数据如下表：

表 2: 反向平价盘口数据

合约简称	买一价	买一量	卖一价	卖一量	最新成交价	开仓保证金
50ETF	2.560	35920	2.561	1365	2.561	
50ETF 购 8 月 2700	0.0666	27	0.0671	3	0.0671	6431.00
50ETF 沽 8 月 2700	0.2976	6	0.3441	6	0.3213	4292.00

资料来源：天软科技、招商证券

每单位套利组合的构建方式为：“融券卖出 100 手 50ETF” + “买入开仓 1 张 50ETF 购 8 月 2700” + “卖出开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 2700”；瞬时最大可操作单位为 3。

2015 年 7 月 8 日现金流：

$$-2.560 \times 10000 \times 75\% \times 120\% - (0.0671 - 0.2976) \times 10000 - 4292 \times 120\% - 10$$

$$= -25895.40 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 26 日现金流：

$$-2.70 \times 10000 - 5 = -27005.00 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 28 日现金流：

$$4292 \times 120\% = 5150.40 \text{ (元)}$$

2015年9月1日现金流:

$$2.560 \times 10000 \times 75\% \times 120\% + 2.560 \times 10000 \times (1 - 0.10\% - 7.60\% \times 54 \div 360) = 48322.56 \text{ (元)}$$

资金加权年化收益率:

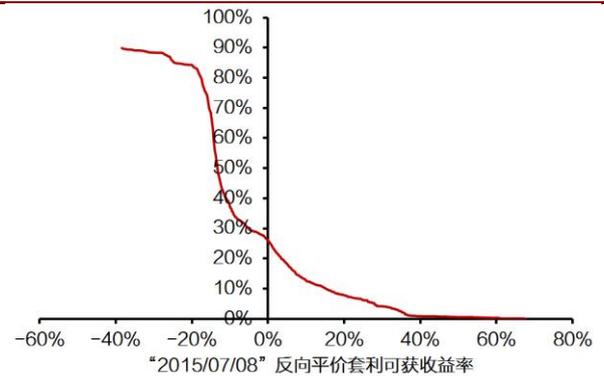
$$-360 \times (-25895.40 - 27005.00 + 5150.40 + 48322.56) \div (-25895.40 \times 55 - 27005.00 \times 6 + 5150.40 \times 4) = 13.17\%$$

图 5: 反向平价套利可获收益率的日内走势



资料来源: 天软科技、招商证券

图 6: 反向平价套利日内收益率分布



资料来源: 天软科技、招商证券

### 三、同期限箱体套利操作细节与收益估算

#### 3.1 同期限箱体套利原理

由同一标的资产、相同到期日、不同行权价格的多组配对期权的瞬时交易价格能在同一时刻得到标的资产在相同到期日的多个无套利远期价格。

$$0 < X_L < X_H, \begin{cases} \tilde{F}_{E|t}(X_L) = (C_t(X_L) - P_t(X_L)) \exp(r_f(E-t)) + X_L \\ \tilde{F}_{E|t}(X_H) = (C_t(X_H) - P_t(X_H)) \exp(r_f(E-t)) + X_H \end{cases} \quad \text{式(11)}$$

同期限箱体套利则来源于同一时刻的多个无套利远期价格的差异(足够大)。

$$\tilde{F}_{E|t}(X_L) \neq \tilde{F}_{E|t}(X_H) \quad \text{式(12)}$$

##### (1) 同期限正向箱体原理

如果低行权价配对期权所隐含的无套利远期价格(明显)低于高行权价配对期权所隐含的无套利远期价格, 即:

$$\tilde{F}_{E|t}(X_L) < \tilde{F}_{E|t}(X_H) \quad \text{式(13)}$$

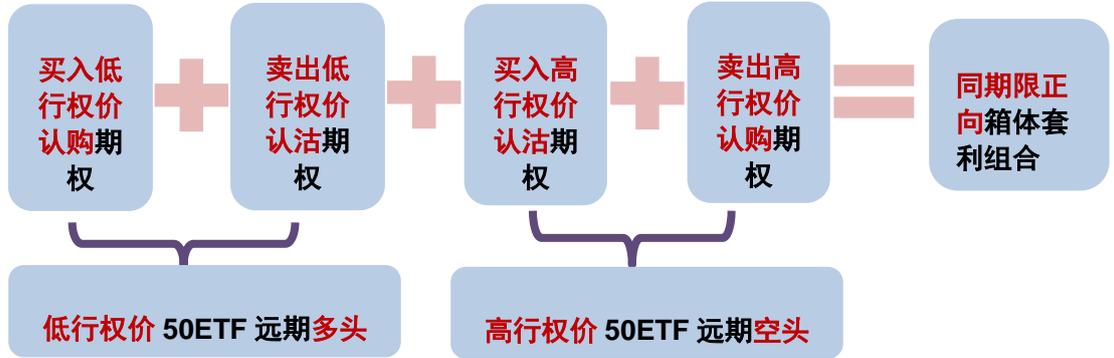
则同期限正向箱体套利机会随之产生。

首先, “买入开仓低行权价的认购期权” + “卖出开仓低行权价的认沽期权” 合成标的资

产基于低行权价的远期多头，锁定相对较低的远期买入价格。

其次，“卖出开仓高行权价的认购期权” + “买入开仓高行权价的认沽期权” 合成标的资产基于高行权价的远期空头，锁定相对较高的远期卖出价格。

图 7：同期限正向箱体组合



资料来源：招商证券

(2) 同期限反向箱体原理

如果低行权价配对期权所隐含的无套利远期价格（明显）高于高行权价配对期权所隐含的无套利远期价格，即：

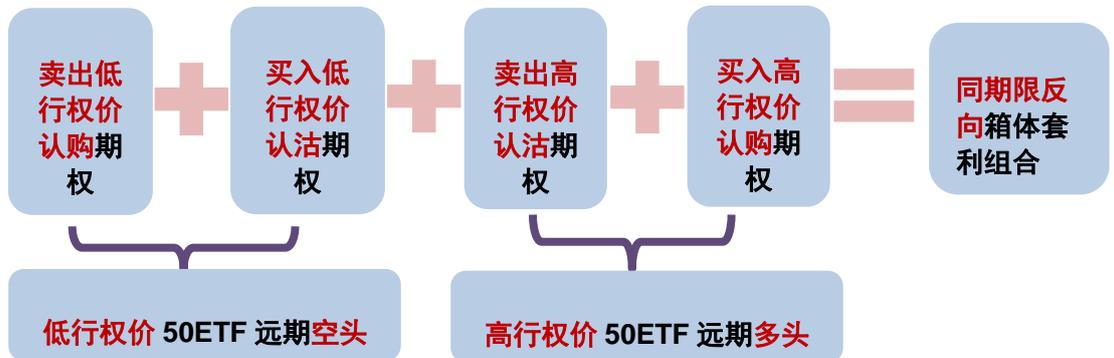
$$\tilde{F}_{E|T}(X_L) > \tilde{F}_{E|T}(X_H) \tag{14}$$

则同期限反向箱体套利机会随之产生。

首先，“卖出开仓低行权价的认购期权” + “买入开仓低行权价的认沽期权” 合成标的资产基于低行权价的远期空头，锁定相对较高的远期卖出价格。

其次，“买入开仓高行权价的认购期权” + “卖出开仓高行权价的认沽期权” 合成标的资产基于高行权价的远期多头，锁定相对较低的远期买入价格。

图 8：同期限反向箱体组合



资料来源：招商证券

### 3.2 同期限箱体套利组合行权申报与行权指派

同期限箱体套利组合涉及到认购期权的权利仓与义务仓的配对、认沽期权的权利仓与义务仓的配对。如果合约行权采用的是现金结算方式，那么每单位箱体套利组合行权交收后产生的是确定的现金流（不计行权费用）：

$$\text{行权交收后的现金流} = \text{高、低行权价的差值} \times \text{合约单位}$$

然而，ETF 期权合约行权是以给付合约标的的方式（实物交割）进行的，具体规定如下：

- (1) 中国结算在行权日（E 日）日终行权指派后计算形成各结算参与者应收付交收资金的净额和应收付合约标的的净量。
- (2) 在分级结算体系下，同期限箱体套利组合的权利仓必须在行权日收盘前备足行权申报所需的行权资金和合约标的。行权指派确定后，义务仓的应付交收资金与应付合约标的的由结算参与者结合权利仓的有效行权申报轧差处理。
- (3) 义务仓对应的维持保证金在行权指派结果确定前不予可用，不可用于权利仓行权申报所需应付行权资金的抵充，但可用于该义务仓行权指派所需应付交收资金的抵充。

### 3.3 同期限正向箱体套利组合收益估算

#### 3.3.1 同期限正向箱体套利组合建仓日现金流

每单位同期限正向箱体套利组合的建仓日现金流：

- (1) 以即时的卖一价  $C_t^{A1}(X_L)$  买入开仓 1 张低行权价的认购期权，支付权利金。
- (2) 以即时的买一价  $P_t^{B1}(X_L)$  卖出开仓 1 张低行权价的认沽期权，收取权利金并交纳保证金  $M_t^P(X_L)$ 。
- (3) 以即时的买一价  $C_t^{B1}(X_H)$  卖出开仓 1 张高行权价的认购期权，收取权利金并交纳保证金  $M_t^C(X_H)$ 。
- (4) 以即时的卖一价  $P_t^{A1}(X_H)$  买入开仓 1 张高行权价的认沽期权，支付权利金。

则建仓日的现金流合计为：

$$NCF_t = N(-C_t^{A1}(X_L) + P_t^{B1}(X_L) + C_t^{B1}(X_H) - P_t^{A1}(X_H)) - M_t^P(X_L) - M_t^C(X_H) - 2 \cdot TC \quad \text{式(15)}$$

#### 3.3.2 同期限正向箱体套利组合行权日现金流

每单位同期限正向箱体套利组合行权日现金流：

- (1) 情形 1：ETF 份额在行权日的价格不高于低行权价，则在行权日收盘前买入  $N$  份 ETF 份额用于高行权价认沽期权权利仓的行权申报，并支付行权费用；并且向信用资金账户存入现金  $M_E^S(N \cdot S_E)$ ，并融券卖出  $N$  份 ETF 份额。行权日日终经指派和清算

后：应收合约标的数量为  $N$ 、应收交收资金为  $N(X_H - X_L)$ 。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为：

$$S_E \leq X_L \Rightarrow NCF_E^{(1)} = -N \cdot S_E (1+k_S) - M_E^S (N \cdot S_E) - EC \quad \text{式(16)}$$

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格介于高、低行权价之间，则在行权日收盘前备足现金  $N \cdot X_L$  用于低行权价认购期权权利仓的行权申报，并支付行权费用；买入  $N$  份 ETF 份额用于高行权价认购期权权利仓的行权申报，并支付行权费用；向信用资金账户存入现金  $M_E^S (N \cdot S_E)$ ，融券卖出  $N$  份 ETF 份额。行权日日终经指派和清算后：应收合约标的数量为  $N$ 、应收交收资金为  $N \cdot X_H$ 。

则情形 2 对应的行权日现金流合计为：

$$S_E \in (X_L, X_H) \Rightarrow NCF_E^{(2)} = -N \cdot X_L - N \cdot S_E (1+k_S) - M_E^S (N \cdot S_E) - 2 \cdot EC \quad \text{式(17)}$$

(3) 情形 3: ETF 份额在行权日的价格不低于高行权价，则在行权日收盘前备足现金  $N \cdot X_L$  用于低行权价认购期权权利仓的行权申报，并支付行权费用。行权日日终经指派和清算后：应收付合约标的数量为零、应收交收资金为  $N \cdot X_H$ 。

则情形 3 对应的行权日现金流合计为：

$$S_E \geq X_H \Rightarrow NCF_E^{(3)} = -N \cdot X_L - EC \quad \text{式(18)}$$

综合上述 3 种情形得到行权日现金流合计的保守估计（情形 2）为：

$$NCF_E = -N \cdot X_L - N \cdot X_H (1+k_S) - M_E^S (N \cdot X_H) - 2 \cdot EC \quad \text{式(19)}$$

### 3.3.3 同期限正向箱体套利组合行权交收后现金流

每单位同期限正向箱体套利组合行权交收后现金流（对应行权情形 2）：

E+2 日义务仓头寸对应的维持保证金可用，行权交收所得的资金可用、ETF 份额用于提交担保物划转指令。E+3 日提交直接还券指令了结行权日的融券卖出负债，E+4 日信用资金账户内的剩余现金解冻，正向套利结束。

则行权交收后的现金流合计为：

$$\begin{aligned} NCF_{E+2} &= M_t^P (X_L) + M_t^C (X_H) + N \cdot X_H \\ NCF_{E+4} &= M_E^S (N \cdot X_H) + N \cdot X_H (1 - k_S - r_S \frac{CD(E, E+3)}{360}) \end{aligned} \quad \text{式(20)}$$

同期限正向箱体套利组合（资金加权年化）收益率估算为：

$$r = - \frac{NCF_t + NCF_E + NCF_{E+2} + NCF_{E+4}}{NCF_t \cdot CD(t, E+4) + NCF_E \cdot CD(E, E+4) + NCF_{E+2} \cdot CD(E+2, E+4)} \cdot 360 \quad \text{式(21)}$$

### 3.3.4 同期限正向箱体套利计算说明

选取“2015/07/10”日内连续竞价时段的盘口数据为基础数据，当日期权合约挂牌数量为 140 (70×2) 个。参数设置为：ETF 交易成本 0.10%，期权合约交易成本 10 元/张，期权合约行权费用 5 元/张，净融券年利率 7.60% (360 天/年)，融券保证金比例 75%，保证金预存安全系数 120%。

2015/07/10 日内连续竞价时段任意时刻均有 603 (  $C_{17}^2 + C_{13}^2 + C_{23}^2 + C_{17}^2$  ) 个可选正向套利组合，剔除因所需交易方向上挂单价、量不可操作的套利组合，取有效套利组合中的最高收益率记为该时刻正向套利的可获收益率。

由可获收益率序列得到当日套利收益率的分布，即大于或等于某个收益率的套利机会持续时长占当日连续竞价时段总时长的比例。

### 3.3.5 同期限正向箱体套利组合

2015 年 7 月 10 日 13:00:18，正向箱体套利年化收益率达到 12.69%，各合约盘口数据如下表：

表 3：同期限正向箱体盘口数据

合约简称	买一价	买一量	卖一价	卖一量	最新成交价	开仓保证金
50ETF 购 8 月 2650	0.3198	5	0.3453	1	0.3453	6450.40
50ETF 沽 8 月 2650	0.1198	1	0.1292	5	0.1113	3539.40
50ETF 购 8 月 3000	0.1950	1	0.2099	5	0.1951	3395.40
50ETF 沽 8 月 3000	0.2698	1	0.2738	5	0.2665	6819.40

资料来源：天软科技、招商证券

每单位套利组合的构建方式为：“买入开仓 1 张 50ETF 购 8 月 2650” + “卖出开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 2650” + “卖出开仓 1 张 50ETF 购 8 月 3000” + “买入开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 3000”；瞬时最大可操作单位为 1。

2015 年 7 月 10 日现金流：

$$(-0.3453 - 0.2738 + 0.1198 + 0.1950) \times 10000 - (3539.4 + 3395.4) \times 120\% - 20 = -11384.76 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 26 日现金流：

$$-2.65 \times 10000 - 3.00 \times 10000 \times (1 + 0.1\%) - 2 \times 5 - 3.00 \times 10000 \times 75\% \times 120\% = -83540.0 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 28 日现金流：

$$3.00 \times 10000 + (3539.4 + 3395.4) \times 120\% = 38321.76 \text{ (元)}$$

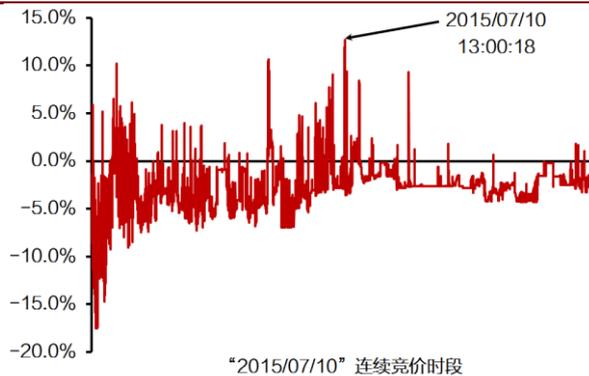
2015 年 9 月 1 日现金流：

$$3.00 \times 10000 \times 75\% \times 120\% + 3.00 \times 10000 \times (1 - 0.1\% - 7.60\% \times 5 \div 360) = 56938.33 \text{ (元)}$$

资金加权年化收益率:

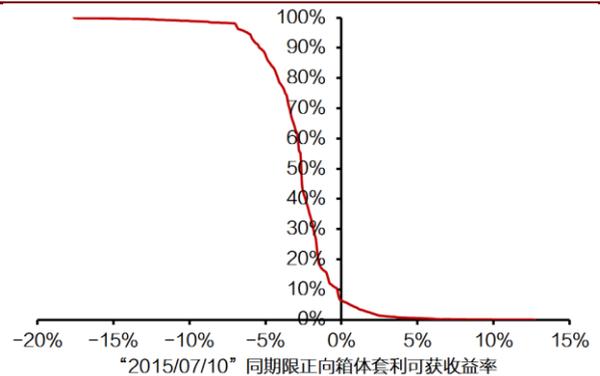
$$-360 \times (-11384.76 - 83540.00 + 38321.76 + 56938.33) \div (-11384.76 \times 53 - 83540.00 \times 6 + 38321.76 \times 4) = 12.69\%$$

图 9: 同期限正向箱体套利可获收益率的日内走势



资料来源: 天软科技、招商证券

图 10: 同期限正向箱体套利日内收益率分布



资料来源: 天软科技、招商证券

### 3.4 同期限反向箱体套利组合收益估算

#### 3.4.1 同期限反向箱体套利组合建仓日现金流

每单位同期限反向箱体套利组合建仓日现金流:

- (1) 以即时的买一价  $C_t^{B1}(X_L)$  卖出开仓 1 张低行权价的认购期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^C(X_L)$ 。
- (2) 以即时的卖一价  $P_t^{A1}(X_L)$  买入开仓 1 张低行权价的认沽期权, 支付权利金。
- (3) 以即时的卖一价  $C_t^{A1}(X_H)$  买入开仓 1 张高行权价的认购期权, 支付权利金。
- (4) 以即时的买一价  $P_t^{B1}(X_H)$  卖出开仓 1 张高行权价的认沽期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^P(X_H)$ 。

则建仓日的现金流合计为:

$$NCF_t = N(C_t^{B1}(X_L) - P_t^{A1}(X_L) - C_t^{A1}(X_H) + P_t^{B1}(X_H)) - M_t^C(X_L) - M_t^P(X_H) - 2 \cdot TC \tag{22}$$

### 3.4.2 同期限反向箱体套利组合行权日现金流

(1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格低于低行权价, 则在行权日收盘前买入  $N$  份 ETF 份额用于低行权价认沽期权权利仓的行权申报, 并支付行权费用; 向信用资金账户存入现金  $M_E^S(N \cdot S_E)$ , 并融券卖出  $N$  份 ETF 份额。行权日日终经指派和清算后: 应收合约标的数量为  $N$ 、应付交收资金为  $N(X_H - X_L)$ , 义务仓头寸对应的维持保证金足够覆盖应付交收资金。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为:

$$S_E < X_L \Rightarrow NCF_E^{(1)} = -N \cdot S_E(1+k_S) - M_E^S(N \cdot S_E) - EC \quad \text{式(23)}$$

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格介于高、低行权价之间, 行权日日终经指派和清算后: 应收付合约标的数量为零、应付交收资金为  $N(X_H - X_L)$ , 义务仓头寸对应的维持保证金足够覆盖应付交收资金。

则情形 2 对应的行权日现金流合计为:

$$S_E \in [X_L, X_H] \Rightarrow NCF_E^{(2)} = 0 \quad \text{式(24)}$$

(3) 情形 3: ETF 份额在行权日的价格高于高行权价, 则在行权日收盘前备足现金  $N \cdot X_H$  用于高行权价认购期权权利仓的行权申报, 并支付行权费用。行权日日终经指派和清算后: 应收付合约标的数量为零、应收交收资金为  $N \cdot X_L$ 。

则情形 3 对应的行权日现金流合计为:

$$S_E > X_H \Rightarrow NCF_E^{(3)} = -N \cdot X_H - EC \quad \text{式(25)}$$

综合上述 3 种情形以及 ETF 期权行权价格范围得到行权日现金流合计的保守估计 (情形 1) 为:

$$NCF_E = -N \cdot X_L(1+k_S) - M_E^S(N \cdot X_E) - EC \quad \text{式(26)}$$

### 3.4.3 同期限反向箱体套利组合行权交收后现金流

E+2 日义务仓头寸对应的维持保证金扣减应付交收资金后可用, 行权交收所得的 ETF 份额用于提交担保物划转指令。E+3 日提交直接还券指令了结行权日的融券卖出负债, E+4 日信用资金账户内的剩余现金解冻, 反向套利结束。

则行权交收后的现金流合计为:

$$\begin{aligned} NCF_{E+2} &= M_t^C(X_L) + M_t^P(X_H) - N(X_H - X_L) \\ NCF_{E+4} &= M_E^S(N \cdot X_L) + N \cdot X_L(1 - k_S - r_S \frac{CD(E, E+3)}{360}) \end{aligned} \quad \text{式(27)}$$

同期限反向箱体套利组合 (资金加权年化) 收益率估算为:

$$r = - \frac{NCF_t + NCF_E + NCF_{E+2} + NCF_{E+4}}{NCF_t \cdot CD(t, E+4) + NCF_E \cdot CD(E, E+4) + NCF_{E+2} \cdot CD(E+2, E+4)} \cdot 360$$

### 3.4.4 同期限反向箱体套利计算说明

选取“2015/07/16”日内连续竞价时段的盘口数据为基础数据，当日期权合约挂牌数量为 140 (70 × 2) 个。参数设置为：ETF 交易成本 0.10%，期权合约交易成本 10 元/张，期权合约行权费用 5 元/张，净融券年利率 7.60% (360 天/年)，融券保证金比例 75%，保证金预存安全系数 120%。

2015/07/16 日内连续竞价时段任意时刻均有 603 ( $C_{17}^2 + C_{13}^2 + C_{23}^2 + C_{17}^2$ ) 个可选反向套利组合，剔除因所需交易方向上挂单价、量不可操作的套利组合，取有效套利组合中的最高收益率记为该时刻反向套利的可获收益率。

由可获收益率序列得到当日套利收益率的分布，即大于或等于某个收益率的套利机会持续时长占当日连续竞价时段总时长的比例。

### 3.4.5 同期限反向箱体套利组合

2015 年 7 月 16 日 09:40:34，反向箱体套利年化收益率达到 12.53%，各合约盘口数据如下表：

表 4：同期限反向箱体盘口数据

合约简称	买一价	买一量	卖一价	卖一量	最新成交价	开仓保证金
50ETF 购 8 月 2900	0.0997	3	0.1032	4	0.0996	3017.30
50ETF 沽 8 月 2900	0.3021	2	0.3073	6	0.3049	6356.80
50ETF 购 8 月 3200	0.0491	6	0.0500	1	0.0491	2476.30
50ETF 沽 8 月 3200	0.5965	8	0.5966	2	0.5965	8746.80

资料来源：天软科技、招商证券

每单位套利组合的构建方式为：“卖出开仓 1 张 50ETF 购 8 月 2900” + “买入开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 2900” + “买入开仓 1 张 50ETF 购 8 月 3200” + “卖出开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 3200”；瞬时最大可操作单位：1。

2015 年 7 月 16 日现金流：

$$(-0.3073 - 0.0500 + 0.0997 + 0.5965) \times 10000 - (3017.30 + 8746.80) \times 120\% - 20 \\ = -10747.92 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 26 日现金流：

$$-2.90 \times 10000 \times (1 + 0.10\%) - 5 - 2.90 \times 10000 \times 75\% \times 120\% = -55134.00 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 28 日现金流：

$$(3017.30 + 8746.80) \times 120\% - (3.20 - 2.90) \times 10000 = 11116.92 \text{ (元)}$$

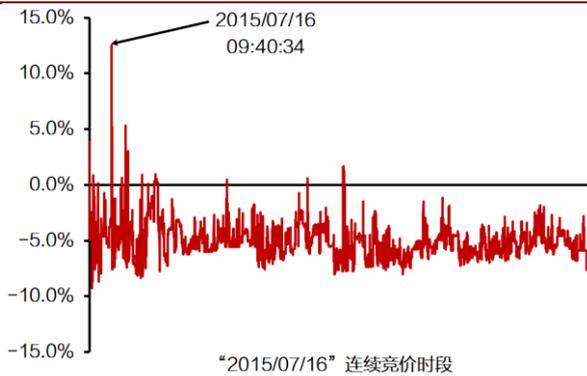
2015 年 9 月 1 日现金流：

$$2.90 \times 10000 \times 75\% \times 120\% + 2.90 \times 10000 \times (1 - 0.10\% - 7.60\% \times 5 \div 360) = 55040.39 \text{ (元)}$$

资金加权年化收益率:

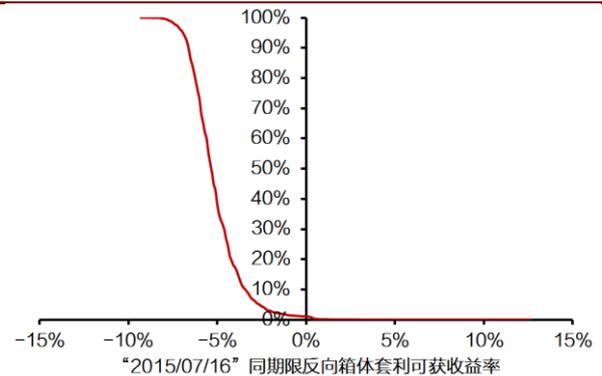
$$-360 \times (-10747.92 - 55134.00 + 11116.92 + 55040.39) \div (-10747.92 \times 47 - 55134.00 \times 6 + 11116.92 \times 4) = 12.53\%$$

图 11: 同期限反向箱体套利可获收益率的日内走势



资料来源: 天软科技、招商证券

图 12: 同期限反向箱体套利日内收益率分布



资料来源: 天软科技、招商证券

## 四、跨期箱体套利操作细节与收益估算

### 4.1 跨期箱体套利原理

由同一标的资产、相同到期日、不同行权价格的多组不同到期日的配对期权的瞬时交易价格能在同一时刻得到标的资产在不同到期日的多个无套利远期价格。

$$X_1, X_2 > 0, \begin{cases} \tilde{F}_{E_1|t}(X_1) = (C_t(X_1) - P_t(X_1)) \exp(r_f(E_1 - t)) + X_1 \\ \tilde{F}_{E_2|t}(X_2) = (C_t(X_2) - P_t(X_2)) \exp(r_f(E_2 - t)) + X_2 \end{cases} \quad \text{式(29)}$$

跨期箱体套利则来源于同一时刻、不同到期日的多个无套利远期价格的差异(足够大)。

$$\tilde{F}_{E_1|t}(X_1) \neq \tilde{F}_{E_2|t}(X_2) \quad \text{式(30)}$$

#### (1) 正向跨期箱体原理

如果近期配对期权所隐含的无套利远期价格(明显)低于远期配对期权所隐含的无套利远期价格, 即:

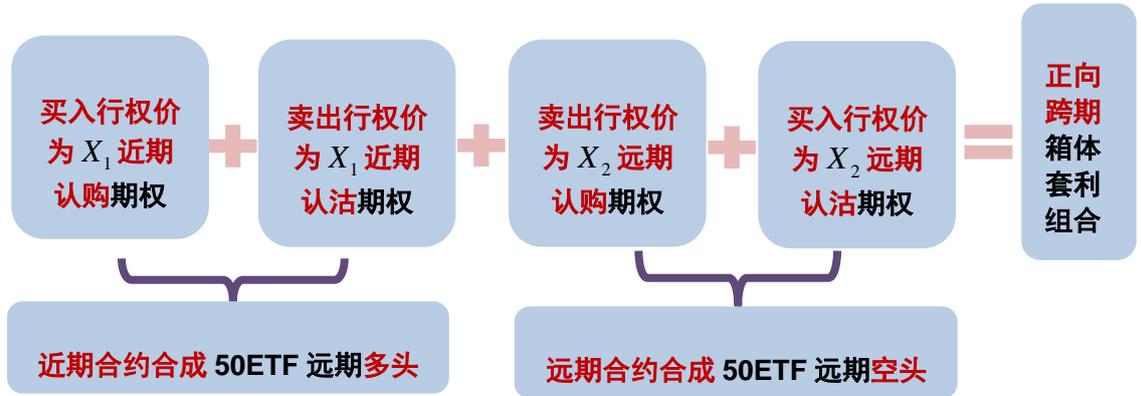
$$\tilde{F}_{E_1|t}(X_1) < \tilde{F}_{E_2|t}(X_2) \quad \text{式(31)}$$

则正向跨期箱体套利机会随之产生。

首先, “买入开仓行权价为  $X_1$  的近期认购期权” + “卖出开仓行权价为  $X_1$  的近期认沽期权” 合成标的资产基于近期合约的远期多头, 锁定相对较低的远期买入价格。

其次，“卖出开仓高行权价为  $X_2$  的远期认购期权” + “买入开仓高行权价为  $X_2$  的远期认沽期权” 合成标的资产基于远期合约的远期空头，锁定相对较高的远期卖出价格。

图 13: 正向跨期箱体组合



资料来源：招商证券

(2) 反向跨期箱体原理

如果近期配对期权所隐含的无套利远期价格（明显）高于远期配对期权所隐含的无套利远期价格，即：

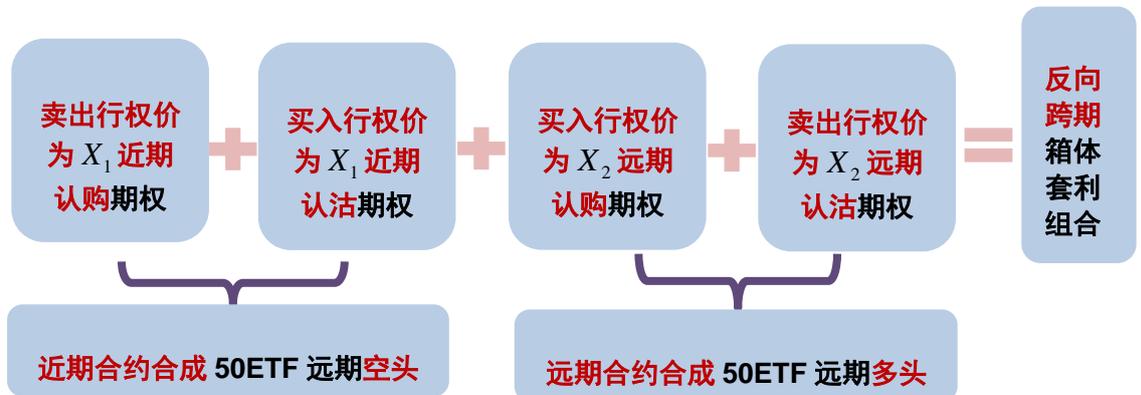
$$\tilde{F}_{E_1|f}(X_1) > \tilde{F}_{E_2|f}(X_2) \quad \text{式(32)}$$

则反向跨期箱体套利机会随之产生。

首先，“卖出开仓行权价为  $X_1$  的近期认购期权” + “买入开仓行权价为  $X_1$  的近期认沽期权” 合成标的资产基于近期合约的远期空头，锁定相对较高的远期卖出价格。

其次，“买入开仓高行权价为  $X_2$  的远期认购期权” + “卖出开仓高行权价为  $X_2$  的远期认沽期权” 合成标的资产基于远期合约的远期多头，锁定相对较低的远期买入价格。

图 14: 反向跨期箱体组合



资料来源：招商证券

## 4.2 正向跨期箱体套利组合收益估算

### 4.2.1 正向跨期箱体套利组合建仓日现金流

每单位正向跨期箱体套利组合建仓日现金流:

- (1) 以即时的卖一价  $C_t^{A1}(X_1, E_1)$  买入开仓 1 张行权价为  $X_1$ 、到期日为  $E_1$  的认购期权, 支付权利金。
- (2) 以即时的买一价  $P_t^{B1}(X_1, E_1)$  卖出开仓 1 张行权价为  $X_1$ 、到期日为  $E_1$  的认沽期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^P(X_1, E_1)$ 。
- (3) 以即时的买一价  $C_t^{B1}(X_2, E_2)$  卖出开仓 1 张行权价为  $X_2$ 、到期日为  $E_2$  的认购期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^C(X_2, E_2)$ 。
- (4) 以即时的卖一价  $P_t^{A1}(X_2, E_2)$  买入开仓 1 张行权价为  $X_2$ 、到期日为  $E_2$  的认沽期权, 支付权利金。

则建仓日的现金流合计为:

$$NCF_t = N \cdot (-C_t^{A1}(X_1, E_1) + P_t^{B1}(X_1, E_1) + C_t^{B1}(X_2, E_2) - P_t^{A1}(X_2, E_2)) - M_t^P(X_1, E_1) - M_t^C(X_2, E_2) - 2 \cdot TC \quad \text{式(33)}$$

### 4.2.2 正向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流

每单位正向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流:

- (1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_1}$  高于行权价格  $X_1$ , 则在行权日收盘前备足现金  $N \cdot X_1$  用于行权价为  $X_1$  的近期认购期权权利仓的行权申报, 并支付行权费用。近期认沽期权义务仓对应的维持保证金不可用于抵充近期认购期权权利仓行权申报所需的交收资金。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为:

$$S_{E_1} > X_1 \Rightarrow NCF_{E_1}^{(1)} = -N \cdot X_1 - EC \quad \text{式(34)}$$

- (2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_1}$  不高于行权价格  $X_1$ , 则近期认沽期权义务仓等待日终行权指派, 最晚在行权交收日 ( $E_1 + 1$  日) 收盘前向资金保证金账户存入与行权指派匹配的应付交收资金  $N \cdot X_1$ , 对应的维持保证金可用于抵充。

则情形 2 对应的行权日现金流合计为:

$$S_{E_1} < X_1 \Rightarrow NCF_{E_1+1}^{(2)} = -N \cdot X_1 \quad \text{式(35)}$$

综合上述 2 种情形得到近期合约行权日现金流合计的保守估计 (情形 1) 为:

$$NCF_{E_1} = -N \cdot X_1 - EC \quad \text{式(36)}$$

### 4.2.3 正向跨期箱体套利组合近期合约行权交收后现金流

$E_1 + 2$  日近期认沽期权义务仓头寸对应的维持保证金可用，行权交收所得的 ETF 份额可用，并且持有到远期合约行权日。

则近期合约行权交收后的现金流合计为：

$$NCF_{E_1+2} = M_t^P(X_1, E_1) \quad \text{式(37)}$$

### 4.2.4 正向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流

每单位正向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流：

(1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_2}$  高于行权价格  $X_2$ ，则远期认购期权义务仓等待日终行权指派，之前持有的 ETF 份额作为行权交收日应付的合约标的。在行权指派结果确定之前，认购期权义务仓对应的维持保证金不可用。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_2} > X_2 \Rightarrow NCF_{E_2}^{(1)} = 0 \quad \text{式(38)}$$

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_2}$  不高于行权价格  $X_2$ ，则以之前持有的 ETF 份额提交远期认沽期权行权申报，并支付行权费用。则情形 2 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_2} < X_1 \Rightarrow NCF_{E_2}^{(2)} = -EC \quad \text{式(39)}$$

综合上述 2 种情形得到远期合约行权日现金流合计的保守估计（情形 2）为：

$$NCF_{E_2} = -EC \quad \text{式(40)}$$

### 4.2.5 正向跨期箱体套利组合远期合约行权交收后现金流

$E_2 + 2$  日远期认购期权义务仓头寸对应的维持保证金可用，行权交收所得的资金可用。

则行权交收后的现金流合计为：

$$NCF_{E_2+2} = N \cdot X_2 + M_t^C(X_2, E_2) \quad \text{式(41)}$$

则正向跨期箱体套利（资金加权年化）收益率估算为：

$$\begin{aligned} r = & -360 \cdot (NCF_t + NCF_{E_1} + NCF_{E_1+2} + NCF_{E_2} + NCF_{E_2+2}) / \\ & (NCF_t \cdot CD(t, E_2 + 2) + NCF_{E_1} \cdot CD(E_1, E_2 + 2) \\ & + NCF_{E_1+2} \cdot CD(E_1 + 2, E_2 + 2) + NCF_{E_2} \cdot CD(E_2, E_2 + 2)) \end{aligned} \quad \text{式(42)}$$

### 4.2.6 正向跨期箱体套利计算说明

选取“2015/07/16”日内连续竞价时段的盘口数据为基础数据，当日期权合约挂牌数量

为 140 (70 × 2) 个。参数设置为: ETF 交易成本 0.10%, 期权合约交易成本 10 元/张, 期权合约行权费用 5 元/张, 保证金预存安全系数 120%。

2015/07/16 日内连续竞价时段任意时刻均有 1812 (17×(13+23+17)+13×(23+17)+23×17) 个可选正向套利组合, 剔除因所需交易方向上挂单价、量不可操作的套利组合, 取有效套利组合中的最高收益率记为该时刻正向套利的可获收益率。

由可获收益率序列得到当日套利收益率的分布, 即大于或等于某个收益率的套利机会持续时长占当日连续竞价时段总时长的比例。

#### 4.2.7 正向跨期箱体套利组合

2015 年 7 月 16 日 09:30:33, 正向跨期箱体套利年化收益率达到 18.38%, 各合约盘口数据如下表:

表 5: 正向跨期箱体盘口数据

合约简称	买一价	买一量	卖一价	卖一量	最新成交价	开仓保证金
50ETF 购 8 月 3200	0.0500	18	0.0546	3	0.0552	2476.30
50ETF 沽 8 月 3200	0.5652	14	0.5800	1	0.5652	8746.80
50ETF 购 9 月 2450	0.4319	1	0.4657	6	0.4663	7459.80
50ETF 沽 9 月 2450	0.0791	6	0.1149	6	0.1074	2671.00

资料来源: 天软科技、招商证券

每单位套利组合的构建方式为: “买入开仓 1 张 50ETF 购 8 月 3200” + “卖出开仓 1 张 50ETF 沽 8 月 3200” + “卖出开仓 1 张 50ETF 购 9 月 2450” + “买入开仓 1 张 50ETF 沽 9 月 2450”; 瞬时最大可操作单位: 1。

2015 年 7 月 16 日现金流:

$$(-0.0546 - 0.1149 + 0.5652 + 0.4319) \times 10000 - (8746.80 + 7459.80) \times 120\% - 20 = -11191.92 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 26 日现金流:

$$-3.20 \times 10000 - 5 = -32005.00 \text{ (元)}$$

2015 年 8 月 28 日现金流:

$$8746.80 \times 120\% = 10496.16 \text{ (元)}$$

2015 年 9 月 23 日现金流: -5.00 (元)

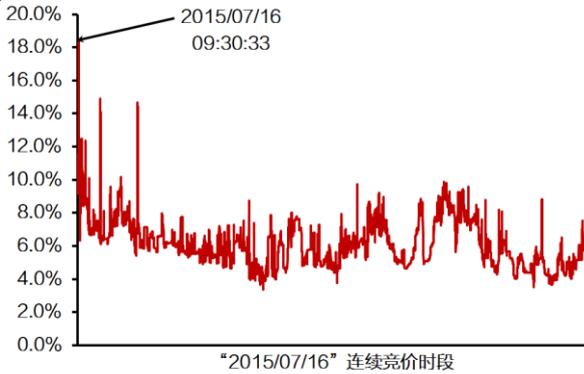
2015 年 9 月 25 日现金流:

$$2.45 \times 10000 + 7459.80 \times 120\% = 33451.76 \text{ (元)}$$

资金加权年化收益率:

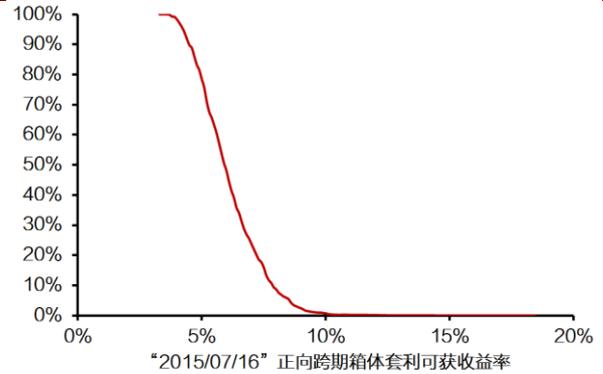
$$-360 \times (-11191.92 - 32005.00 + 10496.16 - 5.00 + 33451.76) \div (-11191.92 \times 71 - 32005.00 \times 30 + 10496.16 \times 28 - 5.00 \times 2) = 18.38\%$$

图 15: 正向跨期箱体套利可获收益率的日内走势



资料来源: 天软科技、招商证券

图 16: 正向跨期箱体套利日内收益率分布



资料来源: 天软科技、招商证券

### 4.3 反向跨期箱体套利组合收益估算

#### 4.3.1 反向跨期箱体套利组合建仓日现金流

每单位反向跨期箱体套利组合建仓日现金流:

- (1) 以即时的买一价  $C_t^{B1}(X_1, E_1)$  卖出开仓 1 张行权价为  $X_1$ 、到期日为  $E_1$  的认购期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^C(X_1, E_1)$ 。
- (2) 以即时的卖一价  $P_t^{A1}(X_1, E_1)$  买入开仓 1 张行权价为  $X_1$ 、到期日为  $E_1$  的认沽期权, 支付权利金。
- (3) 以即时的卖一价  $C_t^{A1}(X_2, E_2)$  买入开仓 1 张行权价为  $X_2$ 、到期日为  $E_2$  的认购期权, 支付权利金。
- (4) 以即时的买一价  $P_t^{B1}(X_2, E_2)$  卖出开仓 1 张行权价为  $X_2$ 、到期日为  $E_2$  的认沽期权, 收取权利金并交纳保证金  $M_t^P(X_2, E_2)$ 。

则建仓日的现金流合计为:

$$NCF_t = N \cdot (C_t^{B1}(X_1, E_1) - P_t^{A1}(X_1, E_1) - C_t^{A1}(X_2, E_2) + P_t^{B1}(X_2, E_2)) - M_t^C(X_1, E_1) - M_t^P(X_2, E_2) - 2 \cdot TC \quad \text{式(43)}$$

#### 4.3.2 反向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流

每单位反向跨期箱体套利组合近期合约行权日现金流:

- (1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_1}$  高于行权价格  $X_1$ , 则行权价为  $X_1$  的近期认购期权义务仓等待日终行权指派, 最晚在行权交收日 ( $E_1 + 1$ ) 收盘前买入  $N$  份 ETF

份额。近期认购期权义务仓对应的维持保证金不可用。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_1} > X_1 \Rightarrow NCF_{E_1+1}^{(1)} = -N \cdot S_{E_1} \cdot (1+k_S) \quad \text{式(44)}$$

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_1}$  不高于行权价格  $X_1$ ，在近期合约行权日 ( $E_1$  日) 收盘前买入  $N$  份 ETF 份额用于行权价为  $X_1$  的近期认沽期权权利仓的行权申报，并支付行权费用。

则情形 2 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_1} < X_1 \Rightarrow NCF_{E_1}^{(2)} = -N \cdot S_{E_1} \cdot (1+k_S) - EC \quad \text{式(45)}$$

综合上述 2 种情形得到近期合约行权日现金流合计的保守估计 (情形 1) 为：

$$NCF_{E_1} = -N \cdot S_{E_1} \cdot (1+k_S) - EC \quad \text{式(46)}$$

我们对 ETF 份额在近期合约行权日的价格  $S_{E_1}$  的上限  $S_{E_1}^U$  进行如下估算：

在期权隐含波动率的计算中，标的资产价格为直接观察变量，行权价格与剩余期限由合约条款确定，无风险利率为外生变量。因此首先从如下认购认沽期权的平价公式，来反解出令认购、认沽期权隐含波动率相同的无风险利率  $r_f(X_1, E_1)$ 。

$$C_t^{B1}(X_1, E_1) + X_1 \cdot \exp(-r_f(X_1, E_1) \cdot (E_1 - t)) = P_t^{A1}(X_1, E_1) + S_t \quad \text{式(47)}$$

将得到的  $r_f(X_1, E_1)$  带入 BS 模型反解出的认购、认沽期权的隐含波动率一定相同，记作  $\sigma(X_1, E_1)$ 。关于详细的逻辑我们会在后续报告中介绍。接着选取 95 的单边置信区间来估算 ETF 份额在近期合约行权日的价格上限  $S_{E_1}^U$ 。

通过对标的价格在近期合约行权日上限  $S_{E_1}^U$ ，可以得出近期合约行权日现金流合计的估计为：

$$NCF_{E_1} = -N \cdot S_{E_1}^U \cdot (1+k_S) - EC \quad \text{式(48)}$$

### 4.3.3 反向跨期箱体套利组合近期合约行权交收后现金流

$E_1 + 2$  日近期认购期权义务仓头寸对应的维持保证金可用，行权交收所得的资金  $N \cdot X_1$  可用。

则近期合约行权交收后的现金流合计为：

$$NCF_{E_1+2} = N \cdot X_1 + M_t^C(X_1, E_1) \quad \text{式(49)}$$

### 4.3.4 反向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流

每单位反向跨期箱体套利组合远期合约行权日现金流：

(1) 情形 1: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_2}$  高于行权价格  $X_2$ ，则在远期合约行权日收盘

前备足现金  $N \cdot X_2$  用于行权价为  $X_2$  的远期认购期权权利仓的行权申报，并支付行权费用。在远期合约行权日收盘前向信用资金账户存入现金  $M_{E_2}^S(N, S_{E_2})$ ，融券卖出  $N$  份 ETF 份额。行权日远期认沽期权义务仓对应的维持保证金不可用于抵充远期认购期权权利仓行权申报所需的交收资金。

则情形 1 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_2} > X_2 \Rightarrow NCF_{E_2}^{(1)} = -N \cdot X_2 - EC - M_{E_2}^S(N, S_{E_2}) \quad \text{式(50)}$$

(2) 情形 2: ETF 份额在行权日的价格  $S_{E_2}$  不高于行权价格  $X_2$ ，则行权价为  $X_2$  的远期认沽期权义务仓等待日终行权指派，最晚于远期合约行权交收日 ( $E_2 + 1$  日) 收盘前向资金保证金账户存入与行权指派想匹配的应付交收资金  $N \cdot X_2$ 。在  $E_2$  日融券卖出  $N$  份 ETF 份额。则情形 2 对应的行权日现金流合计为：

$$S_{E_2} < X_2 \Rightarrow NCF_{E_2}^{(2)} = -M_{E_2}^S(N, S_{E_2}), NCF_{E_2+1}^{(2)} = -N \cdot X_2 \quad \text{式(51)}$$

综合上述 2 种情形得到远期合约行权日现金流合计的保守估计 (情形 1) 为：

$$NCF_{E_2} = -N \cdot X_2 - EC - M_{E_2}^S(N, S_{E_2}) \quad \text{式(52)}$$

我们对 ETF 份额在远期合约行权日的价格  $S_{E_2}$  的上限  $S_{E_2}^U$  进行如下估算：

在期权隐含波动率的计算中，标的资产价格为直接观察变量，行权价格与剩余期限由合约条款确定，无风险利率为外生变量。因此首先从如下认购认沽期权的平价公式，来反解出令认购、认沽期权隐含波动率相同的无风险利率  $r_f(X_2, E_2)$ 。

$$C_t^{Al}(X_2, E_2) + X_2 \cdot \exp(-r_f(X_2, E_2) \cdot (E_2 - t)) = P_t^{Bl}(X_2, E_2) + S_t \quad \text{式(53)}$$

将得到的  $r_f(X_2, E_2)$  带入 BS 模型反解出的认购、认沽期权的隐含波动率一定相同，记作  $\sigma(X_2, E_2)$ 。关于详细的逻辑我们会在后续报告中介绍。接着选取 95 的单边置信区间来估算 ETF 份额在远期合约行权日的价格上限  $S_{E_2}^U$ 。

基于标的价格在远期合约行权日上限  $S_{E_2}^U$ ，可以得出远期合约行权日现金流合计的估计为：

$$NCF_{E_2} = -N \cdot X_2 - EC - M_{E_2}^S(N, S_{E_2}^U) \quad \text{式(54)}$$

#### 4.3.5 反向跨期箱体套利组合远期合约行权交收后现金流

$E_2 + 2$  日远期认沽期权义务仓头寸对应的维持保证金可用，行权交收所得的 ETF 份额用于提交担保物划转指令。 $E_2 + 3$  日提交直接还券指令了结行权日的融券卖出负债， $E_2 + 4$  日信用账户内的剩余资金解冻。

则行权交收后的现金流合计为：

$$NCF_{E_2+2} = M_t^P(X_2, E_2) \quad \text{式(55)}$$

$$NCF_{E_2+4} = M_{E_2}^S \left( N \cdot S_{E_2} \right) + N \cdot S_{E_2} \cdot \left( 1 - k_S - r_S \frac{CD(E_2, E_2 + 3]}{360} \right) \quad \text{式(56)}$$

基于标的价格在远期合约行权日上限  $S_{E_2}^U$ ，可以得出远期合约行权现金流合计的估计为：

$$NCF_{E_2+4} = M_{E_2}^S \left( N \cdot S_{E_2}^U \right) + N \cdot S_{E_2}^U \cdot \left( 1 - k_S - r_S \frac{CD(E_2, E_2 + 3]}{360} \right) \quad \text{式(57)}$$

则反向跨期箱体套利（资金加权年化）收益率估算为：

$$\begin{aligned} r = & -360 \cdot (NCF_t + NCF_{E_1} + NCF_{E_1+2} + NCF_{E_2} + NCF_{E_2+2} + NCF_{E_2+4}) / \\ & (NCF_t \cdot CD(t, E_2 + 4] + NCF_{E_1} \cdot CD(E_1, E_2 + 4] \\ & + NCF_{E_1+2} \cdot CD(E_1 + 2, E_2 + 4] + NCF_{E_2} \cdot CD(E_2, E_2 + 4] \\ & + NCF_{E_2+2} \cdot CD(E_2 + 2, E_2 + 4]) \end{aligned} \quad \text{式(58)}$$

**风险提示：**

本文中所引入的假设以及基于假设所构建的模型，均是对所要研究问题的主要矛盾以及矛盾主要方面的一种抽象，因此模型以及基于模型所得出的相关结论并不能完全准确的刻画现实环境与预测未来。

## 分析师承诺

负责本研究报告的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

**叶涛：**首席分析师。上海交通大学管理学硕士，2005年起从事金融工程研究，曾先后任职于易方达基金机构投资部、上投摩根基金研究部、申万菱信基金投资管理总部、长江证券研究部、广发证券发展研究中心，2014年3月加盟招商证券研究发展中心。

**夏潇阳：**高级分析师。上海交通大学管理学硕士，2009年起从事金融工程研究，曾先后任职于长江证券研究部、广发证券发展研究中心，2014年3月加盟招商证券研究发展中心。

**欧阳廷婷：**研究助理。上海交通大学信息工程硕士，2015年5月加盟招商证券研究发展中心。

**赵月涓：**研究助理。同济大学应用数学硕士，2015年5月加盟招商证券研究发展中心。

## 投资评级定义

### 公司短期评级

以报告日起6个月内，公司股价相对同期市场基准（沪深300指数）的表现为标准：

- 强烈推荐：公司股价涨幅超基准指数20%以上
- 审慎推荐：公司股价涨幅超基准指数5-20%之间
- 中性：公司股价变动幅度相对基准指数介于±5%之间
- 回避：公司股价表现弱于基准指数5%以上

### 公司长期评级

- A：公司长期竞争力高于行业平均水平
- B：公司长期竞争力与行业平均水平一致
- C：公司长期竞争力低于行业平均水平

### 行业投资评级

以报告日起6个月内，行业指数相对于同期市场基准（沪深300指数）的表现为标准：

- 推荐：行业基本面向好，行业指数将跑赢基准指数
- 中性：行业基本面稳定，行业指数跟随基准指数
- 回避：行业基本面向淡，行业指数将跑输基准指数

## 重要声明

本报告由招商证券股份有限公司（以下简称“本公司”）编制。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告基于合法取得的信息，但本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价，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。除法律或规则规定必须承担的责任外，本公司及其雇员不对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。

本报告版权归本公司所有。本公司保留所有权利。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、引用或转载，否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。