

期权波动率期限结构策略

期权波动率期限结构介绍：波动率期限结构是指同一行权价的隐含波动率随期权剩余期限的不同而产生相应的变化。通常而言，平值期权的波动率与期权剩余期限的关系是：在短期波动率非常低的时候，波动率函数是期权剩余期限时间的增函数；当短期波动率较高时，波动率函数是期权剩余期限时间的减函数。这一点与波动率均值回归有关，从长期来看，波动率多表现为均值回归，也就是在到期日接近的时候，隐含波动率的变化就比较剧烈，而随着到期日的不断延长，隐含波动率就会逐渐向一个长期的均值收敛。

波动率期限结构套利策略设计：本文构建期限结构套利信号为：以日为单位，每天收盘前观察期权当月平值期权合约与次月平值期权合约之间的隐含波动率差值是否高于一定阈值，如果两者之间存在明显价差，则通过买入/卖出日历价差的方式，等待波动率期限的回归。

构建买入日历价差策略信号的方式为：当月期权合约隐含波动率-次月期权合约隐含波动率 $>n$ 时，买入次月平值期权，卖出当月平值期权。等到波动率价差回复至0或在合约临近到期前，平仓出场。

构建卖出日历价差策略信号的方式为：次月期权合约隐含波动率-当月期权合约隐含波动率 $>n$ 时，买入当月平值期权，卖出次月平值期权。等到波动率价差回复至0或在合约临近到期前，平仓出场。

策略总体表现：回测区间为2015年5月12日至2019年3月11日，根据策略信号仅通过卖近买远形成的买入日历价差策略，策略累计收益率为56.3%（单利，下同），年化收益为14.81%。主要利润来源于2015年下半年，以及2018年-2019年，在这两个时间段期限结构常出现近高远低的形态，存在一定的套利空间。

根据策略信号仅通过买近卖远形成的卖出日历价差策略，策略累计收益率为31.3%，年化收益为8.23%。主要利润来源于2015年-2016年，期间次月波动率常出现明显大于当月波动率的情况，提供了买近卖远的套利机会。

通过将买近卖远和卖近买远两种策略结合起来，策略累计收益率为87.6%，年化收益为23.1%，最大回撤为11.83%。将两者结合之后，策略更能适合不同的市场环境，整体收益增加的同时，收益率曲线也更加平稳。

华泰期货研究院 量化组

罗剑

量化研究员

☎ 0755-23887993

✉ luojian@htfc.com

从业资格号：F3029622

投资咨询号：Z0012563

华泰期货研究院 量化组

杨子江

量化研究员

☎ 0755-23887993

✉ yangzijiang@htfc.com

从业资格号：F3034819

期权隐含波动率介绍

隐含波动率是将市场上的期权交易价格代入期权理论价格模型，反推出来的波动率数值。从理论上讲，反解出期权的隐含波动率并不困难。由于期权定价模型(如 BS 模型)给出了期权价格与五个基本参数(标的股价、执行价格、利率、到期时间、波动率)之间的定量关系，只要将其中前 4 个基本参数及期权的市场交易价格代入期权定价公式，就可以从中解出惟一的未知量——隐含波动率。

隐含波动率反映的是期权的估值水平。不同行权价、不同期限的期权之间价格差异很大，无法直接比较。通过定价公式将期权市场价格反解得到的隐含波动率，才能够代表期权的真实价值。根据 BS 模型的常数波动率假设，同种标定资产的期权应有相同的隐含波动率，但实证研究表明，同种标定资产、相同到期日的期权，协定价偏离现货价越多，隐含波动率往往越大。因隐含波动率曲线形似一个人微笑时两端上翘的嘴唇，又称其为“波动率微笑”。

期权定价模型介绍

Black Scholes Merton 模型的假设和介绍

BSM 模型作为期权定价领域的开山之作，属于经典且一直没有落伍的，但是在 BSM 模型的一些基本假设不满足的情况下(特别是关于波动率的假设)，需要对其进行修正。首先回顾一下 BSM 模型的假设：

- (1) 标的资产 (Underlying asset) 价格变化遵循几何 Brown 运动。

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dW_t$$

- (2) 无风险利率是常数；
- (3) 标的资产不支付股息；
- (4) 不支付交易费和税收；
- (5) 市场是完全的，不存在套利的。

标的资产和期权在无摩擦的环境下连续调仓对冲可以得到无风险组合，因此在未来的波动率已知并且无摩擦的环境下，如果可以连续调仓的话，那么期权价格的高估或者低估都是可以通过这种方法进行套利的。当然现实中不会无摩擦，也不是连续调仓，未来波动率也不可预知，但是如果期权价格与正常定价偏离达到一定程度，即考虑了这些不利因素以后，依然偏离较大，那么套利空间就出现了。

表 1. 50ETF 期权价格及隐含波动率

隐含波动率	收盘价	成交量	合约名	购<行权价>沽	合约名	成交量	收盘价	隐含波动率
22.39%	0.278	3979	50ETF购11月2.60	2.6	50ETF沽11月2.60	1164	0.0004	22.27%
20.28%	0.2284	4107	50ETF购11月2.65	2.65	50ETF沽11月2.65	1521	0.0005	19.11%
17.53%	0.1789	12963	50ETF购11月2.70	2.7	50ETF沽11月2.70	3791	0.0008	16.47%
13.34%	0.129	26349	50ETF购11月2.75	2.75	50ETF沽11月2.75	10803	0.0012	13.31%
10.70%	0.0805	86626	50ETF购11月2.80	2.8	50ETF沽11月2.80	28231	0.002	9.97%
9.98%	0.039	191298	50ETF购11月2.85	2.85	50ETF沽11月2.85	93511	0.0095	9.18%
9.70%	0.0126	138040	50ETF购11月2.90	2.9	50ETF沽11月2.90	144266	0.0338	9.31%
10.56%	0.0034	41728	50ETF购11月2.95	2.95	50ETF沽11月2.95	55576	0.0743	9.54%
18.38%	0.2912	1851	50ETF购12月2.60	2.6	50ETF沽12月2.60	831	0.0018	15.27%
15.81%	0.2416	2627	50ETF购12月2.65	2.65	50ETF沽12月2.65	2209	0.0021	13.31%
13.38%	0.1923	4401	50ETF购12月2.70	2.7	50ETF沽12月2.70	5589	0.003	11.73%
12.14%	0.1458	6844	50ETF购12月2.75	2.75	50ETF沽12月2.75	9137	0.0053	10.55%
11.10%	0.1023	19141	50ETF购12月2.80	2.8	50ETF沽12月2.80	18847	0.0114	9.95%
10.59%	0.0656	36619	50ETF购12月2.85	2.85	50ETF沽12月2.85	22589	0.0243	9.68%
10.28%	0.0375	47762	50ETF购12月2.90	2.9	50ETF沽12月2.90	25178	0.0465	9.55%
10.30%	0.0196	36176	50ETF购12月2.95	2.95	50ETF沽12月2.95	9754	0.0791	9.65%

数据来源：Wind 华泰期货研究院

波动率期限结构简介

国内近些年金融衍生品市场发展迅猛，在国际金融领域中扮演了愈来愈重要的角色。在各类金融衍生品中，期权以其在套期保值和风险管理上的作用得到了投资者的青睐。期权隐含波动率反映了市场对标的资产未来波动率的预测，从而在期权交易中有着极为有益的应用，而探究隐含波动率的期限结构问题有助于对波动率的预测。

隐含波动率曲面的估计是期权定价的核心之一，隐含波动率期限结构也是曲面的重要组成部分。2015 年 50ETF 期权上市以来，其波动率的期限结构在不同的市场环境中呈现着不同的结构变换。从各类套利策略的测试中可以发现，国内期权市场的定价效率自 2016 年起明显提升，但在适当的资金管理下仍具备一定的定价套利空间，表明波动率期限结构分析在期权定价、指导交易方面均存在着不可忽视的价值。

波动率期限结构是指同一行权价的隐含波动率随期权剩余期限的不同而产生相应的变化。通常而言，平值期权的波动率与期权剩余期限的关系是：在短期波动率非常低的时候，波动率函数是期权剩余期限时间的增函数；当短期波动率较高时，波动率函数是期权剩余期限时间的减函数。这一点与波动率均值回归有关，从长期来看，波动率多表现为均值回归，也就是在到期日接近的时候，隐含波动率的变化就比较剧烈，而随着到期日的不断延长，隐含波动率就会逐渐向一个长期的均值收敛。

波动率期限结构的形成有三种假说：

1. 价格运动过程并非平稳说

这一说法是指在有效期内基本面的变化会引起标的资产价格预期分布的永久性改变。假如市场预期标的资产将会在某一时期发生重大变化，那么事件发生前后的期权隐含波动率也就会不同。

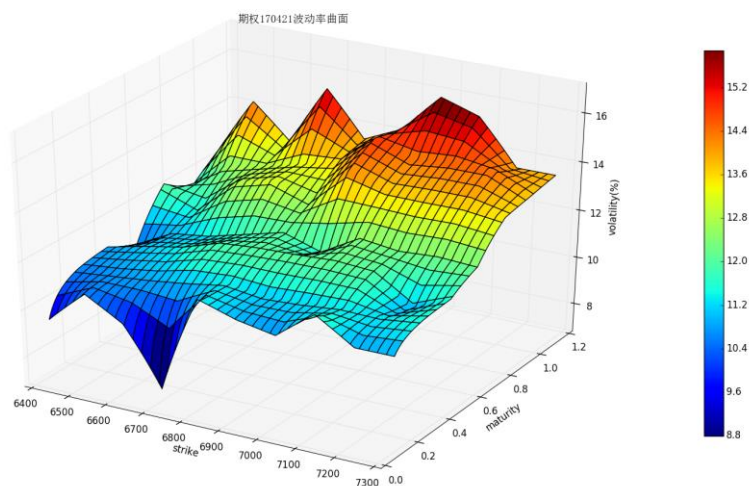
2. 波动率非均匀说

这一说法认为实际波动率在不同日期内预期是不一样的，特别是重要事件发生日与其他日差异更加明显。因此波动率应当是期权有效期内发生的事件数量及其重要程度的函数。

3. 波动率均值回归说

在一个给定的市场中，波动率不能长期保持在极端的水平，而是会回到其长期均衡的水平。我们也可以认为实际波动率从长期来看是一个相对稳定的水平。当波动率水平超过均衡水平时，波动率会回到正常水平，而不是持续维持这种差异。

图 1：期权隐含波动率曲面图



数据来源：华泰期货研究院

50ETF 期权波动率期限结构实证

通过对 50ETF 期权上市以来的各个期限的认购期权的隐含波动率进行处理，得到 50ETF 期权各个时间段的波动率期限结构走势。其中我们将认购期权与认沽期权分别统计，并将不同期限合约的隐含波动率计算差值，得到了图 2 至图 5 中期限结构的变化。

图 2：认购期权波动率期限结构 (%)



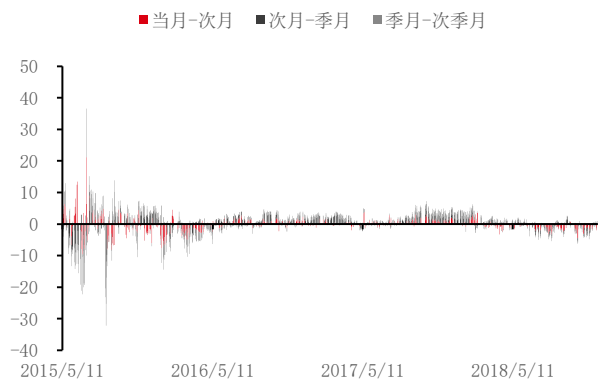
数据来源：华泰期货研究院

图 3：认沽期权波动率期限结构 (%)



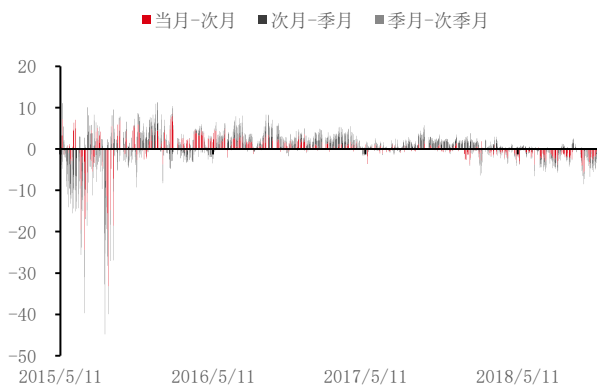
数据来源：华泰期货研究院

图 4：不同期限认购期权隐含波动率差值 (%)



数据来源：华泰期货研究院

图 5：不同期限认沽期权隐含波动率差值 (%)



数据来源：华泰期货研究院

从图 2 和图 3 中可以看到，50ETF 期权各个期限平值期权的隐含波动率相关性是非常强的，绝大多数保持着同涨同跌的特性，而通过观察图 4、图 5 中不同期限期权隐含波动率的差值，可以看到波动率的期限结构是相对稳定的，不同期限之间波动率的差值在整体上也是维持着较好的均值回归特性的。在 2015 年市场波动较大，极端事件频繁的阶段，国内 50ETF 期权市场也相对并不是非常成熟，不同期限的期权隐含波动率之间也出现过较

大的差值，提供了较好的波动率期限结构套利空间，而在进入到 2017 年之后，隐含波动率期限价差的绝对值逐渐缩窄，一定程度上降低了期限结构套利的利润空间。

波动率交易类型

期权波动率交易的基本形式可以分为以下四个维度，一阶的波动率交易指单边做多或做空波动率，并且将 Vega 和 Gamma 保持在同一侧，有意的保持 Delta 的中性。常见的做多跨式组合，做多宽跨式组合等都属于一阶的波动率交易。一阶的波动率交易优势在于易于管理，且其盈亏分布较容易预测。

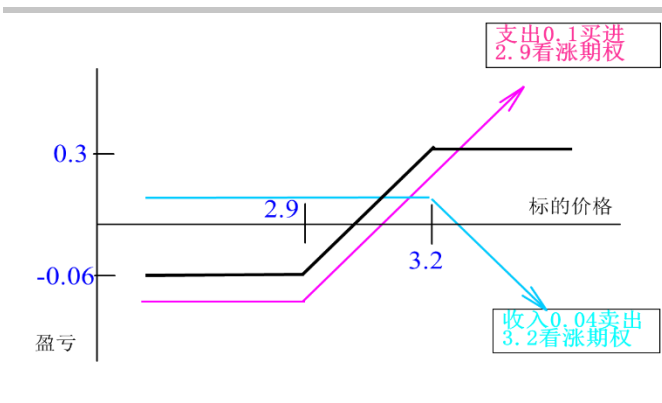
二阶的波动率交易包含了做多和做空不同行权价、不同到期期限但仅限于一种产品的期权。在图表上其 Gamma 值会在正值和负值间反转；且其原生的 Vega 在曲线某处会改变符号。其加权 Vega 会在图表上的某处反转。垂直价差组合、比率价差组合等都属于二阶的波动率交易。

三阶的波动率交易是一种分布套利形式，即对特定市场的波动率与资产价格之间的相关性进行交易。我们在《期权策略专题研究：期权隐含波动率异向性策略》中主要运用的策略便是结合了 50ETF 期权隐含波动率与 50ETF 价格在熊市中负相关的特点。

四阶的波动率交易指的是做多或做空波动率的波动率。在美国，VIX 指数是由标普 500 指数期权的隐含波动率构建而成，而 VIX 指数也有对应的期货和期权，通过去交易 VIX 指数的期权，就可以实现波动率的波动率交易。

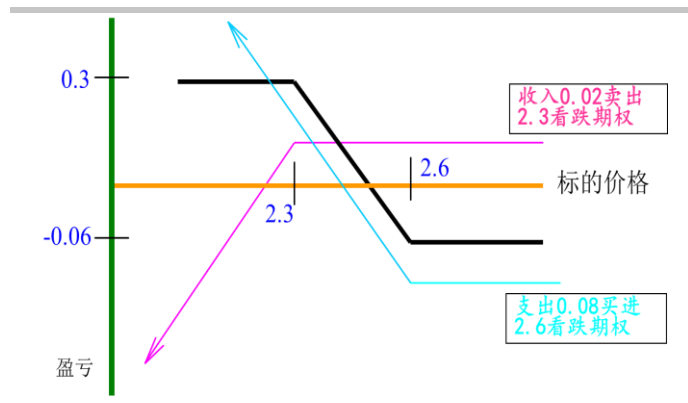
而在波动率曲面上进行套利，无论是偏度套利还是期限结构套利，更多的涉及到的是高阶的波动率交易层面。因此其交易头寸的管理以及如何处理希腊字母的风险暴露，相比一阶的波动率交易会更加复杂。

图 6：牛市看涨垂直价差到期收益曲线



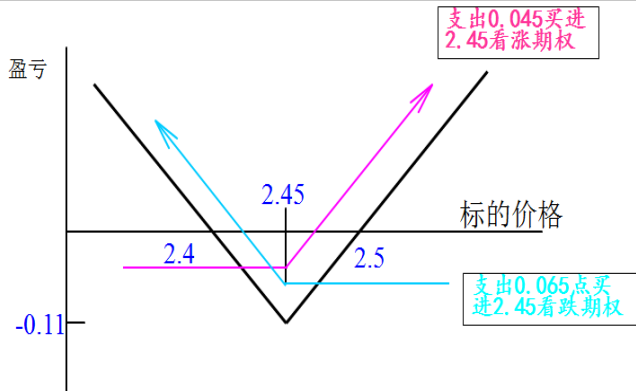
数据来源：Wind 华泰期货研究院

图 7：熊市看跌垂直价差到期收益曲线



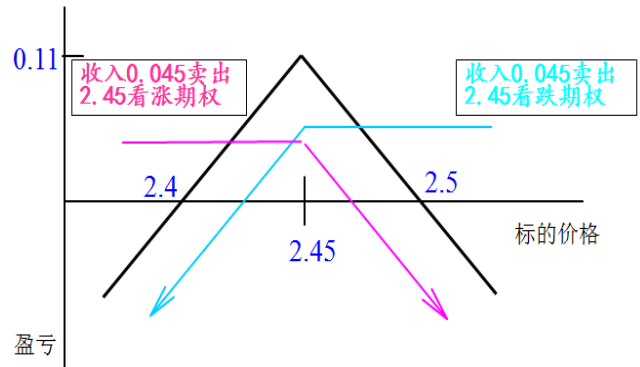
数据来源：Wind 华泰期货研究院

图 8: 买入跨式价差组合到期收益曲线



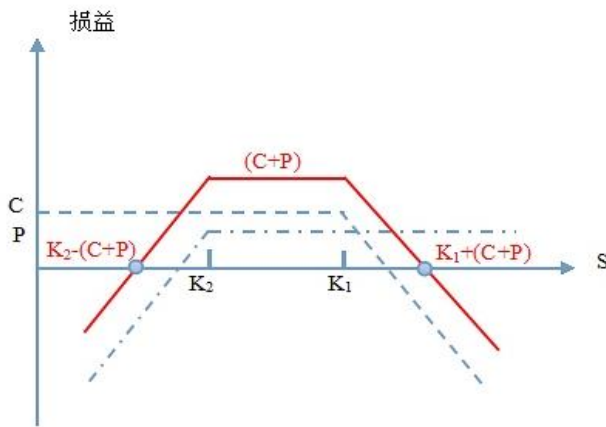
数据来源: Wind 华泰期货研究院

图 9: 卖出跨式价差组合到期收益曲线



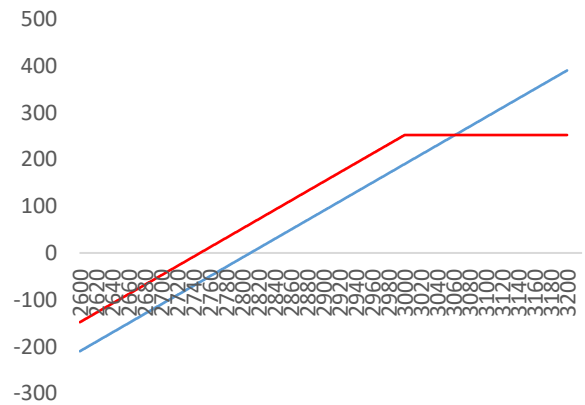
数据来源: Wind 华泰期货研究院

图 10: 卖出宽跨式价差组合到期收益曲线



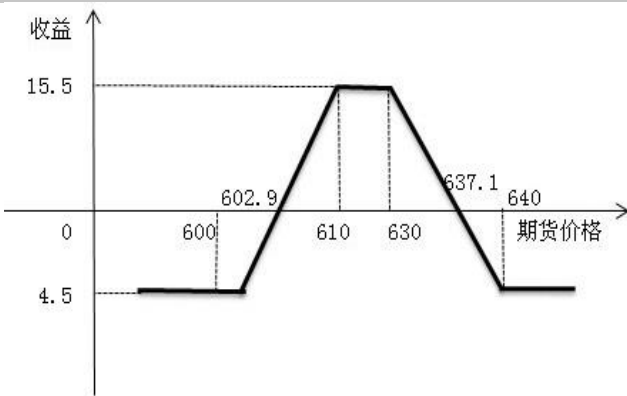
数据来源: Wind 华泰期货研究院

图 11: 期权备兑组合到期收益



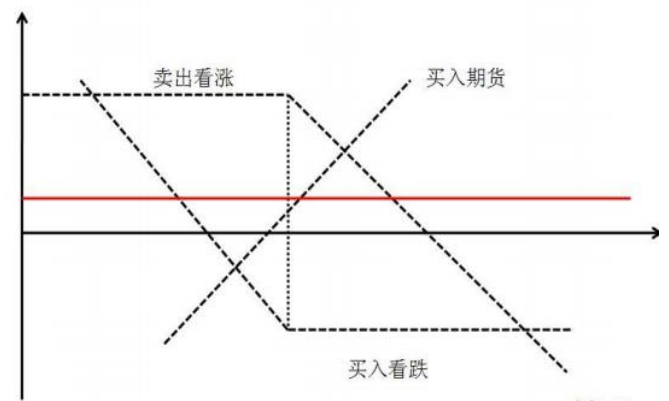
数据来源: Wind 华泰期货研究院

图 12: 卖出铁鹰式价差组合到期收益曲线



数据来源: Wind 华泰期货研究院

图 13: 期权合成期货基差套利到期收益曲线



数据来源: Wind 华泰期货研究院

波动率期限结构套利策略设计

1、策略信号设计

本文构建期限结构套利信号为：以日为单位，每天收盘前观察期权当月平值期权合约与次月平值期权合约之间的隐含波动率差值是否高于一定阈值，如果两者之间存在明显价差，则通过买入/卖出日历价差的方式，等待波动率期限的回归。

构建买入日历价差策略信号的方式为：当月期权合约隐含波动率-次月期权合约隐含波动率 $>n$ 时，买入次月平值期权，卖出当月平值期权。等到波动率价差回复至0或在合约临近到期前，平仓出场。

构建卖出日历价差策略信号的方式为：次月期权合约隐含波动率-当月期权合约隐含波动率 $>n$ 时，买入当月平值期权，卖出次月平值期权。等到波动率价差回复至0或在合约临近到期前，平仓出场。

但是伴随着标的物价格的变动，由于Gamma的存在，日历价差组合的Delta中性将逐渐失衡，可以通过调整合约配比可实现日度的Delta中性，从而规避标的物价格大幅变动带来的风险。

2、策略参数

策略收益主要来源于不同期限的期权合约隐含波动率差值偏离正常值后的回归，策略不主动暴露其他希腊字母风险，但在构建持仓组合时，会被动承担少许的gamma或vega风险，当市场行情与暴露的风险正好反向时，会导致净值形成一定的回撤。

具体的回测方法为：

- 1.初始资金：1000万。
- 2.期权手续费：单边2元/张，滑点1元/张，卖开免手续费。
- 3.策略信号：当月期权合约隐含波动率-次月期权合约隐含波动率 $>n_1$ 时，记为信号1，买入次月平值期权，卖出当月平值期权，构建买入日历价差组合。等到波动率价差回复至0或合约已经临近到期前三天，平仓出场。当次月期权合约隐含波动率-当月期权合约隐含波动率 $>n_2$ 时，记为信号-1，买入当月平值期权，卖出次月平值期权，构建卖出日历价差组合。等到波动率价差回复至0或在合约临近到期前，平仓出场。
- 4.合约选择：优先选择当月和次月合约，若当月合约距离行权日小于3个自然日时，换至下月合约。

5.开仓操作：当策略信号为1或-1的情况下，选出当月平值看涨期权和次月平值看涨期权两个合约。若昨日没有持仓，则新开仓进行交易；若选出合约为昨日持仓合约则继续持有。

6.平仓操作：当存在持仓合约且当日信号为0时，平掉持仓合约；当信号为1但已有持仓合约时，继续持有原合约。（考虑到期权合约间的相互对冲，未设定止损。）

7.交易数量：交易数量由固定卖出波动率偏高的期权合约2000张，买入波动率偏低的期权数量为2000张。

3、策略表现

回测区间为2015年5月12日至2019年3月11日，根据策略信号仅通过卖近买远形成的买入日历价差策略，策略累计收益率为56.3%（单利，下同），年化收益为14.81%。主要利润来源于2015年下半年，以及2018年-2019年，在这两个时间段期限结构常出现近高远低的形态，存在一定的套利空间。

根据策略信号仅通过买近卖远形成的卖出日历价差策略，策略累计收益率为31.3%，年化收益为8.23%。主要利润来源于2015年-2016年，期间次月波动率常出现明显大于当月波动率的情况，提供了买近卖远的套利机会。

通过将买近卖远和卖近买远两种策略结合起来，策略累计收益率为87.6%，年化收益为23.1%，最大回撤为11.83%。将两者结合之后，策略更能适合不同的市场环境，整体收益增加的同时，收益率曲线也更加平稳。

图 14： 买入日历价差策略



数据来源：华泰期货研究院

图 15： 卖出日历价差策略



数据来源：华泰期货研究院

图 16: 合并期限结构策略



数据来源: 华泰期货研究院

4、策略优化

策略在回测过程中, 通过交易近远月平值期权, 在建仓初期可以保持一定程度上的 Delta 中性, 但会被动的暴露少许的 gamma 和 vega 风险, 当市场行情出现大幅波动, 组合头寸的 Delta 将会出现一定程度的偏移; 因此为了避免极端风险, 可以通过调整买卖合约数量, 实现 Delta 中性。

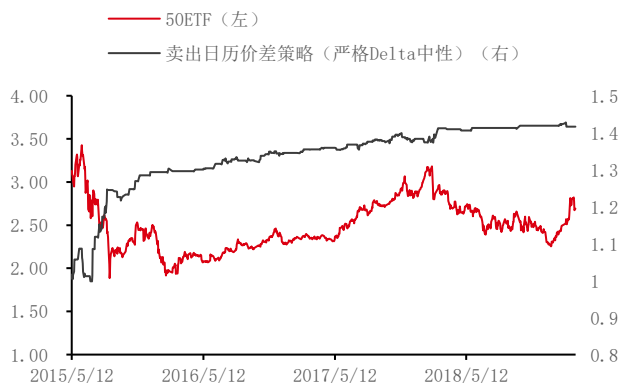
交易数量由固定卖出波动率偏高的期权合约 2000 张, 买入波动率偏低的期权数量为 2000 张乘以买入期权合约的 Delta 除以卖出期权合约的 Delta, $V=100*\Delta_{Buy}/\Delta_{Sell}$, 形成组合头寸的 Delta 中性。

图 17: 买入日历价差策略 (严格 Delta 中性)



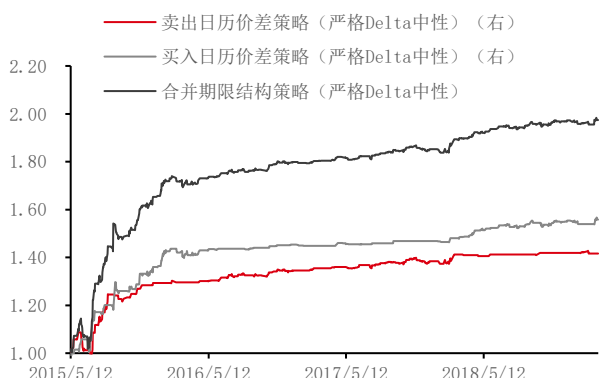
数据来源: 华泰期货研究院

图 18: 卖出日历价差策略 (严格 Delta 中性)



数据来源: 华泰期货研究院

图 19: 合并期限结构策略



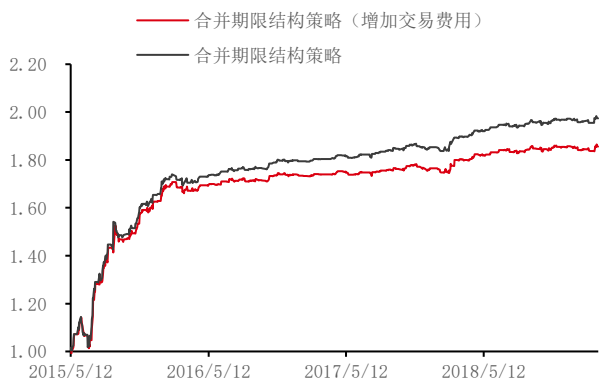
数据来源: 华泰期货研究院

通过对合约数量进行调整, 从而实现日度级别的 Delta 中性后, 综合期限结构策略的累计收益率上升到了 97.3%, 年化收益率为 25.6%, 最大回撤为 8.14%。相较实现完全 Delta 中性前的策略表现, 年化收益率提升了 2.5%; 而最大回撤降低了 1.99%。

5、交易费用敏感性分析

波动率套利策略交易频率相对较高, 且需要交易到相对活跃程度偏弱的次月期权合约, 受手续费和冲击成本影响较大。增加单边 2 元/张的滑点后, 开平 1 组合约的交易费用从 6 元/张增加至 10 元/张, 净值曲线出现显著下行。累计收益率由 97.3% 下降到了 85.5%, 最大回撤变动不大, 由 8.14% 增加至了 8.22%。

图 20: 增加冲击成本后策略净值曲线



数据来源: 华泰期货研究院

测试结果反映，策略对于交易费用较为敏感，而对于大规模资金而已，计提2元/张的冲击成本往往并不能有效的覆盖交易中实际产生的滑点。而进一步将开平1组合的交易费用提升至15元/张后，2016、2017年期间便难以取得超过固收水平的收益率了。

6、策略完善方向

从曲线到曲面：在测试过程中仅选用了当月合约和次月合约的期限结构套利，而事实上在整个波动率曲面上，无论是各个月份合约的行权价结构，还是季月与次季期权的期限结构，都存在可以套利的空间，在更多的期权种类上市之后，还可以通过扩大交易标的的种类，能够进一步起到分散资金和控制回撤的作用。

从日线级别到分钟级别：在测试模型有效性的过程中，为了简化测试流程，仅选用了收盘时点的数据进行建模和套利，但实际交易过程中，在硬件和网络支持的情况下，可以做到在开市的任一时点进行高、低估期权合约的扫描，对大资金而言，则可以通过将资金分成若干份，选择在一天的若干个时点进行交易，进一步减轻对于市场的冲击。

通过在时间和空间两个维度的扩展，策略资金容量可以获得进一步的提升，对市场的冲击也能进一步的缩小，并且伴随着期权市场成交活跃度的与日俱增，市场自身的容量和交易成本的问题也在不断改善。

结论

期权波动率期限结构套利，其实仍是属于波动率曲面套利中的一种类型，无论是对于投机还是做市，都具有一定的指导意义。为方便回测，本项研究中仅运用当月期权合约和次月期权合约的收盘行情对隐含波动率曲线进行刻画和套利，但实际上在开市的任一时点都能够运用模型对任一期限和任一行权价的期权合约进行计算，形成整个波动率曲面的估计，不仅能在行权价结构上进行套利，同样能在期权的期限结构上形成套利。

在2015年股灾期间，市场恐慌情绪严重，加之期权市场尚不成熟，隐含波动率出现多次显著偏差，为该套利策略提供了较高的收益。但进入到2016年之后，市场日趋成熟，多方套利资金涌入50ETF期权市场，套利策略收益显著降低。但高胜率、低回撤的期权策略，具备与传统CTA策略和Alpha策略较低的相关性，仍然值得作为策略配置的一个方向。

● 免责声明

此报告并非针对或意图送发给或为任何就送发、发布、可得到或使用此报告而使华泰期货有限公司违反当地的法律或法规或可致使华泰期货有限公司受制于的法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则所有此报告中的材料的版权均属华泰期货有限公司。未经华泰期货有限公司事先书面授权下，不得更改或以任何方式发送、复印此报告的材料、内容或其复印本予任何其它人。所有于此报告中使用的商标、服务标记及标记均为华泰期货有限公司的商标、服务标记及标记。

此报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作查照之用。此报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而华泰期货有限公司不会因接收人收到此报告而视他们为其客户。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被华泰期货有限公司认为可靠，但华泰期货有限公司不能担保其准确性或完整性，而华泰期货有限公司不对因使用此报告的材料而引致的损失而负任何责任。并不能依靠此报告以取代行使独立判断。华泰期货有限公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表华泰期货有限公司，或任何其附属或联营公司的立场。

此报告中所指的投资及服务可能不适合阁下，我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。此报告并不构成投资、法律、会计或税务建议或担保任何投资或策略适合或切合阁下个别情况。此报告并不构成给予阁下私人咨询建议。

华泰期货有限公司2018版权所有。保留一切权利。

● 公司总部

地址：广东省广州市越秀区东风东路761号丽丰大厦20层、29层04单元

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com