

期权波动率交易基本原理与分析方法

2015年10月14日

投资要点

- ❖ **投资聚焦。**本文主要阐述了对波动率交易以下几个方面的认识，(1) 波动率交易的理论基础为期权定价公式的泰勒展开；(2) 期权的波动率交易以希腊字母风险作为主要的监控工具，希腊字母的动态变化特性是构建组合和进行风控的基础；(3) 构建波动率组合前，需要对组合进行风险分析；(4) 交易持有期以及平仓之后，需要对期权组合进行业绩归因，以判断组合的构建逻辑与实际收益情况是否一致。
- ❖ **期权价格的泰勒展开。**(1) 期权价格可表示为标的价格、行权价、存续期、无风险利率、标的在存续期之内的波动率等变量的函数，且定价函数可对上述变量进行泰勒展开。(2) 泰勒展开将期权价格的变动归结为上述变量的变化，为期权组合的业绩归因和风险分析提供了方法途径。(3) 一般情况下仅考虑低阶偏导即可，但如果持有期较长，或者某些变量发生跳跃性变化，则需考虑高阶偏导。
- ❖ **期权的希腊字母风险性质。**(1) 忽略数值的正负号以后， Δ 近似等于期权到期时为实值的概率；(2) 近月平价期权的 Γ 值最大，因此交易 Γ 时主要选择近月平价期权为主要交易标的；(3) 平价期权的 Θ 值最大，且临近到期时平价期权的 Θ 值会快速上升；(4) 远月平价期权的 **Vega** 值最大，因此交易 **Vega** 时选择远月平价期权为主要的交易标的。
- ❖ **波动率交易——交易策略的新蓝海。**(1) 期权价格的泰勒展开将对期权价格的预测转为对各个自变量的预测，各个自变量中，除了标的方向性影响外，最主要的就是波动率相关的变量。(2) 泰勒展开中，和波动率相关的变量有两个， $1/2 \cdot \Gamma(dS)^2$ 反映的是标的价格的实际波动性对期权价格的影响， $Vega \cdot d\sigma$ 反映的是隐含波动率变动对期权的影响。(3) 上述两个波动率项分别对应不同的交易原理，**Vega** 项判断隐含波动率的方向性变化， Γ 项则判断实现波动率与时间价值衰减速度的大小关系。
- ❖ **期权组合的风险分析：**(1) 期权组合的风险评估有两个层次，一是对组合中单一合约（标的）的风险进行评估，二是对组合整体进行风险评估。只有在单一合约风险评估的基础上，才能加总得到组合的总体风险。(2) 各希腊字母风险具有可加性，可根据持仓进行现行加总。但对于 **Vega** 项来说，不同到期日、不同行权价期权的隐含波动率本质上并不相同，因此不能完全依赖加总结果。(3) 通过对组合整体的希腊字母风险进行分析，可判断组合的实际风险与投资目标是否一致，如果不一致则需要调整持仓。
- ❖ **期权交易的收益归因：**(1) 归因的目的是计算各类市场变量对组合总体收益的贡献值为多少，以此判断事前构建组合的目的与事后的收益结果是否相一致。(2) 组合层面的收益归因也要依据希腊字母的线性可加性，对单一合约的归因结果进行加总。(3) 实际投资中需要尽量对组合的各类风险考察全面，以防止其他风险项的变化吞噬主要风险项的收益。



中信证券研究部

王兆宇

电话：021-20262110

邮件：wangzhaoyu@citics.com

执业证书编号：S1010514080008

赵文荣

电话：010-60836759

邮件：zhaowenrong@citics.com

执业证书编号：S1010512070002

相关研究

1. 期权复制现货，完善期现套利——ETF 期权产品交易策略(2015-01-07)
2. 期权系列专题研究——市场参数的变动对欧式期权的杠杆率和保证金的影响(2015-01-05)
3. 期权系列专题研究——海外 ETF 期权市场及 ETF 期权上市前后的市场表现(2014-12-16)
4. 细化操作流程、加强风险管理——上交所、中登公司期权试点方案（征求意见稿）解读(2014-12-07)
5. A 股衍生品市场重大事项点评——促进券商业务多元化、推动市场发展——“证监会就股票期权征求意见”点评(2014-12-06)

目录

| | |
|---------------------------------------|----|
| 投资聚焦..... | 1 |
| 期权的希腊字母风险与波动率交易原理..... | 2 |
| 期权价格的泰勒展开——风险与绩效分析的基础..... | 2 |
| 波动率交易——交易策略的新蓝海..... | 2 |
| Vega 项与隐含波动率..... | 3 |
| Γ 项与标的的实现波动率..... | 3 |
| 期权的希腊字母风险——波动率交易的监测工具..... | 4 |
| Delta Δ ——约等于期权到期时为实值的概率..... | 5 |
| Gamma Γ ——近月平价期权为其主要的交易标的..... | 6 |
| Theta Θ ——平价期权的时间价值衰减最快..... | 6 |
| Vega——远月平价期权为其主要交易标的..... | 7 |
| 期权组合的风险分析..... | 8 |
| 期权交易风险分析的意义..... | 8 |
| 期权组合的希腊字母风险评估..... | 8 |
| 情景测试..... | 9 |
| 期权交易的收益归因..... | 11 |

插图目录

| | |
|---|----|
| 图 1: 买入 Straddle 组合损益随标的的变化之一..... | 1 |
| 图 2: 买入 Straddle 组合损益随标的的变化之二..... | 1 |
| 图 3: 认购期权 Δ 随隐含波动率的变化关系..... | 5 |
| 图 4: 认购期权 Δ 随存续期的变化关系..... | 5 |
| 图 5: 认沽期权 Δ 随隐含波动率的变化关系..... | 5 |
| 图 6: 认沽期权 Δ 随存续期的变化关系..... | 5 |
| 图 7: 行权价对 Γ 的影响..... | 6 |
| 图 8: T 和 σ 对 Γ 的影响..... | 6 |
| 图 9: 行权价对 Θ 的影响..... | 6 |
| 图 10: Θ 随隐含波动率的变化关系..... | 6 |
| 图 11: 期权理论价格随存续期的变化..... | 7 |
| 图 12: Θ 随存续期的变化关系..... | 7 |
| 图 13: 行权价对 Vega 的影响..... | 7 |
| 图 14: Vega 随存续期的变化关系..... | 7 |
| 图 15: 期权理论价格随隐含波动率的变化..... | 8 |
| 图 16: Vega 随隐含波动率的变化关系..... | 8 |
| 图 17: 组合损益随标的的收益的变化（之一）..... | 10 |
| 图 18: 组合损益随标的的收益的变化（之二）..... | 10 |

| | |
|---|----|
| 图 19: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之一) | 10 |
| 图 20: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之二) | 10 |
| 图 21: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之一) | 10 |
| 图 22: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之二) | 10 |
| 图 23: 组合损益随隐含波动率的变化 | 11 |
| 图 24: 组合损益随存持有天数的变化 | 11 |
| 图 25: 7 月 3.30 元认购和认沽期权在持有期的隐含波动率走势 (2015.6.15 至 2015.6.19) | 12 |

表格目录

| | |
|--|----|
| 表 1: 买入跨式组合在持有期期间的收益归因举例 (2015.6.15 至 2015.6.19) | 2 |
| 表 2: 欧式期权基于 BS 公式推导的各个希腊字母计算公式 | 5 |
| 表 3: 卖出 Straddle 组合的希腊字母风险 (截止 2015.9.30) | 9 |
| 表 4: 买入跨式组合在持有期期间的收益归因 (2015.6.15 至 2015.6.19) | 12 |

投资聚焦

50ETF 期权于 2015 年 2 月 9 日正式上线，A 股市场迎来了第一只标准化场内期权，这对 A 股市场的发展具有里程碑式的意义。50ETF 期权为 A 股市场的投资策略打开了新的天地，既增进了现有工具间的联系和互动，又增加了新的交易模式，也为 A 股市场后续推出新的创新型品种拉开了帷幕。

虽然 6 月份的市场暴跌引起公众对于金融创新的质疑，但是从海外的经验来看，质疑是发展所必须经历的一步。这一步虽然痛苦，但确是让社会公众和市场本身重视金融创新，学习认识金融创新一个契机。摆正金融创新的方向和定位，也将为金融市场日后更进一步的发展厘清障碍。

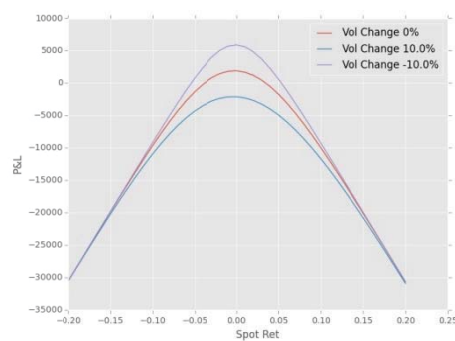
期权的交易类型有套利、套保、投机等几类，其中投机交易中最主要的为价格交易和波动率交易。价格交易主要赚取标的价格的方向性变化带来的投资收益，以标的收益序列一阶矩为交易对象；而波动率交易则赚取波动率变化所带来的投资收益，以标的收益率序列的二阶矩为交易对象。本文主要阐述了对波动率交易以下几个方面的认识和理解：

第一，波动率交易的理论基础为期权定价公式的泰勒展开。泰勒展式将期权价格的变动归结为数个市场变量的变化上，这为期权组合的风险分析和业绩归因提供了依据和途径。而在各个市场变量中，除了标的的方向性变化，最为重要的就是和波动率相关的项目。

第二，期权的波动率交易以希腊字母风险作为主要的监控工具，希腊字母的动态变化特性是构建组合和进行风控的基础。(1) 忽略数值的正负号以后， Δ 近似等于期权到期时为实值的概率；(2) 近月平价期权的 Γ 值最大，因此交易 Γ 时主要选择近月平价期权为主要交易标的；(3) 平价期权的 Θ 值最大，且临近到期时平价期权的 Θ 值会快速上升；(4) 远月平价期权的 Vega 值最大，因此交易 Vega 时选择远月平价期权为主要的交易标的。

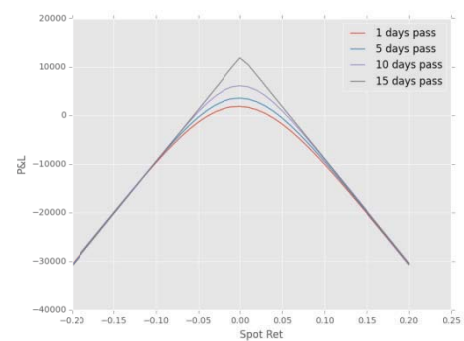
第三，构建波动率组合前，需要对组合进行风险分析。风险分析的目的是判断组合当前承担的风险与交易目标是否一致，并选择盈亏比最优的方案来构建组合。分析的内容一是个股和组合层面的希腊字母风险评估，二是对组合进行单一变量的情景测试。

图 1：买入 Straddle 组合损益随标的的变化之一



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 2：买入 Straddle 组合损益随标的的变化之二



资料来源：中信证券量化投资分析系统

第四，在交易持有期内以及平仓之后，需要对期权组合进行业绩归因，以判断组合的构建逻辑与实际收益情况是否一致，如果不一致则需要分析失败原因是什么。从实际情况来看，非主要风险项的变动也很有可能吞噬投资收益，因此需要尽量将风险项目考虑周全。

表 1：买入跨式组合在持有期间的收益归因举例（2015.6.15 至 2015.6.19）

| 合约代码 | 510050C1507M03300 | 510050P1507M03300 | 50ETF | 合计 |
|---------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 持仓数量 | 10 | 10 | | - |
| 市场价格变化 | -17,260.00 | 23,100.00 | -5,877.70 | -37.70 |
| Delta | -19,431.51 | 25,319.18 | -5,877.70 | 9.97 |
| Gamma | 2,146.18 | 2,439.09 | - | 4,585.26 |
| Theta | -2,203.07 | -1,742.78 | - | -3,945.86 |
| Vega | 2,808.99 | -3,336.10 | - | -527.11 |
| Epsilon | -580.59 | 420.62 | - | -159.97 |

资料来源：中信证券量化投资分析系统

期权的希腊字母风险与波动率交易原理

期权价格的泰勒展开——风险与绩效分析的基础

设 f 表示欧式期权价格，则 f 为标的价格 S 、行权价 K 、存续期 T 、无风险利率 r 、标的在存续期之内的波动率 σ 的函数，可以表示为：

$$f = f(S, K, T, \sigma, r) \quad (1)$$

在进行期权的交易时，一般情况下我们更关心的是所持有头寸的价格变化情况。公式 (1) 中，造成期权价格 f 变化的主要是 S 、 T 、 σ 、 r 这四个和市场环境相关的变量的变化，因此可以对公式 (1) 针对上述四个变量进行多元泰勒展开，得到公式 (2)：

$$df = \Delta \cdot dS + \frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT + Vega \cdot d\sigma + \rho \cdot dr + \epsilon \quad (2)$$

公式 (2) 中， df 、 dS 、 dT 、 $d\sigma$ 、 dr 分别表示对期权价格 f 、标的价格 S 、存续期 T 、波动率 σ 和无风险利率 r 的微分，也可通俗理解为上述各变量的变动值； Δ 、 Γ 、 Θ 、 $Vega$ 、 ρ 分别表示期权价格对上述自变量的一阶或二阶偏导数，即所谓的期权希腊字母风险； ϵ 表示期权价格变动所不能被上述一阶或二阶偏导所解释的部分，一般默认忽略。

忽略尾数 ϵ 后，公式 (2) 可以近似的把期权价格的变动归因到 S 、 T 、 σ 、 r 这四个市场环境相关的变量的变化上。通过公式 (2)，我们既可以对历史期权持仓进行业绩归因，分析各个市场变量对期权价格变动的贡献度，寻找投资成功或失败的原因；同时也可以对当前时点的期权持仓进行风险分解，以查看期权组合承担的风险是否与交易目标相一致。因此公式 (2) 对于期权的交易有着非常重要的意义。

需要注意的是，公式 (2) 可忽略 ϵ 项的前提条件为上述四个市场变量的变化值极小。现实中，多数期权交易的持仓为数个交易日，较短时也可能日内平仓，总体时间较短，对应各市场变量的变化值也较小，因此可基本满足上述条件。但如果持仓的时间较长，或者市场变量在短期内出现了较大的变化，仅考虑 Δ 、 Γ 、 Θ 、 $Vega$ 、 ρ 这五个低阶偏导数会存在较大误差，此时需要考虑更高阶的偏导数甚至混合偏导数。

波动率交易——交易策略的新蓝海

期权交易的目的是赚取组合价格变动的收益，预期价格上涨则做多，预期价格下跌则做空。公式 (2) 给出了分解期权价格变动的理论方法，那么对期权价格变动方向的预测则转为预测上述四个市场变量的变化。如果能够对四个市场变量的变化情况均给出较为准确的预测，则直接买入或者卖出该期权即可；但通常情况下，我们可能仅能对其中的一个或部分变量给出预测，此时就需要采用技术手段，将无法预测的变量使用其他的期权或交易工具对冲掉，仅暴露我们能够给出预测的风险头寸。

通常来说，对期权价格影响最大的变量为标的价格的变化，即公式（2）中的 $\Delta \cdot dS$ 项，而且期权具有较高的杠杆，因此若能准确预测标的的涨跌则可以通过期权来进行交易。除了标的的变化之外，如果能对其他的变量做出准确的预测，同样可以获得交易收益，其中最受交易者关注的就是波动率变量。如果交易者对波动率的未来变化有足够的把握，则可以在波动率相关的风险项上给予足够的暴露度，并利用标的或相关的期货将组合的 Δ 项风险对冲掉，此时构建的组合即为 Δ 中性的波动率交易组合。

在公式（2）中，和波动率相关的变量有两个，其一为 $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2$ ，反映的是标的价格变动的波动性对期权价格的影响；其二为 $Vega \cdot d\sigma$ ，反映的是隐含波动率变动对期权的影响。这两项对期权价格影响的实现原理并不相同。

Vega 项与隐含波动率

Vega 项对应的乘数为 $d\sigma$ ， σ 在期权的定价中表示对标的在期权存续期之内的波动率的预期值。如果已知期权的市场价格，可以将其反解出来，该值反应的是市场对标的波动率的总体预期值，即所谓的隐含波动率。那么如果能够预测未来隐含波动率的变化方向，则可以调整期权组合来暴露部分 Vega 风险。Vega 值与隐含波动率的实际变化值的乘积，即 $Vega \cdot d\sigma$ ，则为该项风险暴露的实际收益。如果预期未来隐含波动率将上升，则暴露正 Vega 头寸，由于欧式期权的 Vega 值均为正，因此这意味买入认购或认沽期权；如果预期未来隐含波动率将下降，则暴露负的 Vega 头寸，即为卖出认购或认沽期权。

Γ 项与标的的实现波动率

Γ 项的对应的乘数为 $(dS)^2$ ， $(dS)^2$ 为标的价格变动的平方，该值与标的的变动方向（即 dS 的正负）无关，而与变动幅度的大小有关，即为标的的实现波动率。欧式认购和认沽期权的 Γ 值均为正，因此对于暴露了正 Γ 值的期权组合，该项所贡献的收益一定为正，收益值为 $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2$ 。

Γ 项的收益一般要与 Θ 项同时考虑。 Θ 反应的是存续期的变化对期权价格的影响， Θ 值通常为负，但存续期的缩短导致其变化量 dT 为负，因此 $\Theta \cdot dT$ 为正值，即所谓的期权时间价值衰减，其对期权的影响方向与 $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2$ 相反。这样，对 $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2 + \Theta \cdot dT$ 交易的本质为判断在未来 dT 时间段内，标的的实际波动率所贡献的正收益与同期期权时间价值衰减的大小关系：如果 Γ 项贡献的正收益值更大，则构建正 Γ 组合，反之构建负 Γ 组合。

那么怎么判断标的波动率的大小？一般有两种方法。第一种方法，令 $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2 + \Theta \cdot dT = 0$ ，可以解得：

$$dS = \pm \sqrt{-2\Theta \cdot dT / \Gamma} \quad (3)$$

则公式（3）即为暴露正或者负 Γ 的判断标准。

第二种方法，对于欧式期权来说，由 BS 公式可以解得 $\Gamma = \frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$ ，认购期权¹的

$$\Theta = \frac{S_0 N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} - qS_0 N(d_1)e^{-qT} + rKe^{-rT}N(d_2)^2。假设标的的分红比率 $q = 0$ ，且忽略 $rKe^{-rT}N(d_2)^3$ ，则有：$$

¹认沽期权的结果与认购期权类似，本处仅以认购期权为例阐述原理。

$$\Theta \approx \frac{S_0 N'(d_1) \sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} = \frac{1}{2} \Gamma S^2 \sigma^2 \quad (4)$$

将公式（4）代入 $\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT$ 中，则有：

$$\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT = \frac{1}{2} \Gamma S^2 \left[\left(\frac{dS}{S} \right)^2 + \sigma^2 \cdot dT \right] \quad (5)$$

由公式（5）可知，判断 $\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT$ 正负的问题转化为判断 $\left(\frac{dS}{S} \right)^2 + \sigma^2 \cdot dT$ 的正负。其中， $\frac{dS}{S}$ 表示标的在未来 dT 时段内的收益率， $\sigma^2 \cdot dT$ 则为在 dT 时段内的隐含波动率。因此， dT 时段的期权时间价值衰减的金额即为对应时段的隐含波动率，而判断暴露正或者负 Γ 的问题又归结为实现波动率能否大于对应时段的隐含波动率。

综上，期权波动率交易的主要思路有两个，其一是判断未来隐含波动率的走势，其二是判断标的的实际波动率与期权时间价值衰减的大小关系。上文中阐述的 *Vega* 项获利的原理比较简单直接。 Γ 项原理的两种解释方法中，第一种方法计算的 dS 临界值较为精准，第二种方法将标的的实际波动率与期权的隐含波动率联系起来，认识更为深刻。

期权的希腊字母风险——波动率交易的监测工具

期权的交易方式主要由两种，其一为价格交易，即对标的价格未来的运动方向或者运动区间进行预测，然后构建不同收益结构的期权组合以获利；其二为波动率交易，基本原理已在上文已进行了阐述。价格交易与波动率交易两者存在一定区别，但区别也并非十分清晰。进行价格交易时，期权组合的收益结构通过作图即可直观清晰展示，而波动率交易的分析方法更趋数量化，需要对各个希腊字母风险进行监控和调整。因此在介绍波动率交易时，还是有必要对希腊字母风险进行介绍。

目前国内上市的 50ETF 期权为欧式期权，对于欧式期权可以使用 BS 公式来推导相各个希腊字母的计算公式，如表 2 所示。而对于美式期权，或者更加复杂的奇异期权，由于其价格不存在解析解，因此希腊字母的计算更加复杂。

² 公式中， q 表示标的的分红率， $N(\cdot)$ 为标准正态分布函数， $N'(\cdot)$ 为标准正态密度函数， $d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$ ， $d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$ ，后文类似。

³ 一般情况下 $\frac{S_0 N'(d_1) \sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}}$ 的绝对值大于 $rKe^{-rT}N(d_2)$ 的绝对值，因此 $rKe^{-rT}N(d_2)$ 可以忽略。

表 2：欧式期权基于 BS 公式推导的各个希腊字母计算公式

| 希腊字母 | 导数关系 | 认购期权 | 认沽期权 |
|----------------|--------------------------------|--|--|
| Delta Δ | $\partial f / \partial S$ | $e^{-qT}N(d_1)$ | $e^{-qT}[N(d_1) - 1]$ |
| Gamma Γ | $\partial^2 f / \partial S^2$ | $\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$ | $\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$ |
| Theta θ | $\partial f / \partial T$ | $\frac{S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} - qS_0N(d_1)e^{-qT} + rKe^{-rT}N(d_2)$ | $\frac{S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} + qS_0N(-d_1)e^{-qT} - rKe^{-rT}N(-d_2)$ |
| Vega | $\partial f / \partial \sigma$ | $S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}$ | $S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}$ |
| Rho ρ | $\partial f / \partial r$ | $KT e^{-rT}N(d_2)$ | $-KT e^{-rT}N(-d_2)$ |

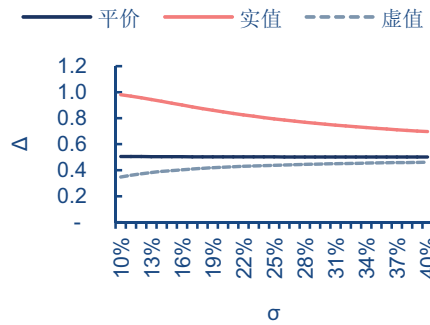
资料来源：中信证券研究部整理

Delta Δ ——约等于期权到期时为实值的概率

Δ 为期权价格对标的的价格的一阶偏导，反应期权对标的的价格的敏感性。认购期权 $\Delta \in [0,1]$ ，认沽期权 $\Delta \in [-1,0]$ 。 Δ 值的一个重要意义在于，如果忽略其正负号，且假设无风险利率和分红率均为 0，则 Δ 值约等于期权到期时为实值的概率。因此平价期权的 Δ 在 ± 0.5 附近，实值期权靠近 ± 1 ，而虚值期权接近于 0。

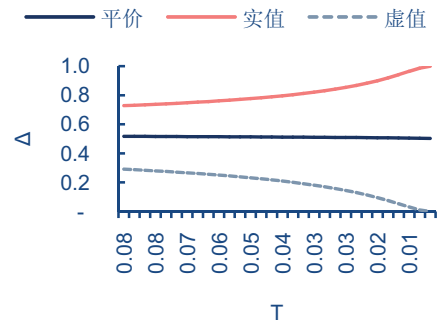
Δ 值与隐含波动率 σ 和存续期 T 的关系由图 3 至图 6 所示。总体而言，当 σ 或 T 值较大时，当前时刻的实值期权将有更高的概率以虚值到期，而当前的虚值期权也有更高的概率以实值到期，因此会向 ± 0.5 靠近。

图 3：认购期权 Δ 随隐含波动率的变化关系



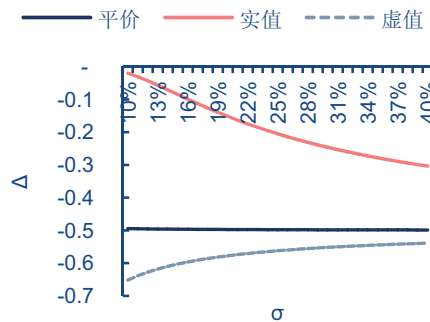
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 4：认购期权 Δ 随存续期的变化关系



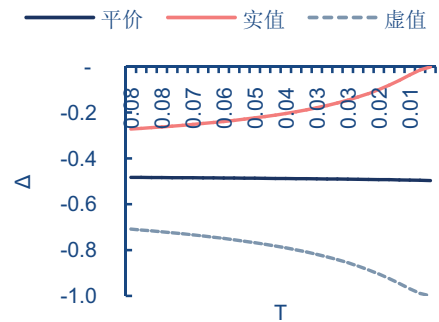
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 5：认沽期权 Δ 随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 6：认沽期权 Δ 随存续期的变化关系



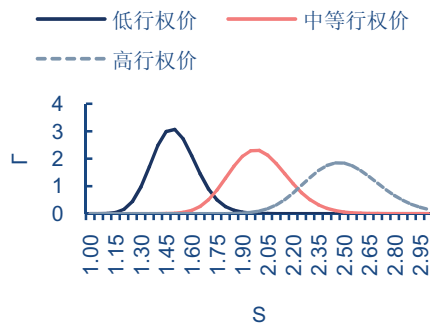
资料来源：中信证券量化投资分析系统

Gamma Γ ——近月平价期权为其主要的交易标的

Γ 是期权对标的价格的二阶偏导，通常表示为标的每变化 1 元所导致的期权 Δ 的变动值。行权价和到期时间相同的欧式认购和认沽期权的 Γ 值相等，且 Γ 值永远为正。

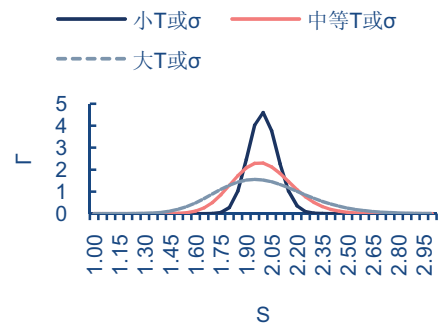
对于同一标的同一到期日的期权来说，平价期权的 Γ 值为最高；而对于同一到期日，相同隐含波动率，但不同标的的期权来说，由于标的价格不一定相同，那么标的价格高的平价期权的 Γ 值反而较小，如图 7 所示。这主要是因为，1 元的变化值对于价格高的标的的变化幅度较小，所导致的 Δ 值的变动也较小，因此具有较小的 Γ 。另外，由图 8 可知， Γ 值与存续期 T 和隐含波动率 σ 的大小也成反向关系，较小的 T 或 σ 对应的 Γ 较大。综上，如果希望对 Γ 项暴露风险，则通常选择近月的平价期权进行交易。

图 7：行权价对 Γ 的影响



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 8：T和 σ 对 Γ 的影响



资料来源：中信证券量化投资分析系统

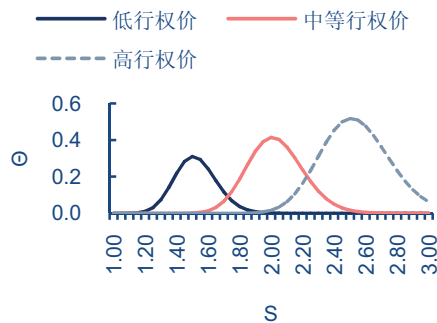
Theta Θ ——平价期权的时间价值衰减最快

Θ 是期权相对存续期 T 的一阶偏导，反应期权的时间价值随着存续期的缩短的衰减速度，通常表示为 1 个交易日之后该期权的价格将要减少的金额。

对于同一标的同一到期日的期权来说，平价期权的 Θ 值最大；而对于同一到期日，相同隐含波动率，但不同标的的期权来说，由于标的价格不一定相同，那么标的价格高的平价期权的 Θ 值较大，这一点与 Γ 刚好相反，如图 9 所示。

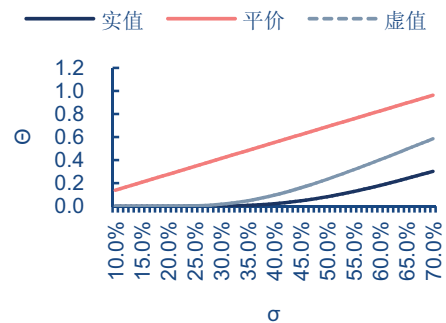
由图 10 可知，期权的 Θ 值与隐含波动率 σ 呈正相关性；且平价期权的 Θ 与 σ 刚好呈线性关系；而实值或虚值期权的 Θ 随着 σ 的增加， Θ 值变化的速率也在逐渐增大。

图 9：行权价对 Θ 的影响



资料来源：中信证券量化投资分析系统

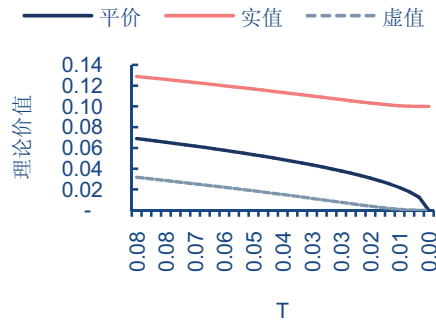
图 10： Θ 随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券量化投资分析系统

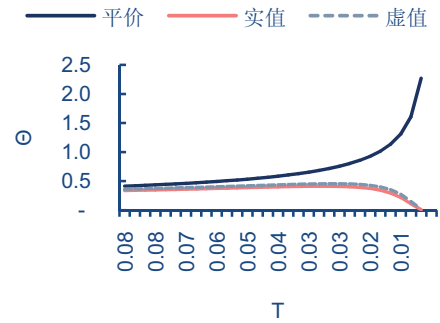
由图 11 可知，随着到期时间的临近，平价期权的时间价值衰减的最快，因此反映在 Θ 值上，平价期权的 Θ 随着存续期的缩短而快速增大（见图 12）；实值和虚值期权在临近到期时价值衰减速率要比平价期权更加稳定，其 Θ 在临近到期时快速趋于 0。

图 11：期权理论价格随存续期的变化



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 12： Θ 随存续期的变化关系



资料来源：中信证券量化投资分析系统

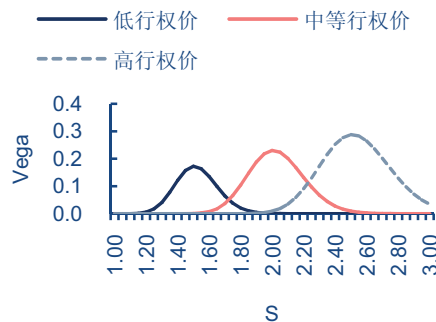
Vega——远月平价期权为其主要交易标的

Vega 是期权对隐含波动率的一阶偏导数，反应隐含波动率的变化对期权价格的影响，通常为隐含波动率每变化 1%引起期权价格的变化金额。认购和认沽期权的 Vega 值均为正，且对于同一标的，相同行权价和到期日的认购和认沽期权具有相同的 Vega 值。

对于同一标的的同一到期日的期权来说，平价期权的 Vega 值最大；而对于同一到期日，相同隐含波动率，但不同标的的期权来说，由于标的价格不一定相同，那么标的价格高的平价期权的 Vega 值较大，这一性质与 Γ 相反，而与 Θ 比较类似，如图 13 所示。

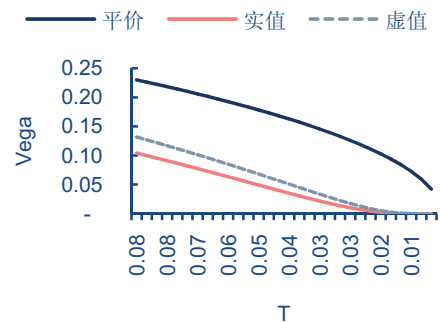
由图 14 可知，期权的 Vega 随着到期日的临近而减小，且平价期权在临近到期前的 Vega 衰减最为迅速。综上，如果希望暴露 Vega 风险，则主要选择远月的平价期权来交易。

图 13：行权价对 Vega 的影响



资料来源：中信证券量化投资分析系统

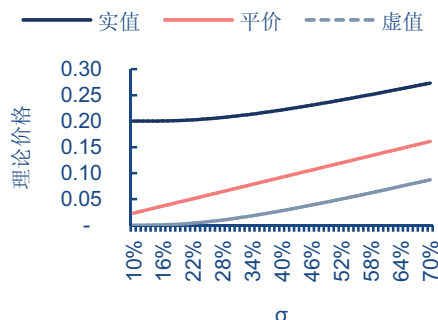
图 14：Vega 随存续期的变化关系



资料来源：中信证券量化投资分析系统

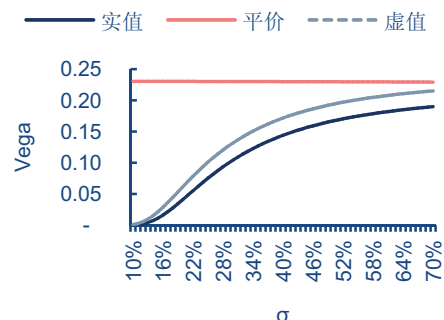
由图 15 可知，期权的理论价格与隐含波动率呈正相关性，且平价期权更趋向于线性关系，实值和虚值期权在隐含波动率水平较低时对于隐含波动率的变化较不敏感。因此，图 16 中可见平价期权的 Vega 在 σ 变化时几乎成一条水平直线，而实值与虚值期权的 Vega 在 σ 变小时趋向于 0，在 σ 变大时趋于水平直线。

图 15: 期权理论价格随隐含波动率的变化



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 16: Vega 随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券量化投资分析系统

期权组合的风险分析

期权交易风险分析的意义

如上文所述，希望暴露Gamma头寸时，主要选择近月平价期权来交易，希望暴露 Vega 头寸时则首选远月平价期权来交易。但是除了仅以平价期权为交易标的之外，交易者还常常以波动率价差组合作为交易单位来进行波动率交易。常见的组合形式包括跨式（Straddle）、宽跨式（Strangle）、蝶式（Butterfly）、秃鹰式（Condor）、比例价差（Ratio Spread）、日历价差（Calendar Spread）等。而不论所构建组合的形式如何，构建的目标一定是在希望暴露的风险项上暴露足够的风险，不希望暴露风险的项目采用各类交易标的对冲干净。根据这样的原则，有以下价格问题需要考虑：

第一，各个价差组合到期时的损益比较容易计算，但是进行波动率交易时大多仅持有数个交易日，真正持有到期的情况比较少见，那么在持有期之内价差组合的价格将怎样变化？各类市场变量将怎样影响价差组合的价格变化？

第二，构建价差组合时可以选择不同行权价、不同到期日的期权合约，这些合约当前的市场价格不同，所构建组合的收益结构也不尽相同，那么要怎样选择最优的组合？

第三，随着交易的不断进行，交易者可能需要不断调整组合持仓，增加新的价差组合或者平仓老的组合，这导致总持仓将变得较为复杂，那么又如何分析复杂组合的风险？

要回答上述问题，就要对期权组合当前所承担的风险进行分析。分析的目的是将风险进行分解，并根据分析的结构不断调整持仓结构，直到组合的各类风险暴露符合我们的交易目标为止。风险分析主要包括两个部分，一是对组合的希腊字母风险评估，二是对组合进行情景测试。

期权组合的希腊字母风险评估

期权组合的风险评估包含两个层次，一是对组合中单一合约（标的）的风险进行评估，二是对组合整体进行风险评估，只有在单一合约的风险评估基础上，才能加总得到组合的总体风险。由于希腊字母风险具有可加性，因此组合总体的风险等于持仓各个合约的希腊字母风险加总结果，如公式（6）所示：

$$Greek_p = \sum_{i=1}^n Greek_i \cdot OI_i \cdot Multiplier_i \quad (6)$$

上式中 $Greek_p$ 表示组合总体的希腊字母风险， $Greek_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 为组合持有的第*i*种期权的希腊字母，*n*为持有的合约种类； OI_i 为期权*i*的持仓量； $Multiplier_i$ 为期权*i*的合约乘数，50ETF期权的合约乘数为10000，50ETF的合约乘数为1。

还要注意的，公式(6)中所指的希腊字母包括全部的偏导数风险，例如 Δ 、 Γ 、 Θ 、Vega和 ρ ，以及更高阶的偏导和混合偏导。但是，对于Vega以及相对隐含波动率的高阶导数来说，不同到期日、不同行权价期权的隐含波动率本质上并非同一种风险，因此组合总体的Vega使用(6)的加总只是一个粗略的估算结果，并不能完全依赖该值。

表3为期权组合希腊字母风险评估的一个例子。由于十一长假的存在，2015年9月30日的次一交易日为2015年10月8日，期间非交易间隔很长，期权的时间价值在长假内衰减较多，因此可以考虑在9月30日收盘时卖出跨式组合以看空 Γ 。交易标的选为10月平价认购和认沽期权，分别卖出10张，同时买入39手50ETF，以保证组合总体 Δ 为中性。

此外，通过公式(3)可以解得上述看空 Γ 的期权组合在10月8日收盘时的盈亏平衡点为3.78%，即50ETF在10月8日收盘时如果相对9月30日收盘价的收益率在 $\pm 3.78\%$ 以内，则该笔交易截止10月8日获利，否则则亏损。

表3：卖出 Straddle 组合的希腊字母风险（截止 2015.9.30）

| 合约/标的代码 | 510050C1510M02150 | 510050P1510M02150 | 50ETF | 合计 |
|-------------|-------------------|-------------------|--------|-------------|
| 合约乘数 | 10000 | 10000 | 1 | - |
| 持仓数量 | -10 | -10 | 3900 | - |
| 市场价格 | 0.0512 | 0.0720 | 2.1470 | -3,946.70 |
| Implied Vol | 21.18% | 30.76% | 0 | - |
| Delta | 0.5178 | -0.4788 | 1 | -9.94 |
| Gamma | 3.1632 | 2.1779 | 0 | -534,028.30 |
| Theta | -0.0079 | -0.0097 | 0 | 1,754.87 |
| Vega | 0.0024 | 0.0024 | 0 | -474.07 |
| Rho | 0.0008 | -0.0008 | 0 | 3.01 |
| Margin | 0.3058 | 0.3296 | 2.147 | 71,921.30 |

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

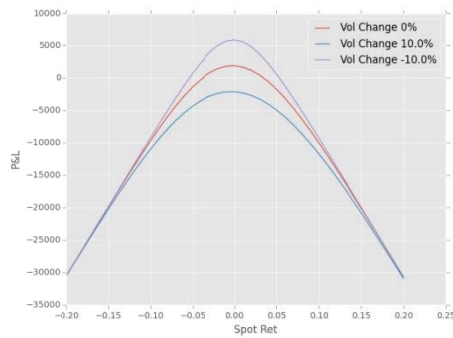
情景测试

由公式(1)可知，影响期权价格的市场变量有四个，分别为S、T、 σ 和r；进一步由公式(2)可知上述四个变量的影响形式有5种（忽略更高阶的导数）。由此可见，期权价格的影响因素和原理确实更加复杂，因此有必要利用情景测试来分析当某一市场变量发生变化时组合价值的变化情况。同时为了简化问题，我们假设其他变量不变，仅分析单一变量的影响。本文仍然以表2所示期权组合为例，分析其在2015年9月30日收盘时刻的各类风险，假设该组合以收盘价成交，不考虑交易成本和冲击成本，结果如图17至图24所示。

图17和图18所示为期权组合的损益（即Profit and Loss，简称“P&L”）随标的收益率的变化情况。其中，图17所示为标的在9月30日的次一交易日（即10月8日）收益率为不同值的情况下的组合损益，可知当收益率在 $\pm 3.78\%$ 以内时组合将获得正收益；图17还展示了如果在次一交易日隐含波动率分别升高10%和降低10%的情况下⁴，对应的期权损益与标的收益率的变化情况。图18所示为在其他条件不变时，分别在1个、5个、10个、15个交易日之后的组合损益随标的收益率的变化情况。由图可见随着时间的推移，期权的时间价值衰减越多，可承受的标的收益率变化幅度也越大；而且由于1510合约将在15个交易日后到期，因此15个交易日后的损益图呈直线。

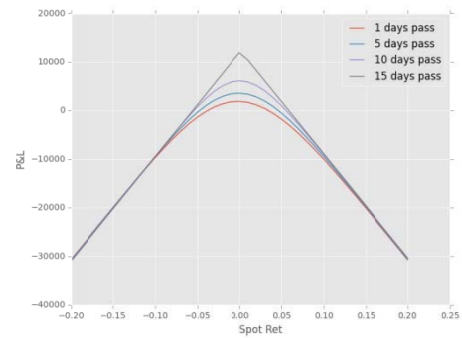
⁴这里指卖出的两个期权的隐含波动率均升高或降低10%。

图 17：组合损益随标的收益率的变化（之一）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

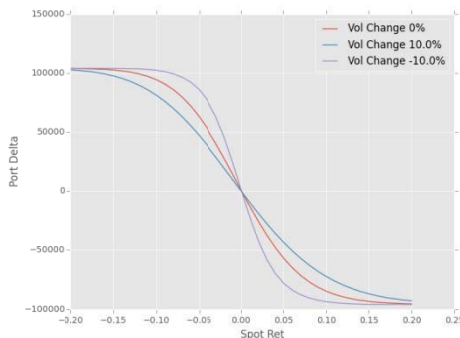
图 18：组合损益随标的收益率的变化（之二）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

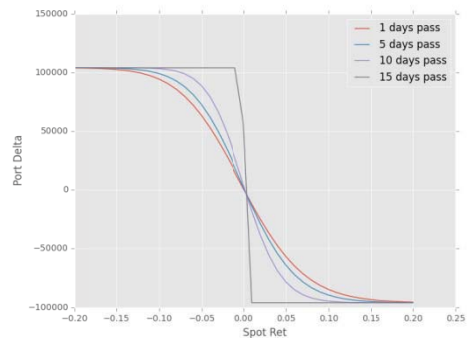
图 19 和图 20 所示为组合 Δ 随标的收益率的变化情况，图 21 和图 22 则为组合 Γ 的变化情况。在对 Δ 和 Γ 的测试中，也分别考虑了隐含波动率增加和降低 10%，以及延长持有期对测试结果的影响。总体而言， Δ 和 Γ 变化的趋势与上文对其各自的介绍相一致。

图 19：组合 Δ 随标的收益率的变化（之一）



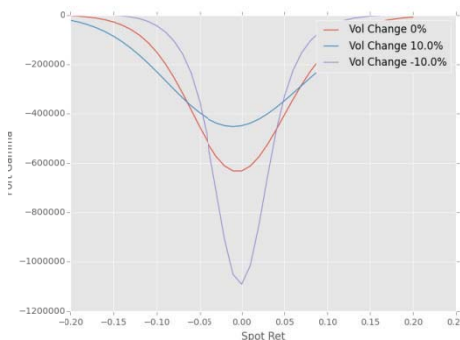
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 20：组合 Δ 随标的收益率的变化（之二）



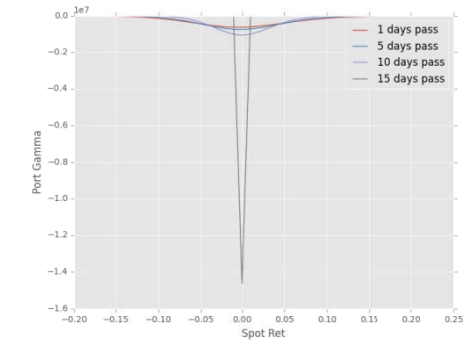
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 21：组合 Γ 随标的收益率的变化（之一）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

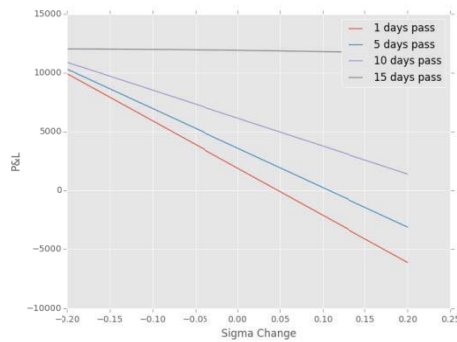
图 22：组合 Γ 随标的收益率的变化（之二）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

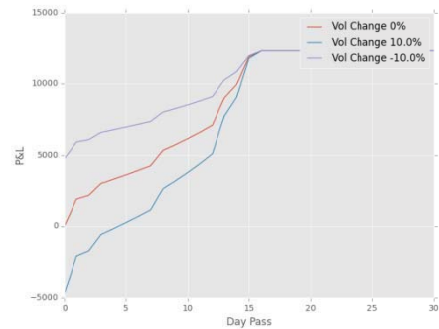
图 23 和 24 分别为组合损益随隐含波动率以及持有天数的变化情况。由图 23 可见，由于做空 Γ 的同时也做空了 Vega，因此隐含波动率的降低将导致组合价值上升；但组合在 15 个交易日到期后，期权价值将与隐含波动率的变化无关。由图 24 可见，在标的收益率为 0 的情况下，持有天数越长则组合时间价值衰减的越多，收益便越高，但隐含波动率的变化也将影响组合的整体收益情况。

图 23：组合损益随隐含波动率的变化



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 24：组合损益随持有天数的变化



资料来源：中信证券量化投资分析系统

期权交易的收益归因

交易平仓后，我们还需要对持仓组合的收益进行归因，以查看各类市场变量对组合总体收益的贡献值分别为多少，最终的目的是要判断事前构建组合的目的与事后的收益结果是否相一致。特别是事前的想法与事后结果不一致时，可以为我们改进决策流程提供依据。

不考虑交易费用和冲击成本，组合整体的收益归因等于所持有各个合约的归因结果加总。设组合中包含 n 种资产，且从 $t = 0$ 持有至 $t = T$ ，则对于资产 $i (i = 1, 2, \dots, n)$ ，其希腊字母的分解结果如下所示：

$$\text{Greek}_i P\&L = \sum_{t=0}^{T-1} \text{Greek}_{i,t} \cdot (dX_{i,t})^m \cdot \text{OI}_{i,t} \cdot \text{Multiplier}_i \quad (7)$$

公式中，Greek 可表示 Δ 、 Γ 、 Θ 、Vega 等， dX 为对应的偏导自变量的变化量， m 为偏导的阶数， $\text{OI}_{i,t}$ 为资产 i 在 t 时刻的持仓量， Multiplier_i 为资产 i 的合约乘数。这样，组合整体在该希腊字母的损益则为各个合约的在该希腊字母的损益之和，如公式 (8) 所示：

$$\text{Greek}_p = \sum_{i=1}^n \text{Greek}_i \quad (8)$$

假设在 2015 年 6 月 12 日看多后市的标的波动率，则可以构建 Γ 为正的组合，并假设选择的组合为买入 10 份 7 月的平价（即行权价为 3.3 元）跨式期权。设持有期为 6 月 12 日收盘至 6 月 19 日收盘，且每日收盘使用 50ETF 对冲组合 Δ 至中性，且全部的成交价均为收盘价，不考虑交易成本和冲击成本。这样，从 6 月 12 日起至 6 月 18 日，每日收盘时持有的 50ETF 数量分别为 -10400、4600、16100、12400、31900⁵ 份。按照公式 (7) 和 (8)，可以得到组合整体以及各个资产的收益归因结果如表 4 所示。

由表 4 可以发现，组合总体在持有期之内合计小幅亏损 37.70 元。分项来看，通过每日调整 50ETF 持仓，组合总体的 Δ 收益为 9.97 元，基本实现了 Δ 中性的投资目标。 Γ 项与 Θ 项的合计收益为 639.41 元，因此暴露 Γ 多头的初始投资目的确实实现了盈利。但是 Vega 项和 ϵ 项分别亏损了 527.11 元和 159.97 元，两项合计基本吞噬了全部做多 Γ 的收益。

⁵数字为负表示融券卖空。

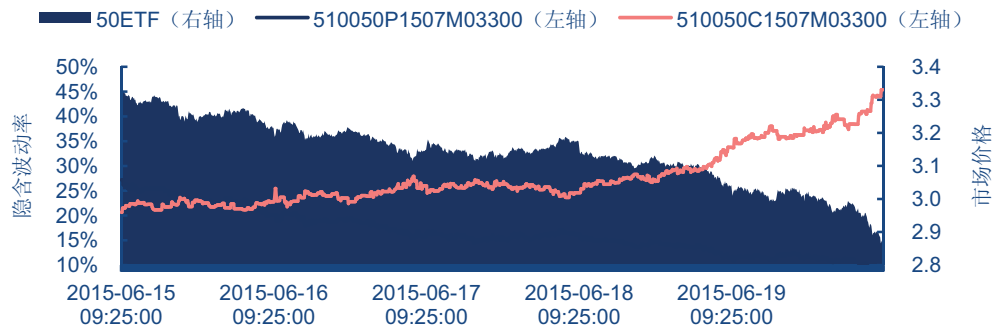
表 4：买入跨式组合在持有期间的收益归因（2015.6.15 至 2015.6.19）

| 合约代码 | 510050C1507M03300 | 510050P1507M03300 | 50ETF | 合计 |
|---------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 持仓数量 | 10 | 10 | | - |
| 市场价格变化 | -17,260.00 | 23,100.00 | -5,877.70 | -37.70 |
| Delta | -19,431.51 | 25,319.18 | -5,877.70 | 9.97 |
| Gamma | 2,146.18 | 2,439.09 | - | 4,585.26 |
| Theta | -2,203.07 | -1,742.78 | - | -3,945.86 |
| Vega | 2,808.99 | -3,336.10 | - | -527.11 |
| Epsilon | -580.59 | 420.62 | - | -159.97 |

资料来源：中信证券量化投资分析系统

上述组合中，亏损主要来源于 Vega 项和 ϵ 项。其中， ϵ 项是高阶偏导的损益，我们在前提假设中便选择将其忽略，因此有所亏损也在所难免，且总体金额也较小。Vega 项是主要的亏损来源，且进一步观察单个资产的 Vega 项收益，可以发现买入的 7 月 3.3 元认沽期权贡献了主要的 Vega 项亏损，而买入的 7 月 3.3 元认购期权在 Vega 项上贡献了正收益。由于买入期权意味着 Vega 的正暴露，因此这说明认沽期权的隐含波动率在持有期之内的大幅下降最终导致了组合的亏损。图 25 列示了上述两个期权在持有期之内隐含波动率的 1 分钟序列，确实印证了认沽期权隐含波动率走低，认购期权隐含波动率走高的结果。综上，通过对组合的收益归因分析，可以清晰发现一笔交易的成功与失败之处。

图 25：7 月 3.30 元认购和认沽期权在持有期的隐含波动率走势（2015.6.15 至 2015.6.19）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

分析师声明

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。

评级说明

| 投资建议的评级标准 | 评级 | 说明 |
|---|------|--------------------------------|
| 报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。 | 买入 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 20%以上； |
| | 增持 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于 5%~20%之间 |
| | 持有 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~5%之间 |
| | 卖出 | 相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上； |
| 行业评级 | 强于大市 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 10%以上； |
| | 中性 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间； |
| | 弱于大市 | 相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上 |

其他声明

本研究报告由中信证券股份有限公司或其附属机构制作。中信证券股份有限公司及其全球的附属机构、分支机构及联营机构（仅就本研究报告免责条款而言，不含 CLSA group of companies），统称为“中信证券”。

法律主体声明

中国：本研究报告在中华人民共和国（香港、澳门、台湾除外）由中信证券股份有限公司（受中国证券监督管理委员会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）分发。

新加坡：本研究报告在新加坡由 CLSA Singapore Pte Limited（下称“CLSA Singapore”）分发，并仅向新加坡《证券及期货法》s.4A（1）定义下的“机构投资者、认可投资者及专业投资者”提供。上述任何投资者如希望交流本报告或就本报告所评论的任何证券进行交易应与 CLSA Singapore 的新加坡金融管理局持牌代表进行交流或通过后者进行交易。如您属于“认可投资者或专业投资者”，请注意，CLSA Singapore 与您的交易将豁免于新加坡《财务顾问法》的某些特定要求：（1）适用《财务顾问规例》第 33 条中的豁免，即豁免遵守《财务顾问法》第 25 条关于向客户披露产品信息的规定；（2）适用《财务顾问规例》第 34 条中的豁免，即豁免遵守《财务顾问法》第 27 条关于推荐建议的规定；以及（3）适用《财务顾问规例》第 35 条中的豁免，即豁免遵守《财务顾问法》第 36 条关于披露特定证券利益的规定。

针对不同司法管辖区的声明

中国：根据中国证券监督管理委员会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

新加坡：监管法规或交易规则要求对研究报告涉及的实际、潜在或预期的利益冲突进行必要的披露。须予披露的利益冲突可依照相关法律法规要求在特定报告中获得，详细内容请查看 <https://www.clsa.com/disclosures/>。该等披露内容仅涵盖 CLSA group, CLSA Americas 及 CA Taiwan 的情况，不反映中信证券、Credit Agricole Corporate & Investment Bank 及/或其各自附属机构的情况。如投资者浏览上述网址时遇到任何困难或需要过往日期的披露信息，请联系 compliance_hk@clsa.com。

美国：本研究报告由中信证券编制。本研究报告在美国由中信证券（CITIC Securities International USA, LLC（下称“CSI-USA”）除外）和 CLSA group of companies（CLSA Americas, LLC（下称“CLSA Americas”）除外）仅向符合美国《1934 年证券交易法》下 15a-6 规则定义且分别与 CSI-USA 和 CLSA Americas 进行交易的“主要美国机构投资者”分发。对身在美国的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所载任何观点的背书。任何从中信证券与 CLSA group of companies 获得本研究报告的接收者如果希望在美国交易本报告中提及的任何证券应当分别联系 CSI-USA 和 CLSA Americas。

英国：本段“英国”声明受英国法律监管并依据英国法律解释。本研究报告在英国须被归为营销文件，它不按《英国金融行为管理手册》所界定、旨在提升投资研究报告独立性的法律要件而撰写，亦不受任何禁止在投资研究报告发布前进行交易的限制。本研究报告在欧盟由 CLSA（UK）发布，该公司由金融行为管理局授权并接受其管理。本研究报告针对《2000 年金融服务和市场法 2005 年（金融推介）令》第 19 条所界定的在投资方面具有专业经验的人士，且涉及到的任何投资活动仅针对此类人士。若您不具备投资的专业经验，请勿依赖本研究报告的内容。

一般性声明

本研究报告对于收件人而言属高度机密，只有收件人才能使用。本研究报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许该研究报告发送、发布的人员。本研究报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为出售任何证券或金融工具的要约，或者证券或金融工具交易的要约邀请。中信证券并不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具的分析，本报告的收件人须保持自身的独立判断。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但中信证券不保证其准确性或完整性。中信证券并不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他损失承担任何责任。本报告提及的任何证券均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适用所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了中信证券在最初发布该报告日期当日分析师的判断，可以在不发出通知的情况下做出更改，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与中信证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。中信证券并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。中信证券通过信息隔离墙控制中信证券内部一个或多个领域的信息向中信证券其他领域、单位、集团及其他附属机构的流动。负责撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和中信证券高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投资银行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投资银行、销售与交易业务。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构为此发送行为承担全部责任。该机构的客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券以及中信证券的各个高级职员、董事和员工亦不为（前述金融机构之客户）因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。

未经中信证券事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

中信证券 2015 版权所有。保留一切权利。