

中信证券研究部



王兆宇
首席量化策略
分析师
S1010514080008



赵文荣
首席量化与配置
分析师
S1010512070002



马普凡
量化策略分析师
S1010520030001



张依文
量化策略分析师
S1010517080004

核心观点

波动率交易是与价格交易不同维度的交易方式，其核心是判断期权隐含波动率与标的未来实现波动率的大小关系。波动率交易以希腊字母为主要的监控和分析工具，交易前需要对组合进行情景分析，考察组合风险承受能力，交易后需要对组合进行业绩归因，判断组合构建逻辑与实际收益是否一致。

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。

期权希腊字母的风险性质：（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。

风险因素：模型失效风险；衍生品交易规则改变。

目录

投资聚焦	1
期权的波动率交易原理.....	2
期权价格的泰勒展开：风险与收益分析的基础.....	2
波动率交易：交易策略的新蓝海	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
期权组合的希腊字母风险评估	9
情景测试.....	10
期权交易的收益归因	12
风险因素	14

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	6
图 6: 认沽期权 Δ 随存续期的变化关系	6
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	7
图 10: Θ 随隐含波动率的变化关系	7
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	8
图 14: Vega 随存续期的变化关系	8
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: 组合损益随标的收益率的变化 (之一)	11
图 18: 组合损益随标的收益率的变化 (之二)	11
图 19: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之一)	11
图 20: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之二)	11
图 21: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之一)	11
图 22: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之二)	11
图 23: 组合损益随隐含波动率的变化	12
图 24: 组合损益随存持有天数的变化	12
图 25: 认购和认沽期权在持有期的隐含波动率走势	14

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 (2020.2.19 至 2020.2.25)	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	10
表 4: 买入跨式组合在持有期期间的收益归因 (2020.2.19 至 2020.2.25)	13

投资聚焦

2019 年 12 月 23 日，A 股股票期权市场迎来扩容时刻，上交所、深交所、中金所分别上市了以华泰柏瑞沪深 300ETF、嘉实沪深 300ETF、沪深 300 指数为标的的 ETF 期权或股指期货，标志着我国股票期权市场进入多品种交易新时代。

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：

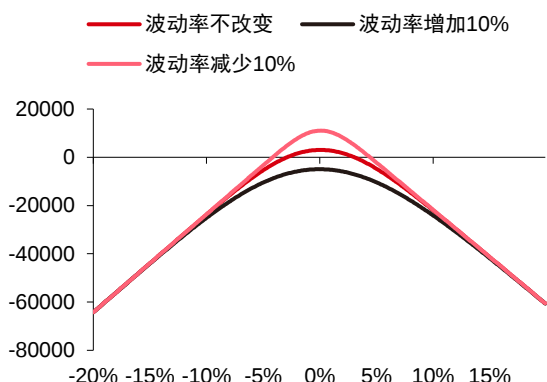
第一，波动率交易的核心是判断隐含波动率与标的未来实现波动率的大小关系。泰勒展开式将期权价格的变动归结为数个市场变量的变化上，其中 Γ 项和 Vega 项与波动率交易有直接的关系。在波动率预测准确的前提下，若隐含波动率直接向实现波动率收敛，则可通过 Vega 项获利；若隐含波动率与实现波动率一直存在差异，则可以通过 Γ 项获利。

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。

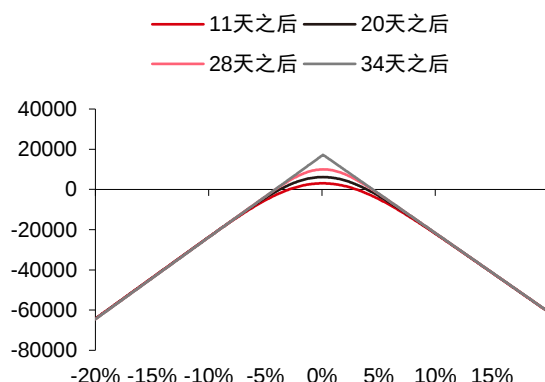
第四，在交易持有期内以及平仓之后，需要对期权组合进行业绩归因，以判断组合的构建逻辑与实际收益情况是否一致，如果不一致则需要分析失败原因是什么。从实际情况来看，非主要风险项的变动也很有可能吞噬投资收益，因此需要尽量将风险项目考虑周全。

图 1：买入 Straddle 组合损益随标的的变化之一



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 2：买入 Straddle 组合损益随标的的变化之二



资料来源：Wind，中信证券研究部

表 1：买入跨式组合在持有期期间的收益归因举例（2020.2.19 至 2020.2.25）

合约简称	沪 300ETF 购 2020 年 3 月 4.00	沪 300ETF 沽 2020 年 3 月 4.00	华泰柏瑞 300ETF	合计
持仓数量	10	10	日度动态调整	-
市场价格变化	5190.00	-990.00	-494.80	3705.20
Delta	3485.98	-2995.11	-494.80	-3.93
Gamma	743.23	742.51	-	1485.74
Theta	-1066.99	-939.31	-	-2006.30
Vega	2282.78	2269.06	-	4551.84
Epsilon	-255.00	-67.15	-	-322.15

资料来源：Wind，中信证券研究部

期权的波动率交易原理

期权价格的泰勒展开：风险与收益分析的基础

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，该值反映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，因此这意味着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 反映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 为正，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 $\Theta = \frac{S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} - qS_0N(d_1)e^{-qT} + rKe^{-rT}N(d_2)$ 。²假设标的的分红比率 $q = 0$ ，且忽略 $rKe^{-rT}N(d_2)$ ，³则有：

$$\Theta \approx \frac{S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} = \frac{1}{2}\Gamma S^2\sigma^2 \quad (4)$$

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了起来，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 ETF 期权和股指期货均为欧式期权，对于欧式期权可以使用 BS 公式来推导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。

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。

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 $\frac{S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}}$ 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	$\partial f / \partial T$	$\frac{S_0 N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} - qS_0 N(d_1)e^{-qT} + rKe^{-rT}N(d_2)$	$\frac{S_0 N'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} + qS_0 N(-d_1)e^{-qT} - rKe^{-rT}N(-d_2)$
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	$\partial f / \partial r$	$KT e^{-rT}N(d_2)$	$-KT e^{-rT}N(-d_2)$

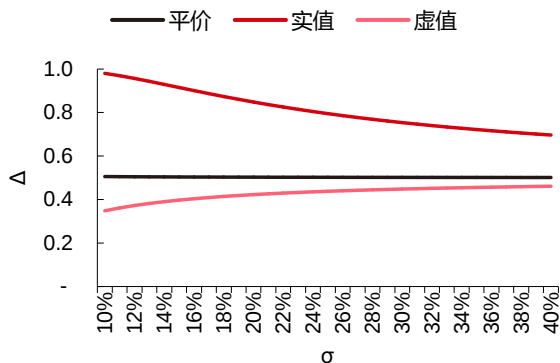
资料来源：中信证券研究部

Delta Δ ：约等于期权到期时为实值的概率

Δ 为期权价格对标的价格的一阶偏导，反映期权对标的价格的敏感性。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。

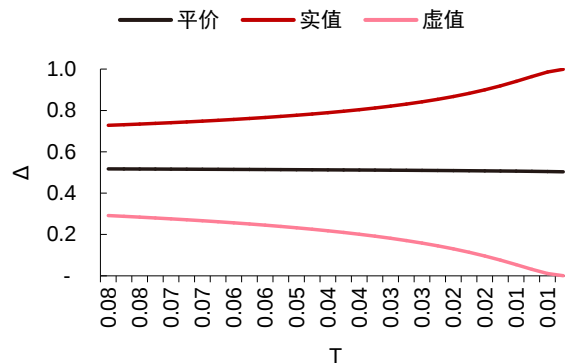
Δ 值与隐含波动率 σ 和存续期 T 的关系由图 3 至图 6 所示。总体而言，当 σ 或 T 值较大时，当前时刻的实值期权将有更高的概率以虚值到期，而当前的虚值期权也有更高的概率以实值到期，因此会向 ± 0.5 靠近。

图 3：认购期权 Δ 随隐含波动率的变化关系



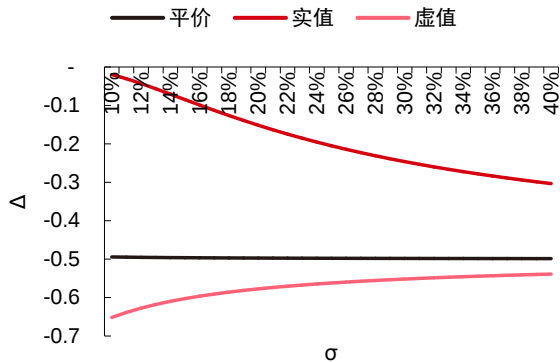
资料来源：中信证券研究部

图 4：认购期权 Δ 随存续期的变化关系



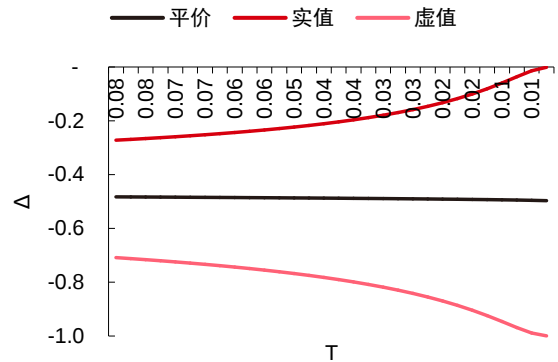
资料来源：中信证券研究部

图 5：认沽期权 Δ 随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券研究部

图 6：认沽期权 Δ 随存续期的变化关系



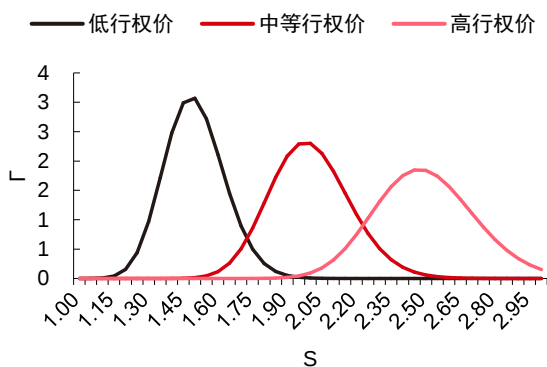
资料来源：中信证券研究部

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。

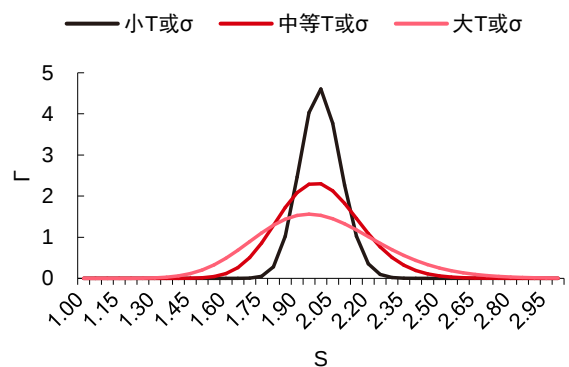
对于同一标的的同一到期日的期权来说,平价期权的 Γ 值为最高;而对于同一到期日,相同隐含波动率,但不同标的的期权来说,由于标的价格不一定相同,那么标的价格高的平价期权的 Γ 值反而较小,如图7所示。这主要是因为,1元的变化值对于价格高的标的的变化幅度较小,所导致的 Δ 值的变动也较小,因此具有较小的 Γ 。另外,由图8可知, Γ 值与存续期 T 和隐含波动率 σ 的大小也成反向关系,较小的 T 或 σ 对应的 Γ 较大。综上,如果希望对 Γ 项暴露风险,则通常选择近月的平价期权进行交易。

图 7：行权价对 Γ 的影响



资料来源：中信证券研究部

图 8：T 和 σ 对 Γ 的影响



资料来源：中信证券研究部

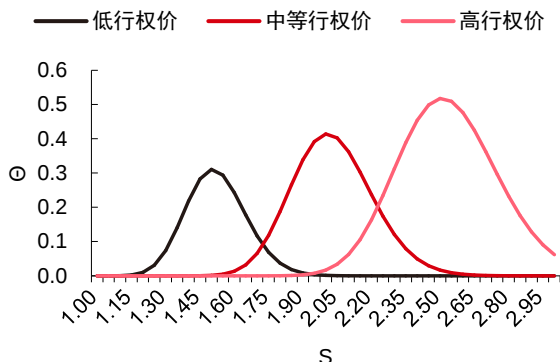
Theta Θ ：平价期权的时间价值衰减最快

Θ 是期权相对存续期 T 的一阶偏导,反映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个日历日(或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。

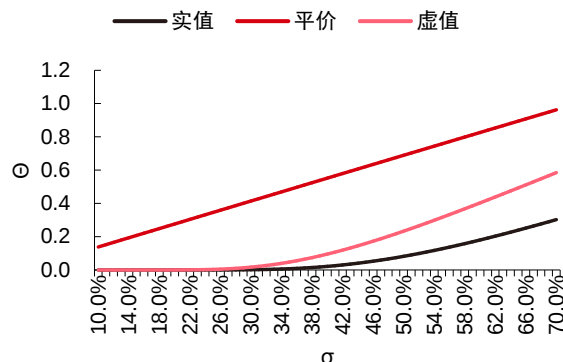
由图 10 可知，期权的 Θ 值与隐含波动率 σ 呈正相关性；且平价期权的 Θ 与 σ 刚好呈线性关系；而实值或虚值期权的 Θ 随着 σ 的增加， Θ 值变化的速率也在逐渐增大。

图 9：行权价对 Θ 的影响



资料来源：中信证券研究部

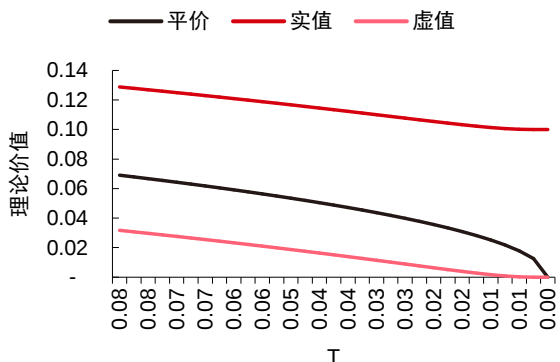
图 10： Θ 随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券研究部

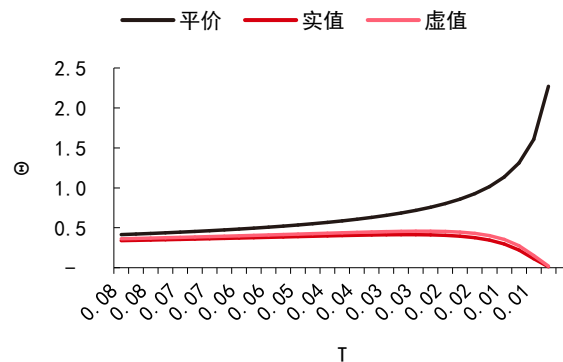
由图 11 可知，随着到期时间的临近，平价期权的时间价值衰减的最快，因此反映在 Θ 值上，平价期权的 Θ 随着存续期的缩短而快速增大（见图 12）；实值和虚值期权在临近到期时价值衰减速率要比平价期权更加稳定，其 Θ 在临近到期时快速趋于 0。

图 11：期权理论价格随存续期的变化



资料来源：中信证券研究部

图 12： Θ 随存续期的变化关系



资料来源：中信证券研究部

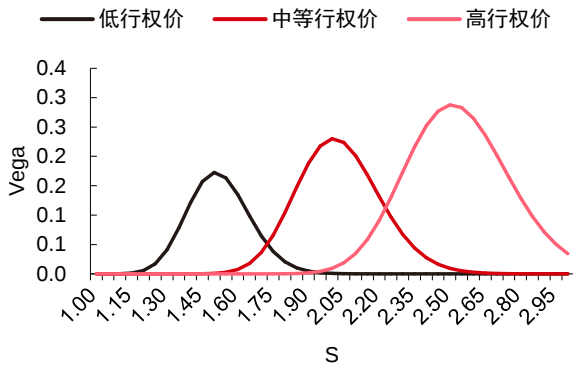
Vega：远月平价期权为其主要交易标的

Vega 是期权对隐含波动率的一阶偏导数，反映隐含波动率的变化对期权价格的影响，通常表示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。

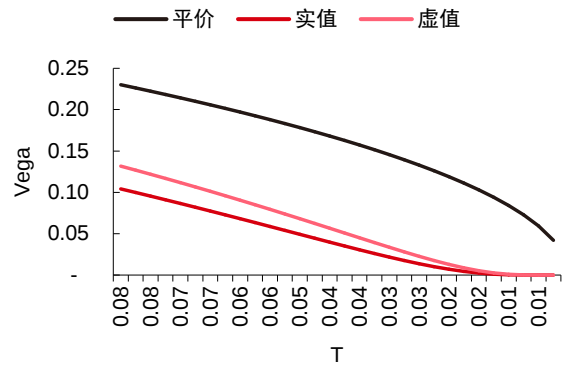
由图14可知，期权的Vega随着到期日的临近而减小，且平价期权在临近到期前的Vega衰减最为迅速。综上，如果希望暴露Vega风险，则主要选择远月的平价期权来交易。

图13：行权价对Vega的影响



资料来源：中信证券研究部

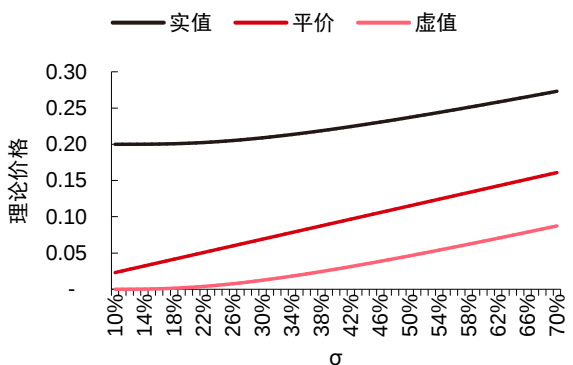
图14：Vega随存续期的变化关系



资料来源：中信证券研究部

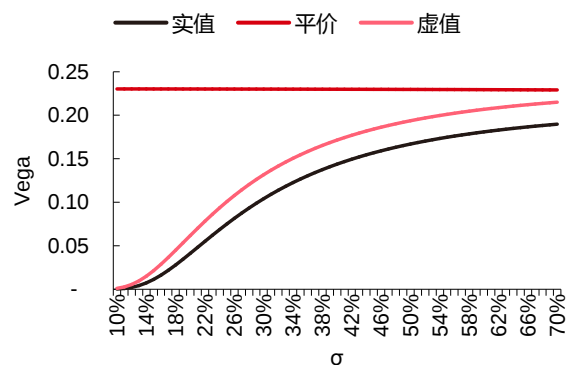
由图15可知，期权的理论价格与隐含波动率呈正相关性，且平价期权更趋向于线性关系，实值和虚值期权在隐含波动率水平较低时对于隐含波动率的变化较不敏感。因此，图16中可见平价期权的Vega在 σ 变化时几乎成一条水平直线，而实值与虚值期权的Vega在 σ 变小时趋向于0，在 σ 变大时趋于水平直线。

图15：期权理论价格随隐含波动率的变化



资料来源：中信证券研究部

图16：Vega随隐含波动率的变化关系



资料来源：中信证券研究部

期权组合的风险分析

如上文所述，希望暴露 Γ 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，ETF 期权的合约乘数为 10000，标的 ETF 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。由于春节长假的存在，2020 年 1 月 23 日的次一交易日为 2020 年 2 月 3 日⁴，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 1 月 23 日收盘时卖出跨式组合以看空 Γ 。以沪市 300ETF 期

⁴ 2 月 3 日是延迟后的开市时间，属于未来信息，但此处仅用于情景测试，并无影响。

权为例，交易标的选为 2 月平价认购和认沽期权，分别卖出 10 张，同时买入 18 手华泰柏瑞 300ETF，以保证组合总体 Δ 为中性。

此外，因为 Δ 已经对冲掉，无风险利率基本不发生改变，所以通过公式（3）可以解得上述看空的期权组合在 1 天之后的盈亏平衡点为 3.70%，即 300ETF 在 1 天之后收盘时如果相对 1 月 23 日收盘价的收益率在 $\pm 3.70\%$ 以内，则该笔交易获利，否则则亏损。注意此处 1 天之后指的是一个日历日之后，并假设 1 个日历日之后也为交易日，如不满足该假设，盈亏平衡点需另行计算。

表 3：卖出 Straddle 组合的希腊字母风险

合约/标的代码	10002139.SH（认购）	10002148.SH（认沽）	300ETF	合计
合约乘数	10000	10000	1	-
持仓数量	-10	-10	1800	-
市场价格	0.0856	0.0865	3.996	-10,017.20
Implied Vol	17.73%	17.73%	0	-
Delta	0.5081	-0.4899	1	-22.33
Gamma	1.8407	1.8407	0	-368,132.76
Theta	-0.4763	-0.4431	0	91,945.25
Vega	0.4854	0.4854	0	-97088.48
Rho	0.1812	-0.1904	0	925.63
Margin	0.56112	0.56602	3.996	119,906.80

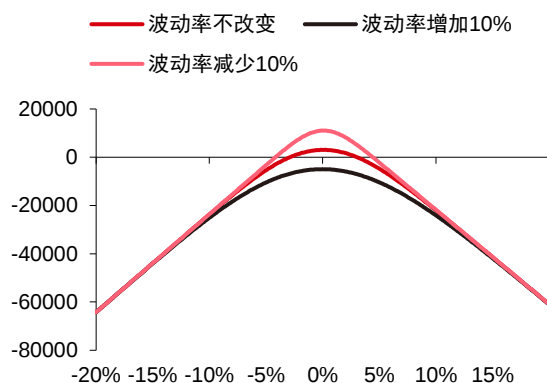
资料来源：Wind，中信证券研究部

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 2020 年 1 月 23 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。

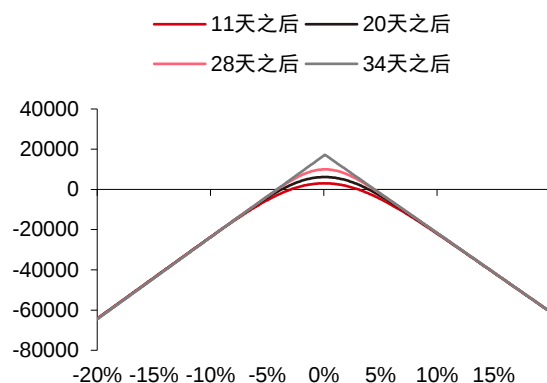
图 17 和图 18 所示为期权组合的损益（即 Profit and Loss，简称“P&L”）随标的收益率的变化情况。其中，图 17 所示为标的在 1 月 23 日的次一交易日（即 2 月 3 日）收益率为不同值的情况下的组合损益，可知当收益率在小幅范围内波动时组合将获得正收益；图 17 还展示了如果在次一交易日隐含波动率分别升高 10% 和降低 10% 的情况下，对应的期权损益与标的收益率的变化情况，由于组合的 vega 暴露为负，当隐含波动率升高时组合收益会降低，而隐含波动率降低时组合收益将提高。图 18 所示为在其他条件不变时，分别在 11 个、20 个、28 个、34 个日历日（分别对应 1 个、8 个、14 个、18 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；而且由于所选的期权合约将在 34 个日历日后到期，因此 34 个日历日后的损益图呈直线。

图 17: 组合损益随标的收益率的变化 (之一)



资料来源: 中信证券研究部

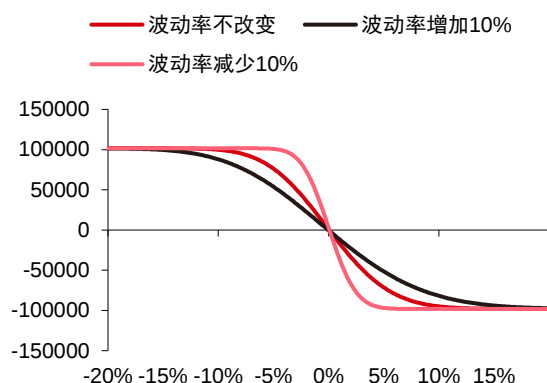
图 18: 组合损益随标的收益率的变化 (之二)



资料来源: 中信证券研究部

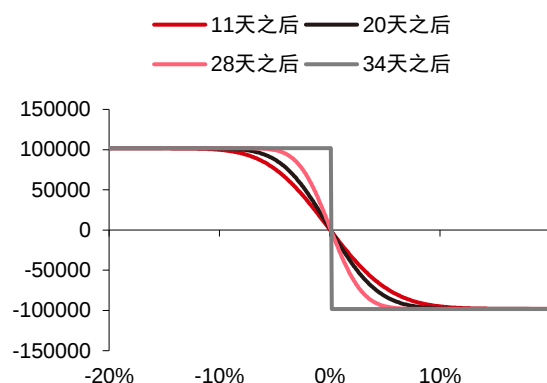
图 19 和图 20 所示为组合 Δ 随标的收益率的变化情况，图 21 和图 22 则为组合 Γ 的变化情况。在对 Δ 和 Γ 的测试中，也分别考虑了隐含波动率增加和降低 10%，以及延长持有期对测试结果的影响。总体而言， Δ 和 Γ 和变化的趋势与上文对其各自的介绍相一致。

图 19: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之一)



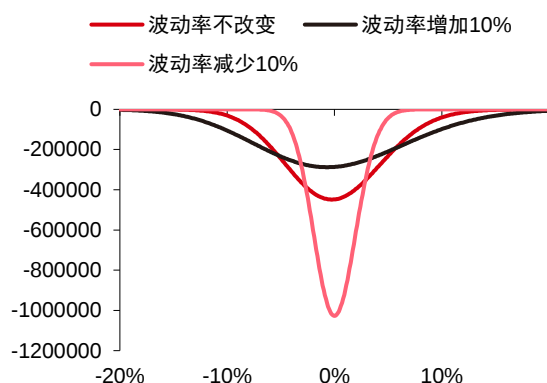
资料来源: 中信证券研究部

图 20: 组合 Δ 随标的收益率的变化 (之二)



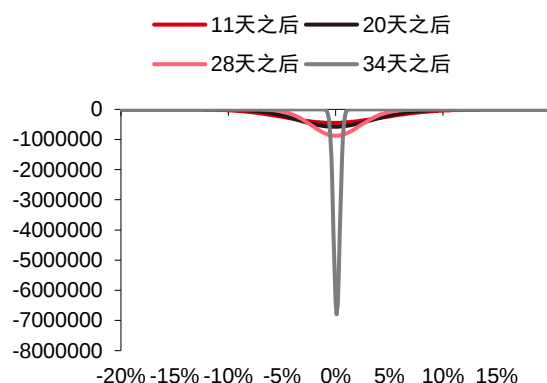
资料来源: 中信证券研究部

图 21: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之一)



资料来源: 中信证券研究部

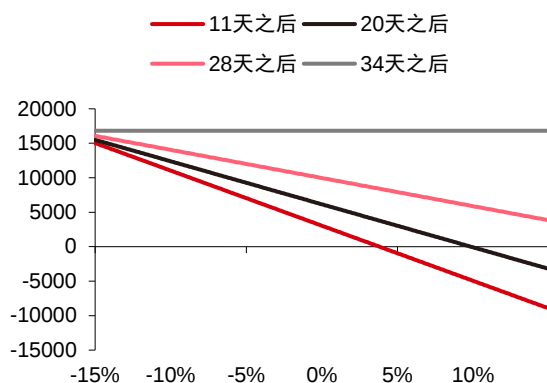
图 22: 组合 Γ 随标的收益率的变化 (之二)



资料来源: 中信证券研究部

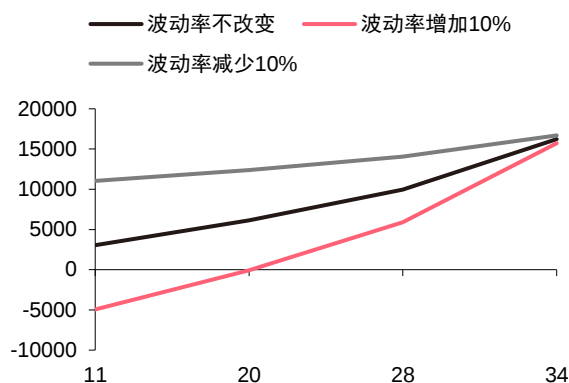
图 23 和 24 分别为组合损益随隐含波动率以及持有天数的变化情况。由图 23 可见，由于做空 Γ 的同时也做空了 Vega，因此隐含波动率的降低将导致组合价值上升，而隐含波动率的增加将使得组合价值下跌；但组合在 34 个日历日后期权到期，期权价值将与隐含波动率的变化无关。由图 24 可见，在标的收益率为 0 的情况下，持有天数越长则组合时间价值衰减的越多，收益便越高，但隐含波动率的变化也将影响组合的整体收益情况。

图 23：组合损益随隐含波动率的变化



资料来源：中信证券研究部

图 24：组合损益随存持有天数的变化



资料来源：中信证券研究部

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：

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

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 2020 年 2 月 18 日看多后市的隐含波动率，则可以构建Vega为正的组合。以沪市 300ETF 期权为例，假设选择的组合为买入 10 份 3 月到期的平价（即行权价为 4 元）跨式期权。设持有期为 2 月 18 日收盘至 2 月 25 日收盘，且每日收盘使用华泰柏瑞 300ETF 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 2 月 18 日起至 2 月 25 日，每日收盘时持有的 300ETF 数量分别为-18900、-18000、-42000、

-44500、-35200⁵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，整个组合在持有期之内合计盈利 3705.20 元。分项来看，通过每日调整 300ETF 持仓，组合总体的 Δ 收益为-3.93 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-520.56 元， Γ 多头带来的收益并未完全弥补时间价值的衰减。Vega 项带来的收益为 4551.84 元，因此暴露 vega 多头的初始投资目的确实实现了盈利。 ϵ 项代表高阶偏导的损益，亏损了 322.15 元，数值与组合整体收益相比较小。

表 4：买入跨式组合在持有期期间的收益归因（2020.2.19 至 2020.2.25）

合约简称	沪 300ETF 购 2020 年 3 月 4.00	沪 300ETF 沽 2020 年 3 月 4.00	华泰柏瑞 300ETF	合计
持仓数量	10	10	日度动态调整	-
市场价格变化	5190.00	-990.00	-494.80	3705.20
Delta	3485.98	-2995.11	-494.80	-3.93
Gamma	743.23	742.51	-	1485.74
Theta	-1066.99	-939.31	-	-2006.30
Vega	2282.78	2269.06	-	4551.84
Epsilon	-255.00	-67.15	-	-322.15

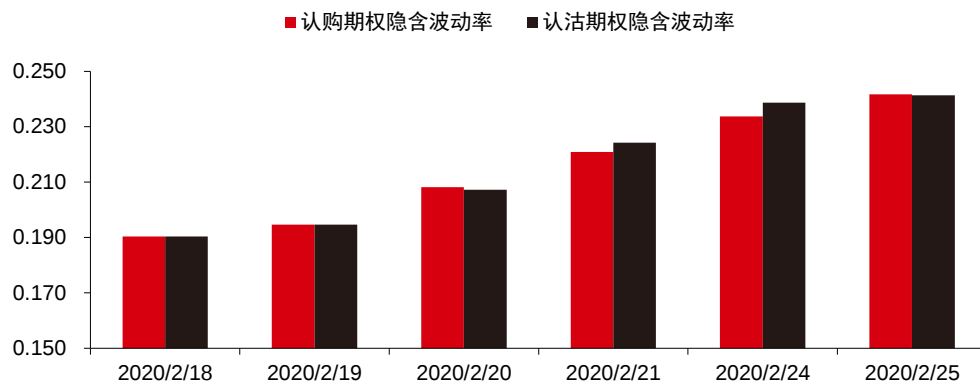
资料来源：Wind，中信证券研究部

上述组合中，认购期权和认沽期权的 Gamma 收益和 Vega 收益并不完全相等，这是因为我们在估计希腊字母时用 hard-to-borrow rate 进行了调整，而 hard-to-borrow rate 的估计是使用流动性较高的近月平价期权进行估计，而行权价为 4 元的期权在 2 月 20 日之后就不再是平价期权，因此这两个期权的隐含波动率、vega、Gamma 会存在细微的差别。

上述组合的主要受益贡献来源于 Vega 项。跨式组合买入了认购期权和认沽期权，组合在 Vega 上的暴露为正，Vega 项带来正收益说明期权的隐含波动率在持有期内有所提升。图 25 列示了上述两个期权在持有期之内以每日收盘价计算的隐含波动率的走势，确实印证了两个期权的隐含波动率走高。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。

⁵ 数字为负表示融券卖空

图 25：认购和认沽期权在持有期的隐含波动率走势



资料来源：中信证券研究部

风险因素

模型失效风险；衍生品交易规则改变。

相关研究

- 期权系列专题研究--海外保险公司使用期权对冲的策略与经验（第二版）（2020-04-20）
- 海外衍生品市场专题研究—解析香港衍生品市场（2020-04-20）
- 期权系列专题研究--市场参数变动对欧式期权杠杆率和保证金的影响（2020-04-13）
- 股票期权市场 2019 年度盘点--50 期权稳中有进，300 期权促进市场立体化发展（2020-02-12）
- 市场热点量化解析系列第 24 期—沪深 300 系列期权上市首周运行盘点（2019-12-30）
- 市场热点量化解析系列第 23 期--沪深 300 期权上市相关规则与热点问题梳理（2019-12-24）
- 市场热点量化解析系列第 22 期—期权扩容的市场影响及相关情况分析（2019-11-10）
- 指数研究与指数化投资系列—期权策略指数编制方案与应用分析（2019-05-31）

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，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）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；韩国市场以科斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	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

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。本研究报告由下列机构代表中信证券在相应地区分发：在中国香港由 CLSA Limited 分发；在中国台湾由 CL Securities Taiwan Co., Ltd. 分发；在澳大利亚由 CLSA Australia Pty Ltd. 分发；在美国由 CLSA group of companies（CLSA Americas, LLC（下称“CLSA Americas”）除外）分发；在新加坡由 CLSA Singapore Pte Ltd.（公司注册编号：198703750W）分发；在欧盟与英国由 CLSA Europe BV 或 CLSA（UK）分发；在印度由 CLSA India Private Limited 分发（地址：孟买（400021）Nariman Point 的 Dalal House 8 层；电话号码：+91-22-66505050；传真号码：+91-22-22840271；公司识别号：U67120MH1994PLC083118；印度证券交易委员会注册编号：作为证券经纪商的 INZ000001735，作为商人银行的 INM000010619，作为研究分析商的 INH000001113）；在印度尼西亚由 PT CLSA Sekuritas Indonesia 分发；在日本由 CLSA Securities Japan Co., Ltd. 分发；在韩国由 CLSA Securities Korea Ltd. 分发；在马来西亚由 CLSA Securities Malaysia Sdn Bhd 分发；在菲律宾由 CLSA Philippines Inc.（菲律宾证券交易所及证券投资者保护基金会）分发；在泰国由 CLSA Securities (Thailand) Limited 分发。

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。

美国：本研究报告由中信证券制作。本研究报告在美国由 CLSA group of companies（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 CLSA Americas 提供服务的“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联系 CLSA Americas。

新加坡：本研究报告在新加坡由 CLSA Singapore Pte Ltd.（资本市场经营许可持有人及受豁免的财务顾问），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”分发。根据新加坡《财务顾问法》下《财务顾问（修正）规例（2005）》中关于机构投资者、认可投资者、专业投资者及海外投资者的第 33、34 及 35 条的规定，《财务顾问法》第 25、27 及 36 条不适用于 CLSA Singapore Pte Ltd.。如对本报告存有疑问，还请联系 CLSA Singapore Pte Ltd.（电话：+65 6416 7888）。MCI (P) 086/12/2019。

加拿大：本研究报告由中信证券制作。对身在加拿大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。

欧盟与英国：本研究报告在欧盟与英国归属于营销文件，其不是按照旨在提升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。本研究报告在欧盟与英国由 CLSA（UK）或 CLSA Europe BV 发布。CLSA（UK）由（英国）金融行为管理局授权并接受其管理，CLSA Europe BV 由荷兰金融市场管理局授权并接受其管理，本研究报告针对由相应本地监管规定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。对于由英国分析员编纂的研究资料，其由 CLSA（UK）与 CLSA Europe BV 制作并发布。就英国的金融行业准则与欧洲其他辖区的《金融工具市场指令 II》，本研究报告被制作并意图作为实质性研究资料。

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向其发送、发布该研究报告的人员。本研究报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。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，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或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。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 2020 版权所有。保留一切权利。