

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

波动率交易是一种有别于价格交易的进阶交易手段，而波动率的相对价值交易的本质是统计套利。本文针对 50ETF 期权构建了基于隐含波动率偏度和期限结构斜率的相对价值交易策略。总体上，50ETF 期权隐含波动率曲面的结构较为稳定，策略胜率较高，但低波动的市场环境导致套利绝对收益空间较低，目前无法覆盖各类成本。但相对价值的思想仍有其他应用方式，例如使用偏度和斜率指标观察市场情绪，以及在涉及多个期权合约选择时筛选最优合约。

- **波动率的单向交易与相对价值交易：**（1）波动率交易的核心，是判断当前期权隐含波动率和标的未来实现波动率的大小。（2）波动率交易可分为单向交易和相对价值交易。（3）波动率单向交易难度较高，海外做空 VIX 指数的最大风险为遭遇黑天鹅事件。（4）**波动率相对价值交易是一种统计套利策略，更为稳健。**多种因素决定隐含波动率具有较为稳定的结构特征。（5）**波动率相对价值交易可以进一步分为垂直价差、水平/对角价差交易。**
- **基于期权的风险预警指标：**（1）波动率指数描述市场对未来波动率总体水平的预期。（2）偏度反映市场对标的收益分布两侧不对称的预期；峰度反映市场对标的收益尖峰厚尾的预期。（3）波动率指数、峰度指数、偏度指数三者结合，可更精确的把握市场对标的收益率分布的预期。
- **隐含波动率的估计技术：**（1）期权价格隐含对标的的融券难度，以平值期权估算 HTB，再代入其他期权的定价公式估算隐含波动率。（2）在期权行权价覆盖范围和密度有限的情况下，选择最简单的 Linear 插值方法估算隐含波动率曲面。
- **波动率的垂直价差交易：**（1）构建认购 Skew 和认沽 Skew 指标，认购 Skew 过高说明市场过度乐观，认沽 Skew 过高则说明市场过度悲观。（2）Skew 值存在常规波动区间，过高和过低均会发生均值回复。（3）在不考虑各类成本的情况下，针对 50ETF 期权进行测算，2017 年以来认购和认沽 Skew 过高的交易机会分别发生 44 次和 20 次，胜率分别为 68%和 45%；认购和认沽 Skew 为负的交易机会分别发生 10 次和 18 次，胜率分别为 60%和 78%。
- **波动率的水平价差交易：**（1）构建隐含波动率期限结构的斜率指标，斜率越高说明市场预期短期波动越大。（2）期限结构斜率存在常规波动区间，斜率较高时可以买入日历价差组合，日历价差组合的安全边际较好。（3）在不考虑各类交易成本的情况下，针对 50ETF 期权进行测算，斜率较高的历史交易机会 26 次，胜率 70%。
- **总结与投资建议：**（1）隐含波动率曲面结构的均值回复特性较好，但 2017 年之后低波动的市场环境导致隐含波动率曲面趋于平坦，隐含波动率的绝对差异通常只有 1%左右，限制了相对价值交易的收益空间，无法覆盖交易成本。（2）相对价值交易思想仍有其他应用方式，例如使用偏度和斜率指标观察市场情绪，以及在涉及多个期权合约选择时来筛选最优合约。
- **风险因素：**模型风险；流动性风险；市场情绪大幅波动；衍生品交易规则改变。

目录

投资聚焦	1
波动率单向交易与相对价值交易	1
波动率交易的核心——判断波动率价差的大小	1
波动率单向交易的难度较高	2
波动率相对价值交易是一种更为稳健的策略	4
基于期权的风险预警指标	5
波动率、峰度和偏度指数	5
CBOE SKEW 指数案例	7
隐含波动率的估计方法	8
使用 Hard-to-Borrow Rate 对 50ETF 收盘价进行调整	8
波动率曲面插值：采用最简单的 Linear 方法	10
隐含波动率曲线与期限结构的估计效果	11
波动率的垂直价差交易	12
期权 Skew 的度量方法与历史表现	12
使用认购期权捕捉 Skew 过高的交易机会效果较好	14
使用认沽期权捕捉 Skew 为负的交易机会的效果较好	15
波动率的水平价差交易	16
使用日历价差交易期权的期限结构	16
隐含波动率期限结构斜率的历史走势	17
水平价差交易的历史回测	17
总结与投资建议	18
风险因素	18

插图目录

图 1: 波动率交易的基本原理	2
图 2: VIX 指数与同期实现波动率	3
图 3: VIX 指数与同期实现波动率之差	3
图 4: Vega 加权 30 日隐含波动率 vs. 以及实现波动率(2015-02-09 至 2020-04-10)	4
图 5: 标普 500 指数期权隐含波动率曲面 (2020-04-17)	4
图 6: 50ETF 认购期权隐含波动率曲面 (2016-07-15)	4
图 7: 标普 500 期权的隐含波动率曲线 (考察日: 2008-10-20, 2016-07-15)	5
图 8: 标普 500 指数不同窗口下累积收益率的分布 (1980-01-01 至 2020-03-31)	5
图 9: 衍生品价格和正态分布的关系	6
图 10: 实际分布与正态分布在偏度上的偏差	6
图 11: 实际分布与正态分布在峰度上的偏差	6
图 12: CBOE SKEW 指数与标普 500 指数 (2007 年至 2009 年)	7
图 13: CBOE VIX 指数与标普 500 指数 (2007 年至 2009 年)	7
图 14: CBOE SKEW 指数与标普 500 指数 (2019 年至 2020 年 4 月 17 日)	8
图 15: CBOE VIX 指数与标普 500 指数 (2019 年至 2020 年 4 月 17 日)	8
图 16: 以 50ETF 收盘价计算的隐含波动率	9
图 17: 经上证 50 期指调整后的隐含波动率	9
图 18: 以 HTB 调整后 50ETF 价格计算的隐含波动率	9
图 19: HTB 的历史走势	10
图 20: 调整后 HTB 与期指年化基差之差	10
图 21: Linear 插值效果	10
图 22: Cubic 插值效果	10
图 23: Spline 插值效果	11
图 24: 隐含波动率曲线举例 (一)	11
图 25: 隐含波动率曲线举例 (二)	11
图 26: 隐含波动率的期限结构举例	12
图 27: 远期隐含波动率举例	12
图 28: 认购期权 Skew 示意图	13
图 29: 认沽期权 Skew 示意图	13
图 30: 认购期权 Skew 的历史走势	13
图 31: 认沽期权 Skew 的历史走势	13
图 32: 认购 Skew 较高的单次交易收益率 (相对期初占用保证金)	14
图 33: 认沽 Skew 较高的单次交易收益率 (相对期初占用保证金)	14
图 34: 认购 Skew 较高交易机会的模拟净值	15
图 35: 认沽 Skew 较高交易机会的模拟净值	15
图 36: 认购 Skew 为负的单次交易收益率 (相对期初占用保证金)	16
图 37: 认沽 Skew 为负的单次交易收益率 (相对期初占用保证金)	16
图 38: 认购 Skew 为负交易机会的模拟净值	16
图 39: 认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值	16
图 40: 隐含波动率期限结构斜率的历史走势	17
图 41: 水平价差历史交易机会的单次收益率	18
图 42: 水平价差交易的模拟净值	18

表格目录

表 1：期权的风险预警指标总结	6
-----------------------	---

■ 投资聚焦

波动率是期权定价的核心，隐含波动率是市场情绪的反映。通过期权这一非线性的衍生工具，可以将投资交易从传统的交易资产价格提升至交易市场情绪的层次，从而扩大投资范围。

在海外成熟市场，波动率交易是一种专业度较高、较为复杂的交易手段。而其中，相对波动率的单向交易，相对价值交易是一种统计套利的策略，其胜率更高、收益更加稳定。特别在海外体量较大、品种丰富的衍生品市场中，统计套利的交易机会也更加普遍，收益空间较为丰厚，因此常被各类对冲基金所采用。

本文基于相对价值的交易思想，针对 50ETF 期权构建了基于隐含波动率偏度和期限结构斜率的统计套利策略。总体上看，50ETF 期权隐含波动率曲面的结构较为稳定，均值回复效应较为显著，相关策略的回测胜率较高。但是由于近年来 A 股市场持续的低波动环境，导致此类套利策略总体空间较低，目前的套利收益尚无法覆盖各类交易成本。

但基于本文的策略思想，一方面可以使用相关指标观测市场情绪，另一方面在其他的期权交易过程中，例如套保策略的合约选择上，可以参考本文的方式来筛选最优合约。总之，纯粹的波动率相对价值交易在 A 股市场的应用还受到一定限制，但是相对价值的交易思想可以借鉴于有关期权的其他各类策略之中。

■ 波动率单向交易与相对价值交易

波动率交易的核心——判断波动率价差的大小

波动率交易的核心，是判断期权当前隐含波动率和标的未来实现波动率的大小关系，波动率价差（Volatility Spread）即为上述两者之差。以做多波动率为例，如果认为波动率价差为负，即当前隐含波动率小于未来的实现波动率时，可以构建买入波动率的期权组合。买入波动率的盈利方式如下所述：

设期权价格 f 表示为 $f = f(S, K, T, \sigma, r)$ ，其中 S 、 K 、 T 、 σ 、 r 分别表示标的价格、行权价格、存续期、隐含波动率、无风险利率。期权价格的变化 df ，根据泰勒展开可以写为：

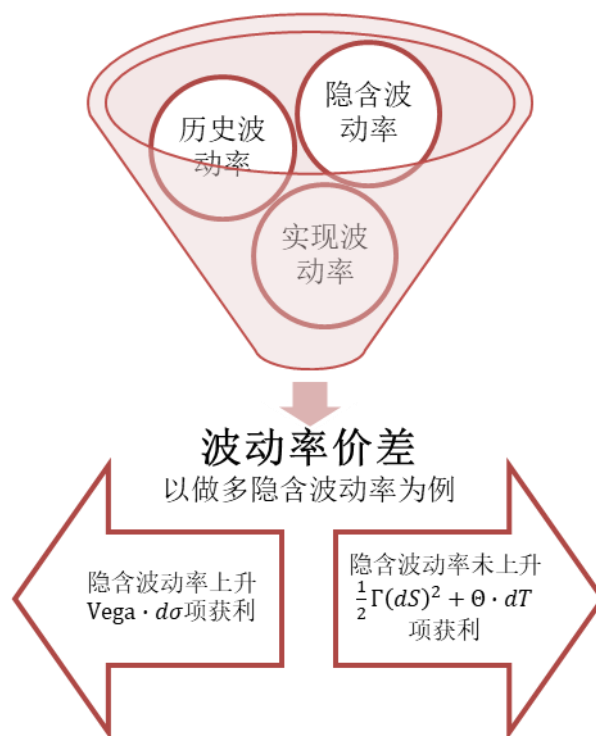
$$df = \Delta \cdot dS + \frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT + Vega \cdot d\sigma + \rho \cdot dr + \epsilon$$

上式中， 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，可忽略。

上式中与波动率交易相关的有两项：即 $\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT$ 和 $Vega \cdot d\sigma$ 。以做多波动率为例，若持仓期内隐含波动率上升，则 $Vega \cdot d\sigma$ 项立即获利；若持仓期内隐含波动率持续小于实现波动率，则 $\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT \approx \frac{1}{2} \Gamma S^2 \left[\left(\frac{dS}{S} \right)^2 + \sigma^2 \cdot dT \right]$ ，其中 $\left(\frac{dS}{S} \right)^2 + \sigma^2 \cdot dT > 0$ ，因此 $\frac{1}{2} \Gamma (dS)^2 + \Theta \cdot dT$ 项持续贡献正收益。波动率交易获利原理如下图所示。

虽然没有证据表明，历史波动率对未来的实现波动率有预测作用，但是了解当前的市场状况，也是给出预期的基础，即需要根据当前期权隐含波动率、标的的历史波动率、对标的预测的实现波动率，以及其他的市场信息来得出波动率交易的方向。

图 1：波动率交易的基本原理



资料来源：中信证券研究部

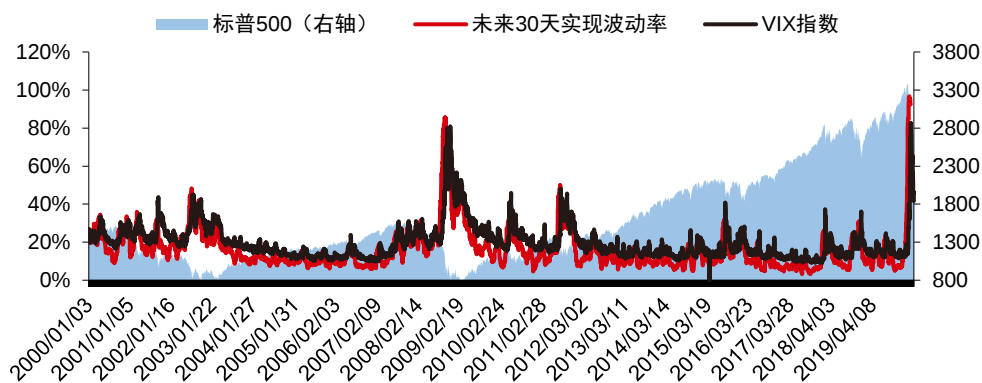
波动率单向交易的难度较高

波动率交易可分为两种类型，一是波动率的单向交易，二是波动率的相对价值交易，即同时做多和做空不同期限、不同行权价（Delta）的波动率，获取波动率价差收益。事实上，不论在海外还是在国内，进行波动率单向交易的难度均较高。

海外做空 VIX 指数的最大风险为黑天鹅事件

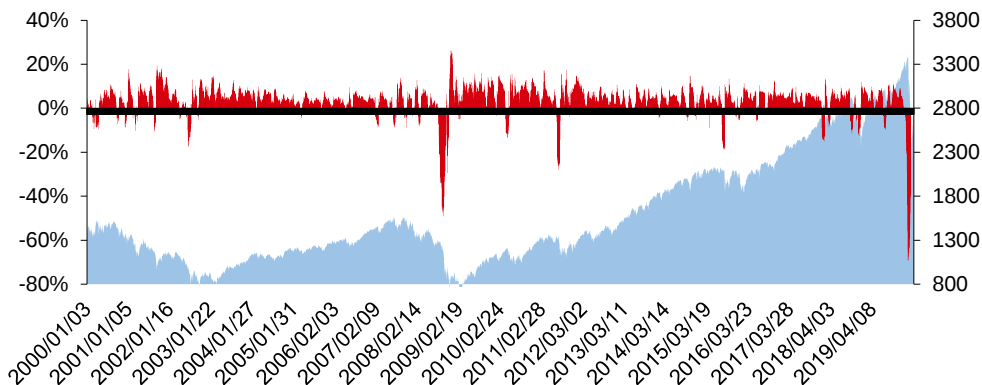
VIX 指数是由 CBOE 发布的反映标普 500 指数未来 30 天隐含波动率走势的指数，如图 2 和图 3 所示，VIX 指数一般情况下高于同期的实现波动率，但在市场爆发极端风险时会低于实现波动率。因此在美国市场中，卖空波动率在大部分时间可以获得较为稳定的收益，但在黑天鹅事件爆发时，非常容易导致大幅的回撤，存在极高的爆仓风险。

图 2: VIX 指数与同期实现波动率



资料来源: Wind, 中信证券研究部

图 3: VIX 指数与同期实现波动率之差

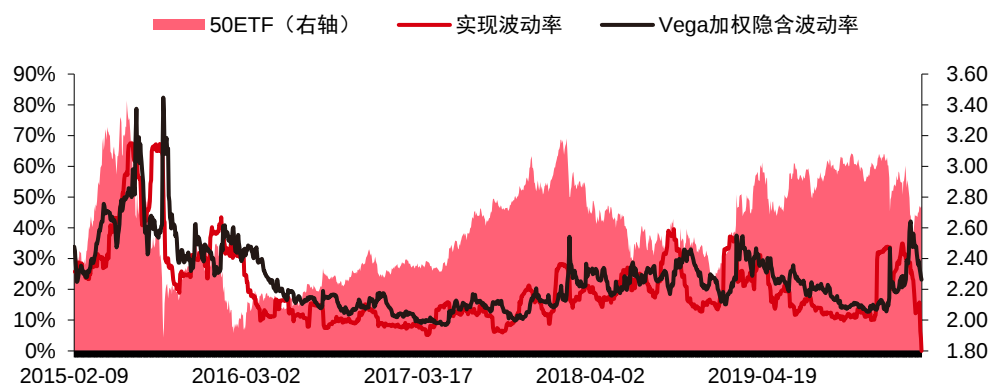


资料来源: Wind, 中信证券研究部

50ETF 期权隐含波动率的变动也较为剧烈

下图展示了 50ETF 期权的隐含波动率 (Vega 加权隐含波动率) 和同期 50ETF 实现波动率的历史走势。由图可见, 从 2015 年期权推出以来, 隐含波动率和实现波动率的大小关系并不稳定, 而且本质上进行波动率变化预测的难度与进行指数择时的难度基本相当, 因此在这样的市场环境中进行波动率单向交易的难度较大。

图 4: Vega 加权 30 日隐含波动率 vs. 以及实现波动率(2015-02-09 至 2020-04-10)



资料来源: Wind, 中信证券研究部

波动率相对价值交易是一种更为稳健的策略

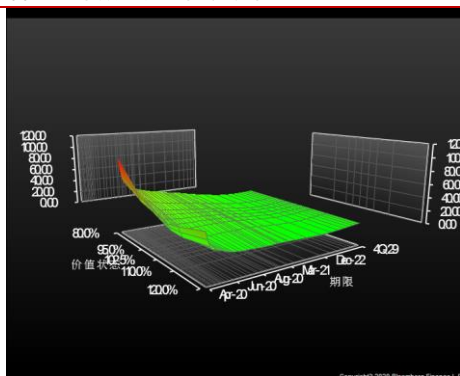
波动率相对价值交易的优势在于，是一种统计套利策略

与波动率的单向交易不同，波动率相对价值策略同时做多和做空不同行权价（Delta）或到期月份的隐含波动率，即进行波动率的价差交易。如前文所述，在任意时刻，不同到期日和行权价的隐含波动率并不相同，因此可构成隐含波动率曲面，而波动率相对价值交易即为在波动率曲面上同时做多或者做空两点波动率之差的交易行为。

根据选取的合约不同，波动率相对价值交易又分为垂直价差交易以及水平价差/对角价差交易。其中，垂直价差是指对相同到期日、不同行权价的期权构建价差组合；水平价差/对角价差是指对不同到期日、相同/不同行权价的期权构建价差组合。

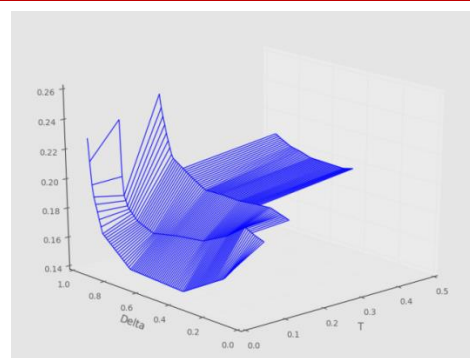
相对价值交易与波动率单向交易最大的区别在于，相对价值交易属于统计套利，即通过对历史波动率曲面的结构的分析，寻找该结构的均值，如果当前形态超过历史均值过远，则构建均值回复型的价差组合。因此相对价值交易具有比较稳定且具有胜率的优势，更加适合金融产品使用。

图 5: 标普 500 指数期权隐含波动率曲面 (2020-04-17)



资料来源: Bloomberg

图 6: 50ETF 认购期权隐含波动率曲面 (2016-07-15)



资料来源: Wind, 中信证券研究部

隐含波动率通常具有较为稳定的结构和形态

在海外成熟市场中，相同到期日的隐含波动率构成的波动率曲线具有比较稳定的形态，如图 7 所示，美国市场自从 1987 年股灾后，隐含波动率曲线一直保持左高右低的形态。此后市场环境可能会发生变化，隐含波动率的总体水平可能会发生变化，但这种左高右低的形态却几乎不变。

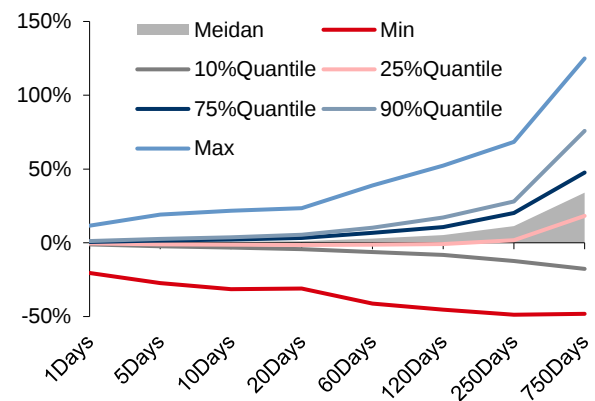
对上述现象的解释有多种，但我们认为本质上这与市场收益率的分布有较大关系。图 8 展示了 1980 年以来标普 500 指数在不同窗口期下累积收益率的分布。在小于 120 的窗口期内，累积收益率的下 1/4 分位数均为负，且收益率上下 1/4 分位数的比值随着窗口期的缩短而快速下降。这说明对于标普 500 指数来说，窗口期越短则发生下跌的概率越大。但随着窗口期的加长，标普 500 指数获得正收益的概率和幅度均显著升高，而相同概率下下跌的幅度则基本保持不变。

图 7：标普 500 期权的隐含波动率曲线（考察日：2008-10-20，2016-07-15）



资料来源：Bloomberg

图 8：标普 500 指数不同窗口下累积收益率的分布（1980-01-01 至 2020-03-31）



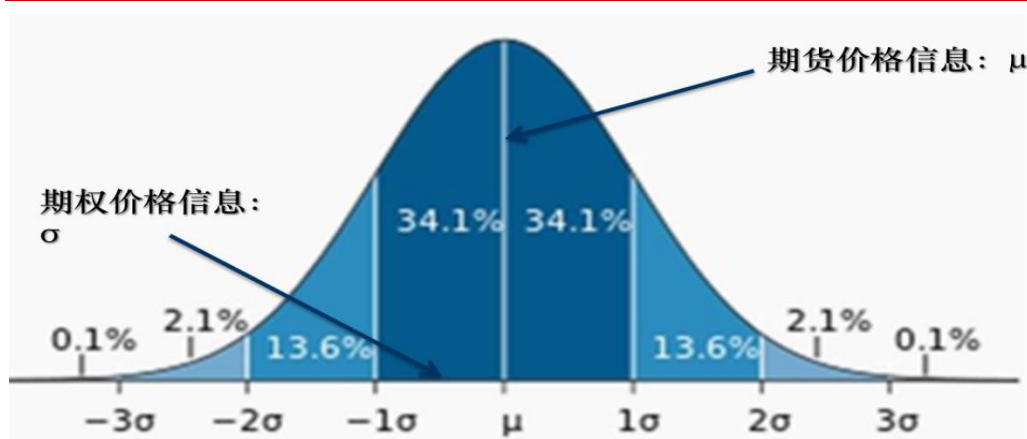
资料来源：Wind，中信证券研究部

基于期权的风险预警指标

波动率、峰度和偏度指数

期权的隐含波动率反映了全部期权投资者对于标的未来收益率分布的预期，因此可以较好的反映市场情绪并进行风险预警。VIX 指数是标的为标普 500 指数的波动率指数，反映其隐含波动率总体水平的高低。对于正态分布来说，1 倍、2 倍、3 倍标准差所表示的范围对应的事件概率分别为 68.2%、95.4%和 99.8%（见图 9）。虽然收益率的实际分布与正态分布存在差异，但总体上可以近似理解为，如果指数的波动率为 20%，那么指数未来一年的收益率在 68.2%的概率下处于无风险收益率 $\pm 20\%$ 的范围内。

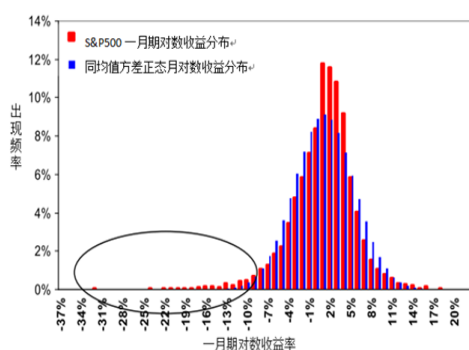
图 9：衍生品价格和正态分布的关系



资料来源：中国金融期货交易所

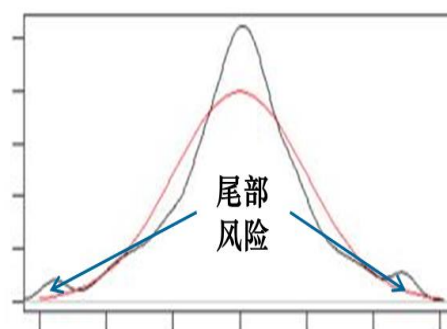
除了对隐含波动率高低水平的观测外，对隐含波动率所反映的标的收益率分布的峰度与偏度的观测也非常有意义。偏度反映的是分布左右两侧不对称的问题，而峰度则反映的是尖峰后尾的问题，如以下两图所示。

图 10：实际分布与正态分布在偏度上的偏差



资料来源：中国金融期货交易所

图 11：实际分布与正态分布在峰度上的偏差



资料来源：中国金融期货交易所

一些交易所除了推出波动率指数之外，还推出了用于反映隐含波动率偏度和峰度的指数。波动率、峰度和偏度三者相互结合，才能更为精确的把握投资者对未来分布的预期。表 1 总结了三个指数的不同变化所代表的含义。

表 1：期权的风险预警指标总结

指数	情形	含义
波动率指数	偏高	预期未来市场波动将加剧
	偏低	预期未来市场波动将减缓
峰度指数	偏高	收益分布厚尾特征显著，发生极端波动的概率大
	偏低	收益分布厚尾特征不显著，发生极端波动的概率小
偏度指数	左偏	收益分布左边厚尾特征更显著 发生负面极端波动（如暴跌）的概率更大
	右偏	收益分布右边厚尾特征更显著 发生正面极端波动（如暴涨）的概率更大

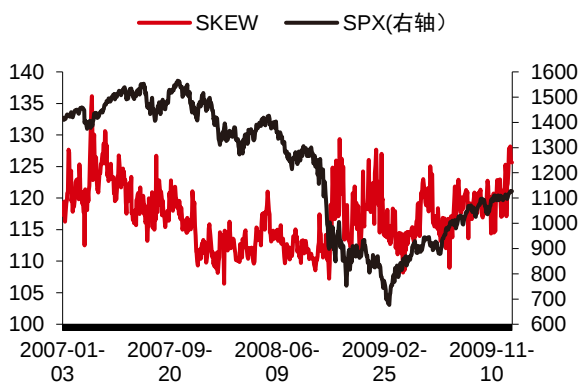
资料来源：中国金融期货交易所

CBOE SKEW 指数案例

根据 CBOE 的定义，SKEW 指数是用于衡量标普 500 指数尾部风险的指数，同样采用价外期权计算。SKEW 指数通常在 100 至 150 之间波动，当其约等于 100 时，说明市场预期标普 500 指数的对数收益率近似于正态分布，超出正态分布以外的尾部风险可忽略；而当其大于 100 时，说明市场预期标普 500 指数的左侧（下跌）风险高于正态分布所描述的概率，即此时尾部风险较高

如图 12 和图 13 所示，在 2008 年次贷危机期间，标普 500 指数从 8 月末开始快速下跌，同时 VIX 指数快速上升，反映投资者预期未来 30 日市场下跌的概率较大。在指数下跌的初期，SKEW 指数依旧维持在 110 点左右波动，直到 2008 年 10 月起才快速升高，并于 2008 年 11 月 10 日达到局部高点 129 点，此后长期维持于高位。这说明市场下跌的早期，投资者对极端风险的防范是不足的，而待市场经过 2008 年 9 月的下跌而企稳后，投资者才开始有意识地采取措施主动防范尾部风险。

图 12：CBOE SKEW 指数与标普 500 指数（2007 年至 2009 年）



资料来源：Bloomberg，中信证券研究部

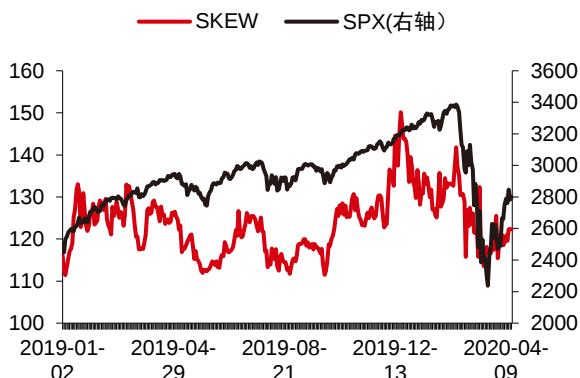
图 13：CBOE VIX 指数与标普 500 指数（2007 年至 2009 年）



资料来源：Bloomberg，中信证券研究部

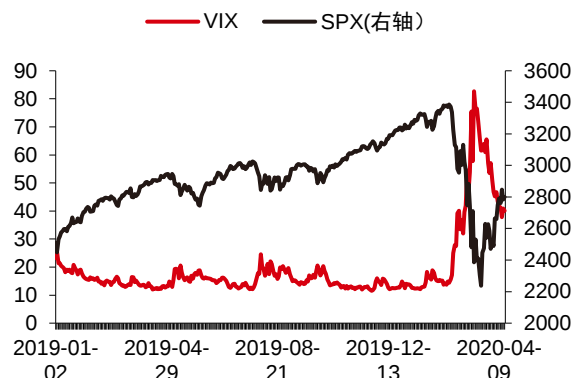
如图 14 和图 15 所示，2019 年以来标普 500 指数的历次下跌都伴随着 VIX 指数的同步上涨，反映投资者同步采用期权进行下跌的对冲操作。而 SKEW 指数则是在指数下跌反弹之后才快速走高，并且走高的幅度逐渐加大，说明市场每发生一次市场下跌，投资者便更多地使用期权来防范尾部风险。

图 14: CBOE SKEW 指数与标普 500 指数 (2019 年至 2020 年 4 月 17 日)



资料来源: Bloomberg, 中信证券研究部

图 15: CBOE VIX 指数与标普 500 指数 (2019 年至 2020 年 4 月 17 日)



资料来源: Bloomberg, 中信证券研究部

■ 隐含波动率的估计方法

对隐含波动率进行准确的估算是进行波动率交易的基础。本文在这一部分详细探讨隐含波动率估计的相关细节问题。

使用 Hard-to-Borrow Rate 对 50ETF 收盘价进行调整

理论上，如果期权的平价公式成立，那么认购和认沽期权的隐含波动率应完全相等。但现实中如果直接以 50ETF 的收盘价代入 BS 公式计算隐含波动率，则会发现两者之差经常非常显著。如图 16 所示即为某日以 50ETF 收盘价计算当月期权隐含波动率的结果，这样巨大的偏差非常不利于波动率交易。

对于该现象的修正的方法之一就是使用相同到期月份的上证 50 股指期货的升贴水来对 50ETF 价格进行修正，该方法得到的隐含波动率如图 17 所示，可见隐含波动率的差异有所减少，但是总体上依然较大。

50ETF 期权的标的为 ETF 现货，因此虽然在无风险套利时可以使用股指期货来替代，但终究存在偏差，更有效的做法还是考虑期权价格所反映的现货的问题。对于平价公式，完整的写法如下所示：

$$c + Ke^{-rt} = S_0 e^{-ht} + p$$

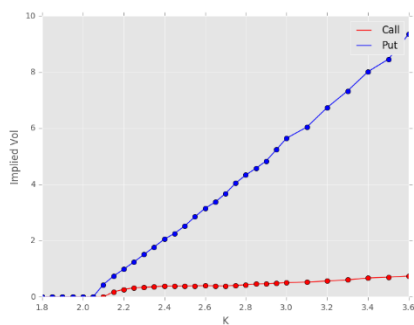
其中，标的 S_0 需要使用参数 h 来进行修正， h 表示期权存续期内标的的现金分红率。

在对 50ETF 融券卖出时需要向证券出借方支付借券利息，这本质上等价于借券方向出借者进行分红。理论上，即使券源非常稀缺，但如果借入方能够支付更高的借券利息，那么市场上也会有人愿意出借，因此期权的价格隐含着当前市场的实际融券成本 h (Hard-to-Borrow Rate, 简称 HTB)，可以使用该成本来对标的价格修正。

具体做法为，由于平值期权的流动性最好，定价效率最高，因此我们假设每日收盘后各到期日的平值期权的平价公式成立，以此估计当日不同期限的 50ETF 的 HTB 值，再将 h 代入对应到期日不同行权价的期权上，这样既可估算全部期权的隐含波动率，如图 18 所示。可见经过调整后，认购和认沽期权的隐含波动率差异大幅减小，定价合理性显著提升。

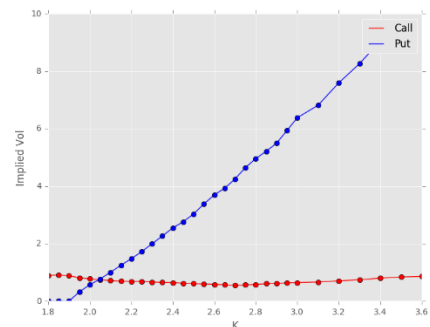
这样调整的意义在于，如果发现某一行权价的认购和认沽期权隐含波动率差异仍然过大，则意味着存在箱体套利机会，即使用相同到期日的平值期权构建 50ETF 空头头寸，然后使用该头寸与存在套利机会的一对期权进行套利。

图 16：以 50ETF 收盘价计算的隐含波动率



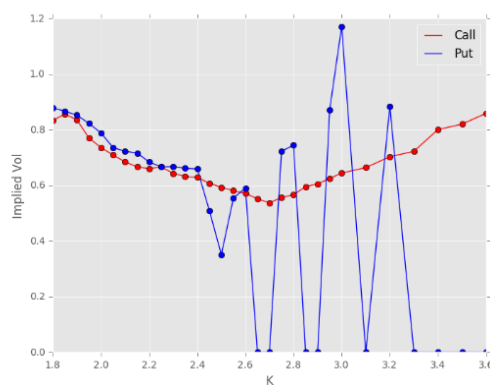
资料来源：中信证券研究部

图 17：经上证 50 期指调整后的隐含波动率



资料来源：中信证券研究部

图 18：以 HTB 调整后 50ETF 价格计算的隐含波动率

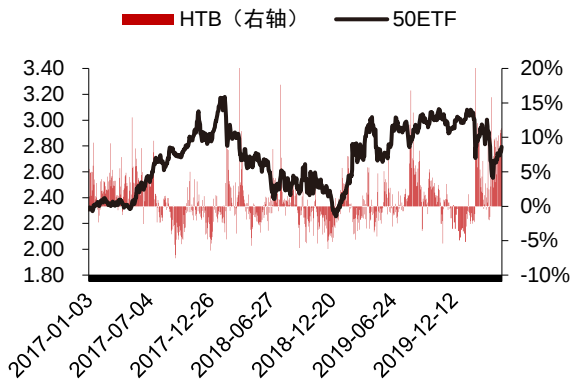


资料来源：中信证券研究部

50ETF 期权当月¹HTB 的历史走势如图 19 所示，可见近年来 50ETF 期权的 HTB 指标总体上在 $\pm 5\%$ 之间波动。图 20 还展示了当月 HTB 序列与对应月份上证 50 期指年化基差之差的走势，可见除了在每年指数集中分红时期两序列有一定偏差之外，大部分时间差值在 $\pm 0.5\%$ 之间，说明总体上 50ETF 期权与 IH 期货之间维持了较好的价格稳定关系，即 50ETF 期权的定价中已经包含了上证 50 股指期货的升贴水信息。

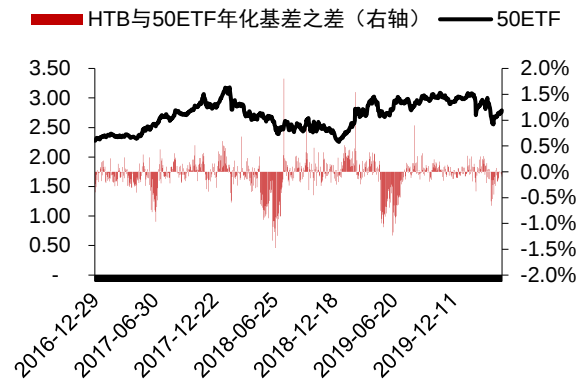
¹ 展期规则为，距离当月合约到期前 10 个自然日展期至次一月份。

图 19: HTB 的历史走势



资料来源: Wind, 中信证券研究部

图 20: 调整后 HTB 与期指年化基差之差

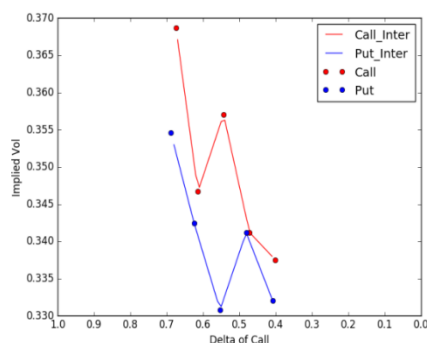


资料来源: Wind, 中信证券研究部

波动率曲面插值: 采用最简单的 Linear 方法

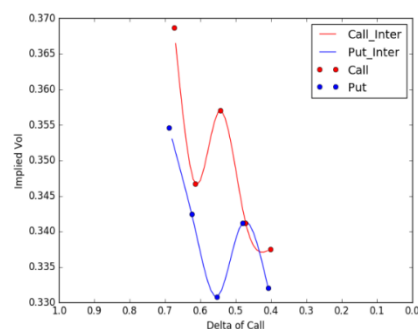
若要获得完整的波动率曲面, 需要基于实际交易的期权的隐含波动率进行插值 (Interpolation)。常用的分析软件, 如 MATLAB、R、Python 等通常会给出三种常见的插值方法, 分别为 Linear、Cubic、Spline。上述三种方法插值的复杂度递增, 差值曲线的光滑度也逐渐增加。如图 21 至图 23 分别展示了上述三种方法对某日期权合约的差值结果²。由图可见, 虽然插值曲线的光滑度的确逐渐递增, 但图 23 所示使用 Spline 插值后, 对认沽期权插值曲线为向下弯曲, 这与事实是完全不符的。其中的原因在于, 50ETF 期权新挂或者加挂合约时, 维持平值上下至少有 4 档的行权价 (早期为 2 档), 总体上覆盖的行权价范围较小, 且行权价的密度也较低, 有时还可能平值上下的行权价数量极端不对称。而较复杂的插值法基于更复杂的多项式假设, 当已有行权价数量不足时可能加大行权价覆盖范围以外的隐含波动率估计误差。因此综合考虑之下, 我们还是选择了最简单的 Linear 插值法。

图 21: Linear 插值效果



资料来源: Wind, 中信证券研究部

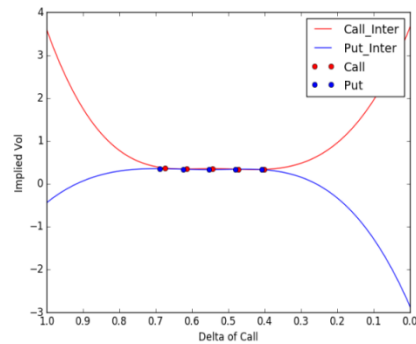
图 22: Cubic 插值效果



资料来源: Wind, 中信证券研究部

² 图中的实心点表示实际存在的期权, 线上的其他点则为插值获得。

图 23: Spline 插值效果



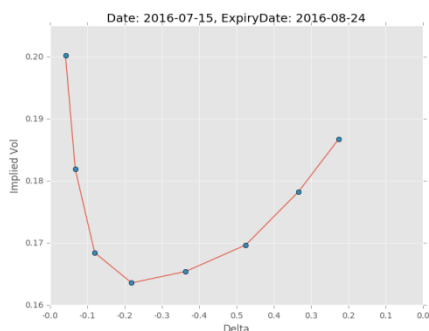
资料来源: Wind, 中信证券研究部

隐含波动率曲线与期限结构的估计效果

通过上述的技术调整, 我们可以得到隐含波动率曲线以及隐含波动率期限结构的估计效果。其中图 24 和图 25 分别展示了 2016 年 7 月 15 日和 2020 年 4 月 17 日的两个交易日期权的隐含波动率曲线。需要说明的是, 在图中我们将横轴调整为期权的 Delta, 并且令 $\Delta = \pm 50\%$ 期权处于横轴中心, 中点以左令 Delta 从 -50% 向 0 变化, 即所记录的是虚值认沽期权的隐含波动率, 中点以右令 Delta 从 50% 向 0 变化, 即记录的是虚值认购期权的隐含波动率。这样调整使得隐含波动率的 Delta 粘性特征更为清晰, 且便于不同标的期权之间进行比较。

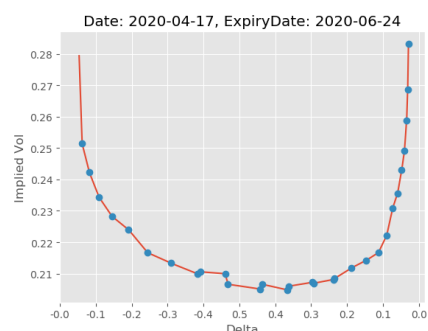
由图 24 可见, 在 2016 年 7 月 15 日市场较为稳定的环境里, 当天的曲线形成了“左高右低”的形态, 这与海外成熟市场的形态比较接近, 而且当天曲线的光滑度也较为理想。而由图 25 可见, 当日隐含波动率曲线的左右侧斜率相差不大, 也就是说, 既有投资者买入深度虚值的认购期权来博取市场反弹, 也有投资者买入深度虚值的认沽期权防范尾部风险。

图 24: 隐含波动率曲线举例 (一)



资料来源: Wind, 中信证券研究部

图 25: 隐含波动率曲线举例 (二)



资料来源: Wind, 中信证券研究部

除了隐含波动率的曲线之外, 也可得到隐含波动率的期限结构和远期波动率。图 26 展示的分别为 2015 年 6 月 30 日、2015 年 8 月 21 日以及 2020 年 4 月 17 日的期限结构, 本文选取了上述日期平值期权 ($\Delta = 50\%$) 的隐含波动率进行描述。其中, 2015 年 6

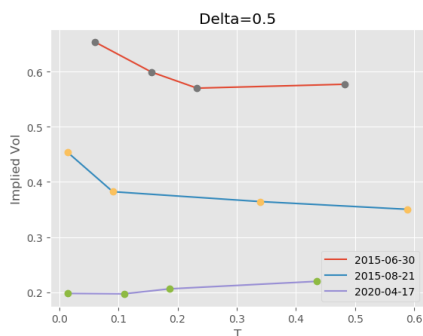
月 30 日和 2015 年 8 月 21 日是市场情绪较为紧张的时期，可见近月隐含波动率增高，远月降低；而 2020 年 4 月 17 日的市场情绪则较为平稳，期限结构曲线较为平缓。因此，隐含波动率期限结构曲线的形态也可以用来刻画市场情绪。

图 27 展示的是由隐含波动率期限结构推导得出的远期波动率，考察日为 2020 年 4 月 17 日。远期波动率的计算公式如下：

$$\sigma_{t,t_2} = \sqrt{\frac{(t_2-t_1)\sigma_{t_1,t_2} - (t-t_1)\sigma_{t_1,t}}{t_2-t}}, \text{ 其中 } t_1 < t < t_2$$

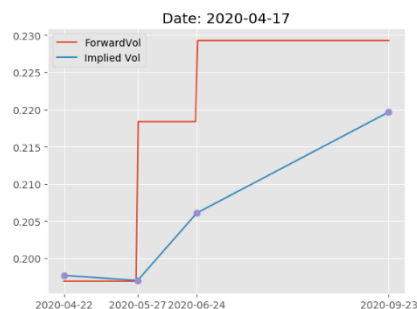
上式中， t_1 和 t_2 为期限结构曲线中的相邻的两个到期日。如果需要对期限结构曲线进行交易，可以直接买卖相应的期权合；而对远期波动率进行交易的最直接的交易工具为方差互换，那么在没有方差互换时虽然理论上也可以使用期权来复制方差互换合约，但复杂度和误差均较大。

图 26：隐含波动率的期限结构举例



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 27：远期隐含波动率举例



资料来源：Wind，中信证券研究部

波动率的垂直价差交易

期权 Skew 的度量方法与历史表现

上文已经涉及了隐含波动率曲线的偏度 Skew 的含义，这一部给出本文定义的认购和认沽期权 Skew 的度量方法，如以下公式所示：

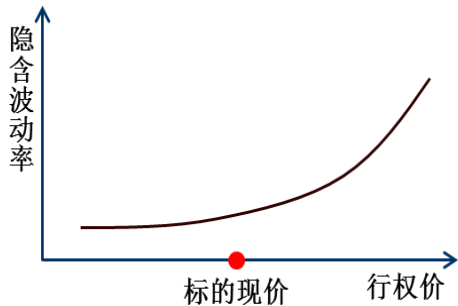
$$\text{认购 Skew} = \frac{IV_{\Delta=25\%}}{IV_{\Delta=50\%}} - 1, \text{ 认沽 Skew} = \frac{IV_{\Delta=-25\%}}{IV_{\Delta=-50\%}} - 1$$

上式中， $IV_{\Delta=25\%}$ 表示 Delta 值为 25% 期权的隐含波动率，其他项的表示方法类似。实际计算中，首先估算平值期权的 HTB，再将该参数作为分红比率代入其他行权价的期权，得到全部已有期权的隐含波动率；然后通过线性（Linear）插值方法得到 Delta 为任意数值的期权的隐含波动率；最后通过公式以上两式得到认购和认沽期权 Skew 的度量值。

如认购 Skew 过高，如图 28 所示，意味着虚值认沽期权的隐含波动率曲线过于陡峭，此时反映较为高涨的市场情绪；反之，如果认沽 Skew 过高，如图 29 所示，则意味着虚值认沽期权的隐含波动率曲线过于陡峭，此时反映较为紧张的市场情绪。当然，按照以上

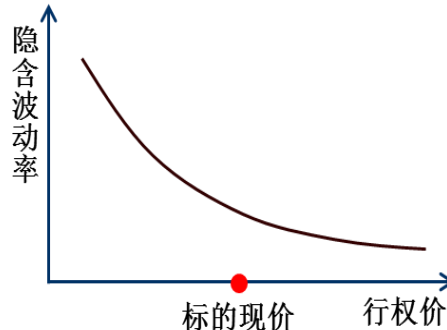
Skew 的定义式，我们只度量了 Delta 为 25%和 50%（认沽为-25%和-50%）两点的隐含波动率偏离情况，理论上任何一对 Delta 值的期权都可以参照这个方法进行度量。

图 28：认购期权 Skew 示意图



资料来源：中信证券研究部

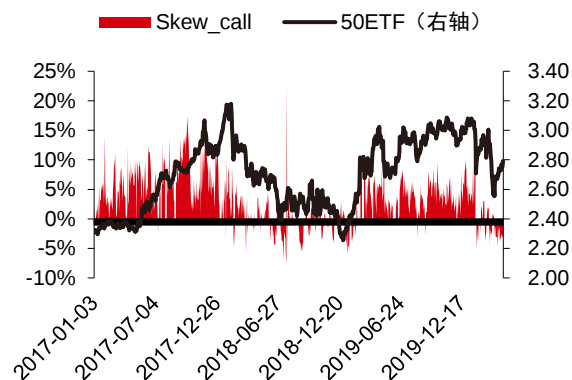
图 29：认沽期权 Skew 示意图



资料来源：中信证券研究部

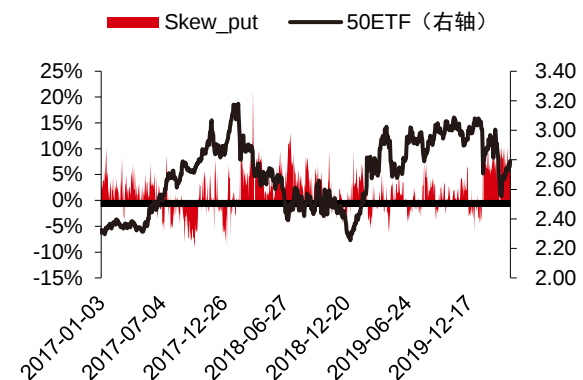
图 30 和图 31 分别展示了当月认购和认沽期权 Skew 的历史走势情况。由图可见，认购或者认沽 Skew 大部分时间在 0 至 10%之间波动，但在较为极端的市場情況下則會跳出該區間，例如 2017 年 9 月。認沽 Skew 的情況也比較類似，通過認沽 Skew 所反映的緊張情緒通常在達到最高點後市場開始企穩。以上現象說明，近年來投資者的情緒总体上都是非常理性的。

图 30：认购期权 Skew 的历史走势



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 31：认沽期权 Skew 的历史走势



资料来源：Wind，中信证券研究部

通过对认购 Skew 和认沽 Skew 的历史统计，我们可以设计两种交易策略，一种为 Skew 值过高的策略，一种为 Skew 值过低的策略。这两种策略均为均值回复型策略，即买入隐含波动率较低的期权，卖出隐含波动率较高的期权，赚取隐含波动率价差回复的收益。设买入的期权的隐含波动率为 IV_1 ，卖出期权的隐含波动率为 IV_2 ，两期权的 Vega 值分别为 $Vega_1$ 和 $Vega_2$ ，则买入和卖出的期权份额数配比为 $Vega_2:Vega_1$ 。同时为了保证期权组合不受标的价格涨跌的影响，在组合中增加 50ETF 的头寸，交易期内每日收盘前通过 50ETF 头寸的调节使得组合总体 Delta 为 0。

使用认购期权捕捉 Skew 过高的交易机会效果较好

我们对 Skew 过高的交易机会设置的交易规则如下：

开仓条件：当 $Skew > 10\%$ ，对 Delta 为 50% 和 25% 的期权（对认沽期权则为 -25% 和 -50%）构建 $Vega_{\Delta=25\%} : Vega_{\Delta=50\%}$ 比例价差组合（买入隐含波动率较低期权，同时卖出隐含波动率较高期权）。

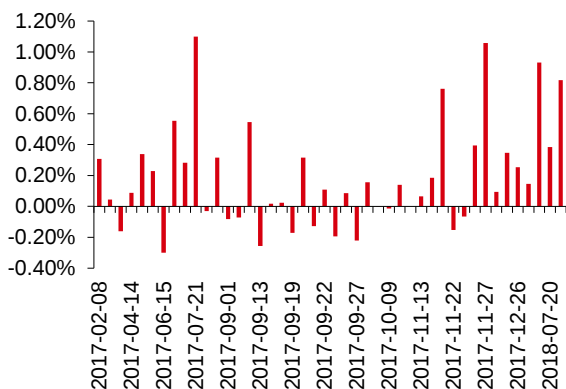
平仓条件：Skew 回落至 5% 以下，或者持仓的期权到期时进行平仓。

事实上，现实交易中很难保证恰好存在 Delta 值为 50% 或 25%（对认沽期权则为 -25% 和 -50%）的期权，因此本文的测算都是选择实际中存在的且 Delta 值与上述值最为接近的期权来交易。另外，本文的测算假定交易成本为 0，资金（融券/融资）成本为 0，且每日均可实现融资/融券。

按照上述规则对 50ETF 期权进行考察，计算历次交易机会的收益率（相对期初占用保证金）³，考察期为 2017 年初至 2020 年 4 月 17 日，可得结果如以下两图所示。对于认购期权，历史交易机会 44 次，平均单次收益率 0.19%，胜率 68%；对于认沽期权，历史交易机会 20 次，平均单次收益率 -0.13%，胜率 45%。

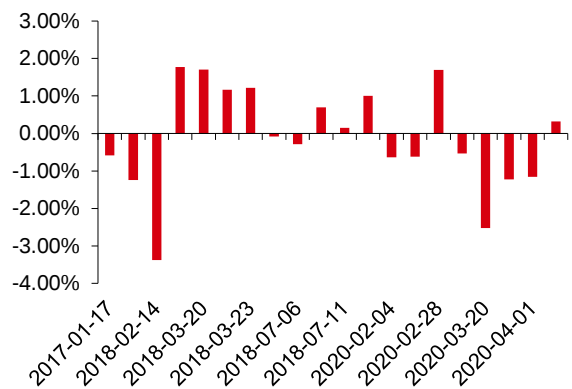
总的来看，在不考虑市场冲击和各类成本的情况下，对于 Skew 过高的交易机会来说，认购期权的有效性高于认沽期权。这主要是由于 A 股市场投资者更倾向于使用期权博取市场反弹，因此每当市场看涨预期形成时，在期权上会出现过度看涨的情况，这种过度反应即是本策略的主要收益来源。而认沽期权表现上较为理性，较少出现过度看跌的情形，因此本类策略在触发的信号数量以及策略收益上均低于认购期权。

图 32：认购 Skew 较高的单次交易收益率（相对期初占用保证金）



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 33：认沽 Skew 较高的单次交易收益率（相对期初占用保证金）

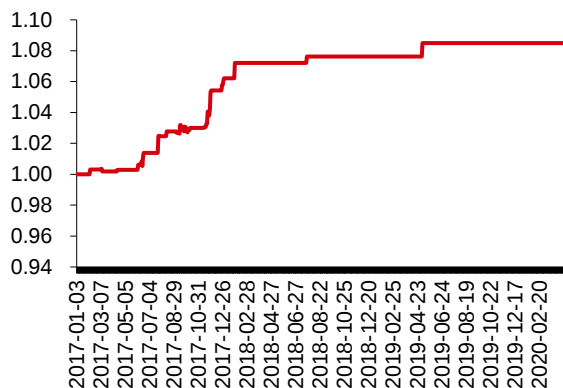


资料来源：Wind，中信证券研究部

在上述套利机会收益测算的基础上，本文模拟了上述策略的净值走势。净值模拟的规则为：（1）建仓时以全部资金 100% 建仓，如需增加保证金，则以 0 利率融资；（2）放弃持有期之内的其他交易机会。策略模拟净值走势如下两图。

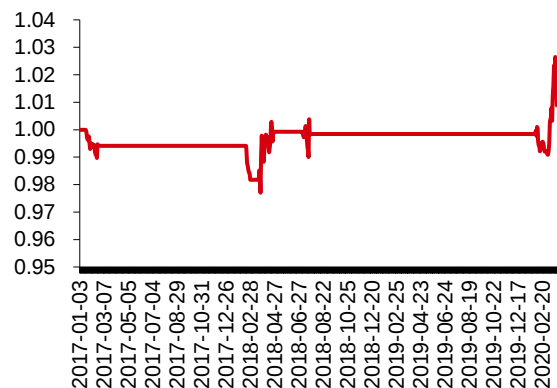
³ 假设卖出期权的保证金按照交易所公布的方式收取，卖出期权标的保证金率设为 50%。下文相同。

图 34：认购 Skew 较高交易机会的模拟净值



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 35：认沽 Skew 较高交易机会的模拟净值



资料来源：Wind，中信证券研究部

使用认沽期权捕捉 Skew 为负的交易机会的效果较好

按照上文的测试流程，我们也对 Skew 为负的交易机会进行测试。Skew 为负的交易规则为：

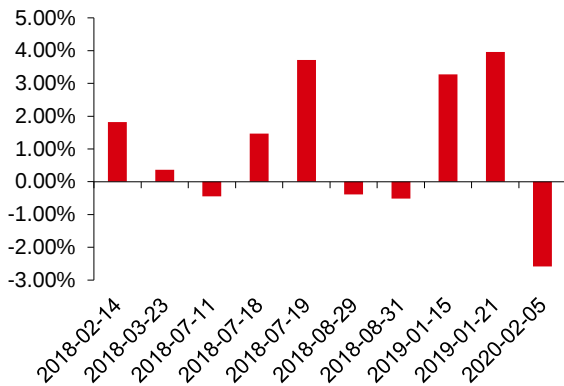
开仓条件：当 $Skew < 0$ 时，使用 Delta 分别为 50% 和 25% 的期权（对于认沽期权来说则为 -50% 和 -25%）构建 $Vega_{\Delta=25\%} : Vega_{\Delta=50\%}$ 比例价差组合（买入隐含波动率较低期权，同时卖出隐含波动率较高期权）。

平仓条件：Skew 回升至 0 以上，或者持仓的期权到期时进行平仓。

同样的，在回测时选择现实中与目标 Delta 值最为接近的期权进行交易，同时每日收盘时通过 50ETF 调整组合 Delta 至 0，并假设交易成本为 0，资金（融券/融资）成本为 0，且每日均可实现融资/融券。

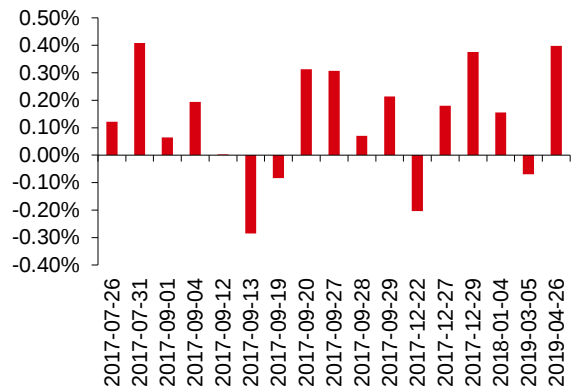
按照上述规则对 50ETF 期权进行考察，计算历次交易机会的收益率（相对期初占用保证金），考察期为 2017 年初至 2020 年 4 月 17 日，可得结果如以下两图所示。对于认购期权，历史交易机会 10 次，平均单次收益率 1.07%，胜率 60%；对于认沽期权，历史交易机会 18 次，平均单次收益率 0.13%，胜率 78%。

图 36：认购 Skew 为负的单次交易收益率（相对期初占用保证金）



资料来源：Wind，中信证券研究部

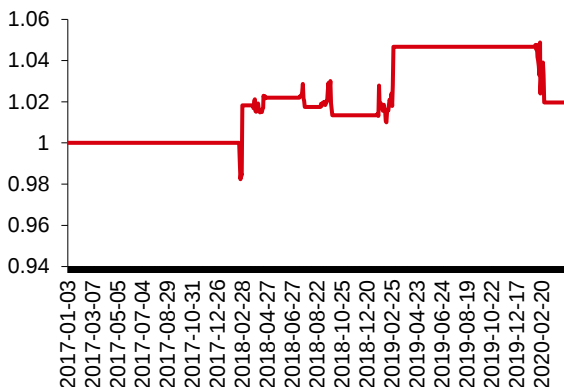
图 37：认沽 Skew 为负的单次交易收益率（相对期初占用保证金）



资料来源：Wind，中信证券研究部

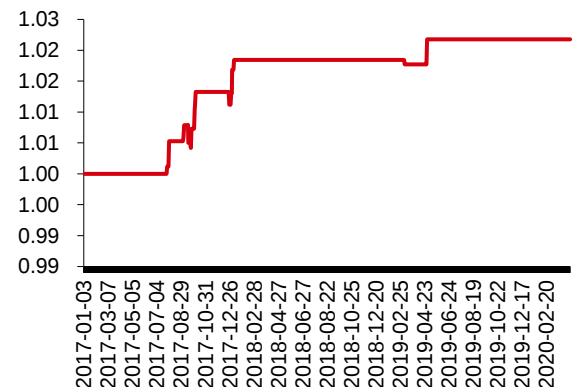
本文对认购和认沽期权分别进行了 Skew 为负的交易机会的历史模拟，结果如下两图所示。净值模拟的规则为：（1）建仓时以全部资产 100% 建仓，如需增加保证金，则以 0 利率融资；（2）放弃持有期之内的其他交易机会。

图 38：认购 Skew 为负交易机会的模拟净值



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 39：认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值



资料来源：Wind，中信证券研究部

波动率的水平价差交易

使用日历价差交易期权的期限结构

对隐含波动率的期限结构进行交易主要使用日历价差组合。当近月隐含波动率远高于远月时买入日历价差组合，即做空近月期权，并买入远月的期权。该组合的好处是：（1）在近月合约隐含波动率较高时构建日历价差组合，通常来说天然具备安全边际；（2）近月合约的时间价值衰减较快，而远月合约又对隐含波动率的快速上升较敏感，因此总体上具有攻守兼备的特性。

针对本文策略来说，假定构建比例日历价差组合。设近月和远月平值期权的隐含波动

率分别为 IV_1 和 IV_2 ，Vega 值分别为 $Vega_1$ 和 $Vega_2$ ，则以比例 $Vega_2:Vega_1$ 构建价差组合，并假定使用 50ETF 在每天收盘时调整组合 Delta 值为 0

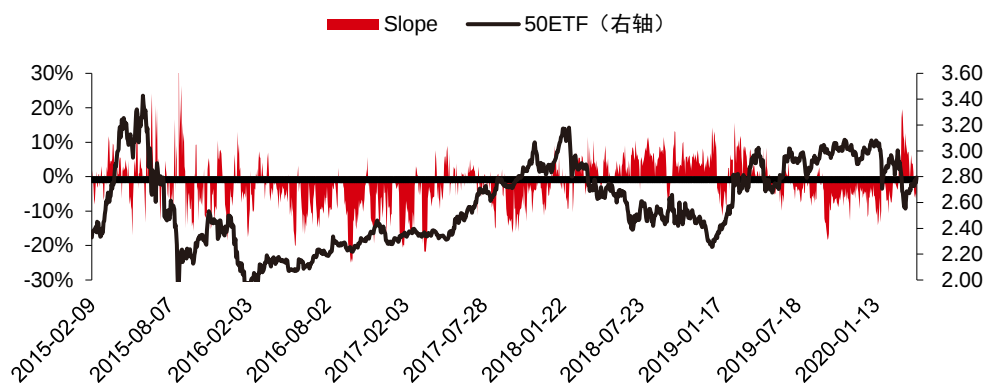
隐含波动率期限结构斜率的历史走势

我们采用与垂直价差类似的方法，定义了如下指标来度量隐含波动率期限结构的斜率：

$$Slope = \frac{IV_{\Delta=50\%, \text{ 当月}}}{IV_{\Delta=50\%, \text{ 次月}}} - 1$$

图 40 展示了斜率的历史走势。斜率值过大，说明当月隐含波动率的值远高于次月，当前市场或处于短期波动较大的状态，此时即可考虑对当月和次月的平值期权构建日历价差组合。

图 40：隐含波动率期限结构斜率的历史走势



资料来源：Wind，中信证券研究部

水平价差交易的历史回测

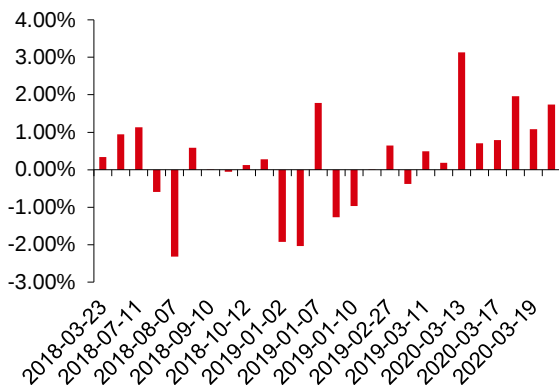
对期限结构进行水平价差交易的规则如下：

开仓条件：当 $Slope > 10\%$ 时，使用当月和次月的平值认购期权构建日历价差组合，在持仓期内每日收盘时通过 50ETF 调整组合 Delta 至 0。

平仓条件：Slope 回落至 5% 以下，或者持仓的当月期权到期时进行平仓。

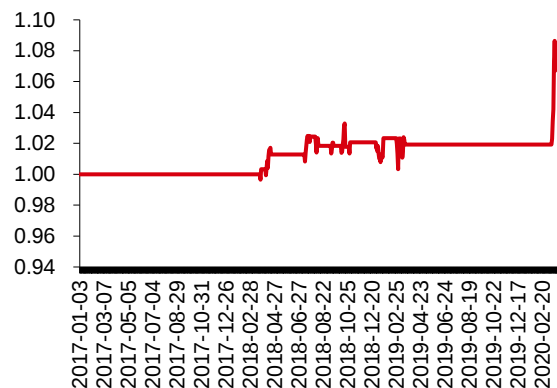
按照上述规则针对 50ETF 期权进行测试，共发现历史交易机会 26 次，在不考虑各类成本的情况下，单次平均收益率 0.24% 胜率 70%。

图 41：水平价差历史交易机会的单次收益率



资料来源：Wind，中信证券研究部

图 42：水平价差交易的模拟净值



资料来源：Wind，中信证券研究部

■ 总结与投资建议

总的来看，针对隐含波动率曲面的结构进行统计套利是一种较为稳健的套利方式，策略胜率总体较高。但是从2017年以来的回测也发现，针对50ETF期权的波动率相对价值套利策略的总体收益率较低，这主要是由于2017年之后市场总体保持低波动的环境所导致的。在低波动环境下，50ETF期权隐含波动率的曲面总体上趋于平摊，发生偏差的总数量较少，且即便上述度量指标指示出现偏离，则偏离的幅度也依然较低，上述回测的各类交易机会的隐含波动率绝对差异通常只有1%左右，因此限制了策略总收益空间，也基本无法覆盖交易费用、资金成本。策略的改进方式之一是寻找更加深度的期权来构建策略，但是极度深度期权的隐含波动率波动变化较大，也会相应的增加策略风险。

但以上问题并不意味着期权波动率的相对价值交易思想在A股市场没有用武之地。第一，上述描述隐含波动率曲面结构特征的指标也是一种市场情绪刻画指标，对反映市场情绪有价值。第二，在期权交易的其他方面，例如套保策略也可以借鉴这种思想。在使用期权进行套期保值时，一方面需要买入认沽期权，截断某一价位之下的下行风险，另一方面通常会卖出一定量的认购/认沽期权，降低套保成本。那么在买入和卖出期权的选择上，也可基于上述指标的描述来判断。

总之，纯粹的波动率相对价值交易在A股市场上还受到一定限制，但是相对价值的交易思想可以适用于涉及期权的其他各类策略当中。

■ 风险因素

模型风险；流动性风险；市场情绪大幅波动；衍生品交易规则改变。

■ 相关研究

- 期权系列专题研究—基于期权复制现货的期现套利方法研究 (2020-04-21)
- 期权系列专题研究—期权波动率交易基本原理与分析方法 (2020-04-21)
- 2020Q1 股票期权市场盘点与展望--沪深 300 ETF 期权地位提升, 隐含波动率有望回落 (2020-04-21)
- 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 Dalamal 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。