

期权系列专题研究

# 期权风险预警指标与波动率相对价值交易策略

2016年9月9日

## 投资要点

- ❖ **波动率投机与相对价值交易。**(1) 波动率交易的核心问题, 是判断期权当前的隐含波动率和标的在未来的实现波动率的大小关系。(2) 波动率交易可分为两种类型, 波动率的单向投机和相对价值交易。(3) 波动率单项投机的难度较高。海外做空 VIX 指数的最大风险为黑天鹅事件; 50ETF 期权隐含波动率的变动也较为剧烈。(4) 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, 是一种统计套利型策略, 市场中多种因素决定隐含波动率具有较为稳定的结构和形态。(5) 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。
- ❖ **基于期权的风险预警指标。**(1) 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, 因此是一个非常好的反映市场情绪以及进行风险预警的指标。(2) VIX 指数是标的为标普 500 指数的波动率指数, 反映的是隐含波动率总体水平的高低。(3) 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。(4) 波动率指数、峰度指数、偏度指数三者相互结合, 才能更为精确的把握投资者对未来分布的预期。
- ❖ **隐含波动率的估计技术。**(1) 在日频率下, 为了使得所使用的期权价格能够反映期权的最新价格, 且尽量保证该价格可以成交, 需要对交易所公告的收盘价进行调整。(2) 为了使得期权能够反映 50ETF 的融券难度, 海外提出了 Hard-to-Borrow Rate 的概念。本文在每天收盘后假设平值期权的平价公式成立, 推导出当天 50ETF 的实际融券费率, 再将该费率代入其他行权价的期权中, 得到期权隐含波动率的估计结果。(3) 比较 Linear、Cubic、Spline 等差值方法的实际效果, 认为在当前市场规则下, 使用 Linear 方法的实际应用效果最好。(4) 按照上述方法调整后, 可获得期权每日的隐含波动率曲线、期限结构、远期波动率等。上述曲线的不同形态代表了不同的市场情绪。
- ❖ **波动率的垂直价差交易。**(1) 本文使用 Delta 分别为 50%和 25%的期权定义指标用于度量认购期权 Skew, 并使用 Delta 分别为-50%和-25%的期权定义指标用于度量认沽期权 Skew。认购 Skew 过高说明市场极度乐观, 认沽 Skew 过高则说明市场极度恐慌。(2) 通过对认购和认沽 Skew 的历史分布分析, 可以设置两种策略, 一是 Skew 过高的交易策略, 二是 Skew 为负的交易策略。(3) 使用认购期权捕捉 Skew 过高的交易机会效果较好, 历史交易机会 24 次, 平均单次收益率 2.46%, 胜率 58.33%。(4) 使用认沽期权捕捉 Skew 为负的交易机会的效果较好, 历史交易机会 15 次, 平均单次收益率 4.71%, 胜率 60%。
- ❖ **波动率的水平价差交易。**(1) 使用近月和次月平值期权的隐含波动率构建指标用于度量隐含波动率期限结构的斜率 Slope, 斜率越高说明市场波动越大。(2) 使用日历价差组合交易斜率过高的交易机会, 即卖出 1 份当月(平值)期权, 并买入 1 份远月(平值)期权, 此种日历组合具有攻守兼备的特性。(3) 对斜率较高的交易机会进行历史统计, 发现历史交易机会 16 次, 平均收益率 3.59%, 胜率 81.25%。



## 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. 金融工程 2016 年下半年投资策略—适应新市场常态, 聚焦绝对收益 (2016-05-16)
2. 期权系列专题研究—海外保险公司使用期权等衍生工具的策略与经验 (2016-03-23)
3. 期权系列专题研究—波动率锥的估计与期权波动率交易 (2015-12-10)
4. 期权系列专题研究—50ETF 历史波动率与期权隐含波动率的特征分析 (2015-11-09)
5. 期权系列专题研究—期权波动率交易基本原理与分析方法(2015-10-14)
6. 期权系列专题研究—期权复制现货, 完善期现套利——ETF 期权产品交易策略(2015-01-08)
7. 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)
8. 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)

## 目录

<b>投资聚焦</b> .....	1
<b>波动率投机与相对价值交易</b> .....	2
波动率交易的核心——判断波动率价差的大小 .....	2
波动率单向投机的难度较高 .....	3
海外做空 VIX 指数的最大风险为黑天鹅事件 .....	3
海外广义备兑策略指数长期均能跑赢标的指数 .....	4
50ETF 期权隐含波动率的变动也较为剧烈 .....	5
波动率相对价值交易是一种更为稳健的策略.....	6
波动率相对价值交易的优势在于，是一种统计套利型策略 .....	6
市场中多种因素决定隐含波动率具有较为稳定的结构和形态 .....	6
<b>基于期权的风险预警指标</b> .....	7
波动率、峰度和偏度指数 .....	7
CBOE 的波动率偏度指数案例 .....	8
<b>隐含波动率的估计技术</b> .....	9
期权每日收盘价的调整 .....	9
使用 Hard-to-Borrow Rate 对 50ETF 收盘价进行调整 .....	10
插值方法的选择：最简单的方法最为实用 .....	12
隐含波动率曲线与期限结构的估计效果 .....	13
<b>波动率的垂直价差交易</b> .....	14
期权 Skew 的度量方法与历史表现 .....	14
使用认购期权捕捉 Skew 过高的交易机会效果较好 .....	16
使用认沽期权捕捉 Skew 为负的交易机会的效果较好 .....	17
<b>波动率的水平价差交易</b> .....	18
使用日历价差交易期权的期限结构 .....	18
隐含波动率期限结构斜率的历史走势.....	18
水平价差交易的历史回测.....	18

## 插图目录

图 1: 认购 Skew 较高的历次交易收益率 .....	1
图 2: 认购 Skew 较高交易机会的模拟净值.....	1
图 3: 认沽 Skew 为负的历次交易收益率 .....	2
图 4: 认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值.....	2
图 5: 水平价差历史交易机会的历次收益 .....	2
图 6: 水平价差交易的模拟净值.....	2
图 7: 波动率交易的基本原理 .....	3
图 8: VIX 指数与同期实现波动率 .....	4
图 9: VIX 指数与同期实现波动率之差 .....	4
图 10: 海外备兑指数历史表现 (1990.1.1~2016.7.15) .....	5
图 11: 备兑指数相对标普 500 的强弱表现 (1990.1.1~2016.7.15) .....	5
图 12: Vega 加权 30 日隐含波动率、iVIX 指数以及实现波动率(2015.02.09~2016.07.15) .....	6
图 13: 标普 500 期权隐含波动率曲面 (2016.7.15) .....	6
图 14: 50ETF 认购期权隐含波动率曲面 (2016.7.15) .....	6
图 15: 标普 500 期权的隐含波动率曲线 (考察日: 2008.10.20, 2016.07.15) .....	7
图 16: 标普 500、上证 50 指数的日收益率分布 .....	7
图 17: 衍生品价格和正态分布的关系 .....	7
图 18: 实际分布与正态分布在偏度上的偏差 .....	8
图 19: 实际分布与正态分布在峰度上的偏差 .....	8
图 20: 2005-2007 年 CBOE 偏度和波动率指数走势图.....	9
图 21: 2005-2007 年 CBOE 偏度和波动率指数走势图.....	9
图 22: 上交所结算价调整主要规则 .....	10
图 23: 以 50ETF 收盘价计算的隐含波动率 .....	11
图 24: 经上证 50 期指调整后的隐含波动率 .....	11
图 25: 以 HTB 调整后 50ETF 价格计算的隐含波动率 .....	11
图 26: HTB 的历史走势 .....	12
图 27: 调整后 HTB 与期指年化基差之差 .....	12
图 28: Linear 插值效果 .....	12
图 29: Cubic 插值效果 .....	12
图 30: Spline 插值效果 .....	13
图 31: 隐含波动率曲线举例 (一) .....	13
图 32: 隐含波动率曲线举例 (二) .....	13
图 33: 隐含波动率的期限结构举例 .....	14
图 34: 远期隐含波动率举例.....	14
图 35: 认购期权 Skew 示意图 .....	15
图 36: 认沽期权 Skew 示意图 .....	15
图 37: 认购期权 Skew 的历史走势 .....	15
图 38: 认沽期权 Skew 的历史走势 .....	15
图 39: 认购 Skew 过大时构建 1:2 价差组合 .....	16

图 40: 认购 Skew 过小时构建 1:2 价差组合 .....	16
图 41: 认购 Skew 较高的单次交易收益率 .....	16
图 42: 认沽 Skew 较高时的单次交易收益率.....	16
图 43: 认购 Skew 较高交易机会的模拟净值.....	17
图 44: 认沽 Skew 较高交易机会的模拟净值.....	17
图 45: 认购 Skew 为负的单次交易收益率 .....	17
图 46: 认沽 Skew 为负的单次交易收益率 .....	17
图 47: 认购 Skew 为负交易机会的模拟净值.....	18
图 48: 认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值.....	18
图 49: 隐含波动率期限结构斜率的历史走势 .....	18
图 50: 水平价差历史交易机会的单次收益率 .....	19
图 51: 水平价差交易的模拟净值.....	19

## 表格目录

表 1: 期权的风险预警指标总结.....	1
表 2: 海外主要备兑策略指数基本信息.....	4
表 3: 期权的风险预警指标总结.....	8

## 投资聚焦

50ETF 期权的推出将 A 股市场的交易模式从传统的针对价格的交易提升到了针对波动率进行交易的层次，即国内市场进入非线性交易时代。我们在之前的报告中已经对波动率交易的基本原理、分析方法、50ETF 的波动性质等内容作了比较详细的介绍。本文我们一方面对期权的相关风险预警指标进行了介绍，另一方面着重介绍了期权相对价值交易的原理，并进行了回测。从策略的回测效果来看，对认购期权做 Skew 过高的交易效果较好，而对认沽期权做 Skew 为负的交易的效果较好，且使用日历价差组合对期限结构的斜率（Slope）进行交易的效果也非常不错。

波动率指数、峰度指数、偏度指数三者相互结合，可对风险进行更为细致的刻画。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，因此是一个非常好的反映市场情绪以及进行风险预警的指标。其中，波动率指数反映的是期权隐含波动率水平的高低；偏度指数反映的是分布向左/向右偏的特征；峰度指数反映的是分布高峰厚尾的特征。

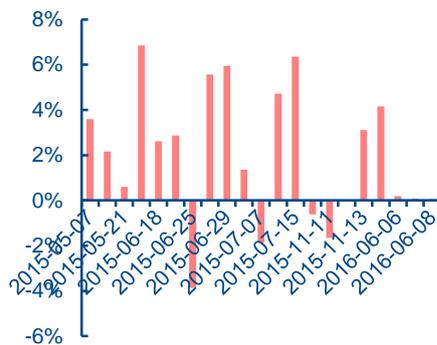
表 1：期权的风险预警指标总结

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：“黑天鹅”事件预警指标研究——基于股指期权的峰度和偏度指数探索》（高江、姚莲莲、王琦，2016）

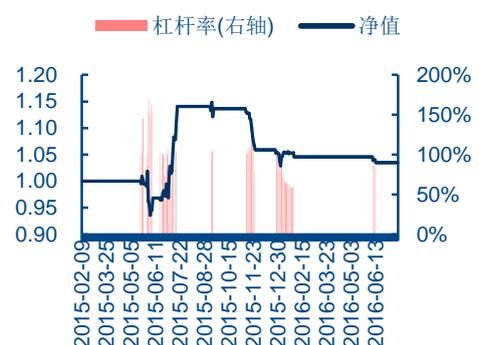
比例价差组合可用于对隐含波动率曲线的 Skew 进行交易。使用认购期权做 Skew 较高的交易的效果较好。历史交易机会 24 次，平均单次收益率 2.46%<sup>1</sup>，胜率 58.33%。使用认沽期权做 Skew 为负的交易机会的效果较好。历史交易机会 15 次，平均单次收益率 4.71%，胜率 60%

图 1：认购 Skew 较高的历次交易收益率



资料来源：中信证券量化投资分析系统

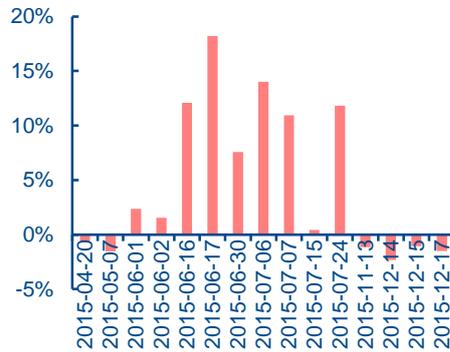
图 2：认购 Skew 较高交易机会的模拟净值



资料来源：中信证券量化投资分析系统

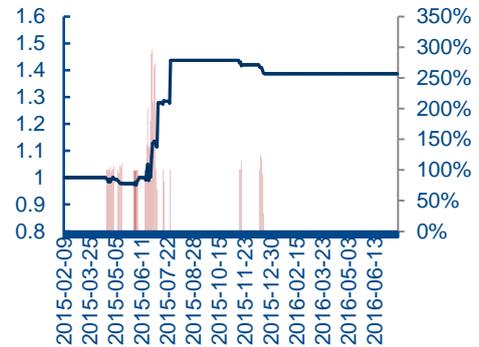
<sup>1</sup>收益率为交易损益相对于建仓时缴纳保证金来计算。

图 3：认沽 Skew 为负的历次交易收益率



资料来源：中信证券量化投资分析系统

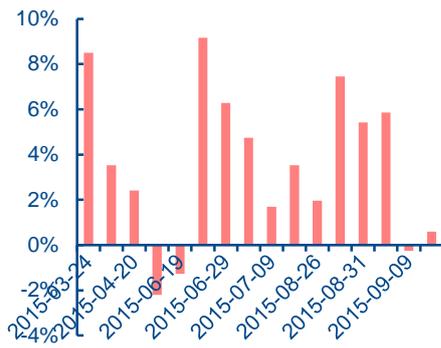
图 4：认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值



资料来源：中信证券量化投资分析系统

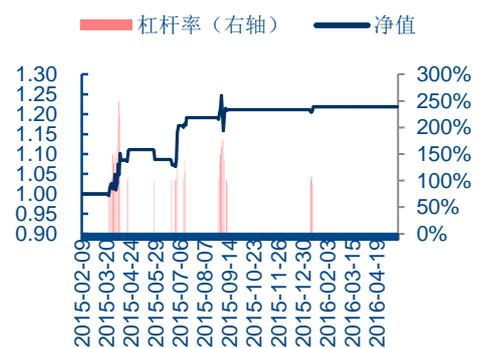
日历价差可用于对期权隐含波动率期限结构进行交易。通过卖出 1 份当月平值期权，再买入 1 份次月平值期权，具有攻守兼备的特性。期限结构斜率过高的交易机会共 16 次，平均收益率 3.59%，胜率 81.25%。

图 5：水平价差历史交易机会的历次收益



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 6：水平价差交易的模拟净值



资料来源：中信证券量化投资分析系统

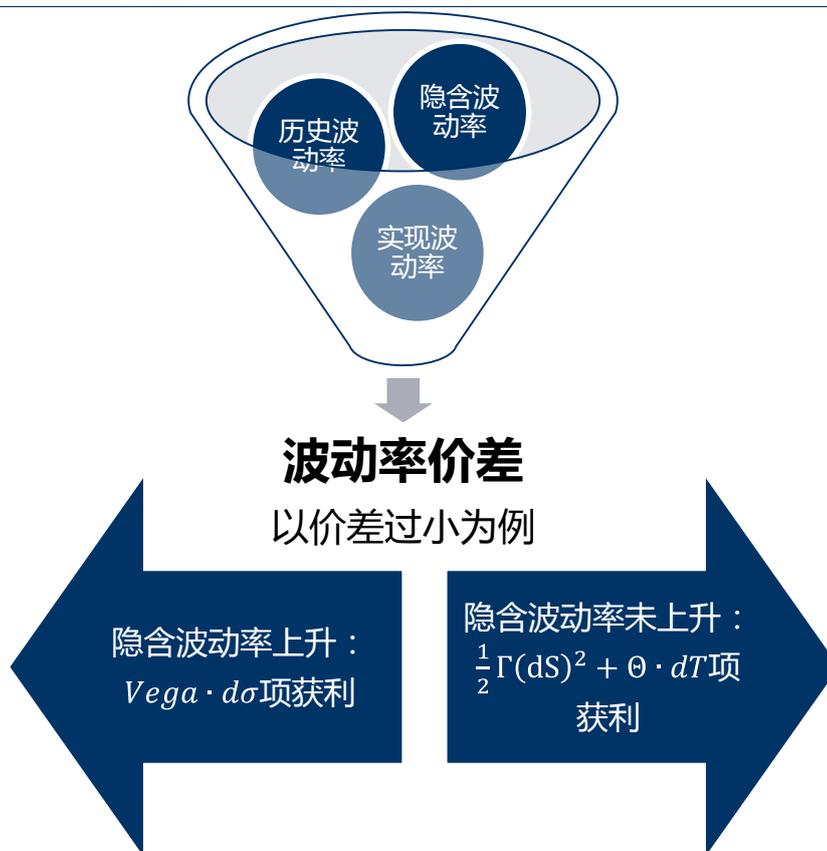
## 波动率投机与相对价值交易

### 波动率交易的核心——判断波动率价差的大小

波动率交易的核心问题，是判断期权当前的隐含波动率和标的在未来的实现波动率的大小关系。我们将隐含波动率定义为上述两者之差。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。在持仓期内，该组合可能的获利方式有两种：其一，若隐含波动率上升，则可以通过  $Vega \cdot d\sigma$  项来获利；其二，即便隐含波动率保持不变，也可以通过  $\frac{1}{2}\Gamma(dS)^2 + \Theta dT$  项来获利，如图 7 所示。

在判断波动率价差的正负号的过程中，当前的隐含波动率是市场实际交易的结果，是客观存在的，但实现波动率则需投资者自行预测。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，也是我们给出预期的基础。即我们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组合的方向。

图 7：波动率交易的基本原理



资料来源：中信证券研究部

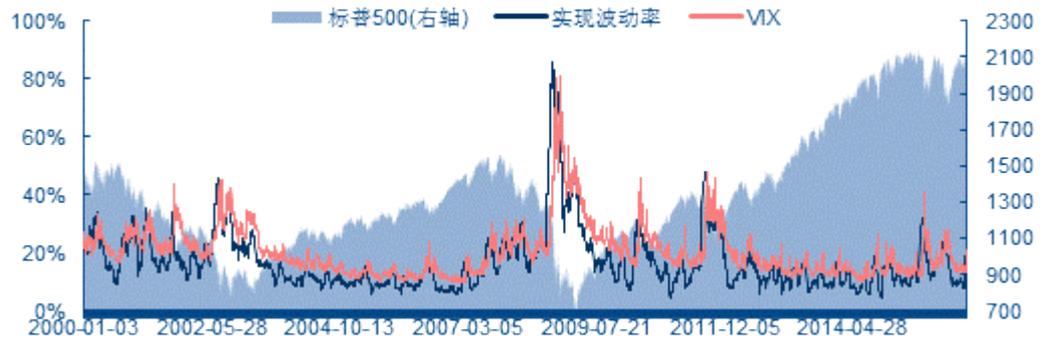
### 波动率单向投机的难度较高

波动率交易可分为两种类型，一种为波动率的单向投机，另一种为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）的波动率价差。但事实上，不论在海外还是在国内，进行波动率单向投机的难度均较高。

### 海外做空 VIX 指数的最大风险为黑天鹅事件

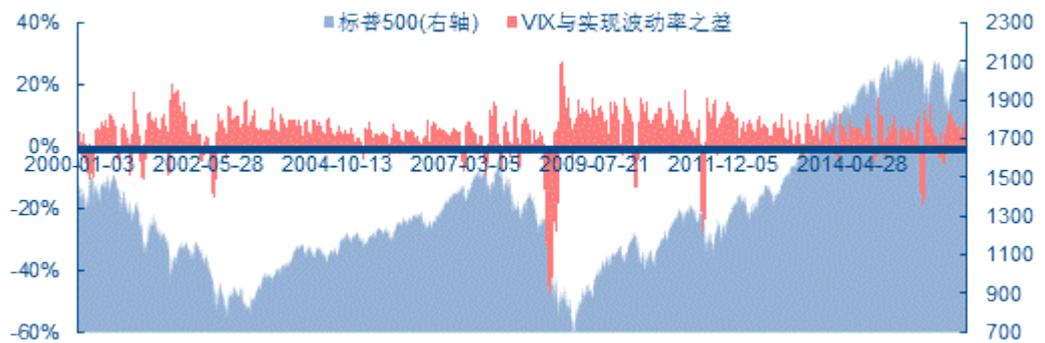
VIX 指数是由 CBOE 发布的反映标普 500 指数未来 30 天隐含波动率走势的指数，如图 8 所示，图 9 还展示了 VIX 指数与同期未来 30 天标普 500 指数实现波动之差。由图 8 和图 9 可知，VIX 指数通常高于同期对应的实现波动率，但在市场爆发极端风险时会低于实现波动率。因此在美国市场中，卖空波动率在大部分时间可以获得较为稳定的收益，但在黑天鹅事件爆发时，非常容易导致大幅的回撤，具有极高的爆仓风险。

图 8：VIX 指数与同期实现波动率



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 9：VIX 指数与同期实现波动率之差



资料来源：中信证券研究部整理

### 海外广义备兑策略指数长期均能跑赢标的指数

备兑交易策略虽然不是严格的波动率策略，但总体上也是靠卖出波动率来获利。本文将类似的策略均定义为广义备兑策略。为了追踪备兑交易策略的表现，海外也推出了备兑策略指数。此类指数按照一定频率（通常为月度）对期权进行展期，来模拟滚动实施备兑交易策略的表现。常见的备兑交易指数有 BXY、BXM、PUT 等，见表 2。

表 2：海外主要备兑策略指数基本信息

指数	代码	标的证券或现金头寸	S&P 500 1 个月到期期权空头
CBOE S&P 500 BuyWrite Index	BXM	持有 S&P 500 股票组合	备兑卖出平值认购期权
CBOE S&P 500 2% OTM BuyWrite Index	BXY	持有 S&P 500 股票组合	备兑卖出虚值 2% 认购期权
CBOE S&P 500 PutWrite Index	PUT	持有美国短期国债	卖出平值认沽期权

资料来源：Bloomberg，中信证券研究部整理

图 10 和图 11 分别展示了上述三只备兑策略指数长期以来的净值走势，以及各自相对标普 500 指数的强弱指数<sup>2</sup>。由两图可知，虽然长期以来备兑指数均战胜了标普 500，但不同备兑指数在不同市场环境下的表现不同。其中，BXM 指数卖出平值认购期权，在上涨行情

<sup>2</sup>强弱指数=标的净值/基准净值，强弱指数增大/减小意味着标的相对于基准具有正/负超额收益。

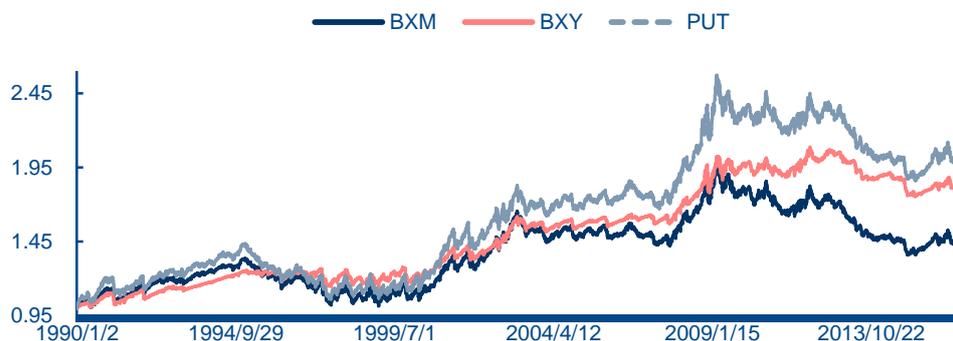
中丧失较多的上涨收益；**BXM** 指数卖出虚值认购期权，在一定程度上可享受市场的涨幅，但赚取的期权费要低于 **BXM**。在过去数年美股的牛市环境中，由于 **BXY** 享受的市场涨幅要多于 **BXM**，导致 **BXY** 指数表现好于 **BXM** 指数。因此在选择具体的备兑策略时，需要对未来的标的收益率的分布进行预测，基于分布情况选择最为有利的行权价来实施。

图 10：海外备兑指数历史表现（1990.1.1~2016.7.15）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 11：备兑指数相对标普 500 的强弱表现（1990.1.1~2016.7.15）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

### 50ETF 期权隐含波动率的变动也较为剧烈

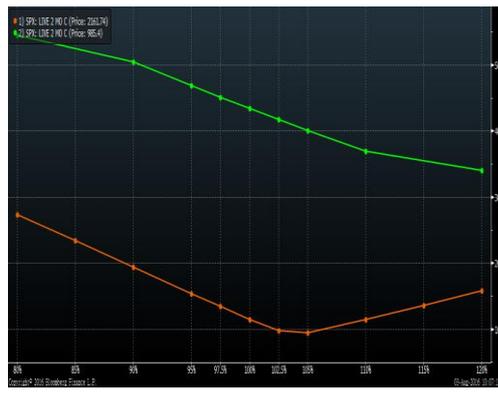
图 12 展示了 50ETF 期权的隐含波动率(iVIX 指数、Vega 加权隐含波动率)和同期 50ETF 实现波动率的历史走势。由图可见，从 2015 年期权推出以来，隐含波动率和实现波动率的大小关系并不稳定，变动规律并不明显。而且本质上进行波动率变化预测的难度与进行指数择时的难度基本相当，因此在这样的市场环境中进行波动率单向投机的难度较大



市场比较稳定的时期，隐含波动率曲线的高低可能会发生变化，但左高右低的基本形态却保持不变。

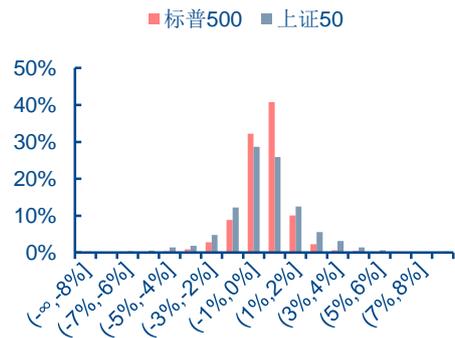
造成上述结果的原因有多个。例如，一般的学术解释认为，市场可能会在短期内发生快速的暴跌行情，即标的的收益分布在左侧具有较厚的尾部（见图 16），投资者处于对极端风险的防范，可能会购入大量的虚值认沽期权，导致左侧隐含波动率较高。

图 15：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 16：标普 500、上证 50 指数的日收益率分布（2005.02.01~2016.7.15）



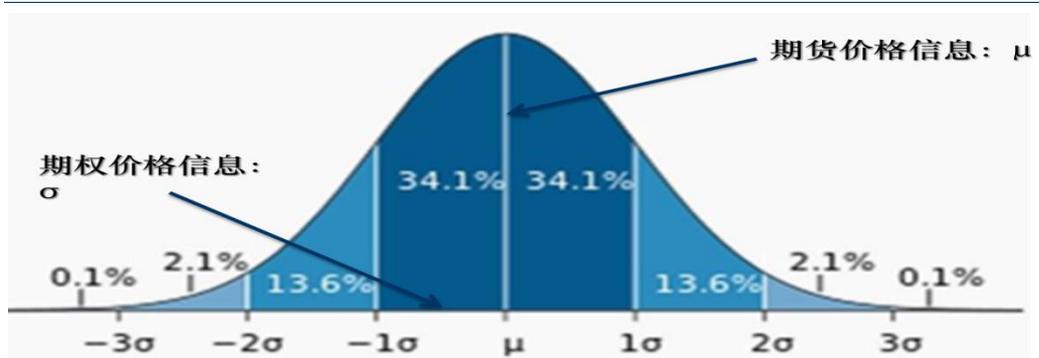
资料来源：中信证券数量化投资分析系统

## 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，因此是一个非常好的反映市场情绪以及进行风险预警的指标，上文提到的 VIX 指数就是其中之一。VIX 指数是标的为标普 500 指数的波动率指数，反映的是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 17）。虽然说收益率的实际分布与正态分布存在差异，但我们总体上还是可以用这种方法作为近似的直观理解，即年化 20% 的波动率就意味着 1 年后指数的收益率在  $r_f \pm 20\%$  的概率下处于  $r_f \pm 20\%$  的范围内。

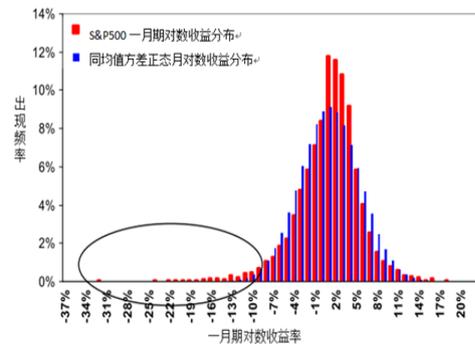
图 17：衍生品价格和正态分布的关系



资料来源：中国金融期货交易所

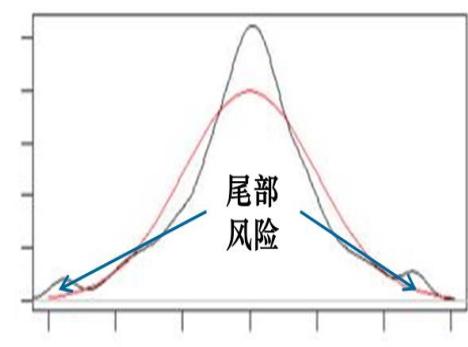
为了弥补实际分布与正态分布存在差异的问题，除了观察隐含波动率的高低以外，还需要观察对标的的偏度与峰度的预期。偏度反映的是分布左右两侧不对称的问题，而峰度则反映的是尖峰后尾的问题，如以下两图所示。

图 18：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 19：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

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。海外的交易所除了推出波动率指数 VIX 之外，还推出了用于反映峰度和偏度的指数，以便于更方便的捕捉上述信息。表 3 总结了三个指数的不同变化所代表的含义。

表 3：期权的风险预警指标总结

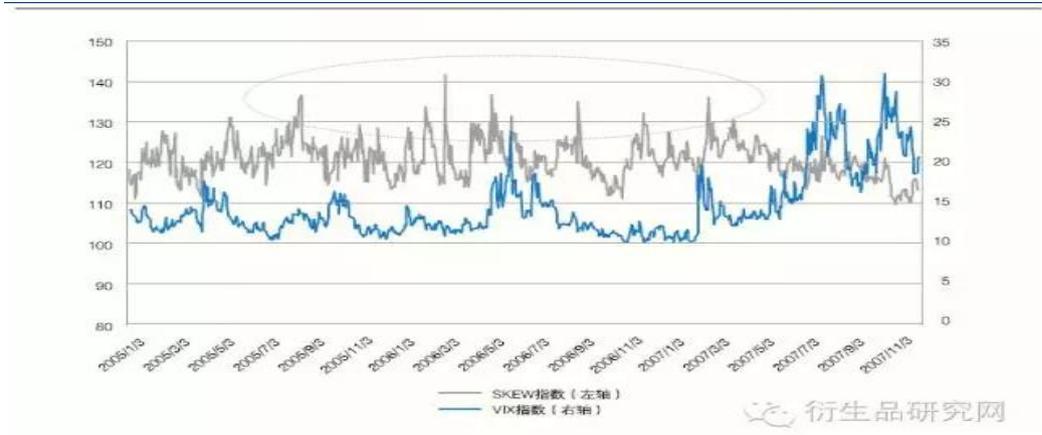
指数	情形	含义
波动率指数	偏高	预期未来市场波动将加剧
	偏低	预期未来市场波动将减缓
峰度指数	偏高	收益分布厚尾特征显著，发生极端波动的概率大
	偏低	收益分布厚尾特征不显著，发生极端波动的概率小
偏度指数	左偏	收益分布左边厚尾特征更显著 发生负面极端波动（如暴跌）的概率更大
	右偏	收益分布右边厚尾特征更显著 发生正面极端波动（如暴涨）的概率更大

资料来源：中国金融期货交易所

## CBOE 的波动率偏度指数案例

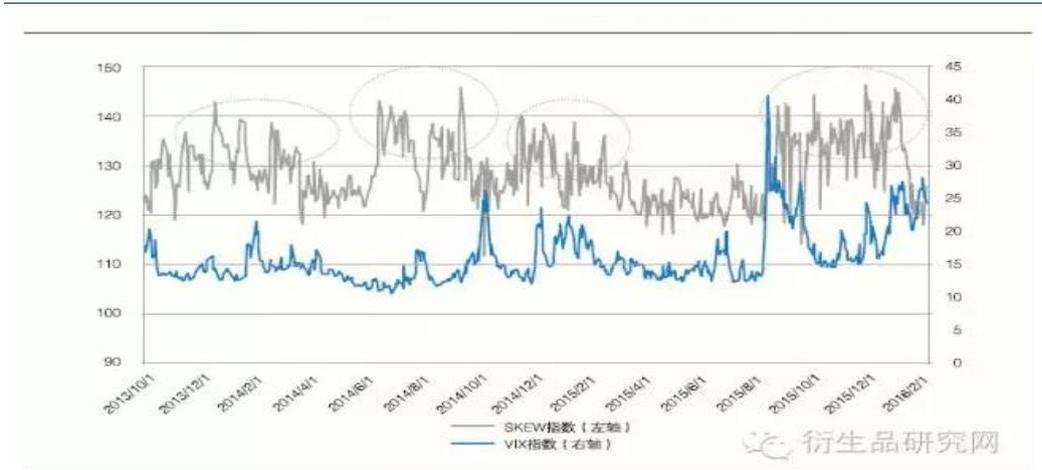
高江、姚莲莲、王琦（2016）对 CBOE 推出的偏度指数的原理、作用、以及对 A 股的借鉴意义做了详尽的介绍。例如，在 2005 年和 2006 年市场持续盲目乐观，但偏度指数长期保持高位并多次出现超过 130 的情况，已经提前对出现大规模危机作出了预警（见图 20）；2014 年以来全球经济面临众多不确定性，CBOE 偏度和波动率指数走势多次出现与 2007 年次贷危机前两年的相似情景，较低的波动率指数和较高的偏度指数并存，并且很长部分时间内 CBOE 偏度指数都在 130 点以上（见图 21）。

图 20：2005-2007 年 CBOE 偏度和波动率指数走势图



资料来源：“黑天鹅”事件预警指标研究——基于股指期货的峰度和偏度指数探索（高江、姚莲莲、王琦，2016）

图 21：2005-2007 年 CBOE 偏度和波动率指数走势图



资料来源：《“黑天鹅”事件预警指标研究——基于股指期货的峰度和偏度指数探索》（高江、姚莲莲、王琦，2016）

## 隐含波动率的估计技术

对隐含波动率进行准确的估算是进行波动率交易的基础。本文在这一部分中对隐含波动率估计过程中涉及的部分技术问题进行了较为细致的讨论。

### 期权每日收盘价的调整

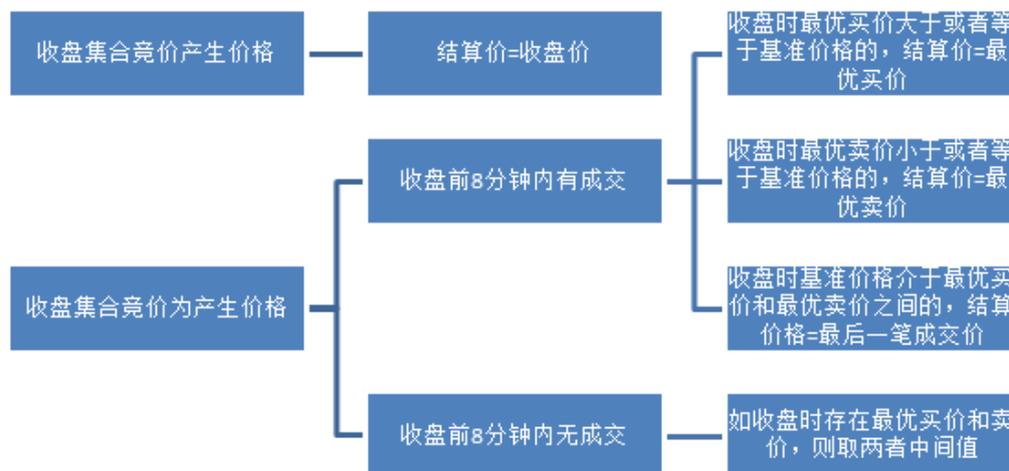
期权同一时刻交易的合约数量众多，部分合约的流动性较差，使用最新成交价不一定能代表该合约当前的公允价值。本文涉及的策略均以日频率交易，因此如何计算期权收盘后的价格是一个重要的问题。

我们对取得的期权每日价格的要求是，一是该价格能够反映期权的最新价格，二是该价格尽量可以成交。根据上交所股票期权的交易规则，股票期权每天的收盘价由 15:00 收盘前最后三分钟集合竞价产生，那么如果某一期权合约当日收盘集合竞价产生了价格，那么该价

格无疑是最好的选择。但如果集合竞价无果，那么收盘价取当日最后一笔交易价格，相应的结算价也要按照一定的规则进行调整，那么此时的收盘价就不能满足我们的上述要求。

对于当日收盘竞价无果的情况，可以备选的方案是直接使用交易所调整后的结算价来代替。上交所于 2015 年 12 月 28 日发布了《关于优化不活跃期权合约结算价格计算方法的通知》，阐述了结算价的优化调整方法，主要内容整理如下图。

图 22：上交所结算价调整主要规则



资料来源：上海证券交易所，中信证券研究部整理

但是根据上图所示，当收盘前 8 分钟内有成交，而最后集合竞价没有产生价格时，结算价的并没有考虑到买卖价差的影响，因此我们最终使用的价格调整方法如下：

如果收盘价与结算价相等，则以该价格为准

如果收盘价与结算价不等，则以当日 tick 数据最后一笔的买 1 卖 1 均价为准

买 1 和卖 1 价格不存在，则以当日的结算价为准。

### 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的话，那么由 BS 公式反推得到的认购和认沽期权的隐含波动率应该是完全相等的。但是如果直接以某一天的价格计算 50ETF 期权的隐含波动率的话，经常会发现两者之差特别巨大，如图 23 所示即为以 2015 年 9 月 1 日收盘价计算的当月期权合约的结果，这样巨大的差异说明隐含波动率估计误差极大，这对于波动率交易来说是无法接受的。

对于上述结果进行修正的方法之一就是使用相同到期月份的上证 50 股指期货合约的升贴水来对 50ETF 价格进行修正，该方法得到的隐含波动率如图 24 所示。可见隐含波动率的差异确实减小了许多，但是总体上依然较大。

更进一步的考虑为，期权的平价公式完整写出应如下所示：

$$c + Ke^{-rt} = S_0 e^{-ht} + p \quad (1)$$

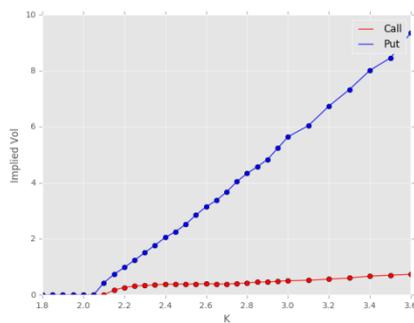
公式 (1) 中，标的  $S_0$  需要乘以的参数  $h$  为在存续期内标的的股息分红。对于 50ETF 来说，如果需要融券卖出的话，需要向出借方付借券成本，这本质上来说也等价于进行分红。虽然

50ETF 的券源比较稀缺，但如果借入方愿意给出更高的价格，那么理论上市场中就会有人愿意把券借出，那么我们就可以通过公式（1）对每天的实际融券成本进行估算。

具体操作为，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平值期权的平价公式成立，估计得到当日不同到期期限的 50ETF 的融券率 $h$ ，再将 $h$ 代入相同到期日不同行权价的期权上，即得到了全部期权的隐含波动率，如图 25 所示。可见经过这样的调整后，图 25 所示的认购和认沽期权的隐含波动率差异大幅减小，总体上已经非常合理。

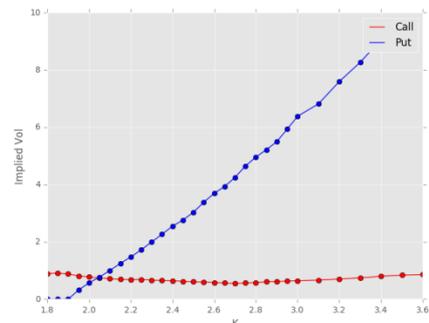
这样调整的意义在于，如果仍然发现某一行权价的认购和认沽期权隐含波动率差异过大，则意味着存在箱体套利机会，即使用相同到期日的平值期权构建 50ETF 头寸，然后使用该头寸进行平价套利。而对于平值期权的平价套利，则可以使用 50ETF 或者上证 50 期指来完成。

图 23：以 50ETF 收盘价计算的隐含波动率



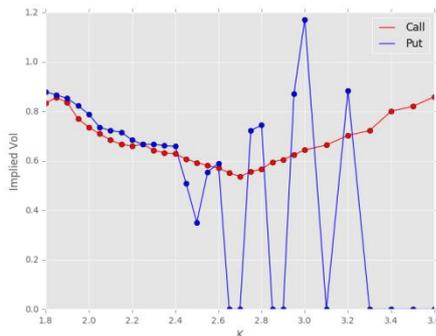
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 24：经上证 50 期指调整后的隐含波动率<sup>3</sup>



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 25：以 HTB 调整后 50ETF 价格计算的隐含波动率<sup>4</sup>



资料来源：中信证券量化投资分析系统

国外称上述估计得到的参数为“Hard to Borrow Rate（简称 HTB）”，来反映融券的难度。我们估计得到的期权上市以来的当月<sup>5</sup>HTB 如图 26 所示，可见在 2015 年 6 月市场暴跌

<sup>3</sup>考察日为 2015 年 9 月 1 日，选取 9 月到期的期权。

<sup>4</sup>考察日为 2015 年 9 月 1 日，选取 9 月到期的期权。

<sup>5</sup>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。

开始，HTB 直线攀升，最高在 2015 年 8 月中旬市场最低点时达到年化 170% 以上，市场稳定后基本维持在 10% 至 15% 之间。图 27 还展示了上述当月 HTB 序列与对应月份上证 50 期指年化基差之差的走势，可见在 2015 年上半年两者的偏差比较大，但是在年中之后两序列大幅收敛，说明此时股指期货的基差已经基本上被期权所定价。

图 26: HTB 的历史走势



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 27: 调整后 HTB 与期指年化基差之差

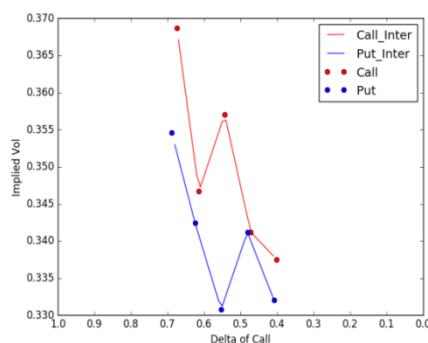


资料来源：中信证券量化投资分析系统

### 插值方法的选择：最简单的方法最为实用

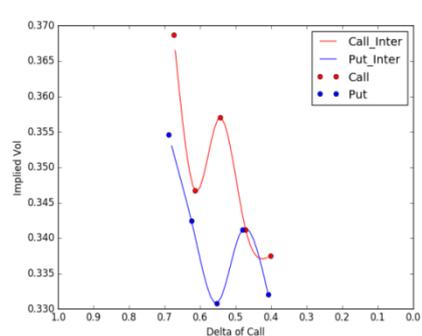
常用的分析软件，如 MATLAB、R、Python 等通常会给出三种常见的插值方法，分别为 Linear、Cubic、Spline。上述三种方法插值的复杂度递增，差值曲线的光滑度也逐渐增加。如图 28 至图 30 分别展示了上述三种方法对 2015 年 2 月 9 日当月期权合约的差值结果。由图可见，虽然插值曲线的光滑度的确逐渐递增，但图 30 所示使用 Spline 插值后，对认沽期权插值曲线为向下弯曲，这与事实是完全不符的。造成这一结果的原因在于，50ETF 期权新挂或者加挂合约时，保证平值上下至少有 2 档的行权价，这样会造成行权价总数偏少，或者平值上下的行权价数量严重不对称，这样已有行权价以外的期权的估计误差就会非常大。因此，综合考虑之下，我们认为在目前的交易规则下，使用最简单的 Linear 插值法的效果应该是最好的。

图 28: Linear 插值效果



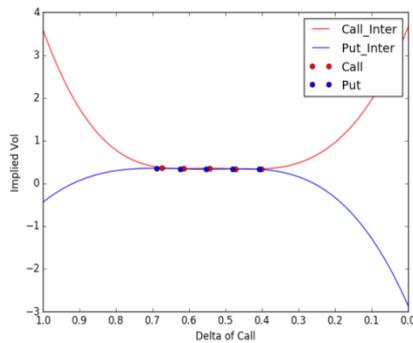
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 29: Cubic 插值效果



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 30: Spline 插值效果



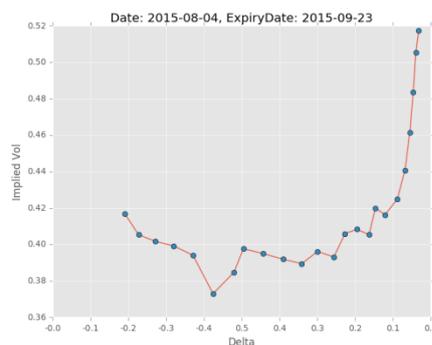
资料来源：中信证券量化投资分析系统

### 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 31 和图 32 分别展示了 2015 年 8 月 4 日和 2016 年 7 月 15 日的当月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  $\Delta = \pm 50\%$  期权处于图的中间，中点以左令 Delta 从 -50% 向 0 变化，即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，且便于不同标的的期权之间进行比较。

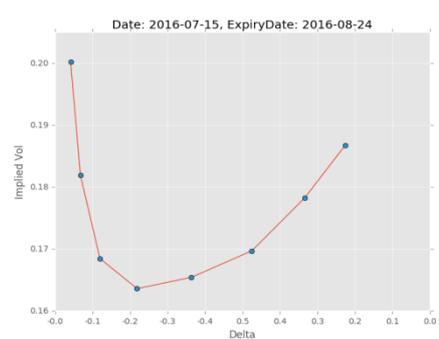
由图 31 可见，2015 年 8 月 4 日当天的虚值认购期权部分的曲线斜率极高，说明当天市场形成了强烈的反弹预期；由图 32 可见，在 2016 年 7 月 15 日市场较为稳定的环境里，当天的曲线形成了“左高右低”的形态，这与海外成熟市场的形态是比较接近的，而且当天曲线的光滑度也较为理想。

图 31: 隐含波动率曲线举例（一）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 32: 隐含波动率曲线举例（二）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

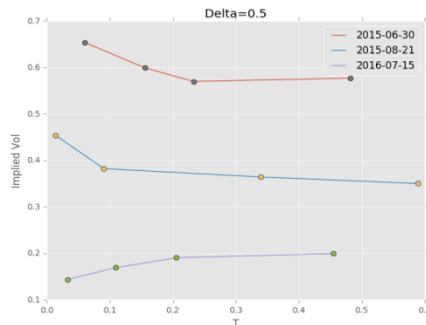
除了隐含波动率的曲线之外，也可得到隐含波动率的期限结构和远期波动率。图 33 展示的分别为 2015 年 6 月 30 日、2015 年 8 月 21 日以及 2016 年 7 月 15 日的期限结构，本文选取了上述日期平值期权 ( $\Delta = 50\%$ ) 的隐含波动率进行描述。其中，2015 年 6 月 30 日和 2015 年 8 月 21 日是市场较为恐慌的时期，可见近月隐含波动率增高，远月降低；而 2016 年 7 月 15 日则是市场较稳定的时期，波动率呈近月低远月高的形态。因此，隐含波动率曲线的形态也可以用来刻画市场情绪。

图 34 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 2016 年 7 月 15 日。远期波动率的计算公式如下：

$$\sigma_{t,t_2} = \sqrt{\frac{(t_2-t_1)\sigma_{t_1,t_2}^2 - (t-t_1)\sigma_{t_1,t}^2}{t_2-t}}, \text{ 其中 } t_1 < t < t_2 \quad (2)$$

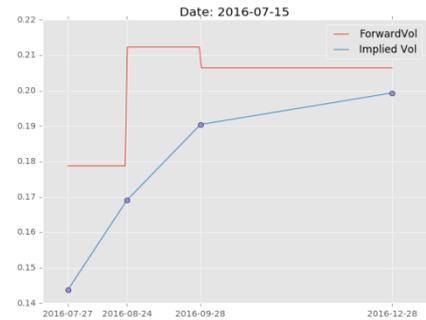
公式（2）中， $t_1$ 和 $t_2$ 为期限结构曲线中的相邻的两个到期日。如果需要对期限结构曲线进行交易，可以直接买卖相应的期权合；而对远期波动率进行交易的最直接的交易工具为方差互换，那么在没有方差互换时虽然理论上也可以使用期权来复制方差互换合约，但难度和误差均较大。

图 33: 隐含波动率的期限结构举例



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 34: 远期隐含波动率举例



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

## 波动率的垂直价差交易

### 期权 Skew 的度量方法与历史表现

上文已经涉及了部分关于 Skew 的原理，这一部分本文首先给出认购和认沽期权 Skew 的度量方法，分别入公式（3）和公式（4）所示

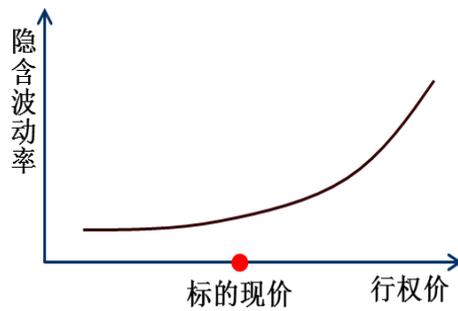
$$\text{认购 Skew} = \frac{25\% \Delta IV}{50\% \Delta IV} - 1 \quad (3)$$

$$\text{认沽 Skew} = \frac{-25\% \Delta IV}{-50\% \Delta IV} - 1 \quad (4)$$

上式中，25% $\Delta IV$ 标示 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，首先得到平值期权 HTB 的估计，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（3）和（4）得到认购和认沽期权 Skew 的度量值。

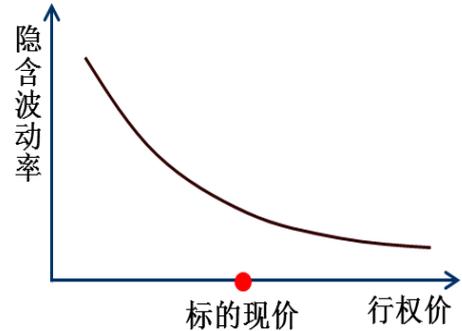
如认购 Skew 过高，如图 35 所示，意味着虚值认沽期权的隐含波动率曲线过于陡峭，此时反映极端看涨的市场情绪；反之，如果认沽 Skew 过高，如图 36 所示，则意味着虚值认沽期权的隐含波动率曲线过于陡峭，此时反映市场极端恐慌的情绪。当然，按照公式（3）和公式（4），我们只度量了 Delta 为 25%和 50%（或者为-25%和-50%）两点的情况，理论上任何一对 Delta 值的期权都可以参照这个方法进行分析。

图 35: 认购期权 Skew 示意图



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 36: 认沽期权 Skew 示意图



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 37 和图 38 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，但在较为极端的市场情况下则会跳出该区间。例如认购 Skew 在 2015 年 7 月上旬、2015 年 11 月初，2016 年 3 月初等时期均出现了较高的情况，但总体来说后续市场均不如市场预期。认沽 Skew 的情况也比较类似，通过认沽 Skew 所反映的恐慌情绪通常在达到最高点后市场开始企稳。以上现象说明，总体上投资者的情绪都是非理性的。

图 37: 认购期权 Skew 的历史走势



资料来源：中信证券量化投资分析系统

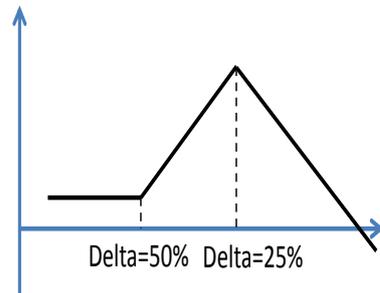
图 38: 认沽期权 Skew 的历史走势



资料来源：中信证券量化投资分析系统

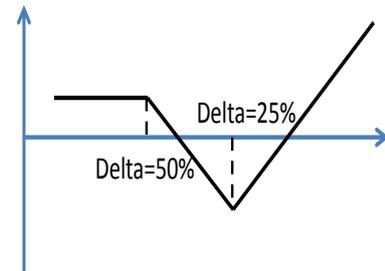
通过对认购 Skew 和认沽 Skew 的历史统计，我们可以设计两种交易策略，一种为 Skew 值过高，一种为 Skew 值过低，均为均值回复型策略。对于这两种交易策略，我们主要采用 1:2 比例价差组合进行交易。以认购期权为例，如果认为当前认购 Skew 值过高，则买入 1 份 Delta 为 50% 的认购期权，并卖出 2 份 Delta 为 25% 的认沽期权，如图 39 所示；如果认为当前 Skew 过低，则卖出 1 份 Delta 为 50% 的认购期权，并买入 2 份 Delta 为 25% 的认沽期权，如图 40 所示。此类组合的 Delta 本身即为 0，因此便于后续的 Delta 中性的调整。

图 39: 认购 Skew 过大时构建 1:2 价差组合



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 40: 认购 Skew 过小时构建 1:2 价差组合



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

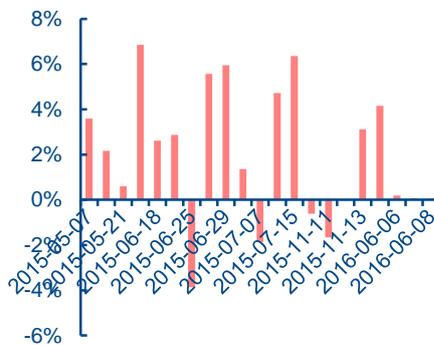
### 使用认购期权捕捉 Skew 过高的交易机会效果较好

我们对 Skew 过高的交易机会设置的交易规则如下:

1. 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 1:2 比例价差组合, 并且每日收盘时通过 50ETF 调整组合 Delta 至 0。
2. 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。

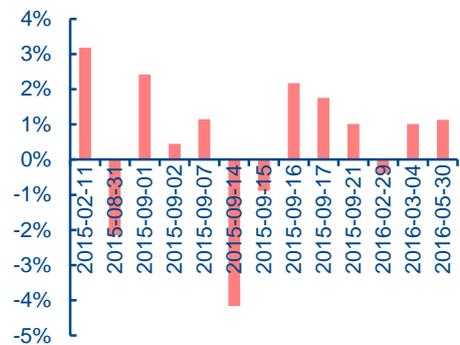
按照上述规则对历史全部的交易机会进行筛选, 并分别计算每次交易机会的历史收益, 可得结果如图 41 和图 42 所示。对于认购期权, 历史交易机会 24 次, 平均单次收益率 2.46%<sup>6</sup>, 胜率 58.33%; 对于认沽期权, 历史交易机会 11 次, 平均单次收益率 0.54%, 胜率 63.64%。可以发现对于 Skew 过高的交易机会来说, 认购期权的表现好于认沽期权。

图 41: 认购 Skew 较高的单次交易收益率



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 42: 认沽 Skew 较高时的单次交易收益率

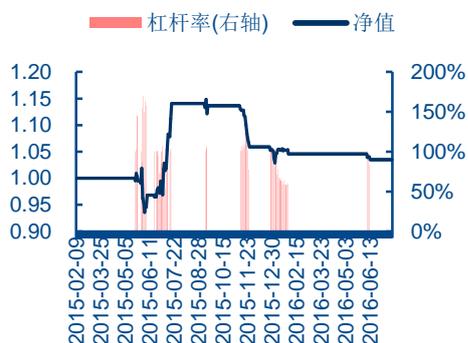


资料来源: 中信证券量化投资分析系统

在上述测算的基础上, 我们还分别对认购和认沽期权模拟了策略的净值走势, 如图 43 和图 44 所示。净值模拟的规则为: (1) 建仓时以全部资产 100% 建仓, 如果增加保证金, 则以年化 9% 的利率融资; (2) 放弃持有期之内的其他交易机会。

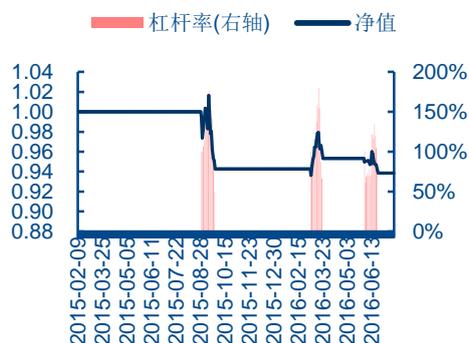
<sup>6</sup>收益率为交易损益相对于建仓时缴纳保证金来计算。

图 43: 认购 Skew 较高交易机会的模拟净值



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 44: 认沽 Skew 较高交易机会的模拟净值



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

### 使用认沽期权捕捉 Skew 为负的交易机会的效果较好

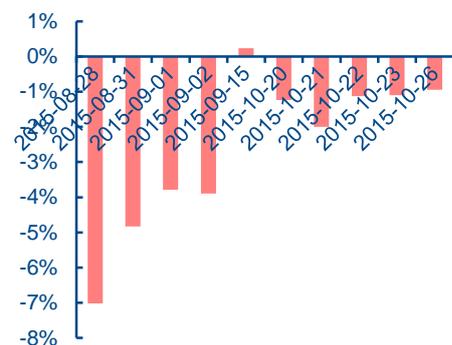
按照上文的测试流程, 我们也对 Skew 为负的交易机会进行测试。Skew 为负的交易规则为:

1. 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 1:2 比例价差组合 (注意交易方向 Skew 过高的交易机会), 同时每日收盘时通过 50ETF 调整组合 Delta 至 0。
2. 平仓条件: Skew 回升至 5% 以上, 或者持仓的期权到期时进行平仓。

按照上述规则对历史全部的交易机会进行筛选, 并分别计算每次交易机会的历史收益, 可得结果如图 45 和图 46 所示。对于认购期权, 历史交易机会 10 次, 平均单次收益率 -2.57%, 胜率 10%; 对于认沽期权, 历史交易机会 15 次, 平均单次收益率 4.71%, 胜率 60%。对此类交易机会来说, 认沽期权的表现要好于认购期权。

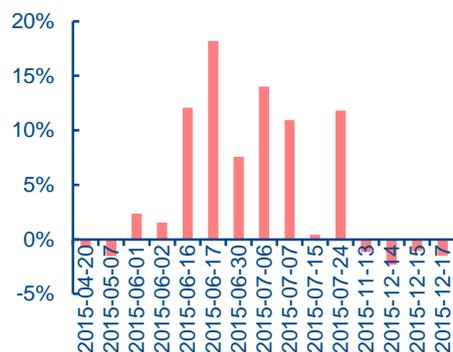
结合上文 Skew 过高的交易机会来看, 对于国内的 50ETF 期权来说, 隐含波动率曲线的形态也应为左高右低, 出现反向时即是较好的交易机会。

图 45: 认购 Skew 为负的单次交易收益率



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

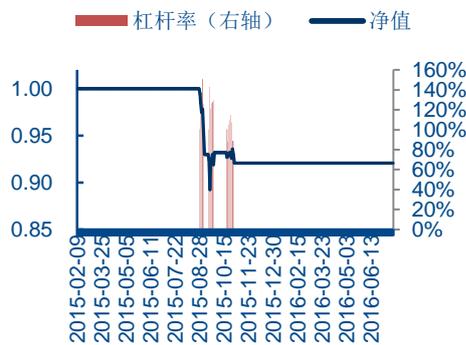
图 46: 认沽 Skew 为负的单次交易收益率



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

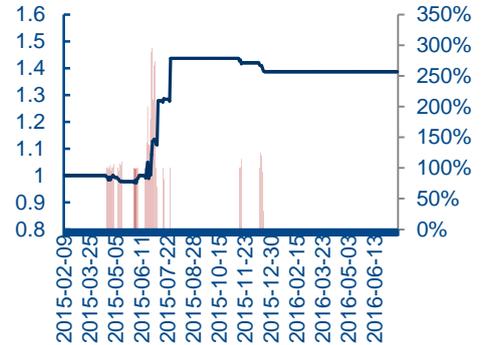
按照上文的净值模拟规则, 我们对认购和认沽期权分别进行了 Skew 为负的交易机会的历史模拟, 结果如图 47 和图 48 所示。

图 47：认购 Skew 为负交易机会的模拟净值



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 48：认沽 Skew 为负交易机会的模拟净值



资料来源：中信证券量化投资分析系统

## 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，即做空近月某一  $\Delta$  的期权，并买入远月相同  $\Delta$  的期权。该组合的好处是：（1）买入日历价差，通常来说天生具备安全边际，且  $\Delta$  近似为中性，不太需要进行较多的对冲；（2）近月合约赚钱时间价值的流逝，远月合约又可抵御隐含波动率的快速上升。也就是说，日历价差组合具有攻守兼备的特性。

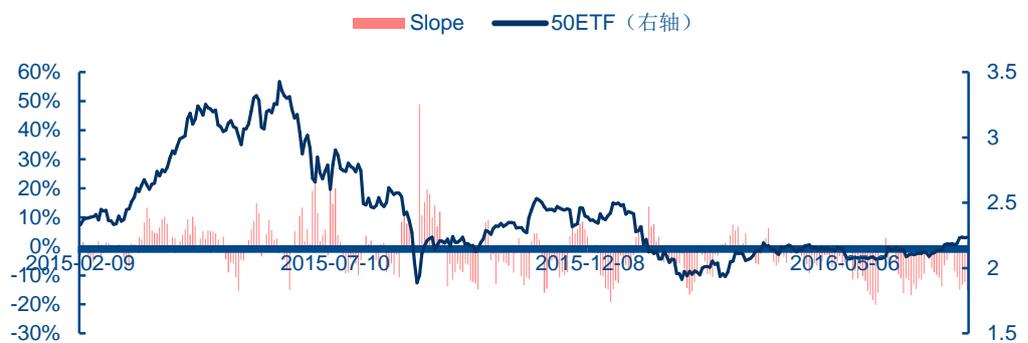
### 隐含波动率期限结构斜率的历史走势

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：

$$Slope = \text{当月 } 50\% \Delta IV / \text{次月 } 50\% \Delta IV - 1 \quad (5)$$

图 49 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，当前市场或处于波动较大的时期，此时可考虑对 50%  $\Delta$  的期权构建日历价差组合。

图 49：隐含波动率期限结构斜率的历史走势



资料来源：中信证券量化投资分析系统

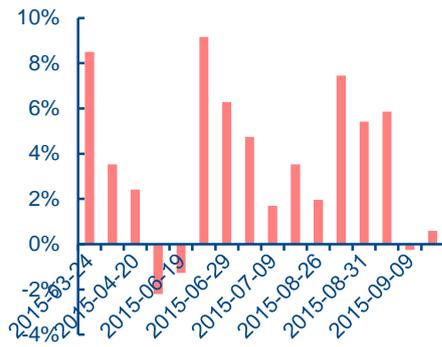
### 水平价差交易的历史回测

对期限结构进行水平价差交易的规则如下：

1. 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。
2. 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。

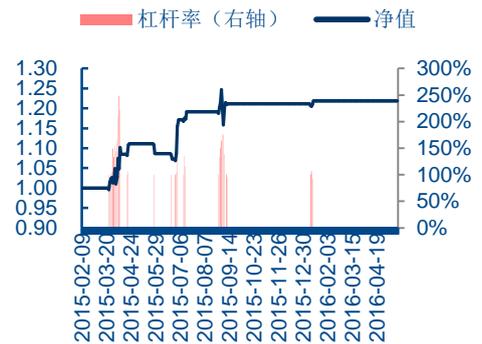
按照上述规则进行测试，共发现历史交易机会 16 次，平均收益率 3.59%，胜率 81.25%。由于日历价差组合具有如上所述的攻守兼备的特性，因此总体胜率较高。

图 50：水平价差历史交易机会的单个收益率



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 51：水平价差交易的模拟净值



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，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。	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](mailto: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 2016 版权所有。保留一切权利。