

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年11月9日

投资要点

- ❖ **投资聚焦。**(1) 期权特有的波动率交易是一种和传统的价格交易存在本质区别的交易策略。(2) 波动率交易中主要涉及两类波动率,分别为期权的隐含波动率和标的的实现波动率。(3) 本文在前期报告《期权波动率交易基本原理与分析方法》的基础上,对 50ETF 的实现波动率和 50ETF 期权的隐含波动率的动态变化特征进行了分析,为开发 50ETF 期权的波动率交易策略提供理论基础。
- ❖ **历史波动率的估计方法。**(1) 最常用且最基础的方法是采用日频率的收盘价进行估计,随后的研究发现,开盘价、最高价和最低价等价格也包含了关于波动率的信息,因此也应加入到估计波动率的方法中。(2) 期权定价中使用的波动率本质上是条件标准差,对条件方差建模比较完善的方法体系为 GARCH 类模型。
- ❖ **50ETF 的历史波动具有如下特征:**(1) 波动率聚集效应,即波动率存在正自相关性;(2) 波动率通常是连续变化的,但在危机爆发时波动率会出现快速的跳升。(3) 波动率具有均值回复的特性,即波动率的变化范围有限;(4) 波动率具有非对称效应,即波动率对于标的价格较大的上涨和下跌的反应是不同的。
- ❖ **50ETF 在不同分析频率下的自相关性不同。**(1) 使用日频率数据估计年化波动率,实际上为使用高频数据估计低频的结果,而使用传统的波动率估计方法时,隐含的假设为收益率序列不存在自相关性,这便导致估计结果存在误差。(2) GARCH 模型善于捕捉序列的自相关性,使用 GARCH 模型拟合,发现 50ETF 收益率序列服从 ARMA(0,0)-GARCH(1,2)。(3) 日频率下,50ETF 收益率序列不存在统计意义上的自相关性;频率升高时,50ETF 趋于正自相关;频率降低时,序列则趋于负自相关。(4) GARCH 对于样本内条件标准差的估计效果较好,但样本外预测的效果较差。
- ❖ **VIX 指数的特征。**(1) 常态下,VIX 指数在 10 至 20 之间波动;而在市场出现恐慌时,VIX 通常可达到 20 至 40 左右的水平,08 年次贷危机期间曾达 80 以上,是历史最高水平。(2) VIX 指数通常比标普 500 指数未来 30 天的已实现波动率略高,但在市场爆发严重的危机时也经常会小于已实现波动率,说明在危机爆发时投资者常常会低估危机的严重性。(3) VIX 指数存在较显著的均值回复特征,采用基于均值回复的交易策略进行历史回测可以获得正收益。
- ❖ **50ETF 期权隐含波动率指数的特征。**(1) 50ETF 的隐含波动率在期权推出半年内便冲高到 50 到 60 的水平,而且长期居高不下,远高于 VIX 指数的一般水平。(2) 50ETF 的隐含波动在股灾前后大幅低于同期已实现波动率。(3) 由于时间较短,目前仍较难判断 50ETF 的隐含波动率的均值回复特性是否稳定。
- ❖ **隐含波动率曲线形态。**(1) 隐含波动率曲线的形态通常有两种,分别为微笑形态和偏离形态。微笑形态反映了投资者对于标的即将发生大幅波动率的看法,而偏离形态反应投资者对于单边行情的预测。目前 50ETF 期权为微笑形态。(2) 行权价粘性准则,是指不论期权标的的市场价格为多少,隐含波动率是行权价的一元函数,此时可构建组合 $C_1(K_1) - \frac{K_1}{K_2} C_2(K_2)$ 。(3) Delta 粘性准则下,隐含波动率只与期权的 Δ 值有关,即波动率曲线会随着标的价格的变化而整体平移。如为左高右低的形态,则可考虑构建的组合为买入虚值认购期权并卖出虚值认沽期权,同时保持组合整体的 Δ 为中性。



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)
2. 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)
3. 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)
4. 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)
5. 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)
6. 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
50ETF 历史波动率分析	1
历史波动率的传统估计方法和基本特征	2
波动率序列在不同频率下的自相关性不同	3
50ETF 日收益率序列服从 ARMA(0,0)-GARCH(1,2)模型	4
50ETF 期权隐含波动率特征	6
50ETF 期权隐含波动率的整体动态特征与隐含波动率指数	6
隐含波动率曲线形态	8

插图目录

图 1: 50ETF 历史 Close-to-Close 波动率走势	2
图 2: 上证 50ETF 不同频率下的收益率序列的平方和 (2012.11.01~2015.10.30)	4
图 3: 上证 50ETF 不同频率下的收益率平方和之二 (2012.11.01~2015.10.30)	5
图 4: GARCH 模型未来 5 天预测误差	6
图 5: GARCH 模型未来 10 天预测误差	6
图 6: GARCH 模型未来 20 天预测误差	6
图 7: GARCH 模型未来 30 天预测误差	6
图 8: VIX 与标普 500 同期的 30 天已实现波动率 (1990.1.1 至 2015.10.30)	7
图 9: VIX 与标普 500 同期的 30 天已实现波动率之差 (1990.1.1 至 2015.10.30)	7
图 10: 50ETF 期权的隐含波动率指数与已实现波动率 (2015.2.9 至 2015.10.30)	8
图 11: 1511 合约隐含波动率曲线 (截止 2015.10.30)	9
图 12: 1512 合约隐含波动率曲线 (截止 2015.10.30)	9

表格目录

表 1: 历史波动率的估计方法	2
表 2: 上证 50ETF 不同频率下收益率平方和的分解结果	4
表 3: 50ETF 进行 ARMA(0,0)-GARCH(1,2)建模的参数估计结果	5

投资聚焦

欧式期权价格 f 可以表示为标的价格 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，即：

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

在公式(1)中，仅波动率 σ 是需要投资者主观给出的，其他各变量在任何时点都是客观给定的。公式(1)将人们主观认为的期权价格高低的心态量化为可以进行客观度和比较的波动率指标，因此波动率在期权定价中堪称最为核心的因素。

波动率有两种类别，其一为隐含波动率，即通过期权市场价格代入定价公式中反推得到的波动率，该波动率反应当前市场对于该期权的价值预期。另一种为实现波动率（也称历史波动率），即标的的实际波动率。虽然有效市场理论认为在有效市场中，使用历史数据无法获得对未来的准确预期，但了解历史波动率的变化特征是我们认识波动率并给出预期的基础。

本文在前期报告《期权波动率交易基本原理与分析方法》的基础上，对 50ETF 的实现波动率和 50ETF 期权隐含波动率的动态变化特征进行了分析，为开发 50ETF 期权的波动率交易策略提供理论基础。

历史波动率的分析部分主要对于历史波动率的传统估计方法和 GARCH 类模型进行了介绍，并以此为基础概述了 50ETF 历史波动率的主要特征，同时尝试使用 GARCH 模型进行波动率预期的效果，但实际预测效果较差。对这一部分，本文还通过不同频率下 50ETF 收益率序列进行考察，分析发现日频率下该序列不存在显著的自相关性，使用传统波动率估计方法和 GARCH 模型效果相近；考察频率提升时，序列正自相关性增加，考察频率降低时，序列负自相关性增加。

隐含波动率分析部分，本文对比了 50ETF 期权隐含波动率指数和 VIX 指数的特征差异，50ETF 期权隐含波动率由于上市时间短，且上市以来恰逢市场大起大落的时期，再加上市场规模较小、成熟投资者数量偏少，因此整体的隐含波动率有效性要低于 VIX 指数。此外，本文还对隐含波动率曲线的微笑与偏离形态进行了介绍，对于不同的形态可以采用不同的方式构建波动率套利组合。

50ETF 历史波动率分析

历史波动率研究最大的难点在于其无法直接观测，只能通过统计方法进行估计，最常见的估计方法为标的收益率序列的标准差。事实上，期权定价中使用的波动率本质上是条件标准差，使用概率语言表述为，设 $\{r_t\}$ 为期权标的的对数收益率序列，则在时刻 t ，收益率的条件均值 μ_t 和条件标准差 σ_t 的定义如下所示：

$$\mu_t = E(r_t | F_{t-1}), \quad \sigma_t^2 = \text{Var}(r_t | F_{t-1}) = E[(r_t - \mu_t)^2 | F_{t-1}] \quad (2)$$

其中， F_{t-1} 表示在 $t-1$ 时刻所获取的信息的集合；方程 $\mu_t = E(r_t | F_{t-1})$ 也叫做均值方程，反映均值的统计特征；方程 $\sigma_t^2 = \text{Var}(r_t | F_{t-1})$ 也称为波动率方程，反映波动率的统计特征。公式(2)中条件标准差 σ_t 即为 t 时刻的预期波动率。随着时间的推移，波动率的预期会发生变化，这一特性也被称为条件异方差性（Conditional Heteroscedasticity）。

历史波动率的传统估计方法和基本特征

波动率的估计方法有很多，最常用且最传统的方法采用日频率的收盘价（Close-to-Close）进行估计。随后的研究发现，开盘价、最高价和最低价等价格也包含了关于波动率的信息，因此也应加入到估计波动率的方法中。Parkinson (1980)、Garman & Klass (1980)、Rogers & Satchell (1992)、Yang & Zhang (2000) 等学者在 Close-to-Close 方法的基础上修正了波动率估计模型，如表 1 所示。

表 1 所示方法确实为展示历史波动率的表现提供了比较方便的途径，但是学者们对上述各个方法的优劣也还存有一定争议。更重要的是，上述方法均仅能对某一历史时段的波动率进行估计，而无法给出某一期的瞬时波动率，因此对于波动率的改变存在滞后性，而且考察周期的选择也对波动率的估计效果存在较大的影响。

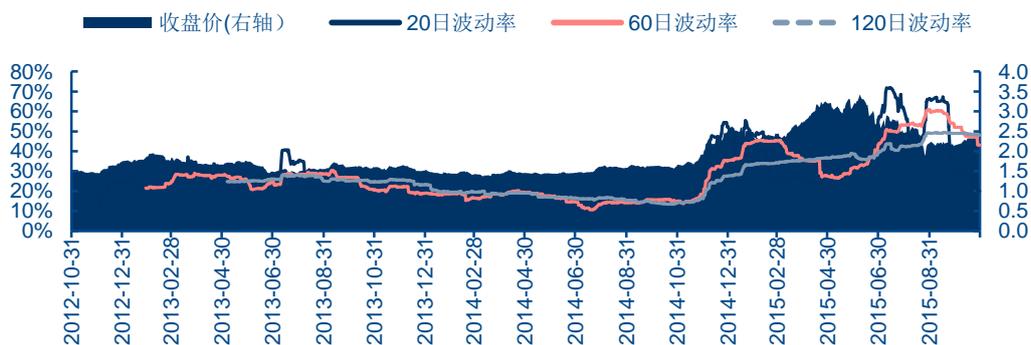
表 1：历史波动率的估计方法¹

方法	公式
Close-to-Close	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$, 其中 $\bar{r} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_t$, $r_t = \ln \frac{C_t}{C_{t-1}}$
Parkinson	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4T \ln 2} \sum_{t=1}^T \left(\ln \frac{H_t}{L_t} \right)^2}$
Garman-Klass	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{1}{2} \left(\ln \frac{H_t}{L_t} \right)^2 - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (2 \ln 2 - 1) \left(\ln \frac{C_t}{C_{t-1}} \right)^2}$
Rogers-Satchell	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\ln \frac{H_t}{C_t} \right) \left(\ln \frac{H_t}{O_t} \right) + \left(\ln \frac{L_t}{C_t} \right) \left(\ln \frac{L_t}{O_t} \right)}$
Yang-Zhang	$\sigma = \sqrt{\sigma_o^2 + k \sigma_c^2 + (1-k) \sigma_{rs}^2}$, 其中 $\sigma_o^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\ln \frac{O_t}{C_{t-1}} - \frac{1}{T} \sum_{s=1}^T \ln \frac{O_s}{C_{s-1}} \right]^2$, $\sigma_c^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\ln \frac{C_t}{C_{t-1}} - \frac{1}{T} \sum_{s=1}^T \ln \frac{C_s}{C_{s-1}} \right]^2$, $\sigma_{rs}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\left(\ln \frac{H_t}{C_t} \right) \left(\ln \frac{H_t}{O_t} \right) + \left(\ln \frac{L_t}{C_t} \right) \left(\ln \frac{L_t}{O_t} \right) \right]$, $k = \frac{1}{1.34 + \frac{N+1}{T}}$
Garman-Klass-Yang-Zhang	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\left(\ln \frac{O_t}{C_{t-1}} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\ln \frac{H_t}{L_t} \right)^2 + (2 \ln 2 - 1) \left(\ln \frac{C_t}{O_t} \right)^2 \right]}$

资料来源：中信证券量化投资分析系统。

图 1 所示为不同考察周期下使用 Close-to-Close 方法得到的 50ETF 历史年化波动率走势。可以发现，短周期的波动率对行情更为敏感，长周期波动率反应更为滞后。

图 1：50ETF 历史 Close-to-Close 波动率走势



资料来源：中信证券量化投资分析系统

¹ 表中， O_t 、 H_t 、 L_t 、 C_t 分别表示 t 日的开盘价、最高价、最低价和收盘价。另外，公式所示结果为日频率波动率，如需得到相应的月度、半年度或年化波动率，则需乘以相应的周期参数。

尽管传统的估计方法存在不足，但总体上已经能够展示波动率的几个基本特征。国内外研究比较公认的波动率有以下几个基本特征，图 1 所示 50ETF 的波动率也较好的体现了这几点：

第一，波动率存在聚集效应 (Volatility Cluster)。波动率在某一时间段内维持较高的水平，而在一段时间内维持较低的水平，也就是说波动率具有一定的正自相关性。

第二，波动率通常是连续变化的，但在危机爆发时波动率会出现快速的跳升。波动率的跳跃通常会给期权价格造成巨大影响，因此也有不少模型都考虑了波动率跳跃的影响。

第三，波动率具有均值回复的特性，即波动率的变化范围有限，或者用统计的语言来说，波动率序列通常为平稳的。本条性质被很多交易者用来进行波动率交易。

第四，波动率具有非对称效应，即波动率对于标的价格较大的上涨和下跌的反应是不同的，对于市场的大跌波动率通常会快速反应，而市场逐步企稳后则缓慢的回升。

此外，除了以上波动率的特征之外，收益率序列的条件均值也有各自的特征，例如平稳性、自相关性等等。

波动率序列在不同频率下的自相关性不同

我们通常所说的波动率指的是年化波动率，而使用日频率的数据估计年化值，本质上是使用高频率数据估计低频率的结果。设 $\{r_t^L\}_{t=1}^T$ 为较低频率的收益率序列， $\{r_{ti}^H\}_{i=1}^{n_t}$ 为在 r_t^L 时段内较高频率的收益率序列，满足 $r_t^L = \sum_{i=1}^{n_t} r_{ti}^H$ 。例如，令低频率序列为日收益率，高频率序列则可以为小时线、30 分钟线、1 分钟线等等，且假设全部的条件方差均存在，则有：

$$\text{Var}(r_t^L | F_{t-1}) = \sum_{i=1}^{n_t} \text{Var}(r_{ti}^H | F_{t-1}) + 2 \sum_{i < j} \text{Cov}[(r_{ti}^H, r_{tj}^H) | F_{t-1}] \quad (3)$$

公式 (3) 中，如果假设高频序列不存在自相关性，即对于 $\forall i \neq j$ ，均有 $\text{Cov}[(r_{ti}^H, r_{tj}^H) | F_{t-1}] = 0$ ，则有

$$\text{Var}(r_t^L | F_{t-1}) = n \text{Var}(r_{ti}^H | F_{t-1}) \quad (4)$$

公式 (4) 是上述使用传统的波动率估计方法实际使用的公式，该公式成立的前提条件为整条时间序列不存在任何自相关性。这是一个非常严格的前提假设，如果忽略了该假设，我们对波动率的估计就是有偏的。那么实际情况怎样呢？

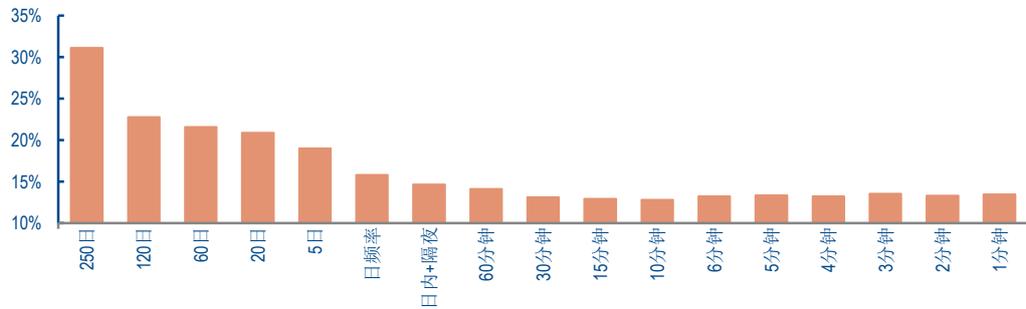
假设在某一考察频率下得到 50ETF 的复权价格序列 $\{P_t\}_{t=1}^n$ ，令 $r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$ ，得到对数收益率序列 $\{r_t\}_{t=1}^n$ 。假设该考察期内价格序列的均值为 0，那么对于考察期 $t = 0$ 至 n 这段时期内该价格序列的收益率平方和则为 $\sum_{t=1}^n r_t^2$ 。

如果价格序列不存在任何自相关性，那么任何考察频率下计算得到的收益率平方和应该基本相同。因此，我们对上证 50ETF 使用不同的频率计算收益率序列，考察这些收益率序列合计平方和的情况，结果如图 2 和表 2 所示。其中，“日内+隔夜”的考察频率指将每日的收益率分为日内收益+隔夜收益两部；“n 分钟”的考察频率是指，把每日的收益率分为日内收益+隔夜收益，而日内收益再次以 n 分钟作为作为分拆的频率计算收益率。

由图 2 可知，不同考察频率下计算得到的波动率并不相同，这说明收益率序列存在自相关性，即按照传统的计算波动率的方法，得到的估计结构是有偏的。当考察频率设为 15 分到 10 分钟时，用上述方法计算的波动率值最低，这说明在这一频率下收益率之间的协方差

数值最大，而随着考察频率逐步降低，收益率的协方差逐渐减小²。此外表 2 也告诉我们，绝大部分的波动是由日内的波动贡献的，隔夜收益贡献的部分较小。

图 2：上证 50ETF 不同频率下的收益率序列的平方和（2012.11.01~2015.10.30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 2：上证 50ETF 不同频率下收益率平方和的分解结果

考察频率	合计	隔夜	日内
250日	31.09%		
120日	22.78%		
60日	21.56%		
20日	20.87%		
5日	19.01%		
日频率	15.80%		
日内+隔夜	14.66%	2.17%	12.49%
60分钟	14.10%	2.17%	11.93%
30分钟	13.10%	2.17%	10.93%
15分钟	12.93%	2.17%	10.76%
10分钟	12.80%	2.17%	10.63%
6分钟	13.24%	2.17%	11.07%
5分钟	13.36%	2.17%	11.19%
4分钟	13.24%	2.17%	11.07%
3分钟	13.56%	2.17%	11.39%
2分钟	13.31%	2.17%	11.14%
1分钟	13.48%	2.17%	11.31%

资料来源：中信证券量化投资分析系统

50ETF 日收益率序列服从 ARMA(0,0)-GARCH(1,2)模型

GARCH 类模型是针对波动率的条件异方差特性而建立的一类模型。GARCH 模型对收益率序列的一阶和二阶矩根据自相关性建立线性方程，恰好弥补了传统估计方法的不足。GARCH 模型的变形很多，本文使用最原始的模型进行建模，基本形式如下：

$$r_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^R \phi_i r_{t-i} + \sum_{j=1}^M \theta_j a_{t-j} \quad (5)$$

$$a_t = \sigma_t \epsilon_t, \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^P \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^Q \alpha_i a_{t-i}^2 \quad (6)$$

其中，公式 (5) 为均值方程，公式 (6) 为方差方程； $\{r_t\}$ 为 50ETF 的对数价格序列， $\{\phi\}_{i=1}^R$ 和 $\{\theta\}_{j=1}^M$ 分别为均值方程自回归项和移动平均项的待估计参数，R 和 M 分别为为自回归项和移动平均项的阶数； $\{\epsilon_t\}$ 为一系列独立且同分布于标准正态分布的随机序列， $\{\sigma_t\}$ 为条件标准差

² 此处所说的数值大小为数值本身的大小，带符号，且根据协方差与相关系数的计算公式，协方差越大则相关系数也越大。

序列, $\{a_t\}$ 则为均值方程的残差序列; $\{\alpha_i\}_{i=1}^Q$ 和 $\{\beta_j\}_{j=1}^P$ 分别为方差方程的 ARCH 项和 GARCH 项的系数, Q 和 P 分别为 ARCH 项和 GARCH 项的阶数, 且满足 $\alpha > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^Q \alpha_i + \sum_{j=1}^P \beta_j < 1$ 。

对 50ETF 日收益率序列按照标准标准的 GARCH 模型建模过程进行处理³, 发现 50ETF 服从 ARMA(0,0)-GARCH(1,2)模型, 考察期为 2012 年 11 月 1 日至 2015 年 10 月 30 日。GARCH 模型的参数估计结果如表 3 所示。

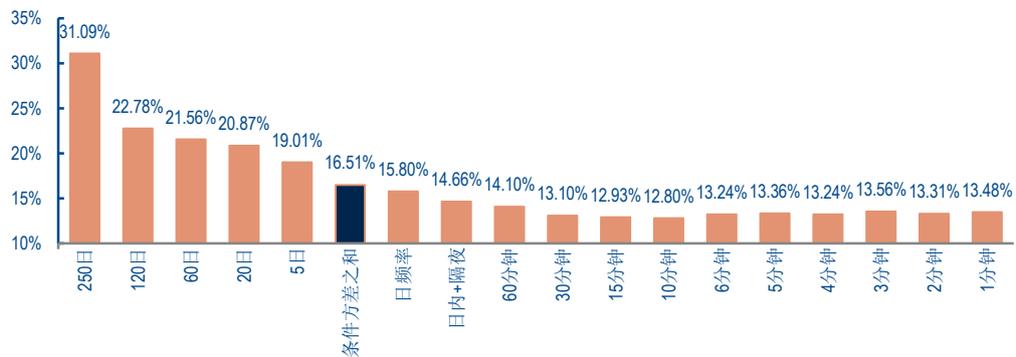
表 3: 50ETF 进行 ARMA(0,0)- GARCH(1,2)建模的参数估计结果

参数	估计值	标准差	T 统计量
C4	0.00041713	0.00047756	0.87350000
K5	0.00000424	0.00000110	3.86720000
GARCH(1)	0.91476000	0.01075700	85.04160000
ARCH(1)	-	0.02587500	-
ARCH(2)	0.06855000	0.02674800	2.56280000

资料来源: 中信证券量化投资分析系统

ARMA(0,0)-GARCH(1,2)模型意味着日频率下的 50ETF 收益率不存在任何阶数的自相关性, 因此对于日频率序列采用传统的估计方法是合理的, 但其他频率下传统估计方法则存在系统性偏差。将 GARCH 模型得到的条件标准差估计序列取平方和, 并增加如图 2 所示各个频率下的平方和, 得到新结果如图 3 所示, 可见 GARCH 模型与传统模型的估计结果确实比较相近。

图 3: 上证 50ETF 不同频率下的收益率平方和之二 (2012.11.01~2015.10.30)



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

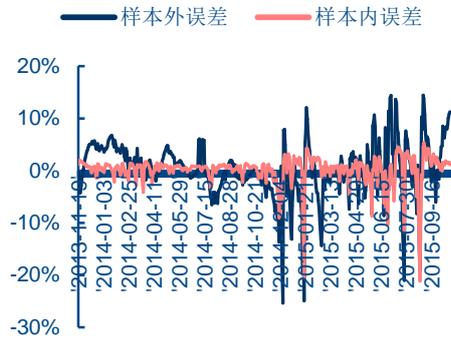
GARCH 模型除了拟合历史条件异方差序列之外, 还可以用于对未来波动率的预测, 但是通过样本内和样本外的数据进行预测效果考察后发现 (见图 4 至图 7), GARCH 模型的预测误差较大, 用其进行波动率交易存在较大的风险。

³ 具体流程为: (1) 单位根检验; (2) 使用偏自相关系数 (PACF) 和自相关系数 (ACF) 判定均值方程阶数; (3) 使用 AIC、BIC 准则判断 GARCH 模型阶数; (4) 建模后的残差项分析。

⁴ 该参数为均值方程的常数项。

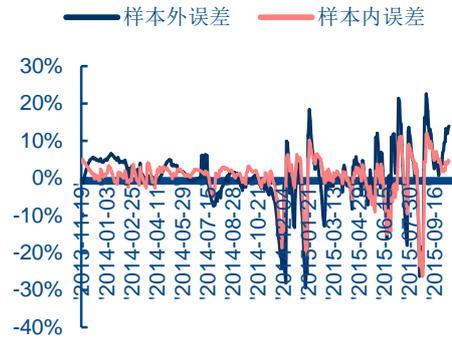
⁵ 该参数为波动率方程的常数项。

图 4: GARCH 模型未来 5 天预测误差



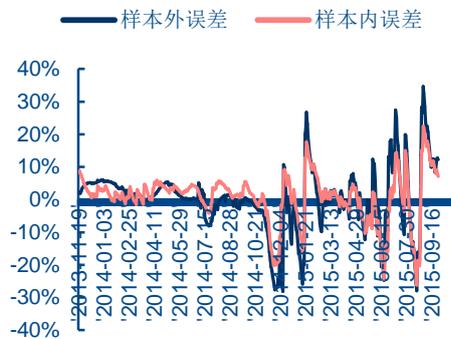
资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 5: GARCH 模型未来 10 天预测误差



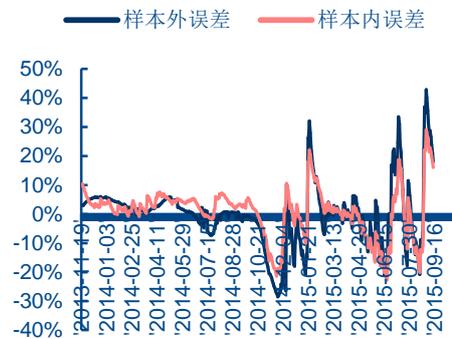
资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 6: GARCH 模型未来 20 天预测误差



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

图 7: GARCH 模型未来 30 天预测误差



资料来源: 中信证券量化投资分析系统

50ETF 期权隐含波动率特征

相对 50ETF 的历史波动率而言, 50ETF 期权的隐含波动率特征的研究难度更大。主要原因在于, 一是 50ETF 期权的上市时间较短, 历史数据较少, 总结提取特征的难度较大; 二是国内的期权参与者大多从未有场内标准化期权的实际交易经历, 市场共识目前难以形成。

50ETF 期权隐含波动率的整体动态特征与隐含波动率指数

首先我们来看一下 50ETF 期权的整体隐含波动率水平的动态特征, 那么第一个问题即为如何度量期权的整体隐含波动率水平? 对于某一标的的期权来说, 不同的存续期、不同的行权价、再加上认购和认沽的不同方向, 导致任何一个时点至少存在上百种合约, 这些合约的隐含波动率严格意义上都是不同的, 因此增加了考察的难度。

目前行业中比较认可的是无模型隐含波动率的估算方法, 在无套利情况下, 市场对于未来 T 时段内的波动率预期可由公式 (7) 所示:

$$\sigma^2 = \frac{2}{T} \left(rT - \left(\frac{S_0}{S_*} e^{rT} - 1 \right) - \ln \frac{S_*}{S_0} + e^{rT} \int_0^{S_*} \frac{1}{K^2} P(K) dK + e^{rT} \int_{S_*}^{\infty} \frac{1}{K^2} C(K) dK \right) \quad (7)$$

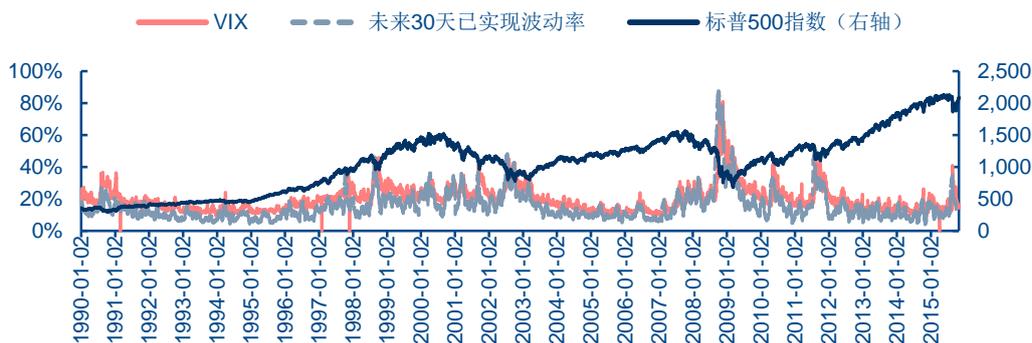
CBOE 根据该方法编制了 VIX 指数，以反映市场对于标普 500 未来 30 天波动率的整体预期水平，如图 8 所示，且图 9 展示了 VIX 与标普 500 同期未来 30 天已实现波动率之差。由图 8 和图 9 可以发现 VIX 与已实现波动率有如下几个基本特征：

第一，VIX 指数历史上有两种状态。一般常态下，VIX 指数在 10 至 20 之间波动率；而在市场出现恐慌时，VIX 通常可达到 20 至 40 左右的水平，唯一一次超出此范围为 2008 年金融海啸爆发时，VIX 最高超过 80。

第二，由图 9 可知，VIX 指数通常比标普 500 指数的未来 30 天已实现波动率略高，显示市场预期通常会系统性的偏高。这一现象也为期权做市商提供了一种非常好的做市策略，即做空 Γ 和 Vega 通常会比较稳定的获利，当然也有人认为正是做市商抬高了隐含波动率以赚取利润。但无论怎样这一现象长期以来一直较为稳定且显著。但 VIX 在市场爆发严重的危机时也经常会小于已实现波动率，即市场在危机前常常会低估危机的严重性。因此虽然长期来看卖出波动率会有比较稳定的收益，但在黑天鹅事件面前，如果风控不到位则依然有较大的爆仓风险。

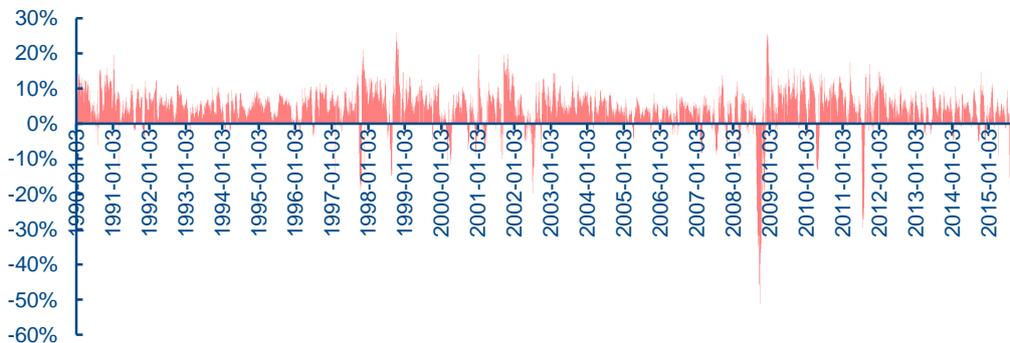
第三，VIX 指数存在较显著的均值回复特征。均值回复这一概念存在多种不同的解释，例如，直观的认识为序列在达到极大或极小值后快速反转，VIX 指数的历史数据满足这一特性；用数学的语言来说，VIX 序列存在显著的负自相关性；而从交易员的角度来说，采用基于均值回复的交易策略（例如布林带策略）进行历史回测可以获得正收益等等。

图 8：VIX 与标普 500 同期的 30 天已实现波动率⁶（1990.1.1 至 2015.10.30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统，Wind 资讯

图 9：VIX 与标普 500 同期的 30 天已实现波动率之差（1990.1.1 至 2015.10.30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统，Wind 资讯

⁶ 已实现波动率采用传统的 Close-to-Close 方法估计。

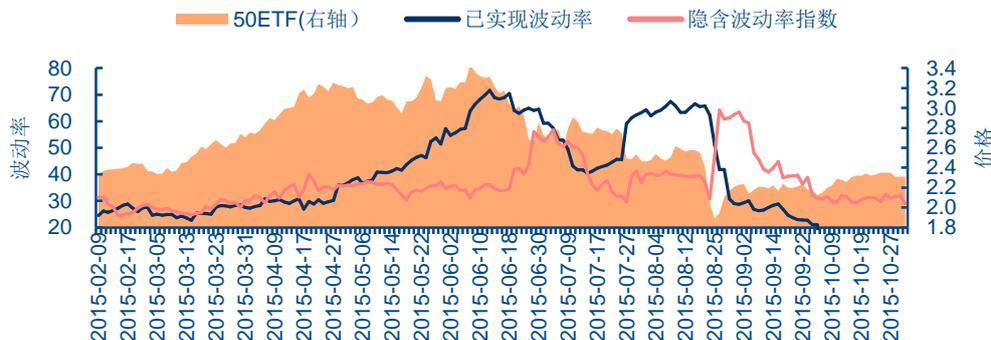
我们根据 VIX 指数的编制方法,对 50ETF 期权也编制了反映标的未来 30 天波动的隐含波动率指数,如图 10 所示,可以发现 50ETF 的隐含波动率的主要特征如下,整体上与 VIX 指数表现有一定的相似度,但也体现了新兴市场的一些特点。

第一,50ETF 的隐含波动率在期权推出半年内便冲高到 50 到 60 的水平,而且长期居高不下,远高于 VIX 指数的一般水平。2015 年以来市场首先走出了近五、六年以来最大的牛市行情,而随后又在 6 月份开始暴跌,50ETF 的实现波动率已经处于历史较高的水平,市场的表现客观上推高了隐含波动率的水平。

第二,50ETF 的隐含波动在股灾前后大幅低于同期已实现波动率。前文已经指出,即便在海外成熟市场中当危机到来时投资者对波动性预期也常常不足。从 2015 年 5 月起,A 股市场风险逐步累计加重,那么对于一个新兴的波动率市场来说,投资者的预期有效性可能更低。

第三,由于时间较短,目前仍较难判断 50ETF 的隐含波动率的均值回复特性是否稳定,但事后来看在股灾期间卖空波动率的交易确实会带来较大亏损。

图 10: 50ETF 期权的隐含波动率指数与已实现波动率 (2015.2.9 至 2015.10.30)⁷



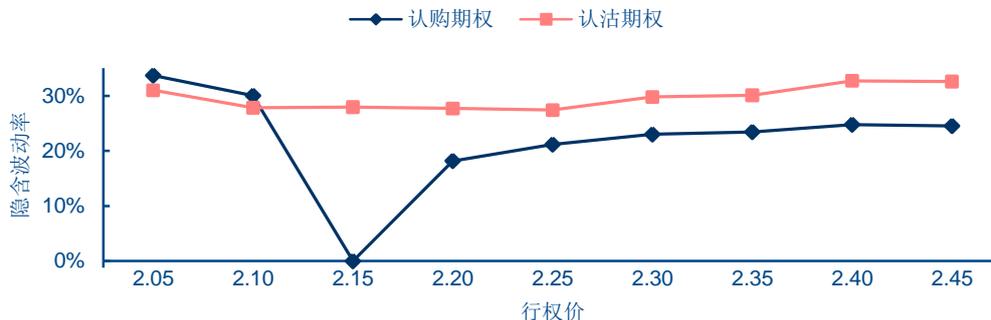
资料来源: 中信证券量化投资分析系统

隐含波动率曲线形态

把相同到期日的期权隐含波动率按照行权价或者 Δ 排序后连接起来,就形成了该月份的隐含波动率曲线。隐含波动率曲线的形态通常有两种,分别为微笑形态和偏离形态。微笑形态是指隐含波动率曲线呈 U 型,一般表现为期权越贴近平价,隐含波动率越低;偏离形态是指整条曲线具有单调性,且多为左高右低。不同标的资产在不同时间的隐含波动率曲线形态存在差别,与投资者的风险偏好以及标的本身的表现有关,一般来说微笑形态反映投资者对于标的即将发生大幅波动率的想法,而偏离形态则反映投资者对于单边行情(暴涨或者暴跌)的态度。图 11 和图 12 所示为截止 10 月 30 日收盘时,50ETF 期权 1511 合约和 1512 合约的隐含波动率曲线,由两图可见微笑曲线已经基本形成。

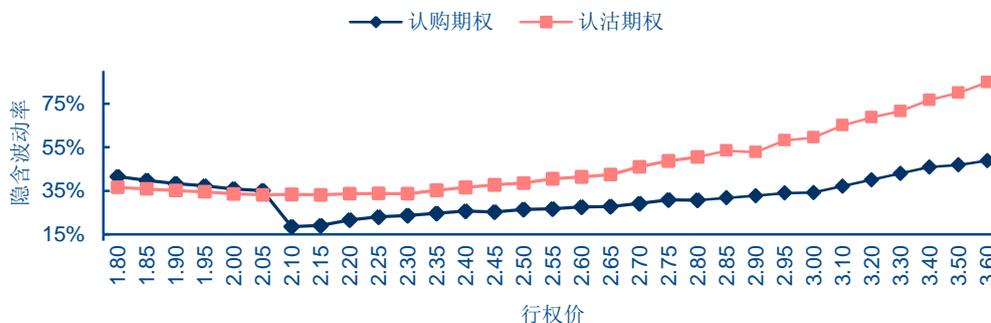
⁷ 已实现波动率采用传统的 Close-to-Close 方法估计。

图 11：1511 合约隐含波动率曲线（截止 2015.10.30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 12：1512 合约隐含波动率曲线（截止 2015.10.30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

对于波动率曲线的建模有两种基本假设，分别为行权价粘性准则（Sticky Strike Rule）和 Delta 粘性准则（Sticky Delta Rule）。行权价粘性准则是指，不论期权标的的 market 价格为多少，隐含波动率是行权价的一元函数；Delta 粘性准则是指，不论标的如何运动，隐含波动率只与期权的 Delta 值有关。以上两个准则也分别对应了两种交易机会。

行权价粘性准则下，隐含波动率与标的价格无关，即 $\partial\sigma/\partial S = 0$ ，做多 Γ 的收益为：

$$\frac{1}{2}\Gamma S^2(\sigma_{realized}^2 - \sigma_{implied}^2) \quad (8)$$

设行权价 $K_1 > K_2$ ，且隐含波动率 $\sigma(K_1) < \sigma(K_2)$ ，则可以构建组合：

$$C_1(K_1) - \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2}C_2(K_2) \quad (9)$$

同时保证组合的 Δ 为中性，则公式 (8) 中实现波动率项相互抵消，该组合将获得稳定的收益为：

$$\frac{1}{2}\Gamma_1(\sigma(K_2) - \sigma(K_1)) \quad (10)$$

Delta 粘性准则下，隐含波动率只与期权的 Δ 值有关，即波动率曲线会随着标的价格的变化而整体平移。如果波动率曲线呈偏离形态，例如为左高右低的形态，则可考虑构建的组合为买入虚值认购期权并卖出虚值认沽期权，同时保持组合整体的 Δ 为中性。如果标的价格上涨，则认购和认沽期权隐含波动率均上升，且认购期权将更贴近于平价，具有更大的 Vega 值，因此认购期权的总体获利将大于认沽期权的亏损。反之如果标的价格下降，则认购和认沽期权隐含波动率均下降，且认沽期权由于更接近平价而具有更大的 Vega，因此认沽期权的总体获利将大于认购期权的亏损。

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流或通过后进行流。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。